

## ΒΕΣ 04 - Συμπίεση και Μετάδοση Πολυμέσων



# Ήχος:

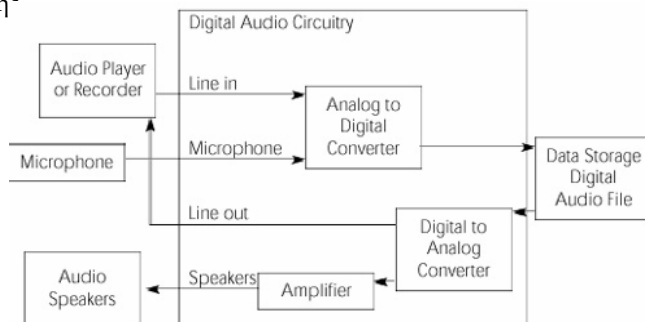
## Εισαγωγή, Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου (PCM, ADPCM)

- \* Εισαγωγή
- Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Εισαγωγή



- ◇ Το παρακάτω σχήμα περιγράφει τους δυνατούς τρόπους
- ◇ δημιουργίας
- ◇ αποθήκευσης και
- ◇ αναπαραγωγή ψηφιακού ήχου



- Εισαγωγή
- Ο Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Ο Ήχος από φυσική άποψη



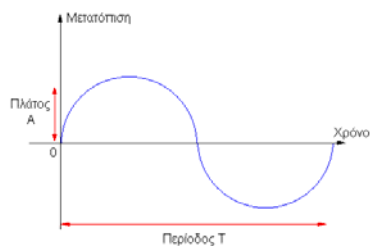
- ◇ Από φυσική άποψη ένας ήχος παράγεται από μεταβολές της πίεσης που μεταδίδονται σε ένα μέσο που μπορεί να συμπιεστεί.
- ◇ Ο ακριβής μηχανισμός διαφέρει από περίπτωση σε περίπτωση οι βασικές αρχές της μετάδοσης και παραγωγής ήχων παραμένουν οι ίδιες:
  - ◇ Τα μόρια όλων των φυσικών σωμάτων προτιμούν να κρατούν σταθερές αποστάσεις από τα γειτονικά τους μόρια.
  - ◇ Όταν για οποιονδήποτε λόγο τα μόρια σε μία περιοχή συμπιεστούν και επομένως οι αποστάσεις μεταξύ τους μικρύνουν, τα μόρια της περιοχής επιδιώκουν να επανέλθουν στην αρχική τους κατάσταση συμπιέζοντας με τη σειρά τους τα μόρια των γειτονικών τους περιοχών κ.ο.κ.
  - ◇ Με αυτό τον τρόπο δημιουργούνται σε ένα μέσο μεταβολές πίεσης που μεταδίδονται με μία ορισμένη ταχύτητα.
  - ◇ Οι συγκεκριμένες μεταβολές αποτελούν ένα ηχητικό κύμα.
  - ◇ Όταν οι μεταβολές αυτές φτάσουν στο αυτί μας θέτουν ένα ολόκληρο μηχανισμό από μεμβράνες και οστά σε ταλάντωση και διεγείρουν κατάλληλα ορισμένα νευρικά κύτταρα με αποτέλεσμα το αίσθημα της ακοής

- Εισαγωγή
- Ο Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Ο Ήχος από φυσική άποψη (II)



- ◇ Συνοπτικά:
  - ◇ Ήχος
    - ◇ Δόνηση των μορίων ενός μέσου
    - ◇ Διάδοση ακουστικού κύματος στο μέσο όπου συμβαίνει η δόνηση.
    - ◇ Μεταβολές πίεσης (πυκνώματα και αραιώματα) που μεταδίδονται με μια ορισμένη ταχύτητα
- ◇ Συχνότητα
  - ◇ Δονήσεις (κύκλοι)/sec [Hz]
  - ◇ Ανθρώπινη ακοή 20 - 20000 Hz
- ◇ Ένταση
  - ◇ Ισχύς της δόνησης
  - ◇ Καθορίζεται από το πλάτος της δόνησης



- Εισαγωγή
- \* Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Δημιουργία ήχου



- ◇ Η ανθρώπινη φωνή παράγεται από ένα συνδυασμό ταλαντώσεων των φωνητικών χορδών που προκαλούν την ταλάντωση του αέρα που βρίσκεται στους πνεύμονες, στο λαιμό, στο στόμα και στα ιγμόρια.
  - ◇ **Pitch** => Βασική συχνότητα ομιλίας (τόνος) – Βασική συχνότητα ταλάντωσης των φωνητικών χορδών
  - ◇ **Timbre** => Χροιά (αρμονικές συχνότητες εξαιτίας των ανακλάσεων των ταλαντώσεων στους πνεύμονες, λαιμό, στόμα κλπ.) – Εξαρτάται από την ανατομία του ρινολαρυγγολογικού τμήματος του ανθρώπινου σώματος
  - ◇ Ο ήχος μιας κιθάρας ή ενός βιολιού προέρχεται από την **ταλάντωση μιας χορδής** του οργάνου που θέτει σε παλινδρομική κίνηση τον αέρα που βρίσκεται στο αντηχείο του οργάνου.
    - ◇ Η **χροιά του ήχου** που παράγουν τα περισσότερα μουσικά όργανα εξαρτάται από το σχήμα και τις υπόλοιπες **φυσικές ιδιότητες του αντηχείου** τους.

- Εισαγωγή
- \* Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Χαρακτηριστικά ήχου



- ◇ **Συχνότητα & Ύψος**
  - ◇ Αν θέλαμε να περιγράψουμε τον ήχο που παράγουν δύο πνευστά μουσικά όργανα όπως η τρομπέτα και η τούμπα θα παρατηρήσαμε ότι παρόλο που και τα δύο είναι παρόμοια όργανα, η τρομπέτα παράγει πιο ψηλούς (οξείς) ήχους από την τούμπα. Το **ύψος του ήχου είναι ένα υποκειμενικό χαρακτηριστικό που σχετίζεται με ένα αντικειμενικό χαρακτηριστικό, τη συχνότητα.**
- ◇ **Ένταση**
  - ◇ Όσο μεγαλύτερη η ένταση τόσο μεγαλύτερη η δύναμη με την οποία τα μόρια του αέρα χτυπούν στο τύμπανο του αυτιού
  - ◇ Μεγαλύτερη ένταση σημαίνει δυνατότερος ήχος

- Εισαγωγή
- Ο Ήχος από φυσική άποψη
- ★ Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

