

## Τεχνολογία Ήχου

Διάλεξη 12: «Ηχητικές Διασυνδέσεις – Διανομή  
Ηχητικού Περιεχομένου»

Φλώρος Ανδρέας  
Επικ. Καθηγητής

Από προηγούμενο μάθημα...



Στο σημερινό μάθημα...

- Ψηφιακές διασυνδέσεις μεταξύ συσκευών
- Συστήματα διανομής ηχητικού υλικού

Ψηφιακές διασυνδέσεις συσκευών

## Εισαγωγή

- Η επικοινωνία με τον «αναλογικό κόσμο» γίνεται μέσω μετατροπών
  - Ψ/Α και Α/Ψ μετατροπείς
- Απαραίτητη η διασύνδεση μεταξύ ψηφιακών συστημάτων
  - Σύνδεση από ψηφιακό σε ψηφιακό
  - Εξειδικευμένα συστήματα διασύνδεσης - Digital audio interfaces
  - Ψηφιακά πρωτόκολλα επικοινωνίας – General purpose interfaces
    - Serial/Parallel interface
    - Ethernet interface
    - Universal Serial Bus (USB) v1.1 και 2.0
    - IEEE 1394 (FireWire) - iLink
    - HDMI
- Ενσύρματη / ασύρματη διασύνδεση



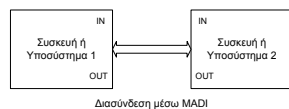
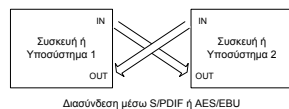
## Εξειδικευμένα συστήματα διασύνδεσης

- S/PDIF (Sony/Philips Digital Interface)
  - Διασύνδεση για οικιακές κυρίως εφαρμογές
- AES/EBU και AES3
  - Στερεοφωνική διασύνδεση για επαγγελματικές κυρίως εφαρμογές
- MADi
  - Πολυκαναλική διασύνδεση για επαγγελματικές κυρίως εφαρμογές
- iLink (Audio)
- mLAN



## Γενική μορφή διασύνδεσης συστημάτων

- Πλεονέκτημα: Υψηλή ακρίβεια χωρίς παραμορφώσεις
  - Μη μετάβαση στο αναλογικό πεδίο



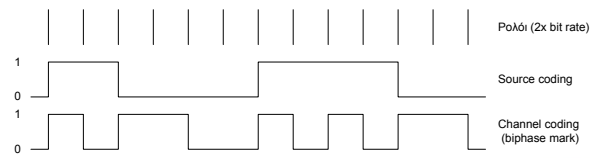
## Η διασύνδεση AES/EBU: γενικά στοιχεία

- Πρότυπο IEC-958 type I
- Στηρίζεται σε δύο πρότυπα
  - AES3-1992
  - EBU Tech. 3250-E (European Broadcasting Union)
- Ψηφιακή μετάδοση στερεοφωνικών δεδομένων
  - Κυρίως για επαγγελματικές εφαρμογές ήχου
- Ο χρονισμός δημιουργείται από τα ψηφιακά δεδομένα
  - Υποστήριξη οποιασδήποτε συχνότητας δειγματοληψίας (32-96kHz)
  - Υποστήριξη και DVD εφαρμογών
- Δυνατότητα κωδικοποίησης/αποστολής βοηθητικής πληροφορίας
  - Mono/stereo
  - Συχνότητα δειγματοληψίας
  - Ευκρίνεια κβαντισμού



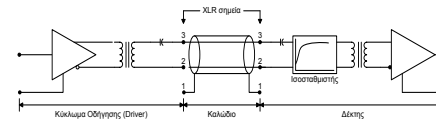
### Η διασύνδεση AES/EBU: γενικά στοιχεία (συν.)

- Χρήση διφασικής (Biphase) κωδικοποίησης (όπως στο S/PDIF)
  - Διπλασιασμός της ροής των δεδομένων
  - Ανάκτηση του ρολογιού από τα ψηφιακά δεδομένα



### Η διασύνδεση AES/EBU: ηλεκτρικά χαρακτηριστικά

- Χρήση καλωδίου συζευγμένων αγωγών (twisted pair)
  - Μέχρι 100m απόσταση ή μεγαλύτερη (με κατάλληλη αντιστάθμιση)
  - Υλοποίηση με 3 ακροδέκτες τύπου XLR

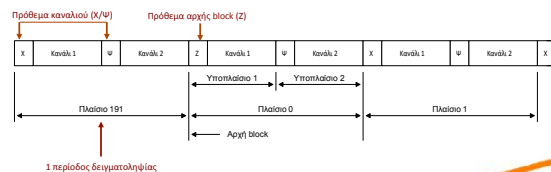


|                                        |                                           |
|----------------------------------------|-------------------------------------------|
| Αντίσταση εισόδου/εξόδου (0.1 – 6 MHz) | 110 Ω                                     |
| Πλάτος σήματος                         | 2~7V (εξόδου)<br>200mV (ελάχιστη είσοδος) |
| Σφάλμα χρονισμού (jitter)              | 20 ns (μέγιστο)                           |



