



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Πνευματικά δικαιώματα και Υδατοσήμανση σε MPEG videos με τη
χρηση του motion vector»**

Κωνσταντίνος Λ. Γερογιώκας

Επιβλέποντες: Σταμούλης Γεώργιος, Καθηγητής

Παπαδάκης Νικόλαος, Συμβασιούχος ΠΔ407/80

ΒΟΛΟΣ
ΙΟΥΛΙΟΣ 2010

Πρόλογος

Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζεται και υλοποιείται μια τεχνική υδατοσήμανσης ψηφιακού βίντεο κωδικοποιημένου κατά το πρότυπο MPEG-1. Η θεματική περιοχή της εργασίας αφορά στην προστασία των πνευματικών δικαιωμάτων σε ψηφιακά δεδομένα βίντεο χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους υδατοσήμανσης. Επίσης γίνεται μια αναφορά σε μεθόδους και πρότυπα συμπίεσης ψηφιακής εικόνας, ήχου και βίντεο και συγκεκριμένα στα πρότυπα MPEG τα οποία έχουν επικρατήσει ευρέως στον ψηφιακό κόσμο.

Πιο συγκεκριμένα η διάρθρωση της εργασίας ανά κεφάλαιο έχει ως εξής:

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται λόγος για την προστασία των πνευματικών δικαιωμάτων, τους περιορισμούς της και την ισχύουσα νομοθεσία από την οποία διέπεται. Εν συνεχεία αναφέρονται τεχνολογικά μέτρα προστασίας των πνευματικών δικαιωμάτων. Τέλος γίνεται αναφορά στην ψηφιακή υδατοσήμανση, στις ιδιότητες, στις προδιαγραφές, στο κόστος αλλά και στις επιθέσεις στις οποίες υπόκειται αυτή.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται η υδατοσήμανση ψηφιακού βίντεο και οι διάφορες μέθοδοι που έχουν εφαρμοστεί έως τώρα. Στη συνέχεια περιγράφονται οι ιδιότητες, οι εφαρμογές, οι προδιαγραφές καθώς και τα διάφορα εργαλεία υδατοσήμανσης ψηφιακού βίντεο. Τέλος γίνεται μια επίδειξη υδατοσήμανσης ψηφιακού βίντεο με το εργαλείο Virtualdubmod.

Στο τρίτο κεφάλαιο αρχικά γίνεται μια εισαγωγή στις τεχνικές συμπίεσης εικόνας και ήχου οι οποίες αποτελούν την βάση για τα πρότυπα συμπίεσης εικόνας JPEG και βίντεο MPEG. Στη συνέχεια του κεφαλαίου γίνεται μια εκτενής αναφορά στις προδιαγραφές των προτύπων MPEG που έχουν παρουσιαστεί μέχρι τώρα καθώς και στην διάρθρωση και λειτουργία του MPEG συστήματος.

Στο τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζεται και αναλύεται η μέθοδος υδατοσήμανσης ψηφιακού βίντεο βασισμένη στα διανύσματα κίνησης (motion vectors). Αρχικά εκτείνεται το απαραίτητο γνωστικό υπόβαθρο του προτύπου MPEG-1 έτσι ώστε ο αναγνώστης να αντιληφθεί στην πράξη την αναλυόμενη μέθοδο υδατοσήμανσης. Επίσης γίνεται μια επισκόπηση αλγορίθμων για την εύρεση πανομοιότυπου macroblock. Τέλος αναλύεται η υλοποίηση της συγκεκριμένης μεθόδου και εκτείνονται συμπεράσματα και αξιολογήσεις.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Τεχνικές υδατοσήμανσης ψηφιακού βίντεο.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Πνευματικά δικαιώματα, υδατοσήμανση ψηφιακού βίντεο, MPEG videos, διανύσματα κίνησης (motion vectors).

Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα και καθοδηγητή της παρούσας εργασίας κ. Νικόλαο Παπαδάκη για την απρόσκοπτη επικοινωνία και συμβολή καθ' όλη τη διάρκεια της διεκπεραίωσής της. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον πρόεδρο του τμήματος και εξάίρετο επιστήμονα κ. Γεώργιο Σταμούλη για την στήριξη και την βοήθεια καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου στο τμήμα.

Τέλος θα ήθελα να εκφράσω την αμέριστη ευγνωμοσύνη στους γονείς μου και στους φίλους που μου συμπαραστάθηκαν και με στήριξαν όλο αυτό το χρονικό διάστημα μέχρι την ολοκλήρωση των προπτυχιακών σπουδών μου.

Περιεχόμενα

1. Πνευματικά δικαιώματα & Υδατοσήμανση	8
1.1 Πνευματικά δικαιώματα – Πνευματική Ιδιοκτησία	8
1.1.1 Τι είναι πνευματικά δικαιώματα	8
1.1.2 Βασικές έννοιες	9
1.1.3 Περιορισμοί των πνευματικών δικαιωμάτων	11
1.1.4 Λόγοι προστασίας και διαχείρισης πνευματικών δικαιωμάτων της ψηφιακής πληροφορίας	13
1.1.5 Νόμοι για τα πνευματικά δικαιώματα	15
1.1.6 Πνευματικά Δικαιώματα και Τεχνολογία	16
1.2 Τεχνολογικά μέσα προστασίας	17
1.2.1 Ορισμοί	17
1.2.2 Τεχνολογικά μέτρα προστασίας	18
1.2.2 Χαρακτηριστικά Απόδοσης Τεχνολογικών Μέσων	21
1.3 Ψηφιακή Υδατοσήμανση	22
1.3.1 Εισαγωγικά Στοιχεία	22
1.3.2 Ψηφιακή Υδατοσήμανση	24
1.3.3 Βασικές αρχές υδατοσήμανσης	25
1.3.4 Τύποι και χρήσεις υδατογραφημάτων	26
1.3.5 Εφαρμογές	28
1.3.6 Ιδιότητες	30
1.3.7 Εργαλεία υδατοσήμανσης	30
1.3.8 Προδιαγραφές υδατοσήμανσης ψηφιακών αρχείων	32
1.3.9 Κόστος	35
1.3.10 Επιθέσεις	36
Βιβλιογραφία κεφαλαίου	42
2. Τεχνικές Υδατοσήμανσης ψηφιακού βίντεο – Ιδιότητες - Εφαρμογές	43
2.1 Υδατοσήμανση ψηφιακού βίντεο	43
2.1.1 Ορολογία	45
2.2 Τύποι υδατοσήμανσης ψηφιακού βίντεο	45
2.3 Μέθοδοι Υδατοσήμανσης Ψηφιακού βίντεο	47
2.3.1 Υδατοσήμανση ευθείας ακολουθίας ψηφιακού βίντεο με χρήση m-πλαισίων	47
2.3.2 Υδατοσήμανση ψηφιακού βίντεο ανθεκτική στην MPEG-4 Συμπύεση	48
2.3.3 Ψηφιακή υδατοσήμανση συμπιεσμένου βίντεο που έχει υποστεί MPEG-2 συμπύεση	49
2.3.4 Υδατοσήμανση ψηφιακού βίντεο ανθεκτικό στις γεωμετρικές επιθέσεις	49
2.3.5 Ένα σχήμα υδατοσήμανσης βίντεο ανθεκτικό στην περιστροφή και την αναστροφή	50
2.3.6 Ανθεκτική υδατοσήμανση βίντεο για ασύρματο σύστημα επικοινωνίας πολυμέσων	50
2.3.7 Wavelet ψηφιακή υδατοσήμανση βίντεο	51
2.3.8 Υδατοσήμανση βίντεο πολλαπλής ανάλυσης με βάση τις σκηνές του βίντεο και με χρήση μοντέλων αντίληψης	51
2.3.9 Μέθοδος υδατοσήμανσης ψηφιακού βίντεο που χρησιμοποιεί discrete wavelet transform(DWT) και υδατογράφημα που αντιμετωπίζει επιθέσεις	52
2.3.10 Υδατοσήμανση ψηφιακού βίντεο που χρησιμοποιεί DWT και κώδικα διόρθωσης λάθους	52
2.3.11 Υδατοσήμανση με χαμηλό ρυθμό bit της προοδευτικά απλής κατανομής της MPEG-4 ροής των bits	53
2.3.12 Απόκρυψη δεδομένων σε βίντεο	53
2.3.13 Υβριδικό σχήμα υδατοσήμανσης για ψηφιακό βίντεο	54

2.4 Ιδιότητες υδατοσήμανσης ψηφιακού βίντεο	55
2.5 Εφαρμογές υδατοσήμανσης ψηφιακού βίντεο	58
2.6 Προσεγγίσεις για την υδατοσήμανση βίντεο	66
2.7 Απαιτήσεις υδατοσήμανσης ψηφιακού βίντεο	70
2.8 Εμπορικά εργαλεία υδατοσήμανσης Ψηφιακού Βίντεο	78
Βιβλιογραφία κεφαλαίου	83
3. Συμπύεση εικόνας - ήχου & MPEG πρότυπα	85
3.1 Συμπύεση εικόνας	85
3.1.1 Συμπύεση δεδομένων	85
3.1.2 Συμπύεση κινούμενης εικόνας	85
3.1.3 Θεωρία περί χρωμάτων	86
3.1.4 Τεχνικές συμπύεσης ψηφιακής εικόνας	87
3.1.5 JPEG κωδικοποίηση	88
3.1.6 Πως επιτυγχάνεται η JPEG κωδικοποίηση	88
3.2 Συμπύεση ήχου	90
3.2.1 Ο ήχος γενικά	90
3.2.2 Δειγματοληψία του ήχου (Audio Sampling)	90
3.2.3 Κβαντισμός του ήχου	91
3.2.4 PCM κωδικοποίηση	91
3.3 MPEG πρότυπα	92
3.3.1 Εισαγωγικά	92
3.3.1.1 MPEG κωδικοποίηση	95
3.3.1.2 Δομή των MPEG εικόνων	95
3.3.1.3 Πλαίσια του MPEG	95
3.3.1.4 Πολυπλεξία MPEG	97
3.3.2 MPEG-1 & MPEG-2 πρότυπα	98
3.3.2.1 Εισαγωγικά	98
3.3.2.2 Ρυθμοί μετάδοσης	99
3.3.2.3 Προφίλ ποιότητας εικόνας	100
3.3.2.4 Πρότυπο συμπύεσης ήχου	101
3.3.2.5 Πρωτόκολλο DSM-CC	102
3.3.3 MPEG σύστημα	102
3.3.4 MPEG-4 πρότυπο	109
3.3.4.1 Το πρότυπο MPEG4	109
3.3.4.2 Τα βασικά μέρη του προτύπου MPEG-4	110
3.3.4.3 Εκδόσεις του MPEG4	111
3.3.4.4 Προφίλ και επίπεδα	112
3.3.4.5 Πλεονεκτήματα του MPEG4	112
3.3.4.6 Αποδοχή του MPEG-4	113
3.3.5 MPEG-7 πρότυπο	114
3.3.5.1 Χώρος ενδιαφερόντων του MPEG-7	114
3.3.5.2 Ορολογία του MPEG-7	115
3.3.5.3 Η δομή του MPEG-7	118
3.3.5.4 Στόχοι του MPEG-7	120
3.3.5.5 Εφαρμογές	124
Βιβλιογραφία κεφαλαίου	126
4. Υδατοσήμανση MPEG βίντεο ακολουθίας βασισμένη στα διανύσματα κίνησης (motion vectors)	127
4.1 Εισαγωγικά	127
4.2 MPEG & Διανύσματα κίνησης (motion vectors)	128
4.3 Τεχνικές υπολογισμού κίνησης (motion estimation)	130

4.3.1	Αλγόριθμος αναζήτησης πανομοιότυπου block (Block Matching Algorithm-BMA)	131
4.3.2	Αλγόριθμος πλήρης αναζήτησης πανομοιότυπου block (Full Search Block Matching)	132
4.3.3	Αλγόριθμος τριών σταδίων (Three Step Search)	132
4.3.4	Δισδιάστατος λογαριθμικός αλγόριθμος αναζήτησης (2D logarithmic search)	133
4.3.5	Ένα κάθε φορά αλγόριθμος αναζήτησης (One at a time search algorithm)	133
4.3.6	Εκτίμηση κίνησης υπο-εικονοκυττάρου (Sub-pixel motion estimation)	135
4.3.7	Ιεραρχικός αλγόριθμος αναζήτησης πανομοιότυπου block (Hierarchical Block Matching Algorithm)	136
4.3.8	Καθολική εκτίμηση κίνησης (Global motion estimation)	137
4.3.9	Βασισμένη στο αντικείμενο εκτίμηση κίνησης (Object motion estimation)	137
4.4	Υδατοσήμανση βασισμένη στα διανύσματα κίνησης (motion vectors)	137
4.4.1	Ζητήματα υλοποίησης	139
4.4.2	Πειραματικά αποτελέσματα	141
4.4.3	Αποτίμηση της μεθόδου υδατοσήμανσης	142
4.4.4	Σύγκριση με άλλα σχήματα	143
4.4.5	Συμπεράσματα	144
	Βιβλιογραφία κεφαλαίου	145
	Παράρτημα	146
	Πίνακας 1	146
	Τυπικές παράμετροι κωδικοποίησης MPEG-1 & MPEG-2	146
	Πίνακας 2	147
	Άνω όρια παραμέτρων για κάθε επίπεδο	147
	Πίνακας 3	148
	Υποστηριζόμενοι αλγόριθμοι και λειτουργίες σε κάθε προφίλ	148
	Συνολική βιβλιογραφία	149

1. Πνευματικά δικαιώματα & Υδατοσήμανση

1.1 Πνευματικά δικαιώματα – Πνευματική Ιδιοκτησία

Τα πνευματικά δικαιώματα αποτελούν ένα πολύ σημαντικό θέμα που θα πρέπει να απασχολήσει σοβαρά έναν πολιτιστικό οργανισμό πριν αποφασίσει να εμπλακεί σε μια διαδικασία ψηφιοποίησης του περιεχομένου που διαθέτει, ιδιαίτερα στην περίπτωση που ο σκοπός της ψηφιοποίησης είναι η προβολή του υλικού στο Διαδίκτυο.

Είναι σε όλους μας γνωστό πως η επινόηση μιας καινούριας τεχνολογίας αποτελεί συνήθως τη βασική αιτία για τη μετάβασή μας από μία εποχή σε κάποια άλλη. Σήμερα λοιπόν η ευρεία υιοθέτηση μιας άλλης τεχνολογίας, η οποία ονομάζεται ψηφιακή και έχει πολλές διαφορετικές εκφάνσεις, φέρνει μεγάλες αναταράξεις και στον τομέα της πνευματικής ιδιοκτησίας. Συγκεκριμένα αφορά την προστασία των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας, τα οποία εξαιτίας της ευκολίας και της πιστότητας αναπαραγωγής των προστατευμένων έργων που εξασφαλίζει η ψηφιακή τεχνολογία, είναι εξαιρετικά ευάλωτα.

Το σημαντικότερο ίσως πρόβλημα είναι ότι ένα αντίγραφο, ανεξάρτητα από το αν έχει γίνει με νόμιμο ή παράνομο τρόπο, δε διαφέρει σε τίποτα από το πρωτότυπο. Αν η έννοια της πνευματικής ιδιοκτησίας απομακρύνεται μερικές φορές από το αυτονόητο και το εύλογο, όταν μελετά κανείς τη σημερινή βιομηχανία της μουσικής ή του κινηματογράφου και τα συμβόλαια που υπογράφουν οι δημιουργοί, στο χώρο της πληροφορικής η κατάσταση είναι ακόμα πιο θολή. Η πνευματική ιδιοκτησία καταλήγει να είναι μία καθαρή αφαίρεση, ενός συμβολαίου που αναφέρεται μόνο στο ποια εταιρεία καρπώνεται τα κέρδη από κάποιες πωλήσεις ή κάποιες υπηρεσίες.

1.1.1 Τι είναι πνευματικά δικαιώματα

Πνευματικά δικαιώματα ονομάζονται τα αποκλειστικά δικαιώματα των πνευματικών δημιουργών στο έργο τους.

Παραχωρούνται από τον νόμο για ορισμένο χρόνο για να απαγορεύσουν σε τρίτους τη χρήση των έργων χωρίς την άδεια του δημιουργού. Το πνευματικό δικαίωμα υφίσταται σε έργα λογοτεχνίας και τέχνης, όπως βιβλία, θέατρο, ζωγραφική, γλυπτική, φωτογραφία, αρχιτεκτονική αλλά και άλλες δημιουργίες όπως λογισμικό ή βάσεις δεδομένων (databases).

Περιλαμβάνει το δικαίωμα της εκμετάλλευσης του έργου (περιουσιακό δικαίωμα) και το δικαίωμα της προστασίας του προσωπικού δεσμού του δημιουργού του προς αυτό (ηθικό δικαίωμα).

Το πνευματικό δικαίωμα αποκτάται αυτοδικαίως χωρίς να απαιτείται αίτηση του δημιουργού ή καταχώριση του έργου σε κάποια υπηρεσία. Τα πνευματικά

δικαιώματα αποτελούν ένα πολύ σημαντικό ζήτημα που θα πρέπει να απασχολήσει σοβαρά έναν πολιτιστικό οργανισμό, ή οποιοδήποτε άτομο πριν αποφασίσει να εμπλακεί σε μια διαδικασία ψηφιοποίησης του περιεχομένου που διαθέτει, ιδιαίτερα στην περίπτωση που ο σκοπός της ψηφιοποίησης είναι η προβολή του υλικού στο Διαδίκτυο.

Ανάμεσα στα πνευματικά δικαιώματα περιλαμβάνονται και ορισμένα που χαρακτηρίζονται ως αποκλειστικά και ανήκουν αυστηρά στον κάτοχο του δικαιώματος αναπαραγωγής. Τα αποκλειστικά δικαιώματα διαφοροποιούνται από τα συνηθισμένα δικαιώματα ιδιοκτησίας καθώς δεν προκύπτουν όταν η ιδιοκτησία ενός έργου είναι μερική. Τα ηθικά δικαιώματα, όταν πρόκειται για πνευματική ιδιοκτησία, αποτελούν το σύνολο των προνομίων και των ηθικών πιστώσεων που θα πρέπει να αποδίδονται στους δημιουργούς, ώστε να τυγχάνουν της πρέπουσας αναγνώρισης όταν χρησιμοποιούνται τα έργα τους. Τα ηθικά δικαιώματα είναι προσωπικά και δεν μπορούν να μεταβιβαστούν σε τρίτους.

Το σύνολο των πνευματικών δικαιωμάτων και ο τρόπος με τον οποίο αυτά ορίζονται, δεσμεύονται, εγείρονται και μεταβιβάζονται μεταβάλλεται ριζικά καθώς περνάμε στην νέα ψηφιακή μορφή. Παρά το γεγονός ότι η τεχνολογία και η ψηφιοποίηση σαν έκφρασή της περιπλέκουν το ζήτημα, είναι αυτές που έρχονται να δώσουν και τη λύση. Η λύση στο πρόβλημα της διαχείρισης των πνευματικών δικαιωμάτων είναι τα Digital Rights Management (DRM) συστήματα. Ένα σύστημα διαχείρισης δικαιωμάτων ψηφιακού περιεχομένου, αναφέρεται στις τεχνολογίες και τις υπηρεσίες που χρησιμοποιούν οι κάτοχοι των δικαιωμάτων για να ελέγχουν και να ρυθμίζουν με τεχνολογικά μέσα τη χρήση των έργων τους.

1.1.2 Βασικές έννοιες

Δημιουργός

Ο δημιουργός είναι το υποκείμενο του δικαιώματος πνευματικής ιδιοκτησίας. Στο ηπειρωτικό ευρωπαϊκό σύστημα(droit d'auteur) (και στο ελληνικό δίκαιο)δημιουργός μπορεί να είναι μόνο φυσικό πρόσωπο, αφού μόνο άνθρωπος μπορεί να δημιουργεί πρωτότυπα πνευματικά έργα. Στο αμερικανικό δίκαιο (copyright) αντίθετα δημιουργός μπορεί να είναι και νομικό πρόσωπο, το οποίο έχει επενδύσει οικονομικά στη δημιουργία ενός έργου.

Αυτό δε σημαίνει ότι κατά το ελληνικό Δίκαιο νομικό πρόσωπο δεν μπορεί να είναι κύριος δικαιώματος πνευματικής ιδιοκτησίας: ο δημιουργός μπορεί να μεταβιβάσει το

(περιουσιακό) δικαίωμά του ελεύθερα. Σε ορισμένες περιπτώσεις μάλιστα ο νόμος τεκμαίρει ότι το δικαίωμα έχει μεταβιβαστεί αμέσως με τη δημιουργία. Πρόκειται για τα έργα μισθωτών σε εκτέλεση της σύμβασης εργασίας και τα έργα υπαλλήλων του Δημοσίου και ΝΠΔΔ. Σε αυτές τις περιπτώσεις ο εργοδότης δε θεωρείται δημιουργός, αλλά αποκτά το δικαίωμα μετά από (ηθελημένη ή αθέλητη) μεταβίβαση από τον πραγματικό δημιουργό. Περισσότεροι μπορεί να είναι δημιουργοί από κοινού. Η μια περίπτωση είναι τα έργα συνεργασίας, τα οποία έχουν προκύψει από άμεση σύμπραξη περισσοτέρων (π.χ. άρθρα της Βικιπαίδειας), και η άλλη είναι τα

συλλογικά έργα, τα οποία αποτελούνται από αυτοτελείς συμβολές περισσοτέρων υπό το συντονισμό ενός φυσικού προσώπου. Ειδικά για τα οπτικοακουστικά έργα ο νόμος τεκμαίρει ως δημιουργό το σκηνοθέτη, χωρίς όμως να αποκλείει το ενδεχόμενο να είναι και άλλοι συνδημιουργοί (π.χ. διευθυντής φωτογραφίας, σεναριογράφος, σκηνογράφος).

Δημιουργία

Η πνευματική ιδιοκτησία προστατεύει έργα. Το έργο δημιουργείται (αρχίζει να υπάρχει) με την εξωτερίκευση. Ως ιδέα στο μυαλό του δημιουργού δεν προστατεύεται.

Η εξωτερίκευση μπορεί να είναι και εφήμερη (προφορική απαγγελία ενός ποιήματος). Αντίθετα στο αμερικανικό δίκαιο απαιτείται σταθερή αποτύπωση (fixation), δηλαδή το ποίημα π.χ. θα προστατεύεται μόνο αν καταγραφεί (σε χαρτί ή ηχογραφηθεί). Αντίστοιχα το δίκαιο (όλα τα δίκαια) προστατεύει το συγκεκριμένο εξωτερικευμένο έργο και όχι τις ιδέες που κρύβονται από πίσω διακρίνοντας μεταξύ μορφής/αποτύπωσης και ιδέας (idea-expression dichotomy). Βέβαια η διάκριση αυτή είναι πολλές φορές πολύ δύσκολη.

Πρωτοτυπία

Το δίκαιο πνευματικής ιδιοκτησίας δεν προστατεύει όλα τα έργα, αλλά μόνο αυτά που είναι πρωτότυπα. Ένα από τα πιο δύσκολα σημεία της πνευματικής ιδιοκτησίας είναι ο ορισμός της πρωτοτυπίας. Παραδοσιακά το σύστημα του copyright, θέτοντας στο επίκεντρο την οικονομική διάσταση της πνευματικής ιδιοκτησίας, τείνει να θεωρεί πρωτότυπο οποιοδήποτε έργο δεν είναι απλή αντιγραφή και προϋποθέτει μια ελάχιστη εργασία ή επένδυση (sweat of the brow). Το σύστημα του droit d'auteur αντίθετα, επικεντρώνόμενο κυρίως στην καλλιτεχνική δημιουργία, απαιτεί το δημιούργημα να είναι έκφραση της προσωπικότητας του δημιουργού. Με το πέρασμα του χρόνου η διαφορά των δύο συστημάτων μειώνεται, αφού το κριτήριο της προσωπικότητας του δημιουργού είναι αφηρημένο και δύσχρηστο. Έτσι συνήθως απαιτείται ένα ελάχιστο «δημιουργικό ύψος», το οποίο μπορεί να προκύπτει και από το κριτήριο της «στατιστικής μοναδικότητας».

Στατιστική μοναδικότητα έχουμε στην περίπτωση που, αν δύο άνθρωποι θελήσουν να δημιουργήσουν το ίδιο έργο, θα καταλήξουν σε διαφορετικά αποτελέσματα (αν δύο επιστήμονες γράψουν εργασία για το ίδιο θέμα, αν δύο ζωγράφοι ζωγραφίσουν το ίδιο τοπίο κλπ.). Ειδικά για τα προγράμματα υπολογιστή το κριτήριο της πρωτοτυπίας σχεδόν καταργείται, αφού κατά το νόμο πρόγραμμα υπολογιστή είναι πρωτότυπο εφόσον είναι προσωπικό πνευματικό δημιούργημα του δημιουργού του (δηλαδή όχι απλή αντιγραφή). Ο ελληνικός νόμος ξεκαθαρίζει πάντως ότι δεν προστατεύονται ειδήσεις και απλά γεγονότα ή στοιχεία.

1.1.3 Περιορισμοί των πνευματικών δικαιωμάτων

Το δικαίωμα πνευματικής ιδιοκτησίας έχει περιορισμούς, οι οποίοι σκοπό έχουν να συμβιβάσουν την προστασία του δημιουργού με το δικαίωμα του χρήστη να απολαμβάνει το αποκτηθέν αντίτυπο ή δημιούργημα και με το δημόσιο συμφέρον.

Το σύστημα του copyright προβλέπει μια γενική ρήτρα εξαίρεσης, την εύλογη χρήση (fair use):

Δε χρειάζεται να πάρει κάποιος άδεια από τον κύριο του δικαιώματος για να χρησιμοποιήσει το έργο κατά τρόπο που συνιστά εύλογη χρήση. Αντίθετα το σύστημα droit d'auteur (συνεπώς και η ελληνική νομοθεσία) δεν περιέχει παρόμοια γενική ρήτρα, παρά μόνο συγκεκριμένες εξαιρέσεις που προβλέπει ρητά ο νόμος. Χρήσεις πέρα από αυτές τις εξαιρέσεις συνιστούν προσβολή του δικαιώματος του δημιουργού. Οι περιορισμοί αφορούν μόνο το περιουσιακό δικαίωμα. Το ηθικό δικαίωμα του δημιουργού πρέπει πάντοτε να γίνεται σεβαστό.

Αποτελούν εξαιρέσεις στο απόλυτο δικαίωμα του δημιουργού και τα συγγενικά δικαιώματα, είναι δηλαδή εξαιρετικές ρυθμίσεις του νόμου.

Ο νομοθέτης θέλοντας να βρει τομή στη διάσταση μεταξύ του αποκλειστικού δικαιώματος του δημιουργού στο έργο του και του κοινωνικού συμφέροντος, καθιερώνει αυτούς τους περιορισμούς για τους οποίους αναφέρονται τα εξής:

- Ισχύει η στενή ερμηνεία.
- Απαγορεύεται η διασταλτική ερμηνεία και η εφαρμογή σε άλλες περιπτώσεις εκτός από αυτές που προβλέπει ο νόμος.

Ο λόγος ύπαρξης των περιορισμών είναι η ικανοποίηση συμφερόντων άλλων προσώπων και κυρίως της ολότητας. Υπάρχουν κάποιοι ειδικοί περιορισμοί οι οποίοι προβλέπονται στα άρθρα 18 και 28B του ν.2121/1993.

Οι πιο σημαντικές εξαιρέσεις κατά το ελληνικό δίκαιο είναι:

- Αναπαραγωγή για ιδιωτική χρήση

Η πιο βασική εξαίρεση είναι η χρήση εντός της ιδιωτικής σφαίρας του κατόχου νόμιμου αντιτύπου του έργου. Ο χρήστης μπορεί να το αναπαράγει χωρίς να χρειάζεται να καταβάλλει αμοιβή. Ιδιωτική είναι η χρήση που γίνεται εντός του οικογενειακού και στενού κοινωνικού περιβάλλοντος. Παρόλα αυτά η ιδιωτική χρήση δεν επιτρέπεται να παρεμποδίζει την κανονική εκμετάλλευση του έργου. Ως παράδειγμα ιδιωτικής αναπαραγωγής που παρεμποδίζει την κανονική εκμετάλλευση του έργου αναφέρει ο νόμος την αναπαραγωγή αρχιτεκτονικού έργου σε μορφή κτηρίου (επιτρέπεται συνεπώς η ιδιωτική αναπαραγωγή αρχιτεκτονικών σχεδίων μόνο ως φωτοτυπία των σχεδίων και ποτέ ως κατασκευή βάσει αυτών κτηρίων). Ιδιωτική χρήση είναι για παράδειγμα η αντιγραφή μουσικών CD, εφόσον τα αντίτυπα μένουν εντός του οικογενειακού και στενού κοινωνικού περιβάλλοντος. Αντίθετα δεν είναι ιδιωτική χρήση η αντιγραφή CD για κάποιον άγνωστο ή π.χ. μακρινό συγγενή. Επειδή όμως η αναπαραγωγή για ιδιωτική χρήση έχει πολλές φορές ως συνέπεια την απώλεια εσόδων για το δημιουργό, ο νόμος επιβάλλει στα τεχνικά μέσα

που χρησιμοποιούνται για την αναπαραγωγή (φωτοτυπικά μηχανήματα, αντιγραφικά CD κλπ.) ειδικό τέλος επί της τιμής πώλησής τους, το οποίο αποδίδεται στους δημιουργούς μέσω των οργανισμών συλλογικής διαχείρισης και το οποίο θεωρείται εύλογη αμοιβή των δημιουργών.

Ειδικά για τα προγράμματα υπολογιστών ο νόμος προβλέπει μικρότερες εξουσίες ιδιωτικής χρήσης απ' ότι για τα άλλα έργα.

Συγκεκριμένα στο νόμιμο χρήστη επιτρέπεται μόνο

- η αναπαραγωγή ενός εφεδρικού αντιγράφου του προγράμματος στο μέτρο που αυτό είναι απαραίτητο για τη χρήση του προγράμματος
- η παρακολούθηση, η μελέτη ή η δοκιμή της λειτουργίας του προγράμματος προκειμένου να εντοπισθούν οι ιδέες και αρχές που αποτελούν τη βάση οποιουδήποτε στοιχείου του προγράμματος, εάν οι ενέργειες αυτές γίνονται κατά τη διάρκεια πράξης που αποτελεί νόμιμη χρήση του προγράμματος □ η αναπαραγωγή, η μετάφραση, η προσαρμογή, η διασκευή ή οποιαδήποτε άλλη μετατροπή ενός προγράμματος ηλεκτρονικού υπολογιστή, όταν οι πράξεις αυτές είναι αναγκαίες για την κατά προορισμό χρησιμοποίηση του προγράμματος, συμπεριλαμβανομένης και της διόρθωσης σφαλμάτων, αλλά μόνο αν δεν υπάρχει αντίθετη συμφωνία. Κάθε άλλη μορφή ιδιωτικής χρήσης απαγορεύεται, όπως η αναπαραγωγή που είναι αναγκαία για τη φόρτωση, την εμφάνιση στην οθόνη, την εκτέλεση, τη μεταβίβαση ή την αποθήκευση του προγράμματος ηλεκτρονικού υπολογιστή χωρίς την άδεια του δημιουργού. Ειδικά η αποσυμπίληση (decompilation) προγράμματος υπολογιστή επιτρέπεται μόνο για να επιτευχθεί η διαλειτουργικότητα με άλλα προγράμματα.
- Παράθεση αποσπασμάτων

Επιτρέπεται χωρίς άδεια του δημιουργού και χωρίς καταβολή αμοιβής η αναπαραγωγή σύντομων αποσπασμάτων έργων με σκοπό την υποστήριξη της γνώμης αυτού που αναπαράγει το απόσπασμα ή την κριτική της γνώμης του αρχικού δημιουργού και μόνο στο βαθμό που η αναπαραγωγή δικαιολογείται από το σκοπό αυτόν. Η εξαίρεση αυτή δεν αφορά μόνο έργα του λόγου. Δικαιολογείται από το γεγονός ότι τα πνευματικά δημιουργήματα συνήθως στηρίζονται σε προγενέστερά τους (η πνευματική δημιουργία αποτελεί συνέχεια και ο κάθε δημιουργός χτίζει στην προϋπάρχουσα γνώση ή δημιουργία), οπότε πρέπει να είναι δυνατός ο διάλογος μεταξύ των δημιουργών. Για να εξασφαλιστεί το ηθικό δικαίωμα του αρχικού δημιουργού, ο νόμος ορίζει ότι η παράθεση του αποσπάσματος πρέπει να συνοδεύεται από την ένδειξη της πηγής και των ονομάτων του δημιουργού και του εκδότη, εφόσον τα ονόματα αυτά εμφανίζονται στην πηγή.

- Χρήση για λόγους ενημέρωσης

Επιτρέπεται η αναπαραγωγή λόγων, αγορεύσεων, κηρυγμάτων κλπ. από μέσα μαζικής ενημέρωσης για λόγους ενημέρωσης του κοινού επί επίκαιρων γεγονότων, καθώς και περιλήψεων ή αποσπασμάτων διαλέξεων που έγιναν δημόσια. Επίσης επιτρέπεται η αναπαραγωγή και μετάδοση από ΜΜΕ έργων που παρουσιάζονται

δημόσια, στο βαθμό που είναι απαραίτητες για λόγους περιγραφής επίκαιρων γεγονότων και ενημέρωσης του κοινού.

- Περιορισμοί για εκπαιδευτικούς λόγους, για την προώθηση της επιστήμης και για την εξυπηρέτηση της κρατικής λειτουργίας.
- Χρονικός περιορισμός σύμφωνα με το άρθρο 29 ν.2121/1993. Ο περιορισμός αυτός δικαιολογείται από το συμφέρον της ολότητας, σε κάποιο χρονικό σημείο να μπορεί να γίνει το έργο κτήμα της ανθρωπότητας. Η χρονική διάρκεια του δικαιώματος πνευματικής ιδιοκτησίας είναι όλη η ζωή του δημιουργού και εβδομήντα χρόνια μετά το θάνατό του. Το ίδιο ισχύει και για το ηθικό δικαίωμα και σε ευρωπαϊκό επίπεδο (οδηγία 93/98/ΕΟΚ). Η χρονική διάρκεια για τα συγγενικά δικαιώματα είναι πενήντα έτη.

1.1.4 Λόγοι προστασίας και διαχείρισης πνευματικών δικαιωμάτων της ψηφιακής πληροφορίας

Η αυξημένη χρήση ψηφιακής πληροφορίας, η ραγδαία ανάπτυξη των δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών και η δημιουργία του Παγκόσμιου Ιστού σε συνδυασμό και με τις καθημερινές ανάγκες πληροφόρησης και μετάδοσης δεδομένων συντελούν στην παραβίαση του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων.

Καθώς η τεχνολογία προχωρά όλο και πιο έντονο παρατηρείτε το φαινόμενο της αντιγραφής – υποκλοπής των ψηφιακών έργων είτε αυτά πρόκειται να είναι ήχος είτε εικόνα είτε βίντεο.

Ψηφιακό περιεχόμενο χρησιμοποιείται σε καθημερινή βάση χωρίς την απαραίτητη εξουσιοδότηση. Σε αρκετές των περιπτώσεων πραγματοποιείται και εμπορική αξιοποίηση του περιεχομένου αυτού, χωρίς να υπάρχει νομική πρόβλεψη για τέτοιου τύπου χρήσεις από τους κατόχους των πνευματικών δικαιωμάτων. Από τους τομείς της καλλιτεχνικής δημιουργίας που έχει πληγεί περισσότερο από το ζήτημα της αυθαίρετης χρήσης ψηφιακού περιεχομένου είναι η μουσική σύνθεση και η μουσική βιομηχανία που την υποστηρίζει. Οι λόγοι έγκειται κυρίως στο γεγονός ότι η μουσική βρίσκεται υψηλά στις προτιμήσεις των νέων, μιας κοινωνικής ομάδας που αξιοποιεί τις νέες τεχνολογίες καθημερινά και ότι οι μέθοδοι συμπίεσης μουσικών αρχείων έχουν εξελιχθεί τόσο ώστε η αντιγραφή και η διανομή τους μέσω δικτύων είναι πολύ αποδοτική. Οι μεγάλες εταιρίες που δραστηριοποιούνται στο χώρο αντιμετωπίζουν ένα μεγάλο ποσοστό διαφυγόντων κερδών που εν τέλει επηρεάζει την κοινωνία των μουσικών δημιουργών. Τα μέσα και οι λύσεις που παρέχονται έως τώρα δεν είναι επαρκείς εξαναγκάζοντας τις εταιρείες να προωθούν τη δημιουργία αυστηρών νόμων και οδηγιών που παρέχουν τη νομική βάση για την ποινική δίωξη κοινωνικών ομάδων νέων ατόμων όπως είναι οι φοιτητές, οι μαθητές και ακόμη και παιδιά.

Δύο γεγονότα κεντρίζουν την επανεξέταση των ιδεών, πολιτικών και πρακτικών που σχετίζονται με την προστασία και διαχείριση των πνευματικών δικαιωμάτων:

1) Οι εξελίξεις στην τεχνολογία, οι οποίες παρήγαγαν ραγδαίες αλλαγές στην ικανότητα αναπαραγωγής, διανομής, ελέγχου και δημοσίευσης πληροφορίας.

- Η πληροφορία στην ψηφιακή της μορφή έχει κάνει εύκολη την αναπαραγωγή της.
- Το κόστος αναπαραγωγής είναι πολύ χαμηλό και για τους ιδιοκτήτες του περιεχομένου και για τους καταναλωτές και κάθε ηλεκτρονικό αντίγραφο είναι τέλειο αντίγραφο του πρωτοτύπου. □ Ο ιδιοκτήτης ενός μέσων δυνατοτήτων ηλεκτρονικού υπολογιστή έχει σήμερα την ικανότητα να παράγει τέλεια αντίγραφα πρωτότυπων δεδομένων πολλαπλών μέσων (εικόνα, βίντεο και ήχο).
- Τα δίκτυα υπολογιστών έχουν αλλάξει ραγδαία την οικονομία της διανομής της πληροφορίας. Με ταχύτητες μεταφοράς που αγγίζουν τους δισεκατομμύρια χαρακτήρες το δευτερόλεπτο, τα δίκτυα επιτρέπουν την αποστολή προϊόντων πληροφορίας σε παγκόσμιο επίπεδο, με χαμηλό κόστος και με μεγάλη ταχύτητα. Σαν αποτέλεσμα, είναι πλέον εύκολο για τους κατόχους δικαιωμάτων να διανείμουν την πληροφορία και για άτομα να δημιουργήσουν και να διανείμουν αντίγραφα χωρίς άδεια.
- Ο παγκόσμιος ιστός έχει αλλάξει την οικονομία των εκδόσεων, επιτρέποντας στον κάθε ένα να είναι ένας εκδότης με παγκόσμιο αγοραστικό κοινό. Η μμεγάλη ποικιλία εγγράφων, απόψεων, κειμένων και εργασιών όλων των ειδών που υπάρχουν στον παγκόσμιο ιστό αποδεικνύει ότι εκατομμύρια άνθρωποι στον κόσμο κάνουν χρήση αυτής της δυναμικής του παγκοσμίου ιστού.

2) Με την εμπορευματοποίησή της και την ενσωμάτωσή της στην καθημερινή ζωή, η ψηφιακή πληροφορία αναγκαστικά έπρεπε να ακολουθήσει τους νόμους της πνευματικής ιδιοκτησίας. Οι χρήστες στην καθημερινή τους ζωή έχουν τη δυνατότητα να έχουν πρόσβαση και να αντιγράφουν μμεγάλα ποσά ψηφιακής πληροφορίας, ενώ συγχρόνως έχουν έλλειψη μιας καθαρής εικόνας για το τι είναι αποδεκτό και νόμιμο.

Το κόστος αναπαραγωγής είναι πολύ χαμηλότερο και για τους κατόχους των δικαιωμάτων και για αυτούς που πραγματοποιούν μη εξουσιοδοτημένες χρήσεις και οι αναπαραγωγές είναι πιστά αντίγραφα των πρωτότυπων. Ο κάτοχος ενός υπολογιστικού συστήματος έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιήσει το είδος και την έκταση της αναπαραγωγής που στο παρελθόν θα απαιτούσε σημαντική επένδυση σε χρόνο, κόπο και χρήματα. Επίσης, τα δίκτυα επιτρέπουν τη διάδοση του ψηφιακού περιεχομένου παρέχοντας οικονομία κλίμακας και υψηλές ταχύτητες. Συνεπώς, η διανομή μη εξουσιοδοτημένων αντιγράφων είναι πιο εύκολη και χαμηλότερου κόστους.

1.1.4.1 Πειρατεία

Με τον όρο «πειρατεία» εννοούμε την ηθελημένη καταπάτηση του πνευματικού δικαιώματος σε εμπορική κλίμακα.

Η πειρατεία μπορεί να αφορά διάφορα είδη έργων όπως ταινίες, ηλεκτρονικά παιχνίδια, μουσικά έργα, λογισμικό κτλ.

Είναι σε όλους μας γνωστό ότι η ανάπτυξη της Πληροφορικής συνεισφέρει στην καινοτομία και στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Το Διαδίκτυο με τη σειρά του

συμβάλλει στην αύξηση των ευκαιριών για την πώληση προϊόντων και υπηρεσιών, ταυτόχρονα όμως δημιουργεί και ευκαιρίες για την κλοπή του λογισμικού. Ενώ λοιπόν το Internet γίνεται όλο και πιο γρήγορο, εύκολο και λιγότερο ακριβό, η πειρατεία του λογισμικού αυξάνεται.

1.1.5 Νόμοι για τα πνευματικά δικαιώματα

Οι νόμοι περί πνευματικής ιδιοκτησίας έχουν ως στόχο να προστατέψουν τα έργα που χαρακτηρίζονται από δημιουργικότητα, όπως έργα λογοτεχνίας, θεάτρου, μουσικής, τέχνης κ.α. Ανάμεσα στην πληθώρα των νομικών διατάξεων που αφορούν τα πνευματικά δικαιώματα, υπάρχουν νόμοι που σχετίζονται περισσότερο ή λιγότερο με τα δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας όπως αυτά διαμορφώνονται κατά τη ψηφιοποίηση και την προβολή περιεχομένου στο Διαδίκτυο. Επίσης, ένα ακόμα χαρακτηριστικό της νομοθεσίας περί του δικαιώματος αναπαραγωγής είναι πως παρουσιάζει αρκετές ομοιότητες με τη νομοθεσία που αφορά τις εμπορικές συναλλαγές. Υπάρχει μια αρκετά σημαντική παράδοση στην προσπάθεια εναρμόνισης όλων των χωρών για μια κοινή, διεθνή αντιμετώπιση του προβλήματος των πνευματικών δικαιωμάτων. Η ανάγκη για καθολική εναρμόνιση κρίνεται επιτακτική, κυρίως λόγω του αφηρημένου χαρακτήρα των πνευματικών δικαιωμάτων και της αυξημένης δυσκολίας που προκύπτει κατά την εφαρμογή των αναγκαίων περιορισμών. Το Διαδίκτυο και οι επιπρόσθετες δυνατότητες που πηγάζουν από την ψηφιακή υπόσταση του περιεχομένου επιβεβαιώνουν το γεγονός πως οι εθνικές διατάξεις δεν είναι ικανές να εξασφαλίσουν το απαιτούμενο επίπεδο προστασίας. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η περίπλοκη περίπτωση όπου το περιεχόμενο έχει δημιουργηθεί σε μία χώρα, φιλοξενείται από έναν εξυπηρετητή σε μια άλλη χώρα και μπορεί να ανακτηθεί από οποιοδήποτε μέρος της γης. Η διεθνής κατάσταση συνίσταται από διεθνείς συμφωνίες, οδηγίες και κατευθύνσεις που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην διαμόρφωση των επιμέρους νομοθετικών πλαισίων κάθε χώρας.

Στην περίπτωση ενός πολυμεσικού project που περιέχει κινηματογραφικό film, φωτογραφίες, κείμενο και ήχο, υπάρχουν δικαιώματα αναπαραγωγής για όλα τα ανεξάρτητα συστατικά στοιχεία που συνθέτουν το έργο. Καθώς τα ανεξάρτητα συστατικά στοιχεία ανήκουν σε διαφορετικές κατηγορίες περιεχομένου, η προστασία του δικαιώματος αναπαραγωγής θα πάψει να ισχύει σε διαφορετικές χρονικές στιγμές.

Στην Ελλάδα θεμελιώδης είναι ο νόμος 2121/1993 (ΦΕΚ Α'25, 4/3/93) ο οποίος, εμπνεόμενος από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Διανοητικής Ιδιοκτησίας, αναθεωρεί την προηγούμενη νομοθεσία του 1920 και συμμορφώνεται με τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Κοινότητας. Ο νόμος αυτός τροποποιήθηκε δραστικά σε πολλές διατάξεις του με το άρθρο 8 του νόμου 2557/1997 (ΦΕΚ Α'271/1997) σε εφαρμογή των Οδηγιών 93/83/ΕΟΚ και 93/98/ΕΟΚ.

1.1.6 Πνευματικά Δικαιώματα και Τεχνολογία

Η ψηφιακή επανάσταση έχει φέρει τεράστιες αλλαγές σε πολλούς τομείς των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Κρίνεται λοιπόν άκρως απαραίτητη η προσαρμογή του δικαίου της πνευματικής ιδιοκτησίας στα νέα τεχνολογικά δεδομένα, έτσι ώστε να συμβαδίζει με τις τεχνολογικές εξελίξεις και να βρίσκεται σε μια σχέση συμβιωτική με αυτές.

Η αυξημένη πρόσβαση καθώς και η δυνατότητα εύκολης και σε μεγάλη κλίμακα διανομής αξιόλογου ψηφιακού περιεχομένου, εγείρει ορισμένα κρίσιμα ερωτήματα σε ότι αφορά την ασφάλεια και την ανεξέλεγκτη χρήση του. Ένα από αυτά τα θέματα είναι και η προστασία των πνευματικών δικαιωμάτων (Intellectual Property Rights) της μη εξουσιοδοτημένης χρήσης και εκμετάλλευσης των ψηφιακών δεδομένων - γνωστής με το όνομα «ηλεκτρονική κλοπή».

Πέρα από τις οικονομικές και διαφορετικής φύσεως επιπτώσεις, αυτά τα προβλήματα δημιουργούν ιδιαίτερο σκεπτικισμό και έλλειψη εμπιστοσύνης τόσο στους μεγάλους οργανισμούς όσο και στους μεμονωμένους κατόχους περιεχομένου. Το αποτέλεσμα είναι να διατηρείται κρυφό και απροσπέλαστο από το ευρύ κοινό περιεχόμενο μεγάλης πολιτιστικής και εκπαιδευτικής αξίας, στερώντας από τους εν δυνάμει χρήστες τη δυνατότητα να επωφεληθούν από την πολιτιστική τους κληρονομιά. Η ύπαρξη τέτοιων προβλημάτων δημιουργεί σημαντικά εμπόδια στην ανάπτυξη και τη διαχείριση του πολιτιστικού περιεχομένου, με εξαιρετικά αρνητικές επιπτώσεις σε σημαντικές αγορές, όπως είναι ο Τουρισμός, η Εκπαίδευση και η Ψυχαγωγία.

Επομένως, ο τομέας του πολιτισμού έχει απόλυτη ανάγκη από την ανάπτυξη συστημάτων που θα μπορούν να αντιμετωπίσουν θέματα όπως η ασφάλεια, η πειρατεία, η προστασία των πνευματικών δικαιωμάτων και η διαχείριση τους.

Η ανάπτυξη του Διαδικτύου προκάλεσε ριζικές μεταβολές στον τρόπο επικοινωνίας, ενημέρωσης, συναλλαγής και ψυχαγωγίας. Επίσης σε καθημερινή βάση μέσω του Internet γίνεται διακίνηση ενός τεράστιου όγκου πληροφοριών, χωρίς να υπάρχει κάποιο πλαίσιο προστασίας και πληθώρας πνευματικών έργων όπως για παράδειγμα έργα πολυμέσων, οπτικοακουστικά, επιστημονικά, εικαστικά και μουσικά. Άρα τα πνευματικά έργα είναι το περιεχόμενο της λεγόμενης «κοινωνίας της πληροφορίας». Ο Παγκόσμιος Ιστός προσφέρει επίσης στους δημιουργούς και τους δικαιούχους των συγγενικών δικαιωμάτων και μια άλλη σημαντική δυνατότητα, τη διάδοση των έργων τους πολύ γρήγορα, εύκολα και με μικρό κόστος, σε ένα μεγάλο αριθμό ατόμων. Οι νέες τεχνολογίες συνεπώς, επιδρούν σε μεγάλο βαθμό στη δημιουργία, διάδοση και χρήση των έργων. Τα έργα είναι πλέον ανεξάρτητα από τον υλικό φορέα ενσωμάτωσής τους και μπορούν να διακινηθούν σε οποιοδήποτε μέρος της γης σε ψηφιακή μορφή.

Η έκρηξη της ψηφιακής τεχνολογίας επηρεάζει και τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι εκφράζουν τη δημιουργικότητά τους. Συγκεκριμένα, εμφανίζονται νέοι τρόποι έκφρασης πολλών παραδοσιακών κατηγοριών έργων όπως για παράδειγμα ηλεκτρονικά βιβλία σε ηλεκτρονικές βιβλιοθήκες, ηλεκτρονική μουσική, ψηφιακά εφέ σε οπτικοακουστικά έργα κτλ. Επιπρόσθετα πολλά νέα είδη έργων πάνε να προστεθούν στα ήδη υπάρχοντα όπως οι βάσεις δεδομένων, τα πολυμέσα και τα προγράμματα ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Άλλη μια σημαντική αλλαγή που προκαλεί η κοινωνία της πληροφορίας, αφορά το ρόλο του χρήστη των έργων. Συγκεκριμένα ο χρήστης ενός έργου που προστατεύεται, έχει τη δυνατότητα να επικοινωνεί αμφίδρομα με αυτό έτσι ώστε να μπορεί ο ίδιος να επηρεάσει τον τρόπο με τον οποίο θα παρουσιαστεί το έργο και άρα ο ρόλος του από παθητικός μετατρέπεται σε ενεργό. Είναι φανερό η ανάγκη νομοθετικής προσαρμογής του δικαίου πνευματικής ιδιοκτησίας με δεδομένο την ανάπτυξη της τεχνολογίας και συγκεκριμένα των περιουσιακών εξουσιών του δημιουργού και των ορίων τους.

Για το λόγο αυτό πάρθηκαν κάποιες νομοθετικές πρωτοβουλίες σε διεθνές και κοινοτικό επίπεδο, έγινε η εισαγωγή νέων κανόνων δικαίου και ακολούθησαν οι τροποποιήσεις του άρθρου 3 § 1 ν.2121/1993.

Το δίκαιο της πνευματικής ιδιοκτησίας είναι ένας παράγοντας ο οποίος διαμορφώνει το σύγχρονο πολιτισμό της επικοινωνίας και θα πρέπει να βοηθάει τη διάδοση των πληροφοριών αλλά ταυτόχρονα να λαμβάνει υπόψη και να παρέχει προστασία στη πνευματική ιδιοκτησία.

1.2 Τεχνολογικά μέσα προστασίας

Για την αντιμετώπιση όλων των θεμάτων που αφορούν την πνευματική ιδιοκτησία έχουν οριστεί από τη νομοθεσία κάποια τεχνολογικά μέσα προστασίας.

Η χρήση των τεχνολογικών μέσων θα πρέπει να ελέγχεται με αποτελεσματικό τρόπο μέσα από διαδικασίες όπως η πρόσβαση, η κρυπτογράφηση ή η μετάδοση-μετατροπή του έργου. Παρέχεται λοιπόν έννομη προστασία έναντι κάθε προσώπου που προβαίνει σε ενέργειες αφαίρεσης ή αλλοίωσης του έργου άνευ αδειάς και προβλέπεται η άσκηση αγωγής αποζημίωσης από την πλευρά των δικαιούχων.

1.2.1 Ορισμοί

Οι ορισμοί των τεχνικών μέσων προστασίας και των συστημάτων διαχείρισης είναι ακόμη υπό τελικό καθορισμό στη διεθνή κοινότητα. Με βάση το σκοπό και το ρόλο που επιτελούν παρατίθενται οι παρακάτω ορισμοί:

Τεχνικά Μέσα Προστασίας:

Είναι μία τεχνολογία που υποστηρίζει τους χρήστες, τους ιδιοκτήτες περιεχομένου και τους οργανισμούς να προστατεύσουν και να διασφαλίσουν το ψηφιακό περιεχόμενο (κείμενο, εικόνα, βίντεο, ήχος, γραφικά) από μη εξουσιοδοτημένη χρήση. Ο ορισμός εμπεριέχει και την ικανότητα ανίχνευσης μίας μη εξουσιοδοτημένης χρήσης.

Σύστημα Ψηφιακής Διαχείρισης Δικαιωμάτων:

Ένα σύστημα που υποστηρίζει τη διαχείριση των δικαιωμάτων του ψηφιακού περιεχομένου για τους προμηθευτές και τους χρήστες και περιλαμβάνει επιχειρηματικά μοντέλα βασισμένα στο χρόνο και στη χρήση.

1.2.1.1 Είδη – Κατηγορίες

- System Catching: παρέχει προστασία για αποθήκευση υλικού από άλλα δίκτυα που βρίσκονται στο σύστημα προμήθειας υπηρεσιών.
- Information Location Tools: παρέχουν προστασία όταν γίνεται σύνδεση ή παραπομπή σε ιστοσελίδα υπό παραβίαση.
- Information on Systems or Networks at the direction of user: αποθήκευση για το χρήστη, περιλαμβάνει κάποιες υπηρεσίες όπως για παράδειγμα website hosting.

1.2.2 Τεχνολογικά μέτρα προστασίας

Ο ρόλος των τεχνολογικών μέτρων είναι η εκκαθάριση και η διαχείριση των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας καθώς επίσης και ο έλεγχος της χρήσης και εκμετάλλευσης των έργων. Παρακάτω αναφέρονται οι στόχοι τους οποίους επιδιώκουν να επιτύχουν τα τεχνολογικά μέτρα. Αυτοί είναι:

- Πληροφόρηση των ενδιαφερόμενων μερών σχετικά με τα στοιχεία ενός έργου, όπως για παράδειγμα τα στοιχεία του δημιουργού, την τιμή κάθε χρήσης και την ημερομηνία λήξης των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας.
- Παραπομπή των ενδιαφερόμενων μερών στους οργανισμούς συλλογικής διαχείρισης για την προμήθεια αδειών χρήσης και εκμετάλλευσης.
- Διατήρηση καταλόγων με τα στοιχεία των χρηστών για κάθε συναλλαγή.

Συνοπτικά, υπάρχουν τέσσερις μεγάλες κατηγορίες τεχνολογικών μέτρων με βάση δύο σημαντικά κριτήρια (μορφή προστασίας, τεχνική μέθοδος) και αναφέρονται παρακάτω:

- Τεχνολογικά μέτρα που ελέγχουν ή παρεμποδίζουν την πρόσβαση σε ένα πρόγραμμα ή μια υπηρεσία και η δυνατότητα πρόσβασης εξαρτάται από τη χρήση ενός κωδικού ή αριθμού πιστοποίησης (π.χ. κρυπτογραφικές τεχνικές, υδατογράφημα ή στενογράφημα)
- Τεχνολογικά μέτρα που ελέγχουν ή περιορίζουν τη χρήση ή αναπαραγωγή ενός έργου και επιτρέπουν την προσωρινή αποθήκευσή του στη μνήμη RAM του υπολογιστή αλλά απαγορεύουν τη μόνιμη αναπαραγωγή ή εκτύπωσή του (π.χ. SCMS: Serial Copy Management System)
- Τεχνολογικά μέτρα που βασίζονται στο hardware. Συνήθως είναι εξαρτήματα ή μηχανισμοί που συνοδεύουν τα προγράμματα η/υ ή τις οικιακές συσκευές και η εκτέλεση του προγράμματος δε μπορεί να προχωρήσει εάν δεν είναι τοποθετημένο αυτό το εξάρτημα (π.χ. Smart Card, Dongle, HASP, Hardware-

Lock, SCMS: περιορίζει τη δυνατότητα δημιουργίας σειριακών αντιγράφων μόνο στο αντίγραφο πρώτης γενιάς)

- Τεχνολογικά μέτρα που βασίζονται στο software. Συνήθως πρόκειται για τεχνικές προστασίας σύμφωνα με τις οποίες η πρόσβαση σε ένα έργο είναι εφικτή μόνο με τη χρήση ενός κωδικού (κρυπτογραφικές μέθοδοι, ψηφιακά υδατογραφήματα)

1.2.2.1 Τεχνολογικά Μέσα Προστασίας και Διαχείρισης Πνευματικών Δικαιωμάτων

Η πρόοδος και διάδοση της ψηφιακής τεχνολογίας διευκόλυνε την αναπαραγωγή υλικών φορέων ήχου και εικόνας (πλέον κυρίως CD και DVD, αρχείων πολυμέσων κ.ά.). Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να αυξηθούν και οι προσβολές των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας και των συγγενικών δικαιωμάτων μέσω της ανεξέλεγκτης αντιγραφής και της διάδοσης από δίκτυα p2p, αφού η αναπαραγωγή και του μεγαλύτερου αρχείου δε διαρκεί πάνω από λίγα λεπτά και το κόστος είναι αμελητέο.

Η λύση

Επικαλούμενοι αυτές τις μεγάλης έκτασης προσβολές οι παραγωγοί κατέφυγαν στη χρήση «τεχνολογικών μέτρων προστασίας» (Technical protection measures, technische Schutzmaßnahmen). Τα τεχνολογικά αυτά μέτρα εμποδίζουν κατά κύριο λόγο την αναπαραγωγή ενός αρχείου ή ενός υλικού φορέα. Γενικότερα επιτρέπουν την «ψηφιακή διαχείριση δικαιωμάτων» (DRM-Digital Rights Management). Κατόπιν πιέσεων κυρίως των μουσικών παραγωγών τα τεχνολογικά μέσα προστασίας κατοχυρώθηκαν και με διεθνείς συνθήκες (με τη Διεθνή Συνθήκη του Παγκόσμιου Οργανισμού Διανοητικής Ιδιοκτησίας του 1996 για την πνευματική ιδιοκτησία, World Copyright Treaty). Το τεχνολογικό μέρος του προβλήματος της προστασίας των πνευματικών δικαιωμάτων ψηφιακού περιεχομένου επικεντρώνεται στο πως θα γίνει εφικτή η ελεύθερη παροχή της πρόσβασης σε αυτό χωρίς να χαθεί ο έλεγχος του.

Έχουν προταθεί αρκετές λύσεις που στηρίζονται σε συνδυασμούς τεχνολογιών κρυπτογράφησης, υδατοσήμανσης και διαχείρισης δικαιωμάτων.

Η κρυπτογράφηση κωδικοποιεί την πληροφορία με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι προσπελάσιμη μόνο με το κατάλληλο κλειδί. Η υδατοσήμανση (υδατοσήμανση) είναι η διαδικασία απόκρυψης πληροφορίας μέσα στο ίδιο το ψηφιακό περιεχόμενο. Η ανίχνευση της πληροφορίας είναι εφικτή μόνο αν είναι γνωστό το κλειδί που χρησιμοποιήθηκε κατά την υδατογράφιση. Το λογισμικό διαχείρισης δικαιωμάτων επιτρέπει την μερική πρόσβαση στο ψηφιακό αντικείμενο, ελέγχοντας συνθήκες όπως ο αριθμός των προσβάσεων που επιτρέπεται, αν επιτρέπεται να τυπωθεί το υλικό, η χρονική διάρκεια χρήσης κ.α.

Ένα ολοκληρωμένο τεχνολογικό σχήμα το οποίο ενσωματώνει όλα τα πιθανά μέσα για την προστασία και τη διαχείριση των πνευματικών δικαιωμάτων αποτελείται από τα εξής:

Τεχνολογικά μέσα προστασίας:

Τα τεχνολογικά μέσα προστασίας διακρίνονται στα κλειστά και δημόσια συστήματα.

Παράδειγμα κλειστών συστημάτων είναι η κρυπτογραφία ενώ ανοιχτών η υδατοσήμανση.

Παρακάτω παρουσιάζονται όλα τα μέσα.

- Ανίχνευση της μη εξουσιοδοτημένης χρήσης του προστατευμένου υλικού
- Ασφάλεια και ακεραιότητα των λειτουργικών συστημάτων των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Περιλαμβάνονται και παραδοσιακές μέθοδοι ελέγχου της πρόσβασης σε αρχεία, πιστοποίησης χρηστών, παροχής δικαιωμάτων, κ.α.
- Κρυπτογραφία. Επιτρέπει την κρυπτογράφηση του ψηφιακού περιεχομένου, το οποίο μπορεί να αποκρυπτογραφηθεί μόνο από τους νόμιμους χρήστες.
- Εξακολουθητική κρυπτογράφηση. Επιτρέπει στον καταναλωτή να χρησιμοποιεί την πληροφορία όσο το σύστημα τη διατηρεί σε κρυπτογραφημένη μορφή.
- Υδατοσήμανση ή απόκρυψη δεδομένων (data hiding). Ενσωματώνει πληροφορία (π.χ. σχετικά με τον ιδιοκτήτη του copyright) σε ένα ψηφιακό αρχείο κατά τρόπο παρόμοιο με την υδατοσήμανση χαρτιού. Ένα ψηφιακό υδατόσημα βοηθά τους ιδιοκτήτες πνευματικών δικαιωμάτων να ανιχνεύουν τη μη-εξουσιοδοτημένη χρήση, αντιγραφή και διανομή των ψηφιακών δεδομένων.
- Έμπιστα (trusted) συστήματα. Σε μία άποψη του μέλλοντος, η ασφάλεια θα έχει σημαντική επίδραση στο σχεδιασμό των υπολογιστικών συστημάτων, οδηγώντας στην ανάπτυξη μίας ευρείας υιοθέτησης συστημάτων που ελέγχουν την Πνευματική Ιδιοκτησία με την αξιοποίηση εξειδικευμένου υλικού και λογισμικού. Τα «έμπιστα» αυτά συστήματα συνθέτουν ένα ανοικτό πεδίο έρευνας.
- Κλασματική πρόσβαση. Εφαρμόζεται σε βάση δεδομένων η οποία είναι δομημένη σε μικρές μονάδες οπότε η υποκλοπή δεν είναι πρακτική γιατί εντοπίζεται αμέσως.
- Έλεγχος Διεπαφής. Το software βρίσκεται σε cdrom και η πρόσβαση σε ιδιόκτητη δεν επιτρέπει εύκολα την αντιγραφή.
- Αποθήκευση. Υπάρχει ένα αντίγραφο κάθε τεκμηρίου σε μια αποθήκη οπότε τα αυθαίρετα αντίγραφα εντοπίζονται άμεσα.
- Μυστικοί φάκελοι. Οι πληροφορίες είναι σε κρυπτογραφημένη μορφή και η αποκρυπτογράφηση γίνεται με το κατάλληλο software υπό τους όρους του κατόχου copyright.
- Ειδικά hardware. Παρέχεται προστασία στο hardware με χρήση της κρυπτογραφίας για παράδειγμα σε μια κάρτα ήχου. Στην περίπτωση αυτή ο χρήστης χρειάζεται κωδικό κλειδιού για να «κατεβάσει» μουσική.

- Οικονομικές προσεγγίσεις. Είναι μια πολιτική μείωσης του κόστους των ψηφιακών τεκμηρίων όπως για παράδειγμα μείωση του κόστους συνδρομής.
- Flickering – Wobble. Η εικόνα ή το κείμενο είναι μεν αναγνώσιμο, όμως δεν αντιγράφεται λόγω της τεχνικής της ταλάντευσης πάνω κάτω ή της αλλαγής του φόντου σε τακτά διαστήματα.

Σύστημα διαχείρισης δικαιωμάτων:

- Σύστημα μοναδικής αναγνώρισης
- Γλώσσες προγραμματισμού για τη διαχείριση των δικαιωμάτων
- Μεταδεδομένα διαχείρισης των Πνευματικών Δικαιωμάτων
- Μέθοδοι και τεχνολογίες διανομής του υλικού. Οι μηχανισμοί που ενσωματώνουν τεχνολογικά μέσα προστασίας λειτουργούν συμπληρωματικά με τα συστήματα διαχείρισης δικαιωμάτων, με στόχο τη θωράκιση των ηθικών και οικονομικών συμφερόντων τόσο των δημιουργών του περιεχομένου, όσο και των ανεξάρτητων δικαιούχων που έχουν συμβληθεί με το ίδρυμα. Κάθε οργανισμός που λειτουργεί ως διανομέας περιεχομένου, πριν αποφασίσει να προβάλλει το υλικό που διαθέτει στο Διαδίκτυο, θα πρέπει να διασφαλίσει με κάθε νομικό και τεχνολογικό μέσο πως δεν θα χρησιμοποιηθεί καταχρηστικά από τους τελικούς χρήστες, πλήττοντας τα ηθικά και οικονομικά δικαιώματα των δικαιούχων.

1.2.2 Χαρακτηριστικά Απόδοσης Τεχνολογικών Μέσων

Κατά πόσο ένα τεχνολογικό μέσο προστασίας είναι αποδοτικό εξαρτάται από την τεχνολογική του πληρότητα, το περιεχόμενο που προστατεύει και την επιχείρηση (ή τομέα) στην οποία είναι εγκατεστημένο. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του είναι:

- Ευχρηστία. Ένα δύσχρηστο μέσο προστασίας αυτόματα αποθαρρύνει την ευρεία χρήση του.
- Καταλληλότητα ως προς το περιεχόμενο. Το κόστος του σχεδιασμού, της ανάπτυξης και εγκατάστασης του συστήματος πρέπει να είναι σε αρμονία με τον τύπο του περιεχομένου. Για χαμηλού κόστους περιεχόμενο το οποίο ήδη διατίθεται σε λογική τιμή με αναλογικά μέσα (όχι μέσω του Διαδικτύου), δεν υπάρχει λόγος υλοποίησης ενός υψηλού κόστους συστήματος προστασίας το οποίο θα αυξήσει την τιμή της διάθεσης του περιεχομένου μέσω του Διαδικτύου.
- Καταλληλότητα ως προς την απειλή. Η αποτροπή των έντιμων καταναλωτών (παραβατών χωρίς πρόθεση) από το να διαμοιράζουν μικρού αριθμού αντίγραφα ενός προϊόντος, μπορεί να απαιτεί μόνο ένα λογικά τιμολογημένο ψηφιακό προϊόν, ένα καλό σύστημα διάθεσης και ένα σαφώς καθορισμένο σύνολο οδηγιών. Η αποτροπή της ηλεκτρονικής σύλησης εξαιρετικά πολύτιμου υλικού, το οποίο πρέπει να υπάρχει σε δίκτυο ηλεκτρονικών υπολογιστών, απαιτεί ένα πολύπλοκο μηχανισμό προστασίας και ακόμα και η καλύτερη διαθέσιμη τεχνολογία ίσως να μην αρκεί για την προστασία του.

- Ανάλυση κόστους – οφέλους. Μία πολύπλοκη αλλά απαραίτητη μελέτη που θα πρέπει πάντα να προηγείται των όποιων αποφάσεων.

1.3 Ψηφιακή Υδατοσήμανση

1.3.1 Εισαγωγικά Στοιχεία

Η ψηφιακή υδατοσήμανση εισάγει την «υπογραφή» του πνευματικού ιδιοκτήτη στα αρχικά δεδομένα Έτσι ο πνευματικός ιδιοκτήτης μπορεί να διαπιστώσει ότι ένα αντίγραφο του ανήκει και να ζητήσει αποζημίωση αν βρει ότι το αντίγραφο έχει «υπογραφεί» από αυτόν.

Ένα από τα δυσκολότερα προβλήματα που είχε να αντιμετωπίσει η υδατοσήμανση στα πρώτα της βήματα, ήταν να αποδείξει ότι μπορεί πράγματι να θεωρηθεί διακριτός επιστημονικός τομέας. Ο βαθμός συσχέτισης της υδατοσήμανσης με την στεγανογραφία είναι τόσο μεγάλος που πολλοί θεωρούσαν και ακόμα θεωρούν, πως δεν πρόκειται για ξεχωριστή επιστημονική περιοχή αλλά για ένα υποσύνολο του ευρύτερου επιστημονικού πεδίου της στεγανογραφίας. Άλλωστε αντικειμενικός στόχος και των δύο είναι να κρύψουν πληροφορία μέσα σε άλλη πληροφορία.

Είναι σημαντικό λοιπόν να αναδειχθούν τα στοιχεία που διαφοροποιούν την υδατοσήμανση από την στεγανογραφία. Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται για την εισαγωγή μηνυμάτων σε διάφορα αντικείμενα μπορούν να διαχωριστούν σε συστήματα υδατοσήμανσης, όπου το μήνυμα σχετίζεται με το αντικείμενο που έχει κρυφτεί και σε συστήματα που το μήνυμα δεν σχετίζεται με το αντικείμενο που το φέρει και δεν μπορούν να θεωρηθούν συστήματα υδατοσήμανσης. Μπορούν επίσης να διαχωριστούν σε στεγανογραφικά συστήματα όπου η ύπαρξη του μηνύματος είναι κρυφή και σε μη-στεγανογραφικά συστήματα στα οποία δεν είναι απαραίτητη η απόκρυψη της ύπαρξης του μηνύματος. Τα ακόλουθα παραδείγματα έχουν σκοπό να περιγράψουν την ποιοτική σημασία της υδατοσήμανσης.

