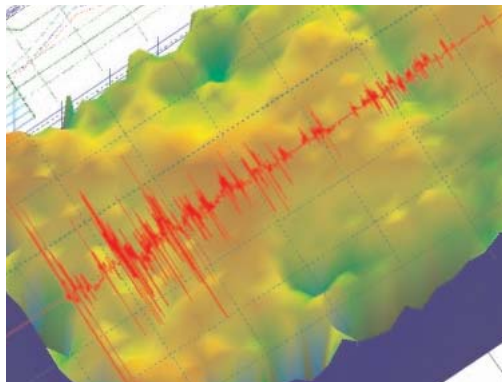


KnowHow Series

Ακουστική Μικρών Χώρων

Μερικά πράγματα που πρέπει να γνωρίζετε γύρω από την ακουστική των μικρών χώρων

Οι βασικές γνώσεις που πρέπει να έχετε για να κατανοήσετε τον τρόπο με τον οποίο συμπεριφέρεται ακουστικά ένας οικιακός χώρος και να αναζητήσετε τρόπους βελτίωσης της ακουστικής του

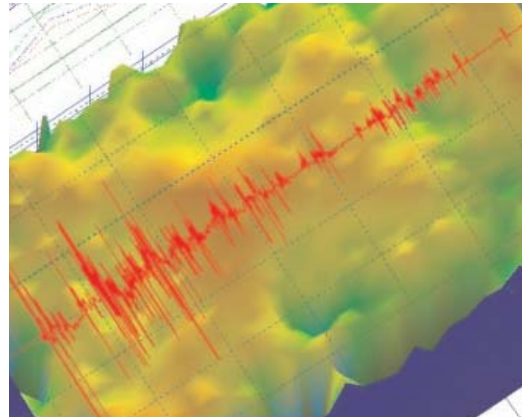


Δημήτρης Σταματάκος, έκδοση 03/2009

Ακουστική Μικρών Χώρων

Από όλες τις παραμέτρους που σχετίζονται με την ποιότητα ενός ηχητικού συστήματος, η συμπεριφορά του χώρου είναι ίσως η σημαντικότερη. Κι όμως, η σημασία που δίνεται στην ακουστική είναι, συνήθως, μικρή και τα πράγματα που κάνουμε ελάχιστα. Ένα καλό πρώτο βήμα, είναι να μάθουμε τα βασικά...

Το κείμενο που ακολουθεί στις επόμενες σελίδες περιλαμβάνει μερικές από τις γνώσεις που πρέπει να έχει κανείς προκειμένου να ξεκινήσει να κατανοεί το τι συμβαίνει μέσα σε έναν οικιακό χώρο όταν μια πηγή δημιουργεί ηχητικά πεδία. Μέσα από την διάκριση μεταξύ ακουστικώς μεγάλων και μικρών χώρων γίνεται μια αναφορά στα διαφορετικά



μοντέλα που έχουμε στην διάθεσή μας προκειμένου να κατανοήσουμε, αρχικώς και να προβλέψουμε, στην συνέχεια, το ηχητικό πεδίο, ενώ γίνεται αναφορά στην κυματική και την γεωμετρική ακουστική, έναν ακόμη διαχωρισμό τον οποίο χρησιμοποιούμε για να μοντελοποιήσουμε τα ηχητικά πεδία στις χαμηλές και τις υψηλές συχνότητες αντιστοίχως.

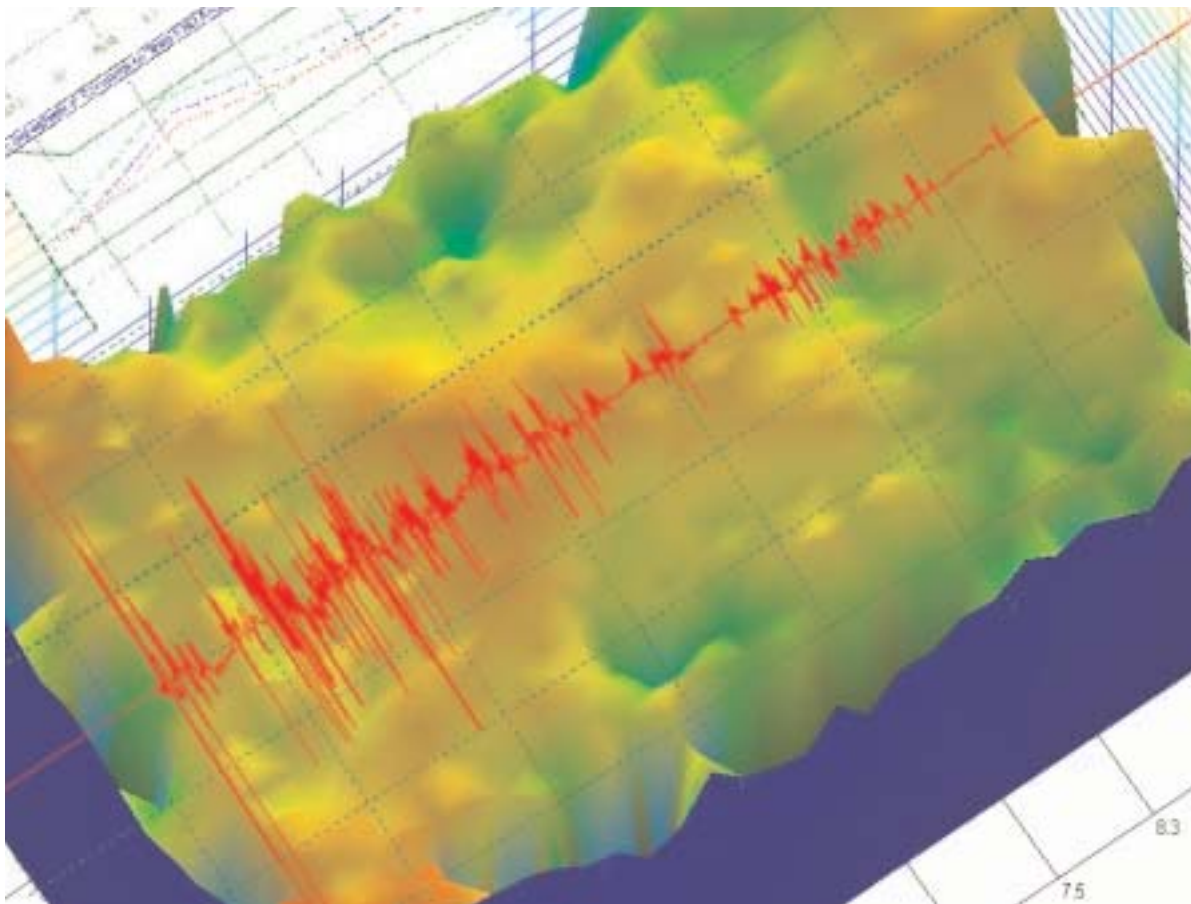
Το κείμενο περιλαμβάνει αναφορές στις βασικές παραμέτρους που χρησιμοποιούμε για να περιγράψουμε τις ιδιότητες ενός χώρου, στα στάσιμα κύματα και την σημασία τους καθώς και στις ανακλάσεις.

Όσον αφορά την πρακτική εφαρμογή, γίνεται αναφορά σε διάφορα κριτήρια καταλληλότητας (αντήχησης και αναλογιών), στον τρόπο με τον οποίο μεταβάλλεται ένα ηχητικό πεδίο σε σχέση με την απόσταση του ακροατή από την ηχητική πηγή, καθώς επίσης και στις απαιτήσεις που θέτει η ακουστική ενός χώρου στην τοποθέτηση ενός ηχείου μέσα σε αυτόν.

Στο τέλος του κειμένου μπορείτε να βρείτε μια λίστα με αναφορές στις οποίες μπορείτε να καταφύγετε για περισσότερες λεπτομέρειες και εμβάθυνση σε επιμέρους θέματα.

Δημήτρης Σταματάκος
avmentor.gr

Ακουστική Μικρών Χώρων



Από όλες τις παραμέτρους που σχετίζονται με την ποιότητα ενός ηχητικού συστήματος, η συμπεριφορά του χώρου είναι ίσως η σημαντικότερη. Κι όμως, η σημασία που δίνεται στην ακουστική είναι, συνήθως, μικρή και τα πράγματα που κάνουμε ελάχιστα. Ένα καλό πρώτο βήμα, είναι να μάθουμε τα βασικά...

Μια καλή εισαγωγή για το κείμενο που ακολουθεί σε αυτήν και στις επόμενες σελίδες είναι η εξής: Οι γνώσεις μας και κατ' επέκτασιν οι δυνατότητες επέμβασης μας στις ιδιότητες και την συμπεριφορά ενός οικιακού χώρου μέσα στον οποίο ακούμε μουσική είναι αναπάντεχα ασαφείς. Μια ενδελεχής αναζήτηση βιβλιογραφίας γύρω από το θέμα φέρνει στην επιφάνεια δύο κατηγορίες εργασιών: Πρώτον, μια πλούσια σειρά από αυστηρές θεωρητικές αναλύσεις που επιτρέπουν τον προσδιορισμό κάποιων ακαδημαϊκών χαρακτηριστικών ενός χώρου και, δεύτερον, μια -εξίσου πλούσια- σειρά από -εξίσου αυστηρές- θεωρητικές αναλύσεις που εξηγούν γιατί οι πρώτες αναλύσεις δεν χρησιμεύουν στην πράξη! Το αποτέλεσμα όλων αυτών είναι ότι η απόκλιση ανάμεσα στον θεωρητικό προσδιορισμό της ακουστικής ενός χώρου και το πρακτικό αποτέλεσμα μπορεί να είναι χαοτική. Στην κατάσταση αυτή θα πρέπει να προσθέσετε ότι η κάθε ηχογράφηση γίνεται σε έναν χώρο εντελώς διαφορετικών ιδιοτήτων (studio) από αυτόν στον οποίο

γίνεται ο έλεγχος της μέσω ηχείων (control room) και το αποτέλεσμα ακούγεται σε έναν τρίτο, επίσης διαφορετικό, χώρο (τον οικιακό). Πόσο επιδρά η συμπεριφορά όλων αυτών στο τελικό αποτέλεσμα και την ομοιότητά του με το πρωτότυπο; Ευτυχώς, είναι αρκετές οι έρευνες που δείχνουν ότι το ακουστικό σύστημα του ανθρώπου είναι αρκετά ικανό στο να αποκόπτει πολλά από τα προβλήματα ενός χώρου και να εστιάζεται στα ουσιώδη. Άλλωστε, αν αυτό δεν συνέβαινε δεν θα μπορούσαμε να ακούσουμε και πολλά πράγματα. Σύμφωνα με τους αισιόδοξους, η ανηχοϊκή απόκριση ενός ηχείου είναι αυτή που σε ένα μεγάλο ποσοστό της καθορίζει την ποιότητα του τελικού αποτελέσματος. Σύμφωνα με τους απαισιόδοξους, βέβαια, η θέση του ηχείου αυτού στον χώρο και ο χώρος ο ίδιος, καθορίζουν σε μεγάλο ποσοστό την άποψή μας για το ηχείο! Στο μέσον αυτών των δύο αντικρουόμενων απόψεων κινείται σήμερα η Ακουστική Μικρών Χώρων: Εστιάζει σε συγκεκριμένες ιδιότητες του χώρου και προτείνει λύσεις για προβλήματα τα οποία, αν θέλουμε να προσεγγίσουμε το άριστο,

θα πρέπει να τα αντιμετωπίσουμε.

Χώροι Sabine και “Μικροί” Χώροι

Το πρώτο πράγμα που θα πρέπει να γνωρίζετε κανείς όταν ασχολείται με την ακουστική ενός οικιακού χώρου, είναι ότι το μέγεθος παίζει ρόλο. Στην πραγματικότητα, η μελέτη ενός χώρου μεγέθους θεάτρου έχει εντελώς διαφορετική προσέγγιση από αυτήν ενός καθιστικού διότι τα μοντέλα διάδοσης του ήχου που χρησιμοποιούνται είναι διαφορετικά. Η διάσταση ή, πιο σωστά, η ακουστική διάσταση ενός χώρου σχετίζεται με τα μήκη κύματος του ήχου. Θεωρώντας ότι η περιοχή των ακουστών συχνοτήτων είναι 16Hz έως 20kHz, τα μήκη κύματος που μας ενδιαφέρουν είναι από $(340.29/16)$ 21 περίπου μέτρα για τα 16Hz μέχρι 17 περίπου χιλιοστά $(340.29/20.000)$ για τα 20kHz. Γνωρίζουμε από εμπειρικές παρατηρήσεις ότι η συμπεριφορά του χώρου αλλάζει όταν η μεγαλύτερη διάστασή του γίνει μικρότερη από το μεγαλύτερο μήκος κύματος και με το κριτήριο αυτό, θεωρούμε “Μικρό” κάθε χώρο με μήκος

κάτω από τα 21 μέτρα. Οι μεγάλοι χώροι (με μήκη μεγαλύτερα των 21 μέτρων) ονομάζονται χώροι Sabine, επειδή σε αυτούς ισχύει επακριβώς η εξίσωση του Wallace Clement Sabine για τον χρόνο αντήχησης (την οποία θα συναντήσουμε αργότερα -αν και η ισχύς της στους χώρους που μας ενδιαφέρει είναι περιορισμένη). Γνωρίζοντας, τώρα, τι είναι ένας ακουστικός μικρός χώρος -και τα καθιστικά μας είναι, εν τέλει, μικροί χώροι- μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τα κατάλληλα μοντέλα. Ατυχώς και εδώ υπάρχει ένας συσχετισμός της ακρίβειας του κάθε μοντέλου με τα μήκη κύματος του ήχου και επομένως τα εργαλεία ανάλυσης που έχουμε στη διάθεσή μας διαφοροποιούνται ανάλογα με την περιοχή συχνότητων. Η βιβλιογραφία περιγράφει μια αυθαίρετη κατάτμηση του φάσματος σε περιοχές με τα ανέμπνευστα ονόματα A, B, C και D, ως εξής:

Περιοχή A: 16Hz -f₁ όπου

$$f_1 = \frac{c}{2L}$$

με c=340.29m/sec (η ταχύτητα του ήχου) και L, σε m, η μεγάλη διάσταση του δωματίου.

