

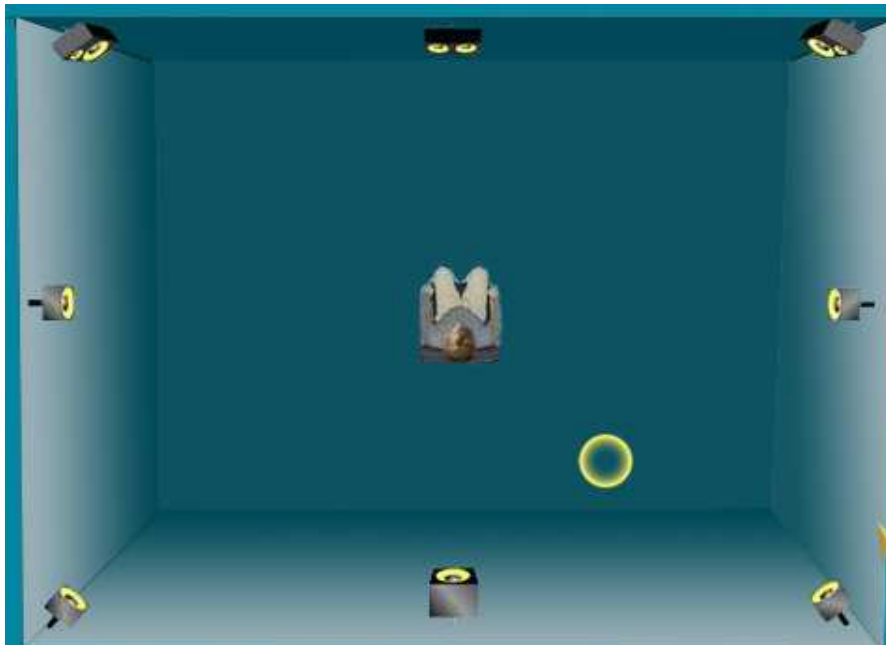


ΤΕΙ Κρήτης – Παράρτημα Ρεθύμνου

Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας & Ακουστικής

Πτυχιακή Εργασία:

Διάταξη του ήχου σε σύστημα ηχείων 7.1 με χρήση γραφικής διεπαφής χρήστη



Αριστοβουλίδης Γρηγόριος (ΑΜ 108)

Επίβλεψη:

Αλεξανδράκη Χρυσούλα

- Ρέθυμνο 2009 -

Περίληψη

Στόχος αυτής της εργασίας είναι η ανάπτυξη μιας αυτόνομης εφαρμογής, η οποία θα προσομοιώνει την κίνηση μίας πηγής ήχου στο χώρο κάνοντας χρήση ενός συστήματος ηχείων 7.1.

Όταν ο άνθρωπος βρίσκεται σε ένα χώρο, εκτεθειμένος σε μια ηχητική πηγή, τότε μπορεί να αντιληφθεί τη «διεύθυνση» του ήχου αναλύοντας τον λόγο των ακουστικών πιέσεων που δημιουργούνται στις κοιλότητες των αυτιών του. Πώς μπορεί όμως να προσομοιωθεί μια κινούμενη ηχητική πηγή με τεχνικά μέσα; Πώς μπορεί δηλαδή να δημιουργηθεί η αίσθηση της κίνησης ενός ήχου στο χώρο;

Με ένα σύστημα ηχείων 2.1 και τεχνικές χρονοκαθυστέρησης μπορεί να δημιουργηθεί η αίσθηση κίνησης του ήχου. Ακόμα καλύτερα μπορεί να επιτευχθεί με ένα σύστημα ηχείων 7.1. Με την εκμετάλλευση περισσότερων κομβικών σημείων (δηλ. ηχείων) μπορούν να προσομοιωθούν καλύτερα οι πιθανές θέσεις μιας πηγής του ήχου στον χώρο. Η διαδικασία προσομοίωσης της θέσης μιας ηχητικής πηγής στο χώρο είναι γνωστή ως χωροθέτηση.

Η εφαρμογή “Sound_Around” προσομοιώνει την αίσθηση που προκαλείται στον ακροατή όταν μία πηγή ήχου βρίσκεται σε κίνηση. Για να υλοποιηθεί αυτή η προσομοίωση της κινούμενης πηγής ήχου σε έναν χώρο δωματίου, γίνεται χρήση ενός συστήματος με επτά ηχεία και ενός επιπρόσθετου ηχείου αναπαραγωγής χαμηλών συχνοτήτων (subwoofer) . Με ένα σύνολο από κουμπιά ελέγχου και sliders υλοποιείται η γραφική διεπαφή χρήστη (Graphical User Interface), έτσι ώστε ο χρήστης να μπορεί να οδηγεί και να ελέγχει τις λειτουργίες που μπορεί να εκτελέσει η εφαρμογή.

Η ηχητική πηγή μπορεί να κινηθεί ελεύθερα στον χώρο με τη χρήση του mouse ή των κατευθυντήριων πλήκτρων , κυκλικά μεταξύ ηχείων και ακροατή με ελεγχόμενη ακτίνα και επιλεκτικά αναπαράγοντας τον ήχο από ένα ηχείο επιλογής.

Η ηχητική πηγή που τίθεται σε κίνηση μπορεί να είναι είτε ένας προ-ηχογραφημένος ήχος σε μορφή ηχητικού δείγματος, όπως για παράδειγμα αρχείο τύπου .wav, .aif, .mp3 κλπ είτε ένας ήχος που λαμβάνεται απευθείας από το μικρόφωνο το οποίο έχει συνδεθεί στην αντίστοιχη είσοδο (mic in) της κάρτας ήχου του υπολογιστή .

Πίνακας Περιεχομένων

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1.1	ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ	5
1.1.1	Ενδείξεις αζιμούθιου	6
1.1.2	Ενδείξεις ανύψωσης	8
1.1.3	Ενδείξεις ακτινικής απόστασης	9
1.1.	ΑΝΤΗΧΗΣΗ ΚΑΙ ΗΧΩ	10
2.	ΠΟΛΥΚΑΝΑΛΟΣ ΗΧΟΣ	12
2.1.	ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΠΟΛΥΚΑΝΑΛΟΥ ΗΧΟΥ	12
2.1.1.	Μονοφωνία-1 κανάλι	12
2.1.2.	Stereo-2κανάλια	12
2.1.3.	Dolby Surround - 2 + 2 κανάλια	12
2.1.4.	Dolby Digital 5.1	13
2.1.5.	Dolby Prologic II	13
2.1.6.	DTS-ES	14
2.1.7.	DTS-NEO:6	14
2.1.8.	THX Surround EX / Dolby Digital EX	14
2.1.9.	Λίγα λόγια για το THX	15
2.2.	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΟΛΥΚΑΝΑΛΟΥ ΗΧΟΥ	15
2.2.1.	Κινηματογράφος	15
2.2.2.	Οικιακός κινηματογράφος	22
3.	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	26
3.1.	ΓΡΑΦΙΚΗ ΔΙΕΠΑΦΗ ΧΡΗΣΤΗ (GRAPHICAL USER INTERFACE)	26
3.2.	ΗΧΗΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	29
4.	ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ	31
4.1.	ΓΡΑΦΙΚΗ ΔΙΕΠΑΦΗ ΧΡΗΣΤΗ	31
4.1.1.	MenuItem	31
4.1.2.	Button	33
4.1.3.	Slider	34
4.1.4.	Γραφική απεικόνιση πηγής ήχου	35

4.2.	ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΗΧΗΤΙΚΗΣ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ	37
4.2.1.	<i>Επιλογή ηχητικού δείγματος</i>	37
4.2.2.	<i>Κίνηση ηχητικής πηγής</i>	39
5.	ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΧΡΗΣΗΣ	41
5.1.	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	41
5.1.1.	<i>Απαιτήσεις Συστήματος</i>	41
5.1.2.	<i>Εγκατάσταση</i>	41
5.2.	ΔΙΑΤΑΞΗ ΗΧΕΙΩΝ	41
5.3.	ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΕΠΑΦΗΣ	42
5.3.1.	<i>Χρήση του μενού και των κομβίων ελέγχου</i>	43
6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	45
7.	ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ	46

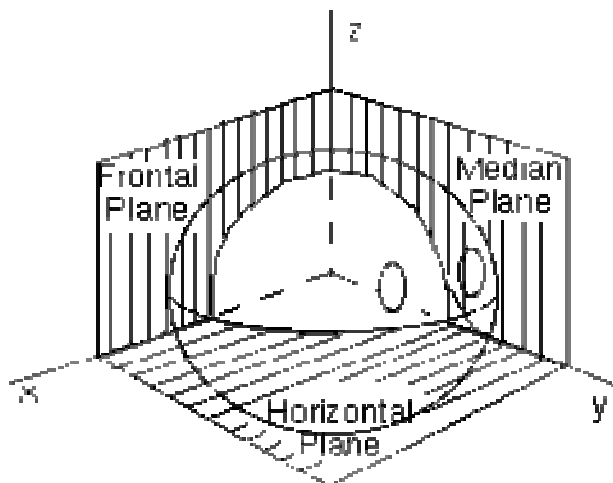
1. Εισαγωγή

Η προσομοίωση της κίνησης μιας εικονικής πηγής ήχου είναι μια διαδικασία αντίστροφη του τρόπου με τον οποίο ένας ακροατής αντιλαμβάνεται την κίνηση αυτή σε φυσικό χώρο. Στην παρούσα πτυχιακή εργασία μελετάται η αντιληπτικότητα ενός ακροατή ως προς την κατεύθυνση από την οποία καταφθάνουν οι ήχοι.

Έχει ειπωθεί ότι "ο σκοπός των αυτιών είναι να οδηγούν τα μάτια". Η δυνατότητα της αίσθησης της ακοής να εντοπίζει τις ηχητικές πηγές είναι μόνο ένα συστατικό των συστημάτων της ανθρώπινης ακουστικής αντίληψης, το οποίο έχει υψηλή αξία για την επιβίωση του είδους. Οι ζωντανοί οργανισμοί έχουν βρει πολλούς τρόπους για να παράγουν κατευθυντήριες πληροφορίες από τον ήχο. Αν και τα μυστήρια των αισθήσεων παραμένουν, οι σημαντικότερες ενδείξεις ήταν γνωστές από παλιά, και προσεκτικές ψυχολογικές μελέτες έχουν πιστοποιήσει με πόση ακρίβεια μπορεί να κάνει κρίσεις εντοπισμού ένας ακροατής. Προκείμενου να προσομοιωθεί η εικονική θέση μιας πηγής ήχου, για παράδειγμα σε λογισμικό στο οποίο απαιτείται ηχητική επικοινωνία μεταξύ ανθρώπου και υπολογιστή, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη ζητήματα που αφορούν τον τομέα της ψυχοακουστικής. Οι ενότητες που ακολουθούν συνοψίζουν τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την αντίληψη της κατευθυντικότητας του ήχου.

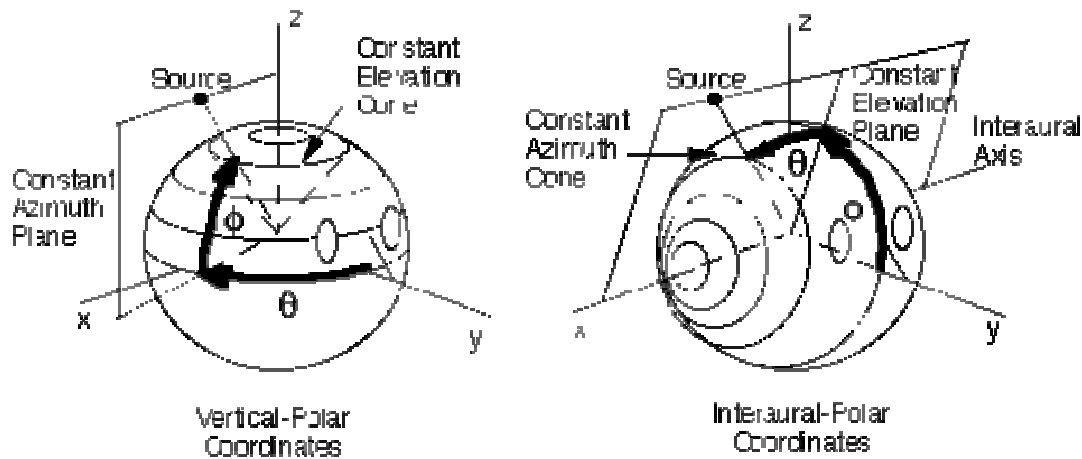
1.1 Τρισδιάστατο σύστημα συντεταγμένων

Για να διευκρινιστεί η θέση μιας ηχητικής πηγής σχετικά με τον ακροατή, χρειάζεται ένα σύστημα συντεταγμένων. Μια φυσική επιλογή είναι το ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων όπου στο κέντρο βρίσκεται το κεφάλι του ακροατή, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 1. Στο σύστημα αυτό, ο άξονας X ορίζεται ως η ευθεία που περνάει από τα δύο αυτιά, ο άξονας Y είναι η κάθετος η οποία περνάει από τη μύτη, και ο άξονας Z είναι η κατακόρυφος. Αυτό καθορίζει τρία τυποποιημένα επίπεδα, το xy ή **το οριζόντιο επίπεδο**, το xz ή **το μετωπικό επίπεδο**, και το **μεσαίο επίπεδο** yz ή (επίσης αποκαλούμενο mid-sagittal **επίπεδο**). Σαφώς, το οριζόντιο επίπεδο καθορίζει το διαχωρισμό επάνω-κάτω σύμφωνα με το σημείο αναφοράς όπου και θεωρείται το κέντρο της κεφαλής, το μετωπικό επίπεδο καθορίζει τον μπροστινό-πίσω διαχωρισμό, και το μεσαίο επίπεδο καθορίζει τον δεξιά-αριστερά διαχωρισμό.



Σχήμα 1: Τρισδιάστατη τομή κεφαλής

Εντούτοις, επειδή το κεφάλι του ανθρώπου είναι κατά προσέγγιση σφαιρικό, είναι λογικό να χρησιμοποιείται συνήθως ένα σφαιρικό σύστημα συντεταγμένων. Οι τυποποιημένες συντεταγμένες είναι το **αζιμούθιο**, η **ανύψωση** και η **ακτινική απόσταση**. Υπάρχουν περισσότεροι από ένας τρόποι να καθοριστούν αυτές οι συντεταγμένες. Το **κάθετο-πολικό σύστημα** συντεταγμένων (αριστερά στο Σχήμα 2) είναι το δημοφιλέστερο. Σε αυτή την περίπτωση μετριέται το αζιμούθιο θ ως τη γωνία από το μεσαίο επίπεδο σε ένα κάθετο επίπεδο που περιέχει την πηγή και τον άξονα Z, και έπειτα μετριέται η ανύψωση ϕ ως η γωνία επάνω από το οριζόντιο επίπεδο. Με αυτήν την επιλογή, οι επιφάνειες με σταθερό αζιμούθιο είναι επίπεδα που περιέχουν τον άξονα Z, και οι επιφάνειες με σταθερή ανύψωση είναι κώνοι ομόκεντροι για τον άξονα Z.



