



Τ.Ε.Ι. ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ Τ.Ε.

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΣΥΜΠΙΕΣΗ/ΑΠΟΣΥΜΠΙΕΣΗ ΣΗΜΑΤΟΣ ΒΙΝΤΕΟ ΜΕ
ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΔΙΑΚΡΙΤΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΣΥΝΗΜΙΤΟΝΟΥ (DISCRETE
COSINE TRANSFORM)**

ANNA ΜΑΡΙΑ ΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΥ

ΑΜ: 2009066

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΜΠΟΖΑΝΤΖΗΣ

ΣΠΑΡΤΗ

2016

ΔΗΛΩΣΗ ΜΗ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΗΨΗΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΗΣ ΕΥΘΥΝΗΣ

"Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ενυπογράφως ότι είμαι αποκλειστικός συγγραφέας της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας, για την ολοκλήρωση της οποίας κάθε βοήθεια είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται λεπτομερώς στην εργασία αυτή. Έχω αναφέρει πλήρως και με σαφείς αναφορές, όλες τις πηγές χρήσης δεδομένων, απόψεων, θέσεων και προτάσεων, ιδεών και λεκτικών αναφορών, είτε κατά κυριολεξία είτε βάση επιστημονικής παράφρασης.

Αναλαμβάνω την προσωπική και ατομική ευθύνη ότι σε περίπτωση αποτυχίας στην υλοποίηση των ανωτέρω δηλωθέντων στοιχείων, είμαι υπόλογος έναντι λογοκλοπής, γεγονός που σημαίνει αποτυχία στην Πτυχιακή μου Εργασία και κατά συνέπεια αποτυχία απόκτησης του Τίτλου Σπουδών, πέραν των λοιπών συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων.

Δηλώνω, συνεπώς, ότι αυτή η Πτυχιακή Εργασία προετοιμάστηκε και ολοκληρώθηκε από εμένα προσωπικά και αποκλειστικά και ότι, αναλαμβάνω πλήρως όλες τις συνέπειες του νόμου στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δε μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής άλλης πνευματικής ιδιοκτησίας."

Όνομα και Επώνυμο Συγγραφέα (Με Κεφαλαία): ΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΥ ANNA-MARIA

Υπογραφή (Ολογράφως, χωρίς μονογραφή):

Ημερομηνία (Ημέρα – Μήνας – Έτος): ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ 16 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2016

Πρόλογος

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, ολοκληρώνονται και οι προπτυχιακές μου σπουδές στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής Τ.Ε. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Βασίλειο Μποζάντζη, καθηγητή του τμήματος για την πολύτιμη συμβολή και καθοδήγηση του πάνω στο αντικείμενο. Τέλος ευχαριστώ θερμά την οικογένεια μου, για τη στήριξη και τη συμπαράσταση που μου έχει προσφέρει σε όλη τη πορεία των ακαδημαϊκών μου χρόνων

Περιεχόμενα

Πρόλογος	2
Περιεχόμενα	3
Κεφάλαιο 1 ^ο Εισαγωγή	5
Κεφάλαιο 2 ^ο – Μέθοδοι συμπίεσης βίντεο	9
2.1 Εικόνα	9
2.2 Πλεονασμός	10
2.3 Συμπίεση δεδομένων	11
2.3.1 Αναγκαιότητα συμπίεσης δεδομένων	11
2.3.2 Αρχή συμπίεσης δεδομένων	12
2.3.3 Κατηγοριοποίηση συμπίεσης δεδομένων	12
I. Τεχνική συμπίεσης χωρίς απώλειες	12
II. Τεχνική συμπίεσης με απώλειες	12
2.4 Βιβλιογραφική ανασκόπηση	13
2.5 Διαδικασίες συμπίεσης εικόνας/ βίντεο	15
2.5.1 Κριτήρια χρήσης τεχνικών	17
2.6 Αλγόριθμοι συμπίεσης στο χώρο	18
2.7 Αλγόριθμοι συμπίεσης στο χρόνο	21
2.8 Απλοποιημένη ταξινόμηση των τεχνικών συμπίεσης	23
2.9 Κωδικοποίηση μετασχηματισμού	25
2.10 Διαφορική ή προβλεπτική κωδικοποίηση	26
2.11 Διανυσματική κβαντοποίηση	27
2.12 Συμπίεση wavelet	28
2.13 Συμπίεση με fractals	29
2.14 Συμμετρία των τεχνικών συμπίεσης	30
2.15.Συστήματα πολυμέσων ελεγχόμενα από τον υπολογιστή	31
Κεφάλαιο 3 ^ο - Διακριτός μετασχηματισμός συνημίτονου - Χρήση σε συμπίεση βίντεο	32
3.1 Συμπίεση πλεονασματικής πληροφορίας με την τεχνική dct	34

3.2	Ψηφιακή συμπίεση-μείωση ρυθμού πληροφορίας	35
3.3	Ο αλγοριθμος dct	37
3.4	Μεταβλητού μήκους κωδικοποίηση – vlc	43
3.5	Συστήματα παλμοκωδικής διαμόρφωσης εικόνας και ήχου (TV CODES) 34/35 Mbit/s κατά ETSI	46
3.6	Γενικά χαρακτηριστικά πρότυπου ETS 300 174	47
3.7	Σύνοψη προδιαγραφής των τ/ο κωδικοποιητών / αποκωδικοποιητών συνιστωσών βίντεο ΣΤΑ 34/35	48
3.8	ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΕΙΚΟΝΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ DCT	52
3.9	Δόμηση τ/ο χρονοπλαισιου	55
3.10	Λαθοπροστασια	59
3.11	Κωδικοποιητές κατά MPEG-2	62
3.12	Ψηφιακή παροχή	62
3.13	Δόμηση χρονοπλαισιου κατά MPEG-2	63
3.14	ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ ΥΨΗΛΗΣ ΕΥΚΡΙΝΕΙΑΣ (High Definition Television-HDTV)	67
3.16	Επεξεργασια συμπίεσης	69
	Κεφάλαιο 4 ^ο - Εφαρμογή συμπίεσης βίντεο DCT στο matlab	71
4.1	το σύστημα του κωδικοποιητή (encoder)	72
4.2	Το υποσύστημα του αποκωδικοποιητή	72
4.3	Υπολογισμός λόγου συμπίεσης	73
4.4	Αποτελέσματα χρήσης μοντέλου	73
	Κεφάλαιο 5 ^ο - Συμπεράσματα	75
	Βιβλιογραφία	75

Κεφάλαιο 1^ο Εισαγωγή

Το πεδίο της επιστήμης των υπολογιστών αναπτύσσεται με ταχύτερο ρυθμό από ότι ξεκίνησε στις αρχές του 20^{ου} αιώνα. Μέχρι τα μέσα του 20^{ου} αιώνα, δεν υπήρχαν πραγματικές υπολογιστικές μηχανές, αλλά οι υπολογιστικοί αλγόριθμοι εξελίσσονταν από την αρχή του αιώνα. Η εξέλιξη του τομέα των υπολογιστών έχει επηρεάσει κάθε τομέα της ανθρώπινης ζωής. Τα πεδία αυτά περιλαμβάνουν μηχανική, την ιατρική, τη γεωλογία, μετεωρολογία, τις ταινίες και τη φωτογραφία κ.λπ. Η υψηλή ταχύτητα των ψηφιακών ηλεκτρονικών υπολογιστών συνέβαλε στη σημαντική πρόοδο στον τομέα των οπτικών.

Η επεξεργασία εικόνας με μεγάλη διαφορά έχει ωφεληθεί σημαντικά από τους ψηφιακούς υπολογιστές υψηλής ταχύτητας [1].

Από την ημέρα που η πρώτη πολύ επιτυχημένη φωτογραφία τραβήχτηκε τον Ιούνιο του 1827, η ποιότητα και το ύφος των εικόνων έχουν βελτιωθεί σημαντικά. Ο Niepce πήρε αυτή την εικόνα με τη χρήση υλικού που σκληραίνει κατά την έκθεση στο φως [2]. Υπήρχαν πολλοί διαφορετικοί τρόποι για να ληφθούν αυτές οι εικόνες πριν από την κάμερα που γνωρίζουμε σήμερα. Το κύριο πρόβλημα με όλες τις εικόνες που ελήφθησαν ήταν το γεγονός ότι με κάθε εικόνα λαμβανόταν πολλή περιττή και άχρηστη πληροφορία που αποθηκεύεται σε αυτή. Τα προβλήματα κυμαίνονται από το ξεθώριασμα, τις θολές και θορυβώδεις εικόνες. Όλα αυτά τα άχρηστα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στις εικόνες ονομάζονται ως θόρυβος. Ο θόρυβος, με τεχνικούς όρους ορίζεται ως τα άσχετα ή χωρίς νόημα δεδομένα.

Η αποκατάσταση της εικόνας είναι ένα από τα πολλά παρακλάδια της επεξεργασίας εικόνας. Ορίζεται ως μια διαδικασία που αφαιρεί όλο το θόρυβο και τα άσχετα δεδομένα από τις εικόνες για να γίνουν σαφέστερες και πιο ορατές. Τα εργαλεία και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία εικόνας εισάγονται από την επεξεργασία

σήματος. Η κύρια διαφορά, όμως, μεταξύ της επεξεργασίας σήματος και επεξεργασία εικόνας είναι ότι όταν συμπιέζονται δυαδικά δεδομένα, είναι απαραίτητο να προκύπτουν τα ίδια δεδομένα όταν αποσυμπιέζονται. Με τις εικόνες, από την άλλη πλευρά, δεν είναι απαραίτητο. Όταν μια εικόνα αποσυμπιέζεται στις περισσότερες περιπτώσεις είναι αρκετή για ένα αντίγραφο της όσο το μέσο τετραγωνικό σφάλμα είναι εντός ορισμένων ορίων.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά την ποιότητα της εικόνας. Υπήρξαν διάφορες τεχνικές που εισήχθησαν και να ερευνηθήκαν για την ενίσχυση της εικόνας, καθώς και για να βελτιωθεί η χρησιμότητα των δεδομένων. Τα προγράμματα ενίσχυσης καθιστούν τις πληροφορίες πιο ορατές. Μία από τις πιο δημοφιλείς τεχνικές βελτίωσης είναι η εξίσωση ιστογράμματος. Αυτή η τεχνική αναδιανέμει τις εντάσεις της εικόνας εξίσου σε όλο το γκρι φάσμα της εικόνας [4].

