

Συστήματα και Αλγόριθμοι Πολυμέσων

Ιωάννης Χαρ. Κατσαβουνίδης

Ομιλία #5: Αρχές Επεξεργασίας
Σημάτων Πολυμέσων

7 Νοεμβρίου 2005

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τμήμα Μηχ. Η/Υ, Τηλεπ. & Δικτύων

Επανάληψη

- Θεωρία Πληροφορίας
 - Εντροπία: $H(P) = -\sum_{i=0}^{N-1} p_i \log_2 p_i$ (bits)
 - Κωδικοποίηση Huffman
 - 3 αλγόριθμοι αποκωδικοποίησης
 - “Run Length Coding”
 - Σάρωση zig-zag

Άσκηση #5

- Να χρησιμοποιήσετε όλες τις τεχνικές που μάθατε μέχρι τώρα (μετασχηματισμός DCT, κβαντοποίηση, zig-zag scan, κωδικοποίηση Huffman, κωδικοποίηση Run-Length) για να συμπίεσετε το 1^ο καρέ του βίντεο-κλιπ src14. Συγκρίνετε τα αποτελέσματα (ποιότητα, λόγος συμπίεσης) με αυτά του στάνταρ JPEG.

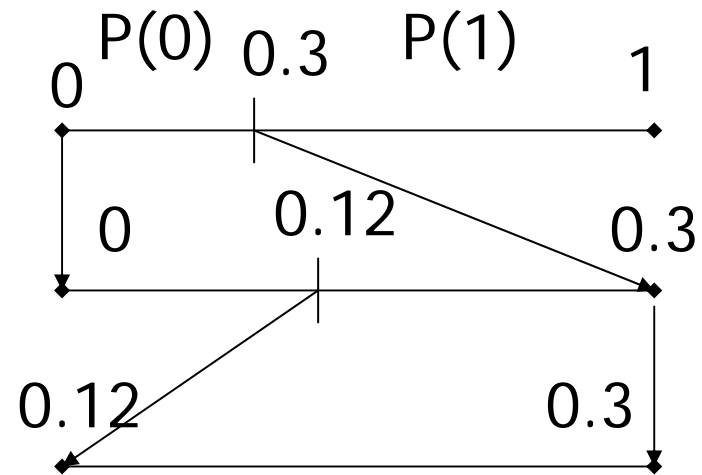
Θεωρία Πληροφορίας

- Αριθμητική Κωδικοποίηση
 - Απεικονίζει ένα μήνυμα συμβόλων με ένα αριθμό μεταξύ 0 και 1.
 - Π.χ. το δυαδικό μήνυμα «00101» αντιστοιχεί στον αριθμό $0.15625 = 0.00101$ (σε δυαδική βάση)
 - Το εύρος του διαστήματος που αντιστοιχεί σε κάθε μήνυμα είναι ανάλογο της πιθανότητάς του
 - Ο αριθμός των bits του συμπιεσμένου μηνύματος είναι ο ελάχιστος δυνατός που εξασφαλίζει την αποσυμπίεση του αρχικού μηνύματος χωρίς σφάλμα

Προσαρμοσμένη Δυναδική Αριθμητική Κωδικοποίηση

- CABAC – H.264

Value of syntax element	Bin string						
0	0						
1	1	0					
2	1	1	0				
3	1	1	1	0			
4	1	1	1	1	0		
5	1	1	1	1	1	0	
...							
binIdx	0	1	2	3	4	5	6



•
•
•

Θεωρία ρυθμού μετάδοσης – μείωσης ποιότητας

- Αφορά συμπίεση δεδομένων με μείωση της πιστότητας, δηλαδή όπου το αρχικό σήμα (x) και αυτό μετά τη μετάδοση και την αποσυμπίεσή του (x') δεν είναι πανομοιότυπα αλλά υπάρχει κάποια διαφορά που μπορεί να υπολογιστεί με τη βοήθεια μιας θετικά-ορισμένης συνάρτησης απόστασης:
 - $E(x, x') \geq 0, E(x, y) + E(y, z) \geq E(x, z), E(x, x) = 0$