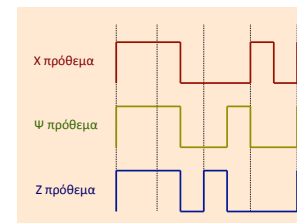
### Η διασύνδεση AES/EBU: δομή δεδομένων

- Τα δεδομένα χωρίζονται σε τμήματα blocks
  - 1 block -> 192 πλαίσια (frames)
  - 1 πλαίσιο -> 2 υποπλάγια (ένα για κάθε κανάλι)
- Διαχωρισμός των blocks με το «Z» πρόθεμα (preamble)



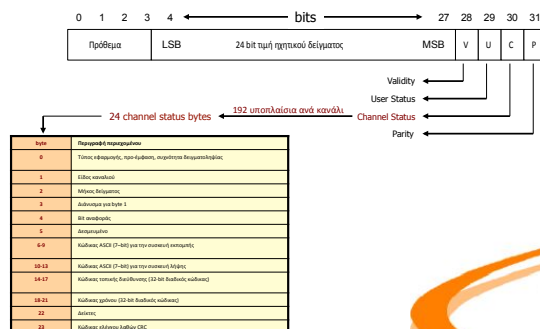
### Η διασύνδεση AES/EBU: δομή δεδομένων (συν.)

- Το πρόθεμα (X/ψ/Z) «παραβιάζει» τους κανόνες της διφασικής κωδικοποίησης
  - Αποκλείεται η εμφάνιση της διαδοχής των bits στα δεδομένα



## Η διασύνδεση AES/EBU: δομή υποπλαισίου

- Κάθε υποπλαίσιο αποτελείται από 32bit (24 για ηχητικά δεδομένα)



## Η διασύνδεση AES/EBU: δομή υποπλαισίου (συν.)

|        |                                                                                                                                                                                                                                        | bit                    |                                                                                     |                                                                                                                         |   |                                      |                                                                              |   |   |  |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---|---|--|
|        |                                                                                                                                                                                                                                        | 0                      | 1                                                                                   | 2                                                                                                                       | 3 | 4                                    | 5                                                                            | 6 | 7 |  |
| Byte 0 | Επαιγ./ Οικιακή/ Δραμ.<br>1=επαγ.<br>(1=AES / EBU)                                                                                                                                                                                     | Δεδομ./ Ηχος<br>1=δεδ. | Προ-έμφαση<br>000=όχι<br>100=όχι προ-εμφ.<br>110=50/15 με προ-εμφ.<br>111=COTF 1 17 |                                                                                                                         |   | Κατάλ.<br>Σταθ.<br>Διαμορμ.<br>1=όχι | Συχνότητα δειγματοληψίας<br>00=48kHz<br>01=44.1kHz<br>10=44.1kHz<br>11=32kHz |   |   |  |
| Byte 1 | Είδος καναλιού<br>0000=όχι υπάρχει<br>0001=2 κανάλια<br>0010=1 κανάλι (μονοφωνικός)<br>0011=πρωτότυπο / δευτερεύον κανάλι<br>0100=στη διαμόρφωση<br>0101=δεν χρησιμοποιείται<br>0110=δεν χρησιμοποιείται<br>1111=διαμόρφωση του byte 3 |                        |                                                                                     |                                                                                                                         |   | δεν χρησιμοποιείται                  |                                                                              |   |   |  |
| Byte 2 | Μέγεθος δείγματος<br>000=μέγεθος 20bit<br>001=μέγεθος 24bit<br>010=μέγεθος 20bit (συντ.)<br>011=δεν χρησιμοποιείται                                                                                                                    |                        |                                                                                     | Κωδικός μετατροπής μέγεθος<br>000=default<br>001=23bit<br>010=23bit<br>011=23bit<br>100=20bit<br>101=24bit<br>110=20bit |   |                                      |                                                                              | 0 |   |  |

## Η διασύνδεση S/PDIF: γενικά στοιχεία

- Δημιουργήθηκε για τη διασύνδεση ψηφιακών πηγών τύπου CD-DA
  - «Οικιακή» εκδοχή του AES-EBU
    - Η διασύνδεσή τους είναι αναξιοπύστη (ηλεκτρική ασυμβατότητα)
  - Περιγράφεται στο πρότυπο IEC-958 type II
- Μετάδοση μονής κατεύθυνσης ψηφιακών σημάτων
  - Ευκρίνεια κβαντισμού: 16bit (default) έως 24bit
  - Συχνότητα δειγματοληψίας: 32kHz (Satellite Receivers), 44.1kHz (CD-DA), 48kHz (DAT)
  - 2 ανεξάρτητα κανάλια ήχου
- Το 1998, το πρότυπο μετονομάστηκε σε IEC-60958
  - Επέκταση για μετάδοση πολυκάναλου ήχου βάσει του IEC-61937
  - AC-3, DTS, MPEG-2