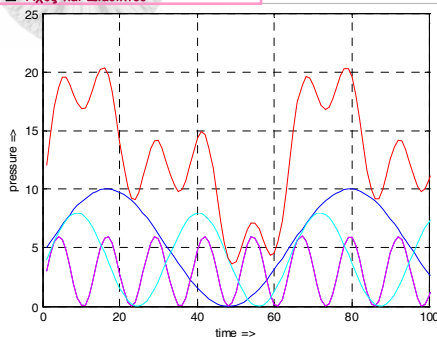
## Συχνότητα και Ύψος



- ◇ Η συχνότητα ενός ημιτονικού ηχητικού σήματος αντιστοιχεί στον αριθμό επαναλήψεων της συνάρτησης ημιτόνου ανά δευτερόλεπτο και μετριέται σε κύκλους ανά δευτερόλεπτο ή Hertz (Hz).
- ◇ Ο συγκεκριμένος ορισμός της συχνότητας στηρίζεται στο γεγονός ότι το ημίτονο είναι μία περιοδική συνάρτηση. Στην πράξη πολλοί λίγοι ήχοι στη φύση είναι περιοδικοί επομένως ο ορισμός της συχνότητας που δώσαμε δε θα μπορούσε να εφαρμοστεί για την πλειονότητα των ηχητικών σημάτων αν **δεν ίσχυε ότι κάθε ήχος μπορεί να αναλυθεί σε ένα άθροισμα κατάλληλων ημιτονικών σημάτων.**
- ◇ Το γεγονός ότι υπάρχει μία τέτοια ανάλυση μας επιτρέπει να αναφερόμαστε στο **φάσμα συχνοτήτων (frequency spectrum)** ενός ηχητικού σήματος που αποτελεί ένα διάγραμμα του πλάτους που έχει κάθε συχνότητα που περιέχεται στο σήμα μας.

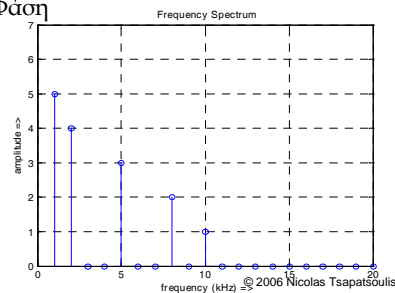
- Εισαγωγή
- Ο Ήχος από φυσική άποψη
- ★ Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Συχνότητα και Ύψος (II)



Στο διπλανό διάγραμμα το κόκκινο σήμα αναλύεται σε άθροισμα πέντε ημιτονικών (επιδεικνύονται μόνο τα τρία πρώτα) σημάτων με διαφορετικό:

- ◇ Πλάτος
- ◇ Συχνότητα
- ◇ Φάση



- Εισαγωγή
- ◊ Ήχος από φυσική άποψη
- ★ Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Συχνότητα και Ύψος (III)

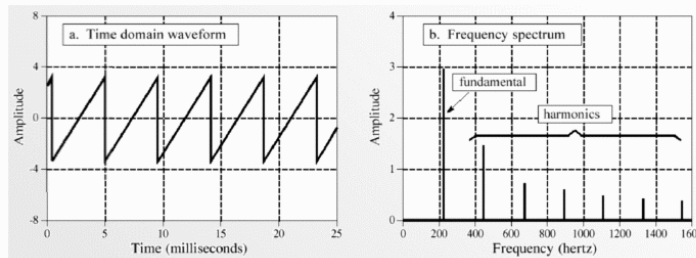


- ◊ Κάθε ήχος μπορεί να αναλυθεί σε ένα άθροισμα ημιτονικών συναρτήσεων με διάφορα πλάτη και φάσεις και με συχνότητες οι οποίες είναι ακέραια πολλαπλάσια μιας **θεμελιώδους συχνότητας (fundamental frequency - pitch)**.
- ◊ Οι συχνότητες αυτές ονομάζονται αρμονικές (harmonic frequencies) και το πλήθος και το σχετικό τους πλάτος είναι σε μεγάλο βαθμό υπεύθυνες για το **υποκειμενικό αίσθημα της χροιάς** ενός ήχου.
- ◊ Η **αρμονική συχνότητα με το μεγαλύτερο πλάτος** καθορίζει και το ύψος (οξύτητα) του ήχου.
- ◊ Από τα ανωτέρω είναι φανερό ότι η αντιστοιχία μεταξύ ύψους και συχνότητας δεν ισχύει πάντα.
  - ◊ Για παράδειγμα το ύψος αρκετά δυνατών ήχων συνήθως είναι χαμηλότερο από ότι το ύψος ασθενών ήχων με την ίδια συχνότητα.
- ◊ Για να γίνει αντιληπτός ένα ήχος από το ανθρώπινο αυτί θα πρέπει να έχει συχνότητες μεταξύ 20 και 20000 Hz.

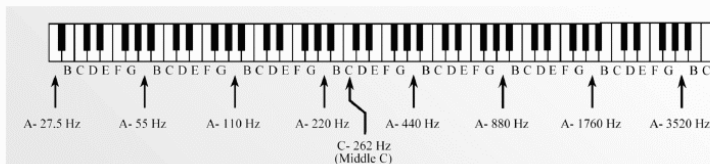
© 2006 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- ◊ Ήχος από φυσική άποψη
- ★ Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Συχνότητα και Ύψος (IV)



Violin waveform. A bowed violin produces a sawtooth waveform, as illustrated in (a). The sound heard by the ear is shown in (b), the fundamental frequency plus harmonics.



The Piano keyboard. The keyboard of the piano is a logarithmic frequency scale, with the fundamental frequency doubling after every seven white keys. These white keys are the notes: A, B, C, D, E, F and G.

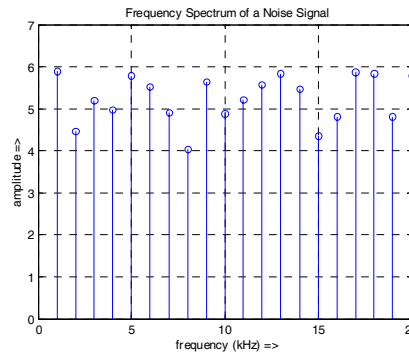
patsoulis

- Εισαγωγή
- Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Θόρυβος



- ◇ Ένα ηχητικό σήμα που διαθέτει ένα πλήρες σύνολο συχνοτήτων ονομάζεται θόρυβος (noise).
- ◇ Η τεχνική χρήση του όρου θόρυβος είναι αρκετά διαφορετική από την καθημερινή χρήση του:
  - ◇ Ένα δυνατός οξύς ήχος που στην καθημερινή ζωή θα τον χαρακτηρίζαμε ως θόρυβο έχει ένα αρκετά καθορισμένο φάσμα συχνοτήτων και επομένως δεν αποτελεί θόρυβο με την τεχνική σημασία του όρου



© 2006 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Ένταση



- ◇ Η υποκειμενική αίσθηση της έντασης ενός ήχου είναι συνδεδεμένη με την ισχύ του ηχητικού σήματος που διεγείρει το αυτί μας.
  - ◇ Η κύρια αιτία για την οποία ήχοι έχουν διαφορετικές εντάσεις είναι ότι πνέζουν με διαφορετική δύναμη το τύμπανο του αυτιού μας.
- ◇ Τα ηλεκτρικά σήματα έχουν και αυτά ισχύ, η στιγμιαία τιμή της οποίας είναι ανάλογη του τετραγώνου των διαφορών τάσης που προκαλούν στο μέσο στο οποίο διαδίδονται.
  - ◇ Η ολική ισχύ ενός ηλεκτρικού σήματος προέρχεται από την άθροιση όλων των στιγμιαίων τιμών της ισχύος στη μονάδα του χρόνου.
  - ◇ Η μέση τιμή της ισχύος στην περίπτωση αυτή είναι ανάλογη της μέσης τιμής του αθροίσματος των τετραγώνων των διακριτών τιμών από τις οποίες συντίθεται το σήμα μας.