Θεωρία ρυθμού μετάδοσης – μείωση ποιότητας (2)

- Συνήθως, χρησιμοποιούμε το μέσο τετραγωνικό σφάλμα,

$$D(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} |x_i - y_i|^2$$

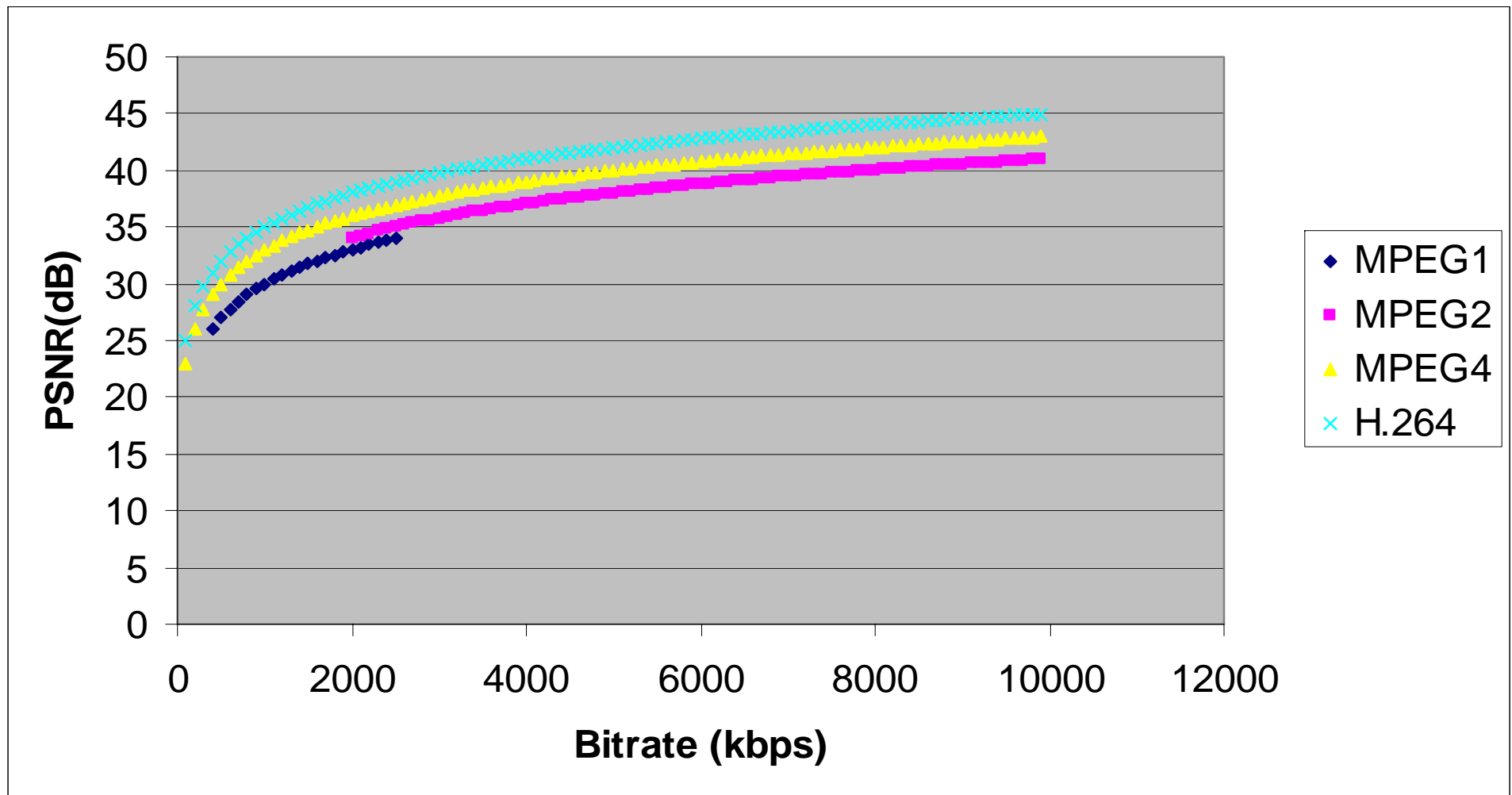
το οποίο γράφεται και ως PSNR (peak-signal-to-noise-ratio) σε dB