Περιοχή B: f₁-f₂, όπου

$$f_2 = 2.102 \cdot \sqrt{\frac{RT60}{V}}$$

με RT60 τον χρόνο αντήχησης και V τον όγκο του χώρου σε m³

Περιοχή C: f₂-f₃ όπου

$$f_3 = 4 \times f_2$$

Περιοχή D: F₃-20kHz

Περιοχές Cutoff και Crossover: Έχει ο χώρος Απόκριση Συχνότητας;

Η περιοχή A της οποίας το εύρος είναι

αντιστρόφως ανάλογο της μεγαλύτερης διάστασης του χώρου είναι η περιοχή αποκοπής (cutoff) του χώρου. Ηχητικά κύματα με συχνότητες στην περιοχή αυτή δεν ενισχύονται από τον χώρο με κανέναν μηχανισμό. Αυτό, δεν σημαίνει ότι δεν είναι δυνατή η αναπαραγωγή τους (όπως συχνά θεωρείται εσφαλμένα)! Η περιοχή B περιλαμβάνει ηχητικά κύματα των οποίων οι συχνότητες επιβάλλουν στον χώρο να συμπεριφερθεί ως ηχητικός σωλήνας (όπως τον διδαχθήκαμε στην φυσική του σχολείου) να δημιουργήσει, δηλαδή στάσιμα κύματα. Μια περισσότερο τεχνική έκφραση του παραπάνω είναι ότι "στην περιοχή B δεν συντονίζεται ο χώρος αλλά ο αέρας μέσα σε αυτόν", ή ότι "στην περιοχή B εφαρμόζονται οι κανόνες της κυματικής ακουστικής, δηλαδή της θεωρίας που αντιμετωπίζει τον ήχο ως κύμα". Το εύρος της περιοχής B είναι ανάλογο με τον χρόνο αντήχησης (δηλαδή όσο μεγαλύτερη αντήχηση έχουμε τόσο μεγαλύτερο το εύρος των ηχητικών κυμάτων που μπορούμε να μελετήσουμε "κυματικά" και αντιστρόφως ανάλογο με τον όγκο, δηλαδή καθώς οι διαστάσεις του χώρου μεγαλώνουν η περιοχή αυτή μειώνεται και "κατεβαίνει" χαμηλότερα, με τρόπο που καθορίζεται από το πώς μεγαλώνει ο χώρος μας (αφού V=LxWxH και F₁=c/2L). Η περιοχή C είναι γνωστή ως περιοχή διάβασης (crossover) και είναι μια περιοχή όπου δεν μπορούν να εφαρμοστούν τα εργαλεία της κυματικής ακουστικής. Εδώ επικρατούν φαινόμενα διάχυσης, επικρατεί δηλαδή τυχαιότητα άφιξης ηχητικών κυμάτων σε διάφορα σημεία του χώρου. Η αξία της διάχυσης είναι συζητήσιμη: Είναι απαραίτητη στην ζωντανή μουσική, σύμφωνα με ορισμένους σημαντική σε περιβάλλον οικιακού κινηματογράφου και μικρής χρησιμότητας σε δικαναλικά συστήματα όπου η κατευθυντικότητα των πηγών είναι σημαντικό εργαλείο για την δημιουργία της στερεοφωνικής εικόνας. Η περιοχή D, τέλος, περιλαμβάνει ηχητικά κύματα των οποίων η συχνότητα είναι αρκετά μεγάλη, δηλαδή το μήκος κύματος αρκετά μικρό, ώστε να μπορούμε να εφαρμόσουμε κλασικές αρχές της γεωμετρικής ακουστικής. Η γεωμετρική

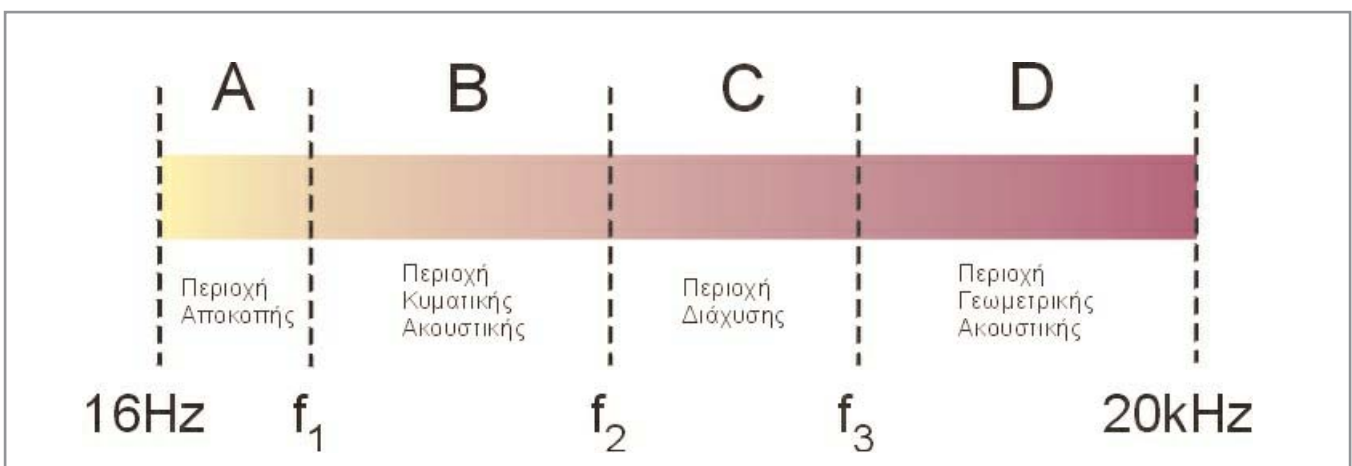
ακουστική αντιμετωπίζει τον ήχο ως διαδιδόμενο ευθύγραμμο (όπως το φως) με τις ανακλάσεις του να καθορίζονται από τους γνωστούς κανόνες της οπτικής: Η γωνία πρόσπτωσης και ανάκλασης είναι ίσες.

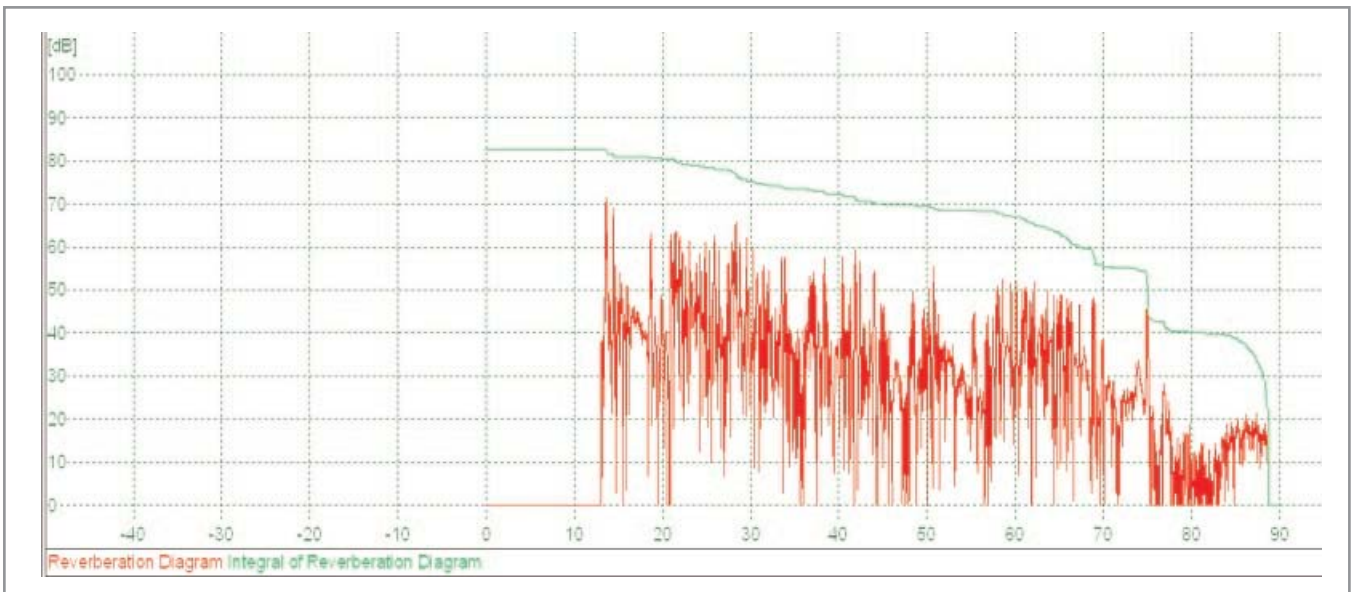
Με βάση τα παραπάνω, γίνεται προφανής ο τρόπος αντιμετώπισης ενός ακουστικού μικρού χώρου: Αγνοούμε τις περιοχές A και C και επικεντρώνουμε τις προσπάθειές μας στις περιοχές B και D. Εδώ, τα φαινόμενα που μας ενδιαφέρουν είναι τα στάσιμα κύματα (στην περιοχή B) και οι ανακλάσεις (στην περιοχή D). Πριν από αυτό όμως, καλό είναι να γνωρίζουμε δύο από τα βασικά χαρακτηριστικά του χώρου μας, δηλαδή τον χρόνο αντήχησης και την ηχοαπορρόφησή του.

Τί είναι ο Χρόνος αντήχησης;

Αμέσως μετά την άμεση οπτική εντύπωση, το επόμενο ερέθισμα που μας δίνει πληροφορίες για έναν κλειστό χώρο είναι ακουστικό και σχετίζεται με την αντήχηση του. Πρακτικά, αντήχηση είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ένας ήχος συνεχίζει να είναι ακουστός ακόμη και όταν ο μηχανισμός που τον δημιουργεί πάψει να υφίσταται. Το μέγεθος της "ουράς" ενός ήχου μέσα σε ένα χώρο το μετράμε σε διάρκεια και έτσι η αντήχηση ενός χώρου είναι συνήθως ένας αριθμός δευτερολέπτων. Τι καθορίζει την αντήχηση; Κρίνοντας από την αίσθησή μας, θα μπορούσαμε να πούμε ότι όσο μεγαλύτερος είναι ένας χώρος τόσο μεγαλύτερη είναι και η αντήχηση και αυτό, εν μέρει, είναι σωστό. Πράγματι, ανάμεσα σε όμοιους κατά τα άλλα χώρους, ο μεγαλύτερος έχει και μεγαλύτερο χρόνο αντήχησης, αλλά αυτό το "όμοιους" θα πρέπει να μας βάζει σε υποψίες. Πράγματι, υπάρχει περίπτωση δύο χώροι να έχουν ίδιες διαστάσεις αλλά διαφορετικό χρόνο αντήχησης επειδή αυτή εξαρτάται, εκτός των διαστάσεων και από τον τρόπο με τον

Η αυθαίρετη κατάτμηση της περιοχής των ακουστικών συχνότητων (16Hz-20kHz) με βάση τα μοντέλα που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για την περιγραφή των φαινομένων που σχετίζονται με την διάδοση του ήχου, σε συνάρτηση με το μήκος κύματος και τα χαρακτηριστικά του χώρου. [1]





Ο τρόπος με τον οποίο εξελίσσεται το ηχητικό πεδίο αμέσως μετά την διακοπή του ήχου μέσα σε έναν χώρο μας δίνει κάποιες πληροφορίες για την ιδιότητές του και τον τρόπο με τον οποίο επηρεάζει την αίσθησή μας. Η κόκκινη καμπύλη είναι η ακριβής μεταβολή της στάθμης σε συνάρτηση με τον χρόνο, ενώ η πράσινη είναι το ολοκλήρωμά της, ώστε να δημιουργείται μια πιο συνεχής αίσθηση.

οποίο ο χώρος απορροφά τα ηχητικά κύματα. Η απορρόφηση των ηχητικών κυμάτων εξαρτάται από την φυσική κατασκευή των ορίων του χώρου. Ως όρια αντιλαμβανόμαστε, φυσικά, τους τοίχους, το δάπεδο και την οροφή, αλλά και κάθε άλλο αντικείμενο που προβάλλει επιφάνειές του στα ηχητικά κύματα. Για παράδειγμα, σε ένα θέατρο, απορρόφηση προσφέρουν οι τοίχοι, αλλά και τα καθίσματα και οι θεατές όταν αυτοί το γεμίσουν! Προκειμένου να εκτιμήσουμε τους χρόνους αντήχησης διαφορετικών χώρων και να μπορέσουμε να κάνουμε συγκρίσεις χρησιμοποιούμε ένα μέγεθος που είναι γνωστό ως RT60. Είναι ο χρόνος που κάνει να “σβήσει” ο ήχος από την στιγμή που ο μηχανισμός παραγωγής του πάψει να υφίσταται, όπου το “σβήσει” μεταφράζεται ως “πτώση της στάθμης κατά

60dB.

