



Συστήματα Πολυμέσων

Ενότητα 15: Συμπύεση Ψηφιακού Βίντεο

Θρασύβουλος Γ. Τσιάτσος
Τμήμα Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» 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.



Περιεχόμενα ενότητας

- Συμπίεση Ψηφιακού Βίντεο
 - Υποδειγματοληψία Χρώματος
 - Συμπίεση κατά MPEG

Σκοποί ενότητας

- Παρουσίαση των μεθόδων συμπίεσης του ψηφιακού βίντεο



**ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**

Ψηφιακό Βίντεο

Η ανάγκη για την συμπίεση του Video

- Δειγματοληψία αναλογικού video
 - Συχνότητα: 13.5 MHz
 - Ανάλυση (PAL): 720x576
 - Βάθος χρώματος: 24 bit = 3 Byte
 - Αριθμός πλαισίων: 25 fps
 - $720 \times 576 \times 25 \times 3 = 31104000$ Bytes = 30375 kB ~ 30 MB για κάθε δευτερόλεπτο
- Για video διάρκειας μιας ώρας χρειάζεται αποθηκευτικός χώρος:
 - $30 \times 3600 = 108000$ MB = 108 GB

Ανάγκη για συμπίεση

- Δύο σημαντικές τεχνικές για συμπίεση video:
 - υποδειγματοληψία χρώματος (chroma subsampling)
 - συμπίεση κατά MPEG

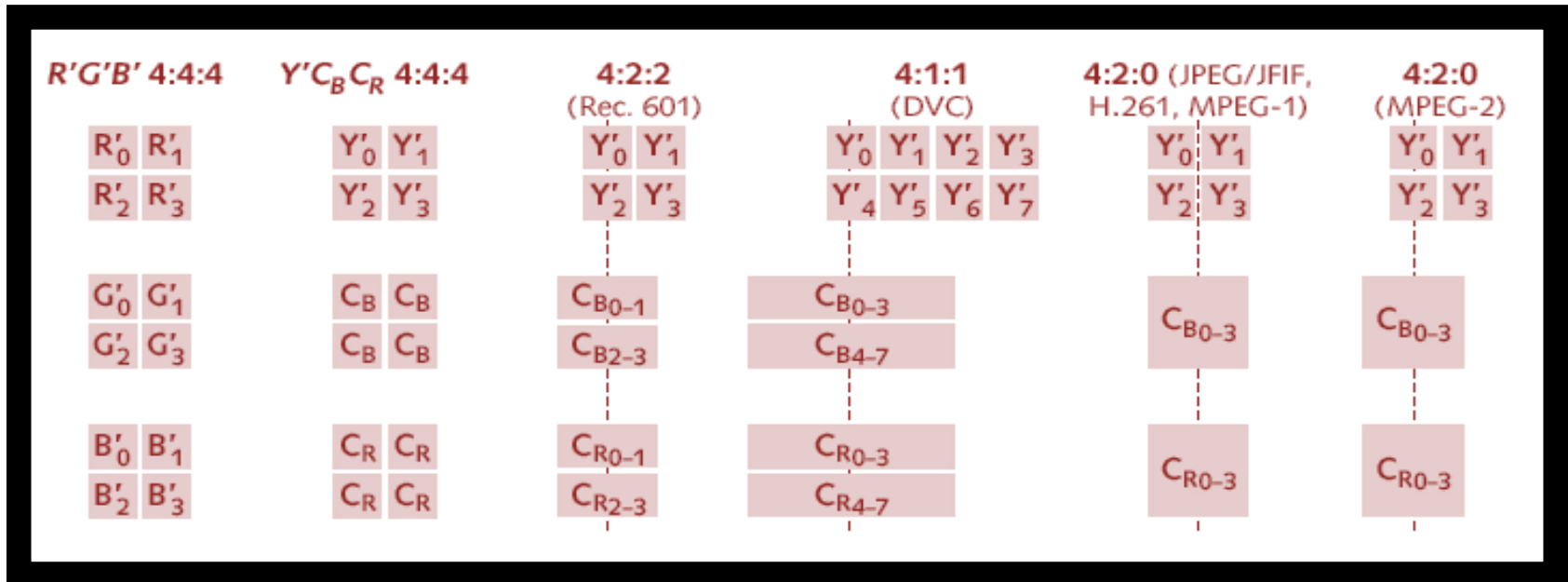
Υποδειγματοληψία Χρώματος (1/2)

