

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΘΗΝΩΝ**



**ATHENS UNIVERSITY
OF ECONOMICS
AND BUSINESS**

Τεχνολογία Πολυμέσων

Ενότητα # 20: Υπηρεσίες καλύτερης προσπάθειας

Διδάσκων: Γεώργιος Ξυλωμένος

Τμήμα: Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



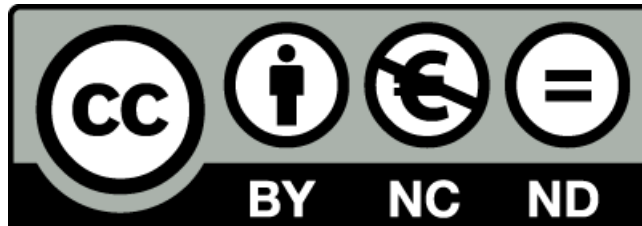
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Οι εικόνες προέρχονται από το βιβλίο «Τεχνολογία Πολυμέσων και Πολυμεσικές Επικοινωνίες», Γ.Β. Ξυλωμένος, Γ.Κ. Πολύζος, 1^η έκδοση, 2009, Εκδόσεις Κλειδάριθμος.



Σκοποί ενότητας

- Εξοικείωση με την έννοια της καλύτερης προσπάθειας στο διαδίκτυο.
- Κατανόηση των βασικών τεχνικών αντιμετώπισης της καθυστέρησης και της διαταραχής της.
- Εισαγωγή στις τεχνικές αντιμετώπισης της απώλειας χαμηλής καθυστέρησης.

Περιεχόμενα ενότητας

- Τι σημαίνει καλύτερη προσπάθεια
- Αντιμετώπιση της καθυστέρησης
- Αντιμετώπιση της απώλειας

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΘΗΝΩΝ**

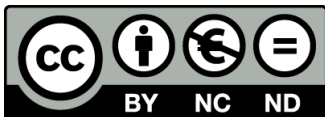


**ATHENS UNIVERSITY
OF ECONOMICS
AND BUSINESS**

Τι σημαίνει καλύτερη προσπάθεια

Μάθημα: Τεχνολογία Πολυμέσων, **Ενότητα # 20:** Υπηρεσίες καλύτερης προσπάθειας

Διδάσκων: Γιώργος Ξυλωμένος, **Τμήμα:** Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Παράδειγμα εφαρμογής (1 από 3)

- Εφαρμογή VoIP: Voice over IP
 - Χαρακτηριστική εφαρμογή μέσων
- Εναλλασσόμενες περιόδους ομιλίας και σιωπής
 - Ο ομιλητής δεν μιλάει συνέχεια
 - Μεταδίδουμε μόνο σε περιόδους ομιλίας
- Δείγματα ήχου (8 KHz @ 8 bit) στην ομιλία
 - Κωδικοποίηση PCM στα 64 Kbps
 - Χωρίς συμπίεση για μείωση καθυστέρησης

Παράδειγμα εφαρμογής (2 από 3)

- Πακέτο UDP/IP με δεδομένα / επικεφαλίδα
 - 20 byte επικεφαλίδα IP
 - 8 byte επικεφαλίδα UDP
 - 12 byte επικεφαλίδα RTP
- Έστω 160 byte δεδομένων ανά 20 ms
 - Επιβάρυνση 20% χωρίς συμπίεση κεφαλίδων
 - Μικρότερο διάστημα -> μεγαλύτερη επιβάρυνση
 - Μεγαλύτερο διάστημα -> μεγαλύτερη καθυστέρηση

Παράδειγμα εφαρμογής (3 από 3)

- Πηγές καθυστέρησης
 - Τυπικές δικτυακές καθυστερήσεις
 - Επεξεργασίας, αναμονής, μετάδοσης, διάδοσης
 - Καθυστερήσεις μέσα στον υπολογιστή
 - Θεωρήστε το πρώτο δείγμα
 - Περιμένει 20 ms για να μαζευτούν τα άλλα 159
 - Καθυστερήση δημιουργίας πακέτων
 - Προαιρετικά: συμπίεση/αποσυμπίεσης
 - Δημιουργούν πρόσθετες καθυστερήσεις

