



## ΒΕΣ 04 – Συμπίεση και Μετάδοση Πολυμέσων



# Συμπίεση Βίντεο: Αρχές και Πρότυπα Συμπίεσης

- \* Εισαγωγή
- Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- Τύποι Πλαισίων
- Αντιστάθμιση Κίνησης
- Διαδεδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

## Εισαγωγή



- Στη συμπίεση video αναζητείται μία χρυσή τομή (sweet spot) ανάμεσα στην ποιότητα και το εύρος ζώνης (bandwidth)
- Πολλές φορές βασίζεται σε υποκειμενικές μετρήσεις που γίνονται σε άτομα που θεωρούνται **ικανά “δείγματα”** πάνω στην **εκτίμηση της κινούμενης εικόνας**.
  - Αν η εμπειρία τους δεν τους επιτρέπει να αντιληφθούν σημαντικές διαφορές στην ποιότητα του κωδικοποιημένου ήχου από τον αρχικό και συγχρόνως θεωρούν ανεκτές τις ατέλειες (artifacts) της εικόνας μετά από κάποιο ποσοστό συμπίεσης, η μέθοδος και το ποσοστό αυτό θεωρούνται αποδεκτά και τυποποιούνται.
- Να σημειωθεί εδώ ότι ενώ ο ήχος προσφέρεται για μεγάλα ποσοστά συμπίεσης χωρίς να μπορεί να γίνει αισθητή υποβάθμιση στην ποιότητά του, στον τομέα της εικόνας τα πράγματα είναι λίγο πιο δύσκολα και οι όποιες ατέλειες είναι ορατές, απλά γίνεται προσπάθεια να μην γίνονται ενοχλητικές για το θεατή.

- Εισαγωγή
- ★ Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- Τύποι Πλαισίων
- Αντιστάθμιση Κίνησης
- Διαδεδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

## Αρχές Συμπίεσης Βίντεο



- Η βασική αρχή πάνω στην οποία στηρίζονται όλες οι μέθοδοι ψηφιακής συμπίεσης είναι το γεγονός ότι το σήμα εμπεριέχει ένα **ποσοστό πλεονασμού (redundancy)**. Με τον όρο αυτό εννοούμε την πληροφορία που είτε μπορεί να παραληφθεί, είτε να κωδικοποιηθεί με λιγότερη ακρίβεια, χωρίς αυτό να έχει αξιοσημείωτη επίδραση στο τελικό αποτέλεσμα.
- Υπάρχουν δύο είδη πλεονασμού σε ένα σήμα βίντεο:
- **Χωρικός πλεονασμός (Spatial Redundancy):**
  - Ανάλογα με το περιεχόμενο της εικόνας το ανθρώπινο μάτι μπορεί να ανεχθεί ένα ποσοστό παραμόρφωσης ή αλλοίωσης ορισμένων παραμέτρων της εικόνας χωρίς αυτό να γίνει αντιληπτό. Π.χ. είναι γνωστό ότι η ανθρώπινη όραση είναι γενικά πολύ πιο ευαίσθητη στη φωτεινότητα της εικόνας παρά στα χρώματα.
  - Ο υποκειμενικός πλεονασμός και οι ιδιαιτερότητες της ανθρώπινης όρασης έχουν αξιοποιηθεί στις τεχνικές συμπίεσης ακίνητων εικόνων (π.χ. πρότυπο JPEG).

- Εισαγωγή
- ★ Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- Τύποι Πλαισίων
- Αντιστάθμιση Κίνησης
- Διαδεδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

## Αρχές Συμπίεσης Βίντεο (II)



- **Χρονικός Πλεονασμός (Temporal Redundancy):**
  - Οι τιμές φωτεινότητας και χρώματος μπορούν σε κάθε δεδομένη χρονική στιγμή να προϋπολογιστούν από τις προηγούμενες τιμές τους, γιατί οι τιμές δειγμάτων της εικόνας σε μεγάλο ποσοστό σχετίζονται μεταξύ τους.
  - Για παράδειγμα στα δελτία ειδήσεων ένα μεγάλο κομμάτι της εικόνας (φόντο) παραμένει αμετάβλητο και μόνο το κομμάτι της εικόνας που καταλαμβάνει ο παρουσιαστής μεταβάλλεται ελαφρά (κινήσεις των χειλιών, των βλεφάρων κτλ).
  - Έτσι μπορούμε να υπολογίσουμε ένα τμήμα της εικόνας από μία προηγούμενη και να προσθέσουμε απλά τις διαφορές που έχουν προκύψει χωρίς να χρειάζεται να κωδικοποιούμε σε κάθε πλαίσιο (frame) την πλεονάζουσα πληροφορία.

- ☑ Εισαγωγή
- ★ Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- ☐ Τύποι Πλαισίων
- ☐ Αντιστάθμιση Κίνησης
- ☐ Διαδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- ☐ Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

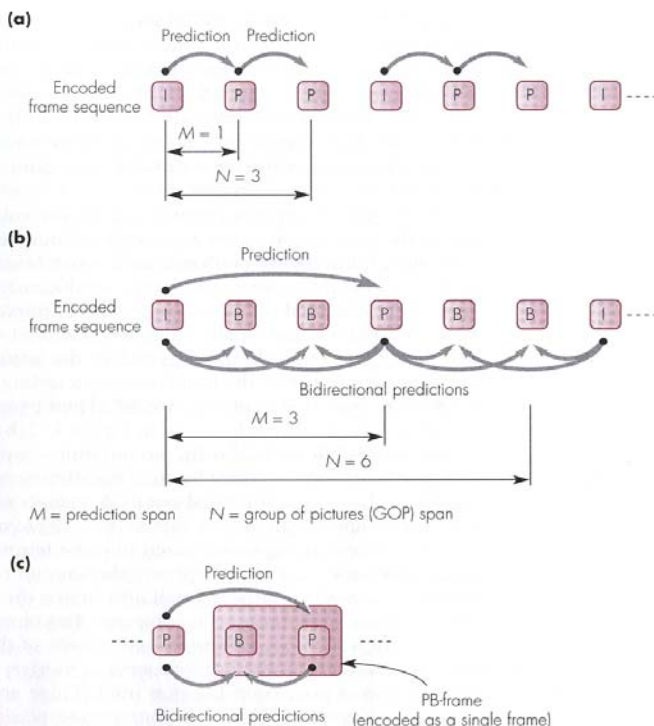
## Αρχές Συμπίεσης Βίντεο (III)



