

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΚΑΛΩΝ ΤΕΧΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

**ΔΙΑΔΡΑΣΤΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΗΧΟΥ: ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ LEAP ΜΟΤΙΩΝ
ΣΤΗ ΜΟΥΣΙΚΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΤΟ ΓΝΩΣΤΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ:

ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ / ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Της φοιτήτριας:

Αλμπάντη Δέσποινα

ΑΕΜ: 1628

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Καμπουρόπουλος Β. Αιμίλιος, Αναπληρωτής Καθηγητής

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2019

Ευχαριστίες:

Η παρούσα εργασία αποτελεί διπλωματική εργασία στο γνωστικό αντικείμενο της μουσικής ακουστικής / μουσικής τεχνολογίας.

Η διεκπεραίωση διπλωματικών εργασιών πάντα απαιτεί την κατάλληλη συνεργασία και ηθική συμπαράσταση για την ολοκλήρωσή τους. Θα ήθελα λοιπόν να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα της παρούσης εργασίας, Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Καμπουρόπουλο Αιμίλιο, για την ανεκτίμητη και επίμονη βοήθεια, καθοδήγηση, υπομονή και πολύτιμο χρόνο που διέθεσε κατά τη διάρκεια της συγγραφής και της έρευνας.

Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Μάξιμο Καλιακάτσο-Παπακώστα για το χρόνο και τις συνεχείς συμβουλές και τη βοήθεια που προσέφερε ακόμη και με τον λιγοστό χρόνο που διέθετε ο ίδιος.

Επίσης, ευχαριστώ πολύ τον συνεξεταστή κ. Μαρωνίδα Δημήτρη για την ανάγνωση της εργασίας σε τόσο σύντομο χρονικό διάστημα και τις διορθώσεις που είχε την καλοσύνη να παρέχει.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την συνάδελφο Μειμαρίδου Ειρήνη για τις συμβουλές της, καθώς και για την δυνατότητα που μου έδωσε να διαβάσω την δική της εργασία και να την αναφέρω στην δική μου.

Τέλος, ευχαριστώ τον πατέρα μου που κατάφερε να διαβάσει μια εργασία εκτός του γνωστικού του αντικειμένου και να βοηθήσει πολύ στη διόρθωση του κειμένου.

Περίληψη

Η εξέλιξη της μουσικής δημιουργικότητας μπορεί να αποκτήσει ένα εξαιρετικό φάσμα δυνατοτήτων, με βάση την δημιουργική χρήση της τεχνολογίας. Πώς μπορούμε να επαναπροσδιορίσουμε την έννοια της αλληλεπίδρασης μεταξύ μηχανής και ανθρώπου και να ανακαλύψουμε νέες πιθανότητες εφαρμογής και χρήσης της; Στην εργασία αυτή θα εξερευνήσουμε την έννοια της διαδραστικότητας με τον υπολογιστή στο πλαίσιο της μουσικής δημιουργίας και ειδικότερα στη χρήση χειρονομιών για τον έλεγχο διάφορων μουσικών παραμέτρων και πώς κάτι τέτοιο μπορεί να διευρύνει τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε τη διαδραστικότητα. γίνεται μια εποπτική παρουσίαση της χρήσης διαδραστικών μέσων στη μουσική δημιουργία και έπειτα μια εμπειριστατωμένη παρουσίαση μέσων που χρησιμοποιούν αισθητήρες κίνησης για την επίτευξη διεπαφής μεταξύ συσκευής/υπολογιστή και χρήστη και πώς αυτά χρησιμοποιούνται για δημιουργικούς σκοπούς. Γίνεται εκτενής αναφορά στον αισθητήρα LeapMotion ο οποίος χρησιμοποιείται και στο πρακτικό/καλλιτεχνικό μέρος αυτής της εργασίας καθώς επίσης και στις τεχνικές αντιστοίχισης (mapping) των χειρονομιών. Η χρήση του συγκεκριμένου αισθητήρα, στα πλαίσια της μουσικής δημιουργίας, παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον και έχουν ήδη υπάρξει παρόμοιες εφαρμογές και έρευνες. Για το λόγο αυτό θα ανατρέξουμε σε προηγούμενους δημιουργούς για να ανακαλύψουμε το πλαίσιο και τον τρόπο με τον οποίο αυτοί χρησιμοποίησαν τον αισθητήρα LeapMotion. Στην παρούσα εργασία το LeapMotion συνδυάστηκε με τη γλώσσα μουσικού προγραμματισμού Pure Data, τον έλεγχο παραμέτρων μια τεχνικής σύνθεσης ήχου. Το είδος σύνθεσης που χρησιμοποιείται είναι η Σύνθεση με Διαμόρφωση Συχνότητας (Frequency Modulation-FM). Θα παρουσιαστούν παραδείγματα χρήσης της συγκεκριμένης δημιουργικής εφαρμογής και θα αναλυθούν τα αποτελέσματα της δημιουργικής της χρήσης. Στο τέλος της εργασίας παρουσιάζεται η χρήση παρόμοιων εφαρμογών, αλλά σε διευρυμένους τομείς της μουσικής δημιουργίας, καθώς επίσης εξετάζονται και οι περιορισμοί (τεχνικοί και καλλιτεχνικοί) μιας τέτοιας δημιουργικής προσέγγισης.

Abstract

The creative use of technology can offer a huge spectrum of possibilities to the evolution of musical creation. How we can redefine the very notion of interaction between computers / technology and humans, and discover new applications and uses of it? In this research we explore the very meaning of interaction with the computer for musical creation, focusing on the use of gestural control of various creative parameters and how this can expand our way of interpreting interaction. Various general interactive means of musical creation will be outlined and, then, a more specific presentation will be given of devices using motion controllers to interface with the computer. An extended reference on the motion controller LeapMotion will be given, which is used for the practical creative part of this dissertation. As the use of this controller for musical creation isn't new, we will explore previous uses of it in this field by other creators. In the current dissertation, the LeapMotion controller is combined with Pure Data Extended, a musical programming language, so as to control interactively certain aspects of a specific sound synthesis technique. The composition technique used here is Frequency Modulation (FM) synthesis. We will offer apt examples of the specific application and its creative uses, and analyze the creative results. Finally, we will mention some of the uses of such applications on more expanded fields of musical creation, as well as its limitations.

Περιεχόμενα

Εισαγωγή	6
1. Διαδραστική ηλεκτρονική μουσική	8
1.1. Ορίζοντας την διαδραστικότητα:	8
1.2. Μια σύντομη ιστορική αναδρομή της διαδραστικής σύνθεσης.	17
1.3. Σύγχρονη διαδραστική σύνθεση- Ελεγκτές	19
2. Ελεγκτές Κίνησης	22
2.1. Κατηγορίες Αισθητήρων Κίνησης	23
2.2. Λογισμικά Διεπαφής για Ελεγκτές Κίνησης	26
2.3. Ο ελεγκτής Leap Motion	28
2.4. Προηγούμενες Χρήσεις του LeapMotion:	30
2.5. LeapMotion και γλώσσα	30
2.6. Διευρυμένες μουσικές χρήσεις.....	31
2.7. Δημιουργία Διεπαφής και χρήση του αισθητήρα	34
3. Αντιστοίχιση –Mapping	35
3.1. Αντιστοίχιση εικονικού χώρου και αλληλεπίδρασης	35
3.2. Αρχιτεκτονική του συστήματος Leap Motion.....	36
3.3. Τύποι Χειρονομιών και αντιστοίχιση στο Leap Motion	41
3.4. Συζήτηση πιθανών προβλημάτων	43
4. Leap Motion και μουσική σύνθεση	44
4.1. Προηγούμενες χρήσεις του LeapMotion στη μουσική δημιουργία	44
4.2. Γλώσσα προγραμματισμού και Σύνθεση Ήχου	47
4.2.3 LeapMotion και MAX/MSP.....	48
4.3. Pure Data(PD)	48
4.4. Τεχνική Σύνθεσης FM	49
5. Καλλιτεχνική Δημιουργία: Reaching for the Stars	55
5.1. Αντιστοίχιση χειρονομιών και παραμέτρων της σύνθεσης FM	56
5.1.1 Απλή σύνθεση FM.....	56
5.1.2 Σύνθετα όργανα σύνθεσης FM	62
5.2. Συζήτηση.....	66
6. Επίλογος-Προοπτικές.....	69
6.1. Πιθανές εφαρμογές και πεδία έρευνας.....	69
6.2. Εναλλακτικές χρήσεις στη μουσική	70
6.3. Συμπεράσματα	74
7. Βιβλιογραφία	75

Εισαγωγή

Η χρήση αισθητήρων κίνησης για καλλιτεχνική και διαδραστική μουσική δημιουργία μπορεί να ακούγεται σαν κάτι δύσκολο και απρόσιτο. Κάτι που για να γίνει πλήρως κατανοητό και να χρησιμοποιηθεί πρέπει κάποιος να έχει άρτιες τόσο υπολογιστικές όσο και μουσικές γνώσεις. Σε αυτήν την εργασία εξερευνούμε πόσο απτή μπορεί να γίνει σε ανθρώπους με λίγες υπολογιστικές γνώσεις ή ακόμη και μουσικο-συνθετικές, η χρήση διαδραστικών συστημάτων για τη μουσική δημιουργία. Επιπλέον, η χρήση αισθητήρων κίνησης για την δημιουργία καλλιτεχνικού, μουσικού έργου, μπορεί να γίνει από ανθρώπους που μιλούν διαφορετική γλώσσα, ανήκουν σε διαφορετικό πολιτισμό ή έχουν ειδικές σωματικές ή/και ψυχολογικές ανάγκες.

Αυτό είναι, εξάλλου, το νόημα της εισχώρησης της τεχνολογίας στις τέχνες, εκτός από την προσφορά νέου υλικού για δημιουργία: να τις κάνει πιο προσιτές και να τις βοηθήσει να εξελιχθούν μαζί με την κοινωνία. Η μουσική δημιουργία είναι μια διαδικασία αλληλεπίδρασης κι αυτή η αλληλεπίδραση συνεχίζεται με νέες παραμέτρους, με κατάλληλες χρήσεις της τεχνολογίας ανάλογα με το ζητούμενο αποτέλεσμα. Μπορούμε να πούμε, μάλιστα, πως η ίδια η έννοια της *διάδρασης* επαναπροσδιορίζεται με την δημιουργική χρήση της τεχνολογίας σε αυτούς τους τομείς.

Ποιος δεν άφησε τη φαντασία του να καλπάζει, όταν είδε σε κάποια ταινία επιστημονικής φαντασίας με μια κίνηση των χεριών τους να μπορούν να δημιουργούν κάτι από το μηδέν ή είδαν ανθρώπους να κινούν αντικείμενα και να δημιουργούν κάτι από με το μυαλό τους;

Αυτά δεν ανήκουν απαραίτητα στην επιστημονική φαντασία. Σήμερα, ακόμη και με τη χρήση κινήσεων των ματιών ή με ηλεκτρομαγνητικά κύματα του εγκεφάλου, μπορούμε, με ειδικές εφαρμογές, να ελέγξουμε τη συχνότητα των νοτών, το ρυθμό, την ένταση και άλλες, ποικίλες παραμέτρους ενός μουσικού έργου, ή ακόμη και να συνθέσουμε ένα έργο ή να παίξουμε ένα εικονικό όργανο.

Η εταιρεία LeapMotion, η ίδια η εταιρία της οποίας τον αισθητήρα χρησιμοποιούμε στην παρούσα εργασία, με το νέο σύστημα VR (Virtual Reality) που εξέδωσε, κατάφερε να επιτύχει μια ολοκληρωμένη παρουσίαση ορχήστρας, με μουσικούς και μαέστρο να βρίσκονται ο καθένας σε διαφορετικό χώρο, αλλά να παίζουν παράλληλα και να νιώθουν σαν να βρίσκονται σε έναν αληθινό χώρο συναυλίας.

Όσο επιτρέπουν οι δυνατότητες της ανθρώπινης δημιουργικότητας και οι περιορισμοί της σύγχρονης τεχνολογίας, μπορούν να επιτευχθούν εξαιρετικά πρωτοπόρα έργα και να δημιουργηθούν αναρίθμητες δυνατότητες δημιουργίας.

Στην παρούσα εργασία εξετάζονται κάποιες από αυτές τις δυνατότητες, οι οποίες παρέχονται από τη χρήση του αισθητήρα κίνησης LeapMotion και της γλώσσας μουσικού προγραμματισμού Pure Data Extended, στο θέμα της δυνατότητας της δημιουργίας νέου καλλιτεχνικού υλικού και την προσπάθεια επαναπροσδιορισμού της έννοιας της διάδρασης. Τέλος, βλέπουμε και την πιθανή διεύρυνση των δυνατοτήτων που προσφέρει η χρήση των δημιουργικών αυτών εφαρμογών για την ευκολότερη προσβασιμότητά τους σε ανθρώπους με διαφορετικά σωματικά, ψυχικά και πολιτισμικά περιβάλλοντα.

1. Διαδραστική ηλεκτρονική μουσική

1.1. Ορίζοντας τη διαδραστικότητα:

Ο Todd Winkler, συγγραφέας του βιβλίου «Composing interactive music», ορίζει τη διαδραστική μουσική ως *«μια μουσική σύνθεση ή αυτοσχεδιασμό, όπου το λογισμικό ενός υπολογιστή ερμηνεύει μια ζωντανή (live) παράσταση για να επηρεάσει τη μουσική που δημιουργείται ή ορίζεται από τον υπολογιστή. Συνήθως αυτό περιλαμβάνει έναν ερμηνευτή που παίζει ένα –κυρίως– μουσικό όργανο, ενώ ο υπολογιστής παράγει μουσική, η οποία, με κάποιον τρόπο, μορφοποιείται με βάση την παράσταση»*. (Winkler, 1998, pp. 1-2).

Θα ήταν ενδιαφέρον να δούμε πώς ο ίδιος ο συγγραφέας αντιλαμβάνεται τη διαδραστικότητα, όσον αφορά τη μουσική δημιουργία με τη χρήση της τεχνολογίας και να αναλύσουμε, έστω και περιληπτικά, κάποιες άλλες απόψεις ερευνητών επάνω στο ίδιο θέμα. Ο ορισμός της διαδραστικότητας, όπως δόθηκε παραπάνω, με μια πρώτη ματιά φαίνεται επαρκής. Παρ' όλα αυτά, αν και ο Winkler υποστηρίζει πως τα υπολογιστικά προγράμματα είναι εκ φύσεως διαδραστικά μιας και υπάρχει αλληλοεπίδραση μεταξύ λογισμικού και χρήστη, η διαδραστικότητα, όπως την ορίζει παραπάνω, είναι πολύ ελεγχόμενη. Η αλληλοεπίδραση πρέπει να συμβαίνει με την ισότιμη συμμετοχή των συμμετεχόντων, όπου οι πιθανές ενέργειες κατά τη δημιουργική διαδικασία είναι γνωστές ή συνειδητές και τα αποτελέσματα έχουν σημαντικές και προφανείς επιδράσεις στην τελική μουσική δημιουργία. (Winkler, 1998, pp. 3-4)

Γενικά, οι υπολογιστές «αριστεύουν» στην μιμητική πλευρά της διάδρασης. Αναπαριστούν εικόνες, ήχους, δράσεις από τον αληθινό κόσμο, επιτρέποντας στους χρήστες να αλλάζουν πλευρές των υπαρχουσών καταστάσεων και συμπεριφορών. Αυτός ο κύκλος αλληλεπίδρασης ολοκληρώνεται, όταν με τη σειρά τους οι υπολογιστές επηρεάσουν τις επιπλέον δράσεις των χρηστών.

Ο παραπάνω ορισμός της διαδραστικής μουσικής είναι υπερβολικά ευρύς και γενικευμένος. Μια διαδραστική μουσική δημιουργία μπορεί να περιλαμβάνει ένα σωρό δράσεις και τεχνικές, από triggers, ή προαποφασισμένο μουσικό υλικό, έως διαδραστικά αυτοσχεδιαστικά συστήματα, που αλλάζουν τη συμπεριφορά τους από τη μια εκτέλεση

στην άλλη. Η διαδραστική μουσική μπορεί, επίσης, να εφαρμοστεί και σε εμπορικά multimedia λογισμικά, π. χ. εκπαιδευτικά προγράμματα και προγράμματα για διασκέδαση, όπου ο χρήστης (ερμηνευτής) ελέγχει μέρη της μουσικής εκτέλεσης και της συνθετικής διαδικασίας, χρησιμοποιώντας το πληκτρολόγιο, το ποντίκι ή άλλους αισθητήρες.

Όπως ο συγγραφέας του ίδιου βιβλίου τείνει να μας υπενθυμίσει, η μουσική βασίζεται στην αλληλεπίδραση. Οι μουσικοί αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους, με έναν μαέστρο ή με έναν σολίστα, δημιουργώντας κάτι το οποίο, αναλόγως με το πώς το αντιλαμβάνονται, μπορούν να το αλλάξουν και να το διαμορφώσουν. (Winkler, 1998, pp. 3-5)

Θα θέσω, όμως, το παρακάτω ερώτημα, ως αντιπαράθεση στα λεγόμενα του Winkler: Είναι αυτή η κατάσταση όμοια με αυτή της αλληλεπίδρασης με τον υπολογιστή, όσον αφορά τη μουσική δημιουργία μέσω υπολογιστή;

Με βάση τον γενικευμένο ορισμό που αναφέρθηκε νωρίτερα, η σχέση ανθρώπου-υπολογιστή στη μουσική δημιουργία είναι περισσότερο ελεγχόμενη, ίσως όπως αυτή μεταξύ μουσικού και μουσικού οργάνου, παρά όπως αυτή ενός μουσικού με έναν άλλον μουσικό.

Η αλληλεπίδραση ή διάδραση ¹ απαιτεί ελεύθερη ανταπόκριση και συμμετοχή όλων των συμμετεχόντων: αλληλεπίδραση > άλλος/-οι + επίδραση = αμοιβαία επίδραση μεταξύ δύο τουλάχιστον προσώπων ή συστημάτων, διάδραση > = αμφίδρομη επίδραση μεταξύ δύο τουλάχιστον ατόμων ή συστημάτων.

Τι χρειάζεται, λοιπόν, για να είναι διαδραστική μια υπολογιστική μουσική παραγωγή;

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν εδώ οι απόψεις του Dobrian, που έχει να προσφέρει ένα διαφορετικό ορισμό για το τι ακριβώς σημαίνει διάδραση στα πλαίσια της (Graugaard, 2004) μουσικής δημιουργίας:

Ο Dobrian υποστηρίζει, πως για να είναι πραγματικά διαδραστική μια μουσική παραγωγή μέσω Η/Υ, δεν πρέπει να έχει προγραμματιστεί εκ των προτέρων με αυστηρά

¹Όπως είναι η ακριβής μετάφραση του αγγλικού interaction

απόλυτο τρόπο ούτε τα αποτελέσματα αυτής να είναι εντελώς προβλέψιμα. Ένα διαδραστικό όργανο πρέπει να έχει τη δυνατότητα να ανταποκρίνεται σε δεδομένα εισαγωγής, που δεν είναι εκ των προτέρων γνωστά σ' αυτό, να δίνει μη προβλέψιμα δεδομένα εξόδου και, γενικότερα, να μη χειραγωγείται πλήρως με κάποιον αλγόριθμο που δεν αφήνει δυνατότητα (ελευθερία) επιλογής. (Dobrian, 2001, pp. 1-2)

Εξάλλου, οι διαδραστικές συνθέσεις (όπως συμβαίνει στις συζητήσεις ή στους αυτοσχεδιασμούς) πετυχαίνουν, κυρίως όταν καταφέρνουν να ενισχύσουν τον αυθορμητισμό, χωρίς να ξεφεύγουν από δεδομένα μουσικά πλαίσια και έχοντας ένα περιεχόμενο ολοκληρωμένο και ενδιαφέρον. (Graugaard, 2004).

Πολλές παραδοσιακές μουσικές σχέσεις (π. χ. μαέστρος-μουσικό σύνολο, σολίστας-μουσικό όργανο κ.λπ.) μπορούν να προσομοιωθούν μέσω υπολογιστή. Η χρήση των μοντέλων αυτών, ως βάση για αλληλεπίδραση, μπορεί στο μέλλον να εξελιχθεί ποικιλοτρόπως. Επίσης, μπορεί να υπάρξει και ένα νέο είδος μουσικής, όπου οι δυνατότητες του υπολογιστή θα χρησιμοποιούνται για να δημιουργούν νέες σχέσεις, οι οποίες θα ανήκουν –πλέον- μέσω υπολογιστών και ανθρώπων, σε έναν ψηφιακό κόσμο. (Frenkel, 1994).

Η λέξη **ψηφιακός ή εικονικός** χρησιμοποιείται για να περιγράψει υπολογιστικές αναπαραστάσεις πραγμάτων που συμπεριφέρονται σαν αντικείμενα, καταστάσεις και φαινόμενα του πραγματικού κόσμου. Η Brenda Laurel λέει ότι, αν και ο ψηφιακός κόσμος μπορεί να μην μοιάζει με όσα ξέρουμε, η πειστικότητα των αναπαραστάσεων του μας επιτρέπει να αντιδράσουμε σε αυτόν σαν να είναι αληθινός. Οι τεχνικές της διαδραστικής μουσικής μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μοντέλο πολλών βασικών στοιχείων για τη δημιουργία και την ακρόαση της μουσικής: όργανα, ερμηνευτές, συνθέτες, ακροατές. Τα ψηφιακά όργανα συμπεριφέρονται περίπου σαν αληθινά όργανα και μπορούν να παιχθούν από το πληκτρολόγιο του υπολογιστή, έναν ελεγκτή MIDI ή σαν επέκταση των παραδοσιακών οργάνων. Οι ψηφιακοί εκτελεστές μπορούν να συνεργαστούν με ανθρώπινους εκτελεστές, αλληλοεπιδρώντας μεταξύ τους με μουσική ευφυΐα. Οι ψηφιακοί συνθέτες δημιουργούν πρωτότυπη μουσική, βασισμένοι σε καθορισμένες και -κάποιες φορές- απρόβλεπτες διαδικασίες που ορίζονται από έναν αληθινό συνθέτη / προγραμματιστή. Αυτές οι διαδικασίες μπορούν να αντιπροσωπεύουν τις ίδιες μουσικές

διαδικασίες που ο συνθέτης χρησιμοποιεί και στη δημιουργία ενός κομματιού με ακουστικά όργανα. Άλλες μπορεί να είναι σχεδιασμένες ειδικά ώστε να εκμεταλλευτούν τις δυνατότητες του υπολογιστή. Τέλος, ένας ψηφιακός ακροατής ή κριτικός μπορεί να κρίνει το τελικό αποτέλεσμα αντιδρώντας ή και αλλάζοντάς το. (Frenkel, 1994).

Σύμφωνα με τον Winkler, η συμπεριφορά αυτών των εικονικών οντοτήτων πρέπει να περιγράφεται από τον προγραμματιστή, ο οποίος οφείλει να απαντήσει στις ερωτήσεις:

- * Πώς παίζονται τα εικονικά όργανα;
- * Πώς αντιδρά ο εικονικός εκτελεστής στα εισαγόμενα μουσικά δεδομένα; (**input**).
- * Πώς δημιουργούν, επεξεργάζονται και κατασκευάζουν το μουσικό υλικό οι εικονικοί συνθέτες;
- * Ποια είναι τα κριτήρια με τα οποία ο εικονικός κριτής θα κρίνει την επιτυχία ή την αποτυχία του μουσικού αποτελέσματος;

Οι απόψεις και οι ιδέες του προγραμματιστή είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με το τελικό αποτέλεσμα και γι' αυτό, είναι σημαντικό οι ίδιοι οι συνθέτες και οι μουσικοί να εμπλακούν στην δημιουργία λογισμικού για μουσικά προγράμματα, όπως το Pd ή το MAX καθώς μπορούν να καταστήσουν τη δημιουργία λογισμικού και διεπαφής (interface) πιο προσιτή στους καλλιτέχνες. Συχνά τα προγράμματα για μουσική δημιουργία παράγονται από προγραμματιστές που έχουν λίγη σχέση με τη μουσική ή πολλές φορές οι καλλιτέχνες χρησιμοποιούν μουσικά προγράμματα για μια ηλεκτρονική σύνθεση, για τα οποία γνωρίζουν ελάχιστα και δεν καταλαβαίνουν αρκετά. Έτσι, στην πρώτη περίπτωση, μπορεί να δημιουργηθεί ένα πρόγραμμα που είναι χρήσιμο σε έναν ερασιτέχνη μουσικό που ειδικεύεται στον προγραμματισμό, όμως το καλλιτεχνικό αποτέλεσμα μπορεί να είναι περιορισμένο και λιγότερο προσβάσιμο σε επαγγελματίες μουσικούς, με αποτέλεσμα στη δεύτερη περίπτωση οι επαγγελματίες μουσικοί να μην μπορούν να εκμεταλλευτούν το εύρος των δυνατοτήτων που προσφέρουν κάποια προγράμματα. Είναι απαραίτητο λοιπόν να υπάρχει στενή συνεργασία μεταξύ καλλιτεχνών και προγραμματιστών στη δημιουργία προγραμμάτων για διαδραστική μουσική δημιουργία. Οι υπολογιστές από μόνοι τους δεν είναι έξυπνοι. Η ψευδαίσθηση της εξυπνάδας τους προέρχεται από τη γνώση και την εμπειρία του ανθρώπου που δημιουργεί το λογισμικό που χρησιμοποιούν. (Frenkel, 1994)

Ο Winkler πολύ ορθά όμως μιλάει για τις εξής δυσκολίες ή ενστάσεις που έχουν σημειωθεί από καλλιτέχνες και κοινό, μάλιστα ο Dobrian φαίνεται να τις παρατήρησε και ο ίδιος: η παρακολούθηση μιας μουσικής παράστασης με διαδραστικό όργανο δεν έχει πολύ ενδιαφέρον, διότι η σχέση μεταξύ ήχου και χειρονομίας τείνει να είναι υπερβολικά περίπλοκη έως και ακατανόητη, με αποτέλεσμα να γίνεται κάτι σαν αυτοσχδιασμός που ενδιαφέρει μόνον τον ερμηνευτή.

Το κοινό που δεν εξοικειωμένο στις πολυπλοκότητες της σύνθεσης μέσω υπολογιστών είναι πιθανόν να μην ενδιαφέρεται για την περιπλοκότητα της αρχιτεκτονικής του λογισμικού, την επιτήδευση των μουσικών διαδικασιών ή το μέγεθος της μνήμης ενός υπολογιστή. Προσέρχονται σε συναυλίες για διάφορους λόγους: για την απόλαυση ενός δράματος ή μιας live παράστασης. Έχει ενδιαφέρον να παρακολουθείς τη μουσική επιδεξιότητα ενός μεγάλου ερμηνευτή, να γίνεσαι μάρτυρας της επικοινωνίας μεταξύ των μελών ενός μουσικού συνόλου και να εκτιμάς τα κουστούμια, τα τελετουργικά, τον φωτισμό και τα επί σκηνής τεκταινόμενα.

Μέρος της λύσης του προβλήματος αυτού είναι να βρεθεί η κατάλληλη ισορροπία μεταξύ πολυπλοκότητας και κατανόησης από τον συνθέτη-προγραμματιστή-ερμηνευτή, όπως γίνεται σε κάθε μουσικό έργο. (Frenkel, 1994)

Εξάλλου, η διαδραστική μουσική περιέχει ένα στοιχείο μαγείας, μιας και η μουσική του υπολογιστή «απαντά» αόρατα στον ερμηνευτή. Το δράμα θα κορυφωθεί όταν οι ρόλοι Η/Υ και ερμηνευτή αποτυπωθούν ξεκάθαρα και όταν οι δράσεις του ενός έχουν εμφανή επιρροή στις δράσεις του άλλου, αν και μια υπεραπλουστευμένη προσέγγιση αυτού θα καταλήξει κουραστική. Αντιθέτως, οι περίπλοκες αντιδράσεις, που είναι λιγότερο υποταγμένες στον ερμηνευτή, ίσως παράγουν αρκετά επιτυχημένα μουσικά αποτελέσματα. (Winkler, 1998, pp. 9-11)

Η δυνατότητα ενός διαδραστικού οργάνου να ανταποκρίνεται σε απρόβλεπτα δεδομένα εισόδου, κάνουν αυτά τα όργανα ιδανικά για έργα, τα οποία ενσωματώνουν την ενεργή συμμετοχή του κοινού, αντί για τη συνήθη παθητική ακρόαση. Αυτό ήδη έχει ξεκινήσει να εξερευνάται από διάφορους καλλιτέχνες. Περεταίρω δυνατότητες χρήσης τέτοιων οργάνων θα αναφερθούν αργότερα. (Graugaard, 2004).

