

## Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής

---

### Πτυχιακή Εργασία

Θέμα |

Το «πολυκαναλικό στέρεο», τα μορφότυπα  
και η παραγωγή (ηχογράφηση/μίξη)

Επιβλέπων καθηγητής | Δημήτριος Ξενικάκης  
Σπουδαστής | Ιάσων Θεοφάνου

## Περιεχόμενα

---

|                                                                                                         |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....</b>                                                                                 | <b>1</b>  |
| <b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....</b>                                                                                   | <b>5</b>  |
| <b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>                                                                                    | <b>6</b>  |
| <b>2 ΑΠΟ ΤΟ «ΜΟΝΟ» ΣΤΟ «SURROUND» .....</b>                                                             | <b>7</b>  |
| 2.1 Το «Μονο» ή «Monophony» .....                                                                       | 8         |
| 2.2 Το «Stereo» ή «Stereophony» .....                                                                   | 8         |
| 2.3 Η πρώτη στερεοφωνική μετάδοση .....                                                                 | 9         |
| 2.4 Τα πειράματα των εργαστηρίων Bell και του Alan Blumlein .....                                       | 9         |
| 2.5 Η προσέγγιση των εργαστηρίων Bell .....                                                             | 10        |
| 2.6 Η προσέγγιση του Blumlein .....                                                                     | 11        |
| 2.7 Binaural Stereo .....                                                                               | 11        |
| 2.8 Cinema Stereo .....                                                                                 | 13        |
| 2.9 Το Ambiphonic του Keibs .....                                                                       | 14        |
| 2.10 Quadraphonic Sound .....                                                                           | 14        |
| 2.11 Το Home Cinema .....                                                                               | 14        |
| <b>3 ΨΥΧΟΑΚΟΥΣΤΙΚΗ .....</b>                                                                            | <b>15</b> |
| 3.1 Ο ορισμός .....                                                                                     | 15        |
| 3.2 Ο μηχανισμός προσδιορισμού κατεύθυνσης (Localization) .....                                         | 16        |
| 3.3 Η Ελάχιστη γωνία ακουστότητας (Minimal Audible Angle) .....                                         | 17        |
| 3.4 Το «Summing Localization», τα «Phantom Sources» και ο έλεγχος αυτών .....                           | 17        |
| 3.5 Χωρική ακοή (Spatial Hearing) με πολλαπλές πηγές ήχου σε κλειστούς χώρους ..                        | 18        |
| 3.6 Οι τρεις φάσεις του φαινομένου προτεραιότητας (Precedence effect) υπό την παρουσία ανακλάσεων ..... | 19        |
| 3.7 Μερικά συμπεράσματα... ..                                                                           | 20        |
| <b>4 ΤΟ ΣΤΕΡΕΟ 3-2 ΚΑΙ ΤΑ ΜΟΡΦΟΤΥΠΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ.....</b>                                                   | <b>22</b> |
| 4.1 Η υπόδειξη ITU-R BS 775 .....                                                                       | 22        |

## Περιεχόμενα

---

|                                                                               |           |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.1.2 Ο χώρος ακρόασης.....                                                   | 23        |
| 4.1.3 Τα ηχεία.....                                                           | 23        |
| 4.1.4 Προαιρετικό κανάλι ενίσχυσης χαμηλών (LFE) .....                        | 24        |
| 4.1.5 Διεύρυνση ζώνης ακρόασης .....                                          | 25        |
| 4.1.6 Οι περιορισμοί των συστημάτων αναπαραγωγής «3-2-1 στέρεο» ή «5.1» ..... | 26        |
| <b>4.2 Οι τεχνολογίες κωδικοποίησης και διανομής.....</b>                     | <b>26</b> |
| 4.2.1 Διαχωρισμοί κωδικοποιητών .....                                         | 26        |
| <b>4.3 Τα «Matrixed» μορφότυπα .....</b>                                      | <b>27</b> |
| 4.3.1 Dolby Surround .....                                                    | 27        |
| 4.3.2 Dolby Pro Logic II.....                                                 | 28        |
| 4.3.2 SRS Labs Circle Surround .....                                          | 28        |
| <b>4.4 Τα «Discrete» ψηφιακά μορφότυπα .....</b>                              | <b>29</b> |
| 4.4.1 Dolby Digital.....                                                      | 29        |
| 4.4.2 Dolby Digital EX.....                                                   | 30        |
| 4.4.3 Dolby Digital Plus.....                                                 | 31        |
| 4.4.4 Dolby TrueHD.....                                                       | 31        |
| 4.4.5 DTS.....                                                                | 32        |
| 4.4.5 DTS ES .....                                                            | 32        |
| 4.4.6 DTS-HD Master Audio .....                                               | 33        |
| <b>4.5 MLP.....</b>                                                           | <b>33</b> |
| <b>4.6 Λίγα λόγια για το «THX»... ..</b>                                      | <b>33</b> |
| <b>5 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ .....</b>                                            | <b>34</b> |
| <b>5.1 Τεχνικές δικάναλικού στέρεο.....</b>                                   | <b>35</b> |
| 5.1.1 AB Stereo.....                                                          | 35        |
| 5.1.2 XY Stereo.....                                                          | 36        |
| 5.1.3 MS Stereo .....                                                         | 36        |
| 5.1.4 ORTF.....                                                               | 38        |
| 5.1.5 Ψευδο-αμφιωτική (Pseudo – Binaural).....                                | 38        |
| 5.1.6 Σύνοψη δικάναλικών διατάξεων.....                                       | 39        |
| <b>5.2 Πολυκαναλικές τεχνικές μικροφώνων .....</b>                            | <b>40</b> |
| 5.2.1 Συμπτωτικά μικρόφωνα (Coincident Microphones) .....                     | 41        |
| 5.2.2 Ημι-συμπτωτικά μικρόφωνα (Near- coincident microphones) .....           | 43        |
| 5.2.3 Ψευδο-αμφιωτική τεχνική.....                                            | 46        |
| 5.2.4 Απομακρυσμένα μικρόφωνα (Spaced microphones ) .....                     | 47        |
| 5.2.5 Σύνοψη.....                                                             | 48        |
| <b>5.3 Free Miking.....</b>                                                   | <b>49</b> |
| <b>6 ΤΑ ΣΤΟΥΝΤΙΟ ΚΑΙ Ο ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ .....</b>                                   | <b>50</b> |
| <b>6.1 Είδη και χρήσεις των πολυκαναλικών στούντιο.....</b>                   | <b>50</b> |
| 6.1.2 Διαφορές δικάναλικων και πολυκαναλικών δωματίων μίξης.....              | 51        |
| 6.2 Τα ηχεία των πολυκαναλικών εφαρμογών .....                                | 52        |
| 6.2.1 Οι προδιαγραφές διάταξης ηχείων.....                                    | 52        |

## Περιεχόμενα

---

|                                                                              |           |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>6.3 Ο εξοπλισμός .....</b>                                                | <b>54</b> |
| 6.3.1 Η Κονσόλα .....                                                        | 54        |
| 6.3.2 Περιφερειακοί επεξεργαστές .....                                       | 56        |
| <b>6.4 Χρησιμοποιώντας συμβατικό εξοπλισμό σε πολυκαναλικές μίξεις .....</b> | <b>57</b> |
| <b>7 ΜΙΞΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΛΙΚΟΥ ΣΕ ΠΟΛΥΚΑΝΑΛΙΚΟ ΣΤΕΡΕΟ .....</b>            | <b>59</b> |
| <b>7.1 Τα εμπρόσθια κανάλια (Front Channels) .....</b>                       | <b>60</b> |
| <b>7.2 Τα πίσω κανάλια (Surround channels) .....</b>                         | <b>60</b> |
| <b>7.3 Υπογούφερ ή κανάλι LFE; .....</b>                                     | <b>61</b> |
| <b>7.4 Η τέχνη του « Panning».....</b>                                       | <b>61</b> |
| 7.4.1 Panners .....                                                          | 62        |
| 7.4.2 Οι νόμοι του panning (Panning Laws).....                               | 63        |
| <b>8 ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ .....</b>                                             | <b>65</b> |
| <b>8.1 Λίγα λόγια περί της διαδικασίας.....</b>                              | <b>66</b> |
| <b>8.2 Το πρότυπο και ο εξοπλισμός .....</b>                                 | <b>66</b> |
| <b>8.3 Το μουσικό κομμάτι .....</b>                                          | <b>67</b> |
| <b>8.4 Περιγραφή της μίξης .....</b>                                         | <b>67</b> |
| <b>8.5 Το πρότυπο διανομής .....</b>                                         | <b>68</b> |
| <b>8.5 Συμπεράσματα επί του πρακτικού μέρους.....</b>                        | <b>69</b> |
| <b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....</b>                                                       | <b>70</b> |
| <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>                                                    | <b>71</b> |

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου Δ. Ξενικάκη, τον Δημήτρη Σταματάκο (AV Mentor), τον Νίκο Λάβδα (Kiwi Studio), τον Θωδορή Κοντάκο για την παραχώρηση του μουσικού υλικού, τους Γιάννη Καραμήτρο και Θεόφιλο Μποτονάκη για την παραχώρηση εξοπλισμού, τον Μάνο Κουμή και την Όλγα Μπαλαούρα για την διόρθωση των κειμένων.

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

---

Στην παρορούσα εργασία αναλύονται οι ψυχοακουστικοί μηχανισμοί στους οποίους βασίζεται πολυκαναλικό στέρεο (Multichannel Stereo) , όπως επίσης και θέματα που σχετίζονται με την τοποθέτηση των ηχείων, τις τεχνολογίες κωδικοποίησης και διανομής πολυκαναλικού στέρεο. Επίσης, αναφέρονται όλες οι επιστημονικά τεκμηριωμένες τεχνικές μικροφώνων για λήψη πολυκαναλικού στέρεο ηχητικού πεδίου, οι απαιτούμενες προδιαγραφές ενός στούντιο για παραγωγή πολυκαναλικού ήχου, ο περιφερειακός εξοπλισμός και οι τεχνικές μίξης μουσικού κομματιού σε πολυκαναλικό μορφότυπο.

Τέλος, συμπεριλαμβάνεται περιγραφή του πρακτικού μέρους της εργασίας με αντικείμενο το «remixing». Την μετατροπή δηλαδή, ενός κομματιού που έχει ηχογραφηθεί με προορισμό την αναπαραγωγή σε στέρεο 2-0 πρότυπο, σε συμβατό υλικό για το μορφότυπο στέρεο 3-2.

# 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

Η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας τις τελευταίες δεκαετίες στους τομείς της ηχογράφησης και της αναπαραγωγής, δημιούργησε το περιθώριο για περαιτέρω ανάπτυξη της εμπειρίας κατά την ακρόαση. Η κοινώς αντιληπτή ποιότητα αναπαραγωγής του ήχου από το κοινό δεν αποτελεί πια πρόβλημα, καθώς η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει ξεπεράσει βασικά τεχνικά προβλήματα του παρελθόντος, που επηρέαζαν αρνητικά διάφορα χαρακτηριστικά της ποιότητας του ήχου, όπως για παράδειγμα το λόγο σήματος προς θόρυβο, το φάσμα και το δυναμικό εύρος.

Είναι γεγονός, λοιπόν, ότι η ποιότητα των συστημάτων ηχογράφησης αλλά και αναπαραγωγής σήμερα μπορεί να είναι σε τόσο καλό επίπεδο, όσο χρειάζεται για να αναπαραστήσουν το εύρος συχνότητας και δυναμικής που μπορεί να αντιληφθεί το ανθρώπινο σύστημα ακοής. Ωστόσο, πριν την έλευση της τεχνολογίας των πολυκαναλικών συστημάτων ήχου (Multichannel Audio), η ποιότητα της χωρικής αίσθησης του ήχου κατά την αναπαραγωγή ήταν ίσως η μόνη αμφισβητούμενη παράμετρος.

Η επανάσταση της οικιακής διασκέδασης (Home Entertainment) στα μέσα της δεκαετίας του 1990 επικεντρώθηκε κυρίως στην ιδέα του οικιακού κινηματογράφου, που παράλληλα αποτέλεσε την αιτία της διάδοσης των πολυκαναλικών συστημάτων ήχου, γνωστών στο κοινό με τον γενικό τίτλο «Surround». Φυσικά, μεγάλο ρόλο έπαιξε και η δυνατότητα παραγωγής ψηφιακών επεξεργαστών σήματος (DSP) σε χαμηλό κόστος, όπως και η εξέλιξη των οπτικών μέσων αποθήκευσης σαν το DVD, που είχε την δυνατότητα αποθήκευσης βίντεο και πολυκαναλικού ήχου. Παράλληλα με την άνθηση του οικιακού κινηματογράφου δόθηκε η ευκαιρία της ανάπτυξης των πολυκαναλικών στέρεο παραγωγών μουσικής. Είναι αποδεκτό ότι τα πολυκαναλικά συστήματα αναπαραγωγής οικιακού κινηματογράφου δεν είναι απόλυτα συμβατά με τις απαιτήσεις των μουσικών εφαρμογών, ωστόσο είναι αποδεκτό και το γεγονός ότι δεν είναι εφικτό στις περισσότερες περιπτώσεις να εγκαθίστανται δύο διαφορετικά συστήματα.

Στις μουσικές εφαρμογές η τεχνολογία των πολυκαναλικών συστημάτων χρησιμοποιείται για την δημιουργία πιο ρεαλιστικού ηχητικού πεδίου κατά μία κοινή εφαρμογή, ενώ παράλληλα αποτελεί και ένα νέο μορφότυπο δημιουργίας, που καταρρίπτει τα «στενά» όρια των συμβατικών στέρεο συστημάτων.

# 2

## Από το «Mono» στο «Surround»

---

Είναι λίγο τολμηρό κανείς να κάνει μία τόσο μεγάλη αναδρομή, που να περιλαμβάνει ουσιαστικά την γέννηση και την εξέλιξη της τεχνολογίας του ήχου έως τις μέρες μας, καθώς η ίδια η ιστορία και μόνο μπορεί να αποτελέσει τόμους ολόκληρους. Φυσικά, είναι περιττό να σημειωθεί ότι δεν αποτελεί το αντικείμενο της εν λόγω εργασίας, αλλά μία μικρή αναφορά στο παρελθόν πάντα βοηθά για να σκιαγραφήσουμε, έστω και χονδρικά την προέλευση της ιδέας του περιβάλλοντος ήχου (Surround sound).

Εντύπωση προκαλεί το γεγονός ότι οι πρώτες προσπάθειες για την επίτευξη του «χωρικού διαχωρισμού» των πηγών ήχου, ώστε οι ακροατές να έχουν μία πολυδιάστατη αντίληψη του ήχου σημειώνονται ήδη τον 16<sup>ο</sup> αιώνα. Πολύ πριν, δηλαδή, από τις πρώτες επιτυχημένες προσπάθειες καταγραφής και αναπαραγωγής ήχου του Édouard-Léon Scott de Martinville<sup>1</sup> και αργότερα του Thomas Alva Edison<sup>2</sup>. Το 1585 περίπου, ο Φλαμανδός συνθέτης Adrian Willaert<sup>3</sup> είναι γνωστό ότι τοποθετούσε δεξιά και αριστερά χορωδίες για αντιφωνική ερμηνεία, συνταιριάζοντας στις αντίστοιχες πλευρές από ένα Chamber Organ. Αρκετά χρόνια αργότερα, το 1830 έχουμε την εξέλιξη της εν λόγω διάταξης της ορχήστρας αριστερά-δεξιά (L-R) από τον συνθέτη της ρομαντικής περιόδου, Louis Hector Berlioz. Στο έργο «Symphonie fantastique» υπήρχε οδηγία που τοποθετούσε ένα όμποε εκτός σκηνής για να υποδηλώσει την έννοια της απόστασης. Ακόμη πιο έντονο παράδειγμα αποτελεί το Requiem (1837) του ίδιου συνθέτη, όπου χρησιμοποίησε τέσσερις ορχήστρες χάλκινων στις τέσσερις διευθύνσεις του ορίζοντα για να δώσει έμφαση στην αντίληψη του χώρου. Μάλιστα, οι τέσσερις αυτές ορχήστρες είχαν διαφορετική ενορχήστρωση και η πρακτική αυτή αποτέλεσε την απαρχή του ζητήματος της κατανομής των πηγών σε πολλαπλά ακουστικά κανάλια.

---

<sup>1</sup> Πρόκειται για το πρώτο άτομο που ηχογράφησε ήχο το 1859. Επινόησε την συσκευή με όνομα «phonograph»

<sup>2</sup> Ανέπτυξε την διάσημη συσκευή «Phonograph» το 1877 που ηχογραφούσε και αναπαρήγαγε ήχο. Μία επαναστατική συσκευή που αργότερα μπήκε και σε μαζική παραγωγή.

<sup>3</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Adrian\\_Willaert](http://en.wikipedia.org/wiki/Adrian_Willaert)



### 2.1 Το «Mono» ή «Monophony»

Ο όρος «mono» ή «monophony» αναπαριστά το τυπικό σύστημα αναπαραγωγής που αποτελείται από ένα και μόνο κανάλι ήχου. Βέβαια, πρέπει να ξεκαθαρίσουμε ότι υπάρχουν μονοφωνικά συστήματα που μπορεί να τροφοδοτούνται από πολλαπλά μικρόφωνα, τα σήματα των οποίων όμως «μιγνύονται» σε ένα κοινό και μοναδικό κανάλι. Φυσικά, το ίδιο ισχύει και για εφαρμογές με πολλαπλά ηχεία, που επίσης αναπαράγουν ακριβώς το ίδιο σήμα από ένα κοινό κανάλι. Οι μόνες χωρικές ενδείξεις, που είναι πιθανόν να αναπαρασταθούν από το πρότυπο, είναι η υπόνοια της απόστασης και του βάθους που δίδεται μέσω της αντήχησης. Μονοφωνικά ήταν τα πρώιμα συστήματα καταγραφής αναπαραγωγής του 19<sup>ου</sup> αλλά και 20<sup>ου</sup> αιώνα. Βέβαια, γνωρίζουμε ότι το πρότυπο «mono» υποστηρίζεται ακόμα και στις μέρες μας από τα συστήματα αναπαραγωγής, ενώ χρησιμοποιείται ακόμη στις AM ραδιοφωνικές εκπομπές, αλλά και σε αναλογικές τηλεοπτικές αναμεταδώσεις.

### 2.2 Το «Stereo» ή «Stereophony»

Προτού προχωρήσουμε στην περαιτέρω ανάλυση του πρωτοκόλλου για πληρέστερη κατανόηση, έχει νόημα να αναλύσουμε το νόημα που κρύβεται πίσω από την λέξη «Stereo», ή σωστότερα «Stereophony». Η βεβαιότητα της γνώσης ότι το «Mono» ή «Monophonic» σημαίνει ένα ή μονοφωνικό, οδηγεί συνήθως το κοινό στην λανθασμένη εντύπωση ότι το «Stereo» ή «Stereophony» σημαίνει «δύο» ή «διπλό», ή απλώς το σύστημα το οποίο περιλαμβάνει αποκλειστικά δύο κανάλια (διαφορετικά μεταξύ τους). Κάτι φυσικά που δεν ισχύει, ακόμα και αν αναλύσουμε τους όρους «Mono» και «Stereo». Για μας που είμαστε Έλληνες είναι πιο εύκολο να καταλάβουμε ότι οι εν λόγω όροι προέρχονται από το Ελληνικό λεξιλόγιο.

Σύμφωνα λοιπόν και με το λεξικό Hyper-Lexicon<sup>4</sup>, η λέξη «mono» προέρχεται από την ελληνική λέξη «μόνος», χρησιμοποιείται ως α' συνθετικό λέξεων και είναι δηλωτικό του απλώς, μόνος και ένας.

Όσο για το «Stereo» γνωρίζουμε ότι πρόκειται για την κοινή συντετμημένη ονομασία του «Stereophony» ή «Sterophonics». Σύμφωνα με το ίδιο λεξικό η ετυμολογία της λέξης έχει ως εξής: stereo- + phon(o)- + -ic. Το α' συνθετικό (stereo) προέρχεται από την ελληνική λέξη στερεός και σύμφωνα με την ηλεκτρονική έκδοση του «Μεζονος Ελληνικού Λεξικού»<sup>4</sup>, η γεωμετρική ερμηνεία της λέξης αναφέρει ότι είναι κάθε σχήμα με τρεις διαστάσεις στο χώρο<sup>5</sup>.

Ο όρος «Stereophony» λοιπόν, αναφέρεται στην τεχνολογία που χρησιμοποιεί δύο ή περισσότερα κανάλια ήχου και είναι ικανή κατά την αναπαραγωγή να προσφέρει «τριδιάστατη» αίσθηση χώρου αλλά και τις θέσεις των πηγών σε αυτόν<sup>7</sup>.

Ως εκ τούτου, δεν είναι λανθασμένη η θεώρηση ότι τα διαφορά είδη «Surround» αποτελούν την εξέλιξη του δικαναλικού στέρεο<sup>6</sup>. Κατά την διεθνή ορολογία είναι πολύ συχνή η αναφορά στις διάφορες διατάξεις των καναλιών-ηχείων κατά τον τύπο «**n-m stereo**», όπου το «n» εκφράζει το πλήθος των εμπρόσθιων καναλιών και το «m» το πλήθος των οπίσθιων ή πλευρικών<sup>7</sup>. Δηλαδή, το γνωστό στο κοινό ως «Stereo» συμβολίζεται από την επιστημονική νομενκλατούρα ως «**2-0 stereo**», ενώ το γνωστό πεντακαναλικό πρότυπο συμβολίζεται ως «2-3 stereo».

Γενικά, τα στέρεο πρότυπα που περιλαμβάνουν πάνω από 2 κανάλια αναφέρονται με τον γενικό όρο ως πολυκαναλικό στέρεο ή «multi-channel stereo».

---

<sup>4</sup> Σταφυλίδης, Hyper-lexicon, Έκδοση 1997, Εκδόσεις «Σταφυλίδη»

<sup>5</sup> Τεγόπουλος-Φυτράκης, Μεζον Ελληνικό Λεξικό, Ηλεκτρονική έκδοση v.1, 1997, Εκδόσεις «Αρμονία ΑΕ»

<sup>6</sup> Christian Birkner, Practical Recording 5 Surround Sound, Αγγλική Έκδοση 2004, Εκδόσεις «SMT», σελ. 10

<sup>7</sup> Francis Rumsey, Spatial Audio, 1<sup>η</sup> Έκδοση 2001, Εκδόσεις «Focal Press» σελ.52

### 2.3 Η πρώτη στερεοφωνική μετάδοση

Η πρώτη στερεοφωνική μετάδοση σημειώνεται στην βιβλιογραφία<sup>8</sup> το 1881. Πρόκειται για μία εφαρμογή που έκανε ο Clément Ader<sup>9</sup>, στο πλαίσιο της διεθνούς έκθεσης του Παρισιού το 1881. Είχε τοποθετήσει μικρόφωνα από τηλεφωνικά ακουστικά κατά μήκος της σκηνής της όπερας και είχε αντιστοιχήσει τις εξόδους σε ζεύγη τηλεφωνικών ακουστικών. Οι επισκέπτες της έκθεσης είχαν την δυνατότητα να ακούσουν ζωντανά εξ' αποστάσεως μέσω του τηλεφωνικού δικτύου το μουσικό δρώμενο στερεοφωνικά (!) από ζεύγος τηλεφωνικών ακουστικών. Το σύστημα είχε ονομαστεί «théâtrophone»<sup>10</sup> και σημειώνεται ως το πρώτο σύστημα μετάδοσης δικαναλικού ήχου που περιείχε χωρικές πληροφορίες.



**Εικόνα 1:** Μία λιθογραφία του 1896 που απεικονίζει μία κυρία που χρησιμοποιεί το «θεατρόφωνο»<sup>11</sup>.

### 2.4 Τα πειράματα των εργαστηρίων Bell και του Alan Blumlein

Ενώ τα πρώτα πειράματα επί της στερεοφωνίας σημειώνονται ήδη το 1881, η επιστημονική κοινότητα ασχολήθηκε σοβαρά με την τεχνολογία 50 χρόνια αργότερα. Στις αρχές της δεκαετίας του 1930 στις Η.Π.Α ο Harvey Fletcher μαζί με μια ομάδα επιστημόνων των εργαστηρίων Bell ξεκινούν μελέτες. Την ίδια ακριβώς περίοδο ο Βρετανός επιστήμονας Alan Blumlein υπό την στέγη της EMI (Electric and Musical Industries) ξεκινάει τις δικές του έρευνες στο πεδίο του στερεοφωνικού ήχου. Το ενδιαφέρον είναι ότι οι παράλληλες έρευνες δημιούργησαν δύο διαφορετικές «σχολές», με την διαφορά να βασίζεται ουσιαστικά στην διαφορετική θεωρία του τρόπου ανασύνθεσης του κυματομετόπου. Βέβαια, και οι δύο «σχολές» βασίστηκαν στην αρχή του Nyquist που αναφέρει ότι *η διάδοση ενός σφαιρικού κυματομετόπου από μία σημειακή πηγή μπορεί να αναλυθεί σε ένα σύνολο ισοφασικών κυμάτων, όπου κάθε σημείο αυτών μπορεί να*

<sup>8</sup> Francis Rumsey, Spatial Audio, 1<sup>η</sup> Έκδοση 2001, Εκδόσεις «Focal Press» σελ.10

<sup>9</sup> Ο Clément Ader (1841-1925) ήταν Γάλλος μηχανικός που εγκατέστησε το πρώτο τηλεφωνικό δίκτυο του Παρισιού.

<sup>10</sup> <http://en.wikipedia.org/wiki/Théâtrophone> (Πρόσβαση 12-08-09)

<sup>11</sup> Πηγή φωτογραφίας: <http://en.wikipedia.org/wiki/Théâtrophone>

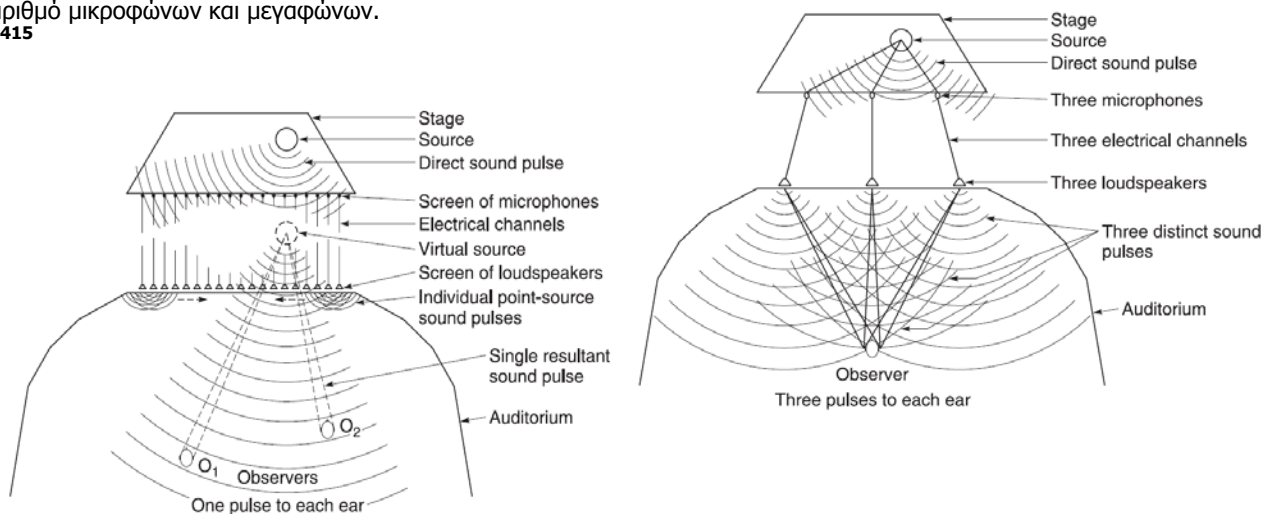
## Από το «Μono» στο «Surround»

θεωρηθεί ως πηγή κύματος. Τα εργαστήρια Bell προέβησαν σε μία «macro» προσέγγιση για την αναπαραγωγή αυτών των κυματομετώπων, ενώ ο Blumlein σε μία «micro»<sup>12</sup> προσέγγιση. Η κάθε μία από αυτές, όπως απέδειξε η ιστορία, βρήκε εφαρμογή σε διαφορετικό τομέα.

### 2.5 Η προσέγγιση των εργαστηρίων Bell

Η προσέγγιση των εργαστηρίων Bell βασίστηκε σε μία υπόθεση η οποία υποστήριζε το εξής: Ο ακροατής θα μπορούσε να διαχωριστεί από την ηχητική πηγή, αν στο ενδιάμεσο παρεμβάλλονταν μία «κουρτίνα» από άπειρα μικρόφωνα (γραμμικά στην απόκρισή τους), τα οποία δρομολογούνταν σε μία αντίστοιχη «κουρτίνα» με αντίστοιχο αριθμό ανεξάρτητων ηχείων στο χώρο ακρόασης. Κατά την υπόθεση αυτή, το μέτωπο του κύματος ήχου μπορεί να διαπεράσει αυτές τις υποθετικές «κουρτίνες» και να διαδοθεί από το χώρο της πηγής ήχου σε έναν άλλο χώρο ακρόασης χωρίς να χάσει καμία από τις αρχικές του πληροφορίες<sup>13</sup> (Εικόνα 2). Φυσικά, μία τέτοια εφαρμογή δεν μπορεί να εφαρμοστεί στον πραγματικό κόσμο. Έτσι, οι κύριοι Steinberg και Snow 1934 κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η προαναφερθείσα θεωρία θα μπορούσε να βρει εφαρμογή μειώνοντας τον αριθμό των μικροφώνων και των ηχείων μόλις στις τρεις μονάδες (Εικόνα 3). Δηλαδή, με τρία κανάλια (τρία μικρόφωνα να αντιστοιχούν σε τρία ηχεία). Επίσης παρατήρησαν ότι μειώνοντας τα κανάλια είχαν αλλοίωση της στερεοφωνικής εικόνας. Δεν γνώριζαν όμως ότι ο Blumlein τρία χρόνια νωρίτερα είχε δείξει μία μέθοδο για δύο ηχεία...

**Εικόνα 2:** Το σχήμα της αρχικής υπόθεσης με τον άπειρο αριθμό μικροφώνων και μεγαφώνων.  
1415



^ **Εικόνα 3:** οι κυριοι Steinberg και Snow 1934 κατέληξαν στο συμπέρασμα, κατόπιν πειραμάτων, ότι 3 κανάλια αρκούσαν για ικανοποιητικά αποτελέσματα. Αργότερα, ο Snow συμπλήρωσε ότι οι δύο περιπτώσεις αυτές διαφέρουν τελείως, καθώς η εφαρμογή με τα λιγότερα κανάλια δεν βασίζεται ακριβώς στην αναπαραγωγή του αρχικού κυματομετώπου αλλά εξαρτάται από το φαινόμενο προπορείας

<sup>12</sup> Robert Anderson, Surround Sound Recording: Is it Worth it?, Έκδοση 2007, Dpt of Music and Performing Arts Professions, Steinhart School NYU, σελ. 7

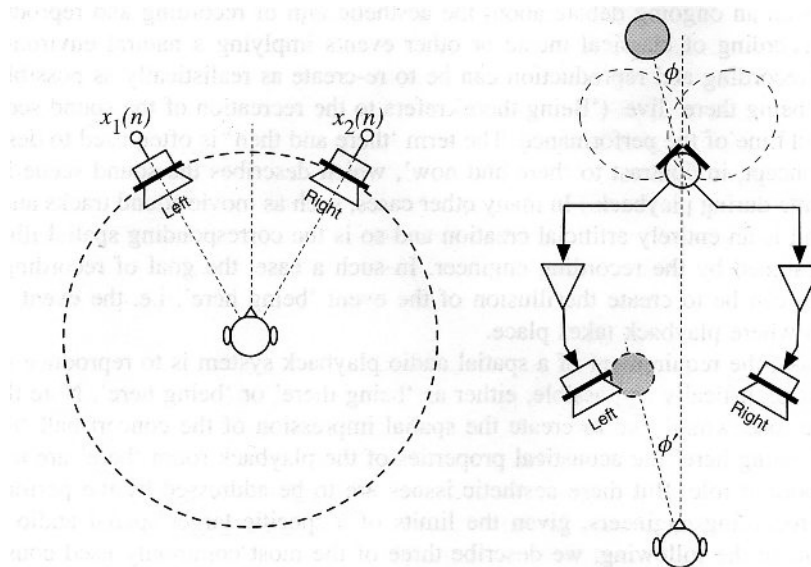
<sup>13</sup> Robert Anderson, Surround Sound Recording: Is it Worth it?, Έκδοση 2007, Dpt of Music and Performing Arts Professions, Steinhart School NYU, σελ. 8

<sup>14</sup> Πηγή φωτογραφίας: Francis Rumsey, Spatial Audio, 1<sup>η</sup> Έκδοση 2001, Εκδόσεις «Focal Press» σελ.11

<sup>15</sup> Πηγή φωτογραφίας: Francis Rumsey, Spatial Audio, 1<sup>η</sup> Έκδοση 2001, Εκδόσεις «Focal Press» σελ.11

### 2.6 Η προσέγγιση του Blumlein

Το γεγονός ότι δύο ηχεία αρκούν για την δημιουργία στερεοφωνικής εικόνας αποτελεί προϊόν της πίστης του A.Blumlein. Η ειρωνεία είναι όμως ότι ο Blumlein δούλεψε εκείνη την εποχή για εφαρμογές στον ήχο του κινηματογράφου, όπου επικράτησε τελικά η τρικαναλική εφαρμογή των Bell Labs, ενώ η θεωρία του Blumlein δύο δεκαετίες αργότερα έγινε η βάση για το οικιακό «HiFi Stereo» όπως το γνωρίζουμε και σήμερα. Ο Blumlein έδειξε ότι η εισαγωγή διαφορών έντασης μεταξύ ενός ζεύγους ηχείων μπορεί να δημιουργήσει χρονικές διαφορές μεταξύ των ώτων του ακροατή (**ITD**)<sup>16</sup>, προκαλώντας με αυτών τον τρόπο την λειτουργία του ανθρώπινου ακουστικού μηχανισμού εντοπισμού της θέσης της πηγής ήχου στο χώρο. Φυσικά, ο εν λόγω μηχανισμός λειτουργεί μεταξύ των δύο ηχείων. Με άλλα λόγια, ο Blumlein είχε συλλάβει ότι με τον έλεγχο της διακαναλικής διαφοράς χρόνου **ICDT** (Inter-Channel Time Deference) ή της διακαναλικής διαφοράς στάθμης **ICLD** (Inter-Channel Level Deference), ένα ηχητικό γεγονός μπορεί να «εμφανιστεί» οπουδήποτε μεταξύ των δύο ηχείων. Πρόκειται δηλαδή, για τις λεγόμενες εικονικές πηγές (**Phantom Sources**). Φυσικά, η «πατέντα» του A.Blumlein περιλάμβανε και την αντίστοιχη διάταξη ζεύγους μικροφώνων για την λήψη του ήχου, με την γνωστή σήμερα ονομασία **coincident-pairs** (συμπίπτοντα- ζεύγη).



**Εικόνα 4:** Αριστερά βλέπουμε την τυπική διάταξη ενός δικαναλικού συστήματος ηχείων σε σχέση με τον ακροατή. Δεξιά βλέπουμε ένα ζεύγος συμπίπτοντων μικροφώνων και την αναπαραγωγή του προκύπτοντος σήματος<sup>17</sup>

### 2.7 Binaural Stereo

Δεν θα ήταν παράξενο αν κάποιος ισχυριζόταν ότι όλων των ειδών οι αναπαραγωγές του ήχου είναι «Binaural»<sup>18</sup>. Σε αυτό το συμπέρασμα καταλήγει κανείς αν μεταφράσει την λέξη «Binaural» , η οποία σημαίνει «δίωτο - διωτικό», δηλαδή ακοή με την χρήση και των δύο ώτων...

<sup>16</sup> Jeroen Breebaart & Christof Faller, Spatial Audio Processing: MPEG Surround and other Applications, Αγγλική Έκδοση 2007, Εκδόσεις WILEY, σελ. 6

<sup>17</sup> Πηγή εικόνας: Jeroen Breebaart & Christof Faller, Spatial Audio Processing: MPEG Surround and other Applications, Αγγλική Έκδοση 2007, Εκδόσεις WILEY, σελ. 6

<sup>18</sup> Francis Rumsey, Spatial Audio, 1<sup>η</sup> Έκδοση 2001, Εκδόσεις «Focal Press» σελ.13

## Από το «Μono» στο «Surround»

Στην ελληνική βιβλιογραφία όμως, ο όρος «Binaural Hearing» συναντάται ως «αμφιωτική ακοή»<sup>19</sup> και αυτός ο όρος είναι ο σωστός, καθώς ο όρος «Diotic» στην διεθνή ορολογία αναφέρεται στην περίπτωση που και στα δύο ώτα έχουμε ακριβώς το ίδιο σήμα, χωρίς κατευθυντικές ενδείξεις<sup>20</sup> (directional cues).

