ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΣ

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Μελέτη - Υλοποίηση – Αξιολόγηση Συστήματος Συμπτωτικού Μικροφώνου Για Την Πολυκαναλική Ηχογράφηση Μουσικής».

ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ ΚΡΑΛΛΗΣ

19/02

ΕΠΙΒΛΕΨΗ: ΝΗΣΤΙΚΑΚΗΣ ΜΙΧΑΗΛ, ΖΕΡΒΑΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....1

ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ.....4

1. ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ.....4

2. ΕΙΔΗ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ.....6

3. ΕΙΔΗ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΤΡΟΠΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥΣ.....7

3.1. Δυναμικά Μικρόφωνα (Dynamic Microphones).....7

3.1.1. Μικρόφωνα Κινητού Πηνίου (Moving Coil Microphones).....7

3.1.2. Μικρόφωνα Ταινίας (Ribbon Microphones).....9

3.2 Μικρόφωνα Χωρητικότητας.....10

3.2.1. Πυκνωτικά Μικρόφωνα (Condenser Microphones).....10

3.2.2. Μικρόφωνα Ηλεκτρίτη (Electret Condenser Microphones).....13

3.2.3. Μικρόφωνα Λυχνίας (Valve Microphones).....13

3.3. Πιεζοηλεκτρικά Μικρόφωνα (Piezo-electric Microphones).....13

4. ΕΙΔΗ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥΣ.....14

4.1. Παντοκατευθυντικά Μικρόφωνα (Omnidirectional).....15

4.2. Δικατευθυντικά Μικρόφωνα (Bidirectional, Figure-of-Eight).....17

4.3. Μονοκατευθυντικά ή Καρδιοειδή Μικρόφωνα (Unidirectional, Cardioid)..18

4.4. Μικρόφωνα Τύπου "Shotgun"(Ultra – Directional).....20

5. ΑΛΛΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ.....21

5.1. Απόκριση Συχνότητας (Frequency Response).....21

5.2. Φαινόμενο Εγγύτητας (Proximity Effect).....22

5.3. Μεταβατική Απόκριση (Transient Response).....23

ΣΤΕΡΕΟΦΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΗΣ.....25

6. ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΣΤΕΡΕΟΦΩΝΙΑ.....25

6.1. Η Διαφορά Στη Στάθμη Έντασης Του Ηχητικού Σήματος (Interaural Intensity Difference, IID).....26

6.2. Η Διαφορά Στη Φάση Του Ηχητικού Σήματος (Interaural Phase Difference, IPD).....26

6.3. Η Διαφορά Στο Χρόνο Άφιξης Του Ηχητικού Κύματος (Interaural Time Difference, ITD).....27

6.4. Η Συμβολή Του Πτερυγίου.....28

7. ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΟΦΩΝΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΗΣ.....29

7.1. Συμπτωτικές Τεχνικές Ηχογράφησης.....32

7.1.1. Τεχνική X – Y.....33

7.1.2. Τεχνική Blumlein.....35

7.1.3. Τεχνική M – S (Mid – Side).....36

7.1.4. Μετασχηματισμός Των Σημάτων Από Τη Μία Τεχνική Στην Άλλη.....38

7.2. Ημισυμπτωτικές Τεχνικές Ηχογράφησης.....38

7.2.1. Τεχνική O.R.T.F.....40

7.2.2. Τεχνική N.O.S.....41

7.2.3. Τεχνική Stereo 180.....42

7.2.4. Τεχνική Faulkner 42

7.2.5. Αμφιωτική Τεχνική - “Binaural”.....42

7.2.6. Τεχνική “Spheres stereo”.....44

7.2.7. Τεχνική S.A.S.S.....44

7.2.8. Τεχνική O.S.S. (Optimal Stereo Signal – Βέλτιστο Στερεοφωνικό Σήμα).....44

7.3. Απομακρυσμένες Τεχνικές Ηχογράφησης.....45

7.3.1. Τεχνική A – B.....46

7.3.2. Τεχνική DECCA TREE.....47

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ SURROUND.....49

8. ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ SURROUND.....49

9. ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ SURROUND ΓΙΑ ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΟΥΣΙΚΗΣ……....51

10. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ ΣΕ SURROUND ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΗ (5.1) ΚΛΑΣΣΙΚΗΣ ΜΟΥΣΙΚΗΣ……...53

10.1. Απομακρυσμένες Τεχνικές Ηχογράφησης 5.1……..……..54

10.2. Η Διάταξη OCT (Optimized Cardioid Triangle)……...67

10.3. Ημισυμπτωτικές Τεχνικές Ηχογράφησης……..….71

11. ΝΕΟΤΕΡΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ SURROUND ΣΤΗΝ ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΗ ΜΟΥΣΙΚΗΣ……75

12. Η ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ……83

13. ΓΕΝΙΚΗ ΕΝΤΥΠΩΣΗ ΑΚΡΟΑΣΕΩΣ…….....98

14. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜ. SURROUND ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΗΣ……..101

15. ΔΕΙΓΜΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ……...…102

16. ΑΝΑΦΟΡΕΣ……...104

ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ

1. ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ [1]

1827 Ο όρος μικρόφωνο εμφανίζεται για πρώτη φορά καθώς χρησιμοποιείται από τον Wheatstone για να περιγράψει μια ακουστική συσκευή η οποία ενισχύει την ένταση ασθενών ήχων. Η προέλευση της λέξεως είναι ελληνική αλλά καθιερώνέται παγκοσμίως.

1876 Ο Αλεξάντερ Γκράχαμ Μπελλ εφευρίσκει την συσκευή του «ομιλούντος τηλεγράφου» δηλαδή του τηλεφώνου. Εκεί για πρώτη φορά λειτουργεί στην πράξη το μικρόφωνο με τη χρήση ηλεκτρομαγνήτη.

1877 Κάνει την εμφάνιση του το μικρόφωνο «άνθρακα» (loose contact). Μια συσκευή χωρίς μαγνήτη στην οποία χρησιμοποιούνται αγώγιμοι κόκκοι άνθρακα που χρησιμοποιούνται στα τηλέφωνα.

1878 Κατασκευάζεται από την εταιρία “Siemens” και από άλλες, το μικρόφωνο κινητού πηνίου.

1917 Εμφανίζονται τα πρώτα πυκνωτικά μικρόφωνα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην πράξη χάρη στην παράλληλη ανάπτυξη της τεχνολογίας των ενισχυτών λυχνίας.

1920- Τα μικρόφωνα τύπου «άνθρακα» χρησιμοποιούνται στη ραδιοφωνία.

1928 Ιδρύεται στο Βερολίνο η εταιρία “Georg Neumann and Co.”

1931 Κατασκευάζεται το πρώτο δυναμικό μικρόφωνο από την “Western Electric” με τον τύπο 618 της σειράς 600.

1932 Η “Neumann” παράγει το CMV3/CMV3A, πυκνωτικό μικρόφωνο λυχνίας τύπου “bottle”, το πρώτο πυκνωτικό μικρόφωνο μαζικής παραγωγής γνωστό και ως το μικρόφωνο του «Χίτλερ» καθώς χρησιμοποιήθηκε στην ραδιοτηλεοπτική μετάδοση των ομιλιών των ηγετών των Ναζί και στους Ολυμπιακούς αγώνες του Βερολίνου το 1934.

Η “RCA” χρησιμοποιεί διπλή ταινία στο RCA77 ώστε να γίνει το πρώτο κατευθυντικό μικρόφωνο.

1939 Εμφανίζεται το μοντέλο 55 της “Shure Unidyne” το οποίο περιλαμβάνει ένα ακουστικό δίκτυο φάσης, ένα περίβολο, πίσω από το διάφραγμα. Με αυτή την κατασκευή δημιουργείται το πρώτο μικρόφωνο μονής κάψουλας με κατευθυντικότητα καρδιοειδούς πολικού διαγράμματος.

1939 Παρουσιάζεται η ιδέα του μικροφώνου ηλεκτρίτη.

1940- Εμφανίζονται τα μικρόφωνα μεταβλητής κατευθυντικότητας τα οποία με ένα διακόπτη αλλάζουν το πολικό τους διάγραμμα από στενό καρδιοειδές μέχρι παντοκατευθυντικό.

1947 Ιδρύεται η “AKG” στη Βιέννη.

1948 Η “Neumann” παρουσιάζει το U47 μικρόφωνο λυχνίας. Είναι το πρώτο πυκνωτικό μικρόφωνο με μεταβλητό πολικό διάγραμμα, από καρδιοειδές μέχρι παντοκατευθυντικό. Το συγκεκριμένο μικρόφωνο γίνεται κλασσικό στις ηχογραφήσεις φωνητικών.

1953 Η “Neumann” παρουσιάζει το M49, ένα πυκνωτικό μικρόφωνο με διπλό διάφραγμα. Είναι το πρώτο πυκνωτικό μικρόφωνο του οποίου το πολικό διάγραμμα μπορεί να μεταβληθεί ηλεκτρονικά και εξ αποστάσεως.

1953 Εμφανίζεται το AKG C12, ένα πυκνωτικό μικρόφωνο με μεγάλη λυχνία. Ιδανικό για ηχογραφήσεις φωνητικών.

1971 Εμφανίζεται το AKG C414 πυκνωτικό μικρόφωνο.

1990- Πυκνωτικά μικρόφωνα χαμηλού κόστους παράγονται στην Άπω Ανατολή γενόμενα έτσι προσιτά στο ευρύ κοινό.

1990- Επανεμφανίζονται τα μικρόφωνα τύπου λυχνίας από τις εταιρείες "Neumann" και "AKG".

2000- Τα ψηφιακά μικρόφωνα γίνονται προσιτά στο ευρύ κοινό.

2005 Συνεχιζόμενης της βιομηχανικής επανάστασης στην Άπω Ανατολή τα μικρόφωνα γίνονται ολοένα και καλύτερης ποιότητας ενώ παράλληλα με το χαμηλό κόστος παραγωγής είναι πια προσιτά στον καθένα.

2. ΕΙΔΗ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ

Το μικρόφωνο στηρίζεται στην γενική αρχή της μετατροπής της ηχητικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Η μετατροπή αυτή γίνεται με τη βοήθεια ενός διαφράγματος το οποίο υπάρχει στο εσωτερικό του μικροφώνου. Όταν τα ηχητικά κύματα προσπίπτουν στο διάφραγμα το θέτουν σε εναλλασσόμενη ταλάντωση. Με τη βοήθεια μιας μικρής γεννήτριας οι μηχανικές αυτές ταλαντώσεις μεταβάλλονται σε ηλεκτρικό ρεύμα.

Τα μικρόφωνα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σύμφωνα με τον τρόπο λειτουργίας τους αλλά και σύμφωνα με το διάγραμμα συλλογής των ηχητικών κυμάτων δηλαδή το πολικό τους διάγραμμα (Κατευθυντικότητα).

3. ΕΙΔΗ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΤΡΟΠΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥΣ

3.1 Δυναμικά Μικρόφωνα (Dynamic Microphones)

Τα δυναμικά μικρόφωνα λειτουργούν σύμφωνα με την αρχή της μαγνητικής επαγωγής. Σύμφωνα με αυτή όταν ένα μέταλλο κινείται εντός ενός μαγνητικού πεδίου, δημιουργείται εντός αυτού ηλεκτρικό ρεύμα. Διακρίνουμε δύο τύπους δυναμικών μικροφώνων: τα μικρόφωνα κινητού πηνίου και τα μικρόφωνα ταινίας [8].

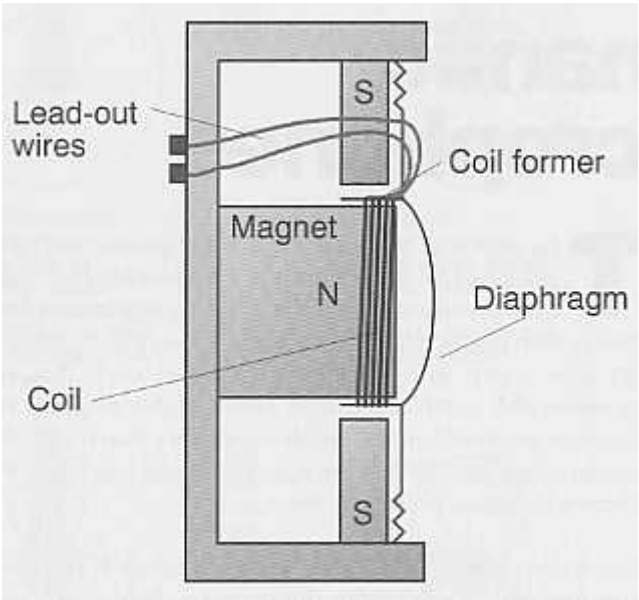
3.1.1 Μικρόφωνα Κινητού Πηνίου (Moving Coil Microphones)

Συνήθως όταν λέμε δυναμικά μικρόφωνα εννοούμε τα μικρόφωνα κινητού πηνίου. Αυτά αποτελούνται από το διάφραγμα, το πηνίο και τον μαγνήτη. Το διάφραγμα είναι ένα πλαστικό τύπου «Mylar» το οποίο έχει το πολύ 0.35 χιλιοστά πάχος. Το πηνίο είναι σταθεροποιημένο πάνω στο διάφραγμα και εντός του εντόνου μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται από τον μαγνήτη ([8], [9]).

Όταν το ηχητικό κύμα κτυπήσει το διάφραγμα αυτό θέτει σε ταλάντωση το πηνίο. Η ταλάντωση αυτή είναι ιδίας συχνότητας και εντάσεως του ηχητικού κύματος. Τότε σύμφωνα με την αρχή της μαγνητικής επαγωγής εφόσον το πηνίο κινείται εντός των μαγνητικών γραμμών του πεδίου, παράγεται ρεύμα εντός του πηνίου και τάση (Ε) στα άκρα του σύμφωνα με τον τύπο : $E=Blv$. Όπου B είναι η ένταση της μαγνητικής ροής του πεδίου και μετράται σε Tesla, l είναι το μήκος περιέλιξης του

πηνίου και μετράται σε μέτρα και v είναι η ενεργή ταχύτητα του διαφράγματος και μετράται σε m/sec [6].

Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των μικροφώνων κινητού πηνίου είναι το ότι η μάζα του συστήματος διάφραγμα - πηνίο είναι μεγάλη σχετικά με την ενέργεια που έχει το προσπίπτον ηχητικό κύμα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην ανταποκρίνεται ακαριαία σε κάθε ηχητική αλλαγή ενώ επίσης λόγω της αδρανείας καθυστερεί να σταματήσει την κίνηση του αφότου το κύμα σταματήσει να το κτυπά (βλ. Μεταβατική απόκριση). Για αυτό το λόγο τα μικρόφωνα κινητού πηνίου δεν έχουν τόσο ικανοποιητική απόκριση στις υψηλές συχνότητες όσο τα πυκνωτικά γι' αυτό και δεν ενδείκνυνται για παράδειγμα για κύμβαλα ή ακουστική κιθάρα. Επίσης έχουν σχετικά χαμηλή ευαισθησία. Είναι όμως ιδανικά για συγκεκριμένου τύπου εφαρμογές όπως η ηχογράφηση ενισχυομένων οργάνων ή χρήση σε ζωντανούς χώρους [9].



Συστατικά μικροφώνου κινητού πηνίου (www.postaudio.co.uk).

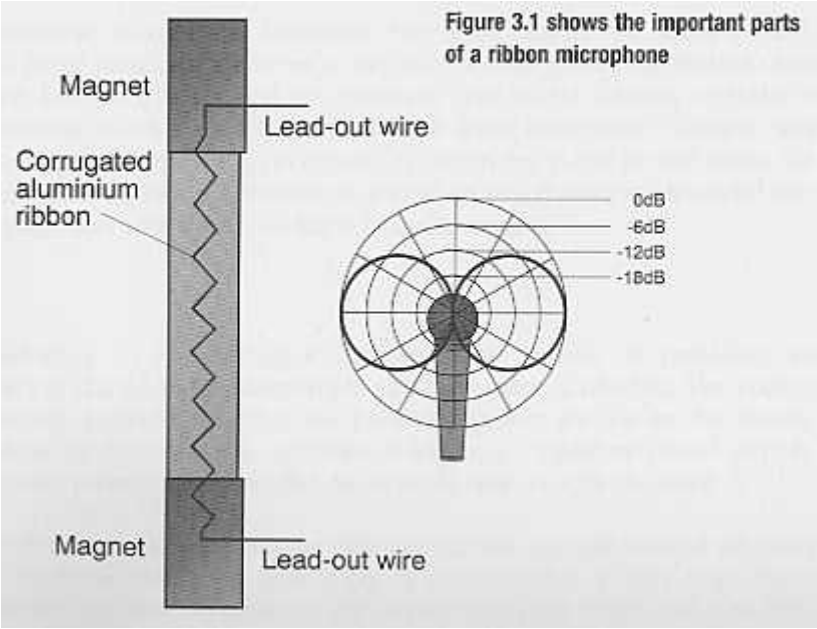
3.1.2 Μικρόφωνα Ταινίας (Ribbon Microphones)

Τα μικρόφωνα ταινίας είναι ένας τύπος δυναμικού μικροφώνου. Στη θέση του συστήματος διάφραγμα – πηνίο χρησιμοποιούν μία πολύ λεπτή (περίπου 2 μικρόμετρα) και αγώγιμη αλουμινένια ταινία, η οποία βρίσκεται διπλωμένη ανάμεσα στους πόλους ενός μαγνήτη κάθετα στη ροή του μαγνητικού πεδίου. Όταν το ηχητικό κύμα κτυπάει την ταινία αυτή ταλαντώνεται με την ίδια συχνότητα και ένταση κόβοντας τις μαγνητικές γραμμές και ακολούθως παράγεται σε αυτήν αντίστοιχο ηλεκτρικό ρεύμα [8]. Η υψηλή ευαισθησία της ταινίας δίνει εξαιρετική μεταβατική απόκριση (transient response) αλλά την καθιστά ιδιαίτερα ευπαθή σε υψηλή ακουστική πίεση ή άνεμο.

Λόγω του πολύ μικρού μεγέθους της ταινίας, η ηλεκτρική της αντίσταση είναι πολύ μικρή (περίπου 0.2 Ohm) άρα και η τάση εξόδου που παράγεται στα άκρα της. Έτσι ενισχύεται συνήθως από ένα μετατροπέα, μέσα στο μικρόφωνο. Πολλά σύγχρονα μικρόφωνα ταινίας μπορούν να δεχθούν τροφοδοσία φάντομ η οποία χρησιμοποιείται στα πυκνωτικά μικρόφωνα. Στα περισσότερα όμως και κυρίως στα παλαιότερα μοντέλα η τροφοδοσία φάντομ μπορεί να καταστρέψει την ταινία.

Τις τελευταίες τρεις δεκαετίες έχουν γίνει σημαντικά βήματα στην εξέλιξη των μικροφώνων ταινίας. Συγκεκριμένα έχουν κατασκευαστεί μικρόφωνα εξαιρετικά μικρών διαστάσεων αλλά και αυξημένης ανθεκτικότητας σε σχέση με τα πρώτα μικρόφωνα ούτως ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε σκληρότερες συνθήκες. Επίσης κατασκευάζονται μικρόφωνα όπου το διάφραγμα αποτελείται από ένα πολυεστερικό φιλμ στο οποίο τυπώνεται μια σπειροειδής αλουμινένια ταινία. Η

κατασκευή περικλείεται από τέσσερις δακτυλιοειδείς μαγνήτες, δύο έμπροσθεν και δύο όπισθεν οι οποίοι προκαλούν ένα «λουτρό» μαγνητικού πεδίου [8].



Συστατικά μικροφώνου ταινίας και κατευθυντικότητα (www.postaudio.co.uk).

3.2 Μικρόφωνα Χωρητικότητας

3.2.1 Πυκνωτικά Μικρόφωνα (Condenser Microphones)

Τα πυκνωτικά μικρόφωνα λειτουργούν με βάση τις αρχές της ηλεκτροστατικής. Η κάψα τους η οποία είναι ένας πυκνωτής αποτελείται από δύο πολύ λεπτά διαφράγματα (οπλισμούς). Ο ένας είναι κινητός και αποτελείται από ένα πλαστικό ή διάφραγμα τύπου «Mylar», το οποίο είναι επιστρωμένο με χρυσό ή νίκελ και απέχει περίπου ένα χιλιοστό της ίντσας από τον σταθερό. Ο πυκνωτής έχει την ικανότητα να συσσωρεύει ηλεκτρικό φορτίο [9]. Η τάση εξόδου του πυκνωτή βρίσκεται από τον

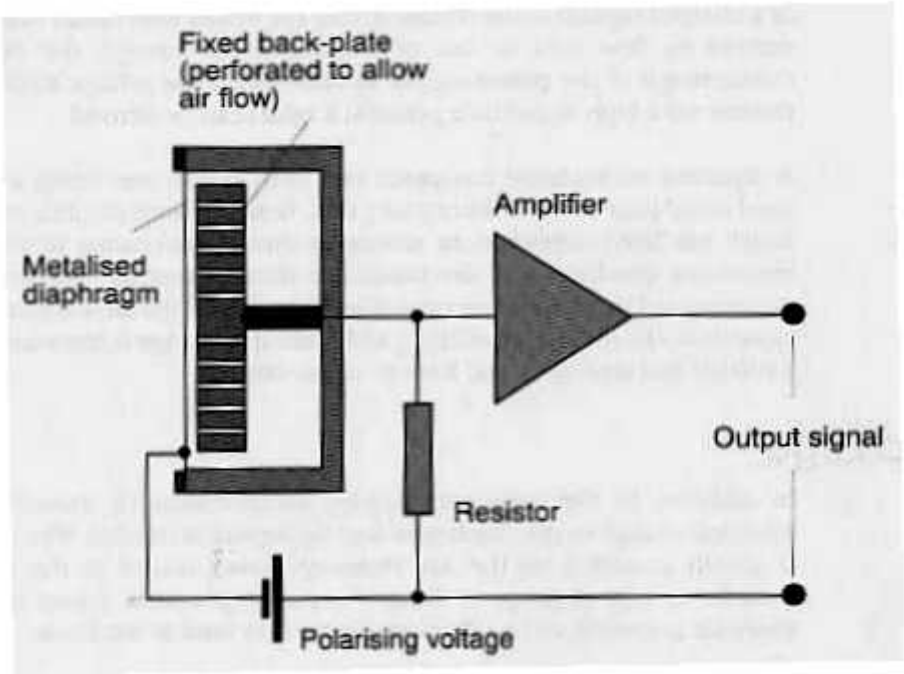
τύπο V=Q/C και μετράται σε “volts”. C είναι η χωρητικότητα του πυκνωτή και μετράται σε “farads”. Αυτή εξαρτάται από την έκθεση και την επιφάνεια των διαφραγμάτων, τα οποία είναι σταθερά, από το υλικό που υπάρχει μεταξύ τους, το οποίο είναι ο αέρας, επίσης σταθερός και την απόσταση μεταξύ των διαφραγμάτων, η οποία μεταβάλλεται αναλόγως της ηχητικής πιέσεως. Q είναι το ηλεκτρικό φορτίο και μετράται σε “coulombs” και είναι σταθερό ([6], [7], [8]). Για να μπορεί να λειτουργήσει το μικρόφωνο πρέπει το σήμα στα άκρα των οπλισμών να ενισχύεται από κύκλωμα συνεχούς ρεύματος (μπαταρία ή τροφοδοσία φάντομ 48 “volt”)([9], [10]).

Τα ηλεκτρόνια μετακινούνται από τον οπλισμό που είναι συνδεδεμένος με τη θετική πλευρά του τροφοδοτικού προς τον οπλισμό της αρνητικής πλευράς διαμέσου μεγάλης αντιστάσεως. Αυτή η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι η τάση μεταξύ των οπλισμών γίνει ίση με την τάση τροφοδοσίας. Όταν το ηχητικό κύμα κτυπήσει την κάψα μετακινείται το κινητό διάφραγμα και έτσι αλλάζει η απόσταση μεταξύ των οπλισμών άρα και η χωρητικότητα. Όταν η απόσταση των οπλισμών αυξάνεται, η χωρητικότητα μειώνεται, όταν η απόσταση μειώνεται, η χωρητικότητα αυξάνεται. Έτσι όταν μετα-βάλλεται η χωρητικότητα μεταβάλλεται και η τάση στα άκρα του πυκνωτή.

Η υψηλή αντίσταση συνδυαζόμενη με την χωρητικότητα των οπλισμών παράγει ένα κύκλωμα σταθερού χρόνου το οποίο είναι μεγαλύτερο σε διάρκεια από ένα κύκλο ακουστικής συχνότητας. Ο σταθερός χρόνος του κυκλώματος είναι η μετρηση του χρόνου που χρειάζεται ο πυκνωτής να φορτιστεί ή να εκφορτιστεί. Επειδή η αντίσταση εμποδίζει το φορτίο του πυκνωτή να μεταβάλλεται με τις γρήγορες αλλαγές στη χωρητικότητα, που προέρχονται από τις ηχητικές πιέσεις, η τάση δια μέσου του πυκνωτή αλλάζει σύμφωνα με τον άνωθεν τύπο [8].

Η αντίσταση και ο πυκνωτής είναι σε σειρά με το τροφοδοτικό, Έτσι ώστε το σύνολο της πτώσης τάσης που πέφτει δια μέσου αυτών πρέπει να είναι ίσο με την τάση τροφοδοσίας. Όταν η τάση δια μέσου του πυκνωτή αλλάζει, η τάση δια μέσου της αντίστασης αλλάζει εξίσου αλλά στην αντίθετη κατεύθυνση. Η τάση της αντίστασης τότε γίνεται σήμα εξόδου. Από τη στιγμή που το σήμα εξόδου είναι χαμηλού επιπέδου και υψηλής αντίστασης ενισχύεται από ενσωματωμένο προενισχυτή στο σώμα του μικροφώνου για να εμποδίσει τον βόμβο και μια απώλεια σήματος που θα μπορούσε να εμφανιστεί - οφειλόμενα στην αντίσταση των καλωδίων και σε άλλους παράγοντες – αν ο προενισχυτής ήταν σε απόσταση από την κάψα. Αυτή η προενίσχυση του μικροφώνου είναι ένας άλλος λόγος που πολλά πυκνωτικά μικρόφωνα χρειάζονται τροφοδοτικό [7].

Τα πυκνωτικά μικρόφωνα παρουσιάζουν άριστη ποιότητα απόδοσης και ακρίβεια στην απόκριση των ακραίων υψηλών συχνοτήτων, παράγοντας ένα πολύ καθαρό και διάφανο ήχο. Χρησιμοποιούνται όταν απαιτείται ομοιόμορφη και εκτεταμένη απόκριση [9].



Συστατικά πυκνωτικού μικροφώνου (www.postaudio.co.uk).

3.2.2 Μικρόφωνα Ηλεκτρίτη (Electret Condenser Microphones)

Τα μικρόφωνα ηλεκτρίτη λειτουργούν, όπως και τα πυκνωτικά, βασισμένα στην αρχή της χωρητικότητας. Σε αντίθεση όμως με τα πυκνωτικά, όπου εφαρμόζεται εξωτερική τάση, στα μικρόφωνα ηλεκτρίτη η τάση είναι μόνιμα αποθηκευμένη στους οπλισμούς της κάψας και έτσι δεν χρειάζεται τροφοδοσία φάντομ. Πάντως η υψηλή αντίσταση της εξόδου απαιτεί επιπλέον ενίσχυση (όπου μπορεί να είναι μια μπαταρία) για να αυξήσει τη στάθμη και να χαμηλώσει την αντίσταση ενώ σίγουρα η τροφοδοσία φάντομ δίνει καλύτερη απόδοση. Τα μικρόφωνα ηλεκτρίτη είναι γενικά μικρότερα και ελαφρύτερα από τα πυκνωτικά ([1], [7], [8], [9]).

3.2.3 Μικρόφωνα Λυχνίας (Valve Microphones)

Τα μικρόφωνα λυχνίας είναι στην πραγματικότητα πυκνωτικά μικρόφωνα τα οποία χρησιμοποιούν λυχνία για την τροφοδοσία της κάψας αντί για κύκλωμα με τρανζίστορ. Το κύκλωμα λυχνίας δεν προκαλεί αρμονική παραμόρφωση και έτσι έχει απαλό και ζεστό ήχο, που το κάνει ιδανικό για χρήση σε φωνητικά. Τα μικρόφωνα λυχνίας δεν τροφοδοτούνται από φάντομ τροφοδοσία αλλά έχουν το δικό τους τροφοδοτικό το οποίο συνδέεται με το μικρόφωνο μέσω ειδικού καλωδίου [1].

3.3. Πιεζοηλεκτρικά Μικρόφωνα (Piezo-electric Microphones)

Τα πιεζοηλεκτρικά μικρόφωνα βασίζονται στις πιεζοηλεκτρικές ιδιότητες μερικών υλικών όπως είναι του κρυστάλλου και του κεραμικού όταν ασκείται επάνω τους πίεση όπως τα ηχητικά κύματα. Η πίεση των ηχητικών κυμάτων δημιουργεί τάση μεταξύ των δυο επιφανειών του κρυστάλλου. Τα πιεζοηλεκτρικά μικρόφωνα δεν παρουσιάζουν ποιότητα στην απόδοση τους [10].

4. Είδη Μικροφώνων Σύμφωνα Με Την Κατευθυντικότητα Τους

Στη ζωντανή ακρόαση μουσικής ή γενικότερα οποιουδήποτε ήχου πολλές φορές συλλαμβάνουμε ήχους που δεν επιθυμούμε να ακούσουμε και τους χαρακτηρίζουμε ως θορύβους. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος τότε, και σύμφωνα με τις έρευνες της ψυχοακουστικής επιστήμης, έχει τη δυνατότητα να απομονώσει αυτούς τους ήχους

και σχεδόν να τους εξαφανίσει ώστε ο ακροατής να ακούει μόνο τους ήχους που προέρχονται από τις ηχητικές πηγές που τον ενδιαφέρουν. Σε περίπτωση όμως όπου αυτοί οι ανεπιθύμητοι ήχοι έχουν καταγραφεί από το μικρόφωνο και ο ακροατής τους ακούει μέσω της αναπαραγωγής από το ηχείο, δεν είναι δυνατόν να γίνει ο διαχωρισμός από τον εγκέφαλο μεταξύ επιθυμητών ήχων και θορύβου αφού όλοι προέρχονται από την ίδια πηγή (το ηχείο). Έτσι διαπιστώθηκε η ανάγκη να έχουν τη δυνατότητα τα μικρόφωνα να προσλαμβάνουν μόνο τους ήχους που προέρχονται από τις πηγές που εμείς επιθυμούμε. Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι: τα παντοκατευθυντικά (omnidirectional), τα δικατευθυντικά (bidirectional) και τα μονοκατευθυντικά (unidirectional) ή καρδιοειδή (cardioid) ενώ υπάρχουν και τα μικρόφωνα τύπου "shot gun" .