- Η ανθρώπινη όραση είναι πολύ **λιγότερο ευαίσθητη στις χρωματικές μεταβολές** παρά σε εκείνες της φωτεινότητας.
- Κατά τη δειγματοληψία μπορούν να ψηφιοποιηθούν **λιγότερα δείγματα** από το **σήμα χρώματος** (chroma, σήματα Cb, Cr) σε σχέση με το σήμα φωτεινότητας (luma, σήμα Y),
- Η πρακτική αυτή ονομάζεται «**υποδειγματοληψία χρώματος**» (chroma subsampling) και είναι σημαντική για τη μείωση του όγκου των ψηφιακών δεδομένων.

Υποδειγματοληψία Χρώματος (2/2)

- Η αναλογία δειγμάτων που παράγονται μεταξύ των σημάτων Y και Cb, Cr εκφράζεται ως ένας **διπλός λόγος ακεραίων αριθμών**
- Οι συνηθέστερες αναλογίες όμως είναι **4:2:2**, και **4:2:0**
 - Ο πρώτος ακέραιος εκφράζει τον αριθμό των δειγμάτων, ανά 4 pixels, στο σήμα Y σε **κάθε** γραμμή
 - Ο δεύτερος ακέραιος εκφράζει τον αριθμό των δειγμάτων, ανά 4 pixels, για κάθε ένα από τα σήματα Cb και Cr στις **μονές** γραμμές
 - Ο τρίτος ακέραιος εκφράζει τον αριθμό των δειγμάτων, ανά 4 pixels, για κάθε ένα από τα σήματα Cb και Cr στις **ζυγές** γραμμές

Σχήματα Υποδειγματοληψίας



- **4:4:4** → Αρχικό σήμα χωρίς συμπίεση
- **4:2:2** → 2 pixel για κάθε συνιστώσα chroma έναντι 4 του luma
- **4:1:1** → 1 pixel για κάθε συνιστώσα chroma έναντι 4 του luma (οριζόντια)
- **4:2:0** → 1 pixel για κάθε συνιστώσα chroma έναντι 4 του luma (και Οριζόντια και Κάθετα) (εφαρμογή σε MPEG)

MPEG

- Moving Picture Experts Group
- Οικογένεια ισχυρών συμπιεστών οπτικοακουστικής πληροφορίας
- MPEG-1, MPEG-2 & MPEG-4.

Βασικές τεχνικές στη συμπίεση κατά MPEG

1) Ενδοπλαισιακά (intra-frame)

- Τεχνικές συμπίεσης που εφαρμόζονται στην πληροφορία **μόνον** μέσα στο **ίδιο το πλαίσιο**

2) Διαπλαισιακά (inter-frame)

- Τεχνικές συμπίεσης που εκμεταλλεύονται τον τρόπο που μεταβάλλεται η πληροφορία **μεταξύ διαδοχικών πλαισίων**.

Ενδοπλαισιακή (intraframe)

- Συμπίεση **JPEG στο πλαίσιο**
 - Μετασχηματισμός DCT στην πληροφορία ενός πλαισίου
 - Κβαντισμός συντελεστών DCT → συμπίεση
- **I-πλαίσια (I-frames)**
- Τα πλαίσια μόνον με **ενδοπλαισιακή** συμπίεση
- Αποτελούν **πλαίσια-κλειδιά** (key frames) στην αλληλουχία των συμπιεσμένων πλαισίων που δημιουργεί το MPEG.