Σχήμα 2: Κάθετο πολικό και διακουστικό πολικό σύστημα συντεταγμένων

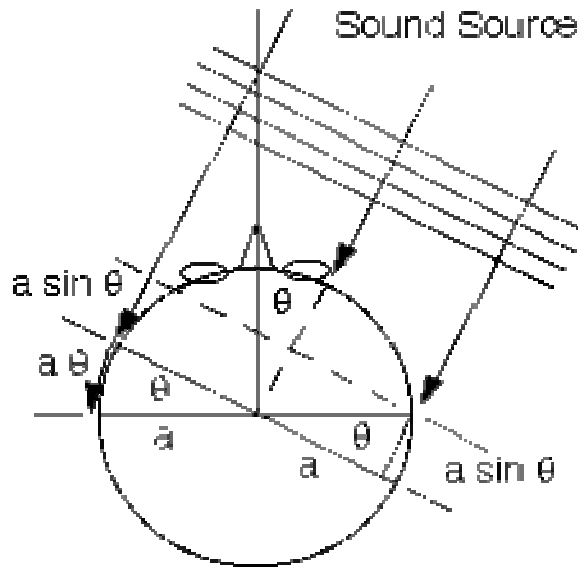
Μια σημαντική εναλλακτική λύση είναι το **δια-ακουστικό-πολικό σύστημα συντεταγμένων**, που παρουσιάζεται δεξιά στο Σχήμα 2. Σε αυτή την περίπτωση μετριέται πρώτα η ανύψωση ως γωνία από το οριζόντιο επίπεδο σε ένα επίπεδο που περιέχει την πηγή και τον άξονα X, ο οποίος είναι ο διακουστικός (interaural) άξονας. Το αζιμούθιο μετριέται στη συνέχεια ως γωνία από το μεσαίο επίπεδο. Με αυτήν την επιλογή, οι επιφάνειες σταθερής ανύψωσης είναι επίπεδα μέσω του διακουστικού άξονα, και οι επιφάνειες του σταθερού αζιμούθιου είναι κώνοι ομόκεντροι με το διακουστικό άξονα.

Το κάθετο-πολικό σύστημα είναι σίγουρα καταλληλότερο για την περιγραφή των πηγών που είναι περιορισμένες στο οριζόντιο επίπεδο, δεδομένου ότι κάποιος πρέπει να περιγράψει το αζιμούθιο ως γωνία μεταξύ -180° και $+180^\circ$. Με το δια-ακουστικό (interaural) -πολικό σύστημα, το αζιμούθιο είναι πάντα μεταξύ -90° και $+90^\circ$ για ήχους στο οριζόντιο επίπεδο. Επίσης, διαπιστώνεται ότι η μπροστινή-πίσω διάκριση πρέπει να διευκρινιστεί από την ανύψωση, η οποία είναι 0° για τις πηγές στο μπροστινό οριζόντιο επίπεδο, και 180° (ή -180°) για τις πηγές πίσω από τον ακροατή.

1.1.1 Ενδείξεις αζιμούθιου

Ένας από τους πρωτοπόρους στη αντίληψη της κατεύθυνσης του ήχου ήταν ο John Strutt, ο οποίος είναι περισσότερο γνωστός σαν **Λόρδος Rayleigh**. Περίπου 100 χρόνια πριν, ανέπτυξε μία θεωρία γνωστή ως **duplex theory**. Σύμφωνα με αυτήν την θεωρία, υπάρχουν δύο ενδείξεις για το αζιμούθιο η δια-ακουστική διαφορά χρόνου

(Interaural Time Difference) **ITD** και η δια-ακουστική διαφορά επιπέδων ακουστότητας (Interaural Level Difference) **ILD**.



Σχήμα 3: Υπολογισμός αζιμούθιας γωνίας

Ο Rayleigh είχε μια απλή εξήγηση για το ITD. Ο ήχος ταξιδεύει με ταχύτητα c περίπου 343 m/s. Εξέτασε ένα ηχητικό κύμα από μια απομακρυσμένη πηγή που χτυπά μια σφαιρική κεφαλή ακτίνας a , από μια κατεύθυνση που ορίζεται από τη γωνία αζιμουθίου θ (σχήμα 4). Σαφώς, ο ήχος φθάνει στο δεξί αυτί πριν από το αριστερό, δεδομένου ότι πρέπει να ταξιδέψει την πρόσθετη απόσταση $a\theta + a\sin\theta$ για να φθάσει στο αριστερό αυτί. Ο λόγος της απόστασης αυτής προς την ταχύτητα του ήχου δίνει τον ακόλουθο τύπο για την ενδοακουστική χρονική διαφορά:

$$ITD = \frac{a}{c} (\theta + \sin \theta) \quad , \quad -90^\circ \leq \theta \leq +90^\circ$$

Κατά συνέπεια, το ITD είναι μηδέν όταν η πηγή είναι εντελώς μπροστά, και λαμβάνει ένα μέγιστο $(a/c)(\pi/2+1)$ όταν είναι η πηγή είναι ακριβώς σε μια πλευρά. Αυτό αντιπροσωπεύει μια διαφορά του χρόνου άφιξης περίπου 0,7 ms για ένα τυπικού μεγέθους ανθρώπινο κεφάλι, και είναι εύκολα αντιληπτό.

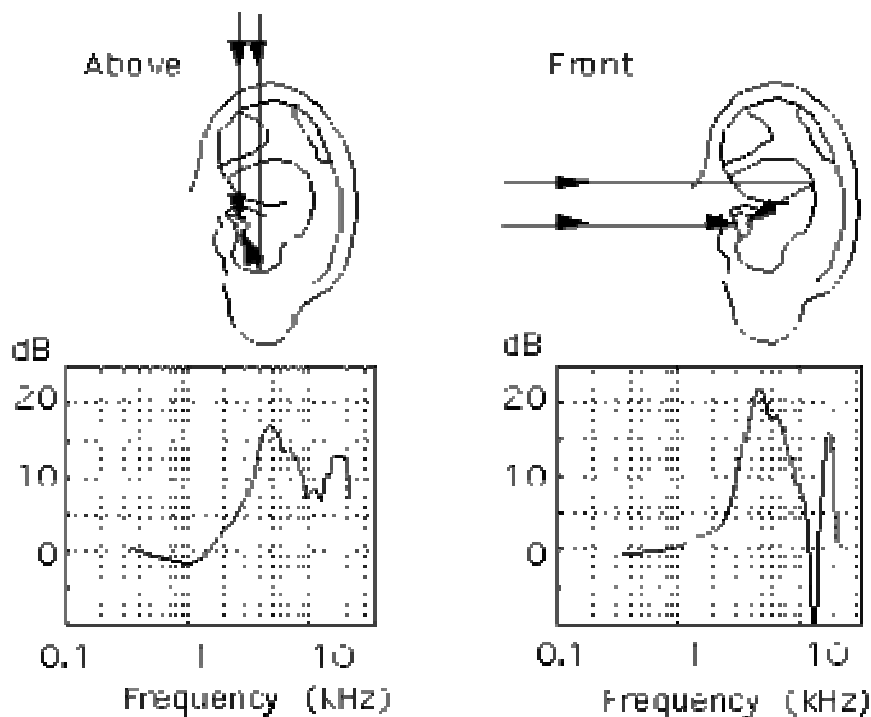
Ο Rayleigh επίσης παρατήρησε ότι αυτά τα ηχητικά κύματα συνεπάγονται τη δημιουργία περίθλασης από το κεφάλι. Έλυσε πραγματικά την εξίσωση κυμάτων για να δείξει πώς για ένα επίπεδο κύμα προξενείτε περίθλαση από μια άκαμπτη σφαίρα. Η λύση του έδειξε ότι εκτός από τη χρονική διαφορά υπήρξε επίσης μια σημαντική διαφορά μεταξύ των επιπέδων των σημάτων στα δύο αυτιά το ILD.

Όπως αναμένεται, το ILD είναι ιδιαίτερα εξαρτώμενο από τη συχνότητα. Στις χαμηλές συχνότητες, όπου το μήκος κύματος του ήχου είναι συγκρίσιμο σε σχέση με τη διάμετρο της κεφαλής, η διαφορά της ηχητικής πίεσης στα δύο αυτιά είναι μηδαμινή. Εντούτοις, στις υψηλές συχνότητες, όπου το μήκος κύματος είναι μικρό, μπορεί εύκολα να υπάρξει μια διαφορά της τάξης των 20 db ή ακόμη μεγαλύτερη. Αυτό καλείται **επίδραση σκιάς της κεφαλής (head-shadow effect)**, όπου το μακρινό αυτί είναι στην ηχητική σκιά του κεφαλιού.

Η Διπλή Θεωρία βεβαιώνει ότι το ILD και το ITD είναι συμπληρωματικά. Στις χαμηλές συχνότητες (κάτω από περίπου 1,5 kHz), υπάρχει λίγη ILD πληροφορία, αλλά το ITD μετατοπίζει το κύμα κατά ένα μέρος του κύκλου, το οποίο εύκολα ανιχνεύεται. Στις υψηλές συχνότητες (επάνω από περίπου 1,5 kHz), υπάρχει ασάφεια στο ITD, δεδομένου ότι υπάρχουν κάμποσοι κύκλοι μετατόπισης, αλλά το ILD επιλύει αυτήν την κατευθυντική ασάφεια. Η Διπλή Θεωρία του Rayleigh λέει ότι το ILD και το ITD συνολικά παρέχουν τις πληροφορίες εντοπισμού σε όλο το ακουστικό φάσμα συχνοτήτων.

1.1.2 Ενδείξεις ανύψωσης

Ενώ οι αρχικές ενδείξεις για το αζιμούθιο είναι δύο ακουστικών σημείων, οι αρχικές ενδείξεις για την ανύψωση λέγονται συχνά ότι είναι μονοφωνικές. Προέρχονται από το γεγονός ότι το εξωτερικό μέρος του αυτιού ή πτερύγιο, ενεργεί όπως μια ακουστική κεραία. Οι ηχητικές κοιλότητες ενισχύουν μερικές συχνότητες, και η γεωμετρία του οδηγεί σε αποτέλεσμα παρέμβασης που μειώνει άλλες συχνότητες. Επιπλέον, η απόκριση συχνότητάς είναι κατευθυντικά εξαρτώμενη.



Σχήμα 4: Συχνотική απόκριση για ήχο που προσπίπτει κάθετα και για ήχο που προσπίπτει οριζόντια στο ακουστικό πτερύγιο.

Στο Σχήμα 4 παρουσιάζονται οι αποκρίσεις συχνότητας μετρημένες για δύο διαφορετικές κατευθύνσεις άφιξης. Σε κάθε περίπτωση φαίνεται ότι υπάρχουν δύο πορείες από την πηγή προς το κανάλι του αυτιού, μια άμεση πορεία και μια μακρύτερη πορεία μετά από αντανάκλαση στο πτερύγιο του αυτιού. Στις μέσες χαμηλές συχνότητες, το πτερύγιο του αυτιού συλλέγει ουσιαστικά πρόσθετη ηχητική ενέργεια, και τα σήματα από τις δύο πορείες φθάνουν σε φάση. Αντιθέτως, στις υψηλές συχνότητες, το καθυστερημένο σήμα είναι εκτός φάσης με το άμεσο σήμα, και εμφανίζεται αρνητική συμβολή. Η μέγιστη συμβολή εμφανίζεται όταν η διαφορά στο μήκος πορειών d είναι το μισό μήκος κύματος, δηλ., όταν $f = c/2d$. Στο παράδειγμα που παρουσιάζεται, αυτό παράγει μια "εγκοπή πτερυγίου" (του αυτιού) περίπου 10 kHz. Με τις χαρα-

κτηριστικές τιμές για το d , η συχνότητα της εγκοπής είναι συνήθως στην περιοχή μεταξύ 6- kHz και 16-kHz.

Δεδομένου ότι το πτερύγιο είναι αποτελεσματικότερος ανακλαστήρας για τους ήχους που προέρχονται από το μέτωπο απ' ό,τι για τους ήχους που προέρχονται από επάνω, η προκύπτουσα εγκοπή προσφέρεται πολύ περισσότερο για τις πηγές στο μέτωπο απ' ό,τι για τις πηγές που βρίσκονται από επάνω. Επιπλέον, η διαφορά μήκους πορειών αλλάζει με τη γωνία ανύψωσης, έτσι η συχνότητα της εγκοπής κινείται με την ανύψωση. Αν και υπάρχουν ακόμα διαφονίες για το ποια χαρακτηριστικά γνωρίσματα είναι σημαντικότερα για την αίσθηση, είναι καλά καθορισμένο ότι το πτερύγιο παρέχει τα αρχικά συναισθήματα για την ανύψωση.

1.1.3 Ενδείξεις ακτινικής απόστασης

Στην προσπάθειά του ο άνθρωπος να εντοπίσει μια ηχητική πηγή, υπολογίζει πρωτίστως το αζιμούθιο έπειτα το ύψος και τέλος την ακτινική απόσταση. Όμοια, οι ενδείξεις για το αζιμούθιο γίνονται αρκετά καλά κατανοητές, οι ενδείξεις για την ανύψωση γίνονται λιγότερο καλά κατανοητές, και οι ενδείξεις για την ακτινική απόσταση γίνονται οι πιο λίγο καλά κατανοητές. Συχνά αναφέρονται οι παρακάτω ενδείξεις για την ακτινική απόσταση:

- Ακουστότητα της ηχητικής πηγής
- Παραλλαγή - μετατόπιση κινήσεων
- Διακουστική (interaural) διαφορά επιπέδων ακουστότητας (ILD)
- Αναλογία του άμεσου προς τον ανακλώμενο ήχο

Η φυσική βάση για την ένδειξη **ακουστότητας** προέρχεται προφανώς από το γεγονός ότι η ηχητική ενέργεια που προέρχεται άμεσα από την πηγή μειώνεται αντιστρόφως ανάλογα με το τετράγωνο της απόστασης της πηγής. Κατά συνέπεια, καθώς μια πηγή σταθερής ενέργειας πλησιάζει έναν ακροατή, η ακουστότητα με την οποία γίνεται αντιληπτή θα αυξηθεί. Είναι εξίσου προφανές ότι η λαμβανομένη ενέργεια είναι ανάλογη προς την ενέργεια που εκπέμπεται από την πηγή. Για να χρησιμοποιούμε την ακουστότητα ως ένδειξη απόστασης, πρέπει επίσης να γνωρίζουμε και κάποια από τα χαρακτηριστικά της πηγής. Στην περίπτωση της ανθρώπινης ομιλίας, κάθε ένας από μας γνωρίζει από την εμπειρία του τη διαφορετική ποιότητα του ήχου που συνδέεται με το ψιθύρισμα, την κανονική ομιλία, και την φωνασκία, ανεξάρτητα από το επίπεδο της έντασης. Ο συνδυασμός της ακουστότητας και γνώσης της πηγής παρέχει χρήσιμες πληροφορίες για την αντίληψη της ακτινικής απόστασης (εμβέλεια).

Η **παραλλαγή κινήσεων** αναφέρεται στο γεγονός εάν ένας ακροατής ερμηνεύει στην κίνηση την αλλαγή του αζιμούθιου, η οποία είναι εξαρτώμενη από την απόσταση της πηγής. Για τις πηγές ήχου που είναι πολύ κοντά στον ακροατή, μια μικρή μετατόπιση προκαλεί μια μεγάλη αλλαγή στο αζιμούθιο, ενώ για τις πηγές ήχου που είναι αρκετά μακριά δεν υπάρχει ουσιαστικά καμία αλλαγή αζιμούθιου.

Επιπλέον, καθώς μια ηχητική πηγή πλησιάζει πολύ κοντά στο κεφάλι, το μέγεθος **ILD** θα αυξηθεί. Αυτή η αύξηση γίνεται αξιοπρόσεκτη για τις αποστάσεις κάτω από το ένα μέτρο. Μια ακραία περίπτωση είναι όταν υπάρχει ένα έντομο που βουίζει σε ένα αυτί, ή όταν κάποιος ψιθυρίζει σε ένα αυτί. Γενικά, οι ήχοι που ακούγονται μόνο

σε ένα αυτί είναι απειλητικοί και δημιουργούν ανησυχία. Καθώς θα δούμε, για να κάνουμε τον ακροατή να σκεφτεί ότι ο ήχος είναι σε μια πλευρά, δεν είναι καθόλου απαραίτητο να έχει όλο τον ήχο σε εκείνο το αυτί και τίποτα στο άλλο αυτί.