- **Ενδοπλαισιακή (χωρική) συμπίεση (spatial / intra-frame compression)**
  - Κάθε πλαίσιο συμπιέζεται αυτόνομα ως χαρτογραφική εικόνα (μορφή συμπίεσης JPEG)
  - Η συμπίεση μπορεί να είναι με ή χωρίς απώλειες (lossy or lossless). Η συμπίεση με απώλειες οδηγεί σε απώλεια ποιότητας όταν έχουμε διαδοχικές συμπίεσεις και αποσυμπίεσεις
- **Διαπλαισιακή (χρονική) συμπίεση (temporal / inter-frame compression)**
  - Η συμπίεση εφαρμόζεται σε ακολουθίες από πλαίσια με κωδικοποίηση των διαφορών ανάμεσα σε αυτά
  - Πλαίσια αναφοράς (reference frames) κωδικοποιούνται μόνο χωρικά (JPEG)
    - Σε αρκετές περιπτώσεις η απόσταση ανάμεσα σε πλαίσια αναφοράς είναι σταθερή (π.χ. Κάθε 12 πλαίσια)
- Σε όλες τις περιπτώσεις έχουμε κάποια μορφή συμπίεσης εξαιτίας της δειγματοληψίας φωτεινότητας / χρωματικών καναλιών (4:2:0, 4:1:1 κλπ)

- ☑ Εισαγωγή
- ☑ Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- ★ Τύποι Πλαισίων
- ☐ Αντιστάθμιση Κίνησης
- ☐ Διαδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- ☐ Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

## Τύποι πλαισίων ψηφιακού βίντεο κατά MPEG



### I-πλαίσια (intracoded frames)

- Αυτόνομα κωδικοποιημένα frame (κωδικοποιημένα ως εικόνες)

### P-πλαίσια (predictive frames)

- Κωδικοποιημένα με βάση προβλεπτική κωδικοποίηση από άλλα P ή I frames

### B-πλαίσια (intercoded frames)

- Παρεμβαλλόμενα (Interpolation) frames ανάμεσα σε P και I frames

- Εισαγωγή
- Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- ★ Τύποι Πλαισίων
- Αντιστάθμιση Κίνησης
- Διαδεδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

## Πλαισία I (Intra frames)



- Το είδος αυτό των πλαισίων κάνει χρήση του intra frame-coding (ενδοπλαισιακή κωδικοποίηση). Τα πλαίσια τύπου I είναι τα μόνα που είναι κωδικοποιημένα στο σύνολό τους και η αποκωδικοποίηση μπορεί να γίνει χωρίς αναφορά σε κάποιο άλλο.
  - Αποτελούν σημεία αναφοράς κατά την τυχαία προσπέλαση ενός σήματος. Επειδή η παρουσία τους είναι απαραίτητη σε σημείο χρονικής αναφοράς και για να αποφευχθεί η διάδοση των σφαλμάτων που δημιουργούν τα P πλαίσια επιβάλλεται να μεταδίδονται ανά τακτά χρονικά πλαίσια. Έτσι υπάρχει ένα I πλαίσιο τουλάχιστον κάθε 15 πλαίσια (δηλαδή δύο φορές το δευτερόλεπτο αν η συχνότητα είναι 30 Hz).
- Η διαδικασία της κωδικοποίησης ενός I πλαισίου βασίζεται στη λογική του προτύπου JPEG.
  - Το πλαίσιο χωρίζεται σε macroblocks και για κάθε block ξεχωριστά εφαρμόζεται DCT, Κβαντοποίηση, Zig-Zag Scanning, Run-Length-Encoding και Huffman Encoding.

- Εισαγωγή
- Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- ★ Τύποι Πλαισίων
- Αντιστάθμιση Κίνησης
- Διαδεδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

## Πλαισία P (Predicted frames)



- Τα πλαίσια τύπου P είναι βασισμένα σε ένα προηγούμενο I ή P πλαίσιο και κωδικοποιούνται με **διαπλαισιακές μεθόδους**.
- Με τη βοήθεια του **motion compensation (αντιστάθμιση κίνησης)** προβλέπουν τη νέα θέση όποιων macroblocks έχουν απλά μετακινηθεί και κωδικοποιούν τον αριθμό του macroblock, ένα διάνυσμα κίνησης και τη διαφορά (σφάλμα πρόβλεψης).
- Με τη σειρά τους τα P πλαίσια μπορούν να αποτελέσουν και αυτά σημείο αναφοράς για επόμενα πλαίσια και αυτός είναι και ο λόγος που συμβάλλουν στην εισαγωγή και διάδοση σφαλμάτων λόγω κβαντισμού.
- Δεν έχουν το μέγεθος των I πλαισίων γιατί δεν έχουν περιγραφεί με την ίδια ακρίβεια, δηλαδή **παρουσιάζουν μεγαλύτερο ποσοστό συμπίεσης**.

- Εισαγωγή
- Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- ★ Τύποι Πλαισίων
- Αντιστάθμιση Κίνησης
- Διαδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG



## Πλαίσια P (II)

- Η διαδικασία κωδικοποίησης των πλαισίων P περιλαμβάνει:
  - σύγκριση macroblocks του τρέχοντος πλαισίου με αυτά του προηγούμενου και εύρεση της βέλτιστης ομοιότητας (motion estimation)
  - δημιουργία motion vector, και υπολογισμός των διαφορών πρόβλεψης (motion compensation)
  - μετασχηματισμός DCT των διαφορών σε κάθε block του νέου macroblock, Κβαντοποίηση, Run-Lenght-Encoding και το αποτέλεσμα κωδικοποιείται με κωδικοποίηση Huffman, όπως και στα I πλαίσια.
  
- Επειδή κατά την κωδικοποίηση των πλαισίων 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), κάθε πλαίσιο-P αναδημιουργείται (αποκωδικοποιείται) προσθέτοντας στο πλαίσιο αναφοράς την πληροφορία μεταβολής.

- Εισαγωγή
- Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- ★ Τύποι Πλαισίων
- Αντιστάθμιση Κίνησης
- Διαδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG



## Πλαίσια P (III)

Frame #1

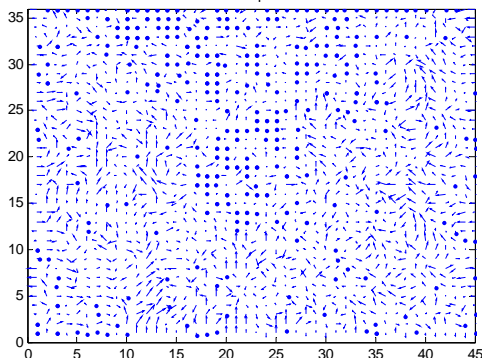
Frame #2

Motion Compensation of Frame #2 based on Frame #1



Motion Vectors per 8x8 block

Difference between Frame #2 and motion compensated Frame #2



- Εισαγωγή
- Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- ★ Τύποι Πλαισίων
- Αντιστάθμιση Κίνησης
- Διαδεδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

