



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΡΕΘΥΜΝΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σπουδαστές Ζήσης Σαπνάρας Α.Μ. 781
Σώτος Χαραλάμπους Α.Μ.850

Επιβλέπων καθηγητής Ξενικάκης Δημήτρης

Θέμα «Binaural ηχογράφηση και επεξεργασία με συνοδεία εικόνας συνόλου μουσικών»



Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της Πτυχιακής Εργασίας θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Δημήτρη Ξενικάκη, για την πολύτιμη καθοδήγηση και εμπνευστή του, και κυρίως για την υποστήριξη της όλης εργασίας, την γραμματεία του τμήματος για την παροχή θεωρητικού υλικού, τον καθηγητή κ. Σπύρο Μπρέζα και τους εκάστοτε βοηθούς στα studio για την υπομονή τους. Επίσης θερμές ευχαριστίες στο μουσικό συγκρότημα Astostaeftha για την φιλική του συμμετοχή στις ηχογραφήσεις, τον Πολυχρονόπουλο Φώτη, τον Κλειδωνάρη Αλέξανδρο, τον Μπατσά Δημήτριο και την Ευδοξία Σαπνάρα για την πολύτιμη βοήθειά τους.

Περίληψη

Η ηχογράφηση και η κατασκευή της dummy head αναπτύχθηκαν στα πλαίσια πτυχιακής εργασίας για το ΤΕΙ Κρήτης του τμήματος Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής. Η Πτυχιακή εργασία επικεντρώνεται στην πειραματική κατασκευή μοντέλου ανθρώπινης κεφαλής (Dummy Head), για αμφιοτική (binaural) ηχογράφηση μουσικής και αναπαραγωγή του ήχου σε ακουστικά(headphones). Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι μέσω της εικόνας να αποδείξουμε την ακρίβεια της binaural ηχογράφησης και τη μεταφορά του ακροατή στο χώρο της ηχογράφησης. Κατ' επέκταση έγινε μελέτη για τις παραμέτρους που επηρεάζουν την χωροτοποθέτηση στην ανθρώπινη ακοή, για τις ήδη υπάρχων τεχνικές αμφιοτικής ηχογράφησης και για τα μοντέλα Dummy-head που κυκλοφορούν μέχρι σήμερα στην αγορά. Για να έχουμε την δυνατότητα σύγκρισης της αναπαραγωγής με την on-location εικόνα προσαρμόσαμε κάμερες στο μοντέλο. Παρουσιάζεται βήμα βήμα ο τρόπος κατασκευής της dummy head που χρησιμοποιήθηκε στην υλοποίηση της ηχογράφησης όπως και η ιστορική αναδρομή των binaural ηχογραφήσεων. Έπειτα αναλύεται η διαδικασία της πραγματοποίησης της ηχογράφησης. Με το σύγγραμμα αυτό παρουσιάζεται και η κατασκευή όπως και ένα οπτικοακουστικό αρχείο.

Περιεχόμενα

1. Ιστορικά στοιχεία
2. Ανθρώπινο αυτί - Ανατομία αυτιού
 - 2.1 Το πτερύγιο
 - 2.2 Το ακουστικό κανάλι
 - 2.3 Το διάμεσο επίπεδο
3. Αμφιοτική ακοή
 - 3.1 Πειράματα εντοπισμού πηγής
 - 3.2 Γενικές παρατηρήσεις
 - 3.3 Human Related Transfer (HRTF)
 - 3.3.1 Interaural Time difference
 - 3.3.2 Comp Filtering
 - 3.3.3 Interaural Intensity Difference
 - 3.3.4 Helmholtz resonator
 - 3.4 Συνοπτικά καίρια σημεία
4. Τεχνικές αμφιοτικής ηχογράφησης
 - 4.1 Jecklin Disc
 - 4.2 Near-Coincident pairs
 - 4.3 Probe earmics
 - 4.4 Dummy-Head
5. Δημιουργία Dummy-Head
6. Εξοπλισμός
 - 6.1 Μικρόφωνα earthworks TC30
 - 6.2 Κάρτα ήχου Motu 896HD
 - 6.3 iMac apple pc
 - 6.4 Πρόγραμμα ηχογράφησης logic studio

- 6.5 Κάμερα καταγραφής Olympus FE300
- 6.6 Πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνας Adobe premier 6.5.

7. Διαδικασία ηχογράφησης

8. Ηχοστάθμιση ακουστικών για την αναπαραγωγή

9. Επίλογος

10. Βιβλιογραφία

1 Ιστορικά στοιχεία

Η ιστορία της binaural ηχογράφησης πηγαίνει πίσω μέχρι το 1881. Η πρώτη απόπειρα binaural ηχογράφησης, η Théâtrophone όπως ονομάστηκε η τεχνική αυτή, ήταν μια σειρά από μικρόφωνα άνθρακα τύπου τηλεφώνου τα οποία είναι εγκατεστημένα κατά μήκος το εμπρόσθιο μέρος της σκηνής στην Opera Garnier. Το σήμα στέλνονταν στους ακροατές με την προϋπόθεση ότι απαιτείται να φορούν ένα ειδικό σετ ακουστικών ή μία προσομείωση κεφαλής, στην ουσία, η οποία είχε ένα μικρό ηχείο για κάθε αυτί. Η επόμενη binaural απόπειρα συμβαίνει 40 χρόνια αργότερα όταν ένας ραδιοφωνικός σταθμός με την ονομασία Connecticut ξεκίνησε να μεταδίδει binaural σήματα. Το στερεοφωνικό ραδιόφωνο δεν είχε τεθεί ακόμη σε λειτουργία οπότε στην ουσία ο συγκεκριμένος σταθμός έστελνε το αριστερό κανάλι σε μία συχνότητα και το δεξί σε κάποια άλλη. Οι ακροατές θα έπρεπε να διαθέτουν δύο ραδιόφωνα και αφού θα είχαν τις σωστές συχνότητες θα έπρεπε να τοποθετήσουν από ένα ηχείο του διαφορετικού μικρόφωνο σε κάθε αυτί τους. Προφανώς το να κατέχεις εκείνη την εποχή δύο ραδιόφωνα ήταν εξαιρετικά σπάνιο οπότε και αυτή η απόπειρα έμεινε στην αφάνεια.

Η Binaural ηχογράφηση έμεινε στο παρασκήνιο, λόγω του ακριβούς, ειδικού εξοπλισμού που απαιτείται για εγγραφές ποιότητας, και την απαίτηση των ακουστικών για τη σωστή αναπαραγωγή. Ιδιαίτερα στην προ-Walkman εποχή, οι περισσότερη κατανάλωση δεν αποκρινόταν σε ακουστικά, και οι καταναλωτές ενδιαφέρονταν μόνο για τις εγγραφές που θα μπορούσαν να ακουστούν σε ένα οικιακό στερεοφωνικό σύστημα ή σε αυτοκίνητα. Τέλος, τα είδη των αντικειμένων που θα μπορούσαν να ηχογραφηθούν δεν είχαν συνήθως υψηλή εμπορική αξία.

Οι εγγραφές που γίνονται στο στούντιο θα έχουν πολλά να ωφεληθούν από τη χρήση binaural τεχνικής, η χωρική ποιότητα του στούντιο δεν θα είναι πολύ δυναμική και ενδιαφέρουσα σε μια binaural ηχογράφηση. Ηχογραφήσεις που παρουσιάζουν ενδιαφέρον είναι συνήθως η ηχογράφηση μιας κλασικής ορχήστρας, καθώς και του περιβάλλοντος, ηχογραφήσεις των ήχων της πόλης και της φύσης.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1970, ο Lou Reed ηχογράφησε 3 άλμπουμ σε binaural τεχνική: Street Hassle, Live: Take No Prisoners και το The Bells. Το 2000 το συγκρότημα Pearl Jam κυκλοφόρησε ένα album με την ονομασία binaural το οποίο περιέχει binaural ηχογραφήσεις. Το 2004 η εταιρία Sonic music studios στη Νέα Υόρκη πραγματοποίησε δύο binaural ηχογραφήσεις, με την All-American Youth Orchestra, η οποίες κυκλοφόρησαν στο εμπόριο από την εταιρία Cala Records. Ήταν το Ride of the Valkyries του Wagner και το Scherzo από το έργο Midsummer Night's Dream του Mendelssohn.

Το 2009, στο πρόγραμμα BBC Radio 7 χρησιμοποιείται ένα online binaural σήμα προκειμένου να προωθηθεί η δεύτερη σειρά του Planet B. Επίσης υπάρχουν αρκετά παιχνίδια στο iPhone της Apple τα οποία χρησιμοποιούν binaural ήχο όπως είναι το Zen Bound από την Secret Exit και το Aves από την Reaction Games. Ένα video game με την ονομασία Para Sangre της Somethin' Else είναι το πρώτο παιχνίδι στο iPhone το οποίο περιέχει έναν αλγόριθμο για τη δημιουργία binaural ήχου χρησιμοποιώντας HRTF.

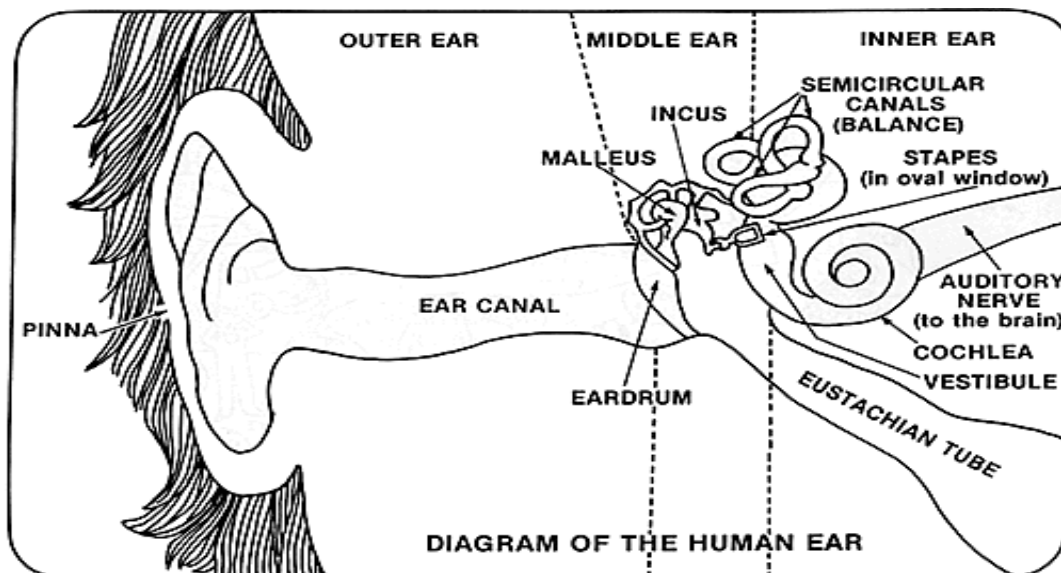
2 Ανθρώπινο αυτί

2.Ανατομία του αυτιού

Τα τρία κύρια τμήματα του ανθρώπινου ακουστικού συστήματος είναι το έξω αυτί, το μέσο αυτί και το έσω αυτί. Το έξω αυτί αποτελείται από το πτερύγιο και από το ακουστικό κανάλι, και είναι αυτό που θα μας απασχολήσει όσον αφορά το αντικείμενο μελέτης της πτυχιακής εργασίας. Το ακουστικό κανάλι τελειώνει στην ακουστική μεμβράνη ή τύμπανο. Το μέσο αυτί είναι ένας χώρος γεμάτος αέρα στον οποίο υπάρχουν τρία οστά, η σφύρα, ο άκμονας και ο αναβολέας. Το έσω αυτί τελειώνει στο ακουστικό νεύρο, το οποίο στέλνει ερεθίσματα στον εγκέφαλο.