Διαπλαισιακή (interframe)

- Η κωδικοποίηση κάθε επόμενου πλαισίου μπορεί να βασιστεί στην πληροφορία του προηγούμενου
- Δεν χρειάζεται να αποθηκευτεί ολόκληρη η πληροφορία του επόμενου πλαισίου αλλά **μόνο το τμήμα που διαφέρει από το προηγούμενο πλαίσιο**, πχ. εμφανίζεται διαφοροποιημένο λόγω κάποιας κίνησης.
- Το MPEG στη διαπλαισιακή συμπίεση δημιουργεί δύο νέα είδη πλαισίων:
 - → Το **πλαίσιο-P** (P-Frame, predicative frame)
 - → Το **πλαίσιο-B** (B-Frame, bi-directional frame)

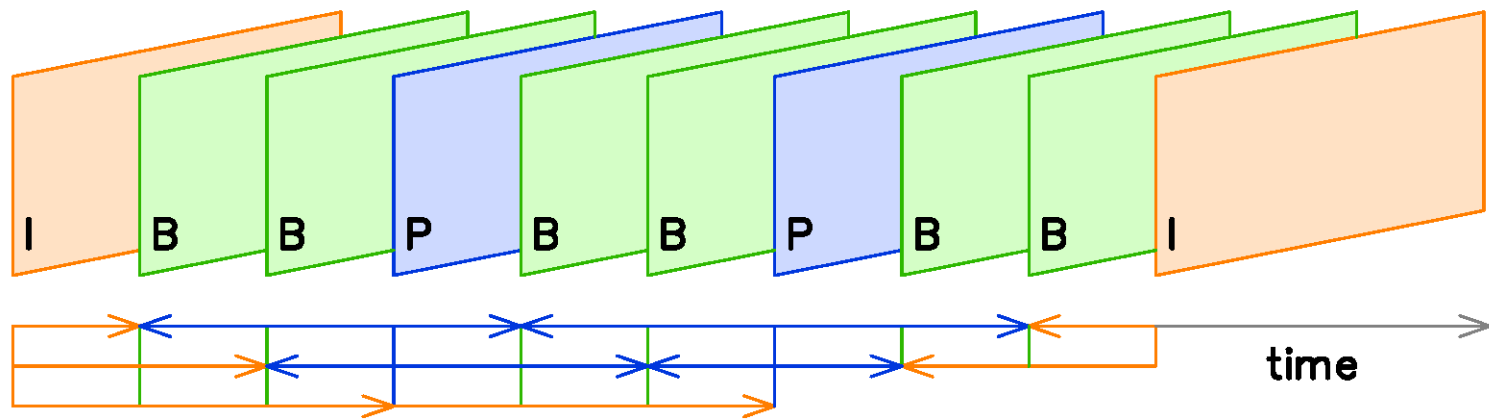
Πλαίσιο -P

- Αποθηκεύεται **μόνον** η πληροφορία που δείχνει το πόσο έχει μεταβληθεί αυτό το πλαίσιο σε σχέση με ένα **προηγούμενο** πλαίσιο αναφοράς (συνήθως ένα προηγούμενο $-I$ ή $-P$ πλαίσιο).
- Έτσι το πλαίσιο-P αναδημιουργείται **προσθέτοντας** στο πλαίσιο αναφοράς την πληροφορία μεταβολής.

Πλαίσιο -B

- Ανάμεσα σε δύο πλαίσια-P ...
- ...ή ανάμεσα σε ένα πλαίσιο-I και ένα -P
- Αποθηκεύουν **μόνον** την πληροφορία μεταβολής τους **σε σχέση με ένα προηγούμενο και με ένα επόμενο πλαίσιο αναφοράς**
- Το πλαίσιο-B αναδημιουργείται λαμβάνοντας υπόψη και τα δύο αυτά πλαίσια (πριν & μετά).

