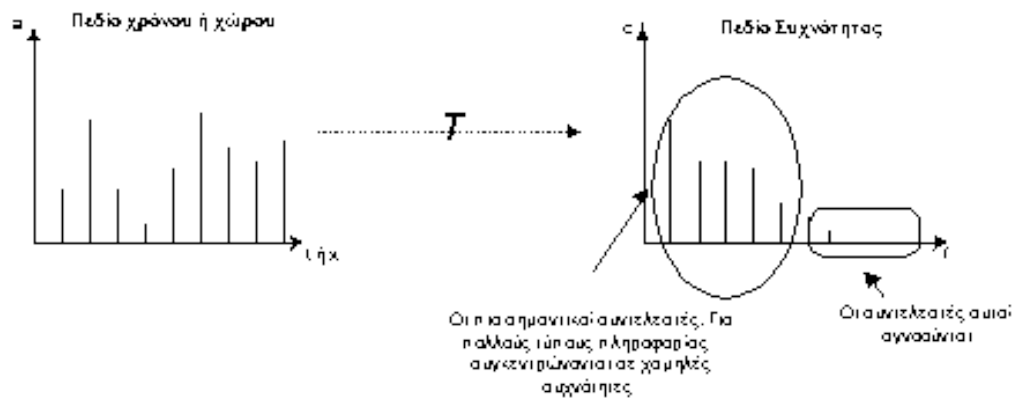




Τ.Ε.Ι ΗΠΕΙΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ (Σ.Δ.Ο)
ΤΜΗΜΑ ΤΗΛΕΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΔΙΑΚΡΙΤΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ
ΣΥΝΗΜΙΤΟΝΟΥ ΓΙΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΒΙΝΤΕΟ
ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΑΣ**



ΕΠΙΒΛΕΠΟΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΟΥΜΑΣΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

**ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΝΙΚΟΛΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ
Α.Μ: 5647**

ΑΡΤΑ 2008

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....σελ.4

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:

2.ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ.....σελ.5

2.1.ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ.....σελ.6

2.2.ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΣΤΟ ΧΡΟΝΟ.....σελ.8

2.3.ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΜΕ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΑΙ ΧΩΡΙΣ
ΑΠΩΛΕΙΕΣ.....σελ.9

2.4.ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ
ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ.....σελ.10

2.5.ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ.....σελ.11

2.6.ΔΙΑΦΟΡΙΚΗ Ή ΠΡΟΒΛΕΠΤΙΚΗ
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ.....σελ.12

2.7.ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΗ ΚΒΑΝΤΟΠΟΙΗΣΗ.....σελ.12

2.8.ΣΥΜΠΙΕΣΗ WAVELET.....σελ.13

2.9.ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΜΕ FRACTALS.....σελ.13

2.10.ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ ΤΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ....σελ.14

2.11.ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΑ ΑΠΟ
ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ.....σελ.14

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:

3.ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΔΙΑΚΡΙΤΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ
ΣΥΝΗΜΙΤΟΝΟΥ.....σελ.15

3.1.ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΠΛΕΟΝΑΣΜΑΤΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΜΕ
ΤΗΝ ΤΕΧΝΙΚΗ DCT.....σελ.17

3.2.ΨΗΦΙΑΚΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ-ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΘΜΟΥ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ.....σελ.17

3.3.Ο ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ DCT.....σελ.19

3.4.ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ – VLC.....
.....σελ.23

3.5.ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΛΜΟΚΩΔΙΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ
ΕΙΚΟΝΑΣ ΚΑΙ ΗΧΟΥ (TV CODES) 34/35 Mbit/s κατά
ETSI.....σελ.24

3.6.ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ETS 300
174.....σελ.25

3.7.ΣΥΝΟΨΗ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗΣ ΤΩΝ Τ/Ο
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΩΝ/ΑΠΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΩΝ
ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ ΒΙΝΤΕΟ ΣΤΑ 34/35 MBIT/S.....σελ.25

3.8.ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΕΙΚΟΝΕΣ ΚΑΙ
ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ DCT.....σελ.28

3.9.ΔΟΜΗΣΗ Τ/Ο ΧΡΟΝΟΠΛΑΙΣΙΟΥ.....σελ.30

3.10.ΛΑΘΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ.....σελ.32	σελ.32
3.11.ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΕΣ ΚΑΤΑ MPEG-2.....σελ.35	σελ.35
3.12. ΨΗΦΙΑΚΗ ΠΑΡΟΧΗ.....σελ.35	σελ.35
3.13. ΔΟΜΗΣΗ ΧΡΟΝΟΠΛΑΙΣΙΟΥ ΚΑΤΑ MPEG-2....σελ.35	σελ.35
3.14.ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ ΥΨΗΛΗΣ ΕΥΚΡΙΝΕΙΑΣ (High Definition Television-HDTV).....σελ.38	σελ.38
3.15.ΨΗΦΙΚΟΠΟΙΗΣΗ HDTV.....σελ.39	σελ.39
3.16.ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ.....σελ.39	σελ.39
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:</u>	
4.ΕΠΕΚΤΑΜΕΝΟΣ ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΕ ΣΦΑΛΜΑ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟΣ ΣΕ DCT.....σελ.40	σελ.40
4.1.ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΧΩΡΙΣ ΣΦΑΛΜΑ.....σελ.41	σελ.41
4.2.ΙΕΡΑΡΧΙΚΟΣ ΤΡΟΠΟΣ.....σελ.42	σελ.42
4.3.JPEG.....σελ.43	σελ.43
4.4.H.261 (px64) και H.263.....σελ.43	σελ.43
4.5.ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ.....σελ.44	σελ.44
4.6.ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ.....σελ.45	σελ.45
4.7.ΡΕΥΜΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....σελ.46	σελ.46
4.8.MPEG.....σελ.46	σελ.46
4.9.ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΝΤΕΟ.....σελ.47	σελ.47
4.10.ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΗΧΟΥ.....σελ.49	σελ.49
4.11.ΡΕΥΜΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....σελ.49	σελ.49
4.12.MPEG-2.....σελ.49	σελ.49
4.13.ΣΥΣΤΗΜΑ MPEG-2.....σελ.50	σελ.50
4.14.MPEG-4.....σελ.50	σελ.50
<u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....σελ.53</u>	σελ.53

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για να κατανοήσουμε την έννοια του διακριτού μετασχηματισμού συνημιτόνου (DCT), όσον αφορά την εφαρμογή στην συμπίεση πληροφορίας βίντεο και εικόνας θα προχωρήσουμε σε μια περαιτέρω ανάλυση των όρων. Ως συμπίεση ορίζουμε την διαδικασία μέσω της οποίας επιλέγουμε την χρήσιμη πληροφορία από ένα σύνολο αρχείων. Ο λόγος για τον οποίο χρησιμοποιείται συνήθως η συμπίεση αφορά την δυνατότητα εξοικονόμησης χώρου, καθώς και στην δυνατότητα να στέλνουμε δεδομένα μέσω διαφόρων τηλεπικοινωνιακών μέσων. Κατά την διαδικασία αυτή προκύπτει και άλλη μια μέθοδος η αποσυμπίεση, έτσι μέσω «Συμπίεσης-Αποσυμπίεσης» έχουμε δεδομένα με απώλειες και χωρίς απώλειες. Κύρια διαφορά μεταξύ τους: στην συμπίεση χωρίς απώλειες αναφερόμαστε κυρίως σε αρχεία κειμένου και σε αρχεία του H/Y, ενώ στη συμπίεση με απώλειες αναφερόμαστε κυρίως σε εικόνες, βίντεο, ήχο, animation κ.α μέσω της οποίας χάνεται ένα σημαντικό μέρος της ποιότητας.

Υπάρχουν κάποιες μέθοδοι οι οποίες μας βοηθούν, ώστε η απώλεια της πληροφορίας να μην είναι εμφανής, αυτή η μέθοδος ονομάζεται «Απωλεστική Μέθοδος». Μια από τις συσκευές που αποκωδικοποιούν καθώς και αυτές που συμπιέζουν και αποσυμπιέζουν ονομάζονται CODEC (όρος ο οποίος προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων CODer - DECoder). Μερικές φορές αυτοί οι όροι χρησιμοποιούνται για τον ήχο, αλλά κατά κύριο λόγο αναφέρονται σε συσκευές βίντεο. Ένα CODEC για βίντεο μπορεί να είναι οτιδήποτε από μία απλή συσκευή που μετατρέπει αναλογικό σήμα σε ψηφιακό (AD), μέχρι μία πολύπλοκη διάταξη, η οποία θα κάνει εσωτερική προεπεξεργασία της εικόνας και μπορεί να έχει μέχρι και κάρτα δικτύου ενσωματωμένη. Συνήθως ένα CODEC κάνει το μεγαλύτερο μέρος των διεργασιών του στο hardware αν και δεν υπάρχει κάποιος ιδιαίτερος λόγος να μην πραγματοποιηθεί η όλη διάταξη σε έναν αρκετά γρήγορο επεξεργαστή (εκτός φυσικά από την μετατροπή AD). Το πιο ακριβό και πολύπλοκο εξάρτημα ενός CODEC είναι το τμήμα που κάνει την συμπίεση και την αποσυμπίεση. Υπάρχει ένα πλήθος από διεθνή πρότυπα καθώς και ένας μεγάλος αριθμός ιδιοκατασκευασμένων τεχνικών συμπίεσης για βίντεο.

Η συμπίεση σε κινούμενη εικόνα (βίντεο) μπορεί να φτάσει μέχρι και τις 400 φορές του αρχικού μεγέθους, έχοντας ως δεδομένο ότι σε ασυμπίεστο βίντεο της τάξης των 25frames/sec με βάση το πρότυπο CCIR 601 χρειαζόμαστε εύρος ζώνης της τάξης των 140Mbps. Αυτό που πρέπει να προσέξουμε κατά την μετάδοση εικόνας είναι ότι δεν υπάρχουν περιθώρια απωλειών σε ορισμένες εφαρμογές όπως για παράδειγμα ραδιολογία ή σε εφαρμογές διαχείρισης της εναέριας κυκλοφορίας.

Όσον αφορά την πληροφορία βρίσκεται στην αποτελεσματική οργάνωση, στην ευκολία ενοποιημένης, κατανεμημένης πρόσβασης, καθώς και στην εμπορική αξιοποίηση από όλους. Απαιτείται η ανάλυση του περιεχομένου για αυτόματο χαρακτηρισμό, δεικτοδότηση, κατηγοριοποίηση και αναζήτηση, καθώς και για αυτόματη εξαγωγή σημασιολογικής πληροφορίας από οπτικοακουστικό υλικό.

Μια μονάδα οργάνωσης που μπορεί να χρησιμοποιεί ποικίλα μέσα παρουσίασης όσον αφορά την πληροφορία είναι οι κόμβοι. Οι κόμβοι ή αλλιώς πλαίσια (frames) περιέχουν συγκεκριμένες ποσότητες κειμένου, εικόνων, βίντεο ή οποιαδήποτε άλλης πληροφορίας. Το μέγεθος του δεν είναι σταθερό ποικίλοι από ένα σύνολο λέξεων μέχρι ένα μεγάλο έγγραφο. Ο ρόλος των κόμβων στην πληροφορία είναι τόσο

σημαντικός που τους καθιστά ως βασική αποθηκευτική μονάδα. Τα υπερμέσα αντί για μια συνεχή παράθεση κειμένου τοποθετούν την πληροφορία στους κόμβους που συνδέονται μεταξύ τους και αλληλοσχετίζονται με κάποιο τρόπο.

Το βίντεο αποτελεί σημαντικό μέρος μιας εφαρμογής διότι την εμπλουτίζει, την βελτιώνει και της δίνει έμφαση. Επίσης, μέσω του ρεαλισμού και τις θετικής διάθεσης, συντελεί στην ενθάρρυνση του χρήστη (ή ακροατηρίου). Ο τρόπος αυτός δίνει την δυνατότητα στον καθένα να κατανοήσει με μεγαλύτερη ακρίβεια την πληροφορία «παρακολουθώντας» το ίδιο το γεγονός, παρά μέσω μιας απλής περιγραφής κειμένου.

Ο διακριτός μετασχηματισμός συνημιτόνου αποτελεί μια τεχνική αρκετά χρησιμοποιούμενη όσον αφορά την συμπίεση σε διάφορα αρχεία, όπως κ σε αρχεία jpeg. Μέσω του μηχανισμού αυτού οδηγούμαστε σε κάποιες κλίμακες συμπίεσης, αυτό που προκύπτει είναι ότι ο καθένας έχει την δυνατότητα να επιλέξει το βαθμό συμπίεσης που θέλει να εφαρμόσει σε μια εικόνα, επηρεάζοντας παράλληλα και την ποιότητα της παραγόμενης εικόνας. Αλγόριθμοι συμπίεσης με μετασχηματισμό είναι βασισμένοι σε ορθογώνιους μετασχηματισμούς, όπως και ο διακριτός μετασχηματισμός συνημιτόνου (DCT), οι οποίοι συγκεντρώνουν την ενέργεια του σήματος σ'ένα μικρό πλήθος συντελεστών του μετασχηματισμού. Κωδικοποιώντας λοιπόν τους συντελεστές πετυχαίνουμε μεγάλη συμπίεση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ

Όλοι γνωρίζουν, ότι στην ψηφιοποίηση μιας εικόνας για την δημιουργία ποσοτήτων πληροφορίας σε μεγάλο βαθμό οφείλεται μια απλή δειγματοληψία του αναλογικού σήματος. Για να γίνει πιο κατανοητό ας πάρουμε μια εικόνα διαστάσεων 1024 x 1024 pixels που το μέγεθος της περίπου είναι 3 Mbytes. Παρατηρούμε ότι ο χώρος αποθήκευσης, ο χρόνος αλλά και το εύρος ζώνης μετάδοσης, έρχονται αντιμέτωπα με την ποσότητα πληροφορίας που η κάθε εικόνα περιέχει στην ψηφιακή της μορφή (που να αναφερόμασταν σε βίντεο το οποίο αποτελείτε από πλήθος εικόνων). Για το λόγο αυτό κάποιοι οδηγήθηκαν στο να αναζητήσουν κάποιους γρήγορους αλγορίθμους για συμπίεση και αποσυμπίεση εικόνας. Κατά την διαδικασία αυτή παρατηρήθηκαν κάποιες καθυστερήσεις που ανέρχονταν σε 5 έως 400 msec κατά μέσο όρο. Πολλοί υποστηρίζουν ότι στην περίπτωση του βίντεο παρατηρήθηκε ότι το αρχικό σήμα κυμαινόταν στα 100Mbps ενώ μετά την συμπίεση διαπιστώθηκε ότι κυμαινόταν από 6 Mbps έως 20 Mbps, τέτοια παραδείγματα υπάρχουν αρκετά χρησιμοποιώντας μερικές φορές και την διαμόρφωση PCM(Pulse Code Modulation).

Καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι στην εικόνα αλλά και στην ακολουθία εικόνων (βίντεο) υπάρχει πλεονάζουσα πληροφορία. Στην πρώτη περίπτωση προκύπτει λόγω των μικρών διαφορών στις τιμές που έχουν τα γειτονικά pixel της εικόνας, ενώ στη δεύτερη λόγω των κινήσεων που προκαλούν κάποιες μικρές διαφορές μεταξύ δυο διαδοχικών εικόνων τις ακολουθίας.

2.1. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ

Υπάρχουν αρκετοί αλγόριθμοι συμπίεσης όπως:

- Ο αλγόριθμος συμπίεσης με πρόβλεψη
- Ο αλγόριθμος συμπίεσης με ανάλυση σε υποζώνες
- Ο αλγόριθμος συμπίεσης με μετασχηματισμό

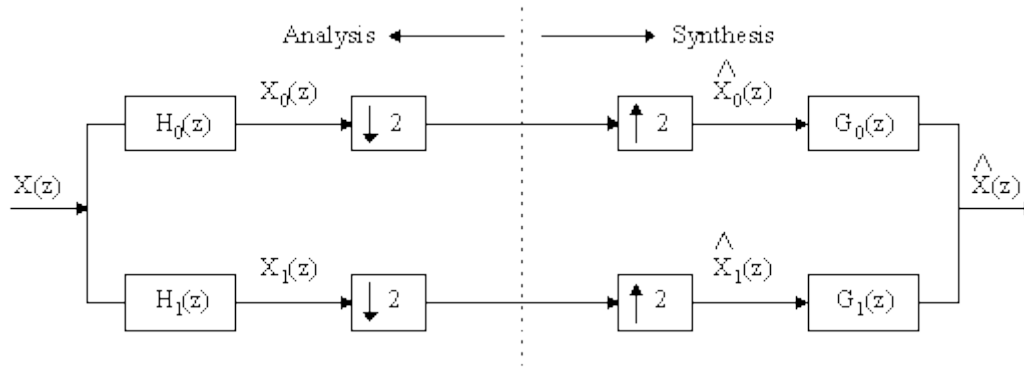
Στην συνέχεια, θα αναλύσουμε τους παραπάνω αλγορίθμους για κατανοήσουμε τις διαδικασίες που περιλαμβάνουν και πως αυτοί επιδρούν.

Ο αλγόριθμος συμπίεσης με πρόβλεψη (prediction coding) εντοπίζει τα λάθη πρόβλεψης της τιμής ενός pixel που είναι πολύ μικρά όταν η πρόβλεψη βασίζεται σε γειτονικά pixel. Ο αλγόριθμος αυτός για να προβεί σε μια μεγαλύτερη και αξιόπιστη πρόβλεψη λαμβάνει υπόψιν του όλο και περισσότερα γειτονικά pixel. Για μια πιο έγκυρη πρόβλεψη χρησιμοποιούνται τουλάχιστον 4 pixel, διότι η χρήση περισσότερων pixel δεν συνοδεύεται πάντα από αντίστοιχα οφέλη. Επίσης ο αλγόριθμος αυτός υπολογίζει τη διαφορά πραγματικής τιμής και πρόβλεψης, το οποίο κβαντίζει και στη συνέχεια το αποστέλλει στην έξοδο.

Ο αλγόριθμος συμπίεσης με ανάλυση σε υποζώνες (subband coding) περιλαμβάνει δυο βήματα. Αρχικά το πρώτο βήμα αναφέρεται στο προς συμπίεση σήμα το οποίο περνάει από φίλτρα ανάλυσης τα οποία το τεμαχίζουν σε επιμέρους σήματα, το καθένα από τα οποία περιέχει μια υποζώνη του αρχικού σήματος. Στο δεύτερο βήμα κάθε υποζώνη συμπιέζεται με βάση τα χαρακτηριστικά της. Στην περίπτωση όμως του δέκτη ακολουθείται η αντίστροφη διαδικασία, πρώτα αρχίζει η διαδικασία από την οποία αποσυμπιέζονται οι υποζώνες και στην συνέχεια ακολουθεί η σύνθεση τους για να δώσουν το αρχικό σήμα. Μια υποζώνη που περιλαμβάνει υψηλές συχνότητες, δεν έχει μεγάλη σημασία όσον αφορά την αντικατάσταση του σήματος, καταλήγουμε λοιπόν στο να χαρακτηρίζονται ως cells χαμηλής προτεραιότητας, τα cells της συγκεκριμένης υποζώνης.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ: Μείωση της ταχύτητας των επιμέρους σημάτων υποζωνών, σε σχέση με την ταχύτητα του αρχικού σήματος. Έτσι το γεγονός αυτό καθιστά την μέθοδο κατάλληλη για σήματα υψηλών ταχυτήτων.

Στη συνέχεια ακολουθεί μπλοκ διάγραμμα της μεθόδου για ανάλυση σήματος μιας διάστασης σε δυο υποζώνες:

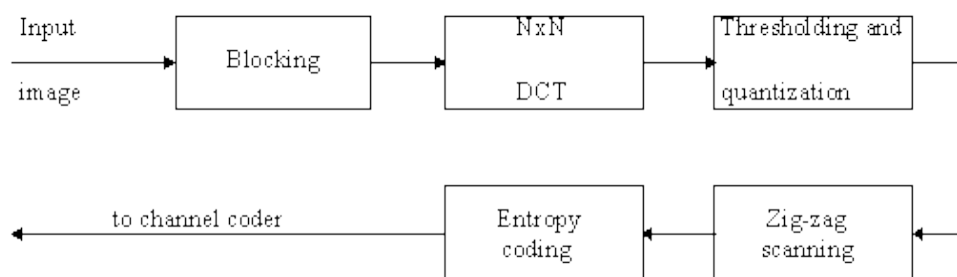


Σχήμα: Block diagram for one-dimensional subband coding

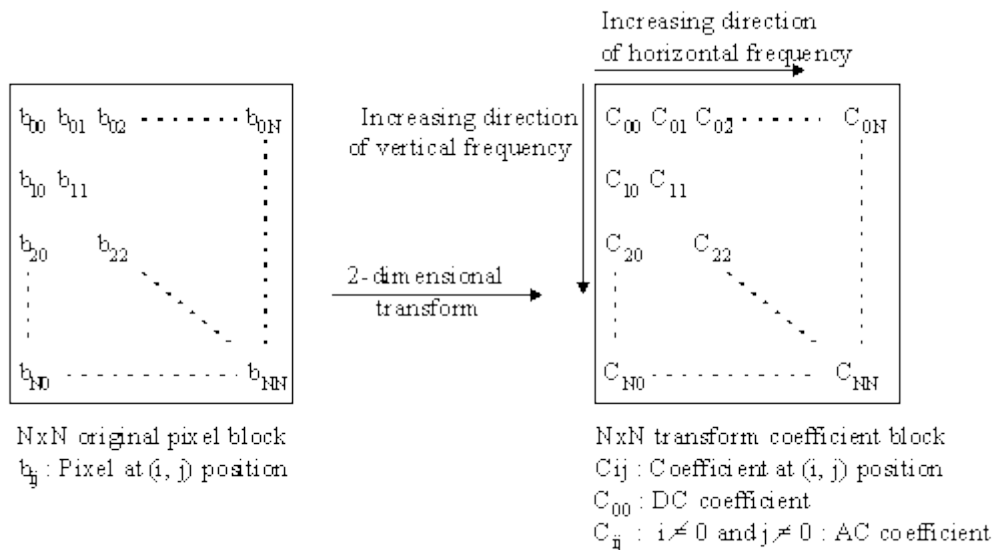
Ο αλγόριθμος συμπίεσης με μετασχηματισμό (transform coding) βασίζεται στο γεγονός ότι κάποιοι ορισμένοι ορθογώνιοι μετασχηματισμοί, όπως και ο DCT, συγκεντρώνουν σε ένα μικρό σχετικά πλήθος συντελεστών του μετασχηματισμού την ενέργεια του σήματος.

Βήματα για την περίπτωση χρήσης του DCT μετασχηματισμού:

- Χωρισμός εικόνας σε μπλοκ $N \times N$ pixels, όπου N επιθυμητή συμπίεση και ποιότητα της συμπιεσμένης εικόνας.
- Για να πετύχουμε μεγαλύτερη συμπίεση, πρέπει να έχουμε μεγάλο N , έχοντας ως αποτέλεσμα μείωση της ποιότητας.
- Σε κάθε μπλοκ της εικόνας αφού είδη έχει εφαρμοστεί ο DCT, προκύπτουν κάποιοι συντελεστές οι οποίοι κβαντίζονται, αφού ήδη έχουν υποστεί καταωφλίωση.
- Για εξασφάλιση μέσων τιμών των μπλοκ, οι DC συντελεστές της καταωφλίωσης καθώς και οι τιμές τους κβαντίζονται με μικρότερα βήματα.