Η δυνατότητα για μια συμμετοχική μουσική παράσταση προσφέρει μεγάλο χώρο εξερεύνησης στην κοινότητα της υπολογιστικής μουσικής. Σε έργα που ενσωματώνουν τη συμμετοχή του κοινού το πρόβλημα του συνθέτη-προγραμματιστή είναι το πώς να δημιουργήσει μια ανοιχτή φόρμα, όπου η μουσική ή ο χορός μπορούν να ποικίλουν ελεύθερα –πάντα εντός συγκεκριμένων παραμέτρων-, προσδίδοντας μια συναρπαστική εμπειρία διαδραστικότητας για το κοινό, όμως με τρόπο που θα εγγυάται την καλλιτεχνική επιτυχία. (Frenkel, 1994).

Η συμμετοχική μουσική παράσταση ίσως θεωρηθεί δύσκολη από καλλιτέχνες και κοινό ομοίως, καθώς ίσως οι καλλιτέχνες διστάζουν να παραχωρήσουν ελευθερία διαμόρφωσης τμημάτων της μουσικής δημιουργίας στο κοινό και το κοινό με τη σειρά του να θεωρήσει πως δεν κατέχει τις απαραίτητες γνώσεις και ικανότητες για κάτι τέτοιο.

Πώς, όμως, είμαστε βέβαιοι ότι ο συνθετικός ντετερμινισμός (προκαθορισμός) θα εγγυηθεί την επιτυχία μιας μουσικής παράστασης;

Όλοι μας -έτσι κι αλλιώς- έχουμε παρακολουθήσει μια κακή εκτέλεση κάποιας καλογραμμένης μουσικής σύνθεσης, και -από την άλλη- έχουμε σίγουρα παρακολουθήσει αξιόλογες παραστάσεις αυτοσχεδιασμού. Οι συνθήκες που πλαισιώνουν μια παράσταση, πολλές φορές είναι αρκετές, σε συνδυασμό και με το εκφραστικό και δημιουργικό input, για τη παραγωγή καλής μουσικής σε ποικίλες μορφές και με ποικίλο περιεχόμενο. Δεν υπάρχει λόγος να επιβάλουμε παραδοσιακά κριτήρια σε μια εν δυνάμει ανταποδοτική εμπειρία σε αυτή τη νέα περίπτωση διάδρασης με το κοινό. Το νέο αυτό μοντέλο προσφέρει στο κοινό συμμετοχή ως ενεργό παράγοντα, σε αντίθεση με το παλιό που επιθυμεί μια πιο παθητική παρακολούθηση. (Dobrian 2001).

Οι διαδραστικές τεχνικές προσκαλούν τους συμμετέχοντες σε μια διαδικασία δημιουργίας μουσικής. Ίσως το κοινό να κληθεί να επιλέξει και να επεξεργαστεί μέρος της μουσικής εκτέλεσης, επιτρέποντας τους μη μουσικούς να έχουν ένα συναίσθημα συμμετοχής στη μουσική δημιουργία. Από τους χρήστες του υπολογιστή (ή κάποιου λογισμικού/εφαρμογής) μπορεί να ζητηθεί να γίνουν ερμηνευτές, να παίξουν μουσική από το πληκτρολόγιο ή με άλλον τρόπο. Ίσως να τους ζητηθεί να γίνουν συνθέτες επιλέγοντας, ερμηνεύοντας και παράγοντας υπολογιστική μουσική από ελεγκτές στην οθόνη. Οι ερασιτέχνες και οι μαθητές ίσως καταλάβουν καλύτερα τη μουσική δημιουργία ή/και

θεωρία, με την άμεση συμμετοχή τους στη δημιουργία της μουσικής. Διαδραστικές ταινίες, παιχνίδια, διαδικτυακοί τόποι και εκπαιδευτικό υλικό, γίνονται πιο προσιτά, όταν οι ήχοι απαντούν απευθείας στις δράσεις του χρήστη. Έτσι, η ίδια η μουσική, καθώς και η δημιουργία της, γίνεται πιο προσβάσιμη, σε άτομα που μέχρι τώρα ίσως είχαν διάφορα εμπόδια. Με τον ίδιο τρόπο, η προσβασιμότητα της μουσικής και της μουσικής δημιουργίας σε άτομα με ειδικές ανάγκες (κινητικές, νοητικές, ψυχικές και άλλες), ανοίγει ένα μεγάλο χώρο για εξερεύνηση και έρευνα, που ως τώρα είχε μείνει αρκετά στάσιμος και ιδιαίτερα κλειστός σε αυτά τα άτομα. (Graugaard, 2004)

Γενικά μιλώντας, η διαδραστική μουσική λειτουργεί με έναν υπολογιστή να ερμηνεύει τις δράσεις ενός εκτελεστή ώστε να αλλάζει τις μουσικές παραμέτρους, όπως το τέμπο, ενορχήστρωση κλπ. Αυτές οι παράμετροι ελέγχονται από διαδικασίες μουσικές του υπολογιστή που απευθείας αντιδρούν στα μουσικά δεδομένα -όπως ξεχωριστές νότες, ή δυναμικές- ή πληροφορίες χειρονομιών: κίνηση ποντικιού, πάτημα πληκτρολογίου και πλέον, ακόμη και κίνηση σώματος, εικόνας, ή διαφόρων ειδών δεδομένων εισαγωγής. Μια ωραία τοποθέτηση του Winkler όσον αφορά τα λογισμικά είναι η εξής: «Το διαδραστικό λογισμικό μιμείται την ευφυή συμπεριφορά έχοντας ως πρότυπο το ανθρώπινο αυτί, ειδικότερα, την ακοή, την κατανόηση και την αντίδραση.» (Winkler, 1998, pp. 6-7). Η αντίδραση λοιπόν, πρέπει να είναι πιστευτή, με την έννοια ότι πρέπει να είναι σχετική με την δράση που προηγήθηκε, και σχετική με το μουσικό στυλ/είδος που επιχειρούμε να επιτύχουμε. Η διαδικασία αυτή είναι κάπως ανάλογη με τις διαφορετικές δραστηριότητες που λαμβάνουν μέρος σε μια συναυλία/αυτοσχεδιασμό ή άλλους μουσικούς διαλόγους: ακρόαση, ερμηνεία, σύνθεση εκτέλεση. (Frenkel, 1994).

Ο Winkler βλέπει αυτή τη διαδικασία ως εξής:

1. Είσοδος δεδομένων (input) από άνθρωπο, όργανα → Ανθρώπινη δραστηριότητα που μεταφράζεται σε ψηφιακή πληροφορία και στέλνεται στον υπολογιστή.
2. Ο υπολογιστής «ακούει», αναλύει την εκτέλεση → Ο υπολογιστής δέχεται το ανθρώπινο input και αναλύει την πληροφορία της εκτέλεσης για ρυθμό, ένταση, δυναμικές, και άλλα μουσικά χαρακτηριστικά.

3. Ερμηνεία → Το λογισμικό ερμηνεύει τις πληροφορίες παράγοντας δεδομένα που θα επηρεάσουν την μουσική σύνθεση.
4. Υπολογιστική σύνθεση → υπολογιστικές διαδικασίες, υπεύθυνες για όλες τις πλευρές της παραγόμενης μουσικής από τον υπολογιστή, βασισμένες στα αποτελέσματα της ανάλυσης.
5. Παραγωγή ήχου – Εκτέλεση (output) → Ο υπολογιστής παίζει μουσική, χρησιμοποιώντας ήχους που δημιουργούνται εσωτερικά, ή στέλνοντας μουσικές πληροφορίες σε συσκευές που παράγουν ήχο.

Τα δύο πρώτα βήματα είναι πολύ πρακτικά και περιορισμένα, και κυρίως ασχολούνται με δεδομένα εισόδου. Το λογισμικό πρέπει να είναι ακριβές στην ανάλυσή τους και, γι' αυτό, πρέπει να «καταλαβαίνει» κάποια πράγματα για την ανθρώπινη εκτέλεση. Τα τελευταία τρία βήματα είναι καλλιτεχνικές αποφάσεις με μόνο περιορισμό την ικανότητα του συνθέτη και τη φαντασία του, μιας και υπάρχουν άπειροι τρόποι με τους οποίους μπορούν να ερμηνευτούν οι πληροφορίες της εκτέλεσης (παράσταση) για να δημιουργηθεί πρωτότυπη μουσική και ήχος. (Winkler, 1998, p. 7)

Ένα άλλος τρόπος για να καταλάβουμε τις διαδικασίες της διαδραστικής μουσικής είναι να εξετάσουμε τους παραδοσιακούς ρόλους συνθέτη και εκτελεστή, ρόλοι που συχνά διαχωρίζονται δύσκολα στα διαδραστικά έργα. Για παράδειγμα, μπορεί να ζητηθεί από τους εκτελεστές να εφεύρουν μουσικό υλικό που θα γίνει σημαντικό μέρος μιας υπολογιστικής σύνθεσης. Οι συνθέτες μπορεί να εκτελούν οι ίδιοι το έργο τους σε μια συναυλία, ελέγχοντας τις παραμέτρους χρησιμοποιώντας ποντίκι, πληκτρολόγιο, χειρονομίες ή άλλου είδους ελεγκτές.

Τι είναι μια σχετικά καλή μουσική παράδοση; Η σημειογραφία της δυτικής μουσικής μας δίνει πληροφορίες για συγκεκριμένα πράγματα, πχ τονικότητα, ή λιγότερο ειδικές πληροφορίες για τέμπο, ρυθμό και ακόμη λιγότερες πληροφορίες για φραζάρισμα, βιμπράτο, δυναμικές- βασικά ένα χαλαρό γενικό σχέδιο παραγωγής μουσικής. Η ικανότητα και τεχνική του ερμηνευτή είναι αυτά που προσδίδουν όλα τα υπόλοιπα, τις λεπτομέρειες που λείπουν από την παρτιτούρα. Τα στοιχεία της ερμηνείας είναι αυτά που

προσδίδουν «συναίσθημα» στη μουσική. Μαζί με την τεχνική, είναι τα στοιχεία που εκτιμώνται περισσότερο (Tahiroglu, Drayson, & Erkut, 2008).

Αυτά είναι και τα στοιχεία που είναι τα πιο δύσκολα για έναν υπολογιστή, όσο αυτονότητα και αν είναι στους ανθρώπινους ερμηνευτές. Είναι στοιχεία διαισθητικά, τα οποία προκύπτουν από πολύχρονη γνώση, εμπειρία και εξάσκηση, καθώς και συναισθήματα. Τα τελευταία χρόνια υπάρχει αξιοσημείωτη προσπάθεια για τη βελτίωση της διαισθητικότητας των προγραμμάτων.

Ένας από τους στόχους (και ίσως ο βασικότερος) ενός μουσικού εκτελεστή (performer) είναι να εκφράσει αφηρημένες σκέψεις και συναισθήματα μέσω ήχου, με την αλληλεπίδραση με ένα μουσικό όργανο, και να κάνει τελικά αυτόν τον ήχο να προκαλέσει μια συναισθηματική αντίδραση στον ακροατή, ίσως βάζοντας τον και σε σκέψεις. Οπότε, μια μουσική παράσταση μπορεί να οριστεί ως η συναισθηματική επικοινωνία μέσω ήχου. Λογικό επακόλουθο είναι ο ορισμός του μουσικού οργάνου ως μια συσκευή που επιτρέπει την έκφραση συναισθήματος μέσω ήχου. (Dobrian, 2001)

Αυτό σημαίνει πως το λογισμικό που χρησιμοποιείται σε μια διαδραστική ηλεκτρονική δημιουργία πρέπει, εκτός από το να δέχεται δεδομένα, να προσομοιάζει τουλάχιστον βασικές γνωστικές ικανότητες ώστε να μπορεί να βγάξει «μουσικό νόημα» με τα δεδομένα που λαμβάνει. Μπορούμε λοιπόν να συνεπάγουμε πως τα διαδραστικά όργανα θα πρέπει να ενθαρρύνουν την αυτοσχεδιαστική μουσική (ίσως μάλιστα να χρησιμοποιούνται και άρτια για το σκοπό αυτό). Θα ήταν λοιπόν κρίμα να περιορίσουμε τη χρήση ενός τέτοιου οργάνου σε ένα αυστηρά προ-δημιουργημένο και προαποφασισμένο έργο.

Έτσι, ο συνθέτης/ερμηνευτής, θα πρέπει να έχει δουλέψει αρκετά με το αντίστοιχο διαδραστικό όργανο για να μπορεί να αυτοσχεδιάσει με τέτοιο τρόπο, ώστε το όργανο αυτό να εμπεριέχει στοιχεία αυθορμητισμού, μη προβλέψιμα, μιας και καθώς είπαμε, η διατήρηση του ενδιαφέροντος σε μιας μουσικής παράστασης βασίζεται, εν μέρει, στην (αμοιβαία) αλληλεπίδραση μεταξύ ερμηνευτών. (Tan, Hu, Koh, Felicia, & Zhao, 2010)

Μπορούμε λοιπόν να υποστηρίξουμε, πως η εξάσκηση που απαιτείται από μέρους του ερμηνευτή, με ένα τέτοιο διαδραστικό όργανο, είναι σημαντική, όπως με ένα πιο

παραδοσιακό. Η τεχνική ικανότητα, οι πρόβες, η προετοιμασία, όλα απαιτούν αντίστοιχη αφοσίωση και χρόνο, όπως συμβαίνει και με κάθε άλλου είδους αυτοσχεδιασμό.

1.2. Μια σύντομη ιστορική αναδρομή της διαδραστικής σύνθεσης.

Η μουσική εκ φύσεως είναι διαδραστική ως ένα βαθμό. Πριν από την εφεύρεση της ηχογράφησης σχεδόν όλη η μουσική ήταν διαδραστική. Δηλαδή, όλη η μουσική εκτελούνταν ζωντανά. Οι μουσικοί αλληλοεπιδρούσαν μεταξύ τους με τα όργανα και με το κοινό. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας και των νέων τεχνικών τον 20ου αιώνα, μείωσαν αυτού του τύπου μουσική αλληλεπίδραση. Μέσω της ηχογράφησης σχεδόν αποκλείστηκε η επικοινωνία μεταξύ κοινού και ερμηνευτών. Πλέον η μουσική είχε τη δυνατότητα να ακουστεί παντού και όποτε ήθελε κανείς, οπότε η επικέντρωση στη συγκεκριμένη στιγμή της παράστασης, καθώς και η ενέργεια που αυτή απαιτούσε, χάθηκε. Οι μαγνητοταινίες φέραν ακόμη μεγαλύτερη μείωση της αλληλεπίδρασης μεταξύ μουσικών. Εξάλλου, πλέον υπήρχε η δυνατότητα ένας ηλεκτρολόγος μηχανικός να ηχογραφήσει ένα σύνολο, μια ορχήστρα, με κάθε μέλος να εμφανίζεται στο στούντιο ξεχωριστά, για να ηχογραφήσει το μέρος του σε διαφορετικά tracks. Κάτι το οποίο χρησιμοποιήθηκε πολύ σε συναυλίες pop μουσικής, ήταν οι καλλιτέχνες να αλληλοεπιδρούν επί σκηνής με προ-ηχογραφημένη μουσική, ή ακόμη και να κάνουν lipsync σε κάποιες περιστάσεις. (Graugaard, 2004)

Βέβαια, λόγω των τεχνολογικών περιορισμών της εποχής, τα πρώτα αυτά υπολογιστικά συστήματα μουσικής παραγωγής, δεν μπορούσαν να σχεδιαστούν με βάση την πιθανή αλληλοεπίδραση. Ο υπάρχων εξοπλισμός αδυνατούσε να επεξεργαστεί ή να διαχειριστεί μεγάλο αριθμό δεδομένων και υπολογισμών που θα χρειαζόταν για να έχει μια live παράσταση όλα όσα έχουμε περιγράψει παραπάνω. Το πρώτο πρόγραμμα (μουσικό) γενικής χρήσης δημιουργήθηκε από τον Max Matthews τα Εργαστήρια Bell στις αρχές της δεκαετίας τους '60. (Winkler, 1998, pp. 9-11). Αυτά τα συστήματα απαιτούσαν ώρες προγραμματισμού πριν να ακουστεί έστω και μια απλή μελωδία. Μέρος του ενδιαφέροντος που είχαν για κάποιους συνθέτες ήταν ότι είχαν απόλυτο έλεγχο σε όλες τις πλευρές της σύνθεσης και της εκτέλεσης. Μπορούσαν να ελέγξουν κάθε μία λεπτομέρεια στον υπολογιστή, αν και πολλές φορές ο υπολογιστής δεν μπορούσε να τις μεταφέρει απεγάδιαστα. Περιέργως, οι περιορισμοί των συστημάτων αυτών και η πειραματική φύση

των λογισμικών δημιουργούσαν αποτελέσματα που οδηγούσαν σε αλληλεπιδράσεις με νόημα μεταξύ συνθετών και υπολογιστών, Οι συνθέτες προγραμματίζαν αυτό που πίστευαν ότι θα άκουγαν στο τέλος, όμως οι υπολογιστές επεξεργαζόταν τα δεδομένα διαφορετικά, και συχνά οι συνθέτες εκπλήσσονταν με το τελικό αποτέλεσμα. Τότε, είτε προσάρμοζαν τα δεδομένα ώστε να ακούγονται περισσότερο όπως στο αρχικό πλάνο, ή αποφάσιζαν πως τους άρεσε το «λάθος» και συνέχιζαν σε μια εντελώς διαφορετική κατεύθυνση. Πολλοί συνθέτες (ουκ ολίγοι) έχουν πει πως κάποια από τα καλύτερα έργα τους δημιουργήθηκαν χωρίς πρόθεση μέσω ενός προβλήματος στο σύστημα ή δίνοντας λανθασμένα δεδομένα. Το τελικό αποτέλεσμα αυτών των πρώτων έργων υπολογιστή ήταν μια μαγνητοταινία, που διαδιδόταν ως ηχογράφιση ή παιζόταν μέσω μεγάφωνου στο κοινό. (Winkler, 1998, pp. 9-12)

Πολλοί συνθέτες συνέχισαν να δημιουργούν έργα, προτιμώντας να δουλεύουν σε ένα στούντιο για να πραγματοποιήσουν την ιδεατή εκδοχή μια σύνθεσης. Μιας και τα διαδραστικά συστήματα συχνά περιορίζονταν από την απαίτηση να «τρέχουν» σε πραγματικό χρόνο, κάποιες από τις πιο ανεπτυγμένες τεχνικές σε μουσική παραγόμενη από υπολογιστή, ήταν μόνο διαθέσιμες σε συστήματα μη πραγματικού χρόνου. (McAlpine, 2014)

Για κάποιους, η έλλειψη εικόνας ίσως είναι ένα. Η προσθήκη μουσικού που παίζει μαζί με την μαγνητοταινία προσθέτει ένα ενδιαφέρον στον ανθρώπινο παράγοντα σε μια συναυλία, αλλά ίσως να μειώσει την ερμηνεία του συνθέτη στο τέμπο, το φραζάρισμα, μιας και ανεξάρτητα με το πόσο πάθος έχει ή πόσο ασυνήθιστη είναι η εκτέλεση, η μαγνητοταινία πάντα παραμένει η ίδια. (McAlpine, 2014).

Κατά τη δεκαετία του 60 και στις αρχές του '70, οι πρώτες συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία μουσικής υπολογιστή ήταν πολύ ακριβές και βρίσκονταν μόνο σε ερευνητικές εγκαταστάσεις όπως το πανεπιστήμιο Columbia, το Stanford και τα εργαστήρια Bell. Ταυτόχρονα, τα αναλογικά ηλεκτρονικά χρησιμοποιούνταν σε χώρους συναυλιών για την επεξεργασία του ήχου των οργάνων και την παραγωγή συνθετικών ήχων σε πραγματικό χρόνο. Τα λεγόμενα live electronic συστήματα άρχισαν να χρησιμοποιούνται ευρέως το '60 και το '70. Πολλά από αυτά τα κομμάτια χρησιμοποιούσαν τεχνικές καθυστέρησης (delay) ή αναλογικά όργανα μέσω

ειδικά κατασκευασμένων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων (πχ παραμόρφωση κλπ). Κάποιοι συνθέτες έδειξαν τις δυνατότητες των διαδραστικών συστημάτων, όπου τα συστήματα συμπεριφέρονταν διαφορετικά με διαφορετικό μουσικό input, επιτρέποντας στον εκτελεστή όχι μόνο να ξεκινήσει τη διαδικασία αλλά και να την διαμορφώσει. (McAlpine, 2014).

Τα πρώτα ηλεκτρονικά έργα του John Cage επηρέασαν ένα μεγάλο αριθμό συνθετών που πειραματίστηκαν με την live electronic μουσική στη δεκαετία του '60. Το ενδιαφέρον για τον αυτοσχεδιασμό οδήγησε στα πρώτα διαδραστικά ηλεκτρονικά συστήματα. (Winkler 1998, σελ.12).

Το Hornpipe του Gordon Mumma, (1967) έδειξε νέους τρόπους για μουσική σκέψη. Ο Mumma περιγράφει το Hornpipe ως ένα «διαδραστικό έργο live electronic μουσικής για σόλο κορνετίστα cyber sonic κονσόλα, και έναν χώρο παράστασης». Έφτιαξε τον όρο cyber sonic, περιγράφοντας το διαδραστικό ηλεκτρονικό κύκλωμα που αλλάζει και δημιουργεί τον ήχο ανάλογα με το input του performer. Η cyber sonic κονσόλα του Mumma είχε μικρόφωνα για να ακούει τους ήχους που παράγονταν από το κόρνο καθώς και για να αναλύει την ακουστική αντήχηση του χώρου. (Winkler 1998, σελ. 12).

1.3. Σύγχρονη διαδραστική σύνθεση- Ελεγκτές (controllers)

Αυτά όμως, ανήκουν στο παρελθόν. Η διαδραστικότητα έχει πλέον εξελιχθεί. Εξελίξεις στην τεχνολογία των υπολογιστών και στην επεξεργασία του ψηφιακού σήματος έχουν παράγει λογισμικά και συνθεσάιζερ με απίστευτες δυνατότητες. Καθημερινά δημιουργούνται νέοι τρόποι για την παραγωγή MIDI, σχεδόν σε όλον τον κόσμο. Από ασύρματα bluetooth, φορητή (wearable) τεχνολογία, ανίχνευση κίνησης και απόστασης, μέχρι ρομποτική και διάφορους άλλους αισθητήρες. Όλα αυτά καινοτομούν στον τρόπο με τον οποίο παράγονται δεδομένα για τον έλεγχο των ήχων. Μάλιστα, από την έγκριση, τον Ιανουάριο του 2018, του νέου πρωτοκόλλου MPE (MIDI, Polyphonic Expression), θα υπάρξουν ακόμη πιο πρωτότυπες συσκευές στα επόμενα χρόνια.(MIDI Polyphonic Expression (MPE))

Ας δούμε πρώτα, όμως, την έννοια του «ελεγκτή» (controller):

Εάν θέλουμε να μιλήσουμε εντελώς γενικά μπορούμε να διευκρινίσουμε έναν πολύ διευρυμένο ορισμό του όρου «ελεγκτής»: γενικά στη μηχανική, μια συσκευή ελέγχου έχει ένα στοιχείο λειτουργίας ελέγχου με απτό feedback (haptic feedback).² Το στοιχείο λειτουργίας εμπεριέχει έναν ή περισσότερους αισθητήρες και μπορεί να ενεργοποιηθεί με ένα στοιχείο εισαγωγής δεδομένων. (Lange & Zoller, 2012).

Η βασικότερη, ως πριν κάποια χρόνια, κατηγορία ελεγκτών για την παραγωγή και έλεγχο ήχου και μουσικής μέσω της τεχνολογίας είναι αυτή των ελεγκτών **MIDI**. (Paradiso, 2003)

«Ελεγκτής MIDI είναι οποιαδήποτε τεχνολογία και λογισμικό που παράγει και μεταφέρει δεδομένα MIDI (Musical Instrument Digital Interface) σε ηλεκτρονικές ή ψηφιακές συσκευές, για να πυροδοτήσει ήχους και να ελέγχει παραμέτρους ηλεκτρονικής μουσικής». (Δημητριάδης, Πομπόρτσης, & Τριανταφύλλου, 2015, 285-289)

Η πιο παραδοσιακή μορφή ενός ελεγκτή (οργάνου) MIDI είναι ένα πληκτρολόγιο MIDI. Αυτή είναι μια φυσική διεπαφή που μας επιτρέπει να ελέγχουμε ήχους ή ηχητικές λειτουργίες.

Ένα παράδειγμα ελεγκτή MIDI είναι το slider cap CNTRLCAP. Αυτό είναι κυριολεκτικά ένα «καπάκι» που μπορεί να καλύψει τους ολισθητήρες (sliders), οι οποίοι βρίσκονται πάνω σε μίκτες και εξοπλισμό Dj. «Ζουλώντας» τη συσκευή, παράγουμε δεδομένα MIDI, τα οποία στέλνουμε ασύρματα σε μια συσκευή USB. (MIDI Polyphonic Expression (MPE) Specification Adopted! (n.d.)).

Εάν το πληκτρολόγιο MIDI φαίνεται πολύ «παραδοσιακό», μπορεί κανείς να προσφύγει μέχρι και στο Open EEG. Αυτό είναι ένα project για αυτοσχέδιες συσκευές, οι οποίες χρησιμοποιούν τα εγκεφαλικά κύματα για τον έλεγχο συσκευών MIDI. Παράδειγμα

² Η τεχνολογία haptic (αφής), ή όπως μπορεί επίσης να ονομαστεί κιναισθητική επικοινωνία (kinesthetic communication), επιθυμεί να παράγει την αίσθηση αφής στον χρήστη προσδίδοντας δονήσεις ή κινήσεις (motions) στο χρήστη.

τέτοιας συσκευής είναι το MindMIDI. (MIDI Polyphonic Expression (MPE) Specification Adopted! (n.d.)).

Ίσως τα παραπάνω να θεωρηθούν υπερβολικά περίπλοκα και να αναζητήσουν πιο «παραδοσιακές» μορφές ελεγκτών. Για αυτές τις απαιτήσεις υπάρχουν ελεγκτές, όπως το Eigenharp. Αυτό λειτουργεί σαν ένα παραδοσιακό όργανο, που έχει ακόμη και στόμιο για την παραγωγή ήχου με το στόμα, σε συνδυασμό με strip controllers και με ένα ατέλειωτο εύρος ήχων, που μπορούν να παραχθούν με τα εξαιρετικά ευαίσθητα πλήκτρα του. Το όργανο αυτό «φέρνει τον ερμηνευτή στο επίκεντρο της σκηνής, αντί να είναι στα παρασκήνια και να πατά κουμπιά». (The Instruments. (n.d.)).

Φυσικά υπάρχει και η «φορετή» τεχνολογία MIDI, που μπορεί να είναι από γάντια μέχρι και ολόκληρο κοστούμι. Αυτό, όμως, μας μεταφέρει σε μια ειδική κατηγορία ελεγκτών, τους **ελεγκτές κίνησης (motion controllers)**.

2. Ελεγκτές Κίνησης

Οι ελεγκτές κίνησης δέχονται εντολές από την ανίχνευση της κίνησης του σώματος ή των μελών του. Αυτό μπορεί να γίνει με κάμερες, επιταχυνσιόμετρα (accelerometers), γυροσκόπια (gyroscopes), μαγνητόμετρα (magnetometers) ή αισθητήρες κίνησης.

Ο έλεγχος μουσικών παραμέτρων με βάση την κίνηση επιτρέπει την απευθείας αλληλεπίδραση με τον ηλεκτρονικό ήχο. Η χρήση της κίνησης έχει κερδίσει σε δημοτικότητα στην βιομηχανία ήχου. Υπάρχουν πολλοί τρόποι να σχηματιστεί διεπαφή μεταξύ ανθρώπινης κίνησης και μουσικού λογισμικού.

Το Point Motion είναι μία κάμερα που μετατρέπει τις κινήσεις του σώματος σε ήχους και μουσική. (Ducharme, 2016). Το Wave είναι ένα ηχείο που μας επιτρέπει να ελέγχουμε τη βιβλιοθήκη ήχων και μουσικής με την κίνηση. Συνδέεται, επίσης, με το iPhone.

Υπάρχουν ακόμη αυτόνομα επιταχυνσιόμετρα που μπορεί κανείς να κατεβάσει ελεύθερα στο κινητό του και να τα χρησιμοποιεί ώστε να ελέγχει ηχητικές παραμέτρους με βάση την κίνηση του κινητού. (Editor, M. C. (2011, October 06).