2.1 Το πτερύγιο : Κατευθυντικός κωδικοποιητής ήχου.

Το πτερύγιο στην ουσία είναι μία συσκευή συλλογής ήχων. Προσφέρει την διαφοροποίηση των ήχων που προέρχονται από πίσω. Με το πτερύγιο αυξάνεται η φαινομενική ηχηρότητα λόγω των μικροανακλάσεων εξαρτώμενη πάντα από τη συχνότητα. Για το εύρος συχνοτήτων από 2kHz έως 3kHz η ακουστική πίεση στο τύμπανο αυξάνεται κατά 5 dBspl περίπου. Το πτερύγιο εκτελεί μια πολύ αποφασιστική λειτουργία χαράσσοντας κατευθυντικές πληροφορίες σε όλους τους ήχους που συλλαμβάνονται από το αυτί. Αυτό σημαίνει ότι πληροφορίες σχετικές με την πηγή του ήχου προστίθενται στο περιεχόμενο του ήχου έτσι ώστε η τελική ακουστική πίεση στο τύμπανο να δίνει την δυνατότητα στον εγκέφαλο να ερμηνεύει και το περιεχόμενο του ήχου και την κατεύθυνση από την οποία αυτός προέρχεται.



Σχ.2.1 Στην παραπάνω εικόνα μπορούμε να παρατηρήσουμε την ανατομία του ανθρώπινου αυτιού.

2.2 Το ακουστικό κανάλι

Το ακουστικό κανάλι αυξάνει την ακουστότητα των ήχων που διαπερνούν το μήκος του. Έχει μέση διάμετρο στα 0.7 cm η οποία είναι ομογενής σε όλο το μήκος του περίπου 3 cm. Έχουμε στην ουσία ένα σωληνοειδές σχήμα που στο ένα άκρο κλείνει με το τύμπανο. Το φαινόμενο συντονισμού στο ακουστικό κανάλι αυξάνει την πίεση του ήχου στο τύμπανο σε ορισμένες συχνότητες. Έχουμε μέγιστο συντονισμό κοντά στη συχνότητα στην οποία ο σωλήνας των 3 cm έχει ένα τέταρτο μήκος κύματος ($\lambda/4$), περίπου 3000Hz. Το ακουστικό κανάλι λειτουργεί σαν ένας σωλήνας μουσικού οργάνου (κλειστός ανοιχτός). Ο συντονισμός θα δίνει ακουστική ενίσχυση για τις σημαντικές συχνότητες, (ανθρώπινη ομιλία 400-600 Hz).

Εντοπισμός ηχητικών πηγών.

Η αντίληψη της κατεύθυνσης της πηγής ενός ήχου είναι εν μέρει αποτέλεσμα της λειτουργίας κωδικοποίησης του εξωτερικού αυτιού κ κυρίως του περικεφαλαίου. Ο ήχος που ανακλάται από τις διάφορες αυλακώσεις, διπλώσεις και επιφάνειες του περικεφαλαίου προστίθεται με τον άμεσο ήχο που δεν ανακλάται σε κάποιο σημείο του περικεφαλαίου η του ακουστικού καναλιού. Αυτή η πρόσθεση που έχει κωδικοποιηθεί πλέον με πληροφορίες κατεύθυνσης περνάει από το τύμπανο στο μέσο και στο έσω αυτί και καταλήγει στον εγκέφαλο για ερμηνεία.

2.3 Το διάμεσο επίπεδο.

Το διάμεσο επίπεδο είναι ένα κατακόρυφο επίπεδο που διέρχεται συμμετρικά από το κέντρο του κεφαλιού και από τη μύτη. Πηγές ήχου που βρίσκονται στο επίπεδο αυτό εμφανίζουν ακριβώς ίδιες συναρτήσεις μεταφοράς για τα δύο αυτιά. Ο ακουστικός μηχανισμός χρησιμοποιεί ένα άλλο σύστημα για αυτές τις πηγές. Ένα σύστημα που ταυτοποιεί τις θέσεις των πηγών συχνωτικά. Συνιστώσες σήματος κοντά στα 5000Hz και 8000Hz γίνονται αντιληπτές σαν να προέρχονται από επάνω, συνιστώσες κοντά στα 1000Hz και 10kHz σαν να προέρχονται από πίσω.

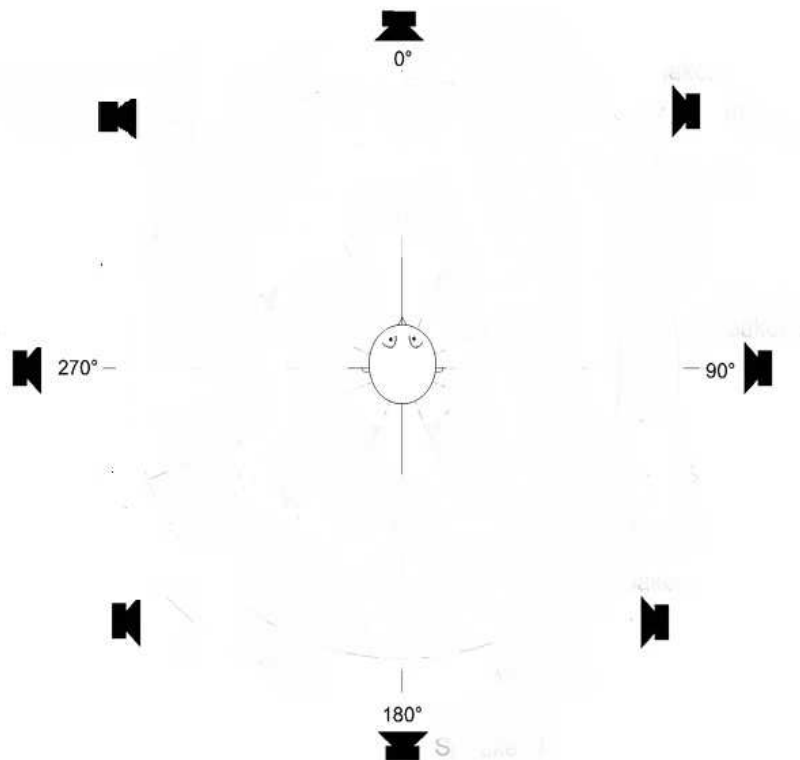
Ο ήχος που προέρχεται από εμπρός σε έναν ακροατή θα έχει έμφαση στην συχνοτική περιοχή των 2-3kHz.

3 Αμφιοτική ακοή

Αμφιοτική ακοή είναι η φυσιολογική ακοή με τα δύο αυτιά , το σύνολο της πρόσθεσης των σημάτων που λαμβάνει το κάθε αυτί ξεχωριστά. Ο σημαντικότερος λόγος στον οποίο βασίζεται το σύστημα της αμφιοτικής ακοής είναι το γεγονός ότι τα ηχητικά κύματα φθάνουν με διαφορετική γωνία στους ακουστικούς πόρους , με συνέπεια να διαφέρουν οι συναρτήσεις μεταφοράς των αυτιών.

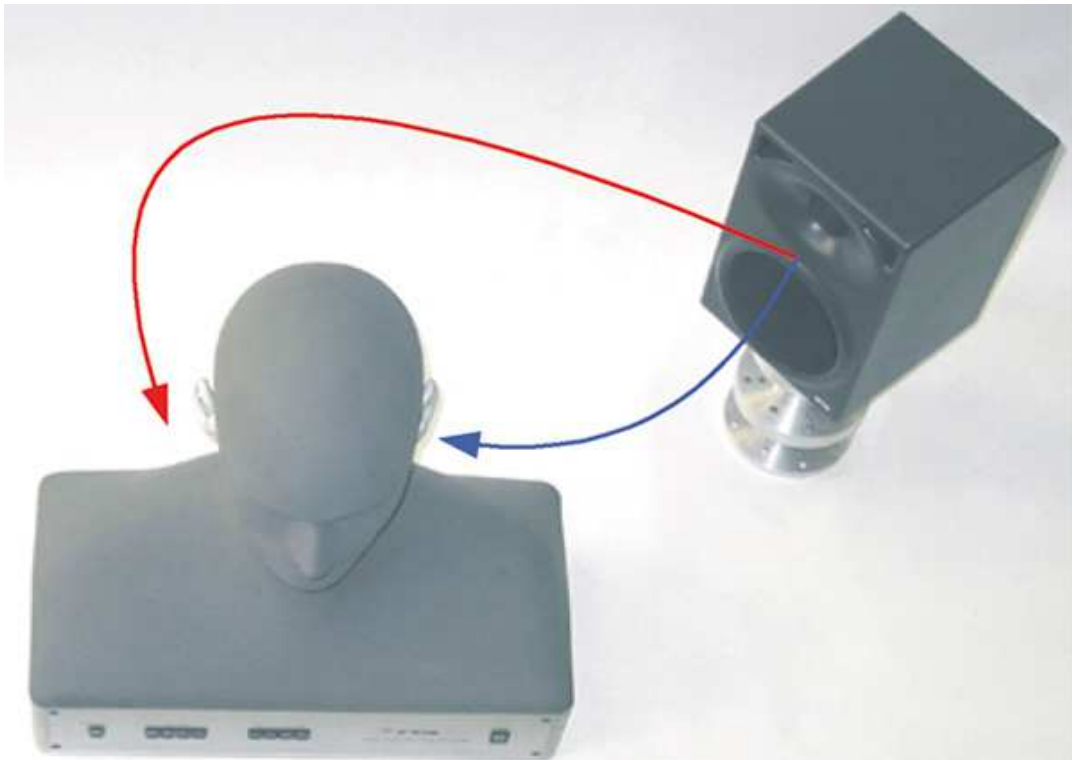
3.1 Πειράματα εντοπισμού στη αμφιοτική ακοή

Ενα από τα πρωταρχικά πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί για την ανάλυση της αμφιοτικής ακοής πραγματοποίησε ο Λόρδος Rayleigh στο πανεπιστήμιο του Cambridge. Τοποθετήθηκαν ηχητικές πηγές σε κύκλο στο κέντρο του οποίου ένας ακροατής με κλειστά μάτια έδειχνε την κατεύθυνση της κάθε πηγής.



Σχ.3.1 διάταξη πειράματος του λόρδου Rayleigh

Παρατήρησε ότι εμπλέκονται τρεις παράγοντες, η διαφορά έντασης του ήχου που δέχονται τα δύο αυτιά , η διαφορά στο χρόνο άφιξης σε κάθε αυτί λόγω της απόστασης και η διαφορά φάσης λόγω της καθυστέρησης του ήχου από το ένα αυτί στο άλλο .



Σχ.3.2 διαφορά δρόμου στα δύο αυτιά

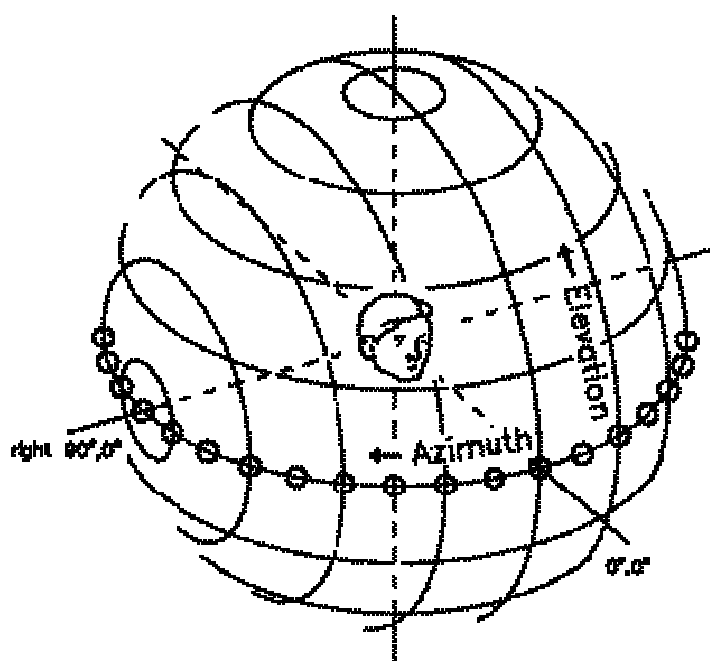
Λόγο του κρανίου το αυτί που θα βρίσκεται πιο κοντά στην ηχητική πηγή θα δέχεται υψηλότερη ακουστική ένταση. Ενα τυφλό σημείο στο συγκεκριμένο πείραμα ήταν ο εντοπισμός του εμπρός και του πίσω μιας και ο ήχος πέφτει με ίδια ένταση σε κάθε αυτί και με ίδια φάση.