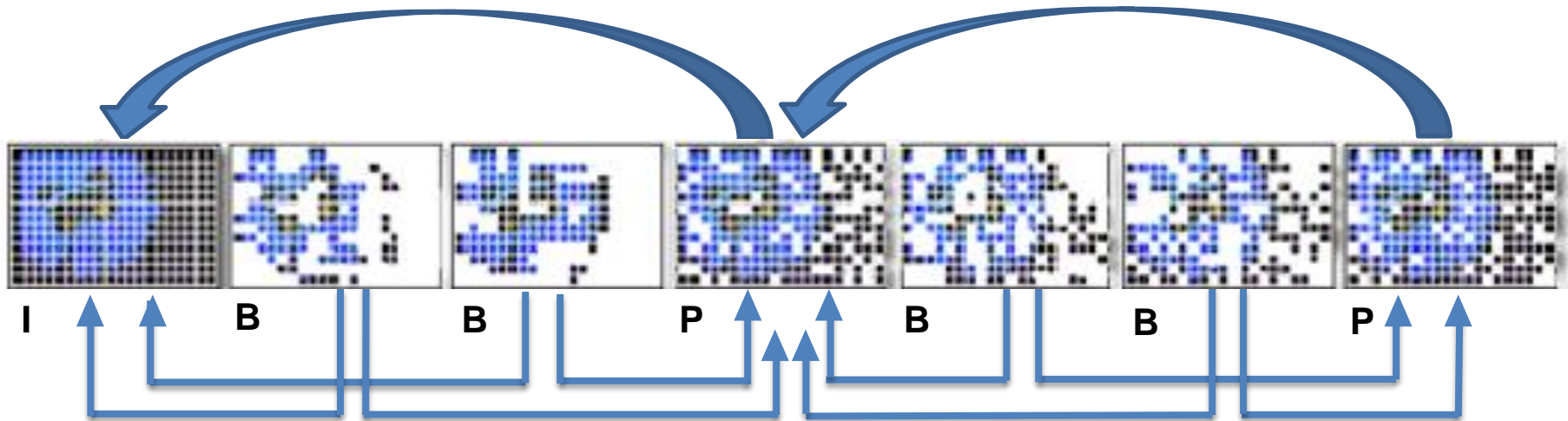
Αλληλουχία I, B, P πλαισίων (1/2)



Τυπική Αλληλουχία I,B,P Πλαισίων [3]

Αλληλουχία I, B, P πλαισίων (2/2)

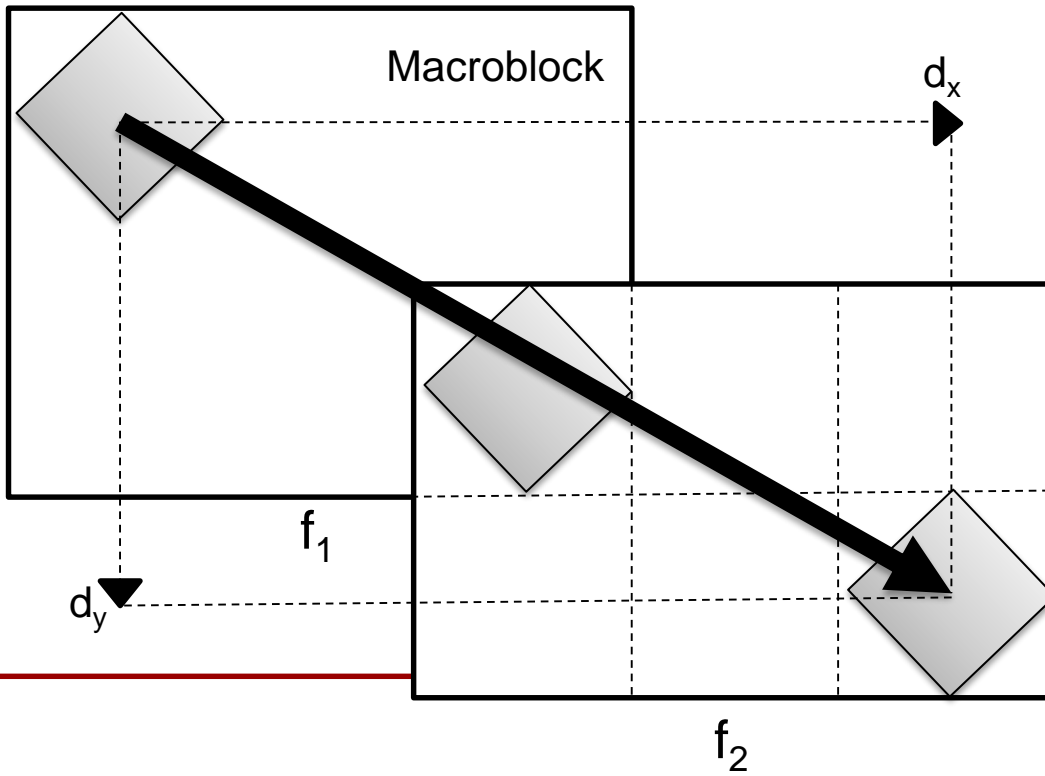
- I: πλαίσιο αναφοράς (ενδοπλαισιακά)
- P: προβλεπόμενο πλαίσιο (διαφορά με I) (forward prediction)
- B: διπλής κατεύθυνσης (διαφορά με P & I -- ή P και P)
 - (forward & backward prediction, bidirectional)