Καλύτερη προσπάθεια (1 από 2)

- Υπηρεσία καλύτερης προσπάθειας (IP)
 - Σε κάθε κόμβο το πακέτο μπαίνει σε ουρά
 - Το μήκος της ουράς είναι μεταβλητό
 - Η καθυστέρηση κάθε πακέτου είναι μεταβλητή
 - Η ουρά μπορεί να γεμίσει λόγω υπερφόρτωσης
 - Το πακέτο απορρίπτεται και δεν φτάνει ποτέ
 - Το πακέτο μπορεί να φτάσει με λάθος σειρά
 - Λόγω δυναμικής δρομολόγησης πακέτων

Καλύτερη προσπάθεια (2 από 2)

- Πόσο καλή είναι η καλύτερη προσπάθεια;
 - Τα περισσότερα πακέτα φτάνουν
 - Αλλά όχι όλα, λόγω συμφόρησης
 - Πολύ σπάνια φτάνουν χαλασμένα
 - Το Ethernet πετάει τα χαλασμένα πακέτα
 - Ενίοτε φτάνουν εκτός σειράς
 - Λόγω δυναμικής δρομολόγησης
 - Η καθυστέρηση είναι απρόβλεπτη
 - Και η διαταραχή της (jitter)

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΘΗΝΩΝ**

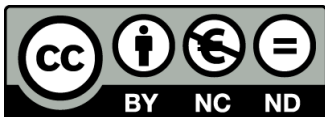


**ATHENS UNIVERSITY
OF ECONOMICS
AND BUSINESS**

Αντιμετώπιση της καθυστέρησης

Μάθημα: Τεχνολογία Πολυμέσων, **Ενότητα # 20:** Υπηρεσίες καλύτερης προσπάθειας

Διδάσκων: Γιώργος Ξυλωμένος, **Τμήμα:** Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

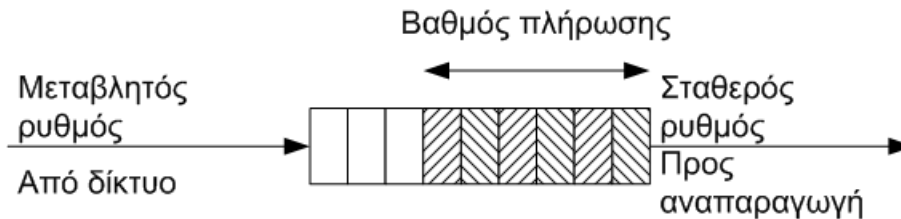


ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Εξάλειψη διαταραχής (1 από 2)



- Το δίκτυο μεταδίδει με απρόβλεπτο ρυθμό
 - Ακόμη και χωρίς το TCP!
- Αναπαραγωγή με σταθερό ρυθμό
 - Αλλιώς ο χρήστης ενοχλείται
- Χρήση ενταμιευτή εξομάλυνσης
 - Αναμονή μέχρι ο ενταμιευτής να γεμίσει αρκετά
 - Αναπαραγωγή από τον ενταμιευτή με καθυστέρηση

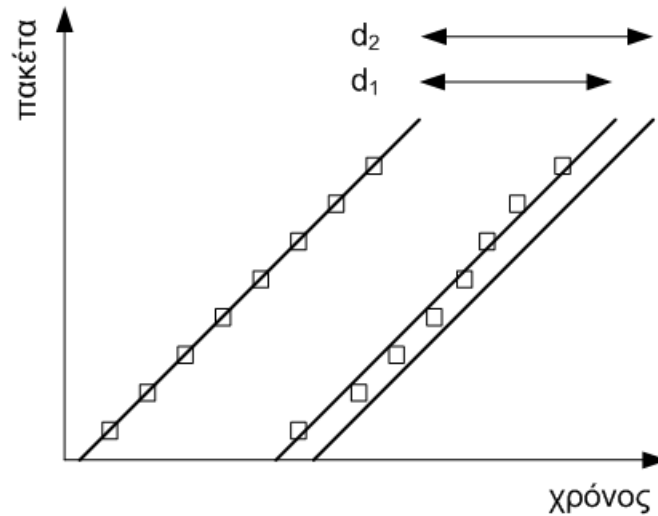
Εξάλειψη διαταραχής (2 από 2)