Η συνέλιξη είναι μια τεχνική επεξεργασίας εικόνας η οποία είναι ουσιαστικά μια ακολουθία μάσκας που δρα στην γειτονιά εικονοστοιχείων. Η συνέλιξη περιλαμβάνει High Pass και Low pass φίλτρα. Άλλες τεχνικές επεξεργασίας εικόνας περιλαμβάνουν φίλτρα θορύβου, φίλτρα αφαίρεσης τάσεων, ανίχνευση ακμών, και τα εργαλεία ανάλυσης εικόνας κ.λπ.

Μία από τις σημαντικές πτυχές της επεξεργασίας εικόνας είναι η μείωση της περιγραφής της εικόνας, διατηρώντας παράλληλα όλες τις σχετικές πληροφορίες. Οι μέθοδοι συμπίεσης δεδομένων με μηδέν απώλεια πληροφοριών έχουν χρησιμοποιηθεί σε δεδομένα εικόνας για κάποιο χρονικό διάστημα. Τα GIF, JPEG, MPEG κλπ είναι όλα παραδείγματα των εργαλείων που χρησιμοποιούνται για τη συμπίεση δεδομένων χωρίς απώλεια πληροφοριών.

Υπάρχουν διάφορες τεχνικές που χρησιμοποιούνται αυτές τις μέρες για να συλλάβουν και να αποθηκεύσουν εικόνες σε συμπιεσμένη μορφή για τη μείωση των μεγεθών αποθήκευσής τους τη χρήση μικρότερου χώρου. Υπάρχουν βασικά δύο κατηγορίες τεχνικών συμπίεσης: χωρίς απώλειες και με απώλειες. Η κύρια διαφορά μεταξύ αυτών των δύο κατηγοριών είναι ότι στη συμπίεση με απώλειες, η ποιότητα της εικόνας

μειώνεται προκειμένου να επιτευχθεί μεγαλύτερη αναλογία συμπίεσης. Από την άλλη πλευρά, σε μια συμπίεση χωρίς απώλειες στην ποιότητα της εικόνας δίνεται μεγαλύτερη προτίμηση από το λόγο συμπίεσης. Έτσι, μπορούμε να πούμε ότι υπάρχει μια προφανής ανταλλαγή ανάμεσα στην ποιότητα της εικόνας και το λόγο συμπίεσης, όταν μιλάμε για την συμπίεση εικόνας. Οι Lossy τεχνικές περιλαμβάνουν κωδικοποίηση μετασχηματισμού, όπως DCT, Wavelets και Gabor, κβαντοποίηση διανύσματος, Τμηματοποίηση και μεθόδους προσέγγισης, Spline μεθόδους προσέγγισης, δηλαδή διγραμμική παρεμβολή / Τακτοποίηση, Fractal κωδικοποίηση η οποία περιλαμβάνει τη σύνθεση υφής, συστήματα επαναληπτικών λειτουργιών (IFS) και αναδρομικά συστήματα επαναληπτικών λειτουργιών (RIFS). Οι τεχνικές συμπίεσης χωρίς απώλειες, από την άλλη πλευρά, περιλαμβάνουν τα Run Length Encoding, κωδικοποίηση Huffman, Κωδικοποίηση εντροπίας (Lempel / Ziv) και κωδικοποίηση Χώρου [3].

Ο διακριτός μετασχηματισμός συνημίτονου (DCT) έχει γίνει η πιο δημοφιλής τεχνική για τη συμπίεση της εικόνας κατά τα τελευταία αρκετά χρόνια. Ένας από τους σημαντικότερους λόγους για τη δημοτικότητά του είναι η επιλογή του ως το πρότυπο για το JPEG. Οι DCTs χρησιμοποιούνται συνηθέστερα για μη αναλυτικές εφαρμογές, όπως η επεξεργασία εικόνας και εφαρμογές DSP επεξεργασία σήματος, όπως video, conferencing, συστήματα φαξ, δίσκους βίντεο και HDTV. Οι DCTs μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μία μήτρα σε σχεδόν κάθε διάσταση.

Η χαρτογράφηση του χώρου μιας εικόνας σε ένα χώρο συχνοτήτων είναι η πιο κοινή χρήση των DCT. Για παράδειγμα, το βίντεο συνήθως επεξεργάζεται για τη συμπίεση / αποσυμπίεση ως 8 x 8 μπλοκ εικονοστοιχείων. Τα μικρά και μεγάλα χαρακτηριστικά γνωρίσματα σε μια εικόνα βίντεο αντιπροσωπεύονται από χαμηλές και υψηλές συχνότητες. Ένα πλεονέκτημα της μεθόδου DCT είναι ότι τα χαρακτηριστικά εικόνας συνήθως δεν αλλάζουν γρήγορα, και έτσι πολλοί συντελεστές DCT είναι είτε μηδέν ή πολύ μικροί και απαιτούν λιγότερα δεδομένα κατά τη διάρκεια της συμπίεσης. Οι DCTs είναι γρήγοροι και, όπως οι FFTs, απαιτούν τον υπολογισμό των συντελεστών. Διάφορες τεχνικές και αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται για DCT θα συζητηθεί λεπτομερώς στο κεφάλαιο 3, όπου θα διερευνηθούν οι DCT [5].

Όπως υποδηλώνει το θέμα της εργασίας μου, θα διερευνηθεί η δυνατότητα χρήσης του

μετασχηματισμού διακριτού συνημίτονου για την συμπίεση βίντεο. μεταμορφώνει για την ανάλυση πολλαπλής ανάλυσης.

Οι DCTs χρησιμοποιούνται για τη συμπίεση αρκετό καιρό και είναι πολύ δημοφιλής. Όπως ανέφερα και προηγουμένως ο κύριος λόγος για τη δημοτικότητα τους είναι το γεγονός ότι έχουν χρησιμοποιηθεί ως πρότυπο σε αρχεία JPEG. Τα wavelets θεωρούνται καλύτερα από ό,τι ο DCT, όταν ζητούνται τα καλύτερα αποτελέσματα στην συμπίεση. Οι υποστηρικτές των αρχείων MPEG και αρχείων JPEG υποστηρίζουν ότι ο DCT παρέχει πολύ καλά αποτελέσματα όσον αφορά τη συμπίεση.

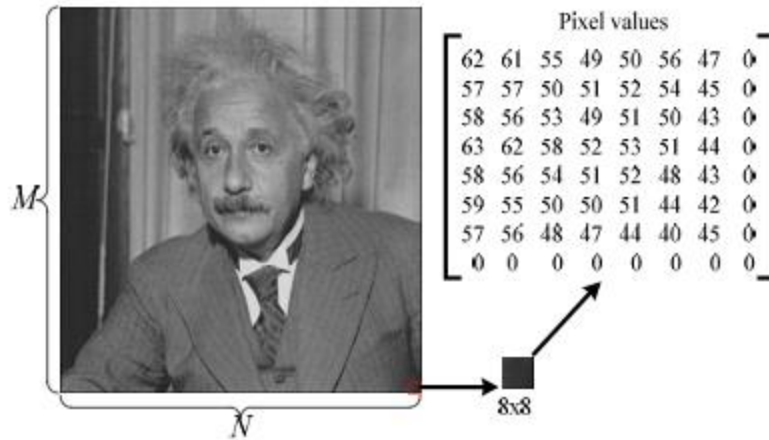
Στην παρούσα εργασία, εξετάζεται η χρήση του DCT στην συμπίεση αρχείων βίντεο, με παραγωγή των αναγκαίων αλγορίθμων στο Matlab. Στο κεφάλαιο 2 επιχειρείται μια αρχική παρουσίαση των μεθόδων συμπίεσης βίντεο. Στο κεφάλαιο 43 παρουσιάζεται ο διακριτός μετασχηματισμός συνημίτονου και η χρήση του σε συμπίεση αρχείων βίντεο. Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται ο αλγόριθμός που δημιουργήθηκε στο Matlab, καθώς και η εφαρμογή και τα αποτελέσματα αυτής. Η εργασία κλείνει με τα απαραίτητα συμπεράσματα και την αναφορά της βιβλιογραφίας.

Κεφάλαιο 2^ο – Μέθοδοι συμπίεσης βίντεο

Οι μελέτες δείχνουν ότι το 90% του συνολικού όγκου των δεδομένων στην πρόσβαση στο διαδίκτυο αποτελείται από δεδομένα εικόνας και βίντεο [6]. Η εικόνα και το βίντεο στην ακατέργαστη (ασυμπίεστα) μορφή τους απαιτούν τεράστιο αποθηκευτικό χώρο. Τέτοια ακατέργαστα δεδομένα χρειάζονται μεγάλο εύρος ζώνης μετάδοσης για τη μετάδοση μέσω του δικτύου. Ως εκ τούτου, πολλές έρευνες έχουν διεξαχθεί στο πεδίο των συστημάτων συμπίεσης δεδομένων. Ωστόσο, σε αυτήν την σύγχρονη εποχή του Διαδικτύου, η ζήτηση για τη διαβίβαση και την αποθήκευση δεδομένων αυξάνεται. Με αυτή την ανησυχία, η συμπίεση δεδομένων και η ανασυγκρότηση τους είναι η μόνη επιλογή για την ανακούφιση της συμφόρησης του δικτύου. Η τεχνική συμπίεσης μειώνει το μέγεθος των δεδομένων, που με τη σειρά της απαιτεί λιγότερο εύρος ζώνης και λιγότερο χρόνο μετάδοσης και σχετικό κόστος. Υπάρχουν αλγόριθμοι που αναπτύχθηκαν για τη συμπίεση δεδομένων, όπως: ο διακριτός μετασχηματισμός συνημιτόνου (DCT), ο διακριτός μετασχηματισμός Wavelet (DWT), ο μετασχηματισμός Walsh Hadamard (WHT), κ.λπ.

2.1 Εικόνα

Μια εικόνα είναι μια δύο διαστάσεων απεικόνιση (2-D) που δίνει την εμφάνιση σε ένα θέμα συνήθως ένα φυσικό αντικείμενο ή ένα πρόσωπο. Ψηφιακά αντιπροσωπεύεται από μια ορθογώνια μήτρα στιγμών διατεταγμένων σε σειρές και στήλες. Η εικόνα 1 δείχνει μια τυπική εικόνα. Το μέγεθος της σειράς (M) και στήλης (N) δίνει το μέγεθος (ή την ανάλυση) της M×N εικόνας. Ένα μικρό μπλοκ (8 × 8) της εικόνας εμφανίζεται στη κάτω δεξιά γωνία, με τη μορφή της μήτρας. Κάθε στοιχείο στη μήτρα αντιπροσωπεύει τις κουκίδες της εικόνας. Κάθε τελεία αντιπροσωπεύει την τιμή του εικονοστοιχείου στη θέση αυτή.