$$PSNR(x, y) = 10 \log_{10} \frac{255^2}{D(x, y)} \text{ (dB)}$$

Θεωρία ρυθμού μετάδοσης – μείωση ποιότητας (3)

- Για δεδομένο ρυθμό μετάδοσης, υπάρχει ένα ελάχιστο ποσό μείωσης ποιότητας, λιγότερο του οποίου δεν είναι δυνατό να πετύχουμε με οποιονδήποτε τρόπο συμπίεσης
- Για δεδομένο ποσό μείωσης ποιότητας, υπάρχει ένας ελάχιστος ρυθμός μετάδοσης πληροφορίας, λιγότερο του οποίου δεν είναι δυνατό να πετύχουμε με οποιονδήποτε τρόπο συμπίεσης

MPEG efficiency comparison



Βασικές τεχνικές (αρχές) επεξεργασίας πολυμέσων

- *Δειγματοληψία*
- *Κβαντοποίηση*
- *Μετασχηματισμοί*
- *Θεωρία Πληροφορίας*
- Προ- και Μετά-επεξεργασία πολυμεσικών σημάτων

Προ- και Μετά-επεξεργασία πολυμεσικών σημάτων

- Αλλαγή συστήματος συντεταγμένων χρώματος (color-space conversion)
- Διασπορά σφάλματος (dithering)
- Μετατροπή σήματος βίντεο εναλλασσόμενων γραμμών σε διαδοχικών γραμμών (interlaced-progressive, de-interlacing) και το αντίστροφο (progressive-interlaced, 3:2 pull-down)

Προ- και Μετά-επεξεργασία πολυμεσικών σημάτων (2)

- Αλλαγή φωτεινότητας/χρώματος και υφής σήματος βίντεο (gamma-correction, movie modes “seria”, ασπρόμαυρο, κλπ.)
- Φιλτράρισμα ασυνεχειών στα όρια τετραγώνων συμπίεσης (de-blocking, de-ringing)
- Αλλαγή αριθμού καναλιών ήχου (mono-stereo, Dolby 5.1-stereo)
- Αλλαγή ρυθμού αναπαραγωγής χωρίς αλλαγή συχνότητας ήχου (“time-stretching”)

Αλλαγή συστήματος συντεταγμένων χρώματος

- Το χρώμα απεικονίζεται με ένα διάνυσμα τριών συντεταγμένων
 - (R,G,B) = Red, Green, Blue
 - (Y,Cb,Cr) = Luminance, Chrominance-blue, Chrominance-red
- Η μετατροπή από ένα σύστημα συντεταγμένων σε ένα άλλο είναι πολύ συνηθισμένη και απαιτείται λόγω χαρακτηριστικών της συσκευής καταγραφής (CCD/CMOS) ή της συσκευής απεικόνισης (CRT/LCD)

Αλλαγή συστήματος συντεταγμένων χρώματος

- Η μετατροπή γίνεται με πολλαπλασιασμό πίνακα 3×3
- Αποτελεί σημαντικό κομμάτι της πολυπλοκότητας της επεξεργασίας βίντεο λόγω μεγάλου αριθμού υπολογισμών και πρόσβασης μνήμης

Αλλαγή συστήματος συντεταγμένων χρώματος (2)

- Recommendation ITU-R BT.709
 - $E_Y = 0,7154 E_G + 0,0721 E_B + 0,2125 E_R$
 - $E_{PB} = -0,386 E_G + 0,500 E_B - 0,115 E_R$
 - $E_{PR} = -0,454 E_G - 0,046 E_B + 0,500 E_R$
- E'_Y is analogue with values between 0 and 1
- E'_{PB} and E'_{PR} are analogue between the values - 0,5 and 0,5
- E'_R , E'_G and E'_B are analogue with values between 0 and 1