- **Binaural** – Ήχος που καταγράφεται και από τα δυο αυτιά, αμφιωτική ακοή
- **Diotic** – Ήχοι ακριβώς ίδιοι και στα δύο αυτιά, χωρίς κατευθυντικές πληροφορίες

Ωστόσο, ο όρος «**Binaural Stereo**» χρησιμοποιείται συνήθως για να περιγράψει τα σήματα που έχουν ηχογραφηθεί ή επεξεργαστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να αναπαριστούν τα χαρακτηριστικά πλάτους και φάσης που προκύπτουν, όταν προσπίπτει ένα ηχητικό κύμα στα δυο ανθρώπινα ώτα. Η γνωστή μέθοδος ηχογράφησης «Binaural Stereo» πραγματοποιείται με δύο παντοκατευθυντικά μικρόφωνα τοποθετημένα στα αυτιά μίας ανθρώπινης ψευδοκεφαλής (dummy head). Η μέθοδος αυτή επιτρέπει την λήψη χωρικών πληροφοριών που λαμβάνει ένας φυσιολογικός ακροατής σε ένα συγκεκριμένο σημείο. Η αναπαραγωγή μέσω ακουστικών μίας «Binaural Stereo» ηχογράφησης αναπαριστά με ικανοποιητικά ρεαλιστικό τρόπο (όχι πάντα<sup>21</sup>) τις χωρικές πληροφορίες και στις τρεις διαστάσεις που αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος. Ωστόσο, το «Binaural Stereo» δεν είναι άμεσα συμβατό με αναπαραγωγή σε ηχεία και αυτή ακριβώς η ασυμβατότητα αποτελεί έναν από τους σημαντικούς λόγους που καταδίκασε στην μη διάδοση του μορμά στο κοινό. Βέβαια, αξίζει να σημειώσουμε ότι πρόσφατα έχουν κάνει την εμφάνισή τους διάφορες επεξεργασίες σε ψηφιακό επίπεδο για προσαρμογή της «Binaural» ηχογράφησης σε ζεύγος ηχείων.

22



**Εικόνα 5:** Η γνωστή ψευδοκεφαλή της Neumann για binaural ηχογραφήσεις. Εδώ βλέπουμε το μοντέλο KU 100



**Εικόνα 6:** Έχει δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην προσημείωση του πτερυγίου του αυτιού, καθώς είναι γνωστός και ιδιαίτερος ρόλος του κατά την ακρόαση.

<sup>19</sup> Δημήτρης Σκαρλάτος, Εφαρμοσμένη Ακουστική, Έκδοση 2003, Εκδόσεις «Φιλομάθεια», σελ.389

<sup>20</sup> <http://geronj.oxfordjournals.org/cgi/content/abstract/33/5/731> (Πρόσβαση 22-09-09)

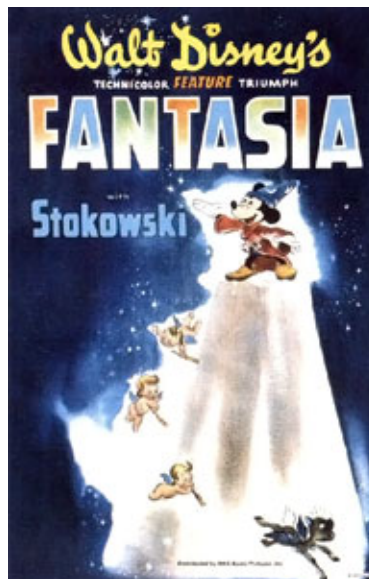
<sup>21</sup> Κατά τη αναπαραγωγή είναι πιθανό ο ακροατής να οδηγηθεί σε ανπληπτική σύγχυση, καθώς το ομοίωμα του πτερυγίου του εξωτερικού αυτιού δεν είναι πάντα συμβατό με αυτό το εκάστοτε ακροατή.

<sup>22</sup> Πηγή εικόνων 5-6,

[http://www.neumann.com/?lang=en&id=current\\_microphones&cid=ku100\\_description](http://www.neumann.com/?lang=en&id=current_microphones&cid=ku100_description) (Πρόσβαση 12-09-09).

### 2.8 Cinema Stereo

Η βιομηχανία του κινηματογράφου συνέβαλε καταλυτικά στην εξέλιξη της ηχογράφησης και αναπαραγωγής του ήχου. Οι περισσότερες ερευνητικές προσπάθειες δημιουργίας πολυκαναλικού στέρεο είχαν ως στόχο την εφαρμογή τους στον κινηματογράφο - θυμίζουμε τις έρευνες του Allan Blumlein και των εργασθηρίων Bell - και κυρίως την πρώτη κινηματογραφική ταινία με πολυκαναλικό στέρεο, «**Fantasia**» του 1940, σε μία παραγωγή της **Walt Disney**. Η ταινία κινουμένων σχεδίων «Fantasia» αποτέλεσε τον προπομπό του «Surround Sound», ενώ για την εφαρμογή του πολυκαναλικού ήχου χρησιμοποιήθηκαν προοδευτικές τεχνικές, που περιλάμβαναν δικαναλικές ηχογραφήσεις που αναπαραγόταν από μία διάταξη τριών μεγαφώνων μπροστά στην σκηνή και δύο περιφερειακά στο πίσω μέρος της αίθουσας. Μία διάταξη που θυμίζει<sup>23</sup> την σημερινή στερεο 3-2 (ή 5.1). Εν συνεχεία, κατά την δεκαετία του '50, η «**Warner Bros**» παρουσίασε πολυκαναλική εφαρμογή με τρία κανάλια μπροστά και ένα περιφερειακό. Επίσης, αντίστοιχη διάταξη είχε εφαρμόσει και η «**20<sup>th</sup> Century Fox**» σε συνδυασμό με το φορμά προβολής της, «**Cinemascope**<sup>24</sup>». Στην ακμή των κινηματογραφικών παραγωγών κατά την δεκαετία του '60, λίγο πριν η τηλεόραση δημιουργήσει οικονομικούς κραδασμούς, εμφανίστηκαν ταινίες τόσο σε φορμά 35 χιλιοστών όσο και σε φορμά 70 χιλιοστών με έξι μαγνητικά τράκς. Στις αρχές της δεκαετίας του 1970 κάνει την εμφάνισή του το διάσημο «Dolby Stereo» που κωδικοποιεί τετρακαναλικό Surround ήχο σε δύο οπτικά κανάλια ήχου στη ράχη του φιλμ των 35 χιλιοστών με την μέθοδο «Analogue Matrix». Η τεχνολογία κωδικοποίησης «Matrix» αποτέλεσε την βάση αναλογικών πολυκαναλικών Surround φορμά της «Dolby» για οικιακή χρήση το 1982. Ο λόγος για τους αποκωδικοποιητές «Dolby Pro Logic», που μονοπώλησαν μέχρι την δεκαετία του 1990 τα οικιακά συστήματα αναπαραγωγής. Η συνέχεια του πολυκαναλικού κινηματογραφικού ήχου περνάει στο ψηφιακό πεδίο, όπου καταρρίπτονται οι φραγμοί της χωρητικότητας και της κωδικοποίησης. Το νέο κεφάλαιο στην εξέλιξη του κινηματογραφικού ήχου είναι καθαρά ψηφιακό, με την μεγάλη έκρηξη της δεκαετίας του 1990 που έκαναν την εμφάνισή τους νέα πρωτόκολλα καθαρά ψηφιακά όπως το Dolby Digital, το DTS, το Sony SDDS και τα λοιπά. Οι εν λόγω τεχνολογίες αναλύονται στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο της παρούσας εργασίας.



**Εικόνα 7:** Η ταινία κινουμένων σχεδίων «Fantasia» αποτέλεσε τον προπομπό του «Surround Sound» <sup>25</sup>

<sup>23</sup> Tomlinson Holman, Surround Sound: Up and Running, Εκδοση 2<sup>η</sup> 2008, Εκδόσεις «Focal Press», σελ. 5

<sup>24</sup> Πρότυπο κινηματογράφησης και προβολής με χρήση αναμωρφικών φακών.

<sup>25</sup> Πηγή εικόνας 7, <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Fantasia-poster-1940.jpg>, (Πρόσβαση 12-12-09)

### 2.9 Το Ambiphonic του Keibs

Κατά τις δεκαετίες 1950 και 1960 υπήρχαν διάφορες πειραματικές προσπάθειες από ερευνητές που ήθελαν να διευρύνουν την ηχητική εικόνα του δικαναλικού στέρεο. Μία από τις πιο ενδιαφέρουσες προσπάθειες σημειώνεται το 1960 από του Keibs, που προτείνει ένα σύστημα αναπαραγωγής που περιλάμβανε ηχεία τοποθετημένα πίσω από των ακροατή και αναπαρήγαγαν σήματα αντηχήσεων. Μία προσέγγιση που θυμίζει αρκετά τα σημερινά Surround πρότυπα, ωστόσο δεν σημείωσε εμπορική επιτυχία.

### 2.10 Quadraphonic Sound

Το πρότυπο «Quadraphonic» το θυμάται η βιομηχανία με ανάμεικτα συναισθήματα, καθώς ήταν η πρώτη μεν, αποτυχημένη δε, προσπάθεια στην καθιέρωση ενός Surround συστήματος αναπαραγωγής για οικιακή χρήση. Η αδυναμία καθιέρωσης ενός αποδοτικού κωδικοποιητή και η ασυμβατότητα με το προϋπάρχων δικαναλικό στέρεο καταδίκασε την εμπορική επιτυχία του προτύπου. Σε αντίθεση με το «Dolby Stereo», το «Quadraphonic» δεν χρησιμοποιούσε κεντρικό κανάλι, περιλάμβανε τέσσερα ηχεία σε διάταξη τετραγώνου.

### 2.11 Το Home Cinema

Η εξέλιξη των ψηφιακών μέσων αναπαραγωγής αλλά και του ψηφιακού κινηματογραφικού ήχου έδωσε μία νέα ώθηση στην ανάπτυξη της ιδέας του περιβάλλοντος ήχου (Surround Sound). Η ιδέα του οικιακού κινηματογράφου αποτέλεσε μία από τις νέες προοπτικές εφαρμογών σε καταναλωτικό επίπεδο της τεχνολογίας του περιβάλλοντος ήχου. Μάλιστα, κατάφερε να συγκινήσει την μάζα, δημιουργώντας μία ταχέως αναπτυσσόμενη τάση που στον ειδικό τύπο αναφέρεται συχνά ως η «επανάσταση του Home Cinema». Θα μπορούσαμε να πούμε κατά μία γενική προσέγγιση πως ό,τι δεν κατάφερε να κάνει το «Quadraphonic Stereo», το κατάφερε το «Home Cinema». Έπεισε κατά ένα τρόπο το ευρύ κοινό να αλλάξει διαρρυθμισμό στο σπίτι του και να τοποθετήσει πλήθος ηχείων και νέων συσκευών.

Βέβαια, η καθιέρωση δεν είναι τυχαία, καθώς πολλά από τα τεχνικά προβλήματα της εποχής του «Quadraphonic» ανήκουν στην προϊστορία, έχουν αναπτυχθεί πλήρως ψηφιακές πλατφόρμες επεξεργασίας και αναπαραγωγής, ενώ και η επιρροή του marketing είναι πολύ πιο ισχυρή. Από την άλλη, ο κόσμος ήταν ήδη εξοικειωμένος με την εμπειρία του Surround κινηματογραφικού ήχου από τις αίθουσες προβολών.

Η αλήθεια είναι ότι ο κινηματογράφος κατάφερε να καθιερώσει τον πολυκαναλικό ήχο στην οικιακή χρήση και όχι η μουσική. Φυσικά, από την στιγμή που ήδη υπάρχει η εγκατάσταση στα σπίτια, αποτελεί παράλληλα και μία πλατφόρμα αναπαραγωγής και μουσικής. Δεδομένου και της τάσης των καταναλωτών που δεν θέλουν να επενδύσουν σε διαφορετικά συστήματα και συνήθως προτιμούν ένα σύστημα που τα κάνει όλα.

Με μία πρόχειρη εκτίμηση μπορούμε να πούμε ότι ο κινηματογράφος άνοιξε τα σαλόνια των καταναλωτών και για την μουσική βιομηχανία, η οποία μπορεί να εκμεταλλευθεί ή εκμεταλλεύθηκε παραπλεύρως την επανάσταση του «Home Cinema». Αυτή είναι μία άποψη... Οι «πιουρίστες» όμως μηχανικοί ήχου της μουσικής βιομηχανίας έχουν διαφωνήσει με την παρούσα διάταξη του συστήματος αναπαραγωγής, που είναι βασισμένη στις ανάγκες του κινηματογραφικού ήχου.

# 3

## Ψυχοακουστική

---

Κρίνεται απαραίτητο να αναφέρουμε κάποιες βασικές αρχές λειτουργίας του αντιληπτικού συστήματος της ακοής, για να κατανοηθεί καλύτερα ο τρόπος λειτουργίας των πολυκαναλικών στέρεο συστημάτων αναπαραγωγής ήχου. Βέβαια, πρέπει να αποσαφηνιστεί ότι θα αναφερθούν οι μηχανισμοί εκείνοι που σχετίζονται με την αλληλεπίδραση με τα ηχητικά συστήματα και τις ηχογραφήσεις. Συγκεκριμένα, θα αναφερθούν ζητήματα που σχετίζονται με την αλληλεπίδραση των πολυκαναλικών συστημάτων αναπαραγωγής και του ανθρώπινου μηχανισμού προσδιορισμού της κατεύθυνσης του ήχου.

### 3.1 Ο ορισμός

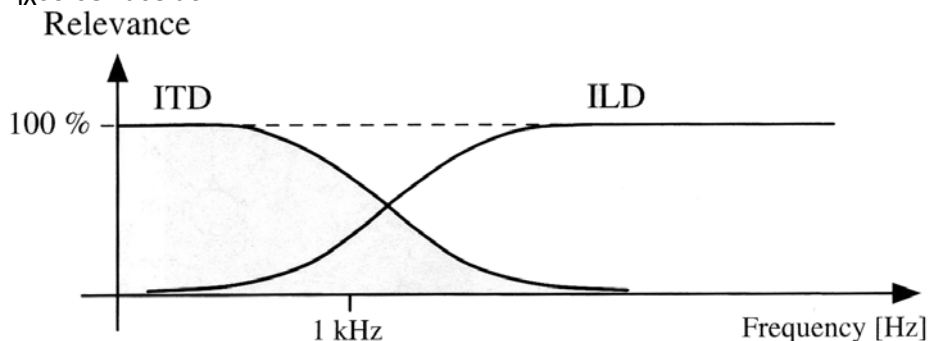
Η ψυχοακουστική (Psychoacoustics) αποτελεί τον κλάδο της ακουστικής, ο οποίος μελετά τον υποκειμενικό τρόπο με τον οποίο το ανθρώπινο σύστημα ακοής αντιλαμβάνεται τους διάφορους ήχους, συμπεριλαμβανόμενης και της μουσικής (συνειδητοποίηση της ηχητικής πληροφορίας σε γνωστικό επίπεδο). Κατά την διαδικασία της αλληλεπίδρασης ενός ηχητικού πεδίου με το ανθρώπινο σύστημα ακοής ενεργοποιείται ένας πολύπλοκος μηχανισμός μετατροπής της μηχανικής ενέργειας των ηχητικών κυμάτων σε ηλεκτρικούς παλμούς που μεταφέρονται στον εγκέφαλο. Κατά την διαδικασία αυτή λαμβάνουν χώρα διάφορα φαινόμενα, μερικά από τα οποία ενδιαφέρουν το αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας και αναφέρονται παρακάτω.



## 3.2 Ο μηχανισμός προσδιορισμού κατεύθυνσης (Localization)

Πριν εμβαθύνουμε στα φαινόμενα, έχει νόημα να ορίσουμε «σηματικά» τα μεγέθη που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Γνωρίζουμε λοιπόν ότι θεωρητικά το φάσμα ακοής του ανθρώπου εκτείνεται από τα 20Hz έως τα 20kHz. Αυτό σημαίνει ότι μπορούμε να έχουμε πιθανά μήκη<sup>26</sup> κύματος από 17m έως και 17mm. Το δεύτερο σημαντικό μέγεθος που παίζει σημαντικό ρόλο είναι η διάμετρος της ανθρώπινης κεφαλής, όπου η μέση διάμετρος ορίζεται μεταξύ 17-20cm. Όπως καταλαβαίνουμε από μία απλή σύγκριση σχηματικών μεγεθών, η ανθρώπινη κεφαλή μοιάζει με ένα πολύ μικρό «αντικείμενο» για το μήκος κύματος χαμηλών συχνοτήτων και αντίστροφα, μεγάλο για τις υψηλότερες συχνοότητες. Στην πρώτη περίπτωση, τα ηχητικά κύματα «περιτυλίγουν» με ευκολία την ανθρώπινη κεφαλή όπου παρουσιάζεται το φαινόμενο της περίθλασης και στην δεύτερη περίπτωση η ανθρώπινη κεφαλή μοιάζει με μεγάλο «αντικείμενο», λειτουργώντας περισσότερο σαν ένα φράγμα μεταξύ των δύο ωτών<sup>27</sup>. Ωστόσο, στην τελευταία περίπτωση ένα μικρό ποσοστό του ήχου περιθλάται ακόμα από το ένα αυτί στο άλλο.

Λόγω λοιπόν αυτής της διαφοράς των μεγεθών, δεν μπορεί να λειτουργήσει ένας ενιαίος μηχανισμός σε όλο το συχνοτικό φάσμα για το προσδιορισμό της κατεύθυνσης. Γενικά, οι μηχανισμοί που λειτουργούν για τον εντοπισμό κατεύθυνσης είναι οι *διαφορές χρόνου ή φάσης*, οι *διαφορές πλάτους ή διαφορές φάσματος* που σημειώνονται *μεταξύ των δύο ωτών*, όταν προσπίπτει ένα ηχητικό κύμα σε αυτά<sup>28</sup>. Στις περιοχές λοιπόν των χαμηλών συχνοτήτων λόγω των φαινομένων που αναφέρθηκαν παραπάνω, οι διαφορές πλάτους δεν μπορούν να εξιχνιαστούν από τα αισθητήρια όργανα της ακοής, οπότε μπαίνει σε λειτουργία ο μηχανισμός που βασίζεται στην διαφορά χρόνου άφιξης των ηχητικών κυμάτων μεταξύ των δύο ωτών. Πρόκειται για το **ITD** (Interaural Time Deference), δηλαδή για την ενδοωτική διαφορά χρόνου. Στην περιοχή των υψηλών συχνοτήτων όπου το μήκος κύματος αρχίζει και τείνει να είναι μικρότερο από την απόσταση μεταξύ των δύο ωτών, αρχίζει και επιδρά η διαφορά πλάτους των κυμάτων που προσπίπτουν στα δύο αυτιά. Πρόκειται για το **ILD** (Interaural Level Deference), δηλαδή την ενδοωτική διαφορά πλάτους. Ένας άλλος μηχανισμός προσδιορισμού θέσης της πηγής ήχου, ίσως και ο κυριότερος, είναι η διαφορετική γωνία με την οποία καταφθάνουν τα ηχητικά κύματα στους ακουστικούς πόρους των ωτών. Ο λόγος για την συνάρτηση μεταφοράς σχετιζόμενη με το κεφάλι (HRTF), η οποία εκφράζει την σύνθεση των ILD, IDT, της συμβολής του πτερυγίου του αυτιού, των ανακλάσεων του θώρακα και της ωμοπλάτης που διαμορφώνουν το τελικό φάσμα του ήχου που εισέρχεται στο κάθε αυτί, ενώ η διαμόρφωση αυτή εξαρτάται και από την γωνία πρόσπτωσης του κάθε ήχου σε κάθε αυτί.



**Εικόνα 8:** Διάγραμμα που αναπαριστά την συμβολή δύο διαφορετικών μηχανισμών προσδιορισμού κατεύθυνσης συναρτημένης της συχνότητας. Το φαινόμενο ονομάζεται «**Duplex Theory**», ενώ η μετάβαση από έναν μηχανισμό στον άλλον σημειώνεται περίπου στην περιοχή 1 – 2 kHz.<sup>29</sup>

<sup>26</sup> Από τον τύπο:  $\lambda=c/f$ , όπου  $c=340\text{m/sec}$  και  $f$ , η συχνότητα

<sup>27</sup> Tomlinson Holman, Surround Sound: Up and Running, Έκδοση 2η 2008, Εκδόσεις «Focal Press», σελ. 179

<sup>28</sup> Francis Rumsey, Spatial Audio, 1<sup>η</sup> Έκδοση 2001, Εκδόσεις «Focal Press» σελ.21

<sup>29</sup> Πηγή εικόνας 8, Jeroen Breebaart & Christof Faller, Spatial Audio Processing: MPEG Surround and other Applications, Αγγλική Έκδοση 2007, Εκδόσεις WILEY, σελ. 34

### 3.3 Η Ελάχιστη γωνία ακουστότητας (Minimal Audible Angle)

Η ελάχιστη γωνία ακουστότητας αναφέρεται στην ακρίβεια με την οποία ο άνθρωπος εντοπίζει την κατεύθυνση της πηγής του ήχου. Πρόκειται για την μέθοδο μέτρησης του Mills (1958) που εκφράζει την ελάχιστη αντιληπτή γωνία μετατόπισης της πηγής στο οριζόντιο επίπεδο (μετατόπιση αζυμουθίου) από ένα σημείο αναφοράς.

### 3.4 Το «Summing Localization», τα «Phantom Sources» και ο έλεγχος αυτών

Ο μηχανισμός του «Summing Localization» ή προσθετικού προσδιορισμού, λαμβάνει χώρα όταν δύο ή περισσότερα όμοια (*coherent*) ηχητικά κύματα καταφθάνουν με μία πολύ μικρή χρονική διαφορά με αποτέλεσμα είναι να δημιουργείται η αίσθηση ενός ηχητικού γεγονότος.

Αν οι χρονικές μεταβολές μεταξύ τους είναι μικρότερες από 1,5 ms, τότε οι μεταβολές χρόνου και πλάτους όλων των ηχητικών πηγών συμβάλουν σε μία κατεύθυνση πηγής ήχου. Το «νέο» αυτό ηχητικό γεγονός καλείται «**Phantom Source**»<sup>30</sup> (εικονική πηγή). Οι πηγές «Phantom» που δημιουργούνται από τον μηχανισμό προσθετικού προσδιορισμού κατεύθυνσης «Summing Localization» αποτελούν την βάση της στερεοφωνικής αναπαραγωγής.

Ένα καλό μοντέλο για να εξηγήσει κανείς το εν λόγω φαινόμενο αποτελεί η τυπική δικαναλική στερεοφωνική διάταξη (2-0 στέρεο), όπου τα δύο ηχεία αποτελούν ουσιαστικά τις δύο πηγές ήχου. Βέβαια, πρέπει να σημειώσουμε ότι το φαινόμενο λειτουργεί και σε διατάξεις πολλαπλών ηχείων.

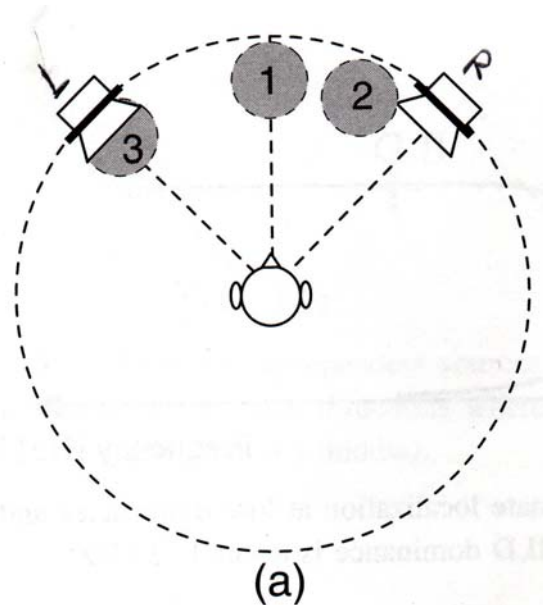
Στην ενότητα 3.2 αναφερθήκαν οι επιδράσεις των ενδοτικών διαφορών χρόνου και πλάτους (ILT, ILD). Όμοια φαινόμενα όμως σημειώνονται και μεταξύ δύο πηγών ήχου<sup>31</sup>, που γενικά αναφέρονται ως «**Inter Channel Time Difference**» και «**Inter Channel Level Difference**». Θα μελετήσουμε το σχήμα της *εικόνας 9* αναφερόμενοι στις διακαναλικές διαφορές χρόνου και πλάτους των πηγών.

Στο σχήμα της *εικόνας 9* αναπαριστώνται οι θέσεις των αντιληπτών ηχητικών πηγών «Phantom» σε ένα σύστημα ήχου με δύο πηγές (μεγάφωνα) μπροστά σε έναν ακροατή. Ο κύκλος με το νούμερο **1** αναπαριστά την αντιληπτή θέση της Phantom πηγής που προκύπτει από την αναπαραγωγή δύο όμοιων σημάτων (**ICC=1**)<sup>32</sup>, με ίσο διακαναλικό πλάτος (**ICLD=0**) και χωρίς διακαναλικές χρονοδιαφορές (**ICTD=0**). Παρατηρούμε ότι από τα δύο σήματα προκύπτει μία αντιληπτή πηγή (Phantom), η οποία παρουσιάζεται ακριβώς στο μέσο των δύο ηχείων. Με την αύξηση της έντασης της πηγής «R» (με την μέθοδο **Amplitude panning**) έχουμε μετακίνηση του ηχητικού γεγονότος προς αυτή την πλευρά όπου σημειώνεται με το νούμερο **2**. Η πηγή νούμερο **3** περιγράφει την περίπτωση που η πηγή «R» δεν εκπέμπει καθόλου. Έχουμε δηλαδή την μετακίνηση της πηγής του ήχου που αντιλαμβανόμαστε με την μέθοδο «Summing Localization», μεταβαλλόντας τα «ICLD» μεταξύ του ζεύγους των πηγών. Ομοίως, ο έλεγχος της Phantom πηγής μπορεί να επιτευχθεί μεταβάλλοντας τις διακαναλικές χρονοδιαφορές (ICTD) μεταξύ των πηγών ήχου (**Time panning**). Το γεγονός ότι μπορούμε να ελέγχουμε την θέση της αντιληπτής Phantom πηγής σε οποιοδήποτε σημείο μεταξύ των δύο ηχείων στην προκειμένη περίπτωση, παίζει πολύ μεγάλο ρόλο στα συστήματα αναπαραγωγής ήχου. Μάλιστα, δεν θα είναι υπερβολή αν ισχυριστεί κανείς ότι η ύπαρξη της στερεοφωνικής αναπαραγωγής οφείλεται στην αντίληψη των Phantom πηγών, μέσω του μηχανισμού αντίληψης του προσθετικού προσδιορισμού (Summing Localization) και φυσικά στην δυνατότητα ελέγχου των πηγών αυτών.

<sup>30</sup> Jens Blauert, "Spatial Hearing", Rev Sub edition (October 2, 1996), Εκδόσεις «The MIT Press», σελ. 203

<sup>31</sup> Breebaart & Christof Faller, Spatial Audio Processing: MPEG Surround and other Applications, Αγγλική Έκδοση 2007, Εκδόσεις WILEY, σελ. 33

<sup>32</sup> **Inter Channel Coherence**, διακαναλική ομοιότητα σημάτων. Πρόκειται για συνάρτηση συσχέτισης σημάτων που λαμβάνει τιμές μεταξύ -1 και 1. Στην τιμή 1 είναι όμοια και στην -1 είναι όμοια με αντίθετη φάση και στην τιμή 0 είναι ανεξάρτητα.



**Εικόνα 9:** Οι διαφορές ICDT και ICLD μεταξύ των πηγών L και R καθορίζουν την θέση του ηχητικού γεγονότος μεταξύ αυτών.<sup>33</sup>

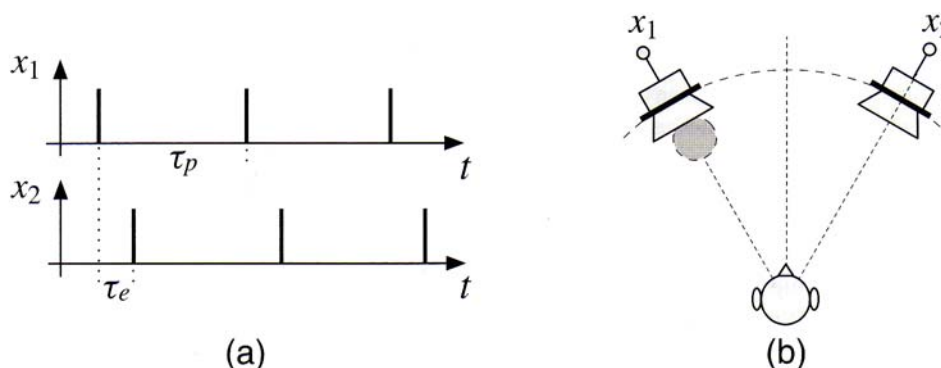
### 3.5 Χωρική ακοή (Spatial Hearing) με πολλαπλές πηγές ήχου σε κλειστούς χώρους

Όπως γνωρίζουμε, όταν ο ήχος διαδίδεται σε κλειστούς χώρους συμπεριφέρεται διαφορετικά απ' ό,τι όταν διαδίδεται σε ανοικτούς χώρους. Στους ανοικτούς χώρους ο διαδιδόμενος ήχος φτάνει απευθείας από την πηγή στον δέκτη, ενώ στην περίπτωση των κλειστών χώρων, λόγω των ανακλάσεων του ήχου στα τοιχώματα και στις διάφορες επιφάνειες, πέρα από τον απευθείας ήχο της πηγής, φτάνουν και διάφορα είδωλα της αρχικής πηγής από διάφορες κατευθύνσεις σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, ως αποτέλεσμα των ανακλάσεων. Οι ανακλάσεις αυτές ως «καθρεπτισμοί» της αρχικής πηγής έχουν την τάση να ενσωματώνονται και να δημιουργούν την αίσθηση στον ακροατή ενός ενιαίου ηχητικού γεγονότος. Συνήθως όμως, ο απευθείας ήχος καταφθάνει στον ακροατή νωρίτερα, λόγω του ότι διανύει μικρότερη απόσταση από αυτό που διανύουν τα ανακλώμενα κύματα. Στο σημείο αυτό, το φαινόμενο της προπορείας (Precedence effect) που λαμβάνει χώρα στο ανθρώπινο ακουστικό σύστημα, αναλαμβάνει να επιλύσει το σύνθετο ηχητικό γεγονός και να υποδείξει στον εγκέφαλο την κατεύθυνση της αρχικής πηγής του ήχου. Το φαινόμενο της προπορείας ή προτεραιότητας (Precedence effect), συχνά αναφέρεται στην βιβλιογραφία και ως «νόμος του πρώτου κυματομετόπου» ή φαινόμενο «Haas». Βάσει λοιπόν του «νόμου του πρώτου κυματομετόπου», το ανθρώπινο ακουστικό σύστημα προσδιορίζει την κατεύθυνση της πηγής ήχου από την κατεύθυνση που προέρχεται το πρώτο μέτωπο κύματος που προσπίπτει στα δύο αυτιά.

Στην *εικόνα 10* παρουσιάζεται ένα τυπικό πείραμα που δείχνει την λειτουργία της επίδρασης του φαινομένου της προπορείας ή προτεραιότητας, «Precedence effect». Στην *εικόνα 10 (a)*, βλέπουμε τα δύο σήματα ( $\chi_1$ ,  $\chi_2$ ) που αναπαράγονται από το σύστημα ηχείων που βλέπουμε στην διπλανή *εικόνα 10 (b)*. Το σήμα  $\chi_1$  περιλαμβάνει μία σειρά παλμών με περίοδο  $\tau_p$ . Το σήμα  $\chi_2$  που τροφοδοτεί το δεύτερο κανάλι, περιλαμβάνει την ίδια σειρά παλμών με μία μικρή καθυστέρηση κατά  $\tau_e$ . Οι τυπικές τιμές των  $\tau_p$  και  $\tau_e$  είναι 400ms και 5ms αντίστοιχα. Όταν αυτά τα δύο

<sup>33</sup> Jeroen Breebaart & Christof Faller, Spatial Audio Processing: MPEG Surround and other Applications, Αγγλική Έκδοση 2007, Εκδόσεις WILEY, σελ. 33

σήματα αναπαραχθούν από ένα τυπικό διακαναλικό στερεοφωνικό σύστημα, ο ακροατής αντιλαμβάνεται μόνο ένα (ενιαίο) ηχητικό γεγονός με κατεύθυνση του μεγάφωνου  $x_1$ .



**Εικόνα 10:** Ένα τυπικό πείραμα που αποδεικνύει το «Precedence effect». Στο σχήμα (a) βλέπουμε τα σήματα που τροφοδοτούν το σύστημα και στο (b) σχήμα βλέπουμε το ηχητικό γεγονός που παρουσιάζεται από την πλευρά του προπορευόμενου σήματος.<sup>34</sup>

### 3.6 Οι τρεις φάσεις του φαινομένου προτεραιότητας (Precedence effect) υπό την παρουσία ανακλάσεων

Το 1951 ο Helmut Haas δημοσίευσε μια εργασία που είχε θέμα της μια σειρά πειραμάτων, που έδειχναν το πώς συμπεριφέρεται το ανθρώπινο ακουστικό σύστημα στο προσδιορισμό θέσης της πηγής, υπό την παρουσία ανακλάσεων. Μάλιστα, πολλές φορές το φαινόμενο προτεραιότητας (Precedence effect) στην βιβλιογραφία αναφέρεται και ως φαινόμενο Haas για τον προφανή λόγο. Στο γνωστό πείραμα που αποδεικνύονται οι τρεις φάσεις λειτουργίας των ψυχοακουστικών φαινομένων προσδιορισμού κατεύθυνσης της πηγής ήχου, ο ακροατής βρίσκεται μπροστά σε ένα δικαναλικό σύστημα αναπαραγωγής, τα δύο ηχεία αναπαριστούν τις δύο πηγές ήχου σε ένα κλειστό χώρο, το κανάλι «Left» παίζει τον ρόλο του απευθείας ήχου, ενώ το «Right» αναπαριστά την ανάκλασή του σε διάφορους χρόνους καθυστέρησης. Τα δύο κανάλια τροφοδοτούνται ακριβώς με το ίδιο σήμα. Για τις ανάγκες του πειράματός παρεμβάλλεται μία διάταξη καθυστέρησης (delay) μεταξύ των δύο καναλιών.

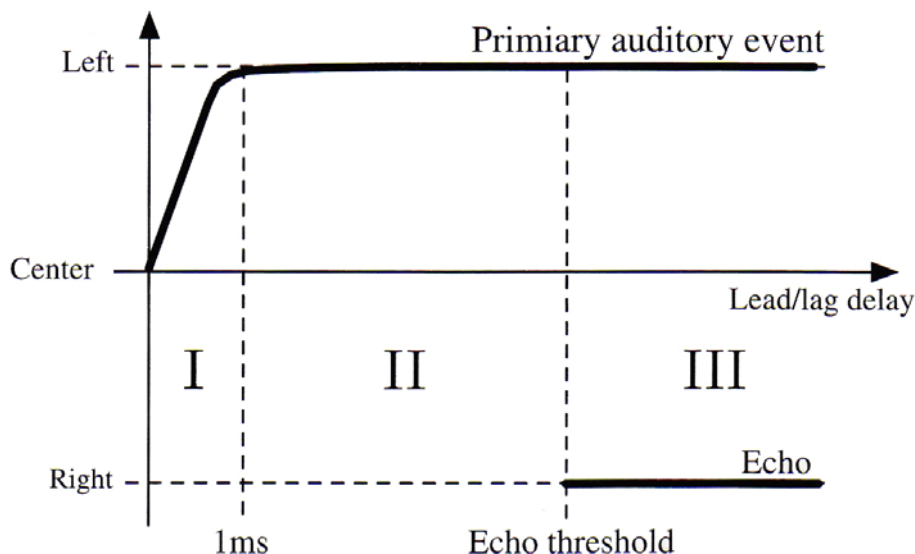
Το διάγραμμα της *εικόνας 10* δείχνει το πώς ανταποκρίνεται το ακουστικό σύστημα σε δεδομένες τιμές τις καθυστέρησης του δεξιού (Right) καναλιού. Παρατηρήθηκαν τρεις φάσεις στις οποίες λειτουργούν διαφορετικά φαινόμενα.

