

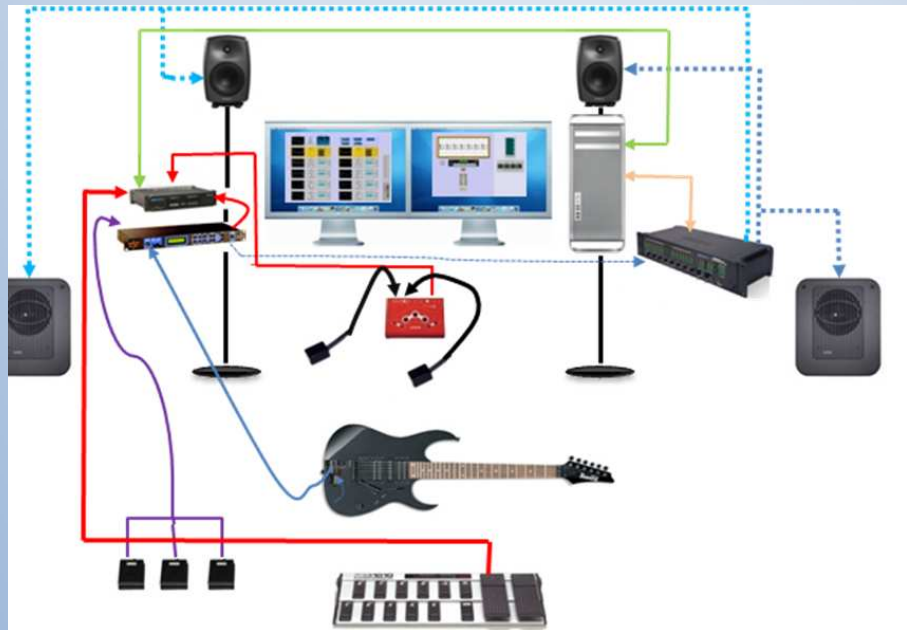


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΟΥ ΜΟ ΟΡΓΑΝΟΥ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΚΙΘΑΡΑ

Γεώργιος Κωνσταντινίδης

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: κ. Κατερίνα Τζεδάκη



Ευχαριστίες προς,

Την **κ. Κατερίνα Τζεδάκη**, ως επιβλέπουσα καθηγήτρια αυτής της πτυχιακής εργασίας, για την ουσιαστική καθοδήγηση που μου παρείχε καθ' όλη την διάρκεια του πειραματικού και θεωρητικού μέρους. Επίσης για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου, παρέχοντάς μου την δυνατότητα να χρησιμοποιήσω για την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου το χώρο του εργαστήριου Μουσικής Διάδρασης & Πολυφωνίας και εκτός του συνηθισμένου ωραρίου χρήσης του.

Τον **κ. Νικόλα Βαλσαμάκη** για την πολύτιμη βοήθειά του, τις συμβουλές όσον αφορά το κομμάτι του προγραμματισμού στο περιβάλλον της MAX/MSP και για τον χρόνο που διέθεσε στο να εξοικειωθώ με τον εξοπλισμό του εργαστήριου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους και συμφοιτητές **Μαργιορή Τσιούντα, Κωνσταντίνο Πατσά, Ευθυμιάδη Χρήστο** και **Νικόλα Κωνσταντακόπουλο** για την τεχνική και ηθική υποστήριξη, καθώς και για τις προτεινόμενες ιδέες επάνω στην εφαρμογή G-SS.

Περιεχόμενα

Εισαγωγή	01
Κεφάλαιο 1. Σχεδιασμός Εκτεταμένων Μουσικών Οργάνων	04
1.1 Εκτεταμένα Μουσικά Όργανα	04
1.2 Το Διάμεσο Ελέγχου των Ηλεκτρονικών Μουσικών Οργάνων	05
1.2.1 Συσκευές Εισόδου	05
1.2.2 Μετατροπείς, Αισθητήρες και Ενεργοποιητές	08
1.2.3 Ψηφιοποιητές-Συσκευές Διεπαφής Αισθητήρων	12
1.2.4 MIDI Ελεγκτές	14
1.3 Αντιστοίχιση, Άκουσμα, Τρόποι Εκτέλεσης	17
1.4 Θέματα Σχεδιασμού	20
Κεφάλαιο 2. Έλεγχος και Αντιστοίχιση στην Εφαρμογή G-SS	22
2.1 Το Διάμεσο Ελέγχου της Εφαρμογής G-SS	22
2.2 Αντιστοίχιση των Δεδομένων Ελέγχου με τις Παραμέτρους των Ηχογόνων Μηχανισμών της Εφαρμογής	34
Κεφάλαιο 3. Άκουσμα του Οργάνου – Αλγόριθμοι Σύνθεσης Ήχου	38
3.1 Παραγόμενες Ηχητικές Μορφολογίες – Μέθοδος Σύνθεσης Ήχου	38
3.2 Συνδυασμοί διαφορετικών Ηχητικών Μηχανισμών	44
3.3 Παρουσίαση Ηχητικών Παραδειγμάτων (Samples) της Εφαρμογής G-SS	45
Συμπεράσματα-Παρατηρήσεις	47
Παραρτήματα	49
1. Συνδεσμολογία - Οδηγίες Χρήσης	49
2. Κατάλογος Περιεχομένων DVD	52
Βιβλιογραφικές Αναφορές	53

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Κεφάλαιο 2

Σχήμα 2.1 Ηλεκτρική Κιθάρα	23
Σχήμα 2.2 MIDI ελεγκτής σε μορφή Κιθάρας	23
Σχήμα 2.3 MIDI ελεγκτής τύπου διακόπτη	24
Σχήμα 2.4 MIDI ελεγκτής-πεταλιέρα	24
Σχήμα 2.5 Αισθητήρας επιτάχυνσης	24
Σχήμα 2.6 Κεντρικός Ελεγκτικός Μηχανισμός της εφαρμογής	26
Σχήμα 2.7 Menu Εικονικών Ελεγκτικών Μηχανισμών	26
Σχήμα 2.8 Εικονικός Ελεγκτικός Μηχανισμός «string 1»	27
Σχήμα 2.9 Γενικές ρυθμίσεις Εικονικού Συνθετητή	28
Σχήμα 2.10 Παράμετροι των διαμορφωτών του Εικονικού Συνθετητή	28
Σχήμα 2.11 Παράμετροι των φορέων διαμόρφωσης του Εικονικού Συνθετητή	29
Σχήμα 2.12 Εικονικοί Ελεγκτικοί Μηχανισμοί «string 2,3,4,5,6»	30
Σχήμα 2.13 Εικονικός Ελεγκτικός Μηχανισμός «reverb»	31
Σχήμα 2.14 on/off reverb	32
Σχήμα 2.15 individual/link	32
Σχήμα 2.16 Εικονικός Ελεγκτικός Μηχανισμός «sensors»	33
Σχήμα 2.17 Εικονικός Ελεγκτικός Μηχανισμός «guitar»	34
Σχήμα 2.18 Αντιστοίχιση δεδομένων ελέγχου από την MIDI κιθάρα στις παραμέτρους σύνθεσης ήχου	34
Σχήμα 2.19 Αντιστοίχιση δεδομένων ελέγχου από τους αισθητήρες στον αλγόριθμο της διάταξης μεταβλητής καθυστέρησης	35
Σχήμα 2.20 Αντιστοίχιση δεδομένων ελέγχου των midi πεντάλ των δεδομένων εισόδου από τους αισθητήρες	36
Σχήμα 2.21 Έλεγχος μέσω της πεταλιέρας των preset της εφαρμογής	37

Κεφάλαιο 3

Σχήμα 3.1 Αλγόριθμος FM σύνθεσης	40
Σχήμα 3.2 Αλγόριθμοι FM σύνθεσης	41
Σχήμα 3.3 Αλγόριθμος μεταβλητής καθυστέρησης	42
Σχήμα 3.4 Ροή Ακουστικού σήματος από τους Ηχογόνους μηχανισμούς	43

Συμπεράσματα-Παρατηρήσεις

Σχήμα Σ.1 Χρονική Απόκλιση (latency) ηχητικών σημάτων	48
---	----

Παραρτήματα

Σχήμα Π.1 Συνδεσμολογία της Εφαρμογής G-SS	50
--	----

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 3.1 Συνδυασμοί παράλληλων μηχανισμών παραγωγής ήχου	44
Πίνακας 3.2 Ενδεικτικά ηχητικά παραδείγματα εκτέλεσης του οργάνου	45
Πίνακας Π.1 Κατάλογος Περιεχομένων DVD	52

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το κείμενο αυτό, αποτελεί το θεωρητικό μέρος της πτυχιακής εργασίας με θέμα: *Σχεδιασμός Εκτεταμένου Οργάνου με βάση την Ηλεκτρική Κιθάρα*. Στην εργασία αυτή σχεδιάστηκε ένα εκτεταμένο μουσικό όργανο που έχει σαν βάση την ηλεκτρική κιθάρα. Τα εκτεταμένα μουσικά όργανα (extended musical instruments) όπως αναφέρουν οι Miranda, E.R., Wanderley, M.M. (2006)¹ είναι ήδη υπάρχοντα ακουστικά ή ηλεκτρονικά μουσικά όργανα που επεκτείνονται με την προσθήκη αισθητήρων ή άλλων εξαρτημάτων, παρέχοντας έτσι την δυνατότητα στους εκτελεστές να ελέγχουν περισσότερες ηχητικές και μουσικές παραμέτρους. Ένα από τα πλεονεκτήματα της διεύρυνσης ενός ήδη υπαρκτού μουσικού οργάνου, είναι ότι με αυτό τον τρόπο οι δύσκολες και χρονοβόρες στην εκμάθηση τεχνικές εκτελέσεις, κληρονομούνται εν μέρη στο νέο όργανο, κάνοντας έτσι την επιβίωση του στον χώρο της μουσικής πράξης πιο πιθανή. Σκοπός της εργασίας αυτής, είναι η διεύρυνση των δυνατοτήτων της ηλεκτρικής κιθάρας και όσον αφορά την εκτέλεση αυτού του μουσικού οργάνου και όσον αφορά το άκουσμά του.

Για το σκοπό αυτό σχεδιάστηκε πρωτότυπη εφαρμογή λογισμικού στο περιβάλλον μουσικού προγραμματισμού Max/Msp που ονομάστηκε G-SS. Επίσης σχεδιάστηκε ένα σύστημα αποτελούμενο από *ηλεκτρική-MIDI κιθάρα, αισθητήρες και MIDI ελεγκτές* που αποτελούν το διάμεσο ελέγχου του εκτεταμένου οργάνου της εφαρμογής μας. Η ηλεκτρική-MIDI κιθάρα χρησιμοποιήθηκε σαν πηγή ήχου (ήχους ηλεκτρικής κιθάρας) και σαν γεννήτρια MIDI μηνυμάτων ελέγχου.

Το περιβάλλον μουσικού προγραμματισμού Max/Msp³¹¹¹ χρησιμοποιήθηκε για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση εκτεταμένων αλγορίθμων σύνθεσης ήχου. Ένα μεγάλο μέρος των παραμέτρων τους ελέγχεται από το διάμεσο ελέγχου του εκτεταμένου οργάνου, ενώ οι υπόλοιπες παράμετροι από το πληκτρολόγιο και το ποντίκι του ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Ο εκτελεστής έχει την δυνατότητα μέσω της εφαρμογής αυτής, να ανακαλύψει πρωτότυπα ηχοχρώματα που δεν θα ήταν δυνατόν να τα παράγει με την χρήση μόνο της ηλεκτρικής κιθάρας. Ακόμη, έχει τον έλεγχο πολλών παραμέτρων, εύκολα και λειτουργικά, καθώς και χρήση νέων τεχνικών, όπως η παρατεταμένη διάρκεια του συνθετικού ήχου (sustain) κατ' επιλογή του χρήστη. Επίσης η χρήση του οργάνου αυτού σε ζωντανές εκτελέσεις μπορεί να αποτελέσει μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική

έκφραση, ειδικά αλλά όχι μόνο, σε άτομα που καταπιάνονται με τον ηχητικό πειραματισμό.

Το άκουσμα που παράγεται από το εκτεταμένο αυτό όργανο είναι πολυεπίπεδο και ποικίλο. Ο χρήστης με 12 γεννήτριες ήχου και επιλογή 4 τύπων κυματομορφής, μπορεί να παράγει ήχους πλούσιους σε αρμονικούς, προγραμματισμένα αρπίσματα και συγχορδίες, κρουστικούς ήχους, καθώς και ήχους χωρίς αρμονικές σχέσεις με συνεχές μεταβαλλόμενο φάσμα. Τους ήχους αυτούς μπορεί να τους διαμορφώνει επιπλέον με την χρήση των αισθητήρων αλλά και των MIDI ελεγκτών.

Ο ήχος της ηλεκτρικής κιθάρας μπορεί να συνηχεί με τον συνθετικό ήχο ή να ηχεί ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλο. Επιπροσθέτως ο συνθετικός ήχος και ο ήχος της κιθάρας μπορούν να επεξεργάζονται σε πραγματικό χρόνο με εφέ σχεδιασμένα μέσα στο περιβάλλον της Max/Msp.

Τέλος η εφαρμογή παρέχει στον χρήστη την δυνατότητα, να «κουρδίζει» τους συνθετικούς ήχους όσα ημιτόνια πάνω και κάτω από το σύνηθες κούρδισμα της κιθάρας (Μι,Λα,Ρε,Σολ,Σι,Μι), επιθυμεί.

Το θεωρητικό μέρος της εργασίας αυτής, αναφέρεται σε γενικότερα θέματα σχεδιασμού αυτού του τύπου των οργάνων, με παραδείγματα από την διεθνή σχετική βιβλιογραφία και γίνεται ανάλυση του σχεδιασμού και των ακουσμάτων του νέου αυτού μουσικού οργάνου.

Στο 1^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι τύποι και η δομή των εκτεταμένων οργάνων και κάποια παραδείγματα, οι τύποι των ελεγκτών που χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε μουσικές εφαρμογές και ειδικότερα αυτών που χρησιμοποιήθηκαν για την εφαρμογή G-SS, καθώς και μια γενική αναφορά του τρόπου αντιστοίχισης των δεδομένων έλεγχου με τις μηχανές σύνθεσης ήχου. Τέλος γίνεται αναφορά σε γενικότερα θέματα σχεδιασμού των νέων ηλεκτρονικών μουσικών οργάνων και ειδικότερα των εκτεταμένων.

Στο 2^ο κεφάλαιο αναλύονται οι ελεγκτικοί μηχανισμοί του οργάνου της εφαρμογής G-SS, περιλαμβάνοντας τις συσκευές και το λογισμικό που την αποτελούν. Ακόμα περιγράφονται η αντιστοίχιση των δεδομένων έλεγχου του οργάνου, με τις μηχανές σύνθεσης ήχου και παρατίθενται διαγράμματα ροής και σχήματα στα οποία απεικονίζονται οι ελεγκτικοί μηχανισμοί και η σύνδεσή τους με τις πηγές ήχου της εφαρμογής.

Στο 3^ο κεφάλαιο περιγράφονται γενικά χαρακτηριστικά των διαφορετικών ακουσμάτων που μπορεί να παράγει το εκτεταμένο μουσικό όργανο και η μέθοδος σύνθεσης ήχου από τους βασικούς ηχογόνους μηχανισμούς, οι πιθανοί συνδυασμοί διαφορετικών ηχητικών μηχανισμών της εφαρμογής, καθώς και κάποια ηχητικά παραδείγματα από μερικούς συνδυασμούς ηχητικών μηχανισμών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην εφαρμογή.

Στο τέλος του κειμένου παρατίθενται παραρτήματα στα οποία αναφέρονται οι οδηγίες χρήσης και εγκατάστασης της εφαρμογής, η συνδεσμολογία των συσκευών που λαμβάνουν μέρος στην σύνθεση του εκτεταμένου οργάνου και ο κατάλογος περιεχομένων του DVD που περιλαμβάνει τα αρχεία της εφαρμογής (patch G-SS, patch reverbody και φωτογραφίες), ηχητικά παραδείγματα και οπτικοακουστική παρουσίαση της εφαρμογής.

1. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΩΝ ΜΟΥΣΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

Σε αυτή την θεματική ενότητα περιγράφονται τα εκτεταμένα μουσικά όργανα και η δομή αυτών των νέων οργάνων, καθώς και οι τύποι ελεγκτών, που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές με σκοπό την εκτέλεση μουσικής. Ειδική αναφορά γίνεται στους τύπους ελεγκτών που χρησιμοποιήθηκαν στην εφαρμογή G-SS.

Επίσης αναφέρεται η έννοια της αντιστοίχισης-χαρτογράφησης, όσον αφορά τη μετάφραση στοιχείων ενός συστήματος από ένα άλλο, στον τομέα της μουσικής και των υπολογιστών, καθώς και θέματα σχεδιασμού των ηλεκτρονικών μουσικών οργάνων και ειδικότερα των εκτεταμένων όσον αφορά τον τρόπο εκτέλεσής τους και την λειτουργικότητά τους.

1.1 ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΑ ΜΟΥΣΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

Τα εκτεταμένα (extended) όργανα, που συχνά αναφέρονται και ως ανεπτυγμένα (augmented), υβριδικά (hybrid) ή υπερόργανα (hyperinstruments), είναι ήδη υπάρχοντα ακουστικά (κάποιες φορές ηλεκτρικά όπως στην εφαρμογή G-SS) μουσικά όργανα που επεκτείνονται με την προσθήκη αισθητήρων ή άλλων εξαρτημάτων, παρέχοντας την δυνατότητα στους εκτελεστές να ελέγχουν περισσότερες ηχητικές ή μουσικές παραμέτρους. Το πρωτότυπο όργανο διατηρεί τα τεχνικά χαρακτηριστικά του, σε βαθμό που να μπορεί να παράγει τους ίδιους ήχους που παρήγαγε και πριν την προσθήκη αισθητήρων, αλλά πλέον με περισσότερες λειτουργίες, οι οποίες μπορούν να αυξήσουν δραματικά της δυνατότητές του.

Σύμφωνα με τους Miranda, E.R., Wanderley, M.M. (2006)¹ οι επεκτάσεις σε ακουστικά όργανα μπορεί να είναι απλές, όπως η προσθήκη αισθητήρων κάμψης (flexion sensors) σε βούρτσες τυμπάνων, αλλά και πολυσύνθετες, όπως στην περίπτωση του υπερτσέλλου (hypercello).

Ακουστικά μουσικά όργανα που έχουν χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία «εκτεταμένων» με την προσθήκη αισθητήρων είναι το φλάουτο, η τρομπέτα, το σαξόφωνο, η κιθάρα, το πιάνο, το κόντρα μπάσο, το βιολί και το τρομπόνι. Δυνητικά κάθε υπαρκτό ακουστικό όργανο θα μπορούσε να επεκταθεί σε διαφορετικά επίπεδα

¹ Miranda, E.R., Wanderley, M.M., *New Digital Musical Instruments: Control and Interaction Beyond the Keyboard*. Middleton, Wisconsin: A-R Editions Inc, 2006 σελ. 21-22

επέκτασης, με προσθήκη αισθητήρων, νέων τρόπων εκτέλεσης και ήχων.

Ένα παράδειγμα εκτεταμένου μουσικού οργάνου με βάση το ηλεκτρικό μπάσο, είναι το SBass (“sensor bass”). Ο Bahn C. (Wanderley 2006 σελ. 22) σχεδίασε αυτό το όργανο, που αποτελείται από ένα όρθιο 5-χορδό ηλεκτρικό μπάσο, προσαρμόζοντας πάνω σε αυτό μερικούς αισθητήρες. Οι αισθητήρες που περιλάμβανε ήταν μία επιφάνεια αφής (touchpad) τοποθετημένη κατά μήκος του σκάφους του μπάσου κάτω από την ταστιέρα, κουμπιά διακόπτες (buttons), αισθητήρες αφής [(θέσης) touch], αισθητήρες πίεσης (FSRs), περιστρεφόμενα (rotary) ποτενσιόμετρα και επιταχυνσιόμετρα (dual-axis accelerometers) 2 αξόνων (2 διαστάσεων) τα οποία αναγνωρίζουν ελαφρές κινήσεις και ταχύτητες. Επίσης έχουν προστεθεί μαγνήτες όπως μικρόφωνο επαφής, σε μικρή απόσταση κάτω από την άκρη του καβαλάρη (bow).

