

Ατομική Διπλωματική Εργασία

**ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΒΙΝΤΕΟ ΣΕ
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΧΡΟΝΟ ΠΑΝΩ ΑΠΟ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΚΑΙ
ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΚΑΝΑΛΙΑ 3.5^{ης} ΓΕΝΕΑΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΟΙΚΤΟΥ-ΚΩΔΙΚΑ**

Αργύρης Αργυρού

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Δεκέμβριος 2013

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΒΙΝΤΕΟ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΧΡΟΝΟ ΠΑΝΩ ΑΠΟ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΚΑΙ ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΚΑΝΑΛΙΑ 3.5^{ης} ΓΕΝΕΑΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΟΙΚΤΟΥ-ΚΩΔΙΚΑ

Αργύρης Αργυρού

Επιβλέπων Καθηγητής

Παττίχης Κωνσταντίνος

Η Ατομική Διπλωματική Εργασία υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων
απόκτησης του πτυχίου Πληροφορικής του Τμήματος

Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Κύπρου

Δεκέμβριος 2013

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπων καθηγητή μου κ. Κωνσταντίνο Παττίχη για την ευκαιρία που μου έδωσε να εκπονήσω την παρούσα εργασία και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε. Η καθοδήγηση και υποστήριξη καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου στο Πανεπιστήμιο Κύπρου έπαιξαν πρωταρχικό ρόλο στην επιτυχή ολοκλήρωση τους.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ. Αντρέα Παναγίδη για τον πολύτιμο χρόνο που μου πρόσφερε και την υπομονή που υπέδειξε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Οι εμπειρίες και οι γνώσεις του στον τομέα της τηλεϊατρικής και της επεξεργασίας βίντεο με βοήθησαν να ολοκληρώσω με επιτυχία την παρούσα εργασία.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια και τους φίλους μου για την πολύτιμη στήριξη που μου πρόσφεραν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου στο Πανεπιστήμιο Κύπρου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει σκοπό την ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου τηλεϊατρικού συστήματος για την μετάδοση και αξιολόγηση, υπερηχογραφικού ιατρικού βίντεο σε πραγματικό χρόνο πάνω από δορυφορικά και ασύρματα κανάλια 3.5^{ης} γενεάς χρησιμοποιώντας τεχνολογίες ανοιχτού κώδικα.

Για τη αξιολόγηση της αποδοτικότητας του προτεινόμενου συστήματος πραγματοποιήθηκε μια σειρά πειραματικών μετρήσεων. Το αρχικό σύνολο δεδομένων αποτελείτο από ασυμπίεστα βίντεο υπέρηχου της καρωτιδικής αρτηρίας. Τα δύο βασικά σενάρια που μελετήθηκαν είναι η χρήση του συστήματος για αποστολή βίντεο με την χρήση Satellite Internet καθώς επίσης και η χρήση του ασύρματου δικτύου τηλεπικοινωνιών 3.5^{ης} Γενεάς (3.5G).

Κατά την αξιολόγηση του συστήματος χρησιμοποιήθηκε αντικειμενική αξιολόγηση (π.χ. PSNR) με απώτερο στόχο να εξεταστεί η απόδοση του συστήματος για την διάγνωση της αθυρωματικής πλάκας.

Τα αποτελέσματα της αντικειμενικής αξιολόγησης στις περιπτώσεις του Satellite Internet και του δικτύου 3.5G είναι μέσα στα ικανοποιητικά πλαίσια που ορίζει η βιβλιογραφία ώστε το βίντεο να είναι ικανοποιητικής διαγνωστικής ποιότητας (PSNR > 35dB). Τα ποσοστά των χαμένων πακέτων καθώς και των καθυστερήσεων ήταν περιορισμένα.

Μέσα από την παρούσα Διπλωματική Εργασία μπορεί να διαπιστωθεί ότι η αποστολή ιατρικού βίντεο ανάλυσης 560x416 και με 25 πλαίσια το δευτερόλεπτο, σε πραγματικό χρόνο πάνω από δορυφορικά και ασύρματα κανάλια 3.5^{ης} γενεάς, κάνοντας χρήση τεχνολογιών ανοιχτού κώδικα είναι εφικτή.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Κεφάλαιο 1	Εισαγωγή	1
1.1.	Τηλεϊατρικά Συστήματα	1
1.2.	Στόχος	2
1.3.	Δομή Εργασίας	3
Κεφάλαιο 2	Κωδικοποίηση και Πρότυπα Κωδικοποίησης Ψηφιακού Βίντεο	4
2.1.	Κωδικοποίηση	5
2.1.1.	Κωδικοποίηση εντροπίας.....	5
2.1.2.	Κωδικοποίηση με πρόβλεψη.....	6
2.1.3.	Πρόβλεψη με εκτίμηση και αντιστάθμιση κίνησης.....	6
2.2.	Τύποι πλαισίων.....	6
2.2.1.	I-Frames (Intra frames)	6
2.2.2.	P-Frames (Predicted frames).....	7
2.2.3.	B-Frames (Bi-Directional frames).....	7
2.3.	Πρότυπα Κωδικοποίησης Ψηφιακού Βίντεο	7
2.3.1.	H.261 (1990).....	8
2.3.2.	MPEG-1 (1993).....	8
2.3.3.	MPEG-2 ή H.262 (1995)	8
2.3.4.	M-JPEG (1999).....	9
2.3.5.	H.263 (2000).....	9
2.3.6.	MPEG-4 Part 2(2000)	10
2.4.	H.264 / AVC MPEG-4 Part 10 (2003).....	10
2.4.1.	Διαδικασία κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης.....	11
2.4.2.	Αρχιτεκτονική του προτύπου H.264/AVC	12
2.4.3.	Profiles and Levels	12
Κεφάλαιο 3	Τεχνολογίες Μετάδοσης Βίντεο και Πρωτόκολλα Επικοινωνίας	15
3.1.	Εισαγωγή.....	16
3.2.	Ενσύρματες Τεχνολογίες.....	16

3.2.1.	ISDN	16
3.2.2.	DSL	16
3.2.2.1.	ADSL	16
3.2.2.2.	ADSL2	17
3.2.2.3.	ADSL2+	17
3.2.2.4.	SDSL	17
3.3.	Ασύρματες Τεχνολογίες	17
3.3.1.	Πρώτη Γενιά 1G	17
3.3.2.	Δεύτερη Γενιά 2G	17
3.3.3.	Δεύτερη και μισό Γενιά 2.5G.....	18
3.3.4.	Τρίτη Γενιά 3G	18
3.3.5.	Τρίτη και μισό Γενιά 3.5G-HSPA Modem	19
3.3.6.	Τέταρτη Γενιά 4G	19
3.3.7.	Satellite Modem	20
3.4.	Πρωτόκολλα Επικοινωνίας.....	20
3.4.1.	UDP	21
3.4.2.	TCP	21
3.4.3.	RTP-RTCP	22
Κεφάλαιο 4	Εφαρμογή Συστήματος Τηλεϊατρικής.....	23
4.1.	Εφαρμογές Ανοιχτού Κώδικα και Λογισμικό.....	23
4.1.1.	FFmpeg	25
4.1.2.	x264.....	25
4.1.3.	VLC	25
4.1.4.	Fast Structural Similarity algorithm.....	26
4.1.5.	γυνViewer	27
4.2.	Περιγραφή τηλεϊατρικού συστήματος	27
4.2.1.	Αποστολή	28
4.2.2.	Λήψη	29
4.2.3.	Κωδικοποίηση μη έμπειρων χρηστών.....	29

4.2.4.	Κωδικοποίηση έμπειρων χρηστών.....	30
4.2.5.	Αξιολόγηση	31
4.2.6.	Συγχρονισμός αρχείων βίντεο	32
4.2.7.	Δημιουργία Bash File	33
Κεφάλαιο 5	Μεθοδολογία Υλοποίησης	35
5.1.	Φίλτρα αφαίρεσης θορύβου	35
5.1.1.	Hybrid Median.....	35
5.1.2.	Speckle Reducing Anisotropic Diffusion (SRAD).....	36
5.1.3.	Linear Speckle	36
5.2.	Κωδικοποίηση	36
5.3.	Αποστολή	37
5.3.1.	Σενάριο 1: Αποστολή Ιατρικού Βίντεο με χρήση Satellite Internet.....	37
5.3.2.	Σενάριο 2: Αποστολή Ιατρικού Βίντεο σε Επείγοντα Περιστατικά και από Απομακρυσμένες Περιοχές	37
5.4.	Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων	38
5.4.1.	PSNR	38
5.4.2.	Variable Frame Delay Algorithm	38
Κεφάλαιο 6	Αποτελέσματα	40
6.1.	Αξιολόγηση Κωδικοποιημένων Βίντεο.....	41
6.2.	Σενάριο 1: Satellite Internet.....	43
6.3.	Σενάριο 2: 3.5G Modem.....	44
6.4.	Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα.....	46
Κεφάλαιο 7	Συμπεράσματα και Μελλοντική Εργασία.....	58
7.1.	Συμπεράσματα	58
7.2.	Μελλοντική Εργασία.....	59
Βιβλιογραφία		61
Appendix A		A-1
Appendix B		B-12

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1-1: Ασύρματη Μετάδοση Ιατρικού Βίντεο Για Επείγοντα Περιστατικά [2].....	2
Σχήμα 2-1: Τυπική ακολουθία από I,P και B frames [5].....	7
Σχήμα 2-2: Εξέλιξη Προτύπων Κωδικοποίησης	8
Σχήμα 2-3: Διαδικασία κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης του H.264/AVC [12].....	12
Σχήμα 2-4: Τα στρώματα VCL και NAL του προτύπου H.264/AVC [11]	12
Σχήμα 2-5: Χαρακτηριστικά των διάφορων profile του προτύπου H.264/AVC [14]	14
Σχήμα 3-1: Καθυστέρηση WCDMA, HSDPA και HSPA (HSDPA + HSUPA) [22]	19
Σχήμα 3-2: Λειτουργία του Satellite Internet [23]	20
Σχήμα 3-3: Κύρια επίπεδα των δικτύων [24]	21
Σχήμα 4-1: Διάγραμμα Συστήματος.....	24
Σχήμα 4-2: VLC Media Player	26
Σχήμα 4-3: Διεπαφή Αποστολέα	28
Σχήμα 4-4: Διεπαφή Παραλήπτη	29
Σχήμα 4-5: Διεπαφή Κωδικοποιητή.....	30
Σχήμα 4-6: Διεπαφή Κωδικοποιητή για προχωρημένους χρήστες.....	31
Σχήμα 4-7: Διεπαφή αξιολόγησης βίντεο.....	32
Σχήμα 4-8: Διεπαφή συγχρονισμού των αρχείων ανάμεσα σε φακέλους.....	33
Σχήμα 4-9: Διεπαφή δημιουργίας Bash file.....	34
Σχήμα 6-1: PSNR ανάμεσα στα αρχικά ασυμπίεστα και κωδικοποιημένα βίντεο για 768Kbps	42
Σχήμα 6-2: PSNR ανάμεσα στα αρχικά ασυμπίεστα και κωδικοποιημένα βίντεο για 1024Kbps.....	42
Σχήμα 6-3: PSNR ανάμεσα στα αρχικά ασυμπίεστα και Average received με Satellite για 768Kbps.....	43
Σχήμα 6-4 PSNR ανάμεσα στα αρχικά ασυμπίεστα και Average received με Satellite για 1024Kbps.....	44
Σχήμα 6-5: PSNR ανάμεσα στα αρχικά ασυμπίεστα και Average received με 3.5G για 768Kbps.....	45
Σχήμα 6-6: PSNR ανάμεσα στα αρχικά ασυμπίεστα και Average received με 3.5G για 1024Kbps.....	46
Σχήμα 6-7: Boxplot για το σενάριο 1 με φίλτρο DsFhmedian για 768Kbps	47
Σχήμα 6-8: Boxplot για το σενάριο 1 με φίλτρο DsFhmedian για 1024Kbps	47
Σχήμα 6-9: Boxplot για το σενάριο 1 χωρίς φίλτρο για 768Kbps.....	48
Σχήμα 6-10: Boxplot για το σενάριο 1 χωρίς φίλτρο για 1024Kbps.....	48

Σχήμα 6-11: Boxplot για το σενάριο 1 με φίλτρο DsFlsmv για 768Kbps.....	49
Σχήμα 6-12: Boxplot για το σενάριο 1 με φίλτρο DsFlsmv για 1024Kbps.....	50
Σχήμα 6-13: Boxplot για το σενάριο 1 με φίλτρο DsFsrاد για 768Kbps.....	50
Σχήμα 6-14: Boxplot για το σενάριο 1 με φίλτρο DsFsrاد για 1024Kbps.....	51
Σχήμα 6-15: Boxplot για το σενάριο 2 με φίλτρο DsFhmedian για 768Kbps	52
Σχήμα 6-16: Boxplot για το σενάριο 2 με φίλτρο DsFhmedian για 1024Kbps	52
Σχήμα 6-17: Boxplot για το σενάριο 2 χωρίς φίλτρο για 768Kbps.....	53
Σχήμα 6-18: Boxplot για το σενάριο 2 χωρίς φίλτρο για 1024Kbps.....	54
Σχήμα 6-19: Boxplot για το σενάριο 2 με φίλτρο DsFlsmv για 768Kbps.....	54
Σχήμα 6-20: Boxplot για το σενάριο 2 με φίλτρο DsFlsmv για 1024Kbps.....	55
Σχήμα 6-21: Boxplot για το σενάριο 2 με φίλτρο DsFsrاد για 768Kbps.....	56
Σχήμα 6-22: Boxplot για το σενάριο 2 με φίλτρο DsFsrاد για 1024Kbps	56
 Σχήμα A. 1: Αποστολέας.....	A-2
Σχήμα A. 2: Παραλήπτης	A-3
Σχήμα A. 3: Κωδικοποιητής	A-5
Σχήμα A. 4: Χαρακτηριστικά γυν βίντεο για κωδικοποίηση.....	A-6
Σχήμα A. 5: Κωδικοποιητής για Προχωρημένους Χρήστες.....	A-7
Σχήμα A. 6: Αξιολόγηση βίντεο	A-8
Σχήμα A. 7: Βίντεο στις πραγματικές Διαστάσεις.....	A-8
Σχήμα A. 8: Συγχρονισμός Αρχείων	A-9
Σχήμα A. 9: Δημιουργία Bash File	A-10
Σχήμα A. 10: Ρυθμίσεις εφαρμογής.....	A-11

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 5-1: Παράμετροι Κωδικοποίησης	36
Πίνακας 6-1: Διαθέσιμο εύρος ζώνης για τα δύο σενάρια	41
Πίνακας B- 1: PSNR αναλυτικά για κάθε λήψη για το σενάριο 1	B-12
Πίνακας B- 2: PSNR αναλυτικά για κάθε λήψη για το σενάριο 2	B-13

AKPONYMA

3G	3 rd Generation
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
AMPS	Advanced Mobile Phone Service
AVC	Advanced Video Coding
CABAC	Content Adaptive Binary Arithmetic Coding
CAVLC	Content Adaptive Variable Length Coding
CIF	Common Intermediate Format
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DNS	Domain Name System
DSL	Digital Subscriber Line
FMO	Flexible Macroblock Ordering
FPS	Frames Per Second
FTP	File Transfer Protocol
GOP	Group Of Pictures
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HS-DSC	High Speed Downlink Shared Channel
HSPA	High Speed Packet Access
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
IP	Internet Protocol
ISDN	Integrated Services Digital Network
ITU	International Telecommunication Union

ITU-R	International Telecommunications Union-Radio communications sector
JCT-VC	Joint Collaborative Team on Video coding
JPEG	Joint Photographic Experts Group
JVT	Joint Video Team
LAN	Local Area Network
MIMO	Multiple-Input Multiple-Output
MMS	Multi Media Message
MPEG	Motion Pictures Experts Group
MSE	Mean Squared Error
NAL	Network Abstraction Layer
NMT	Nordic Mobile Telephone
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
PSNR	Peak Signal to Noise Ratio
QCIF	Quarter Common Intermediate Format
QoS	Quality Of Service
RIP	Routing Information Protocol
RTCP	Real Time Control Protocol
RTP	Real-time Transport Protocol
SDSL	Symmetric Digital Subscriber Line
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SNMP	Simple Network Management Protocol
Fast SSIM	Fast Structural Similarity algorithm
TACS	Total Access Communication System

Telnet	Telecommunication Network
TCP	Transmission Control Protocol
UDP	User Datagram Protocol
VCEG	Video Coding Experts Group
VCL	Video Coding Layer
VFD	Variable Frame Delay
VoIP	Voice Over Internet Protocol
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1.	Τηλεϊατρικά Συστήματα	1
1.2.	Στόχος	2
1.3.	Δομή Εργασίας	3

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μία σύντομη περιγραφή της τηλεϊατρικής, του σκοπού της, στις εφαρμογές της, καθώς επίσης και στον στόχο της παρούσας εργασίας.

