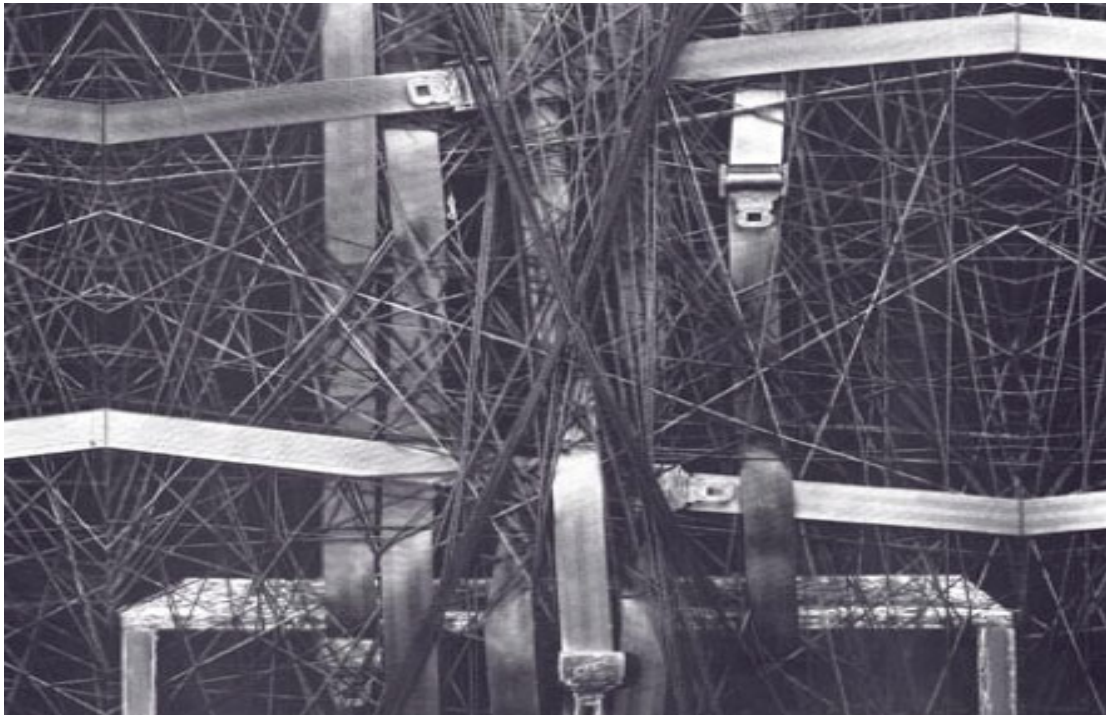


Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης  
Σχολή Καλών Τεχνών  
Τμήμα Μουσικών Σπουδών

**Οι Αλυσίδες Markon πρώτης τάξης ως μοντέλα  
για την δημιουργία Διαδραστικών έργων με την  
χρήση της γραφικής γλώσσας προγραμματισμού  
Max/msp**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΦΟΙΤΗΤΗ  
ΜΑΡΩΝΙΔΗ ΔΗΜΗΤΡΗ ΑΕΜ 847

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΑΙΜΙΛΙΟΣ ΚΑΜΠΟΥΡΟΠΟΥΛΟΣ



© Θεσσαλονίκη Μάρτιος 2006. Μαρονίδης Δημήτρης



## Περιεχόμενα

<i>Εισαγωγή</i> .....	8
<b>1. Διαδραστικά - Αλληλεπιδραστικά Μουσικά Συστήματα (Interactive Music Systems)</b> .....	<b>13</b>
1.1 <i>Εισαγωγή</i> .....	13
1.2 <i>Περιβάλλον - Ηχητικό Περιβάλλον</i> .....	13
1.2.3 <i>Ακρόαση του περιβάλλοντος</i> .....	14
1.3 <i>Κίνηση - Μετακίνηση - Χειρονομία</i> .....	15
1.3.1 <i>Κίνηση &amp; Μουσικά Όργανα</i> .....	16
1.4 <i>Μουσική Μορφή και Μουσική Δομή</i> .....	16
1.4.1 <i>Επίπεδα Απροσδιοριστίας</i> .....	17
1.4.2 <i>Γραμμικές vs. Μη γραμμικές δομές</i> .....	17
1.5 <i>Η Διάδραση - Αλληλεπίδραση ως μια επικοινωνιακή διαδικασία</i> .....	18
1.5.2 <i>Μουσική Διάδραση –Αλληλεπίδραση</i> .....	21
1.5.3 <i>Παράδειγμα μουσικής διάδρασης 17 Texts for Intuitive Music</i> .....	22
1.6 <i>Διαδραστικά Μουσικά Συστήματα με την χρήση Ηλεκτρονικών Υπολογιστών (Interactive Computer Music Systems)</i> .....	24
1.6.1 <i>Δομή των διαδραστικών συστημάτων και στάδια επεξεργασίας δεδομένων</i> .....	26
1.6.2 <i>Στάδιο Συλλογής πληροφοριών μέσω αισθητήρων (Sensing Stage)</i> .....	29
1.6.3 <i>Στάδιο Επεξεργασίας πληροφοριών (Processing Stage)</i> .....	31
1.6.4 <i>Στάδιο Απόκρισης (Response Stage)</i> .....	32
1.7 <i>Μορφές Διαδραστικών Συστημάτων</i> .....	33
1.7.1 <i>Κατηγοριοποίηση Διαδραστικών Μουσικών Συστημάτων</i> .....	33
1.7.2 <i>Δυναμικές διαφοροποιήσεις-κατηγοριοποιήσεις των διαδραστικών συστημάτων</i> .....	37

1.7.3. Στατική vs Δυναμική διάδραση.....	38
1.8 Τα διαδραστικά μουσικά συστήματα ως μουσικά όργανα.....	38
1.8.1 Αισθητήρες (Sensors).....	40
<b>2. Η γραφική γλώσσα προγραμματισμού Max/msp.....</b>	<b>45</b>
2.1 Ιστορικό Υπόβαθρο.....	45
2.2. Αντικειμενοστραφής Προγραμματισμός.....	49
2.2.1 Σύντομη περιγραφή των βασικών λειτουργιών μιας γλώσσας προγραμματισμού.....	49
2.2.2 Αντικειμενοστραφείς γλώσσες προγραμματισμού (Object Oriented Programming).....	51
2.2.3 Γλώσσες προγραμματισμού τέταρτης γενιάς και γραφικός προγραμματισμός.....	52
2.3 Προγραμματισμός στην Αντικειμενοστραφή γλώσσα Max/Msp.....	52
2.3.1. Προγραμματισμός με αντικείμενα (object oriented programming).....	54
2.3.2 User Interface Αντικείμενα.....	58
2.3.3 Μεταβλητές.....	59
2.3.4 Μηνύματα (Messages).....	59
2.3.5. Ιεραρχική εκτέλεση των αλγορίθμων.....	61
2.3.6. Encapsulation - Nesting.....	61
2.4 Συγκριτικό Παράδειγμα : Δημιουργία αριθμών της ακολουθίας Fibonacci στις γλώσσες προγραμματισμού C++ και Max/msp.....	63
2.4.1 C++.....	63
2.4.2 Max/msp.....	64
<b>3. Αλγοριθμική Σύνθεση (Μουσική Σύνθεση και Ανάλυση με χρήση αλυσίδων Markov).....</b>	<b>67</b>
<b>3.1. Εισαγωγή.....</b>	<b>67</b>
3.2 Αλυσίδες Markov.....	70
3.2.1 Εισαγωγή.....	70

3.3 Στοχαστικές Διαδικασίες.....	71
3.3.1. Τεχνικό (Μουσικό - Μαθηματικό) Υπόβαθρο.....	71
3.3.2 Ορισμός των Μαρκοβιανών Αλυσίδων.....	72
3.3.3. Παραδείγματα.....	74
3.4. Μαθηματικές Ιδιότητες των Μαρκοβιανών Αλυσίδων.....	75
3.4.1 Παράδειγμα.....	76
3.5. Τυχαίος Περίπατος ( <i>Random Walk</i> ).....	77
3.6. Δειγματοχώρος.....	79
3.7 Μακροπρόθεσμες Πιθανότητες Μετάβασης ( <i>long-term transitions</i> ), Στατικές Κατανομές (πιθανοτικό διάνυσμα) ( <i>Stationary distributions</i> ) και Πιθανότητες Αναμονής ( <i>Waiting Counts</i> ).....	79
3.7.1. Παράδειγμα.....	80
3.8. Μνήμη των Μαρκοβιανών Αλυσίδων και διαδικασίες υψηλότερης τάξης (Αλυσίδες <i>n</i> -οστής Τάξης).....	82
<b>4. Τέσσερις Εφαρμογές των Μαρκοβιανών Αλυσίδων στην Μουσική Σύνθεση Διαδραστικών Έργων.....</b>	<b>85</b>
4.1 Περιγραφή της Αναλυτικής και συνθετικής διαδικασίας για την δημιουργία του έργου <i>Prob_My Berio Chain</i> για σόλο Φλάουτο.....	85
4.1.1 Το προς ανάλυση έργο: <i>H Sequenza</i> για φλάουτο του <i>L. Berio</i> .....	85
4.1.2 Περιγραφή της αναλυτικής διαδικασίας.....	86
4.1.3 Περιγραφή της συνθετικής διαδικασίας.....	95
4.2 Περιγραφή της συνθετικής - προγραμματιστικής διαδικασίας για την δημιουργία των διαδραστικών συστημάτων <i>Chain 1 &amp; Chain 1a</i> .....	100
4.2.1 Περιγραφή του διαδραστικού συστήματος <i>Chain 1</i> .....	100
4.2.2 Μαρκοβιανές αλυσίδες τονικών υψών.....	102
4.2.3 Ρυθμός και διάρκειες.....	105
4.2.4 Δυναμικές.....	108
4.2.5 Περιγραφή του διαδραστικού συστήματος <i>Chain 1a</i> .....	109

4.2.6 Παρτιτούρα.....	112
4.3 Περιγραφή της συνθετικής - προγραμματιστικής διαδικασίας για την δημιουργία του διαδραστικού συστήματος Canon.....	117
<b>5. Επίλογος - Συμπεράσματα &amp; κριτική.....</b>	<b>125</b>
<b>9. Επιμύθιο.....</b>	<b>131</b>
<b>Παράρτημα.....</b>	<b>139</b>
<i>Π.1 Χαρακτηριστικά και κατηγορίες της ηλεκτρονικής μουσικής.....</i>	<i>139</i>
<i>Π.1.1 Τι είναι ηλεκτρονική μουσική ;.....</i>	<i>139</i>
<i>Π.1.2 Αμιγής ηλεκτρονική μουσική (Pure electronic music).....</i>	<i>139</i>
<i>Π.1.3 Ηλεκτροακουστική μουσική (Electroacoustic Music).....</i>	<i>140</i>
<i>Π.1.4 Μορφές της ηλεκτρονικής μουσικής.....</i>	<i>141</i>
<i>Π.2 Ιστορική επισκόπηση.....</i>	<i>142</i>
<i>Π.2.1 Σημαντικοί σταθμοί στην ιστορία της μουσικής τεχνολογίας και της αυτοματοποιημένης σύνθεσης από την αρχαιότητα το τέλος του 19ου αιώνα..</i> <i>.....</i>	<i>142</i>
<i>Π.2.2 20ός αιώνας : Μουσικό - ιστορικό πλαίσιο μέσα στο οποίο αναπτύχθηκε η ηλεκτρονική μουσική.....</i>	<i>144</i>
<i>Π.2.3 Μουσική πρωτοπορία - Avant Garde.....</i>	<i>145</i>
<i>Π.3 Τα πρώτα ηλεκτρονικά μουσικά όργανα (Cahil, Theremin, Martenot, Trautwein &amp; Hammond).....</i>	<i>146</i>
<i>Π.3.1 Taddeus Cahil - Telharmonium.....</i>	<i>146</i>
<i>Π.3.2 Leon Theremin.....</i>	<i>147</i>
<i>Π.3.3 Maurice Martenot.....</i>	<i>147</i>
<i>Π.3.4 Friedrich Trautwein.....</i>	<i>149</i>
<i>Π.3.5 Laurence Hammond.....</i>	<i>150</i>
<i>Π.4 Tape Music (Musique concrete Vs Elektronische musik).....</i>	<i>151</i>
<i>Π.4.1 Μουσική για Μαγνητοταινία (Tape Music).....</i>	<i>151</i>

Π.4.2 Μουσική για Μαγνητοταινία και Χρόνος.....	152
Π.4.3 Οι Τεχνικές της Tape Music.....	153
Π.4.3.1 Tape Splicing.....	153
Π.4.3.2 Ανατροφοδότηση και αναπαραγωγή ενός ηχογραφημένου σήματος...	153
Π.4.3.3 Tape Echo & Looping (αντηχήσεις & βρόγχοι).....	154
Π.4.3.4 Οπισθοβατική Αναπαραγωγή σήματος.....	154
Π.5 Ιστορική Επισκόπηση της Tape Music.....	154
Π.5.1 ORTF - Paris.....	154
Π.5.2 WDR - Cologne.....	157
Π.5.3 Columbia Tape Music Center.....	159
Π.6 Τα σημαντικότερα Studios παγκοσμίως: Από το 1948 έως το 1967 (Συνοπτικά).....	160
Π.7 Computer Music.....	163
Π.7.1 Χρονολόγιο.....	163
Π.8 Κατάλογος Midi Controllers.....	169
Π.9. Προσδιορισμός στατικών κατανομών (stationary distribution) με το αντικείμενο Histo στην Max/msp.....	170
Π.10 Κεντρικό παράθυρο του διαδραστικού συστήματος Canon.....	171
Π.10.1 Κεντρικό παράθυρο του διαδραστικού συστήματος Canon (unlocked). .....	172
Π.11 Τονικά ύψη για την σύνθεση του έργου Prob_My berio Chain.....	173
Π.12 Αλγοριθμικό Block από το διαδραστικό σύστημα “Canon”.....	174
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>175</b>

## Εισαγωγή

Οι συνθέτες, περισσότερο ίσως από κάθε άλλη κατηγορία καλλιτεχνών, έδειξαν και συνεχίζουν να δείχνουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την επιστημονική εξέλιξη της εποχής τους. Από την ανακάλυψη, 3.000 χρόνια πριν, της σχέσης του τονικού ύψους μιας χορδής με το μήκος της, μέχρι τις τελευταίες τεχνικές σύνθεσης με χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών, την μοντελοποίηση της ανθρώπινης αντίληψης και την ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης, οι συνθέτες στράφηκαν στην επιστήμη προκειμένου να αποκτήσουν νέες δυνατότητες - τεχνικές σύνθεσης αλλά και μελέτης - ανάλυσης της μουσικής (Miranda, 2001).

Η χρήση ηλεκτρονικών μέσων για την δημιουργία μουσικής με οποιοδήποτε τρόπο (εγγραφή, μίξη, σύνθεση ήχου, αλγοριθμική σύνθεση κ.α.), έχει ενσωματωθεί στην πρακτική του σύγχρονου μουσικού σε τέτοιο βαθμό που σε πολλές περιπτώσεις δεν γίνεται αντιληπτή. Οι συνθέτες μπορούν να σκέφτονται εντελώς διαφορετικά -πλέον- την μουσική που γράφουν, χωρίς περιορισμούς σε σχέση με το ηχόχρωμα, την ένταση, τον ρυθμό, την διάρκεια και την πολυπλοκότητα της μουσικής που συνθέτουν.

Εκτός όμως από τους συνθέτες και οι ακροατές σήμερα έχουν νέες ακουστικές εμπειρίες διαφοροποιημένες, τόσο ποσοτικά, όσο και ποιοτικά σε σχέση με αυτές των ακροατών προηγούμενων αιώνων. Η μουσική μέσω της ηχογράφησης έχει αποκτήσει μια νέα μορφή καθώς μπορεί να αναπαράγεται και να αναμεταδίδεται με την βοήθεια των μέσων επικοινωνίας, δημιουργώντας και παράλληλα αποκτώντας έτσι νέες τεχνικές και κοινωνικές διαστάσεις σε τόσο μεγάλο βαθμό που θα μπορούσε κανείς να ισχυριστεί ότι “όλη” η μουσική σήμερα είναι ηλεκτρονική, καθώς στο μεγαλύτερο ποσοστό της φτάνει στον ακροατή μέσα από τεχνολογίες καταγραφής και αναπαραγωγής του ήχου. Εντούτοις, στην παρούσα εργασία ως ηλεκτρονική μουσική δεν αναφέρεται η μουσική που απλά αναπαράγεται με τεχνικά μέσα, αλλά η μουσική που δημιουργείται με χρήση της τεχνολογίας.

Ειδικότερο αντικείμενο της συγκεκριμένης εργασίας είναι η χρήση των Μαρκοβιανών μοντέλων για την δημιουργία διαδραστικών μουσικών έργων μέσω της γλώσσας μουσικού προγραμματισμού Max/msp. Οι λόγοι που με οδήγησαν στην συγκεκριμένη έρευνα είναι αφενός μεν η ιδιαίτερη σχέση μου με την μουσική τεχνολογία και τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και αφετέρου η επιθυμία μου να επεκτείνω τις γνώσεις μου σε σχέση με τις μουσικές δυνατότητες των μαρκοβιανών μοντέλων.

Η διαδραστικότητα είναι μια θεμελιώδης πτυχή στο φαινόμενο της μουσικής ακόμη και χωρίς την χρήση τεχνολογίας. Οι δυνατότητες που δίνονται όμως σήμερα στους συνθέτες για την ανάπτυξη “έξυπνων” μουσικών συστημάτων είναι τεράστιες και ανοίγουν νέα πεδία έρευνας, αλλά και πεδία που αφορούν την ίδια την μορφή της σύγχρονης μουσικής. Τόσο σε εκπαιδευτικό, όσο και σε δημιουργικό επίπεδο, η μουσική σύνθεση μπορεί -πλέον- να γίνει ένα μέσο προσιτό σε όλους. Το ακροατήριο μπορεί να συμμετέχει ενεργά στην εξέλιξη των ηχητικών περιβαλλόντων μέσα στα



οποία υπάρχει (το ίδιο). Εκτός όμως από την νέα - εύκολη- προσβασιμότητα είναι δυνατή και η ανανέωση ή επέκταση των ήδη υπαρχόντων μορφών ηλεκτρονικής μουσικής με την χρήση των νέων τεχνολογικών δυνατοτήτων.

Κεντρικοί στόχοι της παρούσας εργασίας είναι :

1. Να παρουσιάσει την χρήση στοχαστικών διαδικασιών στην μουσική δημιουργία και ειδικότερα την χρήση των μαρκοβιανών αλυσίδων στην μουσική ανάλυση και σύνθεση. Η διαπραγμάτευση του συγκεκριμένου θέματος γίνεται στο τέταρτο κεφάλαιο το οποίο αποτελεί και τον κορμό της συγκεκριμένης μελέτης.
2. Να φέρει τον αναγνώστη σε μια πρώτη επαφή με την έννοια της διαδραστικότητας και ειδικότερα στις εφαρμογές της στην ηλεκτρονική μουσική. Το κεφάλαιο αυτό αν και παρουσιάζεται πρώτο, είναι εισαγωγικό και σε καμία περίπτωση δεν αποτελεί διεξοδική έρευνα. Κάτι τέτοιο θα ήταν έξω από το πλαίσιο μιας προπτυχιακής εργασίας και θα απαιτούσε τεράστια χρονικά αποθέματα και μια -εκ των πραγμάτων αναγκαστική- εστίαση σε πολύ συγκεκριμένες πτυχές του φαινομένου.

Επιπλέον στόχοι της εργασίας είναι :

3. Να παρουσιαστούν επιγραμματικά οι βασικές λειτουργίες της γλώσσας προγραμματισμού Max/msp. Η εργασία αυτή δεν είναι σε καμία περίπτωση ένα εγχειρίδιο του χρήστη προκειμένου να μάθει μια γλώσσα προγραμματισμού. Μια τέτοια προσπάθεια κρίθηκε άωφελη, καθώς η ίδια η εφαρμογή συνοδεύεται από tutorials και παραδείγματα, τα οποία ο χρήστης μπορεί να προμηθευτεί από τον επίσημο διαδικτυακό τόπο διανομής της Max/msp<sup>1</sup>.
4. Να παρουσιάσει, ως μια πλούσια ιστορική επισκόπηση, την εξέλιξη της ηλεκτρονικής μουσικής και την αναγκαιότητα της δημιουργίας μουσικού λογισμικού, αλλά και της χρήσης νέων - αλγοριθμικών διαδικασιών σύνθεσης. Για τον λόγο αυτό η εργασία περιλαμβάνει ένα μεγάλο παράρτημα με πολλά ιστορικά στοιχεία.
5. Τελικός στόχος της εργασίας ήταν η δημιουργία μουσικής. Αν και η καλλιτεχνική πλευρά των μουσικών αποτελεσμάτων δεν υπήρξε πρωταρχικό μέλημα, εντούτοις ο ίδιος ο σχεδιασμός των διαδραστικών έργων έθεσε επί τάπητος ζητήματα αισθητικής και γενικότερα καλλιτεχνικής φύσεως. Τα μουσικά έργα και η πειστικότητά τους (ή μη) αποτελούν από μόνα τους μαρτυρίες για τον ενδιαφερόμενο αναγνώστη, τόσο των δυνατοτήτων, όσο και των αδυναμιών που

---

<sup>1</sup> <http://www.cycling74.com>

προσφέρουν τα συγκεκριμένα μοντέλα στη δημιουργία νέων μουσικών έργων.

Η παρούσα εργασία<sup>1</sup> αποτελεί την διπλωματική μου εργασία στο πλαίσιο των σπουδών μου στο Τμήμα Μουσικών Σπουδών της Σχολής Καλών Τεχνών του Α.Π.Θ. Θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς τον επιβλέποντα της παρούσας, λέκτορα κ. Β. Α. Καμπουρόπουλο για την επιστημονική καθοδήγηση, τον λέκτορα κ. Κώστα Τσούγκρα για όσα μου έμαθε, τον δάσκαλο μου Κώστα Σιέμπη -κυρίως- για όσα δεν μου μαθε και την Κωνσταντίνα Ευθυμιάδη για την υπομονή και την υποστήριξη.

*Δημήτρης Μαρωνίδης,  
Θεσσαλονίκη Άνοιξη 2006.*

---

<sup>1</sup> Για την συγγραφή της εργασίας, χρησιμοποιήθηκε λογισμικό Pages 1.0.2 (Apple), Logic Pro 7.0.1 (Apple), Illustrator 8.0. (Adobe), Max/msp 3.4.1(Cycling '74), σε ηλεκτρονικό υπολογιστή Apple Macintosh PowerMac DP G5.

Αφιερώνεται με αγάπη –διαδραστικά– στους  
γονείς μου.



## 1. Διαδραστικά<sup>1</sup> - Αλληλεπιδραστικά Μουσικά Συστήματα (Interactive Music Systems)

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια περιγραφή και τμηματοποίηση των στοιχείων που συνθέτουν ένα διαδραστικό μουσικό σύστημα. Το κεφάλαιο υποδιαιρείται σε επτά υποκεφάλαια, στα οποία εξετάζονται και παρουσιάζονται συνοπτικά διαφορετικές πτυχές που συνθέτουν ή διαφοροποιούν μεταξύ τους τα διαδραστικά συστήματα, π.χ. μορφές διάδρασης, περιβάλλον, κίνηση κ.α.

### 1.1 Εισαγωγή

Η αύξηση των επιδόσεων και των τεχνητών “διανοητικών” λειτουργιών των σύγχρονων ηλεκτρονικών υπολογιστικών συστημάτων, σε συνδυασμό με την δυνατότητα μετάφρασης των χειρονομιών και των κινήσεων γενικότερα σε δεδομένα συμβατά με τα συστήματα αυτά, αποτελούν ένα πολλά υποσχόμενο πεδίο στον χώρο της σύγχρονης τέχνης, τόσο της διαδραστικής μουσικής όσο και του χορού αλλά και της ανάπτυξης πολυμεσικών (multimedia) διαδραστικών εικονικών περιβαλλόντων (Virtual Reality Interactive Systems). Η ανίχνευση και κωδικοποίηση των δεδομένων που περιγράφουν την ανθρώπινη κίνηση, μπορεί να αποτελέσει ένα νέο μέσο-μουσικό όργανο μέσω του οποίου οι εκτελεστές θα μπορούν να ελέγχουν πολλαπλές παραμέτρους του ήχου όπως τονικά ύψη, διάρκειες, εντάσεις, ηχοχρώματα, πυκνότητα κ.α, με ένα ικανοποιητικό και πειστικό τρόπο (Winkler, 1995a).

Όπως ενδεχομένως γίνεται αντιληπτό, η δυνατότητα για μετάφραση της ανθρώπινης κίνησης σε δεδομένα συμβατά με τα υπολογιστικά συστήματα δεν έχει εφαρμογές μόνο στην μουσική, αλλά σε ένα τεράστιο φάσμα δραστηριοτήτων, καλλιτεχνικών και μη. Στόχος της παρούσας εργασίας, ωστόσο, είναι η εισαγωγή στις βασικές έννοιες της διαδραστικότητας και του τρόπου που αυτή μπορεί να υφίσταται με την χρήση ηλεκτρονικών μέσων στην μουσική.

Κοινό χαρακτηριστικό όλων των διαδραστικών συστημάτων, ή αλλιώς των διαδραστικών περιβαλλόντων, είναι αρχικά η δημιουργία ενός περιβάλλοντος μέσα στο οποίο λαμβάνει χώρα και λειτουργεί το ίδιο το σύστημα. Κρίνεται σκόπιμο, λοιπόν, να γίνει μια αναφορά στην έννοια του περιβάλλοντος, δηλαδή πώς ορίζεται αυτό το περιβάλλον, πώς γίνεται ηχητικά αντιληπτό από τον άνθρωπο και, τέλος, πώς κατασκευάζεται προκειμένου να εξυπηρετήσει μουσικο-κινητικούς σκοπούς.

### 1.2 Περιβάλλον - Ηχητικό Περιβάλλον

Ο όρος “περιβάλλον” χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία προκειμένου να προσδιορίσει το σύνολο των φυσικών και τεχνητών αντικειμένων που μάς περιβάλλουν, δηλαδή όλο το φυσικό περιβάλλον μέσα στο οποίο υπάρχουμε και το

---

<sup>1</sup> Στην παρούσα εργασία οι όροι ‘διάδραση’ και αλληλεπίδραση χρησιμοποιούνται ως ισοδύναμοι. Η λέξη διάδραση αποτελεί νεολογισμό και προέρχεται από την αγγλική λέξη Interaction. Παρ’ όλα αυτά στην παρούσα μελέτη προτιμάται η χρήση της σε πολύ μεγαλύτερη -ποσοτικά- αναλογία.

οποίο γίνεται αντιληπτό σε εμάς μέσω των αισθήσεων. Μια ειδική κατηγορία του περιβάλλοντος είναι το “ηχητικό περιβάλλον” το οποίο γίνεται αντιληπτό σε εμάς μέσα από την αίσθηση της ακοής και περιλαμβάνει όλα τα ηχογόνα σώματα που μάς περιβάλλουν. Ο Schafer (1977)<sup>1</sup> αναφέρεται στο ηχητικό περιβάλλον (Sonic Environment) με τον όρο “ηχητικό τοπίο” (Soundscape). Τα ηχητικά τοπία μπορούν να περιλαμβάνουν αφηρημένες ηχητικές δομές όπως είναι τα μουσικά έργα. Ωστόσο, είναι σκόπιμο να διασαφηνισθεί η διαφορά που μπορεί να υπάρχει ανάμεσα σε ένα μουσικό έργο και σε ένα ηχητικό περιβάλλον. Έτσι, αν και είναι δυνατόν ένα μουσικό έργο να ενσωματώνεται μέσα σε ένα ηχητικό περιβάλλον, εντούτοις δεν αποτελεί σε καμία περίπτωση απαραίτητο δομικό συστατικό του (Tzedaki 2002).

### 1.2.3 Ακρόαση του περιβάλλοντος

Η ικανότητα του ανθρώπου να αναγνωρίζει τους ήχους και πολλές από τις ιδιότητές τους, αποτέλεσε και αποτελεί σημαντικό στοιχείο για την επιβίωση και την βελτίωση του τρόπου ζωής του εδώ και χιλιάδες χρόνια. Ο τρόπος με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε ηχητικά το περιβάλλον μας αλλάζει με τον ίδιο ρυθμό που αλλάζει και το ίδιο το περιβάλλον μέσα στην πάροδο του χρόνου.

Αν και στόχος αυτής της εργασίας δεν είναι σε καμία περίπτωση η έρευνα σε σχέση με ζητήματα ακουστικής αντίληψης, εντούτοις κρίνεται σκόπιμη μια σύντομη αναφορά σε τρεις βασικές κατηγορίες ακρόασης ενός ηχητικού περιβάλλοντος, καθώς αυτές θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη από τον εκάστοτε δημιουργό αλληλεπιδραστικών συστημάτων.

Ο τρόπος με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε το ηχητικό περιβάλλον χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες.

1. Ακρόαση σε πρώτο επίπεδο με μεγάλη -διανοητική- συγκέντρωση (listening)
2. Ακρόαση σε δεύτερο επίπεδο- background (hearing)
3. Επιλεκτική ακρόαση (το αντί απομονώνει κάποια ή όλα τα ακουστικά ερεθίσματα του περιβάλλοντος) η οποία οφείλεται κυρίως στην :
  - α. Απόκρυψη συχνοτήτων (masking)<sup>2</sup>
  - β. Αλλαγή της απόστασης από την ηχητική πηγή.
  - γ. Διάσπαση της ακουστικής προσοχής.

Ο τρόπος με τον οποίο ακούμε το ηχητικό μας περιβάλλον καθορίζει σε πολύ μεγάλο βαθμό και την αλληλεπίδρασή μας σε σχέση με αυτό. Ο ήχος είναι ένα αναπόσπαστο κομμάτι της ανθρώπινης ζωής -υπάρχουν μάλιστα αναφορές στις οποίες γίνεται λόγος για την ανυπαρξία της απόλυτης σιωπής. Ακόμη και σε συνθήκες πλήρους απουσίας ήχου μέσα σε απόλυτα ηχομονωμένους χώρους, ο άνθρωπος ακούει αναπόφευκτα

<sup>1</sup> Schafer M.R. *The Tuning of the World*, (New York: Knopf, 1977) σελ. 274

<sup>2</sup> Όταν δύο ή περισσότεροι ήχοι προσλαμβάνονται ταυτόχρονα από το αισθητήριο της ακοής, τότε ένας από όλους (συνήθως ο δυνατότερος) μπορεί να καλύπτει τους υπόλοιπους (ήχος απόκρυψης) [...] (Παπανικολάου, 1995)

τους ήχους της ίδιας του της ύπαρξης (π.χ. χτύποι καρδιάς, αναπνοή κ.α.). Επίσης, έχει παρατηρηθεί ότι ακόμη και σε καταστάσεις χαμηλής (ακουστικής) συγκέντρωσης όπως είναι αυτή του ύπνου, ανεπαίσθητες διαφοροποιήσεις στο ηχητικό περιβάλλον μπορεί να δημιουργήσουν ανεπιθύμητα αποτελέσματα στον ακροατή (π.χ. ζύπνημα, δυσαρέσκεια κ.α.). Τέλος, φαίνεται ότι ήχοι επαναλαμβανόμενοι και προερχόμενοι από σταθερό σημείο στο χώρο τείνουν να τίθενται σε δεύτερο επίπεδο ή και να αγνοούνται πλήρως από την αντίληψη του ακροατή (Tzedaki, 2002).

### 1.3. Κίνηση - Μετακίνηση - Χειρονομία

Ο Leonardo Tarabella (2000) στο άρθρο του “Gestural and visual Approaches to performance” αναφέρει :

*“Η χειρονομία (κίνηση), που δεν είναι άλλο από την μετακίνηση των χεριών και του κεφαλιού, καθώς επίσης και η θέση και η κατάσταση των ματιών και των χειλιών, παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην διαδικασία της επικοινωνίας μεταξύ των ανθρώπων. Μπορεί μάλιστα να ιδωθεί ως μια ‘παράλληλη’ γλώσσα που εμπλουτίζει το ‘σημασιολογικό’ περιεχόμενο του λόγου, ως μια εναλλακτική μέθοδος επικοινωνίας και μετάδοσης πληροφοριών και ιδεών, μεταξύ ανθρώπων διαφορετικού πολιτισμικού υπόβαθρου, ακόμη και διαφορετικών μητρικών γλωσσών.”*

Το αντιληπτικό μας σύστημα είναι κατασκευασμένο κατά τέτοιο τρόπο ώστε ορισμένες κινήσεις να γίνονται αντιληπτές ως ήχος. Η κίνηση ενός αντικειμένου στον χώρο είναι ένα σύνθετο φαινόμενο, το οποίο μπορεί να αποτελείται από πολλές ταυτόχρονες κινήσεις και ίσως με διαφορετικές ταχύτητες. Οι κινήσεις που έχουν πεδίο συχνότητας από 16Hz έως -περίπου- 20000 Hz γίνονται αντιληπτές ως ήχοι από το ανθρώπινο ακουστικό σύστημα αντίληψης. Διαφορετικές συχνότητες κίνησης γίνονται αντιληπτές από άλλα τμήματα του αντιληπτικού μας συστήματος. Αυτό το οποίο είναι σημαντικό, γενικότερα, και ενδιαφέρει την παρούσα εργασία είναι η συγγένεια μεταξύ κίνησης και ήχου σε ένα αφηρημένο επίπεδο, καθώς ακριβώς αυτή η σχέση (κίνηση-ήχος) είναι μια από τις βασικότερες δομικές λειτουργίες ενός διαδραστικού συστήματος (Tzedaki, 2002).

Μετακίνηση είναι η αλλαγή θέσης ή τοποθεσίας. Τέτοιου είδους κινήσεις αφορούν άμεσα τα διαδραστικά συστήματα, καθώς μπορούν να παρέχουν πληροφορίες ελέγχου (input control) στο σύστημα, προκειμένου αυτές να τεθούν υπό επεξεργασία από αυτό και να παραχθούν αντιδράσεις. Το μοντέλο αυτό είναι προφανές ότι σε ένα αφηρημένο επίπεδο προέρχεται και διέπεται στην βασική του λειτουργία από την ιδέα του ‘εκτελεστή’ - ‘μουσικού οργάνου’, όπου αντίστοιχα η κίνηση των μελών του εκτελεστή μετατρέπεται απ’ ευθείας σε ήχο από το μουσικό όργανο. Στα διαδραστικά συστήματα, ωστόσο, η κίνηση - μετακίνηση -χειρονομία δεν περιορίζεται στην κίνηση των χεριών ή άλλων μεμονωμένων τμημάτων του ανθρώπινου σώματος, όπως συμβαίνει στα φυσικά όργανα. Με την χρήση κατάλληλων αισθητήρων (sensors), όπως βιντεοκάμερες, υπέρυθρες ακτίνες, πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες κ.α. είναι

δυνατόν να “χαρτογραφηθεί” (mapping) κάθε δυνατή κίνηση και να αποκτήσει έτσι μουσικό νόημα.

### 1.3.1. Κίνηση & Μουσικά Όργανα

Η κίνηση του ανθρώπινου σώματος συνδέεται από την αρχή της ιστορίας της μουσικής με την ίδια την παραγωγή του ήχου και την δημιουργία μουσικών έργων. Η μουσική είναι εκτός από πνευματική και μια χειρωνακτική σε όλα της τα επίπεδα πράξη. Από την σύνθεση μέχρι την εκτέλεση, ο παράγοντας της κίνησης παίζει σπουδαίο ρόλο στην διαμόρφωση του ηχητικού αποτελέσματος

Τα μουσικά όργανα ήταν και είναι μέσα τα οποία κατασκευάζει ο άνθρωπος, προκειμένου να συνδέσει την κίνηση του σώματος με την μορφή του παραγόμενου ήχου. Μέχρι σήμερα το ανθρώπινο σώμα και τα μουσικά όργανα -λειτουργώντας ως επέκτασή του- υπήρξαν τα θεμελιώδη μέσα για την διαμόρφωση του ήχου και την μουσική έκφραση. Η δημιουργία νέων οργάνων υπήρξε και εξακολουθεί να είναι μια πολύπλοκη διαδικασία, ειδικότερα όταν αυτά πρόκειται να συνδέσουν την κίνηση και την χειρονομία με εκτεταμένα μουσικά περιβάλλοντα, όπως είναι πολλές φορές τα διαδραστικά συστήματα (Tzedaki, 2002).

Μελετώντας κανείς τα ακουστικά μουσικά όργανα και τα αντίστοιχα ψηφιακά, παρατηρεί την σπουδαιότητα της κίνησης του εκτελεστή. Όλα τα μουσικά όργανα παράγουν μουσικούς ήχους -ή δεδομένα Midi στην περίπτωση των ψηφιακών οργάνων- μέσω της διέγερσης των μηχανικών τους μερών, που προκύπτει από την άσκηση πίεσης και την μετακίνηση μελών του εκτελεστή. Υπάρχει δηλαδή μια μετατροπή της φυσικής ενέργειας (μηχανική ενέργεια) σε ηχητική ενέργεια μέσω των μουσικών οργάνων (Winkler, 1995a).

Συνεπώς, γίνεται εμφανής η συγγένεια που έχουν σε πολλές περιπτώσεις η κατασκευή των μουσικών οργάνων και η δημιουργία των μουσικών διαδραστικών συστημάτων, καθώς τα δεύτερα μπορούν να θεωρηθούν μια ειδική μορφή των πρώτων. Η παρέμβαση της μηχανής στα διαδραστικά μουσικά συστήματα μπορεί να καταργεί την αμεσότητα που υπάρχει μεταξύ ανθρώπινης κίνησης και ταλάντωσης-ήχου, ωστόσο η δυνατότητα προγραμματισμού, η ανάπτυξη τεχνητής νοημοσύνης και οι πολύπλοκες δομές που προκύπτουν ως αποτέλεσμα της τεράστιας επεξεργαστικής ισχύος των ηλεκτρονικών υπολογιστών και της χρήσης αλγοριθμικών διαδικασιών στην μουσική σύνθεση, είναι μερικά μόνο από τα χαρακτηριστικά που “νομιμοποιούν” την εγκαθίδρυση των νέων αυτών μουσικών οργάνων ως εργαλεία για την αναζήτηση νέων ηχητικών κόσμων.

## 1.4. Μουσική Μορφή και Μουσική Δομή

Στα υποκεφάλαια που ακολουθούν γίνεται μια διάκριση ανάμεσα σε πολύ σημαντικές μουσικές δομές, οι οποίες καθορίζουν καταλυτικά τον σχεδιασμό των διαδραστικών συστημάτων. Η μουσική είναι μία τέχνη εν χρόνω· ο χρόνος παίζει αποφασιστικό



ρόλο στην διαμόρφωση αλλά και στην ίδια της την ύπαρξη. Επίσης, το μουσικό υλικό μπορεί να θεωρηθεί ως ένα από τα σημαντικότερα δομικά στοιχεία ενώ ο εκτελεστής με τις πρωτοβουλίες ή όχι που μπορεί να πάρει, καθορίζει σε μεγάλο βαθμό το τελικό ηχητικό αποτέλεσμα. Η οργάνωση του υλικού σε σχέση με τον χρόνο αλλά και οι “ελευθερίες - πρωτοβουλίες” που δίνονται στον εκτελεστή, είναι δύο από τα στοιχεία που καθορίζουν τις τεχνικές κατασκευής του συστήματος που θα επιλέξει ο συνθέτης.

#### **1.4.1 Επίπεδα Απροσδιοριστίας.**

Το επίπεδο απροσδιοριστίας ενός μουσικού έργου παίζει σημαντικό ρόλο όσον αφορά την επιτυχή χρήση κατάλληλων αλγοριθμικών διαδικασιών, τόσο για αναλυτικούς, όσο και για συνθετικούς σκοπούς. Γενικά μπορεί να γίνει ο διαχωρισμός μεταξύ πλήρως προκαθορισμένων και ακαθόριστων μουσικών δράσεων. Στις προκαθορισμένες μορφές τα μουσικά συμβάντα είναι γνωστά στου εκτελεστές πριν από την έναρξη της μουσικής παράστασης. Η δυτικοευρωπαϊκή μουσική είναι στο μεγαλύτερο μέρος της δομημένη με αυτόν τον τρόπο. Ο συνθέτης μπορεί να καθορίσει τις λεπτομέρειες του έργου του με μεγάλη ακρίβεια. Παρ’ όλα αυτά, ακόμη και σε αυτήν την περίπτωση η μουσική αυτή τυγχάνει μερικής απροσδιοριστίας, η οποία προκύπτει κατά την εκτέλεση ως ερμηνευτική απόκλιση ή εκτελεστικό λάθος.

Από την άλλη πλευρά υπάρχουν οι απροσδιόριστες μορφές στις οποίες το μουσικό υλικό προκύπτει κατά την διάρκεια της εκτέλεσης, αυτοσχεδιαζόμενο ή με άλλες διαδικασίες. Στην μουσική αυτή ο έλεγχος του τελικού ηχητικού αποτελέσματος είναι δύσκολος, και προκειμένου να επιτευχθούν ενδιαφέροντα μουσικά αποτελέσματα οι συνθέτες παρέχουν στους εκτελεστές μια σειρά από κανόνες και περιορισμούς (ελεγχόμενος αυτοσχεδιασμός). Χαρακτηριστικά μουσικά έργα ελεγχόμενου αλεατορισμού είναι αυτά του Πολωνού συνθέτη Witold Lutoslawski (π.χ. *Mi-parti, Livre pour Orchestre, Jeux Venitiens* κ.α.), αλλά και άλλων συνθετών όπως Γιάννης Χρήστου, Ανέστης Λογοθέτης, John Cage, Krystof Penderecki, Luciano Berio, Karlheinz Stockhausen κ.α.

#### **1.4.2. Γραμμικές vs. Μη γραμμικές δομές**

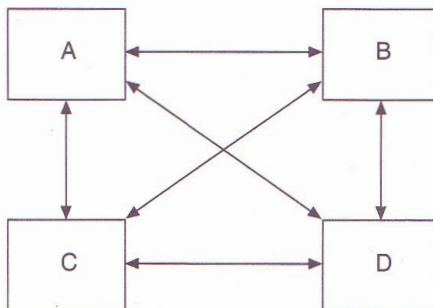
Η δομή ενός ολοκληρωμένου έργου αποτελείται συνήθως από διακριτά τμήματα, τα οποία διαδέχονται το ένα μετά το άλλο με το πέρασμα του χρόνου. Ο συνθέτης ωστόσο, μπορεί να δημιουργεί τα τμήματα αυτά ή ακόμη και να καθορίζει την σειρά διαδοχής τους ανεξάρτητα από τον χρόνο· δεν είναι λίγες οι φορές που ολόκληρα τμήματα μουσικών έργων συντίθενται μη γραμμικά.

Σύμφωνα με τον Tod Winkler (2001) :

*“Γραμμικές συνθετικές δομές είναι αυτές των οποίων τα μουσικά τμήματα παρατίθενται σε σειρά όπως στην παραδοσιακή μουσική παρτιτούρα. Μη γραμμικά είναι αυτά στα οποία τα τμήματα είναι σε διαφορετική σειρά για κάθε παράσταση και την σειρά καθορίζει είτε κάποιος εκτελεστής, είτε ο ηλεκτρονικός υπολογιστής μέσω υπολογιστικών διαδικασιών.”*



Σχήμα 1. Γραμμική Δομή.



Σχήμα 2. Μη γραμμική δομή.

Ο προσδιορισμός του είδους ενός διαδραστικού έργου σε γραμμικό ή μη παίζει σημαντικό ρόλο στην διαδικασία σχεδιασμού του συστήματος, αλλά και επίλυσης των ειδικών -σε κάθε περίπτωση- τεχνικών προγραμματιστικών προβλημάτων. Έτσι για παράδειγμα, τεχνικές όπως το Score Following στην οποία ο ηλεκτρονικός υπολογιστής περιμένει να δεχτεί συγκεκριμένα μηνύματα προκειμένου να εκτελέσει αντίστοιχα συγκεκριμένες εντολές, μπορεί να αποδειχθούν ελλιπείς σε περιβάλλοντα μη γραμμικής φύσης, ενώ αντίστοιχα τεχνικές που λειτουργούν καλά σε μη γραμμικά περιβάλλοντα είναι πιθανόν να δίνουν άσχημα αποτελέσματα στις γραμμικές μουσικές δομές. Σε κάθε περίπτωση όμως οι προθέσεις του συνθέτη είναι εκείνες που προσδιορίζουν την κατάλληλη τεχνική με την οποία θα “στηθεί” το σύστημα.

Μια από τις πιο ενδιαφέρουσες πτυχές των διαδραστικών συστημάτων είναι η χρήση “παράδοξων” μουσικών συσχετισμών (λ.χ. μικρές κινήσεις που δημιουργούν δραματικές αλλαγές στον ήχο, σε αντίθεση με έντονες κινήσεις που μπορεί να προκαλούν ελάχιστες, χρήση στοχαστικών διαδικασιών σε πλήρως καθορισμένες μουσικές μορφές εισόδου (input), χρήση τεχνικών score following σε αυτοσχεδιαστική μουσική εισόδου (input) κ.α.)

### 1.5 Η Διάδραση - Αλληλεπίδραση ως μια επικοινωνιακή διαδικασία.

Σύμφωνα με τον Todd Winkler (Winklet T, 2001):

*[...]Η διαδραστικότητα είναι μια μορφή συσχετισμού και επικοινωνίας μεταξύ ανθρώπων και πραγμάτων. Η σχέση αυτή είναι αμφίδρομη. Μπορεί να υφίσταται είτε μεταξύ δύο ή και περισσότερων ανθρώπων, είτε μεταξύ ανθρώπων και μηχανών σε οποιοδήποτε ποσοτικό συνδυασμό. Επιπλέον, μπορεί να έχει μορφή επικοινωνιακού ή εκπαιδευτικού χαρακτήρα. Ένα*

*χαρακτηριστικό παράδειγμα διάδρασης είναι το φαινόμενο του “διαλόγου” κατά την διάρκεια του οποίου δύο ή και περισσότεροι άνθρωποι ανταλλάσσουν ιδέες και απόψεις. Κάθε νέο στοιχείο-πρόταση από την πλευρά του ενός ομιλητή, καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την εξέλιξη του φαινομένου και την απόκριση του συνομιλητή του. Τις περισσότερες φορές και οι δύο έχουν ένα πολύ καλό, κοινό παρελθοντικό υπόβαθρο και στοχεύουν σε μια αμφίδρομη ανταλλαγή εμπειριών, έτσι ώστε οι διάλογοι να διαμορφώνονται συνήθως μέσα σε ένα σταθερό πλαίσιο αμοιβαίας κατανόησης χωρίς εντούτοις να είναι σχεδόν ποτέ προδιαγεγραμμένη η εξέλιξή τους.*

Η διάδραση ωστόσο είναι το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης κάποιου τμήματος ενός συστήματος πάνω σε ένα άλλο τμήμα του ίδιου ή κάποιου άλλου συστήματος. Αξίζει μάλιστα να σημειωθεί ότι στην ιστορία της επιστήμης, αρκετά φαινόμενα έχουν πολλές φορές ερμηνευτεί ως αλληλεπιδράσεις μεταξύ δύο καταστάσεων (Minsky, 1987)<sup>1</sup>. Η αλληλεπίδραση του ανθρώπου με το φυσικό περιβάλλον μπορεί να οδηγήσει στην κατάκτηση της “εμπειρίας”, λειτουργώντας ως εκπαιδευτικό εργαλείο για την απόκτηση γνώσεων. Η αναλογία αυτή μπορεί να μεταφερθεί και σε τεχνητά περιβάλλοντα, τα οποία μπορούν να κατασκευαστούν από τον άνθρωπο για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

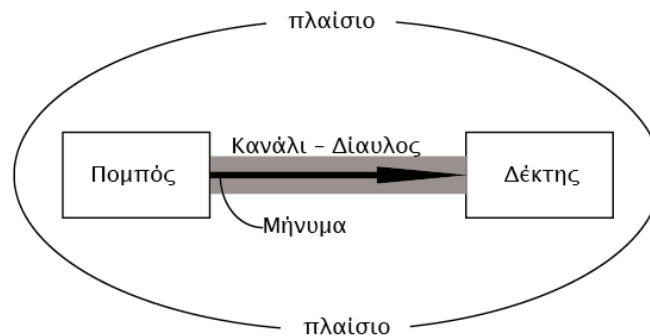
Σύμφωνα με τον Iazzetta F. (1996) :

*Ο προφορικός λόγος, τα γραπτά κείμενα και τα έργα τέχνης, προκύπτουν απο μια συγκεκριμένη οργάνωση ‘σημείων’ μέσα σε ένα καλά ορισμένο πλαίσιο. Τα παραπάνω αποκτούν σαφές νόημα και επικοινωνιακή δυνατότητα μόνο εφόσον κάποιος είναι δυνατόν να προσλάβει σε κάποιον βαθμό (ακόμη και υποσυνείδητα) την ύπαρξη αυτής της συγκεκριμένης οργάνωσης του υλικού. Αν και η επικοινωνία είναι ουσιαστικό χαρακτηριστικό γνώρισμα των ζώντων οργανισμών, πολλές θεωρίες, όπως η κυβερνητική (cybernetics), η θεωρία της πληροφορίας (Information Theory), η τεχνητή νοημοσύνη (artificial Intelligence) και οι επιστήμες της αντίληψης (cognitive sciences), έχουν καταστήσει δυνατή την επέκταση της έννοιας της επικοινωνίας σε νέα πλαίσια που μπορούν να περιλαμβάνουν μη ζώντες οργανισμούς (τεχνητούς παράγοντες), όπως είναι τα ηλεκτρονικά υπολογιστικά συστήματα και κάθε είδους αυτοματοποιημένες μηχανές.*

*Η μουσική διάδραση μπορεί να ειπωθεί υπό το πρίσμα μιας επικοινωνιακής διαδικασίας. Αντιλαμβανόμαστε την επικοινωνία ως μια ανταλλαγή **μηνυμάτων (messages)** μεταξύ **πομπού (sender)** και **δέκτη (receiver)**. Ως αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας, το μήνυμα επηρεάζει τον δέκτη με ένα πολύ συγκεκριμένο τρόπο ανάλογα με την σπουδαιότητα του μηνύματος. Ένα μήνυμα δεν είναι τίποτα άλλο παρά ένα σημείο ή μια συστοιχία σημείων. Αφού διαμορφωθεί κατάλληλα από τον πομπό, το μήνυμα κωδικοποιείται και μεταφέρεται μέσω ενός διαύλου - καναλιού και στην συνέχεια*

<sup>1</sup> Minsky, M. (1987) The society of Mind, Heinemann, London σελ. 329.

αποκωδικοποιείται από τον δέκτη. Η όλη διαδικασία περιλαμβάνεται από ένα άλλο κρίσιμο στοιχείο: το πλαίσιο (context) μέσα στο οποίο λαμβάνει χώρα η παραπάνω διαδικασία. Το “πλαίσιο” παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στον τρόπο με τον οποίο το μήνυμα διαμορφώνεται από τον πομπό, αλλά και τον τρόπο με τον οποίο γίνεται αντιληπτό από τον δέκτη. Αν και είναι πιθανόν το μοντέλο αυτό επικοινωνίας να φαίνεται στατικό, εντούτοις το ίδιο το πλαίσιο μέσα στο οποίο υφίσταται η διαδικασία καθιστά το φαινόμενο δυναμικό (σχ.3).



Σχήμα 3. Γενικό σχεδιάγραμμα επικοινωνίας

Αυτό που γίνεται αμέσως σαφές είναι η “κατεύθυνση” που αναπτύσσεται κατά την επικοινωνιακή διαδικασία και κινείται από τον πομπό (διαμόρφωση μηνύματος) προς τον δέκτη (κατανόηση του μηνύματος). Αυτή η σημειωτική ροή προκύπτει από την κίνηση της “αιτίας” (διαμόρφωση) και του “αιτιατού” (κατανόηση) των σημείων (μηνύματα) που μεταδίδονται από τον πομπό στον δέκτη. Η διάδραση είναι μια ειδική κατηγορία επικοινωνίας στην οποία η σημειωτική διαδικασία δεν είναι μονοδρομική (unidirectional), αλλά αντιθέτως είναι δυνατόν να προέρχεται και να κατευθύνεται από και προς κάθε παράγοντα που συμμετέχει στην διαδικασία. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι για κάθε μήνυμα που λαμβάνεται δημιουργείται και μια νέα αντίδραση από τον δέκτη και στέλνεται πίσω στον πομπό του προηγούμενου μηνύματος, αντιστρέφοντας κατά αυτόν τον τρόπο τους ρόλους του πομπού και του δέκτη.

Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά της παραπάνω διαδικασίας είναι το γεγονός ότι η αντίδραση του δέκτη μπορεί να επηρεάσει την περαιτέρω δράση του πομπού. Γίνεται λοιπόν αντιληπτή η σχέση δράσης - αντίδρασης και η σπουδαιότητα που έχει κάθε ένας παράγοντας ξεχωριστά στην διαμόρφωση του τελικού αποτελέσματος (διαλόγου). Με τον τρόπο αυτό εγκαθιδρύεται μια διαδικασία που ξεφεύγει -έμμεσα- από την νομοτελειακή σχέση αιτίας-αιτιατού και - ουσιαστικά- αποτελείται από μια συνεχή ανάπτυξη σημείων. Το φαινόμενο αυτό της κατευθυντικότητας είναι εξαιρετικά σημαντικό καθώς προϋποθέτει την συνεχή εναλλαγή ρόλων πομπού και δέκτη και απαιτεί την αμοιβαία συμμετοχή - επίδραση στην επικοινωνιακή διαδικασία. (Iazzetta , 1996)

### 1.5.2 Μουσική Διάδραση –Αλληλεπίδραση.

Η μουσική ως φαινόμενο περικλείει από μόνη της διαδραστικές λειτουργίες σε κάθε της επίπεδο, όπως είναι η μουσική σύνθεση, εκτέλεση και ακρόαση. Τα χαρακτηριστικά των διαδραστικών λειτουργιών διαφοροποιούνται ανάλογα με τις ιδιότητες των “πρακτόρων” (agents) που τα απαρτίζουν, π.χ. α) μόνο μουσικοί, όπως στις συμφωνικές ορχήστρες, β) μόνο μηχανές, όπως στα μουσικά κουτιά (music boxes), γ) μουσικοί και μηχανές, όπως στα διαδραστικά υπολογιστικά μουσικά συστήματα (interactive computer music systems) (Iazzetta, 1996).

Οι άνθρωποι αλληλεπιδρούν μεταξύ τους ακουστικά μέσω της ομιλίας, της μουσικής και όλων των υπόλοιπων ηχογόνων διαδικασιών (Moore, 1988)<sup>1</sup>. Η αλληλεπίδραση είναι μια “εσωτερική” διαδικασία που υφίσταται σχεδόν σε κάθε μουσική δραστηριότητα. Οι διαδραστικές διαδικασίες που αναπτύσσονται κατά την διάρκεια της εξέλιξης των μουσικών φαινομένων, όπως η ακρόαση, η εκτέλεση και η σύνθεση μουσικής, είναι τις περισσότερες φορές προφανείς σε έναν παρατηρητή. Τα ζεύγη μεταξύ των οποίων μπορούν να αναπτυχθούν διαδραστικές σχέσεις σε αυτές τις περιπτώσεις είναι:

1. Εκτελεστής/ες – Ακροατήριο
2. Εκτελεστής/ες – Μουσικό όργανο
3. Συνθέτης – Περιβάλλον
4. Συνθέτης – Εκτελεστής
5. Εκτελεστές ή/και Συνθέτες ή/και Ακροατές – Τεχνητά διαδραστικά περιβάλλοντα.

Γενικότερα η μουσική αλληλεπίδραση εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως:

1. Πρόθεση/εις – στόχος/οι του συνθέτη
2. Χωρικό σύστημα αναφοράς
3. Κατάσταση των μελών που απαρτίζουν το διαδραστικό σύστημα

Αξίζει να σημειωθεί ότι είναι δυνατόν να υφίστανται περισσότερα του ενός ζεύγη ταυτόχρονα σε διαφορετικά επίπεδα του μουσικού πεδίου. Τα ίδια μάλιστα αυτά επίπεδα μπορεί να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Ως παράδειγμα των παραπάνω μπορεί να παρουσιαστεί το έργο του John Cage 4'33” (John Cage, 1952) στο οποίο η απουσία του ίδιου του ήχου από το σύστημα Εκτελεστής – Μουσικό Όργανο δίνει ως αποτέλεσμα την ανάδειξη ενός άλλου επιπέδου του μουσικού πεδίου, που δεν είναι άλλο από την σχέση Ακροατήριο – Φυσικό ηχητικό περιβάλλον, καθώς το ακροατήριο προσλαμβάνει μόνο τους ήχους του περιβάλλοντος που θα υπήρχαν ούτως ή άλλως σε μία ενδεχόμενη εκτέλεση ως μουσικό υπόστρωμα (Background).

<sup>1</sup> Moore Richard F “The Disfunctions of MIDI” *Computer Music Journal* Vol. 12, No 1, Spring 1988, σελ 19.

### 1.5.3. Παράδειγμα μουσικής διάδρασης 17 Texts for Intuitive Music<sup>1</sup>

Ο Γερμανός συνθέτης Karlheinz Stockhausen συνέθεσε μεταξύ 1968 και 1970 το έργο “17 Texts for Intuitive Music”, το οποίο δημοσιεύτηκε ως Werke Nr. 33 με τον τίτλο “Für kommende zieten.” (Για τους χρόνους που έρχονται). Στο συγκεκριμένο έργο, μια σειρά από λεκτικές οδηγίες προς τους μουσικούς δημιουργούν ένα δίκτυο διαδραστικών σχέσεων, οι οποίες αναπτύσσονται μεταξύ των μουσικών.

Το κείμενο “Communication” για μικρό σύνολο γράφτηκε τον Αύγουστο του 1968 και περιλαμβάνει τις παρακάτω οδηγίες προς τους εκτελεστές:

#### Communication

*When you are thinking only of your playing,  
play as quietly, gently and as long as possible.*

*When you sense that another player is thinking of you,  
play moderately loud, rather agitatedly and moderately long.*

*When you think of another player  
and he doesn't sense it,  
play as loud, excitedly and as short as possible*

*When you think of another player  
and he has sensed it,  
play, in a manner never heard before, a passage of thanks  
which is dedicated to this player;*

*in all intensities, speeds and of any length.*

Στην περίπτωση αυτή αναπτύσσονται πολλαπλές διαδραστικές σχέσεις οι οποίες προκύπτουν από τα διαδραστικά ζεύγη :

1. Εκτελεστής X με τον εαυτό του.
2. Εκτελεστής X με οποιονδήποτε άλλο εκτελεστή Y.

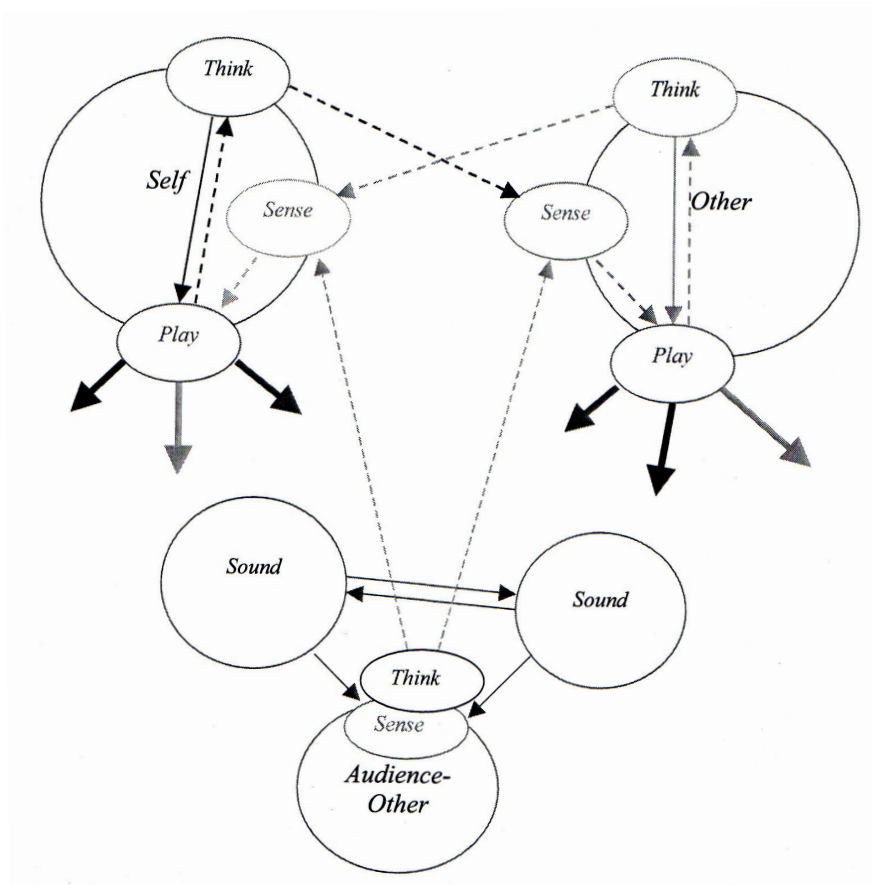
Οι λειτουργίες (functions) που καθορίζουν τις αλληλεπιδραστικές σχέσεις είναι:

1. Αισθήσεις (Sense)
2. Σκέψη (Think)
3. Μουσική εκτέλεση (Play).

---

<sup>1</sup> Αυτούσιο παράδειγμα από το MA της Tzedaki, K. (2002) Interactive Music Systems and Environments, unpublished MA Thesis, City University of London.

Οι παραπάνω διαδραστικές σχέσεις απεικονίζονται στο σχήμα 4. Φυσικά είναι αυτονόητο ότι όσο μεγαλώνει το πλήθος των μουσικών, τόσο περισσότερες διαδραστικές σχέσεις αναπτύσσονται. Επομένως, το παρακάτω σχήμα πρέπει να θεωρηθεί απλά ως ενδεικτικό των διαδραστικών σχέσεων μεταξύ δύο μόνο μουσικών πρακτόρων (agents).



Σχήμα 4. Διαδραστικές σχέσεις που αναπτύσσονται κατά την εκτέλεση του έργου communication του Karlheinz Stockhausen.

## 1.6. Διαδραστικά Μουσικά Συστήματα με την χρήση Ηλεκτρονικών Υπολογιστών (Interactive Computer Music Systems)

Ο όρος “διαδραστικά μουσικά συστήματα” (Interactive music systems) στην παρούσα εργασία, αφορά την σχέση διαδραστικότητας μεταξύ ανθρώπου - ηλεκτρονικού υπολογιστή από την οποία προκύπτουν μουσικά αποτελέσματα. Οι σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ ανθρώπου -υπολογιστή δεν είναι τίποτα άλλο από μια αφηρημένη αναπαράσταση μιας “εικονικής” πραγματικότητας, ενός τεχνητού περιβάλλοντος, μέσα στο οποίο αναπτύσσονται αλληλεπιδραστικές σχέσεις (Tzedaki, 2002).

Σύμφωνα με τον Robert Rowe (1993) :

*“Διαδραστικά μουσικά συστήματα είναι αυτά των οποίων η συμπεριφορά αλλάζει - ως αντίδραση - βάσει των εισερχόμενων σε αυτά πληροφοριών. Αυτή η αντίδραση επιτρέπει στα συστήματα αυτά να συμμετέχουν σε ζωντανές παραστάσεις μουσικής (live music performances)” (Rowe, 1993).*

Προκειμένου να επιτευχθεί μια τέτοιου τύπου αντίδραση από την πλευρά του συστήματος, είναι απαραίτητο για το σύστημα να τροφοδοτηθεί με αλγόριθμους, οι οποίοι θα ανταποκρίνονται ικανοποιητικά στις δράσεις των μουσικών - εκτελεστών με έναν τρόπο -συνήθως- σύνθετο αλλά όχι απαραίτητα προβλεπόμενο, λαμβάνοντας πληροφορίες για τις προθέσεις των εκτελεστών και παρέχοντας ταυτόχρονα σε αυτούς οδηγίες - εναύσματα για τις περαιτέρω δράσεις τους (Chadabe, 1989)

Η χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών στην μουσική δημιουργία είχε ως αποτέλεσμα την επέκταση της μουσικής σκέψης και πρακτικής προς δύο βασικά κατευθύνσεις:

**A.** Την σύνθεση ήχου. Η χρήση της ψηφιακής τεχνολογίας μέσω ηλεκτρονικών υπολογιστών προσέφερε στους συνθέτες μια πρωτοφανή δυνατότητα ελέγχου πάνω στην ανάπτυξη και εξέλιξη των ηχητικών γεγονότων και κατ’ επέκταση στην διαμόρφωση του ίδιου του ηχοχρώματος.

**B.** Την αυτοματοποιημένη - αλγοριθμική σύνθεση. Οι υπολογιστικές δυνατότητες των ηλεκτρονικών υπολογιστών σε συνδυασμό με την ικανότητά τους να εκτελούν αλγοριθμικές διαδικασίες, αποτέλεσαν την αρχή για την ανάπτυξη της αλγοριθμικής μουσικής (Koenig, 1971).

Πρόσφατα μάλιστα (από το 1990 κι έπειτα) μια νέα, πολύ σημαντική επέκταση των παραπάνω αποτέλεσε η ικανότητα της εφαρμογής του σε ζωντανές μουσικές παραστάσεις. Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές σήμερα, έχοντας φτάσει τεχνικά σε εκπληκτικά γρήγορες ταχύτητες επεξεργασίας των δεδομένων, μπορούν να εκτελούν



αλγοριθμικές διαδικασίες σε πραγματικό χρόνο (real-time)<sup>1</sup>, επιτρέποντας έτσι την αλληλεπίδραση με τους εκτελεστές πάνω στην σκηνή. Η ικανότητα αυτή των υπολογιστών αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο της διαδραστικής ηλεκτρονικής μουσικής. Η διαδραστικότητα αλλάζει ποιοτικά την φύση των μουσικών πειραματισμών (που υφίστανται σε μεγάλο βαθμό στην ηλεκτρονική μουσική, προκειμένου να επιτευχθούν τα επιθυμητά ηχητικά αποτελέσματα) μέσω των αλγοριθμικών συνθετικών διαδικασιών, καθώς ο έλεγχος και οι διαφοροποιήσεις που προκύπτουν από την μεταβολή των μεταβλητών μέσα στους αλγόριθμους έχουν άμεσο ηχητικό αποτέλεσμα ακόμη και αν οι μεταβλητές αλλάζουν συνεχώς κατά την εκτέλεση του αλγόριθμου (Chadabe, 1989)

Σύμφωνα με τον Ylitalo Jukka, (2000):

*[...] Τα μουσικά διαδραστικά συστήματα μάς οδηγούν αναπόφευκτα στην αναζήτηση των σχέσεων που αναπτύσσονται μεταξύ του ανθρώπου και του ηλεκτρονικού υπολογιστή ως “συνόδου” ή παράγοντα αλληλεπίδρασης. Εντούτοις, το πιο σπουδαίο είναι η αλληλεπίδραση μεταξύ του ανθρώπου και ενός κόσμου σημείων (world of signs). Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές αποτελούν την υποδομή της σχέσης αυτής, παρέχοντας μια διεπαφή (interface) μεταξύ ανθρώπου και σημείων.*

Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές προσομοιάζουν τις αλληλεπιδραστικές σχέσεις που αναπτύσσονται σε αυτόν τον τεχνητό κόσμο μέσω της δυνατότητας που δίνουν στους χρήστες να αλλάζουν την τρέχουσα κατάσταση και συμπεριφορά του συστήματος. Η αλληλεπιδραστική σχέση ολοκληρώνεται όταν οι υπολογιστές καταφέρνουν να επηρεάζουν τις περαιτέρω ενέργειες των χρηστών (Winkler, 2001).

Πολλές από τις παραδοσιακές μουσικές σχέσεις μπορούν σήμερα να προσομοιαστούν - μοντελοποιηθούν με την χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Τα μοντέλα αυτά μπορούν σε πολλές περιπτώσεις να είναι από μόνα τους σημεία εκκίνησης για την δημιουργία νέων διαδραστικών συστημάτων. Οι πιο ενδιαφέρουσες διαδραστικές τεχνικές, ωστόσο, δημιουργούν συνήθως νέα είδη αλληλεπίδρασης, στα οποία οι υπολογιστικές δυνατότητες των ηλεκτρονικών υπολογιστών χρησιμοποιούνται προκειμένου να αναπτυχθούν νέες μουσικές - αλληλεπιδραστικές σχέσεις. Οι σχέσεις αυτές μπορούν να υφίστανται μόνο μεταξύ ανθρώπων και ηλεκτρονικών υπολογιστών στο πλαίσιο ενός ψηφιακού κόσμου (Winkler, 2001).

Η μουσική αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπου και ηλεκτρονικού υπολογιστή είναι μια αμφίδρομη διαδικασία “ελέγχου” (control) και “ανάδρασης” (feedback). Η διάδραση λαμβάνει χώρα μέσω μιας διεπαφής (interface) ή ενός μουσικού οργάνου. Μέσω αυτών επιτυγχάνεται η “μετάφραση” των ενεργειών - δράσεων του φυσικού κόσμου (real world actions) σε σήματα συμβατά με το “εικονικό” πεδίο του συστήματος. Το

<sup>1</sup> Ο όρος “Real-time” πρωτοεμφανίστηκε στην μουσική μέσω των εφαρμογών των ηλεκτρονικών υπολογιστών και αναφέρεται σε σχεδόν στιγμιαίες διαδικασίες που μπορεί να είναι η [άμεση] παραγωγή ήχου (sound synthesis), η διαμόρφωση ήχου (sound modification) ή η διάχυση του ήχου (sound diffusion) (Emmerson, 2000).

σύστημα ελέγχεται από τον χρήστη και παρέχει σ' αυτόν μια σειρά από πληροφορίες ανάδρασης (feedback data), προκειμένου να τον βοηθήσει να αρθρώσει ορθότερα τις μουσικές του προθέσεις. Σε άλλες περιπτώσεις το ίδιο το σύστημα είναι αυτό που οδηγεί τις ενέργειες του ίδιου του χρήστη (Bonger, 2000).

Ο Wanderley (2001) παραθέτει μια λίστα με προσδιορισμούς της έννοιας αλληλεπίδραση - διάδραση στην μουσική, έτσι όπως χρησιμοποιείται τα τελευταία χρόνια με την βοήθεια ηλεκτρονικών υπολογιστών:

1. Διαχείριση των μουσικών οργάνων στο πλαίσιο μιας επεξεργασίας του ήχου σε πραγματικό χρόνο (real-time) ή σύνθεση του ήχου με ψηφιακά μέσα.
2. Διαχείριση των μέσων (μηχανών) στο πλαίσιο score-level (Score-driven) συστημάτων (π.χ. η χρήση ενός αισθητήρα για τον προσδιορισμό του tempo σε μια ακολουθία μουσικών γεγονότων αναπαραγόμενων από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή.)
3. Άλλα διαδραστικά πλαίσια, σχετιζόμενα με παραδοσιακές μορφές αλληλεπίδρασης μεταξύ ανθρώπου και ηλεκτρονικού υπολογιστή, όπως π.χ. drag & drop, πλοήγηση, mouse click κ.α.
4. Διαχείριση των μέσων (μηχανών) στο πλαίσιο των διαδικασιών post-production, όπως για παράδειγμα είναι ο έλεγχος διαφόρων παραμέτρων του ήχου (π.χ. εφέ, ένταση κ.α.) μέσω της κίνησης.
5. Διάδραση- αλληλεπίδραση στο πλαίσιο διαδραστικών πολυμεσικών εγκαταστάσεων (interactive multimedia installations), όπου οι ενέργειες ενός ή και περισσότερων ατόμων παρέχουν τις πληροφορίες εισόδου (input) προκειμένου να ελέγξουν και να διαμορφώσουν τις τιμές του εικονικού, ηχητικού ή απτικού συστήματος

### **1.6.1 Δομή των διαδραστικών συστημάτων και στάδια επεξεργασίας δεδομένων.**

Στην πλειοψηφία τους, τα διαδραστικά συστήματα αποτελούνται από έναν -τουλάχιστον- ηλεκτρονικό υπολογιστή και έναν -τουλάχιστον-εκτελεστή. Τις περισσότερες φορές ο ηλεκτρονικός υπολογιστής είναι προγραμματισμένος να αναλύει και να ερμηνεύει (interpret) την μουσική που παράγει ο εκτελεστής και στη συνέχεια να αντιδρά με διάφορους τρόπους επεμβαίνοντας στο μουσικό υλικό, άλλοτε αλλοιώνοντάς το και άλλοτε δημιουργώντας νέο. Ωστόσο, αυτή η σχέση μπορεί να αντιστραφεί. Στην διαδικασία της δημιουργίας διάδρασης μεταξύ μηχανών και ανθρώπου, μεσολαβεί το λογισμικό (software) μέσω του οποίου γίνεται -τις περισσότερες φορές- μια προσομοίωση της διανοητικής συμπεριφοράς του ανθρώπου με την βοήθεια αλγορίθμων, οι οποίοι μοντελοποιούν τις λειτουργίες της ανθρώπινης αντίληψης, της ακοής, της κατανόησης, της αντίδρασης κ.α. (Rowe, 1993). Οι αντιδράσεις του συστήματος οφείλουν να είναι πειστικές σε σχέση με την δράση και το περιεχόμενο - στυλ της μουσικής που δημιουργείται κάθε φορά. Η διαδικασία της

διάδρασης έχει πολλά κοινά χαρακτηριστικά ως προς την δομική της λειτουργία με τον αυτοσχεδιασμό στην μουσική jazz, όπου κατ' αντιστοιχία οι μουσικοί ακολουθούν την διαδικασία που περιγράφεται γραφικά από στο σχήμα 5 (Winkler, 2001):



Σχήμα.5 Διαδικασίες ανάλυσης και σύνθεσης αυτοσχεδιαστικής μουσικής.

Μια περισσότερο αναλυτική ματιά πάνω στα τμήματα από τα οποία αποτελείται ένα διαδραστικό σύστημα θα μπορούσαν να δώσουν τα ακόλουθα πέντε διακριτά στάδια, όπως αυτά περιγράφονται από τον Winkler (2001):

**1. Human Input / Instruments :** Η ανθρώπινη δραστηριότητα μεταφράζεται σε ψηφιακή πληροφορία και στέλνεται στον ηλεκτρονικό υπολογιστή προς επεξεργασία.

**2. Computer Listening / Performance Analysis:** Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής λαμβάνει τα δεδομένα από το προηγούμενο στάδιο και προβαίνει στην ανάλυσή τους από την οποία αναμένονται αποτελέσματα σε σχέση με την υφιστάμενη μουσική εκτέλεση και αφορούν- συνήθως-πληροφορίες σε σχέση με τον ρυθμό, τον χρόνο, τα τονικά ύψη, τις εντάσεις, τις διάρκειες και άλλες μουσικές παραμέτρους.

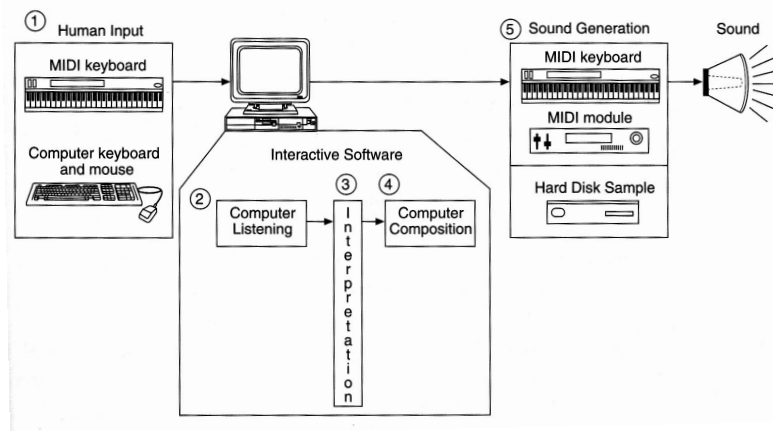
**3. Interpretation :** Το λογισμικό (software) ερμηνεύει τα δεδομένα που προκύπτουν από το στάδιο της ακρόασης, έτσι ώστε αυτά να αποκτήσουν μουσικό νόημα και παράγει νέα δεδομένα από τα οποία θα διαμορφωθεί το τελικό ηχητικό αποτέλεσμα.