1.2 ΤΟ ΔΙΑΜΕΣΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΟΥΣΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

1.2.1 Συσκευές Εισόδου

Συσκευές εισόδου είναι ο οποιοσδήποτε περιφερειακός, των υπολογιστών, μηχανισμός που χρησιμοποιείται για να παρέχει δεδομένα αλλά και σήματα ελέγχου σε ένα σύστημα επεξεργασίας πληροφοριών². Οποιαδήποτε μηχανή που τροφοδοτεί με δεδομένα έναν υπολογιστή, (π.χ. ένα πληκτρολόγιο) είναι μια συσκευή εισόδου, ενώ μια οθόνη είναι μια συσκευή εξόδου. “Οι συσκευές εισόδου, εκτός από το πληκτρολόγιο, αναφέρονται μερικές φορές και ως εναλλακτικές συσκευές εισόδου.”³

Ο Roads, C. (1996)⁴ αναφέρει ότι ένας μουσικός παίζοντας ένα ακουστικό όργανο πρέπει να τροφοδοτεί ενέργεια και για τον έλεγχο του οργάνου αλλά και για την παραγωγή του ήχου του. Κάποια όργανα είναι από την κατασκευή τους πιο δύσκολα στην εκτέλεση τους. Για παράδειγμα, τα μεγάλα σε όγκο όργανα με χαμηλά κουρδίσματα (π.χ. μπάσο σαξόφωνο, κόντρα μπάσο, τούμπα κ.α.) απαιτούν περισσότερη δύναμη κατά την εκτέλεση και μπορεί να χρειαστεί να επεκτείνει

² http://en.wikipedia.org/wiki/Input_devices [accessed 9/6/2009]

³ http://www.webopedia.com/TERM/I/input_device.html [accessed 9/6/2009]

⁴ Roads, C., *The Computer Music Tutorial*. Cambridge, MA: MIT Press, 1996 σελ. 619-620

αρκετά ο μουσικός τις κινήσεις του, ώστε να πετύχει την σωστή τονικότητα. Κάποια ακουστικά όργανα είναι δύσκολα στην εκτέλεση τόνων, χαμηλόφωνα. Κάποια άλλα είναι δύσκολα στην εκτέλεση τόνων σε υψηλή ένταση. Εξαιρετικά υψηλές ή χαμηλές τονικότητες μπορεί να χρειαστούν αρκετή προσπάθεια για να παραχθούν από τον εκάστοτε εκτελεστή και στις περισσότερες περιπτώσεις δεν παράγονται καν.

Σύμφωνα με τον Snell, J. (Roads 1999 σελ. 620) η είσοδος της ηλεκτρονικής τεχνολογίας με τον σχεδιασμό νέων τύπων οργάνων είχε μεγάλη απήχηση από το κοινό των καλλιτεχνών. Οι συσκευές εισόδου μετατρέπουν ανθρώπινες κινήσεις σε ηλεκτρικό σήμα (ψηφιακό ή αναλογικό). Αυτή η μετατροπή διαθέτει δύο πλεονεκτήματα.

Το πρώτο είναι ότι οι ηλεκτρονικές συσκευές εισόδου ξεχωρίζουν τον έλεγχο από την παραγωγή του ήχου. Διαφορετικές συσκευές εισόδου μπορούν να ελέγχουν την ίδια γεννήτρια ήχου. Αυτό σημαίνει επιπλέον μουσικές δυνατότητες. Με τη χρήση ηλεκτρονικών οργάνων, ένας απλός ελεγκτής σε μορφή πνευστού για παράδειγμα, μπορεί να παράγει χαμηλές τονικότητες, τόσο εύκολα όσο και τις υψηλές. Η δημιουργία εξαιρετικά υψηλών ή χαμηλών τονικοτήτων απαιτεί ελάχιστη προσπάθεια από τον εκτελεστή, εφόσον ο έλεγχος είναι ηλεκτρονικός. Προφανώς η διαφοροποίηση του ελεγκτικού μηχανισμού από την παραγωγή του ήχου έχει μία αρνητική πλευρά, την μειωμένη αίσθηση σε συνάρτηση με την ιδιαιτερότητα κάποιων ηχοχρωμάτων.

Το δεύτερο πλεονέκτημα των ηλεκτρονικών συσκευών εισόδου, αφορά τα κουρδίσματα και την ευελιξία στην παραγωγή διαφορετικών ηχοχρωμάτων. Η αλλαγή μιας τονικής κλίμακας είναι ζήτημα πατήματος ενός διακόπτη. Κάποια ηλεκτρονικά όργανα επιτρέπουν στο χρήστη να δημιουργήσει τις δικές του κλίμακες.

Οι Miranda, E.R., Wanderley M.M. (2006 σελ. 32-86) προτείνουν την ακόλουθη κατηγοριοποίηση ηλεκτρονικών συσκευών εισόδου που έχουν χρησιμοποιηθεί σε μουσικές εφαρμογές:

- **Συσκευές αφής:** Οποιαδήποτε συσκευή μετατρέπει τις διαφορετικού τύπου χειρονομίες μπορεί να είναι μια συσκευή αφής. Κάποιες εντοπίζουν τη θέση και πίεση των δάχτυλων πάνω σε μια επιφάνεια. Ένα από αυτά είναι το Pebble Box⁵, και το Continuum⁶.

⁵ <http://www.sarc.qub.ac.uk/~somodhrain/palpable/projects.html> [accessed 9/6/2009]

- **Συσκευές που αναγνωρίζουν την κίνηση των ποδιών:** Υπάρχουν τρεις επιλογές σχετικά με την αναγνώριση της κίνησης των ποδιών, με τη χρήση κάμερας (είτε με μια κανονική κάμερα ή με μια υπέρυθρη κάμερα τοποθετώντας σημάδια πάνω στα πόδια ή στα παπούτσια), με τη χρήση μιας επιφάνειας με ελεγκτές ή με κάποιο ειδικής κατασκευής πάτωμα, με τη χρήση ελεγκτών σε συγκεκριμένα σημεία στα παπούτσια ή στις μπότες. Ένα παράδειγμα από τέτοιες κατασκευές είναι το Cyberboots (Wanderley 2006 σελ. 60).
- **Συσκευές που μετατρέπουν τις κινήσεις του στόματος:** Αυτές οι συσκευές αντιλαμβάνονται το σχήμα της στοματικής κοιλότητας, τις εκφράσεις του προσώπου και τη θέση της γλώσσας, των χειλιών και / ή των φρυδιών. Τέτοιο παράδειγμα είναι το Mouthsizer⁷.
- **Απτικές συσκευές εισόδου με ανατροφοδότηση αφής⁸:** Η αίσθηση της αφής έχει σχέση με την αντίληψη των επιφανειών. Οι δέκτες που διανέμονται άνισα στο δέρμα και στους υποδόριους ιστούς είναι ευαίσθητοι στις πληροφορίες αφής, ως παράδειγμα αναφέρονται οι θερμικοί και μηχανικοί δέκτες οι οποίοι είναι ευαίσθητοι στη μηχανική δόνηση, στο τέντωμα του δέρματος και στην ανατροφοδότηση της αφής. Δηλαδή, στοχεύει στο να κινηθούν οι δέκτες αφής που κατανέμονται στο δέρμα, ενώ η δύναμη ανατροφοδότησης στοχεύει στη δημιουργία των δυνάμεων που γίνονται αισθητές από τους δέκτες κινήσεων στους μυς και τους τένοντες. Οι απτικές συσκευές μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες αφής. Στους προσομοιωτές και τις συσκευές με ανατροφοδότηση.
- **Συσκευές με μαγνήτες:** Είναι αυτές που χρησιμοποιούν μαγνήτες, έχουν μεγαλύτερη ακρίβεια σε σχέση με αυτές που λειτουργούν με υπερήχους και από αυτές που λειτουργούν με κάποια οπτική επαφή. Ένας από τους περιορισμούς τους είναι η ευαισθησία τους στα μεταλλικά αντικείμενα. Μια τέτοια συσκευή είναι το Polhermus Fasttrack και το Flock of Birds in Pointing Fingers⁹.

⁶ [http://en.wikipedia.org/wiki/Continuum_\(instrument\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Continuum_(instrument)) [accessed 9/6/2009]

⁷ <http://www.kasrl.org/mouthsizer.html> [accessed 9/6/2009]

⁸ <http://www.sensable.com/haptic-phantom-omni.htm> [accessed 9/6/2009]

⁹ <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1085714.1085758> [accessed 9/6/2009]

- **Συσκευές που βασίζονται στην οπτική επαφή:** Οι συσκευές αυτές έχουν τρεις παραμέτρους ελευθερίας κινήσεων στο χώρο. Χρησιμοποιούν LED ή και κάμερες για να βρουν τη θέση ενός δείκτη στο χώρο (x, y, z). Το LED μετατρέπει το ηλεκτρικό ρεύμα σε υπέρυθρο φως. Επειδή χρησιμοποιούν ενεργούς δείκτες, αυτά τα συστήματα χρειάζονται καλώδια για να μεταβιβάσουν την ενέργεια στα LED, έτσι ώστε να μπορούν να στείλουν τα υπέρυθρα σήματα στην κάμερα. Ένα παράδειγμα τέτοιου συστήματος είναι το Northern Digital Optotrak 3020¹⁰ και το Phoenix Technologies Visualeyerz. Και τα δύο αυτά συστήματα χρησιμοποιούν τρεις κάμερες τοποθετημένες σε μπάρες, καλούμενα ως ‘‘ιχνηλάτες’’ (trackers) [Wanderley 2006 σελ. 85].

1.2.2 Μετατροπείς, Αισθητήρες και Ενεργοποιητές

Για την μεταβίβαση πληροφοριών από τις κινήσεις του σώματος, από άσκηση δυνάμεων και γενικότερα οποιασδήποτε μορφής ενέργειας, είναι συχνά απαραίτητη η χρήση συσκευών που συλλαμβάνουν τα φαινόμενα αυτά, και τα μεταφέρουν σε μορφή ηλεκτρικού σήματος. Τέτοιες συσκευές είναι ευρέως διαδεδομένες ως αισθητήρες (sensors) και μετατροπείς (transducers).

Ενίοτε οι όροι αισθητήρες και μετατροπείς χρησιμοποιούνται ως όροι κοινής εννοιολογικής σημασίας, αλλά δεν είναι συνώνυμοι. Τεχνικά ο transducer είναι μετατροπέας μιας μορφής ενέργειας σε μία άλλη. Είναι προφανές ότι η φύση ενέργειας της εισόδου, που δέχεται ο μετατροπέας, και της εξόδου που μεταφέρει, δεν είναι ίδιες. Για παράδειγμα ένα μεγάφωνο είναι ένας μετατροπέας επειδή μετατρέπει ηλεκτρικά σήματα σε ακουστικά κύματα (ήχου) [Wanderley 2006 σελ. 103-104].

Ο αισθητήρας είναι μία συσκευή που ανταποκρίνεται σε εξωτερικά ερεθίσματα, παράγοντας ηλεκτρικά σήματα. Σύμφωνα με τον Fraden (Wanderley 2006 σελ. 104) τεχνικά είναι μία συσκευή που μετατρέπει κάποια μορφή ενέργειας, σε ηλεκτρική ενέργεια. Ενώ κατά τον Smith, R.L. (Wanderley 2006 σελ. 104) οι περισσότεροι αλλά όχι όλοι οι αισθητήρες είναι μετατροπείς που απασχολούν έναν ή περισσότερους μηχανισμούς για να παράγουν ηλεκτρικά σήματα εξόδου. Για παράδειγμα ένα

¹⁰ <http://www.ndigital.com/lifesciences/3020.php> [accessed 9/6/2009]

μικρόφωνο είναι αισθητήρας, επειδή μετατρέπει ακουστικά κύματα σε ηλεκτρικά σήματα. Ο ενεργοποιητής (actuator) είναι μία συσκευή που μετατρέπει ηλεκτρική ενέργεια σε άλλου τύπου ενέργεια. Συνεπώς είναι ένας μετατροπέας ο οποίος μπορεί να θεωρηθεί αντίθετος μηχανισμός του αισθητήρα. Ένα παράδειγμα είναι το μοτέρ που μετατρέπει ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική κίνηση. Τέτοιου τύπου συσκευές δεν χρησιμοποιήθηκαν στην εφαρμογή G-SS.

Αισθητήρες που χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε μουσικές εφαρμογές είναι οι ακόλουθοι, όπως αναφέρουν Miranda, E.R., Wanderley M.M. (2006 σελ. 109-110):

- Πίεσης [Force-Sensitive Resistors (FSRs)]
- Στρέβλωσης πάχους (Strain Gauges)
- Κάμψης (Bend Sensors)
- LuSense Standard CPS2 155 και 1642 Linpots
- Ροοστάτες γραμμικής και περιστρεφόμενης κίνησης [linear (faders) και rotary potentiometers]
- Αφής σε γραμμική θέση (Tactile linear position sensors)
- Πιεζοηλεκτρικοί (Piezoelectric)
- Υπερηχητικοί (Ultrasound)
- Υπέρυθροι (IR)
- Οπτικοί (Visible light-Sensing devices)
- Επίδρασης Χώρου (Hall Effect Sensor)
- Μαγνήτες Επαφής (Magnetic tag)
- Ψηφιακά καμπυλόμετρα [Magnetoresistive Sensors (or digital compasses)]
- Πυκνωτικοί (Capacitive)
- Επιταχυνσιόμετρα (Accelerometers)
- Γυροσκόπια (Gyroscopes)
- Κλισιόμετρα και διακόπτες υδραργύρου (Tilt sensors και Mercury switches)
- Πίεσης Αέρος (Air Pressure Sensors)
- Άλλοι Τύποι Αισθητήρων: Συστήματα βασισμένα σε Εικόνα (Vision-Based Systems), θερμότητας (Temperature), υγρασίας (Humidity), πλήκτρα πίεσης 2 καταστάσεων λειτουργίας (Discrete Keys ή αλλιώς on-off pressure sensors),

διακόπτες 2 καταστάσεων (switch on/off)¹¹, κωδικοποιητές περιστρεφόμενης κίνησης (Rotary Encoders), διαμορφωτές γραμμικής μεταβολής διαφορικού [Linear variable differential transformers (LVDTs)], Νευρικών Συσπάσεων (Galvanic Skin Response Sensors), Ανιχνευτής φαινομένου Doppler (Doppler radars) και μικρόφωνα (microphones)

Παρακάτω αναλύονται οι αισθητήρες επιτάχυνσης και τύπου διακόπτη που χρησιμοποιούνται συγκεκριμένα στην εφαρμογή G-SS αλλά και σε πολλές άλλες εφαρμογές.

Επιταχυνσιόμετρο¹²: Ένας από τους πιο συνήθεις τύπους αισθητήρων αδράνειας (inertial sensor) είναι το επιταχυνσιόμετρο, το οποίο αποτελεί δυναμικό αισθητήρα με μεγάλο εύρος απόκρισης σε εξωτερικά ερεθίσματα. Τα επιταχυνσιόμετρα διατίθενται με την δυνατότητα αναγνώρισης του μεγέθους της επιτάχυνσης σε ένα, δύο ή τρεις ορθογώνιους άξονες (μία, δύο ή τρεις διαστάσεις). Τυπικά χρησιμοποιούνται σε μία από τις τρεις λειτουργίες που αναφέρονται παρακάτω:

- Ως μετρητές αδράνειας της ταχύτητας (velocity) και της θέσης (position) [λειτουργία που έχουν και οι αισθητήρες επιτάχυνσης (2d-gforce sensors)¹³ στην εφαρμογή G-SS]
- Ως αισθητήρες κλίσης, καμπύλωσης ή προσανατολισμού (inclination, tilt, orientation) σε δύο ή τρεις διαστάσεις, όπως περιγράφεται με την επιτάχυνση της βαρύτητας [acceleration of gravity ($1g = 9.8m/s^2$)]
- Ως αισθητήρες δόνησης (vibration) ή κραδασμού (impact)

Οι πιο διαδεδομένοι αναλογικοί τύποι επιταχυνσιομέτρων βάσει κατασκευής είναι οι πυκνωτικοί και οι πιεζοηλεκτρικοί.

¹¹ http://www.sensorwiki.org/doku.php/sensors/on-off_switch [accessed 9/6/2009]

¹² <http://www.sensorwiki.org/doku.php/sensors/accelerometer> [accessed 9/6/2009]

¹³ <http://www.eowave.com/products.php?prod=6> [accessed 9/6/2009]

Τα βασικά χαρακτηριστικά ενός επιταχυνσιομέτρου είναι τα εξής:

- Αναλογικό ή Ψηφιακό
- Αριθμός Διαστάσεων
- Εύρος τιμών εξόδου (maximum swing)
- Ευαισθησία (Sensitivity)
- Εύρος Ζώνης (Bandwidth)
- Σταθερότητα του Πλάτους Έντασης (Amplitude Stability)

Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό ενός επιταχυνσιομέτρου σε μία εφαρμογή είναι ο τύπος εξόδου του. Αναλογικά επιταχυνσιόμετρα παράγουν μεταβαλλόμενη ηλεκτρική τάση ανάλογη με το μέγεθος της επιτάχυνσης που δέχονται (όπως οι αισθητήρες της εφαρμογής G-SS). Τα ψηφιακά επιταχυνσιόμετρα παράγουν μεταβαλλόμενη συχνότητα τετραγωνικής κυματομορφής (Square Wave) γνωστή ως μέθοδος Διαμόρφωσης Παλμικού Εύρους (Pulse-Width Modulation). Τα ψηφιακά επιταχυνσιόμετρα λειτουργούν σε μία συγκεκριμένη συχνότητα, τυπικά 1000 Hz. Η τιμή της επιτάχυνσης είναι ανάλογη με το Εύρος Παλμού, του σήματος Διαμόρφωσης.

Διακόπτης 2 καταστάσεων¹¹: Ο πιο απλός και ανθεκτικός στην κατασκευή, ο αισθητήρας τύπου διακόπτη (on/off switch), που καλείται επίσης και ως δυαδικός διακόπτης (binary) ή απλά κουμπί (button), είναι ίσως ο πιο διαδεδομένος ελεγκτής από την εποχή ανακάλυψης της ηλεκτρονικής τεχνολογίας. Συχνά εφαρμόζεται σε πειραματικά όργανα όπως στους ελεγκτές (controllers) συνθετητών (synthesizers), σε πλήκτρα (keyboards), σε διάφορων ειδών συσκευές και σε πολλές εφαρμογές που δεν έχουν απαραίτητα άμεση σχέση με τον ήχο ακόμα και στα πληκτρολόγια των υπολογιστών. Αξίζει να σημειωθεί ότι δυαδικοί διακόπτες δεν χρησιμοποιούνται σε ακουστικά όργανα όπως στην περίπτωση του πιάνου που το δυναμικό εύρος που μπορούν να καλύψουν τα πλήκτρα του, είναι πολύ μεγαλύτερο από δύο καταστάσεις.

Ο διακόπτης 2 καταστάσεων λειτουργεί επιτρέποντας ή αποτρέποντας την ροή του ηλεκτρικού ρεύματος, με την μετακίνηση 2 μετάλλων εντός ή εκτός επαφής. Οι δύο καταστάσεις που μπορεί να βρισκεται είναι:

- φυσιολογικά ανοιχτός [Normally Open (NO)]
- φυσιολογικά κλειστός [Normally Closed (NC)]

1.2.3 Ψηφιοποιητές - Συσκευές Διεπαφής Αισθητήρων

Σε πολλές εφαρμογές που χρησιμοποιούνται αισθητήρες, είναι απαραίτητη η χρήση συσκευών για την αποδοχή των πληροφοριών που στέλνουν οι αισθητήρες, από συστήματα που λαμβάνουν άλλη μορφή πληροφορίας. Αυτές οι συσκευές που χρησιμοποιούνται ευρύτατα ονομάζονται ψηφιοποιητές (digitizers). Οι πιο διαδεδομένες τέτοιου είδους συσκευές είναι οι μετατροπείς DC τάσης σε κωδικοποίηση MIDI (Analog to MIDI Interfaces) και οι Μετατροπείς DC τάσης σε OSC [Analog to OSC (Open Sound Control) Interfaces].