Ηχοαπορρόφηση και RT60, Εξίσωση Sabine και ηχοβολισμός

Με δεδομένες τις διαστάσεις ενός χώρου μπορούμε να υπολογίσουμε θεωρητικά το RT60 με βάση την εξίσωση Sabine:

$$RT60 = 0.161 \times \left[\frac{V}{(S \times \alpha)} \right]$$

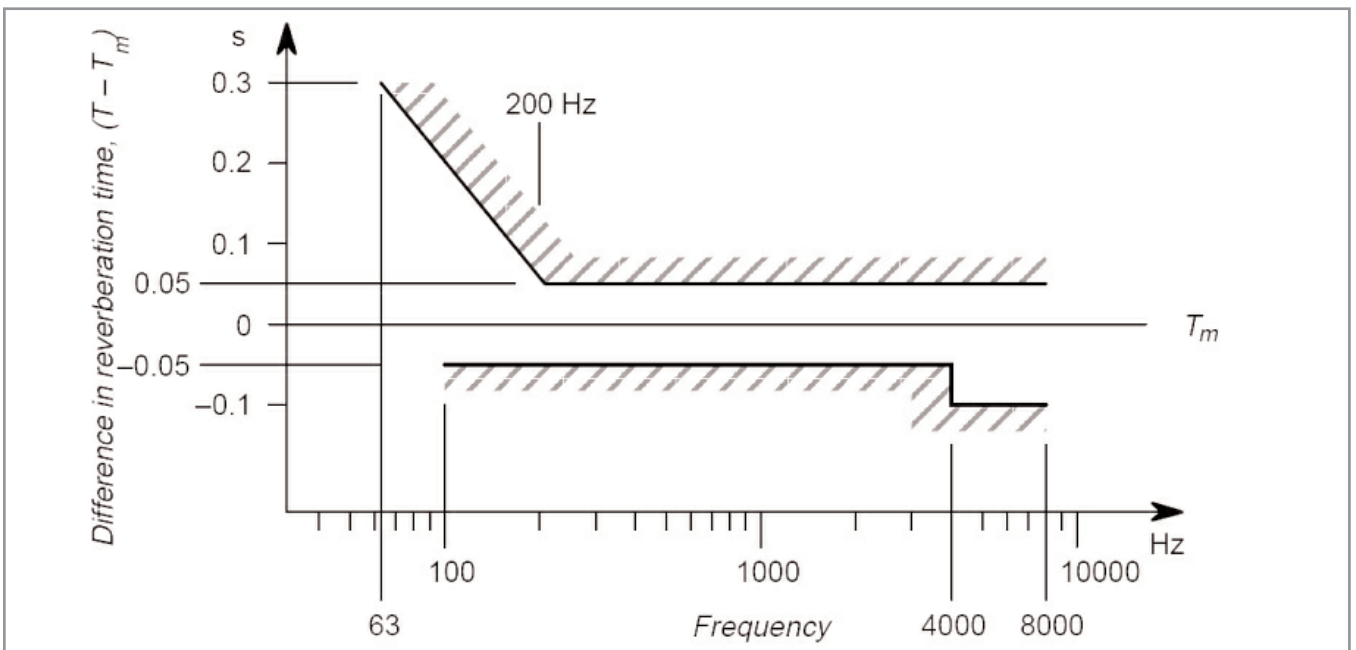
με το V να είναι ο όγκος του χώρου σε m³, το S η συνολική επιφάνεια του χώρου και το α να είναι ο μέσος συντελεστής απορρόφησης της επιφάνειας αυτής. Το γινόμενο Sα πρέπει, στην πράξη, να υπολογιστεί αναλυτικά, αθροίζοντας την συμπεριφορά όλων των επιμέρους

επιφανειών και υλικών τα οποία χαρακτηρίζονται, φυσικά, από διαφορετικούς συντελεστές απορρόφησης οι οποίοι βρίσκονται σε αντίστοιχους πίνακες που μπορείτε να βρείτε στο διαδίκτυο. Έτσι, αν ένας χώρος αποτελείται από επιφάνειες S1, S2, ...Sn με αντίστοιχους συντελεστές απορρόφησης α1, α2, ...αn, τότε:

$$S \times \alpha = (S_1 \times \alpha_1) + (S_2 \times \alpha_2) + \dots + (S_n \times \alpha_n)$$

Ποιά είναι η τάξη μεγέθους των χρόνων αντήχησης; Όπως θα περίμενε κανείς οι χρόνοι αυτοί διαφέρουν σημαντικά ανάλογα με τον χώρο. Στους μεγάλους χώρους (θέατρα, αίθουσες συναυλιών κ.λπ), οι χρόνοι αντήχησης είναι της τάξης του δευτερολέπτου, με τις συνηθισμένες τιμές να βρίσκονται στο διάστημα 1.5-5sec, ενώ στους μικρούς χώρους οι χρόνοι αντήχησης

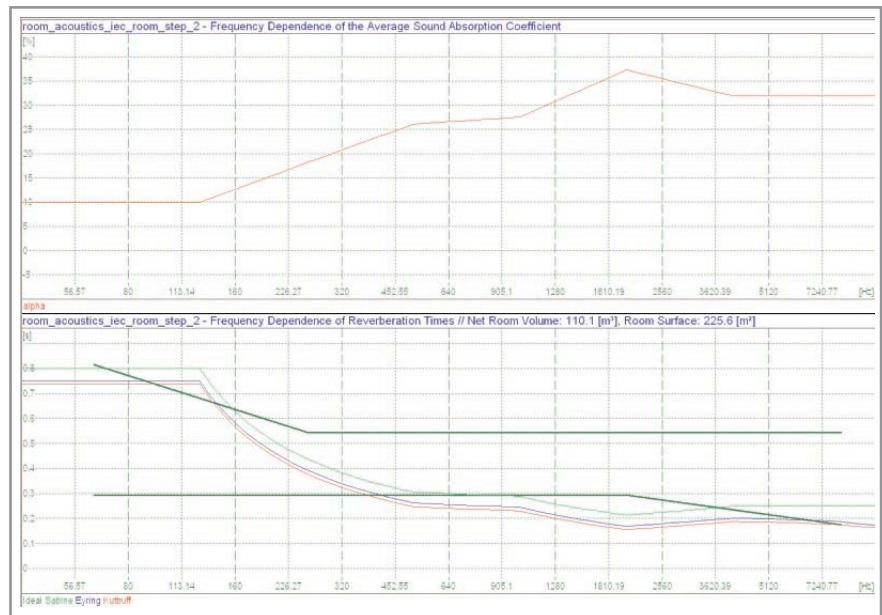
Η προδιαγραφή για τον χρόνο αντήχησης (RT60) και τον τρόπο που αυτός μεταβάλλεται σε συνάρτηση με την συχνότητα όπως την προβλέπει η σύσταση της EBU [9]



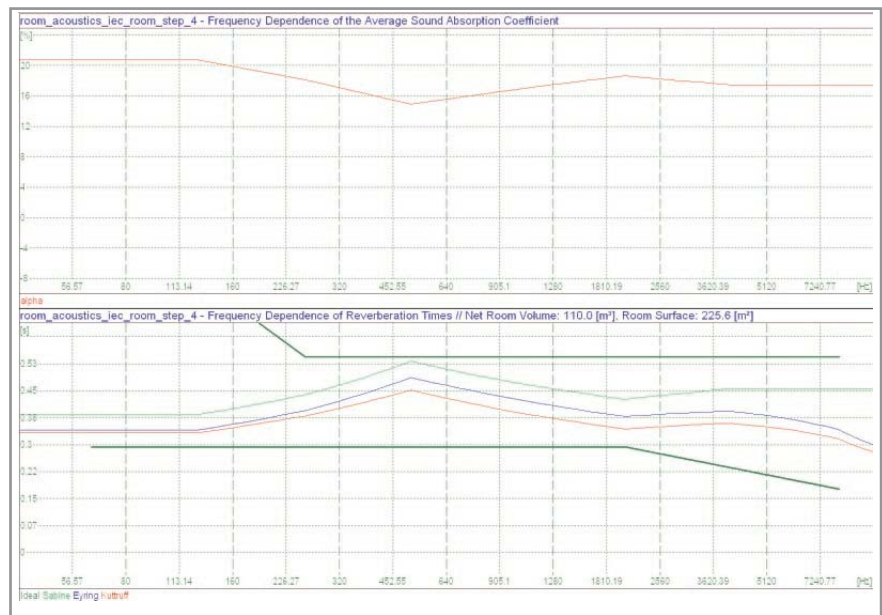
είναι της τάξης των εκατοντάδων mS, με τις συνηθισμένες τιμές να βρίσκονται στο διάστημα 300-600mS. Το λογικό ερώτημα, εδώ, είναι “ποιός χρόνος είναι ο σωστός;”. Για να απαντηθεί το ερώτημα αυτό, χρειάζεται να συνδέσουμε την αντίληψη με την αίσθηση που αποκοιμίζουμε από αυτήν. Ένας χώρος με μεγάλη αντίληψη ακούγεται μεγαλύτερος και πιο ζωντανός, ενώ ένας χώρος με μικρή αντίληψη ακούγεται μικρότερος, περισσότερο στεγνός και ακουστικά νεκρός, ή περισσότερο “γρήγορος”. Πέραν των προσωπικών προτιμήσεων εδώ, υπάρχουν και κάποια τεχνικά κριτήρια: Ένας χώρος πολύ ζωντανός δημιουργεί προβλήματα καταλληλότητας, καθώς οι διαδοχικές ηχητικές πληροφορίες επικαλύπτονται από τις αντιλήψεις. Στην ομιλία αυτό είναι, όντως, πρόβλημα κατανόησης του συνομιλητή. Στην μουσική, δημιουργείται σύγχυση στους ήχους οι οποίοι είναι από την φύση τους διαδοχικοί, όπως οι νότες του πιάνου, τα κρουστά, κ.λπ. Στο άλλο άκρο, ένας χώρος με πολύ μικρό χρόνο αντίληψης, ακούγεται μικρός και εξαιρετικά κουραστικός, ανεξαρτήτως των γεωμετρικών του διαστάσεων. Ο ανηχοϊκός θάλαμος είναι ένα καλό τέτοιο παράδειγμα και όσοι έχουν ακούσει μουσική μέσα σε έναν τέτοιο χώρο, δεν θα ήθελαν να το ξανακάνουν!

Κριτήρια καταλληλότητας

Οι ποιοτικές αυτές εκτιμήσεις συνοδεύονται και από συγκεκριμένες προδιαγραφές. Μια από τις πλέον διαδεδομένες είναι αυτή που περιγράφεται στην τεχνική έκθεση/σύσταση της EBU (EBU Tech. 3276) με την μορφή ενός διαστήματος που προβλέπει χρόνους 200-400mS στην περιοχή 200Hz-4kHz καθορίζοντας μάλιστα και συγκεκριμένα όρια. Στην πράξη, για οικιακούς χώρους ακρόασης μπορεί να χρησιμοποιηθούν και μεγαλύτερες τιμές, με τα 500mS να είναι αρκετά διαδεδομένα ως προτίμηση. Η οδηγία της EBU φέρνει στην επιφάνεια μια σειρά από ιδιαιτερότητες του RT60, όσον αφορά στους μικρούς χώρους. Πρώτον, αναφέρεται σε μέτρηση του συγκεκριμένου μεγέθους και όχι σε θεωρητικό προσδιορισμό του (μέσω, ας πούμε, της εξίσωσης Sabine), δεύτερον αναγνωρίζει διακύμανση του -κάτι που είναι και αναμενόμενο, δοθέντος του γεγονότος ότι και οι συντελεστές ηχοαπορρόφησης κυμαίνονται σε συνάρτηση με την συχνότητα και, τρίτον, επιβάλλει την μέτρηση μέσω συγκεκριμένων ηχείων. Τα παραπάνω, κάνουν τον καθορισμό του RT60 κατά EBU πρακτικώς χρήσιμο για τους εξής λόγους: Καταρχήν, η εξίσωση Sabine δεν ισχύει επακριβώς για μικρούς χώρους και -το χειρότερο- δεν μπορούμε να είμαστε βέβαιοι για την μορφή των αποκλίσεων. Ένας σημαντικός λόγος



Προγράμματα προσομοίωσης και αξιολόγησης της ακουστικής, συχνά προσφέρουν διαγράμματα όπου φαίνονται οι επιδόσεις ενός συγκεκριμένου χώρου όσον αφορά το RT60. Εδώ, ένας ιδιαίτερα “νεκρός” χώρος με έντονη ηχοαπορρόφηση στις υψηλές συχνότητες (που ξεπερνά το 30% πάνω από το 1.5kHz). Στο κάτω μέρος του διαγράμματος φαίνεται η υπέρθεση του κριτηρίου της EBU και των πραγματικών καμπυλών του RT60 (με τρεις διαφορετικούς υπολογισμούς). Είναι προφανές, ότι ο χώρος δεν πληροί το κριτήριο.

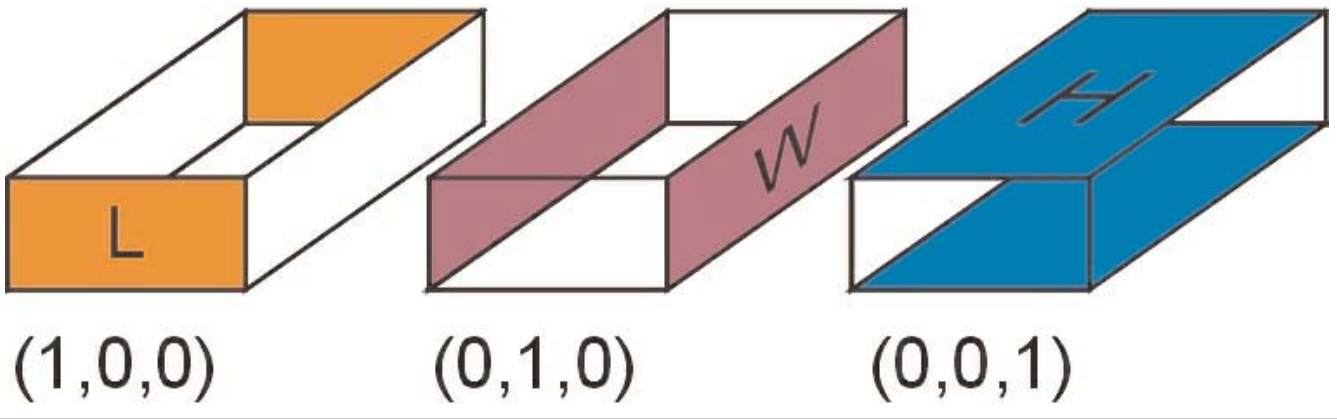


Αντιθέτως, με μικρές αλλαγές στα υλικά, ο ίδιος χώρος αποκτά μικρότερη και πιο ομαλή ηχοαπορρόφηση σε συνάρτηση με την συχνότητα κάτι που έχει ως αποτέλεσμα την άνετη κάλυψη του κριτηρίου της EBU. Αξίζει να παρατηρήσει κανείς ότι το peak στην ηχοαπορρόφηση αντιστοιχεί σε βύθιση στον χρόνο αντίληψης στην ίδια συχνότητα (κάτι, φυσικά, αναμενόμενο)