- Καθυστερημένη αναπαραγωγή τμημάτων
 - Λήψη τμημάτων πριν την αναπαραγωγή
 - Πόσο πρέπει να περιμένουμε;
 - Αυτό καθορίζει και το μέγεθος του ενταμιευτή
 - Σταθερή ή δυναμική καθυστέρηση;
- Επικεφαλίδες τμημάτων με RTP
 - Αριθμός σειράς: αυξάνεται σε κάθε τμήμα
 - Χρονοσφραγίδα: ώρα παραγωγής τμήματος

Σταθερή καθυστέρηση (1 από 2)

- Σταθερή καθυστέρηση αναπαραγωγής
 - Το τμήμα φέρει τη χρονοσφραγίδα t
 - Αναπαράγεται τη χρονική στιγμή $t+d$
 - Υπόθεση: καθυστέρηση μικρότερη από d
 - Αλλιώς το πακέτο χάνει την προθεσμία του
 - Δεν επηρεάζεται από απώλεια πακέτων
 - Απλά αφήνουμε κενό στην αναπαραγωγή
 - Πόσο μεγάλο όμως πρέπει να είναι το d ;

Σταθερή καθυστέρηση (2 από 2)



- Αριστερή γραμμή: μικρό d
 - Αυξημένη απώλεια / βελτιωμένη αλληλεπίδραση
- Δεξιά γραμμή: μεγάλο d
 - Μειωμένη απώλεια / χειρότερη αλληλεπίδραση

Δυναμική καθυστέρηση (1 από 4)

- Προσαρμοστική αναπαραγωγή
 - Δυναμικός συμβιβασμός
 - Καθυστέρηση έναντι απώλειας
 - Προσαρμογή στην αρχή κάθε περιόδου ομιλίας
- Αλγόριθμος προσαρμογής καθυστέρησης
 - t_i = χρονοσφραγίδα πακέτου i
 - r_i = χρονική στιγμή που λαμβάνεται
 - p_i = χρονική στιγμή που αναπαράγεται
 - $r_i - t_i$ = καθυστέρηση μετάδοσης

Δυναμική καθυστέρηση (2 από 4)

- Εκτίμηση μέσης καθυστέρησης d_i

$$d_i = \alpha d_{i-1} + (1 - \alpha)(r_i - t_i)$$

- Σταθερά εξομάλυνσης α στο διάστημα $[0,1]$

- Μεγάλο α : βαθμιαίες μεταβολές του d_i

- Μικρό α : έντονες μεταβολές του d_i

- Εκτίμηση διακύμανσης καθυστέρησης v_i

$$v_i = \beta v_{i-1} + (1 - \beta) |r_i - t_i - d_i|$$

- Η σταθερά β λειτουργεί όπως η α

Δυναμική καθυστέρηση (3 από 4)

- Υπολογισμός d_i και v_i για κάθε πακέτο
 - Προσαρμογή στην αρχή περιόδου ομιλίας
 - Δεν θέλουμε διακοπές στον ήχο
- Χρόνος αναπαραγωγής πρώτου πακέτου

$$d = d_i + \gamma v_i$$

- γ : μικρή θετική σταθερά ($\gamma = 4$)
- Καθυστέρηση συν γ επί διακύμανση
- Τα περισσότερα πακέτα φτάνουν εγκαίρως

Δυναμική καθυστέρηση (4 από 4)