3.2 Περίθλαση του ήχου γύρω από το κεφάλι

Γενικά θα παρατηρήσουμε το φαινόμενο της περίθλασης γύρω από το κεφάλι καθώς και τις ανακλάσεις και περιθλάσεις γύρω από τους ώμους και τον άνω κορμό επηρεάζοντας έτσι την ανθρώπινη αντίληψη του ήχου. Γενικά για ήχους από 1kHz έως 6kHz που φθάνουν από εμπρός η περίθλαση του κεφαλιού έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνει την πίεση ήχου και να την ελαττώνει πίσω από αυτό. Για συχνότητες στις χαμηλότερες περιοχές η κατευθυντική μορφή τείνει να γίνει κυκλική.

3.3 HRTF(Human Related Transfer)

Όπως είδαμε ο άνθρωπος έχει ένα πολύπλοκο σύστημα για να έχει την αίσθηση της ακοής, όμως, γιατί δεν αρκούσε ένα μονό αυτί ή μονό ένα τύμπανο. Σκοπός όλης αυτής της πολυπλοκότητας είναι η χωροτοποθέτηση. Μιλώντας όμως για χωροτοποθέτηση δεν εννοούμε ένα απλό stereo αλλά την αίσθηση του τρισδιάστατου ήχου, δηλαδή το ανθρώπινο ηχητικό σύστημα μας δίνει την ικανότητα να αντιλαμβανόμαστε από που προέρχεται ο ήχος. Για την δυνατότητα αυτή πολλοί παράγοντες εμπλέκονται. Σε αυτό το κεφάλαιο θα τους αναλύσουμε όσο πρέπει για την καλύτερη κατανόηση αυτής της κατασκευής.



Σχ.3.3 Σφαιρικό διάγραμμα συντεταγμένων γύρω από το κεφάλι.
J.C. Middlebrooks, J.C. Makous and D.M. Green, "Directional Sensitivity of Sound-Pressure Levels in the Human Ear Canal," Journal of the Acoustical Society of America, vol. 86(1), pp. 89-108.

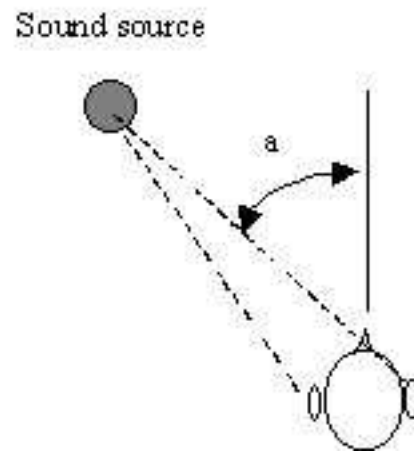
Αζιμούθιο: Οι μοίρες στον οριζόντιο άξονα με $0,0^\circ$ το κέντρο, αριστερά 90° και δεξιά -90° , το πίσω μέρος του κεφαλιού μπορεί να προσδιοριστεί με αριστερά -180° και δεξιά 180°

Ανύψωση: : Οι μοίρες στον κάθετο άξονα με $0,0^\circ$ το κέντρο, πάνω 90° και κάτω -90°

3.3.1. ITD (Interaural Time Differences)

Ο λόγος, για την καθυστέρηση του σήματος για να πάει στο κάθε αυτί ανάλογα με τη θέση της πηγής στον οριζόντιο άξονα αλλάζει και η διαφορά δρόμου που κάνει ο ήχος να φτάσει στο αυτί. Η απόσταση των δυο αυτιών δεν είναι για όλους τους ανθρώπους ίδια αλλά περίπου κυμαίνεται στα 17 cm, και το εν λόγω delay, $0 > ITD < 650 \mu\text{sec}$.

Όπως φαίνεται ο εγκέφαλος μας εκλαμβάνει δυο σήματα πανομοιότυπα τα οποία με κάποιο τρόπο τα συγκρίνει βρίσκοντας την τοποθεσία της πηγής.

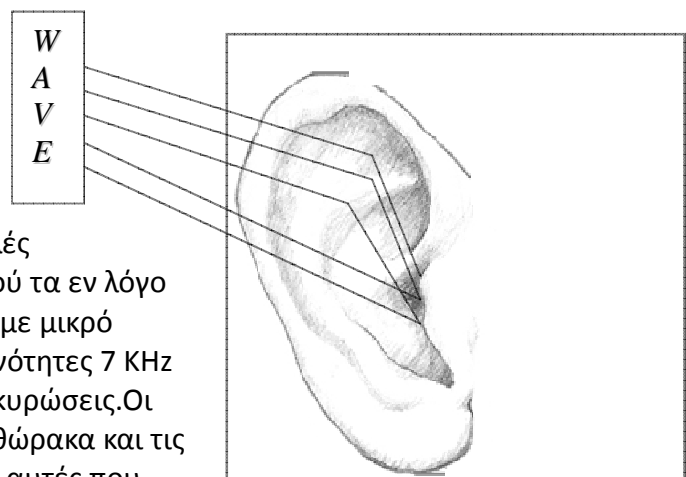


3.3.2. Comb Filtering

Παρακολουθώντας την πορεία του σήματος θα παρατηρήσουμε πολλές ανακλάσεις διαφορετικές για κάθε αυτί που γίνονται πάνω στο σώμα μας. Εδώ μιλάμε για

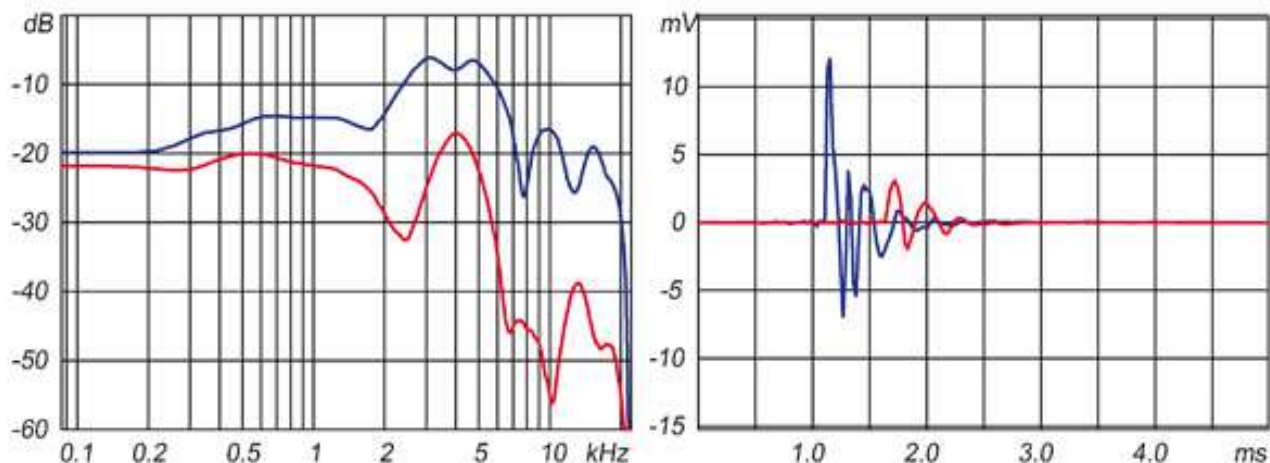
μικροανακλάσεις, που επηρεάζουν υψηλές συχνότητες περίπου 7Khz και πάνω, αφού τα εν λόγω μεγέθη επιτρέπουν μόνο σε συχνότητες με μικρό μήκος κύματος να ανακλαστούν, σε συχνότητες 7 KHz με 8KHz και στα 12 KHz έχουμε συχνά ακυρώσεις. Οι ανακλάσεις αυτές προέρχονται από το θώρακα και τις ωμοπλάτες, σημαντικότερες όμως, είναι αυτές που δημιουργούνται στο πτερύγιο του αυτιού. Αυτές είναι πάρα πολλές αφού το αυτί αποτελείται από πολλές διαφορετικές κοιλότητες π.χ. ο κοχλίας. Προφανές είναι ότι στο κάθε αυτί έχουμε διαφορετικές διαμορφώσεις αφού το comb filtering εξαρτάται από τη γωνιά πρόσπτωσης, συνεπώς και από τη διεύθυνση που προέρχεται ο ήχος.

Όπως είναι γνωστό το κάθε αυτί είναι διαφορετικό από άνθρωπο σε άνθρωπο ακόμα και από δεξί σε αριστερό.



3.3.3. IID (Interaural Intensity Differences)

Από τη καθυστέρηση των δύο σημάτων που προαναφέραμε λογικό είναι να προκύπτουν και ελαφρές διαφορές στην ένταση. Όταν ο ήχος δεν προέρχεται από το κέντρο, ο όγκος του κεφαλιού μας δημιουργεί μια ηχητική σκιά στο απομακρυσμένο αυτί. Αυτή η σκιά επηρεάζει συχνότητες πάνω από 800 Hz και μειώνει αρκετά την ένταση τους.