Σχήμα: Block diagram of basic DCT transform coder



Σχήμα: Illustration of block transform

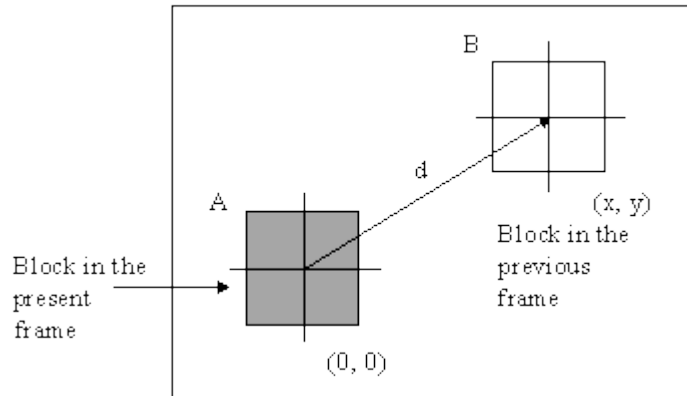
Για να προβούμε στην διαδικασία όπου οι δυο διαστάσεις γίνονται μια, οι συντελεστές αναδιατάσσονται με σάρωση zigzag, καθώς εφαρμόζεται κωδικοποίηση μήκους διαδρομών τόσο στους μη μηδενικούς συντελεστές, όσο και στις ακολουθίες των μηδενικών. Από τα δυο παραπάνω σχήματα παρατηρούμε τα εξής:

Σχήμα 1: μορφή μπλοκ διατάγματος

Σχήμα 2: εφαρμογή DCT μετασχηματισμού σε μπλοκ εικόνας

2.2. ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΣΤΟ ΧΡΟΝΟ

Σύμφωνα με τα παραπάνω έχοντας πλεονάζουσα χωρική πληροφορία, δηλαδή την δυνατότητα δυο διαδοχικές εικόνες να έχουν κοινά αντικείμενα, πετυχαίνουμε συμπίεση βίντεο στο χώρο. Μέσω αυτής της διαδικασίας μας δίνεται η δυνατότητα στο να γνωρίζουμε την κίνηση των αντικειμένων μιας εικόνας, η οποία παρέχει πληροφορία για την επόμενη εικόνα της ακολουθίας με αποτέλεσμα να επιτευχθεί συμπίεση μέσω της κωδικοποίησης και αποστολής της πληροφορίας σχετικά με την κίνηση των αντικειμένων. Διαπιστώνεται τελικώς ότι τα ταχέως κινούμενα κομμάτια μιας εικόνας αποτελούν λιγότερο από το 5% της εικόνας.



Σχήμα 3.9 Illustration of motion vector estimation

Ο αλγόριθμος ταιριάσματος μπλοκ που φαίνεται στο παραπάνω σχήμα περιλαμβάνει δυο βασικά βήματα:

- χωρίζει την εικόνα σε μπλοκ μεγέθους $N \times N$ pixel
- υπολογίζει ένα διάνυσμα κίνησης το οποίο δηλώνει πόσο έχει μετακινηθεί το μπλοκ σε σχέση με την θέση που κατείχε στην προηγούμενη εικόνα.

Για να ταιριάξουν τα δυο μπλοκ μεταξύ τους ακολουθείται συνήθως η διαδικασία μέσω του τετραγωνικού σφάλματος, δηλαδή για να καθοριστεί το διάνυσμα κίνησης γίνεται επιλογή μπλοκ για το οποίο θα ελαχιστοποιείται το μέσω τετραγωνικό σφάλμα. Κυρίως ο αλγόριθμος αυτός έχει χαρακτηριστεί για την απλότητα του, καθώς ήδη έχουν κατασκευασθεί VLSI chip που τον υλοποιούν.

2.3.ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΜΕ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΑΙ ΧΩΡΙΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ

Μέθοδος **χωρίς απώλεια πληροφορίας** χρησιμοποίηση μη απωλεστικού αλγορίθμου (lossless). Βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι τα δεδομένα συμπιέζονται με τέτοιο τρόπο, ώστε να μην υπάρχει απώλεια πληροφορίας, με μέτριο λόγο συμπίεσης. Συνήθως, εφαρμόζονται σε περιπτώσεις που δεν υπάρχει κανένα περιθώριο απωλειών. Για παράδειγμα, αν η πληροφορία που μεταφέρεται είναι ένα πρόγραμμα υπολογιστή, ένα και μόνο αλλοιωμένο bit μπορεί να είναι αρκετό να καταστήσει το πρόγραμμα άχρηστο. Ως αποτέλεσμα αυτής της μεθόδου η εικόνα παραμένει ίδια με την αρχική πριν αποσυμπιεστή.

Μέθοδος **με απώλεια πληροφορίας** τα δεδομένα που συμπιέζονται απορρίπτονται, μη ουσιώδη πληροφορία. Αν, για παράδειγμα, η πληροφορία περιγράφει μια φωτογραφία, είναι δυνατόν να επιτύχουμε καλύτερη συμπίεση κάνοντας μερικές υποχωρήσεις όσον αφορά στην πιστότητα του συμπιεσμένου σήματος. Σε τέτοιες περιπτώσεις το σημασιολογικό περιεχόμενο ουσιαστικά δεν μεταβάλλεται αλλά μειώνεται η ποιότητα. Το ψηφιακό σήμα ως ακολουθία bits

σαφώς και μεταβάλλεται. Οι συγκεκριμένες μέθοδοι χρησιμοποιούν απωλεστικούς (lossy) αλγόριθμους και επιταχύνουν υψηλό λόγο συμπίεσης.

2.4.ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ

- Κωδικοποίηση Εντροπίας
- Κωδικοποίηση πηγής
- Υβριδική κωδικοποίηση

Κωδικοποίηση Εντροπίας:

- ✓ Δεν λαμβάνεται υπόψη το είδος της πληροφορίας που θα συμπειστή
- ✓ Αντιμετωπίζεται η πληροφορία ως απλή ακολουθία bits
- ✓ Κωδικοποίηση χωρίς απώλειες

Για παράδειγμα μπορούμε να αντικαθιστούμε κάθε ακολουθία 10 διαδοχικών μηδενικών που βρίσκουμε με ένα ειδικό χαρακτήρα ακολουθούμενο από τον αριθμό 10. Με αυτόν τον τρόπο, μειώνουμε το μήκος της ακολουθίας χωρίς να κάνουμε καμία υπόθεση για την σημασία των μηδενικών, αλλά και χωρίς να αλλοιώνεται το σήμα.

Οι τεχνικές κωδικοποίησης εντροπίας διαχωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- ✓ Περιορισμός των επαναλαμβανόμενων ακολουθιών (Suppression of repetitive sequences)
- ✓ Στατιστική Κωδικοποίηση (Statistical encoding)

Κωδικοποίηση πηγής:

- ✓ Οι μετασχηματισμοί που υφίσταται το αρχικό σήμα εξαρτώνται άμεσα από το τύπο του
- ✓ Μπορούν να παράγουν μεγαλύτερα ποσοστά συμπίεσης
- ✓ Μειονεκτούν σε σταθερότητα
- ✓ Λειτουργεί με απώλειες και χωρίς απώλειες

Η κύρια διαφορά της από την κωδικοποίηση εντροπίας είναι ότι η τεχνική αυτή παράγει ποσοστά συμπίεσης. Το μειονέκτημα της ‘σταθερότητα’, γιατί το ποσοστό συμπίεσης που επιτυγχάνουν αλλάζει ανάλογα με το αντικείμενο που συμπιέζεται. Η κωδικοποίηση πηγής μπορεί να λειτουργήσει και με απώλειες και χωρίς απώλειες.

Οι τεχνικές κωδικοποίησης πηγής διακρίνονται σε τρεις τύπους:

- ✓ Κωδικοποίηση μετασχηματισμού (transform encoding)
- ✓ Διαφορική ή προβλεπτική κωδικοποίηση (differential or predictive encoding)
- ✓ Διανυσματική κβαντοποίηση (vector quantization)

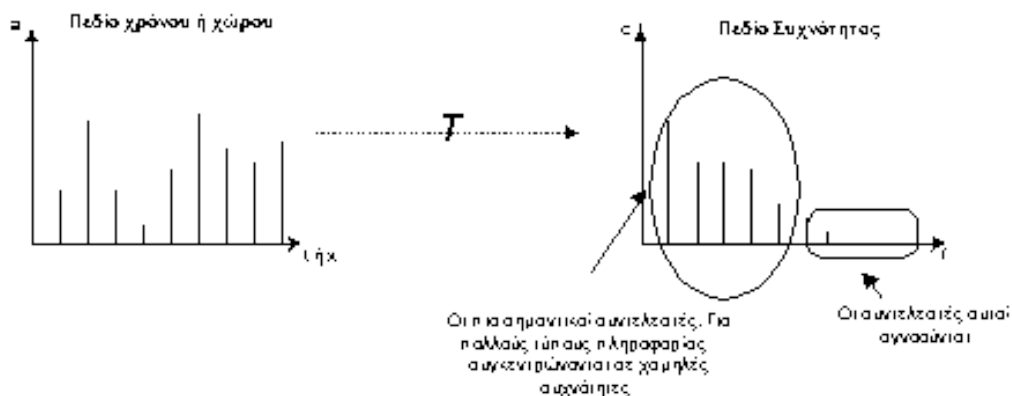
Υβριδική κωδικοποίηση:

✓ Jpeg, Mpeg, H.263

2.5.ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ

Χρησιμοποιείται συνήθως για την συμπίεση εικόνων και ήχου. Όπως προαναφέραμε και παραπάνω το σήμα υφίσταται ένα μαθηματικό μετασχηματισμό από το αρχικό πεδίο του χρόνου ή του χώρου, σε ένα πεδίο αφηρημένο το οποίο είναι κατάλληλο για συμπίεση. Υπάρχει και ο αντίστροφος αυτού μετασχηματισμός που ονομάζεται ‘‘αντίστροφος μετασχηματισμός’’, ο οποίος επαναφέρει το σήμα στην αρχική του μορφή.

Ο μετασχηματισμός αυτός είναι ο λεγόμενος μετασχηματισμός Fourier, δηλαδή η συνάρτηση του χρόνου $F(t)$ μπορεί να μετασχηματιστεί σε μια $g(\lambda)$ στο πεδίο των συχνοτήτων. Στο πεδίο των συχνοτήτων η αναπαράσταση των εικόνων, περιγράφει πόσο γρήγορα μεταβάλλονται τα χρώματα και η απόλυτη φωτεινότητα. Διαπιστώνουμε λοιπόν ότι υπάρχουν αρκετοί μετασχηματισμοί όπως των Hadamar, Haar και των Karhunen-Loeve, αλλά ανάλογα με τις ιδιότητες του τύπου της πληροφορίας που θέλουμε να συμπίεσουμε, διαλέγουμε και τον κατάλληλο.



Σχήμα: Η βασική αρχή της κωδικοποίησης μετασχηματισμού

Αφού φτάσουμε στο στάδιο επιλογής του μετασχηματισμού, καταλήγουμε στους πιο σημαντικούς και προχωράμε στην περιγραφή τους. Προσέχουμε ποιοι είναι λιγότερο σημαντικοί για να προχωρήσουμε σε μια μικρότερη ακρίβεια ή να τους αγνοήσουμε τελείως. Ακολουθώντας την διαδικασία αυτή οδηγούμαστε στη συμπίεση με απώλειες, παρ’ όλα αυτά, οι μετασχηματισμοί από μόνοι τους είναι αντιστρεπτοί.

2.6.ΔΙΑΦΟΡΙΚΗ Ή ΠΡΟΒΛΕΠΤΙΚΗ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

Η κωδικοποίηση αυτή βασίζεται σε μια αρχή:

Μόνο η διαφορά ανάμεσα στην πραγματική τιμή ενός δείγματος και στην προβλεπόμενη τιμή του κωδικοποιείται .

Η διαφορά στην οποία βασίζεται η κωδικοποίηση αυτή ονομάζεται ‘‘διαφορά πρόβλεψης ή παράγοντας λάθους. Έτσι προκύπτει και η εναλλακτική ονομασία ‘‘προβλεπτική κωδικοποίηση’’. Η υλοποίηση της γίνεται με ποικίλους τρόπους ανάλογα της μεθόδου που χρησιμοποιείται.

Η διαφορική κωδικοποίηση χρησιμοποιείται ανάμεσα σε σήματα τα οποία ήδη γνωρίζουμε ότι έχουν μια διαφορά μεταξύ τους αλλά όχι μεγάλη. Αυτό σημαίνει ότι η διαφορική κωδικοποίηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για συμπίεση κινούμενης εικόνας ή ήχου.

Διάκριση της ‘‘Διαφορικής Κωδικοποίησης’’:

- Απλή διαφορική παλμοκωδική διαμόρφωση
- Δέλτα διαμόρφωση
- Προσαρμοστική διαφορική παλμοκωδική διαμόρφωση

Η **Απλή διαφορική παλμοδική διαμόρφωση (DPCM)** σε σχέση με τις άλλες δυο διαμορφώσεις είναι η πιο απλή. Κυρίως διακρίνεται για τα εξής: ο μηχανισμός πρόβλεψης των δειγμάτων είναι σταθερός σε όλη τη διάρκεια της κωδικοποίησης. Για κάθε καινούργιο δείγμα η τιμή του είναι απλώς η τιμή του προηγούμενου δείγματος.

Η **Δέλτα διαμόρφωση** έχει τον ίδιο μηχανισμό πρόβλεψης αλλά βασίζεται σε διαφορετική κωδικοποίηση. Η διαφορά μεταξύ της προβλεπόμενης και της τρέχουσας τιμής του δείγματος κωδικοποιείται με ένα μόνο bit. Μέσω αυτού συμπεραίνουμε ότι η διαφορά μεταξύ των δειγμάτων προκύπτει κατά πόσο ένα κβάντο είναι μεγαλύτερο ή μικρότερο. Από αυτή την διαδικασία συμπεραίνουμε ότι η δέλτα διαμόρφωση είναι κατάλληλη για σήματα χαμηλών συχνοτήτων, γιατί μέσω αυτής θα καταλήγουμε σε μεγάλη απώλεια πληροφορίας.

Στην **Προσαρμοστική διαφορική παλμοκωδική διαμόρφωση (ADPCM)** χρησιμοποιείται ένας δυναμικός μηχανισμός ο οποίος προσαρμόζεται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του σήματος που οδηγούνται για δειγματοληψία.

2.7.ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΗ ΚΒΑΝΤΟΠΟΙΗΣΗ

Βασίζεται στην κωδικοποίηση της πηγής, τα βασικά χαρακτηριστικά της είναι:

- Χωρισμός δεδομένων σε τμήματα ονομαζόμενα διανύσματα. Υποθέτουμε ότι όλα τα διανύσματα θα έχουν το ίδιο μικρό μέγεθος και ότι θα αποτελούνται από n οκτάδες.
- Ένα σύνολο από πρότυπα διανύσματα είναι εύκολο να βρούμε και σε έναν πίνακα, ο οποίος αποτελεί το λεξικό και θα πρέπει να είναι διαθέσιμο τόσο στην διαδικασία συμπίεσης, όσο και στην αποσυμπίεση των δεδομένων. Κάθε φορά που ξεκινά η συμπίεση των δεδομένων ένα νέο λεξικό δημιουργείται, αυτό σημαίνει ότι το λεξικό έχει προκαθοριστεί σε όλες τις διαδικασίες συμπίεσης να είναι το ίδιο.

- Η συμπίεση βασίζεται στην αντικατάσταση κάθε διανύσματος της αρχικής πληροφορίας με το πιο ταιριαστό από τα πρότυπα του λεξικού. Κάνοντας χρήση του λεξικού αντί για ολόκληρα τα πρότυπα, μόνο η ετικέτα τους ή ο αύξων αριθμός τους στο λεξικό είναι απαραίτητο να αποθηκευτεί.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ: Τα δεδομένα χωρίζονται σε διανύσματα. Αντί να μεταδίδεται η πραγματική πληροφορία μεταδίδεται η ετικέτα των πιο ταιριαστών προτύπων μέσα από ένα λεξικό.

ΠΡΟΒΛΗΜΑ: Εντοπίζεται στη δημιουργία λεξικού που περιέχει πρότυπα που μοιάζουν όσον το δυνατόν περισσότερο με τα εμφανιζόμενα διανύσματα.

ΕΠΙΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ: Υπολογισμός διαφοράς μεταξύ αυτών των διανυσμάτων και των αντίστοιχων πιο ταιριαστών προτύπων. Έτσι η διαφορά μεταδίδεται με την ετικέτα του πιο ταιριαστού προτύπου και οδηγούμαστε σε μια ικανοποιητική προσέγγιση των προβληματικών διανυσμάτων.

Διαπιστώνουμε ότι η διανυσματική κβαντοποίηση, ανήκει είτε στη μέθοδο “συμπίεσης με απώλειες”, είτε στη μέθοδο “συμπίεσης χωρίς απώλειες”.

2.8.ΣΥΜΠΙΕΣΗ wavelet

Είναι μια μέθοδος με καλή ποιότητα και απόδοση στο βίντεο πραγματικού χρόνου που χρησιμοποιείται σε γραμμές χαμηλού bandwidth όπως είναι το διαδίκτυο. Κάθε επίπεδο του καρέ μπορεί να σταλεί με επιπλέον λεπτομέρεια στην απεικόνιση του καρέ στον video-player όπως είναι ο video interactive για τηλεδιάσκεψη.

ΒΗΜΑΤΑ: -αποστολή γενικής μορφής του καρέ με το πρώτο επίπεδο.
-περισσότερες λεπτομέρειες από την αποστολή των υπολοίπων επιπέδων.

Η συμπίεση wavelet λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο όπως και το πρότυπο interlaced GIF, δηλαδή ακολουθεί ένα πλέξιμο γραμμών σε διαφορετικά επίπεδα, με αύξηση:

- της ευκρίνειας της εικόνας
- της σαφήνειας της εικόνας

2.9.ΣΥΜΠΙΕΣΗ ME fractals

Αν στην περίπτωση μιας εικόνας και ενός βίντεο προχωρήσουμε στη συμπίεση τους με fractals, έχουμε ως αποτέλεσμα μια διαφορετική μέθοδο κωδικοποίησης. **Βασική διαφορά:** δεν μεταδίδονται πληροφορίες pixel, αλλά συνάρτηση μετασχηματισμού η οποία περιέχει μια εικόνα παρόμοια με την εικόνα στόχου σαν ένα σταθερό σημείο. Για να προχωρήσουμε στην αποκωδικοποίηση το μόνο που χρειάζεται είναι μια επαναληπτική εφαρμογή αυτής της συνάρτησης σε οποιαδήποτε αρχική εικόνα.

Διάφορες συγκεκριμένες ιδιότητες αυτής της τεχνικής κωδικοποίησης ακολουθούν από αυτό.

Όπως:

- διαδικασία αποκωδικοποίησης προοδευτική
- αποδοτικότητα αποκωδικοποίησης κλιμακούμενη

- ποιότητα αποκωδικοποιημένης εικόνας αυξάνεται με κάθε βήμα επανάληψης
- διαδικασία ανεξάρτητη από την ανάλυση

Από αυτή την διαδικασία προκύπτει μια ασυμμετρία ανάμεσα στις διαδικασίες κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης. Προκύπτοντας ένα βασικό ερώτημα: **Πόσο μπορεί να κωδικοποιηθεί μια εικόνα σαν μια συνάρτηση μετασχηματισμού;** Χρησιμοποιώντας ο ίδιος ο αλγόριθμος την ιδιότητα fractals δηλαδή την ομοιότητα τους.

Οι εικόνες αποτελούνται από ένα σύνολο περιοχών οι οποίες είναι όμοιες μεταξύ τους. Η απεικόνιση κάθε περιοχής της εικόνας (με το πιο παρόμοιο τμήμα της εικόνας) αποτελεί την συνάρτηση μετασχηματισμού. Η απεικόνιση βασίζεται σε όλες τις μορφές που μπορεί να πάρει μια εικόνα, στις μορφές των περιοχών (μίκραιμα, μεγάλωμα, περιστροφή και λόξευση) καθώς και την ρύθμιση της αντίθεσης και των έντασής τους.

Για φυσικές εικόνες, η συμπίεση με fractals επιτυγχάνει υψηλούς λόγους συμπίεσης που φτάνουν ως 1000:1 με πολύ καλή ποιότητα εικόνας.

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑ: -πολυπλοκότητα του υπολογισμού

-μικρή δύναμη όταν εκφράζεται σε εικόνες γραφικών

Για να κρατηθεί η πολυπλοκότητα σε πρακτικά όρια, μόνο ένα υποσύνολο όλων των μετασχηματισμών λαμβάνεται υπόψιν. Η τεχνική αυτή, εκτός της πολυπλοκότητας του υπολογισμού είναι με σφάλμα, επειδή δεν κοιτάει ποια μπλοκ είναι πραγματικά τα ίδια αλλά μόνο την ομοιότητα τους.

2.10.ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ ΤΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ

Όπως έχουμε προαναφέρει η συμπίεση fractal, καθώς και η διανυσματική κβαντοποίηση χαρακτηρίζονται ως περιπτώσεις ασύμμετρων τεχνικών συμπίεσης. Η ασυμμετρία αυτή βασίζεται στη διαφορά πολυπλοκότητας και ταχύτητας μεταξύ των διαδικασιών συμπίεσης και αποσυμπίεσης.

ΠΡΟΒΛΗΜΑ: Η ασυμμετρία αποτελεί ένα μείζον πρόβλημα εφαρμογής των τεχνικών συμπίεσης στην τεχνολογία των πολυμέσων γιατί δυσχεραίνει την υλοποίηση ορισμένων εφαρμογών. Όπως για παράδειγμα η μετάδοση ήχου και βίντεο σε πραγματικό χρόνο, χωρίς μεγάλες χρονικές καθυστερήσεις. Οι μεγάλοι λόγοι συμπίεσης που επιτυγχάνουν οι ασύμμετρες τεχνικές τις κάνουν ιδανικές για εφαρμογές όπου η πληροφορία συμπιέζεται μια φορά κατά την αποθήκευση της και στην συνέχεια ζητείται μόνο η προβολή της, τέτοιες εφαρμογές είναι οι εκπαιδευτικοί τίτλοι που κυκλοφορούν σε CD-ROM.

2.11.ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΑ ΑΠΟ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ

Σύμφωνα και με τα παραπάνω καταλήγουμε στο συμπέρασμα, πως τα συστήματα πολυμέσων απαιτούν την παρουσίαση της πληροφορίας μέσω υπολογιστή. Όλοι γνωρίζουμε ότι οι υπολογιστές χειρίζονται δεδομένα που βρίσκονται σε ψηφιακή μορφή, δηλαδή αναπαράσταση με ακολουθίες 0 και 1. Για

τον λόγο αυτό ένα σύστημα πολυμέσων ελεγχόμενο από υπολογιστή μπορεί να συμπεριλάβει όλους τους τύπους πληροφορίας.

Κατά την διαδικασία αυτή προκύπτουν και κάποιοι περιορισμοί, όπως στην περίπτωση της κινούμενης εικόνας όπου απαιτεί πολύ χώρο. Ο περιορισμός αυτός αρχίζει να αντιμετωπίζεται με την μέθοδο της συμπίεσης, καθώς και με τα αποθηκευτικά μέσα. Έτσι με ασφάλεια μπορούμε να πούμε για το μέλλον πως κάθε σύστημα πολυμέσων ελεγχόμενο από υπολογιστή θα μπορεί εύκολα να χειριστεί οποιοδήποτε είδος πληροφορίας.