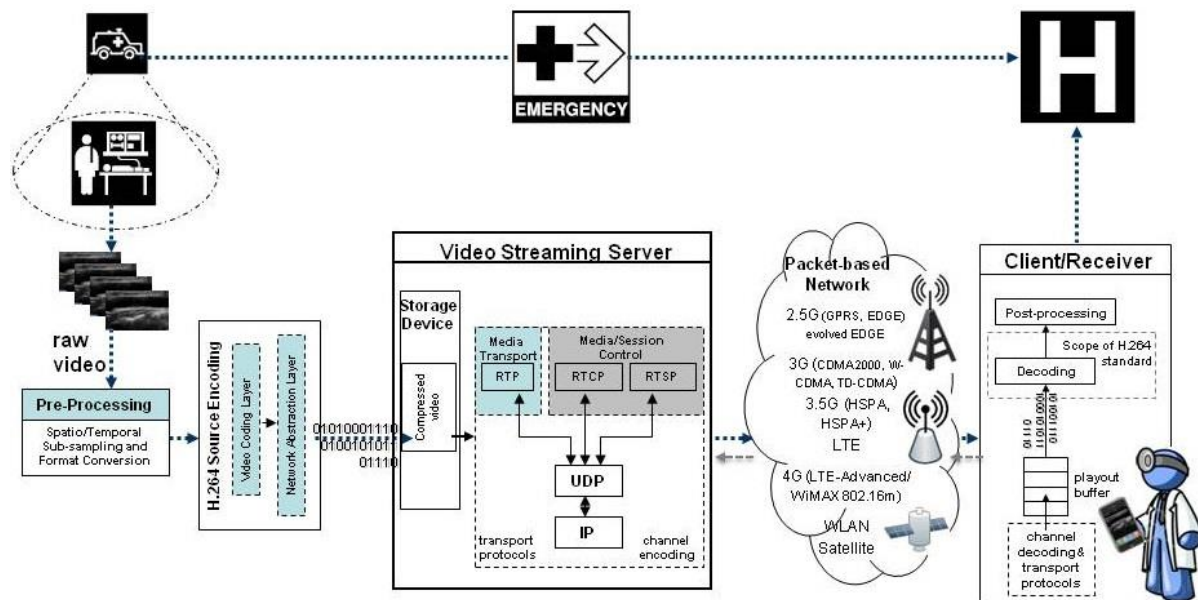
1.1. Τηλεϊατρικά Συστήματα

Τηλεϊατρική [1] ονομάζουμε μια συλλογή τεχνολογιών και κλινικών εφαρμογών που με την χρήση τηλεπικοινωνιακών τεχνολογιών μπορούν να μεταφέρουν ιατρικές πληροφορίες από ένα μέρος σε κάποιο άλλο. Η τηλεϊατρική είναι χρήσιμη σε περιπτώσεις όπου λόγω απόστασης, φυσικών εμποδίων, ή/και περιορισμού εξειδικευμένου προσωπικού είναι δύσκολη η μεταφορά των ιατρικών πληροφοριών από την τοποθεσία του ασθενή σε ιατρικό προσωπικό και στις νοσοκομειακές εγκαταστάσεις, ιδιαίτερα αν ο χρόνος είναι το κλειδί για την σωστή και έγκαιρη διάγνωση. Οι κλινικές περιπτώσεις εκτείνονται από βίντεο υπερηχογραφίας, σε εγκεφαλογραφήματα και ηλεκτροκαρδιογραφήματα, βίντεο τραύματος, αλλά και περιοχών εκτάκτων περιστατικών.

Εκτός από τις πιο πάνω περιπτώσεις, μερικές εφαρμογές της τηλεϊατρικής είναι η τηλεδιάγνωση (παροχή εξειδικευμένης ιατρικής γνώσης με τη μορφή διάγνωσης ή συμβουλών, μέσω της χρήσης τηλεϊατρικών συστημάτων), η τηλεακτινολογία (μεταφορά ακτινολογικών εικόνων από ένα σημείο σε άλλο για γνωμάτευση ή παροχή συμβουλών θεραπείας), η τηλεκαρδιολογία (μετάδοση ΗΚΓ), η τηλεδερματολογία (αποστολή δερματολογικών εικόνων), η τηλεχειρουργική (μετάδοση εικόνας και ήχου επιτρέποντας την επικοινωνία μεταξύ χειρουργών, με χρήση ρομποτικών συσκευών) και άλλες.

Στο Σχήμα 1-1 δίνεται μια περιγραφή της αρχιτεκτονικής ενός τηλεϊατρικού συστήματος για επείγοντα περιστατικά. Η διαδικασία είναι η εξής: Το ιατρικό βίντεο γυρίζεται στο ασθενοφόρο από το ειδικά εκπαιδευμένο παραϊατρικό προσωπικό, μέσω του διαθέσιμου εξοπλισμού. Το βίντεο και τα βιοσήματα του ασθενή αποστέλλονται στο γιατρό (για διάγνωση) ή/και στις εγκαταστάσεις του νοσοκομείου (π.χ. για ετοιμασία του χειρουργείου) που θα εισαχθεί ο ασθενής μέσω των διαθέσιμων ασύρματων καναλιών. Πριν την

αποστολή, το βίντεο κωδικοποιείται για να μειωθεί το μέγεθος του ώστε να γίνει πιο γρήγορα η αποστολή του. Είναι σημαντικό κατά την κωδικοποίηση να μην μειωθεί σημαντικά η ποιότητα του συμπιεσμένου βίντεο, ώστε να είναι δυνατή η διάγνωση από τον γιατρό που θα το λάβει.



Σχήμα 1-1: Ασύρματη Μετάδοση Ιατρικού Βίντεο Για Επείγοντα Περιστατικά [2]

1.2. Στόχος

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η υλοποίηση ενός ολοκληρωμένου τηλεϊατρικού συστήματος για κωδικοποίηση και αποστολή ιατρικών βίντεο, που βρίσκονται αποθηκευμένα σε ένα υπολογιστή ή που γίνεται λήψη τους σε πραγματικό χρόνο με τεχνολογίες ανοιχτού κώδικα.

Αυτό το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αποστολή βίντεο από απομακρυσμένες περιοχές στις ιατρικές εγκαταστάσεις ή από ένα ιατρικό κέντρο σε κάποιο άλλο, για διάγνωση από εξειδικευμένο ιατρό. Συγκεκριμένα, σε περιπτώσεις επειγόντων περιστατικών, όπως επίσης για εκτίμηση μιας κατάστασης κινδύνου, όπως και σε περιπτώσεις φυσικών καταστροφών.

Επίσης θα διερευνηθεί κατά πόσον τα εργαλεία ανοιχτού κώδικα ικανοποιούν τις απαιτήσεις που θέτουν οι εφαρμογές τηλεϊατρικής για σκοπούς αποστολής βίντεο σε πραγματικό χρόνο.

Τέλος, το σύστημα θα χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση των υφιστάμενων δικτυακών υποδομών στην Κύπρο, και συγκεκριμένα στην αξιολόγηση της μετάδοσης βίντεο υψηλής ευκρίνειας πάνω από 3.5G ασύρματα δίκτυα (HSPA) και σε δορυφορικά δίκτυα.

1.3. Δομή Εργασίας

Η εργασία ακολουθεί την εξής δομή:

Το 2^ο κεφάλαιο περιγράφει διάφορες τεχνικές και πρότυπα κωδικοποίησης δίνοντας έμφαση στο πρότυπο H.264/AVC MPEG-4 Part 10 (2003) που χρησιμοποιείται σε αυτό το σύστημα.

Το 3^ο κεφάλαιο περιγράφει τις ενσύρματες και ασύρματες τεχνολογίες για μετάδοση βίντεο και τα πρωτόκολλα επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται.

Το 4^ο κεφάλαιο παρουσιάζει τις τεχνολογίες ανοιχτού κώδικα και την ενσωμάτωση τους στο παρών τηλεϊατρικό σύστημα.

Το 5^ο κεφάλαιο περιέχει μια λεπτομερή αναφορά στη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε.

Στο 6^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εκτέλεση των πειραματικών σεναρίων.

Τέλος, στο 7^ο κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα και η σχεδιαζόμενη μελλοντική επέκταση της παρούσας εργασίας.

Κεφάλαιο 2

Κωδικοποίηση και Πρότυπα Κωδικοποίησης Ψηφιακού Βίντεο

2.1.	Κωδικοποίηση	5
2.1.1.	Κωδικοποίηση εντροπίας	5
2.1.2.	Κωδικοποίηση με πρόβλεψη	6
2.1.3.	Πρόβλεψη με εκτίμηση και αντιστάθμιση κίνησης	6
2.2.	Τύποι πλαισίων	6
2.2.1.	I-Frames (Intra frames)	6
2.2.2.	P-Frames (Predicted frames)	7
2.2.3.	B-Frames (Bi-Directional frames)	7
2.3.	Πρότυπα Κωδικοποίησης Ψηφιακού Βίντεο	7
2.3.1.	H.261 (1990)	8
2.3.2.	MPEG-1 (1993)	8
2.3.3.	MPEG-2 ή H.262 (1995)	8
2.3.4.	M-JPEG (1999)	9
2.3.5.	H.263 (2000)	9
2.3.6.	MPEG-4 Part 2(2000)	10
2.4.	H.264 / AVC MPEG-4 Part 10 (2003)	10
2.4.1.	Διαδικασία κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης	11
2.4.2.	Αρχιτεκτονική του προτύπου H.264/AVC	12
2.4.3.	Profiles and Levels	12

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μία σύντομη περιγραφή των προτύπων κωδικοποίησης ψηφιακού βίντεο και των χαρακτηριστικών τους. Έπειτα θα γίνει πιο λεπτομερής περιγραφή των προτύπων H.264 και MPEG-4 που χρησιμοποιούνται στην υλοποίηση της εφαρμογής.

2.1. Κωδικοποίηση

Το ψηφιακό βίντεο αποτελείται από ένα σύνολο εικόνων που εναλλάσσονται γρήγορα πολλές φορές το δευτερόλεπτο. Επειδή όμως ο όγκος του συνόλου της πληροφορίας είναι τεράστιος έχουν δημιουργηθεί και αναπτυχθεί τεχνικές συμπίεσης των δεδομένων. Οι τεχνικές αυτές χρησιμοποιούν το Διακριτό Μετασχηματισμό Συνημιτόνου, το διαχωρισμό του μετασχηματισμού Fourier του σχήματος σε ζώνες και την τεχνική του διανυσματικού κβαντισμού.

Η βασική αρχή στην οποία στηρίζονται όλες οι μέθοδοι ψηφιακής συμπίεσης είναι το γεγονός ότι το σήμα εμπεριέχει ένα ποσοστό πλεονασμού. Ο όρος πλεονασμός περιγράφει την πληροφορία που είτε μπορεί να παραληφθεί, είτε να κωδικοποιηθεί με λιγότερη ακρίβεια, χωρίς να έχει μεγάλη επίδραση στο τελικό αποτέλεσμα.

Υπάρχουν δύο είδη πλεονασμού σε ένα σήμα βίντεο. Ο χωρικός πλεονασμός (Spatial Redundancy) που προκύπτει γιατί τα γειτονικά pixel είναι πολύ πιθανόν να είναι όμοια μεταξύ τους και αυτό εκμεταλλεύεται το ότι το ανθρώπινο μάτι μπορεί να ανεχτεί ένα ποσοστό παραμόρφωσης χωρίς να γίνει αντιληπτό. Για παράδειγμα η ανθρώπινη όραση είναι πιο ευαίσθητη στην φωτεινότητα της εικόνας παρά στα χρώματα. Το άλλο είδος πλεονασμού είναι ο χρονικός πλεονασμός (Temporal Redundancy) που προκύπτει από το ότι οι τιμές φωτεινότητας και χρώματος μπορούν σε κάθε δεδομένη στιγμή να μην έχουν πολλές διαφορές μεταξύ τους και έτσι μπορούν να προϋπολογιστούν από τις προηγούμενες ή από τις επόμενες τιμές τους. Δηλαδή μπορούμε να υπολογίσουμε κάποια κομμάτια της εικόνας από μια προηγούμενη και στη συνέχεια να προσθέσουμε σε αυτή, τις διαφορές που έχουν προκύψει και έτσι αποφεύγουμε την κωδικοποίηση ολόκληρης της εικόνας που έχει πλεονάζουσα πληροφορία.

Υπάρχουν δύο βασικές προσεγγίσεις για την κωδικοποίηση βίντεο ανάλογα με την σχέση που έχει το αρχικό βίντεο με το αποτέλεσμα της αποκωδικοποίησης. Κωδικοποίηση χωρίς απώλειες και κωδικοποίηση με απώλειες. Κατά την κωδικοποίηση χωρίς απώλειες η εικόνα μπορεί να αποκωδικοποιηθεί ακριβώς όπως ήταν πριν την συμπίεση, όπου δεν έχουμε μεγάλη διαφορά στο μέγεθος του αρχείου. Κατά την κωδικοποίηση με απώλειες οι οπτικές πλεονάζουσες πληροφορίες αφαιρούνται, χωρίς όμως να γίνεται αντιληπτή η διαφορά στο ανθρώπινο μάτι, έτσι μπορούμε να επιτύχουμε μεγαλύτερο βαθμό συμπίεσης. Έτσι, το μέγεθος του αρχείου μειώνεται σημαντικά [3].

2.1.1. Κωδικοποίηση εντροπίας

Η κωδικοποίηση εντροπίας είναι συμπίεση χωρίς απώλειες και δεν λαμβάνει το είδος της πληροφορίας που πρόκειται να συμπίεστεί. Γι' αυτό η συμπίεση γίνεται σε επίπεδο των

ακολουθιών των Bits. Έτσι η κωδικοποίηση εντροπίας μπορεί να εφαρμοστεί ανεξάρτητα από το είδος της πληροφορίας. Οι τεχνικές κωδικοποίησης εντροπίας χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες. Στον περιορισμό επαναλαμβανόμενων ακολουθιών που η βασική ιδέα είναι ότι σε μια τυχαία ακολουθία από bits είναι πιθανόν να εμφανιστούν κάποια τμήματα που αποτελούνται από κάποιο επαναλαμβανόμενο χαρακτήρα και αυτά τα τμήματα μπορούν να αντικατασταθούν από ένα ειδικό χαρακτήρα και το πλήθος των επαναλήψεων του χαρακτήρα σε αυτά. Η άλλη βασική κατηγορία είναι η στατιστική κωδικοποίηση που βασίζεται στον εντοπισμό των πιο συχνά εμφανιζόμενων ακολουθιών χαρακτήρων και στην κωδικοποίηση τους με λιγότερα bits. Απαιτεί την ύπαρξη λεξικού που περιέχει τις ακολουθίες που αντιστοιχούν σε κάθε κωδικό, έτσι ώστε να μπορεί να γίνει η αποσυμπίεση [4].

2.1.2. Κωδικοποίηση με πρόβλεψη

Γίνεται εκμετάλλευση του πλεονασμού που υπάρχει σε γειτονικά pixels. Δημιουργείται μια κατά προσέγγιση πρόβλεψη της τιμής του χρώματος για κάθε pixel σύμφωνα με την τιμή που έχουν γειτονικά pixels ή σε προηγούμενο frame και στην συνέχεια υπολογίζεται η διαφορά ανάμεσα στην προβλεπόμενη και στην πραγματική τιμή του και γίνεται κωδικοποίηση μόνο αυτής.

2.1.3. Πρόβλεψη με εκτίμηση και αντιστάθμιση κίνησης

Με την βοήθεια αυτής της μεθόδου μπορούμε να περιγράψουμε την αλληλουχία των εικόνων ως σειρά ομοιοτήτων και διαφορών. Αποστέλλοντας το πρώτο frame και έπειτα αποστέλλοντας σαν πίνακα τα διανύσματα ομοιοτήτων και δημιουργείται το δεύτερο frame με πάρα πολύ μικρό κόστος αφού ο πίνακας αυτών των διανυσμάτων θα έχει πολύ πιο μικρό μέγεθος. Αυτό όμως δημιουργεί πολλά σφάλματα αφού στην πραγματικότητα κάποια από τα macroblocks δεν υπάρχουν στο προηγούμενο frame ή το χρώμα τους έχει μεταβληθεί. Έτσι χρησιμοποιείται αντιστάθμιση κίνησης για μείωση αυτών των σφαλμάτων.

2.2. Τύποι πλαισίων

Στην συμπίεση ενός βίντεο τα frames χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες με βάση τα χαρακτηριστικά τους [5].

2.2.1. I-Frames (Intra frames)

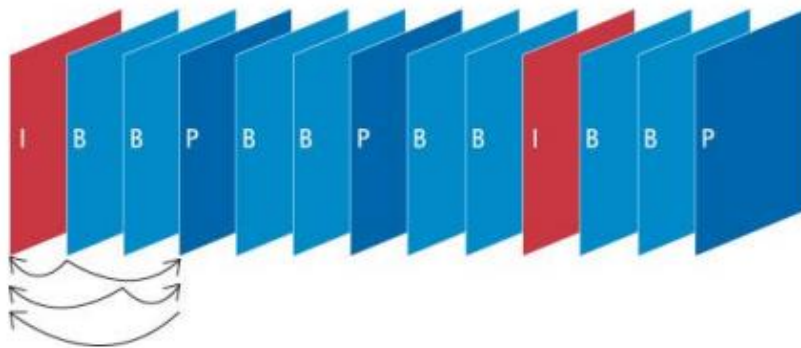
Είναι κωδικοποιημένα στο σύνολο τους και στην αποκωδικοποίησή τους και δεν χρειάζεται να γίνει αναφορά σε κάποιο προηγούμενο ή επόμενο frame. Σε περίπτωση σφάλματος κατά την μεταφορά χρησιμοποιούνται σαν σημεία αναφοράς. Η κωδικοποίησή τους βασίζεται στην λογική του προτύπου JPEG όπου η εικόνα χωρίζεται σε macroblocks και για κάθε block ξεχωριστά, εφαρμόζεται DCT, κβαντοποίηση, zig-zag scanning, run-length-encoding και Huffman Encoding.