Αλλαγή συστήματος συντεταγμένων χρώματος (3)

- Y, Cb and Cr are related to E'_Y , E'_{PB} and E'_{PR} by the following formulae.
 - $Y = (219 * E'_Y) + 16.$
 - $Cb = (224 * E'_{PB}) + 128.$
 - $Cr = (224 * E'_{PR}) + 128.$

Διασπορά σφάλματος (dithering)

- Το σφάλμα κβαντοποίησης είναι ιδιαίτερα ενοχλητικό όταν ο αριθμός των bits είναι πολύ μικρός (1-2)
- Η υπόθεση του ανεξάρτητου σφάλματος παύει να ισχύει – το σφάλμα κβαντοποίησης έχει μεγάλη ενέργεια στις μικρές συχνότητες (DC)

Διασπορά σφάλματος (2)

- Με τη διασπορά σφάλματος αλλοιώνουμε την κατανομή ενέργειας του σφάλματος μεταφέροντάς την προς τις υψηλές συχνότητες
- Σημαντικότερη εφαρμογή: προετοιμασία εικόνων για εκτύπωση (halftoning). Κβαντοποίηση 1-bit, όπου επιχειρούμε να απεικονίσουμε ασπρόμαυρες εικόνες με τη χρήση μαύρων κουκίδων σε άσπρο χαρτί.

Διασπορά σφάλματος (3)

- Διατεταγμένη (οργανωμένη) διασπορά

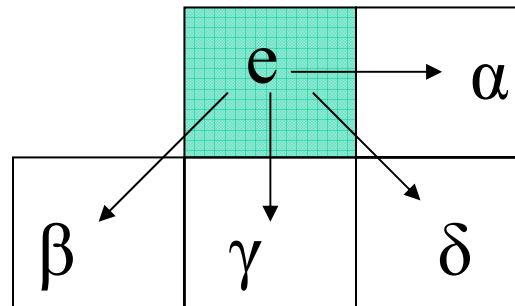
$$D_2 = \begin{bmatrix} 3 & 1 \\ 0 & 2 \end{bmatrix}$$

$$D_4 = \begin{bmatrix} 15 & 7 & 3 & 5 \\ 3 & 11 & 1 & 9 \\ 12 & 4 & 14 & 6 \\ 0 & 8 & 2 & 10 \end{bmatrix}$$

Διασπορά σφάλματος (4)

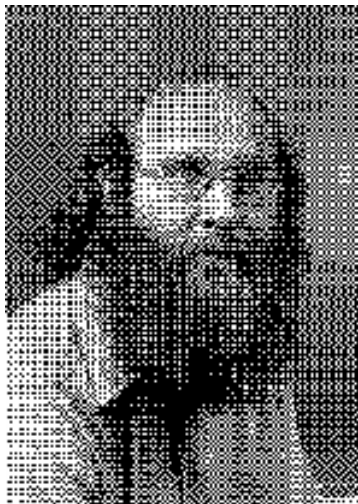
- Διασπορά φίλτρου (Floyd-Steinberg) στα γειτονικά pixels

Το σφάλμα
προστίθεται
στα pixels που
δεν έχουν ακόμη
κβαντοποιηθεί



- $e = \text{σφάλμα κβαντοποίησης}, x - Q(x)$
- $\alpha + \beta + \gamma + \delta = 1$ ($\alpha = 7/16$, $\beta = 3/16$, $\gamma = 5/16$, $\delta = 1/16$)

Διασπορά σφάλματος (5)