Η IK Multimedia, μια εταιρεία παραγωγής ελεγκτών και διεπαφών κινητών, καθώς και της συσκευής iRing. Είναι από τα παραδείγματα εταιρειών που δημιούργησαν συσκευές και λογισμικά για το σκοπό αυτό. Αυτή η συσκευή είναι ένα δαχτυλίδι που φοριέται στο χέρι του χρήστη και ανιχνεύεται από την μπροστινή κάμερα του κινητού. Συγκεκριμένες θέσεις χεριού μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μετατονίσουν τα εφέ στις μουσικές εφαρμογές. Το 2013 η Steinberg ανακοίνωσε το IC Air, μια βελτίωση της αναγνώρισης χειρονομιών για το διάσημο DAW Cubase. (Kim, B. K., Choi, H. T., Chung, W. K., & Suh, I. H. (2002))

Ο χρήστης μπορεί να προσαρμόσει τους faders, και να ελέγξει παραμέτρους χρησιμοποιώντας χειρονομίες αντί για το παραδοσιακό ποντίκι και πληκτρολόγιο. Ο καλλιτέχνης Imogen Hear πρόσφατα έβγαλε τα Mi.Mu, ελεγκτές-γάντια, εξοπλισμένα με αισθητήρες αντανάκλασης και επιταχυνσιόμετρα. (Kim, B. K., Choi, H. T., Chung, W. K., & Suh, I. H. (2002))

Η Elena Jessop στα εργαστήρια MIT Media, ανέπτυξε έναν ελεγκτή σε σχήμα γαντιού, επιτρέποντας έτσι τον έλεγχο των φωνητικών σε πραγματικό χρόνο. (Jessop, 2010). Άλλο παράδειγμα οργάνου είναι το “Lady's Glove,” της Laetitia Sonami, που αναπτύχθηκε από την Sonami και τον Bert Bongers . (Artist Interview: Laetitia Sonami — SOMArts, n.d.).

Η χρήση ελεγκτών με βάση την κίνηση δεν περιορίζεται μόνον στον ψηφιακό τομέα: ένα έργο που χρηματοδοτήθηκε από Kickstarter το 2013, που ονομάστηκε Vectr επιτρέπει στους χρήστες να ελέγχουν αναλογικά συνθεσάιζερ, χρησιμοποιώντας χειρονομίες. (Hantrakul & Kaczmarek, 2014).

2.1. Κατηγορίες Αισθητήρων Κίνησης

Ο έλεγχος νέων μουσικών οργάνων με χειρονομίες υπήρξε αντικείμενο έρευνας για πολλά χρόνια. Με την εξέλιξη των τεχνολογιών για αναγνώριση χειρονομιών, νέες ευκαιρίες αναδύθηκαν για να εξερευνήσουν τις δυνατότητες και να βελτιωθούν οι συσκευές σε μέγεθος, δυνατότητα μετακίνησης και σε άλλες πλευρές των νέων και ενισχυμένων μουσικών οργάνων.

Ας κάνουμε, όμως, μια βασική και γενική κατηγοριοποίηση των αισθητήρων κίνησης πριν συνεχίσουμε σε πιο εξειδικευμένα, μουσικά παραδείγματα:

Αισθητήρας, γενικά, είναι μια συσκευή ή υποσύστημα που «αντιλαμβάνεται» αλλαγές στο περιβάλλον και στέλνει τις πληροφορίες σε άλλες ηλεκτρονικές συσκευές και κυρίως σε έναν επεξεργαστή Η/Υ. (Ju & Liu, 2014). (Tiana, 2003)

Ο αισθητήρας κίνησης πιο συγκεκριμένα «αντιλαμβάνεται» κινούμενα αντικείμενα, κυρίως ανθρώπους. Οι βασικές κατηγορίες είναι: Αισθητήρας παθητικού υπέρυθρου φωτός (Passive Infrared Sensor), Υπερηχητικός (Ultrasonic), Αισθητήρας Μικροκυμάτων (Microwave), Τομογραφικός Αισθητήρας, Αισθητήρας με Κάμερες Ανίχνευσης Κίνησης (Motion sensor cameras), Αισθητήρας Συνεχούς Ανίχνευσης Κύματος (Continuous Wave Notion Sensor) και τέλος, συνδυασμοί των παραπάνω κατηγοριών. (Cooper, S., Hertzmann, A., & Popović, Z. 2007, August)

1. Αισθητήρες υπέρυθρου φωτός: Περιλαμβάνουν μια πυροηλεκτρική (pyroelectric) ταινία, που αντιδράει σε υπέρυθρη ακτινοβολία παράγοντας ηλεκτρισμό.
2. Υπερηχητικός Αισθητήρας: παράγει παλμούς υπερηχητικών κυμάτων και έπειτα αποφασίζει για την απόσταση του κινούμενου αντικειμένου με βάση την ανάκλαση και τον χρόνο επιστροφής του ήχου
3. Αισθητήρας Μικροκυμάτων: παράγει παλμούς μικροκυμάτων και υπολογίζει την αντανάκλασή τους σε άλλα αντικείμενα, ώστε να γνωρίζει εάν αυτά κινούνται ή όχι.
4. Τομογραφικός αισθητήρας: παράγει ράδιο-κύματα και μπορεί να ανιχνεύσει εάν αυτά τα κύματα παρεμποδίζονται.
5. Κάμερες ανίχνευσης κίνησης: είναι κάμερες με υπερ-ευαισθησία στο φως. Περιέχουν ένα τσιπ σιλικόνης με επιφάνεια, που χωρίζεται σε pixels ευαίσθητα στο φως. Όταν το φως πέσει επάνω τους, μικρά ηλεκτρικά φορτία παράγονται και με αρκετά από αυτά τα pixel, αυξάνεται και η ποιότητα ανάλυσης.
6. Αισθητήρας Συνεχούς Κύματος Κίνησης: αυτού του είδους οι αισθητήρες είναι πιο ανεπτυγμένοι και η χρήση τους δεν είναι ευρεία στο γενικό κοινό. Ένα ραντάρ Συνεχούς Κύματος παράγει ένα σήμα υψηλής συχνότητας συνεχώς. Η αντανάκλαση του σήματος λαμβάνεται και επεξεργάζεται. Λειτουργεί με βάση το φαινόμενο Doppler.
7. Συνδυασμοί κατηγοριών: μπορεί να συνδυάζουν δύο αισθητήρες πχ. Μικροκύματα και υπέρυθρη ακτινοβολία.

(Cooper, S., Hertzmann, A., & Popović, Z. 2007,).

Οι παραπάνω κατηγορίες αποτελούν το πρώτο στάδιο των συστημάτων ανίχνευσης κινήσεων. Ένα ολοκληρωμένο σύστημα αποτελείται από τον αισθητήρα και ένα λογισμικό που αποφασίζει τους τύπους των κινήσεων ή χειρονομιών που θα αναγνωριστούν και το πώς θα αντιδράσει με βάση αυτές.

Το Microsoft Kinect™ αποτέλεσε θεμέλιο για την ανάπτυξη αρκετών εφαρμογών μουσικού ελέγχου με βάση την ανίχνευση κίνησης. Η βάση του είναι ένας αισθητήρας με

κάμερες ανίχνευσης, το λογισμικό του οποίου ανιχνεύει το φάσμα των χρωμάτων Κόκκινο- Πράσινο-Μπλε (Red-Green-Blue → RGB (Ahmed Kadry & Birry, 2017).

Ο ελεγκτής USB Hot Hand του Source Audio συμπεριλαμβάνει έναν ασύρματο αισθητήρα ανίχνευσης κινήσεων και μέσω του USB στέλνει σήματα κίνησης στο MIDI για επικοινωνία με λογισμικά MIDI. Χαρτογραφεί την κλίση των χεριών μετατρέποντάς την σε μηνύματα MIDI. Ωστόσο, η ακριβής ανίχνευση των δαχτύλων έχει γίνει δυνατή μόνον χρησιμοποιώντας συστήματα με γάντια ή αισθητήρες flex. (Ahmed Kadry & Birry, 2017).

Το σύστημα Κατανόησης Κίνησης Χεριών (Hand Motion Understanding system) που αναπτύχθηκε από τους Copper et.al χρησιμοποιεί ένα γάντι κωδικοποιημένο με βάση τα χρώματα για να ανιχνεύσει τις κινήσεις των χεριών. Το σύστημα ανίχνευσης απαιτεί να φοράει ο χρήστης το γάντι, πράγμα που εν μέρει μειώνει όμως την διαισθητική εμπειρία του χρήστη. (Ahmed Kadry & Birry, 2017).

Το Leap Motion ανήκει στους αισθητήρες υπέρυθρου φωτός και παρέχει μια μέθοδο αναγνώρισης κινήσεων και χειρονομιών χωρίς να χρειάζεται να φορεθεί για την αυτόνομη ανίχνευση δεδομένων χεριών και δαχτύλων. Πριν από αυτή τη συσκευή, δεν υπήρχε κάποιος εμπορικός ελεγκτής που να μπορεί να προσφέρει αυτού του είδους την ακρίβεια. Πρόσφατα, η Microsoft εξέδωσε το Xbox One με νέο σύστημα ανίχνευσης κινήσεων, μια κάμερα 1080p και έναν αισθητήρα δαχτύλων. Αν και η συσκευή είναι πολλά υποσχόμενη, δεν υπάρχει κανένας πρόσφατος τρόπος να γίνει διεπαφή της με συσκευή ή λογισμικό πέρα από την κονσόλα Xbox. (Han & Gold, 2014).

Παρακάτω θα γίνει εκτενής αναφορά σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται η αναγνώριση χειρονομιών, τι ορίζεται ως χειρονομία και αυτά θα εξεταστούν στο πιο συγκεκριμένο πλαίσιο του ελεγκτή Leap Motion.

Μιας όμως και το Leap Motion, είναι μια πρωτοπόρα συσκευή στον τομέα της ανίχνευσης και αναγνώρισης χειρονομιών, είναι απαραίτητο να γίνει πρώτα μια παρουσίασή του.

2.2. Λογισμικά Διεπαφής για Ελεγκτές Κίνησης

Το λογισμικό που χρησιμοποιεί το LeapMotion, ο ελεγκτής που χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία, ανήκει σε μια κατηγορία ελεγκτών που ονομάζεται Natural User Interface. Θα γίνει μια αναφορά στην κατηγορία αυτή λογισμικών και καθώς και για ποιο λόγο διαφέρουν από άλλα και γιατί το LeapMotion ξεχωρίζει λόγω του λογισμικού του.

Όποιος έχει χρησιμοποιήσει έναν κακοσχεδιασμένο ελεγκτή κίνησης, θα συμφωνήσει ότι, χρησιμοποιώντας απλώς τις κινήσεις του σώματος για τον έλεγχο του λογισμικού, δεν του παρέχεται μια «διαισθητική» ή «φυσική» (natural) εμπειρία.

Όταν κάποιος θέλει να περιγράψει μια «διαισθητική» εμπειρία, ίσως υποθέσει πως απλά χρειάζεται να συνδέσει την κατάλληλη συσκευή, να χρησιμοποιήσει το κατάλληλο λογισμικό και να αρχίσει να τα χρησιμοποιεί απευθείας χωρίς κανένα πρόβλημα. Αυτά τα λογισμικά μπορούν να «εκπαιδευτούν». Έχουν τις κατάλληλες οδηγίες, τις οπτικές δυνατότητες και την ανατροφοδότηση για να βοηθήσουν στον προσδιορισμό του τρόπου χρήσης τους. Έτσι, με τη συνεχή χρήση, μπορούν να βελτιωθούν και να παρέχουν μια πιο ολοκληρωμένη εμπειρία, εφόσον ο χρήστης έχει εξοικειωθεί. Για να είναι διαισθητικό ένα εργαλείο, πρέπει να είναι δυνατή η αλληλεπίδραση μεταξύ αυτού και του χρήστη.

Αυτό που πραγματικά περιγράφουμε εδώ είναι η συνήθεια. Δημιουργούμε ρουτίνες με την πάροδο του χρόνου, μαθαίνοντας και κατανοώντας πώς λειτουργεί κάτι και κάνοντάς το μέρος της ρουτίνας μας. Όταν μαθαίνουμε για πρώτη φορά να οδηγούμε, χρειάζεται προσπάθεια, αλλά τελικά γίνεται συνήθεια. Για τους περισσότερους καθημερινούς οδηγούς, η οδήγηση είναι σχεδόν ενστικτώδης.

Σύμφωνα με την έκθεση των Donschewa, Rosmann και Marinov, «Using Motion Capturing Class sensor systems for Natural User Interface», η διάδοση των συσκευών-αισθητήρων για τους καταναλωτές συνεχώς συμβάλλει στην ανάπτυξη καινοτόμων Λογισμικών Διεπαφής Υπολογιστών-Ανθρώπων (Human Computer Interfaces ή εν συντομία HCI). Αυτές οι συσκευές μπορούν να ανιχνεύσουν την κίνηση του σώματος και των χεριών. Τα λογισμικά αυτά επεξεργάζονται την αισθητηριακή πληροφορία που λαμβάνουν και παρέχουν ένα μοντέλο χεριού ή σώματος μέσα από το οποίο αναγνωρίζεται

ό,τι στάση παίρνουν και ό,τι κίνηση ή χειρονομία κάνουν τα χέρια ή το σώμα. (Dontschewa, Rosmann, & Marinov, 2016)

Η ακρίβεια των μοντέλων κατά τις διαδικασίες αναγνώρισης χειρονομιών, εξαρτάται από τον τομέα στον οποίο εφαρμόζονται. Στην πραγματικότητα τα λογισμικά που αναπτύχθηκαν για την εφαρμογή τους στον τομέα της νοσοκομειακής ή κλινικής αποκατάστασης, απαιτούν μεγαλύτερη ακρίβεια από αυτά που σχεδιάστηκαν για διασκέδαση.

Αυτά τα λογισμικά μπορούν να ταξινομηθούν ως Natural User Interfaces (NUI) (Λογισμικά Φυσικών Χρηστών) ή λογισμικά αφής (Λ.Α.) Haptic Interfaces (HI). Ο όρος H.I αναφέρεται στα λογισμικά στα οποία χρησιμοποιείται haptic technology, όπου βάση για την αλληλεπίδραση με το χρήστη αποτελεί η δημιουργία της αίσθησης της αφής με την άσκηση δύναμης, δονήσεων ή κινήσεων στον χρήστη. Αυτή η τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βοηθήσει στη δημιουργία ψηφιακών αντικειμένων και να βελτιώσει τον απομακρυσμένο έλεγχο συσκευών. (Iwata, 2008).

Παρόλο που τα HI μπορούν να είναι εξαιρετικά ακριβή, η χρήση τους περιορίζεται σε κάποιους εξειδικευμένους τομείς (για παράδειγμα ρομποτική, κατασκευές κ.λπ.) λόγω του υψηλού κόστους, και της δυσκολίας περαιτέρω προσαρμογής τους σε διαφορετικά γενικά πλαίσια και απαιτήσεις. (Dontschewa, Rosmann, & Marinov, 2016)

Στο δικό μας αντικείμενο, μας ενδιαφέρει να χειριστούμε ένα σκελετικό μοντέλο του χεριού για αλληλεπίδραση με ένα ή δύο χέρια (σε καθημερινές επιτραπέζιες εφαρμογές). Ένα πρώτο παράδειγμα τέτοιου NUI παρουσιάστηκε από τα συστήματα Motion Capture (MoCap) βασισμένα σε Computer Vision (CV), είναι εξοπλισμένα με κάμερες RGB. Αν και τα συστήματα αυτά εξακολουθούν συνεχώς να αποδεικνύουν την αποτελεσματικότητά τους, τα περισσότερα από αυτά δεν μπορούν να θεωρηθούν ως πραγματικά NUI, μιας και οι αλγόριθμοι ανίχνευσης κίνησης που έχουν βασίζονται σε ειδικά οπτικά μέσα, για παράδειγμα ιχνηθέτες (markers), χρωματιστά κοστούμια και γάντια. (Pfister, West, Bronner, & Noah, 2014)

Η πρόσφατη εισαγωγή κάμερας RGB υψηλής ανάλυσης και υψηλής ταχύτητας, υποστήριξε την παραγωγή πιο καινοτόμων markers και έκαναν τα συστήματα MoCap που

είναι βασισμένα σε Computer Vision, ικανά να ανιχνεύσουν ακόμη και τις πιο διακριτικές κινήσεις και εκφράσεις του χεριού. (Dontschewa, Rosmann, & Marinov, 2016)

Παρόλα αυτά, η χρήση τέτοιων συστημάτων (παλαιότερα και νεότερα) δεν είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για την αλληλεπίδραση με καθημερινές επιτραπέζιες εφαρμογές. Στην πραγματικότητα, όπως είναι γνωστό, αυτά τα συστήματα απαιτούν περισσότερο από μία κάμερα για να αναγνωρίσουν και να ανιχνεύσουν το σώμα και τα χέρια. Αυτό φανερώνει κάποια δύσκολα τεχνικά ζητήματα συμπεριλαμβανομένων: της βαθμονόμησης και του συγχρονισμού και επεξεργασίας δεδομένων. Η πρόσφατη αύξηση των καταναλωτών στα συστήματα Time of flight (ToF)³ και Structured Light (SL)⁴, με κάμερες απεικόνισης φάσματος, μας έχουν επιτρέψει να λύσουμε κάποια από τα παραπάνω προβλήματα. (Penelle & Debeir, 2014).

Αυτή η νέα γενιά των NUI χρησιμοποιείται σε διαφορετικούς τομείς εφαρμογών (όπως διασκέδαση, επανένταξη ασθενών, αλλά και ανάλυση κινήσεων). Κάποιες παράμετροι που έχουν δεν προάγουν τη χρήση τους για αλληλεπιδράσεις με την προαναφερόμενη κατηγορία εφαρμογών. (Penelle & Debeir, 2014)

2.3. Ο ελεγκτής Leap Motion

Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα ο ελεγκτής LeapMotion χρησιμοποιεί διαισθητικό λογισμικό διεπαφής (δηλαδή λογισμικό το οποίο είναι πιο φιλικό προς το χρήστη). Τι ακριβώς σημαίνει αυτό για έναν χρήστη;

Οι χειρονομίες αποτελούν φυσικό μέρος της ανθρώπινης επικοινωνίας και έρχονται σιγά-σιγά στο επίκεντρο της διάδρασης μεταξύ χρήστη και εικονικής πραγματικότητας -AR/VR

³ Ο όρος Time of Flight αναφέρεται στη μέθοδος μέτρησης της απόστασης μεταξύ ενός αισθητήρα και ενός αντικειμένου, με βάση τη χρονική διαφορά μεταξύ παραγωγής σήματος και της επιστροφής του στον αισθητήρα, αφού έχει γίνει η αντανάκλασή του από το αντικείμενο. (Penelle & Debeir, 2014)

⁴ Ο όρος Structured Light αναφέρεται στη διαδικασία προβολής ενός μοτίβου σε μια σκηνή. Ο τρόπος με τον οποίο αυτά παραμορφώνονται, όταν χτυπούν στην επιφάνεια, επιτρέπει στα συστήματα όρασης να υπολογίσουν πληροφορίες για το βάθος και την επιφάνεια των αντικειμένων της σκηνής, όπως γίνεται στους τρισδιάστατους εκτυπωτές. Συγκεκριμένα, αυτά έχουν επιτρέψει στους προγραμματιστές να δώσουν τη δυνατότητα στα NUI να έχουν αντίληψη του περιβάλλοντος που παρατηρούν χρησιμοποιώντας μόνο μια συσκευή. (Penelle & Debeir, 2014)

(Artificial Reality/Virtual Reality). Το Leap Motion είναι μια συσκευή-αισθητήρας, που αναπτύχθηκε για να διευκολύνει την αλληλεπίδραση ανθρώπου-υπολογιστή μέσω των χειρονομιών. Αναπτύχθηκε από την εταιρεία Leap Motion Inc. και κυκλοφόρησε τον Ιούλιο του 2013, με τιμή \$79.99. Η συσκευή είναι μικρή σε μέγεθος (0.5 1x1.2x3 inch). Για να χρησιμοποιηθεί, ο χρήστης πρέπει να τοποθετήσει τα χέρια στην κορυφή του αισθητήρα, αφού πρώτα συνδέσει τη συσκευή στον υπολογιστή μέσω USB. (Hantrakul & Kaczmarek, 2014) Documentation. (n.d.).

Η εσωτερική κατασκευή του αισθητήρα αποτελείται από τρεις πομπούς υπέρυθρου φωτός και δύο κάμερες, δέκτες των αντανάκλασεων του υπέρυθρου φωτός.

Οι συνιδρυτές, David Holz and Michael Buckwald, ανέπτυξαν έναν αλγόριθμο που βοηθάει στην ανίχνευση και των δέκα δαχτύλων των χεριών. Γενικά ο ελεγκτής Leap Motion μπορεί να ανιχνεύσει τις κινήσεις της παλάμης καθώς και των δαχτύλων που βρίσκονται επάνω του. Το εύρος της όρασής του είναι σχεδόν 150°, επιτρέποντας στους χρήστες να αλληλοεπιδρούν με τους υπολογιστές τους με συνηθισμένες χειρονομίες, όπως το τσίμπημα με τα δάχτυλα ή το πέρασμα του χεριού πάνω από τον αισθητήρα. Η συσκευή έχει επιπλέον ένα ανοιχτό API⁵ για τους προγραμματιστές και έχει πολλές δυνατότητες, από τρισδιάστατο χειρισμό μέχρι και κινητικά παιχνίδια. Η συσκευή, παρουσιάζει μια πολύ ακριβή αναπαράσταση των χεριών. Χρησιμοποιούνται δεδομένα ανίχνευσης μέσω του API Leap Motion Controller, για την αναγνώριση κινήσεων και χειρονομιών των χεριών. Τα δεδομένα ανίχνευσης που περιέχουν πληροφορίες για τη θέση, κατεύθυνση και ταχύτητα της παλάμης και των δακτύλων, μπορούν να γίνουν προσιτά χρησιμοποιώντας το SDK⁶ του. Ο αισθητήρας έχει περίπου 200μm. ακρίβεια ανίχνευσης. Τα πειράματά δείχνουν πως η μέθοδος αναγνώρισης χειρονομιών που ανέπτυξαν οι δημιουργοί,

⁵ API-“Application Programming Interface”: Διεπαφή Προγραμματισμού Εφαρμογής. Το API είναι μια διεπαφή που επιτρέπει στο λογισμικό να επικοινωνεί με άλλο λογισμικό. Είναι ουσιαστικά σαν ένα λεξικό, με το οποίο μπορούν να μεταφραστούν δυο διαφορετικές γλώσσες, δύο διαφορετικά σετ οδηγιών.

⁶ SDK- “Software Development Kit”: Είναι σαν ένα εργαστήριο με το οποίο μπορούμε να συναρμολογήσουμε κάτι. Περιέχει μέσα τα εργαλεία, τις βιβλιοθήκες, τα σχετικά δεδομένα, παραδείγματα κώδικα ή και οδηγίες, που επιτρέπουν στους προγραμματιστές να δημιουργήσουν εφαρμογές λογισμικού σε μια πλατφόρμα. Τα SDK αποτελούν τις αρχικές πηγές σχεδόν κάθε προγράμματος με το οποίο ένα χρήστης θα χρησιμοποιήσει σήμερα.

βασισμένη στα δεδομένα αντίχενωσης του Leap Motion Controller, μπορεί να αναγνωρίσει ακριβώς τις χειρονομίες των χεριών όταν δεν υπάρχει κάποιο εμπόδιο. (Documentation. (n.d.).

Όλα αυτά προσδίδουν στον ελεγκτή LeapMotion ένα μεγάλο εύρος δυνατοτήτων που μπορούν να αξιοποιηθούν ποικιλοτρόπως. Έχει χρησιμοποιηθεί μέχρι και για αποκατάσταση ασθενών εγκεφαλικού από ομάδα ερευνητών στο τμήμα πανεπιστημίου, Intelligent Computer Tutoring Group. (Documentation. (n.d.).

2.4. Προηγούμενες Χρήσεις του LeapMotion:

Εάν επισκεφθεί κανείς την επίσημη ιστοσελίδα της εταιρείας LeapMotion, θα ανακαλύψεις πως η χρήση του επεκτείνεται σε μια ποικιλία τομέων, από ιατρική και βιολογία έως μουσική και άλλες τέχνες. Σε κάθε τομέα μια νέα εφαρμογή ή ένα επιπλέον πρόγραμμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να γίνει η χρήση πιο κατάλληλη και αποτελεσματική για τον επιθυμητό σκοπό.

2.5. LeapMotion και γλώσσα

Η χρήση του αισθητήρα στη αναγνώριση και καταγραφή νοηματικής γλώσσας απασχόλησε κάποιους ερευνητές, που έκαναν προσπάθεια για να διευρύνουν την έρευνα στον τομέα αυτό, να την καταγράψουν και να απαριθμήσουν την αποτελεσματικότητα και τις πιθανές εφαρμογές του.

Η εργασία των Vikram, Li, και Russel για την ανάπτυξη αλγορίθμου για την αναγνώριση χαρακτήρων της κινεζικής γλώσσας από το Leap Motion, παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον, μιας και κατάφεραν να χρησιμοποιήσουν τον ελεγκτή για την καταγραφή χαρακτήρων της κινεζικής γλώσσας, και μάλιστα με σχετική επιτυχία.

Φυσικά, τα αποτελέσματα δεν ήταν τέλεια, παρουσιάζουν όμως μια χρήση του αισθητήρα που θα μπορούσε να είναι επαναστατική στον τομέα της γλωσσικής ανάλυσης, αναγνώρισης ίσως και εκμάθησης. Επίσης είναι κάτι που καινοτομεί στην γλωσσική

εκπαίδευση λογισμικών για απευθείας επεξεργασία δεδομένων κινήσεων και οργάνωσής τους, καθώς έως τώρα δεν υπήρξαν αξιοσημείωτες επιτυχίες σε αυτόν τον τομέα.

Είναι από τις πρώτες μελέτες που δεν απαιτούν από το χρήστη να έχει στην κατοχή του ειδικό στυλό ή pointer για να έχει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Η δουλειά γίνεται εξολοκλήρου με τρισδιάστατο μοντέλο αναγνώρισης χειρονομιών.

Αυτό οδηγεί και στην αναφορά για την επόμενη έρευνα όπου ο αισθητήρας Leap Motion χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή της ινδικής νοηματικής γλώσσας.

Transforming Indian Sign Language into Text Using Leap Motion ο τίτλος της. Όπως αναφέρθηκε ξανά παραπάνω, το μοντέλο που ανέπτυξαν οι προγραμματιστές είναι τόσο επαρκές που δεν χρειάζεται επιπλέον εργαλεία για την αναγνώριση χειρονομιών. Οι συγγραφείς της παραπάνω έρευνας χρησιμοποίησαν αποκλειστικά το Leap motion visualizer και το σύστημα αναγνώρισης χειρονομιών ινδικής νοηματικής γλώσσας. Πεδίο έρευνας αποτέλεσε και η μεταγραφή της νοηματικής σε γραπτή μεταφορά.

Η έρευνα *Sign Language Recognition using Leap Motion Controller* κάνει μια αποτίμηση ερευνών που έγιναν πάνω στην χρήση του Leap Motion με νοηματική γλώσσα. Επικεντρώνεται κυρίως στην εύρεση αλγορίθμου για την επίλυση των διαφόρων προβλημάτων που προκύπτουν και στην αναγνώριση, κυρίως, της κίνησης των δαχτύλων. (Ahmed Kadry & Birry, 2017)

2.6. Διευρυμένες μουσικές χρήσεις

Λίγο πιο εξειδικευμένα, ένα παράδειγμα χρήσης του ελεγκτή Leap Motion σε διευρυμένα μουσικά πλαίσια είναι η ενσωμάτωση του σε περιβάλλοντα εικονικής πραγματικότητας, (Virtual Reality) με μια συσκευή που φοριέται στο κεφάλι. Αυτή η συσκευή χρησιμοποιήθηκε για μια διαδραστική παράσταση διεύθυνσης ορχήστρας σε πραγματικό χρόνο. Το σύστημα δημιουργήθηκε για να διευκολύνει την κατανόηση μουσικών συνθέσεων για ομάδες οργάνων και να υπογραμμίσει τη σημασία του διευθυντή ορχήστρας κατά τη διάρκεια μιας μουσικής παράστασης. Το όλο σύστημα χρησιμοποίησε δύο ειδών δεδομένα εισόδου: χειρονομίες του μαέστρου, που δίνουν κυρίως το ρυθμό και τις δυναμικές στην ορχήστρα, και ένα αρχείο MIDI, που ορίζει τις εκάστοτε νότες που

πρέπει να παίζει το κάθε μουσικό όργανο. (Fingerpainting Soundscapes: Muse for Leap Motion and the Berklee Symphony Orchestra, χ.χ.).

Μια άλλη πιο εξειδικευμένη χρήση της συσκευής LeapMotion ήταν στο project «Instruments Sans Frontieres, Προσαρμογή σε άτομα με κινητικά προβλήματα για κινησιοθεραπεία.