**4. Computer Composition :** Στο στάδιο αυτό ο ηλεκτρονικός υπολογιστής ανταποκρίνεται συνθέτοντας -μουσικά- την δική του αντίδραση στα προσλαμβανόμενα δεδομένα -σύμφωνα πάντα με τις επιθυμίες του συνθέτη που προγραμματίσει τον υπολογιστή- και βασιζόμενος στο υλικό που προέκυψε από τα τρία προηγούμενα στάδια.

**5. Sound Generation / Output :** Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής παράγει την μουσική του χρησιμοποιώντας είτε ήχους που συνθέτει ο ίδιος, είτε στέλνοντας πληροφορίες εκτέλεσης (π.χ. Midi) σε εξωτερικές συσκευές παραγωγής ήχου.

Τα πρώτα δύο στάδια είναι σε μεγάλο βαθμό τυποποιημένα (formal) και έχουν περιορισμούς που απορρέουν από την μουσική (αλλά όχι μόνο) πραγματικότητα. Αντιθέτως, τα τρία τελευταία στάδια είναι περισσότερο αφηρημένα και απαιτούν καλλιτεχνικές αποφάσεις, οι οποίες θα κρίνουν το τελικό ηχητικό και καλλιτεχνικό αποτέλεσμα. Ωστόσο, σε κάθε περίπτωση απαιτείται μια ομαλή μετάβαση των δεδομένων από το ένα στάδιο στο άλλο, προκειμένου να αποφευχθούν ενδεχόμενα προβλήματα συμβατότητας και να δημιουργηθούν έτσι τεχνικά προβλήματα τα οποία

θα εμποδίσουν την υλοποίηση του συστήματος. Μια σχηματική αναπαράσταση των πέντε σταδίων που απαρτίζουν ένα τυπικό διαδραστικό σύστημα, παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 6. Γραφική αναπαράσταση & τμηματοποίηση ενός τυπικού διαδραστικού συστήματος (Winkler. 2001).

Ο Robert Rowe (1993) στο βιβλίο του *Interactive Music Systems*, αναφέρεται σε δύο από τις σημαντικότερες πτυχές των συστημάτων μουσικής διάδρασης και κάνει μία πιο συνοπτική οριοθέτηση των τμημάτων από τα οποία αποτελείται ένα διαδραστικό σύστημα :

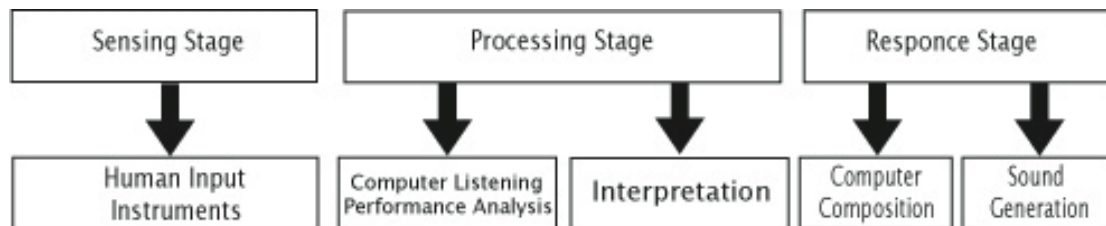
*“ Οι δύο “ακρογωνιαίοι λίθοι” πάνω στις οποίες στηρίζεται ένα διαδραστικό σύστημα είναι η ικανότητά του για την διαχείριση του πρωτοκόλλου Midi<sup>1</sup> και η δυνατότά του να εκτελεί προγραμματισμένες εντολές (scheduling) [...] Η μουσική είναι μια τέχνη “εν χρόνω” , έτσι το λογισμικό και η οργάνωσή του θα πρέπει να έχουν την ικανότητα να εκτελούν συγκεκριμένες πράξεις σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές. [...] Η βασική δομή των διαδραστικών συστημάτων μπορεί να οριοθετηθεί και να περιγραφεί από τα εξής στάδια επεξεργασίας δεδομένων” :*

1. Συλλογή πληροφοριών μέσω αισθητήρων (sensing stage), όπου συλλέγονται πληροφορίες σχετικές με την κίνηση των εκτελεστών στην σκηνή.
2. Στάδιο επεξεργασίας (processing stage), όπου γίνεται η ανάλυση και ερμηνεία των εισερχόμενων δεδομένων πριν αυτά δρομολογηθούν στο τρίτο στάδιο.
3. Στάδιο απόκρισης (response stage), όπου ο ηλεκτρονικός υπολογιστής και ενδεχομένως άλλες συσκευές παράγουν μουσική ως αλληλεπίδραση στις εισερχόμενες πληροφορίες.

<sup>1</sup> Το πρωτόκολλο midi (Musical Instrument Digital Interface) αναπτύχθηκε από τις κατασκευάστριες εταιρείες ηλεκτρονικών μουσικών οργάνων και αποτελεί μια “γλώσσα επικοινωνίας” μεταξύ των μουσικών οργάνων που το υποστηρίζουν (Loy 1985).

Ο λόγος για τον οποίο κρίνεται σκόπιμη η τμηματοποίηση των λειτουργικών τμημάτων ενός διαδραστικού συστήματος, είναι ότι μεταξύ των σταδίων υπάρχουν τεχνικά και τεχνολογικά όρια (Rowe, 1993). Για παράδειγμα στο πρώτο στάδιο μπορεί να χρησιμοποιούνται αισθητήρες, στο δεύτερο ηλεκτρονικοί υπολογιστές και στο τρίτο συνθετητές, ενώ η αντιμετάθεση τους να είναι αδύνατη.

Παρατηρείται αμέσως ο συσχετισμός μεταξύ των τριών σταδίων που παραθέτει ο Rowe και των πέντε που προαναφέρθηκαν και ορίζονται από τον Winkler (σχ.7).



Σχήμα 7. Τμήματα επεξεργασίας δεδομένων.

### 1.6.2. Στάδιο Συλλογής πληροφοριών μέσω αισθητήρων (Sensing Stage)

Όπως προαναφέρθηκε, το πρώτο στάδιο για την δημιουργία διαδραστικής μουσικής είναι αυτό της συλλογής πληροφοριών από το σύστημα σε σχέση με τα τεκταινόμενα στην σκηνή<sup>1</sup>. Η γρήγορη ανάπτυξη των διαδραστικών συστημάτων τις τελευταίες δεκαετίες, οφείλεται σε πολύ μεγάλο βαθμό στην ανάπτυξη του πρωτοκόλλου Midi.

Το πρότυπο Midi είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας μεταξύ συσκευών (hardware), όπως ηλεκτρονικοί υπολογιστές, αισθητήρες, ηλεκτρονικά μουσικά όργανα κ.α, το οποίο επιτρέπει την αποστολή και λήψη πληροφοριών μεταξύ τους (Loy, 1985). Το Midi δεν αποτελεί την πρώτη χρονολογικά τεχνολογική επανάσταση που επηρέασε την μουσική. Ωστόσο, το μέγεθος της επίδρασης που είχε στα μουσικά δρώμενα, σίγουρα δεν έχει προηγούμενο όσον αφορά την ταχύτητα επέκτασης, την παγκοσμιότητα και την ένταση της επιρροής μετά τα μέσα της δεκαετίας του '80. Ο χείμαρρος των ηλεκτρονικών συσκευών αλλά και του λογισμικού που κατασκευάστηκαν στα πρώτα δύο χρόνια από την εμφάνιση του πρωτοκόλλου, μεταμόρφωσαν την λειτουργικότητα των ηλεκτρονικών μουσικών οργάνων, την δομή των στούντιο ηλεκτρονικής μουσικής αλλά και σε μεγάλο βαθμό την ίδια την πρακτική της μουσικής σύνθεσης [...] Η ανάπτυξη του Midi δεν μπορεί σε καμία περίπτωση να θεωρηθεί αποκομμένη από την γενικότερη ακμή του ενδιαφέροντος των συνθετών για την live ηλεκτρονική μουσική. Η ανάπτυξη του πρωτοκόλλου οδήγησε σε δραματική αύξηση (περίπου 40%) των συνθετών που ασχολούνται με την μουσική αυτού του είδους και ειδικότερα με τα διαδραστικά συστήματα (Igoundin, 1997).

<sup>1</sup> Η λέξη “σκηνή” χρησιμοποιείται εδώ με την ευρύτερη έννοια του χώρου στον οποίο πραγματοποιείται το ζωντανό (live) μουσικό γεγονός.

Η κεντρική ιδέα του Midi είναι η χρήση των μηχανικών μερών των μουσικών οργάνων ως διακόπτες (π.χ. τα πλήκτρα σε ένα synthesizer). Έτσι για παράδειγμα όταν πατηθεί ένα πλήκτρο, το Midi στέλνει ένα μήνυμα NoteOn, στο οποίο περιγράφεται το πλήκτρο που πατήθηκε και η ένταση την οποία έχει (ανάλογα με την ταχύτητα). Όταν το πλήκτρο ελευθερωθεί, τότε ένα άλλο μήνυμα στέλνεται από το Midi, στο οποίο η ίδια νότα αποκτά τιμή έντασης 0 και έτσι παύει να ηχεί. Εκτός από διακριτές τιμές, το Midi μπορεί να εκφράσει και συνεχείς τιμές, όπως για παράδειγμα είναι οι τιμές pitchbend, όπου κάθε μετακίνηση του pitch-wheel δίνει νέες τιμές.

Αν και η χρήση του Midi έδωσε την δυνατότητα για επέκταση στην έρευνα και στην εκτέλεση όσον αφορά την διαδραστική μουσική, εντούτοις το πρωτόκολλο θέτει πολλά προβλήματα και περιορισμούς (Moore, 1988). Η βασική αδυναμία του Midi έγκειται στο γεγονός ότι αυτό λαμβάνει και στέλνει μηνύματα σε συχνότητα ελέγχου (control rate) και όχι σε συχνότητα ηχητικής δειγματοληψίας (audio rate). Έτσι, είναι αδύνατο να περιγραφούν ή να ελεγχθούν οι ηχοχρωματικές πτυχές του ήχου. Για την αντιμετώπιση του συγκεκριμένου προβλήματος έχουν δημιουργηθεί λογισμικά (software), αλλά και συσκευές παραγωγής ήχου (audio gear), που χρησιμοποιούν ορισμένες από τις συνεχείς τιμές του Midi προκειμένου να διαμορφώσουν μερικές ή όλες τις μουσικές παραμέτρους που συνθέτουν τα παραγόμενα ηχοχρώματα.

Το δεύτερο μεγάλο τεχνικό όριο που περιορίζει σημαντικά την λειτουργικότητα του πρωτοκόλλου Midi είναι η χαμηλή ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων. Η κύρια αιτία για το συγκεκριμένο πρόβλημα είναι το γεγονός ότι το Midi είναι ένα σειριακό σύστημα μετάδοσης δεδομένων με εύρος μετάδοσης πληροφοριών 31,250 bits ανά δευτερόλεπτο. Κάθε 8-bit midi byte περιβάλλεται από ένα start bit και ένα stop bit, τα οποία διαμορφώνουν το τελικό μέγεθος σε 10 bits. Έτσι για κάθε μια νότα (NoteOn μήνυμα) χρειάζονται 3 bytes = 30 bits, που μεταδίδονται σε ένα χιλιοστό του δευτερολέπτου. Σύμφωνα με τον Gareth Loy (1985) :

*“ [...] Η εκτέλεση σε ένα όργανο Midi μιας δεκάφθογγης συγχορδίας, εισάγει καθυστέρηση δέκα χιλιοστών του δευτερολέπτου μεταξύ της πρώτης και της τελευταίας νότας. Αν και κάτι τέτοιο δεν επηρεάζει την αντίληψη της συγκεκριμένης συγχορδίας ως τέτοια, παρ' όλ' αυτά μπορεί να έχει επιρροή σε ηχοχρωματικό επίπεδο. Επίσης, η καθυστέρηση σε περίπτωση αποστολής του ίδιου μουσικού γεγονότος (δεκάφωνα συγχορδία) σε δέκα κανάλια :  $10 \times 30 = 300$  bits, εισάγει καθυστέρηση της τάξης των εκατό χιλιοστών του δευτερολέπτου μεταξύ πρώτης και τελευταίας νότας, κάτι που γίνεται ασφαλώς αντιληπτό ως διαφορετικό μουσικό γεγονός” (φαινόμενο Haas)<sup>1</sup>.*

Εκτός από το πρωτόκολλο Midi, στο στάδιο συλλογής πληροφοριών είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν και άλλα πρότυπα προκειμένου να δοθούν στο σύστημα

<sup>1</sup> Ένας χαρακτηριστικός περιορισμός της λειτουργίας της ανθρώπινης ακοής κατά την πρόσληψη δύο διαφορετικών ήχων, είναι ότι απαιτείται μια ελάχιστη χρονική καθυστέρηση μεταξύ τους, ώστε να γίνονται αντιληπτοί ως δύο ξεχωριστά ακουστικά ερεθίσματα. Όταν το αυτί προλαμβάνει δύο ήχους με χρονική καθυστέρηση μικρότερη από 35 msec, τότε δημιουργείται η αντίληψη ενός και μόνο ακουστικού ερεθίσματος (Παπανικολάου, 1995).

πληροφορίες σχετικά με τις κινήσεις αλλά και τις μουσικές προθέσεις των εκτελεστών. Με την χρήση κατάλληλων αισθητήρων (βλ. παρακάτω 1.8.1), όπως π.χ. βιντεοκάμερες, αισθητήρες κίνησης, υπέρυθρες ακτίνες, πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες κ.α., οι εκτελεστές μπορούν να μετατρέπουν οποιαδήποτε κίνησή τους σε πληροφορίες εισόδου για το διαδραστικό σύστημα.

Τα πειράματα των Cage και Cunningham την δεκαετία του 1960 που αφορούσαν την χρήση της τεχνολογίας που εφηύρε ο Theremin (βλ. Παράρτημα), είναι ένα μόνο παράδειγμα από την συνεργασία μεταξύ μουσικών και χορογράφων μέσω της χρήσης αισθητήρων για μουσικούς σκοπούς (Tzedaki, 2002). Ποικίλες εφαρμογές αισθητήρων χώρου έχουν χρησιμοποιηθεί από συνθέτες όπως οι Tod Machover και Michel Waisvisz. Ενδεικτικά μόνο αναφέρονται οι αισθητήρες Exos Dextrous Hand Master, VPL Data Glove, Buchla Lightning Controller, Radio Drum κ.α.

Ένας από τους πλέον σημαντικούς τομείς στο στάδιο της εισαγωγής δεδομένων στο σύστημα, είναι ο εντοπισμός των εισερχόμενων συχνοτήτων (pitch detection ή pitch tracking). Δεν είναι λίγες οι φορές που ειδικές συσκευές (pitch to Midi Converters) χρησιμοποιούνται προκειμένου να αναλύσουν τα εισερχόμενα δεδομένα ήχου (audio data) και να εντοπίσουν την θεμέλιο συχνότητα του εισερχόμενου σήματος. Δυστυχώς όμως, οι ιδιομορφίες του κάθε μουσικού οργάνου, καθώς επίσης και η δομή του ίδιου του ηχητικού σήματος (διαφορετική φασματική σύσταση στην ατάκα και στην εξέλιξη του ήχου), καθιστούν πολλές φορές την αποτελεσματικότητα των τεχνικών αυτών αβέβαιη μεταξύ διαφορετικών ομάδων μουσικών οργάνων ή ακόμη και μεταξύ δύο όμοιων οργάνων. Τεχνικές ανάλυσης όπως η FFT (Fast Fourier Transform) είναι συνήθως αργές ή απλά αποτυγχάνουν να εντοπίσουν το σωστό τονικό ύψος (Rowe, 1993).

Σε πολλές περιπτώσεις γίνεται συνδυαστική χρήση τεχνικών εντοπισμού συχνοτήτων και Midi. Μία από τις πρώτες εφαρμογές παρόμοιων τεχνικών υπήρξε η δημιουργία του IRCAM Flute Controller. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιήθηκαν οπτικοί αισθητήρες, οι οποίοι κατέγραφαν του δακτυλισμούς του εκτελεστή και τους αναγνώριζαν (fingering tracking) μέσω ενός πίνακα δεδομένων. Επειδή όμως όπως είναι γνωστό το συγκεκριμένο όργανο μπορεί να παράγει περισσότερους του ενός ήχου (με ίδιο δακτυλισμό αλλά με την αλλαγή του φυσήματος), κρίθηκε σκόπιμη η επιπλέον επεξεργασία του εισερχόμενου ηχητικού σήματος (audio signal) από το synthesizer 4X, προκειμένου να εντοπιστεί η ακριβής συχνότητα του παραγόμενου ήχου (Baisnee et al. 1986).

### 1.6.3. Στάδιο Επεξεργασίας πληροφοριών (Processing Stage)

Το δεύτερο στάδιο είναι αυτό της επεξεργασίας των αποκτηθέντων πληροφοριών. Σε αυτό το στάδιο τα σημαντικότερα στοιχεία που καθορίζουν την αποτελεσματικότητά του είναι δύο:

1. Το χρησιμοποιούμενο μέσο και η ευελιξία που παρέχει στον χρήστη για την επεξεργασία των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

## 2. Η φαντασία και οι τεχνικές γνώσεις του συνθέτη.

Είναι πολύ σημαντικό να κατανοηθεί η σπουδαιότητα του μέσου, μέσω του οποίου γίνεται η επεξεργασία του εισερχόμενου υλικού. Το ίδιο το μέσο αποτελεί πολλές φορές αυτοπροδιοριζόμενο 'φορέα' αισθητικής και επηρεάζει το ηχητικό αποτέλεσμα μέσω των δυνατοτήτων και των περιορισμών του. Στόχος κάθε μέσου επεξεργασίας θα πρέπει να είναι η όσο το δυνατόν μικρότερη παρεμβατικότητα στην αισθητική και γενικότερα καλλιτεχνική αναζήτηση του δημιουργού. Η φαντασία του συνθέτη και η άρτια γνώση τόσο των δυνατοτήτων, όσο και των αδυναμιών του μέσου που χρησιμοποιεί για να συνθέσει μουσική είναι οι παράγοντες που θα διαμορφώσουν το τελικό ηχητικό αποτέλεσμα από το οποίο θα κριθεί η αποτελεσματικότητα ή όχι του συστήματος. Από άποψη τεχνικής, είναι πρωταρχικής σημασίας για το στάδιο επεξεργασίας να είναι πλήρως συμβατό με το στάδιο εισαγωγής δεδομένων. Αυτό επιτυγχάνεται συνήθως με την χρήση κοινά αποδεκτών πρωτοκόλλων επικοινωνίας όπως για παράδειγμα είναι το πρωτόκολλο Midi.

### 1.6.4. Στάδιο Απόκρισης (Response Stage)

Το τρίτο και τελευταίο στάδιο είναι αυτό της απόκρισης του συστήματος στα εισερχόμενα δεδομένα. Στο στάδιο αυτό γίνεται η σύνθεση του ηχητικού σήματος, το οποίο στην συνέχεια διαχέεται στο ακροατήριο. Πριν από την εμφάνιση του πρωτοκόλλου Midi, η διαδραστική ηλεκτρονική μουσική έκανε αποκλειστική χρήση τεχνικών επεξεργασίας του ηχητικού σήματος (audio signal) μέσω ειδικών μηχανών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι επεξεργαστές που σχεδίασε ο Guiseppe di Giugno μαζί με την ομάδα του στο Ircam, διαδικασία που οδήγησε στην κατασκευή του περίφημου 4X (Baisnee et al, 1986).

Με την εμφάνιση ωστόσο του Midi, η απόκριση του συστήματος καθίσταται ανεξάρτητη σε σχέση με το εισερχόμενο ηχητικό υλικό. Έτσι για παράδειγμα μπορεί σε ένα σύστημα να γίνεται εντοπισμός συχνοτήτων από ένα ηχητικό σήμα (pitch detection) και οι ληφθείσες πληροφορίες να χρησιμοποιούνται ως σημεία εκκίνησης (triggers) για την αναπαραγωγή προκαθορισμένων ακολουθιών, όπως π.χ. midi συμβάντα εκτελούμενα από κάποιο συνθετητή.

Σήμερα, συνήθως και τα τρία παραπάνω στάδια ενσωματώνονται και επιτελούνται με την χρήση ενός ή και περισσότερων ηλεκτρονικών υπολογιστών σε δίκτυο. Οι περισσότερες εφαρμογές διαδραστικών συστημάτων χρησιμοποιούν -για το στάδιο επεξεργασίας κυρίως- ειδικό λογισμικό, προκειμένου να επεξεργαστούν τις πληροφορίες εισόδου. Επομένως, έχει μεγάλη σημασία η πλήρης συμβατότητα μεταξύ μηχανικών τμημάτων (hardware) και λογισμικού (software), προκειμένου να αποφευχθούν προβλήματα τεχνικής φύσης.



## 1.7 Μορφές Διαδραστικών Συστημάτων

Στην ενότητα αυτή επιχειρείται μια κατηγοριοποίηση των Διαδραστικών Μουσικών Συστημάτων, έτσι όπως αυτά εμφανίζονται στην πλειοψηφία τους. Στόχος μια τέτοιας ομαδοποίησης δεν είναι σε καμία περίπτωση η απλή απόδοση τίτλων, αλλά η προσπάθεια εύρεσης κοινών χαρακτηριστικών μεταξύ των συστημάτων αυτών και η δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ τους.

### 1.7.1 Κατηγοριοποίηση Διαδραστικών Μουσικών Συστημάτων

Η διάκριση των Διαδραστικών Συστημάτων που παρατίθεται προέρχεται από το βιβλίο του Rowe, R (1993) *Interactive Music Systems*. Οι κατηγορίες που δημιουργούνται είναι τρεις και έχουν σχέση με τον τρόπο που τα διαδραστικά συστήματα λαμβάνουν και εξάγουν δεδομένα. Ωστόσο, η κατηγοριοποίηση δεν θα πρέπει σε καμία περίπτωση να θεωρηθεί αμετάβλητη, καθώς είναι δυνατόν κάποιο σύστημα να περιέχεται και να περιέχει χαρακτηριστικά από περισσότερες κατηγορίες.

**A.** Στην πρώτη κατηγοριοποίηση γίνεται διάκριση μεταξύ των συστημάτων που οδηγούνται από την εκτέλεση μια προϋπάρχουσας παρτιτούρας (Score-Driven) και αυτών που οδηγούνται -χωρίς περιορισμούς παρτιτούρας- από την ίδια την εκτέλεση (Performance-Driven)

**1. Score - Driven Systems :** Τα συστήματα αυτής της κατηγορίας χρησιμοποιούν προκαθορισμένο υλικό (π.χ. μουσική παρτιτούρα, διαδοχές φθόγγων κ.α.) και αναμένουν συγκεκριμένες πράξεις από τους εκτελεστές προκειμένου να εκτελέσουν τις εντολές τους (matching). Έχουν συνήθως μια άμεση σχέση με έννοιες όπως είναι το μέτρο, ο ρυθμός και ο παλμός και παρέχουν στον συνθέτη την δυνατότητα να σκέφτεται την ροή του χρόνου με έναν παραδοσιακό τρόπο, όπου κάποια γεγονότα έχουν προγραμματιστεί να συμβούν σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές σε σχέση πάντα με την μουσική εκτέλεση (π.χ. επανάληψη κάποιου μοτίβου στο τέταρτο χρόνο κάθε μέτρου από το μέτρο X έως το μέτρο Y)

**2. Performance - Driven Systems :** Σε αντίθεση με τα Score-driven Systems, τα συστήματα αυτά δεν ακολουθούν κάποιο προδιαγεγραμμένο υλικό. Με άλλα λόγια, δεν έχουν αποθηκευμένη κάποια αναπαράσταση (representation) της μουσικής που προσδοκούν να βρουν στις μονάδες εισόδου τους (input). Από ρυθμικής λοιπόν άποψης, η δυνατότητα-αδυναμία τους αυτή τα καθιστά περισσότερο ελεύθερα σε σχέση πάντα με την χρονική οργάνωσή τους, και έτσι συνήθως χρησιμοποιούν πιο γενικές παραμέτρους, όπως π.χ. η πυκνότητα, η κανονικότητα, το ηχόχρωμα κ.α., προκειμένου να περιγράψουν και να κατανοήσουν τα εισερχόμενα σε αυτά δεδομένα.

**B.** Στην δεύτερη κατηγοριοποίηση γίνεται διάκριση ανάμεσα στις μορφές απόκρισης (response) του ηλεκτρονικού υπολογιστή σε σχέση με τις μουσικές πληροφορίες εισόδου (input). Οι βασικές μορφές απόκρισης λοιπόν είναι: α) Μετασχηματιστική (Transformative), β) Παραγωγική (Generative) και γ) Ακολουθιακή (Sequenced).

**1. Transformative.** Οι μετασχηματιστικές μέθοδοι επεξεργασίας χρησιμοποιούν το εισερχόμενο μουσικό υλικό και εφαρμόζουν μετασχηματιστικές τεχνικές προκειμένου να δημιουργήσουν παραλλαγές. Ανάλογα με τους αλγόριθμους που χρησιμοποιούνται κάθε φορά, μπορεί να υπάρχει ή όχι σαφής συγγένεια και αναγνωρισιμότητα μεταξύ του αρχικού υλικού και των παραλλαγών. Για τους μετασχηματιστικούς αλγόριθμους, το υλικό προς επεξεργασία είναι αποκλειστικά μουσική προερχόμενη από τις μονάδες εισόδου. Το υλικό αυτό δεν είναι απαραίτητο να αποθηκευτεί στην μνήμη του ηλεκτρονικού υπολογιστή, καθώς τις περισσότερες φορές τίθεται σε επεξεργασία απευθείας.

**2. Generative.** Για τους παραγωγικούς αλγόριθμους (genetic Algorithms, GAs), σε αντιδιαστολή με τους μετασχηματιστικούς, το υλικό είναι αποθηκευμένο στην μνήμη του υπολογιστή και έχει συνήθως την μορφή απλών ομάδων (sets) διαφόρων μουσικών παραμέτρων (π.χ. τονικά ύψη, διάρκειες κ.α.). Οι παραγωγικοί αλγόριθμοι χρησιμοποιούν το “εμβρυακό” αυτό υλικό και μια σειρά από κανόνες (rules) αναπαραγωγής και παράγουν έτσι νέες γενιές μουσικού υλικού ή μουσικής. Για παράδειγμα, μπορεί να υπάρχει ως αρχικό υλικό μια ομάδα από φθόγγους κάποιας συμμετρικής κλίμακας και μια σειρά από χρονικές διάρκειες και οι αλγόριθμοι να επιλέγουν μια τυχαία σειρά από τα τονικά ύψη και να εφαρμόζουν σειραϊκές τεχνικές στην ρυθμική οργάνωση του μουσικού γεγονότος.

**3. Sequenced.** Οι ακολουθιακές τεχνικές χρησιμοποιούν προεγγεγραμμένο μουσικό υλικό σε σχέση με τις σε πραγματικό χρόνο λαμβανόμενες μουσικές πληροφορίες. Αυτό που έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον εδώ, είναι η δυνατότητα για διαμόρφωση παραμέτρων του αποθηκευμένου υλικού κατά την διάρκεια της εκτέλεσης, όπως π.χ. το τέμπο, οι περιβάλλουσες έντασης, ρυθμός κ.α. Για παράδειγμα, μπορεί στην μνήμη του ηλεκτρονικού υπολογιστή να υπάρχουν πολύ συγκεκριμένα συνοδευτικά μοντέλα σε σχέση με την μουσική που δέχεται το σύστημα κατά την εκτέλεση και ο εκτελεστής να μπορεί να αυξομειώνει το τέμπο χωρίς να υπάρχει πρόβλημα συντονισμού με το σύστημα, καθώς αυτό θα αντιλαμβάνεται τις αλλαγές και θα ακολουθεί την εκτέλεση.

**Γ.** Στην τρίτη και τελευταία κατηγοριοποίηση, γίνεται διάκριση των συστημάτων ανάλογα με την μουσική τους λογική, όπου γίνεται διάκριση

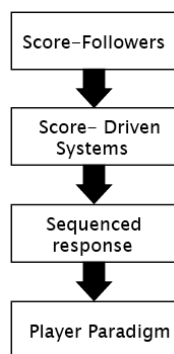
ανάμεσα στα παραδειγματικά πλαίσια του μουσικού οργάνου (instrument paradigm) και του εκτελεστή (player paradigm).

**1. Instrument Paradigm.** Τα διαδραστικά μουσικά συστήματα που έχουν κατασκευαστεί με το πρότυπο του μουσικού οργάνου, είναι συνυφασμένα με την λογική της κατασκευής νέων μουσικών οργάνων. Σε αυτά επιχειρείται μια όσο το δυνατόν πιο ευκρινής και λεπτομερής ανάλυση των χειρονομιών και των κινήσεων του εκτελεστή από το σύστημα, το οποίο στην συνέχεια διαδρά μουσικά κατά τον ίδιο τρόπο που θα αντιδρούσε, σε ένα αφηρημένο πλαίσιο, ένα “παραδοσιακό” ακουστικό μουσικό όργανο. Θα μπορούσε, για παράδειγμα, να θεωρηθεί ότι το Theremin είναι μια τέτοια μορφή διαδραστικού συστήματος. Η εκτέλεση ενός έργου από έναν εκτελεστή σε ένα σύστημα βασισμένο στο παράδειγμα του μουσικού οργάνου, θα μπορούσε να θεωρηθεί ως ένα σόλο.

**2. Player Paradigm.** Από την άλλη πλευρά, στα συστήματα που η λειτουργία τους βασίζεται στο πρότυπο του εκτελεστή, αυτό που επιχειρείται είναι η ανάπτυξη των μουσικών δεξιοτήτων του συστήματος. Στόχος είναι η δημιουργία ενός τεχνητού εκτελεστή με ξεχωριστή “προσωπικότητα” και συμπεριφορά, η οποία μπορεί να αναδεικνύεται ή να υποκρύπτεται κάθε φορά, ανάλογα με την εξάρτηση του συστήματος στην συμπεριφορά του ζωντανού μουσικού και τις προθέσεις του συνθέτη. Η εκτέλεση ενός έργου από έναν εκτελεστή σε ένα σύστημα βασισμένο στο παράδειγμα του εκτελεστή, θα μπορούσε να θεωρηθεί ως ένα ντούο (duo) ή ντουέτο (duet)<sup>1</sup>.

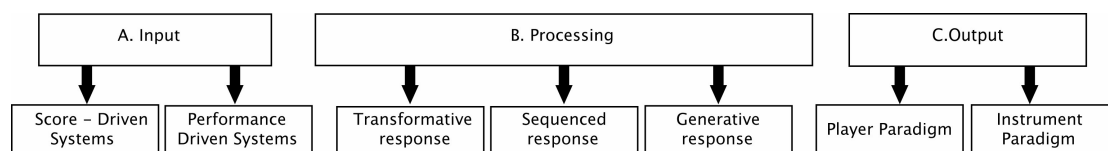
Προκειμένου να διασαφηνιστούν οι παραπάνω κατηγοριοποιήσεις, παρατίθεται ένα παράδειγμα: Τα προγράμματα Score-followers είναι μια ομάδα προγραμμάτων με την δυνατότητα να συνοδεύουν μια ζωντανή εκτέλεση. Για να πετύχουν κάτι τέτοιο τα προγράμματα αυτά, προσπαθούν να ακολουθήσουν την ζωντανή μουσική εκτέλεση χρησιμοποιώντας ως οδηγό μια αναπαράσταση των τεκταινόμενων -μουσικά- με την μορφή παρτιτούρας, την οποία έχουν αποθηκευμένη στην μνήμη τους (Score - Driven). Έτσι, όταν υπάρξει πλήρης αντιστοίχιση των εισερχόμενων πληροφοριών με αυτές που το σύστημα έχει αποθηκευμένες, παράγονται -πιθανότατα- ακολουθιακά γεγονότα (Sequenced Response). Εκτελούνται δηλαδή μια σειρά απο συνοδευτικά (και όχι μόνο) σχήματα. Η τεχνική της διάδρασης είναι ακολουθιακή στην προκειμένη περίπτωση, καθώς η μουσική που (ανα)παράγει ο ηλεκτρονικός υπολογιστής είναι από πριν προσδιορισμένη και καταγεγραμμένη. Τέλος, το παράδειγμα των προγραμμάτων Score-follower μπορούν να θεωρηθούν ως συστήματα στο παράδειγμα του εκτελεστή (player Paradigm), καθώς το σύστημα δημιουργεί μια νέα διακριτή δεύτερη “φωνή” κατά το πρότυπο της συνοδείας (Rowe, 1993). Σχηματικά λοιπόν έχουμε για το παραπάνω παράδειγμα:

<sup>1</sup> Η διάκριση ανάμεσα σε duo και duet αφορά στη χρήση των ηχοχρωμάτων που θα χρησιμοποιηθούν από το διαδραστικό σύστημα.



Σχήμα 8. Κατηγοριοποίηση των προγραμμάτων Score-Followers.

Και γενικότερα για την ταξινόμηση των συστημάτων (σχ.9):



Σχήμα 9. Τμηματοποίηση των σταδίων από τα οποία διέρχονται τα διαδραστικά μουσικά συστήματα (Rowe).

Ο Fernando Iazzetta(1996) στο άρθρο του “Formalization of Computer Music Interaction through a Semiotic Approach”<sup>1</sup>, κάνει την εξής διάκριση των διαδραστικών συστημάτων βάσει της λειτουργικότητάς τους :

“ Κάθε διαδραστικό σύστημα τείνει να εδραιώνει τις λειτουργίες του σε διαδικασίες που αφορούν την “παραγωγή” (generation), μετασχηματισμό (transformation) και ερμηνεία (interpretation) της μουσικής. Οι διαδικασίες αυτές καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από τις εξής τρεις λειτουργίες :

1. Την αναγνώριση του περιεχόμενου και του υλικού που προσλαμβάνει το σύστημα από τις μονάδες εισόδου (input).
2. Την επεξεργασία που εφαρμόζει το σύστημα στο κεκτημένο υλικό.
3. Τις αντιδράσεις που δίνει το σύστημα.

Παρατηρείται αμέσως η συγγένεια των κριτηρίων διαχωρισμού που χρησιμοποιούν οι Iazzetta και Rowe. Τα περισσότερα διαδραστικά συστήματα που έχουν δημιουργηθεί μέχρι σήμερα, εμπεριέχουν συνήθως στοιχεία και από τις τρεις διαδικασίες (generative, transformative και interpretative), αν και τις περισσότερες φορές δίνεται βάρος σε μία από αυτές.

<sup>1</sup> Δημοσιευμένο στο Journal of New Music Research (1996). βλ. Βιβλιογραφία

### 1.7.2. Δυναμικές διαφοροποιήσεις-κατηγοριοποιήσεις των διαδραστικών συστημάτων.

Σύμφωνα με τον Iazzetta (1996) :

*“Η διαδραστικότητα είναι μια ανακλαστική διαδικασία. Οι δράσεις που εκτελούνται από του παράγοντες (agents) που απαρτίζουν ένα διαδραστικό σύστημα δεν επηρεάζουν μόνο την αντίδραση του συστήματος, αλλά διαμορφώνονται οι ίδιες μέσω των αντιδράσεων αυτών. Η διάδραση δουλεύει ως ένας λειτουργικός βρόγχος (functional loop), όπου κάθε δράση αποκτά νόημα (meaning) μέσα στο πλαίσιο όλων των λειτουργικών ιδιοτήτων των υπόλοιπων δράσεων - διαδράσεων [...]. Κάθε παράγοντας που συμμετέχει σε ένα διαδραστικό σύστημα πρέπει να προσαρμόζεται και να αφομοιώνεται από το διαδραστικό περιβάλλον. Ο τρόπος με τον οποίο οι παράγοντες υιοθετούνται (adapted) στο σύστημα και ο τρόπος με τον οποίο αντιδρούν μέσα σε αυτό (react), είναι καταλυτικός και καθορίζει το είδος της διαδραστικότητας που θα αναπτυχθεί. Βασικά μπορεί να γίνει η εξής διάκριση στην δυναμική των διαδραστικών συστημάτων :*

**1. Ανταγωνιστική Διάδραση (Competitive Interaction) :** Στην κατηγορία αυτή, οι παράγοντες που συνθέτουν το διαδραστικό σύστημα δεν λειτουργούν ως “συνάδελφοι” και είναι πιθανό να μην έχουν κοινούς στόχους. Γενικότερα, στην κατηγορία των ανταγωνιστικών συστημάτων η επιτυχία ενός παράγοντα του συστήματος σημαίνει την αποτυχία κάποιου άλλου μέλους. Στην καθημερινή ζωή τέτοιου είδους διαδράσεις μπορούν να παρουσιαστούν στην οικονομία ή σε παιχνίδια όπως π.χ. το σκάκι κ.α.

**2. Διάδραση Συνεργασίας (Co-operative Interaction) :** Στα διαδραστικά συστήματα συνεργασίας, η επιτυχία του στόχου ενός παράγοντα υπονοεί την επιτυχία γενικότερων στόχων και είναι, κατά κάποιον τρόπο, “κοινής ωφέλειας”. Οι παράγοντες που συμμετέχουν σε αυτά τα συστήματα μοιράζονται κοινούς στόχους και λειτουργούν αλληλοσυμπληρωματικά σε συνθήκες αγωγής συνεργασίας για κάποιο -τουλάχιστον- χρονικό διάστημα. Εξαιρετικό παράδειγμα μιας τέτοιου τύπου διαδραστικότητας είναι η διδασκαλία, όπου η επιτυχία του στόχου του διδάσκοντα συμπίπτει με την κατάκτηση του στόχου (γνώση) από τους διδασκόμενους.

**3. Συμβιωτική Διάδραση. (Symbiotic Interaction) :** Στα συστήματα αυτά οι παράγοντες που τα συνθέτουν έχουν διαφορετικούς στόχους, αλλά δρουν σε συνεργασία μεταξύ τους μέσα σε ένα απο κοινού μοιραζόμενο πλαίσιο. Η φύση παρέχει άφθονα παραδείγματα αυτού του τύπου συμβιωτικής αλληλεπίδρασης ανάμεσα στα είδη. Για παράδειγμα πολλά βακτηρίδια ζουν μέσα σε οργανισμούς, όπως π.χ. στο στομάχι των αλόγων, βοηθώντας τούς σε διάφορες οργανικές

λειτουργίες π.χ. πέψη, αλλά ταυτόχρονα τρέφονται από τούς ίδιους αυτούς οργανισμούς.

Αξίζει να σημειωθεί ότι ένα διαδραστικό σύστημα μπορεί, αφενός να εμπίπτει σε μια από τις παραπάνω κατηγορίες δυναμικής ταξινόμησης, αφετέρου όμως κάποια υποσυστήματά του να λειτουργούν με ένα εντελώς διαφορετικό τρόπο. Έτσι για παράδειγμα μια συμφωνική ορχήστρα μπορεί να θεωρηθεί ως ένα διαδραστικό σύστημα συνεργασίας (cooperative interaction), εντούτοις μπορεί να υπάρχουν στιγμές όπου (π.χ. σε ένα κονσέρτο για ένα όργανο και ορχήστρα) να λειτουργεί σε ένα ανταγωνιστικό επίπεδο διάδρασης (Competitive Interaction).

Η διαδραστικότητα είναι μια ελαστική διαδικασία επικοινωνίας. Είναι δυνατόν να ειπωθεί ότι οποιαδήποτε διαδικασία επικοινωνίας που περιλαμβάνει περισσότερους του ενός παράγοντες (άτομα ή/και μηχανές), εμπεριέχει σε κάποιο βαθμό μια μορφή διαδραστικότητας. Έτσι στην μουσική, μια κατεξοχήν επικοινωνιακή τέχνη- αυτό που είναι σημαντικό σε μία έρευνα σε σχέση με ζητήματα διαδραστικότητας, δεν είναι η ύπαρξή της ή όχι, αλλά ο βαθμός στον οποίο εμφανίζεται. (Iazzetta, 1996).

### 1.7.3. Στατική vs Δυναμική διάδραση

Ως **στατική** διάδραση ορίζεται αυτή στην οποία τα μέλη τα οποία λαμβάνουν μέρος στην διαδραστική διαδικασία ακολουθούν αυστηρούς κανόνες, εξαρτώνται από την διαμόρφωση του συστήματος και έχουν χαμηλή προσαρμοστικότητα στις αλλαγές που υποβάλλει το πλαίσιο μέσα στο οποίο πραγματοποιείται η διαδραστική δραστηριότητα. Συνήθως αυτή η συμπεριφορά, περιγράφει συστήματα που αποτελούνται από μηχανικά μέσα (π.χ. ηλεκτρονικούς υπολογιστές). Από την άλλη μεριά, **δυναμική** διαδραστικότητα είναι αυτή στην οποία μετέχουν -συνήθως- άνθρωποι και στις οποίες πολλές φορές οι στόχοι είναι ασαφείς ή συνεχώς επαναπροσδιοριζόμενοι, έτσι ώστε η συμπεριφορά των μελών αυτών να επανατοποθετείται βάσει των αλλαγών του πλαισίου.

Θα ήταν λάθος, ωστόσο, να θεωρηθεί ότι οι στατικές διαδράσεις αφορούν μόνο μηχανές, ενώ οι δυναμικές, ανθρώπους, καθώς υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες αναπτύσσονται στατικές διαδραστικές σχέσεις μόνο με την συμμετοχή ανθρώπων και στις οποίες οι άνθρωποι έχουν απλώς πολύ περιοριστικούς και αυστηρούς κανόνες συμπεριφοράς, ενώ αντίστροφα σε αρκετές περιπτώσεις τα μηχανικά μέρη ενός διαδραστικού συστήματος προσομοιάζουν ανθρώπινες λειτουργίες (π.χ. τεχνητή νοημοσύνη) και αποκτούν έτσι δυναμική διαδραστικότητα (Iazzetta, 1996).

### 1.8 Τα διαδραστικά μουσικά συστήματα ως μουσικά όργανα.

Τα μουσικά όργανα χρησιμοποιήθηκαν από τον άνθρωπο για την έκφρασή του μέσω του ήχου, ως προεκτάσεις του σώματός του, πιθανότατα από την αρχή της σύλληψης της ιδέας του χρόνου. Μπορούν να θεωρηθούν -μέσα σε ένα ευρύ πλαίσιο- ως

μηχανικά μέσα<sup>1</sup> που επιτρέπουν την μεταφορά [και μετατροπή] της μηχανικής ενέργειας (κίνηση) σε ακουστική ενέργεια (ηχητικά κύματα) μέσω της δόνησης και της αντήχησης.

Η χρήση των μουσικών οργάνων δεν έχει την ίδια λειτουργικότητα στην μουσική όλων των πολιτισμών της γης. Ειδικότερα στον δυτικοευρωπαϊκό πολιτισμό όπου η μουσική δημιουργία και η μουσική εκτέλεση είναι τις περισσότερες φορές δύο διακριτές μουσικές δραστηριότητες, η χρήση των μουσικών οργάνων αλλά και η κατασκευή-σχεδιασμός τους έχει περιορισμένη ελαστικότητα<sup>2</sup> και δεν επηρεάζεται από την συνθετική διαδικασία. Οι συνθέτες έχουν τις περισσότερες φορές έμμεση γνώση για τις δυνατότητες των οργάνων για τα οποία συνθέτουν, ενώ η κατασκευή νέων οργάνων είναι σχεδόν ανέφικτη καθώς κάτι τέτοιο δημιουργεί εξαιρετικά οικονομικά προβλήματα καθώς και προβλήματα εκτέλεσης.

Αν και βρισκόμαστε ακόμα στην αρχή μιας χρονικής περιόδου στην οποία υφίστανται άυλα μουσικά όργανα, έχει ήδη αποκτηθεί αρκετή εμπειρία σε σχέση με ζητήματα που αφορούν ομοιότητες και διαφορές μεταξύ φυσικών και ηλεκτρονικών μουσικών οργάνων. Η ιστορία της χρήσης ηλεκτρονικών μέσων για την δημιουργία ήχου, ξεφεύγει από το πλαίσιο της παρούσας εργασίας και για τον λόγο αυτό γίνεται μια απλή και σύντομη αναφορά στο παράρτημά της.

Αυτό που είναι πολύ σημαντικό να γίνει αντιληπτό είναι η δυνατότητα που υπάρχει για την κατασκευή μουσικών οργάνων με την βοήθεια και την χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή, τα οποία έχουν την μορφή και την λειτουργικότητα λογισμικού (software). Τα διαδραστικά συστήματα μπορούν να λειτουργήσουν κατ' αυτόν τον τρόπο ως νέες μορφές μουσικών οργάνων, στα οποία η κίνηση των εκτελεστών "μεταφράζεται" σε ηχητικά κύματα (Tzedaki, 2002).

Σύμφωνα με τους Serafin Stefania και Richard Dudas (2000)

*[...] ένα από τα πλέον ενδιαφέροντα στοιχεία κατά την δημιουργία "εικονικών" (virtual) μουσικών οργάνων είναι ο πιθανός διαδραστικός έλεγχος των επιμέρους παραμέτρων του.*

Προκειμένου να επιτευχθεί η μετατροπή των κινήσεων σε σήματα προς επεξεργασία, τις περισσότερες φορές χρησιμοποιούνται διάφορες συσκευές γνωστές ως αισθητήρες (Sensors), οι οποίες με την χρήση διαφόρων τεχνικών μετατρέπουν την κίνηση του εκτελεστή σε ηλεκτρικά σήματα. Στόχος της παρούσας εργασίας δεν είναι η ανάλυση και η παρουσίαση των τεχνικών και λειτουργικών δομών των αισθητήρων, ωστόσο κρίνεται σκόπιμη μια σύντομη αναφορά σε ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά τους.

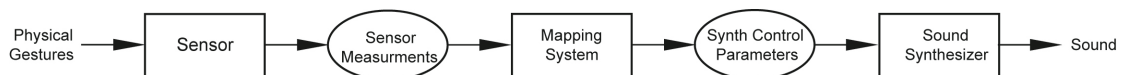
<sup>1</sup> Η αναφορά εδώ γίνεται στα ακουστικά μουσικά όργανα.

<sup>2</sup> Δεν θα πρέπει σε καμία περίπτωση να συγχέονται εδώ τα μουσικά όργανα ως πηγές ήχου και ηχοχρωμάτων με την ενορχήστρωση που είναι ο συνδυασμός και η μίξη των ηχοχρωμάτων των μουσικών οργάνων.

### 1.8.1 Αισθητήρες (Sensors)

Ο χώρος της ηλεκτρονικής μουσικής αποτέλεσε και συνεχίζει να αποτελεί πρόσφορο έδαφος για την έρευνα, την ανάπτυξη και την εφαρμογή νέων μέσων εισαγωγής δεδομένων (input devices), που αφορούν την κίνηση του/των εκτελεστών στα μουσικά όργανα. Η ηλεκτρονική σύνθεση ήχου απαιτεί -όπως συμβαίνει και στα παραδοσιακά μουσικά όργανα- έλεγχο σε μια σειρά απο μουσικές παραμέτρους όπως τονικό ύψος, διάρκειες, εντάσεις κ.α., αλλά και σε νέες παραμέτρους που προκύπτουν από το ίδιο το νέο μέσο, όπως π.χ. η αναλογία carrier/modulator στην σύνθεση FM ή η εικονική πίεση των χειλιών στην σύνθεση με τεχνικές physical modeling. [...] Ένας τρόπος αντιμετώπισης του προβλήματος του προσδιορισμού όλων των παραμέτρων που αφορούν στην σύνθεση ήχου με την χρήση ηλεκτρονικών μέσων, είναι ο προσδιορισμός του με την δημιουργία “παρτιτούρας” κατά τον παραδοσιακό τρόπο σύνθεσης<sup>1</sup>. Αυτό όμως αποκλείει την δυνατότητα δημιουργίας ζωντανών μουσικών γεγονότων, και έτσι ξεφεύγει από τους στόχους της συγκεκριμένης εργασίας. Γίνεται σαφές ότι υπάρχει η ανάγκη για την δημιουργία μέσων (sensors), τα οποία να αντιλαμβάνονται και να καταγράφουν τις κινήσεις (physical gestures) των εκτελεστών, τις οποίες στην συνέχεια θα τροφοδοτούν στο σύστημα με την μορφή “μεταβλητών τιμών” (sensors measurements) προκειμένου να αντιστοιχηθούν (mapping) με τις διάφορες μουσικές παραμέτρους (control parameters), οι οποίες με τη σειρά τους θα προσδιορίσουν τις ιδιότητες του ήχου που θα δημιουργήσει το ηλεκτρονικό σύστημα σύνθεσης ήχου (sound synthesizer) (Wright, 2002).

Η διαδικασία μετατροπής των φυσικών χειρονομιών σε ήχο, περιγράφεται γραφικά στο παρακάτω σχήμα (σχ.10) :



Σχήμα 10. Διαδικασία μετατροπής των φυσικών ερεθισμάτων σε ήχο.

Η αναλογία που προκύπτει από το παραπάνω σχήμα με τα ακουστικά μουσικά όργανα είναι σαφής καθώς και εκεί το ίδιο το μουσικό όργανο ενσωματώνει όλες τις παραπάνω λειτουργίες, λειτουργεί δηλαδή τόσο ως αισθητήρας, όσο και ως πηγή παραγωγής ήχου.

Σύμφωνα με τον Wright (2002) :

*[...] Αισθητήρες σε ένα διαδραστικό σύστημα ονομάζονται οι συσκευές που μετρούν τις ιδιότητες του φυσικού κόσμου (π.χ. στάθμες έντασης, φωτεινότητα,*

<sup>1</sup> Τέτοιου τύπου τεχνικές χρησιμοποιούνται στις γλώσσες σύνθεσης και επεξεργασίας ήχου Music-N και πιθανότατα είναι η άμεση σχέση του μοντέλου με την παραδοσιακή γραφή μουσικών έργων, αυτή που οδήγησε στην μεγάλη επιτυχία που είχαν και συνεχίζουν να έχουν τα συγκεκριμένα προγράμματα (π.χ. Csound).



*ταχύτητα αντικειμένων κ.α.) και τις μετατρέπουν σε δεδομένα (data), τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το υπόλοιπο σύστημα.*

Ο Goldstein Mark στο άρθρο του “Playing Electronics with Mallets Extending the Gestural Possibilities.” αναφέρει :

*“[...]Ο σχεδιασμός νέων μουσικών οργάνων για την χρήση τους σε live μουσικές παραστάσεις, βασίζεται συνήθως σε δύο πρακτικές:*

- 1. Ένας αισθητήρας προσομοιάζει και μιμείται την παγιωμένη τεχνική κάποιου παραδοσιακού οργάνου.*
- 2. Μια καινούργια τεχνολογία άντλησης πληροφοριών σχετικών με την κίνηση του εκτελεστή (sensing technology) εγκαθιδρύεται και απαιτεί την ανάπτυξη μιας καινούργιας τεχνική παιξίματος του νέου αυτού μουσικού οργάνου.”*

Δύο άλλοι παράγοντες που λαμβάνονται σοβαρά υπ’ όψιν από τους δημιουργούς διαδραστικών έργων και τους κατασκευαστές αισθητήρων στη σύγχρονη ηλεκτρονική μουσική, είναι ο συγχρονισμός μεταξύ ανθρώπου και ηλεκτρονικού υπολογιστή και η δυνατότητα πλήρους ελέγχου του -ηλεκτρονικά παραγόμενου- ήχου, μέσω της κίνησης, προκειμένου να ανακτηθεί η ανθρώπινη αίσθηση και η εκφραστικότητα κατά την διάρκεια ζωντανών παραστάσεων μουσικής με χρήση ηλεκτρονικών μέσων (Tarabella, 2000).

Κατά την διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών υπήρξαν τεράστιες εξελίξεις και καινοτομίες στον σχεδιασμό νέων διεπαφών (interfaces) και γενικότερα νέων τρόπων εκτέλεσης ζωντανής ηλεκτρονικής μουσικής με την χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών. Παρ’ όλα αυτά, τα περισσότερα από αυτά τα συστήματα (με πολύ λίγες εξαιρέσεις), δεν κατάφεραν να ενσωματωθούν στην σύγχρονη μουσική πρακτική. Ένας από τους λόγους της αποτυχίας των νέων μουσικών οργάνων είναι η ανικανότητα των μέσων αυτών να καλύψουν τις βαθύτερες και πλέον ουσιαστικές πτυχές της ανθρώπινης εκφραστικότητας. Με άλλα λόγια δεν μπορούν να διαχειριστούν με τον επιθυμητό τρόπο τις ανθρώπινες χειρονομίες και γενικότερα τις κινήσεις που ελέγχουν τον ήχο (Nakra, 2000).

Ο Machover στο άρθρο του “Hyperinstruments : A progress report, 1987-1991.” (1992)<sup>1</sup> αναφέρει :

*“Στοχός κάθε τεχνολογικής έρευνας στις τέχνες είναι η επίτευξη πλούσιας εκφραστικότητας. Για την επίτευξη αυτού του στόχου είναι αναγκαία η δημιουργία “έξυπνων” εργαλείων τα οποία παρέχονται στους καλλιτέχνες. Τα εργαλεία αυτά πρέπει να υπερβαίνουν τα παραδοσιακά όρια της “ενίσχυσης”*

---

<sup>1</sup> Machover, Tod. (1992) “Hyperinstruments : A progress report, 1987-1991.” MIT Media Laboratory

*των ανθρώπινων χειρονομιών και να μετατρέπονται σε ερεθίσματα και μέσα διευκόλυνσης της ίδια της δημιουργικής διαδικασίας.”*

Στα περισσότερα ακουστικά μουσικά όργανα όπως είναι τα έγχορδα, τα πνευστά και τα κρουστά ο εκτελεστής βρίσκεται σε άμεση “αντιπαράθεση” με την παραγωγή ήχου μέσω φυσικών χειρονομιών (π.χ. χτύπημα των χορδών, φύσημα μέσα σε σωλήνες, κρούση μεμβρανών κ.α.). Η χειρονομίες-κινήσεις του εκτελεστή στις περιπτώσεις αυτές βρίσκονται σε **άμεση** σχέση με την διέγερση του μηχανισμού των μουσικών οργάνων και κατ’ επέκταση στην παραγωγή του ήχου. Αντιθέτως, σε όργανα όπως το πιάνο και το εκκλησιαστικό όργανο η σχέση μεταξύ χειρονομίας και ήχου είναι έμμεση, καθώς παρεμβάλλεται ο μηχανισμός του οργάνου. Παρ’ όλα αυτά και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις υπάρχει -τις περισσότερες φορές- μια σχέση ένα προς ένα ανάμεσα στις χειρονομίες και στους παραγόμενους ήχους ή αλλιώς μια χειρονομία για κάθε ήχο (Wessel & Wright, 2002).

Η αναλογία ένα προς ένα μπορεί να παρακαμφθεί με την χρήση αλγοριθμικών τεχνικών σύνθεσης, στις οποίες ένα και μόνο ερέθισμα μπορεί να προκαλέσει πολύπλοκα ηχητικά αποτελέσματα. Αυτό βέβαια προϋποθέτει την χρήση ηλεκτρονικών μέσων σύνθεσης ήχου και είναι ένα από τα πιο εντυπωσιακά χαρακτηριστικά των διαδραστικών συστημάτων.

Στο άρθρο τους “Problems and Prospects for Intimate Musical Control of Computers, οι David Wessel και Matthew Wright (2002) αναφέρουν σχετικά με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά όλων των μουσικών οργάνων :

*α. [...] Ένα από τα θεμελιώδη χαρακτηριστικά ενός μουσικού οργάνου είναι η ύπαρξη ενός “σιγαστήρα”, ενός μηχανισμού δηλαδή που θα επιτρέπει στον χρήστη να σταματά τις τρέχουσες μουσικές διαδικασίες. Γενικότερα, ο εκτελεστής θα πρέπει να έχει τον έλεγχο της συνολικής έντασης και της πυκνότητας των ηχητικών συμβάντων που παράγει ένα μουσικό όργανο, ακόμη και εάν οι επιμέρους λεπτομέρειες ελέγχονται από μια (ημι-)αυτόματη αλγοριθμική διαδικασία.*

*β. Πιστεύουμε ότι θα πρέπει να υπάρχει μια σχετική αντιστοιχία μεταξύ του μεγέθους - έκτασης μιας χειρονομίας και του ηχητικού αποτελέσματος. Αν και είναι δυνατόν να υπάρξει αντιστοίχιση (mapping) μεταξύ οποιασδήποτε χειρονομίας και ήχου, εντούτοις τα μουσικά όργανα λειτουργούν περισσότερο ικανοποιητικά τόσο για τον μουσικό, όσο και για το ακροατήριο, όταν μικρές χειρονομίες δημιουργούν μικρές ηχητικές μεταβολές και αντίστοιχά όταν έντονες χειρονομίες προκαλούν δραματικές αλλαγές στον ήχο.*

*γ. Ένα άλλο χαρακτηριστικό που θεωρούμε σημαντικό σχετικά με τα μουσικά όργανα είναι η ικανότητα του εκτελεστή να ελέγχει και να προβλέπει σε ένα αφηρημένο αλλά υψηλό επίπεδο την συμπεριφορά του οργάνου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το μοντέλο του μαέστρου και της ορχήστρας, όπου οι μεμονωμένοι μουσικοί της ορχήστρας καθορίζουν τις λεπτομέρειες του ηχητικού*

*αποτελέσματος, ενώ ο μαέστρος ελέγχει την γενικότερη ηχητική διαμόρφωση του έργου.*

Στο σημείο αυτό πρέπει να γίνει διάκριση ανάμεσα σε δύο βασικές κατηγορίες αισθητήρων και γενικότερα νέων μουσικών οργάνων. Η διάκριση αφορά :

1. Αυτά που είναι κατασκευασμένα για μουσικούς.
2. Αυτά που αφορούν το ευρύτερο κοινό ή γενικότερα μη μουσικούς.

Η κύριες διαφορές ανάμεσα στα παραπάνω δύο είδη είναι ότι στην πρώτη περίπτωση υπάρχουν συνήθως πολύπλοκα εργαλεία-αισθητήρες που προσφέρουν μεγάλη εκφραστική ελευθερία και απαιτούν ειδικευμένους μουσικούς για την εκτέλεσή τους, ενώ στην δεύτερη αυτό που συνήθως καθορίζει την επιτυχία είναι η ελκυστικότητα και η ευχρηστία των οργάνων, τα οποία δίνοντας στον χρήστη την αίσθηση του ελέγχου και της αλληλεπίδρασης παράγουν ενδιαφέροντα μουσικά αποτελέσματα χωρίς να απαιτούν ειδική εξάσκηση (Jordà, 2001).

Οι Ungvary, T και Vertegaal, R (2000) στο άρθρο τους “Cognition and Physicality in musical instruments” αναφέρουν τέσσερα εργονομικά κριτήρια σχετικά με την κατασκευή μουσικών συστημάτων - οργάνων :

1. *Ευκολία εκμάθησης (learn-ability). Η προσπάθεια που απαιτείται από το σύστημα προκειμένου να μπορεί να το χειριστεί ο εκτελεστής.*
2. *Ευκολία χρήσης (ease of use). Η ευκολία και η αποτελεσματικότητα με την οποία επιτυγχάνονται οι στόχοι του συστήματος.*
3. *Προσαρμοστικότητα - ευελιξία (Flexibility). Η δυνατότητα του συστήματος να μεταφέρεται και να χρησιμοποιείται σε νέα περιβάλλοντα.*
4. *Συμπεριφορά (Attitude). Όλες οι αρνητικές και θετικές πτυχές της συμπεριφοράς του συστήματος απέναντι στον χρήστη.*

Ένα από τα σημαντικά χαρακτηριστικά ενός καλοσχεδιασμένου αισθητήρα είναι επίσης η χαμηλή καθυστέρηση. Ως καθυστέρηση ορίζεται ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ της διέγερσης και της ανταπόκρισης. Μερικά είδη καθυστέρησης είναι εύκολο να μετρηθούν, όπως για παράδειγμα η καθυστέρηση ηχητικής ανταπόκρισης ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή σε ένα εξωτερικό ερέθισμα (π.χ. Midi μήνυμα μέσω Midi interface) (Freed et al, 1997)

Ο Sergi Jordà (2001) αναφέρει στο “New Musical Interfaces and New Music-making Paradigms” :

*“ Ένα από τα ερωτήματα που θέτει η χρήση νέων διεπαφών (interfaces) στην ηλεκτρονική μουσική είναι το ποιοι και πώς θα χρησιμοποιήσουν τα νέα αυτά*

*μέσα. Αν και η μουσική γενικότερα είναι ένα συλλογικό συμβάν, ωστόσο τα παραδοσιακά μουσικά όργανα είναι κατασκευασμένα για χρήση από μεμονωμένους εκτελεστές (εκτός από μερικές εξαιρετικές περιπτώσεις όπως το πιάνο ή τα κρουστά, που μπορούν να παίζονται από περισσότερους εκτελεστές). Ο περιορισμός αυτός μπορεί να αρθεί πλέον με την δημιουργία μιας πληθώρας νέων διεπαφών στα οποία η συμμετοχή των διαφόρων εκτελεστών μπορεί να βασίζεται σε διάφορες τεχνικές [...] Αυτή είναι άλλωστε και η πλέον διαδεδομένη χρήση αισθητήρων σε διαδραστικά ηχητικά περιβάλλοντα ή εγκαταστάσεις (installations), τα οποία αντιδρούν στα ερεθίσματα (συνήθως κινήσεις ή χειρονομίες) του κοινού.”*

Είναι σαφές ότι σε κάθε περίπτωση και για κάθε διαδραστικό σύστημα απαιτούνται διαφορετικοί αισθητήρες και σε πολλές περιπτώσεις συνδυασμός αυτών. Δεν είναι λίγες οι φορές που νέοι αισθητήρες κατασκευάζονται από ερευνητικά κέντρα, αλλά και από εμπορικές εταιρείες για την εξυπηρέτηση ειδικών αναγκών που προκύπτουν κατά τον σχεδιασμό νέων διαδραστικών συστημάτων. Ανοίγεται λοιπόν ένας νέος ορίζοντας στην μουσική δημιουργία, όπου οι συνθέτες σε στενή συνεργασία με τους τεχνικούς και τους προγραμματιστές μπορούν να κατασκευάσουν όλο το απαραίτητο λογισμικό (software) αλλά και τον τεχνικό εξοπλισμό (hardware, sensors κ.α.), προκειμένου να επεκτείνουν τα υπάρχοντα εκτελεστικά όρια και να δημιουργήσουν ενδιαφέροντα διαδραστικά μουσικά συστήματα.

## 2. Η γραφική γλώσσα προγραμματισμού Max/msp.

Στο δεύτερο τμήμα της παρούσας εργασίας γίνεται μια ιστορική επισκόπηση της εξέλιξης της γλώσσας προγραμματισμού Max/msp ενώ παράλληλα παρουσιάζονται οι βασικές αρχές λειτουργίας της. Στόχος της εργασίας, όπως έχει ήδη αναφερθεί στην εισαγωγή, δεν είναι η λεπτομερής παρουσίαση όλων των αντικειμένων και των τεχνικών προγραμματισμού. Κρίθηκε, ωστόσο, σκόπιμη η παρουσίαση των κυριότερων πτυχών της Max/msp έτσι ώστε να αποτελεί ένα σημείο εκκίνησης για τον ενδιαφερόμενο αναγνώστη που θα θελήσει να πειραματιστεί με την δημιουργία διαδραστικών μουσικών περιβαλλόντων. Τα έργα που συνετέθησαν και παρουσιάζονται στο τελευταίο τμήμα της εργασίας δεν θα μπορούσαν να δημιουργηθούν δίχως την χρήση του συγκεκριμένου λογισμικού.

### 2.1 Ιστορικό Υπόβαθρο<sup>1</sup>

Η γλώσσα προγραμματισμού Max/msp και οι πρώτες τής εφαρμογές, αναπτύχθηκαν στο μεγαλύτερο τους μέρος κατά την χρονική περίοδο 1980-1990, απορροφώντας ένα ευρύτατο πεδίο επιρροών, μέχρις ότου αποκρυσταλλωθεί μια τελική μορφή<sup>2</sup>. Οι πρώτες προσπάθειες έγιναν στο ερευνητικό κέντρο IRCAM (Institute de Recherche et Coordination Acoustique/Musique) στο Παρίσι. Δημιουργός του προγράμματος ήταν ο μαθηματικός Miller Puckett, απόφοιτος του M.I.T. Το πρόγραμμα δημιουργήθηκε αρχικά προκειμένου να ελέγξει τον συνθετή (Synthesizer) 4X που την εποχή εκείνη βρισκόταν στα στούντιο του IRCAM και αποτελούσε τότε το πλέον ισχυρό ηλεκτρονικό μουσικό όργανο για την επεξεργασία σήματος (Winkler, 1998).

Αν και η αρχική ιδέα για το 4X ήταν η δημιουργία μιας τράπεζας ταλαντωτών (Oscillator bank) για την σύνθεση ήχου, στα 1985 οι περισσότεροι από τους συνθέτες που χρησιμοποιούσαν το 4X έδειχναν μεγάλο ενδιαφέρον για την επεξεργασία σήματος (signal processing), χρησιμοποιώντας τον συγκεκριμένο όρο για να επιφέρουν μετασχηματισμούς ηχητικών σημάτων προερχόμενων από φυσικά όργανα. Η συγκεκριμένη αλλαγή προσανατολισμού υπήρξε ως προϊόν των νέων τεχνολογικών δυνατοτήτων αλλά και αναγκαιότητας, καθώς η δυνατότητα για επεξεργασία σήματος προσέφερε την δυνατότητα πλουσιότερων ηχητικών αποτελεσμάτων από την αμιγή σύνθεση ήχου (βλ. παράρτημα). Με τον τρόπο αυτό ήταν ευκολότερο να δημιουργηθούν μουσικοί σύνδεσμοι μεταξύ ενός ζωντανού εκτελεστή και της

<sup>1</sup> Το υλικό του συγκεκριμένου υπο-κεφαλαίου βασίζεται στην ιστορική αναδρομή-αφήγηση του ίδιου του προγραμματιστή Miller Puckett, έτσι όπως αυτή παρουσιάζεται στο: Puckette, M. S. (2002) Max at Seventeen. *Computer Music Journal*, Vol. 26(1) 31-43, στο άρθρο Puckett, M. S. (1991a). "Something Digital." *Computer Music Journal* 15(4): 66 και στις πληροφορίες που παραθέτει ο Todd Winkler στο βιβλίο του : Winkler, T. (2001) *Composing Interactive Music, Techniques and Ideas Using Max* The MIT Press, Cambridge (USA).

<sup>2</sup> Πολλές από τις ιδέες που κρύβονται κάτω από το λογισμικό Max/msp εκπηγάζουν από την πλούσια -πνευματικά- ατμόσφαιρα που επικρατούσε στο Στούντιο Πειραματικής Μουσικής (Experimental Music Studio, MIT) του Πανεπιστημίου MIT της Μασσαχουσέτης στις αρχές της δεκαετίας του 1980. Το λογισμικό Max πήρε την σύγχρονη μορφή του μέσα από μια πυρετώδη περίοδο αλληλεπίδρασης μεταξύ συνθετών, ερευνητών, προγραμματιστών και εκτελεστών, οι οποίοι έδρασαν μαζί κατά την περίοδο 1985-1990 στο IRCAM (Paris) (Puckett, 2002).

ηλεκτρονικής επεξεργασίας, καθώς τα ηλεκτρονικά δρούσαν πλέον πάνω στην ίδια την ζωντανή μουσική εκτέλεση. Επίσης, η θεώρηση της αλλαγής προσανατολισμού ως προϊόν αναγκαιότητας ήταν σαφής καθώς έπειτα από οκτώ χρόνια τελειοποίησης του ψηφιακού ταλαντωτή (digital oscillator) ήταν εμφανής η έλλειψη κατάλληλου λογισμικού για την δημιουργία ενδιαφερόντων και ευκρινών ηχοχρωμάτων, καθώς επίσης και ελέγχου σε πραγματικό χρόνο. Αντίθετα η επεξεργασία σήματος ήταν ικανή να προσφέρει εξαιρετικά ενδιαφέροντα ηχητικά αποτελέσματα μόνο με τον έλεγχο μικρού αριθμού παραμέτρων του ήχου (Puckett, 1991a).

Ως πρώτη εμφάνιση του λογισμικού που σήμερα ονομάζεται Max, μπορεί να θεωρηθεί το λογισμικό Music500, το οποίο δημιουργήθηκε από τον Miller Puckett το 1982, στα εργαστήρια του Vercoe (Puckett 1984)<sup>1</sup>. Η μεγαλύτερη επιρροή για την δημιουργία της Max υπήρξε ο προγραμματιστής Max Mathews και το πρόγραμμα του RTSKED (Mathews & Pasquale 1981), πολλές από τις ιδέες του οποίου είχε χρησιμοποιήσει νωρίτερα ο Curtis Abbot στο πρόγραμμα 4CED (Abbot 1980).

Στην πρώτη του μορφή το πρόγραμμα (Max) δεν είχε γραφικό περιβάλλον εργασίας. Η γενικότερη ιδέα ήταν η δημιουργία μιας δομής ελέγχου (control structure) επηρεασμένη από το RTCKED και μιας μηχανής παραγωγής ήχου (synthesis engine) προερχόμενης από το Music 11. Τα δύο αυτά “περιβάλλοντα” (Ελέγχου και Σύνθεσης) ήταν διαχωρισμένα. Ωστόσο, το πρόγραμμα ποτέ δεν έφτασε στο σημείο να παράγει ήχο σε πραγματικό χρόνο.

Το καλοκαίρι του 1985, κι ενώ ο Barry Vercoe είχε ήδη κατασκευάσει το Synthetic Performer στο Ircam, καλεί τον Miller Puckett να εργαστεί στο Ircam. Εκεί ο Puckett έρχεται σε επαφή με το 4X, το πιο ισχυρό synthesizer/audio processor της εποχής του και προκειμένου να δημιουργήσει ένα πρόγραμμα για τον άμεσο έλεγχό του, αναπροσαρμόζει το Music500 σε ένα νέο πρόγραμμα με την ονομασία Max προς τιμήν του Max Matthews και του προγράμματος του RTSKED. Η πρώτη αυτή εκδοχή της Max, εξακολουθούσε να είναι text-based Language, καθώς το 4X δεν υποστήριζε γραφικό περιβάλλον (GUI, Graphical User Interface). Οι εντολές δινόταν στο command line της εφαρμογής και οι συνδέσεις των αντικειμένων τα οποία είχαν μόνο μία έξοδο (outlet), γινόταν με τον προσδιορισμό του ονόματος του αντικειμένου και των προορισμών του κατά την κατασκευή του προγράμματος.

Μια από τις πρώτες εφαρμογές του νέου αυτού προγράμματος ήταν η υποστήριξη του Synthetic Performer του Vercoe. Τα βασικά και κυρίως χρησιμοποιούμενα αντικείμενα ήταν τέσσερα:

1. Pitch Tracker (για την ανάλυση των εισερχόμενων τονικών υψών)
2. Score Follower (ένα αντικείμενο που λάμβανε τονικά ύψη και έστελνε πληροφορίες σχετικά με το tempo)

---

<sup>1</sup> Πληροφορίες για το συγκεκριμένο πρόγραμμα υπάρχουν στο: Puckett, M. s. 1984. “The ‘m’ Orchestra Language.” *Proceedings of the International Computer Music Conference*. San Francisco: International Computer Music Association, pp. 17-20

### 3. Tempo controllable sequencer

#### 4. Ένας controller για τον έλεγχο του sampling synthesizer που υπήρχε στο 4X.

Σύμφωνα με τον Puckett, η μεγαλύτερη πρόκληση για τον συγχρονισμό ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή με έναν ή περισσότερους εκτελεστές βασίζεται σε δύο στοιχεία :

1. Η ανάγκη να τροφοδοτηθεί ο ηλεκτρονικός υπολογιστής με πληροφορίες σχετικά με τα τονικά ύψη (pitch tracking).
2. Εφόσον έχουν αναγνωριστεί ομάδες μουσικών φθόγγων, ο ηλεκτρονικός υπολογιστής χρειάζεται τεχνικές παρακολούθησης - παρτιτούρας (score-following techniques), ώστε να αναγνωρίζει σε ποιο ακριβώς χρονικό σημείο της μουσικής εκτέλεσης βρίσκεται ο εκτελεστής και να αντιδράσει κατάλληλα.

Βασισμένος σε αυτές τις δύο αρχές, ο Puckett εργάστηκε για αρκετά χρόνια μαζί με τον Barry Vercoe στο M.I.T., κυρίως πάνω σε θέματα που αφορούσαν το score-following. Τα χρόνια αυτά συνέπεσαν με δύο πολύ σημαντικά γεγονότα για την εξέλιξη της ηλεκτρονικής μουσικής, την παρουσίαση των ηλεκτρονικών υπολογιστών Machintosh από την Apple και την ανάπτυξη του πρωτοκόλλου Midi<sup>1</sup>, το οποίο έλυσε σε ένα μεγάλο βαθμό το πρόβλημα της ανάγκης αναγνώρισης τονικών υψών με την εφαρμογή του σε πληκτροφόρα κυρίως μουσικά όργανα.

Το 1984 ο Lawrence Beauregard τοποθετεί διακόπτες Midi σε ένα φλάουτο δίνοντας την δυνατότητα στον ηλεκτρονικό υπολογιστή να έχει μια άμεση αναπαράσταση των δακτυλισμών που χρησιμοποιεί ο εκτελεστής. Καθώς όμως υπάρχει η δυνατότητα να παραχθούν περισσότερα του ενός τονικά ύψη με την χρήση ενός και μόνο δακτυλισμού, χρησιμοποιείται παράλληλα και μια μηχανή αναγνώρισης ακουστικών ηχητικών κυμάτων, προκειμένου να συμπληρώσει τις πληροφορίες Midi και να υπάρξει ευκρινής τονική αναγνώριση<sup>2</sup>.

Χρειάστηκαν περίπου τρία χρόνια μέχρις ότου δημιουργηθούν τα πρώτα έργα για το νέο Midi φλάουτο του Beauregard που έκαναν χρήση των τεχνικών score-following και του συνθετητή 4X. Η Max δημιουργήθηκε προκειμένου να καταστεί ευκολότερος

<sup>1</sup> M.I.D.I. : musical instruments digital interface (ψηφιακή διεπαφή για την επικοινωνία ηλεκτρονικών μουσικών οργάνων).

<sup>2</sup> Οι μηχανές αναγνώρισης τονικών υψών (pitch detectors), ακουστικών ηχητικών σημάτων, ακόμη και σήμερα αποτελούν ασταθείς μηχανισμούς προσδιορισμού εξ' αιτίας των ποικίλων μορφών ατάκας που παρουσιάζουν τα διάφορα όργανα μεταξύ τους, αλλά και της ίδιας της διακύμανσης του ακριβούς τονικού ύψους των ηχητικών σημάτων, καθώς επίσης και στην ασύμμετρη πολλές φορές διαμόρφωση των σχετικών εντάσεων των αρμονικών που συνθέτουν το ακουστικό φάσμα του εκάστοτε ήχου.

ο προγραμματισμός του 4X που μέχρι τότε ήταν εξαιρετικά χρονοβόρος και δύσκολος καθώς, σύν τοις άλλοις, το 4X δεν υποστήριζε γραφικές διεπαφές (GUI : graphical user interface).

Η συγκεκριμένη έκδοση της Max για το 4X, έκανε την πρώτη της εμφάνιση στους συναυλιακούς χώρους τον Απρίλιο του 1987. Τα έργα που παρουσιάστηκαν ήταν τα Alone του Thierry Lancino και Jupiter του Philippe Manoury. Ωστόσο, ήδη από αυτές τις συναυλίες έγιναν αντιληπτές πολλές από τις τεράστιες δυσκολίες και τα τεχνικά προβλήματα που έπρεπε να αντιμετωπιστούν. Στην συγκεκριμένη φάση υπήρχαν πολύπλοκες και χρονοβόρες διαδικασίες αναβάθμισης και εκτέλεσης των προγραμμάτων που είχαν γραφτεί στην Max, προκειμένου να προετοιμαστεί το 4X και να είναι συμβατό με τις εντολές ελέγχου της Max. Η λύση των προγραμματιστικών λαθών (debugging) ήταν σε πολλές περιπτώσεις σχεδόν αδύνατη. Προκειμένου να λυθούν όσον το δυνατόν περισσότερα από αυτά τα προβλήματα, το πρόγραμμα επανατοποθετήθηκε σε δύο διαφορετικά περιβάλλοντα Lisp, προτού τελικά ξαναγραφεί το καλοκαίρι του 1987 σε περιβάλλον C με την χρήση υπολογιστή Macintosh.