Αφού όλα τα μέσα μπορούν να αναπαρασταθούν σε ψηφιακή μορφή, όλοι καταλαβαίνουμε ότι αν μπορούμε να μεταδώσουμε ένα είδος πληροφορίας μεταδίδουμε τα πάντα, χωρίς να μας απασχολεί η ταχύτητα μετάδοσης. Εξαιτίας του ότι η κινούμενη εικόνα καταλαμβάνει εξαιρετικά μεγάλο όγκο, δίκτυα που χειρίζονται εύκολα κείμενο και εικόνα πιθανόν να μην μπορούν να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις που έχει η κινούμενη εικόνα. Έτσι σε κατανομημένες εφαρμογές πραγματικού χρόνου το είδος της πληροφορίας που μεταδίδεται έχει επίπτωση στις προδιαγραφές του δικτύου που πρέπει να χρησιμοποιηθεί.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ: Μια εφαρμογή τηλεδιάσκεψης απαιτεί τουλάχιστον 128kbps για σχετικά χαμηλής ποιότητας βίντεο, αντίθετα σε εφαρμογές που μεταδίδεται απλό κείμενο ή μερικές εικόνες μια τηλεφωνική σύνδεση με ένα modem ταχύτητας 14.4bps είναι συνήθως αρκετή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΔΙΑΚΡΙΤΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΥΝΗΜΙΤΟΝΟΥ

Ο Διακριτός Συνημιτονικός Μετασχηματισμός είναι μια μέθοδος που βρίσκει μεγάλη εφαρμογή στην ψηφιακή συμπίεση, αλλά και στο MPEG ειδικότερα. Με το μετασχηματισμό DCT μπορούμε να μεταφέρουμε την πληροφορία που περικλείει η εικόνα από το πεδίο του χώρου στο πεδίο της συχνότητας (αφηρημένο πεδίο), όπου η περιγραφή της μπορεί να γίνει με σημαντικά μικρότερο πλήθος, για διάφορους λόγους. Οι πρώτες συχνότητες στο σύνολο έχουν τη μεγαλύτερη σπουδαιότητα, ενώ οι τελευταίες τη μικρότερη. Όταν συμπιέζουμε ένα μέρος των τελευταίων αυτών συχνοτήτων, χάνεται, αναλόγως της ανοχής που έχουμε θέσει για την ποιότητα. Ο αλγόριθμος χρησιμοποιείται στις διάφορες κωδικοποιήσεις κατά MPEG και JPEG.

Ο Μετασχηματισμός DCT ορίζεται ως εξής:

Για κάθε pixel (x, y) εφαρμόζοντας τον τύπο:

$$DCT(i, j) = \frac{1}{\sqrt{2N}} C(i)C(j) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} pixel(x, y) \cos\left[\frac{(2x+1)i\pi}{2N}\right] \cos\left[\frac{(2y+1)j\pi}{2N}\right]$$

Όπου $C(x) = 0.7071$, $x=0$
Και $1, x>0$

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ: Παίρνουμε την τιμή DCT (I, j), που είναι η τιμή του συντελεστή του μετασχηματισμού στο πεδίο της συχνότητας. Έτσι αντισταθμίζουμε τις τιμές των pixel στις αντίστοιχες τιμές των συντελεστών.

Οι συντελεστές αυτοί μεταφέρουν ο καθένας ένα κομμάτι της αρχικής πληροφορίας (αυτό που αντιστοιχεί στο κομμάτι του φάσματος που περιγράφει). Επειδή έχει παρατηρηθεί ότι η ανθρώπινη όραση αντιλαμβάνεται πολύ περισσότερο τα φαινόμενα που σχετίζονται με χαμηλές συχνότητες (όπως πχ. Συγκεκριμένα χρώματα), ενώ δείχνει κάποια ανοσία σε υψίσυχνες περιοχές του σήματος (πχ ακμές της εικόνας), οι συντελεστές του μετασχηματισμού που αντιστοιχούν σε χαμηλές συχνότητες έχουν μεγαλύτερη βαρύτητα, από αυτούς που περιγράφουν τις υψηλές συχνότητες, και για το λόγο αυτό οι πρώτοι περιγράφονται με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια.

Κατά την αναπαραγωγή, γίνεται η αντίστροφη διαδικασία, με τη βοήθεια του μετασχηματισμού IDCT (Inverse Discrete Cosine Transform – **Αντίστροφος Διακριτός Μετασχηματισμός Συνημιτόνου**), που περιγράφεται από τον τύπο:

$$pixel(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2N}} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} C(i)DCT(j) \cos\left[\frac{(2x+1)i\pi}{2N}\right] \cos\left[\frac{(2y+1)j\pi}{2N}\right]$$

Το αποτέλεσμα είναι να πάρουμε πίσω σχεδόν ανέπαφη την αρχική πληροφορία (εκτός από κάποια αναπόφευκτα σφάλματα στρογγυλοποίησης).

Κβαντοποίηση: Η μέθοδος που μας βοηθάει να απαλλαγούμε από το σημαντικό μέρος της πληροφορίας είναι η κβάντιση. Γενικά, με τον όρο κβαντοποίηση εννοούμε τη μετατροπή ενός σήματος άπειρον (ή πάρα πολλών) τιμών σε ένα σήμα ορισμένων διακριτών τιμών πχ η κβαντοποίηση μιας εικόνας που περιέχει εκατομμύρια χρώματα οδηγεί σε μια εικόνα που έχει 256 διαφορετικές τιμές για το χρώμα. Με άλλα λόγια, κβαντοποίηση είναι ο περιορισμός των bit με τα οποία περιγράφουμε τα δείγματα του σήματος (προφανώς το 256 έχει πολύ λιγότερα bit από τους τεράστιους αριθμούς με τους οποίους έπρεπε να περιγράψουμε τα δείγματα μας, αν δεν γινόταν. Είναι προφανές, ότι η κβαντοποίηση εισάγει σφάλμα ανάλογο με τον αριθμό των bit που απορρίπτονται, και κατά συνέπεια ευθύνεται στο μεγαλύτερο βαθμό για την απώλεια πληροφορίας κατά τη συμπίεση (lossy compression) σε αντίθεση με το μετασχηματισμό DCT που είναι σε μεγάλο βαθμό αντιστρεπτή διαδικασία. Για να περιγράψουμε όσο περισσότερες από τις τιμές του σήματος γίνεται, με δεσμένο αριθμό bit, διαιρούμε τις τιμές των δειγμάτων είτε με σταθερές τιμές του σήματος γίνεται, με δεσμένο αριθμό bit, διαιρούμε τις τιμές των δειγμάτων είτε με σταθερές τιμές, ή με πίνακες κβαντοποίησης. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, δηλαδή στο πρότυπο MPEG, χρησιμοποιείται ή δεύτερη μέθοδος και μάλιστα υπάρχει ένας πίνακας για τα πλαίσια που έχουν κωδικοποιηθεί με ενδο-πλαισιακή κωδικοποίηση και ένας για αυτά με δια-πλαισιακή κωδικοποίηση.

3.1.ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΠΛΕΟΝΑΣΜΑΤΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΤΕΧΝΙΚΗ DCT

Στο προηγούμενο κεφάλαιο, αναλύσαμε σε μεγάλο βαθμό το ρόλο της συμπίεσης και πώς αυτή βοηθάει κάθε είδους πληροφορία. Τώρα θα αναλύσουμε πάλι τον ρόλο της συμπίεσης σε σχέση όμως με την τεχνική DCT.

Από την ανάλυση του Fourier είναι γνωστό πως κάθε περιοδικό σήμα μπορεί να υποκατασταθεί από μια ομάδα ημιτονικών συνιστωσών οι οποίες διαφέρουν κατά πλάτος και κατά φάση. Σε περίπτωση όμως που το σήμα δεν είναι περιοδικό, πάλι μπορεί να υποκατασταθεί από ημιτονικές συνιστώσες, αλλά το πλήθος τους θα είναι ακαθόριστο. Για παράδειγμα το τηλεοπτικό σήμα που αναπαράγει ένα είδωλο κατατάσσεται και αυτό στα περιοδικά σήματα και όχι στα τυχαία. Σημαίνει, ότι από την ανάλυση ενός τμήματος T/O σήματος προκύπτει ότι αποτελείται από:

- μια θεμελιώδη συχνότητα
- μερικές αρμονικές, όπου οι συχνότητες είναι πολλαπλάσιες της θεμελιώδους και το πλάτος τους, η συνάρτηση της συνθετότητας του ειδώλου.

Συγκεκριμένα σημαντικότερο ρόλο όσον αφορά την αντιληπτότητα, είναι το πλάτος και όχι η φάση των συνιστωσών ημιτονικών σημάτων. Σημαίνει δηλαδή ότι με το φιλτράρισμα των συνιστωσών ανώτερης τάξης, το είδωλο παραμένει αναλλοίωτο. Άρα για να περιοριστούν οι πλεονάζουσες πληροφορίες, όσον αφορά την αντίληψη του ειδώλου προς την μετάδοση σήματος, είναι αναγκαίο να μεταβιβασθούν μόνο τα πλάτη των σημαντικών συνιστωσών. Αντί του φιλτραρίσματος του αναλογικού σήματος, της δειγματοληψίας και της κωδικοποίησής του, είναι προτιμότερο να δειγματοληπτηθεί και να κωδικοποιηθεί το αναλογικό σήμα και στη συνέχεια να επεξεργασθούν τα κωδικοποιημένα δείγματα. Όλη αυτή η διαδικασία πραγματοποιείται για να περιορισθούν οι πλεονάζουσες πληροφορίες.

3.2.ΨΗΦΙΑΚΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ-ΜΕΙΩΣΗ ΡΥΘΜΟΥ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

Από την κάμερα το σήμα βίντεο ξεκινά με ίσου εύρους ζώνης συνιστώσες των βασικών χρωμάτων R, G, B, αλλά για την μετάδοση χρησιμοποιείται το πλήρες εύρος ζώνης της φωτεινότητας Y ενώ οι χρωματικές διαφορές P_b, P_r περιορίζονται στο μισό εύρος ζώνης. Για να καταφέρουμε μια μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα πρέπει να μελετηθεί ο συσχετισμός του σήματος στο χώρο και στο χρόνο.

- Υψηλή συσχέτιση σε μικρή περιοχή εικόνας σημαίνει ότι δυο δείγματα έχουν απλά παρόμοιες τιμές, και συμβαίνει όταν αυτά βρίσκονται μεταξύ τους πολύ κοντά.
- Ενώ υψηλή συσχέτιση στο χρόνο σημαίνει ότι η περιοχή της εικόνας δεν μεταβάλλεται σε διαδοχικές εικόνες.

Στην περίπτωση του DCT είναι απαραίτητα και τα δυο, επειδή εφαρμόζεται σε ορθογώνια blocks 8x 8 δειγμάτων, είναι επιθυμητός ο υψηλός βαθμός συσχέτισης μεταξύ των εικονοστοιχείων εντός της περιοχής του ορθογωνίου και χωρικά και χρονικά. Για να έχουμε καλύτερη χρονική συσχέτιση είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί αντιστάθμιση κίνησης, κατά την κωδικοποίηση του ορθογωνίου το οποίο έχει υποστεί μετάφραση κίνησης, ένα παρόμοιο ορθογώνιο ενός προγενέστερου πλαισίου χρησιμοποιείται για πρόβλεψη, ώστε να αρκεί η κωδικοποίηση μέσω του DCT της διαφοράς των ορθογωνίων και η αποστολή της πληροφορίας μετατόπισης στον αποκωδικοποιητή.

Όλες οι μέθοδοι ψηφιακής συμπίεσης βασίζονται στο συσχετισμό δειγμάτων, ώστε να προκύψει μέσω της ομάδας των δειγμάτων PAM εισόδου, μια νέα ομάδα δειγμάτων, με σκοπό να μεταβιβαστεί μικρότερος όγκος πληροφορίας ή σε ένα περιορισμένο αριθμό δειγμάτων από την κατανομή προς την μετάδοση ενέργειας. Από τα παραπάνω προκύπτει μια νέα ομάδα δειγμάτων η οποία θα πρέπει να είναι αποσυσχετισμένη ή να έχει πολύ μικρότερη συσχέτιση.

Η επεξεργασία αποσυσχέτισης είναι στατιστική:

- Ούτε περιορίζει το πλήθος των προς μετάδοση δειγμάτων.
- Ούτε τον αριθμό των bits ανά δείγμα θα πρέπει να ληφθεί υπόψη, στατιστική κατανομή κατά πλάτος των μετασχηματισμένων δειγμάτων.

Η προαναφερθείσα κατανομή είναι με πολλές εξάρσεις, με χαμηλές τιμές που έχουν υψηλή πιθανότητα εμφάνισης. Μπορεί να υλοποιηθεί με τη χρήση υψηλής μη γραμμικής κβάντισης. Σε αυτή την περίπτωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί κωδικοποίηση σταθερού μήκους λέξης με λιγότερα των 8 bits ανά δείγμα ή μεταβλητού μήκους κωδικοποίηση σε συνεργασία με κβαντιστή μεταβλητού μήκους δείγματος. Αυτή η διαδικασία εφαρμόζεται στους συντελεστές DCT.

Από την παραπάνω διαδικασία εισάγεται κάποια απώλεια ακρίβειας στη μετάδοση των δειγμάτων εικόνας. Η απώλεια αυτή είναι ανεπαίσθητη αν ο παράγοντας συμπίεσης είναι εξαιρετικά μικρός και μπορεί να είναι εξαιρετικά υψηλός για μεγάλη ψηφιακή συμπίεση. Στην περίπτωση του υψηλού συντελεστή συμπίεσης θα πρέπει να εξετασθούν και οι δυο συσχετισμοί: χωρικός και χρονικός, για να περιορισθεί η ανακρίβεια.

Στην περίπτωση του DCT για την φωτεινότητα και για τις χρωματικές διαφορές, εφαρμόζεται:

- είτε σε δείγματα του αυτού πεδίου στην περίπτωση μετατόπισης των ορθογωνίων
- είτε σε ορθογώνια των διαφόρων δειγμάτων που ανήκουν στο παρόν και στο προηγούμενο αντίστοιχο πεδίο, στην περίπτωση των στατικών ορθογωνίων της εικόνας.

Αυτός ο τύπος εφαρμογής DCT συχνά αποκαλείται υβριδικός DCT.

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι από την φύση του, σε σταθερό ρυθμό πληροφορίας, καθώς και στην υποκειμενική αντίληψη ποιότητας ο αλγόριθμος συμπίεσης είναι στατικός από την φύση του. Στην περίπτωση του υβριδικού DCT:

- η κωδικοποίηση από κίνηση blocks intrafield έχει μικρότερη αποτελεσματικότητα στην περίπτωση περιοχής υψηλής λεπτομέρειας εικόνας που δεν έχει κατακόρυφη ή οριζόντια δομή λεπτομερειών
- ενώ η κωδικοποίηση interframe έχει τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην περίπτωση περιοχών εικόνας που δεν επηρεάζονται από κίνηση που μπορούν να αντισταθμιστούν ως προς τη μετατόπιση.

3.3.Ο ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ DCT

Στην περίπτωση όπου ο DCT και ο αντίστροφος, DCT συνδεθούν απευθείας δημιουργείται η τέλεια ανακατασκευή και αναγέννηση της εικόνας. Από την πλευρά του κωδικοποιητή ο DCT υπολογίζεται με ακρίβεια δεδομένων 16 bits, αλλά 12 bits μόνο διατηρούνται για την έξοδο. Οι συντελεστές DCT είναι δεδομένα του DCT στην έξοδο, δηλαδή κάποιοι ακέραιοι αριθμοί που στρογγυλοποιούνται με ακρίβεια υποκλίμακος που προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό με τον παράγοντα $2\exp(-n/8)$ όπου n είναι ένας θετικός, ο οποίος ελέγχεται από τη μνήμη γραμμής που μπαίνει στον κωδικοποιητή.

Ο 'n' είναι ένας παράγοντας ο οποίος βοηθάει στον πολλαπλασιασμό. Ανάλογα κάθε φορά με την κατάλληλη τιμή του 'n', εξασφαλίζεται η πολυπλοκότητα αναλόγως της εικόνας αν το επιβάλλει, έτσι τα δεδομένα του DCT μπορούν σε οποιαδήποτε περίπτωση να εισαχθούν στην ψηφιακή χωρητικότητα της γραμμής. Παρατηρείτε, ότι η κλιμακωτή μείωση- ελάττωση ακολουθείται από στρογγυλοποίηση σε ακέραιες τιμές. Στην συνέχεια ένας σχεδόν γραμμικός κβαντιστής περιορίζει την ποσότητα της πληροφορίας που θα μεταβιβαστεί σε υψηλές τιμές συντελεστών.

Από όλους τους συντελεστές, παρατηρούμε έναν συντελεστή ο οποίος παριστάνει την μέση τιμή των δειγμάτων εισόδου και ο οποίος μεταβιβάζεται πάντα με την μεγαλύτερη ακρίβεια, ο συντελεστής αυτός είναι ο Y_{00} . Οποιαδήποτε περαιτέρω επεξεργασία, όπως η μεταβλητού μήκους κωδικοποίηση (VLC), είναι πλήρως διαβατική όσο αφορά τα δεδομένα του DCT που προκύπτουν στην έξοδο του κβαντιστή. Στην περίπτωση κατά τη μετάδοση των συντελεστών DCT, τα προαναφερθέντα στοιχεία του λαμβάνονται υπόψη, κατά το ότι η μετάδοση των συντελεστών γίνεται αρχίζοντας από το Y_{00} και κατόπιν ακολουθεί διαγώνια σάρωση (zig-zag). Κατά μήκος αυτής της διαδρομής για μια σειρά μηδενικών χρησιμοποιείται μόνο μια λέξη VLC.

Η εκμετάλλευση του χρονικού πλεονασμού (διαπλαστική διεργασία)

Για να έχουμε χρονικό πλεόνασμα, αρχίζει η διαδικασία εκμετάλλευσης η οποία επιτυγχάνεται με τη βοήθεια της πρόβλεψης-αντιστάθμισης-μετατόπισης. Ο σκοπός και η φιλοσοφία αυτής τεχνικής όσον αφορά την πρόβλεψη του προς κωδικοποιητή ορθογωνίου, αρχίζει από μετατοπισμένη εκδοχή του και όχι από το πλαίσιο αναφοράς. Η εκμετάλλευση του χρονικού πλεονασμού γίνεται ταυτόχρονα.

Συγκεκριμένα:

Στον κωδικοποιητή, λαμβάνεται, ένα σύνολο των συντελεστών τα οποία έχουν υποστεί κβαντισμό. Έτσι, με την αντίστροφη διαδικασία το αρχικό ορθογώνιο των $8x8$ εικονοστοιχείων το οποίο αφού υποστεί πρόβλεψη

αντιστάθμισης μετατόπισης, προστίθεται στην επερχόμενη εικόνα Τέλος, όταν φτάνουμε στον αποκωδικοποιητή, αφού έχει λάβει την ψηφιακή παροχή και η οποία πρώτα έχει υποστεί αντίστροφη κβάντιση και αντίστροφο DCT, με την σειρά του αναπαράγει την εικόνα.

Η εκμετάλλευση του χωρικού πλεονασμού (ενδοπλασματική διεργασία)

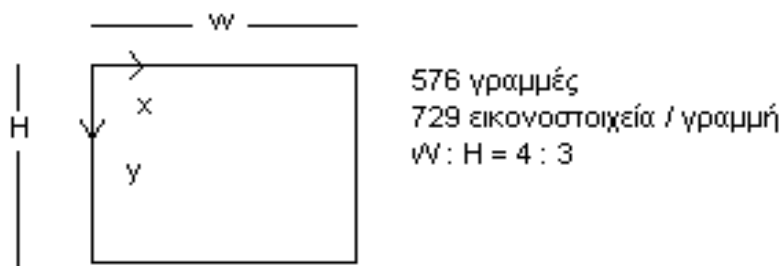
Το μετασηματισμένο κατά την απομάκρυνση του χωρικού πλεονασμού, ψηφιακοποιημένο σήμα βίντεο, αρχικά υφίσταται Μετασηματισμό Διακριτού Συνημιτόνου και στην συνέχεια το μετασηματισμένο σήμα κβαντίζεται και κωδικοποιείται. Στην περίπτωση όπου αποτελείται από δυο γειτονικά ορθογώνια, ονομάζεται μακροορθογώνιο. Έτσι παρατηρείται ότι μέσα σε αυτό περιέχονται 2 ορθογώνια φωτεινότητας:

- ένα ορθογώνιο χρωματικής διαφοράς του ερυθρού
- ένα ορθογώνιο χρωματικής διαφοράς του βαθυκύανου

Μη ξεχνάμε ότι κάθε εικονοστοιχείο απεικονίζεται με ένα δείγμα φωτεινότητας.

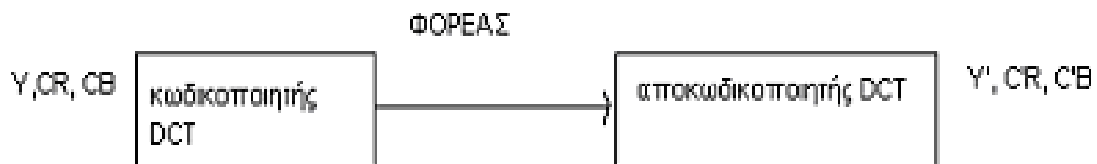
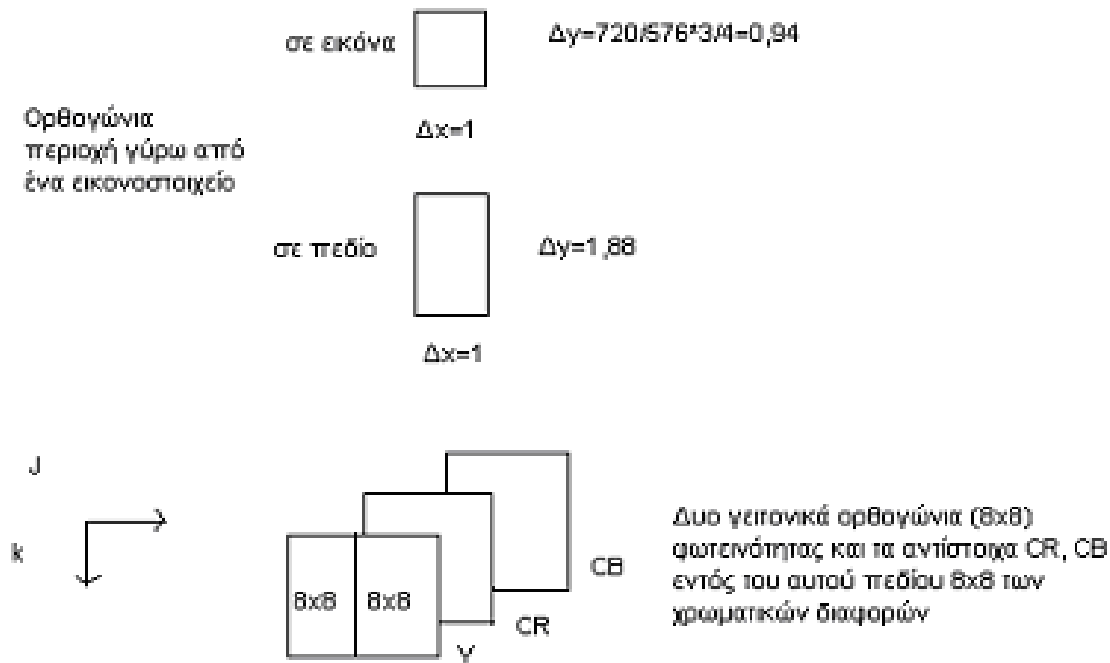
Στη συνέχεια εφαρμόζεται ο μετασηματισμός διακριτού συνημιτόνου επί των 8x8 ψηφιακών τιμών των δειγμάτων κάθε ορθογωνίου. Επισημαίνεται ότι ο μετασηματισμός εφαρμόζεται επί των ψηφιακών τιμών των δειγμάτων.

ΔΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ (8x8, intrafield) DCT



Ορατό τμήμα της εικόνας (ενεργό τμήμα)

Ενεργό τμήμα της εικόνας



Σχήμα: Αρχή μετασχηματισμού DCT

Κατά μήκος μιας γραμμής, (ψηφιακού video 4:2:2) τα pixels φωτεινότητας Y εναλλάσσονται με τα pixels των αντίστοιχων χρωματικών διαφορών, έτσι ώστε: δυο block (8×8) φωτεινότητας, κατά μήκος μιας οριζόντιας ζώνης των 8 γραμμών, καλύπτουν μια περιοχή ίση με ένα block 8×8 των C_r ή C_b . Αν χρησιμοποιηθούν δυο επεξεργαστές DCT:

- Ο ένας για τη φωτεινότητα
- Και ο άλλος για τις χρωματικές διαφορές C_r, C_b

Βασικό στοιχείο και για τις δυο περιπτώσεις: οι επεξεργαστές θα πρέπει να έχουν την ίδια ταχύτητα. Τα μετασχηματισμένα blocks θα μεταβιβάζονται με τη σειρά: Y, C_r, Y, C_b .

Καθώς ο ευθύς και ο αντίστροφος μετασχηματισμός DCT είναι ανεξάρτητοι, οι γραμμές των 8x8 blocks των pixels μπορούν:

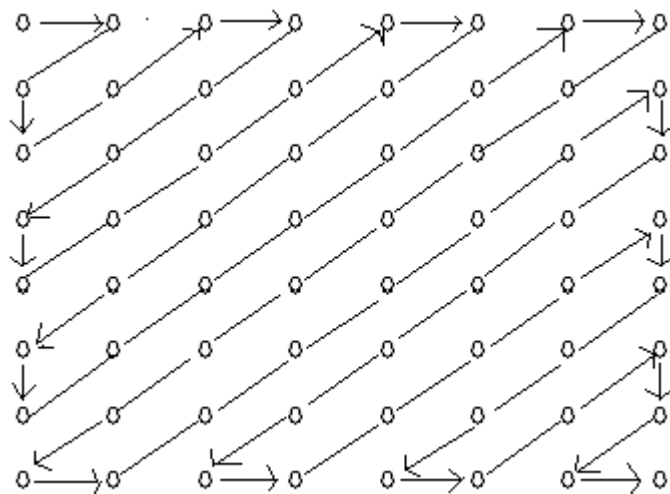
- πρώτα να επεξεργαστούν,
- δεύτερον τα αποτελέσματα να ενταμιευθούν κατά μήκος των γραμμών,
- και στη συνέχεια η επεξεργασία να εφαρμόζεται επί των στηλών.

Η παραπάνω λειτουργία απαιτεί την αποθήκευση των Y, C_r, C_b οχτώ συνεχόμενων γραμμών (του αυτού πεδίου).

Ο Μετασχηματισμός Διακριτού Συνημίτονου βρίσκει εφαρμογή σε μικρά ορθογώνια των 8x8 εικονοστοιχείων. Για κάθε ένα από τα ορθογώνια αυτά δημιουργείται ένα σύνολο 8x8=64 συντελεστών που αντιστοιχούν στις χωρικές αρμονικές συχνότητες μεταβολής φωτεινότητας και χρωματικότητας του αρχικού ορθογωνίου.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Επειδή μεταξύ των γειτονικών εικονοστοιχείων, οι μεταβολές αυτές είναι ανεπαίσθητες, στο δημιουργούμενο σύνολο των 8x8 συντελεστών, αξιόλογη τιμή λαμβάνουν μόνο οι συντελεστές που αντιστοιχούν στις χαμηλές αρμονικές.

Στη συνέχεια οι εναπομείναντες συντελεστές κβαντίζονται και κωδικοποιούνται. Η σάρωση των συντελεστών γίνεται με διαγώνια σάρωση (zig-zag), όπως στο σχήμα 4.3, αρχίζοντας από τον συντελεστή DC. Επειδή το πλήθος τιμών των συντελεστών DCT είναι μεγαλύτερο από το πλήθος των εικονοστοιχείων του ορθογωνίου, η κβάντιση γίνεται σε $2048 = 2^{11}$ στάθμες.



Σχήμα: Διαγώνια σάρωση (zig-zag) των 64 συντελεστών DCT

Η συμπίεση λόγω της απόρριψης των μηδενικών ή σχεδόν μηδενικών συντελεστών υπερκαλύπτει την επιβάρυνση λόγω των πρόσθετων bits που προκύπτουν από τον παραπάνω τρόπο κβάντισης. Ακολουθεί η κωδικοποίηση μεταβλητού μήκους λέξης (Variable Length Coding - VLC) για μείωση της

εντροπίας. Από αυτή την διαδικασία η συμπίεση γίνεται κατ' ουσία με τη μεταβλητού μήκους κωδικοποίηση.

3.4.ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ – VLC

Ο κωδικοποιητής λέξεων μεταβλητού μήκους λαμβάνει:

- με τη σειρά τις τιμές των συντελεστών DCT
- και τις τιμές σειράς μηδενικών και τις μετατρέπει.

Η μετατροπή γίνεται κατά τρόπο ώστε οι συχνότερα εμφανιζόμενες τιμές να συμβολίζονται με μικρού μήκους νέες κωδικές λέξεις. Με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται πρόσθετος περιορισμός πλεονάζουσας πληροφορίας, πέρα από αυτόν που επιτυγχάνεται με τον συμβολισμό σειρών μηδενικών.

Λόγω της μη σταθερότητας των λέξεων όσον αφορά το μήκος εισάγονται οι λέξεις αναγγελίας έναρξης και τέλους ορθογωνίου (End-of-Block). Στο x_i bit πληροφορίας συνήθως προτάσσεται το 1. Αν είναι το τελευταίο ψηφίο της λέξης ποικίλει ελάχιστο 2 έως το μέγιστο 16 bits. Οι τιμές των μεταβλητού μήκους κωδικών λέξεων και των σειρών μηδενικών στη συνέχεια προωθούνται στον συμπιεστή (compressor). Σε κάθε block των 64 συντελεστών DCT, ο επεξεργαστής προσθέτει μια κωδική λέξη τέλους blocks να μπορεί να τα ξεχωρίσει και να είναι σε θέση να επανακτήσει τα 64 δείγματα.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η σειρά εγγραφής των κωδικών λέξεων στη buffer.

ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΚΩΔΙΚΕΣ ΛΕΞΕΙΣ

Το μήκος των «μεταβλητού μήκους κωδικών λέξεων» ποικίλει από 2 έως 16, όπως φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα:

i	Μήκος λέξης VLC
0	2
1	4
2	6
3	8
4	10
5	12
6	14
7	16

Δομή γραμμής δεδομένων για ένα σειράτι 8 γραμμών:

A = Βοηθητική πληροφορία
EOBn = Κωδική λέξη Τέλους ορθογωνίου
EOBs = Ειδικό Τέλος Ορθογωνίου

Σχήμα: Μεταβλητού μήκους Κωδικές λέξεις και μορφή δεδομένων 8-γραμμών

Ένα νέο set συντελεστών Y , C_r και C_b παράγεται κάθε 8 γραμμές. Κάθε ομάδα κωδικοποιείται σύμφωνα με την παραπάνω εκτεθείσα διαδικασία και συνοδεύεται από τη λέξη EOB.

Τα τέσσερα τελευταία blocks των οκτώ γραμμών, εκτός από τους συντελεστές Y , C_r και C_b περιέχουν τις εξής βοηθητικές πληροφορίες:

- τους παράγοντες κλίμακας των συντελεστών DCT
- την κατάσταση βαθμού πληρότητας της buffer
- την διεύθυνση των 8 γραμμών

Η προσέγγιση με την οποία οι τρεις αυτές παράμετροι διατηρούνται σταθερές εντός της ομάδας των 8 γραμμών είναι αποδεκτή. Αυτές χρησιμοποιούνται στην πλευρά λήψης για την αντίστροφη επεξεργασία των λαμβανομένων συντελεστών.

Στο παραπάνω σχήμα φαίνονται οι πλεονασμοί πληροφορίας. Η βοηθητικές πληροφορίες και οι λέξεις EOB επαναλαμβάνονται τέσσερις φορές. Με αυτό τον τρόπο πετυχαίνουμε την διόρθωση ενδεχόμενων λαθών διάδοσης, εξασφαλίζοντας την σωστή ερμηνεία τόσο:

- των βοηθητικών πληροφοριών
- όσο, και το σωστό συγχρονισμό των 8 γραμμών

3.5.ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΛΜΟΚΩΔΙΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΚΑΙ ΗΧΟΥ (TV CODES) 34/35 Mbit/s κατά ETSI

Γενικά: Το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιακών τυποποιήσεων (ETSI) με το πρότυπο ETS 300 174 /Νοεμβρίου 1992 προδιέγραψε τον τρόπο λειτουργίας και μετάδοσης των τερματικών TV 34/45 για μετάδοση ποιότητας κατάλληλης για συγκέντρωση και επανεπεξεργασία T/O προγραμμάτων (contribution quality). Στο πρότυπο ETS 300 174:

- Προδιαγράφονται:
 - Το σήμα εισόδου που είναι ψηφιακό βίντεο 4:2:2
 - Τα βοηθητικά κανάλια (VITS, Teletext, Time codes)
 - Η δόμηση του frame των 34/45 Mbit/s
 - Η λαθοπροστασία
 - Η κρυπτογράφηση
- Πληροφοριακά αναφέρεται η αναγκαιότητα υποστήριξης των αναλογικών T/O συστημάτων PAL, SECAM, NTSC
- Δεν αναφέρεται: στην τυποποίηση των σηματοδοτήσεων, στον αυτοματισμό PAL/PALplus/SECAM/NTSC, στο είδος και τη διαμόρφωση των ήχων (15 KHz, ψηφ. AES/EBU)

3.6.ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ETS 300 174

Ρυθμός πληροφορίας:	34 ή 45 Mbit/s
Βίντεο:	Ψηφιακό παράλληλο 4:2:2 Ψηφιακό σειριακό 4:2:2 (D1) 270 Mbit/s
Ήχοι:	Ένα (ή δύο) κανάλια των 2 Mbit/s (Δεν προδιαγράφεται το αναλογικό)
Κωδικοποίηση:	Μετασχηματισμός διακριτού συνημιτόνου (Discrete Cosine Transformation - DCT) Μεταβλητού μήκους κωδικοποίηση (Variable Length Coding - VLC)
Λαθοπροστασία:	Reed Solomon

3.7.ΣΥΝΟΨΗ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗΣ ΤΩΝ Τ/Ο ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΩΝ / ΑΠΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ ΒΙΝΤΕΟ ΣΤΑ 34/35 MBIT/S

ΕΙΣΟΔΟΣ/ΕΞΟΔΟΣ ΕΙΚΟΝΑΣ	Τηλεοπτικό σύστημα	Ψηφιακή εικόνα σε μορφή συνιστωσών των 525 ή των 625 γραμμών. Χειροκίνητη ή αυτόματη επιλογή Τ/Ο συστήματος, επαφίεται στη κρίση του κατασκευαστή
	Κωδικοποίηση	Της μορφής 4:2:2 κατά τη Σύσταση 601.
	Ψηφιακές διασυνδέσεις	Σειριακή (10 δυφία,270) Mbit/s σειριακή διεπαφή). Επίσης πρέπει να παρέχονται διεπαφές παράλληλων συνιστωσών σύμφωνα με τη σύσταση 656 της CCIR
ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΟΣ	Οριζόντια	Πλήρως ψηφιακή ενεργός γραμμή των 720 δειγμάτων για τη φωτεινότητα (Y) και των 360 δειγμάτων για κάθε μια από τις χρωματικές διαφορές (C_R, C_B).
	Κατακόρυφη	525 γραμμές:248 γραμμές ανά πεδίο Πεδίο 1: γραμμές 16 έως 263 Πεδίο 2: γραμμές 278 έως 525 625 γραμμές: 288 γραμμές ανά πεδίο Πεδίο 1: γραμμές 23 έως 310 Πεδίο 2: γραμμές 336 έως 623
	Αριθμητική παράσταση	Τα ψηφιακά δείγματα εισόδου

		των Y , C_r και C_b συμμορφώνονται με την αριθμητική περιοχή της σύστασης 601 της CCIR. Τα δείγματα αυτά μετατρέπονται σε 8-δυφία. Παράσταση συμπληρωματική του 2 για τους σκοπούς της επεξεργασίας μέσα στον κωδικοαποκωδικοποιητή.
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ	Τρόποι	Χρησιμοποιούνται τρεις τρόποι:(ενδοπεδιακός, διαπεδιακός και διαπλαισιακός αντιστάθμισης μετατόπισης). Οι ακόλουθες τρεις λειτουργίες επεξεργασίας εφαρμόζονται: είτε επί ορθογωνίων των 8x8 δειγμάτων εντός του αυτού πεδίου (ενδοπεδιακός τρόπος), ή επί των διαφορικών ορθογωνίων που προκύπτουν από τη διαφορά μεταξύ του παρόντος ενδοπεδιακού ορθογωνίου 8x8 και ενός ορθογωνίου αναφοράς που ανήκει στο προηγούμενο πεδίο (διαπεδιακός τρόπος) ή στο πεδίο με την ίδια ισοτιμία του προηγούμενου πλαισίου (διαπλαισιακός τρόπος).
	DCT	Ο Μετασχηματισμός Διακριτού Συνημιτόνου εφαρμόζεται επί ορθογωνίων των 8 γραμμών των 8 δειγμάτων για τις τρεις συνιστώσες Y , C_r και C_b
	Πρόβλεψη ορθογωνίου	Για κάθε ορθογώνιο επεξεργασμένο σύμφωνα με τον διαπεδιακό τρόπο, το ορθογώνιο αναφοράς καθορίζεται με εικονοστοιχεία του προηγούμενου πεδίου χωρίς αντιστάθμιση μετατόπισης. Για κάθε ορθογώνιο αναφοράς προκύπτει από τη θέση του παρόντος ορθογωνίου με εφαρμογή του ανύσματος μετατόπισης.
	Αντιστάθμιση μετατόπισης	Η αντιστάθμιση μετατόπισης εφαρμόζεται σε ‘μακροορθογώνια’. Σε κάθε μακροορθογώνιο (δυο γειτονικά

		ορθογώνια 8x8 για το Y και δυο ορθογώνια για τα C_r και C_b της ίδιας θέσης) εκχωρείται ένα μοναδικό άνυσμα μετατόπισης με ακρίβεια μισού εικονοστοιχείου.
	Κβάντιση	Για κάθε συντελεστή εφαρμόζεται διαφορετική χαρακτηριστική κβάντισης. Οι παράμετροί του προσαρμόζονται στο βαθμό κατάληψης της χωρητικότητας της προσωρινής μνήμης, στον τύπο του ορθογωνίου (φωτεινότητας/χρωματικότητας), και στη κρισιμότητα του ορθογωνίου. Η μορφή της χαρακτηριστικής είναι σχεδόν ομοιόμορφη.
	Κωδικοποίηση μεταβλητού μήκους	Οι VLC χρησιμοποιούνται για την κωδικοποίηση των συντελεστών DCT και της πληροφορίας μετατόπισης.

ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΜΝΗΜΗΣ	1.572.864 bits
ΛΑΘΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΙΚΟΝΑΣ	Κώδικας Reed Solomon (255,239) με παράγοντα αλληλοπαρεμβολής 6.
ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑ	<p>Πολυπλέκονται:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ένα κανάλι εικόνας των 29 ή 31 Mbit/s (40 ή 42 Mbit/s) - Ένα ή δυο κανάλια ήχων των 2048 Kbit/s (ή 1544 Kbit/s) - Ένα ή δυο κανάλια τηλεκειμένου των 384 Kbit/s - Ένα κανάλι γραμμών δοκιμής των 128 Kbit/s - Ένα κανάλι επίβλεψης των 8 Kbit/s - Δύο κανάλια υπό συνθήκη πρόσβασης των 8 Kbit/s - Δύο κανάλια χρονοκώδικα των 8 Kbit/s
Περίπλεξη (Scrambling)Q	Προβλέπονται 3-4 επίπεδα μίξης των πληροφοριών βίντεο, ήχου και τηλεκειμένου
	Προσαρμογή σε δίκτυα PDH κατά τις Συστάσεις G.751, G.752 και σε δίκτυα SDH κατά τις Συστάσεις G.707 G.708 G.709 της CCITT.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ:

- Ο κωδικοαποκωδικοποιητής αυτός μπορεί να ικανοποιήσει τη μετάδοση των PAL/SECAM/NTSC αφού συμπληρωθεί με προαιρετικές διατάξεις ανάλυσης και σύνθεσης των συστημάτων αυτών.
- Μόνο οι 244 γραμμές ανά πεδίο είναι σημαντικές. Οι γραμμές 16, 17, 18, 19 και 278, 279, 280, 281 κωδικοποιούνται αλλά δεν εμφανίζονται.
- Η παρούσα προδιαγραφή δεν καλύπτει ούτε την κωδικοποίηση ούτε τη λαθοπροστασία των καναλιών ήχου.

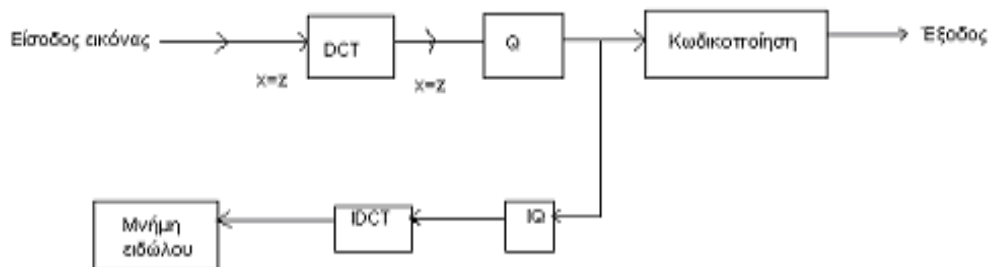
3.8.ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΕΙΚΟΝΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ DCT

Τόποι κωδικοποίησης:

Χρησιμοποιούνται δυο τρόποι επεξεργασίας,

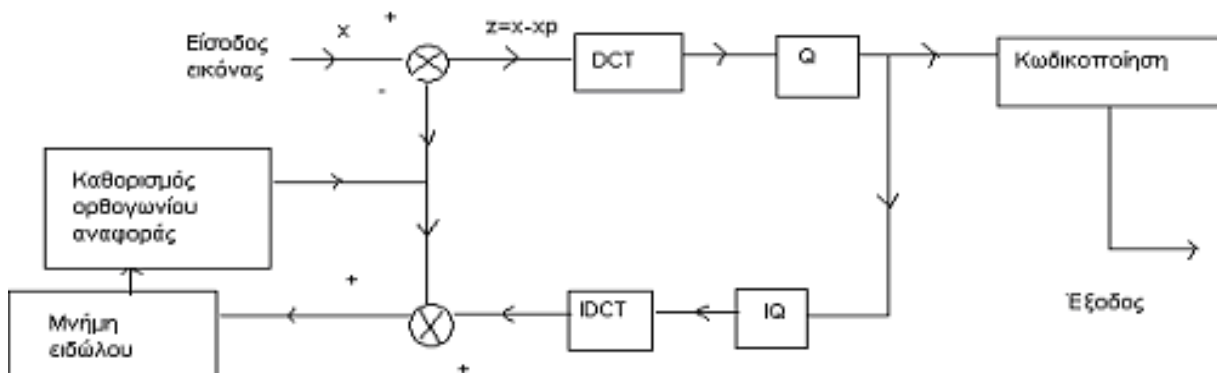
- επεξεργασίας εντός του αυτού πεδίου εικόνας και
- επεξεργασίας μεταξύ πεδίων εικόνας και μεταξύ πλαισίων εικόνας.

Ενδοπεδιακός τρόπος



Σχήμα: Ενδοπεδιακού τρόπου

Διαπεδικός και διαπλαισιακός τρόπος



Σχήμα: Διαπεδικού και διαπλαισιακού τρόπου

Μνήμη ειδώλου - Εξασφαλίζει αποθήκευση:

-του παρόντος κωδικοποιημένου πεδίου εικόνας. Το πεδίο αυτό χρησιμοποιείται ως αναφορά για την κωδικοποίηση του επόμενου ειδώλου.

-των δυο τελευταίων πεδίων που έχουν πρόσφατα κωδικοποιηθεί, που χρησιμοποιούνται για να καθορισθεί το τρέχον ορθογώνιο αναφοράς.

- Για τον διαπεδικό τρόπο: Το ορθογώνιο αναφοράς υπολογίζεται με εικονοστοιχεία του προηγούμενου πεδίου σύμφωνα με τη διεργασία διεμπλοκής.
- Για τον διαπλαισιακό τρόπο: Το ορθογώνιο αναφοράς λαμβάνεται εντός του πεδίου του προηγούμενου πλαισίου με την ίδια ισοτιμία με αυτή του παρόντος πεδίου. Η θέση του προκύπτει από τη θέση του παρόντος ορθογωνίου με μια μετάφραση που δίδεται από το άνυσμα μετατόπισης. Η προδιαγραφή του ανύσματος μετατόπισης παρατίθεται στη συνέχεια.

Επιλογή τρόπου

Δυνατότητα επιλογής τριών διαφορετικών τρόπων (ενδοπεδικός, διαπεδικός ή διαπλαισιακός) μέσω κοινής διαδικασίας από την οποία κωδικοποιούνται κ μεταδίδεται για κάθε επεξεργασμένο μακροορθογώνιο. Η επιλογή τρόπου δεν προδιαγράφεται καθώς αυτό αφορά μόνο την πλευρά κωδικοποιητή. Για την αποφυγή προσωρινής διάδοσης εσφαλμένων φαινομένων μετάδοσης, συνιστάται η χρήση επεξεργασίας ενδοπεδικής ανανέωσης. Η επεξεργασία αυτή αφορά μόνο τον κωδικοποιητή και δεν προδιαγράφεται

Αντιστάθμιση μετατόπισης

Για ορθογώνια που ανήκουν στο ίδιο μακρορθογώνιο χρησιμοποιείται μόνο ένα άνυσμα μετατόπισης δίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

Ερευνούμενες περιοχές	± 14 εικονοστοιχεία και ± 7 γραμμές
Ανάλυση	$\frac{1}{2}$ εικονοστοιχείου και $\frac{1}{2}$ γραμμής
Πλήθος πιθανών ανυσμάτων	1653 (επιτρέπονται όλα τα ανύσματα μέσα στην ερευνούμενη περιοχή)

Δειγματοληψία των γραμμών δοκιμής

Η δειγματοληψία των γραμμών δοκιμής είναι σε συμφωνία με τη δειγματοληψία σήματος φωτεινότητας, κατά τη σύσταση 601 της CCIR, με τις εξής διαφορές:

Χρησιμοποιείται κλίμακα 10 bits, με περιοχή 0 ... 1023, το μαύρο αντιστοιχεί στο 288 (32 + 256), 100% λευκό αντιστοιχεί στο 726.

Αυτή η δομή δειγματοληψίας επιτρέπει τιμές κάτω από τη στάθμη μαύρου (σύνθετα σήματα) με διπλάσια ανάλυση. Αντιστοιχεί στη Σύσταση 601 της CCIR με ανάλυση 9 δυφίων, επέκταση κλίμακας και ολίσθηση κλίμακας κατά 256.