2.2.2. P-Frames (Predicted frames)

Είναι τα frames που υπολογίζονται με πρόβλεψη. Βασίζονται σε ένα προηγούμενο I ή P frame. Η δημιουργία τους γίνεται με την βοήθεια του motion compensation που προβλέπει την νέα θέση όποιων macroblocks που έχουν μετακινηθεί. Έχουν μικρότερο μέγεθος από τα I frames αφού δεν έχουν υπολογιστεί με την ίδια ακρίβεια και έτσι έχουν μεγαλύτερο ποσοστό συμπίεσης. Μπορεί να χρησιμοποιηθούν και σαν σημείο αναφοράς γι' αυτό το λόγο συντελούν στην δημιουργία και στην διάδοση των σφαλμάτων.

2.2.3. B-Frames (Bi-Directional frames)

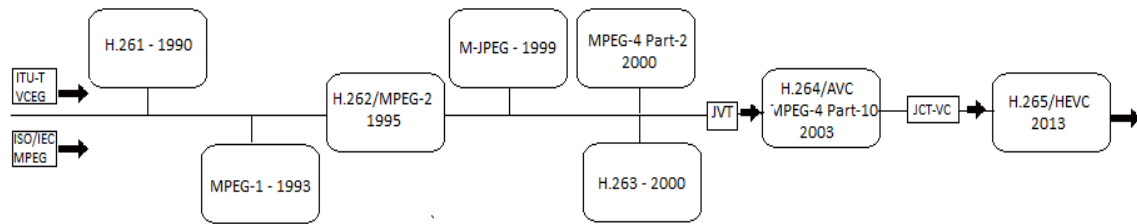
Δημιουργούνται λαμβάνοντας το μέσο όρο σε επίπεδο macroblock ενός προηγούμενου και ενός επόμενου από I και P frame και έτσι χρησιμοποιούνται για μείωση του σφάλματος. Δεν συντελούν πολύ κατά την διάδοση των σφαλμάτων αφού δεν χρησιμοποιούνται σαν σημεία αναφοράς. Επιπλέον μειώνουν σημαντικά το σφάλμα που μπορεί να προκύψει παίρνοντας τον μέσο όρο από δύο πλαίσια. Έχουν μικρό κύκλο ζωής αφού περιορίζεται μόνο σε αυτά και δεν επεκτείνονται κληροδοτώντας πληροφορίες σε άλλα πλαίσια. Η διαδικασία κωδικοποίησης τους περιλαμβάνει συνδυασμό των αντίστοιχων macroblocks, τα οποία παρουσιάζουν μικρές διαφορές με τα αντίστοιχα των πλαισίων αναφοράς



Σχήμα 2-1: Τυπική ακολουθία από I,P και B frames [5]

2.3. Πρότυπα Κωδικοποίησης Ψηφιακού Βίντεο

Διαφορετικά πρότυπα κωδικοποίησης βίντεο χρησιμοποιούν διαφορετικές μεθόδους για τη μείωση των δεδομένων, και ως εκ τούτου, τα αποτελέσματα διαφέρουν σε bit rate, σε ποιότητα και σε χρόνο καθυστέρησης



Σχήμα 2-2: Εξέλιξη Προτύπων Κωδικοποίησης

2.3.1. H.261 (1990)

Το πρότυπο H.261 εισάχθηκε το 1990. Εκμεταλλεύεται και τον χωρικό και τον χρονικό πλεονασμό για την επίτευξη υψηλής συμπίεσης. Έχει προταθεί για μεταφορά βίντεο μέσω γραμμών χαμηλού bandwidth ISDN, και για αυτό υποστηρίζει χαμηλή ανάλυση όπως CIF 352x288, QCIF 176x144 και περιορισμένο αριθμό frames ανά δευτερόλεπτο 7.5 με 30fps. Για αντιστάθμιση της κίνησης χρησιμοποιεί μόνο πρόβλεψη προς τα εμπρός, δηλαδή επιτρέπονται μόνο P frames. Έχει συμμετρική πολυπλοκότητα γιατί χρειάζεται τον ίδιο χρόνο για συμπίεση και αποσυμπίεση. Η εκτίμηση κίνησης γίνεται σε τμήματα μεγέθους 16x 6 [6].

2.3.2. MPEG-1 (1993)

Το MPEG-1 εισάχθηκε από την ομάδα MPEG. Βασίζεται στην συσχέτιση που έχουν τα συνεχόμενα frames, δηλαδή στο ότι συνεχόμενες εικόνες θα έχουν πολύ μικρή διαφορά, έτσι υπάρχει αρκετή πλεονάζουσα πληροφορία. Αρχικά στόχευε την αποθήκευση συγχρονισμένου ήχου και εικόνας σε CD και έτσι είχε περιορισμένο εύρος σε bit rate. Το MPEG-1 χρησιμοποιώντας B frames η εκτίμηση κίνησης γίνεται πιο περίπλοκη όπου δημιουργήθηκε η ανάγκη για χρήση μιας πολυπλοκότερης μονάδας για την αντιστάθμιση της κίνησης. Μέσω προηγούμενων ή επόμενων I ή P frames γίνεται ο υπολογισμός των διανυσμάτων κίνησης. Επιπλέον, χρησιμοποιείται η δομή του συνόλου των εικόνων (GOP – Group of Pictures) που ξεκινά από ένα I frame και στην συνέχεια ακολουθείται από B και P frames, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2-1 όπου αυτό επιτρέπει την τυχαία προσπέλαση της ακολουθίας, fast forward και reverse. Υποστηρίζει μεγάλο αριθμό παραμέτρων εισόδου περιλαμβάνοντας μεταβλητό μέγεθος εικόνας και ρυθμό πλαισίων που μπορεί να προσδιοριστεί από τον χρήστη. Υποστηρίζει ανάλυση εικόνας 352x240 pixels (NTSC) ή 352x288 pixels (PAL).

2.3.3. MPEG-2 ή H.262 (1995)

Εισάχθηκε το 1995 από την ομάδα της και της ITU-T. Βασίζεται στην ίδια αρχή λειτουργίας όπως το MPEG-1. Αναπτύχθηκε για εφαρμογή στην ψηφιακή τηλεόραση αφού ο προκάτοχος του το MPEG1 παρουσίαζε κάποιες ελλείψεις στην ψηφιακή εικόνα, χαμηλή ποιότητα στα πρότυπα PAL και HDTV της τηλεόρασης. Επίσης, ο αλγόριθμος που

χρησιμοποιούσε ο προκάτοχος του ήταν αρκετά αναποτελεσματικός. Ο νέος αλγόριθμος που δημιουργήθηκε ήταν συμβατός και με αυτό του MPEG1 για να υπάρχει συνοχή. Απαιτεί μεταβλητούς ρυθμούς μετάδοσης, καθώς ο βαθμός συμπίεσης μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με την πολυπλοκότητα των πλαισίων που κωδικοποιούνται. Εφαρμόζεται σε ψηφιακή, δορυφορική και επίγεια τηλεόραση. Επιπλέον χρησιμοποιείται και για ψηφιακή τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας. Με πολλές επιλογές στην ποιότητα στόχευε σε εφαρμογές που απαιτούσαν μεσαία και υψηλή ποιότητα. Η βασική ανάλυση της εικόνας είναι 704x480 (NTSC) ή 704x576 (PAL). Ο ρυθμός μετάδοσης κυμαίνεται από 3 - 100Mbps/sec. Ακόμη ένα κύριο χαρακτηριστικό του είναι ότι μπορεί να κωδικοποιήσει συνυφασμένες εικονοσειρές στο format 4:2:0 ενώ η εκτίμηση κίνησης γίνεται σε τμήματα μεγέθους 16x8 [5].

2.3.4. M-JPEG (1999)

Το Motion-JPEG [7] βασίζει την συμπίεση του βίντεο στον εντοπισμό και στην εξάλειψη του χωρικού πλεονάσματος των εικόνων που αποτελούν το βίντεο. Αυτό του δίνει αντοχή σε λάθη κατά την μετάδοση. Αρχικά αναπτύχθηκε για εφαρμογές πολυμέσων ηλεκτρονικού υπολογιστή. Τώρα χρησιμοποιείται για λήψη βίντεο από ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, κάμερες IP και σε κονσόλες παιχνιδιών. Το κάθε πλαίσιο μιας ακολουθίας βίντεο κωδικοποιείται ξεχωριστά σαν μια JPEG εικόνα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να χρειάζεται λιγότερη υπολογιστική δύναμη και λιγότερη μνήμη από τις συσκευές. Επειδή είναι καθαρά ένας ενδοπλαισιακός (Intraframe) αλγόριθμος, η ποιότητα της εικόνας εξαρτάται αποκλειστικά από την πολυπλοκότητα του κάθε πλαισίου. Πλαίσια με πολύ ομαλές κινήσεις ή μονότονες επιφάνειες έχουν καλύτερη συμπίεση. Παρουσιάζει μεγάλη ανοχή στην πολυπλοκότητα της κίνησης του πλαισίου.

2.3.5. H.263 (2000)

Προτάθηκε από την ITU-T και ολοκληρώθηκε σε τρεις φάσεις. Η πρώτη φάση ολοκληρώθηκε το 1995, η δεύτερη το 1997 και η τρίτη στα τέλη του 2000. Βασίζεται στο πρότυπο H.261 αλλά έχει σχεδιαστεί για μετάδοση μέσω του πρωτοκόλλου IP σε δίκτυα χαμηλών ταχυτήτων (64 – 128Kbits/sec). Χρησιμοποιεί I,P και B frames για να επιτύχει μεγαλύτερη συμπίεση. Πρόσφερε μια νέα σημαντική λειτουργία στα διανύσματα κίνησης που επιτρεπόταν να αναφέρονται σε θέσεις ανάμεσα σε pixels και έτσι πρόσφερε σημαντική βελτίωση στις περιοχές με υψηλή ανάλυση. Χρησιμοποιώντας τρισδιάστατο πίνακα κωδικών λέξεων μεταβλητού μήκους, παρουσίαζε σημαντική βελτίωση στην κωδικοποίηση του μεταβλητού μήκους. Υποστήριζε περισσότερες αναλύσεις σε σχέση με τον προκάτοχο του και μερικές από αυτές είναι Sub-QCIF,QCIF,CIF,4CIF και 16CIF [8].

2.3.6. MPEG-4 Part 2(2000)

Δημοσιεύτηκε το 2000 από την ομάδα της MPEG, ώστε να αντιμετωπιστούν οι ανάγκες που δημιουργήθηκαν από μια νέα γενιά εφαρμογών πολυμέσων που απαιτούσαν νέες λειτουργίες, όπως διαδραστικότητα με αντικείμενα, η κλιμάκωση αντικειμένων και η μεγαλύτερη ανεκτικότητα σε σφάλματα κατά την μετάδοση. Παρέχει υψηλή συμπίεση, μεγάλη ανοχή σε σφάλματα κατά την μετάδοση. [9] Παρέχει δύο βασικά προφίλ. Το απλό προφίλ που υποστηρίζει intra-frames και P frames καθώς και μικρότερο header που το κάνει συμβατό με τον προκάτοχο του το H.263. Το άλλο προφίλ που παρέχει είναι το προχωρημένο απλό που υποστηρίζει όλες τις λειτουργίες του απλού προφίλ, καθώς επίσης interlaced βίντεο, B frames, quarter-pel motion compensation, επιπλέον πίνακες κβαντοποίησης και global motion compensation. Οι ρυθμοί μετάδοσης κυμαίνονται από 4.8–64 Kbits/sec [10].

2.4. H.264 / AVC MPEG-4 Part 10 (2003)

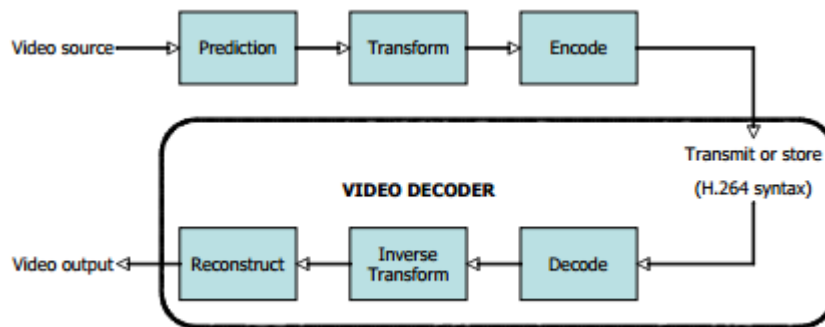
Το πρότυπο H.264/MPEG-4 Part 10 ή AVC (Advanced Video Coding) είναι το πλέον διαδεδομένο πρότυπο για κωδικοποίηση βίντεο υψηλής ευκρίνειας. Αναπτύχθηκε από την Joint Video Team (JVT) που αποτελείται από εμπειρογνώμονες από την ITU-T Video Coding Experts Group (VCEG) και την ISO/IEC Moving Picture Experts Group (MPEG). Η αυξανόμενη ζήτηση σε υπηρεσίες και η αύξηση των τηλεοράσεων υψηλής ευκρίνειας δημιούργησαν την ανάγκη για όλο και πιο αποδοτική κωδικοποίηση. Επίσης η μεταφορά πολυμέσων σε υπάρχουσες τεχνολογίες όπως το καλωδιακό modem, xDSL ή UMTS προσφέρουν χαμηλότερους ρυθμούς μετάδοσης αντίθετα με κανάλια αναμετάδοσης. Έτσι, η πιο αποδοτική κωδικοποίηση θα δώσει την ευχέρεια μετάδοσης περισσότερων καναλιών ή καλύτερη ποιότητα βίντεο με τις υπάρχουσες ψηφιακές ικανότητες μετάδοσης. Η κωδικοποίηση βίντεο για εφαρμογές τηλεπικοινωνιών εξελίχθηκε από προηγούμενα πρότυπα και διαφοροποιήθηκαν για τις υπηρεσίες ISDN και T1/E1 για να υποστηρίζουν τις υπηρεσίες PSTN, κινητά ασύρματα δίκτυα και τοπικά δίκτυα LAN. Είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να παρέχει τεχνικές λύσεις συμπεριλαμβάνοντας μεταξύ άλλων την αναμετάδοση μέσω καλωδίων, μέσω δορυφόρου, καλωδιακού modem, DSL και επίγειας, διαδραστική και σειριακή αποθήκευση σε οπτικούς και μαγνητικούς δίσκους όπως DVD, αποθήκευση και διανομή επαγγελματικών ταινιών και βίντεο, βίντεο κατά παραγγελία(video-on-demand) ή υπηρεσίες πολυμέσων συνεχούς ροής μέσω καλωδιακού μόντεμ, xDSL, τοπικού δικτύου (LAN), ISDN, και ασύρματων δικτύων, συνομιλητικές υπηρεσίες μέσω Ethernet, LAN, xDSL, ISDN, ασύρματων και κινητών δικτύων, και modems, και τέλος υπηρεσιών μηνυμάτων με πολυμέσα (MMS) πάνω σε xDSL, Ethernet, LAN, ISDN, ασύρματα και κινητά δίκτυα. Χρησιμοποιείται ιδιαίτερα για κωδικοποίηση στους δίσκους Blu-ray και για live streaming [11].

2.4.1. Διαδικασία κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης

Ο κωδικοποιητής [12] επεξεργάζεται το κάθε πλαίσιο του βίντεο σε macroblocks (16x16 pixels). Αρχικά κάνει πρόβλεψη (prediction) του macroblock βασιζόμενο σε δεδομένα από προηγούμενη κωδικοποίηση, ή ακόμα και από το ίδιο το πλαίσιο (intra prediction) ή από πλαίσια τα οποία έχουν ήδη κωδικοποιηθεί και αποσταλεί (inter prediction). Έπειτα ένα σετ από δείγματα μετασχηματίζεται χρησιμοποιώντας ένα 4x4 ή 8x8 μετασχηματισμό ακεραίων παρόμοιο με τον Διακριτό Μετασχηματισμό Συνημιτόνου. Αυτός ο μετασχηματισμός παράγει ένα σύνολο από συντελεστές όπου ο καθένας χρησιμοποιείται σαν βάρος στο σετ των δειγμάτων για την πρότυπη βάση της ακολουθίας. Συνδυάζοντας την πρότυπη βάση με βάρη ξαναδημιουργούνται τα δείγματα στο αρχικό σετ. Η έξοδος του μετασχηματισμού κβαντοποιείται, δηλαδή όπου ο κάθε συντελεστής διαιρείται με μια ακέραια τιμή. Η κβαντοποίηση μειώνει την ακρίβεια του μετασχηματισμού σύμφωνα με την παράμετρο κβαντοποίησης. Μεγάλη τιμή της παραμέτρου σημαίνει μεγαλύτερη συμπίεση, αρά μείωση της ποιότητας της εικόνας. Η διαδικασία της κωδικοποίησης παράγει ένα αριθμό από τιμές που πρέπει να κωδικοποιηθούν στην μορφή του συμπιεσμένου bitstream. Αυτές οι τιμές περιλαμβάνουν τους κβαντοποιημένους μετασχηματισμένους συντελεστές, πληροφορίες που βοηθούν τον αποκωδικοποιητή να αναπαράγει την πρόβλεψη, πληροφορίες που αφορούν την δομή των συμπιεσμένων δεδομένων και των εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν κατά την κωδικοποίηση. Επίσης περιλαμβάνει πληροφορίες που αφορούν ολόκληρη την ακολουθία του βίντεο. Οι πιο πάνω τιμές μετατρέπονται σε δυαδικούς κώδικες χρησιμοποιώντας variable length encoding και/ή arithmetic coding.