- **Φάση I ( $t = 0 - 1\text{ms}$ ):** Σε χρόνους καθυστέρησης έως 1ms, το ανθρώπινο σύστημα ακοής προσδιορίζει την κατεύθυνση του ήχου βάσει του φαινομένου του προσθετικού προσδιορισμού κατεύθυνσης (Summing Localization), φαινόμενο το οποίο αναλύεται στην παράγραφο **3.4**. Στο χρόνο καθυστέρησης 0ms, είναι αισθητό στον ακροατή ένα ηχητικό γεγονός το οποίο παρουσιάζεται ακριβώς στο κέντρο των δύο ηχείων (Phantom source). Όσο αυξάνεται ο χρόνος καθυστέρησης, το ηχητικό γεγονός που είναι αντιληπτό στο κέντρο μετατοπίζεται προς την πλευρά του καναλιού «Left».
- **Φάση II ( $t = 1\text{ms} - 50\text{ms}$ ):** Σε αυτή την φάση που η διαφορά καθυστέρησης χρόνου ξεπερνά το 1ms και φτάνει έως περίπου τα 50ms, λειτουργεί η επίδραση του φαινομένου της προτεραιότητας (Precedence effect). Το ακουστικό σύστημα προσδιορίζει την

<sup>34</sup> Πηγή εικόνας 10, Jeroen Breebaart & Christof Faller, Spatial Audio Processing: MPEG Surround and other Applications, Αγγλική Έκδοση 2007, Εκδόσεις WILEY, σελ. 36

κατεύθυνση της πηγής του ήχου βάσει του προπορευόμενου κυματομετόπου. Αγνοείται εντελώς το σήμα με την χρονοκαθυστέρηση που αναπαράγεται από το κανάλι «Right» με συνέπεια ένα ηχητικό γεγονός που παρουσιάζεται στο «Left» κανάλι.

- **Φάση III ( $t > 50\text{ms}$ ):** Για χρόνους καθυστέρησης πάνω από περίπου 50ms, πέρα από το αρχικό σήμα που είναι αντιληπτό από το «Left» κανάλι, παρουσιάζεται στο «Right» κανάλι ένα διακριτό είδωλο. Πρόκειται για το φαινόμενο της ηχούς (Echo).



**Εικόνα 11:** Οι τρεις φάσεις του φαινομένου προτεραιότητας (Precedence effect) υπό την παρουσία ανακλάσεων διαμορφώνονται ως εξής: Φάση I, προσδιορισμός κατεύθυνσης βάσει «Summing Localization». Φάση II, προσδιορισμός κατεύθυνσης βάσει του φαινομένου της προτεραιότητας (Precedence effect). Φάση III, αντίληψη της αρχικής πηγής ήχου και του ειδώλου «Echo».<sup>35</sup>

### 3.7 Μερικά συμπεράσματα...

Παρακάτω αναφέρονται μερικά χρήσιμα συμπεράσματα που προκύπτουν από την μελέτη του κλάδου της ψυχοακουστικής, Αυτά που αναφέρονται κυρίως σε πολυκαναλικά συστήματα αναπαραγωγής σε πρακτικό επίπεδο.

- Ο προσδιορισμός κατεύθυνσης της πηγής ήχου βασίζεται σε τρεις βασικές επιδράσεις:
  - A)** Στην διαφορά πλάτους (ILD) που προκύπτει μεταξύ των δύο ώτων, όταν σε αυτά προσπίπτει ένα ηχητικό κύμα
  - B)** Στην διαφορά χρόνου (ITD) άφιξης των κυμάτων μεταξύ των δύο ώτων.
  - Γ)** Στα σύνθετα φάσματα που προκύπτουν από την αλληλεπίδραση του ηχητικού πεδίου με τα χαρακτηριστικά της κεφαλής και κυρίως με το πτερύγιο των ώτων. Οι γνωστές συναρτήσεις σχετιζόμενες με την κεφαλή (HRTF).
- Γενικά, οι HRTFs  
Ενισχύουν την περιοχή του 1kHz για ήχους που προέρχονται από πίσω.  
Ενισχύουν την περιοχή των 3kHz για ήχους που προέρχονται από εμπρός.  
Για συχνότητες άνω των 4kHz, μήκος κύματος  $\sim 10\text{cm}$  και μικρότερο, το πτερύγιο του αυτιού είναι «ισχυρός» διαχυτής και επηρεάζει την μορφή τους.

<sup>35</sup> Πηγή εικόνας 11, Jeroen Breebaart & Christof Faller, Spatial Audio Processing: MPEG Surround and other Applications, Αγγλική Έκδοση 2007, Εκδόσεις WILEY, σελ. 37

- Υπάρχει τάση εμφάνισης «κορυφών» και «ελαχίστων» σε συγκεκριμένες γωνίες και συχνότητες<sup>36</sup>
- Σε ένα πολυκαναλικό σύστημα αναπαραγωγής π.χ 5.1, οι επιδράσεις των HRTFs που προκύπτουν από διάφορες γωνίες πρόσπτωσης των ηχητικών κυμάτων στο εξωτερικό μέρος των ώτων, απαιτούν διαφορετική ισοστάθμιση φάσματος (Equalization) των ηχητικών γεγονότων που κινούνται στα εμπρόσθια κανάλια σε σχέση με αυτά που κινούνται στα πίσω.
  - Η περιορισμένη ευαισθησία του ακουστικού συστήματος στις χαμηλές συχνότητες επιβάλλει την χρήση ειδικού καναλιού στα πολυκαναλικά συστήματα αναπαραγωγής, που ενισχύει την πολύ χαμηλή περιοχή (LFE).
  - Τυπικά, ο ακροατής σε ένα σύστημα αναπαραγωγής πολλαπλών πηγών υπό την παρουσία ανακλάσεων, προσδιορίζει την κατεύθυνση της πηγής βάση της κατεύθυνσης της πρώτης πηγής που αντιλαμβάνεται (Precedence effect). Τα φαινόμενα μεταβάλλονται βάσει του χρόνου άφιξης και του πλάτους των ανακλάσεων. Οι επιδράσεις περιλαμβάνουν ηχοχρωματικές μεταβολές, μεταβολές θέσεις πηγών και χωρικής αίσθησης.
  - Οι παρουσία «Phantom» πηγών ήχου σχετίζεται άμεσα με την θέση του ακροατή. Επίσης, υπάρχει πιθανότητα μεταβολής θέσης αλλά και ηχοχρώματος (image shift) με την συμβολή ανακλάσεων.
  - Το ανθρώπινο ακουστικό σύστημα, σε μία διάταξη ηχείων περιβάλλοντος ήχου (Surround), παρουσιάζει περιορισμένη ευαισθησία στις πλαϊνές πηγές «Phantom». Αντίθετα, αντιλαμβάνεται πιο εύκολα «Phantom» πηγές στο μπροστινό μέρος όπως και στο πίσω.

---

<sup>36</sup> [http://www.ionio.gr/~floros/lessons/avarts\\_acoustics\\_lesson08.pdf](http://www.ionio.gr/~floros/lessons/avarts_acoustics_lesson08.pdf), (Πρόσβαση 25-01-10)

# 4

## Το στέρεο 3-2 και τα μορφότυπα διανομής

---

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει η αναφορά των διατάξεων διαφόρων τυποποιημένων συστημάτων αναπαραγωγής «πολυκαναλικού στέρεο», αλλά και των αντίστοιχων φορμά διανομής. Ο όρος **πολυκαναλικό στέρεο** (Multichannel Stereo) κατά τα διεθνή πρότυπα αναφέρεται σε εκείνα τα συστήματα αναπαραγωγής που περιλαμβάνουν παραπάνω από δύο ανεξάρτητα κανάλια. Θυμίζουμε ότι η σύνδεση του όρου στέρεο αποκλειστικά με δικαναλικά συστήματα αναπαραγωγής αποτελεί απλώς έναν λανθασμένο συνειρμό του κοινού. Στέρεο ή στερεοφωνικό ονομάζεται κάθε σύστημα ήχου που μπορεί να αναπαράγει (ή να ηχογραφήσει) πολυδιάστατη αίσθηση ήχου<sup>37</sup>. Συχνά αναφερόμαστε στα πολυκαναλικά συστήματα με τον γενικό όρο «Surround». Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούν προδιαγραφές διάταξης ηχείων και αντίστοιχες τεχνολογίες, όπως για παράδειγμα, τα Dolby Digital και DTS, που αποτελούν τα πρωτόκολλα (ή μορφότυπα ή φορμά) κωδικοποίησης και διανομής του πολυκαναλικού ήχου. Τα εν λόγω πρωτόκολλα, πολλές φορές προτείνουν και νέες διατάξεις ηχείων, εμπλουτίζοντας τον αριθμό των ηχείων βασιζόμενοι της περισσότερες φορές στην θεμελιώδη υπόδειξη της Διεθνούς Ένωσης Τηλεπικοινωνιών (International Telecommunications Union), ITU-R BS 775 που αναλύεται στο κεφ. 4.1.

### 4.1 Η υπόδειξη ITU-R BS 775

Οι προδιαγραφές της ITU για την διάταξη του συστήματος των ηχείων, έχει τις ρίζες του στις εγκαταστάσεις που είχαν προηγηθεί στις αίθουσες κινηματογράφων. Ωστόσο, οι υπόδειξη «ITU-R BS 775» δεν κάνει κανέναν διαχωρισμό στην διάταξη βάσει του αναπαραγόμενου προγράμματος. *Δηλαδή, είτε πρόκειται για κινηματογραφικό ήχο, είτε για αναπαραγωγή μουσικής, είτε οποιοδήποτε άλλο «Surround» πρόγραμμα, η διάταξη των ηχείων παραμένει όπως ορίζουν οι υποδείξεις ITU-R BS 775.*

Να σημειώσουμε επίσης ότι οι υποδείξεις της «ITU» σχετίζονται με παραγωγή πολυκαναλικού ήχου που πρόκειται να αναπαραχθεί σε οικιακές εφαρμογές, ωστόσο οι υποδείξεις αναφέρονται περισσότερο στις εγκαταστάσεις σε στούντιο «Control Rooms». Αυτό κυρίως συμβαίνει λόγω του ότι είναι πιο εύκολο να βρει εφαρμογή η τυποποίηση κατά γράμμα σε περιβάλλον στούντιο, ενώ παράλληλα πάντα αποτελεί και μία αναφορά για τις οικιακές εγκαταστάσεις

---

<sup>37</sup> Francis Rumsey, Spatial Audio, 1<sup>η</sup> Έκδοση 2001, Εκδόσεις «Focal Press» σελ.52

### 4.1.2 Ο χώρος ακρόασης

Σε αυτήν την παράγραφο αναφέρονται οι ελάχιστες απαιτήσεις σε επίπεδο αρχιτεκτονικής του κατάλληλου χώρου ακρόασης, φυσικά σε επίπεδο οικιακής εγκατάστασης είναι δύσκολο να εφαρμοσθεί κατά 100%, αλλά μπορεί τουλάχιστον ένας κοινός χρήστης να καταλάβει ποιος διαθέσιμος χώρος είναι λιγότερο ακατάλληλος. Σύμφωνα λοιπόν με την οδηγία ITU-R BS 775, για ένα ιδανικό χώρο ακρόασης, οι παράμετροι διαμορφώνονται ως εξής:

- **Χώρος:**  $>40\text{m}^2$  ( $>25\text{m}^2$  σε οικιακή εφαρμογή)
- **Όγκος δωματίου:**  $>300\text{m}^3$
- **Χρόνος αντήχησης:** 0.2-0.4s (μεταξύ 200Hz και 2.5kHz)
- **Πρώιμες ανακλάσεις:** Περί τα -10dB σε σχέση με τον απευθείας ήχο
- **Αντήχηση:** Μη παρουσία πολλαπλής ηχούς (flutter echo) και χρωματισμών
- **Θόρυβος βάθους(Background Noise):** Περί τα 10dB

### 4.1.3 Τα ηχεία

Η πιο σημαντική παράγραφος των υποδείξεων της Διεθνούς Ένωσης Τηλεπικοινωνιών (International Telecommunications Union), ITU-R BS 775, σχετίζεται με την διάταξη των ηχείων. Στο σχήμα της *εικόνας 12*, βλέπετε τις θεμελιώδεις παραμέτρους της διάταξης.

Αναφέρουμε για ακόμη μία φορά ότι ο σχεδιασμός έχει γίνει έχοντας υπόψη κατά κύριο λόγο τις συνθήκες «studio».

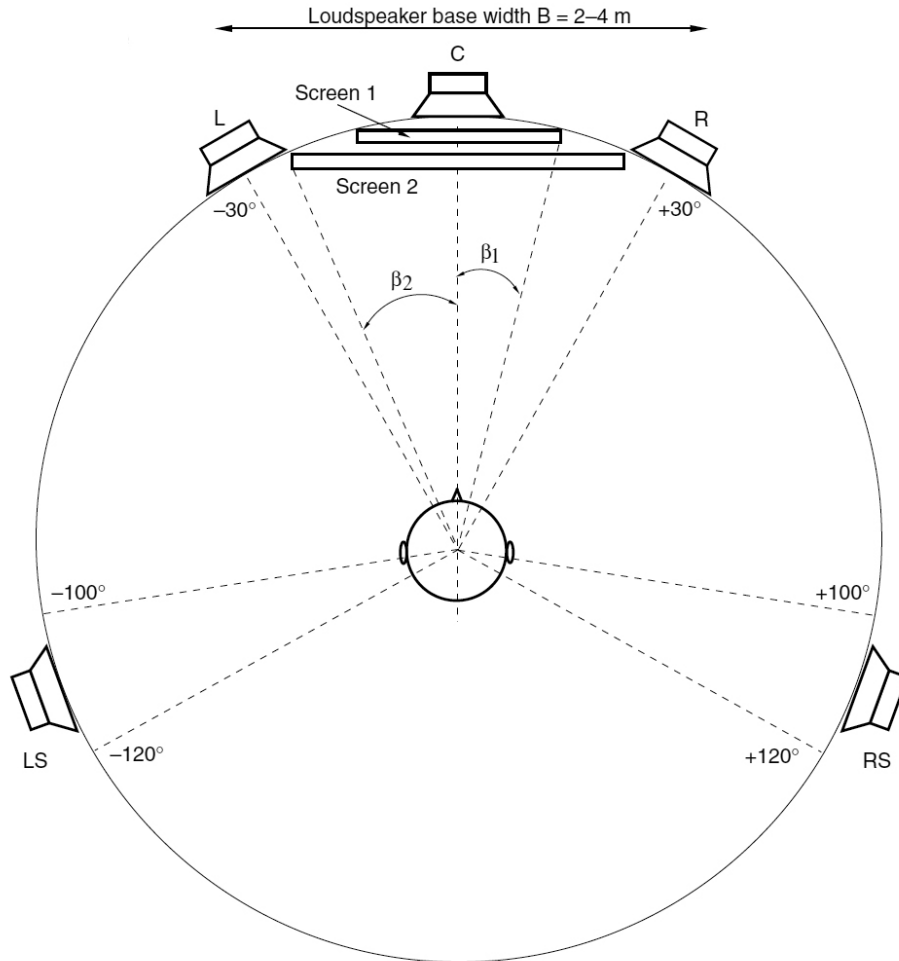
Η διάταξη των ηχείων έχει ως αναφορά το πρότυπο 3-2 στέρεο<sup>38</sup> (L/C/R – LS/RS)<sup>39</sup> με πέντε ταυτόσημα ηχεία πλήρους φάσματος. Οι παράμετροι διάταξης που αναφέρονται στο σχήμα της *εικόνας 12* έχουν ως εξής:

- **Ύψος των ηχείων:** 1,2m ( 0.9m – 1.4m στις οικιακές εγκαταστάσεις)
- **Σχέση γωνιών μεταξύ LC και CR καναλιών:**  $30^\circ$ , το κανάλι C ορίζει τις  $0^\circ$  σε σχέση με τον άξονα του κύκλου (σημείο ακρόασης), η γωνία μεταξύ των L και R ισούται με  $60^\circ$
- **Σχέση γωνιών μεταξύ LSC και RSC καναλιών:** Μεταξύ  $100^\circ$  και  $120^\circ$
- **Κλίση ηχείων :**  $L/C/R = 0^\circ$  ,  $LC/RC = 15^\circ$
- **Απόσταση μεταξύ L και R καναλιού:** 2-4m
- **Απόσταση ηχείων από ανακλαστικές επιφάνειες:** 1m ( $> 0.5\text{m}$  σε οικιακές εγκαταστάσεις)

<sup>38</sup> Οι διατάξεις των ηχείων του πολυκαναλικού στέρεο, σημειώνεται κατά τον τύπο «n-m stereo», όπου το «n» εκφράζει το πλήθος των εμπρόσθιων καναλιών και το «m» το πλήθος των οπίσθιων ή πλευρικών. Ο τύπος αναφέρεται σε πλήθος καναλιών και όχι σε πλήθος ηχείων που μπορεί να είναι και μεγαλύτερο.

<sup>39</sup> L=Left, C=Center, R=Right, LS=Left Surround και RS=Right Surround





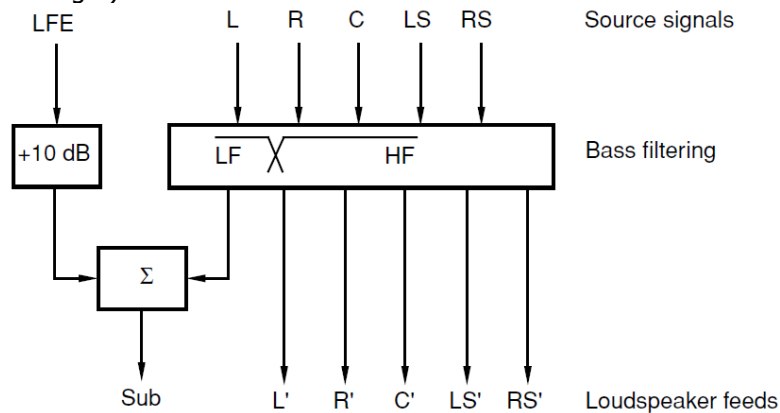
**Εικόνα 12:** Διάταξη αναφοράς για ηχεία σε πεντακαναλικό στέρεο (L/C/R και LS/RS) σύμφωνα με τις υποδείξεις «ITU-R BS 775». Προβλέπεται επίσης η ύπαρξη οθόνης στην γενική διάταξη για προφανής λόγους. Συμβολίζονται με τον αριθμό «1» και «2». <sup>40</sup>

### 4.1.4 Προαιρετικό κανάλι ενίσχυσης χαμηλών (LFE)

Πρόκειται το προαιρετικό κανάλι του στέρεο 3-2 το οποίο έχει περιορισμένο φάσμα μεταξύ 20-80Hz ή 120Hz. Ονομάζεται κανάλι ενίσχυσης χαμηλών (Low Frequency Enhancement). Τον ρόλο αυτόν αναλαμβάνουν ειδικά διαμορφωμένο ηχείο, το οποίο αναπαράγει τις πολύ χαμηλές συχνότητες (20-80Hz ή 120 Hz) γνωστό στην κοινή ορολογία ως υπογούφερ (Subwoofer). Πρόκειται για την πιο κοινή επέκταση των υποδείξεων της Διεθνούς Ένωσης Τηλεπικοινωνιών (ITU) και στον τύπο ορισμού της διάταξης ηχείων σημειώνεται ως «3-2-1» ή «5.1». Εξού και η κατακόσμον αναφορά στα πολυκαναλικά στέρεο ως «5.1». Έχει νόημα να ξεκαθαρίσουμε ότι το έκτο κανάλι που σημειώνεται με «.1» (ή -1), δεν είναι απλά ένα ηχείο υπογούφερ που συμπληρώνει το κάτω άκρο της συχνотικής απόκρισης ενός συστήματος, αλλά είναι ένα ξεχωριστό κανάλι με διαφορετικό περιεχόμενο πληροφορίας. Η θέση του έκτου καναλιού δεν προβλέπεται από τις σχετικές οδηγίες της «ITU», λόγω του ότι το ανθρώπινο ακουστικό σύστημα δεν είναι ευαίσθητο στο να προσδιορίζει την θέση αυτών των πηγών στο χώρο. Ωστόσο συνηθίζεται να τοποθετείται μπροστά κάτι που επιβεβαιώνεται και από τις προτάσεις της «P&H

<sup>40</sup> Πηγή εικόνας, Francis Rumsey, Spatial Audio, 1<sup>η</sup> Έκδοση 2001, Εκδόσεις «Focal Press» σελ.88

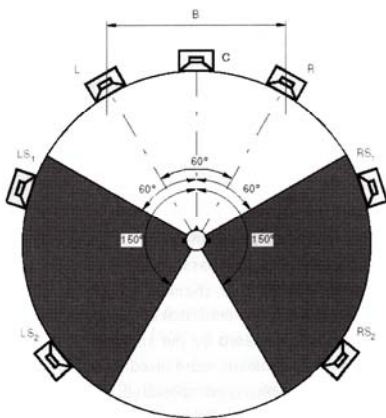
Wing»<sup>41</sup>. Μπορεί, όπως αναφέραμε νωρίτερα, το κανάλι «LFE» να προβλέπεται ως προαιρετικό από την υπόδειξη ITU-R BS 775 του '94, σήμερα εντούτοις θεωρείται κατά ένα άτυπο τρόπο ως δεδομένο. Αυτή η εντύπωση ίσως να προέρχεται από τα μικρά καταναλωτικά σύνολα HTiB (Home Theater in a Box. Τα οικιακά σύνολα «Home Cinema» όλα σε ένα, όπου αναγκαστικά συμπεριλαμβάνεται ένα υπογούφερ, διότι τα περιφερειακά ηχεία συνήθως για λόγους αισθητικής ή απλά οικονομίας χώρου είναι μικρά σε μέγεθος και έχουν περιορισμένο φάσμα. Είναι φανερό ότι σε αυτά τα συστήματα αναπαραγωγής το υπογούφερ δεν αναπαράγει μόνο τα βαθύφωνα εφέ του κινηματογραφικού ήχου, αλλά αναλαμβάνει συμπληρωματικό ρόλο στο σύστημα των ηχείων. Με λίγα λόγια, οδηγείται η χαμηλή περιοχή (>120Hz ή >160Hz) όλων των καναλιών στο υπογούφερ, το οποίο στην περίπτωση αυτή έχει διπλό ρόλο. Την αναπαραγωγή του LFE καναλιού αλλά και γενικά την αναπαραγωγή χαμηλών συχνοτήτων του συστήματος. Η διαδικασία αυτή καλείται «διαχείριση χαμηλών» (Bass Mangment) και η κυκλωματική διάταξη «διαχειριστής χαμηλών» (Bass Manager).



**Εικόνα 13:** Εδώ βλέπουμε το διάγραμμα μίας διάταξης διαχείρισης χαμηλών συχνοτήτων.<sup>42</sup>

#### 4.1.5 Διεύρυνση ζώνης ακρόασης

Για την κάλυψη μεγαλύτερων χώρων ακρόασης έχει προβλεφθεί από τις υποδείξεις της «ITU» η πρόσθεση δύο ακόμη πλευρικών ηχείων με χρήση ειδικού επεξεργαστή που οδηγεί τα εν λόγω κανάλια. Το φορμά που προκύπτει είναι το στέρεο 3-4 (3-4-1 σε περίπτωση που υπάρχει και υπογούφερ) ή 7.1, με την διαφορά ότι είναι ψευδός - 7.1, καθώς τα επιπλέον κανάλια παράγονται τεχνητά μέσω επεξεργαστή. Η διάταξη των επιπρόσθετων ηχείων παρουσιάζεται στο σχήμα της εικόνας 14.



**Εικόνα 14:** Η προαιρετική προσθήκη δύο επιπλέον πλαϊνών ηχείων στην διάταξη 5.1 όπως προβλέπεται από τις υποδείξεις ITU-R BS 775.

<sup>41</sup> Producers & Engineers Wing, ένωση παραγωγών και μηχανικών ήχου υπό την σκέπη των GRAMMY Awards

<sup>42</sup> Πηγή εικόνας 13, Francis Rumsey, Spatial Audio, 1<sup>η</sup> Έκδοση 2001, Εκδόσεις «Focal Press» σελ.92

### 4.1.6 Οι περιορισμοί των συστημάτων αναπαραγωγής «3-2-1 στέρεο» ή «5.1»

Ένας από τους βασικότερους περιορισμούς του φορμά είναι η «αδυναμία» δημιουργίας της αίσθησης «phantom» πηγών σε ακτίνα 360°, κάτι που προκύπτει κυρίως λόγω της διάταξης των ηχείων<sup>43</sup>. Δεύτερον, η αίσθηση της αναπαραγόμενης σκηνής είναι στενότερη από ό,τι θα ήταν αν το φορμά δεν ήταν απαραίτητο να είναι συμβατό με το δικαναλικό στέρεο (2-0 στερεο). Επίσης, η τρικαναλική διάταξη των μπροστινών ηχείων δεν είναι συμβατή με τις τεχνικές ηχογράφησης των συμπτωτικών μικροφώνων. Σε περίπτωση απλής «γεφύρωσης» το κεντρικού ηχείου μεταξύ του αριστερού και του δεξιού καναλιού, παρουσιάζεται το φαινόμενο της εξασθένησης του πλάτους της αντιληπτής αναπαραγόμενης σκηνής<sup>44</sup>. Τέλος, η θέση των πίσω ηχείων δημιουργεί κενό στην ηχητική εικόνα που δημιουργείται πίσω από τον ακροατή, και σπάνια βρίσκουν θέση στην πράξη σε οικιακές εγκαταστάσεις.

## 4.2 Οι τεχνολογίες κωδικοποίησης και διανομής

Οι τεχνολογίες κωδικοποίησης και διανομής αποτελούν ένα σημαντικό κρίκο της αλυσίδας των πολυκαναλικών συστημάτων αναπαραγωγής. Σχετίζονται κυρίως με την μορφή που θα αποθηκευτεί το υλικό σε ένα συγκεκριμένο μέσο αποθήκευσης – διανομής και πώς εν συνεχεία αυτό θα αναπαραχθεί σε διάφορα συστήματα αναπαραγωγής. Τέτοιες τεχνολογίες για παράδειγμα αποτελούν οι διάφορες εκδοχές «Dolby» και «DTS». Είναι συχνό φαινόμενο το κοινό να ταυτίζει κάποιες από τις εν λόγω τεχνολογίες με συγκεκριμένες διατάξεις ηχείων και γενικά με τις εγγενείς αρχές αναπαραγωγής του χωρικού ήχου (Spatial audio). Αυτή θα λέγαμε ότι είναι μία παρερμηνευμένη εντύπωση, καθώς πρόκειται για τεχνολογίες που ο ρόλος τους είναι συγκεκριμένος και αυτός είναι η κωδικοποίηση και η διανομή-αποθήκευση της πληροφορίας του ήχου, ωστόσο είναι γεγονός ότι κάθε μία από τις προαναφερόμενες τεχνολογίες χρησιμοποιεί διαφορετική μέθοδο κωδικοποίησης.

### 4.2.1 Διαχωρισμοί κωδικοποιητών

Οι κωδικοποιητές διαχωρίζονται σε αρκετές βαθμίδες, όπως θα δούμε παρακάτω. Ένας θεμελιώδεις διαχωρισμός της μεθόδου κωδικοποίησης της ηχητικής πληροφορίας σε «**Matrixed surround**» και «**Discrete surround**».

Η πρώτη έχει τις ρίζες της στα παλιά αναλογικά συστήματα κωδικοποίησης (π.χ Dolby Pro Logic και Pro Logic II) που λόγω περιορισμένου χώρου αποθήκευσης, τυπωνόταν σε δυο κανάλια 4 κανάλια ήχου και εν συνεχεία κατά την αναπαραγωγή αποκωδικοποιούταν (όχι πάντα με απόλυτη επιτυχία) μέσω συγκεκριμένης διάταξης αποκωδικοποιητή σε ένα σύστημα αναπαραγωγής με 4 ή 5 ηχεία.

Η «**Discrete**» (διακριτή) αποτελεί την νεότερη μέθοδο κωδικοποίησης, ταυτίζεται απόλυτα με την ψηφιακή τεχνολογία και τα ψηφιακά μέσα αποθήκευσης. Κατά την «διακριτή» μέθοδο, κωδικοποιούνται όλα τα κανάλια (έως 8) ξεχωριστά χωρίς να «πλέκονται» μεταξύ τους για να χωρέσουν όπως συνέβαινε με την προγενέστερη αναλογική «Matrixed» μέθοδο. Παράλληλα, η διακριτή μέθοδος προσφέρει σαφώς ανώτερη ποιότητα ήχου και αίσθηση περιβάλλοντος ήχου (Surround sound).

Επίσης, η διακριτή (Discrete) μέθοδος, υποσκελίζεται σε απολεστικούς<sup>45</sup> (Lossy) και μη απολεστικούς<sup>46</sup> (Lossless) αλγόριθμους κωδικοποίησης. Στις επόμενες παραγράφους που

<sup>43</sup> Francis Rumsey, Spatial Audio, 1<sup>η</sup> Έκδοση 2001, Εκδόσεις «Focal Press» σελ.92

<sup>44</sup> Francis Rumsey, Spatial Audio, 1<sup>η</sup> Έκδοση 2001, Εκδόσεις «Focal Press» σελ. 92

<sup>45</sup> Μέθοδος συμπίεσης δεδομένων που εφαρμόζεται σε δεδομένα ήχου ή εικόνας όπου μετά την αποκωδικοποίηση, η τελική πληροφορία δεν είναι όμοια με την αρχική. Σε περιπτώσεις με μεγάλο λόγο συμπίεσης υπάρχουν διακριτές αλλοιώσεις.

ακολουθούν, αναφέρονται τα πιο κοινά φορμά κωδικοποίησης και διανομής «Surround» ήχου όπως επίσης και οι αντίστοιχες διατάξεις των ηχείων.

Συνοψίζοντας έχουμε:

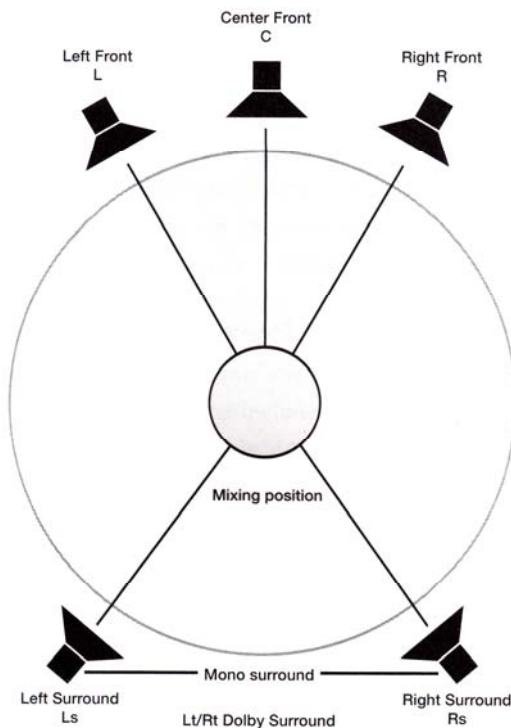
- **Δυο βασικές** κατηγορίες κωδικοποίησης πολυκαναλικού στέρεο (Multichannel Stereo)
- «**Matrixed surround**», πρώιμη αναλογική μέθοδος
- «**Discrete Surround**», μεταγενέστερη ψηφιακή μέθοδος. Δυνατότητα κωδικοποίησης έως και 8 ξεχωριστών καναλιών ψηφιακού ήχου.
- Υπάρχουν **απολεστικοί** και μη **απολεστικοί** αλγόριθμοι κωδικοποίησης «Discrete surround»

### 4.3 Τα «Matrixed» μορφότυπα

Το όνομα της «Dolby Labs» ήταν άμεσα συνυφασμένο με το κινηματογραφικό ήχο. Από τις αρχές της δεκαετίας του 1970 υπάρχει ήδη το «**Dolby Stereo**»<sup>47</sup> για τις κινηματογραφικές αίθουσες. Η «Dolby» στην συνέχεια επέκτεινε τις δραστηριότητές της και στον τομέα των οικιακών εφαρμογών, μεταφέροντας ουσιαστικά την τεχνογνωσία της από το κινηματογραφικό «Dolby Stereo» σε οικιακή εφαρμογή με τον διάσημο τίτλο «**Dolby Surround**». Στην συνέχεια κάνουν εμφάνιση διάφορες βελτιωμένες εκδοχές κωδικοποιητών, όπως το Dolby ProLogicII στις αρχές της δεκαετίας του 1990, που η τεχνολογία κωδικοποιητών περνάει οριστικά στο ψηφιακό πεδίο, και τότε παρουσιάζεται το μορφότυπο «Dolby Digital» όπως και η ανταγωνιστική «**Digital Theater Systems**», της Universal City Studios.

#### 4.3.1 Dolby Surround

Βασίζεται στην μέθοδο κωδικοποίησης «Phase-Matrix» και επιτρέπει την κωδικοποίηση τεσσάρων καναλιών σε δύο. Η εν λόγω μέθοδος μπορεί να ταυτίστηκε με την αναλογική εποχή της κωδικοποίησης, ωστόσο μπορεί να εφαρμοστεί και σε ψηφιακά σήματα. Το δικαναλικό κωδικοποιημένο σήμα συχνά καλείται και ως Rt/Lt (Left total/ Right total), που όταν «περάσει» από έναν αποκωδικοποιητή «Dolby pro logic», θα ανακτηθούν από τα Rt και Lt σήματα συνολικά τέσσερα κανάλια ήχου. Κατά την ανάκτηση προκύπτουν τα Left/Center/Right/Surround, με το πίσω κανάλι «Surround» να είναι μονοφωνικό. Η εν λόγω κωδικοποίηση είναι πλήρως συμβατή με μονοφωνικά και δικαναλικά (2-0, στέρεο) συστήματα αναπαραγωγής.



**Εικόνα 15:** Διάταξη ηχείων αναπαραγωγής του «Dolby Surround» στην πρωταρχική του εκδοχή. Τονίζεται το γεγονός ότι στα κανάλια **Ls/Rs** δρομολογείται ακριβώς το **ίδιο σήμα**

<sup>46</sup> Μέθοδος κωδικοποίησης δεδομένων που μετά την αποκωδικοποίηση, η τελική πληροφορία είναι απόλυτα ταυτόσημη με την αρχική

<sup>47</sup> Αναφέρεται στην παράγραφο 2.8

### 4.3.2 Dolby Pro Logic II

Αποτέλεσε την βελτιωμένη εκδοχή του «Dolby Surround» που χρησιμοποιεί τον κωδικοποιητή «Dolby Pro Logic II». Βασίζεται και αυτό σε μέθοδο «Phase-Matrix» με την διαφορά ότι υπάρχει δυνατότητα κωδικοποίησης πλέον πέντε καναλιών. Αυτά τα πέντε κανάλια πλήρους φάσματος είναι τα L/C/R και LS/RS. Τα «Surround» κανάλια είναι πλέον δύο και όχι ένα όπως στην πρώτη εκδοχή του «Pro Logic». Σημειώστε ότι ούτε η μεν, ούτε η δε εκδοχή του Pro Logic μπορεί να κωδικοποιήσει πληροφορία για το κανάλι «LFE»

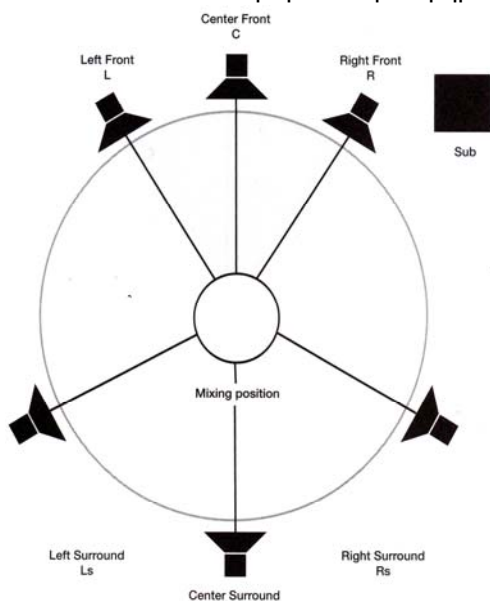
48



**Εικόνα 16:** Η τυπική διάταξη ηχείων «3-2 στέρεο» και για το φορμά «Dolby Pro Logic II», με την αξιοσημείωτη διαφορά, σε σύγκριση με το απλό «Dolby Pro Logic», ότι τα πίσω κανάλια LS/RS αναπαράνουν διαφορετικό σήμα και όχι το ίδιο.