Εικόνα 1 Ψηφιακή αναπαράσταση εικόνας

2.2 Πλεονασμός

Η συμπίεση δεδομένων είναι στην ουσία μια τεχνική μείωσης των πλεονάζοντων στοιχείων. Είναι η τεχνική μείωσης του ποσού δεδομένων που απαιτείται για να απεικονιστεί μια δεδομένη ποσότητα πληροφορίας. Αν οι ίδιες πληροφορίες μπορούν να αναπαρασταθούν χρησιμοποιώντας διαφορετικές ποσότητες δεδομένων, και οι παραστάσεις απαιτούν περισσότερα δεδομένα από πραγματικές πληροφορίες, τότε αυτό αναφέρεται ως πλεονασμός δεδομένων [7]. Υπάρχουν τρία είδη των πλεονασμού που μπορεί να παρουσιαστούν στην εικόνα και βίντεο.

I. χωρικός πλεονασμός II. Φασματικός πλεονασμός III. χρονικός πλεονασμός

Χωρικός πλεονασμός: Το μεγαλύτερο μέρος της εικόνας περιέχει συσχετιζόμενα εικονοστοιχεία. Εάν τα γειτονικά εικονοστοιχεία χωρικά συσχετίζονται μεταξύ τους, τότε αυτό είναι γνωστό ως χωρικός πλεονασμός.

Φασματικός πλεονασμό: Μια συσχέτιση μεταξύ των διαφορετικών επιπέδων χρωμάτων δηλαδή φασματικές ζώνες σε μια εικόνα και βίντεο ονομάζεται φασματικός πλεονασμό.

Χρονικός πλεονασμός: Στις ακολουθίες βίντεο, τα γειτονικά πλαίσια γενικά συσχετίζονται. Αυτό το είδος της συσχέτισης ονομάζεται χρονικός πλεονασμός. Ένα

παράδειγμα χρονικού πλεονασμού φαίνεται στην Εικόνα 2. Η εικόνα δείχνει τρία διαδοχικά πλαίσια μιας ακολουθίας βίντεο. Παρατηρείται όλα τα πλαίσια είναι ίδια εκτός από την θέση των χεριών του ατόμου.



Εικόνα 2 Πλαίσια ακολουθίας βίντεο

2.3 Συμπίεση δεδομένων

Τα πλεονάζοντα δεδομένα απαιτούν μεγάλο αποθηκευτικό χώρο. Η συμπίεση που μπορεί να επιτευχθεί με τη μείωση αυτών των πλεοναζόντων δεδομένων αναφέρεται ως συμπίεση δεδομένων. Μαθηματικά, σημαίνει διαδικασία μετασχηματισμού των μητρών εικονοστοιχείων μιας εικόνας σε στατιστικά ασυσχέτιστες ομάδες δεδομένων.

2.3.1 Αναγκαιότητα συμπίεσης δεδομένων

Ένα πλήρες κίνησης έγχρωμο βίντεο μέγεθους 640×480 έχει 8 bits ανά pixel. Αν είναι μήκους 1 λεπτού, και έχει 30 καρτέ ανά δευτερόλεπτο, ο συνολικός αποθηκευτικός χώρος που απαιτείται για αυτό το βίντεο είναι: $640*480*3*8*60*30/8=1,66\text{GB}$

Αυτό είναι πολύ μεγάλο σε μέγεθος. Όταν το βίντεο προορίζεται για τη μετάδοση μέσω καλωδίου μόντεμ που έχει 5 Mbps τότε, ο χρόνος που απαιτείται για τη μετάδοση αυτού του βίντεο υπολογίζεται ως : $(1,66*10^9*8)/(5*10^6*60)=44$ λεπτά

Το παράδειγμα αυτό δείχνει σαφώς την ανάγκη για τεράστιο αποθηκευτικό χώρο, μεγάλο εύρος ζώνης μετάδοσης και μεγάλο χρονικό διάστημα μετάδοσης για ένα βίντεο 1 λεπτού. Ως εκ τούτου, προκειμένου να μειωθεί η απαιτούμενη ποσότητα αποθήκευσης και εύρους ζώνης μετάδοσης, είναι απαραίτητο να συμπιεστεί η εικόνα ή το βίντεο.

2.3.2 Αρχή συμπίεσης δεδομένων

Η βασική αρχή πίσω από την τεχνική συμπίεσης εικόνας / δεδομένων είναι η μείωση του πλεονασμού. Στη μεθοδολογία συμπίεση εικόνας, γενικά ο φασματικός και χωρικός πλεονασμός θα πρέπει να μειωθούν όσο το δυνατόν περισσότερο, ενώ για τη συμπίεση βίντεο, ο χρονικός πλεονασμός θα πρέπει να μειωθεί. Σε αυτή την εργασία, οι ακολουθίες βίντεο θεωρούνται για ανάλυση. Η συμπίεση επιτυγχάνεται με τη μείωση του χωρικού πλεονασμού των δεδομένων εικόνας / πλαισίου.

2.3.3 Κατηγοριοποίηση συμπίεσης δεδομένων

Οι τεχνικές συμπίεσης δεδομένων ταξινομούνται κυρίως σε δύο ομάδες ως εξής:

I. Τεχνική συμπίεσης χωρίς απώλειες

II. τεχνική συμπίεσης με απώλειες

I. Τεχνική συμπίεσης χωρίς απώλειες

Στις τεχνικές συμπίεσης δεδομένων χωρίς απώλειες, τα αρχικά δεδομένα μπορούν να ανακατασκευαστούν ακριβώς όπως τα αρχικά δεδομένα. Αυτό το είδος των τεχνικών συμπίεσης χρησιμοποιούνται γενικά όπου η ποιότητα ανακατασκευής είναι υψίστης σημασίας, όπως τα εκτελέσιμα προγράμματα, έγγραφα κειμένου, και τους πηγαίοι κώδικες. Μερικά παράδειγμα των τεχνικών συμπίεσης χωρίς απώλειες είναι:

A. μορφή αρχείου zip, και

B. TIFF μορφή εικόνας

II. Τεχνική συμπίεσης με απώλειες

Οι τεχνικές συμπίεσης με απώλειες επιτυγχάνουν συμπίεση δεδομένων, χάνοντας κάποιες πληροφορίες, διατηρώντας παράλληλα την ποιότητα της ανασυγκρότησης. Ως εκ

τούτου, τα δεδομένα δεν μπορούν να ανακατασκευαστούν ακριβώς όπως τα αρχικά. Αυτό χρησιμοποιείται για εφαρμογές όπου απαιτούνται χαμηλοί χώροι αποθήκευσης και γρήγορες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων, διατηρώντας παράλληλα την αποδεκτή ανακατασκευή της ποιότητας των δεδομένων. Τα παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών είναι η συμπίεση εικόνας, το video conferencing, η internet τηλεφωνίας και ούτω καθεξής. Μερικά παράδειγμα των τεχνικών συμπίεσης με απώλειες έχουν ως εξής.

a. JPEG

b. JPEG 2000

2.4 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Η κοινή τυποποιημένη φωτογραφική ομάδα εμπειρογνομόνων (JPEG) αναπτύχθηκε το 1992, με βάση το διακριτό μετασχηματισμό συνημιτόνου (DCT). Υπήρξε μια από τις πιο δημοφιλείς και ευρέως χρησιμοποιούμενες μεθόδους συμπίεσης [8.9]. Αν και η εφαρμογή του υλικού για το JPEG χρησιμοποιώντας το DCT είναι απλή, το αισθητό «μπλοκάρισμα αντικειμένων» στα σύνορα του μπλοκ δεν μπορεί να αγνοηθεί για την υψηλότερη αναλογία συμπίεσης. Επιπλέον, η ποιότητα των ανακατασκευασμένων εικόνων αποδομείται από την επίδραση του «false περιγράμματος» για συγκεκριμένες εικόνες που έχουν σταδιακά σκιασμένες περιοχές [10]. Το ψεύτικο περίγραμμα συμβαίνει όταν μια ομαλά διαβαθμισμένη περιοχή της εικόνας είναι παραμορφωμένη από μια ανωμαλία που οφείλεται σε βαριά κβάντωση των συντελεστών του μετασχηματισμού. Το αποτέλεσμα μοιάζει με ένα χάρτη του περιγράμματος. Η κωδικοποίηση με βάση το διακριτό μετασχηματισμό Wavelet, (DWT) από την άλλη πλευρά, έχει αναδειχθεί ως ένα άλλο αποτελεσματικό εργαλείο για τη συμπίεση της εικόνας [10,11,12], κυρίως χάρη στην ικανότητά του να εμφανίζει την εικόνα σε διαφορετικές αναλύσεις και να επιτυγχάνει υψηλότερη αναλογία συμπίεσης. Η κωδικοποίηση Embedded Zero Tree Wavelet coefficients (EZW) έχει εισαχθεί από τον Shapiro στο [13]. Προκειμένου να επιτύχει υψηλότερη ανάλυση, περισσότερες κλίμακες απαιτούνται στον EZW, που με τη σειρά τους αυξάνουν την πολυπλοκότητα του

αλγορίθμου. Ως εκ τούτου, στο [14] μια άλλη τεχνική κωδικοποίησης: Set Partitioning in Hierarchical coding Techniques (SPIHT) αναπτύχθηκαν, που ξεπερνούν την EZW όσον αφορά την αποτελεσματικότητα της συμπίεσης και της ταχύτητας. Ωστόσο, η κωδικοποίηση SPIHT θεωρείται ότι είναι λιγότερο αποτελεσματική από την πρότυπη JPEG 2000 [15,16]. Ως εκ τούτου στο [17], αναπτύσσεται η Set partitioning Embedded Block Coder (SPECK). Αργότερα, μια τροποποιημένη έκδοση του SPECK για υψηλότερη πολυπλοκότητα προτείνεται στο [18].