Ο συγγραφέας της έρευνας αυτής στοχεύει στη συμμετοχή ανθρώπων με ειδικές ανάγκες και αναπηρία στη μουσική έκφραση, χρησιμοποιώντας ανιχνευτική τεχνολογία και αισθητήρες που μπορούν να φορεθούν. Όπως αναφέρθηκε, πολλές από αυτές τις τεχνολογίες υπάρχουν αλλά δεν έχουν ακόμη χρησιμοποιηθεί σε ανθρώπους και μουσικούς με αναπηρία.

Το ISF αρχικά στοχεύει στο να συμβάλλει στον τομέα της Μουσικοθεραπείας με ασθενείς που αναρρώνουν από σωματικά προβλήματα. Ο P. Oliveros ανέπτυξε ένα λογισμικό μουσικού αυτοσχεδιασμού χρησιμοποιώντας κάμερα που ανιχνεύει κινήσεις για ανθρώπους με σοβαρές σωματικές αναπηρίες. Η εργασία σημείωσε επιτυχή αποτελέσματα όπως «έντονη συγκέντρωση, ανεξαρτησία και κίνητρο», σε ασθενείς που χρησιμοποίησαν το λογισμικό. Δεύτερον, το ISF στοχεύει στην δημιουργία καινοτόμων μέσων για μουσική έκφραση που επιτρέπει σε άτομα με αναπηρία να εκτελέσουν και να αυτοσχεδιάσουν με τη μουσικότητα ενός ακουστικού οργάνου. (Hantrakul& Kaczmarek, 2014).

Το παίξιμο ενός ακουστικού οργάνου είναι σχεδόν αδύνατο εάν ο ασθενής δεν έχει κινητικό έλεγχο των δαχτύλων του. Ωστόσο, εάν ο ασθενής είναι ικανός να κινήσει αγκώνες, ένας αισθητήρας flex (δηλαδή ένας ευλύγιστος αισθητήρας που μετράει το ποσοστό της εκτροπής ή κάμψης) να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξισορροπήσει αυτό το εύρος κινήσεων ελέγχοντας μια παράμετρο όπως η ένταση σε ένα ηλεκτρονικό όργανο. Το Leap Motion θα είναι εξαιρετικά χρήσιμο σε ασθενείς που έχουν κάποιον έλεγχο σε κινήσεις χεριών και μπράτσων. Για παράδειγμα, ένα ασθενής που πάσχει από σκλήρυνση κατά πλάκας και τρέμει συνέχεια, αλλά μπορεί ακόμη να ελέγξει την θέση των χεριών. Ο χώρος ανίχνευσης του Leap motion μπορεί να χωριστεί σε ζώνες. Όταν ο ασθενής κινεί το χέρι σε μία ζώνη, ένας αντιστοιχιζόμενος ήχος πυροδοτείται. Αυτή η εφαρμογή χρησιμοποιήθηκε πειραματικά σε έναν ασθενή μέσω του Yale School of Public Health. (Hantrakul& Kaczmarek, 2014).

Προκαταρκτικές δοκιμές δείξαν πως ο ασθενής ήταν ικανός να ελέγξει πότε οι νότες στις ζώνες αυτές θα ξεκινούσαν. Ωστόσο, ο ασθενής ανέφερε μια σημαντική έλλειψη που ο συγγραφέας είχε παραβλέψει. Το σχόλιο του ασθενή ήταν πως «...Δεν καταλαβαίνω πως το να κουνάω τα χέρια μου στον αέρα καταφέρνει να βγάζει ήχο.» Αντίθετα με τα ακουστικά όργανα, όπου η χειρονομία που παράγει ήχο (πχ πάτημα πλήκτρου, κρούση κ.λπ) συνδέεται με το μηχανισμό παραγωγής ήχου (η χορδή δονείται), η χρήση της ανίχνευσης κίνησης παράγει μια ασυνέχεια μεταξύ αυτών των δύο στοιχείων. Για αυτούς που το χρησιμοποιούν πρώτη φορά και για τους μη μουσικούς όπως ο προαναφερθέντας ασθενής, αυτό μπορεί να είναι εξαιρετικά περίπλοκο. (Hantrakul& Kaczmarek, 2014).

Δημοφιλή συστήματα όπως το Guitar Hero έχουν λογισμικό και μηχανήματα που παρέχουν καινοτόμα αλληλεπίδραση, όχι απλώς έναν ανταγωνισμό ήδη υπαρχόντων λογισμικών. Στο μέλλον, πιθανώς να ενσωματωθεί μεγαλύτερη βιβλιογραφική έρευνα για υπάρχοντα λογισμικά.

Γενικά ο συνδυασμός του LeapMotion με άλλες συσκευές, λογισμικά και εφαρμογές, προσφέρει όλο και περισσότερες δυνατότητες θετικών αποτελεσμάτων, καθώς και δυνατότητες διεύρυνσης των πλαισίων μέσα στα οποία χρησιμοποιείται.

Αυτό δεν παρέχει μόνο τη δυνατότητα σε μουσικούς (και μη) να έχουν άμεση πρόσβαση στη μουσική δημιουργία με έναν μοντέρνο και ευρηματικό τρόπο, αλλά μπορεί να συνδυαστεί επίσης με την κινησιοθεραπεία, την ψυχοθεραπεία, κ.α.

Θα ήταν ενδιαφέρον να γίνει και μια έρευνα στον τομέα της μουσικοθεραπείας και της ηχητικής θεραπείας (Sound-therapy) σε συνδυασμό με το LeapMotion.

Γνωρίζουμε πως η χρήση της μουσικής για θεραπευτικούς σκοπούς είναι διαδεδομένη πλέον και στο χώρο της ιατρικής γενικότερα -και όχι μόνο στην ψυχιατρική-, αλλά και στον χώρο της ψυχολογίας.

Δεν θα μπω σε παραπάνω λεπτομέρειες σε αυτό το σημείο μιας και ένα θέμα που αφορά τη μουσικοθεραπεία θα αποτελούσε μια ολόκληρη εργασία από μόνο του.

Αναφορικά θα μιλήσω όμως για την έννοια της πολυαισθητηριακότητα της μουσικής. Σαν όρος χρησιμοποιείται για να υπογραμμίσει την διαδικασία της μουσικής αντίληψης

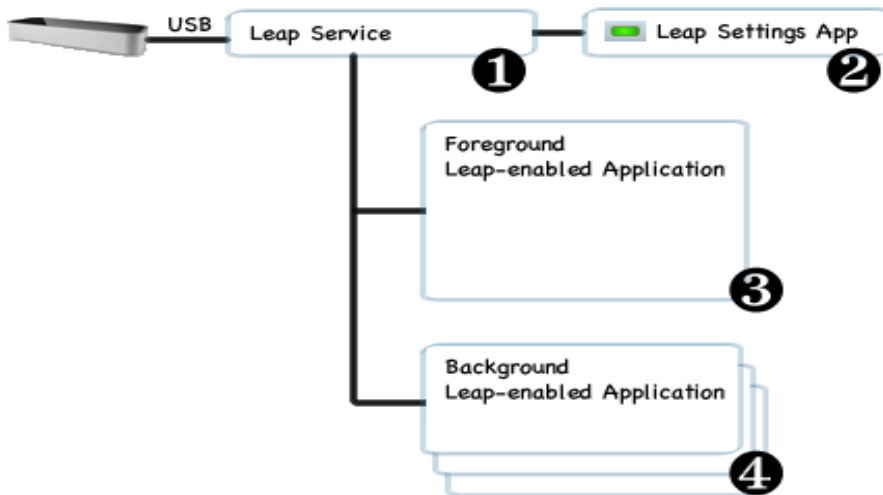
και δημιουργίας ως κάτι που χρησιμοποιεί παραπάνω από μία αισθήσεις (όραση, αφή κλπ), καθώς και ποικίλες γνωστικές λειτουργίες (μνήμη-σωματική ή νοητική-, αντίληψη-χωρική, μουσική, ακουστική-, κλπ) για την επίτευξή της. Αυτό είναι κάτι που γίνεται ακόμη πιο προφανές όταν συνδέουμε τη μουσική δημιουργία με την ευρύτερη έννοια της κίνησης και την πιο συγκεκριμένη έννοια της (μουσικής) χειρονομίας. Η διαδικασία δημιουργίας νοητών κινητικών εικόνων κατά τη μουσική δημιουργία ή την ακρόαση ενός μουσικού έργου και τα αποτελέσματά της, είναι ένα θέμα που απασχόλησε ερευνητές σε μεγάλο βαθμό. (Μεϊμαρίδου 2018).

2.7. Δημιουργία Διεπαφής και χρήση του αισθητήρα

Ο ελεγκτής Leap Motion είναι ένα από τα νεότερα NUI που επιτρέπει την χρήση ανωτέρων συστημάτων αναγνώρισης χειρονομιών, ενώ τα φυσικά και τεχνικά χαρακτηριστικά του το κάνουν εξαιρετικό εργαλείο για να αλληλοεπιδρά με οποιουδήποτε είδους επιτραπέζια εφαρμογή.

Είναι ίσως χρήσιμο να αναφερθούν περιληπτικά κάποιες τεχνικές πληροφορίες:

Το λογισμικό Leap Motion λειτουργεί ως υπηρεσία (σε Windows, Mac και Linux). Το λογισμικό συνδέεται στη συσκευή Leap Motion Controller μέσω ενός διαύλου USB. Οι εφαρμογές με δυνατότητα «Leap» έχουν πρόσβαση στην υπηρεσία Leap Motion για να λαμβάνουν δεδομένα παρακολούθησης κίνησης. Το Leap Motion SDK παρέχει δύο είδη API για λήψη δεδομένων Leap Motion: ένα εγγενές περιβάλλον εργασίας και μια διασύνδεση WebSocket. Αυτά τα API μας επιτρέπουν να δημιουργούμε εφαρμογές με δυνατότητες Leap σε πολλές γλώσσες προγραμματισμού, συμπεριλαμβανομένης της εκτέλεσης JavaScript. (Documentation. (n.d.).



Εικόνα 2.1 System Architecture (n.d.).

3. Αντιστοίχιση –Mapping

3.1. Αντιστοίχιση εικονικού χώρου και αλληλεπίδρασης

Η χρήση της κίνησης για τον έλεγχο διάφορων παραμέτρων κινεί το ενδιαφέρον σε πολλούς τομείς εδώ και πολλά χρόνια. Από τα έργα επιστημονικής φαντασίας μέχρι και φουτουριστικά εργαστήρια της σύγχρονης εποχής σε αστυνομικά έργα ή ταινίες με υπερ-ήρωες, ο έλεγχος ψηφιακών παραμέτρων (και όχι μόνο) απλά με κινήσεις των χεριών μας, αιχμαλωτίζουν τη φαντασία και στρέφουν το ενδιαφέρον στον τομέα αυτό. Από το Holodeck του Star Trek μέχρι το εργαστήριο του Tony Stark, ο τρισδιάστατος κινητικός έλεγχος παραμέτρων έχει άρχουσα θέση σε αυτά. Συχνά μας συναρπάζουν αυτές οι ισχυρές, φυσικές και διαισθητικές αλληλεπιδράσεις, καθώς αποπνέουν αίσθηση δύναμης και κυριαρχίας, μαζί με παράδοξες αισθήσεις απλότητας, ευκολίας και διαισθητικότητας.

Εάν θεωρήσουμε πως η χρήση χειρονομιών στην ηλεκτρονική μουσική σύνθεση, ιδιαίτερα σε πραγματικό χρόνο, αποτελεί ένα μεγάλο βήμα στη διεύρυνση της έννοιας της διαδραστικότητας, τότε η διευκρίνιση της έννοιας της χειρονομίας και οι τύποι της, είναι ένα σημαντικό στοιχείο που πρέπει να αναφερθεί.

Νωρίτερα συζητήθηκε το θέμα της διάδρασης και τι σημαίνει αυτό για την ηλεκτρονική μουσική. Παρόμοια ερωτήματα γεννιούνται και για το θέμα των χειρονομιών και της χρήσης τους. Δράσεις όπως ο έλεγχος του ποντικιού ή του πληκτρολογίου για την αλλαγή ηχητικών εφε, απλές κινήσεις των χεριών που αλλάζουν την ένταση ή την τονικότητα με απλές κάθετες ή οριζόντιες κινήσεις, είναι από τις πιο συνηθισμένες χειρονομίες, κυρίως για εφαρμογές που χρησιμοποιούνται επάνω σε μια επιφάνεια (ας τις ονομάσουμε επιτραπέζιες εφαρμογές για συντομία). Όμως, αν και αυτές οι απλές κινήσεις μας φαίνονται φυσικές και βγαλμένες από προφανείς σχέσεις με τα παραδοσιακά όργανα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πιο αφηρημένες οντότητες όπως περίπλοκους αλγόριθμους ή περιβάλλοντα με πολλαπλές στρώσεις (layers). Αυτά καθιστούν την έννοια της διάδρασης ως κάτι λιγότερο προφανές και κατανοητό. Το αυξημένο ενδιαφέρον στη χρήση χειρονομιών για την επικοινωνία ανθρώπου-υπολογιστή, έβαλε στο επίκεντρο την έννοια της χειρονομίας και τη χρήση της. Ειδικά στον τομέα της μουσικής δημιουργίας (Mandanici & Canazza, 2015).

Ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε εφαρμογής, η αντιστοίχιση χειρονομιών μπορεί να γίνει με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Η αντιστοίχιση μεγαλύτερων πραγματικών χώρων σε μικρότερους εικονικούς χώρους, θα αυξήσει την ακρίβεια και τη σταθερότητα, αλλά θα απαιτήσει μεγαλύτερες κινήσεις από κάποιον που χρησιμοποιεί την εφαρμογή. (Mandanici & Canazza, 2015). Σίγουρα παίζει ρόλο και το ύψος στο οποίο κινούμαστε. Ανάλογα με τον στόχο μας, θα χρειαστεί να είναι πιο κοντά ή πιο μακριά το χέρι από την επιφάνεια του αισθητήρα. Ίσως καμιά φορά οι θέσεις των χεριών μπερδεύονται και δεν ξεχωρίζονται ακριβώς από το σύστημα. Η ίδια η θέση και στάση των χεριών θα παίζει ρόλο στην ακρίβεια της ανίχνευσης των χειρονομιών. Εάν οι αγκώνες ακουμπούν στην επιφάνεια, εάν ολόκληρο χέρι αιωρείται επάνω από τον αισθητήρα, εάν γίνεται χρήση των καρπών και των δαχτύλων κ.λπ. (Jessop, 2010)

3.2. Αρχιτεκτονική του συστήματος Leap Motion

Το API του Leap Motion συνοδεύεται από μερικές ενσωματωμένες χειρονομίες, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά στις αντίστοιχες καταστάσεις. Αυτό θα το ονομάσουμε «βιβλιοθήκη χειρονομιών». Για τις πιο σύνθετες εφαρμογές, ίσως χρειαστεί

να δημιουργηθούν νέες χειρονομίες που θα συνδυαστούν με ενσωματωμένες χειρονομίες του API, ίσως με τρόπο που δεν είχε αρχικά προβλεφθεί.

Ας αναφέρουμε συνοπτικά τα πιο σημαντικά σημεία σε μια αντιστοίχιση στο LeapMotion και τι λάθη μπορούν να προκύψουν.

1. Συνεχής ανίχνευση. Ορισμένες κινήσεις και στάσεις ανιχνεύονται πιο σταθερά από άλλες. Εκτός από την ανίχνευση της κίνησης στο διαγνωστικό πρόγραμμα απεικόνισης, το Leap Motion API συμπεριλαμβάνει ένα επίπεδο «αυτοπεποίθησης» για να δείχνει πόση αυτοπεποίθηση έχει τη συγκεκριμένη στιγμή το σύστημα, για τα αποτελέσματα της ανίχνευσης που πραγματοποιεί. Είναι έτσι πιο εύκολο να γίνουν διορθώσεις.

2. Ευκολία ανίχνευσης. Ορισμένες κινήσεις είναι πολύ καλά καθορισμένες, άλλες είναι πολύ πιο φευγαλέες ή απροσδιόριστες.

3. Απόκρυψη (ή αυτο-απόκρυψη). Πρέπει να λαμβάνονται πάντα υπόψη οι περιορισμοί της συσκευής πριν δημιουργηθεί οποιοδήποτε έργο. Για παράδειγμα, μια αλληλεπίδραση στην οποία κάποιος μπορεί να περάσει, με το χέρι του, πέρα από το οπτικό πεδίο της συσκευής, έχει μεγάλη πιθανότητα το μανίκι του ρούχου να αποκλείσει μεγάλο μέρος του χεριού ή, αν το ένα χέρι περάσει πάνω από το άλλο, μπορεί ο ελεγκτής να «χάσει» ένα τμήμα του χεριού

4. Εργονομία. Καλό είναι να εξεταστούν πρώτα οι περιορισμοί του ανθρώπινου σώματος, (και του εκάστοτε χρήστη και κοινού) στην περίπτωση χρήσης του αισθητήρα και του περιβάλλοντος στο οποίο γίνεται η αλληλεπίδραση. Μπορεί κάποιος να εκτελέσει αυτή την αλληλεπίδραση ενώ χαλαρώνει, ή βρίσκεται σε ένταση; Η επαναλαμβανόμενη χρήση γίνεται αγχωτική; Μήπως η αλληλεπίδραση απαιτεί μια αφύσικη κίνηση; (API Overview¶. (n.d.).

Πώς όμως ακριβώς γίνεται η αντίληψη του πραγματικού χώρου και των χεριών από τον αισθητήρα, προτού αναλογιστούν οι προγραμματιστές όλα τα παραπάνω?

Σύστημα συντεταγμένων

Το σύστημα Leap Motion χρησιμοποιεί ένα καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων βάσει του δεξιού χεριού, με το χέρι να κινείται στους άξονες x, y, z. Ο άξονας y είναι κάθετος,

με τις θετικές τιμές να αυξάνονται προς τα πάνω (σε αντίθεση με τον προς τα κάτω προσανατολισμό των περισσότερων συστημάτων συντεταγμένων γραφικών). Ο άξονας z περιλαμβάνει κινήσεις από και προς το χρήστη με τις θετικές τιμές να είναι λαμβάνονται με κινήσεις προς το χρήστη. Τέλος, ο άξονας x, περιλαμβάνει κινήσεις δεξιά-αριστερά, από το ένα άκρο της συσκευής στο άλλο. (API Overview (n.d))

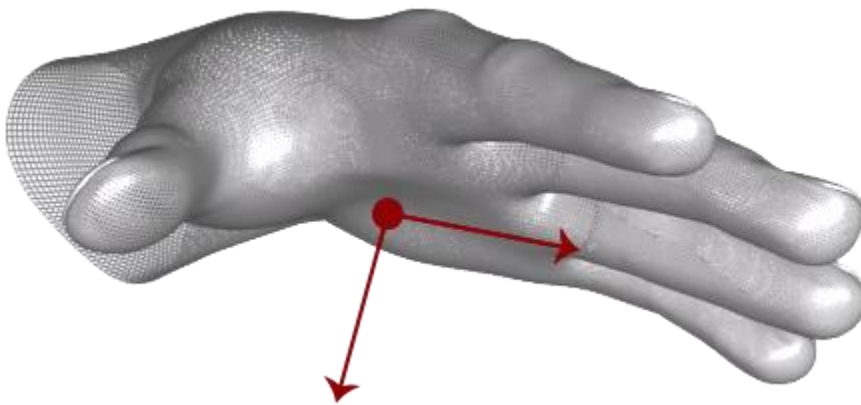
Το API Leap Motion μετράει τις φυσικές ποσότητες με τις ακόλουθες μονάδες:

Απόσταση: χιλιοστά
Χρόνος: μικροδευτερόλεπτα (εκτός αν αλλάξει)
Ταχύτητα: χιλιοστά / δευτερόλεπτο
Γωνία: ακτίνια
(API Overview (n.d)).

Χέρια

Το μοντέλο χειρός παρέχει πληροφορίες σχετικά με την ταυτότητα, τη θέση και άλλα χαρακτηριστικά ενός χεριού που ανιχνεύεται, τον βραχίονα στον οποίο είναι συνδεδεμένο το χέρι και τα δάχτυλα.

Τα χέρια αντιπροσωπεύονται από την κατηγορία «**Χέρια**» (**Hand**).



Εικόνα 3.1 API Overview (n.d).

PalmNormal 0,dierction

Το λογισμικό Leap Motion χρησιμοποιεί ένα σκελετικό μοντέλο ανθρώπινου χεριού για την πρόβλεψη της χειρονομίας ακόμα και όταν δεν είναι ορατά όλα τα τμήματα ενός

χειριού. Το μοντέλο του χειριού ανιχνεύει τις θέσεις για πέντε δάχτυλα, παρόλο που η ανίχνευση είναι βέλτιστη όταν η σιλουέτα ενός χειριού και όλα τα δάχτυλά του είναι ορατά. Το λογισμικό χρησιμοποιεί τα ορατά μέρη του χειριού, το σκελετικό του μοντέλο και προηγούμενες παρατηρήσεις για τον υπολογισμό των πιθανότερων θέσεων των τμημάτων που δεν είναι ορατά. Ωστόσο, κάποιες ανεπαίσθητες κινήσεις των δακτύλων, ειδικά όταν αυτά λυγίζουν προς το εσωτερικό της παλάμης ή κρύβονται από τον αισθητήρα δεν ανιχνεύονται εύκολα. Η διεργασία Hand confidence υποδεικνύει πόσο καλά τα ανιχνεύσιμα δεδομένα συμβαδίζουν με αυτά του εσωτερικού μοντέλου. (Unlocking New Hands in the Unity Core Assets: Part I. 2017).

Ο βραχίονας είναι ένα αντικείμενο που μοιάζει με κόκαλο και υποδεικνύει τον προσανατολισμό, το μήκος, το πλάτος και τα τελικά σημεία ενός βραχίονα. Όταν ο αγκώνας δεν είναι ορατός, ο ελεγκτής κίνησης Leap Motion υπολογίζει τη θέση του βάσει προηγούμενων παρατηρήσεων καθώς και της τυπικής ανθρώπινης αναλογίας. (API Overview¶. (n.d.).

Δάχτυλα

Ο ελεγκτής κίνησης Leap παρέχει πληροφορίες για κάθε δάχτυλο στο χέρι. Εάν το δάχτυλο είναι ορατό ή όχι, τα χαρακτηριστικά των δακτύλων υπολογίζονται με βάση τις πρόσφατες παρατηρήσεις και το ανατομικό μοντέλο του χειριού. Τα δάχτυλα υποδεικνύονται με τα γνωστά ονόματά τους, αντίχειρας, δείκτης, μέσος, μικρός.

Τα δάχτυλα αντιπροσωπεύονται από την κλάση “*Δάχτυλα*” (**Finger**).



Εικόνα 3.2 API Overview¶. (n.d.).

Θέση άκρων των δακτύλων, κατεύθυνση δακτύλων (Fingertip Position, Finger direction)

Ένα αντικείμενο Finger υποδεικνύει περιγράφει τη θέση και τον προσανατολισμό του κάθε δακτύλου ανατομικά. Όλα τα δάχτυλα περιέχουν τέσσερα κόκαλα που έχουν ταξινομηθεί από τη βάση μέχρι την άκρη τους.

Τα οστά αναγνωρίζονται ως:

- Μετακάρπιο - το οστό μέσα στο χέρι που συνδέει το δάκτυλο με τον καρπό (εκτός από τον αντίχειρα)
- Άνω Φάλαγγα - το οστό στη βάση του δακτύλου, που συνδέεται με την παλάμη
- Ενδιάμεση Φάλαγγα - το μέσο οστό του δακτύλου, ανάμεσα στην άκρη και τη βάση
- Μακρινή Φάλαγγα - το τελευταίο οστό στο τέλος του δακτύλου

Αυτό το μοντέλο για τον αντίχειρα δεν συνάδει αρκετά με το τυπικό ανατομικό σύστημα ονομασίας. Ένας πραγματικός αντίχειρας έχει ένα λιγότερο οστό από τα άλλα δάχτυλα. Ωστόσο, για ευκολία προγραμματισμού, το μοντέλο αντίχειρας Leap Motion περιλαμβάνει μετακαρπικό οστό μηδενικού μήκους έτσι ώστε ο αντίχειρας να έχει τον ίδιο αριθμό οστών με τα άλλα δάχτυλα. Ως αποτέλεσμα, το ανατομικό μετακαρπικό οστό του αντίχειρα επισημαίνεται ως εγγύς φάλαγγα και η ανατομική εγγύς φάλαγγα επισημαίνεται ως η ενδιάμεση φάλαγγα στο μοντέλο δακτύλων των οστών Leap Motion. (Unlocking New Hands in the Unity Core Assets: Part I. 2017)

Χειρονομίες

Επειδή το τι ορίζεται και τι μπορεί να αναγνωριστεί ως χειρονομία εξαρτάται από το εκάστοτε σύστημα που χρησιμοποιείται, έχουν αναπτυχθεί ποικίλες μέθοδοι αντιστοίχισης για την αντιμετώπιση αβέβαιων χειρονομιών. Για παράδειγμα, η θέση του χεριού μπορεί να προκαλέσει προβλήματα όπως: λάθη στην ανίχνευση λόγω «θολής» κίνησης, αυτο-απόκρυψης του χεριού ή μπέρδεμα θέσεων, είτε λόγω λάθους του χρήστη, είτε λόγω ομοιότητας μεταξύ των θέσεων του χεριού. Όταν χρησιμοποιούνται περίπλοκες χειρονομίες με μεγάλη ελευθερία κινήσεων και παραλλαγών, υπάρχει μεγαλύτερη δυνατότητα διαφοροποίησης στην εκτέλεση των χειρονομιών από χρήστη σε χρήστη.

Στην τρισδιάστατη αναπαράσταση κίνησης αυτό είναι ακόμη πιο σημαντικό, μιας και η ελευθερία στην κίνηση ή τοποθέτηση του χεριού είναι μεγαλύτερη, σε αντίθεση με τη δισδιάστατη αναπαράσταση όπου τα χέρια είναι περιορισμένα στην επιφάνεια (API Overview n.d).

Για να λυθεί αυτό το πρόβλημα, γίνεται μια σύμπτυξη εγγενών θέσεων του χεριού σε μια κοινή κατηγορία θέσεων, που αντιμετωπίζεται από το σύστημα ως μια γενική κίνηση χειρονομίας. (Mandanici & Canazza, 2015)

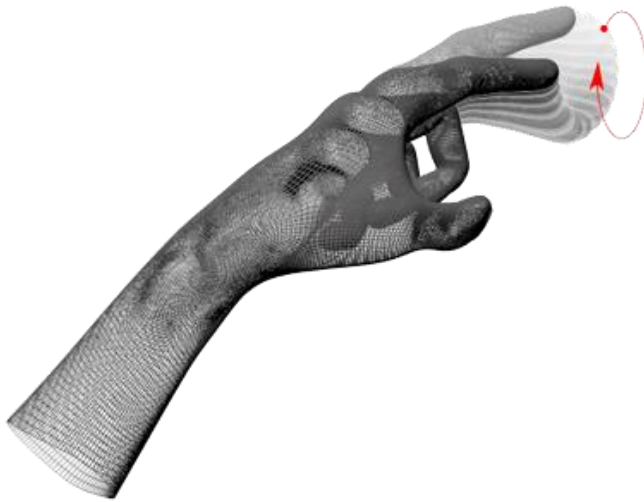
Αυτά είναι κοινά στα περισσότερα συστήματα αναγνώρισης χειρονομιών, με μικρές διαφορές, ανάλογα με τις απαιτήσεις των χρηστών και το σκοπό του συστήματος.

3.3. Τύποι Χειρονομιών και αντιστοίχιση στο Leap Motion

Το λογισμικό Leap Motion αναγνωρίζει ορισμένα μοτίβα κίνησης ως χειρονομίες που θα μπορούσαν να υποδηλώνουν την πρόθεση του χρήστη ή μια εντολή του. Το λογισμικό του Leap Motion καταγράφει χειρονομίες που παρατηρούνται σε ένα frame με τον ίδιο τρόπο που καταγράφει άλλα δεδομένα παρακολούθησης κίνησης όπως τα δάχτυλα και τα χέρια.

Οι χειρονομίες αντιπροσωπεύονται από την κλάση Χειρονομίες (Gesture) και τις υποκατηγορίες: Κυκλική χειρονομία (Circle gesture), χτύπημα πλήκτρου (KeyTap Gesture), Χτύπημα οθόνης (ScreenTap Gesture) και Swipe. (Coordinate Systems¶. (n.d).

Τα ακόλουθα μοτίβα κινήσεων αναγνωρίζονται από το λογισμικό Leap Motion:



Εικόνα 3.3 Coordinate Systems¶. (n.d.). Retrieved A 1



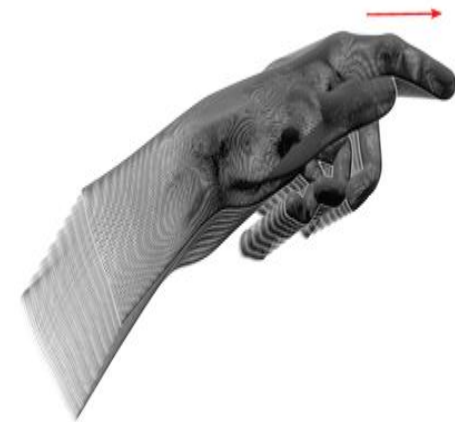
Εικόνα 3.4 Coordinate Systems¶. (n.d.). Retrieved A 2

Κύκλος - Ένα δάκτυλο που «ζωγραφίζει» έναν κύκλο.