### 4.3.2 SRS Labs Circle Surround

Ο κωδικοποιητής της «SRS Labs» έκανε την εμφάνιση του στη δεκαετία του 1990, ως βασική εναλλακτική του κωδικοποιητή της Dolby, το «Pro Logic II». Βασίζεται σε μέθοδο «Matrix» όμοιας τεχνολογίας της Dolby, με διαφορές σε παραμέτρους που επιτρέπουν την κωδικοποίηση έως και 6 καναλιών σε 2. Το μεγάλο προτέρημα του «Circle Surround» είναι η συμβατότητα με αποκωδικοποιητές Dolby Pro Logic/II αλλά και με τον αποκωδικοποιητή DTS Neo6<sup>49</sup>. Παράλληλα είναι πλήρως είναι συμβατό και με μονοφωνικά αλλά και με δικαναλικά συστήματα αναπαραγωγής. Χαρακτηριστικά που το καθιέρωσαν τελικά κυρίως στον τομέα των τηλεοπτικών εκπομπών. Γνωστά τηλεοπτικά δίκτυα, όπως ESPN,ABC,NBC και άλλοι, είχαν υιοθετήσει το εν λόγω μορφότυπο.



**Εικόνα 17:** Η διάταξη ηχείων που μπορεί να οδηγήσει το φορμά «Circle Surround» είναι εικονιζόμενη. Σημειώνεται ότι πρόκειται για κωδικοποίηση τύπου «Matrix» αναλογικών ή ψηφιακών σημάτων.

<sup>48</sup> Πηγή εικόνων 15,16&17, Rich Tozzoli, Pro Tools Sound Mixing, Έκδοση 2005, Εκδόσεις «Backbeat Books»

<sup>49</sup> Rich Tozzoli, Pro Tools Sound Mixing, Έκδοση 2005, Εκδόσεις «Backbeat Books» σελ. 128

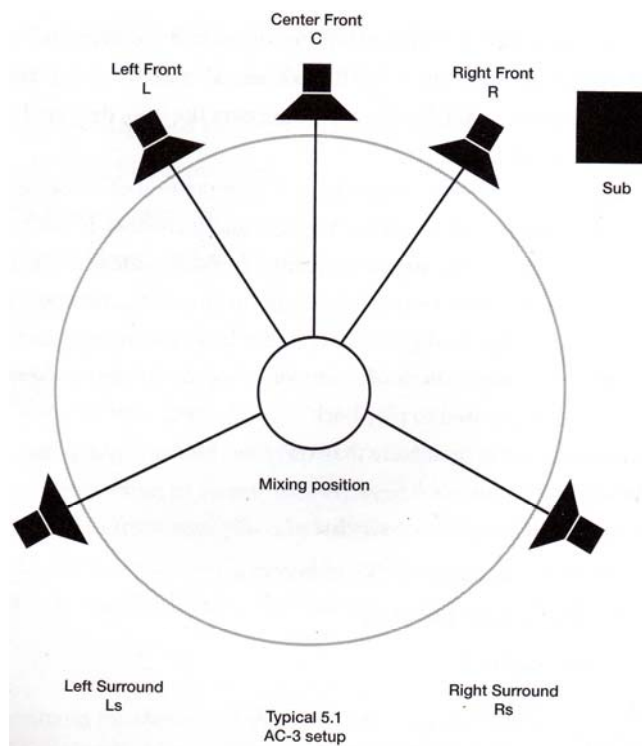
### 4.4 Τα «Discrete» ψηφιακά μορφότυπα

Σε αυτή την ενότητα θα αναφερθούν τα ψηφιακά μορφότυπα κωδικοποίησης, κατά τα οποία κωδικοποιούνται και αποθηκεύονται έως και οκτώ διακριτά κανάλια ήχου. Ο πρώτος ψηφιακός κωδικοποιητής της «Dolby» έκανε την εμφάνισή του το 1992 ως «AC3», γνωστός γενικά ως «**Dolby Digital**». Ένα χρόνο αργότερα έκανε την εμφάνισή του η «DTS» με το «**DTS Digital**». Στις επόμενες υποενότητες αναφέρονται τα σημαντικότερα ψηφιακά μορφότυπα ανά εταιρία.

#### 4.4.1 Dolby Digital

Ο ψηφιακός κωδικοποιητής της «Dolby» είναι γνωστός και ως «AC-3». Πρόκειται ουσιαστικά για ένα απολεστικό αλγόριθμο συμπίεσης ήχου που κωδικοποιεί έξι διακριτά κανάλια πλήρους φάσματος (εκτός το LFE που έχει φάσμα 20-120Hz) ως μία ροή δεδομένων (single data stream). Οι υποστηριζόμενοι ρυθμοί δειγματοληψίας συμπεριλαμβάνουν 32, 44.1 και 48kHz. Η ανάλυση των 48kHz είναι προαπαιτούμενο για κωδικοποίηση σε δίσκο DVD.

- Υποστηρίζει ροή δεδομένων από 32 έως 448kbps.
- Η κωδικοποίηση κατά τον αλγόριθμο «AC-3» αποτελεί ένα από τα προκαθορισμένα μορφότυπα που συμπεριλαμβάνεται στις επίσημες προδιαγραφές του πρωτοκόλλου που ορίζει το «DVD-Video».
- Οι αποκωδικοποιητές «Dolby Digital» έχουν την δυνατότητα προσαρμογής (downmix) του υλικού σε «Dolby Pro Logic», σε δικαναλικό στέρεο ή μόνο.



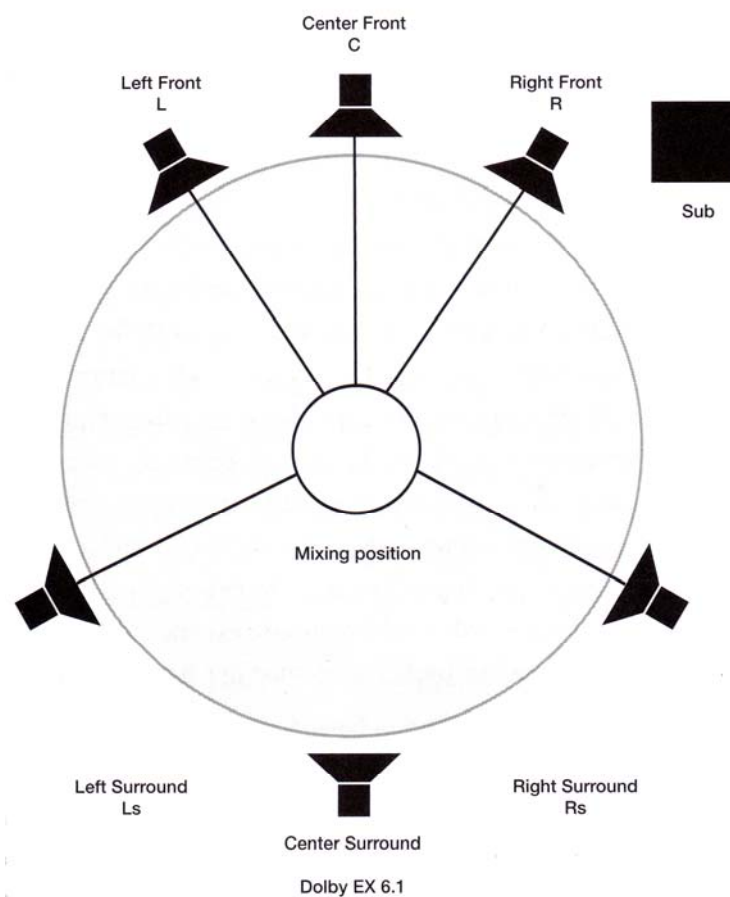
**Εικόνα 18:** Το μορφότυπο «Dolby Digital» βασίζεται στην προκαθορισμένη διάταξη ηχείων στέρεο 3-2-1 (ή 5.1), από τις υποδείξεις της ITU-R BS 775.<sup>50</sup>

<sup>50</sup> Πηγή εικόνων 15,16&17, Rich Tozzoli, Pro Tools Sound Mixing, Έκδοση 2005, Εκδόσεις «Backbeat Books»

### 4.4.2 Dolby Digital EX

Το 1998 η «Dolby» και η «Lucasfilm THX» ένωσαν τις δυνάμεις τους και παρουσίασαν μία βελτιωμένη έκδοχή του απλού «Dolby Digital». Η βελτίωση εστιάζεται κυρίως στην πρόσθεση ενός έβδομου καναλιού, επεκτείνοντας και την γνωστή διάταξη ηχείων από «5.1» σε «6.1». Το επιπλέον κανάλι τοποθετείται στην πίσω ζώνη ακρόασης μεταξύ των καναλιών «LS» και «RS» και ονομάζεται «Center Surround». Ο κωδικοποιητής είναι ο γνωστός «AC-3» με την διαφορά ότι το επιπλέον κανάλι «CS» κωδικοποιείται με την μέθοδο «Matrix» μεταξύ των καναλιών «LS» και «RS». Αυτός είναι και λόγος που δεν θεωρείται εγγενές σύστημα διακριτής (Discrete) κωδικοποίησης 6.1 (pseudo-6.1 system) καναλιών σε αντίθεση με το ανταγωνιστικό μορφή «DTS-ES».

Σε περίπτωση που στον δέκτη αναπαραγωγής δεν υπάρχει ο αποκωδικοποιητής «Dolby EX» και υπάρχει ο απλός «Dolby Digital» το πρόγραμμα αναπαράγεται κανονικά, προφανώς χωρίς το πίσω κεντρικό (CS) κανάλι.



**Εικόνα 19:** Η διάταξη 6.1 κατά τον κωδικοποιητή «Dolby Digital EX» βασίζεται στο γνωστό «κύκλο» των υποδείξεων της «ITU», «ITU-R BS 775». Ωστόσο, η προσθήκη του πίσω κεντρικού καναλιού είναι εκτός υποδείξεων και αποτελεί μία βελτίωση που προέκυψε από την συνεργασία της «Dolby» και της «Lucasfilm THX». <sup>51</sup>

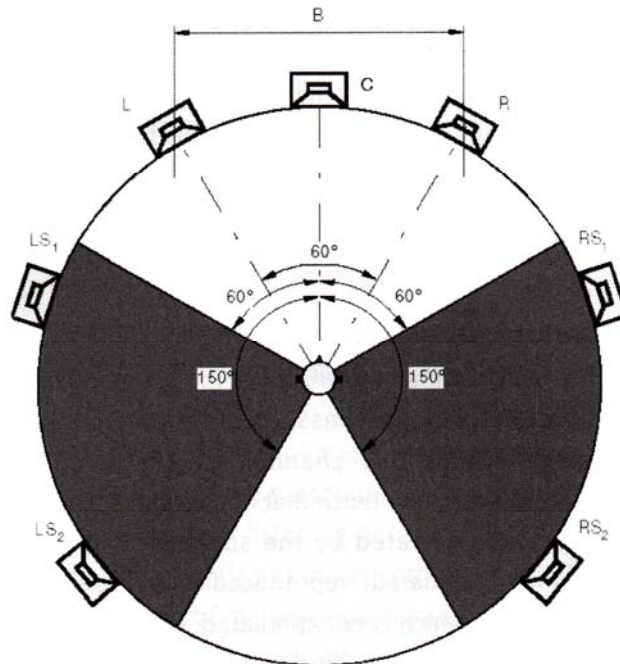
<sup>51</sup> Πηγή εικόνας 19, Rich Tozzoli, Pro Tools Sound Mixing, Έκδοση 2005, Εκδόσεις «Backbeat Books»



### 4.4.3 Dolby Digital Plus

Πρόκειται για έναν από τους νεότερους κωδικοποιητές της «Dolby» που είναι ειδικά σχεδιασμένοι για τα νέα μέσα αποθήκευσης υψηλής χωρητικότητας όπως το «**Blu-Ray**». Βασίζεται σε ένα εντελώς νέο απολεστικό κωδικοποιητή συμπίεσης δεδομένων, το «**E-AC-3**» που αποτελεί την επόμενη γενιά του αλγόριθμου «AC-3». Οι διαφορές σε σχέση με τον παλιό κωδικοποιητή είναι αγεφύρωτες, καθώς ο νέος προσφέρει σαφώς ανώτερη ποιότητα ήχου και μεγαλύτερο πλήθος διακριτών καναλιών ήχου.

- Οι υποστηριζόμενοι ρυθμοί δειγματοληψίας συμπεριλαμβάνουν 32, 44.1 και 48kHz με έως και 24bits ανά δείγμα.
- Ο κωδικοποιητής υποστηρίζει ροή δεδομένων από 32kbps έως 6 Mbps. Στους οπτικούς δίσκους κυμαίνεται μεταξύ 768 kbps και 1.5 Mbps.
- Υποστηρίζει διακριτή κωδικοποίηση 7 καναλιών πλήρους φάσματος και ενός «LFE»
- Οι αποκωδικοποιητές «Dolby Digital Plus» έχει την δυνατότητα προσαρμογής (downmix) του υλικού σε παλαιότερα φορμά κωδικοποίησης πολυκαναλικού ήχου. Σύμφωνα με την «Dolby» ακόμη και σε αυτή την περίπτωση η ποιότητα του ήχου παραμένει έως και 50% καλύτερη από τα σήματα που έχουν κωδικοποιηθεί με το προγενέστερο «AC-3»<sup>52</sup>.



Εικόνα 20: Η τυπική διάταξη ηχείων ενός discrete συστήματος 7.1.<sup>53</sup>

### 4.4.4 Dolby TrueHD

Πρόκειται για την πιο πρόσφατη εξέλιξη στον τομέα των κωδικοποιητών. Θυμόμαστε ότι ο λόγος ύπαρξης των κωδικοποιητών δεν ήταν άλλος από το να βρουν τρόπο όσο πιο αποδοτικό γίνεται, ώστε να συμπίεστεί ο μεγάλος όγκος πληροφορίας του υλικού αναπαραγωγής των πολυκαναλικών συστημάτων. Αυτό, για να γίνει εφικτή η αποθήκευση στα τότε μέσα αποθήκευσης (π.χ CD, DVD) αλλά και για να είναι ευέλικτη η διακίνηση της πληροφορίας μεταξύ των συσκευών αναπαραγωγής που είχαν πεπερασμένη δυνατότητα διαχείρισης πληροφοριών στην μονάδα του χρόνου. Έτσι,

<sup>51</sup> www.dolby.com, (Προσβαση 4-9-09)

<sup>53</sup> Πηγή εικόνας 20, Christian Birkner, Practical Recording 5 Surround Sound, Αγγλική Έκδοση 2004, Εκδόσεις «SMT»



φτάσαμε στην εποχή των οπτικών δίσκων χωρητικότητας 25GB (Blu-Ray Disc) και άνω που μπορούν να αποθηκεύσουν εικόνα και ήχο υψηλής ανάλυσης. Ο κωδικοποιητής «Dolby TrueHD» βασίζεται στον αλγόριθμο «MLP» (παραπομπή στην παρ. 4.5). Πρόκειται για μη απολεστικό αλγόριθμο κωδικοποίησης που συγκρίνεται άμεσα με τον αντίστοιχο κωδικοποιητή της «DTS-HD Master Audio». Το νέο ασυμπιεστο «Dolby TrueHD» κωδικοποιεί έως και 8 διακριτά κανάλια ήχου και η διάταξη των ηχείων είναι όμοια με αυτή του σχήματος της *εικόνας 20*.

- Οι υποστηριζόμενοι ρυθμοί δειγματοληψίας για αποθήκευση σε Blu-ray Disc αγγίζουν έως και τα 96kHz με έως και 24bits ανά δείγμα.
- Η μέγιστη ροή δεδομένων είναι 18 Mbit/s.
- Υποστηρίζει διακριτή κωδικοποίηση 8 καναλιών πλήρους φάσματος και ενός «LFE»
- Οι αποκωδικοποιητές «Dolby TrueHD» έχει την δυνατότητα προσαρμογής (downmix) του υλικού σε παλαιότερα φορμά κωδικοποίησης πολυκαναλικού ήχου. Είναι συμβατός προς τα πίσω.

### 4.4.5 DTS

Πρόκειται για το άμεσα ανταγωνιστικό κωδικοποιητή του «Dolby Digital». Όπως στην περίπτωση του «Dolby Digital» έτσι και ο κωδικοποιητής της «DTS» είναι απολεστικός με την διαφορά ότι ο DTS υποστηρίζει υψηλότερες αναλύσεις σε επίπεδο δειγματοληψίας αλλά και υψηλότερη ροή δεδομένων. Επίσης, οι προδιαγραφές του DTS μπορούν να κωδικοποιήσουν έως και οκτώ κανάλια ήχου, οι εφαρμογές όμως ήταν κυρίως σε διατάξεις «5.1» (στέρεο 3-2-1). Η ποιότητα ήχου σε σύγκριση με τον κωδικοποιητή «AC-3» είναι καλύτερη, ωστόσο οι τίτλοι με ήχο κωδικοποιημένο με «DTS» είναι λιγότεροι. Η διάταξη των ηχείων είναι ακριβώς όπως και του «Dolby Digital» στο σχήμα της *εικόνας 18*.

- Οι υποστηριζόμενοι ρυθμοί δειγματοληψίας αγγίζουν έως και τα 96kHz με έως και 24bits ανά δείγμα.
- Η μέγιστη ροή δεδομένων είναι 1,5 Mbps .
- Υποστηρίζει διακριτή κωδικοποίηση 7 καναλιών πλήρους φάσματος και ενός «LFE»
- Στις μέρες μας το πιθανότερο είναι να μην υπάρχει πρόβλημα συμβατότητας καθώς θεωρείται σχεδόν δεδομένη οι ύπαρξη αποκωδικοποιητών DTS και Dolby Digital στους πολυκαναλικούς ενισχυτές (A/V receivers) και στους αναπαραγωγείς οπτικών δίσκων (DVD player, BD player)

### 4.4.5 DTS ES

Η «ES» έκδοση του «DTS» είναι μία επέκταση του απλού 5.1 κωδικοποιητή σε 6.1. Πρόκειται για την αντίστοιχη έκδοση του «Dolby EX» με την προσθήκη οπίσθιου κεντρικού καναλιού. Όπως στην περίπτωση του «Dolby EX» έτσι και στην περίπτωση του «DTS ES» το πίσω κεντρικό κανάλι (CS) είναι κωδικοποιημένο με την μέθοδο «matrix» μεταξύ των δύο πίσω καναλιών (LS,RS). Αλλά υπάρχει έκδοση του «DTS ES» που έχει την δυνατότητα διακριτής κωδικοποίησης του έκτου καναλιού. Είναι απόλυτα συμβατός με το απλό «DTS 5.1». Η διάταξη των ηχείων είναι όμοια με αυτή του σχήματος της *εικόνας 19*.

### 4.4.6 DTS-HD Master Audio

Πρόκειται για την πιο πρόσφατη υλοποίηση της «DTS». Ο κωδικοποιητής «DTS-HD Master Audio» σχεδιαστικέ στην νέα εποχή των υψηλής χωρητικότητας μέσω αποθήκευσης. Βασίζεται σε **μη απολεστικό** (lossless) αλγόριθμο κωδικοποίησης, προσφέρει διακριτή κωδικοποίηση 8 καναλιών και είναι ο άμεσος ανταγωνιστής του κωδικοποιητή «Dolby TrueHD». Υποστηρίζονται υψηλότεροι ρυθμοί μετάδοσης πληροφορίας, μεγαλύτεροι ρυθμοί δειγματοληψίας, περισσότερα κανάλια και «ασυμπιεστος» ήχος.

- Οι υποστηριζόμενοι ρυθμοί δειγματοληψίας (για αποθήκευση σε Blu-ray Disc) αγγίζουν έως και τα 96kHz με έως και 24bits ανά δείγμα.
- Η μέγιστη ροή δεδομένων είναι 24.5 Mbps.
- Υποστηρίζει διακριτή κωδικοποίηση 7 καναλιών πλήρους φάσματος και ενός «LFE»
- Οι αποκωδικοποιητές «Dolby TrueHD» έχει την δυνατότητα προσαρμογής (downmix) του υλικού σε παλαιότερα φορμά κωδικοποίησης πολυκαναλικού ήχου. Είναι συμβατός προς τα πίσω.

### 4.5 MLP

Ο κωδικοποιητής της Meridian Audio Ltd<sup>54</sup> βασίζεται σε μη απολεστικό αλγόριθμο συμπίεσης. Είναι ο κωδικοποιητής που είχε επιλεγεί ως η προκαθορισμένη μέθοδος κωδικοποίησης στις προδιαγραφές του «DVD-Audio». Πρόκειται για ένα πολύ αποδοτικό κωδικοποιητή που είναι σε θέση να προσφέρει λόγο συμπίεσης σχεδόν 2:1, χωρίς την παραμικρή απώλεια σε επίπεδο πληροφορίας. Επίσης, μία εξελιγμένη μορφή του εν λόγω κωδικοποιητή αποτελεί την βάση του φορμά «Dolby TrueHD».

- Οι υποστηριζόμενοι ρυθμοί δειγματοληψίας (για αποθήκευση σε DVD-Audio) αγγίζουν έως και τα 96kHz με έως και 24bits ανά δείγμα για κωδικοποίηση έξι καναλιών ήχου.
- Η μέγιστη ροή δεδομένων είναι 9.6Mbps DVD-Audio και 18Mbps σε Blu-ray disc
- Υποστηρίζει διακριτή κωδικοποίηση 5 καναλιών πλήρους φάσματος και ενός «LFE» σε DVD-Audio και 8 καναλιών σε Blu-ray disc. Επίσης, έχει δυνατότητα κωδικοποίησης 2 καναλιών με ρυθμό δειγματοληψία 192kHz/24bit.

### 4.6 Λίγα λόγια για το «THX»...

Το «THX» δεν είναι κάποιος αλγόριθμος κωδικοποίησης αλλά ένα σύνολο προδιαγραφών με σκοπό την βελτίωση διαφόρων παραμέτρων της αναπαραγωγής του περιβάλλοντος ήχου (Surround Sound) που αφορούν το σύστημα αναπαραγωγής και την ακουστική των χώρων ακρόασης. Οι προδιαγραφές καταρτίστηκαν από τον Tomlinson Holman σε συνεργασία με την «Lucasfilm»<sup>55</sup>. Ο αρχικός στόχος ήταν να βελτιώσουν την ποιότητα της αναπαραγωγής ήχου στις κινηματογραφικές αίθουσες σε τέτοιο επίπεδο, ώστε η εμπειρία θεατή-ακροατή να πλησιάζει αυτή του δημιουργού σε περιβάλλον στούντιο. Οι προδιαγραφές σχεδιάστηκαν για να συνοδεύουν τα συστήματα κωδικοποιήσεων της «Dolby». Στην πραγματικότητα οι προδιαγραφές αφορούν σε παραμέτρους ακουστικής των αιθουσών και την προσαρμογή των συστημάτων ήχου<sup>56</sup>. Επίσης, υπάρχει η εκδοχή των προδιαγραφών «THX» για οικιακά συστήματα που ονομάζονται «THX Home». Οι προδιαγραφές στην οικιακή εκδοχή αφορούν κυρίως στις επιμέρους διατάξεις του συστήματος αναπαραγωγής.

<sup>54</sup> Εταιρία κατασκευής οικιακών ηχητικών συστημάτων με πολλές κατοχυρωμένες τεχνολογικές καινοτομίες. [www.meridian-audio.com](http://www.meridian-audio.com)

<sup>55</sup> Εταιρία κινηματογραφικών παραγωγών με έδρα το San Francisco των Η.Π.Α και δημιουργό τον George Lucas. [www.lucasfilm.com](http://www.lucasfilm.com).

<sup>56</sup> Francis Rumsey, Spatial Audio, 1<sup>η</sup> Έκδοση 2001, Εκδόσεις «Focal Press» σελ. 110

# 5

## Τεχνικές μικροφώνων

---

Στο τρέχον κεφάλαιο θα αναφερθούν οι διατάξεις των μικροφώνων που χρησιμοποιούνται για την λήψη πολυκαναλικού στέρεο. Είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι οι περισσότερες διατάξεις αποτελούν εξέλιξη των γνωστών που χρησιμοποιούνται για την λήψη δικαναλικού στέρεο. Για αυτόν τον λόγο κρίνεται σκόπιμο να γίνει μία σύντομη επισκόπηση των βασικών δικαναλικών διατάξεων στο πρώτο μέρος του κεφαλαίου. Στο δεύτερο μέρος (παρ. 5.2) θα αναφερθούν οι νέες συνθέσεις διατάξεων πολλαπλών μικροφώνων που είναι ειδικά σχεδιασμένες, ώστε να λαμβάνουν όλες εκείνες τις ηχητικές πληροφορίες που είναι απαραίτητες για την δημιουργία της αίσθησης του περιβάλλοντος ήχου (Surround Sound) μέσω αντίστοιχων συστημάτων αναπαραγωγής.

### 5.1 Τεχνικές δικαναλικού στέρεο

Οι τεχνικές μικροφώνων λήψης στερεοφωνικού πεδίου, όπως είναι φυσικό, αναπτύχθηκαν παράλληλα με τα αντίστοιχα συστήματα αναπαραγωγής. Πρόκειται για συγκεκριμένες διατάξεις δύο (ή και περισσότερων) μικροφώνων που «συμβάλουν» στην λήψη του ηχητικού γεγονότος, με σκοπό κατά την αναπαραγωγή μεταξύ των δύο ηχείων να είναι αντιληπτές από τον ακροατή ενδείξεις θέσης πηγών και ευρύτερης αίσθησης χώρου (στο μέτρο του εφικτού).

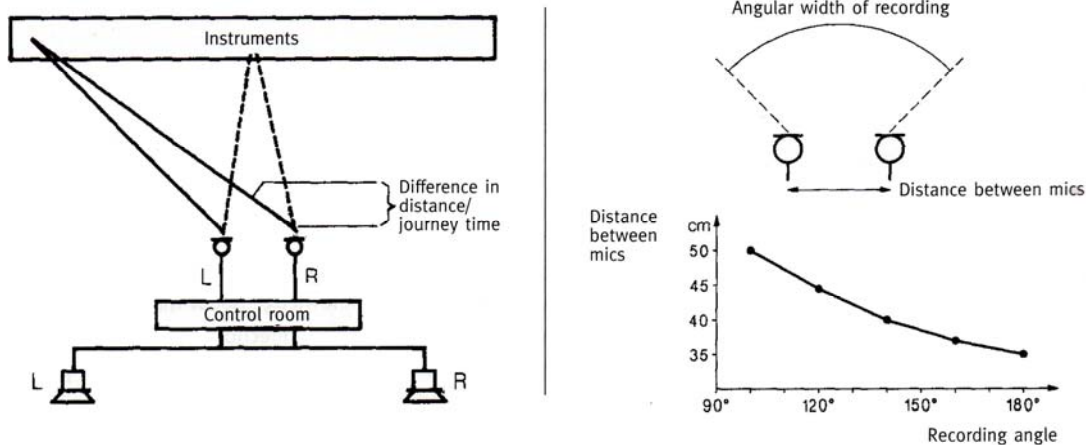
Οι δικαναλικές διατάξεις μικροφώνων διαχωρίζονται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες, βάσει του τρόπου που τοποθετούνται στο χώρο:

- Συμπτωτικές (Coincident)
- Ημισυμπτωτικές (Near-coincident)
- Απομακρυσμένες (Spaced)
- Ψευδο- αμφιωτική (Pseudo – Binaural)<sup>57</sup>

Προφανώς το αποτέλεσμα λήψης από διάταξη σε διάταξη διαφέρει. Στις επόμενες παραγράφους θα αναφερθούν οι θεμελιώδεις διατάξεις από κάθε κατηγορία και τα χαρακτηριστικά τους.

#### 5.1.1 AB Stereo

Η συγκεκριμένη τεχνική ανήκει στην κατηγορία των *απομακρυσμένων μικροφώνων (Spaced microphones)*. Περιλαμβάνει την διάταξη δύο μικροφώνων που είναι τοποθετημένα παράλληλα μεταξύ τους, «κοιτάζοντας» με κλίση μηδέν μοιρών προς την πηγή. Η απόσταση μεταξύ των μικροφώνων κυμαίνεται μεταξύ 40 - 80cm που αντίστοιχα ορίζει το τόξο λήψης. Η σχέση μεταξύ απόστασης των μικροφώνων και τόξου λήψης διαγράφεται στην *εικόνα 21*. Η «στερεοφωνική εικόνα» στην εν λόγω τεχνική, δημιουργείται βάσει της διαφοράς χρόνου άφιξης των κυμάτων στα δύο μικρόφωνα. Ουσιαστικά, η τεχνική βασίζεται στο φαινόμενο της προπορείας (Precedence effect) που αναλύεται στην παράγραφο «3.4». Η διάταξη «AB στέρεο» πάσχει από ακρίβεια στον προσδιορισμό της θέσης των πηγών, εντούτοις προσφέρει καλή περιγραφή της γενικότερης αίσθησης του χώρου. Πρακτικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ζεύγος μικροφώνων οποιουδήποτε πολικού διαγράμματος. Είναι πολύ συχνό όμως το φαινόμενο να χρησιμοποιούνται μικρόφωνα με παντοκατευθυντικά πολικά διαγράμματα, λόγω του ότι έχουν μεγαλύτερο εύρος απόκρισης στις χαμηλές συχνότητες.

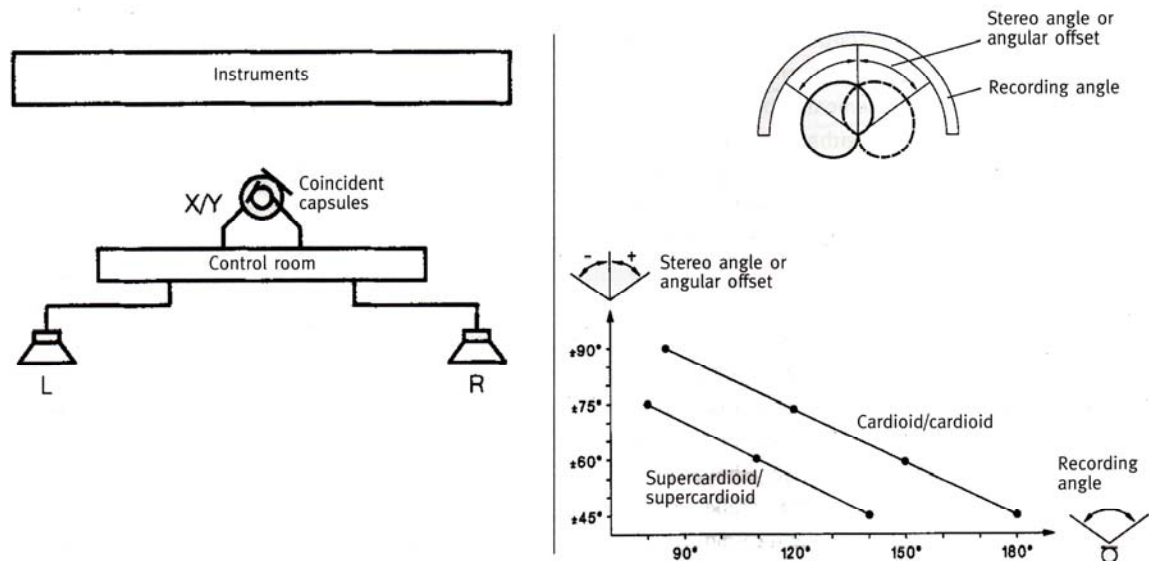


**Εικόνα 21:** Η σχέση μεταξύ της απόστασης των μικροφώνων και του τόξου λήψης.

<sup>57</sup> Francis Rumsey, Spatial Audio, 1<sup>η</sup> Έκδοση 2001, Εκδόσεις «Focal Press» σελ. 170

### 5.1.2 XY Stereo

Πρόκειται για την πιο δημοφιλή τεχνική και θα λέγαμε ότι αποτελεί τον ορισμό της συμπτωτικής (Coincident) κατηγορίας διατάξεων που μάλιστα την οφείλουμε στα πειράματα του Alan Blumlein στις αρχές της δεκαετίας του 1930. Η τεχνική «XY» συμπεριλαμβάνει κατά κανόνα δύο καρδιοειδή μικρόφωνα, οι κάψες των οποίων τοποθετούνται όσο πιο κοντά γίνεται, με την μία πάνω από την άλλη, ενώ τα μικρόφωνα σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 90 μοιρών. Η «στερεοφωνική εικόνα» στην εν λόγω τεχνική, δημιουργείται βάσει των διαφορών έντασης (**ICLD**) που προκύπτει όταν προσπίπτει ένα ηχητικό κύμα υπό γωνία στο ζεύγος των μικροφώνων. Αυτός είναι και ο λόγος που η τεχνική «XY» είναι γνωστή και ως «Intensity Stereophony»<sup>58</sup>. *Η εν λόγω διάταξη με καρδιοειδή μικρόφωνα, σε σύγκριση με την τεχνική «AB», κατά την αναπαραγωγή προσφέρει πιο ακριβείς ενδείξεις της θέσης των πηγών, ενώ παρουσιάζει αδυναμίες στην αναπαραγωγή της χωρικής εντύπωσης (Spatial impression).*

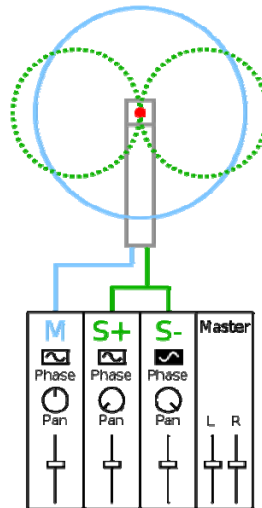


**Εικόνα 22:** Ηχογράφηση με ζεύγος μικροφώνων σε διάταξη XY, αριστερά βλέπουμε το διάγραμμα που δείχνει την μεταβολή του τόξου λήψης σε συνάρτηση με την γωνία του ζεύγους των μικροφώνων.

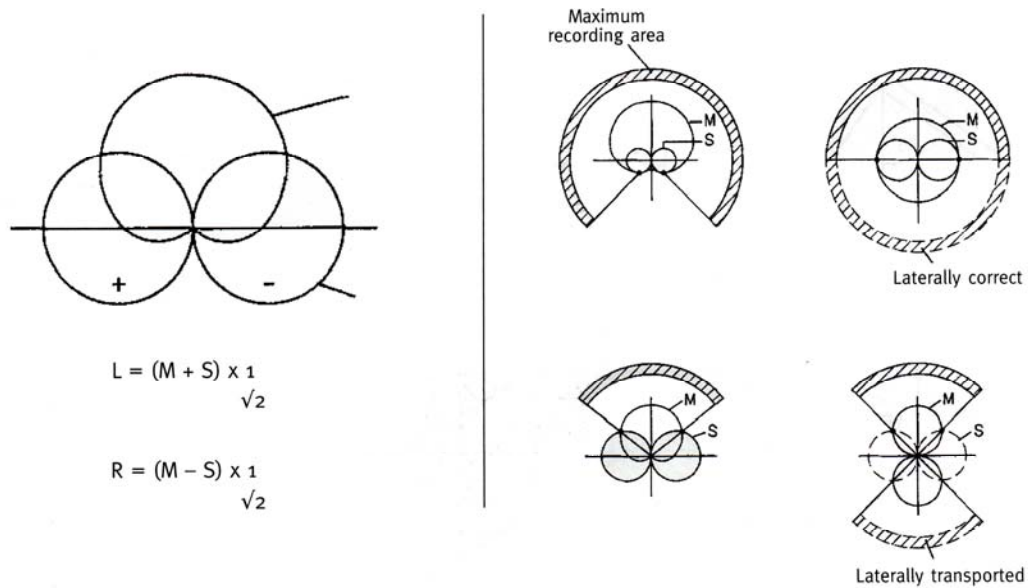
### 5.1.3 MS Stereo

Μία επίσης βασική τεχνική που ανήκει στην κατηγορία των συμπτωτικών διατάξεων είναι η «M-S Stereo». Η διάταξη συμπεριλαμβάνει ένα ζεύγος μικροφώνων με δύο διαφορετικά πολικά διαγράμματα, καρδιοειδές και δικατευθυντικό. Οι κάψες τοποθετούνται όσο πιο κοντά είναι δυνατόν, με το καρδιοειδές μικρόφωνο να έχει μηδέν μοίρες γωνία σε σχέση με την πηγή και το δικατευθυντικό να έχει μία γωνία ακριβώς 90 μοιρών. Το πρώτο μικρόφωνο ονομάζεται «Mid» και το δεύτερο «Side» ονομασίες που προκύπτουν βάσει της κατεύθυνσης των πολικών τους διαγραμμάτων σε σχέση με την πηγή. Η «στερεοφωνική εικόνα» και στην εν λόγω τεχνική, δημιουργείται βάσει των διαφορών στάθμης (ICLD) που προκύπτουν, όταν προσπίπτει ένα ηχητικό κύμα υπό γωνία στο ζεύγος των μικροφώνων. Η διάταξη «MS stereo» προσφέρει ακόμα πιο καλή απεικόνιση της κατεύθυνσης των πηγών και κρίνεται ιδανική, όταν υπάρχουν κινούμενες ηχητικές πηγές. Επίσης, η διάταξη «M-S Stereo» είναι συμβατή με μονοφωνικά συστήματα, αφού το μικρόφωνο «Mid» καταγράφει πάντα ένα αυτούσιο μονοφωνικό σήμα. Επίσης, ένα ακόμη πλεονέκτημα της διάταξης είναι ότι σε πραγματικό χρόνο (χρήσιμο για «ζωντανές» παραγωγές) μπορεί να διαμορφωθεί η αναλογία των τριών σημάτων που προκύπτουν από την διάταξη.