Η ψηφιακή υδατοσήμανση είναι μία από τις πιο σύγχρονες τεχνικές προστασίας περιεχομένου και έχει υιοθετηθεί ως ένα βαθμό από αρκετούς οργανισμούς που δραστηριοποιούνται στο χώρο της προβολής και της αξιοποίησης της πολιτιστικής κληρονομιάς. Η υδατοσήμανση προσθέτει ένα επιπλέον επίπεδο προστασίας στο περιεχόμενο και έχει διεισδύσει ιδιαίτερα στο χώρο της ψηφιακής φωτογραφίας.

Τα ψηφιακά υδατογραφήματα μπορούν επιπλέον να ενσωματωθούν σε συσκευές απόκρυψης μηνυμάτων και σε συνεργασία με ένα εξελιγμένο πρόγραμμα λογισμικού να υποστηρίξουν λειτουργίες που αποτρέπουν τον τελικό χρήστη από την αντιγραφή των εικόνων, όπως για παράδειγμα είναι η απενεργοποίηση του δεξιού κουμπιού στο ποντίκι για να μην είναι εύκολη η αντιγραφή της εικόνας, ή ακόμα και πιο πολύπλοκες λειτουργίες όπως ο καθορισμός που χρονικού διαστήματος που είναι δυνατή η επισκόπηση της εικόνας. Με αυτό τον τρόπο ο χρήστης μπορεί να δει την εικόνα μόνο για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, μετά τη λήξη του οποίου η εικόνα δεν είναι πλέον διαθέσιμη. Η συγκεκριμένη επιλογή ελεγχόμενης διάθεσης του υλικού είναι χρήσιμη στην περίπτωση που ο χρήστης θέλει να δει την εικόνα πριν αποφασίσει να αγοράσει τα δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας που δεσμεύουν τη

χρήση της. Η τεχνική της ψηφιακής υδατογραφίας βρίσκει πολλές εφαρμογές σε ποικιλόμορφα και ετερογενή συστήματα διαχείρισης ψηφιακών αντικειμένων, που μοιράζονται όμως το ίδιο βασικό χαρακτηριστικό.

Ο αντικειμενικός σκοπός της ψηφιακής υδατογραφίας είναι να δώσει λύση στο περίπλοκο πρόβλημα της προστασίας των πνευματικών δικαιωμάτων του ψηφιακού περιεχομένου και να παρέχει τις απαραίτητες εγγυήσεις στους δημιουργούς και τους καταναλωτές του.

Για την επίτευξη του παραπάνω στόχου η τεχνική της ψηφιακής υδατογραφίας έχει υιοθετήσει στοιχεία από τον χώρο της κρυπτογραφίας και της στεγανογραφίας, επιστημονικές περιοχές με τις οποίες παρουσιάζει μεγάλη συνάφεια. Σε γενικά πλαίσια, όλες οι μέθοδοι υδατογραφίας που έχουν προταθεί, υιοθετούν την ακόλουθη πρακτική που αποτελεί ταυτόχρονα και μέρος του ορισμού της ψηφιακής υδατογραφίας.

Ως ψηφιακή υδατογραφία ορίζεται η πρακτική της ανεπαίσθητης παραποίησης του περιεχομένου που συνθέτει το ψηφιακό αντικείμενο, με σκοπό την ενσωμάτωση ενός κωδικοποιημένου μηνύματος που αφορά το ίδιο το ψηφιακό αντικείμενο.

Υπηρεσία υδατοσήμανσης (watermarking service): Διαχειρίζεται ζητήματα που αφορούν την πιστοποίηση ψηφιακών αρχείων και άλλων θεμάτων ασφάλειας που αφορούν την εμπορική (ή μη) αξιοποίησή τους, μέσω της εφαρμογής τεχνικών υδατοσήμανσης.

Υπάρχουν δυο βασικές προσεγγίσεις για τη διαδικασία υδατοσήμανσης.

Η πρώτη αφορά την προσθήκη ορατών υδατόσημων ή υδατόσημων που μπορούν να ακουστούν (π.χ. σε αρχεία ήχου). Στην περίπτωση αυτή ξεκαθαρίζεται το ιδιοκτησιακό καθεστώς των αρχείων και περιορίζεται η πιθανότητα παράνομης ή μη πιστοποιημένης αξιοποίησής τους.

Η δεύτερη αφορά την προσθήκη αόρατων υδατόσημων ή υδατόσημων που δεν μπορούν να ακουστούν ή, γενικότερα, να ανιχνευθούν από τον ανθρώπινο παράγοντα. Στην περίπτωση αυτή είναι δυνατή η εύρεση της ιδιοκτησίας ενός αρχείου που αξιοποιήθηκε παράνομα.

Και στις δύο περιπτώσεις, η υπηρεσία θα πρέπει να μεριμνά για τη διατήρηση των υδατόσημων πάνω στα υδατοσημασμένα αρχεία, αφού είναι πιθανή η αλλοίωσή τους κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής των αρχείων εντός του DAMS.

Η λίστα που ακολουθεί συνοψίζει τις βασικότερες αρχές που θα πρέπει να χαρακτηρίζουν ένα σύστημα ψηφιακής υδατοσήμανσης .

- Θα πρέπει να είναι αρκετά ανθεκτικό ώστε να αντέχει σε πιθανές ενέργειες απομάκρυνσης του, ενώ θα πρέπει να παρουσιάζει ανθεκτικότητα και κατά την αναπαραγωγή, την συμπίεση και την εκτύπωση της εικόνας σε έντυπα μέσα.

- Θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να παρακολουθεί την διακίνηση των εικόνων στο Διαδίκτυο και να διατηρεί πληροφορίες σχετικά με τους χρήστες τους.
- Θα πρέπει να παρέχει λειτουργίες ανίχνευσης παράνομων χρήσεων όταν αυτές συμβαίνουν σε εικόνες που προστατεύονται με υδατογραφήματα.
- Τα υδατογραφήματα θα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να είναι ορατά ή μη ορατά ανάλογα με τις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής.

1.3.2 Ψηφιακή Υδατοσήμανση

Η ψηφιακή υδατοσήμανση είναι η προσαρμογή της γνωστής τεχνικής του υδατογραφημένου χαρτιού στον ψηφιακό κόσμο. Η ψηφιακή υδατοσήμανση περιγράφει τις μεθόδους και τις τεχνολογίες που επιτρέπουν την απόκρυψη πληροφορίας μέσα σε ψηφιακά δεδομένα, για παράδειγμα ένας αριθμός ή ένα κείμενο εισάγεται σε μία εικόνα, σε ένα βίντεο ή σε έναν ήχο. Η ένθεση γίνεται μέσω «παραποίησης» του περιεχομένου των ψηφιακών δεδομένων, δηλαδή η επιπλέον πληροφορία δεν ενθέτεται στο πλαίσιο γύρω από τα δεδομένα αλλά μέσα στα δεδομένα. Η διαδικασία της απόκρυψης γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε οι παραποιήσεις που γίνονται στα ψηφιακά δεδομένα να είναι ανεπαίσθητες. Για παράδειγμα όταν μία εικόνα υποστεί παραποιήσεις, οι τροποποιήσεις που γίνονται στις τιμές των pixels της εικόνας θα πρέπει να είναι μη ορατές. Επιπλέον ανάλογα με την εφαρμογή το υδατογράφημα μπορεί να είναι ανθεκτικό ή μη ανθεκτικό. Με τον όρο ανθεκτικότητα εννοούμε την ικανότητα του υδατογραφήματος να αντιστέκεται σε τροποποιήσεις όπως είναι η απωλεστική συμπίεση (lossy compression), η αλλαγή κλίμακας (scaling) και η επιλογή τμήματος (cropping). Με τον όρο μη ανθεκτικότητα εννοούμε ότι το υδατογράφημα δεν αντέχει στις παραποιήσεις ή αντέχει μέχρι ένα σημείο.

Η ψηφιακή υδατοσήμανση εφαρμόζεται συνήθως για τη διασφάλιση της προστασίας της πνευματικής ιδιοκτησίας στα ψηφιακά μέσα. Στο παρελθόν, η διαδικασία της αντιγραφής των καλλιτεχνικών έργων σε πανομοιότυπα αντίγραφα ήταν μια αρκετά πολύπλοκη διαδικασία και απαιτούσε υψηλό επίπεδο εξειδίκευσης για να μοιάζει το πλαστό αντίγραφο με το αυθεντικό, γεγονός που δεν ισχύει στον ψηφιακό κόσμο. Στον ψηφιακό κόσμο, για τον οποιοδήποτε είναι εξαιρετικά εύκολο να δημιουργήσει πανομοιότυπα αντίγραφα ψηφιακών δεδομένων, χωρίς καμία απώλεια στην ποιότητα. Επομένως, όπως οι καλλιτέχνες βάζουν την υπογραφή τους στους πίνακες τους για να κατοχυρώσουν την πνευματική ιδιοκτησία τους, έτσι και οι «καλλιτέχνες» του ψηφιακού κόσμου υδατογραφούν τη δουλειά τους για να κατοχυρώσουν την πνευματική ιδιοκτησία τους, για παράδειγμα κρύβουν το όνομά τους μέσα σε μία ψηφιακή εικόνα. Έτσι το ψηφιακό υδατογράφημα δίνει τη δυνατότητα της αναγνώρισης της ταυτότητας του ιδιοκτήτη της δουλειάς. Τέλος, είναι φανερό ότι αυτό το σενάριο μπορεί να εφαρμοστεί και στα άλλα ψηφιακά μέσα, δηλαδή στο βίντεο και τον ήχο.

Επομένως, μία μέθοδος προστασίας της πνευματικής ιδιοκτησίας είναι η ενσωμάτωση ψηφιακού υδατογραφήματος στα πολυμέσα. Ένα υδατογράφημα είναι ένας ψηφιακός κώδικας, ο οποίος ενσωματώνεται αμετάκλητα, ανθεκτικά και ανεπαίσθητα στα δεδομένα και συνήθως περιέχει πληροφορία σχετική με την

προέλευση, την κατασκευή και τον προορισμό των δεδομένων. Αν και δεν χρησιμοποιείται σαν άμεσος τρόπος προστασίας από την αντιγραφή, βοηθά στην αναγνώριση της πηγής και του προορισμού των δεδομένων και αποτελεί την τελευταία γραμμή άμυνας απέναντι στις παραβιάσεις που γίνονται στο copyright.

1.3.3 Βασικές αρχές υδατοσήμανσης

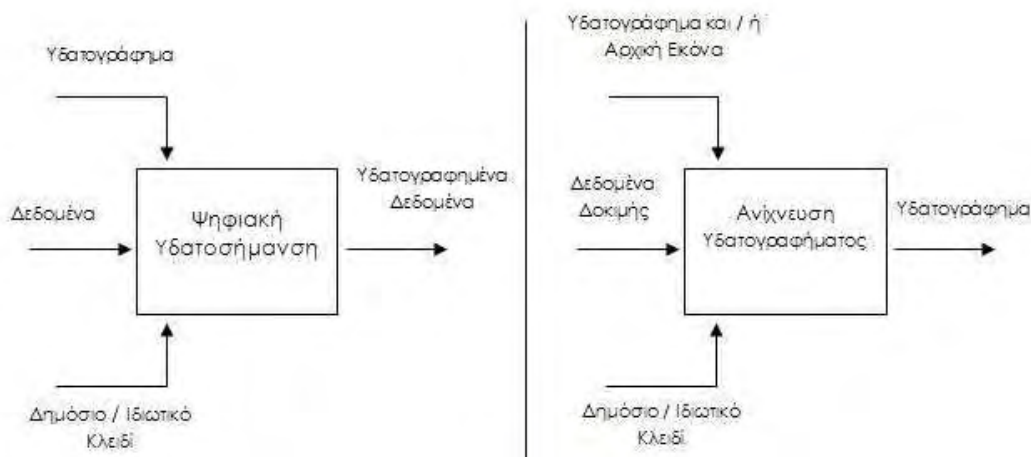
Η βασική αρχή της υδατοσήμανσης είναι η πρόσθεση του σήματος υδατογραφήματος στα δεδομένα φιλοξενητές που πρόκειται να υδατογραφηθούν, με τέτοιο τρόπο ώστε το σήμα υδατογραφήματος να είναι διακριτικό και ασφαλές στο σύνολο των σημάτων. Πρέπει ωστόσο να είναι δυνατή η μερική ή ολική ανάκτηση του από το σύνολο, μόνο με τη χρήση ενός κρυπτογραφικά ασφαλούς κλειδιού. Για τη διασφάλιση της αδιораτότητας που απαιτείται κατά την ενσωμάτωση του υδατογραφήματος στα δεδομένα, χρησιμοποιείται το κριτήριο της αντιληπτικότητας. Το κριτήριο αυτό είναι υποκρυπτόμενο ή ρητό, προσαρμοστικό ή αμετάβλητο ως προς τα δεδομένα φιλοξενητές, μα πάντα απαραίτητο. Σα συνέπεια της απαιτούμενης μη ορατότητας, τα ατομικά δείγματα (για παράδειγμα τα εικονοστοιχεία ή οι συντελεστές μετατροπής) που χρησιμοποιούνται για την ενσωμάτωση του υδατογραφήματος μπορούν να τροποποιηθούν μόνο σε ένα μικρό ποσοστό συγκριτικά με το μέσο μέτρο τους.

Για την διασφάλιση της ανθεκτικότητας, παρόλο που η δυνατότητα για αλλαγές που επιτρέπεται είναι μικρή, η πληροφορία του υδατογραφήματος συνήθως διανέμεται σε αφθονία πάνω σε πολλά δείγματα (για παράδειγμα στα εικονοστοιχεία) των δεδομένων του φιλοξενητή. Με τον τρόπο αυτό παρέχεται μία ολογραφική ανθεκτικότητα, δηλαδή το υδατογράφημα μπορεί συνήθως να ανακτηθεί από ένα μικρό κομμάτι των υδατογραφημένων δεδομένων. Ωστόσο η διαδικασία της ανάκτησης είναι πιο σταθερή και ασφαλής αν είναι αρκετά τα διαθέσιμα δεδομένα. Τα συστήματα υδατοσήμανσης χρησιμοποιούν ένα ή περισσότερα κρυπτογραφικά ασφαλή κλειδιά για να διασφαλίσουν την προστασία έναντι της εκμετάλλευσης και διαγραφής του υδατογραφήματος.

Ο σχεδιασμός των συστημάτων υδατοσήμανσης εστιάζει σε τρία βασικά σημεία. Τα σημεία αυτά είναι:

- Ο σχεδιασμός του σήματος υδατογραφήματος που θα προστεθεί στο σήμα φιλοξενητή. Τυπικά το σήμα υδατογραφήματος εξαρτάται από ένα κλειδί και τη πληροφορία υδατοσήμανσης. Είναι πιθανό το υδατογράφημα να εξαρτάται και από τα δεδομένα φιλοξενητές στα οποία θα ενσωματωθεί.
- Ο σχεδιασμός μίας μεθόδου ενσωμάτωσης που εισάγει το σήμα υδατοσήμανσης στα δεδομένα φιλοξενητές και δίνει ως αποτέλεσμα ένα σύνολο από υδατογραφημένα δεδομένα.
- Ο σχεδιασμός της μεθόδου εξαγωγής (ανίχνευσης) που ανακτά την υδατογραφημένη πληροφορία από το μίγμα των σημάτων, χρησιμοποιώντας το κλειδί και πιθανός και την αρχική πληροφορία. Τα δύο πρώτα σημεία πολλές φορές λαμβάνονται σαν ένα, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου το ενσωματωμένο υδατογράφημα είναι προσαρμοσμένο στο σήμα φιλοξενητή. Στα δύο σχήματα που ακολουθούν περιγράφονται οι διαδικασίες της

ενσωμάτωσης (Εικόνα 1.1(α)) και της ανάκτησης (Εικόνα 1.1(β)) του υδατογραφήματος.



Εικόνα 1.1 α) Ψηφιακή υδατοσήμανση β) Ανίχνευση του υδατογραφήματος

Οι είσοδοι στην εικόνα 1.1(α) είναι το υδατογράφημα, τα δεδομένα φιλοξενητές και ένα προαιρετικό δημόσιο ή ιδιωτικό κλειδί. Τα δεδομένα φιλοξενητές ανάλογα με την εφαρμογή μπορεί να είναι σε συμπιεσμένη ή ασυμπιεστη μορφή. Οι πιο πολλές προτεινόμενες μέθοδοι λαμβάνουν υπόψη ασυμπιεστα δεδομένα. Το υδατογράφημα μπορεί να είναι οποιασδήποτε μορφής, όπως αριθμός, κείμενο ή εικόνα. Το δημόσιο ή ιδιωτικό κλειδί χρησιμοποιείται για περισσότερη προστασία και ασφάλεια. Αν το υδατογράφημα δεν προορίζεται για επισκόπηση από μη εξουσιοδοτημένες ομάδες, ένα κλειδί μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προστατέψει το υδατογράφημα. Αντίστοιχα με τη χρήση δημόσιου ή ιδιωτικού κλειδιού, οι τεχνικές υδατοσήμανσης συχνά αναφέρονται και ως δημόσιες ή ιδιωτικές τεχνικές υδατοσήμανσης. Το αποτέλεσμα του σχήματος ψηφιακής υδατοσήμανσης είναι τα τροποποιημένα και υδατογραφημένα δεδομένα. Οι είσοδοι της εικόνας 1.1(β) είναι τα υδατογραφημένα δεδομένα, το δημόσιο ή ιδιωτικό κλειδί, και ανάλογα με τη μέθοδο τα αρχικά δεδομένα και / ή το υδατογράφημα. Η έξοδος της διαδικασίας ανίχνευσης του υδατογραφήματος είναι το ίδιο το υδατογράφημα.

1.3.4 Τύποι και χρήσεις υδατογραφήματων

Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τύποι υδατογραφήματων, οι οποίοι καθορίζουν και μερικές από τις χρήσεις τους:

- Ορατό υδατογράφημα. Η βασική χρήση των ορατών υδατογραφήματων είναι για να δηλώσουν ρητά και φανερά ότι η εμπορική χρήση του αντικειμένου πολλαπλού μέσου είναι νομικά περιορισμένη και προστατεύεται από τις διατάξεις περί πνευματικής ιδιοκτησίας. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η αποτροπή της παράνομης αντιγραφής από ανυποψίαστους χρήστες, οι οποίοι δεν έχουν συνείδηση της πράξης τους όταν δημιουργούν ένα αντίγραφο της

ψηφιακής εικόνας, του ψηφιακού βίντεο, ή του ψηφιακού ήχου. Επίσης, μερικές φορές, ορατά υδατογραφήματα χρησιμοποιούνται, για παράδειγμα σε ψηφιακές εικόνες και ύστερα από μία εμπορική συναλλαγή αυτά αφαιρούνται και οι ψηφιακές εικόνες, χωρίς το ορατό υδατογράφημα, παραδίδονται στους χρήστες που έχουν συμμετοχή στη συναλλαγή αυτή.

- Αόρατο υδατογράφημα. Τα αόρατα υδατογραφήματα χρησιμοποιούνται κυρίως για την ανίχνευση και τον εντοπισμό μίας παράνομης εμπορικής συναλλαγής. Επίσης χρησιμοποιούνται για την απόδειξη της πνευματικής ιδιοκτησίας ενός ατόμου ή οργανισμού πάνω σε ψηφιακές εικόνες, ψηφιακό βίντεο και ήχο. Τα δεδομένα που ενσωματώνονται σε μία ψηφιακή εικόνα για παράδειγμα γίνονται το μέσο αναζήτησης των εικόνων αυτών σε δίκτυα ευρείας περιοχής, στο Διαδίκτυο και σε CD ROMs. Συνήθως για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται μηχανές αναζήτησης σχεδιασμένες με βάση αυτά τα υδατογραφήματα. Τα αόρατα υδατογραφήματα που σχεδιάζονται με στόχο τον εντοπισμό μίας παράνομης χρήσης έχουν σαν βασική προϋπόθεση την ανθεκτικότητά τους στις επιθέσεις των ατόμων που επιθυμούν την παράνομη εμπορική χρήση της ψηφιακής εικόνας, του ψηφιακού βίντεο ή του ψηφιακού ήχου.
- Ανθεκτικό υδατογράφημα. Τα υδατογραφήματα αυτά χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό μιας παράνομης εμπορικής εκμετάλλευσης ενός αντικειμένου πολλαπλού μέσου (ψηφιακή εικόνα, ψηφιακό βίντεο και ήχος) το οποίο αντικείμενο προστατεύεται από το νόμο της πνευματικής ιδιοκτησίας. Τα υδατογραφήματα αυτά είναι ανθεκτικά σε επιθέσεις που έχουν τη μορφή διαφόρων μεθόδων επεξεργασίας εικόνας και ήχου όπως είναι η συμπίεση, η χρήση κατωπερατού φίλτρου, οι γεωμετρικές μετατροπές της εικόνας και άλλες μέθοδοι.

Στόχος της ανθεκτικότητας είναι ο σωστός εντοπισμός του υδατογραφήματος ανεξαρτήτως της επεξεργασίας που έχει υποστεί το ψηφιακό μέσο. Σε περίπτωση μη εντοπισμού του υδατογραφήματος, δηλαδή αν έχει επέλθει η αφαίρεση ή διαστρέβλωση του, τότε η ψηφιακή εικόνα θα πρέπει να έχει αλλοιωθεί σε τέτοιο βαθμό που να μην είναι δυνατή η εμπορική εκμετάλλευση της. Η λογική αυτή εφαρμόζεται σε όλα τα αντικείμενα πολλαπλών μέσων. Τα ανθεκτικά υδατογραφήματα είναι συνήθως και αόρατα. Ωστόσο μεταξύ της ανεπισημοσύνης και της ανθεκτικότητας υπάρχει trade-off. Επίσης υπάρχει trade-off μεταξύ της ανθεκτικότητας και της ποιότητας της φωτογραφίας.

- Μη ανθεκτικό υδατογράφημα. Αν και η χρήση μη ανθεκτικών υδατογραφημάτων είναι ιδιόρρυθμη, παρόλα αυτά έχουν ένα σκοπό των οποιοεξυπηρετούν. Συνήθως σε ψηφιακές εικόνες, ψηφιακό βίντεο και ήχο, ενσωματώνεται ένα αόρατο, μη ανθεκτικό υδατογράφημα, έτσι ώστε σε κάθε περίπτωση υποψήφιας αλλοίωσης των δεδομένων τους, η αλλοίωση αυτή να αποδεικνύεται μέσω του υδατογραφήματος. Καταρχήν σε μία ψηφιακή εικόνα για παράδειγμα ενσωματώνεται ένα υδατογράφημα, αόρατο και μη ανθεκτικό. Κάποιος με ύποπτο σκοπό αλλοιώνει το περιεχόμενο της ψηφιακής εικόνας. Με τον τρόπο αυτό αλλοιώνεται και το αόρατο υδατογράφημα, το οποίο πλέον αποδεικνύει ότι η ψηφιακή εικόνα δεν είναι η πρωτότυπη αλλά ένα παράγωγο της. Η μέθοδος αυτή έχει χρησιμοποιηθεί και σε δικαστήρια για νομικές υποθέσεις.

Στη συνέχεια κάνουμε αναφορά σε μερικές ακόμα χρήσεις των υδατογραφημάτων:

- Αναγνώριση παραλήπτη (fingerprinting). Η ενσωμάτωση αναγνωριστικών στα δεδομένα ενός αντικειμένου πολλαπλού μέσου, επιτρέπει την εύκολη ανάχνευση του παραλήπτη. Για παράδειγμα, ο πωλητής ενός αντικειμένου μπορεί να εισάγει μία μοναδική και αόρατη ετικέτα στο αντικείμενο, η οποία αναφέρεται στο πρόσωπο στο οποίο πουλήθηκε το αντικείμενο. Κάποια άλλη χρονική στιγμή ο πωλητής μπορεί να διαπιστώσει την ύπαρξη ενός παράνομου αντιγράφου του αντικειμένου αυτού. Το υδατογράφημα τότε θα υποδείξει αυτόν στον οποίο πουλήθηκε το αντικείμενο και μπορεί να έλαβε μέρος στη δημιουργία του παράνομου αντιγράφου.
- Εισαγωγή μεταδεδομένων. Αν το υδατογράφημα είναι αρκετά ανθεκτικό, μπορεί να λειτουργήσει σαν περιγραφικό αντικείμενο, το οποίο περιγραφικό είναι και ανεξάρτητο πλατφόρμας και γενικό. Τα δεδομένα που ενσωματώνονται μπορεί να είναι περιγραφικού χαρακτήρα για το περιεχόμενο του αντικειμένου. Το υδατογράφημα μπορεί να περιέχει πληροφορίες τύπου γεωγραφικών δεδομένων, διεύθυνσης στο Διαδίκτυο και ότι άλλες πληροφορίες ενδιαφέρουν σε ένα σύστημα ή σε μία εμπορική συναλλαγή. Κατά τον ίδιο τρόπο το υδατογράφημα μπορεί να περιέχει πληροφορία σχετική με τα πνευματικά δικαιώματα που ισχύουν για το αντικείμενο.



Εικόνα 1.2: Τύποι υδατογραφημάτων

1.3.5 Εφαρμογές

Η τεχνική της υδατοσήμανσης ψηφιακών αντικειμένων μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μία μεγάλη ποικιλία εφαρμογών. Σε γενικές γραμμές, όταν παρουσιάζεται η ανάγκη συσχέτισης του ψηφιακού αντικειμένου με κάποια συνοδευτική πληροφορία, η

επιλογή των μεθόδων υδατοσήμανσης για την τοποθέτηση των μεταδεδομένων μέσα στο ψηφιακό αντικείμενο είναι η ιδανικότερη λύση. Υπάρχουν βέβαια και άλλοι τρόποι για τη συσχέτιση πληροφορίας με ένα ψηφιακό αντικείμενο όπως, η τοποθέτηση της πληροφορίας στην κεφαλίδα ενός ψηφιακού αρχείου, η κωδικοποίηση της σε μία ορατή μπάρα στο κάτω μέρος μιας ψηφιακής εικόνας, η ακόμα και η εισαγωγή ενός ηχητικού μηνύματος σαν επισυναπτόμενο μουσικό αρχείο.

Το ερώτημα που τίθεται είναι πότε η υδατογράφιση αποτελεί την κατάλληλη επιλογή. Τι είναι αυτό που προσφέρει η υδατογράφιση και δεν μπορούν να το προσφέρουν οι άλλες τεχνικές.

Η υδατοσήμανση διαφοροποιείται από τις άλλες τεχνικές σε τρία σημαντικά σημεία.

1. Τα υδατογραφήματα (αόρατα υδατογραφήματα) χαρακτηρίζονται από την επιπλέον ιδιότητα να μην γίνονται αντιληπτά από το ανθρώπινο σύστημα των αισθήσεων. Σε αντίθεση με τους κώδικες μπάρας δεν επηρεάζουν την αισθητική του ψηφιακού αντικειμένου.
2. Είναι αδιαχώριστα από τα αντικείμενα στα οποία ενσωματώνονται. Σε αντίθεση με την πληροφορία που τοποθετείται στις κεφαλίδες των αρχείων, δεν απομακρύνονται με την εφαρμογή απλών μορφών επεξεργασίας, όπως είναι η αλλαγή του τύπου δεδομένων του αρχείου.
3. Υφίστανται την ίδια ακριβώς επεξεργασία που εφαρμόζεται και στο ψηφιακό αντικείμενο. Αυτή η ιδιότητα επιτρέπει μερικές φορές την διαπίστωση των μετατροπών που έχει υποστεί το ψηφιακό αντικείμενο, από την παρακολούθηση των αλλαγών που έχει υποστεί το υδατογράφημα.

Οι τρεις παραπάνω ιδιότητες είναι που καθιστούν την τεχνική της υδατοσήμανσης κατάλληλη για εφαρμογές συγκεκριμένου τύπου. Τα υδατογραφήματα, στην περίπτωση που είναι ορατά, βοηθούν στην παρεμπόδιση της παράνομης χρήσης, ενώ όταν είναι αόρατα συνεισφέρουν στην απόδειξη της προσβολής. Επίσης χρησιμοποιούνται και οι λεγόμενοι «ανιχνευτές του διαδικτύου», για την ανίχνευση παράνομων αντιγράφων και την ειδοποίηση των δικαιούχων.

Εφαρμογές που μπορούν να υλοποιηθούν με τη χρήση υδατογραφικών μεθόδων:

1. Έλεγχος Εκπομπής (Broadcast Monitoring)
2. Αναγνώριση Ιδιοκτήτη (Owner Identification)
3. Πιστοποίηση Ιδιοκτησίας (Proof of Ownership)
4. Έλεγχος Αντιγραφής (Copy Control)
5. Καταγραφή Δοσοληψιών (Transaction Tracking)

Παρά το γεγονός πως η τεχνολογία της υδατογράφισης και τα συστήματα που έχουν αναπτυχθεί γύρω από αυτή είναι ακόμα σε πρώιμη φάση, υπάρχει ένας σημαντικός

αριθμός από εταιρείες λογισμικού που έχουν προχωρήσει στο σχεδιασμό και στην ανάπτυξη εφαρμογών υδατογράφησης. Ωστόσο, ακόμα και στην περίπτωση που οι προδιαγραφές των συστημάτων είναι κοινές, τα προϊόντα που προτείνονται από διαφορετικές εταιρίες παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές. Στη συνέχεια θα επιχειρηθεί μία συνοπτική αναφορά στα κυριότερα, εμπορικά διαθέσιμα προϊόντα. Ο πίνακας που ακολουθεί συγκεντρώνει το σύνολο των εταιριών που παρέχουν υπηρεσίες υδατογράφησης, με αλφαβητική σειρά.

1.3.6 Ιδιότητες

Τα συστήματα υδατοσήμανσης φέρουν ένα σημαντικό αριθμό από βασικές ιδιότητες που τις περισσότερες φορές εμφανίζονται ως αντικρουόμενες τάσεις όπου ένα καλό σύστημα υδατοσήμανσης θα πρέπει να σταθμίσει. Η σχετική σπουδαιότητα που παρουσιάζει κάθε ιδιότητα εξαρτάται άμεσα από τις απαιτήσεις της εφαρμογής και το ρόλο που θα διαδραματίσει το υδατογράφημα μέσα σε αυτή.

1. Ιδιότητες που συνδέονται με την διαδικασία της ενσωμάτωσης του υδατογραφήματος

- Αποτελεσματική Ενσωμάτωση
- Πιστότητα (Fidelity)
- Ωφέλιμο φορτίο δεδομένων (Data payload)

2. Ιδιότητες που τυπικά συνδέονται με την διαδικασία της ανίχνευσης

- Τυφλή & Ενημερωμένη Ανίχνευση
- Ανθεκτικότητα (Robustness)

Ακόμη υπάρχουν οι ιδιότητες ασφάλεια και χρήση μυστικών κλειδιών που αποτελούν αναπόσπαστο στοιχείο κάθε πολιτικής ασφάλειας και συνεπώς της υδατοσήμανσης .

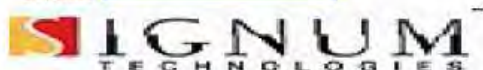
1.3.7 Εργαλεία υδατοσήμανσης

Τα εργαλεία υδατογράφησης διακρίνονται ανάλογα με τον τύπο των μέσων που προστατεύουν (ήχο εικόνα, βιντεο, 2D και 3D γραφικά, κ.α.) και ανάλογα με την μέθοδο που χρησιμοποιούν (χωρική ,συχνοτήτων κ.α.).

Παραδείγματα εργαλείων :



www.i-stigma.com



www.signumtech.com



www.mediasec.com



www.digimarc.com



www.alphatecltd.com



www.bluespike.com



orion.zeusnet.gr

1.3.8 Προδιαγραφές υδατοσήμανσης ψηφιακών αρχείων

Σύστημα υδατογράφησης πολυμεσικού υλικού (εικόνα, βίντεο, ήχος):

Ο ανάδοχος του υποέργου θα πρέπει να προβλέψει την ύπαρξη ενός συστήματος υπεύθυνου για την υδατογράφηση του ψηφιακού περιεχομένου που θα προβάλλεται από τον Ιστότοπο. Το σύστημα θα πρέπει να εφαρμόζει ανθεκτικές μεθόδους υδατογράφησης κατά τη διαδικασία ψηφιοποίησης του πολιτιστικού αποθέματος. Το υδατογράφημα θα παρέχει αποδείξεις για την αναγνώριση του κάτοχου των πνευματικών δικαιωμάτων καθώς και τη δυνατότητα μοναδικής αναγνώρισης του ψηφιακού περιεχομένου. Συγκεκριμένα το σύστημα υδατογράφησης για κάθε τύπο ψηφιακού αρχείου, θα πρέπει να πληροί κατά το δυνατό περισσότερες από τις προδιαγραφές που ακολουθούν:

Ψηφιακά Αρχεία Εικόνας

- Τα υδατογράφημα δεν θα πρέπει να γίνεται αντιληπτό από το ανθρώπινο σύστημα όρασης.
- Η αφαίρεση του υδατογραφήματος θα πρέπει να είναι εξαιρετικά δύσκολη και ουσιαστικά αδύνατη χωρίς τη σοβαρή αλλοίωση του οπτικού περιεχομένου της εικόνας.
- Θα πρέπει να υποστηρίζεται η τυφλή ανίχνευση (Ανίχνευση του υδατογραφήματος χωρίς να είναι απαραίτητη η αρχική μη υδατογραφημένη εικόνα).
- Θα πρέπει να υποστηρίζονται τουλάχιστον οι ακόλουθοι βασικοί τύποι αρχείων εικόνας:
 - a. TIFF
 - b. JPEG
 - c. GIF
 - d. BMP
- Θα πρέπει να δίνεται η δυνατότητα κωδικοποίησης ενός αριθμού στο ψηφιακό περιεχόμενο της εικόνας (Multibit Watermarking), που θα λειτουργεί ως μοναδικό αναγνωριστικό του ψηφιακού αντικειμένου.
- Θα πρέπει να παρουσιάζει ανθεκτικότητα στις ακόλουθες μορφές επεξεργασίας εικόνας:
 - a. JPEG συμπίεση με ποσοστό συμπίεσης μέχρι και 50% επί της αρχικής εικόνας.
 - b. Περιορισμός χρώματος / GIF συμπίεση
 - c. Γεωμετρικοί Μετασχηματισμοί της εικόνας:
 - Περιστροφή (Rotation), με μέγιστη γωνία περιστροφής τις 5°
 - Κλιμάκωση (Scaling), με λόγο κλιμάκωσης (0.5 - 2.0) ανά διάσταση
 - Αποκοπή (Cropping), με ποσοστό αποκοπής ως και 75% επί της αρχικής εικόνας
 - Αλλοίωση του λόγου των διαστάσεων (Aspect Ratio)
 - Επεξεργασία Σήματος

- Φιλτράρισμα (Median, Sharpening)
- Προσθήκη Θορύβου (Uniform, Gaussian)
- Μετατροπή της μορφής της εικόνας από ψηφιακή σε αναλογική και στη συνέχεια πάλι σε ψηφιακή. (Θα πρέπει το υδατογράφημα που έχει τοποθετηθεί στην εικόνα να μπορεί να ανθεκτικό στη διαδικασία εκτύπωσης και επαναψηφιοποίησης).
- Οι λειτουργίες του συστήματος υδατογράφησης ψηφιακών εικόνων θα πρέπει να διατίθενται σε μία πλατφόρμα ανάπτυξης εφαρμογών λογισμικού (SDK, Software Development Kit) που να καθιστά εφικτή την ενσωμάτωση των υπηρεσιών υδατογράφησης σε ένα γενικότερο σύστημα ψηφιοποίησης και τεκμηρίωσης ψηφιακών εικόνων.

Ψηφιακά Αρχεία Ήχου

- Το ηχητικό υδατογράφημα δεν θα πρέπει να γίνεται αντιληπτό από τον ακροατή του ψηφιακού αρχείου.
- Η ανίχνευση του υδατογραφήματος και η πιστοποίηση της ιδιοκτησίας θα πρέπει να πραγματοποιείται χωρίς να είναι απαραίτητο το αρχικό μη υδατογραφημένο αρχείο ήχου.
- Θα πρέπει να υποστηρίζεται τουλάχιστον ο βασικός τύπος αρχείων ήχου, Wav.
- Το υδατογράφημα θα πρέπει να είναι ανθεκτικό σε όλες τις συνήθεις μορφές επεξεργασίας των ψηφιακών αρχείων ήχου.

Συγκεκριμένα:

Συμπύεση:

- Συμπύεση δυναμικής περιοχής (16 bits -> 8 bits)
- Συμπύεση με απώλεια πληροφορίας
 - MPEG1 Layer 3 (MP3), (128 Kbps για στερεοφωνικό σήμα ήχου & 96 Kbps, 64 Kbps για μονοφωνικό σήμα ήχου)
 - MPEG2 Advanced Audio Coding
 - (AAC), (128, 96 kbps)
 - ATRAC (Version 4.5)
 - ATRAC3 (132 kbps, 105 Kbps)
 - RealAudio (128 Kbps, 64 Kbps)
 - Windows Media Audio (128 Kbps, 64 Kbps)

Επεξεργασίας Σήματος:

- Μετατροπή του ψηφιακού αρχείου από αναλογικό σε ψηφιακό και αντίστροφα
- Υποδειγματοληψία (44.1 kHz -> 16 kHz)
- Προσθήκη Θορύβου (Λευκός θόρυβος, όπου ο λόγος σήμα/θόρυβος να είναι της τάξης των $S/N = -40$ decibels)
- Αποκοπή (Cropping) του ψηφιακού αρχείου.

Δυνατότητα ανίχνευσης του υδατογραφήματος και μετά την αποκοπή ενός τμήματος του ψηφιακού αρχείου ήχου.

Αναμετάδοση:

- FM
- AM
- PCM (Δορυφορική Τηλεοπτική εκπομπή)
- Θα πρέπει να υποστηρίζεται η δυνατότητα ενσωμάτωσης και ανίχνευσης του υδατογραφήματος σε πραγματικό χρόνο.
- Οι λειτουργίες υδατογράφησης ψηφιακών αρχείων ήχου θα πρέπει να διατίθενται σε μία πλατφόρμα ανάπτυξης εφαρμογών λογισμικού (SDK, Software Development Kit) που να καθιστά εφικτή την ενσωμάτωση των υπηρεσιών υδατογράφησης σε ένα γενικότερο σύστημα ψηφιοποίησης και τεκμηρίωσης ψηφιακών αρχείων ήχου.

Ψηφιακά Αρχεία Βίντεο

- Το υδατογράφημα δεν θα πρέπει να γίνεται αντιληπτό από τις ανθρώπινες αισθήσεις μετά το πέρας της διαδικασίας υδατογράφησης.
- Η ανίχνευση του υδατογραφήματος και η πιστοποίηση της ιδιοκτησίας θα πρέπει να είναι εφικτή ακόμα και χωρίς την παρουσία του αρχικού μη υδατογραφημένου αρχείου βίντεο
- Το υδατογράφημα θα πρέπει να παρουσιάζει ικανοποιητική ανθεκτικότητα σε όλες τις συνήθεις μορφές επεξεργασίας βίντεο. Συγκεκριμένα:
- Συμπύεση με απώλεια πληροφορίας
 - Το υδατογράφημα θα πρέπει να είναι ανθεκτικό στην διαδικασία κωδικοποίησης -αποκωδικοποίησης σύμφωνα με το πρότυπο MPEG-2. (DVD video format).
 - Αντίστοιχα ανθεκτικό θα πρέπει να είναι το υδατογράφημα και στη διαδικασία κωδικοποίησης –αποκωδικοποίησης σύμφωνα με το πρότυπο MPEG-1. (VCD video format).
- Μορφές Επεξεργασίας αντίστοιχες με αυτές των ψηφιακών εικόνων
 - a. Προσθήκη θορύβου
 - b. Γεωμετρικοί Μετασχηματισμοί
 - c. Φιλτράρισμα
 - d. Οριζόντια και κάθετη μετατόπιση των frames
- Μετατροπή της μορφής του αρχείου από Ψηφιακή σε Αναλογική μορφή και στη συνέχεια πάλι σε Ψηφιακή.
- Δυνατότητα εκτέλεσης της διαδικασίας ενσωμάτωσης του υδατογραφήματος στο ψηφιακό περιεχόμενο καθώς και της διαδικασίας ανίχνευσης του σε πραγματικό χρόνο.
- Οι λειτουργίες υδατογράφησης ψηφιακών αρχείων βίντεο θα πρέπει να διατίθενται σε μία πλατφόρμα ανάπτυξης εφαρμογών λογισμικού (SDK, Software Development Kit) που να καθιστά εφικτή την ενσωμάτωση των υπηρεσιών υδατογράφησης σε ένα γενικότερο σύστημα ψηφιοποίησης και τεκμηρίωσης ψηφιακών αρχείων βίντεο.

1.3.9 Κόστος

Η οικονομική αποτίμηση της ενσωμάτωσης μηχανισμών τοποθέτησης και ανίχνευσης υδατογραφήματων μπορεί να αποβεί εξαιρετικά πολύπλοκη και εξαρτάται άμεσα από το υπάρχον επιχειρηματικό μοντέλο. Από τεχνολογική άποψη, τα δύο κυρίαρχα θέματα είναι η ταχύτητα με την οποία θα πρέπει να διεκπεραιώνεται η τοποθέτηση και η ανίχνευση του υδατογραφήματος, καθώς και ο αριθμός των μηχανισμών τοποθέτησης και ανίχνευσης που θα πρέπει ενσωματωθούν. Ανάλογα θέματα που ανακύπτουν σχετίζονται με το αν οι μηχανισμοί τοποθέτησης και ανίχνευσης θα πρέπει να υλοποιηθούν σαν ειδικού σκοπού συσκευές υλικού ή σαν εφαρμογές λογισμικού. Στη εφαρμογή της παρακολούθησης αναμετάδοσης, τόσο οι μηχανισμοί τοποθέτησης όσο και οι μηχανισμοί ανίχνευσης θα πρέπει να λειτουργούν σε τουλάχιστον πραγματικό χρόνο. Η συγκεκριμένη απαίτηση προκύπτει από την αναγκαιότητα να μην καθυστερεί το μεταδιδόμενο πρόγραμμα από τον μηχανισμό τοποθέτησης, ενώ ο ανιχνευτής θα πρέπει να ανταποκρίνεται στην ταχύτητα μετάδοσης του προγράμματος. Από την άλλη μεριά, ένας ανιχνευτής που χρησιμοποιείται για την πιστοποίηση της ιδιοκτησίας είναι χρήσιμος ακόμα και στην περίπτωση που απαιτεί χρόνο ίσο με μερικές μέρες για να αποφανθεί σχετικά με την ύπαρξη του υδατογραφήματος. Ο συγκεκριμένος ανιχνευτής θα χρησιμοποιηθεί μόνο στην περίπτωση που θα προκύψει κάποια διαμάχη σχετικά με την κυριότητα ενός ψηφιακού αντικειμένου, περίπτωση που εμφανίζεται με αρκετά μικρή συχνότητα.

Σε αυτή την περίπτωση η απόκριση του ανιχνευτή σχετικά με την παρουσία του υδατογραφήματος είναι αρκετά σημαντική ώστε ο χρήστης να είναι διατεθειμένος να περιμένει.

Μία επιπλέον κρίσιμη παράμετρος που διαδραματίζει σημαντικό ρόλο κατά την οικονομική αποτίμηση ενός συστήματος υδατογράφησης, είναι το γεγονός πως διαφορετικές εφαρμογές απαιτούν διαφορετικό αριθμό μηχανισμών τοποθέτησης και ανίχνευσης.

Η παρακολούθηση αναμετάδοσης, στην τριτομμένη της περίπτωση, χρειάζεται ένα μικρό αριθμό από μηχανισμούς τοποθέτησης και μερικές εκατοντάδες ανιχνευτές καταναμημένους σε διαφορετικά γεωγραφικά σημεία. Η εφαρμογή του ελέγχου αντιγραφής μπορεί να χρειάζεται μόνο ένα μικρό σύνολο από μηχανισμούς τοποθέτησης αλλά χιλιάδες ανιχνευτές που θα συνοδεύουν κάθε συσκευή αναπαραγωγής ψηφιακού περιεχομένου. Αντιστρόφως, στη εφαρμογή ανίχνευσης δοσοληψιών όπως αυτή υλοποιήθηκε από την DIVX και στη οποία κάθε συσκευή αναπαραγωγής τοποθετεί ένα διαφορετικό υδατογράφημα, οι ανάγκες του συστήματος υδατογράφησης προδιαγράφουν την ύπαρξη χιλιάδων μηχανισμών τοποθέτησης και ενός μικρού αριθμού ανιχνευτών.

Ο γενικός κανόνας που προκύπτει είναι ότι όσο μεγαλύτερη είναι η ανάγκη σε αριθμό μιας συσκευής τόσο λιγότερο θα πρέπει να κοστίζει. Το κόστος ενός συστήματος υδατογράφησης για την προστασία του ψηφιακού περιεχομένου και γενικότερα των τεχνολογικών μέσων που επιστρατεύονται για τη προστασία του δικαιώματος αναπαραγωγής και εκμετάλλευσης, δεν θα πρέπει να ξεπερνά την αξία του ίδιου του ψηφιακού περιεχομένου. Δεν υπάρχει λογική στη χρησιμοποίηση ενός ακριβού συστήματος προστασίας, όταν η αντικειμενική αξία του περιεχομένου και οι δυνατότητες εκμετάλλευσης του δεν μπορούν να ισοσταθμίσουν το δαπανηθέν ποσό.

1.3.10 Επιθέσεις

Η ασφάλεια ενός υδατογραφήματος έγκειται στην ικανότητα του να αντιστέκεται σε κακόβουλες επιθέσεις.

Ως κακόβουλη επίθεση ορίζεται κάθε διαδικασία που έχει αποκλειστικό στόχο την παρεμπόδιση του σκοπού του υδατογραφήματος. Το σύνολο των επιθέσεων που ενδέχεται να υποστεί ένα σύστημα υδατογράφησης μπορεί να διαχωριστεί στις ακόλουθες τρεις κατηγορίες:

- Μη εξουσιοδοτημένη αφαίρεση
- Μη εξουσιοδοτημένη ενσωμάτωση
- Μη εξουσιοδοτημένη ανίχνευση

Η μη εξουσιοδοτημένη αφαίρεση και ενσωμάτωση αναφέρονται με το όνομα ενεργητικές επιθέσεις καθώς τροποποιούν το ίδιο το ψηφιακό αντικείμενο.

Η μη εξουσιοδοτημένη ανίχνευση δεν επηρεάζει το ψηφιακό περιεχόμενο και φέρεται με τον χαρακτηρισμό παθητική επίθεση.

Η σημασία των παραπάνω επιθέσεων συνδέεται στενά με την εφαρμογή της υδατοσήμανσης. Υπάρχουν περιπτώσεις που το υδατογράφημα δεν απειλείται από κακοπροαίρετους εχθρούς και δεν υπάρχει η ανάγκη της ασφάλειας απέναντι σε οποιαδήποτε επίθεση.

Για παράδειγμα, μια εφαρμογή που χρησιμοποιεί τα υδατογραφήματα για να παρέχει επιπρόσθετη λειτουργικότητα στους καταναλωτές δεν παρουσιάζει ανάγκη για ασφάλεια.

Ωστόσο, υπάρχουν πολλές εφαρμογές που η ασφάλεια του υδατογραφήματος αποτελεί σημαντική προδιαγραφή και είναι αναγκαίο να γίνει ο διαχωρισμός ανάμεσα στις διαφορετικού τύπου επιθέσεις. Η μη εξουσιοδοτημένη αφαίρεση αναφέρεται στις επιθέσεις που έχουν ως στόχο να αποτρέψουν την ανίχνευση του υδατογραφήματος. Συνηθίζεται ο διαχωρισμός των μορφών μη εξουσιοδοτημένης ανίχνευσης σε δύο κατηγορίες: επιθέσεις αφαίρεσης και επιθέσεις επικάλυψης.

Οι διαφορές των παραπάνω επιθέσεων είναι λεπτές. Διαισθητικά μπορούμε να πούμε πως η αφαίρεση ενός υδατογραφήματος σημαίνει ότι ένα ψηφιακό αντικείμενο που έχει υποστεί επίθεση δεν περιέχει πια κανένα υδατογράφημα.

Δηλαδή, αν ένα υδατογράφημα αφαιρεθεί ολοκληρωτικά δεν είναι δυνατή η ανίχνευση του ούτε με τη χρήση ενός πιο εξελιγμένου και έξυπνου ανιχνευτή. Η απαλοιφή του υδατογραφήματος δεν σημαίνει απαραίτητα την ανακατασκευή του αρχικού ψηφιακού μη υδατογραφημένου αντικειμένου.

Αντιθέτως, ο στόχος της επίθεσης είναι να παράγει ένα νέο ψηφιακό αντικείμενο που θα είναι οπτικά όμοιο με το αρχικό και δεν θα είναι σε καμία περίπτωση δυνατή η ανίχνευση κάποιου υδατογραφήματος. Το αρχικό ψηφιακό αντικείμενο ανταποκρίνεται στην παραπάνω απαίτηση ωστόσο είναι μόνο ένα από τα πολλά στιγμιότυπα που την ικανοποιούν. Επικάλυψη του υδατογραφήματος σημαίνει πως

το αντικείμενο που έχει υποστεί επίθεση μπορεί ακόμα να θεωρηθεί πως περιέχει υδατογράφημα, αλλά το υδατογράφημα είναι μη ανιχνεύσιμο από τους διαθέσιμους ανιχνευτές. Πιο έξυπνοι και εξελιγμένοι ανιχνευτές ίσως να είναι σε θέση να ανιχνεύσουν το υδατογράφημα. Για παράδειγμα, αρκετοί ανιχνευτές υδατογράφησης εικόνας δεν είναι σε θέση να ανιχνεύσουν το υδατογράφημα, όταν η εικόνα περιστραφεί έστω και ελάχιστα.

Επομένως, κάποιος μπορεί να εφαρμόσει μια περιστροφή της εικόνας αρκετά μικρή ώστε να είναι απαρατήρητη, παράγοντας έτσι μια παραποιημένη εικόνα με αρκετά καλή ποιότητα. Με δεδομένο ότι ο ανιχνευτής υδατογράφησης είναι ευαίσθητος στις περιστροφές δεν θα καταφέρει να ανιχνεύσει το υδατογράφημα.

Ωστόσο, το υδατογράφημα μπορεί ακόμα να ανιχνευθεί από έναν πιο έξυπνο ανιχνευτή που θα καταφέρει να συγχρονίσει την εικόνα. Υπό αυτήν την έννοια μπορεί να θεωρηθεί ότι το υδατογράφημα είναι ακόμα παρόν.

Η μη εξουσιοδοτημένη ενσωμάτωση, που συχνά συναντάται με το όνομα «πλαστογραφία», αναφέρεται σε ενέργειες παράνομης τοποθέτησης υδατογραφήματων σε ψηφιακά αντικείμενα που δεν θα έπρεπε να τα περιέχουν.

Για παράδειγμα, σε ένα σύστημα υδατογράφησης που χρησιμοποιείται για το έλεγχο της αυθεντικότητας, η αδυναμία του συστήματος δεν έγκειται στον αν ο επίδοξος παραβάτης μπορεί να καταστήσει το υδατογράφημα μη ανιχνεύσιμο, αλλά στο αν είναι σε θέση να ξεγελάσει τον ανιχνευτή ώστε να αποφανθεί καταφατικά για την ύπαρξη ενός μη έγκυρου υδατογραφήματος.

Με αυτό τον τρόπο κατά την διαμάχη για την αυθεντικότητα και την κυριότητα του ψηφιακού αντικειμένου, υπάρχει σημαντική πιθανότητα ο ανιχνευτής να δώσει λάθος απάντηση αφού θα διαπιστώσει την ύπαρξη περισσότερων του ενός υδατογραφήματων.

Η μη εξουσιοδοτημένη ανίχνευση που ανήκει στις παθητικές επιθέσεις διαχωρίζεται σε τρία επίπεδα ασφάλειας.

Το πρώτο πιο διεισδυτικό επίπεδο μη εξουσιοδοτημένης ανίχνευσης είναι εκείνο που ο επίδοξος παραβάτης ανιχνεύει και αποκρυπτογραφεί το ενσωματωμένο μήνυμα. Αποτελεί την πιο απλή και περιεκτική μορφή μη εξουσιοδοτημένης ανάγνωσης.

Μία λιγότερο διεισδυτική μορφή επιθέσεων συμβαίνει όταν ο επίδοξος παραβάτης είναι σε θέση να ανιχνεύσει τα υδατογραφήματα και επιπλέον να διαχωρίσει το ένα από το άλλο, αλλά δεν είναι σε θέση να αποκρυπτογραφήσει το περιεχόμενο τους.

Η λιγότερο διεισδυτική μορφή επίθεσης συμβαίνει όταν ο παραβάτης είναι σε θέση να διαπιστώσει την ύπαρξη ενός υδατογραφήματος, αλλά δεν είναι σε θέση να αποκρυπτογραφήσει το περιεχόμενο, ούτε και να διαχωρίσει τα ενσωματωμένα μηνύματα.

Σε γενικές γραμμές, οι παθητικές επιθέσεις εμπίπτουν περισσότερο στον τομέα της στεγανογραφίας παρά της υδατογραφίας, ωστόσο υπάρχουν εφαρμογές υδατογράφησης που παρουσιάζουν αδυναμία στις συγκεκριμένες επιθέσεις.

Για παράδειγμα, ας θεωρήσουμε ότι μια εταιρία που παρέχει υπηρεσίες τηλεοπτικής αναμετάδοσης, ενσωματώνει τα υδατογραφήματα χωρίς καμία επιβάρυνση και χρεώνει για την παραγωγή των αναλυτικών αναφορών ανίχνευσης. Ένας παραβάτης που έχει την δυνατότητα να διαβάζει τα υδατογραφήματα μπορεί να στήσει μία ανταγωνιστική υπηρεσία απαλλαγμένος από το κόστος την ενσωμάτωσης των υδατογραφημάτων.

Ένα υδατογράφημα πρέπει να είναι δύσκολο –ιδανικά αδύνατο- να αφαιρεθεί ή να καταστραφεί. Αν ο επιτιθέμενος έχει στη διάθεσή του μόνο μερική γνώση σχετικά με το υδατογράφημα (όπως για παράδειγμα, η ακριβή τοποθεσία του υδατογραφήματος σε μια εικόνα δεν είναι γνωστή), τότε οι προσπάθειες αφαίρεσης ή καταστροφής του υδατογραφήματος θα έχουν σα συνέπεια τη σοβαρή ελάττωση τόσο της ποιότητας όσο και της πιστότητας της εικόνας, πριν την καταστροφή του υδατογραφήματος.

Ένα υδατογράφημα θα πρέπει γενικά να είναι ανθεκτικό στα παρακάτω:

- Κοινή επεξεργασία σήματος. Το υδατογράφημα πρέπει να μπορεί να ανακτηθεί ακόμη και αν έχουν εφαρμοστεί εναντίον των δεδομένων του κοινές λειτουργίες επεξεργασίας σήματος. Αυτές οι λειτουργίες μπορεί να είναι η μετατροπή του σήματος από ψηφιακό σε αναλογικό και από αναλογικό σε ψηφιακό, η επαναληπτική δειγματοληψία, η επανασυμπύεση, το dithering, η κβαντοποίηση και οι κοινές ενισχύσεις στο χρώμα και την αντίθεση (contrast) της εικόνας ή στο μπάσο του ήχου και άλλες.
- Κοινές γεωμετρικές παραμορφώσεις (σε δεδομένα βίντεο και εικόνας): Τα υδατογραφήματα του βίντεο και τα υδατογραφήματα της εικόνας θα πρέπει να είναι ανθεκτικά απέναντι σε λειτουργίες γεωμετρικής μετατροπής όπως είναι η περιστροφή, η αλλαγή κλίμακας και η επιλογή τμήματος.
- Επιθέσεις εξαπάτησης, Συνωμοσία και Πλαστογράφηση. Το υδατογράφημα πρέπει να είναι ανθεκτικό απέναντι στα άτομα που κατέχουν και επεξεργάζονται τα αντίγραφα των υδατογραφημένων δεδομένων. Γενικά, θα πρέπει να είναι αδύνατον για τους μη εξουσιοδοτημένους χρήστες να συνδυάζουν τις εικόνες τους για να παράγουν ένα διαφορετικό αλλά ισχύον υδατογράφημα με την πρόθεση της παγίδευσης κάποιου.

Οι επιθέσεις αφαίρεσης στοχεύουν στην ολοκληρωτική αφαίρεση του υδατογραφήματος από τα δεδομένα φιλοξενητές. Η προσέγγιση αυτή θεωρεί το ενσωματωμένο υδατογράφημα θόρυβο με δοσμένα τα στατιστικά του, και προσπαθεί να υπολογίσει τα πρωτότυπα μη υδατογραφημένα δεδομένα από τα υδατογραφημένα δεδομένα. Παράδειγμα επίθεσης αυτής της κατηγορίας αποτελεί η JPEG συμπίεση (lossy compression-απωλεστική συμπίεση). Η JPEG συμπίεση αποτελεί έναν από τους πιο φημισμένους αλγόριθμους συμπίεσης που εφαρμόζονται στις ψηφιακές εικόνες και κάθε σύστημα υδατοσήμανσης εικόνας πρέπει να είναι ανθεκτικό σε ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό στην JPEG συμπίεση.

Οι γεωμετρικές επιθέσεις έχουν ως στόχο όχι την αφαίρεση του ενσωματωμένου υδατογραφήματος, αλλά την παραμόρφωση του με εφαρμογή χωρικών ή χρονικών εναλλαγών στα υδατογραφημένα δεδομένα. Οι επιθέσεις αυτού του τύπου συνήθως επιφέρουν ως αποτέλεσμα την απώλεια του συγχρονισμού μεταξύ του ανιχνευτή του υδατογραφήματος και της ενσωματωμένης πληροφορίας, με αποτέλεσμα την αποτυχία της διαδικασίας ανίχνευσης του υδατογραφήματος μολονότι το

υδατογράφημα βρίσκεται ακόμη στα δεδομένα. Ακολουθούν κάποιες μέθοδοι γεωμετρικών μετατροπών:

- Οριζόντια αναστροφή (horizon flip). Πολλές ψηφιακές εικόνες μπορούν να αναστραφούν χωρίς να μειωθεί η ποιότητα τους. Παρόλα αυτά πολλά συστήματα και εργαλεία υδατοσήμανσης δεν είναι ανθεκτικά στην οριζόντια αναστροφή.
- Περιστροφή (rotation). Περιστροφή κατά ένα μικρό ποσοστό μοιρών, συχνά σε συνδυασμό με την επιλογή τμήματος (cropping), δεν αλλάζει την εμπορική αξία μιας ψηφιακής εικόνας, όμως έχει πολλές φορές σαν αποτέλεσμα το μη εντοπισμό των υδατογραφημάτων. Οι περιστροφές χρησιμοποιούνται για να ευθυγραμμίσουν τα χαρακτηριστικά μίας ψηφιακής εικόνας ή ενός πλαισίου βίντεο.
- Επιλογή τμήματος (cropping). Σε μερικές περιπτώσεις οι επιτιθέμενοι ενδιαφέρονται μόνο για ένα μέρος ενός υλικού με copyright και έτσι επιλέγουν ένα μόνο τμήμα του.
- Αλλαγή κλίμακας (scaling). Όπως και με την περιστροφή, η αλλαγή της κλίμακας είναι μία από τις συνηθισμένες λειτουργίες που εκτελούνται μετά από την εκτύπωση και τη σάρωση μίας ψηφιακής εικόνας. Επίσης η κλιμάκωση του μεγέθους εφαρμόζεται σε ψηφιακές εικόνες που ενσωματώνονται σε εφαρμογές Διαδυκτίου. Η αλλαγή της κλίμακας μπορεί να χωριστεί σε δύο βασικές κατηγορίες στην ομογενή και την μη ομογενή. Η ομογενής αλλαγή κλίμακας είναι αυτή που γίνεται κατά το ίδιο ποσοστό ως προς τον οριζόντιο και τον κάθετο άξονα. Η μη ομογενής αλλαγή κλίμακας χρησιμοποιεί διαφορετικούς συντελεστές κλιμάκωσης του οριζόντιου και του κάθετου άξονα. Συνήθως τα εργαλεία υδατοσήμανσης είναι ανθεκτικά μόνο στην ομογενή αλλαγή κλίμακας.
- Διαγραφή γραμμών ή στηλών. Είναι από τις πρώτες τεχνικές που μπορούν να εφαρμοστούν σε μία επίθεση εναντίον συστημάτων υδατοσήμανσης και είναι πολύ αποτελεσματική. Ιδιαίτερα αποτελεσματική είναι για μεθόδους υλοποίησης spread spectrum τεχνικών στο πεδίο του χώρου.

Οι κρυπτογραφικές επιθέσεις είναι αρκετά όμοιες με τις επιθέσεις που χρησιμοποιούνται στην κρυπτογραφία αλλά συνήθως είναι διαφορετικής φύσης. Οι επιθέσεις αυτού του τύπου στοχεύουν στο να βρουν ένα μυστικό δια μέσου εξαντλητικού ψαξίματος στα δεδομένα.

Στη συνέχεια αναφέρουμε κάποιες επιθέσεις αυτού του τύπου:

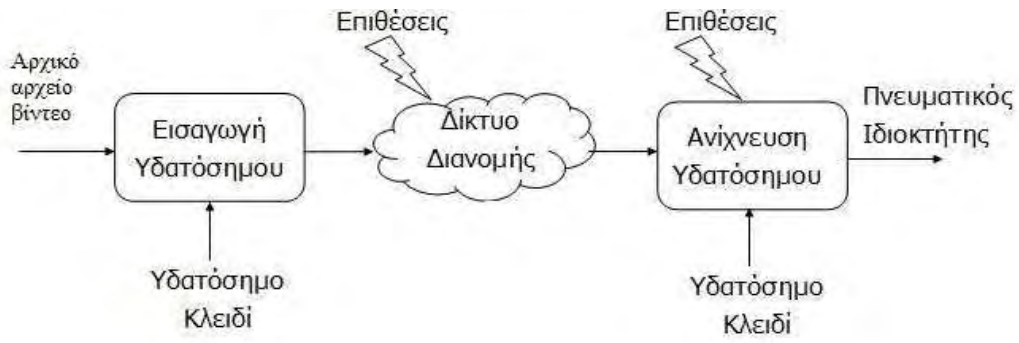
- Χρήση κατωπερατού φίλτρου (low pass filtering). Η μέθοδος εμπεριέχει και γραμμικά και μη γραμμικά φίλτρα.
- Sharpening. Η ενίσχυση των άκρων και των γωνιών είναι από τις συνήθειες λειτουργίες του λογισμικού σύνθεσης φωτογραφιών. Η λειτουργία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί με επιτυχία απέναντι στα συστήματα υδατοσήμανσης, γιατί μπορεί εύκολα να ανιχνεύσει θόρυβο σε υψηλές συχνότητες, ο οποίος θόρυβος χρησιμοποιείται σε μερικές μεθόδους υδατοσήμανσης ως υδατογράφημα.
- Τροποποίηση ιστογράμματος ή εξίσωση (histogram modification ή equalization). Είναι μία τεχνική που μπορεί συγχρόνως να βελτιώσει τη

φωτεινότητα μερικών ψηφιακών εικόνων αλλά και να αχρηστεύσει τα υδατογραφήματα.

- Γάμμα αντιστάθμιση (Gamma correction). Είναι μία τεχνική που χρησιμοποιείται ευρέως για την ενίσχυση των ψηφιακών εικόνων, συνήθως μετά από τη σάρωση των φωτογραφιών.
- Κβαντοποίηση χρώματος (color quantization). Η κβαντοποίηση χρώματος συνοδεύεται από dithering και προκύπτει με χρήση της GIF συμπίεσης.
- Αποκατάσταση (restoration). Οι τεχνικές αποκατάστασης συνήθως σχεδιάζονται για την μείωση των φαινομένων της ελάττωσης της ποιότητας (μέσω ανεπιθύμητου θορύβου) και μειώνουν συγχρόνως και την ισχύ των υδατογραφημάτων.
- Προσθήκη θορύβου. Ο προσθετικός θόρυβος και ο πολλαπλασιαστικός θόρυβος είναι γνωστοί τύποι θορύβου στη τηλεπικοινωνιακή θεωρία και στη θεωρία επεξεργασίας σήματος. Συχνά οι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι τα συστήματα υδατοσήμανσης που σχεδιάζουν είναι ανθεκτικά στους θορύβους αυτούς, αλλά συνήθως δεν ορίζουν το μέγιστο επιτρεπτό όριο θορύβου.
- Μετατροπή του ψηφιακού σήματος σε αναλογικό και επαναψηφιοποίηση του (εκτύπωση, σάρωση).
- Στατιστική εύρεση του μέσου όρου και συνωμοσία. Με τον όρο συνωμοσία εννοούμε τη δημιουργία ενός υδατογραφήματος μίας εικόνας ή ενός βίντεο με χρήση της μέσης τιμής των διαφορετικών υδατογραφημένων δεδομένων αυτής της εικόνας ή αυτού του βίντεο.
- Over-marking. Στην περίπτωση αυτή ο επιτιθέμενος πρέπει να έχει ειδική πρόσβαση στο λογισμικό υδατοσήμανσης. Η προσπάθεια επικεντρώνεται στην ενσωμάτωση ενός άλλου υδατογραφήματος πάνω στο ήδη υπάρχον.
- Oracle επίθεση. Όταν είναι διαθέσιμος ένας δημόσιος αποκωδικοποιητής, ένας επιτιθέμενος μπορεί να αφαιρέσει ένα υδατογράφημα με ευριστικές μεθόδους. Πραγματοποιεί δηλαδή, μικρές αλλαγές στα ψηφιακά δεδομένα, μέχρι ο αποκωδικοποιητής να μην μπορεί να ανιχνεύσει το υδατογράφημα. Κάποιος μπορεί να κάνει την αποκωδικοποίηση απαιτητική σε υπολογιστική ισχύ ή να κάνει τη διαδικασία ανίχνευσης τυχαία. Αλλά και οι δύο αυτές μέθοδοι δεν είναι εντελώς αποτελεσματικές.

Οι επιθέσεις πρωτοκόλλου δεν στοχεύουν ούτε στην καταστροφή της ενσωματωμένης πληροφορίας ούτε στην εξουδετέρωση της διαδικασίας ανίχνευσης της ενσωματωμένης πληροφορίας δια μέσου τοπικών ή γενικών παραποιήσεων στα δεδομένα. Ο στόχος αυτών των επιθέσεων είναι η επίθεση να γίνεται στο περιεχόμενο της εφαρμογής της υδατοσήμανσης. Η πρώτη επίθεση πρωτοκόλλου προτάθηκε από τον Craver και άλλους. Αυτοί εισήγαγαν την ιδέα των αντιστρέψιμων υδατογραφημάτων και έδειξαν ότι για την προστασία των πνευματικών δικαιωμάτων τα προτεινόμενα υδατογραφήματα χρειάζεται να είναι μη αντιστρέψιμα.

Αυτή η απαίτηση στην τεχνολογία της υδατοσήμανσης σημαίνει ότι δεν είναι δυνατό να εξάγουμε ένα υδατογράφημα από δεδομένο που δεν είναι υδατογραφημένο. Τέλος, αναφέρουμε ότι ένας επιτιθέμενος μπορεί να εφαρμόσει όχι μόνο μια επίθεση, αλλά ένα συνδυασμό δύο ή περισσότερων τύπων ή ειδών επιθέσεων.



Εικόνα 1.3: Σύστημα υδατοσήμανσης

Βιβλιογραφία κεφαλαίου

- [1] A. Piva, F. Bartolini, and M. Barni, „Managing copyright in Open networks,“. IEEE Transactions on Internet Computing, Vol.6, Issue 3, pp. 18-26, May 2002.
- [2] Πνευματική ιδιοκτησία και νέες τεχνολογίες: Οι ρυθμίσεις του ελληνικού νόμου 2121/1993 και της κοινοτικής οδηγίας 2001/29/ΕΚ σχετικά με την Πνευματική ιδιοκτησία στην κοινωνία της πληροφορίας,Καζλάρη Λουκία.
- [3] Πολιτισμός, Ψηφιοποίηση & Πνευματικά Δικαιώματα, Αθ.Σκόνδρας,Σ.Νικολόπουλου,Ε.Καρατζά,Δ.Τσώλη,Δ.Μειδάνη.
- [4] Τεχνολογικά μέσα για την προστασία των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας ψηφιακού περιεχομένου, Δρ. Βασίλης Φωτόπουλος.
- [5] Digital Watermarking for Digital Media, Juergen Seitz.
- [6] Τα δικαιώματα Πνευματικής Ιδιοκτησίας στην Ψηφιακή Εποχή: Ζητήματα Προστασίας και διαχείρισης. Ένα πρότυπο σύστημα ψηφιακής Διαχείρισης.Ένα πρότυπο Σύστημα Ψηφιακής Διαχείρισης των πνευματικών Δικαιωμάτων, Δημήτριος Π. Μειδάνης

2. Τεχνικές Υδατοσήμανσης ψηφιακού βίντεο – Ιδιότητες - Εφαρμογές

2.1 Υδατοσήμανση ψηφιακού βίντεο

Οι ακολουθίες βίντεο αποτελούνται από μία σειρά από διαδοχικές και χωρισμένες σε ίσα χρονικά διαστήματα εικόνες. Το γενικό, λοιπόν, πρόβλημα της υδατοσήμανσης βίντεο φαίνεται παρόμοιο με το αντίστοιχο για τις εικόνες και οι τεχνικές υδατοσήμανσης εικόνων εφαρμόζονται και στην υδατοσήμανση βίντεο. Παρόλα αυτά, υπάρχουν ορισμένες βασικές διαφορές μεταξύ των εικόνων και του βίντεο που απαιτούν μία διαφορετική προσέγγιση για την υδατοσήμανση του βίντεο.