Η νέα αυτή έκδοση της Max για Macintosh - που με το πέρασμα του χρόνου έχει καταλήξει στην μορφή της Max/msp - πρωτοεμφανίστηκε και χρησιμοποιήθηκε στην σκηνή από τον Frédéric Durieux στις αρχές του 1988. Ωστόσο, το έργο που ανάδειξε την ικανότητα της Max ως ενός σημαντικού μουσικού εργαλείου, ήταν το έργο Pluton, του Philippe Manoury, η σύνθεση του οποίου άρχισε το φθινόπωρο του 1987 και παρουσιάστηκε τον Ιούλιο του 1988. Το patch<sup>1</sup> από το συγκεκριμένο έργο μπορεί να θεωρηθεί ως το πρώτο έργο που γράφτηκε με την χρήση του λογισμικού Max/msp.

Για την υλοποίηση του έργου Pluton συνδέθηκε μέσω πρωτοκόλλου Midi ένας Macintosh με το 4X. Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής χρησιμοποιήθηκε ως μονάδα ελέγχου, ενώ όλο το υπολογιστικό βάρος για την επεξεργασία σήματος ανατέθηκε στο 4X. Λόγω των τεχνικών προβλημάτων της εποχής, η MAX θεωρήθηκε ένα λογισμικό για την διαχείριση του πρωτοκόλλου Midi, αν και σχεδιαστικά το πρόγραμμα δεν έχει κάποια θεμελιώδη λογική που να προκύπτει από την χρήση του Midi.

Από το σημείο αυτό και έπειτα η Max μεταμορφώθηκε σε ένα γραφικό περιβάλλον προγραμματισμού. Στην πραγματικότητα έγινε μια γλώσσα προγραμματισμού σχεδιασμένη για τον έλεγχο -σε πραγματικό χρόνο- συσκευών που υποστήριζαν το πρωτόκολλο Midi. Στην εξέλιξη και διαρκή βελτίωση του προγράμματος σημαντικό ρόλο έπαιξε η συμβολή προγραμματιστών όπως οι Lee Boynton, Cort Lippe και Zak Settel.

---

<sup>1</sup> Ο όρος Patch ή Patcher αναφέρεται στην τελική μορφή ενός προγράμματος γραμμένου στην γλώσσα προγραμματισμού Max/msp. Ένα Patch μπορεί θεωρητικά να αποτελείται από ένα έως άπειρα αντικείμενα αλληλοσυνδεδεμένα μεταξύ τους προκειμένου να επιτελέσουν μια καλά ορισμένη διαδικασία.



Τα επόμενα χρόνια υπήρξαν δύο σημαντικές κατευθύνσεις σε σχέση με την εξέλιξη του προγράμματος. Η πρώτη έχει να κάνει με την εμπορική διάθεση της εφαρμογής από τον David Zicarelli, ο οποίος μάλιστα ίδρυσε για τον λόγο αυτό την δική του εταιρεία λογισμικού με την επωνυμία Cycling74<sup>1</sup>. Η δεύτερη και σημαντικότερη αφορά την επέκταση της Max στον χώρο της ψηφιακής επεξεργασίας σήματος (DSP)<sup>2</sup>. Στις αρχές της δεκαετίας του '90 ο Miller Puckett ενώνει τις δυνάμεις του με μια ομάδα ερευνητών στον Ircam υπό την διεύθυνση του Eric Lindeman. Στόχος της ομάδας είναι να δημιουργήσουν τον “διάδοχο” του 4X. Αποτέλεσμα της ερευνητικής προσπάθειας είναι η δημιουργία μια νέας μονάδας επεξεργασίας σήματος με την ονομασία ISPW (Ircam Signal Processing Workstation)(Lindeman et al. 1991). Αμέσως ο Puckett διαμορφώνει την Max προκειμένου να καταστεί δυνατή η επικοινωνία μεταξύ Max και ISPW. Το πρόγραμμα αποκτά μια νέα βιβλιοθήκη από νέα αντικείμενα κατάλληλα για την σε πραγματικό χρόνο επεξεργασία σήματος (real-time digital signal processing)(Puckett, 1991b).

## 2.2. Αντικειμενοστραφής Προγραμματισμός.

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται η παρουσίαση των βασικότερων λειτουργιών που συνθέτουν το λογισμικό Max/Msp και χαρακτηρίζουν την λειτουργική του δομή. Το κεφάλαιο χωρίζεται σε δύο ενότητες. Στην πρώτη γίνεται μια σύντομη αναφορά σε θεμελιώδη ζητήματα σε σχέση με τις γλώσσες προγραμματισμού, προκειμένου να υπάρξει μια βαθύτερη κατανόηση της λογικής που κρύβεται πίσω από τις τεχνικές προγραμματισμού στην Max/msp. Στην δεύτερη ενότητα γίνεται μια εισαγωγή στο περιβάλλον προγραμματισμού της Max/msp και εξετάζονται μερικές από τις βασικές αρχές που διέπουν την λειτουργική φιλοσοφία της εφαρμογής.

### 2.2.1 Σύντομη περιγραφή των βασικών λειτουργιών μιας γλώσσας προγραμματισμού.

Ο James McCartney (2002) στο άρθρο του “Rethinking the Computer Music Language : SuperCollider” αναφέρει σχετικά με τις γλώσσες προγραμματισμού :

*“ Μια γλώσσα προγραμματισμού αποτελεί ένα αφηρημένο (abstract) υπολογιστικό μοντέλο που επιτρέπει σε κάποιον να προγραμματίζει δίχως να απασχολείται με θέματα που δεν αφορούν άμεσα τα προβλήματα που θέτει το υπό κατασκευή πρόγραμμα. Έτσι, όσο μεγαλύτερη είναι η αφαιρετική δομή της γλώσσας προγραμματισμού, τόσο ο προγραμματιστής μπορεί να επικεντρώνεται στο πρόγραμμα και να μην περιορίζεται από όρια και περιορισμούς που θέτει η γλώσσα προγραμματισμού (software) και ο ηλεκτρονικός υπολογιστής (hardware).”*

<sup>1</sup> Διαδικτυακός τόπος (Website) <http://cycling74.com/>

<sup>2</sup> DSP : Digital Signal Processing (Ψηφιακή επεξεργασία Σήματος).

Τα υπολογιστικά συστήματα λειτουργούν χρησιμοποιώντας το δυαδικό σύστημα<sup>1</sup>, που κάνει χρήση των ψηφίων 0 και 1. Κάθε ψηφίο αντιπροσωπεύει ένα bit που δεν είναι άλλο παρά μια συγκεκριμένη τοποθεσία στην μνήμη του υπολογιστή. Έτσι, ένα bit στην πραγματικότητα είναι ένας απλός διακόπτης ο οποίος μπορεί να είναι είτε ανοιχτός (1), είτε κλειστός (0). Οι αριθμοί αναπαρίστανται στην μνήμη του ηλεκτρονικού υπολογιστή με την μορφή ομάδων από bits τα οποία είναι γνωστά ως bytes, ενώ η ίδια η χωρητικότητα της μνήμης του υπολογιστή υπολογίζεται σήμερα με τον προσδιορισμό των χιλιάδων bytes (kilobytes), των εκατομμυρίων bytes (megabytes) ή των δισεκατομμυρίων byte (gigabytes) που μπορεί το σύστημα να αποθηκεύσει.

Κάθε ηλεκτρονικός υπολογιστής διαθέτει μια “χαμηλού επιπέδου” γλώσσα (low-level code), που στην πραγματικότητα είναι μια σειρά από εντολές που μπορούν να εκτελούν αριθμητικές πράξεις και πράξεις λογικής μέσω της σύγκρισης, πρόσθεσης, αφαίρεσης, διαίρεσης κ.α., των αριθμών. Η χαμηλότερη γλώσσα προγραμματισμού (lowest-programming language) είναι γνωστή και ως “γλώσσα μηχανής” (machine language).

Το δυαδικό σύστημα έχει ως βάση τον αριθμό 2 και οι συντελεστές των  $a_j$  των δυαδικών αριθμών μπορούν να πάρουν τις τιμές 0 και 1. Κάθε συντελεστής  $a_j$ , πολλαπλασιάζεται με  $2^j$ , δηλαδή αντί για δεκάδες, εκατοντάδες κ.τ.λ. (δεκαδικό σύστημα) εδώ υπάρχουν δυνάδες, τετράδες, οκτάδες κ.ο.κ. Έτσι για παράδειγμα ο δεκαδικός αριθμός που αντιστοιχεί στο δυαδικό 10010 είναι 18 καθώς (ΥΠΕΠΘ, 2000) :

$$(10010)_2 = 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = 16 + 0 + 0 + 2 + 0 = (18)_{10}$$

Γίνεται άμεσα αντιληπτή η δυσκολία που θα αντιμετώπιζε ένας προγραμματιστής ερχόμενος σε επικοινωνία με τον υπολογιστή μέσω της γλώσσας μηχανής. Για αυτό τον λόγο μια άλλη γλώσσα γνωστή ως συμβολική γλώσσα (assembly language), δημιουργήθηκε προκειμένου να καταστήσει εύκολη την πρόσβαση στην γλώσσα μηχανής. Στην γλώσσα αυτή χρησιμοποιούνται μια σειρά από συντομεύσεις και μικρές λέξεις, προκειμένου να περιγράψουν τις λειτουργίες της γλώσσας μηχανής (π.χ. ADD R3,R4. πρόσθεση των στοιχείων στις θέσεις μνήμης R3,R4). Οι εντολές της συμβολικής γλώσσας είναι άμεσες εντολές προς την μνήμη και τον επεξεργαστή και για τον λόγο αυτό κάθε τύπος ηλεκτρονικού υπολογιστή έχει την δική του συμβολική γλώσσα (Cooper, 1987).

Οι γλώσσες υψηλού επιπέδου (high-level languages), σε αντίθεση με την γλώσσα μηχανής και την συμβολική γλώσσα, έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιούνται σε ανεξάρτητες πλατφόρμες, δίνοντας την δυνατότητα στους προγραμματιστές να κατασκευάζουν προγράμματα δίχως την έγνοια της ορθής λειτουργίας της μνήμης,

<sup>1</sup> Ένας αριθμός μπορεί να αναπαρασταθεί με πολλούς διαφορετικούς τρόπους ανάλογα με κάποια βάση και ανάλογα με τα ψηφία του αντίστοιχου αριθμητικού συστήματος. Το δεκαδικό σύστημα έχει για βάση τον αριθμό 10· αντίθετα στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές χρησιμοποιείται το δυαδικό σύστημα με βάση το 2 (ΥΠΕΠΘ, 2000).

του επεξεργαστή και γενικότερα του hardware. Προκειμένου να επιτευχθεί η μεταγλώττιση από τις γλώσσες υψηλού επιπέδου στην γλώσσα μηχανής, οι γλώσσες αυτές χρησιμοποιούν έναν “διερμηνέα” (compiler). Οι γλώσσες υψηλού επιπέδου έχουν στην πλειοψηφία τους εντολές που προέρχονται από την αγγλική γλώσσα (Winkler,1998).

### **2.2.2 Αντικειμενοστραφείς γλώσσες προγραμματισμού (Object Oriented Programming)**

Στον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό στόχος των προγραμματιστών είναι η δημιουργία μονάδων, οι οποίες θα περιλαμβάνουν τα δεδομένα αλλά και τις εντολές οι οποίες τα διαχειρίζονται. Οι μονάδες αυτές στις γλώσσες που υποστηρίζουν αντικειμενοστραφή προγραμματισμό (π.χ. C++, Max/msp) λέγονται “συναρτήσεις” και στον ίδιο τον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό λέγονται αντικείμενα (Λάζος, 2002).

Πολλές γλώσσες υψηλού επιπέδου έχουν ήδη ενσωματώσει τεχνικές αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού. Οι αντικειμενοστραφείς γλώσσες προγραμματισμού επιτρέπουν στους χρήστες να “χτίσουν” λογισμικά ως συστήματα διαδραστικών μεταξύ τους αντικειμένων, καθένα από τα οποία μοντελοποιεί την συμπεριφορά μιας πραγματικότητας προερχόμενης πολλές φορές από τον φυσικό κόσμο (Pope, 1991)

Μία πολύ σημαντική πτυχή του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού είναι η επαναχρησιμοποίηση των αντικειμένων μέσα στο ίδιο πρόγραμμα, αλλά και μεταξύ προγραμμάτων. Γενικότερα, το κάθε αντικείμενο επιτελεί ορισμένες λειτουργίες. Από την στιγμή που ένα τέτοιο αντικείμενο κατασκευάζεται, μπορεί να ανακαλείται ανά πάσα στιγμή από το πρόγραμμα προκειμένου να χρησιμοποιηθεί ή να τροποποιηθεί. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η επαναδημιουργία του ίδιου αντικειμένου για την εκτέλεση παρόμοιων εντολών. Έτσι για παράδειγμα ένα αντικείμενο που δημιουργεί 5ες παράλληλες σε σχέση με την μουσική πηγή εισόδου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να κάνει το ίδιο και σε μια μελωδία παραγόμενη από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή με μια απλή ανάκληση χωρίς ο χρήστης να χρειαστεί να γράψει-προγραμματίσει το αντικείμενο από την αρχή. Η επαναχρησιμοποίηση του αντικειμένου δεν περιορίζεται στην επανάκλησή του μέσα στο ίδιο πρόγραμμα. Τα αντικείμενα μπορούν να μεταφερθούν από πρόγραμμα σε πρόγραμμα όταν αυτό εξυπηρετεί τους στόχους του προγραμματιστή. Τα αντικειμενοστραφή προγράμματα είναι ευκολότερο να αναλυθούν, να διορθωθούν (debugging) και να διαμορφωθούν, καθώς οι αλλαγές σε ένα αντικείμενο δεν επηρεάζουν -υποχρεωτικά- την συνολική δομή του προγράμματος (Pope, 1991).

### 2.2.3 Γλώσσες προγραμματισμού τέταρτης γενιάς και γραφικός προγραμματισμός.

Πολλές νέες γλώσσες προγραμματισμού προσφέρουν “πακέτα” έτοιμων αλγορίθμων, τα οποία οι προγραμματιστές αλλά και οι απλοί χρήστες μπορούν να χρησιμοποιήσουν και να αναπτύξουν νέα λογισμικά σε σύντομο χρονικό διάστημα και με μεγάλη, σχετικά, ευκολία. Οι γλώσσες αυτές είναι γνωστές ως γλώσσες προγραμματισμού τέταρτης γενιάς (4GLs) και στην πραγματικότητα, εκτός από γλώσσες προγραμματισμού είναι και διαδραστικά προγραμματιστικά περιβάλλοντα (Taufel, 1991).

Βασική φιλοσοφία των 4GLs είναι η απομόνωση των χρηστών από τον δυσνόητο κώδικα προγραμματισμού (π.χ. C++). Στον χρήστη παρέχονται συνήθως μια σειρά από έτοιμα, καλά καθορισμένα εργαλεία, τα οποία μπορούν να μεταχειρισθούν δεδομένα μέσω ενός εκλεπτυσμένου interface, το οποίο τις περισσότερες φορές αποτελείται από γραφικές αναπαραστάσεις. Οι γλώσσες 4GLs δημιουργούν τον κώδικα βασιζόμενες στην διαμόρφωση του γραφικού περιβάλλοντος. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται κατακόρυφα η δημιουργικότητα, καθώς δεν απαιτείται πολύς χρόνος για την διόρθωση λαθών και ελέγχου<sup>1</sup>, αλλά αντιθέτως όλος ο χρόνος αφιερώνεται στην σύλληψη και τον σχεδιασμό νέων λογισμικών.

Βέβαια, αυτή η ευκολία στην δημιουργία νέων λογισμικών δεν μπορεί παρά να έχει και την αρνητική της πλευρά. Η ανάγκη για συνεχή μεταγλώττιση των εντολών μιας γλώσσας 4GLs σε κώδικά έχει ως αποτέλεσμα οι γλώσσες αυτές να είναι σχετικά πιο αργές από τις text-based. Επίσης, ένα σημαντικό μειονέκτημα είναι η μικρότερή τους ελαστικότητα και η αδυναμία τους σε σχέση με τις μη-γραφικές γλώσσες στην διαχείριση των δεδομένων. Παρ’ όλα αυτά, η αύξηση των επιδόσεων των ηλεκτρονικών υπολογιστών σε συνδυασμό με την δημιουργία forums μέσω διαδικτύου, στα οποία οι χρήστες μπορούν να ανταλλάσσουν πληροφορίες και να κατασκευάζουν εξωτερικές μονάδες που επεκτείνουν τις δυνατότητες των 4GLs, μπορούν να δώσουν λύσεις σε μια μεγάλη μερίδα χρηστών.

### 2.3 Προγραμματισμός στην Αντικειμενοστραφή γλώσσα Max/Msp.

Το παράδειγμα-πρότυπο της Max/msp μπορεί να περιγραφεί ως ένας τρόπος συνδυασμού προσχεδιασμένων κατασκευαστικών μονάδων (pre-designed building blocks) με στόχο την δημιουργία συστημάτων που βοηθούν την σε πραγματικό χρόνο (real-time) επεξεργασία της μουσικής από υπολογιστικά συστήματα.

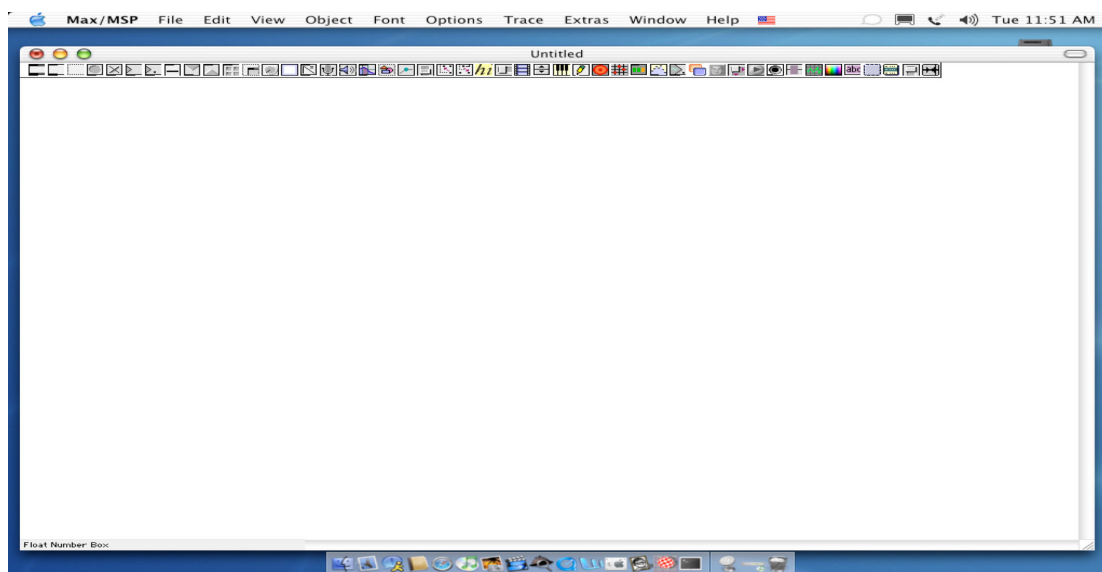
Εκ πρώτης όψεως η Max/msp φαίνεται να είναι ένα γραφικό -προγραμματιστικό- περιβάλλον για την αναπαράσταση και διαμόρφωση των real-time Midi και audio υπολογισμών-δεδομένων. Ωστόσο, η πρώτη αυτή εικόνα με το γραφικό περιβάλλον και τις δομικές του λειτουργίες σε καμία περίπτωση δεν είναι η ουσία του

<sup>1</sup> Διαδικασίες εξαιρετικά χρονοβόρες, καθώς μπορεί η παράληψη ακόμη και ενός συμβόλου - χαρακτήρα να μην επιτρέπει στο πρόγραμμα να λειτουργεί.

συγκεκριμένου λογισμικού, καθώς τα σημαντικότερα στοιχεία της εφαρμογής βρίσκονται καλά κρυμμένα πίσω από αυτή την επιφάνεια (Puckett, 2002). Η Max/msp είναι μια υψηλού επιπέδου γλώσσα προγραμματισμού γραμμένη στην C, η οποία ενσωματώνει πολλές πτυχές των 4GLs. Όταν η Max “τρέχει”, όλα τα γραφικά μεταφράζονται σε κώδικα γλώσσας C, χωρίς αυτό να γίνεται φανερό στον χρήστη ο οποίος ασχολείται μόνο με τον σχεδιασμό των αλγορίθμων και του interface (Winkler, 2001). Ο χρήστης, ωστόσο, μπορεί να δημιουργεί δικά του αντικείμενα στην C, κάνοντας χρήση όλων των πόρων που παρέχει το σύστημα και προσαρμόζοντάς τα στο γραφικό περιβάλλον της γλώσσας ή ακόμα και δημιουργώντας νέα γραφικά.

Κατά την έναρξη της εφαρμογής Max/msp, ο χρήστης δημιουργεί ένα νέο patcher το οποίο δεν είναι άλλο από μια λευκή επιφάνεια (σχ.11), πάνω στην οποία θα κατασκευαστεί το μουσικό του περιβάλλον με την χρήση αλγοριθμικών τεχνικών. Η “λευκή αρχική σελίδα” είναι βασικό προγραμματιστικό και αισθητικό χαρακτηριστικό της Max/msp. Ο χρήστης δεν έχει στην οθόνη του κανένα περιορισμό, καθώς το πρόγραμμα δεν προσφέρει καμία απολύτως οδηγία για την περαιτέρω πορεία που θα ακολουθήσει ο χρήστης ως μουσικός/προγραμματιστής. Η εφαρμογή επιδιώκει μια όσο το δυνατόν μικρότερη αισθητική παρέμβαση στην μουσική δημιουργία.

Η ίδια της χρήσης “λευκής σελίδας” μεταφέρει στυλιστικές και πολιτιστικές καταβολές, καθώς η ίδια η χρήση χαρτιού και μολυβιού για την σύνθεση μουσικής είναι ένα κατεξοχήν δυτικοευρωπαϊκό φαινόμενο, ενώ σε άλλους μουσικούς πολιτισμούς δεν χρησιμοποιείται καθόλου ως μέσω καταγραφής και δημιουργίας της μουσικής. Άλλωστε δεν είναι τυχαίο ότι σε πολλές περιπτώσεις οι μουσικές που ξεφεύγουν από το πρότυπο της “λευκής σελίδας” κάνουν ελάχιστη ή και καθόλου χρήση της μουσικής τεχνολογίας (Puckett, 2002)



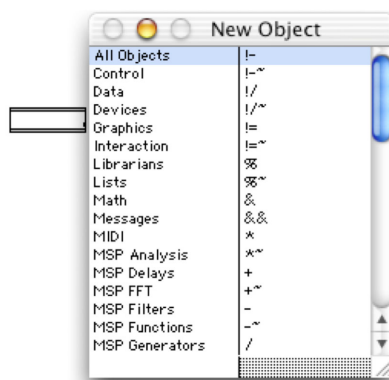
Σχήμα 11. Κεντρικό παράθυρο.

Κάτω ακριβώς από το κεντρικό μενού της εφαρμογής βρίσκονται μια σειρά απο εργαλεία, τα οποία αντιπροσωπεύουν διάφορα αντικείμενα προγραμματισμού της Max/msp (object box, comment, message box, float number box, integer number box, dials, sliders κ.α.) (σχ. 12).



Σχήμα 12. Γραφική διάταξη των εργαλείων του λογισμικού Max/msp

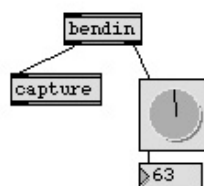
Το σημαντικότερο εργαλείο από τα παραπάνω είναι το πρώτο κουτί (object box), το οποίο περιλαμβάνει το μεγαλύτερο πλήθος των αντικειμένων της εφαρμογής. Επιλέγοντας το object box και κάνοντας click στο κεντρικό patcher, εμφανίζεται ένα ευρετήριο αντικειμένων με πλήρη αλφαβητική ταξινόμηση των διαθέσιμων αντικειμένων. Για διευκόλυνση του χρήστη έχει γίνει μια ειδική ταξινόμηση των αντικειμένων ανάλογα με την λειτουργία τους, προκειμένου να είναι ευκολότερη η αναζήτησή τους. Σε κάθε περίπτωση, το στάδιο της αναζήτησης μπορεί να παρακαμφθεί με διπλό click στο κεντρικό patcher (αφού πρώτα επιλέχθηκε το object box). Στην περίπτωση αυτή ο χρήστης οφείλει να προσδιορίσει την λειτουργία του νέου αντικειμένου γράφοντας ο ίδιος μέσα σε αυτό την λέξη ή το σύμβολο που το ορίζει (π.χ. **metro**, **==**, **+**, **loadbang**) (σχ.13)



Σχήμα 13. Ευρετήριο Αντικειμένων

### 2.3.1. Προγραμματισμός με αντικείμενα (object oriented programming).

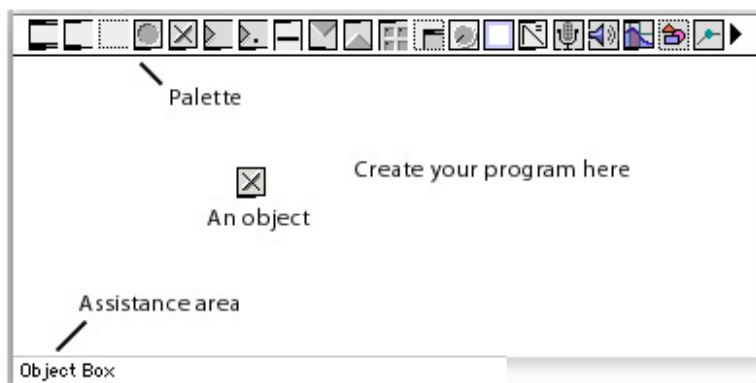
Οι προγραμματιστικές εργασίες στην Max/msp συνίστανται στην δημιουργία σύνθετων δομικών μονάδων (modules) μέσω της σύνδεσης των βασικών αντικειμένων (Objects) που παρέχει η εφαρμογή. Τα αντικείμενα εμφανίζονται στην Max/msp με την μορφή μικρών κουτιών, τα οποία περιέχουν κείμενο ή εικόνες, οι οποίες συνήθως περιγράφουν την λειτουργία του εκάστοτε αντικειμένου. (Σχ.14)



Σχ.14 Ένα απλό πρόγραμμα γραμμένο γραφικά στην Max/msp

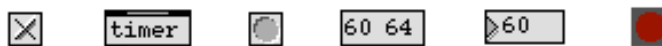
Η Max διαθέτει περίπου 200 αντικείμενα, ενώ η Msp προσθέτει άλλα 200 (για ψηφιακή επεξεργασία σήματος). Καθένα από τα αντικείμενα εκτελεί μια πολύ συγκεκριμένη και καλά ορισμένη εργασία, αποτελεί δηλαδή ένα είδος αλγόριθμου. Το σημαντικό, ωστόσο, είναι ότι μπορεί ο συνθέτης να δημιουργεί τα δικά του αντικείμενα και στην συνέχεια να τα εισάγει σε νέα προγράμματα ανακαλώντας απλά το όνομά τους, χωρίς να χρειάζεται να τα επαναδημιουργεί κάθε φορά από την αρχή.

Κάθε πρόγραμμα κατασκευάζεται στο κεντρικό παράθυρο (patcher window). Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μια σειρά από αντικείμενα που παρέχει η εφαρμογή στο κεντρικό μενού (Σχ.15) και να το μετακινήσει σε οποιοδήποτε σημείο του παραθύρου.



Σχ.15 Το κεντρικό παράθυρο της εφαρμογής

Τα αντικείμενα, όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, είναι μικρά κουτιά τα οποία περιέχουν λέξεις ή αριθμούς που περιγράφουν συνήθως την λειτουργία τους. (Σχ.16)

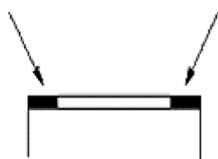


Σχήμα 16. Διάφορα αντικείμενα

Στο παραπάνω σχήμα φαίνονται έξι διαφορετικά είδη αντικειμένων, έτσι όπως αυτά θα μπορούσαν να εμφανιστούν μέσα σε ένα πρόγραμμα. Τα αντικείμενα αποτελούν κατά κάποιον τρόπο “εργοτάξια” (Workstations) μέσα στα οποία επιτελούνται εργασίες μετασχηματισμού των “πρώτων υλών”, (δηλαδή των δεδομένων που εισάγονται σε αυτά) σε νέες επιθυμητές μορφές. Κατ’ αυτήν την αναλογία, σχεδόν

κάθε αντικείμενο δέχεται δεδομένα, τα οποία στην συνέχεια μετασχηματίζει και αφού ολοκληρώσει όλες τις απαιτούμενες διεργασίες, εξάγει τα νέα επεξεργασμένα δεδομένα σε τέτοια μορφή, ώστε να είναι δυνατή η περαιτέρω επεξεργασία τους από άλλα αντικείμενα ή η χρήση τους για καθαρά μουσικούς σκοπούς.

Γίνεται αμέσως σαφές ότι τα αντικείμενα θα πρέπει να μπορούν να λαμβάνουν αλλά και να εξαγάγουν πληροφορίες. Για τον λόγο αυτό κάθε αντικείμενο είναι “εξοπλισμένο” με εισόδους (Inlets) και με εξόδους (Outlets), μέσω των οποίων επικοινωνεί και αλληλεπιδρά με τα υπόλοιπα αντικείμενα του προγράμματος (Σχ.17 & 18). Η μετάδοση των μηνυμάτων γίνεται μέσω καλωδίων, τα οποία σύρει ο χρήστης από την έξοδο ενός αντικειμένου στην είσοδο κάποιου άλλου με την τεχνική drag and drop.



Σχήμα 17 Κάθε αντικείμενο διαθέτει εισόδους στην κορυφή του από όπου δέχεται δεδομένα



Σχήμα 18 Κάθε αντικείμενο, αντίστοιχα, διαθέτει εξόδους από τις οποίες εξάγει τα επεξεργασμένα δεδομένα

Τα αντικείμενα συνδέονται και επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω “καλωδιώσεων” (cords), οι οποίες σύρονται από την έξοδο ενός αντικειμένου στην είσοδο ενός ή περισσοτέρων άλλων αντικειμένων. Για την ένωση των αντικειμένων ο χρήστης αρκεί να πατήσει το ποντίκι σε οποιοδήποτε outlet κάποιου αντικειμένου και να σύρει το καλώδιο μέχρι την είσοδο (inlet) του αντικειμένου-δέκτη όπου θα πρέπει να κάνει και πάλι click<sup>1</sup> (σχ.19).



Σχήμα 19. Ένωση δύο αντικειμένων. Η είσοδος του αντικειμένου που λαμβάνει τις πληροφορίες μεγεθύνεται.

<sup>1</sup> Σημ. Θα πρέπει να έχει επιλεγεί από το κεντρικό μενού στην κατηγορία Options η επιλογή Segmented Patch chords. Διαφορετικά ο χρήστης πρέπει να ακολουθήσει την τεχνική Drag and Drop προκειμένου να σύρει το καλώδιο που θα ενώσει τα υποψήφια αντικείμενα.



Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχει ένας περιορισμένος αριθμός αντικειμένων στα οποία δεν υπάρχουν εισοδοί ή εξοδοί. Αυτό συμβαίνει επειδή τα συγκεκριμένα αντικείμενα λαμβάνουν/στέλνουν μηνύματα από αντικείμενα ή διαφορετικά πρωτόκολλα (π.χ. Midi) εκτός του κεντρικού patcher. Για παράδειγμα, τα αντικείμενα **midiout** και **print** δεν έχουν εξόδους επειδή το πρώτο μεταδίδει τις τιμές του απευθείας στο Midi, ενώ το δεύτερο εκτυπώνει στο Max Window.



Το βασικότερο - δομικά - αντικείμενο στην Max/Msp, όπως αναφέρθηκε ήδη, είναι το object box και ξεχωρίζει από τις δύο παράλληλες γραμμές που έχει τόσο στην κορυφή, όσο και στην βάση του (σχ.20).



Σχήμα 20. Μερικά object boxes.

Η λειτουργία που εκτελείται από κάθε object box, καθορίζεται από την λέξη που γράφει ο χρήστης μέσα σε αυτό (π.χ. **makenote**). Η λέξη λειτουργεί σαν ένα ρήμα που περιγράφει τι περίπου κάνει το αντικείμενο. Ωστόσο, σε πολλές περιπτώσεις, αντί για λέξεις χρησιμοποιούνται σύμβολα όπως =, +, -, \*, /, \$, <, >.

Συνήθως τα αντικείμενα εξάγουν πληροφορίες από τις εξόδους τους (outlets) ανταποκρινόμενα σε πληροφορίες που μόλις έχουν λάβει από τις εισόδους τους (inlets). Κάθε είσοδος και έξοδος ενός αντικειμένου επιτελεί πάντα ένα ξεχωριστό ρόλο. Η περιγραφή της λειτουργίας του κάθε αντικειμένου δεν αποτελεί στόχο της παρούσας εργασίας· κάτι τέτοιο θα ήταν εξαντλητικό και ανώφελο. Ο χρήστης της εφαρμογής μπορεί να αναζητήσει περισσότερες λεπτομέρειες για την χρήση των εκάστοτε objects, ανατρέχοντας στο Max Reference Manual που συνοδεύει την εφαρμογή. Στόχος της εργασίας αυτής είναι να περιγραφούν μερικές βασικές τεχνικές μουσικού προγραμματισμού και η λειτουργία των βασικότερων μονάδων της Max. Άλλωστε, το ίδιο το πρόγραμμα δίνει πολύτιμες πληροφορίες για την λειτουργικότητα κάθε εισόδου και εξόδου των objects, αρκεί ο χρήστης να τοποθετήσει το ποντίκι πάνω σε μία από αυτές (inlets,outlets) και να παρατηρήσει το κάτω δεξιά μέρος του παραθύρου, όπως αυτό φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (σχ21) :<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Απαραίτητη προϋπόθεση για την εμφάνιση της βοήθειας-περιγραφής των εισόδων-εξόδων των αντικειμένων είναι η επιλογή Assistance στην κατηγορία Options του κεντρικού μενού.



Σχήμα 21. Παροχή βοήθειας για την λειτουργία της δεξιάς εισόδου του αντικειμένου **delay**<sup>1</sup>

### 2.3.2 User Interface Αντικείμενα

Μια ειδική κατηγορία αντικειμένων είναι τα αντικείμενα user interface (σχ.22) που ξεχωρίζουν από τα υπόλοιπα καθώς έχουν διαφορετική μορφή (π.χ. sliders, keyboards, dials, buttons) και ανταποκρίνονται, όχι μόνο σε δεδομένα και μηνύματα που λαμβάνουν από άλλα αντικείμενα, αλλά και στην ίδια την επέμβαση του χρήστη επάνω τους, τις περισσότερες φορές μέσω του mouse και με τις τεχνικές του clicking και dragging. Τα αντικείμενα αυτού του τύπου είναι πολύ σημαντικά, καθώς δίνουν την δυνατότητα στον χρήστη να επεμβαίνει και να ελέγχει το πρόγραμμα με σχετική ευκολία και επίσης του δίνουν πολλές φορές πληροφορίες σε σχέση με τους αριθμούς και τις διάφορες άλλες παραμέτρους με ένα πολύ φιλικό τρόπο (user friendly interface).



Σχ.22 User Interface Αντικείμενα

Ένα άλλο είδος αντικειμένου είναι, τέλος, το **comment**, ένα αντικείμενο που δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να τοποθετεί γραπτές οδηγίες σε οποιοδήποτε σημείο μέσα στο patcher, προκειμένου να μπορεί ο ίδιος αργότερα να θυμάται την λειτουργία του προγράμματος και τις δομικές του προδιαγραφές, αλλά και να δίνει οδηγίες στους άλλους χρήστες για τις ιδιότητες και τις λειτουργίες των αντικειμένων μέσα στο πρόγραμμα. Είναι πολύ σημαντικό σε κάθε περίπτωση κάθε πρόγραμμα να είναι well-documented προκειμένου να είναι δυνατή τόσο η κατανόηση της δομής του, όσο και η πιθανή λύση των προγραμματιστικών λαθών (Debugging).

Τα προγράμματα που κατασκευάζει ο χρήστης της Max/msp αποθηκεύονται στον ηλεκτρονικό υπολογιστή ως αρχεία τύπου Max/msp binary files και μπορούν να ανακληθούν ανά πάσα στιγμή. Μια από τις σημαντικές λειτουργίες του προγράμματος είναι η δυνατότητα των ήδη τελειοποιημένων προγραμμάτων να ενσωματώνονται στα καινούργια (Encapsulation). Η δυνατότητα αυτή θα παρουσιαστεί διεξοδικά σε επόμενο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας.

<sup>1</sup> Η δεξιά είσοδος του αντικειμένου delay θα είναι ένας αριθμός που θα προσδιορίζει την καθυστέρηση σε χιλιοστά του δευτερολέπτου μέχρι το αντικείμενο να εκτελέσει τις υπόλοιπες λειτουργίες του

### 2.3.3 Μεταβλητές

Συχνά επιπρόσθετες πληροφορίες όπως αριθμοί ή λέξεις, εμφανίζονται μέσα στα αντικείμενα μετά το όνομα αντικειμένου (object name), προκειμένου να καθορίσουν κάποιο από τα χαρακτηριστικά του και τις επιμέρους λειτουργίες του. Τα επιπλέον αυτά στοιχεία είναι γνωστά και ως μεταβλητές (arguments). Έτσι λοιπόν για παράδειγμα, δημιουργώντας το αντικείμενο **metro**, εκτός από την λέξη metro που καθορίζει την λειτουργία του συγκεκριμένου αντικειμένου, μπορεί ο χρήστης να προσδιορίζει τον χρόνο -σε χιλιοστά του δευτερολέπτου- που μεσολαβεί μεταξύ δύο ticks του αντικειμένου. (σχ.23)



Σχήμα 23. Το αντικείμενο **metro** έχοντας ως (μεταβλητή) τιμή χρονομέτρου 1000 ms θα στέλνει bangs από την έξοδό του κάθε ένα δευτερόλεπτο.

Κάποια αντικείμενα προκειμένου να λειτουργήσουν σωστά, απαιτούν τον προσδιορισμό από τον χρήστη κάποιων μεταβλητών, ενώ σε άλλα η χρήση τους είναι προαιρετική. Εάν ο χρήστης παραλείψει να προσδιορίσει τις τιμές των  $n$  μεταβλητών σε κάποιο αντικείμενο που τις προϋποθέτει, θα λάβει μηνύματα λάθους στο Max Window και δεν θα είναι δυνατή η δημιουργία του αντικειμένου. Σε περίπτωση που ο χρήστης παραλείψει τον προσδιορισμό των τιμών σε ένα προαιρετικό ως προς τον προσδιορισμό των μεταβλητών αντικείμενο, τότε η εφαρμογή θα ορίσει για αυτές συγκεκριμένες, προβλεπόμενες τιμές (default values).

### 2.3.4 Μηνύματα (Messages)

Μηνύματα ονομάζονται οι πληροφορίες που ανταλλάσσουν τα αντικείμενα μεταξύ τους (μέσω των καλωδίων<sup>1</sup>). Τα μηνύματα μπορούν να έχουν πολλές μορφές όπως λέξεις, λίστες από αριθμούς διαχωρισμένους από κενά ή ακόμη και συνδυασμούς των δύο παραπάνω. Μια πολύ σημαντική κατηγορία μηνυμάτων είναι τα bangs που ενεργοποιούν διάφορες διαδικασίες. Το περιεχόμενο των μηνυμάτων καθορίζει και τον τύπο τους. Στην Max τα είδη μηνυμάτων είναι τα παρακάτω έξι:

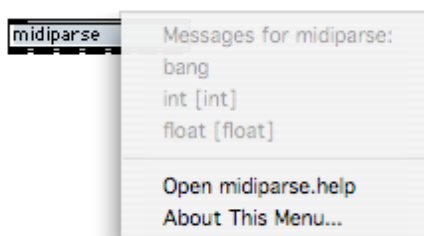
- **int** (integer) Τα μηνύματα αυτά είναι ακέραιοι αριθμοί (π.χ.127). Πολλές φορές τα μηνύματα αυτά έχουν την μορφή: int\_ αριθμός (π.χ. int 78)
- **float** Όταν ένα μήνυμα αποτελείται από έναν δεκαδικό αριθμό (π.χ. 3.89 ή 4. ή .93) γίνεται αντιληπτό από την Max ως ένα μήνυμα τύπου float. Όπως

<sup>1</sup> Πολλές φορές η μεταφορά πληροφοριών γίνεται δίχως την χρήση των καλωδιώσεων. Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιούνται αντικείμενα “ασύρματης” μετάδοσης μηνυμάτων όπως τα **value** και **send , receive**.

συμβαίνει και στην κατηγορία `int`, είναι πιθανό ένα μήνυμα της κατηγορίας `float` να έχει την μορφή `float_αριθμός` (π.χ `float 4.33`).

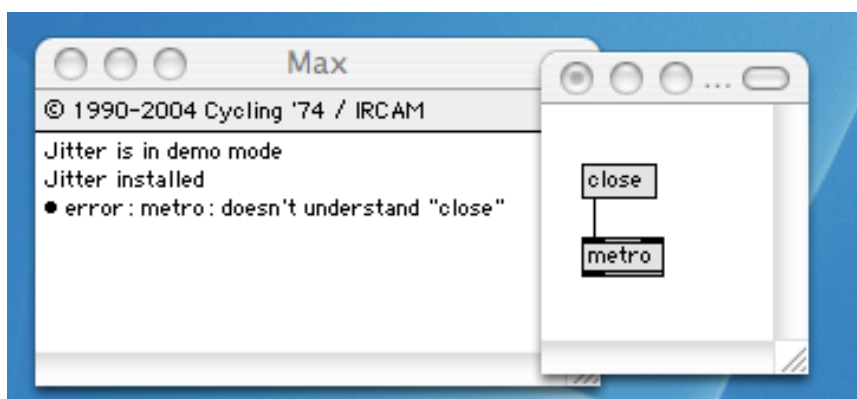
- list** Μια άλλη ειδική και πολλή χρήσιμη κατηγορία μηνυμάτων είναι οι λίστες. Μια λίστα αποτελείται από μια διαδοχή αριθμών διαζευγμένων μεταξύ τους από κενά (π.χ. `60 45 132 64 1.12 0.56`). Μία λίστα μπορεί να έχει την μορφή ενός μηνύματος του τύπου `list 1 67 32`, αλλά αυτό δεν είναι απαραίτητο καθώς οποιοδήποτε μήνυμα που αποτελείται από έναν αριθμό και στην συνέχεια από μια σειρά αριθμών ή ακόμη και γραμμάτων - λέξεων μπορεί να είναι μια λίστα και γίνεται έτσι αντιληπτό από την εφαρμογή (π.χ. `1 start 897`).
- bang** Το μήνυμα `bang` είναι ένα ειδικό μήνυμα στην Max και δίνει στα αντικείμενα το “εναρκτήριο λάκτισμα” προκειμένου να εκτελέσουν τις προγραμματισμένες τους λειτουργίες. Είναι σαν να λέει στα αντικείμενα “κάν’ το”. Έτσι για παράδειγμα όταν το αντικείμενο **random** λαμβάνει το μήνυμα `bang` στην επάνω αριστερή είσοδό του, θα στείλει ένα τυχαίο αριθμό στην έξοδο του (σχ.8).  
Σχ.8 Το μήνυμα `bang` δίνει εντολή στο αντικείμενο `random` να επιλέξει τυχαία έναν αριθμό από το 0 έως το 99.
- Symbol** Τα σύμβολα είναι συνήθως λέξεις ή συλλογές χαρακτήρων δίχως αριθμητικά στοιχεία. Πολλά αντικείμενα επιτελούν σημαντικές λειτουργίες όταν λαμβάνουν σύμβολα στις εισόδους τους. Για παράδειγμα το αντικείμενο **seq** (`sequencer`) ανταποκρίνεται σε εντολές όπως `start`, `stop`, `record`, `delay`. Αντιθέτως, τα παραπάνω σύμβολα δεν “σημαίνουν” απολύτως τίποτα για το αντικείμενο `*` (πολλαπλασιαστής), το οποίο χρησιμοποιεί μόνο `bangs` και αριθμούς.

Είναι δυνατόν να σταλούν ως μηνύματα συνδυασμοί αριθμών, γραμμάτων και συμβόλων. Ωστόσο, η πλειοψηφία των αντικειμένων στην Max/msp αποδέχεται και ανταποκρίνεται στην λήψη πληροφοριών που εμπίπτουν στις παραπάνω κατηγορίες. Η εφαρμογή έχει την δυνατότητα να πληροφορήσει τον χρήστη για το σύνολο των αποδεκτών εισερχομένων πληροφοριών του εκάστοτε αντικειμένου, αρκεί ο χρήστης να πατήσει και να κρατήσει πατημένα (`click & hold`) τα πλήκτρα `ctrl + Option (alt)` και να πατήσει με το ποντίκι πάνω στο εκάστοτε αντικείμενο (σχ.24)



Σχήμα 24. Εμφάνιση των μηνυμάτων που δέχεται το αντικείμενο **midiparse**.  
(`Ctrl + Option + Click`)

Στην περίπτωση που ένα αντικείμενο λάβει κάποιο μήνυμα που δεν αναγνωρίζει, θα εμφανιστεί αυτόματα ένα μήνυμα λάθους στο παράθυρο Max Window. Το παράθυρο Max window δίνει πληροφορίες για το τρέχον πρόγραμμα και είναι ένα μέσον μέσω του οποίου επικοινωνεί η εφαρμογή με τον χρήστη (σχ.25). Επίσης η Max/msp είναι προγραμματισμένη να μην δέχεται συνδέσεις αντικειμένων που δεν επικοινωνούν μεταξύ τους. Έτσι εάν η είσοδος κάποιου αντικειμένου δεν φωτίζεται (highlighted) όταν πλησιάζει ένα καλώδιο (patch cord), αυτό σημαίνει ότι το αντικείμενο - στόχος (target object) δεν μπορεί να δεχθεί πληροφορίες στην μορφή που αυτές εξάγονται από το αντικείμενο - πηγή (source object).



Σχήμα 25. Μήνυμα λάθους στο Max window, καθώς το αντικείμενο **metro** δεν αναγνωρίζει το μήνυμα close.

### 2.3.5. Ιεραρχική εκτέλεση των αλγορίθμων

Προκειμένου να διασφαλιστεί η σειρά προτεραιότητας στην μετάδοση και λήψη πληροφοριών μεταξύ των αντικειμένων, η Max/Msp εκτελεί τις εντολές των αντικειμένων ανάλογα με την θέση τους στην οθόνη. Έτσι για την ιεραρχική οργάνωση και εκτέλεση των αλγορίθμων, υπάρχει μια κίνηση των εκτελούμενων εντολών από τα δεξιά προς τα αριστερά, όπως αυτά εμφανίζονται στην οθόνη. Αν και με μια πρώτη ματιά κάτι τέτοιο φαίνεται ασήμαντο, ωστόσο παίζει σε πολλές περιπτώσεις καθοριστικό ρόλο στην ομαλή οργάνωση και εκτέλεση των αλγορίθμων ενός patch. Στην περίπτωση που δύο αντικείμενα είναι τοποθετημένα το ένα ακριβώς κάτω από το άλλο (οπότε δεν μπορεί να γίνει διάκριση μεταξύ τους στον οριζόντιο άξονα), τότε η σειρά εκτέλεσης των αλγορίθμων γίνεται από κάτω προς τα επάνω.

### 2.3.6. Encapsulation - Nesting

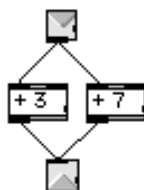
Μια πολύ σημαντική και χρήσιμη ιδιότητα της γλώσσας προγραμματισμού Max/msp είναι η ικανότητά της να χρησιμοποιεί ολοκληρωμένα και αποθηκευμένα patches ως αυτόνομα αντικείμενα, αρκεί αυτά να βρίσκονται (αποθηκευμένα) στα πεδία αναζήτησης της εφαρμογής (searching paths), τα οποία ορίζονται από τον χρήστη μέσω του κεντρικού μενού **Options > File Preferences** (σχ. 26). Με τον τρόπο αυτό καθίσταται δυνατή η δημιουργία νέων αντικειμένων τα οποία διαμορφώνουν μια

‘μουσική γλώσσα’ του χρήστη καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλές εφαρμογές.

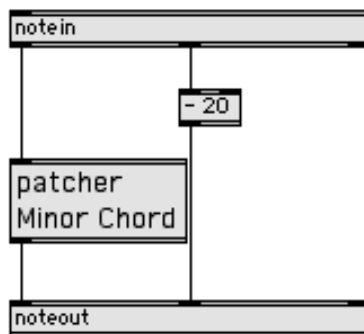
Startup Folder	max-startup	
Help Folder	<input type="text" value="/max-help"/>	<input type="button" value="Choose"/>
Timeline Action Folder	tiAction	
Other Folders	(folders inside these folders will be searched)	
	<input type="text" value="/patches"/>	<input type="button" value="Choose"/>
	<input type="text" value="/examples"/>	<input type="button" value="Choose"/>
	<input type="text" value="/Documentation/Tutorials/"/>	<input type="button" value="Choose"/>
	<input type="text" value="/Macintosh:/Library/Application Support/Cycling '74/externals/"/>	<input type="button" value="Choose"/>
	<input type="text" value="/Macintosh:/Library/Application Support/Cycling '74/externals/"/>	<input type="button" value="Choose"/>
	<input type="text" value="/Macintosh:/Users/maronidis/Desktop/"/>	<input type="button" value="Choose"/>
	<input type="text" value="/Macintosh:/Library/Application Support/Cycling '74/externals/"/>	<input type="button" value="Choose"/>
Path List	<input type="button" value="Print"/>	Print Current File Paths in Max Window

Σχήμα 26. File Preferences Menu. Στο παράθυρο αυτό ορίζονται τα σημεία στα οποία η Max/msp αναζητά πληροφορίες (π.χ. αποθηκευμένα αντικείμενα).

Έτσι για παράδειγμα ο παρακάτω αλγόριθμος δημιουργίας ελασσόνων συγχορδιών (σχ.27), μπορεί να αποθηκευτεί ως ξεχωριστό patcher με την ονομασία π.χ. patcher Minor Chord και να χρησιμοποιηθεί από τον προγραμματιστή ως ανεξάρτητο αντικείμενο με μια απλή ανάκληση του ονόματός του μέσα σε ένα Object Box(σχ.28).



Σχήμα 27. Η εισερχόμενη τιμή τονικού ύψους υφίσταται επεξεργασία, καθώς προστίθενται σε αυτή τα διαστήματα 3ης μικρής και 5ης καθαρής, δημιουργώντας κατά τον τρόπο αυτό ελάσσονες συγχορδίες



Σχήμα 28. Το patch Patcher Minor Chord χρησιμοποιείται ως ανεξάρτητο αντικείμενο. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα επίσης να θέτει το όνομα του αντικειμένου και η Max/msp να το ανακαλεί από τα πεδία αναζήτησης της (Searching Paths) εφόσον αυτό έχει αποθηκευτεί.

## 2.4 Συγκριτικό Παράδειγμα : Δημιουργία αριθμών της ακολουθίας Fibonacci στις γλώσσες προγραμματισμού C++ και Max/msp.

Στο παράδειγμα αυτό φαίνεται η διαφορά ανάμεσα στις γλώσσες προγραμματισμού Max/msp και C++. Στόχος και στις δύο περιπτώσεις είναι η επίλυση ενός προβλήματος που έχει να κάνει με την εύρεση των  $n$  πρώτων αριθμών της ακολουθίας Fibonacci<sup>1</sup>.

### 2.4.1 C++

```
#include <process.h>
#include <stdio.h>
#include <math.h>
#include <conio.h>
```

```
void main ()
```

```
{
clrscr ();
```

```
int i,n,m,j,k,l;
long int f1, f2, f;
float a;
```

```
f1 = 1;
f2 = 2;
```

<sup>1</sup> Η ακολουθία Fibonacci είναι μια ακολουθία αριθμών στην οποία ο κάθε επόμενος όρος είναι ίσος με το άθροισμα των δύο προηγούμενων του.  $F_n = F_{n-2} + F_{n-1}$  για  $n=3,4,\dots$  με  $F_1=F_2=1$ . Ο λόγος μεταξύ δύο διαδοχικών τιμών μια τέτοιας ακολουθίας τείνει να δίνει την τιμή της χρυσής τομής ( $\Phi = 1.618\dots$ )

```

printf (“\n Kathoriste to plithos ton arithmon Fibonacci : “);
scanf (“%d”, &n);
printf (“\nOi protoi %d arithmoi Fibonacci\n”, n);
printf (“\nl=1 \tF=1\ nl =2\ tF = 1”);

for (i=3: i <= n; i++)

{

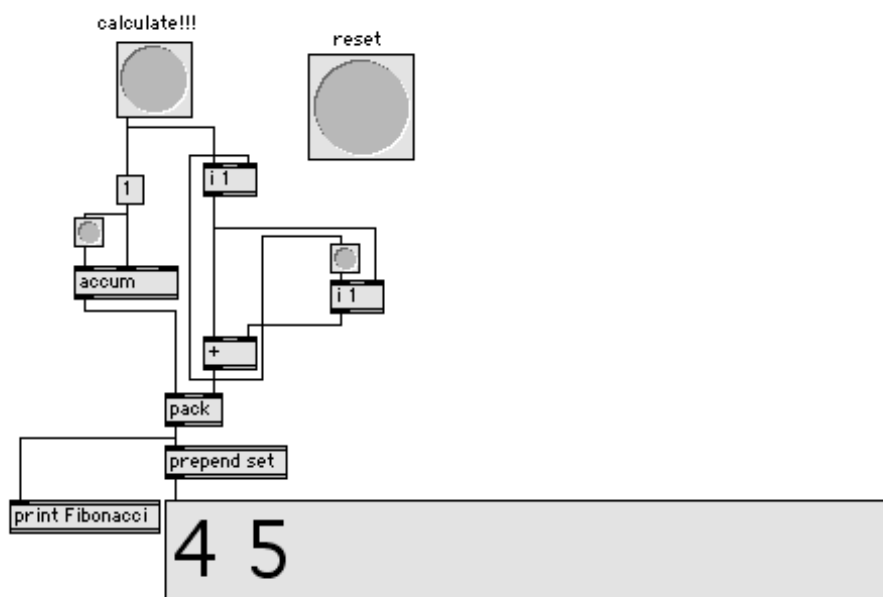
f = f1 + f2;
printf (“\nl=%d\tF=%d”, i , f);

f2 = f1;
f1 = f;
}}

```

### 2.4.2 Max/msp

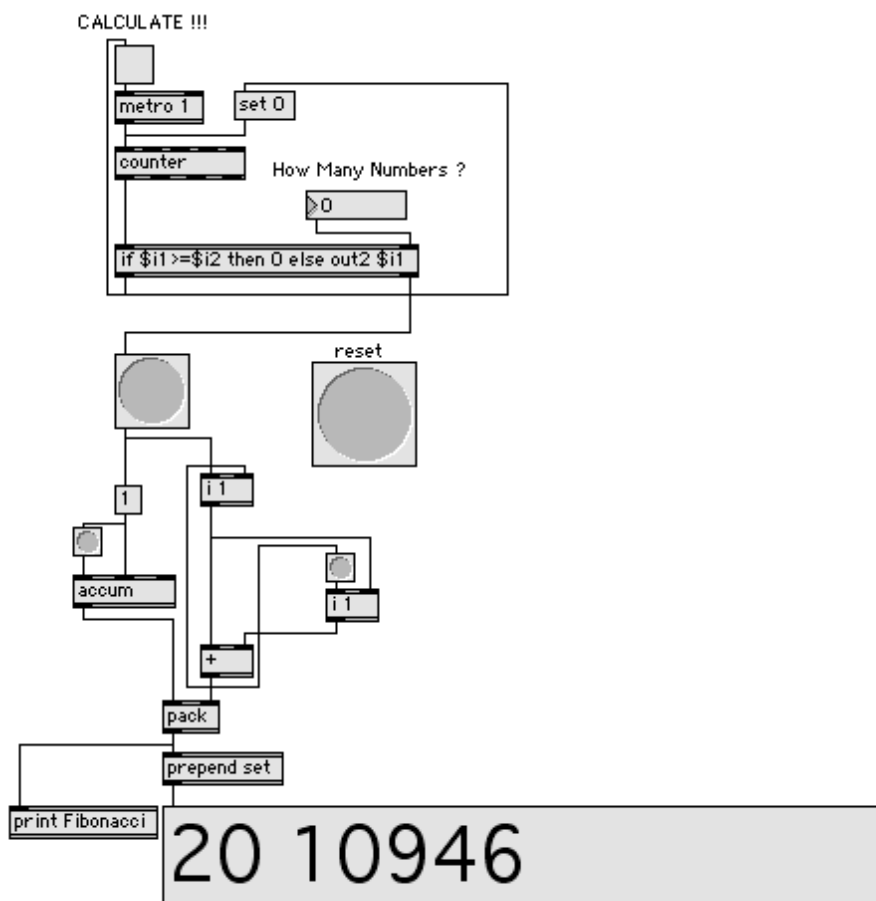
Σε αντίθεση με τον παραπάνω κώδικα η Max/msp δίνει στον χρήστη την δυνατότητα να σχεδιάσει τους αλγορίθμους ελέγχοντας την εκτέλεση των εντολών σε ένα καθαρά γραφικό περιβάλλον (σχ.29). Έτσι είναι ‘ευανάγνωστη’ η πορεία που θα ακολουθήσει το σύστημα προκειμένου να λύσει το συγκεκριμένο πρόβλημα. Η μόνη διαφορά σε σχέση με τον παραπάνω κώδικα έγκειται στο γεγονός ότι το παρακάτω patcher δίνει τις τιμές του χειροκίνητα: κάθε φορά που ο χρήστης πατά το **bang** (calculate), παίρνει και έναν όρο της ακολουθίας (π.χ. στο σχήμα : ‘ο τέταρτος αριθμός της ακολουθίας fibonacci είναι το νούμερο 5).



Σχήμα 29. Αλγοριθμικό Σύστημα για την δημιουργία αριθμών της ακολουθίας Fibonacci.



Προκειμένου να επιτευχθεί πλήρης εξομοίωση μεταξύ των προγραμμάτων, αρκεί να προστεθεί στο παραπάνω σύστημα ένας αλγόριθμος εκκίνησης-παύσης της διαδικασίας μετά από  $n$  βήματα (σχ.30). Στον παρακάτω αλγόριθμο ο χρήστης μπορεί να προσδιορίσει το πλήθος των πρώτων -διαδοχικών- αριθμών fibonacci που θα υπολογίσει το σύστημα θέτοντας απλώς τον αριθμό των επαναλαμβανόμενων προσθέσεων.



Σχήμα 30. Αλγόριθμος υπολογισμού των πρώτων  $n$  αριθμών fibonacci.

Μια λεπτομερής και εξαντλητική παρουσίαση των προγραμματιστικών δυνατοτήτων της Max/msp θα ήταν πέραν από τα όρια της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Άλλωστε η εφαρμογή διατίθεται με μια σειρά από εκπαιδευτικά εγχειρίδια για τον σκοπό αυτό. Τα συγκεκριμένα έντυπα βρίσκονται αποθηκευμένα στο Cd-Rom που συνοδεύει την παρούσα εργασία μαζί με την εφαρμογή Max/msp Runtime. Με τον τρόπο αυτό ο αναγνώστης που επιθυμεί μια βαθύτερη κατανόηση και επαφή με τις δυνατότητες που παρέχει η συγκεκριμένη γλώσσα προγραμματισμού, δεν έχει παρά να δοκιμάσει μόνος του τα ειδικά tutorials. Εκτός από τα συγκεκριμένα tutorials, στο Cd περιέχεται και άλλο υλικό σχετικό με την λειτουργία της Max/msp προερχόμενο από διαδικτυακούς τόπους αλλά και από τα βιβλία των Robert Rowe (1993) και Tod Winkler (2001).



### 3. Αλγοριθμική<sup>1</sup> Σύνθεση (Μουσική Σύνθεση και Ανάλυση με χρήση αλυσίδων Markov)

#### 3.1. Εισαγωγή

Ως αλγόριθμος ορίζεται η διαδικασία επιλύσεως ενός προβλήματος με πεπερασμένο αριθμό βημάτων βάσει ενός συνόλου τελείως καθορισμένων κανόνων. Η λέξη κατά τον μεσαίωνα χαρακτήριζε την αριθμητική που χρησιμοποιούσε αραβικούς αριθμούς. Στην πληροφορική αλγόριθμος είναι μια λεπτομερής λογική διαδικασία που αναπαριστά την λύση ενός συγκεκριμένου προβλήματος (Brittanica, 1990)

Η μουσική αποτελεί γενικά μια μορφή καλλιτεχνικής έκφρασης των ανθρωπίνων συναισθημάτων μέσω του ήχου. Η “αιτία” ωστόσο, έπαιζε και παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην δημιουργική διαδικασία, δηλαδή στην σύνθεση μουσικής, αλλά και γενικότερα στην βαθύτερη ουσία της ύπαρξής της. Έτσι λοιπόν για παράδειγμα η ικανότητα του ανθρώπου να αναγνωρίζει μουσικά μοτίβα και να κάνει “αφηρημένες” δομικές συνδέσεις μεταξύ αυτών, απαιτεί πολύπλοκους μηχανισμούς της ανθρώπινης μνήμης, όπως την συνειδητή επεξεργασία ιδεών και την υποσυνείδητη πρόσβαση σε εκατομμύρια νευρολογικών δεσμών συνδεδεμένων μεταξύ τους. Από την αρχαιότητα έως σήμερα έχουν γίνει αμέτρητες προσπάθειες συστηματοποίησης της συνθετικής διαδικασίας. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτή η συστηματοποίηση, οι συνθέτες έστρεψαν το ενδιαφέρον τους στην τεχνολογία της εποχής τους. Έτσι σήμερα η χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών στην μουσική δημιουργία δεν αποτελεί παρά φυσική ιστορική εξέλιξη της μουσικής, όπως αυτή αναπτύσσεται στον Δυτικοευρωπαϊκό πολιτισμό τις τελευταίες χιλιετίες (Miranda, 2001).

Η αλγοριθμική μουσική αφορά στην χρήση συγκεκριμένων διαδικασιών κατά την σύνθεση του έργου στην οποία η ανθρώπινη παρέμβαση περιορίζεται στο ελάχιστο (Alpern, 1995). Τις περισσότερες φορές οι αλγοριθμικές διαδικασίες εκτελούνται μέσω της χρήσης ηλεκτρονικών υπολογιστών, καθώς έτσι επιτυγχάνονται πολύπλοκες υπολογιστικές διαδικασίες και γρήγορη επίλυση των προβλημάτων.

Ο Martin Supper, στο άρθρο του “A few remarks on Algorithmic Composition” στο Computer Music Journal (2001) αναφέρει σχετικά με την αλγοριθμική σύνθεση και την χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών :

*“Ηλεκτρονική μουσική (computer music) είναι αυτή που δεν μπορεί να υπάρξει δίχως τη χρήση της τεχνολογίας [...] Η αλγοριθμική σύνθεση, ωστόσο, δεν προϋποθέτει την χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών, καθώς οι αλγοριθμικές διαδικασίες έκαναν την εμφάνισή τους σε περιπτώσεις χρήσης απλών αναλογικών ηλεκτροακουστικών μουσικών στούντιο, ονομαζόμενες τότε ημι-*

<sup>1</sup> Ετυμολογία : Η λέξη αλγόριθμος αποτελεί μεταφορά στην Ελληνική γλώσσα του ξένου όρου > αγγλικό algorithm < algorism (με την επίδραση της λέξης “αριθμός”)< λατινικά algorismus. Από τον άραβα μαθηματικό του 19ου αιώνα, al-Khowarizmi. Η λέξη δεν έχει καμία σχέση με τον Ρυθμό και αυτή η σύγχυση θα πρέπει να αποφεύγεται, ειδικά όταν χρησιμοποιείται μέσα σε μουσικό πλαίσιο. Για τον λόγο αυτό η λέξη ποτέ δεν γράφεται ως αλγόρυθμος (Μπαμπινιώτης, 1998).

*αυτοματοποιημένη και αυτοματοποιημένη σύνθεση (Stockhausen, 1971)<sup>1</sup>. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα του συνθέτη Arvo Pärt, που ονομάζει “computer music” την μουσική (του), στην οποία χωρίς να γίνεται χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών, κάποιο μοτίβο τίθεται υπό επεξεργασία και επεκτείνεται, σμικρύνεται και αντιμετωπίζεται βάσει κάποιου αλγορίθμου” ( La Motte-Haber 1996a, p. 158 & La Motte-Haber 1996b. p23)<sup>2</sup>*

Η τυποποίηση των συνθετικών διαδικασιών έχει την δική της μακρόχρονη ιστορία στην Δυτικοευρωπαϊκή μουσική. Από την μέθοδο του Guido d' Arezzo και τα ισορυθμικά μοτέτα, μέχρι την σειραϊκή μουσική και την μουσική του Ιάννη Ξενάκη (“formalized music”), το ενδιαφέρον των συνθετών στις διαδικασίες παραγωγής ήχου και μουσικής κατείχε και κατέχει προεξέχουσα θέση στην μουσική δημιουργία των τελευταίων αιώνων (Loy, 1989).

Σύμφωνα με τον Horacio Vaggione (2001) στο άρθρο του “Some Ontological Remarks about Music Composition Processes” :

*“ Οι συνθετικές διαδικασίες μπορούν να ειπωθούν υπό το πρίσμα σύνθετων συστημάτων, τα οποία εμπεριέχουν μια πληθώρα απο λειτουργικά επίπεδα. Οι αφηρημένες μουσικές ‘ιδέες’ εκδηλώνονται με χιλιάδες τρόπους και σε διαφορετικά επίπεδα, ένα από τα οποία είναι και η δυνατότητά τους να εκφραστούν ως αλγοριθμικές διαδικασίες, δίνοντας έτσι την δυνατότητα στους μουσικούς να εξερευνήσουν δυνατότητες που θα ήταν σε κάθε άλλη περίπτωση ανέφικτες.”*

Η θεωρία της αλγοριθμικής σύνθεσης διαχωρίζει, συνήθως, τις αλγοριθμικές διαδικασίες σε δύο κατηγορίες :

**1. Δημιουργία Παρτιτούρας - Σύνθεση Μουσικού υλικού (Score Synthesis).** Το αποτέλεσμα της αλγοριθμικής διαδικασίας είναι η οργάνωση και η παραγωγή όλων ή κάποιων από τις μουσικές παραμέτρους για την δημιουργία μουσικού υλικού. Τα αποτελέσματα της διαδικασίας αυτής χρησιμοποιούνται τις περισσότερες φορές ως παρτιτούρα για παραδοσιακά ακουστικά όργανα- σύνολα.

**2. Σύνθεση Ήχου (Sound Synthesis).** Αποτέλεσμα της αλγοριθμικής διαδικασίας είναι η δημιουργία και η επεξεργασία ήχου, τον οποίο παράγει ο

<sup>1</sup> Stockhausen, K. (1971) “Elektronische Musik und Automatic [1965].” In D. Schnebel, ed. Texte zur Musik 1963-1970, Band 3. Köln : DuMont, pp.232-241

<sup>2</sup> La Motte-Haber, H. (1996.a) “Alles ist Zahl. Formen pythagoreischen Denkens in der Music.” In T. Ott, and H. von Loesch, eds. Musik befragt-Musik vermittelt, Augsburg: Wißner, pp. 153-163.

La Motte-Haber, H. (1996.b) “Struktur und Programm. Analytische Betrachtungen Komposition Summa von Arvo Pärt. “In W. Gratzner, Gegenwart 1. Hofheim/Ts.: Wolke, pp. 14-25

ηλεκτρονικός υπολογιστής ή άλλες συσκευές ελεγχόμενες από αυτόν και έμμεσα από τον αλγόριθμο.

Ο παραπάνω διαχωρισμός έχει τις ρίζες του στην παραδοσιακή διάκριση μεταξύ παρτιτούρας και μουσικού οργάνου. Και στις δύο περιπτώσεις η εμφάνιση των μουσικών γεγονότων δομείται τόσο μικροδομικά (ηχόχρωμα), όσο και μακροδομικά (μορφή) (Supper, 2001).

Σύμφωνα με τον Martin Supper (2001) η δημιουργία αλγορίθμων για μουσικές εφαρμογές μπορεί να διαιρεθεί σε τρεις βασικές κατηγορίες :

- 1. Μοντελοποίηση παραδοσιακών, μη-αλγοριθμικών, συνθετικών διαδικασιών.*
- 2. Μοντελοποίηση νέων, αμιγών συνθετικών διαδικασιών, διαφορετικών των ήδη γνωστών.*
- 3. Χρήση αλγορίθμων από εξω-μουσικούς τομείς.*

Σήμερα οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές έχουν αποκτήσει τέτοιες ταχύτητες για επεξεργασία δεδομένων, ώστε να καθίσταται δυνατή η χρήση αλγοριθμικών διαδικασιών σε ζωντανές παραστάσεις (Chadabe, 1989). Τα διαδραστικά συστήματα αλλάζουν τις μουσικές παραμέτρους χρησιμοποιώντας πληροφορίες από μια πληθώρα πηγών εισόδου, που μπορεί να περιλαμβάνει δεδομένα προερχόμενα από την εκτέλεση ενός ή και περισσότερων εκτελεστών (Rowe, 2001).

Στην παρούσα εργασία γίνεται χρήση αλγοριθμικών διαδικασιών της τρίτης κατηγορίας. Οι αλγοριθμικές διαδικασίες (μαρκοβιανές αλυσίδες) που παρουσιάζονται, προέρχονται από την επιστήμη των Μαθηματικών. Η χρήση τους εφαρμόζεται στην δημιουργία τεσσάρων μουσικών έργων με την εφαρμογή διαφορετικών μορφών διαδραστικότητας στο κάθε ένα.

Το πρώτο από τα έργα (βλ παρακάτω, Prob\_My Berio Chain) χρησιμοποιεί ηλεκτρονικό υπολογιστή για την δημιουργία του. Ωστόσο, ανήκει στην κατηγορία των έργων στα οποία η χρήση του υπολογιστή απλά βοηθάει στην γρηγορότερη ανέλιξη των στοχαστικών δεδομένων. Θεωρητικά θα ήταν δυνατόν το έργο να συντεθεί δίχως την χρήση ηλεκτρονικών μέσων.

Στα άλλα τρία έργα, (βλ. παρακάτω, Chain, Chain1, Canon), η μορφή της διαδραστικότητας και ο συνεχής μετασχηματισμός των αλγοριθμικών δεδομένων των χρησιμοποιούμενων μοντέλων μέσω της ζωντανής εκτέλεσης, απαιτούν την χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή.

## 3.2 Αλυσίδες Markov

### 3.2.1 Εισαγωγή

Οι αλυσίδες Markov ή Μαρκοβιανές αλυσίδες<sup>1</sup> έκαναν την εμφάνισή τους το 1906 και αποτελούν έργο του μαθηματικού A.A. Markov (1856-1922), ο οποίος τις πρωτοχρησιμοποίησε προκειμένου να αναλύσει τις λεκτικές και γραμματολογικές τάσεις στην Ρώσική γλώσσα, βασιζόμενος πάνω στο κείμενο Eugene Onegin του Aleksandr Pushkin. Η διαδικασία που ακολούθησε ο Markov ήταν μια γράμμα προς γράμμα ανάλυση των πιθανοτήτων μετάβασης κάθε γράμματος του ρωσικού αλφαβήτου προς κάθε άλλο γράμμα.

Οι αλυσίδες Markov είναι ένα βασικό κεφάλαιο στην σπουδή των πιθανοτήτων για την μαθηματική επιστήμη. Έχουν χρησιμοποιηθεί μάλιστα για την μοντελοποίηση στοχαστικών φαινομένων όπως είναι τα τυχερά παιχνίδια, η οικονομική συμπεριφορά ενός αγαθού σε σχέση με το δίπτυχο προσφορά/ζήτηση, οι γενετικές παρεκκλίσεις σε σχέση με την μίξη ζευγαριών ανομοιογενούς φύσης κ.α. (Ames, 1989).

Οι αλυσίδες χρησιμοποιήθηκαν στην μουσική τόσο για αναλυτικούς, όσο και για συνθετικούς σκοπούς. Η πρώτη εφαρμογή των μαρκοβιανών αλυσίδων στην σύνθεση μουσικών έργων είναι η χρήση τους από τους Lejaren Hiller και Leonard Isaacson<sup>2</sup> για την σύνθεση του κουαρτέτου εγχόρδων Illiac Suite. Στην προκειμένη περίπτωση ο ηλεκτρονικός υπολογιστής παρήγαγε μια σειρά από μουσικές παραμέτρους βάσει των οποίων συνετέθη το έργο. Για παράδειγμα τα τονικά ύψη επιλέχθηκαν βάσει αρμονικών κριτηρίων (πιθανότερη εμφάνιση σύμφωνων διαστημάτων από τα διάφωνα), κανόνων εγγύτητας (πιθανότερη εμφάνιση μικρών διαστημάτων) και συνδυασμού των δύο προηγούμενων κανόνων (Hiller & Isaacson, 1959).

Ένα άλλο παράδειγμα μουσικού έργου που γράφτηκε με την χρήση μαρκοβιανών μοντέλων είναι οι πέντε “Strophe” κινήσεις από την “Computer Cantata” των Hiller και Baker, έργο γραμμένο το 1963, στο οποίο οι πιθανότητες μετάβασης (σε

<sup>1</sup> Από τον Ρώσο Μαθηματικό Andrey Andreyevich Markov (Ριαζάν Ρωσίας 1856 - Λένινγκραντ 1922). Ο Μάρκοφ συνέβαλε στην ανάπτυξη της θεωρίας των στοχαστικών διαδικασιών, ιδιαίτερα αυτών που ονομάζονται Μαρκοβιανές αλυσίδες. Το έργο του, που βασίζεται στην μέλετη της πιθανότητας εμφάνισης γεγονότων που εξαρτώνται μεταξύ τους, έχει αναγνωριστεί και ευρέως εφαρμοστεί στις κοινωνικές και βιολογικές επιστήμες αλλά και στις καλές τέχνες και κυρίως στην μουσική. Το 1886 έγινε τακτικός καθηγητής στο Πανεπιστήμιο της Αγίας Πετρούπολης και μέλος της Ρωσικής Ακαδημίας Επιστημών το 1896. Το έργο του Μάρκοφ αφορούσε ως τότε την θεωρία αριθμών και την ανάλυση και -κυρίως- τα συνεχή κλάσματα, τα όρια ολοκληρωμάτων, την προσεγγιστική θεωρία και την σύγκλιση των σειρών. Μετά το 1900 ασχολήθηκε κυρίως με την θεωρία πιθανοτήτων. (Encyclopaedia Britannica, 1990).

<sup>2</sup> Οι Lejaren Hiller (1924-1992) και Leonard Isaacson από το πανεπιστήμιο του Illinois είναι οι πρώτοι συνθέτες στην ιστορία που χρησιμοποίησαν ηλεκτρονικό υπολογιστή για την δημιουργία αλγοριθμικής Μουσικής (Roads, 1996). Το διάσημο έργο τους "The Illiac String Quartet" είναι το πρώτο μουσικό έργο στην ιστορία της μουσικής γραμμένο αποκλειστικά με την χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή.

παραμέτρους όπως τα τονικά ύψη, οι διάρκειες, οι εντάσεις, οι παύσεις και οι τεχνικές παιξίματος των οργάνων) από μια κατάσταση σε μια άλλη βασίστηκε στην ανάλυση της κίνησης “Putnam’s Camp” από το έργο “Three Places in New England (1903-14) του Αμερικανού συνθέτη Charles Ives (1874-1954).

Άλλοι συνθέτες που χρησιμοποίησαν μαρκοβιανές αλυσίδες είναι οι Pinkerton (1956)<sup>1</sup>, Brooks et al (1957)<sup>2</sup>, Olson (1967)<sup>3</sup> και ο Ι. Ξενάκης (I.Xenakis)<sup>4</sup>.