Σχεδιάζοντας την κατευθυντικότητα ενός μικροφώνου αυτό που μας ενδιαφέρει είναι η ευαισθησία του στη συλλογή των ήχων εκτός του κυρίου άξονα του (off-axis) καθώς ο κύριος άξων (on-axis) είναι σχεδόν πάντοτε στραμμένος προς την πηγή την οποία θέλουμε να καταγράψει το μικρόφωνο.

Κατασκευαστικά η κατευθυντικότητα στα μικρόφωνα κινητού πηνίου επιτυγχάνεται όταν κάτω από το διάφραγμα υπάρχει και ένας περίβολος, το ακουστικό δίκτυο φάσης. Με δύο ανοίγματα, ένα πίσω από το διάφραγμα και ένα στον περίβολο, το άνοιγμα αλλαγής φάσης, μπορούμε ανοίγοντας ή κλείνοντας τα να έχουμε τον τύπο που θέλουμε.

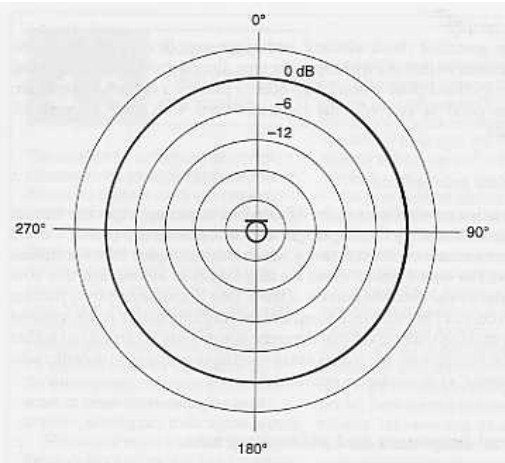
Την κατευθυντικότητα ενός μικροφώνου μας την δείχνει το πολικό του διάγραμμα. Το πολικό διάγραμμα μας δείχνει συγκεκριμένα την ευαισθησία και την απόκριση συχνότητας ενός μικροφώνου, σε σχέση με τον κύριο άξονα, σε ένα πλήρη κύκλο. Το πολικό διάγραμμα αποτελείται από ομόκεντρους κύκλους οι οποίοι είναι

βαθμολογημένοι σε dB και τις γωνίες κλίσης των ηχητικών πηγών σε σχέση με τον κύριο άξονα. Πάνω σε αυτό σχεδιάζεται η ευαισθησία του εκάστοτε μικροφώνου.

4.1. Παντοκατευθυντικά Μικρόφωνα (Omnidirectional)

Τα παντοκατευθυντικά συλλέγουν τους ήχους ομοιόμορφα από όλες τις κατευθύνσεις. Χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία καθώς παράγουν πολύ φυσικό ήχο. Συχνά αναφέρεται και ως μικρόφωνο πίεσης (Pressure microphone) διότι ανταποκρίνεται σε στιγμιαίες μεταβολές της πίεσης του αέρα, οι οποίες προκαλούνται από τα κύματα του ήχου στην περιοχή του διαφράγματος. Αφού το μικρόφωνο δεν έχει δρόμο να προσδιορίζει την θέση των πηγών του ήχου που δημιουργούνται από τις μεταβολές πίεσης, αντιδρά με ίση ευαισθησία στους ήχους που έρχονται από όλες τις κατευθύνσεις [7]. Όσο μικρότερη είναι η βαρελοειδής μορφή της εξωτερικής κατασκευής του μικροφώνου τόσο υψηλότερη θα είναι η περιοχή των συχνοτήτων οι οποίες θα ενεργούν και θα συλλέγονται με παντοκατευθυντικό μοτίβο. Ένα μικρόφωνο με μικρή φυσική κατασκευή έχει συνήθως παντοκατευθυντική συλλογή του ηχητικού μοτίβου σε όλες τις περιοχές των συχνοτήτων του ακουστικού φάσματος [10]. Δημιουργούν τον λιγότερο χρωματισμό εκτός άξονα σε σχέση με τους άλλους τύπους και ενδείκνυνται όταν θέλουμε κοντινή χρήση καθώς δεν παρουσιάζουν το φαινόμενο εγγύτητας. Σε μακρινή από την πηγή τοποθέτηση χρησιμοποιούνται για να συλλάβουν τις αντανακλάσεις του ήχου σε όλο το δωμάτιο [9]. Παρ' ότι όμως θεωρητικά συλλέγουν τους ήχους ομοιόμορφα από κάθε κατεύθυνση, στις υψηλές συχνότητες παρουσιάζουν κατευθυντικότητα. Έτσι το πολικό τους διάγραμμα δεν είναι ακριβώς ένας κύκλος αλλά παρουσιάζει μια ελαφρά ισοπέδωση στις 180° ελλατούμενο κατά 5dB περίπου. Έτσι είναι καλύτερα να είναι πάντοτε στραμμένα στην πηγή [7].

Οι συχνότητες των 4 kHz ή των 5 kHz είναι το όριο της περιοχής των συχνοτητων στο οποίο η παντοκατευθυντική ικανότητα του μικροφώνου μειώνεται. Όταν το μήκος του ηχητικού κύματος που το αγγίζει από το πλευρικό τμήμα και το πίσω τμήμα της κατασκευής είναι 2 - 3 φορές μικρότερο από την διάμετρο της φυσικής κατασκευής του μικροφώνου, έχει αποτέλεσμα την εμφάνιση μιας βαθμιαίας δυσκολίας στη διαδρομή του κύματος [10].



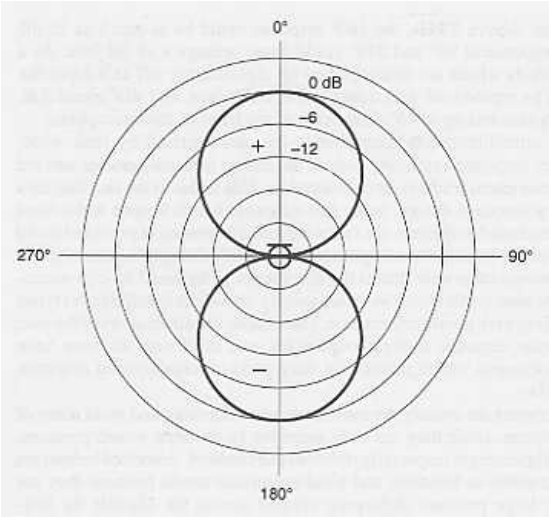
Πολικό διάγραμμα παντοκατευθυντικού μικροφώνου.

4.2. Δικατευθυντικά Μικρόφωνα (Bidirectional, Figure-of-Eight)

Δικατευθυντικά μικρόφωνα είναι αυτά που συλλαμβάνουν εμπρόσθιους και οπίσθιους ήχους ενώ απορρίπτουν τους πλαϊνούς. Συχνά αναφέρονται και ως "Pressure Gradient Microphones" διότι η κίνηση του διαφράγματος αντιδρά ανάλογα με την κλίση της διεύθυνσης της πίεσης [7]. Τα μικρόφωνα ταινίας είναι συνήθως δικατευθυντικά. Όπως είπαμε πιο πάνω, σε αυτά η κίνηση της ταινίας προκαλείται στην ουσία από την διαφορά πίεσης μεταξύ της εμπρόσθιας και της οπίσθιας πλευράς της ταινίας. Ο ήχος όταν προσπίπτει στην οπίσθια πλευρά παράγει τάση με διαφορά φάσης 180° σε σχέση με τον προσπίπτοντα στην εμπρόσθια. Αντίθετα ο ήχος που προσπίπτει στα πλάγια της ταινίας σε γωνία 90° ή 270° κτυπάει ισοδύναμα και τις δύο

πλευρές άρα δεν προκαλεί και τάση [8]. Γι' αυτό και έχουν δικατευθυντικό πολικό διάγραμμα (σχήματος 8) εκτός αν έχουμε ειδική κατασκευή ώστε να έχει διαφορετικό [9]. Το δικατευθυντικό διάγραμμα αναφέρεται ως διάγραμμα συνημιτόνου (cosθ) καθώς αντιπροσωπεύει ένα σχέδιο με πολικές συντεταγμένες, παρόμοιο με αυτό της λειτουργίας του συνημιτόνου στα μαθηματικά [6].

Τα δικατευθυντικά μικρόφωνα παρουσιάζουν φαινόμενο εγγύτητας μεγαλύτερο κατά 6dB σε σχέση με τα καρδιοειδή μικρόφωνα [9]. Συνήθως τοποθετούνται σε μουσικά όργανα τα οποία εκπέμπουν κυρίως στις χαμηλές συχνότητες, όπως το μπάσο και η μπότα (bass drum).

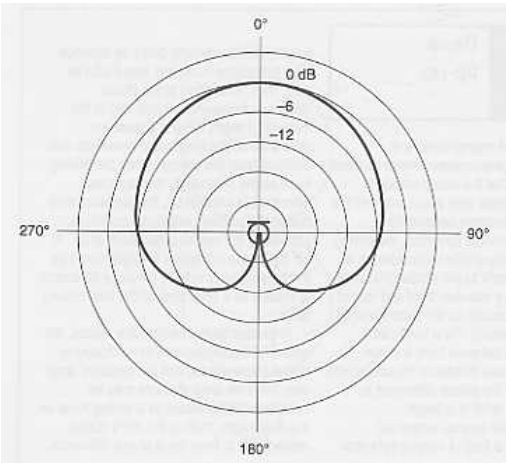


Πολικό διάγραμμα δικατευθυντικού μικροφώνου.

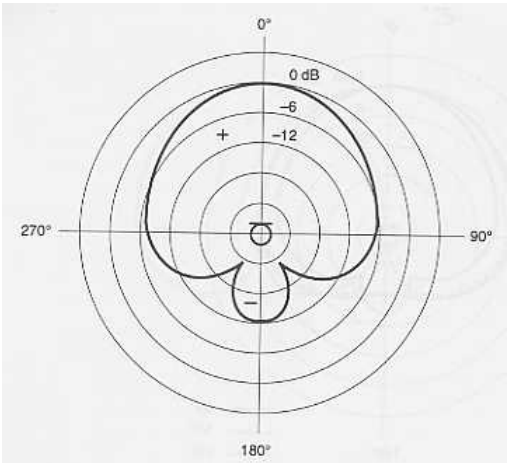
4.3. Μονοκατευθυντικά ή Καρδιοειδή Μικρόφωνα (Unidirectional, Cardioid)

Τα μονοκατευθυντικά μικρόφωνα είναι περισσότερο ευαίσθητα σε παραγόμενους ήχους κατευθείαν μπροστά σε αυτά, δηλαδή στον κύριο άξονα. Ονομάζονται καρδιοειδή επειδή το πολικό τους διάγραμμα έχει σχήμα καρδιάς. Οι ήχοι που συλλέγονται πλευρικά (90° και 270°) μειώνονται κατά 6 dB ενώ οι οπίσθιοι ήχοι (180°) σχεδόν απορρίπτονται καθώς μειώνονται κατά 15 – 25 Db ([7], [9]).

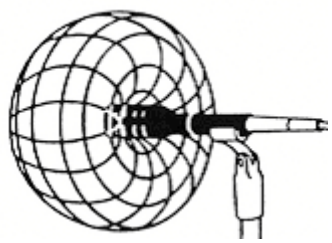
Το πολικό τους διάγραμμα προκύπτει από το συνδυασμό του παντοκατευθυντικού και του δικατευθυντικού διαγράμματος. Ο οπίσθιος λοβός του δικατευθυντικού βρίσκεται σε αντίθετη φάση με τον εμπρόσθιο καθώς και με το παντοκαντευθυντικό, πού έχει παντού την ίδια φάση, και έτσι έχουμε ακύρωση των ήχων στο πίσω μέρος του μικροφώνου. Όταν το παντοκατευθυντικό και το δικατευθυντικό μοτίβο βρίσκονται σε ίση αναλογία έχουμε το βασικό καρδιοειδές μικρόφωνο [10]. Μπορούμε αυξάνοντας το δικατευθυντικό μοτίβο να δημιουργήσουμε σούπερκαρδιοειδές (Supercardioid) μικρόφωνο το οποίο είναι λιγότερο ευαίσθητο πλευρικά (μείωση κατά 8 – 9 dB περίπου) ενώ η μέγιστη απόρριψη είναι στις 125° και 235° ([8], [9]) ή 150° και 210° ([7], [10]). Με περαιτέρω αύξηση του δικατευθυντικού μοτίβου έχουμε το υπερκαρδιοειδές (Hyper-cardioid) πολικό διάγραμμα. Στα υπερκαρδιοειδή μικρόφωνα η πλευρική συλλογή ήχων είναι ακόμη μικρότερη, όμως στις 180° έχουμε μεγαλύτερη ευαισθησία σε σχέση με τα καρδιοειδή.



σχήμα α



σχήμα β

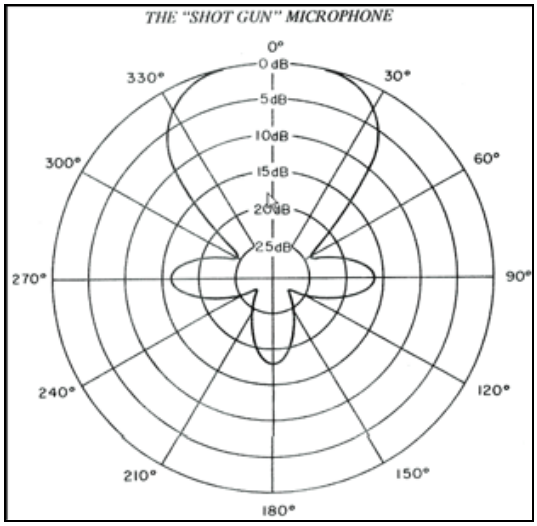


σχήμα γ

Πολικά διαγράμματα καρδιοειδούς (σχ. α, γ) και υπερκαρδιοειδούς (σχ. β) μικροφώνου.

4.4. Μικρόφωνα Τύπου "Shotgun"(Ultra – Directional)

Τα μικρόφωνα τύπου "Shotgun" έχουν ξεχωριστό πολικό διάγραμμα το οποίο μοιάζει με ισοπεδωμένο μπροστινό λοβό, με μια σειρά μικρών πίσω λοβών. Αυτά τα μικρόφωνα δεν χρησιμοποιούνται τόσο σε στούντιο ηχογραφήσεων όσο σε εξωτερικές λήψεις κινηματογράφου και τηλεόρασης ή σε ζωντανές παραστάσεις θεάτρου. Το μοτίβο τους και η υψηλή κατευθυντικότητα τους εξαρτώνται από το μήκος της σύνθεσης της εξωτερικής κατασκευής τους. Όσο μεγαλώνει το μήκος της κατασκευής τόσο αυξάνει η απόδοση της συλλογής των χαμηλών συχνοτήτων ([7], [10]).



Πολικό διάγραμμα μικροφώνου τύπου "Shotgun".

5. Άλλα Χαρακτηριστικά Των Μικροφώνων

5.1. Απόκριση Συχνότητας (Frequency Response)

Τα μικρόφωνα διαφέρουν μεταξύ τους στον τρόπο που προσλαμβάνουν τους ήχους στις διάφορες συχνότητες. Η απόκριση συχνότητας του κάθε μικροφώνου φαίνεται σε μία γραφική παράσταση η οποία καλύπτει ένα εύρος συχνοτήτων 20 Hz – 20 kHz και είναι η καμπύλη που δείχνει την απόκριση του μικροφώνου εντός άξονα (on – axis). Ενώ θεωρητικά μία ευθεία απόκριση συχνότητας είναι ιδανική για την πιστότητα του αποτελέσματος, εντούτοις στα μικρόφωνα συναντούμε διάφορα διαγράμματα απόκρισης συχνότητας τα οποία όμως τα κάνουν ιδανικά για συγκεκριμένες χρήσεις. Γενικά τα δυναμικά μικρόφωνα έχουν την πιο διακινούμενη καμπύλη

απόκρισης, τα μικρόφωνα ταινίας είναι ελαφρώς ομαλότερα ενώ τα πυκνωτικά είναι σχεδόν ευθεία [9]. Τώρα για παράδειγμα ένα μικρόφωνο σκηνής για φωνητικά είναι καλύτερο να έχει διάγραμμα που τονίζει τις μεσαίες συχνότητες (3 - 4 kHz). Έτσι θα προτιμηθεί ένα δυναμικό μικρόφωνο από ένα πυκνωτικό ακόμη και αν το τελευταίο είναι σχεδιασμένο για εγγραφή φωνητικών [1]. Έτσι σχεδιάζονται μικρόφωνα που δίνουν έμφαση στις υψηλές, μεσαίες ή χαμηλές συχνότητες. Πολλές φορές τα μικρόφωνα είναι εφοδιασμένα με φίλτρο που κόβει τις χαμηλές συχνότητες καθώς σε αυτές υπάρχουν συνήθως ανεπιθύμητοι ήχοι (Θόρυβος) ([1], [8], [9]).

Ενώ όμως η απόκριση συχνότητας μετράται εντός άξονα, τα μικρόφωνα έχουν διαφορετική απόκριση εκτός άξονα. Έτσι ένα μικρόφωνο μπορεί να έχει ομαλή απόκριση εντός άξονα, όμως η απόκριση του εκτός άξονα να έχει διακυμάνσεις. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται «χρωματισμός εκτός άξονα» ([6] [7]). Ο χρωματισμός μπορεί να αλλάξει την ποιότητα του ήχου κάνοντας τον πιο μουντό καθώς εκτός άξονα ελαττώνεται η απόκριση στις υψηλές συχνότητες. Αυτό το φαινόμενο συμβαίνει κυρίως στα καρδιοειδή μικρόφωνα. Γι' αυτό είναι σωστότερο το πολικό τους διάγραμμα να σχεδιάζεται για τις διάφορες συχνότητες. Τα παντοκατευθυντικά ακόμη και αν παρουσιάσουν κάποια ελάττωση στις υψηλές συχνότητες στο πίσω μέρος, αυτή είναι αμελητέα [7].

5.2. Φαινόμενο Εγγύτητας (Proximity Effect)

Το φαινόμενο εγγύτητας είναι μία αύξηση στην απόκριση των χαμηλών συχνοτήτων και συμβαίνει όταν η ηχητική πηγή κινείται προς ένα κατευθυντικό μικρόφωνο. Γίνεται ιδιαίτερα αντιληπτό όταν η πηγή πλησιάσει περίπου στα 30 cm και αυξάνεται όσο η απόσταση μειώνεται [8]. Επίσης ιδιαίτερα αντιληπτό γίνεται στα

φωνητικά. Όταν ο τραγουδιστής πλησιάζει το μικρόφωνο η φωνή του γίνεται πιο μπάσα ενώ τονίζονται ιδιαίτερα τα γράμματα “p” και “b” (φαινόμενο “popping”).

Ένας τρόπος να αποφύγουμε το φαινόμενο εγγύτητας είναι να τοποθετήσουμε στο μικρόφωνο ένα φίλτρο χαμηλών συχνοτήτων το οποίο ρυθμίζεται με ένα διακόπτη πάνω στο σώμα του μικροφώνου. Άλλος τρόπος είναι να χρησιμοποιήσουμε παντοκατευθυντικό μικρόφωνο το οποίο δεν παρουσιάζει το φαινόμενο. Παρ’ όλα αυτά ορισμένοι χρησιμοποιούν το φαινόμενο θετικά, όπως κάποιοι τραγουδιστές ή ραδιοφωνικοί εκφωνητές καθώς δίνει μια ξεχωριστή ποιότητα ιδιαίτερα σε λεπτές φωνές ([8], [9]).

5.3. Μεταβατική Απόκριση (Transient Response)

Η μεταβατική απόκριση είναι ένα δεδομένο των μικροφώνων το οποίο δεν είναι ακόμη ευρέως καθιερωμένο. Με την μεταβατική απόκριση μετρούμε το πόσο ακαριαία αντιδρά το διάφραγμα του μικροφώνου στο ηχητικό κύμα το οποίο το κτυ-πά. Πιο συγκεκριμένα κάθε ήχος που συλλέγεται από το μικρόφωνο έχει μια συγκε-κριμένη κυματομορφή. Εάν το διάφραγμα έχει την ικανότητα να πάλλεται σύμφωνα με την κυματομορφή του ήχου έχουμε ως αποτέλεσμα την πιστή αναπαραγωγή. Προ-βλήματα δημιουργούνται όταν το μικρόφωνο δεν προλαβαίνει να ταλαντωθεί αντί-στοιχα με τον παραγόμενο ήχο.

Οι διαφορές στην κατασκευή μεταξύ των τριών κυριοτέρων τύπων μικροφώνων, δηλαδή δυναμικών (κινητού πηνίου), ταινίας και πυκνωτικών επενεργούν κατάλυτικά στην διαφορετική τους μεταβατική απόκριση.

Συγκεκριμένα τα δυναμικά μικρόφωνα έχουν συνήθως μεγάλο διάφραγμα το οποίο σε συνδυασμό με το μεταλλικό πηνίο δημιουργεί ένα σύστημα μεγάλης μάζας. Αυτό το σύστημα είναι σχετικά αργό στην αντίδραση του στα ηχητικά κύματα με αποτέλεσμα να έχουμε τραχύ ήχο στερούμενο λαμπρότητας κάτι όμως που σε πολλές περιπτώσεις επιδιώκεται.

Τα μικρόφωνα ταινίας με ελαφρύτερο διάφραγμα έχουν καλύτερη μεταβατική απόκριση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να έχουν αυτά τα μικρόφωνα πιο ευκρινή ήχο. Το προστατευτικό κάλυμμα των μικροφώνων ταινίας, το οποίο τα προστατεύει από καταστροφικά δυνατά φυσήματα, κάνει επίσης τον ήχο τους μαλακό. Ο συνδυασμός αυτών των χαρακτηριστικών κάνει τα μικρόφωνα ταινίας ιδανικά για λήψη φωνής.

Το διάφραγμα των μικροφώνων ταινίας είναι μακράν το ελαφρύτερο. Έτσι η μεταβατική του απόκριση είναι γενικά τέλεια σε όλο το φάσμα των συχνοτήτων ([8], [9]).

ΣΤΕΡΕΟΦΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΗΣ

6. Τι Είναι Στερεοφωνία

Κατά την στερεοφωνική ηχογράφηση και αναπαραγωγή στόχος είναι να δημιουργούνται σταθερά είδωλα των ηχητικών πηγών στο χώρο, ανεξάρτητα από τον αριθμό των ηχείων που χρησιμοποιούνται. Ωστόσο, έχει επικρατήσει να αποκαλείται στερεοφωνικό ένα σύστημα δύο καναλιών καθώς για πολλά έτη οι τεχνικές ηχογράφησης γίνονταν με βάση το δικαναλικό σύστημα. Για να κατανοήσουμε την αξία της στερεοφωνικής ηχογραφήσεως πρέπει πρώτα να κατανοήσουμε τον τρόπο με τον οποίο τα αυτιά μας, ως μέρος του ακουστικού συστήματος, μας επιτρέπουν να αντιληφθούμε την προέλευση ενός ήχου. Για την αντίληψη της θέσης της ηχητικής πηγής στο χώρο είναι ιδιαίτερα σημαντικό το ψυχοακουστικό φαινόμενο της δυωτικής ακοής (ή αμφιωτική ακοή, binaural hearing) δηλαδή η ακοή του ίδιου ηχητικού ερεθίσματος με τα δύο αυτιά. Λόγω της διαφορετικής θέσης τους, κάθε αυτί προσλαμβάνει διαφορετικά ηχητικά σήματα τα οποία εκπέμπονται από το ίδιο γεγονός. Παρόλα αυτά, ο εγκέφαλος επεξεργάζεται το κάθε «αντίγραφο» του ήχου που προσλαμβάνει το κάθε αυτί, τα συσχετίζει μεταξύ τους και ο ακροατής έχει την αίσθηση ενός ακουστικού γεγονότος, το οποίο τοποθετείται κάπου στο εξωτερικό του περιβάλλον.

6.1. Η διαφορά Στη Στάθμη Έντασης Του Ηχητικού Σήματος (Interaural Intensity Difference, IID)

Η διαφορά στη στάθμη έντασης με την οποία φτάνει στο κάθε αυτί το ίδιο ηχητικό σήμα είναι ένα στοιχείο που χρησιμοποιεί ο εγκέφαλος για να εντοπίσει τη θέση της ηχητικής πηγής στο χώρο ([11], [20]). Ο ήχος είναι δυνατότερος στο αυτί που βρίσκεται εγγύτερα της πηγής όχι μόνο λόγω της διαφοράς αποστάσεως αλλά και επειδή το κεφάλι είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία «ηχητικής σκιάς» στο αυτί που βρίσκεται πιο μακριά από την ηχητική πηγή. Γι' αυτό το λόγο, η στάθμη έντασης με την οποία θα φτάσει ο ήχος στο αυτί αυτό είναι μικρότερη από την αντίστοιχη με την οποία θα φτάσει στο αυτί που είναι πιο κοντά στην ηχητική πηγή. Ηχητικά κύματα όμως με μήκος κύματος μεγαλύτερο από την απόσταση των δύο αυτιών (μετρημένη από την περιφέρεια του κεφαλιού) και ειδικά κάτω από την περιοχή των 200 Hz, περιθλώνται γύρω από το κεφάλι. Έτσι δεν δημιουργείται ηχητική σκιά και η στάθμη έντασης με την οποία φτάνει ο ήχος και στα δύο αυτιά, ανεξάρτητα από την απόσταση τους από την ηχητική πηγή, είναι η ίδια.

6.2 Η Διαφορά Στη Φάση Του Ηχητικού Σήματος (Interaural Phase Difference, IPD)

Ψυχοακουστικές έρευνες έδειξαν ότι ο εγκέφαλος, για τον εντοπισμό της ηχητικής πηγής στο χώρο, χρησιμοποιεί την πληροφορία της διαφοράς φάσης μεταξύ των ηχητικών κυμάτων που φτάνουν στο κάθε αυτί αλλά μόνο για συχνότητες που

είναι μικρότερες των 1500 Hz. Η απόσταση των δύο αυτιών επηρεάζει το χρονικό σημείο της φάσης με την οποία το ηχητικό κύμα θα φτάσει στο κάθε αυτί. Στις συχνότητες της περιοχής των 1500 Hz η διάμετρος του κεφαλιού είναι ίση με το μήκος του ηχητικού κύματος οπότε η φάση με την οποία φτάνει το ηχητικό κύμα στα αυτιά είναι η ίδια.

6.3 Η διαφορά Στο Χρόνο Άφιξης Του Ηχητικού Κύματος (Interaural Time Difference, ITD)

Η διαφορά στο χρόνο άφιξης οφείλεται στο ότι το ηχητικό κύμα φτάνει πιο γρήγορα στο αυτί που βρίσκεται πιο κοντά στην ηχητική πηγή. Η χρονική αυτή διαφορά είναι μηδενική όταν η ηχητική πηγή βρίσκεται ακριβώς μπροστά ή πίσω από το κεφάλι και συνεπώς απέχει εξίσου από τα δύο αυτιά και φτάνει στο μέγιστο της, γύρω στα 630 μs όταν η ηχητική πηγή βρίσκεται στη δεξιά ή στην αριστερά πλευρά του κεφαλιού [11].

Το φαινόμενο αυτό είναι παράγων για τον εντοπισμό της ηχητικής πηγής στο χώρο για συχνότητες μέχρι αυτές των οποίων το μήκος κύματος προσεγγίζει το διπλάσιο της αποστάσεως των αυτιών [12].

Πάντως πρόσφατες ψυχοακουστικές έρευνες έδειξαν ότι ακόμη και χρονικές διαφορές της τάξεως των 0.01 μs μπορούν να γίνουν αντιληπτές και να δημιουργήσουν την αίσθηση δύο ξεχωριστών γεγονότων [11].

6.4 Η Συμβολή Του Πτερυγίου

Ψυχοακουστικές έρευνες έδειξαν ότι ο εγκέφαλος χρησιμοποιεί τις πληροφορίες της ανάκλασης των ήχων στο πτερύγιο για τον εντοπισμό της ηχητικής πηγής στο χώρο ([9], [11], [14], [20]). Τα ηχητικά κύματα που προσπίπτουν στο πτερύγιο ανα-κλώνται στις διάφορες αυλακώσεις, διπλώσεις και επιφάνειες του. Στη συνέχεια προ-στίθενται διανυσματικά στα κύματα που προσπίπτουν κατευθείαν στην είσοδο του ακουστικού καναλιού. Ο ήχος εξ ανακλάσεως καθυστερεί σε σχέση με τον άμεσο ήχο κατά 100 – 330 ms [9]. Έτσι δημιουργείται το λεγόμενο φίλτρο τύπου χτένας (comb filtering) με το χαρακτηριστικό διάγραμμα απόκρισης συχνότητας. Καθώς όμως η εκάστοτε απόκριση εξαρτάται από την διεύθυνση του ηχητικού σήματος γίνεται αντι-ληπτή από τον εγκέφαλο η προέλευση της ηχητικής πηγής. Γενικά το πτερύγιο λειτουργεί ως φίλτρο που υπερτονίζει ή συμπιέζει την ενέργεια των μεσαίων και υψη-λών συχνοτήτων ενός ηχητικού κύματος αναλόγως της γωνίας με την οποία το κύμα κτυπάει το πτερύγιο. Καθώς οι διαστάσεις του πτερυγίου είναι της τάξεως μερικών εκατοστών μόνο ήχοι με αντίστοιχο ή μικρότερο μήκος κύματος επηρεάζονται από αυτό. Έτσι οι συχνότητες οι οποίες ανακλώνται στο πτερύγιο είναι μεγαλύτερες από 4000 Hz.

