

Περιβάλλοντα Ηχοκίνησης

Εισήγηση κατά τη Β' ημερίδα «Ανθρώπινα Δίκτυα Μουσικής Πληροφορικής»

1/6/2001 Θεσσαλονίκη

εισηγητής: Δημήτριος Ζ. Αδάμ

Με τον όρο **"ηχοκίνητικό"** περιγράφουμε ένα περιβάλλον όπου οι κινήσεις ή τουλάχιστον κάποιες από τις κινήσεις μας, μπορούν να παράγουν ή και να διαμορφώνουν ήχο. Μάυτη τη λογική θα μπορούσε να χαρακτηριστεί έτσι οποιοσδήποτε φυσικός χώρος όπου η κίνηση παράγει ήχο.

Σε μιά άλλη προσέγγιση του πιο πάνω ορισμού θα μπορούσαμε να πούμε ότι κάθε μουσικό όργανο αποτελεί ένα ηχοκίνητικό περιβάλλον, εφόσον και εδώ οι κινήσεις του εκτελεστή παράγουν και διαμορφώνουν ήχο.

Καί στα δύο αυτά παραδείγματα **η σχέση μεταξύ κίνησης και παραγόμενου ηχητικού αποτελέσματος εξαρτάται από τη φυσική δομή και τις ιδιότητες των υλικών από τα οποία είναι δομημένο το περιβάλλον.**

Θα μπορούσαμε λοιπόν να χαρακτηρίσουμε αυτού του τύπου τα περιβάλλοντα σαν **"Φυσικά ηχοκίνητικά περιβάλλοντα"**

Με τη χρήση των σύγχρονων λογικών "εργαλείων" και ηλεκτρονικών μουσικών οργάνων είναι δυνατό να δομηθούν ηχοκίνητικά περιβάλλοντα όπου **η σχέση μεταξύ κίνησης και παραγόμενου ηχητικού αποτελέσματος είναι πιο διευρυσμένη και αποστασιοποιημένη από το προφανές και αναμενόμενο που επιβάλλει η φυσική δομή και οι φυσικές ιδιότητες των υλικών από τα οποία είναι δομημένο το περιβάλλον.**

Αυτού του τύπου τα περιβάλλοντα θα μπορούσαμε να τα χαρακτηρίσουμε σαν **"Τεχνητά ηχοκίνητικά περιβάλλοντα"**

Ένα σύγχρονο ηλεκτρονικό όργανο θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι αποτελεί ηχοκίνητικό περιβάλλον τέτοιου είδους.

ΦΥΣΙΚΑ ηχοκίνητικά περιβάλλοντα

Σχέση μεταξύ κίνησης και παραγόμενου ηχητικού αποτελέσματος επιβαλλόμενη από την υλική υπόσταση του περιβάλλοντος και τους φυσικούς νόμους που την διέπουν.

ΤΕΧΝΗΤΑ ηχοκίνητικά περιβάλλοντα

Σχέση μεταξύ κίνησης και παραγόμενου ηχητικού αποτελέσματος επιβαλλόμενη από την λογική δομή του περιβάλλοντος, που εισάγει ο κατασκευαστής του.

Σε κάθε περίπτωση,

σε ένα ηχοκίνητικό περιβάλλον ζητούμενα είναι

1) Συνέπεια στη σχέση κίνησης και παραγόμενου ήχου, ίσως όχι τέτοια που επιβάλλουν τα φυσικά υλικά και οι φυσικές τους ιδιότητες, αλλά μια αναγνωρίσιμη συνέπεια

2) Αντιληπτή σχέση μεταξύ κίνησης και παραγόμενου ηχητικού αποτελέσματος, ο "χειριστής" θα πρέπει να έχει την αίσθηση ότι η σωματική του εμπλοκή (κίνησή του δράση) δημιουργεί ηχητικά αντίστοιχα.