Μορφότυπο

Η μετάδοση μιας γραμμής δοκιμής ξεκινά μετά τη δειγματοληψία μιας γραμμής δοκιμών και έχει το ακόλουθο μορφότυπο:

00	S	R	FS	L	E	D1	D2		Dn	00
----	---	---	----	---	---	----	----	--	----	----

Έναρξη πεδίου, μέτρο 5 πεδίων

S: Λέξη συγχρονισμού {32 '1' + '00010010}. Η αρχή της λέξης συγχρονισμού συμπίπτει με την έναρξη μιας νέας οκτάδας του περιέκτη.

R: Δεσμευμένα δυφία, 3 δυφία (κανονικά=0).

FS: Στατό πεδίου (Friend Status): Κατάσταση πεδίου, 3 δυφία.

L: Αναγνωριστικό γραμμής, 5 δυφία. Ίδια εκχώρηση με εκείνη του τηλεκειμένου.

E: (Error protection): Λαθοπροστασία, 5 δυφία.

Dn: Λέξη δεδομένων + ισοτιμία, 12 δυφία.

Ο αριθμός n, των λέξεων δεδομένων είναι 864 για σύστημα των 625 γραμμών και 858 για σύστημα 525 γραμμών, αντίστοιχα.

3.9.ΔΟΜΗΣΗ Τ/Ο ΧΡΟΝΟΠΛΑΙΣΙΟΥ

Η πολυπλεξία υπηρεσιών βασίζεται σε μια ομάδα από δυο συμβατούς τηλεοπτικούς περιέκτες (TV containers), διευθετημένους σύμφωνα με μια δομή βασισμένη σε οκτάδες με συχνότητα 8 KHz.

Αυτό επιτρέπει την πολυπλεξία:

-ενός καναλιού εικόνας,

-κανενός, ενός ή δυο καναλιών ήχου (των 1544 Kbit/s ή των 2048 Kbit/s),

-κανενός, ενός ή δυο καναλιών των 384 Kbit/s για τηλεκείμενο/βοηθητικές εφαρμογές,

-ενός καναλιού των 128 Kbit/s για γραμμές δοκιμής,

-ενός καναλιού των 8 Kbit/s για επίβλεψη,

-δυο καναλιών των 8 Kbit/s για ‘‘υπό συνθήκη πρόσβαση’’,

-δυο καναλιών των 8 Kbit/s για χρονοκώδικες.

Η δομή διευθετείται σε 6 σειρές (όπως θα δούμε παρακάτω) αποδίδοντας 384 Kbit/s ανά στήλη. Η δομή της πολυπλεξίας ενδεικνύεται με ένα ειδικό κανάλι και περιέχει την αναγκαία ευελιξία για την κατανομή των παραπάνω καναλιών. Οι μεταβολές στη χωρητικότητα γίνονται σε βήματα ενός αριθμού στηλών (nx384 Kbit/s). Για τον έλεγχο λαθών προβλέπεται έλεγχος διεμπλεκόμενου δυφίου ισοτιμίας. Κατάλληλος δείκτης επιτρέπει το συγχρονισμό της πλοκάδας FEC. Η πολυπλεξία υπηρεσιών δεν παρέχει διόρθωση λαθών για τα κανάλια. Συνεπώς για τυχαία λάθη δυφίων τα συνιστώντα κανάλια θα έχουν τους ίδιους ρυθμούς σφαλμάτων (BER) με το λαμβανόμενο ρεύμα δεδομένων.

Τηλεοπτικός περιέκτης (TV Container)

Γενική δομή

Τα δεδομένα μεταβιβάζονται γραμμή – γραμμή:

1)	1	14 15	26 27	39 40	51 52	64 65	76 77	88
2)	1	18 19	34 35	50 51	66 67	83 84	99 100	114

P L	A A'	V V... A A' V V... A A' V V... T T' V V... A A' V V... A A' V V... A A' V V...
J1	J	V V... A A' V V... A A' V V... T T' V V... A A' V V... A A' V V... A A' V V...
J2	J'2	V V... A A' V V... A A' V V... T T' V V... A A' V V... A A' V V... A A' V V...
		A A' V V... A A' V V... A A' V V... T T' V V... A A' V V... A A' V V... A A' V V...
J3	J'3	V V... A A' V V... A A' V V... T T' V V... A A' V V... A A' V V... A A' V V...
J4	J'4	V V... A A' V V... A A' V V... T T' V V... A A' V V... A A' V V... A A' V V...

1) Κατανομή στηλών 34 Mbit/s

2) Κατανομή στηλών 45 Mbit/s

Σχήμα: Δομή περιέκτη (125 μs)

Ο περιέκτης που ορίζεται για τα 34 Mbit/s (μήκους 530 οκτάδων) είναι συμβατός με πέντε περιέκτες SDH (TU-2-5c εν σειρά), με ένα περιέκτη SDH VC-3 και ταιριάζει στο πλαίσιο μετάδοσης των 34.368 Kbit/s της Σύστασης G.751 της CCITT. Ο περιέκτης που ορίζεται για τα 45 Mbit/s (μήκους 686 οκτάδων) είναι συμβατός με ένα περιέκτη SDH VC-3, επτά περιέκτες SDH TU-2 εν σειρά και ταιριάζει στο χρονοπλαίσιο μετάδοσης των 44736 Kbit/s της Σύστασης G.752 της CCITT. Η διαλειτουργικότητα μεταξύ ρυθμών 34 και 45 Mbit/s είναι δυνατή με απεικόνιση του ενός περιέκτη στον άλλο.

Κατανομή των στηλών

Οι οκτάδες J, οι οποίες ενδεικνύουν τη χρήση άλλων στηλών, μεταδίδονται πάντα στη στήλη 1. Οι στήλες 14, 26, 51, 64 και 76 (18, 34, 66, 83 και 99 στα 45 Mbit/s) χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά του καναλιού A (2048 Kbit/s ή 1544 Kbit/s αν η στήλη 76 (99) δεν χρησιμοποιείται). Η στήλη 39 (50) χρησιμοποιείται για

το κανάλι T. Οι στήλες 2, 15, 27, 52, 65 και 77 (2, 19, 35, 67, 84 και 100) χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά δεύτερου καναλιού A' (2048 Kbit/s ή 1544 Kbit/s αν η στήλη 77 (100) δεν χρησιμοποιείται). Η στήλη 2 είναι ενεργή μόνο όταν το κανάλι A' είναι ενεργό, διαφορετικά μεταφέρει δεδομένα εικόνας. Η στήλη 40 (51) χρησιμοποιείται για το δεύτερο κανάλι T'. Όλες οι άλλες στήλες (αλλά ποτέ η στήλη 1), συν τις στήλες για τα A, A', T, και T' αν δεν χρησιμοποιούνται, εκχωρούνται στα δεδομένα εικόνας.

Υπόμνημα

- V Οκτάδα δεδομένων εικόνας. Η πρώτη οκτάδα του περιέκτη ανήκει στο FEC 0 μιας υπερπλοκάδας.
- P Κώδικας ισοτιμίας bit αλληλοπαρεμβολής (BIP) που χρησιμοποιεί άρτια ισοτιμία. (BIP-8, όπως ορίζεται για το SDH), το P αναφέρεται στον προηγούμενο περιέκτη, αποκλεισμένου του δικού του P. Υπολογίζεται μετά την περίπλεξη, εφόσον αυτή εφαρμόζεται.
- L [11, 12, 13, ... 18] Δείκτης συγχρονισμού της πλοκάδας FEC. Το L υποδεικνύει την τάξη της πρώτης οκτάδας V ενός περιέκτη εντός του FEC 0 μιας υπερπλοκάδας. L= MSB.
- L=0 όταν η πρώτη οκτάδα V του περιέκτη αντιστοιχεί στην πρώτη οκτάδα του FEC 0, L=254 για την τελευταία οκτάδα του FEC 0. Το L ενδεικνύει τη θέση των δυο πρώτων οκτάδων εικόνας που μεταφέρονται στην αρχή του περιέκτη εντός των δυο διεμπλεκόμενων πλοκάδων διόρθωσης σφαλμάτων (2 x 255 οκτάδες). I1=MSB.
- L=0 όταν οι δυο πρώτες οκτάδες εικόνας του περιέκτη αντιστοιχούν στην πρώτη στήλη της πλοκάδας FEC, L=254 για την τελευταία στήλη.
- A,A' Οκτάδες των καναλιών 2048 Kbit/s ή 1544 Kbit/s (σύγχρονου ή ασύγχρονου τρόπου. Το κανάλι A είναι το πρωτεύον κανάλι ήχου.
- T,T' Οκτάδες τηλεκειμένου / βοηθητικών εφαρμογών.
- J,J' Οκτάδες που περιέχουν bits στοίχισης, ανάκτησης χρονισμού και χρήσης πλαισίου.

3.10.ΛΑΘΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Εμπροσθόδητη προστασία και διόρθωση σφαλμάτων

Το μεταδιδόμενο σήμα προστατεύεται από σφάλματα του φορέα μετάδοσης με τη βοήθεια ενός κώδικα Reed Solomon (255, 239), ο οποίος χρησιμοποιείται για να διορθώσει 8 οκτάδες σφαλμάτων και ο οποίος έχει 2 οκτάδες διεμπλοκής. Το πολυωνύμου γεννήτριας του κώδικα RS δίδεται από τη σχέση:

$$\prod_{i=0}^{15} (x + a^i)$$

όπου a είναι μια ρίζα του δυαδικού αρχέγονου πολυωνύμου $x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$.

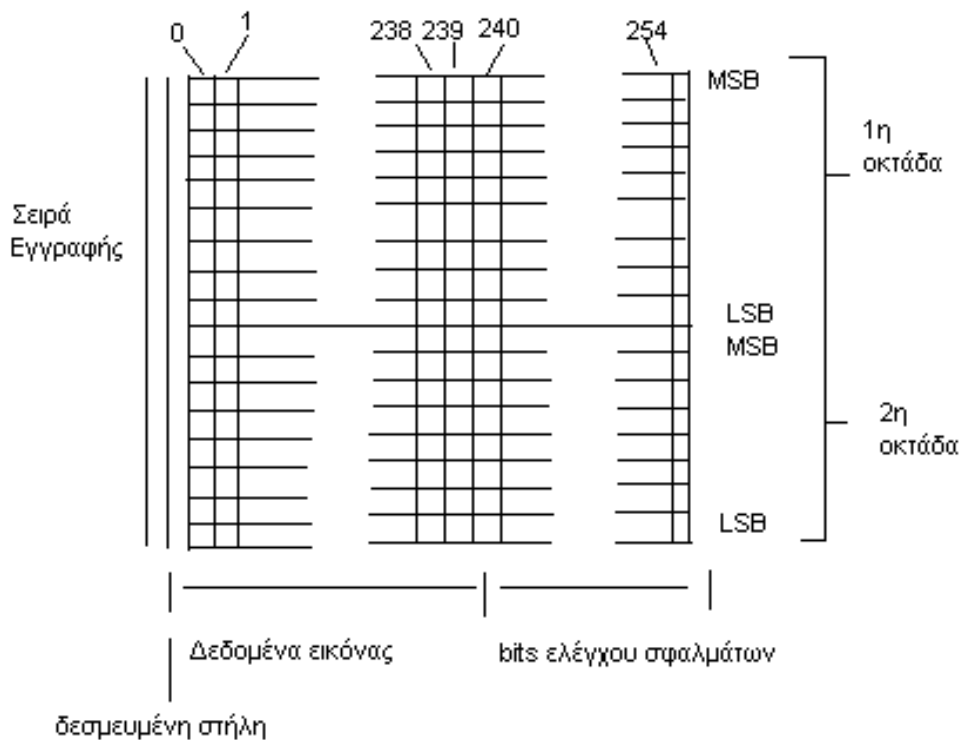
Μια οκτάδα δεδομένων $(d_7, d_6, \dots, d_1, d_0)$ αναγνωρίζεται με τα στοιχεία

$d_7 a^7 + d_6 a^6 + \dots + d_1 a + d_0$ στο πεδίο Galois (GF) (256), με τελικό πεδίο 256 στοιχείων.

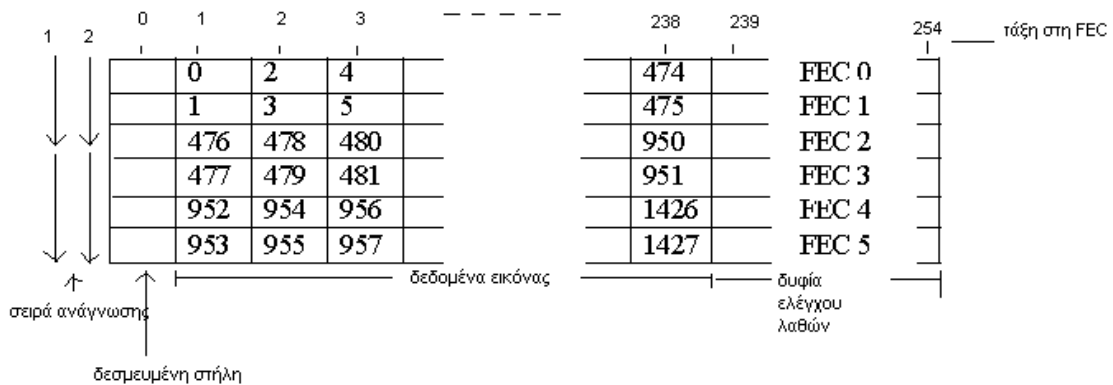
Ο πλεονασμός του κώδικα εμπροσθόδοτης κωδικοποίησης λαθών είναι 6,69%

Το ρεύμα δεδομένων διεμπλέκεται σε λειτουργία δυο σταδίων, ως εξής:

Πρώτο στάδιο Το ρεύμα δεδομένων της εξόδου του κωδικοποιητή εικόνας διευθετείται σε μια μήτρα των 16 γραμμών και των 239 στηλών. Κάθε στήλη αντιστοιχεί σε μια λέξη των 16 bits των δεδομένων εικόνας. Η πρώτη στήλη δεσμεύεται και αγνοείται από τον αποκωδικοποιητή. Η πρώτη στήλη δεσμεύεται και αγνοείται από τον αποκωδικοποιητή. Ο κώδικας RS (255, 239) υπολογίζεται επί κάθε μιας από τις 2 σειρές οκτάδων και η ομάδα ελέγχου σφάλματος 16 οκτάδων προστίθεται στην αντίστοιχη γραμμή. Η εγγραφή επιτελείται με τη σειρά από τη στήλη 1 προς τη στήλη 238 με τη σειρά που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Δεύτερο στάδιο Τρεις διαδοχικές πλακάδες που σχηματίστηκαν στο προηγούμενο στάδιο διαπλέκονται στήλη προς στήλη ώστε να σχηματίσουν την υπερπλοκάδα που φαίνεται στο επόμενο σχήμα.



ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Οι αριθμοί αφορούν τη σειρά των οκτάδων δεδομένων εικόνας που διέρχονται από τη βαθμίδα σχηματισμού χρονοπλαισίου εικόνας προς το πρώτο στάδιο λαθοπροστασίας. Η μετάδοση επιτελείται με την ανάγνωση των οκτάδων στήλη προς στήλη.

Επιδόσεις της λαθοπροστασίας Reed Solomon

- Πολύ καλή ποιότητα εικόνας (Grade 5) ακόμη και για ρυθμό λαθών 10^{-4}
- Διορθώνεται Ριπή λαθών διάρκειας έως 377 bits
- Ριπές λαθών που συμβαίνουν κάθε 0,37 ms διορθώνονται πλήρως

Χρόνος ανάκτησης μετά από διακοπή

ΣΗΜΑ ΕΙΣΟΔΟΥ	ΥΣΤΕΡΗΣΗ
34 Mbit/s	< 2 s
Σύνθετο σήμα video	< 300 ns
Αναλογικό ή ψηφιακός ήχος	4 ms

Χρονοκαθυστερήσεις

Συνολική καθυστέρηση διάβασης

Συνολική καθυστέρηση διάβασης εικόνας από το σύστημα κωδικοποιητή-αποκωδικοποιητή	80-120 ms
Διαφορά χρονοκαθυστερήσης εικόνας-ήχου (μετά τη διόρθωση τεχνητής καθυστέρησης ήχου)	± 1 ms

3.11. ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΕΣ ΚΑΤΑ MPEG-2

Το πρότυπο αυτό επινοήθηκε για το σκοπό της περαιτέρω συμπίεσης των τηλεοπτικών εικόνων, ώστε να είναι εφικτή η δορυφορική κυρίως μετάδοση πολλών τηλεοπτικών προγραμμάτων με περιορισμένο εύρος ζώνης. Τα αρχικά MPEG σημαίνουν Motion Pictures Engineering Group που εργάστηκε για το συγκεκριμένο πρότυπο.

Σήμερα με τη συμπίεση MPEG-2, είναι δυνατή η ψηφιακή μετάδοση τηλεοπτικού σήματος συμβατικής ευκρίνειας με ρυθμό πληροφορίας 3-15 Mbit/s και τηλεοπτικού σήματος υψηλής ευκρίνειας με ρυθμό πληροφορίας 15-30 Mbit/s, ενώ υπάρχει πρόβλεψη για την παράλληλη μετάδοση στερεοφωνικού ήχου υψηλής πιστότητας και βοηθητικών δεδομένων (πχ τηλεκειμένου). Επίσης προβλέπει τη συμπίεση σε διάφορους ρυθμούς, καθώς ανάλογα με την πολυπλοκότητα εικόνας και την ταχύτητα εναλλαγής ειδώλων, ο βαθμός συμπίεσης είναι ανεκτή. Έτσι παρατηρήθηκε ότι με ανοχή ελαφράς υποβάθμισης της εικόνας, και με τον όρο ότι το σήμα δεν θα επανεπεξεργαστεί καθώς δεν θα υποστεί νέα διαμόρφωση, κρίθηκαν ικανοποιητικοί οι παρακάτω ρυθμοί πληροφορίας για τηλεοπτική εικόνα συμβατικής ευκρίνειας:

- Για κινούμενα σχέδια 3-4 Mbit/s
- Για ειδήσεις και εξωτερικές παραγωγές 4-8 Mbit/s
- Για συνήθεις κινηματογραφικές ταινίες 8-12 Mbit/s
- Για αθλητικά γεγονότα 12-15 Mbit/s

3.12. ΨΗΦΙΑΚΗ ΠΑΡΟΧΗ

Δημιουργείται από την πολυπλεξία των επί μέρους ψηφιακών παροχών, βίντεο, ήχου και δεδομένων. Με αποτέλεσμα: η δημιουργία ενός ολοκληρωμένου συμπίεσμένου τηλεοπτικού προγράμματος. Στο επόμενο στάδιο πολλά (συνήθως έως 8) ψηφιακοποιημένα τηλεοπτικά προγράμματα πολυπλέκονται εκ νέου ώστε να σχηματίσουν την ψηφιακή παροχή μετάδοσης (MPEG-2 transport stream). Ο πολυπλέκτης αυτός είναι ένας ευέλικτος πολυπλέκτης ρυθμιζόμενου ρυθμού πληροφορίας εισόδων και εξόδου ή ένας στατιστικός πολυπλέκτης. Στην περίπτωση της στατιστικής πολυπλεξίας ο πολυπλέκτης διαθέτει για κάθε πρόγραμμα τον άκρως απαραίτητο ρυθμό πληροφορίας, ανάλογα με την πολυπλοκότητα της εικόνας, διατηρώντας το ρυθμό εξόδου του σταθερού.

3.13. ΔΟΜΗΣΗ ΧΡΟΝΟΠΛΑΙΣΙΟΥ ΚΑΤΑ MPEG-2

Ο σχηματισμός του χρονοπλαισίου βίντεο MPEG-2 ολοκληρώνεται σταδιακά μέσω των διαδοχικών διεργασιών που περιγράφονται παρακάτω:

Σχηματισμός ορθογωνίων

Κατά το στάδιο αυτό, εφαρμόζεται ο Μετασχηματισμός Διακριτού Συνημιτόνου (DCT) και στη συνέχεια η κβάντιση και η κωδικοποίηση των συντελεστών DCT.

Σχηματισμός μακροορθογωνίων

Τα μακροορθογώνια σαρώνονται από αριστερά προς τα δεξιά και από πάνω προς τα κάτω. Κάθε μακροορθογώνιο περιέχει 8 ορθογώνια (4 για τη φωτεινότητα και από 2 για κάθε χρωματοδιαφορά) κβαντισμένων συντελεστών (8x8) DCT. Κατά το στάδιο αυτό εκτελείται επίσης και η Πρόβλεψη Αντιστάθμισης Μετατόπισης (MCP).

Σχηματισμός λωρίδας (slice)

Μια λωρίδα αντιστοιχεί σε μια υποπεριοχή της εικόνας που περιλαμβάνει έναν ορισμένο αριθμό γραμμών (πχ 16) και εμπεριέχει όλα τα μακροορθογώνια που συνθέτουν την περιοχή αυτή. Κατά το στάδιο αυτό γίνεται και ο επανασυγχρονισμός του μεταδιδόμενου χρονοπλαισίου.

Απεικόνιση εικόνας

Αντιστοιχεί στην απεικόνιση μιας πλήρους εικόνας στο χρονοπλαίσιο μετά τη σάρωση όλων των λωρίδων που συνθέτουν την εικόνα αυτή. Προβλέπονται τρεις τύποι εικόνας:

- Οι ενδοεικόνες (I-pictures) που σχετίζονται χωρίς αναφορά σε άλλες εικόνες.
- Οι εικόνες πρόβλεψης (P-pictures) που χρησιμοποιούν προηγούμενες εικόνες για αντιστάθμιση κίνησης.
- Οι "αμφίδρομα-προβλεπτικές" εικόνες (B- pictures) που χρησιμοποιούν προηγούμενες I- P-εικόνες για αντιστάθμιση μετατόπισης και προσφέρουν τον υψηλότερο βαθμό συμπίεσης. Κάθε ορθογώνιο σε μια B-εικόνα μπορεί να προβλεφθεί ή να ενδο-κωδικοποιηθεί προς τα εμπρός, προς τα πίσω ή αμφίδρομα. Για να καταστεί εφικτή η οπισθόδοτη πρόβλεψη από ένα μελλοντικό πλαίσιο, ο κωδικοποιητής επαναδιατάσει τις εικόνες από τη φυσική σειρά "εμφάνισης" στη σειρά "ψηφιακής παροχής", ώστε η B-εικόνα να μεταβιβάζεται μετά τις προηγούμενες και τις επόμενες εικόνες στις οποίες αυτή αναφέρεται. Αυτό εισάγει μια "καθυστέρηση επαναδιάταξης" η οποία εξαρτάται από το πλήθος των διαδοχικών B-εικόνων.

Σε μια τυπική κατάσταση, η κωδικοποίηση μιας ενδοεικόνας απαιτεί (λόγω χαμηλής συμπίεσης) τριπλάσιο αριθμό bits από μια προβλεπτική εικόνα, η οποία με τη σειρά της απαιτεί κατά 50% περισσότερα bits έναντι μιας δικατευθυντικής εικόνας.