### 3.3 Στοχαστικές Διαδικασίες

Μία στοχαστική διαδικασία είναι μια οικογένεια τυχαίων μεταβλητών, ορισμένων σε ένα χώρο πιθανοτήτων  $(\Omega, \mathcal{F}, \mathbf{P})$ <sup>5</sup>. Εάν υπάρχει αριθμήσιμο πλήθος των μελών της οικογένειας, τότε η διαδικασία συμβολίζεται με  $X_1, X_2, X_3, \dots$ . Εάν το πλήθος των μελών της οικογένειας δεν είναι αριθμήσιμο, τότε η διαδικασία συμβολίζεται με  $\{X_{(t)}: t \geq 0\}$  ή  $\{X_t\}_{t \geq 0}$ . Στην πρώτη περίπτωση η διαδικασία ονομάζεται μια διαδικασία σε χρόνο διακριτό, ενώ στην δεύτερη περίπτωση μια στοχαστική διαδικασία σε χρόνο συνεχή (Βασιλείου & Τσάντας, 2000)<sup>6</sup>

#### 3.3.1. Τεχνικό (Μουσικό - Μαθηματικό) Υπόβαθρο

Στην αλεατορική μουσική<sup>7</sup>, παραγόμενη με την χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών, χρησιμοποιούνται κατεξοχήν δύο κατηγορίες αλγοριθμικών τεχνικών:

1. Χρήση ανεξάρτητων στοχαστικών διαδικασιών.
2. Χρήση εξαρτώμενων συστημάτων στα οποία οι τρέχουσες και οι μελλοντικές καταστάσεις εξαρτώνται από παρελθοντικές καταστάσεις του συστήματος.

<sup>1</sup> Pinkerton, R. (1956) “Information theory and melody.” Scientific American 194:77-86

<sup>2</sup> Brooks et al, (1957). “An experiment in musical composition.” Institute of Radio Engineers Transactions on Electronic Computers EC-6(1): 175-182

<sup>3</sup> Olson, H. F. (1967). Music Physics, and Engineering. Second ed. New York: Dover

<sup>4</sup> Ενδεικτικά αναφέρονται τα ηλεκτρονικά έργα του Ξενάκη Diamorphoses (1957-58 B.A.M Paris), Concrete PH (1958), Orient-Occident (1960).

<sup>5</sup>  $\Omega$  = Δειγματοχώρος,  $\mathcal{F}$  = Οικογένεια των γεγονότων,  $\mathbf{P}$  = Νόμος που μάς δίνει την πιθανότητα κάθε γεγονότος.

<sup>6</sup> Τσάντας Ν. Δ. και Βασιλείου Π. -Χ. Γ. (2000) Εισαγωγή στην επιχειρησιακή έρευνα. Θεσσαλονίκη. Εκδόσεις Ζήτη.

<sup>7</sup> Ο όρος Αλεατορισμός (Alea, λατ. ζάρι, τυχαίο.) χαρακτηρίζει αρχικά στην ηλεκτρονική μουσική, διαδικασίες των οποίων η εξέλιξη καθορίζεται σε γενικές γραμμές από τον συνθέτη, όμως τα επιμέρους στοιχεία επαφίενται στο τυχαίο (Meyer - Erppler / Eimert, 1955). Αργότερα, ως επακόλουθο της σειραϊκής μουσικής, ο αλεατορισμός αποτελεί μια μουσική μορφή η οποία βασίζεται στην ελευθερία επιλογών των ερμηνευτών σε διάφορα επίπεδα αλλά μέσα σε συγκεκριμένα όρια. (Boulez, 1958).

Το ενδιαφέρον της παρούσας εργασίας εστιάζεται στην δεύτερη κατηγορία, καθώς στα μαρκοβιανά μοντέλα οι μελλοντικές καταστάσεις εξαρτώνται από τις παρελθοντικές.

### 3.3.2 Ορισμός των Μαρκοβιανών Αλυσίδων

Οι μαρκοβιανές αλυσίδες (Markov Chains) είναι εξαρτώμενα συστήματα πιθανοτήτων (conditional probability systems), στα οποία η πιθανότητα εμφάνισης μελλοντικών καταστάσεων-ενδεχομένων, εξαρτάται από ένα ή περισσότερα άμεσα παρελθοντικά γεγονότα. Το πλήθος των αρχικών-προηγούμενων καταστάσεων που λαμβάνει υπ' όψιν της μια τέτοια αλυσίδα, καθορίζει και την τάξη της. Έτσι για παράδειγμα, μια μαρκοβιανή αλυσίδα που περιγράφει τις πιθανότητες μετάβασης σε μια τελική κατάσταση σε σχέση με την αμέσως προηγούμενη της, είναι αλυσίδα πρώτης τάξης, ενώ μια αλυσίδα που λαμβάνει υπ' όψιν της την προηγούμενη αλλά και την προηγούμενη της προηγούμενης κατάσταση, είναι αλυσίδα δεύτερης τάξης κ.ο.κ (Miranda, 2001).

Στο βιβλίο τους “Εισαγωγή στην επιχειρησιακή έρευνα” οι Βασιλείου και Τσάντας (2000) αναφέρουν :

*Η αυστηρή μαθηματική θεμελίωση για τις αλυσίδες Markov πρώτης τάξης έχει ως εξής:*

**Για κάθε  $t, t_1, t_2, \dots, t_k$   $\text{prob} \{ a < X_t < b \mid X_{t_1} = x_1, X_{t_2} = x_2, \dots, X_{t_n} = x_n \} = \text{prob} \{ a < X_t < b \mid X_{t_n} = x_n \}$  όπου  $t_1 < t_2 < \dots < t_n < t$ .**

Ειδικότερα στην παρούσα εργασία γίνεται μελέτη των αλυσίδων Markov σε χρόνο διακριτό με χώρο καταστάσεων διακριτό. Ο ορισμός αυτού του τύπου αλυσίδων Markov πρώτης τάξης είναι ο εξής :

*Μια αλυσίδα Markov είναι μια ακολουθία  $X_0, X_1, X_2, \dots$  διακεκριμένων τυχαίων μεταβλητών με την ιδιότητα ότι η υπό συνθήκη κατανομή της  $X_{n+1}$  όταν δίνονται οι  $X_0, X_1, \dots, X_n$  εξαρτάται μόνο από την τιμή της  $X_n$ , δηλαδή :*

**$\text{prob} \{ X_{n+1} = \kappa \mid X_n = r, \dots, X_0 = \lambda \} = \text{prob} \{ X_{n+1} = \kappa \mid X_n = r \}$**

Γίνεται αμέσως αντιληπτό ότι οι αλυσίδες αυτές είναι άμεσα συνεδεμένες με απλά αλλά και σύνθετα καθημερινά φαινόμενα. Ωστόσο, μια στοχαστική διαδικασία που αλλάζει καταστάσεις με την πάροδο του χρόνου<sup>1</sup> αποτελεί μαρκοβιανή αλυσίδα όταν

<sup>1</sup> Στην παρούσα εργασία η έννοια του χρόνου αντιμετωπίζεται, κατ' εξαίρεση, ως ένα διακριτό και όχι συνεχές φαινόμενο, για καθαρά αναλυτικούς λόγους. Για τον λόγο αυτό ο χρόνος παίρνει θετικές τιμές (π.χ. 1,2,3.....ν), έτσι που να είναι δυνατόν αντί για χρονικές τιμές να μιλάμε για διακριτά βήματα (ν=1,2,3,..... ν), από τα οποία διέρχεται η στοχαστική διαδικασία.



τα παράγωγα - καταστάσεις της διαδικασίας αυτής ικανοποιούν τις επόμενες δύο προϋποθέσεις:

1. Κάθε κατάσταση της ανήκει σε έναν ασυνεχή πεπερασμένο δειγματοχώρο  $\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_m\}$ .
2. Κάθε μελλοντικό ενδεχόμενο επηρεάζεται μόνο από την κατάσταση που προηγείται, και όχι από παλιότερες καταστάσεις (ανάλογα πάντα με την τάξη της αλυσίδας<sup>1</sup>)(Camprougouroulos, 1994).

Κάθε αλυσίδα με  $m$  καταστάσεις γεγονότων μπορεί να απεικονιστεί με την χρησιμοποίηση ενός πίνακα  $(m+1) \times (m+1)$  διαστάσεων ο οποίος ονομάζεται *Πίνακας Μετάβασης (transition matrix)*. Οι γραμμές του πίνακα αντιστοιχούν στις αρχικές καταστάσεις, ενώ οι στήλες στις τελικές. Έτσι λοιπόν η τιμή στην  $i$  γραμμή και  $j$  στήλη του πίνακα είναι η πιθανότητα το σύστημα να μεταβεί στην κατάσταση  $j$  από την κατάσταση  $i$  και ονομάζεται *Πιθανότητα Μετάβασης (transition probability)*.

	Μετά				
Πρίν	$p_{11}$	$p_{12}$	$p_{13}$	...	$p_{1m}$
	$p_{21}$	$p_{22}$	$p_{23}$	...	$p_{2m}$
	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...
	$p_{m1}$	$p_{m2}$	$p_{m3}$	...	$p_{mm}$

Εάν το σύστημα είναι στην κατάσταση  $x_i$ , τότε η  $i$ -οστή σειρά του πίνακα ( $p_{i1}, p_{i2}, p_{i3}, \dots, p_{im}$ ) παριστάνει τις πιθανότητες μετάβασης του συστήματος σε κάθε επιτρεπτό, επόμενο ενδεχόμενο. Κάθε πιθανότητα παίρνει μια μοναδική τιμή  $p_{ij}$  μέσα στα όρια:  $0 \leq p_{ij} \leq 1$  και το άθροισμα των πιθανοτήτων κάθε σειράς είναι ισοδύναμο με την μονάδα<sup>2</sup>, έτσι ώστε:

$$\sum_{j=0}^m p_{ij} = 1$$

Στην περίπτωση αυτή ο πίνακας μετάβασης ονομάζεται Στοχαστικός.

Είναι προφανές ότι εάν οι πιθανότητες  $p_{ij}$  είναι συναρτήσεις της χρονικής στιγμής  $t$ , χρειαζόμαστε τις τιμές τους για κάθε χρονική στιγμή  $t$ . Διακρίνουμε τις παρακάτω περιπτώσεις:

<sup>1</sup> Εάν η μαρκοβιανή αλυσίδα έχει τάξη  $n$ , τότε η επόμενη κατάσταση εξαρτάται από τις  $n$  αμέσως προηγούμενες καταστάσεις.

<sup>2</sup> Αυτό ισχύει μόνο όταν οι τιμές του πίνακα αντιπροσωπεύουν ποσοστά επί τοις εκατό (%) μετάβασης και όχι απόλυτους αριθμούς.

1. Μια αλυσίδα Markov καλείται στατική (stationary) ή ομογενής (homogeneous), αν η πιθανότητα μετάβασης από την μια κατάσταση στην άλλη είναι ανεξάρτητη από τον χρόνο που γίνεται η μετάβαση. Έτσι έχουμε για όλες τις καταστάσεις  $i$  και  $j$  :

$$\text{prob} \{ X_t = j \mid X_{t-1} = i \} = p_{ij} \quad \text{για κάθε } t = 1, 2, 3, \dots$$

2. Όταν μια αλυσίδα Markov δεν είναι ομογενής, τότε ονομάζεται μη-ομογενής (Βασιλείου & Τσάντας, 2000).

Στην παρούσα εργασία γίνεται χρήση τόσο ομογενών, όσο και μη-ομογενών αλυσίδων Markov. Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται μουσικά διαδραστικά έργα τα οποία χρησιμοποιούν τέτοιες αλυσίδες. Από μουσικής άποψης η διαφορά ανάμεσα στις δύο αυτές μορφές επιφέρει δραματικές αλλαγές στην δομή -κυρίως μακροδομικά- του έργου. Η χρήση ομογενών αλυσίδων παρέχει την δυνατότητα ισχυρών στοχαστικών δεσμών μεταξύ των μουσικών γεγονότων, ενώ οι μη-ομογενείς αλυσίδες αποτελούν ένα πιο ελαστικό και διαδραστικό περιβάλλον, καθώς αλληλεπιδρούν με την ζωντανή εκτέλεση και αναδιαμορφώνονται συνεχώς με το πέρασμα του χρόνου.

### 3.3.3. Παραδείγματα

Ο παρακάτω πίνακας μετάβασης αποτελεί ένα παράδειγμα απεικόνισης των πιθανοτήτων μετάβασης σε μία ομογενή μαρκοβιανή αλυσίδα πρώτης τάξης με τέσσερις δυνατές καταστάσεις. Παρατηρείται λοιπόν ότι π.χ. η πιθανότητα να μεταβεί το σύστημα από την κατάσταση Α στην κατάσταση Γ είναι 0.3, δηλαδή 3 στις 10 φορές ή 30%.

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>Γ</b>	<b>Δ</b>
<b>A</b>	0.2	0.1	0.3	0.4
<b>B</b>	0.5	0.1	0.2	0.2
<b>Γ</b>	0.5	0.2	0.1	0.2
<b>Δ</b>	0.2	0.2	0.3	0.3

Εκτός από ποσοστιαίες μονάδες, ένας πίνακας μετάβασης μπορεί να περιγράψει τις πιθανότητες μετάβασης με την χρήση φυσικών αριθμών (π.χ. η κατάσταση Γ οδηγείται στην κατάσταση Δ 12 φορές). Σε αυτή την περίπτωση διαιρώντας οποιοδήποτε στοιχείο  $(x,y)$  το οποίο ανήκει σε έναν πίνακα μετάβασης με το άθροισμα των στοιχείων τις ίδιας σειράς, προκύπτουν σε αναλογία επί τοις εκατό, οι πιθανότητες μετάβασης του συστήματος. Η διαδικασία αυτή χρησιμοποιείται κυρίως στην ανάλυση φαινομένων, όπου αρχικά καταγράφονται σε απόλυτους αριθμούς οι μεταβάσεις που παρατηρούνται και στην συνέχεια προκύπτουν οι ποσοστιαίες πιθανότητες μετάβασης. π.χ. :

	A	B	Γ	Δ	
A	1	10	3	40	<b>54</b>
B	5	1	2	20	<b>28</b>
Γ	5	62	1	12	<b>80</b>
Δ	2	2	13	2	<b>19</b>

Έτσι,  $P_{A \rightarrow A} = 1/54 = 0.018$ ,  $P_{A \rightarrow B} = 10/54 = 0.18$ ,  $P_{A \rightarrow \Gamma} = 3/54 = 0.055$ ,  $P_{A \rightarrow \Delta} = 40/54 = 0.74$

όπου ( $P_{i \rightarrow j}$  = πιθανότητα μετάβασης από το  $i$  στο  $j$ )

### 3.4. Μαθηματικές Ιδιότητες των Μαρκοβιανών Αλυσίδων

Οι μαρκοβιανές αλυσίδες έχουν ορισμένες αξιοσημείωτες μαθηματικές ιδιότητες. Μια κατάσταση  $j$  λέγεται *προσιτή* (*reachable*) από την  $i$  ( $i \rightarrow j$ ) όταν είναι δυνατόν το σύστημα να μεταβεί από την κατάσταση  $i$  στην κατάσταση  $j$  με βήματα πεπερασμένου πλήθους.

Δύο καταστάσεις  $i$  και  $j$  *επικοινωνούν* (*communicate*) ( $i \leftrightarrow j$ ) εάν είναι προσιτές μεταξύ τους. Η σχέση επικοινωνίας σε μια Μαρκοβιανή Αλυσίδα αποτελεί ταυτόχρονα και σχέση *ισοδυναμίας* (*equivalence*), δηλαδή έχει τις παρακάτω ιδιότητες :

1. Είναι *Ανακλαστική* (*reflexible*). Κάθε κατάσταση επικοινωνεί με τον εαυτό της καθώς μεταβαίνει σε αυτή σε 0 βήματα
2. Είναι *Συμμετρική* (*symmetrical*). Εάν η κατάσταση  $i$  επικοινωνεί με την  $j$ , τότε η καθεμία είναι προσιτή από την άλλη λόγω του ορισμού και έτσι και η  $j$  θα επικοινωνεί με την  $i$
3. Είναι *Μεταβατική* (*transitive*). Εάν η κατάσταση  $i$  επικοινωνεί με την  $j$  και η  $j$  επικοινωνεί με την  $k$  τότε και η  $i$  επικοινωνεί με την  $k$ .

Μια μαρκοβιανή αλυσίδα της οποίας όλες οι καταστάσεις επικοινωνούν μεταξύ τους ονομάζεται *αδιαχώριστη*, αν κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει τότε οι καταστάσεις χωρίζονται σε κλάσεις ισοδυναμίας των οποίων οι καταστάσεις επικοινωνούν.

Η σχέση επικοινωνίας υποδιαιρεί το σύνολο καταστάσεων σε κλάσεις ισοδυναμίας. Οι καταστάσεις που είναι βέβαιο ότι θα επαναληφθούν από την στιγμή που το σύστημα έχει φθάσει σε αυτές κι έπειτα ονομάζονται *επαναληπτικές* (*recurrent*) και η κλάση ισοδυναμίας στην οποία ανήκουν είναι γνωστή και ως *επαναληπτική κλάση* (*recurrent class*). Μία επαναληπτική κλάση με μία μόνο κατάσταση ονομάζεται *απορροφητική κατάσταση* (*absorbing event*) Οι καταστάσεις που δεν πρόκειται να

επαναληφθούν ονομάζονται *μεταβατικές (transient)* και αντίστοιχα οι κλάσεις στις οποίες αυτές ανήκουν ονομάζονται *μεταβατικές κλάσεις*.

Είναι απαραίτητη προϋπόθεση για κάθε αλυσίδα να αποτελείται από τουλάχιστον μία επαναληπτική κλάση. Ειδικά στην περίπτωση που η αλυσίδα περιέχει μόνο μία επαναληπτική κλάση και ενδεχομένως κάποιες μεταβατικές, ονομάζεται *εργοδική (ergodic)*. Εάν περιέχει μια και μόνο μια επαναληπτική κλάση, τότε ονομάζεται *αμείωτη (irreducible)*. Οι εργοδικές αλυσίδες είναι πολύ χρήσιμες στη μουσική σύνθεση καθώς επιτρέπουν στους συνθέτες να κάνουν εκτιμήσεις για την συμπεριφορά του μοντέλου και το τελικό αποτέλεσμα (Grimmet & Stirzaker, 1982).

### 3.4.1 Παράδειγμα

Έστω ότι έχουμε τον παρακάτω πίνακα μεταβάσεων P:

$$P = \begin{array}{c|ccccccccc} & \mathbf{C} & \mathbf{D} & \mathbf{E} & \mathbf{F} & \mathbf{G} & \mathbf{A} & \mathbf{B} & \mathbf{C}' \\ \hline \mathbf{C} & 0.20 & 0.20 & 0.20 & 0 & 0.20 & 0 & 0 & 0.20 \\ \mathbf{D} & 0.20 & 0 & 0.40 & 0 & 0.40 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{E} & 0 & 0.50 & 0 & 0.50 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{F} & 0.20 & 0 & 0.40 & 0 & 0.40 & 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{G} & 0.20 & 0 & 0 & 0.30 & 0.30 & 0.20 & 0 & 0 \\ \mathbf{A} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ \mathbf{B} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ \mathbf{C}' & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.50 & 0.50 & 0 \end{array}$$

Πίνακας Μετάβασης P.<sup>1</sup>

Είναι σαφές ότι οι νότες C' και A, επικοινωνούν ( $C' \leftrightarrow A$ ) καθώς ( $A \rightarrow B \rightarrow C'$  και  $C' \rightarrow A$ ). Αντιθέτως οι καταστάσεις A και G δεν επικοινωνούν, καθώς  $G \rightarrow A$ , όμως μετά από την κατάσταση A είναι αδύνατον το σύστημα να οδηγηθεί στην κατάσταση G. Αυτό συμβαίνει επειδή οι καταστάσεις A, B και C' είναι επαναληπτικές (recurrent events). Στην πραγματικότητα οι παραπάνω καταστάσεις σχηματίζουν μια κλάση (υπογραμμισμένο πλαίσιο), η οποία είναι επίσης επαναληπτική (recurrent class).

Η παραπάνω αλυσίδα είναι εργοδική, καθώς περιέχει μια επαναληπτική και μια μεταβατική κλάση. Εάν θεωρηθεί η επαναληπτική υποκλάση του παραπάνω πίνακα ως μια ξεχωριστή μαρκοβιανή αλυσίδα, τότε έχουμε την περίπτωση της αμείωτης μαρκοβιανής αλυσίδας καθώς η επαναληπτική κλάση -και μόνο αυτή- αποτελεί στο

<sup>1</sup> Cambouropoulos, E (1994) σελ 43.

σύνολό της την αλυσίδα. Είναι σαφές ότι η χρήση επαναληπτικών κλάσεων στις μαρκοβιανές αλυσίδες μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους συνθέτες, προκειμένου να επιτύχουν μεγαλύτερο έλεγχο στην ανέλιξη της στοχαστικής διαδικασίας.

### 3.5. Τυχαίος Περίπατος (Random Walk)

Μια αλυσίδα Markov αποτελεί διαδικασία τυχαίου περιπάτου (Random Walk process), όταν όλα τα στοιχεία του πίνακα μετάβασης είναι μηδενικά, εκτός από αυτά που βρίσκονται παράπλευρα της κύριας διαγωνίου  $\{p_{11}, p_{22}, p_{33}, p_{44}, \dots, p_{mm}\}$  (πάνω-αριστερά προς κάτω-δεξιά). Η δομή του πίνακα μετάβασης μιας αλυσίδας Markov που αποτελεί τυχαίο περίπατο φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

$$W = \begin{array}{c|cccccccc} & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 0.5 & 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0.0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0.5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{array}$$

Πίνακας μετάβασης τυχαίου περιπάτου.

Οι στοχαστικές διαδικασίες τυχαίου περιπάτου είναι εξαιρετικά χρήσιμες για την δημιουργία μουσικών φαινομένων στα οποία απαιτούνται βαθμιαίες και ομαλές αλλαγές, όπως π.χ. στο επόμενο μουσικό παράδειγμα στο οποίο γίνεται χρήση αποκλειστικά και μόνο βηματικής κίνησης δίχως πηδήματα (Miranda, 2001) (σχ. 31) :



Σχήμα 31. Μελωδία κατασκευασμένη με την χρήση στοχαστικών διαδικασιών τυχαίου περιπάτου (Random Walk).

Ένα άλλο παράδειγμα που αφορά την χρήση στοχαστικών διαδικασιών τυχαίου περιπάτου είναι το εξής :

Ένας άνθρωπος στέκεται μπροστά σε μία σκάλα με οκτώ σκαλοπάτια, ακριβώς πριν από το πρώτο σκαλοπάτι. Οι δυνατές κινήσεις είναι μπρός και πίσω ένα βήμα κάθε φορά. Εάν η πιθανότητα να κινηθεί μπροστά είναι  $p$ , τότε η πιθανότητα να κινηθεί πίσω δίνεται από την εξίσωση  $q = 1 - p$  (έτσι εάν π.χ.  $p = 0.5$ ,  $q = 1 - 0.5 = 0.5$ ).

Από το σημείο αυτό κι έπειτα υπάρχουν δύο περιπτώσεις :

**A.** Όταν ο άνθρωπος φτάνει στα άκρα της κλίμακας, κινείται αυτόματα προς την αντίθετη κατεύθυνση. Στην περίπτωση αυτή η στοχαστική διαδικασία ονομάζεται *τυχαίος περίπατος με ανακλαστικά όρια* (random walk with reflecting boundaries) και ο πίνακας μετάβασης που την ορίζει είναι της μορφής (σχ.32) :

$$P_1 = \begin{array}{c|cccccccc} & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline & q & 0 & p & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & 0 & q & 0 & p & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & 0 & 0 & q & 0 & p & 0 & 0 & 0 \\ & 0 & 0 & 0 & q & 0 & p & 0 & 0 \\ & 0 & 0 & 0 & 0 & q & 0 & p & 0 \\ & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & q & 0 & p \\ & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ \hline \end{array}$$

Σχήμα 32. Πίνακας μετάβασης τυχαίου περιπάτου με ανακλαστικά όρια.

Οι περίπατοι αυτού του τύπου αποτελούν αμείωτες μαρκοβιανές αλυσίδες, καθώς αποτελούν στο σύνολό τους μια και μόνο επαναληπτική κλάση.

**B.** Όταν ο άνθρωπος φτάσει ένα άκρο της σκάλας, παραμένει εκεί. Η στοχαστική αυτή διαδικασία είναι γνωστή ως *τυχαίος περίπατος με απορροφητικά όρια* (random walk with absorbing boundaries) και ο πίνακας μετάβασης που την ορίζει είναι της μορφής (σχ.33) :

$$P_2 = \begin{array}{c|cccccccc} & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline & q & 0 & p & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & 0 & q & 0 & p & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & 0 & 0 & q & 0 & p & 0 & 0 & 0 \\ & 0 & 0 & 0 & q & 0 & p & 0 & 0 \\ & 0 & 0 & 0 & 0 & q & 0 & p & 0 \\ & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & q & 0 & p \\ & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ \hline \end{array}$$

Σχήμα 33. Πίνακας μετάβασης τυχαίου περιπάτου με απορροφητικά όρια.

Οι περίπατοι αυτού του τύπου δεν είναι εργοδικές αλυσίδες, καθώς αποτελούνται από δυο απορροφητικές κλάσεις (επαναληπτικές κλάσεις με μια μόνο, συνεχώς επαναλαμβανόμενη κατάσταση) και μια μεταβατική κλάση (Cambourououlos, 1994).

### 3.6. Δειγματοχώρος<sup>1</sup>.

Τυπικά, οι καταστάσεις που προσλαμβάνει μια αλυσίδα Markov μπορούν να αποτελούνται από οτιδήποτε εφόσον το πλήθος των καταστάσεων είναι διακριτό. Στην πραγματικότητα, η φύση των γεγονότων που συνθέτουν την αλυσίδα καθορίζει και το πλήθος των καταστάσεων της (Ames, 1989)

Η χρήση στοχαστικών διαδικασιών για την δημιουργία μουσικών έργων απαιτεί συνήθως την δημιουργία διαφόρων δειγματοχώρων, οι οποίοι αποτελούνται είτε απο διατεταγμένα θεμελιώδη στοιχεία της μουσικής δομής ( τονικά ύψη, διάρκειες, συγχορδίες, διαστήματα, μοτίβα, δυναμικές κ.α.), είτε από περισσότερο πολύπλοκες μουσικές παραμέτρους, όπως η πυκνότητα, η υφή και οι ηχητικές επιφάνειες. Στην δεύτερη κυρίως περίπτωση, τα στοιχεία των δειγματοχώρων δεν αποτελούν απλές στατικές ενότητες, αλλά είναι συνήθως τα ίδια δυναμικές διαδικασίες (π.χ. στοχαστικές διαδικασίες όπως οι Markovιανές αλυσίδες, με διαφορετικούς δειγματοχώρους η καθεμιά από αυτές). Τα στοχαστικά γεγονότα μπορεί να βασίζονται σε ομάδες παραμέτρων, διαχειριζόμενες καθεμιά με διαφορετικές υπολογιστικές τεχνικές. Γίνεται έτσι εφικτή η οργάνωση του μουσικού υλικού σε πολλαπλά επίπεδα (Campourououlos, 1994).

Γίνεται αμέσως αντιληπτό το πόσο πολύπλοκες διαδικασίες χειρισμού απαιτούνται για την χρησιμοποίηση τέτοιων αλγοριθμικών τεχνικών σύνθεσης, καθώς επίσης και πόση υπολογιστική δύναμη. Ωστόσο, μόνο με αυτή την οργάνωση του μουσικού υλικού σε περισσότερα του ενός επίπεδα, επιτυγχάνονται αξιόλογα μουσικά αποτελέσματα και όχι απλά μουσικά παιχνίδια.

### 3.7 Μακροπρόθεσμες Πιθανότητες Μετάβασης (long-term transitions), Στατικές Κατανομές (πιθανοτικό διάνυσμα) (Stationary distributions) και Πιθανότητες Αναμονής (Waiting Counts)<sup>2</sup>.

Μέχρι το σημείο αυτό περιγράφηκαν οι πιθανότητες μετάβασης ενός συστήματος μεταξύ διαδοχικών βημάτων. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η μετάβαση από την κατάσταση  $x_i$  στην  $x_j$  δίνεται από τη πιθανότητα  $p_{ij}$ . Τι συμβαίνει όμως εάν ο συνθέτης θέλει να μελετήσει τη συμπεριφορά των αλυσίδων Markov μεσο-πρόθεσμα και μακροπρόθεσμα; Ποια είναι η πιθανότητα μια κατάσταση  $x_i$  να μεταβεί στην

<sup>1</sup> Το σύνολο όλων των δυνατών αποτελεσμάτων ενός πειράματος τύχης, το σύνολο δηλαδή όλων των απλών ενδεχομένων του (Στ. Κούνιας, Χρ Μουσιάδης, 1995).

<sup>2</sup> Οι λεξεις διατηρούνται στην αγγλική, καθώς η μετάφρασή τους (π.χ. μετρητές αναμονής ) αποτελεί απλά μια κακή -αισθητικά και ποιοτικά- αντιστοίχιση.

κατάσταση  $x_j$  μετά από  $n$ - βήματα; Αυτά τα δύο ερωτήματα έχουν άμεση σχέση με την μουσική δημιουργία στην οποία παίζει σημαντικό ρόλο τόσο η μικροδομική, όσο και η μακροδομική οργάνωση του μουσικού - ηχητικού υλικού.

Η πιθανότητα μετάβασης σε μια μαρκοβιανή αλυσίδα από μια κατάσταση  $x_i$  σε μια κατάσταση  $x_j$  μετά από  $n$ -βήματα ( $x_i \rightarrow x_{k1} \rightarrow x_{k2} \rightarrow x_{k3} \dots \dots \rightarrow x_{k(n-1)} \rightarrow x_j$ ) συμβολίζεται με  $p_{ij}^{(n)}$

Συνεπώς, για έναν πίνακα μετάβασης  $P$  μιας Μαρκοβιανής αλυσίδας ο πίνακας μετάβασης του συστήματος μετά από  $n$ - βήματα συμβολίζεται με  $P(n)$  και προκύπτει από την  $n$ - οστή δύναμη του πίνακα  $P$ . Δηλαδή είναι  $P(n)=P^n$ .

### 3.7.1. Παράδειγμα

Στο άρθρο του “Markov Chains as an aid to computer assisted Composition (1994) Ο Αιμίλιος Καμπουρόπουλος παραθέτει το εξής παράδειγμα:

*Έστω ένας αμείωτος  $3 \times 3$  πίνακας μετάβασης για τις μουσικές νότες  $\{A, B, C\}$ . Ποια είναι πιθανότητα εμφάνισης του φθόγγου  $B$  μετά από ένα  $A$  το οποίο εμφανίστηκε 5 βήματα προθύστερα.  $p_{AB}^{(5)} = ?$ . Έχουμε λοιπόν τον πίνακα  $P$*

$$P = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ .5 & .5 & 0 \end{vmatrix}$$

*Έτσι, για τον πολλαπλασιασμό  $P \times P^1 = P^2$  έχουμε :*

$$P(2) = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ .5 & .5 & 0 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ .5 & .5 & 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 \\ .5 & .5 & 0 \\ 0 & .5 & .5 \end{vmatrix}$$

<sup>1</sup> Για τον πολλαπλασιασμό πινάκων  $A$  και  $B$ ,  $m \times n$  διαστάσεων ισχύουν τα εξής :

$$\begin{vmatrix} a_{11} & \dots & \dots & \dots & a_{1m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{i1} & \dots & \dots & \dots & a_{im} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & \dots & \dots & \dots & a_{mm} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} b_{11} & \dots & b_{1j} & \dots & b_{1m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{m1} & \dots & b_{mj} & \dots & b_{mm} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} c_{11} & \dots & \dots & \dots & c_{1m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & c_{ij} & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{m1} & \dots & \dots & \dots & c_{mm} \end{vmatrix}$$

Όπου  $c_{ij} = a_{i1} \times b_{1j} + a_{i2} \times b_{2j} + \dots \dots + a_{im} \times b_{mj} = \sum_{k=1}^m a_{ik} b_{kj}$

Κάθε  $ij$  στοιχείο του πίνακα  $C$ , αποτελεί άθροισμα των στοιχείων που προκύπτουν από τον πολλαπλασιασμό των στοιχείων της  $i$ -οστής σειράς του πίνακα  $A$  με τα αντίστοιχα στοιχεία της  $j$ -οστής στήλης του πίνακα  $B$



Συνεχίζοντας ισχύει  $P^{(4)} = P^{(2)} \times P^{(2)}$  όπου :

$$P^{(4)} = \begin{vmatrix} 0 & .5 & .5 \\ .25 & .25 & .5 \\ .25 & .5 & .25 \end{vmatrix}$$

Ενώ τέλος,  $P^{(5)} = P^{(4)} \times P$ , άρα :

$$P^{(5)} = \begin{vmatrix} .25 & .25 & .5 \\ .25 & .5 & .25 \\ .125 & .375 & .5 \end{vmatrix}$$

Επομένως, η πιθανότητα  $P_{AB}^{(5)}$  είναι  $0.25 = 25\%$ . Είναι σημαντικό να παρατηρηθεί ότι όλες οι τιμές στον πίνακα μετάβασης  $P^{(5)}$  είναι θετικές· αυτό σημαίνει ότι είναι εφικτή οποιαδήποτε μετάβαση μεταξύ δύο καταστάσεων μετά από πέντε βήματα της στοχαστικής ανέλιξης και η αλυσίδα παραμένει αμείωτη.

Το αξιοσημείωτο είναι ότι μια πρώτης τάξης αλυσίδα λαμβάνει υπ' όψιν της εμμέσως γεγονότα που προηγούνται της προηγούμενης καταστάσεως (βλ. §3.8).

Μία από τις σημαντικότερες ιδιότητες των μαρκοβιανών αλυσίδων είναι η ικανότητά τους να προβλέπουν το άμεσο μέλλον βάσει των γεγονότων του παρελθόντος. Στην μουσική, όπου ο χρόνος αποτελεί βασικό στοιχείο οργάνωσης του υλικού και αναφοράς, δημιουργώντας μάλιστα στους ακροατές προσδοκίες σε σχέση με την μελλοντική εξέλιξη του έργου, οι αλυσίδες και η παραπάνω ιδιότητά τους παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο. Εντούτοις, η προσδοκία δεν είναι ο μόνος παράγοντας που χαρακτηρίζει το αισθητικό κριτήριο των ακροατών. Μια πολύ σημαντική βάση ως κριτήριο είναι και η ισορροπία μεταξύ των συνθετικών στοιχείων που απαρτίζουν το μουσικό έργο. Όταν τα στοιχεία αυτά αποτελούν καταστάσεις μιας μαρκοβιανής αλυσίδας, είναι εφικτό να προβλεφθεί η εξέλιξή τους (ποσοτικά) με την χρήση των *Στατικών πιθανοτήτων* (stationary probabilities).

Μαθηματικά, λοιπόν, μπορεί να αποδειχθεί ότι για ένα αμείωτο πίνακα μετάβασης, μακροπρόθεσμα, η πιθανότητα εμφάνισης οποιασδήποτε κατάστασης  $m_j$  είναι στατική και δίνεται από το πιθανοτικό διάνυσμα (probability vector)  $t_j$ .

Για παράδειγμα ο πίνακας μετάβασης :

$$P = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ .5 & .5 & 0 \end{vmatrix}$$

έχει πιθανοτικό διάνυσμα  $t = (0.2, 0.4, 0.4)$ , που σημαίνει ότι μακροπρόθεσμα οι καταστάσεις A, B και C θα εμφανιστούν σε αναλογία 20%, 40% και 40% επί των συνολικών καταστάσεων.

Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να καταστεί σαφής η διαφορά ανάμεσα στις πιθανότητες μετάβασης και στο πιθανοτικό διάνυσμα: οι αλυσίδες δίνουν ποσοστά μετάβασης από μια κατάσταση προς μια άλλη, ενώ το πιθανοτικό διάνυσμα (βάσει της πιθανής αρχικής κατάστασης) παρουσιάζει σε απόλυτα ποσοστά την συνολική ποσοτικά εμφάνιση μιας κατάστασης, καθώς το σύστημα ανελίσσεται (Ames, 1989).

Τέλος, ένας άλλος συντελεστής που αφορά την μακροπρόθεσμη συμπεριφορά των αλυσίδων είναι οι *κατά μέσο όρο πιθανότητες αναμονής* (average waiting count). Πιθανότητες αναμονής ονομάζονται οι πιθανότητες μετάβασης που περιγράφονται από την κύρια διαγώνιο (επάνω-αριστερά προς κάτω δεξιά) ενός πίνακα μετάβασης και στη πραγματικότητα είναι οι πιθανότητες της άμεσης επανάληψης μίας κατάστασης μεταξύ δύο διαδοχικών αλλαγών του συστήματος. Ο μαθηματικός τύπος που προσδιορίζει τον μέσο όρο αναμονής στη ίδια κατάσταση είναι :

$$W = \frac{1}{1 - p}$$

όπου  $p$  είναι η πιθανότητα αναμονής και  $W$  η συχνότητα αλλαγής κατάστασης. Έτσι, όταν οι πιθανότητες αναμονής τείνουν προς το μηδέν, η -κατά μέσο όρο- συχνότητα αλλαγής σε νέα κατάσταση αυξάνει, ενώ όταν οι πιθανότητες αναμονής τείνουν προς το άπειρο, η συχνότητα αλλαγής μηδενίζεται (Ames, 1989).

### **3.8. Μνήμη των Μαρκοβιανών Αλυσίδων και διαδικασίες υψηλότερης τάξης (Αλυσίδες $n$ -οστής Τάξης).**

Σύμφωνα με τον ορισμό των αλυσίδων Markov κάθε κατάσταση εξαρτάται μόνο από την προηγούμενή της ή από το πλήθος των προηγούμενων καταστάσεων που ορίζει η τάξη της αλυσίδας. Ωστόσο, ακόμα και στις αλυσίδες πρώτης τάξης γίνεται εύκολα αντιληπτό πως η εμφάνιση μιας κατάστασης, εξαρτάται έμμεσα από περισσότερες της μιας, παρελθοντικές καταστάσεις. Αν μία κατάσταση  $A$  οδηγεί σε μία κατάσταση  $B$  με πιθανότητα  $P_{A \rightarrow B}$  και η κατάσταση  $B$  σε μία κατάσταση  $C$  με πιθανότητα  $P_{B \rightarrow C}$ , τότε η πιθανότητα μετάβασης από το  $A$  στο  $B$  και από το  $B$  στο  $C$  είναι :  $P_{A \rightarrow B \rightarrow C} = P_{A \rightarrow B} \cdot P_{B \rightarrow C}$ , π.χ εάν η πιθανότητα μετάβασης από μία κατάσταση  $A$  σε μια κατάσταση  $B$  είναι 0.5 (ή 50%) και η πιθανότητα μετάβασης από την κατάσταση  $B$  στην κατάσταση  $C$  0.2 (ή 20%) , τότε έχουμε :  $A \rightarrow B \rightarrow C$  με  $P_{A \rightarrow B \rightarrow C} = 0.5 \cdot 0.2 = 0.1$  ή (10%)

Είναι ξεκάθαρο ότι η κατάσταση  $C$  εξαρτάται από τις προηγούμενες καταστάσεις, καθώς επίσης και από τις πιθανότητες μετάβασής τους. Ωστόσο, η εξάρτηση ισχυαίνει καθώς μεγαλώνει η απόσταση που χωρίζει τις έμμεσα αλληλοεξαρτώμενες καταστάσεις. Όπως αναφέρθηκε στον ορισμό των αλυσίδων Markov, είναι δυνατόν να υπάρχουν αλυσίδες υψηλότερης τάξης μέσω των οποίων μπορούν να ελεγχθούν οι μελλοντικές πιθανές καταστάσεις βάσει περισσότερων παρελθοντικών καταστάσεων.

Για παράδειγμα, σε μια αλυσίδα  $2^{ns}$  τάξης μια μελλοντική κατάσταση εξαρτάται από τις δύο προηγούμενές τις καταστάσεις (την προηγούμενη και την προηγούμενη της

προηγούμενης) και οι πιθανότητες μετάβασής της μπορούν να απεικονιστούν σε ένα τρισδιάστατο πίνακα μετάβασης. Οι αλυσίδες μεγαλύτερης τάξης προσφέρουν καλύτερο έλεγχο διαδοχής γεγονότων και είναι πολύ πιο κοντά στην μουσική λογική καθώς και εκεί η διαδοχή των γεγονότων βασίζεται σε πολύ μεγάλο βαθμό στο τι έχει προηγηθεί, τόσο μικροδομικά, όσο και μακροδομικά. Ωστόσο, όσο μεγαλώνει η τάξη μιας αλυσίδας τόσο πολυπλοκότερη γίνεται η δομή της, με αποτέλεσμα την γεωμετρική αύξηση των δεδομένων που χρησιμοποιεί και κατ' επέκταση την υπολογιστική ισχύ που απαιτεί προκειμένου να καταστεί λειτουργική σε καταστάσεις ζωντανής εκτέλεσης. Επίσης, είναι φυσικό η αύξηση της τάξεως της αλυσίδας να προκαλεί μια αντίστοιχη καθυστέρηση στη διαμόρφωσή της καθώς χρειάζονται να παρελθοντικά βήματα (όπου  $n =$  η τάξη της αλυσίδας) προκειμένου να εισαχθούν τα δεδομένα στην αλυσίδα.

Ο Charles Ames (1989) στο άρθρο του “The Markov Process as a Compositional Model : A Survey and Tutorial” αναφέρει :

*“...η τάξη της αλυσίδας καθορίζει τον αριθμό των παρελθοντικών καταστάσεων που λαμβάνονται υπ' όψιν και επηρεάζουν την ανέλιξη της στοχαστικής διαδικασίας. Σε μία μηδενικής τάξης αλυσίδα, οι καταστάσεις είναι πλήρως ανεξαρτητοποιημένες από τις παρελθούσες καταστάσεις. Σε μια αλυσίδα πρώτης τάξης οι καταστάσεις επηρεάζονται μόνο από τις αμέσως προηγούμενες, ενώ σε μια αλυσίδα δεύτερης τάξης από την προηγούμενη και την προηγούμενη της προηγούμενης κ.ο.κ.*

*Οι αλυσίδες πρώτης τάξης εκφράζονται με την χρήση μιας μονοδιάστατης πιθανοτικής κατανομής. Για την περιγραφή των πιθανοτήτων μετάβασης σε μια αλυσίδα δεύτερης τάξης απαιτείται η χρήση ενός δισδιάστατου πίνακα μετάβασης. Είναι λογικό να γενικευθεί η διατύπωση ότι κάθε αύξηση στον αριθμό της τάξης μιας αλυσίδας οδηγεί αυτόματα στην πρόσθεση μιας επιπλέον διάστασης του πίνακα μετάβασης. Έτσι έχουμε για παράδειγμα έναν τρισδιάστατο πίνακα μετάβασης για κάθε αλυσίδα δεύτερης τάξης, έναν τετραδιάστατο πίνακα μετάβασης για κάθε αλυσίδα τρίτης τάξης κ.ο.κ.*

*Επίσης, είναι δυνατόν να αποδειχθεί ότι κάθε  $n$ -οστή αλυσίδα Markov μπορεί να εκφραστεί από μια αλυσίδα πρώτης τάξης στην οποία οι διαδοχές καταστάσεων μεταχειρίζονται ως καταστάσεις (οι ίδιες).”*

Στις εφαρμογές της παρούσας εργασίας χρησιμοποιούνται αποκλειστικά αλυσίδες Markov πρώτης τάξης. Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζονται τέσσερα μουσικά διαδραστικά συστήματα στα οποία γίνεται χρήση τόσο ομογενών, όσο και μη ομογενών αλυσίδων. Οι αλυσίδες παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην δημιουργία και την διαμόρφωση του μουσικού υλικού. Στις περισσότερες περιπτώσεις λειτουργούν ως ένα εργαλείο για την δημιουργία ‘στατιστικών απεικονίσεων’ του μουσικού υλικού που έχει λάβει το σύστημα την εκάστοτε χρονική στιγμή (μη-ομογενείς αλυσίδες).



## 4. Τέσσερις Εφαρμογές των Μαρκοβιανών Αλυσίδων στην Μουσική Σύνθεση Διαδραστικών Έργων

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τέσσερις εφαρμογές της θεωρίας των Μαρκοβιανών αλυσίδων με την χρήση λογισμικού Max/msp. Το πρώτο έργο είναι μια ανάλυση και ανασύνθεση του έργου *Sequenza per Flauto*, του Luciano Berio. Στο έργο αυτό η διαδραστικότητα είναι μια αφηρημένη έννοια και αποτελεί στην πραγματικότητα μια επίδραση του έργου-πρότυπο πάνω στο έργο-κλώνο μέσω των αλυσίδων.

Το δεύτερο έργο είναι ένα διαδραστικό σύστημα για ηλεκτρονικό υπολογιστή Macintosh και έναν -τουλάχιστον- εκτελεστή (Midi keyboard). Στο έργο αυτό, η εκτέλεση διαμορφώνει και αναδιαμορφώνει συνεχώς μαρκοβιανές αλυσίδες που ελέγχουν την διάδραση του συστήματος σε επίπεδο τονικών υψών, ενώ οι υπόλοιπες μουσικές παράμετροι ελέγχονται άμεσα από τον εκτελεστή.

Το τρίτο έργο είναι μια παραλλαγή του δεύτερου, στο οποίο οι μαρκοβιανές αλυσίδες καθορίζουν -εκτός από τα τονικά ύψη- και τις υπόλοιπες μουσικές παραμέτρους της διάδρασης του συστήματος στην μουσική εκτέλεση.

Το τέταρτο έργο είναι ένα διαδραστικό σύστημα στο οποίο ο εκτελεστής δημιουργεί μουσικούς κανόνες, χρησιμοποιώντας ως μουσικό όργανο το ποντίκι και το πληκτρολόγιο του ηλεκτρονικού υπολογιστή.

### 4.1 Περιγραφή της Αναλυτικής και συνθετικής διαδικασίας για την δημιουργία του έργου *Prob\_My Berio Chain* για σόλο Φλάουτο.

Το έργο *Prob\_My Berio Chain* για σόλο φλάουτο γράφτηκε το 2003 με την χρήση μαρκοβιανών μοντέλων. Η κεντρική ιδέα για το συγκεκριμένο έργο ήταν η δημιουργία ενός έργου το οποίο να αποτελεί στατιστική απεικόνιση της *Sequenza I* για σόλο φλάουτο του L. Berio. Η διαδραστικότητα στην συγκεκριμένη εφαρμογή του μοντέλου έγκειται σε ένα αφηρημένο χρονικά επίπεδο, όπου το έργο που δημιουργείται (*Prob\_My Berio Chain*) αποτελεί στην πραγματικότητα την διάδραση του συστήματος στο έργο *Sequenza per solo Flauto* του L. Berio. Στην συνέχεια παρουσιάζεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε προκειμένου να ολοκληρωθεί η δημιουργική διαδικασία.

#### 4.1.1 Το προς ανάλυση έργο: Η *Sequenza* για φλάουτο του L. Berio

Η *Sequenza* για φλάουτο γράφτηκε το 1958. Η σημειογραφία που χρησιμοποιεί ο συνθέτης είναι σημειογραφία “χώρου” και αυτό δίνει μια σχετική ελευθερία στον εκτελεστή, ο οποίος μπορεί να ερμηνεύσει το έργο με σχετική ρυθμική ελαστικότητα. Ο συνθέτης αργότερα έγραψε και μια πιο αυστηρή εκδοχή της *sequenza* σε παραδοσιακή μουσική σημειογραφία με μέτρο και ρυθμική αγωγή. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιείται η πρώτη εκδοχή του έργου. Ο σχολιασμός του έργου σε μια πρόσφατη δισκογραφική έκδοσή του έχει ως εξής :

*“Η Sequenza I έχει ως σημείο αναφοράς μια ακολουθία από αρμονικά πεδία, τα οποία παράγουν με ένα χαρακτηριστικά σκληρό τρόπο άλλες μουσικές λειτουργίες. Κατά την διάρκεια του έργου, ένας ουσιαστικός αρμονικός διάλογος σε συνεχή εξέλιξη, αναπτύσσεται μελωδικά. Υπήρξε πρόθεσή μου να προτείνω, μέσω της ιλλιγγιώδους ταχύτητας μεταμορφώσεων, συγκέντρωσης και εναλλαγής των διαφόρων ηχητικών χαρακτήρων και σχημάτων, ένα πολυφωνικό είδος ακρόασης.*

*Οι κώδικες που υπήρχαν στην εποχή μπαρόκ επέτρεπαν σε κάποιον να γράψει μια φούγκα σε δύο μέρη για σόλο φλάουτο. Σήμερα γράφοντας κανείς για σόλο όργανα, η σχέση μεταξύ σαφήνειας και ασάφειας, πραγματικής και εικονικής πολυφωνίας πρέπει να εφευρεθεί από την αρχή και η διαδικασία αυτή βρίσκεται στο επίκεντρο της μουσικής δημιουργίας”.*

#### 4.1.2 Περιγραφή της αναλυτικής διαδικασίας

Το μουσικό υλικό αναλύθηκε ως προς τρεις παραμέτρους : τονικά ύψη, άρθρωση και δυναμικές. Η επεξεργασία του κάθε δειγματοχώρου ήταν οριζόντια και έτσι η στατιστική ανάλυση κάθε παραμέτρου υπήρξε ανεξάρτητη από τις υπόλοιπες. Η επιλογή των συγκεκριμένων παραμέτρων έγινε για μουσικούς λόγους, καθώς το ίδιο το κομμάτι λόγω του ελαστικού του ρυθμικού χαρακτήρα δεν επιτρέπει ακριβείς ρυθμικές κατηγοριοποιήσεις, ενώ αντιθέτως οι έντονες μεταβολές στη δυναμική και οι συνεχείς εναλλαγές άρθρωσης ευνοούν τη δημιουργία αλυσίδων.

Κάθε παράμετρος του μουσικού κομματιού εξετάστηκε ως προς τις πιθανές προκύπτουσες καταστάσεις, και με αυτό τον τρόπο δημιουργήθηκαν τρεις πίνακες μετάβασης, ένας για κάθε δειγματοχώρο. Πιο συγκεκριμένα:

Αναλύοντας το κομμάτι ως προς τις μεταβάσεις των τονικών υψών, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας μετάβασης εκφρασμένος σε απόλυτους αριθμούς

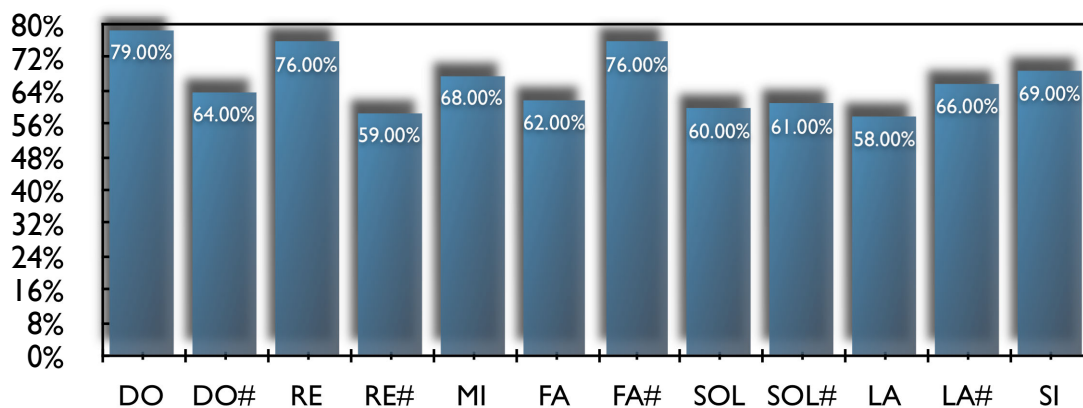
#### Τονικά Ύψη

	DO	DO#	RE	RE#	MI	FA	FA#	SOL	SOL#	LA	LA#	SI	SUM
DO	1	5	7	1	9	0	11	3	5	5	20	11	78
DO#	10	0	13	9	4	1	3	4	1	1	5	15	66
RE	8	12	1	15	12	3	2	0	2	0	8	11	74
RE#	4	14	10	0	3	12	7	2	0	2	2	3	59
MI	0	5	9	8	0	14	13	7	2	2	7	1	68
FA	1	4	9	3	14	0	10	11	2	5	0	5	64
FA#	14	3	3	4	16	6	2	7	11	4	0	1	71
SOL	3	4	2	4	0	11	8	0	9	14	2	6	62
SOL#	9	1	5	0	5	4	8	10	0	6	10	5	63
LA	3	2	1	8	0	8	6	6	17	0	6	2	59
LA#	6	6	10	3	4	1	4	7	5	8	0	9	63
SI	20	8	6	5	1	2	2	3	7	11	6	0	71
SUM	79	64	76	59	68	62	76	60	61	58	66	69	798

Πίνακας Μετάβασης τονικών υψών της Sequenza I για σόλο Flauto. Υπογραμμίζονται οι πιθανότερες μεταβάσεις

Από τον πίνακα προκύπτει ο αριθμός των συνολικών φθόγγων (798) αλλά και το πλήθος των επιμέρους φθόγγων, όπως αυτοί εμφανίζονται μέσα στη Sequenza. Οι τονικοί χώροι που προκύπτουν από την στατιστική αυτή ανάλυση είναι :

**Do (79) Re (76) Fa# (76) Si (69) Mi (68) Sib (66) Do# (64) Fa (62) Sol# (61) Sol (60) Re# (59) La (58)**



Σχήμα 34. Στατιστική απεικόνιση εμφάνισης τονικών υψών της Sequenza I.

Παρατηρείται επίσης μια έντονη τάση για την χρησιμοποίηση διάφωνων μελωδικών διαστημάτων 2ης (9ης) και 7ης, κάτι που προσδίδει ιδιαίτερο χαρακτήρα στο έργο καθώς και οι δυο τάξεις διαστημάτων έχουν έντονα διάφωνο χαρακτήρα. Αναλυτικότερα, παρατηρείται ότι παίρνοντας τις μεγαλύτερες πιθανότητες μετάβασης ενός φθόγγου σε κάποιον άλλο προκύπτει η εξής ιεραρχία :

**Do-Sib (7μ/2M)**

**Do#-Si (7μ/2M)**

**Re-Mib (7M/2μ)**

**Mib-Fa (7μ/2M)**

**Mi-Fa ( 7M/2μ)**

**Fa-Mi (7M/2μ)**

**Fa#-Mi (7M/2μ)**

**Sol-La (7μ/2M)**

**Sol#-Sol-La# (8<sup>η</sup> ελ ή 2M)**

**La-Sol# (7M/2μ)**

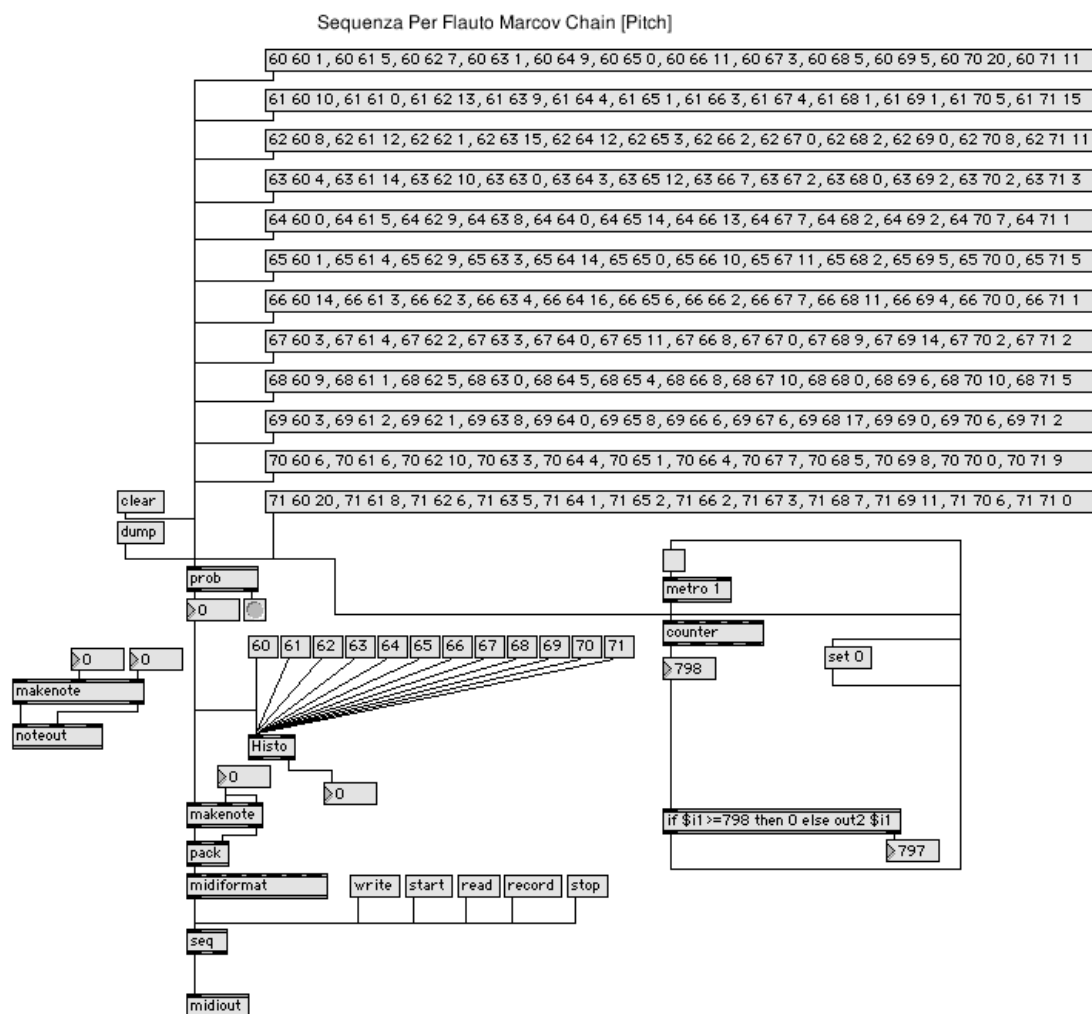
**Sib-Re (6μ/3M)**

**Si-Do (7M/2μ)**

όπου η υπερίσχυση των προαναφερθέντων διαστημάτων, με εξαίρεση τις πιθανότητες μετάβασης του φθόγγου Sib, είναι προφανής.

Στην συνέχεια, αφού έχει αποκτηθεί όλο το απαιτούμενο υλικό από την αναλυτική διαδικασία σχέση με τις μεταβάσεις (σε απόλυτους αριθμούς) καθενός φθόγγου στον αμέσως επόμενο του, τα δεδομένα εισάγονται στην γλώσσα προγραμματισμού Max/msp και ειδικότερα σε ένα πρόγραμμα που έχει κατασκευαστεί ειδικά για την δημιουργία του συγκεκριμένου έργου και το οποίο χρησιμοποιεί τις εισερχόμενες πληροφορίες προκειμένου να δημιουργήσει όλο το απαραίτητο τονικό υλικό που θα χρησιμοποιηθεί για την σύνθεση του έργου Prob\_My Berio Chain.

Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα :



Το παραπάνω σχήμα αποτελεί ένα σύστημα αλγορίθμων, που με την κατάλληλη επεξεργασία δεδομένων παράγει στοχαστικά γεγονότα βασισμένα στις αλυσίδες Markov. Πιο συγκεκριμένα ξεκινώντας από πάνω προς τα κάτω, γίνεται εισαγωγή στο σύστημα των πιθανοτήτων μετάβασης από τη μια κατάσταση στην άλλη, όπου χρησιμοποιείται η κωδικοποίηση του Midi πρωτοκόλλου. (C4=60 C#4=61 D4=61.....κ.ο.κ)



Το εργαλείο **Prob**<sup>1</sup> (probability) λαμβάνει τις τιμές και δημιουργεί αναλογικά ποσοστά μετάβασης. Το τμήμα κάτω δεξιά αποτελεί έναν αλγόριθμο έναρξης-σταματήματος σύμφωνα με το οποίο το σύστημα δίνει τιμές για ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα, (στην προκειμένη περίπτωση μέχρι να παραχθούν 798 φθόγγοι) και στη συνέχεια σταματά, ενώ το εργαλείο **Histo** είναι στην συγκεκριμένη περίπτωση προαιρετικό και κάνει ταξινόμηση των παραγόμενων μεγεθών, ώστε να γίνει γνωστό αργότερα πόσες φορές εμφανίστηκε το κάθε στοιχείο και να προσδιοριστούν οι στατικές κατανομές<sup>2</sup>.

Στο τελευταίο του τμήμα ο αλγόριθμος περιλαμβάνει έναν υπο-αλγόριθμο για την μετατροπή των αριθμών σε παραδοσιακή παρτιτούρα. Αυτό γίνεται με το εργαλείο **midiformat** και το **sequencer** (seq). Λειτουργία του πρώτου είναι η αποκωδικοποίηση (η μετροπή των αριθμών σε τονικά ύψη), ενώ του δεύτερου η «ηχογράφιση - εγγραφή» των τονικών υψών προκειμένου αυτά να αποκτήσουν την μορφή μουσική παρτιτούρας (βλ. παρακάτω).

Εκκινώντας και ολοκληρώνοντας τις παραπάνω διαδικασίες, προκύπτει ο τελικός δειγματοχώρος που αφορά τα τονικά ύψη, η μορφή του οποίου είναι (για μεγαλύτερη παρτιτούρα, βλ παράρτημα) :

---

<sup>1</sup> Το αντικείμενο Prob δέχεται στις εισόδους του (inlets) λίστες τριών αριθμών. Ο τρίτος αριθμός αναπαριστά την πιθανότητα (σε απόλυτους σριθμούς) που έχει το σύστημα να μεταβεί από την κατάσταση που περιγράφεται από τον πρώτο αριθμό, στην κατάσταση που δίνεται από τον δεύτερο αριθμό. Έτσι, για παράδειγμα, η λίστα 1 2 4, σημαίνει ότι υπάρχει το σύστημα θα μεταβεί από το 1 στο 2 με “συντελεστή βαρύτητας” 4. Όταν το αντικείμενο prob λαμβάνει ένα bang, κάνει μια τυχαία μετάβαση από την τρέχουσα κατάσταση, σε μία άλλη δυνατή κατάσταση, βασισμένο στις πιθανότητες μετάβασης και στέλνει το αποτέλεσμα της παραπάνω διεργασίας στην αριστερή έξοδό του. Εάν η μετάβαση είναι αδύνατη (λόγω έλλειψης πιθανοτήτων μετάβασης), το αντικείμενο prob στέλνει ένα bang στην δεξιά του έξοδο. Προκειμένου να βρεθεί η ποσοστιαία πιθανότητα μετάβασης μεταξύ διαδοχικών καταστάσεων, απαιτείται η πρόσθεση των συντελεστών μετάβασης και η διαίεσή τους με την αναζητούμενη πιθανότητα μετάβασης. Έτσι, αν μια κατάσταση μπορεί να μεταβεί σε τρεις καταστάσεις με βαρύτητα 3 4 και 1, τότε η πρώτη (3) θα εμφανιστεί  $3/(3+4+1) = 0.375 = 37.5\%$  στο συνολικό χρόνο, η δεύτερη 50% και η τρίτη 12.5%.

<sup>2</sup> Το αντικείμενο **Histo** μαζί με το **Prob** μπορεί να βοηθήσει τον χρήστη να προσδιορίσει τις στατικές κατανομές των καταστάσεων των μαρκοβιανών αλυσίδων (βλ. παράρτημα).

Pitch

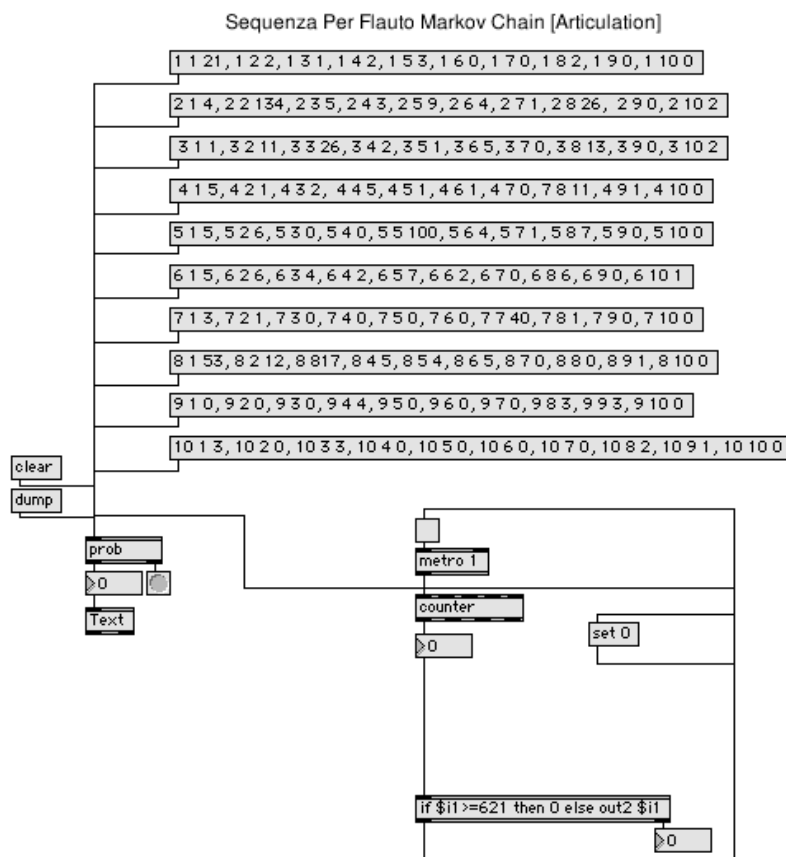
The image displays a musical score with 14 staves. The notation is highly detailed, with numerous accidentals and note values, suggesting a complex melodic line. The first staff is labeled 'Pitch'. The music is written in a single system, with each staff containing a continuous line of notes and accidentals. The overall appearance is that of a technical exercise or a specific musical passage focusing on pitch articulation and dynamics.

Ακολουθώντας παρόμοιες διαδικασίες για την ιεραρχική οργάνωση της άρθρωσης (articulation) και των δυναμικών (dynamics), προκύπτουν αντίστοιχα τα παρακάτω δεδομένα :

### Άρθρωση

	N	∨	·	-	≠	>	....	˘	°	⊞	
N	21	2	1	2	3	0	0	2	0	0	<b>31</b>
∨	4	134	5	3	9	4	1	26	0	2	<b>188</b>
·	1	11	26	2	1	5	0	13	0	2	<b>61</b>
-	5	1	2	5	1	1	0	11	1	0	<b>27</b>
≠	5	6	0	0	100	4	1	7	0	0	<b>123</b>
>	5	6	4	2	7	2	0	6	0	1	<b>33</b>
....	3	1	0	0	0	0	40	1	0	0	<b>45</b>
˘	53	12	17	5	4	5	0	0	1	0	<b>27</b>
°	0	0	0	1	0	0	0	3	3	0	<b>7</b>
⊞	3	0	3	0	0	0	0	2	1	0	<b>9</b>
	<b>100</b>	<b>173</b>	<b>58</b>	<b>20</b>	<b>125</b>	<b>21</b>	<b>42</b>	<b>71</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>621</b>

Εισάγοντας τις παραπάνω πληροφορίες στην Max/msp με παρόμοιες διαδικασίες όπως και πριν :



προκύπτει ο παρακάτω δειγματικός χώρος εκφρασμένος σε αριθμούς:

10 1 1 1 1 4 4 8 1 1 1 1 1 1 1 1 4 4 8 1 1 1 1 1 2 8 1 4 4 8 2 2 2 8 1 1 1 3 3 8 1 5 5 5 1  
1 1 1 1 1 1 1 4 8 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 5 5 5 1 8 1 8 1 1 1 5 5 5 5 5 5 5 2 2 2 2 2  
2 8 2 8 3 8 3 10 8 1 1 1 4 8 3 3 3 10 8 1 1 1 8 3 8 1 5 2 2 2 8 2 2 2 6 8 1 1 2 2 10 1 1 1  
1 1 2 8 1 5 5 8 1 1 5 5 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 8 3 3 2 5 8 1 1 1 1 1 2 2 8 1 4 8 1 1 1 2  
10 8 3 2 2 2 2 2 8 5 5 5 5 5 5 1 2 5 5 5 8 1 1 1 5 5 5 5 5 5 8 2 2 2 2 8 1 5 5 5 5 5 5  
6 8 1 1 2 8 3 8 1 1 1 4 8 3 8 3 3 3 3 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 8 2 2 8 1 1 8 1 1 8 5 8 1 1 5  
5 6 1 4 8 1 1 1 5 5 5 5 5 2 8 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 8 4 8 1 1 1 1 1 2 2 8 3 6 2 2 3 2 8 1  
8 1 1 1 1 5 5 5 8 2 2 2 2 2 2 10 1 1 1 1 1 1 1 5 5 5 8 1 1 1 2 2 1 5 5 2 2 6 1 1 2 2 2 2 2  
2 2 2 2 2 5 5 5 2 2 2 8 3 3 3 2 2 2 2 2 2 2 2 2 5 5 5 5 5 1 5 5 8 1 5 5 5 8 1 1 1 1 8 1 1  
1 1 1 5 5 5 5 5 1 1 8 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 8 2 6 2 2 2 4 8 4 8 1 1 8 1 5 5 7 7 7 7 7 7  
7 7 7 7 7 1 3 8 1 5 5 5 5 5 8 9 8 2 8 1 1 5 5 5 5 5 6 8 4 8 1 1 1 1 1 4 8 1 8 3 2 2 2 2 8  
4 8 3 3 3 3 10 3 3 3 8 3 3 3 2 2 2 2 2 2 2 8 2 5 5 2 2 2 8 1 1 2 2 2 3 2 2 8 2 2 2 2 8 3 6  
3 5 5 5 5 2 8 1 5 5 5 5 5 8 2 2 3 10 1 2 5 2 8 1 2 2 2 2 2 2 2 2 8 1 1 1 5 5 6 5 5 5 5 8  
3 6 3 3 3 8 1 1 1 1 8 1 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 6 4 9 9 8 5 5 5

όπου κάθε αριθμός αντιστοιχεί και σε έναν τρόπο άρθρωσης. Πιο συγκεκριμένα, η ακολουθία των τεχνικών με παραδοσιακή απεικόνιση είναι :

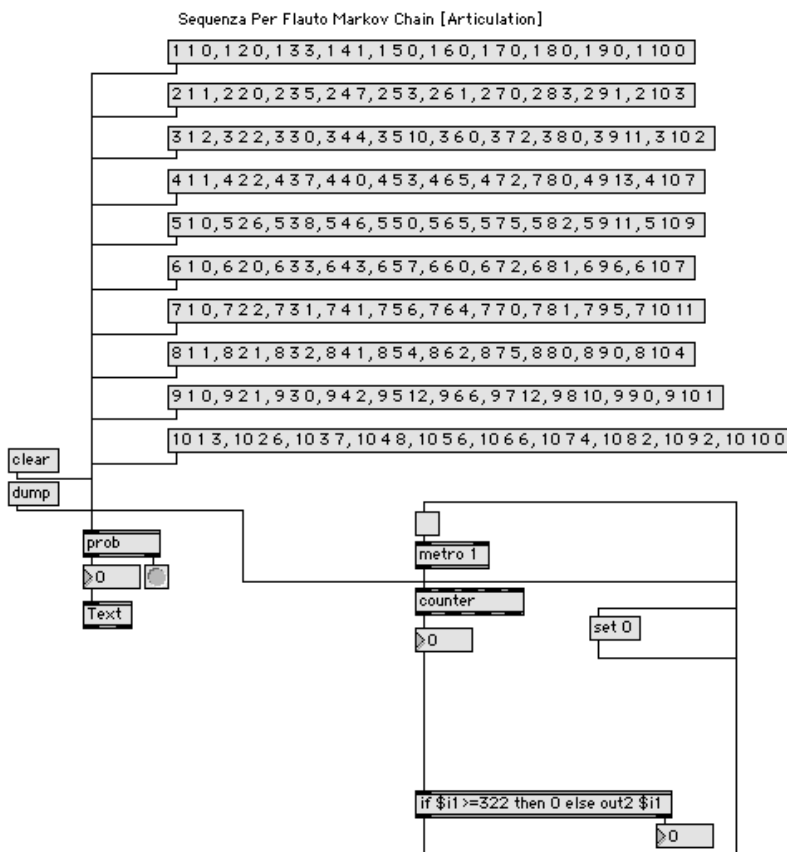
⊞ n n n n -- ~ n n n n n n n n -- ~ n n n n n ~ n -- ~ v v v ~ n n n n .. ~ n # # # n n n n n n n n -  
~ n n n n n n n n n n n n n n # # # n ~ n ~ n n n # # # # # # # # # # v v v v v v ~ v ~ . ~ ⊞ ~ n n n n - ~ ... ⊞ ~  
n n n n ~ . ~ n # # # v v v ~ v v v > ~ n n n n n n n n n n ~ n # # ~ n n # # (...)(...)(...)(...)(...)(...)(...)  
(...)(...)(...)(...) ~ ... v # ~ n n n n n n n n n n ~ n ~ ~ n n n n n n ~ . v v v v v v ~ # # # # # # n v # # # ~ n n n n  
# # # # # # ~ v v v v ~ n # # # # # # # # > ~ n n n ~ . ~ n n n n ~ . ~ . . . . v v v v v v v v v v v v ~ v v ~ n n ~ n n  
~ # ~ n n # # # > n ~ n n n n # # # # # # v ~ n n n n n n n n n n n n n n ~ ~ n n n n n n n n ~ . > v v v v ~ n ~  
n n n n # # # ~ v v v v v v n n n n n n n # # # ~ n n n n n n # # # v v v > n n n n n n n n n n n n # # # v v v ~ ... v v v v v v  
v v v # # # # # # n # # # ~ n # # # ~ n n n n n ~ n n n n n # # # # # # n n n ~ n n n n n n n n n n n n n n ~ v v v v v v v v v v ~ > v v v v ~ - ~  
n n ~ n # # (...)(...)(...)(...)(...)(...)(...)(...)(...)(...)(...) n . ~ n # # # # # # # # ~ . ~ v ~ n n # # # # # #  
> ~ ~ n n n n n n ~ n ~ . v v v v ~ ~ . . . . ⊞ ... ~ ... v v v v v v v v v v ~ # # # v v v ~ n n n n n n n n ~ v v v v v v ~ . > .  
# # # # # # v ~ n # # # # # # ~ v v . ⊞ n v # # ~ n v v v v v v v v v ~ n n n n # # # > # # # # # # ~ . > ... ~ n n n n n n ~ n # # # # # # # #  
# # # # # # > - . o ~ # # # #

Συνεχίζοντας, για τις δυναμικές :

### Δυναμικές

	<i>pppp</i>	<i>ppp</i>	<i>pp</i>	<i>p</i>	<i>mf</i>	<i>f</i>	<i>ff</i>	<i>sfz</i>	cres	deces	
<i>pppp</i>	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	<b>3</b>
<i>ppp</i>	1	0	5	7	3	1	0	3	1	3	<b>24</b>
<i>pp</i>	2	4	0	4	10	0	2	0	11	2	<b>35</b>
<i>p</i>	1	2	7	0	3	5	2	0	13	7	<b>40</b>
<i>mf</i>	0	6	8	6	0	3	5	2	11	9	<b>52</b>
<i>f</i>	0	0	3	3	7	0	2	1	6	7	<b>29</b>
<i>ff</i>	0	2	1	1	6	4	0	1	5	11	<b>31</b>
<i>sfz</i>	1	1	2	1	4	2	5	0	0	4	<b>20</b>
cres	0	1	0	2	12	6	12	10	0	1	<b>44</b>
deces	3	0	7	8	6	6	4	2	2	0	<b>44</b>
	<b>8</b>	<b>22</b>	<b>35</b>	<b>33</b>	<b>51</b>	<b>29</b>	<b>32</b>	<b>19</b>	<b>49</b>	<b>44</b>	<b>322</b>

Εισάγοντας και πάλι στην Max/msp :



προκύπτουν οι παρακάτω τιμές εκφρασμένες και πάλι σε απόλυτους αριθμούς :

4 9 8 10 4 2 10 4 10 9 7 9 7 6 5 9 6 5 10 3 9 7 10 3 9 8 10 4 9 5 9 8 10 1 4 9 8 10  
 6 10 7 10 6 5 3 9 6 9 7 9 5 2 3 4 10 3 9 4 6 4 9 5 6 5 9 8 5 9 8 10 4 2 3 9 8 7 4 9 8  
 3 2 4 9 5 6 5 8 10 5 4 10 3 4 9 7 2 3 7 9 8 1 3 9 7 10 3 1 3 7 8 7 5 7 10 1 4 9 8 5 4  
 10 7 5 10 3 1 3 2 4 10 3 9 7 10 1 3 5 3 5 6 5 7 10 7 10 3 9 8 5 10 3 1 3 9 7 5 6 5 8  
 3 4 9 8 5 10 6 9 7 10 5 3 5 6 10 4 10 6 9 7 6 5 9 7 10 4 1 3 1 3 9 5 6 5 7 10 5 6 3 5  
 2 3 7 8 5 7 9 7 6 9 8 3 10 5 10 2 3 5 9 7 6 10 5 7 10 7 10 2 4 2 4 10 1 3 5 4 9 7 9 5  
 2 1 3 9 7 9 8 5 2 4 3 7 4 9 7 9 6 9 6 9 7 10 2 8 5 9 7 10 6 3 9 8 4 2 8 10 2 4 10 2 5  
 4 3 4 6 5 3 1 4 3 10 3 9 6 4 5 10 8 1 3 9 8 10 5 9 6 10 7 4 6 5 9 8 7 9 8 7 10 2 5 3  
 5 4 9

που εκφράζονται σε μουσική σημειογραφία, ως :

*p Cres. sfz Decres. p ppp Decres. p Decres. Cres. ff Cres. ff f mf Cres. f mf Decres. pp Cres. ff Decres. pp Cres.*  
*sfz Decres. p Cres. mf Cres. sfz Decres. pppp p Cres. sfz Decres. f Decres. ff Decres. f mf pp Cres. f Cres. ff*  
*Cres. mf ppp pp p Decres. pp Cres. p f p Cres. mf f mf Cres. sfz mf Cres. sfz Decres. p ppp pp Cres. sfz ff p*  
*Cres. sfz pp ppp p Cres. mf f mf sfz Decres. mf p Decres. pp p Cres. ff ppp pp ff Cres. sfz pppp pp Cres. ff*  
*Decres. pp pppp pp ff sfz ff mf ff Decres. pppp p Cres. sfz mf p Decres. ff mf Decres. pp pppp pp ppp p Decres.*  
*pp Cres. ff Decres. pppp pp mf pp mf f mf ff Decres. ff Decres. pp Cres. sfz mf Decres. pp pppp pp Cres. ff mf*  
*f mf sfz pp p Cres. sfz mf Decres. f Cres. ff Decres. mf pp mf f Decres. p Decres. f Cres. ff f mf Cres. ff*  
*Decres. p pppp pp pppp pp Cres. mf f mf ff Decres. mf f pp mf ppp pp ff sfz mf ff Cres. ff f Cres. sfz pp*  
*Decres. mf Decres. ppp pp mf Cres. ff f Decres. mf ff Decres. ff Decres. ppp p ppp p Decres. pppp pp mf p*  
*Cres. ff Cres. mf ppp pppp pp Cres. ff Cres. sfz mf ppp p pp ff p Cres. ff Cres. f Cres. f Cres. ff Decres.*  
*ppp sfz mf Cres. ff Decres. f pp Cres. sfz p ppp sfz Decres. ppp p Decres. ppp mf p pp p f mf pp pppp p pp*  
*Decres. pp Cres. f p mf Decres. sfz pppp pp Cres. sfz Decres. mf Cres. f Decres. ff p f mf Cres. sfz ff Cres. sfz*  
*ff Decres. ppp mf pp mf p Cres*

### 4.1.3 Περιγραφή της συνθετικής διαδικασίας.

Μετά από την ολοκλήρωση και της τελευταίας αυτής διαδικασίας, υπάρχει όλο το αναμενόμενο υλικό για την σύνθεση του νέου έργου. Στην προκειμένη περίπτωση, το νέο έργο αποτελεί μια απλή αντιστοίχιση των τριών παραμέτρων που έχουν επεξεργασθεί, με μια έντονα μιμητική προς την *Sequenza* του L. Berio ρυθμική οργάνωση.