Βασικά σημεία προβληματισμού κατά τη δόμηση ενός ηχοκίνητικού περιβάλλοντος, είναι:

α) Η αντιστοίχιση του μετρήσιμου φαινομένου και μεταβαλλόμενου ηχητικού μεγέθους ή παραμέτρου, (που μπορεί να διαφοροποιείται κατά περίπτωση). Πρέπει να επιλεγούν οι κινητικές εκείνες δραστηριότητες που είναι πιο κατάλληλες για την κάθε περίπτωση και να εντοπισθούν εκείνες οι ηχητικές παράμετροι που προσφέρονται για έλεγχο από τον χειριστή.

β) Η δυναμική ανταπόκριση αφορά στο κατά πόσο το εύρος μιάς κινητικής μεταβολής αντιστοιχεί σε εύρος μεταβολής της αντίστοιχης ηχητικής παραμέτρου.

γ) Η χρονική συμπεριφορά του περιβάλλοντος είναι άλλο ένα σημείο που εστιάζει το ενδιαφέρον μας. Είναι σημαντικό για ένα ηχοκίνητικό περιβάλλον να μπορεί να ανταποκρίνεται σε πραγματικό χρόνο στις κινητικές μεταβολές

Η δομή ενός ηχοκίνητικού περιβάλλοντος, μπορεί να χωριστεί (με λειτουργικά κριτήρια) σε τρία μέρη, και το κάθε ένα από αυτά έπιφορτίζεται με διαφορετικό είδος λειτουργίας

- 1) Ένα μέρος, είναι επιφορτισμένο με τη **λήψη δεδομένων** της κίνησης (αισθητηριακό) και την ψηφιοποίησή τους
 - 2) Ένα δεύτερο, είναι αυτό της **επεξεργασίας των δεδομένων** που παράγει το προηγούμενο μέρος. Ο αλγόριθμος της επεξεργασίας κωδικοποιεί τα δεδομένα και τροφοδοτεί το τρίτο μέρος.
 - 3) Στο τρίτο μέρος **παράγεται και διαμορφώνεται ο ήχος**, σύμφωνα με τα δεδομένα που δέχεται από το Β μέρος
- Ο τρόπος με τον οποίο θα γίνει ο σχεδιασμός αυτών των τριών μερών, είναι καθοριστικός για την συνέπεια και αμμεσότητα του περιβάλλοντος.

Αισθητήρες Λήψη δεδομένων από κινητικές δραστηριότητες	ψηφιοποίηση	Αλγόριθμος Επεξεργασία και μεταποίηση ψηφιακών δεδομένων	κωδικοποίηση	Παραγωγή και διαμόρφωση midi-audio
--	-------------	--	--------------	--

Πέρα από τις δυνατότητες που μας προσφέρουν για **νέες αισθητικές αναζητήσεις** (που αφορούν στον τρόπο μουσικής εκτέλεσης και του performance γενικότερα), τα ηχοκινητικά περιβάλλοντα μπορούν να αποτελέσουν **εργαλία έρευνας** στον τομέα της ψυχοακουστικής και της παιδαγωγικής, και γενικά, σε κάθε περίπτωση όπου το φαινόμενο της ακουστικής αντίληψης συνδυάζεται με την κινητική δραστηριότητα και την αντίληψη του χώρου .

Αισθητήρες

Κάθε δραστηριότητα δημιουργεί ένα σύνολο μεταβολών και ενεργειακών διακυμάνσεων. Π.χ. Η αφή του χεριού μας σε μία ψυχρότερη επιφάνεια, δημιουργεί μετατόπιση θερμοκρασίας από το χέρι προς την ψυχρότερη επιφάνεια.

Η κίνηση του χεριού μας μεταβάλλει την απόσταση του καρπού από τον ώμο.

Όταν ένα κινούμενο σώμα παρεμβάλλεται μεταξύ μίας φωτεινής πηγής και ενός άλλου αντικείμενου, διακόπτει την πορεία του φωτός προς το αντικείμενο.

Οι αισθητήρες είναι μηχανισμοί οι οποίοι παρεμβαλλόμενοι στο πεδίο κάποιας δραστηριότητας, αντιλαμβάνονται τέτοιες ενεργειακές μεταβολές, με μηχανικό (θερμοκρασία ,πίεση), ηλεκτρομαγνητικό (μικρόφωνο), ή βιοχημικό τρόπο και τελικά, η αντίληψη της δραστηριότητας προέρχεται από τη μεταβολή που προκαλείται στη δομή του αισθητήρα.