Κάποια από τα βασικά χαρακτηριστικά των μετατροπέων DC τάσης σε κωδικοποίηση MIDI είναι τα ακόλουθα:

- Ο μέγιστος αριθμός αναλογικών εισόδων που διατίθενται συνήθως είναι μεταξύ 8 και 32
- Διαθέσιμες Ψηφιακές Είσοδοι [επιτρεπτές για την διάταξη (configuration) του Interface ή για πληροφορίες ενεργοποίησης/απενεργοποίησης από διακόπτες] και Ψηφιακές Έξοδοι
- Μέγιστη Συχνότητα Δειγματοληψίας (Sampling Frequency) πάνω από 1kHz. Η Μέγιστη Συχνότητα Δειγματοληψίας ανά είσοδο εξαρτάται από τον αριθμό των ενεργών εισόδων και της περιορισμένης ταχύτητας του MIDI Πρωτόκολλου.
- Ανάλυση σε 7, 10, 12 ή 14 bits
- Διαθέσιμες έξοδοι MIDI και άλλων πρωτόκολλων, όπως παράλληλες Ψηφιακές Έξοδοι
- Διαθεσιμότητα πολλαπλών ανεξάρτητων MIDI εξόδων, βελτιώνοντας τον τρόπο μετατροπής (Conversion Rate) του Interface.
- Λογισμικό (software) εγκατάστασης για ρυθμίσεις των λειτουργικών χαρακτηριστικών (Operational features)

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η ταχύτητα και η ανάλυση των μετατροπών αναλογικού ηλεκτρικού σήματος σε κωδικοποίηση MIDI είναι περιορισμένη από τις προδιαγραφές του MIDI Πρωτόκολλου και όχι απαραίτητα από τις δυνατότητες των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων. Παραδείγματα τέτοιων μετατροπών σύμφωνα με τους Miranda, E.R., Wanderley M.M. (2006) είναι τα ακόλουθα:

- SensorLab, κατασκευασμένο από το STEIM (Ολλανδία)
- MicroLab, συστημα βασισμένο στο SensorLab
- Digitizer/I-Cube, κατασκευασμένο από τα Infusion Systems (Καναδάς)
- MiniDig, νεότερη και μικρότερη εκδοχή του Digitizer από τα Infusion Systems
- Wi-miniDig, έκδοση Bluetooth του MiniDig
- AtoMIC Pro, κατασκευασμένο από το IRCAM (Γαλλία)
- Eobody, σύστημα που προέρχεται από το AtoMIC Pro, κατασκευασμένο από την Eowave (Γαλλία) [χρησιμοποιήθηκε στην εφαρμογή G-SS]
- MIDICreator από το πανεπιστήμιο της Υόρκης (Ηνωμένο Βασίλειο)
- Kit PAiA, κατασκευασμένο από την PAiA Electronics (ΗΠΑ)
- MidiBox, από το Notam (Νορβηγία)
- MidiTron, από την Eroktronix (ΗΠΑ)
- Pocket Electronics, από την Doerfer Musikelektronik (Γερμανία)

Οι Μετατροπείς DC τάσης σε OSC είναι πρόσφατη ανακάλυψη. Παραδείγματα τέτοιων Μετατροπών είναι τα ακόλουθα:

- Toaster, από την La Kitchen (Γαλλία)
- Kroonde, ασύρματο Interface από την La Kitchen
- Ethersense, από το IRCAM (Γαλλία)

Αυτές οι νέες συσκευές, παρέχουν γενικά περισσότερες δυνατότητες στον χρήστη εκτός από αυτό κάθε αυτό το πρωτόκολλο, για παράδειγμα αυξημένη ανάλυση. Επίσης, η μετάδοση του ασύρματου σήματος είναι κοινή στις συσκευές Analog to OSC.

1.2.4 MIDI Ελεγκτές

Ο MIDI ελεγκτής είναι συσκευή (hardware) ή εικόνα (συνήθως με τη μορφή ροοστάτη) σε λογισμικό (software), που παράγει και μεταδίδει MIDI πληροφορία, σε συσκευές που αναγνωρίζουν το MIDI πρωτόκολλο και έχει την δυνατότητα να επηρεάσει κάποιες παραμέτρους αυτών¹⁴. Ως συσκευή, αυτός ο ελεγκτής είναι όργανο που αποτελείται και από αισθητήρα και από μετατροπέα. Ο αισθητήρας ανταποκρίνεται στις εκφραστικές ενέργειες ενός εκτελεστή και ο μετατροπέας κωδικοποιεί το σήμα του αισθητήρα σε MIDI πληροφορία.

Ελεγκτής με τη μορφή Κιθάρας

Η κιθάρα είναι ένα από τα δημοφιλέστερα όργανα στον κόσμο. Οι δυνατότητες των συνθετητών αλλά και του πρωτόκολλου MIDI γενικότερα, δημιούργησαν την ανάγκη σε μεγάλη μερίδα κιθαριστών να μπορέσουν να αξιοποιήσουν τις δυνατότητες αυτές, μέσω του οργάνου τους. Το μεγάλο μέγεθος αγοραστικού κοινού κιθαριστών, σε συνάρτηση με την ανάγκη αυτή, οδήγησε τις εταιρίες κατασκευής μουσικών οργάνων στην παραγωγή MIDI ελεγκτών σε μορφή Κιθάρας, που κυκλοφόρησαν σύντομα στην αγορά, μετά τα MIDI Πλήκτρα (MIDI Keyboards)¹⁵. Ωστόσο δεν υπάρχει ακόμα και σήμερα, τέλειος τρόπος να σχεδιαστεί μια κιθάρα για να παράγει MIDI πληροφορία. Πολλοί τύποι τέτοιων controllers εμφανίστηκαν κατά καιρούς, οι περισσότεροι όμως από αυτούς αν και πολλά υποσχόμενοι, δεν κατάφεραν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις των επαγγελματιών μουσικών.

Ο πιο απλός τρόπος κατασκευής MIDI κιθάρας γίνεται με την χρήση **Μετατροπέα Τονικού Ύψους σε κωδικοποίηση MIDI (Pitch to MIDI Converters)**, σε κανονική ηλεκτρική ή ακουστική κιθάρα.

Παραπλήσια λειτουργία με τις συσκευές που μετατρέπουν DC τάση σε κωδικοποίηση MIDI και αντλούν πληροφορίες από αισθητήρες, έχει η συσκευή που μετατρέπει τονικό ύψος σε MIDI πληροφορία. Η συσκευή αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί με οποιοδήποτε μουσικό όργανο ή συσκευή που παράγει ακουστικό

¹⁴ http://en.wikipedia.org/wiki/MIDI_controller [accessed 9/6/2009]

¹⁵ Χουσιδής Χρίστος, *MIDI Πρωτόκολλο*, Ρέθυμνο (χ.χ.)

σήμα με αρμονική σχέση και συγκεκριμένο τονικό ύψος, συμπεριλαμβανομένης και της ανθρώπινης φωνής (στην εφαρμογή G-SS χρησιμοποιείται συσκευή για την μετατροπή του Τονικού Ύψους της Ηλεκτρικής Κιθάρας σε MIDI πληροφορία).

Δέχεται σήμα από μικρόφωνο ή Line είσοδο, το οποίο επεξεργάζεται με fft (Fast Fourier Transform) ανάλυση. Με την ανάλυση αυτή, εντοπίζει την θεμελιώδη συχνότητα και την κωδικοποιεί στο MIDI μήνυμα που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο αριθμό νότας (note number κατά το MIDI πρωτόκολλο). Η ένταση του σήματος κωδικοποιείται στο MIDI μήνυμα που αντιστοιχεί στη δυναμική του εκτελεστή (velocity κατά το MIDI πρωτόκολλο). Ένα βασικό πρόβλημα στη σχεδίαση των μετατροπέων αυτών είναι στο να καθοριστεί το πώς θα αποκρίνονται στους συνεχείς φυσικούς ήχους που μεταβάλλονται τονικά και δυναμικά. Οι πιο πολύπλοκοι μετατροπείς αφήνουν το χρήστη να αποφασίσει ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε εφαρμογής, εάν:

- Θα παράγουν μήνυμα ενεργοποίησης νότας (note on κατά το MIDI πρωτόκολλο) με ένα συγκεκριμένο αριθμό νότας και στη συνέχεια θα ακολουθούν τις αλλαγές δημιουργώντας μηνύματα Τονικής διολίσθησης (pitch Bend κατά το MIDI πρωτόκολλο), κάθε φορά που η τονικότητα θα μεταβάλλεται πέρα από ένα συγκεκριμένο σημείο
- Θα δημιουργούν ένα καινούργιο μήνυμα ενεργοποίησης νότας με ένα νέο αριθμό κάθε φορά που η τονικότητα θα μεταβάλλεται πέρα από ένα συγκεκριμένο σημείο
- Οι μεταβολές της έντασης της χορδής κατά το παίξιμο θα ενεργοποιούν τον ελεγκτή έντασης (ελεγκτής 07 κατά το MIDI πρωτόκολλο)
- Οι μεταβολές της έντασης της χορδής κατά το παίξιμο θα ενεργοποιούν ένα νέο μήνυμα ενεργοποίησης νότας με τον ίδιο αριθμό νότας αλλά διαφορετική δυναμική (velocity)

Ένα άλλο μεγάλο πρόβλημα για τους μετατροπείς είναι το σωστό φιλτράρισμα των ήχων. Ήχοι πολύ πλούσιοι σε αρμονικούς μπορούν να μπερδέψουν το μετατροπέα και να ερμηνεύσει τον ήχο σε διαφορετική, συνήθως ψιλότερη οκτάβα ή σε νότες που συνήθως έχουν αρμονική σχέση με τη θεμελιώδη.

Ο μετατροπέας στην περίπτωση του MIDI ελεγκτή με τη μορφή κιθάρας, αφού ανιχνεύσει τη θεμελιώδη συχνότητα δόνησης της χορδής, την μετατρέπει σε MIDI μηνύματα ενεργοποίησης νότας (note on) με δυναμική (velocity) που είναι ανάλογη του πλάτους ταλάντωσης της χορδής.

Όταν η θεμελιώδης συχνότητα μετατοπισθεί τονικά, είτε από το τράβηγμα της χορδής, είτε από την δημιουργία τεχνικής vibrato, ένα MIDI μήνυμα τονικής ολίσθησης (Pitch Bend) θα μεταδοθεί από την συσκευή. Στην περίπτωση πολύ μεγάλης τονικής μετατόπισης, με την ολίσθηση του δακτύλου κατά μήκος της χορδής (glissando), ένα καινούργιο μήνυμα ενεργοποίησης νότας θα παραχθεί ενώ όταν το πλάτος ταλάντωσης της χορδής φθίνει κάτω από κάποιο όριο τότε παράγεται το μήνυμα απενεργοποίησης νότας (note off).

Η παραπάνω διαδικασία δεν γίνεται απλά και συχνά δημιουργούνται προβλήματα. Ο μετατροπέας για να ανιχνεύσει με ακρίβεια την τιμή της συχνότητας ταλάντωσης της χορδής χρειάζεται να αναμένει την ολοκλήρωση μερικών κύκλων ταλάντωσης. Αυτή η αναμονή για τις μπάσες χορδές (π.χ. η χαμηλή Μι που ανοιχτή δονείται στα 83 Hz), διαρκεί περίπου 27 milliseconds, χρόνος που είναι αρκετά μεγάλος σε διάρκεια, από την αρχή διέγερσης της ταλάντωσης της χορδής μέχρι τη παραγωγή του MIDI μηνύματος. Επίσης η συχνότητα ταλάντωσης της χορδής μπορεί να μεταβληθεί όταν ολοκληρωθεί η ταλάντωση ή όταν ο εκτελεστής διακόψει την ταλάντωση πριν αυτή, ολοκληρωθεί. Αυτή η μεταβολή μπορεί να επιφέρει την παραγωγή ανεπιθύμητων ήχων, αποτελέσματα τα οποία ο μετατροπέας πρέπει να φιλτράρει. Τα προαναφερθέντα ελαττώματα του συγκεκριμένου τρόπου κατασκευής MIDI κιθάρας, οδήγησαν στην δημιουργία διάφορων εναλλακτικών μεθόδων μετατροπής του ήχου της κιθάρας σε MIDI πληροφορία.

Μια χαρακτηριστική τέτοια μέθοδος χρησιμοποιεί μια ειδική κιθάρα που έχει όλες τις χορδές στο ίδιο διαμέτρημα (άρα και ίδιο κούρδισμα), ενώ στα τάστα έχει αισθητήρες πίεσης που ανιχνεύουν την πίεση του δακτύλου. Το note on μήνυμα παράγεται με την κρούση της χορδής, το velocity αντιστοιχεί στο πλάτος ταλάντωσης της ανάλογο με τις δυναμικές του εκτελεστή, ενώ το note number ορίζεται από τους αισθητήρες που ενεργοποιεί ο εκτελεστής πιέζοντας τα τάστα. Τα ελαττώματα του οργάνου αυτού, είναι ότι δεν μπορεί να παράγει ήχο κανονικής ηλεκτρικής κιθάρας και η δυσάρεστη αίσθηση που προκαλεί σε ένα κιθαρίστα η μπάσα χορδή πολύ μικρής διαμέτρου 9mm.

Τα ίδια προβλήματα που εμφανίζονται στην MIDI κιθάρα υπάρχουν και στα MIDI βιολιά. Οι περισσότεροι ωστόσο ελεγκτές και στις 2 κατηγορίες χρησιμοποιούν μετατροπείς τονικού ύψους σε MIDI πληροφορία.

Ελεγκτής Διακόπτης σε μορφή Πεντάλ

Είναι διακόπτης που φέρει όλα τα χαρακτηριστικά του αισθητήρα τύπου διακόπτη 2 καταστάσεων, με την μόνη ιδιομορφία ότι λειτουργεί ως πεντάλ με το πάτημα του ποδιού (χρησιμοποιήθηκε στην εφαρμογή G-SS σε διάφορες λειτουργίες του οργάνου).

Ελεγκτής Συνεχών MIDI μηνυμάτων σε μορφή Πεντάλ

Αυτός ο ελεγκτής μεταφέρει συνεχόμενα MIDI μηνύματα σε ένα εύρος ακέραιων τιμών από 0 έως 127 (κατά το πρωτόκολλο MIDI). Τέτοιου είδους πεντάλ έχουν 128 διακριτές καταστάσεις. Με την πίεση του πεντάλ, ο εκτελεστής ορίζει τιμές που μεταβάλλονται, ανάλογα με τη θέση που βρίσκεται αυτό, ανάμεσα στις 128 καταστάσεις (χρησιμοποιήθηκε και αυτός ο τύπος ελεγκτή μέσα στην εφαρμογή).

1.3 ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΗΣΗ, ΑΚΟΥΣΜΑ, ΤΡΟΠΟΙ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ

Ο όρος αντιστοίχιση (Mapping) χρησιμοποιείται σε διάφορους τομείς όπως, για παράδειγμα, στη βιολογία και στη νευρολογία, στα μαθηματικά, στον τομέα των υπολογιστών αλλά και στη γλωσσολογία, και την ψυχολογία. Στον τομέα της μουσικής και των υπολογιστών είναι «οποιαδήποτε αλγοριθμική ή δομική διαδικασία που περιλαμβάνει τη μετάφραση στοιχείων»¹⁶.

Ουσιαστικά ο όρος Mapping είναι η διαδικασία της αντιστοίχισης των στοιχείων μεταξύ τους. Η αντιστοίχιση χρησιμοποιείται ως πρώτο βήμα για την ενοποίηση των δεδομένων. Σύμφωνα με τα λεγόμενα των Miranda, Wanderley (2006), «Μόλις τα δεδομένα από τις κινήσεις είναι διαθέσιμα, είτε άμεσα από τους αισθητήρες είτε ως αποτέλεσμα των τεχνικών επεξεργασίας σήματος, κάπως πρέπει να τα συνδέσουμε

¹⁶ [WWW], <http://www.ears.dmu.ac.uk/spip.php?rubrique384> [accessed 9/6/2009]

επάνω στις παραμέτρους του συνθετητή που θα χρησιμοποιηθεί για να παραγάγει τους ήχους. Αυτή η αντιστοίχιση είναι το “mapping”¹. Σύμφωνα με τον Roads Curtis (1999 σελ. 625) τα μηνύματα που στέλνονται από ψηφιακές συσκευές εισόδου είναι μια συνεχής ροή από δυαδικούς αριθμούς. Ένας μικροεπεξεργαστής εσωτερικά ενός συνθετητή-αποδέκτη των μηνυμάτων, αποκωδικοποιεί την «ροή» αυτή πριν δοθεί η εντολή στην γεννήτρια σύνθεσης για να παράγει ήχο. Η διάσπαση της συσκευής εισόδου από την παραγωγή του ήχου επιτρέπει την επεξεργασία και αντιστοίχιση των πληροφοριών που στέλνει η συσκευή αυτή, με διαφορετικούς τρόπους.

Η επεξεργασία μπορεί να μορφοποιήσει την πληροφορία, με συμπίεση (compression), επέκταση (expansion), οριοθέτηση (limiting), ομαλοποίηση (smoothing) ή κβαντοποίηση (quantizing) και πολλές άλλες διαδικασίες. Επίσης η πληροφορία μπορεί να υποστεί ανάλυση για αλλαγή ρυθμού (rate of change), χρονική καθυστέρηση (delay effect), συνέλιξη (convolution) ή παραμόρφωση (distortion) με γραμμικούς ή μη γραμμικούς μετασχηματισμούς (linear, nonlinear transforms).

Τέσσερις προσεγγίσεις που αφορούν τις παραμέτρους ενός μηχανισμού και τη σχέση του με τις παραμέτρους του άλλου ¹⁷, είναι οι εξής:

- Ένα προς Ένα: ένας συνθετητής οδηγείται από μια παράμετρο – είσοδο
- Ένα προς Πολλά: όπου μια παράμετρος μπορεί να επηρεάσει διάφορες παραμέτρους σύνθεσης συγχρόνως
- Πολλά προς Ένα: όπου μια παράμετρος σύνθεσης οδηγείται από δύο ή περισσότερες παραμέτρους. Και ο συνδυασμός τους που μας δίνει το,
- Πολλά προς Πολλά

Στην περίπτωση της εφαρμογής G-SS η αντιστοίχιση των δεδομένων ελέγχου με τους συνθετητές είναι η προσέγγιση πολλών προς πολλά (σχήματα 2.18 – 2.21).

Ο ήχος του οργάνου της εφαρμογής G-SS διατηρεί όλα τα χαρακτηριστικά του ηχοχρώματος της ηλεκτρικής κιθάρας (όχι όμως εκείνα που προσδίδει ένας ενισχυτής κιθάρας) και συγχρόνως υπάρχει η δυνατότητα να παράγονται συνθετικοί ήχοι, όλα μέσα από την εφαρμογή στο περιβάλλον της Max/Msp. Ο χρήστης μπορεί να ελέγχει

¹⁷ Hunt, A., Ross Kirk – Mapping Strategies for Musical Performance – *Trends in Gestural Control in Music*, IRCAM 2000

πολλές παραμέτρους που αφορούν τους συνθετικούς ήχους και το ηχητικό αποτέλεσμα που μπορεί να προσδώσει, είναι από απλοί ημιτονοειδείς ήχοι, μέχρι πολύ πλούσιοι, φασματικά, ήχοι.

Οι ήχοι αυτοί μπορεί να έχουν φάσμα συχνοτήτων με αρμονική ή και μη αρμονική σχέση, αυξάνοντας τις ηχοχρωματικές επιλογές της εφαρμογής. Οι ήχοι με αρμονικότητα μπορούν να πλησιάζουν άκουσμα τρομπέτας, τούμπας και άλλων χάλκινων ή ξύλινων πνευστών, ηλεκτρικού πιάνου, εκκλησιαστικού οργάνου και Hammond. Επίσης μπορούν να παραχθούν από την εφαρμογή πρωτότυποι συνθετικοί ήχοι μπάσων, ήχοι για σόλο, pads, προγραμματιζόμενα αρπίσματα και αρκετοί ακόμα ήχοι με ενδιαφέρον, που μπορεί να ανακαλύψει ο χρήστης, πειραματιζόμενος με τις παραμέτρους της εφαρμογής.

Οι ήχοι χωρίς αρμονικές σχέσεις μπορούν να έχουν ακούσματα συνθετικών κρουστών, science fiction, «εξωπραγματικών» εφέ και αρκετών ακόμα ηχοχρωμάτων που μπορεί ο χρήστης να δημιουργήσει. Επιπλέον ηχοχρωματική ευρύτητα προσδίδουν τα εφέ delay και reverb όπως επίσης και η χρήση των αισθητήρων (για ήχους χωρίς αρμονική σχέση), καθιστώντας ικανή τη χρήση του οργάνου για εκτέλεση ηλεκτροακουστικής μουσικής.

Ο έλεγχος του εκτεταμένου οργάνου της εφαρμογής G-SS διατηρεί τα χαρακτηριστικά του τρόπου εκτέλεσης της ηλεκτρικής κιθάρας. Παρόλα αυτά έχει επιπλέον επιλογές ελέγχου, με την προσθήκη του MIDI πρωτοκόλλου, των αισθητήρων και του γραφικού διαμέσου ελέγχου (του οργάνου) της Max/Msp.

Ο εκτελεστής μπορεί να εκτελεί με τον συνθετικό ήχο συγχορδίες, αρπίσματα και μελωδίες ακόμα και tapping*, όπως μπορεί να τα εκτελέσει με την συνηθισμένη ηλεκτρική κιθάρα, άλλα με κάποια ελαττώματα. Ο βασικός περιορισμός κατά την εκτέλεση αυτών, είναι η χρονική απόκλιση (latency) που δημιουργείται κυρίως στις μπάσες νότες (οι λόγοι αυτής της καθυστέρησης αναφέρονται περαιτέρω στην υποενότητα *1.2.3 MIDI ελεγκτές*).