Μία βασική διαφορά είναι το διαθέσιμο διάστημα του σήματος. Για τις εικόνες το διάστημα αυτό είναι πολύ περιορισμένο. Ο περιορισμός αυτός βοηθά τους ερευνητές να εφαρμόσουν πιο ανθεκτικά και αόρατα υδατογραφήματα χωρίς να θυσιάζουν την ποιότητα της εικόνας.

Στο βίντεο το διάστημα αυτό είναι πολύ μεγάλο. Επίσης η υδατοσήμανση βίντεο θέτει περιορισμούς για ένα σύστημα υδατοσήμανσης πραγματικού ή σχεδόν πραγματικού χρόνου. Ως αποτέλεσμα, είναι λιγότερο σημαντική και για μερικές εφαρμογές είναι απαγορευτικά πολύπλοκη, η χρήση μεθόδων υδατοσήμανσης βίντεο που βασίζονται σε υδατοσήμανση εικόνων. Η πολυπλοκότητα είναι το βασικότερο ζήτημα για τις εφαρμογές υδατοσήμανσης βίντεο από τις αντίστοιχες εφαρμογές εικόνας.

Για την ατομική υδατοσήμανση, όπως είναι για παράδειγμα η δακτυλική αποτύπωση του βίντεο (δηλαδή η ενσωμάτωση ενός αναγνωριστικού για κάθε δέκτη), το πρόβλημα είναι ακόμα πιο δύσκολο, γιατί οι ακολουθίες βίντεο συχνά αποθηκεύονται σε συμπίεσμένη μορφή. Ασυμπίεστη αποθήκευση και πραγματικού χρόνου συμπίεση ή αποσυμπίεση, υδατοσήμανση και επανασυμπίεση, συνήθως είναι εφαρμογές που δεν είναι δυνατόν να εφαρμοστούν στο βίντεο, ενώ μπορούν να εφαρμοστούν σε εφαρμογές εικόνας. Συνεπώς τέτοιες εφαρμογές μπορεί να απαιτούν υδατοσήμανση σε συμπίεσμένα αρχεία βίντεο.

Ένα σημείο που χρειάζεται μελέτη είναι το γεγονός ότι η δομή του βίντεο σε μία ακολουθία από εικόνες οδηγεί σε συγκεκριμένου είδους επιθέσεις, όπως για παράδειγμα είναι η ανταλλαγή των πλαισίων (frames) και η διαγραφή των πλαισίων. Σε ρυθμούς πλαισίων που κυμαίνονται μεταξύ 25 και 30 Hz, όπως είναι ο ρυθμός μετάδοσης της τηλεόρασης, τέτοιου είδους επιθέσεις μπορεί να γίνουν αντιληπτές από το θεατή. Ένα καλό σχήμα υδατοσήμανσης θα πρέπει να είναι ικανό να αμύνεται σε αυτού του είδους τις επιθέσεις, διανέμοντας πληροφορία υδατοσήμανσης σε αρκετά διαδοχικά πλαίσια. Από την άλλη πλευρά, μπορεί να είναι επιθυμητή η ανάκτηση όλης της πληροφορίας υδατοσήμανσης από ένα μικρό μέρος της ακολουθίας των πλαισίων. Ποια από τις δύο απαιτήσεις θα πραγματοποιηθεί εξαρτάται από την ίδια την εφαρμογή (ή μπορεί να πραγματοποιηθούν και οι δύο, όπως συμβαίνει κατά την ενσωμάτωση ενός πολλαπλής κλίμακας υδατογραφήματος σε περισσότερες από μία χρονικές κλίμακες ή στην προοδευτική μετάδοση υδατογραφημάτων).

Τέλος, οι περισσότερες δημοσιεύσεις επικεντρώνονται στην υδατοσήμανση εικόνας, και λίγες είναι οι αντίστοιχες για την υδατοσήμανση βίντεο. Παρόλα αυτά το

ενδιαφέρον είναι έντονο ιδιαίτερα σήμερα με την ψηφιακή και δορυφορική τηλεόραση και την τεχνολογία DVD. Από τις μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί και τα συστήματα που έχουν προταθεί συμπεραίνουμε τα παρακάτω:

- Οι προτεινόμενες μέθοδοι εκτείνονται σε φάσμα πολύ μικρής, μέχρι και σημαντικής πολυπλοκότητας, που περιλαμβάνουν, για παράδειγμα, μετασχηματισμούς wavelet. Γενικά, οι πιο πολύπλοκες μέθοδοι συνήθως ενσωματώνουν υδατογραφήματα με μεγαλύτερη ανθεκτικότητα.
- Οι περισσότερες μέθοδοι εφαρμόζονται σε ασυμπίεστη μορφή βίντεο. Μόνο ορισμένες από αυτές τις μεθόδους μπορούν να ενσωματώσουν υδατογράφημα άμεσα στο συμπίεσμένης μορφή βίντεο.
- Ο συνηθισμένος ρυθμός μετάδοσης δεδομένων υδατογραφήματος κυμαίνεται μεταξύ μερικών εκατοντάδων bits ανά δευτερόλεπτο και μερικών Kbits ανά δευτερόλεπτο για την περίπτωση βίντεο με ανάλυση τηλεόρασης. Διαφαίνεται ότι, ακόμη και αν η ανθεκτικότητα είναι πρωτεύσας σημασίας, ο ρυθμός μετάδοσης των δεδομένων του υδατογραφήματος δεν ξεπερνά τα μερικά bits ανά δευτερόλεπτο. Ο ρυθμός αυτός είναι επαρκής για τις περισσότερες εφαρμογές.

Κατά την εφαρμογή της ψηφιακής υδατοσήμανση βίντεο, μέσα στο βίντεο ενσωματώνεται κρυπτογραφική πληροφορία, η οποία πληροφορία προέρχεται από την υδατοσήμανση των πλαισίων του ψηφιακού βίντεο. Ιδανικά, ο χρήστης-θεατής του βίντεο δεν αντιλαμβάνεται την διαφορά μεταξύ του πρωτότυπου, μη υδατογραφημένου, βίντεο και του υδατογραφημένου βίντεο, αλλά η εφαρμογή της εξαγωγής του υδατογραφήματος μπορεί να διαβάσει το υδατογράφημα και να λάβει την ενσωματωμένη σε αυτό πληροφορία. Η υδατοσήμανση βίντεο κάνει δυνατή την εκτέλεση δύο διαφορετικών σεναρίων:

- Ρητορική ανάλυση (forensic analysis). Ένας προμηθευτής περιεχομένου ενσωματώνει ένα αναγνωριστικό στο βίντεο, το οποίο προσδιορίζει την ταυτότητα ενός αγοραστή του βίντεο. Αν ο προμηθευτής βρει ένα πειρατικό βίντεο το οποίο περιέχει ένα αναγνωριστικό που μπορεί να το αναγνωρίσει, τότε εξάγει το υδατογράφημα για να προσδιορίσει την πηγή του πειρατικού περιεχομένου. Επειδή ο αυθεντικός προμηθευτής μπορεί να συγκρίνει το υδατογραφημένο βίντεο με το πρωτότυπο, μη υδατογραφημένο, βίντεο αυτή η διαδικασία περιγράφεται ως ενημερωμένη ή μη-τυφλή (non-blind) ανίχνευση.
- Προβολή κινηματογραφικής ταινίας (Screening): Ένας προμηθευτής περιεχομένου ενσωματώνει DRM πληροφορία μέσα σε ένα βίντεο, η οποία πληροφορία περιγράφει τις απαιτήσεις σε playback του βίντεο αυτού. Ένας media player χρησιμοποιείται για να παίξει το βίντεο, να εξάγει το υδατογράφημα και να ελέγξει τις καθορισμένες απαιτήσεις. Αν ο τρέχων χρήστης αποτύχει στην εκπλήρωση των καθορισμένων απαιτήσεων, τότε ο media player δεν παίξει το βίντεο. Αυτό το σενάριο εμπεριέχει μεγαλύτερη πρόκληση από ότι το σενάριο της ρητορικής ανάλυσης επειδή η αναγνώριση και η εξαγωγή του υδατογραφήματος πρέπει να γίνεται σε πραγματικό χρόνο πριν το playback ξεκινήσει και επειδή ο media player δεν έχει πρόσβαση στα αυθεντικά μη υδατογραφημένα δεδομένα. Η διαδικασία αυτή περιγράφεται ως τυφλή (blind) ανίχνευση.

2.1.1 Ορολογία

Στη συνέχεια αναφέρουμε τους ορισμούς κάποιων βασικών όρων. Οι όροι αυτοί αναφέρονται στα πλαίσια του βίντεο και χρησιμοποιούνται σε κάποιες από τις τεχνικές υδατοσήμανσης που θα περιγράψουμε στη συνέχεια.

- *Intra-πλαίσιο* (*I-πλαίσιο*): Ο όρος κωδικοποίηση *intra-πλαισίου* αναφέρεται στο γεγονός ότι οι διάφορες τεχνικές της μη απωλεστικής και της απωλεστικής συμπίεσης εκτελούνται αναφορικά με την πληροφορία που περιλαμβάνεται μόνο μέσα στο τρέχον πλαίσιο, και όχι αναφορικά με την πληροφορία που υπάρχει σε κάποιο άλλο πλαίσιο της ακολουθίας του βίντεο. Με άλλα λόγια, καμία χρονική επεξεργασία δεν εκτελείται εκτός της τρέχουσας εικόνας ή του τρέχοντος πλαισίου.
- *Inter-πλαίσιο* (*P-πλαίσιο*): Οι τεχνικές κωδικοποίησης *intra-πλαισίου* περιορίζονται στο να επεξεργάζονται το βίντεο σήμα στο πεδίο του χώρου, αναφορικά μόνο με την πληροφορία μέσα στο τρέχων βίντεο πλαίσιο. Αξιοσημείωτο είναι ότι μπορεί να προκύψει μία περισσότερο αποδοτική συμπίεση, αν εκμεταλλευτούμε τον χρονικό πλεονασμό. Τα περισσότερα από τα συνεχόμενα πλαίσια μίας ακολουθίας είναι πολύ όμοια με τα πλαίσια που βρίσκονται πριν ή μετά το πλαίσιο που μας ενδιαφέρει. Η χρονική επεξεργασία για την εξαγωγή αυτού του πλεονασμού χρησιμοποιεί μία τεχνική γνωστή ως πρόβλεψη αντιστάθμισης της κίνησης που βασίζεται στα χαρακτηριστικά του μπλοκ.
- *P-πλαισίου κωδικοποίηση*: Ξεκινώντας με ένα *intra* πλαίσιο ο κωδικοποιητής μπορεί με εμπρόσθια πρόβλεψη να προβλέψει ένα μελλοντικό πλαίσιο. Το πλαίσιο που προκύπτει αναφέρεται ως *P-πλαίσιο*. Ένα *P-πλαίσιο* μπορεί να προβλεφθεί και από *P-πλαίσια* αλλά μόνο με εφαρμογή εμπρόσθιας πρόβλεψης.
- *Macro-block*: Το *macro-block* είναι μία 16x16 περιοχή από pixels στο Y επίπεδο της πρωτότυπης εικόνας. Ένα *macro-block* αποτελείται από 4 Y μπλοκ, 1 Cr μπλοκ και 1 Cb μπλοκ.

Όπου:

- *Y*: είναι το σήμα της φωτεινότητας.
- *Cb*: είναι η διαφορά του σήματος για το μπλε χρώμα.
- *Cr*: είναι η διαφορά του σήματος για το κόκκινο χρώμα.

2.2 Τύποι υδατοσήμανσης ψηφιακού βίντεο

Οι τύποι υδατοσήμανσης του βίντεο διακρίνονται στο πεδίο:

- Χώρου
- Συχνότητας
 - Discrete cosine transform
 - Discrete wavelet transform
 - Discrete Fourier transform

Αναλυτικά:

- **Πεδίο του χώρου**

Αρχικά μελετάμε τις τεχνικές υδατοσήμανσης βίντεο που εφαρμόζονται στο πεδίο του χώρου (spatial domain). Οι αλγόριθμοι αυτής της κατηγορίας γενικά εμφανίζουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Το υδατογράφημα εφαρμόζεται στα pixels ή στις συντεταγμένες του χώρου.
- Κανένας μετασχηματισμός δεν εφαρμόζεται στο σήμα φιλοξενητή κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ενσωμάτωσης του υδατογραφήματος.
- Το υδατογράφημα προκύπτει από το μήνυμα των δεδομένων με εφαρμογή της διαμόρφωσης spread spectrum.
- Ο συνδυασμός του υδατογραφήματος με τα δεδομένα φιλοξενητές γίνεται με την εφαρμογή απλών χειρισμών στο πεδίο των pixels.
- Το υδατογράφημα μπορεί να ανιχνευτεί από τη συσχέτιση του αναμενόμενου προτύπου με το λαμβανόμενο σήμα. Το βασικό πλεονέκτημα των μεθόδων που εφαρμόζονται στο χώρο των pixels είναι ότι οι μέθοδοι αυτές είναι θεμελιωδώς απλές και εμφανίζουν χαμηλή υπολογιστική πολυπλοκότητα. Οι μέθοδοι αυτές έχει αποδειχτεί ότι είναι πιο ελκυστικές για τις εφαρμογές υδατοσήμανσης βίντεο όπου η εκτέλεση σε πραγματικό χρόνο είναι πρωταρχική απαίτηση.

Οι μέθοδοι αυτές ωστόσο παρουσιάζουν κάποιους βασικούς περιορισμούς. Η ανάγκη για απόλυτο συγχρονισμό στο χώρο οδηγεί σε μεθόδους με υψηλή ευαισθησία στις επιθέσεις αποσυγχρονισμού επειδή δεν μελετάται ο άξονας του χρόνου, με αποτέλεσμα την τρωτότητα της βίντεο διαδικασίας και την εμφάνιση της συνωμοσίας πολλαπλού πλαισίου. Επομένως η βελτιστοποίηση του υδατογραφήματος είναι δύσκολο να επιτευχθεί μόνο με χρήση τεχνικών ανάλυσης χώρου.

- Μία ανθεκτική τεχνική υδατοσήμανσης βίντεο στο πεδίο του χώρου.

Εφαρμόζεται σε δεδομένα ασυμπίεστης μορφής και εμφανίζει ανθεκτικότητα σε ένα μεγάλο σύνολο από πιθανές επιθέσεις. Η τεχνική αυτή έχει αναπτυχθεί για δύο βασικές εφαρμογές. Η πρώτη εφαρμογή είναι η προστασία των πνευματικών δικαιωμάτων και η δεύτερη είναι η ενσωμάτωση της δεικτοδοτημένης πληροφορίας στα δεδομένα να γίνεται αόρατα, δηλαδή το υδατογράφημα είναι μη ορατό.

Η τεχνική αυτή έχει ελεγχθεί πειραματικά και από τα αποτελέσματα προκύπτει το συμπέρασμα ότι το υδατογράφημα που ενσωματώνεται στις ακολουθίες του βίντεο είναι ανθεκτικό και ότι μπορεί να εξαχθεί σε καλή κατάσταση από τις ακολουθίες του βίντεο που έχουν υποστεί διάφορες επιθέσεις. Οι επιθέσεις που εφαρμόστηκαν στα πειράματα είναι η MPEG συμπίεση και οι γεωμετρικές επιθέσεις. Τέλος, για την βελτίωση της ανθεκτικότητας χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικοί κώδικες διόρθωσης λάθους, ο σπειροειδής κώδικας και ο turbo κώδικας.

Η τεχνική αυτή έχει προταθεί από τους R. Lancini, F. Mapelli και S. Tubaro.

Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για την ενσωμάτωση του υδατογραφήματος διαιρείται σε τέσσερα διαφορετικά βήματα:

- a. Κατασκευή μάσκας
- b. Εφαρμογή κώδικα διόρθωσης λάθους
- c. Εισαγωγή πρωτότυπου συγχρονισμού
- d. Εισαγωγή υδατογραφήματος

➤ Πεδίο της συχνότητας

Γενικά ο DCT, ο FFT και ο wavelet μετασχηματισμός χρησιμοποιούνται ως μέθοδοι μετασχηματισμού δεδομένων. Στις μεθόδους αυτές, το υδατογράφημα που επιθυμούμε να ενσωματώσουμε διανέμεται σε όλα τα πρωτότυπα δεδομένα και το υδατογράφημα είναι δύσκολό να διαγραφεί κατά την ενσωμάτωση. Οι τεχνικές που εφαρμόζουν μετασχηματισμούς χρησιμοποιούν τον Discrete Cosine Transform για ιεραρχική υδατοσήμανση ενώ οι τεχνικές υδατοσήμανσης υπομπάντας εφαρμόζουν τον Discrete Wavelet Transform ή τον Discrete Fourier Transform.

Το βασικό πλεονέκτημα που εμφανίζουν οι τεχνικές που εκτελούν μετασχηματισμούς είναι ότι παίρνουν τα πλεονεκτήματα των ειδικών ιδιοτήτων των εναλλακτικών δομών. Επομένως οι τεχνικές του πεδίου της συχνότητας μπορούν να διαχειριστούν τους περιορισμούς που εισάγονται από τις μεθόδους του πεδίου του χώρου ή μπορούν και υποστηρίζουν επιπλέον χαρακτηριστικά.

Επίσης, η ανάλυση του σήματος φιλοξενητή στο πεδίο της συχνότητας αποτελεί αναγκαία προϋπόθεση κατά την εφαρμογή των πιο προοδευτικών ιδιοτήτων στο σκηνικό κάλυψη του ανθρώπινου οπτικού συστήματος με στόχο τον εμπλουτισμό της ανθεκτικότητας του υδατογραφήματος και την διευκρίνιση της δυσδιάκριτης κατάστασης. Γενικά, το κύριο μειονέκτημα που εμφανίζουν οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν μετασχηματισμούς είναι οι πιο υψηλές υπολογιστικές απαιτήσεις.

2.3 Μέθοδοι Υδατοσήμανσης Ψηφιακού βίντεο

2.3.1 Υδατοσήμανση ευθείας ακολουθίας ψηφιακού βίντεο με

χρήση m-πλαισίων

Ο Bijan Mobasserri εφαρμόζει το μοντέλο spread spectrum ευθείας ακολουθίας στην υδατοσήμανση του ψηφιακού βίντεο. Αρχικά, το βίντεο σήμα μοντελοποιείται σε μία ακολουθία από bit-planes τοποθετημένα κατά μήκος του άξονα του χρόνου. Η υδατοσήμανση αυτής της ακολουθίας αποτελεί μια διαδικασία δύο επιπέδων. Μία ελεγχόμενη m-ακολουθία εγκαθιστά μία ψευδοτυχαία σειρά στη ροή των bit-planes για υδατοσήμανση αργότερα. Τα υδατογραφήματα ορίζονται ως m-πλαίσια και αντικαθιστούν τα επιλεγμένα bitplanes. Το υδατογράφημα περνά απαρατήρητο, όταν είναι περιορισμένο στα 4 χαμηλότερα bit-planes του 8-bits βίντεο. Επίσης, οι προσπάθειες που εκτελούνται για παραμόρφωση της εικόνας με σκοπό την καταστροφή του υδατογραφήματος καθιστούν το βίντεο άχρηστο πριν την

καταστροφή του υδατογραφήματος. Το υδατογραφημένο βίντεο είναι ανθεκτικό στις προσπάθειες έκδοσης του βίντεο, όπως είναι η υποδειγματοληψία και η επαναδιάταξη πλαισίου. Το υδατογράφημα είναι αναγνωρίσιμο ακόμη και από πολύ μικρά τμήματα του βίντεο. Τέλος, ακόμα και τα ξεχωριστά πλαίσια που εξάγονται από το βίντεο περιέχουν πληροφορία πνευματικής ιδιοκτησίας. Στα πειράματα που διεξάχθηκαν για αυτή την μέθοδο έπρεπε να δίνεται απάντηση σε 4 ερωτήματα. Τι είναι το αόρατο υδατογράφημα, μπορεί το υδατογράφημα να εξαχθεί ανθεκτικά, συσχετίζεται το υδατογράφημα έστω και λίγο με το μη υδατογραφημένο βίντεο, είναι το υδατογράφημα ανθεκτικό στην αφαίρεση ή στις επιθέσεις, η ανθεκτικότητα της διαδικασίας της εξαγωγής του υδατογραφήματος, πρώτα από όλα πρέπει να ερευνηθεί ο τύπος των επιθέσεων που αναμένεται να εκτελεστούν.

Η επιτυχής αντιμετώπιση των επιθέσεων αυτών εξαρτάται από την προηγούμενη διαθέσιμη γνώση που υπάρχει για τις διαδικασίες υδατοσήμανσης. Υπάρχουν πολλά σενάρια επιθέσεων, κάποιοι τύποι επιθέσεων επηρεάζουν περισσότερο την ψηφιακή υδατοσήμανση εικόνας και κάποιοι άλλοι τύποι επηρεάζουν περισσότερο την ψηφιακή υδατοσήμανση βίντεο. Η επίθεση δεν έχει αποτέλεσμα όταν το SNR είναι μικρό.

2.3.2 Υδατοσήμανση ψηφιακού βίντεο ανθεκτική στην MPEG-4

Συμπύεση

Οι συγγραφείς B. Vassaux, P. Nguyen, S. Baudry, P. Bas και J.M. Chassery παρουσιάζουν μία τεχνική υδατοσήμανσης βίντεο αντικειμένου, ανθεκτική στην MPEG-4 συμπίεση. Τα βίντεο τύπου MPEG-4 χρησιμοποιούνται στις μέρες μας όλο και πιο πολύ σε εφαρμογές σύνταξης βίντεο και σε συστήματα επικοινωνίας βίντεο, τύπου internet ή ασύρματου δικτύου. Αυτή η αυξανόμενη ανάπτυξη έδειξε ότι τα δεδομένα αυτά πρέπει να εμφανίζουν προστασία πνευματικών δικαιωμάτων. Ωστόσο ένα από τα σημεία κλειδί στο MPEG-4 βίντεο πρότυπο είναι ότι έχει την δυνατότητα πρόσβασης και τη δυνατότητα να χειρίζεται επιδέξια τα βίντεο αντικείμενα που υπάρχουν στην βίντεο ακολουθία. Αυτή η ιδιαιτερότητα έχει δυσμενής συνέπειες σε πολλές μεθόδους υδατοσήμανσης και τις κάνει ανεπιτυχείς. Η τεχνική που παρουσιάζεται στη συνέχεια αντιμετωπίζει τις επιθέσεις που πραγματοποιούνται και επιτρέπει την προσαρμογή του MPEG-4 με κάθε κλασσικό σχήμα υδατοσήμανσης spread spectrum που λειτουργεί στο πεδίο του χώρου, έτσι ώστε αυτά τα σχήματα υδατοσήμανσης να χειρίζονται τα βίντεο αντικείμενα επιδέξια. Η τεχνική αυτή προστίθεται εύκολα στα σχήματα ενσωμάτωσης και ανίχνευσης χωρίς να αλλάζει ο αλγόριθμος υδατοσήμανσης.

Τέλος, λόγω της χρήσης των spread spectrum τεχνικών και της εφαρμογής του κώδικα διόρθωσης λάθους ο προτεινόμενος αλγόριθμος υδατοσήμανσης είναι αποδοτικός. Τα πειραματικά αποτελέσματα που προέκυψαν δείχνουν ότι ο αλγόριθμος είναι ανθεκτικός στους χειρισμούς του βίντεο αντικειμένου και στην απωλεστική συμπίεση. Ο αλγόριθμος για την συγκεκριμένη τεχνική δοκιμάστηκε σε οχτώ ακολουθίες βίντεο. Ο αλγόριθμος είναι αποδοτικός αν το κανάλι κωδικοποίησης δεν χρησιμοποιείται. Τα αποτελέσματα διαφέρουν ανάλογα με την ακολουθία και αυτό οφείλεται στη διακύμανση του μεγέθους των βίντεο αντικειμένων.

2.3.3 Ψηφιακή υδατοσήμανση συμπιεσμένου βίντεο που έχει υποστεί MPEG-2 συμπίεση

Οι συγγραφείς T.Y. Chung, K.S. Park, Y.N.Oh, D.H. Shin, S.H.Park προτείνουν μία τεχνική υδατοσήμανσης κατάλληλη για το πρότυπο κωδικοποίησης βίντεο MPEG-2. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιεί την επέκταση της ευθείας spread spectrum ακολουθίας. Το προτεινόμενο σχήμα υδατοσήμανσης ελαχιστοποιεί την υποβάθμιση στην ποιότητα του βίντεο, η οποία υποβάθμιση προκύπτει από την ενσωμάτωση του υδατογραφήματος. Στην τεχνική αυτή η ενσωματωμένη πληροφορία του υδατογραφήματος αφαιρείται απευθείας από την υδατογραφημένη MPEG-2 συμπιεσμένη ροή του βίντεο, χωρίς να χρησιμοποιείται η πρωτότυπη ακολουθία του βίντεο. Τέλος, η τεχνική αυτή είναι ανθεκτική σε διάφορες επιθέσεις και είναι κατάλληλη για υλοποιήσεις πραγματικού χρόνου.

Επειδή το MPEG-2 είναι το πιο δημοφιλές πρότυπο συμπίεσης βίντεο, έχουν διεξαχθεί διάφορα πειράματα για να επιβεβαιώσουν την προτεινόμενη προσέγγιση. Το υδατογράφημα παραμένει ανιχνεύσιμο ακόμη και όταν το βίντεο υποστεί συμπίεση με αναλογίες συμπίεσης που υποβαθμίζουν σημαντικά το σήμα φιλοξενητή. Από τα πειράματα που έχουν εκτελεστεί προκύπτει ότι με γυμνά μάτια δεν μπορεί να ανιχνευθεί το υδατογράφημα σε μία ταινία, εκτός και αν γίνει η πλαίσιο προς πλαίσιο χρήση των πρωτότυπων ακολουθιών για να βρεθούν οι διαφορές.

2.3.4 Υδατοσήμανση ψηφιακού βίντεο ανθεκτικό στις γεωμετρικές επιθέσεις

Η ανθεκτικότητα απέναντι στις γεωμετρικές επιθέσεις αποτελεί ένα από τα πιο ενδιαφέροντα θέματα στην υδατοσήμανση των εικόνων και του βίντεο. Οι Y.Zhao και R.Legendijk παρουσίασαν διάφορες βελτιώσεις στις προσεγγίσεις της υδατοσήμανσης βίντεο όσον αφορά

- α) Τη χρήση του χρονικά κατωπερατού (low-pass) υδατογραφήματος
- β) το συγχρονισμό με τις ανθεκτικές επιθέσεις κατά μήκος του άξονα του χρόνου.

Για να βελτιώσουν την απόδοση της διαδικασίας ανίχνευσης του υδατογραφήματος, οι συγγραφείς πρότειναν την χρήση ενός φίλτρου που περιορίζει το πλάτος (amplitude-limiting) και ενός φίλτρου λεύκανσης (whitening) κατά τη διαδικασία της εξαγωγής του υδατογραφήματος. Τα πειραματικά αποτελέσματα έχουν δείξει ότι οι προτεινόμενες τεχνικές επιτυγχάνουν καλές εκτελέσεις.

Πραγματοποιήθηκαν τρία πειράματα. Αρχικά χρησιμοποιήθηκε το φίλτρο περιορισμού του πλάτους η ανίχνευση για το υδατόσημο εμφανίζει καλύτερη απόδοση. Δεύτερον χρησιμοποιήθηκε το φίλτρο λεύκανσης και τέλος, ελέγχθηκε η ανθεκτικότητα του σχήματος στην αφαίρεση πλαισίου και στο χρονικό φιλτράρισμα.

2.3.5 Ένα σχήμα υδατοσήμανσης βίντεο ανθεκτικό στην περιστροφή και την αναστροφή

Το ψηφιακό βίντεο αποτελεί ένα πολύ ενδιαφέρον σημείο του MPEG-4 προτύπου. Τα βίντεο αντικείμενα σκόπιμα αποκόπτονται και επικολλώνται για παράνομη χρήση. Οι συγγραφείς C.S. Lu και H.Y.M. Liao προτείνουν ένα ανθεκτικό σχήμα υδατοσήμανσης για την προστασία των βίντεο αντικειμένων. Σε κάθε τμήμα του βίντεο αντικειμένου ενσωματώνεται ένα υδατογράφημα. Το υδατογράφημα ενσωματώνεται με μία νέα τεχνολογία, η οποία τεχνολογία έχει σχεδιαστεί με βάση την ιδέα του συστήματος επικοινωνιών με μετά-πληροφορία. Για να λυθεί το πρόβλημα του μη συγχρονισμού, που προκύπτει από την τοποθέτηση του αντικειμένου, προτείνεται η χρήση των ιδιοδιανυσμάτων του βίντεο αντικειμένου για να επιτευχθεί συγχρονισμός με την περιστροφή και την αναστροφή. Τα πειραματικά αποτελέσματα έχουν δείξει ότι το προτεινόμενο σχήμα αντιστέκεται στις γενικές επιθέσεις.

2.3.6 Ανθεκτική υδατοσήμανση βίντεο για ασύρματο σύστημα

ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ

Οι συγγραφείς N. Checcacci, M. Barni, F. Bartolini και S. Basagni παρουσιάζουν έναν αλγόριθμο υδατοσήμανσης κατάλληλο για τεχνικές κωδικοποίησης βίντεο τύπου MPEG-4 και H.263/.324 και ελέγχουν την λειτουργία του αλγορίθμου αυτού σε ασύρματο περιβάλλον. Ο αλγόριθμος αυτός εμφανίζει τις ακόλουθες ιδιότητες:

- I. το ενσωματωμένο υδατογράφημα είναι ανθεκτικό απέναντι στην προδιάθεση για σφάλματα που εμφανίζουν τα ασύρματα κανάλια
- II. ο αλγόριθμος εμφανίζει ανθεκτικότητα απέναντι στην απώλεια πλαισίου ή στη λάθος τοποθέτηση του πλαισίου
- III. η πιθανότητα να αναγνώσει ο αλγόριθμος ένα μη ενσωματωμένο υδατογράφημα είναι αμελητέα
- IV. η υδατογραφημένη βίντεο ακολουθία δεν μπορεί να υποβαθμιστεί
- V. ο αλγόριθμος παρέχει τη δυνατότητα της ξεχωριστής υδατοσήμανσης των βίντεο αντικειμένων του κάθε μοναδικού πλαισίου.

Τα πειραματικά αποτελέσματα έχουν δείξει ότι οι ιδιότητες αυτές καθώς και άλλες ιδιότητες εμφανίζονται όταν οι ακολουθίες βίντεο διαφθείρονται από σφάλματα που είναι συνηθισμένα στο ασύρματο δίκτυο.

Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος έχει ελεγχθεί για διάφορους ρυθμούς bit και στις συνθήκες σφάλματος των ασύρματων συστημάτων. Παρατηρείται ότι δεν υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ της ανάκτησης του υδατογραφηματος που έχει ενσωματωθεί την πρωτότυπη βίντεο ακολουθία και στην ανάκτηση από τα διεφθαρμένα

δεδομένα. Ανεξάρτητα από τον ρυθμό σφάλματος bit κάθε bit του υδατογραφήματος είναι εξαιρετικά ανθεκτικό.

2.3.7 Wavelet ψηφιακή υδατοσήμανση βίντεο

Οι συγγραφείς X.Niu και S.Sun προτείνουν μία μέθοδο ενσωμάτωσης ψηφιακού υδατογραφήματος εικόνας σε βίντεο. Στην υδατοσήμανση το υδατογράφημα εικόνας αποσυντίθεται με διαφορετικές αναλύσεις και ενσωματώνεται στην αντίστοιχη ανάλυση του βίντεο. Για την ανάλυση του βίντεο εφαρμόζεται η πολλαπλή ανάλυση του σήματος στα συστατικά του μέρη. Τα πειραματικά αποτελέσματα έχουν δείξει ότι η προτεινόμενη μέθοδος είναι ανθεκτική στις επιθέσεις τύπου πτώσης πλαισίου, μέσου όρου και απωλεστικής συμπίεσης.

Στα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν έγινε χρήση των πρώτων 440 πλαισίων, μεγέθους 352x240 του βίντεο American Football. Υπό έλεγχο θέτονται διαφορετικές σκηνές της βίντεο ακολουθίας.

2.3.8 Υδατοσήμανση βίντεο πολλαπλής ανάλυσης με βάση τις σκηνές του βίντεο και με χρήση μοντέλων αντίληψης

Οι συγγραφείς M.Swanson, B.Zhu και A.Tewfik έχουν προτείνει μία διαδικασία υδατοσήμανσης για την ενσωμάτωση προστασίας πνευματικών δικαιωμάτων σε ψηφιακό βίντεο. Η διαδικασία αυτή εκμεταλλεύεται άμεσα την χωρική μάσκα (spatial masking), τη μάσκα συχνότητας (frequency masking) και τις χρονικές ιδιότητες (temporal properties) για να ενσωματώσει ένα αόρατο και ανθεκτικό υδατογράφημα.

Το υδατογράφημα αυτό αποτελείται από στατικά και δυναμικά χρονικά συστατικά. Τα χρονικά αυτά συστατικά παράγονται από τον χρονικό wavelet μετασχηματισμό που εφαρμόζεται στις σκηνές του βίντεο. Τα πλαίσια με wavelet συντελεστή που προκύπτουν τροποποιούνται μέσω μίας ψευδοτυχαίας ακολουθίας. Αυτή η ψευδοτυχαία ακολουθία έχει σχηματιστεί με βάση την αντίληψη και αναπαριστά τον συγγραφέα του υδατογραφήματος.

Το υδατογράφημα που μοιάζει με θόρυβο είναι στατιστικά μη ανιχνεύσιμο και επομένως αποθαρρύνεται η μη εξουσιοδοτημένη αφαίρεσή του. Επιπλέον, η αναπαράσταση του συγγραφέα επιλύει το πρόβλημα του αδιεξόδου. Το πολλαπλής ανάλυσης υδατογράφημα μπορεί να ανιχνευτεί από μοναδικά πλαίσια, χωρίς να είναι γνωστή η θέση των πλαισίων αυτών στη σκηνή του βίντεο. Οι συγγραφείς μέσω πειραμάτων έχουν αποδείξει ότι αυτή η διαδικασία της υδατοσήμανσης είναι ανθεκτική στις διάφορες υποβαθμίσεις και παραμορφώσεις που εφαρμόζονται στο βίντεο.

Η αορατότητα και η ανθεκτικότητα αυτού του σχήματος ελέγχεται για δυο βίντεο γκρι επιπέδου. Πάρθηκαν πλαίσια και από τα δύο βίντεο μεγέθους 352x240. Και στις δυο περιπτώσεις το υδατογραφημένο πλαίσιο οπτικά είναι ίδιο με το αρχικό. Για να καθοριστεί η ποιότητα του υδατογραφημένου πλαισίου εκτελεστήκαν μια σειρά από ανεπίσημες οπτικές εξετάσεις. Η ανθεκτικότητα μετρήθηκε με βάση την ικανότητα ανίχνευσης του υδατογραφήματος όταν αυτό εμφανίζεται μέσα σε ένα βίντεο, αλλά

και από την ικανότητα του αλγορίθμου να απορρίπτει το βίντεο όταν το υδατογράφημα δεν εμφανίζεται.

2.3.9 Μέθοδος υδατοσήμανσης ψηφιακού βίντεο που χρησιμοποιεί discrete wavelet transform(DWT) και υδατογράφημα που αντιμετωπίζει επιθέσεις

Σε αυτό το σχήμα υδατοσήμανσης το υδατογράφημα αποσυντίθεται σε διαφορετικά τμήματα και ενσωματώνεται στα αντίστοιχα πλαίσια των διαφορετικών σκηνών του βίντεο. Ένα πανομοιότυπο υδατογράφημα χρησιμοποιείται στα πλαίσια μίας σκηνής και ανεξάρτητα υδατογραφήματα χρησιμοποιούνται στις συνεχόμενες διαφορετικές σκηνές. Τη μέθοδο αυτή την έχει προτείνει ο P.W. Chan και είναι ανθεκτική στις επιθέσεις τύπου πτώσης πλαισίου, μέσου όρου, ανταλλαγής πλαισίων και απωλεστικής συμπίεσης.

Με την ανίχνευση αλλαγής σκηνής το βίντεο διαιρείται σε σκηνές. Πριν την ενσωμάτωση του υδατογραφήματος, τα πλαίσια της κάθε σκηνής μετασχηματίζονται στο wavelet πεδίο. Τέλος, προεπεξεργαζόμαστε το υδατογράφημα πριν την ενσωμάτωση του στο βίντεο. Η προεπεξεργασία διαιρεί το υδατογράφημα σε μικρότερα τμήματα.

Το συγκεκριμένο σχήμα είναι ανθεκτικό σε επιθέσεις πτώσης πλαισίου, μέσου όρου, απωλεστικής συμπίεσης και σε άλλες επιθέσεις που μπορεί να δεχθεί ένα υδατογραφημένο βίντεο.

2.3.10 Υδατοσήμανση ψηφιακού βίντεο που χρησιμοποιεί DWT και κώδικα διόρθωσης λάθους

Οι συγγραφείς P.W. Chan και M.Lyu προτείνουν έναν αλγόριθμο ψηφιακής υδατοσήμανσης βίντεο. Το σχήμα εκτελεί τυφλή ψηφιακή υδατοσήμανση κάνοντας χρήση του DWT, με υδατογράφημα που αντιμετωπίζει της επιθέσεις και κώδικα διόρθωσης λάθους. Το σχήμα αυτό ενσωματώνει στο wavelet πεδίο τα διαφορετικά τμήματα του μοναδικού υδατογραφήματος, στις διαφορετικές σκηνές του βίντεο. Για να αυξηθεί η ανθεκτικότητα του σχήματος, το υδατογράφημα βελτιώνεται με εφαρμογή του κώδικα διόρθωσης λάθους. Ο κώδικας διόρθωσης λάθους ενσωματώνεται ως υδατογράφημα στο κανάλι του ήχου.

Ο αλγόριθμος της υδατοσήμανσης του βίντεο είναι ανθεκτικός στις επιθέσεις τύπου πτώσης πλαισίου, μέσου όρου και στατιστικής ανάλυσης. Οι επιθέσεις αυτές στο παρελθόν δεν αντιμετωπιζόνταν αποδοτικά. Επιπλέον, ο αλγόριθμος επιτρέπει την τυφλή ανάκτηση του ενσωματωμένου υδατογραφήματος, δηλαδή δεν χρειάζεται το πρωτότυπο βίντεο για την ανάκτηση του υδατογραφήματος. Το υδατογράφημα είναι μη ορατό.

2.3.11 Υδατοσήμανση με χαμηλό ρυθμό bit της προοδευτικά απλής κατανομής της MPEG-4 ροής των bits

Οι A.Alattar, E.Lin και M.Celik παρουσιάζουν μία μέθοδο υδατοσήμανσης βίντεο χαμηλού ρυθμού bit, το οποίο βίντεο είναι συμπιεσμένο σύμφωνα με την προοδευτικά απλή κατανομή του MPEG-4 προτύπου.

Ένα χωρικό spread spectrum υδατογράφημα ενσωματώνεται κατευθείαν στις MPEG-4 ροές των bits. Στην διαδικασία της ενσωμάτωσης του υδατογραφήματος υιοθετείται η προσέγγιση Hartung με την οποία προσέγγιση υδατογραφούνται οι MPEG-2 συμπιεσμένες ροές των bits. Για να αντιμετωπιστούν η επιλογή τμήματος, η αλλαγή κλίμακας και η περιστροφή εφαρμόζεται μία φόρμα συγχρονισμού.

Ένας αλγόριθμος ελέγχου του κέρδους ρυθμίζει την τοπική ισχύς του υδατογραφήματος με βάση τα τοπικά χαρακτηριστικά της εικόνας, με στόχο τη μεγιστοποίηση της ανθεκτικότητας του υδατογραφήματος και την ελαχιστοποίηση της επίδρασης του υδατογραφήματος στην ποιότητα του βίντεο.

Ο αντισταθμιστής κίνησης εμποδίζει τη συσσώρευση της παραμόρφωσης του υδατογραφήματος και ελαττώνει την παρεμβολή του inter-πλαϊσίου στα σήματα του υδατογραφήματος, η παρεμβολή αυτή εμφανίζεται εξαιτίας της κίνησης αντιστάθμισης της πρόβλεψης στα κωδικοποιημένα inter-πλαίσια. Αυτός ο αλγόριθμος υδατοσήμανσης έχει δοκιμαστεί για ρυθμούς bit που κυμαίνονται από 128 Kbit/sec έως 768Kbit/sec.

Στα πειράματα, η επίδραση του υδατογραφήματος στην οπτική ποιότητα του βίντεο και η ανθεκτικότητα του υδατογραφήματος μετά την αποσυμπίεση υπολογίζονται για υδατογραφημένο βίντεο που έχει υποστεί αλλαγή κλίμακας, περιστροφή και υποβάθμιση από θόρυβο.

2.3.12 Απόκρυψη δεδομένων σε βίντεο

Ο J.J. Chae και ο B.S. Manjunath προτείνουν ένα σχήμα υδατοσήμανσης βίντεο, στο οποίο τα δεδομένα της υπογραφής (υδατογράφημα) που ενσωματώνονται στο βίντεο αναδομούνται χωρίς γνώση του πρωτότυπου βίντεο φιλοξενητή.

Η προτεινόμενη μέθοδος κάνει δυνατή την ενσωμάτωση των δεδομένων με υψηλό ρυθμό και είναι ανθεκτική στην κωδικοποίηση της αντιστάθμισης της κίνησης, τέτοια κωδικοποίηση είναι η MPEG-2 συμπίεση.

Η ενσωμάτωση βασίζεται στη μάσκα υφής και χρησιμοποιεί τη δομή του πολυδιάστατου πλέγματος για την κωδικοποίηση της πληροφορίας της υπογραφής. Τα δεδομένα της υπογραφής ενσωματώνονται στα διαφορετικά πλαίσια του βίντεο με χρήση του DCT μπλοκ. Τα υδατογραφημένα πλαίσια στη συνέχεια κωδικοποιούνται με βάση το MPEG-2 πρότυπο. Στον παραλήπτη, τόσο τα δεδομένα του βίντεο φιλοξενητή όσο και τα δεδομένα της υπογραφής ανακτώνται από την ροή των bits.

Επειδή ένα βίντεο μπορούμε να το δούμε ως μία ακολουθία από ακίνητες εικόνες, η υδατοσήμανση βίντεο μπορεί να θεωρηθεί επέκταση της υδατοσήμανσης εικόνας. Για

την απόκρυψη των δεδομένων χρησιμοποιείται το Y συστατικό της αναπαράστασης YUV του χρωματικού χώρου. Αυτό ελαχιστοποιεί την διαφθορά του χρώματος στο υδατογραφημένο βίντεο. Η άμεση ενσωμάτωση ενός βίντεο μέσα σε ένα άλλο βίντεο έχει ως αποτέλεσμα ανακατασκευές χαμηλής ποιότητας του βίντεο υδατογραφήματος. Ωστόσο, είναι πιθανό να τροποποιηθεί το βίντεο υπογραφή πριν την ενσωμάτωση του έτσι ώστε η ενσωμάτωση και η ανάκτηση του να είναι ανθεκτικές στην MPEG συμπίεση.

2.3.13 Υβριδικό σχήμα υδατοσήμανσης για ψηφιακό βίντεο

Πρόκειται για ένα υβριδικό σχήμα υδατοσήμανσης βασισμένο σε μεταβολές της ανάλυσης και σε κώδικα διόρθωσης λάθους. Ο αλγόριθμος αυτός παρουσιάζει ανθεκτικότητα ενάντια στις επιθέσεις στα πλαίσια (frame dropping) και επιθέσεις στις αντιπροσωπευτικές και στατιστικές αναλύσεις (averaging and statistical analysis) (για τις οποίες δεν υπήρξε αποτελεσματική λύση στο παρελθόν). Σε αυτό το σχήμα ανιχνεύουμε αλλαγές σημείων στο βίντεο και 'σπάμε' το υδατόσημο σε τμήματα. Το υδατόσημο αλλάζει μέγεθος και διαμοιράζεται σε διάφορα μέρη. Το ίδιο κομμάτι υδατόσημου ενσωματώνεται στα πλαίσια. Για τον λόγο αυτό το συγκεκριμένο σχήμα έχει ανθεκτικότητα ενάντια της επίθεσης σε κάποιο πλαίσιο. Για διαφορετικά μέρη του βίντεο χρησιμοποιούνται διαφορετικά υδατόσημα .

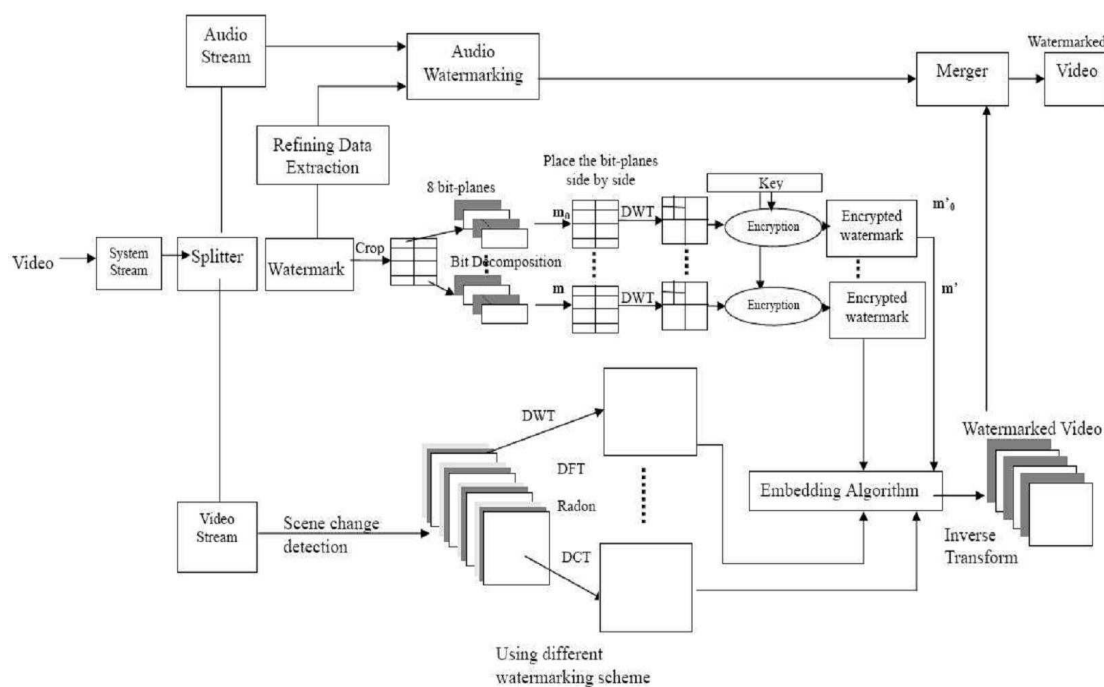
Παρατηρήθηκε ότι καμία από τις τεχνολογίες υδατοσήμανσης δεν μπορεί να αντέξει σε κάθε είδους επίθεση. Συνεπώς, εδώ αναλύεται η αντοχή διάφορων σχημάτων υδατοσήμανσης και προτείνουμε μια υβριδική προσέγγιση για να έχουμε ένα σχήμα υδατοσήμανσης που μπορεί να αντισταθεί στις περισσότερες επιθέσεις.

Αρχικά έχουμε ένα οπτικοακουστικό υβριδικό σχήμα υδατοσήμανσης. Μιας και τα βίντεο αποτελούνται και από βίντεο και από ήχο η ανθεκτικότητα του σχήματος μπορεί να βελτιωθεί περιλαμβάνοντας ένα υδατόσημο για ήχο . Επομένως ενσωματώνουμε κώδικες διόρθωσης λάθους σε ένα υδατόσημο βίντεο όπως το υδατόσημο ενσωματώνεται για τον ήχο και τελειοποιούμε το καινούριο υδατόσημο που παίρνουμε κατά την διάρκεια της ανίχνευσης του υδατόσημου.

Η δεύτερη προσέγγιση είναι ένα άλλο σχήμα υβριδικής υδατοσήμανσης με δυο εναλλακτικές παραδοχές:

Ανεξάρτητα σχήματα υδατοσήμανσης στα οποία ενσωματώνεται το υδατόσημο σε πλαίσια με διαφορετικά σχήματα υδατοσήμανσης σε διαφορετικά σημεία ή εξαρτημένα σχήματα υδατοσήμανσης στα οποία το υδατόσημο ενσωματώνεται σειριακά σε κάθε πλαίσιο με διαφορετικά σχήματα υδατοσήμανσης.

Η γενική επισκόπηση από το προτεινόμενο σχήμα φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 2.1: Σύνοψη υβριδικού σχήματος υδατοσήμανσης

2.4 Ιδιότητες υδατοσήμανσης ψηφιακού βίντεο

Η μέθοδος την υδατοσήμανσης ψηφιακού βίντεο χαρακτηρίζεται από κάποιες ιδιότητες. Η βαρύτητα κάθε ιδιότητας εξαρτάται από τις απαιτήσεις κάθε εφαρμογής και τον ρόλο του υδατογραφήματος στο αρχείο που θέλουμε να προστατέψουμε .

Οι ιδιότητες αυτές φαίνονται παρακάτω:

➤ Ακρίβεια

Ως πρώτη απαίτηση μπορεί να θεωρηθεί σαφώς η ακρίβεια. Ένα σύστημα υδατοσήμανσης δε θα το χρησιμοποιούσε κανένας, αν αυτό διέφθειρε τα δεδομένα του σήματος φιλοξενητή σε τέτοιο σημείο ώστε αυτά να καταλήγουν άχρηστα. Ιδανικά, στην υδατογραφημένη εικόνα πρέπει το υδατογράφημα να είναι από την πλευρά της αντίληψης αόρατο και η εικόνα εξοπλισμένη με την μεγαλύτερη δυνατή ποιότητα.

Ωστόσο τα ορατά υδατογραφήματα τείνουν να είναι πιο ανθεκτικά. Για γενικού σκοπού εφαρμογές είναι επιθυμητό το ενσωματωμένο υδατογράφημα να είναι ανεπαίσθητο στο ανθρώπινο μάτι ή αυτί. Όταν λέμε μη ορατό εννοούμε σε τέτοιο βαθμό ώστε το ενσωματωμένο υδατογράφημα να παραμένει απαρατήρητο όταν ένας χρήστης παρατηρεί το υδατογραφημένο περιεχόμενο. Οι ερευνητές προσπαθούν να κρύψουν το υδατογράφημα με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι αδύνατο κάποιος να το παρατηρήσει. Ωστόσο η ακρίβεια έρχεται σε σύγκρουση με άλλες απαιτήσεις όπως είναι η ανθεκτικότητα.

➤ Ανθεκτικότητα

Το ιδεατό υδατογράφημα πρέπει επίσης να είναι πολύ ανθεκτικό, εντελώς ανθεκτικό στις παραποιήσεις που εισάγονται είτε κατά τη διάρκεια της κανονικής χρήσης, όπως συμβαίνει στην περίπτωση της ακούσιας επίθεσης, είτε κατά τη διάρκεια μίας εσκεμμένης προσπάθειας για εξουδετέρωση ή αφαίρεση της παρουσίας του υδατογραφήματος, όπως συμβαίνει στην περίπτωση μίας σκόπιμης επίθεσης. Στις ακούσιες επιθέσεις περιλαμβάνονται οι μετασχηματισμοί που είναι κοινώς εφαρμόσιμοι στις εικόνες κατά τη διάρκεια της κανονικής τους χρήσης. Τέτοιου τύπου μετασχηματισμοί είναι η επιλογή τμήματος και η αλλαγή κλίμακας.

Η ανθεκτικότητα αποτελεί την προσαρμοστικότητα του ενσωματωμένου υδατογραφήματος στις τροποποιήσεις που γίνονται κατά την επεξεργασία του σήματος.

Η χρήση των σημάτων ήχου, εικόνας και βίντεο σε ψηφιακή μορφή, συνήθως περικλείει πολλούς τύπους παραμορφώσεων, όπως είναι η απωλεστική συμπίεση, ή για την περίπτωση της εικόνας το φιλτράρισμα, η επιλογή τμήματος, η αλλαγή κλίμακας και η περιστροφή. Για να είναι χρήσιμη η υδατοσήμανση, πρέπει το υδατογράφημα να είναι ανιχνεύσιμο και μετά την εμφάνιση των παραμορφώσεων αυτών. Υπάρχει η κοινή άποψη ότι η ανθεκτικότητα έναντι των παραμορφώσεων επιτυγχάνεται καλύτερα όταν το υδατογράφημα τοποθετείται στα τμήματα του σήματος που είναι σημαντικά από άποψη αντίληψης. Αυτή η άποψη βασίζεται στους αλγόριθμους της απωλεστικής συμπίεσης, οι οποίοι λειτουργούν απορρίπτοντας τα μη σημαντικά δεδομένα, από άποψη αντίληψης, έτσι ώστε να μην χάνεται η ποιότητα του συμπεσμένου ήχου, της συμπεσμένης εικόνας ή του συμπεσμένου βίντεο.

Ένα σχήμα ακούσιας επίθεσης με ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι η συμπίεση εικόνας. Η διαδικασία της υδατοσήμανσης επιχειρεί να κωδικοποιήσει την πληροφορία σε επιπλέον bits, τα οποία bits η συμπίεση ελπίζει να αφαιρέσει. Έτσι τα ιδανικά συστήματα υδατοσήμανσης και τα συστήματα συμπίεσης το πιο πιθανό είναι να είναι αμοιβαίως αποκλινόμενα.

Στις σκόπιμες επιθέσεις, ο επιτιθέμενος σκόπιμα προσπαθεί να καταστήσει ανίκανο το υδατογράφημα, συχνά αυτό γίνεται δια μέσου γεωμετρικών παραμορφώσεων και προσθετικού θορύβου. Συμπερασματικά, ένα υδατογράφημα μπορεί είτε να προσαρμόζεται στις επιθέσεις που δέχεται είτε να είναι ολοκληρωτικά εύθραυστο. Αυτό συμβαίνει στην περίπτωση που το σύστημα υδατοσήμανσης απαιτεί το υδατογράφημα να καταστρέφεται ολοκληρωτικά αν κάποιου είδους παραμόρφωση συμβεί. Επομένως, τα υδατογραφήματα τα οποία κρύβονται στα δεδομένα μικρής βαρύτητας, από άποψη αντίληψης, είναι πιθανό να μην επιβιώσουν μετά τη συμπίεση.

Οι περισσότερες τεχνικές υδατοσήμανσης βίντεο βασίζονται στις τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την υδατοσήμανση εικόνας. Όμως, η υδατοσήμανση βίντεο εισάγει κάποια νέα σημεία τα οποία δεν εμφανίζονται στην υδατοσήμανση εικόνας. Τα βίντεο σήματα είναι πολύ επιρρεπή σε πειρατικές επιθέσεις όπως είναι η μέση τιμή πλαισίου (frame averaging), η πτώση πλαισίου (frame dropping), η ανταλλαγή πλαισίου (frame swapping), η στατιστική ανάλυση και η παρεμβολή.

➤ Χρήση κλειδιών

Μία άλλη ιδιότητα του ιδεατού συστήματος υδατοσήμανσης είναι ότι για να εξασφαλιστεί ότι η προσέγγιση δεν θα είναι άχρηστη τη στιγμή που θα γίνει γνωστός ο αλγόριθμος. Ένας στόχος είναι το σύστημα να αξιοποιεί το σύστημα ασυμμετρικού κλειδιού όπως συμβαίνει στην περίπτωση των κρυπτογραφικών συστημάτων δημόσιου ή ιδιωτικού κλειδιού.

Αν και τα συστήματα ιδιωτικού κλειδιού είναι αρκετά εύκολο να εφαρμοστούν στην υδατοσήμανση, για τα ζεύγη ασυμμετρικού κλειδιού δεν συμβαίνει το ίδιο. Το ρίσκο της ενσωμάτωσης των ιδιωτικών κλειδιών στα συστήματα υδατοσήμανσης είναι ότι το ιδιωτικό κλειδί μπορεί να αποκαλυφθεί, καταστρέφοντας την ασφάλεια ολόκληρου του συστήματος. Αυτό ακριβώς συμβαίνει και στην περίπτωση όπου μία εφαρμογή αποκωδικοποιητή DVD αφήνει το κρυφό της κλειδί μη κρυπτογραφημένο, καταπατώντας έτσι ολόκληρο το μηχανισμό της προστασίας των πνευματικών δικαιωμάτων για το DVD.

➤ Τυφλή ανίχνευση

Ως τυφλή ανίχνευση (blind detection) αναφέρουμε την ικανότητα να ανιχνεύεται το υδατογράφημα χωρίς πρόσβαση στα πρωτότυπα δεδομένα. Η συγκεκριμένη απαίτηση είναι ιδιαίτερα σημαντική για την υδατοσήμανση βίντεο εξαιτίας του απέραντου μεγέθους που εμφανίζουν τα αρχεία βίντεο ασυμπίεστης μορφής και της δυσκολίας δεικτοδότησης των αρχείων αυτών.

➤ Χωρητικότητα και Ταχύτητα

Οι λιγότερο σημαντικές απαιτήσεις ενός ιδεατού συστήματος υδατοσήμανσης είναι η χωρητικότητα και η ταχύτητα. Ένα σύστημα υδατοσήμανσης επιτρέπει την ενσωμάτωση ενός ικανού ποσοστού πληροφορίας μέσα στην εικόνα. Αυτό το ποσοστό κυμαίνεται από ένα bit μέχρι κάποιες παραγράφους ενός κειμένου. Επιπλέον, στα συστήματα υδατοσήμανσης που προορίζονται για εφαρμογές ενσωμάτωσης, η ανίχνευση (ή η ενσωμάτωση) του υδατογραφήματος δεν είναι σε μεγάλο βαθμό υπολογιστικά εντατική με αποτέλεσμα να εμποδίζεται η χρήση της στους μικροελεγκτές χαμηλού κόστους.

Η χωρητικότητα είναι το ποσοστό της καθορισμένης πληροφορίας που υπάρχει μέσα στο ενσωματωμένο υδατογράφημα. Η θεωρητική χωρητικότητα για τα ενσωματωμένα υδατογραφήματα υπολογίζεται με βάση την υπάρχουσα θεωρητικού περιεχομένου πληροφορία. Ανάλογα με την εφαρμογή ο αλγόριθμος υδατοσήμανσης χορηγεί ένα προκαθορισμένο αριθμό από bits για το κρύψιμο της πληροφορίας αυτής. Γενικοί κανόνες δεν υπάρχουν, ωστόσο, στην περίπτωση της εικόνας, υπάρχει η δυνατότητα ενσωμάτωσης μέσα στην εικόνα το λιγότερο 300 με 400 bits. Σε κάθε περίπτωση, οι σχεδιαστές συστημάτων πρέπει να λαμβάνουν υπόψη ότι ο αριθμός των bit που μπορούν να κρύψουν μέσα στα δεδομένα δεν είναι απεριόριστος, αλλά πολύ συχνά είναι και αρκετά μικρός.

➤ Στατιστικά δυσδιάκριτη κατάσταση

Το τελευταίο πιθανό χαρακτηριστικό που απαιτείται να έχει ένα ιδεατό σύστημα υδατοσήμανσης είναι η στατιστικά δυσδιάκριτη κατάσταση. Ο αλγόριθμος υδατοσήμανσης τροποποιεί τα bits που επικαλύπτονται με τέτοιο τρόπο ώστε τα στατιστικά της εικόνας να μην τροποποιούνται μετά την ενσωμάτωση του υδατογραφήματος και έτσι δεν προδίδεται η παρουσία του υδατογραφήματος. Αυτό το χαρακτηριστικό δεν είναι τόσο σημαντικό στην υδατοσήμανση όσο στην στενογραφία, αλλά σε κάποιες εφαρμογές υδατοσήμανσης είναι απαραίτητο.

➤ **Χαμηλή πιθανότητα σφάλματος**

Ακόμη και όταν απουσιάζουν οι επιθέσεις ή οι παραμορφώσεις στο σήμα, η πιθανότητα να αποτύχουμε να ανιχνεύσουμε το υδατογράφημα και η πιθανότητα να ανιχνεύσουμε υδατογράφημα όταν αυτό δεν υπάρχει, πρέπει να είναι πολύ μικρές. Συνήθως, οι αλγόριθμοι που βασίζονται στα στατιστικά ικανοποιούν αυτές τις απαιτήσεις, ωστόσο αυτή η ιδιότητα πρέπει να μπορεί να αποδειχθεί, αν θέλουμε η υδατοσήμανση να είναι και νομικά αξιόπιστη.

➤ **Ανιχνευτής με πολυπλοκότητα πραγματικού χρόνου**

Για εφαρμογές υδατοσήμανσης που προσανατολίζονται στις ανάγκες του πελάτη, είναι σημαντικό η πολυπλοκότητα των αλγορίθμων ανίχνευσης και εξαγωγής να είναι αρκετά χαμηλή, ώστε να εκτελούνται μέσα στα πλαίσια των συγκεκριμένων προθεσμιών πραγματικού χρόνου.

2.5 Εφαρμογές υδατοσήμανσης ψηφιακού βίντεο

Παρουσιάζονται διάφορες εφαρμογές υδατοσήμανσης ψηφιακού βίντεο στις οποίες η ψηφιακή υδατοσήμανση προσφέρει πολύτιμη υποστήριξη.

Συγκεκριμένα:

➤ **Έλεγχος αντιγράφου**

Ο ψηφιακός δίσκος πολλαπλών χρήσεων ή αλλιώς το DVD και ο DVD player εμφανίστηκαν στην αγορά το 1996. Η τεχνολογία αυτή είχε μία ευρεία αποδοχή από το κοινό αφού ο DVD player παρέχει ένα πολύ υψηλής ποιότητας σήμα βίντεο. Ωστόσο, τα θετικά του ψηφιακού βίντεο αντισταθμίζονται από το αυξανόμενο ρίσκο της παράνομης αντιγραφής. Σε αντίθεση με την παραδοσιακή VHS ταινία αντιγραφής, κάθε αντίγραφο δεδομένων ψηφιακού βίντεο αποτελεί μία τέλεια αναπαραγωγή των αρχικών δεδομένων. Η παραπάνω ιδιότητα αύξησε το ενδιαφέρον των ιδιοκτητών των πνευματικών δικαιωμάτων, οι οποίοι απαίτησαν την προστασία από τα αντίγραφα σε πολλά επίπεδα, πριν την εμφάνιση κάποιου μηχανήματος με ιδιότητες αντιγραφής ψηφιακού βίντεο.

Το Copy Protection Technical Working Group (CPTWG), δηλαδή η τεχνική ομάδα εργασίας πάνω στην προστασία από τα αντίγραφα, δημιουργήθηκε με σκοπό να εργαστεί για την προστασία από τα αντίγραφα των DVD. Κάποιο στάνταρ δεν έχει ακόμη καθοριστεί, ωστόσο έχει καθοριστεί ένα σύστημα το οποίο μπορεί να αποτελέσει μία μελλοντική προδιαγραφή για την προστασία από τα αντίγραφα τύπου

DVD. Τα τρία πρώτα χαρακτηριστικά του συστήματος αυτού έχουν είδη τοποθετηθεί σε μηχανήματα χρηστών και άλλα τρία βρίσκονται ακόμη στο στάδιο της ανάπτυξης.

Ακολουθούν τα χαρακτηριστικά αυτά:

- Το Content Scrambling System (CSS-Σύστημα περιεχομένου αντιμετώπισης επιθέσεων). Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε από τον Matsushita και παρεμβάλλεται στα βίντεο τύπου MPEG-2. Ένα ζεύγος κλειδιών απαιτείται για το τμήμα που δεν αντιμετωπίζει τις επιθέσεις. Το ένα κλειδί είναι μοναδικό για το δίσκο και το άλλο κλειδί είναι ειδικό για το MPEG αρχείο που δεν αντιμετωπίζει τις επιθέσεις. Το περιεχόμενο που αντιμετωπίζει τις επιθέσεις δεν είναι ορατό.
- Το Σύστημα Αναλογικής Προστασίας (Analog Protection System- APS). Αυτό το σύστημα αναπτύχθηκε για να μετατρέπει τα NTSC / PAL βίντεο σήματα. Τα βίντεο σήματα που προκύπτουν από την μετατροπή μπορούν να παρουσιαστούν στην τηλεόραση, αλλά δεν μπορούν να αντιγραφούν σε VCR. Αρχικά τα δεδομένα στο δίσκο δεν είναι κωδικοποιημένα σε μορφή NTSC / PAL και έτσι πρέπει να γίνει εφαρμογή του συστήματος της αναλογικής προστασίας στον DVD player μετά την διαδικασία της κωδικοποίησης. Συνεπώς, κάποια bits αποθηκεύονται στην MPEG ροή της κεφαλής για να μας δώσουν την πληροφορία του πότε και πως μπορεί να εφαρμοστεί το σύστημα της αναλογικής προστασίας.
- Το Copy Generation Management System (CGMS-Σύστημα διαχείρισης της παραγωγής των αντιγράφων). Το σύστημα αυτό αποτελείται από ένα ζεύγος bits τα οποία αποθηκεύονται στην κεφαλή μίας MPEG ροής, το ζεύγος αυτό κωδικοποιεί έναν από τους τρεις πιθανούς κανόνες για αντιγραφή. Οι τρεις αυτοί κανόνες είναι η αντιγραφή σε όλες τις περιπτώσεις (copy-always), η αντιγραφή σε καμία περίπτωση (copy-never) και η αντιγραφή μόνο μία φορά (copy-once). Η περίπτωση της αντιγραφής για μια μόνο φορά περιλαμβάνεται έτσι ώστε να επιτρέπεται η μετατόπιση της παρουσίασης στο χρόνο, για παράδειγμα αντιγράφουμε μία ταινία κατά την τηλεοπτική μετάδοση της για να την παρακολουθήσουμε αργότερα, δηλαδή σε χρόνο μετά τη μετάδοση.
- 5C Ο μηχανισμός αυτός έχει σχεδιαστεί από ένα συνασπισμό πέντε εταιρειών. Αυτός ο μηχανισμός επιτρέπει σε διαφορετικές μηχανές που έχουν συμμορφωθεί με κάποιες απαιτήσεις να συνδέονται στον ίδιο δίαυλο ψηφιακού βίντεο και να ανταλλάσσουν κλειδιά μεταξύ τους για την πιστοποίηση της αυθεντικότητας, έτσι ώστε κρυπτογραφημένα δεδομένα να μεταδίδονται μέσω του διαύλου αυτού. Μηχανές μη συμμορφωμένες, δεν έχουν πρόσβαση στα κλειδιά και δεν μπορούν να αποκωδικοποιήσουν τα δεδομένα που μεταδίδονται μέσω του διαύλου.
- Υδατοσήμανση. Ο κύριος σκοπός της υδατοσήμανσης είναι η παροχή μίας πιο ασφαλούς λύσης από την αποθήκευση των bits στην κεφαλή της MPEG ροής. Στο DVD, η ψηφιακή υδατοσήμανση πρωταρχικά προτείνεται για τα bits του συστήματος διαχείρισης της παραγωγής των αντιγράφων (CGMS bits) και έπειτα για τα bits του συστήματος αναλογικής προστασίας (APS bits).

- Φυσικοί αναγνωριστές (physical identifiers) Η βασική ιδέα είναι να σχεδιάζονται ασφαλείς αναγνωριστές_φυσικών μέσων, έτσι ώστε να είναι δυνατή η διάκριση των πρωτότυπων μέσων από τα αντίγραφα. Όλα ξεκίνησαν όταν ανακοινώθηκε το νέο DVD με δικαιώματα δημιουργού και με CGMS κωδικοποίηση bits, όπου τα bits αυτά κωδικοποιούν το μήνυμα «αντιγραφή σε καμία περίπτωση». Και τα δύο CSS κλειδιά αποθηκεύονται στην επικεφαλίδα του DVD. Αυτή η διαδικασία προστατεύει τους νόμιμους δίσκους από το να παίζονται από μη εξουσιοδοτημένους χρήστες. Εκτός αυτού, η bit προς bit παράνομη αντιγραφή θα περιέχει το CSS περιεχόμενο που αντιμετωπίζει τις επιθέσεις, αλλά όχι τα κλειδιά. Ως αποτέλεσμα, τα παράνομα αντίγραφα που προκύπτουν από την bit προς bit αντιγραφή δεν μπορεί να τα παίξει κανένα μηχάνημα είτε είναι συμμορφωμένο είτε όχι.

Αν το σήμα εξόδου που λαμβάνεται από τις συμμορφωμένες μηχανές παιχνιδιού είναι ψηφιακό, τότε τα CGMS bits αποτρέπουν την αντιγραφή στον συμμορφωμένο κόσμο ενώ η 5C αποφεύγει την επικοινωνία με κάθε μη συμμορφωμένη μηχανή. Ωστόσο, οι αναλογικές εικόνες είναι ακόμη ευρέως διαδεδομένες και επομένως κάθε συμμορφωμένη μηχανή παιχνιδιού στην πραγματικότητα εξάγει ένα συμβατό αναλογικό σήμα. Όμως τα CGMS bits δεν επιζουν από την μετατροπή του ψηφιακού σήματος σε αναλογικό και γι' αυτό το λόγο εισάγεται η υδατοσήμανση με σκοπό την αποφυγή της αντιγραφής στο συμμορφωμένο κόσμο.