Ο δειγματοχώρος που επελέγει δεν περιλαμβάνει την παράμετρο του ρυθμού και αυτό αποτέλεσε συνειδητή επιλογή, καθώς όπως προαναφέρθηκε το ίδιο το έργο του Berio χαρακτηρίζεται από ρυθμική ελαστικότητα, η οποία ακόμη και λόγω σημειογραφίας δεν θα μπορούσε να «κβαντιστεί», ώστε να είναι επεξεργάσιμη. Άλλωστε, όπως έγινε γνωστό ήδη από την αρχή, σκοπός δεν ήταν η πρωτότυπη σύνθεση ούτε η ακριβής μίμηση, παρά η εξερεύνηση των στοχαστικών διαδικασιών.

Το νέο έργο πήρε τον τίτλο *Prob\_My Berio Chain* από το αντίστοιχο εργαλείο της Max/msp. Η σημειογραφία του έργου είναι σημειογραφία χώρου. Η διάρκεια και η πυκνότητα των φθόγγων εξαρτάται από την θέση τους στην παρτιτούρα και από την απόστασή τους, έτσι όπως αυτές εμφανίζονται στην παρτιτούρα. Οι μεγάλες γραμμές υποδηλώνουν *legato* νότες μεγάλης διάρκειας, ενώ οι νότες με την αξία ογδού εκτελούνται *non-legato* και σε σχετικά γρήγορο *tempo* ανάλογα πάντα με την απόσταση μεταξύ τους αλλά και γενικά με την ακριβή θέση τους στην παρτιτούρα. Οι εναλλαγές των δυναμικών είναι συνεχείς και θα πρέπει να εκτελούνται με την μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια. Η σχετική ελευθερία που παρέχεται στον εκτελεστή του έργου σε σχέση με τον ρυθμό και το *tempo* δεν θα πρέπει σε καμία περίπτωση να επηρεάσει την ακρίβεια με την οποία διατυπώνονται οι δυναμικές και οι αρθρώσεις. Οι μικρές νότες (*acciacaturas*) πρέπει να εκτελούνται όσο το δυνατόν γρηγορότερα και να οδηγούν με τον ομαλότερο δυνατό τρόπο στους κύριους φθόγγους. Το *Flatterzung* πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πυκνότερο και όχι ως μετρημένο τρέμολο.

Το έργο αφιερώνεται στη μνήμη του Luciano Berio.

# Prob\_My Berio Chain

per solo Flauto

Δημήτρης Μασουδής  
(\*1980)

Flauto

*p* *sfz* *p* *ppp* *p* *ff*

Fl. *ff* *f* *mf* *f*

Fl. *mf* *pp* *ff* *pp* *sfz*

Fl. *p* *mf* *sfz* *pppp* *p* *sfz*

Fl. *f* *ff*

Fl. *f* *mf* *pp*

Fl. *f* *ff* *mf*

Fl. *ppp* *pp*

Fl. *p* *pp* *p* *f* *p* *mf*



Fl. *mf* *f* *mf* *sfz* *mf*

Fl. *sfz* *p*

Fl. *pp* *sfz* *sfz* *ff* *p* *sfz* *pp*

Fl. *ppp* *p*

Fl. *mf* *f* *mf* *sfz*

Fl. *mf*

Fl. *f* *pp* *p < ff* *ppp*

Fl. *pp* *ff* *sfz* *pppp* *pp* *ff*

Fl. *pp* *pppp* *pp* *ff*

Fl. *sfz* *ff* *mf* *ff*

Fl. *pppp* *p* *sfz* *mf* *p*

Fl. *ff* *mf* *pp*

Fl. *pppp* *pp*

Fl. *ppp* *p* *pp* *ff*

Fl. *pppp* *pp* *mf*

Fl. *pp* *mf* *f* *mf* *ff*

Fl. *ff* *pp* *sfz* *mf*

Fl. *pppp*

Fl. *pppp*

Fl. *pp* *ff*

Fl. *mf* *f* *mf*

Fl. *sfz* *pp* *p* *sfz* *mf*

Fl. *f*

Fl. *ff* *mf* *pp*

Fl. *mf* *pppp* *pp*

Fl. *ppp* *sfz*

## 4.2 Περιγραφή της συνθετικής - προγραμματιστικής διαδικασίας για την δημιουργία των διαδραστικών συστημάτων Chain 1 & Chain 1a.

### 4.2.1 Περιγραφή του διαδραστικού συστήματος Chain 1.

Το διαδραστικό σύστημα Chain 1 δημιουργήθηκε με την χρήση μαρκοβιανών αλυσίδων πρώτης τάξης. Η κεντρική ιδέα του έργου είναι η δημιουργία μη-ομογενών μαρκοβιανών αλυσίδων, οι οποίες ελέγχονται και εκπαιδεύονται σε πραγματικό χρόνο από την μουσική εκτέλεση. Το σύστημα αλληλεπιδρά με τον εκτελεστή, παράγοντας μουσική που αποτελεί στατιστική απεικόνιση των μουσικών παραμέτρων που έχει λάβει μέχρι την εκάστοτε στιγμή. Ο εκτελεστής μπορεί να αποφασίσει ποια μουσικά γεγονότα θέλει να τροφοδοτήσει στο σύστημα και ποια όχι, χρησιμοποιώντας το sustain pedal, του οποίου η λειτουργία περιορίζεται για στον συγκεκριμένο ρόλο. Χρησιμοποιούνται λοιπόν μη-ομογενείς αλυσίδες Markov, καθώς αυτές αλλάζουν με το πέρασμα του χρόνου και την εξέλιξη του έργου.

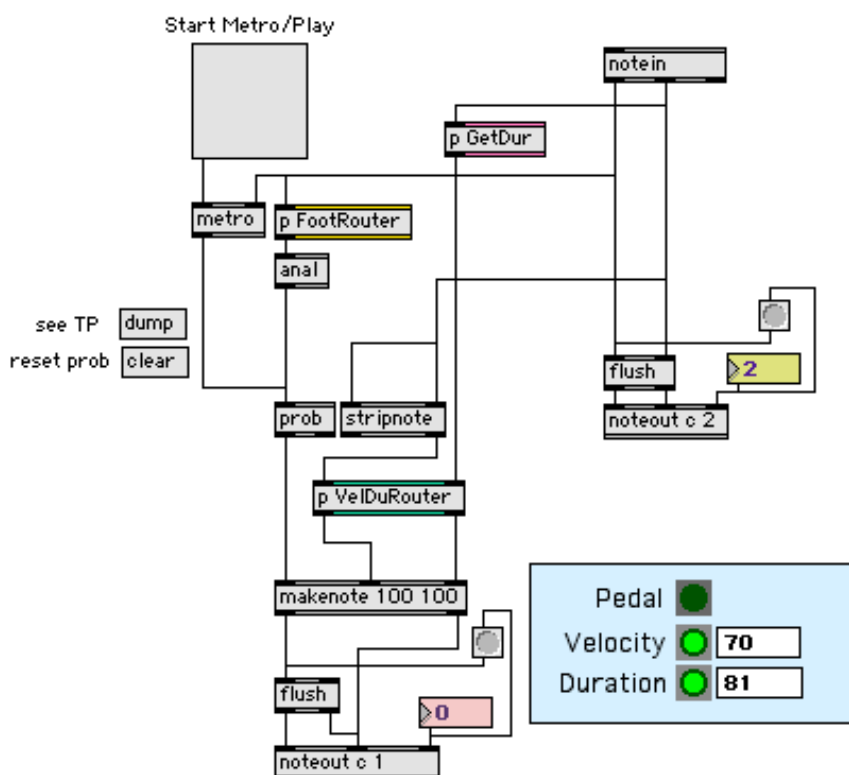
Οι αλυσίδες στο συγκεκριμένο έργο ελέγχουν μόνο το φθογγικό υλικό. Οι υπόλοιπες μουσικές παράμετροι, καθορίζονται από πτυχές της -τρέχουσας- μουσικής εκτέλεσης δίχως την χρήση στοχαστικών διαδικασιών. Το σύστημα ανήκει στην κατηγορία συστημάτων : Performance Driven καθώς ο ηλεκτρονικός υπολογιστής συλλέγει πληροφορίες από την τρέχουσα μουσική δράση, δίχως να έχει οδηγό - παρτιτούρα την οποία να ακολουθεί. Επίσης, είναι μετασχηματιστικό (transformative) καθώς το εισερχόμενο μουσικό υλικό αναπαράγεται μετασχηματισμένο με την χρήση στοχαστικών διαδικασιών. Τέλος, ανήκει στην κατηγορία του παραδείγματος του “εκτελεστή”, καθώς οι προγραμματιστικές διαδικασίες αποβλέπουν στην ανάπτυξη των μουσικών “δεξιοτήτων” του συστήματος, προκειμένου αυτό να λειτουργήσει ως ένα ντούο μαζί με τον εκτελεστή.

Αυτό που είναι σημαντικό να γίνει κατανοητό στο συγκεκριμένο έργο είναι οι αλλαγές στην δομή των χρησιμοποιούμενων αλυσίδων Markov που προκύπτουν από την εκτέλεση. Η χρήση μη-ομοιογενών αλυσίδων δίνει στο σύστημα εξαιρετική ευελιξία καθώς ο εκτελεστής μπορεί να μετασχηματίζει την υφή του έργου τόσο μικροδομικά, όσο και μακροδομικά, επεμβαίνοντας σε μία σειρά από μουσικές παραμέτρους όπως η αρμονία, η ταχύτητα και η πυκνότητα των διαδράσεων καθώς επίσης και η ένταση τους.

Η διεπαφή (interface) του συστήματος με τον χρήστη - εκτελεστή, έτσι όπως αυτή έχει δημιουργηθεί στην γλώσσα προγραμματισμού Max/msp, είναι αυτή που εμφανίζεται στο παρακάτω σχήμα (σχ. 35)

# Chain 1

A Max/msp Interactive Environment



Σχήμα 35. Το κεντρικό interface του διαδραστικού έργου Chain 1.

Το παραπάνω σχήμα αποτελεί ένα σύστημα αλγορίθμων. Οι μουσικές πληροφορίες εισέρχονται στο σύστημα μέσω του αντικειμένου **notein**. Κάνοντας διπλό κλικ στο αντικείμενο αυτό, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την μονάδα εισόδου Midi πληροφοριών. Για τις ανάγκες του συγκεκριμένου συστήματος απαιτείται η χρήση ενός Midi interface, προκειμένου να είναι δυνατή η μεταφορά δεδομένων από συσκευές που υποστηρίζουν το πρωτόκολλο Midi προς τον ηλεκτρονικό υπολογιστή.<sup>1</sup>

Οι πληροφορίες που λαμβάνει το αντικείμενο **notein** είναι δύο ειδών και αφορούν τον προσδιορισμό τονικών υψών και εντάσεων (noteon όταν velocity > 0, και noteoff όταν velocity = 0). Έτσι, για κάθε πάτημα ενός πλήκτρου στο κλαβιέ του Midi keyboard, το σύστημα λαμβάνει μια τιμή τονικού ύψους (π.χ. 60 = ντό), που διοχετεύεται στην αριστερή έξοδο του αντικειμένου **notein** και μια τιμή έντασης (από (0) 1 έως 127), η οποία δρομολογείται στην δεξιά έξοδο του ίδιου αντικειμένου. Όταν ο εκτελεστής ελευθερώσει το πλήκτρο, το σύστημα θα λάβει εκ νέου την ίδια τιμή τονικού ύψους αυτή τη φορά με τιμή έντασης 0 και θα σταματήσει την παραγωγή

<sup>1</sup> Για την πρώτη εκτέλεση του έργου χρησιμοποιήθηκε ένας Powermac G5 (Max/msp 4.3.1 και Logic Pro 7.0.1), ένα midi interface Romio Esi και ένα Roland D-70. Το συγκεκριμένο αλληλεπιδραστικό σύστημα, ωστόσο, είναι δυνατόν να εκτελεστεί από μια πληθώρα Midi ελεγκτών (Midi controllers), καθώς η μουσική του δομή είναι αυτοσχεδιαστικού χαρακτήρα.

ήχου. Οι τιμές από το αντικείμενο **notein** στέλνονται στο αντικείμενο **flush**<sup>1</sup>, το οποίο καταγράφει όλες τις νότες που δεν έχουν λάβει μήνυμα παύσης (noteoff = 0) και στέλνει αυτά τα μηνύματα όταν δεχθεί **bang** στην είσοδο του. Το αντικείμενο **flush** με την σειρά του στέλνει τα μηνύματα noteon και noteoff στο αντικείμενο **noteout**<sup>2</sup>, το οποίο, όπως και στο **notein**, ο χρήστης μπορεί κάνοντας διπλό κλικ να επιλέξει σε ποια μονάδα εξόδου Midi θα σταλούν οι πληροφορίες.

Η χρήση του **flush** είναι απαραίτητη επειδή είναι πιθανό ο χρήστης να αλλάξει Midi κανάλι κατά την διάρκεια που έχει πατημένο ένα πλήκτρο και να μην είναι δυνατή πια η πάυση της συγκεκριμένης νότας, καθώς όταν το πλήκτρο ελευθερωθεί το μήνυμα noteoff θα σταλεί στο νέο κανάλι. Χρησιμοποιώντας το **flush**, και καθώς το αντικείμενο **bang** είναι δεξιότερα από την είσοδο καναλιού του **noteout**, το σύστημα θα λάβει μήνυμα noteoff πριν από την αλλαγή του καναλιού για όλες τις κρατημένες νότες.

Στην τρέχουσα διαμόρφωσή του το **noteout** στέλνει τις πληροφορίες Midi που λαμβάνει μέσω της παραπάνω διαδικασίας στον εσωτερικό driver IAC Bus (Apple), προκειμένου να χρησιμοποιηθούν από την εφαρμογή Apple Logic Pro 7.01 για την σύνθεση ήχου. Το ηχόχρωμα που χρησιμοποιείται είναι αυτό του πιάνου. Ωστόσο, είναι δυνατή η επιλογή οποιουδήποτε ηχοχρώματος κρίνει ο εκτελεστής ότι εξυπηρετεί τις μουσικές - συνθετικές του προθέσεις.

Μέχρι αυτό το σημείο έχει γίνει περιγραφή της διαδικασίας εισαγωγής Midi δεδομένων στο σύστημα. Όπως είναι φυσικό, προκειμένου να επιτευχθούν ενδιαφέροντα μουσικά αποτελέσματα, είναι αναγκαία η ανάλυση των συγκεκριμένων δεδομένων, προκειμένου το σύστημα να αποκτήσει τις απαραίτητες πληροφορίες που αφορούν τις μουσικές παραμέτρους τις εκτέλεσης και τις οποίες θα χρησιμοποιήσει για να διαμορφώσει το ηχητικό αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασής του με τον ζωντανό εκτελεστή. Για τον λόγο αυτό, και σύμφωνα πάντα με τις ανάγκες του συγκεκριμένου διαδραστικού συστήματος, το σύστημα έχει προγραμματιστεί να εκτελεί αναλύσεις που αφορούν τις μεταβάσεις των τονικών υψών διαδοχικά, τις διάρκειες και τις εντάσεις των φθόγγων.

#### 4.2.2 Μαρκοβιανές αλυσίδες τονικών υψών.

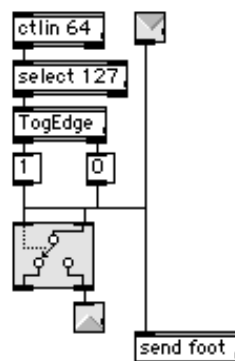
Τα δεδομένα που αφορούν τα εισερχόμενα τονικά ύψη, δρομολογούνται από το αντικείμενο **notein** μέσω του sub-patcher **FootRouter** (βλ. παρακάτω) στο

<sup>1</sup> Το αντικείμενο flush αφήνει να περάσουν δεδομένα που αφορούν τονικά ύψη και εντάσεις, ενώ ταυτόχρονα καταχωρεί όλες τις note-ons που δεν έχουν λάβει αντίστοιχα note-offs. Όταν το flush λάβει bang, διοχετεύει όλα τα τονικά ύψη που δεν έχουν λάβει μηνύματα noteoff, στην αριστερή του έξοδο, ενώ ταυτόχρονα στέλνει για καθεμιά από τις νότες αυτές και μια τιμή έντασης 0 στην δεξιά του έξοδο.

<sup>2</sup> Το αντικείμενο noteout δέχεται στις εισόδους του (από αριστερά προς δεξιά) τονικά ύψη, ένταση, κανάλι και τα δρομολογεί στις προσιτές Midi εξόδους του εκάστοτε συστήματος.

αντικείμενο **anal**<sup>1</sup>, το οποίο δημιουργεί πιθανότητες μετάβασης για κάθε προσλαμβανόμενο γεγονός σε σχέση με το αμέσως προηγούμενό του και τις στέλνει στο αντικείμενο **prob**.

Το sub-patcher **FootRouter** έχει λειτουργία διακόπτη. Επιτρέπει στον χρήστη να αποφασίζει ποια Midi δεδομένα θα εισέρχονται στο αντικείμενο **prob**, προκειμένου να εκπαιδεύουν τις αλυσίδες. Η δομή του συγκεκριμένου sub-patcher φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (σχ.36) :



Σχήμα 36. Η δομή του sub-patcher FootRouter.

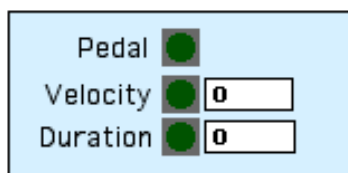
Το αντικείμενο **ctlin** είναι σε αντιστοιχία με το **notein**, ακόμη ένα αντικείμενο εισόδου πληροφοριών Midi. Ανάλογα με την μεταβλητή του τιμή το αντικείμενο μπορεί να δίνει στο σύστημα μία σειρά από τιμές Midi controllers (για κατάλογο Midi controllers βλ. παράρτημα). Έτσι, στην προκειμένη περίπτωση ο controller 64 είναι οι τιμές που δίνει το sustain pedal, που είναι 127 όταν είναι πατημένο και 0 όταν είναι ελεύθερο. Όταν ο εκτελεστής πατήσει το πεντάλ, η τιμή 127 διοχετεύεται από το **ctlin** στο αντικείμενο **select**<sup>2</sup>. Από την επαλήθευση προκύπτει ότι ο εισερχόμενος αριθμός συμπίπτει με την μεταβλητή 127 και έτσι το αντικείμενο **select** στέλνει **bang** στην αριστερή του έξοδο και προκαλεί διέγερση στο αντικείμενο **TogEdge**<sup>3</sup>, το οποίο ανοιγοκλείνει την θύρα **Ggate**. Συνεπώς, με κάθε νέο πάτημα του εκτελεστή η θύρα

<sup>1</sup> Το αντικείμενο Anal λαμβάνει σειρές απο ακέραιους αριθμούς και αναλύει τις πιθανότητες μετάβασης μεταξύ διαδοχικών γεγονότων. Στην συνέχεια εξάγει μια λίστα που περιλαμβάνει τρεις αριθμούς: την κατάσταση 1, την κατάσταση 2 και την τρέχουσα πιθανότητα μετάβασης της μιας κατάστασης στην άλλη (Max/msp Help, 2004).

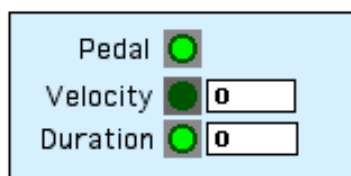
<sup>2</sup> Το αντικείμενο Select ελέγχει τους εισερχόμενους ακέραιους (int), δεκαδικούς (float) ή σύμβολα (Symbols) συγκρίνοντάς τα με τις δεδομένες από τον χρήστη σε αυτό τιμές. Όταν οι τιμές συμπίπτουν το αντικείμενο στέλνει bang σε συγκεκριμένες (ανάλογα με το πλήθος των εισόδων) εξόδους, εάν όχι, τότε στέλνει τον εισερχόμενο αριθμό ή σύμβολο στην δεξιότερη έξοδο του (Max/msp Help, 2004).

<sup>3</sup> Το αντικείμενο TogEdge στέλνει bangs στην αριστερή του έξοδο όταν διαπιστώσει μεταβάσεις απο 0→1 και bangs στην δεξιά έξοδο όταν υπάρχουν μεταβάσεις 1→0. Οι έξοδοι εναλλάσσονται όταν στέλνονται διαδοχικά bangs (Max/msp Help, 2004).

ανοίγει ή κλείνει, επιτρέποντας (ή όχι) τα δεδομένα από το αντικείμενο **notein** να περάσουν στο αντικείμενο **anal**. Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι προκειμένου ο χρήστης να έχει πάντα σαφή εικόνα για το εάν η θύρα **Ggate** είναι ανοιχτή ή κλειστή, το πρόγραμμα διαθέτει έναν πίνακα ελέγχου (control panel) στον οποίο δίνει πληροφορίες στον χρήστη σχετικά με την κατάσταση του συστήματος (σχ. 37 & 38)

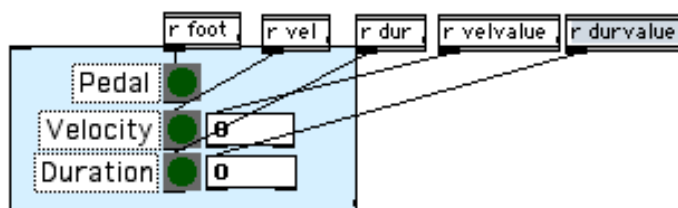


Σχήμα 37. Πίνακας Ελέγχου. Όλες οι θύρες κλειστές.



Σχήμα 38. Πίνακας Ελέγχου. Οι θύρες pedal και διάρκειας ανοιχτές. Θύρα έντασης κλειστή.

Για τον λόγο αυτό το sub-patch **FootRouter** διαθέτει μια ασύρματη έξοδο **send** με μεταβλητή **foot**. Η τιμή που λαμβάνει το αντικείμενο **send** στέλνεται αυτόματα και μπορεί να ληφθεί από οποιονδήποτε δέκτη **receive** με την ίδια μεταβλητή. Ξεκλειδώνοντας το κεντρικό patcher φαίνεται η δομή του control panel, όπου για παράδειγμα το αντικείμενο **r** (= **receive**) {foot} λαμβάνει μηνύματα σχετικά με την κατάσταση της θύρας **Ggate** και πληροφορεί τον χρήστη αναβο-σβήνοντας το αντίστοιχο LED (σχ. 39).



Σχήμα 39. Η δομή του control panel.

Μέχρι εδώ το σύστημα έχει λάβει όλες τις πληροφορίες εισόδου προκειμένου να εκπαιδεύσει τις μαρκοβιανές αλυσίδες τονικών υψών. Ο εκτελεστής μπορεί να δει τις πιθανότητες μετάβασης των αλυσίδων στέλνοντας το μήνυμα **dump** στο αντικείμενο **prob**. Στην περίπτωση αυτή η Max/msp θα εμφανίσει τις πιθανότητες μετάβασης στο Max Window, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (σχ.40):



```

© 1990-2004 Cycling '74 / IRCAM
transition probabilities:
from 62 to 69: 1
from 62 to 64: 1
total weights for state 62: 2
from 65 to 67: 1
from 65 to 69: 3
from 65 to 64: 2
total weights for state 65: 6
from 78 to 75: 1
from 78 to 78: 1
total weights for state 78: 2
from 81 to 78: 1
from 81 to 81: 1
total weights for state 81: 2
from 64 to 65: 1 from 64 to 67: 1
from 64 to 70: 2
from 64 to 75: 1
from 64 to 72: 3

```

Σχήμα 40. Πιθανότητες μετάβασης (Prob).

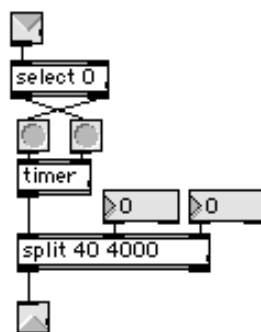
Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, οι πληροφορίες που καταγράφει το σύστημα έχουν να κάνουν με τις μεταβάσεις από φθόγγο σε φθόγγο, εκφρασμένες σε απόλυτους αριθμούς (π.χ. ο φθόγγος μι (64) έχει μεταβεί στον φθόγγο ντο<sup>1</sup> (72) τρεις φορές). Βάσει των δεδομένων αυτών το αντικείμενο **prob** μπορεί να παράγει δεδομένα όταν λαμβάνει **bang** στην είσοδό του.

Ο εκτελεστής μπορεί επίσης ανά πάσα στιγμή να διαγράψει όλες τις πληροφορίες σχετικά με πιθανότητες μετάβασης από το αντικείμενο **prob**, στέλνοντάς του το μήνυμα **clear**. Έτσι είναι δυνατή η δημιουργία μεγαλύτερων μουσικών δομών στις οποίες η απόκριση του συστήματος τίθεται κάθε φορά σε νέα βάση.

#### 4.2.3 Ρυθμός και διάρκειες.

Έχοντας αποκτήσει όλο το απαραίτητο φθογγικό υλικό, το σύστημα χρειάζεται επιπλέον πληροφορίες σχετικές με την ρυθμική οργάνωσή του. Το σύστημα είναι φτιαγμένο έτσι ώστε να παρέχει συνεχή ανταπόκριση στον εκτελεστή. Εάν ο εκτελεστής σταματήσει να τροφοδοτεί το σύστημα με πληροφορίες, το σύστημα συνεχίζει την διάδραση, χρησιμοποιώντας τις πλέον πρόσφατες πληροφορίες.

Για την καταχώρηση της διάρκειας των φθόγγων, το σύστημα χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο που βρίσκεται στο sub-patch **GetDur**. Η δομή του αλγόριθμου φαίνεται στο σχήμα 41:



Σχήμα 41. GetDur sub-patche. Μετρητής της διάρκειας των εισερχόμενων φθόγγων.

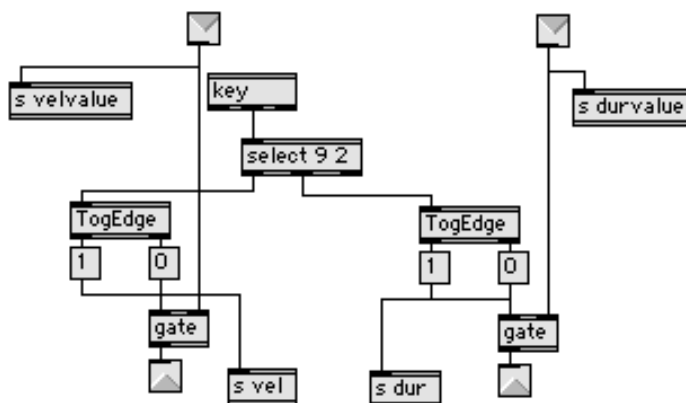
Το sub-patch δέχεται πληροφορίες σχετικά με την ένταση των εισερχόμενων φθόγγων. Αυτές δρομολογούνται στο αντικείμενο **timer**<sup>1</sup> μέσω του αντικειμένου **select**, το οποίο στέλνει bang στην δεξιά του έξοδο όταν η τιμή της έντασης είναι  $v \neq 0$ , ή στην αριστερή του του έξοδο όταν  $v = 0$ . Έτσι για κάθε νέα νότα το αντικείμενο **timer** ξεκινά να μετράει τον χρόνο σε χιλιοστά του δευτερολέπτου. Όταν ο εκτελεστής ελευθερώσει την συγκεκριμένη νότα ( $v = 0$ ), το αντικείμενο **select** θα στείλει bang στην δεξιά είσοδο του **timer**, το οποίο με την σειρά του θα στείλει στην έξοδό του την τιμή της χρονομέτρησης που είναι στην πραγματικότητα η χρονική διάρκεια του παιγμένου φθόγγου. Για την αποφυγή εισαγωγής στο σύστημα διάρκειας φθόγγων, που είναι στην πραγματικότητα εκτελεστικά λάθη, η τιμή που στέλνει στην έξοδό του το **timer** ελέγχεται από το αντικείμενο **split**<sup>2</sup>. Με τον τρόπο αυτό χρονικές διάρκειες μικρότερες των 40 χιλιοστών του δευτερολέπτου (π.χ. κατά λάθος πάτημα γειτονικών φθόγγων) και μεγαλύτερες των τεσσάρων δευτερολέπτων (π.χ. νότες παιγμένες μετά από τεράστιες παύσεις) παραλείπονται. Ο χρήστης μπορεί να καθορίσει τα όρια του αντικειμένου **split** κάνοντας χρήση των **number boxes** που τροφοδοτούν τις αντίστοιχες μεταβλητές.

Αφού γίνει η αναγνώριση της χρονικής διάρκειας ενός μουσικού γεγονότος, το αποτέλεσμα στέλνεται προς δύο κατευθύνσεις :

1. Δρομολογείται στο sub-patch **VelDuRouter**. Το συγκεκριμένο sub-patch λειτουργεί σε αντιστοιχία με το **FootRouter**. Στόχος του είναι η δρομολόγηση των τιμών διάρκειας και έντασης προς το αντικείμενο **makenote**. Η δομή του περιγράφεται από το παρακάτω σχήμα (σχ. 42):

<sup>1</sup> Το αντικείμενο Timer δεν χρησιμοποιεί μεταβλητές. Δέχεται και στις δύο εισόδους του 'bang'. Όταν λάβει bang στην αριστερή του είσοδο, (το Timer) θέτει στο χρονόμετρο τιμή ίση με 0 και αρχίζει την χρονομέτρηση. Ο χρόνος που έχει μεσολαβήσει από την εναρκτήρια αυτή διαδικασία μπορεί να δοθεί από το συγκεκριμένο αντικείμενο κάθε φορά που αυτό λαμβάνει bang στην δεξιά του είσοδο (Max/msp Help, 2004).

<sup>2</sup> Το αντικείμενο Split δέχεται ακέραιους αριθμούς και τους στέλνει στην αριστερή του έξοδο εάν αυτοί βρίσκονται μέσα στα όρια που ορίζουν οι δύο πρώτες μεταβλητές. Αν οι αριθμοί βρίσκονται εκτός ορίων, το αντικείμενο τους εξάγει από την δεξιά του έξοδο (Max/msp Help, 2004).



Σχήμα 42. Το sub-patch **VelDuRouter**.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 42, ο αλγόριθμος **VelDuRouter** δέχεται δύο τιμές. Μια για τις εντάσεις (αριστερά) και μια για τις χρονικές διάρκειες (δεξιά). Κατά την εισαγωγή της τιμής για την χρονική διάρκεια (προερχόμενη από το **GetDur** sub-patch) ο αλγόριθμος καθορίζει -σύμφωνα με την επιθυμία του εκτελεστή/χρήστη - εάν θα επιτρέψει την μεταφορά της στο αντικείμενο **makenote**. Για να γίνει αυτό ο χρήστης πρέπει να πατήσει το γράμμα **D** στο πληκτρολόγιο του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Το αντικείμενο **key** ανιχνεύει τις πληκτρολογήσεις του χρήστη και δίνει αριθμούς ως αποτέλεσμα του πλήκτρου που πατήθηκε. Τα πλήκτρα **V** και **D** δίνουν τους αριθμούς 9 και 2. Συνεπώς, όταν κάποιος από τους δύο αυτούς αριθμούς επιλεγεί μέσω του πληκτρολογίου και οδηγηθεί στο αντικείμενο **select**, θα δημιουργηθούν αντιστοίχα **bangs** στις εξόδους του αντικειμένου που θα ανοίξουν ή θα κλείσουν (διαδοχικά) την θύρα **Ggate**, μέσω της οποίας οι τιμές θα δρομολογηθούν προς το **makenote** κάνοντας και πάλι χρήση ασύρματων μεθόδων (**s dur**). Προκειμένου ο χρήστης να έχει συνεχή πληροφόρηση για την κατάσταση των θυρών, υπάρχει και πάλι, όπως και στο sub-patch **FootRouter**, γραφική απεικόνισή της τρέχουσας κατάστασης θυρών στο control panel μέσω των ασύρματων πομπών **send durvalue** και **send velvalue** (βλ. σχήμα 39).

2. Δρομολογείται στο αντικείμενο **metro** όπου εισάγεται ως μεταβλητή προσδιορισμού της συχνότητας, με την οποία το συγκεκριμένο αντικείμενο στέλνει στην έξοδο του **bang**. Γίνεται αμέσως αντιληπτή η σπουδαιότητα της συγκεκριμένης χρήσης των διαρκειών καθώς αυτές στην πραγματικότητα καθορίζουν τόσο την ρυθμική υφή της διάδρασης, όσο και την πυκνότητα των μουσικών γεγονότων. Έτσι για παράδειγμα για την τιμή 500 ms το αντικείμενο **metro** θα στέλνει **bang** στο **prob** δύο φορές ανά δευτερόλεπτο, άρα το σύστημα θα παράγει δύο νότες το δευτερόλεπτο η διάρκεια των οποίων είναι δυνατόν, ανάλογα με την κατάσταση του **VelDuRouter**, να ελεγχθεί και πάλι από τον αλγόριθμο εντοπισμού της χρονικής διάρκειας **GetDur**.

#### 4.2.4 Δυναμικές.

Η τρίτη μουσική παράμετρος που διαχειρίζεται το διαδραστικό σύστημα Chain είναι αυτή των εντάσεων. Όπως ήδη αναφέρθηκε το αντικείμενο **notein** δίνει στις εξόδους του τιμές τάξης τονικού ύψους και εντάσεων. Οι εντάσεις στο πρωτόκολλο Midi εκφράζονται με μια διακριτή κλίμακα τιμών από 0 έως 127. Η ένταση παρέχεται στην μεσαία έξοδο του **notein** από την οποία μπαίνει στο αντικείμενο **stripnote**<sup>1</sup>, το οποίο είναι στην πραγματικότητα ένα φίλτρο που “κόβει” τα μηνύματα Note-off (Vel = 0). Στην συνέχεια, οι φιλτραρισμένες εντάσεις δρομολογούνται στο sub-patcher **VelDuRouter**, η δομή του οποίου περιγράφηκε ήδη στο σχήμα 42 (βλ. παραπάνω). Εάν ο χρήστης επιθυμεί να επηρεάσει το διαδραστικό τμήμα, καθορίζοντας την ένταση της μουσικής που παράγει ο ηλεκτρονικός υπολογιστής, δεν έχει παρα να πληκτρολογήσει το γράμμα **V**. Στην περίπτωση αυτή, η τιμή της έντασης για κάθε νότα που παράγει ο ηλεκτρονικός υπολογιστής καθορίζεται από την εκάστοτε ένταση της ζωντανής εκτέλεσης. Με τον τρόπο αυτό ο χρήστης μπορεί να διαμορφώνει τόσο μικροδομικά, όσο και μακροδομικά την συνολική ένταση του μουσικού συστήματος.

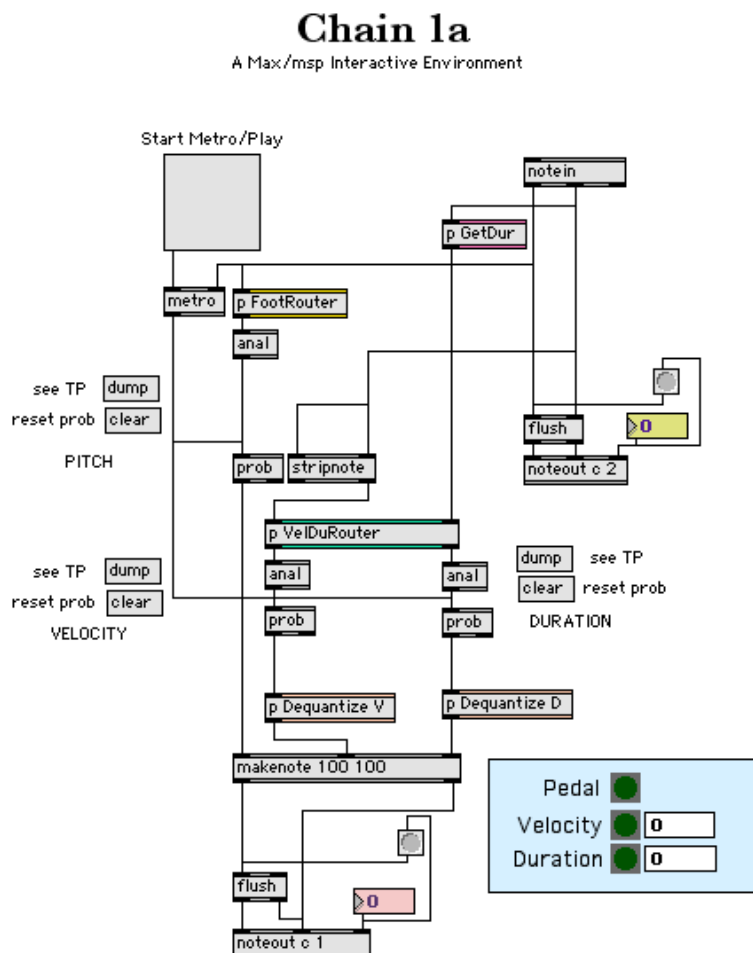
Αξίζει να σημειωθεί, τέλος, ότι ο εκτελεστής του έργου μπορεί να επιλέγει τα κανάλια στα οποία θέλει να δρομολογήσει τις πληροφορίες Midi που καταφθάνουν έπειτα από όλες τις παραπάνω διαδικασίες στο αντικείμενο **noteout**. Προκειμένου μάλιστα να αποφευχθούν κρατημένες νότες (σε περίπτωση που η αλλαγή του καναλιού γίνει πριν μια νότα λάβει μήνυμα note-off, έχει δημιουργηθεί ένας υποαλγόριθμος αποσόβησης των κρατημένων φθόγγων. Έτσι εάν ο εκτελεστής επιχειρήσει να αλλάξει τον αριθμό καναλιού (στο ροζ κουτάκι αριθμών number box), πριν γίνει η αλλαγή και εξαιτίας της θέσης των αντικειμένων που απαρτίζουν τον αλγόριθμο (π.χ. το bang δεξιότερα του number box), θα σταλεί μήνυμα note-off σε όλες τις κρατημένες νότες έτσι όπως αυτές έχουν καταχωρηθεί στο αντικείμενο **flush**.

---

<sup>1</sup> Το αντικείμενο Stripnote παίρνει τα εισερχόμενα μηνύματα note-ons και note-offs (ως ζεύγη τονικών υψών και εντάσεων) και στέλνει μόνο τα μηνύματα note-on (δηλαδή τις νότες με μη-μηδενική ένταση). Το αντικείμενο στέλνει την ένταση και το τονικό ύψος αμέσως αφού λάβει πληροφορίες για το τονικό ύψος. Αντιθέτως δεν εξάγει δεδομένα εάν λάβει πληροφορίες που αφορούν μόνο την παράμετρο της έντασης (Max/msp Help, 2004)

#### 4.2.5 Περιγραφή του διαδραστικού συστήματος Chain 1a.

Το διαδραστικό σύστημα Chain1a αποτελεί μια παραλλαγή του συστήματος Chain 1. Σε αυτό χρησιμοποιούνται και πάλι μη-ομογενείς αλυσίδες Markov. Η κύρια και μόνη ουσιαστική διαφοροποίηση του νέου αυτού συστήματος είναι η ικανότητά του να δημιουργεί και να χρησιμοποιεί πιθανότητες μετάβασης τόσο για τονικά ύψη, όσο και για τις εντάσεις αλλά και για τις διάρκειες των φθόγγων. Το κεντρικό παράθυρο του προγράμματος καθιστά εμφανείς τις μικρές αυτές διαφοροποιήσεις (σχ. 43) :



Σχήμα 43. Κεντρικό παράθυρο του συστήματος Chain 1a

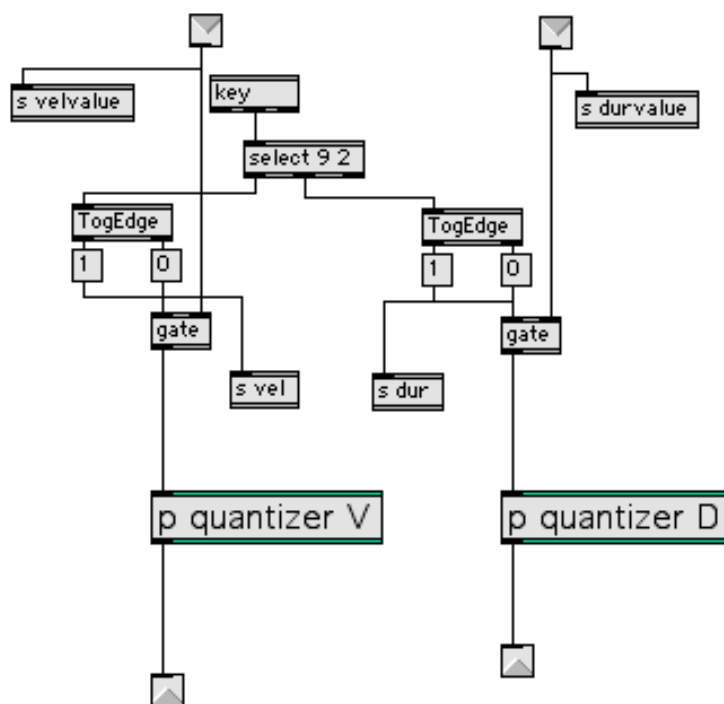
Είναι φανερό από την εικόνα του προγράμματος ότι οι μοναδικές προσθήκες στο νέο αυτό πρόγραμμα είναι η χρήση των αναλυτικών διαδικασιών που ακολουθήθηκαν στην δημιουργία μαρκοβιανών αλυσίδων τονικών υψών στο προηγούμενο πρόγραμμα, αυτή τη φορά όμως εφαρμοσμένες στις παραμέτρους των εντάσεων και των χρονικών διαρκειών των φθόγγων που αναλύσει και αναδημιουργεί το σύστημα.

Το σύστημα παράγει στατιστικές απεικονίσεις και των τριών παραμέτρων χρησιμοποιώντας το αντικείμενο **prob**. Οι μικρές αυτές προσθήκες επιφέρουν στο ηχητικό αποτέλεσμα δραστικές αλλαγές σε σχέση με το προηγούμενο σύστημα.

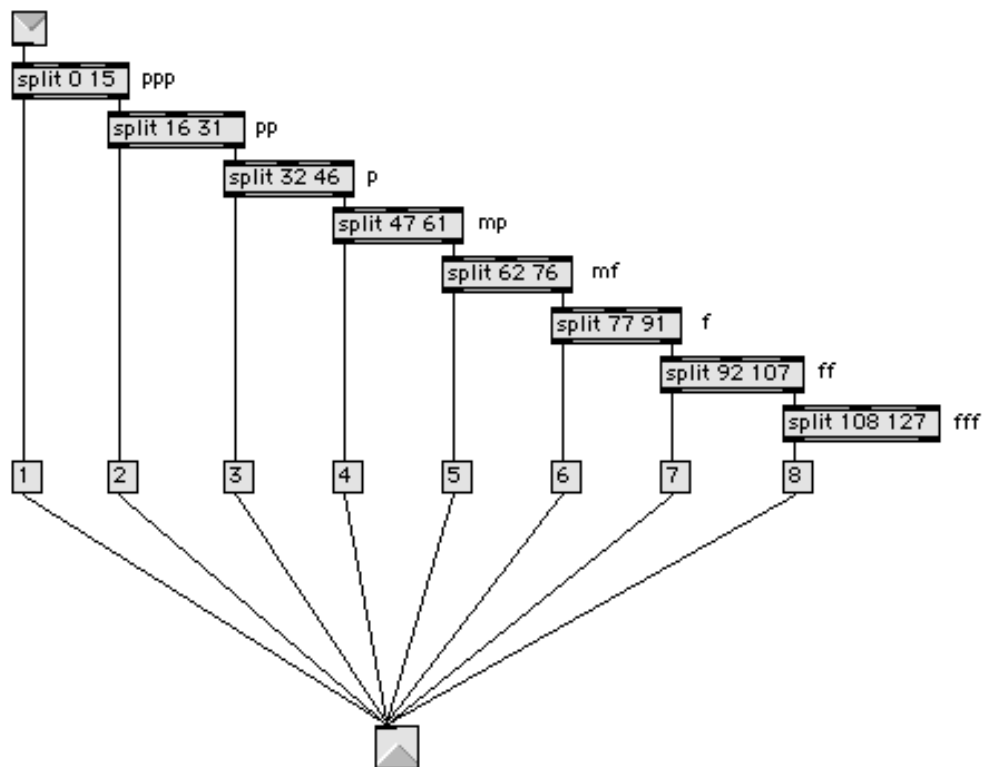
Ωστόσο, η φιλοσοφία των δύο έργων είναι κοινή. Έτσι, δίνεται και εδώ στον εκτελεστή η δυνατότητα να αποφασίζει πότε και σε ποιο βαθμό θα τροφοδοτήσει το σύστημα με πιθανότητες μετάβασης χρησιμοποιώντας τα sub-patches **FootRouter**, **VelDuRouter**.

Προκειμένου να λειτουργήσει ορθά το σύστημα, χρειάστηκε να γίνει ένας “κβαντισμός” όσον αφορά στις παραμέτρους των διαρκειών και των εντάσεων. Αυτό κρίθηκε σκόπιμο ύστερα απο αρκετά πειράματα, στα οποία διαπιστώθηκε πως η “εκπαίδευση” των αλυσίδων καθυστερούσε πολύ μετά την έναρξη του συστήματος καθώς η ευρύτητα των τιμών εντάσεων και ειδικότερα των διαρκειών καθιστούσε σχεδόν αδύνατη την επανάληψη καταστάσεων και επομένως την δημιουργία επαναληπτικών κλάσεων.

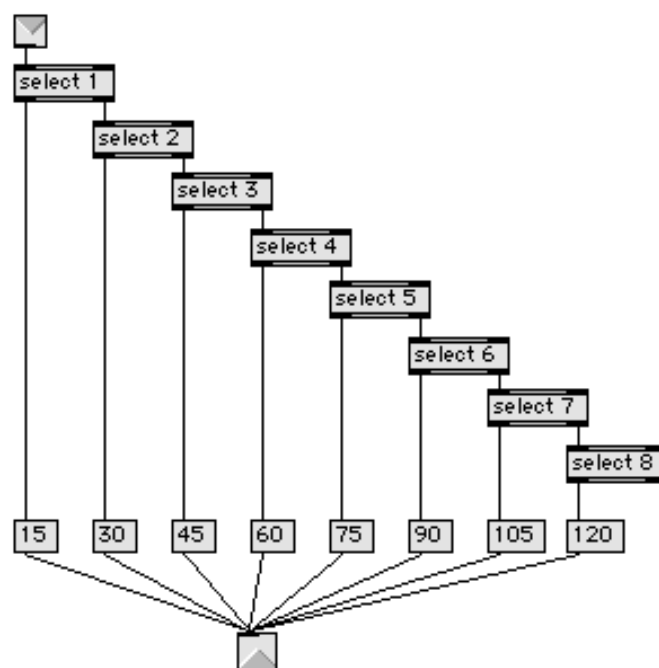
Έτσι, όπως φαίνεται στο παρακάτω sub-patch έγινε προσθήκη (σε σχέση με το σύστημα Chain1) του υποαλγορίθμου **Quantizer** ο οποίος δημιουργεί διακριτές περιοχές εντάσεων και χρονικών διαρκειών.



Παρουσιάζεται εδώ αντιπροσωπευτικά η χρήση του αλγορίθμου **Quantizer V** που αφορά την παράμετρο των εντάσεων. Δημιουργούνται λοιπόν 8 περιοχές που αντιπροσωπεύουν τις μουσικές περιοχές ενάσεων μεταξύ ppp ~ fff (ppp, pp, p, mp, mf, f, ff, fff). Οι midi τιμές εντάσεων υποδιαιρούνται σύμφωνα με τον παρακάτω υπο-αλγόριθμο:



όπου φαίνεται ότι το σύστημα αντιλαμβάνεται και κατηγοριοποιεί μουσικά τις εισερχόμενες πληροφορίες κατανέμοντάς τις σε οκτώ περιοχές δυναμικών. Στην συνέχεια οι πληροφορίες μετάβασης (1,2,3,... ..8) εισάγονται στο αντικείμενο **Prob**, και ακολουθούνται διαδικασίες παρόμοιες με αυτές του έργου Chain1. Στο τελευταίο στάδιο οι πιθανότητες μετάβασης μεταξύ των οκτώ διακριτών καταστάσεων επαναπροσδιορίζονται σε σχέση με την κλίμακα τιμών 1~127 και στέλνονται στο αντικείμενο **makenote**.



#### 4.2.6 Παρτιτούρα.

Τα διαδραστικά συστήματα Chain 1 και Chain 1a επιτρέπουν στον εκτελεστή να αυτοσχεδιάσει. Αν και η λειτουργία του συστήματος μπορεί να αντεπεξέλθει -μουσικά- ακόμη και σε πλήρως ανοιχτές μορφές αυτοσχεδιασμού, κρίθηκε σκόπιμο, προκειμένου να αποφευχθούν χαοτικές μουσικές καταστάσεις, να δημιουργηθεί μια παρτιτούρα ως μια συγκεκριμένη εκδοχή του έργου. Παρ' όλα αυτά πρέπει να τονιστεί ξανά ότι η καλλιτεχνική δημιουργία και οι αθητικές αναζητήσεις τίθενται στην συγκεκριμένη εργασία σε δεύτερο επίπεδο, καθώς η έρευνα αυτή δεν αφορά τόσο σε καλλιτεχνικά, αλλά σε επιστημονικά θέματα. Άλλωστε τα προγράμματα που παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία δημιουργήθηκαν μέσα στο πλαίσιο της και αποτελούν πρωτίστως παραδείγματα.

Στην παρακάτω παρτιτούρα ο εκτελεστής λαμβάνει οδηγίες για τα ακριβή σημεία στα οποία πρέπει να χρησιμοποιήσει τους ελεγκτές (controllers) του συστήματος (δηλαδή το πεντάλ, το πλήκτρο D και το πλήκτρο V). Στην παρτιτούρα, σε ορισμένα τμήματα του έργου το μέγεθος των φθογγοσήμων καθορίζει και την έντασή τους. Έτσι λοιπόν μεγάλα (σε μέγεθος) φθογγόσημα υπονοούν δυνατές νότες και αντίστροφα μικρά φθογγόσημα υπονοούν νότες χαμηλής έντασης. Το κομμάτι χρησιμοποιεί στοιχεία collage και συγκεκριμένα παρατίθεται το χορικό του J.S. Bach : Herliebster Jesu, was hast du verbrochen.

Για την εκτέλεση χρειάζεται ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής Machintosh (G4 ή ισχυρότερος), ένα Midi keyboard (controller) και ένα σύστημα ενίσχυσης ήχου. Αφού καθοριστούν οι έξοδοι στα αντικείμενα **noteout** και επίσης η είσοδος του Midi controller στο αντικείμενο **notein**, ο χρήστης πρέπει να ανοίξει την εφαρμογή Logic Pro 7 και να ανοίξει το αρχείο που βρίσκεται στο Cd που συνοδεύει την παρούσα και ονομάζεται chainlogic.iso. Η δρομολόγηση των Midi δεδομένων γίνεται μέσω του εσωτερικού driver της Apple, IAC Bus Driver, ενώ ο διαχωρισμός των καναλιών γίνεται στο παράθυρο Environment του Logic. Η μουσική παραγωγή αρχίζει στην Max/msp την στιγμή που ο χρήστης θα πατήσει στο αντικείμενο **toggle**, το οποίο λειτουργεί ως κεντρικός διακόπτης.

Η συγκεκριμένη διαμόρφωση του συστήματος επιτρέπει στον εκτελεστή να διαμορφώνει το ηχόχρωμα, αλληλεπιδρώντας με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή και με τον εαυτό του. Επίσης, είναι δυνατή η χρήση του συστήματος από δύο άτομα, όπου ο ένας εκτελεί την παρτιτούρα, ενώ ο δεύτερος αυτοσχεδιάζει στον υπολογιστή, παρεμβαίνοντας στην ηχοχρωματική δομή του έργου. Αυτό γίνεται μέσω του λογισμικού Logic και του Audio Unit Sculpture που χρησιμοποιεί το συγκεκριμένο σύστημα και το οποίο επιτρέπει στον χρήστη να καθορίζει διάφορες πτυχές του ηχοχρωματικού του περιεχομένου σε πραγματικό χρόνο.



# CHAIN 1(a)

Cue Score for Max/msp and Midi Keyboard

Dimitris Maronidis  
(b. 1980)

D - ON  
V - ON

Piano

Ca 6" rit. 2" 4" *sfz*

PEDAL - ON

Ca 4" PEDAL - OFF PEDAL - ON *sfz*

Ca 4"  $\bullet = 130$  *f*

Ca 4" 7" *accel.* *f*

Ca 6" 8<sup>th</sup> CLEAR PROB Wait Until Sound Fades Out *fff*

The score is divided into five systems, each separated by a double bar line. The first system is for the piano, with a MIDI keyboard part below. It includes a 'Ca 6"' marking, a 'rit.' (ritardando) section, and dynamic markings 'sfz' and 'fff'. Pedal instructions 'PEDAL - ON' are present. The second system continues the piano part with 'Ca 4"', 'PEDAL - OFF', and 'PEDAL - ON' markings, and a 'sfz' dynamic. The third system features a piano part with 'Ca 4"', a tempo marking '♩ = 130', and a dynamic 'f'. The fourth system shows a MIDI keyboard part with 'Ca 4"', a '7"' marking, an 'accel.' (accelerando) section, and a dynamic 'f'. The fifth system includes a piano part with 'Ca 6"', an '8<sup>th</sup>' marking, a 'CLEAR PROB' instruction, and a 'Wait Until Sound Fades Out' instruction, ending with a 'fff' dynamic.

2  $\text{♩} = 104$   
8<sup>va</sup>

*fff*

7<sup>va</sup>

$\text{♩} = 104$   
8<sup>va</sup>

*fff*

*fff*

**C**

$\text{♩} = 62$

*ppp*

*sfz*

8<sup>va</sup>

$\text{♩} = 104$

*f* *f* *fp* *f* *f* *f*

$\text{♩} = 62$

*ppp*

*f*

V - OFF  
D - OFF  
PEDAL - OFF

$\text{♩} = 62$

70 Herliebster Jesu, was hast du verbrochen (J.S. Bach) 3

V - ON  
D - ON  
PEDAL - ON  
CLEAR PROB

Wait Until Sound Fades Out

Ad Libitum

*pp*  
*pp*

Ca 6"  
2"  
4"  
*ffz*

4  $\text{♩} = 72$

Musical notation for the first system, measures 1-4. Treble clef, common time. Bass clef accompaniment. Dynamics include 'p'.

Musical notation for the second system, measures 5-8. Treble clef, common time. Bass clef accompaniment.

*rit.* -----

Musical notation for the third system, measures 9-12. Treble clef, common time. Bass clef accompaniment. Includes a 'rit.' marking and a dashed line.

-----

Musical notation for the fourth system, measures 13-16. Treble clef, common time. Bass clef accompaniment. Includes a text instruction.

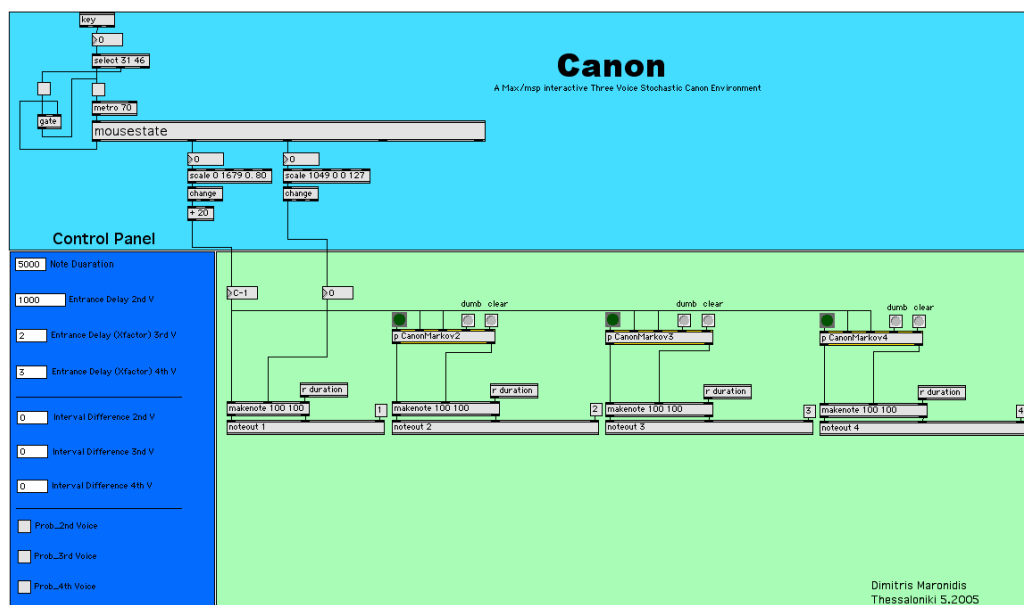
Fade out the computer volume  
and stop the max/msp patch

### 4.3 Περιγραφή της συνθετικής - προγραμματιστικής διαδικασίας για την δημιουργία του διαδραστικού συστήματος Canon.

Το πρόγραμμα Canon αποτελεί ένα μουσικό διαδραστικό περιβάλλον ελεγχόμενο από έναν ζωντανό εκτελεστή, ο οποίος δημιουργεί μουσικά γεγονότα χρησιμοποιώντας το mouse του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Στόχος του προγράμματος είναι η διαδραστική δημιουργία τετράφωνων μουσικών “κανόνων”<sup>1</sup>. Για την δημιουργία - σύνθεση των ήχων, το πρόγραμμα συνεργάζεται με το λογισμικό Logic Pro 7.01 στο οποίο στέλνει δεδομένα Midi μέσω του IAC Bus Driver.

Ο εκτελεστής μπορεί να επιλέξει μια σειρά από παραμέτρους που σχετίζονται άμεσα με την δομή του κανόνα, όπως π.χ. χρόνος καθυστέρησης μεταξύ των εισόδων των διαδοχικών φωνών, διαστηματική δομή του κανόνα κ.α. Ένα από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου μουσικού διαστήματος είναι η δυνατότητα για την δημιουργία “στοχαστικών κανόνων”. Τα μελωδικά γεγονότα που παράγει ο εκτελεστής μέσω της μετακίνησης του mouse, αναλύονται ως προς τις μεταβάσεις φθόγγων και εκπαιδεύουν μη ομοιογενείς μαρκοβιανές αλυσίδες πρώτης τάξης, οι οποίες στην συνέχεια τροφοδοτούν το σύστημα με το φθογικό υλικό των “κανονικών φωνών” (comes).

Το κεντρικό παράθυρο της εφαρμογής που αποτελεί και την διεπαφή (interface) με τον χρήστη φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (σχ 44, για μεγαλύτερη εικόνα βλ. παράρτημα Π.10) :



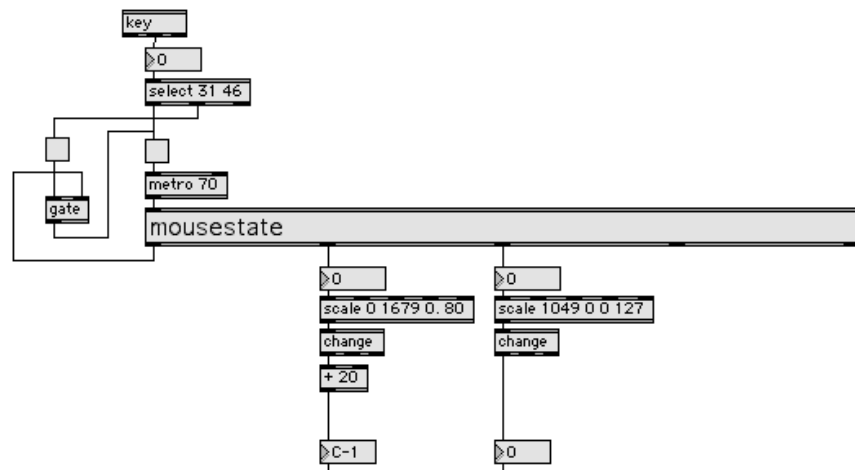
Σχήμα 44. Κεντρικό παράθυρο του διαδραστικού συστήματος “Canon”.

Το πρόγραμμα χωρίζεται σε τρία τμήματα. Στο πρώτο (γαλάζιο) γίνεται η

<sup>1</sup> Κανόνες στην μουσική ονομάζονται οι συνθέσεις στις οποίες μια φωνή (dux) επαναλαμβάνεται σε αυστηρή μίμηση από μία -τουλάχιστον- άλλη (comes). Η ονομασία τους προκύπτει μάλιστα από το γεγονός ότι οι φωνές έπρεπε να ακολουθήσουν αυτόν τον “κανόνα” (Άτλας της Μουσικής, 1994a).

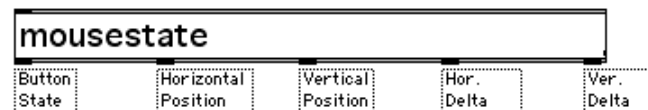
εισαγωγή των πληροφοριών που αφορούν την κίνηση του mouse. Στο δεύτερο τμήμα (μπλε) ο χρήστης προσδιορίζει μια σειρά από μουσικές παραμέτρους που αφορούν την δομή του κανόνα, όπως η διαστηματική απόσταση μεταξύ των “φωνών” ή η χρονική καθυστέρηση μεταξύ των εισόδων κ.α. Τέλος, στο τρίτο τμήμα γίνεται η επεξεργασία των δεδομένων και δημιουργούνται οι τρεις φωνές του κανόνα σε μορφή δεδομένων Midi, τα οποία δρομολογούνται στο Logic Pro 7. Στο στάδιο αυτό, ο χρήστης μπορεί να εισάγει αλεατορικά στοιχεία στον κανόνα χρησιμοποιώντας αλυσίδες Markov πρώτης τάξης.

Στο πρώτο τμήμα του το σύστημα χρησιμοποιεί μια σειρά απο αλγόριθμους, οι οποίοι ανιχνεύουν (tracking) τις πληροφορίες που στέλνονται από τον εκτελεστή μέσω του mouse. Ο εκτελεστής μπορεί να ελέγχει τα παραγόμενα τονικά ύψη μέσω της οριζόντιας θέσης του mouse (αριστερά = χαμηλές συχνότητες, δεξιά = ψηλές συχνότητες), όπως επίσης και την ένταση μέσω της κάθετης θέσης του mouse (κάτω = χαμηλή ένταση, επάνω = μεγάλη ένταση) (σχ. 45).



Σχήμα 45. Μονάδα εισαγωγής δεδομένων.

Στο παραπάνω αλγοριθμικό σύστημα το σημαντικότερο αντικείμενο είναι το **mousestate** και για τον λόγο αυτό μάλιστα έχει μεγεθυνθεί. Το αντικείμενο **mousestate** δίνει στις εξόδους του μια σειρά από πληροφορίες σχετικές με την κατάσταση του mouse. Πιο συγκεκριμένα, το αντικείμενο δίνει τις εξής πληροφορίες όταν λάβει bang στην είσοδο του (σχ 46) :



Σχήμα 46. Τιμές που παρέχει το αντικείμενο mousestate.

Για τις ανάγκες του συγκεκριμένου διαδραστικού συστήματος, χρησιμοποιούνται μόνο οι τρεις πρώτες (από αριστερά) έξοδοι. Ο εκτελεστής έχει την δυνατότητα να χρησιμοποιήσει δύο τρόπους εξαγωγής δεδομένων από το αντικείμενο **mousestate** :

**1. Συνεχής.** Πατώντας το πλήκτρο O (όμικρον), το αντικείμενο **key** στέλνει την τιμή 31 στην έξοδό του, η οποία συμπίπτει με την πρώτη μεταβλητή του αντικειμένου **select** και έτσι στέλνεται ένα bang στο **toggle**, το οποίο ενεργοποιεί το αντικείμενο **metro**, το οποίο με την σειρά του στέλνει **bangs** στο αντικείμενο **mousestate**, ενημερώνοντας τις τιμές του κάθε 70 χιλιοστά του δευτερολέπτου.

**2. Διακριτός.** Πατώντας το πλήκτρο M<sup>1</sup> η παραπάνω διαδικασία ανοίγει ή κλείνει τη θύρα **Gate**, μέσω της οποίας διέρχεται το μήνυμα On/off του mouseclick από το αντικείμενο **mousestate**. Έτσι, ο χρήστης μπορεί να μετακινεί το ποντίκι και να επιλέγει ποιες εντάσεις και ποιες συχνότητες θέλει να παίξει (βλέποντάς τες στα αντίστοιχα **number boxes** κάτω απο το **mousestate**) και να τις εκτελεί κάνοντας click.

Μετά την είσοδό τους στο patcher, οι πληροφορίες του mousestate τίθενται υπό επεξεργασία προκειμένου να είναι συμβατές με το πρωτόκολλο Midi. Έτσι, οι τιμές των τονικών υψών που προσδιορίζονται από την οριζόντια θέση του mouse, προσαρμόζονται στις τιμές απο 0 έως 80, ενώ οι εντάσεις (κάθετη θέση) απο 0 έως 127. Το αντικείμενο **mousestate** παρέχει τις τιμές του mouse σε απόλυτους αριθμούς διαστάσεων της εκάστοτε οθόνης εκφρασμένες σε pixels. Συνεπώς, για την συγκεκριμένη διαμόρφωση του συστήματος<sup>2</sup> γίνονται οι εξής προσαρμογές (scaling) :

**1. Οριζόντια Θέση :** Οι τιμές από 0 έως 1679 μετατρέπονται σε τιμές από 0 έως 80.

**2. Κάθετη Θέση :** Οι τιμές από 0 έως 1049 μετατρέπονται σε τιμές από 0 έως 127.

Για να γίνει αυτό χρησιμοποιείται το αντικείμενο **scale**, το οποίο δέχεται στις εισόδους του την εισερχόμενη τιμή, τα αναμενόμενα μέγιστα όριά της και την νέα έκτασή τους. Για παράδειγμα, στο πρώτο αντικείμενο **scale** η εισερχόμενη τιμή (που είναι η οριζόντια θέση του mouse) είναι μέσα στα όρια 0 και 1679 και θα προσαρμοστεί μεταξύ των τιμών 0 και 80.

Μετά απο αυτήν την διαδικασία, οι τιμές περνούν μέσα από φίλτρα αποκοπής επαναλαμβανόμενων γεγονότων. Τα αντικείμενα αυτά ονομάζονται **change** και στην πραγματικότητα κάνουν έναν έλεγχο της παρούσας κατάστασης με την αμέσως προηγούμενη και επιτρέπουν στην παρούσα κατάσταση να φύγει από την έξοδό τους μόνο εφόσον δεν είναι ίδια με την προηγούμενη. Στο συγκεκριμένο έργο η χρήση του αντικειμένου **change** παίζει πολύ σημαντικό ρόλο, καθώς επιτρέπει στο σύστημα να δημιουργεί παύσεις όταν ο εκτελεστής είναι σε αδράνεια. Σε διαφορετική περίπτωση

<sup>1</sup> Στην δεύτερη περίπτωση (Διακριτή), πρέπει να γίνει απενεργοποίηση του O, ξανα-πατώντας το πλήκτρο O.

<sup>2</sup> Χρησιμοποιείται Apple Cinema Display 20” (1680 x 1050 pixels).

το σύστημα θα συνέχιζε επ' άπειρον την επανάληψη της τελευταίας κατάστασης, με αποτέλεσμα την δημιουργία ανεπιθύμητων και μονότονων ηχητικών καταστάσεων.

Το δεύτερο αλγοριθμικό block του patcher canon είναι το control panel του συστήματος (βλ. σχ δεξιά). Αυτό επιτρέπει στον εκτελεστή να προσδιορίσει μια σειρά απο παραμέτρους που αφορούν την τεχνική του κανόνα. Το control panel χωρίζεται σε τρία τμήματα. Στο επάνω τμήμα ο χρήστης ορίζει : α) την διάρκεια των φθόγγων που παράγονται από την κίνηση του mouse, β) την χρονική καθυστέρηση που μεσολαβεί για την είσοδο της δεύτερης φωνής (come) του κανόνα και γ) τους συντελεστές που καθορίζουν το ακέραιο πολλαπλάσιο της χρονικής καθυστέρησης εισόδου των άλλων δύο φωνων.

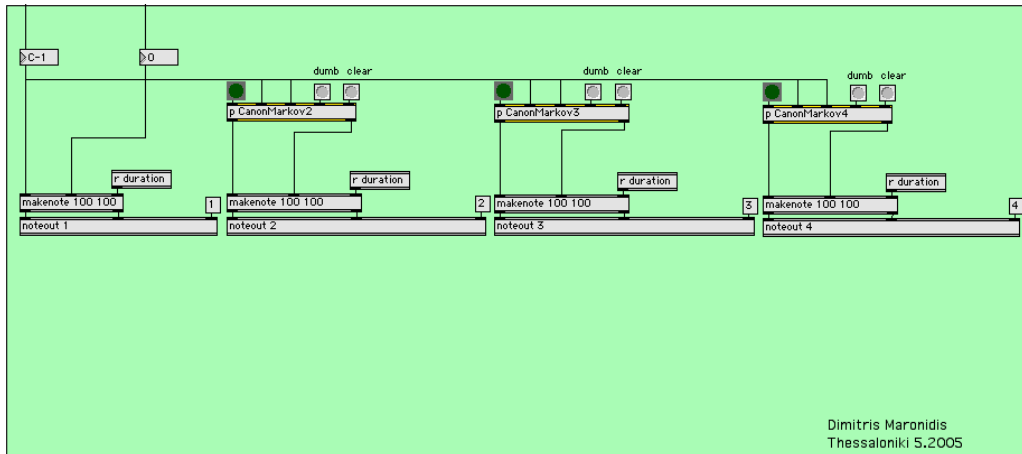
Στο μεσαίο τμήμα, ο εκτελεστής μπορεί να ορίσει τα διαστήματα στα οποία γίνεται η μίμηση των φωνών εκφρασμένα σε αριθμό ημιτονίων.

Στο τρίτο τμήμα, τέλος, παρέχεται η δυνατοτητα της δημιουργίας “στοχαστικών κανονικών φωνών” (comes), στις οποίες η μίμηση της κάθε φωνής αποτελεί στατιστική απεικόνιση της κύριας φωνής (dux) μέσω της χρήσης μαρκοβιανών μοντέλων και, συγκριμένα, μη-ομογενών μαρκοβιανών αλυσίδων πρώτης τάξης. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ποιες φωνές θα εκτελούν στοχαστικούς κανόνες. Επίσης, είναι δυνατόν να ‘καθαρίσει’ τις αλυσίδες (βλ. παρακάτω).

Το τρίτο αλγοριθμικό block του συστήματος Canon (πράσινο) είναι το βασικό τμήμα του patcher μέσω του οποίου γίνεται η επεξεργασία των εισερχομένων δεδομένων και η αποστολή τους στις -Midi- μονάδες εξόδου (σχ. 47)<sup>1</sup> :

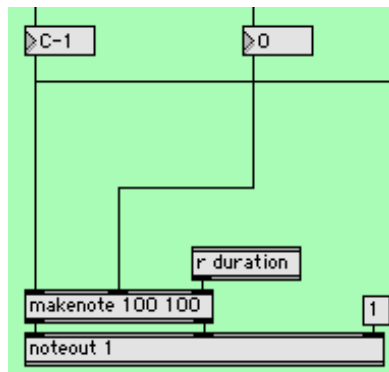
<sup>1</sup> Για μεγαλύτερη εικόνα βλ. Παράρτημα.





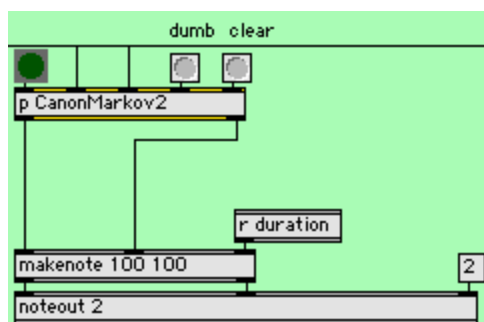
Σχήμα 47. Μονάδα επεξεργασίας δεδομένων.

Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, το block αποτελείται από τέσσερις γεννήτριες (οι τρεις τελευταίες όμοιες) ‘κανονικών’ φωνών. Ξεκινώντας από δεξιά προς τα αριστερά εμφανίζονται τα εξής αντικείμενα :



Η πρώτη φωνή του κανόνα -dux- (τονικά ύψη και εντάσεις τα οποία παίζει ο χρήστης του συστήματος με το mouse) εισέρχεται στο αντικείμενο **makenote**. Η διάρκεια των μουσικών φθόγγων προσδιορίζεται από το control panel και τροφοδοτείται στο makenote μέσω ασύρματου δικτύου με την χρήση των αντικειμένων **send** και **receive** (βλ. παράρτημα Π 9.2) Με τον τρόπο αυτό το αντικείμενο makenote αποκτά όλες τις απαραίτητες πληροφορίες προκειμένου να δημιουργήσει ένα Midi, γεγονός που

να περιγράψει πλήρως μία μουσική νότα (διάρκεια, τονικό ύψος και διάρκεια). Έτσι, στέλνει τις πληροφορίες στο αντικείμενο **noteout**, το οποίο στέλνει τις πληροφορίες Midi στο κατάλληλο κανάλι και στην επιλεγμένη συσκευή (στην προκειμένη περίπτωση στο Logic Pro 7.01, μέσω του driver IAC Bus).



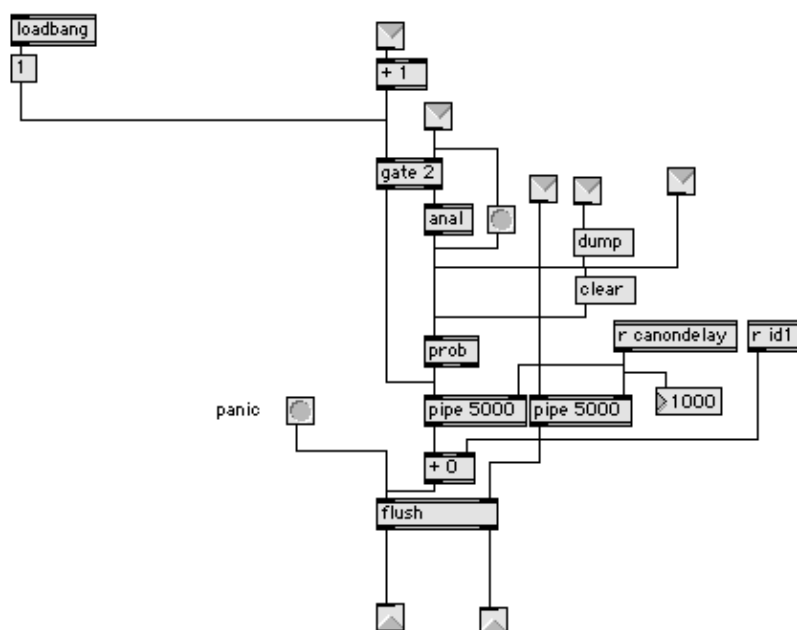
Για τις υπόλοιπες φωνές -comes- το σύστημα χρησιμοποιεί μια σειρά από τρία όμοια αλγοριθμικά συστήματα. Στην πραγματικότητα κάθε φωνή χρησιμοποιεί ακριβώς τους ίδιους αλγορίθμους με την δεύτερη· αυτό που αλλάζει είναι τα δεδομένα<sup>1</sup>. Όπως φαίνεται και στο διπλανό σχήμα (δεξιά), η ουσιαστική διαφορά μεταξύ της πρώτης φωνής -dux- και της μίμησης από

την δεύτερη κ.ο.κ. βρίσκεται στην επεξεργασία υπό την οποία τίθενται τα δεδομένα,

<sup>1</sup> Γίνεται κατανοητό εδώ το μεγάλο πλεονέκτημα της χρήσης αντικειμενοστραφών γλωσσών προγραμματισμού, καθώς αποφεύγεται η χρονοβόρα διαδικασία των επαναλαμβανόμενων προγραμματιστικών διαδικασιών

εισερχόμενα στο sub-patch **p CanonMarkov2**, **p CanonMarkov3** κ.ο.κ.

Η δομή του sub-patch **CanonMarkov2** φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (σχ. 48)



Σχήμα 48. Το sub-patch **CanonMarkov2**

Το sub-patch **CanonMarkov2** διαθέτει πέντε εισόδους (*inlets*). Κατά την έναρξη της εφαρμογής, το αντικείμενο **loadbang** στέλνει το μήνυμα 1 στην θύρα **Gate**. Η πρώτη είσοδος (αριστερά) δέχεται μηνύματα από τον διακόπτη on/off που βρίσκεται στο control panel και καθορίζει ποια από τα εισερχόμενα τονικά ύψη θα διαμορφώνουν τις αλυσίδες markov. Όταν ο χρήστης επιλέγει την δημιουργία στοχαστικών κανόνων, η θύρα **Gate** δρομολογεί τα εισερχόμενα σε αυτή μηνύματα στην δεξιά της έξοδο. Τότε ακολουθείται η γνωστή (από τα προηγούμενα συστήματα) διαδικασία, δημιουργίας ποσοστών μετάβασης μεταξύ διαδοχικών φθόγγων μέσω της χρήσης των αντικειμένων **anal** και **prob**. Κάθε φορά που μια νέα νότα παίζεται από τον εκτελεστή, οι αλυσίδες αναδιαμορφώνονται και ένα μήνυμα bang στέλνεται στο αντικείμενο **prob**, το οποίο δημιουργεί νέα μουσικά γεγονότα, βασιζόμενο στις έως εκείνη τη στιγμή πληροφορίες (το bang είναι δεξιότερα του αντικειμένου **anal**, επομένως οι νέες τιμές θα ληφθούν υπ' όψιν μόνο σε επόμενα μουσικά γεγονότα).

Η τρίτη είσοδος του sub-patch αφορά τιμές που περιγράφουν την ένταση, έτσι όπως αυτή προσδιορίζεται από την κάθετη θέση του mouse. Η τιμές της έντασης, καθώς επίσης και των τονικών υψών, εισέρχονται σε δύο ίδια αντικείμενα με την ονομασία **pipe**<sup>1</sup>. Τα αντικείμενα αυτά παρέχουν στον χρήστη την δυνατότητα να καθυστερεί μία σειρά από μηνύματα όπως αριθμοί, σύμβολα, λέξεις κ.α. Στην προκειμένη περίπτωση τα αντικείμενα **pipe** καθυστερούν τα μηνύματα note on και note off, δημιουργώντας

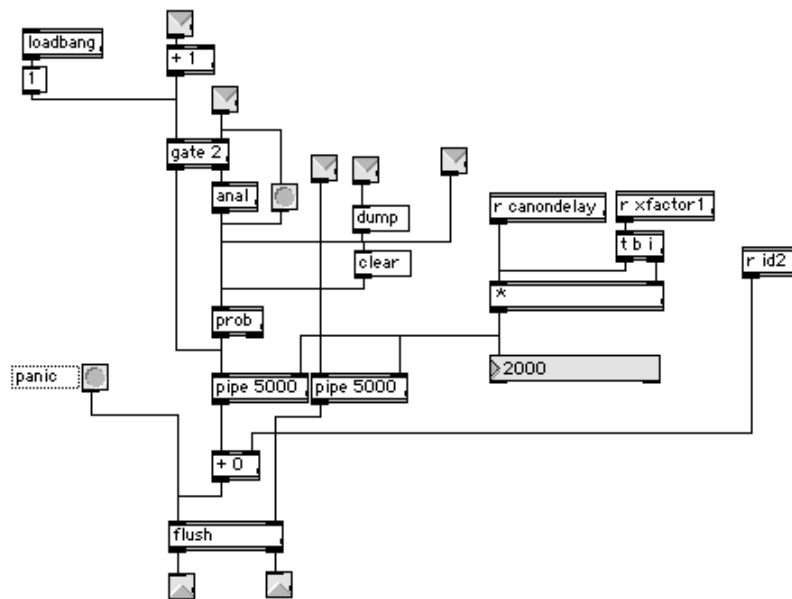
<sup>1</sup> Το αντικείμενο **pipe** διαθέτει δύο εισόδους και μια έξοδο. Στην αριστερή του είσοδο δέχεται μηνύματα τα οποία στέλνει στην έξοδό του ύστερα από χρονική καθυστέρηση ίση με αυτή που παρέχεται στην δεξιά του είσοδο και εκφρασμένη σε χιλιοστά του δευτερολέπτου.

κατά αυτόν τον τρόπο το φαινόμενο της αυστηρής μίμησης. Ο χρόνος καθυστέρησης προσδιορίζεται από τον εκτελεστή μέσω του control panel και, πιο συγκεκριμένα, από την τιμή entrance delay. Η μετάδοση της τιμής για τον χρόνο καθυστέρησης γίνεται ασύρματα, μέσω των αντικειμένων **send** και **receive**. Όπως είναι φυσικό, τόσο οι τιμές έντασης, όσο και αυτές των τονικών υψών, καθυστερούνται κατά την ίδια χρονική διάρκεια.

Αφού καθυστερήσει η μετάδοση των τιμών τονικών υψών και εντάσεων, τα δύο μηνύματα δρομολογούνται προς το αντικείμενο **flush**. Πριν εισέλθουν σε αυτό, η τιμή των τονικών υψών υπόκειται σε περαιτέρω επεξεργασία, καθώς προστίθεται σε αυτήν η -προαιρετική- διαστηματική απόσταση σε σχέση με την πρώτη φωνή (dux). Η διαστηματική απόσταση από την πρώτη φωνή εκφράζεται σε ημιτόνια και παρέχεται ασύρματα μέσω του control panel. Με την ολοκλήρωση και αυτής της διαδικασίας το sub-patch CanonMarkov2, παρέχοντας ασφάλεια σε περίπτωση προβλήματος “κολλημένων φθόγγων” μέσω του flush, στέλνει τα επεξεργασμένα δεδομένα στο αντικείμενο **makenote**, προκειμένου να δημιουργηθεί η νέα φωνή (come) του μουσικού κανόνα.

Το αντικείμενο **makenote** δέχεται τις τιμές τονικού ύψους και έντασης από το sub-patch CanonMarkov2, ενώ για τον προσδιορισμό της διάρκειας του παργόμενου ήχου το αντικείμενο λαμβάνει τιμές από τον ενιαίο “αποστολέα” χρονικής διάρκειας που βρίσκεται στο control panel. Αμέσως μετά τα δεδομένα (Midi) κατευθύνονται στο αντικείμενο **noteout 2**, το οποίο τα δρομολογεί μέσω IAC Bus Driver στην εφαρμογή Logic Pro 7.01, στην οποία γίνεται η σύνθεση του ήχου. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο χρήστης μπορεί να “καθαρίσει” τις αλυσίδες ανά πάσα στιγμή και, επίσης, μπορεί να δει τις πιθανότητες μετάβασης, χρησιμοποιώντας κατ’ αντιστοιχία τις εισόδους **clear** και **dump**.

Για τις υπόλοιπες φωνές του κανόνα ακολουθούνται παρόμοιες διαδικασίες. Η μοναδική διαφορά μεταξύ των sub-patches CanonMarkov2 και CanonMarkov3~4 βρίσκεται στην διαδικασία προσδιορισμού της καθυστέρησης των φωνών. Όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (σχ 49) το sub-patch CanonMarkov3 χρησιμοποιείται ένας πολλαπλασιαστής χρονικής καθυστέρησης σε σχέση με την δεύτερη φωνή του κανόνα· το ίδιο συμβαίνει και με το CanonMarkov4. Οι εισοδοί των φωνών comes γίνονται σε ισόχρονες αποστάσεις. Έτσι, η αρχική τιμή καθυστέρησης που προσδιορίζεται από τον χρήστη μέσω της τιμής **Entrance Delay 2nd V** στο control panel, πολλαπλασιάζεται με τον συντελεστή καθυστέρησης της κάθε φωνής, ο οποίος είναι ένας ακέραιος αριθμός.



Σχήμα 49. Το sub-patch CanonMarkov3

Το διαδραστικό σύστημα Canon είναι πλήρως αυτοσχεδιαστικό και για τον λόγο αυτό δεν χρησιμοποιείται παρτιτούρα. Το σύστημα έχει κυρίως τον χαρακτήρα μουσικού παιχνιδιού. Η επιλογή των ηχοχρωμάτων από την πλευρά του χρήστη μπορεί να διαμορφώσει σε μεγάλο βαθμό την αισθητική και καλλιτεχνική -γενικότερα- εικόνα του μουσικού αποτελέσματος. Η επιλογή ήχων μικρής διάρκειας και επομένως μεγάλης 'διακρίτοτητας' μπορεί να οδηγήσει σε μια ευκολότερη αντίληψη της μουσικής δομής του κανόνα. Αντίθετα η χρήση ήχων μεγάλης διάρκειας και με μεγάλη αντήχηση είναι πιθανό να δώσουν μεγάλη πυκνότητα μουσικών συμβάντων και να καταστήσουν τις 'κανονικές' διαδικασίες ασαφείς. Το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για παιδαγωγικούς σκοπούς καθώς δεν απαιτεί ιδιαίτερες μουσικές γνώσεις. Επίσης είναι δυνατή η χρήση επιπλέον αισθητήρων όπως π.χ. το Lighting System του Buchla κ.α.

## 5. Επίλογος - Συμπεράσματα & κριτική

Στο κεφάλαιο αυτό επιχειρείται μια κριτική που αφορά τα διαδραστικά συστήματα, την γλώσσα προγραμματισμού Max/msp και τα μοντέλα Markov. Η σειρά με την οποία γίνεται η κριτική είναι η αντίστροφη από αυτήν με την οποία παρουσιάστηκαν τα συγκεκριμένα θέματα στην παρούσα μελέτη. Ο λόγος για την παράδοση αυτή παράθεση είναι το γεγονός ότι τα περισσότερα μπορούν να ειπωθούν για τις αλυσίδες, καθώς η χρησιμότητα και η αναγκαιότητα των διαδραστικών συστημάτων έγινε σαφής ήδη μέσα στο αντίστοιχο κεφάλαιο, ενώ όσον αφορά την γλώσσα προγραμματισμού Max/msp αυτή αποτελεί απλώς ένα εργαλείο, το οποίο άλλοτε επιτυγχάνει και άλλοτε αποτυγχάνει να βοηθήσει τον εκάστοτε δημιουργό να εκφραστεί μέσω αυτού.

Ο Αιμίλιος Καμπουρόπουλος στην εισαγωγή του άρθρου “Αυτόματη Μελωδική Ανάλυση με Υπολογιστικές Μεθόδους” αναφέρει σχετικά με την αναγκαιότητα και την χρησιμότητα της ανάπτυξης υπολογιστικών μοντέλων στην μουσική/μουσικολογία :

*“ Η ‘κατανόηση’ ενός μουσικού έργου εξυπακούει, σε ένα πρώτο επίπεδο, την ικανότητα (συνειδητή ή ασυνείδητη) ενός ακροατή να το ανάγει σε στοιχειώδη μέρη και να κάνει συσχετισμούς μεταξύ αυτών των επιμέρους μουσικών μονάδων (Minsky, 1993).<sup>1</sup> Η οργάνωση της μουσικής επιφάνειας, όσον αφορά συστατικά της μέρη και σχέσεις μεταξύ τους, αποτελεί την μουσική δομή ενός έργου. Η μουσική ανάλυση έχει στόχο της τον καθορισμό της μουσικής δομής, ακολουθώντας συχνά προσεγγίσεις που προέρχονται από τον χώρο της μουσικής αντίληψης και της γνωστικής ψυχολογίας (Bent, 1980)<sup>2</sup>.*

*Υπολογιστικές μεθοδολογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την μελέτη πολλών μουσικών φαινομένων. Ίσως το πιο ενδιαφέρον στοιχείο που παρουσιάζει η εισαγωγή και χρήση υπολογιστικών μοντέλων στον χώρο της μουσικολογίας είναι ότι τέτοιες μέθοδοι υποχρεώνουν τον ερευνητή να διατυπώσει με απόλυτα συστηματικό τρόπο μουσικές θεωρίες, οι οποίες στην συνέχεια μπορούν να διερευνηθούν με την χρήση υπολογιστών. Ο κύριος στόχος δημιουργίας υπολογιστικών μοντέλων δεν είναι τόσο να δοθούν λύσεις σε μουσικά προβλήματα, αλλά πολύ περισσότερο να οδηγήσουν σε μια λεπτομερέστερη και πιο συστηματική εξέταση και κατανόηση των μουσικών φαινομένων.*

*Σε πιο πρακτικό επίπεδο, η διατύπωση υπολογιστικών μουσικών θεωριών, κυρίως σε σχέση με την περιγραφή της μουσικής δομής, είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη ‘ευφυέστερου’ μουσικού λογισμικού (software). Αν θέλει κανείς*

<sup>1</sup> Minsky, M. (1993) Music, Mind and Meaning. Reprint in Machine Models of Music, S.M. Schwanauer and D.A. Levitt (eds), The MIT Press, Cambridge, (Ma).

<sup>2</sup> Bent, I.D. (1980) Analysis. In the New Grove Dictionary of Music and Musicians, Vol.1. Macmillan, London.

*ένα μουσικό πρόγραμμα να ανταποκρίνεται με ‘μουσικό’ τρόπο σε ένα μουσικό χρήστη, τότε θα πρέπει και ο υπολογιστής να ‘αντιλαμβάνεται’ όσο το δυνατόν περισσότερα δομικά στοιχεία. Υπολογιστικά μοντέλα διαφόρων μουσικών διεργασιών είναι αναγκαία για την ανάπτυξη εξελιγμένων μουσικών συστημάτων, όπως π.χ. για λογισμικό μουσικής σημειογραφίας, εκπαιδευτικών προγραμμάτων, διαδραστικών συστημάτων για μουσικές παραστάσεις, συστημάτων αποθήκευσης και ανάσυρσης πληροφοριών από βάσεις μουσικών δεδομένων, προγραμμάτων που επιχειρούν να εκτελέσουν μουσική εκφραστικά, συστημάτων που διευκολύνουν την μουσική δημιουργία για άτομα με ειδικές κινησιακές ανάγκες κ.α”.*

Ειδικότερα, οι αλυσίδες Markov αποτελούν ένα ισχυρό εργαλείο για την ιεραρχική οργάνωση των μουσικών παραμέτρων. Η λογική του μεγαλύτερου ελέγχου, ανάλογα με την τάξη αλυσίδας, βρίσκεται σε μεγάλη συγγένεια με την μουσική “λογική”. Ο συνθέτης μπορεί να καθορίσει τον βαθμό απροσδιοριστίας, καθορίζοντας την τάξη αλλά και την εσωτερική δομή της αλυσίδας (αλυσίδες μέσα σε αλυσίδες κ.α). Συνεπώς, η μετακίνηση από Ντετερμινιστικά προς Στοχαστικά -και το αντίστροφο- φαινόμενα είναι εφικτή και αποτελεί ένα από τα πλέον ενδιαφέροντα στοιχεία των συγκεκριμένων μοντέλων. Γενικά, ωστόσο, η εφαρμογή των αλυσίδων με σκοπό την δημιουργία πολύ συγκεκριμένου υλικού είναι σχεδόν καταδικασμένη να αποτύχει και δεν αποτελεί λογική επιλογή. Η καλύτερη -ίσως- εφαρμογή τους βρίσκεται μέσα στο πλαίσιο του ελεγχόμενου αλεατορισμού που ευνοεί τις μεταβάσεις ανάμεσα στην πλήρη απροσδιοριστία και τον μεγάλο έλεγχο.

Από την πλευρά της ανάλυσης, οι αλυσίδες δεν φαίνεται να αποτελούν ισχυρό εργαλείο, καθώς χρειάζεται πολύς χρόνος (όταν δεν χρησιμοποιείται ηλεκτρονικός υπολογιστής) για την διαπίστωση πολύ απλών φαινομένων (π.χ. το ευρέως χρησιμοποιούμενο μελωδικό διάστημα της 7<sup>ης</sup> στη Sequenza). Ίσως μια απλή στατιστική ανάλυση θα ήταν προτιμότερη, αν και υστερεί στην έκφραση της οριζόντιας διαδοχής. Παρ’ όλα αυτά, και πάλι εδώ η χρησιμοποίηση αλυσίδων μεγαλύτερης τάξης είναι πολύ πιθανό να οδηγήσει σε πιο σημαντικά και ενδιαφέροντα αποτελέσματα και ασφαλώς πολύ σημαντικό ρόλο παίζει το ίδιο το προς ανάλυση έργο. Όπως συμβαίνει σχεδόν με όλες τις τεχνικές ανάλυσης, είναι το ίδιο το έργο -πολλές φορές- αυτό που καθορίζει την καλύτερη δυνατή μέθοδο ανάλυσης του.

Η χρήση των αλυσίδων Markov στην μουσική με χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών, έχει δεχθεί την αυστηρή κριτική των συνθετών ως μια διαδικασία που παράγει πολύ ‘κανονικά’ αποτελέσματα μακροπρόθεσμα (long-run). Επίσης, παρουσιάζεται ως μειονέκτημα η αδυναμία για έλεγχο του μουσικού υλικού και ειδικότερα της ιεραρχικής οργάνωσης και του ‘φραζαρίσματος’. Μουσικά έργα των Bach, Beethoven κ.α. έχουν αναλυθεί με την χρήση στατιστικών αναλύσεων και στην συνέχεια συνετέθησαν με την χρήση μαρκοβιανών αλυσίδων -πολλές φορές μεγάλης τάξης. Η μουσική που παράγουν αυτές οι διαδικασίες, αν και φαινομενικά δείχνουν να έχουν ομοιότητα με το μουσικό έργο από το οποίο δημιουργήθηκαν, ωστόσο μακροπρόθεσμα η σχέση αυτή ισχυαίνει (Cambourououlos, 1994).

Οι παραπάνω παρατηρήσεις είναι πιθανώς προφανείς καθώς εξ ορισμού οι αλυσίδες Markov αποτελούν μια μονοεπίπεδη στοχαστική διαδικασία -δίχως πολυεπίπεδο ιεραρχικό έλεγχο- και ειδικότερα μια αμείωτη μαρκοβιανή αλυσίδα - που είναι η πλέον χρησιμοποιούμενη μορφή στην μουσική- έχει μακροπρόθεσμα, στατικές πιθανότητες μετάβασης, όπως έχει ήδη αναφερθεί. Κάθε προσπάθεια για αναπαραγωγή κλασικών έργων που βασίζεται μόνο σε μικροδομικές τεχνικές και αγνοεί τα υψηλότερα επίπεδα δομικής οργάνωσης είναι καταδικασμένη σε αποτυχία (Cambouropoulos, 1994).

Ο Charles Ames στο άρθρο του “The Markov Process as a Compositional Model” αναφέρει σχετικά με τα μειονεκτήματα των μαρκοβιανών μοντέλων :

*Ένα κοινό σημείο διαμαρτυρίας προς κάποιες από τις πρώιμες -κυρίως- εφαρμογές των αλυσίδων Markov υπήρξε η αδυναμία του μοντέλου ή καλύτερα η περιορισμένη δυνατότητα για κάθετη -μουσικά- ευαισθησία. Αυτό είναι αρκετά προφανές σε έργα όπως το ‘Iliac Suite’ και η ‘Computer Cantata’ έργα στα οποία κάθε φωνή κινείται μεμονωμένα, χωρίς να “νοιάζεται” για το μουσικό περιεχόμενο των άλλων φωνών. Ωστόσο, η χρήση διαδικασιών υψηλότερης τάξης είναι δυνατόν να παρακάμψει πολλά από αυτά τα προβλήματα. Για παράδειγμα ο συνθέτης Xenakis δημιουργεί στην μουσική του καταστάσεις, οι οποίες περιγράφουν όλη την μουσική δραστηριότητα (εντάσεις, τονικά ύψη κ.α.) για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Οι καταστάσεις αυτές ονομάζονται από τον Xenakis Screens. (Ames, 1989)*

Οι μεγαλύτεροι ορίζοντες ανοίγονται στο χώρο της ηλεκτρονικής μουσικής, όπως συμβαίνει σχεδόν με κάθε εφαρμογή των επιστημών στη μουσική, καθώς εκεί ο ακριβής έλεγχος των παραμέτρων, όπως επίσης και η δυνατότητα για πολλαπλές πράξεις σε πραγματικό χρόνο, δίνουν ακόμη πιο πολλές δυνατότητες και εντυπωσιακά αποτελέσματα.

Σύμφωνα με το άρθρο του Αιμίλιου Καμπουρόπουλου (1994) *Markov Chains as an aid to computer Assisted Composition* :

*“Η σύνθεση με την χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών, απαιτεί μια σειρά από μηχανισμούς ελέγχου μεγάλης ακρίβειας και πολλών επιπέδων, οι οποίοι περιέχουν μεγάλα ποσά πληροφοριών [...] Οι αλυσίδες Markov είναι ένας αξιόπιστος τρόπος αναγωγής δεδομένων που αφορούν την διαδοχή μουσικού υλικού (κάποιου συγκεκριμένου επιπέδου λ.χ. δυναμικές), σε μια τυποποιημένη (formalized) μαθηματική διαδικασία, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί και να εκτελεστεί από ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Οι αλυσίδες μπορούν να χρησιμοποιηθούν με μεγάλη επιτυχία για τον έλεγχο την χρονικής ή ακολουθιακής ροής (flow) δεδομένων, από το μικροδομικό προς το γενικό επίπεδο της μορφής. Είναι δυνατόν επίσης, να χρησιμοποιηθούν περισσότερο του ενός επίπεδα μέσω της χρήσης μαρκοβιανών αλυσίδων μέσα σε άλλες μαρκοβιανές αλυσίδες κ.ο.κ. Οι εναλλαγές στην ανάπτυξη της μουσικής*

*διαδικασίας προς αποφυγής της μονοτονίας μπορούν να επιτευχθούν με την χρήση ‘μεταβατικών κλάσεων’ οι οποίες καταλήγουν σε κάποια επαναληπτική κλάση.*

Αν η τάξη των αλυσίδων γίνει πολύ μεγάλη [...] το δείγμα τείνει να αναπαράγει μεγάλα τμήματα του ‘σώματος’ από το οποίο δημιουργήθηκε ο πίνακας μετάβασης, κάτι που δείχνει χαμηλή αυθεντικότητα (low originality) και αναγνωρίσιμη έλλειψη γενικής οργάνωσης (Ames, 1989).

Η ανάπτυξη λογισμικού για μουσικούς σκοπούς τις περισσότερες φορές προκύπτει ως αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης ανάμεσα στους μουσικούς-καλλιτέχνες και τους προγραμματιστές (κάποιες φορές συμπίπτουν στο ίδιο πρόσωπο). Η αλληλεπίδραση αυτή θα πρέπει να γίνεται κάτω από συνθήκες αμοιβαίου σεβασμού και ανταλλαγής ιδεών. Ο σχεδιασμός του μουσικού λογισμικού επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο ηχεί η computer music. Συνεπώς είναι σχεδόν επιτακτική ανάγκη η αποφυγή της εισροής των προσωπικών μουσικών ιδεών-ιδεολογιών του προγραμματιστή στο ίδιο του το δημιούργημα, δηλαδή το μουσικό πρόγραμμα. Στην καλύτερη των περιπτώσεων ο καλλιτέχνης υπενθυμίζει τις δικές του ανάγκες, οι οποίες πολλές φορές είναι έξω από τα όρια της φαντασίας των προγραμματιστών (Puckett, 2002).

Ο Fernando Iazzetta (1996) στο άρθρο του “Formalization of Computer Music Interaction through a semiotic Approach” αναφέρει :

*“Η διαδραστικότητα υφίσταται πάντα μέσα σε ένα επικοινωνιακό πλαίσιο, όταν περισσότεροι του ενός παράγοντες παίρνουν μέρος σε μια συγκεκριμένη επικοινωνιακή διαδικασία. Για παράδειγμα σε ένα διάλογο δύο άνθρωποι (παράγοντες) εκφράζουν τους εαυτούς τους και ανταλλάσσουν απόψεις, μετατρέποντας τις σκέψεις τους σε προφορικό λόγο. Αυτό που είναι σημαντικό είναι να παρατηρηθεί ότι η επικοινωνιακή διαδικασία δεν επηρεάζει μόνο τους συμμετέχοντες σε αυτή, αλλά και το ίδιο το αντικείμενό της (π.χ. θέμα συζήτησης) καθώς αυτή εξελίσσεται. [...] Σε όλες τις δημιουργικές διαδικασίες -και ειδικότερα όταν αυτές είναι καλλιτεχνικές- η χρήση και η διαχείριση της ‘γλώσσας’ με στόχο την διατήρηση ισορροπίας μεταξύ της παραγωγής νέων ιδεών και την εγκαθίδρυση και σταθεροποίηση των παλαιών είναι αποφασιστικής σημασίας. Η δημιουργία ενός ποιήματος ή μιας συμφωνίας προκύπτει από διαδοχικές, πολυεπίπεδες ιεραρχικά, αλληλεπιδράσεις σε έναν σημειωτικό χώρο (sign space).”*

*“[...]Ένα διαδραστικό σύστημα μπορεί να θεωρηθεί ως ένα βοηθητικό μέσο, που επιτρέπει την χρήση “συγκείμενων” (contextual) πληροφοριών ως υλικό ανάπτυξης. Σε αντίθεση με την παραδοσιακή, πλήρως προσδιορισμένη μουσική (precomposed music), η διαδραστική μουσική μπορεί να χρησιμοποιεί τόσο τις εσωτερικές, όσο και εξωτερικές διαδικασίες που συμβαίνουν κατά την διάρκεια της ζωντανής εκτέλεσης ως μέρος των στοιχείων εκείνων που αλληλεπιδρούν στην μουσική δημιουργία. Η έμφαση αυτή στον διαδραστικό ρόλο της μουσικής, αναπαριστά την μετάβαση από την συνθετική πρακτική (compositional process)*



*στην εκτελεστική πρακτική (performance process) που έθεσε η ηλεκτροακουστική μουσική ήδη από την δεκαετία του '40".*

Η χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών από τους συνθέτες δεν περιορίζεται στην ικανότητα των 'μηχανών' για ταχύτατες αριθμητικές πράξεις. Πολλές φορές το κέντρο του ενδιαφέροντος εστιάζεται στην χρήση των υπολογιστών ως διαδραστικών συστημάτων, τα δεδομένα εξόδου (output) των οποίων αποτελούν αλληλεπιδράσεις σε σχέση με την τρέχουσα μουσική εκτέλεση (performance). Κύριο μέλημα των συνθετών στις περισσότερες περιπτώσεις είναι η δημιουργία μουσικών καταστάσεων που προκύπτουν άμεσα ως αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης με το παρεχόμενο μουσικό υλικό (περιλαμβανομένων και των αλγορίθμων). Τέτοιου είδους εργασίες είναι αδύνατον να εφαρμοστούν από μία - a priori μη διαδραστική- γραμμική διαδικασία επίλυσης προβλημάτων (Linear Problem Solving Approach) (Vaggione, 2001).

Η καλλιτεχνική δημιουργία εμπεριέχει στην ίδια της την υπόσταση το στοιχείο του μαγικού. Σε ένα μεγάλο βαθμό η ηλεκτρονική μουσική συνδέθηκε από την αρχή της ιστορίας της με την απουσία του ανθρώπινου παράγοντα (τουλάχιστον κατά την μουσική εκτέλεση) και ήταν αυτή η απουσία η οποία έδινε και συνεχίζει να δίνει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης μουσικής (Garnett, 2001).

Η αδυναμία για μια πλήρως ορθολογιστική αντιμετώπιση και κατανόηση του μουσικού φαινομένου σε οποιονδήποτε πολιτισμό είναι δεδομένη. Οι νέες μορφές διαδραστικότητας που μπορούν να χρησιμοποιούν πλέον οι συνθέτες με την βοήθεια των ηλεκτρονικών υπολογιστών, συνδέοντας τις δράσεις των εκτελεστών (μουσικών ή μη) με διαδράσεις του συστήματος και αντίστροφα, παρέχει την δυνατότητα για μια χωρίς προηγούμενο ανάδειξη του 'μαγικού' σε δομικό στοιχείο της μουσικής σύνθεσης. Νέες δυνατότητες για -αφηρημένες- αντιστοιχίσεις (mapping) των κινήσεων σε ήχο, καθώς επίσης και η δυνατότητα για επέμβαση στα ήδη υπάρχοντα -παραδοσιακά- μουσικά όργανα μέσω της τεχνικής της επεξεργασίας σήματος, δίνουν στους συνθέτες νέα εργαλεία για την εξυπηρέτηση των συνθετικών τους προθέσεων.

Οι συνθέτες -ειδικότερα αυτοί που χρησιμοποιούν ηλεκτρονικούς υπολογιστές στις συνθετικές τους διαδικασίες- μαθαίνουν συχνά μέσα από επίπονες διαδικασίες ότι η αυστηρά τυποποιημένες παραγωγικές διαδικασίες δεν εγγυώνται από μόνες τους την πειστικότητα και την σαφήνεια της μουσικής. Είναι αδύνατον για την μουσική να αναχθεί σε μια διαδικασία τυποποιημένων κανόνων. Η τυποποίηση δεν επέχει σε καμία περίπτωση θέση θεμελιώδους συστατικού των συνθετικών διαδικασιών (Vaggione, 2001).

Η χρήση της τεχνολογίας αποτελεί απλώς ένα εργαλείο το οποίο θα πρέπει οι συνθέτες να μάθουν να χρησιμοποιούν. Τα εξαιρετικά εντυπωσιακά μουσικά αποτελέσματα, είναι πιθανόν να παρασύρουν τον συνθέτη που πρωτοέρχεται σε επαφή με τις δυνατότητες της μουσικής τεχνολογίας και να τον κάνουν να ξεφύγει από τις ουσιαστικές αισθητικές του αναζητήσεις. Η σε βάθος γνώση των τεχνικών και λειτουργικών δυνατοτήτων που προσφέρει η νέα τεχνολογία πρέπει να θεωρηθεί απαραίτητη για κάθε σοβαρά ενδιαφερόμενο μουσικό που την χρησιμοποιεί.

Γενικότερα, είναι πρωτίστως η μουσικότητα και δευτερευόντως η γνώση των τεχνικών υπολογιστικών-προγραμματιστικών λεπτομερειών αυτή που θα κρίνει το τελικό ηχητικό αποτέλεσμα. Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις όπου κάποιοι συνθέτες ζητούν από ειδικευμένους τεχνικούς να τους δημιουργήσουν τα ηλεκτρονικά τμήματα των μουσικών τους έργων, ερχόμενοι σε άμεση συνεργασία με αυτούς και περιγράφοντάς τους τι ακριβώς είναι αυτό που επιθυμούν ηχητικά ή προγραμματιστικά.

Τα τελευταία χρόνια τα σύγχρονα υπολογιστικά συστήματα έχουν αποκτήσει την ικανότητα να επεξεργάζονται τις διάφορες πληροφορίες που δέχονται από τα συστήματα εισόδου (input) και να εξάγουν αποτελέσματα (output) σε πραγματικό χρόνο (real-time). Αυτή η δυνατότητα αποτέλεσε τον θεμέλιο λίθο πάνω στον οποίο αναπτύχθηκαν τα διαδραστικά υπολογιστικά μουσικά συστήματα (Computer Interactive Music Systems). Ταυτόχρονα, η εξάπλωση- επέκταση του παγκόσμιου διαδικτυακού ιστού (world – wide – web) κατέστησε δυνατή την επικοινωνία μεταξύ των ανθρώπων ανά την υφήλιο σε πραγματικό χρόνο. Όλη αυτή η τεχνολογική εξέλιξη δείχνει ότι πέραν από εφικτή, μια επέκταση και ανάπτυξη των παραδοσιακών μουσικών μορφών σε νέες, είναι σχεδόν αναμενόμενη (Tzedaki, 2002).

“ as software increases in sophistication and hardware becomes more liberally embedded, one will feel less like one is working with a computer than just simply working.”

## 9. Επιμύθιο

Τελειώνοντας την διπλωματική αυτή εργασία (και παραβιάζοντας ενδεχομένως την επιστημονική δεοντολογία), θα ήθελα να παραθέσω -αυτούσιο- ένα τμήμα από το βιβλίο ενός ανθρώπου που έχει καθορίσει -καταλυτικά- τον τρόπο σκέψης μου· πρόκειται για τον Επίλογο από το “Σμιλεύοντας το χρόνο” του Andrei Tarkovsky :

*“[...] Σ’ αυτό το σημείο θεωρώ πολύ σημαντικό να μιλήσω όχι τόσο για την τέχνη εν γένει ή την λειτουργία του κινηματογράφου ειδικότερα, όσο για την ίδια την ίδια τη ζωή· ο καλλιτέχνης που δεν συνειδητοποιεί το νόημα της ζωής, δεν θα κατορθώσει ποτέ να δώσει κάποια ολοκληρωμένη μαρτυρία στη γλώσσα της τέχνης μου. Αποφάσισα λοιπόν να ολοκληρώσω το βιβλίο με ορισμένες σύντομες σκέψεις για τα προβλήματα του καιρού μας, όπως τα αντιμετωπίζω σήμερα· για τις θεμελιακές πλευρές αυτών των προβλημάτων που έχουν επιπτώσεις πέρα από την παρούσα στιγμή· για το νόημα της ύπαρξής μας.*

*Θέλοντας να καθορίσω τα καθήκοντά μου όχι μόνο από την πλευρά του καλλιτέχνη αλλά κυρίως από την πλευρά του ατόμου, κατάλαβα ότι πρέπει να εξετάσω τη γενική πολιτισμική στάθμη και την προσωπική ευθύνη κάθε ατόμου ως μετόχου στην ιστορική διαδικασία.*

*Μου φαίνεται ότι η εποχή μας κλείνει έναν ολόκληρο ιστορικό κύκλο, όπου την ανώτατη εξουσία άσκησαν οι ‘μεγάλοι ιεροεξεταστές’, οι ηγέτες, οι ‘εξέχουσες προσωπικότητες’, με στόχο να μετατρέψουν την κοινωνία σε μια πιο ‘δίκαιη’ και ορθολογική οργάνωση. Θέλησαν να κυριέψουν τη συνείδηση των μαζών, να τους μεταδώσουν νέες ιδεολογικές και κοινωνικές απόψεις, παρακινώντας τους να αναθεωρήσουν την οργανωτική δομή της ζωής τους για χάρη της συλλογικής ευτυχίας. Ο Ντοστογιέφσκι μάς είχε προειδοποιήσει για τους ‘μεγάλους ιεροεξεταστές’ που τολμούν να επωμίζονται την ευθύνη για την ευτυχία των άλλων. Το είδαμε κι οι ίδιοι ότι η διεκδίκηση συμφερόντων από την πλευρά μιας ομάδας ή μιας τάξης -διεκδίκηση που συνοδεύεται συνήθως από την επίκληση για το καλό της ανθρωπότητας και την ‘γενική ευημερία’ - καταλήγει σε κατάφωρες παραβιάσεις των δικαιωμάτων του ατόμου, το οποίο αποξενώνεται θανάσιμα από την κοινωνία· ότι αυτή η διαδικασία που ‘αντικειμενική’, ‘επιστημονική’ της βάση είναι η ‘ιστορική αναγκαιότητα’ εκλαμβάνεται εσφαλμένα ως βασική, υποκειμενική πραγματικότητα της ζωής των ανθρώπων.*

*Σε ολόκληρη την ιστορία του πολιτισμού βλέπουμε ότι η ιστορική διαδικασία συνίσταται βασικά στην επιλογή του ‘σωστού’, του ‘ορθού’ -και κάθε φορά καλύτερου - δρόμου, που τον έχουν συλλάβει οι ιδεολόγοι και οι πολιτικοί και τον προσφέρουν στους ανθρώπους για την βελτίωση της θέσης τους και για τη σωτηρία του κόσμου. Για να συμμετέχουν οι ‘λίγοι’ σ’ αυτή τη διαδικασία αναδιοργάνωσης, έπρεπε κάθε φορά να παραιτούνται από τον δικό τους τρόπο σκέψης και να κατευθύνουν όλες τις προσπάθειες τους έξω από τον εαυτό τους, ώστε να χωρέσουν στο προτεινόμενο σχέδιο δράσης. Το άτομο, παρασυρμένο μ’ αυτόν τον τρόπο σε δυναμική εξωστρεφή δραστηριότητα για χάρη μιας ‘προόδου’ που θα έσωζε το μέλλον του ανθρώπου, λησμόνησε όλα όσα ήταν αποκλειστικά, προσωπικά και ουσιαστικά δικά του· ακολουθώντας τη γενική προσπάθεια, κατέληξε να υποτιμήσει τη σημασία της πνευματικής του φύσης, γεγονός που τον οδηγεί σε ασυμφιλίωτη σύγκρουση με την*

κοινωνία. Όλους τούς απασχολούσαν τα συμφέροντα των πολλών και κανένας δεν σκέφτηκε το δικό του συμφέρον με την έννοια των λόγων του Χριστού : “αγάπα τον πλησίον σου ως εαυτόν”. Δηλαδή, αγάπα τον εαυτό σου τόσο, που να σέβεσαι μέσα σε αυτόν την υπερπροσωπική , θεϊκή αρχή η οποία σε απαγορεύει να κυνηγάς τα στενά, εγωιστικά σου συμφέροντα και σε παρακινεί να δίνεις ασυζητητί και χωρίς σκέψη, να αγαπάς τους άλλους. Η πραγματική αίσθηση αξιοπρέπειας απαιτεί να αποδεχθείς την αντικειμενική αξία και σημασία του ‘εγώ’ στο κέντρο της επίγειας ζωής σου, καθώς μεγαλώνει το πνευματικό της ανάστημα, προχωρώντας προς την τελειότητα όπου δεν υπάρχει εγωκεντρισμός. Η πίστη στον εαυτό σου απαιτεί αδιάλειπτη προσπάθεια και προσήλωση στον αγώνα για την ίδια σου την ψυχή. Είναι πολύ εύκολο να συρθείς χάμω παρά να ανυψωθείς κατά ένα χιλιοστό πάνω από τα στενά, καιροσκοπικά σου κίνητρα. Είναι εξαιρετικά δύσκολο να κατορθώσεις να αναγεννηθείς. Μπορεί ευκολότατα να ξεγελαστείς από τον ‘αλιείς ανθρώπων ψυχών’, να εγκαταλείψεις τη μοναδική σου κλίση, κυνηγώντας δήθεν ανώτερους και πιο γενικούς στόχους και να παρακάμψεις έτσι το γεγονός ότι προδίδεις τον εαυτό σου και τη ζωή σου που σου δόθηκε για κάποιον σκοπό.

Το πρότυπο κοινωνικών σχέσεων έχει διαμορφωθεί κατά τέτοιο τρόπο που οι άνθρωποι δεν απαιτούν το παραμικρό από τον εαυτό τους, αισθάνονται απαλλαγμένοι από κάθε ηθική υποχρέωση και προβάλλουν απαιτήσεις μόνο από τους άλλους, από την ανθρωπότητα εν γένει. Ζητούν από τους άλλους να είναι ταπεινοί, να θυσιάζονται και να δέχονται το ρόλο τους στην οικοδόμηση του μέλλοντος, ενώ οι ίδιοι δεν συμμετέχουν σ’ αυτή τη διαδικασία και δεν αποδέχονται καμία προσωπική ευθύνη για ότι συμβαίνει στον κόσμο. Βρίσκουν χίλιους δύο τρόπους να δικαιολογήσουν τη μη συμμετοχή τους ή την άρνησή τους να παραιτηθούν από τα στενά εγωιστικά τους συμφέροντα και να δουλέψουν για τον ευγενέστερο στόχο που τους υποδεικνύει η αληθινή τους κλίση. Κανένας δεν θέλει, ή δεν μπορεί πια, να κοιτάζει νηφάλια μέσα στον εαυτό του και να παραδεχθεί πως είναι υπεύθυνος για την ζωή του και για την ψυχή του. Με τη σκέψη ότι ‘είμαστε όλοι μαζί’, κοντολογίς ότι η ανθρωπότητα βρίσκεται στην διαδικασία οικοδόμησης κάποιου πολιτισμού, αποφεύγουμε μονίμως τις προσωπικές μας ευθύνες και, χωρίς να το συνειδητοποιούμε, μεταθέτουμε στους άλλους κάθε ευθύνη για όσα συμβαίνουν. Με αποτέλεσμα να γίνεται ολοένα πιο απεγνωσμένη η σύγκρουση ατόμου και κοινωνίας, να ψηλώνει ολοένα και περισσότερο το τείχος της αποξένωσης ανάμεσα στους ανθρώπους.

Ζούμε σε μια κοινωνία που δεν έχει χτιστεί με τις προσπάθειες κανενός συγκεκριμένα παρά με τις ‘συντονισμένες’ προσπάθειες όλων μαζί, όπου η προσωπικότητα διεκδικεί τα δικαιώματά της όχι από τον εαυτό της παρά από τους άλλους. Οπότε το άτομο γίνεται είτε όργανο των ιδεών και των φιλοδοξιών κάποιων άλλων, είτε αφέντης που προσαρμόζει και χρησιμοποιεί την ενέργεια των άλλων χωρίς κανένα σεβασμό για τα δικαιώματά τους. Η άποψη ότι καθένας είναι υπεύθυνος για τον εαυτό του μοιάζει να έχει εξαφανιστεί, θύμα ενός παρεξηγημένου ‘λογικού καλού’, στην υπηρεσία του οποίου ο άνθρωπος αποκτά το δικαίωμα να του φέρονται με πλήρη έλλειψη ευθύνης.

Από τη στιγμή που αναθέσαμε σε άλλους να λύσουν τα προβλήματά μας, μεγάλωσε το ρήγμα μεταξύ πνεύματος και ύλης. Τις ιδέες που κυβερνούν τον κόσμο όπου ζούμε τις έχουν αναπτύξει άλλοι, κι εμείς πρέπει είτε να συμμορφωθούμε στους κανόνες αυτών των ιδεών, είτε να απομακρυνθούμε και να τις αντικρούσουμε -θέση

που γίνεται ολοένα πιο απελπιστική. Θα συμφωνήσετε, φαντάζομαι, ότι πρόκειται για παράδοξη και ζοφερή κατάσταση.

Είμαι πεπεισμένος ότι η σύγκρουση μπορεί να λυθεί μόνο αν τα ατομικά κίνητρα εναρμονιστούν με τα κοινωνικά. Τι σημαίνει “θυσιάζομαι για το γενικό καλό;” Σίγουρα υποδηλώνει μια τραγική σύγκρουση του προσωπικού με το συλλογικό. Αν η αίσθηση καθήκοντος απέναντι στο μέλλον της κοινωνίας δεν στηρίζεται σε μια ενδόμυχη πίστη για τον ρόλο που θα διαδραματίσουμε, και αν αισθανόμαστε πως έχουμε το δικαίωμα να χρησιμοποιούμε τους άλλους κατευθύνοντας τη ζωή τους για λογαριασμό τους και κατηχώντας τους με την ιδέα ότι ο ρόλος τους είναι σημαντικός για την ανάπτυξη της κοινωνίας, η δυσαρμονία μεταξύ ατόμου και κοινωνίας γίνεται απλώς πιο πικρή.

Ελευθερία βούλησης πρέπει να σημαίνει πως έχουμε τη δυνατότητα να αξιολογήσουμε όχι μόνο τα κοινωνικά φαινόμενα μα και τις σχέσεις μας με τους άλλους· πως έχουμε την δυνατότητα να επιλέξουμε ελεύθερα ανάμεσα στο καλό και το κακό. Η ελευθερία όμως είναι συνυφασμένη με τη συνείδηση. Ακόμα κι αν όλες οι ιδέες που αναπτύχθηκαν από την κοινωνική γνώση αποτελούν προϊόν εξέλιξης, η συνείδηση δεν έχει καμία σχέση με την ιστορική διαδικασία. Η συνείδηση, ως έννοια και ως αίσθηση είναι *a priori* ενύπαρκτη στον άνθρωπο και κλονίζει τα θεμέλια μιας κοινωνίας που γεννήθηκε από τον ελαττωματικό πολιτισμό μας. Η συνείδηση αντιδρά στη σταθεροποίηση αυτής της κοινωνίας· οι απαιτήσεις της έρχονται συχνά σε διάσταση με τα συμφέροντα -ή και την επιβίωση- του ανθρώπινου είδους. Με όρους βιολογικής εξέλιξης η συνείδηση ως κατηγορία δεν έχει νόημα· παρ’ όλα αυτά, υφίσταται για κάποιο λόγο και συνοδεύει το ανθρώπινο γένος όσο υπάρχει και αναπτύσσεται.

Είναι φανερό ότι η υλική πρόοδος του ανθρώπου δεν συμβάδισε με την πνευματική του εξέλιξη. Φτάσαμε σ’ ένα σημείο όπου δεν μπορούμε πια να τιθασέψουμε τα υλικά μας επιτεύγματα και να τα χρησιμοποιήσουμε για το καλό μας. Δημιουργήσαμε έναν πολιτισμό που απειλεί να εξολοθρεύσει την ανθρωπότητα.

Απέναντι σε καταστροφή τέτοιας κλίμακας το μόνο που πρέπει να τεθεί, κατά την γνώμη μου· είναι η προσωπική ευθύνη του ατόμου και η προθυμία του για θυσία, χωρίς την οποία παύει να λογίζεται ως πνευματικό ον. Εννοώ το πνεύμα θυσίας που πρέπει να αποτελεί ουσιαστικό και φυσικό τρόπο ζωής σχεδόν κάθε ανθρώπινου όντος, κι όχι κάτι που θεωρείται ατυχία ή τιμωρία την οποία επιβάλλουν εξωτερικοί παράγοντες. Εννοώ το πνεύμα θυσίας που εκφράζεται με την εκούσια υπηρεσία του άλλου, κάτι που το επωμίζεται κανείς φυσικά, θεωρώντας ότι είναι η μόνη εφικτή μορφή ύπαρξης.

Κι όμως σήμερα στον κόσμο οι προσωπικές σχέσεις βασίζονται ολοένα και πιο συχνά στην τάση των ανθρώπων να αρπάζουν όσο περισσότερα μπορούν από τον άλλο, καθώς προστατεύουμε ζηλόφθονα τα συμφέροντα μας. Το παράδοξο σ’ αυτή την κατάσταση είναι ότι όσο περισσότερο ταπεινώνουμε τους συνανθρώπους μας, τόσο λιγότερο ικανοποιημένοι νιώθουμε και τόσο μεγαλώνει η απομόνωση μας. Είναι το τίμημα για την αμαρτία μας που δεν επιλέξαμε ελεύθερα το δρόμο της ανθρώπινης τελείωσης μας, δεν αφήσαμε την καρδιά και το μυαλό μας να τον δεχτούν ως τον μόνο αληθινό δρόμο, το μόνο αληθινό πράγμα που ποθούμε.

Αυτή η λειψή αποδοχή επιδεινώνει τη σύγκρουση ατόμου και κοινωνίας· ο άνθρωπος βλέπει την κοινωνία σαν φορέα βίας εναντίον του.

Σήμερα είμαστε μάρτυρες της παρακμής του πνεύματος, ενώ η ύλη έχει από χρόνια εξελιχθεί σε σύστημα με δική του κυκλοφορία αίματος και αποτελεί βάση της παράλυτης και αποσαθρωμένης ζωής μας. Είναι φανερό ότι η υλική πρόοδος δεν αρκεί

να κάνει ευτυχισμένους τους ανθρώπους, κι ωστόσο συνεχίζουμε να την τροφοδοτούμε με φανατισμό, πολλαπλασιάζοντας τα 'επιτεύγματά' της. Φτάσαμε στο σημείο όπου το παρόν, όπως λέει ο Στάλκερ, χωνεύτηκε στο μέλλον, με την έννοια ότι περιέχει όλες τις δυνατότητες και τις προϋποθέσεις για καταστροφή· το αναγνωρίζουμε, κι όμως δεν κάνουμε τίποτα για να το σταματήσουμε.

Ο σύνδεσμος ανάμεσα στη συμπεριφορά του ανθρώπου και στη μοίρα του έχει διαλυθεί, κι αυτή η τραγική ρήξη αποτελεί την αιτία για την αίσθηση ρευστότητας που χαρακτηρίζει τον σύγχρονο κόσμο. Φυσικά, ό,τι κάνει ένας άνθρωπος έχει θεμελιακή σημασία. Ωστόσο, επειδή έχει εθιστεί, πιστεύει ότι τίποτα δεν εξαρτάται απ' αυτόν και ότι η προσωπική του εμπειρία δεν επηρεάζει το μέλλον, κι έτσι κατέληξε στο κίβδηλο και θανάσιμο συμπέρασμα ότι δεν παίζει κανένα ρόλο στη διαμόρφωση της μοίρας του.

Η καταστροφή όσων θα έπρεπε να συνδέουν τον άνθρωπο με την κοινωνία μάς υποχρεώνει καταρχήν να αποκαταστήσουμε τη συμμετοχή του ανθρώπου στη διαμόρφωση του μέλλοντός του, διαδικασία που απαιτεί να πιστέψει ο ίδιος στην ψυχή του, στην οδύνη της και να εξαρτήσει τις πράξεις του από την συνείδησή του. Πρέπει να αποδεχθεί πως η συνείδησή του δεν θα ησυχάσει ποτέ, όσο αυτές οι πράξεις του αντιφάσκουν προς τις απόψεις του και να αναγνωρίσει τις συνέπειες αυτού του διχασμού στην οδύνη της ψυχής του που τον καλεί να επωμιστεί τις ευθύνες για τα σφάλματά του. Πρέπει να αποκλείσει κάθε βολική δικαιολογία, κάθε στερεότυπη και εύκολη μετάθεση ευθυνών· ας σταματήσει πια να αποδίδει τα πάντα στη μοιραία επίδραση των άλλων και ποτέ στον εαυτό του. Έχω πειστεί πως κάθε απόπειρα να αποκαταστήσουμε την αρμονία στον κόσμο βασίζεται αποκλειστικά στην ανανέωση της προσωπικής ευθύνης.

Ο Μάρξ και ο Ένγκελς αναφέρουν ότι η ιστορία για να αναπτυχθεί επιλέγει τις χειρότερες εκδοχές, κι είναι αλήθεια, αν προσεγγίσουμε το πρόβλημα από την άποψη της υλικής μας ύπαρξης. Σ' αυτό το συμπέρασμα έφτασαν μια εποχή όπου η ιστορία είχε 'στραγγίσει' και την τελευταία ρανίδα ιδεαλισμού, όταν ο άνθρωπος ως πνευματικό ον είχε πάψει να σημαίνει οτιδήποτε στην ιστορική διαδικασία. Είδαν την κατάσταση όπως ήταν τότε, χωρίς να αναλύσουν τις αιτίες της -συγκεκριμένα την αποτυχία του ανθρώπου να αναγνωρίσει ότι ευθύνεται για την πνευματικότητά του. Μόλις ο άνθρωπος μετέτρεψε την ιστορία σε άψυχη και αλλοτριωμένη μηχανή, εκείνη, για να συνεχίσει να λειτουργεί, αντί για βίδες και μάντες, άρχισε αμέσως να αξιώνει ανθρώπινες ζωές.

Ο άνθρωπος έφτασε πια να θεωρείται κοινωνικά χρήσιμο ζώο και μόνο. (Το θέμα είναι βέβαια πώς ορίζουμε την κοινωνική χρησιμότητα.) Όταν υπερτονίζουμε την κοινωνική χρησιμότητα κάποιου και αγνοούμε το δικαίωμα της προσωπικότητας, διαπράττουμε ασυγχώρητο σφάλμα και δημιουργούμε τις προϋποθέσεις για μια τραγωδία.

Το θέμα της ελευθερίας θέτει το ζήτημα της εμπειρίας και της αγωγής. Ο σύγχρονος άνθρωπος στον αγώνα του για ελευθερία απαιτεί προσωπική απελευθέρωση με την έννοια ότι επιτρέπεται στο άτομο να κάνει ό,τι θέλει. Αυτό όμως αποτελεί ψευδαίσθηση ελευθερίας και η επιδίωξή της οδηγεί απλώς στην απογοήτευση. Χρειάζεται μακροχρόνιος και σκληρός αγώνας για να απελευθερώσει το άτομο τις πνευματικές του δυνάμεις. Η αυτοπειθαρχία πρέπει να παραγκωνιστεί στην κακή αγωγή του, αλλιώς θα κατανοήσει την ελευθερία του με όρους αγοραίου καταναλωτισμού.

Από αυτή την άποψη η κατάσταση στη Δύση μας δίνει άφθονο υλικό για σκέψη. Αδιαμφισβήτητες δημοκρατικές ελευθερίες συνυπάρχουν με μια αυτονόητη μα τερατώδη πνευματική κρίση που προσβάλλει κάθε 'ελεύθερο' πολίτη. Γιατί άραγε, παρ' όλη την ελευθερία του ατόμου, η σύγκρουση με την κοινωνία παρουσιάζεται εδώ σε τόσο οξυμένη μορφή; Νομίζω πως η εμπειρία της Δύσης αποδεικνύει ότι η ελευθερία δεν μπορεί να θεωρηθεί δεδομένη, όπως το νεράκι της πηγής που δεν κοστίζει δεκάρα και δεν απαιτεί την παραμικρή ηθική προσπάθεια από κανέναν· αν ο άνθρωπος την θεωρεί δεδομένη, δεν θα μπορέσει ποτέ να χρησιμοποιήσει τα οφέλη της για να αλλάξει τη ζωή του προς το καλύτερο. Η ελευθερία δεν είναι κάτι που ενσωματώνεται στη ζωή ενός ανθρώπου μια για πάντα· πρέπει να την κατακτά κανείς συνεχώς, με σθεναρή ηθική προσπάθεια. Ο άνθρωπος, σε σχέση με τον εξωτερικό κόσμο, ουσιαστικά είναι ανελεύθερος, επειδή δεν είναι μόνος. Την εσωτερική ελευθερία όμως την έχει εξαρχής, αν βρεί το θάρρος και την τόλμη να την χρησιμοποιήσει, αποδεχόμενος ότι η εσωτερική του εμπειρία έχει κοινωνική σημασία.

Ένας άνθρωπος δεν μπορεί να είναι αληθινά ελεύθερος με εγωιστική σημασία. Ούτε μπορεί η ατομική ελευθερία να είναι αποτέλεσμα συλλογικής προσπάθειας. Το μέλλον μας εξαρτάται μόνο από εμάς. Ωστόσο, συνηθίσαμε να ξεπληρώνουμε τα πάντα με το μόχθο των άλλων και τον πόνο των άλλων -ποτέ τον δικό μας. Αρνούμαστε να λάβουμε υπόψη το απλό γεγονός πως 'όλα συνδέονται σ' αυτόν τον κόσμο'· τίποτα δεν είναι τυχαίο εφόσον είμαστε προικισμένοι με ελεύθερη βούληση κι έχουμε το δικαίωμα να επιλέξουμε μεταξύ του καλού και του κακού.

Φυσικά, οι ευκαιρίες να επιβάλει κανείς την ελεύθερη βούλησή του, περιορίζονται από την βούληση των άλλων. Ωστόσο πρέπει να πούμε πως η αποτυχία μας να είμαστε ελεύθεροι πηγάζει πάντοτε από εσωτερική δειλία και παθητικότητα, από λειψή αποφασιστικότητα να ασκήσουμε τη βούλησή μας ακολουθώντας τη φωνή της συνείδησης.

Στη Ρωσία οι άνθρωποι αναφέρουν συχνά το ρητό του Κορολένκο ότι "ο άνθρωπος γεννήθηκε για να είναι ευτυχισμένος, όπως το πουλί για να πετάει". Κατά την γνώμη μου τίποτα δεν είναι πιο μακριά από την ουσία της ανθρώπινης ύπαρξης όσο αυτά τα λόγια. Ποτέ δεν μπόρεσα να καταλάβω τι νόημα μπορεί να έχει για οποιονδήποτε η έννοια της 'ευτυχίας' καθαυτήν. Μήπως σημαίνει ικανοποίηση; Αρμονία; Ο άνθρωπος όμως δεν είναι ποτέ ικανοποιημένος γιατί σε τελευταία ανάλυση τα οράματά του δεν κατευθύνονται ποτέ σε συγκεκριμένους, πεπερασμένους στόχους, παρά στο άπειρο...Ούτε η Εκκλησία μπορεί να σβήσει τη δίψα του ανθρώπου για το Απόλυτο, καθώς λειτουργεί, δυστυχώς, σαν συμπληρωματικό στοιχείο, αντιγράφει ή απομιμείται αδέξια τους κοινωνικούς θεσμούς που οργανώνουν την καθημερινή μας ζωή. Στον σημερινό κόσμο που γέρνει τόσο επικίνδυνα προς τον υλισμό και την τεχνολογία, η εκκλησία δείχνει πως δεν μπορεί να αποκαταστήσει την ισορροπία, καλώντας σε πνευματική αφύπνιση.

Σε όλη αυτή την κατάσταση μού φαίνεται ότι η τέχνη καλείται να εκφράσει την απόλυτη ελευθερία του ανθρώπινου πνευματικού δυναμικού. Νομίζω πως η τέχνη ήταν πάντοτε το όπλο του ανθρώπου απέναντι στα υλικά πράγματα που απειλούσαν να αφανίσουν το πνεύμα του. Δεν είναι τυχαίο ότι στην πορεία σχεδόν δύο χιλιάδων ετών χριστιανισμού η τέχνη αναπτύχθηκε επί χρόνια στο πλαίσιο θρησκευτικών ιδεών και στόχων. Με την ύπαρξή της και μόνο κράτησε ζωντανή την ιδέα της αρμονίας στη διχασμένη ανθρωπότητα.

*Η τέχνη ενσάρκωσε κάποιο ιδεώδες· αποτελούσε παράδειγμα της τέλει ισορροπίας μεταξύ υλικών και ηθικών αρχών, ήταν η απόδειξη ότι αυτή η ισορροπία δεν αποτελούσε μύθο που υπήρχε μόνο στη σφαίρα της ιδεολογίας, παρά κάτι που μπορούσε να πραγματοποιηθεί σ' αυτόν τον κόσμο των φαινομένων. Η τέχνη έδινε έκφραση στην ανάγκη του ανθρώπου για αρμονία και στην απόφασή του να πολεμήσει τον εαυτό του για να αποκτήσει την πολυπόθητη ισορροπία.*

*Δεδομένου ότι η τέχνη εκφράζει το ιδεώδες και τις βλέψεις του ανθρώπου προς το άπειρο, δεν μπορούμε να τη ζήσουμε σε καταναλωτικούς στόχους χωρίς να βιάσουμε την φύση της... Το ιδεώδες αφορά πράγματα που δεν υπάρχουν στον κόσμο όπως τον γνωρίζουμε παρά μάς υπενθυμίζει τι πρέπει να υπάρχει στο πνευματικό επίπεδο. Το έργο τέχνης είναι μια μορφή που προσδίδεται σ' αυτό το ιδεώδες, το οποίο μελλοντικά θα ανήκει στην ανθρωπότητα, μα προσωρινά προορίζεται για τους λίγους και κατά κύριο λόγο για τον μεγαλοφυή που μπόρεσε να φέρει σε επαφή την ανθρώπινη γνώση, παρά τα περιορισμένα της όρια, με το ενσαρκωμένο στην τέχνη του ιδεώδες. Απ' αυτήν την άποψη η τέχνη είναι φύσει αριστοκρατική· κάνει διάκριση μεταξύ δύο επιπέδων ανθρώπινου δυναμικού, διασφαλίζοντας την πορεία από το κατώτερο προς το ανώτερο εφόσον το άτομο κινείται προς την πνευματική τελείωση. Φυσικά με τη λέξη 'αριστοκρατική' δεν υπαινίσσομαι κάποιον ταξικό συσχετισμό, μάλλον το αντίθετο: Εφόσον η ψυχή αποζητά την ηθική δικαίωση και το νόημα της ύπαρξης και στην πορεία αυτής της αναζήτησης προσεγγίζει την τελειότητα, όλοι βρίσκονται στην ίδια θέση και δικαιούνται εξίσου να συγκαταλέγονται στους πνευματικά εκλεκτούς. Ο ουσιαστικός διαχωρισμός γίνεται ανάμεσα σ' αυτούς που θέλουν να επωφεληθούν από αυτή τη δυνατότητα και σ' εκείνους που την αγνοούν. Η τέχνη όμως καλεί συνεχώς τους ανθρώπους να επαναξιολογήσουν τον εαυτό τους και τη ζωή τους στο φως του ιδεώδους στο οποίο έδωσε μορφή.*

*Ο ορισμός του Κορολένκο ότι το νόημα της ανθρώπινης ύπαρξης συνίσταται στο δικαίωμα για ευτυχία μου φέρνει στο μυαλό την εντελώς αντίθετη άποψη, όπως διατυπώνεται στον Ιώβ : "άνθρωπος γεννάται κόπω νεοσσοί δε γυπός τα υψηλά πέτονται (Ε' 7). Μ' άλλα λόγια ο πόνος είναι συνυφασμένος με την ύπαρξή μας· πράγματι, χωρίς αυτόν, πώς θα πετούσαμε τα υψηλά; Και τι είναι ο πόνος; Από πού έρχεται; Από την έλλειψη ικανοποίησης, από το χάος ανάμεσα στο ιδεώδες και σ' εμάς; Η αίσθηση 'ευτυχίας' δεν έχει τόση σημασία όσο το να μπορέσουμε να ενδυναμώσουμε την ψυχή μας στον αγώνα για μια ελευθερία πραγματικά θεϊκή.*

*Η τέχνη επιβεβαιώνει ό,τι καλό υπάρχει στον άνθρωπο -ελπίδα, πίστη, αγάπη, ομορφιά, ευσέβεια... Ό,τι ονειρεύεται και ό,τι ελπίζει... Όταν κάποιος δεν ξέρει κολύμπι και ρίχνεται στο νερό, το ένστικτο υπαγορεύει στο κορμί του τις κινήσεις που θα τον γλιτώσουν. Και τον καλλιτέχνη τον καθοδηγεί επίσης κάτι σαν ένστικτο, και το έργο του προωθεί την έρευνα του ανθρώπου για το αιώνιο, το υπερβατικό, το θεϊκό - συχνά παρά την αμαρτωλή συμπεριφορά του ίδιου του ποιητή.*

*Τι είναι τέχνη; Ανήκει στο καλό ή στο κακό; Είναι του Θεού ή του διαβόλου; Είναι έργο της δύναμης ή της αδυναμίας του ανθρώπου; Μπορεί να αποτελεί τεκμήριο συντροφικότητας, εικόνα κοινωνικής αρμονίας; Μπορεί να είναι αυτή η λειτουργία της; Η τέχνη είναι ερωτική εξομολόγηση - η συνειδητοποίηση της εξάρτησής μας από τον άλλο. Ομολογία πίστεως. Πράξη ασύνειδη που αντανακλά ωστόσο το αληθινό νόημα της ζωής -αγάπη και θυσία.*



Καθώς κοιτούμε πίσω μας, γιατί βλέπουμε ότι το μονοπάτι της ανθρώπινης ιστορίας είναι γεμάτο κατακλυσμούς και καταστροφές; Τι συνέβη αλήθεια σ' εκείνους τους παλαιούς πολιτισμούς; Γιατί σώθηκε η ανάσα τους, γιατί στέρησε η θέλησή τους να ζήσουν και χάθηκε η ηθική τους δύναμη; Οπωσδήποτε δεν είναι δυνατόν να πιστέψουμε ότι για όλα φταίνε οι υλικές ελλείψεις. Αυτή την αιτιολογία τη βρίσκω γελοία. Επιπλέον, πιστεύω ότι είμαστε έτοιμοι να καταστρέψουμε τελείως άλλον ένα πολιτισμό -συνέπεια της αποτυχίας μας να εκτιμήσουμε την πνευματική πλευρά της ιστορικής διαδικασίας. Δεν θέλουμε να παραδεχτούμε πως πολλές από τις κακοδαιμονίες της ανθρωπότητας είναι αποτέλεσμα του ότι γίναμε ασυγχώρητα, αξιοθρήνητα, απελπιστικά υλιστές. Θεωρούμε πως είμαστε πρωτοπόροι της επιστήμης, και κάνουμε ακόμα πιο πειστική την επιστημονική μας αντικειμενικότητα, διχοτομώντας τη μία και αδιαίρετη ανθρώπινη πορεία: έτσι αποκαλύπτουμε μια μοναχική μα ορατή πηγή, την οποία αναγορεύουμε σε πρωταρχική αιτία των πάντων και τη χρησιμοποιούμε όχι μόνο για να εξηγήσουμε τα σφάλματα του παρελθόντος αλλά και για να προδιαγράψουμε το μέλλον. Η πτώση των παλαιών πολιτισμών ίσως σημαίνει ότι η ιστορία περιμένει υπομονετικά να κάνει ο άνθρωπος τη σωστή επιλογή, οπότε θα πάψει πια να την οδηγεί σε αδιέξοδο και δεν θα την αναγκάζει να ακυρώνει την μια αποτυχημένη προσπάθεια μετά την άλλη με την ελπίδα πως η επόμενη θα πετύχει. Δεν είναι αβάσιμη η γνωστή άποψη ότι η ιστορία δεν μας διδάσκει τίποτα κι ότι η ανθρωπότητα αδιαφορεί για όσα έχουν συμβεί στην ιστορία. Βέβαια κάθε επακόλουθη καταστροφή είναι απόδειξη πως ο συγκεκριμένος πολιτισμός ήταν λάθος· κι όταν ο άνθρωπος αναγκάζεται να αρχίσει από την αρχή, σημαίνει ότι ως τότε δεν είχε στόχο του την πνευματική τελειότητα παρά κάτι άλλο.

Η τέχνη είναι κατά κάποιον τρόπο εικόνα της ολοκληρωμένης, τελειωμένης διαδικασίας μίμησης της κατάκτησης της απόλυτης αλήθειας (έστω και με τη μορφή εικόνας) η οποία εξαλείφει το μακρύ, κι ίσως ατέρμονο, μονοπάτι της ιστορίας.

Είναι στιγμές που νιώθουμε την ανάγκη να αναπαυτούμε, να τα παραδώσουμε όλα, να τα εγκαταλείψουμε όλα και να εγκαταλειφθούμε σε κάποια κοσμοθεωρία ολοκληρωτική - λόγου χάρη τις Βέδες. Η Ανατολή βρισκόταν πιο κοντά στην αλήθεια απ' ό,τι η Δύση, αλλά ο δυτικός πολιτισμός με τις υλιστικές του απαιτήσεις από τη ζωή την καταβρόχθισε την Ανατολή.

Συγκρίνετε την ανατολική με τη δυτική μουσική. Η Δύση μονίμως κραυγάζει : “Να με! Κοιτάζτε με! Ακούστε πως υποφέρω, πως αγαπώ! Πόσο δυστυχισμένη είμαι! Πόσο ευτυχισμένη! Εγώ! Εμού! Εμέ!” Στην Ανατολική παράδοση δεν προφέρουν ούτε λέξη για τον εαυτό τους. Το άτομο είναι απόλυτα απορροφημένο στο Θεό, στη Φύση, στο Χρόνο· θεωρεί ότι ο εαυτός του βρίσκεται στα πάντα· ανακαλύπτει τα πάντα μέσα στον εαυτό του. Σκεφτείτε λίγο την ταοϊκή μουσική... Η Κίνα εξακόσια χρόνια προ Χριστού... Μα αν είν' έτσι, γιατί μια τόσο υπέροχη ιδέα δεν θριάμβευσε, γιατί κατέρρευσε; Γιατί ο πολιτισμός που αναπτύχθηκε πάνω σε τέτοια θεμέλια δεν έφτασε ως εμάς με τη μορφή μιας ολοκληρωμένης πια ιστορικής διαδικασίας; Οι άνθρωποι θα ήρθαν σίγουρα σε σύγκρουση με τον υλικό κόσμο γύρω τους. Όπως το άτομο συγκρούεται με την κοινωνία, εκείνος ο πολιτισμός συγκρούστηκε με έναν άλλο. Χάθηκε όχι μόνο γι' αυτόν το λόγο, παρά κι επειδή ήρθε αντιμέτωπος με τον υλικό κόσμο της 'προόδου' και της τεχνολογίας. Εκείνος όμως ο πολιτισμός υπήρξε το τελικό στάδιο της αληθινής γνώσης, άλας από το άλας της γης. Και σύμφωνα με τη λογική της ανατολικής σκέψης, κάθε λογής σύγκρουση είναι στην ουσία αμαρτία.

*Ζούμε όλοι στον κόσμο έτσι όπως τον φανταστήκαμε, όπως τον δημιουργήσαμε. Αντί λοιπόν να απολαμβάνουμε τα πλεονεκτήματα του, είμαστε θύματα των ατελειών του.*

*Τελικά, θα' θελα να εκμυστηρευτώ στον αναγνώστη ότι το μόνο που δημιούργησε ποτέ η ανθρωπότητα με πνεύμα αυταπάρνησης είναι η καλλιτεχνική εικόνα- και θέλω να με πιστέψει. Ίσως το νόημα κάθε ανθρώπινης δραστηριότητας να βρίσκεται στην καλλιτεχνική συνείδηση, στην άσκοπη και ανιδιοτελή καλλιτεχνική πράξη. Ίσως η ικανότητά μας για δημιουργία να είναι απόδειξη ότι κι εμείς οι ίδιοι δημιουργηθήκαμε κατ' εικόνα και ομοίωση του Θεού.*

Andrei Tarkovsky.

## Παράρτημα

### Π.1 Χαρακτηριστικά και κατηγορίες της ηλεκτρονικής μουσικής

#### Π.1.1 Τι είναι ηλεκτρονική μουσική ;

Ο χώρος της μουσικής είναι -δυστυχώς- γεμάτος από “ταμπέλες” και “κατηγορίες”, οι οποίες πολλές φορές είναι εντελώς άχρηστες και αποτελούν απλώς επιδερμικές περιγραφές. Η ηλεκτρονική μουσική δεν έχει ξεφύγει από το φαινόμενο αυτό.

Ήδη από τη δεκαετία του ‘50, όταν άρχισε η νέα αυτή μουσική να θεμελιώνεται, οι άνθρωποι που έπαιζαν πρωταγωνιστικό ρόλο στην διαμόρφωσή της δεν ήξεραν πως να την ονομάσουν. Οι Schaeffer και Henry ονόμασαν τους ηλεκτρονικά επεξεργασμένους φυσικούς ήχους που χρησιμοποιούσαν «Musique concrète». Στην Γερμανία οι Eimert και Stockhausen έδωσαν στην μουσική τους, που έκανε χρήση μόνο συνθετικών ήχων, την ονομασία «Elektronische Musik». Ο Varèse ονόμασε τα αντίστοιχα έργα του -στα οποία χρησιμοποιεί τόσο συνθετικούς, όσο και επεξεργασμένους φυσικούς ήχους- «Organized Sound». Στην Αμερική τέλος οι Luening και Ussachevsky προτίμησαν το «Tape-Music».

Στην παρούσα εργασία, καθαρά για λόγους συστηματοποίησης, κρίθηκε χρήσιμο να γίνουν κάποιες διακρίσεις σε σχέση με τις τεχνικές δημιουργίας, αλλά και τις μορφές με τις οποίες υφίσταται η ηλεκτρονική μουσική. Γενικά, θα μπορούσε να διατυπώσει κανείς την άποψη ότι ηλεκτρονική μουσική είναι η μουσική που **δημιουργεί νέους ή διαμορφώνει ήδη υπάρχοντες ήχους με ηλεκτρικά- ηλεκτρονικά μέσα και τους οργανώνει στον χρόνο.** (Holmes, 2002) Ένα synthesizer, μια γεννήτρια ημιτονοειδών κυμάτων, ένα κουδούνι ή ένα βιολί που παίζει και φιλτράρεται μέσω ενός μικροφώνου, αποτελούν διαφορετικές εκδοχές της παραπάνω πρότασης. Με βάση αυτό το κριτήριο έχουμε ήδη δύο μεγάλες κατηγορίες ηλεκτρονικής μουσικής:

- 1) Την Αμιγή Ηλεκτρονική Μουσική (Pure Electronic Music).
- 2) Την Ηλεκτροακουστική Μουσική (Electroacoustic Music).

#### Π.1.2 Αμιγής ηλεκτρονική μουσική (Pure electronic music)

Κύριο χαρακτηριστικό της κατηγορίας αυτής είναι η δημιουργία μουσικής μέσω της παραγωγής ηχητικών κυμάτων από ηλεκτρικά μέσα, δηλαδή την σύνθεση ηλεκτρονικών ήχων. Αυτό επιτυγχάνεται **δίχως** την χρήση παραδοσιακών ακουστικών οργάνων και γενικότερα ήχων προερχόμενων από το φυσικό περιβάλλον. Η έννοια “σύνθεση ήχου”, που είναι και το σημαντικότερο χαρακτηριστικό της συγκεκριμένης κατηγορίας, αναφέρεται στην διαδικασία της κατασκευής ήχων εκ του μηδενός με την χρήση αποκλειστικά και μόνο ηλεκτρικών μέσων. Η προσθετική σύνθεση ήχου (additive sound synthesis) είναι ένα παραδείγμα αυτού του τύπου σύνθεσης.