Τέλος, ένδειξη για την αντίληψη της ακτινικής απόστασης παρέχει η **αναλογία του άμεσου προς τον ανακλώμενο ήχο**. Όπως αναφέραμε παραπάνω, η ενέργεια που παραλαμβάνεται άμεσα από μια ηχητική πηγή μειώνεται αντιστρόφως ανάλογα με το τετράγωνο της απόστασης. Εντούτοις, στα συνηθισμένα δωμάτια, ο ήχος ανακλάται και διασκορπίζεται πολλές φορές από τις περιβαλλοντικές επιφάνειες, και η αντηχητική ενέργεια που φθάνει στα αυτιά δεν αλλάζει πολύ με την απόσταση από την πηγή στον ακροατή. Κατά συνέπεια, η αναλογία της άμεσης προς την αντηχητική ενέργεια είναι μια σημαντική ένδειξη για την απόσταση. Σε μικρές αποστάσεις, η αναλογία είναι πολύ μεγάλη, ενώ στις μεγάλες είναι αρκετά μικρή.

1.1. Αντήχηση και ηχώ

Τις περισσότερες φορές δεν υπάρχουν πληροφορίες για την ποσότητα του ήχου που ακούγεται και προέρχεται από ανακλάσεις από τις περιβαλλοντικές επιφάνειες. Ακόμη και σε ανοικτό χώρο, ένα σημαντικό ποσό ενέργειας ανακλάται από το έδαφος και από τις περιβάλλουσες δομές και τη βλάστηση. Εντούτοις, παρατηρούνται αυτές οι ανακλάσεις μόνο όταν η χρονική καθυστέρηση γίνεται μεγαλύτερη από 30 με 50ms που είναι το **κατώφλι της ηχούς**, οπότε σ' αυτή την περίπτωση ο ακροατής γίνεται συνειδητά ενήμερος για αυτές και τότε, οι ανακλάσεις αυτές, καλούνται ηχώ. Ειδικά δωμάτια αποκαλούμενα **ανηχωικοί θάλαμοι (anechoic chambers)** κατασκευάζονται με πολλαπλούς απορροφητές για να απορροφούν την ηχητική ενέργεια, έτσι ώστε μόνο ο άμεσος ήχος (direct sound) να φθάνει στα αυτιά. Μπαίνοντας για πρώτη φορά σε έναν ανηχωικό θάλαμο, οι περισσότεροι άνθρωποι μένουν έκπληκτοι από το πόσο πιο θαμπά ηχούν.

Εάν ο ανακλώμενος ήχος είναι τόσο κοινός στα συνηθισμένα ακουστικά περιβάλλοντα, θα αναρωτηθεί κάποιος γιατί αυτές οι ανακλάσεις δεν παρεμποδίζουν τη δυνατότητα του ακροατή να εντοπίσει τις πηγές. Η απάντηση φαίνεται να είναι ότι ο ακροατής προσαρμόζεται γρήγορα σε ένα νέο περιβάλλον και το ακουστικό του σύστημα χρησιμοποιεί μηχανισμούς που είναι μόνο μερικώς κατανοητοί, για να καταστείλει τα αποτελέσματα των ανακλάσεων και της αντήχησης. Το γεγονός ότι μια πηγή εντοπίζεται βάσει των σημάτων που φθάνουν στα αυτιά πρώτα είναι γνωστό ως **επίδραση προτεραιότητας ή νόμος της πρώτης κυματομορφής**. Αυτό δεν σημαίνει ότι ο ακροατής είναι απληροφόρητος για τις ανακλάσεις που ακολουθούν. Πράγματι, χρησιμοποιούνται υποσυνείδητα αυτές τις πληροφορίες για να υπολογιστεί η ακτινική απόσταση. Παρόλα αυτά, εκτός αν η αντήχηση είναι αυστηρή, οι ανακλάσεις έχουν σχετικά λίγη επίδραση στη δυνατότητά του ακροατή να εντοπίσει τους ήχους.

Εντούτοις, η επίδραση προτεραιότητας μας αναγκάζει να τροποποιήσουμε τη διπλή θεωρία του Rayleigh. Σε ένα τυπικό δωμάτιο, οι αντανάκλασεις αρχίζουν να φθάνουν μερικά χιλιοστά του δευτερολέπτου μετά από τον αρχικό ήχο. Για έναν χαμηλής συχνότητας ήχο του οποίου η περίοδος είναι πιο μεγάλη από το χρόνο άφιξης της ανάκλασης (παραδείγματος χάριν, κάτω από 250 Hz), οι ανακλάσεις αρχίζουν να φθάνουν προτού ακόμη να ολοκληρωθεί ένας κύκλος. Όσπου να φθάσουν διάφοροι κύκλοι και το ακουστικό σύστημα να μπορεί να αρχίσει να υπολογίζει το ύψος του ήχου, το ηχητικό πρότυπο του δωματίου είναι ένα σύνολο στάσιμων κυμάτων, και είναι αδύνατο για το ακουστικό σύστημα να υπολογίσει τις διακουστικές (interaural)

χρονικές διαφορές. Κατά συνέπεια, σε ένα αντηχητικό δωμάτιο, οι χαμηλής συχνότητας πληροφορίες δεν βοηθούν τον ακροατή ως προς τον εντοπισμό της ηχητικής πηγής.

Το γεγονός αυτό δε σημαίνει ότι οι δια-ακουστικές (interaural) διαφορές συγχρονισμού είναι ασήμαντες. Οι σημαντικές πληροφορίες συγχρονισμού προέρχονται από τη **δια-ακουστική διαφορά περιβαλουσών του ήχου IED (Interaural Envelope Difference)**, π.χ., το απευθείας ηχητικό σήμα κι όχι από τον απόηχο. Αυτό καταδεικνύεται ζωντανά από την επίδραση Franssen. Εάν ένα κύμα ημιτόνου ανοίγεται ξαφνικά και μια υψηλής-διέλευσης-φιλτραρισμένη έκδοση στέλνεται στο μεγάφωνο A ενώ μια χαμηλής διέλευσης φιλτραρισμένη έκδοση στέλνεται στο μεγάφωνο B, οι περισσότεροι ακροατές θα εντοπίσουν τον ήχο στο μεγάφωνο A. Αυτό ισχύει ακόμα κι αν η συχνότητα του κύματος ημιτόνου είναι αρκετά χαμηλή και σε σταθερή κατάσταση το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας προέρχεται από το μεγάφωνο B. Βασικά, το αρχικό και σύντομο άκουσμα παρέχει τις σαφείς πληροφορίες του εντοπισμού, ενώ το σήμα σταθερής κατάστασης είναι πολύ δύσκολο να οριοθετηθεί, και σε αυτήν την περίπτωση το ακουστικό σύστημα αγνοεί απλά τις διαφορούμενες πληροφορίες. Με κάποιο κίνδυνο υπεραπλούστευσης, μπορούμε να γενικεύσουμε και να πούμε ότι στα αντηχητικά περιβάλλοντα η υψηλής συχνότητας ενέργεια είναι σημαντική για τον εντοπισμό της ηχητικής πηγής.

2. Πολυκάναλος ήχος

Ο όρος πολυκάναλος ήχος παραπέμπει στο πλήθος των καναλιών τα οποία περιέχουν την ηχητική πληροφορία. Με την πάροδο του χρόνου δημιουργήθηκε η ανάγκη να γίνεται πιο πιστή η απεικόνιση του ήχου. Σημαντικό ρόλο έπαιξε η βιομηχανία του κινηματογράφου καθώς τα εικονικά συμβάντα έπρεπε να απεικονίζονται και ηχητικά. Το γεγονός αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη διάφορων format πολυκάναλης ηχητικής εγγραφής καθώς και συστημάτων αναπαραγωγής του ήχου.

2.1. Κωδικοποιήσεις πολυκάναλου ήχου

2.1.1. Μονοφωνία-1 κανάλι

Είναι η απλούστερη και παλαιότερη μορφή αναπαραγωγής του ήχου. Υπάρχει μόνο ένα κανάλι μεταφοράς του ηχητικού σήματος το οποίο περιέχει όλη την επιθυμητή πληροφορία. Λόγω του ότι πέραν των ενισχυτών δεν απαιτείται επιπλέον εξοπλισμός για την αναπαραγωγή του σήματος, ακόμα και σήμερα χρησιμοποιείται από πολλές συσκευές όπως τηλεοράσεις και βίντεο.

2.1.2. Stereo-2κανάλια

Ο στερεοφωνικός ήχος αποτελείται από δύο διαφορετικά κανάλια μεταφοράς του σήματος, το αριστερό και το δεξί. Τα κανάλια αυτά μεταφέρουν διαφορετική πληροφορία. Η εμφάνιση του stereo ήχου έγινε εξαιτίας της ανάγκης να αποδοθούν καλύτερα στον κινηματογράφο οι σκηνές όπου κάτι διαφορετικό ακουγόταν στο δεξί μέρος της οθόνης από ότι στο αριστερό. Η καινοτομία αυτή πέρασε σταδιακά από το σινεμά στα οικιακά συστήματα αναπαραγωγής ήχου και μάλιστα τους έδωσε και το όνομά τους, τα γνωστά μας στερεοφωνικά. Η προς τα πίσω συμβατότητα διατηρήθηκε αφού σε περίπτωση που χρειαζόταν να αναπαραχθεί μονοφωνικός ήχος, το ίδιο σήμα έπαιξε και από τα δύο κανάλια του stereo. Σήμερα η πλειοψηφία των μέσων που περιλαμβάνουν την χρήση ήχου, από CDs, κασέτες video, ηλεκτρονικά παιχνίδια, αλλά και ορισμένα κανάλια της τηλεόρασης χρησιμοποιούν τον στερεοφωνικό ήχο. Φυσικά το σήμα εξακολουθεί να μεταδίδεται αναλογικά

2.1.3. Dolby Surround - 2 + 2 κανάλια

Το Dolby surround αποτελεί την εξέλιξη του στερεοφωνικού ήχου. Εδώ έχουν προστεθεί δύο επιπλέον κανάλια ήχου, έτσι ώστε συνολικά να γίνουν 4: αριστερό κανάλι, δεξί κανάλι, ένα κεντρικό κανάλι και ένα περιφερειακό. Η μεγάλη καινοτομία ήταν το περιφερειακό κανάλι (surround) όπου στις υλοποιήσεις του αποτελείται από ένα ζευγάρι ηχείων που είναι τοποθετημένα στο πίσω και πλαϊνό τμήμα του χώρου όπου βρίσκεται ο ακροατής. Με αυτόν τον τρόπο η μουσική φαίνεται να περιβάλλει τον ακροατή και δημιουργεί τελείως διαφορετική αίσθηση στο άκουσμα του ήχου στον χώρο .

Τα δύο επιπλέον κανάλια κωδικοποιούνται και μεταφέρονται μέσα στα δύο ήδη υπάρχοντα κανάλια του stereo. Συγκεκριμένα, τα δύο έξτρα κανάλια ήχου, το κεντρικό και το surround, προστίθενται και εγγράφονται στο ένα κανάλι του stereo με διαφορά φάσης -90ο από τη μια, και ταυτόχρονα αφαιρούνται μεταξύ τους και εγγράφονται με διαφορά φάσης +90ο στο άλλο κανάλι του stereo. Έτσι με την ήδη υπάρχουσα υλικο-

τεχνική υποδομή, με δύο φυσικά κανάλια μπορούν να μεταδοθούν και να μεταφερθούν 4 κανάλια ήχου.

Επομένως αφού τα δύο επιπλέον κανάλια κωδικοποιούνται στα δύο ήδη υπάρχοντα, διατηρείται η συμβατότητα προς τα πίσω με τις συσκευές που μπορούν να διαβάσουν stereo σήμα. Έτσι, ένα σύνηθες στερεοφωνικό συγκρότημα που δεν έχει την ικανότητα να διαβάσει τα επιπλέον κανάλια απλά θα "δει" τα δύο κανάλια του stereo και θα τα αναπαράγει εντελώς φυσιολογικά. Η πληροφορία για το κεντρικό και το περιφερειακό κανάλι υπάρχει μεν κωδικοποιημένη, αλλά δεν επηρεάζει την ομαλή ανάγνωση των δύο στερεοφωνικών καναλιών. Με αυτόν τον τρόπο, όλες οι συσκευές μπορούν να συνεχίσουν να αναπαράγουν στερεοφωνικό ήχο. Για την αναπαραγωγή τώρα και των δύο επιπλέον καναλιών, απαιτείται ένας ειδικός αποκωδικοποιητής ο οποίος είναι σε θέση να διαβάσει την κωδικοποιημένη πληροφορία. Οι συσκευές αυτές ονομάζονται αποκωδικοποιητές Dolby ProLogic και παίρνουν ως είσοδο το κλασικό στερεοφωνικό καλώδιο των 2 (+2 "κρυμμένων") αναλογικών καναλιών ήχου και ως έξοδο έχουν 4 διαφορετικά ηχητικά σήματα. Ένα σήμα πηγαίνει στο αριστερό ηχείο, ένα άλλο στο δεξί ηχείο, το τρίτο σήμα στο κεντρικό ηχείο και το τέταρτο σήμα στα δύο περιφερειακά ηχεία.

2.1.4. Dolby Digital 5.1

Η ολοκλήρωση του Home Cinema έρχεται με το Dolby Digital, το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως σήμερα τόσο στον κινηματογράφο όσο και στον οικιακό κινηματογράφο. Σε σχέση με το Dolby Surround, υπάρχουν δύο ουσιώδεις διαφορές. Η πρώτη, είναι ότι έχουν προστεθεί δύο επιπλέον κανάλια ήχου. Το surround κανάλι έχει διαχωριστεί σε αριστερό surround και δεξί surround, ενώ επιπλέον υπάρχει ένα ξεχωριστό κανάλι (είναι το "1" στο 5.1) για τις χαμηλές συχνότητες, προς την αναπαραγωγή για παράδειγμα εκρήξεων και μπάσων όπου αυτά χρειάζονται. Κατά δεύτερο λόγο όμως, και αυτό είναι το σημαντικότερο, όλα τα κανάλια είναι ψηφιακά. Αυτό συνεπάγεται απαράμιλλη ποιότητα ήχου και κρυστάλλινη απόδοση των εφέ. Όλες οι ταινίες που βγαίνουν σε DVD έχουν κωδικοποιημένο ήχο σε Dolby Digital. Φυσικά το πρότυπο αυτό διαφοροποιείται σημαντικά τόσο από το Dolby Surround όσο και από το stereo, αφού δεν υπάρχει τίποτε αναλογικό πια. Για την αναπαραγωγή ήχου Dolby Digital απαιτείται ένας αποκωδικοποιητής Dolby Digital (ή AC-3) ο οποίος έχει σαν είσοδο ένα και μόνο καλώδιο με τα κωδικοποιημένα ψηφιακά 5+1 κανάλια (πχ την έξοδο ενός DVD Player) και ως έξοδο έχει 6 διαφορετικά ηχητικά σήματα: αριστερό, δεξί, κεντρικό, αριστερό surround, δεξί surround και το subwoofer για τις χαμηλές συχνότητες.

2.1.5. Dolby Prologic II

Η τεχνολογία Dolby Pro Logic II παράγει ήχο surround πολλαπλών καναλιών από μία ποικιλία ηχητικών πηγών, συμπεριλαμβανομένων πηγών 2 καναλιών (π.χ. βιντεοταινίες και CDs) δίνοντας μας έτσι την δυνατότητα να αναπαράγουμε τον ήχο μέσω ενός συστήματος surround 5.1 ακόμη και από πηγές 2 καναλιών. Η τεχνολογία Pro Logic II χρησιμοποιεί αποκωδικοποίηση matrix (μήτρας) για την ενσωμάτωση των πίσω καναλιών surround στον στερεοφωνικό ήχο και την κάλυψη ολόκληρου του εύρους συχνοτήτων κατά την αναπαραγωγή.