- Χρόνος αναπαραγωγής επόμενων πακέτων

$$p_j = t_j + d$$

- Σταθερή καθυστέρηση στη συνέχεια
- Αναγνώριση αρχής περιόδου ομιλίας
 - Χωρίς απώλειες:
 - Αύξηση χρονοσφραγίδας > 20 ms
 - Με απώλειες:
 - Αύξηση αριθμού σειράς > 1

Σταθερή ή δυναμική καθυστέρηση;

- Η σταθερή είναι πιο απλή
 - Είτε θα έχουμε αρχική καθυστέρηση
 - Είτε θα έχουμε διακοπές (stalls)
- Η δυναμική προσαρμόζεται στις συνθήκες
 - Χρειάζεται όμως σημείο προσαρμογής
 - Είτε έχουμε φυσική διακοπή μέσων (φωνή)
 - Είτε έχουμε διακοπή λόγω προβλήματος (stall)
 - Αν έχουμε συγχρονισμένο ήχο και βίντεο;

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΘΗΝΩΝ**



**ATHENS UNIVERSITY
OF ECONOMICS
AND BUSINESS**

Αντιμετώπιση της απώλειας

Μάθημα: Τεχνολογία Πολυμέσων, **Ενότητα # 20:** Υπηρεσίες καλύτερης προσπάθειας

Διδάσκων: Γιώργος Ξυλωμένος, **Τμήμα:** Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Έννοια της απώλειας

- Ευρεία έννοια απώλειας
 - Πακέτα που δεν φτάνουν στον παραλήπτη
 - Καταστράφηκαν στη μετάδοση
 - Απορρίφθηκαν λόγω φόρτου
 - Πακέτα που φτάνουν πολύ αργά
 - Μετά το χρόνο αναπαραγωγής
 - Δεν μπορούμε να τα περιμένουμε
 - Πώς μπορούμε να κρύψουμε τις απώλειες;

Αναμεταδόσεις

- Αν το πακέτο δεν φτάσει, το ξαναστέλνουμε
 - Διάφοροι μηχανισμοί αναμετάδοσης (ARQ)
 - Με θετικές ή αρνητικές επιβεβαιώσεις
 - Θετικές: επιβεβαιώνεται κάθε πακέτο
 - Αρνητικές: στέλνονται όταν λείπουν πακέτα
 - Μετάδοση μόνο όταν χρειάζεται
 - Απρόβλεπτη καθυστέρηση
 - Η αναμετάδοση θέλει τουλάχιστον ένα RTT

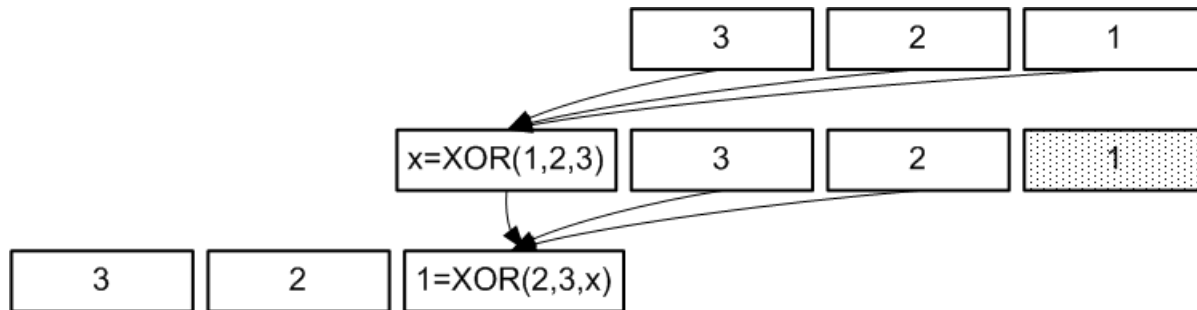
Πρόσθια διόρθωση λαθών

- Πρόσθια διόρθωση λαθών (FEC)
 - Προσθήκη πλεονασμού στην αρχική ροή
 - Αύξηση του ρυθμού μετάδοσης της ροής
 - Πλήρης ή μερική ανακατασκευή χαμένων
 - Εναλλακτική λύση στις αναμεταδόσεις
 - Δεν περιμένουμε ανάδραση από παραλήπτη
 - Σπάταλη όταν δεν έχουμε απώλειες
 - Η πρόσθετη πληροφορία στέλνεται πάντα