Δύο χαρακτηριστικά έργα αυτής της κατηγορίας είναι τα *Ensembles for Synthesizer* (1961-1963) του Milton Babbitt που χρησιμοποιεί το RCA Music Synthesizer του Columbia-Princeton Electronic Music Center και το *Switched on Bach* (1968) της Wendy Carlos, το οποίο δεν είναι άλλο παρά μια σειρά από έργα του J.S. Bach εκτελούμενα σε ένα Synthesizer Moog.

Η Αμιγής Ηλεκτρονική μουσική, λοιπόν, είναι φτιαγμένη αποκλειστικά και μόνο από συνθετικούς ήχους και μπορεί να πραγματοποιηθεί τόσο με αναλογικά, όσο και με ψηφιακά μέσα. Η διαφορά τους έγκειται στον τρόπο με τον οποίο ελέγχεται ο ηλεκτρισμός και δεν επηρεάζει -αντιληπτά- το τελικό ηχητικό αποτέλεσμα.

Συνοψίζοντας λοιπόν στην πρώτη αυτή κατηγορία ηλεκτρονικά παραγόμενων ήχων, το κύριο χαρακτηριστικό είναι η δημιουργία τους *ab ovo*, με την χρήση αποκλειστικά και μόνο ηλεκτρονικών τεχνικών, δίχως δηλαδή την επεξεργασία προηχογραφημένου υλικού προερχόμενου από τον φυσικό ηχητικό κόσμο.

### Π.1.3 Ηλεκτροακουστική μουσική (Electroacoustic Music)

Κύριο χαρακτηριστικό της ηλεκτροακουστικής μουσικής, το οποίο την διαφοροποιεί από την αμιγώς ηλεκτρονικά παραγόμενη μουσική, είναι το γεγονός ότι αυτή χρησιμοποιεί τα ηλεκτρονικά μέσα, προκειμένου να διαμορφώσει **ήχους που προέρχονται από το φυσικό περιβάλλον**. Το σύνολο του ηχητικού πλούτου του φυσικού κόσμου αποτελεί την πρωταρχική ύλη για την δημιουργία έργων και μπορεί να είναι οτιδήποτε, από τον θόρυβο μιας μηχανής μέχρι την διαμόρφωση παραμέτρων του ήχου ενός μουσικού οργάνου που παίζεται σε πραγματικό χρόνο από κάποιον εκτελεστή.

Ο ίδιος ο όρος άλλωστε “ηλεκτροακουστική μουσική” πολλές φορές υπονοεί αυτόματα την *live* ή προ-ηχογραφημένη μουσική που έχει υποστεί ηλεκτρονική επεξεργασία. Χαρακτηριστικά έργα της συγκεκριμένης κατηγορίας είναι τα *Catridge Music* (1960) του John Cage στο οποίο χρησιμοποιούνται βελόνες από πικ-απ, προκειμένου να ενισχυθούν ήχοι που σε κάθε άλλη περίπτωση δεν θα ήταν αντιληπτοί και το *Rainforest IV* (1973) του David Tudor που κάνει χρήση αιωρούμενων ηχητικών πηγών, οι οποίες υπόκεινται σε ηλεκτρονική τροποποίηση και διαχέονται πάλι στον ίδιο χώρο, προκειμένου να προκαλέσουν “συμπαθητικές” δονήσεις σε άλλα αιωρούμενα ηχογενή σώματα.

Η διαχείριση προηχογραφημένων φυσικών ήχων αποτελεί θεμελιώδη τεχνική της ηλεκτρονικής μουσικής γενικότερα. Η παραδοσιακή τεχνική σύνθεσης ηλεκτρονικής μουσικής μέσω της παραμόρφωσης προηχογραφημένου υλικού βρίσκει τον σημερινό της επίγονο στην αντίστοιχη τεχνική “digital sampling”. Στόχος και στις δύο περιπτώσεις είναι να καταγραφούν ήχοι από το φυσικό περιβάλλον με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη πιστότητα, προκειμένου έπειτα να υποστούν επεξεργασία από τον συνθέτη.

Μια ειδική -και πολύ ενδιαφέρουσα- υποκατηγορία της ηλεκτροακουστικής μουσικής είναι αυτή των Live Electronics. Σε αυτήν το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό είναι η σε πραγματικό χρόνο διαμόρφωση των χαρακτηριστικών του ήχου φυσικών οργάνων, τα οποία παίζονται από μουσικούς. Η τεχνική αυτή της διαδραστικής ή αλληλεπιδραστικής σχέσης ανάμεσα στα φυσικά όργανα και την τεχνολογία αποτέλεσε και αποτελεί έναν από τους πλέον ενδιαφέροντες τομείς της ηλεκτροακουστικής μουσικής. Ο Karlheinz Stockhausen, ήδη από το 1964 στο έργο του Mikrophonie I, χρησιμοποιεί δύο μικρόφωνα και φίλτρα προκειμένου να επεξεργαστεί τους ήχους που παράγει ένα tam-tam. Άλλο ενδεικτικό έργο με τεχνικές Live Electronics είναι το Superior Seven(1992) του Robert Ashley στο οποίο γίνεται ψηφιακή επεξεργασία σε πραγματικό χρόνο, προκειμένου να διανθιστούν και να εμπλουτιστούν χρωμάτικα νότες που παίζονται από έναν φλαουτίστα.

#### **Π.1.4 Μορφές της ηλεκτρονικής μουσικής.**

Η ηλεκτρονική μουσική υφίσταται σε πολλές διαφορετικές μορφές, οι οποίες πολύ συχνά εμφανίζονται ταυτόχρονα. Η διάκρισή τους γίνεται κυρίως με βάση την τελική μορφή του ηχητικού αποτελέσματος και τον τρόπο εκτέλεσης της μουσικής αυτής. Ο διαχωρισμός που έπεται δεν έχει σε καμία περίπτωση να κάνει με τον τρόπο που παράγεται η μουσική· κάτι τέτοιο είναι πέραν από τους στόχους του παραρτήματος της συγκεκριμένης εργασίας. Τεχνικές όπως η Προσθετική και Αφαιρετική σύνθεση, η Φυσική Μοντελοποίηση και η Granular Σύνθεση ήχου είναι ζητήματα τα οποία απαιτούν συστηματικότερη προσέγγιση και μπορούν να παρουσιαστούν μόνο μέσα στο πλαίσιο μιας ειδικότερης εργασίας.

Ο ιστορικός ωστόσο -και λιγότερο τεχνικός- χαρακτήρας του παραρτήματος, επιβάλλει μια συνοπτική αναφορά στις βασικές μορφές ηλεκτρονικής μουσικής έτσι όπως αυτές εμφανίστηκαν ιστορικά και συνεχίζουν -όλες τώρα πια- να υπάρχουν και ενίοτε να συνυπάρχουν. Έτσι λοιπόν μπορούμε να πούμε ότι η ηλεκτρονική μουσική εμφανίζεται με τις εξής κυρίως μορφές:

1. Ηλεκτρονικά Μουσικά Όργανα (Synthesizers).
2. Μαγνητοταινίες (Tape Music).
3. Μαγνητοταινία μαζί με ακουστικά όργανα ή σύνολα (Tape Music + Live Performance).
4. Live Electronics.
5. Διαδραστικά ή Αλληλεπιδραστικά Μουσικά Συστήματα (Interactive Music Systems).
6. Multimedia Music + Internet Music.
7. Αλγοριθμική Μουσική. Σύνθεση υποβοηθούμενη από τεχνικά μέσα.

## Π.2 Ιστορική επισκόπηση

### Π.2.1 Σημαντικοί σταθμοί στην ιστορία της μουσικής τεχνολογίας και της αυτοματοποιημένης σύνθεσης από την αρχαιότητα το τέλος του 19ου αιώνα.<sup>1</sup>

Στο παράρτημα αυτό θα επιχειρηθεί μια παρουσίαση των σημαντικότερων ιστορικών στιγμών που προηγήθηκαν της καθεαυτής ανάπτυξης της μουσικής τεχνολογίας και θα περιγραφεί το πλαίσιο μέσα στο οποίο τελικά πραγματοποιήθηκε αυτή η ραγδαία άνθιση και η τεχνολογική ακμή που σημάδεψε την μουσική από τον 20ό αιώνα κι έπειτα.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η προσπάθεια κατανόησης των μηχανισμών και της δομής της μουσικής, οδήγησε τους ανθρώπους και ειδικότερα τους συνθέτες στην προσπάθεια συστηματοποίησής της. Πολλές φορές η χρήση των μαθηματικών αλλά και άλλων τυποποιημένων (formal) διαδικασιών, έπαιξαν πρωτεύοντα ρόλο στην προσπάθεια αυτή. Σήμερα, η εφαρμογή των μαθηματικών μοντέλων στην επιστήμη της μουσικής, γίνεται τις περισσότερες φορές με τη βοήθεια των ηλεκτρονικών υπολογιστών (Xenakis 1992). Πριν όμως η ανθρωπότητα φτάσει στο σημείο αυτό, μεσολάβησαν πολύ αργά αλλά σημαντικά βήματα της επιστήμης και του πολιτισμού.

Κατά την διάρκεια του 6ου-5ου αιώνα π.Χ. αιώνα, ο **Πυθαγόρας** στην Αρχαία Ελλάδα συσχέτισε τα μουσικά διαστήματα με μαθηματικούς λόγους. Πρόπαθησε μάλιστα να συνδέσει τους λόγους των μουσικών διαστημάτων με τις τροχιές των πλανητών, συσχετίζοντας τους λόγους των διαστημάτων με νόμους της αστρονομίας (“αρμονία των σφαιρών”)

Ο δανεισμός μαθηματικών εργαλείων για την σύνθεση μουσικής είναι ένα φαινόμενο που παρουσιάζεται σταθερά στην εξέλιξη της μουσική ανά τους αιώνες. Ήδη από την εποχή του μεσαίωνα πολλές “αλγοριθμικές τεχνικές” βρίσκονται σε λειτουργία, εξυπηρετώντας μουσικοσυνθετικούς σκοπούς.

Το 1026 μ.Χ., ο **Guido d’ Arezzo** ανέπτυξε μια πρωτότυπη τυποποιημένη (formal) τεχνική μελωδικής σύνθεσης. Αντιστοίχισε ένα τονικό ύψος σε κάθε φωνήεν, οπότε η μελωδία άλλαζε ανάλογα με το φωνητικό περιεχόμενο του κειμένου. Εφάρμοσε δηλαδή κατά κάποιον τρόπο ένα είδος αλγοριθμικής σύνθεσης.

Κατά την διάρκεια του 14ου αιώνα και στις αρχές του 15ου, οι συνθέτες **Guillaume de Machaut, Philip de Vitry, Johannes Ciconia Guillaume Dufay, John Dunstable** - χρησιμοποίησαν επαναλαμβανόμενες ρυθμικά σχήματα (υπό την μορφή σειρών) ως

<sup>1</sup> Η ιστορική αναδρομή βασίζεται στα βιβλία των : **Roads, C.** (1996). The Computer Music Tutorial. The MIT Press, Cambridge (USA) | **Chadabe, J.** (1997). Electric Sound The Past and the Promise of Electronic Music, PrenticeHall, New Jersey | **Maurer, J.A.** (1999). A Brief History of Algorithmic Composition. Retrieved December 23, 2001 from the World Wide Web: <http://www.ccrma.stanford.edu/~blackrse/algorithm.html> και **Holmes, T.** (2002) Electronic and Experimental Music. Routledge New York & London, εκτός εάν αναφέρεται άλλη πηγή.

τυποποιημένη διαδικασία σύνθεσης για να συνθέσουν τα περίφημα ισορυθμικά τους μοτέτα. Η ανάπτυξη των ισορυθμικών τεχνικών, στις οποίες γίνεται χρήση σταθερών ρυθμομελωδικών “μοτίβων”, διαμορφώνουν καταλυτικά το αισθητικό περιεχόμενο των έργων, τα οποία κάνουν χρήση της συγκεκριμένης τεχνικής. Στα ισορυθμικά μοτέτα, μελωδικά (talea) και ρυθμικά (color) μοτίβα άνισου μήκους, δημιουργούν αλληλοεπικαλυπτόμενες δομές. Η μουσική αναπτύσσεται και εξελίσσεται μέσω αντιμεταθέσεων μεταξύ των μελωδικών και των ρυθμικών σχημάτων.

Ο Guillaume Dufay (ca1400-1474), μάλιστα, εφάρμοσε την αναλογία της χρυσής τομής (περίπου 1:1,618...) στη δόμηση ορισμένων συνθέσεών του και αναζήτησε τα *tempi* των διαφόρων μερών ενός μοτέτου του στις διαστάσεις ενός καθεδρικού ναού της Φλωρεντίας. Το *rondeau*, ο κανόνας, η φούγκα και οι παραλλαγές στην παραδοσιακή δυτική μουσική, είναι όλα παραδείγματα περισσότερο ή λιγότερο τυποποιημένων μουσικών διαδικασιών.

Την ίδια εποχή, περίπου, κάνει την εμφάνιση του το *Soggetto cavato*, μια τεχνική αντιστοίχισης των γραμμάτων του λατινικού αλφαβήτου με τονικά ύψη (π.χ. Hercules: e=re=D; u=ut=C). Μια πιο εξελιγμένη μορφή από αυτήν που πρωτοπαρουσίασε ο Guido d' Arezzo.

Κατά τον 16ο αιώνα παρουσιάζονται οι πρώτες κατασκευές μηχανικών οργάνων. Όπως για παράδειγμα του οργάνου “Υδραυλίζ”, προγόνου του εκκλησιαστικού οργάνου και του “Archicembalo”, εφεύρεση του Ιταλού θεωρητικού και συνθέτη Don Nicola Vicentino (1511-1572).

Γύρω στα 1600 έχουμε την περιγραφή από τον Athanasius Kircher στο βιβλίο του “Musurgia Universalis” (1600), ενός μηχανικού οργάνου με την ονομασία “Arca Musarithmica” που βοηθούσε στην μουσική σύνθεση, χρησιμοποιώντας νούμερα και αριθμητικές σχέσεις για την αναπαράσταση κλιμάκων, ρυθμού και τέμπο. Το 1641 σχεδιάζεται και κατασκευάζεται η πρώτη υπολογιστική μηχανή από τον Blaise Pascal.

Ωστόσο, το πιο διάσημο ιστορικά παράδειγμα αλγοριθμικής σύνθεσης είναι το “Musikalisches Würfelspiel” του W.A. Mozart. Στο έργο αυτό χρησιμοποιούνται τόσο αλγοριθμικές, όσο και αλεατορικές διαδικασίες. Στόχος του συνθέτη είναι η σύνθεση μενουέτων τα οποία προκύπτουν από την ρίψη ζαριών τα αποτελέσματα των οποίων αντιστιχίζονται σε προεγγεγραμμένες μοτίβα, τα οποία ενώνονται για να δημιουργησουν μουσικές φράσεις.

Το 1822 στη Βοστώνη αμερικανοί επιχειρηματίες κυκλοφόρησαν στην αγορά το “Kaleidoacousticon system” - μία συσκευή που ήταν ικανή να εκτελεί εντολές μέσω καρτών με οδηγίες και μπορούσε να συνθέσει πάνω από 214 εκατομμύρια βαλς. Το 1865, μια παρόμοια συσκευή, το ονομαζόμενο “Quadrille Melodist”, μπορούσε να συνθέτει 428 εκατομμύρια καντρίλια.

Το 1877 Ο Thomas Edison (1847-1931) εφευρίσκει τον φωνόγραφο. Καθίσταται, για πρώτη φορά στην ιστορία της μουσικής, δυνατή η καταγραφή και αναπαραγωγή του

ήχου. Το γεγονός αυτό επηρεάζει την εξέλιξη της μουσικής -όχι μόνο της ηλεκτρονικής- σε καταλύτικό βάθος, καθώς αλλάζει πολλές πτυχές του φαινομένου της μουσικής (οικονομικές, κοινωνικές, τεχνικές, συνθετικές κ.α). Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί βέβαια και το όνομα του Emile Berliner (1851-1929), ο οποίος την ίδια περίοδο παρουσιάζει ένα σύστημα καταγραφής παρόμοιο με αυτό του Edison.

Το 1880, ο Alexander Graham Bell (1847-1922), κατασκευάζει μέσα μετάδοσης και εγγραφής του ήχου στην Washington και αναπτύσσει σταδιακά την τηλεφωνία, ενώ στα 1898 ο Valdemar Poulsen (1869-1942) κατασκευάζει το "Telegraphone," που αποτελεί την πρώτη συσκευή καταγραφής του ήχου με χρήση μαγνητικών μέσων.

### **Π.2.2 20ός αιώνας : Μουσικό - ιστορικό πλαίσιο μέσα στο οποίο αναπτύχθηκε η ηλεκτρονική μουσική.**

Αν και η περίοδος πριν από τον 20ό αιώνα αποτέλεσε σημαντικό προστάδιο για την ανάπτυξη της μουσικής τεχνολογίας, είναι αδιαμφισβήτητο το γεγονός ότι η μουσική αυτή απέκτησε υπόσταση μόνο μετά τις πρώτες δεκαετίες του 20ού αιώνα· αυτό συνέβη κυρίως λόγω της αλματώδους ανάπτυξης των τεχνικών δυνατοτήτων που έγιναν την συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

Η 12φθογγική τεχνική, που συστηματοποιήθηκε από τον Arnold Schönberg (1874-1951), αποτέλεσε υλικό προς εξερεύνηση για συνθέτες όπως οι Anton Webern (1883-1945), Alban Berg (1885-1935), Olivier Messiaen (1908-1992), Luigi Nono (1923-1991), Karlheinz Stockhausen (1928-) και Pierre Boulez (1925- ), οι οποίοι επέκτειναν σταδιακά την έννοια της σειράς σε όλες τις μουσικές παραμέτρους, εγκαθιδρύοντας τον ολικό σειραϊσμό ή πανσειραϊσμό και την αυτοματοποιημένη ή ημι-αυτοματοποιημένη σύνθεση (π.χ. Structures, Boulez) χρησιμοποιώντας μάλιστα σε πολλές περιπτώσεις την τεχνολογία για την γρηγορότερη επίλυση των συνθετικών τους προβλημάτων (π.χ. Karlheinz Stockhausen, Etude I & II)

Η ηλεκτρονική μουσική αναπτύχθηκε και παγιώθηκε μέσα σε ένα πλαίσιο γενικότερου πνευματικού και τεχνολογικού αναβρασμού. Μέσα σε λιγότερο από 50 χρόνια δημιουργήθηκαν πολλαπλές τάσεις και μουσικά ιδιώματα με πρωτοποριακή χρήση των βασικών συστατικών της μουσικής, όπως η μελωδία, η αρμονία και ο ρυθμός. Η ίδια η μουσική πρωτοτυπία και η αναζήτηση για νέους τρόπους έκφρασης με όσον το δυνατόν λιγότερες ή και καθόλου αναφορές στο παρελθόν, αποτέλεσε και αποτελεί ακόμη αισθητικό άξονα γύρω από τον οποίο στράφηκαν πολλοί συνθέτες, τόσο φιλοσοφικά, όσο -βέβαια- και συνθετικά. Για να καταλάβουμε λοιπόν την αναγκαιότητα αλλά και την σπουδαιότητα της ηλεκτρονικής μουσικής είναι απαραίτητη μια σύντομη περιγραφή των συνθηκών και του μουσικού στερεώματος της συγκεκριμένης εποχής.



### Π.2.3 Μουσική πρωτοπορία - Avant Garde.

Η τάση της μουσικής του 20ού αιώνα προς αναζήτηση νέων τρόπων οργάνωσης του μουσικού υλικού και η ρήξη με το παρελθόν (αν και κάτι τέτοιο ποτέ δεν συνέβη ουσιαστικά), χαρακτηρίστηκε με τον Γαλλικό όρο Avant-Garde<sup>1</sup>, ο οποίος υιοθετείται εδώ για καθαρά συστηματικούς λόγους, καθώς θα μπορούσε θεωρητικά να αποδοθεί στην μουσική οποιασδήποτε ιστορικής περιόδου, αφού η αναζήτηση νέων μέσων έκφρασης αποτελούσε και αποτελεί βασικό γνώρισμα των καλλιτεχνών ανά τους αιώνες.

Ιστορικά η Avant-Garde αναπτύχθηκε σε μια εποχή τρομακτικών οικονομικών, κοινωνικών και τεχνολογικών αλλαγών. Η βιομηχανική επανάσταση δημιούργησε νέα τεχνολογία-τεχνογνωσία αναπτυσσόμενη και διευρυνόμενη με ξέφρενους ρυθμούς. Ο ηλεκτρισμός μπήκε στην ζωή των ανθρώπων παρέχοντας φως και θέρμανση σε χαμηλό κόστος. Επίσης, η τηλεφωνία άλλαξε οριστικά τον τρόπο αντίληψης της έννοιας του χώρου και του χρόνου, καθιστώντας δυνατή την άμεση επικοινωνία ανθρώπων που δεν βρίσκονταν στον ίδιο χώρο. Η αυτοκίνηση έδωσε την δυνατότητα για την κάλυψη τεραστίων αποστάσεων και την μίξη των πολιτισμών. Δυστυχώς όμως η ίδια αυτή τεχνολογική ανάπτυξη οδήγησε στην δημιουργία νέων, προηγμένων τεχνολογικά, όπλων, τα οποία με την σειρά τους χρησιμοποιήθηκαν σε δύο απίστευτα καταστρεπτικούς παγκόσμιους πολέμους, οι οποίοι δεν μπορούν καθόλου να μην ληφθούν υπ' όψιν στην διαμόρφωση των νέων συνθηκών ζωής αλλά και της ίδιας της αισθητικής, έτσι όπως αυτή παγιώθηκε κατά το δεύτερο μισό του 20ού αιώνα.

Όπως είναι φυσικό -και συμβαίνει σχεδόν πάντα σε παρόμοιες περιπτώσεις- οι καλλιτέχνες δεν μπορούν να μένουν αμέτοχοι και ανεπηρέαστοι από τις αλλαγές της κοινωνικής δομής, μέλη των οποίων είναι και οι ίδιοι, αλλά αντιθέτως τις περισσότερες φορές γίνονται οι ίδιοι φορείς και προπομποί των νέων αισθητικών τάσεων της εποχής τους.

Ήδη λοιπόν από τα τέλη του 19ου αιώνα ανακύπτει το ερώτημα ανάμεσα στους συνθέτες για τα όρια του συγκεκριμένου τονικού συστήματος, έτσι όπως αυτό είχε αναπτυχθεί από τον 17ο αιώνα. Το συγκεκριμένο σύστημα, βέβαια, δεν αποτελεί παγκόσμιο φαινόμενο, καθώς υπάρχουν πολλοί μουσικοί πολιτισμοί οι οποίοι χρησιμοποιούν εντελώς διαφορετικά κουρδίσματα και διαφορετικές μουσικές κλίμακες. Έτσι, πολλοί συνθέτες της Δύσης άρχισαν να αποκτούν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την μουσική άλλων χωρών και να στρέφονται προς νέους μουσικούς ορίζοντες, κάνοντας χρήση νέου υλικού ή χρησιμοποιώντας το ήδη υπάρχον με

<sup>1</sup> **Αβάντ-γκάρντ** : ελλην. Πρωτοπορία. α) Το σύνολο των ριζοσπαστών καλλιτεχνών, κυρ. των μέσων του 19ου και των αρχών του 20ου, οι οποίοι αμφισβήτησαν τις παραδοσιακές τεχνοτροπίες και πειραματίστηκαν με νέες μορφές, καθώς και η αντίστοιχη καλλιτεχνική και πνευματική τάση. β) Κάθε πρωτοποριακή ομάδα κινήματος, ειδικότερα στις τέχνες, με χαρακτηριστικό τις νεωτεριστικές, πειραματικές ή ανορθόδοξες τεχνικές [...] (Μπαμπινιώτης, 1998).

διαφορετικό τρόπο. Νέες αντιλήψεις για την τονική οργάνωση όπως το 12φθογγικό σύστημα του Arnold Schoenberg (1874-1951) ή για την λειτουργία του ρυθμού ως βασικού δομικού υλικού, όπως παρουσιάζεται στο έργο του Igor Stravinsky (1882-1971), καθώς επίσης η διευρυμένη αντίληψη για την σειραϊκή οργάνωση όλων των παραμέτρων της μουσικής σε έργα των Pierre Boulez (1925-) και Karlheinz Stockhausen σε συνδυασμό τέλος με την χρήση Clusters, μικροτονικών συστημάτων και την ευρεία χρήση των κρουστών ή την κρουστοποίηση των παραδοσιακών μουσικών οργάνων (π.χ. Threnody for the victims of Hiroshima, Krzysztof Penderecki, 1958), είναι μερικά από τα στοιχεία που αποκαλύπτουν τον πνευματικό αναβρασμό της συγκεκριμένης εποχής, κατά την διάρκεια της οποίας μέσα από τις τεχνικές ανακαλύψεις και την αναγκαιότητα για νέους τρόπους έκφρασης και για νέα ηχοχρώματα δημιουργήθηκε η ηλεκτρονική μουσική.

### **Π.3 Τα πρώτα ηλεκτρονικά μουσικά όργανα (Cahil, Theremin, Martenot, Trautwein & Hammond)**

Η πρώτη έκφανση των δυνατοτήτων της τεχνολογικής ανάπτυξης, ήταν η προσπάθεια κατασκευής νέων μουσικών οργάνων που θα μπορούσαν ενδεχομένως να υποκαταστήσουν τα παραδοσιακά μουσικά όργανα.

Έτσι λοιπόν, ο Ρώσος συνθέτης **Nikolay Obukhov** στα 1918 έφτιαξε ένα όργανο που πήρε την ονομασία **Ether** και το οποίο είχε θεωρητικά την δυνατότητα να παράγει ήχους στις περιοχές που αντιστοιχούν σε 5 οκταβες πάνω και κάτω από τα όρια των ανθρωπίνων ακουστικών δυνατοτήτων. Αν και το όργανο του Obukhov είναι το πρώτο γνωστό ηλεκτρικό όργανο στην ιστορία, τα σημαντικότερα επιτεύγματα στον χώρο αυτό οφείλονται σε πέντε διορατικούς και ευφάνταστα δημιουργικούς ανθρώπους: τους Cahil, Theremin, Martenot, Trautwein & Hammond.

#### **Π.3.1 Taddeus Cahil - Telharmonium**

Κατά τον 19ο αιώνα υπήρξαν απόπειρες για την δημιουργία αμιγώς ηλεκτρονικών μουσικών οργάνων, όπως για παράδειγμα το Musical Telegraph (1874) από τον Elisha Gray και το Singing Arc (1899) από τον William Duddell. Ωστόσο, το πρώτο καθαρά ηλεκτρονικό όργανο στην ιστορία της μουσικής πρέπει να θεωρηθεί το Telharmonium του Taddeus Cahil, το οποίο έκανε την εμφάνισή του στο τέλος του 19ου αιώνα. Το Telharmonium -που αξίζει να σημειωθεί ότι ζύγιζε περίπου 200 τόνους- τελειοποιήθηκε μέσα στα επόμενα χρόνια και γύρω στα 1902 χρησιμοποιήθηκε για την μετάδοση μουσικής μέσω τηλεφωνικών γραμμών. Έτσι, ήταν δυνατόν πλέον κάποιος να ακούει την αγαπημένη του μουσική μέσω τηλεφώνου, ακόμη κι εάν ο εκτελεστής του οργάνου βρισκόταν πολύ μακριά. Για να επιτευχθεί αυτό το Telharmonium, χρησιμοποιούσε πολύπλοκες συνδεσμολογίες και η διάχυση του ήχου γινόταν με την προσαρμογή στο ακουστικό του τηλεφώνου του δέκτη ενός ειδικού χωνιού προκειμένου να ενισχυθεί ο ήχος.



Από αριστερά προς τα δεξιά. 1. Ο Tadeus Cahil 2. Το Telharmonium 3. Το εσωτερικό απο το Telharmonium

### Π.3.2 Leon Theremin

Μια άλλη πολύ σημαντική μορφή της ηλεκτρονικής μουσικής της συγκεκριμένης εποχής υπήρξε ο Ρώσος Leon Theremin. Τον Αύγουστο του 1920 στην Μόσχα



παρουσίασε ένα όργανο με την ονομασία “Aetherphone”, το οποίο όμως τελικά έμεινε γνωστό με το όνομα του εφευρέτη του (Theremin). Το theremin αποτελείται από ένα κουτί πάνω στο οποίο υπάρχουν δύο κεραίες· η μία τοποθετημένη κάθετα για να ελέγχει το τονικό ύψος και η άλλη οριζόντια για να ελέγχει την ένταση. Το όργανο παίζεται μετακινώντας τα χέρια μέσα σε πεδία που ορίζουν τα μήκη των κεραίων. Η κεραία για το τονικό ύψος βρίσκεται στα δεξιά· έτσι η κίνηση του δεξιού χεριού καθόριζε το τονικό ύψος του παραγόμενου ήχου ανάλογα με την απόστασή του από την κεραία (όσο πιο κοντά στην κεραία τόσο πιο οξείς οι παραγόμενοι ήχοι), ενώ ταυτόχρονα το αριστερό χέρι καθόριζε την ένταση

ανάλογα με την απόσταση από την αριστερή, οριζόντια τοποθετημένη, κεραία (όσο πιο κοντά στην κεραία τόσο πιο ασθενείς ήχοι).

Το Theremin σύντομα απέκτησε μεγάλη φήμη και ο δημιουργός του έκανε μια σειρά από ταξίδια σε Ευρωπαϊκές πόλεις κάνοντας επιδείξεις του οργάνου και αφήνοντας έκπληκτους τους εκάστοτε ακροατές με την ικανότητα της τεχνολογίας να δημιουργεί όργανα, τα οποία -σχεδόν με μαγικό και καθόλου στερούμενο μουσικότητας τρόπο - παρήγαγαν ήχο με την απλή κίνηση των χεριών στον αέρα.

Ο Theremin εκτός από το ομώνυμο όργανο εφηύρε μια σειρά από εξίσου εντυπωσιακά όργανα. Για παράδειγμα, στις αρχές της δεκαετίας του 30 κατασκεύασε το Terpsitone, το οποίο δεν ήταν άλλο από ένα δάπεδο που επέτρεπε στον εκτελεστή-χορευτή να καθορίζει την συχνότητα και την ένταση των παραγόμενων ήχων μέσω της κίνησης του σώματός του στο συγκεκριμένο πεδίο. Θα μπορούσε κανείς να ισχυριστεί πως με τα δύο αυτά όργανα αρχίζουν να δομούνται τα θεμέλια της διαδραστικής ή αλληλεπιδραστικής μουσικής (Interactive Music), έτσι όπως αυτή εξελίχθηκε αργότερα στα τέλη του 20ού αιώνα.

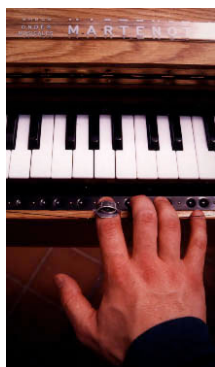
### Π.3.3 Maurice Martenot

Ένα όργανο το οποίο θα μπορούσε ενδεχομένως να θεωρηθεί επίγονος του Theremin, είναι το Γαλλικής κατασκευής Ondes Martenot (αρχικά αποκαλούμενο Ondes

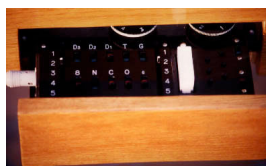
Musicales). Το όργανο αυτό κατασκευάστηκε από τον Γάλλο μουσικό Maurice Martenot (1898-1980), από τον οποίο πήρε και το αντίστοιχο όνομα. Πρόθεση του Martenot ήταν η κατασκευή ενός μουσικού οργάνου, το οποίο θα ενσωμάτωνε όλα τα θετικά τεχνικά στοιχεία από τα παραδοσιακά μουσικά όργανα και θα γινόταν πόλος έλξης για τους νέους συνθέτες. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό, ο κατασκευαστής έπρεπε να υπερπηδήσει ένα εμπόδιο, το οποίο μάλιστα ήταν τόσο σημαντικό, που εξ αιτίας του το Theremin δεν απέκτησε ποτέ μια σταθερή θέση ανάμεσα στους μουσικούς και τους συνθέτες της εποχής του. Το εμπόδιο αυτό ήταν η εκτελεστική δυσκολία (που είναι προφανής στον Theremin). Έτσι λοιπόν ο Martenot, προκειμένου να αποφύγει την δημιουργία ενός ευφάνταστου μουσικού οργάνου, το οποίο μόνο λίγοι εκτελεστές στον κόσμο θα μπορούσαν να εκτελούν, και μάλιστα κάνοντας - ενδεχομένως - δεξιο-τεχνικούς συμβιβασμούς, αποφάσισε να κατασκευάσει ένα φιλικό προς τον εκτελεστή (user-friendly) μουσικό όργανο.



Το Ondes Martenot πήρε την μορφή ενός πληκτροφόρου οργάνου, παρόμοιο στην μορφή με το clavichord. Το όργανο αρχικά ήταν μονοφωνικό και έτσι ήταν περιορισμένο στο να παίζει απλά μελωδικό ρόλο. Για την παραγωγή ήχου χρησιμοποιούσε ένα μεταλλικό δαχτυλίδι το οποίο μετακινούνταν με τον δείκτη του δεξιού χεριού, και το οποίο ερχόμενο σε επαφή με ένα ειδικό καλώδιο καθόριζε την παραγόμενη συχνότητα. Για διευκόλυνση του μουσικού, πάνω ακριβώς από την οριζόντια αυτή διαδρομή του δαχτυλιδιού, υπήρχε σχεδιασμένο ένα κλαβιέ πιάνου, έτσι ώστε ο μουσικός να μπορεί με ευκολία να εκτελεί διαδοχικά πολλές νότες, ακόμα και αν αυτές αποτελούσαν μεγάλα διαστήματα και εκτελούνταν σε γρήγορο τέμπο. Στην πρώτη του αυτή εκδοχή το όργανο μπορούσε να παράγει 7 οκτάβες. Ο Martenot, προκειμένου να το κάνει γνωστό στον κόσμο ζήτησε από τον συνθέτη Dimitri Levidi (1886-1951) να συνθέσει ένα έργο ειδικά για την πρώτη παρουσίαση του οργάνου. Έτσι τον Μαΐο του 1928 έγινε η πρεμιέρα του έργου Symphonic Poem for solo Ondes Martenot and Orchestra, στο οποίο συν τοις άλλοις χρησιμοποιούνται μικροδιαστήματα 1/4 και 1/8 του τόνου, τα οποία μπορούσαν να εκτελούνται με σχετική ευκολία στο νέο αυτό όργανο.



Το 1932 ο Martenot έκανε μια σειρά βελτιώσεων στο όργανο και το έφερε στην τελική του μορφή, που είναι γνωστή ως σήμερα. Σε αυτή υπάρχει ένα πραγματικό κλαβιέ, ώστε ο εκτελεστής να μπορεί να παίζει είτε με αυτό είτε με το “δαχτυλίδι”, όχι όμως ταυτόχρονα και με τα δύο. Το νέο όργανο ενσωμάτωνε επίσης και έναν controller στο αριστερο χέρι, μέσω του οποίου γινόταν διαμόρφωση της έντασης. Ο εκτελεστής μπορούσε να ελέγχει την ένταση ανάλογα με την δύναμη που ασκούσε σε ένα ειδικό κουμπί. Επομένως, ανάλογα με την ένταση της πίεσης υπήρχε και η αντίστοιχη απόκριση στην ένταση του ήχου. Το όργανο διαθέτει έναν μηχανισμό αντίστοιχο με των σημερινών synthesizer



(AfterTouch), με τον οποίο ανάλογα με την πίεση των δακτύλων πάνω στα πλήκτρα μπορούσε να επιτευχθεί το εφέ του vibrato. Τέλος, υπήρχε ακόμη ένας controller για την διαμόρφωση της συνολικής έντασης σε μορφή πεντάλ, ο οποίος ρυθμιζόταν από το πόδι του εκτελεστή.

Τα κύματα Martenot χρησιμοποιούσαν ένα εξελιγμένο σύστημα διάχυσης του ήχου, το οποίο αποτελούνταν από τέσσερις κατηγορίες ηχείων, οι οποίες ανάλογα με το υλικό κατασκευής και την χρησιμοποιούμενη τεχνική "συμπαθητικών δονήσεων", απέδιδε διαφορετικά ηχοχρώματα. Τα τέσσερα αυτά είδη ηχείων ήταν:

1. Haut-parleur (Loud-Speaker, για δυνατό ήχο)
2. Resonance (για την δημιουργία αντήχησης)
3. Metallique (με την χρήση ενός gong, μέσω των συμπαθητικών δονήσεων του οποίου παράγονταν μεταλλικός ήχος)
4. Palm (συμπαθητική δόνηση δώδεκα χορδών, με αποτέλεσμα έναν αιθέριο ήχο)

Το Ondes Martenot εντυπωσίασε πολλούς συνθέτες, οι οποίοι έσπευσαν να γράψουν έργα για ένα ή ακόμα και για σύνολα αποτελούμενα από πολλά Ondes Martenot. Άλλες φορές πάλι το όργανο χρησιμοποιήθηκε μέσα στην ορχήστρα προκειμένου να εμπλουτίσει τις ηχοχρωματικές δυνατότητές της. Μερικά ενδεικτικά έργα που γράφτηκαν για το νέο αυτό όργανο είναι τα : *Dances Incantatoire for Two Ondes Martenot* **Andre Jolivet (1905-1974)**, *Fete des Belles Eaux for Sextet of Ondes Martenot*, *Symphonia-Turangalila* **Olivier Messiaen**, *Suite for Martenot and Piano* **Darius Milhaud**. κ.α.

### Π.3.4 Friedrich Trautwein

Το 1928 ο Friedrich Trautwein σε συνεργασία με τον συνθέτη Paul Hindemith και τον μαθητή του Oskar Sala (1910-2002), ιδρύουν ένα στούντιο στην μουσική ακαδημία του Βερολίνου με στόχο τον πειραματισμό και την έρευνα. Στο πλαίσιο αυτό ο Trautwein κατασκευάζει το Trautonium, ένα ηλεκτρονικό μουσικό όργανο στο οποίο ο εκτελεστής ελέγχει το τονικό ύψος πιέζοντας το δάχτυλό του πάνω σε ένα καλώδιο, το οποίο περνά πάνω από μια μεταλλική ράβδο δημιουργώντας κατ' αυτόν τον τρόπο κλειστό κύκλωμα. Η ιδέα ξεκίνησε από την επιθυμία του Trautwein να κατασκευάσει ένα "έγχορδο" ηλεκτρονικό μουσικό όργανο· στην επιθυμία αυτή τον οδήγησαν δύο λόγοι: Πρώτον το γεγονός ότι ο Hindemith ήταν βιρτουόζος βιολιστής, και δεύτερον και σημαντικότερο το ότι κανείς μέχρι εκείνη την εποχή δεν είχε κατασκευάσει κάτι αντίστοιχο.

Το όργανο αυτό, όπως και τα Κύματα Martenot, ήταν μονοφωνικό και κάλυπτε έκταση τριών οκτάβων. Η ένταση ελέγχεται μέσω ενός Pedal από τα πόδια του εκτελεστή, ενώ προς διευκόλυνση του μουσικού πάνω στο "μπράτσο" του οργάνου υπήρχαν σημάδια για την ευκολότερη προσέγγιση των τονικών υψών.

Το 1934 ο Trautwein προσέθεσε στο όργανο και μια δεύτερη ταστιέρα, ώστε να μπορεί να παράγει δύο φθόγγους ταυτόχρονα. Παράλληλα ενσωμάτωσε έναν εξελιγμένο μηχανισμό κινούμενων τάστων, τα οποία μπορούσαν να σταθεροποιηθούν σε συγκεκριμένα σημεία, προκειμένου ο εκτελεστής να μπορεί πατώντας τα να πετύχει πολύ συγκεκριμένες συχνότητες.

Το όργανο αυτό έτυχε πολύ ευνοϊκής μεταχείρισης από τον ίδιο τον Hindemith, ο οποίος συνέθεσε έργα για αυτό, όπως το περίφημο Concertino for Trautonium and string Orchestra (1931), αλλά -κυρίως- από τον μαθητή του Sala ο οποίος έγραψε μεγάλο αριθμό έργων για το συγκεκριμένο όργανο.

Μετά τον δευτερο παγκόσμιο πόλεμο, ο Trautwein κατασκεύασε ακόμη ένα μουσικό όργανο με την ονομασία Monochord, βασισμένο πάνω στην ίδια τεχνολογία και ειδικά για το στούντιο της ραδιοφωνίας στην Κολωνία. Ο Sala εργάστηκε πάνω στο πρότυπο του Trautonium και κατασκεύασε ένα πιο εξελιγμένο μοντέλο, στο οποίο η κύρια διαφορά ήταν η δυνατότητα για την παραγωγή πλουσιότερων ηχοχρωμάτων μέσω της παραγωγής περισσότερων αρμονικών και υπο- αρμονικών συχνοτήτων, η ένταση των οποίων ελέγχονταν από δύο Pedal. Το νέο όργανο πήρε την ονομασία Mixturtrautonium εξ αιτίας της μίξης αρμονικών και χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα από συνθέτες του studio της Κολωνίας όπως οι Eimert και ο Stockhausen.

Σήμερα υπάρχουν μόνο δύο Mixturtrautoniums, το ένα βρίσκεται στο Deutsches Museum της Βόννης και το άλλο στο προσωπικό στούντιο του Sala.

### II.3.5 Laurence Hammond

Το 1929 ο Laurens Hammond (1895-1973) εφηύρε μια σειρά από όργανα, όπως τα Hammond Organ, Novachord, Solonox, καθώς επίσης και μερικές συσκευές τεχνητής αντήχησης. Το σημαντικότερο και πιο διαδεδομένο μέχρι και σήμερα όργανό του ήταν το Hammond Organ, στο οποίο γίνεται χρήση 91 κυκλικά περιστρεφόμενων ηλεκτρομαγνητικών δίσκων, οι οποίοι παράγουν ηχητικά κύματα με την τεχνική της προσθετικής σύνθεσης. Το όργανο αυτό, και ειδικότερα το μοντέλο B3, κατέχει περίοπτη θέση ανάμεσα στους μουσικούς της jazz ακόμη και σήμερα. Χρησιμοποιείται δε και από συνθέτες συμφωνικής μουσικής και είναι πολύ συχνή η εμφάνισή του σε έργα spectral musique (π.χ. Grisey Modulations). Σήμερα το ηχόχρωμα του οργάνου αναπαράγεται συνήθως από συνθεσιζέρς ή από ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Αυτή η τεχνική βρίσκει εφαρμογή στα περισσότερα από τα προαναφερόμενα όργανα, καθώς μπορεί με χαμηλό κόστος να δίνει πολύ ικανοποιητικά ηχητικά αποτελέσματα. Ωστόσο, η εποχή των συγκεκριμένων οργάνων έχει αντιπαρέλθει και έτσι σήμερα υπάρχουν πολύ πιο πλούσια, ηχητικά, και αξιόπιστα τεχνικά, μουσικά όργανα (synthesizers), τα οποία χρησιμοποιούνται από τους σύγχρονους μουσικούς. Εν τούτοις, όργανα όπως το Telharmonium, τα Ondes Martenont και το Hammond δεν έχουν παύσει ποτέ να ασκούν γοητεία στους μουσικούς και τους συνθέτες ηλεκτρονικής μουσικής ακόμη και μισό αιώνα μετά την κατασκευή τους.

## Π.4 Tape Music (Musique concrete Vs Elektronische musik)

### Π.4.1 Μουσική για Μαγνητοταινία (Tape Music)

Η επόμενη -ιστορικά- περίοδος της ηλεκτρονικής μουσικής, αναπτύχθηκε και βασίστηκε στην χρήση μέσων καταγραφής και αναπαραγωγής του ήχου, όπως τα κασσετόφωνα με μαγνητική ταινία (Tape Players- Recorders). Οι συνθέτες αναζητούσαν από καιρό ένα μέσο, το οποίο θα τους επέτρεπε να αποθηκεύουν και να μετεχειρίζονται τον ήχο ανάλογα με τις συνθετικές τους ιδέες. Αυτό, ωστόσο, δεν ήταν εφικτό μέχρι την εμφάνιση του κασσετοφώνου, το οποίο πρωτοπαρουσιάστηκε στην διάρκεια του μεσοπολέμου στην Γερμανία, αλλά έγινε προσιτό στον υπόλοιπο κόσμο μόνο μετά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο. Πιο συγκεκριμένα το πρώτο κασσετόφωνο ανήκε στην Γερμανική εταιρεία Allgemeine Elektrizitats Gesellschaft (AEG) και κατασκευάστηκε το 1935.

Η επιρροή της χρήσης Μαγνητοταινίας στην μουσική ήταν θεμελιώδης, και άγγιζε ζητήματα που έχουν να κάνουν με τις φυσικές ιδιότητες του ήχου, αλλά και με την ίδια την υπόσταση και την φιλοσοφία της μουσικής. Έτσι λοιπόν η χρήση της μαγνητοταινία οδήγησε:

**A.)** Στην δημιουργία ενός νέου είδους μουσικής, το οποίο υπάρχει μόνο σε μορφή ηχογράφησης, χωρίς την αναγκαιότητα της εκτέλεσης.

**B.)** Έθεσε τις βάσεις για μια νέα αναζήτηση τεχνικών και τεχνολογίας, με στόχο την κατασκευή-δημιουργία νέων ήχων, η οποία με την σειρά της οδήγησε σταδιακά σε νέες αντιλήψεις σχετικά με την έννοια και την τεχνική δομή των συνθεσάιζερς (π.χ. Loops, Wavetable synthesis κ.α.).

Μέχρι την εμφάνιση της Μαγνητοταινίας, η ηλεκτρονική μουσική υπήρχε μόνο ως ένα μέσο για live performance, ήταν δηλαδή κατεξοχήν “σκηνική” μουσική και απαιτούσε εκτελεστές και κοινό προκειμένου να πραγματοποιηθεί. Η λειτουργικότητα της μουσικής αυτής δεν άλλαξε -τουλάχιστον κοινωνικά- το μουσικό σκηνικό, έτσι όπως αυτό είχε ήδη διαμορφωθεί -ανά τους αιώνες- στον δυτικοευρωπαϊκό πολιτισμό. Η ηλεκτρονική μουσική μέχρι τότε βασιζόταν στην χρήση νέων ηλεκτρονικών οργάνων (Synthesizers) και η ουσιαστικότερη καινοτομία, σε σχέση με την “ακουστική” μουσική (την μουσική δηλαδή που χρησιμοποιεί ακουστικά και όχι ηλεκτρονικά όργανα), ήταν οι τεράστιες ηχοχρωματικές -κυρίως- δυνατότητες του νέου αυτού μέσου. Ωστόσο, η πλειοψηφία των έργων που εκτελούνταν από τα όργανα αυτά ήταν είτε “παλιά” μουσική, είτε έργα τα οποία δεν είχαν καμία σχέση με το γενικότερο ρεύμα της avant-garde που δέσποζε την εποχή εκείνη στην Ευρώπη. Θα μπορούσε να πει κανείς ότι πολλά από τα έργα εκείνα ήταν γραμμένα απλώς και μόνο για να αναδείξουν την νέα τεχνολογία.

Η εμφάνιση του κασσετόφωνου και της μαγνητοταινίας, ως μέσου για την μουσική σύνθεση, μεταμόρφωσε σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα το σκηνικό της ηλεκτρονικής μουσικής, κάνοντας την νέα αυτή τεχνολογία μέσο του συνθέτη και όχι

του εκτελεστή. Η αλλαγή αυτή είναι εμφανής από το γεγονός ότι μετά την εμφάνιση του νέου αυτού τρόπου καταγραφής και επεξεργασίας του ήχου, ελάχιστοι συνθέτες χρησιμοποίησαν όργανα όπως το Theremin και το Trautonium για να συνθέσουν μουσική. Αντιθέτως, οι συνθέτες στράφηκαν κυρίως προς μια αναζήτηση νέων μέσων έκφρασης, νέων ηχοχρωμάτων καθώς επίσης και νέων δομών, οι οποίες μπορούσαν να πραγματοποιηθούν, πλέον, μέσα από την τεχνολογία της ηχογράφησης σε μαγνητοταινία.

#### Π.4.2 Μουσική για Μαγνητοταινία και Χρόνος

Για τους πρώτους συνθέτες μουσικής για μαγνητοταινία, η νέα αυτή μουσική είχε ένα πρωτοφανές στοιχείο στην συνθετική διαδικασία που τους απελευθέρωνε από την παραδοσιακή χρήση της μουσικής σημειογραφίας. Στην μουσική αυτή υπήρχε μια “ισοδυναμία” χρόνου και χώρου. Το μήκος της μαγνητοταινίας αντιστοιχούσε στην χρονική της διάρκεια. Οι συνθέτες μπορούσαν να κρατούν στα χέρια τους κομμάτια από ταινίες και να αισθάνονται το “πέραςμα του χρόνου”. Ήταν μια εντελώς νέα τεχνολογική, ψυχολογική και κοινωνική θεώρηση του μουσικού φαινομένου από την αρχή της ύπαρξής του. Χαρακτηριστικές ως προς αυτή την διάσταση της νέας αυτής μουσικής είναι οι απόψεις δύο πολύ σημαντικών συνθέτων, του John Cage και του Karlheinz Stockhausen, οι οποίοι από νωρίς αντιλήφθηκαν τις νέες σχέσεις ανάμεσα στον χρόνο και τον χώρο που έθετε η μουσική για μαγνητοταινία.

Έτσι λοιπόν ο **John Cage** δήλωνε:

*[...] έκανε τον οποιονδήποτε (η Tape μουσική) να αντιλαμβάνεται την ισοδυναμία ανάμεσα στον χρόνο και τον χώρο, επειδή η ταινία υπήρχε στον χώρο, ενώ οι ήχοι στον χρόνο. Το γεγονός αυτό άλλαξε απευθείας την μουσική σημειογραφία. Δεν υπήρχε πλέον η αναγκαιότητα του μετρήματος (ένα-δύο-τρία-τέσσερα). Θα μπορούσαμε φυσικά να το συνεχίσουμε, αλλά δεν υπήρχε λόγος. Μπορούσαμε να τοποθετήσουμε έναν ήχο σε οποιοδήποτε σημείο στον χρόνο! [...]*

Ο **Karlheinz Stockhausen**, επίσης, είχε την αποκαλυπτική εμπειρία των πλαστικών ιδιοτήτων του χρόνου πάνω στον ήχο, που για πρώτη φορά γινόταν αντιληπτές μέσω της νέας αυτής τεχνολογίας. Ο ρυθμός μπορούσε πλέον με την τεχνική της επιτάχυνσης να μετατραπεί σε τονικό ύψος, ενώ το τονικό ύψος με την αντίστροφη τεχνική μπορεί να μετατραπεί σε ρυθμό. Η διάρκεια του ήχου, ο ρυθμός, το τονικό ύψος και το ηχοχρώμα μπορούν πλέον να ειπωθούν ως κάτι το ενοποιημένο υπό το πρίσμα του χρόνου. Όλα τα συστατικά ενός έργου ανάγονται και συγχωνεύονται στην έννοια της ταλάντωσης, η οποία και αυτή ως φαινόμενο έχει χρονική υπόσταση. Όλη αυτή η θεώρηση πραγμάτων από τον Stockhausen αποκαλείται από τον ίδιο ως το “ενοποιημένο πεδίο του χρόνου” (Unified Time Domain).



### Π.4.3 Οι Τεχνικές της Tape Music

Αν και η πρακτική της σύνθεσης μουσικής με την χρήση μαγνητοταινίας είναι πλέον ξεπερασμένη, πολλές από τις τεχνικές που χρησιμοποιεί η ηλεκτρονική μουσική σήμερα, 50 χρόνια μετά, προέρχονται από την εποχή που οι συνθέτες έγραφαν μουσική με την χρήση της μαγνητοταινίας. Μάλιστα, ακόμη και τώρα που η τεχνολογία αιχμής έχει δώσει νέα μέσα καταγραφής του ήχου με την χρήση ψηφιακών τεχνικών όπως το CD και το DVD, υπάρχει και χρησιμοποιείται ευρύτατα -τιμής ένεκεν- η ονομασία Tape ή Μαγνητοταινία, παρόλο που η ηλεκτρονική μουσική δεν χρησιμοποιεί πια αυτό το υλικό καταγραφής του ήχου. Κρίνεται λοιπόν σκόπιμο να αναφερθούν μερικές από τις σημαντικότερες τεχνικές που χρησιμοποιεί η μουσική για μαγνητοταινία.

#### Π.4.3.1 Tape Splicing

Μια από τις βασικότερες δυνατότητες της μαγνητοταινίας, είναι η ευκολία με την οποία μπορεί να κοπεί και να επανασυγκολληθεί. Οι συνθέτες μπορούσαν να κόβουν και να ενώνουν τμήματα της ταινίας, μετακινώντας με τον τρόπο αυτό τους ήχους στον χρόνο. Η δυνατότητα αυτή χρησιμοποιήθηκε και χρησιμοποιείται από όλους τους συνθέτες ηλεκτρονικής μουσικής, προκειμένου να οργανωθούν χρονικά -και ενδεχομένως ρυθμικά- οι δομές των μουσικών τους έργων. Όπως γίνεται αντιληπτό, η διαδικασία της κοπής και επανασυγκόλλησης των ταινιών ήταν μια χρονοβόρος διαδικασία, καθώς μάλιστα απαιτούνταν ειδική φροντιδά προκειμένου να μην γίνεται αντιληπτή η μετάβαση από το ένα τμήμα της ταινίας στο άλλο. Με την χρήση μάλιστα ειδικών τεχνικών κοπής (κυρίως σε σχέση με την γωνία κοπής), μπορούσε μέσω της τεχνικής αυτής να υπάρχει και μια αλλοίωση στην ηχοχρωματική δομή του ήχου στο σημείο της ένωσης των ταινιών ανάλογα με το πάχος της ταινίας

#### Π.4.3.2 Ανατροφοδότηση και αναπαραγωγή ενός ηχογραφημένου σήματος.

Η απλούστερη ιδιότητα της ταινίας έδινε - ανάλογα με τον τεχνικό εξοπλισμό- την δυνατότητα για την επαναηχογράφιση του νέου σήματος ή την επεξεργασία του από άλλες μονάδες επεξεργασίας ήχου. Υπάρχει μάλιστα ένα έργο του συνθέτη **Alvin Lucier** με τίτλο **I am sitting in a room (1970)**, στο οποίο γίνεται αποκλειστική χρήση της τεχνικής αυτής. Στο συγκεκριμένο έργο ο συνθέτης απαγγέλει ένα κείμενο το οποίο παίζεται και επαναηχογραφείται δεκαέξι φορές. Το δωμάτιο στο οποίο γίνεται η ηχογράφιση αποτελεί ένα είδος φίλτρου, και έτσι το αποτέλεσμα κάθε νέας ηχογράφησης δεν είναι ποτέ ίδιο με αυτό της προηγούμενης· είναι σαν ένα είδος ηχητικής φωτοτυπίας στην οποία υπάρχει μια αναπόφευκτη αλλοίωση του προτύπου. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται σήμερα στην ψηφιακή μουσική ευρύτατα, κυρίως μέσω των φίλτρων τύπου IIR (Infinite Impulse Response), καθώς εδώ η δυνατότητα για ανατροφοδότηση του σήματος είναι ταχύτερη και δίνει εκπληκτικά αποτελέσματα χάριν των επιδόσεων των ηλεκτρονικών υπολογιστών.

### Π.4.3.3 Tape Echo & Looping (αντηχήσεις & βρόγχοι)

Η χρήση του κασσετοφώνου στην μουσική, έδωσε μια σειρά από νέες τεχνικές που προέρχονται από την επανάληψη ενός ηχητικού δείγματος. Συνεπώς από νωρίς γεννήθηκε η ιδέα της αναπαραγωγής ενός κομματιού μαγνητοταινίας, το τέλος της οποίας είχε συγκολληθεί με την αρχή της δημιουργώντας κύκλο. Το ηχητικό αποτέλεσμα μιας τέτοιας διαδικασίας είναι η επανάληψη του ήχου, όπου με κατάλληλες τεχνικές μπορεί είτε να επαναλαμβάνεται συνεχώς, είτε να σβήνει σταδιακά δίνοντας την ηχητική αναπαράσταση του φαινομένου της ηχούς. Επίσης, ενδιαφέροντα αποτελέσματα επιτυγχάνονται με την επιτάχυνση της αναπαραγωγής, όπου δημιουργούνται νέα ηχορώματα (Wavetable Synthesis).

### Π.4.3.4 Οπισθοβατική Αναπαραγωγή σήματος

Τέλος, μία ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνική είναι αυτή της ανάποδης αναπαραγωγής σήματος, η οποία αλλοιώνει σημαντικά το ηχογραφημένο ηχητικό δείγμα. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιήθηκε σε τόσο μεγάλο βαθμό κατά την δεκαετία του '50 ώστε να θεωρείται σήμερα από πολλούς συνθέτες κιτς. Παρ' όλα αυτά δεν παύει να είναι ένα από τα πολυτιμότερα εργαλεία για την δημιουργία νέων ηχητικών δομών και ένα από τα πρώτα πειράματα κάθε νέου συνθέτη ηλεκτρονικής μουσικής.

## Π.5 Ιστορική Επισκόπηση της Tape Music

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι η μουσική για μαγνητοταινία έχει πολύ πλούσιο ιστορικό υπόβαθρο, καθώς αναπτύχθηκε και εξελίχθηκε σε πολλά μέρη του πλανήτη σχεδόν ταυτόχρονα. Για τον λόγο αυτό θα ήταν αδύνατη η κάλυψη όλων των πτυχών της μέσα στο πλαίσιο του συγκεκριμένου παραρτήματος. Έτσι λοιπόν θα αναφερθούν μόνο τρεις πολύ σημαντικοί σταθμοί (Παρίσι, Κολωνία, Νέα Υόρκη), και θα παρουσιαστούν επιγραμματικά και επιλεκτικά αρκετοί άλλοι.

### Π.5.1 ORTF - Paris

Ένα από τα σημαντικότερα στούντιο ηλεκτρονικής μουσικής στον κόσμο, το οποίο είναι μάλιστα και το πρώτο που ιδρύθηκε χρονικά, είναι αυτό της Γαλλικής Ραδιοφωνίας. Ψυχή του συγκεκριμένου στούντιο ήταν δύο πολύ σημαντικές για τον χώρο της ηλεκτρονικής μουσικής προσωπικότητες: οι Pierre Schaeffer και Pierre Henry. Οι δύο αυτοί συνθέτες (ο Schaeffer εκτός από συνθέτης ήταν και μηχανικός), ήταν οι πρώτοι που εισήγαγαν την ηλεκτρονική τεχνολογία στο ρεύμα της μουσικής πρωτοπορίας της εποχής τους. Την μουσική που έγραψαν την αποκαλούσαν οι ίδιοι **Musique Concrete : Ηχογραφημένη μουσική που μπορεί να περιλαμβάνει οποιονδήποτε ήχο, είτε αυτός προέρχεται από το φυσικό περιβάλλον, είτε από μουσικά όργανα, είτε είναι θόρυβος.** (η λέξη concrete = συγκεκριμένο υποδηλώνει ακριβώς αυτό, το ότι δηλαδή οι ήχοι είναι πραγματικοί και υπάρχουν στο φυσικό περιβάλλον).

Ο Schaeffer αποφοίτησε από την πολυτεχνική σχολή του Παρισιού το 1931 και συνέχισε τις σπουδές του στις τηλεπικοινωνίες και τον ηλεκτρισμό. Λίγο αργότερα έγινε μηχανικός στο Γαλλικό Εθνικό Ραδιοηλεκτρονικό Σταθμό (French National Radio & Radiodiffusion-Television, RTF), ο οποίος ήταν εκείνη την εποχή υπό την κατοχή των Γερμανικών δυνάμεων. Η δουλειά του Schaeffer του έδινε πλήρη πρόσβαση σε έναν άρτιο τεχνολογικά εξοπλισμό, και έτσι το 1944 άρχισε να έχει μερικές ιδέες για την δημιουργία μιας ηλεκτρονικής ραδιοφωνικής όπερας με τίτλο *La Coquille a planetes*, στην οποία θα χρησιμοποιούσε μια σειρά από μη μουσικούς ήχους και απο θόρυβους. Μετά τον πόλεμο, το 1947 ο Schaeffer συναντά τον Jacques Poullin, τεχνικό ήχου, μαζί με τον οποίο συνεργάστηκε τα επόμενα χρόνια για την κατασκευή του απαραίτητου εξοπλισμού στο στούντιο της ραδιοφωνίας.

Τον Ιανουάριο του 1948 ο Schaeffer ξεκίνησε την σύνθεση πέντε σπουδών, οι οποίες είναι γνωστές με τον τίτλο *Etudes de Bruits*. Το έργο ολοκληρώθηκε μέσα σε διάστημα δέκα περίπου μηνών και είναι το πρώτο έργο *musique concrete*. Πιο συγκεκριμένα το έργο αποτελείται από τα εξής τμήματα:

1. *Etude aux chemins de fer* (ένα μοντάζ από ήχους μηχανής τρένου που ηχογραφήθηκαν μέσα σε ένα βαγόνι)
2. *Etude aux tourniquets* (για ξυλόφωνο, καμπάνες και ήχους από παιχνίδια (*tourtiquets* , *whirligigs*)
- 3 + 4. *Etude au piano I & II* (με χρήση προηχογραφημένων ήχων πιάνου από τον Boulez)
5. *Etude aux casseroles* (με χρήση ήχων από πλοία, ανθρώπινες φωνές, κατσαρόλες και μουσικά όργανα)

Για την δημιουργία του έργου χρησιμοποιήθηκαν:

1. 4 Κασσετόφωνα
2. Ένας τετρακάναλος μίκτης
3. Μικρόφωνα
4. Φίλτρα ακουστών συχνοτήτων
5. Ένας “αντηχητικός” χώρος
6. Μία φορητή μονάδα ηχογράφησης
7. Ηχητικά εφέ από την ηχητική βιβλιοθήκη του ραδιοφωνικού σταθμού.

Η δημιουργία του έργου αυτού από τον Schaeffer, έθεσε τις βάσεις για την ανάπτυξη της *musique concrete* και εισήγαγε στον μουσικό κόσμο μια εντελώς νέα αντίληψη για τον ήχο και την μουσική. Οι τέσσερις βασικότεροι λόγοι για την σπουδαιότητα του συγκεκριμένου έργου είναι:

1. Η συνθετική διαδικασία -όσον αφορά τον τελικό ηχητικό αποτέλεσμα- έγινε με την χρήση τεχνολογικών μέσων σε τέτοιο βαθμό ώστε η οργάνωση και η επεξεργασία των ήχων να είναι εξίσου σημαντική στο τελικό ηχητικό αποτέλεσμα, όσο και η επιλογή των ιδίων των ήχων.

2. Πολλοί από τους ήχους που χρησιμοποιήθηκαν ήταν μη μουσικοί (π.χ. θόρυβοι, συνομιλίες κ.α), αλλά χρησιμοποιήθηκαν με μουσικό τρόπο.
3. Το έργο μπορούσε να επαναληφθεί χωρίς καμία απολύτως διαφοροποίηση από εκτέλεση σε εκτέλεση (απουσία του παράγοντα της ερμηνείας από τον εκτελεστή).
4. Κατάργηση της αναγκαιότητας για την ύπαρξη εκτελεστών, καθώς η μουσική αυτή αναπαράγεται με μηχανικά μέσα.

Η επιτυχία των Etudes του Schaeffer τράβηξε το ενδιαφέρον του συνθέτη Pierre Henry, ο οποίος μπήκε στο στούντιο το 1949. Το 1951 ύστερα από συντονισμένες προσπάθειες και από αρκετές επιτυχημένες αναμεταδόσεις ηλεκτρονικής μουσικής, το διοικητικό συμβούλιο του RTF αποφάσισε να χρηματοδοτήσει την δημιουργία ενός νέου στούντιο αφιερωμένου αποκλειστικά και μόνο στην δημιουργία ηλεκτρονικής μουσικής. Το νέο στούντιο ονομάστηκε GRM (Groupe Recherches Musicales) και είχε στην διάθεση του το 1951 τον εξής βασικό εξοπλισμό:

1. Ένα τρικάναλο κασσετόφωνο.
2. Ένα κασσετόφωνο με 10 κεφαλές (Morphophone) που χρησίμευε στην δημιουργία τεχνητής αντήχησης και βρόγχων.
3. Ένα Tolana Phonogene, κασσετόφωνο με 24 presets ταχύτητας αναπαραγωγής, τα οποία ενεργοποιούσε ένα ειδικό keyboard.
4. Ένα Sareg Phonogene με δυνατότητα αναπαραγωγής της ταινίας με μεταβλητή ταχύτητα (Pitch-Shifting Effects).
5. Το Potentiometre d' Epsace. (Controller που επέτρεπε την διάχυση του ήχου στον χώρο μέσω τεσσάρων ηχείων).

Ένα από τα πρώτα έργα που δημιουργήθηκαν στο νέο αυτό στούντιο με την συνεργασία των Schaeffer και Henry, ήταν το *Symphonie pour un homme seul*, στο οποίο χρησιμοποιούνται με εκπληκτικό τρόπο (ακόμη και για τα σημερινά δεδομένα) ήχοι προερχόμενοι από:

1. Ανθρώπινη φωνή (ψίθυροι, συλλαβές από λέξεις, κραυγές κ.α.)
2. Φυσικοί ήχοι (βήματα, χτυπήματα πόρτας, προετοιμασμένο πιάνο κ.α.)

Τα σημαντικότερα και περισσότερο δημοφιλή έργα του Henry ,ωστόσο, είναι τα *Le Voyage* (1961-62) και το *Variations pour un porte et un soupir* (1963), τα οποία αποτελούν έργα ορόσημα για την musique concrete.

Στο στούντιο, εκτός από τους Henry και Schaeffer, εργάστηκαν μια σειρά από πολύ σημαντικούς συνθέτες, ανάμεσα στους οποίους ενδεικτικά μόνο αναφέρονται οι Pierre Boulez, Karlheinz Stockhausen, Marius Constant, Darius Milhaud, Olivier Messiaen, Luc Ferrari, Edgar Varese και Iannis Xenakis.

## Π.5.2 WDR - Cologne

Στον αντίποδα του στούντιο του Παρισιού λειτουργούσε ένα άλλο στούντιο στην Γερμανία. Η τακτική των Γερμανών ήταν αρκετά διαφορετική από αυτή των Γάλλων και αυτό φαίνεται ήδη από το γεγονός ότι στην Γερμανία επιχειρήθηκε μια θεωρητικοποίηση, που προηγήθηκε της δημιουργίας έργων ηλεκτρονικής μουσικής, κάτι που συνέβη -όχι τυχαία μάλλον- και στην δωδεκαφθογγική-σειραϊκή μουσική.

Ήδη από το 1949 ο Dr. Werner Meyer-Eppler (1913-1955), ένας διακεκριμένος Γερμανός φυσικός, δημοσιεύει την εργασία του με τίτλο “*Elektronische Klangerzeugung*”, περιγράφοντας τις δυνατότητες της τεχνολογίας για την δημιουργία ήχου. Την ίδια περίοδο ο συνθέτης και μουσικολόγος Herbert Eimert (1897-1972), αρχίζει να ενδιαφέρεται για την σύγχρονη μουσική τεχνολογία και αναζητεί τρόπους προκειμένου να την χρησιμοποιήσει πάνω στο θεωρητικό πλαίσιο του σειραϊσμού, έτσι όπως αυτό κληροδοτήθηκε από τον Anton Webern. Οι δύο αυτοί άνδρες ήρθαν σε επαφή μέσω ενός τρίτου πολύ σημαντικού προσώπου, του Robert Beyer (μηχανικού ήχου) και συνεργάστηκαν προκειμένου να υλοποιήσουν τις ιδέες τους στο κτίριο της Ραδιόφωνίας της Δυτικής Γερμανίας που έδρευε στην πόλη της Κολωνίας. Μέσα σε αυτό δημιούργησαν ένα στούντιο, προκειμένου να πετύχουν τους στόχους τους και να δημιουργήσουν την μουσική που φανταζόταν και σχεδίαζαν.

Ανάμεσα στα στούντιο της Κολωνίας και του Παρισιού υπήρχε μεγάλη αντιπαλότητα, η οποία φαίνεται στα λόγια του συνθέτη Konrad Boehmer, ο οποίος την περίοδο εκείνη δούλευε στο στούντιο της Γερμανίας και σύμφωνα με τον οποίο:

*[...]Θα μπορούσε κανείς να πει ότι την δεκαετία του '50 υπήρχαν δύο “ψυχροί” πόλεμοι. Ο ένας ανάμεσα στην Σοβιετική Ένωση και τις Ηνωμένες Πολιτείες, και ο άλλος ανάμεσα στο στούντιο της Κολωνίας και σε αυτό του Παρισιού [...]*

Η διαφορές αυτές, βέβαια, ήταν φανερές στο επίπεδο της αισθητικής προσέγγισης της ηλεκτρονικής μουσικής από τους Schaeffer και Eimert, οι οποίοι είχαν μια εντελώς διαφορετική αντίληψη περί των τεχνικών σύνθεσης. Ωστόσο, οι διαφορές -δυστυχώς- δεν ήταν μόνο καλλιτεχνικής φύσεως. Η νωπές μνήμες του Β' Παγκοσμίου πολέμου, έκαναν την Γαλλική πλευρά, που εκφραζόταν στην συγκεκριμένη περίπτωση στο πρόσωπο του Schaeffer, αρκετά αρνητική σε οτιδήποτε είχε να κάνει με την Γερμανική ισχύ, σε οποιοδήποτε τομέα, ακόμη και σε αυτόν της τέχνης. Έτσι δεν είναι καθόλου τυχαίο το γεγονός ότι ο Schaeffer, δήλωνε:

*[...] Έχουμε απελευθερωθεί από τις Γερμανικές δυνάμεις κατοχής, αλλά ακόμη δεν έχουμε καταφέρει να απεγκλωβιστούμε από την 12φθογγική μουσική. Έχουμε απελευθερωθεί πολιτικά αλλά η μουσική μας είναι κάτω από την επιβολή της μουσικής της δεύτερης σχολής της Βιέννης [...]*

Παρ' όλα αυτά υπήρξαν πολλοί συνθέτες οι οποίοι αν και δεν ήταν Γερμανοί, ακολούθησαν το ρεύμα του σειραϊσμού. Ανάμεσά τους οι Milton Babbitt και ο Γάλλος Pierre Boulez.

Στο αισθητικό επίπεδο, που είναι και το πιο ουσιώδες, η κύρια διαφορά των δύο στούντιο ήταν ότι ο Eimert έβλεπε τους αμιγώς ηλεκτρονικά παραγόμενους ήχους ως ένα εντελώς νέο μέσο στην διάθεση των συνθετών και είχε χαμηλή εκτίμηση για το έργο των Γάλλων συνθετών της music concrete, καθώς θεωρούσε ότι τα έργα της Γαλλικής σχολής αποτελούσαν απλούς πειραματισμούς οι οποίοι δεν είχαν καμία ουσιαστική συνεισφορά στην μουσική της εποχής τους· και ήταν απλώς ένα είδος παιχνιδιού με τους ήχους της φύσης.

Το στούντιο της Κολωνίας ήταν επίσης εξοπλισμένο με τεχνολογία αιχμής για την συγκεκριμένη εποχή, και η βασική του διαφορά σε σχέση με αυτό της Γαλλίας ήταν μια ιδιαίτερη έμφαση που είχε στην ποσότητα των synthesizer που φιλοξενούσε. Το στούντιο ήταν εξοπλισμένο με :

1. Γεννήτριες-Ταλαντωτές απλών ημιτονοειδών ήχων.
2. Ένα κασσετόφωνο μεταβλητής ταχύτητας.
3. Ένα τετρακάναλο κασσετόφωνο εγγραφής το οποίο είχε στην διάθεση του το στούντιο της Κολωνίας πολλά χρόνια πριν το αποκτήσουν άλλα κέντρα ηλεκτρονικής μουσικής στον υπόλοιπο κόσμο (μετά το 1957).
4. Φίλτρα ακουστών συχνοτήτων, στα οποία περιλαμβανόταν και ένα πρωτοποριακό band-pass filter.
5. Έναν ring-modulator
6. Μια Γεννήτρια λευκού θορύβου.

Η αποκλειστική χρήση ημιτονοειδών ήχων για την μουσική σύνθεση δεν κράτησε περισσότερο από έναν χρόνο, καθώς αυτό το μέσο πολύ σύντομα έφτασε στα άκρα των δυνατοτήτων του και οι συνθέτες αναζήτησαν νέους τρόπους παραγωγής ήχου. Αν και τα περισσότερα έργα του συγκεκριμένου στούντιο συνέχισαν να δημιουργούνται με την χρήση αμιγώς ηλεκτρονικά παραγόμενων ήχων, η χρήση διαφόρων εφέ όπως η τεχνητή αντήχηση (reverb), ο αντίλαλος (echo) και γενικά η χρήση φίλτρων με στόχο τον εμπλουτισμό των χρησιμοποιούμενων ηχοχρωμάτων, έτυχε ευρείας αποδοχής από μεγάλη μερίδα συνθετών που εργάστηκαν και δημιούργησαν στο στούντιο αυτό.

Μερικά από τα σημαντικότερα έργα που γράφτηκαν στο στούντιο της Κολωνίας ήταν τα: *Sinophonie I* (Barlow, 1945), *Klang im unbergrenzten Raum* (Eimert, 1952), *Klangstudie* (Eimert, 1952), *Pfingstatorium-Spiritus Intelligentiae*, (Krenek, 1956), *Glissandi* (Ligeti, 1957), *Artikulation* (Ligeti, 1958), *1st & 2nd Exercises*, (Cardew, 1958), *Transicion I* (Kagel, 1958-60), *Acoustica* (Kagel, 1969), *Studie* (Humpert, 1965) *Tanz* (Gehlhaar, 1975) κ.α.

### II.5.3 Columbia Tape Music Center.

Η κινητικότητα γύρω από θέματα ηλεκτρονικής μουσικής στις Ηνωμένες Πολιτείες κατά την δεκαετία του 50' ήταν σχετικά χαμηλή. Πειραματισμοί με τις νέες τεχνολογίες γινόταν, αλλά μόνο σποραδικά και σε προσωπικό επίπεδο, από συνθέτες που τύχαινε να διαθέτουν τον κατάλληλο εξοπλισμό και χωρίς συντονισμένες προσπάθειες μέσα σε στούντιο. Το πρώτο στούντιο που ιδρύθηκε στην Αμερική για την μουσική έρευνα και δημιουργία, ήταν το Columbia Tape Music Center στην Νέα Υόρκη.

Η ιστορία ξεκινάει το 1951, όταν δύο αμερικανοί συνθέτες, οι Otto Luening (1900-1996) και Vladimir Ussachevsky (1911-1990), που ανήκαν στο διδακτικό προσωπικό του πανεπιστημίου Columbia, ήρθαν σε επαφή με κάποια κασσετόφωνα τα οποία είχε στην διάθεση του το τμήμα μουσικής του συγκεκριμένου πανεπιστημίου. Πιο συγκεκριμένα το τμήμα είχε:

1. Ένα κασσετόφωνο διπλής ταχύτητας Ampex 400
2. Ένα κασσετόφωνο Magnachord
3. Ένα μικρόφωνο Western Electric 369.

Ο Ussachevsky ξεκίνησε μια σειρά πειραμάτων με την βοήθεια του τεχνικού Peter Mauzey, και έτσι ένα χρόνο μετά, στις 9 Μαΐου έγινε η πρώτη συναυλία με έργα ηλεκτρονικής μουσικής, στην οποία πρωτοπαίχθηκε και το έργο του Ussachevsky: *Sonic contours*. Η συναυλία αυτή στέφθηκε με επιτυχία και αποτέλεσε την αρχή για μια νέα αναζήτηση τεχνολογίας και τεχνογνωσίας. Στα πρώτα αυτά πειραματικά έργα των Ussachevsky και Luening, αξίζει να σημειωθεί ότι υπήρχε παντελής απουσία συνθετικών ήχων. Τα περισσότερα από τα έργα ήταν γραμμένα με τεχνικές της concrete music. Σε αυτό εκτός από τις αισθητικές προτιμήσεις, συνέβαλε και το γεγονός ότι το στούντιο του Columbia δεν ήχε στην διάθεσή του γεννήτριες συνθετικών ήχων.