2.1.6. DTS-ES

Πολλοί ενισχυτές/δέκτες A/V, έχουν δυνατότητα χειρισμού δεδομένων ψηφιακού ήχου με κωδικοποίηση DTS. Αυτό μεταφράζεται σε σωρεία πλεονεκτημάτων, όπως ο δυναμικός ήχος που ευθύνεται για την μεγάλη δημοτικότητα της κωδικοποίησης 5.1 καναλιών του DTS. Επόμενο στη σειρά είναι το DTS 6.1 Extended Surround Matrix. Εδώ, το πρόσθετο κανάλι ήχου surround back ενσωματώνεται μέσω μιας μεθόδου μήτρας (matrix) στο αριστερό και στο δεξιό πίσω κανάλι surround της ροής δεδομένων του DTS. Ένας αποκωδικοποιητής DTS-ES εξάγει κατόπιν το κανάλι surround back, το οποίο τοποθετείται πίσω από τον ακροατή, βάζοντάς τον ακριβώς στο κέντρο της δράσης. Η DTS-ES Discrete 6.1 είναι μία πραγματική μορφή 6.1 καναλιών με ένα επιπλέον κανάλι ήχου surround back το οποίο είναι κωδικοποιημένο ξεχωριστά στην ροή δεδομένων του DTS, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται βελτιωμένη κατανομή του ήχου μέσω των καναλιών surround, για ηχητική εικόνα εύρους 360 μοιρών και κινηματογραφικό ήχο. Η μορφή αυτή είναι επίσης συμβατή με τις προηγούμενες εκδόσεις, δεδομένου ότι οι συσκευές DTS 5.1 απλώς αγνοούν το κανάλι surround back της μορφής DTS-ES Discrete 6.1. Οι συμβατοί με DTS-ES Discrete 6.1 αποκωδικοποιητές αναγνωρίζουν την ύπαρξη ενός επιπλέον, ξεχωριστού καναλιού surround back στην ροή των δεδομένων μέσω, μιας ειδικής σήμανσης (flag).

2.1.7. DTS-NEO:6

Τα συστήματα πολλαπλών ξεχωριστών καναλιών διαθέτουν αρκετά πλεονεκτήματα έναντι των συστημάτων τύπου matrix. Ωστόσο, επειδή πολλές ταινίες σε δίσκους DVD ή κασέτες VHS καθώς και αναλογικές τηλεοπτικές εκπομπές κινηματογραφούνται με ήχο matrix surround, θα πρέπει να έχουμε την δυνατότητα υψηλής ποιότητας αποκωδικοποίησης matrix. Εδώ εμφανίζεται στο προσκήνιο το DTS-NEO:6. Οι καταστάσεις επεξεργασίας του DTS-NEO:6 οδηγούν τα συμβατικά σήματα 2 καναλιών από τον υψηλής ακρίβειας ψηφιακό αποκωδικοποιητή matrix και επιτυγχάνουν αναπαραγωγή 6.1 καναλιών surround. Η κατάσταση αποκωδικοποίησης DTS-NEO:6 Cinema δίνει έμφαση στον καλύτερο διαχωρισμό, με σκοπό να πετύχει κατά την αναπαραγωγή πηγών 2 καναλιών την ίδια ατμόσφαιρα που επιτυγχάνει με πηγές 6.1 καναλιών. Στην κατάσταση DTS-NEO:6 Music, τα σήματα των εμπρός καναλιών παρακάμπτουν τον αποκωδικοποιητή και αναπαράγονται απευθείας, έτσι ώστε να μην υπάρχει απώλεια ποιότητας. Στην κατάσταση DTS-NEO:6 Cinema, το αρχικό σήμα 2 καναλιών κατανέμεται σε 6 κανάλια χάρη στην προηγμένη τεχνολογία matrix του DTS. Παράλληλα, το εφέ του σήματος surround που αναπαράγεται από το κεντρικό και τα surround κανάλια προσθέτει μια φυσική αίσθηση επέκτασης του ηχητικού πεδίου.

2.1.8. THX Surround EX / Dolby Digital EX

Οι τεχνολογίες THX Surround EX/Dolby Digital EX δημιουργήθηκαν από τις Dolby International και THX Film για την ταινία Star Wars Episode 1. Ο στόχος ήταν η δημιουργία ενός νέου καναλιού για την πίσω πλευρά της κινηματογραφικής αίθουσας με την τεχνολογία matrix του Dolby Pro Logic. Η τεχνολογία εφαρμόστηκε αρχικά σε κινηματογραφικές αίθουσες και κατόπιν σε οικιακές συσκευές. Οι τεχνολογίες THX Surround EX/Dolby Digital EX είναι συμβατές με την υπάρχουσα τεχνολογία Dolby Digital 5.1, έτσι ώστε ένας συμβατικός αποκωδικοποιητής Dolby Digital να μπορεί να αποκωδικοποιήσει τα σήματα των THX Surround EX/Dolby Digital EX σαν κανονικό σήμα 5.1 καναλιών.

2.1.9. Λίγα λόγια για το THX

Όταν ο George Lucas ολοκλήρωσε την πρώτη τριλογία του "Star Wars", ασχολήθηκε με την αναπαραγωγή του ήχου στον κινηματογράφο, και διατύπωσε μία σειρά αυστηρών κριτηρίων που πρέπει να πληρεί μια κινηματογραφική αίθουσα ώστε να λάβει την πιστοποίηση THX (Tomlison Holman eXperiment). Τα κριτήρια αυτά αφορούν τόσο την υποδομή για την αναπαραγωγή του ήχου όσο την ίδια την κατασκευή της αίθουσας. Για παράδειγμα ορίζουν με αυστηρή ακρίβεια υπό ποια γωνία θα πρέπει να βλέπει ο πιο απομακρυσμένος θεατής την οθόνη, την ένταση του εξωτερικού φωτισμού, τη θέση των ηχείων και πολλά άλλα. Στις THX αίθουσες που υπάρχουν αυτή τη στιγμή στην Ελλάδα, παρατηρούμε τη διαφορά στην κατασκευή από τις κοινές αίθουσες κινηματογράφου με τους πλαϊνούς τοίχους να καλύπτονται από ειδικά μαξιλαράκια και στο ταβάνι να υπάρχει μια ειδική κυψελωτή οροφή.

2.2. Εφαρμογές πολυκάναλου ήχου

2.2.1. Κινηματογράφος

Η δεκαετία του '50 αποτελεί το ορόσημο που σηματοδοτεί την διαφοροποίηση των τεχνολογιών αναπαραγωγής ήχου στο σπίτι και στον κινηματογράφο. Ενώ η μουσική βιομηχανία πρωτοδότησε το stereo, η έντονα αναπτυσσόμενη κινηματογραφική, κατέληξε στην επιλογή περισσότερων καναλιών. Η ιστορία του ηχογραφημένου κινηματογραφικού ήχου ξεκίνησε το 1926 με την ταινία "Don Juan" η οποία περιελάμβανε μουσική και ειδικά εφέ που αναπαράγονταν μέσω ενός δίσκου σε συγχρονισμό με την μηχανή προβολής, ένα σύστημα που ονομαζόταν **Vitaphone**. Το Vitaphone χρησιμοποιήθηκε και στο περίφημο "The Jazz Singer", ένα χρόνο μετά, το 1927, που ήταν η πρώτη ταινία με διαλόγους. Το μέγεθος της οθόνης, η ακουστική της μεγάλης αίθουσας και οι πολύ διαφορετικές θέσεις των ακροατών έκαναν απαραίτητη την ύπαρξη "ήχου που περιβάλλει το κοινό" ένας όρος που μας κληροδοτήθηκε ως Surround Sound.



Σχήμα 5: Ο "Don Juan" ήταν η πρώτη ταινία που προβλήθηκε με το σύστημα Vitaphone.

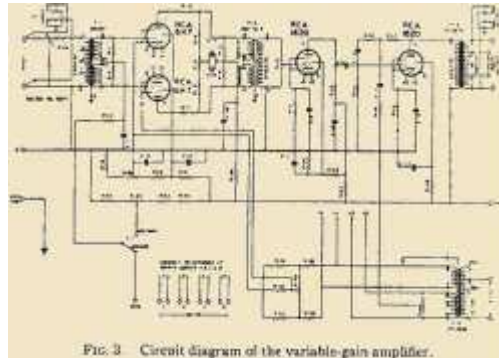


Σχήμα 6: Η πρώτη ταινία με ηχογραφημένους διαλόγους.

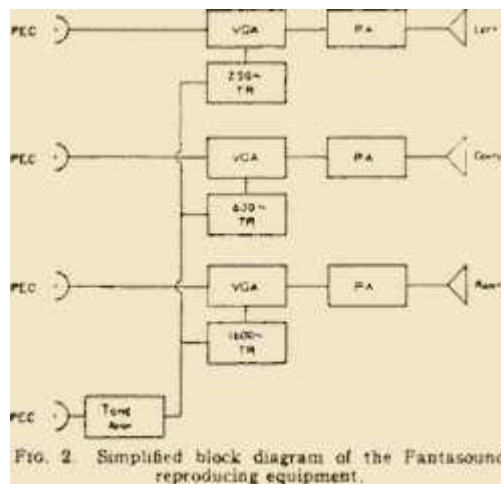


Σχήμα 7: Η "Fantasia" του Disney ήταν η πρώτη ταινία με πολυκαναλικό ήχο.

Το 1941, παρουσιάζεται η "**Φαντασία**" του Disney, που υπήρξε η πρώτη ταινία με πολυκαναλικό ήχο και χρησιμοποιούσε την κλασική μέθοδο του οπτικού soundtrack (οπτική διαμόρφωση της μιας άκρης του film) αλλά με συγχρονισμένη ανάγνωση δύο ταινιών των 35 χιλιοστών. Το σύστημα ονομάστηκε Fantasound και περιγράφηκε από τους Garity και Hawkins σε σχετική δημοσίευση τον Αύγουστο του 1941 στο περιοδικό του SMPE. Αν και η οπτική ανάγνωση του ηχητικού σήματος υπήρξε τόσο αξιόπιστη και φθηνή ώστε χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα στον ρόλο ενός ελάχιστου απαιτούμενου επίπεδου συμβατότητας, η ανάγκη για πολυκάναλο ήχο έστρεψε λίγα χρόνια αργότερα την βιομηχανία του κινηματογράφου στην μαγνητική εγγραφή. Στην ακμή της κινηματογραφικής παραγωγής, λίγο πριν η τηλεόραση δημιουργήσει οικονομικούς κραδασμούς, εμφανίστηκαν ταινίες τόσο σε format 35 χιλιοστών όσο και σε format 70 χιλιοστών με έξι μαγνητικά κανάλια (για να φανεί η πρωτοπορία του κινηματογράφου τότε, αναφέρουμε ότι ο στερεοφωνικός δίσκος LP είδε το φως του εμπορίου λίγο πριν το 1960). Η έλευση της τηλεόρασης δημιούργησε μια σημαντική κρίση στον αμερικάνικο κινηματογράφο (πηγή, βεβαίως, όλων σχεδόν των τεχνολογικών εξελίξεων) και οι δαπανηρές εξακάναλες μαγνητικές παραγωγές περιορίστηκαν σε λίγα film ετησίως. Σύντομα, ένας μεγάλος αριθμός παραγωγών και αιθουσών "έπεσαν" στον κοινό παρονομαστή: Μονοφωνικός ήχος από οπτικά διαμορφωμένο soundtrack.

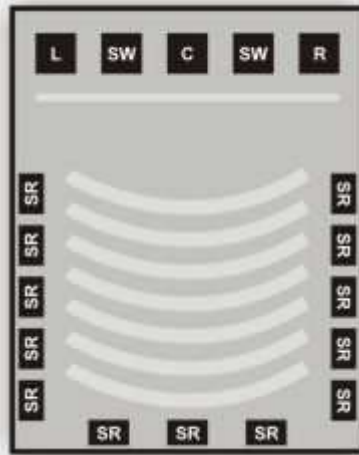


Σχήμα 8: Ενισχυτής με μεταβλητό κέρδος όπως αυτοί που περιλαμβάνονται στο επόμενο block διάγραμμα

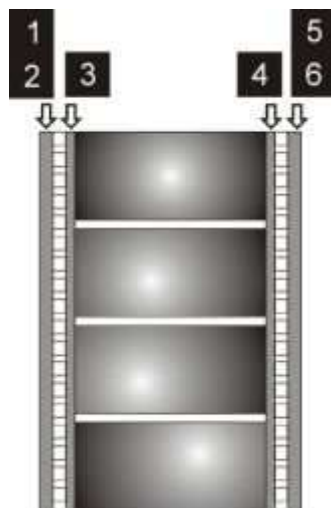


Σχήμα 9: Block διάγραμμα του συστήματος αναπαραγωγής ήχου Fantasound.

Αν η επανάσταση της τηλεόρασης στέρησε τις δεκαετίες 1950-60 και 1960-70 τον κινηματογράφο από αρκετούς θεατές, η επανάσταση που έγινε αμέσως μετά περιέργως αποτέλεσε μια διορθωτική κίνηση από την πλευρά των καταναλωτικών ηλεκτρονικών. Το βίντεο (μονοφωνικό βεβαίως) αποτέλεσε μια νέα και ισχυρή τάση, που αύξησε τα έσοδα των κινηματογραφικών εταιριών, διέδωσε την κινηματογραφοφιλία και προκάλεσε λογικά την συγκέντρωση ενδιαφέροντος γύρω από τον κινηματογραφικό ήχο. Η πρώτη ταινία που προβλήθηκε χρησιμοποιώντας μία εκδοχή του τετρακάναλου ήχου σε μαγνητικό ίχνος (με δεξί, αριστερό, κεντρικό και οπίσθιο κανάλι) ήταν ο "Χιτών" (The Robe), το 1953. Ωστόσο, το παρελθόν είχε διδάξει πολλά και το αντιοικονομικό μαγνητικό σύστημα έπρεπε να αντικατασταθεί από κάτι διαφορετικό, περισσότερο αξιόπιστο και κυρίως φθηνό. Η επιλογή της βιομηχανίας υπήρξε τότε καθοριστική, φέρνοντας στο προσκήνιο τον κατασκευαστή που εν πολλοίς καθόρισε τις εξελίξεις: την Dolby Labs.



Σχήμα 10: Διάταξη έξι καναλιών σε κινηματογραφική αίθουσα.



Σχήμα 11: κατανομή έξι καναλιών ήχου σε film 70mm

Η τεχνολογία που χρησιμοποιήθηκε βασίστηκε στην δοκιμασμένη στο παρελθόν (αλλά εμπορικά αποτυχημένη) τετραφωνία. Το πλεονέκτημα της ήταν ότι επέτρεπε την διαμόρφωση τεσσάρων καναλιών σε δύο ίχνη με matrixing και την σχετικά εύκολη εξαγωγή της πληροφορίας. Η διαμόρφωση των δύο ιχνών γινόταν οπτικά και η χρήση του πρώτου συστήματος αποθρομβοποίησης της εταιρίας (Dolby A) εξασφάλιζε σημαντικά καλύτερη ποιότητα. Σε αντίθεση με την μουσική βιομηχανία, οι άνθρωποι του κινηματογράφου ήξεραν πολύ καλά τι να κάνουν τα επιπλέον κανάλια. Τρία από αυτά δημιουργούσαν ένα σταθερό ηχητικό πεδίο στο επίπεδο της οθόνης, με το κεντρικό κανάλι να εξασφαλίζει ότι οι διάλογοι ακούγονται σωστά, όπου κι αν καθόταν ο ακροατής, ενώ το τέταρτο κανάλι αναλάμβανε να δημιουργήσει μια αίσθηση περι-

βάλλοντος ήχου. Το σύστημα αν και τετρακάναλο έμεινε στην ιστορία (και βεβαίως εξακολουθεί να χρησιμοποιείται) ως **Dolby Stereo**. Οι πρώτες ταινίες που προβλήθηκαν με το σύστημα αυτό ήταν το Tommy (των Who), η Lizstomania και το "A Star is Born" την διετία 1975-1976. Ωστόσο, το Dolby Stereo αναδείχθηκε το 1978 με την ταινία **Star Wars** που πήρε και το αντίστοιχο Oscar ως ταινία με τον καλύτερο ήχο. Η τελευταία εκδοχή αναλογικού πολυκάναλου συστήματος για κινηματογραφικό ήχο έκανε την εμφάνισή της το 1986 με τις ταινίες "Innerspace" και "Robocop". Ονομαζόταν **Dolby Stereo Spectral Recording (SR)** και προσέφερε πολύ καλύτερες επιδόσεις σε θέματα θορύβου σε σύγκριση με το Dolby-A (η εταιρία αναφέρει "διπλάσια μείωση θορύβου"). Το Dolby SR χρησιμοποιείται και σήμερα ως η αναλογική εκδοχή του soundtrack για ταινίες των 35mm και αίθουσες που δεν υποστηρίζουν ψηφιακό ήχο.