## Πλαίσια B (Bi-directional frames)



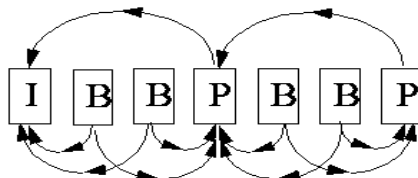
- Τα πλαίσια τύπου B είναι πλαίσια που δημιουργούνται με βάση την αντιστάθμιση κίνηση από ένα προηγούμενο και ένα επόμενο πλαίσιο I ή P (ένα από το κάθε είδος).
  - Κωδικοποιούνται με ενδοπλαισιακές τεχνικές
  - Δε συντελούν τόσο πολύ στη διάδοση των σφαλμάτων γιατί δεν χρησιμοποιούνται ως σημεία αναφοράς και επιπλέον μειώνουν σημαντικά το σφάλμα παίρνοντας το μέσο όρο από δύο πλαίσια.
  - Μπορούμε να πούμε ότι ο 'κύκλος της ζωής' τους περιορίζεται μόνο σε αυτά και δεν επεκτείνεται με το να κληροδοτούν πληροφορίες σε άλλα πλαίσια, κάτι που πολλές φορές σε συνδυασμό και με την υπολογιστική πολυπλοκότητα που απαιτούν για την κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση τα κάνει μη επιθυμητά από τους κατασκευαστές.

- Εισαγωγή
- Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- ★ Τύποι Πλαισίων
- Αντιστάθμιση Κίνησης
- Διαδεδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

## Πλαίσια B (II)

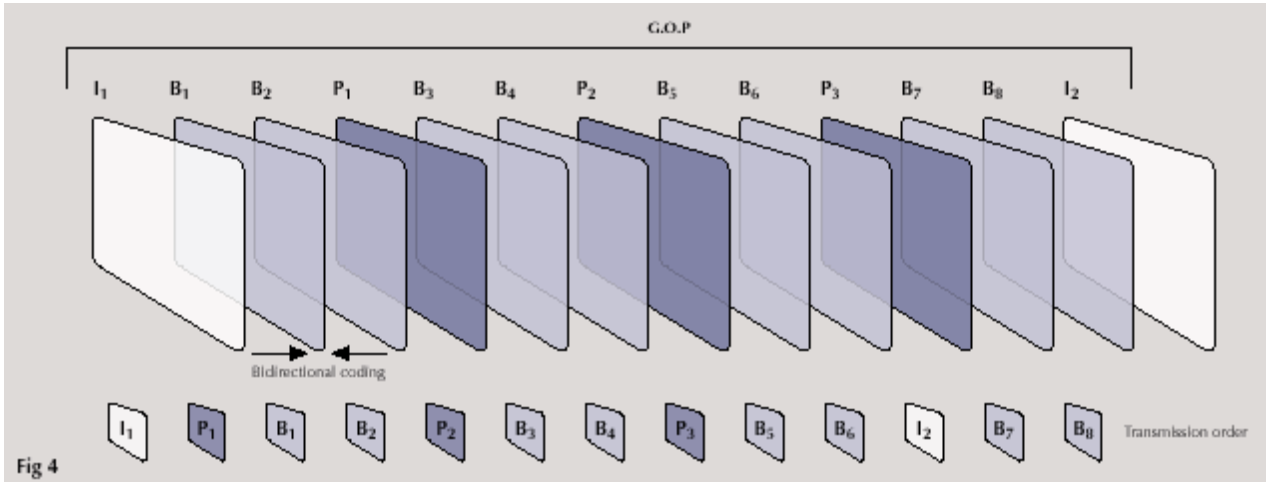


- Η διαδικασία της κωδικοποίησης περιλαμβάνει συνδυασμό των αντίστοιχων macroblocks που παρουσιάζουν μικρές διαφορές με τα αντίστοιχα των πλαισίων αναφοράς (προηγούμενο και επόμενο) δηλαδή αφαίρεση του μέσου όρου των άλλων δύο από το τρέχον πλαίσιο, συνδυασμό των διανυσμάτων κίνησης των πλαισίων αναφοράς (που συνδυάζονται όπως και τα αντίστοιχα macroblocks, δηλαδή λαμβάνεται ο μέσος όρος τους) και στη συνέχεια την ίδια διαδικασία με τα I και P πλαίσια για την κωδικοποίηση του macroblock που προκύπτει.
- Ένα πλαίσιο-B αναδημιουργείται (αποκωδικοποιείται) λαμβάνοντας υπόψη και τα πλησιέστερα I και P πλαίσια (πριν & μετά).



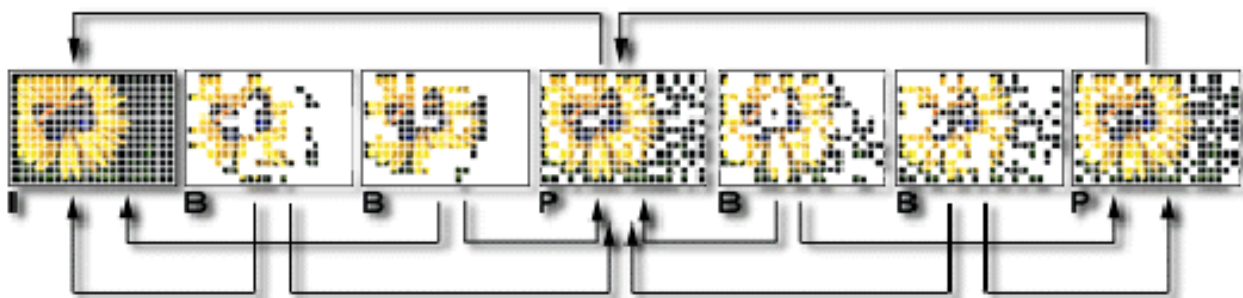
- ☑ Εισαγωγή
- ☑ Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- ★ Τύποι Πλαισίων
- ☐ Αντιστάθμιση Κίνησης
- ☐ Διαδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- ☐ Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

## Αλληλουχία Πλαισίων



- ☑ Εισαγωγή
- ☑ Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- ★ Τύποι Πλαισίων
- ☐ Αντιστάθμιση Κίνησης
- ☐ Διαδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- ☐ Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

## Αλληλουχία Πλαισίων (II)



- 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))

- Εισαγωγή
- Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- Τύποι Πλαισίων
- ★ Αντιστάθμιση Κίνησης
- Διαδεδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

## Αντιστάθμιση Κίνησης



- Ένας τρόπος με τον οποίο μπορούμε να περιγράψουμε πιο αποτελεσματικά εικόνες με κίνηση είναι η τμηματική πρόβλεψη κίνησης. Με τη βοήθεια αυτής της μεθόδου μπορούμε να εκτελέσουμε τη διαπλασιακή (inter-frame) κωδικοποίηση και να περιγράψουμε την αλληλουχία εικόνων ως σειρά ομοιοτήτων και διαφορών.
- Εναλλακτικά με το να κωδικοποιήσουμε ανεξάρτητα τα δύο πλαίσια μπορούμε να περιγράψουμε τη δεύτερη εικόνα με το να τη χωρίσουμε σε ίσα τμήματα και να φτιάξουμε ένα πίνακα που να περιέχει τμήματα που έχουν μείνει ίδια και διανύσματα που να δείχνουν τη νέα θέση των τμημάτων που άλλαξαν θέση (εκτίμηση κίνησης). Έτσι αν έχουμε ήδη αποστείλει την πρώτη εικόνα μπορούμε να στείλουμε τη δεύτερη σαν ένα πίνακα διανυσμάτων και ορισμένων σταθερών τμημάτων, που προφανώς έχει πολύ μικρότερο μέγεθος.