Ο διακριτός μετασχηματισμός Walsh Hadamard (DWHT) είναι μια άλλη επιλογή για τις εφαρμογές συμπίεσης εικόνας και βίντεο που απαιτεί λιγότερους υπολογισμούς σε σχέση με το DCT και τον αλγόριθμο DWT. Στο [19], οι συγγραφείς χρησιμοποίησαν τον αλγόριθμο DWHT για τη συμπίεση βίντεο. Ωστόσο, η απόδοση του DWHT είναι κατάλληλη μόνο για τα χαμηλότερα επίπεδα συμπίεσης. Για υψηλότερη αναλογία συμπίεσης, η απόδοση του DWHT μειώνεται δραστικά. Για να επωφεληθεί από τις αντίστοιχες δυνάμεις των επιμέρους δημοφιλή σχήματα κωδικοποίησης, ένα νέο σύστημα, που είναι γνωστό ως υβριδικός αλγόριθμος, δημιουργήθηκε όπου οι δύο τεχνικές μετασχηματισμών εφαρμόζονται μαζί. Υπήρξαν μερικές προσπάθειες αφιερωμένες στην εν λόγω υβριδική εφαρμογή. Στο [20], οι συγγραφείς παρουσίασαν ένα υβριδικό σύστημα μετασχηματισμού για βίντεο κωδικοποίηση, που ελαχιστοποιεί το σφάλμα πρόβλεψης. Ο DWT χρησιμοποιείται για την ενδο-κωδικοποίηση και το DCT για intercoding. Ο Osάμα παρουσιάζει ένα κλιμακούμενη υβριδικό σύστημα για την κωδικοποίηση της εικόνας, που συνδυάζει τόσο τον Wavelet και τον μετασχηματισμό Fourier [21]. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης δείχνουν ότι, με μικρή προσθήκη στην υπολογιστική πολυπλοκότητα της διαδικασίας κωδικοποίησης, η απόδοση του αλγορίθμου PSNR είναι υψηλότερη από εκείνη του SPIHT. Μια εκτεταμένη έκδοση του αλγορίθμου κωδικοποίησης αντικειμένου παρουσιάζεται στο [22]. Οι Yu και Mitra στο [23] εισήγαγαν μια άλλη μορφή του υβριδικού μετασχηματισμού κωδικοποίησης. Η κωδικοποίηση EZW εφαρμόζεται στα συντελεστές wavelets στο πρώτο επίπεδο και η αριθμητική κωδικοποίηση εφαρμόζεται για τη δημιουργία του ρεύματος συμβόλων. Στο [24], οι Singh et al. έχουν εφαρμόσει παρόμοιο υβριδικό αλγόριθμο για ιατρικές εικόνες που χρησιμοποιούν 5-επίπεδη DWT αποσύνθεση. Λόγω του υψηλότερου επιπέδου (5 επίπεδα DWT), το σύστημα απαιτεί μεγάλους υπολογιστικούς πόρους και δεν είναι

κατάλληλο για χρήση σε σύγχρονα πρότυπα κωδικοποίησης.

Η έννοια του συνδυασμού πολλαπλών μετασχηματισμών γίνεται όλο και πιο δημοφιλής τα τελευταία χρόνια, καθώς οι ερευνητές έχουν θέσει την προσπάθεια στην ανάπτυξη συστημάτων με διάφορους διακεκριμένων μετασχηματισμών. Για παράδειγμα, οι συγγραφείς στο [25] παρουσιάζουν ένα εξελικτικό αλγόριθμο για κωδικοποίηση βίντεο όπου ο DWT γίνεται σχετικά με τους συντελεστές DCT. Στο [26] παρουσιάζεται μια υβριδική αρχιτεκτονική όπου τρεις δημοφιλείς μετασχηματισμοί (δηλαδή, Διακριτός μετασχηματισμός Fourier (DFT), διακριτός μετασχηματισμός συνημιτόνου (DCT), και Μετασχηματισμός Haar) έχουν εφαρμοστεί σε ένα μόνο chip. Στο [27] παρουσιάζεται ένα παρόμοιο αλλά πιο αποτελεσματικό υβριδικό σύστημα, όπου οι τρεις ίδιες μετασχηματισμοί έχουν υλοποιηθεί με τη χρήση της δομικής ομοιότητας και κατανομής των πόρων. Επιπλέον, ο μετασχηματισμός Fourier-Wavelets μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της απόδοσης αφαίρεσης θορύβου σε εικόνες [28]. Μια υβριδική δομή Cosine- Wavelet μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ενίσχυση της ασφάλειας στην ψηφιακή υδατογράφηση [29], κ.λπ. Έχουν υπάρξει κάποιες αναφορές για πολλαπλές εφαρμογές IDCT για την υποστήριξη πολλαπλών προτύπων [30-32], που έχει ως αποτέλεσμα βελτιωμένη απόδοση.

2.5 Διαδικασίες συμπίεσης εικόνας/ βίντεο

Μια ευρεία ποικιλία τεχνικών έχουν αναπτυχθεί για τη συμπίεση των ψηφιακών εικόνων και βίντεο. Είναι δύσκολο να ταξινομηθούν οι αλγόριθμους εικόνας και βίντεο κωδικοποίησης σε διακριτές τάξεις, δεδομένου ότι υπάρχει μία σημαντική ποσότητα επικάλυψης μεταξύ των διαφόρων τεχνικών που υπάρχουν. Έχει ήδη αναφερθεί νωρίτερα ότι υπάρχουν δύο πολύ μεγάλες κατηγορίες: χωρίς απώλειες και τις τεχνικές συμπίεσης με απώλειες. Το ενδιαφέρον έχει επικεντρωθεί σχεδόν αποκλειστικά σε τεχνικές με απώλειες εξαιτίας των λόγων συμπίεσης που είναι δυνατόν να επιτευχθούν

με αυτές τις μεθόδους.

Με τις μεθόδους με απώλειες μπορούν επίσης να ταξινομηθούν σε αυτό που ονομάζεται πρώτη γενιά (που ονομάζονται επίσης *Classica* ~ τεχνικές) όπου οι θεωρητικές προσεγγίσεις εφαρμόζονται σε συμπίεση δεδομένων, Και τεχνικές δεύτερης γενιάς, όπου η έμφαση δίνεται στην προσπάθεια να ενσωματωθεί στην κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση η αλυσίδα του ανθρώπινου οπτικού συστήματος. Περαιτέρω κατάταξη στις τεχνικές κωδικοποίησης χρησιμοποιεί τον τομέα στον οποίο λαμβάνει χώρα η επεξεργασία της εικόνας. Έτσι, υπάρχουν τεχνικές χωρικού πεδίου, μετασχηματισμοί πεδίων και υβριδικές μέθοδοι.

Οι κωδικοποιητές βίντεο έχουν σχεδιαστεί χρησιμοποιώντας μία ή περισσότερες από αυτές τις τεχνικές για να επιτευχθεί μείωση του ρυθμού bit. Λόγω της ποικιλομορφίας των τεχνικών αυτών, η καταλληλότητά τους για εφαρμογή εξαρτάται από τη συγκεκριμένη εφαρμογή.

Υπάρχουν αρκετά χαρακτηριστικά των συμπιεστών βίντεο που επιτρέπουν τις συγκρίσεις μεταξύ των συστημάτων για συγκεκριμένες εφαρμογές. Όπως είναι πολύ κοινό στις περισσότερες περιοχές όπου υπάρχουν πολλές μέθοδοι για την επίτευξη ενός δεδομένου έργου, η χρησιμότητα ενός συστήματος συμπίεσης σε σχέση με ένα άλλο εξαρτάται από τη συγκεκριμένη εφαρμογή. Μια εφαρμογή που απαιτεί αμφίδρομη βίντεο επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο θα δίνει έμφαση στην υψηλή συμπίεση, ενώ μια άλλη για την αναπαραγωγή βίντεο σε πραγματικό χρόνο από ένα CD-ROM μπορεί να τονίσει την πιστότητα.

Lossless Methods	Lossy Methods			
	"Classical" Methods			2 nd Generation Methods
	Spatial	Transform	Hybrid	
Huffman Arithmetic Run-Length Lempel-Ziv	DPCM VQ Morphological Interframe VQ	DCT SBC KLT BTC	BTC/VQ SBC/DPCM SBC/VQ	Fractal Contour/Texture Model based VPIC

Εικόνα 3 Κατηγοριοποίηση τεχνικών συμπίεσης

2.5.1 Κριτήρια χρήσης τεχνικών

Η παρακάτω λίστα παρουσιάζει διάφορα κριτήρια αξιολόγησης για κωδικοποιητές βίντεο. Τα κριτήρια που είναι σημαντικά στο στόχο της επίτευξης υψηλών τιμών καρτέ στον αποκωδικοποιητή προσδιορίζονται για την αξιολόγηση των διαθέσιμων τεχνικών συμπίεσης. Ιδανικά ένα σύστημα συμπίεσης βίντεο, ή οποιοδήποτε σύστημα συμπίεσης για το θέμα αυτό, θα πρέπει να έχει υψηλή αναλογία συμπίεσης, υψηλή πιστότητα, χαμηλή πολυπλοκότητα της εφαρμογής και θα πρέπει να είναι πολύ ευέλικτο.

Η Συμπίεση είναι από τις πιο σημαντικές παραμέτρους απόδοσης. Η ποσότητα της συμπίεσης που επιτυγχάνεται μπορεί να μετρηθεί με διάφορους τρόπους. Μερικές από τις συμβάσεις που χρησιμοποιούνται είναι ο λόγος συμπίεσης (λόγος ασυμπίεστων bits με συμπιεσμένα bits) και ο μέσος αριθμός των bit ανά pixel (BPP). Η συμπίεση εγχρώμων εικόνων είναι συχνά υψηλότερη ανά χρωματικό εικονοστοιχείο από την `γκρι-κλίμακας της εικόνας, αν επιτευχθεί στο χώρο ΥΙQ.

Στην κωδικοποίηση βίντεο επιπλέον συμπίεση μπορεί να προκύψει με την αξιοποίηση του πλεονασμού μεταξύ καρτέ που είναι σύμφυτος με τα σήματα βίντεο. Εάν αυτός ο πλεονασμός αξιοποιείται, υψηλότερες αναλογίες συμπίεσης είναι εφικτές για ακολουθίες βίντεο.

Η καθαρότητα (Fidelity) αναφέρεται στην ποιότητα της αποσυμπεσμένης ροής βίντεο. Αν και αυτό που μετράει σε τελική ανάλυση είναι η υποκειμενική ποιότητα είναι, αντικειμενικά μέτρα, όπως το σήμα κορυφής προς θόρυβο (PSNR) χρησιμοποιούνται συχνά για σκοπούς σύγκρισης. Λόγω της έλλειψης καλών μέτρων στρέβλωσης αυτά τα αντικειμενικά μέτρα δεν είναι παρά μέθοδοι που αντικατοπτρίζουν την υποκειμενική ποιότητα. Συχνά, το μείζων κίνητρο στην εφαρμογή των τεχνικών δεύτερης γενιάς είναι ότι έχουν βρεθεί να είναι πολλά υποσχόμενες για την επίτευξη πολύ υψηλής αναλογίας συμπίεσης, διατηρώντας παράλληλα καλή ποιότητα.