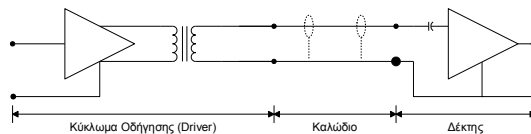
## Η διασύνδεση S/PDIF: Τύποι καλωδίωσης

- Ηλεκτρική ψηφιακή διασύνδεση
  - Ομοαξονικό (coaxial) καλώδιο (75Ω)
    - Πλάτος σήματος +/-0.5V (1Vp-p)
    - Τερματισμός γραμμής με RCA ή BNC connector
    - ~10m κάλυψη με οριακές απώλειες
- Οπτική ψηφιακή διασύνδεση
  - Toshiba Link (Toshlink)
  - Εκπομπός ερυθρού LED (ορατός από τον άνθρωπο)
  - Μέσο μετάδοσης μια πλαστική οπτική ίνα διαμέτρου 1mm
    - Ανετικτικότητα σε ηλεκτρικές παρεμβολές
    - Απαιτούν φωτιστικές συνδέσεις και καλής ποιότητας ίνα
    - ~15m κάλυψη με μικρές απώλειες
    - Υψηλό κόστος



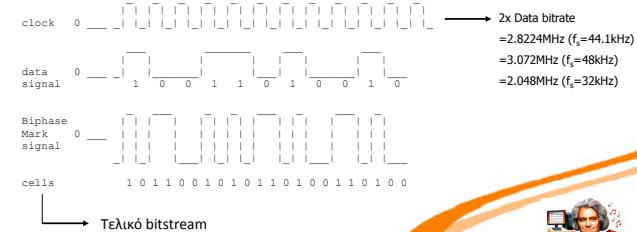
### Η διασύνδεση S/PDIF: Υλοποίηση

- Χρησιμοποίηση μη ισορροπημένης και ασύμμετρης διασύνδεσης
- Απαιτείται η ύπαρξη κατάλληλων κυκλωμάτων κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης στις συσκευές εκπομπής και λήψης



### Η διασύνδεση S/PDIF: Μορφή κωδικοποίησης

- Biphase-Mark-Code (BMC) κωδικοποίηση
  - Λογικό «1»: Δύο διαδοχικές μεταβάσεις από το μηδέν
  - Λογικό «0»: Μία μετάβαση από το μηδέν



### Η διασύνδεση S/PDIF: Έλεγχος αντιγραφών

- Serial Copy Management System (SCMS)
  - Επιτρέπει τη δημιουργία ψηφιακών αντιγράφων αποκλειστικά 1ης γενιάς
  - Υλοποίηση στα κυκλώματα εκπομπής/λήψης του S/PDIF
- Έλεγχος των τιμών συγκεκριμένων bit στα channel status bytes
  - ConsumerFlag=0 → Αντιγραφή επιτρεπτή
  - CopyrightFlag=1 → Αντιγραφή πρώτης γενιάς / OriginalCopyFlag=1
  - ConsumerFlag=0
  - CopyrightFlag=0
  - OriginalCopyFlag=0
  - ConsumerFlag=0
  - CopyrightFlag=0
  - OriginalCopyFlag=1 → Μη επιτρεπτή αντιγραφή



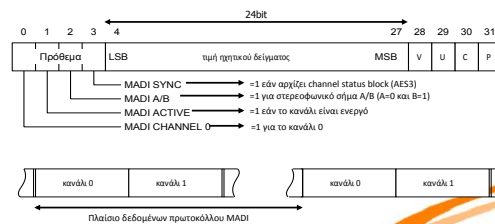
### Η διασύνδεση MADI: γενικά στοιχεία

- Multichannel Audio Digital Interface
  - Σειριακό πρωτόκολλο (AES10)
- Σειριακή ψηφιακή μετάδοση μέχρι 56 καναλιών ήχου γραμμικής PCM
  - Συχνότητες δειγματοληψίας: 32/44.1/48kHz (+12% - varipitch option)
  - 96kHz με χρήση πολλαπλών καναλιών (έως 26 κανάλια)
  - Ευκρίνεια κβαντισμού έως και 24bit
- Μετάδοση δύο κατευθύνσεων με χρήση ενός καλωδίου
  - Ομοαξονικό καλώδιο 75Ω (ένα για κάθε κατεύθυνση)
  - Οπτική ίνα
  - Απόσταση έως 100m (ομοαξονικό) και 2km (οπτικό)
  - Κωδικοποίηση Non Return To Zero Inverse (NRZI)
  - Πλάτος σήματος 0.3-0.6Vp-p



## Η διασύνδεση MADI: Δομή δεδομένων

- 1 πλαίσιο (frame) αποτελείται από 56 υποπλάσια (subframes)
  - 1 υποπλάσιο για κάθε κανάλι
  - Υποπλάσια όμοια με τα αντίστοιχα του AES/EBU
    - Διαφορές μόνο στα 4 πρώτα bit του προθέματος