1.4 ΘΕΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Η εφαρμογή G-SS είναι ένα εκτεταμένο μουσικό όργανο το οποίο αποτελείται από δύο γνωστούς τύπους μουσικών οργάνων, τα ηλεκτρικά μουσικά όργανα (ηλεκτρική κιθάρα) και τα συνθετικά όργανα [MIDI έλεγχος, αισθητήρες και συνθετητές σε λογισμικό (software) περιβάλλον]. Η ηλεκτρική κιθάρα αποτελεί επέκταση της ακουστικής κιθάρας με την προσθήκη των μαγνητών, του τρέμολο, του φίλτρου συχνοτήτων και άλλων εξαρτημάτων. Αυτά μαζί με την χρήση ενισχυτικής διάταξης, που κρίνεται απαραίτητη γιατί το σήμα από τους μαγνήτες είναι ασθενές, επηρεάζουν δραστικά την χροιά του προϋπάρχοντος ακουστικού οργάνου. Σύμφωνα με τον Goudeseune, C.M.A (1994)¹⁸ για κάθε τύπο μουσικού οργάνου είτε είναι ακουστικό, ηλεκτρικό ή συνθετικό, πληκτροφόρο, έγχορδο, πνευστό ή κρουστό, δημιουργούνται εύλογα ερωτήματα για τον τρόπο εκτέλεσής του. Αυτά τα ερωτήματα είναι κοινά για όλες τις κατηγορίες οργάνων και επηρεάζουν το κάθε όργανο, στον τρόπο σχεδιασμού και κατασκευής του. Τα ερωτήματα που θέτει ο Goudeseune, C.M.A (1994 σελ. 86) είναι τα εξής:

- Τι δυνατότητες ελέγχου έχει ο εκτελεστής πάνω στο όργανο;
- Πως ο έλεγχος του οργάνου επιδρά στην παραγωγή του ήχου του;
- Πως μπορεί ο εκτελεστής να αντιληφθεί τις δυνατότητες ελέγχου του οργάνου;
- Πως μπορούν οι συνθέτες να μνημονεύσουν τις κινήσεις του εκτελεστή; (Πως μπορούν να αντιληφθούν τις δυνατότητες ελέγχου του οργάνου του;)

*Tapping είναι μια τεχνική παιξίματος σε μουσικό όργανο και την συναντάμε κατά κόρον στην ηλεκτρική κιθάρα. Βασίζεται στο γεγονός ότι ο ήχος δεν παράγεται από κρούση των χορδών με πένα ή με τα νύχια του εκτελεστή αλλά από την κρούση των δακτύλων του δεξιού χεριού (που είναι συνήθως το μέσο διέγερσης των χορδών στα έγχορδα όργανα) στις χορδές πάνω στα τάστα.

¹⁸ Goudeseune C.M.A, *Composing with Parameters for Synthetic Instruments*. Illinois: University of Illinois, 1994

Επιπρόσθετα σε κάποιες έρευνες που έκανε σε διάφορα μουσικά όργανα ο Goudeseune, C.M.A (1994), παρατήρησε ότι υπάρχουν κοινές απαντήσεις και επιλύσεις των παραπάνω ερωτημάτων για όλα τα όργανα. Οι απαντήσεις των ερωτημάτων που προαναφέρθηκαν, οδήγησαν τον ερευνητή σε αναζήτηση απαντήσεων για νέα ερωτήματα που παρατίθενται παρακάτω:

- Πως μπορεί να σχεδιαστεί ένα διάμεσο ελέγχου ενός συνθετικού οργάνου που να ανταποκρίνεται στις ενέργειες του εκτελεστή;
- Ποιες κινήσεις του εκτελεστή ταιριάζουν σωστά με τις χειρονομίες για την εκτέλεση μουσικής;
- Πόσα πράγματα ταυτόχρονα πρέπει να λαμβάνει υπόψη, ο εκτελεστής;
- Πόσο «ευέλικτο» μπορεί να είναι ένα όργανο χωρίς να «αποπροσανατολίζει» τον εκτελεστή του;

Στην εργασία του Goudeseune, C.M.A. (1994 σελ. 208) παρατίθενται οι απαντήσεις για τα τέσσερα τελευταία ερωτήματα.

Κατά τον σχεδιασμό της εφαρμογής G-SS ληφθηκαν υπόψη τα ερωτήματα του Goudeseune. Για την κατασκευή αυτού του εκτεταμένου οργάνου ήταν απαραίτητο να εξεταστούν οι δυνατότητες (ηχητικές και ελεγκτικές) του προϋπάρχοντος οργάνου (ηλεκτρική κιθάρα), ώστε η επέκταση να παρουσιάσει νέα χαρακτηριστικά τα οποία να αναδείξουν περαιτέρω αυτό το όργανο. Αυτό σημαίνει ότι προβλήματα που παρουσιάστηκαν στην κατασκευή του, τα οποία αφορούσαν κυρίως το κομμάτι ελέγχου, έπρεπε να λυθούν έτσι ώστε όχι μόνο να μην υποβιβαστούν οι δυνατότητες του προϋπάρχοντος οργάνου, αλλά να δημιουργηθούν νέες δυνατότητες που δεν θα ήταν δυνατόν να έχει χωρίς την επέκταση.

Όσον αφορά το ερώτημα «Πόσα πράγματα ταυτόχρονα πρέπει να λαμβάνει υπόψη, ο εκτελεστής;», ακριβώς επειδή προστέθηκαν πολλά διαφορετικά μέσα ελέγχου του οργάνου, προβλέφθηκε η δυνατότητα στο να μπορεί ο χρήστης να επιλέγει ανάμεσα σε 18 έτοιμες διαφορετικές καταστάσεις των ηχογόνων μηχανισμών της εφαρμογής (Πίνακας 3.1 σελ. 45). Με αυτόν τον τρόπο ο εκτελεστής μπορεί να χρησιμοποιεί τα μέσα ελέγχου που επιθυμεί, χωρίς να του προκαλεί σύγχυση η χρήση πολλών διαφορετικών παραμέτρων ταυτόχρονα.

2. ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ G-SS

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται το διάμεσο ελέγχου της εφαρμογής G-SS, περιλαμβάνοντας τις συσκευές (hardware) και το λογισμικό (software) που χρησιμοποιούνται σε αυτήν. Επίσης αναλύονται η αντιστοίχιση των δεδομένων έλεγχου του οργάνου με τις μηχανές σύνθεσης ήχου και παρατίθενται σχήματα και διαγράμματα ροής στα οποία απεικονίζονται αναλυτικά οι ελεγκτικοί μηχανισμοί και η σύνδεσή τους με τις πηγές ήχου της εφαρμογής.

2.1 ΤΟ ΔΙΑΜΕΣΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ G-SS

Το διάμεσο ελέγχου του εκτεταμένου οργάνου της εφαρμογής G-SS, αποτελείται από δύο μέρη:

- Εξωτερικές συσκευές, περιλαμβάνοντας την Ηλεκτρική/MIDI Κιθάρα, τους αισθητήρες και τα πεντάλ ελέγχου
- Ελεγκτικούς μηχανισμούς των συνθετητών και των υπολοίπων ηχογόνων μηχανισμών της εφαρμογής G-SS, σε γραφικό περιβάλλον

Ο εκτελεστής χρησιμοποιώντας την Ηλεκτρική/MIDI Κιθάρα έχει τον έλεγχο όσον αφορά το ηλεκτρικό ακουστικό σήμα αλλά και τη MIDI πληροφορία.

Το μέρος της ηλεκτρικής κιθάρας παρέχει στο χρήστη (Σχήμα 2.1):

- Έλεγχο της έντασης του ηλεκτρικού ακουστικού σήματος με ροοστάτη
- Βαθυπερατό φίλτρο συχνοτήτων (Low pass filter)
- Επιλογή 5 συνδυασμών μαγνητών για διαφορετικά ηχοχρώματα



Σχήμα 2.1 Ηλεκτρική Κιθάρα¹⁹

Το μέρος του ελεγκτικού μηχανισμού των MIDI πληροφοριών, παρέχει στο χρήστη (Σχήμα 2.2):

- Έλεγχο έντασης του σήματος από τον Gk 2 μαγνήτη²⁰ [επηρεάζει την ένταση του γενικού ήχου (master έξοδος) της εφαρμογής]
- Επιλογή 3 πρωτοποθετημένων ρυθμίσεων (presets) των συνθετητών, με την κρούση των χορδών σε 3 περιοχές-χωρίσματα μαγνητών (pick splits)
- Έλεγχος δυναμικών του εκτελεστή κατά την εκτέλεση του συνθετικού ήχου
- Δυνατότητα εκτέλεσης τεχνικών όπως τονική ολίσθηση (pitch bend), legato και glissando



Σχήμα 2.2 MIDI ελεγκτής σε μορφή Κιθάρας

¹⁹ Η φωτογραφία της ηλεκτρικής κιθάρας (Σχήμα 2.1) προήλθε από την ιστοσελίδα:
http://www.dolphinmusic.co.uk/shop_image/product/3e3db92a6bd622e1f18d15af55e5c412.jpg
 [accessed 18/6/2009]

²⁰ Η φωτογραφία του Gk 2 μαγνήτη (Σχήμα 2.2) προήλθε από την παρακάτω ιστοσελίδα:
http://www.dolphinmusic.co.uk/shop_image/product/3e3db92a6bd622e1f18d15af55e5c412.jpg
 [accessed 18/6/2009]

Η χρήση ενός MIDI ελεγκτή τύπου διακόπτη-πεντάλ (Σχήμα 2.3), παρέχει στον εκτελεστή την δυνατότητα να μπορεί να παρατείνει την διάρκεια (sustain) του συνθετικού ήχου της εφαρμογής ακόμα και εάν η ταλάντωση της χορδής της ηλεκτρικής κιθάρας έχει ολοκληρωθεί. Στην εφαρμογή εκτός από τα MIDI πεντάλ, χρησιμοποιείται μία MIDI πεταλιέρα ελεγκτής (Σχήμα 2.4), που έχει 10 πεντάλ διακόπτες και χρησιμοποιούνται για την επιλογή πρωτοποθετημένων ρυθμίσεων των συνθετητών, του delay και του reverb μέσα στην εφαρμογή. Η MIDI πεταλιέρα διαθέτει επίσης 2 ακόμα πεντάλ συνεχών τιμών. Το ένα πεντάλ χρησιμοποιείται για την μίξη καθαρού/επεξεργασμένου (dry/wet) σήματος του delay, ενώ το άλλο πεντάλ χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της έντασης του ήχου όλων των συνθετητών της εφαρμογής.



Σχήμα 2.3 MIDI ελεγκτής τύπου διακόπτη²¹



Σχήμα 2.4 MIDI ελεγκτής-πεταλιέρα²²

Επιπρόσθετα ο εκτελεστής τοποθετώντας 2 αισθητήρες επιτάχυνσης (2 διαστάσεων) στους πήχεις των δύο χεριών, μπορεί να διαμορφώνει σε πραγματικό χρόνο τον ήχο της κιθάρας και τον συνθετικό ήχο, επιδρώντας στις παραμέτρους του αλγόριθμου της διάταξης της μεταβλητής καθυστέρησης μέσα στην εφαρμογή G-SS (Σχήμα 2.5).



Σχήμα 2.5 Αισθητήρας επιτάχυνσης²³

²¹ Η φωτογραφία του MIDI διακόπτη (Σχήμα 3) προήλθε από την παρακάτω ιστοσελίδα: http://www.excesssolutions.co/mas_assets/thumb/ES4721.jpg [accessed 9/6/2009]

²² Η φωτογραφία της MIDI πεταλιέρας (Σχήμα 4) προήλθε από την παρακάτω ιστοσελίδα: http://www.musik-schmidt.de/images/product_images/popup_images/Behringer-FBC-1010.jpg [accessed 9/6/2009]

Έκτος από τους ελεγκτικούς μηχανισμούς των εξωτερικών συσκευών που προαναφέρθηκαν, περιγράφονται παρακάτω και οι εικονικοί ελεγκτικοί μηχανισμοί στο λογισμικό MAX/MSP, που επιδρούν στις παραμέτρους των ηχογόνων μηχανισμών της εφαρμογής.

Η εφαρμογή G-SS αποτελείται από ένα Κεντρικό Ελεγκτικό Μηχανισμό (Κεντρικό patch) από το οποίο μπορεί ο χρήστης να ελέγχει κάποιες βασικές παραμέτρους και να οδηγηθεί σε κάποιους επιμέρους ελεγκτικούς μηχανισμούς (υπό patch). Όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.6, το κεντρικό patch χωρίζεται σε δύο μέρη.

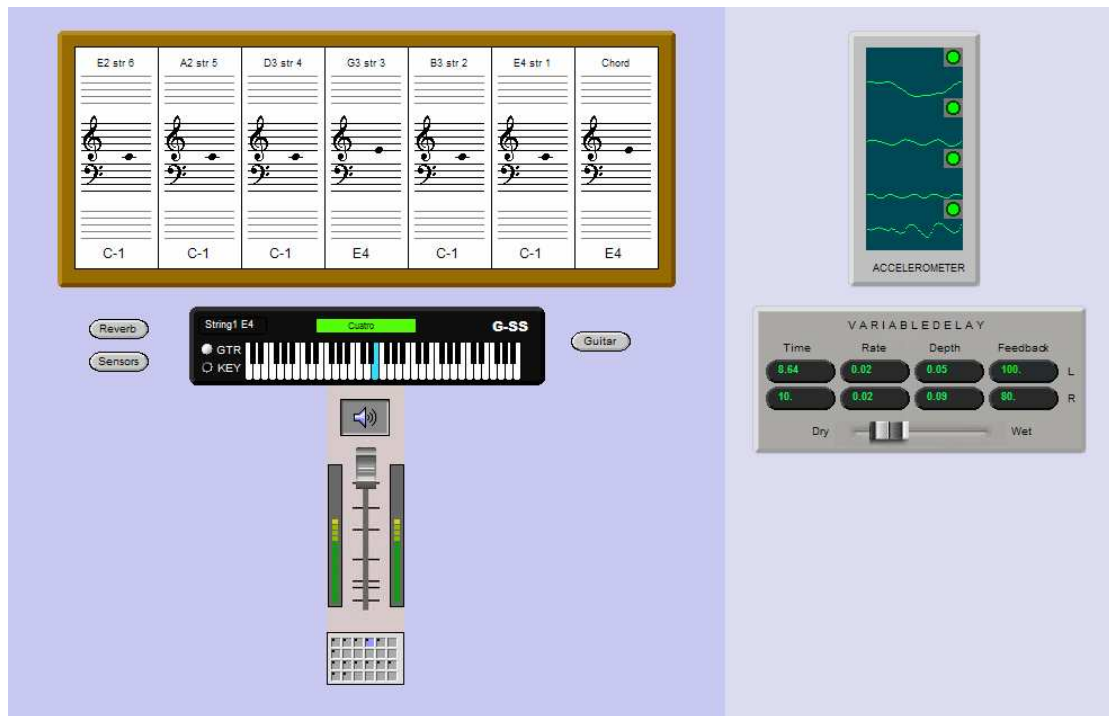
Το αριστερό μέρος περιλαμβάνει:

- Απεικόνιση των νοτών της κάθε χορδής και το σύνολο αυτών σε πεντάγραμμο
- Έλεγχο τονικού ύψους και έντασης (pitch και velocity) της νότας που θα παράγει ο συνθετητής, μέσω του γραφικού keyboard
- Επιλογή χρήσης του εικονικού keyboard ή της MIDI κιθάρας για την παραγωγή του ήχου και της απεικόνισης των νοτών
- Επιλογή μέσω pop up menu, που οδηγεί στο ελεγκτικό μέρος του κάθε εικονικού συνθετητή (string1-6) ξεχωριστά ή στο global edit, για τον έλεγχο όλων των εικονικών συνθετητών μαζί
- Εικονικοί διακόπτες reverb και sensors που οδηγούν στις παραμέτρους αυτών
- Γενική στάθμη έντασης του συστήματος και ένδειξη σε VU meter
- Επιλογή preset ρυθμίσεων της διάταξης μεταβλητής καθυστέρησης

Ενώ το δεξί μέρος περιλαμβάνει:

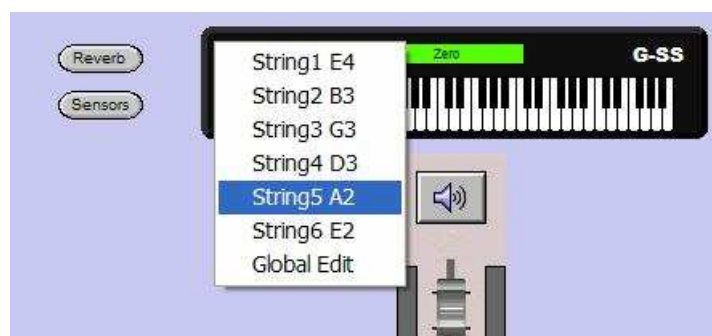
- Απεικόνιση των τιμών των αισθητήρων σε συνάρτηση με το χρόνο
- Ένδειξη ενεργοποίησης, απενεργοποίησης των αισθητήρων
- Έλεγχο των παραμέτρων της στέρεο διάταξης μεταβλητής καθυστέρησης (χρόνος σε msec, βαθμός μεταβλητότητας σε Hz, βάθος μεταβλητότητας σε Hz, ποσοστό ανάδρασης και ποσοστό καθαρού/επεξεργασμένου σήματος για κάθε κανάλι της στερεοφωνίας left και right)

²³ Η φωτογραφία του αισθητήρα επιτάχυνσης (Σχήμα 5) προήλθε από την παρακάτω ιστοσελίδα: http://www.mesi.fr/product_img/eowave_2dgdforce_sensor.jpg [accessed 9/6/2009]



Σχήμα 2.6 Κεντρικός Εικονικός Ελεγκτικός Μηχανισμός της εφαρμογής

Ο εκτελεστής έχει τη δυνατότητα με τη χρήση του ποντικιού να διαλέξει μια από τις 7 επιλογές του pop up menu που βρίσκεται πάνω στο εικονικό κλαβιέ (Σχήμα 2.7). Στην οθόνη του υπολογιστή εμφανίζεται ο εικονικός ελεγκτικός μηχανισμός που φέρει το όνομα της επιλογής. Πληκτρολογώντας π.χ. το «string1 E4» εμφανίζεται ο εικονικός ελεγκτικός μηχανισμός «**string1**».

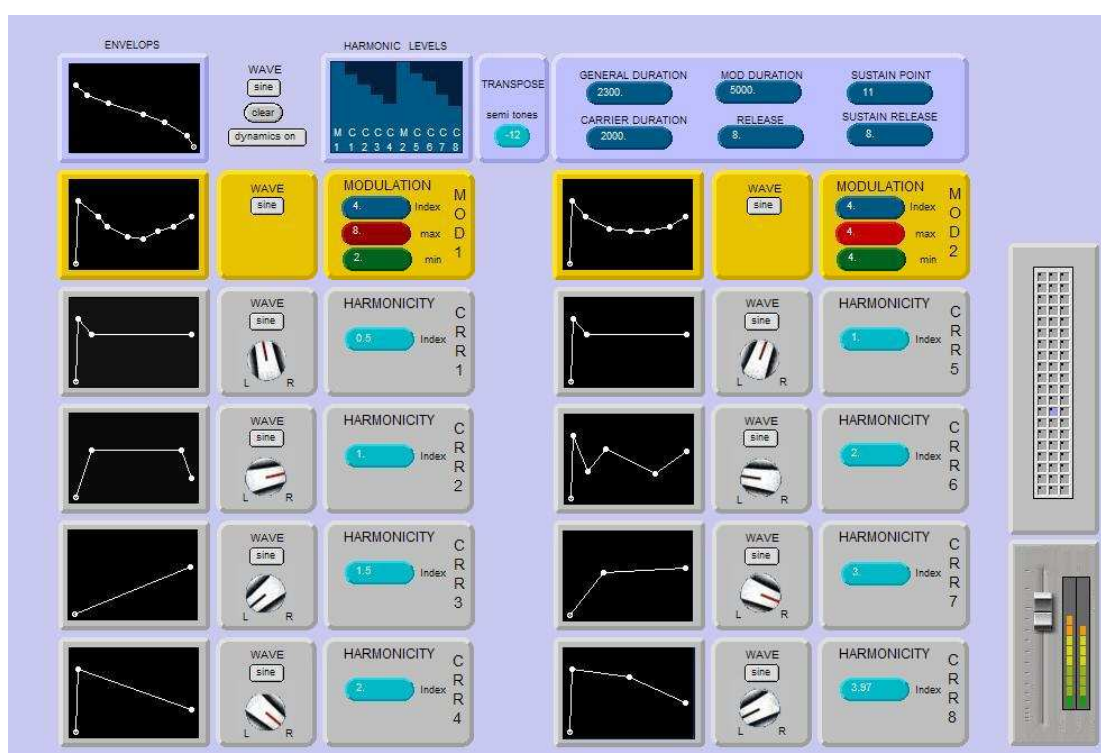


Σχήμα 2.7 Menu Εικονικών Ελεγκτικών Μηχανισμών

Το sub patch «**string1**» (Σχήμα 2.8) αποτελεί το κομμάτι ελέγχου του συνθετητή που ανταποκρίνεται στις MIDI πληροφορίες για την 1^η χορδή της κιθάρας, δηλαδή της ψιλής Μι 4^{ης} οκτάβας (E4). Ο εικονικός συνθετητής του patch «string1» μπορεί να δέχεται note number, note on/off και velocity και από το κλαβιέ και από

την χορδή E4. Για λόγους οικονομίας επεξεργαστικής ισχύς δεν σχεδιάστηκε συνθετητής που να ελέγχεται αποκλειστικά από το κλαβιέ.

Στον εικονικό ελεγκτικό μηχανισμό «string 1» διακρίνονται τρεις βασικές κατηγορίες παραμέτρων. Η περιοχή με το γαλάζιο χρώμα περιέχει γενικές ρυθμίσεις του συνθετητή, η περιοχή με το κίτρινο χρώμα αφορά ρυθμίσεις των διαμορφωτών (modulators) της FM σύνθεσης ενώ η περιοχή με το γκρι χρώμα χρησιμοποιείται για τις παραμέτρους των φορέων διαμόρφωσης (carriers) της FM. Τέλος υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης και επανάκλησης των ρυθμίσεων που ο χρήστης επιλέγει μέσω του αντικειμένου preset, καθώς και έλεγχος έντασης της εξόδου του συνθετητή.