Εκτός από τη δυνατότητα να ανακατασκευαστούν τα πλαίσια όσο πιο κοντά στην αρχική τους εμφάνιση όσο το δυνατόν, οι ρυθμοί καρτέ και η διάσταση του κάθε καρτέ είναι σημαντικοί παράγοντες για τα κριτήρια πιστότητας.

Επεκτασιμότητα, στο πλαίσιο της συμπίεσης βίντεο, είναι ένα χαρακτηριστικό της κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης. Επεκτασιμότητα σημαίνει ότι ο αλγόριθμος κωδικοποίησης βίντεο συμπιέζει το βίντεο σε πολλαπλές αναλύσεις πλαισίων, πολλαπλές σειρές των ζωνών συχνοτήτων και το βάθος πολλών εικονοστοιχείων χρωμάτων και ότι αυτά μεταδίδονται ή αποθηκεύονται σε μια ιεραρχική μορφή. Έτσι, τα συμπιεσμένα ρεύματα βίντεο μπορούν να αποκωδικοποιηθούν και να εμφανίζονται σε διαφορετικούς ρυθμούς καρέ, αναλύσεις και μεγέθη πλαισίου και καθυστέρησης ανάλογα με τους διαθέσιμους προς τον αποκωδικοποιητή ή κωδικοποιητή πόρους. Είναι ένα πολύ επιθυμητό χαρακτηριστικό σε οποιοδήποτε κωδικοποιητή.

Η Πολυπλοκότητα αναφέρεται στη σχετική ευκολία με την οποία το σύστημα συμπίεσης εφαρμόζεται τόσο στον κωδικοποιητή και του αποκωδικοποιητή. Ανάλογα με την εφαρμογή, μπορεί να απαιτείται να έχουν χαμηλή πολυπλοκότητα αποκωδικοποιητή, χαμηλή πολυπλοκότητα κωδικοποιητή ή και τα δύο. Οι όροι ευκολία της κωδικοποίησης / αποκωδικοποίησης και του κόστους χρησιμοποιούνται συχνά για να αναφερθούν στην πολυπλοκότητα των κωδικοποιητών.

2.6 Αλγόριθμοι συμπίεσης στο χώρο

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.

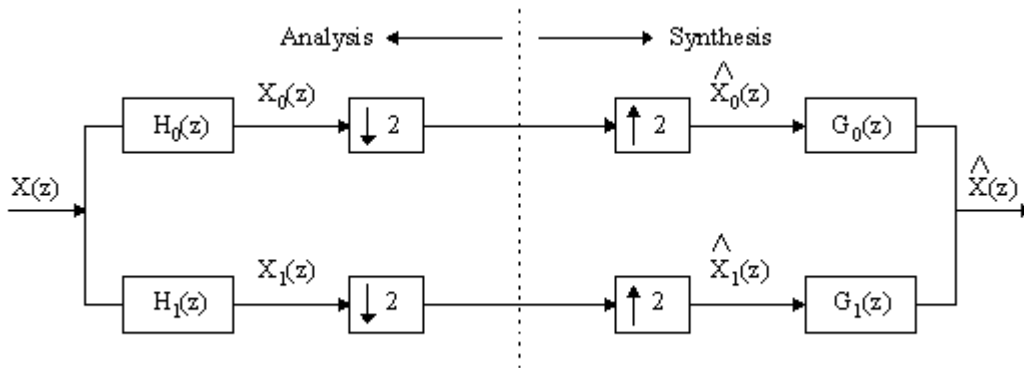
Ο αλγόριθμος συμπίεσης με πρόβλεψη (prediction coding) εντοπίζει τα λάθη πρόβλεψης της τιμής ενός pixel που είναι πολύ μικρά όταν η πρόβλεψη βασίζεται σε γειτονικά pixel. Ο αλγόριθμος αυτός για να προβεί σε μια μεγαλύτερη και αξιόπιστη πρόβλεψη λαμβάνει υπόψιν του όλο και περισσότερα γειτονικά pixel. 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:



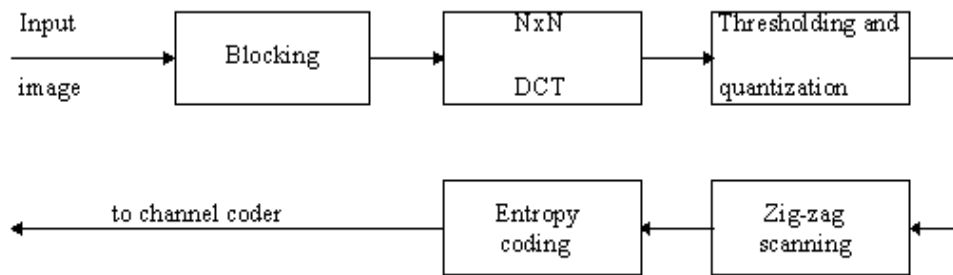
Εικόνα 4 Διάγραμμα ροής για κωδικοποίηση subband μιας διάστασης

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.

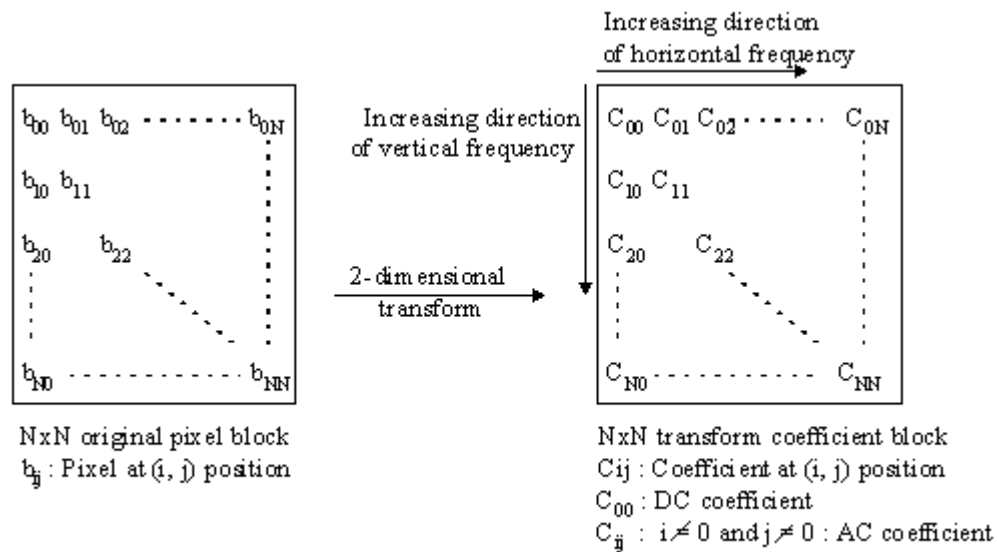
Βήματα για την περίπτωση χρήσης του DCT μετασχηματισμού:

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.

- 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 κατωφλίωση.
- Για εξασφάλιση μέσων τιμών των μπλοκ, οι DC συντελεστές της κατωφλίωσης καθώς και οι τιμές τους κβαντίζονται με μικρότερα βήματα.



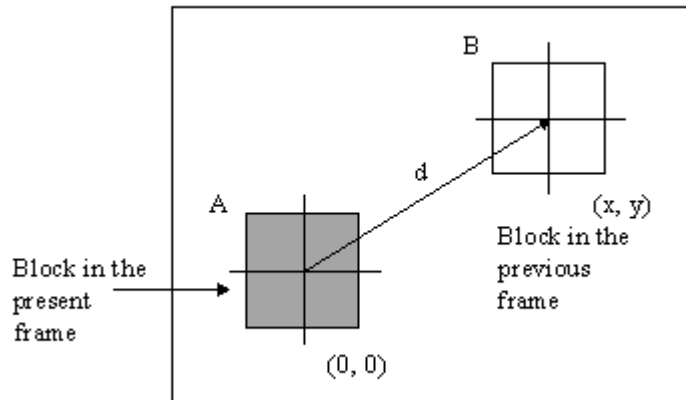
Εικόνα 5 Δομικό διάγραμμα βασικού DCT



Εικόνα 6 Μετασχηματισμός μπλοκ

2.7 Αλγόριθμοι συμπίεσης στο χρόνο

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.



Εικόνα 7 Διάνυσμα προσέγγισης κίνησης

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.

2.8 Απλοποιημένη ταξινόμηση των τεχνικών συμπίεσης

1. Κωδικοποίηση Εντροπίας
2. Κωδικοποίηση πηγής
3. Υβριδική κωδικοποίηση

Κωδικοποίηση Εντροπίας:

Δεν λαμβάνεται υπόψη το είδος της πληροφορίας που θα συμπιεστή

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)

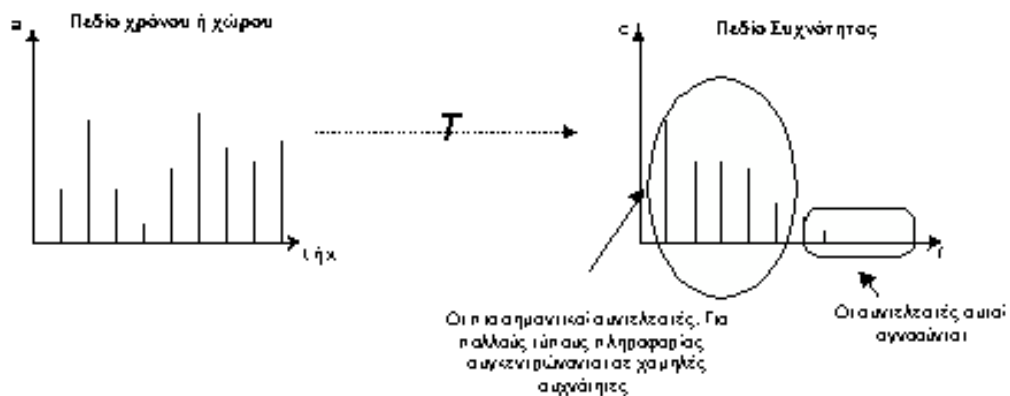
Υβριδική κωδικοποίηση:

Jpeg, Mpeg, H.263

2.9 Κωδικοποίηση μετασχηματισμού

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.