Αυτή η μεταβολή της δομής του αισθητήρα, προκαλεί μεταβολές στην ενεργειακή συμπεριφορά κάποιου υλικού, συνήθως ως προς την αγωγιμότητά του ή το ηλεκτρικό του φορτίο.

Ετσι η ανίχνευση της δραστηριότητας από τον αισθητήρα, δημιουργεί προϊόντα "ηλεκτρικής φύσης", τα οποία δέν είναι άμεσα αξιοποιήσιμα από τα ψηφιακά όργανα (Software , ή Hardware) που θα τα δεχτούν .

Ετσι τα δεδομένα πρέπει να προσαρμοστούν σε μεγέθη κατάλληλα για τη λειτουργία του υποψήφιου δέκτη και να ψηφιοποιηθούν.

Ακόμα και στην περίπτωση που οι αισθητήρες παράγουν ψηφιακό σήμα (video), είναι απαραίτητο αυτό το σήμα να μετατραπεί και να ενταχθεί σε έναν κώδικα αντιληπτό από τα όργανα που θα το δεχτούν.

Διαδικασία παραγωγής σήματος αισθητήρα

Φυσική επαφή	Μεταβολή συμπεριφοράς του υλικού	Ηλεκτρικής φύσης παράγωγα	Διαμόρφωση παραγόμενου σήματος	Ψηφιοποίηση
--------------	----------------------------------	---------------------------	--------------------------------	-------------

Βασικά σημεία προβληματισμού για το σχεδιασμό και τη δόμηση του μέρους λήψης δεδομένων, είναι :

- 1) το να συνειδητοποιήσουμε το **είδος των δραστηριοτήτων** του χρήστη ενός τέτοιου περιβάλλοντος οι οποίες θα αξιοποιηθούν για την τροφοδότηση δεδομένων στο σύστημα. Με άλλα λόγια, πρέπει να αποφασίσουμε ποιές από τις δραστηριότητες (κινήσεις) είναι αυτές που είναι αξιοποιήσιμες (ανάλογα με το είδος της εφαρμογής) , και

2) να επιλέξουμε τους **κατάλληλους αισθητήρες** για τη μέτρηση αυτών των δραστηριοτήτων (κινήσεων).

Π.χ.

Η τροχιά μίας κίνησης στο χώρο μπορεί να περνά από δύο διδοχικά σημεία.. Η ανίχνευση του κινούμενου σώματος στα συγκεκριμένα σημεία της τροχιάς μπορεί να γίνει είτε με φωτοκύτταρα, είτε με αισθητήρες αφής είτε με δύο απλούς διακόπτες τοποθετημένους κατάλληλα (ανάλογα με το είδος της κίνησης και τη φύση του κινούμενου σώματος).

Με την επιλογή του κατάλληλου συστήματος αισθητήρων, είναι δυνατό να έχουμε μία σειρά από κανάλια δεδομένων, που τροφοδοτούνται από τις επιμέρους δραστηριότητες που στοιχειοθετούν την συνολική δράση.

Π.χ.

η κίνηση του χεριού μπορεί να περιγραφεί από τη μεταβολή της θέσης τριών σημείων (καρπός - αγκώνας - ώμος). Με το κατάλληλο σύστημα αισθητήρων μπορούμε να έχουμε τρία κανάλια δεδομένων από τη μεταβολή της θέσης κάθε σημείου, τα οποία περιγράφουν την συνολική κίνηση του χεριού.

Με τον ίδιο τύπο αισθητήρα μπορούμε να μετρήσουμε διαφορετικές δραστηριότητες
Είναι δυνατό να χρησιμοποιήσουμε δύο φωτοκύτταρα για να μετρήσουμε την ταχύτητα μίας κίνησης

Και με δύο φωτοκύτταρα μπορούμε επίσης να ανιχνεύσουμε την παρουσία ενός σώματος σε συγκεκριμένη θέση στο χώρο.