Κατά την αποκωδικοποίηση [12] ο αποκωδικοποιητής παραλαμβάνει ένα συμπιεσμένο H.264 bitstream. Τότε αποκωδικοποιεί το κάθε στοιχείο του και εξάγει τις πληροφορίες. Έπειτα, οι κβαντοποιημένοι μετασχηματισμένοι συντελεστές ανακλιμακώνονται πολλαπλασιάζοντας τους με μια ακέραια τιμή για να επανέλθουν στην αρχική τους κλίμακα. Είναι η αντίστροφη διαδικασία που χρησιμοποιήθηκε κατά τον μετασχηματισμό και την κβαντοποίηση για να ξαναδημιουργηθεί η ακολουθία των πλαισίων του βίντεο. Για κάθε macroblock ο αποκωδικοποιητής δημιουργεί μία παρόμοια πρόβλεψη σύμφωνα με αυτή που δημιούργησε ο κωδικοποιητής.

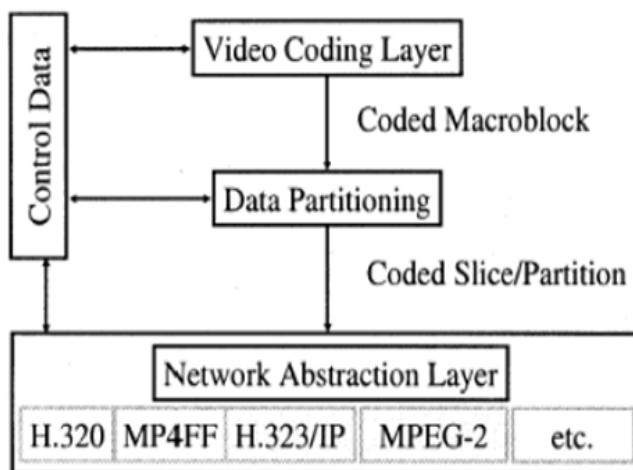
Οι δύο πιο πάνω διαδικασίες φαίνονται στο Σχήμα 2-3



Σχήμα 2-3: Διαδικασία κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης του H.264/AVC [12]

2.4.2. Αρχιτεκτονική του προτύπου H.264/AVC

Το πρότυπο για να μπορεί να παρέχει ευελιξία και προσαρμοστικότητα χρησιμοποιεί δύο επίπεδα. Το επίπεδο κωδικοποίησης βίντεο (VCL) που είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να αναπαριστά αποδοτικά το περιεχόμενο του περιεχομένου του βίντεο και το αφαιρετικό επίπεδο δικτύου (NAL) το οποίο διαμορφώνει την αναπαράσταση του VCL και παρέχει πληροφορίες για το header για να μπορεί να γίνει η μεταφορά τους από διάφορα στρώματα μεταφοράς ή η αποθήκευσή τους σε μέσα αποθήκευσης.



Σχήμα 2-4: Τα στρώματα VCL και NAL του προτύπου H.264/AVC [11]

2.4.3. Profiles and Levels

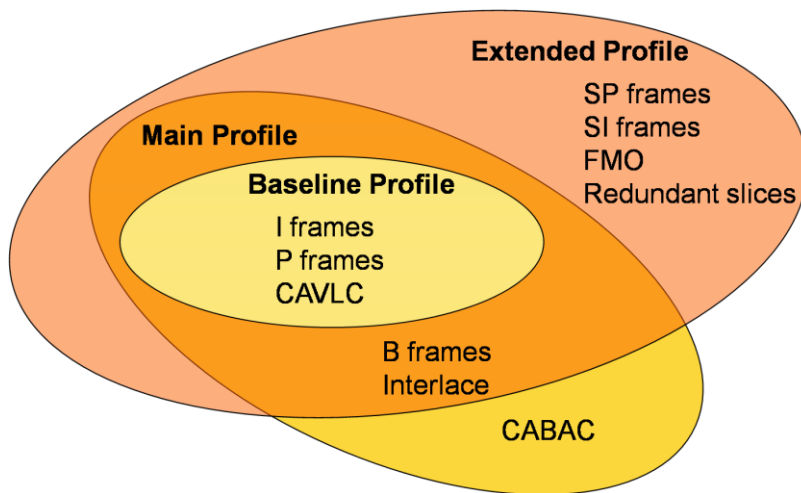
Το πρότυπο H.264/AVC ορίζει διάφορα profiles και levels, το κάθε ένα από τα οποία απευθύνεται σε διαφορετικές εφαρμογές και περιβάλλοντα μετάδοσης. Τα profiles ορίζουν μια ομάδα από εργαλεία κωδικοποίησης ή αλγόριθμους που χρησιμοποιούνται για την δημιουργία του bitstream, ενώ τα levels δηλώνουν τις σταθερές σε μερικές κύριες παραμέτρους του bitstream. Ωστόσο, υπάρχουν τρία profiles, το baseline, main και extended που το κάθε ένα χρησιμοποιείται σε διαφορετικά είδη εφαρμογών.

Το baseline profile χρησιμοποιεί μόνο I frames, B frames και κωδικοποίηση περιεχομένου μεταβλητού μήκους (Content Adaptive Variable Length Coding-CAVLC) που είναι μια μορφή κωδικοποίησης εντροπίας. Το CAVLC χρησιμοποιείται για εναπομείναντα κωδικοποίηση και zig-zag.

Το main profile χρησιμοποιεί τα ίδια χαρακτηριστικά με το baseline καθώς επίσης B frames και Interlace που είναι μια τεχνική διπλασιασμού του ρυθμού μετάδοσης, χωρίς να υπάρχει ανάγκη από χρήση επιπλέον εύρους ζώνης. Επιπλέον χρησιμοποιεί προσαρμοστική δυαδική αριθμητική κωδικοποίηση πλαισίου (Content Adaptive Binary Arithmetic Coding CABAC) που είναι και αυτό μια μορφή κωδικοποίησης εντροπίας. Παρέχει μεγαλύτερη συμπίεση από οποιοδήποτε άλλο αλγόριθμο κωδικοποίησης εντροπίας. Απαιτεί υψηλή υπολογιστική επεξεργασία σε σχέση με τους άλλους αλγόριθμους.

Το Extended profile περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά του Baseline profile, του Main profile εκτός από το CABAC. Επιπρόσθετα περιλαμβάνει SP frames SI frames [13]. Τα SI frames κάνουν χρήση της αντιστάθμισης κίνησης για πρόβλεψη για να εκμεταλλευτούν τον χρονικό πλεονασμό στην ακολουθία παρόμοιων P frames. Η διαφορά ανάμεσα στα SP frames και στα P frames είναι ότι τα SP frames επιτρέπουν σε παρόμοια frames να ανακατασκευαστούν ακόμα και αν έχουν δημιουργηθεί με πρόβλεψη βασιζόμενα σε διαφορετικά πλαίσια αναφοράς. Βάση αυτής της ιδιότητας τα SP frames μπορούν να αντικαταστήσουν τα I frames σε εφαρμογές όπως bitstream switching, splicing, random access, fast forward και error recovery. Σε κάποιες εφαρμογές μαζί με τα SP frames γίνεται χρήση και SI frames που χρησιμοποιούν μόνο χωρική πρόβλεψη όπως ένα I frame και ακόμα μπορούν να ανακατασκευαστούν παρόμοια τα SP frames. Επιπρόσθετα, το Extended profile χρησιμοποιεί Flexible Macroblock Ordering (FMO) που είναι ένα από τα πολλά εργαλεία που παρέχονται για ανεκτικότητα σε λάθη. Επιπλέον, παρέχει Redundant Slices που προσθέτει δύναμη ενάντια σε λάθη και απώλειες επιτρέποντας στον κωδικοποιητή να αποστέλλει επιπλέον αναπαράσταση μιας περιοχής της εικόνας για να χρησιμοποιηθεί σε περίπτωση που η αρχική αναπαράσταση χαθεί ή αλλοιωθεί.

Τα χαρακτηριστικά που χρησιμοποιεί το κάθε profile για κωδικοποίηση στο πρότυπο H.264/AVC διακρίνονται στο Σχήμα 2-5.



Σχήμα 2-5: Χαρακτηριστικά των διάφορων profile του προτύπου H.264/AVC [14]

Κεφάλαιο 3

Τεχνολογίες Μετάδοσης Βίντεο και Πρωτόκολλα Επικοινωνίας

3.1.	Εισαγωγή	16
3.2.	Ενσύρματες Τεχνολογίες	16
3.2.1.	ISDN	16
3.2.2.	DSL	16
3.2.2.1.	ADSL	16
3.2.2.2.	ADSL2	17
3.2.2.3.	ADSL2+	17
3.2.2.4.	SDSL	17
3.3.	Ασύρματες Τεχνολογίες	17
3.3.1.	Πρώτη Γενιά 1G	17
3.3.2.	Δεύτερη Γενιά 2G	17
3.3.3.	Δεύτερη και μισό Γενιά 2.5G	18
3.3.4.	Τρίτη Γενιά 3G	18
3.3.5.	Τρίτη και μισό Γενιά 3.5G-HSPA Modem	19
3.3.6.	Τέταρτη Γενιά 4G	19
3.3.7.	Satellite Modem	20
3.4.	Πρωτόκολλα Επικοινωνίας	20
3.4.1.	UDP	21
3.4.2.	TCP	21
3.4.3.	RTP-RTCP	22

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μια περιγραφή των ενσύρματων και ασύρματων τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται για μετάδοση βίντεο. Επίσης θα γίνει μια περιγραφή στις γενεές των δικτύων, όπως επίσης και του RTP (Real-time Transport Protocol) που χρησιμοποιείται για την μετάδοση βίντεο σε πραγματικό χρόνο.

3.1. Εισαγωγή

Τα δίκτυα τηλεπικοινωνιών είναι ένα αναπόσπαστο μέρος της ζωής μας σήμερα αφού τα συναντούμε στη καθημερινότητα μας. Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες τα ενσύρματα και τα ασύρματα δίκτυα. Η αξιολόγηση των δικτύων γίνεται βάση του ρυθμού μετάδοσης των δεδομένων(throughput), του διαθέσιμου εύρους ζώνης (bandwidth), και της καθυστέρησης (latency).

3.2. Ενσύρματες Τεχνολογίες

Τα ενσύρματα δίκτυα υπερτερούν σε απόδοση έναντι των ασύρματων δικτύων σε θέμα ταχύτητας γιατί η ταχύτητα ενός δικτύου εξαρτάται από το διαθέσιμο φάσμα συχνοτήτων και από το Signal to Noise Ratio (PSNR). Επίσης, παρέχουν μεγαλύτερη ασφάλεια και μεγάλη αξιοπιστία.

3.2.1. ISDN

Το ISDN (Integrated Services Digital Network) εισήχθηκε το 1984. Ήταν η πρώτη τεχνολογία που μπορούσε ταυτόχρονα να χρησιμοποιείται για τηλεφωνικές κλήσεις και αποστολή ψηφιακών δεδομένων στις υπάρχουσες τηλεφωνικές χάλκινες γραμμές, που δεν ήταν εφικτό προηγούμενος με το αναλογικό Dialup Modem. Χρησιμοποιούσε δύο κανάλια, το B-channel με εύρος ζώνης 64Kbits/sec για αποστολή δεδομένων, βίντεο, εικόνας και της φωνής στις τηλεφωνικές κλήσεις. Συνδυάζοντας δύο B-channels το διαθέσιμο εύρος ζώνης αυξανόταν στα 128Kbit/sec, τόσο για upstream τόσο και για downstream. Το δεύτερο κανάλι το D-channel με εύρος ζώνης 16Kbit/sec ή 64Kbit/sec χρησίμευε για επικοινωνία ανάμεσα στον εξοπλισμό του ISDN δικτύου [15].

3.2.2. DSL

Το DSL(Digital Subscriber Line) δημιουργήθηκε το 1989. Ένα κύριο πλεονέκτημα του έναντι στον προκάτοχο του το ISDN είναι ότι δεν χρειάζεται να γίνει κλήση σε κάποιο αριθμό για να δημιουργηθεί η σύνδεση αφού υπάρχει συνέχεια σύνδεση από την στιγμή που ανάψει το DSL modem. Το κύριο πλεονέκτημα του είναι ότι το εύρος ζώνης είναι τεράστιο σε σχέση με τους προκάτοχους του και κυμαίνεται μεταξύ 256Kbit/sec –100Mbit/sec ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιείται [16].

3.2.2.1. ADSL

Το ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) είναι η πιο συνηθισμένη τεχνολογία που χρησιμοποιείται. Το downstream είναι κατά πολύ μεγαλύτερο από το upstream αφού ένας μέσος χρήστης συνήθως κατεβάζει δεδομένα αντί να ανεβάζει. Το κύριο πλεονέκτημα του έναντι με προηγούμενες τεχνολογίες είναι ότι ταυτόχρονα μπορούν να πραγματοποιούνται

τηλεφωνικές κλήσεις και να είναι συνδεδεμένο με το διαδίκτυο από την ίδια τηλεφωνική γραμμή [17].

3.2.2.2. ADSL2

Είναι ο διάδοχος του ADSL. Χρησιμοποιώντας βελτιωμένες τεχνικές διαμόρφωσης του σήματος επιτυγχάνει αύξηση του μέγιστου ρυθμού μετάδοσης σε 12Mbit/sec downstream και σε 3.5Mbit/sec το upstream.

3.2.2.3. ADSL2+

Διπλασιάζοντας το εύρος των συχνοτήτων και χρησιμοποιώντας το δεύτερο κανάλι για downstream, επιτυγχάνει αύξηση του ρυθμού μετάδοσης downstream σε 24Mbit/sec. Επίσης υποστηρίζει την δέσμευση πολλαπλών γραμμών, πολλαπλασιάζοντας τους ρυθμούς μετάδοσης ακόμα περισσότερο.

3.2.2.4. SDSL

Το SDSL (Symmetric Digital Subscriber Line) έχει το ίδιο upstream και downstream και για να το επιτύχει αυτό χρησιμοποιεί όλο το εύρος ζώνης της γραμμής. Έτσι δεν μπορούν να πραγματοποιούνται και τηλεφωνικές κλήσεις από την ίδια την τηλεφωνική γραμμή. Απευθύνεται για χρήστες όπου χρειάζονται μεγάλο upstream για να μπορούν να ανεβάζουν βίντεο στο διαδίκτυο ή χρησιμοποιούν το διαδίκτυο περισσότερο για τηλεδιασκέψεις. [17]

3.3. Ασύρματες Τεχνολογίες

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα τους έναντι στις ενσύρματες τεχνολογίες είναι η κινητικότητα τους που παρέχουν στις συσκευές για αυτό έχουν και μικρότερη απόδοση.

3.3.1. Πρώτη Γενιά 1G

Η πρώτη γενιά κινητών δικτύων εισάχθηκε αρχικά το 1980. Χρησιμοποιούσε αναλογικές τεχνολογίες για πραγματοποίηση τηλεφωνικών κλήσεων. Αποτελείτο από διάφορα πρότυπα που το καθένα χρησιμοποιείτο και σε διαφορετικές χώρες. Μερικά από αυτά ήταν το Advanced Mobile Phone Service (AMPS) , Nordic Mobile Telephone (NMT) και Total Access Communication System (TACS). Όλα τα πρότυπα χρησιμοποιούσαν τεχνικές διαμόρφωσης συχνότητας για τις τηλεφωνικές κλήσεις και όλες οι αποφάσεις για συντονισμό των κλήσεων λαμβάνονταν από κεντρικούς σταθμούς. Το φάσμα των συχνοτήτων χωριζόταν σε κανάλια και κάθε κλήση παραχωρούταν δύο κανάλια. Επειδή υποστήριζε μόνο τηλεφωνικές κλήσεις η ταχύτητα του ήταν μέχρι 2.4Kbit/sec [18].

3.3.2. Δεύτερη Γενιά 2G

Η δεύτερη γενιά των κινητών δικτύων εισάχθηκε αρχικά το 1991. Χρησιμοποιούσε ψηφιακά σήματα αντίθετα από την πρώτη γενιά που ήταν αναλογικά, έτσι υπήρχε μεγαλύτερη και πιο

αποδοτική συμπίεση και έτσι μπορούσαν να πραγματοποιούνται περισσότερες κλήσεις χρησιμοποιώντας το ίδιο εύρος ζώνης. Κύριος στόχος του ήταν για τηλεφωνικές κλήσεις αλλά και αποστολή δεδομένων μικρού μεγέθους όπως αποστολή γραπτών μηνυμάτων, εικόνων και μηνυμάτων πολυμέσων (MMS). Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνταν χωρίζονταν σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο πολυπλεξίας, Time Division Multiple Access (TDMA) και Code Division Multiple Access (CDMA). Τα βασικά πρότυπα του ήταν το GSM που λειτουργούσε με TDMA, το cdmaOne που λειτουργούσε με CDMA, D-AMPS που λειτουργούσε με TDMA και το Pacific Digital Cellular που λειτουργούσε με TDMA. Η ταχύτητα του ήταν μέχρι 64Kbit/sec [19].

3.3.3. Δεύτερη και μισό Γενιά 2.5G

Η εξέλιξη της δεύτερης γενιάς με μεγαλύτερες ταχύτητες μέχρι και 144 Kbit/sec. Μπορούσε να χρησιμοποιήσει και το δίκτυο της δεύτερης γενιάς, αλλά η διαφορά τους ήταν ότι το δίκτυο ήταν packet switching αντί circuit switching που ήταν το δίκτυο της δεύτερης γενιάς. Εισάχθηκαν νέες τεχνολογίες όπως το High Speed Circuit-Switched Data (HSCSD), το General Packet Radio Service (GPRS) και Enhanced Data Rates for GSM Evolution (EDGE) που βασικά ήταν επεκτάσεις του GSM. Με την εισαγωγή των νέων τεχνολογιών μπορούσε να υποστηρίξει αποστολή και λήψη email και πλοήγηση στο διαδίκτυο. Το HSCSD χρησιμοποιούσε ταυτόχρονα πολλαπλά time slots για αποστολή και λήψη των δεδομένων έτσι επιτύγχανε αύξηση του ρυθμού μετάδοσης των δεδομένων σε 14.4Kbit/sec από 9,6Kbit/sec που πρόσφερε το GSM. Το GPRS βασιζόταν στην λειτουργία μεταγωγής πακέτου και έτσι μπορούσε να παρέχει την πρόσβαση στο διαδίκτυο. Χρησιμοποιούσε 8 time slots και είχε θεωρητικές ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων 144Kbit/s. Αργότερα εισάχθηκε και το EDGE που επιτύγχανε θεωρητικές ταχύτητες δεδομένων μέχρι και 473Kbit/sec με χρήση 8 time slots [20].