- Εισαγωγή
- Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- Τύποι Πλαισίων
- ★ Αντιστάθμιση Κίνησης
- Διαδεδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

## Αντιστάθμιση Κίνησης (II)



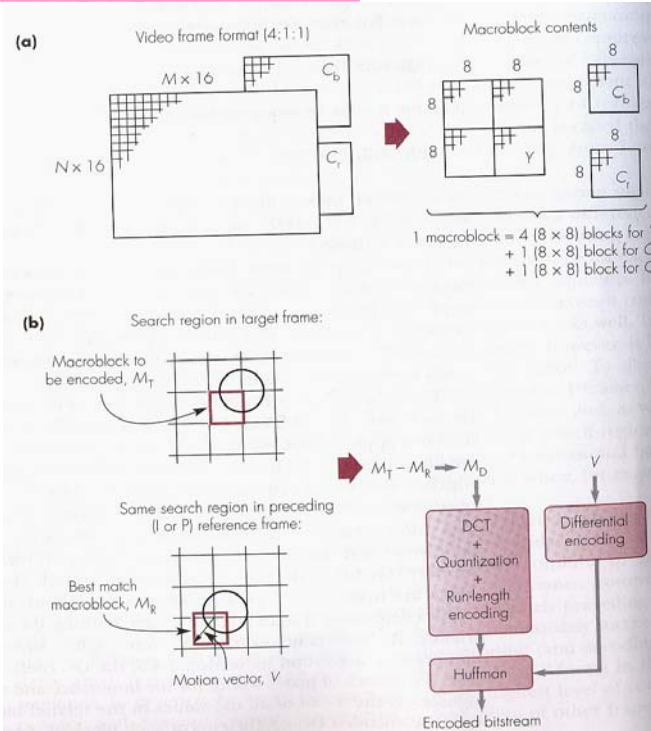
- Το προηγούμενο είναι μία καλή προσέγγιση της μεθόδου αλλά στην πραγματικότητα οι πραγματικές εικόνες δεν είναι τόσο όμοιες μεταξύ τους. Θα έχουν κάποια κοινά τμήματα που αλλάζουν θέση από πλαίσιο σε πλαίσιο αλλά θα υπάρχουν και τμήματα που αλλάζουν θέση διατηρώντας το σχήμα τους αλλά μεταβάλλεται το χρώμα τους, καθώς και άλλα που δεν υπάρχουν σε προηγούμενο πλαίσιο αλλά εμφανίζονται σε κάποιο για πρώτη φορά.
- Για την κάλυψη αυτών των περιπτώσεων κωδικοποιείται το σφάλμα πρόβλεψης (prediction error) δηλαδή η διαφορά της αντισταθμισμένης εικόνας (αντιστάθμιση κίνησης) από την πραγματική.





- ☑ Εισαγωγή
- ☑ Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- ☑ Τύποι Πλαισίων
- ★ Αντιστάθμιση Κίνησης
- ☐ Διαδεδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- ☐ Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

## Αντιστάθμιση Κίνησης (III)



- **Format 4:1:1** => τα macroblock αποτελούνται από 4 8x8 block για το κανάλι φωτεινότητας και από 1 8x8 block για τα κανάλια χρώματος (Cr, Cb)
- Οι διαφορές πρόβλεψης κωδικοποιούνται με τη λογική JPEG ενώ το διάνυσμα κίνησης κωδικοποιείται με διαφορετική κωδικοποίηση

- ☑ Εισαγωγή
- ☑ Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- ☑ Τύποι Πλαισίων
- ★ Αντιστάθμιση Κίνησης
- ☐ Διαδεδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- ☐ Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

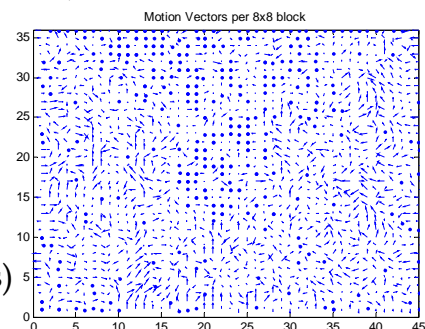
## Εκτίμηση κίνησης (motion estimation)



- Συχνά στα διαδοχικά πλαίσια η διαφορά δημιουργείται από ένα αντικείμενο που κινείται.

### ■ Αλγόριθμος εκτίμησης κίνησης:

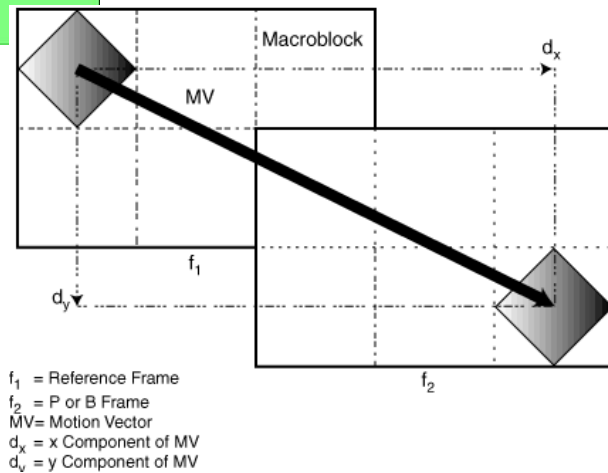
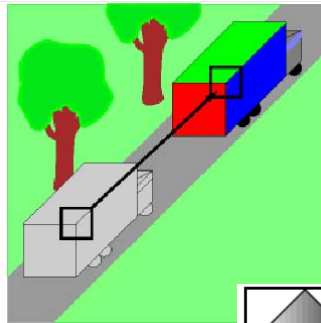
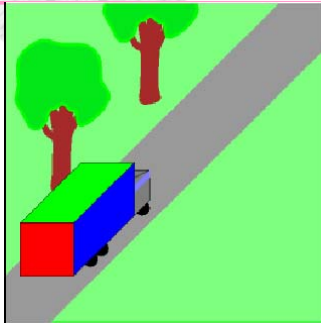
1. **Διάρθρωση** πλαισίου σε macroblocks (16x16 pixels)
2. **Αναζήτηση** των macroblocks που:
  - a) είτε δεν μεταβάλλονται από το ένα πλαίσιο στο άλλο
  - b) είτε μεταβάλλονται μόνον κινούμενα (δηλ. αλλάζει η σχετική τους θέση μέσα στο πλαίσιο).
3. Αν εντοπιστούν τέτοια macroblocks υπολογίζεται τότε το **διάνυσμα κίνησης τους (motion vector)** δηλ. ένα ζευγάρι αριθμών (πχ. 0,0, ή 12, 4 ή 25, -4 κλπ.) που δηλώνει τη κίνηση του macroblock