Αρχική εικόνα 8-bit
Κβαντοποίηση 1-bit
Τυχαία διασπορά

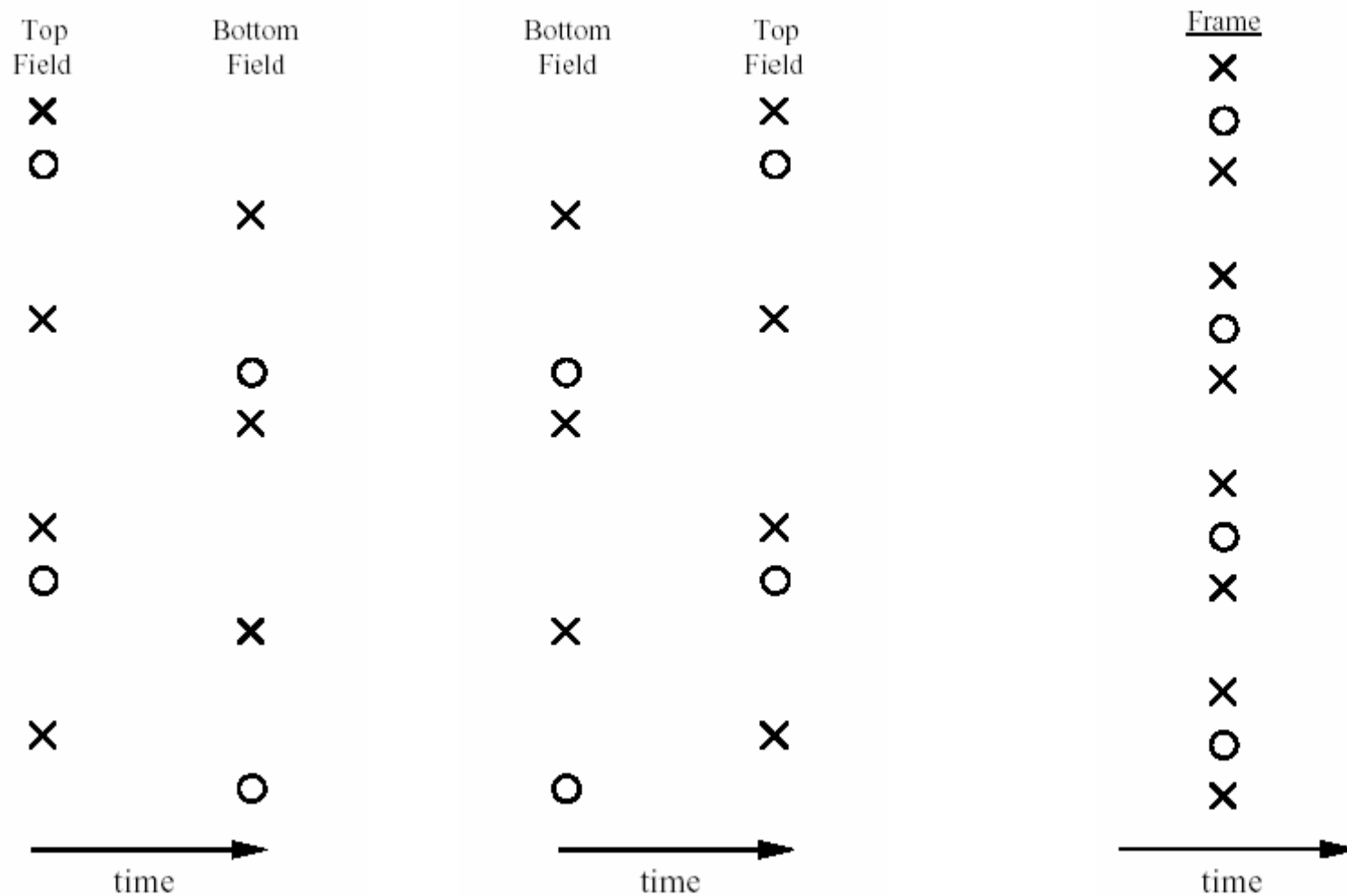
← Διατεταγμένη διασπορά
Floyd-Steinberg →

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τμήμα Μηχ. Η/Υ, Τηλεπ. & Δικτύων