Δυστυχώς, στο μη συμμορφωμένο κόσμο, το APS το μόνο που μπορεί να κάνει είναι να εξουδετερώνει την αντιγραφή των αναλογικών σημάτων τύπου NTSC / PAL στις VHS τύπου ταινίες. Δίσκοι χωρίς CSS και CGMS αντιγράφονται και παράγονται εύκολα. Δηλαδή υπάρχουν παράνομοι δίσκοι οι οποίοι περιέχουν περιεχόμενο που δεν αντιμετωπίζει επιθέσεις και είναι διαθέσιμοι χωρίς CSS ή CGMS bits. Αυτοί οι δίσκοι μπορούν να παραχθούν με βάση όσα περιγράψαμε προηγουμένως, αλλά και κατευθείαν από τον πρωτότυπο νόμιμο δίσκο του οποίου το CSS έχει σπάσει. Έπειτα τα εναπομείναντα CGMS bits αφαιρούνται επιπόλαια από την MPEG ροή.

Τα παράνομα αυτά αντίγραφα μπορούν φυσικά να τα παίξουν μη συμμορφωμένες μηχανές παιχνιδιού, αλλά η υδατοσήμανση εισάγεται με σκοπό να εμποδίσει τις συμμορφωμένες μηχανές από το να παίξουν τα παράνομα αντίγραφα. Οι συμμορφωμένες μηχανές παιχνιδιού ανιχνεύουν το υδατογράφημα που περιέχει το μήνυμα «αντιγραφή σε καμία περίπτωση», το οποίο είναι ενσωματωμένο στο DVD-ROM που δεν αντιμετωπίζει επιθέσεις και αρνούνται να παίξουν το παράνομο DVD. Το σήμα βίντεο που δίνεται από μία μη συμμορφωμένη μηχανή παιχνιδιού μπορεί να αντιγραφεί από μη συμμορφωμένες μηχανές αντιγραφής. Ωστόσο η υδατοσήμανση εμποδίζει μόνο την αντιγραφή με συμμορφωμένες μηχανές. Ένας πελάτης μπορεί να έχει δύο τύπους μηχανών παιχνιδιού για να παίξει και τους νόμιμους και τους παράνομους δίσκους. Η δαπάνη αυτής της στρατηγικής βοηθάει στο να παραμένουν οι τίμιοι πελάτες τίμιοι.

Είναι σημαντικό για τους αντιγραφείς DVD (DVD recorder) να υποστηρίζουν την περίπτωση της «αντιγραφής μία μόνο φορά» για να μπορεί ο πελάτης να έχει στη διάθεση του τη χρονική μετατόπιση της παρακολούθησης. Όταν ο αντιγραφείς ανιχνεύσει το μήνυμα αντιγραφή μία φορά, τότε μπορεί να τροποποιήσει τη ροή έτσι ώστε το κρυφό μήνυμα να μετατραπεί στο μήνυμα αντιγραφή σε καμία περίπτωση.

Αυτή η διαδικασία μπορεί να εφαρμοστεί εύκολα στην περίπτωση που τα bits αποθηκεύονται στην MPEG κεφαλή, αλλά είναι λιγότερο άμεση στην περίπτωση που χρησιμοποιείται υδατοσήμανση. Εξετάζουμε δύο περιπτώσεις. Η πρώτη εναποθέτει ένα δεύτερο υδατογράφημα όταν ανιχνεύει το υδατογράφημα με το μήνυμα «αντιγραφή μία φορά». Τα δύο ταυτόχρονα υδατογραφήματα μπορούν στη συνέχεια να κωδικοποιήσουν το μήνυμα «αντιγραφή σε καμία περίπτωση». Στη δεύτερη περίπτωση η ιδέα είναι να χρησιμοποιήσουμε δύο κρυμμένα σήματα: ένα ενσωματωμένο υδατογράφημα W και μία φυσική ετικέτα T . Η σχέση που συνδέει τα δύο σήματα μεταξύ τους είναι η $F_n(T)=W$, όπου το $F(.)$ είναι μία μονόδρομη hash συνάρτηση και το n είναι ο αριθμός των συμμορφωμένων μηχανών που επιτρέπεται να συνδεθούν. Η ετικέτα τροποποιείται κάθε φορά που τα δεδομένα παίζονται σε μια συμμορφωμένη μηχανή παιξίματος ή σε έναν αντιγραφέα. Με άλλα λόγια, η ετικέτα τροποποιείται σύμφωνα με τη σχέση $T'=F(T)$.

➤ Παρακολούθηση τηλεοπτικής μετάδοσης

Οι ιδιοκτήτες με δικαιώματα δημιουργού σε βίντεο θέλουν να διασφαλίζουν τα προνόμια τους κάθε φορά που η ιδιοκτησία τους βρίσκεται υπό τηλεοπτική μετάδοση. Η συνολική αγορά της τηλεόρασης αξίζει πολλά δισεκατομμύρια δολάρια και παραβιάσεις στα δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας είναι πιθανό να συμβαίνουν πολύ συχνά. Ως αποτέλεσμα, πρέπει να χτιστεί ένα σύστημα επίβλεψης των τηλεοπτικών μεταδόσεων, το οποίο θα έχει ως στόχο να ελέγχει τις μεταδόσεις των καναλιών. Αυτή η διαδικασία βοηθάει τους ιδιοκτήτες του περιεχομένου να επαληθεύσουν ότι δίνουν το σωστό χρηματικό ποσό στους διαφημιστές και ότι τους έχουν πληρώσει ακριβώς για τη δουλειά που έχουν κάνει.

Η πιο απλή προσέγγιση για την παρακολούθηση μίας τηλεοπτικής μετάδοσης αποτελείται από ένα σύνολο ανθρώπων-παρατηρητών, οι οποίοι παρακολουθούν όλες τις τηλεοπτικές μεταδόσεις και καταγράφουν όλα όσα βλέπουν. Ωστόσο, αυτή η πολύ απλή μέθοδος δεν είναι και η πιο κατάλληλη. Η μέθοδος αυτή απαιτεί εργαζόμενους, δηλαδή ανθρώπους που θα παρακολουθούν τις μεταδόσεις, η οποία όμως είναι και από οικονομικής άποψης ακριβή και δεν είναι ασφαλής μέθοδος αφού ένας άνθρωπος-παρατηρητής δεν μπορεί να αντιλαμβάνεται τα πάντα. Επομένως, είναι αναγκαία η ανακάλυψη μίας μεθόδου που θα παρακολουθεί αυτόματα τις τηλεοπτικές μεταδόσεις. Στη συνέχεια αναφέρονται δύο προσεγγίσεις για τη λύση του παραπάνω προβλήματος. Η πρώτη προσέγγιση, ονομάζεται παθητική παρακολούθηση (passive monitoring) και προσομοιώνει τη λειτουργία του ανθρώπου-παρατηρητή σε έναν υπολογιστή, δηλαδή ο υπολογιστής παρακολουθεί τις τηλεοπτικές μεταδόσεις και συγκρίνει τα σήματα που λαμβάνει με τα στοιχεία μίας βάσης δεδομένων η οποία βάση περιέχει όλα τα γνωστά βίντεο. Αυτή η προσέγγιση είναι μη παρεισφορητική και δεν απαιτεί συνεργασία με διαφημιστές και μεταδότες. Ωστόσο αυτό το σύστημα εμφανίζει δύο βασικά μειονεκτήματα. Το πρώτο μειονέκτημα είναι ότι η μέθοδος αυτή βασίζεται στη σύγκριση μεταξύ του λαμβανόμενου σήματος και των δεδομένων μίας μεγάλης βάσης δεδομένων, διαδικασία που είναι λίγο δύσκολο να εφαρμοστεί στην πράξη. Θα πρέπει να έχουν οριστούν σχετικές υπογραφές που θα προσδιορίζουν σαφώς την ταυτότητα του κάθε βίντεο και θα πρέπει να σχεδιαστεί επίσης ένα αποδοτικό ψάξιμο στη μεγάλη βάση δεδομένων για τους πιο κοντινούς γείτονες. Από τα παραπάνω χαρακτηριστικά συμπεραίνουμε ότι το σύστημα μας δεν είναι ολοκληρωτικά αξιόπιστο. Το δεύτερο μειονέκτημα είναι ότι η αναφερόμενη βάση δεδομένων είναι πιθανό να είναι πολύ μεγάλη και έτσι τα κόστη για την αποθήκευση

των δεδομένων και τη διαχείριση της βάσης πολύ γρήγορα μπορεί να γίνουν απογοητευτικά μεγάλα.

Για να επιτευχθεί η ακρίβεια που απαιτείται για την επαλήθευση των υπηρεσιών τηλεοπτικής μετάδοσης, σχεδιάστηκε ένας νέος τύπος συστημάτων, τα συστήματα ενεργούς παρακολούθησης (active monitoring). Η βασική ιδέα είναι να ενσωματώνεται πληροφορία αναγνώρισης μέσα στα δεδομένα, η οποία πληροφορία είναι αναγνωρίσιμη από υπολογιστή. Αυτή η πληροφορία αναγνώρισης λαμβάνεται άμεσα και με αξιοπιστία μετά την διαδικασία της αποκωδικοποίησης. Η μέθοδος αυτή είναι γνωστό ότι είναι πιο απλή στην υλοποίηση από ότι είναι η παθητική παρακολούθηση. Οι πρώτες εφαρμογές της ενεργούς παρακολούθησης τοποθετούν την πληροφορία αναγνώρισης σε μία ξεχωριστή περιοχή του σήματος της τηλεοπτικής μετάδοσης. Ωστόσο η διαδικασία της αναγνώρισης της ταυτότητας των δεδομένων που είναι ενσωματωμένα μέσα σε άλλα δεδομένα είναι ακριβώς ο σκοπός της ψηφιακής υδατοσήμανσης. Αν και η διαδικασία της ενσωμάτωσης υδατογραφήματος είναι πιο σύνθετη από την διαδικασία της αποθήκευσης πληροφορίας στα μη χρησιμοποιημένα τμήματα μιας βίντεο ροής, ωστόσο η ψηφιακή υδατοσήμανση θεωρείται μία ανθεκτική μέθοδος υλοποίησης της ενεργούς παρακολούθησης.

➤ Δακτυλική αποτύπωση

Η έκρηξη του Internet δημιούργησε ένα νέο τρόπο για την απόκτηση περιεχομένου με δικαιώματα δημιουργού. Όταν ένας χρήστης θέλει να αποκτήσει ένα νέο βίντεο clip ή μία νέα ταινία, η πιο απλή στρατηγική για να την αποκτήσει είναι να μπει στο Internet και να χρησιμοποιήσει ένα από τα πιο δημοφιλή peer-to-peer συστήματα. Έτσι ψηφιακό περιεχόμενο πολλαπλών μέσων γίνεται αμέσως προσιτό στον καθένα και μπορεί να αποθηκευτεί σε κάποιον υπολογιστή που βρίσκεται σε οποιοδήποτε μέρος του κόσμου αρκεί να είναι ο υπολογιστής αυτός συνδεδεμένος στο Internet. Αποτέλεσμα της παραπάνω δυνατότητας είναι για παράδειγμα, το γεγονός ότι Ευρωπαίοι φοιτητές της Επιστήμης των υπολογιστών κατεβάζουν και παρακολουθούν ταινίες του Hollywood αρκετό καιρό πριν οι ταινίες αυτές παρουσιαστούν στη χώρα τους. Η κατάσταση είναι ακόμη χειρότερη στο χώρο της μουσικής λόγω της ανταλλαγής των αρχείων τύπου MP3. Συνέπεια των παραπάνω είναι το γεγονός ότι οι κάτοχοι των πνευματικών δικαιωμάτων χάνουν μεγάλο ποσοστό των προνομίων τους. Νόμιμες ενέργειες έγιναν για τη νομική απαγόρευση τέτοιων κατανεμημένων συστημάτων, αλλά όταν για παράδειγμα το σύστημα Napster καταδικάστηκε ως ένοχο, εμφανίστηκαν άλλα δύο παρόμοια συστήματα. Το βασικό πρόβλημα δεν προέρχεται από τα peer-to-peer συστήματα. Τα peer-to-peer συστήματα μπορούν να αποτελέσουν ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο αν περιοριστούν μόνο στη διανομή νόμιμων δεδομένων διαμέσου του Διαδικτύου. Το πρόβλημα δημιουργείται όταν κάποιος «προδότης» κάνει διαθέσιμο το προστατευόμενο υλικό χωρίς να έχει κάποιου είδους άδεια από τον κάτοχο των πνευματικών δικαιωμάτων.

Συμπερασματικά, για την επίλυση του προβλήματος η βασική ιδέα είναι να μπορούμε να αναγνωρίζουμε την ταυτότητα του προδότη όταν ανιχνεύουμε ένα παράνομο αντίγραφο έτσι ώστε να μπορούμε να του κάνουμε αγωγή στο δικαστήριο. Αυτό μπορεί να συμβεί ενσωματώνοντας στα δεδομένα ένα ανεξίτηλο και αόρατο υδατογράφημα το οποίο προσδιορίζει την ταυτότητα του κάθε πελάτη.

Στο άμεσο μέλλον ο τρόπος με τον οποίο θα παρακολουθούμε τηλεόραση θα αλλάξει. Η ροή του βίντεο είναι πραγματικά πιθανό να γίνει πιο ευρέως διαδεδομένη. Επομένως είναι απαραίτητο να βρεθεί ένας τρόπος με τον οποίο να μπορεί να προστατευτεί το περιεχόμενο του ψηφιακού βίντεο και η υδατοσήμανση μοιάζει να είναι ο πιο πιθανός υποψήφιος τρόπος. Δύο είναι οι εφαρμογές της βίντεο ροής στον πραγματικό κόσμο η Pay-Per-View (PPV) και η Video-On-Demand (VOD). Και στις δύο παραπάνω εφαρμογές η ψηφιακή υδατοσήμανση χρησιμοποιείται για την επιβολή της πολιτικής της δακτυλικής αποτύπωσης. Το ID του πελάτη ενσωματώνεται στα δεδομένα του βίντεο που διανέμεται για να μπορεί αργότερα να αποδοθεί η προέλευση του χρήστη που έσπασε την νόμιμη συμφωνία. Το υδατογράφημα μπορεί να ενσωματώνεται και στην πλευρά του χρήστη, αλλά την περίπτωση αυτή την αποφεύγουμε αν είναι δυνατό, επειδή έτσι προστατεύομαστε από τον αντίστροφο σχεδιασμό του υδατογραφήματος. Σε ένα PPV περιβάλλον, ένας εξυπηρετητής μεταδίδει κάποια βίντεο και οι πελάτες χρειάζεται μόνο να συνδεθούν με αυτό τον εξυπηρετητή για να λάβουν το βίντεο που επιθυμούν. Ο εξυπηρετητής βίντεο είναι παθητικός. Σε μία δεδομένη στιγμή, διανέμει το ίδιο βίντεο σε πολλούς χρήστες. Για την επιβολή της δακτυλικής αποτύπωσης, μία προτεινόμενη μέθοδος είναι η ενσωμάτωση σε κάθε στοιχείο δικτύου (δρομολογητή, κόμβου ή οποιουδήποτε άλλου στοιχείου) ενός τμήματος του υδατογραφήματος κατά τη διαδικασία αναμετάδοσης της βίντεο ροής. Το υδατογράφημα που προκύπτει περιέχει το ίχνος της διαδρομής που ακολούθησε η βίντεο ροή. Αυτή η στρατηγική απαιτεί υποστήριξη από τους προμηθευτές δικτύου, οι οποίοι μπορεί να μην είναι διαθέσιμοι για την εφαρμογή αυτή. Στο VOD πλαίσιο εργασίας ο εξυπηρετητής βίντεο είναι ενεργός. Ο εξυπηρετητής λαμβάνει μία απαίτηση και στέλνει το βίντεο που του ζητήθηκε. Αυτή η στρατηγική ονομάζεται multi-unicast. Αυτή τη φορά, ο εξυπηρετητής βίντεο ενσωματώνει ένα υδατογράφημα που υποδηλώνει την ταυτότητα του πελάτη έτσι ώστε η κάθε σύνδεση να αφοσιώνεται μόνο σε έναν πελάτη. Η πρόκληση σε αυτή την περίπτωση είναι να επεκτείνουμε το σύστημα ώστε να εφαρμόζεται και στην περίπτωση των πολλών χρηστών.

Μια άλλη στρατηγική δακτυλικής αποτύπωσης προέκυψε από την εμφάνιση ενός νέου τύπου πειρατείας. Στις μέρες μας, τα παράνομα αντίγραφα από ολοκαίνουργιες ταινίες γίνονται την ώρα που η ταινία προβάλλεται στην οθόνη του κινηματογράφου με τη χρήση μίας βίντεο κάμερας χειρός. Ενώ η ποιότητα αυτών των αντιγράφων είναι συχνά αρκετά χαμηλή, η αποδοχή τους από το κοινό είναι ευρεία και το γεγονός αυτό επηρεάζει σημαντικά την οικονομία. Επιπλέον, η ψηφιακή τυποποίηση του κινηματογράφου έχει αυξήσει το ενδιαφέρον των επιτιθέμενων.

Με την υψηλή οπτική ποιότητα, η απειλή γίνεται ακόμα μεγαλύτερη και τα στούντιο του Hollywood έχουν υποχρεώσει τους ιδιοκτήτες των κινηματογράφων μέσω συμβολαίων, να παρεμποδίζουν την παρουσία βίντεο κάμερας κατά τη διάρκεια των μεταδόσεων, για να προστατέψουν τα δικαιώματά τους.

Ένα υδατογράφημα ενσωματώνεται κατά τη διάρκεια του χρόνου μετάδοσης και υποδηλώνει την ταυτότητα του κινηματογράφου, την μέρα και την ώρα της μετάδοσης. Αν ένα παράνομο αντίγραφο δημιουργηθεί από μία βίντεο κάμερα χειρός αυτό μπορεί να ανιχνευτεί και τότε το υδατογράφημα εξάγεται και ο κινηματογράφος που θα κατηγορηθεί αναγνωρίζεται. Μετά από πολλές κατηγορίες, ο κινηματογράφος δεσμεύεται με νομική απαγόρευση για τη διαθεσιμότητα του περιεχομένου.

➤ Πιστοποίηση βίντεο

Καθημερινά δια μέσου του Internet διανέμεται ένα μεγάλο ποσοστό δεδομένων σε μορφή βίντεο. Όλο και πιο πολλές βίντεο κάμερες εγκαθίστανται σε δημόσιες εγκαταστάσεις για λόγους επίβλεψης. Ωστόσο, το βίντεο περιεχόμενο μπορεί να τροποποιηθεί με τη χρήση λογισμικού και έτσι δεν μπορεί να είναι πλέον αξιόπιστο. Για παράδειγμα, σε κάποιες χώρες ένα πλάνο από βίντεο κάμερα ασφαλείας δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αποδεικτικό στοιχείο σε μία δικαστική αίθουσα επειδή δεν μπορεί να θεωρηθεί αρκετά αξιόπιστο στοιχείο. Όταν κάποιος λαμβάνει ένα email με κάποιο ασυνήθιστο βίντεο, είναι σχεδόν αδύνατο να καθορίσει αν το βίντεο αυτό είναι το πρωτότυπο ή αντίγραφο. Επομένως, τεχνικές πιστοποίησης χρειάζονται για να επιβεβαιώσουν ότι το βίντεο περιεχόμενο είναι το πρωτότυπο. Έχουν σχεδιαστεί αρκετές μέθοδοι για την επαλήθευση της αυθεντικότητας του βίντεο περιεχομένου και την προστασία από την πλαστογραφία. Όταν ένας πελάτης αγοράζει περιεχόμενο σε μορφή βίντεο δια μέσου ηλεκτρονικού εμπορίου, επιθυμεί να επιβεβαιώσει την προέλευση του βίντεο που αγόρασε ώστε να σιγουρευτεί ότι το αγόρασε από κάποια νόμιμη πηγή και όχι από κάποιον που έχει αντιγράψει τα δεδομένα αυτά παράνομα. Οι πρώτες ερευνητικές προσπάθειες που αναπτύχθηκαν για την πιστοποίηση των δεδομένων χρησιμοποιούν την κρυπτογραφία. Το κύριο μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι παρέχει συμπληρωματική εξακρίβωση. Με άλλα λόγια, τα δεδομένα τα θεωρούμε ανέγγιχτα και τα δεδομένα για την πιστοποίηση πρέπει να είναι ακριβώς όμοια με τα πραγματικά.

Αλλά αυτός ο ισχυρός περιορισμός μπορεί να είναι αρκετά περιοριστικός. Κάποιος μπορεί να προτιμά να έχουν υποστεί μερικές παραποιήσεις τα ψηφιακά δεδομένα που λαμβάνει, αρκεί το πραγματικό περιεχόμενο να μην έχει υποστεί σημαντικές τροποποιήσεις. Αυτή είναι μία τυπική περίπτωση ασύρματου περιβάλλοντος, όπου θόρυβος προστίθεται στα δεδομένα. Αυτή η προσέγγιση αναφέρεται ως πιστοποίηση του περιεχομένου.

Οι ερευνητές ερευνούν την χρήση της ψηφιακής υδατοσήμανσης με σκοπό την επαλήθευση της ακεραιότητας του περιεχομένου του ψηφιακού βίντεο. Μία βασική τεχνική αποτελεί η συνηθισμένη ενσωμάτωση σε κάθε πλαίσιο του βίντεο μίας στάμπας χρόνου με προσαύξηση. Αποτέλεσμα της παραπάνω τεχνικής είναι να γίνεται δυνατή η ανίχνευση τροποποιήσεων όπως είναι το κόψιμο πλαισίου, η εισαγωγή ξένου πλαισίου, η ανταλλαγή πλαισίου και η αλλαγή του ρυθμού των πλαισίων. Η τεχνική αυτή είναι πολύ αποδοτική για την ανίχνευση των μεταβολών που συμβαίνουν στον άξονα του χρόνου της ροής του βίντεο. Ωστόσο, αποτυγχάνει στη ανίχνευση των μεταβολών που συμβαίνουν στο περιεχόμενο, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση που ένας χαρακτήρας έχει αφαιρεθεί εξ ολοκλήρου από μία ταινία. Έχουν διεξαχθεί έρευνες έτσι ώστε το περιεχόμενο του βίντεο να εμποδίζει τις τροποποιήσεις από μόνο του. Μία άλλη πρόταση αποτελεί η ενσωμάτωση του χάρτη ακμών του κάθε πλαισίου στη ροή του βίντεο. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της επαλήθευσης, αν το περιεχόμενο του βίντεο έχει τροποποιηθεί, τότε υπάρχει κακό ταίριασμα μεταξύ του εξαγόμενου χάρτη ακμών του προς επαλήθευση βίντεο και του χάρτη ακμών του υδατογραφημένου βίντεο. Επομένως ο ανιχνευτής μπορεί να αναγνωρίσει τις διαφοροποιήσεις που εμφανίζονται στο περιεχόμενο. Μία άλλη πρόταση προωθεί την ιδέα της προστασίας και των δύο ροών του βίντεο από τις μη εξουσιοδοτημένες παραποιήσεις μιας και μία ταινία αποτελείται από μία ροή ήχου και μία ροή βίντεο. Η βασική ιδέα είναι να

συνδυάσουμε υδατοσήμανση βίντεο και υδατοσήμανση ήχου για να προκύψει ένα αποτελεσματικό σύστημα πιστοποίησης. Τροποποιήσεις που πραγματοποιούνται είτε στη δομή του ήχου είτε στη δομή του βίντεο είναι άμεσα αναγνωρίσιμες από τον ανιχνευτή, αφού τα εξαγόμενα από τον ανιχνευτή χαρακτηριστικά και τα υδατογραφημένα χαρακτηριστικά διαφέρουν.

➤ Προστασία Πνευματικών Δικαιωμάτων

Η προστασία των Πνευματικών Δικαιωμάτων είναι ιστορικά ο πρώτος στόχος των εφαρμογών της ψηφιακής υδατοσήμανσης. Η βασική στρατηγική ενσωματώνει ένα υδατογράφημα στα δεδομένα των ψηφιακών πολυμέσων, το οποίο υποδηλώνει την ταυτότητα του ιδιοκτήτη των Πνευματικών Δικαιωμάτων.

Αν βρεθεί ένα παράνομο αντίγραφο, ο ιδιοκτήτης των πνευματικών δικαιωμάτων μπορεί να αποδείξει την πατρότητα του μέσω του ενσωματωμένου υδατογραφήματος και έτσι μπορεί να κάνει αγωγή στον παράνομο χρήστη. Αυτό το ιδανικό σενάριο στον πραγματικό κόσμο είναι πιθανό να καταστραφεί από τους μοχθηρούς χρήστες. Αν ένας επιτιθέμενος εισάγει ένα δεύτερο υδατογράφημα μέσα σε ένα υδατογραφημένο βίντεο clip, τότε τόσο ο πραγματικός ιδιοκτήτης όσο και ο επιτιθέμενος μπορούν να ισχυριστούν ότι είναι ιδιοκτησία τους το βίντεο και τότε ακυρώνεται ο στόχος της χρήσης της υδατοσήμανσης. Το πρόβλημα της πολλαπλής ιδιοκτησίας σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να αποτραπεί. Αυτό συμβαίνει όταν χρησιμοποιείται το πρωτότυπο βίντεο clip κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της επαλήθευσης.

Ωστόσο το πρόβλημα παραμένει αν ο αλγόριθμος υδατοσήμανσης είναι αντιστρέψιμος, επειδή τότε επιτρέπεται στον επιτιθέμενο να παράγει το δικό του πλαστό-αυθεντικό βίντεο clip. Στην περίπτωση αυτή, τόσο ο πραγματικός ιδιοκτήτης όσο και ο επιτιθέμενος έχουν το πρωτότυπο βίντεο clip, το οποίο όμως περιέχει και το υδατογράφημα του άλλου. Αποτέλεσμα της παραπάνω διαδικασίας, κανένας να μην μπορεί να υποστηρίξει την κυριότητά του στα δεδομένα. Στον κόσμο της υδατοσήμανσης αυτή η κατάσταση αναφέρεται ως πρόβλημα αδιεξόδου. Συμπερασματικά, απαιτείται οι αλγόριθμοι υδατοσήμανσης να είναι μη αντιστρέψιμοι για να παρέχονται οι υπηρεσίες της προστασίας των Πνευματικών Δικαιωμάτων. Η προστασία των Πνευματικών Δικαιωμάτων έχει ερευνηθεί και για την περίπτωση της υδατοσήμανσης βίντεο, παρόλο που δεν αποτελεί και την πιο δημοφιλή πρακτική της.

Αντί της προστασίας της συνολικής βίντεο ροής, οι ιδιοκτήτες των Πνευματικών Δικαιωμάτων υπάρχει περίπτωση να προτιμήσουν να προστατέψουν μόνο ένα τμήμα του περιεχομένου του βίντεο. Η εμπορική αξία ενός βίντεο στην πραγματικότητα συχνά εστιάζει σε μικρό αριθμό από αντικείμενα, για παράδειγμα στο πρόσωπο ενός ηθοποιού. Όταν η υδατοσήμανση πραγματοποιείται στα βίντεο αντικείμενα, εμποδίζετε η μη εξουσιοδοτημένη επαναχρησιμοποίηση τους σε άλλα βίντεο clip. Ωστόσο, στα βίντεο αντικείμενα είναι πιθανό να επιβληθούν ποικίλες τροποποιήσεις βίντεο. Επομένως πρέπει να δοθεί ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην ανθεκτικότητα του υδατογραφήματος απέναντι σε αυτές τις τροποποιήσεις.

➤ Εμπλουτισμός της βίντεο κωδικοποίησης

Ο προσεκτικός αναγνώστης καταλαβαίνει ότι οι τεχνολογίες της υδατοσήμανσης βίντεο και της κωδικοποίησης βίντεο είναι έννοιες ασύμβατες. Ένας ιδανικός κωδικοποιητής βίντεο αφαιρεί από ένα βίντεο κάθε πλεονάζουσα πληροφορία. Με άλλα λόγια, δύο οπτικώς όμοια βίντεο μπορεί να έχουν την ίδια συμπεσμένη αναπαράσταση. Αν κάποια μέρα σχεδιαστεί ένας ιδανικός κωδικοποιητής βίντεο, τότε η υδατοσήμανση βίντεο μπορεί να εξαφανιστεί μιας και τα μη υδατογραφημένα και τα υδατογραφημένα δεδομένα θα έχουν την ίδια συμπεσμένη αναπαράσταση. Συμπερασματικά η ψηφιακή υδατοσήμανση μπορεί να θεωρηθεί ως η βιομηχανική εκμετάλλευση των χαρακτηριστικών των αλγορίθμων συμπίεσης, με στόχο την απόκρυψη πληροφορίας. Ωστόσο, οι τελευταίες έρευνες έχουν δείξει ότι η ψηφιακή υδατοσήμανση μπορεί να ωφελήσει την κοινότητα της κωδικοποίησης. Η διαδικασία της κωδικοποίησης βίντεο είναι μία ακολουθία δύο βημάτων. Κατά τη διάρκεια της κωδικοποίησης πηγής, κάθε πλεονάζουσα πληροφορία αφαιρείται για να προκύψει η πιο πιθανή συμπεσμένη αναπαράσταση των δεδομένων, ενώ κρατείται η αυθεντικότητα της οπτικής ποιότητας. Αυτή η συμπεσμένη αναπαράσταση στη συνέχεια υποβάλλεται σε κωδικοποίηση καναλιού, όπου προστίθεται επιπλέον πλεονάζουσα πληροφορία για τη διόρθωση των λαθών.

Η κωδικοποίηση καναλιού είναι υποχρεωτική αφού λάθη είναι πιθανό να συμβούν κατά τη διάρκεια της μετάδοσης, για παράδειγμα όταν τα δεδομένα μεταδίδονται σε ένα ασύρματο περιβάλλον. Η ψηφιακή υδατοσήμανση εισάγεται ως μία εναλλακτική τεχνική για την εισαγωγή της πληροφορίας διόρθωσης λάθους μετά την κωδικοποίηση πηγής. Τα πειράματα έχουν δείξει την επιτευξιμότητα αυτής της προσέγγισης και το συμπέρασμα που εξάγεται είναι ότι η ψηφιακή υδατοσήμανση έχει πιο επιτυχημένες εκτελέσεις από τους παραδοσιακούς μηχανισμούς διόρθωσης λαθών.

Όταν η χρήσιμη πληροφορία ενσωματώνεται απευθείας στη ροή του βίντεο, τότε εξοικονομείται περισσότερος αποθηκευτικός χώρος. Μια τυπική ροή βίντεο αποτελείται από δύο διαφορετικές παράλληλες ροές, τη ροή του ήχου και τη ροή του βίντεο. Αυτές οι δύο ροές χρειάζεται να είναι συγχρονισμένες κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού για ευχάριστη παρακολούθηση. Όμως, ο συγχρονισμός αυτός είναι δύσκολο να επιτευχθεί όταν εφαρμόζονται στο βίντεο χειρισμοί τύπου επιλογής τμήματος. Το κρύψιμο της ροής του ήχου μέσα στη ροή του βίντεο συνεπάγεται την εξασφάλιση ενός αποδοτικού και ανθεκτικού συγχρονισμού, ενώ μειώνονται σημαντικά οι απαιτήσεις σε αποθηκευτικές ανάγκες ή στο διαθέσιμο εύρος ζώνης. Με τον ίδιο τρόπο, το πραγματικό Picture-in-Picture σύστημα μπορεί να βελτιωθεί με απόκρυψη της μίας ροής βίντεο μέσα στην άλλη. Η τεχνολογία αυτή, εμφανίζεται σε πολλές τηλεοράσεις, υπάρχου χρήσεις που διαχωρίζουν τις ροές των δεδομένων με στόχο την από πάνω τοποθέτηση ενός πολύ μικρού παραθύρου βίντεο στο πλήρους μεγέθους βίντεο που παίζεται στην τηλεόραση. Η ψηφιακή υδατοσήμανση επιτρέπει την ενσωμάτωση μίας δεύτερης βίντεο ροής μέσα στην πρώτη. Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού, το υδατογράφημα εξάγεται και το ενσωματωμένο βίντεο εκθέτεται σε ένα παράθυρο εντός του βίντεο φιλοξενητή. Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή μεταδίδεται μόνο μια ροή βίντεο.

2.6 Προσεγγίσεις για την υδατοσήμανση βίντεο

Η ψηφιακή υδατοσήμανση βίντεο είναι μία σχετικά νέα ερευνητική περιοχή η οποία χρησιμοποιεί τα πλεονεκτήματα που έχουν προκύψει από τα συμπεράσματα της ψηφιακής υδατοσήμανσης των ακίνητων εικόνων. Πολλοί αλγόριθμοι έχουν προταθεί και από αυτούς έχουμε απομονώσει τις τρεις πιο σημαντικές τάσεις που υπάρχουν. Η πιο απλή και άμεση προσέγγιση θεωρεί το βίντεο ως μία ακολουθία από ακίνητες εικόνες και εφαρμόζει στις εικόνες αυτές ένα από τα υπάρχοντα σχήματα υδατοσήμανσης για ακίνητες εικόνες. Η δεύτερη προσέγγιση εκμεταλλεύεται την επιπλέον διάσταση του χρόνου με στόχο τον σχεδιασμό νέων ανθεκτικών αλγορίθμων υδατοσήμανσης βίντεο. Τέλος, η τελευταία τάση θεωρεί τη βίντεο ροή ως συμπιεσμένα δεδομένα που έχουν συμπιεστεί σύμφωνα με μία συγκεκριμένη μέθοδο συμπίεσης βίντεο και τα χαρακτηριστικά της μεθόδου αυτής χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενός αποδοτικού σχήματος υδατοσήμανσης.

Αναλυτικά παρουσιάζονται παρακάτω:

➤ **Μεταφορά από την ακίνητη εικόνα στο βίντεο**

Στα πολύ πρώτα χρόνια, η ψηφιακή υδατοσήμανση σε μεγάλο βαθμό ερευνούσε την περίπτωση των ακίνητων εικόνων. Πολλά ενδιαφέροντα αποτελέσματα και αλγόριθμοι αναπτύχθηκαν και όταν νέες περιοχές, όπως η υδατοσήμανση βίντεο, άρχισαν να ερευνώνται, η βασική ιδέα ήταν να δοκιμαστεί η επαναχρησιμοποίηση των προηγούμενων γνωστών αποτελεσμάτων. Ως αποτέλεσμα, η κοινότητα της υδατοσήμανσης αρχικά θεώρησε το βίντεο ως μία ακολουθία από ακίνητες εικόνες και υιοθέτησε τα υπάρχοντα σχήματα υδατοσήμανσης για εικόνες στην υδατοσήμανση βίντεο. Ακριβώς το ίδιο φαινόμενο εμφανίστηκε και στην κοινότητα της κωδικοποίησης κατά την μετάβαση από την κωδικοποίηση εικόνας στην κωδικοποίηση βίντεο. Ο πρώτος προτεινόμενος αλγόριθμος για κωδικοποίηση βίντεο είναι ο Moving JPEG (M-JPEG), ο οποίος απλά συμπίεζει κάθε πλαίσιο του βίντεο με το πρότυπο του JPEG αλγορίθμου για την συμπίεση εικόνας. Ένας απλός τρόπος για να επεκτείνουμε το σχήμα υδατοσήμανσης των ακίνητων εικόνων είναι να ενσωματώσουμε το ίδιο υδατογράφημα στα πλαίσια του βίντεο με ένα κανονικό ρυθμό. Από την πλευρά του ανιχνευτή, η παρουσία του υδατογραφήματος ελέγχεται για το κάθε πλαίσιο. Αν το βίντεο είναι υδατογραφημένο, τότε ένας κανονικός παλμός μπορεί να παρατηρηθεί ως απάντηση στον ανιχνευτή. Ωστόσο, ένα τέτοιο σχήμα δεν εμφανίζει ωφέλιμο φορτίο. Ο ανιχνευτής το μόνο που μπορεί να κάνει είναι να πει αν το δοθέν υδατογράφημα εμφανίζεται ή όχι αλλά δεν εξάγει κανένα κρυφό μήνυμα.

Από την άλλη, τα δεδομένα του φιλοξενητή είναι πολύ μεγαλύτερα σε μέγεθος από τα δεδομένα μίας απλής ακίνητης εικόνας. Αφού υπάρχει η δυνατότητα να ενσωματωθούν περισσότερα bits σε ένα μεγαλύτερο σήμα φιλοξενητή, αναμένεται τα υδατογραφήματα για βίντεο να εμφανίζουν πιο πολύ ωφέλιμο φορτίο. Αυτό μπορεί εύκολα να υλοποιηθεί μέσω της ενσωμάτωσης ανεξάρτητων υδατογραφημάτων πολλών bit μέσα σε κάθε πλαίσιο του βίντεο. Ωστόσο, το κέρδος στο ωφέλιμο φορτίο αντισταθμίζεται από την απώλεια της ανθεκτικότητας.

➤ **Υδατογραφήματα διαφορετικής ενέργειας (Differential Energy Watermarks, DEW)**

Τα υδατογραφήματα διαφορετικής ενέργειας αρχικά σχεδιάστηκαν για εφαρμογή σε ακίνητες εικόνες και έπειτα επεκτάθηκαν στο βίντεο με την υδατοσήμανση των I-πλαισίων της MPEG ροής. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην επιλεκτική απόρριψη των DCT συντελεστών των υψηλών συχνοτήτων της συμπιεσμένης ροής των δεδομένων.

Τα μπλοκ των 8x8 pixels του βίντεο πλαισίου αρχικά μετακινούνται ψευδοτυχαία. Αυτός ο χειρισμός παράγει το μυστικό κλειδί του αλγορίθμου και χωροταξικά δημιουργούνται συνθήκες τυχαιότητας στα στατιστικά των μπλοκ των pixels, για παράδειγμα ο χειρισμός αυτός σπάει τη σχέση μεταξύ των γειτονικών μπλοκ. Τα λαμβανόμενα μετακινούμενα πλαίσια στη συνέχεια διαιρούνται σε n 8x8 μπλοκ. Ένα bit ενσωματώνεται σε κάθε ένα από αυτά τα πλαίσια, το bit αυτό αποτελεί την ενεργειακή διαφορά των υψηλής ποιότητας DCT συντελεστών στο πάνω μισό του μπλοκ με τους υψηλής ποιότητας DCT συντελεστές στο κάτω μισό. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο αυτή η τεχνική ονομάζεται υδατογράφημα διαφορετικής ενέργειας. Για να εισαχθεί η ενεργειακή διαφορά, το DCT μπλοκ υπολογίζεται για κάθε n 8x8 μπλοκ και οι DCT συντελεστές προκβαντίζονται με παράγοντα ποιότητας τον Qreg χρησιμοποιώντας το πρότυπο JPEG στη διαδικασία της κβαντοποίησης. Η τιμή του ενσωματωμένου bit κωδικοποιεί το πρόσημο της ενεργειακής διαφοράς, $D = EA - EB$, των περιοχών A και B. Όλη η ενέργεια που υπάρχει μετά την απομόνωση του δείκτη c είτε στην περιοχή A είτε στην περιοχή B εξαλείφεται θέτοντας τους αντίστοιχους DCT συντελεστές στο μηδέν για να προκύψει το κατάλληλο πρόσημο για τη διαφορά D. Σημειώνεται ότι αυτή η διαδικασία μπορεί εύκολα να γίνει κατευθείαν στο πεδίο ορισμού της συμπίεσης μεταθέτοντας το τέλος του μπλοκ στο σημειωτή των αντίστοιχων 8x8 DCT μπλοκ με στόχο οι DC συντελεστές να είναι μεγαλύτεροι του απομονωμένου δείκτη. Τελικά, υπολογίζεται το αντίστροφο DCT μπλοκ και η μετάθεση αντιστρέφεται για να εξαχθεί το υδατογραφημένο πλαίσιο. Από την πλευρά του ανιχνευτή υπολογίζεται η διαφορά ενέργειας και το ενσωματωμένο bit προσδιορίζεται από το πρόσημο της διαφοράς D.

➤ Ενσωμάτωση στη διάσταση του χρόνου

Το κύριο μειονέκτημα του να θεωρείται το βίντεο ως μία ακολουθία από ανεξάρτητες ακίνητες εικόνες είναι ότι δεν λαμβάνεται ικανοποιητικά υπόψη η διάσταση του χρόνου. Η κοινότητα της κωδικοποίησης έκανε ένα μεγάλο βήμα μπροστά όταν αποφάσισε να ενσωματώσει τη διάσταση του χρόνου στα σχήματα κωδικοποίησης και είναι σχεδόν βέβαιο ότι αυτό ήταν και το έναυσμα για την κοινότητα της υδατοσήμανσης ώστε να ερευνήσει αυτό το μονοπάτι. Πολλοί ερευνητές έχουν ερευνήσει το πώς είναι δυνατή η μείωση της οπτικής επίδρασης του υδατογραφήματος στις ακίνητες εικόνες, λαμβάνοντας υπόψη τους τις ιδιότητες του ανθρώπινου οπτικού συστήματος και τις διαδικασίες της μάσκας συχνότητας, της μάσκας φωτεινότητας και της μάσκας αντίθεσης. Αυτές οι μελέτες μπορούν εύκολα να επεκταθούν και στο βίντεο με μια άμεση πλαίσιο προς πλαίσιο προσαρμογή.

Ωστόσο, το υδατογράφημα που προκύπτει δεν είναι το ιδανικότερο σε όρους ορατότητας αφού δεν είναι δυνατή η μελέτη της ευαισθησίας του ανθρώπινου ματιού στο χρόνο. Η κίνηση στην πραγματικότητα είναι ένα πολύ ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του βίντεο και οι νέες οδηγούμενες από το βίντεο μετρήσεις της αντιληπτότητας χρειάζεται να σχεδιαστούν έτσι ώστε να μπορούμε να τις εκμεταλλευτούμε στην ψηφιακή υδατοσήμανση βίντεο. Αυτό το απλό παράδειγμα δείχνει ότι η διάσταση του

χρόνου είναι ένα κρίσιμο σημείο στο βίντεο και ότι το σημείο αυτό πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη για τον σχεδιασμό αποτελεσματικών αλγορίθμων.

➤ Εξάπλωση Φάσματος (Spread Spectrum–SS)

Μία πρωτοποριακή εργασία στην υδατοσήμανση βίντεο θεωρεί το σήμα του βίντεο ως ένα μίας διάστασης σήμα. Έστω ότι η ακολουθία $a(j) \in \{-1,1\}$ αναπαριστά τα bits του υδατογραφήματος που ενσωματώνεται. Η ακολουθία αυτή εξαπλώνεται με ένα chip ρυθμό, c_r . Ο χειρισμός της εξάπλωσης επιτρέπει την προσθήκη πλεονασμού με την ενσωμάτωση της ενός bit πληροφορίας στα c_r δείγματα του βίντεο σήματος. Η λαμβανόμενη ακολουθία ενισχύεται τοπικά με έναν ρυθμιζόμενο παράγοντα $\lambda(i) \geq 0$ (Ο ρυθμιζόμενος παράγοντας $\lambda(i)$ εναρμονίζεται με τις τοπικές ιδιότητες του βίντεο σήματος) και προσαρμόζεται με την ψευδοτυχαία δυαδική ακολουθία $p(i) \in \{-1,1\}$. Τελικά, το υδατογράφημα εξάπλωσης φάσματος προστίθεται στο βίντεο σήμα, και προκύπτει το υδατογραφημένο σήμα βίντεο.

Από την πλευρά του ανιχνευτή, η επικάλυψη είναι μία εύκολα ολοκληρώσιμη διαδικασία και ελέγχεται με την εφαρμογή της απλής συσχέτισης. Για να μειωθούν οι ανεπιθύμητες παρεμβολές μεταξύ σήματος υδατογραφήματος και σήματος βίντεο, η υδατογραφημένη ακολουθία του βίντεο φιλτράρεται με ένα ανωπερατό φίλτρο, το φίλτρο αυτό επιστρέφει το φιλτραρισμένο και υδατογραφημένο βίντεο σήμα έτσι ώστε τα βασικά συστατικά του βίντεο σήματος από μόνα τους να απομονώνονται και να αφαιρούνται.

Το δεύτερο βήμα είναι η *αποδιαμόρφωση*.

Το φιλτραρισμένο και υδατογραφημένο βίντεο σήμα είναι πολλαπλασιασμένο με τον ψευδοτυχαίο θόρυβο $p(i)$ που χρησιμοποιείται στην ενσωμάτωση και προστίθεται σε όλο το παράθυρο για το κάθε ενσωματωμένο bit.

➤ Wavelet χρονική αποσυμπίεση

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί, για τον διαχωρισμό των στατικών και των δυναμικών συστατικών του βίντεο. Ένα υδατογράφημα έπειτα ενσωματώνεται σε κάθε συστατικό για να προστατευθεί το κάθε ένα συστατικό ξεχωριστά. Το βίντεο σήμα μπορούμε να το δούμε ως ένα σήμα τριών διαστάσεων. Το σημείο αυτό είναι ήδη υπό μελέτη στη κοινότητα της κωδικοποίησης και μπορεί να επεκταθεί και στην υδατοσήμανση βίντεο. Ο DFT των τριών διαστάσεων μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μία εναλλακτική αναπαράσταση του βίντεο σήματος. Το ανθρώπινο οπτικό σύστημα χρησιμοποιείται ως κριτήριο για τον καθορισμό της περιοχής ενσωμάτωσης και την αποφυγή της περίπτωσης του ορατού υδατογραφήματος. Από την άλλη, η λαμβανόμενη περιοχή ενσωμάτωσης τροποποιείται έτσι ώστε να μένει απρόσβλητη από την MPEG συμπίεση. Το να θεωρούμε το βίντεο ως ένα σήμα τριών διαστάσεων μπορεί να είναι ανακριβές. Στην πραγματικότητα αυτές οι τρεις διαστάσεις δεν είναι ομογενείς, αφού έχουμε δύο διαστάσεις στο χώρο και μία στο χρόνο. Αυτή η θεώρηση και το υπολογιστικό κόστος παρεμποδίζουν την επιπλέον μελέτη προς αυτή την κατεύθυνση.

➤ Εκμετάλλευση του σχήματος της συμπίεσης βίντεο

Εδώ τα δεδομένα του βίντεο θεωρούνται συμπιεσμένα τα οποία έχουν συμπιεστεί με βάση μία συγκεκριμένου τύπου συμπίεση. Στην πραγματικότητα, τον πιο πολύ χρόνο, ένα βίντεο αποθηκεύεται σε μία συμπιεσμένη εκδοχή για να εξοικονομηθεί κάποιος αποθηκευτικός χώρος. Οι μέθοδοι υδατοσήμανσης έχουν σχεδιαστεί, έτσι ώστε να ενσωματώνεται το υδατογράφημα κατευθείαν στη συμπιεσμένη ροή του βίντεο. Έτσι εκμεταλλευόμαστε ένα πολύ συγκεκριμένο κομμάτι της συγκεκριμένης βίντεο συμπίεσης (run length coding) με στόχο την απόκρυψη πληροφορίας.

Η υδατοσήμανση της συμπιεσμένης ροής μπορεί να θεωρηθεί ως ένα σχήμα σύνταξης βίντεο στο πεδίο ορισμού της συμπίεσης. Αυτή η σύνταξη είναι σημαντική στην πράξη και νέα ζητήματα εμφανίζονται. Ο προηγούμενος Spread Spectrum αλγόριθμος προσαρμόζεται έτσι ώστε το υδατογράφημα να μπορεί κατευθείαν να ενσωματωθεί στους μη μηδενικούς DCT συντελεστές μίας MPEG ροής βίντεο. Η πρώτη έννοια είναι να επιβεβαιωθεί ότι η διαδικασία της ενσωμάτωσης του υδατογραφήματος δεν αυξάνει τον εξερχόμενο ρυθμό των bits. Τίποτα όμως στην πραγματικότητα δεν διαβεβαιώνει ότι ένας υδατογραφημένος DCT συντελεστής είναι VLC κωδικοποιήσιμος με τον ίδιο αριθμό bits, σε σχέση με όταν ήταν μη υδατογραφημένος. Μια άμεση στρατηγική που υπάρχει είναι το υδατογράφημα να αποτελείται μόνο από τους DCT συντελεστές που δεν απαιτούν περισσότερα bits όταν είναι VLC κωδικοποιήσιμοι. Το δεύτερο σημείο είναι να εμποδιστεί η παραμόρφωση που εισχωρεί με το υδατογράφημα και διαδίδεται από το ένα πλαίσιο στο άλλο. Το πρότυπο της MPEG βασίζεται, στην πραγματικότητα, στην πρόβλεψη της κίνησης και κάθε παραποίηση είναι πιθανό να διαδίδεται σε γειτονικά πλαίσια. Αφού η συσσώρευση αυτού του διαδιδόμενου σήματος μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα ένα χαμηλής ποιότητας βίντεο, προστίθεται αν είναι απαραίτητο ένα σήμα για την αντιστάθμιση της κίνησης. Στην περίπτωση αυτή, η αντιστάθμιση της κίνησης μπορεί να φανεί ως ένας περιορισμός.

Ωστόσο, αυτή την περίπτωση μπορούμε να την εκμεταλλευτούμε ώστε τα κινητά διανύσματα της MPEG ροής να νοιάζονται για την κρυμμένη πληροφορία. Τα συστατικά του κινητού διανύσματος κβαντίζονται σύμφωνα με τον κανόνα που βασίζεται στο κρυμμένο bit. Για παράδειγμα, το οριζόντιο συστατικό του κινητού διανύσματος μπορεί να κβαντιστεί σε μία άρτια τιμή αν το bit που είναι κρυμμένο είναι ίσο με 0 ενώ διαφορετικά κβαντίζεται σε μία περιττή τιμή.

Όλα τα πλαίσια ενός MPEG κωδικοποιημένου βίντεο δεν κωδικοποιούνται με τον ίδιο τρόπο. Έτσι εναλλακτικές στρατηγικές υδατοσήμανσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανάλογα με τον τύπο του προς υδατοσήμανση πλαισίου. Με το να ενσωματωθεί το υδατογράφημα κατευθείαν στη ροή του συμπιεσμένου βίντεο γίνεται δυνατή η πραγματικού χρόνου επεξεργασία του βίντεο. Ωστόσο, το υδατογράφημα είναι έμφυτα συνδεδεμένο με τη συγκεκριμένη συμπίεση και μπορεί να μην επιζήσει μετά από μία τυποποιημένη μετατροπή του βίντεο.

2.7 Απαιτήσεις υδατοσήμανσης ψηφιακού βίντεο

Οι απαιτήσεις που παρουσιάζονται στην υδατοσήμανση ψηφιακού βίντεο παραθέτονται παρακάτω:

- **Επιθέσεις μη εχθρικού τύπου**

Μη εχθρικές επιθέσεις είναι οι επιθέσεις όπου για παράδειγμα ο κάτοχος του ψηφιακού αρχείου επεξεργάζεται ένα bit πληροφορίας για την πιο αποδοτική διαχείριση των πόρων του. Οι επιθέσεις υδατογραφημάτων είναι πολύ συχνές και σκοπός είναι τα υδατογραφήματα να μπορούν να αντισταθούν σε κάθε μορφή επίθεσης. Στην ψηφιακή υδατοσήμανση η μελλοντική αξία των επιθέσεων που γίνονται στο βίντεο είναι πολλαπλή. Πολλές διαφορετικές μη εχθρικές επιθέσεις σε βίντεο είναι στην πραγματικότητα δυνατό να συμβούν.

Υπάρχουν πολλά είδη μη εχθρικών επιθέσεων. Αυτές οι μη εχθρικές επιθέσεις μπορούν να φανούν χρήσιμες για την εισαγωγή αντιμέτρων στη ροή του βίντεο με στόχο να γίνονται αντιληπτές οι παραποιήσεις που εμφανίζονται στο βίντεο μετά τις επεξεργασίες. Επιπλέον, ο αναγνώστης πρέπει να είναι ενήμερος και για κάθε άλλη εχθρική επίθεση που είναι πιθανό να συμβεί στον πραγματικό κόσμο. Στην πραγματικότητα, είναι σχετικά εύκολο στις μέρες μας να επεξεργαστούμε μία ολόκληρη ταινία λόγω του ότι έχουμε στη διάθεση μας αποτελεσματικούς προσωπικούς υπολογιστές και είναι πιθανό με τα εργαλεία που διαθέτουμε να εκτελέσουμε οποιονδήποτε οπτικό μετασχηματισμό στη ροή του βίντεο.

Τέτοιου τύπου επιθέσεις αναλύονται στη συνέχεια:

➤ Αποσυγχρονισμός στο χώρο

Πολλοί αλγόριθμοι υδατοσήμανσης εξαρτώνται από τον ενδεχόμενο συγχρονισμό στο χώρο μεταξύ του ενσωματωποιητή και του ανιχνευτή. Ένα pixel που βρίσκεται σε μία συγκεκριμένη θέση μέσα στο πλαίσιο του βίντεο υποθέτουμε ότι μπορεί να συσχετιστεί με ένα δοσμένο bit του υδατογραφήματος.

Ωστόσο, πολλές μη εχθρικές διαδικασίες βίντεο εισάγουν αποσυγχρονισμό στο πεδίο του χώρου, ο οποίος αποσυγχρονισμός μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη δραματική μείωση της επίδοσης του σχήματος υδατοσήμανσης. Τα πιο κοινά παραδείγματα διαδικασιών που εισάγουν απόσυγχρονισμό είναι οι αλλαγές στα σχήματα προβολής και οι αλλαγές στην ανάλυση του χώρου (NTSC, PAL, SECAM και τα συνηθισμένα στάνταρ για ταινίες). Επίσης, η θέση του pixel είναι ευαίσθητη και στο τρεμούλιασμα. Το τρεμούλιασμα της εικόνας εμφανίζεται στα βίντεο που μεταδίδονται μέσω φωτών αναλογικών συνδέσεων, για παράδειγμα η τηλεοπτική μετάδοση μέσω ασύρματου περιβάλλοντος. Στο περιβάλλον του ψηφιακού κινηματογράφου, οι παραμορφώσεις που παράγονται από κάμερα χειρός μπορεί να θεωρηθούν ως μη εχθρικές αφού σκοπός της κάμερας δεν είναι να αφαιρέσει το ενσωματωμένο υδατογράφημα αλλά να αντιγράψει το βίντεο που παίζεται.

Έχει αποδειχθεί ότι η επίθεση από κάμερα χειρός μπορεί να διαχωριστεί σε δύο γεωμετρικές παραμορφώσεις. Η πρώτη είναι ένας διγραμμικός μετασχηματισμός που εμφανίζεται εξαιτίας της κακής ή της λάθους ευθυγράμμισης της κάμερας με την οθόνη του κινηματογράφου και η δεύτερη είναι ο κυρτός μετασχηματισμός εξαιτίας της παραμόρφωσης του φακού.

➤ Αποσυγχρονισμός στο χρόνο

Ομοίως και ο αποσυγχρονισμός στο πεδίο του χρόνου επηρεάζει το σήμα του υδατογραφήματος. Για παράδειγμα, αν το μυστικό κλειδί για την ενσωμάτωση του υδατογραφήματος είναι διαφορετικό για το κάθε πλαίσιο, τότε απλές τροποποιήσεις στο ρυθμό-πλαίσιο μπορούν να κάνουν τους αλγορίθμους ανίχνευσης να αποτύχουν. Επειδή το να αλλάζει ο ρυθμός του πλαισίου είναι μία συνηθισμένη επεξεργασία, τα υδατογραφήματα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να επιβιώνουν μετά την εφαρμογή μίας τέτοιας επεξεργασίας.

➤ Φωτομετρικές επιθέσεις

Εδώ έχουμε όλες τις επιθέσεις που τροποποιούν τις τιμές των pixels στα πλαίσια του βίντεο. Αυτές οι τροποποιήσεις συμβαίνουν εξαιτίας της ευρείας διακύμανσης που εμφανίζουν οι διαδικασίες του βίντεο. Για παράδειγμα, κατά την μετάδοση δεδομένων είναι πιθανό να εισαχθεί κάποιος θόρυβος. Ομοίως, οι μετατροπές σήματος από ψηφιακό σε αναλογικό και από αναλογικό σε ψηφιακό εισάγουν κάποια παραμόρφωση στο σήμα του βίντεο. Μία άλλη κοινή επεξεργασία που πραγματοποιείται είναι η γάμμα αντιστάθμιση που εκτελείται με στόχο την αύξηση της αντίθεσης.

Επίσης, για να μειώσουν τις αποθηκευτικές τους ανάγκες, οι ιδιοκτήτες του περιεχομένου συχνά υπερκωδικοποιούν τα δεδομένα τους, για παράδειγμα, τα επανακωδικοποιούν με διαφορετικό ρυθμό συμπίεσης. Αυτή η απώλεια πληροφορίας επηρεάζει την ευαισθησία των αλγορίθμων υδατοσήμανσης και έτσι μεταβάλλονται οι εκτελέσεις. Άλλες τροποποιήσεις προκαλούνται από τον μετασχηματισμό των βίντεο από μία μορφή τύπου MPEG-1, MPEG-2 ή MPEG-4 σε μία άλλη πιο δημοφιλή μορφή. Το σήμα του υδατογραφήματος μπορεί να υποφέρει κάποια είδη παρεμβολών. Το χωρικό φιλτράρισμα μέσα σε κάθε πλαίσιο χρησιμοποιείται συχνά για την αποκατάσταση ενός βίντεο χαμηλής ποιότητας. Λαμβάνουμε επίσης υπόψη και το Inter-πλαίσιο φιλτράρισμα, όπως για παράδειγμα το φιλτράρισμα που γίνεται μεταξύ των γειτονικών πλαισίων ενός βίντεο. Τέλος, η χρωματική επαναδειγματοληψία (4:4:4, 4:2:2, 4:2:0) είναι μία διαδικασία που χρησιμοποιείται συνήθως για τη μείωση των αποθηκευτικών αναγκών.

➤ Σύνταξη βίντεο

Εμπεριέχει όλες τις λειτουργίες που μπορεί να εκτελέσει ένας συντάκτης βίντεο. Συνηθισμένες επεξεργασίες που πραγματοποιούνται κατά τη διαδικασία της σύνταξης ενός βίντεο είναι οι επεξεργασίες :

- cut-and-splice
- cut-insert-splice πραγματοποιείται όταν εισάγεται μία διαφήμιση στη μέση μίας ταινίας
- fade-and-dissolve ή η wipe-and-matte χρησιμοποιούνται για την εξομάλυνση της αντίθεσης που υπάρχει μεταξύ δύο σκηνών ενός βίντεο.

Αυτού του είδους η σύνταξη θεωρείται σύνταξη που γίνεται στο πεδίο του χρόνου σε αντιπαράθεση με την σύνταξη στο πεδίο του χώρου. Με τον όρο σύνταξη στο πεδίο του χώρου αναφερόμαστε στην προσθήκη οπτικού περιεχομένου σε κάθε πλαίσιο της ροής του βίντεο. Αυτή η τεχνική περιλαμβάνει, για παράδειγμα, επικάλυψη με γράφημα, όπως είναι η εισαγωγή logo και υποτίτλων και όπως συμβαίνει στην Picture-in-Picture τεχνολογία. Ο ανιχνευτής βλέπει αυτή την λειτουργία ως μία

επιλογή τμήματος ενός κομματιού του υδατογραφήματος. Έτσι μία σοβαρή επίθεση προκαλεί μεγάλη υποβάθμιση στην διαδικασία της ανίχνευσης.

➤ Ανθεκτικότητα έναντι συνωμοσίας

Με τον όρο συνωμοσία αναφερόμαστε στο σύνολο των εχθρικών χρηστών, οι οποίοι συνενώνουν τη γνώση τους, για παράδειγμα, τα υδατογραφημένα δεδομένα που διαθέτουν με σκοπό να παράγουν παράνομο περιεχόμενο δηλαδή, μη υδατογραφημένα δεδομένα. Η συνωμοσία είναι επιτυχής σε δύο διαφορετικές ευδιάκριτες περιπτώσεις.

a. Το ίδιο υδατογράφημα μπορεί να ενσωματωθεί σε διαφορετικά αντίγραφα διαφορετικών δεδομένων. Η συνωμοσία υπολογίζει το υδατογράφημα του κάθε υδατογραφημένου δεδομένου. Στη συνέχεια συνδυάζει γραμμικά αυτά τα υδατογραφήματα και λαμβάνει έναν ακριβή υπολογισμό του υδατογραφήματος, για παράδειγμα υπολογίζει τη μέση τιμή των ξεχωριστών εκτιμήσεων. Έχοντας η συνωμοσία έναν καλό υπολογισμό του υδατογραφήματος, αφαιρεί το υδατογράφημα από τα υδατογραφημένα δεδομένα και στη συνέχεια προκύπτουν τα μη υδατογραφημένα δεδομένα.(συνωμοσία τύπου 1)

b. Διαφορετικά υδατογραφήματα ενσωματώνονται σε διαφορετικά αντίγραφα του ίδιου δεδομένου. Η συνωμοσία το μόνο που έχει να κάνει είναι να εφαρμόσει γραμμικό συνδυασμό στα διαφορετικά υδατογραφημένα δεδομένα για να παράγει τα μη υδατογραφημένα δεδομένα, ως γραμμικός συνδυασμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο μέσος όρος. Γενικά, ο μέσος όρος των διαφορετικών υδατογραφημάτων συγκλίνει προς το μηδέν. Η συνωμοσία είναι ένα πολύ σημαντικό ζήτημα στο περιβάλλον του ψηφιακού βίντεο, επειδή δίνει δύο επιπλέον ευκαιρίες για το σχεδιασμό συνωμοσιών σε σχέση με τις ακίνητες εικόνες.(συνωμοσία τύπου 2)

Συνωμοσίες

a. inter-βίντεο

Ένα σύνολο από χρήστες έχουν μία υδατογραφημένη εκδοχή ενός βίντεο, οι χρήστες αυτοί συναθροίζονται με στόχο να παράγουν το μη υδατογραφημένο περιεχόμενο του βίντεο. Στο πλαίσιο της προστασίας των πνευματικών δικαιωμάτων, το ίδιο υδατογράφημα ενσωματώνεται σε διαφορετικά βίντεο και συνωμοσίες τύπου 1 είναι πιθανό να πραγματοποιηθούν. Εναλλακτικά, σε μία εφαρμογή δακτυλικής αποτύπωσης το υδατογράφημα διαφέρει για τον κάθε χρήστη και επομένως μπορεί να εκτελεστεί μία συνωμοσία τύπου 2. Οι συνωμοσίες του τύπου inter-βίντεο απαιτούν διαφορετικά υδατογραφημένα βίντεο για την παραγωγή του μη υδατογραφημένου περιεχομένου του βίντεο.

b. intra-βίντεο

Πολλοί αλγόριθμοι υδατοσήμανσης θεωρούν το βίντεο ως μία ακολουθία από ακίνητες εικόνες. Η υδατοσήμανση του βίντεο προέρχεται παραδοσιακά από την υδατοσήμανση των εν σειρά ακίνητων εικόνων. Δυστυχώς, έτσι ανοίγονται νέες ευκαιρίες για συνωμοσίες. Αν το ίδιο υδατογράφημα ενσωματώνεται σε κάθε πλαίσιο του βίντεο, τότε μπορεί να εφαρμοστεί συνωμοσία τύπου 1 αφού από κάθε κινούμενη σκηνή λαμβάνεται μία διαφορετική εικόνα. Από την άλλη, αν ενσωματώνονται διαφορετικά υδατογραφήματα σε κάθε πλαίσιο, τότε μπορεί να εφαρμοστεί συνωμοσία τύπου 2 στις στατικές σκηνές, αφού από τις στατικές σκηνές παράγονται

όμοιες εικόνες. Το υδατογραφημένο βίντεο από μόνο του επιτρέπει την αφαίρεση του υδατογραφήματος από την ροή του βίντεο. Ακόμη και στις εφαρμογές που η συνωμοσία δεν αποτελεί έναν άμεσο κίνδυνο, όπως είναι η περίπτωση της παρακολούθησης μία τηλεοπτικής μετάδοσης, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη διαδικασία της υδατοσήμανσης του βίντεο. Αυτό πρέπει να συμβαίνει επειδή στην πραγματικότητα δίνονται ευκαιρίες για πλαστογραφία όταν ο αλγόριθμος υδατοσήμανσης είναι αδύναμος απέναντι στη συνωμοσία τύπου intra-βίντεο.

Ο κίνδυνος που υπάρχει είναι η συνωμοσία intra-βίντεο, αφού ένα υδατογραφημένο βίντεο είναι από μόνο του αρκετό για την αφαίρεση του υδατογραφήματος του. Έχει αποδειχτεί ότι τόσο η στρατηγική της ενσωμάτωσης πάντα του ίδιου υδατογραφήματος σε κάθε πλαίσιο, όσο και η στρατηγική της ενσωμάτωσης πάντα ενός διαφορετικού υδατογραφήματος σε κάθε πλαίσιο, είναι τρωτές απέναντι στις επιθέσεις συνωμοσίας.

Υπάρχει ένας βασικός κανόνας ο οποίος εμποδίζει τη συνωμοσία τύπου intra-βίντεο. Τα υδατογραφήματα που ενσωματώνονται σε δύο διαφορετικά πλαίσια ενός βίντεο μπορεί να είναι όμοια, σε όρους συσχέτισης, όταν τα δύο πλαίσια είναι όμοια. Με άλλα λόγια, αν τα δύο πλαίσια μοιάζουν αρκετά, είναι σχεδόν ίδια, τα ενσωματωμένα υδατογραφήματα μπορούν να είναι υψηλά συσχετισμένα. Αντιθέτως, αν δύο πλαίσια είναι πραγματικά διαφορετικά, τα υδατογραφήματα που ενσωματώνεται σε αυτά τα πλαίσια θα είναι διαφορετικά. Ο κανόνας αυτός γίνεται αρκετά απλός όταν παρατηρήσουμε προσεκτικά τον ορισμό των δύο τύπων συνωμοσιών. Αυτή τη μορφή μπορεί να την έχει και ένας ενημερωμένος αλγόριθμος υδατοσήμανσης αφού αυτός ο κανόνας συνεπάγεται εξάρτηση μεταξύ του υδατογραφήματος και του περιεχομένου του βίντεο φιλοξενητή. Μία σχετικά απλή υλοποίηση της προσέγγισης αυτής μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω της ενσωμάτωσης των χωροταξικά τοποθετημένων υδατογραφήματων, τα οποία ενσωματώνονται σύμφωνα με το περιεχόμενο του κάθε πλαισίου του βίντεο.

Ένα μικρό πρότυπο υδατογραφήματος μπορεί να ενσωματωθεί σε μία θέση κλειδί στο κάθε πλαίσιο, για παράδειγμα σε αξιοπρόσεκτα σημεία.

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εξαγωγής, ο ανιχνευτής μπορεί εύκολα να ανιχνεύσει την θέση των αξιοπρόσεκτων σημείων και να τα ελέγξει για την παρουσία ή για την απουσία του υδατογραφήματος.

Το πρόβλημα της συνωμοσίας inter-βίντεο όμως παραμένει. Μελετώντας τη συνωμοσία τύπου 1, μπορούμε να την παρεμποδίσουμε με την ενσωμάτωση ενός έμπιστου τρίτου τμήματος (TTP), το οποίο τμήμα θα δίνει το μήνυμα που είναι ενσωματωμένο. Το μήνυμα αυτό συχνά είναι μία συνάρτηση του κρυπτογραφημένου μηνύματος που ο ιδιοκτήτης των πνευματικών δικαιωμάτων επιθυμεί να κρύψει μέσω του ανακατώματος με τα δεδομένα του φιλοξενητή. Διαφορετικά βίντεο δίνουν διαφορετικά μηνύματα και επομένως διαφορετικά υδατογραφήματα ενσωματώνονται στα βίντεο αυτά. Το TTP επίσης ενεργεί σαν αποθήκη. Όταν ένα παράνομο αντίγραφο ανιχνευτεί, ο ιδιοκτήτης των πνευματικών δικαιωμάτων εξάγει το ενσωματωμένο σε αυτό μήνυμα και το μεταφέρει στο TTP, το οποίο μας δίνει το σχετικό με αυτό πρωτότυπο κρυπτογραφημένο μήνυμα. Αν ο ιδιοκτήτης των πνευματικών δικαιωμάτων μπορεί να αποκωδικοποιήσει επιτυχώς αυτό το μήνυμα, τότε μπορεί να ισχυριστεί ιδιοκτησία. Παρατηρώντας τη συνωμοσία τύπου 2,

βλέπουμε ότι τα συμπεράσματα που προέκυψαν για τις ακίνητες εικόνες μπορούν εύκολα να επεκταθούν και στο ψηφιακό βίντεο. Το πρόβλημα γίνεται πιο δύσκολο όταν ένας συνασπισμός από χρήστες, που έχουν ο καθένας τους από ένα αντίγραφο του ίδιου δεδομένου αλλά με ενσωματωμένο διαφορετικό υδατογράφημα, συνωμοτούν με σκοπό να παράγουν παράνομα μη υδατογραφημένα δεδομένα. Αυτοί συγκρίνουν τα δικά τους υδατογραφημένα δεδομένα, εντοπίζουν τις περιοχές όπου οι διάφορες εκδοχές διαφέρουν και τροποποιούν τα δεδομένα σε αυτές τις περιοχές. Ένα παραδοσιακό αντίμετρο για το πρόβλημα αυτό, υπάρχει στο σχεδιασμό του συνόλου των υδατογραφημάτων που έχουν διανεμηθεί έτσι ένας συνασπισμός που αποτελείται από το πολύ c χρήστες δεν θα μπορέσει να αφαιρέσει ολόκληρο το σήμα του υδατογραφήματος.