<sup>58</sup> Christian Birkner, Practical Recording 5 Surround Sound, Αγγλική Έκδοση 2004, Εκδόσεις «SMT», σελ.55



**Εικόνα 23:** Ένα τυπικό σχεδιάγραμμα που δείχνει το τρόπο δρομολόγησης των σημάτων της MS επεξεργασίας στην κονσόλα.<sup>59</sup>



**Εικόνα 24:** Μεταβάλλοντας το πολικό διάγραμμα του «M» μικροφώνου μπορεί αλλάξει το τόξο λήψης της διάταξης. Στο δεξιά σχεδιάγραμμα αναπαρίστανται μερικά παραδείγματα.<sup>60</sup>

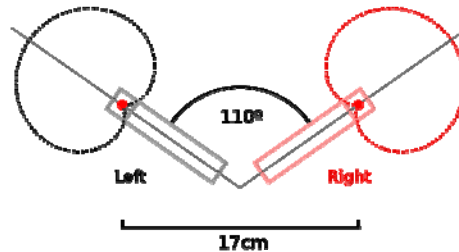
<sup>59</sup> Πηγή εικόνας 23,

[http://en.wikipedia.org/wiki/Stereophonic\\_sound#M.2FS\\_technique:\\_Mid.2FSide\\_stereophony](http://en.wikipedia.org/wiki/Stereophonic_sound#M.2FS_technique:_Mid.2FSide_stereophony), (Πρόσβαση 23-9-09)

<sup>60</sup> Πηγή εικόνας 24, Christian Birkner, Practical Recording 5 Surround Sound, Αγγλική Έκδοση 2004, Εκδόσεις «SMT»

### 5.1.4 ORTF<sup>61</sup>

Η ανάγκη να συγκεραστούν τα θετικά της «AB stereo» και της «XY stereo» τεχνικής, οδήγησε τον οργανισμό «Office de Radiodiffusion Télévision Française» της Γαλλικής ραδιοφωνίας να αναπτύξει μία **υβριδική διάταξη** μικροφώνων. Η νέα κατηγορία που δημιουργήθηκε είναι γνωστή ως «Ημισυμπτωτική» (Near-coincident). Η τεχνική συμπεριλαμβάνει δύο καρδιοειδή μικρόφωνα σε απόσταση 17 cm με γωνία μεταξύ τους 110 μοιρών. Η διάταξη συνδυάζει τις διαφορές στάθμης (ICLD), λόγω της γωνίας που βρίσκονται τα μικρόφωνα, αλλά και τις διαφορές χρόνου (ICTD) λόγω της απόστασης που βρίσκονται μεταξύ τους. Έτσι, η διάταξη κατά την αναπαραγωγή προσφέρει ικανοποιητική ισορροπία μεταξύ των ενδείξεων κατεύθυνσης πηγών (Localization) αλλά και χωρικής αίσθησης (Spatial impression).



**Εικόνα 25:** Η τυπική προτεινόμενη διάταξη ORTF περιλαμβάνει 17cm απόσταση σε γωνία 110 μοιρών. Η διάταξη με αυτά τα δεδομένα προσφέρει γωνία λήψης 95 μοιρών.<sup>62</sup>

### 5.1.5 Ψευδο-αμφιωτική (Pseudo – Binaural)

Πρόκειται για μία τεχνική που χρησιμοποιεί δύο παντοκατευθυντικά μικρόφωνα τα οποία τοποθετούνται παραπλεύρως ενός διαχωριστικού δίσκου διαμέτρου 30cm, όπως φαίνεται στην **εικόνα 26**. Τα μικρόφωνα έχουν μία μικρή κλήση περίπου 20 μοιρών σε σχέση με την επιφάνεια



του δίσκου, ενώ η απόσταση αυτών είναι 17.5cm. Η διάταξη, χωρίς τον ενδιάμεσο δίσκο, μοιάζει πολύ με την τεχνική «ORTF» που αναφέρεται στην παράγραφο **5.1.4**. Η παρουσία του δίσκου στην προκειμένη περίπτωση εξομοιώνει τις περιθλάσεις που δημιουργεί η ανθρώπινη κεφαλή και τα φαινόμενα ηχητικής σκίασης. Το αποτέλεσμα κατά την αναπαραγωγή προσφέρει ικανοποιητικές ενδείξεις προσδιορισμού πηγών και πολύ καλή χωρική αίσθηση. Να σημειώσουμε ότι ο δίσκος φέρει επένδυση ηχοαπορροφητικού υλικού και η διάταξη αποτελεί επινόηση του Σουηδού μηχανικού, Jürg Jecklin. Συχνά γίνεται αναφορά στην βιβλιογραφία<sup>63</sup> ως ο δίσκος του Jecklin (**Jecklin Disk**).

**Εικόνα 26:** Στην φωτογραφία βλέπουμε μία κατασκευή του δίσκου **Jecklin** από την MB electronics από τα μέσα της δεκαετίας του '80. Σημειώστε ότι έκτοτε έχουν κυκλοφορήσει διάφορες εκδοχές του δίσκου με μικροπαραλλαγές στις διαστάσεις.

<sup>61</sup> ORTF: Ακρωνύμιο που προκύπτει από το Office de Radiodiffusion Télévision Française

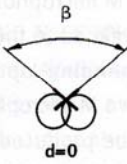
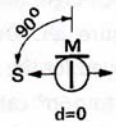
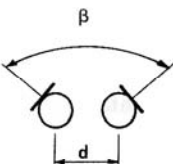
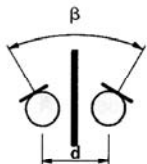
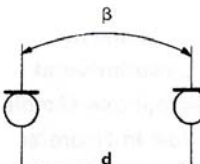
<sup>62</sup> Πηγή εικόνας 25,

[http://en.wikipedia.org/wiki/Stereophonic\\_sound#M.2FS\\_technique:Mid.2FSide\\_stereophony](http://en.wikipedia.org/wiki/Stereophonic_sound#M.2FS_technique:Mid.2FSide_stereophony). (Πρόσβαση 14-10-09)

<sup>63</sup> Christian Birkner, Practical Recording 5 Surround Sound, Αγγλική Έκδοση 2004, Εκδόσεις «SMT», σελ.59

**5.1.6 Σύνοψη δικαναλικών διατάξεων**

Στην εικόνα 5.1.6.1 παρατίθεται ένας πίνακας που συγκεντρώνει τις βασικές δικαναλικές διατάξεις μικροφώνων. Αναφέρονται όλες οι απαραίτητες παράμετροι και διάφορα χαρακτηριστικά που διέπουν το ηχητικό αποτέλεσμα.

| Type of stereo                | Intensity stereophony                                                             |                                                                                   | Small delay + intensity stereophony                                               | Acoustic-partition stereophony                                                     | Delay-time stereophony                                                              |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Name                          | XY                                                                                | MS                                                                                | eg ORTF                                                                           | eg OSS                                                                             | AB                                                                                  |
|                               |  |  |  |  |  |
| Distance between capsules     | 0cm, usually superimposed                                                         |                                                                                   | 5–30cm angle dependent                                                            | depends upon partition                                                             | 40–80cm or more                                                                     |
| Angular offset of microphones | 45°–180°                                                                          | 90°                                                                               | 0°–180°                                                                           | typically 20°                                                                      | 0°–90°                                                                              |
| Receiver principle            | pressure-gradient receivers (eg cardioids)                                        |                                                                                   |                                                                                   | mainly pressure receivers (omnis)                                                  |                                                                                     |
| Sonic image                   | clean, often bright and brilliant                                                 |                                                                                   |                                                                                   | voluminous, especially good LF reproduction from omnis                             |                                                                                     |
| Spatial impression            | slight                                                                            |                                                                                   | balanced                                                                          | good                                                                               | very good                                                                           |
| Localisation                  | very good                                                                         |                                                                                   | good                                                                              | satisfactory                                                                       | indistinct                                                                          |

64

<sup>64</sup> Πηγή πίνακα, Christian Birkner, Practical Recording 5 Surround Sound, Αγγλική Έκδοση 2004, Εκδόσεις «SMT»



## 5.2 Πολυκαναλικές τεχνικές μικροφώνων

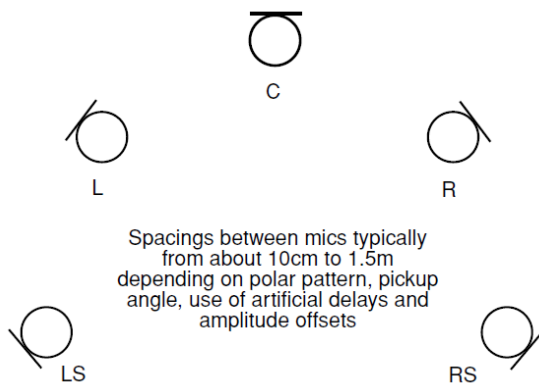
Οι παράγραφοι που ακολουθούν, αποτελούν το δεύτερο μέρος του παρόντος κεφαλαίου και σχετίζονται με τις διατάξεις μικροφώνων, οι οποίες προορίζονται για ηχογράφηση πολυκαναλικού στέρεο (Multichannel Stereo), κυρίως για το μορφότυπο «5.1». Οι διάφορες διατάξεις που ακολουθούν, όπως έχουμε προαναφέρει, βασίζονται ως επί το πλείστον, στις αρχές των «συμβατικών» δικαναλικών διατάξεων. Επίσης, κρίνεται απαραίτητο να διευκρινιστεί ότι οι τεχνικές μικροφώνων που ακολουθούν, αναφέρονται κυρίως σε περιπτώσεις λήψης ήχου από «φυσικές» πηγές ήχου μαζί με τα ακουστικά χαρακτηριστικά του χώρου στον οποίο ενεργούν. Σε αντιδιαστολή με τις τεχνικές επεξεργασίας στο στούντιο που με τεχνητό τρόπο δημιουργούν το πεδίο του περιβάλλοντος ήχου. Αυτές οι τεχνικές όπως το «Pan-pot stereo», η τεχνητή αντήχηση, το «Spot-miking» και διάφορες τεχνικές μίξης αναφέρονται στο κεφάλαιο 7.

Οι συστοιχίες πολλαπλών μικροφώνων μπορούν να διαχωριστούν ακριβώς όπως και στην περίπτωση των διατάξεων ζεύγους (παρ. 5.1). Δηλαδή, ανεξαρτήτως πλήθους μικροφώνων οι διατάξεις μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε συμπτωτικές (Coincident), ημισυμπτωτικές (Near-coincident), απομακρυσμένες (Spaced) και Ψευδο-αμφιωτικές (Pseudo – Binaural). Αυτός ο τρόπος διαχωρισμού αποτελεί μία καλή βάση, καθώς συμβαδίζει με τις ήδη γνωστές αρχές που διέπουν τις διατάξεις ζεύγους και μάλιστα είναι θεμελιακές και δεν μεταβάλλονται.

Ωστόσο, στην βιβλιογραφία<sup>65</sup> για τις «Surround» διατάξεις, συνήθως αναφέρεται ένας γενικευμένος διαχωρισμός σε **κύριες** (Main arrays) και **εναλλακτικές διατάξεις** (Alternate configurations). Οι λεγόμενες «κύριες διατάξεις» αποτελούν συστοιχίες πέντε μικροφώνων κοντά τοποθετημένα σε μία ειδική βάση πέντε σημείων. Συνήθως, τα μικρόφωνα έχουν καρδιοειδές πολικό διάγραμμα, ενώ οι αποστάσεις και οι κλήσεις αυτών βασίζονται στις «καμπύλες Williams». Ο στόχος αυτών των διατάξεων είναι η καταγραφή του ηχητικού πεδίου σε ακτίνα 360 μοιρών γύρω από την συστοιχία. Μία γενική απεικόνιση των «κύριων διατάξεων» βλέπουμε στο σχήμα της *εικόνας 27*.

Όσο για τις εναλλακτικές, αυτές συνήθως αποτελούν διάφορες παραλλαγές των κύριων με την ουσιαστική διαφορά ότι υπάρχει κατα κάποιο τρόπο ξεχωριστή μεταχείριση των εμπρόσθιων (LCR) καναλιών και των πίσω (SL-SR). Συνήθως, χρησιμοποιούνται απομακρυσμένα (Spaced) μικρόφωνα παντοκατευθυντικού πολικού διαγράμματος. Τα μικρόφωνα που απαρτίζουν τα εμπρόσθια κανάλια υπάρχει πιθανότητα να είναι μία διάταξη ζεύγους (*ενότητα 5.1*), ενώ τα πίσω συνήθως βρίσκονται σε άλλο σημείο για την λήψη πληροφοριών χώρου. Ο στόχος αυτών των διατάξεων δεν αποτελεί κατα κανόνα την λήψη ήχου 360 μοιρών, όπως στην περίπτωση των «κύριων διατάξεων»<sup>66</sup>.

Για τον λόγο ότι ο προαναφερόμενος διαχωρισμός μοιάζει αρκετά γενικευμένος, όπως στην



περίπτωση των διατάξεων ζεύγους, έτσι και στην περίπτωση των πολλαπλών μικροφώνων, στην παρούσα εργασία θα ακολουθηθεί κατηγοριοποίηση βάσει του τρόπου που αυτά τοποθετούνται. Θα αναφερθούν μία με δύο διατάξεις δημοφιλών πολλαπλών μικροφώνων σε κάθε μία από τις τέσσερις κατηγορίες.

**Εικόνα 27:** Πρόκειται για μία θεμελιακή διάταξη μικροφώνων για το πεντακαναλικό μορφότυπο. Οι αποστάσεις των μικροφώνων μπορεί να είναι από 10cm έως και 1.5m, αναλόγως το πολικό διάγραμμα, την γωνία, την χρήση χρονοκαθυστέρησης και την απόκλιση ευαισθησίας.

67

<sup>65</sup> Francis Rumsey, *Spatial Audio*, 1<sup>η</sup> Έκδοση 2001, Εκδόσεις «Focal Press» σελ.190

<sup>66</sup> Francis Rumsey, *Spatial Audio*, 1<sup>η</sup> Έκδοση 2001, Εκδόσεις «Focal Press» σελ.196

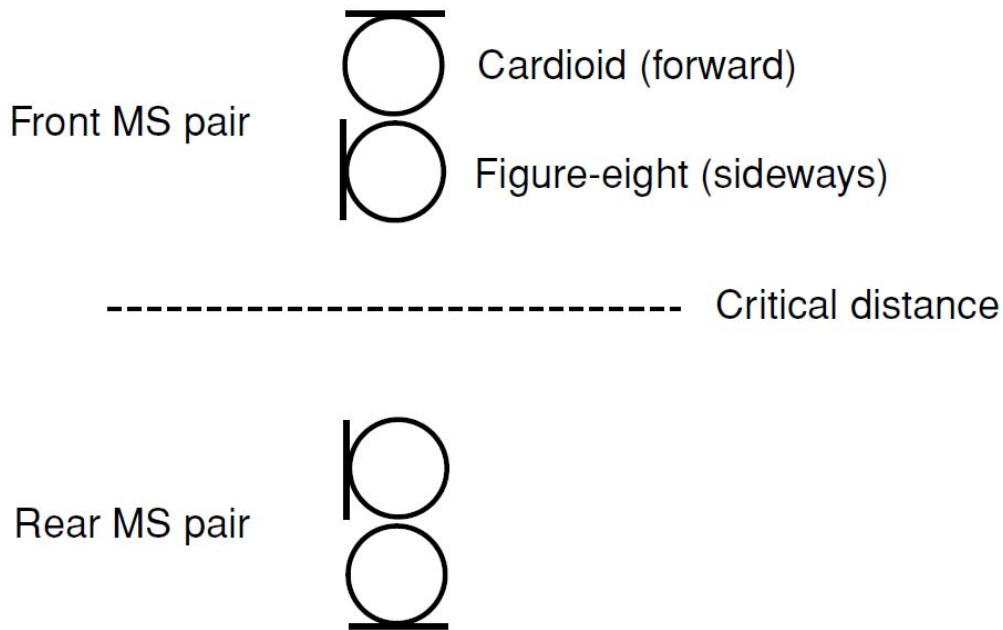
<sup>67</sup> Πηγή εικόνας 27, Francis Rumsey, *Spatial Audio*, 1<sup>η</sup> Έκδοση 2001, Εκδόσεις «Focal Press»

### 5.2.1 Συμπτωτικά μικρόφωνα (*Coincident Microphones*)

Οι συμπτωτικές διατάξεις πολλαπλών μικροφώνων είναι σχετικά λίγες. Γνωστές στο ευρύ κοινό είναι η διάταξη «**Double MS**» και κάποιες ειδικές κατασκευές της Soundfield με τέσσερις κάψες τοποθετημένες σε ένα σώμα μικροφώνου.

- Η χρήση του διπλού «MS Stereo<sup>68</sup>» (ή Double MS) είχε ξεκινήσει ήδη από τις αρχές της δεκαετίας του '80<sup>69</sup>, μάλιστα η αρχική χρήση προοριζόταν για δικαναλικές στέρεο ηχογραφήσεις. Η εν λόγω τεχνική είχε μελετηθεί από τους Curt Witting και τον Neil Muncy στο πλαίσιο σεμιναρίων ηχογράφησης του NPR<sup>70</sup>. Η σύλληψη τους περιλαμβάνει την χρήση δύο ζευγών «MS stereo» όπου το ένα ζεύγος τοποθετείται μπροστά από την σκηνή, ενώ το δεύτερο πίσω από την περιοχή της κρίσιμης απόστασης, με άλλα λόγια στην περιοχή του αντηχητικού πεδίου του χώρου. Η διάταξη των μικροφώνων φαίνεται στο σχήμα της εικόνας 28.

Με την τυποποίηση του «3-2 στέρεο», η τεχνική «Double MS» είχε την δυνατότητα να εφαρμοστεί άμεσα απλώς με την δρομολόγηση των σημάτων στα αντίστοιχα 5 κανάλια των νέων συστημάτων. Η δρομολόγηση έχει ως εξής: Το σήμα του «Mid» μικροφώνου του μπροστινού ζεύγους τροφοδοτεί το κεντρικό κανάλι (C), τα δύο σήματα του «Side» μικροφώνου στο αριστερό «L» και στο δεξί «R», ενώ το ζεύγος που έχει τοποθετηθεί στο αντηχητικό πεδίο οδηγείται στα πίσω κανάλια «SL-SR».



71

**Εικόνα 28:** Σχηματική αναπαράσταση της χρήσης ζεύγους διπλού MS (**Double MS**).

<sup>68</sup> Παραπομπή στην παράγραφο 5.1.3

<sup>69</sup> [http://www.paudio.com/Pages/learning\\_Wittig.html](http://www.paudio.com/Pages/learning_Wittig.html) (Πρόσβαση 29-10-09)

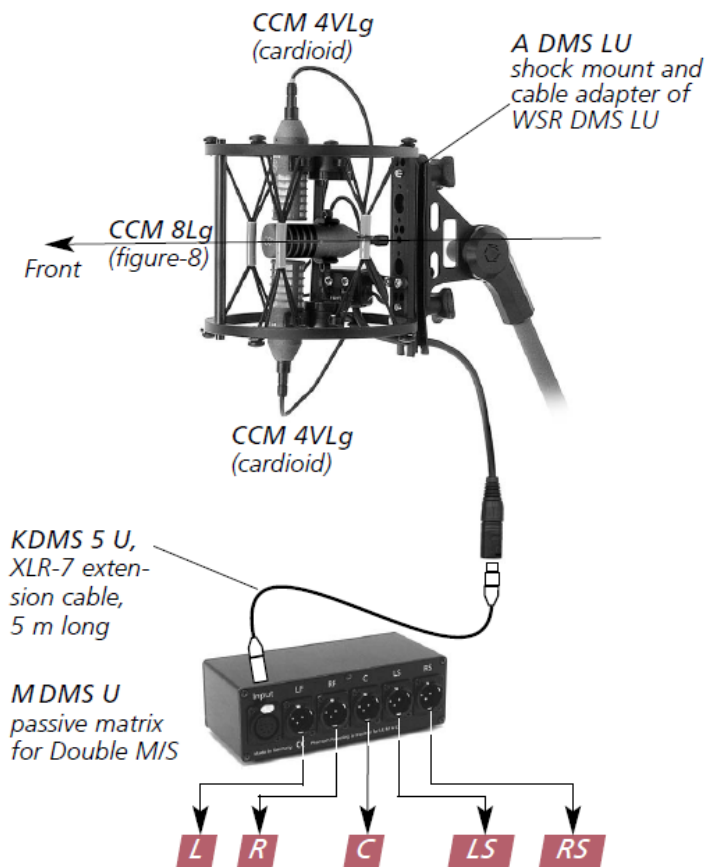
<sup>70</sup> National Public Radio (NPR), μη κερδοσκοπικός οργανισμός που λειτουργεί ως είδος πρακτορείου τύπου στις Η.Π.Α.

<sup>71</sup> Πηγή εικόνας, Francis Rumsey, Spatial Audio, 1<sup>η</sup> Έκδοση 2001, Εκδόσεις «Focal Press»

## Τεχνικές μικροφώνων

Υπάρχει όμως και μία εξελιγμένη εκδοχή του «Double MS» με χρήση μόλις τριών μικροφώνων. Πρόκειται για μία «έξυπνη» διάταξη που προϋποθέτει την τοποθέτηση ενός δευτέρου «Mid» μικροφώνου σε μια τυπική «MS stereo» διάταξη με την διαφορά ότι αυτό είναι στραμμένο προς την αντίθετη κατεύθυνση σε σχέση με το βασικό «Mid» μικρόφωνο. Πρόκειται δηλαδή για ένα διπλό «MS Stereo» σε μία συστοιχία με τα δυο «Mid» μικρόφωνα να μοιράζονται κοινό «Side». Η γνωστή κατασκευάστρια μικροφώνων «Schoeps» προσφέρει ένα ολοκληρωμένο σύστημα «Double MS» που αποτελείται από τρία μικρόφωνα (ένα Side με δικατευθυντικό πολικό διάγραμμα και δύο Mid με καρδιοειδές) σε μία ειδική αντικραδασμική βάση που στηρίζει και τα τρία μικρόφωνα. Πρέπει να σημειωθεί πως τα πέντε κανάλια εξάγονται με επεξεργασία μέσω «Matrixing». Η Schoeps προσφέρει ειδικό παθητικό διαχωριστή (Splitter) σημάτων, όπως επίσης και ειδικό λογισμικό (VST Plug-in) που επιτρέπει την αποκωδικοποίηση των 5 σημάτων μέσω Η/Υ και περαιτέρω έλεγχο διάφορων παραμέτρων. Η εν λόγω συστοιχία έχει να προσφέρει μερικά ιδιαίτερα πλεονεκτήματα όπως:

- Χρήση μόνο τριών μικροφώνων για 5 κανάλια ήχου
- Συστοιχία μικρή σε βάρος και διαστάσεις, ιδανική για εξωτερικές ηχογραφήσεις
- Δυνατότητα ελέγχου παραμέτρων σε πραγματικό χρόνο αλλά και σε περαιτέρω στάδια της παραγωγής (post production).
- Το παραγόμενο σήμα είναι απόλυτα συμβατό με «mono», «2-0 stereo» και φυσικά με «3-2 stereo».



72

**Εικόνα 29:** Η συστοιχία «Double MS» της Schoeps στην ειδική αντικραδασμική βάση στήριξης. Επίσης, στην φωτογραφία βλέπουμε το παθητικό αποκωδικοποιητή MDMS U που προσφέρει άμεσα πέντε κανάλια ήχου έτοιμα για χρήση στο στάδιο της μίξης.

<sup>72</sup> Πηγή εικόνας, [http://www.schoeps.de/documents/SCHOEPS\\_surround-brochure.pdf](http://www.schoeps.de/documents/SCHOEPS_surround-brochure.pdf), ηλεκτρονική έκδοση καταλόγου '06, (Πρόσβαση 22/11/09)

- Στην κατηγορία των συμπτωτικών μικροφώνων ανήκουν και οι υλοποιήσεις τις «Soundfield». Η Soundfield αυτή την στιγμή προσφέρει πλήθος μοντέλων που βασίζονται στην ίδια αρχή λειτουργίας. Η «Soundfield» δίνει την δυνατότητα ηχογράφησης πολυκαναλικού ήχου με την χρήση μόνο (!) ενός ειδικά σχεδιασμένου μικροφώνου και ενός επεξεργαστή. Η ιδέα υλοποιείται σε ένα σώμα μικροφώνου που ενσωματώνει τέσσερις κάψες καρδιοειδούς πολικού διαγράμματος που είναι τοποθετημένες πολύ κοντά σε σχηματισμό τετραέδρου. Η πολύ μικρή απόσταση μεταξύ των διαφραγμάτων ελαχιστοποιεί τις φασικές διαφορές των σημάτων σε σύγκριση με τις διατάξεις απομακρυσμένων μικροφώνων. Τα αρχικά σήματα (γνωστά και ως **A-format**) αυτών των τεσσάρων διαφραγμάτων οδηγούνται σε ένα ειδικό επεξεργαστή που τα μετασχηματίζει σε τέσσερα νέα σήματα που σημειώνονται ως **W, X, Y** και **Z**, τα οποία μαζί απαρτίζουν το **B-Format**. Το σήμα «W» έχει τα χαρακτηριστικά ενός παντοκατευθυντικού μικροφώνου, ενώ τα υπόλοιπα τρία ταυτίζονται με τα χαρακτηριστικά των δικτευθυντικών πολικών διαγραμμάτων. Το σήμα «X» λαμβάνει πληροφορίες αριστερά-δεξιά, το «Y» μπρος-πίσω και το «Z» λαμβάνει πληροφορίες στο κάθετο άξονα (πάνω-κάτω). Το σήμα «W», ισοδυναμεί με ένα μονοφωνικό παντοκατευθυντικό μικρόφωνο που είναι τοποθετημένο στο κέντρο της συστοιχίας.

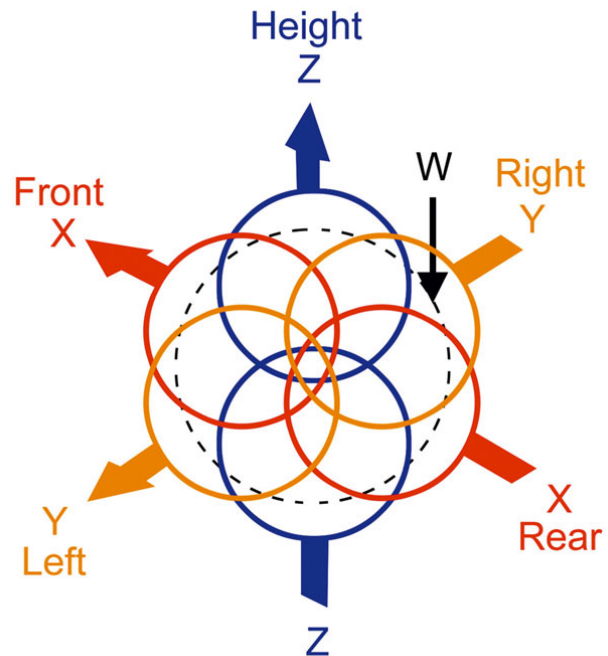
Με την χρήση των ειδικών επεξεργαστών της Soundfield, *θεωρητικά τα τέσσερα αυτά σήματα μπορούν να μετασχηματιστούν για οποιοδήποτε πολυκαναλικό σύστημα αναπαραγωγής, από «Μono» έως και διατάξεις ηχείων 10.1.* Μάλιστα, η μετατροπή μπορεί να γίνει και μετά την ηχογράφηση (post production), ενώ ο επεξεργαστής μεταξύ άλλων επιτρέπει τον έλεγχο της κατεύθυνσης των «εικονικών» μικροφώνων.

Το σύστημα της Soundfield είναι μοναδικό στο είδος του, αφού μπορεί να λάβει ενδείξεις κατεύθυνσης πηγών σε όλες τις διαστάσεις με την χρήση μόνο ενός μικροφώνου. Κρίνεται ιδανικό για ηχογράφηση περιβάλλοντος (Ambience), ενώ είναι η μοναδική ολοκληρωμένη κατασκευή αυτή την στιγμή που μπορεί να λάβει πληροφορίες κατάλληλες για το μορφότυπο, «**Ambisonic**<sup>73</sup>».

74



**Εικόνα 30:** Η ειδικά σχεδιασμένη τετραπλή κάψα σε σχήμα τετραέδρου της Soundfield.



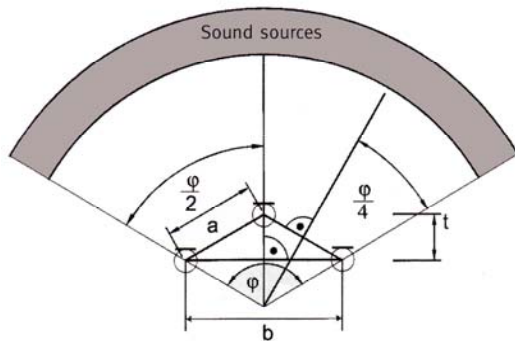
**Εικόνα 31:** Το πολικό διάγραμμα που προκύπτει από την σύνθεση του σήματος, **B-Format**.

<sup>73</sup> Παραπομπή στο παράρτημα σελ. 70

<sup>74</sup> Πηγή εικόνων 30,31, [http://www.soundfield.com/downloads/dsf2\\_man.pdf](http://www.soundfield.com/downloads/dsf2_man.pdf), πρόσβαση,1-02-10

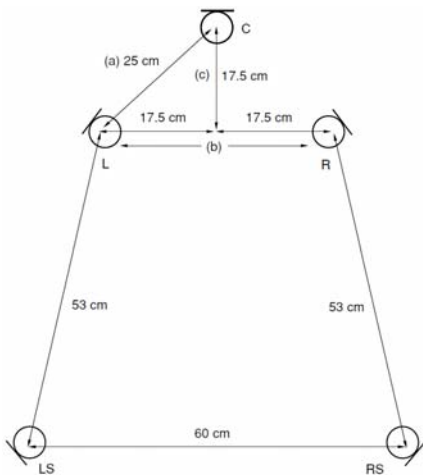
**5.2.2 Ημι-συμπτωτικά μικρόφωνα (Near- coincident microphones)**

Μία από τις βασικές ημι-συμπτωτικές διατάξεις μικροφώνων για λήψη πολυκαναλικού στέρεο αποτελεί η τεχνική «ICA». Η ονομασία «ICA» αποτελεί ακρωνύμιο του «**I**deal **C**ardioid **A**rray». Πρόκειται για μία διάταξη που προέρχεται από τις μελέτες των Ulf Herrmann και Volker Henkels το 1998<sup>75</sup>. Η τεχνική «ICA3» περιλαμβάνει τρία όμοια καρδιοειδή μικρόφωνα σε διάταξη τριγώνου, όπως φαίνεται στο σχήμα της *εικόνας 32*. Τα τρία μικρόφωνα αντιστοιχούν σε τρία ξεχωριστά κανάλια και η εν λόγω διάταξη επιτρέπει τον διαχωρισμό του λαμβανόμενου ηχητικού πεδίου σε δύο μέρη. Αυτά τα μέρη του ηχητικού πεδίου αντιστοιχούν στο μικρόφωνο-κανάλι μεταξύ «L» - «L-C» και «C» - «C-R». *Ουσιαστικό στοιχείο της διάταξης αποτελεί το γεγονός ότι τα δύο προαναφερόμενα μέρη του ηχητικού πεδίου δεν αλληλεπικαλύπτονται, ενώ μοιράζονται κοινό όριο στον άξονα των  $\theta$  που βρίσκεται ακριβώς στην κορυφή (C) του τριγώνου*<sup>76</sup>. Εν συνεχεία, οι ανάγκες οδήγησαν τους ερευνητές στην πρόσθεση δύο ακόμα καρδιοειδών στην διάταξη που αντιστοιχούν στα πίσω κανάλια ενός συστήματος αναπαραγωγής «3-2 στέρεο». Η τελευταία διάταξη ονομάστηκε «ICA5» και είναι απόλυτα συμβατή με τις υποδείξεις «ITU 775». Η διάταξη «ICA5» συγκαταλέγεται στην κατηγορία των ημισυμπτωτικών τεχνικών και βασίζεται κυρίως στις διακαναλικές διαφορές έντασης αλλά και κάποιες ελάχιστες διαφορές χρόνου<sup>77</sup>.



| Sound sources | Angular width of source | Microphone distance a (in cm) | Microphone distance b (in cm) |
|---------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 100°          | 69                      | 126                           | 29                            |
| 120°          | 53                      | 92                            | 27                            |
| 140°          | 41                      | 68                            | 24                            |
| 160°          | 32                      | 49                            | 21                            |

**Εικόνα 32:** Στο σχήμα παρουσιάζεται η γεωμετρία της διάταξης «ICA3», ενώ στον πίνακα σημειώνονται οι αποστάσεις μεταξύ των μικροφώνων και τα αντίστοιχα τόξα των ηχητικών πηγών.<sup>78</sup>



**Εικόνα 33:** Η πεντακαναλική εκδοχή της διάταξης ICA3, ονομάζεται ICA5, και στο διπλανό σχήμα παρουσιάζεται η γεωμετρία της διάταξης./

<sup>75</sup> Christian Birkner, Practical Recording 5 Surround Sound, Αγγλική Έκδοση 2004, Εκδόσεις «SMT», σελ.60

<sup>76</sup> Christian Birkner, Practical Recording 5 Surround Sound, Αγγλική Έκδοση 2004, Εκδόσεις «SMT», σελ.62

<sup>77</sup> [http://www.schoeps.de/documents/SCHOEPS\\_surround-brochure.pdf](http://www.schoeps.de/documents/SCHOEPS_surround-brochure.pdf), ηλεκτρονική έκδοση καταλόγου '06, σελ. 14 (Πρόσβαση 22/10/09)

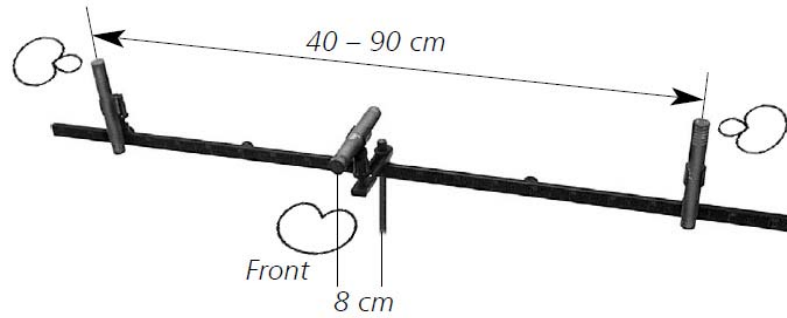
<sup>78</sup> Πηγή εικόνας 32, Christian Birkner, Practical Recording 5 Surround Sound, Αγγλική Έκδοση 2004, Εκδόσεις «SMT»

<sup>79</sup> Πηγή εικόνας 33, Francis Rumsey, Spatial Audio, 1<sup>η</sup> Έκδοση 2001, Εκδόσεις «Focal Press»



- Μία επίσης γνωστή τεχνική είναι η διάταξη «OCT» (**O**ptimized **C**ardioid **T**riangle) του G. Theile από το IRT<sup>80</sup>. Η διάταξη «OCT» στην βασική του εκδοχή αποτελεί επί της ουσίας τα τρία εμπρόσθια κανάλια ενός συστήματος αναπαραγωγής stereo 3-2. Η αρχή λειτουργίας (όπως και στην διάταξη «ICA3») βασίζεται στην ξέχωρη λήψη δυο πεδίων μεταξύ των καναλιών «L-C» και «C-R». Για την αποφυγή αλληλοεπικαλύψεων, στην εν λόγω διάταξη χρησιμοποιούνται δύο πλαϊνά μικρόφωνα μικρού διαφράγματος με υπερ-καρδιοειδές πολικό διάγραμμα και καρδιοειδές στο κεντρικό. Η διάταξη παρουσιάζεται στο στην **εικόνα 35**<sup>81</sup>.