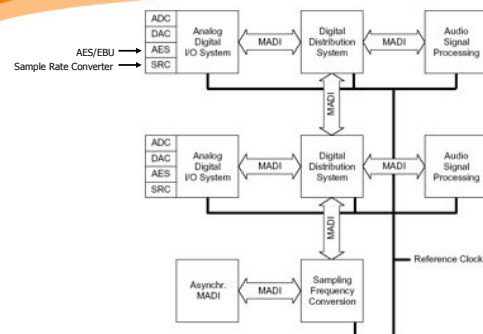


## Η διασύνδεση MADI: Ταχύτητες μετάδοσης

- Ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων 125Mbps (σταθερή)
  - Τα 56 κανάλια ~ 86Mbps (+12% ~ 97Mbps)
    - 32bit συνολικά δεδομένα ανά κανάλι (24bit για audio data)
  - 4-to-5 bit coding scheme ~ 121Mbps
  - 4Mbps χρησιμοποιούνται για συγχρονισμό καναλιών
  - 64 κανάλια (98.304Mbps) χωρίς varipitch option
- Υποστηρίζεται η πρόσθετη μετάδοση υποκώδικα συγχρονισμού
  - Χρήση ειδικού διασυνδετικού συγχρονισμού κατά AES11
- Απευθείας επικοινωνία με AES/EBU
  - Προϋπόθεση η προσαρμογή των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών



## Παράδειγμα εφαρμογής διασύνδεσης MADI



## Διασύνδεση ηχητικών συσκευών μέσω ethernet

- Διασύνδεση συσκευών τοπικού δικτύου (π.χ. γραφείο, σπίτι)
  - Κάποια συσκευή μπορεί να αποτελεί τον κόμβο σύνδεσης με το internet
  - Επέκταση του δικτύου και σύνδεση με τον «έξω» κόσμο
    - Direct Download μουσικής (π.χ. mp3)
    - Streaming capabilities (RealAudio, SHOUTcast)
    - IP audio
  - Ταχύτητες 10Mbps (10base-T), 100Mbps (100base-T), 1Gbps (1000base-f)
- Επαγγελματικές εφαρμογές (studio)
  - 64 κανάλια PCM (24bit, 48kHz)
  - 32 κανάλια PCM (24bit, 96kHz)
- Πολυκάναλος ήχος υψηλής ποιότητας
  - PCM, 24bit, 44.1/48/96kHz
  - Dolby Digital, DTS, mp3







### Η διασύνδεση IEEE 1394: γενικά στοιχεία (συν.)

- Χρησιμοποιείται ευρύτατα για διασύνδεση ηχητικών συσκευών
  - DVD-Audio και SA-CD
- Προστασία δεδομένων μέσω του DTCP
  - Digital Transmission Content Protection
  - Κρυπτογράφηση (encryption) των υπό μετάδοση ψηφιακών δεδομένων
- ΠΡΟΣΟΧΗ στη συμβατότητα
  - i.Link ↔ FireWire
  - 100% συμβατότητα μεταξύ συσκευών (ίδια μάρκας!)



<http://www.1394ta.org/>



### Η διασύνδεση mLAN: γενικά στοιχεία

- mLAN FireWire Music Networking
  - Τοπικό μουσικό δίκτυο μουσικής με ένα καλώδιο
  - Πολυκανάλιος ψηφιακός ήχος και MIDI μέσω FireWire
    - Έως 100 κανάλια ποιότητας CD (@200Mbps)
    - Έως 4000 MIDI κανάλια (@200Mbps)
    - Μέγιστη απόσταση 4.5m
    - 16 node hops maximum
  - Timecode transmission
  - Έξυπνη διαχείριση συνδέσεων (hot plug) και έλεγχος δικτύου
    - Μη κεντρικός έλεγχος (peer-to-peer network)
  - Σύγχρονες/ασύγχρονες συνδέσεις μεταξύ συσκευών
    - Οποιαδήποτε συσκευή μπορεί να οριστεί ως Master clock
- Τυποποιήθηκε ως Audio and Music Data Transmission Protocol
  - IEC 61883-6



<http://www.mlancentral.com/>



### Η διασύνδεση HDMI: γενικά στοιχεία

- Διασύνδεση για μεταφορά σήματος εικόνας και ήχου υψηλής ευκρίνειας
  - Αντικαθιστά έως 11 αναλογικά καλώδια
  - Συνολικό διαθέσιμο εύρος ζώνης: 5Gbps
  - HDTV: 2.2Gbps
  - Το υπόλοιπο είναι διαθέσιμο για ήχο!
  - Απόσταση μέχρι 25m
- Μη συμπίεσμένα ψηφιακά ηχητικά δεδομένα
  - Π.χ. 8 κανάλια ήχου, 24bit, 192kHz (~36.8Mbps)
- Συμπίεσμένα ηχητικά δεδομένα
  - Dolby digital, DTS, MPEG-2
- Υψηλή ασφάλεια δεδομένων μέσω του HDCP
  - High-bandwidth Digital Content Protection