Σημειώνουμε ότι το c είναι γενικά πολύ μικρό σε σχέση με το συνολικό αριθμό των n χρηστών. Επιπλέον το σύνολο των υδατογραφημάτων έχουν δημιουργηθεί με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε κανένας συνασπισμός από χρήστες να μην μπορεί να παράγει δεδομένα που θα ενοχοποιούν έναν αθώο χρήστη.

Με άλλα λόγια, η συνωμοσία δημιουργεί υδατογραφημένο βίντεο περιεχόμενο και το υδατογράφημα του περιεχομένου αυτού υποδηλώνει σαφώς τους χρήστες-συνωμότες που το δημιούργησαν και έτσι ποτέ δεν κατηγορείται κάποιος αθώος πελάτης.

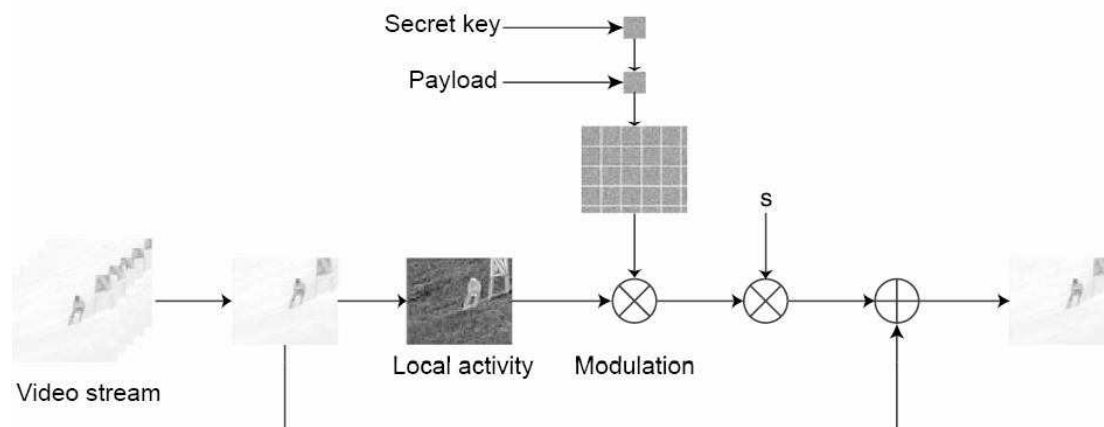
➤ **Πραγματικού χρόνου υδατοσήμανση**

Όταν κάποιος επιθυμεί να ενσωματώσει ένα υδατογράφημα ή να ελέγξει την παρουσία ενός υδατογραφήματος σε μία εικόνα, τότε λίγα δευτερόλεπτα καθυστέρηση μπορεί να είναι αποδεκτή. Ωστόσο, μία τέτοια καθυστέρηση είναι μη ρεαλιστική σε ένα περιβάλλον βίντεο. Τα πλαίσια στην πραγματικότητα στέλνονται με ένα αρκετά δίκαιο ρυθμό, τυπικά 25 πλαίσια ανά δευτερόλεπτο είναι ένας ρυθμός που μπορεί να επιτευχθεί για μία ομαλή ροή βίντεο. Το λιγότερο ο ενσωματωποιητής ή ο ανιχνευτής υδατογραφήματος και σε κάποιες περιπτώσεις και οι δύο, πρέπει να είναι ικανοί να χειριστούν έναν τέτοιο ρυθμό. Στο πλαίσιο της παρακολούθησης μίας τηλεοπτικής μετάδοσης, ο ανιχνευτής πρέπει να είναι ικανός να ανιχνεύσει ένα ενσωματωμένο υδατογράφημα σε πραγματικό χρόνο. Επίσης σε ένα VOD περιβάλλον, ο εξυπηρετητής βίντεο πρέπει να είναι ικανός να ενθέτει το υδατογράφημα που προσδιορίζει την ταυτότητα του πελάτη με τον ίδιο ρυθμό με τον οποίο το βίντεο τρέχει.

Για να ικανοποιηθεί η απαίτηση του πραγματικού χρόνου, η πολυπλοκότητα του αλγορίθμου υδατοσήμανσης πρέπει προφανώς να είναι η χαμηλότερη δυνατή. Επιπλέον, αν το υδατογράφημα ενσωματώνεται κατευθείαν στη συμπιεσμένη ροή, τότε εμποδίζεται η πλήρης αποσυμπίεση και επανασυμπίεση, και έτσι ελαττώνονται οι υπολογιστικές ανάγκες. Αυτή η φιλοσοφία οδηγεί στο σχεδιασμό πολύ απλών σχημάτων υδατοσήμανσης. Εκμεταλλευόμενοι το πολύ ειδικό τμήμα μίας συγκεκριμένης συμπίεσης βίντεο μπορούμε να οδηγηθούμε σε πολύ αποτελεσματικούς αλγορίθμους. Μία MPEG ροή κωδικοποίησης βίντεο αποτελείται βασικά από μία ακολουθία κώδικα μεταβλητού μήκους (VLC). Ένα υδατογράφημα μπορεί να ενσωματωθεί στη ροή του βίντεο με τροποποίηση αυτών των VLC κωδικών λέξεων. Το MPEG πρότυπο χρησιμοποιεί στην πραγματικότητα όμοιες VLC κωδικές λέξεις, για παράδειγμα με το ίδιο μήκος τρεξίματος, με το ίδιο μέγεθος VLC

και με το επίπεδο κβαντοποίησης να διαφέρει κατά ένα. Αυτές οι VLC κωδικές λέξεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικά για το κρύψιμο ενός bit.

Ένας άλλος τρόπος για να επιτευχθεί εκτέλεση σε πραγματικό χρόνο είναι να διαιρεθούν οι υπολογισμοί. Η βασική ιδέα είναι να εκτελούνται εντατικοί υπολογισμοί μία φορά για όλους τους χρήστες από την πλευρά του προμηθευτή και έπειτα να εκτελούνται απλές επεξεργασίες όταν το απαιτεί ο πελάτης.



Εικόνα 2.2: Διαδικασία ενσωμάτωσης

Αυτή η διαδικασία μπορεί να θεωρηθεί ως κάποιου είδους προεπεξεργασία. Τα τυφλά σχήματα υδατοσήμανσης που δεν θεωρούν ότι τα δεδομένα είναι υδατογραφημένα, είναι τα πιο απλά αλλά συνήθως αυτά αποφεύγονται για να προκύψουν καλά στατιστικά ανίχνευσης.

Ωστόσο, αν κάποιες προεπεξεργασίες εκτελεστούν πριν το σχήμα, τότε το σχήμα αυτό γίνεται πιο αποδοτικό. Το βήμα της προεπεξεργασίας μπορεί να θεωρηθεί ως μία συμπληρωματική πληροφορία (μετα- πληροφορία) και είναι ένα πολύ πολύπλοκο βήμα, έτσι στο βήμα αυτό εκτελούνται κάποιοι έξυπνοι χειρισμοί. Ως αποτέλεσμα, η τυφλή υδατοσήμανση μπορεί να χρησιμοποιηθεί αργότερα με αξιοπιστία στις αιτήσεις του πελάτη.

➤ Just Another Watermarking System (JAWS)

Κατά τη μελέτη των συστημάτων πραγματικού χρόνου χρησιμοποιείται συχνά ως αναφορά ο αλγόριθμος υδατοσήμανσης που σχεδιάστηκε από τη Philips Research. Ο αλγόριθμος JAWS έχει στην πραγματικότητα σχεδιαστεί για την παρακολούθηση της τηλεοπτικής μετάδοσης και είναι στην πράξη ένας από τους υποψήφιους αλγορίθμους για υδατοσήμανση σε DVD. Η απαίτηση του πραγματικού χρόνου ικανοποιείται με την εφαρμογή απλών χειρισμών στο ρυθμό του βίντεο και η μικρότερη πολυπλοκότητα εμφανίζεται στην περίπτωση του πιο αργού ρυθμού.

Πρώτα από όλα, ένα $M \times M$ κανονικά διαμοιρασμένο πρότυπο αναφοράς p_r παράγεται με ένα μυστικό κλειδί. Στο δεύτερο βήμα, ένα αναφερόμενο υδατογράφημα, το w_r , δημιουργείται σύμφωνα με την ακόλουθη ισότητα:

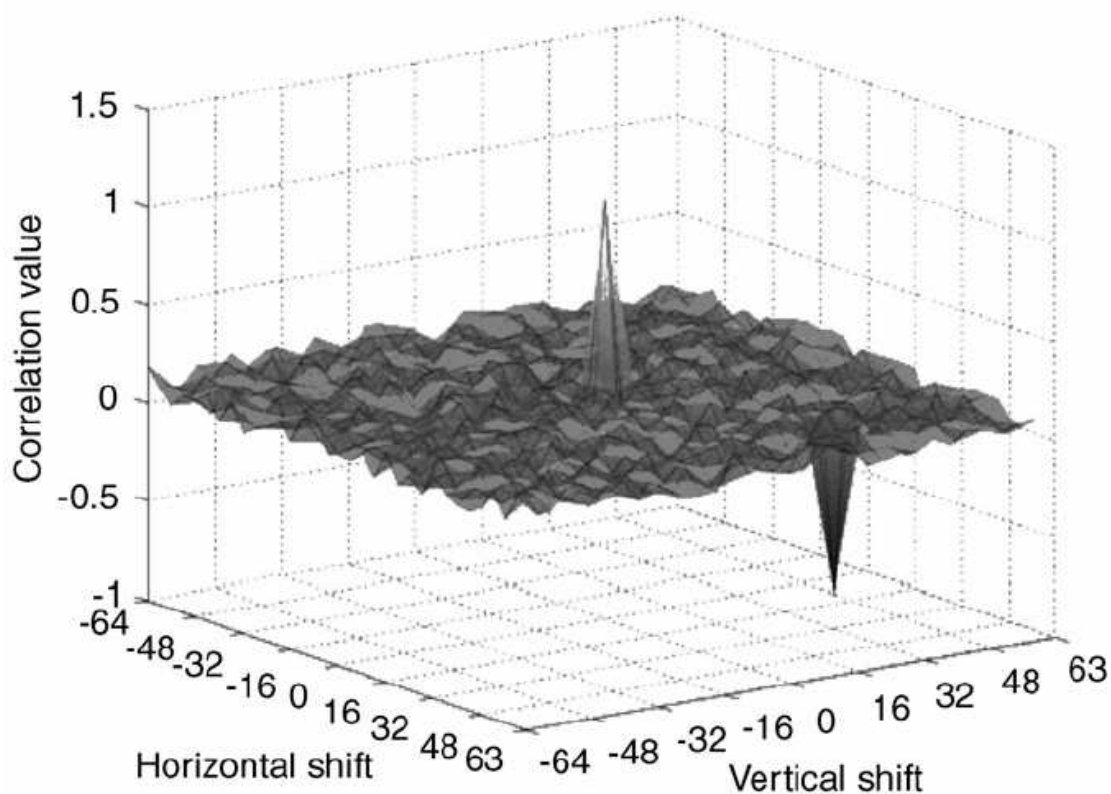
$$W_r = p_r - \text{shift}(p_r, \text{message}),$$

όπου η συνάρτηση $\text{shift}()$ επιστρέφει μία κυκλικά ολισθημένη εκδοχή του προτύπου αναφοράς pr .

Στο Just Another Watermarking System το μήνυμα είναι ολοκληρωτικά κωδικοποιημένο από την ολίσθηση μεταξύ των δύο προτύπων αναφοράς. Το αναφερόμενο υδατογράφημα wr στη συνέχεια στρώνεται δηλαδή, τοποθετείται ένα αντίγραφο του wr δίπλα σε ένα άλλο, πιθανόν και με περικοπές, έτσι ώστε να δημιουργηθεί το πλήρους μεγέθους υδατογράφημα w . Για το κάθε πλαίσιο, το υδατογράφημα σχηματίζεται με βάση τα κριτήρια της αντίληψης και έτσι ώστε η εισαγωγή του υδατογραφήματος να παραμένει μία ανεπαίσθητη διαδικασία. Κάθε στοιχείο i του υδατογραφήματος κλιμακώνεται από την τοπική δραστηριότητα $\lambda(i)$ του πλαισίου, η οποία δίνεται από το Laplacian φίλτράρισμα. Όσο πιο επίπεδη είναι η περιοχή, τόσο πιο μικρή είναι η τοπική δραστηριότητα. Αυτό συνδέεται με το γεγονός ότι το ανθρώπινο μάτι είναι πιο ευαίσθητο στην προσθήκη του θορύβου στις επίπεδες περιοχές μίας εικόνας. Τέλος, το υδατογράφημα αλλάζει κλίμακα μέσω ενός γενικού παράγοντα s και προσθέτεται στο πλαίσιο F ώστε να προκύψει το υδατογραφημένο πλαίσιο F_w . Έτσι ολόκληρη η διαδικασία μπορεί να γραφεί ως:

$$F_w(i) = F(i) + s \lambda(i) w(i)$$

Στην πλευρά του ανιχνευτή, τα εισερχόμενα πλαίσια αναδιπλώνονται, προσθέτονται και αποθηκεύονται σε έναν $M \times M$ buffer B . Οι ανιχνευτές στη συνέχεια κοιτάνε για όλες τις εμφανίσεις του αναφερόμενου προτύπου pw στον buffer, εφαρμόζοντας μίας δύο διαστάσεων περιέλιξη. Επειδή ένας τέτοιος χειρισμός υπολογίζεται πιο ικανοποιητικά στο πεδίο της συχνότητας, οδηγούμαστε στην ανίχνευση με χρήση του Symmetrical Phase Only Matched Filtering (SPOMF)



Εικόνα 2.3: SPOMF ανίχνευση

Οι δύο κορυφές απομονώνονται ώστε να ανταποκρίνονται στις δύο εμφανίσεις του pr στο wr . Οι κορυφές προσανατολίζονται σύμφωνα με το πρόσημο, πριν να συσχετιστούν με τις εμφανίσεις του pr . Εξαιτίας του πιθανού τοπικού τρεμουλιάσματος, όλες οι σχετικές περιοχές μεταξύ των δύο αυτών κορυφών δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν και οι σχετικές περιοχές αυτές αναγκάζονται να είναι πολλαπλάσια ενός πλέγματος μεγέθους G . Μόλις ο ανιχνευτής εξάγει τις κορυφές, η κρυμμένη ωφέλιμη πληροφορία ανακτάται εύκολα.

2.8 Εμπορικά εργαλεία υδατοσήμανσης Ψηφιακού Βίντεο

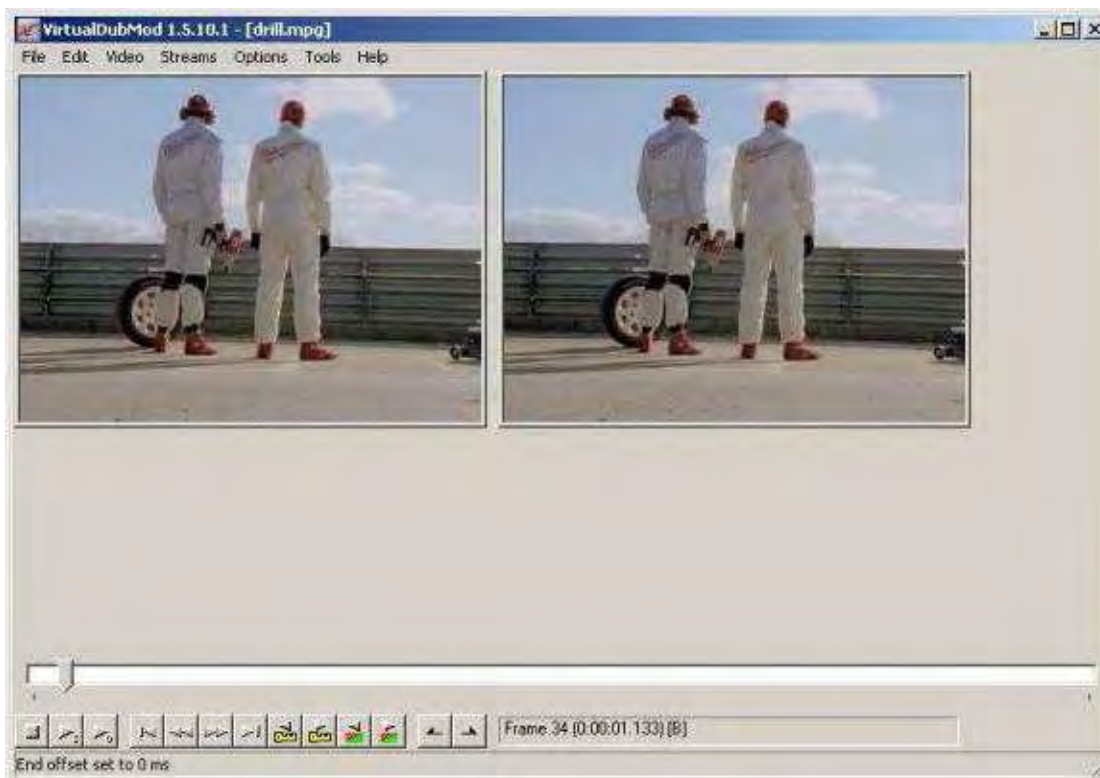
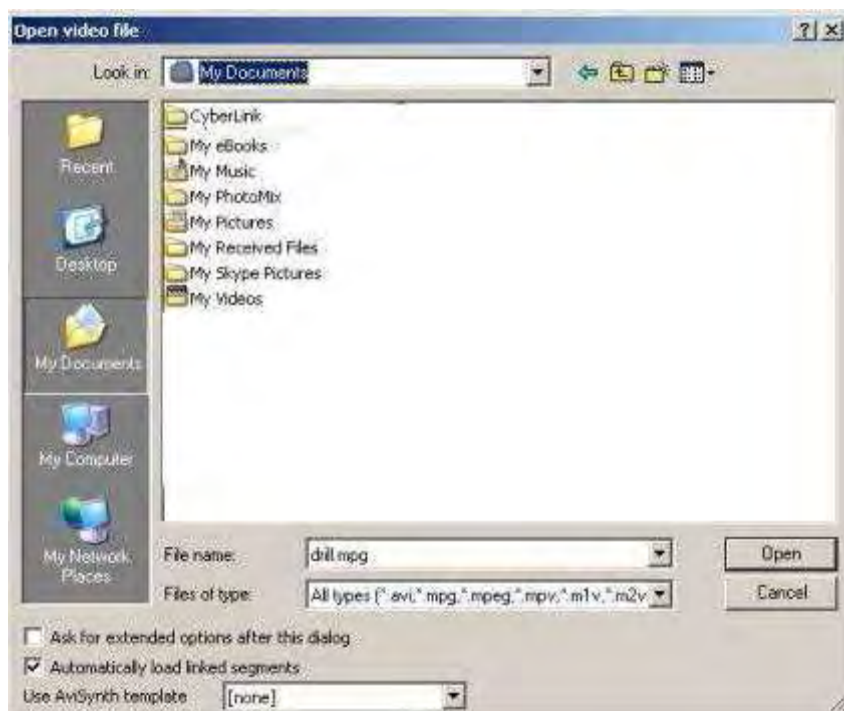
Αρκετά είναι τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την υδατοσήμανση ψηφιακού βίντεο που υπάρχουν στο εμπόριο, κάποια από αυτά είναι:

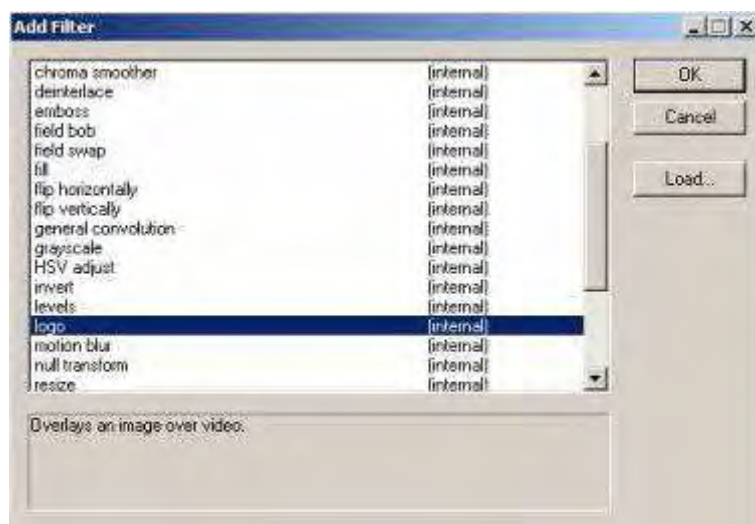
1. watermark master 1.0.33 το οποίο παρέχει υδατοσήμανση τόσο για εικόνα όσο και για βίντεο ωστόσο για το βίντεο παρέχει μόνο βασικές εφαρμογές
2. WinWatermark Σχετικός σύνδεσμος : <http://www.winwatermark.com/>
3. Video watermark factory Σχετικός σύνδεσμος <http://www.videowatermarkfactory.com/>
4. VideoCharge Σχετικός σύνδεσμος : <http://www.videocharge.com>
5. Virtualdubmod Σχετικός σύνδεσμος : <http://virtualdubmod.sourceforge.net/>

Παρακάτω θα δώσουμε ένα παράδειγμα χρησιμοποιώντας το εργαλείο Virtualdubmod :

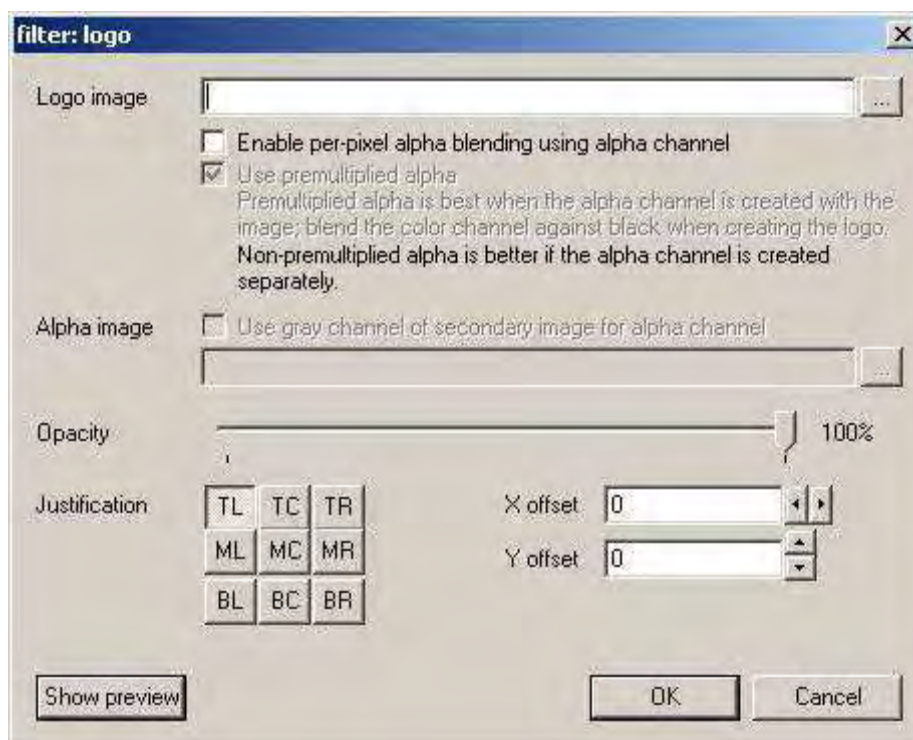
Αρχικά θα έχουμε μια εικόνα σε μορφή BMP ή TGA την οποία και θα χρησιμοποιήσουμε σαν υδατόσημο στο βίντεο μας. Αν θέλουμε κείμενο τότε απλά θα έχουμε φτιάξει ένα κείμενο σε με μαύρο φόντο και λευκά γράμματα το οποίο και θα έχουμε φροντίσει να το αποθηκεύουμε σαν εικόνα μορφής BMP ή TGA.

Έπειτα ανοίγουμε το εργαλείο Virtualdubmod και εργαζόμαστε όπως φαίνεται παρακάτω:





Εισαγωγή υδατοσήμου



Και πατώντας show preview παίρνουμε το υδατογραφημένο βίντεο



Βιβλιογραφία κεφαλαίου

- [1] J. Lee and S. Jung, .A survey of watermarking techniques, Applied to multimedia, Proceedings 2001 IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE2001), Vol. 1, pp. 272-277, 2001.
- [2] P.W. Chan and M. R. Lyu, .A DWT-based Digital Video Watermarking Scheme with Error Correcting Code,. Proceedings Fifth International Conference on Information and Communications Security (ICICS2003), pp. 202-213, 10-13 Oct 2003.
- [3] F.Y. Duan, I. King, L. Xu, and L.W. Chan, .Intra-block Algorithm for digital watermarking. Proceedings IEEE 14th International Conference on Pattern Recognition (ICPR'98), Vol. 2, pp. 1589-1591, 17-20 Aug 1998.
- [4] Sin-Joo Lee, Sung-Hwan Jung, “A survey of watermarking techniques applied to multimedia”, IEEE, pp. 272-277, 2001.
- [5] R.Lancini, F.Mapelli, S.Tubaro, “A Robust Video Watermarking Technique in the Spatial Domain”, 4th EURASIP-IEEE Region 8 International Symposium on Video/Image Processing and Multimedia Communications, pp. 251-256, Zadar, Croatia, 16-19 June 2002.
- [6] Bijan G. Mobasseri, “Direct Sequence Watermarking of Digital Video using m-frames”, IEEE, pp. 399-403, 1998.
- [7] Yao Zhao, Reginald L. Lagendijk, “Video Watermarking Scheme Resistant to Geometrical Attacks”, IEEE, ICIP, pp. 145-148, 2002.
- [8] Chun-Shien Lu, Hong-Yuan Mark Liao, “Video Object-based Watermarking: A Rotation and Flipping Resilient Scheme”, IEEE, pp. 483-486, 2001.
- [9] Hong-mei Liu, Ji-wu Huang, Zi-mei Xiao, “An Adaptive Video Watermarking Algorithm”, IEEE International Conference on Multimedia and Expo, pp. 257-260, 2001.
- [10] Nicola Checcacci, Mauro Barni, Franco Bartolini, Stefano Basagni, “Robust Video Watermarking for Wireless Multimedia Communications, IEEE, pp. 1530-1535, 2000.
- [11] D. Simitopoulos, S. A. Tsaftaris, N. V. Boulgouris, M. G. Strintzis, “Compressed-domain Video Watermarking of MPEG Streams”, IEEE, pp. 569-572, 2002.
- [12] Xiamu Niu, Shenghe Sun, “A New Wavelet-based Digital Watermarking for Video”.

- [13] Mitchell D. Swanson, Bin Zhu, Ahmed H. Tewfik, “Multiresolution Scene-based Video Watermarking using Perceptual Models”, IEEE Journal on Selected Areas In Communications, Vol. 16, No. 4, pp. 540-549, May 1998.
- [14] Pik-Wah Chan, Michael R. Lyu, “A DWT-based Digital Video Watermarking Scheme with Error Correcting Code”.
- [15] Pik-Wah Chan, Michael R. Lyu, Roland T. Chin, “A Novel Scheme for Hybrid Digital Video Watermarking: Approach, Evaluation and Experimentation”.
- [16] Pik-Wah Chan, “Digital Video Watermarking Techniques for Secure Multimedia Creation and Delivery”, July 2004.
- [17] Tae-Yun Chung, Kang-Seo Park, Young-Nam Oh, Dong-Ho Shin, Sang-Hui Park, “Digital Watermarking for Copyright Protection of MPEG2 Compressed Video”, IEEE, pp. 336-337, 1998.
- [18] Yulin Wang, Ebroul Izquierdo, “High-Capacity Data Hiding in MPEG-2 Compressed Video”.
- [19] Adnan M. Alattar, Eugene T. Lin, Mehmet U. Celik, “Watermarking Low Bit-rate Advanced Simple Profile MPEG-4 Bitstreams”.
- [20] Gang Qiu, Pina Marziliano, Anthony T.S. Ho, Dajun He, Qibin Sun, “A hybrid watermarking scheme for H.264/AVC video”, Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition (ICPR’04).
- [21] J. J. Chae, B. S. Manjunath, “Data Hiding in Video”, IEEE, pp. 311-315, 1999.

3. Συμπίεση εικόνας - ήχου & MPEG πρότυπα

3.1 Συμπίεση εικόνας

3.1.1 Συμπίεση δεδομένων

Οι συσκευές οι οποίες κωδικοποιούν και αποκωδικοποιούν καθώς και αυτές που συμπιέζουν και αποσυμπιέζουν ονομάζονται CODEC (όρος ο οποίος προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων CODer – DECoder). Μερικές φορές αυτοί οι όροι χρησιμοποιούνται για τον ήχο, αλλά κατά κύριο λόγο αναφέρονται σε συσκευές βίντεο.

Ένα CODEC για βίντεο μπορεί να είναι οτιδήποτε από μία απλή συσκευή που μετατρέπει αναλογικό σήμα σε ψηφιακό (AD), μέχρι μία πολύπλοκη διάταξη, η οποία θα κάνει εσωτερική προεπεξεργασία της εικόνας και μπορεί να έχει και κάρτα δικτύου ενσωματωμένη. Συνήθως ένα CODEC κάνει το μεγαλύτερο μέρος των διεργασιών του στο hardware αν και δεν υπάρχει κάποιος ιδιαίτερος λόγος να μην πραγματοποιηθεί η όλη διάταξη σε έναν αρκετά γρήγορο επεξεργαστή (εκτός φυσικά από την μετατροπή AD).

Το πιο ακριβό και πολύπλοκο εξάρτημα ενός CODEC είναι το τμήμα που κάνει την συμπίεση και την αποσυμπίεση. Υπάρχει ένα πλήθος από διεθνή πρότυπα καθώς και ένας μεγάλος αριθμός ιδιοκατασκευασμένων τεχνικών συμπίεσης για βίντεο.

Συνοπτικά έχουμε:

- Ο ήχος και η εικόνα μπορούν να αντέξουν ένα ποσοστό στην απώλεια ποιότητας, έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν εξυπνότερες τεχνικές συμπίεσης κατά τις οποίες ένα μέρος της πληροφορίας απορρίπτεται.
- Η συμπίεση σε κινούμενη εικόνα (βίντεο) μπορεί να φτάσει μέχρι τις 400 φορές του αρχικού μεγέθους, έχοντας ως δεδομένο ότι σε ασυμπίεστο βίντεο της τάξης των 25frames/sec με βάση το πρότυπο CCIR 601 χρειαζόμαστε εύρος ζώνης της τάξης των 140Mbps.

3.1.2 Συμπίεση κινούμενης εικόνας

Το video είναι μία σειρά από στατικές εικόνες. Όταν παρουσιάζεται αρκετά γρήγορη σειρά εικόνων δίνεται στον άνθρωπο η ψευδαίσθηση της ασταθούς κίνησης. Για παράδειγμα στην Αμερική οι ταινίες του κινηματογράφου παρουσιάζονται με 24 frames/sec και στην τηλεόραση με 30 frames/sec.

Ένα αναλογικό video σήμα μπορεί να κωδικοποιηθεί σε ψηφιακή μορφή ώστε να είναι επεξεργάσιμο από τον υπολογιστή. Οι τεχνικές για την συμπίεση κινούμενης εικόνας κατορθώνουν να υποβιβάζουν το πρόβλημα των πολύ υψηλών ταχυτήτων δεδομένων για την μετάδοση κινούμενης εικόνας, σε έναν μηχανισμό μετάδοσης που έχει απαιτήσεις αντίστοιχες των απαιτήσεων για μετάδοση ήχου. Στην πραγματικότητα στα πλαίσια της ανοχής στην χαμηλή ποιότητα, έχει παρατηρηθεί ότι

οι άνθρωποι προσαρμόζονται πιο εύκολα στην χαμηλή ποιότητα εικόνας απ' ότι στην χαμηλή ποιότητα ήχου. Για να χρησιμοποιήσουμε μικρότερο bandwidth για τη μετάδοση εικόνας εκτελούμε τα εξής:

1. Καταλαμβάνουμε λιγότερο χώρο για κάθε frame μειώνοντας την ευκρίνεια της εικόνας.
2. Στέλνουμε frames με πιο αργό αφού μία απλή τηλεδιάσκεψη δεν χρειάζεται να καταγράψει όλες τις κινήσεις του συνομιλητή μας που βρίσκεται στην άλλη πλευρά.

Τα δύο παραπάνω σημεία αποτελούν μία ένδειξη για το πώς θα πρέπει να κινηθούμε προκειμένου να βελτιώσουμε τις ταχύτητες μετάδοσης. Πρακτικά αν δεν υπάρχει πολύ σημαντική πληροφορία για να σταλεί, απλά αποφεύγουμε να την στείλουμε. Συμπύεση κατά την μετάδοση καθώς και συμπύεση σε πραγματικό χρόνο πριν απ' αυτή είναι δύο τεχνικές οι οποίες χρησιμοποιούνται αρκετά συχνά στα περισσότερα πρότυπα μετάδοσης κινούμενης εικόνας. Για να κατανοηθεί η ψηφιακή κωδικοποίηση πρέπει να γίνουν πρώτα γνωστές ορισμένες πληροφορίες όσον αφορά τα αναλογικά video σήματα, συμπεριλαμβανομένων βασικών θεωριών περί χρώματος και αναλογικές μορφές κωδικοποίησης.

3.1.3 Θεωρία περί χρωμάτων

Το ανθρώπινο μάτι έχει τρεις τύπους συλλογής πληροφοριών για το φως οι οποίοι ονομάζονται κώνοι. Εξαιτίας αυτού, τρία αριθμητικά συστατικά είναι απαραίτητα για να παρουσιάσουν το χρώμα. Τα τμήματα του χρώματος αναφέρονται στο τρισσορθογώνιο σύστημα αξόνων. Διαφορετικά χρωματικά τμήματα είναι χρήσιμα για διαφορετικούς σκοπούς και οι μετασχηματισμοί μεταφράζουν δεδομένα από ένα τμήμα χρώματος στο άλλο.

Το σύστημα κωδικοποίησης χρώματος που χρησιμοποιείται στο video έχει παραχθεί από το RGB τμήμα του χρώματος. Το RGB είναι ένα πρόσθετο τμήμα το οποίο χρησιμοποιεί συνδυασμούς του κόκκινου, του πράσινου και του μπλε. Το RGB σύστημα έχει μετατραπεί σε άλλα συστήματα που επιτρέπουν τεχνικές κωδικοποίησης εικόνας που επιτυγχάνουν τα χαρακτηριστικά ανθρώπινης αντίληψης περί χρώματος.

Οι πληροφορίες σχετικά με την φωτεινότητα και το χρώμα είναι διαφορετικές από το ανθρώπινο οπτικό σύστημα. Οι άνθρωποι είναι περισσότερο ευαίσθητοι στις αλλαγές της φωτεινότητας από ότι στις αλλαγές του χρώματος. Εξαιτίας αυτού ένα ειδικό στοιχείο χρησιμοποιήθηκε για να αντιπροσωπεύει τις πληροφορίες σχετικά με την φωτεινότητα. Το στοιχείο αυτό ονομάστηκε luminance και συμβολίζεται με το γράμμα Y. Στην κωδικοποίηση του video η μη γραμμική πλευρά του luminance ονομάζεται luma και χρησιμοποιείται με το σύμβολο Y'. Τα δύο παραμένοντα στοιχεία χρησιμοποιήθηκαν για να παρουσιάσουν το χρώμα και ονομάστηκαν chrominance. Αυτά τα chrominance στοιχεία ονομάζονται διαφορές χρωμάτων και είναι το ΜΠΛΕ και το ΚΟΚΚΙΝΟ στοιχείο με luma αφαιρούμενη ($B' - Y'$) και ($R' - Y'$). Για αυτό, τα R' , G' , B' τμήματα μετατρέπονται σε Y' , ($B' - Y'$) και ($R' - Y'$) τμήματα. Ο πιο κάτω πίνακας δείχνει αυτήν την μετατροπή με τις τιμές των R' , G' και B' να είναι από 0 έως 1.

$$\begin{bmatrix} Y' \\ B'-Y' \\ R'-Y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.299 & -0.587 & 0.886 \\ 0.701 & -0.587 & 0.114 \end{bmatrix} \bullet \begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix}$$

Με το χρώμα να διαχωρίζεται με αυτόν τον τρόπο, οι διαφορές του χρώματος ($B' - Y'$) και ($R' - Y'$) μπορούν να υποδειγματοληπτηθούν με όχι ορατό αποτέλεσμα. Αυτό επιτρέπει την ίδια οπτική πληροφορία να κωδικοποιείται με το λιγότερο bandwidth.

Ποικίλα συστήματα χρωμάτων έχουν καθοριστεί ($Y'PbPr$, $Y'CbCr \equiv YUV$, PhotoYCC). Όλα τα συστήματα αυτά είναι παράγωγα της παραπάνω σχέσεως με διαφορετικό συντελεστή επιπέδου. Το $Y'PbPr$ χρησιμοποιείται ως στοιχείο αναλογικού βίντεο. Το $Y'CbCr$ χρησιμοποιείται ως στοιχείο ψηφιακού βίντεο καις την ψηφιακή κωδικοποίηση / αποκωδικοποίηση. Τέλος αναφέρουμε ότι η αναπαράσταση YUV κωδικοποιεί το luminance (φωτεινότητα) στο στοιχείο Y και το chrominance (χρώμα) στα U και V στοιχεία.

3.1.4 Τεχνικές συμπίεσης ψηφιακής εικόνας

Τα αναλογικά σήματα βίντεο ψηφιοποιούνται για να μπορούν να επεξεργάζονται από τον υπολογιστή. Κάθε βίντεο-πλαίσιο (frame) γίνεται ένας δύο διαστάσεων πίνακας από εικονοστοιχεία (pixels). Η ολοκληρωμένη εικόνα του χρώματος έχει συντεθεί από τρία πλαίσια της εικόνας μία για κάθε συστατικό χρώματος. Οι ασυμπίεστες εικόνες είναι αρκετά μεγάλης χωρητικότητας για να τις χειριστούμε και έτσι χρειάζεται συμπίεση για αποθήκευση και μετάδοσή τους. Σημαντικό μέτρο της συμπίεσης είναι η σχέση αυτής και τα bits ανά pixel (ο αριθμός των bits που απαιτούνται για να παρουσιαστεί ένα pixel στην οθόνη).

Η συμπίεση του βίντεο πραγματοποιείται συνήθως με απώλειες (lossy), εννοώντας ότι κάποιες πληροφορίες χάνονται κατά την διάρκεια των βημάτων συμπίεσης. Αυτό είναι αποδεκτό γιατί οι αλγόριθμοι κωδικοποίησης έχουν σχεδιαστεί να αφαιρούν τις πληροφορίες οι οποίες είναι ούτως ή άλλως μη αντιληπτές από τους ανθρώπους ή αυτές που είναι πλεονάσμα. Υπάρχουν μερικές βασικές τεχνικές γνωστές σε πολλούς αλγόριθμους συμπίεσης εικόνας, συμπεριλαμβανομένων των τμημάτων χρώματος, της δειγματοληψίας και της ελάττωσης του πλεονάσματος (redundancy reduction).

Η δειγματοληψία των τμημάτων χρώματος είναι μία αποτελεσματική τεχνική που έχει χρησιμοποιηθεί για την ελάττωση της μεγάλης ποσότητας των δεδομένων προς κωδικοποίηση. Εάν μία εικόνα κωδικοποιηθεί σε YUV τμήματα, το U και το V στοιχείο μπορούν να υποδειγματοληπτηθούν γιατί το ανθρώπινο μάτι είναι λιγότερο ευαίσθητο σε πληροφορίες σχετικά με το χρώμα (chrominance) εν συγκρίσει με το Y το οποίο αναπαριστά την φωτεινότητα (luminance).

Η ελάττωση του πλεονασμού είναι μία άλλη τεχνική που χρησιμοποιείται για να ελαττώσει την ποσότητα των κωδικοποιημένων πληροφοριών. Η κωδικοποίηση intraframe επιτυγχάνει την συμπίεση με την μείωση του πλεονάσματος των τμημάτων μέσα σε μία εικόνα. Αυτή η τεχνική βασίζεται στην παρατήρηση ότι τα γειτονικά

pixels σε μία εικόνα είναι συνήθως τα ίδια. Η κωδικοποίηση interframe επιτυγχάνει την συμπίεση με την μείωση του προσωρινού πλεονάσματος σε μία εικόνα. Αυτή η τεχνική βασίζεται στην παρατήρηση ότι τα γειτονικά πλαίσια σε μία σειρά από εικόνες είναι συνήθως ίδια.

3.1.5 JPEG κωδικοποίηση

Το JPEG είναι ένα πρότυπο κωδικοποίησης για συνεχόμενες εικόνες το οποίο αναπτύχθηκε από το Joint Photographic Experts Group. Το JPEG έχει ως στόχο να αναπτυχθεί μία μέθοδος για συμπίεση τόσο σε έγχρωμες όσο και σε ασπρόμαυρες εικόνες. Το πρωτόκολλο καθορίζει τέσσερις μεθόδους συμπίεσης:

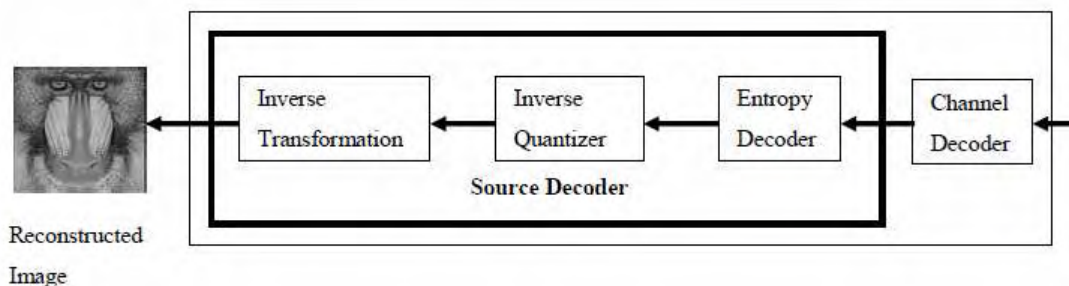
- Διαδοχική (Sequential). Με αυτή τη μέθοδο κάθε εικόνα κωδικοποιείται με μία απλή σάρωση από αριστερά προς τα δεξιά και από πάνω προς τα κάτω. Αυτή η μέθοδος είναι η πιο απλή και η πιο συχνά εφαρμοζόμενη τόσο σε hardware όσο και software.
- Προοδευτική (Progressive). Με αυτή την μέθοδο η εικόνα κωδικοποιείται από πολλαπλές σαρώσεις. Αυτό είναι χρήσιμο για εφαρμογές κατά τις οποίες η διάρκεια εκπομπής της εικόνας είναι αρκετά μεγάλη και ο θεατής προτιμά να βλέπει την εικόνα να σχηματίζεται σιγά-σιγά.
- Χωρίς απώλειες (Lossless). Αυτή η μέθοδος εγγυάται ότι μπορεί να γίνει ακριβής ανάκτηση κάθε τιμής δείγματος της εικόνας. Αυτό είναι πολύ σημαντικό σε εφαρμογές που ακόμα και η παραμικρή απώλεια δεδομένων από τα δείγματα της εικόνας είναι σημαντική.
- Ιεραρχική (Hierarchical). Εδώ η εικόνα κωδικοποιείται σε πολλαπλές αναλύσεις, ούτως ώστε οι εκδόσεις των χαμηλών αναλύσεων να μπορούν να αποκωδικοποιηθούν χωρίς να χρειάζεται να αποκωδικοποιηθεί η υψηλής ανάλυσης έκδοση. Αυτή η μέθοδος είναι ιδιαίτερα επικερδής κατά την μετάδοση σε δίκτυα packet switched. Μόνο τα δεδομένα τα οποία θεωρούνται από μία εφαρμογή απαραίτητα μπορούν να εκπέμπονται, επιτρέποντας κατ' αυτόν τον τρόπο περισσότερες εφαρμογές να μοιράζονται τους ίδιους πόρους του δικτύου. Σε περιπτώσεις μετάδοσης σε πραγματικό χρόνο, το δίκτυο μπορεί να αρχίσει να αποβάλλει πακέτα τα οποία περιέχουν πληροφορία υψηλής ανάλυσης αποδίδοντας τελικά μία εικόνα χαμηλότερης ανάλυσης αλλά χωρίς καθυστέρηση στη μετάδοση.

3.1.6 Πως επιτυγχάνεται η JPEG κωδικοποίηση

Το JPEG χρησιμοποιεί μία interframe τεχνική συμπίεσης του διακριτού μετασχηματισμού συνημιτόνου (DCT-Discrete Cosine Transform). Τα βασικά βήματα της βασισμένης στην DCT κωδικοποίηση φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.

Εικόνα 3.2: Zig-Zag scan σε 8x8 block

Η διαδικασία της αποκωδικοποίησης είναι το αντίστροφο της διαδικασίας κωδικοποίησης. Ο αποκωδικοποιητής πρέπει να έχει πρόσβαση στις ίδιες ποσότητες και στους ίδιους εσωτερικούς πίνακες (Quantization Matrices) οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν για την κωδικοποίηση των δεδομένων. Η JPEG κωδικοποίηση τυπικά κατορθώνει συμπίεση της τάξεως από 1:10 έως 1:20. Υψηλότερη σχέση συμπίεσης συντελεί στην μεγάλη μείωση της ποιότητας της εικόνας.



Εικόνα 3.3: Διαδικασία αποκωδικοποίησης

3.2 Συμπίεση ήχου

3.2.1 Ο ήχος γενικά

Η συχνότητα των ηχητικών σημάτων μετατρέπεται σε Hertz εννοώντας τους κύκλους ανά δευτερόλεπτο. Το ανθρώπινο αφτί μπορεί τυπικά να παράγει συχνότητες μεταξύ 40 Hz και 4kHz. Αυτές οι τιμές είναι σημαντικοί παράγοντες τους οποίους πρέπει συνεχώς να θυμόμαστε όταν αναφερόμαστε στην κωδικοποίηση του ψηφιακού ήχου. Τα συστήματα της τηλεδιάσκεψης μέσω Η/Υ έχουν σχεδιαστεί να ελέγχουν την ακουστική ποιότητα του ήχου, η οποία καλύπτει ένα πολύ μικρό εύρος συχνοτήτων από το εύρος αντίληψης του ανθρώπου.

Ο ήχος μεταδίδεται στα εξαρτήματα του υπολογιστή διαμέσου ποικίλων τύπων βυσμάτων σύνδεσης (connectors). Τα ψηφιακά δεδομένα ήχου συνήθως περιγράφονται χρησιμοποιώντας τις ακόλουθες τρεις παραμέτρους: ο ρυθμός δειγματοληψίας (sampling rate), τα bits ανά δείγμα (bits/sample) και τον αριθμό των καναλιών. Τα bits/sample είναι ο αριθμός των bits που χρησιμοποιούνται για να αντιπροσωπευθεί κάθε ποσότητα δειγμάτων. Ο αριθμός των καναλιών είναι ένα για μονοφωνικό ήχο, δύο για στερεοφωνικό ήχο και παραπάνω από δύο για τρισδιάστατο ήχο (3D Surround).

3.2.2 Δειγματοληψία του ήχου (Audio Sampling)

Ένα αναλογικό ηχητικό σήμα έχει πλάτος το οποίο συνεχώς μεταβάλλεται σε σχέση με τον χρόνο. Για να κωδικοποιήσουμε αυτό το σήμα ψηφιακά, μετράμε το πλάτος σε απλά κανονικά διαστήματα. Αυτή η τεχνική ονομάζεται δειγματοληψία (Sampling). Σύμφωνα με την θεωρία του Nyquist για την επεξεργασία σημάτων, για να παραστήσουμε πιστά ένα σήμα από μία καθορισμένη συχνότητα, η συχνότητα δειγματοληψίας θα πρέπει να είναι τουλάχιστον το διπλάσιο από την υψηλότερη συχνότητα που παρουσιάζει το σήμα. Χρησιμοποιώντας αυτήν την θεωρία, βλέπουμε ότι η δειγματοληψία είναι χωρίς απώλειες αφού το πρωταρχικό σήμα μπορεί να ξανακατασκευαστεί βασισμένο πάνω στα δείγματα που πήραμε. Για να αποφύγουμε τις αρμονικές παραμορφώσεις, φιλτράρουμε το σήμα στις υψηλές συχνότητες αφαιρώντας με αυτόν τον τρόπο οποιεσδήποτε συχνότητες τις οποίες δε μπορεί να αναπαραστήσει το εύρος δειγματοληψίας.

Χρησιμοποιώντας την θεωρία του Nyquist τα 8kHz είναι ένα επαρκές εύρος δειγματοληψίας για να συλλάβουμε το εύρος της ανθρώπινης φωνής (40Hz έως 4kHz) και τα 40 kHz είναι επαρκές εύρος δειγματοληψίας για να συλλάβουμε το εύρος της ανθρώπινης ακοής (20Hz έως 20kHz). Στην πράξη το εύρος δειγματοληψίας ποικίλει από 8 kHz μέχρι 48kHz.

3.2.3 Κβαντισμός του ήχου

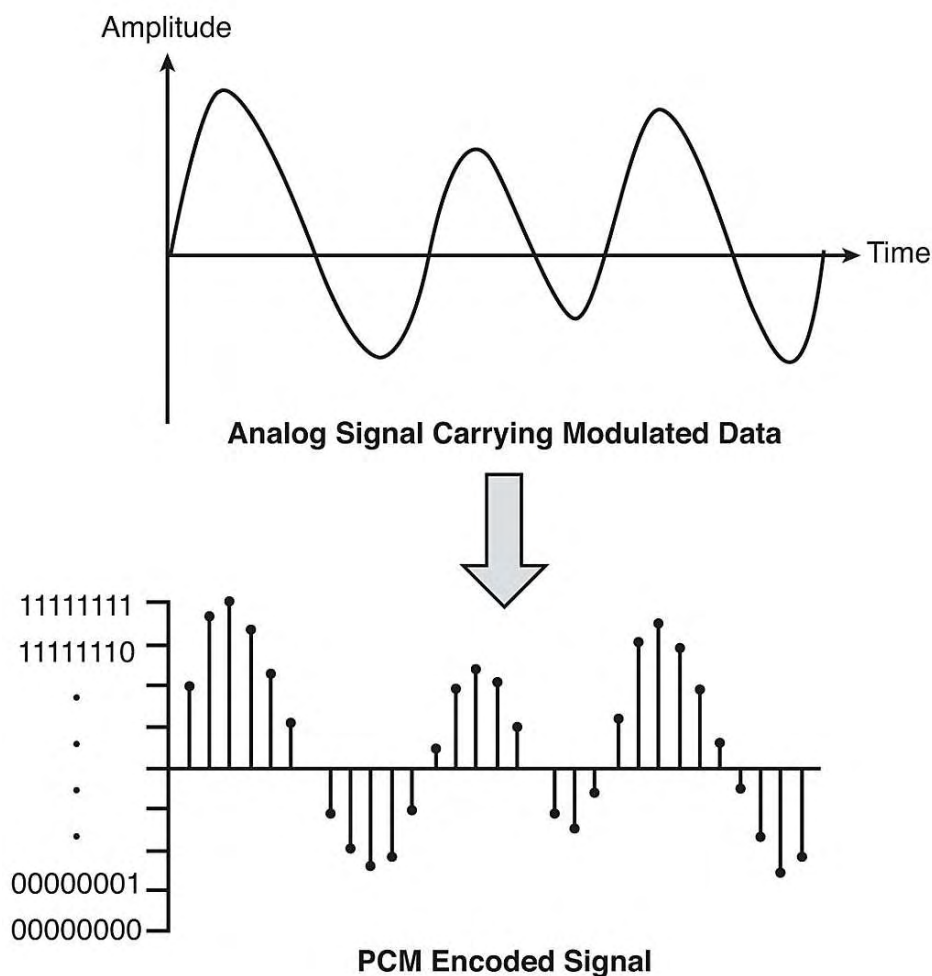
Οι τιμές των δειγμάτων που αντιπροσωπεύουν το πλάτος του σήματος στον χρόνο δειγματοληψίας διαχωρίζονται (quantized) μέσα σε ένα διακριτό αριθμό επιπέδων. Ο αριθμός αυτών των επιπέδων εξαρτάται από τα πόσα bits έχουν χρησιμοποιηθεί για να αποθηκεύσουν την ποσότητα του δείγματος. Για τον ψηφιακό ήχο, αυτή η ακρίβεια συνήθως εκτείνεται από 8 bits/sample (256 στάθμες) σε 16 bits/sample (65536 στάθμες). Ο διαχωρισμός συμπεριλαμβάνει λάθος στα δεδομένα γιατί ανεξάρτητα από πόσα bits ακρίβειας έχουν χρησιμοποιηθεί, είναι αδύνατο να παρουσιαστεί ένας άπειρος αριθμός τιμών πλάτους με έναν πεπερασμένο αριθμό στοιχείων.

3.2.4 PCM κωδικοποίηση

Η PCM κωδικοποίηση είναι μία μέθοδος στην οποία η τιμή που προκύπτει από τον κβαντισμό του σήματος είναι ομοιόμορφα δομημένη με διαστήματα. Στην PCM λαμβάνεται τακτικά ένα δείγμα το οποίο αντιπροσωπεύει το στιγμιαίο πλάτος της κυματομορφής εισόδου. Η συνισταμένη συχνότητα λήψης δειγμάτων είναι 8000 δείγματα/δευτερόλεπτο. Σε αυτή την συχνότητα δειγματοληψίας είναι δυνατόν να κωδικοποιηθούν συχνότητες από 3400 – 4000Hz. Εμπειρικά αυτές οι συχνότητες έχουν αποδειχτεί ότι είναι επαρκείς για επικοινωνία ομιλίας και παρέχει αρκετά καλή ποιότητα για μουσική σε ένα θορυβώδες περιβάλλον. Τα δείγματα τα οποία λαμβάνονται παίρνουν μία από τις 212 τιμές, ενώ η κλίμακα επιλέχθηκε για να ελαχιστοποιηθεί ο λόγος σήματος προς θόρυβο σε χαμηλή ένταση.

Η PCM είναι μία μη συμπιεσμένη μορφή κωδικοποίησης ήχου αν και μερικές άλλες μορφές PCM όπως το $\mu - law$ και το $A - law$ χρησιμοποιούν τιμές οι οποίες είναι λογαριθμικά δομημένες, με διαστήματα, επιτυγχάνοντας ένα καλό βαθμό συμπίεσης. Σε οποιαδήποτε από τις δύο περιπτώσεις ο λόγος που προτιμάται η λογαριθμική

κωδικοποίηση σε σχέση με την γραμμική είναι ότι η αυτή επιτυγχάνει να εξομοιώνει καλύτερα τον τρόπο με τον οποίο το ανθρώπινο αφτί αντιλαμβάνεται τον ήχο. Είμαστε πιο ευαίσθητοι σε μικρές αλλαγές σε χαμηλή ένταση σε σχέση με τις ίδιες αλλαγές σε υψηλή ένταση, συνεπώς ο ήχος μικρής έντασης αντιπροσωπεύεται με μεγαλύτερη ακρίβεια από ότι ο ήχος υψηλής.



Εικόνα 3.4: Δειγματοληψία και κβαντισμός αναλογικού σήματος

3.3 MPEG πρότυπα

3.3.1 Εισαγωγικά

Το ακρωνύμιο MPEG (Moving Picture Experts Group) είναι τα αρχικά μιας ομάδας εργασίας του International Organisation for Standardization (ISO) και του International Electrotechnical Commission (IEC), η οποία είναι επιφορτισμένη με την ανάπτυξη προτύπων κωδικοποίησης για ψηφιακό βίντεο και ήχο. Συγκεκριμένα, το επίσημο όνομα της ομάδας είναι "ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 1" και η εργασία που έχει αναλάβει περιγράφεται ως "ανάπτυξη διεθνών προτύπων για τη συμπίεση, αποσυμπίεση, επεξεργασία και κωδικοποιημένη αναπαράσταση κινούμενης εικόνας, ήχου και συνδυασμού αυτών των δύο, με στόχο την ικανοποίηση των αναγκών ποικίλων εφαρμογών". Η ομάδα ξεκίνησε τις εργασίες της το 1988 και σήμερα

αριθμεί 350 μέλη τόσο από το χώρο της βιομηχανία όσο και από τον ακαδημαϊκό χώρο. Πρόκειται για μία ευρέως αποδεκτή ομάδα εργασίας και τα πρωτόκολλα που έχει μέχρι στιγμής εκδώσει χρησιμοποιούνται ευρέως από τη βιομηχανία.

Συγκεκριμένα, μέχρι σήμερα η ομάδα έχει εκδώσει 6 πρότυπα:

MPEG-1: Το πρώτο πρωτόκολλο που εκδόθηκε από την επιτροπή ήταν το MPEG-1 και εκδόθηκε το 1992 στο Λονδίνο. Πρόκειται για την πρώτη έκδοση της ομάδας και αφορά την ανάπτυξη προτύπων συμπίεσης ήχου και εικόνας για την αποθήκευση μέσων με ρυθμό μέχρι 1.5 Mbit/sec και ποιότητα που αντιστοιχεί στο πρότυπο VHS. Το πρωτόκολλο είναι χωρισμένο σε πέντε μέρη. Στο πρώτο μέρος παρουσιάζει ένα πρότυπο, το Program Stream(PS), το οποίο επιτρέπει το συγχρονισμό και την πολύπλεξη ρευμάτων ήχου και εικόνας. Στο δεύτερο μέρος το πρότυπο καθορίζει έναν αλγόριθμο συμπίεσης βίντεο σε ποιότητα VHS και απόδοση 1,15 Mbit/s χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο συμπίεσης jpeg για το κάθε frame του video. Στο τρίτο μέρος του πρωτοκόλλου περιγράφεται μια νέα τεχνική συμπίεσης ήχου, το MP3 το οποίο είναι από τα πιο διαδεδομένα πρότυπα συμπίεσης ήχου σήμερα. Το πρότυπο αυτό βασίζεται τόσο στη τεχνική συμπίεση δεδομένων PCM όσο και σε κάποιες παρατηρήσεις της επιστήμης της ψυχοακουστικής. Τα διαθέσιμα profil ρυθμού δεδομένων για το MP3 είναι 32, 40, 48, 56, 64, 80, 96, 112, 128, 160, 192, 224, 256 και 320 kbit/s, ενώ οι διαθέσιμες συχνότητες δειγματοληψίας είναι 32, 44.1 και 48 Khz. Σε γενικές γραμμές το πρότυπο mp3 επιτρέπει τη συμπίεση με απόδοση 1:10 ενός ηχητικού σήματος με μηδενική σχεδόν απώλεια πιστότητας. Στο τέταρτο μέρος του πρωτοκόλλου περιγράφονται κάποιες μέθοδοι ελέγχου συμβατότητα ενός συστήματος με το πρωτόκολλο MPEG-1. Τέλος στο πέμπτο μέρος του πρωτόκολλο παρουσιάζεται ένα σύστημα MPEG-1 υλοποιημένο στη γλώσσα προγραμματισμού C. Το πρωτόκολλο MPEG – 1 αν και σήμερα θεωρείται ξεπερασμένο για την κωδικοποίηση βίντεο, κάποια μέρη του χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό σε καθημερινές εφαρμογές όπως στη δημιουργία video-cd και στη συμπίεση αρχείων ήχου.

MPEG-2: Το δεύτερο πρωτόκολλο που επικύρωσε η επιτροπή ήταν το MPEG-2. Η πρώτη επίσημη έκδοσή του ήταν το 1994. Το MPEG – 2 συνολικά αποτελείται από 11 μέρη, με τα πέντε πρώτα να έχουν ίδιο θέμα με το MPEG-1. Οι κυριότερες διαφορές μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων εντοπίζονται σε 2 κυρίως σημεία στα 5 πρώτα κεφάλαια. Στο πρώτο μέρος του, το πρωτόκολλο MPEG - 2 παρουσιάζει ένα νέο πρότυπο πολύπλεξης και πακετοποίησης των διαφόρων ρευμάτων ενός μέσου. Το πρότυπο αυτό ονομάζεται Transport Stream (TS) και στόχο έχει την αποδοτικότερη αποστολή μέσων μέσω του διαδικτύου, ενώ παράλληλα επεκτείνεται το υπάρχον πρότυπο Program Stream (PS) επιτρέποντας την αποτελεσματικότερη αποθήκευση ρευμάτων. Στο δεύτερο κεφάλαιο του MPEG – 2 που αφορά τα πρότυπα συμπίεσης βίντεο, το πρωτόκολλο καθορίζει μια προέκταση του υπάρχοντος προτύπου που επιτρέπει την υποστήριξη διαπλεκόμενων εικόνων (interlaced images) δυνατότητα η οποία επιτρέπει την αποδοτικότερη συμπίεση. Επίσης σε αυτήν την έκδοση η ερευνητική ομάδα παρουσίασε κάποια νέα κεφάλαια στο πρωτόκολλο. Στο έκτο και δέκατο κεφάλαιο παρουσιάζεται το πρωτόκολλο DSM-CC (Digital Storage Media Command and Control), το οποίο επιτρέπει τη δημιουργία συνεδριών μεταξύ ενός πελάτη και ενός εξυπηρετητή μέσων, καθώς και τον απομακρυσμένο έλεγχο των εξυπηρετητών. Στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάστηκε ένα νέο πρότυπο κωδικοποίησης ήχου, το ACC, το οποίο επιτρέπει την κωδικοποίηση πολυκάναλων

ρευμάτων ήχου. Τέλος, στο όγδοο κεφάλαιο το πρωτόκολλο καθορίζει μεθόδους διαχείρισης εικόνων βίντεο για τις οποίες το χρώμα αναπαριστάται με περισσότερα από 8 bits ενώ στο ένατο κεφάλαιο παρουσιάζει μια διεπαφή ανάμεσα στο Transport Stream και στον αποκωδικοποιητή, που στόχο έχει να καλύψει τις ανάγκες του DSM-CC για τη δημιουργία συνεδριών.

MPEG-4: Η τρίτη έκδοση πρωτοκόλλου από την ομάδα MPEG ήταν το MPEG-4. Το πρωτόκολλο αυτό έχει συνολικά 21 κεφάλαια, διατηρώντας βέβαια τους τίτλους των 6 πρώτων ίδιους με αυτούς τους MPEG-2. Το πρωτόκολλο αυτό παρουσιάστηκε επίσημα το 1998 και είχε ως τίτλο “Κωδικοποίηση οπτικοακουστικών αντικειμένων”. Σε γενικές γραμμές, η έκδοση αυτή του πρωτοκόλλου είχε ως πρωταρχικό στόχο την προσθήκη της δυνατότητας κωδικοποίησης μεμονωμένων αντικειμένων σε μία παρουσίαση στα ήδη υπάρχοντα πρωτόκολλα. Μερικές από τις επεκτάσεις που υποστηρίζονται είναι η δυνατότητα διαχείρισης πολλαπλών ρευμάτων ήχου με διαφορετική κωδικοποίηση του καθενός και διαφορετική χρηστικότητα καθώς και η δυνατότητα διαχείρισης 3D αντικειμένων. Επίσης προστέθηκε ένας μηχανισμός διαχείρισης και προστασίας δικαιωμάτων, που προκύπτουν από μεμονωμένα αντικείμενα ενός αρχείου. Τέλος, το πρωτόκολλο παρουσίασε και κάποιους νεότερους και αποδοτικότερους αλγορίθμους συμπίεσης ήχου και βίντεο (AVC). Το MPEG-4 μπορεί ποια να καλύψει ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων μέχρι 1 Gbit/s.

MPEG-7: Το πρωτόκολλο αυτό είναι το τέταρτο πρωτόκολλο που εκδόθηκε από την ομάδα. Η μελέτη του ξεκίνησε τον Απρίλιο του 1997 και ακόμα βρίσκεται υπό ανάπτυξη. Αποτελείται συνολικά από 11 κεφάλαια. Το MPEG - 7 καθορίζει κάποιες νέες δυνατότητες για τα παλιότερα πρωτόκολλα που στόχο έχουν τον εμπλουτισμό τους με δυνατότητες αποθήκευσης μεταπληροφοριών που περιγράφουν τα δεδομένα του αρχείου. Τα δεδομένα αυτά υπακούν σε κάποιο δεδομένα σχήμα και μπορούν να αναφέρονται σε εικόνες, σε ήχο και σε απλό κείμενο.

MPEG-21: Το πρωτόκολλο MPEG-21 είναι το όραμα της ομάδας για το μέλλον στον τομέα των πολυμέσων. Η ανάπτυξη του ξεκίνησε το Μάιο – Ιούνιο του 2000. Το MPEG-21 είναι ένα ανοιχτό πρωτόκολλο που στόχο έχει την ανάπτυξη ενός πλαισίου για τον έλεγχο των δικαιωμάτων σε εφαρμογές πολυμέσων. Ποιο συγκεκριμένα το πρωτόκολλο καθορίζει ένα πρότυπο για μία “Γλώσσα έκφρασης δικαιωμάτων”(Rights Expression Language) με την οποία μπορεί να εμπλουτίζεται κάθε αρχείο πολυμέσων και η οποία καθορίζει τις άδειες, τα δικαιώματα και τους περιορισμούς που επιβάλλει ο δημιουργός του περιεχομένου στους χρήστες. Σε γενικές γραμμές το MPEG-21 προσπαθεί να εισάγει τις έννοιες της δημιουργία, πρόσβασης, της ανταλλαγής και διαχείρισης ηλεκτρονικών δικαιωμάτων στο σημερινό πλαίσιο ανάπτυξης πολυμέσων με τρόπο ο οποίος να μη γίνεται αντιληπτός άμεσα από τους χρήστες. Η ανάπτυξη του προτύπου αυτού έχει ως κύριο στόχο τη καταπολέμηση της πειρατείας η οποία αναπτύσσεται σε μεγάλο βαθμό από τα δίκτυα Peer to Peer. Το πρωτόκολλο αυτό βρίσκεται ακόμα υπό ανάπτυξη και στοχεύει να αλλάξει κατά πολύ τον τρόπο που αντιλαμβανόμαστε τις εφαρμογές πολυμέσων. Η ομάδα εργασίας πέρα από τα παραπάνω πρότυπα που παρουσιάζουν ολοκληρωμένες λύσεις όσον αφορά τη συμπίεση και μετάδοση μιας παρουσίασης, εξέδωσε και κάποια ακόμα που ασχολούνται με κάποιο υποσύνολο της διαδικασίας αυτής. Στην παραπάνω κατηγορία ανήκει το MPEG-A, το οποίο παρέχει ένα πλαίσιο για την ενοποίηση στοιχείων από τα διάφορα πρότυπα συμπίεσης MPEG σε ένα πρότυπο το οποίο θα είναι κατάλληλο για κάποια συγκεκριμένη αλλά ευρέως χρησιμοποιούμενη

εφαρμογή, το MPEG-B, το οποίο παρουσιάζει ένα πλαίσιο για την αποθήκευση MPEG ρευμάτων σε xml αρχεία κ.α. Η ομάδα ανάπτυξης του MPEG αποτελείται τόσο από ακαδημαϊκούς αναγνωρισμένης αξίας όσο και από εκπροσώπους της βιομηχανίας. Η ανάπτυξη των πρωτοκόλλων γίνεται μέσα από ανοιχτές προσκλήσεις για προτάσεις, οι οποίες γίνονται μόνο προς τα μέλη της ομάδας. Με βάση τις προτάσεις που γίνονται οι ομάδες που έχουν αναλάβει την ανάπτυξη κάποιου προτύπου προτείνουν κάποιο αρχικό κείμενο το οποίο μέσα από συζητήσεις και ψηφοφορίες καταλήγει στην τελική δημοσίευση. Η ανάπτυξη βέβαια των προτύπων του MPEG δέχεται από πολλούς κριτική, καθώς είναι αρκετά κλειστή διαδικασία και τα τελικά πρότυπα δεν είναι ελεύθερα σε όλους τους χρήστες, αναγκάζοντας τους ενδιαφερόμενους να καταβάλουν κάποιο ποσό στον ISO για να λάβουν αντίγραφα των προτύπων.

3.3.1.1 MPEG κωδικοποίηση

Ο σκοπός του πρωτοκόλλου συμπίεσης βίντεο MPEG είναι να καλύψει τις αυξανόμενες ανάγκες για την δημιουργία πιο γενικών μεθόδων κωδικοποίησης για κινούμενες εικόνες και διάφορες εφαρμογές όπως η ψηφιακή αποθήκευση δεδομένων και η επικοινωνία. Τα κύρια χαρακτηριστικά του προτύπου MPEG συνοψίζονται στα παρακάτω:

- Στοχεύει στην ψηφιακή αποθήκευση όσο και στην επικοινωνία
- Έχει υψηλότερο κόστος αλλά και ποιότητα από το πρότυπο H.261
- Απαιτεί μεγαλύτερο ελάχιστο εύρος ζώνης μετάδοσης δεδομένων
- Ο αποκωδικοποιητής του μόλις που μπορεί να εφαρμοστεί σε επίπεδο λογισμικού (software).
- Στην πραγματικότητα απευθύνεται σε εύρος ζώνης της τάξης των 2Mbps έως 8Mbps.

3.3.1.2 Δομή των MPEG εικόνων

Οι αρχικές εικόνες αποτελούνται από τρεις ορθογώνιους πίνακες ακεραίων: έναν πίνακα (Y) φωτεινότητας (Luminance) και δύο πίνακες χρωμάτων (Cb και Cr). Το πρότυπο MPEG υποστηρίζει τρεις τύπους αναλογιών:

4:2:0 Σε αυτόν τον τύπο οι πίνακες Cb και Cr θα είναι το μισό μέγεθος του πίνακα Y τόσο στις οριζόντιες όσο και στις κάθετες διαστάσεις.