Όπως σημειώνεται και παραπάνω, το προτέρημα αυτής της διάταξης είναι ο σωστός διαχωρισμός μεταξύ των εμπρόσθιων καναλιών. Για παράδειγμα, αν υπάρχει μία πηγή η κατεύθυνση της οποίας σε σχέση με την διάταξη είναι άκρως αριστερά, το μικρόφωνο «L» θα λάβει



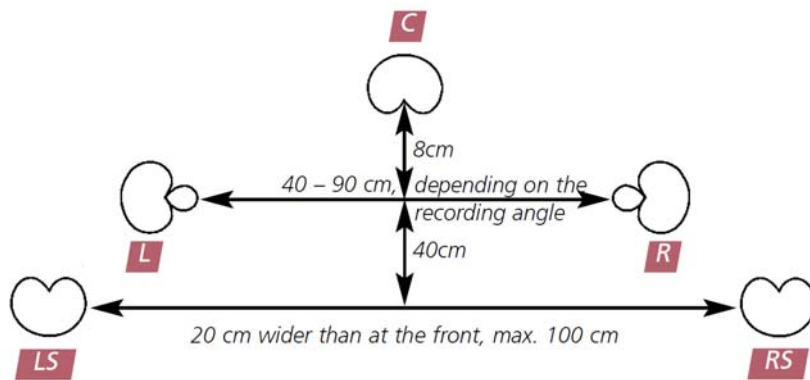
**Εικόνα 34**

το μεγαλύτερο ποσοστό του εκπεμπόμενου σήματος της πηγής (on-

axis), το μικρόφωνο «C» υποθετικά θα λάβει σήμα εξασθενημένο κατά 6 dB λόγω του πολικού του διαγράμματος αλλά και της θέσης του προς την πηγή<sup>82</sup>. Επίσης, το μικρόφωνο «R» που στην προκειμένη περίπτωση βρίσκεται σε αντιδιαμετρική θέση με το μικρόφωνο «L», θα λάβει σήμα μόνο από το πίσω λοβό του υπερ-καρδιοειδούς μικροφώνου, θεωρητικά εξασθενημένο κατά 10 dB και με ανάστροφη πολικότητα πάντα σε σχέση με το μικρόφωνο «L». Η εν λόγω συστοιχία προσφέρει υψηλή ακρίβεια στην απεικόνιση της θέσης των πηγών στο χώρο. Βασίζεται κυρίως στις ενδοκαναλικές διαφορές έντασης (ICLD) και κάποιες ελάχιστες διαφορές χρόνου.

Όπως είναι προφανές, η τεχνική «OCT» είναι τρικαναλική και αναφέρεται στην λήψη διακριτών σημάτων για τα εμπρόσθια κανάλια (L, C, R) ενός συστήματος 3-2 Stereo. Ως εκ τούτου, κρίνεται απαραίτητος ο συνδυασμός της τεχνικής «OCT» με μία επιπλέον διάταξη για την λήψη των πίσω

καναλιών SL και SR. Υπάρχει βέβαια και η έκδοση «OCT Surround» που τοποθετούνται επιπλέον δύο καρδιοειδή μικρόφωνα τα οποία είναι στραμμένα προς τα πίσω, κατά τρόπο τέτοιο που φαίνεται στο σχήμα της **εικόνας 35**.



**Εικόνα 35**

<sup>80</sup> IRT: Πρόκειται για το Ίδρυμα Τεχνολογίας Ραδιοφωνικής μετάδοσης της Γερμανίας. Επίσης, είναι ο κύριος ερευνητικός φορέας στον τομέα των τεχνολογιών εκπομπής εικόνας, ήχου και των νέων μέσων, για την Αυστρία και την Ελβετία.

<sup>81</sup> Πηγές εικόνων 33 και 34, [http://www.schoeps.de/PDFs/SCHOEPS\\_surround-brochure.pdf](http://www.schoeps.de/PDFs/SCHOEPS_surround-brochure.pdf), Surround Sound Techniques, ηλεκτρονική έκδοση καταλόγου, (Πρόσβαση 26-10-09)

<sup>82</sup> [http://www.schoeps.de/PDFs/SCHOEPS\\_surround-brochure.pdf](http://www.schoeps.de/PDFs/SCHOEPS_surround-brochure.pdf), Surround Sound Techniques, ηλεκτρονική έκδοση καταλόγου '06, σελ. 3 (Πρόσβαση 26-10-09)

- Στο ινστιτούτο έρευνας «IRT» έχουν γίνει αρκετές μελέτες και επιστημονικά κατοχυρωμένες προτάσεις που αφορούν την λήψη και αναπαραγωγή πολυκαναλικού στέρεο. Μία ακόμα καθιερωμένη τεχνική μικροφώνων αποτελεί και το ομώνυμο «IRT Cross» ή «Atmo cross». Η διάταξη αποτελείται από τέσσερα μικρόφωνα τοποθετημένα στα άκρα μίας βάσης σχήματος σταυρού. Συνήθως, χρησιμοποιείται μία ειδικά κατασκευασμένη βάση όπως αυτή της *εικόνας 36*. Οι πλευρικές αποστάσεις μεταξύ των μικροφώνων κυμαίνονται από 20 – 26 cm, όλα τα μικρόφωνα προτείνονται με καρδιοειδές πολικό διάγραμμα και πρέπει να ολοκληρώνεται ένας συμμετρικός σχηματισμός. Η εν λόγω διάταξη μπορεί να θεωρηθεί και ως ένα διπλό ζεύγος «ORTF<sup>83</sup>» που είναι τοποθετημένα πλάτη με πλάτη. Το ένα ζεύγος λαμβάνει το «L-R» και το δεύτερο τα πίσω κανάλια «SL-SR». Η διάταξη προορίζεται κυρίως για ηχογράφιση «ατμόσφαιρας» (εξού και το Atmo Cross) ή γενικά περιβάλλοντος χώρου, επίσης προτείνεται για χρήση σε συνδυασμό με την τρικαναλική τεχνική «OCT». Η απόσταση μεταξύ των δύο συστοιχιών, σε περίπτωση που χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό, δεν πρέπει να ξεπερνά τα μερικά μέτρα για να αποφευχθούν σοβαρές διαφορές χρόνου μεταξύ των δύο διατάξεων<sup>84</sup>.



**Εικόνα 36**

Η διάταξη «IRT – Cross» αναγνωρίζεται για το πολύ καλό αποτέλεσμα που προσφέρει στις ηχογραφήσεις περιβάλλοντος, όπως επίσης και για την ευκολία χρήσης και εγκατάστασης. Όπως σημειώνεται και παραπάνω, η διάταξη από μόνη της δεν είναι συμβατή με το πρότυπο 3-2 Stereo, οπότε κρίνεται απαραίτητη η συνδυαστική χρήση με κάποια άλλη διάταξη (π.χ Decca tree, OCT, ICA3) για την λήψη των εμπρόσθιων καναλιών ενός συστήματος αναπαραγωγής 5.1 (3-2-1 Stereo).

### 5.2.3 Ψευδο-αμφιωτική τεχνική

Μία από τις πιο γνωστές κατασκευές στην εν λόγω κατηγορία είναι το «Surround Sphere» της «Shoeps» που είναι γνωστό και ως «KFM360». Πρόκειται λοιπόν για μία σφαίρα που εξομοιώνει την επίδραση της ανθρώπινης κεφαλής κατά την ακρόαση, ενώ τα σημεία που υποθετικά θα ήταν τα ανθρώπινα αυτιά, υπάρχουν ενσωματωμένες δύο κάψες μικροφώνων παντοκατευθυντικού πολικού διαγράμματος. Επίσης, εξωτερικά της σφαίρας, δίπλα ακριβώς από τις ενσωματωμένες κάψες, υπάρχουν τοποθετημένα μικρόφωνα δικατευθυντικού πολικού διαγράμματος. *Το σύνολο της διάταξης με τα εξωτερικά μικρόφωνα σε συνδυασμό με τα παντοκατευθυντικά ουσιαστικά δίνει μία σύνθεση δύο «MS» ζευγών που διαχωρίζονται από μία σφαίρα.* Το σύστημα συνοδεύεται και από ένα ειδικό επεξεργαστή που συνθέτει με ειδικό αλγόριθμο το κεντρικό κανάλι, που στην πραγματικότητα δεν υπάρχει, παράγοντας σήματα ιδανικά για συστήματα αναπαραγωγής 3-2 Stereo. Βάσει αναφορών<sup>85</sup>, το σύστημα «KFM360» προσφέρει πολύ σωστές ενδείξεις κατεύθυνσης πηγών, είναι ιδανικό για ηχογράφιση χώρων αλλά και μουσικής.



Front

**Εικόνα 37**

86

<sup>83</sup> Παραπομπή στην παράγραφο 5.1.4.

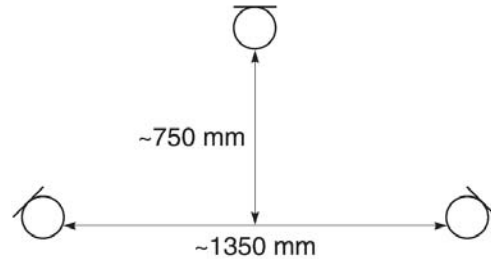
<sup>84</sup> Christian Birkner, Practical Recording 5 Surround Sound, Αγγλική Έκδοση 2004, Εκδόσεις «SMT», σελ.63

<sup>85</sup> Christian Birkner, Practical Recording 5 Surround Sound, Αγγλική Έκδοση 2004, Εκδόσεις «SMT», σελ. 64

### 5.2.4 Απομακρυσμένα μικρόφωνα (Spaced microphones)

- Μία από τις πλέον γνωστές διατάξεις πολλαπλών απομακρυσμένων μικροφώνων αποτελεί η συστοιχία τριών μικροφώνων των στούντιο «Decca», γνωστή ως «**Decca Tree**». Αποτελεί ένα είδος «AB Stereo», προστίθεται ένα προωθημένο τρίτο μικρόφωνο μεταξύ των δύο πλευρικών που ενισχύει την στερεοφωνική εικόνα. Τα πολικά διαγράμματα των μικροφώνων είναι παντοκατευθυντικά (Omni), οι κλήσεις των μικροφώνων παρουσιάζονται στην εικόνα 38, ενώ οι αποστάσεις των μικροφώνων δεν είναι προκαθορισμένες αλλά εξαρτώνται από το πλάτος του ηχητικού πεδίου που χρειάζεται να καλυφθεί. Η αναπαράσταση της στέρεο εικόνας βασίζεται κατά κύριο λόγο στις ενδοκαναλικές διαφορές χρόνου μεταξύ των μικροφώνων (ICTD). Για αυτό ακριβώς τον λόγο, η διάταξη προσφέρει εντυπωσιακή αίσθηση του χώρου, χωρίς όμως σαφείς ενδείξεις κατεύθυνσης πηγών<sup>87</sup>.

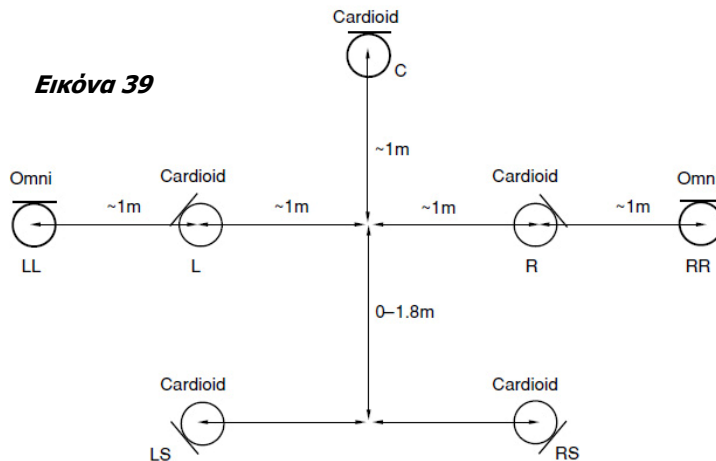
88



Εικόνα 38: Η κλασική διάταξη «Decca Tree»

- Η διάταξη «Decca Tree» είναι σχεδιασμένη για τρικαναλικό στέρεο (3-0 stereo). Μία προσαρμοσμένη εκδοχή της διάταξης «Decca Tree» για τις ανάγκες του προτύπου «3-2 stereo» (ή 5.1) αποτελεί η διάταξη «**Fukada tree**». Η εν λόγω συστοιχία περιλαμβάνει επτά συνολικά μικρόφωνα σε διάταξη που φαίνεται στο σχήμα της εικόνας 39. Τα μικρόφωνα L, C, R, LS και RS είναι καρδιοειδούς πολικού διαγράμματος, ενώ τα μικρόφωνα LL και RR πρέπει να έχουν παντοκατευθυντικό πολικό διάγραμμα. Τα ζεύγη μικροφώνων L - R και LS - RS έχουν κλίσεις 45 μοιρών αντίθετα μεταξύ τους (προς τα έξω), ενώ τα C, RR και LL είναι στοχευμένα προς τα εμπρός (0°). Το σύνολο αποτελεί ένα υβρίδιο ημισυμπτωματικής (Near-coincident) διάταξης σε συνδυασμό με απομακρυσμένα μικρόφωνα (Spaced). Ο σχηματισμός των μικροφώνων L, R, LS και RS μοιάζει αρκετά αυτό της διάταξης IRT-Cross (αναφέρεται στην ενότητα 5.2.2), η οποία έχει την δυνατότητα λήψης πληροφοριών σε ακτίνα 360 μοιρών, ενώ το μικρόφωνο C σταθεροποιεί την εικόνα μπροστά. Όσο για τα παράπλευρα μικρόφωνα LL και RR, αυτά έχουν μία τριπλή αποστολή: Προσφέρουν την δυνατότητα σύνθεσης του LFE καναλιού, πλαταιίνουν την εμπρόσθια εικόνα και καθιστούν πιο σαφείς τις μεταβάσεις των ηχητικών πηγών από τα εμπρόσθια κανάλια στα πίσω.

Εικόνα 39



Na σημειώσουμε ότι τα εν λόγω κανάλια μιγνύονται αντίστοιχα στο κανάλι L και R, επίσης τοποθετούνται με χρήση «Panspot» βάσει των απαιτήσεων ή προτιμήσεων κάθε περίπτωσης. Για σωστή λήψη ήχου, η τοποθέτηση της συστοιχίας προτείνεται στην περιοχή της κρίσιμης απόστασης<sup>89</sup> του χώρου στον οποίο γίνεται η ηχογράφηση.

<sup>86</sup> Πηγές εικόνων 33 και 34, [http://www.schoeps.de/PDFs/SCHOEPS\\_surround-brochure.pdf](http://www.schoeps.de/PDFs/SCHOEPS_surround-brochure.pdf), Surround Sound Techniques, ηλεκτρονική έκδοση καταλόγου, (Πρόσβαση 26-10-09)

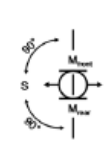
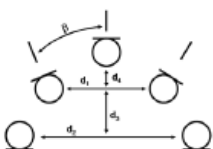

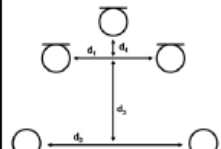
<sup>87</sup> Christian Birkner, Practical Recording 5 Surround Sound, Αγγλική Έκδοση 2004, Εκδόσεις «SMT», σελ.69

<sup>88</sup> Πηγή εικόνων 38-39, Francis Rumsey, Spatial Audio, 1<sup>η</sup> Έκδοση 2001, Εκδόσεις «Focal Press»



5.2.5 Σύνοψη

Παρακάτω παρουσιάζεται ένας συγκεντρωτικός πίνακας των γνωστών τεχνικών μικροφώνων, όπου αναφέρονται διάφορα ποιοτικά χαρακτηριστικά τις κάθε διάταξης.

| Category of microphone arrangement                         | Coincident placement                                                                                       | Near-coincident placement                                                            | Microphones separated by an acoustic baffle                                        | Spaced microphones                                                                                      |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Principle by which the stereo effect is obtained           | level differences                                                                                          | level plus minor arrival-time differences                                            | frequency-dependent level and time differences                                     | arrival-time differences primarily                                                                      |
| Typical setups                                             | Double M/S, First-order Ambisonics                                                                         | OCT Surround, MMAD, INA 5, IRT Cross                                                 | KFM 360 system                                                                     | Decca Tree, Omni Curtain, Polyhymnia Array, Hamasaki Square                                             |
| Geometry                                                   |                           |     |  |                      |
| Distance between microphones                               | 0 cm                                                                                                       | 15 - 100 cm                                                                          | 15 - 20 cm                                                                         | 100 - 500 cm                                                                                            |
| Microphone types used                                      | pressure-gradient transducers (e.g. SCHOEPS cardioid CCM/MK 4, supercardioid CCM/MK 41, figure-8 CCM/MK 8) |                                                                                      | SCHOEPS KFM 360/ DSP-4 KFM 360                                                     | mainly pressure transducers (e.g. SCHOEPS CCM/MK 2H), also possible with cardioids or wide cardioids    |
| Sonic impression (depending on which microphones are used) | clean, clear, often bright                                                                                 | natural, clean, clear                                                                | natural                                                                            | spacious                                                                                                |
|                                                            |                                                                                                            |                                                                                      | full low-frequency reproduction when omnidirectional microphones are used          |                                                                                                         |
| Spaciousness*                                              | often limited; depends on M/S decoding parameters                                                          | natural, transparent, good depth                                                     | natural                                                                            | good, enhanced (can become exaggerated)                                                                 |
| Localization*                                              | good; depends on decoding parameters                                                                       | very good                                                                            | generally fairly good                                                              | somewhat indistinct                                                                                     |
| Size of listening area*                                    | small; better when additional delay is employed                                                            | large                                                                                | rather large                                                                       | depends on microphone distances                                                                         |
| Envelopment*                                               | limited; better when supplemented by an A/B pair                                                           | good envelopment possible                                                            |                                                                                    |                                                                                                         |
| Downmix compatibility                                      | two-channel and/or mono (!)                                                                                | two-channel compatibility can be good if considered in the array design (e.g. OCT 2) | perfect                                                                            | potentially good, but this requirement must be taken into account and the setup tested for this purpose |

Πίνακας<sup>90</sup>

<sup>89</sup> «Κρίσιμη απόσταση ενός δωματίου (ή γενικά ενός κλειστού χώρου) ονομάζεται το σημείο στο οποίο η στάθμη πίεσης του άμεσου ήχου (Direct sound) είναι ίση με αυτή του αντηχητικού.»

<sup>90</sup> Πηγή πίνακα, [http://www.schoeps.de/PDFs/SCHOEPS\\_surround-brochure.pdf](http://www.schoeps.de/PDFs/SCHOEPS_surround-brochure.pdf), Surround Sound Techniques, ηλεκτρονική έκδοση καταλόγου, (Πρόσβαση 26-10-09)

### 5.3 Free Miking

Πέρα από τις τεχνικές των μικροφώνων που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 5.2, είναι σύνηθες το φαινόμενο οι μηχανικοί ήχου να προσφεύγουν σε κατά κάποιο τρόπο προσωπικές τεχνικές διάταξης μικροφώνων. Από την στιγμή μάλιστα που οι περισσότερες τεχνικές αφήνουν πολλά περιθώρια για πειραματισμό και συνδυασμό με άλλες τεχνικές. Συχνά λοιπόν, γίνεται αναφορά από την κοινότητα των μηχανικών στις αυτοσχέδιες τεχνικές με τον όρο «**free miking**», δηλαδή ελεύθερη διάταξη των μικροφώνων κατά περίπτωση. Ωστόσο, τις περισσότερες φορές οι λεγόμενες «ελεύθερες τεχνικές» βασίζονται σε κάποια από τις προκαθορισμένες και επιστημονικά αποδεδειγμένες διατάξεις μικροφώνων.

Το 2000 ο Gerhard Betz είχε κάνει μία έρευνα εν ήδη γκάλοπ για τεχνικές που χρησιμοποιούνται στις πολυκαναλικές στέρεο ηχογραφήσεις. Τα αποτελέσματα της έρευνας είχαν παρουσιαστεί στην 21<sup>η</sup> συνάντηση των μηχανικών ήχου στο Ανόβερο και έδειχνε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών που είχαν λάβει μέρος στην έρευνα δήλωσαν ότι χρησιμοποιούσαν συνήθως «free miking» διατάξεις<sup>91</sup>. Επίσης, οι μηχανικοί είχαν ερωτηθεί και για τις τεχνικές που προτιμούν. Μερικά ενδιαφέροντα σημεία της έρευνας παρουσιάζονται παρακάτω.

- Τα παντοκατευθυντικά μικρόφωνα χρησιμοποιούνται πιο συχνά από τα καρδιοειδή (συνήθως 2 με 3 στον αριθμό αλλά υπάρχουν και φορές που χρησιμοποιούνται 7 με 9).
- Για τα εμπρόσθια κανάλια συνήθως χρησιμοποιούνται 3 με 5 μικρόφωνα. Όταν χρησιμοποιούνται τρία, το μεσαίο είναι προωθημένο σε σχέση με τα πλευρικά (τύπου Decca tree).
- Συνήθως η απόσταση από τα εμπρόσθια μικρόφωνα κυμαίνεται μεταξύ 1 με 3m. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις που η απόσταση μπορεί να αγγίξει και τα 20m. Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη οι διαφορές χρόνου λήψης μεταξύ των μικροφώνων. Συνήθως η διαφορά εξισώνεται με παρεμβολή καθυστέρησης (digital delay) κατά την επεξεργασία.
- Παντοκατευθυντικά μικρόφωνα χρησιμοποιούνται συνήθως για τα πίσω κανάλια, τα οποία συνήθως είναι στραμμένα αντίθετα προς κατεύθυνση του άμεσου ήχου. Τα καρδιοειδή χρησιμοποιούνται συνήθως σε κοντινότερες θέσεις στις πηγές ωστόσο κάποιοι χρωματισμοί του ήχου είναι αναμενόμενοι.
- Κατά την επεξεργασία της μίξης η υπερ-έμφαση του κεντρικού καναλιού συνήθως αποφεύγεται καθώς πάντα υπάρχει η περίπτωση αυτό να μην είναι διαθέσιμο σε κάποιο οικιακό σύστημα. Υπάρχουν και περιπτώσεις όπου μηχανικοί αγνοούν την ύπαρξη του κεντρικού καναλιού.
- Πολλοί χρησιμοποιούν παράλληλα με την πολυκαναλική και μία ξεχωριστή δικαναλική ηχογράφιση .

---

<sup>91</sup> Christian Birkner, Practical Recording 5 Surround Sound, Αγγλική Έκδοση 2004, Εκδόσεις «SMT», σελ.70

# 6

## Τα στούντιο και ο εξοπλισμός

---

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί θα αναφερθούν οι διαφορές μεταξύ των στούντιο πολυκαναλικών και συμβατικών (2-0 stereo) εφαρμογών. Επίσης, θα γίνει αναφορά στον περιφερειακό εξοπλισμό όπως και στα μόνιτορ των πολυκαναλικών συστημάτων.

### 6.1 Είδη και χρήσεις των πολυκαναλικών στούντιο

Η κατασκευή των χώρων μίξης αποτελεί μια πολύ εξειδικευμένη και απαιτητική διαδικασία, οι προδιαγραφές είναι διαφορετικές βάσει της χρήσης. Τα στούντιο επεξεργασίας πολυκαναλικού στέρεο διαχωρίζονται σε:

- Cinema Surround
- TV Surround
- Music only

Ο διαχωρισμός είναι αναπόφευκτος καθώς οι απαιτήσεις κάθε κατηγορίας είναι τελείως διαφορετικές. Για παράδειγμα, τα στούντιο που είναι κατασκευασμένα για κινηματογραφικό ήχο μοιάζουν περισσότερο με ρέπλικες κινηματογραφικών αιθουσών, έχουν εξειδικευμένη ακουστική συμπεριφορά αλλά και εξοπλισμό που δεν συμπίπτει με τις απαιτήσεις για παράδειγμα τις μουσικής βιομηχανίας. Μία παρόμοια ασυμβατότητα προδιαγραφών ισχύει και για τα στούντιο τηλεοπτικών παραγωγών. Στην παρούσα εργασία θα σταθούμε περισσότερο στις παραμέτρους ενός στούντιο για μουσικές παραγωγές.

Είναι γνωστό ότι δεν υπάρχει κάποια «διεθνής συμφωνία» για το πώς πρέπει να κατασκευάζεται ένα δικαναλικό στέρεο «control room», το ίδιο ισχύει φυσικά και για το πολυκαναλικό, όπου μάλιστα ο σχεδιασμός είναι πολύ πιο σύνθετος. Αυτή η «ελευθερία» σε επίπεδο προδιαγραφών στα τηλεοπτικά και τα κινηματογραφικά στούντιο δεν ισχύει

### 6.1.2 Διαφορές δικαναλικών και πολυκαναλικών δωματίων μίξης

Μπορεί να μην υπάρχουν κάποιες διεθνείς προδιαγραφές κατασκευής «Control Room», ωστόσο σε βάθος χρόνου έχουν καθιερωθεί διάφοροι τύποι κατασκευής δωματίων μίξης για το δικαναλικό στέρεο πρότυπο. Το ερώτημα που φυσικά δημιουργείται είναι αν τα δωμάτια αυτά είναι συμβατά με το πολυκαναλικά στέρεο συστήματα. Μία πολύ κατατοπιστική εξήγηση δίδεται από τον **Philip Newell** στο βιβλίο του «Recording Studio Design<sup>92</sup>», η οποία αναφέρει το εξής: «Γνωρίζουμε ότι όλοι οι καθιερωμένοι τύποι δωματίων για το δικαναλικό στέρεο όπως ο τύπος «LEDE», ο τύπος «Eastlake» και άλλοι, διαχωρίζουν το δωμάτιο σε δύο μέρη τα οποία διαφέρουν μεταξύ τους σε επίπεδο ακουστικής συμπεριφοράς». Συγκεκριμένα ο Philip Newell τα χαρακτηρίζει, δωμάτια με «δι-κατευθυντική» ακουστική.

*«Ο διαχωρισμός συνήθως αφορά το μπροστινό μέρος του δωματίου, όπου τοποθετούνται τα ηχεία, και το πίσω. Ακριβώς για τον λόγο ότι είναι ειδικά σχεδιασμένα τα δωμάτια δεν μπορεί κανείς να τοποθετήσει για παράδειγμα ηχεία στο πίσω μέρος και το δωμάτιο να συμπεριφέρεται όπως έχει σχεδιαστεί».*

Αυτός είναι λοιπόν και ο κύριος λόγος που δεν είναι απόλυτα συμβατά τα δωμάτια δικαναλικού στέρεο με τα πολυκαναλικά που απαιτούν τοποθέτηση πέντε ηχείων συμμετρικά μεταξύ τους συνήθως κατά την γνωστή κυκλική διάταξη της «ITU». Μοιραία στα δωμάτια με «δι-κατευθυντική» ακουστική στα οποία εγκαθίσταται πολυκαναλικό σύστημα ηχείων (Multichannel monitoring), η απόκριση των πίσω ηχείων δεν μπορεί να είναι τόσο καλή όσο των εμπρόσθιων. Επίσης σε ένα δωμάτιο με **συμμετρική ακουστική**, ιδανική για πολυκαναλική εγκατάσταση ηχείων, η απόκριση των εμπρόσθιων καναλιών δεν μπορεί να είναι τόσο καλή, όσο των δωματίων με «δι-κατευθυντική» ακουστική.

*Το συμπέρασμα λοιπόν που προκύπτει είναι ότι δεν μπορεί την ίδια στιγμή ένα δωμάτιο να συμπεριφέρεται με ιδανικό τρόπο σε ένα δικαναλικό σύστημα και ένα πολυκαναλικό.*

Από την άλλη πλευρά, μία καλή συμβιβαστική λύση φαίνεται να είναι η επιλογή τελικά ενός δωματίου με «δι-κατευθυντική» ακουστική. Αυτό γιατί τελικώς στο «3-2-1 στέρεο» (5.1) πρότυπο, τα εμπρόσθια τρία κανάλια είναι περισσότερο σημαντικά, η διάταξη των οποίων συμπίπτει με αυτή του δικαναλικού στέρεο. Σύμφωνα και με τις οδηγίες της «ITU», δεν κρίνεται απαραίτητη η ακριβής απεικόνιση της θέσης των πηγών από τα πίσω κανάλια. Θα λέγαμε ότι πρόκειται για ένα «παραθυράκι» στις οδηγίες που επιτρέπει τελικά μία ρευστότητα σε επίπεδο πρακτικής εφαρμογής.

Τελικώς, ενώ σε πρώτη ανάγνωση ένα δωμάτιο μίξης δικαναλικού στέρεο δεν είναι απολύτως συμβατό με τις απαιτήσεις των πολυκαναλικών φορμά, ωστόσο είναι πολλές οι περιπτώσεις στις οποίες δωμάτια μίξης που ακολουθούν τις αρχές τις «δι-κατευθυντικής» ακουστικής συμπεριλαμβάνουν με συμβιβασμούς και ένα σύστημα Monitoring για πολυκαναλικές μίξεις.<sup>93</sup>



**Εικόνα 40:** Ένα Music Only control room. Πρόκειται για το Producciones Silvestres, στην Καταλωνία.

<sup>92</sup> Philip Newell, Recording Studio Design, 2<sup>η</sup> Έκδοση 2008, Εκδόσεις «Focal Press» σελ.541

<sup>93</sup> Πηγή εικόνας 40, Philip Newell, Recording Studio Design, 2<sup>η</sup> Έκδοση 2008, Εκδόσεις «Focal Press»

### 6.2 Τα ηχεία των πολυκαναλικών εφαρμογών

Επί της ουσίας δεν υπάρχει κάποια διαφορά μεταξύ των ηχείων που προορίζονται για δικαναλικές και πολυκαναλικές εφαρμογές σε μουσικές παραγωγές. Η επιλογή γίνεται συνήθως βάσει των ακουστικών χαρακτηριστικών του δωματίου στο οποίο αυτά θα τοποθετηθούν. Ωστόσο, πρέπει να αποσαφηνιστεί ότι τα συστήματα ηχείων που χρησιμοποιούνται σε στούντιο για κινηματογραφικές παραγωγές ή ακόμα και τηλεοπτικές διαφέρουν μεταξύ τους.

Τα γνωστά δεδομένα (από τις οδηγίες της ITU) σε επίπεδο γενικών αρχών που αφορούν τα χαρακτηριστικά των ηχείων για πολυκαναλικές εφαρμογές, υποδεικνύουν ότι όλα τα ηχεία πρέπει να όμοια και να βρίσκονται σε χώρο με συμμετρικά ακουστικά χαρακτηριστικά. Δεδομένα που στην πραγματικότητα τηρούνται κατά το δοκούν, για λόγους που αναφέρονται παρακάτω.

Μία συνηθισμένη τακτική στα στούντιο μίξης μουσικής πολυκαναλικού στέρεο είναι να χρησιμοποιείται ένα σύνολο από μικρά ηχεία σε βάσεις, σε συνδυασμό με ένα κοινό υπογούφερ. Οι διατάξεις αυτές δεν είναι μόνιμες, τοποθετούνται στο εγγύς πεδίο (near-field) και αποτελούν μία γνωστή τακτική που ακολουθείται από τα περισσότερα στούντιο. Οι λόγοι για τους οποίους ακολουθείται η εν λόγω τακτική σύμφωνα με την βιβλιογραφία<sup>94</sup> είναι οι εξής:

- Έλλειψη ξεκάθαρων οδηγιών και προτύπων για σχεδιασμό δωματίων για αποκλειστική μίξη μουσικής.
- Απουσία βούλησης σε επίπεδο επενδύσεων για κατασκευή ενός ιδανικού χώρου για μίξη πολυκαναλικού στέρεο λόγω έλλειψης σταθερότητας των προτύπων.
- Από την στιγμή που οι απαιτήσεις ενός πολυκαναλικού προτύπου σε σύγκριση με αυτά του ήδη υπάρχοντος δικαναλικού δεν συμβαδίζουν απόλυτα, το στούντιο δεν θυσιάζουν την υψηλή ποιότητα απόδοσης της δικαναλικής διαμόρφωσης, την στιγμή μάλιστα που το πολυκαναλικό φορμά έχει παραμείνει απλά ως ένας αδύναμος ανταγωνιστής.
- Τέλος, η κατασκευή ενός καλού δωματίου αποκλειστικά για πολυκαναλικές μίξεις αποτελεί μία πολυδάπανη επένδυση που η μουσική βιομηχανία δεν μπορεί να στηρίξει οικονομικά τουλάχιστον αυτή την περίοδο με τα παρόντα δεδομένα.

Εν ολίγοις, οι περισσότερες μίξεις πολυκαναλικού στέρεο (Multichannel stereo) γίνονται σε στούντιο με τις «παραδοσιακές» προδιαγραφές του δικαναλικού στέρεο με κάποιες μικρές βελτιώσεις της ακουστικής ανά περίπτωση. Το «monitoring» συνήθως βασίζεται σε πρόσθετα μικρά ηχεία και ένα ή περισσότερα υπογούφερ (Subwoofer).

#### 6.2.1 Οι προδιαγραφές διάταξης ηχείων

Ένα κρίσιμο ερώτημα που δημιουργείται τελικώς είναι αν υπάρχουν προδιαγραφές για το σχεδιασμό και την εγκατάσταση ενός πολυκαναλικού συστήματος. Η απάντηση που προκύπτει από την ανά χείρας βιβλιογραφία δεν είναι μία και σαφής. Δηλαδή, εύκολα θα έλεγε κανείς ότι υπάρχουν και δεν υπάρχουν... Κατά καιρούς έχουν γίνει προτάσεις από σωματεία μηχανικών ήχου, οι διαφορές μεταξύ τους σημειώνονται κυρίως στο γεγονός ότι κάποιες οδηγίες προτείνονται καθαρά για δωμάτια ακρόασης (ή αξιολόγησης) με απαιτητικές προδιαγραφές, ενώ άλλες είναι πιο «προσγειωμένες» στην πραγματικότητα δίνοντας ένα πιο πρακτικό χαρακτήρα. Είναι γεγονός δε, ότι οι προτάσεις των δωματίων ακρόασης δεν μπορούν να εφαρμοστούν απόλυτα σε ένα δωμάτιο μίξης καθώς στα δωμάτια μίξης συνήθως συμπεριλαμβάνεται ογκώδης εξοπλισμός, που εξ ορισμού επεμβαίνει στην ακουστική συμπεριφορά του δωματίου. Γεγονός που δεν λαμβάνεται υπόψη στις προδιαγραφές δωματίων ακρόασης και αξιολόγησης πολυκαναλικού στέρεο<sup>95</sup>.