Εικόνα 8 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

συμπύεση με απώλειες, παρ' όλα αυτά, οι μετασχηματισμοί από μόνοι τους είναι αντιστρεπτοί.

2.10 Διαφορική ή προβλεπτική κωδικοποίηση

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 συμπύεση 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.

2.11 Διανυσματική κβαντοποίηση

Βασίζεται στην κωδικοποίηση της πηγής, τα βασικά χαρακτηριστικά της

- 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’.

2.12 Συμπίεση 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

2.13 Συμπύεση με fractals

Αν στην περίπτωση μιας εικόνας και ενός βίντεο προχωρήσουμε στη συμπύεση 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.

2.14 Συμμετρία των τεχνικών συμπίεσης

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.

2.15.Συστήματα πολυμέσων ελεγχόμενα από τον υπολογιστή

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 κατανεμημένες 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.

Κεφάλαιο 3^ο - Διακριτός μετασχηματισμός συνημίτονου - Χρήση σε συμπίεση βίντεο

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:

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 τμές 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:

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 Συμπύεση πλεονασματικής πληροφορίας με την τεχνική dct

Στο προηγούμενο κεφάλαιο, αναλύσαμε σε μεγάλο βαθμό το ρόλο της συμπύεσης και πώς αυτή βοηθάει κάθε είδους πληροφορία. Τώρα θα αναλύσουμε πάλι τον ρόλο της συμπύεσης 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 Ψηφιακή συμπίεση-μείωση ρυθμού πληροφορίας

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 8×8 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:

1. η κωδικοποίηση από κίνηση blocks intrafield έχει μικρότερη αποτελεσματικότητα στην περίπτωση περιοχής υψηλής λεπτομέρειας εικόνας που δεν έχει κατακόρυφη ή οριζόντια δομή λεπτομερειών
2. 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 Υ₀₀. 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 Υ₀₀ 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.

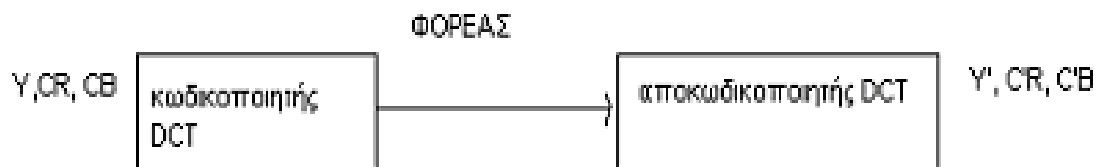
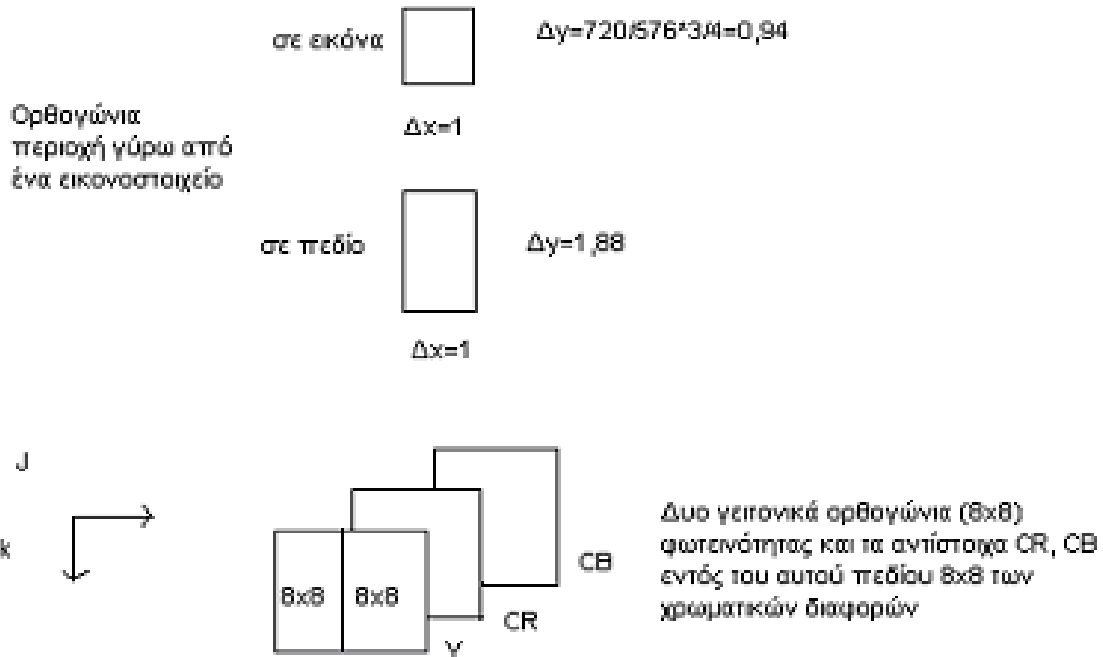
Η εκμετάλλευση του χωρικού πλεονασμού (ενδοπλασματική διεργασία) Το μετασχηματισμένο κατά την απομάκρυνση του χωρικού πλεονασμού, ψηφιακοποιημένο σήμα βίντεο, αρχικά υφίσταται Μετασχηματισμό Διακριτού Συνημιτόνου και στην συνέχεια το μετασχηματισμένο σήμα κβαντίζεται και κωδικοποιείται. Στην περίπτωση 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 μετασχηματισμός διακριτού συνημιτόνου επί των 8x8 ψηφιακών τιμών των δειγμάτων κάθε ορθογωνίου. Επισημαίνεται ότι ο μετασχηματισμός εφαρμόζεται επί των ψηφιακών τιμών των δειγμάτων.

ΔΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ (8x8, intrafield) DCT



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 8x8 των
δύο επεξεργαστές
DCT:

$$C_r \dot{\vee} C_b$$

. Αν χρησιμοποιηθούν

- Ο ένας για τη φωτεινότητα

$$C_r C_b$$

- Και ο άλλος για τις χρωματικές διαφορές ,

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

Οχτώ συνεχόμενων γραμμών (του αυτού πεδίου).

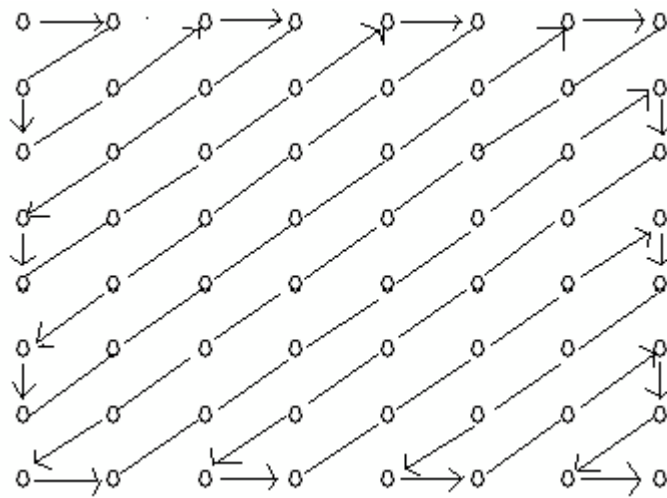
$, C_b$

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 στάθμες.

2048= 2



Εικόνα 9 Διαγώνια σάρωση (zig-zag) των 64 συντελεστών DCT

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 Μεταβλητού μήκους κωδικοποίηση - 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 σειρίτι 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 και C_b παράγεται κάθε 8 γραμμές. Κάθε

C_r

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 Συστήματα παλμοκωδικής διαμόρφωσης εικόνας και ήχου (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 Τ/Ο 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 Γενικά χαρακτηριστικά πρότυπου 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 Σύνοψη προδιαγραφής των τ/ο κωδικοποιητών / αποκωδικοποιητών συνιστωσών βίντεο 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 T/O 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 διαπεδικό 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.

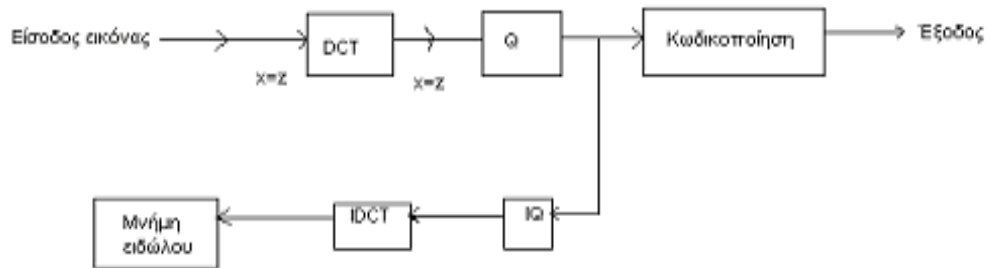
3.8 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΕΙΚΟΝΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ DCT

Τόποι κωδικοποίησης:

Χρησιμοποιούνται δυο τρόποι επεξεργασίας,

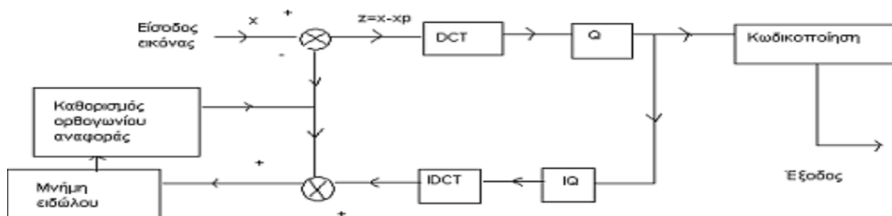
- επεξεργασίας εντός του αυτού πεδίου εικόνας και
- επεξεργασίας μεταξύ πεδίων εικόνας και μεταξύ πλαισίων εικόνας.

Ενδοπεδικός τρόπος



Εικόνα 10 Ενδοπεδικού τρόπου

Διαπεδικός και διαπλασιακός τρόπος



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 και 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 Δόμηση 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,

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

-δύο καναλιών των 8 Kbit/s για χρονοκώδικες.

Η δομή διευθετείτε 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

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.751της

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.