Από την άλλη μεριά **είναι δυνατό, το ίδιο είδος δραστηριότητας, να ανιχνεύεται από διαφορετικής "φύσης" αισθητήρες**

όπως για παράδειγμα

τα ηχητικά κύμματα μπορούν να ανιχνευθούν από πιεζοηλεκτρικούς αισθητήρες είτε από ηλεκτρομαγνητικούς αισθητήρες.

Την ταχύτητα της κίνησης μπορούμε να τη μετρήσουμε και με φωτοκύτταρα και με πιεζοηλεκτρικά

Τους αισθητήρες θα μπορούσαμε να τους κατηγοριοποιήσουμε (ομαδοποιήσουμε) με δύο κριτήρια

1) είτε ανάλογα με το **είδος της δραστηριότητας που αντιλαμβάνονται** και μετρούν (μέτρηση ταχύτητας, μέτρηση ασκούμενης πίεσης)

2) είτε ανάλογα με τις **φυσικές αρχές στις οποίες στηρίζεται η λειτουργία τους** (πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες, ηλεκτρομαγνητικοί αισθητήρες, φωτοκύτταρα)

Ετσι λοιπόν

Η επιλογή των αισθητήρων και ο σχεδιασμός του συστήματος "αισθητήριασης" γίνεται κάτω από ένα διπλό σκεπτικό που το ένα σκέλος του αφορά στο είδος της κίνησης ή δραστηριότητας που θέλουμε να μετρήσουμε, ενώ το άλλο σκέλος του, αφορά στην υλική και τεχνολογική υπόσταση των αισθητήρων και τις φυσικές αρχές λειτουργίας τους.

Ο αλγόριθμος

Στο δεύτερο δομικό μέρος ενός ηχοκινητικού περιβάλλοντος ερχόμαστε αντιμέτωποι με τον προβληματισμό περί **διαχείρισης των δεδομένων που τροφοδοτούνται από τους αισθητήρες**.

Εδώ οι εισερχόμενες πληροφορίες έχουν μετατραπεί σε κάποιον αντιληπτό κώδικα (Είτε είναι *midí* είτε κάποιο άλλο είδος ψηφιακού κώδικα) και οδηγούνται μέσα από διακριτά λογικά κανάλια για να τροφοδοτήσουν αλγόριθμους όπου ένα σύστημα αριθμητικής και λογικής επεξεργασίας των δεδομένων παράγει και διαμορφώνει μεγέθη που θα αξιοποιηθούν για τη διαμόρφωση του τελικού ηχητικού αποτελέσματος.

Για παράδειγμα:

εντοπίζοντας δύο σημεία της τροχιάς ενός κινούμενου αντικειμένου (έστω ευθύγραμμη κίνηση), και μετρώντας το χρόνο της κίνησης μεταξύ των δύο αυτών σημείων έχουμε τα απαραίτητα δεδομένα για να υπολογίσουμε την ταχύτητα του κινούμενου αντικειμένου. Εάν μάλιστα αξιοποιήσουμε και την πληροφορία για το ποιο σημείο προηγείται χρονικά τότε έχουμε δεδομένα και για την κατεύθυνση της κίνησης.

Εχουμε λοιπόν, αριθμούς που περιγράφουν μεγέθη απο τις μετρήσεις των αισθητήρων και αριθμούς οι οποίοι παράγονται απο κάποια αλγοριθμική επεξεργασία.
 Αυτοί οι αριθμοί, προσαρμόζονται και **εντάσσονται στη δομή κάποιου κώδικα**, αξιοποιήσιμου απο τα "όργανα" του τρίτου μέρους που είναι επιφορτισμένα με την παραγωγή του ηχητικού αποτελέσματος.

Για παράδειγμα:

η ταχύτητα της κίνησης μεταξύ των δύο σημείων του προηγούμενου παραδείγματος, μπορεί να τροφοδοτήσει το δεύτερο data byte (velocity) μιάς midi εντολής νότας (note on) ενώ το γεγονός της προέλευσης των δεδομένων απο το συγκεκριμένο αισθητήρα (ζευγάρι αισθητήρων), να τροφοδοτεί το πρώτο data byte της ίδιας εντολής με έναν αριθμό που θα περιγράφει το τονικό ύψος (note number) του ήχου που θα παραχθεί .