Η συμβολή του πτερυγίου είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στο να διακρίνουμε εάν ο ήχος προέρχεται από μπροστά, πίσω ή από κάτω. Επίσης οι ήχοι που προέρχονται από πηγή που βρίσκεται σε γωνία πέραν των 130° από τον μπροστινό άξονα δεν αντανα-κλώνται από το πτερύγιο και εκλαμβάνονται ότι προέρχονται από πίσω [9].

7. Ιστορία Των Στερεοφωνικών Τεχνικών Ηχογράφησης

Προσπάθειες για στερεοφωνική ηχογράφηση γίνονταν από τα τέλη του 19^{ου} αιώνα και κορυφώνονται τη δεκαετία του 1930. Η πρώτη καταγεγραμμένη περίπτωση στερεοφωνικού μικροφώνου εμφανίζεται στην μεγάλη Ηλεκτρική Έκθεση του Παρισιού το 1881. Ο Γάλλος σχεδιαστής Clement Ader παρουσίασε τις προτάσεις του για την βελτίωση των τότε πρώιμων τηλεφωνικών συσκευών. Αυτό που εμφάνισε ήταν κάτι παρόμοιο με την απομακρυσμένη στερεοφωνική τεχνική. Συγκεκριμένα, δέκα (μάλλον τυχαία) απομακρυσμένα ζεύγη από τηλεφωνικά μικρόφωνα τύπου άνθρακα τα οποία ευρίσκοντο στην Όπερα του Παρισιού μετέδιδαν το σήμα μέσω τηλεφωνικών γραμμών σε δέκτες οι οποίοι ευρίσκοντο στο "Palace of Industry" και οι οποίοι ήταν διατεταγμένοι ανά απομακρυσμένα ζεύγη. Δυστυχώς όμως δεν έγινε τότε αντιληπτή η αξία της εφευρέσεως του ([14],[23]).

Την δεκαετία του 1930 στις Η.Π.Α. στα εργαστήρια της "Bell", υπό την καθοδήγηση του Dr Harvey Fletcher, επικεντρωνόταν στην δημιουργία στερεοφωνίας για πολυπληθές κοινό όπως για παράδειγμα σε κινηματογράφους. Αντιμετώπιζαν τότε το πρόβλημα ότι οι θεατές θα ευρίσκοντο σε πολύ διαφορετικές θέσεις ως προς τα ηχεία και άρα θα υπήρχε πρόβλημα ως προς το παραγόμενο ηχητικό είδωλο. Η βέλτιστη λύση ήταν να δουλέψουν με τρία κανάλια τα οποία τροφοδοτούσαν τρία ηχεία. Το κεντρικό κανάλι ονομάζεται ακόμη και σήμερα στον κινηματογράφο το κανάλι των διαλόγων. Τα τρία κανάλια δημιουργούντο μέσω απομακρυσμένων διατάξεων μικροφώνων οι οποίες βασίζονται στον μηχανισμό της χρονικής διαφοράς που προκαλεί την αίσθηση της στερεοφωνίας [12]. Το πρόβλημα πάντως που προέκυπτε ήταν ότι κατά την αναπαραγωγή τα δύο αφτιά άκουγαν και τα δύο ηχεία. Έτσι δημιουργείτο ένας πολύπλοκος μηχανισμός από χρονικές καθυστερήσεις καθώς κάθε αφτί άκουγε

και την πραγματική χρονική διαφορά από το κάθε ηχείο αλλά και την ηχογραφημένη χρονική διαφορά από τα μικρόφωνα. Έτσι δημιουργείτο μια μάλλον ασαφής στερεοφωνική εικόνα και προέκυπτε επιπλέον το πρόβλημα ότι εάν τα δύο κανάλια συγχωνεύοντο σε ένα μονοφωνικό μπορούσε να προκύψει το φαινόμενο του φίλτρου κτένας [14].

Την ίδια χρονική περίοδο στο Ηνωμένο Βασίλειο ο Alan Dower Blumlein εργαζόταν για την E.M.I. με σκοπό τη δημιουργία στερεοφωνίας σε οικιακό περιβάλλον άρα και για λιγότερους ακροατές. Έτσι ανέπτυξε ένα εναλλακτικό σύστημα βασισμένο σε συμπτωτικές μεθόδους και χρησιμοποιούσε δύο κανάλια τα οποία τροφοδοτούσαν δύο ηχεία (δεξιό – αριστερό). Με τις συμπτωτικές μεθόδους μάλιστα απέφευγε και τα προβλήματα των τεχνικών του Dr Harvey Fletcher καθώς στηριζόταν μόνο στη διαφορά των εντάσεων των δύο ηχείων για να δημιουργήσει τη στερεοφωνική εικόνα η οποία ήταν πιο σταθερή και ακριβής. Συγκεκριμένα χρησιμοποίησε δύο δικατευθυντικά μικρόφωνα υπό γωνία 90°. Η διάταξη έδινε πολύ φυσικό ήχο αν και είχε το μειονέκτημα ότι οι ήχοι όπισθεν των μικροφώνων συλλαμβάνονταν εξίσου με τους έμπροσθεν αλλά στη συνέχεια προστίθεντο κατά την αναπαραγωγή στα δύο ηχεία με αποτέλεσμα να ακούγεται περισσότερη αντήχηση απ’ ότι έπρεπε [12].

Και οι δύο τεχνικές είχαν λοιπόν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αλλά ήταν σίγουρα μπροστά από την εποχή τους καθώς μόνο από τη δεκαετία του 1950 μπόρεσαν να διαδοθούν ευρέως σε εμπορική χρήση μετά από την εφεύρεση του P.V.C. και την εξάπλωση των δίσκων βινυλίου [14].

Την πρώτη εποχή των ηχογραφήσεων, παρότι οι τεχνικές δυνατότητες ήταν περιορισμένες, οι ορχήστρες εγγράφοντο ζωντανά με στερεοφωνικές και απομακρυσμένες τεχνικές που προσπαθούσαν να συλλάβουν την ολότητα της ηχητικής πληροφορίας. Με την ανάπτυξη όμως της πολυκαναλικής ηχογράφησης έπαψαν οι μουσικοί

να ηχογραφούν ως σύνολο, αλλά ο κάθε μουσικός μόνος του με το μικρόφωνο μάλιστα πολύ κοντά στο μουσικό όργανο τεχνικές σποτ (spot). Έτσι όμως χανόταν η έννοια της ενότητας του ηχητικού αποτελέσματος. Με την εγγραφή κάθε οργάνου ξεχωριστά αποκλείονταν οι διαρροές (leakage) μεταξύ των οργάνων. Και η ειρωνεία είναι ότι ενώ αυτό ήταν το ζητούμενο, αυτές οι διαρροές είναι από τα θεμελιώδη στοιχεία που συνεισφέρουν θετικά στη δημιουργία αυτού που ονομάζουμε ήχο ορχήστρας και ομάδας μουσικών. Επιπλέον οι τεχνικές σποτ ήρθαν να αποτελειώσουν ότι είχε απομείνει από τη φυσικότητα στην εγγραφή των οργάνων. Αλλοιώνουν τις χροιές των οργάνων, αφού επικεντρωνόμαστε σε συγκεκριμένους ιδιοσυντονισμούς του σώματος και δεν αφήνουμε τον ήχο να «αναπνεύσει» και να πάρει την ολοκληρωμένη του μορφή [2]. Ιδιαίτερα τα όργανα μιας ορχήστρας με κοντινή τοποθέτηση μικροφώνων ακούγονται πολύ λαμπερότερα και οξύτερα σε σχέση με τον ήχο τους σε μία αίθουσα συναυλιών [4]. Με αυτές τις τεχνικές η στερεοφωνία δημιουργείται τεχνητά στην μείξη με την κονσόλα και τις μονάδες των εφέ (ψευδοστερεοφωνία). Έτσι προσπαθούμε να δημιουργήσουμε ένα ηχητικό αποτέλεσμα αντίστοιχο με αυτό που θα προέκυπτε αν από την αρχή είχαμε ηχογραφήσει ενιαία και ζωντανά.

Τις τελευταίες δεκαετίες όμως με την επανάσταση της πολυκαναλικής στερεοφωνίας (surround 5.1) έναντι της δικαναλικής άλλαξε ολοκληρωτικά η αντίληψη περί ήχου και των ηχητικών δεδομένων που μπορούμε να προσφέρουμε στον ακροατή. Η επεξεργασία λοιπόν στο στούντιο, κατά την μείξη δεν είναι αρκετή για να πετύχουμε τη μέγιστη φυσικότητα των ήχων. Αυτό μπορεί να γίνει μόνο κατά τη λήψη με τις στερεοφωνικές τεχνικές και γενικότερα τη χρήση πολλών και απομακρυσμένων από τις πηγές μικροφώνων.

Στερεοφωνικές τεχνικές ονομάζονται αυτές που χρησιμοποιούν δύο (κατά κανόνα) ή και περισσότερα μικρόφωνα, που εργάζονται από κοινού για να λάβουν τον ήχο ενός μουσικού συνόλου. Κατά την αναπαραγωγή ακούγονται τα είδωλα των μουσικών οργάνων σε διάφορα σημεία στο χώρο μεταξύ των δύο ηχείων.

Οι στερεοφωνικές μέθοδοι ηχογράφησης χωρίζονται σε τρεις γενικές κατηγορίες οι οποίες διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την τοποθέτηση των μικροφώνων στο χώρο και την απόσταση αυτών [2] :

1. Συμπτωτικές (Coincident)
2. Ημισυμπτωτικές (Near – coincident)
3. Απομακρυσμένες (Spaced)

Η τεχνική "Binaural" ή "baffled – omni pair" ή "artificial head" παρότι είναι μία μορφή ημισυμπτωτικής ([2], [16]) εν τούτοις αντιμετωπίζεται πολλές φορές ως ξεχωριστή κατηγορία εξαιτίας της ιδιαιτερότητας της κατασκευής και της χρήσης της ([4], [7], [9], [15]). Επίσης κάποιες φορές οι ημισυμπτωτικές συμπεριλαμβάνονται στις απομακρυσμένες [15] αφού βασίζονται στην ίδια αρχή (διαφορά στο χρόνο άφιξης του ηχητικού κύματος) και επιπλέον η απόσταση μεταξύ των δύο μικροφώνων μπορεί να διακυμανθεί ακόμη και στην ίδια τεχνική ώστε τα όρια να είναι πια ασαφή.

7.1. Συμπτωτικές Τεχνικές Ηχογράφησης

Στις συμπτωτικές τεχνικές χρησιμοποιούμε δύο όμοια κατευθυντικά μικρόφωνα που τοποθετούνται υπό γωνία σε σχέση με την ηχητική πηγή (με εξαίρεση

τη τεχνική M – S) και συμμετρικά ως προς τον άξονα που δημιουργείται από τα μικρόφωνα και την πηγή. Τα διαφράγματα των μικροφώνων βρίσκονται στην ίδια θέση ή όσο πιο κοντά είναι πρακτικά δυνατόν καθώς αυτές οι τεχνικές βασίζονται αποκλειστικά στην διαφορά στη στάθμη έντασης του ηχητικού σήματος. Η καλύτερη λύση είναι να βρίσκονται το ένα πάνω από το άλλο ώστε να συμπίπτουν στο οριζόντιο άξονα καθώς σε αυτόν μας ενδιαφέρει να δημιουργήσουμε τα ηχητικά είδωλα. Τα δύο μικρόφωνα τροφοδοτούν από ένα κανάλι. Επειδή τα σήματα είναι απολύτως συμφασικά έχουμε δημιουργία του πιο σταθερού και συμπαγούς ειδώλου σε σχέση με τις υπόλοιπες τεχνικές, καθώς και πλήρη συμβατότητα με τη μονοφωνική παραγωγή. Από την άλλη, όμως μεριά εμφανίζουν στην πλειονότητα τους τη λιγότερο εντυπωσιακή εικόνα από άποψη πλάτους της ορχήστρας, ενώ λόγω της κλίσης τους (με εξαίρεση την M – S) τα μικρόφωνα δεν κοιτάνε την ηχητική πηγή και είναι καλό να προτιμώνται μοντέλα που εμφανίζουν καλή συμπεριφορά εκτός άξονα ([2], [14]).

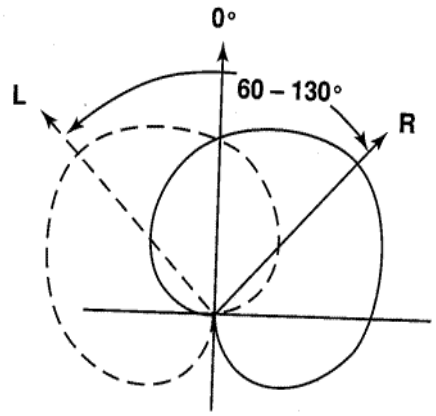
7.1.1. Τεχνική X – Y

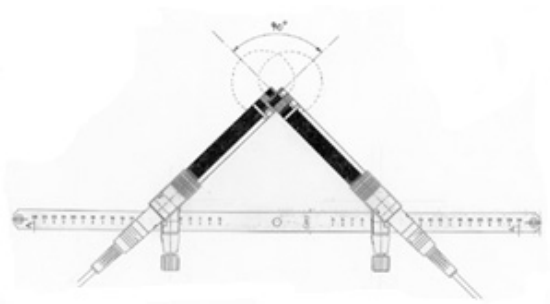
Στην τεχνική X – Y χρησιμοποιούνται δύο όμοια, κατά κανόνα καρδιοειδή, μικρόφωνα τοποθετημένα υπό γωνία, για της οποίας το εύρος οι απόψεις διίστανται (60° – 135° [2], 90° – 135° [7], 60° – 130° [17]) και συμμετρικά ως προς τον κεντρικό άξονα που κοιτάζει την ηχητική πηγή. Συνήθως τα μικρόφωνα σημαδεύουν τα άκρα της πηγής. Σε ειδικές περιπτώσεις η γωνία μπορεί να φτάσει τις 140° – 160° [7]. Η απόσταση τους από την πηγή μπορεί να κυμανθεί από πολύ κοντά έως μακριά, αναλόγως της ποσότητος του περιβάλλοντος ήχου που θέλουμε να συμπεριλάβουμε. Έτσι, λοιπόν, όσο απομακρύνονται από την πηγή τόσο μικραίνει η μεταξύ τους

γωνία. Με τη χρήση υπερκαρδιοειδών μικροφώνων μπορούμε να περιορίσουμε τη σύλληψη περιβαλλόντων ήχων όπως επίσης να τα τοποθετήσουμε μακρύτερα της πηγής [9]. Από την άλλη όμως, επειδή έχουν ένα μικρό λοβό στο πίσω μέρος, τείνουν να συλλέγουν λίγο περισσότερο χώρο, απ' ευθείας πίσω από αυτά. Συνήθως με τα υπερκαρδιοειδή μικρόφωνα η περιεχόμενη γωνία πρέπει να είναι μικρή ώστε να δημιουργείται σταθερό είδωλο στο κέντρο.

Η τεχνική X – Y παρουσιάζει το πιθανό μειονέκτημα ότι οι κεντρικοί ήχοι είναι εκτός άξονα και για τα δύο μικρόφωνα . Αυτό ίσως έχει ως αποτέλεσμα χαμηλή απόκριση συχνότητας για το κεντρικό σήμα και ίσως ακόμη και ασταθές είδωλο. Τέτοια προβλήματα είναι σημαντικά σε περιπτώσεις όπου το κεντρικό είδωλο έχει μεγάλη σημασία, όπως σε διαλόγους στην τηλεόραση [16]. Προσοχή, επίσης, απαιτείται στο γεγονός ότι τα κατευθυντικά και κυρίως τα μικρόφωνα πίεσης παρουσιάζουν το φαινόμενο εγγύτητας, με συνέπεια να μειώνεται η απόκριση τους στις χαμηλές συχνότητες όσο απομακρύνονται από την πηγή.

Το μικρόφωνο που κοιτάζει το αριστερό μέρος της πηγής τροφοδοτεί το αριστερό κανάλι (L – left channel) ενώ το δεξιό, το δεξιό κανάλι (R – right channel). Τα δύο κανάλια αθροιζόμενα παράγουν ένα τέλειο μονοφωνικό σήμα [5].

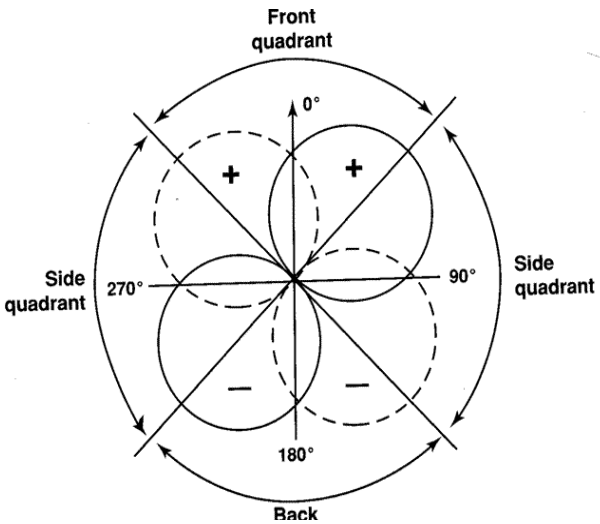




Τεχνική X – Y, κατευθυντικότητα και τοποθέτηση μικροφώνων

7.1.2. Τεχνική Blumlein

Η τεχνική “Blumlein” είναι στην πραγματικότητα μία ειδική διάταξη X – Y. Σε αυτήν χρησιμοποιούνται δύο δικατευθυντικά μικρόφωνα υπό γωνία 90°. Με αυτή την τεχνική λαμβάνουμε όχι μόνο τους πηγαίους ήχους αλλά και τις πληροφορίες του χώρου γι’ αυτό και είναι διάσημη στις ηχογραφήσεις κλασσικής μουσικής [2]. Ο αναπαραγόμενος ήχος μεταδίδει μια πολύ ακριβή εντύπωση και του βάθους και του πλάτους της ορχήστρας [7]. Ενώ με τη χρήση καρδιοειδών μικροφώνων διαστρέφεται η ισορροπία των οργάνων, καθώς ευνοούνται τα έγχορδα σε σχέση με τα όργανα που βρίσκονται πίσω και στα άκρα της ορχήστρας, η χρήση δικατευθυντικών μικροφώνων δίνει μια ισορροπημένη προοπτική της ορχήστρας [14]. Αυτό που πρέπει να παρατηρηθεί εδώ είναι ότι ο οπίσθιος λοβός του δεξιού μικροφώνου συλλαμβάνει ήχους προερχομένους από αριστερά ενώ αργότερα θα δρομολογηθεί στο δεξιό κανάλι. Το ίδιο φυσικά συμβαίνει για το αριστερό μικρόφωνο. Έτσι παρουσιάζεται, κατά πολλούς, το πρόβλημα ότι σε ένα σύστημα με δύο εμπρόσθια ηχεία ο ήχος είναι υπερβολικά αντηχητικός [12]. Ένα άλλο χαρακτηριστικό αυτής της διάταξης είναι το ότι οι οπίσθιοι λοβοί είναι σε αντίθετη φάση με τους εμπρόσθιους. Έτσι ήχοι που προέρχονται από τα πλαϊνά της συλλαμβάνονται από τον εμπρόσθιο λοβό του ενός μικροφώνου και τον οπίσθιο του άλλου. Σε περίπτωση μείξης των δύο σημάτων σε μονοφωνικό αυτοί οι ήχοι θα εξαφανιστούν λόγω ακύρωσης και συνήθως αυτοί είναι η αντήχηση και οι ανακλάσεις [16].



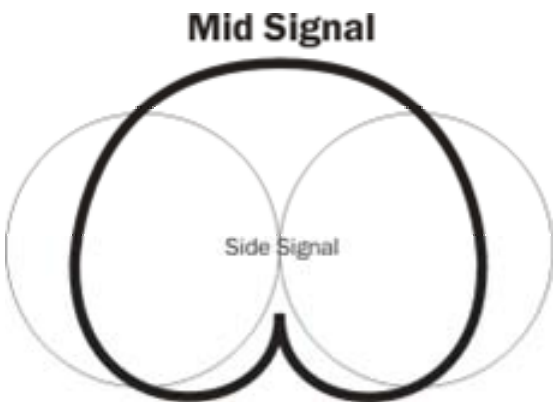
Τεχνική Blumlein, κατευθυντικότητα και τοποθέτηση μικροφώνων

7.1.3. Τεχνική M – S (Mid – Side)

Στην τεχνική M – S χρησιμοποιούμε, σε αντίθεση με τις προηγούμενες, δύο διαφορετικά μικρόφωνα [2]. Το ένα (Mid) κοιτάει την ηχητική πηγή και μπορεί να είναι οποιασδήποτε κατευθυντικότητας αλλά είναι συνήθως καρδιοειδούς. Το δεύτερο (Side) είναι δικατευθυντικό με τους δύο λοβούς να εστιάζουν στα πλάγια, στις θέσεις $+90^o$ και -90° σε σχέση με τον άξονα, ο οποίος βρίσκεται στο σημείο μηδενικής λήψης του μικροφώνου. Έτσι το Mid λαμβάνει το ήχο που προέρχεται από την πηγή ενώ το Side τον χώρο και γενικότερα τις πληροφορίες όγκου, πλάτους και διεύθυνσης. Το M – S σήμα δεν μπορεί να διοχετευτεί κατευθείαν σε δύο κανάλια (δεξί – αριστερό) αλλά τα δύο σήματα διοχετεύονται σε ένα σύστημα «μάτριξ» ([4], [9], [16]). Σε αυτό το σύστημα το αριστερό κανάλι παράγεται από το άθροισμα των M και S, δηλαδή L = M + S και το δεξιό από το άθροισμα του M και του S σε

ανεστραμμένη φάση δηλαδή R = M - S. Προσοχή βέβαια χρειάζεται στο να είναι το μπροστινό μέρος του δικατευθυντικού μικροφώνου στραμμένο προς τα αριστερά ώστε η πολικότητα του αριστερού λοβού να είναι η ίδια με το «M» μικρόφωνο. Αλλιώς η στερεοφωνική εικόνα θα είναι ανεστραμμένη. Όπως φαίνεται από τους παραπάνω τύπους αν ακούσουμε μονοφωνικά έχουμε L + R = 2M δηλαδή το σήμα "side" εξαφανίζεται και παραμένει μόνο το "Mid". Αυτή η τεχνική είναι λοιπόν ιδανική όταν θέλουμε να εκλάβουμε μονοφωνικό σήμα καθώς τότε η αντήχηση μειώνεται κατά πολύ και αυτό είναι κάτι που είναι επιθυμητό στα μονοφωνικά σήματα.

Σημαντικό πλεονέκτημα επίσης αυτής της τεχνικής είναι το ότι μπορούμε να διαμορφώσουμε την αναλογία των σημάτων M και S και κατά την παραγωγή αλλά και μετά. Έτσι έχουμε τη δυνατότητα να μεταβάλουμε ανά πάσα στιγμή την αναλογία απευθείας και ανακλωμένου ήχου. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε ζωντανές καλύψεις είτε τηλεοπτικές είτε συναυλίες καθώς μπορούμε να προσαρμόσουμε την στερεοφωνική εικόνα εξ' αποστάσεως εν αντιθέσει με την τεχνική X –Y όπου αυτό μπορούμε να το κάνουμε μόνο αν μετακινήσουμε τα μικρόφωνα ([5], [9]).



Πολικό διάγραμμα της Τεχνικής M – S.

7.1.4. Μετασχηματισμός Των Σημάτων Από Τη Μία Τεχνική Στην Άλλη

Όπως είδαμε παραπάνω υπάρχει άμεσος συσχετισμός των σημάτων X, Y, M και S. Έτσι μπορούμε με τους παρακάτω τύπους να μετασχηματίσουμε μία X –Y ηχογράφηση σε M – S και το αντίστροφο [5].

$$M = L + R \qquad L = M + S$$

$$S = L - R \qquad R = M - S$$

Ενώ όμως θεωρητικά οι X –Y ηχογραφήσεις αντιστοιχίζονται με τις M – S, στην πράξη αυτό δεν γίνεται απόλυτα καθώς οι τάσεις (voltages) των μικροφώνων εξαρτώνται από τις συχνότητες. Για παράδειγμα οι διατάξεις M – S αναπαράγουν τις υψηλές συχνότητες καλύτερα στον συμμετρικό άξονα ενώ οι X –Y καλύτερα στα πλάγια.

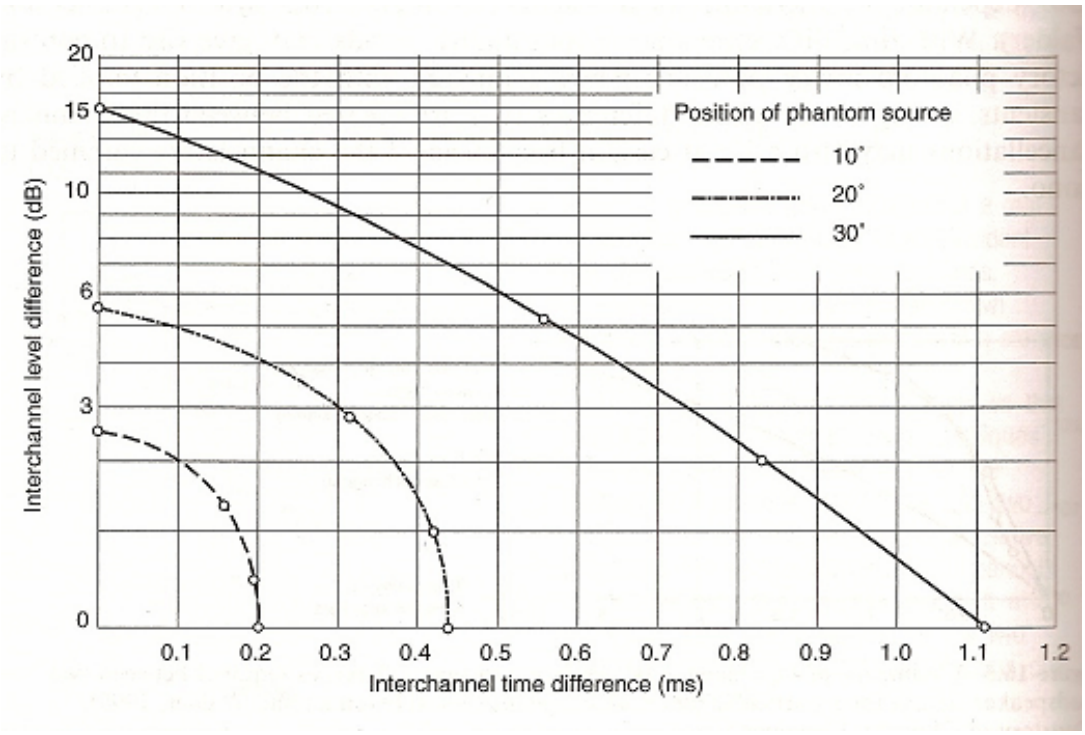
7.2. Ημισυμπτωτικές Τεχνικές Ηχογράφησης

Στις ημισυμπτωτικές τεχνικές τα διαφράγματα των δύο μικροφώνων είναι απομακρυσμένα μεταξύ τους κατά απόσταση περίπου ίση με την απόσταση των δύο αυτιών. Σε αυτές συνεισφέρουν στη δημιουργία της στερεοφωνικής εικόνας οι διαφορές χρόνου και φάσης κυρίως, μαζί βέβαια με τις διαφορές έντασης ([2], [16]). Με αυτό τον τρόπο είναι πιο εύκολος ο εντοπισμός των κινουμένων ήχων αλλά και αυξάνεται το εύρος του ηχητικού πεδίου της εγγραφής. Κατά συνέπεια η λήψη από-κτά μεγαλύτερη φυσικότητα, αλλά και μικρότερη συμβατότητα με την μονοφωνία.

Είναι όμως ιδιαίτερα συμβατές με την ακρόαση μέσω ακουστικών λόγω της αποστάσεως των μικροφώνων.

Στην πραγματικότητα οι ημισυμπτωτικές τεχνικές είναι αμέτρητες καθώς μπορούν να γίνουν διάφοροι συνδυασμοί γωνιών και αποστάσεων των δύο μικροφώνων.

Οι συνδυασμοί αυτοί μπορούν να γίνουν αν λάβουμε υπ' όψιν τις καμπύλες "Williams". Σύμφωνα με αυτές υπάρχει άμεσος συσχετισμός μεταξύ της διαφοράς στο χρόνο άφιξης του σήματος και της διαφοράς στην ένταση ο οποίος μας δίνει την αίσθηση της γωνίας υπό την οποία ακούμε την πηγή. Αυτές οι καμπύλες οι οποίες φαίνονται στο σχήμα, έχουν δοθεί από τον Michael Williams και μας δείχνουν τους εν' λόγω συσχετισμούς οι οποίοι πρέπει να χρησιμοποιηθούν σε ένα σύστημα αναπαραγωγής δύο ηχείων γωνίας ± 30° σε ένα τυπικό δωμάτιο ακροάσεως [16].



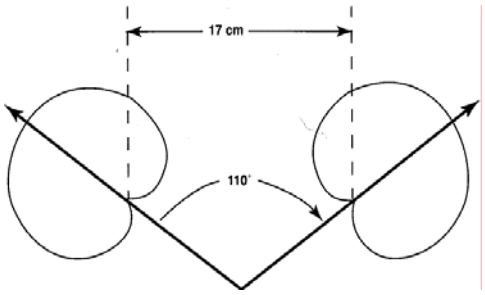
Οι καμπύλες Williams [16]

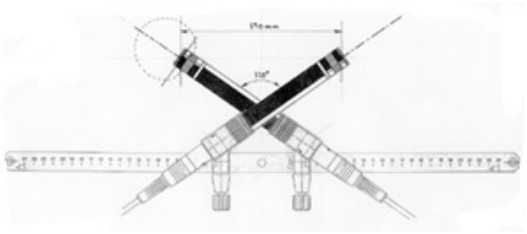
Οι ημισυμπτωτικές τεχνικές ακολουθούν τη λογική της προσομοίωσης του συστήματος πρόσληψης των ήχων με το ανθρώπινο κεφάλι ("head related stereophony" [2], [5]), γι' αυτό και τα μικρόφωνα έχουν την απόσταση των δύο αφτιών. Σε κάποιες μάλιστα περιπτώσεις η προσομοίωση φτάνει στα άκρα με ειδικές και σε ένα βαθμό περίεργες και ιδιαίτερες κατασκευές (π. χ. "binaural").