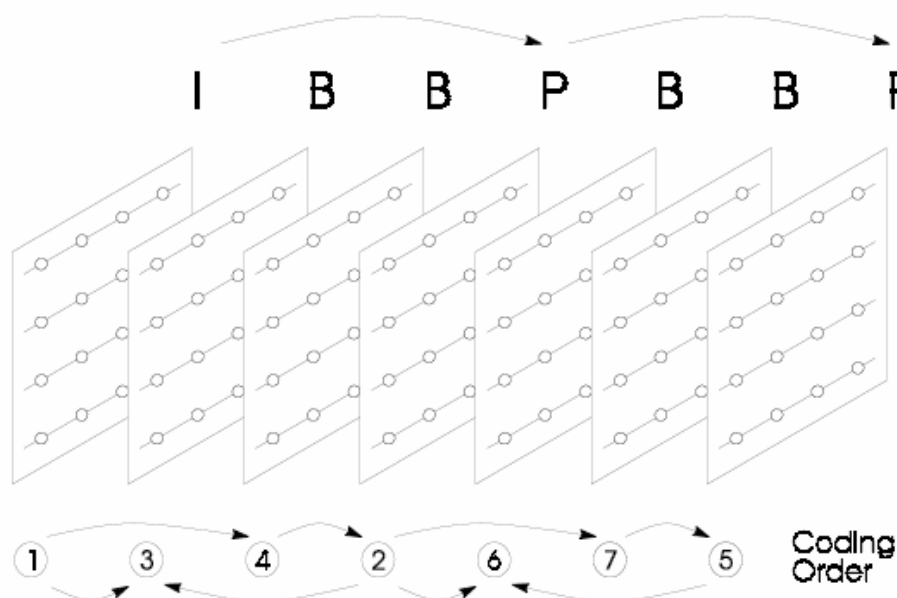
4:2:2 Σε αυτόν τον τύπο οι πίνακες Cb και Cr θα είναι το μισό μέγεθος του πίνακα Y στις οριζόντιες διαστάσεις και το ίδιο μέγεθος με αυτόν στις κάθετες διαστάσεις.

4:4:4 0 Σε αυτόν τον τύπο οι πίνακες Cb και Cr θα είναι το ίδιο μέγεθος του πίνακα Y τόσο στις οριζόντιες όσο και στις κάθετες διαστάσεις.

3.3.1.3 Πλαίσιο του MPEG

Το πρότυπο MPEG υποστηρίζει τρεις τύπους εικόνων:

- **Intra pictures (I-πλαίσια).** Αυτές οι εικόνες κωδικοποιούνται σε αναλογία με τον εαυτό τους. Σε αυτόν τον τύπο η κάθε εικόνα συντίθεται σε block των 8x8 pixel τα οποία κωδικοποιούνται μόνο σε σχέση με τον εαυτό τους και οδηγούνται κατευθείαν στη διαδικασία της μετατροπής των block.
- **Predictive pictures (P-πλαίσια).** Αυτές είναι εικόνες οι οποίες κωδικοποιούνται με πρόβλεψη αντιστάθμισης της κίνησης από μια προηγούμενη I-picture ή P-picture. Ένα λάθος στην πρόβλεψη συνοπολογίζεται σε μια περιοχή 16x16 pixel στην εικόνα και στην προηγούμενη της. Ένα διάνυσμα κίνησης (motion vector) χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της φοράς της κίνησης. Για προοδευτικές (Progressive) ακολουθίες εικόνων ή πεπλεγμένες (Interlaced) ακολουθίες με κωδικοποίηση πλαισίου υπολογίζεται μόνο ένα διάνυσμα κίνησης για την πρόβλεψη.
- **Bi-directional pictures (B-πλαίσια).** Αυτές οι εικόνες κωδικοποιούνται χρησιμοποιώντας μεθόδους πρόβλεψης αντιστάθμισης κίνησης από μια προηγούμενη και/ή μια επόμενη I-picture ή P-picture. Ένα λάθος πρόβλεψης υπολογίζεται σε μια περιοχή 16x16 pixel στην τρέχουσα εικόνα καθώς επίσης και στην προηγούμενη καθώς και στην επόμενη I ή P εικόνα που αναφέρεται η τρέχουσα. Προκειμένου να αποφασιστεί η διεύθυνση της κίνησης χρησιμοποιούνται δύο διανύσματα. Ένα για την πρόβλεψη της προηγούμενης εικόνας και ένα για την πρόβλεψη της επόμενης εικόνας. Να σημειωθεί ότι ένα B-πλαίσιο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πρόβλεψη.



Εικόνα 3.5: I-πλαίσια, P- πλαίσια και B-πλαίσια. Η σειρά κωδικοποίησης καταδεικνύεται στο γράφημα.

➤ Πρόβλεψη των block στο MPEG πρότυπο

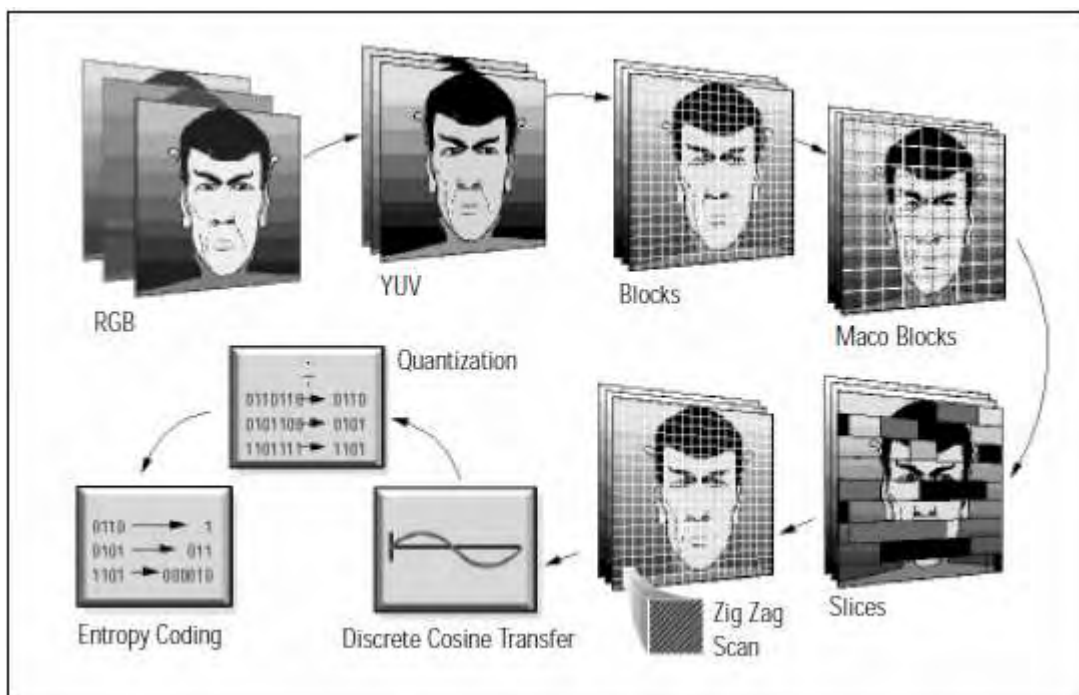
- **Διακριτός Μετασχηματισμός Συνημιτόνου (DCT-Discrete Cosine Transform).** Στις μετατροπές των block η επεξεργασία γίνεται από μια συνάρτηση διακριτού μετασχηματισμού συνημιτόνου (DCT-Discrete Cosine Transform) δύο διαστάσεων.
- **Κβαντισμός (Quantization).** Ο σκοπός αυτού του βήματος είναι να επιτευχθεί ακόμα μεγαλύτερη συμπίεση απεικονίζοντας τους συντελεστές του DCT με την απολύτως αναγκαία ακρίβεια για την απαιτούμενη ποιότητα εικόνας.
- **Κωδικοποίηση μεταβλητού μήκους (VLC-Variable Length Coding/Entropy Encoding).** Σ' αυτό το βήμα η επιπλέον συμπίεση (χωρίς απώλειες) γίνεται με την αντικατάσταση μικρών κωδικών λέξεων στα γεγονότα τα οποία συμβαίνουν συχνά και μεγαλύτερων λέξεων σε γεγονότα που εμφανίζονται σπανιότερα.

3.3.1.4 Πολυπλεξία MPEG

Ο πολυπλέκτης βίντεο δομεί τα συμπιεσμένα δεδομένα σε μια ιεραρχική συνεχόμενη ροή bits η οποία μπορεί να μεταφραστεί γενικά. Η ιεραρχία αποτελείται από 4 επίπεδα:

- **Ακολουθία βίντεο (Video Sequence).** Θεωρείται η υψηλότερη δομή του κωδικοποιημένου σήματος. Μπορεί να θεωρηθεί σαν μια μονάδα τυχαίας προσπέλασης.
- **Ομάδα εικόνων (Group Of Pictures).** Αυτό το επίπεδο είναι προαιρετικό στο MPEG-2 και βρίσκει εφαρμογή σε μια σειρά εικόνων. Η πρώτη εικόνα στο κωδικοποιημένο σήμα θα πρέπει να είναι ένα I-πλαίσιο. Το συγκεκριμένο επίπεδο βοηθάει στην τυχαία προσπέλαση. Εφαρμογές που απαιτούν τυχαία προσπέλαση, γρήγορη κίνηση μπροστά ή πίσω ή ακόμη και επανάληψη σκηνών, χρησιμοποιούν μικρά GOP's.
- **Εικόνα (Picture).** Αυτό το επίπεδο αναφέρεται σε μια εικόνα στη συνολική ακολουθία του βίντεο. Για πεπλεγμένες (Interlaced) ακολουθίες, η εικόνα αντιπροσωπεύεται από δύο ξεχωριστές εικόνες στην κωδικοποιημένη ροή.
- **Τμήματα (Slices).** Αυτό ανταποκρίνεται σε μια ομάδα από macroblock. Ο ακριβής αριθμός macroblock σε ένα τμήμα δεν επιδέχεται τυποποίηση. Τα τμήματα (slices) δεν χρειάζεται να καλύπτουν ολόκληρη την εικόνα. Είναι απαραίτητη σε περίπτωση που η εικόνα χρησιμοποιείται επακόλουθα για προβλέψεις, η πρόβλεψη να γίνεται μόνο από τμήματα των εικόνων τα οποία εσωκλείονται από τα τμήματα.
- **Macroblock.** Ένα macroblock περιέχει ένα τμήμα από την περιοχή των στοιχείων που ορίζουν την φωτεινότητα και τα αντίστοιχα τμήματα τα οποία αποτελούν την χρωματική επιλογή για την εικόνα. Κάθε macroblock

αποτελείται από 16x16 pixels. Για παράδειγμα ένα macroblock 4:2:0 αποτελείται από 6 block των 8x8 pixels (4Y, 1 Cb, 1Cr).



Εικόνα 3.6: Διαδικασία συμπίεσης-κωδικοποίησης εικόνας-πλαισίου.

3.3.2 MPEG-1 & MPEG-2 πρότυπα

3.3.2.1 Εισαγωγικά

Το πρωτόκολλο MPEG – 2 παρουσιάστηκε ως επίσημο πρωτόκολλο αρχικά το Νοέμβριο του 1994 στη Σιγκαπούρη. Η πρώτη αυτή έκδοση περιελάμβανε μόνο τα τρία πρώτα κεφάλαια του πρωτοκόλλου. Τα υπόλοιπα οκτώ κεφάλαια παρουσιάστηκαν ένα χρόνο αργότερα. Η ανάπτυξη αυτού του νέου πρωτοκόλλου είχε ως κύριο έναυσμα την έλλειψη κάποιων δυνατοτήτων από το MPEG-1, οι οποίες άρχισαν να ζητούνται από τη βιομηχανία ψηφιακής εικόνας. Το βασικότερο πρόβλημα που ανέκυπτε στο MPEG – 1 ήταν ότι η ποιότητα του προτύπου VHS που απέδιδε ήταν χαμηλή σε σχέση με την ποιότητα των πρότυπων της τηλεόρασης PAL και του HDTV που χρησιμοποιούνταν εκείνη την εποχή από τη τηλεόραση. Επίσης, οι μελέτες μέχρι τότε έδειχναν ότι ο αλγόριθμος που χρησιμοποιούσε το MPEG - 1 ήταν αρκετά αναποτελεσματικός σε σχέση με τους αλγορίθμους που είχαν αναπτυχθεί εκείνη την εποχή για τη συμπίεση video, ενώ παράλληλα ο νέος αλγόριθμος συμπίεσης του MPEG – 2 θα έπρεπε να είναι συμβατός με αυτόν του MPEG – 1 ώστε

να υπάρχει μια συνέχεια μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων. Παρόμοιο πρόβλημα αντιμετώπιζε η ομάδα ανάπτυξης και με τον ήχο.

Για να σιγουρευτεί μια αρμονική λύση, που θα κάλυπτε μια ευρεία γκάμα εφαρμογών, η ομάδα εργασίας ανέπτυξε το MPEG – 2 σε στενή συνεργασία με τις ομάδες μελέτης ITU-TS Study Group και Expert Group for ATM Video Coding. Εκτός των δύο αυτών ομάδων, άλλοι αντιπρόσωποι των σχεδιαστών των ITU-TS, EBU, ITU-RS, SMPTE και North America HDTV εργάστηκαν επίσης στο MPEG – 2.

3.3.2.2 Ρυθμοί μετάδοσης

Για την επίλυση όλων αυτών των προβλημάτων το νέο πρωτόκολλο MPEG – 2 παρουσίασε στο δεύτερο κεφάλαιο του προτύπου ένα νέο αλγόριθμο συμπίεσης δεδομένων video, ο οποίος χρησιμοποιούσε ως βάση τον αλγόριθμο του MPEG – 1 με κάποιες επεκτάσεις, όπως η υποστήριξη της τεχνικής της διαπλεκόμενης διαμόρφωσης βίντεο και η κλιμάκωση συμπιεσμένου βίντεο. Η τεχνική της διαπλεκόμενης διαμόρφωσης προήλθε από τα πρότυπα PAL και NTSC που χρησιμοποιούνται στη μετάδοση σήματος τηλεόρασης και επιτρέπει την παραγωγή διπλάσιου αριθμού πλαισίων σε σχέση με το ρυθμό λήψης. Συγκεκριμένα, σε κάθε αλλαγή πλαισίου ο αποκωδικοποιητής σήματος αλλάζει αρχικά μόνο τις μισές γραμμές προκαλώντας όμως έτσι τη ψευδαίσθηση στο θεατή ότι πρόκειται για δυο διαφορετικά πλαίσια. Η τεχνική της κλιμάκωσης συμπιεσμένου βίντεο από την άλλη, επιτρέπει τη συμπίεση του βίντεο σε διαφορετικές ποιότητες κατά την κωδικοποίηση, ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες των διαφόρων εφαρμογών που θα χρησιμοποιήσουν το πρότυπο. Ο νέος αλγόριθμος συμπίεσης του ρεύματος βίντεο τελικά καταφέρνει να πετύχει επιπλέον συμπίεση των δεδομένων κατά 20% όταν χρησιμοποιείται διαπλεκόμενη διαμόρφωση βίντεο και μπορεί να αποδώσει τηλεοπτικό σήμα με ποιότητα σύμφωνη με το πρότυπο Composite TV με ρυθμό μετάδοσης μικρότερο από 6 Mbit/s.

Rate	Application
1.5 Mb/s	VHS Quality Video for Film Material
2 to 3 Mb/s	Sports
4 Mb/s	Most Users Detect No Visible Degradation
6 Mb/s	Broadcast Quality

Πίνακας 3.7: Ρυθμοί μετάδοσης και εφαρμογές

3.3.2.3 Προφίλ ποιότητας εικόνας

Στο δεύτερο κεφάλαιο του πρωτοκόλλου MPEG – 2 παρουσιάζεται επίσης και μια νέα προσέγγιση όσον αφορά τις υποστηριζόμενες ποιότητες εικόνας. Στο MPEG – 1 το πρωτόκολλο καθόριζε μία μόνο ποιότητα εικόνας με ανάλυση 352 x 240 pixel που χρειαζόταν ρυθμό αποστολής δεδομένων 1,5 Mbit/s. Αργότερα, βέβαια, αυτό άλλαξε και με κάποιες βελτιώσεις το πρότυπο επέτρεπε την αποστολή ενός βίντεο με ρυθμό μέχρι 4 Mbit/s με ταυτόχρονη βελτίωση της ποιότητας του βίντεο. Στο πρότυπο MPEG – 2 η επιτροπή ανάπτυξης διάλεξε μια διαφορετική προσέγγιση επιλέγοντας το καθορισμό διαφόρων προφίλ ποιότητας εικόνας, όπου το καθένα κάλυπτε μία μεγάλη γκάμα εφαρμογών και με ρυθμούς αποστολής από 4 – 100Mbit/s. Τα προφίλ αυτά σχεδιάστηκαν κατάλληλα για να αντιπροσωπεύουν τις ανάγκες κάποιων γενικών ομάδων εφαρμογών. Τα διαφορετικά προφίλ του πρωτοκόλλου εμφανίζονται στο *πίνακα 3.2.2.1* με τους αντίστοιχους ρυθμούς μετάδοσης. Τα προφίλ αυτά διατάσσονται σε ένα πίνακα 5 x 4. Στον κατακόρυφο άξονα του πίνακα αυτού έχουμε τα διαφορετικά επίπεδα ανάλυσης του βίντεο που μπορεί να υποστηρίζονται. Τα πρότυπα που χρησιμοποιούνται είναι 4: το *χαμηλό επίπεδο (Low Level)* που καθορίζει ανάλυση 352 x 288 pixel, ρυθμό ανανέωσης 30 πλαίσια/s και ρυθμό μετάδοσης 4 Mbit/s, το *κύριο επίπεδο (Main Level)* που καθορίζει ανάλυση 720 x 576 pixel, ρυθμό ανανέωσης 30 πλαίσια/s και ρυθμό μετάδοσης 15 Mbit/s, το *υψηλό επίπεδο 1440 (High-1440 level)* που καθορίζει ανάλυση 1440 x 1152 pixel, ρυθμό ανανέωσης 30 πλαίσια/s και ρυθμό μετάδοσης 60 Mbit/s και το *υψηλό επίπεδο (High Level)* που καθορίζει ανάλυση 1920 x 1152 pixel, ρυθμό ανανέωσης 30 πλαίσια/s και ρυθμό μετάδοσης 80 Mbit/s. Ο οριζόντιος άξονας εκφράζει τα διάφορα προφίλ που καθορίζονται σε σχέση με τους τύπους πλαισίων που χρησιμοποιούμε, το ρυθμό δειγματοληψίας χρώματος και τον αριθμό των ρευμάτων. Σε αυτόν τον άξονα καθορίζονται συνολικά 5 προφίλ: το *απλό προφίλ (Simple Profile)*, το οποίο είναι μη κλιμακούμενο, δε χρησιμοποιεί πλαίσια B και εμφανίζει υποδειγματοληψία με ρυθμό 4:2:0, το *κύριο προφίλ (Main Profile)* που εμφανίζει υποδειγματοληψία με ρυθμό 4:2:0, το *προφίλ κλιμάκωσης SNR (SNR profile)* το οποίο υποστηρίζει κλιμακούμενο Signal-To-Noise ratio για τη συμπίεση των δεδομένων και εμφανίζει υποδειγματοληψία με ρυθμό 4:2:0, το *χωρικό προφίλ κλιμάκωσης (Spatial Profile)*, το οποίο χρησιμοποιεί χωρική κλιμάκωση για περαιτέρω συμπίεση του ρεύματος δειγματοληψίας και υποδειγματοληψία 4:2:0 και το *υψηλό προφίλ (High Profile)*, το οποίο χρησιμοποιεί υποδειγματοληψία 4:2:2 ή 4:2:0. Τα προφίλ που περιγράψαμε παραπάνω μπορούν να συνδυαστούν με κάποιο πρότυπο για τα πλαίσια του βίντεο και να καθοριστούν έτσι οι λεπτομέρειες της κωδικοποίησης του ρεύματος βίντεο. Σημαντικό είναι να τονίσουμε σε αυτό το σημείο ότι το MPEG - 2 καθορίζει ποιοι συνδυασμοί είναι επιτρεπτό να υλοποιηθούν, καθώς δεν επιτρέπει όλους τους δυνατούς συνδυασμούς. Κάθε δυνατός συνδυασμός καλύπτει τις ανάγκες μιας μεγάλης κατηγορίας εφαρμογών με κοινές ανάγκες. Για παράδειγμα, το DVD και η ψηφιακή δορυφορική τηλεόραση χρησιμοποιούν το *κύριο προφίλ (Main Profile)* με τα χαρακτηριστικά του βίντεο να αντιστοιχούν στο *κύριο επίπεδο (Main Level)*.

Επίπεδο/Όνομα προφίλ	Απλό Προφίλ	Κύριο Προφίλ	προφίλ κλιμάκωσης SNR	χωρικό προφίλ κλιμάκωσης	Υψηλό προφίλ
	όχι πλαίσια B	πλαίσια B			
	04:02:00				04:02:02
	μη κλιμακούμενο		κλιμακούμενο SNR	χωρική κλιμάκωση	
υψηλό επίπεδο		≤80 Mbit/s			≤100 Mbit/s
υψηλό επίπεδο 1440		≤60 Mbit/s		≤60 Mbit/s	≤80 Mbit/s
κύριο επίπεδο	≤15 Mbit/s	≤15 Mbit/s	≤15 Mbit/s		≤20 Mbit/s
χαμηλό επίπεδο		≤15 Mbit/s	≤15 Mbit/s		

Πίνακας 3.8: Προφίλ ποιότητας εικόνας του πρωτοκόλλου MPEG-2

3.3.2.4 Πρότυπο συμπίεσης ήχου

Όσον αφορά τον ήχο, το πρωτόκολλο MPEG-2 καθορίζει δύο νέα πρότυπα συμπίεσης με δυνατότητες πολυκαναλικού ήχου. Ο πρώτος αλγόριθμος συμπίεσης ονομάζεται MPEG -2 BC (MPEG-2 Backward Compatible) και καθορίζεται στο τρίτο κεφάλαιο του πρωτοκόλλου. Το όνομα του αλγορίθμου δεν είναι τυχαίο αλλά εκφράζει τη δυνατότητα που έχει ο συγκεκριμένος αλγόριθμος να είναι συμβατός με τον αλγόριθμο που καθορίστηκε στο MPEG – 1. Το πρότυπο παρέχει συνολικά μέχρι πέντε κανάλια εύρους ζώνης (αριστερό, δεξιό, κεντρικό και δύο κανάλια surround), συν ένα πρόσθετο κανάλι χαμηλής συχνότητας και μέχρι 7 κανάλια σχολιασμού πολλαπλών γλωσσών. Ο αλγόριθμος συμπίεσης επεκτείνει την κωδικοποίηση στερεοφωνικών και μονοφωνικών καναλιών με μισούς ρυθμούς δειγματοληψίας (16kHz, 22,05kHz και 24kHz), κάτι που βελτιώνει σημαντικά την ποιότητα στα 64 Kbit/s. ή λιγότερο ανά κανάλι. Το πρότυπο είναι καθοδικά συμβατό με το υπάρχον πρότυπο MPEG – 1 Audio Standard.

Το πρωτόκολλο επίσης καθορίζει και ένα ακόμα πρότυπο κωδικοποίησης στο έβδομο κεφάλαιο και το οποίο ονομάζεται Advanced Audio Coding. Οι λεπτομέρειες του AAC δεν υπήρχαν αρχικά στο MPEG – 2 και προστέθηκαν πολύ αργότερα το Σεπτέμβριο του 1998. Το πρότυπο αυτό είναι πρακτικά πολύ καλύτερο τόσο από τα πρότυπα του MPEG – 1 όσο και από το MPEG – 2 BC ως προς τη δυνατότητα συμπίεσης των δεδομένων ενώ μπορεί να χειριστεί πολύ περισσότερα ρεύματα τόσο από το MPEG – 1 όσο και από το MPEG – 2 BC. Συγκεκριμένα, το πρότυπο αυτό επιτρέπει το χειρισμό μέχρι 48 καναλιών εύρους ζώνης και 16 πρόσθετων καναλιών χαμηλής συχνότητας ενώ παράλληλα επιτρέπει το χειρισμό υψηλότερων συχνοτήτων δειγματοληψίας σε σχέση με το MP3 (96kHz σε σχέση με 48kHz). Αλγοριθμικά, η μόνη διαφορά μεταξύ του AAC και του MPEG – 1 είναι στον τρόπο εφαρμογής των διαφόρων φίλτρων, διαφορά η οποία επιτρέπει όμως στο AAC να έχει σε κάποιες περιπτώσεις έως και 50% καλύτερη συμπίεση.

3.3.2.5 Πρωτόκολλο DSM-CC

Στο πρωτόκολλο MPEG-2 επίσης παρουσιάζεται για πρώτη φορά και ένα πρότυπο για την ανάπτυξη καναλιών ελέγχου τόσο για ρεύματα MPEG-2 όσο και για ρεύματα MPEG-1. Το πρότυπο αυτό παρουσιάζεται στο έκτο κεφάλαιο του MPEG-2 και παρουσιάζει ένα μοντέλο client/server το οποίο χρησιμοποιεί για τη σύνδεσή του είτε το ρεύμα δεδομένων του MPEG είτε κάποιου άλλου ανεξάρτητου δικτύου. Η δυνατότητα αυτή αρχικά χρησιμοποιήθηκε για τον απομακρυσμένο έλεγχο της λήψης του βίντεο δίνοντας δυνατότητες παρόμοιες με αυτές ενός VCR (play, pause, fastforward etc), στη συνέχεια όμως το πρότυπο επεκτάθηκε και τώρα περιλαμβάνει μία πληθώρα δυνατοτήτων όπως απομακρυσμένη κλήση συναρτήσεων (RPC), κατέβασμα προγραμμάτων κ.α. Η αρχιτεκτονική του προτύπου περιλαμβάνει 3 οντότητες: τον *πελάτη*, τον *εξυπηρετητή*, και το *διαχειριστή πόρων* (*Session Resource Manager*). Σε μια γενική άποψη του πως αλληλεπιδρούν μεταξύ τους αυτές οι τρεις οντότητες μπορούμε να πούμε ότι ο εξυπηρετητής παρέχει κάποιες υπηρεσίες στον πελάτη, ενώ και οι δύο είναι “πελάτες” στον SRM. Το SRM με τη σειρά του είναι υπεύθυνο για την κατανομή και διαχείριση των πόρων του δικτύου στους πελάτες. Το πρότυπο που παρουσιάζεται στο MPEG δίνει αρκετές δυνατότητες προς υλοποίηση από κάποια εφαρμογή, οι οποίες όμως δεν της είναι όλες απαραίτητες για να είναι λειτουργική και είναι θέμα της εφαρμογής ποιες δυνατότητες χρειάζεται να αναπτύξει.

Γενικά το DSM-CC αναπτύσσει πέντε βασικά πρωτόκολλα επικοινωνίας:

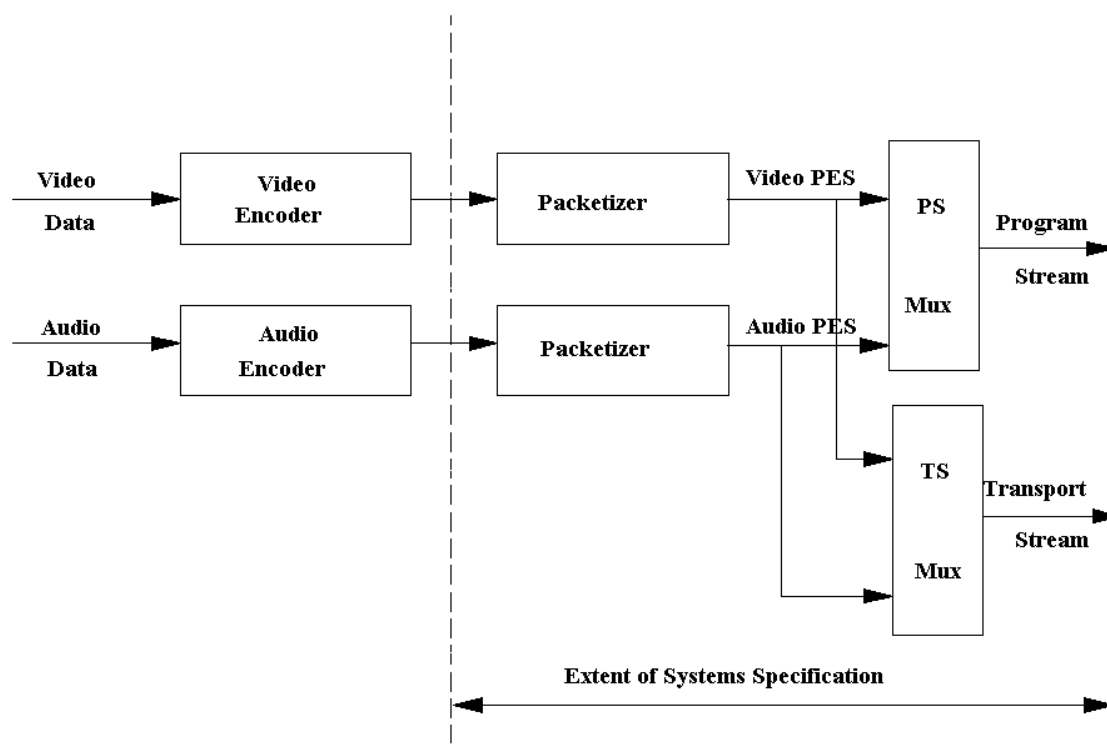
- **Χρήστη με Χρήστη:** Το πρωτόκολλο αυτό καθορίζει τις λεπτομέρειες υλοποίησης της δυνατότητας απομακρυσμένης πρόσβασης από τον πελάτη στα αντικείμενα του εξυπηρετητή.
- **Χρήστη με Δίκτυο:** Το πρωτόκολλο αυτό αφορά την επικοινωνία των πελατών και των εξυπηρετητών με το SRM. Χρησιμοποιείται για τη δέσμευση δικτυακών πόρων και τη συσχέτιση των πόρων με κάποια συνεδρία.
- **Προφίλ μετάδοσης MPEG:** Το πρωτόκολλο αυτό καθορίζει κάποια προφίλ για τη μετάδοση των διαφόρων μηνυμάτων DSM-CC.
- **Download:** Το πρωτόκολλο αυτό, με διάφορες διαφοροποιήσεις, καθορίζει τις λεπτομέρειες της μεταφοράς δεδομένων από τον εξυπηρετητή σε κάποιο πελάτη, είτε μέσω του υπάρχοντος ρεύματος δεδομένων του MPEG, είτε μέσω κάποιου ξεχωριστού διαύλου.
- **Switched Digital Broadcast – Channel Change Protocol (SDB/CCP):** Το πρωτόκολλο αυτό καθορίζει τις λεπτομέρειες για τη δυνατότητα αλλαγής καναλιού λήψης για το ρεύμα δεδομένων του MPEG. Το πρωτόκολλο αυτό επιτρέπει στον εξυπηρετητή να γνωρίζει ποιοι πελάτες λαμβάνουν δεδομένα σε κάθε κανάλι και είναι αρκετά χρήσιμο στην περίπτωση υπηρεσιών pay-per-view.

3.3.3 MPEG σύστημα

Το MPEG – 2 όπως είδαμε και παραπάνω καθορίζει ένα πρότυπο για την πολύπλεξη ενός ή περισσοτέρων στοιχειωδών ρευμάτων ήχου και βίντεο, καθώς και άλλων δεδομένων, μιας παρουσίασης σε ένα ή περισσότερα ρεύματα κατάλληλα για αποθήκευση ή μετάδοση . Οι λεπτομέρειες για τον τρόπο λειτουργίας της πολύπλεξης

του MPEG – 2 καθορίζονται στο πρώτο κεφάλαιο του πρωτοκόλλου. Η χρήση του προτύπου MPEG – 2 για την πολύπλεξη δε απαιτεί η κωδικοποίηση ή η συμπίεση των δεδομένων των ρευμάτων να έχει γίνει σύμφωνα με το πρότυπο του MPEG – 2 αλλά μπορεί να έχει χρησιμοποιηθεί οποιοσδήποτε συμβατός αλγόριθμος συμπίεσης. Τη δυνατότητα αυτή χρησιμοποιούμε εκτενώς και στην παρούσα εφαρμογή, καθώς η συμπίεση του ρεύματος βίντεο γίνεται με βάση το πρότυπο H.264 το οποίο είναι νεότερο του MPEG – 2 και μας δίνει καλύτερη ποιότητα εικόνας σε χαμηλότερο ρυθμό μετάδοσης, με μεγαλύτερες όμως από την άλλη πλευρά απαιτήσεις σε CPU.

Η διαδικασία πολύπλεξης των επί μέρους ρευμάτων ακολουθεί μια στρωματική προσέγγιση δύο επιπέδων και παρουσιάζεται διαγραμματικά στην εικόνα 3.9. Στην πρώτη φάση της διαδικασίας πολύπλεξης του MPEG – 2, το σύστημα παράγει ένα ρεύμα πακέτων που ονομάζεται συσκευασμένο στοιχειώδες ρεύμα (Packetized Elementary Stream) για κάθε στοιχειώδες ρεύμα δεδομένων (Elementary Stream). Σε γενικές γραμμές ένα στοιχειώδες ρεύμα είναι ένα ρεύμα συμπιεσμένου ήχου, εικόνας ή και απλών δεδομένων. Συνήθως, προκύπτει από την έξοδο κάποιου κωδικοποιητή και τα δεδομένα είναι αποκλειστικά ενός τύπου. Τα Στοιχειώδη ρεύματα που αφορούν ήχο ή εικόνα γενικά είναι οργανωμένα σε μονάδες πρόσβασης (access units). Μία μονάδα πρόσβασης αναπαριστά μία θεμελιώδη μονάδα κωδικοποίησης. Κάτι τέτοιο για το ρεύμα βίντεο μπορεί να είναι ένα πλαίσιο, ενώ για το ρεύμα ήχου μπορεί να είναι κάποια κομμάτι δεδομένης διάρκειας.



Εικόνα 3.9: MPEG Σύστημα

Κάθε Elementary stream καταλήγει σε ένα MPEG – 2 επεξεργαστή ο οποίος συγκεντρώνει τα δεδομένα και δημιουργεί το συσκευασμένο στοιχειώδες ρεύμα (Packetized Elementary Stream). Το ρεύμα PES είναι μία λογική κατασκευή που είναι

χρήσιμη μόνο στις υλοποιήσεις του πρωτοκόλλου και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μετάδοση ή αποθήκευση ενός μέσου. Το κάθε πακέτο PES, που προκύπτει από τον επεξεργαστή, μπορεί να ποικίλει ως προς το μέγεθος αλλά δε μπορεί να είναι μεγαλύτερο από 65 Kb, ενώ περιλαμβάνει και μία επικεφαλίδα 8 byte τουλάχιστον. Η δομή ενός PES πακέτου εμφανίζεται στην εικόνα 3. Η επικεφαλίδα του αποτελείται από τα εξής πεδία:

- **Start Code:** Το πρώτα 3 bytes ενός πακέτου PES είναι ίδια για κάθε πακέτο και χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν την αρχή του πακέτου. Η τιμή λοιπόν αυτή για κάθε πακέτο είναι 0x000001.
- **Stream ID:** Το stream_id πεδίο ενός πακέτου PES περιγράφει το στοιχειώδες ρεύμα στο οποίο ανήκουν τα περιεχόμενα του πακέτου. Γενικά ισχύει ότι οι κωδικοί που αρχίζουν από 110x xxxx αντιστοιχούν σε ρεύματα ήχου, οι κωδικοί 1110 xxxx αντιστοιχούν σε video και ο κωδικός 1111 0010 αντιστοιχεί σε πακέτο ελέγχου του ρεύματος, όπως περιγράφεται στο έκτο κεφάλαιο του MPEG – 2 για το DSM-CC.
- **PES_packet_length:** Το πεδίο αυτό έχει μέγεθος 16 bit και καθορίζει τον αριθμό bytes που αποτελούν το πακέτο. Το μέτρημα των bytes ξεκινά μετά από το τελευταίο bit του πεδίου αυτού. Μια ειδική περίπτωση για το πεδίο είναι η τιμή 10, που αντιστοιχεί στην περίπτωση στην οποία το πακέτο δεν έχει συγκεκριμένο μέγεθος, και επιτρέπεται μόνο σε PES πακέτα τα οποία προκύπτουν από κάποιο στοιχειώδες ρεύμα βίντεο και πρόκειται να μετασχηματιστούν σε ρεύμα μεταφοράς.
- **PES Scrambling Control(PSC):** Το πεδίο αυτό έχει μέγεθος 2 bit και καθορίζει αν το πακέτο μας είναι κρυπτογραφημένο ή όχι. Η κρυπτογράφηση αφορά μόνο το επίπεδο του ρεύματος του PES και δεν καθορίζει τι θα γίνει στα επόμενα επίπεδα. Η κρυπτογράφηση εφαρμόζεται μόνο στα δεδομένα του πακέτου και όχι στην επικεφαλίδα του. Η τιμή 00 του πεδίου καθορίζει ότι το πακέτο δεν έχει κρυπτογραφηθεί, ενώ οι υπόλοιπες τιμές αφήνουν ελεύθερη την ερμηνεία τους στην υλοποίηση του πρωτοκόλλου.
- **PES Priority (PP):** Το πεδίο αυτό καθορίζει τη προτεραιότητα του πακέτου και έχει μέγεθος ένα bit. Μία τιμή 1 σημαίνει ότι το πεδίο έχει υψηλότερη προτεραιότητα. Η ερμηνεία της τιμής του πεδίου χρησιμοποιείται από τον αποπλέκτη του συστήματος κατά τη δημιουργία του θεμελιώδους ρεύματος.
- **Data Alignment Indicator (DAI) :** Το πεδίο αυτό έχει μέγεθος 1 bit και καθορίζει αν το περιεχόμενο του πακέτου ξεκινά με το start code του video μας ή το syncword του ρεύματος ήχου.
- **Copyright Information (CI):** Το πεδίο αυτό έχει μέγεθος 1 bit και καθορίζει αν το περιεχόμενο του ρεύματος προστατεύεται από κάποιο copyright. Η περιγραφή του copyright περιλαμβάνεται σε ειδικούς πίνακες που μπορεί να χρησιμοποιεί μία εφαρμογή για να επεκτείνει τις δυνατότητες του MPEG – 2 πρωτοκόλλου.
- **Original Or Copy:** Το πεδίο αυτό καθορίζει αν το περιεχόμενο του ρεύματος πακέτων είναι το πρωτότυπο ή κάποιο αντίγραφο ενός αρχικού ρεύματος. Η τιμή 1 αντιστοιχεί στην περίπτωση που το ρεύμα είναι το πρωτότυπο και η τιμή 0 στην περίπτωση που το ρεύμα είναι αντίγραφο.
- **PTS DTS flags:** Το πεδίο αυτό έχει μέγεθος 2 bit και καθορίζει αν στο πακέτο περιέχονται πληροφορίες για το πότε θα πρέπει να γίνει η αποπολύπλεξη και η

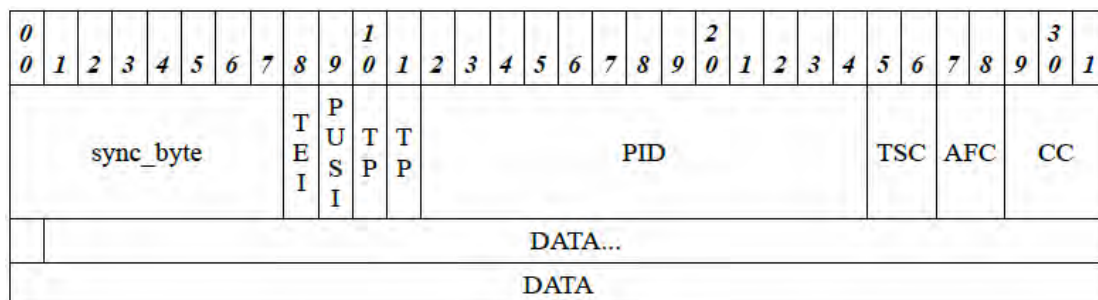
Το *ρεύμα προγράμματος* (*Program Stream*) του MPEG-2 είναι ανάλογο του στρώματος συστήματος (*system layer*) του MPEG – 1. Το αποτέλεσμά του είναι ο συνδυασμός ενός ή περισσοτέρων ρευμάτων PES πακέτων με κοινό μετρητή χρόνο σε ένα και μοναδικό ρεύμα. Αυτό το ρεύμα δεδομένων χρησιμοποιείται συνήθως σε περιβάλλοντα σχετικά με πολύ μικρή πιθανότητα σφάλματος και είναι κατάλληλο για εφαρμογές που ασχολούνται με επεξεργασία των πληροφοριών του ρεύματος όπως διαδραστικές πολυμεσικές εφαρμογές.

Τα πακέτα ρεύματος προγράμματος είναι μεταβλητού μεγέθους. Σε αυτά συνήθως περιλαμβάνονται πληροφορίες χρονισμού οι οποίες χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν από το σύστημα μια σταθερή καθυστέρηση κατά τη μεταφορά των πακέτων από την είσοδο του κωδικοποιητή στην έξοδο του αποκωδικοποιητή. Ένα πακέτο ρεύματος προγράμματος αποτελείται από πολλά επιμέρους πακέτα PES τα οποία έχουν κοινό χρόνο. Γενικά η δομή ενός πακέτου του ρεύματος προγράμματος εμφανίζεται και στην εικόνα 3.2.3.3. Βλέπουμε ότι κάθε πακέτο αποτελείται από μία επικεφαλίδα και διάφορα PES πακέτα. Η επικεφαλίδα έχει μέγεθος 15 bytes και αποτελείται από τα εξής πεδία:

- **pack start code:** Το πεδίο αυτό έχει μέγεθος 4 byte και είναι μια σταθερά που καθορίζει την αρχή ενός πακέτου ρεύματος προγράμματος.
- **System Clock Reference:** Το πεδίο αυτό έχει μέγεθος 42 bit και χρησιμοποιείται από το πρότυπο για τον καθορισμό του χρόνου κατά τον οποίο θα πρέπει το τελευταίο bit του πακέτου να έχει φτάσει στην είσοδο του αποκωδικοποιητή.
- **Program Mux Rate:** Πρόκειται για ένα πεδίο 22 bit το οποίο καθορίζει το ρυθμό πολύπλεξης που είχε το σύστημα κατά την επεξεργασία του πακέτου. Το πεδίο αυτό χρησιμοποιεί ως μονάδα μέτρησης τα 50 bytes/second.
- **Pack Stuffing Length & Stuffing Byte:** Το πεδίο Pack Stuffing Length έχει μέγεθος 3 bit και καθορίζει τον αριθμό bit που περιλαμβάνει το πεδίο Stuffing Byte. Το πεδίο αυτό χρησιμοποιείται από τον κωδικοποιητή για την τροποποίηση του πακέτου ώστε να καλύπτει τις ανάγκες του καναλιού μετάδοσης του πακέτου. Τα πεδία αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το σύστημα για παράδειγμα για να στρογγυλοποιήσουν το μέγεθος του πακέτου ώστε το μέγεθός του πακέτου σε bit να είναι πολλαπλάσιο του 8. Το πεδίο αυτό δε μπορεί να έχει κάποια ειδική ερμηνεία από το σύστημα και αφαιρείται από το πακέτο κατά την επεξεργασία του πακέτου από τον αποκωδικοποιητή.
- **Marker Bit:** Το πεδίο αυτό έχει μέγεθος 1 bit και χρησιμοποιείται από το σύστημα για τη στοίχιση των πεδίων του πακέτου. Η τιμή του είναι πάντα 1.
- **System Header:** Το πεδίο αυτό έχει μέγεθος 12 byte και περιλαμβάνει πληροφορίες που αφορούν τη λειτουργία του συστήματος. Η πληροφορία αυτή δεν περιλαμβάνεται σε κάθε πακέτο, αλλά εκπέμπεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα από τον κωδικοποιητή.

- **Transport Priority:** Η σημαία αυτή καθορίζει την προτεραιότητα πακέτου ανάμεσα στα πακέτα του ίδιου ρεύματος προγράμματος. Μία τιμή 1 καθορίζει μεγάλη προτεραιότητα για τα δεδομένα του πακέτου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον αποκωδικοποιητή του συστήματος για τη διαχείριση των δεδομένων ενός στοιχειώδους ρεύματος.
- **PID:** Το πεδίο αυτό έχει μέγεθος 13 bit και καθορίζει το είδος των δεδομένων που μεταφέρει το πακέτο. Η τιμή του πεδίου αυτού μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνεργασία με τους πίνακες του ρεύματος για να καθοριστεί σε ποιο ακριβώς στοιχειώδες ρεύμα αντιστοιχούν τα δεδομένα που μεταφέρει το πακέτο.
- **Transport Scrambling Control:** Το πεδίο αυτό έχει μέγεθος 2 bit και χρησιμοποιείται για να καθοριστεί αν τα δεδομένα του πακέτου είναι κρυπτογραφημένα ή όχι. Η κρυπτογράφηση αφορά αποκλειστικά και μόνο τα δεδομένα του πακέτου και σε καμία περίπτωση την επικεφαλίδα.
- **Adaptation Field Control:** Το πεδίο αυτό έχει μέγεθος 2 bit και καθορίζει τι ακριβώς περιλαμβάνεται μετά το τέλος της επικεφαλίδας. Το πρώτο bit καθορίζει αν μετά το τέλος της επικεφαλίδας περιλαμβάνεται ένα πεδίο adaptation. Το πεδίο adaptation έχει μεταβλητό μέγεθος και περιλαμβάνει διάφορες πληροφορίες. Ένα από τα πιο σημαντικά πεδία είναι το PCR (Program Clock Reference) με βάση το οποίο η εφαρμογή μας καθορίζει τα σημεία στα οποία θα πρέπει να γίνει αλλαγή κλειδιού κρυπτογράφησης. Το δεύτερο bit του πεδίου καθορίζει αν τα πακέτα περιέχει δεδομένα ή είναι κενό.
- **Continuity Counter:** Το πεδίο αυτό είναι ένας μετρητής 4 bit ο οποίος αυξάνεται κατά ένα κάθε φορά που αποστέλλεται ένα νέο πακέτο με κάποιο συγκεκριμένο PID. Το πεδίο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανακάλυψη τυχόν σφαλμάτων αποστολής.

Το ρεύμα προγράμματος και το ρεύμα μετάδοσης έχουν σχεδιαστεί για διαφορετικά είδη εφαρμογών. Είναι δυνατόν και λογικό να μπορούμε να μετατρέψουμε ένα είδος ρεύματος σε κάποιο άλλο καθώς το ένα ρεύμα δεν είναι υποσύνολο του άλλου. Για τη μετατροπή των ρευμάτων μια εφαρμογή μπορεί να χρησιμοποιήσει την κοινή δομή των PES πακέτων. Βέβαια, οι πληροφορίες που περιέχονται σε ένα πακέτο του ρεύματος προγράμματος δεν είναι δυνατόν να αποκτηθούν άμεσα από τις πληροφορίες των επικεφαλίδων των πακέτων ρεύματος μετάδοσης, αλλά μπορούν να δημιουργηθούν από κάποια περαιτέρω επεξεργασία των πακέτων.



Εικόνα 3.12: Πακέτο Transport Stream

Στο πρώτο κεφάλαιο του πρωτοκόλλου MPEG-2 ιδιαίτερη μνεία γίνεται και για τον συγχρονισμό των διαφόρων ρευμάτων. Η λειτουργία αυτή είναι αρκετά σημαντική αφενός για τη σωστή αναπαραγωγή των παρουσιάσεων, αλλά παράλληλα η εφαρμογή μας χρησιμοποιεί τις πληροφορίες χρονισμού που μεταδίδονται για τον υπολογισμό των χρονικών στιγμών που οι πελάτες θα πρέπει να ζητήσουν το επόμενο κλειδί

κρυπτογράφησης. Για το συγχρονισμό των επιμέρους ρευμάτων κάθε υλοποίηση του πρωτοκόλλου θέτει κάποια μέγιστα κατώφλια για τη μετάδοση και ανάκτηση πακέτων, τόσο του ρεύματος του προγράμματος, όσο και του ρεύματος μεταφοράς. Συγκεκριμένα, το κατώφλι θα πρέπει να καθορίζει το μέγιστο επιτρεπτό χρόνο που απαιτείται για τη συμπίεση του ρεύματος, την τοπική αποθήκευση, την πολύπλεξη, τη μετάδοση ή την αποθήκευση, την αποπολύπλεξη, την αποκωδικοποίηση και την αναπαραγωγή του ρεύματος. Για το λόγο αυτό λοιπόν το πρωτόκολλο καθορίζει ότι σε κάθε τύπου πακέτου θα πρέπει περιλαμβάνονται πληροφορίες που αφορούν χρόνο και οι οποίες χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της καθυστέρησης από άκρη σε άκρη. Ο υπολογισμός των χρόνων γίνεται με τη βοήθεια ενός κοινού συστήματος μέτρησης χρόνου, το οποίο ονομάζεται *Ρολόι Συστήματος (System Time Clock)*. Με βάση αυτό το ρολόι το πρωτόκολλο εισάγει σε κάθε πακέτο PES ένα πεδίο Σφραγίδας Χρόνου Παρουσίασης (*Presentation Time Stamps*). Οι σφραγίδες αυτές καθορίζουν το χρόνο αναπαραγωγής ενός πακέτου με βάσει ένα ρολόι παλμών 90 kHz. Όπως είδαμε και παραπάνω το πρωτόκολλο αναπτύσσει περαιτέρω τα όρια μετάδοσης δεδομένων εισάγοντας κάποια extra πεδία στα πακέτα των ρευμάτων, τα οποία καθορίζουν επακριβώς τους χρόνους που θα πρέπει να φτάσουν τα δεδομένα στο κάθε επίπεδο του πρωτοκόλλου. Έτσι λοιπόν έχουμε το πεδίο αναφοράς Ρολογιού προγράμματος (*Program Clock Reference*) και το προαιρετικό πεδίο Αναφοράς Ρολογιού Στοιχειώδους Ρεύματος (*Elementary Stream Clock Reference*) για το ρεύμα προγράμματος και το πεδίο Αναφοράς Ρολογιού Συστήματος (*System Clock Reference*) για το ρεύμα μεταφοράς. Τα πεδία αυτά καθορίζουν το μέγιστο επιτρεπτό χρόνο που μπορεί να κάνει το πακέτο μέχρι την είσοδό του στον αποκωδικοποιητή.

3.3.4 MPEG-4 πρότυπο

3.3.4.1 Το πρότυπο MPEG4

Το MPEG-4 είναι το νέο πρότυπο παγκόσμιας εμβέλειας για τη δημιουργία πολυμέσων, τη διάθεση και την αναπαραγωγή τους στο Ίντερνετ. Το MPEG-1 έφερε επανάσταση στη βιομηχανία των CD, το MPEG-2 σχεδιάστηκε για την ανάπτυξη των DVD και το MPEG-4 έφερε επανάσταση στο διαδίκτυο. Χρησιμοποιείται στα κινητά μέχρι και τη δορυφορική τηλεόραση.

Το MPEG-4 σχεδιάστηκε από την εργαζόμενη ομάδα της βραβευμένης με EMMY επιτροπής MPEG (*MOVING PICTURE EXPERT GROUP*) μέσα στα πλαίσια του διεθνούς οργανισμού προτυποποίησης (ISO), που προδιέγραψε τα γνωστά πρότυπα MPEG-1, MPEG-2. Το MPEG-4 είναι αποτέλεσμα συλλογικής διεθνούς προσπάθειας, που περιλαμβάνει εκατοντάδες ερευνητές και τεχνικούς. Η επίσημη ονομασία του είναι ISO/IEC 14496 και ολοκληρώθηκε τον Οκτώβριο του 1998. Στις αρχές του 1999 έγινε διεθνές πρότυπο. Δημιουργήθηκαν και κάποιες νέες επεκτάσεις, που πήραν την ονομασία MPEG-4 VERSION 2 και μέχρι σήμερα συνεχώς εξειδικεύεται και δεν έχει σταματήσει να αναπτύσσεται.

Τα πεδία στα οποία λειτουργεί το MPEG-4 είναι 2:

- Ψηφιακές τηλεοράσεις
- Αλληλεπιδραστικά πολυμέσα και γραφικά

Το MPEG-4 είναι ένα ανοικτό πρότυπο, που παρουσιάζει τη δουλειά πολλών χρόνων μοιρασμένη από εκατοντάδες εταιρείες. Είναι δύσκολο άλλη τεχνολογία να αναπτυχθεί σε τέτοιο βάθος και να υποστηριχτεί από τόσες εταιρείες. Ακόμα οι χρήστες δείχνουν τεράστια εμπιστοσύνη στο πρότυπο αυτό για να ικανοποιήσουν τις ανάγκες τους. Είναι το μόνο ανοικτό πρότυπο, που μπορεί να εκμεταλλευτεί τις δυνατότητες, που προσφέρει η ψηφιακή επανάσταση.

Το MPEG-4 αναπτύσσει την συμπίεση του ήχου και του βίντεο, επιτρέποντας τη μεταφορά των δεδομένων στο δίκτυο με υψηλή ποιότητα. Είναι ένα ανοικτό εργαλείο για τη δημιουργία αποκωδικοποιητών του περιεχομένου των πολυμέσων. Προσφέρει ένα πρότυπο πλαίσιο για διάφορες μορφές πολυμέσων, όπως κείμενο, φωτογραφίες, κινούμενα σχέδια δυδιάστατα και τρισδιάστατα αντικείμενα, το οποίο παρουσιάζεται σε διάφορες εμπειρίες είτε ατομικές είτε ομαδικές. Προσφέρει επίσης μια ποικιλία προφίλ για εξειδικευμένες εφαρμογές, έτσι ώστε οι χρήστες να διευκολύνονται, καθώς περιορίζονται στην απλή εφαρμογή των προφίλ αυτών και δεν είναι ανάγκη να προβούν σε εξειδικευμένες ενέργειες.

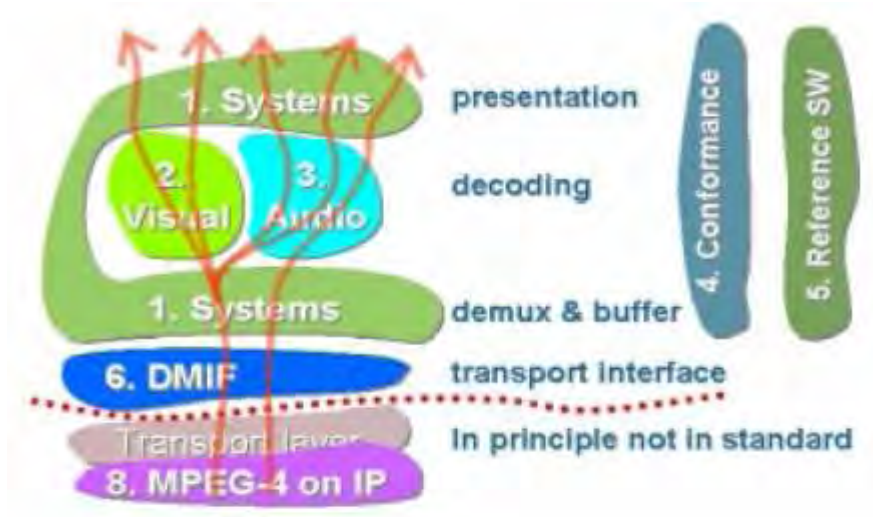
Η τεχνολογία του MPEG-4 μεταφέρει εύκολα στο διαδίκτυο τις διάφορες εφαρμογές των πολυμέσων σε όχι απαραίτητα υψηλές ταχύτητες. Το λογισμικά, που εφαρμόζουν το MPEG-4 είναι ελεύθερα στο Ίντερνετ για χρήση με κάποιους κανόνες και άδειες χρήσης.

3.3.4.2 Τα βασικά μέρη του προτύπου MPEG-4

Το MPEG-4 αποτελείται από στενά συνδεδεμένα μέρη που μπορούν να εφαρμοστούν χωριστά ή να συνδυαστούν με άλλα μέρη.

Η βασική δομή αποτελείται από τα:

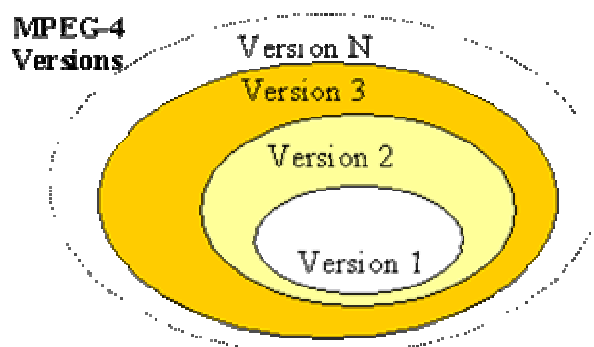
- Συστήματα(Systems)
- Οπτική μορφή(Visual)
- Ήχο(Audio)
- Προσαρμογή(Conformance): διευκρινίζει πως να δοκιμάσουμε μια εφαρμογή του MPEG-4.
- Αναφορά Λογισμικού(Reference Software): μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ξεκινήσουμε την εφαρμογή του προτύπου.
- DMIF (Delivery Multimedia Integration Framework): προδιαγράφει μια διεπαφή μεταξύ εφαρμογής και δικτύου/ αποθετηρίου.
- Προδιαγραφή ενός βελτιωμένου κωδικοποιητή βίντεο(είναι πρόσθετο της Αναφοράς Λογισμικού, το οποίο είναι σωστό, αλλά δεν είναι απαραίτητα μια βελτιωμένη εφαρμογή του προτύπου.)
- Η μεταφορά δεδομένων είναι η βασική αρχή του προτύπου αλλά δεν είναι προδιαγεγραμμένη. Το 8 μέρος προδιαγράφει πως να χαρτογραφήσουμε τη ροή δεδομένων του MPEG-4 σε μεταφορά στο Ίντερνετ.



Εικόνα 3.13 : Τα μέρη του MPEG-4. Τα βέλη καταδεικνύουν την ροή των δεδομένων διαμέσω του συστήματος MPEG-4

3.3.4.3 Εκδόσεις του MPEG4

Η πρώτη έκδοση εγκρίθηκε το Δεκέμβριο του 1998, ενώ η δεύτερη έκδοση σταμάτησε το Δεκέμβριο του 1999 και ολοκληρώθηκε στις αρχές του 2000. Μετά από αυτές τις κύριες εκδόσεις, προστέθηκαν κι άλλα εργαλεία, δηλαδή μικρές βελτιώσεις που θα μπορούσαν να θεωρηθούν σαν εκδόσεις. Δεν είναι τόσο σημαντική η αναγνώριση των εκδόσεων, όσο ο διαχωρισμός των προφίλ του προτύπου. Το προφίλ είναι πολύ σημαντικό γιατί η τεχνολογία προστίθεται πάντα στο MPEG-4 σε μορφή νέων προφίλ. Το παρακάτω σχήμα δείχνει τη σχέση μεταξύ των εκδόσεων.



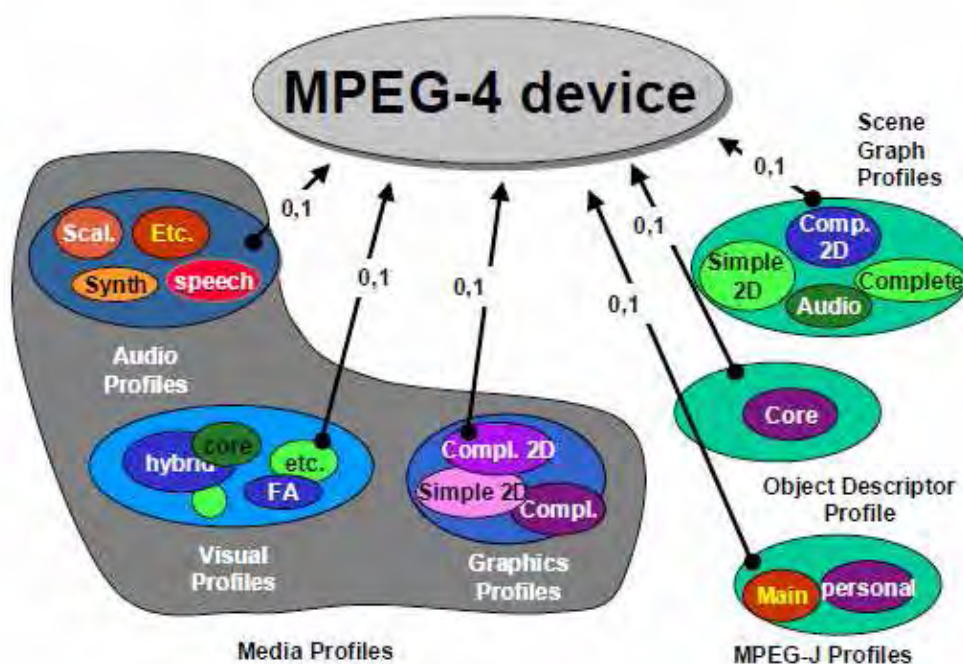
Εικόνα 3.14: Εκδόσεις του MPEG-4 προτύπου

Η δεύτερη έκδοση είναι συμβατή επέκταση της πρώτης και η τρίτη είναι συμβατή επέκταση της δεύτερης και ούτω καθεξής. Το μεγάλο πλεονέκτημα είναι ότι οι εκδόσεις μεταξύ τους αλληλοσυνδέονται και δεν υπάρχει κάποια αλλαγή, παρά μόνο προστίθενται νέα προφίλ που δεν αντικαθιστούν τα ήδη υπάρχοντα.

3.3.4.4 Προφίλ και επίπεδα

Το MPEG-4 αποτελείται από ένα μεγάλο αριθμό εργαλείων, τα οποία δεν είναι χρήσιμα σε όλες τις εφαρμογές. Υπάρχουν λοιπόν τα λεγόμενα προφίλ για την οργάνωση των εργαλείων. Για παράδειγμα το MPEG-4 Advanced Simple Visual Profile περιέχει ¼ αποκατάσταση της κίνησης, B-frames, αλλά δεν περιέχει σχηματοποιημένο κωδικοποιημένο βίντεο.

Τα προφίλ επιτρέπουν στους χρήστες να διαλέξουν το κατάλληλο από μια ποικιλία εργαλείων για να εκτελέσουν τη λειτουργία που επιθυμούν. Τα προφίλ υπάρχουν σε ένα αριθμό επιπέδων, που παρέχουν έναν τρόπο να περιορίσουν την πολυπλοκότητα των υπολογιστών.



Εικόνα 3.15: Προφίλ και επίπεδα

3.3.4.5 Πλεονεκτήματα του MPEG4

Η παράγραφος αυτή είναι μια γενική επισκόπηση των τεχνικών πλεονεκτημάτων του MPEG-4 και παρουσιάζει τις τελευταίες πληροφορίες για τις επεκτάσεις και αναβαθμίσεις του προτύπου.

Ο καλύτερος τρόπος για να καταλάβουμε τις δυνατότητες του MPEG-4 είναι με τη σύγκριση με το MPEG-2. Στο MPEG-2 το περιεχόμενο δημιουργείται από πολλές πηγές όπως κινούμενο βίντεο, γραφικά, κείμενο. Μετά τη συγκρότησή τους σε ένα σχέδιο από εικονοστοιχεία, κωδικοποιούνται όλα, ανεξαρτήτως μορφής σε εικονοστοιχεία κινούμενου βίντεο. Από την πλευρά του καταναλωτή η αποκωδικοποίηση είναι ένα άμεσο εγχείρημα.

Το MPEG-2 είναι μία στατική μηχανή παρουσίασης.. Για παράδειγμα σε ένα ρεπορτάζ των ειδήσεων το οποίο είναι ζωντανό, αν χρειαστεί να ξαναπροβληθεί, τα στοιχεία παραμένουν ίδια και θα εμφανίζεται η λέξη «ζωντανό» ακόμα και αν έχει περάσουν μέρες. Έχεις τη δυνατότητα να προσθέσεις γραφικά και άλλα στοιχεία αλλά δεν υπάρχει τρόπος να τα σβήσεις.

Από την άλλη πλευρά το MPEG-4 είναι δυναμικό εκεί που στατικό το MPEG-2. Διαφορετικά αντικείμενα μπορούν να κωδικοποιηθούν και να μεταδοθούν χωριστά από τον κωδικοποιητή και σε δική τους ροή. Η σύνθεση τους πραγματοποιείται μετά την αποκωδικοποίηση. Για να επιτευχθεί αυτή η σύνθεση το MPEG-4 περιλαμβάνει μια ειδική γλώσσα περιγραφής σκηνών, αποκαλούμενη BIFS (Binary Format for Scenes).

Η γλώσσα BIFS δεν περιγράφει μόνο το πότε και πού τα αντικείμενα θα εμφανιστούν στη σκηνή, αλλά περιγράφει και συμπεριφορά (κάνει ένα αντικείμενο να στριφογυρίσει) ακόμα και συμπεριφορά υπό συνθήκες, όπως για παράδειγμα αντικείμενα που αντιδρούν σε καταστάσεις. Αυτό παρουσιάζει την αλληλεπιδραστικότητα του MPEG-4. Όλα τα αντικείμενα μπορούν να κωδικοποιηθούν με δικό τους σχήμα κωδικών – το βίντεο κωδικοποιείται σαν βίντεο, το κείμενο σαν κείμενο, τα γραφικά σαν γραφικά – αντί να θεωρούνται όλα τα εικονοστοιχεία σαν κινούμενο βίντεο, που συχνά δεν είναι.

Όλοι οι κωδικοποιητές στο MPEG-4 βελτιώνονται για τους κατάλληλους τύπους δεδομένων και το MPEG-4 περιλαμβάνει αποτελεσματικούς κωδικοποιητές για ήχο, ομιλία, βίντεο και ακόμα και σύνθετο περιεχόμενο όπως κινούμενα πρόσωπα και σώματα.

3.3.4.6 Αποδοχή του MPEG-4

Το MPEG-4 είναι το πρότυπο που γίνεται αποδεκτό από τα περισσότερα λογισμικά για την αναπαραγωγή πολυμέσων. Έχει πλέον ξεπεράσει τα όρια της κλασσικής βιομηχανίας. Είναι πρότυπο που χρησιμοποιείται ευρέως στο Internet, κυρίως στις ψηφιακές βιβλιοθήκες πολυμέσων, ειδικά σε μορφή βίντεο. Έχει ήδη γίνει καθιερωμένο πρότυπο για όλες τις συσκευές, που χρησιμοποιούν πολυμεσικές εφαρμογές μικρής χωρητικότητας αλλά αξιόλογης ποιότητας, όπως είναι τα κινητά τρίτης γενιάς. χρησιμοποιείται σε όλα τα λογισμικά είτε της Microsoft είτε άλλης εταιρείας. Η εξέλιξη αυτή είναι ένα δείγμα πόσο έχει εξαπλωθεί το πρότυπο αυτό. Εκτελείται σε εφαρμογές όπως Quicktime 6 και το Media Player της Microsoft που είναι από τα πιο διαδεδομένα και πιο εύχρηστα προγράμματα στο χώρο των υπολογιστών. Χρησιμοποιείται ακόμα και σε φορητές συσκευές των υπολογιστών, όπως είναι τα PDA, συσκευές ιδιαίτερα χρήσιμες για την εύκολη μεταφορά προσωπικών δεδομένων.

Το MPEG-4 δεν περιορίζεται μόνο στο χώρο των υπολογιστών αλλά εμπλέκεται σε όλες τις συσκευές ψυχαγωγίας. Χρησιμοποιείται στις ψηφιακές τηλεοράσεις και τις ψηφιακές κάμερες σε συνδυασμό με τα προϋπάρχοντα πρότυπα MPEG-1 και MPEG-2. Θεωρείται, ύστερα από στατιστική έρευνα, ως το αποθηκευτικό μέσο της επόμενης γενιάς.

3.3.5 MPEG-7 πρότυπο

3.3.5.1 Χώρος ενδιαφερόντων του MPEG-7

Ενώ τα προηγούμενα πρότυπα του MPEG είχαν ως στόχο την καλύτερη παρουσίαση και αναπαράσταση της πληροφορίας, ο στόχος του MPEG-7 είναι να παρέχει ένα προτυποποιημένο περιβάλλον για την περιγραφή της πληροφορίας αυτής. Στόχος δηλαδή είναι η πλήρης περιγραφή της πολυμεσικής πληροφορίας, τα μετα-δεδομένα («τα δεδομένα για τα δεδομένα»), και όχι το περιεχόμενό της. Τα μετα-δεδομένα είναι απαραίτητα γιατί διευκολύνουν την ανταλλαγή, την αναζήτηση, την ανάκτηση και το φιλτράρισμα των πληροφοριών που υπάρχουν στα πολυμεσικά τεκμήρια..

Το κίνητρο για την ανάπτυξη του MPEG-7 δόθηκε από τις ξεκάθαρες πλέον τάσεις στην τεχνολογία, στην αγορά και στους χρήστες. Με την εξάπλωση των εργαλείων για την δημιουργία οπτικού ή/και ακουστικού περιεχομένου και την ψηφιοποίησή του και με την ευρεία χρήση των πολυμέσων σε ολόένα και περισσότερους τομείς (πέρα από την προσωπική χρήση) δημιουργήθηκε ένα περιβάλλον, όπου παράγεται όλο και περισσότερη πληροφορία οπτικοακουστικού περιεχομένου. Η ίδια η φύση αυτής της πληροφορίας υπαγορεύει νέους τρόπους ως προς την επεξεργασία, την οργάνωση και την αξιοποίηση της.