Σχήμα 12: Η πρώτη ταινία που χρησιμοποίησε τετρακάναλο ήχο, με την σημερινή έννοια.



Σχήμα 13: Το "Tommy" και το "A Star is Born" ήταν οι πρώτες ταινίες που προβλήθηκαν στις αίθουσες με ήχο Dolby Stereo.

Την ίδια περίπου εποχή, η τεχνολογία του βίντεο έκανε το αναμενόμενο βήμα προς τον δικάναλο ήχο, επιτρέποντας την κινηματογραφική λογική να περάσει στο σαλόνι μας. Το πρώτο βήμα έγινε περί το 1982, όταν απλά συστήματα **Dolby Surround** εξασφάλιζαν την αποκωδικοποίηση του κεντρικού καναλιού και την επίλυση των προβλημάτων που εγγενώς υπάρχουν όταν περισσότεροι του ενός θεατές παρακολουθούν εικόνα με δικάναλο ήχο ο οποίος περιορίζει αισθητά τις "σωστές" θέσεις ακρόασης. Η διεύρυνση του κοινού που παρακολουθούσε κατ'οίκον ταινίες με την εισαγωγή της

τεχνολογίας των στερεοφωνικών τηλεοπτικών εκπομπών ώθησε την βιομηχανία στην υιοθέτηση του πρώτου οικιακού κινηματογραφικού συστήματος με την ονομασία **Pro Logic** το οποίο εξασφάλισε, για πρώτη φορά, την σωστή αποκωδικοποίηση του κινηματογραφικού Dolby Stereo. Ο οικιακός κινηματογράφος είχε πλέον τέσσερα κανάλια όπως και κάθε κινηματογραφική αίθουσα. Παράλληλα μια νέα πηγή εικόνας έκανε την εμφάνισή της. Το δικάναλο Laser Disc εμφανίστηκε στις αρχές της δεκαετίας και έμελλε να γίνει η πρώτη οικιακή συσκευή που υιοθέτησε το σύστημα 5.1 που εν τω μεταξύ είχε προταθεί και χρησιμοποιηθεί στις αίθουσες.

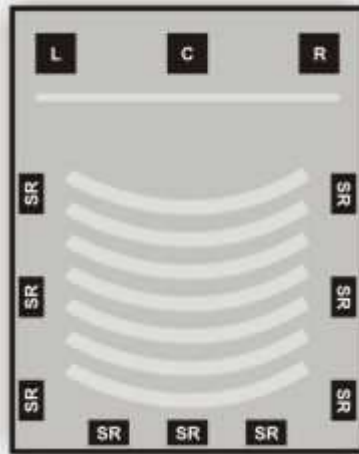


Σχήμα 14: Το Star Wars του Lucas ήταν η πρώτη ταινία που χρησιμοποίησε δημιουργικά τον ήχο Surround

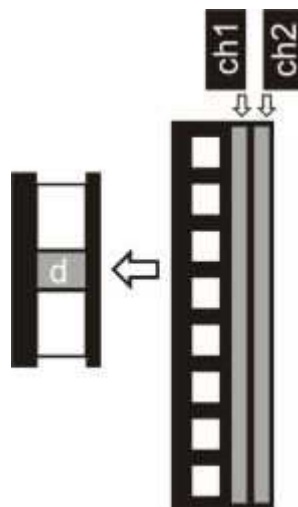


Σχήμα 15: Το Innerspace ήταν (μαζί με το Robocop) η πρώτη ταινία που προβλήθηκε με ήχο Dolby SR.

Η λογική ροπή προς τα πολλά κανάλια είχε μέχρι το 1992 έναν φυσικό φραγμό. Αυτόν του αριθμού των ιχνών που μπορούσαν να τυπωθούν (με λογικό κόστος) σε ένα φιλμ. Η εμπειρία είχε δείξει ότι το αναλογικό soundtrack με οπτική ιχνηλασία δεν μπορούσε να υποστηρίξει άνω των δύο ιχνών χωρίς σοβαρά προβλήματα δυναμικής περιοχής ενώ, ήταν απαραίτητη και η διατήρησή του για λόγους συμβατότητας και οικονομίας καθώς το κόστος κατασκευής διαφορετικής κόπιας για κάθε κινηματογραφική τεχνολογία δεν ήταν αμελητέο. Το πού θα μπορούσαν να μπουν περισσότερα κανάλια (tracks) λύθηκε με την προδιαγραφή του συστήματος 5.1 το οποίο προέβλεπε έξι κανάλια ψηφιακού ήχου (δικαιώνοντας τους τεχνικούς που το 1950 που είχαν επιλέξει τον ίδιο αριθμό για το μαγνητικό soundtrack). Το ψηφιακό σήμα του συστήματος εγγράφεται ανάμεσα στα "δόντια" του film και έτσι συνυπάρχει με τα δύο οπτικά κανάλια (tracks) που επίσης απαιτούνται λόγω συμβατότητας. Η τεχνολογία 5.1 προβλέπει έξι κανάλια από τα οποία, τα 5 αφορούν το δεξί, αριστερό, κεντρικό και δεξί-αριστερό surround ενώ το έκτο έχει πολύ περιορισμένο εύρος (περίπου στο 0.1 των υπολοίπων) και αφορά στις πολύ χαμηλές συχνότητες που συχνά συναντώνται στην ηχητική επένδυση των κινηματογραφικών έργων.



Σχήμα 16: Διάταξη συστήματος ήχου για αναπαραγωγή Dolby stereo.



Σχήμα 17: Αποθήκευση της πληροφορίας dolby stereo ως οπτικό ίχνος στο film στα διάκενα της οδόντωσης.

Πέρα από την ψηφιακή φύση του σήματος, το 5.1 διαφοροποιείται από το Dolby Stereo στο ότι το πεδίο περιβάλλοντος ήχου υλοποιείται πλέον από δύο κανάλια τα οποία επιπρόσθετα είναι πλήρους φάσματος. Η ύπαρξη δύο καναλιών πίσω από τους ακροατές προσφέρει την δυνατότητα εστίασης των πηγών στην περιοχή αυτή οπότε ο σκηνοθέτης αποκτά ακόμη μεγαλύτερες δυνατότητες. Το 1991 και το 1992 ήταν οι χρονιές του που πρωτοπαρουσιάστηκε το **Dolby Digital** στις κινηματογραφικές αίθουσες. Το 1991, έγινε για πρώτη φορά πειραματική προβολή με αυτό το σύστημα (Star Trek 6, σε περιορισμένο αριθμό αιθουσών), ενώ το 1992 παρουσιάστηκε η πρώτη ταινία που προβλήθηκε με Dolby Digital, το "Batman Returns". Το σύστημα 5.1 υιοθετήθηκε τρία χρόνια μετά, το 1995, ως το format που θα υποστήριζε τον πολυκαναλικό ήχο στο DVD-Video.

2.2.2. Οικιακός κινηματογράφος

Για πολλά χρόνια η τεχνική του matrixing, της διαμόρφωσης δηλαδή περισσότερων καναλιών στην πληροφορία που μεταφέρεται από δύο κανάλια υπηρέτησε τον κινηματογραφικό ήχο ικανοποιητικά. Δεν υπάρχει λοιπόν λόγος να μην χρησιμοποιηθεί αυτή η δοκιμασμένη ιδέα και στο ψηφιακό περιβάλλον. Η Dolby, το 1999, παρουσίασε το Star Wars Episode One: The Phantom Menace σε μία νέα έκδοση του Dolby Digital με την ονομασία Dolby Digital Surround EX. Η οικιακή έκδοσή της, το Dolby Digital EX ήταν το πρώτο εξακάναλο σύστημα κινηματογραφικού ήχου αλλά, στην πραγματικότητα το έκτο κανάλι, το "οπίσθιο κεντρικό" βρισκόταν κωδικοποιημένο με **matrixing** στο σήμα των πίσω καναλιών, όπως παλαιότερα το κεντρικό ηχείο χρησιμοποιούσε πληροφορίες που εξάγονταν από τις πληροφορίες του δεξιού και του αριστερού καναλιού. Η χρήση του οπίσθιου κεντρικού καναλιού επέτρεψε το "άνοιγμα" των ηχείων surround χωρίς τον φόβο εμφάνισης ακουστικού κενού πίσω από τους ακροατές και τον εμπλουτισμό του ηχητικού πεδίου με περισσότερη κίνηση και αίσθηση ότι ο ήχος περιβάλλει τις θέσεις ακρόασης (envelopment). Με ελάχιστη χρονική διαφορά, ανακοινώθηκε και το Dolby Digital EX 7.1. Σε ένα μεγάλο ποσοστό, το "7.1" είναι μία τεχνική της εμπορίας προϊόντων. Μία ματιά στις προδιαγραφές της Dolby για το EX αρκεί για να δείξει ότι η εταιρία "αποδέχεται" την ιδέα το οπίσθιο κεντρικό κανάλι να μοιραστεί σε δύο ηχεία (επομένως το σύνολο των ηχείων είναι 7) αλλά είναι σαφές ότι δεν υπάρχει καμία πληροφορία ειδικά για κάποιο έβδομο κανάλι στην μήτρα των Ls/Rs από την οποία προκύπτει το οπίσθιο κεντρικό του Dolby Digital EX. Στην πράξη τώρα, κάθε κάτοχος ενισχυτή / επεξεργαστή Dolby Digital EX 6.1 μπορεί να αποκτήσει το έβδομο κανάλι, οδηγώντας απλώς δύο κεντρικά οπίσθια ηχεία συνδεδεμένα παράλληλα στην σχετική έξοδο (υπό την προϋπόθεση ότι το στάδιο εξόδου αντέχει). Ο μόνος λόγος να το κάνει είναι η καλύτερη ακουστική κάλυψη ενός χώρου με μεγάλη οριζόντια (δηλαδή παράλληλη προς την επιφάνεια προβολής) διάσταση. Ένας ενισχυτής που υποστηρίζει σύστημα ηχείων 7.1, είναι εύκολο να προσφέρει μέσω dsp διαφορετικές πληροφορίες σε δύο οπίσθια κεντρικά κανάλια και να επιτρέψει έναν κάποιο πειραματισμό.



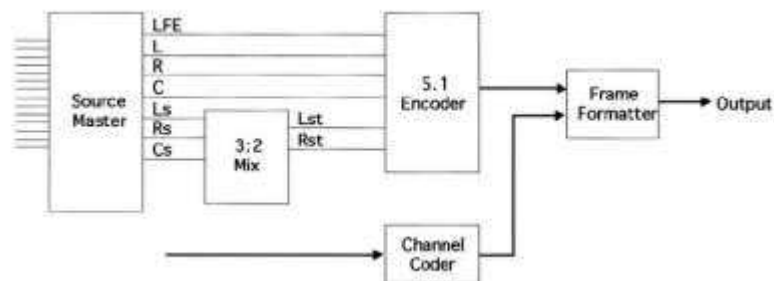
Σχήμα 18: Η πρώτη ταινία με ήχο Dolby EX ήταν το "Episode One" του Star Wars.



Σχήμα 19 : Το "The Haunting" ήταν το πρώτο DVD-Video με ήχο DTS-ES Discrete 6.1

Το 2000 η DTS παρουσίασε την δική της άποψη για τα πολυκάναλα συστήματα 6.1 στον οικιακό κινηματογράφο. Το σύστημα ονομάστηκε **DTS-ES** και ήταν πραγματικά μία άκρως επιτυχημένη άσκηση επάνω στο θέμα της συμβατότητας. Τυπικά, το σήμα DTS-ES περιέχει πληροφορία για έξι κανάλια (6.1), αποθηκεύεται σε μέσον που υποστηρίζει ήχο 5.1 καναλιών, και είναι συμβατό με παλιούς αποκωδικοποιητές DTS, τυπικούς αποκωδικοποιητές DTS-ES (δηλαδή αποκωδικοποιητές DTS-ES με χαμηλό κόστος) και "μεγάλους" αποκωδικοποιητές DTS-ES Discrete 6.1 (δηλαδή ακριβούς αποκωδικοποιητές DTS-ES). Αυτό που έχει μεγάλη αξία είναι η δυνατότητα που προσφέρει το DTS-ES για δημιουργία soundtracks πραγματικών 6.1 καναλιών τα οποία μπορούν να αποθηκευθούν σε DVD ως σήματα 5.1. Η διαδικασία ξεκινά από την αρχική κωδικοποίηση. Εκεί, η τελική μείξη (από τον μηχανικό ήχου της ταινίας) είναι 6 κανάλια (6.1) τρία εμπρός (L,R,C) και τρία πίσω (Ls, Rs, Cs). Κατά την κωδικοποίηση, τα τρία οπίσθια κανάλια συνθέτουν (με matrixing) τα κανάλια Lst και Rst που αντιστοιχούν με τα συνήθη οπίσθια κανάλια των συστημάτων 5.1. Σε αυτό το σημείο, ο μηχανικός έχει την επιλογή να κωδικοποιήσει το οπίσθιο κεντρικό κανάλι (Cs) και ως "Extension Data" όπως προβλέπει η προδιαγραφή DTS. Αν αυτή η επιλογή πραγματοποιηθεί, ο αγοραστής του DVD θα έχει στα χέρια του έναν δίσκο με soundtrack DTS-ES Discrete 6.1. Ο πρώτος τέτοιος δίσκος ήταν το "The Haunting"

που κυκλοφόρησε το 2000. Κατά την κωδικοποίηση, χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος Coherent Acoustics.



Σχήμα 20: Διάγραμμα κωδικοποίησης DTS-ES.

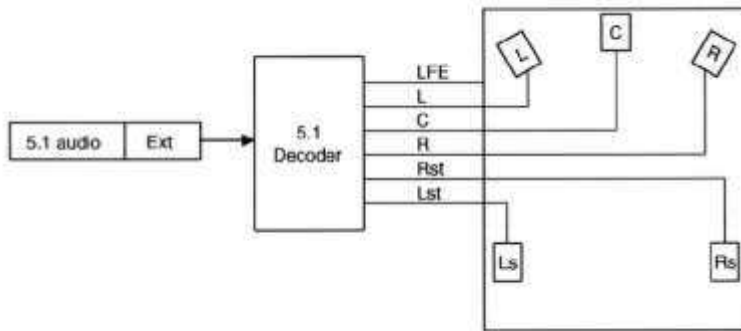
Η διαδικασία κωδικοποίησης DTS-ES (Σχήμα 20) ξεκινάει από ένα 6.1 κεντρικό (master) και ανάμεσα σε αυτό και τον κωδικοποιητή 5.1 μεσολαβεί μία μείξη των τριών οπίσθιων καναλιών σε 2. Αυτή η διαδικασία δημιουργεί έναν δίσκο DTS-ES. Αν ο παραγωγός αποφασίσει, μπορεί να "στείλει" τα δεδομένα του κεντρικού οπίσθιου καναλιού σε έναν κωδικοποιητή και να τα "φορτώσει" στο extension του κώδικα. Στην περίπτωση αυτή ο δίσκος είναι DTS-ES Discrete 6.1

Ένα σήμα DTS-ES μπορεί να αποκωδικοποιηθεί με τρεις τρόπους:

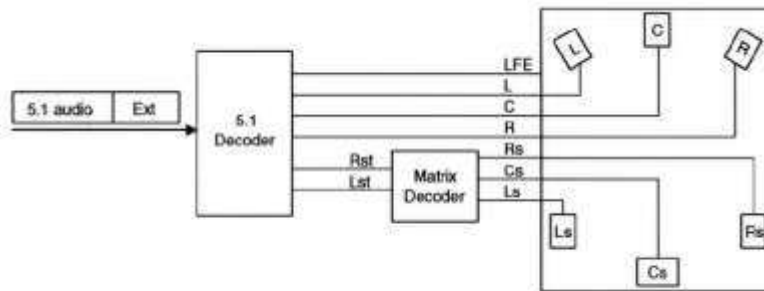
Να μην αποκωδικοποιηθεί καθόλου, όπως θα συμβεί αν ο ενισχυτής / επεξεργαστής δεν είναι "ES"(Σχήμα 21). Στην περίπτωση αυτή, τα σήματα Rst και Lst (τα οπίσθια κανάλια του 5.1) αθροίζονται και σχηματίζουν ένα phantom κεντρικό κανάλι, με αποτέλεσμα οι σημαντικές πληροφορίες του κεντρικού οπίσθιου καναλιού να μην χάνονται.