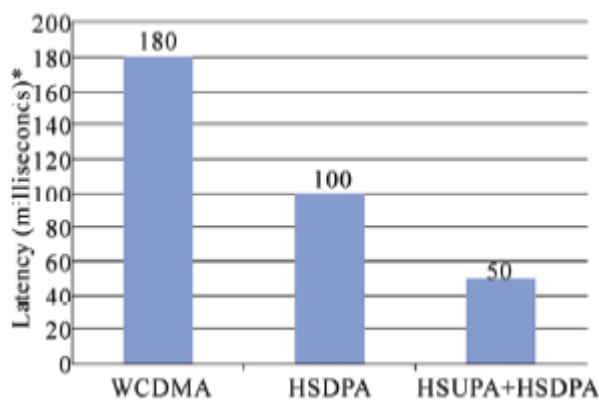
3.3.4. Τρίτη Γενιά 3G

Η τρίτη γενιά κινητών δικτύων εισάχθηκε το 2000. Τα δίκτυα της χρησιμοποιούν νέα αρχιτεκτονική για να μπορεί να προσφέρει μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης των δεδομένων και πιο προηγμένες υπηρεσίες. Υποστηρίζει την δημιουργία βιντεοκλήσεων, κινητή πρόσβαση στο διαδίκτυο, κινητή τηλεόραση και ευζωνικές ασύρματες υπηρεσίες δεδομένων. Έχει δύο βασικές τεχνολογίες, την το Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) για την Ευρώπη που βασίζεται στο Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA) με θεωρητικές ταχύτητες μέχρι 11Mbit/sec. Επίσης έχει την τεχνολογία CDMA2000 (Code Division Multiple Access) για την Βόρεια Αμερική που έχει θεωρητικές ταχύτητες μέχρι 14,7Mbit/sec [21].

3.3.5. Τρίτη και μισό Γενιά 3.5G-HSPA Modem

Η τρίτη και μισό γενιά εισάγει την τεχνολογία High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) που βασικά είναι αναβάθμιση των WCDMA δικτύων. Με αυτή την αναβάθμιση επιτυγχάνει αύξηση στο ρυθμό κατεβάσματος με θεωρητική ταχύτητα κατεβάσματος 84Mbit/sec και θεωρητική ταχύτητα ανεβάσματος 21Mbits/sec. Επίσης επιτυγχάνει μείωση στις καθυστερήσεις σε 100ms από 180-200ms που υπάρχουν στην τρίτη γενιά. Επιπλέον μπορεί να αυξήσει την χωρητικότητα δεδομένων του κάθε σταθμού βάσης μέχρι και 5 φορές περισσότερο από πριν εισάγοντας ένα νέο κανάλι μεταφοράς δεδομένων το High Speed Downlink Shared Channel (HS-DSC).

Το High Speed Uplink Packet Access (HSUPA) είναι μια περεταίρω εξέλιξη του HSDPA που αποσκοπεί την αύξηση στον ρυθμό μετάδοσης δεδομένων για ανέβασμα με ταχύτητες μέχρι και 5,76Mbit/sec έτσι ώστε να δημιουργηθεί ένα πιο συμμετρικό κανάλι με μειωμένες καθυστερήσεις που θα είναι πιο αποδοτικό για εφαρμογές πραγματικού χρόνου. Το HSUPA αποτελεί ένα κομμάτι του 3GPP Release 6. Χρησιμοποιώντας συστήματα διαμόρφωσης κατώτερης τάξης μπορεί να επιτύχει εξοικονόμηση ενέργειας στην συσκευή του χρήστη [22].



Σχήμα 3-1: Καθυστερήση WCDMA, HSDPA και HSPA (HSDPA + HSUPA) [22]

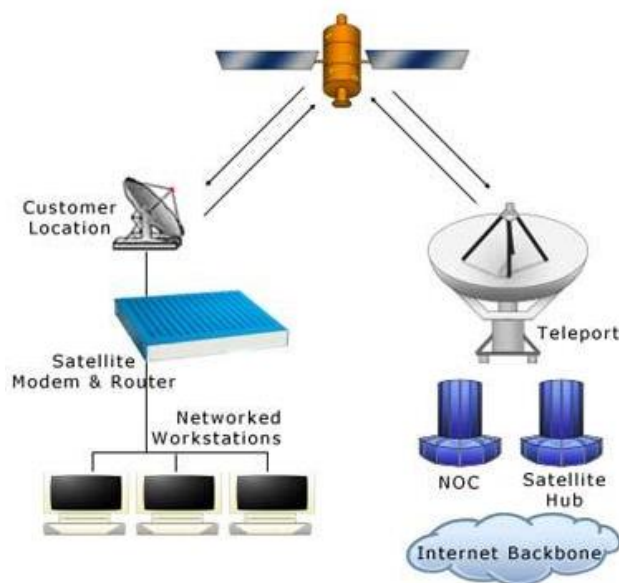
3.3.6. Τέταρτη Γενιά 4G

Η τέταρτη γενιά κινητών δικτύων βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο στάδιο αφού εισάχθηκε για πρώτη φορά το 2008 από την International Telecommunications Union-Radio communications sector (ITU-R) θέτοντας ένα σετ απαιτήσεων. Περιλαμβάνει τεχνολογίες όπως Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) και LTE με ταχύτητες μέχρι και 1Gbit/sec Υποστηρίζει Voice Over IP (VoIP) σε αντίθεση με προηγούμενες τεχνολογίες. Θα χρησιμοποιείται κυρίως σε φορητούς υπολογιστές με ασύρματα USB modems, smartphone και σε άλλες κινητές συσκευές. Μειώνοντας τις καθυστερήσεις σε 10ms μπορούν να χρησιμοποιηθούν εφαρμογές όπως κινητή τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας, 3D τηλεόραση και cloud computing.

Η τεχνολογία WiMAX προσφέρει ρυθμούς μετάδοσης μέχρι 72Mbit/sec χωρίς να υπάρχει ανάγκη για καλωδιακές υποδομές. Έχει μεγαλύτερο εύρος ζώνης από τις ήδη υπάρχουσες τεχνολογίες ασύρματων δικτύων. Η τεχνολογία LTE ενσωματώνει Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) τα οποία δίνουν προτεραιότητα στην ελαχιστοποίηση των παρεμβολών μεταξύ των καναλιών, και συστήματα κεραιών Multiple-Input Multiple-Output (MIMO). [22]

3.3.7. Satellite Modem

Το Satellite Modem ανήκει στην κατηγορία των ασύρματων τεχνολογιών. Χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου δεν είναι δυνατή η σύνδεση σε επίγειο δίκτυο τηλεπικοινωνιών. Μπορεί να υποστηρίξει εφαρμογές όπως η Τηλεκπαίδευση, Τηλεϊατρική, VoIP, μετάδοση βίντεο μέσω διαδικτύου και αυτόματες ταμειακές μηχανές. Προσφέρει θεωρητικές ταχύτητες μέχρι 1Gbit/sec για ανέβασμα, και μέχρι 10Mbit/sec για κατέβασμα που είναι κατά πολύ μεγαλύτερες από τις υπόλοιπες τεχνολογίες. Οι καθυστερήσεις του κυμαίνονται περίπου στα 630-750ms.

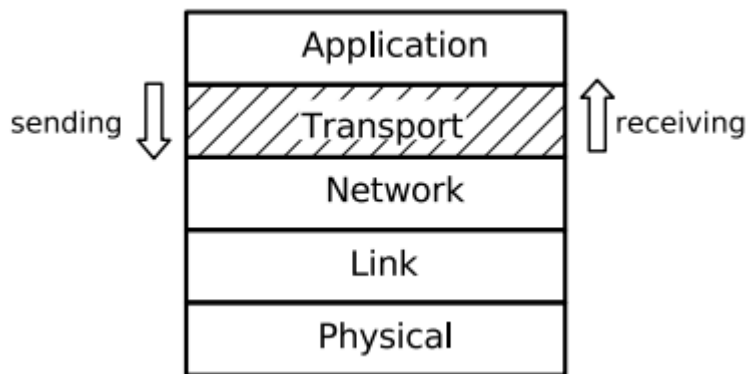


Σχήμα 3-2: Λειτουργία του Satellite Internet [23]

3.4. Πρωτόκολλα Επικοινωνίας

Σε αυτό το υποκεφάλαιο θα γίνει μία σύντομη περιγραφή των πρωτοκόλλων επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται σήμερα. Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας αποτελούν το επίπεδο μεταφοράς που είναι κάτω από το επίπεδο εφαρμογών. Είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία

των εφαρμογών του χρήστη με τις εφαρμογές που τρέχουν σε άλλη μηχανή. Δηλαδή παίρνει τα δεδομένα από μία εφαρμογή και είναι υπεύθυνο για την ορθή αποστολή τους σε άλλη εφαρμογή μέσω του δικτύου, και το αντίστροφο [24].



Σχήμα 3-3: Κύρια επίπεδα των δικτύων [24]

3.4.1. UDP

Το User Datagram Protocol (UDP) είναι ένα πολύ απλό πρωτόκολλο. Δεν πραγματοποιεί καμία σύνδεση γιατί όλα τα UDP πακέτα αποστέλλονται ξεχωριστά αντί να αποτελούν μια συνεχόμενη ροή. Δεν παρέχει καμία εγγύηση ότι τα πακέτα θα παραληφθούν με την σειρά που έχουν αποσταλεί ή ακόμα ότι έχουν παραληφθεί. Εκτελεί μόνο πολυπλεξία (multiplexing) και αποπολύπλεξη (demultiplexing). Μπορεί να προσφέρει έλεγχο μέσω του checksum αν το πακέτο που έχει παραληφθεί έφθασε ολόκληρο. Προσφέρει ελάχιστες καθυστερήσεις αφού δεν δημιουργεί κάποια σύνδεση. Αυτό κάνει το πρωτόκολλο UDP ιδανικό για εφαρμογές που απαιτούν ελάχιστη καθυστέρηση και είναι πάρα πολύ ανεχτικές σε λάθη και χάσιμο πακέτων. Μερικές εφαρμογές είναι το VoIP, DNS, SNMP, RIP και DHCP.

3.4.2. TCP

Το Transmission Control Protocol (TCP) είναι ένα πολύ αξιόπιστο πρωτόκολλο. Δημιουργεί σύνδεση ανάμεσα στον αποστολέα και στον παραλήπτη και μετά αποστέλλει τα πακέτα. Εξασφαλίζει ότι όλα τα πακέτα θα παραληφθούν λόγω του ότι αν κάποιο πακέτο χαθεί ή καθυστερήσει να παραληφθεί τότε είναι υπεύθυνο για να ξανά αποσταλεί, θα παραληφθούν με την σωστή σειρά με την οποία αποστάλθηκαν. Επίσης αν κάποιο πακέτο παραληφθεί πολλαπλές φορές τότε τα αναγνωρίζει και τα απορρίπτει. Για να μπορεί να δημιουργηθεί η σύνδεση και όλοι αυτοί οι έλεγχοι είναι απαραίτητο να αποστέλλονται επιπλέον πακέτα, και έτσι δημιουργούνται πολύ μεγάλες καθυστερήσεις. Έτσι χρησιμοποιείται σε εφαρμογές που είναι ανεκτικές στις καθυστερήσεις και δεν είναι καθόλου ανεχτικές σε λάθη και σε απώλεια πακέτων. Μερικές εφαρμογές που χρησιμοποιούν TCP είναι FTP,SMTP,HTTP,Telnet.

3.4.3. RTP-RTCP

Το Real Time Protocol (RTP) χρησιμοποιείται για αποστολή και λήψη βίντεο και ήχου από εφαρμογές πραγματικού χρόνου. Δημιουργήθηκε αυτό το πρωτόκολλο για εφαρμογές πραγματικού χρόνου γιατί το πρωτόκολλο UDP δεν εξασφαλίζει ότι τα πακέτα θα παραληφθούν με την ίδια σειρά που αποστάλθηκαν, και το πρωτόκολλο TCP έχει μεγάλες καθυστερήσεις. Οι εφαρμογές τρέχουν τυπικά το RTP πάνω από το UDP ή TCP έτσι ώστε να εκμεταλλεύονται οι υπηρεσίες πολυπλεξίας (multiplexing) και checksum από το UDP. Επιπλέον από το TCP μπορεί να παρέχει χρονοσφραγίδες (timestamps), μηχανισμούς ελέγχου και μηχανισμούς ανίχνευσης των χαμένων πακέτων προκειμένου να αναμεταδοθούν. Αυτό είναι εφικτό γιατί οι εφαρμογές πραγματικού χρόνου παρέχουν κάποια ανεκτικότητα σε απώλεια πακέτων αφού χρησιμοποιούν τεχνικές ανεκτικότητας στα λάθη. Επίσης το RTP υποστηρίζει την μεταφορά δεδομένων σε πολλαπλούς προορισμούς, χρησιμοποιώντας multicast διανομή αν υποστηρίζεται από το διαθέσιμο δίκτυο.

Για να μπορεί να υπάρξει βελτίωση των υπηρεσιών σε multicast διανομές χρησιμοποιεί το Real Time Control Protocol. Η κύρια λειτουργία του είναι να παρέχει τον έλεγχο της ποιότητας της υπηρεσίας (QoS). Επίσης προσφέρει έλεγχο συμφόρησης, αναγνώριση αποστολές, συγχρονισμό ανάμεσα στα μέσα και έλεγχο του αριθμού συμμετέχοντων. Οι παραλήπτες και ο αποστολέας σε ταχτά χρονικά διαστήματα αποστέλλουν στατιστικά στοιχεία όπως τον αριθμό των πακέτων που χάθηκαν, αριθμό πακέτων που στάλθηκαν, το jitter και το Round Trip Delay Time (RTT).

Τα RTP πακέτα συνήθως στέλνονται σε ένα port με ζυγό αριθμό (π.χ. 1234) και τα RTCP στέλνονται στο επόμενο port με μονό αριθμό (π.χ. 1235) [25].

Κεφάλαιο 4

Εφαρμογή Συστήματος Τηλεϊατρικής

4.1.	Εφαρμογές Ανοιχτού Κώδικα και Λογισμικό	23
4.1.1.	FFmpeg	25
4.1.2.	x264	25
4.1.3.	VLC	25
4.1.4.	Fast Structural Similarity algorithm	26
4.1.5.	yunViewer	27
4.2.	Περιγραφή τηλεϊατρικού συστήματος	27
4.2.1.	Αποστολή	28
4.2.2.	Λήψη	29
4.2.3.	Κωδικοποίηση μη έμπειρων χρηστών	29
4.2.4.	Κωδικοποίηση έμπειρων χρηστών	30
4.2.5.	Αξιολόγηση	31
4.2.6.	Συγχρονισμός αρχείων βίντεο	32
4.2.7.	Δημιουργία Bash File	33

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια περιγραφή του λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της εργασίας αυτής και το οποίο βασίζεται σε εργαλεία ανοικτού κώδικα. Επίσης παρουσιάζεται το ολοκληρωμένο σύστημα μετάδοσης ιατρικού βίντεο, το οποίο ενσωματώνει τις ανωτέρω τεχνολογίες.

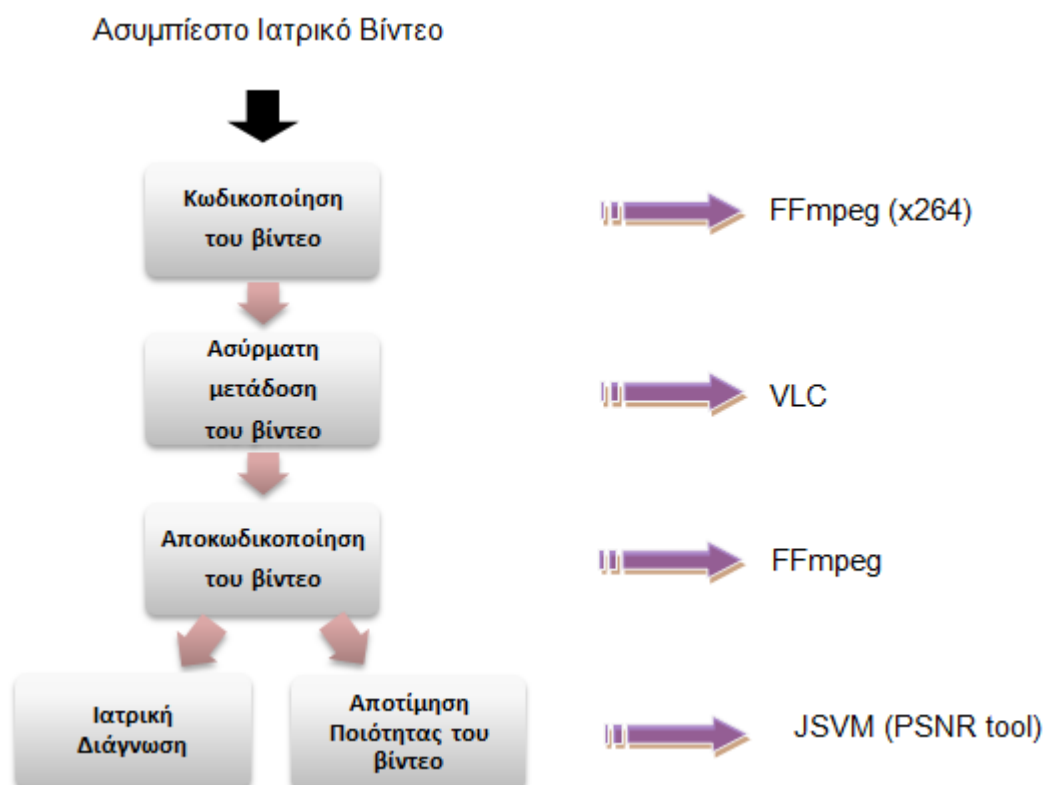
4.1. Εφαρμογές Ανοιχτού Κώδικα και Λογισμικό

Εφαρμογές ανοικτού κώδικα ονομάζουμε τις εφαρμογές όπου ο πηγαίος κώδικας είναι ελεύθερα διαθέσιμος για να μπορεί να τροποποιηθεί ή και να χρησιμοποιηθεί σε άλλες εφαρμογές. Οι εφαρμογές ανοικτού κώδικα παρουσιάζουν μεγάλα πλεονεκτήματα έναντι των εφαρμογών κλειστού κώδικα. Επειδή πολλοί εθελοντές προγραμματιστές μπορούν εύκολα να έχουν πρόσβαση στον κώδικα, μπορούν να εντοπίσουν και να διορθώσουν τυχών λάθη.