Υπάρχουν κάποιες τυποποιημένες επώνυμες διατάξεις οι οποίες είναι οι εξής:

7.2.1. Τεχνική O.R.T.F.

Η O.R.T.F. είναι μία διάταξη από δύο καρδιοειδή μικρόφωνα και πήρε το όνομα της από τον οργανισμό που πρώτος την εφάρμοσε, τον "Office de Radiodiffusion – Télévision Française", το γαλλικό ραδιόφωνο. Είναι η πιο διαδεδομένη ημισυμπτωτική τεχνική και σε αυτήν τα δύο μικρόφωνα απέχουν 17 εκατοστά και η μεταξύ τους γωνία είναι 110°. Επειδή όμως η απόσταση και η γωνία είναι αλληλοεξαρτώμενα (λόγω των καμπυλών "Williams") η απόσταση μπορεί να κυμανθεί από 5 έως 30 εκ. ενώ η περιεχόμενη γωνία από 0° έως 180°. Παρέχει εξαιρετική ακρίβεια στον εντοπισμό των πηγών [2], [4], [16] και ικανοποιητική αίσθηση του χώρου [19].

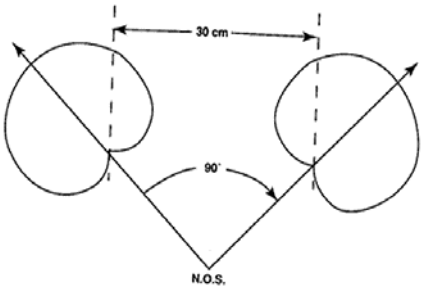


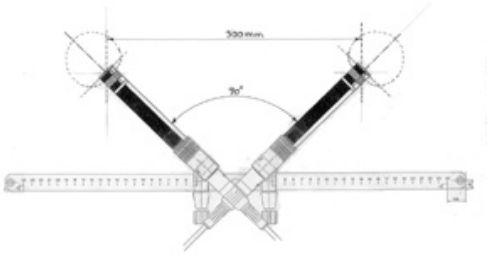


Τεχνική O.R.T.F. , κατευθυντικότητα και τοποθέτηση μικροφώνων

7.2.2. Τεχνική N.O.S.

Η N.O.S. προέρχεται από το αντίστοιχο ολλανδικό ραδιόφωνο το "Nederlande Omroep Stichting" ([2], [16]). Χρησιμοποιεί δύο καρδιοειδή μικρόφωνα με μικρότερη γωνία (90°) και μεγαλύτερη απόσταση (30 εκατοστά), σε σχέση με την O.R.T.F.. Παραλλαγή της N.O.S. είναι η D.I.N. της οποίας η απόσταση έχει μειωθεί στα 20 εκατοστά.





Τεχνική N.O.S. , κατευθυντικότητα και τοποθέτηση μικροφώνων

7.2.3. Τεχνική Stereo 180

Στη “Stereo 180” [2] τα μικρόφωνα είναι υπερκαρδιοειδή με απόσταση 4.5 εκατοστών και γωνία 135°. Σπάνια περίπτωση ειδικά για μουσική. Βρίσκει εφαρμογή περισσότερο στο χώρο του ραδιοφώνου.

7.2.4. Τεχνική Faulkner

Στη “Faulkner” ο Βρετανός μηχανικός ήχου Tony Faulkner, διάσημος για τις ηχογραφήσεις κλασσικής μουσικής, χρησιμοποιεί δύο δικατευθυντικά μικρόφωνα απομακρυσμένα κατά 20 εκατοστά και χωρίς κλίση ([2], [16]). Αυτή η τεχνική δε, βασίζεται ακριβώς στις καμπύλες “Williams”. Η τεχνική “Faulkner” παρατηρήθηκε ότι δίνει καλή εικόνα της πηγής για μικρά ή μεσαία σύνολα και με τα μικρόφωνα τοποθετημένα πολύ μακριά προς τα πίσω σε σχέση με αυτό που θα περιμέναμε.

7.2.5. Αμφιωτική Τεχνική - “Binaural”

Στην αμφιωτική τεχνική λαμβάνονται υπ’ όψιν οι λειτουργίες μεταφοράς του ήχου σχετιζόμενες με το κεφάλι (HRTF – Head Related Transfer Functions). Τα ηχητικά κύματα που φτάνουν στα αυτιά ενός ακροατή επηρεάζονται άμεσα από τη σωματική του διάπλαση: από το μέγεθος του κεφαλιού του, το μέγεθος και το σχήμα των πτερυγίων των αυτιών του και το σώμα του [11]. Στόχος, λοιπόν, είναι η λήψη να γίνεται μέσω μιας κατασκευής που προσπαθεί να έρθει όσο πιο κοντά στον

ανθρώπινο μηχανισμό λήψης των ήχων. Έτσι παίρνει υπ' όψιν όχι μόνο τις θέσεις των αυτιών, αλλά και την επίδραση του κεφαλιού και πολλές φορές ακόμη και των ώμων του ανθρώπου. Αποτελεί κατά γενική ομολογία την καλύτερη, πιο πιστή και φυσικότερη μέθοδο λήψης των ήχων, αλλά έχει το μειονέκτημα ότι αναπαράγεται σωστά μόνο μέσω ακουστικών. Μέσω ηχείων έχουμε ακυρώσεις, αφού πλέον το σήμα που παράγεται από το αριστερό ηχείο και πρέπει να οδηγηθεί μόνο στο αριστερό αφτί, κατευθύνεται και στο δεξί. Γι' αυτό βέβαια οι ανά τον κόσμο ερευνητές έχουν δημιουργήσει ψηφιακούς επεξεργαστές που παρεμβάλλονται ανάμεσα στη συσκευή αναπαραγωγής και τα ηχεία και αναιρούν την ύπαρξη των σημάτων αυτών [2].

Κατασκευαστικά αποτελείται από μία τεχνητή κεφαλή η οποία είναι όσο το δυνατόν πιστή απομίμηση της ανθρώπινης. Στη θέση των δύο αυτιών και πιο συγκεκριμένα των τυμπάνων τοποθετούνται δύο παντοκατευθυντικά μικρόφωνα πίεσης. Τα διαφράγματα τους απέχουν περί τα 17 έως 20 εκατοστά και κοιτούν δεξιά και αριστερά, δηλαδή όχι ίσια μπροστά προς την ηχητική πηγή, αλλά με κλίση $+90^{o}$ το δεξί μικρόφωνο και -90° το αριστερό. Έτσι δημιουργούνται οι αναγκαίες διαφορές χρόνου και εντάσεως. Η αξία της τεχνητής κεφαλής είναι ότι δημιουργεί μία ηχητική σκιά ανάμεσα στα δύο αφτιά για συχνότητες πάνω από 700 Hz περίπου ενώ κάτω από αυτές οι ήχοι αφικνούνται με διαφορά φάσεως. Με αυτά τα δεδομένα το ηχητικό πεδίο δεν είναι μόνο δύο διαστάσεων αλλά δίνονται οι πληροφορίες του ύψους ενώ τα ηχητικά είδωλα μπορούν να τοποθετηθούν από τον εγκέφαλο ακόμη και πίσω [18].

Η απόκριση συχνότητας των μικροφώνων έχει μία ελάττωση κατά 3 dB στα 10,000 Hz περίπου διότι υπάρχει ανάλογη πτώση στο ανθρώπινο σύστημα ακοής στις υψηλές συχνότητες εξαιτίας της παρεμβολής της κεφαλής [5].

Υπάρχουν όμως και απλοποιημένες τεχνικές που χρησιμοποιούν μία σφαίρα ή ένα δίσκο, τα οποία διαχωρίζουν το ζεύγος των μικροφώνων και προκαλώντας την ηχητική σκιά αλλά όχι τις επιδράσεις του πτερυγίου. Αυτές οι τεχνικές ονομάζονται οιονεί αμφιωτικές (Quasi – binaural [9]) ή ψευδοαμφιωτικές (Pseudo – binaural[16]). Αυτές οι τεχνικές όμως έχουν το πλεονέκτημα ότι έχουν καλύτερη συμβατότητα με την αναπαραγωγή μέσω ηχείων [16], [9]. Συγκεκριμένα, αυτές οι τεχνικές είναι οι παρακάτω :

7.2.6. Τεχνική "Spheres stereo"

Στηρίζεται στη διαμετρική τοποθέτηση δύο παντοκατευθυντικών μικροφώνων στα άκρα μίας συμπαγούς σφαίρας διαμέτρου 20 εκατοστών [2].

7.2.7. Τεχνική S.A.S.S.

Το σύστημα S.A.S.S. (Stereo Ambient Sampling System) είναι μία κατασκευή που θυμίζει αμόνι και χρησιμοποιεί δύο μικρόφωνα PZM απομακρυσμένα κατά 17 εκατοστά [2].

7.2.8. Τεχνική O.S.S. (Optimal Stereo Signal – Βέλτιστο Στερεοφωνικό Σήμα)

Η ηχητική σκιά ανάμεσα στα δύο μικρόφωνα προκαλείται από ένα ειδικό δίσκο που κατασκεύασε ο Jurg Jecklin το "Jecklin Disc". Συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται δύο παντοκατευθυντικά μικρόφωνα σε απόσταση 16.5 εκατοστών και ένας δίσκος διαμέτρου 28 εκατοστών ανάμεσα τους [2]. Η απόσταση όμως μπορεί να αλλάξει εάν αλλάξει η διάμετρος του δίσκου. Η περιεχόμενη γωνία των κυρίων

αξόνων των μικροφώνων είναι τυπικά 20°. Παρέχει καλή αίσθηση του χώρου και επαρκή εντοπισμό των πηγών [19].

7.3. Απομακρυσμένες Τεχνικές Ηχογράφησης

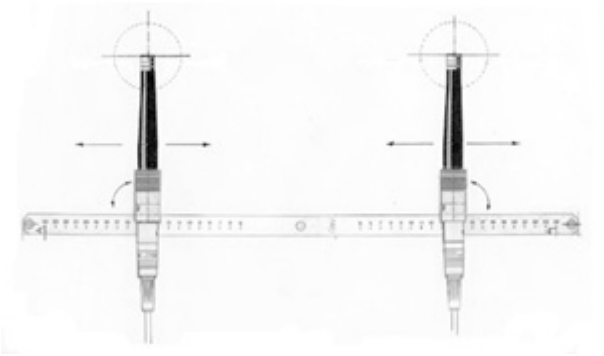
Στις απομακρυσμένες τεχνικές χρησιμοποιούνται κυρίως παντοκατευθυντικά μικρόφωνα καθώς αυτές βασίζονται αποκλειστικά στις διαφορές στο χρόνο αφίξεως του ηχητικού σήματος [15]. Όπως είδαμε στις συμπτωτικές μεθόδους χρησιμοποιούνται αποκλειστικά κατευθυντικά μικρόφωνα. Στα κατευθυντικά μικρόφωνα όμως όπως είδαμε προηγουμένως παρουσιάζεται πρόβλημα με την απόκριση των χαμηλών συχνοτήτων. Τα παντοκατευθυντικά μικρόφωνα αντίθετα έχουν πολύ ομαλό διάγραμμα απόκρισης συχνότητας ακόμη και στις χαμηλές περιοχές. Αυτό τα καθιστά ιδιαίτερα επιθυμητά για την ηχογράφηση κλασσικής μουσικής. Το πρόβλημα βέβαια είναι ότι δεν μπορούν να λειτουργήσουν ως συμπτωτικά ζεύγη αφού δεν παράγουν διαφορές στην ένταση ανάλογα με τη γωνία συλλογής του ήχου. Ένα πρόβλημα των απόμακρυσμένων τεχνικών είναι ότι το σήμα τους δεν μπορεί να μετατραπεί σε μονοφωνικό. Αυτό συμβαίνει διότι τα μικρόφωνα συλλέγουν τον ήχο σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Έτσι εάν τα σήματα των μικροφώνων μειχθούν σε ένα μονό σήμα θα παρουσιαστεί το φαινόμενο «φίλτρου κτένας», το οποίο μπορεί σε ακραία περίπτωση να κάνει την ορχήστρα να ακούγεται σαν να βρίσκεται στο άλλο άκρο ενός μακριού χαρτονένιου σωλήνα [15]. Πάντως στις μέρες μας θεωρείται ιδιαίτερα απίθανο μια ηχογράφηση κλασσικής μουσικής να χρειαστεί να μετατραπεί σε μονοφωνική καθώς όλα τα οικιακά ηχητικά συστήματα είναι πια στερεοφωνικά. Έτσι οι απομακρυσμένες τεχνικές ηχογράφησης είναι αρκετά δημοφιλείς.

7.3.1. Τεχνική Α – Β

Η τεχνική Α – Β στηρίζεται, όπως είπαμε, στις διαφορές στο χρόνο άφιξης και φάσης που προκύπτουν λόγω της απόστασης των δύο μικροφώνων οι οποίες συνδυάζονται, λιγότερο ή περισσότερο με τις διαφορές στη στάθμη έντασης ([2], [4], [5]). Τα μικρόφωνα μπορεί να είναι οποιουδήποτε πολικού διαγράμματος, αλλά τα παντοκατευθυντικά είναι τα πιο δημοφιλή. Η απόσταση των μικροφώνων είναι 40 έως 60 εκ. [17] ή έως 80 εκ. μέχρι αρκετά μέτρα [19]. Η επιλογή της αποστάσεως γίνεται ανάλογα με το βάθος των συχνοτήτων που επιθυμούμε να λάβουμε. Όσο πιο απομακρυσμένα είναι τα μικρόφωνα τόσο πιο βαθείς ήχους συλλαμβάνουν. Λαμβάνοντας όμως υπ' όψιν ότι ο ανθρώπινος εγκέφαλος αδυνατεί να τοποθετήσει στο χώρο συχνότητες χαμηλότερες των 150 Hz, μία απόσταση 40 εκ. – 60 εκ είναι ιδανική [17]. Μπορεί να δημιουργηθεί και διάταξη Α – Β με απόσταση έως 20 – 30 εκ. η οποία είναι κάτι αντίστοιχο με την O.S.S. αλλά χωρίς διαχωριστική επιφάνεια και η οποία συγκαταλέγεται στις ημισυμπτωτικές τεχνικές. Τέτοιες διατάξεις χρησιμοποιούνται συνήθως κοντά στις πηγές με σκοπό να αποτρέψουν το να γίνει το είδωλο κάποιου συγκεκριμένου οργάνου «πολύ πλατύ» και αφύσικο [17].

Η τεχνική Α – Β προσφέρει καλή αίσθηση του χώρου αλλά πολλές φορές ασταθή είδωλα. Ακόμη ελλοχεύει ο κίνδυνος της δημιουργίας της «τρύπας στο κέντρο» δηλαδή έλλειψη ειδώλων στο κέντρο της πηγής για μεγάλες αποστάσεις μεταξύ των μικροφώνων. Ακόμη δημιουργούνται φίλτρα τύπου κτένας στις χαμηλές συχνότητες ιδιαίτερα στα άκρα του πεδίου. Για να αποφεύγονται τέτοια φαινόμενα είναι καλό να εφαρμόζεται ο κανόνας 3:1 δηλαδή ότι η απόσταση μεταξύ των δύο μικροφώνων πρέπει να είναι τρεις φορές μεγαλύτερη από αυτήν μεταξύ της διάταξης και της ηχητικής πηγής [9]. Μία άλλη λύση είναι να τοποθετηθεί ένα τρίτο

μικρόφωνο μεταξύ των δύο αρχικών του οποίου το σήμα θα διοχετευθεί και στα δύο κανάλια.



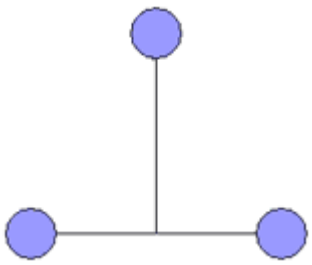
Τεχνική Α – Β, τοποθέτηση μικροφώνων

7.3.2. Τεχνική DECCA TREE

Η τεχνική "Decca tree" θεωρείται η απόλυτη στερεοφωνική τεχνική ηχογράφησης μεγάλων μουσικών συνόλων και κλασικής μουσικής γενικότερα. Είναι υλοποίηση των μηχανικών ήχου της εταιρίας "Decca" και άρχισε την ιστορική της πορεία στα μέσα της δεκαετίας του 1950. Χρησιμοποιεί τρία παντοκατευθυντικά μικρόφωνα, τοποθετημένα στα άκρα μιας διάταξης σχήματος «Τ». Για πάρα πολλά έτη, σε όλα τα στούντιο του κόσμου χρησιμοποιούσαν σχεδόν αποκλειστικά τρία "Neumann M50". Τοποθετείται πάνω από το μαέστρο και ίσως και λίγο πιο πίσω του, σε ύψος 2.5 περίπου μέτρων. Κατά κανόνα υποστηρίζεται και από Flanking Mics (πλευρικά μικρόφωνα) ή και από επί μέρους σποτ μικρόφωνα ή τεχνικές στέρεο ανά ομάδες οργάνων όπως οι χορωδίες κ.ο.κ.[2].

Οι αποστάσεις μεταξύ των μικροφώνων δεν είναι απόλυτες. Εξαρτώνται από το μέγεθος της πηγής που ηχογραφούμε. Σε μια τυπική διάταξη όμως τα δύο οπίσθια μικρόφωνα απέχουν 135 - 140 εκ. με το κεντρικό να βρίσκεται περίπου 75 εκ. μπροστά από αυτά. Αναλόγως της πολικής ακριβείας των μικροφώνων ίσως είναι προτιμότερο να στρέψουμε τους κυρίους άξονες των εξωτερικών μικροφώνων προς τα άκρα της ηχητικής πηγής ώστε σε αυτά τα σημεία να έχουμε την καλύτερη απόκριση στις ψηλές συχνότητες. Το αριστερό μικρόφωνο οδηγείται στο αριστερό κανάλι και το δεξιό στο δεξιό κανάλι. Το σήμα του κεντρικού μικροφώνου οδηγείται εξίσου και στα δύο κανάλια. Πιθανός κίνδυνος της μείξης του κεντρικού μικροφώνου με τα ακραία είναι να δημιουργηθούν φαινόμενα φίλτρου κτένας. Πάντως τα πλεονεκτήματα είναι πολύ σημαντικότερα από τέτοιους κινδύνους καθώς έχουμε πολύ σταθερά είδωλα ακόμη και στο κέντρο της πηγής εξανεμίζοντας την πιθανότητα να παρουσιαστεί «τρύπα στο κέντρο» [15], [16].

Η εκπληκτική σταθερότητα των ειδώλων σε αυτή τη διάταξη οφείλεται και στο ότι το κεντρικό μικρόφωνο βρίσκεται πιο μπροστά από τα πλαϊνά. Έτσι κατά την λήψη, οι ήχοι συλλαμβάνονται πρώτα από αυτό και κατόπιν από τα άλλα με αποτέλεσμα κατά την αναπαραγωγή η ηχητική πηγή «κτίζεται» από το κέντρο προς τα άκρα [15].



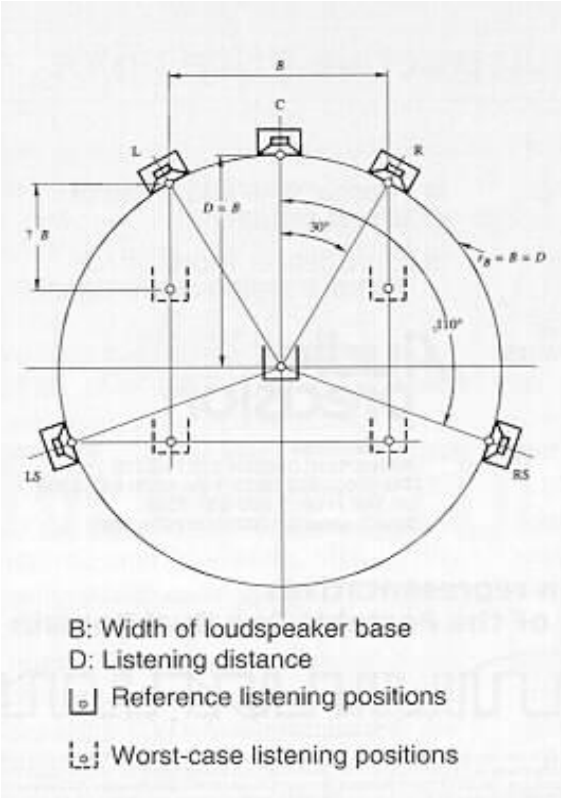
Τεχνική Decca tree, τοποθέτηση μικροφώνων.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ SURROUND

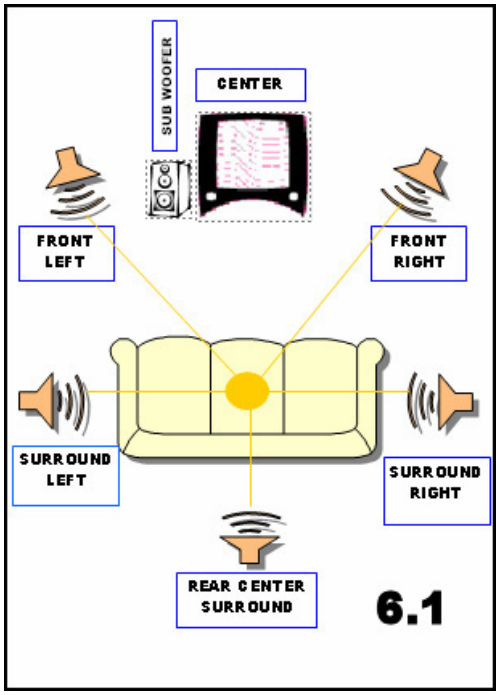
8. Ιστορία Τεχνολογίας Surround

Το αποτέλεσμα των προηγουμένων στερεοφωνικών τεχνικών είναι ότι κατά την αναπαραγωγή από τα δύο ηχεία δημιουργείται ένα τόξο που ξεκινάει από το ένα ηχείο και καταλήγει στο άλλο και εντός του οποίου εμφανίζονται τα ηχητικά είδωλα των διαφόρων πηγών προκαλώντας μια ψευδαίσθηση ότι τα ηχητικά γεγονότα συμβαί-νουν μπροστά μας.

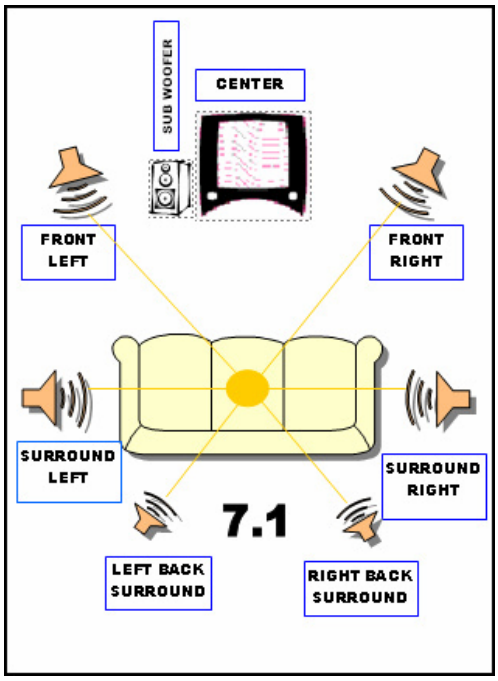
Τη δεκαετία του 1970 στην ταινία *Star Wars* εμφανίστηκε για πρώτη φορά το Dolby Stereo με τέσσερα κανάλια (Δεξιό, αριστερό, κεντρικό και οπίσθιο) ενώ σήμερα έχουν πια καθιερωθεί τα συστήματα Dolby Digital τα οποία περιλαμβάνουν τα Dolby Digital 5.1, Dolby AC – 3, Dolby SR – D (Spectral Recording Digital) και στα οποία περιλαμβάνονται έξι ηχητικές πηγές (Δεξιά, αριστερή, κεντρική, δεξιά surround, αριστερή surround και LFE – χαμηλές συχνότητες). Τα συστήματα ονομάζονται 5.1 όπου το .1 αναφέρεται στο LFE. Τελευταία έχουν εμφανιστεί και συστήματα 6.1 (IMAX, Dolby Digital EX, DTS ES, Circle Surround II). Στο IMAX έχουμε την προσθήκη ενός άνω καναλιού στο σύστημα 5.1 ενώ στα Dolby Digital EX, DTS ES και Circle Surround II προστίθεται ένα πίσω κεντρικό κανάλι. Επίσης η SONY δημιούργησε ένα σύστημα 7.1 (SDDS) όπου έχουν προστεθεί ένα μεσαίο – αριστερό και ένα μεσαίο – δεξιό κανάλι. (σημ: τα Dolby, Dolby Stereo, Dolby Digital, IMAX, DTS, Circle Surround, SDDS είναι εμπορικά σήματα κατατεθέντα).



Διάταξη των ηχείων στο σύστημα αναπαραγωγής 5.1 (Standard AES/Dolby [ITU 775-1])



Διάταξη των ηχείων στο σύστημα αναπαραγωγής 6.1



Διάταξη των ηχείων στο σύστημα αναπαραγωγής 7.1

9. Στόχοι Κατά Τη Δημιουργία Ενός Συστήματος Surround Για Ηχογράφηση Και Αναπαραγωγή Μουσικής

Άρχισε λοιπόν να τίθεται το ερώτημα εάν τα συστήματα 5.1 που εχρησιμοποιούντο κατά βάση στον κινηματογράφο μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ηχογράφηση κλασσικής μουσικής.

Το ζητούμενο είναι βέβαια να μεταφερθεί η εμπειρία της αίθουσας συναυλιών στο σπίτι του ακροατή. Πειράματα των Holman (1988) και Damaske και Ando (1972) [22] έδειξαν ότι 5 κανάλια είναι η ελάχιστη απαίτηση για να δοθεί μια ικανοποιητική προσομοίωση του ηχητικού πεδίου μιας κλασσικής συναυλίας.

Τα προτερήματα του συστήματος 5.1 είναι προφανή. Πρώτα απ' όλα παρακάμπ-τεται το πρόβλημα των στερεοφωνικών ηχογραφήσεων όπου απευθείας

ήχος και αντήχηση αναπαράγονται από τα δύο (μπροστινά) ηχεία ενώ με το 5.1 η αντήχηση αναπαράγεται από το δεξιό surround και το αριστερό surround. Με την πολυκαναλική ηχογράφηση όμως δίδεται η δυνατότητα να υπάρξει πιο ρεαλιστική αναπαραγωγή μη κλασσικής – δυτικής μουσικής. Στην κλασσική μουσική η διάταξη των μουσικών σε μια σκηνή μπροστά από το κοινό είναι κανόνας και αυτή η αίσθηση μπορεί να αναπαραχθεί από ένα απλό στερεοφωνικό σύστημα. Αυτό όμως δεν συμβαίνει στη μη δυτική μουσική, στη δυτική μουσική προ του 17^{ου} αιώνα καθώς και στη σύγχρονη μουσική [21] αλλά ακόμη και σε κάποια κλασσικά έργα όπως κάποιες συμφωνίες του Μάλερ.

Κατά τον Ralph Glasgal (Ambiophonics Institute, New Jersey, USA) το ζητούμενο σε μια ηχογράφηση μουσικής είναι η αληθοφάνεια ή ρεαλισμός (Realism) δηλαδή η δημιουργία ενός ηχητικού πεδίου τόσο αληθοφανούς ώστε να ικανοποιεί το μέσο σύστημα αυτί – εγκέφαλος όπως ικανοποιείται σε πραγματικές συνθήκες [23]. Καθώς όλοι γνωρίζουμε ποια είναι η αίσθηση μιας πραγματικής συναυλίας μπορούμε εύκολα να αντιληφθούμε την αίσθηση αληθοφάνειας. Μία συναυλία για να ηχεί αληθοφανής πρέπει τα αυτιά να ερεθίζονται ακριβώς με τον τρόπο που αναμένει το σύστημα αυτί – εγκέφαλος. Αληθοφάνεια όμως δεν σημαίνει κατ' ανάγκη ακρίβεια στην αναπαραγωγή. Μία συναυλία που ενεγράφη στο Avery Fisher Hall αλλά ακούγεται σαν να έγινε στο Carnegie Hall είναι αληθοφανής αλλά όχι ακριβής. Άλλωστε πολλές φορές η αναπαραγωγή στο σπίτι μπορεί να υπερβαίνει σε ποιότητα το πραγματικό γεγονός, όπως για παράδειγμα όταν η θέση μας σε μία συναυλία δεν είναι η ιδανική ούτε από οπτικής ούτε από ακουστικής απόψεως.

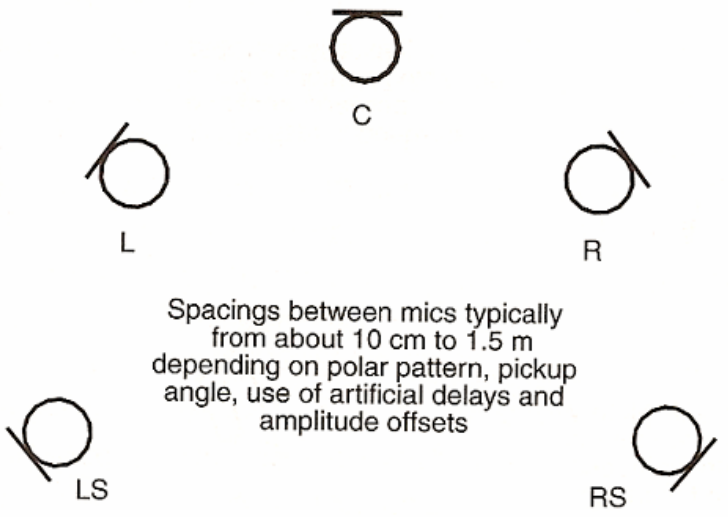
Ο Dave G. Malham (Department of Music, University of York, UK) υποστηρίζει ότι μία παραγωγή μουσικής για να είναι υψηλής ποιότητας πρέπει να εμπεριέχει όλες τις πληροφορίες του χώρου μίας παράστασης, πέραν των προφανών απαιτήσεων

για ουδέτερη απόκριση συχνοτήτων και χαμηλή παραμόρφωση. Κατά τον Dave G. Malham ένα ηχητικό πεδίο, σε ένα σύστημα εγγραφής/αναπαραγωγής, για να έχει φυσικότητα πρέπει να πληροί τους παρακάτω δύο όρους. Πρώτον, να είναι ομοιογενές (homogeneus) δηλαδή να μην ευνοείται καμία διεύθυνση. Για παράδειγμα στον κινηματογράφο δεν έχουμε ομοιογενές σύστημα καθώς οι ήχοι που προέρχονται από μπροστά (εντός οθόνης) ελέγχονται αυστηρότερα σε σχέση με τους υπολοίπους, ιδιαιτέρως δε τους πίσω. Δεύτερον να είναι συναφές (coherent) δηλαδή τα είδωλα των ηχητικών πηγών να παραμένουν σταθερά ακόμη και αν ο ακροατής αλλάζει θέση μέσα σε αυτό [21].