Ολίσθηση - Μια μακρά, γραμμική κίνηση ενός χεριού και των δακτύλων του.



Εικόνα 3.5 Coordinate Systems¶. (n.d.). Retrieved A 3



Εικόνα 3.6 Coordinate Systems¶. (n.d.). Retrieved A 4

Πάτημα πλήκτρου - Μια κίνηση κτυπήματος από ένα δάκτυλο σαν να πιέζεται ένα πλήκτρο ηλεκτρολογίου.

Χτύπημα (KeyTap) - Μια κίνηση κτυπήματος από το δάκτυλο σαν να αγγίζεται μια οθόνη υπολογιστή.

3.4. Συζήτηση πιθανών προβλημάτων

Όταν τα χέρια ανιχνεύονται σωστά, οι χειρονομίες αναγνωρίζονται επιτυχώς. Ωστόσο υπάρχουν περιπτώσεις που ο ελεγκτής Leap Motion αποτυγχάνει να ανιχνεύσει όλα τα δάχτυλα.

Αυτό-απόκρυψη

Για παράδειγμα, όταν τα δάχτυλα αυτό-αποκρύπτονται από την παλάμη. Εάν ο ελεγκτής είναι τοποθετημένος κάτω από την παλάμη δε μπορεί να λάβει δεδομένα για τα δάχτυλα. Προβλέπει μια χειρονομία που δεν είναι σωστή. Ο ελεγκτής χρησιμοποιεί υπέρυθρο φως για να συλλέξει πληροφορίες για το χώρο. Όταν δάχτυλα ή περιοχές του χεριού αποκρύπτονται από άλλα μέρη του χεριού, η ποιότητα των δεδομένων ανίχνευσης μειώνεται σημαντικά. (Mandanici & Canazza, 2015).

Μακρινές Φάλαγγες

Το Σκελετικό Μοντέλο Ανίχνευσης (Skeletal Tracking Model), είναι ένας δεδομένος τρόπος αναπαράστασης των χεριών που παρέχεται από το Leap Motion. Μιμείται τον πραγματικό σκελετό του χεριού.

Τα δεδομένα ανίχνευσης των απώτερων φαλαγγών του μέσου δαχτύλου και του μικρού, δεν είναι σταθερά. Δυο παραδείγματα λανθασμένης ανίχνευσης των φαλαγγίων είναι όταν η διεύθυνση των φαλαγγών του μεσαίου δαχτύλου δεν λυγίζουν, ενώ στο πραγματικό χέρι είναι λυγισμένες. Άλλο παράδειγμα είναι όταν το μικρό δάχτυλο είναι λυγισμένο στην πραγματικότητα ενώ στον ελεγκτή είναι ευθύ (Han & Gold, 2014).

Πεδίο ανίχνευσης

Προς το παρόν η περιοχή ανίχνευσης για το Leap Motion είναι ακόμη μικρή. Τα δεδομένα ανίχνευσης γίνονται ασταθή όταν τα χέρια είναι κοντά στα όρια του πεδίου ανίχνευσης.

(Coordinate Systems¶. (n.d.).

Στις παραπάνω περιγραφές χαρακτηριστικών, κάποιες παράμετροι συσχετίζονται με πραγματικά μεγέθη χεριών. Εάν τα μεγέθη των χεριών και των αντίστοιχων παραμέτρων δεν αντιστοιχούνται, τότε υπάρχει περίπτωση αποτυχίας.

4. Leap Motion και μουσική σύνθεση

Με την εισαγωγή του Leap Motion Controller, μπορούμε να έχουμε έναν πιο φυσικό τρόπο για τους ανθρώπους να αλληλοεπιδρούν με τους υπολογιστές. Οι χρήστες έχουν τη δύναμη να ελέγχουν μια εμπειρία με εκλεπτυσμένες κινήσεις των χεριών και των δακτύλων σε τρισδιάστατο χώρο.

Σε αυτήν την εργασία εξερευνούμε τις εφαρμογές της συσκευής στη σύνθεση ήχου και έλεγχο ηχητικών εφέ.

Μετά από έρευνα στα πλαίσια της εργασίας αυτής, δε βρέθηκε μεγάλη γραπτή έρευνα για τις δυνατότητες και προκλήσεις που παρουσιάζει η χρήση του αισθητήρα στον τομέα της μουσικής, αν και έχουν υπάρξει πολλά παραδείγματα χρήσης του στον τομέα αυτό που είναι καταγραμμένα σε βίντεο.

Θα γίνει αναφορά σε εργασίες που έκαναν χρήση του αισθητήρα μαζί με όργανα όπως τα Air-Keys και Air-Pads και άλλες συσκευές. Επίσης εξερευνάται η δυνατότητα για την «επέκταση» (extension) του παραδοσιακού πληκτρολογίου midi. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως το LeapMotion είναι πολλά υποσχόμενο σε αυτό το δημιουργικό πλαίσιο, αλλά απαιτεί και την αντιμετώπιση διαφόρων προκλήσεων, κυρίως τεχνικών. (Hantrakul & Kaczmarek, 2014)

4.1. Προηγούμενες χρήσεις του LeapMotion στη μουσική δημιουργία

Η πιο δημοφιλής εμπορική εφαρμογή σχεδιασμένη να συνδεθεί με το Leap motion με μουσικό λογισμικό είναι το GECO σχεδιασμένο από τον Geert Bevin . Ο χρήστης μπορεί να χαρτογραφήσει την κίνηση του χεριού σε μηνύματα MIDI μέσω ενός δισαιθητικού λογισμικού. Ωστόσο, η εφαρμογή έχει χρησιμοποιηθεί κυρίως για τον έλεγχο παραμέτρων όπως τα εφέ, dry/wet mix ή την ένταση. Δεν υπάρχει δυνατότητα να επιλεγούν και πυροδοτηθούν νότες, χρησιμοποιώντας κινήσεις χεριών ή δακτύλων. Επιπροσθέτως, η εφαρμογή περιορίζεται στις κινήσεις «ανοιχτό χέρι» - «κλειστό χέρι». (Hantrakul & Kaczmarek, 2014)

«Ενισχυμένα» (augmented) μουσικά όργανα:

Αυτά τα ακουστικά όργανα/ηλεκτρικά όργανα είναι «ενισχυμένα» (augmented) με αισθητήρες.

Ο Soylentcola ενίσχυσε μια κιθάρα με το Leap Motion προσαρτημένο στο ηχείο για να ελέγχει τα εφέ που είχε προγραμματίσει. Οι εκφραστικές παράμετροι φαίνεται να ελέγχονται από τη θέση του ανιχνευόμενου κάθε φορά, χειριού με έναν πολύ πρακτικό τρόπο. Ο Ernshaw σύναψε τον αισθητήρα σε ένα σετ ντράμς για να δημιουργήσει ένα όργανο σαν το theremin που ελέγχεται με μπαγκέτες. Ο Raz ενίσχυσε ένα παραδοσιακό πιάνο, ελέγχοντας ηλεκτρονικά μέσα με χειρονομίες για να συνδυάσει ακουστικούς και ηλεκτρονικούς ήχους. Ο Bertelli ενίσχυσε ένα snare drum, χρησιμοποιώντας τον αισθητήρα (σε συνδυασμό με άλλους ελεγκτές) για να ελέγξει το ρυθμό και την ποιότητα τόνου. Αυτά τα ενισχυμένα όργανα δουλεύουν καλά και για έλεγχο ηχοχρώματος, με συγκεκριμένες χειρονομίες, και ο αισθητήρας λειτουργεί επαρκώς. (Hantrakul & Kaczmarek, 2014).

Ελεγκτές που προσομοιάζουν όργανα

Οι ελεγκτές χειρονομίας έχουν βασιστεί στα ακουστικά όργανα. Gratoο δημιούργησε ένα air drum που παίζεται με μπαγκέτες. Υπάρχει μια αξιοσημείωτη καθυστέρηση μεταξύ του «χτυπήματος» της μπαγκέτας στον αέρα και της έναρξης του ήχου, πράγμα που σημαίνει πως η εσωτερική αναγνώριση χειρονομίας «χτύπημα πληκτρολογίου» (key tap) από το Leap API, ενάγεται με μηνύματα MIDI. Εάν αυτή είναι η μέθοδος που χρησιμοποιείται, τότε ανιχνεύει επιτυχώς τις χειρονομίες, αλλά δεν προσφέρει αναγνώριση ταχύτητας.

Στην εργασία των Han και Gold, παρουσιάζονται διάφορα τέτοια παραδείγματα: Ο Heaver έφτιαξε ένα Air Piano χρησιμοποιώντας τρισδιάστατη τοποθέτηση δαχτύλων για να αποφασίσει τονικό ύψος, ταχύτητα, και τι γίνεται μετά το παίξιμο των νοτών. Φαίνεται πως το όργανο υστερεί λόγω της δυσκολίας του αισθητήρα στην ανίχνευση των δαχτύλων που είναι κοντά το ένα με το άλλο, οπότε πολλές φορές χάνει νότες ή τους δίνει λάθος ενεργοποίηση. Η Sensomusic που δημιούργησε το όργανο PianoLeap και ένα όργανο σαν theremin, φαίνεται να έχει υιοθετήσει μια ευρηματική λύση για να παράγει σωστές

μελωδικές συγχορδίες, βασισμένες στον αριθμό των δαχτύλων που ανιχνεύτηκαν. Το τονικό ύψος και η ένταση ελέγχονται από τη θέση των χεριών.

Ο αισθητήρας επίσης έχει χρησιμοποιηθεί για να δημιουργήσει την εναέρια Air Harp, που φαίνεται να έχει πολύ καλή ανταπόκριση και πολύ απλή διάταξη νοτών. Επίσης παρέχει δυνατότητα επιλογής κλιμάκων και ελεγκτών έκφρασης (expression controls). (Han & Gold, 2014).

Εναλλακτικοί (alternative) ελεγκτές

Σε αυτήν την κατηγορία εντάσσονται ελεγκτές που δεν μπορούν να έχουν πειστική ομοιότητα σε υπάρχοντα όργανα. Ο Ernsshaw δημιούργησε έναν ελεγκτή που συνδέεται με το LeapMotion για την εκτέλεση dubstep χρησιμοποιώντας τη θέση των χεριών για να ελέγξει τα εφέ, και ο Fujimoto το χρησιμοποιεί για beatboxing, χρησιμοποιώντας χειρονομίες για να για να διαμορφώσει και να πυροδοτήσει ήχους. (Han & Gold, 2014).

Παρά την ευρηματική χρήση του αισθητήρα LeapMotion για καλλιτεχνική δημιουργία, όλοι οι παραπάνω δημιουργοί παρατήρησαν προβλήματα που εμπόδιζαν την ομαλή και ορθή χρήση των εφαρμογών που δημιούργησαν. Πολλές φορές υπήρχε καθυστέρηση ανταπόκρισης από τον αισθητήρα, με αποτέλεσμα όταν ο χρήστης έπαιζε μια νότα, ο ήχος να συν έπεφτε με τον ήχο της επόμενης νότας που ήθελε να παίξει. Άλλα προβλήματα που παρατηρήθηκαν ήταν οι ξαφνικές διακοπές στην διαδικασία αναγνώρισης του LeapMotion, μάλλον λόγω υπερφόρτωσης, μπέρδεμα θέσης των δαχτύλων κ.α. με γενικότερο αποτέλεσμα το μπέρδεμα των επιθυμητών ήχων ή χειρονομιών.

Τα προβλήματα αυτά έχουν ως αποτέλεσμα μια λιγότερο διαισθητική εμπειρία κατά τη χρήση του αισθητήρα για καλλιτεχνική δημιουργία.

Θεωρώ πως ένας από τους λόγους δημιουργίας τόσων προβλημάτων, όπως αυτά που αναφέρθηκαν προηγουμένως, προκύπτουν από την επιμονή μια τόσο παραδοσιακής χρήσης τέτοιων λογισμικών όσον αφορά τη μουσική δημιουργία. Κυρίως όσον αφορά τον τρόπο με τον οποίο προγραμματίζονται και χρησιμοποιούνται, παρά τις εκ φύσεως δυνατότητες μιας συσκευής.

Μια πραγματική διαδραστική ηλεκτρονική δημιουργία θα «μπορούσε» να εκμεταλλεύεται πλήρως την ελευθερία που παρέχουν αυτές οι συσκευές και αυτά τα λογισμικά, χωρίς να προσκολλάται απαραίτητα σε παραδοσιακούς τρόπους εκτέλεσης.

4.2. Γλώσσα προγραμματισμού και Σύνθεση Ήχου

Μια πιο ελεύθερη-διαδραστικά-χρήση θέλησα να χρησιμοποιήσω στη δική μου έρευνα, με σκοπό να αποφύγω προβλήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω, καθώς και την παγίδα της προσπάθειας της χρήσης του LeapMotion με τόσο παραδοσιακό τρόπο.

Το Leap Motion έχει χρησιμοποιηθεί ποικιλοτρόπως για μουσική δημιουργία, ένας από τους πιο εναλλακτικούς τρόπους είναι η χρήση του για τον έλεγχο και τη δημιουργία ηχητικών εφέ, είτε μέσω άλλων συσκευών και λογισμικών, είτε μέσω γλωσσών προγραμματισμού.

Έχουν προαναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο οι διεπαφές του ελεγκτή μέσω προγραμμάτων όπως το Ableton Live και το GECO, για την δημιουργία και εξερεύνηση νέων τρόπων πυροδότησης και ελέγχου ηχητικών εφέ, ή πειραματισμούς πάνω στην εναλλαγή ηχοχρώματος. Μια εξαιρετικά ενδιαφέρουσα εφαρμογή, με πολύ μεγαλύτερο φάσμα εξερεύνησης δυνατοτήτων, ήταν η δημιουργία διεπαφής μεταξύ Leap Motion - Max/MSP. Καθώς η MAX προηγήθηκε του Pure Data (τη γλώσσα προγραμματισμού χρησιμοποιείται στο καλλιτεχνικό μέρος αυτής της εργασίας), θα κάνω μια αναφορά σε αυτήν την εφαρμογή.

Ο λόγος για τον οποίο παρουσιάζει τόσο μεγάλο ενδιαφέρον η χρήση του Leap Motion με μια τέτοια γλώσσα προγραμματισμού, είναι το πόσο πιο συγκεκριμένη και ταυτόχρονα ελεύθερη γίνεται η διαδραστική καλλιτεχνική δημιουργία. Μιας και το MAX/MSP είναι γλώσσα προγραμματισμού και συγκεκριμένα έχει δημιουργηθεί ακριβώς για την παραγωγή και έλεγχο ηχητικών εφέ σε πραγματικό χρόνο, κάνει την καλλιτεχνική δημιουργία πολύ πιο εξειδικευμένη και στοχευμένη.

Κυρίως όμως, μας δίνει τη δυνατότητα να δημιουργήσουμε ό,τι επιθυμούμε, από το μηδέν. Ξεκινώντας από τον πιο απλό ημιτονοειδή ήχο, φτάνοντας στην διάσπαση ηχογραφημένου κλιπ σε κόκκους και τον έλεγχο των παραμέτρων με βάση μια κινούμενη

εικόνα. Όλα αυτά σε πραγματικό χρόνο, με την επιπρόσθετη επιλογή του εύρους της διάδρασης. Δηλαδή, επιλέγουμε εμείς με βάση το πώς θα φτιάξουμε το εκάστοτε patch⁷, πόση ελευθερία ανταπόκρισης και αυτοσχεδιασμού αφήνουμε στον πρόγραμμα.

4.2.3 LeapMotion και MAX/MSP

Στην εργασία των Hantrakul και Kaczmarek (2014), παρουσιάστηκε μια διεπαφή μεταξύ Leap Motion και MAX/MSP. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η διεπαφή μεταξύ του ελεγκτή και του PD Extended. Ο τρόπος σύνδεσής τους είναι παρόμοιος. Με τη Max/MSP δημιουργήθηκε διεπαφή χρησιμοποιώντας το αντικείμενο MAX aka.leapmotion που δημιουργήθηκε από τον Masayuki Akamatsu. Το αντικείμενο στέλνει συντεταγμένες, ταχύτητες και επιταχύνσεις από κάθε χέρι και δάχτυλο στο περιβάλλον της MAX. Ωστόσο, αν και το αντικείμενο έχει πληθώρα δεδομένων, δεν διακρίνει μεταξύ δαχτύλων. Επιπλέον, το αντικείμενο δεν προσφέρει πολύ εύκολη μέθοδο για την επιλογή συγκεκριμένων τιμών και παραμέτρων, όπως, πχ, τη θέση του δείκτη του αριστερού χεριού-διατηρώντας ταυτοχρόνως άλλα δεδομένα. Αυτό μειώνει τις δυνατότητες αντιστοίχισης παραμέτρων στο MAX. (Hantrakul & Kaczmarek, 2014)

4.3. Pure Data (PD)

Όπως ήδη αναφέρθηκε, στην παρούσα εργασία χρησιμοποιείται η Pd Extended αντί για τη Max. Η Pure Data αρκετά προσιτή στη χρήση της και μπορεί να δημιουργήσει ποικίλα αποτελέσματα, καθώς δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να κάνει ο ίδιος τον προγραμματισμό και επιπλέον διατίθεται δωρεάν.

Τί είναι όμως ακριβώς η Pure Data; Είναι μια οπτική (visual) γλώσσα προγραμματισμού, δηλαδή επιτρέπει στους μουσικούς, στους καλλιτέχνες, στους ερμηνευτές και προγραμματιστές, να δημιουργήσουν λογισμικό παραστατικά (graphically), χωρίς να χρειαστεί να γράψουν σειρές κώδικα. Η Pd χρησιμοποιείται για να επεξεργάζεται και να παράγει ήχο, βίντεο, 2D / 3D γραφικά, και αισθητήρες διεπαφής, συσκευές εισόδου, και

⁷ Patches ονομάζονται τα αρχεία (files) του Pure Data.

MIDI. Είναι κατάλληλο για την εκμάθηση βασικών μεθόδων επεξεργασίας πολυμέσων και οπτικής του προγραμματισμού, καθώς και για την υλοποίηση σύνθετων συστημάτων για έργα μεγάλης κλίμακας.

Η ροή δεδομένων μεταξύ των αντικειμένων (objects) που χρησιμοποιούνται στην PD, επιτυγχάνεται μέσω οπτικών συνδέσμων που ονομάζονται καλώδια. Κάθε αντικείμενο εκτελεί μια συγκεκριμένη εργασία, η οποία μπορεί να διαφέρει σε πολυπλοκότητα και μαθηματικές πράξεις πολύ χαμηλού επιπέδου που αφορούν τις λειτουργίες του ήχου ή βίντεο, όπως η αντήχηση, ο μετασχηματισμός FFT, και η αποκωδικοποίηση.

Η Pd είναι κλάδος της οικογένειας των γλωσσών προγραμματισμού γνωστή ως Max (Max / FTS, ISPW Max, Max / MSP, DesireData, κ.λπ), που αναπτύχθηκε αρχικά από τον Miller Puckette στο IRCAM.

Με την PD δίνεται η δυνατότητα να δημιουργηθούν ήχοι από το μηδέν, καθώς και να επεξεργαστούν ποικιλοτρόπως, ώστε να δημιουργούνται εξαιρετικά ηχητικά αποτελέσματα.

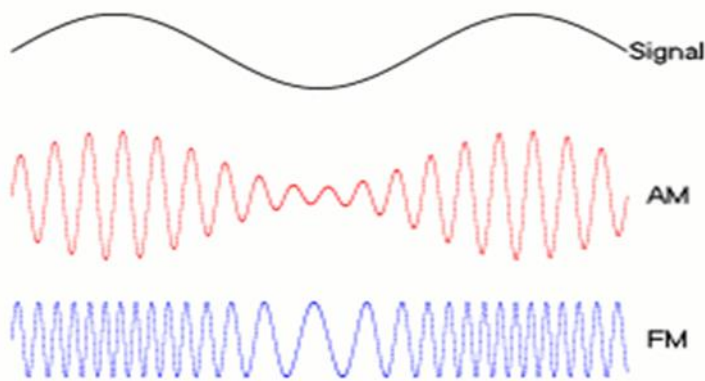
Μέσω της PD μπορούν να γίνουν διεργασίες όπως: να ηχογραφήσει ένα κομμάτι και να το επεξεργαστεί όπως κρίνει ο χρήστης, ακόμη και να «διαιρέσει» τον ήχο σε κόκκους μέσω τεχνικών κοκκώδους σύνθεσης (granulation), να προγραμματίσει τον έλεγχο του ηχητικού αποτελέσματος μέσω ενός βίντεο, να αλλάξει την συχνότητά του και τη χρονική του διάρκεια, να προσθέσει φίλτρα, να διαμορφώσει το πλάτος της κυματομορφής και πολλά άλλα.

Επίσης είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η ερμηνεία σε πραγματικό χρόνο μπορεί να συμπληρωθεί προγραμματίζοντας τον υπολογιστή να λαμβάνει εντολές από την κάμερα, με βάση την κίνηση κάπου που βρίσκεται στην απέναντι πλευρά, ή ακόμη και να λαμβάνει την ίδια στιγμή ήχο από κάποια εξωτερική πηγή.

4.4. Τεχνική Σύνθεσης FM

Η FM σύνθεση παρουσιάστηκε για πρώτη φορά από τον John Chowning στο Stanford University γύρω στο 1973. Στην απλούστερη της μορφή περιλαμβάνει έναν ταλαντωτή

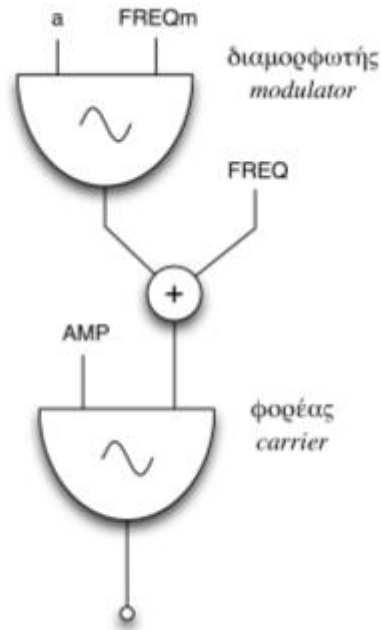
που ονομάζεται φορέας (carrier) και παράγει μια ημιτονοειδή (sine) κυματομορφή) που διαμορφώνεται από μια άλλη ημιτονοειδή κυματομορφή, η οποία παράγεται από τον διαμορφωτή (modulator). Και οι δύο αυτές γεννήτριες ονομάζονται operators. Ουσιαστικά, η συχνότητα ενός ταλαντωτή διαμορφώνεται από τη συχνότητα ενός άλλου ταλαντωτή, άρα έχουμε διαμόρφωση συχνότητας. Γενικά η συχνότητα του διαμορφωτή είναι συνήθως σε όμοια ηχητικά πλαίσια (audio range), ώστε να προκύπτουν πιο περίπλοκα ηχοχρώματα. Η συχνότητα ενός oscillator διαμορφώνεται με βάση το πλάτος ενός διαμορφωμένου σήματος. (Chowning J. , 1973)



Εικόνα 4.1 Αναπαράσταση των διαφορών μεταξύ ραδιοκυμάτων με διαμόρφωση συχνότητας (FM) και πλάτους (AM=Amplitude Modulation). (Chowning J. , 1973)

Μία σταθερή τιμή αθροίζεται στις τιμές του διαμορφωτή, πριν αυτή καταλήξει στον ταλαντωτή - φορέα, έτσι η συχνότητα του παραγόμενου σήματος μεταβάλλεται περιοδικά με τρόπο ώστε η περιοδικότητά της να είναι ισοδύναμη με την περίοδο του διαμορφωτή. (Λώτης, 2015) βλ.εικ.4.1

Αυτή είναι η διαδικασία εναλλαγής της συχνότητας ενός σήματος περιοδικά. Ένα παράδειγμα FM είναι το vibrato ενός βιολιστή όπου το μήκος της χορδής (και τελικά το τονικό ύψος) μεταβάλλεται συνεχώς με μια γρήγορη περιοδική κίνηση του δαχτύλου και του καρπού.



Εικόνα 4.2 Αλγόριθμος Διαμόρφωσης Συχνότητας, αναπαράσταση (Λώτης, 2015, Κεφ. 4.3.3 σχήμα 4.21, σελ. 108)

Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας έχει εν τέλη, μεγάλο και πλούσιο ακουστικό ενδιαφέρον με πολλές δυνατότητες, καθώς παράγεται ένα φάσμα το οποίο τελικά αποτελείται από ένα σήμα σύνθετο, στο οποίο περιλαμβάνονται εκτός από τη συχνότητα του φορέα και άλλες πλευρικές συχνότητες.

Ένας σημαντικός παράγοντας για την ποιότητα των ηχοχρωμάτων, είναι το πλάτος του διαμορφωτή. Σύμφωνα με τον E. Miranda, το πλάτος του διαμορφωτή έχει ξεχωριστή ονομασία στη θεωρία της σύνθεσης FM. Συνήθως αναφέρεται ως: *απόκλιση συχνότητας - frequency deviation*. Εάν το πλάτος του διαμορφωτή είναι μεγαλύτερο από το 0, αυτό σημαίνει ότι υπάρχει διαμόρφωση συχνότητας και το output που παράγεται από το φορέα είναι ένα σήμα του οποίου η συχνότητα αποκλίνει (deviates) αναλογικά με το πλάτος του διαμορφωτή. Ουσιαστικά εάν το πλάτος του διαμορφωτή, δηλαδή η απόκλιση συχνότητας αυξάνεται, ενώ η συχνότητα του διαμορφωτή παραμένει σταθερή, η περίοδος του output του φορέα συνεχώς θα επεκτείνεται και θα συστέλλεται ανάλογα με την απόκλιση συχνότητας. Έτσι αυξάνεται και βάθος της διαμόρφωσης (depth modulation) καθώς και ο αριθμός των πλευρικών συχνοτήτων που παράγονται κατά τη διαμόρφωση. Εάν η

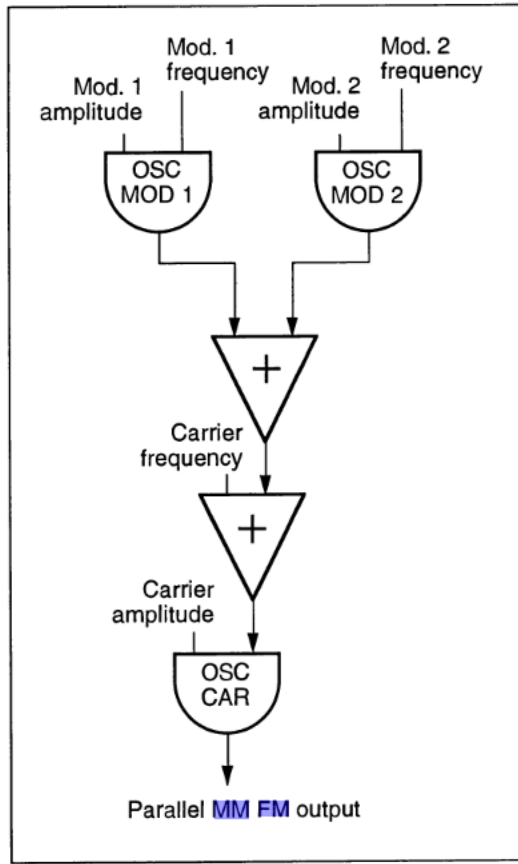
απόκλιση συχνότητας μείνει σταθερή και αυξηθεί η συχνότητα του φορέα, θα αυξηθεί η ταχύτητα της απόκλισης. (Miranda, 2017)

Οι παραγόμενες πλευρικές συχνότητες αντιστοιχούνται σε έκταση ισοδύναμη περίπου, με το εύρος τιμών που παράγει ο διαμορφωτής. Βασικό στοιχείο στην παραγωγή περίπλοκων ηχοχρωμάτων είναι ο ενδείκτης διαμόρφωσης (modulation index). Ο ενδείκτης διαμόρφωσης ρυθμίζει το ποσό της διαμόρφωση, άρα είναι υπεύθυνος για σημαντικό τμήμα των επιπλέον διαμορφώσεων. Ο ενδείκτης διαμόρφωσης είναι η σχέση μεταξύ της απόκλισης συχνότητας (d) με τη συχνότητα του διαμορφωτή (f_m) δηλαδή $i=d/f_m$, άρα όσο μεγαλύτερες τιμές παίρνει ο ενδείκτης διαμόρφωσης, τόσο πιο πλούσιο θα είναι το φάσμα που δημιουργείται. (Roads, 1995)

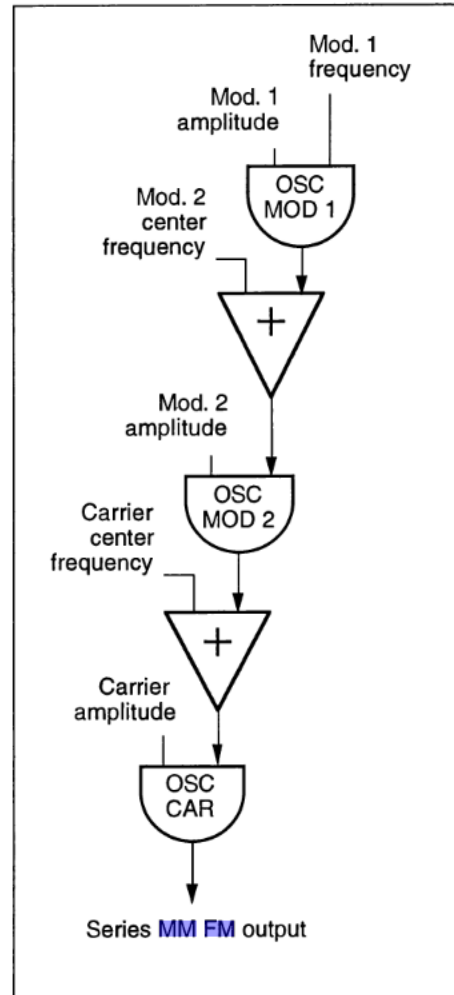
Επίσης εάν ο λόγος της σχέσης μεταξύ των συχνοτήτων διαμορφωτή και φορέα είναι μεγάλος (δηλαδή εάν οι συχνότητες βρίσκονται σε σχέση μεγάλων και μη ακέραιων αριθμών), τότε το φάσμα που δημιουργείται έχει μη-αρμονικούς υπερτόνους (π.χ. ήχος καμπάνα). (Miranda, 2017)

Αυτά είναι που δίνουν στη σύνθεση FM μια μεγάλη ποικιλία ηχητικών αποτελεσμάτων και την κάνουν τόσο ενδιαφέρουσα στη χρήση. (Δημητριάδης, Πομπόρτσας, & Τριανταφύλλου, 2015, pp. 276-277).