<http://www.hdmi.org>



### Η διασύνδεση Denon link: γενικά στοιχεία

- Ψηφιακή διασύνδεση αποκλειστικά για ήχο
  - Μεταφορά ηχητικών δεδομένων κατά το πρότυπο DVD-Video
  - LPCM (24bit, 192kHz), Dolby Digital, DTS, mp3
  - Ταχύτητες έως 1.2GB/δευτερόλεπτο (9.6Gbps - μεγαλύτερη από το HDMI)
  - Χρήση κοινού RJ-45 βύσματος
  - Αρχικά, διασύνδεση μόνο μεταξύ συσκευών της Denon
- Μετάδοση σημάτων κατά το πρότυπο DVD-Audio
  - Έγκριση από το DVD-Forum το 2003
- Μετάδοση σήματος SA-CD (έκδοση 3 του Denon Link specification)
  - Έγκριση στο SA-CD specification v2.0 (Sony/Philips) το 2004
- Ίσως το καθολικό format ψηφιακής διασύνδεσης του μέλλοντος;;;





## Ασύρματη ψηφιακή διασύνδεση συσκευών



## Ασύρματο MIDI

- Τυποποίηση IEEE P1639 (DMIDI)
  - MIDI over Ethernet or IEEE 802.11 networks
  - «Ναυάγησε» στα τέλη του 2004 λόγω έλλειψη χρηματοδότησης
  - <http://www.plus24.com/ieee1639/>
- Στην αγορά κυκλοφορούν μη τυποποιημένες λύσεις
  - Π.χ. Bluetooth
  - Στις συχνότητες των 900MHz



## Ασύρματο USB

- Νέο ασύρματο πρωτόκολλο επικοινωνίας υψηλής ταχύτητας
  - Ημερομηνία ανακοίνωσης: 24 Μαΐου 2005
  - Βασίζεται στην τεχνολογία μετάδοσης UWB της WiMedia Alliance
  - Υποστήριξη πολυμέσων σε περιβάλλον CE, PC και Portable devices
- Ταχύτητες μετάδοσης
  - 480Mbps (3 μέτρα)
  - 110Mbps (10 μέτρα)
- Υψηλή ευελιξία, ασφάλεια και ευκολία χρήσης
  - Όμοια με αυτή του απλού USB
- Πλήρης συμβατότητα με προηγούμενα πρωτόκολλα USB
  - Χρήση κατάλληλων πομπών/δεκτών σε υπάρχουσες USB συσκευές



<http://www.usb.org/wusb/>



## Ασύρματο USB: Τυπικές εφαρμογές ήχου



<http://www.usb.org/wusb/>



## Ασύρματο USB: Τυπικές εφαρμογές ήχου (συν.)

- Need-for-Speed: Audio
- mp3 download
  - 10 μουσικά κομμάτια @128kbps (50MB)
  - Με ταχύτητα 10Mbps: 40 δευτερόλεπτα
  - Με ταχύτητα 300Mbps: 2 δευτερόλεπτα!
- CD download
  - ~700MB
  - Με ταχύτητα 10Mbps: 10 λεπτά
  - Με ταχύτητα 300Mbps: 20 δευτερόλεπτα!

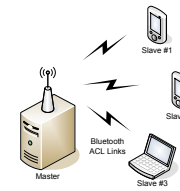


<http://www.usb.org/wusb/>



## Τεχνολογίες ασύρματων δικτύων: Bluetooth

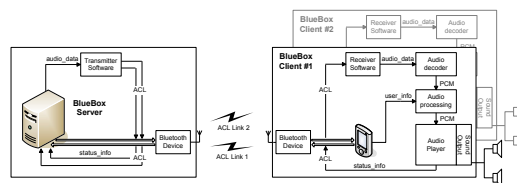
- Τεχνολογία Bluetooth
  - Χαμηλή ταχύτητα (721kbps)
  - Μικρή εμβέλεια (έως 10 μέτρα)
  - Εκπομπή στα 2.4GHz (Frequency Hopping)
  - Σύνδεση έως 7 συσκευών σε έναν master κόμβο
  - Ιδιαίτερα διαδεδομένο για εφαρμογές φωνής
  - Σύγχρονη (SCO) και ασύγχρονη (ACL) σύνδεση
    - Έως 3 SCO των 64kbps (=192kbps)
    - Για μεγαλύτερες ταχύτητες απαιτούνται ACL συνδέσεις
    - Δεν υπάρχει «εγγύηση» αδιάκοπτης μετάδοσης
  - Υποχρεωτική η συμπίεση των ηχητικών δεδομένων
    - Το mp3 περιλαμβάνεται στο Bluetooth specification