Επιπλέον το κόστος ανάπτυξης και συντήρησης των εφαρμογών είναι μικρότερο γιατί μπορεί να γίνει από οποιονδήποτε χωρίς αμοιβή.

Για την παρούσα εργασία, η επιλογή εργαλείων ανοιχτού κώδικα αποσκοπεί στην ανάπτυξη, αξιολόγηση και διάδοση ενός τηλεϊατρικού συστήματος χαμηλού κόστους, με ευκολία εγκατάστασης και διείσδυσης στην ερευνητική κοινότητα.

Η διαδικασία που χρησιμοποιείται σε αυτή την εφαρμογή είναι η εξής: Αρχικά από την μεριά του αποστολέα το ασυμπίεστο ιατρικό βίντεο κωδικοποιείται με την χρήση της βιβλιοθήκης x264 [26], του εργαλείου FFmpeg [27] με το πρότυπο H.264/AVC. Στην συνέχεια το βίντεο αποστέλλεται μέσω του VLC [28]. Από την μεριά του παραλήπτη ο αποδέκτης χρησιμοποιεί επίσης το VLC για να παραλάβει το κωδικοποιημένο βίντεο. Στην συνέχεια αποκωδικοποιείται με την χρήση του FFmpeg. Το βίντεο που παραλήφθηκε αποθηκεύεται. Έπειτα με αλγόριθμους αξιολόγησης της ποιότητας του βίντεο όπως το PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) γίνεται αξιολόγηση των πλαισίων του βίντεο πριν την κωδικοποίηση μεταξύ των αντίστοιχων πλαισίων του βίντεο μετά την κωδικοποίηση. Σκοπός είναι η παροχή βίντεο ικανοποιητικής διαγνωστικής ποιότητας στο γιατρό, ο οποίος θα προχωρήσει στην κλινική αξιολόγηση του. Η πιο πάνω διαδικασία περιγράφεται στο Σχήμα 4-1.



Σχήμα 4-1: Διάγραμμα Συστήματος

Ακολουθεί περιγραφή των λογισμικών ανοιχτού κώδικα που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση του τηλεϊατρικού συστήματος.

4.1.1. FFmpeg

Το FFmpeg [27] είναι ένα framework το οποίο μπορεί να κωδικοποιεί, να αποκωδικοποιεί, να κάνει πολυπλεξία (multiplexing) και αποπολύπλεξια (demultiplexing), streaming και φιλτράρισμα. Περιέχει τις βιβλιοθήκες libavcodec, libavutil, libavformat, libavfilter, libavdevice, libswscale and libswresample που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τις διάφορες εφαρμογές. Επίσης περιέχει τα εργαλεία ffmpeg, ffserver, ffplay and ffprobe που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους χρήστες για streaming, αναπαραγωγή, κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση. Το ffmpeg είναι ένα εργαλείο που τρέχει από την γραμμή εντολών για κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση αρχείων πολυμέσων σε διάφορες μορφές. Ο ffserver είναι ένας εξυπηρετητής πολυμέσων για ζωντανές αναμεταδώσεις σε πολλαπλούς παραλήπτες. Το ffplay είναι ένα απλός αναπαραγωγέας βασισμένος στο SDL και στις ffmpeg βιβλιοθήκες. Το ffprobe είναι ένα εργαλείο που επιστρέφει στατιστικά στοιχεία για ένα βίντεο. Η βιβλιοθήκη libavcodec με κωδικοποιήσεις ήχου και βίντεο. Η βιβλιοθήκη libavformat περιέχει πολυπλέκτες και αποπολυπλέκτες για container formats εικόνας και ήχου. Για την κωδικοποίηση σε H.264/AVC, το ffmpeg χρησιμοποιεί μια εξωτερική βιβλιοθήκη ανοιχτού κώδικα, την x264.

4.1.2. x264

Η βιβλιοθήκη x264 [26] είναι μια βιβλιοθήκη ανοιχτού κώδικα για κωδικοποίηση βίντεο streams σε H.264/AVC. Υπάρχει σε command line interface και API. Ο ffmpeg χρησιμοποιεί το command line interface της βιβλιοθήκης. Θεωρείται η καλύτερη βιβλιοθήκη για κωδικοποίηση σε H264/AVC αφού παρέχει πάρα πολύ καλή απόδοση, συμπίεση και ποιότητα χρησιμοποιώντας βελτιστοποιήσεις. Υποστηρίζει χαρακτηριστικά που χρησιμοποιούνται από διαφορετικές εφαρμογές όπως αναμετάδοση τηλεόρασης, εφαρμογές βίντεο Blue-ray μικρής καθυστέρησης και σε διαδικτυακές σελίδες, όπως το YouTube, Facebook, Vimeo και Hulu.

4.1.3. VLC

Το VLC media player [28] είναι ένα φορητό πρόγραμμα ελεύθερου λογισμικού ανοιχτού κώδικα (γραμμένο σε C,C++). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αναπαραγωγή πολυμέσων, κωδικοποίηση και streaming σε unicast και multicast. Υποστηρίζει πολλούς κωδικοποιητές ήχου, βίντεο, Blue ray, DVD, CD και διάφορα πρωτόκολλα για streaming.

Είναι διαθέσιμο για λειτουργικά συστήματα όπως Windows, Linux, Mac OS X, Unix κ.τ.λ. Επίσης είναι διαθέσιμο για κινητές συσκευές με λειτουργικό Android, iOS κ.τ.λ.

Η κανονική διανομή του VLC περιλαμβάνει ελεύθερες βιβλιοθήκες κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης. Πολλοί κωδικοποιητές του προέρχονται από την βιβλιοθήκη του προγράμματος Ffmpeg , αλλά κυρίως χρησιμοποιεί τους δικούς του πολυπλέκτες και αποπολυπλέκτες.

Το VLC μπορεί να χρησιμοποιηθεί μέσω γραφικού περιβάλλοντος (Σχήμα 4-2), είτε μέσω της γραμμής εντολών.



Σχήμα 4-2: VLC Media Player

4.1.4. Fast Structural Similarity algorithm

Το Fast Structural Similarity algorithm [29] (Fast SSIM) είναι ένα εργαλείο ανοιχτού κώδικα που περιέχει τροποποιημένο τον παραδοσιακό αλγόριθμο SIMM που χρησιμοποιείται για αξιολόγηση της ποιότητας της εικόνας. Αυτή η τροποποίηση επιτυγχάνει καλύτερη επίδοση. Επίσης βάση του SSIM δημιουργήθηκε και το Multi-Scale SSIM index που έχει ακόμα καλύτερες επιδόσεις.

Οι αλγόριθμοι αξιολόγησης ποιότητας της εικόνας κατηγοριοποιούνται σε τρεις κύριες κατηγορίες. Το Full-Reference(FR) όπου ο αλγόριθμος έχει πρόσβαση και στην αρχική εικόνα αλλά και στην εικόνα που περιέχει θόρυβο, ο οποίος μπορεί να προέκυψε από κωδικοποίηση ή από χαμένα πλαίσια κατά την αποστολή και τις συγκρίνει, τους No-Reference που ο αλγόριθμος έχει πρόσβαση μόνο στην εικόνα που περιέχει θόρυβο και στους Reduced-Reference που ο αλγόριθμος έχει πρόσβαση στην αλλοιωμένη εικόνα από θόρυβο και επίσης σε κάποιες εξωτερικές πληροφορίες που περιγράφουν την αρχική εικόνα. Ο SSIM είναι ένας Full-Referenced αλγόριθμος.

Ο παραδοσιακός αλγόριθμος SSIM βασίζεται στην υπόθεση ότι το HVS είναι εξαιρετικά προσαρμοσμένο για εξαγωγή της δομικής πληροφορίας της. Ο SSIM αξιολογεί τρεις διαφορετικούς όρους ανάμεσα σε δύο μη αρνητικά σήματα x και y . Στην φωτεινότητα (luminance), στην αντίθεση (contrast) και στην δομή (structure).

Επιπλέον το Fast SSIM τρέχει στην γραμμή εντολών και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για Fast SSIM, Fast MS-SSIM, PSNR και Correlation.

4.1.5. yuvViewer

Αυτό το πρόγραμμα χρησιμοποιήθηκε για να μπορούμε να βλέπουμε τα βίντεο τα οποία είναι σε ασυμπίεστη μορφή, δηλαδή τα yuv βίντεο.

Ο όρος YUV αναφέρεται σε μια οικογένεια χρωματικών χωρών, οι οποίοι κωδικοποιούν την φωτεινότητα ανεξάρτητα από το χρώμα. Όπως και το RGB, το YUV χρησιμοποιεί τρεις τιμές για να αναπαραστήσει κάθε χρώμα, το Y, το U και το V. Η συνιστώσα Y αναπαριστά την φωτεινότητα του χρώματος και οι συνιστώσες U και V αναπαριστούν το χρώμα.

4.2. Περιγραφή τηλεϊατρικού συστήματος

Το σύστημα που αναπτύχθηκε έχει ως στόχο την αποστολή βίντεο σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας τις προαναφερθέντες υπάρχουσες τεχνολογίες. Αποτελείται από 6 μέρη: τον αποστολέα (Σχήμα 4-3), τον παραλήπτη (Σχήμα 4-4), τον κωδικοποιητή για μη έμπειρους χρήστες (Σχήμα 4-5), τον κωδικοποιητή για έμπειρους χρήστες (Σχήμα 4-6), την διεπαφή για αξιολόγηση βίντεο (Σχήμα 4-7) και την διεπαφή για συγχρονισμό των αρχείων βίντεο ανάμεσα σε φακέλους στον υπολογιστή του χρήστη (Σχήμα 4-8).

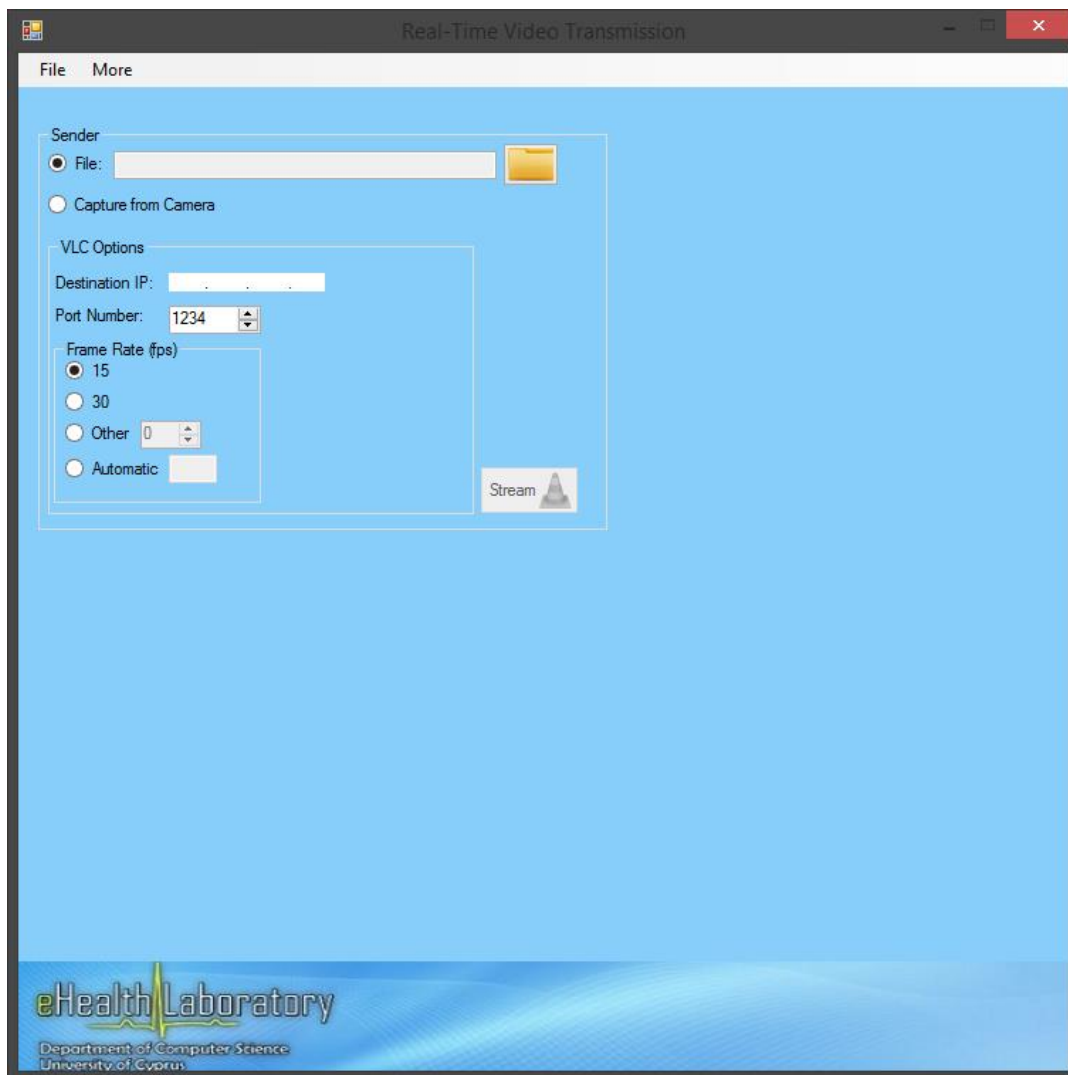
Η γλώσσα που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη του συστήματος είναι η Visual Basic για να δημιουργηθεί ένα γραφικό περιβάλλον σε λειτουργικό σύστημα Windows. Με το γραφικό περιβάλλον θα είναι πιο εύκολη η χρήση του, από χρήστες οι οποίοι δεν έχουν εξειδικευμένες γνώσεις στην Πληροφορική. Επίσης το γραφικό περιβάλλον απαλλάσσει τους χρήστες από το να χρειάζεται να θυμούνται μια ακολουθία από εντολές και διαδικασίες για την επίτευξη μιας λειτουργίας.

Το κύριο πλεονέκτημα του παρόντος συστήματος σε αντίθεση με άλλα παρόμοια συστήματα είναι ότι παρέχει συγκεντρωμένες όλες τις λειτουργίες που χρειάζονται για κωδικοποίηση, αποστολή, λήψη και αξιολόγηση ιατρικών βίντεο. Επιπλέον σε σχέση με τα προγράμματα ανοιχτού κώδικα που χρησιμοποιούνται όπως ο VLC και η βιβλιοθήκη ffmpeg, το παρόν σύστημα μέσω των bash file που δημιουργούνται με τις επιλογές που δίνει χρήστης, απαλλάσσει τον χρήστη από το να χρειάζεται επιπλέον γνώσεις σε αυτά τα προγράμματα καθώς επίσης τον αποτρέπει από λάθη, για το πώς θα εκτελέσει τις λειτουργίες που επιθυμεί.

Επιπρόσθετα, στο σύστημα όταν ο χρήστης χρειάζεται να δώσει είσοδο τις επιλογές του, γίνεται έλεγχος των δεδομένων εισόδου ότι είναι σωστή η μορφή τους και ότι έχει συμπληρώσει όλα τα πεδία που απαιτούνται για την εκτέλεση της λειτουργίας που επιθυμεί.