γιαυτό είναι η ύπαρξη έντονων στάσιμων κυμάτων στους μικρούς χώρους τα οποία όπως θα δούμε εισάγουν καθυστερήσεις στην απόσβεση του ήχου, αλλοιώνοντας τον θεωρητικό χρόνο που προκύπτει από την εξίσωση. Στην συνέχεια, από την στιγμή που η ηχοαπορρόφηση μεταβάλλεται σε συνάρτηση με την συχνότητα δεν μας αρκεί ένα “ξερό” νούμερο σε δευτερόλεπτα. Θα θέλαμε να γνωρίζουμε τον χρόνο αντίληψης σε ένα εύρος συχνοτήτων ώστε, αν θέλουμε, να μπορούμε να υπολογίσουμε μια μέση τιμή. Τέλος, η μέτρηση του χρόνου αντίληψης με βάση τη θεωρία, δεν είναι απλή υπόθεση. Η διαδικασία του ηχοβολισμού, όπως ονομάζεται, απαιτεί

ειδική ηχητική πηγή (η οποία να είναι αυστηρώς παντοκατευθυντική -και τα ηχεία δεν είναι). Η προδιαγραφή, αντιθέτως, “απαιτεί” συγκεκριμένο RT60 όπως τον μετράμε με τα ηχεία που θα χρησιμοποιήσουμε στην θέση που θα είναι κατά την λειτουργία του συστήματος! Συνοψίζοντας, όταν αναφερόμαστε στην αντίληψη ενός χώρου, αναφερόμαστε, πρακτικά, στις διαστάσεις του και την ηχοαπορρόφηση του. Ο θεωρητικός προσδιορισμός με την εξίσωση Sabine έχει ακρίβεια μόνον όταν ο χώρος είναι μεγάλος και μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές αποκλίσεις, όταν ο χώρος είναι μικρός. Ωστόσο, υπάρχουν κριτήρια

Πρώτοι Αξονικοί Ρυθμοί σε παραλληλεπίπεδο δωμάτιο



Τα όρια του χώρου που συμμετέχουν στην δημιουργία των τριών πρώτων αξονικών ρυθμών. Οι παράλληλοι τοίχοι οι οποίο χωρίζονται από την μεγαλύτερη διάσταση του χώρου είναι υπαίτιοι για τον ρυθμό (1,0,0), οι τοίχοι που καθορίζουν το πλάτος του χώρου για τον ρυθμό (0,1,0) και στο ζεύγος οροφή-δάπεδο οφείλεται ο ρυθμός (0,0,1)

καταλληλότητας για εφαρμογές σε μικρούς χώρους. Παρά το γεγονός ότι η αντήχηση μεταβάλλεται με την συχνότητα, δεχόμαστε ότι δεν απαιτείται διαφορετικός προσδιορισμός της ανάλογα με το μήκος κύματος. Αντιθέτως, όπως ήδη αναφέρθηκε, η υπόλοιπη συμπεριφορά του χώρου δεν ακολουθεί αυτή την βολική σύμβαση. Στις χαμηλές συχνότητες οφείλουμε να την εξετάσουμε χρησιμοποιώντας κυματική ακουστική, ενώ στις υψηλές, γεωμετρική ακουστική.

Χαμηλές συχνότητες και Στάσιμα Κύματα

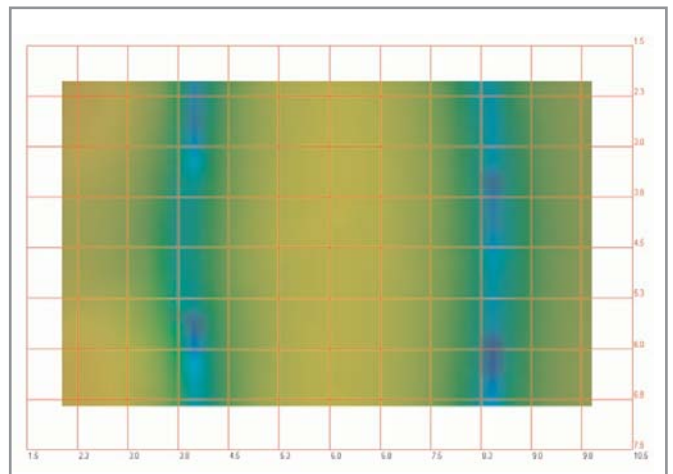
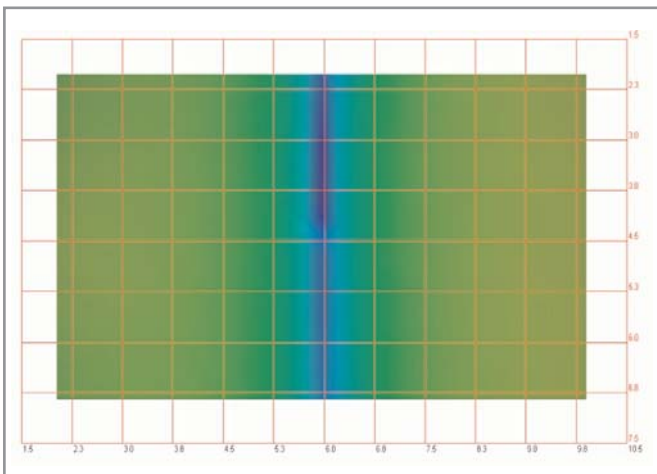
Αν υποθέσουμε ότι έχουμε ένα μηχανικό σύστημα του οποίου τα δομικά μέρη συνδέονται μεταξύ τους ελαστικά τότε για κάποια συγκεκριμένη διέγερση (και με δεδομένα τα χαρακτηριστικά των ελαστικών συνδέσμων και τις μάζες των μερών) το σύστημα αυτό θα εκτελέσει μια ιδιόμορφη κίνηση κατά την οποία το κάθε μέρος του εκτελεί αρμονική ταλάντωση με την ίδια

συχνότητα. Τότε, λέμε ότι έχουμε βρει ένα ιδιορυθμό (eigenmode), έναν φυσικό ρυθμό (normal mode) ή μια φυσική συχνότητα, ή συχνότητα συντονισμού του συστήματος. Καθώς τα μέρη του συστήματος ταλαντώνονται με την ίδια συχνότητα, βρίσκονται είτε σε φάση είτε σε αντίθεση φάσης, κάτι το οποίο σημαίνει ότι οι ταλαντώσεις που πραγματοποιούνται είναι οι μέγιστες δυνατές. Αν μοντελοποιήσουμε τον αέρα που περιέχεται μέσα σε έναν χώρο ως ένα σύνολο στοιχειωδών μαζών που συνδέονται μεταξύ τους ελαστικά, τότε έχουμε στα χέρια μας ένα πολύπλοκο μηχανικό σύστημα τριών διαστάσεων το οποίο θα παρουσιάζει ιδιορυθμούς. Από θεωρητικής πλευράς, οι ιδιορυθμοί εμφανίζονται ως οι λύσεις συστημάτων διαφορικών εξισώσεων με την χρήση πινάκων και χαρακτηρίζουν την συμπεριφορά (δηλαδή την γενική λύση) του συστήματος. Οι ιδιορυθμοί ενός χώρου στην ακουστική ονομάζονται στάσιμα κύματα. Έχοντας ως δεδομένο έναν χώρο

με συγκεκριμένη γεωμετρία ο αριθμός των στάσιμων κυμάτων που τον χαρακτηρίζουν είναι άπειρος, ωστόσο αυτοί που μας ενδιαφέρουν ιδιαίτερα είναι συγκεκριμένοι. Οι ιδιορυθμοί διεγείρονται από την ανάκλαση του ηχητικού κύματος στα όρια ενός χώρου και με το σκεπτικό αυτό μπορούμε να διακρίνουμε τρεις κατηγορίες: Τους αξονικούς ρυθμούς οι οποίοι διεγείρονται από δύο παράλληλους τοίχους, τους πλάγιους ρυθμούς οι οποίοι διεγείρονται από διαδοχικές ανακλάσεις στους τοίχους του χώρου και τους εφαπτομενικούς ρυθμούς οι οποίοι διεγείρονται από διαδοχικές ανακλάσεις τόσο στους τοίχους όσο και στην οροφή και στο δάπεδο του χώρου. Ταυτόχρονα, στον βασικό ιδιορυθμό (κάθε περίπτωσης) αντιστοιχεί ένα άπειρο πλήθος ιδιορυθμών που είναι πολλαπλάσιά του κατά την λογική των αρμονικών. Αυτό σημαίνει ότι δεν είναι δυνατόν να υπολογίσουμε όλους τους ιδιορυθμούς ενός χώρου, ούτε και το θέλουμε άλλωστε. Αυτοί που μας

Χρωματική κωδικοποίηση της εξέλιξης ενός ηχητικού πεδίου σε συνάρτηση με την συχνότητα σε έναν χώρο, όπως αυτή προβάλλεται στην κάτοψη. Οι έντονες χρωματικές περιοχές υποδηλώνουν σημεία υψηλής πίεσης ενώ οι πιο "ψυχρές" σημεία χαμηλής πίεσης. Εδώ φαίνεται ο πρώτος αξονικός ρυθμός κατά μήκος του χώρου...

... ο δεύτερος αξονικός ρυθμός, επίσης κατά μήκος...



ενδιαφέρουν είναι οι βασικοί (ή πρώτοι) ιδιορυθμοί και τα πρώτα τους πολλαπλάσια (δεύτερος, τρίτος και τέταρτος ιδιορυθμός) και, όσον αφορά την ακουστική μικρών και μάλιστα οικιακών χώρων, μόνον οι αξονικοί, επειδή αυτοί είναι που σε σημαντικό ποσοστό καθορίζουν την συμπεριφορά του χώρου στις χαμηλές συχνότητες, καθώς οι μεν εφαιπομενικοί έχουν στάθμες 3dB και οι δε πλάγιοι 6dB χαμηλότερα από τους αξονικούς. Πριν προχωρήσουμε στον υπολογισμό των ιδιορυθμών θα πρέπει, ίσως, να ασχοληθούμε με την φυσική τους υπόσταση: Είναι αρκετά δύσκολο να φανταστεί κανείς τον ιδιορυθμό ως φυσική έννοια ακόμη και σε δύο διαστάσεις μιας χορδής, πόσο μάλλον σε τρεις διαστάσεις του χώρου.

Στάσιμα Κύματα: Είδη και υπολογισμοί.

Ο υπολογισμός των ιδιορυθμών (δηλαδή -θυμίζω- των συχνοτήτων των στάσιμων κυμάτων που δημιουργούνται σε έναν συγκεκριμένο χώρο) βασίζεται σε μια απλή μαθηματική σχέση:

$$f = \left(\frac{c}{2}\right) \times \sqrt{\left(\frac{p^2}{L^2}\right) + \left(\frac{q^2}{W^2}\right) + \left(\frac{r^2}{H^2}\right)}$$

με το c=340.29m/sec, τα L, W, H να αντιστοιχούν στο μήκος, το πλάτος και το ύψος του χώρου και τα p, q, r να είναι ακέραιοι οι οποίοι παίρνουν τιμές 0,1,2,... Οι συνδυασμοί των p, q και r είναι φυσικά άπειροι και αυτό εκφράζει και το απειράριθμο των ιδιορυθμών. Ωστόσο, από τους συνδυασμούς τους μας ενδιαφέρουν συγκεκριμένοι: 1,0,0 -το στάσιμο κύμα που δημιουργείται κατά μήκος της μεγάλης διάστασης του χώρου, 1,0 – το στάσιμο κύμα που δημιουργείται κατά μήκος του πλάτους, 0,0,1 – το στάσιμο κύμα που δημιουργείται από το δάπεδο και την οροφή καθώς και τα πολλαπλάσιά τους

(2,0,0, 3,0,0, 0,3,0 κ.λπ) τα οποία αντιστοιχούν στους δεύτερους, τρίτους, κ.λπ τρόπους ταλάντωσης δηλαδή σε στάσιμα κύματα διπλάσιας, τριπλάσιας κ.λπ συχνότητας. Κατ'αναλογία, ο πρώτος εφαιπομενικός ιδιορυθμός (το στάσιμο κύμα από διαδοχικές ανακλάσεις στους τοίχους) θα είναι αυτό που αντιστοιχεί στον συνδυασμό (1,1,0) και το πρώτο πλάγιο στάσιμο κύμα, από διαδοχικές ανακλάσεις σε όλα τα όρια του χώρου, το (1,1,1). Η λύση της εξίσωσης είναι απλή: Απλώς αντικαθιστούμε τα p,q,r και L, H, W. Έτσι για ένα δωμάτιο συμβατό με τις απαιτήσεις του IEC (διαστάσεις 7.0x5.3x2.7m) οι πρώτοι αξονικοί ρυθμοί θα είναι: 24.3Hz, 32.1Hz και 63Hz.

Ελέγχοντας τους ρυθμούς: Διατάξεις και αναλογίες χώρων.