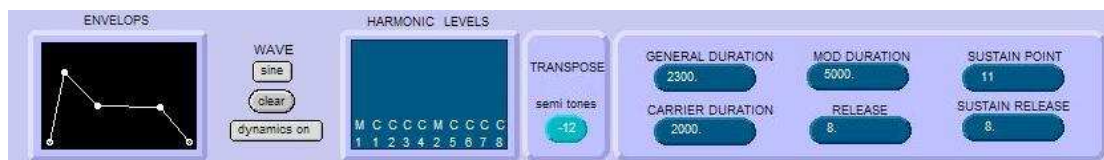


Σχήμα 2.8 Εικονικός Ελεγκτικός Μηχανισμός «string 1»

Στις γενικές ρυθμίσεις (Σχήμα 2.9) του εικονικού συνθετητή υπάρχουν (από αριστερά προς τα δεξιά):

- Πίνακας ορισμού σημείων γενικής περιβάλλουσας έντασης
- Επιλογή κυματομορφής (ημιτονοειδής, τριγωνική, τραπεζοειδής και πριονωτή)
- Επιλογή διαγραφής των σημείων της περιβάλλουσας
- Επιλογή δυναμικού εύρους έντασης ή σταθερής δυναμικής κατά την εκτέλεση του οργανοπαίκτη

- Πίνακας ελέγχου των στάθμεων έντασης των γεννητριών των modulator και των carrier (τα m1 και m2 αντιστοιχούν στις εντάσεις των modulator 1 και 2 ενώ τα c1-c8 αντιστοιχούν στις εντάσεις των carrier 1-8)
- Επιλογή αριθμού ημιτονίων για τονική μεταφορά (transporto), πάνω ή κάτω από το σύνθετο κούρδισμα της κιθάρας (Μι, Λα, Ρε, Σολ, Σι, Μι)
- Επιλογή τιμών σε milliseconds του χρόνου διάρκειας της γενικής περιβάλλουσας έντασης
- Επιλογή τιμών σε milliseconds του χρόνου διάρκειας των περιβαλλουσών έντασης των carrier
- Επιλογή τιμών σε milliseconds του χρόνου διάρκειας των περιβαλλουσών διαμόρφωσης των modulators
- Επιλογή τιμών σε milliseconds του χρόνου διάρκειας του σβησίματος της νότας όταν είναι ανενεργή η sustain λειτουργία (release)
- Επιλογή τιμών σε milliseconds του χρόνου διάρκειας του σβησίματος της νότας όταν είναι ενεργή η sustain λειτουργία (sustain release)
- Επιλογή αριθμού του σημείου sustain σε όλες τις περιβάλλουσες έντασης (περιλαμβανομένων και των περιβαλλουσών όλων των άλλων συνθετητών).



Σχήμα 2.9 Γενικές ρυθμίσεις Εικονικού Συνθετητή

Στις ρυθμίσεις των διαμορφωτών (Σχήμα 2.10) υπάρχουν (από αριστερά προς τα δεξιά):

- Πίνακας ορισμού σημείων περιβάλλουσας διαμόρφωσης
- Επιλογή κυματομορφής (ημιτονοειδής ή τραπεζοειδής)
- Επιλογή τιμών συντελεστή διαμόρφωσης
- Επιλογή τιμών μεγίστου της μεταβολής του συντελεστή διαμόρφωσης
- Επιλογή τιμών ελαχίστου της μεταβολής του συντελεστή διαμόρφωσης



Σχήμα 2.10 Παράμετροι των διαμορφωτών του Εικονικού Συνθετητή

Στις ρυθμίσεις των φορέων διαμόρφωσης υπάρχουν (από αριστερά προς τα δεξιά):

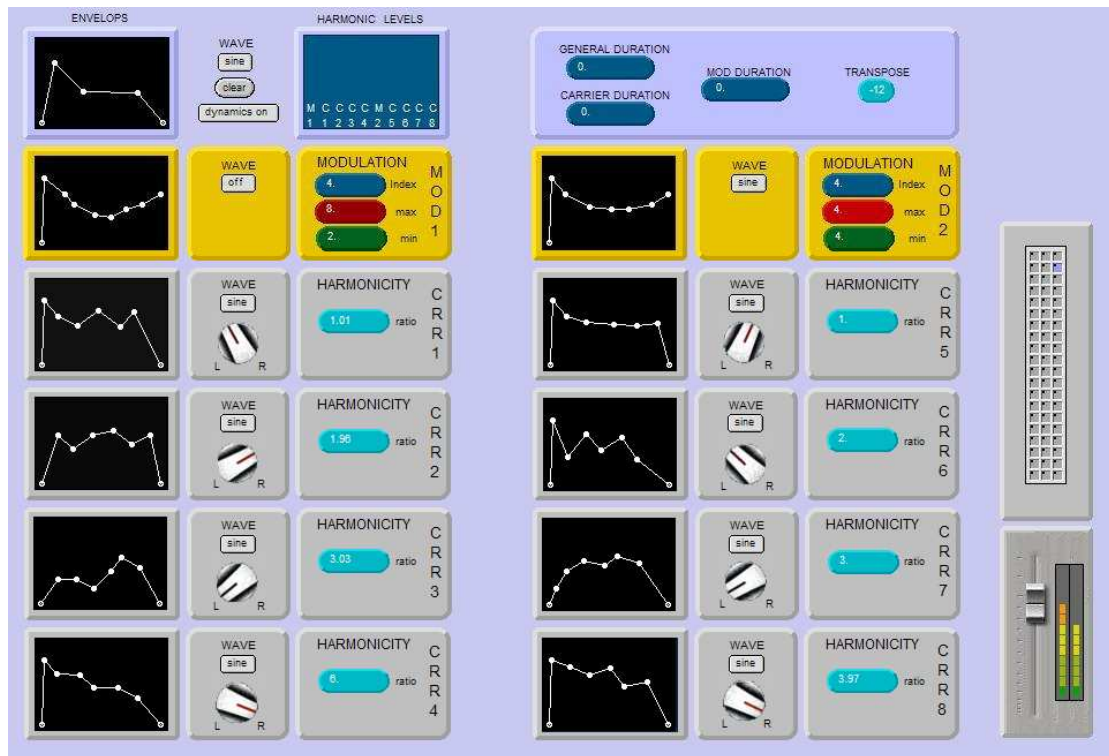
- Πίνακες ορισμού σημείων περιβάλλουσας έντασης των carrier
- Επιλογή κυματομορφής (ημιτονοειδής, τριγωνική, τραπεζοειδής και πριονωτή)
- Επιλογή χωροτοποθέτησης στη στερεοφωνική εικόνα
- Επιλογή τιμών βαθμού αρμονικότητας (Harmonic Ratio)



Σχήμα 2.11 Παράμετροι των φορέων διαμόρφωσης του Εικονικού Συνθετητή

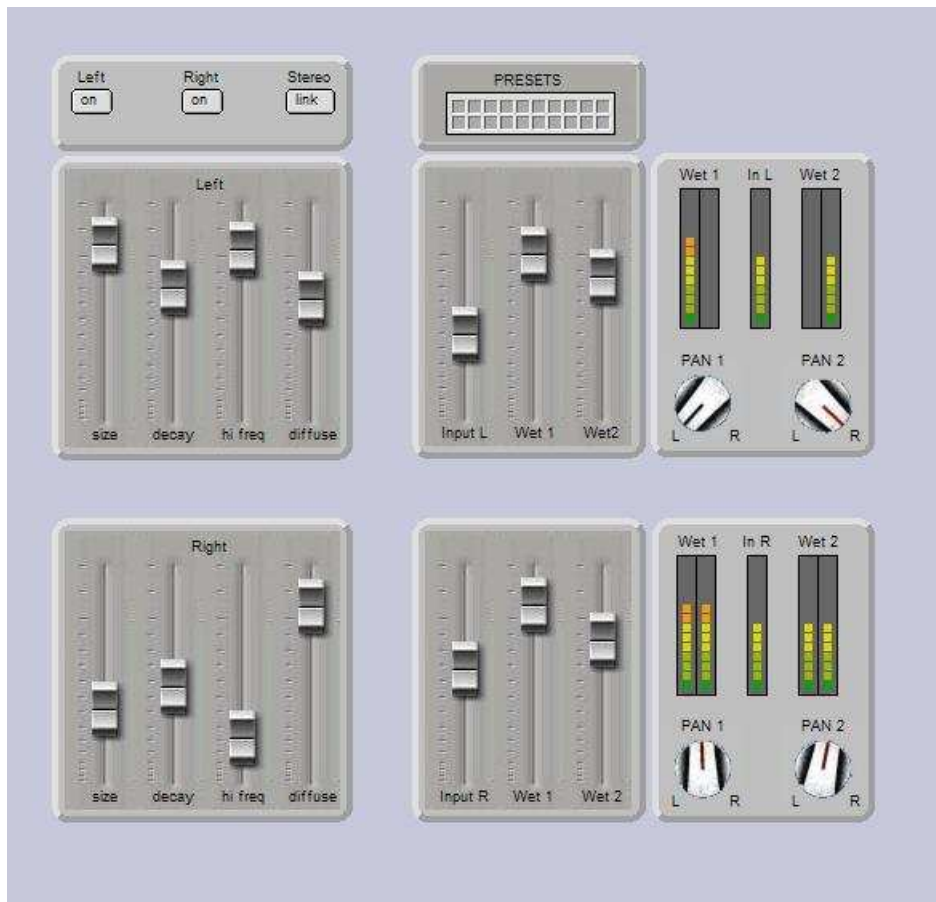
Εκτός από τον εικονικό ελεγκτικό μηχανισμό «string1», υπάρχουν και οι ελεγκτικοί μηχανισμοί «string2», «string3», «string4», «string5» και «string6» (Σχήμα 2.12). Αυτοί αποτελούν τα γραφικά μέρη ελέγχου των εικονικών συνθετητών που ανταποκρίνονται στις πληροφορίες της 2^{ης} χορδής [Σι 3^{ης} οκτάβας (B3)], της 3^{ης} χορδής [Σολ 3^{ης} οκτάβας (G3)], της 4ης χορδής [Ρε 3^{ης} οκτάβας (B3)], της 5^{ης} χορδής [Λα 2^{ης} οκτάβας (A2)] και της 6^{ης} χορδής [Μι 2^{ης} οκτάβας (E2)]. Οι πληροφορίες της 2^{ης} χορδής χρησιμοποιούνται μόνο από τον ελεγκτικό μηχανισμό «string2», οι πληροφορίες της 3^{ης} χορδής χρησιμοποιούνται μόνο από τον ελεγκτικό μηχανισμό «string3» κ.ο.κ.

Το γραφικό τμήμα ελέγχου των sub patch «string2-6», δεν διαφέρει ριζικά από αυτό του «string1». Εκτός από τις ρυθμίσεις που αφορούν τις επιλογές για τον έλεγχο των δυναμικών του εκτελεστή, τη διάρκεια της νότας (sustain), και του σβησίματος της νότας (release) όλες οι άλλες παράμετροι είναι ίδιες. Αυτές οι 3 επιπλέον ρυθμίσεις αφορούν όλους τους συνθετητές αλλά ελέγχονται μόνο από τον εικονικό ελεγκτικό μηχανισμό του «string1» για λόγους εργονομίας στην εφαρμογή.



Σχήμα 2.12 Εικονικοί Ελεγκτικοί Μηχανισμοί «string 2,3,4,5,6»

Επιλέγοντας με το ποντίκι το εικονικό κουμπί reverb που βρίσκεται αριστερά του εικονικού κλαβιέ (Σχήμα 2.7), εμφανίζεται το patch «reverb» στο οποίο βρίσκονται οι ελεγκτικοί μηχανισμοί των παραμέτρων καθώς και το τμήμα της επεξεργασίας ήχου, του προσομοιωτή ανακλάσεων χώρου (reverb) [Σχήμα 2.13].



Σχήμα 2.13 Εικονικός Ελεγκτικός Μηχανισμός «reverb»

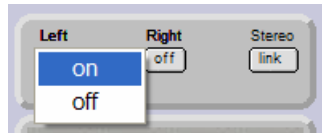
Ο χρήστης έχει την δυνατότητα ρύθμισης των εξής παραμέτρων του προσομοιωτή ανακλάσεων χώρου:

- Ενεργοποίηση/Απενεργοποίηση (Σχήμα 2.14) μηχανής left (πάνω σειρά)
- Ενεργοποίηση/Απενεργοποίηση (Σχήμα 2.14) μηχανής right (κάτω σειρά)
- Επιλογή εξάρτησης/ανεξαρτησίας (link/ individual) των παραμέτρων του right καναλιού από το left [Σχήμα 2.15]

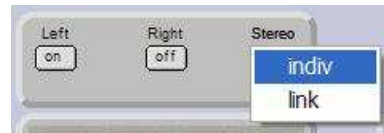
Επίσης χρησιμοποιούνται γραφικοί ροοστάτες για τον έλεγχο:

- Του μεγέθους (size) του χώρου (ποσοστό) στα κανάλια left και right
- Της διάρκειας (decay) των ανακλάσεων του χώρου στα κανάλια left και right
- Του υπιπερατού φίλτρου (lowpass filter) στα κανάλια left και right
- Της διάχυσης (diffusion) των ανακλάσεων (ποσοστό) του χώρου
- της στάθμης έντασης των καθαρών σημάτων εισόδου (input L,R) left και right

- Της στάθμης έντασης των επεξεργασμένων σημάτων εξόδου left (wet1,2), right (wet 1,2)
- Της χωροτοποθέτησης των επεξεργασμένων σημάτων εξόδου (left pan pots 1,2 και right pan pots 1,2)



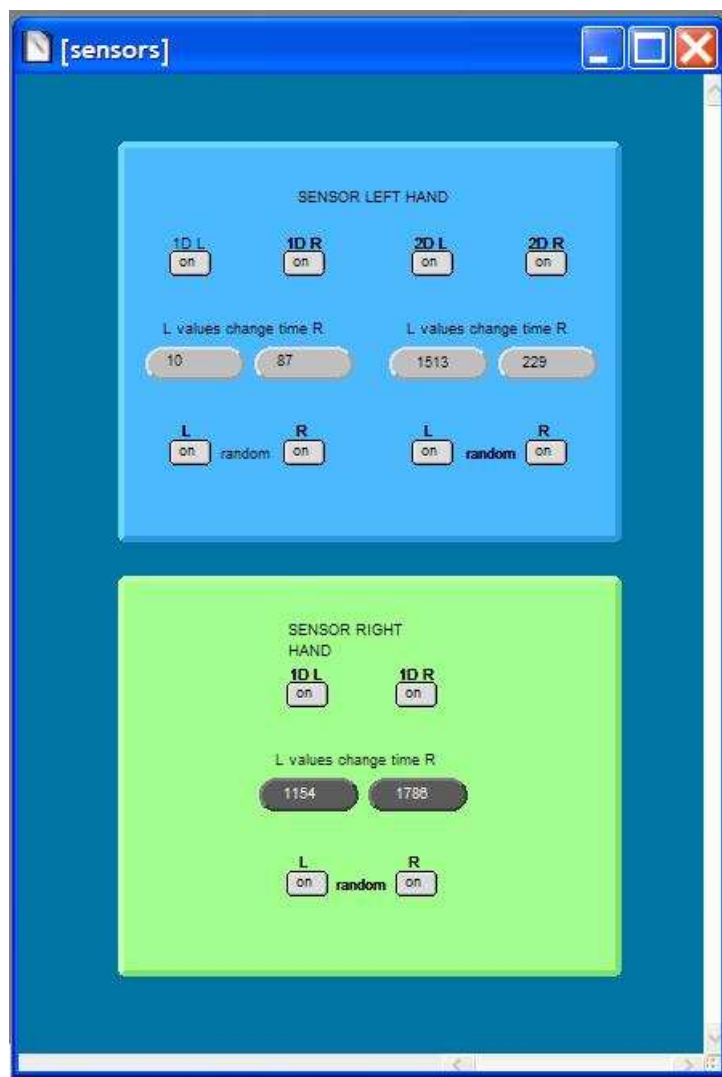
Σχήμα 2.14 on/off reverb



Σχήμα 2.15 individual/link

Ο χρήστης αντίστοιχα με την περίπτωση του reverb, επιλέγοντας το εικονικό κουμπί sensor (αριστερά του εικονικού κλαβιέ) οδηγείται στον ελεγκτικό μηχανισμό κάποιων παραμέτρων που σχετίζονται με την συμπεριφορά των αισθητήρων. Μέσα στο sub patch «sensor» υπάρχουν οι εξής επιλογές (Σχήμα 2.16):

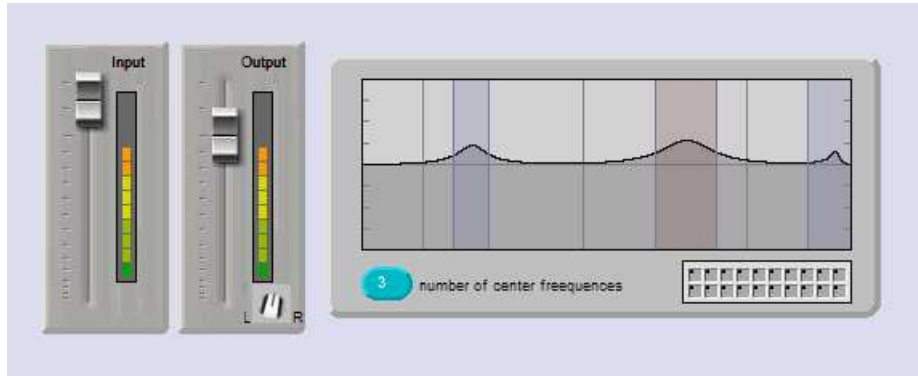
- Ενεργοποίηση/Απενεργοποίηση των αισθητήρων για κάθε διάσταση
- Επιλογή ρυθμού αλλαγής του εύρους τιμών των αισθητήρων, για κάθε διάσταση
- Επιλογή ψευδοτυχαίου (random) ρυθμού αλλαγής του εύρους τιμών των αισθητήρων για κάθε διάσταση



Σχήμα 2.16 Εικονικός Ελεγκτικός Μηχανισμός «sensors»

Ένας ακόμη ελεγκτικός μηχανισμός βρίσκεται στο sub patch «guitar» (Σχήμα 2.20). Επιλέγοντας το εικονικό κουμπί guitar (δεξιά του εικονικού κλαβιέ) εμφανίζεται το sub patch αυτό.

Σε αυτό το γραφικό μέσο ελέγχου, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ελέγξει την ένταση εισόδου του σήματος της ηλεκτρικής κιθάρας και της έντασης εξόδου πριν το σήμα οδηγηθεί στη διάταξη της μεταβλητής καθυστέρησης. Επίσης μπορεί να επεξεργαστεί το σήμα συχνοτικά, με την χρήση παραμετρικού φίλτρου ισοστάθμισης (parametric equalizer), στο οποίο μπορεί να ορίσει τον αριθμό των κεντρικών συχνοτήτων (Center Frequences) καθώς και το εύρος των παράπλευρων συχνοτήτων (bandwidth Q). Επιπλέον ο χρήστης μπορεί να αποθηκεύσει κάποιες ρυθμίσεις με την χρήση του αντικειμένου preset.

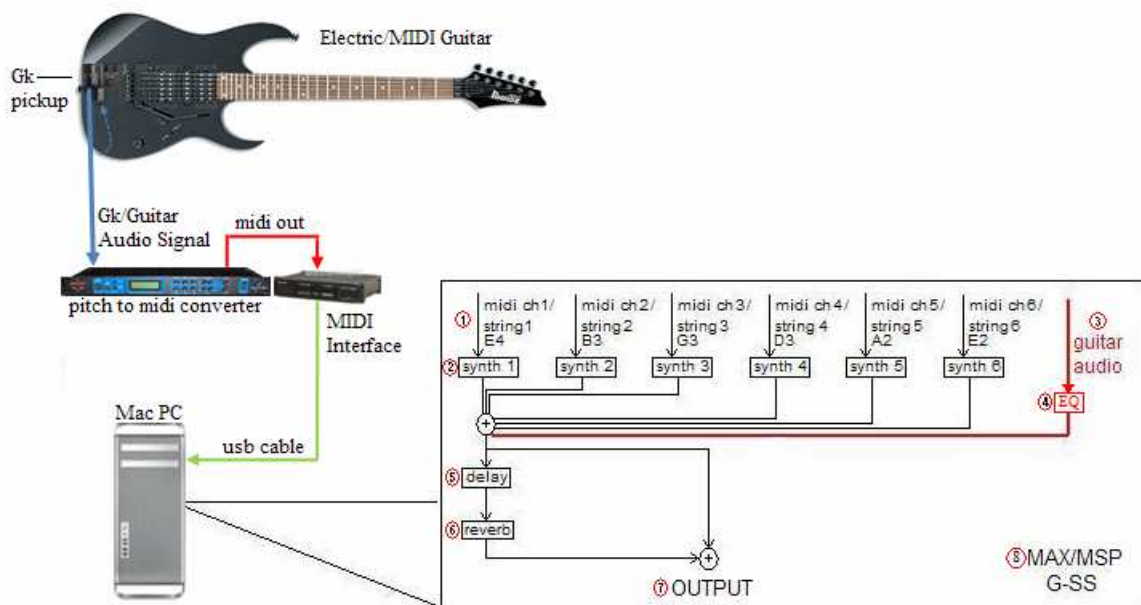


Σχήμα 2.17 Εικονικός Ελεγκτικός Μηχανισμός «guitar»

2.2 ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕ ΤΙΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ ΤΩΝ ΗΧΟΓΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Σε αυτή την ενότητα, περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία αντιστοίχισης των δεδομένων ελέγχου με τις παραμέτρους των ηχογόνων μηχανισμών, περιλαμβάνοντας όλους τους ελεγκτές που επιδρούν στους μηχανισμούς της εφαρμογής.