Η σύνθεση FM ανήκει στην οικογένεια μεθόδων «Διαμόρφωση Συχνότητας με Πολλαπλούς Διαμορφωτές» (Multiple Modulator Frequency modulation ή MM Fm) που –όπως φαίνεται από το όνομά - χρησιμοποιούν πολλαπλούς διαμορφωτές. Αυτό που συμβαίνει στην τεχνική αυτή είναι να χρησιμοποιήσουμε διατάξεις με ταλαντωτές που ήδη έχουν χρησιμοποιήσει διαμόρφωση συχνότητας και να τους χρησιμοποιήσουμε ως διαμορφωτές συχνότητας σε νέους ταλαντωτές. Αυτό γίνεται για να δημιουργήσουμε πιο πλούσιο ηχόχρωμα και να αυξήσουμε τις δυνατότητες τροποποίησης του ήχου ακόμη περισσότερο σε σχέση με την πιο απλή σύνθεση FM. Οι διαμορφωτές αυτοί μπορούν να «δράσουν» παράλληλα ή σειριακά (όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες): (Roads, 1995)



(a)

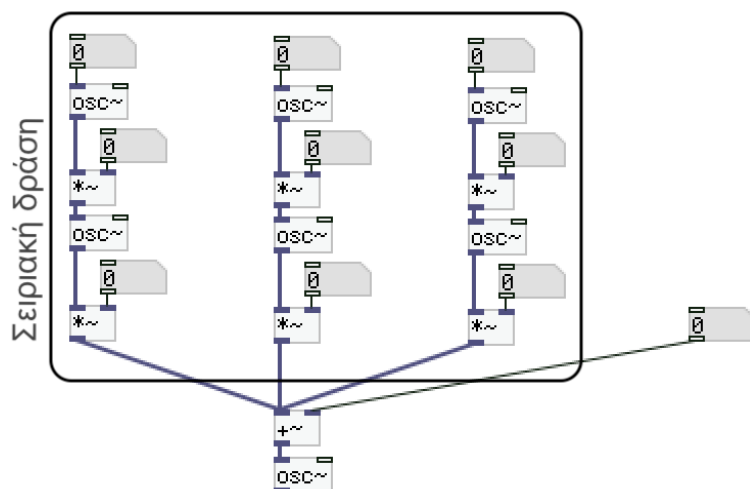


(b)

Εικόνα 4.3 και 4.4 Παράλληλη (a) και σειριακή (b) Διαμόρφωση Συχνοτήτων με Πολλαπλούς Διαμορφωτές. (Roads, 1995)

Στην παράλληλη Διαμόρφωση Συχνοτήτων με Πολλαπλούς Διαμορφωτές (ΔΣΠΔ) δημιουργείται η ταυτόχρονη διαμόρφωση δύο ημιτονοειδών κυμάτων σε ημιτονοειδές κύμα με ένα και μοναδικό φορέα.

Παράλληλη πολλαπλή διαμόρφωση



Εικόνα 4.5 Σχηματικό διάγραμμα της υλοποίησης του τμήματος MM FM σε Pure Data.

Στην σειριακή ΔΣΠΔ το ημιτονοειδές κύμα που διαμορφώνει, μεταμορφώνεται το ίδιο από τον δεύτερο διαμορφωτή, δημιουργώντας έτσι ένα περίπλοκο κύμα διαμόρφωσης με μεγάλο πιθανό αριθμό ημιτονοειδών πλευρικών ζωνών. (Roads, 1995)

Η χρήση αυτής της μεθοδολογίας δεν είναι κάτι το καινούργιο στη μουσική δημιουργία, αν και συνήθως προτιμάται η πιο «παραδοσιακή» τεχνική σύνθεσης FM. Για παράδειγμα, το 1977 ο Schottstaedt χρησιμοποίησε τη ΔΣΠΔ για να δημιουργήσει ορισμένα ηχητικά χαρακτηριστικά σε ήχους του πιάνου. Σύμφωνα με τον Schottstaedt, εάν ο φορέας και ο πρώτος διαμορφωτής είναι ίσοι, τα αρμονικά αποτελέσματα ακούγονται πολύ ψεύτικα, όπως ο ήχος ενός ηλεκτρικού πιάνου. Για τον λόγο αυτό έκανε τα πλάτη (amplitudes) των εκθετών διαμόρφωσης να είναι εξαρτώμενοι από τη συχνότητα. Ως αποτέλεσμα παράγεται ένα μεγάλο φάσμα χαμηλότερων τονικοτήτων που σιγά σιγά γίνεται πιο απλό, όσο η τονικότητα ανεβαίνει. (Bozkurt, B., & Yüksel, K. A. 2011)

Ενδιαφέρον έχει η προσπάθεια μίμησης ήχων εγχόρδων χρησιμοποιώντας τριπλό διαμορφωτή, πάλι από τον Schottstaedt, αυτή τη φορά σε συνεργασία με τον Chowning.

Η γραφική γλώσσα προγραμματισμού Pd χρησιμοποιείται για την διασύνδεση του αισθητήρα Leap Motion με την τεχνική σύνθεσης FM όπως περιγράφεται στην επόμενη ενότητα. Στόχος της διασύνδεσης αυτής είναι ο έλεγχος της συγκεκριμένης τεχνικής σύνθεσης ήχου με διαισθητικό τρόπο μέσω κινήσεων των χεριών του εκτελεστή / χρήστη.

5. Καλλιτεχνική Δημιουργία: Reaching for the Stars

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζεται μια καλλιτεχνική εφαρμογή του Leap Motion για real-time έλεγχο της τεχνικής σύνθεσης FM μέσω της γλώσσας προγραμματισμού Pd. Η σύνθεση FM μπορεί να προσφέρει μια τεράστια ποικιλία ήχων, ειδικά αν το Pd χρησιμοποιηθεί σε πραγματικό χρόνο με το Leap Motion. Η κίνηση των χεριών του χρήστη / εκτελεστή μπορεί να ελέγχει το αποτέλεσμα της τεχνικής σύνθεσης FM δημιουργώντας έτσι ένα νέο διαδραστικό μουσικό όργανο.

Έμπνευση για την αναπτυχθείσα διαδραστική εφαρμογή είναι οι ήχοι του διαστήματος. Βέβαια, ίσως κάποιος φέρει αντίρρηση στην αναφορά σε «ήχους του διαστήματος» εφόσον δεν δημιουργούνται ηχητικά κύματα στο διάστημα. Δημιουργούνται ωστόσο ραδιοκύματα τα οποία ανίχνευσαν σκάφη της NASA, και τα οποία κατέγραψαν με τα μηχανήματα που διέθεταν. Αργότερα μετέτρεψαν τα ραδιοκύματα σε ηχητικά κύματα κατεβάζοντας τη συχνότητά τους στο ανθρώπινο ακουστικό εύρος (μιας και οι εκπομπές αυτές είχαν συχνότητες πολύ πάνω από τα όρια της δικής μας ακουστικής αντίληψης). Επιλογή από τέτοιες δημιουργικές ηχητικές μετατροπές τις δημοσίευσαν στο γενικότερο κοινό σε μορφή CD. Φυσικά ο χρόνος σε κάθε κομμάτι έχει συμπιεστεί (για παράδειγμα στην ηχογράφηση που έγινε από την αποστολή Cassini-Huygens στις εκπομπές του Κρόνου, έχει συμπιεστεί με τέτοιο τρόπο ώστε 73 δευτερόλεπτα «μουσικής» αντιστοιχούν σε 27 λεπτά καταγραφής ραδιοκυμάτων. (Chang, n.d.)

Στο CD που εκδόθηκε συμπεριλαμβάνονται εκτός των άλλων, οι «ήχοι» του Δία, της Γης, της Αφροδίτης, γενικότερα των πλανητών του ηλιακού μας συστήματος, αλλά και από τον ήλιο, την Ιό (το δορυφόρο του Δία), τον Ουρανό κλπ. (Chang, n.d.)

Έχοντας ακούσει ηχοχρώματα που δημιουργεί η τεχνική σύνθεσης FM, θεώρησα ότι υπάρχουν πολλές ομοιότητες με τους ‘διαστημικούς’ ήχους του CD της NASA. Η σύνθεση FM θεωρήθηκε κατάλληλη για ένα περιβάλλον «διαστημικής» σύνθεσης, καθώς παρέχει δυνατότητα ελέγχου μιας μεγάλης ηχοχρωματικής παλέτας μέσω ενός σχετικά μικρού αριθμού παραμέτρων οι οποίες μπορεί να αντιστοιχηθούν σε απλές κινήσεις των χεριών. Η ιδέα ήταν, λοιπόν, να φτιάξουμε ένα διαδραστικό περιβάλλον στο οποίο ο χρήστης να μπορεί να γίνει, με ενεργό τρόπο, «πλοηγός» σε ένα τεχνητό διαστημικό

ηχητικό σύμπαν φτιάχνοντας ο ίδιος με κινήσεις των χεριών του σε πραγματικό χρόνο ηχητικές ατμόσφαιρες και υφές που μοιάζουν με αυτές των δημοσιευμένων «ήχων του διαστήματος». Η αίσθηση θα είναι η δημιουργία «απόκοσμων» ήχων, που θα αντανακλούν ίσως το συναίσθημα που έχουμε όταν σκεφτόμαστε το διάστημα ή όταν κοιτάμε τον έναστρο ουρανό το βράδυ.

Ανεξαρτήτως της καλλιτεχνικής ποιότητας του αποτελέσματος, το κύριο μέλημά μου ήταν να μπορέσω να έχω μια πραγματικά διαδραστική εμπειρία με το πρόγραμμα, παρέχοντάς του μεγάλη ελευθερία όσον αφορά τις προκαθορισμένες και ελεγχόμενες παραμέτρους.

Όπως προαναφέρθηκε, η σύνθεση FM δίνει τη δυνατότητα πλούσιων ηχοχρωμάτων ακόμη και στην πιο βασική μορφή της. Βασικός στόχος στην παρούσα καλλιτεχνική απόπειρα, ήταν η δημιουργία μιας χαλαρωτικής, ενδιαφέρουσας και διαδραστικής εμπειρίας, με απώτερο ίσως σκοπό, να αποτελέσει θεμέλιο για πιθανή εξέλιξή της, καθώς και διεύρυνσής της.

5.1. Αντιστοίχιση χειρονομιών και παραμέτρων της σύνθεσης FM

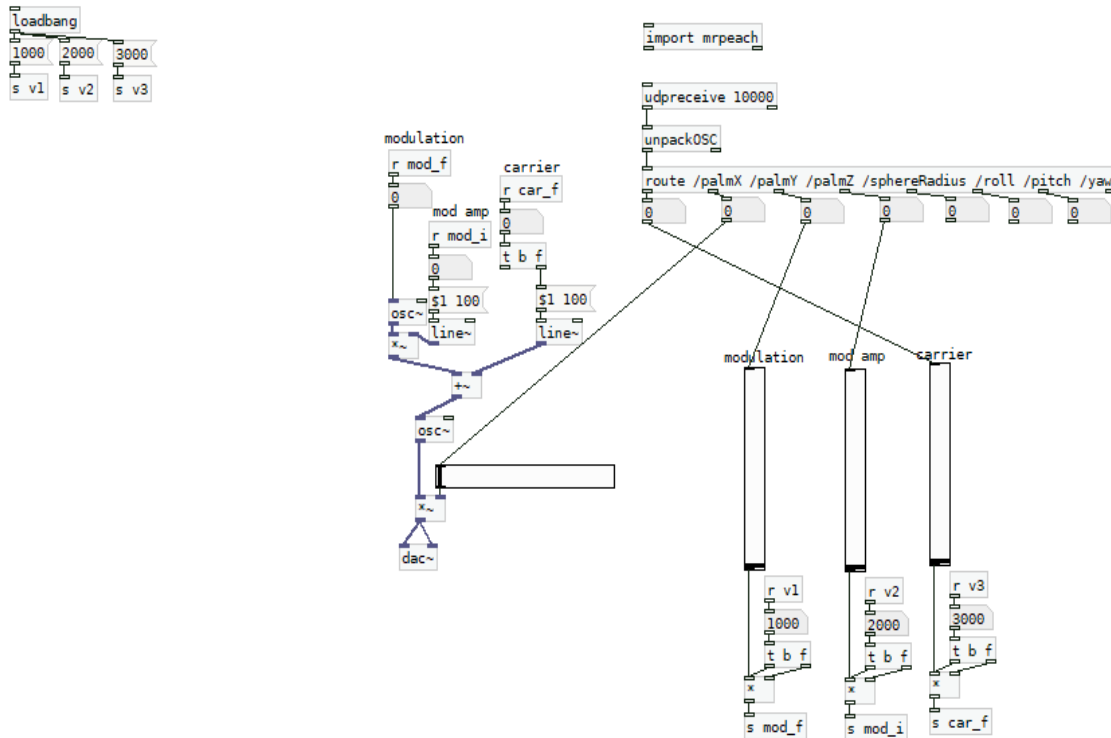
Η τεχνική σύνθεσης FM παρουσιάστηκε στην ενότητα 4.4. Σε αυτή την ενότητα περιγράφουμε τον τρόπο με τον οποίο έγινε η αντιστοίχιση παραμέτρων της Σύνθεσης FM σε συγκεκριμένες χειρονομίες που αναγνωρίζει ο αισθητήρας LeapMotion. Αρχικά χρησιμοποιήθηκε ένα όργανο απλής σύνθεσης FM και στην συνέχεια δημιουργήθηκαν τρία πιο πολύπλοκα διαδραστικά μουσικά όργανα με βάση τη μέθοδο «Διαμόρφωση Συχνότητας με Πολλαπλούς Διαμορφωτές» και άλλες τεχνικές όπως λούπες, ανάδραση, ρυθμικά αντικείμενα κ.α.

5.1.1 Απλή σύνθεση FM

Η ίδια ιδεολογία στην οποία η εργασία αυτή αντιπαρατίθεται στο πρώτο κεφάλαιο, προκάλεσε προβλήματα στην πρώτη απόπειρα σύνθεσης με τεχνική FM: δημιουργήθηκε ένα υπερβολικά περίπλοκο patch με πολλές προκαθορισμένες παραμέτρους, που τελικά δεν κατάφεραν να δουλέψουν σωστά. Έτσι, θεωρήθηκε κατάλληλο να απλοποιηθεί και να χρησιμοποιηθούν μόνο κάποιες βασικές παράμετροι ελέγχου.

Οι ταλαντωτές στη σύνθεση FM είναι αρχικά συνήθως ημιτονοειδείς κυματομορφές, και η τονικότητά τους μπορεί να τροποποιηθεί με εξαιρετική ακρίβεια από άλλους ταλαντωτές και εν συνεχεία από άλλους παράγοντες που προσθέτουμε στο PD. Οι συχνότητες που παράγονται βρίσκονται μέσα στο ανθρώπινο ακουστικό εύρος και μπορούμε να δημιουργήσουμε υπέρηχους αρμονικούς και μη-αρμονικούς υπέρτονους όταν ξεκινήσουμε να την «πειράζουμε».

Η βασική ιδέα της σύνθεσης FM μπορεί να περιγραφεί με δύο σχέσεις. Η πρώτη σχέση είναι της «αρμονικότητας», δηλαδή σχέση της συχνότητας του διαμορφωτή με τη συχνότητα του φορέα (C:M), όπως αναφέρθηκε ήδη στο προηγούμενο κεφάλαιο. Ελέγχουμε έτσι ποιες συχνότητες συμπεριλαμβάνονται στον εξαγόμενο ήχο και το αν οι συχνότητες έχουν αρμονική ή μη αρμονική σχέση μεταξύ τους.



Εικόνα 5.1 Απλή σύνθεση Fm με τρεις βασικούς παράγοντες

Η άλλη σχέση είναι αυτή του πλάτους του διαμορφωτή με τη συχνότητα του διαμορφωτή: d/f_m , δηλαδή ο ενδείκτης διαμόρφωσης ($i = d/f_m$).

Παραπάνω, ξεκινούμε με ένα απλό patch που περιέχει τα πλέον βασικά στοιχεία της σύνθεσης με διαμόρφωση συχνότητας (αρχικά, η συχνότητα του φορέα έχει οριστεί να είναι τρεις φορές μεγαλύτερη από τη συχνότητα του διαμορφωτή). Οι βασικοί αυτοί παράγοντες, όπως είδαμε παραπάνω, είναι οι συχνότητες που λαμβάνουν ο *διαμορφωτής (modulation)*, ο *φορέας (carrier)* και τιμές που παίρνει το *πλάτος του διαμορφωτή*. Και μόνο με τον έλεγχο αυτών των τριών παραμέτρων δημιουργείται μια πλούσια γκάμα ηχοχρωμάτων που εξυπηρετούν μια αρχική προσπάθεια για το επιθυμητό «διαστημικό» διαδραστικό περιβάλλον.

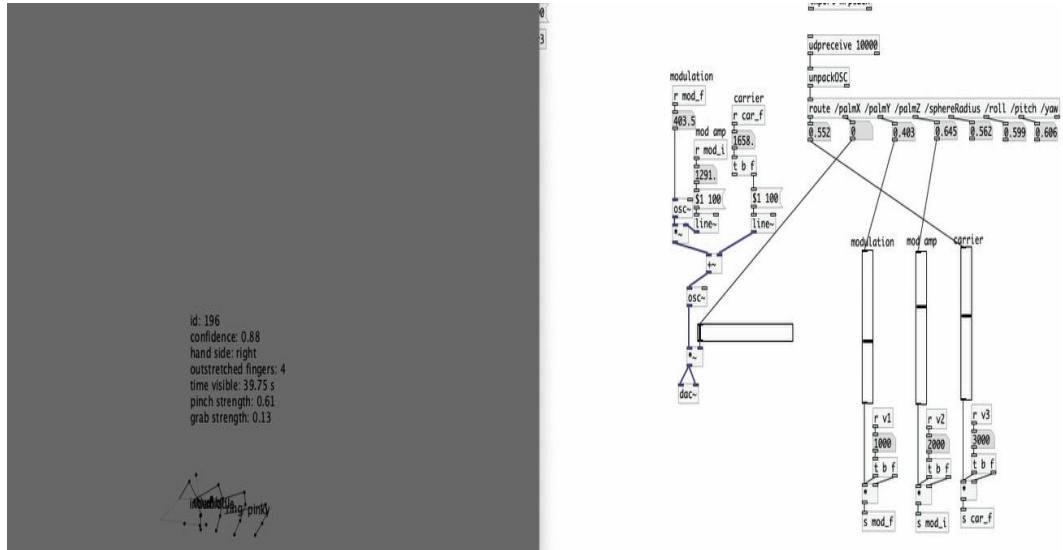
Στο απλό αυτό patch, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.1, έχουμε ένα *slider* που ελέγχει την συνολική ένταση του ήχου και άλλα τρία *slider* (κάτω αριστερά). Τα τελευταία ελέγχουν με τις σειρές τους τις τιμές της συχνότητας του διαμορφωτή (*modulator*) και του φορέα (*carrier*), και την απόκλιση συχνότητας (*d*).

Οι τρεις αυτές παράμετροι της σύνθεσης FM καθώς και η συνολική ένταση του ήχου, αντιστοιχίζονται σε κινήσεις στους τρεις άξονες, $x - y - z$ που βρίσκονται στο πεδίο του Leap Motion μέσα στο οποίο γίνονται οι κινήσεις των χεριών καθώς και σε κάποιες χειρονομίες που αναγνωρίζει το LeapMotion (όπως άνοιγμα/κλείσιμο παλάμης).

Αντιστοιχίσεις χειρονομιών με παραμέτρους της σύνθεσης FM:

1. Στον άξονα y κινούμε το χέρι πάνω ή κάτω και ελέγχουμε την συνολική ένταση του παραγόμενου, (παίρνει τιμές από 0-1) - βλ. Εικόνα 5.2. Όταν η παλάμη βρίσκεται σε θέση χαλάρωσης και το χέρι στη μέση περίπου του άξονα, έχουμε μια μεσαία ένταση. Κατεβάζοντας το χέρι και πλησιάζοντάς το προς τη συσκευή, οι τιμές μικραίνουν και μόλις φτάσει στο μηδέν, ο ήχος σταματά εντελώς. Μάλιστα, έχοντας φέρει τις τιμές στο 0, μπορούμε να αποσύρουμε το χέρι μας, χωρίς να το σηκώσουμε και, μόλις αυτό φύγει από το πεδίο αναγνώρισης του αισθητήρα, έχουμε ουσιαστικά φέρει το Patch σε κατάσταση αναμονής. Όταν επανατοποθετήσουμε το χέρι μας πάνω από τη συσκευή, θα ανέβει η ένταση και μπορούμε να συνεχίσουμε τη σύνθεση. Η επιλογή για την αντιστοίχιση της χειρονομίας αυτής με τον έλεγχο της έντασης είναι αρκετά λογική μιας και η ίδια κίνηση επάνω-κάτω χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της έντασης σε Cd-players, Synthesizers, Controllers, ακόμη και στον υπολογιστή. Μέχρι και γλωσσικά

χρησιμοποιούμε την έκφραση «ανεβάζω-κατεβάζω την ένταση». Είναι λοιπόν εύκολο να απομημονευθεί και να συνδυαστεί με τις επόμενες χειρονομίες.



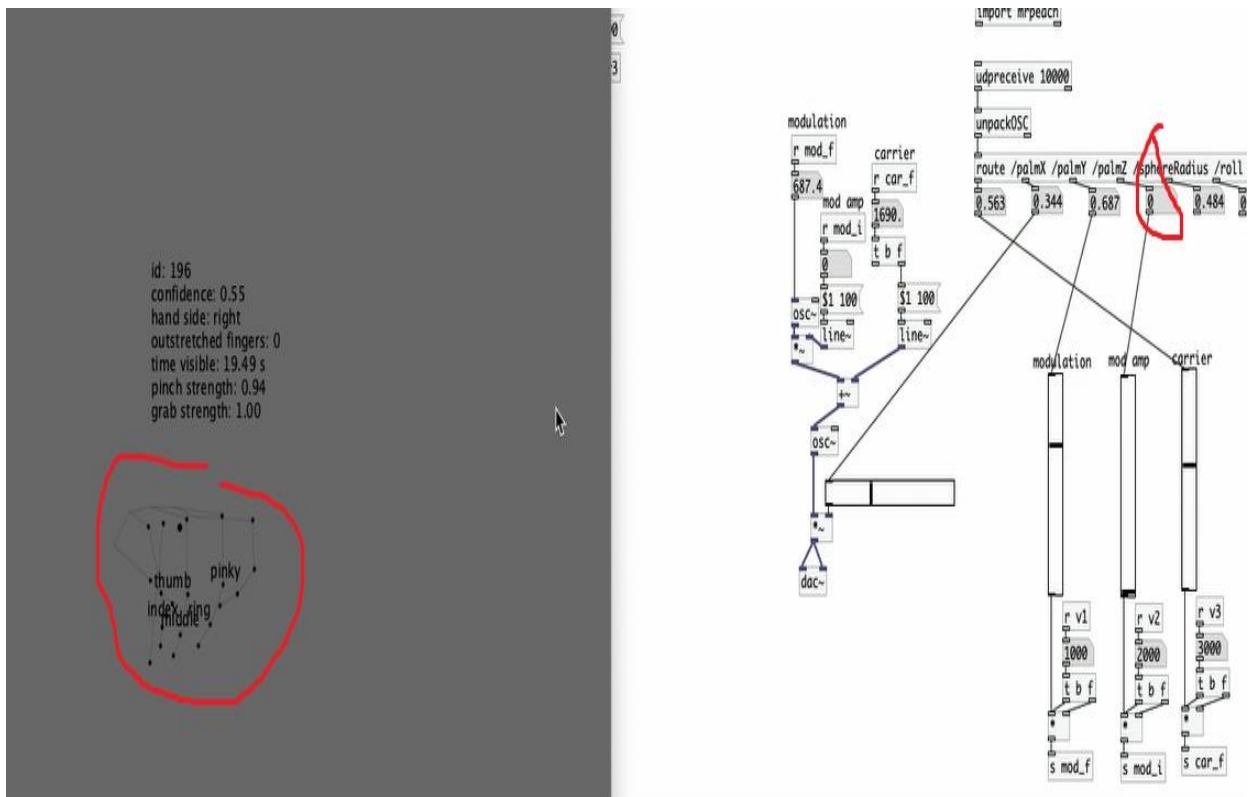
Εικόνα 5.2 Τελειώνοντας τη σύνθεση κατεβάζουμε το χέρι και το φέρνουμε πολύ κοντά στον αισθητήρα. Η τιμές του άξονα y έχουν μηδενιστεί και η ένταση είναι επίσης μηδενική.

2. Η κίνηση στον άξονα x, δηλαδή η χειρονομία με την παλάμη σε θέση χαλάρωσης και κίνηση δεξιά-αριστερά, ελέγχει τη συχνότητα του φορέα. Συνήθως η συχνότητα του φορέα συνδέεται με το «τονικό ύψος» του παραγόμενου ήχου. Έχοντας σαν βάση τα μπάσα και ψηλά πλήκτρα του πιάνου, έχουμε βάλει τη χειρονομία αυτή να μειώνει τις τιμές της συχνότητας με κίνηση προς τα αριστερά με αποτέλεσμα έναν πιο «μπάσο» ήχο. Αντίθετα, η μετακίνηση του χεριού προς τα δεξιά ανεβάζει τις τιμές της συχνότητας, έτσι το αυτί αντιλαμβάνεται πιο ψηλή τονικότητα. Η αντίληψη της τονικότητας βέβαια μπορεί να αλλάξει δραστικά ανάλογα με τις διαμορφώσεις που προκαλούνται από τις άλλες παραμέτρους. Επίσης, έχοντας στο νου μας τις πλευρικές ζώνες που δημιουργούνται στα άκρα της συχνότητας του φορέα, και βλέποντας με τη φαντασία μας να δημιουργούνται στο κάθε άκρο, μπορούμε να δικαιολογήσουμε ακόμη καλύτερα τη χρήση αυτής της χειρονομίας, καθώς όσο πιο κοντά στα άκρα κινείται το χέρι, τόσο πιο έντονη γίνεται η παρουσία των παράπλευρων ζωνών.⁸

⁸ Ο αγγλικός όρος εδώ είναι sideband. Σχεδόν όλες οι πηγές που ερευνήθηκαν, έδιναν τη μετάφραση «πλευρική ζώνη», μπορούμε όμως εδώ να υποθέσουμε πως αυτές οι πλευρικές ζώνες ουσιαστικά αντιπροσωπεύουν τις παράπλευρες συχνότητες που δημιουργούνται.