10. Τεχνικές Τοποθέτησης Μικροφώνων Σε Surround Ηχογράφηση (5.1) Κλασσικής Μουσικής

Οι μηχανικοί ήχου, αμέσως μετά την έλευση του συστήματος surround 5.1, πειραματίζονται με τεχνικές τοποθέτησης μικροφώνων για Surround ηχογράφηση. Σε ένα γενικό πλαίσιο μπορεί να γίνει διαχωρισμός τους, όπως και στις στερεοφωνικές τεχνικές, σύμφωνα με το ψυχοακουστικό φαινόμενο πάνω στο οποίο βασίζονται για την αναπαραγωγή του ηχητικού πεδίου. Έτσι έχουμε 1) Απομακρυσμένες 2) Ημι – συμπτωτικές και 3) Συμπτωτικές, διατάξεις. Παρότι δεν υπάρχουν τυποποιημένες τεχνικές και σίγουρα δεν υπάρχει η «απόλυτη τεχνική» (Mikkel Nymad, Tonmeister DPA Microphones A/S [13]) παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες προτάσεις για την ηχογράφηση κλασσικής μουσικής σε σύστημα 5.1.

10.1. Απομακρυσμένες Τεχνικές Ηχογράφησης 5.1



Γενική διάταξη μικροφώνων ηχογράφησης surround. Οι αποστάσεις μεταξύ των μικροφώνων κυμαίνονται από 10 εκ. εως 1.5 μ. αναλόγως του πολικού διαγράμματος, των γωνιών και της αναμενόμενης εκ των υστέρων επεξεργασίας των σημάτων. [16]

Στις απομακρυσμένες τεχνικές για συστήματα 5.1 η ηχογράφηση γίνεται εν γένει με 5 μικρόφωνα σε διάταξη αντίστοιχη αυτής του συστήματος αναπαραγωγής. Το έκτο κανάλι «.1» παράγεται από μία χαμηλοπερατή έξοδο ενός εκ των μικροφώνων (Mike Sokol with Hector La Torre, Fits & Starts Productions, USA [13]).

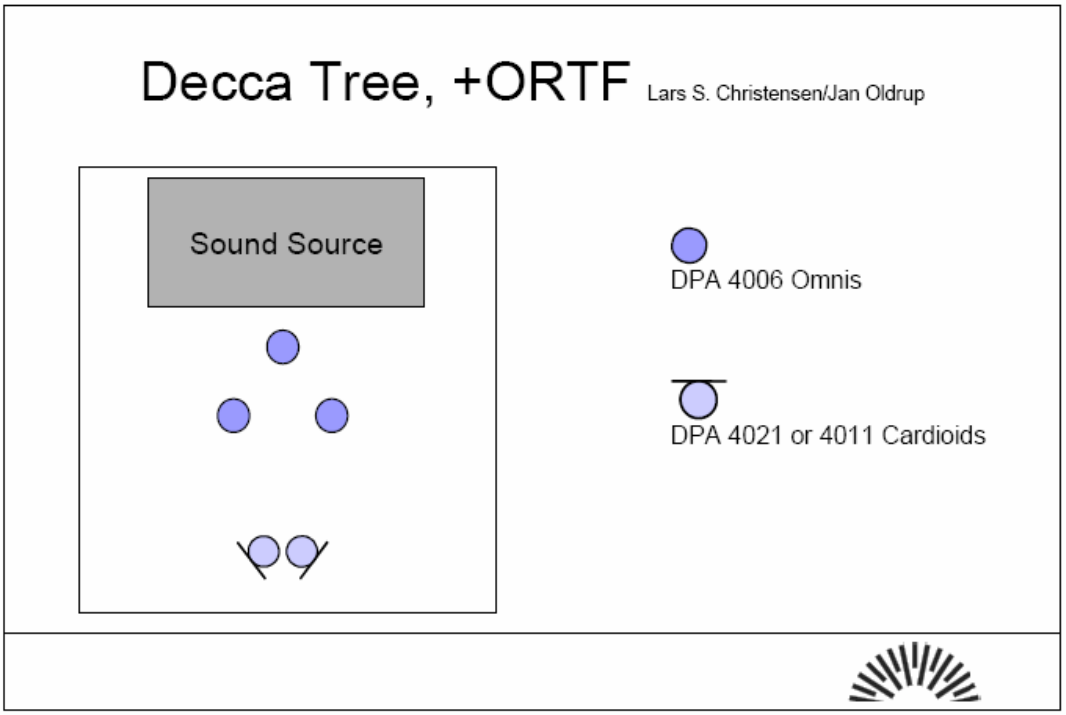
Στην 24^{η} διεθνή σύνοδο της AES στο Banff του Καναδά το 2003 [13] παρουσιάστηκαν κάποιες τεχνικές για την ηχογράφηση surround, κλασσικής μουσικής. Πρωταρχικό μέλημα των μηχανικών ήχου ήταν να δημιουργηθεί όσο το δυνατόν ευρύτερο πεδίο ακροάσεως (sweet area) και κατά την δικιά τους εμπειρία αυτό συμβαίνει μόνο με απομακρυσμένη τοποθέτηση μικροφώνων. Τα μικρόφωνα χρειάζεται να έχουν ουδέτερο χαρακτήρα ακόμη και αν αυτό σημαίνει στις περισσότερες

περιπτώσεις περιορισμένη αντοχή. Για να αναπαραχθεί το ηχητικό γεγονός χωρίς αλλοιώσεις πρέπει τα μικρόφωνα να έχουν ομαλή και γραμμική απόκριση συχνοτήτων εκτός άξονα (Mikkel Nymad, Tonmeister DPA Microphones A/S [13]).

Κατά τους Lars S. Christensen και Jan Oldrup (Danish Broadcasting Corporation, DR Music Production, Copenhagen, Denmark [13]) η ακουστική μουσική είναι η πιο δύσκολη για πολυκαναλική ηχογράφηση καθώς ο παραγωγός δεν πρέπει να αρκεστεί μόνο στον εντυπωσιασμό του κοινού όπως συμβαίνει στον κινηματογράφο ή την ηλεκτρονική ποπ-ροκ μουσική. Το κοινό της κλασσικής μουσικής είναι δύσκολο και προσδοκά την ακουστική προσομοίωση μιας αίθουσας συναυλιών.

Η δική τους πρόταση αποτελείται από ένα συνδυασμό διατάξεως Decca tree για τους μπροστινούς ήχους και ενός ζεύγους ORTF ή A-B για τους οπίσθιους. Τα παντοκατευθυντικά μικρόφωνα της Decca tree είναι ιδανικά στο να διατηρούν ακέραιο το ηχητικό χρώμα της ορχήστρας ενώ με τα καρδιοειδή στο πίσω ζεύγος αποφεύγεται η συλλογή ήχων της ορχήστρας που θα είχε ως αποτέλεσμα να την ακούει ο ακροατής από τα πίσω ηχεία. Για αυτό το λόγο είναι επίσης καλό να βρίσκεται το πίσω ζεύγος αρκετά μακριά από την Decca tree (γύρω στα 8 – 10 μέτρα). Οι διαστάσεις του τριγώνου της Decca tree εξαρτώνται από τις διαστάσεις της ορχήστρας. Έτσι για μικρά σύνολα, όπως κουαρτέτα, ένα μήκος πλευράς 60 εκ. είναι αρκετό ενώ για μεγαλύτερα, όπως μια συμφωνική ορχήστρα, χρειάζεται να είναι 90 – 120 εκ.. Η διάταξη Decca tree τοποθετείται πάνω από τον μαέστρο σε ύψος 3.50 – 4.90 μέτρα αλλά καθώς και οι μεταβολές της τάξεως των 10 – 20 εκ. σε ύψος επιφέρουν εμφανείς αλλαγές στον ήχο χρειάζεται χρόνος ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή ηχητική ισορροπία. Τέλος το κεντρικό μικρόφωνο πρέπει να είναι κατά 3 dB χαμηλότερης στάθμης έναντι των δύο ακραίων.

Εικόνες από την ηχογράφηση Surround, του Μεσσία του Χέντελ, με τη μέθοδο Decca Tree + ORTF στον καθεδρικό ναό του Ribe στη Δανία για τηλεοπτική παραγωγή του 2001[13]



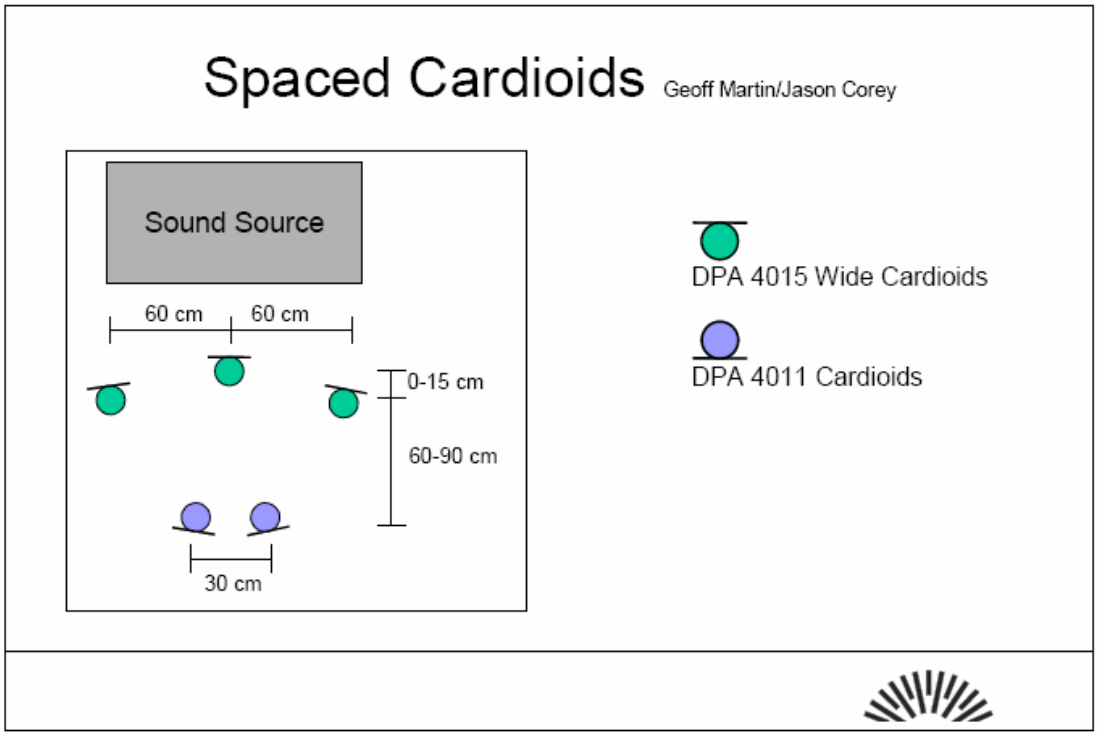
Πρακτικά προβλήματα που προκύπτουν με τη διάταξη Decca tree είναι η οπτική της αισθητική, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για τηλεοπτική παραγωγή (όπως φαίνεται και στην πρώτη φωτογραφία) και η δυσκολία στην εγκατάσταση της.

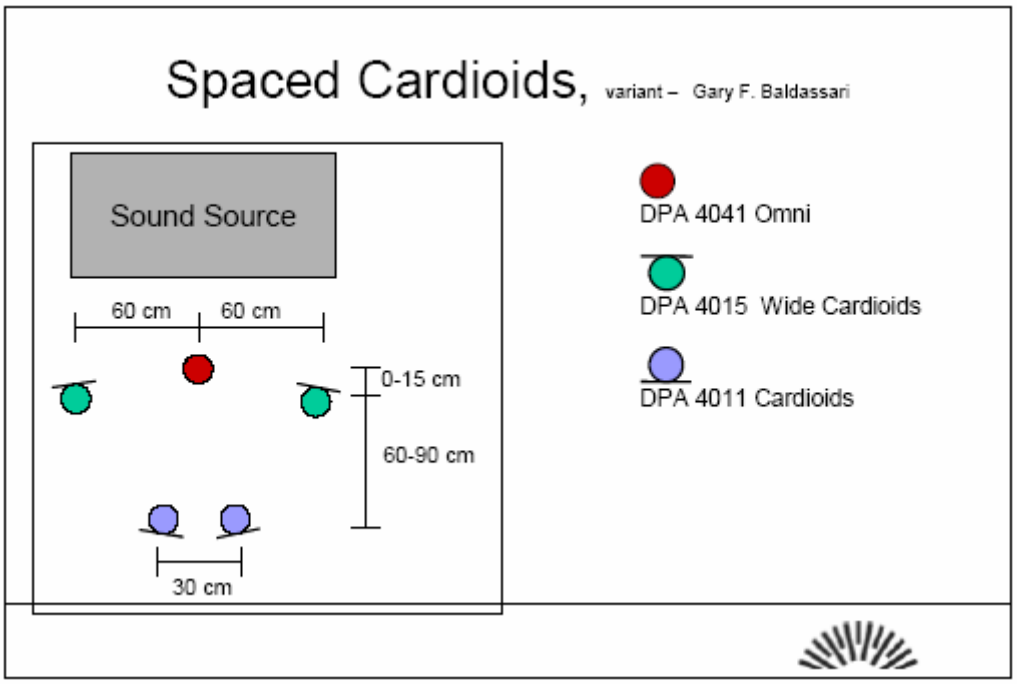
Κατά τους Jason Corey (University of Michigan, USA[13]) και Geoff Martin (Bang & Olufsen, Denmark [13]) όταν ηχογραφείς για συστήματα Surround πρέπει όχι μόνο να τελειοποιείς τη θέση των ειδώλων στο χώρο αλλά και να δημιουργείς ομαλή κατανομή της αντηχήσεως γύρω από τον ακροατή. Μία τεχνική ηχογραφή-σεως 5 καναλιών πρέπει να συλλέγει ολόκληρο το ηχητικό πεδίο και να είναι κάτι παραπάνω από την παρουσίαση των οργάνων μπροστά και της αντηχήσεως στα πίσω ηχεία.

Το σύστημα αναπαραγωγής πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπ' όψιν. Για παράδειγμα γειτονικά ηχεία (όπως το αριστερό και το κεντρικό ή το αριστερό και το αριστερό Surround) μπορεί να δημιουργήσουν φαινόμενο τύπου κτένας κάτι που δεν γίνεται

κατά τη φυσική ακρόαση καθώς η «ηχητική σκιά» που προκαλεί η κεφαλή μετριάζει αυτό το φαινόμενο. Αυτός ο κίνδυνος λοιπόν μπορεί να εξαλειφθεί εάν φροντίσουμε ώστε τα αντίστοιχα μικρόφωνα να συλλέγουν εμφανώς διαφορετικά σήματα αλλά από την άλλη να μην διακυβεύεται η συνοχή του ηχητικού πεδίου.

Η διάταξη που προτείνουν αποτελείται από 3 καρδιοειδή, με ευρύ πολικό διάγραμμα, μπροστινά μικρόφωνα και δύο καρδιοειδή οπίσθια στραμμένα προς την οροφή. Τα μπροστινά μικρόφωνα έχουν από τη μια μεγαλύτερο εύρος συλλογής από τα τυπικά καρδιοειδή ενώ από την άλλη μπορούν να τοποθετηθούν μακρύτερα από τη σκηνή σε σχέση με τα παντοκατευθυντικά και έτσι είναι ευκολότερο να επιτύχουμε μια ισορροπία μεταξύ απευθείας ήχου και αντηχήσεως. Μια ασαφής αναπαραγωγή αντηχήσεως από τα μπροστινά κανάλια είναι επιθυμητή καθώς συμβάλλει στην ομοιογένεια του ήχου. Το πλάτος της μπροστινής διατάξεως είναι από 120 εκ. μέχρι 180 εκ. για μεγάλα σύνολα ενώ το κεντρικό μπορεί να είναι ελαφρώς πιο μπροστά από τα άλλα, το πολύ κατά 15 εκ.. Η απόσταση μεταξύ μπροστινής και οπίσθιας διάταξης είναι 60 – 90 εκ. ενώ τα πίσω μικρόφωνα απέχουν μεταξύ τους 30 εκ.. Η στρέψη τον πίσω μικροφώνων προς τα πάνω έχει δύο στόχους. Πρώτα αποφεύγεται η συλλογή του ήχου της ορχήστρας καθώς αυτός φτάνει στο μηδενικό σημείο του πολικού διαγράμματος. Δεύτερον αποφεύγονται οι θόρυβοι του κοινού σε ζωντανές ηχογραφήσεις (στο δεύτερο σχήμα παρουσιάζεται μια παραλλαγή της διάταξης από τον Gary F. Baldassari (Incorporated Magi, Holmes Beach, Florida, USA [13]) με παντοκατευθυντικό κεντρικό μικρόφωνο).





Η διάταξη του Richard King (Sony Music Studios, New York, USA [13]) προτείνεται κυρίως για πολυκαναλική ηχογράφηση μεγάλης ορχήστρας σε αίθουσα συναυλιών ή σε μεγάλο στούντιο αν και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για μικρότερα σύνολα. Με τη συγκεκριμένη τεχνική επιτυγχάνεται η σύλληψη της αίσθησης του

χώρου και ένας ζεστός, ευχάριστος ήχος και, πολύ σημαντικό, χωρίς στενούς περιορισμούς στη βέλτιστη θέση ακρόασης. Από την άλλη όμως το αποτέλεσμα δεν είναι τόσο ακριβές στον τομέα της φάσης και της θέσεως των ειδώλων.

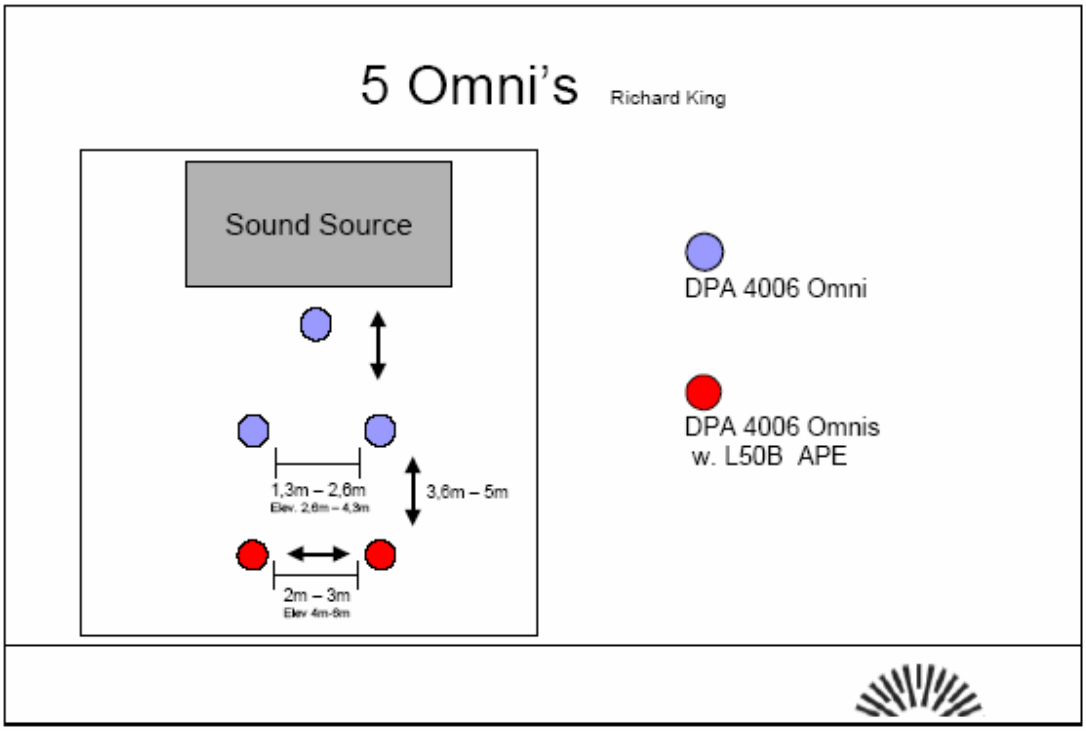
Η μπροστινή διάταξη αποτελείται από παντοκατευθυντικά μικρόφωνα αλλά δεν αποτελεί μια κλασσική διάταξη Decca tree. Η διαφορά της έγκειται στο ότι η θέση του κεντρικού μικροφώνου μπορεί να προσαρμοστεί με πιο επωφελές να τοποθετηθεί εσώτερα στην ορχήστρα. Τα ακραία μικρόφωνα απέχουν 1.3 – 2.6 μέτρα μεταξύ τους και τοποθετούνται 20 εκ. – 3.3 μ. πίσω από τον μαέστρο και σε ύψος 2.6 – 4.3 μ.. Το κεντρικό μικρόφωνο συνήθως τοποθετείται 20 εκ. χαμηλότερα από τα υπόλοιπα.

Τα surround μικρόφωνα είναι επίσης παντοκατευθυντικά αλλά τα διαφράγματα τους είναι τοποθετημένα πάνω σε μια σφαιρική επιφάνεια όπου ενεργεί ως διαθλαστικά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα μικρόφωνα να έχουν παντοκατευθυντική απόκριση για τις συχνότητες έως 1 KHz ενώ για άνω του 1 KHz έχουν καρδιοειδή. Τοποθετούνται 3.6 – 5 μέτρα πίσω από το κύριο ζεύγος, σε ύψος 4 – 6 μ. και απόσταση μεταξύ τους 2 – 3 μέτρα.

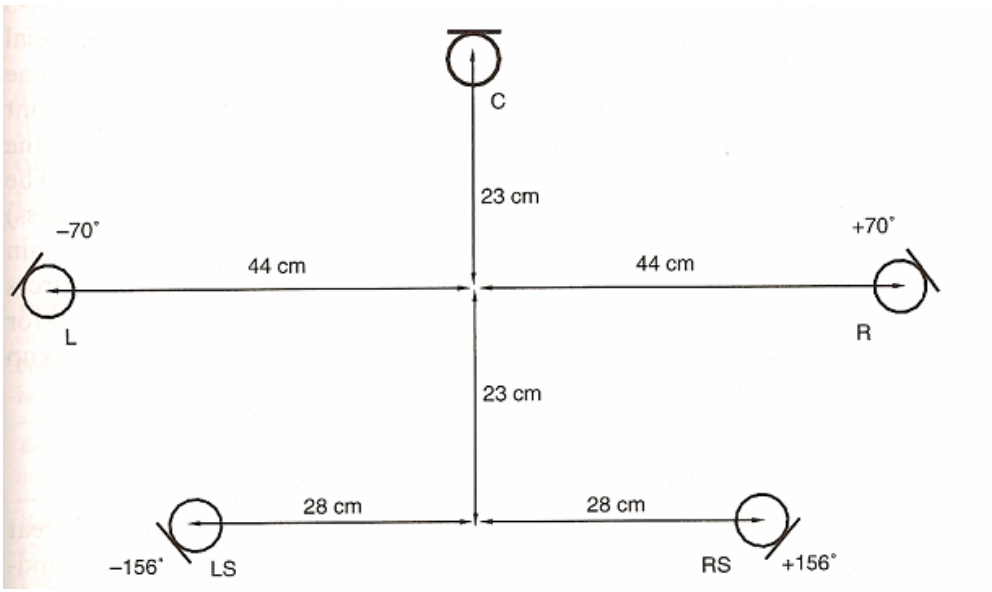
Η χρήση παντοκατευθυντικών μικροφώνων σε αντιδιαστολή με τα καρδιοειδή μας επιτρέπει να τοποθετήσουμε τη διάταξη εγγύτερα της ορχήστρας. Ως αποτέλεσμα έχουμε τα μπροστινά κανάλια να έχουν αξιοσημείωτη δυναμική/μεταβατική απόκριση και ευκρίνεια στον ήχο όπως επίσης καλή ισορροπία μεταξύ απευθείας και ανακλώμενου ήχου η οποία μπορεί να ρυθμιστεί μεταβάλλοντας το ύψος της διάταξης. Τα παντοκατευθυντικά μικρόφωνα αποδίδουν καλύτερα τις χαμηλές συχνότητες δίνοντας έτσι μια ζεστασιά στον ήχο. Η απομακρυσμένη τοποθέτηση των μικροφώνων δίνει εμφανείς χρονικές διαφορές μεταξύ των 5 καναλιών κάτι που βελτιώνει τη συνολική αίσθηση του περιβάλλοντος χώρου.

Το πλάτος της διάταξης πρέπει να καθορίζεται από το εύρος του συνόλου που εγγράφουμε. Όσο αυξάνεται η απόσταση των δύο κυρίων μικροφώνων τόσο πρέπει να αυξάνεται η στάθμη του κεντρικού ενώ εάν το κεντρικό διεισδύει προς την ορχήστρα, η στάθμη του πρέπει να ελαττώνεται ώστε να διατηρείται η αίσθηση του βάθους.

Η ιδιαιτερότητα αυτής της διατάξεως έγκειται στο ότι από τη μία οι χαμηλές συχνότητες συλλέγονται ομαλά από όλα τα μικρόφωνα δίνοντας μια πολύ καλή αίσθηση του χώρου ενώ από την άλλη οι εμφανείς διαφορές στις μεσαίες και υψηλές συχνότητες μεταξύ των καναλιών, σε συνδυασμό με τις χρονικές διαφορές μεταξύ εμπρόσθιας και οπίσθιας διάταξης, δίνει σταθερά είδωλα της ορχήστρας στα μπροστινά ηχεία, ακόμη και αν ο ακροατής κινείται εκτός της βέλτιστης θέσης (sweet spot) προς το πίσω μέρος.

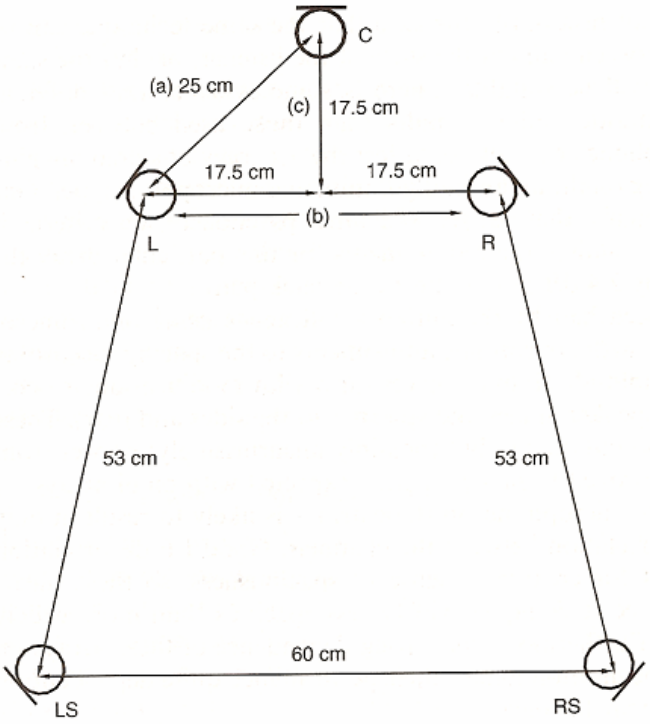


Παρακάτω φαίνονται κάποιες άλλες απομακρυσμένες τεχνικές surround ηχογράφησης. Στο σχήμα α έχουμε μία τεχνική των Williams και Le Du, με καρδιοειδή μικρόφωνα [16], σχεδιασμένη ώστε να τηρεί τα ψυχοακουστικά κριτήρια του Michael Williams (που είδαμε στη σελίδα 39). Τα 3 εμπρόσθια μικρόφωνα πρέπει να είναι μειωμένα κατά 3 dB σε σχέση με τα οπίσθια.



Σχήμα α [16]

Στο σχήμα β. έχουμε την INA (Ideale Nieren Anordnung) ή ιδανική καρδιοειδή διάταξη σχεδιασμένη από τους Herman και Henkels [16] και όπως βλέπουμε έχει βρει εμπορική εφαρμογή στο Atmos 5.1 (Brauner).