Να αποκωδικοποιηθεί από έναν ενισχυτή / επεξεργαστή DTS-ES. Στην περίπτωση αυτή(Σχήμα 22), ο επεξεργαστής περιλαμβάνει έναν απλό αποκωδικοποιητή matrix, που ανασύρει την πληροφορία του κεντρικού οπίσθιου καναλιού (Cs) και αποδίδει τα σήματα Ls και Rs με τις τυπικές επιδόσεις και τα τυπικά προβλήματα των matrixed συστημάτων (διαρροή καναλιών, προβλήματα εστίασης, κλπ).

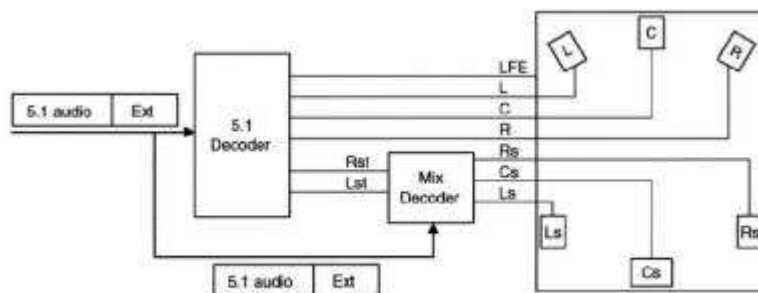
Να αποκωδικοποιηθεί από έναν ενισχυτή / επεξεργαστή DTS-ES Discrete 6.1. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται τα δεδομένα για το κεντρικό κανάλι που έχουν αποθηκευτεί στην βοηθητική περιοχή της ψηφιοσειράς όχι μόνο για να δημιουργηθεί το κεντρικό οπίσθιο κανάλι αλλά και για να διακριθούν (με αφαίρεση) τα δύο κανάλια surround Rst και Lst από αυτό και να αποδοθούν έτσι τα κανάλια Rs και Ls της αρχικής μείξης(Σχήμα 23).



Σχήμα 21: Αναπαραγωγή δίσκου DTS-ES Discrete 6.1 από απλό αποκωδικοποιητή DTS. Το οπίσθιο κεντρικό κανάλι είναι phantom.



Σχήμα 22: Αναπαραγωγή δίσκου DTS-ES Discrete 6.1 από αποκωδικοποιητή DTS-ES. Το οπίσθιο κεντρικό κανάλι τροφοδοτείται με την έξοδο ενός πρόσθετου αποκωδικοποιητή matrix.



Σχήμα 23: Αναπαραγωγή δίσκου DTS-ES Discrete 6.1 από αποκωδικοποιητή DTS-ES Discrete 6.1.

3. Σχεδιασμός εφαρμογής

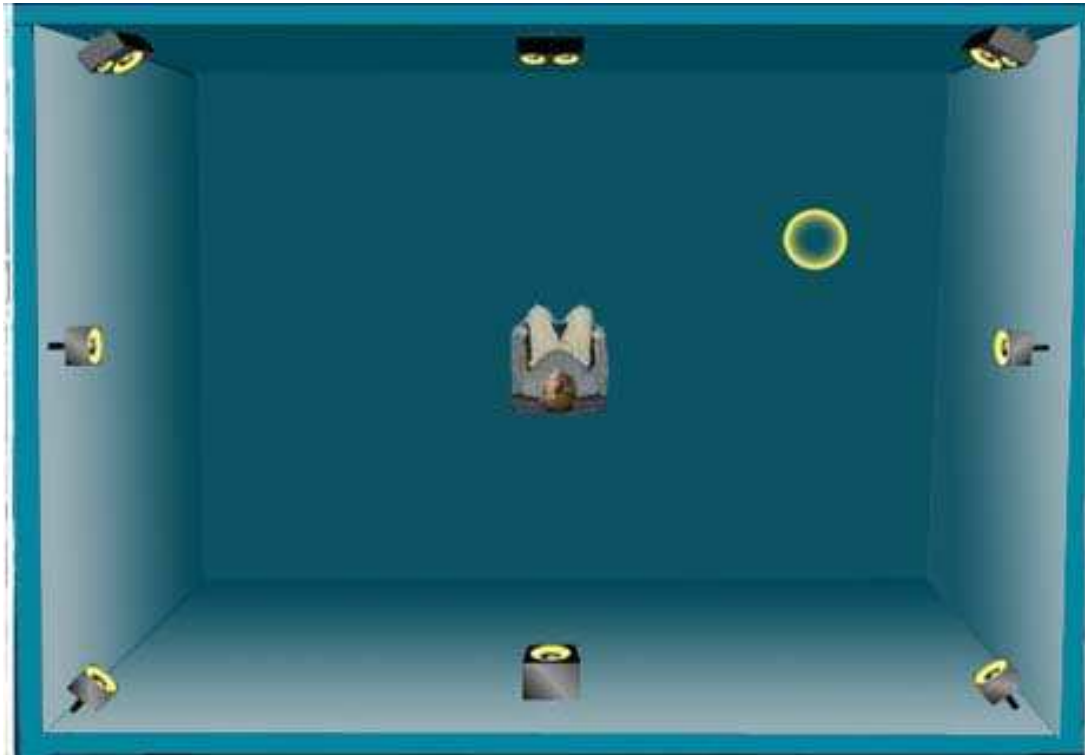
3.1. Γραφική διεπαφή χρήστη (Graphical User Interface)

Για τη σχεδίαση της γραφικής διεπαφής χρήστη (GUI) της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκαν γραφικά δύο διαστάσεων με τέτοιο τρόπο ώστε να κατατοπίζουν το χρήστη εύκολα και γρήγορα.



Σχήμα 24: Γραφική διεπαφή χρήστη

Εκτελώντας το αρχείο της εφαρμογής, saround.exe, ο χρήστης διακρίνει την κάτοψη ενός δωματίου με έναν σταθερό ακροατή στο κέντρο του και ένα σύστημα 7.1 ηχείων κατάλληλα τοποθετημένων στο χώρο (Σχήμα 24). Μέσα στο πλαίσιο του δωματίου διακρίνεται ένας χρωματιστός δίσκος ο οποίος αναπαριστά τη θέση της εικονικής ηχητικής πηγής (Σχήμα 25).



Σχήμα 25: Εικονικό δωμάτιο ακρόασης

Η γραφική αλληλεπίδραση μεταξύ χρήστη και υπολογιστή επιτυγχάνεται μέσω των μενού που βρίσκονται δεξιά του εικονικού δωματίου ακρόασης. Η εντολή που αναπαρίσταται στη θέση αυτή ενεργοποιείται με το πάτημα του σχετικού εικονιδίου/κουμπιού επιλογής και απενεργοποιείται όταν το κουμπί αυτό ξαναπατηθεί..



Σχήμα 26: Τα κουμπιά επιλογών της γραφικής διεπαφής χρήστη.

Όταν ο κέρσορας βρεθεί στο πεδίο μιας επιλογής εμφανίζεται βοηθητικό κείμενο (tooltip) που επεξηγεί τη σχετική λειτουργία (Σχήμα 27).



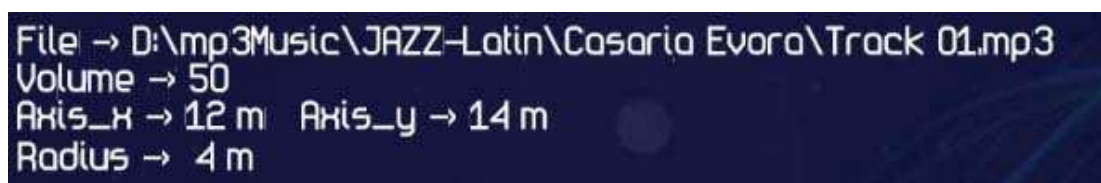
Σχήμα 27: Βοηθητικό κείμενο (tooltip) που επεξηγεί τη λειτουργία των μενού.

Επίσης διατίθενται ένα σύνολο από γραφικά στοιχεία, μέσω των οποίων ο χρήστης μπορεί να αυξομειώνει τις τιμές μιας παραμέτρου, υπό μορφή κυλιόμενης μπάρας, όπως φαίνεται στο Σχήμα 28.



Σχήμα 28: Αυξομείωση παραμέτρων με κυλιόμενες μπάρες.

Επιπρόσθετα, διατίθενται κείμενα που είναι συνεχώς ορατά στην οθόνη και πληροφορούν τον χρήστη για ορισμένες παραμέτρους του ηχητικού μέρους της εφαρμογής (Σχήμα 29). Για παράδειγμα, στα κείμενα αυτά συμπεριλαμβάνεται η πλήρης ονομασία του αρχείου που έχει επιλεγεί για αναπαραγωγή από συγκεκριμένο σημείο, οι αποστάσεις στους άξονες x, y στο οριζόντιο επίπεδο της εικονικής ηχητικής πηγής σε μέτρα καθώς και η απόσταση (radius) επίσης σε μέτρα. Επίσης, αναγράφεται η τιμή της έντασης του ήχου ως ποσοστό της στιγμιαίας έντασης από την κάρτα ήχου.



Σχήμα 29: Κείμενο που παρέχει πληροφορίες για το ηχητικό περιεχόμενο της εφαρμογής.

Το μενού των επιλογών (Σχήμα 30) διαχωρίζεται σε τρία μέρη σε κάθετη διάταξη. Το πρώτο μέρος με τίτλο 'SOURCES' αφορά τον ήχο που μπορούμε να αναπαράγουμε με την εφαρμογή. Εδώ διατίθενται δύο επιλογές: η πηγή ήχου να παρέχεται από το μικρόφωνο (επιλογή 'mic control') και η πηγή ήχου να διατίθεται από ηχητικό αρχείο στο σκληρό δίσκο του υπολογιστή (επιλογή 'samples').

Το δεύτερο μέρος με τίτλο 'MOVEMENTS' επιτρέπει στο χρήστη να θέσει σε κίνηση την πηγή ήχου μέσα στο χώρο που περικλείεται από το σύστημα ηχείων. Εδώ διατίθενται τρεις επιλογές: η πηγή ήχου να κινείται ελεύθερα με την χρήση του mouse ή των κατευθυντήριων πλήκτρων (επιλογή 'free movement'), η πηγή ήχου να κινείται κυκλικά με κέντρο του κύκλου τον ακροατή και ακτίνα ελεγχόμενη μέσω κυλιόμενης μπάρας (επιλογή 'circular movement') και η πηγή του ήχου να αποδίδεται ξεχωριστά από ένα ηχείο κάθε φορά (επιλογή 'individual speaker').

Το τρίτο μέρος αποτελείται από δύο κουμπιά: την επιλογή *hardware detection* και την επιλογή *exit*. Η επιλογή *hardware detection* ανιχνεύει και παρουσιάζει κάποιες πληροφορίες για το υλικό (hardware) και το λογισμικό (software) της εφαρμογής. Παρουσιάζει την έκδοση των εργαλείων λογισμικού που χρησιμοποιήθηκαν και τις διαθέσιμες εισόδους και εξόδους του hardware δηλαδή της κάρτας ήχου. Τέλος η επιλογή *exit* ή το πλήκτρο ESC χρησιμοποιούνται για να τερματίζουν την εφαρμογή.



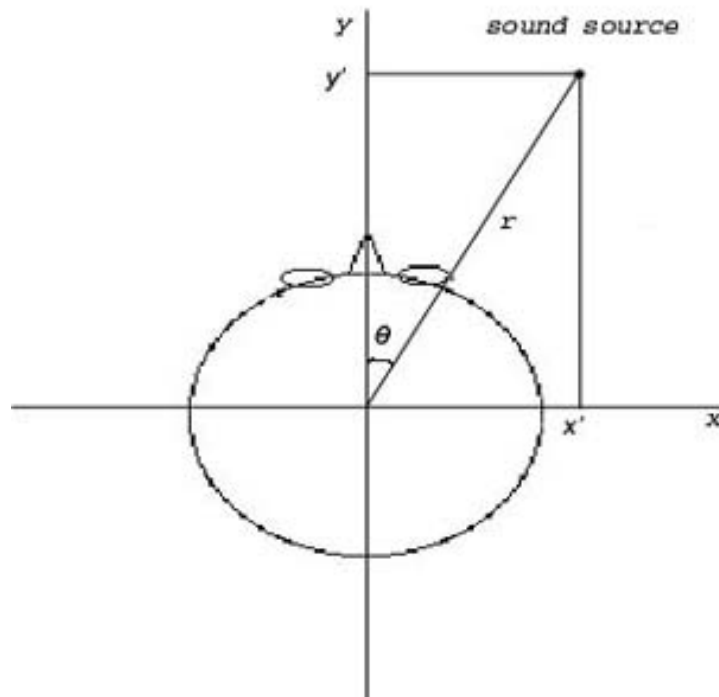
Σχήμα 30: Το μενού επιλογών της εφαρμογής.

3.2. Ηχητικός σχεδιασμός

Ο ηχητικός σχεδιασμός βασίζεται στην αναπαραγωγή ενός ηχητικού συμβάντος. Το ηχητικό συμβάν μπορεί να είναι είτε το σήμα που λαμβάνεται από την θύρα mic in της κάρτας ήχου του υπολογιστή μέσω ενός μικροφώνου είτε ένα προ-ηχογραφημένο ηχητικό δείγμα που μπορεί να ανοίξει ο χρήστης από το σκληρό δίσκο του υπολογιστή. Η εφαρμογή αναγνωρίζει και αναπαράγει αρχεία τύπου WAV, AIFF, MP3, MP2, MP1, OGG.

- Η πηγή ήχου μπορεί να κινείται στο επίπεδο που ορίζεται από το σύστημα αξόνων x, y και εντός του χώρου που περικλείεται από το σύστημα των ηχείων. Ο άξονας x διέπει τα αυτιά του ακροατή και ο άξονας y περνάει από το μέτωπο και το πίσω μέρος της κεφαλής του ακροατή.
- Το δωμάτιο ακρόασης έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε το μήκος κάθε πλευράς του να είναι 80m, επομένως ο ακροατής που είναι τοποθετημένος στο κέντρο του έχει μέγιστη απόσταση από την κάθε πλευρά του τοίχου. Η απόσταση αυτή επιλέχθηκε με την λογική ότι η στάθμη αναπαραγωγής του ήχου ως ποσοστό τάξεως 0 έως 100 της στιγμιαίας έντασης από την κάρτα ήχου θα γίνεται μηδενική όταν η πηγή του ήχου απομακρύνεται αρκετά από τον ακροατή.
- Η επιλογή individual speaker βοηθάει το χρήστη να ελέγξει αν έχουν τοποθετηθεί κατάλληλα τα ηχεία του 7.1 συστήματος ήχου αναπαράγοντας την πηγή ήχου από κάθε ηχείο ξεχωριστά χωρίς να υπολογίζεται η απόσταση ηχείου από τον ακροατή. Επομένως σε αυτή την επιλογή η απόσταση των 40m δεν συμπίπτει με την ένταση αναπαραγωγής της πηγής ήχου.