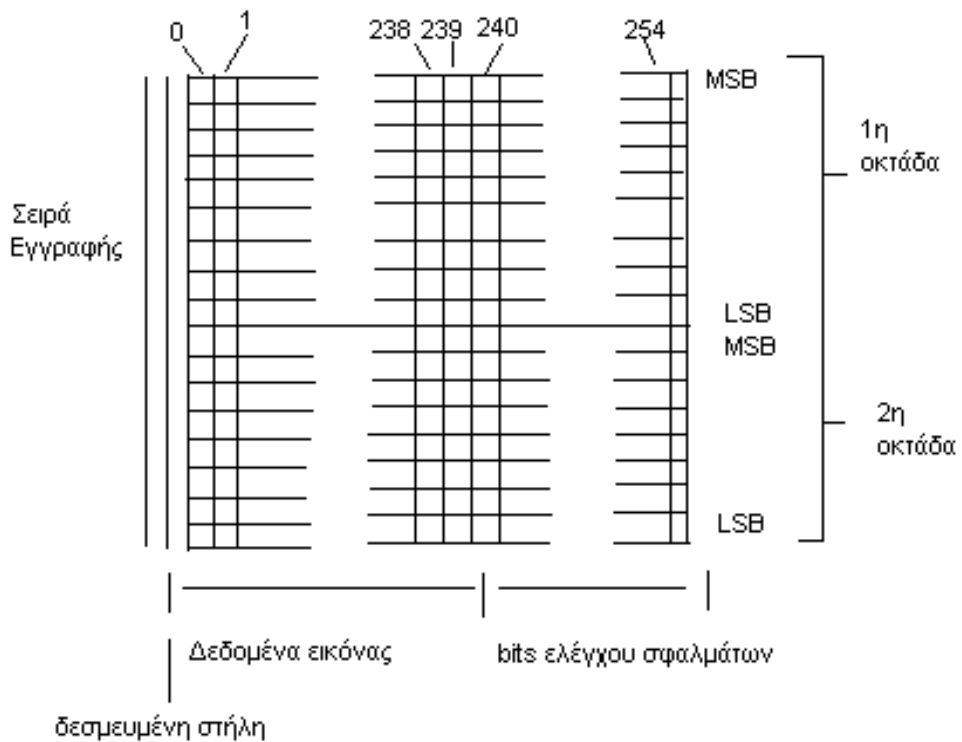
3.10 Λαθοπροστασία

Εμπροσθόδητη προστασία και διόρθωση σφαλμάτων

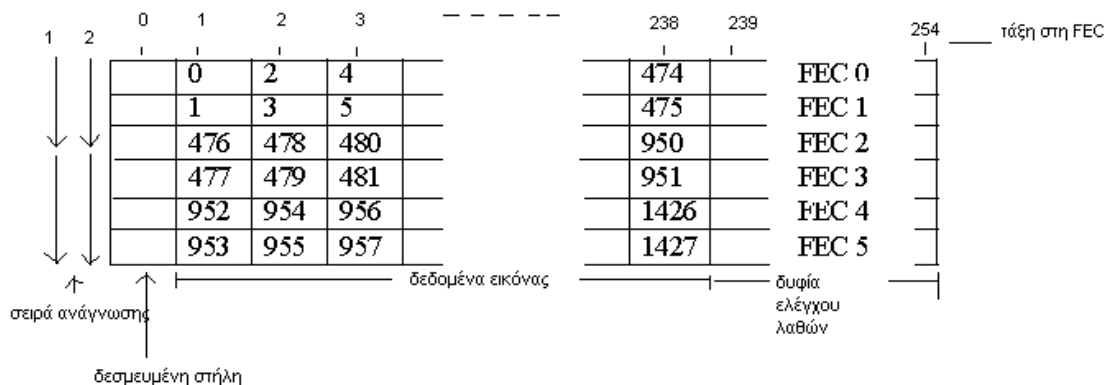
Το μεταδιδόμενο σήμα προστατεύεται από σφάλματα του φορέα μετάδοσης με τη βοήθεια ενός κώδικα Reed Solomon (255, 239), ο οποίος χρησιμοποιείται για να διορθώσει 8 οκτάδες σφαλμάτων και ο οποίος έχει 2 οκτάδες διεμπλοκής. Το πολυωνύμου γεννήτριας του κώδικα RS δίδεται από τη σχέση:

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 μεγάλο ρυθμό λαθών

-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 Κωδικοποιητές κατά 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 Ψηφιακή παροχή

Δημιουργείται από την πολυπλεξία των επί μέρους ψηφιακών παροχών, βίντεο, ήχου και δεδομένων. Με αποτέλεσμα: η δημιουργία ενός ολοκληρωμένου

συμπιεσμένου 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 Δόμηση χρονοπλαισίου κατά 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”

Κβαντισμένοι συντελεστές DCT ενός ορθογωνίου 8x8 μεταβλητού μήκους κωδικοποίηση- VLC)

Βαθμίδα ορθογωνίου

Διεύθυνση μακροορθογωνίου	Τρόπος	(προαιρετική) τιμή κβάντισης	Ανύοματα μετατόπισης	Κωδικοποιημένη παλμοσειρά ορθογωνίου	Ορθογώνια φωτεινότητας	Ορθογώνια χρωματικότητας
---------------------------	--------	------------------------------	----------------------	--------------------------------------	------------------------	--------------------------

Βαθμίδα μακροορθογωνίου (4 ορθογ. Φωτεινότητας & 2 ορθογ. Χρωματικότητας για 4:2:0 video)

Κωδικός έναρξης	Διεύθυνση λωρίδας	Τιμή κβάντισης	Μακροορθογώνιο 0	Μακροορθογώνιο 1	...	Μακροορθογώνιο n-1
-----------------	-------------------	----------------	------------------	------------------	-----	--------------------

Βαθμίδα λωρίδων (n μακροορθογωνίων)

Κωδικός έναρξης	Σημείες εικόνας	Λωρίδα 0	Λωρίδα 1	...	Λωρίδα m-1
-----------------	-----------------	----------	----------	-----	------------

Βαθμίδα εικόνων (m λωρίδων)

Κωδικός έναρξης	Ακολουθία παραμέτρων	Μήτρα κβάντισης	Όψη κστάθμη	Εικόνα 0	Εικόνα 1	..	Εικόνα p-1
-----------------	----------------------	-----------------	-------------	----------	----------	----	------------

Βαθμίδα ακολουθιών (p εικόνων)

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.

3.16 Επεξεργασία συμπίεσης

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.

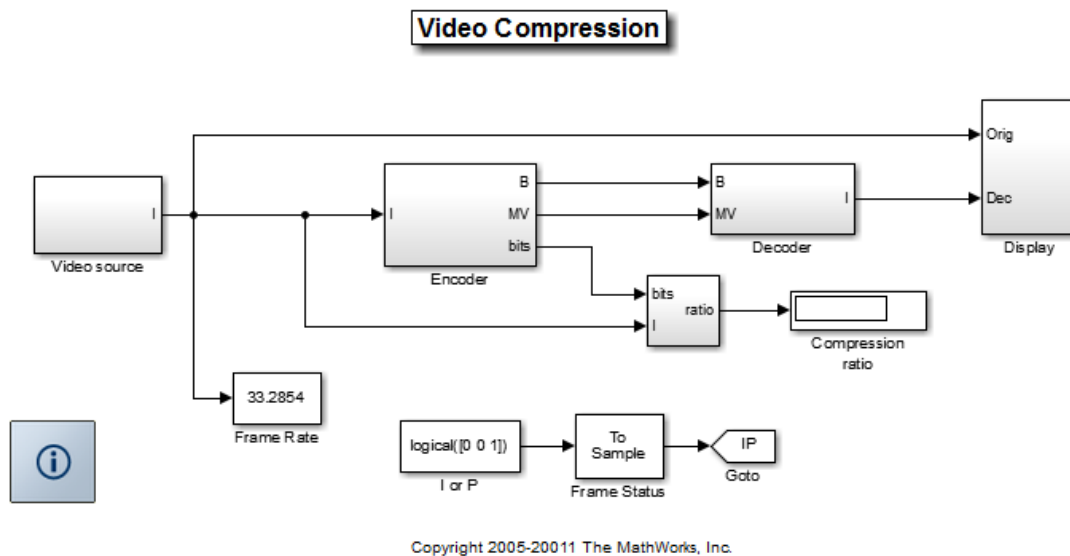
- Στην πλευρά λήψης ψηφιακής παροχής γραμμής εισόδου θα πρέπει να αναδιανεμηθεί σωστά στους επεξεργαστές λήψης, παρέχοντας την πληροφορία με κάποιο είδος ετικέτας ώστε να αναγνωρίζονται εύκολα στην πλευρά λήψης, κάνοντας χρήση μικρής ποσότητας της συνολικής ψηφιακής παροχής γραμμής.

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.

Κεφάλαιο 4^ο - Εφαρμογή συμπίεσης βίντεο DCT στο matlab

Το πρόγραμμα Matlab χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή του συστήματος συμπίεσης βίντεο, μέσω του διακριτού μετασχηματισμού του συνημίτονου της εργασίας. Το σύστημα συμπίεσης υλοποιείται στην Simulink, και παρουσιάζεται στην εικόνα που ακολουθεί (εικ. 12).

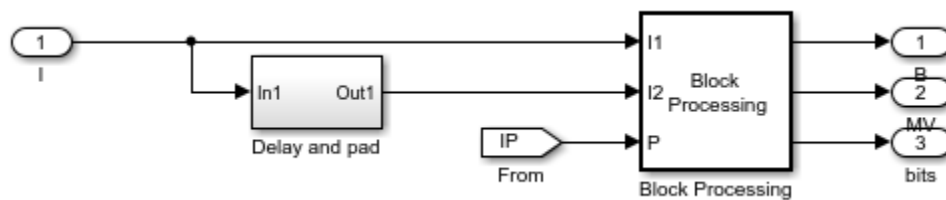


Εικόνα 12 Το σύστημα συμπίεσης βίντεο στην simulink

Το σύστημα υπολογίζει τα διανύσματα κίνησης μεταξύ διαδοχικών καρέ και τα χρησιμοποιεί για τη μείωση των περιττών πληροφοριών. Στη συνέχεια, διαιρεί κάθε πλαίσιο σε υποπίνακες και εφαρμόζει το διακριτό μετασχηματισμό συνημίτονου σε κάθε υποπίνακα. Τέλος, εφαρμόζεται μια τεχνική κβαντισμού για την επίτευξη περαιτέρω συμπίεσης. Το υποσύστημα αποκωδικοποιητής (decoder) εκτελεί την αντίστροφη διαδικασία για να ανακτήσει το αρχικό βίντεο.