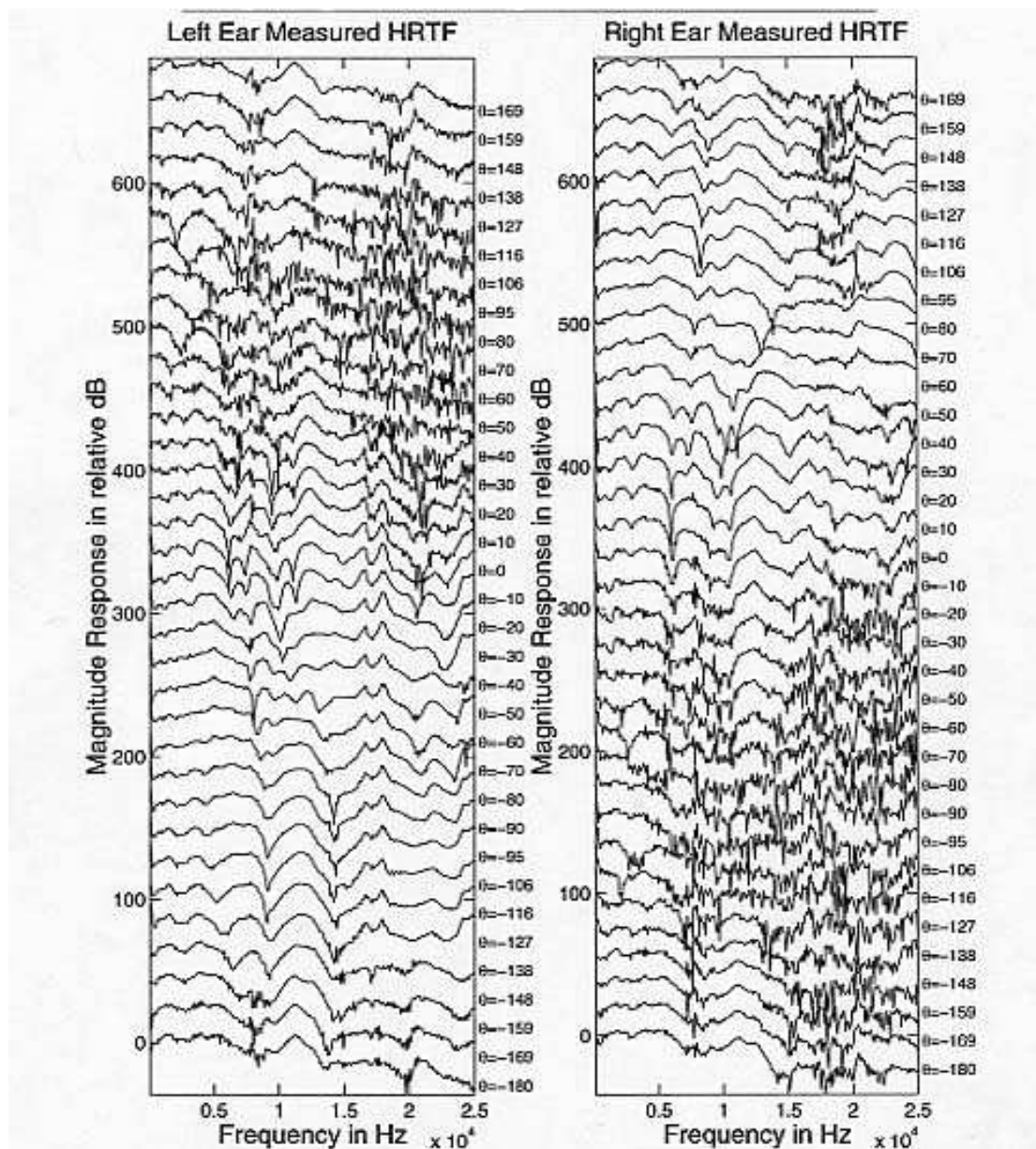


Σχ3.4 Η απόκριση των δύο αυτιών με λευκό θόρυβο που προέρχεται από τις 120°. Όπως βλέπουμε οι διαμορφώσεις μπορεί να είναι πολύ μεγάλες (10db βύθισμα στα 10 KHz).

Αριστερά βλέπουμε τη συχνοτικά απόκριση ενώ δεξιά το πλάτος συνάρτησης της καθυστέρησης.

3.3.4. Helmholtz resonator και στο αυτί μας

Το ακουστικό κανάλι που βρίσκεται ενδιάμεσα στο τύμπανο και στο εξωτερικό αυτί συμπεριφέρεται σαν συνηχητής Helmholtz. Το κανάλι έχει μήκος περίπου 3 cm και επηρεάζει συχνότητες 3-4 KHz, η συνήχηση αυτή, όπως και το comb filtering, έχει βασικό ρόλο στη χωροτόποθετηση του μπροστά με το πίσω.



Σχήμα: Δείγμα HRTF's των ανθρώπινων αυτιών σε διάφορες γωνίες λήψης

Συνοπτικά τα σημεία που πρέπει να έχουμε υπόψη για την κατανόηση της αμφιοτικής ακοής

1. Ο άνθρωπος εκλαμβάνει την απόσταση και την θέση της ηχητικής πηγής μόνο από τη σύγκριση της διαφοράς ακουστικής πίεσης μεταξύ των δύο ακουστικών τυμπάνων.
2. Η επιρροή στις συχνότητες του σήματος από τις διάφορες ηχητικές σκιές που δημιουργούνται (αυχένα, κεφάλι, πτερύγιο κλπ) έχουν καθοριστικό ρόλο για τη χωροτοποθέτηση.
3. Η συχνοτικές διαφορές που δημιουργούνται από τις ανακλάσεις στο πτερύγιο και στο ακουστικό κανάλι είναι διαφορετικές για το κάθε αυτί και διαφορετικές για τον κάθε άνθρωπο.
4. Ο εντοπισμός της κατεύθυνσης στο οριζόντιο επίπεδο γίνεται σχεδόν εξολοκλήρου από την διαφορά χρόνου και έντασης μεταξύ των δύο τυμπάνων. Αυτές οι διαφορές συνήθως είναι ίδιες σε όλους τους ανθρώπους.
5. Ο εντοπισμός της κατεύθυνσης στο κάθετο επίπεδο ορίζεται με τη σύγκριση των συχνοτικών διαφορών του εκάστοτε ήχου με έναν άλλο γνώριμο ήχο σε γνωστή κατεύθυνση. Φαινομενικά είναι πιθανό ο άνθρωπος να μην μπορεί να ορίσει το ύψος ενός ήχου που δεν ξανάκουσε ποτέ, ωστόσο στη φύση μας είναι να καταχωρούμε ήχους έτσι συγκρίνοντας τις καταχωρίσεις των σχετικών ήχων στα 2000Hz περίπου για όλους έχουμε μια καλή ιδέα για το πού μπορεί να είναι το ύψος της οποιασδήποτε πηγής.
6. Η ικανότητα της χωροτοποθέτησης χωρίς την οπτική επαφή διαφέρει από άτομο σε άτομο. Πολλοί άνθρωποι έχουν δυσκολία να ξεχωρίσουν εάν η πηγή είναι μπροστά ή πίσω τους.

4 Τεχνικές ηχογράφησης

Εκ των προτέρων θα θέλα να διαχωρίσουμε αυτές τις τεχνικές σε δύο κατηγορίες με βάση το τί προσφέρουν, στις binaural που έχουν όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά και αρχές και στις ψευδο-binaural όπου δεν ασχολούνται τόσο με το μπρός πίσω.

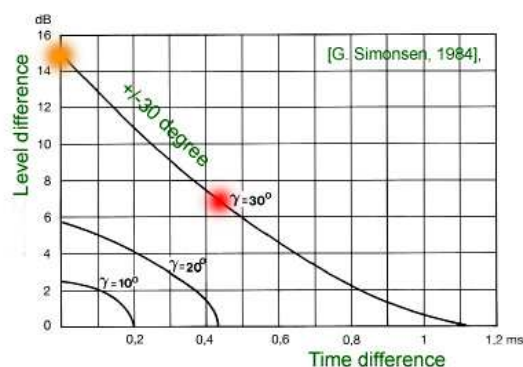
4.1 Jecklin Disk

Μια ψευδο-binaural τεχνική ηχογράφησης που βασίζεται στην διαφορά δρόμου των δυο δεκτών και σε ένα εμπόδιο ανάμεσα τους. Είναι μια πολύ απλή κατασκευή χρειάζονται 2 omni στον οριζόντιο άξονα σε απόσταση μεταξύ τους 17 cm περίπου για την παραδοχή $0 > ITD < 650 \mu\text{sec}$ και ένα στερεό υλικό στο μέγεθος του κεφαλιού που θα τα διαχωρίζει δίνοντας και το φαινόμενο της ηχητική σκίασης.


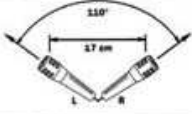
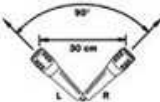

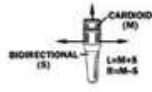
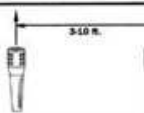


4.2. Near-Coincident pairs

Άλλη μία ψευδο-binaural τεχνική. Στην ουσία είναι ένας εμπλουτισμός των stereo ηχογραφήσεων όπου χρησιμοποιούνται εκτός από την απόσταση των μικροφώνων και η γωνία λήψης τους. Σύμφωνα και με τις καμπύλες Simonsen η σχέση έντασης και delay σε ένα stereo λειτουργεί ισοδύναμα και αθροιστικά.



Σχ.4.1 καμπύλες Simonsen Ο κατακόρυφος άξονας δίνει σε Db των λόγο των σημάτων direct/delayed

STEREO PICKUP SYSTEMS	MICROPHONE TYPES	MICROPHONE POSITIONS	
X-Y	2 - CARDIOID	AXES OF MAXIMUM RESPONSE AT 135° SPACING: COINCIDENT	
ORTF (FRENCH BROADCASTING ORGANIZATION)	2 - CARDIOID	AXES OF MAXIMUM RESPONSE AT 110° SPACING: NEAR-COINCIDENT (7 IN.)	
NOS (DUTCH BROADCASTING FOUNDATION)	2 - CARDIOID	AXES OF MAXIMUM RESPONSE AT 90° SPACING: NEAR-COINCIDENT (12 IN.)	
STEREOSONIC	2 - BIDIRECTIONAL	AXES OF MAXIMUM RESPONSE AT 90° SPACING: COINCIDENT	
MS (MID-SIDE)	1 - CARDIOID 1 - BIDIRECTIONAL	CARDIOID FORWARD-POINTED; BIDIRECTIONAL SIDE-POINTED; SPACING: COINCIDENT	
SPACED	2 - CARDIOID OR 2 - OMNIDIRECTIONAL	ANGLE AS DESIRED SPACING: 3-10 FT.	

STEREO MICROPHONE TECHNIQUES

Σχ.4.2 πίνακας με τα near-coincided ζεύγη.

Όπως είναι και προφανές άλλωστε χρησιμοποιούνται μικρόφωνα με κατευθυντικότητα όπως καρδιοειδές και figure-8.

4.3. Probe earmics

Είναι η πρώτη binaural τεχνική ηχογράφησης που μπορεί να περάσει από το νου καποιού. Σε αυτή τη τεχνική εφαρμόζουμε omni mics στα δικά μας αυτιά. Είναι μια πολύ πειστική ηχογράφηση και με τα κατάλληλα φίλτρα μπορούμε να την κάνουμε ακόμα καλύτερη. Προφανώς το δικό μας σώμα δεν είναι ένας μέσος όρος του ανθρώπου αλλά ένα από τα πολλά έτσι η ηχογράφηση με τη συγκεκριμένη τεχνική είναι λίγο δύσκολο να αναπαραχθεί για άλλους .

4.4. Dummy Head

Έγιναν πολλές έρευνες για τη δημιουργία τους χωρίζονται σε 2 κατηγορίες σε αυτές που έχουν μόνο κεφάλι και στις άλλες που είναι το σώμα από τη μέση και πάνω.

Στο εμπόριο υπάρχουν αρκετά μοντέλα dummyhead το κάθε ένα με τις ιδιαιτερότητες και τα χαρακτηριστικά του, ωστόσο τα κοινά αποδεκτά είναι στην καλύτερη περίπτωση τα 3 που αναφέρουμε πιο κάτω



Neumann K100

Είναι η μόνη κατασκευή μαζικής παραγωγής που μπορεί να προσφέρει στον ακροατή, την αμφιοτική αίσθηση εκ τούτου χρησιμοποιείτε σε post production παραγωγές και σε ηχογραφήσεις μουσικής .