- Εισαγωγή
- Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- Τύποι Πλαισίων
- ★ Αντιστάθμιση Κίνησης
- Διαδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

## Εκτίμηση κίνησης (II)



- Εισαγωγή
- Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- Τύποι Πλαισίων
- ★ Αντιστάθμιση Κίνησης
- Διαδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

## Εκτίμηση κίνησης (III)

- Με τη βοήθεια της εκτίμησης κίνησης συμπιέζονται τα P & B πλαίσια μειώνοντας το **χρονικό πλεονασμό**
  - Βελτιώνεται η 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



- Εισαγωγή
- Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- Τύποι Πλαισίων
- Αντιστάθμιση Κίνησης
- Διαδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

## Εκτίμηση κίνησης (IV)

FRAME 1

tree moved down and to the right

people moved farther to the right than the tree

Κωδικοποιείται:

1. Διάνυσμα Κίνησης
2. Διαφορά (σφάλμα) πληροφορίας

BAD MATCH

FAIR MATCH

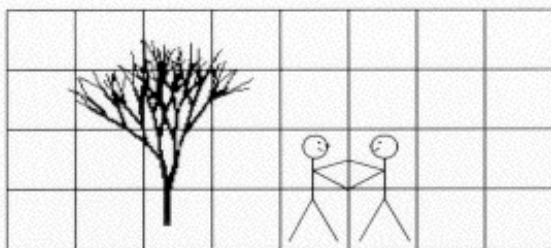
GOOD MATCH

Macroblock to be coded

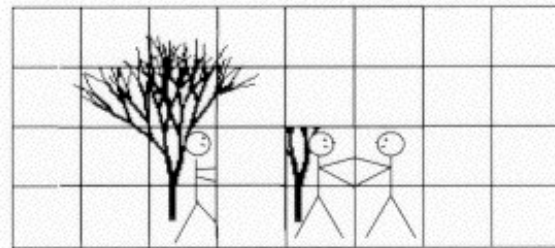


- Εισαγωγή
- Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- Τύποι Πλαισίων
- Αντιστάθμιση Κίνησης
- Διαδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

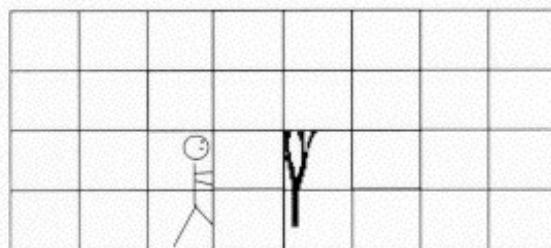
## Εκτίμηση κίνησης (V)



A Επιθυμητό πλαίσιο (προς κωδικοποίηση)



B Αντισταθμισμένο (προβλεπόμενο) πλαίσιο (με βάση τα διανύσματα κίνησης των macroblocks)



C «Σφάλμα» Πρόβλεψης (επιθυμητού από αντισταθμισμένο)

$$A = B - C$$

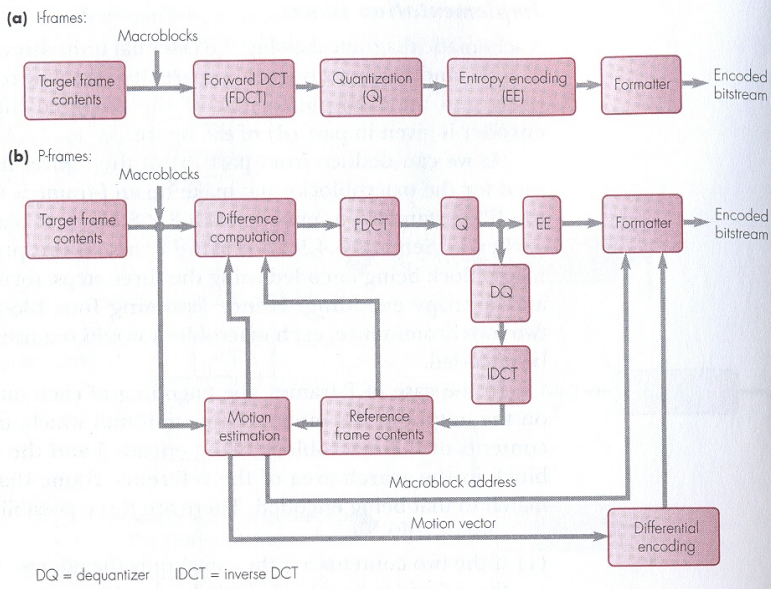
// Επιθυμητό = Προβλεπόμενο - Σφάλμα Πρόβλεψης

- ☑ Εισαγωγή
- ☑ Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- ☑ Τύποι Πλαισίων
- ☑ Αντιστάθμιση Κίνησης
- ★ Διαδεδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- ☐ Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

## Κωδικοποίηση με βάση την εκτίμηση κίνησης



- Κωδικοποίηση I frames => JPEG
- Κωδικοποίηση P frames =>



- Αν τα συγκρινόμενα macroblock είναι **όμοια** τότε αποστέλλεται μόνο η διεύθυνση του macroblock πρόβλεψης στο προηγούμενο frame
- Αν τα συγκρινόμενα macroblock είναι **παρόμοια** τότε εκτός από τη διεύθυνση του macroblock πρόβλεψης κωδικοποιείται και το διάνυσμα κίνησης και το σφάλμα πρόβλεψης
- Αν τα συγκρινόμενα macroblock είναι εντελώς **ανόμοια** τότε το τρέχον macroblock κωδικοποιείται αυτόνομα (όπως στα I frames)

- ☑ Εισαγωγή
- ☑ Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- ☑ Τύποι Πλαισίων
- ☑ Αντιστάθμιση Κίνησης
- ★ Διαδεδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- ☐ Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