Εκτίμηση κίνησης (motion estimation) (1/5)

- Συχνά στα διαδοχικά πλαίσια η **διαφορά** δημιουργείται από **ένα αντικείμενο που κινείται**
- Αλγόριθμος:
 - **Διαίρεση** πλαισίου σε **macroblocks** (16x16 pixels)
 - **Αναζήτηση** των macroblocks που
 - είτε δεν μεταβάλλονται από το ένα πλαίσιο στο άλλο
 - είτε μεταβάλλονται μόνον κινούμενα (δηλ. αλλάζει η σχετική τους θέση μέσα στο πλαίσιο)
 - **Αν εντοπιστούν** τέτοια macroblocks υπολογίζεται τότε το **διάνυσμα κίνησής** τους (motion vector)
 - δηλ. ένα ζευγάρι αριθμών (πχ. 0,0, ή 12, 4 ή 25, -4 κλπ.) που δηλώνει τη κίνηση του macroblock

Εκτίμηση κίνησης (Motion estimation) (2/5)

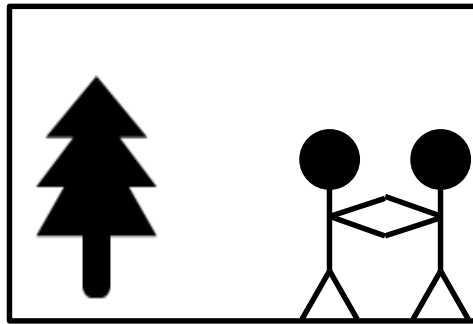


- f_1 = Reference Frame
- f_2 = P or B Frame
- MV = Motion Vector
- D_x = x Component of MV
- D_y = y Component of MV

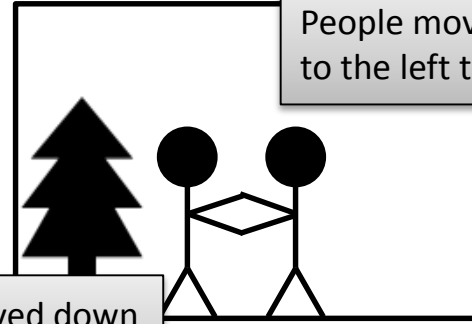
Εκτίμηση κίνησης (motion estimation) (3/5)

- Συμπιέζει τα P & B πλαίσια μειώνοντας τον χρονικό **πλεονασμό**
- Βελτιώνει τη συμπίεση κατά ένα **παράγοντα ~ 3** σε σύγκριση με την απλή ενδοπλαισιακή συμπίεση
- Κατά τη συμπίεση με εκτίμηση κίνησης στο συμπιεσμένο αρχείο αποθηκεύονται:
 - Το **διάνυσμα κίνησης** (motion vector) (2 συντεταγμένες, x, y) της μετατόπισης του macroblock από την αρχική θέση (στο πλαίσιο αναφοράς) στη τελική θέση (στο πλαίσιο που κωδικοποιείται)
 - Τη **διαφορά περιεχόμενης πληροφορίας** (error terms) μεταξύ του macroblock αναφοράς και του macroblock που κωδικοποιείται

Εκτίμηση κίνησης (Motion estimation) (4/5)