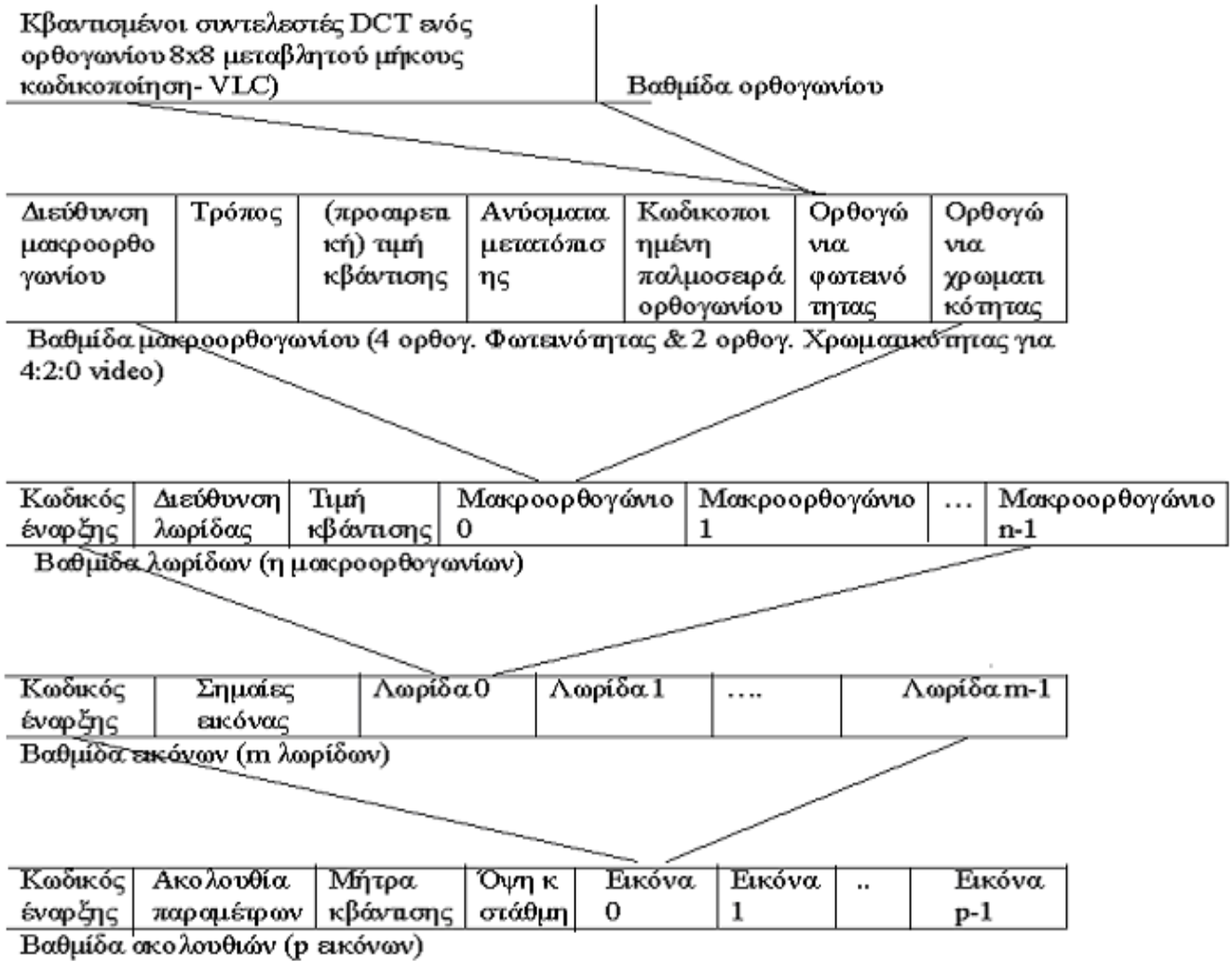
Σχηματισμός ακολουθίας (Sequence):

Η ακολουθία περιλαμβάνει έναν αριθμό από πλήρεις εικόνες και αντιστοιχεί στο σχηματισμό μιας νέας ακολουθίας βίντεο. Γενικά, η συμπίεση κατά MPEG-2 προβλέπει το σχηματισμό Ομάδων Εικόνων (Groups OF Pictures), κάθε μια από τις οποίες περιλαμβάνει έναν αριθμό εικόνων (συνήθως 10 έως 15). Ανεξάρτητα από τη σειρά "εμφάνισης" των εικόνων μιας GOP, το αντίστοιχο χρονοπλαίσιο αρχίζει πρώτα με τις εικόνες I, μετά με τις B και έπειτα με τις P. (πχ. Μια GOP με σειρά "εμφάνισης"

B1-B2-I3-B4-B5-P6-B7-B8-P9-B10-B11-P12

Μεταδίδεται ως

I3-B1-B2-P6-B4-B5-P9-B7-B8-P12-B10-B11).



Σχήμα: Γενική δομή χρονοπλαισίου video MPEG-2

Κάθε εικόνα διαιρείται σε m οριζόντιες λωρίδες κάθε μια από τις οποίες περιέχει μακροορθογώνια. Προκειμένου για ψηφιακό video 4:2:0, κάθε μακροορθογώνιο περιέχει 4 ορθογώνια (8x8) χρωματικότητας κβαντισμένων συντελεστών DCT.

3.14.ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ ΥΨΗΛΗΣ ΕΥΚΡΙΝΕΙΑΣ (High Definition Television-HDTV)

Ως τηλεοπτική εικόνα υψηλής ευκρίνειας ορίζεται η εικόνα που αποδίδει βαθμό ευκρίνειας και λεπτομέρειας ειδώλου ίση με αυτή του κινηματογραφικού των 35 mm και με ρυθμό εναλλαγής διαδοχικών εικόνων διπλάσιο από αυτόν των συμβατικών T/O συστημάτων. Η αναγκαιότητα εισαγωγής της οφείλεται κυρίως στην αναγκαιότητα ευκρινέστερης απεικόνισης των περιγραμμάτων των εικόνων και την απαίτηση για πλήρη καταστολή του τρεμοφεγγίσματος (flickering) της τηλεοπτικής οθόνης.

Η εικόνα υψηλής ευκρίνειας είναι περίπου δυο φορές ευκρινέστερη κατά την οριζόντια και την κατακόρυφη διεύθυνση συγκριτικά με τα συμβατικά τηλεοπτικά συστήματα (PAL, SECAM, NTSC). Αυτό οφείλεται στο ότι οι οριζόντιες γραμμές είναι διπλάσιες των συμβατικών συστημάτων και ομοίως η ανάλυση κατά την οριζόντια διεύθυνση είναι επίσης διπλάσια. Κατά συνέπεια ο αριθμός εικονοστοιχείων (pixels) της οθόνης είναι τετραπλάσιος και το πλάτος της οθόνης αυξάνεται κατά 25%. Η αύξηση κατακόρυφης ευκρίνειας επιτυγχάνεται με χρήση 1050 ή 1125 ή 1250 γραμμών σάρωσης.

Η αύξηση στη λεπτομέρεια φωτεινότητας του ειδώλου επιτυγχάνεται με τη χρήση εύρους ζώνης οπτικού σήματος εικόνας περίπου πενταπλάσιο από το χρησιμοποιούμενο για τα συμβατικά συστήματα. Επειδή για τη μετάδοση της χρωματικότητας χρησιμοποιείται ξεχωριστό εύρος ζώνης, το ολικό εύρος ζώνης είναι εξαπλάσιο ως οκταπλάσιο από αυτό που χρησιμοποιείται στα συμβατικά T/O συστήματα.

Ο λόγος που βοήθησε στην ανάπτυξη της HDTV είναι η κατανόηση ενός γεγονότος: είχε παρατηρηθεί ότι κατά την προβολή μιας ταινίας οι θεατές των μπροστινών καθισμάτων απολάμβαναν μια αίσθηση πραγματικότητας και συμμετοχής που αυτό σε καμία περίπτωση δεν τους προσφέρονταν στην μικρή οθόνη. Γι' αυτό το λόγο υιοθετήθηκε αρχικά από τους παραγωγούς κινηματογραφικών ταινιών για να προσφέρουν στους θεατές μια πανοραμική άποψη της δράσης.

Αργότερα κάποιοι θέλησαν να εξηγήσουν το φαινόμενο αυτό, έτσι οι ψυχοφυσικοί το απέδωσαν στο γεγονός ότι η μεγάλη σε πλάτος οθόνη καταλάμβανε ουσιαστικά μεγαλύτερο τμήμα από το οπτικό πεδίο παρατήρησης. Όπως προαναφέραμε και προηγουμένως αυτός ήταν ο λόγος που οδήγησε στην ανάπτυξη της HDTV, στην οποία εκτός από την υψηλή ευκρίνεια έγινε αντικειμενικός σκοπός σχεδίασης η ευρεία οθόνη που θα παρακολουθείται από πολύ κοντά.

Ο λόγος όψης διαστάσεων οθόνης (πλάτος προς ύψος) της HDTV είναι 16:9, αντί 4:3 των συμβατικών T/O συστημάτων. Η πλήρης οπτική ανάλυση της λεπτομέρειας στη συμβατική τηλεόραση είναι διαθέσιμη όταν παρακολουθείτε από μια απόσταση ίση με το εξαπλάσιο περίπου του ύψους της οθόνης.

Το είδωλο της HDTV πρέπει να παρακολουθείται από μια απόσταση τριπλάσια περίπου του ύψους της εικόνας για πλήρη ανάλυση της λεπτομέρειας. Αν η παρακολούθηση γίνεται από απόσταση εξαπλάσια του ύψους της οθόνης, το πρόσθετο κόστος για το δείκτη HDTV είναι χωρίς αντίκρισμα όσον αφορά

τουλάχιστο τη λεπτομέρεια της εικόνας. Η υψηλής ευκρίνειας εικόνα συνοδεύεται πάντα από υψηλής πιστότητας στερεοφωνικό ήχο δειγματοληπτημένο με 48 KHz.

3.15. ΨΗΦΙΚΟΠΟΙΗΣΗ HDTV

Στην περίπτωση της ψηφιακής μετάδοσης μόνο τα δείγματα που αντιστοιχούν στο ενεργό τμήμα της εικόνας μπορούν να μεταβιβαστούν, χρησιμοποιώντας κάποια πρόσθετα δείγματα για λόγους συγχρονισμού γραμμής ή πεδίου και τα δείγματα που αντιστοιχούν στις τρεις πληροφορίες R, G, B ή P_B, P_R οι οποίες μπορούν εύκολα να πολυπλεχθούν χρονικά σε μια μόνο γραμμή μετάδοσης εναλλάσσοντας διαδοχικά δείγμα φωτεινότητας με το ένα ή το άλλο δείγμα των χρωματικών διαφορών.

Ο ρυθμός δειγμάτων φωτεινότητας Y για όλη την εικόνα, προκύπτει από το γινόμενο του συνολικού αριθμού γραμμών επί τον ολικό αριθμό δειγμάτων ανά γραμμή και επί τον αριθμό των πλαισίων εικόνας ανά δευτερόλεπτο. Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο ρυθμός δειγματοληψίας είναι ο ίδιος και για το P_B και για το P_R και ότι κάθε δείγμα κβαντίζεται με τη χρήση 8 bits, ο ρυθμός για την όλη πληροφορία video είναι στην περίπτωση των 50Hz: $72 \times 2 \times 8 \text{Mbit/s} = 1,152 \text{Gbit/s}$ ενώ για τα συστήματα των 60Hz είναι λίγο μεγαλύτερος. Η παραπάνω τιμή μπορεί να συγκριθεί με το ρυθμό που χρειάζεται για μετάδοση PCM του ψηφιακού video 4:2:2 συμβατικής TV ο οποίος είναι 216Mbit/s (ανεξαρτήτως ρυθμού επανάληψης πεδίου 50 ή 60Hz). Αν το ενεργό τμήμα του σήματος HDTV μεταβιβάζεται και μόνο τα σχετικά δείγματα ληφθούν υπόψη, η συχνότητα δειγματοληψίας, για την περίπτωση των 50Hz είναι 55,296MHz για τη φωτεινότητα ($1152 \times 1920 \times 25$) και ο ολικός ρυθμός πληροφορίας (πληροφορία φωτεινότητας και χρωματικότητα είναι 884,736Mbit/s ($55,296 \times 2 \times 8$)).

3.16. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ

Για την απλοποίηση του πολύπλοκου υβριδικού DCT, που ακολουθείται από μεταβλητού μήκους λέξης κωδικοποίηση (VLC), για την κωδικοποίηση είτε συμβατικής τηλεόρασης είτε υψηλής ευκρίνειας (HDTV), πρέπει πρώτα να επιλυθούν ορισμένα προβλήματα. Επίσης πρέπει να πραγματοποιείται παράλληλη επεξεργασία της εικόνας HDTV και ο ρυθμός δειγματοληψίας της εικόνας HDTV μπορεί να επιτευχθεί με τέσσερις επεξεργαστές που λειτουργούν παράλληλα.

Για να περιορισθεί ο ρυθμός δειγματοληψίας της HDTV όσο το δυνατό πλησιέστερα στο σήμα εισόδου, η ευκολότερη λύση είναι η διαίρεση κάθε γραμμής video σε τέσσερα sets δειγμάτων (διαιρώντας έτσι την εικόνα σε τέσσερις κατακόρυφες στήλες-ζώνες). Κάθε κατακόρυφη ζώνη της εικόνας HDTV επεξεργάζεται από τέσσερις πλήρως ανεξάρτητους επεξεργαστές. Όταν εφαρμόζεται διαπλασιακή κωδικοποίηση, η αντιστάθμιση κίνησης μπορεί να αποφευχθεί στο πλαίσιο μεταξύ γειτονικών ζωνών του video. Η αποζημίωση αυτού είναι ασήμαντη, επειδή στη χειρότερη περίπτωση κίνησης (όπως πανοραμική λήψη της κάμερας) και σε μια αντιστάθμιση κίνησης από frame σε frame των ± 16 οριζόντιων pixels, μόνο το 2,3% της εικόνας video δεν μπορεί να αντισταθμιστεί. Από την παράλληλη επεξεργασία προκύπτει ακόμη ένα πρόβλημα.

Κάθε επεξεργαστής παράγει ένα ρυθμό πληροφορίας (bit rate) ο οποίος είναι εξόχως ανομοιόμορφος σε σύντομο χρόνο (περίοδος ενός block εικόνας) λόγω της μεταβλητού μήκους κωδικοποίησης των συντελεστών DCT και εξαρτάται πολύ από

την πολυπλοκότητα της εικόνας, η οποία μπορεί να είναι πολύ διαφορετική για κάθε κατακόρυφη ζώνη της εικόνας HDTV. Οι ρυθμοί πληροφορίας εξόδου των επεξεργαστών θα πρέπει να είναι διευθετημένοι χρονικά ακολουθιακά, σε (blocks των bits) παλμοσειρές υπό τις ακόλουθες δυο προϋποθέσεις:

- Ο ρυθμός πληροφορίας εξόδου (ψηφιακή παροχή γραμμής) θα πρέπει να διαιρεθεί στους επεξεργαστές ανάλογα με το ρυθμό παραγωγής πληροφορίας του καθενός.
- Στην πλευρά λήψης ψηφιακής παροχής γραμμής εισόδου θα πρέπει να αναδιανεμηθεί σωστά στους επεξεργαστές λήψης, παρέχοντας την πληροφορία με κάποιο είδος ετικέτας ώστε να αναγνωρίζονται εύκολα στην πλευρά λήψης, κάνοντας χρήση μικρής ποσότητας της συνολικής ψηφιακής παροχής γραμμής.

Τα παραπάνω προβλήματα έχουν επιλυθεί, με την συγκέντρωση της πληροφορίας που προέρχεται από τους παράλληλους επεξεργαστές σε μονάδες πληροφορίας που έχουν σταθερή χωρητικότητα σε αριθμό bits. Και για να χρησιμοποιήσουμε οικείο λεξιλόγιο, αυτός ο τύπος της μονάδας πληροφορίας καλείται πακέτο. Τα πακέτα παρέχονται με μια επικεφαλίδα η οποία, μαζί με κάποια πρόσθετη πληροφορία παρέχει την διεύθυνση του επεξεργαστή.

Στη συνέχεια εφαρμόζονται διάφορες τεχνικές περαιτέρω συμπίεσης από τις οποίες η επικρατέστερη φαίνεται η MPEG-2.

4.ΕΠΕΚΤΑΜΕΝΟΣ ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΕ ΣΦΑΛΜΑ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟΣ ΣΕ DCT

Η επεξεργασία εικόνας βασίζεται σε DCT και γίνεται ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας βάσης DCT. Για τον επεκταμένο τρόπο λειτουργίας με σφάλμα που βασίζεται σε DCT, το JPEG ορίζει προοδευτική κωδικοποίηση εκτός της ακολουθιακής κωδικοποίησης. Στην πρώτη διαδρομή αποκωδικοποίησης εμφανίζεται μια πολύ χονδρική εικόνα. Αυτή εκλεπτύνεται κατά την διάρκεια διαδοχικών διαδρομών.

Η προοδευτική παρουσίαση εικόνας επιτυγχάνεται επεκτείνοντας τον κβαντισμό. Αυτή είναι ισοδύναμη της διαστρωμάτωσης κωδικοποίησης. Για αυτή την επέκταση, ένας ενταμιευτής προστίθεται στην έξοδο του κβαντοποιητή, που αποθηκεύει προσωρινά όλους τους συντελεστές του κβαντισμένου DCT. Η προοδευτικότητα επιτυγχάνεται με δυο τρόπους:

- Χρησιμοποιώντας φασματική επιλογή, στην πρώτη διαδρομή μόνο οι κβαντισμένοι συντελεστές DCT των χαμηλών συχνοτήτων κάθε μονάδας δεδομένων περνούν στην κωδικοποίηση εντροπίας. Διαδοχικές διαδρομές επεξεργάζονται βαθμιαία τους συντελεστές σε υψηλότερες συχνότητες.
- Σε διαδοχικές προσεγγίσεις, όλοι οι κβαντισμένοι συντελεστές μεταφέρονται σε κάθε διαδρομή, αλλά διακριτά bits διακρίνονται σύμφωνα με την σημαντικότητα τους. Τα πιο σημαντικά bits κωδικοποιούνται πριν από τα λιγότερο σημαντικά bits.

Εκτός της κωδικοποίησης Huffman, η αριθμητική κωδικοποίηση εντροπίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον επεκταμένο τρόπο λειτουργίας. Η αριθμητική κωδικοποίηση προσαρμόζεται αυτόματα στα στατιστικά χαρακτηριστικά μιας εικόνας και έτσι δεν απαιτεί πίνακες από την εφαρμογή. Σύμφωνα με αρκετές εκδόσεις, η

αριθμητική κωδικοποίηση Huffman. Η αριθμητική κωδικοποίηση είναι λίγο πιο περίπλοκη και πρέπει να ληφθεί υπόψη η προστασία της από ευρεσιτεχνία.

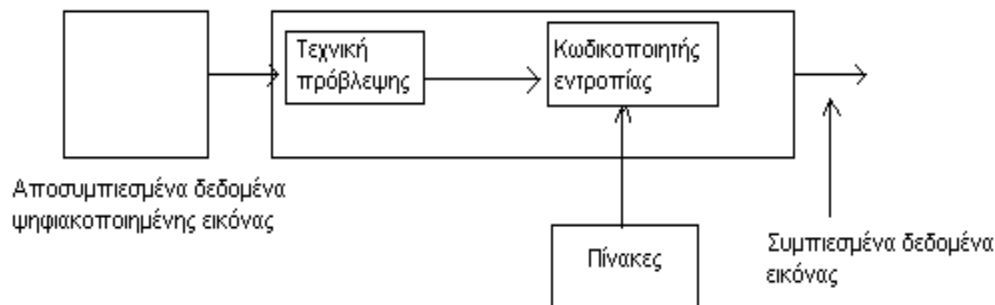
Στον επεκταμένο τρόπο λειτουργίας, διατίθενται τέσσερις πίνακες κωδικοποίησης για τον μετασχηματισμό συντελεστών DC και AC. Ο απλούστερος τρόπος λειτουργίας επιτρέπει μια επιλογή μόνο δυο πινάκων Huffman από ένα για τους συντελεστές DC και AC μιας εικόνας. Ο επεκταμένος τρόπος λειτουργίας προσφέρει έτσι 12 εναλλακτικούς τύπους επεξεργασίας, όπως αναφέρεται στον ακόλουθο πίνακα.

Προβολή Εικόνας	Bits ανά Τιμή Δείγματος	Κωδικοποίηση Εντροπίας
Ακολουθιακή	8	Κωδικοποίηση Huffman
Ακολουθιακή	8	Αριθμητική κωδικοποίηση
Ακολουθιακή	12	Κωδικοποίηση Huffman
Ακολουθιακή	12	Αριθμητική κωδικοποίηση
Διαδοχική προοδευτική	8	Κωδικοποίηση Huffman
Διαδοχική φασματική	8	Κωδικοποίηση Huffman
Διαδοχική προοδευτική	8	Αριθμητική κωδικοποίηση
Διαδοχική φασματική	8	Αριθμητική κωδικοποίηση
Διαδοχική προοδευτική	12	Κωδικοποίηση Huffman
Διαδοχική φασματική	12	Κωδικοποίηση Huffman
Διαδοχική προοδευτική	12	Αριθμητική κωδικοποίηση
Διαδοχική φασματική	12	Αριθμητική κωδικοποίηση

Πίνακας: Εναλλακτικοί τύποι επεξεργασίας σε επεκταμένο τρόπο λειτουργίας με σφάλμα βασισμένο σε DCT.

4.1. ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΧΩΡΙΣ ΣΦΑΛΜΑ

Ο τρόπος λειτουργίας στη περίπτωση λειτουργίας χωρίς σφάλμα χρησιμοποιεί μονά pixel σαν μονάδες δεδομένων κατά την διάρκεια προετοιμασίας της εικόνας. Ανάμεσα στα 2 και 16 bits μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανά pixel. Αν και όλα τα pixel μιας εικόνας πρέπει να χρησιμοποιούν την ίδια ακρίβεια, κάποιος μπορεί να κατανοήσει επίσης την προσαρμοζόμενη ακρίβεια pixels.



Σχήμα: Τρόπος λειτουργίας χωρίς σφάλμα, με βάση την πρόβλεψη

Σύμφωνα με αυτόν τον τρόπο λειτουργίας, η επεξεργασία και ο κβαντισμός εικόνας χρησιμοποιούν μια προβλεπτική τεχνική, αντί της κωδικοποίησης μετασχηματισμού. Για κάθε pixel όπως φαίνεται και παρακάτω, επιλέγεται μια από οκτώ πιθανές προβλέψεις. Το κριτήριο επιλογής είναι η καλύτερη δυνατή πρόβλεψη της τιμής του X από τα ήδη γνωστά γειτνιάζοντα δείγματα A, B και C. Ο επόμενος πίνακας που θα δούμε αναφέρει τις καθορισμένες προβλέψεις.

	C	B		
	A	X		

Σχήμα: Βάση πρόβλεψης σε τρόπο λειτουργίας χωρίς σφάλμα

Ο αριθμός της επιλεγμένης πρόβλεψης, όπως και η διαφορά ανάμεσα στην πρόβλεψη και στην πραγματική τιμή, περνούν στην επόμενη κωδικοποίηση εντροπίας, που μπορεί να χρησιμοποιήσει κωδικοποίηση Huffman ή αριθμητική. Τελικά, αυτός ο τρόπος λειτουργίας υποστηρίζει δυο τύπους επεξεργασίας, όπου ο καθένας έχει ανάμεσα σε 2 και 16 bits ανά pixel. Κάθε παραλλαγή μπορεί να χρησιμοποιεί κωδικοποίηση Huffman ή αριθμητική κωδικοποίηση.