- Οι θέσεις των ηχείων έχουν σχεδιαστεί στη γραφική διεπαφή έτσι ώστε τα ηχεία που βρίσκονται πάνω στους άξονες x , y να απέχουν το κάθε ένα από αυτά 40 m από τον ακροατή και η απόσταση των υπολοίπων ηχείων καθώς και των ενδιάμεσων θέσεων να υπολογίζεται βάσει του πυθαγόρειου θεωρήματος (Σχήμα 31).



Σχήμα 31: Υπολογισμός απόστασης πηγής

$$r = \sqrt{x'^2 + y'^2}$$

4. Υλοποίηση

Η όλη υλοποίηση έγινε σε περιβάλλον Microsoft Visual Studio.2005 με έκδοση (version) : 8.0.50727.762 και σε γλώσσα προγραμματισμού C++.

Η εφαρμογή αποτελείται από δύο μέρη. Τη γραφική διεπαφή χρήστη και το μηχανισμό ηχητικής χωροθέτησης. Στις ακόλουθες υποενότητες περιγράφεται κάθε μέρος ξεχωριστά.

4.1. Γραφική διεπαφή χρήστη

Για την υλοποίηση της γραφικής διεπαφής χρήστη, μέσω της οποίας ο χρήστης μπορεί να ελέγχει και να τοποθετεί στο χώρο ηχητικά δείγματα, είτε από το σκληρό δίσκο είτε ζωντανές ηχητικές ροές από το μικρόφωνο, χρησιμοποιήθηκε η προγραμματιστική βιβλιοθήκη HGE ([http:// hge.relishgames.com/](http://hge.relishgames.com/)). Η βιβλιοθήκη αυτή παρέχει λειτουργίες game engine, δηλαδή χρησιμοποιείται κυρίως για παιχνίδια και διατίθεται ελεύθερα.

Το HGE είναι το ακρωνύμιο από το Haaf's Game Engine. Είναι μια εύχρηστη μηχανή παιχνιδιών δύο διαστάσεων που επιταχύνει τη λειτουργία του υλικού και ειδικότερα της κάρτας γραφικών. Είναι ένα πλήρες middleware για όλους εκείνους που θέλουν να αναπτύξουν παιχνίδια εμπορικής ποιότητας 2D γρήγορα και εύκολα.

Το HGE είναι συμβατό με το λειτουργικό των Windows και βασίζεται στην τεχνολογία της Microsoft DirectX. Εκτελείται ακόμη και σε low-end κάρτες γραφικών, όπως στις κάρτες της Intel Solano (i815 chipset). Το HGE μπορεί να χρησιμοποιηθεί με οποιοδήποτε μεταγλωττιστή C++ συμπεριλαμβανομένων των Visual C++, Borland C++, MinGW και Metrowerks Codewarrior.

4.1.1. MenuItem

Τα μενού επιλογών έχουν υλοποιηθεί ειδικά για τις ανάγκες της εφαρμογής sound around. Ειδικότερα, στα πλαίσια της εφαρμογής αυτής απαιτήθηκε ένα στοιχείο που αφορά την εμφάνιση επεξηγηματικού κειμένου (tool tip) όταν ο κέρσορας βρίσκεται πάνω σε μία από τις επιλογές των πεδίων "SOURCES" και "MOVEMENT".

Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε μία υποκλάση της κλάσης hgeGUIObject που διατίθεται από τη βιβλιοθήκη HGE. Η υποκλάση αυτή ονομάζεται hgeGUIMenuItem. Στο παρακάτω πλαίσιο κώδικα παρατίθεται μία από τις μεθόδους υλοποίησης (MouseOver) που περιλαμβάνει η υποκλάση και αφορά την υλοποίηση της εμφάνισης του επεξηγηματικού κειμένου(tool tip).

```
// This method is called to notify the control
// that the mouse cursor has entered or left it's area
void hgeGUIMenuItem::MouseOver(bool bOver) {
    switch (id) {
        case 1: //microphone option
            if(bOver) {

hgeGUIText* tip1 = new hgeGUIText (40, 660, 550, 3,3, tooltipFont);

tip1->printf("Use microphone input\nas the sound source ");
                gui->AddCtrl(tip1);
                gui->SetFocus(id);
            } else {
```

```

        gui->DelCtrl(40);
    }
    break;
case 2: //samples
    if(bOver) {
        hgeGUIText* tip1 = new hgeGUIText (42, 660, 550,
3,3, tooltipFont);
        tip1->printf("Load an audio file to use\nas the
sound source
");
        gui->AddCtrl(tip1);
        gui->SetFocus(id);
    } else {
        gui->DelCtrl(42);
        break;
    }
case 3: //individual speaker
    if(bOver) {
        hgeGUIText* tip1 = new hgeGUIText (43, 660, 550,
3,3, tooltipFont);
        tip1->printf("Press repeatedly to move\nthe sound
source from \none speaker to the other");
        gui->AddCtrl(tip1);
        gui->SetFocus(id);
    } else {
        gui->DelCtrl(43);
    }
    break;
case 5: //circular movement
    if(bOver) {
        hgeGUIText* tip1 = new hgeGUIText (44, 660, 550,
3,3, tooltipFont);
        tip1->printf("Press for circular movement.\nControl
the radius of the \ncircle from the radius slider");
        gui->AddCtrl(tip1);
        gui->SetFocus(id);
    } else {
        gui->DelCtrl(44);
    }
    break;
case 6: //free movement
    if(bOver) {
        hgeGUIText* tip1 = new hgeGUIText (45, 660, 550,
3,3, tooltipFont);
        tip1->printf("Press to freely locate\nthe sound
source\nwith the mouse pointer");
        gui->AddCtrl(tip1);
        gui->SetFocus(id);
    } else {
        gui->DelCtrl(45);
    }
    break;
}
}
}

```


4.1.2. Button

Η υλοποίηση των επιλογών “hardware detection” και “Exit” έγινε μέσω της κλάσης `hgeUIButton` που διατίθεται έτοιμη από τη βιβλιοθήκη HGE.

Στα ακόλουθα πλαίσια κώδικα παρουσιάζονται οι μέθοδοι δημιουργίας και εκτέλεσης των κουμπιών επιλογών (buttons) καθώς και ο τρόπος απεικόνισής τους αρχικοποιώντας τιμές των παραμέτρων.

```
#include "controls.h"

Button::Button(int _id, float _x, float _y, float _w, float _h,
HTEXTURE _tex, float _tx, float _ty)

{

    float x=_x;

    float y=_y;

    float w=_w;

    float h=_h;

    id=_id;

    HTEXTURE tex=_tex;

    float tx=_tx;

    float ty=_ty;

    bStatic=false;

    bVisible=true;

    bEnabled=true;

}

void Button::Render()

{

    gui->Render();

}
```

```
if(hge->System_Initiate()){

btn_System_info=hge->Texture_Load("System_info1.png");

btn_Exit=hge->Texture_Load("Exit1.png");

gui->AddCtrl(new hgeUIButton(4, 650, 470, 70, 20,
btn_System_info,0,0));
```

```
gui->AddCtrl(new hgeUIButton(7, 650, 500, 70, 20, btn_Exit,0,0));
}
```

4.1.3. Slider

Η εφαρμογή *sound around* περιλαμβάνει παραμέτρους στις οποίες ο χρήστης μπορεί να μεταβάλλει την τιμή τους (“volume”, “axis_x”, “axis_y”, “radius”) χρησιμοποιώντας τις αντίστοιχες κυλιόμενες μπάρες (sliders). Οι μπάρες αυτές υλοποιούνται με τη βοήθεια της κλάσης *hgeUISlider* που επίσης διατίθεται από τη HE.

Η κλάση *hgeUISlider* που παρατίθεται στο παρακάτω πλαίσιο είναι υποκλάση της *hgeUIObject*.

```
class hgeUISlider : public hgeUIObject
{
public:
hgeUISlider(int id, float x, float y, float w, float h, HTEXTURE
tex, float tx, float ty, float sw, float sh, bool vertical=false);
virtual ~hgeUISlider();

void SetMode(float _fMin, float _fMax, int _mode) {
fMin=_fMin; fMax=_fMax; mode=_mode; }
void SetValue(float _fVal);
float GetValue() const { return fVal; }
virtual void Render();
virtual bool MouseMove(float x, float y);
virtual bool MouseLButton(bool bDown);

private:
bool bPressed;
bool bVertical;
int mode;
float fMin, fMax, fVal;
float sl_w, sl_h;
hgeSprite *sprSlider;
};
```

Η δήλωση τιμών για την απεικόνιση της κυλιόμενης μπάρας (slider) που αφορά την παράμετρο της έντασης αναπαραγωγής (volume) της πηγής ήχου φαίνεται στο ακόλουθο απόσπασμα κώδικα:

```
sldr_vol=hge->Texture_Load("slid.png");  
  
sl_vol=new hgeGUIslider(21,50,530,400,10,slldr_vol,0,0,60,20);  
  
sl_vol->SetMode(0,100,HGESLIDER_SLIDER);  
  
gui->AddCtrl(sl_vol);
```

4.1.4. Γραφική απεικόνιση πηγής ήχου

Η θέση της πηγής ήχου αναπαρίσταται γραφικά από ένα κίτρινο δίσκο. Οι συναρτήσεις με τις οποίες υλοποιείται η κίνηση του δίσκου και κατά συνέπεια της πηγής ήχου, παρατίθενται στο παρακάτω πλαίσιο.

```
bool FrameFunc()  
{  
  
    //control left button of the mouse.  
  
    //read co-ordinates xp and yp of mouse position.  
  
    //If there are in place of sound moving area then remove the  
yellow disk  
  
    // in mouse position .  
  
    if (hge->Input_GetKeyState( HGEK_LBUTTONDOWN))  
    {  
  
        hge->Input_GetMousePos( &xp, &yp);  
  
        if(xp<maxx && xp > minx && yp<maxy && yp > miny)  
  
            {x=xp; y=yp;  
  
            if(tst_speaker)  
  
                {tst_speaker=false;  
  
                tex2_room=hge->Texture_Load("play_room  
full_1.png");  
  
                spt_room=new  
hgeSprite(tex2_room,0,0,room_w,room_h);}}  
  
            }  
  
    // Do some movement calculations and collision detection  
  
    if (Arrow)  
  
        {
```

```

        dx*=friction; dy*=friction;

        x+=dx; y+=dy;

        if(x>maxx) x=(float)maxx;

        if(x<minx) x=(float)minx;

        if(y>maxy) y=(float)maxy;

        if(y<miny) y=(float)miny;

    }

else

    {

// placing of sliders proportion sound position

        sl_axis_x->SetValue((x-250)/5);

        sl_axis_z->SetValue((y-280)/4);

        axis_x=sl_axis_x->GetValue();

        if(!tst_speaker) position.x=axis_x;

        x=250+5*axis_x;

        axis_z=sl_axis_z->GetValue();

        if(!tst_speaker) position.z=axis_z;

        y=280+4*axis_z;

        BASS_ChannelSet3DPosition(newchan,&position,NULL,NULL);

        BASS_Apply3D();

    }

Arrow=false;

// Set up quad's screen coordinates

quad.v[0].x=x-16; quad.v[0].y=y-16;

quad.v[1].x=x+16; quad.v[1].y=y-16;

quad.v[2].x=x+16; quad.v[2].y=y+16;

quad.v[3].x=x-16; quad.v[3].y=y+16;

// Continue execution

return false;

}

```

4.2. Μηχανισμός ηχητικής χωροθέτησης

Για τον προγραμματισμό του ηχητικού μέρους χρησιμοποιήθηκε η προγραμματιστική βιβλιοθήκη BASS, η οποία διατίθεται ελεύθερα στο δικτυακό τόπο <http://www.un4seen.com>.

Η BASS είναι μια βιβλιοθήκη ήχου η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε προγράμματα ανεπτυγμένα για τα λειτουργικά Windows, MAC OS και Linux. Στόχος της είναι η δυνατότητα χειρισμού ροών ήχου ποικίλων κωδικοποιήσεων (MP3, MP2, MP1, OGG, WAV, AIFF, κ.α.) με μικρή καθυστέρηση σε χρόνο εκτέλεσης. Στο λειτουργικό των Windows η Bass χρησιμοποιεί την τεχνολογία DirectX της Microsoft, προκειμένου να επιτρέπει χειρισμό ηχητικών ροών σχεδόν σε πραγματικό χρόνο. Ειδικότερα αναφορικά με την ηχητική χωροθέτηση δειγμάτων ήχου και ζωντανών ηχητικών ροών, η Bass παρέχει αλγόριθμους τόσο για binaural όσο και για πολυκάναλη επεξεργασία. Για το λόγο αυτό η Bass χρησιμοποιείται ευρέως σε παιχνίδια, όπου η παραγωγή ηχητικών ροών καθώς και η χωροθέτησή τους επιτελείται δυναμικά, ενώ επίσης αποτελεί ιδανική επιλογή για την ανάπτυξη της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Υλοποιήσεις της Bass παρέχονται για τις γλώσσες προγραμματισμού C/C++, Delphi και Visual Basic.

4.2.1. Επιλογή ηχητικού δείγματος

Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ως πηγή ήχου ένα αρχείο από τον δίσκο του υπολογιστή του και να το αναπαράγει ηχητικά όπως φαίνεται στο παρακάτω τμήμα κώδικα:

```
void LoadFile(void)
{
if(sw_file)
    {
        GetCurrentDirectory(MAX_PATH,path);

        ZeroMemory(&ofn, sizeof(ofn));

        ofn.lStructSize = sizeof(ofn);

        ofn.hwndOwner = NULL;

        ofn.lpstrFile=file;

        // Set lpstrFile[0] to '\0' so that GetOpenFileName does not
        // use the contents of szFile to initialize itself.

        ofn.lpstrFile[0] = '\0';

        ofn.nMaxFile = sizeof(file);

        ofn.lpstrFilter="wav/aif/mo3/xm/mod/s3m/it/mtm/umx/mp3\0*.wav;*.aif;*.mo3;*.xm;*.mod;*.s3m;*.it;*.mtm;*.umx;*.mp3\0"
```

```

    "All files\0*.*\0\0";

    ofn.nFilterIndex = 1;

    ofn.lpstrFileTitle = NULL;

    ofn.nMaxFileTitle = 0;

    ofn.lpstrInitialDir = path;

    ofn.Flags = OFN_PATHMUSTEXIST | OFN_FILEMUSTEXIST;

    if (GetOpenFileName(&ofn))
    {
        memcpy(path, file, ofn.nFileOffset);

        path[ofn.nFileOffset-1]=0;

        /* Load a music or sample from "file" */

        if((newchan=BASS_MusicLoad(FALSE, file, 0, 0, BASS_MUSIC_RAMP|BASS_MUSIC_
        LOOP|BASS_MUSIC_3D, 0)) || (new-
        chan=BASS_SampleLoad(FALSE, file, 0, 0, 1, BASS_SAMPLE_LOOP|BASS_SAMPLE_3D
        |BASS_SAMPLE_MONO)))
        {
            channel=BASS_SampleGetChannel(newchan, FALSE); // get a sample channel
            BASS_ChannelPlay(channel, FALSE); // play it
            LM(LB_ADDSTRING, 0, strrchr(file, '\\')+1);
        }

        else
            Error("Can't load file (note samples must be
            mono)");
    }

    sw_file=false;
}

else
{
    BASS_ChannelPause(channel);

    sw_file=true;
}
}