Frame 1



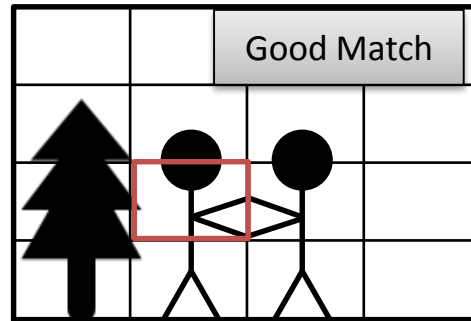
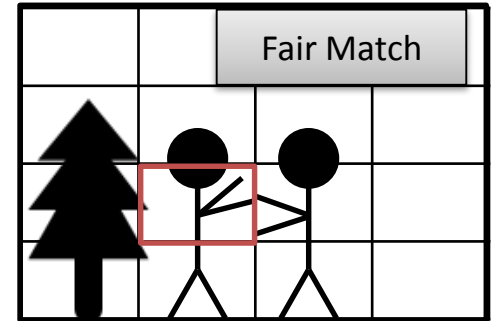
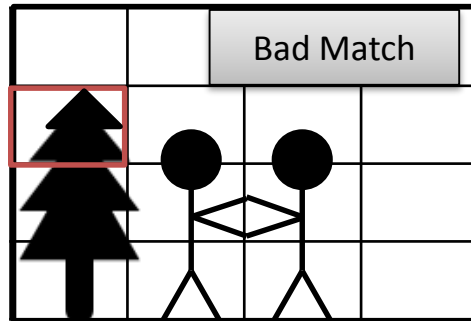
Tree moved down and to the left

People moved farther to the left than tree

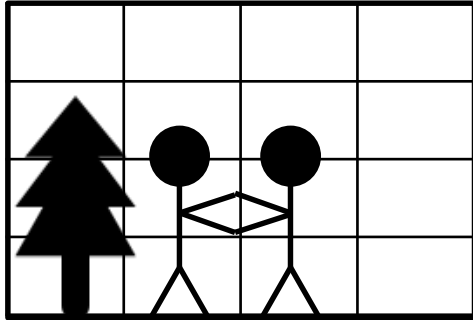
Frame 2

■ Κωδικοποιείται:

- Διάνυσμα Κίνησης
- Διαφορά (σφάλμα) πληροφορίας

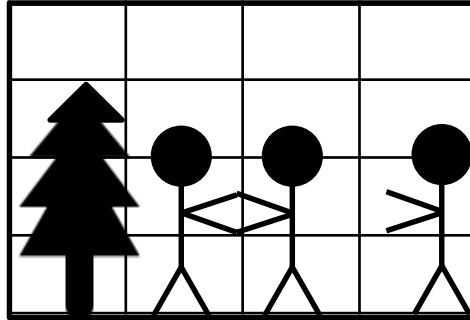


Εκτίμηση κίνησης (Motion estimation) (5/5)



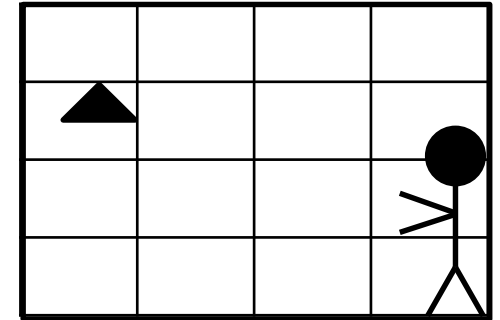
A

Επιθυμητό πλαίσιο



B

Προβλεπόμενο πλαίσιο
(με βάση τα διανύσματα
κίνησης των macroblocks)