Τιμή επιλογής	Πρόβλεψη
0	Όχι πρόβλεψη
1	$X = A$
2	$X = B$
3	$X = C$
4	$X = A + B + C$
5	$X = A + (B - C) / 2$
6	$X = B + (A - C) / 2$
7	$X = (A + B) / 2$

Πίνακας: Προβλέψεις σε τρόπο λειτουργίας χωρίς σφάλμα

4.2.ΙΕΡΑΡΧΙΚΟΣ ΤΡΟΠΟΣ

Παρατηρείτε ότι ο ιεραρχικός τρόπος λειτουργίας μπορεί να χρησιμοποιεί ένα από τους αλγόριθμους χωρίς σφάλμα που βασίζονται σε DCT (τους οποίους κ έχουμε περιγράψει) ή εναλλακτικά να χρησιμοποιεί την τεχνική συμπίεσης χωρίς σφάλμα, ανάλογα με την ανάγκη. Το κύριο χαρακτηριστικό αυτού τρόπου είναι η κωδικοποίηση μιας εικόνας σε διαφορετικές αναλύσεις, για να γίνει αυτό, η προετοιμασμένη ψηφιακή εικόνα πρώτα μειώνεται κατά ένα συντελεστή 2^n και συμπίεζεται. Η αρχική εικόνα κατόπιν μειώνεται κατά ένα παράγοντα 2^{n-1} κατακόρυφα και οριζόντια. Η προηγούμενος συμπίεσμένη εικόνα αφαιρείται διαδοχικά μέχρι να συμπεσθεί η πλήρης ανάλυση της εικόνας.

Η ιεραρχική κωδικοποίηση είναι υπολογιστικά εντατική και απαιτεί σημαντικό χώρο αποθήκευσης. Το πλεονέκτημα είναι ότι η συμπίεσμένη εικόνα είναι

διαθέσιμη σε διαφορετικές αναλύσεις. Με αποτέλεσμα εφαρμογές που εργάζονται με χαμηλότερες αναλύσεις δεν χρειάζεται να αποκωδικοποιήσουν πρώτα όλη την εικόνα και μετά να , μειώσουν την ανάλυση. Επικρατεί μια γενική άποψη, ότι είναι πιο αποτελεσματικό να εμφανίσετε μια εικόνα στην πλήρη της ανάλυση, παρά να την κάνετε πρώτα υπό κλίμακα και να εμφανίσετε μια μικρότερη εικόνα. Παρά ταύτα, στην περίπτωση εικόνων κωδικοποιημένων σύμφωνα με τον ιεραρχικό τρόπο λειτουργίας JPEG, η εμφάνιση μιας εικόνας μειωμένου μεγέθους απαιτεί λιγότερο χρόνο για να την επεξεργαστείτε παρά μια με υψηλότερη ανάλυση.

4.3.JPEG

Είναι το πρότυπο για κωδικοποίηση ακίνητων εικόνων, που θα έχει την περισσότερη σημαντικότητα στο μέλλον. Ο ορισμός του επιτρέπει πολλούς βαθμούς ελευθερίας. Για παράδειγμα, μια εικόνα μπορεί να έχει μέχρι 255 συστατικά, δηλαδή επίπεδα. Μια εικόνα μπορεί να αποτελείται από 65535 γραμμές, η καθεμία από τις οποίες μπορεί να περιέχει μέχρι 65535 pixels. Η απόδοση της συμπίεσης μετράται σε bits ανά pixel. Αυτή είναι μια μέση τιμή που υπολογίζεται σαν το πηλίκο του συνολικού αριθμού των bits που περιέχονται μέσα στην κωδικοποιημένη εικόνα προς τον αριθμό των pixels που περιέχονται μέσα στην εικόνα.

Στην συνέχεια ακολουθούν προτάσεις που μπορούν να διατυπωθούν για ακίνητες εικόνες κωδικοποιημένες κατά DCT:

- 0.25 ως 0.50 bit/pixel: μέση προς καλή ποιότητα. Αρκετή για ορισμένες εφαρμογές.
- 0.50 ως 0.75 bit/pixel: καλή ποιότητα προς πολύ καλή ποιότητα. Αρκετή για πολλές εφαρμογές.
- 0.75 ως 1.50 bit/pixel: εξαιρετική ποιότητα. Κατάλληλη για τις περισσότερες εφαρμογές.
- 1.50 ως 2.00 bit/pixel: Συχνά δεν διακρίνεται από το πρωτότυπο. Αρκετή για σχεδόν όλες τις εφαρμογές, ακόμη και για εκείνες με τις υψηλότερες απαιτήσεις ποιότητας.

Σε τρόπο λειτουργίας με σφάλμα, ένας λόγος συμπίεσης 2:1 επιτυγχάνεται παρά την αξιοσημείωση απλότητα της τεχνικής. Σήμερα το JPEG είναι εμπορικά διαθέσιμο σε λογισμικό όπως και σε υλικό και συχνά χρησιμοποιείται σε εφαρμογές πολυμέσων που απαιτούν υψηλή ποιότητα.

Ο κύριος στόχος του JPEG είναι η συμπίεση ακίνητων εικόνων. Αλλά όμως στην μορφή JPEG κίνησης, το JPEG μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης για συμπίεση βίντεο σε εφαρμογές όπως εικονοποίηση και ιατρική.

4.4.H.261 (px64) και H.263

Η κινητήρια δύναμη πίσω από το πρότυπο H.261 ήταν και είναι το ISDN. Ένα ή και τα δυο κανάλια B μιας σύνδεσης στενοζωνικού ISDN μπορεί, για παράδειγμα, να μεταφέρει δεδομένα βίντεο επιπρόσθετα της ομιλίας. Αυτό απαιτεί και οι δυο συνεργαζόμενοι που συνδέονται μέσω του internet να χρησιμοποιούν την ίδια κωδικοποίηση δεδομένων βίντεο. Σε μια σύνδεση στενοζωνικού ISDN, ακριβώς δυο κανάλια B και ένα κανάλι D είναι διαθέσιμα στη διασύνδεση του χρήστη. Η σύσταση H.261 της ομάδας μελέτης XV Της ITU αναπτύχθηκε για επεξεργασία πραγματικού χρόνου κατά την κωδικοποίηση και την αποκωδικοποίηση. η μέγιστη συνδυασμένη καθυστέρηση σήματος για συμπίεση και αποσυμπίεση δεν πρέπει να

υπερβαίνει τα 150ms. Αν η καθυστέρηση από άκρου σε άκρο είναι πού μεγάλη, τότε υποκειμενική διαδρατικότητα μιας εφαρμογής διαλόγου που χρησιμοποιεί αυτό το πρότυπο έχει σαφή προβλήματα.

Το H.263 είναι ένα προσωρινό πρότυπο ITU-T που εκδόθηκε το 1996 για να αντικαταστήσει το H.261 για πολλές εφαρμογές. Το H.263 σχεδιάστηκε για μεταδόσεις χαμηλού ρυθμού δεδομένων. Αρχικές σχεδιάσεις απαιτούσαν ρυθμούς δεδομένων κάτω από τα 64 Kbit/s, αν και αυτό αργότερα αναθεωρήθηκε. Σαν μέρος της οικογένειας προτύπων ITU-T H.320 (σύσταση για φωνή, δεδομένα και βίντεο σε πραγματικό χρόνο, επάνω σε μόντεμ V.34 χρησιμοποιώντας συμβατικό τηλεφωνικό δίκτυο GSTN), το H.263 χρησιμοποιείται για μεγάλο εύρος ρυθμών bit. Σε σχέση με την αποτελεσματικότητα της συμπίεσης βίντεο, το H.263 είναι μια από τις καλύτερες τεχνικές που είναι διαθέσιμες σήμερα. Ο αλγόριθμος κωδικοποίησης H.263 είναι παρόμοιος με τον αλγόριθμο κωδικοποίησης του H.261, με μερικές βελτιώσεις και αλλαγές για περαιτέρω βελτίωση της απόδοσης και για προσθήκη διόρθωσης σφάλματος. Παρακάτω θα δούμε κάποιες από τις διαφορές ανάμεσα στους αλγορίθμους κωδικοποίησης H.261 και H.263:

- Το H.263 χρησιμοποιεί ακρίβεια μισού pixel για αντιστάθμιση κίνησης, ενώ το H.261 χρησιμοποιεί ακρίβεια ολόκληρου pixel με "φίλτρο βρόχου".
- Ορισμένα τμήματα της ιεραρχικής δομής του ρεύματος δεδομένων είναι προαιρετικά στο H.263, οπότε ο codec μπορεί να συγκροτηθεί για χαμηλότερο ρυθμό δεδομένων ή καλύτερη διόρθωση σφάλματος.
- Το H.263 περιλαμβάνει τέσσερις προαιρετικές, διαπραγματεύσιμες παραμέτρους για βελτίωση της απόδοσης:
 - τον τρόπο λειτουργίας μη περιορισμένου διανύσματος κίνησης,
 - τον τρόπο λειτουργίας αριθμητικής κωδικοποίησης που βασίζεται στην σύνταξη,
 - τον τρόπο λειτουργίας προχωρημένης πρόβλεψης,
 - και την πρόβλεψη εμπροσθόδοτου και οπισθόδοτου πλαισίου (παρόμοια με τα πλαίσια P και B στο MPEG).
- Το H.263 μπορεί να επιτύχει την ίδια ποιότητα με το H.261 με λιγότερα από τα μισά bits, χρησιμοποιώντας τις βελτιωμένες διαπραγματεύσιμες επιλογές.
- Το H.263 υποστηρίζει πέντε αναλύσεις. Επιπρόσθετα των QCIF και CIF, που υποστηρίζει το H.261, το H.263 υποστηρίζει επίσης τις SQCIF, 4CIF και 16CIF. Η SQCIF, έχει περίπου την μισή ανάλυση της QCIF. Οι 4CIF και 16CIF σημαίνει ότι ο codec μπορεί αναντίρρητα να ανταγωνιστεί άλλα πρότυπα κωδικοποίησης υψηλού ρυθμού bit, σαν το MPEG.

4.5.ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ

Σε αντίθεση με το JPEG, το H.261 ορίζει μια πολύ ακριβή διαμόρφωση εικόνας. Η συχνότητα ανανέωσης εικόνας στην είσοδο πρέπει να είναι $30000/1001=29.97$ πλαίσια/δευτερόλεπτο. Κατά την κωδικοποίηση, είναι δυνατό να παράγετε μια ακολουθία συμπίεσμένων εικόνων με χαμηλότερο ρυθμό δεδομένων, για παράδειγμα, 10 ή 15 πλαίσια ανά δευτερόλεπτο. Οι εικόνες δεν μπορούν να παρουσιαστούν στην είσοδο στον κωδικοποιητή χρησιμοποιώντας διεμπλεγμένη σάρωση. Η εικόνα κωδικοποιείται σαν ένα σήμα φωτεινότητας (Y) και σαν σήματα διαφορών χρωματικότητας C_R, C_B σύμφωνα με το σχήμα υποδειγματοληψίας CCIR 602 (2:1:1), που υιοθετήθηκε αργότερα από το MPEG.

Ορίζονται δυο διαμορφώσεις ανάλυσης, όπου η καθεμία έχει αναλογία διαστάσεων 4:3. Η Common Intermediate Format (CIF) ορίζει ένα συστατικό φωτεινότητας 352 γραμμών, όπου η καθεμία έχει 288 pixels. Σε ότι αφορά την απαίτηση 2:1:1, γίνεται υποδειγματοληψία των συστατικών χρωματικότητας με 176 γραμμές, που η καθεμία έχει 144 pixels.

Η Quarter CIF (QCIF) έχει ακριβώς την μισή ανάλυση σε όλα τα συστατικά (δηλαδή, 176 x 144 pixels για την φωτεινότητα και 88 x 72 pixels για τα άλλα συστατικά). Όλες οι υλοποιήσεις του H.261 πρέπει να είναι σε θέση να κωδικοποιήσουν και να αποκωδικοποιήσουν QCIF. Η CIF είναι προαιρετική.

4.6.ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ

Το πρότυπο H.261 χρησιμοποιεί δύο διαφορετικές μεθόδους κωδικοποίησης: ενδοπλαισιακή και διαπλαισιακή. Η ενδοπλαισιακή κωδικοποίηση κάτω από το H.261 λαμβάνει υπόψη της μόνο τα δεδομένα από την εικόνα που κωδικοποιείται. Αυτό αντιστοιχεί στην ενδοεικονική κωδικοποίηση στο MPEG. Η διαπλαισιακή κωδικοποίηση στο H.261 χρησιμοποιεί δεδομένα από άλλες εικόνες και αντιστοιχεί στην κωδικοποίηση πλαισίου-P στο MPEG. Το πρότυπο H.261 δεν προδιαγράφει κανένα κριτήριο για χρήση ενός ή του άλλου τρόπου λειτουργίας, ανάλογα με τις συγκεκριμένες παραμέτρους. Η απόφαση πρέπει να ληφθεί κατά την διάρκεια της κωδικοποίησης και έτσι εξαρτάται από την συγκεκριμένη υλοποίηση.

Το H.263 σε αντίθεση με το H.261 συνιστά τέσσερις διαπραγματεύσιμους τρόπους λειτουργίας ενδοπλαισιακής κωδικοποίησης. Αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν ξεχωριστά ή μαζί. Μια εξαίρεση είναι ότι ο εξελεγμένος τρόπος λειτουργίας πρόβλεψης απαιτεί την χρήση του τρόπου λειτουργίας μη περιορισμένου διανύσματος κίνησης. Οι νέοι τρόποι λειτουργίας ενδοπλαισιακής κωδικοποίησης που προστίθενται στο H.263 περιγράφονται συνοπτικά παρακάτω:

- Τρόπος λειτουργίας αριθμητικής κωδικοποίησης που βασίζεται στην σύνταξη ορίζει την χρήση αριθμητικής κωδικοποίησης αντί της κωδικοποίησης μεταβλητού μήκους. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ανάκτηση εικόνας με καλύτερη αποτελεσματικότητα συμπίεσης.
- Τρόπος λειτουργίας PB-πλασίου, μπορεί να αυξήσει τον ρυθμό πλαισίων χωρίς να αλλάξει τον αριθμό bit κωδικοποιώντας δυο εικόνες σαν μια μονάδα. Οι εικόνες πρέπει να είναι ένα προβλεπτό, ή πλαίσιο P, και ένα πλαίσιο B, που προβλέπεται αμφίδρομα από το προηγούμενο πλαίσιο B και το τρέχον πλαίσιο P.
- Τρόπος λειτουργίας μη περιορισμένου διανύσματος κίνησης. Κάνει δυνατό τα διανύσματα κίνησης να δείχνουν έξω από τα όρια της εικόνας. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για μικρές εικόνες με κινήσεις στην διεύθυνση των ακμών.
- Εξελεγμένος τρόπος λειτουργίας πρόβλεψης. Χρησιμοποιεί την τεχνική Overlapped Block Motion Compensation (OBMC) για φωτεινότητα πλαισίου P. Ο κωδικοποιητής μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα διάνυσμα 16 x 16 ή τέσσερα διανύσματα 8x8 για κάθε μακρό-μπλοκ. Η χρήση μικρότερων διανυσμάτων απαιτεί περισσότερο bits, αλλά δίνει καλύτερες προβλέψεις, και ειδικότερα, λιγότερα τεχνουργήματα.

Σαν το JPEG, για ενδοπλαισιακή κωδικοποίηση, κάθε μπλοκ 8x8 pixels μετασχηματίζεται σε 64 συντελεστές χρησιμοποιώντας DCT. Εδώ επίσης, οι συντελεστές DC κβαντίζονται διαφορετικά από τους συντελεστές AC. Στην διαπλαισιακή κωδικοποίηση, χρησιμοποιείται μια μέθοδος πρόβλεψης για να βρει τα πιο παρόμοια μακρό-μπλοκ στην εικόνα, Το διάνυσμα κίνησης ορίζεται από την

σχετική θέση του προηγούμενου μακρό-μπλοκ σε σχέση με το τρέχον μακρό-μπλοκ. Σύμφωνα με το H.261, ένας κωδικοποιητής δεν χρειάζεται να είναι σε θέση να καθορίσει ένα διάνυσμα κίνησης. Έτσι μια απλή υλοποίηση H.261 μπορεί να μελετήσει μόνο διαφορές ανάμεσα σε μακρό-μπλοκ που βρίσκονται στην ίδια θέση σε διαδοχικές εικόνες. Σε αυτή την περίπτωση, ένα διάνυσμα κίνησης είναι πάντα το μηδενικό διάνυσμα. Στη συνέχεια, γίνεται επεξεργασία του διανύσματος κίνησης και του κωδικοποιημένου κατά DPCM μακρό-μπλοκ. Το δεύτερο μετασχηματίζεται από το DCT αν και μόνο αν η τιμή του υπερβαίνει μια ορισμένη τιμή κατωφλίου. Αν η διαφορά είναι μικρότερη από την τιμή κατωφλίου, τότε το μακρό-μπλοκ δεν κωδικοποιείται περαιτέρω και γίνεται επεξεργασία μόνο του διανύσματος κίνησης.

Τα συστατικά του διανύσματος κίνησης κωδικοποιούνται με κωδικοποίηση εντροπίας χρησιμοποιώντας κωδικοποίηση μεταβλητού μήκους. Αυτή η κωδικοποίηση είναι χωρίς σφάλμα.

4.7.ΡΕΥΜΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Σύμφωνα με τα H.261/H.263 ένα ρεύμα δεδομένων διαιρείται σε αρκετά στρώματα, όπου το κάτω στρώμα περιέχει τις συμπιεσμένες εικόνες. Μερικές ενδιαφέρουσες ιδιότητες των H.261 και H.263 αναφέρονται παρακάτω:

- Το ρεύμα δεδομένων περιέχει πληροφορίες για διόρθωση σφάλματος, αν και συνιστάται η χρήση εξωτερικής διόρθωσης σφάλματος πχ. H.223.
- Κάθε εικόνα στο H.261 περιλαμβάνει ένα αριθμό 5 bit που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν μια χρονική αναφορά. Το H.263 χρησιμοποιεί αριθμούς εικόνων 8 bit.
- Κατά την αποκωδικοποίηση, μια εντολή μπορεί να σταλεί στον αποκωδικοποιητή για να "παγώσει" το τελευταίο πλαίσιο βίντεο που εμφανίζεται, σαν ένα ακίνητο πλαίσιο. Αυτό επιτρέπει στην εφαρμογή να σταματήσει / παγώσει και να εκκινήσει / αναπαράγει μια σκηνή βίντεο, χωρίς καμία πρόσθετη προσπάθεια.
- Χρησιμοποιώντας μια πρόσθετη εντολή, που στέλνεται από τον κωδικοποιητή, είναι δυνατό να μεταχθείτε ανάμεσα σε ακίνητες και κινούμενες εικόνες. Εναλλακτικά, αντί να χρησιμοποιήσετε ρητές εντολές, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα σήμα λήξης χρόνου.

4.8.MPEG

Το MPEG αναπτύχθηκε και ορίστηκε από το ISO/IEC JTC1/SC 29/WG11 για να καλύψει την κωδικοποίηση βίντεο κίνησης όπως και ήχου. Υπό το φως των πρόσφατων εξελίξεων στην τεχνολογία CD, ο στόχος ήταν να επιτευχθεί ένας ρυθμός δεδομένων συμπιεσμένου ρεύματος περίπου 1.2 Mbit/s. Το MPEG καθορίζει ένα μέγιστο ρυθμό δεδομένων 1.856.000 bits/s, που δεν πρέπει να υπερβαίνεται. Από το 1993, το MPEG έγινε διεθνές πρότυπο (International Standard, IS)[ISO93b]. Το MPEG λαμβάνει σαφώς υπόψη του εξελίξεις σε άλλες δραστηριότητες προτυποποίησης:

- JPEG: Εφόσον μια ακολουθία βίντεο μπορεί να θεωρηθεί σαν μια ακολουθία ακίνητων εικόνων και η ανάπτυξη του προτύπου JPEG ήταν πάντα μπροστά από την προτυποποίηση MPEG, το πρότυπο MPEG κάνει χρήση των αποτελεσμάτων της εργασίας του JPEG.

- H.261: Εφόσον το πρότυπο H.261 υπήρχε ήδη κατά την διάρκεια της εργασίας για το MPEG προσπάθησε να επιτύχει τουλάχιστον μια ορισμένη συμβατότητα ανάμεσα στα δυο πρότυπα σε ορισμένες περιοχές. Αυτό μπορεί να απλοποιήσει υλοποιήσεις του MPEG που υποστηρίζουν επίσης H.261. Σε κάθε περίπτωση, τεχνικά το MPEG είναι η πιο προχωρημένη τεχνική. Αντίστοιχα το H.263 δανείστηκε τεχνικές από το MPEG.

Αν και κυρίως σχεδιασμένο για ασυμμετρική συμπίεση, μια κατάλληλη υλοποίηση του MPEG μπορεί επίσης να ικανοποιήσει απαιτήσεις συμμετρικής συμπίεσης. Η ασυμμετρική κωδικοποίηση απαιτεί σαφώς περισσότερη προσπάθεια για κωδικοποίηση από την αποκωδικοποίηση. Εκτός της προδιαγραφής της κωδικοποίησης βίντεο [Le 91, VG91], και της κωδικοποίησης ήχου, το πρότυπο MPEG παρέχει ένα ορισμό συστήματος, που περιγράφει τον συνδυασμό διακριτών ρευμάτων δεδομένων σε ένα κοινό ρεύμα.

4.9.ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΝΤΕΟ

Το MPEG κατά την φάση προετοιμασίας της εικόνας, σε αντίθεση με το JPEG αλλά παρόμοια με το H.263, ορίζει την διαμόρφωση μιας εικόνας με μεγάλη ακρίβεια.

Προετοιμασία εικόνας

Μια εικόνα πρέπει να αποτελείται από τρία συστατικά. Εκτός της φωτεινότητας Υ υπάρχουν δύο σήματα διαφοράς χρωμάτων Cr και Cb. Η ανάλυση του συστατικού φωτεινότητας δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 768 x 576 pixels. Το βάθος pixels είναι οκτώ bits σε κάθε συστατικό.

Ένα ρεύμα δεδομένων MPEG περιέχει επίσης πληροφορίες που δεν είναι τμήμα ενός ρεύματος δεδομένων, συμπεριμένου σύμφωνα με το πρότυπο JPEG, για παράδειγμα τον λόγο διαστάσεων pixels. Το MPEG υποστηρίζει 14 διαφορετικούς λόγους διαστάσεων pixels. Οι σημαντικότεροι είναι:

- Ένα τετράγωνο pixel είναι κατάλληλο για τα περισσότερα συστήματα γραφικών σε υπολογιστή.
- Για μια εικόνα 625 γραμμών, ορίζεται ένας λόγος 16:9 (Ευρωπαϊκό HDTV).
- Για μια εικόνα 525 γραμμών, ορίζεται επίσης ένας λόγος 16:9 (HDTV Η.Π.Α).
- Για εικόνες 702 x 575 pixels, ορίζεται ένας λόγος διαστάσεων 4:3.
- Για εικόνες 711 x 487 pixels, ορίζεται επίσης ένας λόγος διαστάσεων 4:3.

Η συχνότητα ανανέωσης εικόνας κωδικοποιείται επίσης στο ρεύμα δεδομένων. Ως τώρα, οκτώ συχνότητες έχουν οριστεί (23.976Hz, 24Hz, 25Hz, 29.97Hz, 30Hz, 50Hz, 59.94Hz, και 60Hz), οπότε δεν επιτρέπονται χαμηλές συχνότητες ανανέωσης εικόνας. Παρατηρούμε ότι δεν υπάρχουν MCU που ορίζονται από τον χρήστη, όπως στο JPEG επειδή, δεδομένων των καθορισμένων ρυθμών δεδομένων, ο μέγιστος χρόνος για παρουσίαση μιας εικόνας είναι 41.7ms. Τα τρία συστατικά συμπιέζονται και αποσυμπιέζονται μαζί. Από την σκοπιά του χρήστη του MPEG, δεν υπάρχει θεμελιώδες πλεονέκτημα στην προοδευτική προβολή εικόνας σε σχέση με την ακολουθιακή προβολή.