4.1 το σύστημα του κωδικοποιητή (encoder)

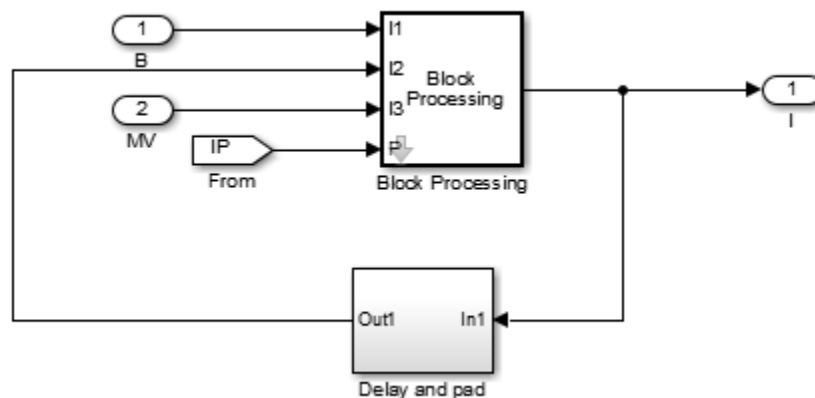
Το μπλοκ επεξεργασίας στέλνει 16-από-16 υποπίνακες κάθε καρέ του βίντεο στο υποσύστημα του μπλοκ για επεξεργασία. Μέσα σε αυτό το υποσύστημα, το μοντέλο εφαρμόζει μια τεχνική αντιστάθμισης κίνησης και το DCT στο ρεύμα βίντεο. Με την απόρριψη πολλών συντελεστών υψηλής συχνότητας στην έξοδο του DCT, το μοντέλο μειώνει τον bit rate του βίντεο εισόδου. Το υποσύστημα επεξεργασίας παρουσιάζεται στην εικ. 13.



Εικόνα 13 Το υποσύστημα του κωδικοποιητή

4.2 Το υποσύστημα του αποκωδικοποιητή

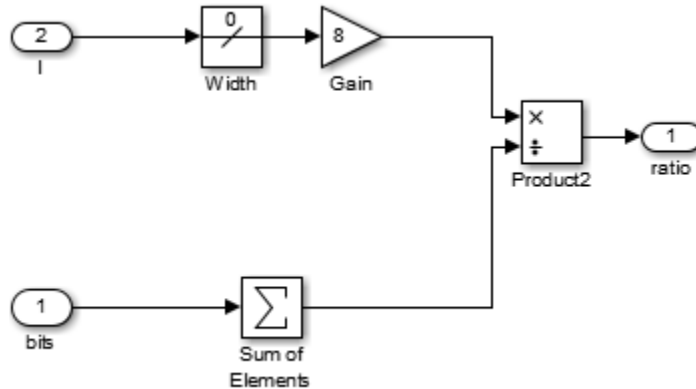
Ο αποκωδικοποιητής λαμβάνει το συμπιεσμένο βίντεο και παράγει την τελική του μορφή. Το υποσύστημα παρουσιάζεται στην εικ. 14



Εικόνα 14 Το υποσύστημα του αποκωδικοποιητή.

4.3 Υπολογισμός λόγου συμπίεσης

Ο λόγος συμπίεσης υπολογίζεται στο αντίστοιχο μπλόκ υποσυστήματος που παρουσιάζεται στην εικ. 15,



Εικόνα 15 Το υποσύστημα υπολογισμού του λόγου συμπίεσης

Στο σύστημα εισάγεται το αρχικό βίντεο (σε bits) και τα τελικά bits από την κωδικοποίηση/ συμπίεση. Το αρχικό βίντεο ενισχύεται ενώ τα συμπιεσμένα bits αθροίζονται. Ο τελικός λόγος συμπίεσης προκύπτει ως ο λόγος των δύο.

4.4 Αποτελέσματα χρήσης μοντέλου

Στο σύστημα εισάγεται ένα ασπρόμαυρο βίντεο λίγων δευτερολέπτων. Η αρχική και τελική (συμπιεσμένη) μορφή παρουσιάζονται στις εικόνες που ακολουθούν.



Εικόνα 16 Στιγμιότυπο του αρχικού βίντεο



Εικόνα 17 Στιγμιότυπο του συμπιεσμένου βίντεο.

Είναι εμφανές ότι το συμπιεσμένο βίντεο δεν είναι τόσο σαφές όσο το αρχικό βίντεο, που εμφανίζεται στην εικ. 16, αλλά εξακολουθεί να περιέχει πολλά από τα χαρακτηριστικά του.

Ο λόγος συμπίεσης κυμαίνεται από 9.3 έως και 30, σε σημεία όπου δεν υπάρχει κίνηση.

Κεφάλαιο 5^ο - Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία εξετάστηκε και παρουσιάστηκε η χρήση του διακριτού μετασχηματισμού συνημίτονου για την επεξεργασία/συμπίεση βίντεο. Η χρήση του μετασχηματισμού, έδειξε ότι είναι δυνατή η συμπίεση βίντεο, χωρίς την σημαντική αλλοίωση των παραμέτρων του βίντεο.

Βιβλιογραφία

- [1] I.H. Barkdoll, B.L. McGlamery: “An online Image processing system”. Proceedings of the 1968 23rd ACM national conference Pages: 705 - 716, Year of Publication: 1968
- [2] Robert Leggat: A History of Photography.
<http://www.rleggat.com/photohistory/index.html>
- [3] Bottou, L., Howard, P. G., and Bengio, Y. “The Z-Coder Adaptive Binary Coder”, Proc. IEEE DCC, Mar. 1998, pp. 13-22,
<http://www.research.att.com/~leonb/PS/bottou-howard-bengio.ps.gz>.
- [4] Pavel A. Chochia, “Image enhancement using sliding histograms”, Computer Vision, Graphics, and Image Processing, v.44 n.2, p.211-229, Nov. 1988
- [5] <http://www.quantlet.com/mdstat/scripts/wav/html/wavhtmlnode13.html>
- [6] P. N. Topiwala, Wavelet image and video compression. Kluwer Academic, 1998.
[2] B. Furht, Ed., Encyclopedia of Multimedia. Springer, 2006.
- [7] R. K. Rao and P. Yip, Discrete Cosine Transform: Algorithms,

- Advantages and Applications. NY: Academic, 1990.
- [8] W. B. Pennebaker and J. L. Mitchell, JPEG Still Image Data Compression Standard, 3rd ed. New York: Springer, 1993.
- [9] G. Joy and Z. Xiang, “Reducing false contours in quantized color images,” *Computer and Graphics*, Elsevier, vol. 20, no. 2, pp. 231–242, 1996.
- [10] L. Chen, VLSI Design of Wavelet Transform: Analysis, Architecture and Design Examples. Imp. College press, 2007.
- [11] R. A. DeVore, B. Jawerth, and B. J. Lucier, “Image compression through wavelet transform coding,” *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 38, no. 2, pp. 719–746, 1992.
- [12] G. Strang and T. Nguyen, *Wavelets and Filter Banks*. Cambridge Press, 1996.
- [13] J. M. Shapiro, “Embedded image coding using zerotrees of wavelet coefficients,” *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 41, no. 12, pp. 3445–3462, 1993.
- [14] A. Said and W. A. Pearlman, “A new, fast, and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees,” *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 6, no. 3, pp. 243–250, 1996.
- [15] ISO/IECJTC1/SC29/WG1 N871 R, “Embedded, independent block-based coding of subband data,” July 1998.
- [16] ISO/IECJTC1/SC29/WG1 N1020 R, “EBCOT: Embedded block coding with optimized truncation,” Oct. 1998.
- [17] A. Said and W. Pearlman, “Low-complexity waveform coding via alphabet and sample-set partitioning in visual communications and image processing,” in *Proc. SPIE*, 1997, pp. 25–
- [18] S.-T. Hsiang and J. W. Woods, “Embedded image coding using zeroblocks of subband/wavelet coefficients and context modeling,” in *Proc. ISCAS 2000 Geneva Circuits and Systems*, vol. 3, 2000, pp. 662–665.

- [19] R. Costantini, J. Bracamonte, G. Ramponi, J. L. Nagel, M. Ansorge, and F. Pellandini, "Low complexity video coder based on discrete Walsh Hadamard transform," in Proc. European signal processing conference, 2002, pp. 1217–1220.
- [20] M. Ezhilarasan and P. Thambidurai, "A hybrid transform technique for video coding," LNCS, vol. 4308, pp. 503–508, 2006.
- [21] U. S. Mohammed, "Highly scalable hybrid image coding scheme," Digital Signal Processing, Science Direct, vol. 18, pp. 364–374, 2008.
- [22] U. S. Mohammed and W. M. Abd-elhafiez, "Image coding scheme based on object extraction and hybrid transformation technique," Int. J. of Engineering Science and Technology, vol. 2, no. 5, pp. 1375–1383, 2010.
- [23] T.-H. Yu and S. K. Mitra, "Wavelet based hybrid image coding scheme," in Proc. IEEE Int Circuits and Systems Symp, vol. 1, 1997, pp. 377–380.
- [24] R. Singh, V. Kumar, and H. K. Verma, "DWT-DCT hybrid scheme for medical image compression," Medical Engineering and Technology, vol. 31, pp. 109–122, 2007.
- [25] F. Zhijun, Z. Yuanhua, and Z. Daowen, "A scalable video coding algorithm based DCT- DWT," in Proc. 3rd IEEE Int. Symp. Signal Processing and Information Technology, 2003, pp. 247–249.
- [26] P. J. Paul and P. N. Girija, "A novel VLSI architecture for image compression," in Proc. ISM'06 Multimedia Eighth IEEE Int. Symp, 2006, pp. 794–795.
- [27] K. A. Wahid, M. A. Islam, S. S. Shimu, M. H. Lee, and S. Ko, "Hybrid architecture and VLSI implementation of the Cosine-Fourier-Haar transforms," Circuits, Systems, and Signal Processing, vol. 29, no. 6, pp. 1193–1205, 2010.
- [28] S. Jiang and X. Hao, "Hybrid Fourier-Wavelet image denoising," Electronics Letters, vol. 43, no. 20, pp. 1081–1082, 2007.
- [29] A. H. Ali, "Combined DWT-DCT digital image water marking," Computer science,

- vol. 3, no. 9, pp. 740–746, 2007.
- [30] H. Qi, Q. Huang, and W. Gao, “A low-cost very large scale integration architecture for multistandard inverse transform,” *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, vol. 57, no. 7, pp. 551–555, 2010.
- [31] C. Fan and G. Su, “Fast algorithm and low-cost hardware-sharing design of multiple integer transforms for VC-1,” *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, vol. 56, no. 10, pp. 788–792, 2009.
- [32] C. P. Fan and G. A. Su, “Efficient fast 1-d 8×8 inverse integer transform for VC-1 application,” *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 19, no. 4, pp. 1–7, 2009.