Ανάμεσα στα πρώτα και πολύ σημαντικά -γενικότερα- έργα του συγκεκριμένου στούντιο και των συγκεκριμένων συνθετών συγκαταλέγονται τα: *Fantasy in Space* (1952), *Low speed* (1952), *Invention in Twelve notes* (1952) του Luening στα οποία χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη ο ήχος του φλάουτου και το προαναφερθέν *Sonic contours* του Ussachevsky στο οποίο χρησιμοποιούνται δείγματα από ήχους πιάνου. Κοινό χαρακτηριστικό και των δύο συνθετών είναι η αναζήτηση νέων ηχητικών δομών και ηχοχρωμάτων, μέσω την αλλαγής ταχύτητας αναπαραγωγής της μαγνητοταινίας.

Σημαντικό γεγονός για την πορεία του στούντιο το Columbia, στάθηκε η χορήγηση υποτροφίας στους δύο αμερικανούς συνθέτες απο το Ιδρυμα Rockefeller, με την βοήθεια της οποίας οι συνθέτες ταξίδεψαν στην Ευρώπη, προκειμένου να αποκτήσουν τις απαραίτητες τεχνικές γνώσεις και να ιδρύσουν ένα ειδικευμένο στούντιο ηλεκτρονικής μουσικής στην Αμερική. Κατά την επίσκεψή τους στην

Γηραιά ήπειρο, αναζήτησαν πληροφορίες τόσο απο το στούντιο του Παρισιού, όσο και από το στούντιο στην Κολωνία.

Στο στούντιο του Columbia, το οποίο αργότερα ένωσε τις δυνάμεις του με το στούντιο του Princeton University, δημιουργήθηκαν πολύ σημαντικά έργα αναμεσα στα οποία ξεχωρίζουν και αναφέρονται ενδεικτικά τα : *Animus I* (Druckman, 1966), *Time's Encomium* (Wuoriner, 1968-69), *Electronic Study No.1* (Davidovsky, 1960), *Le Tomeau d' Edgar Poe* (Mimaroglu, 1964), *Variations for Flute and Electronic Sound* (Carlos, 1964), *Ensembles for synthesizer* (Babbitt, 1961-63).

## Π.6 Τα σημαντικότερα Studios παγκοσμίως: Από το 1948 έως το 1967 (Συνοπτικά).

Η μουσική για μαγνητοταινία (Tape Music) υλοποιήθηκε κυρίως μέσα σε διάφορα στούντιο ή ερευνητικά προγράμματα, τα οποία δημιουργήθηκαν σε χώρες της Ευρώπης και της Αμερικής. Βασικότερη αιτία για την δημιουργία των στούντιο ήταν το γεγονός ότι κατά τις δεκαετίες του '50 και του '60 ο τεχνολογικός εξοπλισμός για την δημιουργία ηλεκτρονικής μουσικής είχε εξαιρετικά υψηλό κόστος. Στις Ηνωμένες Πολιτείες τα στούντιο ηλεκτρονικής μουσικής, ανήκαν συνήθως σε κάποιο πανεπιστήμιο ή σε ανεξάρτητες δισκογραφικές εταιρείες. Στις περισσότερες χώρες τα στούντιο ιδρύονταν με την επιχορήγηση του κράτους για ερευνητικούς συνήθως σκοπούς. Ένας άλλος σημαντικός λόγος που οδήγησε στην Ινστιτουτοποίηση -εάν μπορούμε να την ονομάσουμε έτσι- της Tape Music, ήταν η ανάγκη των νέων συνθετών για συνεχή επαφή με τεχνικούς προκειμένου να λύσουν προβλήματα τεχνικής φύσης, αλλά και να εξοικιωθούν με την λειτουργία των νέων μηχανημάτων. Το 1966, δεκαοκτώ μόλις χρόνια μετά την λειτουργία στο Παρίσι του πρώτου στούντιο στον κόσμο, είχαν ιδρυθεί περισσότερα από 560 στούντιο στον κόσμο.

Ενδεικτικά αναφέρονται μόνο μερικά:

Τοποθεσία	Ίδρυμα	Χρονολογία ίδρυσης	Ενδεικτικά έργα
<b>Buenos Aires, Argentina</b> : Laboratorio de Musica Electronica	Instituto Torcuato di Tella, Centro Latinoamericana de Altos Estudios Musicales (CLAEM)	1962	Lutero (Bolanos, 1965), Dos en el mundo (Bolanos, 1965), Dance bouquet (Rondano, 1965)
<b>Gent, Belgium</b> : Intitut voor Psychoakoestiek en Elektronische Muziek (IPEM)	IPEM	1962	Escurial (de Meester, 1963) Endomorfie I (Goethals, 1964), Votre Faust (Pousseur, 1966)
<b>Toronto, Canada</b> : University of Toronto: electronic Music Studio	University of Toronto	1959	Etude No.1 (Shaeffer, 1959) Composition for Flute and Tape Recorder (Aitken, 1963), Sequence Arrangement No. 1 (Hassell, 1964), Three Etudes for Hugh Le Caine (Cross, 1965) Alchemy (Charpentier, 1966) I of IV (Oliveros, 1966)
<b>Santiago, Chile</b> : Laboratorio de Acoustica	Catholic University	1958	Variatiociones espectrales (Ausar, 1959)



Τοποθεσία	Ίδρυμα	Χρονολογία ίδρυσης	Ενδεικτικά έργα
<b>London, England:</b> Radiophonic Workshop	British Broadcasting Corporation (BBC)	1956	The Disagreeable Oyster (Briscoe, 1959), Opium (Almuro, 1959), Anathema, for reciter and Tape (Wilkinson, 1962), A Round of silence (Smalley, 1963)
<b>Paris, France:</b> Groupe de Recherches Musicales (GRM)	French National Radio-Television (RTF)	1948	(βλ. Κείμενο)
<b>Berlin, Germany:</b> Experimentalstudio für Künstliche Klang und Gerauscherzeugung Laboratorium für Akustisch-Musikalische Grenzprobleme	RFZ (East German Radio)	1962	Der faule Zauberer (Kurth, 1963), Amarillo Luna (Kubiczek, 1963), Quartet für elektronische klänge (Wehding, 1963), Variationen (Hohensee, 1965), Zoologischer Garten (Rzewski, 1965).
<b>Cologne, Germany:</b> Studio für elektronische Musik	West German National Radio (WDR)	1951	(βλ. Κείμενο)
<b>Munich Germany:</b> Studio für elektronische Musik	Siemens Corporation	1957	Studie für Elektronische Klänge (Riedl, 1959), Antithese (Kagel, 1962), Imaginary Landscape No.3 (Cage, realized by Kagel, 1964), Heterophony (Antoniou, 1966)
<b>Milan, Italy:</b> Studio di Fonologia	RAI (Italian Radio)	1953	Musique n.1 (Berio, 1953), Notturmo (Maderna, 1955), Thema-Omaggio a Joyce (Berio, 1958) Contrapunto Fialletico alla mente (Nono, 1968) Intolleranza (Nono, 1960) Music For Vibraphones (Hassel, 1965), Visage (Berio, 1961), Fontana Mix (Cage, 1958-59), Continuo (Maderna, 1958) Momenti (Berio, 1960).
<b>Tokyo, Japan:</b> Electronic Music Studio	NHK (Japan Radio)	1953	Music for Sine Waves Selected on a Ration Principle of Prime Numbers (Mayuzumi, 1955), Ondine (Miyoshi, 1959), A red Cocoon (Moroi, 1960) Phonogene (Takahashi, 1962), Parallel Music (Ichiyonagi, 1962) Telemusik (Stockhausen, 1966), Comet Ikeya (Yuasa, 1966).
<b>Eindhoven, The Netherlands:</b> Center for Electronic Music (Philips Research Laboratories)	Philips Gloeilampenfabrieken	1956	Poeme electronique (Varese, 1958), Variations electronique (Badings, 1957), Whirling (Dissevelt, 1958) Electronic Ballet Music II (Badings, 1959) Pianoforte (Raaijmakers, 1960)
<b>Oslo, Norway:</b> Norsk Rikskringkasting	NRK (Norse Radio)	1961	Epitaffio (Nordheim, 1963), Response I (Nordheim, 1966)
<b>Warsaw, Poland:</b> Studio Eksperymentalne	Polish National Radio	1957	Campi integrati (Evangelisti, 1959) Passacalia na 40 z 5 (Dobrowalski, 1960), Brygaasmierci (Penderecki, 1963), Asseblage I-III (Schaeffer, 1966).

Τοποθεσία	Ίδρυμα	Χρονολογία ίδρυσης	Ενδεικτικά έργα
<b>Murray Hill N.J.:</b> Bell Telephone Laboratories	Bells Telephone	1957	In the silver Scale (Guttman, 1957), Pitch Variations (Guttman, 1957), Stochatta (Pierce, 1959), May Carl I (Mathews, 1959), Five stochastic Studies (Tenney, 1962), Composition (Risset, 1965), Swansong (Mathews, 1966).
<b>New York, N.Y.:</b> Columbia-Princeton Electronic Music Center	Columbia & Princeton Universities	Tape Center: 1951  Music Center: 1959	(βλ. Κείμενο)
<b>San Francisco, Calif:</b> San Francisco Tape Music Center	Private until 1966, later, Mills College	1961	(βλ. Κείμενο)
<b>Waltham, Mass:</b> Brandeis University Electronic Music Studio	Brandeis University	1961	Perspectives (Shirley, 1962), UCLA (Subotnic, 1964) Piece One (Adamis, 1964), Rozart Mix for Magnetic Tape (Cage, 1965), Elegy for Albert Anastasia (Lucier, 1965) Quintonia (Krenek, 1965) Tonegroups I (Epstein, 1965) Whistlers (Lucier, 1966-1967), From my first book of dreams- live electronic music (Lucier, 1965)
<b>Urbana, Ill.:</b> University of Illinois Experimental Studio.	University of Illinois	1959	Three electronic studies (Hoffman and Shallenberg, 1959), Collage No.1 (Tenney, 1961), Amplifications (Hiller, 1962) Seven Electronic Studies (Hiller, 1962-1963), Computer Cantata (Baker and Hiller, 1963), Antiphone (Gaburo, 1963), Machine Music (Hiller, 1964), 27'10.554" for a percussionist (Cage realized by Neuhaus, 1965) Adjacenceis (Amacher, 1965), Algorithms I and II (Hiller, 1966)

## Π.7 Computer Music.

Σήμερα οι υπολογιστές παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο σε πολλές περιοχές της μουσικής δημιουργίας, όπως η σύνθεση πολύπλοκων ήχων οι οποίοι είναι αδύνατον να δημιουργηθούν με την χρήση ακουστικών οργάνων. Η αλγοριθμική σύνθεση, η δημιουργία διαδραστικών έργων (Interactive Music), η σύνδεση πολλών τεχνών ταυτόχρονα (multimedia) και η φασματική ανάλυση ήχου είναι μερικές μόνο από τις μουσικές δυνατότητες που παρέχουν οι υπολογιστές στον σύγχρονο μουσικό δημιουργό.

Η χρήση της τεχνολογίας για την δημιουργία μουσικών έργων έχει πλέον κατακτήσει μια πάγια θέση ανάμεσα σε παραδοσιακές μορφές σύνθεσης. Η μουσική τεχνολογία έχει διεισδύσει σε όλους τους χώρους της μουσικής παραγωγής όπως Jazz, Pop, Rock, Techno, Disco και κινηματογραφική μουσική, ξεφεύγοντας από τα στενά όρια της Πειραματικής μουσικής μέσα από την οποία αναπτύχθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 50 με αρχές του 60 με την ανάπτυξη της Αμιγούς Ηλεκτρονικής Μουσικής και της Musique Concrete

Η θεαματική ανάπτυξη της τεχνολογίας τα τελευταία 40 χρόνια, οδήγησε στην δημιουργία φθηνών και πανίσχυρων προσωπικών υπολογιστών, κάνοντας έτσι προσιτή στο ευρύ κοινό την άλλοτε δαπανηρή τεχνολογία. Η κάρτα ήχου και ο Ηλεκτρονικός Υπολογιστής αποτελεί πλέον τον στάνταρ εξοπλισμό στα περισσότερα σπίτια, παρέχοντας στον χρήστη τεχνολογία που υπερέρχει κατά πολύ της τεχνολογίας αιχμής των περασμένων δεκαετιών, κάτι που πρακτικά σημαίνει ότι κάθε μέσος χρήστης ηλεκτρονικού υπολογιστή έχει πλέον την δυνατότητα να δημιουργεί στον προσωπικό του χώρο, έργα ηλεκτρονικής μουσικής που άλλοτε απαιτούσαν εξοπλισμό που μόνο τα πιο πλούσια στούντιο στον κόσμο είχαν στην διάθεση τους.

Μετά το 1990 η χρήση των synthesizers και της Μαγνητοταινίας, αντικαταστάθηκε σταδιακά από την χρήση computer-based software synthesizers. Οι υπολογιστές έδωσαν την δυνατότητα στους συνθέτες σε μια σειρά από εφαρμογές όπως:

1. Μουσική Σημειογραφία
2. Sequencing - Editing
3. Συνθεση ήχου
4. Ψηφιακή ηχογράφηση και μίξη.
5. Δημιουργία Διαδραστικών συστημάτων και μουσικής με χρήση Live Electronics.

### Π.7.1 Χρονολόγιο

Ειδικά ο χώρος της computer music είναι ένας από τους πλέον πλούσιους ιστορικά. Αυτό οφείλεται κυρίως στο μέγεθος της διάδοσης της νέα τεχνολογίας και της κοινωνικής της ευρύτητας, αφού καλύπτει ένα πολύ μεγάλο μέρος του πληθυσμού σε

σχέση τα παλαιότερα τεχνολογικά επιτεύγματα. Για τον λόγο αυτό θα σταθούμε μόνο σε μερικά πολύ σημαντικά γεγονότα και θα αποφύγουμε μια εξωνυχιστική αναφορά σε πρόσωπα και γεγονότα.

Χρονολογία	Γεγονός
1953-1954	Ο Έλληνας συνθέτης Ιάννης Ξενάκης, χρησιμοποιεί ηλεκτρονικό υπολογιστή για να υπολογίσει διάφορες παραμέτρους που αφορούν τα Glissandi μεταβλητής ταχύτητας και διάρκειας που χρησιμοποιεί στο έργο του Μεταστάσεις για Ορχήστρα.
1955-1957	Οι Lejaren Hiller και Leonard Isaacson, αναπτύσσουν ένα πρόγραμμα για ηλεκτρονικό υπολογιστή, που δημιουργεί διαδοχές αριθμών, οι οποίοι μπορούν να αντιστοιχηθούν με διάφορες μουσικές παραμέτρους, όπως η ένταση, το τονικό ύψος κ.α. Στην συνέχεια χρησιμοποιούν τμήματα των δεδομένων που παρήγαγε ο υπολογιστής, προκειμένου να συνθέσουν το πρώτο έργο στην ιστορία της μουσικής που γράφτηκε με την βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή και ονομάζεται Illiac Suite για κουαρτέτο εγχόρδων
1956	Οι μηχανικοί ηλεκτρονικών υπολογιστών, Martin L. Klein και Douglas Bolitho, προγραμματίζουν έναν υπολογιστή Datatron, έτσι ώστε να μπορεί να συνθέτει τραγούδια αυτόματα. Το μηχάνημα συνθέτει 4000 pop(ular) κομμάτια, αφού πρώτα έχει τροφοδοτηθεί με τα χαρακτηριστικά 100 τραγουδιών της συγκεκριμένης εποχής.
1956-1962	Στο Παρίσι, ο Ξενάκης, γράφει μερικά υπολογιστικά προγράμματα στα οποία ενσωματώνει θεωρίες πιθανοτήτων που προέρχονται από τα μαθηματικά. Καρποί των προγραμμάτων αυτών είναι έργα όπως: ST/10-080262 για 10 όργανα, Atreés, Morsima-amorsima, και ST/48-1.240162 για 48 όργανα.
1957	Στα εργαστήρια Bell Labs, ο Max Mathews, παρουσιάζει τους πρώτους ήχους, παραγόμενους από ηλεκτρονικό υπολογιστή. Για να πετύχει τον στόχο του χρησιμοποιεί έναν μετατροπέα ψηφιακών σημάτων σε αναλογικά (Digital-to-Analog Converter, DAC). Για τον Mathews αυτή είναι η αρχή για μια τεράστια πορεία και συνεισφορά στον χώρο της ηλεκτρονικής μουσικής και ειδικότερα της computer music.
1959-1966	Ο Max Mathews και οι συνεργάτες του στα εργαστήρια Bell Labs, πειραματίζονται με την σύνθεση ήχου μέσω ηλεκτρονικών υπολογιστών. Προκύπτει, λοιπόν, μια σειρά από πρωτόλεια έργα όπως τα: Pitch Variations (Newman Guttman), Sea Sounds (John Pierce), και Noise Study (James Tenney), αλλά και διασκευές γνωστών τραγουδιών ή άλλα πειραματικά και εξαιρετικά πολύπλοκα κομμάτια όπως τα: Five Stochastic Studies και Ergodos (Tenney). Την ίδια εποχή κάνει την εμφάνισή της η αρχή μιας σειράς προγραμμάτων (που αργότερα χαρακτηρίστηκαν Music-N Series) με το πρόγραμμα Music I (1957). Τα προγράμματα αυτά έχουν στόχο την αυτοματοποιημένη ψηφιακή σύνθεση και οργάνωση του ήχου. Τα προγράμματα, αναβαθμίζονται συνεχώς αποκτώντας περισσότερες δυνατότητες και μεγαλύτερο έλεγχο πάνω στο παραγόμενο ηχητικό αποτέλεσμα: έτσι μόλις το 1962 το πρόγραμμα Music IV χρησιμοποιείται ευρύτατα και οδηγεί στην δημιουργία εκατοντάδων μουσικών έργων. Πολλά από τα έργα που δημιουργήθηκαν με τα συγκεκριμένα προγράμματα, κυκλοφόρησαν την δεκαετία του '60 σε έναν δίσκο με τίτλο: Music from Mathematics.
1965	Στα εργαστήρια Bell Labs, ο Γάλλος φυσικός και συνθέτης, Jean-Claude Risset, χρησιμοποιεί ένα πρόγραμμα των, Max Mathews και Joan Miller, με στόχο την ψηφιοποίηση του ήχου της τρομπέτας. Το πείραμα είναι πολύ σημαντικό καθώς είναι η πρώτη φορά που επιτυγχάνεται μια μετατροπή και κατα κάποιον τρόπο μοντελοποίηση ενός χάλκινου οργάνου από ηλεκτρονικό υπολογιστή.
1966	Οι Mathews και Rosler, κατασκευάζουν ένα γραφικό περιβάλλον για την σύνθεση ηλεκτρονικής μουσικής. Αποτελείται από έναν μια φωτοευαίσθητη επιφάνεια πάνω στην οποία ένα ειδικό στυλό χρησιμοποιείται, προκειμένου να "σχεδιαστούν" παράμετροι του ήχου που αφορούν την ένταση την διάρκεια και το τονικό ύψος του παραγόμενου ήχου. Η μουσική σχεδιάζεται πάνω σε ένα πλέγμα που αντιπροσωπεύει τον χρόνο. Το ηχητικό αποτέλεσμα μπορεί να αποθηκευτεί και να επαναληφθεί με την χρήση τεχνικών computer synthesis. Το πρόγραμμα αυτό είναι -πιθανότατα- και το πρώτο με φιλικό προς τον συνθέτη interface.

Χρονολογία	Γεγονός
1967-1969	Στο πανεπιστήμιο του Illinois, οι John Cage και Lejaren Hiller, συνεργάζονται για την δημιουργία ενός τεράστιου έργου πολυμέσων, με τίτλο HPSCHD. Το έργο είναι γραμμένο για 7 τσέμπαλα και 51 computer-generated μαγνητοταινίες. Το υλικό προετοιμάστηκε από τους δύο συνθέτες με την χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή, προκειμένου να συνδεθούν μουσικά μοτίβα τα οποία προέκυψαν από υπολογισμούς βασισμένους στο βιβλίο I Ching.
1969-1974	Οι Max Mathews, F.R. Moore και Jean-Claude Risset, κυκλοφορούν το πρόγραμμα Music V, μια βελτιωμένη έκδοση του προηγούμενου προγράμματος. Έπειτα από την εκδήλωση της ανάγκης για ένα computer-controlled πρόγραμμα που να μπορεί να χρησιμοποιείται σε παραστάσεις ζωντανά, η ομάδα, δημιουργεί ένα νέο πρόγραμμα με την ονομασία GROOVE, το οποίο επιτρέπει στον υπολογιστή να λειτουργεί ως voltage-controller σε αναλογικά synthesizers.
1971-1974	Ο πρόεδρος της Γαλλίας, Georges Pompidou, αναθέτει στον συνθέτη Pierre Boulez, την δημιουργία και την διεύθυνση ενός ινστιτούτου για την μουσική έρευνα. Η κατασκευή του ινστιτούτου ολοκληρώνεται το 1974 και γίνεται γνωστό με το όνομα IRCAM. Ο Boulez καλεί τον Jean-Claude Risset, να διευθύνει το τμήμα των υπολογιστών. Το IRCAM αποτελεί έκτοτε, διεθνές σημείο αναφοράς σε θέματα που αφορούν την ηλεκτρονική μουσική αλλά και την έρευνα γύρω από ζητήματα ακουστικής κ.α. Το IRCAM έχει φιλοξενήσει πάρα πολλούς συνθέτες και πολλά έργα ηλεκτρονικής μουσικής έχουν δημιουργηθεί στα στούντιο του. Εκτός όμως από την τεχνική βοήθεια και την παραγωγή έργων, μια άλλη μεγάλη συνεισφορά του ινστιτούτου στον χώρο της ηλεκτρονικής μουσικής είναι και η δημιουργία μιας μεγάλης γκάμας λογισμικού (software).
1974-1975	Κατασκευάζεται από τους Jon Appleton, Sydney Alonso και Cameron Jones το πρώτο ψηφιακό, φορητό synthesizer με την ονομασία Synclavier. Το όργανο αυτό, έχει την δυνατότητα να αποθηκεύει ήχους και να τους ανακαλεί διαδραστικά με το πάτημα των πλήκτρων του. Είναι φτιαγμένο ειδικά για συναυλιακούς σκοπούς και θέτει τις βάσεις για τα computer-based synthesizers που πρόκειται να ακολουθήσουν. Προκειμένου να κατασκευαστεί και να διανεμηθεί το Synclavier, δημιουργείται η εταιρεία New England Corp.
1975-1982	Εμφανίζονται οι Mini και Micro-computers, οι οποίοι αρχικά χρησιμοποιούνται ως control-devices σε αναλογικά synthesizers. Η ανάπτυξη των μικροεπεξεργαστών εισάγει μια σειρά από chips που παρέχουν την δυνατότητα για την παραγωγή και επεξεργασία του ήχου τα οποία αρχίζουν σταδιακά να γίνονται προσιτά στο ευρύ κοινό. Γενικότερα υπάρχει μια τάση για την εμπορική χρήση των νέων τεχνολογιών οι οποίες παύουν πλέον να υφίστανται μόνο μέσα σε εξειδικευμένα στούντιο. Αρχίζουν επίσης να εμφανίζονται και τα πρώτα “εμπορικά” μουσικά προγράμματα που τρέχουν σε προσωπικούς υπολογιστές (Apple, Comodore, Atari κ.α)
1976	Ένα από τα σημαντικότερα DSP (Digital Sound Processor) Software synthesizers, το 4X, ολοκληρώνεται στο IRCAM από μια ομάδα ερευνητών υπό την διεύθυνση του Giuseppe Di Giugno. Διάφορες νέες εκδόσεις του συγκεκριμένου synthesizer εμφανίζονται μεταξύ 1976 και 1981· ανάμεσα τους και τα 4B, AC.
1979	Μια ομάδα ερευνητών στο IRCAM, με επικεφαλής τον Xavier Rodet, ολοκληρώνει και παρουσιάζει την πρώτη έκδοση του Chant· ενός προγράμματος που χρησιμοποιεί τεχνικές physical modelling και άλλα υπολογιστικά μοντέλα, προκειμένου να συνθέτει ήχο.

Χρονολογία	Γεγονός
1979-1984	<p>Το Fairlight CMI (computer music instrument), ένα ψηφιακό synthesizer, κατασκευάζεται στην Αυστραλία και παρουσιάζεται το 1979. Το όργανο αυτό παρέχει νέες πολύπλοκες τεχνικές σύνθεσης ήχου και είναι εφοδιασμένο με ένα υπολογιστή, δύο 8inch Drives, touch-sensitive κλαβιέ 6 οκτάβων και μια σειρά από software, για την δημιουργία και την διαμόρφωση ήχου. Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του, ήταν η δυνατότητα για την μετατροπή αναλογικών ηχητικών κυμάτων σε ψηφιακά (ADC, Analog to Digital Conversion), κάτι που έδινε την δυνατότητα για ηχογράφηση και επεξεργασία ήχων που προερχόταν από φυσικές πηγές. Το όργανο αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως το πρώτο εμπορικά διαθέσιμο digital sampling instrument (sampler). Τέλος, αξίζει να αναφερθεί η δυνατότητα που παρείχε το όργανο στον εκτελεστή, έτσι ώστε αυτός να μπορεί να αλλάζει το κούρδισμα, δημιουργώντας νέες κλίμακες με ακρίβεια ενός εκατοστού του ημιτονίου. Το CMI χρησιμοποιήθηκε παρ' όλα αυτά, κυρίως μέσα σε στούντιο λόγω του υψηλού κόστους του. Οι δυνατότητές του ως synthesizer αλλά και ως μέσου ηχογράφησης και αναπαραγωγής του ήχου με ταυτόχρονη επεξεργασία ήχου και χρήση πολυκάναλων τεχνικών, έκανε το όργανο να κοστίζει από 25.000\$ έως 30.000\$.</p> <p>Την ίδια εποχή, ένα άλλο ψηφιακό synthesizer, παρουσιάζεται από τον Crumar, με την ονομασία General Development System. Βασισμένο πάνω στις τεχνικές προσθετικής σύνθεσης ήχου, χρησιμοποιεί δύο 8inch drives, έναν Z-80 μικροεπεξεργαστή και ένα keyboard controller. Το όργανο αυτό στοιχίζει επίσης περίπου 27.000\$: αλλά είναι το πρώτο μιας σειράς οργάνων τα οποία θα οδηγήσουν σε λίγα χρόνια στο πολύ πιο προσιτό, οικονομικά, Synergy (1982)</p>
1980	<p>Η Casio εισάγει το synthesizer, Casio-VL Tone, το οποίο κόστιζε μόλις 70\$. Το όργανο είχε ένα μίνι κλαβιέ δύομισι οκτάβων και μπορούσε να αποθηκεύει πάνω από 100 νότες (Sequencer), αναπαραγόντάς τες. Διέθετε επίσης έναν ταλαντωτή χαμηλών συχνοτήτων (LFO, Low Frequency Oscillator), παρέχοντας έτσι την δυνατότητα στον χρήστη για την δημιουργία εφέ και νέων ηχοχρωμάτων.</p>
1981	<p>Η E-mu, παρουσιάζει το Emulator, ένα πρωτοποριακό ψηφιακό sampler. Ο χρόνος δειγματοληψίας του οργάνου είναι εξαιρετικά μικρός, περίπου 2 δευτερόλεπτα αλλά διαθέτει πολυφωνία 8 νοτών και δυνατότητα για real-time looping.</p> <p>Την ίδια χρονία, ο συνθέτης Pierre Boulez, συνθέτει το έργο Répons, που είναι το πρώτο έργο που γράφτηκε με την χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή στο IRCAM. Το έργο έγινε με την βοήθεια του 4X synthesizer, που είχε κατασκευαστεί στο ircam και για την εκτέλεση του απαιτεί 24 μουσικούς που εκτελούν φυσικά όργανα, ο ήχος των οποίων εισάγεται στο synthesizer, και διαχέεται στην αίθουσα μέσα από ένα δίκτυο ηχείων, αφού πρώτα έχει υποστεί ηλεκτρονική επεξεργασία.</p>
1981-1983	<p>Οι προσωπικοί υπολογιστές των εταιριών IBM και Apple αρχίζουν να δεσπόζουν στην αγορά. Οι υπολογιστές γίνονται με το πέρασμα του χρόνου ολοένα και πιο προσιτοί οικονομικά ενώ ταυτόχρονα αναπτύσσονται νέα λογισμικά (software) φιλικά προς τον χρήστη, ανοίγοντας έτσι τον δρόμο για μια ευρύτατη χρήση της τεχνολογίας για μουσικές και μη εφαρμογές. Η εξέλιξη αυτού του “φαινομένου” συνεχίζεται μέχρι σήμερα.</p> <p>Το 1982, ο Crumar εισάγει στην αγορά το Synergy σε εξαιρετικά χαμηλό κόστος σε σχέση με τα synthesizers των Fairlight και Synclaviers.</p>

Χρονολογία	Γεγονός
1983	<p>Παρουσίαση από την Casio του PT-20 ενός μονοφωνικού όργανου 31-πλήκτρων, το οποίο έχει την δυνατότητα, μέσω πολύ καλά ορισμένων αλγοριθμικών διαδικασιών, να παίζει συγχορδίες ανταποκρινόμενο σε απλά πατήματα πλήκτρων του εκτελεστή. Το PT-20 έχει επίσης την δυνατότητα να αποθηκεύει και να αναπαράγει 508 νότες. Η τιμή του έφτανε τα 100\$ και η σημαντικότερη του καινοτομία ήταν ο τρόπος με τον οποίο είχε προγραμματιστεί ο υπολογιστής του οργάνου έτσι ώστε να αντιδρά στα δεδομένα που λάμβανε από τον χρήστη.</p> <p>Την ίδια χρονιά κάνει την εμφάνιση του το Synclavier II. Διαθέτει σχεδόν όλα τα χαρακτηριστικά του Fairlight CMI αλλά έχει σχεδιαστεί προσεκτικότερα, έτσι ώστε να είναι περισσότερο μουσικό όργανο παρά υπολογιστής. Το κεντρικό panel του οργάνου έχει δεκάδες διακόπτες και ποτενσιόμετρα προκειμένου να γίνει εφικτός ο έλεγχος παραμέτρων όπως η ένταση, το vibrato και άλλες παράμετροι του ήχου. Το Synclavier II, διαθέτει 16 ψηφιακούς ταλαντωτές και παρέχει την δυνατότητα για 16-κάναλη ηχογράφηση. Η μνήμη του οργάνου είναι αρκετά μεγάλη ώστε να μπορεί να αποθηκεύει 2.000 νότες και μπορεί να επεκταθεί μέσω κάρτας στις 15.000 νότες. Παρ' όλα αυτά το Synclavier II παρέμεινε απρόσιτο στους περισσότερους συνθέτες και μουσικούς και χρησιμοποιήθηκε κυρίως μέσα σε στούντιο λόγω του υπέρογκου κόστους, το οποίο κυμαινόταν από 28.000 έως 55.000\$</p> <p>Η Kurzweil Music Systems παρουσιάζει το K250, το πρώτο synthesizer, που χρησιμοποιεί μνήμη ROM, για την αποθήκευση των ψηφιακών του δειγμάτων.</p>
1984	<p>Αναπτύσσεται το πρωτόκολλο M.I.D.I.( Musical Instruments Digital Interface) μέσω του οποίου καθίσταται εφικτή η επικοινωνία ανάμεσα σε synthesizers και υπολογιστές. Έτσι οι υπολογιστές μπορούν να ελέγχουν με διάφορους τρόπους τις μουσικές παραμέτρους των synthesizer και να χρησιμοποιούν τις συνθετικές τους ικανότητες προκειμένου να πετύχουν καλύτερη ποιότητα ήχου.</p> <p>Η Apple, παρουσιάζει τον προσωπικό υπολογιστή, Macintosh, ο οποίος καθιερώνεται ως ο κατεξοχήν μουσικός υπολογιστής και χρησιμοποιείται από εκατοντάδες συνθέτες ανά τον κόσμο.</p> <p>Η Roland, παρουσιάζει το CMU-800R. Η συσκευή αυτή αποτελεί κατά κάποιον τρόπο μια μορφή κάρτας ήχου, η οποία προσαρμόζεται στον υλεκτρονικό υπολογιστή Apple II και παρέχει την δυνατότητα σύνθεσης ήχου. Η συσκευή συνδέεται στον υπολογιστή μέσω ειδικού καλωδιακού κυκλώματος και ελέγχεται από το πληκτρολόγιό του.</p>
1985	<p>Ο Προγραμματιστής Mark από το Unicorn, παρουσιάζει ένα πρόγραμμα με την ονομασία "Performer" που αποτελεί ένα από τα πρώτα προγράμματα Midi Sequencing και τρέχει σε πλατφόρμα Macintosh. Το πρόγραμμα χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα. (Digital Performer).</p> <p>Το IRCAM, παρουσιάζει το πρώτο λογισμικό του (software) για υπολογιστές Macintosh. Το πρόγραμμα αυτό αποτελεί καρπό των συστηματικών προσπαθειών και ερευνών μιας ομάδας ερευνητών υπό την διεύθυνση του David Wessel.</p>
1986	<p>Μια νέα έκδοση του μουσικού προγράμματος Music V παρουσιάζεται από τον Barry Vercoe στο MIT. Το πρόγραμμα είναι ευρύτατα χρησιμοποιούμενο από πολλούς συνθέτες ακόμη και σήμερα και είναι γνωστό με την ονομασία: Csound</p>
1988	<p>Η Korg παρουσιάζει το M1 Music Workstation, ένα computer-based synthesizer, που κάνει χρήση όλων των γνωστών τεχνικών σύνθεσης και διαθέτει drum machine, sequencer και ψηφιακά εφέ.</p> <p>Την ίδια χρονιά το IRCAM παρουσιάζει την πρώτη έκδοση του προγράμματος, Max. Δημιουργός του προγράμματος είναι ο Miller Puckett.</p>

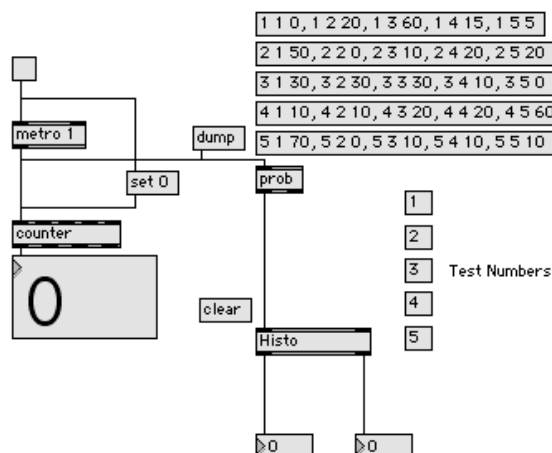
Χρονολογία	Γεγονός
1990	<p>Παρουσίαση από την Sony του εγγράψιμο CD</p> <p>Δημιουργία της γλώσσας μουσικού προγραμματισμού Max στο Παρίσι (Ircam) από τον Miller Ruckette. Πρόθεση του δημιουργού του προγράμματος ήταν η δημιουργία μίας εφαρμογής για τον έλεγχο του synthesizer 4X στο Ircam. Στην αρχική του εκδοχή το πρόγραμμα (1988) δεν είχε γραφικό περιβάλλον· αυτό ενσωματώθηκε σε μεταγενέστερη έκδοση για πλατφόρμες Macintosh.</p> <p>Η Max σήμερα είναι μια γραφική γλώσσα μουσικού προγραμματισμού. Το πρόγραμμα επιτρέπει τον χειρισμό συσκευών που διαθέτουν το πρωτόκολλο M.I.D.I. και εξηπηρετεί με τον καλύτερο –ίσως- δυνατό τρόπο την δημιουργία διαδραστικών περιβαλλόντων. Στις τελευταίες τις εκδόσεις η Max (από το 1989 το πρόγραμμα ανανεώθηκε και επεκτάθηκε τεχνικά χάριν των προσπαθειών του David Zicarelli) απέκτησε την δυνατότητα επεξεργασίας σήματος (Msp), κάτι που διευρύνει πολύ τους μουσικούς της ορίζοντες. Αξίζει να σημειωθεί ότι το πρόγραμμα δημιουργήθηκε με την γλώσσα προγραμματισμού C.</p> <p>Η Symbolic Sound παρουσιάζει ένα μουσικό υπολογιστικό σύστημα με διπλό επεξεργαστή. Για τον έλεγχο του υπολογιστή χρησιμοποιείται ένα νέο πρόγραμμα με την ονομασία Kyma, το οποίο είναι κατασκευασμένο ειδικά για να επεξεργάζεται ήχους σε πραγματικό χρόνο για παραστάσεις με live-electronics.</p>
1991	Παρουσίαση από την Sony του MiniDisc
1992	Ανακοίνωση από την Sony του δίσκου πολυμέσων (multimedia) CD-ROM
1994	Παρουσίαση του οπτικού δίσκου DVD
1996	Παρουσίαση του πρώτου πολυκάναλου MiniDisc.
1997	Ανάπτυξη του πρωτύπου DVD-Audio
1999	Στο IRCAM παρουσιάζεται το πρόγραμμα jmax. Το πρόγραμμα δημιουργείται από μια ομάδα ερευνητών υπό την διεύθυνση του Francois Déchelle και συνθέτει ήχο σε πραγματικό χρόνο.
2000-Σήμερα	<p>Με την έναρξη του 21ου αιώνα, η τεχνολογική εξέλιξη συνεχίζεται με αυξανόμενους ρυθμούς τόσο σε επίπεδο Hardware (Μηχανών - Υπολογιστών), όσο και Software (Λογισμικό). Μία σειρά από νέα προγράμματα ή αναβαθμίσεις παλιών είναι σε χρήση από τους συνθέτες ηλεκτρονικής μουσικής, Ανάμεσά τους τα Cubase, Logic Pro, Cecilia, Csound, Cmix, Max/msp και SuoerCollider. Οι επιδόσεις των υπολογιστών αυξάνονται συνεχώς έτσι ώστε να έχει ξεπεραστεί σχεδόν κάθε τεχνικό εμπόδιο. Η Apple παρουσιάζει το 2003 τον PowerMac G5 τον πρώτο προσωπικό υπολογιστή στα 64-bit ο οποίος κυκλοφορεί με δυο επεξεργαστές</p>



## Π.8 Κατάλογος Midi Controllers

Description	Controller Number	Values
<b>On / Off Switch Controllers 64-95</b>		
Sustain Pedal	64	127 and 0
<b>Continuous Controllrs (MSB) 0-31</b>		
Modulation Wheel	1	0-127
Breath Controller	2	0-127
Foot Controller	4	0-127
Portamento Time	5	0-127
Data Entry	6	0-127
Main Volume	7	0-127
Balance	8	0-127
Pan	10	0-127
Expression	11	0-127
<b>Description</b>	<b>Controller Number</b>	<b>Values</b>
<b>Extra precision for the above (LSB) 32-63</b>		
<b>On / Off Switch Controllers 64-95</b>		
Sustain Pedal	64	127 and 0
Portamento On / Off	65	127 and 0
Sostenuto Pedal	66	127 and 0
Soft Pedal	67	127 and 0
<b>Other 96-121</b>		
Data Entry Yes (+1)	96	127
Data Entry No (-1)	97	127
<b>Channel Mode Messages 122-127</b>		
Local Control On / Off	122	127 and 0
All notes Off	123	0
Omni Mode Off	124	0
Omni Mode On	125	0
Monoi On	126	0-16
Poly On	127	0

## Π.9. Προσδιορισμός στατικών κατανομών (stationary distribution) με το αντικείμενο Histo στην Max/msp.



Ο παραπάνω αλγόριθμος δίνει τις στατικές κατανομές των καταστάσεων, όπως αυτές εμφανίζονται σε απόλυτους αριθμούς μετά από  $n$  βήματα της διαδικασίας. Οι πιθανότητες μετάβασης τροφοδοτούνται στο αντικείμενο **prob** και εμφανίζονται στο παρακάτω σχήμα δίνοντας την εντολή **dump** :

```

transition probabilities :
from 5 to 5: 10
from 5 to 4: 10
from 5 to 3: 10
from 5 to 2: 0
from 5 to 1: 70
total weights for state 5: 100
from 4 to 5: 60
from 4 to 4: 20
from 4 to 3: 20
from 4 to 2: 10
from 4 to 1: 10
total weights for state 4: 120
from 3 to 5: 0
from 3 to 4: 10
from 3 to 3: 30
from 3 to 2: 30
from 3 to 1: 30
total weights for state 3: 100
from 2 to 5: 20
from 2 to 4: 20
from 2 to 3: 10
from 2 to 2: 0
from 2 to 1: 50
total weights for state 2: 100
from 1 to 5: 5
from 1 to 4: 15
from 1 to 3: 60
from 1 to 2: 20
from 1 to 1: 0
total weights for state 1: 100

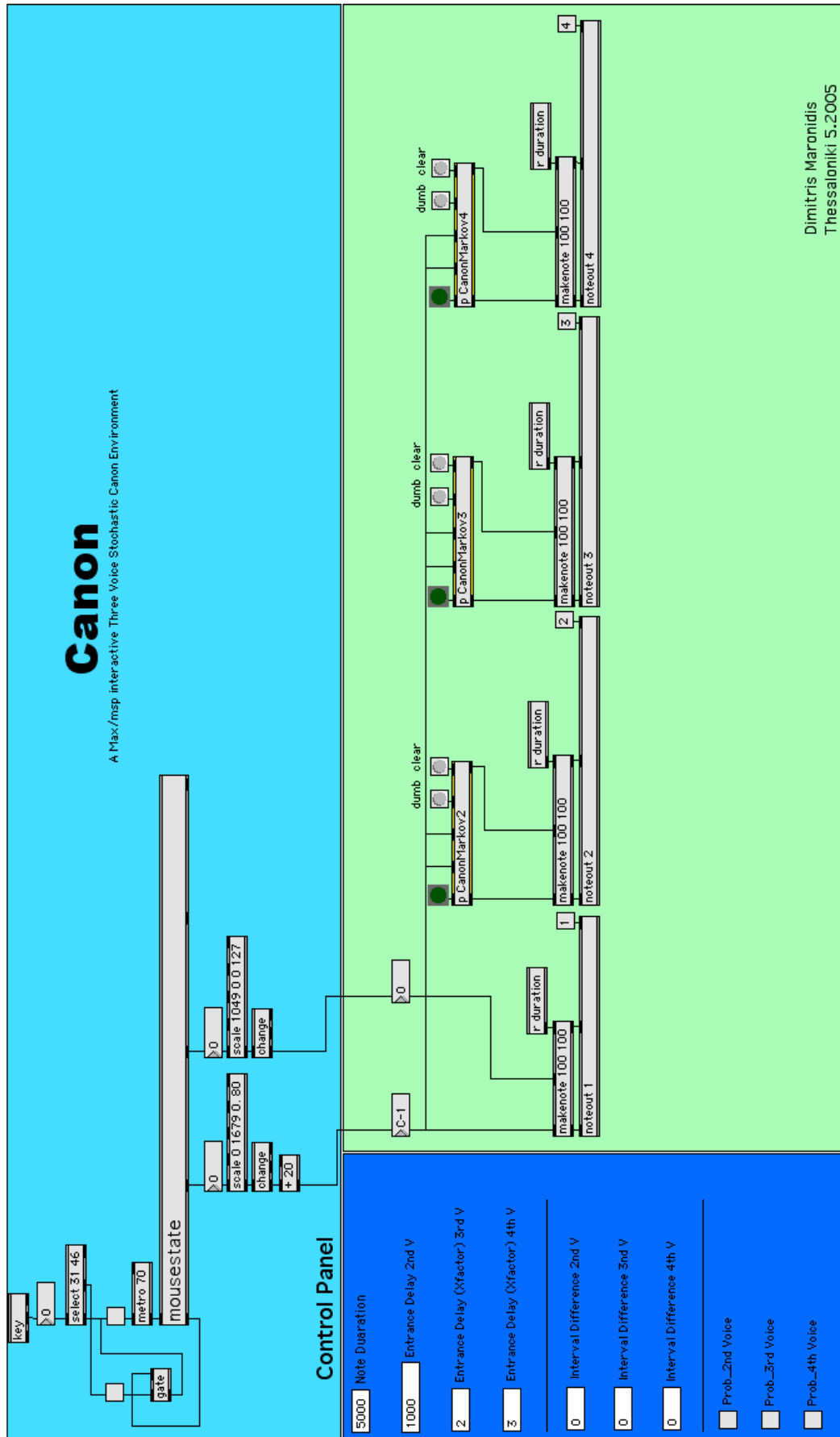
```

όπως φαίνεται στο σχήμα (αριστερά), το σύστημα δίνει τις πιθανότητες μετάβασης της κάθε κατάστασης σε μία άλλη μεταξύ διαδοχικών βημάτων. Αυτό όμως που ενδιαφέρει στην παρούσα φάση δεν είναι οι πιθανότητες μετάβασης, αλλά η στατική κατανομή των διαφόρων καταστάσεων έπειτα από  $n$  βήματα του συστήματος.

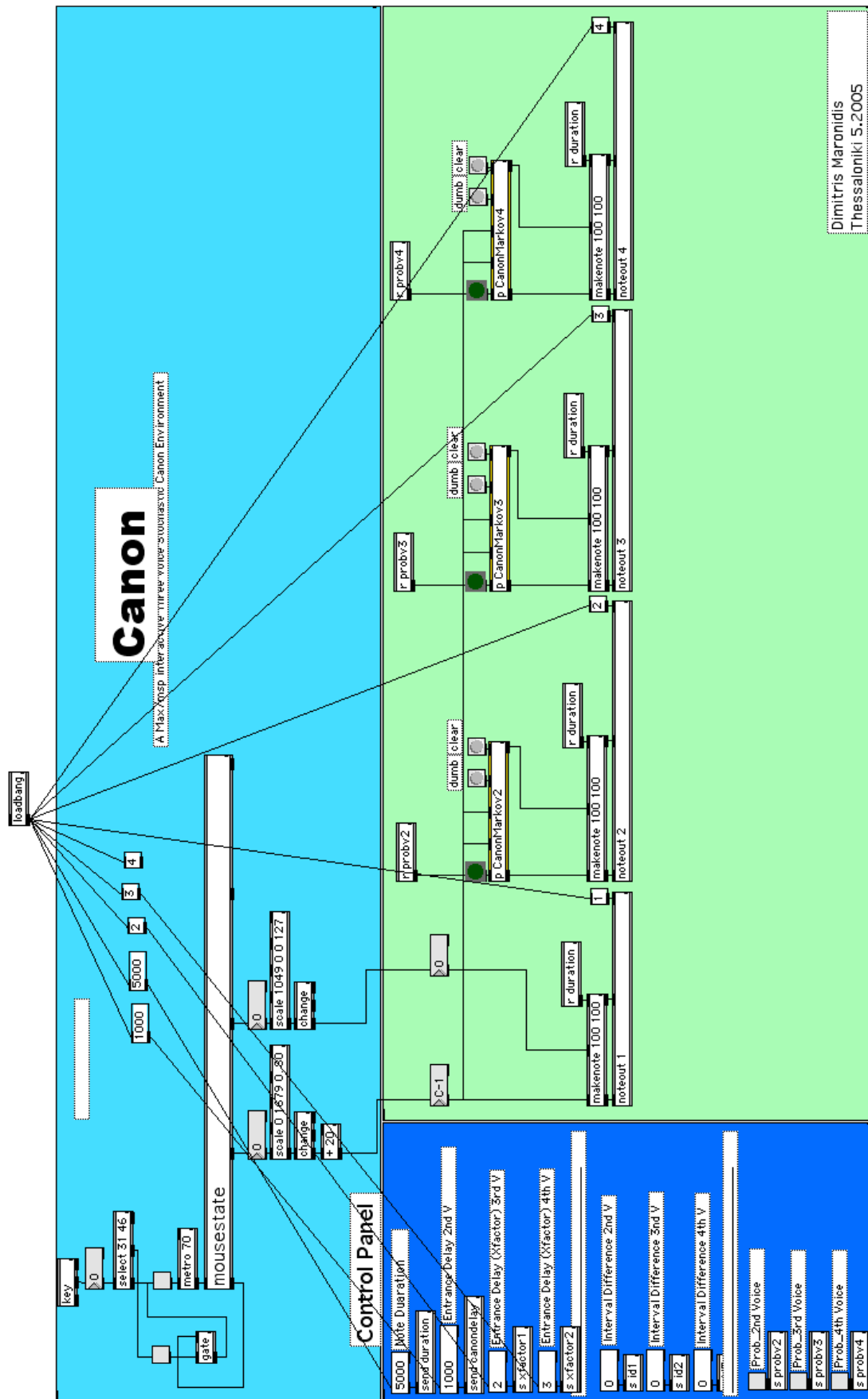
Για τον λόγο αυτό όλες οι εξαγόμενες τιμές του αντικειμένου **prob** εισάγονται στο αντικείμενο **Histo**, το οποίο καταγράφει πόσες φορές εμφανίζεται ένας αριθμός στην είσοδο του. Εκκινώντας την διαδικασία με την χρήση του αντικειμένου **metro** και πραγματοποιώντας αρκετά βήματα, ο χρήστης μπορεί να έχει ασφαλή συμπεράσματα για τις απόλυτες τιμές εμφάνισης των καταστάσεων που περιγράφονται από τις αλυσίδες. Για να γίνει αυτό αρκεί να επιλέξει ένα από τα πέντε number boxes που βρίσκονται δεξιά του αντικειμένου **histo**, προκειμένου να πάρει πληροφορίες για το συγκεκριμένο αριθμό.

Για παράδειγμα, ελέγχοντας τον αλγόριθμο μετά από 11089 βήματα το σύστημα έδωσε τις παρακάτω στατικές κατανομές : 1= 3072, 2= 1817, 3= 3441, 4= 1513, 5= 1405.

Π.10 Κεντρικό παράθυρο του διαδραστικού συστήματος Canon



Π.10.1 Κεντρικό παράθυρο του διαδραστικού συστήματος Canon (unlocked).

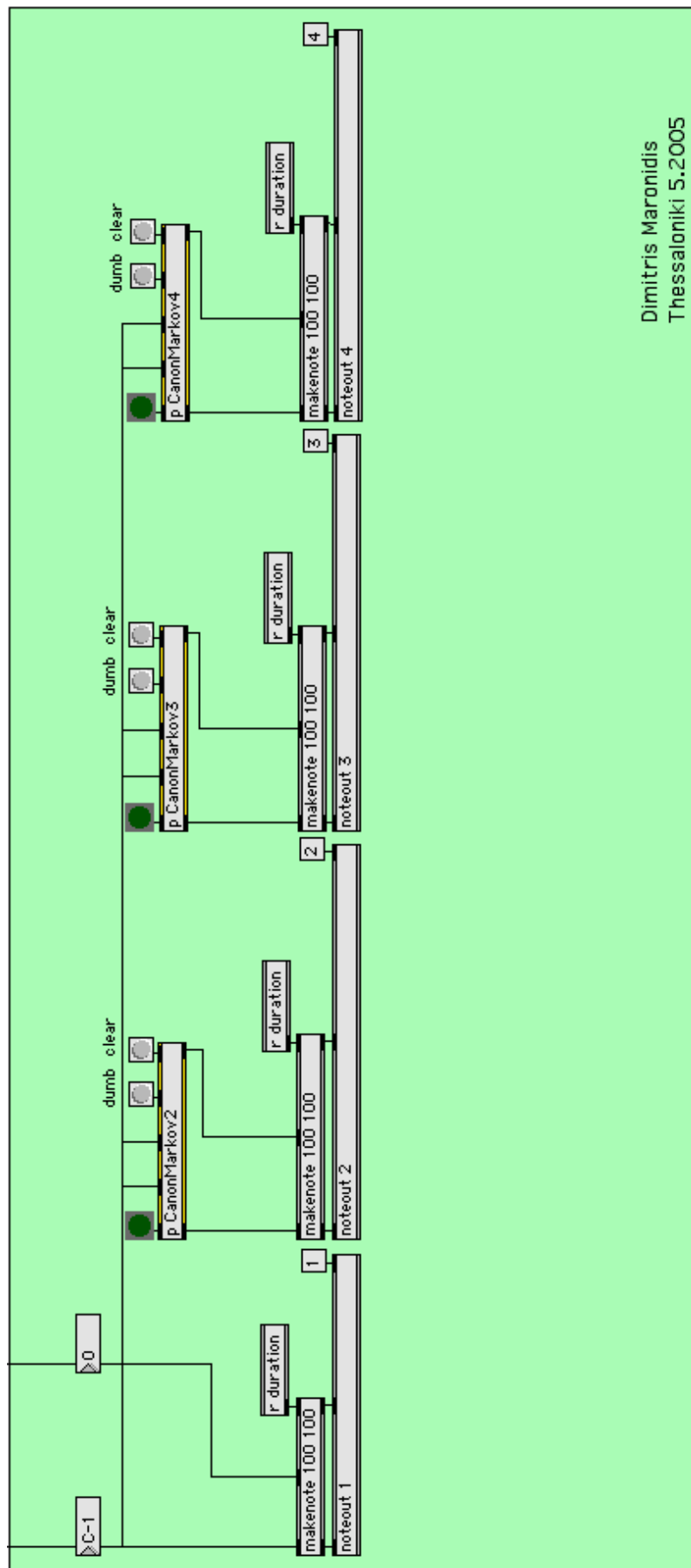


## Π.11 Τονικά ύψη για την σύνθεση του έργου Prob\_My berio Chain

Pitch

The image displays a musical score for the piece 'Prob\_My berio Chain'. It consists of 14 staves of music, all written in treble clef. The first staff is labeled 'Pitch'. The notation is a single melodic line with various intervals and accidentals, including sharps, naturals, and flats. The music is dense and complex, typical of a pitch contour for a specific work.

## Π.12 Αλγοριθμικό Block από το διαδραστικό σύστημα “Canon”.



## Βιβλιογραφία

### Ελληνική

Γιάννου, Δ. (1995). Ιστορία της Μουσικής. University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Griffiths, P. (1993) Μοντέρνα Μουσική, Εκδόσεις Σ.Ι.Ζαχαροπούλου, σελ 302-307

Καμπουρόπουλος, Α. (2001) “Αυτόματη Μελωδική Ανάλυση με Υπολογιστικές Μεθόδους.” Αυστριακό Ερευνητικό Ινστιτούτο Τεχνητής Νοημοσύνης, Βιέννη, Αυστρία. Περιοδικό Μουσικός Λόγος.

Κούνιας, Στ. Μωυσιάδης, Χ. (1995) Θεωρία Πιθανοτήτων Ι. Εκδόσεις Ζητη, Θεσσαλονίκη.

Λάζος, Ε. Κ. (2002) Εισαγωγή στην C++ και στον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό. Εκδόσεις Κ.Ε. Λάζος

Λαπιδάκης, Μ. (2001). Στοιχεία Σύνθεσης: Μουσικές Τεχνικές 20ού αιώνα Ι, αδημοσίευτες σημειώσεις από τις παραδόσεις του μαθήματος, Τμήμα Μουσικών Σπουδών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Λαπιδάκης, Μ. (2002). Στοιχεία Σύνθεσης: Μουσικές Τεχνικές 20ού αιώνα ΙΙ, αδημοσίευτες σημειώσεις από τις παραδόσεις του μαθήματος, Τμήμα Μουσικών Σπουδών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Μαρωνίδης, Δ. (2003) “Ανάλυση και Ανασύνθεση της Sequenza 1 για σόλο Φλαύτο του Luciano Berio με την χρήση μαρκοβιανών μοντέλων και της γλώσσας Max/msp.” Περιοδικό Μουσικοτροπίες ΤΜΣ Α.Π.Θ.

Michels, U. (1994a). Άτλας της Μουσικής, τόμος Α, Μετάφραση και μουσικολογική επιμέλεια Ι.Ε.Μ.Α. Εκδ. Φίλιππος Νάκας. Αθήνα.

Michels, U. (1994b). Άτλας της Μουσικής, τόμος Β, Μετάφραση και μουσικολογική επιμέλεια Ι.Ε.Μ.Α. Εκδ. Φίλιππος Νάκας. Αθήνα.

Μπαμπινιώτης, Γ. (1998) Λεξικό της Νέας Ελληνικής Γλώσσας. Κέντρο Λεξικολογίας, Αθήνα

Μωυσιάδης, Χ.Θ & Σπυρίδης, Χ. (1994) Εφαρμοσμένα μαθηματικά στη Μουσική επιστήμη Εκδόσεις Ζητη Κεφ 4 σελ 130-133

Παπανικολάου, Γ. (1995) Σημειώσεις Μουσικής Ακουστικής. Αδημοσίευτες σημειώσεις απο το ομώνυμο μάθημα στο Τμήμα Μουσικών Σπουδών του Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.

Tarkovsky, A. (1981) “Σμιλεύοντας το χρόνο”. Εκδόσεις Νεφέλη (μετάφραση από την αγγλική έκδοση με τίτλο “Sculpting in Time”, μτφρ Σεραφείμ Βελέντζας).

Τσάντας Ν. Δ. και Βασιλείου Π. -Χ. Γ. (2000) Εισαγωγή στην επιχειρησιακή έρευνα. Θεσσαλονίκη. Εκδόσεις Ζήτη.

Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, (2000). “Βασικές Αρχές Ψηφιακής Τεχνολογίας”. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Αθήνα

Ξενάκης, Ι. (2001). Κείμενα περί μουσικής και αρχιτεκτονικής. Επιλογή κειμένων – μουσικολογική επιμέλεια: Σολωμός, Μ., Εκδόσεις Ψυχογιός, Αθήνα.

---

### **Ξενόγλωσση**

Abbott, C. (1980). “The 4ced Program.” Proceedings of the International Computer Music Conference. San Francisco: International Music Association, σελ 278-304

Ames, C. (1989). The Markov Process as a Compositional Model: A Survey and Tutorial. Leonardo, Vol 22. No 2, σελ 175-187, 1989.

Antifakos, S. Borchers, J. Schiele, B. (2003) Designing Physical Interaction with Sensor Drawbacks in Mind. Physical Interaction Workshop, Udine Italy.

Alpern, A. (1995). Techniques for Algorithmic Composition of Music. Retrieved from the World Wide Web: <http://hamp.hampshire.edu/~adaF92/algocomp/algocomp95.html>

Avizienis, R. et al. (χ.χ) “Scalable Connectivity Processor for Computer Music Performance Systems”. CNMAT, University of California Berkeley. (Retrieved from the World Wide Web).

Bach, J. S. (1685-1750) 371 vierstimmige Chorale für ein Tasteinstrument. Edition Breitkopf.

Bahn, C. & Trueman, D. (χ.χ.) “Interface / electronic chamber ensemble. Retrieved from the World Wide Web <http://music.princeton.edu/~crb/interface.html>

Baisnee, P. F. Barriere, J. B. Koechlin, O. Rowe, R. (1986) “A Real-time Interaction between Musicians and Computer: Live Performance Utilisations of the 4X Musical Workstation.” In Proceeding of the 1986 International Computer Music Conference, The Hague, ed. P. Berg. Berkeley: Computer Music Association.

Bent, I.D. (1980) Analysis. In the New Grove Dictionary of Music and Musicians, Vol.1. Macmillan, London.



Bharucha, J.J., Olney, K.L. (1989). Tonal Cognition, artificial intelligence and neural nets. *Contemporary Music Review*, 4, 341-356.

Bonger . B. (2000) “Physical Interfaces in the Electronic Arts-Interaction Theory and Interfacing Techniques for Real-Time Performance”, *Trends in Gestural Control of Music*, M.M. Wanderley and M. Battier, eds. Ircam - Paris Centre Pompidou. France.

Boulez, P. (1958) *Alea*. Darmstädter BeiträgeI. Mainz 1958

Burkhart, J. (1993) *The Csound-Max Synthesis Environment, A graphic Based Pre – Processor for Csound*, Directed Study in Synthesis under Dr. R.Boulanger Berklee College of Music.

Cambouropoulos, E (1994) *Markov Chains as an aid to computer Assisted Composition*, *Musical Praxis Vol I, No 1* σελ 41-47

Cambouropoulos, E. (2000) “ From Midi to Traditional Musical Notation.” In *Proceedings of the AAAI Workshop on Artificial Intelligence and Music: Towards Formal Models for Composition, Performance and Analysis 30 July - 3 Aug 2000*, Austin

Camurri, A. Trocca, R. (2000) “Movement and Gesture in Intelligent Interactive Music Systems”. *Trends in Gestural Control of Music*, M.M. Wanderley and M. Battier, eds. Ircam - Paris Centre Pompidou. France.

Chadabe, J. (1989) “Interactive Composing: An Overview.” In *The Music Machine*. ed. C. Roads. Cambridge, Mass.: the MIT Press

Chadabe, J. (1997). *Electric Sound The Past and the Promise of Electronic Music*, PrenticeHall, New Jersey

Cook, P. (χ.χ.) *Principles for Designing Computer Music Controllers*. Princeton University Website.

Cooper, D. (1987). *Cooper’s Condensed Pascal*. New York : W.W. Norton.

Dobrian, J.C (1995) *Max Reference (manual)* Opcode Systems, Inc

Dodge, C., Jerse, T.A. (1985). *Computer Music. Synthesis, Composition and Performance*. Schirmer Books, New York.

Emmerson, S. (2000). “Losing touch? : The human performer and electronics”. in Emmerson, S (ed.), *Music, Electronic Media and Culture*. (Ashgate 2000).

Emmerson, S. (2001) *From Dance! To “Dance” Distance and Digits*. *Computer Music Journal*, Vol. 25 (1) 13-20

Encyclopaedia Larouse - Britanica Inc. (1990).

Fléty, E. (2000) "3D Gesture acquisition using ultrasonic sensors." Trends in Gestural Control of Music, M.M. Wanderley and M. Battier, eds. Ircam - Paris Centre Pompidou. France.

Freed, A., A. Chaudhary, and B. Davila. (1997). "Operating Systems Latency Measurement and Analysis for Sound Synthesis and Processing Applications," Proceedings of the 1997 International Computer Music Conference, San Francisco : International Computer Music Association

Garnett, G.E. (2001) The Aesthetics of Interactive Computer Music. Computer Music Journal, Vol. 25(1) 21-33.

Goldstein, M. (2000) "Playing Electronics with Mallets Extending the Gestural Possibilities." Trends in Gestural Control of Music, M.M. Wanderley and M. Battier, eds. Ircam - Paris Centre Pompidou. France.

Goto, S. (2000) Virtual Musical Instruments : Technological Aspects and Interactive Performance Issues. Trends in Gestural Control of Music, M.M. Wanderley and M. Battier, eds. Ircam - Paris Centre Pompidou. France.

Grimmet, G.R. & Stirzaker, D.R. (1982). Probability and Random Processes. Oxford (UK): Oxford University Press.

Gurevich, M. Muehlen, S Von (χ.χ.) The Accordiatron: A MIDI Controller for Interactive Music. Retrieved from the World Wide Web <http://www.stanford.edu/~svm/accordiatron.html>

Hamman, M. (2000). Priming Computer-Assisted Music Composition through Design of Human/Computer Interaction. Retrieved February 13, 2003 from the World Wide Web: [http://www.shout.net/~mhamman/papers/amta\\_2000.html](http://www.shout.net/~mhamman/papers/amta_2000.html)

Harley, J. (2002) "The Electroacoustic Music of Iannis Xenakis." Computer Music Journal 26:1, MIT, USA.

Hiller, L. & Isaacson, L. (1959). Experimental Music. New York: McGraw-Hill.

Holmes, T. (2002) Electronic and Experimental Music. Routledge New York & London

Hunt, A. Kirk, R. (2000) Mapping Strategies for musical performance. Trends in Gestural Control of Music, M.M. Wanderley and M. Battier, eds. Ircam - Paris Centre Pompidou. France.

Iazzetta, F. (1996) Formalization of Computer Music Interaction through a Semiotic Approach. *Journal of New Music Research* Vol.25 pp.212-230

Iazzetta, F. (2000) Meaning in Musical Gesture. *Trends in Gestural Control of Music*, M.M. Wanderley and M. Battier, eds. Ircam - Paris Centre Pompidou. France.

Igoudin, A. L. (1997) “Impact of Midi on electroacoustic Art Music”, *Proceedings of the International Computer Music Conference*. Thessaloniki: International Computer Music Association

Jones, K. (1981) Compositional Applications of Stochastic Processes. *Computer Music Journal*, Vol. 5(2):45-61.

Jorda, S. (2001) *New Musical Interfaces and New Music-Making Paradigms*, Music Technology Group, AudioVisual Institute, Pompeu Fabra University

Jorda, S. (1991) A real-time Midi Composer and Interactive Improviser by Means of Feedback Systems. *Proceedings of the International Computer Music Conference (Montreal ICMC, 1991)*

Jukka. Y. 2000 *Theory of Interactive Media Art and Experimental Interactions* Lectures in Helsinki University of Art and Design ([www.Uiah.fi/eia](http://www.Uiah.fi/eia))

Koening, G. M. (1971) *Summary Observations on Compositional Theory*. Utrecht Intitute of Sonology

La Motte-Haber, H. (1996.a) “Alles ist Zahl. Formen pythagoreischen Denkens in der Music.” In T. Ott, and H. von Loesch, eds. *Musik befragt-Musik vermittelt*, Augsburg: Wißner, pp. 153-163.

La Motte-Haber, H. (1996.b) “Strucktur und Programm. Analytische Betrachtungen Komposition Summa von Arvo Pärt. “In W. Gratzner, *Gegenwart 1*. Hofheim/Ts.: Wolke, pp. 14-25

Lewis, G.E. (1999). *Interacting with Latter-Day Musical Automata*. *Contemporary Music Review*, Vol. 18, 99-112.

Lindeman et al. (1991) “The architecture of the Ircam Music Workstation.” *Computer Music Journal* 15(3): 41-49.

Loy, G. (1985) “Musicians Make a Standard : The Midi Phenomenon” *Computer music Journal* 9(4). Reprinted in the *Music Machine*, ed. Curtis Roads. Cambridge, Mass. : The MIT Press, 1989.

Loy, D. (1989) Composing with computers : A survey of some compositional formalisms and music programming languages. In Current directions in computer music research. Ed. M Mathews and J. Pierce. Cambridge, MA : The MIT Press.

Lyon, E. (2002) Dartmouth Symposium on the Future of Computer Music Software: A Panel Discussion. Computer Music Journal, Vol. 26 (4) 13-30.

Machover, T. (1992) "Hyperinstruments : A progress report, 1987-1991." MIT Media Laboratory.

Manning, P. (1985). Electronic & Computer Music. Clarendon Press, Oxford (UK).

Maurer, J.A. (1999). A Brief History of Algorithmic Composition.

Retrieved December 23, 2001 from the World Wide Web: <http://www.ccrma.stanford.edu/~blackrse/algorithm.html>

Mase, K. & Yonezawa, T. (χ.χ) "Body, Clothes, Water and Toys / Media towards natural music expressions with Digital Sounds." ATR MIC Research Laboratories, Japan. (Retrieved from the World Wide Web).

McAlpine, K., Miranda, E.R., Hoggar, S. (1999). Making Music with Algorithms: A Case-Study System. Computer Music Journal, Vol 23(2):19-30.

McCartney, J. (2002) Rethinking the Computer Music Language: SuperCollider. Computer Music Journal, Vol. 26 (4) 61-68.

Meyer, L. (1967). Music, the Arts, and Ideas. Chicago: University of Chicago Press

Meyer - Eppler W, (1955) Statist und psycholog. Klangprobleme. Wien 1955 (Die Reihe I)

Minsky, M. (1993) Music, Mind and Meaning. Reprint in Machine Models of Music, S.M. Schwanauer and D.A. Levitt (eds), The MIT Press, Cambridge, (Ma).

Minsky, M. (1987) The society of Mind, Heinemann, London

Miranda, E.R. (1998). Computer Sound Synthesis for the Electronic Musician. Focal Press, Oxford (U.K.).

Miranda, E.R. (2001). Composing Music with Computers. Focal Press, Oxford (U.K.).

Modler, P. (2000) "Neural networks for mapping hand gestures to sound synthesis parameters." Trends in Gestural Control of Music, M.M. Wanderley and M. Battier, eds. Ircam - Paris Centre Pompidou. France.

Moore Richard F "The Disfunctions of Midi" Computer Music Journal Vol. 12, No 1, Spring 1988, σελ 19-28.

Morales, R. et al. (2001) "SICIB : An interactive Music Composition using body Movements." computer Music Journal, 25:2, MIT, USA.

Nakra, T. M. (2000) "Searching for meaning in Grstural Data." Trends in Gestural Control of Music, M.M. Wanderley and M. Battier, eds. Ircam - Paris Centre Pompidou. France.

Orio, N. et al. (χ.χ.) "Input Devices for Musical Expression : Borrowing Tools from HCI" Ircam, Paris. (Retrieved from the World Wide Web).

Osborne, N. (editor in chief) (1991) "Live Electronics", Contemporary Music Review, Vol 6:1, Hap, United Kingdom.

Overholt, D. (χ.χ.) "The MATRIX : A novel Controller for Musical Expression" MIT Media Laboratory, USA. (Retrieved from the World Wide Web).

Pachet, F. (2002) Interacting with Musical Learning System: The Continuator Proceedings of the Second International Conference, ICMAI 2002, 119-132.

Pape, G. (2002). "Iannis Xenakis and the "real" of Musical Composition." Computer Music Journal 16:1, MIT USA.

Pinkerton, R. (1956) "Information theory and melody." Scientific American 194:77-86

Pope, S.T. (1995). Fifteen Years of Computer-Assisted Composition. Retrieved February 9, 2003 from the World Wide Web: <http://www.create.ucsb.edu/~stp/PostScript/SBC.95.AlgComp.html>

Pope S. T., ed. (1991). The Well-Tempered Object: Musical Applications of Object-Oriented Technology. Cambridge: MIT Press.

Pottier, L. Stalla, O. (2000) Interpretation and Space. Trends in Gestural Control of Music, M.M. Wanderley and M. Battier, eds. Ircam - Paris Centre Pompidou. France.

Puckett, M. S. (1984). "The 'm' Orchestra Language." Proceedings of the International Computer Music Conference. San Francisco: International Computer Music Association

Puckett, M. S. (1991a). "Something Digital." Computer Music Journal 15(4): 66

Puckett, M. S. (1991b). "Combining Event and Signal Processing in the Max graphical Programming Enviroment." Computer Music Journal 15(3): 68 -77.

Puckett, M. S. (1998). " Real time audio analysis tools for Pd and MSP." ICMC '98

- Puckette, M. S. (2002) Max at Seventeen. *Computer Music Journal*, Vol. 26(1) 31-43
- Rietman, E. (1993). *Creating Artificial Life Self-Organization*. Windcrest Books, (USA).
- Roads, C. (1996). *The Computer Music Tutorial*. The MIT Press, Cambridge (USA).
- Roads, C. (1989). *The Music Machine: Selected Readings from Computer Music Journal*, The MIT Press, Cambridge (USA).
- Robson, D. (2002) PLAY!: Sound Toys for Non-Musicians. *Computer Music Journal*, Vol. 26 (3) 50-61.
- Rovan, J. & Hayward, V. (2000) "Typology of Tactile Sounds and their synthesis in gesture-driven computer music performance." *Trends in Gestural Control of Music*, M.M. Wanderley and M. Battier, eds. Ircam - Paris Centre Pompidou. France.
- Rowe, R. (1993) *Interactive Music Systems. Machine Composing and Listening*. The MIT Press, Cambridge (USA).
- Rowe, R. (1992) *Machine Listening and Composing with Cypher*. *Computer Music Journal*, Vol. 16(1) 43-63
- Rowe, R. (2001) *Machine Musicianship*. The MIT Press, Cambridge (USA).
- Salzman, E. (1988). *Twentieth-Century Music An Introduction*. Prentice Hall, New Jersey.
- Schafer M.R. *The Tuning of the World*, (New York: Knopf, 1977) σελ. 274
- Serafin, S. Dudas, R. (2000) An alternative controller for a virtual bowed string instrument. *Trends in Gestural Control of Music*, M.M. Wanderley and M. Battier, eds. Ircam - Paris Centre Pompidou. France.
- Serge de Laubier (2000) "The Meta-instrument. How the project started". *Trends in Gestural Control of Music*, M.M. Wanderley and M. Battier, eds. Ircam - Paris Centre Pompidou. France
- Stockhausen, K. (1971) "Elektronische Musik und Automatic [1965]." In D. Schnebel, ed. *Texte zur Musik 1963-1970, Band 3*. Köln : DuMont, pp.232-241.
- Supper, M. (2001). A Few Remarks on Algorithmic Composition. *Computer Music Journal*, Vol. 25(1):48-53.

Tanaka, A. (2000) "Musical Performance Practice on Sensor-based Instruments." Trends in Gestural Control of Music, M.M. Wanderley and M. Battier, eds. Ircam - Paris Centre Pompidou. France.

Tarabella, L. (2000) "Gestural and Visual Approaches to Performance." Trends in Gestural Control of Music, M.M. Wanderley and M. Battier, eds. Ircam - Paris Centre Pompidou. France.

Teufel, B. (1991). Organization of Programming languages. Wein, N.Y. : Springer-Verlag.

Tzedaki, K. (2002) Interactive Music Systems and Environments, unpublished MA Thesis, City Univerisity of London

Ulyate, R. and Bianciardi, D. (2002) The Interactive Dance Club: Avoiding Chaos in a Multi-Participant Enviroment. . Computer Music Journal, Vol. 26 (3) 40-19.

Ungvary, T. Vertegaal, R. (2000) "Cognition and physicality in Musical Cyberinstruments." Trends in Gestural Control of Music, M.M. Wanderley and M. Battier, eds. Ircam - Paris Centre Pompidou. France.

Vaggione, Horacio. (2001) Some Ontological Remarks about Music Composition Processes, Computer Music Journal, Vol. 25(1) 54-61

Verplank, B. Sapp, G. Mathews, M. (χ.χ.) A Course on Controllers. Retrieved from the World Wide Web (14/3/2002) <http://www-ccrma.stanford.edu/courses/250a>

Wanderlay, M. M. (2001) Performer-Instrument Interaction: Applications to Gestural Control of Sound Synthesis, Thesis, (University Paris 6- 2001)

Wessel, D. Wright, M. Schott, J. (2002). Intimate Musical Control of Computers with Variety of Controllers and Gesture Mapping Metaphors. Proceedings of the 2002 Conference on New Instruments for Musical Expression (NIME-02), Dublin. Ireland

Wessel, D and Wright, M, (2002) Problems and Prospects for Intimate Musical Control of Computers. Computer Music Journal, Vol. 26(3) 11-22

Winkler, T. (1998). Motion-Sensing Music: Artistic And Technical Challenges in Two Works for Dance. Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC, 1998)

Winkler, T. (1997) Creating Interactive Dance With The Very Nervous System, Connecticut College Symposium on Arts and Technology.

- Winkler, T. (2001)<sup>1</sup> *Composing Interactive Music, Techniques and Ideas Using Max*. The MIT Press, Cambridge (USA).
- Winkler, T. (2002) *Fusing Movement, Sound, and Video in Falling Up, an Interactive Dance/Theatre Production*. Proceedings of the 2002 Conference on New Instruments for Musical Expression (NIME-02), Dublin. Ireland
- Winkler, T. (1991) *Interactive Signal Processing for Acoustic Instruments*. Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC, 1991)
- Winkler, T. (1995 a) *Making Motion Musical: Gesture Mapping Strategies for Interactive Computer Music*. Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC, 1995)
- Winkler, T. (1995 b) *FollowPlay: A Max Program for Interactive Composition*. Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC, 1992).
- Winkler, T. (2000) *Audience Participation and Response in Movement-Sensing Installations*. Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC, 2000)
- Wright, M. (2002) *Problems and Prospects for Intimate and Satisfying Sensor-Based Control of Computer Sound*. Sensors and Input for Multimedia Systems (SIMS) 2002, Santa Barbara, California.
- Xenakis, I. (1992). *Formalized Music*. Revised edition Pendragon Press, New York.
- Zicarelli, D. et. al (2000-03) *Reference manual (Max/msp 4.3)*, Cycling74/Ircam.
- Zicarelli, D. et. al (2000-03) *Tutorials and topics manual (Max/msp 4.3)*, Cycling74/Ircam.
- Zicarelli, D. et. al (2000-03) *Manual Page Example Patches (Included on CD-ROM)*, Cycling74/Ircam.

---

<sup>1</sup> Πρώτη έκδοση 1998 (Hardcover). Χρησιμοποιούμενη έκδοση 2001 (Paperback). Η νέα έκδοση δεν διαφέρει απο την πρώτη.