Ποιά είναι η χρησιμότητα ενός τέτοιου προσδιορισμού στάσιμων κυμάτων; Με δεδομένο ότι όπου υπάρχουν όρια στον χώρο υπάρχουν και στάσιμα κύματα, είναι αυτονόητο ότι δεν μπορούμε να τα καταργήσουμε, Μπορούμε όμως να επιλέξουμε χώρους με τέτοιες διαστάσεις ώστε οι συχνότητες των στάσιμων κυμάτων να είναι κατανομημένες, με αρκετή απόσταση μεταξύ τους ώστε να μην συμπίπτουν αλλά και αρκετά κοντά ώστε να μην μπορούμε να διακρίνουμε κάποιον ως διακριτή πηγή. Σύμπτωση δύο ή περισσότερων αξονικών ρυθμών σημαίνει μεγάλη ενίσχυση της συγκεκριμένης συχνότητας (καθώς και γειτονικών συχνοτήτων, εδώ έχουμε να κάνουμε με ένα φαινόμενο συντονισμού που χαρακτηρίζεται από ένα Q) και αυτό θέλουμε να το αποφύγουμε. Ένα πρώτο βήμα είναι να μην επιλέξουμε χώρους με δύο ή περισσότερες διαστάσεις ίδιες (δηλαδή τετράγωνους ή κυβικούς) ή και χώρους με διαστάσεις από τις οποίες η μια είναι ακέραιο πολλαπλάσιο της άλλης. Ενώ ένας κυβικός ή τετράγωνος

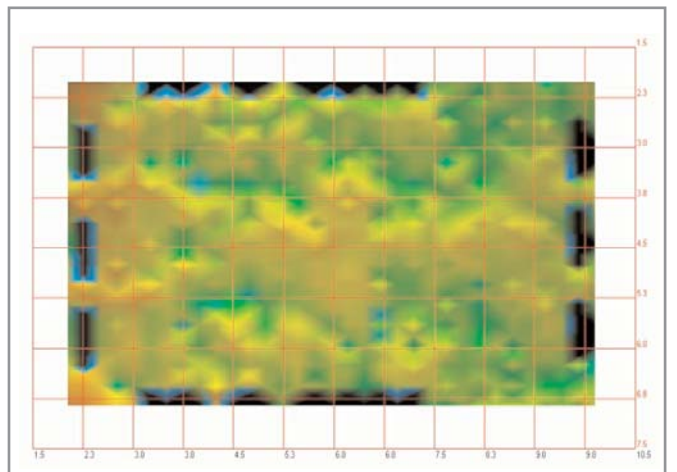
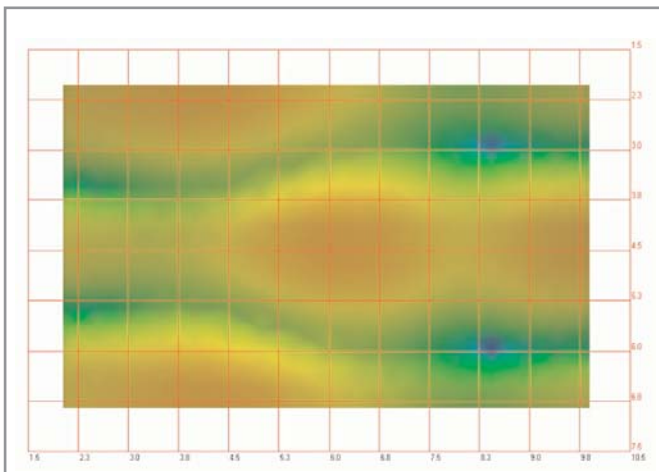
είναι σπάνιος, η κατηγορία των χώρων με πλευρές που είναι πολλαπλάσιες η μια της άλλης είναι υπαρκτή. Για παράδειγμα, ένας χώρος με μήκος 8m και πλάτος 4m, έχει πρώτους αξονικούς ρυθμούς 21 και 42Hz αντιστοίχως, οι οποίοι δεν μας ενοχλούν ιδιαίτερα. Ωστόσο, ο δεύτερος αξονικός ρυθμός που αντιστοιχεί στο μήκος είναι κι αυτός 42Hz! Αυτό είναι ένα πρόβλημα... Εννοείται, ότι η απόλυτη σύμπτωση δεν είναι το μόνο που μας ενδιαφέρει. Και η μερική σύμπτωση προκαλεί παρόμοια προβλήματα. Στην βιβλιογραφία συναντούμε δύο διαφορετικά κριτήρια για το θέμα αυτό: Σύμφωνα με τον Gilford, μια απόσταση μικρότερη των 20Hz μεταξύ των στάσιμων κυμάτων θεωρείται επαρκής ώστε αυτά να μην θεωρούνται ως πλήρως απομονωμένα με πιθανότητα να δημιουργήσουν έναν ιδιαίτερα έντονο χρωματισμό (χωρίς να τίθεται θέμα σύμπτωσης) ενώ το κριτήριο Bonello απαιτεί ως ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο γειτονικών ρυθμών μια διαφορά 5%.

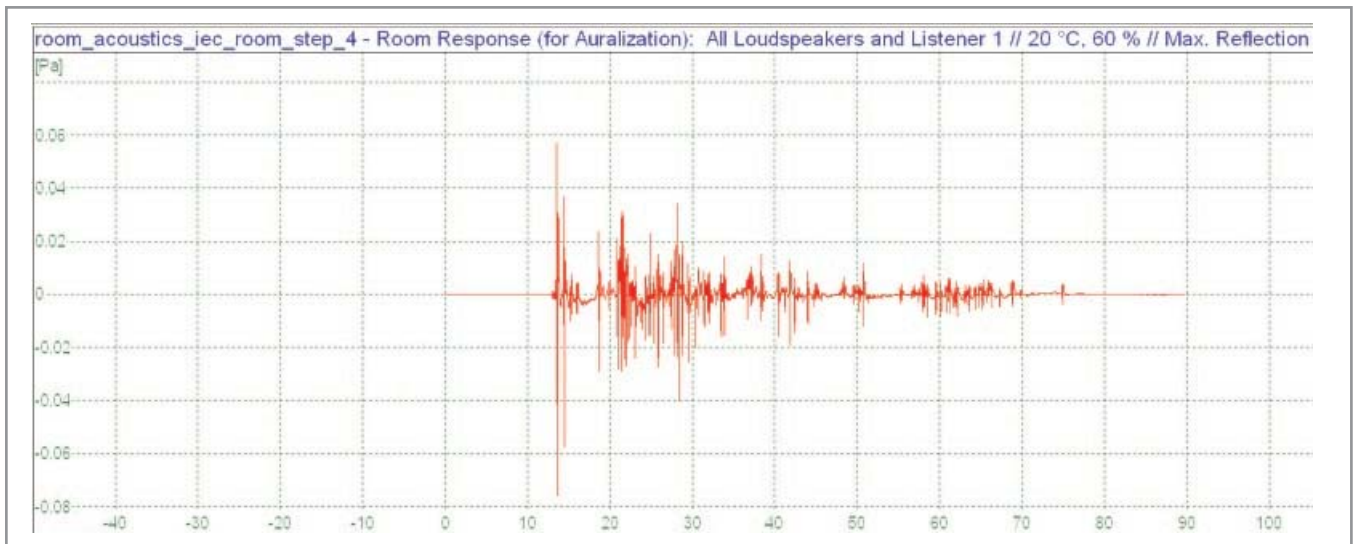
Κριτήρια Καταλληλότητας

Η προφανής λύση, επομένως, είναι να χρησιμοποιούμε χώρους με "περιέργες" αναλογίες, αλλά, υπάρχει και η κομψή προσέγγιση των κριτηρίων καταλληλότητας. Τα κριτήρια καταλληλότητας μας δίνουν αναλογίες χώρων που εμπειρικά έχουν αποδειχθεί ως καλοί. Υπάρχουν δε, αρκετά από αυτά, όπως φαίνεται και από τον σχετικό πίνακα που παρατίθεται. Μια γενίκευση όλων των παραπάνω, είναι η λεγόμενη περιοχή Bolt ένα διάγραμμα αναλογιών δύο διαστάσεων (πλάτους και μήκους) η οποία περιλαμβάνει τις περισσότερες από τις "καλές" αναλογίες και το οποίο μπορεί να βρεθεί στην βιβλιογραφία. Συνοψίζοντας, είναι σημαντικό να γίνει κατανοητό το ότι τα στάσιμα κύματα δεν είναι ένα "ατύχημα" του χώρου (δεν έχει

... ενώ εδώ μπορούμε να διακρίνουμε τον δεύτερο αξονικό ρυθμό κατά πλάτος. Είναι προφανές ότι στις αντίστοιχες συχνότητες δημιουργούνται χρωματισμοί, με έντονες κορυφώσεις της πίεσης...

...αντιθέτως, όταν το δωμάτιο αποκτήσει αναλογίες προβλεπόμενες από κάποιο κριτήριο (εδώ του IEC) η κατανομή των ιδιορυθμών γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε δεν έχουμε σημαντικά προβλήματα. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε μια εξομοίωση η οποία περιλαμβάνει δύο ηχεία και πραγματικές συνθήκες, τα στάσιμα κύματα είναι, προφανώς διαφοροποιημένα σε σχέση με μια μελέτη "στο χαρτί".





Ο τρόπος με τον οποίο εξελίσσεται η ηχητική πίεση σε συνάρτηση με τον χρόνο σε ένα διάγραμμα κρουστικής απόκρισης ενός χώρου. Προηγείται μια σιγή (περίπου 12mS) η οποία αντιστοιχεί στον χρόνο που απαιτείται προκειμένου να φτάσει στο μικρόφωνο (ή τον ακροατή) η πρώτη εκπομπή. Από εδώ μπορούμε να υπολογίσουμε την απόσταση της πηγής η οποία βρίσκεται στα 4m, περίπου. Αμέσως μετά την πρώτη άφιξη ακολουθούν οι ανακλάσεις, με την πρώτη να είναι πολύ ισχυρή και πολύ κοντά στην πρώτη άφιξη. Το διάγραμμα συνοδεύεται και από το αντίστοιχο διάγραμμα αντήχησης.

νόημα, δηλαδή να λείει κανείς “ο χώρος μου έχει στάσιμα κύματα”) επειδή είναι χαρακτηριστικό γνώρισμά του, από την στιγμή που έχει τοίχους! Ατυχές είναι είτε το γεγονός της σύμπτωσης στις συχνότητες των στασιμών κυμάτων που οφείλονται σε διαφορετικούς ιδιορυθμούς, είτε η ύπαρξη ενός εντελώς απομονωμένου ιδιορυθμού ο οποίος θα ακουστεί ως χρωματισμός. Και φυσικά δεν τελειώνουμε εδώ και τόσο απλά, επειδή αυτό που ακολουθεί είναι οι ανακλάσεις...

Τί είναι η ανάκλαση;

Στην πραγματικότητα, η ανάκλαση είναι ένα φαινόμενο που συμβαίνει κάθε φορά που ένα ηχητικό κύμα προσπίπτει σε ένα

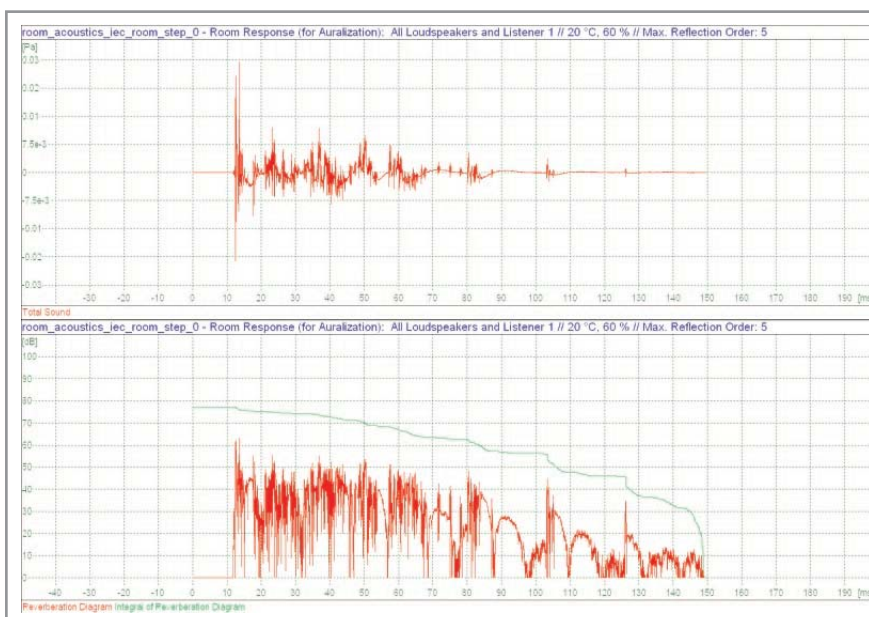
ακίνητο εμπόδιο. Ανακλάσεις είναι η αιτία και των στάσιμων κυμάτων, αλλά στο παρόν, ως ανακλάσεις θεωρούμε φαινόμενα τα οποία λαμβάνουν χώρα στην περιοχή συχνοτήτων “D”, εκεί δηλαδή όπου τα μήκη κύματος είναι αρκετά μικρά ώστε να εφαρμόζουμε τις αρχές της γεωμετρικής ακουστικής. Κάτω από το πρίσμα αυτό, μια ανάκλαση ηχητικού κύματος δεν είναι διαφορετική από την ανάκλαση μιας οπτικής ακτίνας: Θεωρούμε ότι ο ήχος διαδίδεται ευθύγραμμα και ότι όταν συναντήσει ένα ακλόνητο εμπόδιο υπό μια γωνία, αλλάζει κατεύθυνση, δηλαδή ανακλάται και επιστρέφει στον χώρο. Η γωνία ανάκλασης δηλαδή η γωνία που σχηματίζει η ηχητική ακτίνα που ανακλάται με την κάθετο στην επιφάνεια του εμποδίου