4.2.1. Αποστολή

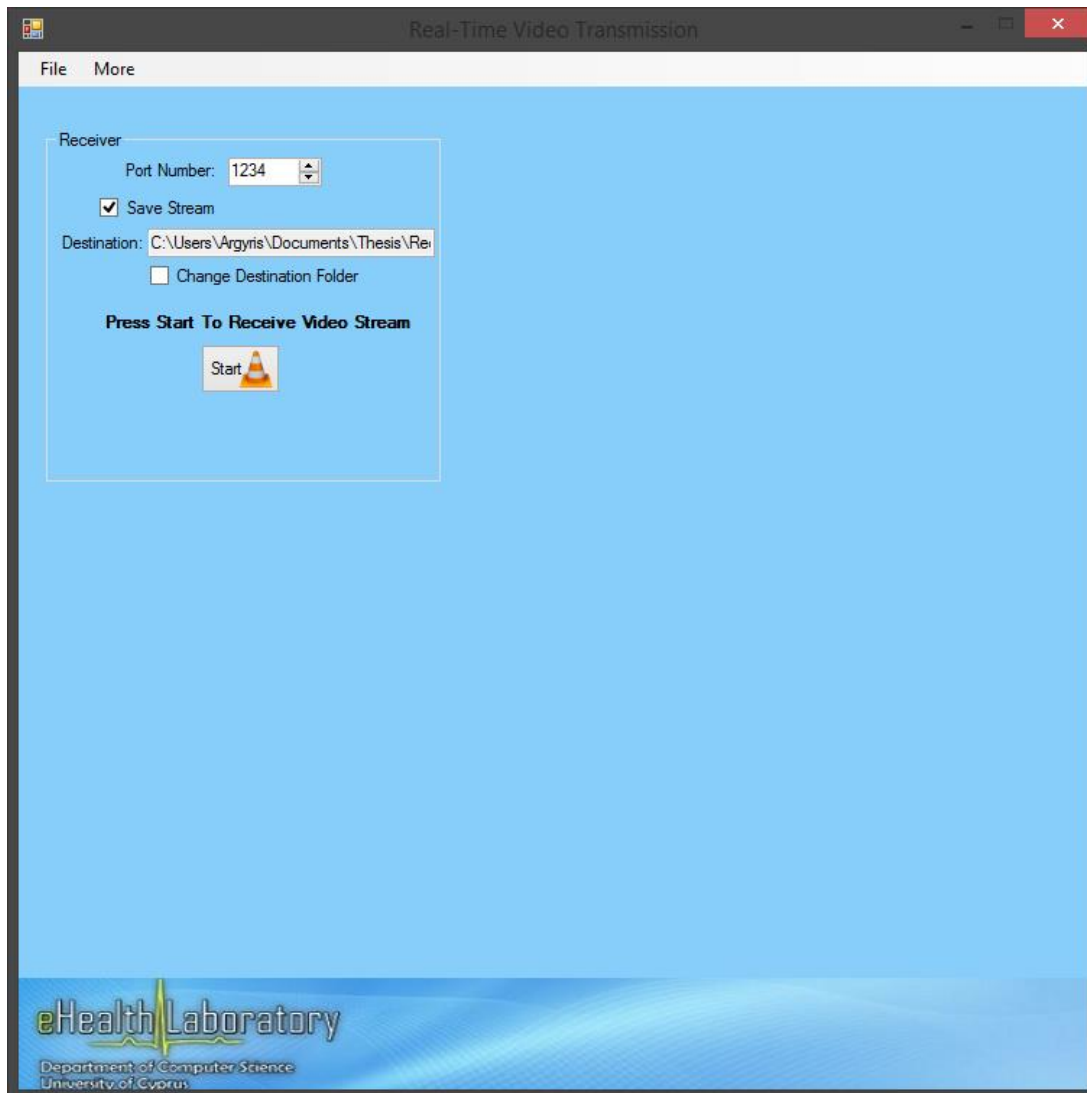
Ο αποστολέας αποστέλλει το κωδικοποιημένο βίντεο στην επιλεγμένη διεύθυνση και στο επιλεγμένο port. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα να γίνεται καταγραφή από κάμερα και να αποστέλλεται ταυτόχρονα. Όταν ο χρήστης επιλέξει το βίντεο που θέλει να αποστείλει τότε χρησιμοποιώντας το ffprobe (με batch file) βρίσκει αυτόματα το frame rate του βίντεο και συμπληρώνεται στο κατάλληλο πεδίο αν δεν θέλει ο χρήστης να το δηλώσει ρητά. Για αποστολή του βίντεο καλείται το VLC (με batch file). Το βίντεο για αποστολή είναι κωδικοποιημένο με H.264/AVC αλλά λόγω της πιο σταθερής μετάδοσης που παρέχει το VLC χρησιμοποιώντας MPEG-2 πακέτα, τοποθετεί το κωδικοποιημένο βίντεο σε πακέτα MPEG-2 TS (MPEG-2 Transport Stream). Επίσης, προσθέτει πληροφορίες για το πώς είναι κωδικοποιημένο το βίντεο έτσι ώστε ο παραλήπτης να γνωρίζει πώς να το αποκωδικοποιήσει.



Σχήμα 4-3: Διεπαφή Αποστολέα

4.2.2. Λήψη

Ο παραλήπτης είναι υπεύθυνος για την παραλαβή και αποθήκευση του βίντεο. Εδώ ο χρήστης εισάγει και πάλι το port από το οποίο θα λαμβάνει τα πακέτα. Ο χρήστης αν επιθυμεί μπορεί να αποθηκεύει ταυτόχρονα το βίντεο ώστε να το έχει αργότερα για μελλοντική χρήση. Και εδώ καλείται το VLC (με batch file), για την παραλαβή του stream.

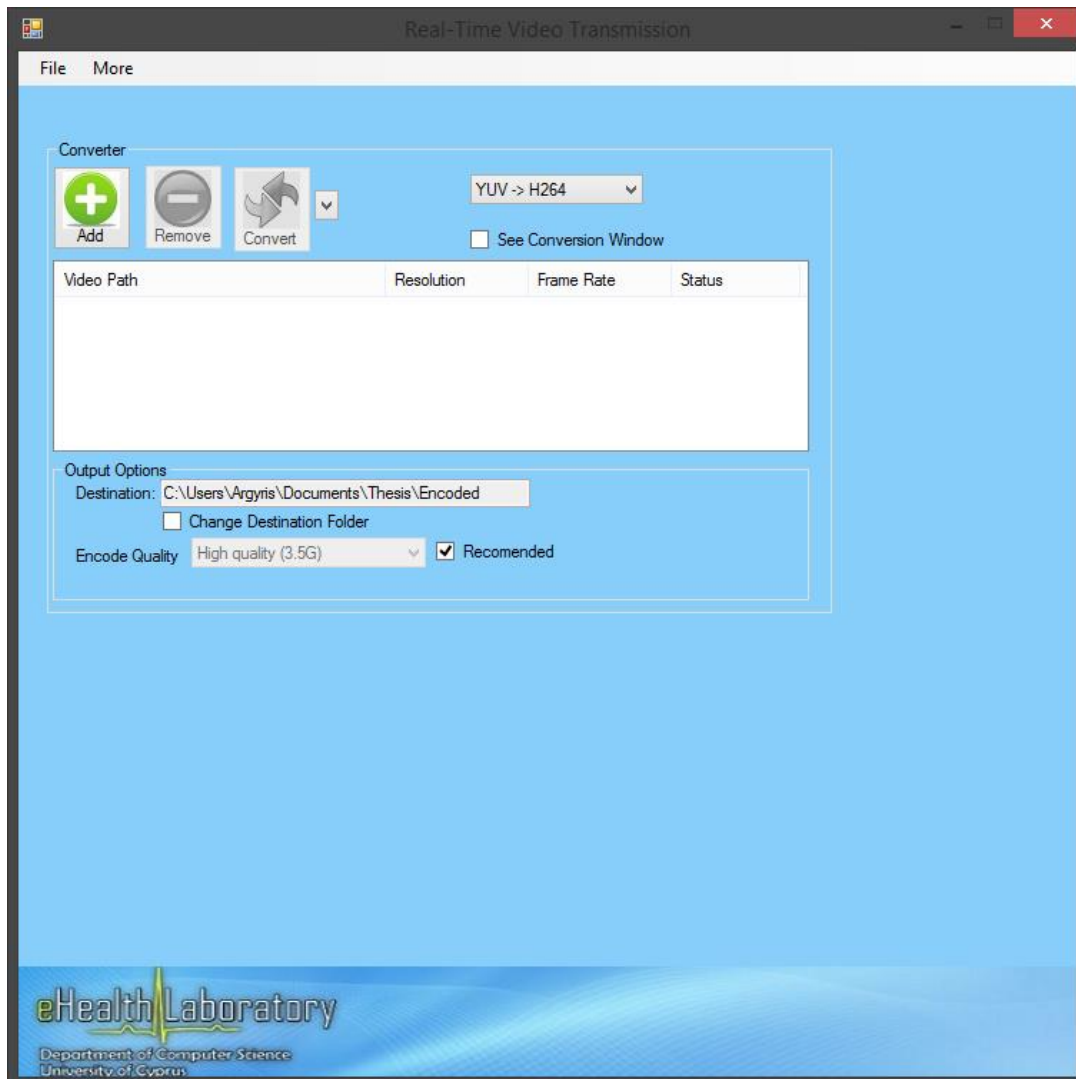


Σχήμα 4-4: Διεπαφή Παραλήπτη

4.2.3. Κωδικοποίηση μη έμπειρων χρηστών

Ο κωδικοποιητής για μη έμπειρους χρήστες καλεί τον ffmpeg (με batch file), στέλνοντας του τις παραμέτρους κωδικοποίησης τις οποίες ο χρήστης μπορεί να επιλέξει από το γραφικό περιβάλλον. Ο ffmpeg χρησιμοποιεί την βιβλιοθήκη x264 για την κωδικοποίηση. Ο χρήστης μπορεί να εισάγει πολλά βίντεο ταυτόχρονα για κωδικοποίηση. Για κάθε βίντεο που εισάγει ο χρήστης απομονώνονται από το όνομα του αρχείου αν υπάρχουν, οι διαστάσεις του βίντεο

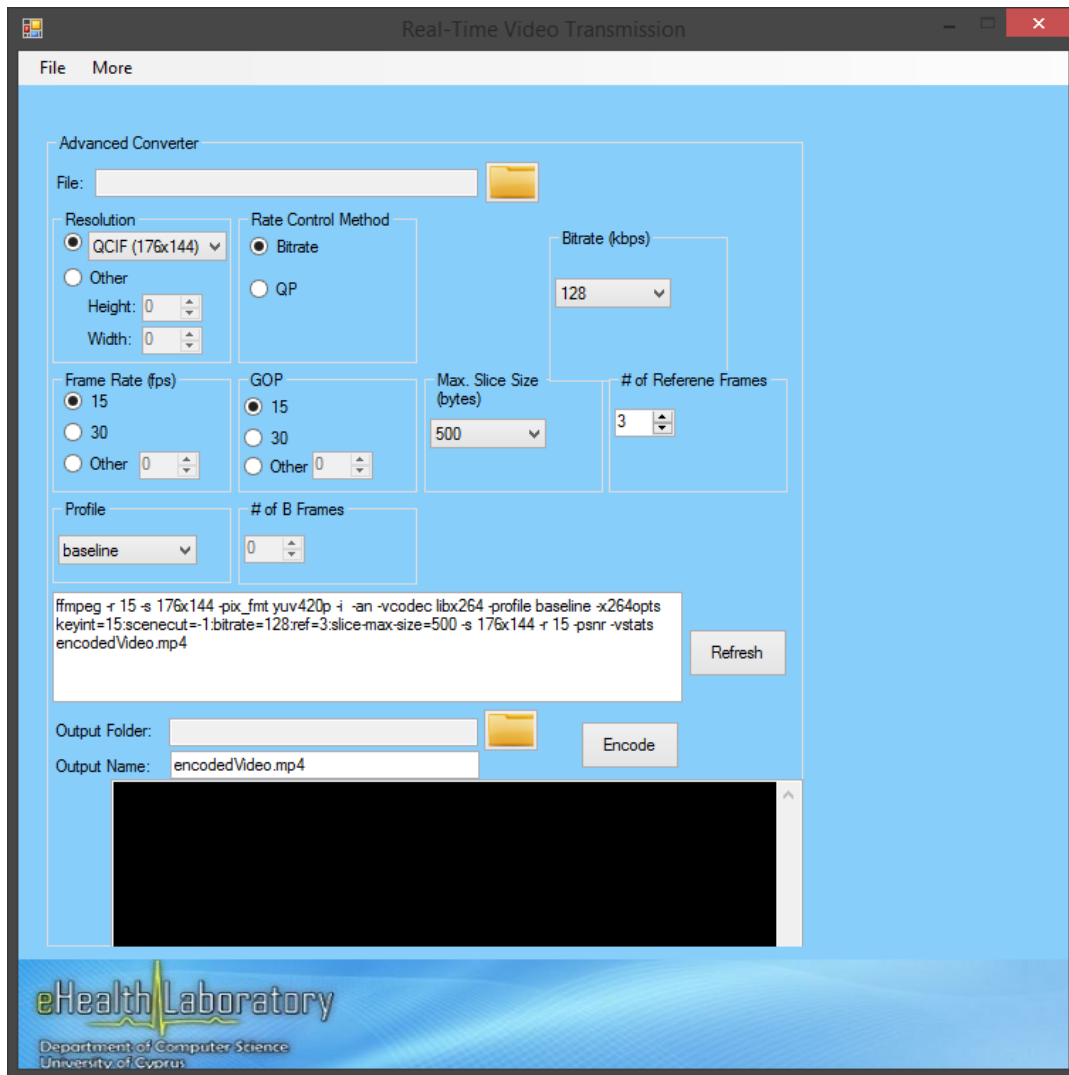
και ο ρυθμός των πλαισίων. Αν δεν υπάρχουν τότε εμφανίζεται ένα παράθυρο που ζητείται να τα εισάγει ο χρήστης χειροκίνητα. Ανάλογα με την ταχύτητα του δικτύου του χρήστη επιλέγεται αυτόματα ο ρυθμός μετάδοσης. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα κωδικοποίησης από YUV σε H.264/AVC και από H.264/AVC σε YUV. Ο χρήστης από τις επιλογές του προγράμματος μπορεί να καθορίσει παραμέτρους κωδικοποίησης.



Σχήμα 4-5: Διεπαφή Κωδικοποιητή

4.2.4. Κωδικοποίηση έμπειρων χρηστών

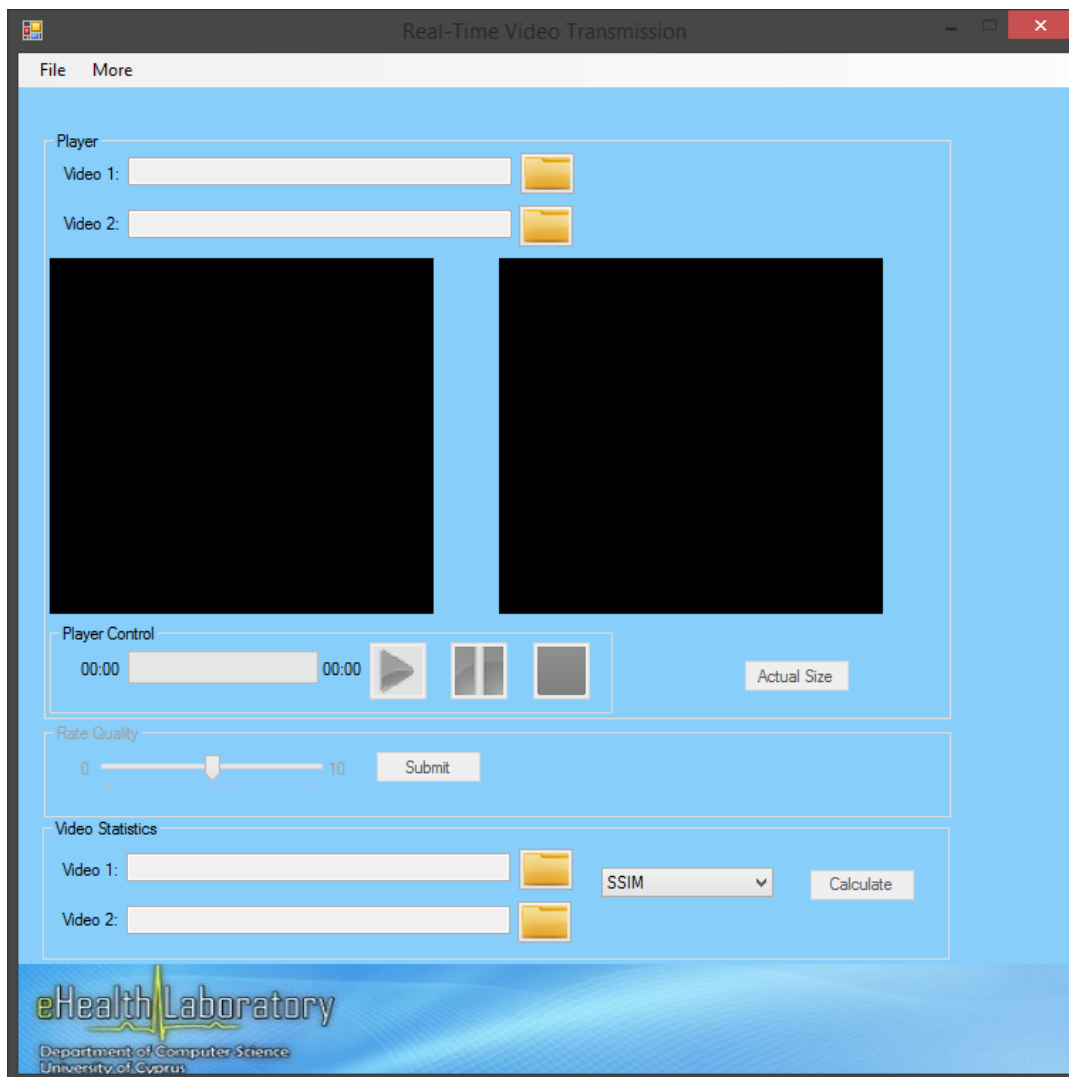
Ο κωδικοποιητής για έμπειρους χρήστες καλεί τον ffmpeg (με batch file), στέλνοντας του τις παραμέτρους κωδικοποίησης τις οποίες ο χρήστης μπορεί να επιλέξει από το γραφικό περιβάλλον, είτε γράφοντας απευθείας την εντολή κωδικοποίησης. Ο ffmpeg χρησιμοποιεί την βιβλιοθήκη x264 για την κωδικοποίηση. Ο χρήστης μπορεί να καθορίσει τις παραμέτρους κωδικοποίησης (βλέπε κεφάλαιο 5) αλλά και κάποιες άλλες παραμέτρους της βιβλιοθήκης x264.