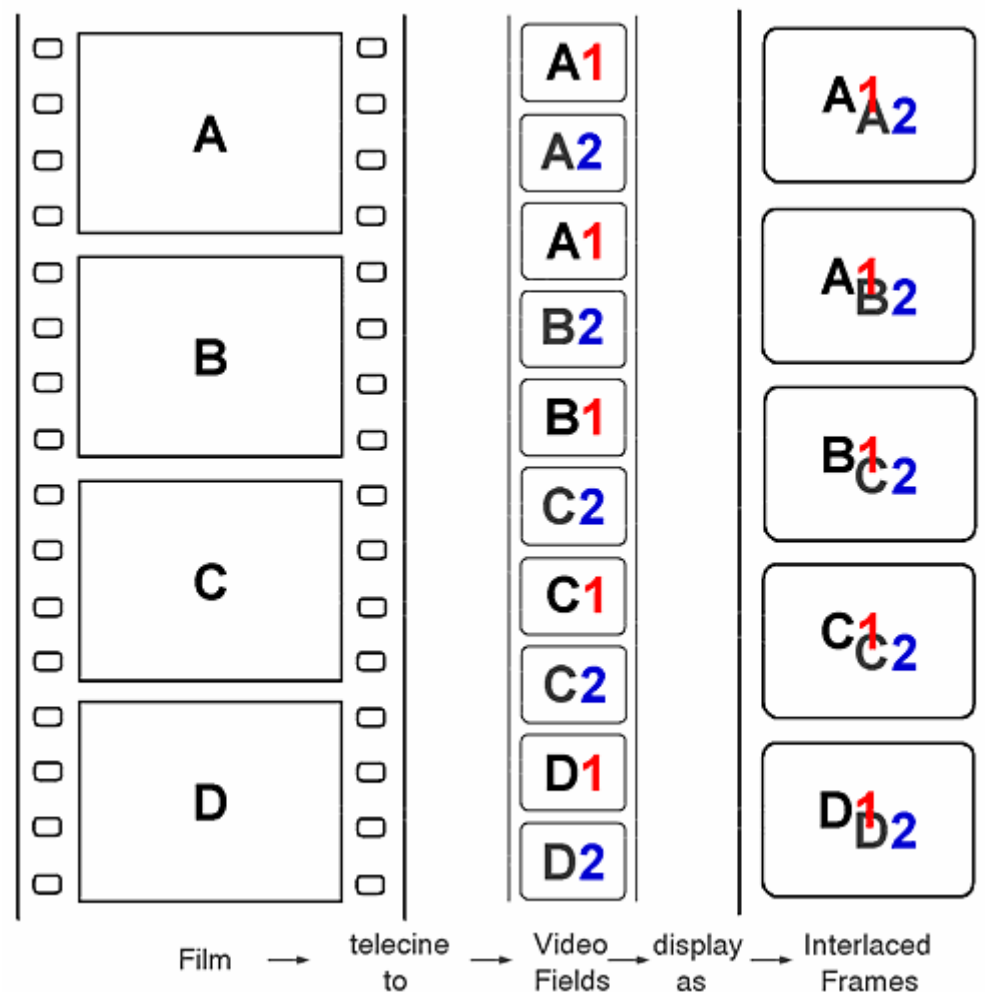
Διασπορά σφάλματος (6)

- Π.χ. Μετατροπή συντεταγμένων χρώματος από RGB24 σε RGB565
 - RGB24: 8 bits/component
 - RGB565: 5 bits for R, 6 bits for G, 5 bits for R
 - Αν δεν γίνει διασπορά, μεγάλες περιοχές κβαντοποιούνται με την ίδια τιμή (π.χ. Μόνο 32 τιμές για τη κβαντοποίηση μπλε, όπως κομμάτια ουρανού ή θάλασσας)