© 2006 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- ◊ Ήχος από φυσική άποψη
- ★ Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Ένταση (II)



- ◊ Μπορούμε να κάνουμε συγκρίσεις μεταξύ σημάτων βασισμένοι στην ισχύ τους. Για να συγκρίνουμε την ισχύ δύο ηχητικών σημάτων συγκρίνουμε το λόγο των ισχύων τους:
- ◊ Για δύο σήματα με ισχύ  $P_A$  &  $P_B$ , η διαφορά έντασης είναι:  
(Διαφορά Έντασης) =  $10 \log(P_A/P_B)$  (σε db - Decibel)
- ◊ Μια αύξηση της τάξης των 3db αντιστοιχεί σε **διπλασιασμό της έντασης**.  
Ενώ μια αύξηση 30db αντιστοιχεί σε **1000σμό**.
- ◊ Η ανθρώπινη ακοή ταιριάζει με την λογαριθμική κατανομή:
  - ◊ Η υποκειμενική αίσθηση μεταξύ των εντάσεων δύο ήχων δεν εξαρτάται από την απόλυτη τιμή της διαφοράς τους αλλά από το λόγο τους
  - ◊ Πχ. αύξηση της έντασης από 2 → 4  $\mu\text{Watt}/\text{m}^2$  είναι το ίδιο με την αύξηση από 5 → 10  $\mu\text{Watt}/\text{m}^2$
  - ◊ Χοντρικά, 1 db είναι η μικρότερη αντιληπτή διαφορά στην ένταση ενός ήχου (loudness), ανεξάρτητα του επιπέδου αναφοράς.
  - ◊ Μέγιστη αντοχή στα 120db. Σε τι αντιστοιχεί;
  - ◊ Πόσο είναι ένα σήμα 0db;

© 2006 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- ◊ Ήχος από φυσική άποψη
- ★ Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Ένταση (III)



- ◊ Η ένταση μειώνεται ανάλογα με το τετράγωνο της απόστασης.
- ◊ Η ένταση του ισχυρότερου ήχου που μπορούμε να αντέξουμε είναι  $10^{12}$  φορές μεγαλύτερη από τον ασθενέστερο ήχο που μπορούμε να αντιληφθούμε.
- ◊ Η ένταση ενός ήχου δίνεται από τη σχέση:  
 $\text{Ένταση} = (\text{Πλάτος Πίεσης})^2 / 2\rho c$  ( $\text{watt} / \text{m}^2$ )
  - ◊  $\rho$  = η πυκνότητα του μέσου στο οποίο διαδίδεται ο ήχος
  - ◊  $c$  = η ταχύτητα του ήχου στο μέσο
- ◊ Ο ασθενέστερος ήχος που μπορούμε να αντιληφθούμε στον αέρα είναι:  $0.6 \times 10^{-12} \text{ watt}/\text{m}^2$ 
  - ◊ Τα db spl (sound pressure level) εκφράζουν την ένταση του ήχου σε σχέση με την ένταση του ασθενέστερου ήχου που μπορούμε να αντιληφθούμε

© 2006 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Ήχος από φυσική άποψη
- ★ Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

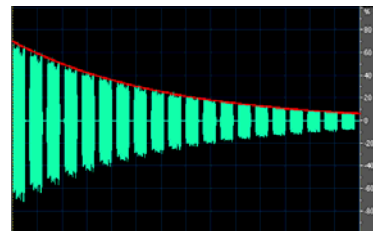
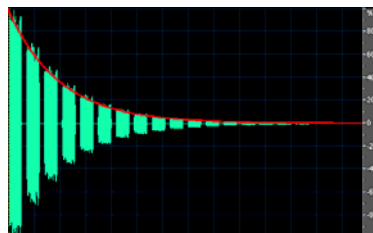
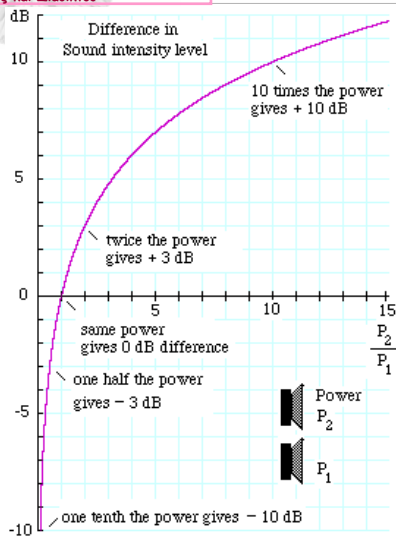
## Μονάδα db (decibel)



- ◇ Σχετική διαφορά ισχύος δύο ήχων =  $10 \log (P/P_0)$  σε db
  - ◇  $P$  η τιμή ισχύος του ήχου
  - ◇  $P_0$  τιμή αναφοράς (ήχους αναφοράς)
  
- ◇ Το decibel είναι «σχετική» μονάδα → συγκρίνει το μετρούμενο μέγεθος ( $P$ ) με μία στάθμη αναφοράς ( $P_0$ )
  - ◇ Ίδια ισχύς  $P = P_0 \rightarrow$  Διαφορά = 0 db
  - ◇ Διπλασιασμός της ισχύος  $P = 2P_0$  σημαίνει αύξηση κατά 3 db

- Εισαγωγή
- Ήχος από φυσική άποψη
- ★ Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Μονάδα db (II)



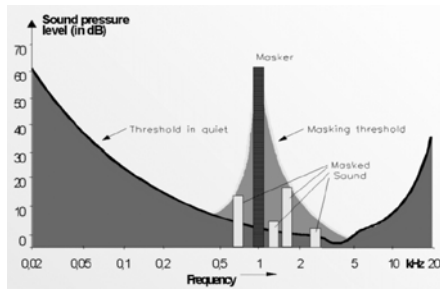


- Εισαγωγή
- Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- ★ Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

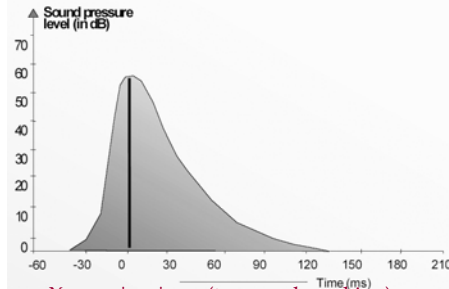
## Αισθήσεις και παραισθήσεις



- ◇ Το ανθρώπινο αυτί έχει την ικανότητα να 'αναπληρώνει' κάποιες αρμονικές συχνότητες ακόμα κι αν αυτές δεν υπάρχουν στον μεταδιδόμενο ήχο,
- ◇ Ή να αγνοεί κάποιες συχνότητες ακόμα κι όταν αυτές υπάρχουν
- ◇ Οι ιδιότητες αυτές συχνά καλύπτουν τις αδυναμίες του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή και μετάδοση του ήχου