Όπως είναι, λοιπόν, φυσιολογικό αναπτύσσονται νέα συστήματα και εργαλεία που να καλύπτουν τις ανάγκες για συλλογή, διαχείριση, ευρετηρίαση, και αναζήτηση πολυμεσικού περιεχομένου. Εκτός από τις ανάγκες των χρηστών, τέτοιες λύσεις πρέπει να δοθούν και για τους διάφορους παραγωγούς των υπηρεσιών και για τους δημιουργούς του περιεχομένου. Γι' αυτό λοιπόν και το MPEG-7 προκειμένου να επιτύχει τη μέγιστη δια-λειτουργικότητα και να επιτρέψει την δημιουργία καινοτόμων εργαλείων και εφαρμογών, παρέχει ένα δια-λειτουργικό περιβάλλον, στο οποίο ορίζεται η δομή και η σημασιολογία ποικίλων εργαλείων περιγραφής.

Κάθε ένα από αυτά τα εργαλεία περιγραφής μπορεί να έχει σχεδιαστεί για κάποια εξειδικευμένη ή γενική μορφή πληροφορίας (π.χ. για ήχο, για εικόνα ή για πολυμέσα), πλευράς (aspects) (π.χ. δομική, σημασιολογική) και εφαρμογής (π.χ. για μηχανή αναζήτησης ή για πλοήγηση). Ως απάντηση στις ανάγκες αυτές έχουν πραγματοποιηθεί από διάφορες ομάδες και οργανισμούς αρκετές δραστηριότητες για τον καθορισμό δια-λειτουργικών πλαισίων (frameworks) και για τον καθορισμό της αναπαράστασης της περιγραφής των μετα-δεδομένων (representations for metadata descriptions). Κάποιες αξιοσημείωτες εργασίες, που έχουν σχέση με το MPEG-7, περιλαμβάνουν το Dublin Core, το Society of Motion Picture and Television Engineers (SMPTE) και το European Broadcasting Union (EBU), που ωστόσο απαιτούν ακόμα αρκετό συγχρονισμό.

Μέσα σε αυτό το πλαίσιο λοιπόν αναπτύχθηκε το MPEG-7. Το MPEG-7 δε στοχεύει σε κάποια συγκεκριμένη εφαρμογή, αλλά θα μπορούσε να διατυπωθεί ότι τα στοιχεία που προτυποποιεί υποστηρίζουν μία ευρεία σειρά εφαρμογών. Αυτή είναι επίσης και η διαφορά του σε σχέση με κάποια άλλα πρότυπα που αφορούν τα μετα-δεδομένα, ότι δηλαδή στοχεύει στο να είναι ένα γενικό (generic) πρότυπο και όχι στο να χρησιμοποιείται σε μία και μόνο εφαρμογή ή σε ένα μόνο πεδίο δραστηριοτήτων.

3.3.5.2 Ορολογία του MPEG-7

Προκειμένου να χειριστεί μία τέτοια σειρά από εφαρμογές, το MPEG-7 παρέχει ορισμένα ρυθμιστικά στοιχεία, που περιλαμβάνουν τους Περιγραφείς (Descriptors), τα Σχήματα Περιγραφής (Description Schemes), την Γλώσσα Προσδιορισμού της Περιγραφής (Description Definition Language) και προδιαγραφές που πραγματεύονται ζητήματα σχετικά με τα συστήματα (systems) του MPEG-7. Στη συνέχεια θα διασαφηνιστεί τι σημαίνουν αυτοί οι όροι μέσα στο MPEG-7 και για να γίνει καλύτερη η περιγραφή και η κατανόησή τους θα χρησιμοποιηθεί η ορολογία, όπως αυτή ορίζεται μέσα από το έγγραφο που ρυθμίζει τις προδιαγραφές του MPEG-7 (ISO/MPEG N2859, MPEG-7 Requirements Document).

Δεδομένα (Data)

Ο πλέον στοιχειώδης και απαραίτητος ορισμός είναι τα δεδομένα. (data). Ως δεδομένα στο MPEG-7 ορίζεται η οπτικοακουστική πληροφορία η οποία θα χρησιμοποιηθεί στο MPEG άσχετα με την αποθήκευση, την κωδικοποίηση, την εμφάνιση, την μετάδοση, το μέσο ή την τεχνολογία.

Αυτός ο ευρύς ορισμός περιλαμβάνει τα γραφικά, την στατική ή κινούμενη εικόνα, το video, τα film, τον ήχο, την μουσική, μία ομιλία και γενικά οτιδήποτε μπορεί να αποτελέσει ένα οπτικοακουστικό τεκμήριο. Παραδείγματα δεδομένων για το MPEG-7 αποτελούν ένα DVD, ένα CD που μπορεί να περιλαμβάνει ομιλίες ιστορικών προσώπων ή απλά ήχο, μία εικόνα αποτυπωμένη σε χαρτί ή ακόμα ένα πρόγραμμα εγκατάστασης πολυμέσων στο Web.

Χαρακτηριστικά (Features)

Ως χαρακτηριστικό ορίζεται ένα διακριτό χαρακτηριστικό των δεδομένων που δηλώνει κάτι σε κάποιον. Το χαρακτηριστικό δεν είναι ένας καθιερωμένος όρος της επεξεργασίας σημάτων, αλλά είναι πιο πολύ κάτι που βρίσκεται στο μυαλό μας. Για αυτό, λοιπόν, σε ένα σύνολο δεδομένων δεν μπορούμε να συγκρίνουμε τα χαρακτηριστικά μεταξύ τους, χωρίς να τους αποδώσουμε πρώτα μία αναπαράσταση τους (δηλαδή τους περιγραφείς, descriptors), που να εμπεριέχει σημασία, και χωρίς την απόδοση στιγμιτύπων σε αυτά (instantiations), δηλαδή τις τιμές που έχει ένας περιγραφέας (descriptor value).

Παραδείγματα χαρακτηριστικών αποτελούν το είδος σε ένα μουσικό κομμάτι, ο τίτλος μιας ταινίας και οι ηθοποιοί, χρώμα, η υφή και το σχήμα σε μία εικόνα.

Περιγραφείς και Τιμές Περιγραφέων (Descriptors and Descriptors Values)

Ως περιγραφέας ορίζεται η τιμή ενός χαρακτηριστικού. Ένας περιγραφέας (descriptor) καθορίζει την σύνταξη και την σημασιολογία της αναπαράστασης του χαρακτηριστικού.

Για να λειτουργήσει ένας περιγραφέας στο MPEG-7, πρέπει να προσδιορίσει με ακρίβεια την σημασιολογία του χαρακτηριστικού, τον συνδεόμενο με αυτόν τύπο δεδομένων, τις επιτρεπτές τιμές και μία ερμηνεία των τιμών των περιγραφέων (descriptor values). Ένα παράδειγμα θα μπορούσε να είναι το εξής. Το χρώμα για παράδειγμα είναι ένα αλφαριθμητικό. Ο τύπος δεδομένων μπορεί να είναι σύνθετος,

το οποίο σημαίνει ότι μπορεί να διαμορφωθεί με το να συνδέσουμε αλυσιδωτά πολλαπλές τιμές ενός τύπου δεδομένων, π.χ. RGB color: {integer, integer, integer}.

Το MPEG-7 πραγματεύεται διάφορα επίπεδα αφαίρεσης. Στο χαμηλότερο επίπεδο αφαίρεσης, οι περιγραφείς μπορεί να περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά όπως η μορφή, το χρώμα, το μέγεθος για τις εικόνες και το video, η αρμονία και το ηχόχρωμα για την μουσική.

Στο υψηλό επίπεδο μπορεί να βρίσκονται τα γεγονότα που συμβαίνουν, οι σχέσεις μεταξύ των ατόμων, κάποιες αφηρημένες έννοιες. Οι περιγραφείς ήχου και εικόνας αναπαριστούν εξειδικευμένα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με ακουστικό και οπτικό περιεχόμενο αντίστοιχα. Υπάρχουν επίσης και οι γενικοί περιγραφείς (generic descriptions) που περιγράφουν τα γενικά χαρακτηριστικά.

Είναι πιθανό να έχουμε ποικίλους περιγραφείς που να αναπαριστούν ένα μοναδικό χαρακτηριστικό και αυτό σημαίνει ότι πραγματεύεται διαφορετικές σχετικές απαιτήσεις. Παραδείγματα πολλαπλών περιγραφέων (multiple descriptors) για ένα χαρακτηριστικό αποτελούν οι αριθμητικές λίστες και τα ιστογράμματα με χρώματα.

Σε ένα σύνολο δεδομένων (ή και σε ένα υποσύνολό τους) μία τιμή ενός περιγραφέα (description value) είναι η απόδοση της τιμής (instantiation) που δίδεται σε αυτόν. Οι τιμές συνδυάζονται μέσω ενός Σχήματος Περιγραφέων (Description Scheme) ώστε να δημιουργήσουν μία περιγραφή.

Σχήματα Περιγραφέων (Description Schemes)

Ένα σχήμα περιγραφέων προδιαγράφει την δομή και την σημασιολογία των σχέσεων ανάμεσα στα συστατικά στοιχεία του, τα οποία μπορεί να είναι ταυτόχρονα περιγραφείς και σχήματα περιγραφής.

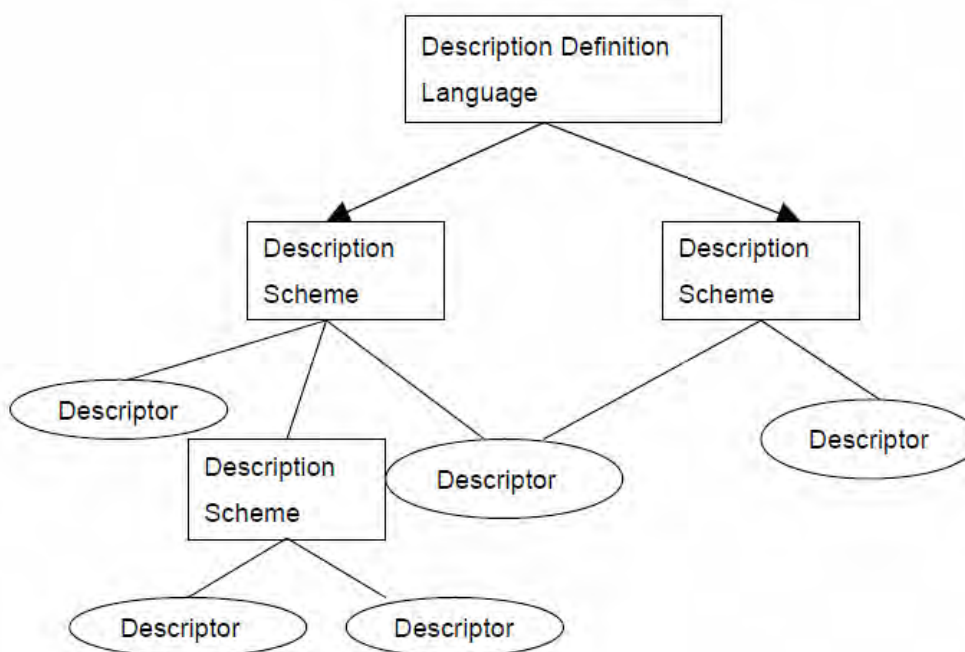
Η διάκριση ανάμεσα στα σχήματα περιγραφέων και στους περιγραφείς είναι η εξής. Ένας περιγραφέας πραγματεύεται την αναπαράσταση και την παρουσίαση ενός χαρακτηριστικού. Το σχήμα περιγραφέων από την άλλη ασχολείται με την δομή μιας περιγραφής. Γίνεται αντιληπτό λοιπόν ότι οι περιγραφείς και τα σχήματα περιγραφής αναφέρονται σε διαφορετικές πλευρές και για αυτό αποτελούν δύο πολύ διαφορετικές έννοιες.

Τα σχήματα περιγραφέων επιτρέπουν την δημιουργία πολύπλοκων περιγραφών με το να προσδιορίζουν την δομή και την σημασιολογία των σχέσεων ανάμεσα στους περιγραφείς και στα σχήματά τους. Για παράδειγμα, ένα σχήμα περιγραφής για ένα τμήμα μιας εικόνας μπορεί να προσδιορίζει την σύνταξη και την σημασιολογία των συστατικών στοιχείων του, όπως την βαθύτερη αποσύνθεση των τμημάτων, τα χαρακτηριστικά κάθε τμήματος ξεχωριστά και τις σχέσεις ανάμεσα στα συστατικά στοιχεία.

Όπως συμβαίνει και με τους περιγραφείς, έτσι και τα σχήματα περιγραφέων μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε σχήματα για τον ήχο, την εικόνα, ή να είναι γενικά. Τα γενικά Σχήματα συνήθως αναπαριστούν μία γενική μετα-πληροφορία που σχετίζεται με όλα τα είδη των μέσων (ήχο, εικόνα, κείμενο, γραφικά, κ.τ.λ.)

Σε μία περιγραφή εκτός από τους Περιγραφείς και τα Σχήματα Περιγραφής που προέρχονται εσωτερικά από το κείμενο, το MPEG-7 περιλαμβάνει και Περιγραφείς και Σχήματα Περιγραφής που έχουν σχέση με την δημιουργία, την παραγωγή και την διαχείριση του οπτικοακουστικού υλικού. Αυτά τα μετα-δεδομένα μπορεί να περιέχουν πληροφορίες για τις προϋποθέσεις της πρόσβασης στο υλικό (για παράδειγμα, πληροφορία για τα δικαιώματα της πνευματικής ιδιοκτησίας του υλικού), για την ταξινόμηση (να περιλαμβάνει ταξινόμηση του υλικού σε έναν αριθμό προκαθορισμένων κατηγοριών) και συνδέσμους με άλλα σχετικά στοιχεία (όπου και η πληροφορία αυτή πιθανό να κάνει πιο σύντομη την έρευνα του χρήστη).

Η εικόνα που ακολουθεί αναπαριστά τις πιθανές σχέσεις που υπάρχουν ανάμεσα στους Περιγραφείς και στα Σχήματα Περιγραφής.



Εικόνα 3.16: Πιθανές σχέσεις ανάμεσα σε Περιγραφείς και Σχήματα Περιγραφής.

Περιγραφή

Ως περιγραφή ορίζεται μία ικανότητα που αποτελείται από ένα σχήμα περιγραφής και από το σύνολο των στιγμιότυπων των περιγραφών που περιγράφουν τα δεδομένα.

Μία περιγραφή περιλαμβάνει ή αναφέρεται σε ένα Σχήμα Περιγραφής που του έχει αποδοθεί (instantiated) πλήρως ή μερικώς μία τιμή. Με άλλα λόγια μία περιγραφή είναι η απόδοση τιμής (instance) ενός Σχήματος Περιγραφής.

Κωδικοποιημένη Περιγραφή (Coded Description)

Ως κωδικοποιημένη περιγραφή ορίζεται: «Η περιγραφή η οποία έχει κωδικοποιηθεί, για να εκπληρώσει τις σχετικές προδιαγραφές, όπως η αποτελεσματική συμπίεση, η ελαστικότητα στα λάθη, η τυχαία προσπέλαση και ούτω καθεξής.

Γλώσσα Προσδιορισμού της Περιγραφής (Description Definition Language, DDL)

Ορισμός: «Η DDL επιτρέπει την δημιουργία νέων Σχημάτων Περιγραφής, και πιθανόν, και Περιγραφών. Επιτρέπει επίσης την επέκταση και την τροποποίηση των ήδη υπαρχόντων Σχημάτων Περιγραφής.»

Η DDL στο MPEG-7 επιτρέπει τον ευέλικτο προσδιορισμό των περιγραφών και των Σχημάτων Περιγραφής βασισμένη στο XML Schema. Οι περιγραφείς και τα σχήματα Περιγραφής που υπάρχουν είναι ανεξάρτητα της εφαρμογής στην οποία χρησιμοποιούνται. Όταν είναι απαραίτητο να περιγράψουμε περιεχόμενο από συγκεκριμένα πεδία, όπως από τον τομέα των ειδήσεων ή τα films, υπάρχει συχνά η ανάγκη για επέκταση και για εξειδίκευση των ειδικών εργαλείων του MPEG-7 και η χρήση της DDL για να προσδιορίσουμε τα εξειδικευμένα ή επιπρόσθετα εργαλεία.

Με την υιοθέτηση του XML Schema σαν την βάση για την Γλώσσα Προσδιορισμού της Περιγραφής του MPEG-7, το αποτέλεσμα είναι η διευκόλυνση της διαλειτουργικότητας με την χρήση μιας κοινής, γενικής και ισχυρής μορφής αναπαράστασης της πληροφορίας που περιγράφεται. Αντίστροφα, διευκολύνεται και η χρήση των εργαλείων του MPEG-7 για την επέκταση των ήδη υπαρχόντων εφαρμογών της XML με τις λειτουργίες που διαθέτουν οι περιγραφές του πολυμεσικού περιεχομένου.

Συστήματα

Τα συστήματα παρέχουν εργαλεία για να υποστηρίξουν την πολυπλεξία, τον συγχρονισμό των περιγραφών με το περιεχόμενο, τους μηχανισμούς μεταφοράς των περιγραφών και την κωδικοποίηση της αναπαράστασης της πληροφορίας με κειμενική ή δυαδική μορφή για ικανοποιητική αποθήκευση μετάδοση, διαχείριση και προστασία της πνευματικής ιδιοκτησίας των περιγραφών.

3.3.5.3 Η δομή του MPEG-7

Το πρότυπο του MPEG-7 αποτελείται από επτά (7) διαφορετικά μέρη. Κάθε ένα από αυτά τα μέρη διαπραγματεύεται και διαφορετικά ζητήματα και αυτό μας επιτρέπει να χρησιμοποιούμε κάθε φορά την ομάδα που εμείς θέλουμε ανάλογα με την εφαρμογή και (την ομάδα) που θα είναι σύμφωνη με την προσέγγιση των εργαλείων του MPEG-7. Επίσημα το πρότυπο του MPEG-7 αναφέρεται σαν ISO 15938 και οργανώνεται ως εξής:

- *ISO/IEC 15 938-1*: MPEG-7 Systems, Συστήματα στο MPEG-7. Το πρώτο μέρος του προτύπου, προσδιορίζει τις λειτουργίες του προτύπου στο επίπεδο του συστήματος. Οι λειτουργίες αυτές είναι η προετοιμασία των περιγραφών για το MPEG-7 για την ικανοποιητική αποθήκευση και διάδοσή τους, ο συγχρονισμός του περιεχομένου και των περιγραφών και η ανάπτυξη των ανάλογων προσαρμοσμένων αποκωδικοποιητών.
- *ISO/IEC 15 938-2*: MPEG-7 Description Definition Language, Γλώσσα Προσδιορισμού της Περιγραφής. Η γλώσσα αυτή είναι μία προτυποποιημένη

γλώσσα για την δημιουργία νέων Περιγραφών ή Σχημάτων Περιγραφής, όπως επίσης και για την επέκταση των ήδη υφιστάμενων Σχημάτων Περιγραφής και Περιγραφών.

- ISO/IEC 15 938-3: MPEG-7 Visual, Περιγραφή οπτικού περιεχομένου στο MPEG-7. Αυτό το μέρος προδιαγράφει ένα σύνολο από προτυποποιημένους Περιγραφείς και Σχήματα Περιγραφών. Οι Περιγραφείς οπτικού περιεχομένου πραγματεύονται συνήθως εξειδικευμένα χαρακτηριστικά όπως το χρώμα, η υφή, το μέγεθος και η κίνηση της εικόνας. Τα Σχήματα Περιγραφής για το οπτικό περιεχόμενο απαιτούν συχνά την χρήση άλλων περιγραφών χαμηλού επιπέδου ή βοηθητικών στοιχείων, όπως τη δομή (την χωρική διάταξη, την εμφάνιση), την οπτική γωνία (πολλαπλές πλευρές), τον εντοπισμό (εντοπισμό της εικόνας), και τον χρόνο (χρονική διαδοχή). Έχει προτυποποιηθεί ένας αριθμός περιγραφών για κάθε χαρακτηριστικό, όπως οι περιγραφείς για τα χρώματα, για την πυκνότητα, για την μορφή, την κίνηση και άλλοι περιγραφείς. Τέτοιοι περιγραφείς μπορεί να είναι οι περιγραφείς για την κλιμάκωση του χρώματος, για την μορφή της εικόνας, για την τροχιά της κίνησης και η αναγνώριση του προσώπου σε κάθε κατηγορία αντίστοιχα.

Επίσης έχει προσδιοριστεί και ένα σχήμα Περιγραφής για τον εντοπισμό της πληροφορίας, που ονομάζεται SpatioTemporal Locator και συντίθεται από άλλα Σχήματα Περιγραφής, όπως το FigureTrajectory Description Scheme και το ParameterTrajectory Description Scheme.

- ISO/IEC 15 938-4: MPEG-7 Audio, Περιγραφή Ακουστικού Περιεχομένου. Σε αυτό το μέρος προσδιορίζεται ένα προτυποποιημένο σύνολο Περιγραφών και Σχημάτων Περιγραφής. Οι Περιγραφείς του ήχου στο MPEG-7 πραγματεύονται τέσσερις κλάσεις ηχητικών σημάτων, που είναι: η καθαρή ομιλία, η καθαρή μουσική, καθαρές επιδράσεις του ήχου (pure sound effects) και αυθαίρετα ίχνη ήχου (arbitrary soundtracks). Οι περιγραφείς και τα Σχήματα Περιγραφής πραγματεύονται χαρακτηριστικά του ήχου, όπως τη σιωπή, το περιεχόμενο του προφορικού λόγου, το ηχόχρωμα, την μελωδία. Όπως οι περιγραφείς για το οπτικό υλικό, έτσι και οι περιγραφείς για το ακουστικό περιεχόμενο, απαιτούν συχνά την χρήση άλλων χαμηλού επιπέδου περιγραφών και ένα πλαίσιο Περιγραφής του Ήχου.

Παραδείγματα προτυποποιημένων Περιγραφών για τα ποικίλα χαρακτηριστικά του ήχου, μπορούν να είναι τα εξής: Περιγραφείς για την σιωπή, περιγραφείς για περιεχόμενο προφορικού λόγου, περιγραφείς για το ηχόχρωμα, για την επίδραση του ήχου και τον τύπο της μελωδίας, όπως οι περιγραφείς για τον τύπο σιωπής, για τον τύπο του ομιλητή στο προφορικό περιεχόμενο, για τον τύπο του ηχοχρώματος του μουσικού οργάνου και για τον τύπο του ρυθμού σε κάθε κατηγορία αντίστοιχα.

- ISO/IEC 15 938-5: MPEG-7 Multimedia Description Schemes, Σχήματα Περιγραφής Πολυμέσων. Τα Σχήματα Περιγραφής Πολυμέσων στο MPEG-7, προδιαγράφουν ένα πλαίσιο εργασίας υψηλού επιπέδου, που επιτρέπει την γενική περιγραφή όλων των ειδών των πολυμέσων, περιλαμβάνοντας δεδομένα ήχου, εικόνας και κειμένου. Περισσότερο εκτενής αναφορά θα γίνει στη συνέχεια, στην ενότητα για τα Σχήματα Περιγραφής Πολυμέσων.

- **ISO/IEC 15 938-6: MPEG-7 Reference Software**, Σχετικό Λογισμικό. Αυτό το μέρος έχει σκοπό να παρέχει τις εφαρμογές των σχετικών μερών του MPEG-7 και είναι γνωστό σαν experimentation software (XM). Σε αυτό το μέρος περιγράφονται το απαραίτητο λογισμικό, το λειτουργικό περιβάλλον του MPEG-7 και οι περιορισμοί της πνευματικής ιδιοκτησίας (copyright). Παρόλο που περιλαμβάνεται σε αυτό κάποιο λογισμικό για την εξαγωγή των περιγραφέων, η εστίαση γίνεται πιο πολύ στην δημιουργία των bitstream των περιγραφέων και των Σχημάτων Περιγραφής με μία ρυθμιστική σύνταξη, παρά στην απόδοση των εργαλείων. Μέχρι στιγμής τα συστατικά που περιλαμβάνει ανήκουν σε τέσσερις κατηγορίες: Στον αναλυτή (parser) της DDL, στον αναλυτή της εγκυρότητας της DDL (validation parser), στους περιγραφείς για οπτικό περιεχόμενο, στους περιγραφείς για ακουστικό περιεχόμενο και στα Σχήματα Περιγραφής Πολυμέσων.
- **ISO/IEC 15 938-7: MPEG-7 Conformance**, στοχεύει να παρέχει τις κατευθυντήριες γραμμές και διαδικασίες για να δοκιμάσει την συμβατότητα των εφαρμογών του MPEG-7. Για αυτό το μέρος του προτύπου δεν υπάρχουν ακόμα πολλά στοιχεία, γιατί οι έρευνες βρίσκονται σε πολύ αρχικό στάδιο.

3.3.5.4 Στόχοι του MPEG-7

Οι στόχοι που καλύπτει και προβλέπεται να καλύψει το MPEG-7 είναι τρεις:

- Την περιγραφή του πολυμεσικού περιεχομένου.
- Την ευέλικτη διαχείριση των δεδομένων.
- Την δια-λειτουργικότητα των συστημάτων

Περιγραφή πολυμεσικού περιεχομένου (Multimedia Content Description)

Ο πιο σημαντικός στόχος του MPEG-7 (ο ουσιαστικός λόγος για την ανάπτυξή του) είναι να παρέχει ένα σύνολο με προτυποποιημένες μεθόδους και εργαλεία για τις διάφορες κατηγορίες του πολυμεσικού περιεχομένου. Εκτός από την διάκριση του υλικού σε κατηγορίες οπτικού και ακουστικού ή συνδυασμό αυτών, γίνεται και διάκριση στις κλάσεις περιγραφών (description classes). Όταν αναφερόμαστε σε κλάσεις περιγραφών, στην πραγματικότητα εννοούμε τις διάφορες πιθανές πλευρές που θα μπορούσε να καλύψει μία περιγραφή οπτικοακουστικού περιεχομένου. Ένα βασικό στοιχείο είναι ότι υπάρχουν πολλοί τρόποι για να περιγράψουμε μία οντότητα, ανάλογα με το πως αυτή θα χρησιμοποιηθεί. Για αυτόν τον λόγο το MPEG-7 πρέπει να συμβιβάζει αυτές τις περιγραφές και να τις καταστήσει συμπληρωματικές την μία ως προς την άλλη, παρά να χρησιμοποιηθεί αποκλειστικά μόνο μία.

Υπάρχουν τέσσερις θεμελιώδεις κλάσεις για την περιγραφή του περιεχομένου, που σχετίζονται περισσότερο με τα δεδομένα, δηλαδή με το υλικό που πρόκειται να περιγραφεί, παρά μεταξύ τους. Οι τέσσερις αυτές κατηγορίες είναι:

- Η εγγραφή (transcriptive),
- Η φυσική

- Η νοητική και
- Η περιγραφή που βασίζεται στο μέσο (medium-based description).

Στην κορυφή αυτών των σχημάτων βρίσκεται η περιγραφή της αρχιτεκτονικής τους, που σχεδιάζει τις σχέσεις ανάμεσα σε μεγάλες ενότητες δεδομένων καθώς και τις σχέσεις μεταξύ των περιγραφών και μέσα στις ίδιες τις περιγραφές. Η περιγραφή της σήμανσης (the annotative description), όπως ονομάζεται, βρίσκεται στην κορυφή όλων των κατηγοριών και αγγίζει την κάθε μία ξεχωριστά. Το πιο πιθανό πάντως είναι ότι στην πραγματικότητα κάθε περιγραφή που θα χρησιμοποιείται στο MPEG-7 θα περιλαμβάνει μόνο μία ή δύο από αυτές τις κλάσεις.

Περιγραφείς

Ο «περιγραφέας που βασίζεται στο μέσο» (medium based) είναι εκείνος που περιγράφει το μέσο με το οποίο εκφράζονται τα δεδομένα. Τέτοιος περιγραφέας θα μπορούσε να είναι ο ρυθμός δειγματοληψίας ενός ψηφιακού αρχείου (sampling rate), εάν είναι αναλογική ή ψηφιακή η πηγή, σε ποιο σημείο κόβονται οι σκηνές, σε ποιο σημείο εστιάζει κάθε φορά η κάμερα, και θα μπορούσαν να παρατεθούν και πολλά άλλα στοιχεία. Ένας περιγραφέας που βασίζεται στο μέσο μπορεί να πραγματεύεται τέτοια είδη στοιχείων χαμηλού επιπέδου, επιφανειακά χαρακτηριστικά (surface features) που περιγράφουν την εγγραφή ή την επαναπροβολή (playback) του ίδιου του μέσου. Υπάρχουν αρκετές τεχνικές για να αποκτηθεί αυτού του είδους η περιγραφή, μέσω της ανάλυσης του ήχου ή της εικόνας. Η κωδικοποίηση αυτών των περιγραφών θα μπορούσε να γίνει πολύ πιο εύκολα κατά την επεξεργασία της δημιουργίας του υλικού.

Ο «φυσικός περιγραφέας» (physical) είναι ο περιγραφέας που ενδεχομένως θα μπορούσε να συνδυαστεί και με την υποκειμενική πλευρά και αυτή η προσέγγιση μπορεί να καλύψει όλες εκείνες τις πλευρές που έχουν σχέση με τα υπολογιστικά χαρακτηριστικά, που δεν ανταποκρίνονται στην ανθρώπινη αντίληψη. Πρακτικά μιλώντας θα μπορούσαμε να εξάγουμε αυτά τα χαρακτηριστικά εύκολα από τα ακατέργαστα πολυμεσικά δεδομένα. Αυτά τα δεδομένα έχουν αδιαμφισβήτητες τιμές και καλά εδραιωμένους αλγόριθμους για την εξαγωγή των δεδομένων.

Ο «περιγραφέας που βασίζεται στην υποκειμενική αντίληψη» (perceptual class): Η υποκειμενική αντίληψη τεμαχίζει τα μέσα σε αντικείμενα, δηλαδή αναφέρεται σε περιγραφές τέτοιων χαρακτηριστικών όπως το χρώμα, την υφή και το σχήμα. Τα αντικείμενα περιγράφουν την εικόνα ή τον ίδιο τον ήχο και δεν πραγματεύονται γενικά την δομή της καταγραφόμενης (ή δημιουργούμενης) σκηνής μέσα στα δεδομένα.

Ο «περιγραφέας της εγγραφής ή η κλάση της εγγραφής (transcription class): τυπικά αναπαριστά μία επαναδόμηση (reconstruction) της δομής του κόσμου, όπως αυτή συλλαμβάνεται από τα δεδομένα.. Στην μουσική αυτή η κλάση εξυπηρετεί σαν την πραγματική αντιγραφή της μουσικής, δηλαδή οι νότες που παίζονται. Φυσικά το να καταφέρνουμε τον εμπλουτισμό της δομής από ένα απλό video ή ήχο (χωρίς κάποια άλλη πληροφορία) προάγει την σημερινή τεχνολογία. Υπάρχουν περισσότεροι από ένας τρόποι για να αποκτήσουμε μία τέτοια περιγραφή.

Ο «περιγραφέας της αρχιτεκτονικής» βρίσκεται πάνω από τις τρεις προαναφερθείσες. Αυτός ο περιγραφέας περιέχει τα δομικά στοιχεία των άλλων κλάσεων και επομένως τα δεδομένα που αυτές περιγράφουν. Αυτή η κλάση περιγράφει την περιοχή των τεκμηρίων, στην οποία ένας χρήστης ενδιαφέρεται να μάθει μόνο τις σχέσεις μεταξύ των τμημάτων και όχι το τι αυτά περιέχουν. Αυτή είναι επίσης και η κλάση που καθορίζει την συντακτική δομή, που πρέπει να στηρίζεται απαραίτητα σε χαμηλότερα σημασιολογικά επίπεδα. Αυτό το είδος της περιγραφής μπορεί να αποκτηθεί με πολλούς τρόπους. Οι περιγραφές μπορούν να παραχθούν με το χέρι, μπορούν να είναι υποπροϊόντα μίας αυτοματοποιημένης ανάλυσης ή να υποδηλώνονται σε ένα χειρόγραφο αντίγραφο και απλά να εξυπηρετούν στο να κάνουν αυτές τις σχέσεις πιο ξεκάθαρες.

Ο «περιγραφέας της σήμανσης (annotative)» βρίσκεται τοποθετημένος στη κορυφή όλων των άλλων κλάσεων, όπως επίσης στην κορυφή βρίσκονται και τα ίδια τα δεδομένα. Είναι ο τομέας της σήμανσης και της ανάλυσης άλλων ήδη υπαρχόντων μετα-δεδομένων που πραγματοποιούνται από τον ίδιο τον άνθρωπο. Στην πραγματική της χρήση, η περιγραφή αυτή, στη μουσική, υπήρξε ο χώρος για τους μουσικολόγους, στον οποίο μπορούσαν να πραγματοποιήσουν τα σχόλιά τους για διάφορα χαρακτηριστικά ενός μουσικού κομματιού, όπως γενικά ζητήματα μουσικολογικής ανάλυσης. Συνηθισμένα ζητήματα που αφορούν την μουσικολογία περιλαμβάνουν μουσικές φόρμες (που αναφέρονται στην αρχιτεκτονική του μουσικού κομματιού), τις ίδιες τις νότες (που συνδέονται με το αντίγραφο του μουσικού κομματιού), τα σχόλια σχετικά με το συναισθηματικό περιεχόμενο της μουσικής (που αναφέρονται στα ίδια τα δεδομένα) και τις σχέσεις που υπάρχουν με άλλα μουσικά κομμάτια (που συνδέονται με άλλες περιγραφές).

Ρυθμιστικοί κανόνες

Το MPEG-7 προσπαθεί να παρέχει εκείνους τους ρυθμιστικούς κανόνες για να υποστηρίξει τις απαιτήσεις που έχουν οι διαφορετικές κλάσεις περιγραφέων. Είναι αξιοπρόσεκτο ότι παρά την πολυπλοκότητα των εφαρμογών, που μπορεί να φαίνεται μεγάλη και αποθαρρυντική, η ποικιλία των επιπέδων περιγραφής παρέχει ένα πλήρες σύνολο, που επιτρέπει ευέλικτους και εκφραστικούς τρόπους, για την επαρκή αναπαράσταση του περιεχομένου μέσω κάποιας διαμορφωμένης δομής.

Για να επαναχρησιμοποιήσουμε τους περιγραφείς του MPEG-7 με ικανοποιητικό τρόπο, ο χρήστης θα χρειαστεί να τους προσαρμόσει στις συγκεκριμένες ανάγκες του. Αυτό οδηγεί στην τροποποίηση και επεξεργασία των ήδη υπαρχόντων δομών. Η επεξεργασία της δομής του τεκμηρίου θα ευνοήσει διαδικασίες όπως την διάβαση (traversal) και την επεξεργασία των ιεραρχικών δέντρων, συνδεδεμένες μεταξύ τους λίστες και άλλες εργασίες.

Αυτό που προβλέπεται όμως είναι ότι η βαθύτερη δομή των δεδομένων και η σύνθεσή τους θα παραμείνουν ανεξάρτητα από τους εφαρμοσμένους μηχανισμούς εξαγωγής δεδομένων (applied extraction mechanisms). Με άλλα λόγια οι δομές του MPEG-7 παρέχουν ένα πλαίσιο περιγραφέων το οποίο είναι ανεξάρτητο από την εφαρμογή που προκύπτει κάθε φορά και στο οποίο οι μηχανισμοί εξαγωγής θα μπορούν να του αποδίδουν στιγμιότυπα (instantiate).

Οποιαδήποτε χαρακτηριστικά περιγράφουν ένα οπτικοακουστικό τεκμήριο εξάγονται είτε αυτοματοποιημένα με την χρήση ενός αλγορίθμου που θα χρησιμοποιεί ο υπολογιστής είτε με την σήμανση που πραγματοποιείται από κάποιον άνθρωπο που είναι ειδικός σε τέτοιες εφαρμογές.

Για να πραγματοποιηθεί με αυτοματοποιημένο τρόπο μια τέτοια εργασία απαιτείται μία επίσημη προδιαγραφή της οντότητας ή των χαρακτηριστικών που θα εξαχθούν. Η προδιαγραφή αυτή μπορεί να είναι ατομική (atomic) ή μπορεί να προέρχεται από την εξαγωγή ενός αριθμού χαρακτηριστικών. Παραδείγματα τέτοιων χαρακτηριστικών από τον χώρο της εικόνας θα μπορούσε να είναι η σύνθεση μίας εικόνας.

Συμπερασματικά, αυτό που γίνεται κατανοητό, είναι ότι οι περιγραφείς του MPEG-7 κατέχουν ένα κεντρικό ρόλο στην λειτουργία του προτύπου και για αυτόν τον λόγο υπάρχει και η πρόβλεψη όσο το δυνατό περισσότερων περιγραφέων με σκοπό να καλυφθούν περισσότερες εφαρμογές με τον καλύτερο και πιο ακριβή τρόπο. Στη συνέχεια ακολουθεί η ανάλυση του δεύτερου στόχου του MPEG-7, που είναι η ευελιξία στην διαχείριση των δεδομένων.

Ευελιξία διαχείριση των δεδομένων (Flexibility in data management)

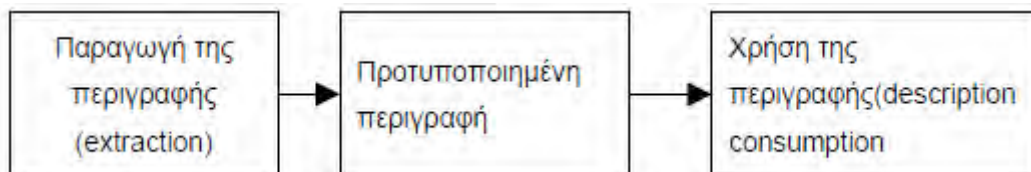
Το MPEG-7 παρέχει ένα πλαίσιο όπου επιτρέπεται να γίνονται αναφορές στα τμήματα ενός τεκμηρίου, σε ολόκληρο το τεκμήριο, ή σε μία σειρά από τεκμήρια. Με την ευελιξία στην διαχείριση των δεδομένων στηρίζεται και η πολλαπλή μορφή που μπορεί να έχει ένα τεκμήριο. Αυτό σημαίνει ότι θα μπορούσε να είναι πιθανή η περιγραφή πολυμεσικού περιεχομένου με τέτοιον τρόπο που να επιτρέπει να θέτουμε ερωτήματα βασισμένα σε ηχητικά δεδομένα και να ανακτούμε οπτικά δεδομένα, καθώς και το αντίστροφο.

Επιπρόσθετα, η ευελιξία αυτή βοηθά στο να διασφαλιστεί η μακροβιότητα του προτύπου, που σημαίνει ότι τα σχήματα των περιγραφέων που χρησιμοποιούνται για μία συγκεκριμένη εργασία, μπορούν να τροποποιηθούν για μία διαφορετική, αλλά σχετική εφαρμογή. Το MPEG-7 πραγματεύεται εφαρμογές που μπορούν να αποθηκευτούν (online ή offline) ή να είναι με την μορφή της ροής (streamed) (όπως για παράδειγμα συμβαίνει στην αναμετάδοση) και μπορούν να λειτουργήσουν ταυτόχρονα σε περιβάλλοντα πραγματικού χρόνου και σε περιβάλλοντα μη πραγματικού χρόνου .

Η καθολικότητα των πηγών των δεδομένων (Globalization of Data Resources).

Οι περιγραφείς του MPEG-7 μπορούν να εντοπισθούν μαζί με το συνδεδεμένο με αυτές οπτικοακουστικό υλικό στην ίδια ροή δεδομένων (data stream) ή στο ίδιο αποθηκευτικό σύστημα όμως οι περιγραφείς θα μπορούσαν να υπάρξουν και αλλού. Όταν το περιεχόμενο και οι περιγραφείς του δεν βρίσκονται μαζί, θα μπορούσαν να αποδειχθούν χρήσιμοι μηχανισμοί που συνδέουν το οπτικό ακουστικό υλικό μαζί με τους περιγραφείς τους. Αυτοί οι σύνδεσμοι μπορούν να χρησιμεύουν και στις δύο κατευθύνσεις. Ο συνδυασμός της ευελιξίας και της καθολικότητας επιτρέπει τόσο στους ανθρώπους όσο και στις μηχανές να ανταλλάσσουν, να ανακτούν και να επαναχρησιμοποιούν το σχετικό υλικό.

Το βασικό είναι ότι το MPEG-7 υπάρχει για να εξυπηρετεί αυτόν τον στόχο. Η προτυποποίηση κυρίως αναζητεί τρόπους για να φτάσει πέρα από κάθε απλή, αυθαίρετη λύση και να παρέχει όχι μόνο ένα πλαίσιο, αλλά ένα στέρεο μέσο με το οποίο οι λύσεις που προτείνουν οι βιομηχανίες θα μπορούσαν να συνεργαστούν. Εάν το MPEG-7 γίνει ακόμη πιο εξειδικευμένο ή αρκετά γενικό ως προς τις εφαρμογές του, τότε αυτός ο στόχος, που είναι και κύριος, θα αποτύχει.



Εικόνα 3.17: Διαδικασία επεξεργασίας του MPEG-7

3.3.5.5 Εφαρμογές

Όπως προαναφέρθηκε στόχος του MPEG-7 είναι να προάγει την διαλειτουργικότητα ανάμεσα στα συστήματα και στις εφαρμογές που χρησιμοποιούνται για την δημιουργία, διαχείριση, κατανομή και χρήση των περιγραφών του οπτικοακουστικού περιεχομένου. Αυτές οι περιγραφές βοηθήσουν τον χρήστη και τις εφαρμογές στον προσδιορισμό της πληροφορίας, στην ανάκτηση και στο να φιλτράρουν (filter) αυτήν την πληροφορία. Το MPEG-7 μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε επιστημονικές όσο και σε απλές εφαρμογές που αφορούν έναν καταναλωτή, όπως:

- Στην εκπαίδευση
- Στην δημοσιογραφία (στην αναζήτηση κάποιας ομιλίας ενός πολιτικού, χρησιμοποιώντας το όνομά του ή την φωνή του.)
- Σε πολιτισμικές υπηρεσίες (όπως σε ένα μουσείο, σε μία αίθουσα τέχνης)
- Στην ψυχαγωγία (για διάφορα παιχνίδια)
- Σε συστήματα Γεωγραφικής Πληροφόρησης.
- Σε βιοϊατρικές εφαρμογές
- Σε ερευνητικές υπηρεσίες (για την αναγνώριση ανθρώπινων χαρακτηριστικών)
- Στην αρχιτεκτονική και στην διακόσμηση εσωτερικών χώρων
- Για πληροφορίες σε σχέση με τον τουρισμό
- Σε κοινωνικές εφαρμογές
- Σε αρχεία video, μιας ταινίας ή ενός ραδιοφωνικού σταθμού.

Παραδείγματα εφαρμογών αποτελούν οι ψηφιακές βιβλιοθήκες (ένας κατάλογος χρηστών με βάση την εικόνα τους), υπηρεσίες του χρυσού οδηγού με την χρήση πολυμέσων, επεξεργασία με την χρήση πολυμέσων (multimedia editing) (για παράδειγμα υπηρεσίες για εξατομίκευση των ειδήσεων σε ηλεκτρονική μορφή).

Δεδομένης όλης αυτής της ποικιλίας των εφαρμογών, οι περιγραφές του MPEG-7 δίνουν την δυνατότητα στους χρήστες ή στις εφαρμογές να εκτελέσουν τις παρακάτω εργασίες που αναφέρονται παρακάτω.

Στην κατηγορία των πολυμέσων βοηθούν στην δημιουργία ενός εξειδικευμένου προγράμματος ενός οδηγού ή μιας περίληψης από κάποιο τηλεοπτικό οπτικό ή/ και ακουστικό περιεχόμενο σύμφωνα με τις προτιμήσεις του εκάστοτε χρήστη. Ακόμη βοηθούν στην δημιουργία μιας βάσης δεδομένων εικόνων όπου μπορεί να γίνει η ανάκτηση της πολυμεσικής πληροφορίας.

Στα αρχεία δημιουργούν περιγραφές από κάποια μεμονωμένα στοιχεία μιας συλλογής ή ακόμα και από ολόκληρη την συλλογή από οπτικοακουστικό περιεχόμενο και γίνεται ανταλλαγή των περιγραφών αυτών με τους ιδιοκτήτες του περιεχομένου, τους οργανισμούς ή τους καταναλωτές.

Στην προσαρμοστικότητα, φιλτράρουν και μετατρέπουν τις ροές των πολυμέσων (multimedia streams) σε περιβάλλοντα περιορισμένων πόρων (resource limited environments) ταιριάζοντας τις προτιμήσεις των χρηστών, τους διαθέσιμους πόρους και τις περιγραφές του περιεχομένου.

Στον ήχο, δίνουν την δυνατότητα να παίζουμε μερικές νότες και να μας επιστραφεί μία λίστα από μουσικά κομμάτια που να περιλαμβάνουν αυτόν τον ρυθμό, συνδυάζοντας κάπως τις νότες. Παράδειγμα τέτοιας εφαρμογής είναι το TrackIt, το οποίο χρησιμοποιείται από κινητά τηλέφωνα για να αναγνωρίσει ένα συγκεκριμένο μουσικό κομμάτι.

Στα γραφικά μπορούμε να σχεδιάσουμε μερικές γραμμές στην οθόνη και να μας επιστρέψει ένα σύνολο από εικόνες, που να περιέχουν παρόμοια σχέδια ή εικόνες, δηλαδή ανάκτηση μέσω κάποιου σκίτσου

Στην κίνηση, έχοντας ένα σύνολο από αντικείμενα video (video objects), μπορούμε να περιγράψουμε κινήσεις και σχέσεις ανάμεσα στα αντικείμενα και να μας επιστραφεί μία λίστα από video clips που να εκπληρώνουν τις χωρικές και χρονικές σχέσεις.

Στο σενάριο (scenario) μπορούμε σε ένα οπτικοακουστικό περιεχόμενο που μας δίνεται να περιγράψουμε τις ενέργειες και να λάβουμε μία λίστα από σενάρια, στα οποία θα περιλαμβάνονται παρόμοιες πράξεις.

Οι εφαρμογές του MPEG-7 που προβλέπονται από το ISO, καθώς και οι προδιαγραφές για την εκπλήρωσή τους είναι ποικίλες και καλύπτουν πολλούς τομείς. Για μία καλύτερη κατανόηση του τι δυνατότητες παρέχει το MPEG-7 και ποιες είναι οι λειτουργίες του, θα παρατεθούν κάποιες εφαρμογές που έχουν σχέση με την εικόνα. Αυτό δεν δηλώνει κάποια προτεραιότητα ως προς τις εφαρμογές, αλλά εκπληρώνει τους στόχους αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Βιβλιογραφία κεφαλαίου

- [1] ISO/IEC DIS 13818-1 Information technology -- Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems (ISO MPEG-2 Standard).
- [2] Moving Picture Experts Group, MPEG-2 Systems FAQ, <http://www.chiariglione.org/mpeg/faq/mp2-sys/mp2-sys.htm>
- [3] T. Sikora: "MPEG-1 and MPEG-2 Digital Video Coding Standards", Digital Consumer Electronics Handbook.
- [4] C. L. Compton, P. D. Bosco: Inernet CNN NEWS-ROOM: A Digital Video News Magazine and Library, Center for Advanced Engineering Study Electrical Engineering and Computer Science Department, Massachusetts Institute of Technology.
- [5] Τεχνικές συστάσεις της ITU-T για το πρότυπο G.711, "Pulse code modulation (PCM) of voice frequencies" <http://www.itu.ch/itudoc/itu-t/rec/g>.
- [6] Dragos Ruiu: "An overview of Mpeg-2", The 1997 digital video test symposium, Hewlett Packard
- [7] Lane, T. 1992. JPEG software. Independent JPEG Group. <http://www.ijg.org/> .
- [8] Pennebaker, W. and Mitchell, J. 1993. JPEG - still image data compression standard. Van Nostrand Reinhold, New York, NY.
- [9] B. S. Manjunath, P. Salembier, and T. Sikora, Introduction to MPEG-7: Multimedia Content Description Standard. New York: Wiley, 2001.
- [10] S.-F. Chang, T. Sikora, and A. Puri, "Overview of MPEG-7 Standard", IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., June 2001.
- [11] O. Avaro and P. Salembier, "MPEG-7 Systems: Overview", IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 11, June 2001.
- [12] [ISO/IEC 2001] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N4030, "MPEG-4 Overview - (V.18 - Singapore Version), March 2001: <http://www.cselt.it/mpeg/standards/mpeg-4/mpeg-4.htm>
- [13] Rob Koenen, "MPEG-4 Overview", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, March 2002.
- [14] The MPEG Home Page, <http://mpeg.chiariglione.org/>
- [15] Wikipedia Encyclopedia, <http://en.wikipedia.org>

4. Υδατοσήμανση MPEG βίντεο ακολουθίας βασισμένη στα διανύσματα κίνησης (motion vectors)

4.1 Εισαγωγικά

Με την εμφάνιση της ψηφιακής τηλεοπτικής αναμετάδοσης, τα ζητήματα της προστασίας πνευματικών δικαιωμάτων έχουν γίνει σημαντικότερα κυρίως οφειλόμενα στο γεγονός ότι το ψηφιακό βίντεο και τα στοιχεία μπορούν να αντιγραφούν επανειλημμένα χωρίς απώλεια ποιότητας. Μια μέθοδος προστασίας πνευματικών δικαιωμάτων είναι η ενσωμάτωση ενός υδατοσήμου (watermark) στο τηλεοπτικό σήμα. Το υδατόσημο είναι ένας ψηφιακός κώδικας που ενσωματώνεται στο βίντεο που καταδεικνύει τον ιδιοκτήτη πνευματικών δικαιωμάτων. Η κυρίαρχη ιδέα για την υδατοσήμανση βίντεο είναι η άμεση επέκταση της τεχνικής υδατοσήμανσης της εικόνας, προσθέτοντας κυρίως έναν θόρυβο όπως το σήμα στο τηλεοπτικό pixel που είναι κάτω από το κατώτατο όριο της αντίληψης και επομένως δεν μπορεί να προσδιοριστεί και να αφαιρεθεί χωρίς γνώση των παραμέτρων του αλγορίθμου υδατοσήμανσης. Με σκοπό την ενσωμάτωση του θορύβου όπως το σήμα, η διάσημη τεχνική διαμόρφωσης απλωμένου φάσματος των ασύρματων επικοινωνιών και η στρατιωτική αποσυμφορητική προέλευση τεχνολογίας, χρησιμοποιούνται ευρέως.

Για να ενσωματωθεί ένα υδατόσημο με αυτήν την μέθοδο, τα bits πληροφοριών που είναι προς απόκρυψη εξαπλώνονται αρχικά με έναν μεγάλο παράγοντα εξάπλωσης στο φάσμα συχνοτήτων αποκαλούμενο «chip-rate». Ο σκοπός της εξάπλωσης είναι να προσθεθεί επιπλέον πληροφορία με την ενσωμάτωση ενός bit σειρά από bits αντιστοιχούν στα pixels της τηλεοπτικής ακολουθίας. Τα εξαπλωμένα bits έπειτα διαμορφώνονται με μια ακολουθία ψευδο-θορύβου, που παράγει το σήμα υδατοσήμων, το εύρος του οποίου μπορεί να ενισχυθεί πριν από τελικά να προσθέσει στα pixels της ανιχνευμένης τηλεοπτικής ακολουθίας. Ο παράγοντας ενίσχυσης μπορεί να ποικίλει σύμφωνα με τις τοπικές ιδιότητες της εικόνας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εκμεταλλευτεί τις χωροχρονικές ιδιότητες της εικόνας εν σχέσει με το ανθρώπινο οπτικό σύστημα. Λόγω της χρήσης ενός σήματος ψευδο-θορύβου για τη διαμόρφωση το υδατόσημο είναι επίσης ένα σήμα-θόρυβος και έτσι είναι δύσκολο να ανιχνευθεί, να αλλαχτεί ή να αφαιρεθεί.

Είναι προφανές πώς αυτή η τεχνική οδηγείται από τη φιλοσοφία υδατοσήμανσης μιας εικόνας της, δεδομένου θεωρώντας το MPEG βίντεο ως μια σειρά ακίνητων εικόνων όπου καθεμία πρέπει χωριστά να υδατοσημανθεί. Εντούτοις, η τηλεοπτική ακολουθία MPEG έχει μερικά ξεχωριστά χαρακτηριστικά που το διαφοροποιούν από μια ακολουθία εικόνων. Η εκμετάλλευση του χωροχρονικού πλεονασμού μεταξύ των πλαισίων στην ακολουθία MPEG ανοίγει μια νέα χρονική διάσταση. Η νέα προσέγγισή μας είναι βασισμένη στα χρονικά και κινησιολογικά χαρακτηριστικά του MPEG video stream, χαρακτηριστικά γνωρίσματα δηλαδή που έδωσαν στο σχέδιο MPEG τα χαρακτηριστικά συμπίεσής του.

4.2 MPEG & Διανύσματα κίνησης (motion vectors)

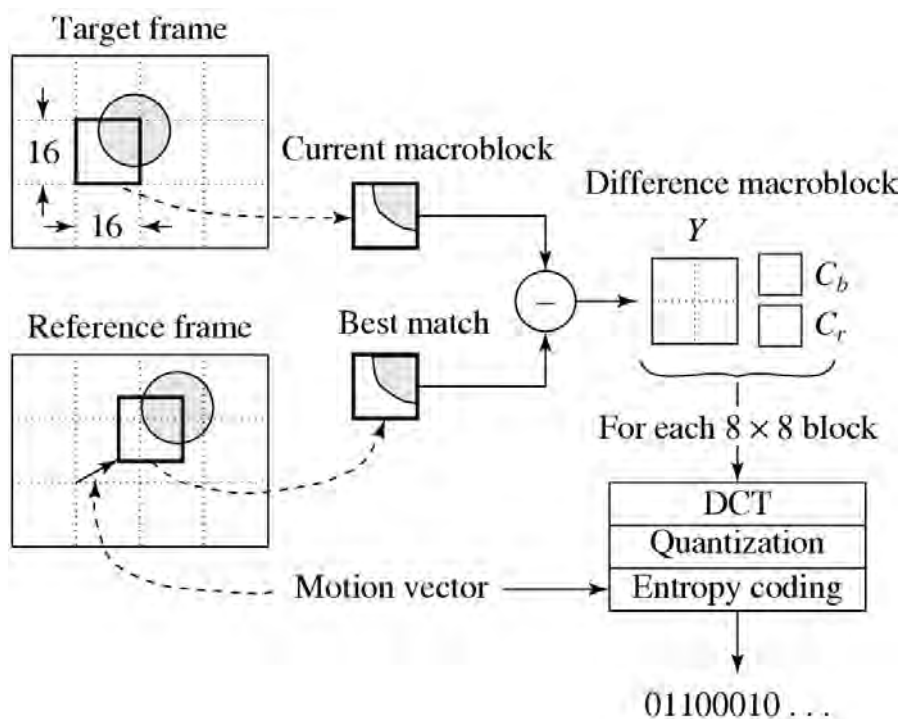
Η ομάδα εμπειρογνομένων κινηματογραφικών ταινιών (MPEG) έχει παραγάγει πρότυπα για την τηλεοπτική και ακουστική κωδικοποίηση για το μέτριας ποιότητας μέτριο ρυθμό μεταδοσης δυαδικών ψηφίων (bit rate) αποκαλούμενο συμπίεση MPEG-x*. Η βασική ιδέα πίσω από την κωδικοποίηση MPEG είναι να χρησιμοποιηθεί η χρονική τοποθεσία. Εκτός από ορισμένους τύπους βίντεο όπως τα μουσικά βίντεο, στα περισσότερα βίντεο οι εικόνες δεν αλλάζουν πολύ κατά την διάρκεια μικρών διαστημάτων. Το βίντεο MPEG εκμεταλλεύεται αυτό για να κωδικοποιήσει μια εικόνα με την βοήθεια των κοντινών σε αυτή εικόνων.

Ένας πηγαίος κώδικας είναι μια ακολουθία αριθμημένων πλαισίων, F1, F2... FN. Κάθε πλαίσιο είναι μια ακίνητη εικόνα. Ένας αναπαραγωγέας video επιδεικνύει ένα πλαίσιο μετά από άλλο, σε ένα ποσοστό σε 30 πλαίσια/δευτερόλεπτο (σύστημα NTSC) ή 25 πλαίσια/δευτερόλεπτο (σύστημα PAL). Mpeg-1 έχει ως σκοπό να παραγάγει τα ποσοστά δυαδικών ψηφίων 1.5Mb/s ή λιγότερο και προορίζεται να χρησιμοποιηθεί με τις εικόνες του μεγέθους 352x288 σε 30 (ή 25) καρέ ανά δευτερόλεπτο, ενώ τα πρότυπα κωδικοποίησης Mpeg-2 λειτουργούν σε περίπου 10 Mb/s μεγέθους 720x520 εικόνας για το σύστημα PAL. Ο αλγόριθμος MPEG λειτουργεί με εικόνες που απεικονίζονται στο διάστημα χρώματος YUV. Κατά συνέπεια εάν μια εικόνα αποθηκεύεται με το RGB σχήμα πρέπει πρώτα να μετατραπεί στο σχήμα YUV. Το σχήμα χρωμάτων (chrominance) (U και V) υποδειγματοληπτείται. Όλες οι πληροφορίες φωτεινότητας (Y) διατηρούνται, δηλ., υπάρχουν 8bits ανά pixel (bpp) για τις πληροφορίες φωτεινότητας. Εντούτοις οι πληροφορίες chrominance (U και V) υποδειγματοληπτούνται 2:1 και στις οριζόντιες και κάθετες κατευθύνσεις πράγμα το οποίο μειώνει τις πληροφορίες κατά μια αναλογία 4:1. Γι' αυτό υπάρχουν 2 bit ανά pixel των πληροφοριών του U και 2 bits ανά pixel των πληροφοριών V. Αυτή η υποδειγματοληψία δεν έχει επιπτώσεις δραστικά στην ποιότητα επειδή το μάτι είναι πιο ευαίσθητο στη φωτεινότητα απ' ό,τι στις πληροφορίες χρωμάτων (chrominance). Η υποδειγματοληψία είναι ένα βήμα με απώλειες. Επομένως, τα 24 bits/pixel των RGB πληροφοριών μειώνονται σε 12 bits των πληροφοριών YUV που δίνουν αυτόματα μια συμπίεση 2:1.

Τα πλαίσια διαιρούνται λογικά σε 16x16 pixels macroblocks. Κάθε macroblock διαιρείται στη συνέχεια σε έξι 8x8 blocks- 4 luminance και 2 chrominance (4Y blocks, 1U block και 1 V block). Υπάρχουν τρεις τύποι πλαισίων: Intra-frames (I), forward predicted frames (P) και bi-directional frames (B). Τα πλαίσια P και B είναι κωδικοποιημένα σχετικά με άλλα πλαίσια. Ένα πλαίσιο I κωδικοποιείται ως ενιαία εικόνα χωρίς την αναφορά σε οποιαδήποτε προηγούμενα ή μελλοντικά πλαίσια. Κάθε block κωδικοποιείται ανεξάρτητα από τη χωρική περιοχή σε ένα πεδίο συχνότητας χρησιμοποιώντας την διακριτή μετατροπή συνημιτόνου (DCT), η οποία χωρίζει το σήμα στις ανεξάρτητες ζώνες συχνότητας. Ένα P-πλαίσιο κωδικοποιείται σχετικά με το προηγούμενο πλαίσιο αναφοράς. Ένα πλαίσιο αναφοράς μπορεί να είναι ένα P ή ένα πλαίσιο I.

Κάθε macroblock σε ένα πλαίσιο P μπορεί να κωδικοποιηθεί είτε ως macroblock I είτε ως macroblock P. Ένα I macroblock κωδικοποιείται ακριβώς όπως ένα macroblock σε ένα πλαίσιο I. Ένα P macroblock είναι κάποιος τομέας 16x16 του προηγούμενου πλαισίου αναφοράς, συν έναν όρο λάθους. Για να διευκρινίσει τον τομέα 16x16 του πλαισίου αναφοράς, ένα διάνυσμα κίνησης (motion vector)

διαβιβάζεται το οποίο διευκρινίζει μια σχετική θέση στο macroblock που κωδικοποιούμε. Τα διανύσματα κίνησης (motion vectors) μπορεί να περιλάβουν τιμές των μισών pixels, οπότε σ'αυτή την περίπτωση τα pixels υπολογίζονται κατά μέσο όρο. Ο όρος λάθους διαβιβάζεται χρησιμοποιώντας την διακριτή μετατροπή συνημιτόνου (DCT), την κβαντοποίηση και την κωδικοποίηση μεταβλητού μήκους.

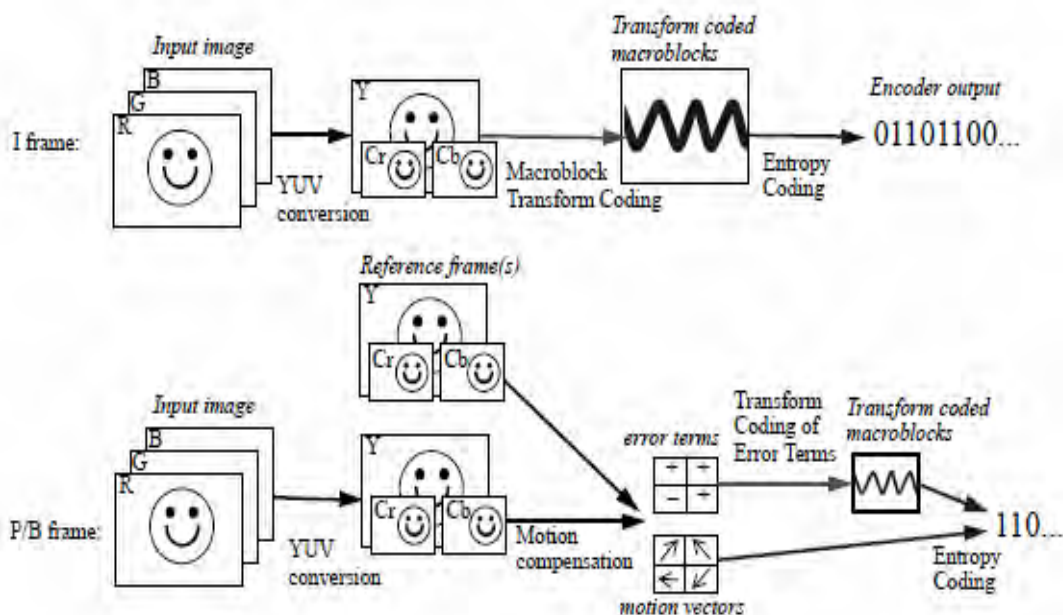


Εικόνα 4.1: Πρόβλεψη και κωδικοποίηση ενός Inter-macroblock

Η αναζήτηση των καλύτερων διανυσμάτων κίνησης (motion vectors) (αυτό που δίνει το μικρότερο πιθανό όρο λάθους) είναι η καρδιά οποιουδήποτε τηλεοπτικού κωδικοποιητή MPEG. Η διανυσματική αναζήτηση κίνησης είναι αυτό που καθιστά τους κωδικοποιητές εγγενώς πιο αργούς από τους αποκωδικοποιητές. Οι διαφορετικές τεχνικές αναζήτησης παράγουν τις δραματικές διαφορές στα ποσοστά ταχύτητας και συμπίεσης. Οι τεχνικές αναζήτησης που εφαρμόζονται για τα P-πλαίσια είναι: εξαντλητική αναζήτηση, υπο-δειγματοληπτική, δύο επιπέδων και λογαριθμική.

Το παράθυρο αναζήτησης για τα διανύσματα κίνησης (motion vectors) που εξετάζονται μπορεί να διευκρινιστεί για κάθε τεχνική. Το παράθυρο αναζήτησης είναι μια τετραγωνική περιοχή γύρω από το διάνυσμα (0.0). Η εξαντλητική αναζήτηση εξετάζει όλα τα διανύσματα κίνησης (motion vectors) στο παράθυρο αναζήτησης. Το διάνυσμα που δίνει το μικρότερο λάθος θεωρείται καλύτερο διάνυσμα. Αυτό το λάθος που συγκρίνει δύο περιοχές 16x16 υπολογίζεται συνήθως μέσω ενός μέτρου λάθους αποκαλούμενου μέσο τετραγωνικό λάθος (MSE) που είναι ο μέσος όρος των τετραγώνων των 256 διαφορών φωτεινότητας. Η μέση απόλυτη διαφορά μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντ' αυτού για να επιταχύνει τον υπολογισμό. Οι άλλες διανυσματικές τεχνικές αναζήτησης κίνησης προσπαθούν να μειώσουν το διάστημα αναζήτησης προκειμένου να επιταχυνθεί περαιτέρω ο υπολογισμός θυσιάζοντας την ποιότητα εικόνων. Το προκύπτον διάνυσμα κίνησης (motion vector) αποθηκεύεται μαζί με τον όρο λάθους για την σωστή πρόβλεψη των P και B πλαισίων. Ένα βίντεο

MPEG είναι ένα διαταγμένο ρεύμα από bits όπου ειδικές ακολουθίες bits χαρακτηρίζουν την αρχή και το τελείωμα ενός λογικού τμήματος. Κάθε ακολουθία βίντεο αποτελείται από μια σειρά ομάδων εικόνων (GOP). Ένα GOP αποτελείται από μια ακολουθία εικόνων (πλαίσια), η δομή της προορίζεται να βοηθήσει την τυχαία προσπέλαση σε μια ακολουθία και είναι μια ανεξάρτητα αποκωδικοποιούμενη μονάδα που μπορεί να είναι οποιουδήποτε μεγέθους εφ' όσον αρχίζει με ένα πλαίσιο I.



Εικόνα 4.2: Διαδικασία κωδικοποίησης MPEG-1 προτύπου.

4.3 Τεχνικές υπολογισμού κίνησης (motion estimation)

Οι τεχνικές εκτίμησης κίνησης (motion estimation) αποτελούν τον πυρήνα της συμπίεσης βίντεο και των εφαρμογών επεξεργασίας βίντεο. Η εκτίμηση κίνησης εξάγει τις πληροφορίες κίνησης από την ακολουθία βίντεο. Η κίνηση αναπαρίσταται χρησιμοποιώντας ένα διάνυσμα κίνησης (X, Y). Το διάνυσμα κίνησης δείχνει τη μετατόπιση ενός (εικονοκυττάρου) pixel ή ενός block από pixels από την τρέχουσα θέση λόγω της κίνησης.

Ποικιλίες τεχνικών εκτίμησης κίνησης είναι διαθέσιμες. Υπάρχουν επαναληπτικές τεχνικές, οι οποίες παράγουν το διάνυσμα κίνησης για κάθε εικονοκύτταρο (pixel). Υπάρχει η τεχνική συσχετισμού φάσης επιπέδου, η οποία παράγει τα διανύσματα κίνησης μέσω του συσχετισμού μεταξύ του τρέχοντος πλαισίου και του πλαισίου αναφοράς. Ο διδιάστατος διακριτός μετασχηματισμός Fourier (2-D DFT) χρησιμοποιείται για αυτό. Εντούτοις, η δημοφιλέστερη τεχνική είναι ο αλγόριθμος ταιριάσματος block (Block Matching Algorithm-BMA).

4.3.1 Αλγόριθμος αναζήτησης πανομοιότυπου block (Block Matching Algorithm-BMA)

Ο αλγόριθμος αναζήτησης πανομοιότυπου block (BMA) είναι ο δημοφιλέστερος αλγόριθμος εκτίμησης κίνησης.

Ο BMA υπολογίζει το διάνυσμα κίνησης για ένα ολόκληρο block από pixels αντί μεμονωμένων pixels. Το ίδιο διάνυσμα κίνησης ισχύει σε όλα τα pixels στο block. Αυτό μειώνει την υπολογιστική απαίτηση και οδηγεί επίσης σε ένα ακριβέστερο διάνυσμα κίνησης διότι τα αντικείμενα αποτελούνται ουσιαστικά από συστάδες pixels.

Το τρέχον block διαιρείται σε pixel blocks και η εκτίμηση κίνησης εκτελείται ανεξάρτητα για κάθε pixel block. Η εκτίμηση κίνησης γίνεται με τον προσδιορισμό ενός pixel block από το πλαίσιο αναφοράς το οποίο ταιριάζει καλύτερα με το τρέχον block, η κίνηση του οποίου υπολογίζεται. Το pixel block αναφοράς παράγεται από τη μετατόπιση της θέσης του τρέχοντος block στο πλαίσιο αναφοράς. Η μετατόπιση παρέχεται από το διάνυσμα κίνησης (Motion Vector). Τα διανύσματα κίνησης αποτελούνται από ένα ζευγάρι (X, Y) των οριζόντιων και κάθετων τιμών μετατοπίσεων.