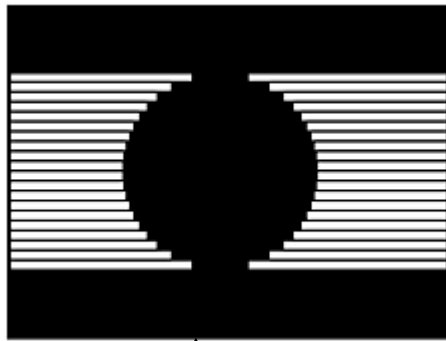
Βίντεο εναλλασσόμενων και διαδοχικών γραμμών



Βίντεο εναλλασσόμενων και διαδοχικών γραμμών (2)

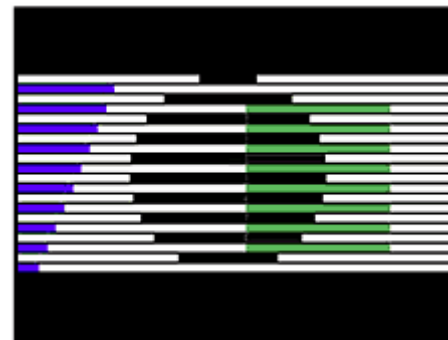
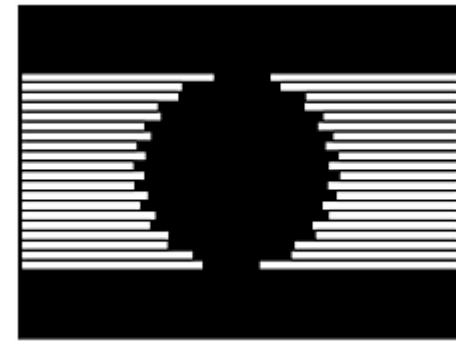


Βίντεο εναλλασσόμενων και διαδοχικών γραμμών (3)