## Διαδεδομένα Πρότυπα Συμπίεσης



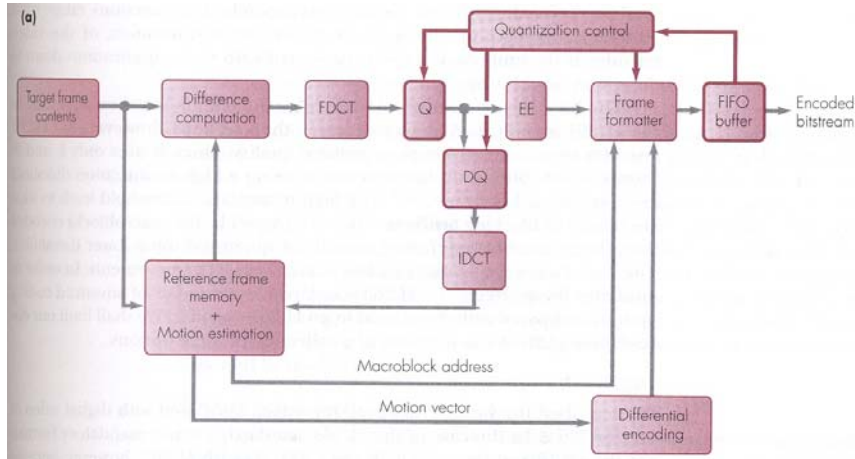
- Τα πιο διαδεδομένα πρότυπα συμπίεσης βίντεο στηρίζονται στη λογική του χαρακτηρισμού των πλαισίων ως I, B, P και τη χρήση της ανάλογης μεθοδολογίας (ενδοπλαισιακή ή διαπλαισιακή)
- Οι κύριες διαφορές τους είναι στο ποια είδη πλαισίων υποστηρίζουν (για σκοπούς μείωσης πολυπλοκότητας), ποιες τεχνικές εφαρμόζουν για την εκτίμηση και αντιστάθμιση κίνησης, τι μέγεθος πλαισίου χρησιμοποιούν
- Τα πιο διαδεδομένα πρότυπα συμπίεσης είναι τα:
  - H261
  - H263
  - MJPEG
  - MPEG-1
  - MPEG-2
  - MPEG-4



- ☑ Εισαγωγή
- ☑ Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- ☑ Τύποι Πλαισίων
- ☑ Αντιστάθμιση Κίνησης
- ★ Διαδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- ☐ Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

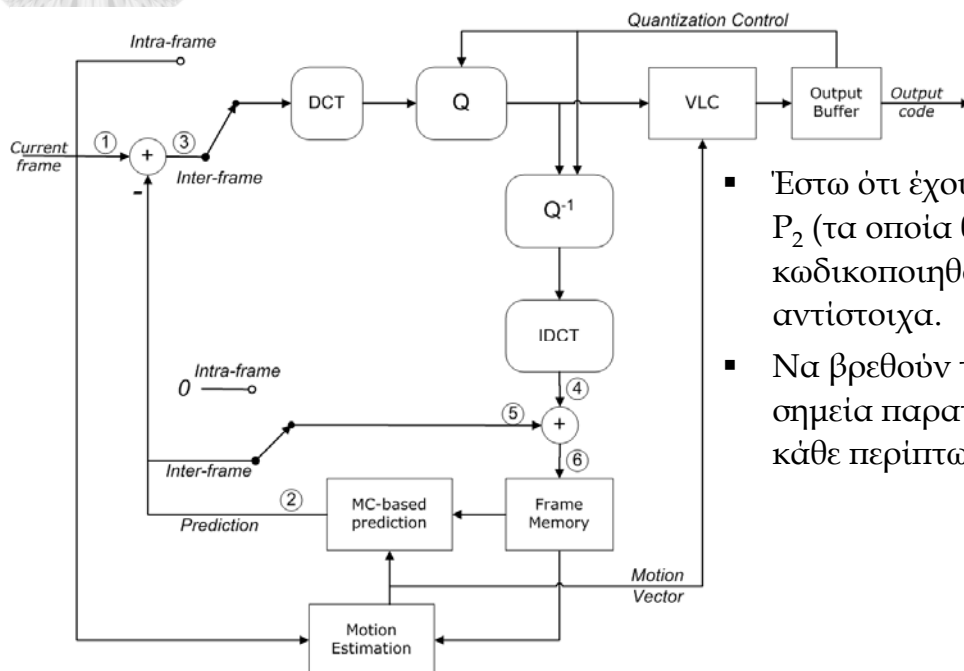
# H261

- Πρότυπο για συμπίεση βίντεο με στόχο τη μεταφορά του μέσω γραμμών ISDN χαμηλού εύρους ζώνης ( $p \times 64$  kbps)
- Συμμετρική πολυπλοκότητα (ίδιος χρόνος συμπίεσης και αποσυμπίεσης)
- Χρήση μόνο πλαισίων I, P
- Παράδειγμα: Video Telephony
- Digitization Format= CIF ελαφρά τροποποιημένο:  $Y \Rightarrow 352 \times 288$  (αντι  $360 \times 288$ ) ώστε να έχουμε ακέραιο αριθμό από macroblock ( $22 \times 18$ ),  $Cr \Rightarrow 176 \times 144$ ,  $Cb \Rightarrow 176 \times 144$ , 30fps



- ☑ Εισαγωγή
- ☑ Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- ☑ Τύποι Πλαισίων
- ☑ Αντιστάθμιση Κίνησης
- ★ Διαδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- ☐ Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

# H261 (II)



- Έστω ότι έχουμε τα frames  $I, P_1, P_2$  (τα οποία θα κωδικοποιηθούν ως  $I, P$  και  $P$  αντίστοιχα).
- Να βρεθούν τα δεδομένα στα σημεία παρατήρησης (1)-(6) σε κάθε περίπτωση

- Εισαγωγή
- Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- Τύποι Πλαισίων
- Αντιστάθμιση Κίνησης
- ★ Διαδεδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

## H263



- Βασίζεται στο H261 αλλά έχει σχεδιαστεί για μετάδοση μέσω του πρωτοκόλλου IP
- Χρήση πλαισίων I, P αλλά και B για επίτευξη μεγαλύτερης συμπίεσης
- Digitization Format= QCIF ελαφρά τροποποιημένο:
  - Y=>176x144 (αντί 180x144) ώστε να έχουμε ακέραιο αριθμό από macroblock (11x9),
  - Cr=>88x72, Cb=>88x72,
  - 15 ή 7.5 fps (frame per second)
- Συμμετρική πολυπλοκότητα (ίδιος χρόνος συμπίεσης και αποσυμπίεσης)
- Παράδειγμα: Λογισμικό τηλεδιάσκεψης (π.χ. NetMeeting)

- Εισαγωγή
- Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- Τύποι Πλαισίων
- Αντιστάθμιση Κίνησης
- ★ Διαδεδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

## Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG



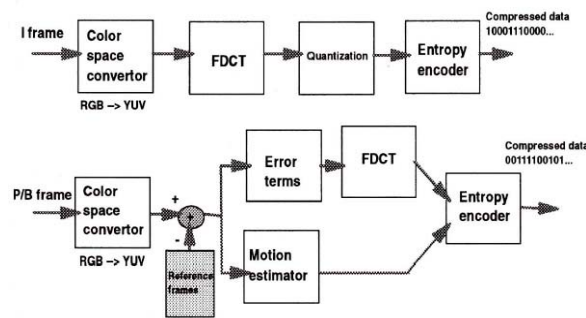
- Τα πρότυπα δημιουργήθηκαν από τον οργανισμό προτυποποίησης ISO και από μια ομάδα ερευνητών (Moving Picture Experts Group)
- Η σειρά προτύπων MPEG περιλαμβάνει:
  - MPEG-1 (στόχος η διανομή σε CD-ROM οπότε ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης είναι περίπου 1.41Mbps)
  - MPEG-2 (στόχος η χρήση σε DVD και ψηφιακή τηλεοπτική μετάδοση - broadcast)
  - MPEG-4 (στόχος η χρήση σε πολυμεσικές εφαρμογές χαμηλού εύρους ζώνης - bitrate multimedia)
- Στα πρότυπα MPEG δεν είναι υποχρεωτική η χρήση όλων των προδιαγραφών
  - Τα profiles ορίζουν υποσύνολα χαρακτηριστικών του προτύπου που μπορούν να χρησιμοποιηθούν
  - Τα Levels ορίζουν τις τιμές παραμέτρων όπως το μέγεθος πλαισίου αλλά και ο επιθυμητός ρυθμός μετάδοσης (data rate)
  - Κάθε profile μπορεί να υλοποιηθεί σε ένα ή περισσότερα επίπεδα
  - Συμβολισμός: profile@level, π.χ. MP@ML

- ☑ Εισαγωγή
- ☑ Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- ☑ Τύποι Πλαισίων
- ☑ Αντιστάθμιση Κίνησης
- ☑ Διαδεδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- ★ Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

## Βασικά στάδια κωδικοποίησης στο MPEG



1. Αναλύεται το αρχείο video για να καθορισθεί το ποια πλαίσια θα κωδικοποιηθούν ως πλαίσια-I, ποια ως πλαίσια-P και ποια ως πλαίσια-B.
2. Το αρχείο βίντεο μετατρέπεται από RGB σε YCbCr ενώ ταυτόχρονα γίνεται και υποδειγματοληψία χρώματος.
3. Τα πλαίσια διαιρούνται σε macroblocks (16x16 pixels)
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. Εφαρμόζεται συμπίεση κατά Huffman (entropy coding) στις τελικές τιμές

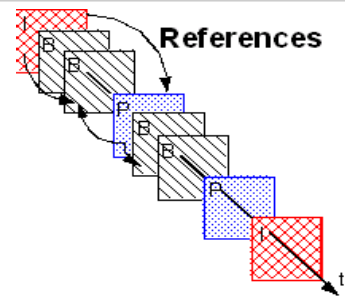


- ☑ Εισαγωγή
- ☑ Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- ☑ Τύποι Πλαισίων
- ☑ Αντιστάθμιση Κίνησης
- ☑ Διαδεδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- ★ Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

## Σειρά αποκωδικοποίησης πλαισίων



- Η σειρά με την οποία τα διάφορα πλαίσια προβάλλονται δεν είναι κατ' ανάγκη η ίδια με αυτή που αποκωδικοποιούνται
- Π.χ., αν ένα Πλαίσιο-P πρέπει να προβληθεί μετά από ένα Πλαίσιο-B και το πρώτο χρησιμοποιείται για την κωδικοποίηση του δευτέρου, τότε η σειρά αποκωδικοποίησης είναι αντίστροφη από αυτή της προβολής



Σειρά προβολής												
	B	B	I	B	B	P	B	B	P	B	B	P
#	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Σειρά αποκωδικοποίησης												
	I	B	B	P	B	B	P	B	B	P	B	B
#	2	0	1	5	3	4	8	6	7	11	9	10

- ☑ Εισαγωγή
- ☑ Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- ☑ Τύποι Πλαισίων
- ☑ Αντιστάθμιση Κίνησης
- ☑ Διαδεδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- ★ Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

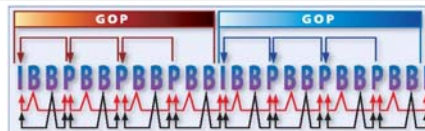
## MPEG-1



- Πρότυπο για αποθήκευση βίντεο ποιότητας VHS σε CD-ROM
- Bit rate: 1.2 Mbps για το βίντεο και 250 kbps για τον ήχο
- Χωρική συμπίεση: λογική JPEG
- Χρονική συμπίεση βασισμένη στην αντιστάθμιση κίνησης (motion compensation)
  - Διάνυσμα μετατόπισης σε σχέση με το προηγούμενο I ή P frame και κωδικοποίηση της διαφοράς ανάμεσα στη πρόβλεψη (macroblock στο προηγούμενο frame) και τα πραγματικά δεδομένα (τρέχον macroblock)
- I-frames: αμιγής JPEG κωδικοποίηση
  - Δεν υπάρχει εξάρτηση από προηγούμενα frames
- P-frames: κωδικοποίηση της διαφοράς πρόβλεψης
  - Η πρόβλεψη βασίζεται σε macroblocks από προηγούμενα I ή P frames
- B-frames: αμφίδρομη πρόβλεψη ('bi-directionally predictive') και κωδικοποίηση της διαφοράς πρόβλεψης από τα πραγματικά δεδομένα
  - Η πρόβλεψη βασίζεται σε macroblocks από το αμέσως προηγούμενο I ή P frame σε συνδυασμό με το αμέσως επόμενο I ή P frame .

- ☑ Εισαγωγή
- ☑ Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- ☑ Τύποι Πλαισίων
- ☑ Αντιστάθμιση Κίνησης
- ☑ Διαδεδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- ★ Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

## MPEG-1 (II)



- Group of Pictures (GOP)
  - Επαναλαμβανόμενες ακολουθίες από I-, P- και B-frames
  - Αρχίζουν πάντα με I- frame και καταλήγουν σε B ή P frame μετά από τα οποία ακολουθεί υποχρεωτικά I- frame (GOP=απόσταση ανάμεσα σε δύο διαδοχικά I-frames)
  - Σειρά προβολής (Display order): Η σειρά με την οποία τα frames προβάλλονται τελικά για να σχηματιστεί το βίντεο
  - Σειρά μετάδοσης και αποκωδικοποίησης (Bitstream order): Αναδιάταξη των πλαισίων ώστε κάθε P- ή B-frame να μεταδίδεται μετά από frames από τα οποία εξαρτάται η ανακατασκευή του (frames από τα οποία έχουν προβλεφθεί τα περιεχόμενά του)
- Το MPEG-1 βασίζεται στο Source Input Format (SIF) (ποιότητα VHS)
  - 4:1:1 digitization format
  - 352x288 pixels
  - 25 frames per second
  - data rate ~ 1.5Mbits per second
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για μεγαλύτερα frames αλλά δεν μπορεί να χειριστεί interlaced video streams