Φασματική σκίαση (spectral masking)



Χρονική σκίαση (temporal masking)

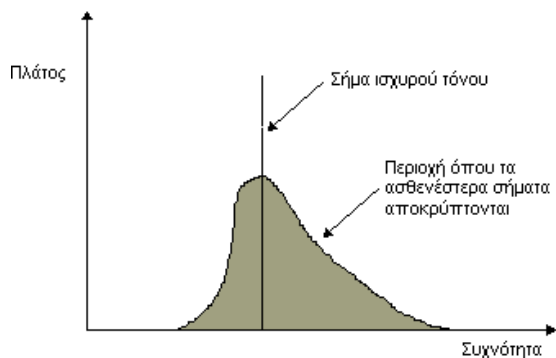
© 2006 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- ★ Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Ηχητική Σκίαση (auditory masking)



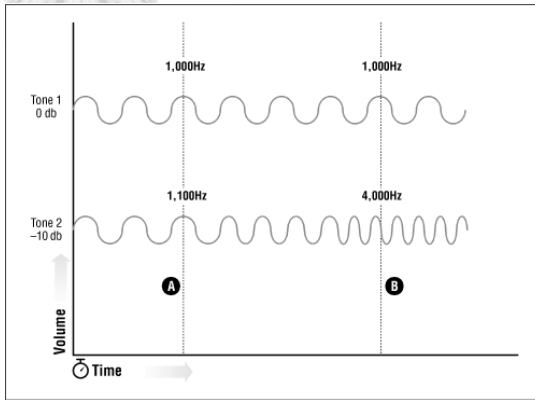
- ◇ Συχνότητες χαμηλής έντασης κοντά σε μια συχνότητα υψηλής έντασης (κυρίαρχη) δεν ακούγονται
- ◇ Το κατώφλι ακουστότητας μιας συχνότητας ποικίλει ανάλογα με τη συχνότητα και τον ακροατή



© 2006 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- ★ Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπύεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Ηχητική Σκίαση συχνότητων (spectral masking)



Παράδειγμα:

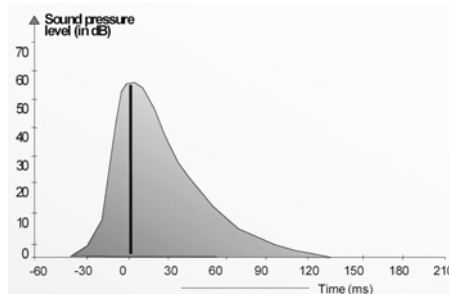
- ◇ Ισχυρή συχνότητα 1000 Hz
- ◇ Ασθενής συχνότητα (-10 db) 1100 Hz
- ◇ Δεν γίνεται αντιληπτή παρά μόνον αν η ασθενέστερη συχνότητα αυξηθεί σημαντικά πχ. 4000 Hz

- Εισαγωγή
- Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- ★ Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπύεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Ηχητική Σκίαση στο χρόνο (temporal masking)



- ◇ Ταυτόχρονη αναπαραγωγή ισχυρής και ασθενούς συχνότητας → η ασθενής δεν γίνεται αντιληπτή
  - ◇ Η ασθενής μπορεί να γίνει αντιληπτή αν «καθυστερήσει» σε σχέση με την ισχυρή
  - ◇ Για καθαρούς τόνους (συχνότητες) η χρονική διάρκεια της διαφοράς αναπαραγωγής είναι ~ 5 msec



- Εισαγωγή
- Ο Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- ★ Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπύεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Στερεοφωνικός ήχος



- ◇ Από τις μεγαλύτερες ψευδαισθήσεις στην αντίληψη του ήχου είναι η στερεοφωνία
  - ◇ Το μυαλό αντιλαμβάνεται την πηγή ενός ήχου βάσει των διαφορών ανάμεσα στα σήματα που λαμβάνει το αριστερό και δεξί αυτί
  - ◇ Αν είναι διαφορετικά τα 2 σήματα έχουμε τη ψευδαίσθηση του χώρου.
  - ◇ Αν πανομοιότυπα σήματα φτάσουν και στα 2 αυτιά τότε ο εγκέφαλος το μεταφράζει σαν η πηγή να βρίσκεται ακριβώς μπροστά.
- ◇ Ο προσδιορισμός της κατεύθυνσης από την οποία εκπέμπεται ένας ήχος στηρίζεται στην εκτίμηση τριών μεγεθών που καθορίζουν τη θέση της ηχητικής πηγής ως προς τη θέση του ακροατή:
  - ◇ του **αζιμουθίου** (azimuth) δηλ. της οριζόντιας γωνίας που σχηματίζει η ηχητική πηγή με τη θέση του ακροατή,
  - ◇ της **απόστασης ή της ταχύτητας** για σταθερές ή κινούμενες πηγές αντίστοιχα,
  - ◇ του **ζενιθ** (zenith) δηλ. του ύψους ή της κάθετης γωνίας που σχηματίζει η πηγή με τον ακροατή.

© 2006 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Ο Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- ★ Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπύεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Προσομοίωση αζιμουθίου



- ◇ Η προσομοίωση του αζιμουθίου μιας ηχητικής πηγής μπορεί να γίνει με τη χρήση τουλάχιστον δύο ηχείων A, B και τη μεταβολή της έντασης του ήχου που παράγει καθένα από αυτά.
  - ◇ Για παράδειγμα ο ακροατής έχει την αίσθηση ότι ένας ήχος προέρχεται από τη θέση στην οποία βρίσκεται το A όταν η ένταση του A έχει μη μηδενική τιμή και η ένταση του B είναι ίση με το μηδέν.
  - ◇ Η μεταβολή της οριζόντιας θέσης του ήχου γίνεται δυνατή με την εφαρμογή της μεθόδου της **οριζόντιας μετατόπισης (panning)**.

© 2006 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- ◯ Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- ★ Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Φαινόμενο Doppler



- ◊ Το φαινόμενο Doppler περιγράφει τη μεταβολή της του ύψους (αντιλαμβανόμενης συχνότητας) του ήχου που παράγεται από μια ηχητική πηγή που κινείται σε σχέση με τη θέση του ακροατή.
- ◊ Για παράδειγμα, όταν στεκόμαστε στην άκρη του δρόμου, ο ήχος της μηχανής ενός αυτοκινήτου που κινείται προς εμάς με μεγάλη ταχύτητα γίνεται όλο και πιο οξύς όσο το αυτοκίνητο πλησιάζει τον ακροατή, ενώ το ύψος του συνεχώς ελαττώνεται όσο το αυτοκίνητο απομακρύνεται από εμάς.
- ◊ Το ύψος  $Y$  του ήχου που γίνεται αντιληπτό στην περίπτωση αυτή είναι ανάλογο της ακτινικής ταχύτητας της πηγής προς τον παρατηρητή και δίνεται από τον τύπο:
 
$$Y = f \frac{v_s}{v_s - v_r}$$
- ◊ όπου  $f$  η πραγματική συχνότητα του ηχητικού σήματος,
- ◊  $v_s$  η ταχύτητα του ήχου και
- ◊  $v_r$  η ακτινική ταχύτητα της πηγής σε σχέση με τον ακροατή.