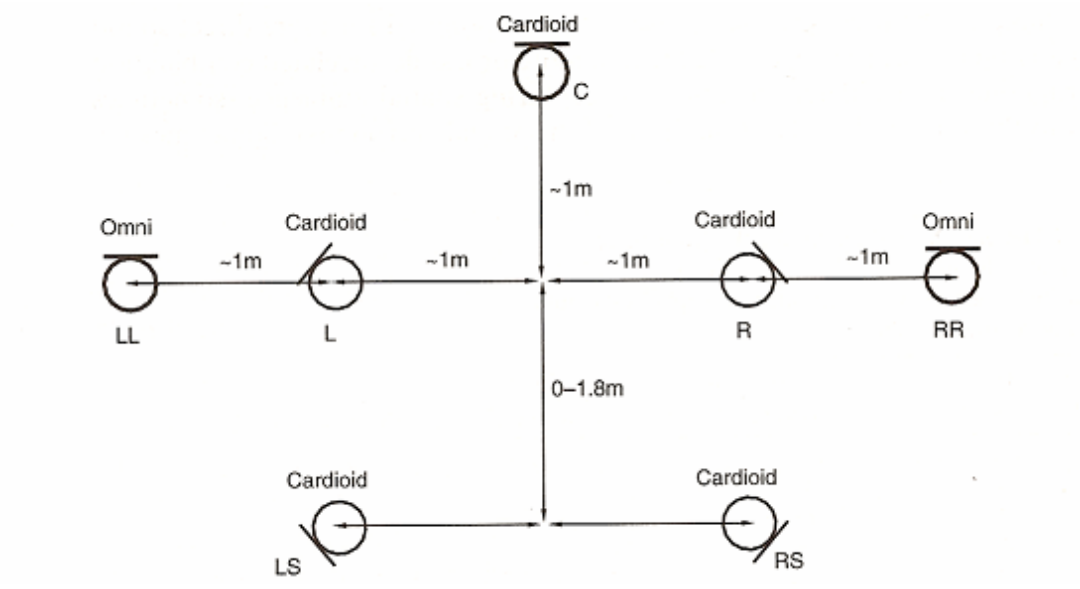


Σχήμα β. Το INA-5 [16]

Το Atmos 5.1 (πηγή: www.soundperformancelab.com)

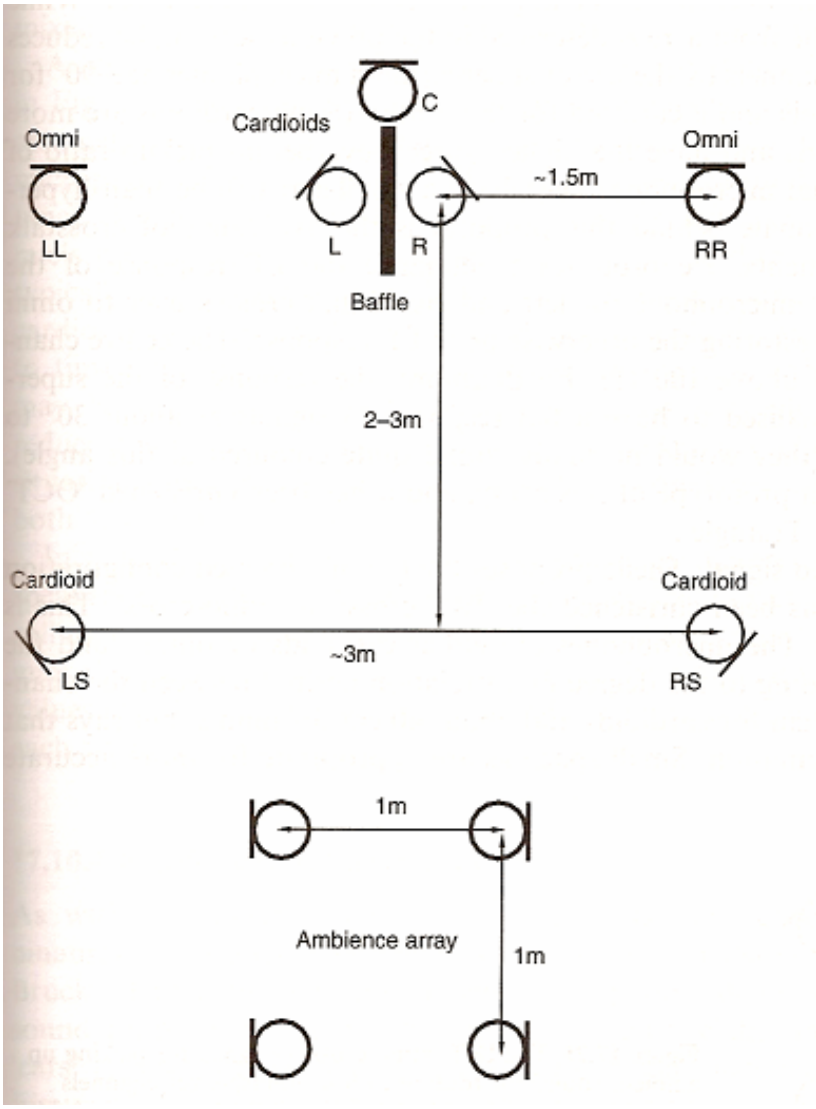
Το Atmos 5.1 (Sound Performance Lab, www.soundperformancelab.com) αποτελείται από 5 μικρόφωνα (Brauner VM1) τα οποία είναι τοποθετημένα σε 5 βραχίονες. Τα μικρόφωνα μπορούν να περιστραφούν +/- 90° στον οριζόντιο άξονα ενώ μπορεί να ρυθμιστεί το πολικό διάγραμμα κάθε μικροφώνου ξεχωριστά, από παντοκατευθυντικό μέχρι δικατευθυντικό.

Το "Fukada Tree" που βλέπουμε στο σχήμα γ. βασίζεται στη στερεοφωνική τεχνική "Decca Tree" μόνο που χρησιμοποιεί καρδιοειδή μικρόφωνα στη μπροστινή διάταξη αντί για παντοκατευθυντικά. Αυτό γίνεται για να μειωθεί η λήψη αντηχήσεως από τα εμπρόσθια μικρόφωνα. Όπως βλέπουμε στο σχήμα δύο παντοκατευθυντικά μικρόφωνα τοποθετούνται στα άκρα της διατάξεως. Σκοπός τους είναι να ληφθεί ο ήχος από όλο το πλάτος της ορχήστρας και να συμπληρώσει την εμπρόσθια και την οπίσθια διάταξη. Το ληφθέν σήμα, δε, δρομολογείται τόσο στο εμπρόσθιο όσο και στο οπίσθιο σήμα (δεξιό ή αριστερό, αναλόγως). Μία παραλλαγή αυτής της διατάξεως ανεπτύχθη από την Ολλανδική εταιρεία "Polyhymnia International". Σε αυτή τη διάταξη χρησιμοποιούνται παντοκατευθυντικά μικρόφωνα μπροστά καθώς αυτά έχουν καλύτερη ποιότητα. Το κεντρικό μικρόφωνο τοποθετείται ελαφρώς πιο μπροστά από τα δύο ακραία. Η οπίσθια διάταξη, δε, τοποθετείται πολύ μακρύτερα από την εμπρόσθια, σχεδόν στα 3 μέτρα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το σήμα της να είναι ευκόλως διακριτό σε σχέση με της εμπρόσθιας και να ακούγεται ξεκάθαρα η ηχώ και η αντήχηση από πίσω [16].



Σχήμα γ. το "Fukada Tree"[16]

Η επόμενη τεχνική σχεδιάστηκε από τον Hamasaki της "NHK" (Ιαπωνική εταιρία τηλεόρασης) (σχήμα δ). Βασίζεται σε μία ημισυμτωτική διάταξη καρδιοειδών μικροφώνων αποστάσεως 30 εκ. τα οποία χωρίζονται από ένα δίσκο (κάτι σαν την "O.S.S.", σελ. 44). Το κεντρικό μικρόφωνο τοποθετείται ελαφρώς έμπροσθεν των δύο άλλων ενώ στα άκρα τοποθετούνται δύο παντοκατευθυντικά με απόσταση περίπου 3 μ. μεταξύ τους. Τα δύο αυτά μικρόφωνα περνούν από χαμηλοπερατό φίλτρο, στα 250 Hz, και τα σήματα τους μειγνύονται με αυτά των καρδιοειδών ούτως ώστε να αυξηθεί η ποιότητα των εμπροσθίων σημάτων. Για τα οπίσθια σήματα χρησιμοποιεί δύο καρδιοειδή μικρόφωνα που απέχουν 2-3 μέτρα από τα εμπρόσθια και 3 μέτρα μεταξύ τους. Τέλος τέσσερα συμπληρωματικά δικατευθυντικά μικρόφωνα που ευρίσκονται πέραν της διατάξεως, απέχουν μεταξύ τους περίπου 1 μέτρο και είναι στραμμένα προς τα πλάγια συλλαμβάνουν τις καθυστερούσες ανακλάσεις και το σήμα τους διοχετεύεται στο σήμα των τεσσάρων περιφερειακών καναλιών (L, R, LS, RS) [16].



Σχήμα δ. Η διάταξη του Hamasaki της "NHK" [16]

10.2. Η Διάταξη OCT (Optimized Cardioid Triangle)

Η συγκεκριμένη διάταξη αφορά τα τρία εμπρόσθια μικρόφωνα, μπορεί να συνδυαστεί με διάφορες διατάξεις για τα πίσω κανάλια και παρουσιάστηκε από τον Dr. Günther Theile (Institut Für Rundfuntechnik [IRT], Munich, Germany) στην AES 19th International Conference [24].

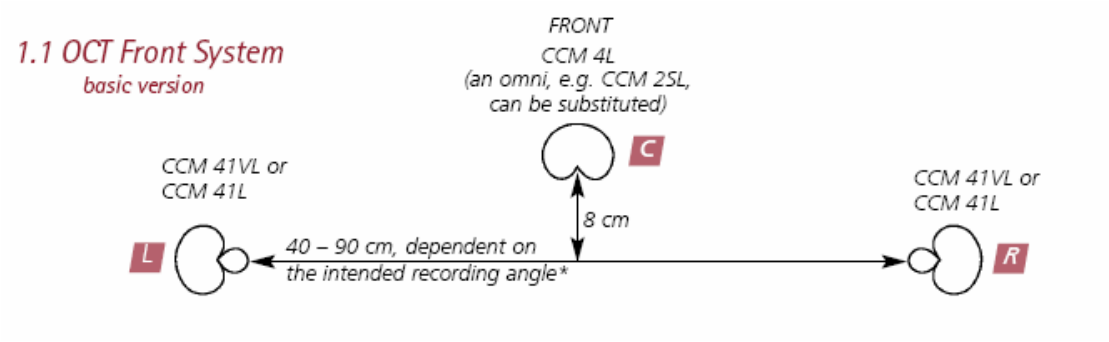
Το κεντρικό μικρόφωνο είναι καρδιοειδές τοποθετημένο 8 εκ. μπροστά από τα δύο ακραία τα οποία είναι σούπερ – καρδιοειδή και απέχουν μεταξύ τους 40 – 90 εκ. αναλόγως της επιθυμητή γωνία εγγραφής, ως εξής:

40 εκ: 160°	50 εκ: 140°
60 εκ: 120°	70 εκ: 110°
80 εκ: 100°	90 εκ: 90°

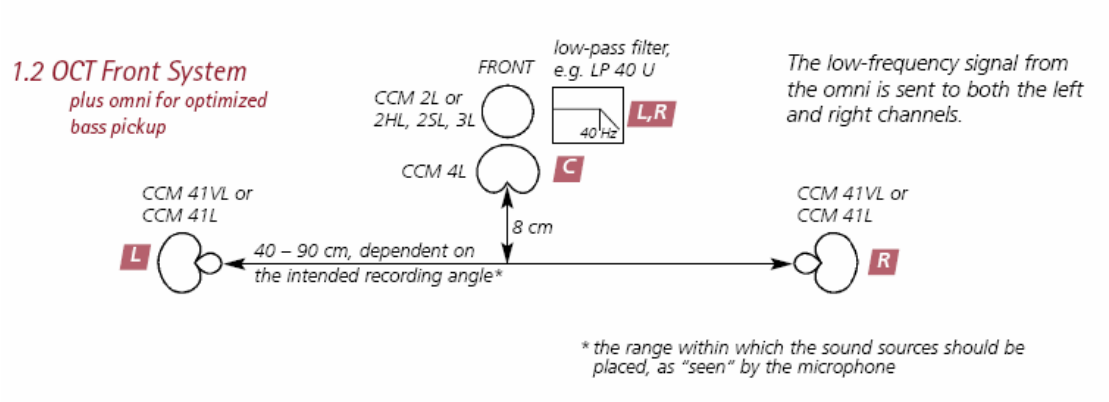
Το κεντρικό μικρόφωνο κοιτάζει προς τα εμπρός ενώ τα σούπερ – καρδιοειδή εντελώς αριστερά και δεξιά όπως φαίνεται στο σχήμα α.1. Με τη συγκεκριμένη διάταξη πετυχαίνουμε εξαιρετικό διαχωρισμό μεταξύ αριστερού και δεξιού τομέα καθώς ήχοι που παράγονται στον δεξιό τομέα, για παράδειγμα, συλλαμβάνονται από το κεντρικό και δεξιό μικρόφωνο αλλά ελάχιστα από το αριστερό. Οι κεντρικοί ήχοι, δε, συλλαμβάνονται σχεδόν αποκλειστικά από το κεντρικό μικρόφωνο.

Το γεγονός ότι τα σούπερ – καρδιοειδή μικρόφωνα συλλέγουν τους ήχους κυρίως εκτός άξονα κάνει απαραίτητη τη χρήση πυκνωτικών μικροφώνων μικρού διαφράγματος καθώς μόνο αυτά έχουν απόκριση συχνοτήτων ανεξάρτητη της γωνίας προελεύσεως του ήχου.

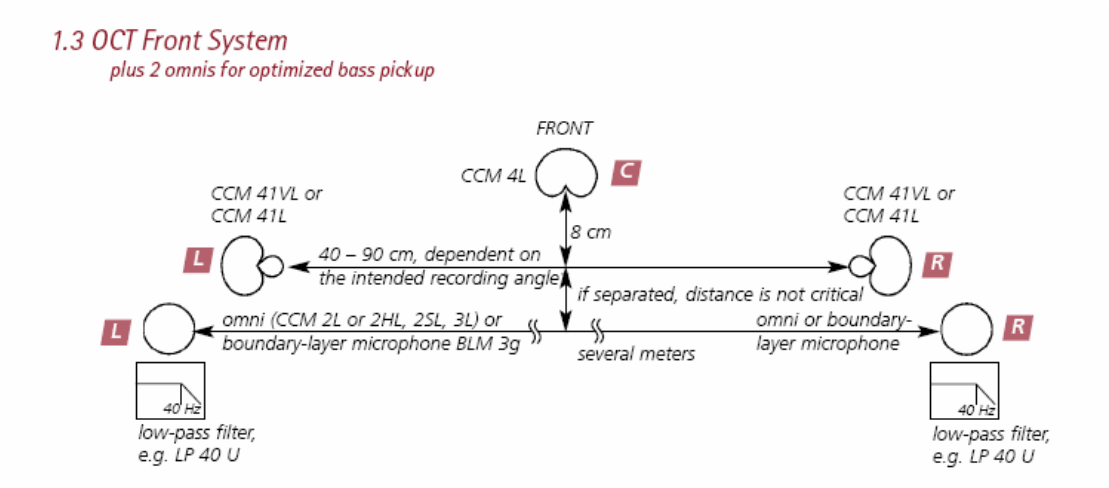
Στα σχήματα α.2 και α.3 βλέπουμε πως μπορούμε να ενισχύσουμε την απόκριση των χαμηλών συχνοτήτων με τη συμβολή παντοκατευθυντικών μικροφώνων και χαμηλοπερατών φίλτρων.



Σχήμα α.1 [24]

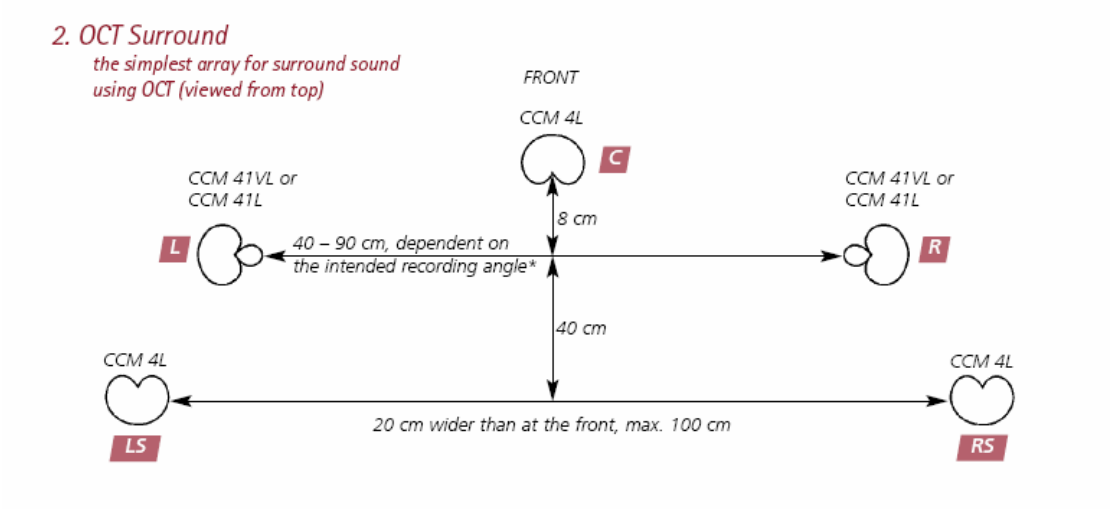


Σχήμα α.2 [24]

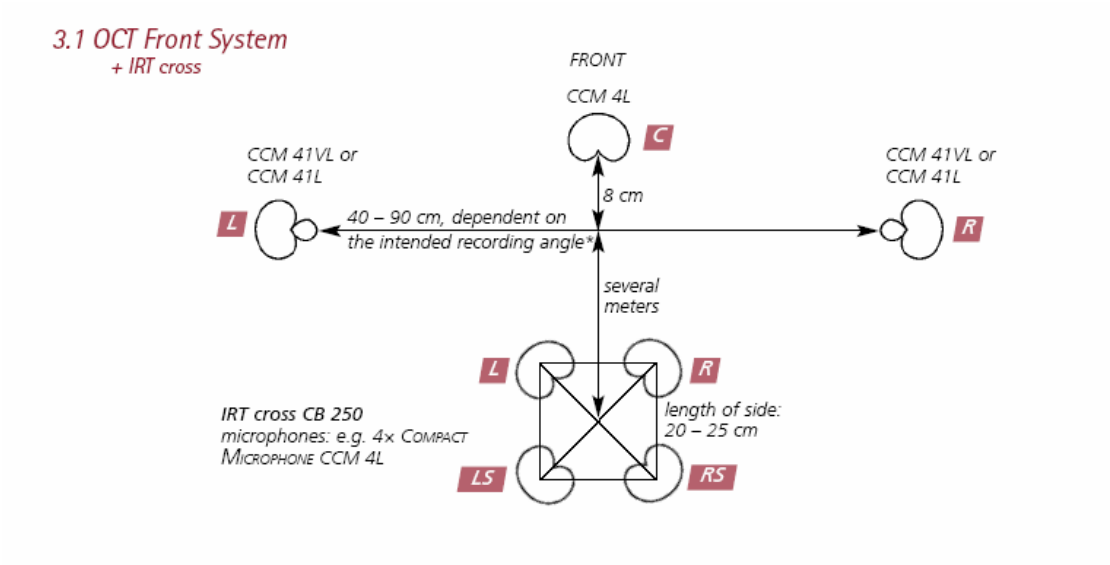


Σχήμα α.3 [24]

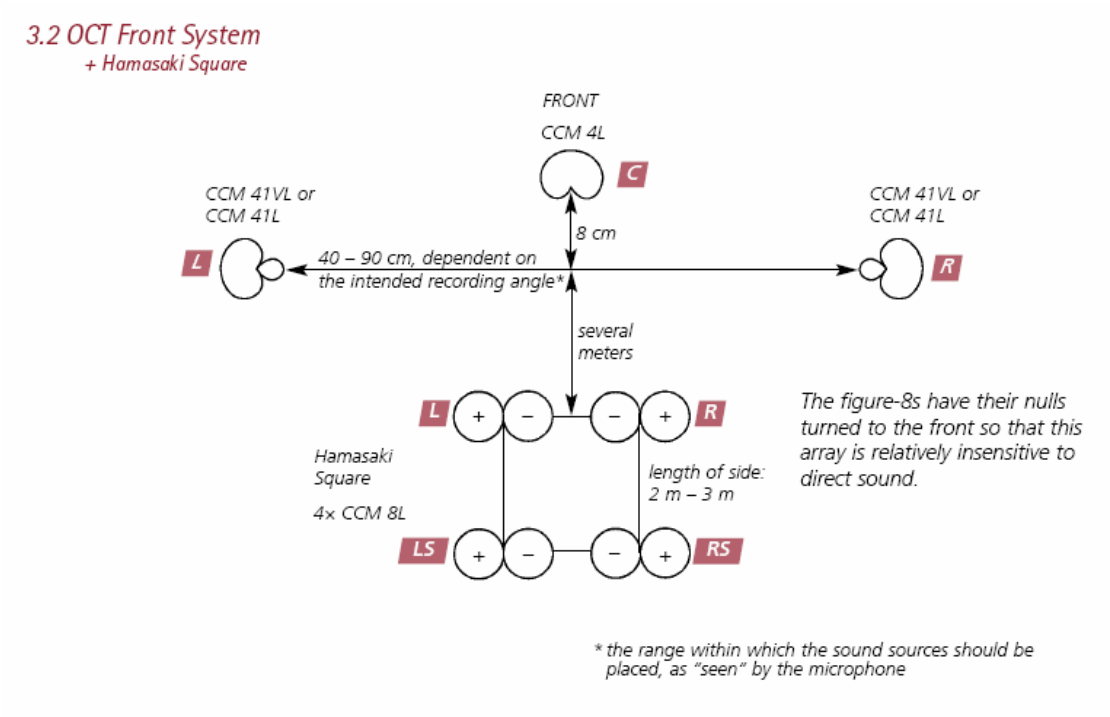
Για τα Surround κανάλια μπορεί να υπάρξουν πολλές διατάξεις. Στο σχήμα β.1 τα δύο καρδιοειδή πίσω μικρόφωνα είναι στραμμένα προς τα πίσω ώστε να απόφεύγεται η λήψη του απευθείας ήχου. Στα σχήματα δε, β.2 και β.3 βλέπουμε πως μπορούν δύο επιπλέον μικρόφωνα να συμβάλουν στο σήμα των κυρίων καναλιών (αριστερό – δεξιό). Στο β.2 τα μικρόφωνα βρίσκονται στην πίσω διάταξη μαζί με τα surround αλλά λαμβάνουν απευθείας ήχο ενώ στο β.3 έχουμε τη διάταξη του Hamasaki που είδαμε προηγουμένως. Τα σήματα των δύο επιπλέον μικροφώνων μειγνύονται με τα κύρια σήματα χωρίς περαιτέρω επεξεργασία. Ο λόγος υπάρξεως τους είναι να εμποδιστεί ο πλήρης διαχωρισμός μεταξύ εμπρόσθιων και οπισθίων ειδώλων.



Σχήμα β.1 [24]



Σχήμα β.2 [24]



Σχήμα β.3 [24]

10.3. Ημισυμπτωτικές Τεχνικές Ηχογράφησης

Σύμφωνα με τον Chris Burmajster [22] ειδικευμένο στην ηχογράφηση κλασσικής μουσικής τα ερωτήματα που τίθενται κατά την προετοιμασία μιας τέτοιας ηχογράφησης είναι τα ακόλουθα:

1. Πρέπει η ηχογράφηση 5.1 να θεωρείται ως μια εντελώς νέα τεχνική ή μία τεχνική στέρεο με την προσθήκη 3 καναλιών;
2. Τα οπίσθια μικρόφωνα που πρέπει να τοποθετηθούν; Στο βάθος της αίθουσας ή κοντά στο κύριο ζεύγος;
3. Πόσο σημαντικό είναι το κεντρικό κανάλι αφού ο κύριος λόγος ύπαρξης του είναι ο κινηματογράφος (κανάλι των διαλόγων);
4. Πρέπει να είναι μια ηχογράφηση 5.1 συμβατή με δικαναλικό σύστημα αναπαραγωγής (όπως ήταν παλιά χρήσιμο μια στερεοφωνική ηχογράφηση να είναι συμβατή με μονοφωνικό σύστημα);

Ο Chris Burmajster κατέληξε μετά από πειραματισμούς σε μια διάταξη που βασίζεται στην στερεοφωνική ηχογράφηση καθώς στην κλασσική μουσική τα μπροστινά κανάλια είναι αυτά που μεταφέρουν την πλειοψηφία των πληροφοριών του ηχητικού γεγονότος. Έτσι η ημισυμπτωτική διάταξη ORTF (με απόσταση των μικροφώνων 17 εκ.) ή BDT (με απόσταση 20 εκ.) δίνει ένα πολύ καλό αποτέλεσμα (BDT – Blumlein Difference Technique, τεχνική που ανεπτύχθη από τον A. Blumlein το 1931 και εγκατελείφθη το 1932 και είναι όμοια με την O.S.S.). Εφόσον τα περισσότερα οικιακά συστήματα έχουν και κεντρικό κανάλι αυτό το κανάλι δεν μπορούσε να αγνοηθεί. Η μείξη των δύο στέρεο σημάτων ώστε να δημιουργηθεί ένα τρίτο έδινε μία μονοφωνική αίσθηση ενώ η παρουσία ενός τρίτου μικροφώνου στο κέντρο έδινε ξεκάθαρα φαινόμενα τύπου κτένας τα οποία όμως με την αναστροφή

του μικροφώνου προς τα κάτω εξαφανίστηκαν δίνοντας έναν τέλειο εμπρόσθιο ήχο. Για τα οπίσθια μικρόφωνα η καλύτερη επιλογή ήταν ένα ζεύγος καρδιοειδών μικροφώνων με απόσταση μεταξύ τους 27 εκ. και 30 εκ. μακριά από τα εμπρόσθια. Η χρήση παντοκατευθυντικών μικροφώνων θα είχε ως αποτέλεσμα τη συλλογή απευθείας ήχου ενώ με τη χρήση shotguns δεν υπήρχε τόσο καλή ποιότητα αντήχησης όσο και ήχου γενικότερα. Εάν δε η τοποθέτηση των οπισθίων μικροφώνων γινόταν στο βάθος της αίθουσας η στάθμη κατά την αναπαραγωγή στα πίσω κανάλια ήταν πολύ χαμηλή. Όπως βλέπουμε στο σχήμα η διάταξη είναι τοποθετημένη σε μια μεταλλική βάση μορφής «Η».

Η διάταξη του Chris Burmajster [22]

Οι Mike Sokol και Hector La Torre (Fits & Starts Productions, USA [13]) πιστεύουν επίσης ότι μια ημισυμπτωτική διάταξη είναι καλύτερη από τις απομακρυσμένες καθώς δίνει ένα πιο συνεκτικό ηχητικό πεδίο. Μετά από τα πειράματα τους είδαν ότι μια διάταξη με 3 εμπρόσθια μικρόφωνα που απέχουν μεταξύ τους περίπου 30 εκ. και δύο οπίσθια που απέχουν, τόσο μεταξύ τους όσο και από τα εμπρόσθια, 60 εκ. δίνει εξαίρετη ισορροπία μεταξύ κύριου ήχου και αντηχήσεως καθώς και περιορισμένα προβλήματα ακυρώσεων φάσης (περίπου δηλαδή σαν τη διάταξη INA). Το

πλεονέκτημα της διατάξεως τους (VSA Tree™ – Variable Space Array™) είναι ότι τα 5 καρδιοειδή μικρόφωνα είναι τοποθετημένα σε 5 βραχίονες μεταβλητής γωνίας και ύψους. Τα μικρόφωνα επίσης μπορούν να περιστρέφονται. Έτσι η διάταξη μπορεί να προσαρμοστεί αναλόγως της περιστάσεως ή να μετακινηθεί χωρίς να αλλάξει ο συσχετισμός των θέσεων των μικροφώνων.

Οι αποστάσεις μεταξύ των μικροφώνων βέβαια είναι τέτοιες που η διάταξη θα πρέπει να χαρακτηριστεί απομακρυσμένη. Οι κατασκευαστές της όμως την χαρακτηρίζουν ως ημισυμπτωτική σε αντιδιαστολή με τις «πολύ απομακρυσμένες» τεχνικές (“Far-spaced techniques”).

Το VSA TREE [13]

Παρακάτω παρουσιάζεται μία ημισυμπτωτική κατασκευή πολλαπλών μικροφώνων η οποία προορίζεται για την ζωντανή πολυκάναλη ηχογράφηση σε συστήματα Surround και η οποία κυκλοφορεί στο εμπόριο.

Το Holophone H2-PRO (Rising Sun Productions Ltd, [3]) αποτελείται από μια ελλειψοειδή κεφαλή στο μέγεθος περίπου της ανθρώπινης. Σε αυτήν είναι τοποθετημένες 7 πυκνωτικές κάψες περιμετρικά της κεφαλής και σε διάταξη σύμφωνη με τις προδιαγραφές 5.1, 6,1 και 7.1 ενώ η κάψα των χαμηλών συχνοτήτων βρίσκεται στο εσωτερικό της κεφαλής. Τα μικρόφωνα είναι παντοκατευθυντικά (DPA 4060, 134 db) αλλά η κεφαλή δημιουργεί την απαιτούμενη ηχητική σκιά ώστε το κάθε μικρόφωνο να συλλέγει τον ήχο κυρίως από μία διεύθυνση.

Το Holophone H2-PRO [3]

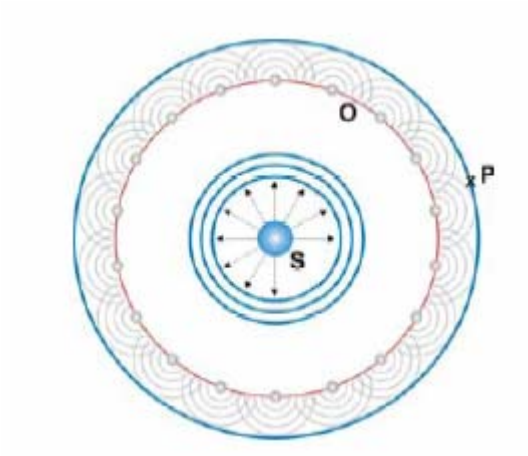
11. ΝΕΟΤΕΡΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ SURROUND ΣΤΗΝ ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΗ ΜΟΥΣΙΚΗΣ

Οι προαναφερθείσες τεχνικές παρουσιάζουν το εξής μειονέκτημα. Τα συστήματα Surround όπως αναφέραμε στηρίζονται στο κινηματογραφικό Surround. Το κινηματογραφικό Surround όμως όπως προείπαμε δεν είναι ομοιογενές (homogeneous) ενώ πολλές φορές δεν πληροί και το δεύτερο, της συνάφειας (coherent). Οι τεχνικοί ήχου με τις παραπάνω τεχνικές λοιπόν προσπαθούν να παρακάμψουν αυτά τα προβλήματα με εμπειρικό τρόπο λαμβάνοντας πάντα υπ' όψιν ότι το σύστημα αναπαραγωγής είναι ένα οικιακό σύστημα, πιθανώς διατεταγμένο λάθος συν του ότι δεν υπάρχει απόλυτη τυποποίηση στις προδιαγραφές των συστημάτων Surround.