Είναι αναγκαίο σε κάποιες περιπτώσεις να γίνεται μία **προσαρμογή του εύρους μεταβολής** κάποιου μεγέθους στο εύρος που μπορεί να αξιοποιήσει ο κώδικας.

Στο προηγούμενο παράδειγμα θα πρέπει να προσαρμόσουμε τη διαβάθμιση της ταχύτητας, μεταξύ των ορίων 0-127 (λόγω midi πρωτοκόλου) και ο αριθμός που θα περιγράφει το τονικό ύψος θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ των ιδίων ορίων.

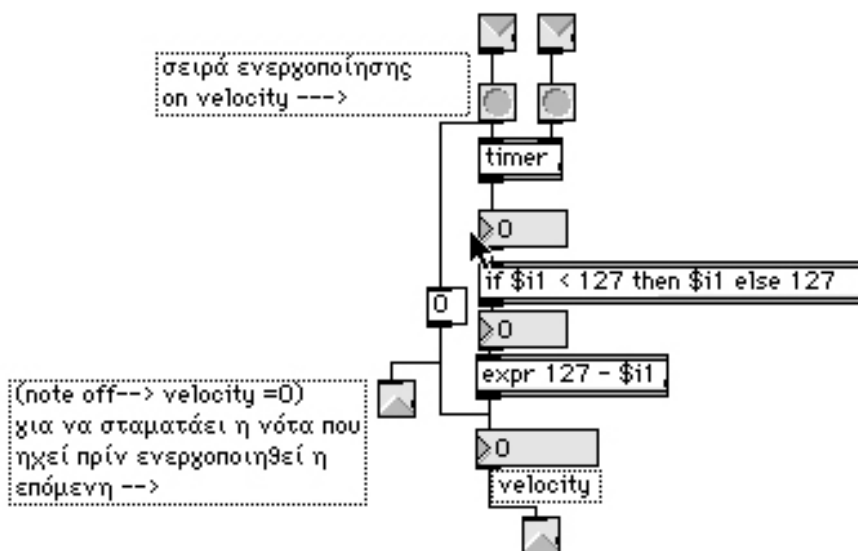
Υπάρχουν προγράμματα που μέσα απο ένα γραφικό περιβάλλον διαχείρισης, επιτρέπουν την ανάπτυξη αλγορίθμων που θα εξάγουν δεδομένα κατάλληλα για μουσική χρήση (midi - audio)

Τέτοιο πρόγραμμα είναι η γνωστή **Max - MSP** (δέχεται midi και audio δεδομένα και εξάγει midi και audio)

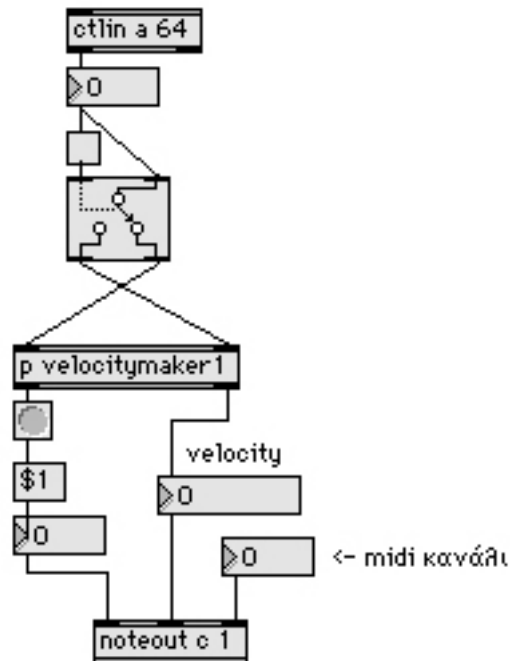
Το παρακάτω παράδειγμα είναι ένας αλγόριθμος (Max) που παράγει αριθμούς απο 0 έως 127, για να τροφοδοτήσει το δεύτερο data byte κάποιιας εντολής note on.