© 2006 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- ◯ Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- ★ Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Προσομοίωση Ζενιθ



- ◊ Η προσομοίωση του ζενιθ που αντιστοιχεί σε μια ηχητική πηγή επιτυγχάνεται με την εφαρμογή φίλτρων στο ηχητικό σήμα τα οποία μεταβάλλουν το φάσμα συχνοτήτων του σήματος κατά τρόπο ανάλογο των μεταβολών που επιφέρουν οι ανακλάσεις του ήχου στο κεφάλι και στους ώμους του ακροατή.
- ◊ Οι μεταβολές αυτές διαφέρουν από ακροατή σε ακροατή καθώς εξαρτώνται από τις διαστάσεις των κεφαλιών και των ώμων τους.
- ◊ Η απόκριση συχνότητας των συγκεκριμένων φίλτρων ονομάζεται συνάρτηση μεταφοράς κεφαλής (head-related transfer function ή HRTF) και για την επίτευξη ενός ικανοποιητικού βαθμού πιστότητας θα πρέπει να αντιστοιχεί στα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου ακροατή.

© 2006 Nicolas Tsapatsoulis

## Ψηφιακός ήχος



- Εισαγωγή
- Ο ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- ★ Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

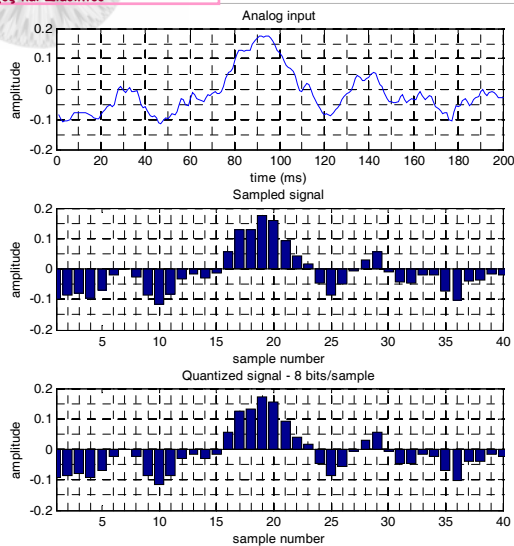
- ◇ Τυπικά ο ψηφιακός ήχος δημιουργείται με την μετατροπή ήχων σε αριθμούς οι οποίοι αποθηκεύονται στον υπολογιστή ή άλλα ψηφιακά μέσα μέσω της διαδικασίας της ψηφιοποίησης
- ◇ **Βασικά χαρακτηριστικά:**
  - ◇ **Συχνότητα Δειγματοληψίας** (Sampling frequency)
    - ◇ 44,1 kHz
    - ◇ 22,05kHz
    - ◇ 11,025 kHz
  - ◇ **Αριθμός bits ανά δείγμα** (bit depth)
    - ◇ 8 bits /sample
    - ◇ 16 bits /sample
- ◇ **Μέγεθος ενός Ψηφιακού Αρχείου Ήχου** (ασυμπίεστου σε bits)
  - ◇ = Συχνότητα Δειγματοληψίας (Hz) x Μέγεθος δειγματος (bits) x Διάρκεια (sec)
  - ◇ Μέγεθος Αρχείου = [44.100 (Hz) x 16 (bits) x 1 (sec)] = 88200 byte για μονοφωνικό (ή το διπλάσιο 176.4KB για στερεοφωνικό)

© 2006 Nicolas Tsapatsoulis

## Ψηφιοποίηση αναλογικού ήχου



- Εισαγωγή
- Ο ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- ★ Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο



- ◇ Δειγματοληψία
- ◇ Κβαντοποίηση
- ◇ Κωδικοποίηση

© 2006 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- ◊ Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- ★ Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Επεξεργασία ψηφιακών ηχογραφήσεων



- ◊ Καθορισμός επιπέδου έντασης για ψηφιακή ηχογράφηση
  - ◊ Ανάμεσα σε -3db και -10db είναι η συνιστώμενη επιλογή
- ◊ Συνδυασμός πολλών ηχογραφήσεων σε μία (multiple track mix)
- ◊ Αποκοπή (trimming):
  - ◊ Αφαίρεση κενών ανάμεσα σε ηχογραφήσεις ή στο τέλος τους
- ◊ Ρύθμιση έντασης:
  - ◊ Καθορισμός ενιαίας μέγιστης ή μέσης έντασης για όλες τις ηχογραφήσεις
- ◊ Μετατροπή τύπου (format conversion)
- ◊ Επαναδειγματοληψία ή υποδειγματοληψία
  - ◊ Παρεμβολή (interpolation) για αύξηση των δειγμάτων με τεχνικό τρόπο
  - ◊ Αφαίρεση δειγμάτων ανά τακτά χρονικά διαστήματα
- ◊ Fade in / Fade out:
  - ◊ Βαθμιαία εισαγωγή / ολοκλήρωση ηχογράφησης
  - ◊ Ομαλή εναλλαγή ανάμεσα σε ηχογραφήσεις

© 2006 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- ◊ Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- ★ Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Επεξεργασία ψηφιακών ηχογραφήσεων (II)



- ◊ Εξισορρόπηση (equalization):
  - ◊ Ρύθμιση της ισχύος για διάφορες συχνότητες (π.χ. για προσομοίωση της κίνησης ηχητικής πηγής μέσω του φαινομένου Doppler)
- ◊ Χρονική σύμπτυξη:
  - ◊ Αλλαγή τέμπου (tempo)
- ◊ Ψηφιακά effect:
  - ◊ Chorus (για δημιουργία χορωδίας)
  - ◊ Reverb (για προσομοίωση ακουστικών χώρων - π.χ. Club, κενού δωματίου κλπ)
  - ◊ Panning (για οριζόντια οριοθέτηση της ηχητικής πηγής)
- ◊ Για περισσότερες πληροφορίες πειραματιστείτε με το πρόγραμμα SoundForge (<http://www.sonymediasoftware.com/Products/ShowProduct.asp?PID=961>)

© 2006 Nicolas Tsapatsoulis

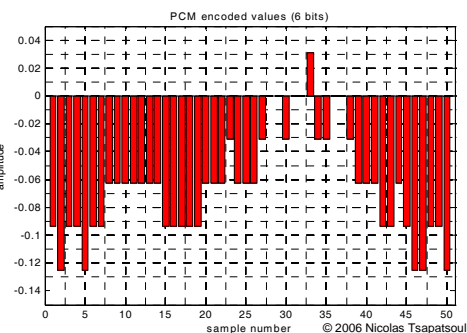
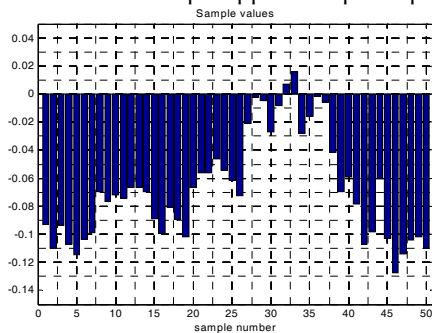
- Εισαγωγή
- Ο Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- ★ Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου



### PCM (Pulse Code Modulation - παλμοκωδική διαμόρφωση)

- ◇ Αποθηκεύει ένα προς ένα τα δείγματα σε ψηφιακή μορφή
- ◇ Γραμμική (ομοιόμορφη) κβάντιση
  - ◇ το πλήθος των σταθμών κβάντισης κατανέμεται εξίσου σε όλο το εύρος του πεδίου τιμών του σήματος
  - ◇ Δεν περιλαμβάνει συμπίεση



© 2006 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Ο Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- ★ Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου (II)



- ◇ Στην απλή PCM το μέγιστο σφάλμα κβαντισμού είναι ανεξάρτητο της τιμής του δείγματος και εξαρτάται από
  - ◇ το διάστημα διακύμανσης των δειγμάτων ( $V_{\max}-V_{\min}$ ) και,
  - ◇ τον αριθμό των bits που χρησιμοποιούνται για την κωδικοποίηση κάθε δείγματος (N):

$$e_{\max} = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{2^{N+1}}$$

- ◇ Στις περισσότερες περιπτώσεις οι τιμές των δειγμάτων δεν πλησιάζουν τη μέγιστη αρνητική ( $V_{\min}$ ) ή μέγιστη θετική τιμή ( $V_{\max}$ ) αλλά αντίθετα βρίσκονται πολύ κοντά στην τιμή 0
  - ◇ Για το λόγο αυτό είναι αποδοτικότερο να έχουμε περισσότερες στάθμες κωδικοποίησης κοντά στην τιμή 0 και λιγότερες στα όρια  $V_{\max}$ ,  $V_{\min}$
  - ◇ Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μη γραμμική κβάντιση.

© 2006 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Ο Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- ★ Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Λόγος σήματος προς θόρυβο κβαντισμού (SQNR)



- ◇ Για τη μέτρηση της αποδοτικότητας κωδικοποίησης ορίζεται ο σηματοθρομβικός λόγος (Signal to Noise Ratio):

$$SNR = 20 \log_{10} \left( \frac{V_{sample}}{e_{quant}} \right)$$

- ◇ Ο παραπάνω λόγος εξαρτάται από την τιμή του εκάστοτε δείγματος ( $V_{sample}$ ,  $e_{quant} = |V_{sample} - V_{encoded}|$ ) και διαφέρει από δείγμα σε δείγμα.
- ◇ Για να υπάρχει ένα αξιοποιήσιμο μέτρο μέτρησης της αποδοτικότητας κωδικοποίησης ορίζεται στον παραπάνω λόγο αντικαθιστούμε τις τιμές  $V_{sample}$ ,  $e_{quant}$  από τις μέγιστες τιμές που μπορούν να πάρουν  $V_{max}$ ,  $e_{max}$  ορίζοντας έτσι το **λόγο σήματος προς θόρυβο κβαντισμού (SQNR)**:

$$SQNR = 20 \log_{10} \left( \frac{V_{max}}{e_{max}} \right)$$

- Εισαγωγή
- Ο Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- ★ Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Λόγος σήματος προς θόρυβο κβαντισμού (II)



- ◇ Υποθέτουμε ότι το αρχικό μας σήμα διακυμαίνεται στο διάστημα  $[-V_{max} V_{max}]$  δηλαδή ισχύει  $V_{min} = -V_{max}$ .
- ◇ Σε αυτή την περίπτωση ο λόγος σήματος προς θόρυβο κβαντισμού (SQNR) υπολογίζεται εύκολα:

$$SQNR = 20 \log_{10} \left( \frac{V_{max}}{e_{max}} \right) = 20 \log_{10} \left( \frac{V_{max}}{\frac{V_{max} - (-V_{max})}{2^{N+1}}} \right) = \dots$$

$$= N \cdot 20 \log_{10}(2) = N \cdot 6.02db$$

- ◇ Από την παραπάνω σχέση προκύπτει ότι λόγος σήματος προς θόρυβο κβαντισμού αυξάνει κατά 6 περίπου db ανά bit κωδικοποίησης

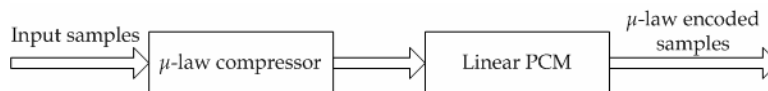


- Εισαγωγή
- Ο Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- ★ Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Συμπίεση PCM με το νόμο $\mu$ (Mu-Law) και τον νόμο $A$ (A-Law)



- ◇ Mu-Law PCM και A-Law PCM:
  - ◇ Λογαριθμική αντιστοίχιση των σταθμών κβαντισμού
  - ◇ Αντιστοιχεί περισσότερες στάθμες στις χαμηλές συχνότητες και λιγότερες στις υψηλές.
  - ◇ Στις χαμηλές συχνότητες περιέχεται το μεγαλύτερο ποσοστό της πληροφορίας που γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο αυτί.
  - ◇ Λογαριθμική & 8-bit = ίδιο εύρος με 14-bit γραμμική PCM
- ◇ Σχήμα συμπίεσης με το νόμο  $\mu$ :



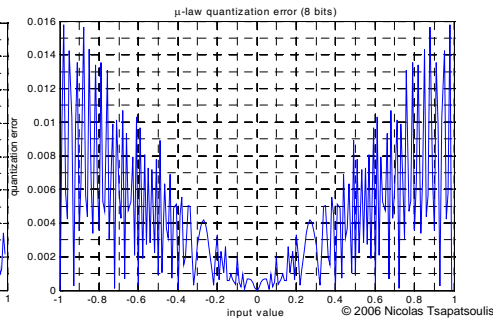
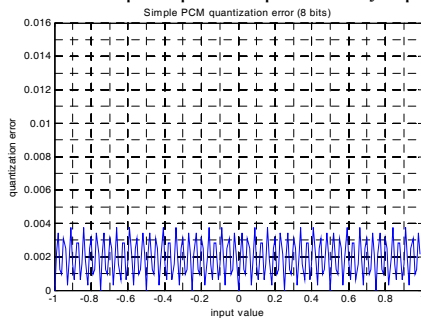
© 2006 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Ο Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- ★ Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Συμπίεση PCM με το νόμο $\mu$ και τον νόμο $A$ (II)



- ◇ Σχήμα αποσυμπίεσης με το νόμο  $\mu$ :
  - ◇ Σφάλμα κβαντισμού για σήμα με διακόμανση στο διάστημα [-1 1]. Αριστερά απλή PCM, δεξιά  $\mu$ -law