Όσο τα συστήματα στηρίζονται στη φιλοσοφία της δημιουργίας ειδώλων ανάμεσα στα ηχεία δεν είναι δυνατόν να υπάρξει ομοιογενές σύστημα καθώς πάντοτε οι πηγές που προέρχονται ακριβώς από τη διεύθυνση των ηχείων θα ευνοούνται. Επιπλέον για να υπάρχει συνάφεια θα πρέπει οι γωνίες που σχηματίζουν τα ηχεία με τη θέση ακρόασης να είναι ίδιες και ο ακροατής να βρίσκεται μακριά από όλα τα ηχεία. Παρόλα αυτά για να είναι ένα σύστημα απολύτως ομοιογενές και συναφές θα έπρεπε ο ακροατής να περιβάλλεται από μια σφαιρική επιφάνεια με ηχητικές πηγές που να σχηματίζουν την ελάχιστη γωνία που μπορεί να γίνει αντιληπτή από το αυτί (Minimum Audible Angle) κάτι που σημαίνει πάνω από 40,000 ηχητικές πηγές πρακτικά αδύνατον [21].

Οι σύγχρονες προσπάθειες για την πανομοιότυπη αναπαραγωγή ενός μουσικού γεγονότος βασιζόμενες στην αρχή του Huygens [21], [25] προσπαθούν να δημιουργήσουν στο χώρο ακρόασης ένα πλήθος από ηχητικά κύματα τα οποία τα οποία είναι ίδια με αυτά του χώρου τέλεσης του μουσικού γεγονότος. Έτσι λοιπόν το ζητούμενο

σε αυτά τα συστήματα είναι να συλληφθεί το ηχητικό πεδίο (soundfield) κατά τη δημιουργία του, να κωδικοποιηθεί και στη συνέχεια να αποκωδικοποιηθεί και να αναπαραχθεί στο χώρο ακρόασης [21], [25].

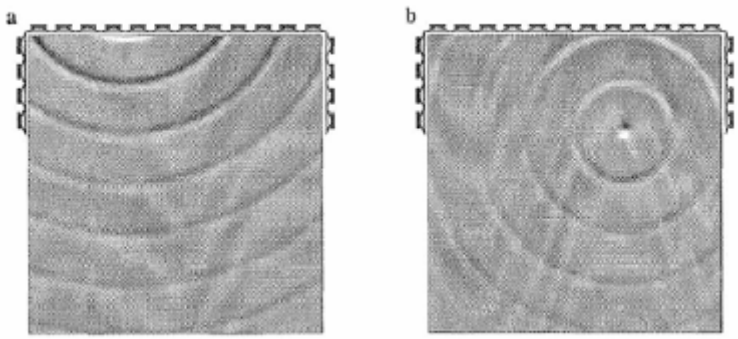


Η αρχή του Huygens

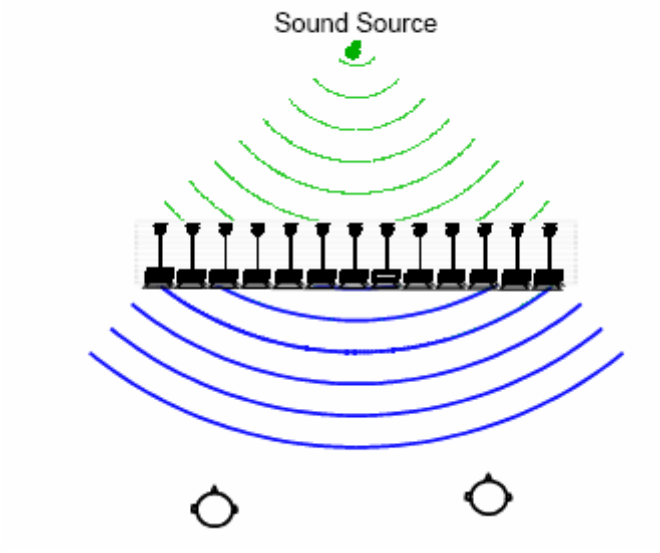
Σύμφωνα με την αρχή του Huygens, όπως φαίνεται στο σχήμα, όταν ένα μόριο σε ένα σημείο S τεθεί σε ταλάντωση μεταβιβάζει την ταλάντωση του στα γειτονικά μόρια και αυτά ακολούθως στα γειτονικά τους. Έτσι το σφαιρικό ηχητικό κύμα της επιφάνειας P που έχει παραχθεί από την πηγή S μπορούμε να δεχθούμε ότι έχει παραχθεί από τις δευτερεύουσες πηγές που βρίσκονται στην επιφάνεια O [25].

Σύμφωνα με αυτή την αρχή λοιπόν έχουν αναπτυχθεί τρία συστήματα, το "Wave Field Synthesis", το "Holophony" και το "Ambisonics" [21]. Σύμφωνα με αυτά τα συστήματα τα ηχεία, κατά την αναπαραγωγή, λειτουργούν ως δευτερεύουσες πηγές που προσομοιάζουν το αρχικό ηχητικό σήμα. Έτσι στο "Wave Field Synthesis" [21], [25] μία διάταξη από ηχεία τα οποία βρίσκονται το ένα δίπλα στο άλλο αναπαράγει τα ηχητικά κύματα δημιουργώντας εικονικές πηγές που μπορεί να

βρίσκονται είτε πίσω είτε μπροστά από τη διάταξη όπως φαίνεται στα παρακάτω σχήματα [25].



α) Είδωλο πίσω από τη διάταξη β) Είδωλο μπροστά από τη διάταξη [25]



Στο “Wave Field Synthesis” το ηχητικό σήμα λαμβάνεται από μία διάταξη από μικρόφωνα όμοια με αυτή των ηχείων αναπαραγωγής και η οποία βρίσκεται μπροστά από τη σκηνή [21].

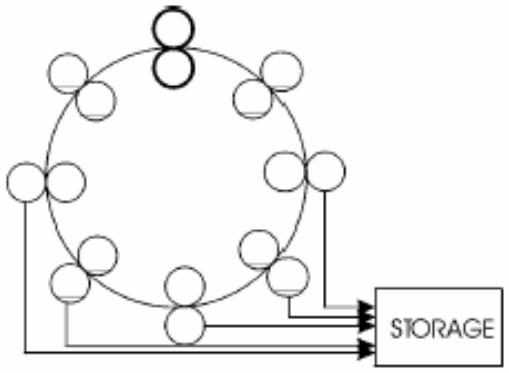


Figure 4. Recording situation with Holophony.

Το “Holophony” είναι στην ουσία μία παραλλαγή του “Wave Field Synthesis” [21]. Γι’ αυτό πολλές φορές αναφέρονται σαν ένα σύστημα [25]. Η διαφορά του με το προηγούμενο σύστημα είναι ότι σε αυτό η επιφάνεια είναι σφαιρική αντί για επίπεδη. Στην πραγματικότητα όμως και για πρακτικούς λόγους οι διαστάσεις των διατάξεων ελαττώνονται. Έτσι στο μεν “Wave Field Synthesis” έχουμε γραμμική διάταξη μικροφώνων και ηχείων (φωτο. 1) αντί για επίπεδη ενώ στο “Holophony” κυκλική αντί για σφαιρική (φωτο. 2).

Φωτο. 1 [25]

Φωτο. 2 [25]

Το σύστημα “Ambisonics” [12], [21] λειτουργεί επίσης δια της αναπαραγωγής των ηχητικών κυμάτων. Η διαφορά του όμως έγκειται στο ότι η λήψη του ηχητικού πεδίου γίνεται σε ένα σημείο και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να απαιτείται μικρότερος αριθμός καναλιών τα οποία είναι αναγκαία για να έχουμε όλες τις ηχητικές πληροφορίες του χώρου. Η τεχνική πρωτοανεπτύχθη τη δεκαετία του 1970 από τους Michael Gerzon, Peter Fellgett, Peter Craven και Geoffrey Barton αλλά και από άλλη ανεξάρτητη έρευνα των Cooper και Shiga. Βασίζεται στην τεχνική του Alan Blumlein η οποία αποτελείται από ένα ζεύγος δικατευθυντικών μικροφώνων τα οποία βρίσκονται σχεδόν στο ίδιο σημείο και οι λοβοί τους σχηματίζουν γωνία 90°. Τα δύο μικρόφωνα

αρκούν για να συλλάβουν τις πληροφορίες στο οριζόντιο επίπεδο ενώ εάν προσθέσουμε και ένα τρίτο δικατευθυντικό μικρόφωνο με τον εμπρόσθιο λοβό στραμμένο προς τα επάνω θα έχουμε και τις πληροφορίες του ύψους. Τέλος με την προσθήκη ενός παντοκατευθυντικού μικροφώνου (pressure signal) έχουμε πλήρη καταγραφή του ηχητικού πεδίου. Οι πληροφορίες κωδικοποιούνται (και αποκωδικοποιούνται κατά την αναπαραγωγή) σε ένα σύστημα που καλείται "B-format" και αποτελείται από τις παρακάτω παραμέτρους οι οποίες μας δείχνουν τη θέση του ήχου στο χώρο :

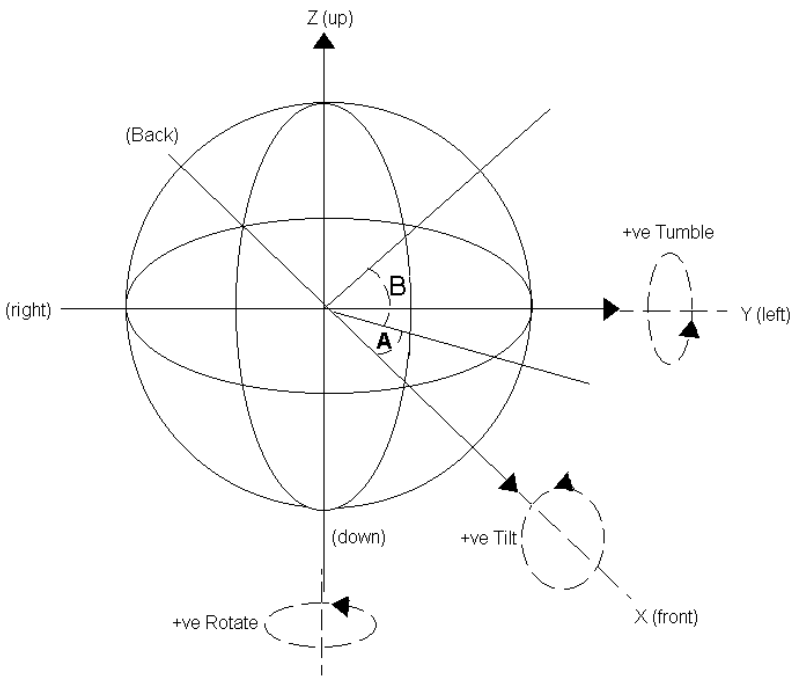
X = συνΑσυνΒ (άξονας εμπρός-πίσω)

Y = ημΑσυνΒ (άξονας δεξιά-αριστερά)

Z = ημΒ (κατακόρυφος άξονας)

W = 0.707 (σήμα πίεσης)

Όπου Α είναι η γωνία από το κέντρο με φορά αντίθετη από αυτή των δεικτών του ρολογιού ενώ Β η γωνία ανύψωσης όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.

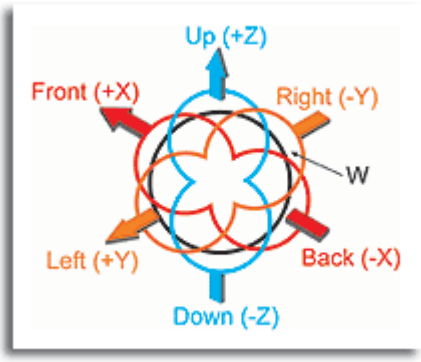


Για την αναπαραγωγή μιας τέτοιας ηχογράφησης απαιτούνται τουλάχιστον τέσσερα ηχεία εάν θέλουμε πληροφορίες μόνο του οριζοντίου επιπέδου ενώ εάν θέλουμε και το ύψος χρειαζόμαστε οκτώ.

Για αυτό το σύστημα έχουν κατασκευαστεί και κυκλοφορούν στο εμπόριο μικρόφωνα από την "Soundfield" (τα MKV, SPS-422B και ST250) και από την "AGM" το MR2. Παρακάτω φαίνονται το Soundfield (φωτο. α), μια ιδιοκατασκευή (φωτο. β) όπου φαίνονται οι μικροφωνικές κάψες) και το πολικό διάγραμμα των μικροφώνων (σχήμα α).

Φωτο α
(πηγή: www.soundonsound.com)

Φωτο β
(πηγή:www.ambisonic.net)



σχήμα α
(πηγή: www.soundonsound.com)

Στόχος μας, με την παρούσα έρευνα, είναι η δημιουργία μίας συμπτωτικής διάταξης, στην πραγματικότητα ενός πολυκαψικού μικροφώνου για τρισδιάστατη ηχογράφηση μουσικής. Όπως είδαμε, η αναζήτηση της «τέλειας» και πιο φυσικής μεθόδου ηχογράφησης είναι ένα ταξίδι χωρίς τελικό προορισμό. Η προσπάθεια μας θα είναι να καταφέρουμε να δώσουμε στον ακροατή όσο το δυνατόν περισσότερα από τα στοιχεία, τις ηχητικές πληροφορίες και τα δεδομένα που θα λάμβανε, αν πραγματικά ήταν παρών στο χώρο δράσης και δημιουργίας του γεγονότος που θέλουμε να αναπαραστήσουμε. Αυτό σημαίνει ότι αυτά τα δεδομένα, που θα φτάσουν και θα ενεργοποιήσουν το μηχανισμό της ακοής μας, πρέπει να προσεγγίζουν σε πλήθος και ποιότητα αυτά που θα έφταναν αν ήμασταν εκεί.

Για να γίνει αυτό πρέπει να επιτευχθούν οι στόχοι της λήψης ενός ομοιογενούς (homogeneous) ηχητικού πεδίου και της επιτεύξεως του να παραμένουν τα είδωλα σταθερά (coherent) ενόσω κινείται ο ακροατής. Φυσικά επιπλέον πρέπει να τηρούνται οι στόχοι μιας ηχογράφησης «υψηλής ποιότητος» για χαμηλή παραμόρφωση (low distortion) και πλατιά και ομοιόμορφη απόκριση συχνότητας.

12. Η ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

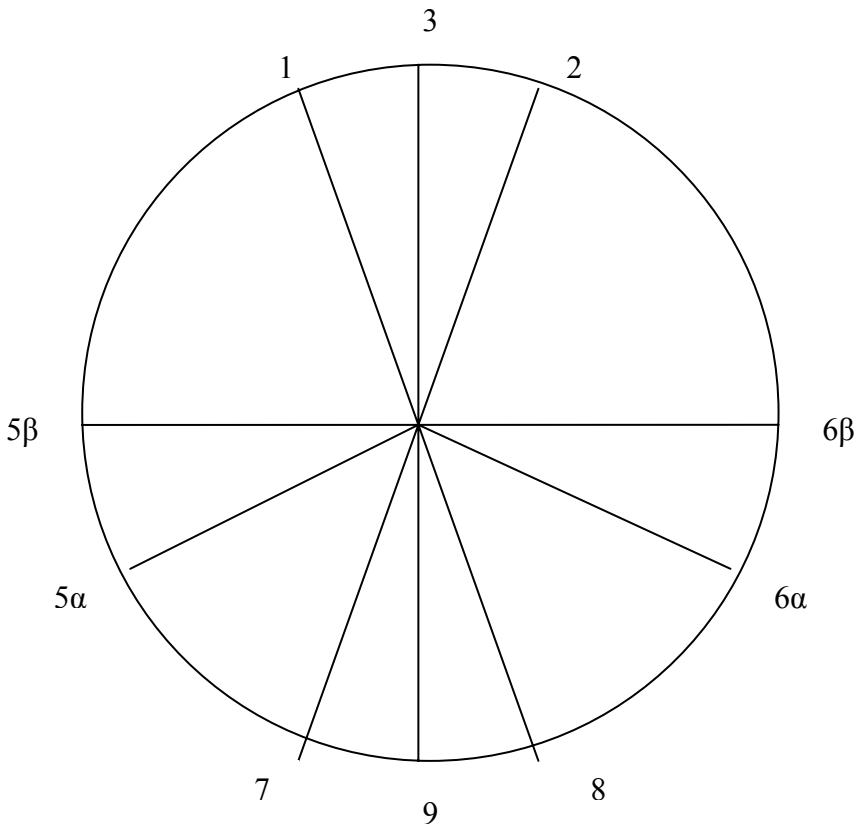
Η διάταξη θα πρέπει να είναι εύχρηστη σε μία διαδικασία πολυκαναλικής καταγραφής κλασσικής μουσικής. Λέγοντας εύχρηστη εννοούμε μικρό βάρος, μικρό όγκο και ευκολία στην τοποθέτηση της στο σημείο από το οποίο θα γίνεται η καταγραφή. Προτιμότερο θα είναι, δε, να έχει διακριτική εμφάνιση σε περιπτώσεις όπου η καταγραφή γίνεται σε κάποια παράσταση παρουσία κοινού.

Μία πλήρως συμπτωτική κατασκευή, δηλαδή τέτοια που οι κάψες να κατάλαμβάνουν το ίδιο σημείο στο χώρο στη πορεία φάνηκε ότι δεν ήταν πρακτικά δυνατόν να γίνει. Πρώτα απ' όλα ήταν απαραίτητη η κατοχή του αποκωδικοποιητή "B-format" συν του ότι οι κατασκευές τύπου "Soundfield" είναι πολύ συγκεκριμένες, οπότε δεν υπάρχουν πολλά περιθώρια για αλλαγές άρα και για βελτιώσεις. Συν του ότι η κατασκευή μας θα έπρεπε να είναι συμβατή με τα υπάρχοντα surround συστήματα. Η προσδοκία λοιπόν για ομοιογενές (homogeneus) και συναφές (coherent) ηχητικό πεδίο εγκαταλείφθηκε γρήγορα.

Στραφήκαμε λοιπόν στο σχεδιασμό μιας ημισυμπτωτικής διατάξεως. Το πλεονέκτημα της έγκειται στο ότι το σήμα του κάθε μικροφώνου θα μπορεί να δρομολογείται απευθείας σε κάθε κανάλι εγγραφής και ακολούθως σε κάθε κανάλι αναπαραγωγής. Αυτό που χρειάζεται λοιπόν είναι να αποδίδονται οπωσδήποτε οι παράμετροι των «διαφορά στο χρόνο άφιξης», «διαφορά φάσης», «διαφορά στη στάθμη έντασης», καθώς και να μη δημιουργηθούν προβλήματα «φίλτρων κτένας».

Η πρακτικότερη λύση θα ήταν μία σφαιρική κατασκευή με τοποθετημένες μικροφωνικές κάψες στην επιφάνεια της. Η επιφάνεια της σφαίρας δίνει την απαιτούμενη ηχητική σκιά μεταξύ των σημάτων των μικροφώνων και επιπλέον είναι εύχρηστη κάτι που είπαμε ότι είναι ζητούμενο. Από την αναζήτηση στο εμπόριο επιλέχθηκε μία σφαίρα από πλαστικό (κενή στο εσωτερικό) διαμέτρου 30.5 εκ..

Η τοποθέτηση των μικροφώνων θα γίνει στην περίμετρο της σφαίρας στις θέσεις που φαίνονται στο ακόλουθο σχήμα.



Σχήμα Α

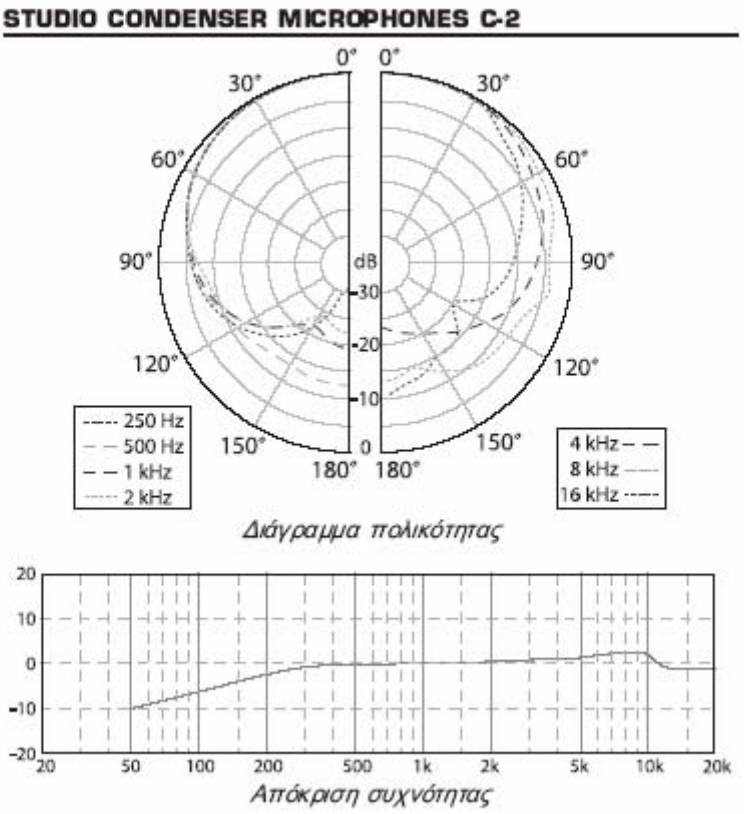
1	Εμπρόσθιο Αριστερό	-30°
2	Εμπρόσθιο Δεξιό	$+30^o$
3	Εμπρόσθιο Κεντρικό	0°
4	Χαμηλές Συχνότητες	
5α	Αριστερό Surround (Για 5.1 και 6.1)	-120°
5β	Αριστερό Surround (Για 7.1)	-90°
6α	Δεξιό Surround (Για 5.1 και 6.1)	$+120^o$
6β	Δεξιό Surround (Για 7.1)	$+90^o$
7	Αριστερό Οπίσθιο Surround (Για 7.1)	-150°
8	Δεξιό Οπίσθιο Surround (Για 7.1)	$+150^o$
9	Οπίσθιο Κεντρικό (Για 6.1)	$+180^o$

Όπως βλέπουμε η κατασκευή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ηχογραφήσεις 5.1, 6.1 και 7.1. αλλά ακόμη και για στερεοφωνική ηχογράφηση από τα μικρόφωνα 1 και 2. Οι γωνίες επελέγησαν σύμφωνα με την υπάρχουσα τυποποίηση για τα συστήματα Surround (Standard AES/Dolby [ITU 775-1]).

Το μικρόφωνο 4 το οποίο θα συλλέγει τον ήχο για τις χαμηλές συχνότητες (LFE - .1) θα τοποθετηθεί στην κορυφή της σφαίρας. Συνήθως για τις χαμηλές συχνότητες δεν υπάρχει ξεχωριστό μικρόφωνο αλλά λαμβάνεται το σήμα από κάποιο από τα υπόλοιπα μικρόφωνα το οποίο δρομολογείται σε ξεχωριστό κανάλι το οποίο είναι συνδεδεμένο με χαμηλοπερατό φίλτρο. Στην περίπτωση μας όμως επειδή τα μικρόφωνα είναι καρδιοειδή και επειδή το μικρόφωνο των χαμηλών συχνοτήτων είναι καλύτερο να λαμβάνει ήχους εξίσου από όλες τις κατευθύνσεις χρησιμοποιήσαμε ξεχωριστό μικρόφωνο και μάλιστα ως παντοκατευθυντικό όπως θα δούμε παρακάτω.

Για τις μικροφωνικές κάψες επελέγησαν τα μικρόφωνα C-2 της BEHRINGER. Τα μικρόφωνα είναι πυκνωτικά, καρδιοειδούς πολικού διαγράμματος, μικρού μεγέθους και βάρους, τύπου «πουράκι». Πλεονέκτημα τους είναι το πολύ μικρό τους μέγεθος κάτι που τα καθιστά ικανά να χωρέσουν εντός της σφαίρας λαμβάνοντας υπ' όψιν και την επιμήκυνση τους λόγω των XLR βυσμάτων του καλωδίου multi. Με ειδικούς κυλινδρικούς υποδοχείς στις θέσεις των μικροφώνων μπορούν να τοποθετουνται και να αφαιρούνται τα μικρόφωνα. Έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε συμβατικές ηχογραφήσεις ως ανεξάρτητα μικρόφωνα ή ως ζεύγη σε στερεοφωνικές ηχογραφήσεις. Ένα δεύτερο πλεονέκτημα τους είναι το χαμηλό τους κόστος.

Το Behringer C-2

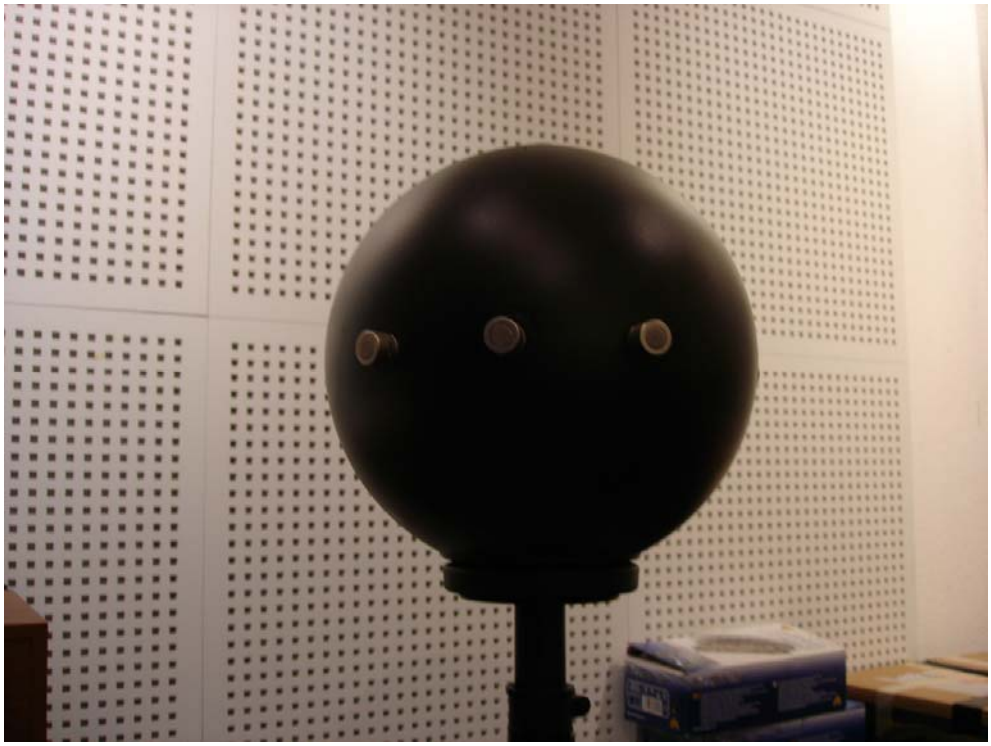


Διάγραμμα πολικότητας και Απόκριση συχνότητας του Behringer C-2.

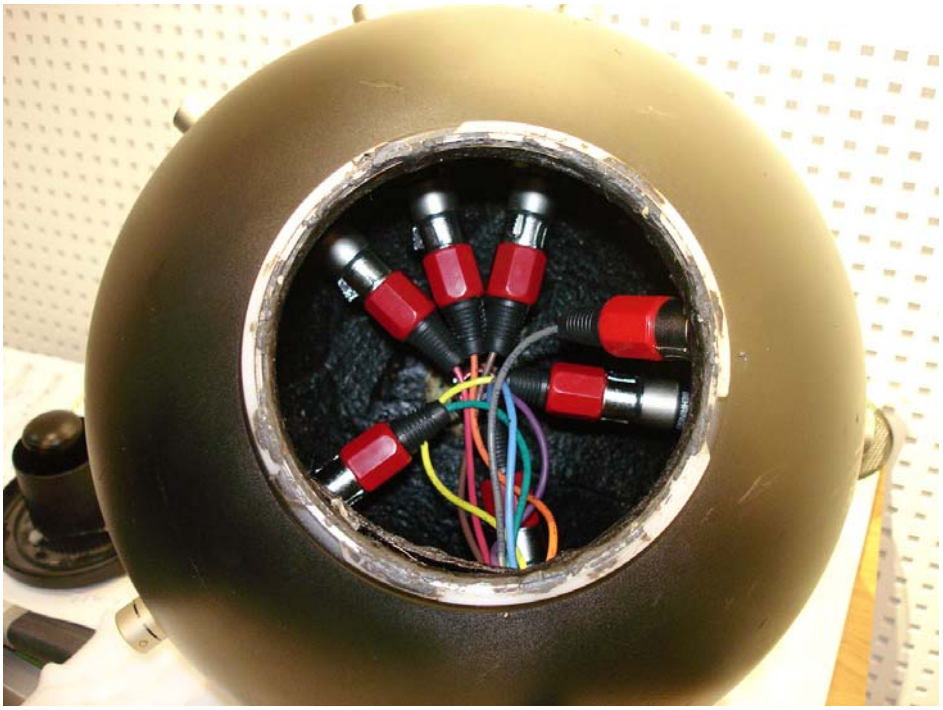
Η διαδικασία της κατασκευής ήταν η εξής. Πρώτα επαλείφθηκε εσωτερικά η σφαίρα με πίσσα σε υγρή μορφή και στη συνέχεια με φύλλα πίσσας. Σκοπός της επαλείψεως ήταν η αδρανοποίηση της σφαίρας δηλαδή η αύξηση του βάρους της ώστε να μην συντονίζεται με τις συχνότητες του ηχητικού πεδίου, κάτι που θα είχε ως αποτέλεσμα την ταλάντωση της επιφανείας της και άρα προβλήματα στην εγγραφή.

Στη συνέχεια ανοίχθηκαν τρύπες στις θέσεις όπου θα ετοποθετούντο τα μικρόφωνα. Συγκεκριμένα στην οριζόντια διάμετρο της σφαίρας και σε γωνίες σύμφωνα με το σχήμα Α και μία θέση στην κορυφή της σφαίρας για το μικρόφωνο των χαμηλών συχνοτήτων.

Οι τρύπες ανοίχθηκαν με κυλινδρικό τρυπάνι διαμέτρου 2.5 εκ. δηλαδή όσο η εξωτερική διάμετρος των σωλήνων όπου θα ετοποθετούντο στις συγκεκριμένες θέσεις ως στηρίγματα των μικροφώνων. Οι σωλήνες είναι διαστάσεων: μήκος 4.5 εκ. δηλαδή μικρότερο από το μήκος του μικρόφώνου, εσωτερική διάμετρος 2.3 εκ. δηλαδή όση η διάμετρος των μικροφώνων και εξωτερικής διαμέτρου 2.5 εκ.. Επίσης ανοίχθηκε μία τρύπα στο πίσω μέρος της σφαίρας για το “Multi” οκταπλό μικροφωνικό καλώδιο (XLR-XLR). Η κόλληση των σωλήνων στη σφαίρα έγινε με τη χρήση παχύρρευστης κόλλας τύπου “Montage Kit”.