Το Σχήμα 2.18 απεικονίζει την αντιστοίχιση των δεδομένων ελέγχου από την MIDI Κιθάρα στις παραμέτρους σύνθεσης ήχου.

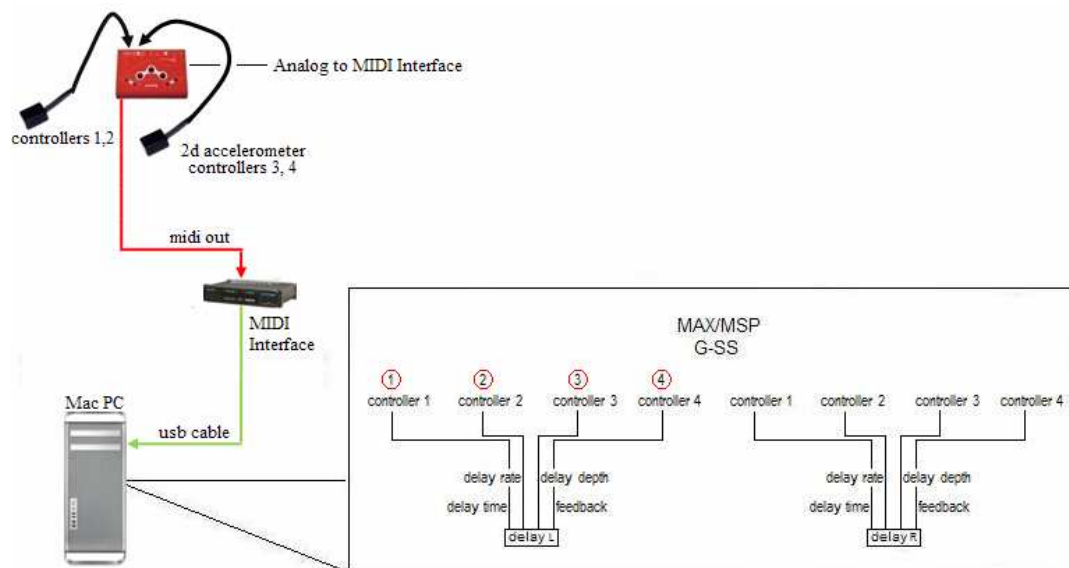


Σχήμα 2.18 Αντιστοίχιση δεδομένων ελέγχου από την MIDI κιθάρα στις παραμέτρους σύνθεσης ήχου

Τα αντικείμενα του παραπάνω σχήματος, που έχουν δίπλα τους κυκλωμένο αριθμό, αντιστοιχούν με τους εξής μηχανισμούς:

1. MIDI δεδομένα που αντιστοιχούν στις πληροφορίες μίας χορδής και ελέγχουν ένα συνθετητή
2. Συνθετητής που ανταποκρίνεται στα μηνύματα ενός και μόνο MIDI καναλιού (κανάλι 1-συνθετητής 1, κανάλι 2-συνθετητής 2 κ.ο.κ)
3. Ακουστικό σήμα Ηλεκτρικής Κιθάρας
4. Παραμετρικός Ισοσταθμιστής (Parametric Equalizer)
5. Διάταξη μεταβλητής καθυστέρησης που δέχεται ως είσοδο την πρόσθεση των σημάτων των συνθετητών και της ηλεκτρικής κιθάρας
6. Προσομοίωση χώρου που δέχεται το ποσοστό καθαρού (συνθετητές, ηλεκτρική κιθάρα) /επεξεργασμένου σήματος (μεταβλητή καθυστέρηση)
7. Στερεοφωνική έξοδος της εφαρμογής
8. Patch της εφαρμογής G-SS μέσα στο περιβάλλον της MAX/MSP

Το σχήμα 2.19 απεικονίζει την αντιστοίχιση των δεδομένων ελέγχου από τους αισθητήρες στον αλγόριθμο της διάταξης μεταβλητής καθυστέρησης. Συγκεκριμένα, ο κάθε αισθητήρας αντιδρώντας στις χειρονομίες του εκτελεστή (σε 2 διαστάσεις), στέλνει σήματα που μέσω του ψηφιοποιητή (μετατροπέα DC τάσης σε κωδικοποίηση MIDI) κωδικοποιούνται σε μηνύματα ελέγχου.



Σχήμα 2.19 Αντιστοίχιση δεδομένων ελέγχου από τους αισθητήρες στον αλγόριθμο της διάταξης μεταβλητής καθυστέρησης

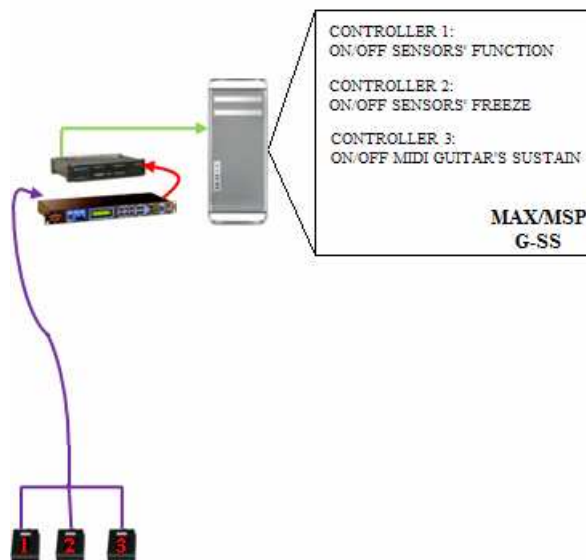
Αισθητήρας δεξιού χεριού

1. Ελεγκτής1-διάσταση1: μεταβάλλει τον χρόνο καθυστέρησης (delay time) των διατάξεων delay Left (αριστερό κανάλι) και delay Right (δεξί κανάλι) της στερεοφωνίας
2. Ελεγκτής2-διάσταση2: μεταβάλλει τον βαθμό διαμόρφωσης της καθυστέρησης (modulation rate) των 2 διατάξεων delay

Αισθητήρας δεξιού χεριού

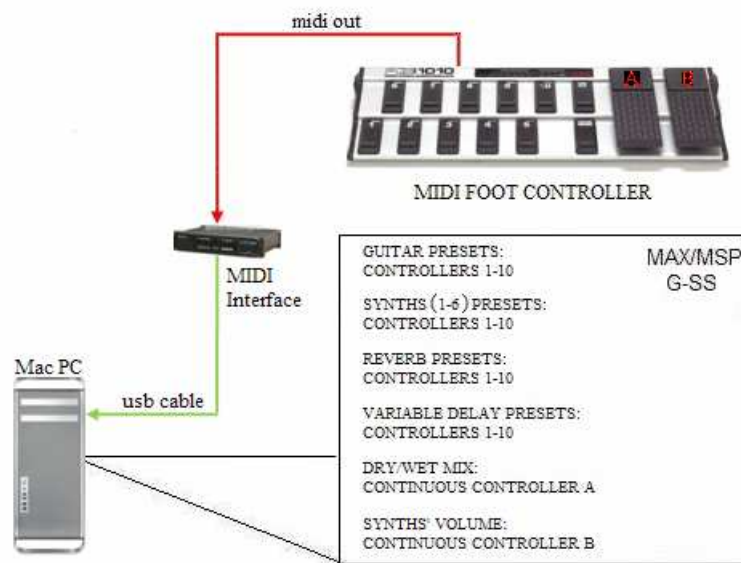
3. Ελεγκτής3-διάσταση1: μεταβάλλει το βάθος διαμόρφωσης της καθυστέρησης (modulation depth) των 2 διατάξεων delay
4. Ελεγκτής4-διάσταση2: μεταβάλλει το ποσοστό ανάδρασης (Feedback) της καθυστέρησης των 2 διατάξεων delay

Για την ευχρηστία των αισθητήρων σε ζωντανή εκτέλεση μουσικής, ο χρήστης έχει την δυνατότητα ενεργοποίησης/απενεργοποίησης της λειτουργίας τους με ένα MIDI πεντάλ. Επίσης παρέχεται η λειτουργία ενεργής/ανενεργής συγκράτησης (freeze) των τιμών τους, με τη χρήση ενός ακόμα MIDI πεντάλ. Ενεργή συγκράτηση τιμών σημαίνει διατήρηση, με το πάτημα του διακόπτη, των τελευταίων τιμών που στέλνουν οι αισθητήρες πριν το πάτημα αυτού (Σχήμα 2.20).



Σχήμα 2.20 Αντιστοίχιση δεδομένων ελέγχου των midi πεντάλ των δεδομένων εισόδου από τους αισθητήρες

Στην εφαρμογή χρησιμοποιείται μία MIDI πεταλιέρα. Παρακάτω απεικονίζεται στο σχήμα 2.21 ο έλεγχος μέσω της πεταλιέρας των preset της εφαρμογής, δηλαδή των πρωτοτοποθετημένων ρυθμίσεων ήχου της ηλεκτρικής κιθάρας, των συνθετητών, του delay και του reverb. Επίσης παρουσιάζονται η παράμετρος μίξη καθαρού/επεξεργασμένου (dry/wet) σήματος του delay που ελέγχεται από τον ελεγκτή συνεχών τιμών A και ο έλεγχος της έντασης των συνθετητών που ελέγχεται από τον ελεγκτή συνεχών τιμών B.



Σχήμα 2.21 Έλεγχος μέσω της πεταλιέρας των preset της εφαρμογής

3. ΑΚΟΥΣΜΑ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ - ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΉΧΟΥ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ G-SS

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται γενικά χαρακτηριστικά των διαφορετικών ακουσμάτων που μπορεί να παράγει το εκτεταμένο μουσικό όργανο και η μέθοδος σύνθεσης ήχου από τους βασικούς ηχογόνους μηχανισμούς. Ακόμα παρουσιάζονται οι συνδυασμοί διαφορετικών ηχητικών μηχανισμών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο περιβάλλον της Max/Msp. Επίσης παρουσιάζονται ηχητικά παραδείγματα (samples) από διαφορετικές ρυθμίσεις (presets) της εφαρμογής και οι διαφορετικοί συνδυασμοί ηχητικών μηχανισμών που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτά.

3.1 ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΕΣ ΗΧΗΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΕΣ - ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΉΧΟΥ ΣΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ G-SS

Ο ήχος του οργάνου G-SS είναι συνδυασμός πολλών ηχητικών πηγών. Οι βασικές ηχογόνες πηγές είναι ο ήχος της ηλεκτρικής κιθάρας και ο πολυεπίπεδος (πολλές γεννήτριες συχνοτήτων, πολλές παράμετροι) συνθετικός ήχος.

Ο συνθετικός ήχος μπορεί να έχει φάσμα φτωχό αλλά και πλούσιο, ανάλογα με τις τιμές των παραμέτρων που ορίζει ο χρήστης. Επίσης μπορεί να έχει πολλές επιλογές χρονικής διάρκειας και στάθμης έντασης για την έναρξη (attack), διάρκεια (sustain) και κατάληξη (release) μιας νότας, κάτι που δεν μπορεί να συμβεί ακριβώς με το ίδιο αποτέλεσμα στον ήχο της κιθάρας. Με αυτή τη λειτουργία μπορεί ο χρήστης να δημιουργήσει κρουστικούς ήχους, συγχορδίες και αρπίσματα, καθώς και ήχους μεταβαλλόμενους φασματικά σε μακροδομικό και μικροδομικό επίπεδο. Μια ακόμη λειτουργία των συνθετητών που δεν είναι εφικτή με την κιθάρα, είναι η τονική μεταφορά (transport) των νοτών πάνω ή κάτω από την οκτάβα που βρίσκονται, καθιστώντας εύκολο το κούρδισμα για κάθε συνθετητή ξεχωριστά.

Η κιθάρα ωστόσο έχει χαρακτηριστικά που αδιαμφισβήτητα, δεν μπορεί να καλύψει ένα συνθετικό όργανο. Αυτά είναι η αμεσότητα ελέγχου-παραγωγή ήχου του οργάνου (χωρίς καθυστέρηση), η αίσθηση που έχει ο εκτελεστής κατά την εκτέλεση, το ηχητικό φάσμα που μεταβάλλεται συνεχώς κυρίως μικροδομικά, καθώς και η μοναδική χροιά της που είναι αποτέλεσμα πολλών παραμέτρων. Επίσης ο έλεγχος των μικροδιαστημάτων μιας νότας με τεχνικές όπως το bend και το legato είναι σημαντικοί παράγοντες στους οποίους υπερτερούν τα ακουστικά όργανα από τα

συνθετικά. Επιμέρους διαμορφώσεις και φασματική πυκνότητα στο άκουσμα των ηχογόνων πηγών της εφαρμογής, προσδίδουν οι μηχανισμοί διαμορφώμενης καθυστέρησης (variable delay) και η προσομοίωση ηχητικών ανακλάσεων χώρου (reverb). Επίσης οι αισθητήρες επιτάχυνσης που χρησιμοποιούνται στην εφαρμογή, επιδρώντας σε πολύ μεγάλο εύρος τιμών του μηχανισμού διαμορφώμενης καθυστέρησης, δημιουργούν πρωτότυπα ηχοχρώματα χωρίς αρμονικές σχέσεις, μεταβάλλοντας το ηχητικό φάσμα της ηλεκτρικής κιθάρας και των συνθετητών.

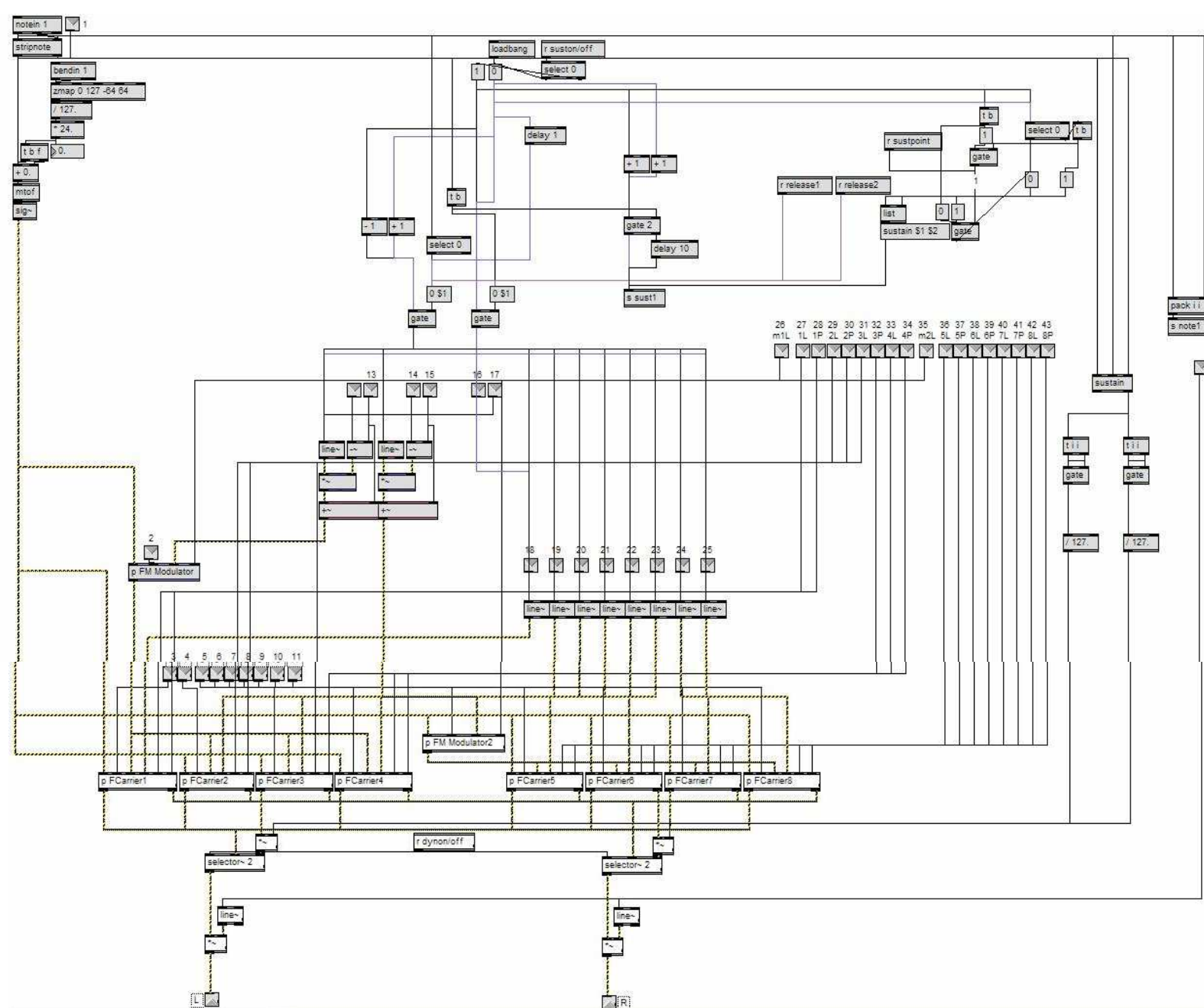
Το βασικό μέρος της παραγωγής ήχου της εφαρμογής, βρίσκεται στους 6 αλγορίθμους «**p FM**» (Σχήμα 2.22), οι οποίοι περιέχουν, FM (Frequency Modulation, Διαμόρφωση Συχνότητας) σύνθεση με 36 γεννήτριες συχνοτήτων. Από αυτές, 12 μπορούν να ηχούν ταυτόχρονα.

Με το αντικείμενο **note in**, οι MIDI πληροφορίες note on/off, note number και velocity, προορίζονται για τον έλεγχο της τονικότητας και της έντασης των ήχων που παράγονται από τον εικονικό συνθετητή. Η πληροφορία note number μέσω του αντικειμένου **mtof** (midi to frequency) μετατρέπεται σε αριθμό συχνότητας, την οποία θα παράγουν οι γεννήτριες της FM σύνθεσης. Επιπροσθέτως οι πληροφορίες note on/off και velocity προορίζονται και για τον έλεγχο της περιβάλλουσας γενικής έντασης, και αυτό σημαίνει ότι οι δυναμικές του εκτελεστή κατά το παίξιμο της κιθάρας, θα επηρεάζουν την έναρξη, τερματισμό και το πλάτος της περιβάλλουσας αυτής, και αντίστοιχα την συνολική ένταση του ήχου του συνθετητή.

Η τεχνική τονικής ολίσθησης (glissando) που μπορεί να παράγει ο εκτελεστής μεταφράζεται σε πληροφορία από τον MIDI μετατροπέα και αναγνωρίζεται μέσα στην εφαρμογή από το αντικείμενο **bend in**.