```

Επίσης το αρχείο που θα επιλεγεί ως πηγή ήχου μπορεί να λαμβάνεται μέσω μικροφώνου χρησιμοποιώντας την είσοδο mic in της κάρτας ήχου του υπολογιστή. Η μέθοδος υλοποίησης αυτής της επιλογής παρατίθεται στο παρακάτω πλαίσιο .

```
// stream function - play the recording data

DWORD CALLBACK stream(HSTREAM handle, char *buffer, int length, DWORD user)

{

    int c;

    // check how much recorded data is buffered

    c=BASS_ChannelGetData(rchan,0,BASS_DATA_AVAILABLE);

    c-=length;

    // buffer has gotten pretty large so remove some

    if (c>2*chunk+1764)

        {

            c-=chunk; // leave a single 'chunk'

            BASS_ChannelGetData(rchan,0,c); // remove it

        }

    // fetch recorded data into stream

    c=BASS_ChannelGetData(rchan,buffer,length);

    if (c<length) memset(buffer+c,0,length-c); // short of data

    return length;

}
```

4.2.2. Κίνηση ηχητικής πηγής

Η προεπιλεγμένη πηγή ήχου μπορεί να τεθεί σε κίνηση από τον χρήστη με διάφορους τρόπους. Στο παρακάτω πλαίσιο παρατίθεται η διαδικασία υλοποίησης αναπαραγωγής του ηχητικού συμβάντος από ηχείο που ο χρήστης επιλέγει κάνοντας χρήση της επιλογής “individual speaker”. Στο συγκεκριμένο απόσπασμα του κώδικά έχει επιλεγεί κεντρικό μπροστινό (Front Center) ηχείο.

```
void test_speakers(int test)

{

    // Use meters as distance unit, real world rolloff, real doppler effect
```

```

BASS_Set3DFactors (1,1,1);

BASS_Apply3D();

switch (test)
{
    case 1:                // Frond Center loud
    {
        x=FR_C_x;
        y=FR_C_y;
        position.x=0;
        position.z=1;

        BASS_ChannelSet3DPosition (newchan, &position, NULL, NULL);

        BASS_Apply3D();

        break;    }}
}

```

Η πηγή ήχου μπορεί να κινηθεί μέσα στα όρια του δωματίου ακρόασης . Η κίνηση αυτή αναπαρίσταται ηχητικά κάνοντας χρήση της συνάρτησης :

```

BASS_ChannelSet3DPosition (newchan, &position, NULL, NULL);

BASS_Apply3D();

```

Στη δεύτερη παράμετρο (&position) αποδίδονται οι τιμές συντεταγμένων (x, y) που παράγονται κάθε φορά ανάλογα με την θέση του κινούμενου δίσκου έτσι ώστε να υπάρχει αντιστοιχία μεταξύ της εικονικής και της ηχητικής αντίληψης του ακροατή.

5. Εγχειρίδιο Χρήσης

5.1. Εγκατάσταση εφαρμογής

Η εφαρμογή sound around μπορεί να εγκατασταθεί από το συνοδευτικό CD της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

5.1.1. Απαιτήσεις Συστήματος

Απαιτήσεις υλικού:

Θα πρέπει στον υπολογιστή που εκτελείται η εφαρμογή να διατίθεται κάρτα ήχου που να υποστηρίζει σύστημα ηχείων 7.1.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η ανάπτυξη της εφαρμογής έγινε σε ΗΥ με κάρτα ήχου Sound Blaster Audigy 2 ZS και σύστημα ηχείων Creative Inspire T7900.

Απαιτήσεις λογισμικού:

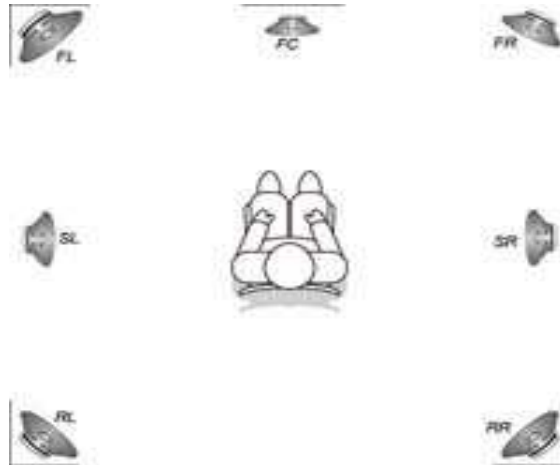
Η εφαρμογή sound around είναι συμβατή με το λειτουργικό Microsoft Windows και προϋποθέτει εγκατάσταση του περιβάλλοντος εκτέλεσης της τεχνολογίας DirectX, έκδοση 8 ή μεταγενέστερη. Συνήθως το περιβάλλον εκτέλεσης της τεχνολογίας DirectX διατίθεται με το ίδιο το λειτουργικό των Windows.

5.1.2. Εγκατάσταση

Για την εγκατάσταση της εφαρμογής, ο χρήστης πρέπει να εκτελέσει το αρχείο setupSA.exe και να ακολουθήσει τα βήματα του προγράμματος εγκατάστασης (installer).

5.2. Διάταξη ηχείων

Με την εισαγωγή του στην εφαρμογή ο χρήστης έρχεται σε επαφή με την γραφική απεικόνιση του χώρου ακρόασης που περιλαμβάνει κατάλληλα τοποθετημένο ένα σύστημα ηχείων αποτελούμενο από οχτώ ηχεία. Είναι κατανοητό ότι ο χρήστης για να αντιληφθεί ακουστικά την λειτουργία της εφαρμογής θα πρέπει να διαθέτει ένα σύστημα ηχείων 7.1 . Το σύστημα των ηχείων θα πρέπει να είναι και τοποθετημένο κατάλληλα, δηλαδή τα επτά (7) περιφερειακά ηχεία πρέπει να τοποθετηθούν με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε το καθένα από αυτά να οριοθετεί μια ξεχωριστή περιοχή ηχητικής κάλυψης με σημείο αναφοράς τον ακροατή (κέντρο δωματίου) και όλα μαζί να καλύπτουν ηχητικά με συμμετρία τον χώρο. Συνίσταται το ύψος των ηχείων να συμπίπτει με το ύψος του κεφαλιού του ακροατή. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται πως περίπου πρέπει να τοποθετηθούν τα ηχεία στο χώρο εξαιρουμένου του ηχείου αναπαραγωγής χαμηλών συχνοτήτων (subwoofer). Η εφαρμογή sound around έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε το ηχείο αναπαραγωγής χαμηλών συχνοτήτων (subwoofer) να βρίσκεται πίσω από το κεφάλι του ακροατή , αντιδιαμετρικά τοποθετημένο με το κεντρικό και μπροστινό ηχείο.



Σχήμα 32: Διάταξη ηχείων στο σύστημα 7.1

5.3. Χρήση της διεπαφής

Η εφαρμογή Sound Around αποτελείται από δύο βασικές καταστάσεις λειτουργίας.

Η πρώτη κατάσταση λειτουργίας, που την ονομάζουμε hardware detection (Σχήμα 33), ανιχνεύει και παρουσιάζει το περιβάλλον στο οποίο λειτουργεί η εφαρμογή. Παρουσιάζει την έκδοση των εργαλείων λογισμικού που χρησιμοποιήθηκαν και τις διαθέσιμες εισόδους και εξόδους που εξασφαλίζει το υλικό (κάρτα ήχου, σεντ ηχείων) που είναι εγκατεστημένα στον υπολογιστή.



Σχήμα 33: Hardware detection

Η δεύτερη κατάσταση λειτουργίας (Σχήμα 34) παρουσιάζει σε κάτοψη τη χωρική διάταξη των ηχείων, τον ακροατή και την εικονική ηχητική πηγή. Σε αυτή την κατάσταση λειτουργίας έχουμε τη δυνατότητα να ορίζουμε σαν πηγή ήχου την είσοδο από ένα μικρόφωνο ή την είσοδο από αρχείο ήχου. Όσον αφορά την κίνηση της πηγής του ήχου έχουμε τη δυνατότητα της ελεύθερης κίνησης της πηγής, την κίνηση σε ομόκεντρους κύκλους γύρω από τον ακροατή και τέλος την επιλεκτική κατά ηχείο κίνηση .



Σχήμα 34: Menu

Και στις δύο καταστάσεις λειτουργίας της εφαρμογής, στην άνω περιοχή της επιφάνειας εργασίας εμφανίζονται τέσσερις γραμμές ελέγχου οι οποίες μας πληροφορούν για τα εξής:

- File: Αναγράφεται το όνομα του αρχείου που χρησιμοποιείται σαν πηγή ήχου, εάν χρησιμοποιείται αρχείο
- Volume: Αναγράφεται η ένταση του ήχου σε κλίμακα από το 0 έως το 100
- Axis_x – Axis_y: Αναγράφεται η απόσταση, σε μέτρα, που έχει η πηγή ήχου (μπίλια) από τον ακροατή, σε καρτεσιανές συντεταγμένες
- Radius: Αναγράφεται η ακτίνα της κυκλικής κίνησης της πηγής ήχου, σε μέτρα

5.3.1. Χρήση του μενού και των κομβίων ελέγχου

Η εφαρμογή με την αρχή της λειτουργίας της βρίσκεται στην κατάσταση «ελεύθερης περιήγησης» (free movement). Στην επιφάνεια εργασίας παρουσιάζεται ο χώρος α-

κρόασης με τα ηχεία τοποθετημένα στις κατάλληλες θέσεις και τον ακροατή στο κέντρο του χώρου. Η κινούμενη μπίλια που παριστάνει την υπερβατική πηγή ήχου προκύπτει από την σύνθεση του ήχου που παράγει το σύστημα ηχείων 7.1.

Στην κατάσταση της «ελεύθερης περιήγησης» ο χρήστης μπορεί να κινήσει απευθείας την μπίλια με τη χρήση του mouse ή των κατευθυντήριων πλήκτρων του πληκτρολογίου (βελάκια δεξιά, αριστερά και άνω, κάτω). Μπορεί επίσης να τη μετακινήσει μέσω των slides «axis x» και «axis y».

Η ένταση της στάθμης του ήχου ρυθμίζεται από το slide «volume»

Με τη χρήση του μενού «mic control» ορίζεται για πηγή του ήχου η είσοδος του μικροφώνου. Με διαδοχικά πατήματα του κομβίου «microphone control» ανοίγει και κλείνει η είσοδος του μικροφώνου.

Με τη χρήση του μενού «samples» ορίζεται για πηγή του ήχου ένα αρχείο ήχου. Αυτό το κομβίο ανοίγει το μενού εύρεσης αρχείων από το οποίο επιλέγει ο χρήστης το αρχείο ήχου που θα χρησιμοποιηθεί για είσοδος.

Το μενού «individual speaker» χρησιμοποιείται για να ορίσει επιλεκτικά για πηγή ένα συγκεκριμένο ηχείο. Με διαδοχικά πατήματα του επιλέγεται και το αντίστοιχο ηχείο. Στο ηχείο που επιλέγεται τοποθετείται η κινούμενη μπίλια.

Με το κομβίο «Hardware Detection» εξαφανίζεται από το περιβάλλον εργασίας της εφαρμογής η κάτοψη της χωρική διάταξης των ηχείων και εμφανίζεται μια κατάσταση με την έκδοση των εργαλείων λογισμικού που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη της εφαρμογής και με τις διαθέσιμες εισόδους και εξόδους που εξασφαλίζει το υλικό που είναι εγκατεστημένα στον υπολογιστή (κάρτα ήχου και σετ ηχείων).

Με το μενού «Circular Movement» εμφανίζεται στο περιβάλλον εργασίας της εφαρμογής η κάτοψη της χωρική διάταξης των ηχείων και η κινούμενη μπίλια διαγράφει κύκλους γύρω από τον ακροατή. Με τη χρήση του slider «radius» η ακτίνα της κυκλικής κίνησης μεταβάλλεται από 1 (ένα) έως 40 (σαράντα) μέτρα με βήμα ενός μέτρου.

Με το μενού «Free Movement» εμφανίζεται στο περιβάλλον εργασίας της εφαρμογής η κάτοψη της χωρικής διάταξης των ηχείων και η κινούμενη μπίλια. Με χειρισμούς στα slides «axis x» και «axis y» ή απευθείας στη μπίλια μετακινούμε την μπίλια στο χώρο της κάτοψης.

Με το κομβίο «Exit» περατώνουμε τη λειτουργία της εφαρμογής. Αυτό μπορεί να γίνει επίσης πατώντας το πλήκτρο «Escape».

6. Συμπεράσματα

Στη διαδικασία ανάπτυξης της εφαρμογής «sound around» διασαφηνίστηκαν ζητήματα που αφορούν την αναπαραγωγή ηχητικών δειγμάτων μέσω ενός συστήματος που περιλαμβάνει επτά περιφερειακά ηχεία και ένα ηχείο αναπαραγωγής χαμηλών συχνοτήτων.

Με τη χρήση ενός πολυκάναλου συστήματος ήχου έχουμε την δυνατότητα να αναπαραγάγουμε αρχεία με mono και stereo format . Ένα πολυκάναλο ηχητικό σύστημα όμως αποκτά πραγματική αξία όταν ο μηχανικός ήχου κάνει μίξη του ήχου ανάλογα με τα κανάλια εκπομπής γνωρίζοντας το αίσθημα που θέλει να αποδώσει .Αυτός είναι και ένας από τους λόγους που τέτοιες μίξεις απαντώνται κυρίως στην βιομηχανία του κινηματογράφου λόγω της ανάγκης διαφορετικής διεύθυνσης των ήχων έτσι ώστε να συνάδουν με την εικόνα καθώς και σε μουσικές παραγωγές που σκοπό έχουν την να διεγείρουν ή να ερευνήσουν την ψυχοακουστική αντίληψη του ακροατή.

Η φιλοσοφία της εφαρμογής βασίζεται στην κίνηση ενός μονοφωνικού δείγματος σε σύστημα ηχείων 7.1 έτσι ώστε ο ακροατής να μπορεί να αντιλαμβάνεται τον ήχο θεωρώντας ως πηγή εκπομπής οποιοδήποτε σημείο στο οριζόντιο επίπεδο του χώρου ανάλογα με την επιλογή του .

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην εφαρμογή που αναπτύχθηκε, δεν προσομοιάζονται θέσεις ήχου πέραν της περιοχής που περιβάλλεται από τα ηχεία. Κάτι τέτοιο θα ήταν πέρα από το σκοπό της παρούσας εργασίας. Επιπρόσθετα, για να προσομοιωθούν θέσεις εκτός της περιοχής αυτής θα πρέπει να ληφθούν υπόψη παράμετροι που αφορούν το μέγεθος, το σχήμα του χώρου καθώς και τα υλικά από τα οποία είναι κατασκευασμένος. Σε κάθε περίπτωση όμως θα πρέπει να γνωρίζουμε ότι κατά την ακρόαση ο ήχος που θα φτάσει τελικά στα αυτιά του ακροατή θα περιέχει και τις αντίστοιχες ανακλάσεις από τις επιφάνειες του χώρου.

7. Παραπομπές

- 1) www.avmentor.gr/tech/tech_system_block_multich.html(πρόσβαση 5 Φεβρουαρίου 2008).
- 2) Δημήτρης Σκαρλάτος, Εφαρμοσμένη Ακουστική , 2003 εκδόσεις «Φιλομάθεια», κεφάλαιο 14.
- 3) Scott Stanfield with Ralph Arvesen, VISUAL C++ 4 HOW-TO,1996 by The Waite Group,Inc.
- 4) David J.Kruglinski, George Shepherd and Scot Wingo, Programming Microsoft Visual C++ Fifth Edition, 1998 by David J.Kruglinski.
- 5) <http://www.avclub.gr/forum/showthread.php?t=698> (πρόσβαση 17 Μαρτίου 2008)
- 6) <http://www.tech-faq.com/lang/el/surround-sound.shtml> (πρόσβαση 15 Μαρτίου 2008)
- 7) <http://www.kef.com/kefamerica/technology/pdfs/surround-few-speakers.pdf> (πρόσβαση 5 Απριλίου 2008)