Δύο όψεις της διατάξεως. Πάνω στην εμπρόσθια φαίνονται το αριστερό, το κεντρικό και το δεξιό μικρόφωνο ενώ κάτω φαίνεται στα δεξιά το αριστερό surround και στην κορυφή της σφαίρας το LFE.



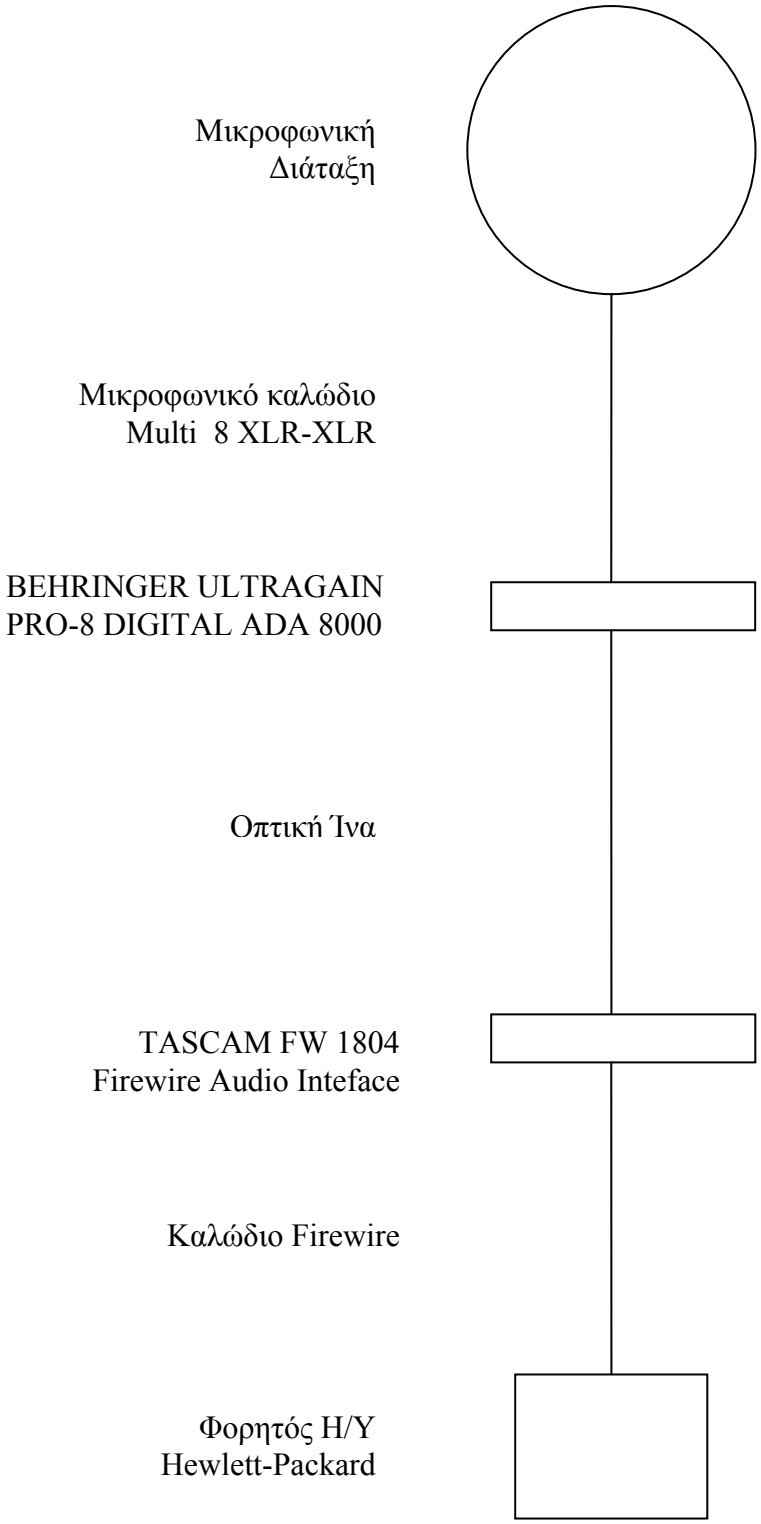
Το κάτω μέρος της κατασκευής. Φαίνονται τα θηλυκά βύσματα XLR από το Multi οκταπλό καλώδιο συνδεδεμένα με τα μικρόφωνα. Επίσης φαίνεται στο εσωτερικό της σφαίρας η επάλειψη με πίσσα.

Τα μικρόφωνα στηρίζονται στη σφαίρα δια πλαστικών σωλήνων εσωτερικής διαμέτρου 2.3 εκ. και μήκους 4.5 εκ.

Η δοκιμαστική ηχογράφηση με τη διάταξη πραγματοποιήθηκε την Κυριακή 04/02/2007. Συγκεκριμένα ηχογραφήθηκε το έργο «Μονόκερως» του «Γεωργίου Κοντογιώργου» ερμηνευμένο από το κουαρτέτο εγχόρδων «Νέο Ελληνικό Κουαρτέτο» στο «Αμφιθέατρο Τελετών» του Πανεπιστημίου Μακεδονίας. Έγινε ηχογράφηση στο σύστημα 6.1 δηλαδή χρησιμοποιήθηκαν τα μικρόφωνα 1, 2, 3, 4, 5α, 6α, 9. Το μικρόφωνο 4 (LFE) όπως προαναφερθήκαμε είχε παντοκατευθυντικό διάγραμμα. Αυτό επετεύχθη ως εξής. Οι πλευρικές θυρίδες εισόδου που φαίνονται στην παρακάτω εικόνα είναι ο λόγος που τα μικρόφωνα είναι μονοκατευθυντικά, όπως ανεφέρθη στη σελίδα 15. Κλείνοντας τις όμως η πίεση στο διάφραγμα δεν επηρεάζεται από τη γωνία διεύθυνσης του ήχου.

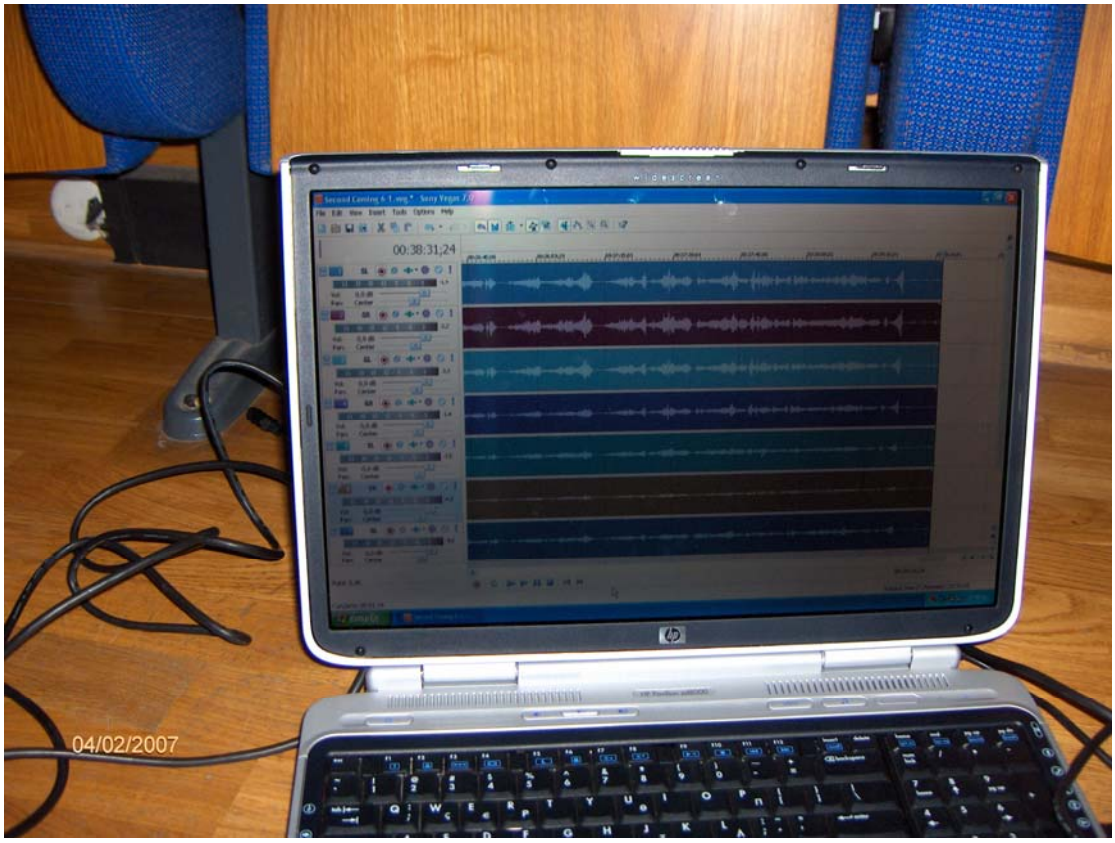
Η εγγραφή έγινε με τη χρήση φορητού ηλεκτρονικού υπολογιστή και με το πρόγραμμα ηχογράφησης “Vegas 7” της “SONY”. Για την ηχογράφηση επίσης χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω μηχανήματα. Το “BEHRINGER ULTRAGAIN PRO-8 DIGITAL ADA 8000” το οποίο είναι μετατροπέας αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (ή το αντίστροφο) και το “TASCAM FW 1804 Firewire Audio Inteface” το οποίο παίζει το ρόλο της κάρτας ήχου για τον φορητό υπολογιστή.

Η συνδεσμολογία έγινε όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Το σήμα πηγαίνει από τη σφαίρα μέσω του καλωδίου Multi στο “BEHRINGER”. Από εκεί μέσω οπτικής ίνας πηγαίνει στο “TASCAM” και από εκεί μέσω καλωδίου “Firewire” καταλήγει στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Η χρήση του “BEHRINGER” θα μπορούσε να είχε αποφευχθεί εάν στο “TASCAM” υπήρχαν 8 μικροφωνικές είσοδοι (έχει μόνο 4).


Μικροφωνική
Διάταξη
Μικροφωνικό καλώδιο
Multi 8 XLR-XLR
BEHRINGER ULTRAGAIN
PRO-8 DIGITAL ADA 8000
Οπτική Ίνα
TASCAM FW 1804
Firewire Audio Inteface
Καλώδιο Firewire
Φορητός Η/Υ
Hewlett-Packard

To BEHRINGER ULTRAGAIN PRO-8 DIGITAL ADA 8000

To TASCAM FW 1804 Firewire Audio Inteface



Ο φορητός Η/Υ Hewlett-Packard

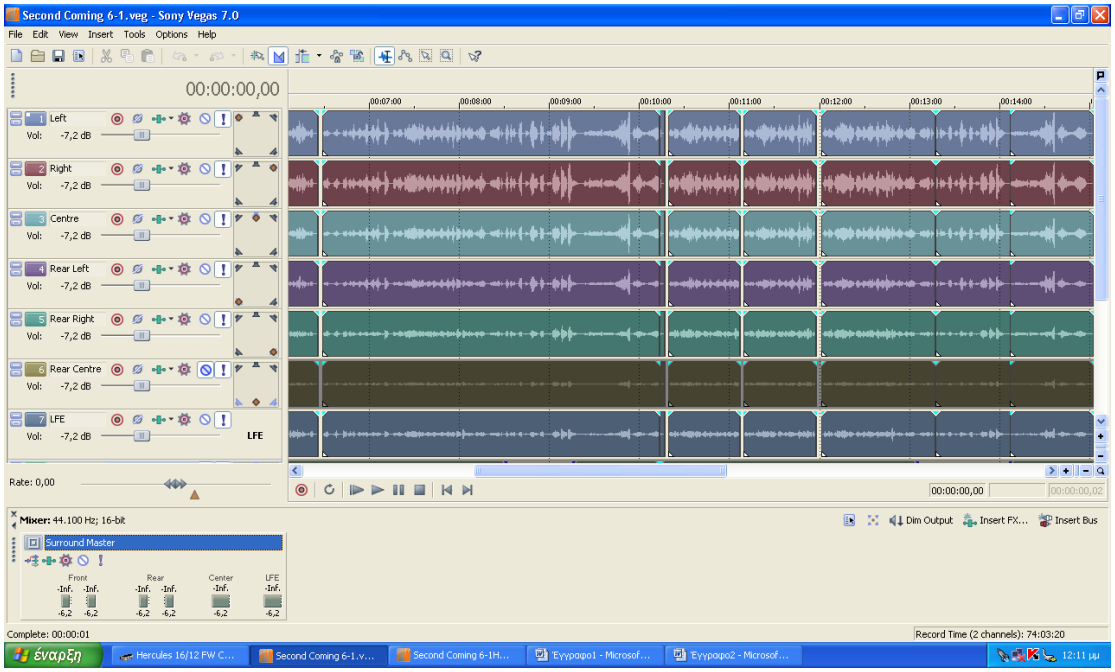
Η διάταξη τοποθετημένη πριν την ηχογράφηση

Στιγμιότυπο από την ηχογράφηση

13. ΓΕΝΙΚΗ ΕΝΤΥΠΩΣΗ ΑΚΡΟΑΣΕΩΣ

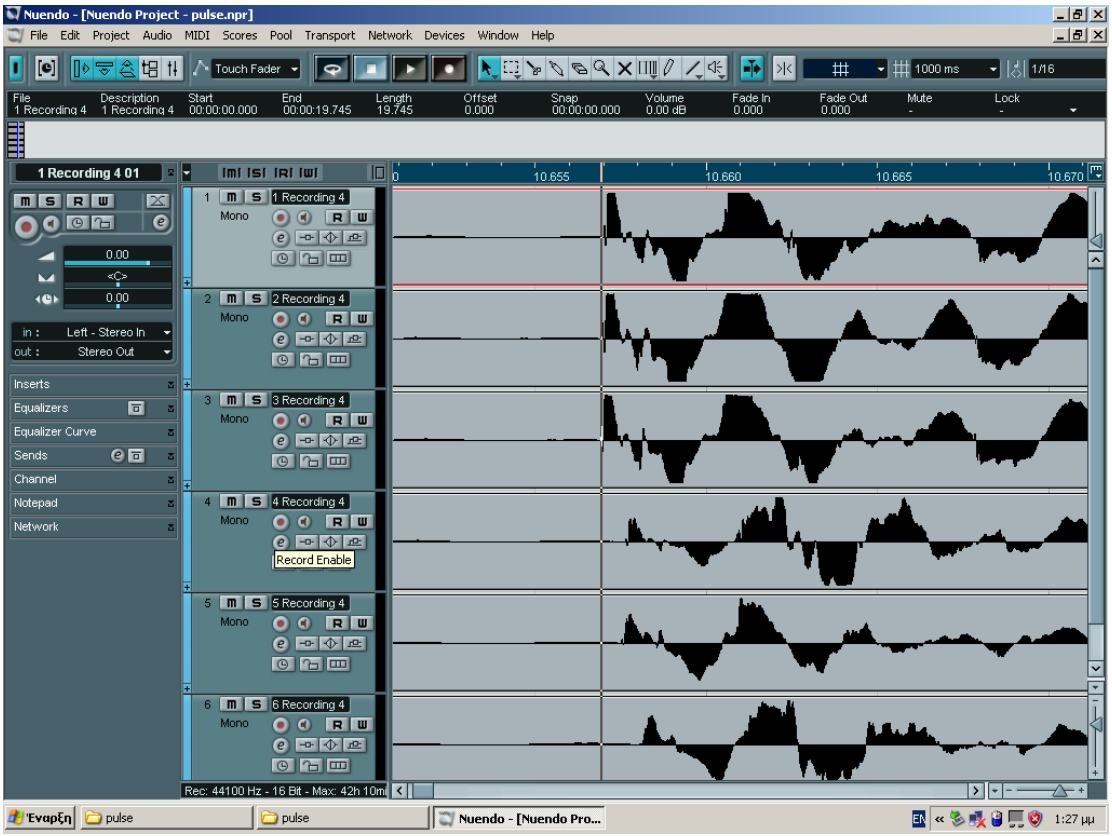
Η ακρόαση έγινε σε σύστημα 5.1 στο "studio" του Πανεπιστημίου Μακεδονίας με τη χρήση ενεργών ηχείων τύπου "Nearfield Monitors" και "Subwoofer". Κατά την ακρόαση της ηχογραφήσεως προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα. Το σήμα από τα δύο κύρια κανάλια (Δεξιό – Αριστερό) μπορεί να θεωρηθεί ως μία ικανοποιητική στερεοφωνική ηχογράφηση. Το εμπρόσθιο τμήμα της διατάξεως έδινε γενικά ένα συνεκτικό ηχητικό πεδίο με διακριτό το σήμα των τριών μικροφώνων και καλή χωροθέτηση των ειδώλων των πηγών. Το εισερχόμενο σήμα των οπισθίων μικροφώνων ήταν χαμηλότερο σε σχέση με αυτό των εμπροσθίων, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα, κάτι που ήταν αναμενόμενο. Αυτό όμως που προέκυψε κατά την ακρόαση ήταν το ότι έλαβαν σε μεγάλο ποσοστό απευθείας ήχο σε σχέση με την αντήχηση. Αυτό ίσως οφείλεται στο ότι η διάταξη βρισκόταν πλησιέστερα στο κουαρτέτο από ότι ίσως θα έπρεπε. Έτσι το σήμα τους θα ταίριαζε πιο πολύ ως το σήμα του μεσαίου αριστερού και μεσαίου δεξιού καναλιού των συστημάτων 7.1. Το σήμα του πίσω κεντρικού μικροφώνου δεν μπορέσαμε να το αξιολογήσουμε λόγω του ότι δεν είχαμε τη δυνατότητα ακροάσεως 6.1. Όπως φαίνεται από το ακόλουθο σχήμα είχε, όπως περιμέναμε, το χαμηλότερο σήμα από όλα τα μικρόφωνα Για το κανάλι των χαμηλών συχνοτήτων (L.F.E.) εφαρμόστηκε χαμηλοπερατό φίλτρο στα 120 Hz. Λόγω της χαμηλής αποκρίσεως του μικροφώνου σε συχνότητες κάτω των 200 Hz όπως φάνηκε και στο διάγραμμα αποκρίσεως συχνοτήτων προηγουμένως χρειάστηκε να ανεβεί αρκετά η στάθμη του καναλιού L.F.E. κατά την ακρόαση.

Η ποιότητα του ήχου δεν ήταν ιδιαίτερα ικανοποιητική εξαιτίας της χαμηλής ποιότητας των μικροφώνων. Χρειάστηκε να γίνει ισοστάθμιση κατά την επεξεργασία για καλύτερο ακουστικό αποτέλεσμα.



Οι στάθμες των σημάτων της ηχογραφήσεως. Από επάνω προς τα κάτω: Αριστερό, δεξιό, κεντρικό, οπίσθιο αριστερό, οπίσθιο δεξιό, οπίσθιο κεντρικό, LFE.

Τέλος στην ακόλουθη εικόνα φαίνεται η διαφορά στο χρόνο άφιξης στο κάθε μικρόφωνο ενός σήματος – παλμού που προέρχεται από σημειακή πηγή. Η διαφορά μεταξύ των εμπροσθίων και των οπισθίων σημάτων είναι 0.5 ms ενώ στο πίσω μικρόφωνο ο ήχος φτάνει καθυστερημένος κατά λίγο πάνω από 1 ms.



Η διαφορά στο χρόνο άφιξης στο κάθε μικρόφωνο. Από επάνω προς τα κάτω: Αριστερό, δεξιό, κεντρικό, οπίσθιο αριστερό, οπίσθιο δεξιό, οπίσθιο κεντρικό.

14. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ SURROUND ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΗΣ

Η ορθή αξιολόγηση μιας νέας κατασκευής απαιτεί σύγκριση με τις ήδη υπάρχουσες πάνω σε κάποια κριτήρια που μπορούν να θεωρηθούν αξιόπιστα και αντικειμενικά. Κάποιες οδηγίες για αξιόπιστα κριτήρια αναφέρονται στο 3D Audio Rendering and Evaluation Guidelines [20].

Η ακρόαση μιας τρισδιάστατης ηχογραφήσεως είναι καθαρά ψυχοακουστικό φαινόμενο έτσι δεν μπορούν να γίνουν αντικειμενικές μετρήσεις επί του αποτελέσματος. Έτσι για να είναι αξιόπιστη μια τέτοια αξιολόγηση πρέπει να γίνουν κάποιες στατιστικά επαρκείς σε αριθμό δοκιμές σε ορθά ελεγχόμενες συνθήκες. Οι όροι που θα τηρηθούν για τα καλύτερα συμπεράσματα είναι οι εξής.

- Η ακρόαση θα γίνει σε σύστημα 5.1. Τα ηχεία αναπαραγωγής, πρέπει να είναι πολύ καλής ποιότητας. Η θέση τους θα τηρεί τις προδιαγραφές του κατασκευαστή και θα είναι πάντα σταθερή. Επίσης θα είναι πάντα σταθερή η ένταση και η ισορροπία τους. Το δωμάτιο ακροάσεως πάντα το ίδιο με την σωστή θέση ακροάσεως για το συγκεκριμένο σύστημα (π.χ. απόσταση του ακροατή από τα ηχεία).
- Οι ακροατές πρέπει να είναι όσο το δυνατόν περισσότεροι αφού μπορεί να έχουν διαφορετική άποψη για την ποιότητα του αποτελέσματος. Πάντως πρέπει να είναι τουλάχιστον 8. Θα αποκλειστούν ακροατές με δυσλειτουργίες στην ακοή. Θα αποφύγουμε την «προσαρμογή» των ακροατών. Προσαρμογή είναι το φαινόμενο κατά το οποίο αυτός που συγκρίνει πολλά συστήματα συνήθως τείνει να θεωρήσει αυτό που ακούει πρώτο ως το πρότυπο αναφοράς άρα και το καλύτερο. Γι' αυτό η σειρά ακροάσεως των δειγμάτων θα αλλάζει. Επίσης δε θα γνωρίζουν ποιο προϊόν ακούν ώστε να μην επηρεαστούν.

- Το εγγραφόμενο υλικό πρέπει να ποικίλλει ως προς τις συχνότητες, τη χροιά αλλά και να εμπεριέχει και κίνηση των ηχητικών πηγών προς όλες τις διαστάσεις. Γι' αυτό καλύτερα είναι να επιλεγεί το υλικό προς λήψη από το χώρο της σύγχρονης μουσικής που να περιλαμβάνει και σκηνική θεατρική παρουσία με φωνητικά. Κάθε ηχητικό γεγονός θα εγγραφεί με όλες τις διατάξεις της δοκιμής. Τα ηχητικά δείγματα θα είναι μικρής διάρκειας ώστε να μην είναι κουραστικά αφού θα πρέπει ο κάθε ακροατής να ακούσει τις διαφορετικές λήψεις συνεχόμενα.

15. ΔΕΙΓΜΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Το δείγμα θα είναι οι βαθμολογίες των ακροατών στις παρακάτω παραμέτρους, για την ακρόαση κάθε συσκευής. Με την ικανοποίηση των παρακάτω κριτηρίων πιστοποιείται ότι έχουμε ένα ομογενές και συναφές ηχητικό πεδίο. Οι βαθμολογίες θα είναι της κλίμακας : πολύ κακή, κακή, μέτρια, καλή, πολύ καλή.

1. Φαινόμενο Roll – off : Όταν μεταβάλλεται η απόσταση της πηγής ενός ήχου μεταβάλλεται η ένταση του (όταν απομακρύνεται γίνεται πιο σιγανός και μαλακός). Αυτό δίνει μια ρεαλιστική ψευδαίσθηση της απόστασης και βάθος. Πρέπει αυτό να συμβαίνει ομαλά.

2. Ηχητικός Κώνος : Όταν ένας άνθρωπος μιλάει και είναι στραμμένος προς τον ακροατή ακούγεται δυνατότερα από όταν στραφεί προς αλλού. Αυτό οφείλεται στην ύπαρξη ενός ηχητικού κώνου που ξεκινάει από την πηγή και που οι ήχοι είναι δυνατότεροι εντός αυτού. Κατά την περιστροφή της πηγής πρέπει αυτή η μεταβολή στην ένταση να είναι ομαλή.

3. Φαινόμενο Doppler : Η μεταβολή της συχνότητας ενός ήχου καθώς αλλάζει η απόσταση μεταξύ της πηγής και του ακροατή. Αυτή η μεταβολή πρέπει να είναι ομαλή.

4. Χρωματισμός : Η ποιότητα ενός ήχου και η χροιά του αλλάζουν καθώς αλλάζει η θέση του. Πρέπει η χροιά να παραμένει πάντα φυσική.

5. Σταθερότητα των ηχητικών ειδώλων : Ίσως το σημαντικότερο χαρακτηριστικό για τον έλεγχο της ποιότητας της εγγραφής μας.

6. Θέση ακρόασης : Πόσο πλατιά είναι η θέση που μπορεί να βρεθεί ο ακροατής χωρίς να χαθεί το φαινόμενο του τρισδιάστατου ήχου δηλαδή το “sweet spot”.

7. Συνολική εντύπωση ακρόασης :

16. ΑΝΑΦΟΡΕΣ

[1] "The Essentials Book 2005". (2005, March). *Future Music 159*.

[2] Νηστικάκης, Μ. Στερεοφωνικές Τεχνικές Μικροφώνων. *Σημειώσεις Μουσικής Τεχνολογίας 2.* Τμήμα Μουσικής Επιστήμης και Τέχνης, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας. Θεσσαλονίκη.

[3] *H2 – PRO Surround Sound Microphone User Guide.* (2004).. HOLOPHONE, Rising Sun Productions Limited, Toronto, Ontario, Canada. Available: <http://www.holophone.com/images/holophone_guide.pdf>

[4] Bartlett, B. (1999). *Stereo Microphone Techniques,* Cassette House. Available: <http://www.tape.com/Bartlett_Articles/stereo_microphone_techniques.html>.

[5] Beheng, D. (2002, March 14). *Stereo Recording Techniques,* Deutsche Welle Radio Training Centre. Available: <http://www9.dw-world.de/rtc/infotheque/ stereo/stereo_recording.pdf>.

[6] Eargle, J. M. (1999). *Μουσική Ακουστική Τεχνολογία*. 2η έκδοση, Αθήνα: Εκδόσεις «ΙΩΝ».

[7] Δώδης, Δ. (2001). *Ηχοληψία – Η Δημιουργία με τη Σύγχρονη Τεχνολογία*. 3η έκδοση. Αθήνα: Εκδόσεις «ΙΩΝ».

[8] Huber, D. M., Runstein, R. E. (1997). *Modern Recording Techniques.* Fourth Edition, Focal Press.

[9] Huber, D. M., Williams, P. (1998). *Professional Microphone Techniques.* Vallejo, CA: MixBooks.

[10] Καρακίτσιος, Χ. (2001). *Οργάνωση και Χειρισμός Ηχητικών Συστημάτων (Ρ.Α.)*. Αθήνα: Εκδόσεις «ΙΩΝ».

[11] Κόνιαρη, Δ. (2003-2004). *Σημειώσεις Ψυχοακουστικής: Μάθημα 7ο*. Τμήμα Μουσικής Επιστήμης και Τέχνης, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας. Θεσσαλονίκη.

[12] Malham, D.G. (1998). *Spatial Hearing Mechanisms and Sound Reproduction.* Music Technology Group, University of York. England. Available: < http://www.york.ac.uk/inst/mustech/3d_audio/ambis2.htm>.

[13] Nynad, M., Brixen, E.D., Støve M. (2003). *Miking with DPA Microphones – A workshop in Surround Miking.* DPA Microphones workshop on mic techniques for multichannel audio. AES 24th International Conference in Banff, Canada. Available: <http://www.dpamicrophones.com/Images/DM01488.pdf>

[14] Robjohns, H. (1997, February). Stereo Microphone Techniques Explained Part1. *Sound on Sound.* Available: <http://www.soundonsound.com/sos/1997_articles/feb97/stereomiking.html>.

[15] Robjohns, H. (1997, March). Stereo Microphone Techniques Explained Part2. *Sound on Sound.* Available: <http://www.soundonsound.com/sos/1997_articles /mar97/stereomictechs2.html>.

[16] Rumsey, F., McCormick, T. (2002). *Sound and Recording: An Introduction.* Fourth Edition. Focal Press.

[17] *Microphone Placement*. Web site, at: <http://www.nickspicks.com/faq-stereoplacement.htm>

[18] Πλέσσας, Α. (2003, December 13). *Ηχογράφηση Binaural.* Web site, at : <http://www.aplessas.gr/rec.html>

[19] *Overview of Stereophonic Recording Techniques*. SCHOEPS Mikrofone. Web site, at : <http://www.schoeps.de/PDFs/stereo-recording-techniques-e.pdf>

[20] 3D Working Group of the Interactive Audio Special Interest Group (1998, June 9). *3D Audio Rendering and Evaluation Guidelines.* MIDI Manufacturers Association Los Angeles CA.
Available: <http://www.iasig.org/pubs/3dl1v1.pdf>

[21] Malham, D.G. (1999, 7 – 8th June, Updated 2000, 4th May). *Homogeneous and Nonhomogeneous Surround Systems.* Paper presented at AES UK "Second Century of Audio" Conference, London, England. Available: <http://www.york.ac.uk/inst/mustech/3d_audio/homogeneous.htm>

[22] Burmajster, C. (2000, September). Microphone techniques for 5.1 Surround Sound. *Audio Media Magazine.* Innocent Ear Limited.
Available: < http://homepage.ntlworld.com/chris.burmajster/ 5.1%20mic%20techniques.htm>

[23] Glasgal, R.. *Realism in Music Reproduction, Part I.*
Web site, at: < http://www.ambiophonics.org/realism1.htm>

[24] *Optimized Cardioid Triangle*. SCHOEPS Mikrofone.
Web site, at : <http://www.schoeps.de/PDFs/oct-e.pdf>

[25] Theile, G.,Wittek, H, Reisinger, M.. *Potential Wavefield Synthesis Applications In The Multichannel Stereophonic World.* AES 24th International Conference on Multichannel Audio.
Available:
< http://www.irt.de/wittek/hauptmikrofon/Banff_WFS_Theile_et_al.pdf>