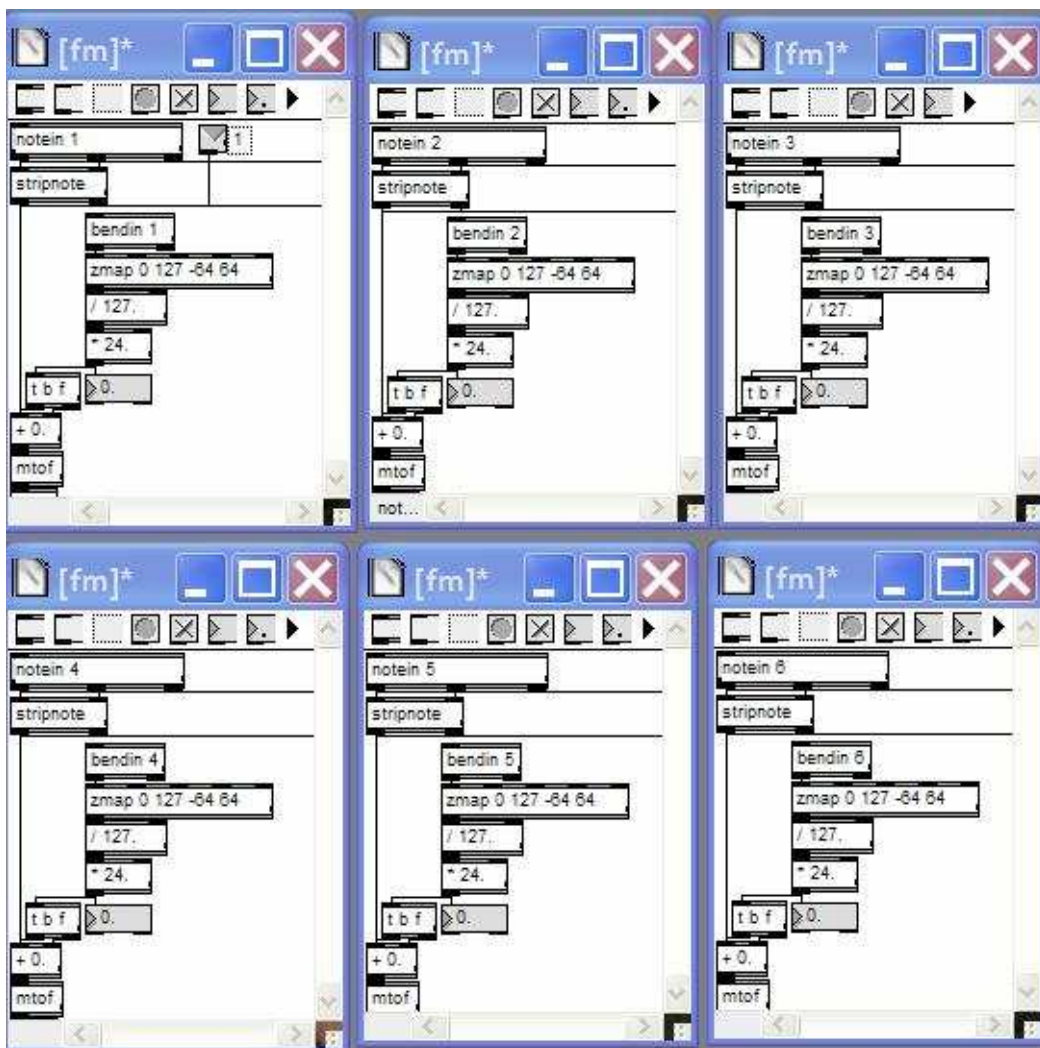
Στην εφαρμογή αυτή, ο κάθε εικονικός συνθετητής δέχεται τις πληροφορίες μονάχα από ένα MIDI κανάλι. Αυτό σημαίνει πρακτικά ότι καθένας από τους 6 συνθετητές λαμβάνει πληροφορίες από διαφορετική χορδή, μέσω του μετατροπέα τονικού ύψους της κιθάρας σε κωδικοποίηση MIDI. Πιο συγκεκριμένα τα μηνύματα από την χορδή 1 οδηγούνται μέσω του μετατροπέα και αναγνωρίζονται στην εφαρμογή μόνο από το κανάλι 1 και χρησιμοποιούνται από τον εικονικό συνθετητή 1. Τα μηνύματα από την χορδή 2 αναγνωρίζονται στην εφαρμογή μόνο από το κανάλι 2 και χρησιμοποιούνται από τον εικονικό συνθετητή 2 κ.ο.κ. Για να «ξεχωρίσουν» τα αντικείμενα της MAX/MSP τις πληροφορίες από τα διαφορετικά MIDI κανάλια, αναγράφεται σε αυτά μετά από το όρισμα της εκάστοτε εντολής τους, ο αριθμός του επιθυμητού καναλιού που θα χρησιμοποιηθεί (π.χ. για τις εντολές note on/off και

pitch bend του καναλιού 1, ορίζονται τα αντικείμενα **notein 1** και **bendin 1**, για τις εντολές note on/off και pitch bend του καναλιού 2, ορίζονται τα αντικείμενα **notein2** και **bendin2** κ.ο.κ)

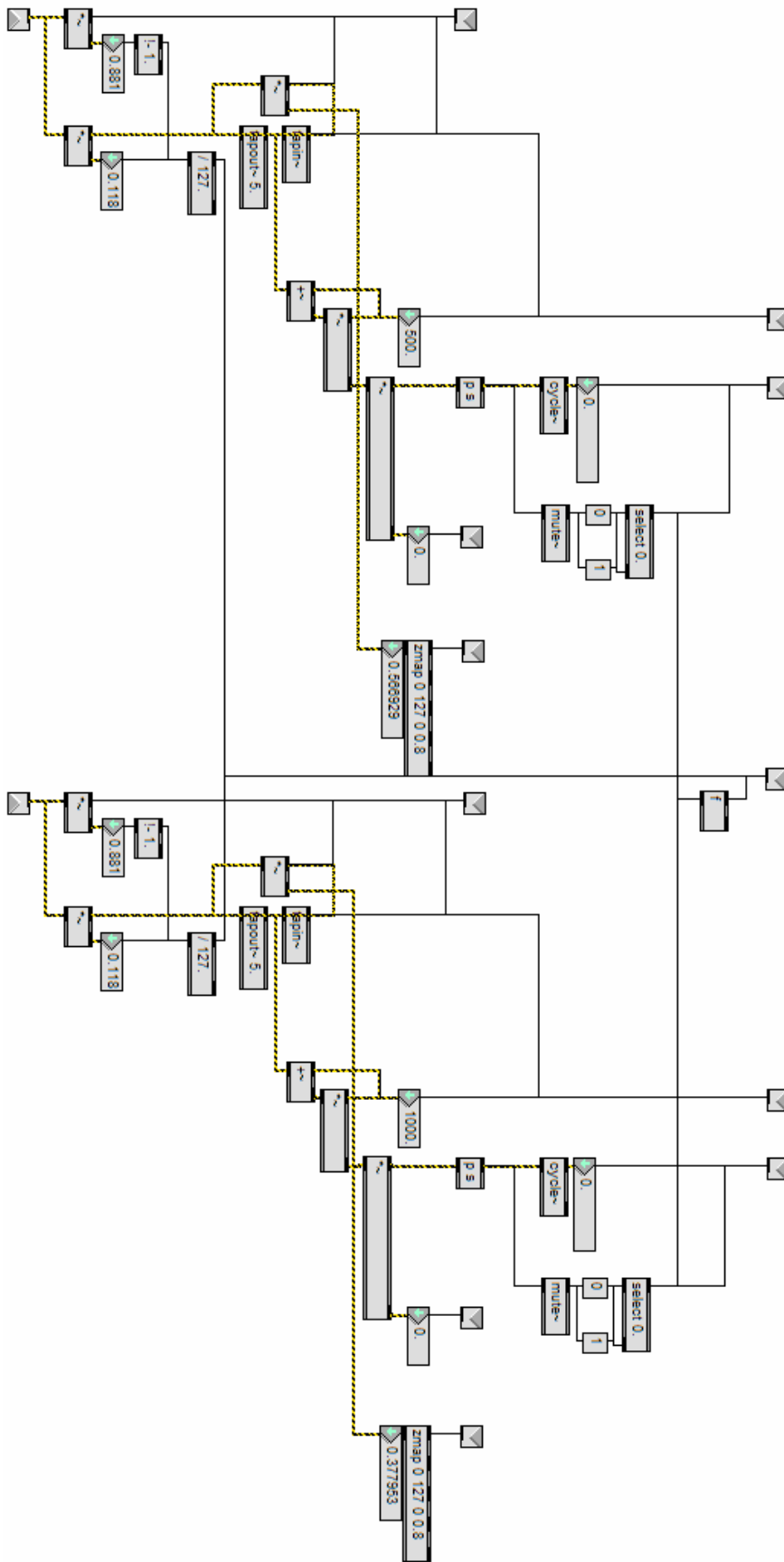


Σχήμα 3.1 Αλγόριθμος FM σύνθεσης

Ο αλγόριθμος «FM» σύνθεσης υπάρχει μέσα σε κάθε ελεγκτικό μηχανισμό «string1-6». Οι βασικές διαφορές μεταξύ των αλγορίθμων «FM» σύνθεσης είναι ότι τα αντικείμενα που αφορούν MIDI πληροφορία δέχονται τον αριθμό συγκεκριμένου καναλιού. Δηλαδή ο αλγόριθμος «FM» του «string 1» έχει notein 1 και bendin 1 αντικείμενα, ο αλγόριθμος «FM» του «string 2» έχει notein 2 και bendin 2 κ.ο.κ (Σχήμα 3.2). Γίνεται κατανοητό ότι ο κάθε αλγόριθμος «FM» δέχεται τις εντολές από τις παραμέτρους του αντίστοιχου εικονικού ελεγκτικού μηχανισμού «string», εκτός από τις εντολές που είναι κοινές για όλους τους αλγορίθμους και αναφέρονται στην ενότητα *Το διάμεσο ελέγχου της εφαρμογής G-SS*.



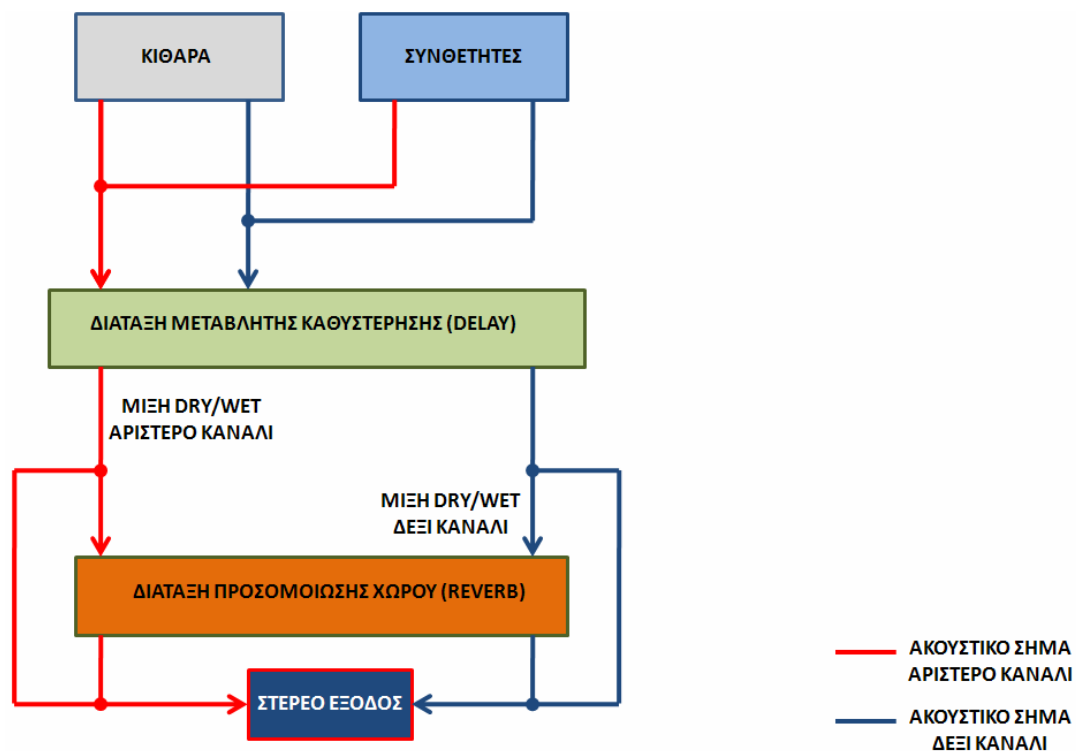
Σχήμα 3.2 Αλγόριθμοι FM σύνθεσης



Σχήμα 3.3 Αλγόριθμος μεταβλητής καθυστέρησης

Ροή Ακουστικού Σήματος από τους Ηχογόνους Μηχανισμούς

Οι έξοδοι από κάθε εικονικό συνθετητή, οδηγούνται στην στέρεο διάταξη μεταβλητής καθυστέρησης. Συγκεκριμένα το αριστερό κανάλι της στερεοφωνίας του κάθε συνθετητή οδηγείται στην αριστερή είσοδο του delay, ενώ το δεξί κανάλι της στερεοφωνίας του κάθε συνθετητή οδηγείται στην δεξιά είσοδο του delay. Οι έξοδοι από το delay ακολουθούν δύο διαδρομές. Η πρώτη διαδρομή στέλνει τα δύο σήματα [αριστερό και δεξί (μίξη καθαρού/επεξεργασμένου)] απευθείας στην master έξοδο της εφαρμογής. Η δεύτερη διαδρομή στέλνει τα δύο σήματα στην διάταξη του προσομοιωτή χώρου και έπειτα τα σήματα με επιπλέον επεξεργασία (από το reverb) οδηγούνται και αυτά στην master έξοδο (σχήμα 3.4). Την ίδια ακριβώς διαδρομή με τις εξόδους των συνθετητών, ακολουθεί το σήμα της ηλεκτρικής κιθάρας μετά την επεξεργασία που υπόκεινται από τον παραμετρικό ισοσταθμιστή.



Σχήμα 3.4 Ροή Ακουστικού σήματος από τους Ηχογόνους μηχανισμούς

Το patch «reverb» που αποτελεί την διάταξη προσομοιωτή χώρου, περιλαμβάνει δύο αλγόριθμους επεξεργασίας προσομοίωσης χώρου (tutorial patch της MAX/MSP) με τις ίδιες δυνατότητες. Δέχονται μονοφωνικό σήμα και παράγουν στερεοφωνικό. Ο ένας αλγόριθμος δέχεται το ηχητικό σήμα από την αριστερή dry/wet έξοδο του delay,

ενώ ο άλλος από την δεξιά. Ο πρώτος αλγόριθμος ελέγχεται από τις παραμέτρους της πάνω σειράς «left» ενώ ο δεύτερος από αυτές της κάτω σειράς «right» (Σχήμα 2.13).

3.2 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΗΧΗΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί σε προηγούμενες ενότητες, ο ήχος του εκτεταμένου οργάνου G-SS είναι συνδυασμός τεσσάρων ηχητικών μηχανισμών (Σχήμα 3.4): της ηλεκτρικής κιθάρας, των συνθετητών, του delay και του reverb. Εκτός όμως από τους ηχητικούς μηχανισμούς, υπάρχει και η επιλογή ενεργοποίησης/απενεργοποίησης των αισθητήρων, ένας παράγοντας που αυξάνει τον αριθμό των συνδυασμών. Ο μέγιστος αριθμός συνδυασμών είναι 18 και παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα (3.1).

A/A	ΗΛ. ΚΙΘΑΡΑ	ΣΥΝΘΕΤΗΤΕΣ	DELAY	REVERB	ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ
1	✓	-	-	-	-
2	✓	-	✓	-	-
3	✓	-	-	✓	-
4	✓	-	✓	✓	-
5	✓	-	✓	-	✓
6	✓	-	✓	✓	✓
7	-	✓	-	-	-
8	-	✓	✓	-	-
9	-	✓	-	✓	-
10	-	✓	✓	✓	-
11	-	✓	✓	-	✓
12	-	✓	✓	✓	✓
13	✓	✓	-	-	-
14	✓	✓	✓	-	-
15	✓	✓	-	✓	-
16	✓	✓	✓	✓	-
17	✓	✓	✓	-	✓
18	✓	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 3.1 Συνδυασμοί παράλληλων μηχανισμών παραγωγής ήχου

3.3 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΗΧΗΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΩΝ (SAMPLES) ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ G-SS

Στον παρακάτω πίνακα (3.2) παρουσιάζονται 11 δείγματα ήχου (και τα βασικά χαρακτηριστικά τους) από συνδυασμούς των ηχητικών πηγών της εφαρμογής. Υπάρχουν τέσσερις στήλες που αντιστοιχούν σε τέσσερις διαφορετικές πρωτοποθετήσεις ρυθμίσεων ήχου (presets). Η πρώτη στήλη περιέχει τους αριθμούς των πρωτοποθετήσεων για τις ρυθμίσεις των συνθετητών, η δεύτερη για αυτές της κιθάρας, η τρίτη για τις πρωτοποθετήσεις της μεταβλητής καθυστέρησης και η τέταρτη για τις πρωτοποθετήσεις των ρυθμίσεων του προσομοιωτή χώρου. Επίσης υπάρχει η στήλη «Pick Split» που αφορά μόνο τους συνθετητές και οι αριθμοί 1-3 αντιστοιχούν στις 3 διαφορετικές πρωτοποθετήσεις που καλεί ο εκτελεστής κρούοντας τη χορδή. Πιο απλά, ο αριθμός των preset των συνθετητών είναι banks που περιέχουν 3 splits (3 «υπό»-presets). Η στήλη «αισθητήρες» δείχνει σε ποια ηχητικά δείγματα χρησιμοποιήθηκαν οι αισθητήρες. Η σειρά που αναγράφονται τα παραδείγματα δεν είναι τυχαία, καθώς ξεκινάει από το πιο απλό άκουσμα και συνδυασμό πηγών (1.Guitar), και καταλήγει στο πιο σύνθετο (11.Sensoguitar-synth).

A/A	Δείγματα Ήχου	Presets				Pick	Αισθητήρες
		Συνθετητών	Κιθάρας	Delay	Reverb	Split	
1	Guitar	-	11	-	11	-	-
2	Synth Bass	5	-	19	5	3	-
3	Synth+guitar chorus	2	2	-	2	1	-
4	Organ+guitar	2	2	2	2	2	-
5	Synth Brass+guitar	5	5	5	5	2	-
6	Synth percussion	19	-	19	19	2	-
7	Discosynth+guitar	19	19	19	19	1	-
8	Clubsynthflanged	3	-	3	3	3	-
9	Synthtsiou+guitarbiou	20	20	20,21,22,23	20	2, 3	-
10	Sensoguitar	-	8	-	8	-	✓
11	Sensoguitar-synth	1, 20	1, 20	-	1	2, 3	✓

Πίνακας 3.2 Ενδεικτικά ηχητικά παραδείγματα εκτέλεσης του οργάνου

Τα δείγματα ήχου «9. Synthtsiou+guitarbiou» και «11. Sensoguitar-synth» κατά τη διάρκεια εκτέλεσής τους, παρουσιάζουν διαφορετικές ρυθμίσεις στις παραμέτρους τους. Στο πρώτο δείγμα, υπάρχουν διαφορετικά delay presets και διαφορετικά splits, ενώ στο δεύτερο διαφορετικά presets συνθετητών, κιθάρας και splits.

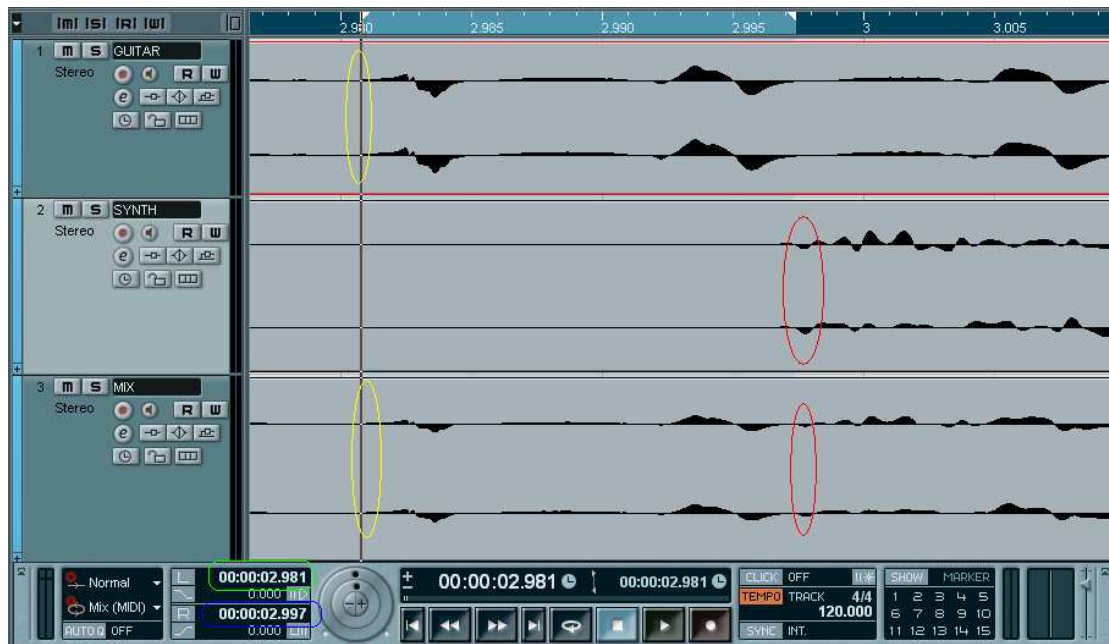
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Στόχος της παρούσης πτυχιακής εργασίας είναι η διεύρυνση των δυνατοτήτων της ηλεκτρικής κιθάρας, όσον αφορά τον έλεγχο του οργάνου αυτού, αλλά και το άκουσμά του. Νέοι ελεγκτικοί μηχανισμοί προστέθηκαν για να παρέχουν περισσότερη εκφραστικότητα στις χειρονομίες του εκτελεστή και ποικιλία ηχοχρωμάτων μπορούν να παραχθούν με τις πολλαπλές ηχητικές πηγές που διατίθενται στην εφαρμογή.

Όλα τα παραπάνω πληρούν επαρκώς τον σκοπό για τον οποίο υλοποιήθηκε η εφαρμογή G-SS, παρόλο που κατά τον σχεδιασμό του οργάνου παρουσιάστηκαν κάποιες δυσκολίες. Οι δυσκολίες που αφορούσαν τον προγραμματισμό της εφαρμογής, αντιμετωπίστηκαν επιτυχώς κατόπιν μελέτης και τριβής επί του αντικειμένου. Δυσκολίες που αφορούσαν τον εξοπλισμό, εντοπίστηκαν στη λειτουργία του μετατροπέα τονικού ύψους σε MIDI πληροφορία (και κατ' επέκταση δυσκολίες στον έλεγχο του οργάνου), η οποία δεν ανταποκρινόταν πλήρως στις απαιτήσεις του οργάνου.