<http://www.bluetooth.org/>



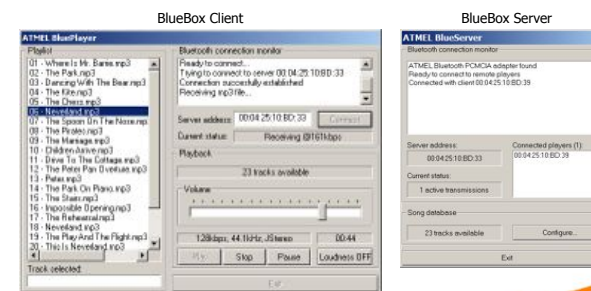
## Η εφαρμογή BlueBox



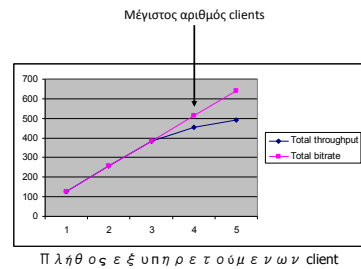
- Download and play on demand
  - Ειδικό πρωτόκολλο ανταλλαγής πληροφορίας ελέγχου
    - Διαθέσιμα τραγούδια
    - Playback requests
- Υποστήριξη mp3 και WMA
  - CD-DA μόνο μετά από συμπίεση (σε πραγματικό χρόνο)



## Η εφαρμογή BlueBox (συν.)



### Η εφαρμογή BlueBox (συν.)



### Τεχνολογίες ασύρματων δικτύων: IEEE802.11x

- IEEE 802.11b
  - Συχνότητα 2.4GHz
  - Ταχύτητες έως 11Mbps
  - Κατάλληλο για στερεοφωνικές εφαρμογές
  - Οριακό για ηχητικές εφαρμογές 5.1 καναλιών
- IEEE 802.11a/g
  - Ταχύτητες έως 54Mbps (σε συχνότητες 5 και 2.4GHz)
- IEEE 802.11n
  - Υπό τυποποίηση (έναρξη: 2004)
  - Ταχύτητες έως και 300Mbps
- IEEE 802.11i
  - Ασφάλεια
- IEEE 802.11e
  - Quality of service extensions
- IEEE 802.11s
  - Mesh networking
- IEEE 802.15.x WPANs
  - Ultra Wide Band



### Ζητήματα συγχρονισμού συσκευών



### Απαιτήσεις συγχρονισμού - γενικά

- Οι ψηφιακές συσκευές πρέπει να λειτουργούν με σύγχρονο και συμφασικό τρόπο
- Αποτροπή καθυστερήσεων και παραμορφώσεων κατά τη μεταφορά και επεξεργασία δεδομένων
- Η προδιαγραφή (recommendation) AES11-1991 καθορίζει 2 βαθμούς ακρίβειας συγχρονισμού
  - Grade 1: η συχνότητα συγχρονισμού εμφανίζει διακύμανση μικρότερη του  $\pm 1\text{ppm}$  (parts per million)
  - Grade 2: η συχνότητα συγχρονισμού εμφανίζει διακύμανση μικρότερη του  $\pm 10\text{ppm}$

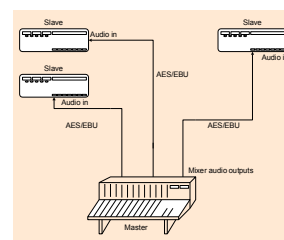


## Μέθοδοι συγχρονισμού συσκευών

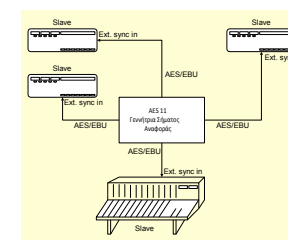
- Συγχρονισμός από τα ψηφιακά δεδομένα (genlock)
  - Π.χ. AES/EBU
  - Ιδιαίτερα επιρεπής σε σφάλματα χρονισμού
- Χρήση κεντρικού (master) ρολογιού
  - Η πληροφορία χρονισμού δημιουργείται από ανεξάρτητη ψηφιακή συσκευή
    - Δυνατότητα παραγωγής και αναλογικών σημάτων χρονισμού (SMPTE, MTC)
  - Οι συσκευές πρέπει να έχουν κατάλληλη είσοδο (external sync) και αντίστοιχα κυκλώματα «κλειδώματος»
  - Επιτρέπει ταυτόχρονη (σύγχρονη) προσπέλαση όλων των διασυνδεδεμένων συσκευών σε συγκεκριμένο χρονικό σημείο των δεδομένων