<sup>94</sup> Philip Newell, Recording Studio Design, 2<sup>η</sup> Έκδοση 2008, Εκδόσεις «Focal Press» σελ.551

<sup>95</sup> Francis Rumsey, Spatial Audio, 1<sup>η</sup> Έκδοση 2001, Εκδόσεις «Focal Press» σελ.128

## Τα στούντιο και ο εξοπλισμός

Ωστόσο, σε μία προσπάθεια θέσπισης προτύπου, η επιτροπή της ένωσης μηχανικών ήχου «AES», σε ρόλο διαχειριστή έκανε μία πρόταση και κοινοποίησε στο έγγραφο TD-1001<sup>96</sup> οδηγίες εγκατάστασης πολυκαναλικού συστήματος ηχείων σε δωμάτιο μίξης. Οι εν λόγω οδηγίες βασίζονται στην γνωστή πρόταση της «ITU» με αριθμό καταχώρισης 775, με διάφορες αλλαγές σε πρακτικό επίπεδο. Αξίζει δε να σημειωθεί ότι οι συγγραφείς των προσαρμοσμένων οδηγιών της «AES» αποτελούν κορυφαίοι μελετητές της ηχογράφησης και αναπαραγωγής του χωρικού ήχου (Spatial Audio), όπως ο Francis Rumsey, ο David Griesinger, ο Tomlinson Holman, ο Mick Sawaguchi, ο Gerhard Steinke, ο Gunter Theile και ο Toshio Wakatuki. Το έγγραφο «TD-1001» της «AES» δεν αποτελεί κάποιο κατοχυρωμένο πρότυπο του οργανισμού αλλά αποτελεί ένα σύνολο απαραίτητων πληροφοριών για την διαμόρφωση πολυκαναλικών στερεο συστημάτων βασισμένο στο πρότυπο «3-2-1 στέρεο». Ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζει το γεγονός ότι στο έγγραφο σημειώνεται η παραδοχή ότι οι προτάσεις αφορούν ιδανικές συνθήκες με την γνώση ότι δεν μπορούν να εφαρμοστούν κατά 100% σε πραγματικές συνθήκες ενός δωματίου μίξης. Αυτός είναι και ένας απο τους λόγους που το έγγραφο δεν αποτελεί πρότυπο, αλλά ένα είδος συμβουλών. Το πεδίο των προδιαγραφών για δωμάτια μίξης πολυκαναλικής μουσικής παραμένει «διάχυτο» μέχρι και τις μέρες μας.

| <i>Parameter</i>                                                   | <i>Units/Conditions</i>                                                                                                                      | <i>Value</i>                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Direct sound</b><br>Amplitude/frequency response                | Free-field propagation measurements                                                                                                          | For tolerance borders see Table 3 (reference monitor)                                                   |
| <b>Reflected sound</b><br>Early reflections                        | 0–15 ms (in region 1–8 kHz)                                                                                                                  | < –10 dB relative to direct sound                                                                       |
| Temporary diffusion of reverberant sound field                     | Avoidance of significant anomalies in sound field                                                                                            | No flutter echoes, no sound coloration, etc.                                                            |
| Reverberation time                                                 | $T_m$ [s] = nominal value in region of 200 Hz to 4 kHz<br>$V$ = listening room volume<br>$V_0$ = reference room volume (100 m <sup>3</sup> ) | $\approx 0.25 (V/V_0)^{1/3}$<br>(Reverberation time decay and tolerance borders are shown in Figure 3.) |
| <b>Stationary sound field</b><br>Operational sound level curve     | 50 Hz–2 kHz<br>2 kHz–16 kHz                                                                                                                  | $\pm 3$ dB<br>$\pm 3$ dB from –3 to –6 dB (in accordance with tolerance field, see Figure 4)            |
| Background noise                                                   |                                                                                                                                              | Ideally <NR10; never >NR15                                                                              |
| Reference listening level (relative to defined measurement signal) | Input signal: pink noise, –18 dBFS (rms)                                                                                                     | 78 dBA (rms slow) (per channel)*                                                                        |

97

**Εικόνα 41:** Προτάσεις προδιαγραφών για το ηχητικό πεδίο στο σημείο ακρόασης.

<sup>96</sup> <http://www.aes.org/technical/documents/AESTD1001.pdf> (Πρόσβαση 05/11/09)

<sup>97</sup> Πηγή πίνακα εικόνας 41, <http://www.aes.org/technical/documents/AESTD1001.pdf> (Πρόσβαση 05/11/09)

## Τα στούντιο και ο εξοπλισμός

| <i>Parameters</i>                                                                                                           | <i>Units/Conditions</i>                                                               | <i>Value</i>                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Amplitude/frequency response</b><br><br>Difference between front loudspeakers                                            | 40 Hz–16 kHz<br>0°<br>±10°<br>Horizontal ±30°<br><br>In the range<br>>250 Hz to 2 kHz | Tolerance 4 dB<br>Deviation to 0°, 3 dB<br>Deviation to 0°, 4 dB<br><br>0.5 dB |
| <b>Directivity index</b>                                                                                                    | 250 Hz–16 kHz                                                                         | 8 dB ±2 dB                                                                     |
| <b>Nonlinear distortion attenuation</b><br>(SPL = 96 dB)                                                                    | <100 Hz<br>>100 Hz                                                                    | -30 dB (=3%)<br>-40 dB (=1%)                                                   |
| <b>Transient fidelity</b><br>Decay time $t_s$ , for reduction to a level of 1/e, i.e., 0.37 of output level                 | $t_s$ [s]                                                                             | <5/f [Hz]<br>(preferably 2.5/f)                                                |
| <b>Time delay</b><br>Difference between stereo loudspeakers                                                                 | $\Delta t$                                                                            | ≤10 μs                                                                         |
| <b>System dynamic range</b><br>Maximum operating level<br>(measurement acc. to IEC 60268, § 17.2, referred to 1 m distance) | $L_{\text{eff max}}$                                                                  | >112 dB<br>(at IEC 60268 program simulation noise or special condition)        |
| <b>Noise level</b>                                                                                                          | $L_{\text{noise}}$                                                                    | ≤10 dBA                                                                        |

**Εικόνα 42:** Πρόταση προδιαγραφών για τα τεχνικά χαρακτηριστικά των ηχείων μόνιτορ.

### 6.3 Ο εξοπλισμός

Σε γενικές γραμμές θα λέγαμε ότι η διάρθρωση των συσκευών ενός δικαναλικού «Control Room» με ένα πολυκαναλικό δεν διαφέρει. Βέβαια, από την στιγμή που το σύστημα βασίζεται σε συνολικά 6 κανάλια εξόδων σε αντίθεση με τα 2 του δικαναλικού στέρεο, όπως είναι επόμενο πολλές από τις επιμέρους συσκευές της αλυσίδας είναι αντίστοιχα προσαρμοσμένες με συνέπεια να μιλάμε για εντελώς διαφορετικές επιμέρους συσκευές.

#### 6.3.1 Η Κοσόλα

Πέρα από τα ηχεία (monitoring), αν δούμε κατά κάποιο τρόπο ιεραρχικά την αλυσίδα των συσκευών, η κοσόλα μίξης αποτελεί, όπως και σε κάθε άλλου είδους στούντιο, έναν από τους σημαντικότερους κρίκους. Με μία μάτια δεν θα έλεγε κανείς ότι δεν διαφέρουν από αυτές που χρησιμοποιούνται για το δικαναλικό στέρεο, ωστόσο η δομή της διαφέρει στην δυνατότητα τοποθέτησης των σημάτων στο πολυκαναλικό πανόραμα μέσω των αντίστοιχων κυκλωματικών διαδρομών (busses). Επίσης σε αντίθεση με το γνωστό «pan pot» στις δικαναλικές κοσόλες, ο διαμοιρασμός ενός σήματος στο πολυκαναλικό πανόραμα πραγματοποιείται με ειδικά σχεδιασμένο κύκλωμα που αναλαμβάνει τον διαμοιρασμό των σημάτων στο αντίστοιχο πλήθος των ηχείων (παραπομπή στην ενότητα 7.4.1). Επίσης, όπως είναι επόμενο διαφέρει σημαντικά το τμήμα ελέγχου των εξόδων (Master section), μίας και αυτό αναφέρεται πλέον σε 6 κανάλια και όχι σε 2, όπως στο παρελθόν. Συνήθως, προσφέρεται διακριτός έλεγχος με λειτουργίες «mute/solo» για

## Τα στούντιο και ο εξοπλισμός

κάθε μόνιτορ, ένα «fader» που ελέγχει συνολικά την στάθμη εξόδου προς όλα τα ηχεία, και ανά περιπτώσεις ένα πολυκαναλικό συμπιεστή σήματος (Bus compressor) στην έξοδο.

Οι κονσόλες που υποστηρίζουν τα πολυκαναλικά φορμά είναι ως επί το πλείστον ψηφιακές, προσφέροντας τα γνωστά πλεονεκτήματα ελέγχου. Επίσης, είναι αρκετά συνηθισμένη τακτική να απουσιάζει η κονσόλα με την παραδοσιακή έννοια και στην θέση της να υπάρχει ένας ελεγκτής (Controller), που συνδυάζεται με ένα ολοκληρωμένο σταθμό επεξεργασίας ψηφιακού ήχου (DAW). Μία τακτική που ακολουθείται συχνά σε μικρού, και σε μερικές περιπτώσεις, μεσαίου βεληνικούς στούντιο. Στην φωτογραφία της *εικόνας*<sup>44</sup> παρουσιάζεται μία τέτοια επιφάνεια ελέγχου.



**Εικόνα 43:** Στην φωτογραφία βλέπουμε μία SSL C200HD στο BiCoastal στούντιο της Νέας Υόρκης. Πρόκειται για μία ψηφιακή κονσόλα που πληρεί όλες τις προδιαγραφές για μίξη στο 5.1 μορφότυπο.

<sup>98</sup> Πηγή εικόνας 43, [http://www.solid-state-logic.com/resources/gallery/c300/C300\\_Digital\\_Egg\\_small.JPG](http://www.solid-state-logic.com/resources/gallery/c300/C300_Digital_Egg_small.JPG), πρόσβαση 12-01-10





99

**Εικόνα 44:** Η επιφάνεια ελέγχου C24 της Digidesign, είναι σχεδιασμένη για να λειτουργεί σε συνδυασμό με τον σταθμό ψηφιακής επεξεργασίας ψηφιακού ήχου (DAW), Pro Tools. Η επιφάνεια ελέγχου C24 φέρει αναλογικό τμήμα ελέγχου συστήματος monitoring 5.1.

### 6.3.2 Περιφερειακοί επεξεργαστές

Είναι περιττό να σημειώσουμε την σημαντικότητα των περιφερειακών επεξεργαστών σε ένα στούντιο. Το πιθανό ερώτημα που δημιουργείται είναι αν υπάρχει συμβατότητα των δικαναλικών στέρεο επεξεργαστών με ένα πολυκαναλικό πρότυπο π.χ το «5.1». Η απάντηση είναι λίγο περίπλοκη, καθώς το εν λόγω ερώτημα δεν μπορεί να έχει μία μονολεκτική απάντηση. Σε πρώτο στάδιο είναι σημαντικό να ξεκαθαριστεί ότι όπως υπάρχουν μονο-καναλικοί ή δι-καναλικοί επεξεργαστές, έτσι υπάρχουν και πολυκαναλικοί, για παράδειγμα πεντακαναλικοί. Τώρα, όσο για την συμβατότητα των μονο-καναλικών ή δικαναλικών με το πολυκαναλικό στέρεο, αυτό εξαρτάται από τον τρόπο συνδεσμολογίας του περιφερειακού (εν σειρά ή παράλληλα). Για παράδειγμα, αν χρειάζεται να συνδεθεί εν σειρά ένας επεξεργαστής σήματος (οποιοδήποτε είδους<sup>100</sup>) σε ένα κανάλι σήματος, είναι λογικό ότι βασική προϋπόθεση αποτελεί ο επεξεργαστής να έχει τουλάχιστον μία είσοδο και μία έξοδο. Σε περίπτωση που απαιτείται να συνδεθεί παράλληλα ή σε σειρά σε κάποια υποομάδα (Subgroup) καναλιών, τότε είναι απαραίτητο ο επεξεργαστής να διαθέτει τόσες εισόδους-εξόδους σε όσες βασίζεται το πρότυπο στο οποίο δουλεύει (συνήθως είναι το πεντα-καναλικό). Ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα κατ' ανάγκη πολυκαναλικού τύπου, αποτελεί η κατηγορία των επεξεργαστών τεχνητής αντήχησης (digital reverbrators ή reverb processors). Αυτό γιατί, οι επεξεργαστές αυτοί έχουν ειδικά σχεδιασμένους αλγόριθμους αντήχησης που διαμοιράζουν στα αντίστοιχα πέντε κανάλια τις απαραίτητες πληροφορίες αντήχησης, έτσι ώστε ο ακροατής να έχει την αίσθηση του περιβάλλοντος ήχου. Μία επεξεργασία που εξ ορισμού δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί από ένα δικαναλικό στέρεο επεξεργαστή τεχνητής αντήχησης, καθώς διαθέτει μονό δύο εξόδους (L-R) και οι αλγόριθμοί του είναι σχεδιασμένοι για να λειτουργούν στο δικαναλικό στέρεο πρότυπο.

<sup>99</sup> Πηγή εικόνας 44, <http://www.digidesign.com/index.cfm?langid=100&navid=219&itemid=5342>, πρόσβαση 12-02-10

<sup>100</sup> Δυναμικός επεξεργαστής, ισοσταθμιστής (EQ), επεξεργαστές τεχνητής αντήχησης κ.τ.λ



101

**Εικόνα 45:** Το PCM96 αποτελεί τον πρόσφατο επεξεργαστή αντήχησης της Lexicon. Πρόκειται για την έκδοση Surround, που προσφέρει 6 αναλογικές ή ψηφιακές εξόδους/εισόδους. Επίσης μπορεί να συνδεθεί και με την μορφή ψηφιακού «plug-in» σε κάποιο DAW.



102

**Εικόνα 46:** Ο επεξεργαστής της TC Electronic, TC6000, αποτελεί έναν από τους πλέον εξελιγμένους ψηφιακούς επεξεργαστές που παρέχουν πλήρη συμβατότητα με το surround μορφότυπο 5.1 και 6.1. Επίσης, το σύστημα της TC electronics προσφέρει και πολυκαναλικούς αλγόριθμους δυναμικών επεξεργαστών.

### 6.4 Χρησιμοποιώντας συμβατικό εξοπλισμό σε πολυκαναλικές μίξεις

Στους κύκλους των μηχανικών ήχου συχνά χρησιμοποιούνται φαινομενικά αντισυμβατικές τεχνικές, οι οποίες όμως τελικά λειτουργούν. Οι τεχνικές αυτές στην καθομιλουμένη ελληνική τεχνική ορολογία αποκαλούνται με τον όρο «πατέντες» και βασίζονται, θα λέγαμε, στην πρακτική ευφυΐα του εκάστοτε χειριστή. Συνήθως ο κυριότερος λόγος επινοήσης μιας «πατέντας» είναι η έλλειψη των κατάλληλων εργαλείων κατά την διεκπεραίωση μιας συγκεκριμένης εργασίας.

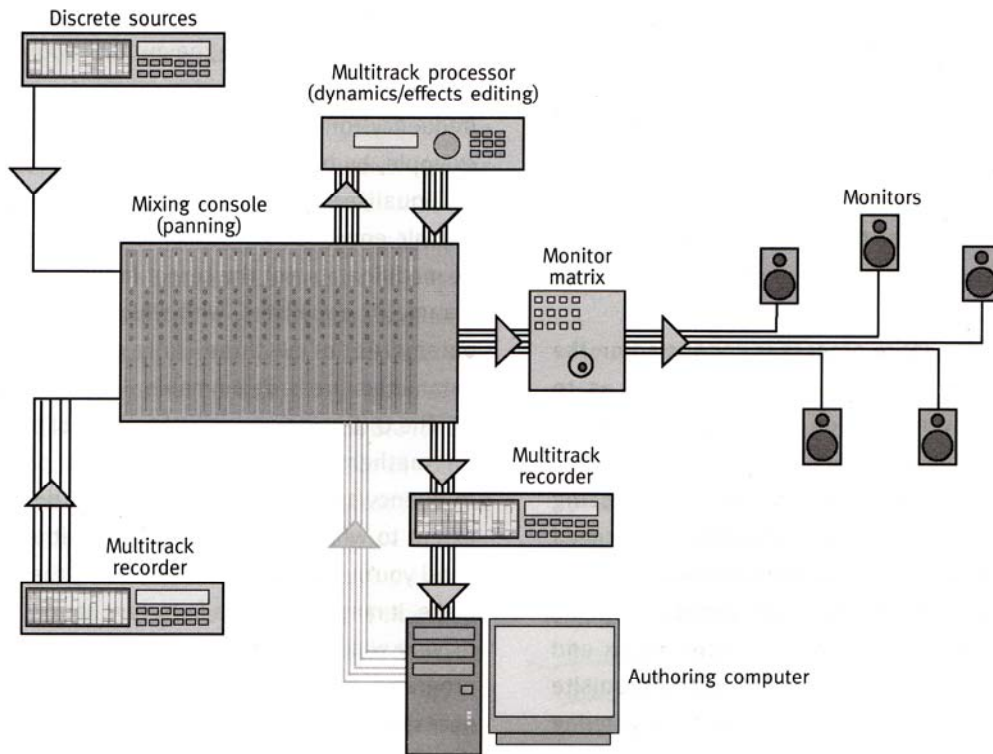
Στην περίπτωση τώρα, μιας πολυκαναλικής μίξης διάφορες «πατέντες» έχουν αποδείξει ότι ίσως ο πλέον απαραίτητος εξοπλισμός -κατά μία ακραία τοποθέτηση άποψης- για την εκπόνηση μίας μίξης πολυκαναλικού ήχου είναι το πλήθος των 6 ηχείων...

Για παράδειγμα μία κονσόλα που έχει μία δικαναλική κύρια έξοδο και τέσσερις βοηθητικές διαύλους (Aux Busses), με την κατάλληλη δρομολόγηση των εξόδων στα ηχεία μπορεί να λειτουργήσει για μία μίξη 5.1. Ωστόσο, έχει ένα σημαντικό μειονέκτημα αυτή η «πατέντα», καθώς προσφέρει ελλιπείς δυνατότητες τοποθέτησης των σημάτων μεταξύ των ηχείων (panning). Το μειονέκτημα αυτό μπορεί να επιλυθεί με την χρήση επιπρόσθετου «surround panner». Επίσης, η απουσία ενός επεξεργαστή τεχνητής αντήχησης με πολυκαναλική έξοδο (Surround Reverb Processor), μπορεί να αντικατασταθεί με την χρήση δύο ή και τριών δικαναλικών επεξεργαστών με αντίστοιχη δρομολόγηση των εξόδων στα συνήθως πέντε κανάλια εξόδου. Με την διαφορά ότι οι ρυθμίσεις των επεξεργαστών πρέπει να προσαρμοστούν κατάλληλα, ώστε να δίνουν μία ικανοποιητική περιβαλλοντική αίσθηση.

<sup>101</sup> Πηγή εικόνας 45, <http://www.lexiconpro.com/product.php?id=151#overview>, πρόσβαση 13-01-10

<sup>102</sup> Πηγή εικόνας 46, <http://www.harmony-central.com/ProductImages/Large/000009521.jpg>, πρόσβαση 13-01-10

Βέβαια, είναι πολύ πιο απλό και αποδοτικό το να εργάζεται κανείς με τα κατάλληλα εργαλεία και σε καμία περίπτωση η εν λόγω παράγραφος δεν αναιρεί την χρησιμότητα των ειδικά προσαρμοσμένων συσκευών στο πολυκαναλικό πρότυπο. Συνήθως, οι όποιες «πατέντες» έχουν προσωρινή φύση και η χρησιμότητά τους αναλώνεται απλώς στην επίλυση κάποιου πιθανού προβλήματος ή έλλειψης εξοπλισμού. Σπάνια η απόδοση τέτοιων πρακτικών συγκρίνεται με την απόδοση ενός ειδικά σχεδιασμένου εργαλείου.



103

**Εικόνα47:** Εδώ βλέπουμε μία τυπική σχηματική αναπαράσταση της αλυσίδας των συσκευών σε ένα στούντιο πολυκαναλικων στέρεο εφαρμογών.

<sup>103</sup> Πηγή εικόνας 47, Christian Birkner, Practical Recording 5 Surround Sound, Αγγλική Έκδοση 2004, Εκδόσεις «SMT»

# 7

## Μίξη και επεξεργασία υλικού σε πολυκαναλικό στέρεο

---

Εκ των πραγμάτων η ύπαρξη περισσότερων των δύο καναλιών διευρύνει ακόμη περισσότερο την δημιουργικότητα κατά την διαδικασία της μίξης. Όσο και αν κάποιοι<sup>104</sup> μηχανικοί ήχου και παραγωγοί αρέσκονται στο να δηλώνουν ότι δεν υπάρχει κανένας κανόνας στην μίξη του υλικού, ωστόσο όπως και να έχει, η υποκειμενικότητα της αισθητικής εμπίπτει σε κάποια τεχνικά πλαίσια που ορίζονται από τις αρχές λειτουργίας του προτύπου. Θέματα που θα αναλυθούν στις παραγράφους που ακολουθούν. Επίσης, θα αναλυθεί ξεχωριστά ο ρόλος του κάθε καναλιού στην μίξη, διάφορες τεχνικές μίξης αλλά και περιορισμοί του πρωτοκόλλου.

---

<sup>104</sup>[http://content.grammy.com/PDFs/Recording\\_Academy/Producers\\_And\\_Engineers/SurroundRecommendations.pdf](http://content.grammy.com/PDFs/Recording_Academy/Producers_And_Engineers/SurroundRecommendations.pdf) (Πρόσβαση 12/11/09), σελ.33

### 7.1 Τα εμπρόσθια κανάλια (Front Channels)

Η ύπαρξη τρίτου καναλιού στην εμπρόσθια σκηνή αλλάζει ριζικά την αντιμετώπιση στην δημιουργία ηχητικής εικόνας. Ως γνωστό, η προσθήκη του κεντρικού καναλιού (**Center channel**) στο μέσο ακριβώς του «L» και «R» καναλιού προέρχεται από τις εφαρμογές στις κινηματογραφικές αίθουσες. Το κανάλι αυτό χρησιμοποιείται στις κινηματογραφικές εφαρμογές για αναπαραγωγή των διαλόγων δίνοντας παράλληλα σταθερή αίσθηση της κατεύθυνσης του ήχου σε αντίθεση με την χρήση μόνο πλευρικών (L-R) καναλιών. Στις μουσικές παραγωγές όμως η χρησιμότητα του κεντρικού καναλιού δημιουργήσε κατά κάποιο τρόπο μία διαμάχη μεταξύ των μηχανικών ήχου<sup>105</sup>. Υπάρχει λοιπόν μία μερίδα που θεωρεί περιττή την χρήση του, είναι γεγονός όμως ότι αυτοί αγνοούν τον ουσιαστικό λόγο ύπαρξής του. Μπορεί κάποιος να δικαιολογήσει μία τέτοια στάση μόνο από την πλευρά της ασυμβατότητας με το δικαναλικό στέρεο και ίσως την κάπως αυξημένη σε χρόνο διαδικασία της μίξης, όταν υπάρχει το κεντρικό κανάλι... Είναι αναμφισβήτητη η συνεισφορά το κεντρικού καναλιού σε ψυχοακουστικό επίπεδο καθώς αντικαθιστά την εικονική «phantom» πηγή στο μέσο ενός L-R συστήματος με μία πραγματική. Το προνόμιο αυτό επιτρέπει μία πιο σταθερή αναπαραγωγή της ηχητικής εικόνας σε σχέση με την γωνία ακρόασης. Οί τεχνικές αντιμετώπισης του κεντρικού καναλιού συνήθως προτείνουν μία μικρή διαρροή των σημάτων που τοποθετούνται στο κεντρικό κανάλι και στα υπόλοιπα για λόγους αποέμφασης τις σκληρά κατευθυντικής αίσθησης. Συχνά, στο κεντρικό κανάλι δρομολογείται σχεδόν ό,τι και στα δύο πλευρικά L – R, για την αποφυγή όμως αλληλοακυρώσεων ήχου λόγω του φαινομένου «comb filtering» προτείνεται το κεντρικό να έχει μειωμένη στάθμη κατά 3dB σε σχέση με το L και R κανάλι.

### 7.2 Τα πίσω κανάλια (Surround channels)

Αν η προσθήκη του κεντρικού καναλιού δημιουργεί νέα δεδομένα στην μίξη του ήχου, τότε τα πίσω κανάλια διευρύνουν, μεταφορικά και κυριολεκτικά, τους ορίζοντες του αναπαραγόμενου ήχου. Σε σύγκριση πάλι με τον κινηματογραφικό ήχο η χρήση τους λίγο-πολύ είναι προκαθορισμένη καθώς ο ήχος ακολουθεί την δράση της εικόνας και συνηθίζεται τα πίσω ηχεία να αναπαράγουν ηχητικά εφέ και τα λοιπά.

Στην περίπτωση της μουσικής θα λέγαμε και πάλι ότι υπάρχει μεγαλύτερο περιθώριο πειραματισμού. Ωστόσο, στις περιπτώσεις ηχογράφησης κλασσικής μουσικής, η γενικά ακουστικού προγράμματος σε ένα χώρο (on location), τα πίσω κανάλια συνήθως αναπαράγουν τα σήματα των μικροφώνων που λαμβάνουν τις ανακλάσεις του πίσω μέρους του χώρου στον οποίο αναπαράγεται το μουσικό πρόγραμμα. Εξυπακούεται ότι έχει προηγηθεί ηχογράφηση με κάποια πολυκαναλική διάταξη μικροφώνων που αναφέρονται στην παράγραφο «5.2».

Ένας γενικός κανόνας που θα μπορούσε να δηλωθεί είναι ότι τα πίσω κανάλια δεν πρέπει αναπαράγουν απευθείας ήχο και η χρήση τους κατά την μίξη θα πρέπει να γίνει με φειδώ, καθώς είναι πολύ σημαντικό η προσοχή του ακροατή να συγκεντρώνεται στο εμπρόσθιο τμήμα. Είναι γνωστό ότι οι ήχοι που αναπαράγονται στο πίσω μέρος της κεφαλής του ανθρώπου αντανακλαστικά τον ωθούν στο να γυρίσει το κεφάλι προς αυτή την κατεύθυνση με μία αίσθηση ανησυχίας. Αυτό συμβαίνει κυρίως για το λόγο ότι είναι μειωμένη η αίσθηση εντοπισμού της κατεύθυνσης των πηγών που προέρχονται πίσω από την κεφαλή. Βέβαια, ακριβώς αυτή η αίσθηση έκπληξης που προκαλείται στον ακροατή, αποτελεί ενίοτε ένα εργαλείο εντυπωσιασμού στα χέρια του εκάστοτε μηχανικού.

Αντίθετα, μία άλλη ενδιαφέρουσα χρήση των πίσω καναλιών είναι όταν πέρα από πληροφορίες ανακλάσεων χώρου τοποθετούνται και αυτόνομα μουσικά όργανα ή ομάδες οργάνων, δίνοντας την αίσθηση στον ακροατή ότι είναι περικυκλωμένος από ένα σύνολο μουσικών... Η ονομαζόμενη «**in the band**» μίξη.

<sup>105</sup> Francis Rumsey, Spatial Audio, 1<sup>η</sup> Έκδοση 2001, Εκδόσεις «Focal Press» σελ.220

### 7.3 Υπογούφερ ή κανάλι LFE;

Μία συχνή παρανόηση είναι η συσχέτιση του καναλιού LFE με το κοινό υπογούφερ. Ανάλυση του καναλιού LFE (Low Frequency Enhancement) παρατίθεται στην παράγραφο 4.1.4. Υπενθυμίζεται ότι το **LFE** αποτελεί ένα προαιρετικό κανάλι περιορισμένου φάσματος του «3-2 στέρεο» προτύπου. Ακριβώς λοιπόν για το λόγο ότι είναι προαιρετικό το κανάλι, θα πρέπει να αποφεύγεται η αποκλειστική δρομολόγηση σημάτων μόνο στο κανάλι LFE, γιατί όπως είναι ξεκάθαρο, είναι πολύ πιθανό να απουσιάζει από κάποιο οικιακό σύστημα αναπαραγωγής. Επίσης, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και το δεύτερο χαρακτηριστικό του καναλιού αυτού, το ότι είναι περιορισμένου φάσματος, συγκεκριμένα το άνω άκρο του εύρους φάσματος απόκρισης δεν ξεπερνά τα 120 Hz, οπότε θα πρέπει να δρομολογούνται σήματα που έχουν πληροφορία σε αυτή την έκταση.

Επίσης, το σοβαρότερο δεδομένο που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη είναι το ότι τα περισσότερα οικιακά πολυκαναλικά συστήματα ήχου συνηθίζουν να αναθέτουν στο υπογούφερ διπλό ρόλο μέσω της τεχνικής «bass management». Αυτό σημαίνει ότι το ειδικό ηχείο αναπαραγωγής χαμηλών συχνοτήτων δεν αναπαράγει μόνο την πληροφορία του καναλιού LFE αλλά παράλληλα παίζει και ως ένα τυπικό υπογούφερ, που συμπληρώνει το φάσμα απόκρισης των δορυφόρων. Με λίγα λόγια πρέπει να δοκιμάζεται πάντα η τελική μίξη μέσω από ένα σύστημα ηχείων με «bass management», καθώς υπάρχει ο κίνδυνος η πληροφορία στο υπογούφερ να αναπαράγεται δύο φορές, μία μέσω του καναλιού LFE που έχει δρομολογηθεί από το την μίξη και μία δεύτερη φορά από το σύστημα «bass management» του ηχείου... Μάλιστα, οι διάσημοι μηχανικοί που απαρτίζουν το «P&E Wing<sup>106</sup>», προτείνουν ρητά να μην χρησιμοποιείται το LFE κανάλι κατά την μίξη ως κανάλι που μεταφέρει την πληροφορία χαμηλών συχνοτήτων των δορυφόρων. Αυτή είναι ακριβώς η διεργασία που κάνει το σύστημα διαχείρισης χαμηλών (bass management) που υπάρχει στα περισσότερα οικιακά συστήματα.

### 7.4 Η τέχνη του «Panning»...

Είναι γεγονός ότι η διαδικασία της τοποθέτησης των σημάτων στο πανόραμα των πέντε ηχείων είναι σίγουρα πιο περίπλοκη διαδικασία σε σχέση με το δικαναλικό στέρεο για παράδειγμα. Βέβαια, μηχανικοί ήχου δηλώνουν ότι η μίξη σε ένα πολυκαναλικό φορμά είναι πιο εύκολη, καθώς προσφέρεται μεγαλύτερη ελευθερία χώρου και δεν υπάρχει η ανάγκη σύμπτυξης όλων των πηγών σε μόλις δύο κανάλια. Το πώς αντιμετωπίζεται λοιπόν το κάθε κανάλι στην διαδικασία του «Panning» το αναφέραμε στις παραπάνω παραγράφους. Όπως στην περίπτωση της δικαναλικής μίξης, έτσι και στην πολυκαναλική το «Panning» διακρίνεται σε δύο κατηγορίες, το δυναμικό και το στατικό. Συνήθως, η στατική μέθοδος χρησιμοποιείται όταν έχει γίνει κάποια ηχογράφιση με μία πολυκαναλική διάταξη μικροφώνων, που απλώς κατά την διάρκεια της μίξης τα μικρόφωνα τοποθετούνται στα αντίστοιχα κανάλια και παραμένουν εκεί, χωρίς μεταβολές τις θέσης τους κατά την έκβαση του κομματιού.

Δυναμικό «Panning» μπορούμε να έχουμε συνήθως στις πηγές που είναι μεμονωμένες και ανεξάρτητα ηχογραφημένες. Οι γενικές οδηγίες προτείνουν να βασίζεται η μίξη κυρίως στα εμπρόσθια ηχεία, να μην γίνονται δυναμικά «pannings» μπροστά-πίσω, στα πίσω ηχεία να μην τοποθετούνται όργανα και γενικά απευθείας ήχοι. Είναι πολύ πιθανό να χρειαστεί παραπάνω επεξεργασία σε επίπεδο φασματικής ισοστάθμισης σε περίπτωση που κάποια όργανα τοποθετηθούν στα πίσω ηχεία, όπως επίσης όταν τα όργανα αλλάζουν θέσεις στο χώρο καθώς αλλάζει και η γωνία σε σχέση με τον ακροατή. Αυτές οι αλλαγές των γωνιών ουσιαστικά δημιουργούν νέες εξισώσεις HRTFs, οι οποίες με την σειρά τους τροποποιούν ανάλογα το αντιληπτό φάσμα τις κάθε πηγής.

<sup>106</sup>[http://content.grammy.com/PDFs/Recording\\_Academy/Producers\\_And\\_Engineers/SurroundRecommendations.pdf](http://content.grammy.com/PDFs/Recording_Academy/Producers_And_Engineers/SurroundRecommendations.pdf) (Πρόσβαση 16/11/09) σελ. 4-7

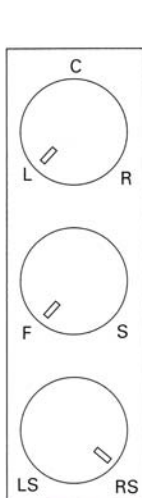
### 7.4.1 Panners

Λόγω της ύπαρξης των πολλαπλών καναλιών, όπως είναι επόμενο, το τμήμα «Panning» στις κονσόλες αλλάζει τελείως καθώς το σήμα πρέπει να κινηθεί πλέον στο πανόραμα μεταξύ 5 και ανώ ηχείων και όχι 2.

Υπάρχουν τρία βασικά ήδη πολυκαναλικών «Panner» τα οποία έχουν ως εξής:

- Τριών ποτενσιόμετρων (Three knob panner)
- Χειριστήριο τύπου «Joystick» (Joystick)
- Λογισμικό σε μορφή «plug-in» για DAW

- Το «panner» τριών ποτενσιόμετρων συναντάται συνήθως στις μεγάλες (Large format) κονσόλες. Βρίσκεται ανεξάρτητα σε κάθε κανάλι της κονσόλας, μία συνήθης διάταξη των ποτενσιόμετρων παρουσιάζεται στο σχήμα της *εικόνας 48*. Η κίνηση του σήματος στο πανόραμα πραγματοποιείται με τον αντίστοιχο συνδυασμό των τριών ποτενσιομέτρων. Μπορεί, εκ πρώτης όψεως, να δείχνει περίπλοκος ο μηχανισμός- ωστόσο στην χρήση δεν είναι- και μάλιστα είναι και πιο ακριβής ο χειρισμός σε σύγκριση για παράδειγμα με το «Joystick»



107

**Εικόνα 48:** Βλέπουμε μία τυπική διάταξη panner τριων ποτενσιόμετρων. Το πρώτο ποτενσιόμετρο ελέγχει το πανοραμα μεταξύ των τριών μπροστινών καναλιών, το δευτερο αναλαμβάνει την κίνηση μεταξύ εμπροσθιων καναλιών και πίσω. Το τελευταίο ποτενσιόμετρο ελέγχει το πανόραμα μεταξύ των πίσω καναλιών.

108



**Εικόνα 49:** Εδώ βλέπουμε λεπτομέρεια από ένα κανάλι της SSL Duality SE. Πρόκειται πάλι για ένα «three knob panner» ελαφρώς παραλλαγμένο. Επίσης υπάρχει και LFE send σε κάθε κανάλι.

- Το Panner τύπου **joystick** όταν δεν είναι επιπρόσθετο στο σύστημα, αποτελεί ένα συγκεκριμένο τμήμα της κονσόλας και συνήθως συνοδεύεται και από μία οθόνη προεπισκόπησης. Ο χρήστης με την χρήση του joystick μπορεί να κινεί το σήμα στο πανόραμα μεταξύ όλων των ηχείων, η πρακτική του χρησιμότητα σημειώνεται στο γεγονός ότι ο χρήστης μπορεί εύκολα να κάνει δυναμικά panning, ενώ παράλληλα έχει και οπτική επαφή με το που έχει οδηγηθεί το σήμα. Από πολλούς θεωρείται πιο πρακτικό στην χρήση, υπολείπεται όμως σε ακρίβεια σε σύγκριση με τα «Three knob panners» που αναφέρονται παραπάνω. Ωστόσο, υπάρχουν «Joystick panner» που μπορούν να λειτουργήσουν και σε κατάσταση (mode) «Three knob panner» .



**Εικόνα 50:** Το τμήμα «S.Panner» της Digidesign Icon

<sup>107</sup> Πηγή εικόνας 48, Tomlinson Holman, Surround Sound: Up and Running, Εκδοση 2η 2008, Εκδόσεις «Focal Press»

<sup>108</sup> Πηγή εικόνας 49, [http://www.solid-state-logic.com/docs/Duality\\_SE\\_Brochure.pdf](http://www.solid-state-logic.com/docs/Duality_SE_Brochure.pdf), πρόσβαση 4-02-10



- Η τρίτη και τελευταία κατηγορία των «Surround panners» είναι τα λεγόμενα «Software panners». Πρόκειται για αυτά που είναι σε μορφή λογισμικού και «τρέχουν» μέσω κάποιου «DAW». Συνήθως τα αποκαλούμε και «plug-ins». Μερικά από τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν τα «Software panners» είναι η πλήρης αυτοματοποίηση, ο συγχρονισμός πολλαπλών panner και το χαμηλό κόστος.



**Εικόνα 51:** Το S360 είναι ένα Surround Panner τύπου Plug-in της Waves. Προσφέρει panning σε τόξο 360 μοιρών, LFE send και λεπτομερή έλεγχο τον phantom πηγών μεταξύ των ηχείων.

### 7.4.2 Οι νόμοι του panning (Panning Laws)...

Η ανάγκη δρομολόγησης του σήματος σε παραπάνω από δύο ηχεία, μετατρέπει την υπόθεση του panning από τεχνικής άποψης σε μία ιδιαίτερα πολύπλοκη διαδικασία. Η προβληματική έγγυται κυρίως σε ζητήματα ψυχοακουστικής. Συγκεκριμένα, προκύπτουν προβλήματα στην κατάλληλη διανομή της ενέργειας των σημάτων, στην ακρίβεια των ενδείξεων κατεύθυνσης των «phantom» πηγών και στην ηχοχρωματική ακρίβεια<sup>110</sup>.

Ο τομέας του «Surround Panning» αποτελεί ένα ιδιαίτερο κεφάλαιο της τεχνολογίας του πολυκαναλικού στέρεο και κατά καιρούς έχουν προταθεί διάφορες εξελιγμένες τεχνολογίες που άλλοτε υλοποιήθηκαν και άλλοτε όχι. Ένας από τους πλέον γνωστούς μελετητές είναι ο Michael Gerzon, ο οποίος έχει θεσπίσει και τα κριτήρια του ιδανικού νόμου περί surround panning.

Συγκεκριμένα, αναφέρει ότι «ο στόχος μίας καλής νομοθεσίας pan rot είναι να ελέγχει την ένταση ενός μονοφωνικού ήχου σε κάθε ένα από τα κανάλια του συστήματος σε συνάρτηση με την απαιτούμενη θέση στο πανόραμα με τέτοιο τρόπο, ώστε η προκύπτουσα αναπαραγωγή του ήχου να παρέχει μία πειστική αίσθηση της πλασματικής θέσης του σήματος. Μία τέτοια καλή νομοθεσία θα πρέπει να παρέχει μία ομαλή και συνεχή σειρά από ενδείξεις κατευθύνσεων μεταξύ όλων των ηχείων χωρίς κενά». Παρακάτω, στο σχήμα της εικόνας 53 παρουσιάζεται η σχετική πρόταση του M.Gerzon.