Υπάρχουν διάφορα κριτήρια διαθέσιμα για τον υπολογισμό του ταιριάσματος των pixel block. Δύο δημοφιλή κριτήρια είναι τα παρακάτω:

- Άθροισμα τετραγωνικού λάθους (Sum of Square Error-SSE)=

$$\sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^N (C(x, y) - R(x, y))^2$$

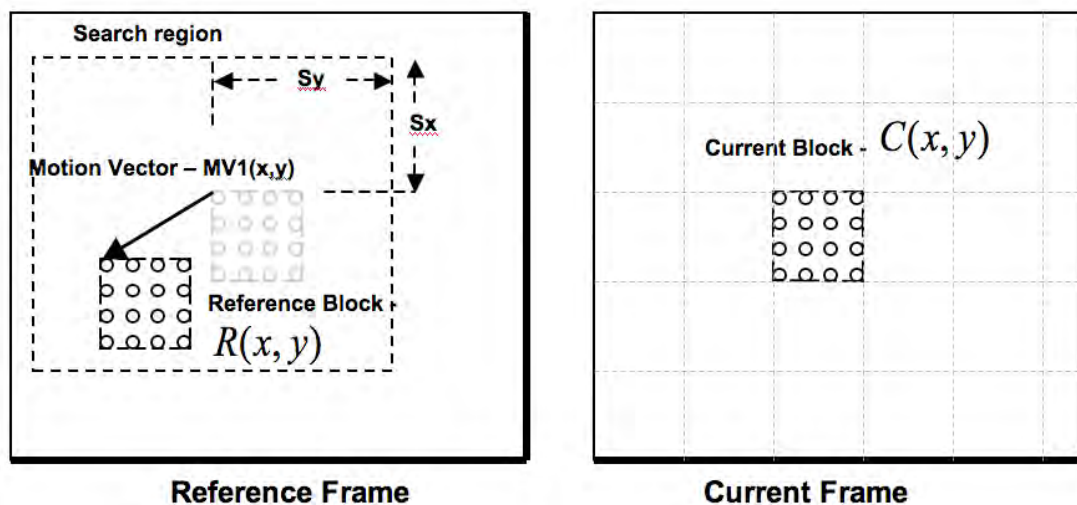
- Άθροισμα απόλυτης διαφοράς (Sum of Absolute Difference-SAD)=

$$\sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^N |C(x, y) - R(x, y)|$$

Ο SSE παρέχει ένα ακριβέστερο ταιρίασμα των pixel blocks, εντούτοις απαιτεί περισσότερους υπολογισμούς. Ο SAD παρέχει αρκετά καλή αντιστοιχία κατόπιν χαμηλότερης υπολογιστικής απαίτησης. Ως εκ τούτου χρησιμοποιείται ευρέως για το ταιρίασμα φραγμών. Υπάρχουν διάφορα άλλα κριτήρια επίσης διαθέσιμα όπως ο διαγώνιος συσχετισμός, η μέγιστη αρίθμηση ταιριάσματος εικονοκυττάρου κ.τ.λ.

Τα pixel blocks αναφοράς παράγονται μόνο από μια περιοχή γνωστή ως περιοχή αναζήτησης (search area). Η περιοχή αναζήτησης καθορίζει το όριο για τα διανύσματα κίνησης και περιορίζει τον αριθμό των blocks που αξιολογούνται. Το ύψος και το πλάτος της περιοχής αναζήτησης εξαρτώνται από την κίνηση στην ακολουθία βίντεο. Η διαθέσιμη δύναμη υπολογισμού καθορίζει επίσης την έκταση της περιοχής αναζήτησης. Η μεγαλύτερη περιοχή αναζήτησης απαιτεί περισσότερο υπολογισμό λόγω της αύξησης σε αριθμό των αξιολογημένων υποψηφίων (candidates pixel block). Τυπικά η περιοχή αναζήτησης κρατιέται ευρύτερη (δηλ. το πλάτος είναι μεγαλύτερο από ύψος) δεδομένου ότι πολλές τηλεοπτικές ακολουθίες παρουσιάζουν συχνά κίνηση κατά τον οριζόντιο άξονα. Η περιοχή αναζήτησης μπορεί επίσης να

αλλαχθεί ανάλογα με την ανιχνευόμενη κίνηση. Η οριζόντια και κάθετη έκταση αναζήτησης, το S_x & το S_y , καθορίζουν την περιοχή αναζήτησης ($+S_x$ και $+/- S_y$) όπως διευκρινίζεται στην εικόνα 4.3.



Εικόνα 4.3: Αλγόριθμος ταιριάσματος block (BMA).

4.3.2 Αλγόριθμος πλήρης αναζήτησης πανομοιότυπου block (Full Search Block Matching)

Ο αλγόριθμος πλήρης αναζήτησης πανομοιότυπου block αξιολογεί κάθε πιθανό pixel block στην περιοχή αναζήτησης. Ως εκ τούτου, μπορεί να παραγάγει το καλύτερο διάνυσμα κίνησης pixel block (motion vector). Αυτός ο τύπος του BMA μπορεί να δώσει λιγότερο πιθανό υπόλειμμα για την συμπίεση βίντεο. Αλλά, οι απαραίτητοι υπολογισμοί είναι απαγορευτικά υψηλοί εξαιτίας του μεγάλου ποσού των υποψηφίων pixel που πρέπει να αξιολογηθούν. Ο αριθμός υποψηφίων προς αξιολόγηση είναι $(2S_x+1) * (2S_y+1)$. Ως εκ τούτου, η πλήρης αναζήτηση χαρακτηριστικά δεν χρησιμοποιείται. Επίσης, δεν εγγυάται τα συνεπή διανύσματα κίνησης που απαιτούνται για τις εφαρμογές επεξεργασίας βίντεο.

Υπάρχουν διάφοροι άλλοι πιο γρήγοροι αλγόριθμοι ταιριάσματος, όποιοι μειώνουν τον αριθμό αξιολογημένων υποψηφίων προσπαθώντας παράλληλα να έχουν μια αποδεκτή ακρίβεια στην πρόβλεψη. Σημειώστε ότι αφού αυτοί οι αλγόριθμοι δοκιμάζουν περιορισμένους υποψηφίους, μπορεί να οδηγήσουν στην επιλογή ενός υποψηφίου που αντιστοιχεί στα τοπικά ελάχιστα, αντίθετα από την πλήρη αναζήτηση, η οποία οδηγεί πάντα στα ολικά ελάχιστα.

4.3.3 Αλγόριθμος τριών σταδίων (Three Step Search)

Σε έναν αλγόριθμο αναζήτησης τριών σταδίων (TSS), η πρώτη επανάληψη αξιολογεί

εννέα υποψηφίους όπως φαίνεται στην εικόνα 2. Οι υποψήφιοι είναι κεντρικά τοποθετημένοι γύρω από τη θέση του τρέχοντος block. Το μέγεθος βήματος για την πρώτη επανάληψη είναι τυπικά το μισό του μεγέθους της περιοχής αναζήτησης. Κατά τη διάρκεια της επόμενης επανάληψης, το κέντρο αναζήτησης μετατοπίζεται στον καλύτερο υποψήφιο από την πρώτη επανάληψη. Επίσης, το μέγεθος βήματος μειώνεται το μισό. Η ίδια διαδικασία συνεχίζεται μέχρι το μέγεθος βήματος να γίνει ίση με ένα pixel. Αυτό είναι η τελευταία επανάληψη του σε τρία στάδια αλγορίθμου αναζήτησης. Ο καλύτερος υποψήφιος από αυτήν την επανάληψη επιλέγεται ως τελικός υποψήφιος. Το διάστημα κίνησης που αντιστοιχεί σε αυτόν τον υποψήφιο επιλέγεται για τον τρέχον block. Ο αριθμός υποψηφίων που αξιολογείται κατά τη διάρκεια της σε τρία στάδια αναζήτησης είναι πολύ λιγότερος έναντι του πλήρους αλγορίθμου αναζήτησης. Ο αριθμός των προς αξιολόγηση υποψηφίων καθορίζεται ανάλογα με το μέγεθος βήματος που τίθεται κατά τη διάρκεια της πρώτης επανάληψης.

4.3.4 Δισδιάστατος λογαριθμικός αλγόριθμος αναζήτησης (2D logarithmic search)

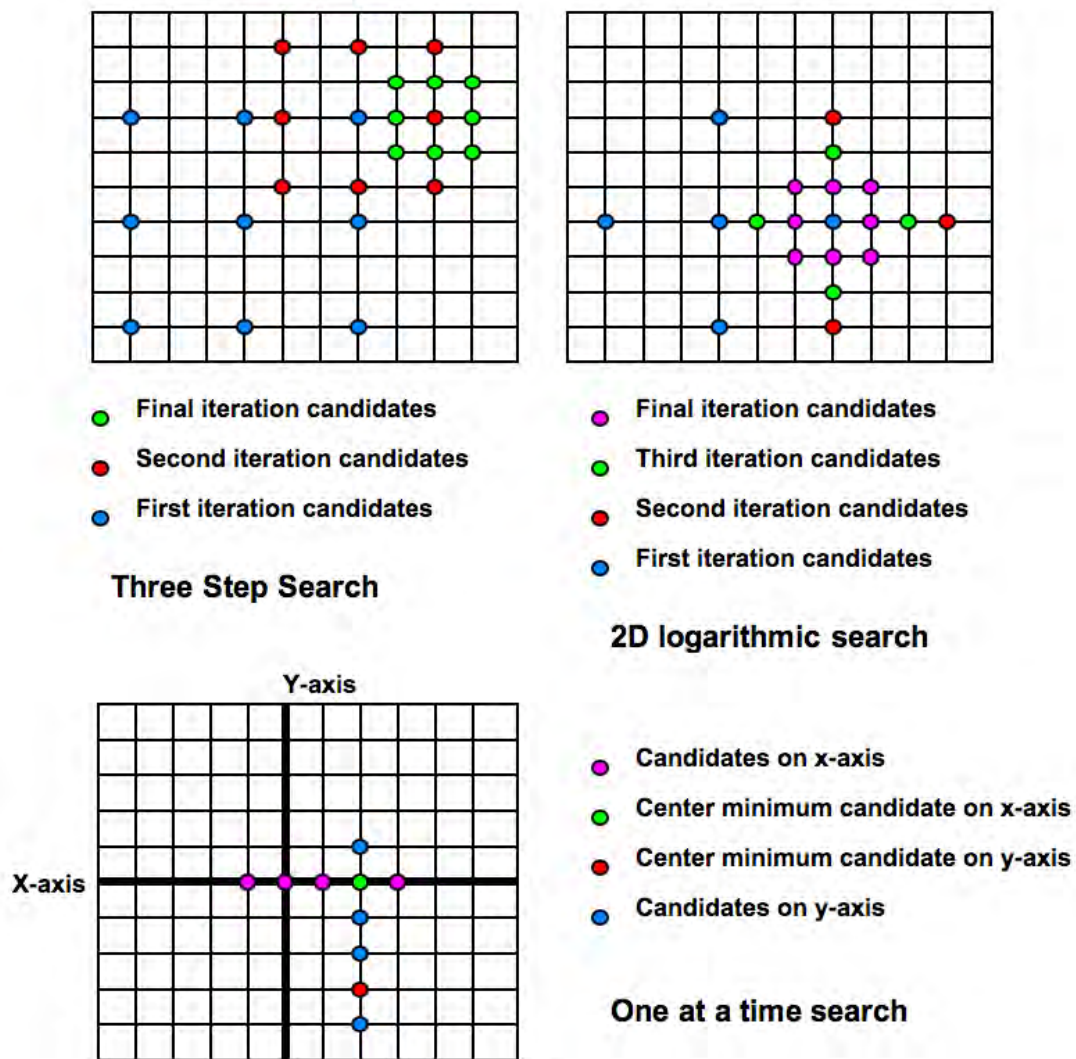
Ο Δισδιάστατος λογαριθμικός αλγόριθμος είναι ένας άλλος αλγόριθμος, ο οποίος εξετάζει περιορισμένους υποψηφίους. Είναι παρόμοιος με τη σε τρία στάδια αναζήτησης. Κατά τη διάρκεια της πρώτης επανάληψης, συνολικά πέντε υποψήφιοι εξετάζονται. Οι υποψήφιοι είναι κεντρικά τοποθετημένοι γύρω από την τρέχουσα θέση block σε σχήμα διαμαντιού. Το μέγεθος βήματος για την πρώτη επανάληψη τίθεται ίσο με το μισό του μεγέθους της έκτασης αναζήτησης. Για την δεύτερη επανάληψη, το κέντρο του διαμαντιού μετατοπίζεται στον καλύτερο υποψήφιο. Το μέγεθος βήματος μειώνεται στο μισό μόνο εάν ο καλύτερος υποψήφιος συμβαίνει να είναι το κέντρο του διαμαντιού. Εάν ο καλύτερος υποψήφιος δεν είναι το κέντρο του διαμαντιού, το ίδιο μέγεθος βήματος χρησιμοποιείται ακόμη και για τη δεύτερη επανάληψη. Σε αυτήν την περίπτωση, μερικοί από τους υποψηφίους έχουν αξιολογηθεί ήδη κατά τη διάρκεια της πρώτης επανάληψης. Ως εκ τούτου, δεν υπάρχει καμία ανάγκη επαναυπολογισμού για αυτούς τους υποψηφίους κατά τη διάρκεια της δεύτερης επανάληψης. Τα αποτελέσματα από την πρώτη επανάληψη μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αυτούς τους υποψηφίους. Η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι το μέγεθος βημάτων γίνεται ίση με ένα pixel. Για αυτήν την επανάληψη και οι οκτώ περιβάλλοντες υποψήφιοι αξιολογούνται. Ο καλύτερος υποψήφιος από αυτήν την επανάληψη επιλέγεται για το τρέχον block. Ο αριθμός αξιολογημένων υποψηφίων είναι μεταβλητός για την δισδιάστατη λογαριθμική αναζήτησης. Εντούτοις, στη χειρότερη και στην καλύτερη περίπτωση οι υποψήφιοι μπορούν να υπολογιστούν.

4.3.5 Ένα κάθε φορά αλγόριθμος αναζήτησης (One at a time search algorithm)

Ο αλγόριθμος υπολογίζει την X-παράμετρο και την Y-παράμετρο του διανύσματος κίνησης ανεξάρτητα. Η αναζήτηση υποψηφίων εκτελείται αρχικά κατά μήκος του X-άξονα. Κατά τη διάρκεια κάθε επανάληψης, ένα σύνολο τριών γειτονικών υποψηφίων κατά μήκος του X-άξονα εξετάζεται. Το σύνολο τριών-υποψηφίων μετατοπίζεται προς τον καλύτερο υποψήφιο, με αυτόν να διαμορφώνει το κέντρο για την επόμενη

επανάληψη. Η διαδικασία σταματά εάν ο καλύτερος υποψήφιος συμβαίνει να είναι κέντρο του συνόλου υποψηφίων.

Η θέση αυτού του υποψηφίου στον Χ-άξονα χρησιμοποιείται ως Χ-παράμετρος του διανύσματος κίνησης. Η αναζήτηση συνεχίζει τώρα αντίστοιχα στον Υ-άξονα ακολουθώντας παρόμοια διαδικασία αναζήτησης για να υπολογιστεί η Υ- παράμετρος για το διάνυσμα κίνησης. Ο παρών αλγόριθμος εξετάζει μικρότερο αριθμό υποψηφίων κατά μέσο όρο. Εντούτοις, η ακρίβεια του διανύσματος κίνησης είναι φτωχή.



Εικόνα 4.4: Γρήγοροι αλγόριθμοι αναζήτησης πανομοιότυπων Block (Fast BMAs)

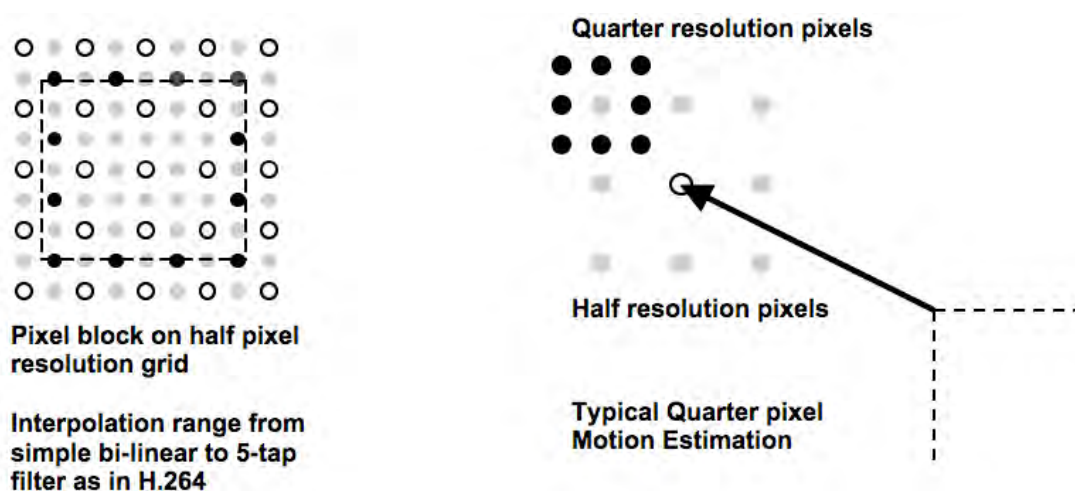
Οι απαραίτητοι υπολογισμοί είναι σημαντικά μειωμένοι και οφείλονται στους ανωτέρω γρήγορους αλγορίθμους. Εντούτοις, για υψηλότερες αναλύσεις, είναι απαραίτητο να μειωθούν περαιτέρω οι υπολογισμοί για να καλύψουν τις πραγματικές-χρονικές (real time) απαιτήσεις. Χαρακτηριστικά αυτό επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση του υποδειγματοληπτημένου υπολογισμού SAD και την παράλειψη μεταβληθέντων block για την εκτίμηση κίνησης. Για τον υποδειγματοληπτημένο SAD χρησιμοποιούνται μόνο τα μεταβληθέντα δείγματα

στην κάθετη και οριζόντια κατεύθυνση. Κατ' αυτόν τον τρόπο μειώνεται ο υπολογισμός SAD κατά $\frac{1}{4}$. Η εκτίμηση κίνησης μπορεί να εκτελεσθεί μόνο για τα μεταβεβλημένα blocks. Τα διανύσματα κίνησης για τα block που λείπουν μπορούν να παραχθούν μέσω παρεμβολής από τα γειτονικά διανύσματα κίνησης.

Η επιλογή του μεγέθους block καθορίζει επίσης την αναλογία μεταξύ του απαραίτητων υπολογισμών και της ακρίβειας των διανυσμάτων κίνησης. Το μικρότερο μέγεθος block μπορεί ακριβώς να περιγράψει την κίνηση ακόμα μικρότερων αντικειμένων αλλά θα χρειαστεί υψηλότερο υπολογισμό. Π.χ. τα τηλεοπτικά πρότυπα κωδικοποίησης H.264 (MPEG-4) επιτρέπουν ένα μέγεθος block 4x4. Τα χαρακτηριστικά μεγέθη block είναι 16x16, 8x8 και 4x4. Σημειώστε ότι ένα μέγεθος block χαμηλότερο από 4x4 μπορεί να μην περιέχει ικανοποιητική πληροφορία υφής, ως εκ τούτου, μπορεί να μην είναι δυνατό να προβλεφθεί ακριβώς το ταίριασμα των block.

4.3.6 Εκτίμηση κίνησης υπο-εικονοκυττάρου (Sub-pixel motion estimation)

Η πραγματική κίνηση στην τηλεοπτική ακολουθία μπορεί να είναι πολύ πιο ακριβής. Ως εκ τούτου, ένα αντικείμενο μπορεί να μην βρίσκεται σε block pixels ακέραιων αριθμών. Για να πετύχουμε μια καλύτερη αντιστοιχία, η εκτίμηση κίνησης (motion estimation) πρέπει να εκτελεσθεί σε ένα block υπο-εικονοκυττάρου (sub-pixel). Το sub-pixel block μπορεί να είναι είτε στην μισή είτε στο ένα τέταρτο της ανάλυσης. Το block αναφοράς στο sub-pixel block παράγεται χρησιμοποιώντας είτε τη διγραμμική παρεμβολή (bi-linear interpolation) είτε ένα περιπλοκότερο φίλτρο (six-tap filter) όπως χρησιμοποιείται στα πρότυπα H.264. Κανονικά, το ακέραιο διάνυσμα κίνησης καθαρίζεται περαιτέρω στο πρώτο μισό εικονοκύτταρο (half-pixel) με τη δοκιμή των οκτώ γειτονικών θέσεων των μισών εικονοκυττάρων και περαιτέρω στο εικονοκύτταρο τετάρτων (quarter-pixel) με τη δοκιμή των οχτώ γειτονικών θέσεων εικονοκυττάρων τετάρτων. Αυτό είναι διευκρινισμένο στην εικόνα 4.5.

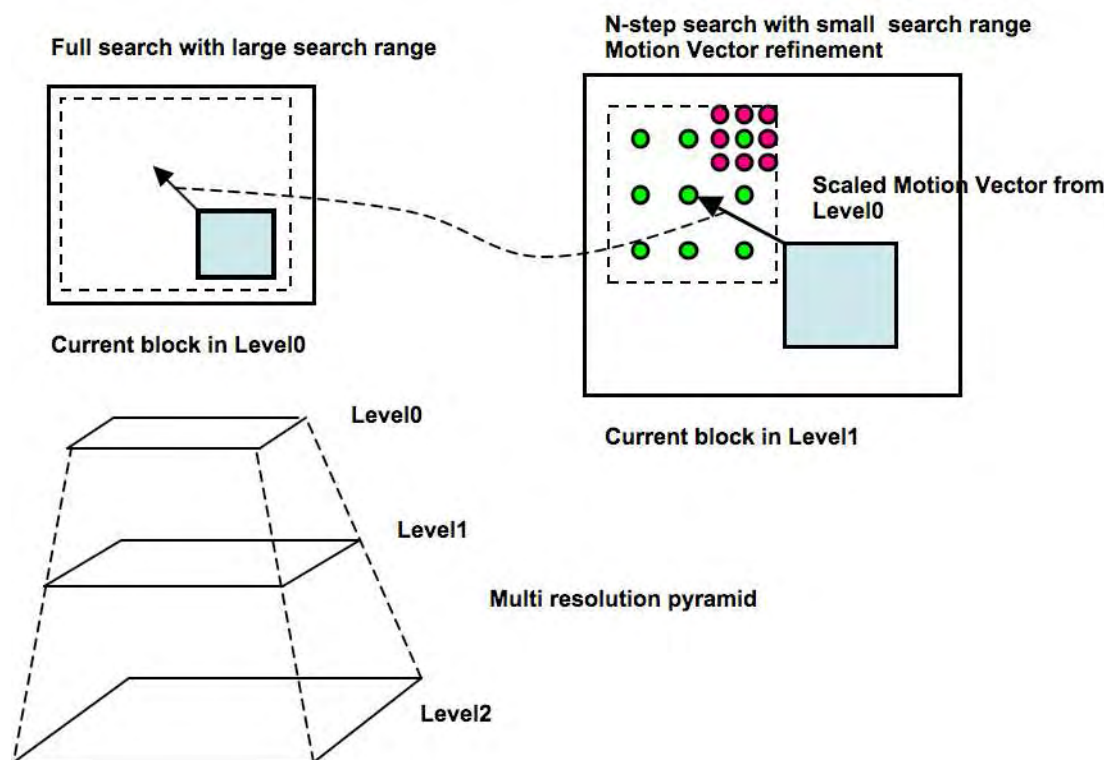


Εικόνα 4.5: Εκτίμηση κίνησης υπο-εικονοκυττάρου (Sub-pixel motion estimation)

4.3.7 Ιεραρχικός αλγόριθμος αναζήτησης πανομοιότυπου block (Hierarchical Block Matching Algorithm)

Ο ιεραρχικός αλγόριθμος αναζήτησης αποτελεί μια περιπλοκότερη τεχνική εκτίμησης κίνησης. Ο HBMA παρέχει ακριβή διανύσματα κίνησης επαναυπολογίζοντας σταδιακά το διάνυσμα κίνησης σε διαφορετικές αναλύσεις των pixel. Στην ιεραρχική εκτίμηση διανυσμάτων κίνησης, διαμορφώνεται μια πυραμίδα μειώμενου πλαισίου βίντεο. Το αρχικό πλαίσιο αποτελεί την εικόνα υψηλότερης ανάλυσης και οι άλλες εικόνες στην πυραμίδα διαμορφώνονται από την υποδειγματοληψία της αρχικής. Μια απλή διγραμμική υποδειγματοληψία μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Αυτό είναι διευκρινισμένο στην εικόνα 4.6.

Το μέγεθος block $N \times N$ στην υψηλότερη ανάλυση είναι μειωμένο κατά $(N/2) \times (N/2)$ στο επόμενο επίπεδο ανάλυσης. Ομοίως, η περιοχή αναζήτησης μειώνεται επίσης. Η διαδικασία εκτίμησης του διανύσματος κίνησης ξεκινά από την χαμηλότερη ανάλυση. Χαρακτηριστικά, η πλήρης αναζήτηση εκτίμησης διανύσματος κίνησης εκτελείται για κάθε block στην χαμηλότερη ανάλυση. Δεδομένου ότι το μέγεθος των block και η περιοχή αναζήτησης μειώνονται, δεν απαιτείται πληθώρα υπολογισμών. Τα διανύσματα κίνησης από τη χαμηλότερη ανάλυση κλιμακώνονται και περνάν ως διανύσματα κίνησης για κάθε block στο επόμενο επίπεδο. Στο επόμενο επίπεδο, τα διανύσματα κίνησης καθαρίζονται σε μια μικρότερη περιοχή αναζήτησης. Ένας απλούστερος αλγόριθμος εκτίμησης κίνησης και μια μικρότερη περιοχή αναζήτησης είναι αρκετά κοντά στην υψηλότερη ανάλυση δεδομένου ότι τα διανύσματα κίνησης είναι ήδη κοντά στα ακριβή διανύσματα κίνησης.



Εικόνα 4.6: Ιεραρχική αναζήτηση πανομοιότυπου block (HBMA)

4.3.8 Καθολική εκτίμηση κίνησης (Global motion estimation)

Υπάρχει ένας άλλος τύπος τεχνικής εκτίμησης κίνησης όπως η καθολική εκτίμηση κίνησης. Οι τεχνικές εκτίμησης κίνησης που συζητούνται μέχρι τώρα είναι χρήσιμες στον υπολογισμό της τοπικής κίνησης (δηλ. κίνηση από τα αντικείμενα μέσα στο τηλεοπτικό πλαίσιο). Εντούτοις, η ακολουθία βίντεο μπορεί να περιέχει καθολική κίνηση. Για μερικές εφαρμογές, όπως η τηλεοπτική σταθεροποίηση, είναι πιο χρήσιμο να βρουν την καθολική κίνηση παρά την τοπική. Στη καθολική κίνηση, ο ίδιος τύπος κίνησης ισχύει σε κάθε εικονοκύτταρο στο βίντεο πλαίσιο. Μερικά παραδείγματα της καθολικής κίνησης είναι το φιλτράρισμα, η περιστροφική κίνηση και η εστίαση ή η απομάκρυνση. Σε όλα αυτά, κάθε εικονοκύτταρο κινείται χρησιμοποιώντας το ίδιο πρότυπο κίνησης. Τα διανύσματα κίνησης για κάθε εικονοκύτταρο ή block εικονοκυττάρου μπορούν να περιγραφούν χρησιμοποιώντας παραμετρικό πρότυπο με τέσσερις παραμέτρους:

$$G_x = p_0 * X + q_0$$

$$G_y = p_1 * Y + q_1$$

Το καθολικό διάνυσμα δίνεται από το ζεύγος συντεταγμένων $\vec{G}_{x,y} = (G_x, G_y)$

Για το φιλτράρισμα και τη σφαιρική κίνηση, μόνο q_0 και q_1 είναι διαφορετικό από το μηδέν δηλ. σταθερό διάνυσμα κίνησης για το ολόκληρο τηλεοπτικό πλαίσιο. Για το ζουμ in/out, μόνο p_0 και p_1 θα είναι διαφορετικά από το μηδέν. Εντούτοις όλες οι παράμετροι είναι συνήθως παρούσες. Η σφαιρική εκτίμηση κίνησης περιλαμβάνει τον υπολογισμό των τεσσάρων παραμέτρων στο πρότυπο (p_0 , p_1 , q_0 , q_1). Οι παράμετροι μπορούν να υπολογιστούν με τη μεταχείριση τους ως τέσσερις άγνωστοι.

4.3.9 Βασισμένη στο αντικείμενο εκτίμηση κίνησης (Object motion estimation)

Τέλος, η βασισμένη στο αντικείμενο εκτίμηση κίνησης παρέχει την πιο προηγμένη εκτίμηση. Εδώ, η τηλεοπτική ακολουθία είναι χωρισμένη σε αντικείμενα αντί για pixel blocks. Η κίνηση κάθε αντικειμένου υπολογίζεται ανεξάρτητα. Αυτό παρέχει την καλύτερη δυνατή αληθινή εκτίμηση κίνησης που βοηθά και την συμπίεση βίντεο και την μετατροπή του ποσοστού ανίχνευσης. Εντούτοις, η κατάτμηση αντικειμένου παραμένει το πιο σύνθετο βήμα επεξεργασίας, το οποίο ανάγκασε τη βασισμένη στο αντικείμενο εκτίμηση κίνησης να είναι μην είναι τόσο δημοφιλής.

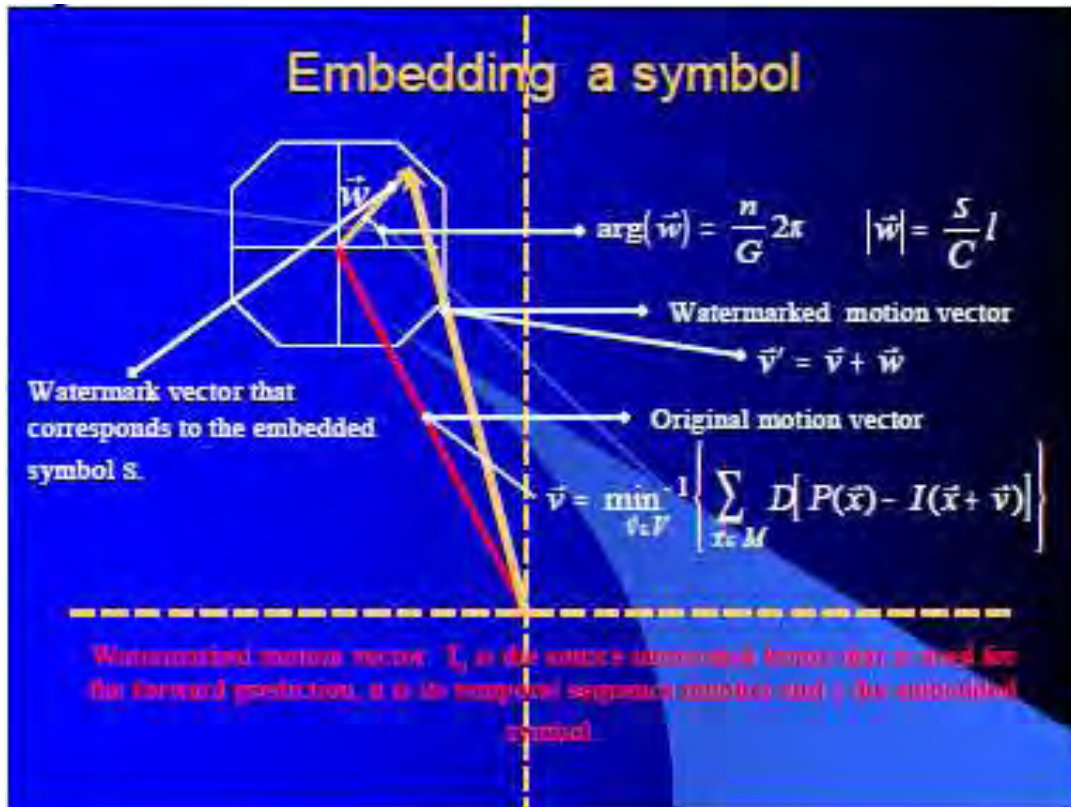
4.4 Υδατοσήμανση βασισμένη στα διανύσματα κίνησης (motion vectors)

Ο αλγόριθμος συμπίεσης MPEG μετασχηματίζει τη σειρά πλαισίων αποκαλούμενων βίντεο πηγής σε μια σειρά συμπιεσμένων πλαισίων αποκαλούμενων κωδικοποιημένο βίντεο. Κάθε πλαίσιο P και B στο κωδικοποιημένο βίντεο έχει τις πληροφορίες

κίνησης για τουλάχιστον ένα macroblock του, διαφορετικά θα είχε κωδικοποιηθεί ως Intra πλαίσιο. Θα υποθέσουμε μια κατάσταση όπου το βίντεο πηγής έχει τον υψηλό χρονικό πλεονασμό και επομένως οι πληροφορίες κίνησης στο κωδικοποιημένο βίντεο είναι πολύ πλούσιες. Ακριβέστερα, υποθέτουμε ότι το ποσοστό των macroblocks που προβλέπονται σε ένα πλαίσιο P είναι υψηλό (πάνω από 50%) και είναι ακριβώς αυτός ο τύπος τηλεοπτικών στοιχείων που μπορούν να είναι επιτυχέστερα watermarked κάτω από το σχέδιό μας.

Η κύρια ιδέα στο προτεινόμενο σχέδιό μας είναι να κωδικοποιηθεί το βίντεο πηγής με έναν τυποποιημένο κωδικοποιητή που προσθέτει ένα διάνυσμα-υδατόσημο (watermarked vector) στα διανύσματα κίνησης (motion vectors) ενός υποσυνόλου των macroblocks του πρώτου πλαισίου P σε κάθε GOP. Κάθε διάνυσμα υδατοσήμων θα κωδικοποιήσει δύο πράγματα: Ένα σύμβολο της υπογραφής που προσδιορίζει τον ιδιοκτήτη πνευματικών δικαιωμάτων και τη θέση του αντίστοιχου GOP στην πλήρη τηλεοπτική ακολουθία. Μ' αυτόν τον τρόπο κάθε GOP (που μπορεί να θεωρηθεί ελάχιστο βιντεοκλίπ) φέρνει όχι μόνο τις κρυμμένες πληροφορίες για τον ιδιοκτήτη του αλλά και για τη θέση του στο πλήρες βίντεο, προστατεύοντας έτσι την μη εξουσιοδοτημένη αναπαραγωγή μερών του βίντεο. Για να ενσωματώσουμε την πλήρη υπογραφή θα χρειαστούμε πολλά διαδοχικά GOPs, ενσωματώνοντας ένα ενιαίο σύμβολο σε ένα ενιαίο GOP. Η υπογραφή έπειτα θα καταλάβει ένα σύνολο διαδοχικών GOPs. Το επόμενο σύνολο GOPs (σε χρονική σειρά) θα φέρει ένα δεύτερο ίδιο αντίγραφο της υπογραφής και ούτω καθεξής έως ότου φθάνουμε στο τέλος της ακολουθίας πλαισίων. Το υδατόσημο μπορεί να ανακτηθεί συγκρίνοντάς το με το αρχικό κωδικοποιημένο βίντεο. Η σύγκριση θα αποκαλύψει τις κωδικοποιημένες διαφορές στα διανύσματα κίνησης. Ένα ψευδοτυχαίο σχέδιο μεταβλητού μήκους μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιλέξει το υποσύνολο των macroblocks στο πρώτο πλαίσιο P που θα φέρει τις πληροφορίες υδατοσήμων για εκείνο το GOP. Το διάνυσμα υδατοσήμων (watermarked vector) θα φέρει τις ενσωματωμένες πληροφορίες στο μέγεθός του (magnitude) και την κύρια γωνία του (principal angle). Το μέγεθός του αντιστοιχεί σε ένα σύμβολο, (ένα σύμβολο Unicode για παράδειγμα) και αποτελεί μέρος του μήκους του αρχικού διανύσματος κίνησης. Αυτός ο τρόπος μπορούμε να ρυθμίσουμε την τροποποίηση του μεγέθους του αρχικού διανύσματος κίνησης για να μην υπερβούμε τα όριά του. Η κύρια γωνία του διαμορφωμένη εν σχέσει με τον οριζόντιο άξονα, αντιστοιχεί στη θέση του GOP που φέρνει το συγκεκριμένο διάνυσμα κίνησης και θα αυξηθεί κατά ένα ποσοστό του 2π σχετικό με τον αριθμό των GOPs στο βίντεο. Η κύρια γωνία, μαζί με την αλλαγή μεγέθους, καθορίζει μονοσήμαντα το διάνυσμα υδατοσήμων. Το διάνυσμα υδατοσήμων (watermarked vector) θα προστεθεί έπειτα στο αρχικό διάνυσμα κίνησης για να παραγάγει το υδατοσημασμένο διάνυσμα κίνησης (watermarked motion vector) που θα γραφτεί τελικά στα συμπιεσμένα δεδομένα του βίντεο.

Οι λεπτομέρειες της ενσωμάτωσης ενός συμβόλου είναι διευκρινισμένες στην εικόνα 4.7.



Εικόνα 4.7: Απεικόνιση της τεχνικής ενσωμάτωσης ενός συμβόλου μαζί με την θέση του GOP στην ακολουθία του βίντεο. Το αρχικό διάνυσμα κίνησης (motion vector) υπολογίστηκε να παράγει το ελάχιστο λάθος πρόβλεψης. Το υδατοσημασμένο διάνυσμα (watermarked vector) υπολογίστηκε ανεξάρτητα χρησιμοποιώντας το ενσωματωμένο σύμβολο για να υπολογίσει το μέγεθός του και τη χρονική θέση του τρέχοντος GOP να υπολογιστεί η γωνία του. Το διάνυσμα υδατοσήμων (watermarked vector) προστέθηκε τελικά στο αρχικό διάνυσμα κίνησης (motion vector) για να παραγάγει το υδατοσημασμένο διάνυσμα κίνησης (watermarked motion vector) που θα αποθηκευτεί.

4.4.1 Ζητήματα υλοποίησης

Ο αλγόριθμος υδατοσήμανσης βασισμένος στα διανύσματα κίνησης (motion vectors) υλοποιήθηκε παραλλάσσοντας τον πηγαίο κώδικα του MPEG κωδικοποιητή του πανεπιστημίου της Καλιφόρνια από την MPEG Software Simulation Group.

➤ **Περίληψη του λογισμικού κωδικοποίησης και οι μεταβολές**

Αρχικοποίηση: Ο κωδικοποιητής δέχεται ένα σύνολο παραμέτρων μεταξύ του οποίου είναι ένα σταθερό σχέδιο περιγραφής GOP της μορφής IP. B.P.B.PI και τα ονόματα και οι τύποι των πλαισίων πηγής. Η υψηλού επιπέδου δομή bit-stream καθορίζεται έπειτα. Αυτό περιλαμβάνει το γράψιμο των σωστών κεφαλίδων και των επεκτάσεων και της απόφασης που απεικονίζουν τον τύπο κωδικοποίησης που επιλέγει για κάθε εικόνα. Η κωδικοποίηση μιας εικόνας διαιρείται σε ακόλουθα βήματα:

- Εκτίμηση κίνησης (motion estimation).
- Υπολογισμός της πρόβλεψης.

- Εκτίμηση τύπων DCT.
- Αφαίρεση της πρόβλεψης από την εικόνα και εκτέλεση DCT.
- Κβαντοποίηση συντελεστών DCT και παραγωγή των στοιχείων VLC (Variable Length Code) .
- Αντίστροφη κβαντοποίηση των συντελεστών DCT.
- Εκτέλεση αντίστροφου DCT (IDCT) και πρόσθεση της πρόβλεψης.

Κάθε ένα από αυτά τα βήματα εκτελείται για ολόκληρη την εικόνα πριν προχωρήσουμε στην επόμενη εικόνα. Η πρόθεση είναι να κρατηθούν αυτά τα βήματα όσο το δυνατόν πιο ανεξάρτητα μεταξύ τους. Επικοινωνούν μόνο μέσω των βασικών δομών δεδομένων. Η τροποποίησή μας του κώδικα ήταν κυρίως στα μέρη της εκτίμησης κίνησης και της πρόβλεψης λάθους, η πρώτη προκειμένου να είσαι σε θέση να υπολογίσει και να προσθέσει το διάνυσμα υδατοσήμων κανονικά υπολογισμένο και τη δεύτερη προκειμένου να αποβληθεί ο όρος λάθους που θα ακύρωνε την τροποποίησή μας. Αναλύουμε περαιτέρω αυτά τα δύο βήματα:

➤ Υπολογισμός κίνησης

Το μέρος εκτίμησης κίνησης (motion estimation) του αλγορίθμου υπολογίζει για κάθε πλαίσιο P και B το καλύτερο διάνυσμα κίνησης βασισμένο στα προηγούμενα και μελλοντικά πλαίσια πηγής. Η κυρίως λειτουργία διαπερνά όλα τα macroblocks της τρέχουσας εικόνας, υπολογίζοντας διανύσματα κίνησης (motion vectors) για κάθε macroblock ξεχωριστά για τύπους εικόνων πλαισίων και πεδίων . Η εκτίμηση κίνησης χωρίζεται σε τρία βήματα:

- Υπολογισμός των βέλτιστων διανυσμάτων κίνησης για κάθε έναν από τους πιθανούς τύπους κίνησης (frame, field, 16x8, dual prime).
- Επιλογή του καλύτερου τύπου κίνησης με τον υπολογισμό και τη σύγκριση μιας συνάρτησης βασισμένης στο κόστους του λάθους πρόβλεψης.
- Επιλογή είτε ενός τύπου κίνησης είτε οποιουδήποτε άλλου τύπου κωδικοποίησης (intra coding, No MC coding).

Τα διανύσματα κίνησης (motion vectors) υπολογίζονται από την πλήρη αναζήτηση ακέραιου pixel σε ένα παράθυρο αναζήτησης καθορισμένου μεγέθους από το χρήστη. Αυτή η πλήρης αναζήτηση είναι βασισμένη στις αρχικές εικόνες αναφοράς πηγής. Στη συνέχεια οι συναρτήσεις κόστους για τα 9 διανύσματα κίνησης με μια σταθερά -0.5, 0, και 0.5 σχετικά με τα καλύτερα διανύσματα ακέραιων pixel αξιολογούνται (χρησιμοποιώντας την αναδημιουργημένη εικόνα αναφοράς) και το διάνυσμα με τη μικρότερη συνάρτηση κόστους χρησιμοποιείται ως εκτίμηση. Για να απλοποιήσουμε τα θέματα τροποποίησης του κώδικα μεταχειριζόμαστε τα P-πλαίσια μόνο ως τύπο εικόνας-πλαίσιο, μια επιλογή που είναι διαθέσιμη ως παράμετρο εισαγωγής στον αρχικό κωδικό πηγής. Σε αυτήν την περίπτωση, μετά από τον υπολογισμό του ενιαίου καλύτερου διανύσματος κίνησης των κατάλληλων macroblocks, υπολογίζουμε επίσης το υδατοσημασμένο διάνυσμα (watermarked vector) από τη χρονική διάταξη του τρέχοντος GOP ως εξής:

$$X_w = \frac{ls}{C} \cos\left(\frac{g2\pi}{G}\right), \quad Y_w = \frac{ls}{C} \cos\left(\frac{g2\pi}{G}\right)$$

Όπου το l είναι το μήκος του καλύτερου διανύσματος κίνησης v (motion vector) ($l = \sqrt{X_v^2 + Y_v^2}$), s το προς ένθεση σύμβολο, C ο αριθμός των διαφορετικών πιθανών συμβόλων που χρησιμοποιούμε (το αλφαβητό μας), g η τρέχουσα GOP ακολουθία (χρονική συντεταγμένη), G ο συνολικός αριθμός των GOP στο βίντεο και (X_v, Y_v) , (X_w, Y_w) οι συντεταγμένες του αρχικού διανύσματος κίνησης (motion vector) και του υδατοσημασμένου διανύσματος (watermarked vector) αντίστοιχα.

Τελικά η υδατοσήμανση οφείλεται στο γεγονός της πρόσθεσης του αρχικού διανύσματος κίνησης (motion vector) με το υδατοσημασμένο διάνυσμα (watermarked vector) δηλαδή: $X'_{v} = X_v + X_w$, $Y'_{v} = Y_v + Y_w$.

Το υδατοσημασμένο διάνυσμα κίνησης (watermarked motion vector) είναι αυτό που τελικά θα εγγραφεί ως το καλύτερο διάνυσμα κίνησης (motion vector) για το τρέχον macroblock.

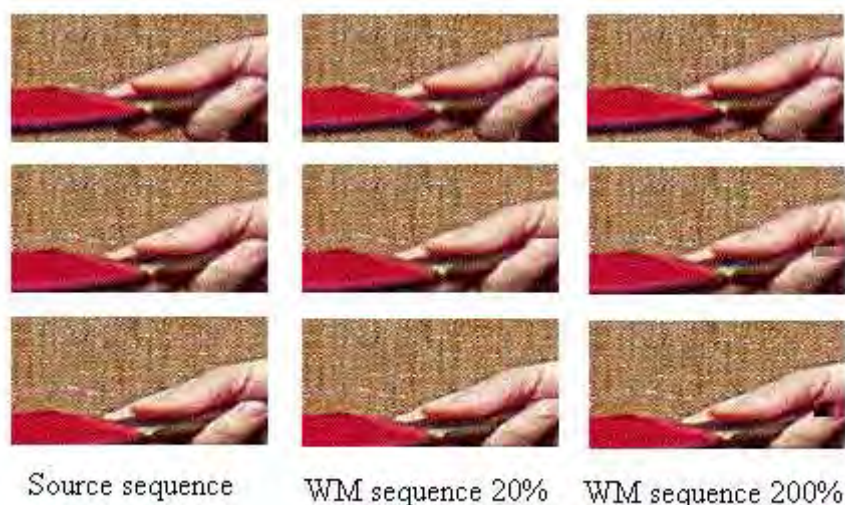
➤ Πρόβλεψη

Μετά από τον υπολογισμό των διανυσμάτων κίνησης για κάθε macroblock των μη-Intra coded πλαισίων, ο όρος λάθους για κάθε πρόβλεψη πρέπει να υπολογιστεί. Αυτό γίνεται με τη διαμόρφωση της πρόβλεψης για κάθε macroblock βασισμένο στο ήδη υπολογισμένο διάνυσμα κίνησης και την αφαίρεση του προκύπτοντος macroblock από την πηγή, για να παραγάγει τον όρο λάθους που θα μετασχηματίζεται μέσω του διακριτού μετασχηματισμού συνημιτόνου DCT, κβαντοποιείται και αποθηκεύεται. Αξίζει να παρατηρηθεί ότι αυτή η διαδικασία είναι ενιαία για όλα τα macroblocks είτε είναι Intra coded είτε όχι. Τα Intra coded blocks αναγνωρίζονται και η πρόβλεψή τους τίθεται κενή προκειμένου να παραγάγουν ένα λάθος ίδιο με το macroblock πηγής. Χρησιμοποιούμε την ίδια τεχνική για να εξαλείψουμε το λάθος για το υδατοσημασμένο (watermarked) macroblock και ειδικότερα πρωτίστως επεκτείνουμε τους τύπους των macroblock για να περιλάβουμε τα watermarked macroblock, κατόπιν η πρόβλεψή τους αντιγράφεται από το macroblock αναφοράς προκειμένου να μην παραχθεί κανένα λάθος. Μ' αυτόν τον τρόπο παραπλανάμε τον κωδικοποιητή για να «πιστέψει» ότι τα watermarked macroblocks μας προβλέφθηκαν τέλεια ακριβώς από τις πληροφορίες κίνησης και κανένα λάθος δεν προστίθεται στο περιεχόμενό τους. Αυτό είναι ένα απαραίτητο βήμα δεδομένου ότι η πρόβλεψη λάθους θα απέβαλλε τη διαστρέβλωση εικόνων λόγω του υδατοσήμου. Εναλλακτικά, μπορούμε να προσθέσουμε έναν μικρό όρο λάθους υψηλής συχνότητας για να το κάνουμε ακριβώς δυσκολότερο για έναν επιτιθέμενο να ανιχνεύσει τη θέση των watermarked block.

4.4.2 Πειραματικά αποτελέσματα

Χρησιμοποιήσαμε τον ανωτέρω τροποποιημένο κωδικοποιητή για να κωδικοποιήσουμε και να υδατοσημάνουμε ένα GOP τριών πλαισίων IPB (IBP σε χρονική διάταξη) με τα διάφορα σύμβολα προκειμένου να αξιολογηθεί η επίδραση στην ποιότητα εικόνων. Τα αποτελέσματα που απεικονίζονται στην εικόνα 4.8 παρουσιάζουν ότι η οπτική επίδραση όσον αφορά στην μεταβολή των πλαισίων είναι μη ορατή. Η τροποποίηση γίνεται ορατή μόνο μετά από μια αύξηση μεγέθους, όπως

μπορεί να δει κανείς στην τρίτη σειρά (στήλη) πλαισίων. Όπως είναι επίσης σαφής η επίδραση της μεθόδου διαδίδεται στα μελλοντικά πλαίσια που χρησιμοποιούν το τροποποιημένο πλαίσιο ως αναφορά.



Εικόνα 4.8: Κάθε στήλη αντιπροσωπεύει ανωτέρω ένα ενιαίο GOP του τύπου IBP σε χρονική διάταξη από πάνω προς τα κάτω. Η πρώτη στήλη είναι το αρχικό GOP που θέλουμε να ενθέσουμε το υδατόσημο, το δεύτερο GOP είναι μια watermarked έκδοση του πρώτου, όπου ένα macroblock στο P-πλαίσιο έχει αλλάξει. Ειδικότερα το αντίστοιχο διάνυσμα κίνησης (motion vector) έχει τροποποιηθεί από την προσθήκη του διανύσματος υδατοσήμων (watermarked vector). Εδώ το διάνυσμα υδατοσήμων είχε ένα μέγεθος 20% του μεγέθους του αρχικού διανύσματος κίνησης και μιας αυθαίρετης κύριας γωνίας. Στην τρίτη στήλη βλέπουμε το ίδιο αρχικό GOP υδατοσημασμένο (watermarked) στο ίδιο macroblock αλλά με 200% το μέγεθος του αρχικού διανύσματος κίνησης και ίδιας αυθαίρετης γωνίας. Είναι σαφές ότι στην πρώτη περίπτωση τροποποίησης 20% που λειτουργεί ο αλγόριθμός μας, η τροποποίηση είναι μη ορατή. Γίνεται οπτικά ορατό μόνο στην περίπτωση του 200% που είναι ένα μέγεθος εκτός ορίων λειτουργίας.

4.4.3 Αποτίμηση της μεθόδου υδατοσήμανσης

Μελετώντας την συμπεριφορά για ένα καλό σχήμα υδατοσήμανσης εν σχέσει με τις γενικότερες απαιτήσεις διαπιστώνουμε τα εξής:

- **Αορατότητα.** Τα πειραματικά αποτελέσματα παρουσιάζουν ανωτέρω πράγματι ότι η οπτική επίδραση του υδατοσήματός μας είναι αδύνατη να ανιχνευθεί χωρίς προγενέστερη γνώση.
- **Ασφάλεια.** Το σύμβολο ασφαλείας (ψηφιακή υπογραφή) έχει ενσωματωθεί σε ένα ψευδο-τυχαία επιλεγμένο υποσύνολο από macroblocks και επομένως γνώση της θέσης όλων των watermarked macroblock είναι αδύνατοι. Επιπλέον το ποσό της αλλαγής των διανυσμάτων κίνησης είναι αδύνατο να αξιολογηθεί χωρίς γνώση των αρχικών διανυσμάτων κίνησης.
- **Ανθεκτικότητα.** Δεδομένου ότι το σύμβολο ασφαλείας (ψηφιακή υπογραφή) για το τρέχον GOP έχει ενσωματωθεί σε ένα σύνολο από macroblock, η εξάλειψη του υδατοσήμου θα σήμαινε αλλαγή στις πληροφορίες κίνησης για όλους τα macroblock σε όλα τα P-πλαίσια, κάτι που θα μειώσει σημαντικά την τηλεοπτική ποιότητα δεδομένου ότι θα εδιαδίδετο επίσης στα άλλα προβλεφθέντα πλαίσια. Το υδατόσημό μας θα επιζήσει επίσης της αποκωδικοποίησης, του χειρισμού (φιλτράρισμα, επιλεκτική επίθεση σε

τμήμα) και του σκόπιμου/ακούσιου θορύβου στο συμπιεσμένο ή ασυμπίεστο βίντεο.

Στην πρώτη περίπτωση το φιλτράρισμα έχει επιπτώσεις ομοιόμορφα στα χωρικά στοιχεία εικόνας και επομένως ο χρονικός συσχετισμός μεταξύ των ομοίως φιλτραρισμένων πλαισίων παραμένει ο ίδιος. Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας καταγραφής η αναζήτηση κίνησης θα συλλάβει τον ίδιο χρονικό πλεονασμό που δημιουργήσαμε υδατοσημαίνοντας το διάλυμα κίνησης. Από τον τεχνητό χρονικός πλεονασμός που δημιουργήσαμε, με το υδατόσημο να είναι ενός μικρού ή μηδένικου λάθους πρόβλεψης, οποιοσδήποτε αλγόριθμος που είναι κατάλληλος για τη συμπίεση MPEG θα προσδιορίσει βεβαίως τα ίδια διανύσματα κίνησης. Εάν τα πλαίσια δεν φιλτράρονται ομοιόμορφα έπειτα η υποβάθμιση στην ποιότητα είναι πέρα από τα αποδεκτά επίπεδα.

Η τμηματική επίθεση μπορεί επίσης να αντιμετωπιστεί δεδομένου ότι μερικά watermarked macroblocks, λόγω του ψευδοτυχαίου τρόπου της επιλογής τους, θα παραμείνουν ακόμα στην ίδια σχετική μετατόπιση με την αναφορά τους και ο σχετικός χρονικός πλεονασμός μας θα εμμείνει. Οι βίαιες αλλαγές μπορούν τοπικά να έχουν επιπτώσεις στις τηλεοπτικές πληροφορίες αλλά το υδατόσημο ενσωματώνεται περιοδικά σε όλα τα μέρη της ακολουθίας. Το υδατόσημό μας θα επιζήσει επίσης της ομοιόμορφης επίθεσης θορύβου. Δεδομένου ότι η οπτική υποβάθμιση είναι στα αποδεκτά επίπεδα, μερικά blocks για κάθε ακολουθία GOP θα αποφύγουν σίγουρα την αλλαγή.

- **Πολυπλοκότητα:** Όπως είναι προφανές ο αλγόριθμος είναι εξαιρετικά χαμηλής πολυπλοκότητας από την πλευρά ενσωμάτωσης. Στην περίπτωση των ήδη συμπιεσμένων στοιχείων είναι ζήτημα μιας απλής διαπέρασης που κοστίζει δύο πολλαπλασιασμούς και δύο προσθέσεις. Για τα ασυμπίεστα στοιχεία τρέχει με την ταχύτητα κωδικοποιητών όπως είναι επίσης διευκρινισμένος κατωτέρω.
- **Συμπιεσμένη επεξεργασία περιοχών:** Η ενσωμάτωση μπορεί από αποδοθεί εύκολα στα ήδη συμπιεσμένα δεδομένα MPEG. Σε αυτήν την περίπτωση τα δεδομένα πρέπει να αναλυθούν για τις πληροφορίες κίνησης.
- **Σταθερό ποσοστό δυαδικών ψηφίων (constant bit-rate):** Η προτεινόμενη τεχνική υδατοσήμανσης δεν προσθέτει οποιοσδήποτε πρόσθετες πληροφορίες και επομένως συντηρεί το αρχικό ποσοστό δυαδικών ψηφίων.

4.4.4 Σύγκριση με άλλα σχήματα

Συγκρίνουμε τώρα την πρότασή μας με τις υπάρχουσες τηλεοπτικές MPEG τεχνικές υδατοσήμανσης. Σαν πρώτη εκτίμηση, η προσέγγισή μας εκμεταλλεύεται τη χρονική διάσταση του τηλεοπτικού ρεύματος δεδομένων και είναι νέα από εκείνη την άποψη. Τα πρακτικά ζητήματα της συγκεκριμένης εφαρμογής μας είναι επίσης πολύ σημαντικά και αποκαλύπτουν σημαντικά πλεονεκτήματα πέρα από τις υπάρχουσες τεχνικές.

Όπως έχουμε αναφέρει ανωτέρω η κυρίαρχη προσέγγιση που ακολουθείται από τους υπάρχοντες αλγορίθμους υδατοσήμανσης είναι ο χειρισμός του χωρικού σήματος που χρησιμοποιεί μια τεχνική απλωμένου φάσματος (spread spectrum). Αυτό ενέχει περιττή πολυπλοκότητα στην πλευρά κωδικοποίησης δεδομένου ότι το υδατόσημο

πρέπει να ενσωματωθεί στους συντελεστές DCT του συμπιεσμένου σήματος. Η πολυπλοκότητα του κωδικοποιητή αυξάνει κατά πολύ και τα διάφορα ζητήματα για τη διανομή συχνότητας του υδατοσήμου, το επίπεδο ενίσχυσης, η επιλογή κβαντοποίησης πρέπει να λυθούν.

Η προσέγγισή μας έχει τα προφανή σημαντικά πλεονεκτήματα στην ταχύτητα και την πολυπλοκότητα. Επιπλέον, πολλές από τις βασισμένες στο απλωμένο φάσμα τεχνικές έχουν τα προβλήματα επεξεργασίας στο ήδη συμπιεσμένο βίντεο, κάτι που είναι κρίσιμο λαμβάνοντας υπόψη το τεράστιο ποσό των ήδη συμπιεσμένων τηλεοπτικών βιβλιοθηκών.

Ο αλγόριθμός μας λειτουργεί εγγενώς γρηγορότερα με τα συμπιεσμένα στοιχεία, δεδομένου ότι οι πληροφορίες κίνησης είναι άμεσα προσβάσιμες με αυτήν την μορφή. Τελικά οι τεχνικές απλωμένου φάσματος WM μπορούν σημαντικά να χαμηλώσουν την ποιότητα του watermarked βίντεο, ειδικά κάτω από τις επεξεργασίες που προστατεύουν από τις επιθέσεις χειρισμού πεδίου συχνότητας. Η τεχνική μας παρέχει την ελάχιστη ποιοτική υποβάθμιση εικόνων χωρίς διακινδύνευση της προστατευτικής δύναμής της.

4.4.5 Συμπεράσματα

Έχουμε παρουσιάσει μια νέα προσέγγιση υδατοσήμανσης για τα τηλεοπτικά ρεύματα δεδομένων MPEG. Η πρότασή μας είναι ορθογώνια στις υπάρχουσες τεχνικές δεδομένου ότι εκμεταλλεύεται τα συγκεκριμένα χωροχρονικά χαρακτηριστικά των προτύπων MPEG. Τα αρχικά πειράματα που χρησιμοποιούν τον τροποποιημένο κωδικοποιητή Berkley MPEG έλεγξαν ότι το σχέδιο έχει τις απαραίτητες ιδιότητες για να είναι κατάλληλος ως καλή τεχνική υδατοσήμανσης. Η διαστρέβλωση εικόνων λόγω των τροποποιημένων διανυσμάτων κίνησης ήταν μη αντιληπτή χωρίς προγενέστερη γνώση της συγκεκριμένης θέσης.

Βιβλιογραφία κεφαλαίου

- [1] Nikolaos Papadakis, Konstantinos Raftopoulos and Sofoklis Kyriazakos: “Motion Based Watermarking for MPEG Streams over 3G Mobile Radio Networks”, Athens 2003.
- [2] MPEG standard, (ISO/IEC International standard 11172-2).
- [3] MPEG encoder/decoder, MPEG Software Simulation Group, University of California Berkley.
- [4] KETAN MAYER-PATEL, BRIAN C. SMITH, LAWRENCE A. ROWE: “The Berkeley Software MPEG-1 Video Decoder”, ACM transaction on multimedia computing, communications and applications, 2005.
- [5] Milind Phadtare: “Motion estimation techniques in video processing”, Electronic Engineering Times India, August 2007, <http://www.eetindia.com>

Παράρτημα

Πίνακας 1

Τυπικές παράμετροι κωδικοποίησης MPEG-1 & MPEG-2

	MPEG-1	MPEG-2
Standardized	1992	1994
Main Application	Digital video on CD-ROM	Digital TV (and HDTV)
Spatial Resolution	CIF Format (1/4 TV) appr. 288 x 360 pels	TV (4 x TV) appr. 576 x 720 pels (1152 x 1440 pels)
Temporal Resolution	25 - 30 frames/s	50-60 fields/s (100-120 fields/s)
Bit Rate	1.5 Mbit/s	appr. 4 Mbit/s (appr. 20 Mbit/s)
Quality	comparable to VHS	comparable to NTSC/PAL for TV
Compression Ratio over PCM	appr. 20 - 30	appr. 30-40 (appr. 30-40)

Πίνακας 2**Άνω όρια παραμέτρων για κάθε επίπεδο**

Level	Parameters
HIGH	1920 samples/line 1152 lines/frame 60 frames/s 80 Mbit/s
HIGH 1440	1440 samples/line 1152 lines/frame 60 frames/s 60 Mbit/s
MAIN	720 samples/line 576 lines/frame 30 frames/s 15 Mbit/s
LOW	352 samples/line 288 lines/frame 30 frames/s 4 Mbit/s

Πίνακας 3**Υποστηριζόμενοι αλγόριθμοι και λειτουργίες σε κάθε προφίλ**

Profile	Algorithms
HIGH	Supports all functionality provided by the Spatial Scalable Profile plus the provision to support <ul style="list-style-type: none"> · 3 layers with the SNR and Spatial scalable coding modes · 4:2:2 YUV-representation for improved quality requirements
SPATIAL Scalable	Supports all functionality provided by the SNR Scalable Profile plus an algorithm for <ul style="list-style-type: none"> · Spatial scalable coding (2 layers allowed) · 4:0:0 YUV-representation
SNR Scalable	Supports all functionality provided by the MAIN Profile plus an algorithm for <ul style="list-style-type: none"> · SNR scalable coding (2 layers allowed) · 4:2:0 YUV-representation
MAIN	Non-scalable coding algorithm supporting functionality for: <ul style="list-style-type: none"> · coding interlaced video · random access · B-picture prediction modes · 4:2:0 YUV-representation
SIMPLE	Includes all functionality provided by the MAIN Profile but <ul style="list-style-type: none"> · does not support B-picture prediction modes · 4:2:0 YUV-representation

Συνολική βιβλιογραφία

- [1] A. Piva, F. Bartolini, and M. Barni, .Managing copyright in Open networks,. IEEE Transactions on Internet Computing, Vol.6, Issue 3, pp. 18-26, May 2002.
- [2] Πνευματική ιδιοκτησία και νέες τεχνολογίες: Οι ρυθμίσεις του ελληνικού νόμου 2121/1993 και της κοινοτικής οδηγίας 2001/29/ΕΚ σχετικά με την Πνευματική ιδιοκτησία στην κοινωνία της πληροφορίας,Καζζάρη Λουκία.
- [3] Πολιτισμός, Ψηφιοποίηση & Πνευματικά Δικαιώματα, Αθ.Σκόνδρας,Σ.Νικολόπουλου,Ε.Καρατζά,Δ.Τσώλη,Δ.Μειδάνη.
- [4] Τεχνολογικά μέσα για την προστασία των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας ψηφιακού περιεχομένου, Δρ. Βασίλης Φωτόπουλος.
- [5] Digital Watermarking for Digital Media, Juergen Seitz.
- [6] Τα δικαιώματα Πνευματικής Ιδιοκτησίας στην Ψηφιακή Εποχή: Ζητήματα Προστασίας και διαχείρισης. Ένα πρότυπο σύστημα ψηφιακής Διαχείρισης.Ένα πρότυπο Σύστημα Ψηφιακής Διαχείρισης των πνευματικών Δικαιωμάτων, Δημήτριος Π. Μειδάνης
- [7] J. Lee and S. Jung, .A survey of watermarking techniques, Applied to multimedia, Proceedings 2001 IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE2001), Vol. 1, pp. 272-277, 2001.
- [8] P.W. Chan and M. R. Lyu, .A DWT-based Digital Video Watermarking Scheme with Error Correcting Code,. Proceedings Fifth International Conference on Information and Communications Security (ICICS2003), pp. 202-213, 10-13 Oct 2003.
- [9] F.Y. Duan, I. King, L. Xu, and L.W. Chan, .Intra-block Algorithm for digital watermarking. Proceedings IEEE 14th International Conference on Pattern Recognition (ICPR'98), Vol. 2, pp. 1589-1591, 17-20 Aug 1998.
- [10] Sin-Joo Lee, Sung-Hwan Jung, “A survey of watermarking techniques applied to multimedia”, IEEE, pp. 272-277, 2001.
- [11] R.Lancini, F.Mapelli, S.Tubaro, “A Robust Video Watermarking Technique in the Spatial Domain”, 4th EURASIP-IEEE Region 8 International Symposium on Video/Image Processing and Multimedia Communications, pp. 251-256, Zadar, Croatia, 16-19 June 2002.
- [12] Bijan G. Mobasseri, “Direct Sequence Watermarking of Digital Video using m-frames”, IEEE, pp. 399-403, 1998.

- [13] Yao Zhao, Reginald L. Lagendijk, “Video Watermarking Scheme Resistant to Geometrical Attacks”, IEEE, ICIP, pp. 145-148, 2002.
- [14] Chun-Shien Lu, Hong-Yuan Mark Liao, “Video Object-based Watermarking: A Rotation and Flipping Resilient Scheme”, IEEE, pp. 483-486, 2001.
- [15] Hong-mei Liu, Ji-wu Huang, Zi-mei Xiao, “An Adaptive Video Watermarking Algorithm”, IEEE International Conference on Multimedia and Expo, pp. 257-260, 2001.
- [16] Nicola Checcacci, Mauro Barni, Franco Bartolini, Stefano Basagni, “Robust Video Watermarking for Wireless Multimedia Communications, IEEE, pp. 1530-1535, 2000.
- [17] D. Simitopoulos, S. A. Tsafaris, N. V. Boulgouris, M. G. Strintzis, “Compressed-domain Video Watermarking of MPEG Streams”, IEEE, pp. 569-572, 2002.
- [18] Xiamu Niu, Shenghe Sun, “A New Wavelet-based Digital Watermarking for Video”.
- [19] Mitchell D. Swanson, Bin Zhu, Ahmed H. Tewfik, “Multiresolution Scene-based Video Watermarking using Perceptual Models”, IEEE Journal on Selected Areas In Communications, Vol. 16, No. 4, pp. 540-549, May 1998.
- [20] Pik-Wah Chan, Michael R. Lyu, “A DWT-based Digital Video Watermarking Scheme with Error Correcting Code”.
- [21] Pik-Wah Chan, Michael R. Lyu, Roland T. Chin, “A Novel Scheme for Hybrid Digital Video Watermarking: Approach, Evaluation and Experimentation”.
- [22] Pik-Wah Chan, “Digital Video Watermarking Techniques for Secure Multimedia Creation and Delivery”, July 2004.
- [23] Tae-Yun Chung, Kang-Seo Park, Young-Nam Oh, Dong-Ho Shin, Sang-Hui Park, “Digital Watermarking for Copyright Protection of MPEG2 Compressed Video”, IEEE, pp. 336-337, 1998.
- [24] Yulin Wang, Ebroul Izquierdo, “High-Capacity Data Hiding in MPEG-2 Compressed Video”.
- [25] Adnan M. Alattar, Eugene T. Lin, Mehmet U. Celik, “Watermarking Low Bit-rate Advanced Simple Profile MPEG-4 Bitstreams”.
- [26] Gang Qiu, Pina Marziliano, Anthony T.S. Ho, Dajun He, Qibin Sun, “A hybrid watermarking scheme for H.264/AVC video”, Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition (ICPR’04).
- [27] J. J. Chae, B. S. Manjunath, “Data Hiding in Video”, IEEE, pp. 311-315, 1999.

- [28] ISO/IEC DIS 13818-1 Information technology -- Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems (ISO MPEG-2 Standard).
- [29] Moving Picture Experts Group, MPEG-2 Systems FAQ, <http://www.chiariglione.org/mpeg/faq/mp2-sys/mp2-sys.htm>
- [30] T. Sikora: "MPEG-1 and MPEG-2 Digital Video Coding Standards", Digital Consumer Electronics Handbook.
- [31] C. L. Compton, P. D. Bosco: Inrernet CNN NEWS-ROOM: A Digital Video News Magazine and Library, Center for Advanced Engineering Study Electrical Engineering and Computer Science Department, Massachusetts Institute of Technology.
- [32] Τεχνικές συστάσεις της ITU-T για το πρότυπο G.711, "Pulse code modulation (PCM) of voice frequencies" <http://www.itu.ch/itudoc/itu-t/rec/g>.
- [33] Dragos Ruiu: "An overview of Mpeg-2", The 1997 digital video test symposium, Hewlett Packard
- [34] Lane, T. 1992. JPEG software. Independent JPEG Group. <http://www.ijg.org/> .
- [35] Pennebaker, W. and Mitchell, J. 1993. JPEG - still image data compression standard. Van Nostrand Reinhold, New York, NY.
- [36] B. S. Manjunath, P. Salembier, and T. Sikora, Introduction to MPEG-7: Multimedia Content Description Standard. New York: Wiley, 2001.
- [37] S.-F. Chang, T. Sikora, and A. Puri, "Overview of MPEG-7 Standard", IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., June 2001.
- [38] O. Avaro and P. Salembier, "MPEG-7 Systems: Overview", IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 11, June 2001.
- [39] [ISO/IEC 2001] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N4030, "MPEG-4 Overview - (V.18 - Singapore Version), March 2001: <http://www.csel.it/mpeg/standards/mpeg-4/mpeg-4.htm>
- [40] Rob Koenen, "MPEG-4 Overview", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, March 2002.
- [41] The MPEG Home Page, <http://mpeg.chiariglione.org/>
- [42] Wikipedia Encyclopedia, <http://en.wikipedia.org>

- [43] Nikolaos Papadakis, Konstantinos Raftopoulos and Sofoklis Kyriazakos: “Motion Based Watermarking for MPEG Streams over 3G Mobile Radio Networks”, Athens 2003.
- [44] MPEG standard, (ISO/IEC International standard 11172-2).
- [45] MPEG encoder/decoder, MPEG Software Simulation Group, University of California Berkley.
- [46] KETAN MAYER-PATEL, BRIAN C. SMITH, LAWRENCE A. ROWE: “The Berkeley Software MPEG-1 Video Decoder”, ACM transaction on multimedia computing, communications and applications, 2005.
- [47] Milind Phadtare: “Motion estimation techniques in video processing”, Electronic Engineering Times India, August 2007, <http://www.eetindia.com>