Bruel & Kjaer Type 4128

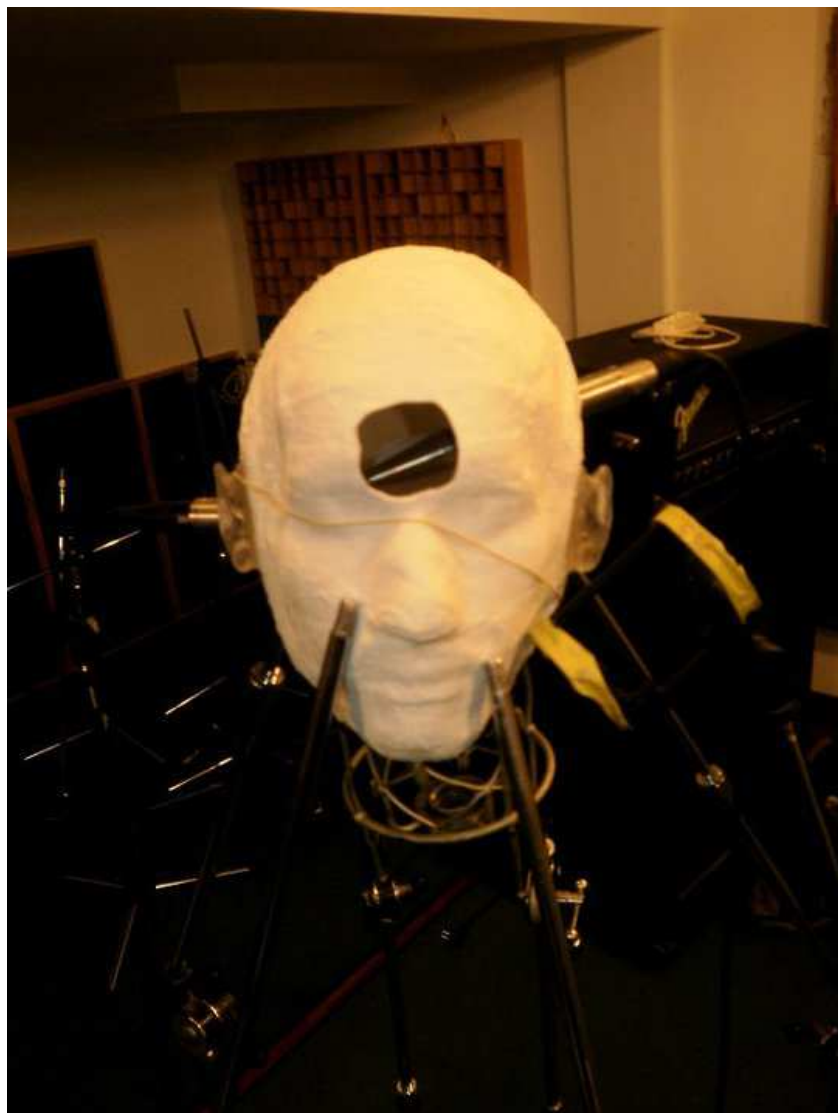
Είναι μετρητικό όργανο υψηλής ακρίβειας, δεν χρησιμοποιείτε συχνά για ηχογράφηση μουσικής δεν προσφέρει τόσο καλά την αμφιοτική αίσθηση αλλά αποκρίνεται άψογα σε μετρήσεις.



HEAD Acoustics HMS IV

Άλλο ένα μηχάνημα υψηλής ευκρίνειας, είναι η τελευταία binaural κατασκευή που κυκλοφόρησε. Και αυτό χρησιμοποιείτε για μετρήσεις αλλά και για ηχογραφήσεις διαφόρων ηχοτοπίων. Ακόμα προσφέρει τη δυνατότητα ηχογράφησης σε CompactFlash card.

5 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ DUMMY HEAD



Για τη δημιουργία της ανθρώπινης κεφαλής χρησιμοποιήθηκε γυψόγαζα. Το καλούπι της κεφαλής ολοκληρώθηκε με την τοποθέτηση του γύψου πάνω σε πραγματικό ανθρώπινο κεφάλι. Το μέγεθος της κεφαλής έχει τις διαστάσεις ενός μέσου ανθρωπίνου κεφαλιού.



Εικ.5.1 Γυψόγαζα .Υλικό που χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία



Εικ.5.2 Όταν βραχεί το υλικό είναι έτοιμο για επεξεργασία

Εξωτερικά, μιας και το σχέδιο υλοποιήθηκε πάνω σε αληθινό ανθρώπινο πρόσωπο, υπάρχει το στοιχείο της τυχαίνοντας. Δηλαδή δεν έχουμε ομοιόμορφη κατανομή του υλικού στο κεφάλι επομένως δεν θα υπάρχει ομοιόμορφη απορρόφηση σε κάθε σημείο της κεφαλής πράγμα θετικό μιας και το ίδιο συμβαίνει και με το μέσο ανθρώπινο κεφάλι. Αυτή η παράμετρος δεν υπάρχει σε επαγγελματικές κατασκευές dummy head μάλλον λόγω της αδυναμίας στο να κατασκευαστεί κάτι τέτοιο σε προϊόν μαζικής παραγωγής.



Εικ.5.3. Σταδιακή δημιουργία της dummy head

Μετά από πειραματική διαδικασία, εσωτερικά τοποθετήθηκε πετροβάμβακα κυρίως στο πίσω μέρος της κεφαλής, στο σημείο του εγκεφάλου, προσεγγίζοντας την

ηχητική απορρόφηση του και την επίτευξη καλύτερου αποτελέσματος.
Η «κεφαλή» χωρίζεται σε μπροστινό και πίσω μέρος τα οποία συνδέονται με βίδες.



Εικ.5.4. Πίσω μέρος της dummy head



Εικ.5.4. Μπροστινό μέρος της dummy head

Στη θέση των αυτιών τοποθετήθηκαν ιατρικά μοντέλα αυτιών, της γερμανικής εταιρίας **dreve otoplastik GmbH**, τα οποία είναι κατασκευασμένα έτσι ώστε να προσομοιάζουν σε μεγάλο βαθμό τη συμπεριφορά ενός μέσου ανθρώπινου

πτερυγίου. Το υλικό τους είναι από σιλικόνη.



Εικ.5.5 otoplastik GmbH

Προστέθηκαν στο εσωτερικό των αυτιών ακουστικά κανάλια από λεπτό πλαστικό μήκους 2.5 cm , όσο είναι ο μέσος όρος του ανθρώπινου ακουστικού καναλιού.



Εικ.5.6. Ακουστικό κανάλι του αυτιού

Τα μικρόφωνα τοποθετήθηκαν εσωτερικά της κεφαλής στην είσοδο των ακουστικών καναλιών και η έξοδος τους εξέρχει από το πίσω μέρος της , για το λόγο αυτό υπάρχουν τρύπες που ορίζουν ακριβώς τη θέση των μικροφώνων.



Εικ.5.7. Είσοδος μικροφώνου

Οποιοδήποτε κενό σημείο έχει κλείσει με σιλικόνη έτσι δεν υπάρχουν εισροές από οποιοδήποτε σημείο του κεφαλιού.



Εικ.5.8. Dummy head με τα δύο μικρόφωνα

Στο σημείο του λαιμού προσαρμόστηκε πλαστικό υλικό το οποίο συνδέει την κεφαλή με την υπόλοιπη κατασκευή (σώμα).



Εικ.5.9. Βάση της dummy head στην οποία φαίνεται το στήριγμα για το λαιμό και ενίσχυση στους ώμους

Ως σώμα χρησιμοποιήθηκε ένας τρίποδας κάμερας στον οποίο προστέθηκαν οριζόντιοι πλαστικοί βραχίονες ενισχυμένοι με βάτες. Για τη διαδικασία της βιντεοσκόπησης χρησιμοποιήθηκαν δυο ψηφιακές compact κάμερες Olympus. Αυτό διότι η μια κάμερα δεν πρόσφερε ευρυγωνιότητα αντίστοιχη με αυτή της ανθρώπινης όρασης αλλά πολύ μικρότερη. Βέβαια και με τις δυο κάμερες το αποτέλεσμα δεν ήταν το επιθυμητό αλλά δεν υπήρχε η ούτε η οικονομική δυνατότητα αλλά και ούτε και η τεχνογνωσία για να προεκτείνουμε περαιτέρω το οπτικό πεδίο της λήψης χωρίς να επηρεάσουμε το ηχητικό σήμα. Κατασκευάστηκε βάση τοποθέτησης για τις κάμερες η οποία συνδεόταν με την κατασκευή στήριξης των ώμων. Η κάμερες ήταν τοποθετημένες πάνω στη βάση έτσι ώστε το τέλος του πρώτου πλάνου να ενώνεται με την αρχή του δεύτερου.

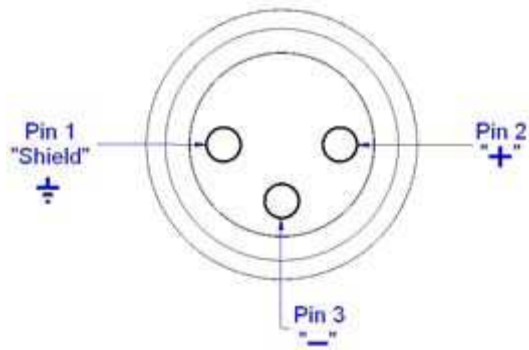
5 Εξοπλισμός

5.1 Μικρόφωνα earthworks TC30

Χρησιμοποιήθηκαν τα μικρόφωνα earthworks TC30 τα οποία ανήκουν στο studio του ΤΕΙ. Τα earthworks TC30 είναι πυκνωτικά μικρόφωνα πανκατευθυντικά. Το TC30 απαιτεί να δοθεί 48V phantom power για τη λειτουργία του. Η συχνотική του απόκριση κυμαίνεται από 9Hz έως 30kHz. Θεωρείτε ένα μικρόφωνο ακριβείας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί από ηχογραφήσεις μουσικών οργάνων μέχρι σε ακουστικές μετρήσεις χώρων.



Εικ. 5.1. earthwork TC30



Σχ.5.1. Έξοδος xlr του μικροφώνου

Χαρακτηριστικά του μικροφώνου:

Συχνотική απόκριση: 9Hz to 30kHz +1/-3dB

Πολικό διάγραμμα: Omnidirectional

Ευαισθησία: 8mV/Pa (Typical)

Απαίτηση: 48V Phantom, 10mA

Peak Acoustic Input: 150dB SPL

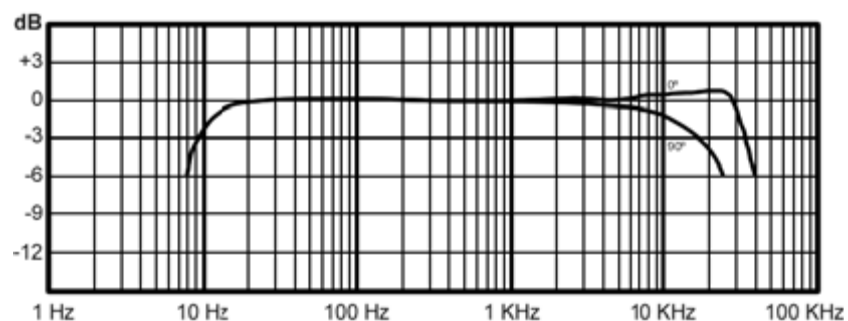
Output: XLR

Αντίσταση εξόδου: 100Ω, balanced (50Ω ea. pin 2 & 3)