Πακέτο ισοτιμίας (1 από 2)

- Απλός μηχανισμός FEC
 - Κάθε n τμήματα, ένα πλεονάζον τμήμα
 - Περιέχει το XOR των αρχικών
 - Ουσιαστικά είναι κώδικας ισοτιμίας
 - Διόρθωση μίας απώλειας στα n τμήματα
 - XOR των n ληφθέντων
 - Πόση είναι η πιθανότητα απώλειας;
 - Καθυστέρηση αναπαραγωγής στην ανάκτηση
 - Πρέπει να λάβουμε όλα τα πακέτα

Πακέτο ισοτιμίας (2 από 2)

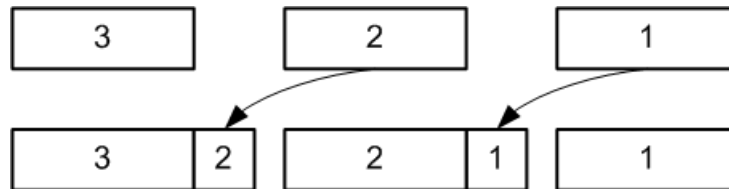


- Επιβάρυνση: $1/(n+1)$
 - Συμφέρει το μεγάλο n
- Μέγιστη καθυστέρηση: n
 - Αν χάσουμε το πρώτο πακέτο
 - Τυπικά, περιμένουμε πάντα n
 - Συμφέρει το μικρό n
- Ανάκαμψη: 1 σφάλμα ανά n τμήματα

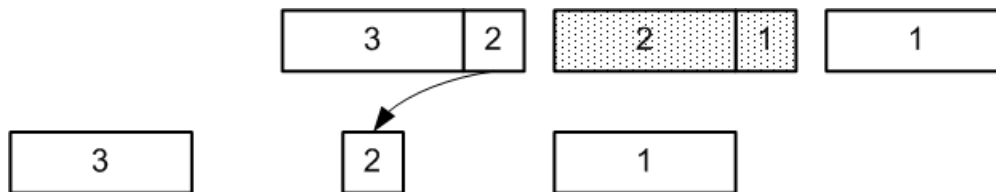
Υπολογισμός της επιβάρυνσης

- Έστω ότι χρησιμοποιώ τη μέθοδο XOR
 - Κάθε n πακέτα, 1 πακέτο ισοτιμίας
- Δύο τρόποι έκφρασης της επιβάρυνσης
 - Πάνω στην αρχική ροή: $1/n$
 - Πάνω στη συνολική ροή: $1/(n+1)$
 - Δεν είναι το ίδιο!
 - Καλό είναι να διευκρινίζουμε τι υπολογίζουμε

Πλεονάζουσα ροή (1 από 2)