Στις δύο εισόδους του δέχεται το σήμα που παράγουν δύο αισθητήρες τοποθετημένοι στην τροχιά κίνησης κάποιου κινούμενου αντικειμένου. Ετσι αξιοποιώντας το χρόνο που μεσολαβεί μεταξύ των δύο σημάτων, παράγεται τελικά ένας αριθμός απο 0 έως 127.

Αλγόριθμος παραγωγής velocity (MAX)



Αλγόριθμος παραγωγής νότας (note on/off) (MAX)



Παραγωγή και διαμόρφωση του ήχου

Το τρίτο μέρος ενός ηχοκινητικού περιβάλλοντος είναι επιφορτισμένο με την παραγωγή και διαμόρφωση του ηχητικού αποτελέσματος.

Εδώ διοχετεύονται τα δεδομένα που εξάγονται από το δεύτερο μέρος είτε σε μορφή digital audio που μετατρέπονται σε ήχο από κάποιο interface (π.χ. κάρτα ήχου, εάν πρόκειται για ηλεκτρονικό υπολογιστή), είτε είναι σειρές midi πληροφοριών που απευθύνονται στα αντίστοιχα περιφερειακά synthesizers, ή sequencers μέσω κάποιου midi interface.

Το midi είναι ένας ευέλικτος κώδικας που ικανοποιεί τις ανάγκες για άμεσο έλεγχο σε πραγματικό χρόνο ηχητικών παραμέτρων.

Υπάρχει ένα μεγάλο πλήθος προγραμμάτων (software) και οργάνων παραγωγής και επεξεργασίας ήχου που μπορούν να διαχειρισθούν midi πληροφορίες, δίνοντας μας τη δυνατότητα να έχουμε μία μεγάλη λίστα επιλογών όσον αφορά στην κατασκευή αυτού του μέρους του ηχοκινητικού περιβάλλοντος.

Ενα μειονέκτημα που έχουμε χρησιμοποιώντας midi, είναι το γεγονός ότι μεταφέρει απλά πληροφορίες για τον τρόπο που πρέπει να ηχήσουν ή να λειτουργήσουν τα όργανα δέκτες, τα οποία λόγω της διαφορετικής προέλευσης και κατασκευής τους, διαφέρουν στον τρόπο με τον οποίο παράγουν το ηχητικό αποτέλεσμα ανταποκρινόμενα στις ίδιες midi πληροφορίες.

Από την άλλη μεριά, η χρήση προηχογραφημένου υλικού (audio), ενώ μας εξασφαλίζει σταθερό ηχητικό αποτέλεσμα, αφήνει ελάχιστα περιθώρια ελέγχου σε πραγματικό χρόνο.

Ενα εργαλείο που συνδυάζει ψηφιακά αναπαραγόμενο ήχο και midi έλεγχο είναι το sampler που μας δίνει τη δυνατότητα χρήσης προηχογραφημένου υλικού και επεξεργασίας του σε πραγματικό χρόνο.

Αξιόπιστο hardware και software, καλή γνώση του midi κώδικα και γενικότερα της ηλεκτρονικής μουσικής τεχνολογίας, είναι προϋποθέσεις για ένα καλό σχεδιασμό και υλοποίηση του τρίτου αυτού λειτουργικού μέρους.

Βιβλιογραφία

Roads Curtis (1996) "The computer music tutorial " part5-part6 Cambridge MA : MIT press Rowe Rob "Interactive Music Systems" Cambridge MA : MIT press William Putnam and R. Benjamin Knapp "Input/D System Design for Human Computer Interfacing" <http://www-ccrma.stanford.edu/CCRMA/Courses/252/sensors/sensors.html>

JoelChadabe "interactive composing: an overview" p143-p149 from the book "The Music Machine" Cambridge press

Πληροφορίες για τη MAX

<http://www.cycling74.com/products/max.html#is>

παραδείγματα ηχοκινητικών περιβαλόντων

<http://www.infusionsystems.com/culture/dance.html>

<http://www.infusionsystems.com/culture/art.html>

<http://www.infusionsystems.com/culture/emusic.html>

[Δημήτριος Ζ. Αδάμ 1/6/2001 Θεσσαλονίκη](#)