Επεξεργασία εικόνας

Το MPEG υποστηρίζει τέσσερις τύπους κωδικοποίησης εικόνας. Ο λόγος για αυτό είναι οι αντιφατικές απαιτήσεις αποδοτικής κωδικοποίησης και τυχαίας

προσπέλασης. Η τυχαία προσπέλαση απαιτεί οι εικόνες να κωδικοποιούνται μεμονωμένα. Έτσι διακρίνονται οι παρακάτω τύποι εικόνων:

- I πλαίσια (εικόνες ενδοκωδικοποιημένες) κωδικοποιούνται χωρίς την χρήση πληροφοριών για άλλα πλαίσια (ενδοπλαισιακή κωδικοποίηση). Ένα πλαίσιο I θεωρείται μια ακίνητη εικόνα. Τα I πλαίσια δημιουργούν τις άγκυρες για τυχαία προσπέλαση.
- P πλαίσια (προβλεπτικά κωδικοποιημένες εικόνες) απαιτούν πληροφορίες για προηγούμενα I και/ή P πλαίσια για κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση.
- B πλαίσια (αμφίδρομα προβλεπτικά κωδικοποιημένες εικόνες) απαιτούν πληροφορίες από προηγούμενα και επόμενα πλαίσια I και/ή πλαίσια P. Τα B πλαίσια δίνουν τον υψηλότερο λόγο συμπίεσης που μπορεί να ληφθεί σε MPEG.
- D πλαίσια (εικόνες κωδικοποιημένες κατά DC) κωδικοποιούνται ενδοπλαισιακά και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αποτελεσματική εμπροσθόδοτη κίνηση. Κατά την διάρκεια του DCT, μόνο οι συντελεστές DC κωδικοποιούνται. Οι συντελεστές AC αγνοούνται.

Πλαίσιο I: Τα πλαίσια I κωδικοποιούνται εκτελώντας ένα DCT στα 8×8 μπλοκ που ορίζονται μέσα στα μακρό-μπλοκ, όπως στο JPEG. Οι συντελεστές DC κωδικοποιούνται κατόπιν κατά DPCM, και οι διαφορές ανάμεσα σε διαδοχικά μπλοκ κάθε συστατικού υπολογίζονται και μετασχηματίζονται σε λέξεις κωδικών μεταβλητού μήκους. Οι συντελεστές AC κωδικοποιούνται κατά μήκος διαδρομής και μετά μετασχηματίζονται σε λέξεις κωδικών μεταβλητών μήκους. Το MPEG διακρίνει δυο τύπους μακρό-μπλοκ: αυτά που περιέχουν μόνο κωδικοποιημένα δεδομένα και αυτά που επιπρόσθετα περιέχουν μια παράμετρο που χρησιμοποιείται για αλλαγή κλίμακας της χαρακτηριστικής καμπύλης που χρησιμοποιείται για εκ των υστέρων κβαντισμό.

Πλαίσιο P: Η κωδικοποίηση πλαισίων P εκμεταλλεύεται το γεγονός ότι σε διαδοχικές εικόνες, ορισμένες περιοχές της εικόνας συχνά ολισθαίνουν (μετακινούνται), αλλά δεν αλλάζουν. Στην κωδικοποίηση μακρό-μπλοκ ειδικά για πλαίσια P, διαφορές ανάμεσα σε μακρό-μπλοκ όπως και το διάνυσμα κίνησης πρέπει να ληφθούν υπόψη. Οι τιμές διαφοράς ανάμεσα στα έξι μπλοκ 8×8 pixels ενός μακρό-μπλοκ που κωδικοποιείται και το μακρό-μπλοκ που ταιριάζει περισσότερο, μετασχηματίζονται χρησιμοποιώντας ένα δισδιάστατο DCT. Περαιτέρω μείωση δεδομένων επιτυγχάνεται με τη περαιτέρω επεξεργασία μπλοκ όπου όλοι οι συντελεστές DCT είναι μηδενικοί.

Πλαίσιο B: Εκτός των προηγούμενων πλαισίων P και I, η πρόβλεψη πλαισίου B λαμβάνει υπόψη της το επόμενο πλαίσιο P ή I. Οι επακόλουθοι κβαντισμός και κωδικοποίηση εντροπίας εκτελούνται όπως σε μακρό-μπλοκ ειδικά για πλαίσια P. Επειδή τα πλαίσια B δεν μπορούν να λειτουργήσουν σαν πλαίσιο αναφοράς για επόμενη κωδικοποίηση, δεν χρειάζεται να αποθηκευτούν στον αποκωδικοποιητή.

Πλαίσιο D: Τα πλαίσια D περιέχουν μόνο τα συστατικά χαμηλής συχνότητας μιας εικόνας. Ένα πλαίσιο D αποτελείται πάντα από ένα τύπο μακρό-μπλοκ και κωδικοποιούνται μόνο οι συντελεστές DC του DCT. Τα πλαίσια D χρησιμοποιούνται για προβολή ταχεία εμπροσθόφορης λειτουργίας (fast forward). Αυτό μπορεί επίσης να επιτευχθεί από μια κατάλληλη τοποθέτηση πλαισίων I. Για τυχαία εμπροσθόφορη λειτουργία, πλαίσια I πρέπει να εμφανίζονται περιοδικά στο ρεύμα δεδομένων. Στο MPEG, αργή οπισθόφορη αναπαραγωγή απαιτεί σημαντικό χώρο αποθήκευσης. Όλες οι εικόνες σε μια ομάδα εικόνων πρέπει να αποκωδικοποιηθούν εμπροσθόφορα και να αποθηκευτούν πριν να εμφανιστούν αντίστροφα.

Κβαντισμός: Σε ότι αφορά τον κβαντισμό, πρέπει να σημειώσετε ότι οι συντελεστές AC πλαισίων B και P έχουν συνήθως πολύ μεγάλες τιμές, ενώ αυτοί των πλαισίων I είναι πολύ μικροί. Έτσι, ο κβαντισμός MPEG ρυθμίζεται μόνος του ανάλογα. Αν ο ρυθμός δεδομένων αυξηθεί πολύ, τότε ο κβαντισμός γίνεται πολύ αδρός. Αν ο ρυθμός δεδομένων πέσει, τότε ο κβαντισμός γίνεται με πιο μεγάλη λεπτομέρεια.

4.10.ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΗΧΟΥ

Η MPEG είναι συμβατή με την κωδικοποίηση δεδομένων ήχου που χρησιμοποιείται για Compact Disc Digital Audio (CD-DA) και Digital Audio Tape (DAT). Το σημαντικότερο κριτήριο είναι η επιλογή ρυθμού δειγματοληψίας 44.1KHz ή 48KHz στα 16 bits ανά τιμή δειγματοληψίας. Κάθε σήμα ήχου συμπιέζεται σε 64, 96, 128 ή 192 Kbit/s.

Αυτά τα επίπεδα ποιότητας (στρώματα) ορίζονται με διαφορετική πολυπλοκότητα κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης. Μια υλοποίηση ενός υψηλότερου στρώματος πρέπει να είναι σε θέση να αποκωδικοποιήσει τα σήματα ήχου MPEG χαμηλότερων επιπέδων. Παρόμοια με το δισδιάστατο DCT για βίντεο, ένας μετασχηματισμός στην περιοχή συχνοτήτων εφαρμόζεται για ήχο. Ο Ταχύς Μετασχηματισμός Fourier (FFT) είναι μια κατάλληλη τεχνική.

4.11.ΡΕΥΜΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Ρεύμα ήχου: αποτελείται από πλαίσια, που απαρτίζονται από μονάδες προσπέλασης ήχου, οι οποίες με την σειρά τους διαιρούνται σε θυρίδες. Στα 48 KHz, οι μονάδες προσπέλασης ήχου που περιέχονται σε ένα πλαίσιο έχουν ένα χρόνο αναπαραγωγής 8ms. Στα 44.1 KHz, ο χρόνος αναπαραγωγής είναι 8.7ms και στα 32 KHz, ο χρόνος αναπαραγωγής είναι 12ms.

Ρεύμα βίντεο: Αποτελείται από έξι στρώματα

- Στο υψηλότερο επίπεδο, το στρώμα ακολουθίας, γίνεται χειρισμός της ενταμίευσης δεδομένων.
- Το επόμενο στρώμα είναι το στρώμα της ομάδας εικόνων. Αυτό το στρώμα περιέχει τουλάχιστον ένα πλαίσιο I, που πρέπει να είναι μια από τις πρώτες εικόνες. Τυχαία προσπέλαση σε αυτή την εικόνα είναι πάντα δυνατή.
- Το στρώμα εικόνας περιέχει μια ολόκληρη εικόνα. Η χρονική αναφορά της εικόνας ορίζεται χρησιμοποιώντας ένα αριθμό εικόνας.
- Το επόμενο στρώμα είναι το στρώμα φέτας. Κάθε φέτα αποτελείται από μακρό-μπλοκ, ο αριθμός των οποίων μπορεί να διαφέρει από εικόνα σε εικόνα. Μια φέτα περιλαμβάνει επίσης την κλίμακα που χρησιμοποιείται για τον κβαντισμό DCT όλων των μακρό-μπλοκ της.
- Το επόμενο στρώμα είναι το στρώμα μακρό-μπλοκ.
- Το χαμηλότερο στρώμα είναι το στρώμα-μπλοκ.

4.12.MPEG-2

Στις μέρες μας επικρατεί η άποψη, ότι η ποιότητα μιας ακολουθίας βίντεο συμπιεσμένου σύμφωνα με το πρότυπο MPEG στο μέγιστο ρυθμό δεδομένων, που είναι περίπου 1.5 Mbit/s δεν μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά. Έπρεπε μόνο τα αποτελέσματα του λόγου συμπίεσης και της ποιότητας να μετρούν και όχι η

απαιτούμενη ταχύτητα επεξεργασίας. Έτσι, μια τεχνική συμπίεσης βίντεο αναπτύσσεται για ρυθμούς μέχρι 100 Mbit/s. Αυτό είναι γνωστό σαν MPEG-2 και στοχεύει στην υψηλότερη ανάλυση εικόνας, παρόμοια με το πρότυπο στούντιο ψηφιακού βίντεο CCIR 601.

Το MPEG-2 ενσωματώνει, με ένα τρόπο παρόμοιο με τον ιεραρχικό τρόπο λειτουργίας του JPEG, την κλιμάκωση συμπιεσμένου βίντεο. Ειδικά, το βίντεο συμπιέζεται σε διαφορετικές ποιότητες κατά την κωδικοποίηση, ώστε διαφορετικές εναλλακτικές λύσεις να είναι διαθέσιμες κατά την διάρκεια της αποκωδικοποίησης. Η κλιμάκωση μπορεί να δράσει σε διάφορες παραμέτρους:

- Η χωρική κλιμάκωση διευκολύνει την συμπίεση ακολουθιών εικόνων με διαφορετικές οριζόντια και κατακόρυφη αναλύσεις.
- Η κλιμάκωση του ρυθμού δεδομένων επιτρέπει την αναπαραγωγή σε διαφορετικούς ρυθμούς πλαισίων
- Η κλιμάκωση πλάτους μπορεί να ερμηνευθεί ως επηρεάζουσα είτε το βάθος pixel είτε την ανάλυση με την οποία γίνεται ο κβαντισμός των συντελεστών DCT.

Η κλιμάκωση είναι μια από τις σημαντικότερες επεκτάσεις του MPEG-2 στο MPEG-1.

4.13.ΣΥΣΤΗΜΑ MPEG-2

Το MPEG-2 ασχολείται με το βίντεο μαζί με τον σχετικό ήχο. Σημειώστε ότι για να παρέχει μια ακριβή περιγραφή, αυτή η ενότητα χρησιμοποιεί ορολογία από την πρωτότυπη προδιαγραφή MPEG-2. Το MPEG-2 ορίζει πως το σύστημα MPEG-2 μπορεί να συνδυάσει ήχο, βίντεο και άλλα δεδομένα σε ένα μόνο ρεύμα, ή σε πολλαπλά ρεύματα, κατάλληλα για αποθήκευση και μετάδοση.

Το MPEG-2 θέτει συντακτικούς και σημασιολογικούς κανόνες που είναι αναγκαίοι και ικανοί για συγχρονισμό και αποκωδικοποίηση και παρουσίαση πληροφοριών βίντεο και ήχου, ενώ ταυτόχρονα επιβεβαιώνει ότι οι ενταμιευτές κωδικοποιημένων δεδομένων του αποκωδικοποιητή δεν υπερχειλίζουν και δεν εξαντλούνται από δεδομένα. Τα ρεύματα περιλαμβάνουν σφραγίδες χρόνου που χρησιμοποιούνται στην αποκωδικοποίηση, παρουσίαση και διανομή δεδομένων.

Ένα τυπικό ρεύμα βίντεο MPEG-2 έχει ένα μεταβλητό ρυθμό bit. Χρησιμοποιώντας ένα ενταμιευτή βίντεο, όπως καθορίζεται στο πρότυπο, μπορεί να επιβληθεί ένας σταθερός ρυθμός bit, με κόστος την ποιότητα. Το MPEG-2 έφτασε σε κατάσταση CD (Committee Draft, σχέδιο επιτροπής) στα τέλη του 1993, και απαίτησε τρεις ακόμα μήνες για να γίνει DIS (Draft International Standard, σχέδιο διεθνούς προτύπου). Ύστερα από έξι μήνες, το DIS έγινε IS. Αρχικά υπήρχαν σχέδια για καθορισμό ενός προτύπου MPEG-3 που να καλύπτει το HDTV. Αλλά όμως, κατά την διάρκεια της ανάπτυξης του MPEG-2, βρέθηκε ότι η κλιμάκωση προς τα επάνω θα μπορούσε να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις του HDTV. Συνεπώς η ιδέα του MPEG-3 απορρίφθηκε.

4.14.MPEG-4

Τον Σεπτέμβριο του 1993 στο ISO/IEC JTC1 μια άλλη πρωτοβουλία MPEG για κωδικοποίηση πολύ χαμηλού ρυθμού δεδομένων οπτικοακουστικών προγραμμάτων άρχισε. Το MPEG-4, το τυπικό όνομα του οποίου είναι ISO/IEC

14496, εκδόθηκε τον Νοέμβριο του 1998 και υιοθετήθηκε σαν διεθνές πρότυπο τον Ιανουάριο του 1999.

Το MPEG-4 ενσωματώνει νέες αλγοριθμικές τεχνικές, όπως κωδικοποίηση εικόνας με βάση μοντέλα ανθρώπινης διαδραστικότητας με περιβάλλοντα πολυμέσων και κωδικοποίηση φωνής χαμηλού ρυθμού δεδομένων για χρήση σε περιβάλλοντα σαν το Ευρωπαϊκό Σύστημα Κινητής τηλεφωνίας (GSM). Ο πιο σημαντικός νεωτερισμός είναι η βελτιωμένη ευελιξία. Οι σχεδιαστές μπορούν να χρησιμοποιήσουν την μέθοδο συμπίεσης με διαφορετικούς τρόπους και να συγκροτήσουν συστήματα για υποστήριξη μιας ποικιλίας εφαρμογών.

Το MPEG-4 δεν είναι λοιπόν ένα σταθερό πρότυπο κατάλληλο μόνο για μερικές εφαρμογές. Ακόμη, το MPEG-4 ολοκληρώνει ένα μεγάλο αριθμό οπτικοακουστικών τύπων δεδομένων, για παράδειγμα φυσικών και συνθετικών, με σκοπό μια αναπαράσταση στην οποία η διαδραστικότητα που βασίζεται στο περιεχόμενο να υποστηρίζεται για όλους τους τύπους μέσων. Το MPEG-4 επιτρέπει έτσι την σχεδίαση οπτικοακουστικών συστημάτων που στοχεύουν σε συγκεκριμένους χρήστες και είναι συμβατά με άλλα συστήματα.

Η κωδικοποίηση βίντεο είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό στοιχείο του προτύπου MPEG-4. Τρεις θεμελιώδες επεκτάσεις κωδικοποίησης βίντεο, που υλοποιούνται από το MPEG-4, περιγράφονται παρακάτω:

- Στρώματωση σκηνής με βάση το αντικείμενο και ξεχωριστή κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση στρωμάτων. Για να μπορεί να υποστηρίξει λειτουργικότητες που βασίζονται στο περιεχόμενο, πριν από την επεξεργασία μιας σκηνής βίντεο, ο κωδικοποιητής πρέπει να είναι σε θέση να διαιρέσει τη σκηνή σε στρώματα που παριστούν τα φυσικά της αντικείμενα.
- Κωδικοποίηση DCT που προσαρμόζεται στο σχήμα. Αφού έχει τμηματοποιηθεί επιτυχώς μια σκηνή, δημιουργώντας τα διάφορα στρώματα αντικειμένου, κάθε στρώμα κωδικοποιείται ξεχωριστά. Αυτό γίνεται χρησιμοποιώντας μια τεχνική κωδικοποίησης DCT που προσαρμόζεται στο σχήμα του αντικειμένου. Η θεμελιώδες δομή αυτής της τεχνικής μπορεί να θεωρηθεί μια επέκταση των συμβατικών υβριδικών αλγορίθμων DCT, που βασίζονται σε μπλοκ, οι οποίοι χρησιμοποιούν αντιστάθμιση κίνησης και κωδικοποιούν τα διάφορα στρώματα αντικειμένου. Για να μοντελοποιηθεί και να βελτιστοποιηθεί η απόδοση ενός αλγορίθμου για την λειτουργική κωδικοποίηση ακολουθιών εισόδου αυθαίρετα σχηματισμένων εικόνων με ένα ρυθμό bit περίπου 1Mbit/s, επεκτάθηκε το πρότυπο σύστημα κωδικοποίησης MPEG-1 με ένα αλγόριθμο κωδικοποίησης σχήματος και μια τεχνική DCT που προσαρμόζεται στο σχήμα. Η τεχνική DCT που προσαρμόζεται στο σχήμα επιτρέπει κωδικοποίηση μετασχηματισμού μπλοκ εικόνων οποιουδήποτε σχήματος.
- Εργαλειοθήκη που βασίζεται σε αντικείμενα για πρόβλεψη κίνησης. Ο βασικός αλγόριθμος SA-DCT αναπτύχθηκε για να υλοποιεί τις λειτουργικότητες που βασίζονται σε αντικείμενα του MPEG. Ο αλγόριθμος μειώνει τους χρονικούς πλεονασμούς χρησιμοποιώντας αντιστάθμιση κίνησης που βασίζεται σε μπλοκ, συγκρίσιμη με αυτή του αλγορίθμου κωδικοποίησης MPEG. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της προσέγγισης SA-DCT που βασίζεται σε αντικείμενα είναι η σημαντική αύξηση σε αποδοτικότητα συμπίεσης, που επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας κατάλληλα εργαλεία για πρόβλεψη κίνησης σε κάθε στρώμα αντικειμένου.

Στην εκτεταμένη προσέγγιση SA-DCT, μπορεί να χρησιμοποιηθεί συμβατική αντιστάθμιση κίνησης με βάση αντικείμενα για στρώματα αντικειμένου, που δεν

ικανοποιούν τις ειδικές υποθέσεις μοντέλου των νέων εργαλείων πρόβλεψης. Σε κάθε περίπτωση, ενδοκωδικοποιημένα πλαίσια και περιοχές όπου αποτυγχάνει το μοντέλο κωδικοποιούνται αποτελεσματικά χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο SA-DCT.

Ο αποκωδικοποιητής MPEG-4 καθορίστηκε με διάφορα επίπεδα πολυπλοκότητας για να υποστηρίζει διάφορους τύπους εφαρμογών. Αυτά είναι: Τύπου0 (δεν μπορούν να προγραμματισθούν, με ένα προκαθορισμένο σύνολο εργαλείων), και Τύπου1 (ευέλικτο, με ένα σύνολο παραμετροποιήσιμων εργαλείων) και Τύπου2 (μπορούν να προγραμματιστούν, με την δυνατότητα φόρτωσης νέων εργαλείων από τον κωδικοποιητή).

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

- 1)<http://infoman.teikav.edu.gr/~stpadap/Courses/multimedia/Multimedia.html>
- 2)http://avlab.ee.auth.gr/hdtv/pdf_files/TVHD.pdf
- 3)<http://egnatia.ee.auth.gr/~abaziako/kefalaio35.html>
- 4)http://64.233.183.104/search?q=cache:NYsyZnnu00J:mycad.c5lab.el.teithe.gr/pses/notes06B.pdf+%CE%BF%CF%81%CE%B8%CE%BF%CE%B3%CF%8E%CE%BD%CE%B9%CE%BF%CE%B9+%CE%BC%CE%B5%CF%84%CE%B1%CF%83%CF%87%CE%B7%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CE%AF+dct&hl=el&ct=clnk&cd=13&gl=gr&lr=lang_el
- 5)http://64.233.183.104/search?q=cache:tvcMhAM3OyUJ:www.it.teithe.gr/~klefturi/files/mult04.doc+%CE%B5%CF%86%CE%B1%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%B3%CE%AD%CF%82+dct&hl=el&ct=clnk&cd=13&gl=gr&lr=lang_el
- 6)http://www.it.uom.gr/project/MultimediaTechnologyNotes/chap2b_5.htm
- 7)http://64.233.183.104/search?q=cache:IVCkfCkdRHwJ:imm.demokritos.gr/odisseas/main/PARADOTEIA/p8.doc+%CF%83%CF%85%CE%BD%CF%84%CE%B5%CE%BB%CE%B5%CF%83%CF%84%CE%AD%CF%82+dct&hl=el&ct=clnk&cd=14&gl=gr&lr=lang_el
- 8)<http://platon.teipir.gr/WWWbeldia/greek/Diploma/kefalaio3/34711.html>
- 9)http://64.233.183.104/search?q=cache:0xoB8fLVLLYJ:infoman.teikav.edu.gr/archimedes/image/DeliverableP7.pdf+%CF%83%CF%85%CE%BD%CF%84%CE%B5%CE%BB%CE%B5%CF%83%CF%84%CE%AD%CF%82+dct&hl=el&ct=clnk&cd=24&gl=gr&lr=lang_el
- 10)http://www.ece.vcy.ac/courses/ece007/notes/ece007_lecture1.ppt
- 11)http://www.it.uom.gr/project/MultimediaTechnologyNotes/chap1b_5.htm
- 12)http://66.102.9.104/search?q=cache:EOJznUzWY1UJ:mmlab.ceid.upatras.gr/postgrad/domes-xe/polymesa_5ppt+%CE%BF+%CE%BC%CE%B5%CF%84%CE%B1%CF%83%CF%87%CE%B7%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82+DCT%B&hl=el&ct=clnk&cd=8&gl=gr&lr=lang_el

13) http://66.102.9.104/search?q=cache:V0o0XqIH1wIJ:dtps.unipi.gr/files/notes/2004-2005/eksamino_5/pshfiakh_epeksergasia_eikonas/imageproc06.ppt+%CE%BF+%CE%BC%CE%B5%CF%84%CE%B1%CF%83%CF%87%CE%B7%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82+DCT%3B&hl=el&ct=clnk&cd=14&gl=gr&lr=lang_el

14) **BIBΛΙΟ:** “Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα”

Συγγραφείς: Χρήστος Βασιλόπουλος, Ι. Ντώμος, Β. Σκουλάτος
Γ’ Τόμος Φεβρουάριος 2000

15) **BIBΛΙΟ:** “Πολυμέσα Θεωρίας και Πράξη Κωδικοποίηση μέσων και επεξεργασία περιεχομένου”

Συγγραφείς: Ralf Steinment, Clara Nahrstedt
Εκδότης: Μ. Γκιούρδας

16) **ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ:** Μαθήματος “Τεχνολογία Πολυμέσων”

κ. Ελευθέριου Στεργίου