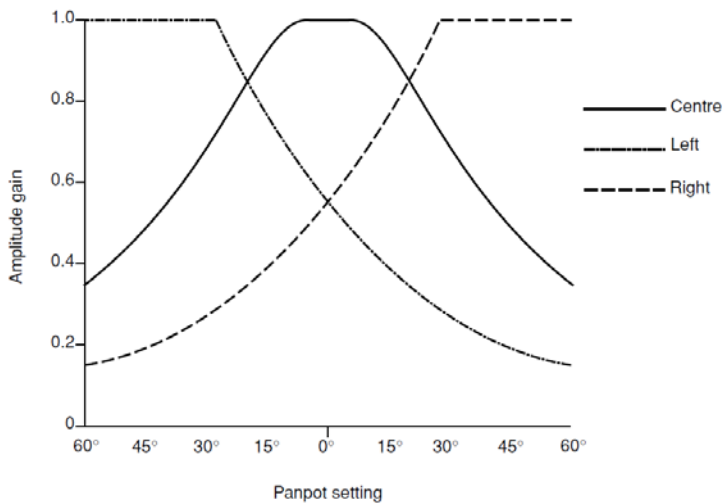
<sup>109</sup> Πηγή εικόνας 51, <http://www.waves.com/Content.aspx?id=229>, πρόσβαση 4-02-10

<sup>110</sup> Francis Rumsey, Spatial Audio, 1<sup>η</sup> Έκδοση 2001, Εκδόσεις «Focal Press» σελ.208



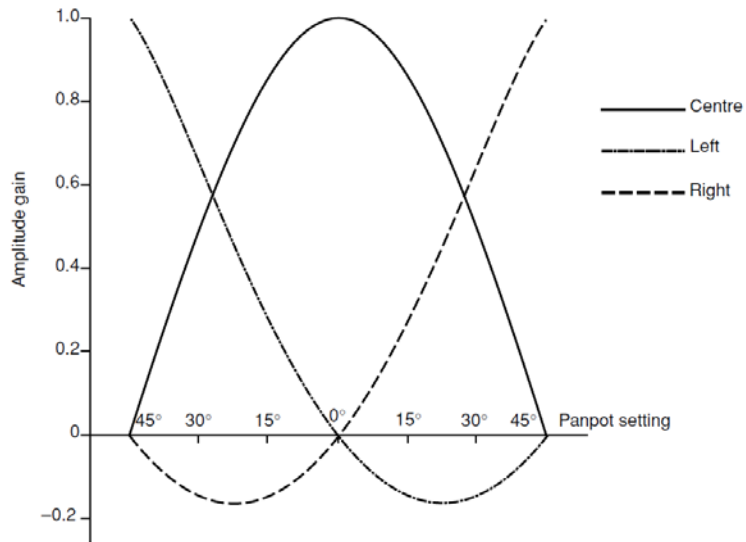
Πέρα λοιπόν από όλες τις έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί για τεχνολογίες «Panning», οι περισσότερες κονσόλες και τα DAWs υλοποιούν την γνωστή μέθοδο από τις συμβατικές κονσόλες, την απλή δηλαδή μεταβολή πλάτους (amplitude panning) μεταξύ του ζεύγους των καναλιών. Στα ψηφιακά συστήματα των ημερών μας, το «panning law» είναι παραμετροποιήσιμο βάσει των αναγκών του εκάστοτε χρήστη. Το «**amplitude panning**» όμως κρίνεται ως μη ικανοποιητική μέθοδος, κυρίως γιατί παρέχει εσφαλμένες ενδείξεις θέσεις πηγής που άπτονται στο φαινόμενο της προπορείας (Precedence effect). Οι εναλλακτικές τεχνολογίες που προτείνονται για τα πολυκαναλικά συστήματα χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, οι βασιζόμενες στο χρόνο (time-based) και οι βασιζόμενες στις εξισώσεις HRTF<sup>111</sup>. Η πρώτη μέθοδος υλοποιεί, όπως είναι προφανές, μετατοπίσεις της πηγής βάσει του χρόνου άφιξης ενώ η δεύτερη, ίσως και πιο πλήρης, κατά τις μετατοπίσεις των πηγών στο πανόγραμμα συνυπολογίζει τις μεταβολές των εξισώσεων HRTF. Οι διορθώσεις του χρόνου άφιξης και των φασματικών μεταβολών κατά την μετακίνηση των πηγών στο πανόγραμμα εγγυώνται πιο σαφή απεικόνιση των πηγών στο χώρο. Η Studer είναι μία από τις γνωστές κατασκευάστριες που έχει ενσωματώσει τέτοιου είδους αλγόριθμους «panning» σε κάποιες ψηφιακές κονσόλες.

112



**Εικόνα 52:** Σχεδιάγραμμα που δείχνει την σχέση πλάτους μεταξύ τριών εμπρόσθιων καναλιών, σε συνάρτηση με την γωνία του ποτενσιόμετρου. Πρόκειται για την γνωστή μέθοδο «amplitude panning». Το συγκεκριμένο σχεδιάγραμμα προέρχεται από τα πειράματα των εργαστηρίων Bell το 1953 και προοριζόταν για εφαρμογή σε κινηματογραφικές αίθουσες.

**Εικόνα 53:** Μία βελτιωμένη εκδοχή του M.Gerzon που πρότεινε με μελέτη του το 1992. Πρόκειται για panning law που συνυπολογίζει και ψυχοακουστικά δεδομένα. Παρατηρούμε τις κάτω καμπύλες του σχεδιαγράμματος που αναπαριστούν αρνητικές τιμές πλάτους (εκτός φάσης) στις αντίστοιχες θέσεις.



<sup>111</sup> Tomlinson Holman, Surround Sound: Up and Running, Εκδοση 2η 2008, Εκδόσεις «Focal Press», σελ. 117

<sup>112</sup> Πηγή εικόνων 52 -53, Francis Rumsey, Spatial Audio, 1<sup>η</sup> Έκδοση 2001, Εκδόσεις «Focal Press»

# 8

## Πρακτική εφαρμογή

---

Το πρακτικό μέρος της παρούσας πτυχιακής εργασίας αποτελεί η μίξη ενός μουσικού κομματιού σε στέρεο 3-2 ενώ το υλικό αρχικά έχει ηχογραφηθεί για το στέρεο 2-0 πρότυπο. Πρόκειται ουσιαστικά για το πρόβλημα συμβατοτήτων που προκύπτει όταν δημιουργείται έναν νέο πρότυπο (ή μορφότυπο) αναπαραγωγής και η δημιουργία της ανάγκης εκ νέου επεξεργασίας του υπάρχοντος υλικού. Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφεται ο τρόπος εργασίας και οι τεχνικές ιδιαιτερότητες κατά την διάρκεια της μίξης ενός τέτοιου μουσικού υλικού σε ένα πολυκαναλικό πρότυπο. Η εν λόγω διαδικασία στην διεθνή ορολογία καλείται «**repurposing**» και υποδηλώνει την μετατροπή ενός μορφότυπου (Format) αναπαραγωγής σε ένα άλλο.

### 8.1 Λίγα λόγια περί της διαδικασίας

Η μετατροπή ενός μονοφωνικού 1-0 ή στέρεο 2-0 μουσικού υλικού σε κάποιο πολυκαναλικό μπορεί να πραγματοποιηθεί με αρκετούς τρόπους. Ο κυριότερος και πιο αποτελεσματικός τρόπος (για λόγους που θα αναφερθούν παρακάτω) είναι η περίπτωση που τα ξεχωριστά κανάλια (tracks) της ηχογράφησης είναι διαθέσιμα και ο εκάστοτε μηχανικός ήχου επεξεργάζεται ξανά το υλικό με την διαδικασία της μίξης σύμφωνα με τις τεχνικές απαιτήσεις του νέου προτύπου. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται στην διεθνή ορολογία «remixing».

Υπάρχουν όμως και οι περιπτώσεις που αυτή η μετατροπή γίνεται κατά ένα «πλάγιο» τρόπο... Για να είμαι πιο σαφής στην τοποθέτησή μου, ο «πλάγιος» τρόπος αφορά την **τεχνητή δημιουργία πληροφορίας** για το πλήθος το καναλιών ενός πολυκαναλικού προτύπου αναπαραγωγής. Ο λόγος για την περίπτωση της αναβάθμισης που ονομάζεται «**Upmixing**» ή «**Faux 5.1**». Κατά αυτές τις περιπτώσεις την μετατροπή αναλαμβάνει ένας ειδικά σχεδιασμένος ψηφιακός αλγόριθμος, ενώ υπάρχει και ένας «μηχανικός» τρόπος, σύμφωνα με τον οποίον το υλικό αναπαράγεται σε ένα ακουστικά «ζωντανό» χώρο και ηχογραφείται το πρόγραμμα με μία πολυκαναλική διάταξη μικροφώνων σαν αυτές που αναφέρονται στο Κεφ. 5.2. Είναι απαραίτητο να ξεκαθαριστεί όμως ότι η μέθοδος «Upmixing» δεν αποτελεί πάντα μία αποτελεσματική λύση, καθώς κανένας αυτοματοποιημένος αλγόριθμος δεν μπορεί να αντικαταστήσει την φαντασία και την δημιουργικότητα ενός ανθρώπου, ενώ δεν είναι λίγες και οι περιπτώσεις που μπορεί να δημιουργηθούν σφάλματα με επιπτώσεις στο φάσμα συχνοτήτων και στην στερεοφωνική εικόνα του νέου υλικού. Ωστόσο, η μέθοδος «Upmixing» αποτελεί μονόδρομο σε περιπτώσεις που τα ξεχωριστά κανάλια της αρχικής ηχογράφησης δεν είναι διαθέσιμα, ενώ παράλληλα αποτελεί πάντα μια οικονομική και γρήγορη λύση που χρησιμοποιείται συχνά σε μουσικές παραγωγές χαμηλού κόστους και σε αναμεταδόσεις τηλεοπτικών προγραμμάτων.

113



**Εικόνα 54:** Ένα πρόσφατο επίτευγμα της Soundfield αποτελεί το UPM-1, πρόκειται για μία εξελιγμένη συσκευή που ενσωματώνει τεχνολογία Upmixing μέσω της οποίας «αναγεννά» τρία επιπλέον κανάλια από ένα οποιοδήποτε stereo 2-0. Προορίζεται κυρίως για τηλεοπτικές αναμεταδώσεις που έχουν μεγάλο αρχειακό υλικό σε stereo 2-0.

### 8.2 Το πρότυπο και ο εξοπλισμός

Η μίξη πραγματοποιήθηκε σε control room<sup>114</sup> τύπου «LEDE», κάτι που όπως αναλύθηκε στο Κεφ. 6 σημαίνει ότι οι προδιαγραφές του χώρου δεν είναι απόλυτα συμβατές με τις απαιτήσεις των πολυκαναλικών προτύπων ωστόσο δεν είναι και απαγορευτικές εν τέλη. Η μίξη πραγματοποιήθηκε στο περιβάλλον του DAW «**Logic Pro Audio 8**» στο πρότυπο «3-2 στέρεο» κατά **ITU-775**<sup>115</sup>. Ο βασικός λόγος της επιλογής του προτύπου **3-2** και όχι 3-2-1, το κοινώς γνωστό 5.1, ήταν η απουσία του subwoofer από τον διαθέσιμο εξοπλισμό. Βέβαια θυμίζουμε ότι το κανάλι LFE είναι προαιρετικό στο πολυκαναλικό στέρεο 3-2 κατά ITU-775, επίσης τα περισσότερα οικιακά πολυκαναλικά συστήματα ηχείων ενσωματώνουν την τεχνολογία Bass Management<sup>116</sup> που πολλές φορές καθιστά περιττή και σε κάποιες απαγορευτική την χρήση του LFE κατά την διαδικασία της μίξης, ειδικά όταν το υλικό προορίζεται για αναπαραγωγή σε οικιακά συστήματα.

<sup>113</sup> Πηγή εικόνας [www.soundfield.com/products/upm1.php](http://www.soundfield.com/products/upm1.php), (Πρόσβαση 24-2-10)

<sup>114</sup> Η μίξη ολοκληρώθηκε στους χώρους του Studio Kiwi. [www.kiwistudio.gr](http://www.kiwistudio.gr)

<sup>115</sup> Παραπομπή στην παράγραφο 4.1

<sup>116</sup> Παραπομπή στην παράγραφο 4.1.4

Όλοι οι επεξεργαστές, ανεξαρτήτως είδους που χρησιμοποιήθηκαν κατά την διαδικασία της μίξης ήταν σε μορφή plug-ins, μάλιστα τα περισσότερα ήταν αυτά που συμπεριλαμβάνονταν στην surround σουίτα του «Logic Pro Audio». Τα μόνιτορ που χρησιμοποιήθηκαν ήταν πέντε Tannoy Reveal 6D που τοποθετήθηκαν επιπροσθέτως στο control room σύμφωνα με τις οδηγίες της ITU<sup>117</sup>, ενώ το audio interface που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Lynx Aurora16 1824.

Μία κομβικής σημασίας διαδικασία αποτελεί η βαθμονόμηση (calibration) της στάθμης των ηχείων. Σε περίπτωση που παρακαμφθεί αυτό το στάδιο το πιθανότερο είναι να προκύψει μία μίξη με λανθασμένες ισορροπίες στην στερεοφωνική εικόνα. Στην εν λόγω περίπτωση η βαθμονόμηση έγινε με χρήση dB SPL meter (C weighting, Slow) στην θέση ακρόασης με κατεύθυνση του μετρητικού μικροφώνου προς το κεντρικό ηχείο. Τα ηχεία τροφοδοτήθηκαν με ροζ θόρυβο, ακολούθησε μέτρηση για το κάθε ηχείο ξεχωριστά και ορίστηκε η στάθμη ηχητικής πίεσης στο σημείο ακρόασης στα 75dB SPL (C)<sup>118</sup>. Πρόκειται για μία διαδεδομένη διαδικασία βαθμονόμησης, ενώ προτείνεται και από την P&E Wing for Surround Sound<sup>119</sup>.

### 8.3 Το μουσικό κομμάτι

Το κομμάτι που είχα στην διάθεσή μου είναι ένα μία σύνθεση του Θοδωρή Κοντάκου<sup>120</sup>, πρόκειται για ένα αρκετά δυναμικό ποπ-ρόκ κομμάτι το οποίο είχε ηχογραφηθεί και μιξαριστεί για το στέρεο 2-0 πρότυπο. Δεν υπάρχει κάποιο ιδιαίτερο κριτήριο στην επιλογή, καθώς αυτή έγινε καθαρά συγκυριακά, βέβαια το γεγονός ότι είναι ένα καλοπαιγμένο κομμάτι και ισορροπημένο ενορχηστρικά αποτελεί πάντα ένα θετικό κριτήριο επιλογής. Είχα στην διάθεσή μου όλα τα κανάλια της μίξης, όπως επίσης και την ολοκληρωμένη μίξη σε στέρεο 2-0, όπου φαίνεται η ηχητική άποψη του εν λόγω δημιουργού. Ένας βασικός στόχος που πρέπει να επιτευχθεί κατά την διαδικασία του «repurposing», είναι η διατήρηση της αρχικής αισθητικής ταυτότητας του κομματιού. Για αυτό το λόγο διατήρησα όσο το δυνατόν περισσότερο γίνεται τα χαρακτηριστικά της αρχικής επεξεργασίας στα επιμέρους στάδια της μίξης, ενώ παράλληλα προσπάθησα να διατηρήσω την αρχική αίσθηση του χαρακτήρα του χώρου, τοποθετώντας με αντίστοιχο τρόπο τα κανάλια στο πεντακαναλικό πανόραμα. Το σύνολο των μουσικών οργάνων αποτελείται από πολλαπλές ηλεκτρικές κιθάρες (με έντονη παραμόρφωση στην πλειονότητά τους) που παίζουν ρυθμικά μοτίβα, ηλεκτρικό μπάσο, σύνολο τυμπάνων (drums), βασική φωνή και δεύτερα φωνητικά.

### 8.4 Περιγραφή της μίξης

Τα γνωστά στάδια της μίξης δεν διαφέρουν από την γνωστή στερεο 2-0, βέβαια το εντελώς νέο δεδομένο στην διαδικασία αποτελεί ο διαμοιρασμός των πηγών στο πεντακαναλικό πλέον πανόραμα. Υπενθυμίζω ότι η ηχογράφηση του κομματιού είχε πραγματοποιηθεί με την μέθοδο «Close-miking», οπότε κατά την διάρκεια της μίξης δημιουργούμε το «Surround» πεδίο με την τεχνική «**Pan-pot stereo**». Σε αντίθεση φυσικά με μία ηχογράφηση που έχει πραγματοποιηθεί εξ αρχής με τεχνικές διάταξης πολλαπλών μικροφώνων (Κεφ. 5.2), όπου η δρομολόγηση του κάθε σήματος στο αντίστοιχο κανάλι είναι προκαθορισμένη.

Πριν από την έναρξη της διαδικασίας της μίξης, είχα ορίσει-φανταστεί το χαρακτήρα της μίξης. Είχα αποφασίσει να βασιστεί η μίξη στα τρία εμπρόσθια κανάλια (LCR) και να γίνει ένας διακριτικός διαμοιρασμός στα πίσω κανάλια με τέτοιο τρόπο, ώστε να δίδεται απλώς στον ακροατή η αίσθηση του περιβάλλοντος ήχου.

<sup>117</sup> Παραπομπή στο Κεφ. 4

<sup>118</sup> Η στάθμη αναφοράς για μίξη μουσικής μπορεί να είναι μεταξύ 75 – 84 dB SPL. Rich Tozzoli, Pro Tools Sound Mixing, Έκδοση 2005, Εκδόσεις «Backbeat Books», σελ. 13

<sup>119</sup> [http://content.grammy.com/PDFs/Recording\\_Academy/Producers And Engineers/SurroundRecommendations.pdf](http://content.grammy.com/PDFs/Recording_Academy/Producers_And_Engineers/SurroundRecommendations.pdf) (Πρόσβαση 16/11/09) σελ. 4-7

<sup>120</sup> <http://www.kyriiosk.gr>, (Πρόσβαση 22/2/10)

Ξεκίνησα με την τοποθέτηση του drum set στα τρία μπροστά κανάλια και εν συνεχεία, προσέθεσα στην μίξη το μπάσο, το οποίο έχω διαμοιράσει επίσης στα τρία μπροστά κανάλια, με μία σχετική έμφαση στο κεντρικό. Εν συνεχεία, τοποθέτησα και τις κιθάρες αυστηρά στα κανάλια L –R με μία μικρή διαρροή προς το κεντρικό, ώστε να δίδεται η αίσθηση στιβαρότητας, και επίσης για να σταθεροποιήσω την phantom πηγή που δημιουργείται στο κέντρο. Στο σημείο αυτό χρειάστηκε ιδιαίτερη προσοχή στο ποσοστό διαρροής, γιατί υπάρχει πάντα η πιθανότητα δημιουργίας comp filtering (φαινόμενο κτενωτού φίλτρου). Την βασική φωνή τοποθέτησα «αυστηρά» στο κεντρικό κανάλι, ενώ παράλληλα έχω δημιουργήσει μία μικρή διαρροή και στα πίσω κανάλια που δημιούργησαν μία ελαφρώς πανοραμική αίσθηση. Εσκεμμένα απέφευγα την χρήση τεχνητής αντήχησης (Reverb) στην φωνή, καθώς αυτή αλλοίωνε την αρχική αισθητική ταυτότητα του κομματιού. Έτσι, προσπάθησα να χαρακτηρίσω την μίξη με το φυσικό χώρο στον οποίο είχαν ηχογραφηθεί τα τύμπανα. Είχα στην διάθεσή μου από την ηχογράφιση πέρα από τα «Overheads», τα οποία είχαν διαμοιραστεί L-R με διαρροή στα πίσω κανάλια, και ένα μικρόφωνο χώρου. Συμπίεσα το σήμα του μικροφώνου που κατέγραφε το χώρο με τον δυναμικό επεξεργαστή TBK της Sonalksis<sup>121</sup> στα όρια της παραμόρφωσης, καταρχάς για να πετύχω το ηχόχρωμα που αποδίδεται στην αρχική μίξη ως αισθητική άποψη και κατά δεύτερο για να αποκαλυφθεί στο σήμα όλη η αντηχητική πληροφορία το δωματίου που έλαβε το μικρόφωνο. Εν συνεχεία, τοποθέτησα το μικρόφωνο με έμφαση στα πίσω κανάλια (Ls-Rs) -για να διευρύνω την αίσθηση της στερεοφωνίας- και ρύθμισα την στάθμη έντασης έτσι ώστε να προσφέρουν μία ομοιογενή αίσθηση με τα υπόλοιπα τύμπανα που βασίζονται κυρίως στο εμπρόσθιο τμήμα της μίξης.

Αυτό που ήθελα να πετύχω εξ αρχής ήταν μία στιβαρή ηχητική εικόνα στο εμπρόσθιο τμήμα του ακροατή κυρίως στα δυναμικά μέρη του κομματιού, ενώ μία πιο διάχυτη αίσθηση (με την έννοια της πλατιάς στερεοφωνίας) στα κουπλέ που είναι πιο ήρεμο σε δυναμικές το κομμάτι και παράλληλα ατμοσφαιρικό. Αυτό που λαμβάνει τελικά ο ακροατής είναι μία γενική αλλά παράλληλα διακριτική αίσθηση περιβάλλοντος ήχου σε όλη την διάρκεια του κομματιού, αλλά με μία αισθητή μετακίνηση του κομματιού στα δυνατά μέρη προς το εμπρόσθιο τμήμα. Εσκεμμένα απέφευγα τις έντονες μεταπηδήσεις των ηχητικών πηγών από ηχείο σε ηχείο καθώς έκρινα ότι δεν ταιριάζουν με την αισθητική του κομματιού αλλά δημιουργούν και σύγχυση. Ωστόσο στις εναλλαγές των κουπλέ με τα ρεφρέν, ο ακροατής μπορεί να παρατηρήσει μία μικρή καθυστέρηση (της τάξης των μερικών ms) στις παύσεις της κιθάρας που βρίσκεται στα πίσω κανάλια. Χρησιμοποίησα αυτή την τεχνική για να διευρύνω την αίσθηση της στερεοφωνίας.

### 8.5 Το πρότυπο διανομής

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας της μίξης στο εκάστοτε περιβάλλον εργασίας (DAW), προκύπτει το θέμα της μορφής του αρχείου εξαγωγής. Στα περισσότερα DAWs, όπως και στο Logic Pro Audio 8, προσφέρεται η δυνατότητα εξαγωγής της μίξης στα αντίστοιχα μονοφωνικά κανάλια του προτύπου που έγινε η μίξη ή εξαγωγή ενός αρχείου που έχει κωδικοποιημένα όλα τα κανάλια. Στο Logic Pro Audio 8, ο χρήστης έχει την δυνατότητα να εξάγει το αποτέλεσμα της μίξης σε μη συμπιεσμένη μορφή (LPCM). Η περαιτέρω κωδικοποίηση σε κάποιο μορφότυπο διανομής (Κεφ. 4.2) συμβατό με τα οικιακά συστήματα αναπαραγωγής, αποτελεί συνήθως μία εργασία που πραγματοποιείται σε εξειδικευμένα Mastering Studios που έχουν τους αντίστοιχους κωδικοποιητές (encoders). Φυσικά, υπάρχουν διάφορες σουίτες που κωδικοποιούν σε πλήθος φορμά όπως το Compressor (Apple), το SurCode (Minnetonka) αλλά και κωδικοποιητές που είναι ενσωματωμένοι στα DAWs, όπως το Nuendo (Steinberg). Η επιλογή του μορφότυπου διανομής – κωδικοποίησης (DTS, Dolby Digital κ.τ.λ) εξαρτάται καθαρά από το μέσο διανομής, στο οποίο θα αποφασιστεί να «τυπωθεί» το εκάστοτε υλικό. Για παράδειγμα αν το υλικό προορίζεται για οικιακή χρήση, θα πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη τα αντίστοιχα συστήματα αναπαραγωγής- αποκωδικοποίησης, που είναι ευρέως διαδεδομένα. Οι αποκωδικοποιητές που είναι ευρέως

<sup>121</sup> [http://www.sonalksis.com/index.php?section\\_id=104](http://www.sonalksis.com/index.php?section_id=104), (Πρόσβαση 16-2-10)

διαδεδομένοι σήμερα, είναι κυρίως αυτά της DTS και Dolby Digital που βρίσκονται πλέον σε κάθε DVD Player ή κάποιο πολυκαναλικό ραδιοεπισχυτή. Υπενθυμίζουμε, όπως έχει σημειωθεί στο Κεφ. 4.2, ότι αυτά πρωτόκολλα κωδικοποίησης βασίζονται σε αλγόριθμους απωλεστικής συμπίεσης και δεν αποτελούν την ιδανική λύση για διανομή μουσικής. Προσωπικά, επέλεξα να διατηρήσω το αποτέλεσμα της μίξης σε ασυμπίεστη κωδικοποίηση (PCM) ανάλυσης 24bit/48kHz, η αναπαραγωγή του οποίου μπορεί να γίνει μέσω Η/Υ και συγκεκριμένα με το ελεύθερο λογισμικό αναπαραγωγής «Foobar2000<sup>122</sup>». Φυσικά στο σύστημα αναπαραγωγής Η/Υ θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται κάρτα ήχου (Audio interface) με τουλάχιστον πέντε (αναλογικές) εξόδους ήχου.

Επίσης, σε ασυμπίεστη μορφή το υλικό μπορεί να κωδικοποιηθεί με τον κωδικοποιητή MLP, Dolby TrueHD ή DTS-HD Master. Οι δύο τελευταίοι κωδικοποιητές είναι οι αποκαλούμενη High Definition (Υψηλής Ευκρίνειας), βασίζονται σε μη απολεστικούς αλγόριθμους κωδικοποίησης, ενώ αποτελούν την τελευταία λέξη της τεχνολογίας. Τα σύγχρονα Blu-ray players, ως επί το πλείστον, διαθέτουν αυτούς τους κωδικοποιητές.

### 8.5 Συμπεράσματα επί του πρακτικού μέρους

Ένα από τα βασικά συμπεράσματα που μπορεί να σχολιάσω είναι κατ' αρχάς, ο αυξημένος βαθμός δυσκολίας της μίξης. Ο χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωση μίας μίξης είναι σίγουρα αυξημένος σε σχέση με την «παραδοσιακή» δικαναλική στέρεο, εγώ προσωπικά είχα υπολογίσει να δεσμεύσω 3 μέρες στούντιο και τελικά χρειάστηκα ακριβώς τις διπλάσιες! Η δυσκολία που συνάντησα ήταν κυρίως στην δημιουργία της τεχνητής «Surround» σκηνής, που προφανώς ,εν μέρει, ήταν και λόγω απειρίας σε πολυκαναλικά στέρεο πρότυπα. Χρειάστηκε αρκετές φορές να αλλάξω άποψη για την τοποθέτηση των οργάνων, για να καταλήξω στην τελευταία εκδοχή που βρήκα ικανοποιητική. Επίσης τα rappers του Logic μου φάνηκαν ιδιαίτερα ασαφή, δυσκολεύοντας ακόμη περισσότερο το έργο και δυστυχώς δεν υπήρχαν άλλα διαθέσιμα.

Γενικά, είναι ιδιαίτερα ευχάριστο το να δημιουργεί κανείς σε πολυκαναλικό περιβάλλον, καθώς η ύπαρξη των πίσω καναλιών διευρύνει εντυπωσιακά την αίσθηση σκηνής, ενώ αντίστοιχα η παρουσία του κεντρικού καναλιού παραβάλλει μία πιο σταθερή εικόνα. Παρατήρησα ότι δουλεύοντας με «multi mono stereo» λογική εκτός του ότι απαιτείται πολύς χρόνος για την δημιουργία στερεοφωνικού πεδίου, παράλληλα είναι δύσκολο να πετύχει κανείς εντυπωσιακά αποτελέσματα και κυρίως όταν απουσιάζουν από τον εξοπλισμό επεξεργαστές αντήχησης υψηλής ποιότητας που έχουν αλγόριθμους για πολυκαναλικό στέρεο.

Ένα άλλο κομμάτι που συνειδητοποίησα ότι απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή είναι η φασματική επεξεργασία των σημάτων (Equalizing), καθώς οι πηγές αλλάζοντας θέση στο πανόραμα αλλάζουν και ηχώχρωμα (λόγω HRTFs), οπότε η επέμβαση στην συχνοτική ισορροπία πρέπει να γίνει αφού αποφασιστεί το σημείο της εκάστοτε πηγής στο στερεοφωνικό πεδίο. Οι πηγές που τοποθέτησα στο πίσω μέρος της ζώνης ακρόασης χρειάστηκε να τονιστούν ελαφρώς στις υψηλές συχνότητες (4-8 kHz ανά περίπτωση). Τέλος, παρατηρήθηκε μεγάλη κατανάλωση υπολογιστικής ισχύος σε σύγκριση με το ίδιο κομμάτι σε δικαναλικό στέρεο με περίπου ίδιο πλήθος και είδος επεξεργασιών ανά κανάλι

---

<sup>122</sup> [www.foobar2000.org](http://www.foobar2000.org), (Πρόσβαση 11-2-10)

## Παράρτημα

---

**Ambisonics:** Πρόκειται για ένα εξελιγμένο σύστημα καταγραφής και αναπαραγωγής πολυκαναλικού στέρεο που δημιουργήθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1970. Η τεχνολογία «Ambisonics» δημιουργήθηκε με σκοπό να ικανοποιήσει στο μέγιστο τους ψυχοακουστικούς μηχανισμούς της ανθρώπινης ακοής στον προσδιορισμό της θέσης των ηχητικών πηγών. Το σύστημα «Ambisonic» μπορεί να κωδικοποιήσει και να αποκωδικοποιήσει ηχητική πληροφορία σε πλήθος ακουστικών καναλιών που είναι πλήρως συμβατή με το mono, το stereo και το πολυκαναλικό στέρεο. Επίσης, ξεχωρίζει ιδιαίτερα καθώς μπορεί να καταγράψει και να αναπαράγει ηχητικό πεδίο πλήρους σφαίρας (τρισδιάστατο) με ενδείξεις ανύψωσης (Periphonic). Η τεχνολογία επινοήθηκε από τους Michael Gerzon, Peter Fellgett και David Brown. Παρόλες τις καινοτομίες της εν λόγω τεχνολογίας, το πρότυπο «Ambisonic» δεν είχε εμπορική επιτυχία.

## Βιβλιογραφία

---

- Christian Birkner, Practical Recording 5 Surround Sound, Αγγλική Έκδοση 2004, Εκδόσεις «SMT»
- Francis Rumsey, Spatial Audio, Αγγλική 1η Έκδοση 2001, Εκδόσεις «Focal Press»
- Robert Anderson, Surround Sound Recording: Is it Worth it?, Έκδοση 2007, Dpt of Music and Performing Arts Professions, Steinhart School NYU
- Jeroen Breebaart & Christof Faller, Spatial Audio Processing: MPEG Surround and other Applications, Αγγλική Έκδοση 2007, Εκδόσεις WILEY
- Δημήτρης Σκαρλάτος, Εφαρμοσμένη Ακουστική, Έκδοση 2003, Εκδόσεις «Φιλομάθεια»
- Tomlinson Holman, Surround Sound: Up and Running, Αγγλική Έκδοση 2η 2008, Εκδόσεις «Focal Press»
- Jens Blauert, "Spatial Hearing", Rev Sub edition (October 2, 1996), Εκδόσεις «The MIT Press»
- Rich Tozzoli, Pro Tools Sound Mixing, Έκδοση 2005, Εκδόσεις «Backbeat Books»
- Philip Newell, Recording Studio Design, 2η Έκδοση 2008, Εκδόσεις «Focal Press»
- Glen Ballou, Handbook for Sound Engineers, 4η Έκδοση, 2008, Εκδόσεις «Focal Press»
- The Proceedings of the AES 19th International Conference, 1η Έκδοση 2001
- The Proceedings of the AES 24th International Conference, 1η Έκδοση 2003
- The Proceedings of the AES 28th International Conference, 1η Έκδοση 2006
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Adrian\\_Willaert](http://en.wikipedia.org/wiki/Adrian_Willaert), (Πρόσβαση 16-09-09)
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Théâtrophone> (Πρόσβαση 12-08-09)
- <http://geronj.oxfordjournals.org/cgi/content/abstract/33/5/731> (Πρόσβαση 22-09-09)
- [http://www.neumann.com/?lang=en&id=current\\_microphones&cid=ku100\\_description](http://www.neumann.com/?lang=en&id=current_microphones&cid=ku100_description) (Πρόσβαση 12/09/09)
- [http://www.ionio.gr/~floros/lessons/avarts\\_acoustics\\_lesson08.pdf](http://www.ionio.gr/~floros/lessons/avarts_acoustics_lesson08.pdf) (Πρόσβαση 25-01-10)
- <http://www.lucasfilm.com> (Πρόσβαση 19-10-09)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Stereophonic\\_sound#M.2FS\\_technique:\\_Mid.2FSide\\_stereophony](http://en.wikipedia.org/wiki/Stereophonic_sound#M.2FS_technique:_Mid.2FSide_stereophony) (Πρόσβαση 12-11-09)
- [http://www.paudio.com/Pages/learning\\_Wittig.html](http://www.paudio.com/Pages/learning_Wittig.html) (Πρόσβαση 29-10-09)



## Βιβλιογραφία

---

- [http://www.schoeps.de/documents/SCHOEPS\\_surround-brochure.pdf](http://www.schoeps.de/documents/SCHOEPS_surround-brochure.pdf), (Πρόσβαση 22-11-09)
- [http://www.soundfield.com/downloads/dsf2\\_man.pdf](http://www.soundfield.com/downloads/dsf2_man.pdf), (Πρόσβαση,1-02-10)
- <http://www.aes.org/technical/documents/AESTD1001.pdf> (Πρόσβαση 05-11-09)
- [http://www.solid-state-logic.com/resources/gallery/c300/C300\\_Digital\\_Egg\\_small.JPG](http://www.solid-state-logic.com/resources/gallery/c300/C300_Digital_Egg_small.JPG), (Πρόσβαση 12-01-10)
- <http://www.digidesign.com/index.cfm?langid=100&navid=219&itemid=5342>, (Πρόσβαση 12-02-10)
- <http://www.lexiconpro.com/product.php?id=151#overview>, (Πρόσβαση 13-01-10)
- [http://content.grammy.com/PDFs/Recording\\_Academy/Producers\\_And\\_Engineers/SurroundRecommendations.pdf](http://content.grammy.com/PDFs/Recording_Academy/Producers_And_Engineers/SurroundRecommendations.pdf) (Πρόσβαση 12-11-09)
- <http://www.waves.com/Content.aspx?id=229> , (Πρόσβαση 4-02-10)
- [http://www.solid-state-logic.com/docs/Duality\\_SE\\_Brochure.pdf](http://www.solid-state-logic.com/docs/Duality_SE_Brochure.pdf), (Πρόσβαση 4-02-10)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison\\_of\\_audio\\_codecs](http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_audio_codecs), (Πρόσβαση 19-9-09)
- [http://www.dolby.com/about/who\\_we\\_are/history\\_5.html](http://www.dolby.com/about/who_we_are/history_5.html) ,(Πρόσβαση 23-9-09)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/ORTF\\_stereo\\_technique](http://en.wikipedia.org/wiki/ORTF_stereo_technique), (Πρόσβαση 23-10-09)
- <http://www.hauptmikrofon.de>, (Πρόσβαση 11-12-09)
- [www.aes.org](http://www.aes.org), (Πρόσβαση 11-1-10)
- <http://www.martinsound.com>, (Πρόσβαση 11-2-10)
- <http://www.gearslutz.com/board/so-much-gear-so-little-time/20693-surround-panner-joysticks.html>, (Πρόσβαση 11-2-10)
- [http://sparg.derby.ac.uk/sparg/pdfs/bw\\_aes31\\_paper.pdf](http://sparg.derby.ac.uk/sparg/pdfs/bw_aes31_paper.pdf), (Πρόσβαση 18-2-10)
- [http://mixonline.com/gear/reviews/audio\\_studer\\_vista\\_digital](http://mixonline.com/gear/reviews/audio_studer_vista_digital), (Πρόσβαση 13-2-10)
- <http://www.studer.ch/>, (Πρόσβαση 11-2-10)
- [http://www.wesdooley.com/pdf/Surround\\_Sound\\_Decca\\_Tree-urtext.pdf](http://www.wesdooley.com/pdf/Surround_Sound_Decca_Tree-urtext.pdf) (Πρόσβαση 11-2-10)