3. Η κίνηση στον άξονα z , δηλαδή η χειρονομία εμπρός-πίσω, η απομάκρυνση δηλαδή από και προς το σώμα μας, ελέγχει τη συχνότητα του διαμορφωτή. Όπως ξέρουμε, η σχέση μεταξύ συχνότητας διαμορφωτή και συχνότητας φορέα, είναι αυτή που δίνει στη σύνθεση FM αυτά τα ιδιαίτερα ακούσματά της, όπως το βιμπράτο και η αρμονικότητα / μη-αρμονικότητα του φάσματος. Η χειρονομία από μόνη της, αυτό που κάνει είναι να διαμορφώνει τις τιμές ανάλογα με την θέση της παλάμης και να αλλάζει τη σχέση ανάμεσα στη συχνότητα της διαμόρφωσης με την συχνότητα του φορέα. Η επιλογή για τη συγκεκριμένη χειρονομία ίσως ήταν η λιγότερο λογική σε σχέση με τις προηγούμενες και περισσότερο αφηρημένη. Μιας και η έμπνευση (έστω και πολύ βασική) πίσω από τη «σύνθεση» αυτή ήταν το διάστημα, μιας και ο ήχος από την αύξηση-μείωση των τιμών της συχνότητας του διαμορφωτή μου έφερνε στο μυαλό την επιτάχυνση (στην αύξηση τιμών) και την μείωση ταχύτητας (στη μείωση τιμών) ενός οχήματος, θεώρησα πως η κίνηση προς και από το σώμα θα μπορούσε να συνδεθεί με την αύξηση και μείωση ταχύτητας ενός μοχλού διαστημοπλοίου.
4. Η δυνατότητα αναγνώρισης του αισθητήρα επεκτείνεται και στη μορφή που παίρνει η παλάμη και τα δάχτυλα. Βασικά, είναι η ακτίνα της σφαίρας (sphere radius) με τους όρους που χρησιμοποιεί το Leapmotion. Η *χειρονομία ανοιχτή-κλειστή παλάμη*, *ανοιχτή* με την παλάμη σε θέση χαλάρωσης και τα δάχτυλα σε κανονική θέση, *κλειστή* με την παλάμη κλειστή και τα δάχτυλα σε θέση τσιμπήματος. Αυτή η χειρονομία ελέγχει τον ενδείκτη διαμόρφωσης, ο οποίος με τη σειρά του αποτελεί το εργαλείο για τον έλεγχο του εύρους ζώνης (bandwidth aka number of sidebands) του φάσματος του ήχου της FM.. Καθώς αναφέρθηκε νωρίτερα, η απόκλιση συχνότητας εκφράζει το βάθος, την ποσότητα της διαμόρφωσης. Εφόσον $i=d/f_m$, εάν $d=100\text{Hz}$, $F_m=100\text{Hz}$ τότε ο ενδείκτης διαμόρφωσης θα είναι 1.0. Εάν ο ενδείκτης διαμόρφωσης είναι 0 αυτό σημαίνει πως και η απόκλιση συχνότητας είναι μηδέν και άρα δεν υπάρχει διαμόρφωση. Εάν ο ενδείκτης είναι μεγαλύτερος από το μηδέν, τότε παράγονται παράπλευρες συχνότητες και όσο ο ενδείκτης αυξάνεται, τόσο αυξάνεται και ο αριθμός των συχνοτήτων που δημιουργούνται. Στην κλειστή θέση της παλάμης είναι μικρός ο ενδείκτης διαμόρφωσης άρα ο παραγόμενος ήχος έχει περιορισμένο συχνοτικό

περιεχόμενο ενώ στην ανοικτή θέση είναι μεγάλος ο ενδείκτης διαμόρφωσης άρα το φάσμα είναι πιο πλούσιο). Αυτό, στην αντιστοίχιση γίνεται με την αναγνώριση της θέσης των δαχτύλων/παλάμης – βλ. Εικόνα 5.3. Στη θέση των δαχτύλων όπως αυτά είναι απλωμένα και η παλάμη ανοιχτή, οι τιμές πλησιάζουν την τιμή 1, ενώ κρατώντας τα δάχτυλα ενωμένα σε χειρονομία «τσιμπήματος» η τιμή μηδενίζεται και πλέον η κυματομορφή μας γίνεται ημιτονοειδής. Δεδομένου ότι το LeapMotion αναγνωρίζει και τις κινήσεις των δακτύλων, αυτά αποτελούν το όριο της χειρονομίας ανοιχτή – κλειστή παλάμη. Συνεπώς, τοποθετώντας το χέρι στη μέση του άξονα, με τα δάχτυλα κλειστά σε χειρονομία «τσιμπήματος», ο ήχος αρχίζει να γίνεται ημιτονοειδής και πλάτος του διαμορφωτή λαμβάνει μηδενικές τιμές. Η επιλογή για την αντιστοίχιση της χειρονομίας αυτήν με τον έλεγχο του δείκτη διαμόρφωσης, είναι επίσης σχετικά αφηρημένη. Θεώρησα πως αυξάνοντας τον ενδείκτη διαμόρφωσης το φάσμα του ήχου «ανοίγει» και «απλώνεται», όπως ανοίγουν τα δάχτυλα του χεριού. Αντίθετα, κλείνοντας τα δάχτυλα, «κλείνουμε» ή «μαζεύουμε» φάσμα του ήχου.



Εικόνα 5.3 Η χειρονομία "τσιμπήματος" με το χέρι να βρίσκεται αρκετά χαμηλά και η ένταση να είναι επίσης χαμηλή.

Η προσπάθεια αντιστοίχισης των βασικών παραμέτρων έγινε με βάση το πόσο «φυσικές» μπορούν να είναι οι χειρονομίες, ειδικά για κάποιον που δεν έχει μεγάλη εμπειρία με τους αισθητήρες κίνησης ή τον τρόπο αυτό σύνθεσης σε πραγματικό χρόνο. Χρησιμοποιώντας χειρονομίες που μπορούν σχετικά εύκολα να αντιστοιχηθούν με καθημερινές χειρονομίες για παρόμοιες πράξεις, βοηθάει το χρήστη να εξοικειωθεί πιο εύκολα με τις χειρονομίες αυτές και με τον τρόπο σύνθεσης και να είναι η όλη διαδικασία πιο διαισθητική.

Φυσικά, όσο και να προσπαθήσουμε, η σύνθεση FM είναι τόσο περίπλοκη και η παραμικρή αλλαγή μιας από της παραμέτρους μπορεί να πυροδοτήσει μια ολόκληρη σειρά επιμέρους διαμορφώσεων. Έτσι, αν και οι χειρονομίες έχουν τεθεί λίγο-πολύ ώστε να έχουν ένα συγκεκριμένο αποτέλεσμα, πολλές φορές η ποιότητα αυτού του αποτελέσματος μπορεί να ποικίλει. Είναι καλό να μην έχουμε μονοδιάστατες απαιτήσεις από όλη αυτήν την εμπειρία, αλλά να έχουμε προετοιμαστεί για πιθανές διαφορές από όσα έχουμε σχεδιάσει. Όσο πιο αφηρημένες οι απαιτήσεις μας, τόσο πιο δημιουργικό θα είναι το αποτέλεσμα.

Λόγω του ότι η τεχνική αυτή σύνθεσης είναι τόσο απρόβλεπτη, το αρχικό «άκουσμα» που είχα θελήσει να παρουσιάσω, δεν κατάφερε να επιτευχθεί στην εντέλειά του. Το πρώτο πείραμα δημιουργίας κάτι πιο συγκεκριμένου απέτυχε, καθώς οι συγκεκριμένες απαιτήσεις που είχα φυσικά απαιτούσαν και πολλές ελεγχόμενες παραμέτρους. Εισάγοντας αυτές τις παραμέτρους υπερφορτώναμε το patch με αποτέλεσμα να μη λειτουργεί. Από τη στιγμή που παρατηρήσαμε αυτό το πρόβλημα αποφασίσαμε να καταλήξουμε στην απλούστερη μορφή της FM που μπορούσαμε να έχουμε και να ζητούμε λιγότερο ελεγχόμενα αποτελέσματα από το patch. Έτσι, μπορούμε παράγουμε έτσι κάτι πιο καινοτόμο και με μεγαλύτερες δυνατότητες.

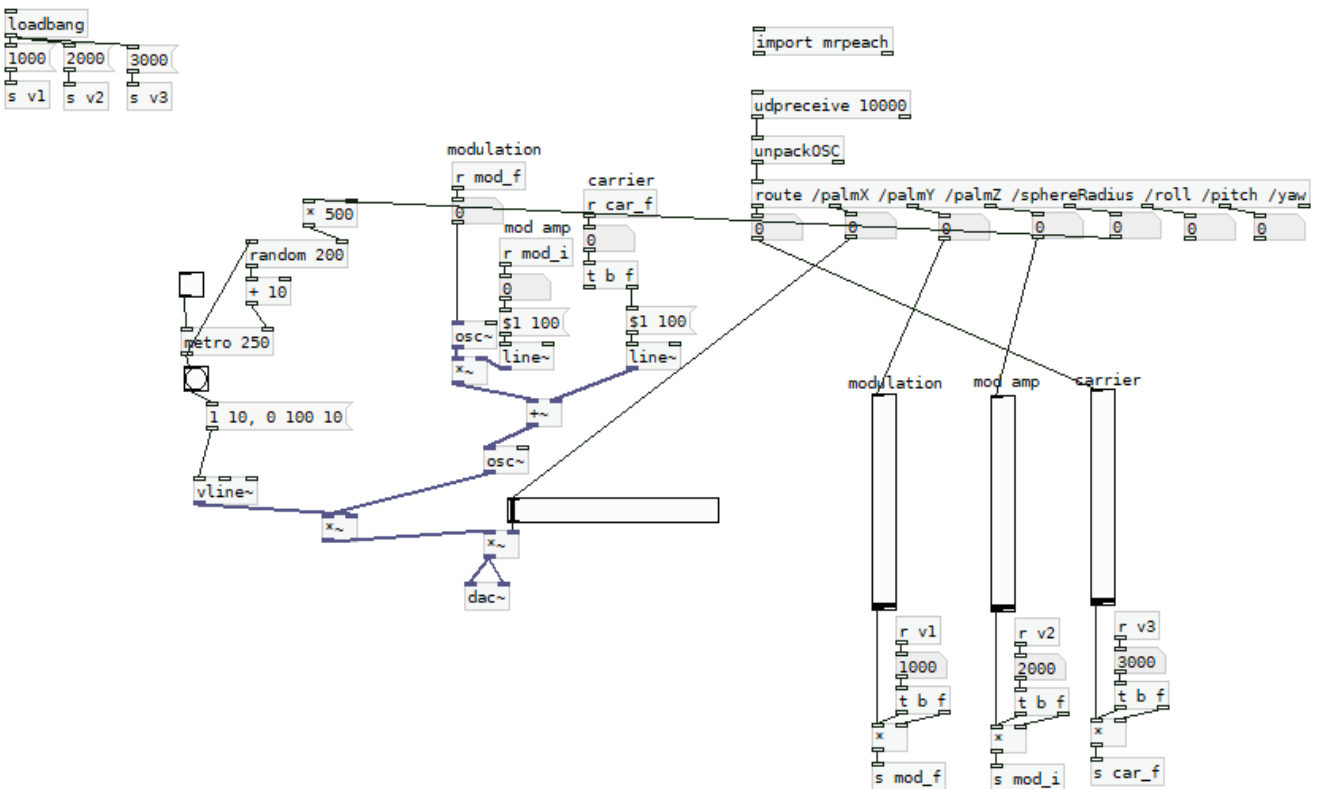
5.1.2 *Σύνθετα όργανα σύνθεσης FM*

Εκτός από το παραπάνω βασικό patch έχουμε φτιάξει άλλα τρία, τα οποία είναι: Μία απλή σύνθεση FM, όπως η παραπάνω, με επιπλέον παράμετρο, έναν ρυθμό. Μία σύνθεση FM παράλληλη, μία σειριακή και μια με Διαμόρφωση Συχνοτήτων με Πολλαπλούς Διαμορφωτές (ΔΣΠΜ). Από αυτά τα όργανα περιγράφουμε σύντομα μόνο το πρώτο. Τα patch αυτά δημιουργήθηκαν απλώς για να εξερευνήσουμε κάποιες επιπλέον ιδιότητες της

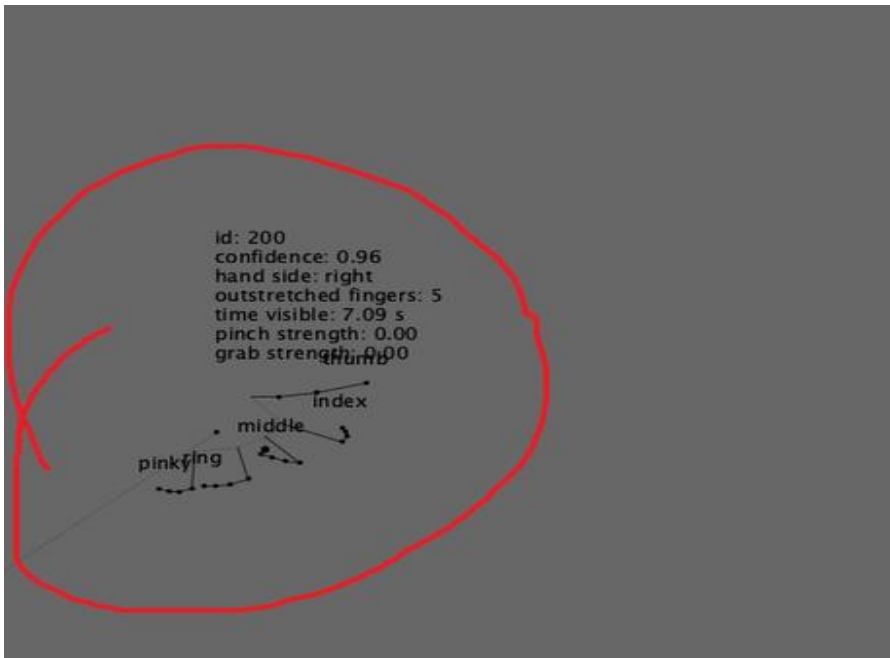
σύνθεσης FM και να πειραματιστούμε με το ηχόχρωμα, δεν αποτελούν, όμως, μέρος της βασικής καλλιτεχνικής δημιουργίας.

Συνθετητές 2, 3 και 4:

Η απλή σύνθεση FM με προσθήκη ρυθμού χρησιμοποιεί ακριβώς τις ίδιες χειρονομίες, με μία προσθήκη: τη χειρονομία *περιστροφή* (roll) της παλάμης. Η χειρονομία αυτή απλά πυροδοτεί ένα αντικείμενο ρυθμού (μέτρο), που λαμβάνει τιμές τυχαία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός ιδιαίτερου ηχοχρώματος, που είναι ελαφρά διακεκομμένο και θυμίζει στακάτο. Όσο αυξάνει η συχνότητα του ρυθμού, τόσο μικραίνει η διάρκεια ανάμεσα στις τιμές, οπότε, αν φτάσει αρκετά ψηλά, ο παραγόμενος ήχος θα ακούγεται ως ένας συνεχής ήχος.

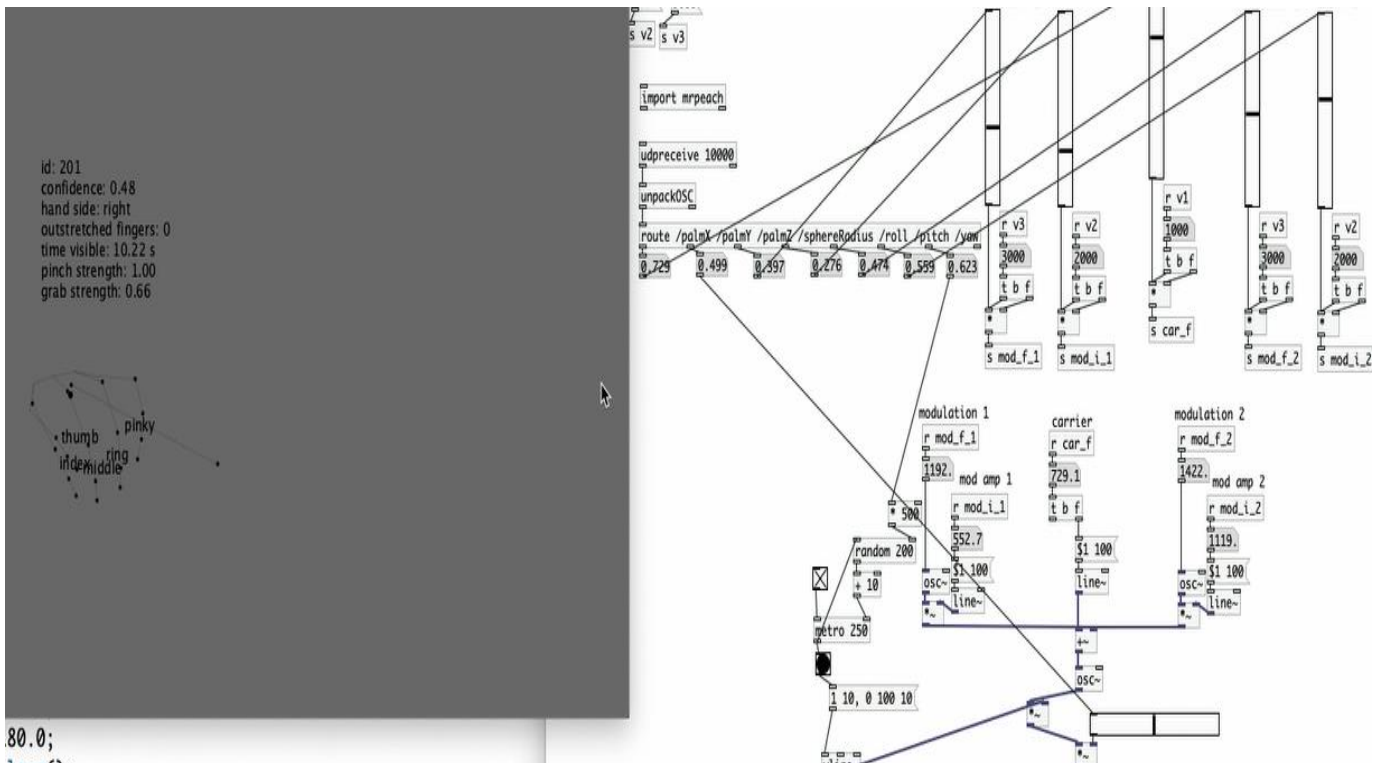


Εικόνα 5.4 Απλή σύνθεση FM με προσθήκη ρυθμού



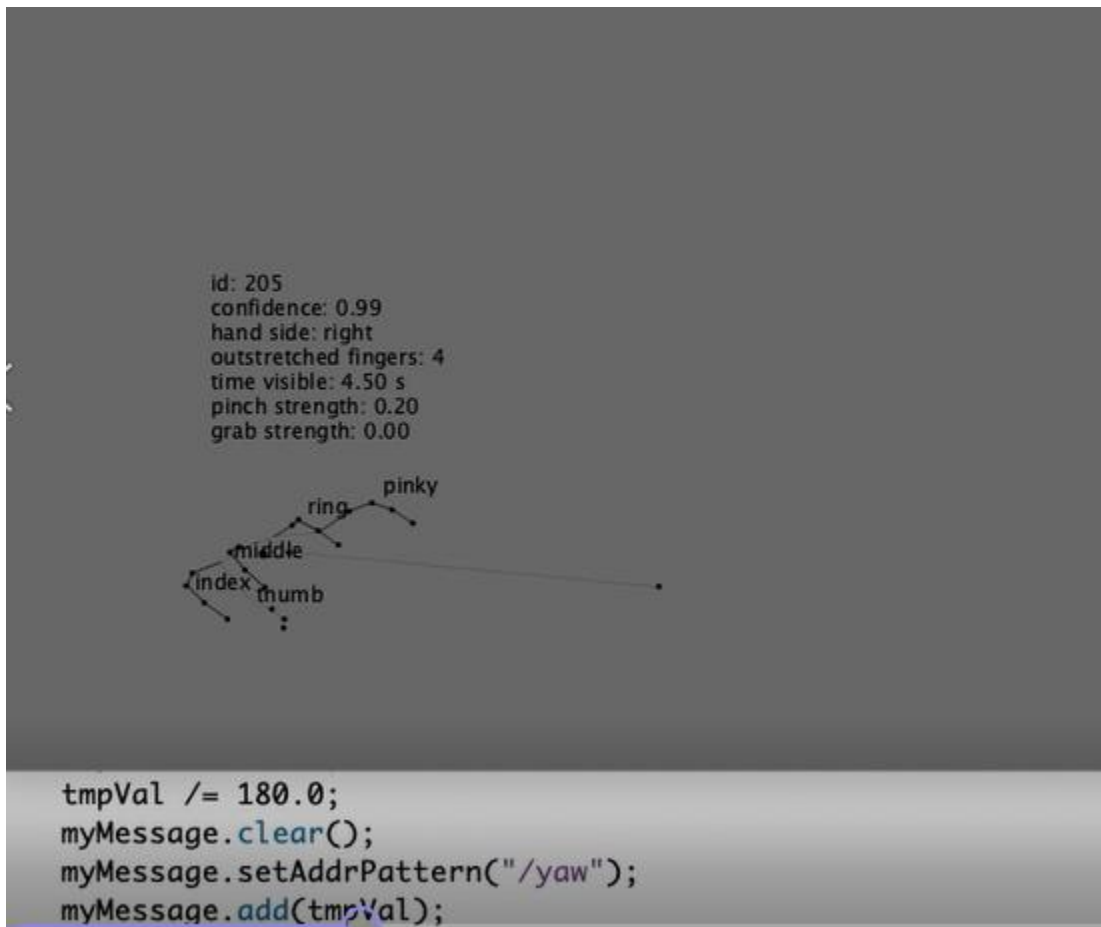
Εικόνα 5.5 Roll – Περιστροφή του χεριού για την πυροδότηση ρυθμοί

Παράλληλη Σύνθεση FM με πολλαπλούς διαμορφωτές: Στην περίπτωση αυτή η περιστροφή του χεριού ελέγχει τη συχνότητα του παράλληλου διαμορφωτή με εύρος τιμών μεταξύ 0-2000. Η διαγώνια κίνηση του καρπού (yaw) πυροδοτεί το ρυθμό.



Εικόνα 5.6 Παράλληλη σύνθεση FM με πολλαπλούς διαμορφωτές. Κίνηση διαγώνια (yaw) του καρπού.

Σειριακή σύνθεση FM με πολλαπλούς διαμορφωτές: Εδώ η συχνότητα του σειριακού διαμορφωτή ελέγχεται με την χειρονομία περιστροφής της παλάμης και παίρνει τιμές μεταξύ 0-2000, η διαγώνια κίνηση (yaw) ελέγχει το ρυθμό, ενώ η κίνηση τσιμπήματος ελέγχει και πάλι τον ενδείκτη διαμόρφωσης.



Εικόνα 5.7 Κίνηση yaw στην Σειριακή σύνθεση FM με πολλαπλούς διαμορφωτές.

5.2. Συζήτηση

Και μόνο με το απλό patch βλέπουμε δίνονται πολλές δυνατότητες καθώς το φάσμα των ήχων είναι πλούσιο ακόμη και με περιορισμένη χρήση ημιτονοειδών ταλαντωτών.

Αν και το τελικό αποτέλεσμα δεν είναι ακριβώς όπως σκοπεύαμε, δηλαδή να ακούγονται οι απόκοσμοι διαστημικοί ήχοι του CD της NASA, είναι αρκετά «διαστημικό» σε άκουσμα. Του λείπουν οι παράμετροι που προσθέτουν βάθος στον ήχο έτσι ώστε να θυμίζει «ήχους πλανητών», ωστόσο εξακολουθεί να ανήκει στην ίδια καλλιτεχνική ιδέα. Ακούγονται σαν ήχοι που θα αναμέναμε σε ένα μελλοντικό διαστημόπλοιο, με περισσότερο φουτουριστική αίσθηση.

Αυτή είναι η χαρά της σύνθεσης FM, καθώς μπορεί κανείς να δημιουργήσει μεγάλο εύρος ήχων, και να προσθέσει πολλές παραμέτρους διαμόρφωσης συχνότητας.

Ο συνδυασμών των ήχων που παράγονται με τη σύνθεση FM και την ιδέα των «διαστημικών ήχων» με τις δυνατότητες που προσφέρει η χρήση του ελεγκτή LeapMotion, παρουσιάζει ενδιαφέρον σε πολλά επίπεδα. Εκτός από την εντυπωσιακή παρουσίαση που μπορεί να προσφέρει σκηνικά, δίνει μεγάλη ελευθερία στο χρήστη όσον αφορά τις κινήσεις που μπορεί να χρησιμοποιήσει για να επιτύχει ένα ευχάριστο αποτέλεσμα, και συνιστά μια χαλαρωτική, κατά την προσωπική μου άποψη φυσικά, εμπειρία “floating in space”, προφανώς όμως με όλη την προστασία και την ασφάλεια που μας προσφέρει η παραμονή στη γη και στο σπίτι / χώρο εργασίας / θεάτρου, που βρισκόμαστε. Επίσης, όσον αφορά την προσωπική ευχαρίστηση με τη χρήση της συγκεκριμένης ιδέας, μπορεί να προσφέρει μια αίσθηση βύθισης στη μαγεία των κοσμικών «ήχων» και πώς τους φαντάζεται ο καθένας από εμάς.

Είναι μια εξαιρετική ευκαιρία αξιοποίησης της διαδραστικής μουσικής δημιουργίας. Η σύνθεση αυτή προσφέρει τη δυνατότητα στο σύστημα να αλλάζει συνεχώς παραμέτρους ανάλογα με τις κινήσεις που κάνουμε, όμως δεν είναι εύκολο να προβλεφθεί με ακρίβεια ο τρόπος με τον οποίο θα αλλάξει ο ήχος κάθε φορά.

Για πιο εντυπωσιακά αποτελέσματα, θα ήταν δυνατό να προστεθεί μια παράμετρο «βάθους» στο patch, ώστε να γίνει πιο απόκοσμος ο ήχος, να δημιουργηθεί ένα live feed video, με οτιδήποτε φανταζόμαστε πως θα ταίριαζε με την εκάστοτε σύνθεση κ.λπ. Θα

μπορούσε να εμπλουτισθεί η όλη εμπειρία με τη χρήση του VR που παρέχει η Leap Motion ή ακόμη και με τη χρήση συστημάτων παραγωγής abstract video σε πραγματικό χρόνο, αλλάζοντας τις παραμέτρους των οπτικών εφέ σε πραγματικό χρόνο μαζί με αυτές των ηχητικών εφέ.

Η πραγματοποίηση όλων των παραπάνω, αν και εξαιρετικά απαιτητική, από άποψη γνώσεων και χρόνου, δεν είναι αδύνατη. Παρουσιάζονται αρκετές δυσκολίες στην δημιουργία ενός επιθυμητού αποτελέσματος, αλλά αυτό είναι εφικτό με την κατάλληλη γνώση και φυσικά, εξάσκηση.

Αρχικά, είναι απαραίτητο ο υπολογιστής με τον οποίο συνδέεται ο ελεγκτής, να μπορεί να ανταπεξέλθει από άποψη λογισμικού αλλά και hardware. Φυσικά όσο πιο γρήγορος ο υπολογιστής τόσο καλύτερη θα είναι και η ανταπόκριση των συστημάτων.

Έπειτα ήταν σημαντικό να γίνει ένας πειραματισμός με το Leap Motion μόνο του, ώστε να γίνει πλήρης κατανόηση των κινήσεων και χειρονομιών που μπορεί να ανιχνεύσει, ο τρόπος με τον οποίο μπορούν να χρησιμοποιηθούν και κυρίως, για να υπάρξει εξοικείωση ώστε να αξιοποιηθούν οι δυνατότητες του ελεγκτή όσο πιο καλά γίνεται.

Στη συνέχεια γίνεται η διεπαφή των Leap Motion - Pure Data⁹, και πρέπει να προηγηθεί ένας απλός πειραματισμός με σύνθεση ήχου σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας απλά στοιχεία όπως δύο oscillators, κάποια sliders, και επιπλέον εφέ όπως delay και feedback, ώστε να ελέγξουμε πόσο επιτυχημένη είναι η διεπαφή και να εξερευνήσουμε τις δυνατότητες της.