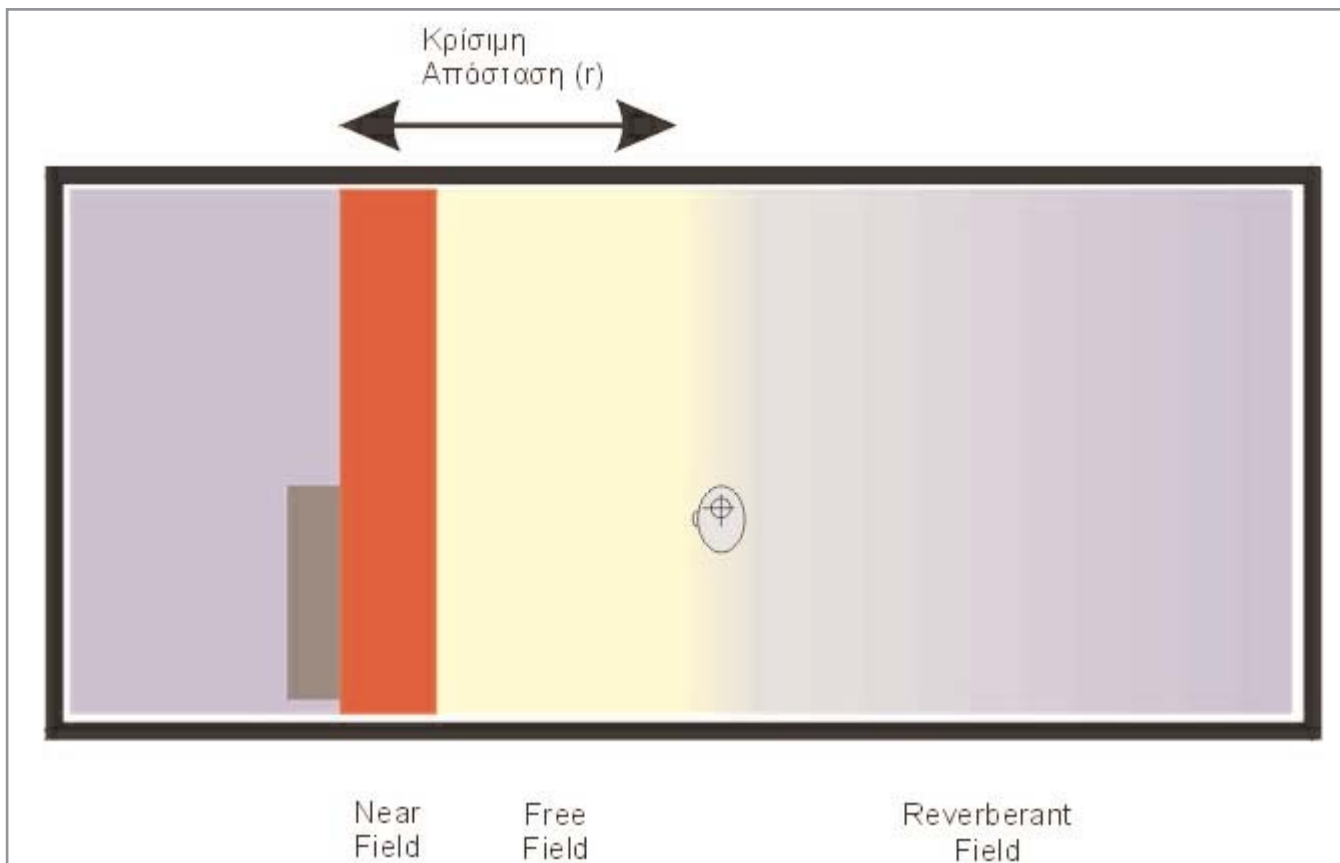
είναι ίση με την γωνία πρόσπτωσης, δηλαδή με την γωνία που σχηματίζει η ηχητική ακτίνα που φθάνει στο εμπόδιο με την κάθετο στην επιφάνειά του. Με βάση την περιγραφή αυτή, οι ηχητικές ανακλάσεις έχουν δύο σημαντικά χαρακτηριστικά: Πρώτον, έπονται, σε κάθε περίπτωση, της αρχικής ακτινοβολίας από το ηχείο (επειδή ακολουθούν οδό διαφορετική της ευθείας), κατά έναν χρόνο ο οποίος μπορεί να είναι ελάχιστος, μικρός ή και μεγάλος, ανάλογα με την διαδρομή που θα ακολουθηθεί και, δεύτερον, έχουν ένα συγκεκριμένο φάσμα (δηλαδή ένα περιεχόμενο σε συχνότητες) το οποίο μπορεί να είναι όμοιο ή και διαφορετικό σε σχέση με την αρχική εκπομπή. Έτσι, σε κάθε ανάκλαση που μελετάμε μπορούμε να αναγνωρίσουμε δύο στοιχεία: Την χρονική της καθυστέρηση σε σχέση με την αρχική εκπομπή και το αν περιλαμβάνει ή όχι όλες τις αρχικές συχνότητες. Και τα δύο αυτά χαρακτηριστικά είναι, όπως θα δούμε, σημαντικά.

Σε τί μας χρειάζονται οι ανακλάσεις

Ίσως, η αρχική εντύπωση να είναι ότι οι ανακλάσεις είναι ανεπιθύμητες γενικώς. Ωστόσο, η έρευνα έχει δείξει ότι αυτό δεν ισχύει. Κατ’ αρχήν οι ανακλάσεις που έχουν μικρούς χρόνους άφιξης δεν εμποδίζουν το ανθρώπινο αυτί να διακρίνει την πηγή του ήχου, επειδή λειτουργεί το φαινόμενο Haas (Precedence Effect). Αυτό συμβαίνει επειδή για ένα μικρό χρονικό διάστημα (50mS περίπου) από την αρχική εκπομπή, δεν είμαστε σε θέση να αντιληφθούμε κάθε ανάκλαση ως ξεχωριστή πηγή, με αποτέλεσμα η θέση της αρχικής πηγής να επιβάλλεται στο ακουστικό ερέθισμα. Στην συνέχεια, αρκετοί ερευνητές έχουν φέρει στην επιφάνεια δεδομένα με βάση τα οποία μπορεί να υποστηριχθεί ότι οι πρώιμες ανακλάσεις δημιουργούν μια αίσθηση αύξησης του μεγέθους της στερεοφωνικής εικόνας. Το αν αυτό είναι καλό, είναι φυσικά θέμα προτίμησης, αλλά -κατά πάσα

Ένας χώρος με καλύτερα χαρακτηριστικά έχει μια περισσότερο καθαρή κρουστική απόκριση.





πιθανότητα είναι οι πρώιμες ανακλάσεις που δημιουργούν μια εικόνα που εκτείνεται έξω από την περιοχή που ορίζουν τα δύο ηχεία καθώς επίσης και κατά μήκος του κάθετου άξονα δημιουργώντας την αίσθηση του “ύψους”. Ένα ακόμη σημείο στο οποίο φαίνεται ότι οι ανακλάσεις παίζουν τον ρόλο τους είναι και η ψευδαίσθηση του χώρου. Η ύπαρξη ανακλάσεων μπορεί να δημιουργήσει εύκολα την εντύπωση ότι ο ακροατής βρίσκεται κάπου “αλλού” και αυτό το εκμεταλλεύονται σχεδόν πάντοτε τα διάφορα συστήματα εικονικού surround. Δώστε εδώ σημασία στο εξής: Ο χρόνος

αντήχησης ενός χώρου είναι ένα μέτρο με βάση το οποίο αποφασίζουμε για το μέγεθος του, το είδος, το πλήθος και τα χαρακτηριστικά των ανακλάσεων καθορίζουν εν πολλοίς την ψευδαίσθηση του χώρου που προσπαθεί να δημιουργήσει μια ηχογράφηση. Η αντήχηση οφείλεται, βεβαίως, στις ανακλάσεις, αλλά, ένας δεδομένος χρόνος αντήχησης μπορεί να οφείλεται σε τελείως διαφορετικό είδος ανακλάσεων κι έτσι δύο χώροι με το ίδιο “φαινόμενο” μέγεθος να έχουν άλλες επιδόσεις σε στερεοφωνική εικόνα! Τέλος, η ύπαρξη ανακλάσεων, όσο και αν αυτό

Σχηματική αναπαράσταση του είδους των ηχητικών πεδίων που επικρατούν σε έναν χώρο (η πραγματικότητα δεν είναι τόσο σαφής...).

ακούγεται περίεργο, βοηθά στην αντίληψη μικρολεπτομερειών που κάτω από ανηχοϊκές συνθήκες δεν θα ακούγαμε: Έρευνες έχουν δείξει ότι η επανάληψη ενός ήχου (και η ανάκλαση είναι αυτό ακριβώς: μια επανάληψη) επιτρέπει στο ανθρώπινο αυτί να ακούσει συντονισμούς με χαμηλό Q που περιλαμβάνονται στον ήχο αυτό, βελτιώνοντας έτσι την ακρίβεια στην αντίληψη κάποιων ηχοχρωμάτων. Ίσως το χειρότερο πρόβλημα των ανακλάσεων να είναι τα διάφορα προβλήματα συμβολής που είναι δυνατόν να οφείλονται σε αυτές. Αν μια ανάκλαση είναι πολύ ισχυρή και η κατεύθυνσή της προσεγγίζει την κατεύθυνση της άμεσης ακτινοβολίας, τότε είναι δυνατόν να έχουμε φαινόμενα συμβολής. Τα φαινόμενα συμβολής μπορεί να έχουν την μορφή φίλτρου κτένας (comb-ing) όπου η απόκριση συχνότητας αποκτά έντονους λοβούς, επομένως προκαλεί, συνήθως ανεπιθύμητους, χρωματισμούς.

Near Field, Free Field, Far Field και λοιπές παρεξηγήσεις.

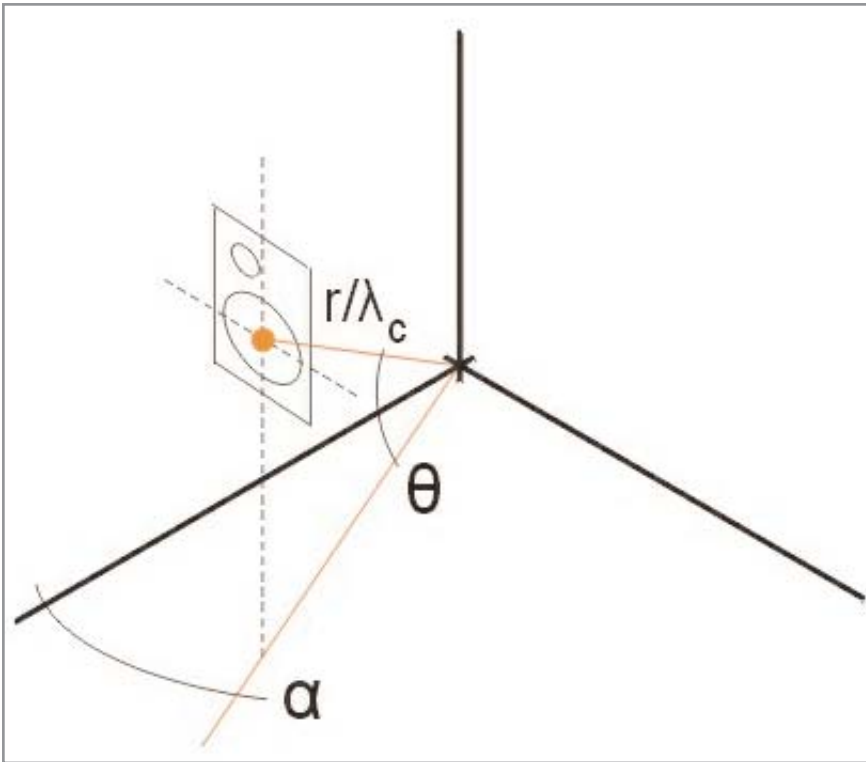
Όλα τα παραπάνω, είναι αρκετά θεωρητικά: Αντιμετωπίζουν μια ανάκλαση η οποία συμβαίνει σε διακριτό χρόνο (θεωρούμε ότι κάποια στιγμή ο ήχος διακόπτεται) και επάνω σε μια πεπερασμένη διαδρομή ευθύγραμμης διάδοσης. Ωστόσο, στη μουσική και στους πραγματικούς χώρους αυτό δεν υπάρχει: Τα ηχητικά κύματα

**ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΟΥ
ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΟΥ**

Κατά τον:	(Διαστάσεις, ύψος, πλάτος, μήκος)		
	H [m]	W [m]	L[m]
Sepmeyer (i)	1.00	1.14	1.39
Sepmeyer (ii)	1.00	1.28	1.54
Sepmeyer (iii)	1.00	1.60	2.33
Louden (i)	1.00	1.40	1.90
Louden (ii)	1.00	1.30	1.90
Louden (iii)	1.00	1.50	2.50
Volkmannn	1.00	1.50	2.50
Bonner	1.00	1.60	1.59

Τυποποιημένα δωμάτια:

IEC 60268 -13	2.70	5.30	7.00
IEC 60268 -13	2.80	4.20	6.70



Η θέση ενός ηχείου σε σχέση με όρια της στερεάς γωνίας που σχηματίζουν οι τοίχοι και το δάπεδο καθορίζεται από δύο γωνίες και μια απόσταση. Κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες είναι δυνατόν να προσδιοριστεί η βέλτιστη θέση. [06]