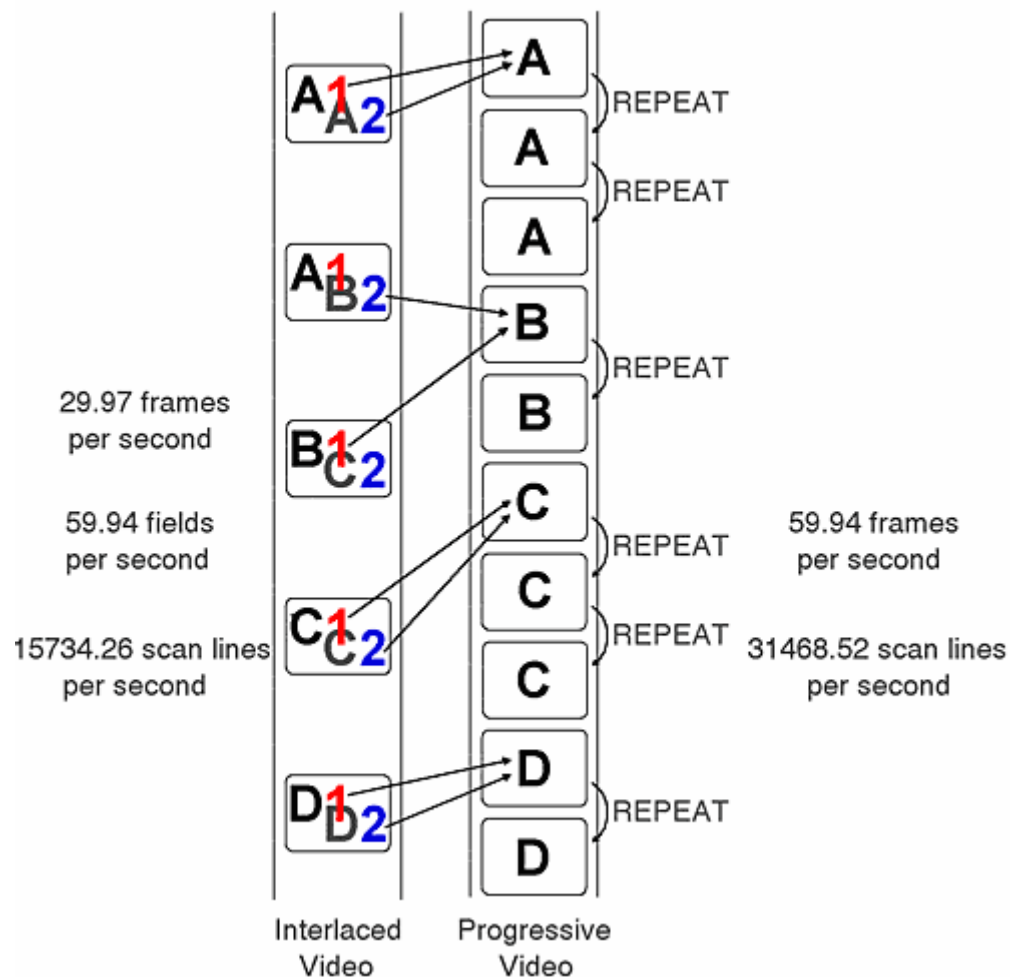
Βίντεο χωρίς
κίνηση

Βίντεο με
οριζόντια
κίνηση

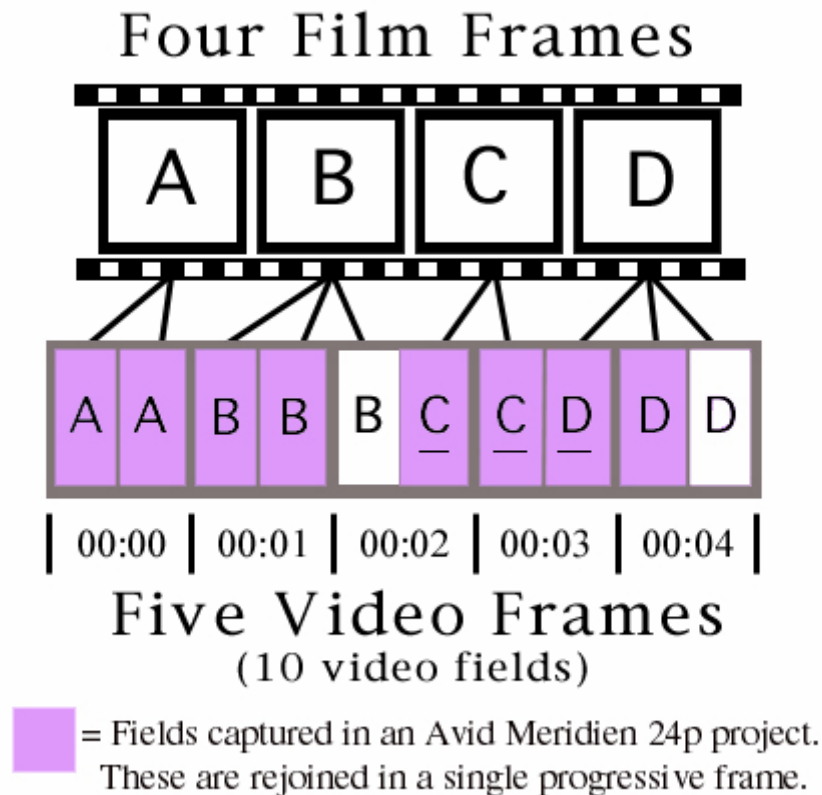


Αλλαγή
σκηνής

Βίντεο εναλλασσόμενων και διαδοχικών γραμμών (4)



Βίντεο εναλλασσόμενων και διαδοχικών γραμμών (5)



Άσκηση

- Να μετατρέψετε το 1ο καρέ του src14 από το σύστημα συντεταγμένων YUV σε RGB, απεικονίζοντας τις τιμές RGB με 8 bits και μετά να το επαναφέρετε στο σύστημα YUV. Ποιο είναι το μέσο σφάλμα κατά τη μετατροπή ?
- Να επαναλάβετε την μετατροπή απεικονίζοντας τις τιμές RGB με 4 bits. Στη συνέχεια να εισάγετε διατεταγμένη διασπορά σφάλματος D_4 .
- Παραδώστε τα αρχεία εξόδου (.YUV)