Στο τελικό patch που χρησιμοποιήθηκε και γενικά σε όλες τις προσπάθειες προσθήκης πιο περίπλοκων παραμέτρων παρατηρήθηκαν τα εξής: Κυρίως, υπήρχε περιορισμός της ανταπόκρισης των πιο «λεπτών» χειρονομιών, για παράδειγμα της κίνησης όλων των

⁹ Για να δημιουργηθεί η διεπαφή μεταξύ Leap Motion και PD, κατεβάζουμε το αρχείο Leapmotion object. Στο αρχείο υπάρχουν δύο .dll αρχεία με το όνομα leapmotion.dll και leap.dll τα οποία πάντα τοποθετούνται στον ίδιο φάκελο με αυτόν του patch του Pd που έχουμε ετοιμάσει, ώστε να ενσωματώσει το αντικείμενο του Leap Motion και την επικοινωνία με τον αισθητήρα. Το αρχείο που κατεβάσαμε επίσης περιέχει ένα help patch. Συνολικά πρέπει να σιγουρευτούμε ότι υπάρχουν τα εξής: Leap SDK, flex, pthread, PD για windows. Κατεβάζουμε το αρχείο LeapSDK και το τοποθετούμε στο root directory. Ανοίγουμε τη γραμμή εντολών πατώντας Start à run à cmd και βρίσκουμε και τρέχουμε τον φάκελο που περιέχει το vcvars32.bat.

δαχτύλων, της κυκλικής κίνησης του δείκτη και το χτύπημα (tap) του δείκτη. Επίσης, μετά από αρκετή ώρα χρήσης περίπλοκων χειρονομιών, για παράδειγμα συνεχόμενη χρήση δαχτύλων, απότομη εναλλαγή κινήσεων των χεριών, ιδιαίτερα επάνω-κάτω κλπ. προκαλούσαν «μπλοκαρίσματα» και το σύστημα έπαυε πλέον να αλλάζει τιμές στις παραμέτρους.

Η λύση ήταν να αφαιρεθούν κάποια αντικείμενα από το PD και να γίνει προσπάθεια διατήρησης μιας σχετικής απλότητας. Αυτό δεν ερχόταν σε αντίθεση με το επιθυμητό αποτέλεσμα μιας και επιθυμούσα ο ήχος να είναι όσο πιο καθαρός γίνεται.

Χρειάστηκε να βρεθεί το σημείο στο οποίο οι συχνότητες θα γίνονταν αρμονικοί, ώστε να μπορεί ουσιαστικά να «καθαρίζει» ο ήχος και να επικρατεί μια σχετική ηρεμία. Γενικά το σημείο αυτό επιτυγχάνεται όταν τα δύο χέρια βρίσκονται κοντά το ένα με το άλλο σε ουδέτερη θέση, λίγο πιο πάνω από τον αισθητήρα. Αυτή είναι και η θέση «αρχής». Από τη θέση αρχής μπορεί να κινηθεί το αριστερό χέρι προς τα πάνω αυξάνοντας τις συχνότητες αλλά κρατώντας το δεξί χέρι κάτω, ώστε να έχουμε μια ίση κατανομή υψηλών και χαμηλών συχνοτήτων, διατηρώντας ένα «μπάσο», όπως ακριβώς περιεγράφηκε πιο πάνω στην περίπτωση των απλών patch.

Με την άνοδο του δεξιού χεριού, και γέρνοντάς το λίγο διαγώνια μπορούμε να διατηρήσουμε τους χαμηλούς αρμονικούς, να αυξήσουμε ελάχιστα τη συχνότητα και να επιτύχουμε μια «διάλυση», δηλαδή τη δημιουργία αντικρουόμενων (διάφωνων) συχνοτήτων.

Οι μικροδιαφορές που επιτυγχάνονται με τις διαγώνιες κινήσεις και με την κυκλική κίνηση του δείκτη (που δημιουργεί μια εναλλαγή μεταξύ της πυροδότησης των αντικειμένων), μπορούμε εν τέλη να έχουμε ένα πλούσιο ηχητικό αποτέλεσμα, με ελάχιστες παραμέτρους και ένα σχετικά μέτριο υπολογιστή.

6. Επίλογος - Προοπτικές

Εφόσον έχει θεμελιωθεί μια βασική κατανόηση της λειτουργίας του Leap Motion και αναφέρθηκε η χρήση του σε διάφορες περιπτώσεις, εκτός των άλλων και μουσικής δημιουργίας, επόμενο βήμα είναι η εξερεύνηση πιθανών εφαρμογών σε άλλα πεδία που συνδέονται με τη μουσική ή με τον ήχο γενικότερα.

6.1. Πιθανές εφαρμογές και πεδία έρευνας

Στο κεφάλαιο 2, αναφερθήκαμε σε προηγούμενες χρήσεις του LeapMotion σε πλαίσια μουσικά και μη. Η χρήση του στην καταγραφή χειρονομιών σε γλωσσικά πλαίσια, με την αραβική νοηματική και την γραπτή κινεζική γλώσσα, η χρήση του στα πλαίσια της μουσικοθεραπείας και της κινησιοθεραπείας, είναι μόνο κάποιοι από τους τομείς όπου αυτή η συσκευή μπορεί να αξιοποιηθεί.

Και πάλι, η χρήση του Leap Motion σε συνδυασμό με το PD μπορεί να προσφέρει ακόμη περισσότερα. Μπορούν στο PD να δημιουργηθούν οι συχνότητες που είναι ευχάριστες και αποτελεσματικές στον εκάστοτε ασθενή και να τις ελέγξουν με απλές ή πιο περίπλοκες κινήσεις, ανάλογα με τις απαιτήσεις του.

Ειδικά σε άτομα με διάσπαση προσοχής, κυρίως σε νεαρούς μαθητές, θα μπορούσε να αποδειχτεί χρήσιμο εργαλείο, αν όχι απαραίτητα στη θεραπεία, σίγουρα στην αποτελεσματικότητα της μάθησης, εάν ενσωματωνόταν στην διαδικασία μάθησης. Χαρακτηριστικά ατόμων με διάσπαση προσοχής (δυσλεξίας και άλλων μαθησιακών δυσκολιών ή και ασθενειών, που μέρος συμπτωμάτων είναι η διάσπαση προσοχής) είναι η δυσκολία συγκέντρωσης και η υπερκινητικότητα. Η ύπαρξη ήχων σε συχνότητες που ξεχωρίζουν από αυτές του γενικού περιβάλλοντος (environment background) ενισχύουν την διάσπαση της συγκέντρωσης, ενώ η απαίτηση να μείνουν στο ίδιο σημείο για πολύ ώρα προκαλεί εκνευρισμό και νευρικότητα.¹⁰

¹⁰ <https://www.britishacademyofsoundtherapy.com/what-is-sound-therapy/>

6.2. Εναλλακτικές χρήσεις στη μουσική

Για να επανέλθουμε όμως στη μουσική δημιουργία, ας κρατήσουμε όλα τα παραπάνω και ας δούμε μια πιο εναλλακτική πιθανή χρήση του αισθητήρα στον τομέα της μουσικής.

Όταν μιλάμε για τη μουσική, πάντα αντιλαμβανόμαστε τον όρο ως κάτι που απευθύνεται σε ανθρώπους με την δυνατότητα της ακοής.

Όμως η ακοή, εκτός από την βασική λειτουργία των αυτιών, σαν αίσθηση περιλαμβάνει γενικότερα την αντίληψη των δονήσεων που προκαλούνται από τα ηχητικά κύματα. Αυτό, όταν κάποιος χάνει την ακοή του (μερικώς ή ολοκληρωτικά), αλλάζει στον τρόπο με τον οποίο η αντίληψη αυτή λειτουργεί.

Παρόλα αυτά είναι πλέον αποδεκτό πως ακόμη και οι βαριά κωφοί, μπορούν να αντιληφθούν τη μουσική, έστω και με τρόπο που επιφανειακά διαφέρει από αυτόν των ανθρώπων χωρίς προβλήματα ακοής.

Έχουν γίνει πολλές μελέτες στον τρόπο με τον οποίο η νοηματική γλώσσα ενεργοποιεί παρόμοια σημεία του εγκεφάλου (στην διαδικασία επεξεργασίας όχι της άμεσης αντίληψης) με αυτά της ομιλούμενης γλώσσας σε ανθρώπους με προβλήματα ακοής και γενικότερα οι χειρονομίες ως οπτικές διεγέρσεις κάνουν το ίδιο.

Επίσης πολλές είναι οι μελέτες που γίναν πάνω στην αντίληψη της μουσικής και στην δημιουργία της μουσικής από κωφάλαλους. Δεν είναι αμφιλεγόμενο να πούμε πως η μουσική λοιπόν δεν περιορίζεται μόνον στους ανθρώπους που έχουν κανονική λειτουργία ακοής.

Πλέον υπάρχει ολόκληρο κύμα καλλιτεχνικό με την αναδημιουργία θεατρικών ή ακόμη και μουσικών παραστάσεων σε νοηματική γλώσσα, με στόχο την πιο άμεση και καλλιτεχνική αντίληψή τους από την κοινότητα των κωφών. Ένα και μόνο παράδειγμα είναι το ανέβασμα της παράστασης «Το Ξύπνημα της Άνοιξης» στο Broadway. Η παράσταση έβαλε στη σκηνή κωφούς και μη κωφούς ηθοποιούς διατηρώντας τη μουσική και τους στίχους από την αρχική μουσική παράσταση και προσθέτοντας μουσικά και γλωσσικά στοιχεία κατανοητά στα κωφά μέλη. Μάλιστα υπάρχει και ειδικό τμήμα του Broadway που ονομάζεται Deaf West Theatre και είναι αφιερωμένο στο ανέβασμα

παραστάσεων (μουσικών και μη) με βάση τη δημιουργικότητα της νοηματικής γλώσσας και ιδιαίτερων χειρονομιών που χρησιμοποιούνται από την κοινότητα εκεί.

Εάν φύγουμε από το χώρο του θεάτρου και συνεχίσουμε στο χώρο της μουσικής πρώτα γενικότερα, θα δούμε πως η χρήση χειρονομιών σε μουσικές «υποκολτούρες» (subculture) είναι ιδιαίτερα ξεχωριστή με ιδιαίτερο πολιτισμικό υπόβαθρο. Για παράδειγμα οι χειρονομίες με τις οποίες εκφράζονται οι Αφρο-αμερικάνοι δημιουργοί rap και hip-hop. Αποτελούν ένα τόσο ξεχωριστό φαινόμενο που απορρέει απευθείας από την καθημερινή ζωή. Ακόμη και στη νοηματική, οι χειρονομίες που χρησιμοποιούν διαφέρουν αρκετά και είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με αυτή την «υποκολτούρα». Είναι χειρονομίες που τους βοηθούν να διατηρούν αυτήν την ιδιαίτερη πολιτισμική κληρονομιά τους και τις έχουν περάσει στον τρόπο που μιλάνε καθημερινά, στη μουσική τους αλλά και στη νοηματική γλώσσα.

Όλα αυτά αναγνωρίζονται ως χειρονομίες και είναι κάτι που θα μπορούσε να αποτελέσει ξεχωριστή μελέτη όχι μόνο για την ενσωμάτωσή τους και την εξέλιξή τους με το LeapMotion, αλλά και στη γενικότερη καλλιτεχνική δημιουργία με ελεγκτές κίνησης.

Μιας και αναφερθήκαμε σε μουσικούς πολιτισμούς και ιδιαίτερη χρήση χειρονομιών ας δούμε κάποια πιο συνηθισμένα παραδείγματα:

Από την κλασική μέχρι και τη σύγχρονη δυτική μουσική, η χρήση σημειογραφίας είναι από τα σημαντικότερα μέρη της και από τους μεγαλύτερους παράγοντες διατήρησής της. Υπάρχουν όμως μουσικά συστήματα που δεν βασίζονται τόσο σε γραπτή σημειογραφία, αλλά σε νευματική, καθώς και σε εκμάθηση συγκεκριμένων συστημάτων χειρονομιών. Αυτά τα συστήματα μπορεί να είναι είτε μέρος της επικοινωνίας των μουσικών μεταξύ τους, είτε να αποτελούν ειδικές κατηγορίες ολόκληρης της μουσικής θεωρίας και συστήματος.

Παραδείγματα τέτοιων μουσικών παραδόσεων: Βυζαντινή, Αραβική, Ινδική, Ιρανική, εν μέρη μουσικά συστήματα της Ανατολικής Ασίας κλ.π. Αυτού του είδους τα συστήματα έχουν σχεδόν εντελώς αγνοηθεί από την ηλεκτρονική μουσική δημιουργία. Βασικές ιδέες τους ίσως να χρησιμοποιήθηκαν από συνθέτες, κυρίως πειραματικά, όμως όχι στο επίπεδο που χρησιμοποιήθηκαν τα δυτικά μουσικά συστήματα.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα μεγάλο ηχητικό και πολιτισμικό θησαυρό ακουσμάτων και δυνατοτήτων να στερείται από την ηλεκτρονική μουσική δημιουργία, αλλά και τον αποκλεισμό των συστημάτων αυτών από την μεταφορά τους στην μοντέρνα εποχή και ίσως στην δημιουργία μεγαλύτερου ενδιαφέροντος σε αυτές.

Ένα απ' τα πολλά παραδείγματα είναι η αυτοσχεδιαστική μουσική που χρησιμοποιείται σε κάποιες μουσικές παραδόσεις του Ιράν και της Ινδίας. Δεν είναι αυτοσχεδιαστικές με τον τρόπο που η δυτική ευρωπαϊκή δημιουργία αντιλαμβάνεται τον αυτοσχεδιασμό, διότι βασίζονται περισσότερο στην βαθιά γνώση του ρεπερτορίου που ονομάζεται *radif*, το οποίο αποτελεί μία συλλογή εκατοντάδων κομματιών (*γκουσέχ ή gusheh*) οργανωμένα ανάλογα με τον τρόπο σε δώδεκα *νταστγκάχ*. Αυτό το ρεπερτόριο εκτελείται από τους μαθητές, οι οποίοι το έχουν από απομνημονεύσει και η υπόλοιπη δημιουργία στην παράσταση ξεκινά από εκεί.

Κάτι παρόμοιο γίνεται και στην ινδική *ράγκα*, στη Βόρεια Ινδία και στα είδη *κάλπιτα* και *κρίτι*, τα οποία πάλι αποτελούν ένα είδος αυτοσχεδιασμού κυρίως στην Νότια Ινδία

Η κινέζικη μουσική *guqin* είναι μια μουσική παράσταση, όπου οι μουσικοί και οι ερμηνευτές χρησιμοποιούν κινήσεις του σώματος και ειδικές χειρονομίες, που ακολουθούν τα μοτίβα της μουσικής. Οι κινήσεις μπορούν είτε ν' ακολουθούν τους κανόνες της μουσικής είτε να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.

Η εργασία των Karur et al. χρησιμοποιεί πειραματισμούς με διάφορες μεθόδους συστημάτων αισθητήρων για την σύλληψη χειρονομιών από έναν εκτελεστή/μουσικό. Σε μουσικό πλαίσιο, η μηχανή μπορεί να αντιληφθεί την ανθρώπινη επικοινωνία σε τρεις κατηγορίες. Η πρώτη είναι άμεση μέσω μικροφώνου, αυξάνοντας το ηχητικό σήμα του μουσικού οργάνου που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος. Αυτό λειτουργεί ως τα αυτιά της μηχανής. Η δεύτερη κατηγορία είναι μέσω αισθητήρων στο μουσικό όργανο. Αυτό είναι μια επιπλέον αίσθηση που δεν έχει πολύ βάρος στην μουσική αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπων. Η τρίτη κατηγορία είναι μέσω αισθητήρων που τοποθετούνται στο ανθρώπινο σώμα, αναγνωρίζοντας χειρονομίες κατά τη διάρκεια της παράστασης χρησιμοποιώντας σειρά καμερών ή άλλων συστημάτων για το σκοπό αυτό. Αυτά είναι σαν τα μάτια της μηχανής. (Ajay, 2002)

Χρησιμοποιώντας τα παραπάνω, συνέχισαν στην συλλογή δεδομένων με αισθητήρες που τοποθετήθηκαν πάνω σε παραδοσιακά όργανα και δημιούργησαν μια διεπαφή βασισμένη σε αυτά.

Τέλος δημιούργησαν και κάποια ηλεκτρονικά όργανα βασισμένα στα πιο δημοφιλή παραδοσιακά, ινδικό τύμπανο, ηλεκτρονικό σιτάρ, το σαρασβάτι (έγχορδο όργανο με κέλυφος). (Ajay, 2002)

Με τις δημιουργίες αυτές και τα πειράματα κατέληξαν σε πιθανές μεθόδους και τρόπους διατήρησης και καταγραφής της παραδοσιακής μουσικής της Βόρειας Ινδίας, κάτι που θα είναι εξαιρετικά χρήσιμο στο μέλλον για την διατήρηση της μουσικής παράδοσης και μπορεί να θέσει παράδειγμα για παρόμοιες χρήσης τέτοιων συστημάτων σε άλλες μουσικές παραδόσεις.

Μια παρόμοια καταγραφή χειρονομιών έγινε για ένα συγκεκριμένο είδος οργανικής μουσικής της Κίνας, το Guqí. Αυτή είναι η ονομασία για ένα ειδικό έγχορδο όργανο που παίζεται στα γόνατα και θυμίζει λίγο κανονάκι. Το στυλ παιξίματος αυτού του οργάνου και άλλων παρόμοιων οδήγησε στην ανάπτυξη μιας ξεχωριστής κατηγορίας τρόπου παιξίματος που απαιτεί την εξέλιξη και εκμάθηση συγκεκριμένων χειρονομιών. Με τα όργανα αυτά επιτυγχάνεται ένας ιδιαίτερος ήχος sliding, στις χορδές που μπορεί να γίνει με διαφορετικούς τρόπους ανάλογα με το νόημα που επιθυμεί να περάσει ο μουσικός. Κάθε γλίστρημα έχει ξεχωριστή σημασία. Οι ρίζες των κανόνων και της φιλοσοφίας πίσω από αυτό, βρίσκεται στον Ταοϊσμό, αρχικά, και στις ιδέες του Κομφούκιου, για αισθητική της μουσικής και κάτι που μπορούμε να ονομάσουμε, «ήθος» της μουσικής. (Shan & Shih-Chuan, 2009)

Αυτό, όμως, δεν είναι απαραίτητο να μείνει στην καταγραφή χειρονομιών για τη διατήρηση των μουσικών παραδόσεων. Μιας κι όλα τα παραπάνω συστήματα βασίζονται στην αλληλεπίδραση μεταξύ εκτελεστών-οργάνου/εκτελεστών-κοινού/εκτελεστών μεταξύ τους, μπορεί ο καθένας απ' αυτούς τους παράγοντες να αντικατασταθεί από ένα ψηφιακό σύστημα αλληλεπίδρασης που θα έχει ως βάση του την αναγνώριση κινήσεων και την καλλιτεχνική δημιουργία με βάση αυτές. Στην καλύτερη περίπτωση, μπορεί απλά να προστεθεί αυτό το σύστημα ως επιπλέον παράγοντας, για αποτέλεσμα με μεγαλύτερη ποικιλία, η οποία μπορεί να ενώσει τις μουσικές αυτές παραδόσεις με ένα σύγχρονο κοινό.

Και όχι μόνο: Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκμάθηση τους στο νέο κοινό ή στους νέους καλλιτέχνες, χωρίς να περιορίζεται γεωγραφικά ή πολιτισμικά.

Η τεχνολογία εξελίσσεται συνεχώς και πολλές επιστήμες και τέχνες έχουν πλέον ενσωματώσει τις εξελίξεις ώστε και οι ίδιες να συνεχίσουν να εξελίσσονται. Σημαντικό παράδειγμα είναι και η ηλεκτρονική μάθηση. Η μουσική, αν και έχει παράγει αρκετά πρωτοπόρα έργα με τη χρήση της τεχνολογίας και κυρίως της ηλεκτρονικής μουσικής, στην πλειονότητά της έχει παραμείνει σε αρκετά παραδοσιακές εφαρμογές της και αρκετά δυτικοκεντρική. Τα συστήματα αυτά, ειδικά ένα σύστημα όπως το Leap Motion και η ευκολία που παρέχει στην παραγωγή και έλεγχο μουσικής και ήχων, μπορούν να προσφέρουν σε όλους τους τομείς της καλλιτεχνικής δημιουργίας και να δώσουν τη δυνατότητα για πρωτοπόρους συνδυασμούς.

6.3. Συμπεράσματα

Με τη δημιουργική χρήση τεχνολογιών όπως το Leap Motion, η μουσική μπορεί να έρθει ξανά στο προσκήνιο και να γίνει πιο προσιτή σε περισσότερο κόσμο: άτομα με ελάχιστες μουσικές ή υπολογιστικές γνώσεις, άτομα με αναπηρίες (σωματικές και ψυχικές), άτομα με λιγότερο άμεση πρόσβαση στην κλασική μουσική εκπαίδευση και δημιουργία, ανθρώπους που έχουν και άλλα μουσικά ακούσματα, πιο ιδιαίτερα από αυτά της δυτικής μουσικής. Εκτός των άλλων, η χρήση τέτοιων λογισμικών και συσκευών μπορεί να επαναπροσδιορίσει το τι σημαίνει μουσική δημιουργία και κυρίως βοηθάει στην διεύρυνση της έννοιας της διάδρασης όσον αφορά την ηλεκτρονική μουσική. Πλέον, η διάδραση στον τομέα αυτό έχει ξεφύγει πολύ από τον περιορισμένο ορισμό που της είχε δώσει ο Winkler. Τώρα, έχει ξεκινήσει μια νέα εποχή που θα εφαρμόζει πλήρως τις τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα της καλλιτεχνικής δημιουργίας, ώστε να συνεχίσει να εξελίσσεται μαζί με την ίδια την κοινωνία. Το γεγονός ότι η μουσική σήμερα συμβαδίζει λιγότερο με την τεχνολογία σε σχέση με τις άλλες τέχνες, την έχει φέρει σε λιγότερο σημαντική θέση στο μυαλό των ανθρώπων. Ίσως αυτό βοηθήσει συνολικά και στον τρόπο με τον οποίο αντιμετωπίζεται η ίδια η μουσική πλέον, και η εκμάθησής της, ο οποίος την έχει αφήσει το παρασκήνιο, χωρίς να τη θεωρεί σημαντική για την ανάπτυξη του ανθρώπινου μυαλού.

7. Βιβλιογραφία

- Bate. (1990). "The Effect of Modulator Phase on Timbres in FM Synthesis". *Computer Music Journal*, 13(3), σσ. 38-45.
- Chang, K. (2017). *The 'Sounds' of Space as NASA's Cassini Dives by Saturn*. Ανάκτηση 1 14, 2019, από <https://www.nytimes.com/2017/05/03/science/nasa-cassini-sound-recording-saturn.html>
- Chowning, J. (1973). The Synthesis of Complex Audio Spectra by Means of Frequency Modulation. *Journal of the Audio Engineering Society*, 21(7), 1-2.
- Frenkel, K. A. (1994). A conversation with Brenda Laurel. *Interactions*, 1(1), 44-53. Ανάκτηση 1 11, 2019, από <http://dblp.uni-trier.de/db/journals/interactions/interactions1.html>
- Graugaard, L. (2004, May). Open and closed form in interactive music. In *International Symposium on Computer Music Modeling and Retrieval* (pp. 149-157). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Iwata, H. (2008). History of haptic interface. In *Human haptic perception: Basics and applications* (pp. 355-361). Birkhäuser Basel.
- Jacobs, J. (2003). Physicist's "Sounds of Space" enters the repertoire of classical music on Earth. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 84(5), 38-38.
- Jessop, E. N. (2010). *A gestural media framework: Tools for expressive gesture recognition and mapping in rehearsal and performance* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology). Ανάκτηση 1 13, 2019, από <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/57806>
- Jorda, S., Kaltenbrunner, M., Geiger, G., & Bencina, R. (2005). *ICMC2005: The ReacTable*. Ανάκτηση 1 14, 2019, από http://modin.yuri.at/publications/reactable_icmc2005.pdf
- Ju, Z., & Liu, H. (2014). Human Hand Motion Analysis With Multisensory Information. *IEEE-ASME Transactions on Mechatronics*, 19(2), 456-466.
- Kaliakatsos-Papakostas, M. A., Floros, A., & Vrahatis, M. N. (2016). Interactive music composition driven by feature evolution. *SpringerPlus*, 5(1), 826.
- Kapur, A., Lazier, A. J., Davidson, P., Wilson, R. S., & Cook, P. R. (2017). 2004: The Electronic Sitar Controller. In *A NIME Reader* (pp. 147-163). Springer, Cham.
- Lange, W., & Zoller, I. (2012). *Operator control device*. Ανάκτηση 1 13, 2019, από <http://freepatentsonline.com/y2014/0197938.html>
- Lesiuk, T. (2008). The effect of preferred music listening on stress levels of air traffic controllers. *Arts in Psychotherapy*, 35(1), 1-10.
- McAlpine, K. B. (2013). Sampling the past: A tactile approach to interactive musical instrument exhibits in the heritage sector. In *Innovation in Music 2013*. Future Technology Press. Ανάκτηση 1 11, 2019, από <http://nimbusvault.net/publications/koala/inmusic/papers/im13bk-011.pdf>

- Miranda, E. R., Kirke, A., Braund, E., & Antoine, A. (2017). On Unconventional Computing for Sound and Music. In *Guide to Unconventional Computing for Music* (pp. 23-61). Springer, Cham.
- Paradiso, J. A. (2003, May). Dual-use technologies for electronic music controllers: a personal perspective. In *Proceedings of the 2003 conference on New interfaces for musical expression* (pp. 228-234). National University of Singapore.
- Pfister, A., West, A. M., Bronner, S., & Noah, J. A. (2014). Comparative abilities of Microsoft Kinect and Vicon 3D motion capture for gait analysis. *Journal of Medical Engineering & Technology*, 38(5), 274-280.
- Roads, C. (1995). *The Computer Music Tutorial*. MIT Press, Boston.
- Tahiroğlu, K., Drayson, H., & Erkut, C. (2008). An Interactive bio-music improvisation system. In *Proceedings of the International Computer Music Conference* (pp. 579-582).
- Tan, S. Y. P., Hu, Z., Koh, A. Y. L., & Zhao, S. (2010, July). Musicflow: an interactive music composition system. In *Visual Communications and Image Processing 2010* (Vol. 7744, p. 774408). International Society for Optics and Photonics.
- Tiana, C. L. (2003, September). Low-cost near-infrared sensors for EVS. In *Enhanced and Synthetic Vision 2003* (Vol. 5081, pp. 23-31). International Society for Optics and Photonics.
- Toyka, K. V., & Freund, H.-J. (2006). Music, motor control and the brain. *Brain*, 129(10), 2794-2798.
- Vercoe, G. S., & Burton, A. (2002). Sound effects controller. *Journal of the Acoustical Society of America*, 112(1), 24. Ανάκτηση 1 13, 2019, από <http://freepatentsonline.com/6327367.html>
- Zhu, X., Kim, B.-J., Wang, Q., & Wu, Q. (2013). Recent Advances in the Sound Insulation Properties of Bio-based Materials. *Bioresources*, 9(1), 1764-1786.

Δικτυογραφία:

- API Overview¶. (n.d.). Retrieved April 2, 2018, from https://developer-archive.leapmotion.com/documentation/python/devguide/Leap_Overview.html
- Artist Interview: Laetitia Sonami — SOMArts. (χ.χ.). Ανάκτηση 1 13, 2019, από <http://www.somarts.org/laetitiasonami/>
- Coordinate Systems¶. (n.d.). Retrieved April 3, 2018, from https://developer-archive.leapmotion.com/documentation/csharp/devguide/Leap_Coordinate_Mapping.html
- Documentation. (n.d.). Retrieved January 2, 2018, from <https://developer.leapmotion.com/documentation/>
- Editor, M. C. (2011, October 06). What is a Motion Controller? Technical Summary for Engineers. Retrieved October 22, 2018, from <https://www.motioncontroltips.com/motion-controller/>

Εικόνα. (χ.χ.). Ανάκτηση 1 14, 2019, από Βικιπαίδεια: Η ελεύθερη εγκυκλοπαίδεια:
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/be/Operator_FM.svg/500px-Operator_FM.svg.png

Fingerpainting Soundscapes: Muse for Leap Motion and the Berklee Symphony Orchestra. (χ.χ.).
Ανάκτηση 1 13, 2019, από <http://blog.leapmotion.com/fingerpainting-soundscapes-muse-leap-motion-berklee-symphony-orchestra/>

MIDI Polyphonic Expression (MPE) Specification Adopted! (n.d.). Retrieved October 22, 2018,
from <https://www.midi.org/articles-old/midi-polyphonic-expression-mpe>

Music Archives. (n.d.). Retrieved from <http://blog.leapmotion.com/category/music/>

System Architecture¶. (n.d.). Retrieved April 6, 2018, from https://developer-archive.leapmotion.com/documentation/python/devguide/Leap_Architecture.html

Unlocking New Hands in the Unity Core Assets: Part I. (2017, January 12). Retrieved January 2,
2018, from <http://blog.leapmotion.com/unlocking-new-hands-unity-core-assets-part/>

Weightless – Leap Motion Gallery. (n.d.). Retrieved March 10, 2018, from
<https://gallery.leapmotion.com/weightless/>