εξελίσσονται διαρκώς, και ο ακροατής γίνεται αποδέκτης άπειρων ανακλάσεων οι οποίες μπορεί να προέρχονται μέσα από εξαιρετικά σύνθετες διαδρομές μέσα στο χώρο. Είναι επομένως λογικό να μιλάμε για πεδίο ανακλάσεων και όχι για ανακλάσεις “σκέτο”. Πώς ακριβώς σχηματίζεται ένα τέτοιο πεδίο; Στην πραγματικότητα, με δεδομένη μια πηγή στον χώρο μας, το ηχητικό πεδίο μέσα στο οποίο βρίσκεται ο ακροατής μεταβάλλεται ανάλογα με την απόστασή του από την συγκεκριμένη πηγή και με τρόπο που εμμέσως καθορίζεται από τον χώρο. Σε πολύ μικρή απόσταση από το ηχείο, βρίσκεται το “εγγύς πεδίο” (near field). Πρόκειται για μια περιοχή η οποία καθορίζεται από το ίδιο το ηχείο (η ακτίνα της είναι περίπου ίση με την μεγαλύτερη διάσταση της πηγής) και δεν ισχύει η παραδοχή μας ότι ο ήχος διαδίδεται ομοιότροπα και με σφαιρικά κύματα. Επειδή, ακριβώς, η ακτίνα του εγγύς πεδίου σχετίζεται με τις φυσικές διαστάσεις της πηγής και ένα ηχείο έχει συνήθως δύο ή περισσότερα μεγάφωνα, δεν είναι καθόλου καλή ιδέα να ακούμε κάτω από συνθήκες near field. Φυσικά, η ύπαρξη near field monitors θέτει ένα ερώτημα... Στην πραγματικότητα, αυτό που οι επαγγελματίες και οι audiophiles ονομάζουν near field είναι το “ελεύθερο πεδίο” (free field ή direct field). Το πεδίο αυτό εκτείνεται μετά το “εγγύς” και για μια απόσταση η οποία συμβατικά καθορίζεται με βάση τον όγκο του χώρου και το RT60:

$$r = 0.1 \times \sqrt{\frac{V}{(\pi \times RT60)}}$$

με το V να μετράται σε m³ και το RT60 σε sec. Το r ονομάζεται και κρίσιμη απόσταση (critical distance, room distance). Σε αποστάσεις μικρότερες του r, ισχύουν τα γνωστά περί του ηχητικού πεδίου: Η διάδοση γίνεται σε σφαιρικά κύματα και ισχύει ο νόμος του αντιστρόφου τετραγώνου, δηλαδή η στάθμη μειώνεται κατά 6dB ανά διπλασιασμό της απόστασής μας από την πηγή. Επίσης εδώ δεν υπάρχουν ανακλάσεις ή για να είμαστε ακριβείς, η στάθμη των ανακλάσεων είναι πολύ μικρότερη από την στάθμη του άμεσου ήχου (ή λόγος του εξ ανακλάσεων πεδίου προς το άμεσο πεδίο είναι πολύ μικρός) και μπορούμε να τις αγνοήσουμε στην πράξη. Η κρίσιμη απόσταση, καθορίζει μια περιοχή του χώρου όπου το άμεσο πεδίο και το εξ ανακλάσεων πεδίο είναι ίσα (ως προς την στάθμη). Σε αποστάσεις μεγαλύτερες της κρίσιμης βρίσκεται το πεδίο αντήχησης (reverberant field ή far field). Εδώ επικρατούν οι ανακλάσεις του χώρου, δεν ισχύει ο νόμος του αντιστρόφου τετραγώνου και ο χαρακτήρας του ήχου καθορίζεται από το είδος και την μορφή των ανακλάσεων αυτών. Τι σημαίνουν όλα αυτά στην πράξη; Ότι σε κάθε χώρο, με δεδομένα τα ηχεία τα οποία βρίσκονται τοποθετημένα, σε συγκεκριμένες θέσεις οι επιλογές μας ως προς το τί θα ακούσουμε είναι καθορισμένες: Το μέγεθος των ηχείων, οι δρόμοι τους και η θέση των μεγαφώνων τους καθορίζουν το -απαγορευτικό- near field του οποίου το πέρασ σε συνδυασμό με την κρίσιμη απόσταση καθορίζουν μια

περιοχή όπου ο ακροατής δεν θα δεχτεί έντονες ανακλάσεις και ο ήχος καθορίζεται κυρίως από την ανηχοϊκή απόκριση του ηχείου. Ωστόσο, μη φανταστείτε ότι το free field είναι κάτι ιδιαίτερα ρεαλιστικό: Για ένα δωμάτιο IEC 60268-13, με αντήχηση 500mS η κρίσιμη απόσταση δηλαδή το σημείο όπου το ελεύθερο πεδίο “τελειώνει” είναι μόλις 80 εκατοστά του μέτρου! Αν ο χώρος γίνει οριακά νεκρός κατά EBU (δηλαδή το RT60 πέσει στα 200mS) η απόσταση αυτή γίνεται 1.3 μέτρα. Μιλάμε, δηλαδή για πραγματικά “κοντινές” ακροάσεις! Σε ένα κλασικό στήσιμο όπου τα ηχεία απέχουν 2 μέτρα μεταξύ τους και από τον ακροατή και θέλουμε ο χρόνος αντήχησης να παραμείνει στα 500mS, οι διαστάσεις του χώρου που χρειαζόμαστε για να επιτύχουμε ακροάσεις free field είναι (περίπου) 12.0x19.0x2.7m...

Έχουν οι ανακλάσεις απόκριση συχνότητας; το Χαλί και η Πολική Απόκριση

Με βάση τα παραπάνω, είναι προφανές ότι η συντριπτική πλειοψηφία των ακροάσεων γίνεται λίγο ή περισσότερο μέσα στο πεδίο αντήχησης του χώρου. Αυτό σημαίνει πώς ό,τι αποκομίζει ο ακροατής είναι ένας συνδυασμός άμεσου και ανακλώμενου ήχου, οπότε τίθεται το θέμα: Πόσο ρόλο παίζει το φάσμα των ανακλάσεων στο τελικό αποτέλεσμα. Μελέτες έχουν δείξει ότι τα θετικά στοιχεία που προσφέρουν οι -ειδικά οι πρώιμες- ανακλάσεις και αναφέρθηκαν στην αρχή αυτής της ενότητας, διατηρούνται μόνο όταν ο ανακλώμενος ήχος έχει το ίδιο φάσμα με τον αρχικό. Σε αντίθετη περίπτωση, υπάρχει κίνδυνος οι ανακλάσεις να εκλαμβάνονται ως διαφορετικά γεγονότα οπότε -για παράδειγμα- το φαινόμενο Haas δεν λειτουργεί. Αυτό, φέρνει στην επιφάνεια ένα σύνθετο πρόβλημα: Αν αποφασίσουμε να “ρυθμίσουμε” την ηχητική συμπεριφορά του χώρου με κάποια υλικά, θα πρέπει να εξασφαλίσουμε ότι η απορρόφηση ή η διάχυση που εισάγουν είναι η ίδια για όλες τις συχνότητες, η τουλάχιστον για τις συχνότητες που μας ενδιαφέρουν στην περιοχή “D”. Αν αυτό δεν συμβαίνει, η συμπεριφορά τους θα είναι συμπεριφορά φίλτρου και οι ανακλάσεις θα αποκτήσουν διαφορετικό φάσμα από τον αρχικό ήχο. Αυτός είναι και ο λόγος που η τοποθέτηση ενός οποιουδήποτε, τυχαίου, χαλιού δεν “φτιάχνει” πάντοτε τον ήχο σε έναν χώρο: Το δάπεδο μπροστά από τα ηχεία είναι η αιτία μιας πολύ πρώιμης ανάκλασης (ίσως και της πρώτης) και αν το φάσμα της δεν είναι πλήρες δημιουργεί περισσότερα προβλήματα από όσα λύνει. Το υλικό που θα χρησιμοποιηθεί εκεί, θα πρέπει να δημιουργεί -κυριολεκτικά- μια ακουστική οπή, να απορροφά δηλαδή πλήρως το κύμα ή έναν άμογο διαχυτή, να το διαχέει

δηλαδή προς όλες τις κατευθύνσεις. Τέλος, το γεγονός ότι οι ανακλάσεις δημιουργούνται και από την εκπομπή του ηχείου εκτός άξονα βάζουν στην εξίσωση και την πολική απόκριση του ηχείου αυτού. Η πολική απόκριση ενός ηχείου είναι μια μέτρηση που δείχνει τον τρόπο με τον οποίο μεταβάλλεται η απόκριση συχνότητάς του σε συνάρτηση με την γωνία μέτρησης (ως προς τον ακουστικό άξονα). Ηχεία με καλή πολική απόκριση είναι ηχεία τα οποία εκπέμπουν με τον ίδιο τρόπο προς ένα μεγάλο εύρος κατευθύνσεων και τηρουμένων όσων ειπώθηκαν για τα υλικά ρύθμισης της ακουστικής, δημιουργούν ένα πεδίο ανακλάσεων με φάσμα παρόμοιο της αρχικής, επί του άξονα, εκπομπής. Αυτό, με την σειρά του, σημαίνει ότι ο ακροατής μπορεί να κάτσει μακριά τους, δηλαδή πέρα από την κρίσιμη απόσταση και μέσα στο πεδίο αντήχησης και να αναμένει τα θετικά στοιχεία που οι ανακλάσεις προσφέρουν. Αντιθέτως, ένα κατευθυντικό ηχείο, δηλαδή ένα ηχείο του οποίου η απόκριση συχνότητας διαφοροποιείται αισθητά με την γωνία, δεν δημιουργεί ένα καλό πεδίο ανακλάσεων και θα πρέπει να ακούγεται στην περιοχή του ελεύθερου πεδίου ή όσο πιο “ρηχά” στην περιοχή του πεδίου αντήχησης (δηλαδή κοντά στην κρίσιμη απόσταση).

Συνοψίζοντας, οι ανακλάσεις δεν είναι ένα αρνητικό στοιχείο του χώρου ακρόασης αφού το ακουστικό μας σύστημα είναι προσαρμοσμένο στην ύπαρξή τους και μπορεί να εξάγει σημαντικές πληροφορίες από την παρουσία τους. Στην πράξη, δεν μιλάμε για ανακλάσεις αλλά για πεδίο ανακλάσεων το οποίο μεταβάλλεται ανάλογα με την απόσταση από την πηγή και με τα χαρακτηριστικά του χώρου. Η θέση μας σε σχέση με τα ηχεία υπαγορεύεται από το πόσο θέλουμε οι ανακλάσεις να συμμετέχουν στο ακουστικό

ερέθισμα, αλλά και από τις ιδιότητες του ηχείου. Τούτων λεχθέντων, απομένει μια ακόμη και τελευταία σημαντική ερώτηση: Πώς (διάβολο) επιλέγουμε τελικώς έναν χώρο, πώς τοποθετούμε τα ηχεία μέσα σε αυτόν και πώς κάνουμε τις τελικές μικρορυθμίσεις;

Η επιλογή του χώρου: Στάσιμα Κύματα

Και φθάνουμε στο “δια ταύτα”... Πως επιλέγει κανείς τον χώρο όπου θα εγκαταστήσει το σύστημά του; Είναι κατανοητό ότι στις περισσότερες περιπτώσεις δεν τίθεται θέμα “επιλογής”. Ο χώρος είναι δεδομένος, οι δυνατότητες επέμβασης ελάχιστες, επομένως τα προβλήματα, επίσης, δεδομένα. Αν, όμως, ανήκετε στους τυχερούς που μπορούν να επιλέξουν, τότε είναι προφανές ότι θα πρέπει να καταλήξετε σε έναν χώρο του οποίου οι αναλογίες προσεγγίζουν ή ταυτίζονται με κάποιες από τις προτεινόμενες. Ο χώρος θα πρέπει να είναι κατά το δυνατόν συμμετρικός, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι θα πρέπει να είναι παραλληλεπίπεδος. Ωστόσο, να θυμάστε ότι αν οι τοίχοι σχηματίζουν γωνίες διαφορετικές των 90 μοιρών ή/και η οροφή είναι επικλινή, θα πρέπει να γνωρίζετε ότι οι αναλύσεις της βιβλιογραφίας δεν ισχύουν ενώ τα στάσιμα κύματα και οι ανακλάσεις εξακολουθούν, βεβαίως, να υφίστανται!

Χρόνος αντήχησης, Χειροκρότημα και Flutter Echo

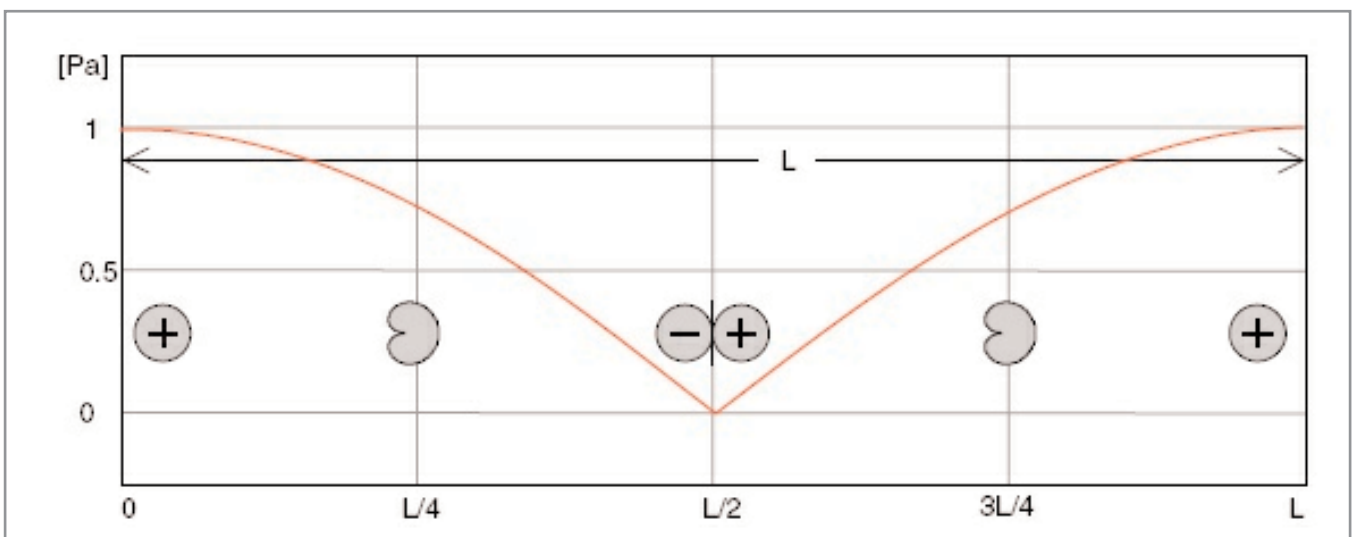
Έχοντας έναν χώρο με τις σωστές αναλογίες, εξασφαλίζεται -μέσα σε λογικά πλαίσια- ότι δεν θα υπάρχουν έντονοι χρωματισμοί στις χαμηλές συχνότητες. Το επόμενο βήμα σας θα πρέπει να είναι ο έλεγχος του χρόνου αντήχησης. Αυτός εξαρτάται σχεδόν απόλυτα από την

επίπλωση του χώρου. Όσο πιο “γεμάτος” είναι με καθημερινά έπιπλα, βιβλία ο χώρος, κ.λπ τόσο μικρότερος θα είναι ο χρόνος αντήχησης. Όσο πιο άδειος, με γυμνές και σκληρές επιφάνειες, τόσο πιο ζωντανός. Στόχος σας θα πρέπει να είναι το μέτρο: Ένα συμβατικό καθιστικό, χωρίς υπερβολές στη διακόσμηση και τον εξοπλισμό του έχει συνήθως αποδεκτό χρόνο αντήχησης. Ένα καλό εμπειρικό εργαλείο είναι το... χειροκρότημα. Κτυπήστε τα χέρια σας και ακούστε προσεκτικά: Αν ο ήχος σβήνει σβέλτα (αλλά όχι γρήγορα!), τότε είστε σε καλό δρόμο. Αν αργεί, είστε πάνω από το επιθυμητό. Αν η απόσβεση δεν ακούγεται ή ακούγεται λίγο, ο χώρος έχει μικρότερο χρόνο αντήχησης του δέοντος. Το χειροκρότημα είναι πολύ πιθανόν να φέρει στην επιφάνεια ένα ακόμη δυσάρεστο φαινόμενο: Το flutter echo, το οποίο οφείλεται στην διαδοχική ανάκλαση ενός κύματος σε δύο παράλληλες επιφάνειες που βρίσκονται κοντά η μια στην άλλη. Κάτι σαν στάσιμο κύμα, αλλά στην περιοχή “D”!. Το flutter echo δεν είναι ευχάριστο και εμφανίζεται συχνά σε διαμερίσματα όπου η οροφή είναι χαμηλή. Ο μόνος τρόπος να λύσετε το πρόβλημα είναι να “σπάσετε” τις παράλληλες επιφάνειες τοποθετώντας πρόσθετα υλικά. Θυμηθείτε, βεβαίως τα περί του φάσματος των ανακλάσεων και μή βάλετε ό,τι “αφρολέξ” βρείτε μπροστά σας!