## Παραδείγματα μεθόδων συγχρονισμού



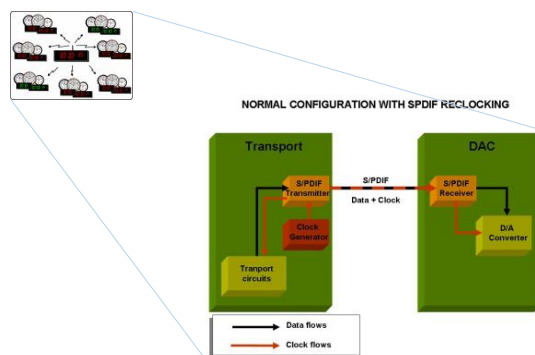
Χρονισμός από τα ψηφιακά δεδομένα



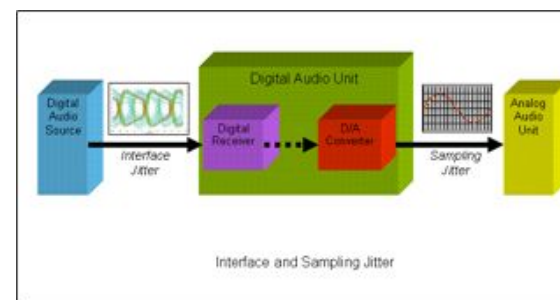
Χρονισμός με κεντρικό ρολόι



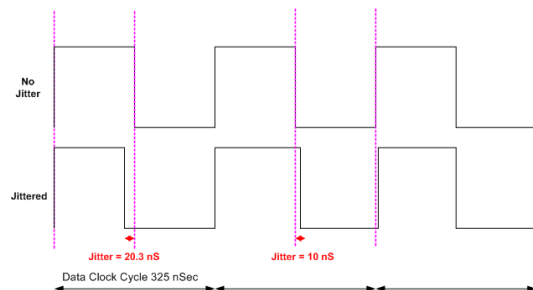
## Η έννοια του ρολογιού συγχρονισμού



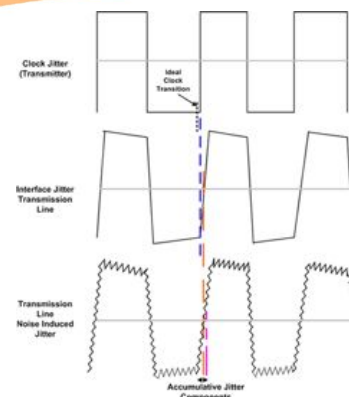
## Η έννοια του jitter



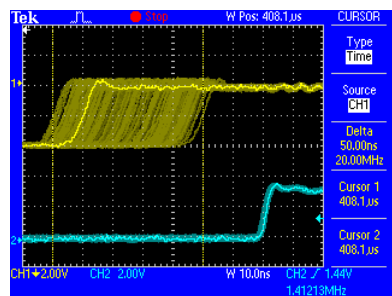
### Clock jitter – τί είναι;



### Clock jitter – πώς παράγεται;



### Μέτρηση του jitter

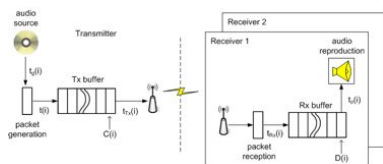


### Συγχρονισμός σε δίκτυα μεταγωγής πακέτου

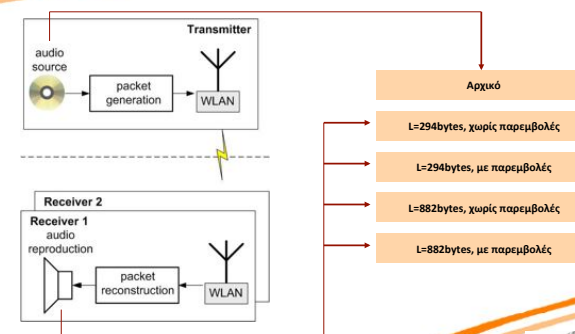
- Σε δίκτυα μεταγωγής πακέτου, τα ηχητικά δεδομένα μεταδίδονται υπό μορφή πακέτων
- Εκτός από συγχρονισμό του ρολογιού, απαιτείται και συγχρονισμός πακέτων
- Το κάθε πακέτο φθάνει στον κάθε δέκτη με διαφορετική καθυστέρηση
  - ...ή μπορεί να μην φθάσει και ποτέ!
    - CRC error
  - Οι επαναμεταδόσεις σε πραγματικό χρόνο δεν επιτρέπονται
- Συνήθης πρακτική η υλοποίηση τεχνικών timestamp
  - Ποιά η βέλτιστη playout policy?

### Συγχρονισμός σε ασύρματα περιβάλλοντα

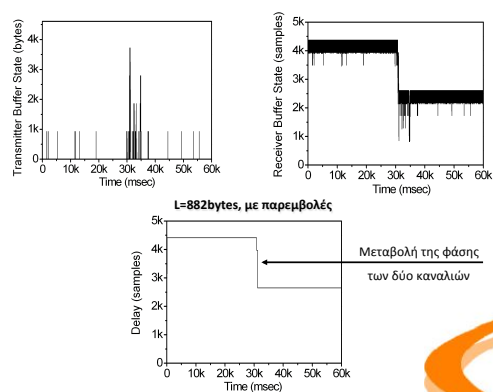
- Σε ασύρματα περιβάλλοντα το πρόβλημα του συγχρονισμού είναι ακόμα μεγαλύτερο
  - Υπάρχουν σταθμοί που μπορεί να μην «ακούν» τις μεταδόσεις πακέτων
  - Μεταβλητή καθυστέρηση (latency)
- Παράμετροι που επηρεάζουν την μετάδοση των δεδομένων
  - Buffer εκπομπού
  - Buffer δέκτη
  - Μέγεθος μεταδιδόμενου πακέτου (+overheads)