Είχε προβλεφθεί από την αρχή της υλοποίησης της εφαρμογής G-SS, πως ο μετατροπέας τονικού ύψους σε MIDI πληροφορία θα παρουσίαζε σφάλματα. Ο χρόνος των περιόδων που αναμένει ο μετατροπέας για να αναγνωρίσει την συχνότητα ταλάντωσης της χορδής, σε πρώτη φάση, δημιουργεί χρονική απόκλιση (latency) του MIDI μηνύματος που παράγεται από αυτόν σε δεύτερη φάση. Κατ' επέκταση, προκαλείται καθυστέρηση στην παραγωγή του ήχου από τους συνθετητές, κάτι μη επιθυμητό. Επιπρόσθετα η συνεχόμενη μικρομεταβολή της τονικότητας κατά την εκτέλεση μιας συγκεκριμένης νότας του MIDI ελεγκτή σε μορφή κιθάρας, δυσκολεύει το έργο του μετατροπέα σε βαθμό που να παράγονται ανεπιθύμητοι ήχοι από τους συνθετητές της εφαρμογής.

Τα προβλήματα αυτά θα μπορούσαν να αντιμετωπισθούν με τη χρήση μετατροπέα, ο οποίος θα χρειαζόταν πολύ λίγες περιόδους για να αναγνωρίσει την συχνότητα ταλάντωσης της χορδής, τόσες που η συνολική διάρκειά τους να μην γίνεται αντιληπτή από τον ανθρώπινο νου. Κάτι που ίσως είναι πρακτικά δύσκολο στην υλοποίησή του. Στο παρακάτω σχήμα Σ.1 φαίνεται η ανεπιθύμητη χρονική απόκλιση του ήχου των συνθετητών από τον ήχο της ηλεκτρικής κιθάρας, όταν ο εκτελεστής χρησιμοποιεί ταυτόχρονα τον ηλεκτρικό ήχο και τον MIDI έλεγχο από το εκτεταμένο όργανο (χωρίς τη χρήση των υπόλοιπων ελεγκτών και των αισθητήρων).



Σχήμα Σ.1 Χρονική Απόκλιση (latency) ηχητικών σημάτων

Στο σχήμα παρουσιάζονται οι κυματομορφές της κιθάρας, του συνθετητή και η μίξη αυτών. Η νότα που παράχθηκε και από την κιθάρα και από τον συνθετητή είναι η μπάσα Μι της 6^{ης} χορδής, που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη σε διάρκεια χρονική απόκλιση στην περίπτωση της MIDI κιθάρας. Η έναρξη της νότας από την ηλεκτρική κιθάρα είναι σημειωμένη με κίτρινο χρώμα στην κυματομορφή και ξεκινάει τη στιγμή 2.981sec (τιμή σημειωμένη με πράσινο χρώμα κάτω αριστερά). Η έναρξη της ίδιας νότας από τον συνθετητή είναι η σημειωμένη περιοχή με κόκκινο χρώμα και ξεκινάει με 16 msec διαφορά (τιμή 2.997sec σημειωμένη με μπλε χρώμα).

Διαφορετική προσέγγιση της εφαρμογής G-SS μπορεί να αποτελέσει ένα εκτεταμένο όργανο το οποίο θα διατηρούσε τα βασικά χαρακτηριστικά της που αντί για γεννήτριες ήχου, να χρησιμοποιεί μηχανισμούς αναπαραγωγής ηχητικών δειγμάτων (samplers). Αυτή η εφαρμογή έχει το πλεονέκτημα ότι η επεξεργαστική ισχύς που χρειάζεται ο υπολογιστής για να εκτελέσει την αναπαραγωγή των δειγμάτων, είναι αρκετά λιγότερη από την περίπτωση που η εφαρμογή χρησιμοποιεί γεννήτριες ήχου.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω το εκτεταμένο μουσικό όργανο έχει την δυνατότητα για περαιτέρω βελτιώσεις και μετατροπές. Ο σχεδιασμός ενός τέτοιου οργάνου χρειάζεται χρόνο για την υλοποίησή του. Επίσης είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι το όργανο είναι απαραίτητο να δοκιμασθεί από πολλούς μουσικούς, για να αποφανθεί αντικειμενικά η αξία του σε επίπεδο ποιότητας.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

1. Σύνδεσμολογία - Οδηγίες Χρήσης

Ο χρήστης-μουσικός για να χρησιμοποιήσει την εφαρμογή και να λειτουργεί άρτια, χρειάζεται να ακολουθήσει κάποιες διαδικασίες για την εγκατάσταση των συσκευών και του λογισμικού.

Απαραίτητη κρίνεται η σύνδεση της ηλεκτρικής κιθάρας με τον μετατροπέα τονικού ύψους σε MIDI δεδομένα, μέσω του μαγνήτη Gk 2. Ο μαγνήτης αυτός μεταφέρει 6 ακουστικά σήματα που αντιστοιχούν στα σήματα των δονήσεων των 6 χορδών της ηλεκτρικής κιθάρας. Αυτά οδηγούνται με 6 ξεχωριστές διαδρομές μέσα στον μετατροπέα, για τον σωστό μετασχηματισμό τους σε κωδικοποίηση MIDI.

Επίσης ο Gk 2 μεταφέρει σε ένα καλώδιο, την έξοδο του ακουστικού σήματος της ηλεκτρικής κιθάρας, μαζί με τα 6 σήματα που προορίζονται για την MIDI κωδικοποίησή τους. Μέσω του μετατροπέα η έξοδος της ηλεκτρικής κιθάρας ακολουθεί ξεχωριστή διαδρομή και συνδέεται σε μία line είσοδο ακουστικού σήματος της κάρτας ήχου του ηλεκτρονικού υπολογιστή, ενώ τα 6 σήματα αφού μετατραπούν σε MIDI πληροφορία μεταφέρονται μέσω σύνδεσης MIDI, στο μέσο διεπαφής MIDI.

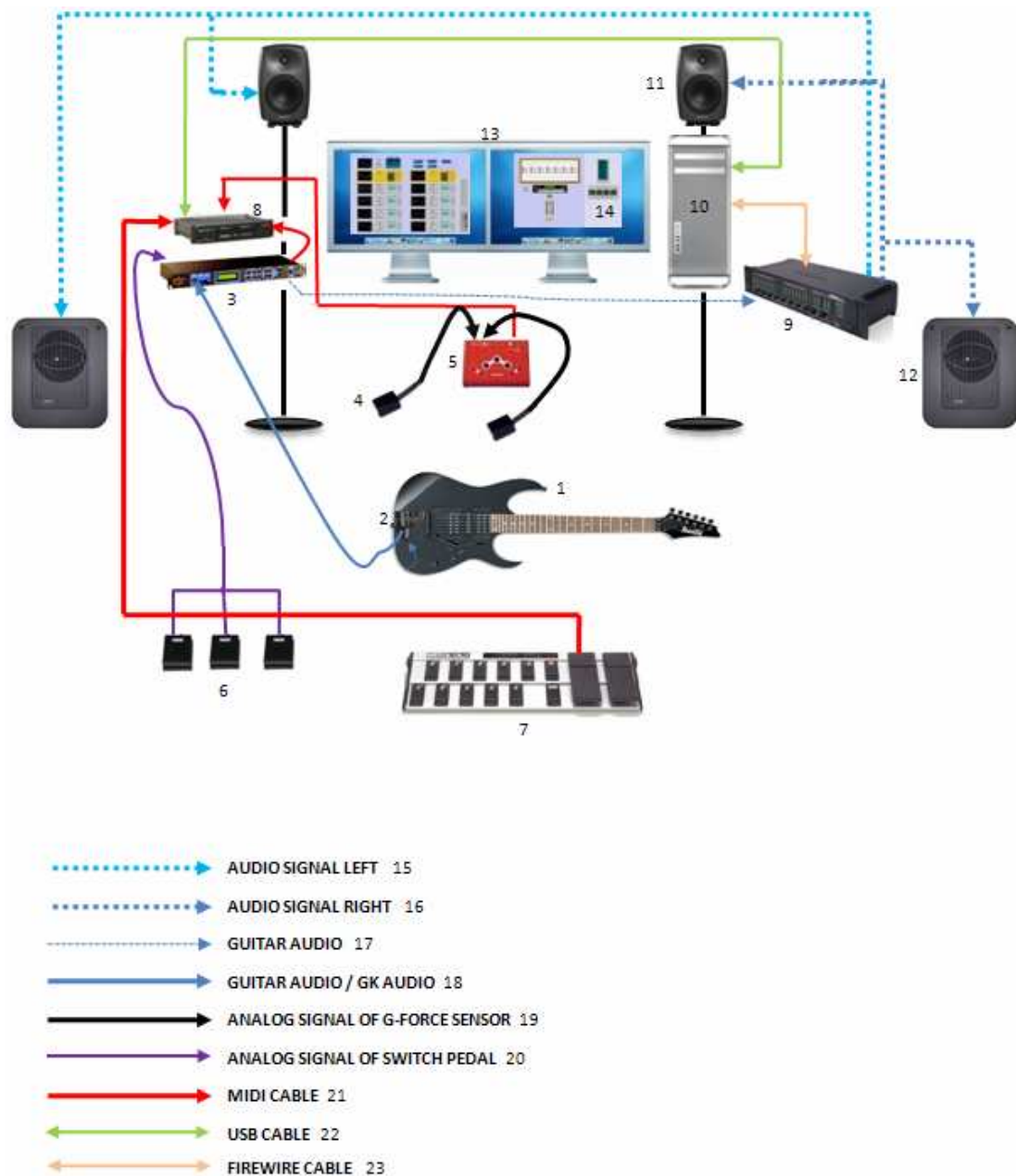
Στη συνέχεια το μέσο διεπαφής την πληροφορία που δέχεται, την οδηγεί με σύνδεση USB, στην κεντρική μονάδα επεξεργασίας του ηλεκτρονικού υπολογιστή από όπου αναγνωρίζονται στην εφαρμογή G-SS τα μηνύματα ελέγχου. Παράλληλα ο ήχος της ηλεκτρικής κιθάρας μεταφέρεται ψηφιοποιημένος από την κάρτα ήχου στον υπολογιστή μέσω σύνδεσης Firewire και αναγνωρίζεται από την εφαρμογή ως ψηφιακό ακουστικό σήμα.

Το μέσο διεπαφής MIDI πληροφορίας εκτός από τα μηνύματα που στέλνει ο μετατροπέας τονικού ύψους, δέχεται μέσω άλλων εισόδων, μηνύματα ελέγχου από την πεταλιέρα και από τους τρεις ελεγκτές τύπου διακόπτη.

Οι 2 αισθητήρες επιτάχυνσης που τοποθετούνται σε κάθε πήχη του εκτελεστή συνδέονται σε ψηφιοποιητή (συσκευή μετατροπής DC τάσης σε κωδικοποίηση MIDI) και εν συνεχεία οδηγούνται σε μία ακόμη είσοδο του μέσου διεπαφής MIDI πληροφορίας.

Η σύνδεση Firewire είναι αμφίδρομη και η «δρομολόγηση» του ηχητικού σήματος από την master έξοδο της εφαρμογής G-SS, εκπέμπεται από τα μεγάφωνα μέσω της κάρτας ήχου του ηλεκτρονικού υπολογιστή (Σχήμα Π.1).

Ο χρήστης για να εκτελέσει το αρχείο G-SS δηλαδή την εφαρμογή, πρέπει να εγκαταστήσει στον Η/Υ το πρόγραμμα MAX/MSP³¹. Το βασικό αρχείο G-SS της εφαρμογής πρέπει να βρίσκεται πάντα στο φάκελο με τα υπόλοιπα αρχεία (patch reverbody και φωτογραφίες) για να λειτουργεί χωρίς προβλήματα η εφαρμογή.



Σχήμα Π.1 Συνδεσμολογία της Εφαρμογής G-SS

1. Ηλεκτρική / MIDI Κιθάρα
2. Gk Μαγνήτης
3. Μετατροπέας τονικού ύψους σε MIDI πληροφορία (Pitch toMIDI Converter)
4. Αισθητήρας επιτάχυνσης 2 διαστάσεων (2D G-Force Sensor)
5. Μετατροπέας DC τάσης σε MIDI πληροφορία ²⁴
6. MIDI πεντάλ με λειτουργία διακόπτη (Switch Pedal)
7. MIDI πεταλιέρα με 2 συνεχείς Controllers και 12 πεντάλ διακόπτες
8. MIDI Interface ²⁵
9. Κάρτα ήχου Firewire (Sound Card) ²⁶
10. Ηλεκτρονικός υπολογιστής ²⁷
11. Μεγάφωνο πλήρους εύρους συχνοτήτων (Full range Loudspeaker) ²⁸
12. Μεγάφωνο εκπομπής χαμηλών συχνοτήτων (Subwoofer) ²⁹
13. Οθόνη ηλεκτρονικού υπολογιστή ³⁰
14. Εφαρμογή G-SS σε περιβάλλον MAX/MSP
15. Καλώδιο ακουστικού σήματος για την αριστερή συστοιχία μεγαφώνων
16. Καλώδιο ακουστικού σήματος για την δεξιά συστοιχία μεγαφώνων

²⁴ Η φωτογραφία του μετατροπέα ηλεκτρικής τάσης σε MIDI πληροφορία προήλθε από την παρακάτω ιστοσελίδα: <http://www.ninanoor.co.uk/invisible/2005/img/eobody.jpg> [accessed 18/6/2009]

²⁵ Η φωτογραφία του MIDI Interface προήλθε από την παρακάτω ιστοσελίδα: https://www.axemusic.com/Pictures/motu_MICROEXUSB.jpg [accessed 18/6/2009]

²⁶ Η φωτογραφία της κάρτας ήχου προήλθε από την παρακάτω ιστοσελίδα: http://cachepe.zzounds.com/media/quality,85/brand,zzounds/motu_896hd_1024_rgb-5a3705b840f48610edad2078b11a851c.jpg [accessed 18/6/2009]

²⁷ Η φωτογραφία του ηλεκτρονικού υπολογιστή προήλθε από την παρακάτω ιστοσελίδα: <http://www.blogcdn.com/www.engadget.com/media/2006/07/3060000000049988.jpg> [accessed 18/6/2009]

²⁸ Η φωτογραφία του μεγαφώνου πλήρους εύρους συχνοτήτων προήλθε από την παρακάτω ιστοσελίδα: http://www.rockpalace.com/gfx_productcode/82376/Genelec-8040A.jpg [accessed 18/6/2009]

²⁹ Η φωτογραφία του μεγαφώνου εκπομπής χαμηλών συχνοτήτων προήλθε από την παρακάτω ιστοσελίδα: http://www.rockpalace.com/gfx_productcode/82376/Genelec-8040A.jpg [accessed 18/6/2009]

³⁰ Η φωτογραφία Οθόνης ηλεκτρονικού υπολογιστή προήλθε από την παρακάτω ιστοσελίδα: <http://www.blogcdn.com/www.engadget.com/media/2006/07/3060000000049988.jpg> [accessed 18/6/2009]

³¹ <http://www.cycling74.com/products/max5> [accessed 9/9/2009]

17. Καλώδιο ακουστικού σήματος από τους μαγνήτες της ηλεκτρικής κιθάρας
18. Καλώδιο ακουστικού σήματος μαγνητών ηλεκτρικής κιθάρας και του Gk
19. Σήμα DC τάσης ανάλογο της επιτάχυνσης που ασκείται στον G-Sensor
20. Σήμα DC τάσης ανάλογο της πίεσης του MIDI πεντάλ διακόπτη
21. Καλώδιο μεταφοράς MIDI πληροφορίας
22. Καλώδιο USB
23. Καλώδιο FIREWIRE

2. Κατάλογος Περιεχομένων DVD

A/A	Περιεχόμενα	Διάρκεια (min)
1	Φάκελος με τα αρχεία (patch G-SS, patch reverbody και φωτογραφίες) της Εφαρμογής G-SS	-
2	Οπτικοακουστική Παρουσίαση της Εφαρμογής G-SS	5:00
3	Δείγμα Ήχου 01. Guitar	0:27
4	Δείγμα Ήχου 02. Synth Bass	2:42
5	Δείγμα Ήχου 03. Synth+guitar chorus	0:54
6	Δείγμα Ήχου 04. Organ+guitar	0:26
7	Δείγμα Ήχου 05. Synth Brass+guitar	0:48
8	Δείγμα Ήχου 06. Synth percussion	0:43
9	Δείγμα Ήχου 07. Discosynth+guitar	0:49
10	Δείγμα Ήχου 08. Clubsynthflanged	0:28
11	Δείγμα Ήχου 09. Synthtsiou+guitarbiou	1:28
12	Δείγμα Ήχου 10. Sensoguitar	1:53
13	Δείγμα Ήχου 11. Sensoguitar-synth	3:45

Πίνακας Π.1 Κατάλογος Περιεχομένων DVD

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- [1] Miranda, E.R., Wanderley, M.M., *New Digital Musical Instruments: Control and Interaction Beyond the Keyboard*. Middlton, Wisconsin: A-R Editions Inc, 2006
- [4] Roads, C. *The Computer Music Tutorial*. Cambridge, MA: MIT Press, 1996
- [15] Χουσίδης Χρήστος, *MIDI Πρωτόκολλο*, Ρέθυμνο (χ.χ.)
- [17] Hunt, A., Ross Kirk – Mapping Strategies for Musical Performance – *Trends in Gestural Control in Music*, IRCAM 2000
- [18] Goudeseune C.M.A, *Composing with Parameters for Synthetic Instruments*. Illinois: University of Illinois, 1994

Δικτυακές Πηγές

- [2] [WWW], http://en.wikipedia.org/wiki/Input_devices [accessed 9/6/2009]
- [3] [WWW], http://www.webopedia.com/TERM/I/input_device.html
[accessed 9/6/2009]
- [5] [WWW], <http://www.sarc.qub.ac.uk/~somodhrain/palpable/projects.html>
[accessed 9/6/2009]
- [6] [WWW], [http://en.wikipedia.org/wiki/Continuum_\(instrument\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Continuum_(instrument))
[accessed 9/6/2009]
- [7] [WWW], <http://www.kasrl.org/mouthesizer.html> [accessed 9/6/2009]
- [8] [WWW], <http://www.sensable.com/haptic-phantom-omni.htm> [accessed 9/6/2009]
- [9] [WWW], <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1085714.1085758>
[accessed 9/6/2009]
- [10] [WWW], <http://www.ndigital.com/lifesciences/3020.php> [accessed 9/6/2009]
- [11] [WWW], http://www.sensorwiki.org/doku.php/sensors/on-off_switch
[accessed 9/6/2009]
- [12] [WWW], <http://www.sensorwiki.org/doku.php/sensors/accelerometer>
[accessed 9/6/2009]
- [13] [WWW], <http://www.eowave.com/products.php?prod=6> [accessed 9/6/2009]
- [14] [WWW], http://en.wikipedia.org/wiki/MIDI_controller [accessed 9/6/2009]

[16] [WWW], <http://www.ears.dmu.ac.uk/spip.php?rubrique384> [accessed 9/6/2009]

[19][WWW],http://www.dolphinmusic.co.uk/shop_image/product/3e3db92a6bd622e1f18d15af55e5c412.jpg [accessed9/6/2009]

[20][WWW],http://www.dolphinmusic.co.uk/shop_image/product/3e3db92a6bd622e1f18d15af55e5c412.jpg

[21] [WWW], http://www.excesssolutions.co/mas_assets/thumb/ES4721.jpg
[accessed 9/6/2009]

[22] [WWW],http://www.musik-schmidt.de/images/product_images/popup_images/Behringer-FBC-1010.jpg [accessed 9/6/2009]

[23] [WWW], http://www.mesi.fr/product_img/eowave_2dgforce_sensor.jpg

[24] [WWW], <http://www.ninanoor.co.uk/invisible/2005/img/eobody.jpg>
[accessed 9/6/2009]

[25] [WWW], https://www.axemusic.com/Pictures/motu_MICROEXUSB.jpg
[accessed 18/6/2009]

[26][WWW],http://cachepe.zzounds.com/media/quality,85/brand,zzounds/motu_896hd_1024_rgb-5a3705b840f48610edad2078b11a851c.jpg [accessed 18/6/2009]

[27][WWW],<http://www.blogcdn.com/www.engadget.com/media/2006/07/306000000049988.jpg> [accessed 18/6/2009]

[28] [WWW], http://www.rockpalace.com/gfx_productcode/82376/Genelec-8040A.jpg [accessed 18/6/2009]

[29] [WWW], http://www.rockpalace.com/gfx_productcode/82376/Genelec-8040A.jpg [accessed 18/6/2009]

[30][WWW],<http://www.blogcdn.com/www.engadget.com/media/2006/07/306000000049988.jpg> [accessed 18/6/2009]

[31] [WWW], <http://www.cycling74.com/products/max5> [accessed 9/9/2009]