Ηχεία, Διέγερση Ρυθμών σε έναν χώρο, ο χώρος ως φορτίο του ηχείου και η μέθοδος Ballagh

Τώρα που ο χώρος είναι σωστός “στα χαρτιά”, έχει δηλαδή σωστές αναλογίες και τον αποδεκτό χρόνο αντήχησης, είναι καιρός να ασχοληθείτε με τα ίδια τα ηχεία. Τα φαινόμενα από εδώ και πέρα σχετίζονται με αυτά και την θέση τους στο χώρο. Η γεωμετρία ενός δικαναλικού συστήματος είναι δεδομένη και δεν (πρέπει να) αλλάζει: Ηχεία και ακροατής δημιουργούν ένα ισόπλευρο τρίγωνο (με μέγιστο μήκος πλευρών τα 4m). Αλλά πού θα πρέπει να

Η τοποθέτηση ενός ηχείου επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο ενεργοποιούνται τα στάσιμα κύματα σε έναν χώρο. Αν θέλουμε την μέγιστη διέγερση θα πρέπει να τοποθετήσουμε τα παντοκατευθυντικά (στις χαμηλές συχνότητες) ηχεία κοντά σε τοίχους και τα δίπολα σε περιοχές χαμηλής πίεσης, δηλαδή μακριά από τοίχους. Για την ειδική περίπτωση των ηχείων με καρδιοειδή απόκριση, διαβάστε το [14]



τοποθετηθούν τα ηχεία; Η θέση των ηχείων σε σχέση με τα όρια του χώρου έχει να κάνει με δύο σημαντικές παραμέτρους: Το πώς το ηχείο συζεύγνυται με τους ιδιορυθμούς του χώρου αυτού και το πώς ο συγκεκριμένος χώρος φορτίζει το ηχείο. Η σύζευξη ηχείου-χώρου σχετίζεται με το πώς το ηχείο διεγείρει τους ιδιορυθμούς: Τα κλασικά ηλεκτροδυναμικά ηχεία είναι πηγές πίεσης και η τέλεια σύζευξή τους απαιτεί να τοποθετηθούν σε περιοχές όπου τα στάσιμα κύματα αποκτούν τις μέγιστες τιμές πίεσης τους, κάτι που συμβαίνει πάντα κοντά σε τοίχους. Αντιθέτως, τα planar (μαγνητοστατικά και ηλεκτροστατικά) ηχεία είναι πηγές ταχύτητας και για να

ΠΙΝΑΚΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΗΧΕΙΟΥ ΜΕ ΤΟΝ ΚΑΝΟΝΑ ΤΟΥ BALLAGH

Q Ηχείου	θ	α	r/λ_c
1.414	40	25	0.400
1.000	25	30	0.400
0.707	20	30	0.315
0.500	30	15	0.200

συζευχθούν σωστά με τους ιδιορυθμούς θα πρέπει να τοποθετηθούν σε περιοχές μεγάλης ταχύτητας (που αντιστοιχούν σε περιοχές μικρής πίεσης στον χώρο, δηλαδή σε δεσμό του στάσιμου κύματος), οι οποίες βρίσκονται μακριά από τοίχους. Τί θα συμβεί αν ένα ηχείο τοποθετηθεί σε μια θέση διαφορετική από την ιδανική; Η ανάλυση που έχει γίνει για τα στάσιμα κύματα δεν μας είναι τόσο χρήσιμη (επειδή αυτή προβλέπει πλήρη διέγερση) και το αποτέλεσμα θα είναι απρόβλεπτο, αλλά όχι κατ'ανάγκη κακό!). Αυτή η προσέγγιση μάλιστα, δηλαδή η πειραματική μετακίνηση των ηχείων σε διάφορα σημεία του χώρου είναι και η πιο απλή λύση στην περίπτωση που οι αναλογίες του τελευταίου προσιωνίζονται προβλήματα από την σύμπτωση ιδιορυθμών, σε μια προσπάθεια να μην γίνεται η διέγερσή τους.

Όσον αφορά στον τρόπο με τον οποίο ο χώρος φορτίζει το ηχείο, αυτός έχει να κάνει με την αντίσταση ακτινοβολίας που "βλέπει" ένα μεγάφωνο από τα ηχητικά κύματα που ανακλώνται και επιστρέφουν πίσω σε αυτό. Εργασίες γύρω από το θέμα έχουν επιδείξει και θεωρητικά αυτό που γνωρίζουμε από την πράξη: Η θέση ενός ηχείου σε σχέση με τα τρία επίπεδα που καθορίζουν μια στερεά γωνία του χώρου επηρεάζει την απόκρισή του στις χαμηλές συχνότητες. Η απόσταση από τον πίσω και τον πλαγίο τοίχο καθώς επίσης και από το δάπεδο (αν το ηχείο είναι βάσης) μπορούν να βρεθούν εμπειρικά, αν όμως έχετε επιλέξει ένα ηχείο κλειστού τύπου, του οποίου η απόκριση στο κάτω όριο είναι δεύτερης τάξης τότε υπάρχει και θεωρητικό εργαλείο: Η θέση ενός τέτοιου ηχείου μπορεί να καθοριστεί από δύο

γωνίες και μια ακτίνα, όπως περιγράφονται στον πίνακα (και το σχετικό σχήμα). Εκεί, ο όρος λ_c είναι το μήκος κύματος που αντιστοιχεί στην συχνότητα συντονισμού του ηχείου και είναι $\lambda_c = c/f_c$, όπου f_c η συχνότητα συντονισμού σε Hz και c η ταχύτητα του ήχου.

Η κατοπτρική συμμετρία στα ηχεία

Ένα σημείο άξιο αναφοράς είναι η σχετική θέση των ηχείων όταν αυτά είναι κατοπτρικά συμμετρικά. Η συνήθης κατοπτρική συμμετρία αφορά την θέση των τουίτερς τα οποία βρίσκονται εγγύτερα σε κάποια από τις ακμές της καμπίνας (σε μια προσπάθεια να μειωθεί η ταυτόχρονη εκπομπή κυμάτων από περιθλαση και να βελτιωθεί η στερεοφωνική εικόνα). Στην περίπτωση αυτή, τα ηχεία θα πρέπει να τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να βρίσκονται στο "εσωτερικό" του sound stage. Ο λόγος είναι ότι με τον τρόπο αυτό η ακτινοβολία τους επηρεάζεται λιγότερο από την ακτινοβολία των μονάδων των μεσαίων και των χαμηλών συχνοτήτων.

Οι Ανακλάσεις και η Διαχείρισή τους

Με τα ηχεία στη θέση τους, είναι -επιτέλους- η κατάλληλη στιγμή να ασχοληθείτε με τις ανακλάσεις. Αυτό που σας ενδιαφέρει πρωτίστως είναι οι πρώιμες ανακλάσεις, δηλαδή οι ηχητικές ακτίνες που φθάνουν σε εσάς μετά από μία μόνο ανάκλαση. Αυτές είναι εύκολο να τις βρείτε με έναν καθρέπτη! Μετακινώντας τον καθρέπτη σε επαφή με κάθε όριο (τοίχο, δάπεδο και οροφή) "πέφτετε" πάνω σε μια πρώιμη ανάκλαση κάθε φορά που, ενώ βρίσκεστε στη θέση ακρόασης, βλέπετε στον καθρέπτη το είδωλο του τουίτερ ενός από τα ηχεία σας. Εννοείται ότι δεν θα κοιτάτε μόνο μπροστά, επειδή σε αντίθεση με τα μάτια, τα αυτιά λειτουργούν και για ερεθίσματα γύρω και πίσω σας! Όπως ήδη ειπώθηκε, το πιθανότερο είναι οι ανακλάσεις αυτές να λειτουργούν θετικά για το συνολικό ερέθισμα. Αν όμως για κάποιο λόγο θέλετε να τις μειώσετε (για παράδειγμα επειδή έχετε απαιτήσεις για την βέλτιστη στερεοφωνική εικόνα) τότε, σε πρώτη φάση, μπορείτε να μετακινηθείτε εγγύτερα στα ηχεία σας, προσπαθώντας να μπειτε στο free field. Αν κάτι τέτοιο δεν γίνεται τότε μπορείτε να ασχοληθείτε με την καταστολή τους. Η καταστολή μιας ανάκλασης απαιτεί την τοποθέτηση ενός υλικού στο σημείο όπου γίνεται η ανάκλαση αυτή, με την προϋπόθεση ότι το υλικό θα απορροφήσει το σύνολο της ενέργειας και δεν θα δημιουργήσει, απλώς μια ανάκλαση με διαφορετικό φάσμα. Μια απλή "αβγοθήκη" είναι, συνήθως, ανεπαρκής. Υπολογίστε χονδρικά, ότι στην περιοχή "D" πλήρης

απορρόφηση μιας προσπίπτουσας ακτίνας σημαίνει πετροβάμβακα πάχους μισού μέτρου και άνω! Από την άλλη, αντί της απορρόφησης μπορείτε να δοκιμάσετε την διάχυση. Η σχεδίαση διαχυτών είναι μια πολύ ειδική διαδικασία αλλά υπάρχουν αρκετά προϊόντα που -ίσως- είναι κατάλληλα. Τέλος, αν η πολιική απόκριση του ηχείου σας το επιτρέπει μπορείτε να πειραματιστείτε με θέσεις ακρόασης πέραν της κρίσιμης απόστασης. Συνήθως, μάλιστα, η σωστή θέση (με βάση τον κανόνα του ισοπλεύρου τριγώνου) είναι αρκετά βαθιά μέσα στο πεδίο αντήχησης. Πολλοί ακροατές προτιμούν τέτοιες θέσεις. Συνοψίζοντας, αν θέλει κανείς να έχει πλήρη έλεγχο της ακουστικής του χώρου όπου θα ακούει μουσική, στα μέτρα του δυνατού, τότε θα πρέπει να ξεκινήσει από τις σωστές αναλογίες. Εν συνέχεια θα πρέπει να ρυθμίσει (μέσω των αντικειμένων και της επίπλωσης) τον χρόνο αντήχησης, να τοποθετήσει τα ηχεία σωστά και να ρυθμίσει τις ανακλάσεις που θα προκύψουν. Η χρήση πρόσθετων υλικών για ακουστικές επεμβάσεις, ασφαλώς δεν αποκλείεται να πρέπει όμως να αποτελέσει την τελευταία λύση.

Για περισσότερο διάβασμα:

01. Εγχειρίδιο Ακουστικής, F. Alton Everest, Εκδόσεις Τζόλα, 1998
02. Fundamentals of Acoustics, R.Kinsler, A. Frey, A. Coppens, J. Sanders, Wiley, 1982
03. Effects of Loudspeaker Placement on Listener Preference Ratings, S.E. Olive, P.L.Schuck, S.L. Sally, M.E. Bonneville, JAES Vol.42 No.9
04. The Detection Of Reflections in Typical Rooms, S.E. Olive, F.E. Toole, JAES Vol.37 No.7/8
05. The Acoustics and Psychoacoustics of Loudspeakers and Rooms, F.E. Toole, AES 109th Convention preprint
06. Optimum Loudspeaker Placement Near Reflecting Planes, K.O. Ballagh, JAES Vol.31, No.12
07. A New Criterion for the Distribution of Normal Modes, O.J. Bonello, JAES Vol.29, No.9
08. Loudspeakers And Rooms for Sound Reproduction – A Scientific Review, F.E. Toole, JAES, Vol.54, No. 6
09. Listening conditions for the assessment of sound programme material, EBU Tech 3276 -snd Edition, May 1998
10. Oscillating Membrane Simulation Java Applet, Paul Falstad's Home page, <http://www.falstad.com/membrane/>, (τελευταία πρόσβαση: 29/09/2008)
11. The Acoustic Design of Talks Studios and Listening Rooms, C.L. Gilford, JAES Vol.27, No.1/2
12. Sengpiel Audio (Eberhard Sengpiel), Absorption coefficients α of Building Materials and Finishes, <http://www.sengpielaudio.com/calculator-RT60Coeff.htm>, (τελευταία πρόσβαση: 29/09/2008)
13. The beneficial coupling of cadioid low frequency sources to the acoustic of small rooms, L. Ferekidis, U. Kempe, AES 116th Convention preprint
14. Συζήτηση στο avmentor forum: <http://www.avmentor.eu/forum/showthread.php?t=314> (απαιτείται login).

avmentor

URL: <http://www.avmentor.gr>, ©Ακράεις Εκδόσεις 2009