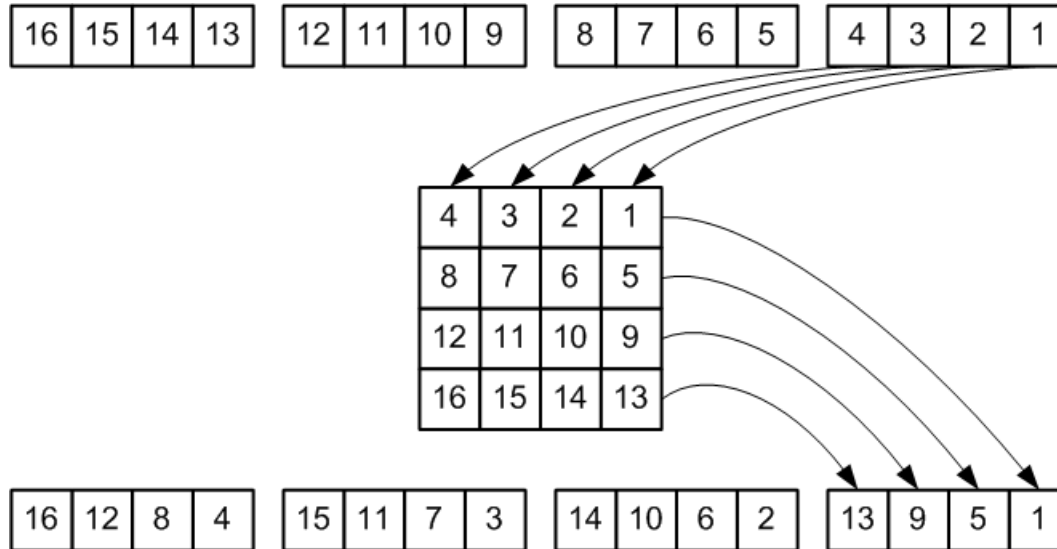
- Αποστολή ροής χαμηλότερης ποιότητας
 - Αρχική: G.711 στα 64 Kbps
 - Πλεονάζουσα: G.729 στα 8 Kbps
 - Πακέτο i : i αρχικής / $i-1$ πλεονάζουσας
 - Κάλυψη μίας απώλειας από το πλεονάζον τμήμα



Πλεονάζουσα ροή (2 από 2)

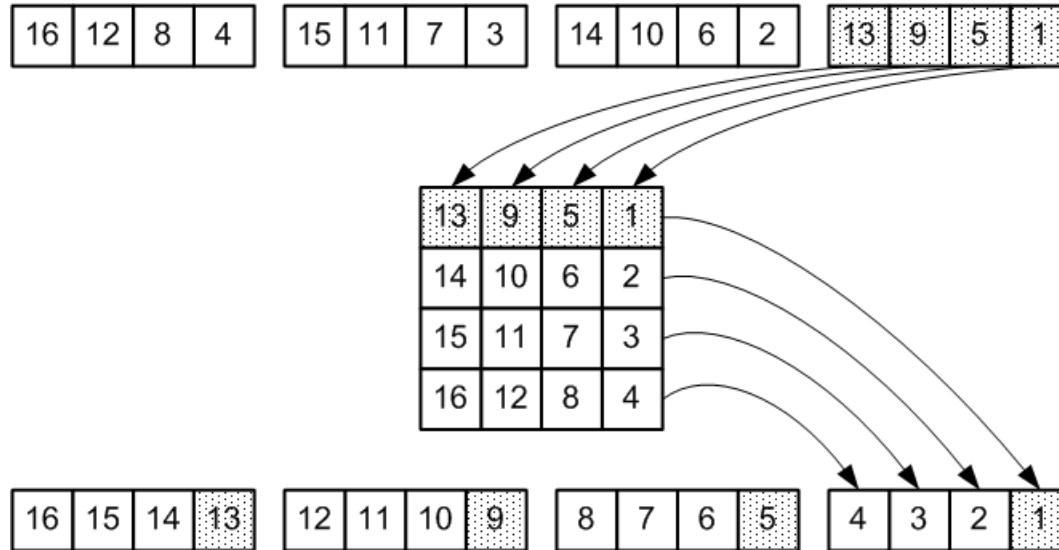
- Μεταβαλλόμενη ποιότητα αναπαραγωγής
 - Καλή ποιότητα για περιστασιακή απώλεια
 - Μικρή καθυστέρηση αναπαραγωγής (1 πακέτο)
 - Αύξηση ρυθμού μετάδοσης
 - Ανάλογα με ποιότητα πλεονάζουσας ροής
 - Πρόσθετα τμήματα για συνεχόμενες απώλειες
 - Προηγούμενο και προ-προηγούμενο
 - Αντιμετωπίζει δύο συνεχόμενες απώλειες