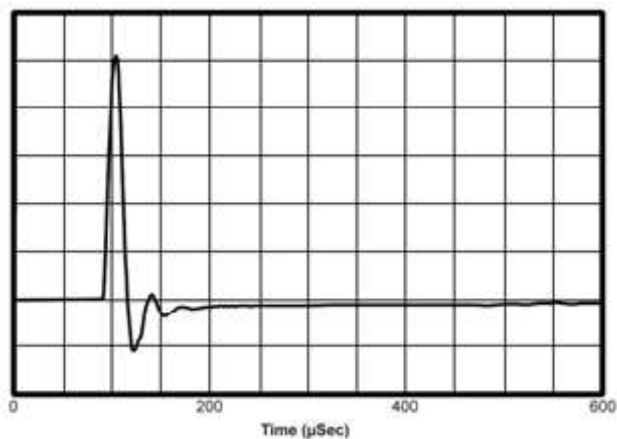
Minimum Load: 600Ω btw. pins 2 & 3

Θόρυβος: 27dBA equivalent

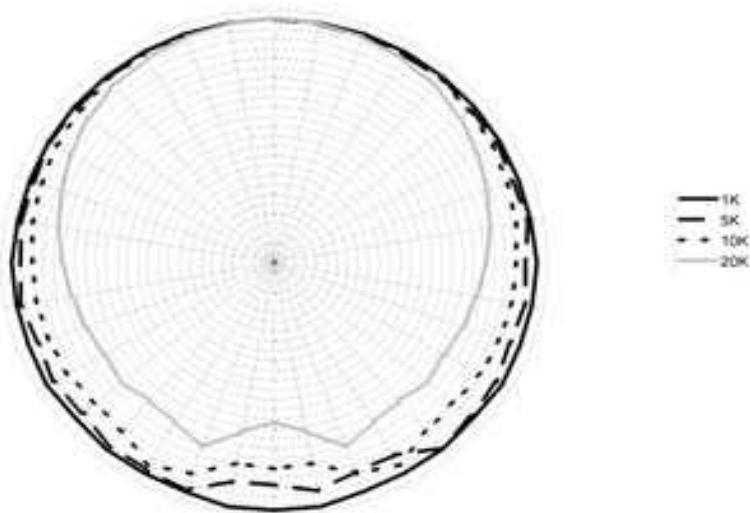
Διαστάσεις L x D 229 x 22 mm Βάρος: 225g (.5lb)



Σχ.5.2. Συχνотική απόκριση μικροφώνου



Σχ.5.3. Κρουστική απόκριση



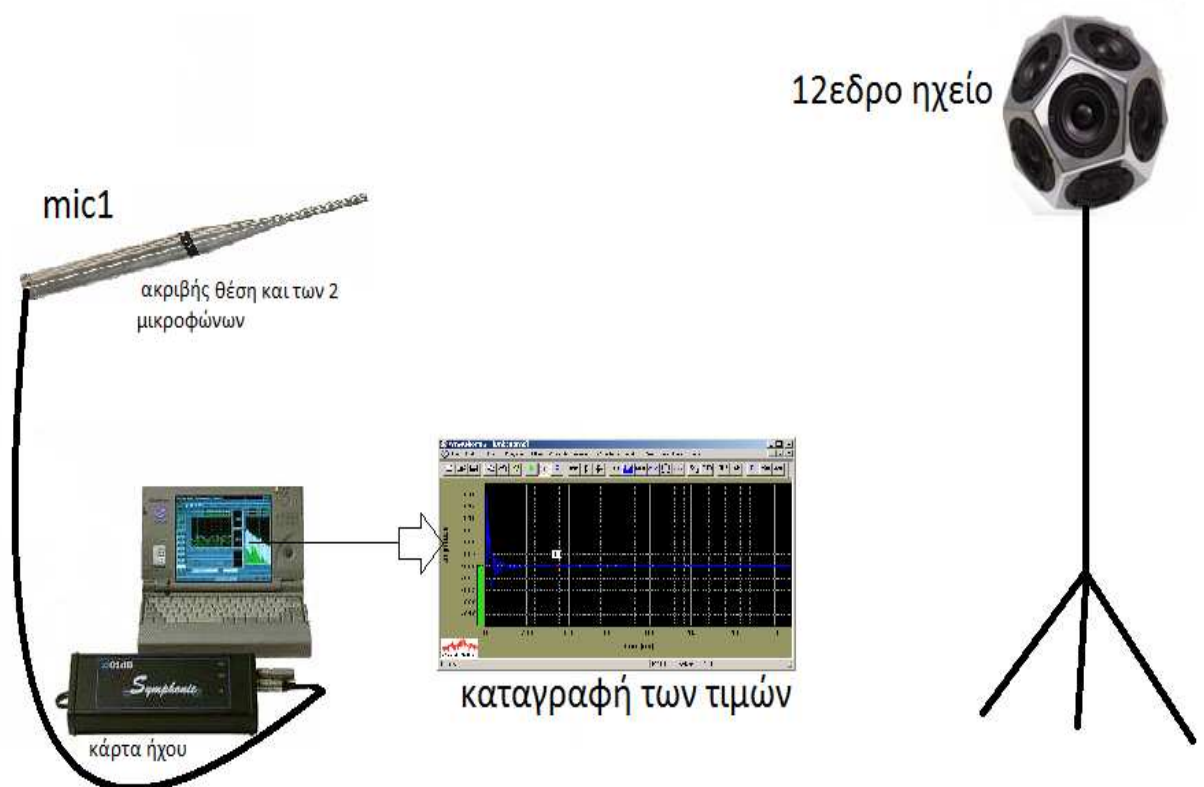
Σχ.5.4. Πολικό διάγραμμα του μικροφώνου

Για να ξεκαθαρίσουμε το ότι δεν υπάρχει περίπτωση απώλειας των αρχικών παραμέτρων ανάμεσα στα δύο μικρόφωνα λόγω χρονικής φθοράς πραγματοποιήσαμε μια μέτρηση συχνοτικής απόκρισης, όχι για να ελέγξουμε τη συχνοτική απόκριση του κάθε μικροφώνου αφού αυτό θα ήταν αδύνατο λόγω του ότι η μέτρηση απαιτεί ανηχοικό θάλαμο, αλλά για να εντοπιστούν τυχόν αποκλίσεις του ενός μικροφώνου από το άλλο.

Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο της ακουστικής με τη βοήθεια του καθηγητή κ. Μπρεζα Σπύρο. Σε αυτήν την μέτρηση τοποθετείται ένα μικρόφωνο τη φορά στην ίδια ακριβώς θέση μέσα στο χώρο. Στη συνέχεια ηχοβολείται το μικρόφωνο από μία πανκατευθυντική πηγή, στην προκειμένη περίπτωση από ένα δωδεκάεδρο ηχείο D011 με ροζ θόρυβο και η τιμές τις συχνοτικής απόκρισης καταγράφονται μέσα στο λογισμικό dBbati και η κάρτα ήχου που χρησιμοποιήθηκε είναι η .

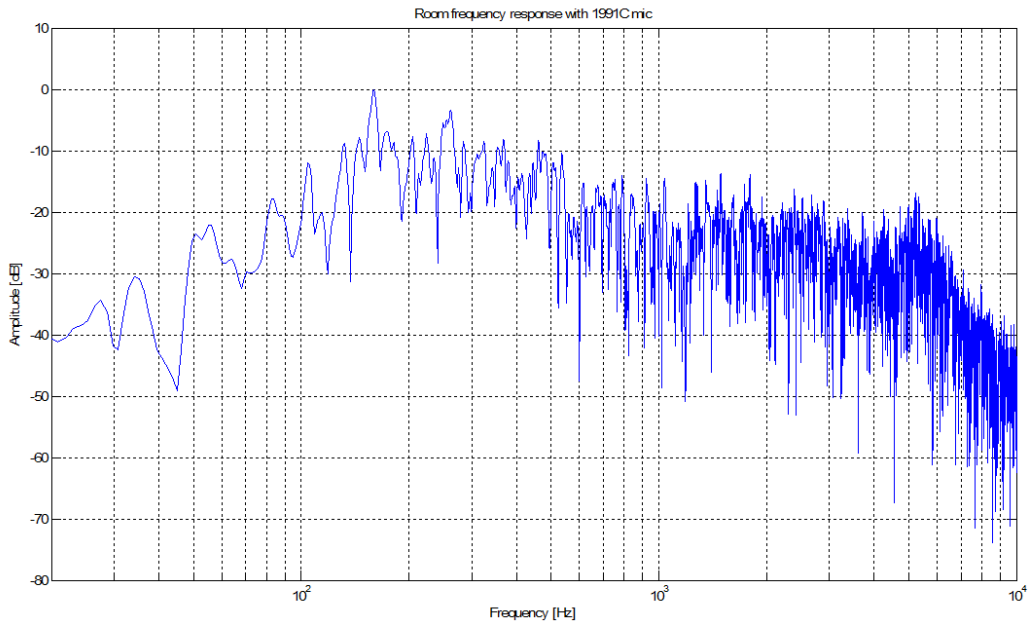
Η πηγή θορύβου που παρήγαγε το θόρυβο λέγεται GDB95 της εταιρίας 01db-Stell.

Η συνδεσμολογία και ο τρόπος υλοποίησης του πειράματος φαίνεται στο σχήμα.

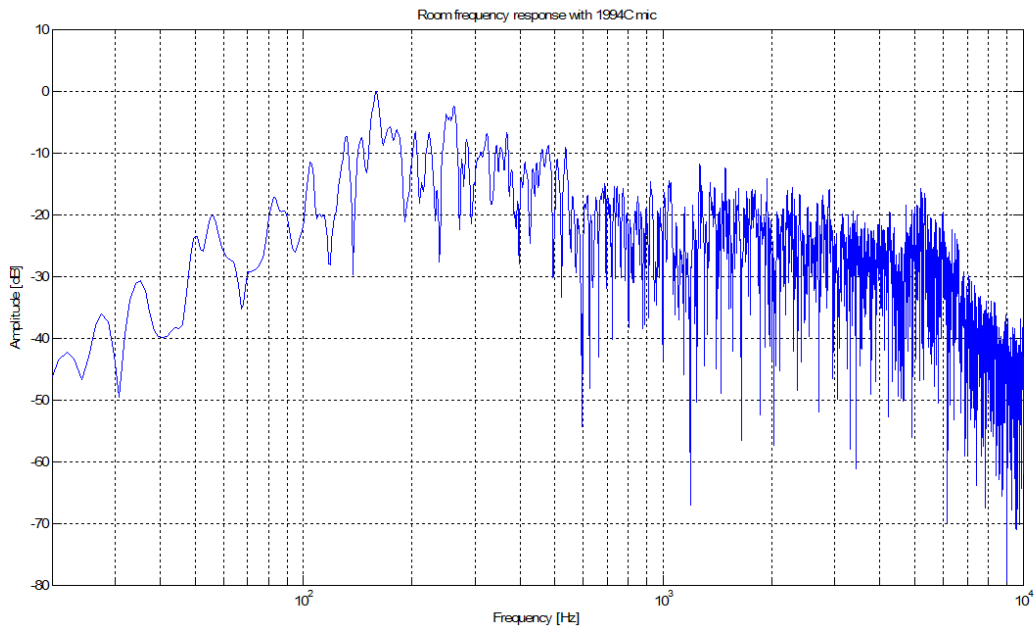


Σχ.5.5. Υλοποίηση του πειράματος

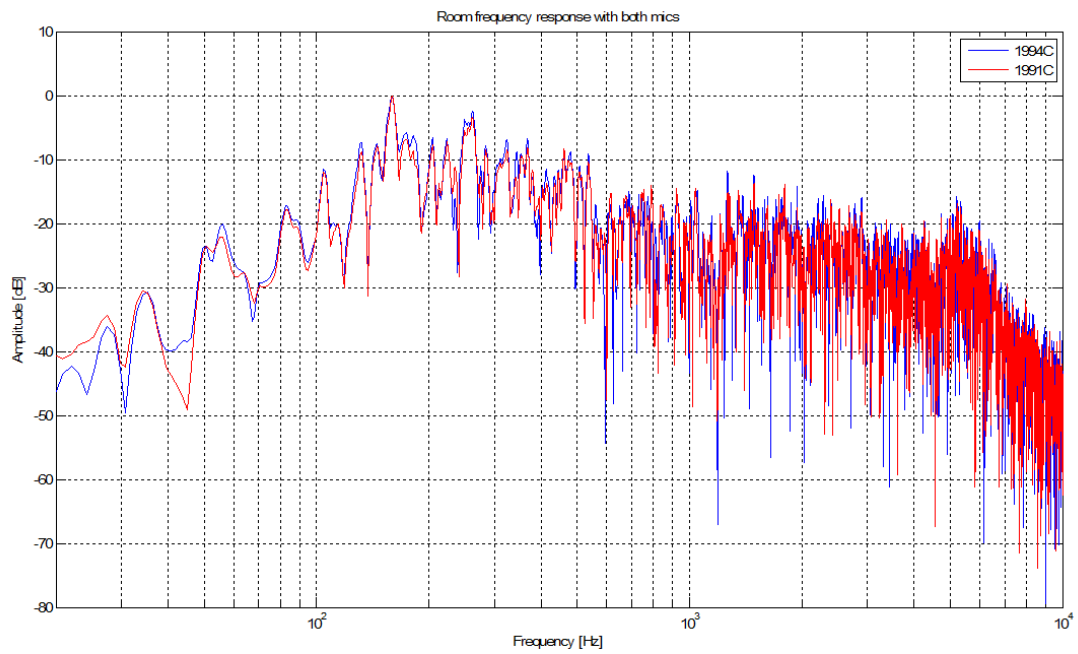
Από τις μετρήσεις προέκυψαν οι παρακάτω συχνοτικές και κρουστικές αποκρίσεις:



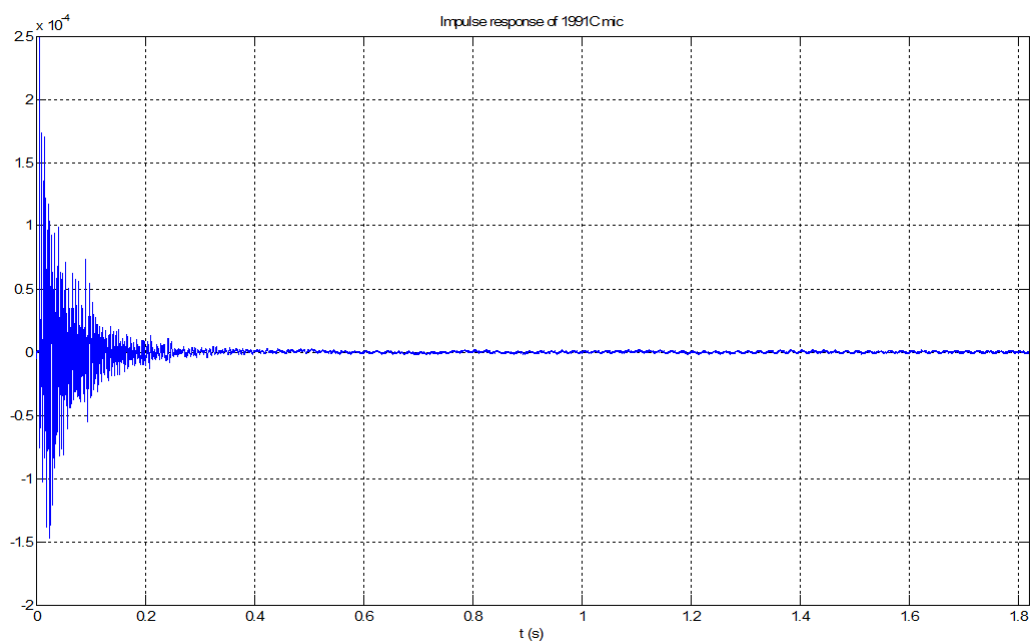
Εικ.5.2. Συχνотική απόκριση Μικροφώνου 1



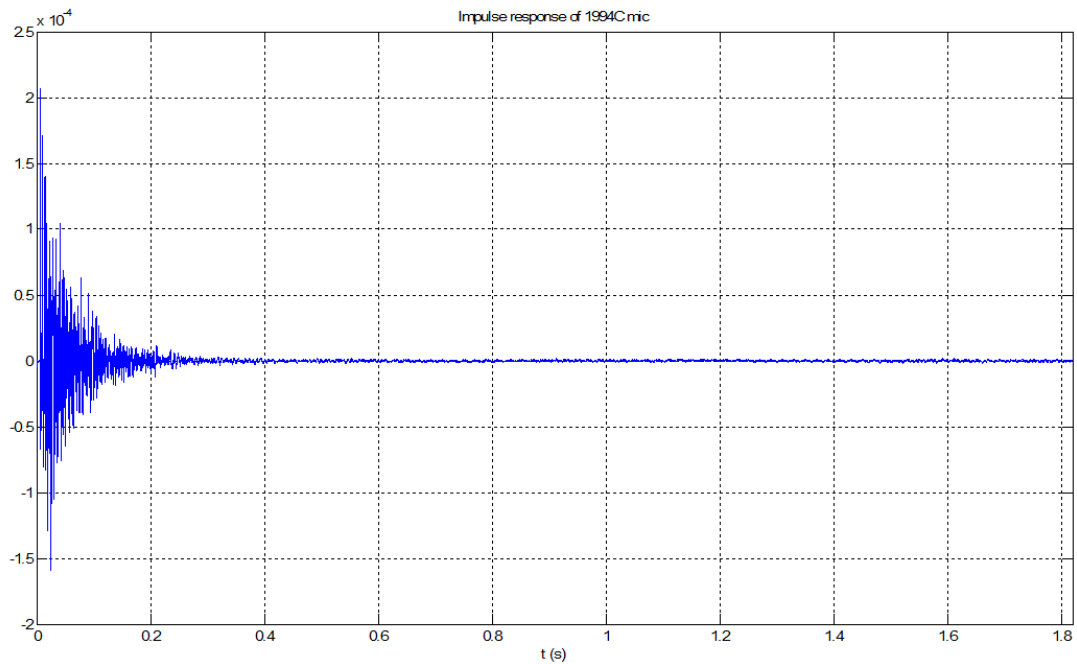
Εικ.5.3. Συχνотική απόκριση Μικροφώνου 2



Εικ.5.4. Σύγκριση των 2 μικροφώνων



Εικ.5.5. Μικρόφωνο 1 κρουστική απόκριση



Εικ.5.6. Μικρόφωνο 2 κρουστική απόκριση

Βλέπουμε επομένως από τις μετρήσεις πως τα μικρόφωνα δεν παρουσιάζουν αποκλίσεις μεταξύ τους στο ακουστικό συχνοτικό φάσμα από την ανθρώπινη ακοή, η ηχογράφηση μπορεί να γίνει χωρίς κίνδυνο σφάλματος η τυχών προβλήματα στο επιθυμητό αποτέλεσμα.

5.2 Κάρτα ήχου Motu 896HD

Ως κάρτα ήχου στην ηχογράφηση χρησιμοποιήσαμε την motu 896HD η οποία ανήκει στην αίθουσα διάδρασης και πολυφωνίας.

Η κάρτα ήχου Motu 896HD είναι μια κάρτα που είναι συμβατή σε Mac και Pc. Περιέχει firewire έξοδο για την επικοινωνία με τον υπολογιστή. Έχει οχτώ κανάλια εισόδου και εξόδου αναλογικής ηχογράφησης στα 24 bit και 92 kHz. Περιέχει επίσης S/PDIF, AES/EBU και αναλογική στερεοφωνική έξοδο.



Εικ.5.7. Μπροστινή όψη της κάρτας



Εικ.5.8. Πίσω όψη της κάρτας

5.3 iMac apple pc

Ο υπολογιστής στον οποίο έγινε η ηχογράφηση είναι ο iMac της apple.



Εικ.5.9. iMac

5.4 Πρόγραμμα ηχογράφησης logic studio της apple.

Το λογισμικό στο οποίο έγινε η ηχογράφηση είναι το logic studio. Το logic studio είναι ένα πρόγραμμα μουσικής παραγωγής της apple στο οποίο ο χρήστης έχει τη δυνατότητα ηχογράφησης και επεξεργασίας του ήχου. Περιέχει εικονικά όργανα και ήχους και ένα πλήρες ενσωματωμένο περιβάλλον δημιουργίας ήχου.



5.10. Περιβάλλον του προγράμματος

5.5 Κάμερα καταγραφής Olympus FE300

Για τη βιντεοσκόπηση χρησιμοποιήθηκαν 2 όμοιες κάμερες της εταιρίας Olympus με κωδικό FE300.



Εικ.5.11. Κάμερα Olympus FE-300

5.6 Πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνας Adobe premier 6.5.

Η επεξεργασία της εικόνας έγινε στο premier 6.5 της εταιρίας adobe. Είναι ένα λογισμικό περιβάλλον που επιτρέπει στο χρήστη κάθε επεξεργασία εικόνας και βίντεο.



Εικ.5.12. Περιβάλλον του προγράμματος.

6 Διαδικασία ηχογράφησης

Εφόσον ολοκληρώθηκε η κατασκευή ηχογράφησης , επιλέχτηκε ο κατάλληλος εξοπλισμός ηχογράφησης και ολοκληρώθηκαν η πειραματικές διαδικασίες σειρά είχε να λάβει χώρα η πραγματοποίηση της τελικής διαδικασίας της ηχογράφησης. Επιλέχτηκε ένα μουσικό σχήμα, από φοιτητές του τμήματος, το οποίο έπαιξε μουσική μέσα σε ένα χώρο.

Η διαδικασία είναι απλή. Η dummy head πραγματοποίησε μια διαδρομή μέσα στο χώρο κατά τη διάρκεια του μουσικού κομματιού και ενώ το ηχητικό αποτέλεσμα ηχογραφείται. Ένας φοιτητής έχει αναλάβει να μεταφέρει την dummy head η οποία μαζί με την βάση που κατασκευάστηκε λειτουργεί σαν μια αυτοσχέδια κατασκευή **Steadicam**.