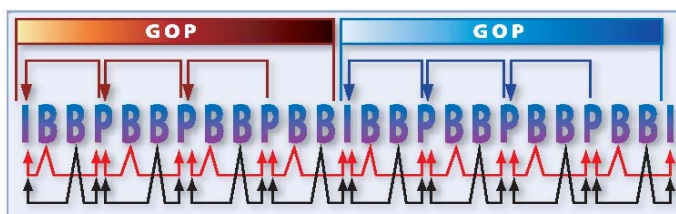


- ☑ Εισαγωγή
- ☑ Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- ☑ Τύποι Πλαισίων
- ☑ Αντιστάθμιση Κίνησης
- ☑ Διαδεδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- ★ Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

## Άσκηση



- Ένα σύστημα κωδικοποίησης βίντεο MPEG-1, χρησιμοποιεί την ακολουθία πλαισίων: **I B B P B B P B B P B B I**
  1. Πόσο είναι το prediction span και το GOP;
  2. Ποια είναι η σωστή σειρά αποκωδικοποίησης;
  3. Αν υποθέσουμε ότι ο βαθμός συμπίεσης για τα I πλαίσια είναι 10:1 για τα P πλαίσια είναι 20:1 και για τα B πλαίσια είναι 50:1 να υπολογιστεί ο μέσος βαθμός συμπίεσης
  4. Με τα δεδομένα του ερωτήματος 3 να υπολογιστεί το bitrate της ακολουθίας MPEG-1 στις περιπτώσεις NTSC και PAL



- ☑ Εισαγωγή
- ☑ Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- ☑ Τύποι Πλαισίων
- ☑ Αντιστάθμιση Κίνησης
- ☑ Διαδεδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- ★ Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

## MPEG-2



- Πρότυπο για αποθήκευση βίντεο ποιότητας DV (αλλά και HDTV) σε DVD-ROM
- Χρησιμοποιείται επίσης για τηλεοπτική μετάδοση ψηφιακού βίντεο:
  - Δορυφορικά συνδρομητικά κανάλια (π.χ. Nova)
  - Επίγεια ψηφιακά κανάλια (π.χ. EPT ψηφιακή - CinePlus )
- **Bit rate:** 4-50 Mbps
- MPEG-2 Main Profile at Main Level (MP@ML) used for DVD video
  - CCIR 601 scanning
  - 4:2:0 υποδειγματοληψία χρώματος
  - Frame size: 720x576, 25 frame per second για PAL ή 720x576, 30 frame per second για NTSC
  - Αντί για progressive scan όπως το MPEG-1 χρησιμοποιείται interlaced scan
  - 15 Mbits per second
  - Αποτελεί την πλέον σύνθετη και επεξεργασμένη αναπαράσταση του προτύπου MPEG-2

- ☑ Εισαγωγή
- ☑ Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- ☑ Τύποι Πλαισίων
- ☑ Αντιστάθμιση Κίνησης
- ☑ Διαδεδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- ★ Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

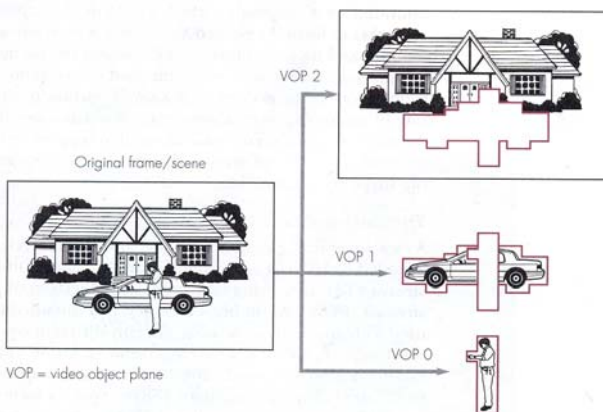
## MPEG-4



- Σχεδιάστηκε για υποστήριξη πολυμεσικών εφαρμογών με ρυθμούς μετάδοσης από 10kbps έως και μεγαλύτερους από 1.8Mbps
- **Εφαρμογές:**
  - Από κινητά τηλέφωνα έως τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας (HDTV)
- Δημοφιλείς codecs (αλγόριθμοι συμπίεσης-αποσυμπίεσης) για χρήση στο Διαδίκτυο:
  - QuickTime, RealMedia και DivX
- Το πρότυπο υποστηρίζει τη δημιουργία του data stream από μια ποικιλία αντικειμένων / δομών
  - video, ακίνητες εικόνες, ακίνητα και κινούμενα γραφικά animation, 3-D μοντέλα ...
- Στα πιο σύνθετα profiles κάθε σκηνή συντίθεται από τυχαία βιντεοαντικείμενα (VOP=Video Object Plane) τα οποία έχουν τυχαίο σχήμα και μπορούν να μεταδοθούν ανεξάρτητα. Η σκηνή συντίθεται στο δέκτη ο οποίος συνδυάζει τα data streams των επιμέρους αντικειμένων
- Στα profile SP (Simple Profile) και ASP (Advanced Simple Profile) περιοριζόμαστε σε ορθογώνια βιντεοαντικείμενα τα οποία συνήθως είναι τα ίδια τα πλαίσια (frames) ολόκληρα.

- ☑ Εισαγωγή
- ☑ Αρχές Συμπίεσης Βίντεο
- ☑ Τύποι Πλαισίων
- ☑ Αντιστάθμιση Κίνησης
- ☑ Διαδεδομένα Πρότυπα Συμπίεσης
- ★ Συμπίεση Βίντεο κατά MPEG

## MPEG-4 (II)



Η συμπίεση στο MPEG-4 αποτελεί βελτίωση της συμπίεσης MPEG-1:

- Τα I-frames συμπιέζονται όπως στο MPEG-1
- Βελτίωση στην αντιστάθμιση κίνησης (motion compensation) οδηγεί σε καλύτερη ποιότητα σε σχέση με το MPEG-1 για το ίδιο bit rate

### Simple Profile

- Χρησιμοποιούνται μόνο I και P-frames
- Αποτελεσματική αποσυμπίεση κατάλληλη για χρήση σε υλικό περιορισμένων δυνατοτήτων (π.χ. PDAs)

### Advanced Simple Profile (ASP)

- Χρησιμοποιούνται I, B και P-frames
- Ολική αντιστάθμιση κίνησης (Global Motion Compensation) στην οποία μοντελοποιούνται κάποιες συγκεκριμένες κινήσεις της κάμερας (π.χ. Pan, zoom).