© 2006 Nicolas Tsapatsoulis

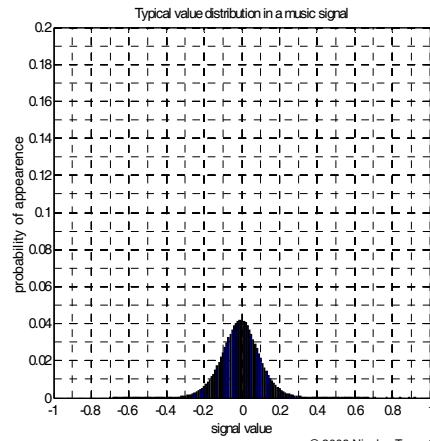
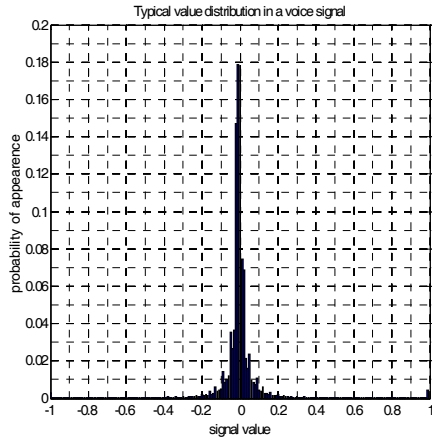
- Εισαγωγή
- Ο Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- ★ Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Κατανομή τιμών εισόδου σε πραγματικά ηχητικά σήματα



◇ Παράδειγμα:

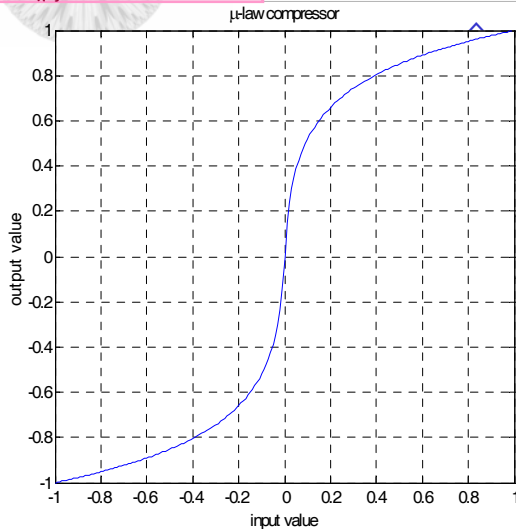
◇ Κατανομή τιμών εισόδου σε σήμα φωνής (αριστερά) και μουσικής (δεξιά)



© 2006 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Ο Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- ★ Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Συμπιεστής νόμου μ



Εξίσωση:

$$r = \text{sgn}(x) \frac{\ln(1 + \mu|x|)}{\ln(1 + \mu)}$$

x = input value (στο διάστημα [-1 1])

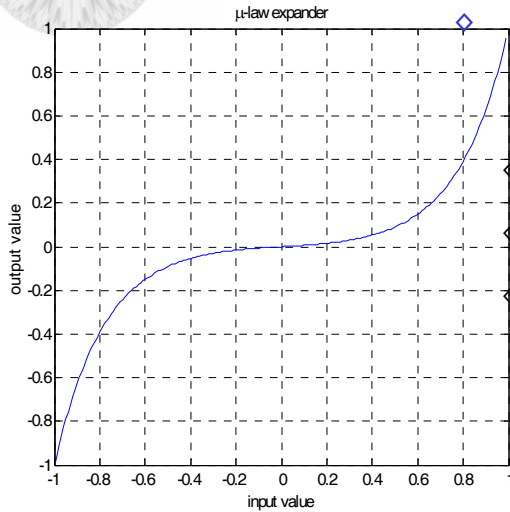
μ = παράμετρος που καθορίζει την κλίση της συνάρτησης

sgn(.) = συνάρτηση προσήμου

© 2006 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Αποσυμπίεστος νόμου $\mu$



Εξίσωση:

$$\hat{x} = \text{sgn}(r) \frac{e^{(|r|\ln(1+\mu))} - 1}{\mu}$$

$r$  =  $\mu$ -law encoded value (στο διάστημα [-1 1])  
 $\mu$  = παράμετρος που καθορίζει την κλίση της συνάρτησης  
 $\text{sgn}(\cdot)$  = συνάρτηση προσήμου

- Εισαγωγή
- Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

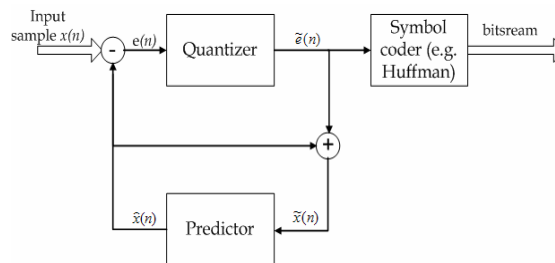
## Συμπίεση DPCM (Differential Pulse Code Modulation)



- ◇ Κάθε δείγμα κωδικοποιείται σε σχέση με τα γειτονικά δείγματα ως αποτέλεσμα πρόβλεψης.
- ◇ Στην DPCM αποθηκεύεται πλήρως το πρώτο δείγμα ενώ για τα υπόλοιπα δείγματα αποθηκεύονται μόνο οι διαφορές τους ( $e(n) = x(n) - \hat{x}(n)$ ) από τις αντίστοιχες προβλέψεις  $\hat{x}(n)$
- ◇ Ο προβλέπτης στηρίζεται σε αποκωδικοποιημένες τιμές  $\tilde{x}(n) = \tilde{e}(n) + \hat{x}(n)$  ώστε να μην υπάρχει αποσυντονισμός του δέκτη και συσσωρευση σφάλματος

Παράδειγμα προβλέπτη

$$\hat{x}(n) = \frac{\tilde{x}(n-1) + \tilde{x}(n-2)}{2}$$

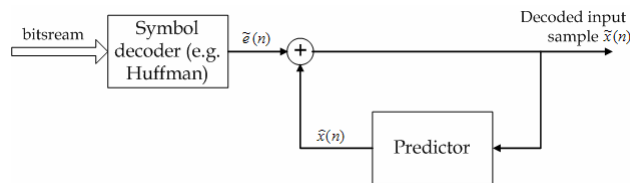


- Εισαγωγή
- Ο Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- ★ Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Αποσυμπίεση DPCM



- ◇ Στο επόμενο σχήμα φαίνεται το διάγραμμα του αποσυμπίεστη PCM.
- ◇ Παράδειγμα προβλέπτη:  $\hat{x}(n) = \frac{\tilde{x}(n-1) + \tilde{x}(n-2)}{2}$
- ◇ Αποκωδικοποιημένη τιμή:  $\tilde{x}(n) = \tilde{e}(n) + \hat{x}(n)$
- ◇ Κωδικοποιημένη τιμή σφάλματος πρόβλεψης:  $\tilde{e}(n)$



© 2006 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Ο Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- ★ Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- Ήχος και Διαδίκτυο

## Συμπίεση ADPCM



- ◇ Όπως είδαμε νωρίτερα ένας συμπίεστης DPCM αποτελείται βασικά από έναν προβλέπτη και ένα κβαντιστή
- ◇ Στην κωδικοποίηση ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation - Προσαρμοζόμενη Διαφορική Παλμοκωδική Διαμόρφωση) υπάρχει η δυνατότητα να έχουμε:
  - ◇ Προσαρμοζόμενο προβλέπτη (δηλαδή το μοντέλο πρόβλεψης να μην είναι σταθερό αλλά να προσαρμόζεται ανάλογα με το σήμα εισόδου). Ο τρόπος κωδικοποίησης που προκύπτει ονομάζεται τότε Adaptive Predictive Coding - APC .
  - ◇ Προσαρμοζόμενο κβαντιστή (δηλαδή κβαντιστή του οποίου οι στάθμες να είναι μεταβάλλονται ανάλογα με το σήμα εισόδου)