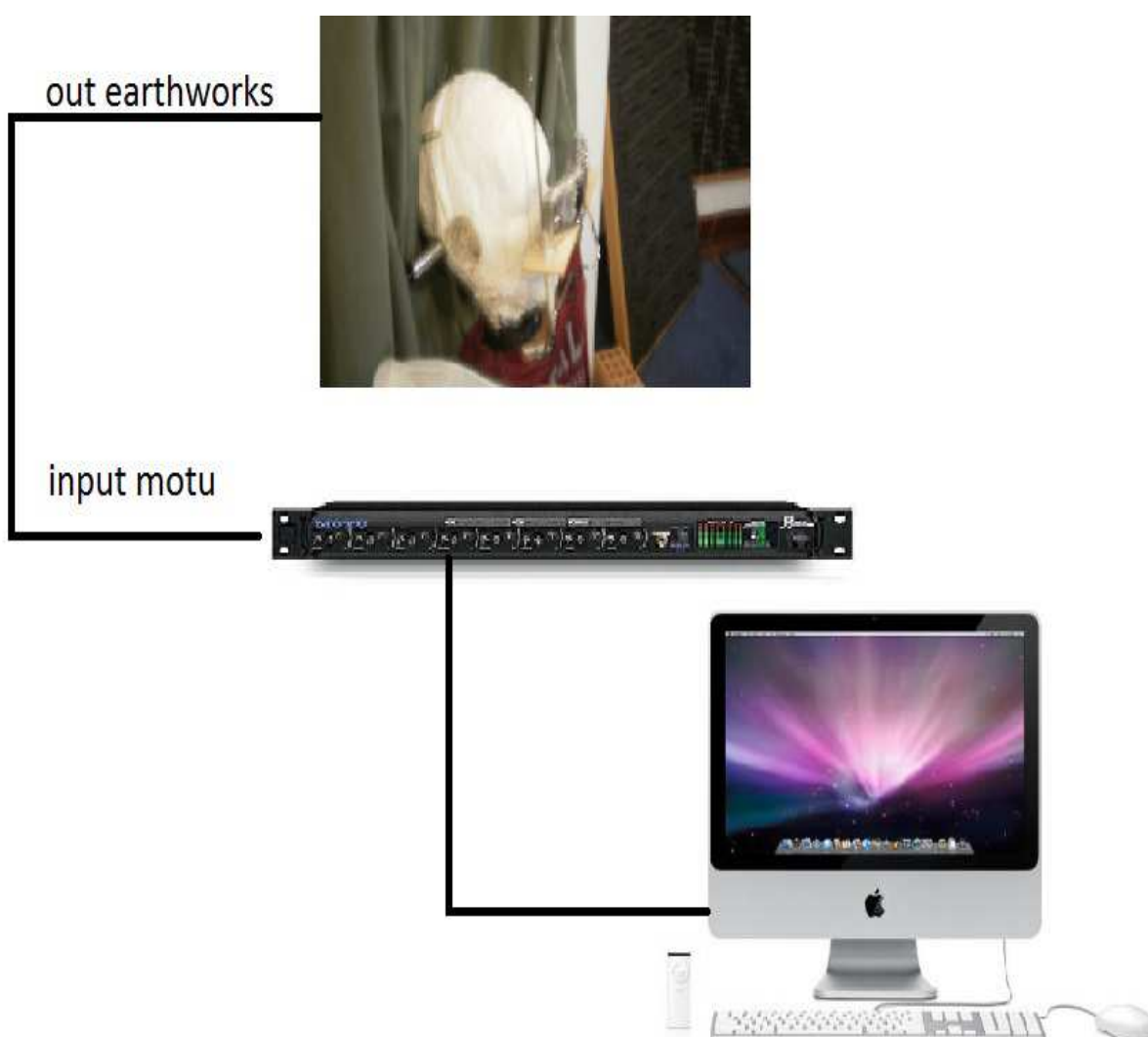


Εικ.6.1. Τελική μορφή της dummy head λίγο πριν την ηχογράφηση

Ο στόχος ήταν μέσα από αυτήν την ηχογράφιση να έχουμε μια ευρύ εναλλαγή κινήσεων της dummy head σε σχέση με το χώρο και τις ηχητικές πηγές για ένα εμπλουτισμένο περιεχόμενο που θα καλύψει όσο το δυνατόν περισσότερες πιθανές κατευθύνσεις διαφόρων ηχητικών πηγών προς τον υποτιθέμενο ακροατή της ηχογράφησης. Μπορούμε να πούμε ότι δημιουργήθηκε ένα σενάριο το οποίο εξυπηρετεί αυτόν το σκοπό.

Η συνδεσμολογία είναι η ακόλουθη:

Η έξοδος των μικροφώνων πήγαινε στην κάρτα ήχου και η ηχογράφιση έγινε στο logic studio της apple.



Σχ.6.1. συνδεσμολογία κατά τη διαδικασία ηχογράφησης

Για την διευκόλυνση της μετακίνησης της dummy head χρησιμοποιήθηκε ένας αριθμός καλωδίων αρκετός ώστε να καλύψει κάθε πλευρά του χώρου ηχογράφησης.

Επιλέχτηκαν δύο διαφορετικές αίθουσες για την διαδικασία της ηχογράφησης αρκετά διαφορετικής ακουστικής μεταξύ τους για να είναι πιο ζωντανό και πιο ευχάριστο το ηχητικό αποτέλεσμα , χωρίς να έχει κάποια επιρροή στο αντικείμενο της binaural αισθητικής. Ως πρώτος χώρος επιλέχτηκε η αίθουσα ηχογράφησης στο studio του ΤΕΙ.



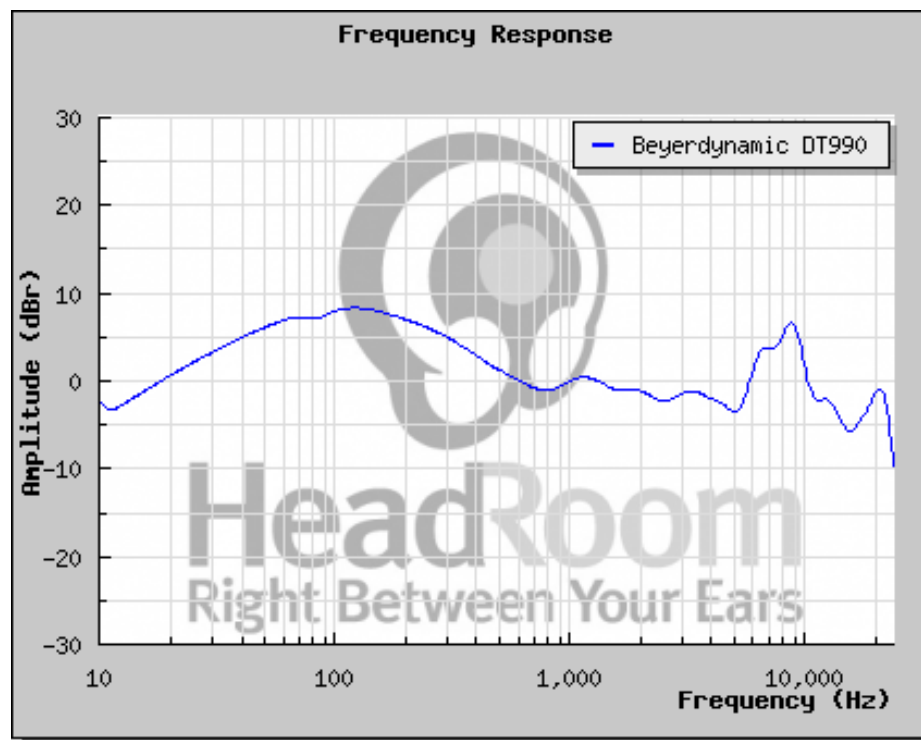
Εικ.6.2. Οι μουσικοί στο χώρο του ΤΕΙ

Δεύτερος χώρος είναι το τζαμί του Βελή Πασά που βρίσκεται στο Ρέθυμνο και λειτουργεί σήμερα ως αρχαιολογικό μουσείο.

7 Ηχοστάθμιση ακουστικών

Τα συμβατικά ακουστικά μαζικής παραγωγής ανεξαρτήτως ποιότητας δημιουργούνται με πρότυπα έτσι ώστε να αναπαραγάγουν το σήμα προσομοιώνοντας ένα ζεύγος ηχείων. Βάση αυτού μπορούμε να κατανοήσουμε ότι δεν έχουν επίπεδη συχνотική απόκριση. Ως εκ τούτου για τα ακουστικά που θα χρησιμοποιήσουμε θα πρέπει να εφαρμόσουμε ένα φίλτρο έτσι ώστε να φέρουμε την απόκριση σε επίπεδο σημείο.

Επομένως θα χρησιμοποιήσουμε συγκεκριμένο μοντέλο ακουστικών για την επίλυση αυτής της παραμέτρου. Τα ακουστικά που επιλέξαμε είναι τα beyerdynamic DT990. Δεν καταφέραμε να επικοινωνήσουμε με την εταιρία για να μας στείλει την συχνотική απόκριση αλλά την βρήκαμε από μια άλλη εταιρία μετρήσεων με την ονομασία Headroom. Εκ τούτου η Ηχοστάθμιση γίνεται με κάθε επιφύλαξη.



Σχ.7.1. συχνотική απόκριση ακουστικών

Από την γραφική παράσταση της συχνοτικής απόκρισης η διορθώσεις που θα γίνουν φαίνονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα:

Fr(Hz)	30	50	75	100	200	300	400	2.5k	5k	7k	8k	9k	13k	16k
dBspl	-3	-6	-7.5	-8	-7	-5	-3	+2.5	+4	-4	-5	-6	+3	+6

Σχ.7.2. πίνακας με τις τιμές του φίλτρου που εφαρμόσαμε με για τα συγκεκριμένα ακουστικά dB-Hz.

7 Επίλογος

Συνοψίζοντας, στην πτυχιακή εργασία μελετήσαμε όλες τις παραμέτρους που αναφερθήκαν μέχρι τώρα και αφορούν την αμφιοτική ακοή και ηχογράφιση. Μέσα από την ερευνά μας και την εμπειρία που αποκτήσαμε δημιουργώντας την dummy head και τα προβλήματα που προέκυψαν καταλήξαμε σε συμπεράσματα πρακτικού και τεχνικού επιπέδου, όπως και θεωρητικού.

Συμπεράσματα :

Η πρώτη μας σκέψη ήταν να τοποθετήσουμε μία κάμερα εντός της dummy head. Παρατηρήσαμε ότι ο μηχανισμός λειτουργίας της κάμερας ακουγόταν στην ηχογράφιση, επομένως αποφασίσαμε να δημιουργήσουμε μια βάση για να εφαρμοστεί εξωτερικά η κάμερα.

Μετά την εφαρμογή του σώματος είχαμε πιο ξεκάθαρη εικόνα στον κάθετο άξονα λόγω ασυμβατότητας των αντιστάσεων των συγκεκριμένων μικροφώνων με διάφορους προενισχυτές που δοκιμάσαμε καταλήξαμε να χρησιμοποιήσουμε την κάρτα ήχου για την ηχογράφιση.

Κατά την έρευνα και τις πειραματικές ηχογραφήσεις παρατηρήσαμε ότι η χρήση του ακουστικού καναλιού, που λειτουργεί σαν συντονιστής Helmholds, στην ηχογράφιση κάνει τον σήμα αφύσικο. Μια μπάντα συχνοτήτων από 3kHz έως 12kHz τονίζονται μέχρι και 20db. Η δικιά μας γνώμη όπως και η επικρατέστερη είναι ότι ο ήχος που θα ηχογραφηθεί θα περάσει από το ακουστικό κανάλι του ίδιου του ακροατή.

Εφόσον τα ακουστικά ευρείας παραγωγής κατασκευάζονται με σκοπό να προσομοιώνουν τα ηχεία για συμβατική stereo αναπαραγωγή, πρέπει να γίνει επίπεδη η συχνοτική τους απόκριση.

Το κυρίως πρόβλημα σύμφωνα με το θέμα της πτυχιακής μας ήταν το εύρος λήψης της εικόνας δηλαδή ενώ ακούς σε πεδίο 360 μοιρών η αντίστοιχη εικόνα περιορίζεται στις 90 μοίρες με δύο κάμερες.

Υποθέτουμε ότι θα είχαμε πολύ καλύτερο αποτέλεσμα αν μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε κάμερες τρισδιάστατης λήψης ή ευριγώνιους φακούς. Λόγω υψηλού κόστους των συσκευών ήταν αδύνατο να χρησιμοποιήσουμε κάτι ανάλογο. Το γενικό συμπέρασμα που έχει να κάνει με την binaural αναπαραγωγή είναι ότι το ίδιο σήμα μπορεί να μην λειτουργήσει το ίδιο στον κάθε ακροατή λόγω διαφορετικών ακουστικών βιωμάτων. Επίσης ψυχολογικά πλέον συνηθίσαμε να δίνουμε έμφαση στην εικόνα. Μετά από ακουστικά test σε φοιτητές του τμήματος καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι οι binaural ηχογραφήσεις είναι πιο ζωντανές και πιο εντυπωσιακές όταν ο ακροατής έχει κλειστά τα μάτια.

Βιβλιογραφία

- Σκαρλάτος Δημήτρης. (2008). Εφαρμοσμένη ακουστική
- Σημειώσεις ηχοληψίας .(2001). Ξενικάκης Δημήτρης
- Don Davis .(2006). Sound system engineering third edition
- Σημειώσεις ψυχοακουστική Παπαδάκης Νικόλαος
- Binaural Hearing, Ear Canals, and Headphone Equalization , David Griesinger
Harman Specialty Group
- David Griesinger Binaural Techniques for Music Reproduction
- Neumann k100 manual
- www.Headacoustics.com
- Building dummy head DIY <http://digdagga.com/dummy/>
- <http://www.jvr.org/past-issues/3.2006/589/>
- www.headphone.com