### Συγχρονισμός σε ασύρματα περιβάλλοντα (συν.)



### Συγχρονισμός σε ασύρματα περιβάλλοντα (συν.)

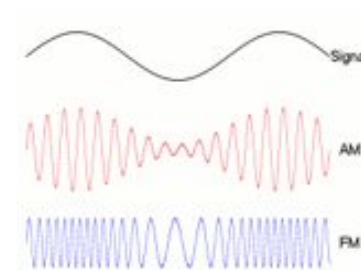


## Ευρεία Ψηφιακή Ηχητική Εκπομπή

- Digital Audio Broadcasting (DAB)
- Πρόκειται για την τρίτη γενιά ηχητικής εκπομπής
  - 1<sup>η</sup>: Ραδιοφωνία AM (Amplitude Modulation, 1910)
  - 2<sup>η</sup>: Ραδιοφωνία FM (Frequency Modulation, 1950)
  - 3<sup>η</sup>: DAB (1995)
- Δημιουργήθηκε στα πλαίσια του Eureka 147 project
- Ευρωπαϊκή τυποποίηση (European Telecommunications Standards Institute, ETSI)



## Ραδιοφωνία AM και FM



## Digital Audio Broadcasting – Βασικά χαρακτηριστικά

- Η ραδιοφωνία της ψηφιακής εποχής
  - Ραδιοφωνική μετάδοση ποιότητας CD
  - Μειωμένος θόρυβος και παραμορφώσεις
  - Ιδανική για λήψη σε φορητές / κινούμενες συσκευές
    - Σε αντίθεση με την FM ραδιοφωνία όπου απαιτείται κατευθυντική κεραία
  - Δεν απαιτείται συντονισμός σε συγκεκριμένη συχνότητα σταθμού
    - Η επιλογή γίνεται μέσω menu / λίστας σταθμών
    - Μετάδοση με πολύπλεξη σταθμών (@220MHz στην Αγγλία)
  - Μετάδοση πρόσθετης πληροφορίας
    - Targeted music or data services: Κάθε δέκτης έχει μοναδική διεύθυνση
    - Programme-associated data (PAD)
    - Information services: νέα, δελτία καιρού



## Digital Audio Broadcasting – Κωδικοποίηση Ήχου

- ISO/IEC MPEG-1 Layer II (mp2 ή MUSICAM - Masking pattern adapted Universal Subband Integrated Coding And Multiplexing)
  - Απωλεστική συμπίεση
  - $f_s = 48\text{kHz}$
  - Ρυθμοί κωδικοποίησης από 32 έως 384 kbit/sec
  - Οργάνωση των δεδομένων σε Capacity Units (Cus)
  - 5 επίπεδα προστασίας έναντι παρεμβολών (Protection Levels, PLs)
- Υπάρχει η πρόβλεψη και για κωδικοποίηση MPEG-2 Layer II audio
  - Π.χ. Για πολυκαναλικά προγράμματα





### Digital Audio Broadcasting – ρυθμοί μετάδοσης ήχου

| Data Rate  | PL1     | PL2     | PL3     | PL3     | PL5     |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 32 kbit/s  | 35 CUs  | 29 CUs  | 24 CUs  | 21 CUs  | 16 CUs  |
| 48 kbit/s  | 52 CUs  | 42 CUs  | 35 CUs  | 29 CUs  | 24 CUs  |
| 56 kbit/s  | X       | 52 CUs  | 42 CUs  | 35 CUs  | 29 CUs  |
| 64 kbit/s  | 70 CUs  | 58 CUs  | 48 CUs  | 42 CUs  | 32 CUs  |
| 80 kbit/s  | 84 CUs  | 70 CUs  | 58 CUs  | 52 CUs  | 40 CUs  |
| 96 kbit/s  | 104 CUs | 84 CUs  | 70 CUs  | 58 CUs  | 48 CUs  |
| 112 kbit/s | X       | 104 CUs | 84 CUs  | 70 CUs  | 58 CUs  |
| 128 kbit/s | 140 CUs | 116 CUs | 96 CUs  | 84 CUs  | 64 CUs  |
| 160 kbit/s | 168 CUs | 140 CUs | 116 CUs | 104 CUs | 80 CUs  |
| 192 kbit/s | 208 CUs | 168 CUs | 140 CUs | 116 CUs | 96 CUs  |
| 224 kbit/s | 232 CUs | 208 CUs | 168 CUs | 140 CUs | 116 CUs |
| 256 kbit/s | 280 CUs | 232 CUs | 192 CUs | 168 CUs | 128 CUs |
| 320 kbit/s | X       | 280 CUs | X       | 208 CUs | 160 CUs |
| 384 kbit/s | 416 CUs | X       | 280 CUs | X       | 192 CUs |