© 2006 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Ο Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- \* Ήχος και Διαδίκτυο

## Ήχος και Διαδίκτυο



- ◇ Ο ζωντανός ήχος στο δίκτυο ακολουθεί τα βήματα της ραδιοφωνίας.
- ◇ **Παρόλο τον ενθουσιασμό και την υπομονή μας, το νέο μέσο συναντά εμπόδια:**
  - ◇ Έχει χαμηλή ποιότητα,
  - ◇ Δεν προσφέρει μεταφέσιμο περιεχόμενο με ασφάλεια
  - ◇ Δεν προσφέρει το μεγάλο του πλεονέκτημα την διαδραστικότητα.
- ◇ **Ο ζωντανός ήχος στο δίκτυο έχει απέραντο ρεπερτόριο εφαρμογών:**
  - ◇ Η ελκυστικότητα και η ζωντάνια που προσφέρει στις σελίδες του WWW
  - ◇ Διακίνηση μουσικής
- ◇ **Παρόλα αυτά υπάρχουν μερικοί ενοχλητικοί παράγοντες:**
  - ◇ Καθυστερήση για να «κατεβάσει» κανείς τα μεγάλα αρχεία ήχου. Αρχεία μουσικής (συμπίεσμένα σε 192 kbps) έχουν λόγο μεταφοράς 5:1 μέσω συνδέσεων dial-up θα πρέπει να περιμένεις τουλάχιστον 5 λεπτά για να ακούσεις 1 λεπτό ήχου.
  - ◇ Ο αποθηκευτικός χώρος που απαιτείται είναι τεράστιος.
  - ◇ Αν συμβεί οτιδήποτε στο αρχείο κατά τη διάρκεια του «κατεβάσματος» ολόκληρο το αρχείο είναι άχρηστο.

© 2006 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- Ο Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- \* Ήχος και Διαδίκτυο

## Streaming Audio



- ◇ Στα προηγούμενα προβλήματα δίνει λύση η τεχνολογία του «streaming audio», κατά την οποία ο ήχος μεταδίδεται μέσω του τηλεπικοινωνιακού δικτύου και εκτελείται καθώς φτάνει στον προορισμό του, χωρίς να απαιτείται η αποθήκευσή του
- ◇ Η τεχνολογία του streaming ανταποκρίνεται πολύ περισσότερο στις ανάγκες των χρηστών απ' ότι προηγούμενες τεχνολογίες αφού προσφέρει μια αίσθηση αμεσότητας στους χρήστες ενώ δίνει και ένα δυνατό όπλο στα χέρια των επαγγελματιών του δικτύου αφού μπορεί να προσελκύσει το ενδιαφέρον των χρηστών στις σελίδες τους περισσότερο χρόνο.
- ◇ Επιπλέον δύο βασικές εφαρμογές:
  - ◇ Ραδιοφωνία μέσω Διαδικτύου
  - ◇ Τηλεφωνικές υπηρεσίες μέσω Διαδικτύου (Internet telephony, Voice over IP - VoIP).

© 2006 Nicolas Tsapatsoulis

- Εισαγωγή
- ◊ Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- ★ Ήχος και Διαδίκτυο

## Streaming Audio (II)



### ◊ IP Multicast

- ◊ Αντί κάθε φορά να παράγουμε αντίτυπα του αρχείου που θέλουμε να μεταδώσουμε για κάποιον που το ζητάει, το IP Multicast μεταδίδει την ίδια πληροφορία μία φορά μόνο σε πολλούς χρήστες.
- ◊ Όταν ένας ακροατής θέλει να ακούσει κάτι οι routers βρίσκουν τον πλησιέστερο κόμβο που διαθέτει την πληροφορία και την αντιγράφουν, κάνοντας το μοντέλο κλιμακωτό.
- ◊ Το IP Multicast μπορεί να χρησιμοποιηθεί από οποιοδήποτε είδος δικτύου που υποστηρίζει IP συμπεριλαμβανομένων και των εξής:
- ◊ ATM, frame relay, dial up, ακόμη και δορυφορικών συνδέσεων.
- ◊ Η αξιοπιστία είναι ένα πρόβλημα με το multicast επειδή δεν υπάρχει απαραίτητα ένας διπλός δρόμος ανάμεσα στον εξυπηρετητή και τους χρήστες ώστε να υποστηρίζεται η επαναμετάδοση των χαμένων πακέτων.
- ◊ Από τα πρωτόκολλα επιπέδου μεταφοράς (Internet Transmission Protocols) προτιμάται το UDP (User Datagram Protocol) έναντι του TCP (Transmission Control Protocol).

- Εισαγωγή
- ◊ Ήχος από φυσική άποψη
- Χαρακτηριστικά ήχου
- Αισθήσεις & παραισθήσεις
- Ψηφιακός ήχος
- Βασικές τεχνικές συμπίεσης ήχου
- ★ Ήχος και Διαδίκτυο

## Streaming Audio (III)



### ◊ IP Multicast (συν.)

- ◊ Ακόμη και αν υπάρχει, μια πλημμύρα από χαμένα πακέτα μπορεί να δημιουργήσει τέτοιο φόρτο δικτύου που να ακυρώνει τα κέρδη σε εύρος ζώνης. Για το λόγο αυτό δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί το πρωτόκολλο TCP/IP για τη μετάδοση.
- ◊ **Η χωρίς διακοπές μεταφορά ηχητικών σημάτων απαιτεί ένα αξιόπιστο μέσο μεταφοράς.**
- ◊ Ένας τρόπος αντιμετώπισης του προβλήματος είναι να μεταδίδουμε επιπλέον πληροφορία για να έχουμε ευκολότερη διόρθωση λαθών. Η επιπλέον πληροφορία βελτιώνει την απόδοση ικανοποιητικά και συνδυασμένη με packet interleaving μπορεί να είναι μια καλή στρατηγική αλλά απαιτεί μεγαλύτερο εύρος ζώνης για δεδομένη ποιότητα. Το γεγονός αυτό είναι ασύμφορο σε συνδέσεις με modem αφού εκεί χρειαζόμαστε απεγνωσμένα και το τελευταίο bit.
- ◊ Άλλος τρόπος υλοποίησης θα μπορούσε να είναι η δέσμευση και εγγύηση του απαραίτητου εύρους ζώνης δικτύου ώστε τα πακέτα να φτάνουν σίγουρα. Η διασφάλιση της μεταφοράς μέσω δικτύου γίνεται με τη βοήθεια του Πρωτοκόλλου Κράτησης (εξασφάλισης) Μέσου RSVP (Resource Reservation Protocol) που επιτρέπει στους ακροατές να ζητούν μια συγκεκριμένη ποιότητα υπηρεσιών για δοσμένη ροή δεδομένων.