Εναλλαγή (1 από 4)



- Εναλλαγή (interleaving) τμημάτων
 - Διάσπαση τμημάτων ήχου σε μονάδες
 - Αναδιάταξη μονάδων πριν την αποστολή
 - Συνεχόμενες μονάδες μεταδίδονται με απόσταση

Εναλλαγή (2 από 4)

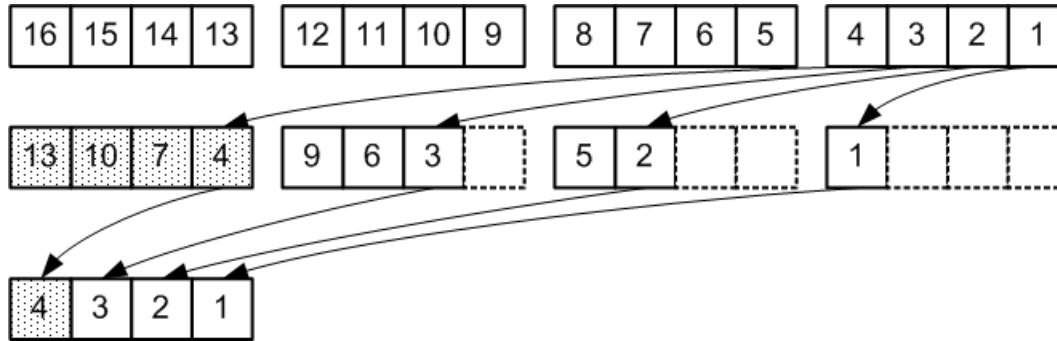


- Εναλλαγή (interleaving) τμημάτων
 - Αντίστροφη αναδιάταξη στον παραλήπτη
 - Δεν αυξάνεται ο ρυθμός μετάδοσης
 - Ούτε μειώνονται τα χαμένα πακέτα!

Εναλλαγή (3 από 4)

- Γιατί να κάνουμε εναλλαγή;
 - Μείωση επιπτώσεων από απώλεια πακέτων
 - Η ίδια η εναλλαγή δεν καταπολεμά την απώλεια
 - Μετατροπή μεγάλων κενών σε μικρά
 - Συνδυασμός με πακέτα ισοτιμίας
 - Αλλά: αύξηση καθυστέρησης!
 - Καθυστέρηση για δημιουργία πακέτων
 - Καθυστέρηση για συναρμολόγηση πακέτων

Εναλλαγή (4 από 4)



- Κυλιόμενη εναλλαγή
 - Στην κανονική χρησιμοποιούμε μπλοκ N πακέτων
 - Στην κυλιόμενη δεν περιμένουμε το μπλοκ
 - Τα τεμάχια μπαίνουν στα N επόμενα πακέτα
 - $N-1$ χρόνοι καθυστέρησης στον κωδικοποιητή
 - Χωρίς άλλη καθυστέρηση στον αποκωδικοποιητή

Κώδικες Διόρθωσης Λαθών

- Κώδικες μπλοκ (ανώτερα επίπεδα)
 - Επεξεργάζονται σταθερό μέγεθος δεδομένων
 - Προσθέτουν πληροφορία διόρθωσης
 - Αποκωδικοποίηση στο τέλος του μπλοκ
- Κώδικες συνέλιξης (φυσικό επίπεδο)
 - Πληροφορία διόρθωσης μαζί με τα δεδομένα
 - Παραγωγή από παράθυρο μέσα στα δεδομένα
 - Αποκωδικοποίηση κατά τη λήψη

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΘΗΝΩΝ**



**ATHENS UNIVERSITY
OF ECONOMICS
AND BUSINESS**

Τέλος Ενότητας #20

Μάθημα: Τεχνολογία Πολυμέσων, **Ενότητα # 20:** Υπηρεσίες καλύτερης προσπάθειας

Διδάσκων: Γιώργος Ξυλωμένος, **Τμήμα:** Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