C

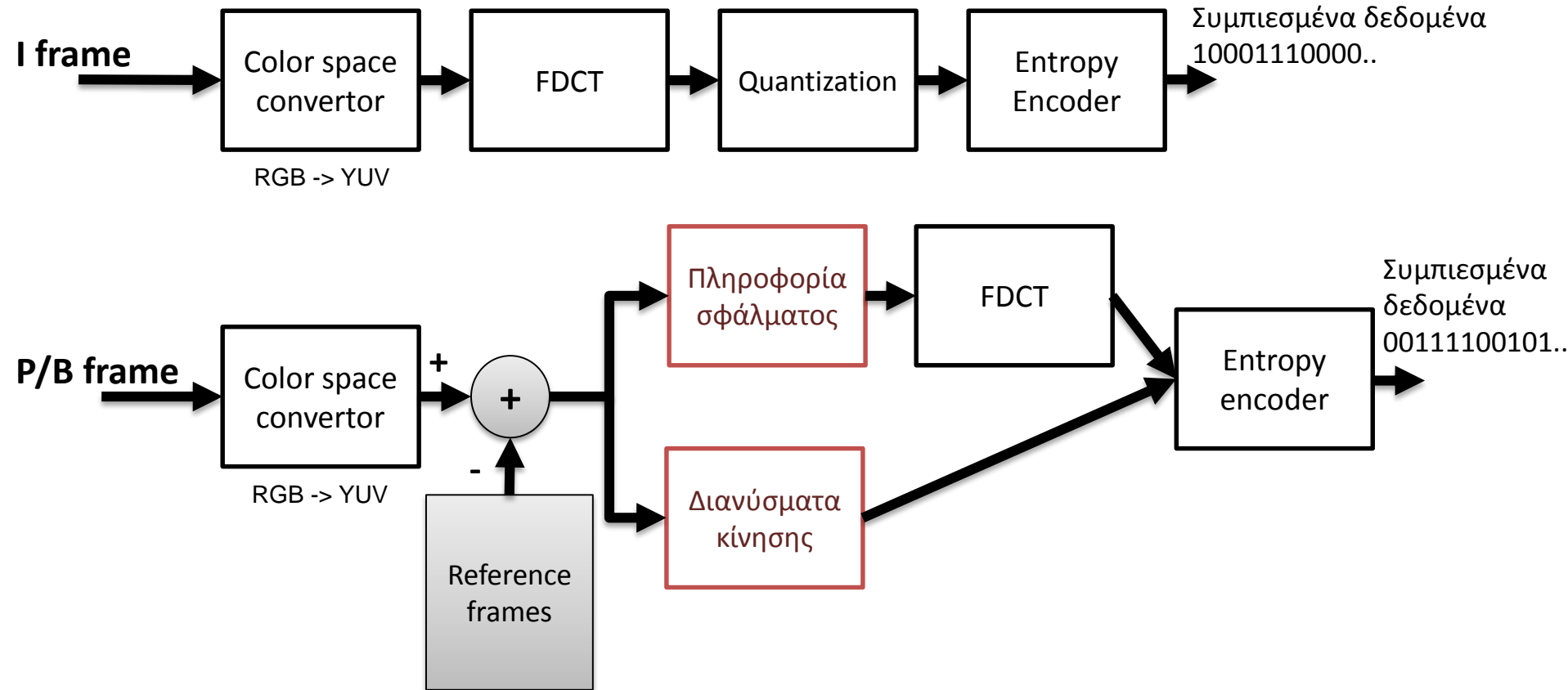
Σφάλμα Πληροφορίας
Διαφορά πληροφορίας που
κωδικοποιείται στο αρχείο

$$A = B - C // \text{Επιθυμητό} = \text{Προβλεπόμενο} - \text{Διαφορά}$$

Τα βήματα του MPEG

- 1) **Αναλύεται** το αρχείο video για να καθοριστεί το ποια πλαίσια θα κωδικοποιηθούν ως **πλαίσια-I**, ποια ως **πλαίσια-P** και ποια ως **πλαίσια-B**.
- 2) Τα πλαίσια διαιρούνται σε **macroblocks** (16x16 pixels)
- 3) Το σήμα μετατρέπεται από **RGB** σε **YUV** ενώ ταυτόχρονα γίνεται και **υποδειγματοληψία** χρώματος.
- 4) Εφαρμόζεται η τεχνική **εκτίμησης κίνησης** σε κάθε πλαίσιο-P και -B.
- 5) Σε κάθε πλαίσιο I,-P και B τα macroblocks συμπιέζονται κατά **JPEG**,
- 6) Εφαρμογή συμπίεσης κατά **Huffman** στις τελικές τιμές

Κωδικοποίηση MPEG



Διάγραμμα Κωδικοποίησης MPEG [4]

Αναφορές

- [1] Havaladar, P., & Medioni, G. G. (2009). Multimedia Systems: Algorithms, Standards, and Industry Practices. CengageBrain. com.
- [2] Δημητριάδης, Σ., Τριανταφύλλου, Ε., & Πομπόρτσης, Α. (2003). Τεχνολογία Πολυμέσων: Θεωρία και Πράξη. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.
- [3] Wikipedia contributors. Inter frame. [Online]. Available (2013, August 1): http://en.wikipedia.org/wiki/Inter_frame
- [4] Furht, B., Furht, B., & Performed By-Greenblatt, J. (1996). Motion estimation algorithms for video compression. Kluwer academic publishers.



Τέλος Ενότητας

Ψηφιακό Βίντεο – Συμπίεση



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