Σχήμα 4-6: Διεπαφή Κωδικοποιητή για προχωρημένους χρήστες

4.2.5. Αξιολόγηση

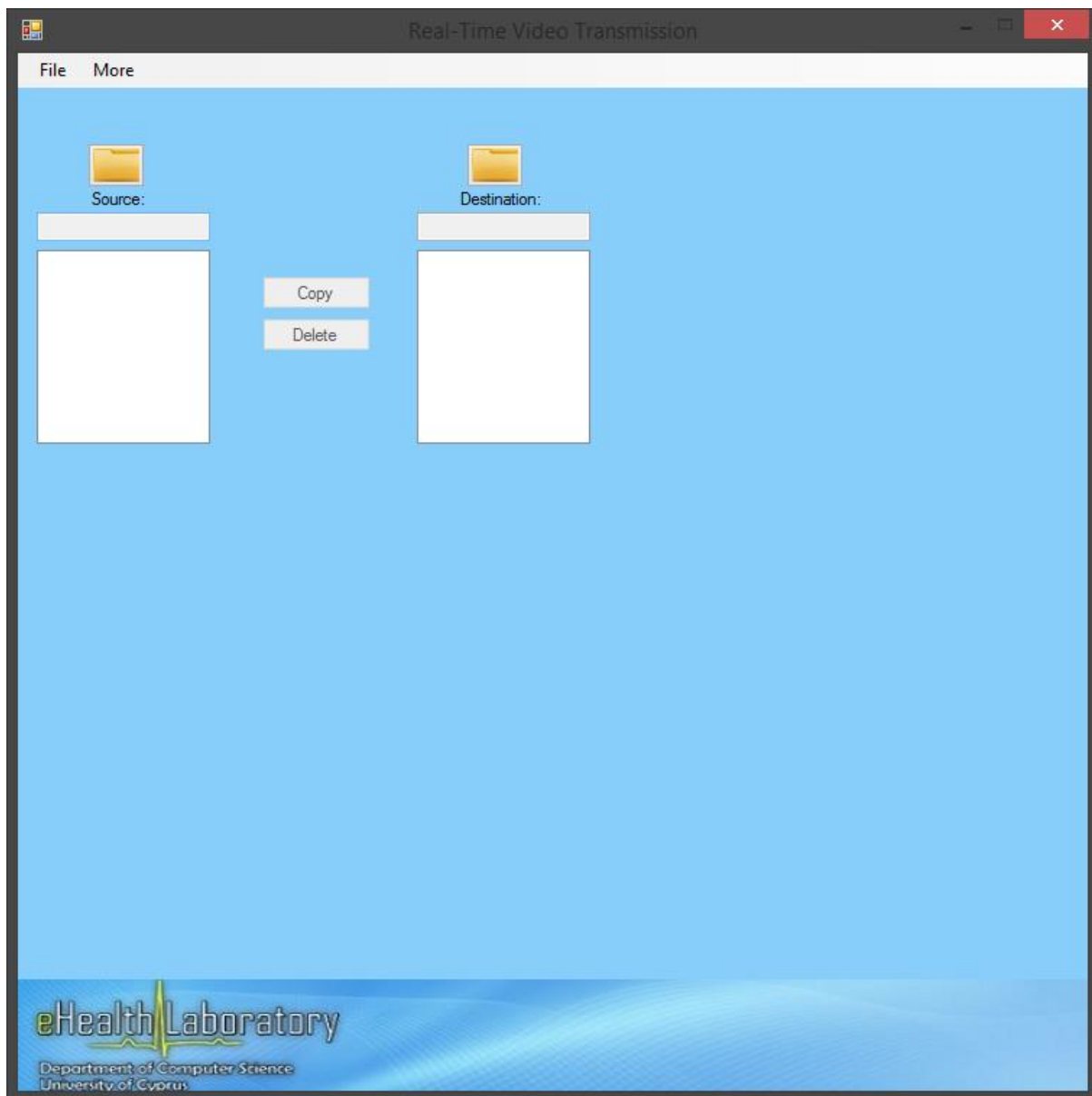
Στην διεπαφή για αξιολόγηση ο χρήστης μπορεί να εισάγει δύο H.264/AVC βίντεο και να τα βλέπει παράλληλα για να μπορεί να αξιολογήσει την ποιότητα του βίντεο που παραλήφθηκε σε σχέση με το αρχικό. Επίσης μπορεί να δώσει δύο βίντεο ακωδικοποίητα δηλαδή σε YUV ή κωδικοποιημένα σε H.264/AVC για να εκτιμηθεί η ποιότητα της εικόνας με την χρήση του αλγόριθμου SSIM, MS-SSIM ή με βάση του PSNR. Καλώντας τον ffmpeg (με batch file) το κάθε πλαίσιο του βίντεο γίνεται ξεχωριστή εικόνα και έπειτα καλείται το Fast SSIM (με batch file).



Σχήμα 4-7: Διεπαφή αξιολόγησης βίντεο

4.2.6. Συγχρονισμός αρχείων βίντεο

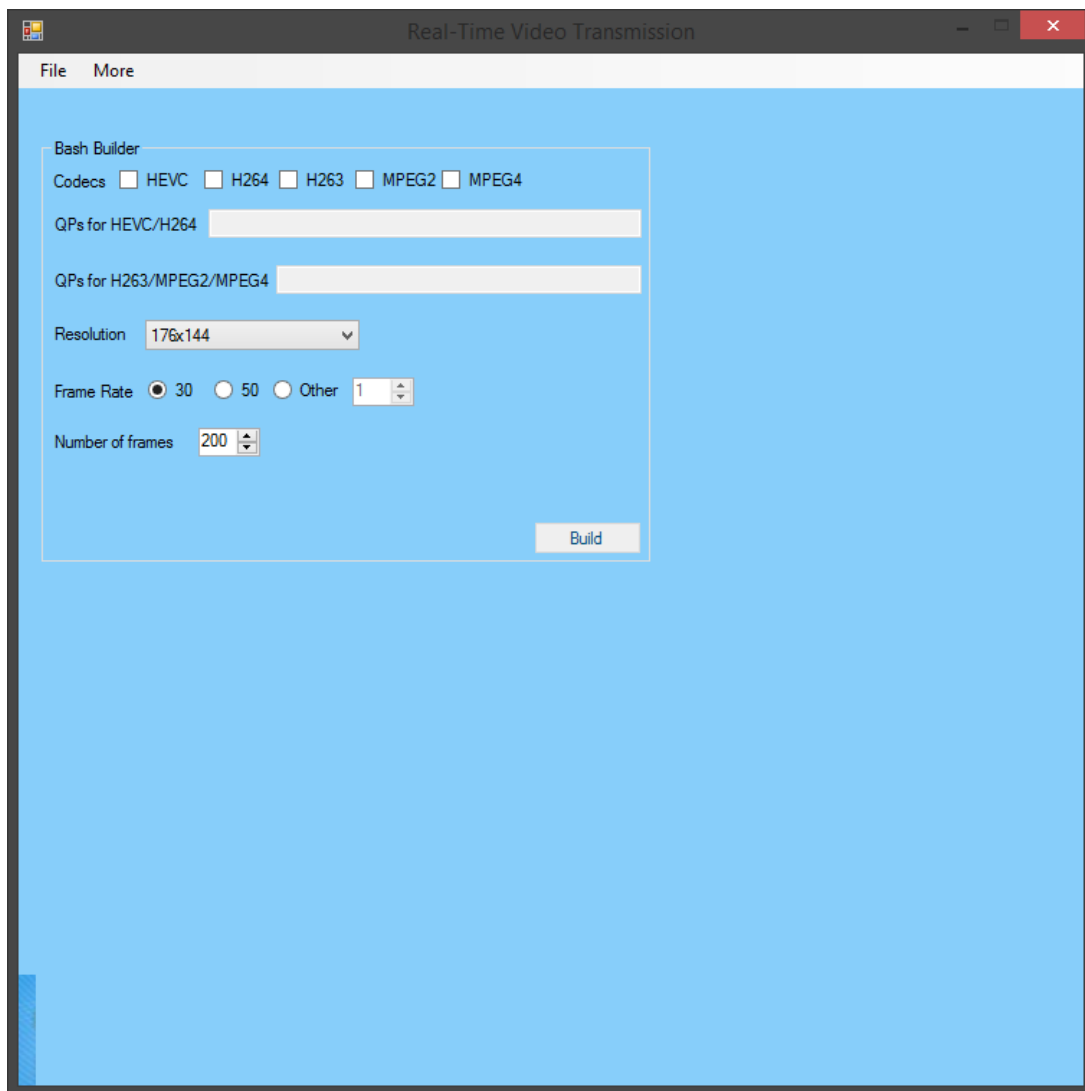
Στην διεπαφή συγχρονισμού των αρχείων βίντεο ο χρήστης μπορεί δίνοντας δύο φακέλους να μεταφέρει αρχεία βίντεο από τον ένα στον άλλο. Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί δίνοντας ένα φάκελο που βρίσκεται τοπικά στον υπολογιστή του χρήστη και ένα άλλο που βρίσκεται απομακρυσμένα για παράδειγμα σε κάποιο υπολογιστή στο δίκτυο ή σε cloud storage.



Σχήμα 4-8: Διεπαφή συγχρονισμού των αρχείων ανάμεσα σε φακέλους

4.2.7. Δημιουργία Bash File

Σε αυτήν την διεπαφή ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει ένα Bash file με το οποίο μπορεί να τρέξει ένα πρόγραμμα, σε λειτουργικό σύστημα Linux για την κωδικοποίηση ενός ή περισσότερων βίντεο σε όποια κωδικοποίηση επιθυμεί, δηλώνοντας απλώς τις παραμέτρους κωδικοποίησης που επιθυμεί



Σχήμα 4-9: Διεπαφή δημιουργίας Bash file

Κεφάλαιο 5

Μεθοδολογία Υλοποίησης

5.1.	Φίλτρα αφαίρεσης θορύβου	35
5.1.1.	Hybrid Median	35
5.1.2.	Speckle Reducing Anisotropic Diffusion (SRAD)	36
5.1.3.	Linear Speckle	36
5.2.	Κωδικοποίηση	36
5.3.	Αποστολή	37
5.3.1.	Σενάριο 1: Αποστολή Ιατρικού Βίντεο με χρήση Satellite Internet	37
5.3.2.	Σενάριο 2: Αποστολή Ιατρικού Βίντεο σε Επείγοντα Περιστατικά και από Απομακρυσμένες Περιοχές	37
5.4.	Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων	38
5.4.1.	PSNR	38
5.4.2.	Variable Frame Delay Algorithm	38

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει περιγραφή της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για την διεξαγωγή των πειραμάτων για την αξιολόγηση του συστήματος. Επίσης θα γίνει αναφορά στα βίντεο που χρησιμοποιήθηκαν, στις παραμέτρους που κωδικοποιήθηκαν για αποστολή. Επιπλέον θα γίνει περιγραφή η διαδικασία διεξαγωγής των πειραμάτων.

5.1. Φίλτρα αφαίρεσης θορύβου

Συχνά κατά την επεξεργασία σήματος είναι επιθυμητό να εφαρμόσουμε κάποια φίλτρα για αφαίρεση του θορύβου που μπορεί να υπάρχει στο σήμα μας. Η διαδικασία αφαίρεσης του θορύβου είναι μια προεργασία που αποσκοπεί την βελτίωση των αποτελεσμάτων κατά την επεξεργασία του σήματος.

5.1.1. Hybrid Median

Το hybrid median φίλτρο (DsFhmedian) [30] είναι ένα μη γραμμικό φίλτρο. Η κύρια ιδέα λειτουργίας του είναι για κάθε pixel να γίνεται αλλαγή της τιμής του με την median τιμή των γειτονικών του pixel που βρίσκονται μέσα στο κινούμενο παράθυρο. Η διαφορά του με το

median φίλτρο είναι ότι διατηρεί καλύτερα τα χαρακτηριστικά στις γωνίες. Κάποιες αλλαγές που επιφέρει σε ένα πλαίσιο το συγκεκριμένο φίλτρο είναι αύξηση των γκρι περιοχών, αύξηση του μαύρου χρώματος και ελαχιστοποιεί τις άσπρες περιοχές.

5.1.2. Speckle Reducing Anisotropic Diffusion (SRAD)

Το Speckle Reducing Anisotropic Diffusion (DsFsrاد) [31] είναι ένα ψηφιακό φίλτρο το οποίο παρέχει ευαισθησία και διατηρεί τις ακμές όταν υπάρχει θόρυβος σε ομογενείς περιοχές. Η ουσία της λειτουργίας αυτού του φίλτρου είναι η ανταλλαγή της διανυσματικής ανίχνευσης ακμών ανισοτροπικής διάχυσης με στιγμιαίους συντελεστές παραλλαγής που είναι κατάλληλοι για φιλτράρισμα του θορύβου.

5.1.3. Linear Speckle

Το φίλτρο Linear Speckle (DsFlsmv) [32] είναι ένα γραμμικό φίλτρο όπου αρχή λειτουργίας του βασίζεται στην στατιστική ανάλυση του κάθε πλαισίου και συγκεκριμένα στον τοπικό μέσο όρο και στην τοπική διακύμανση. Οι αλλαγές που επιφέρονται μετά την εφαρμογή αυτού του φίλτρου σε ένα πλαίσιο είναι να το κάνει πιο ομογενές και να κάνει πιο ορατές τις ακμές στο ανθρώπινο μάτι. Επίσης παρέχει φωτεινότητα καθώς επίσης και αυξημένη αντίθεση χωρίς να προκαλεί αλλοίωση στα χαρακτηριστικά του βίντεο.

5.2. Κωδικοποίηση

Για την διεξαγωγή των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκαν εννέα ιατρικά βίντεο υπέρηχου της καρωτιδικής αρτηρίας, με ανάλυση εικόνας 560x416 και frame rate 50. Τα βίντεο που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το 6RTICA, 8RTSIDE, 11LTCCA, 16LTSIDE, 20LTCCA, 23LTSIDE, 25LTCCA, 59RTBIF και 65LTBIF. Στο κάθε βίντεο είχαν εφαρμοστεί τα φίλτρα DsFsrاد, DsFlsmv, DsFhmedian. Το κάθε ασυμπιεστο βίντεο με και χωρίς φίλτρο κωδικοποιήθηκε σε H.264/AVC με τις πιο κάτω παραμέτρους:

Πίνακας 5-1: Παράμετροι Κωδικοποίησης

Profile	High
Video Resolution	560x416
Video Frame Rate	50
Group of Pictures	48
Intra Update	48
Bitrate	768,1024
Number of Reference Frames	3
Max Slice Size (VLC)	500
No of B-frames	3

Αυτές οι παράμετροι επιλέχθηκαν μέσα από πειράματα και κατόπιν μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας. Η παράμετρος Maximum Slice Size επιλέχθηκε να είναι 500 bytes λόγω του ότι είχε χαμηλή καθυστέρηση (latency) σε σχέση με άλλες τιμές. Το Group Of Pictures (GOP) επιλέχθηκε βάση του frame rate έτσι ώστε σε κάθε δευτερόλεπτο να υπάρχει σίγουρα ένα I-frame.

5.3. Αποστολή

Ο αποστολέας αποστέλλει στον παραλήπτη το κωδικοποιημένο βίντεο μέσω του διαθέσιμου δικτύου. Ο παραλήπτης ταυτόχρονα λαμβάνει την σειρά κωδικοποιημένων ραμμάτων, την αποκωδικοποιεί και την παρουσιάζει. Αν επιθυμεί μπορεί επίσης να την αποθηκεύσει.

Για αποστολή χρησιμοποιήθηκαν δύο σενάρια. Το πρώτο σενάριο αφορά την αποστολή του ιατρικού βίντεο όπου ο αποστολέας χρησιμοποιεί δορυφορικό διαδίκτυο (Satellite Internet). Το δεύτερο σενάριο είναι η αποστολή με την χρήση ασύρματου τηλεπικοινωνιακού συστήματος τρίτης γενιάς, και πιο συγκεκριμένα δικτύου HSPA (3.5G). Και στα δύο σενάρια χρησιμοποιήθηκαν δύο φορητοί υπολογιστές.

Το κάθε κωδικοποιημένο βίντεο που προέκυψε αποστάλθηκε 5 φορές. Το μέγεθος των πακέτων ήταν 1370 bytes που αυτό καθοριζόταν αυτόματα κατά την αποστολή από το VLC. Αντίθετα αν τα πακέτα ήταν μικρότερα τότε θα υπήρχαν περισσότερα πακέτα για αποστολή και έτσι θα αυξανόταν το ποσοστό των χαμένων πακέτων.

5.3.1. Σενάριο 1: Αποστολή Ιατρικού Βίντεο με χρήση Satellite Internet

Στο πρώτο σενάριο ο αποστολέας είναι συνδεδεμένος με δορυφορικό διαδίκτυο (Satellite Internet) και ο παραλήπτης βρίσκεται στις εγκαταστάσεις του διαγνωστικού κέντρου συνδεδεμένος με το τοπικό δίκτυο LAN (Local Area Network). Για το δορυφορικό διαδίκτυο (Satellite Internet) η θεωρητική ταχύτητα αποστολής είναι 6Mbit/sec όπως αναφέρετε στις προδιαγραφές του παροχέα, εντούτοις η τυπική ταχύτητα αποστολής είναι γύρω στο 1Mbit/sec και καθυστέρηση περίπου 750ms. Αυτό το σενάριο προσομοιώνει την αποστολή του ιατρικού βίντεο από απομακρυσμένα ιατρικά κέντρα όπου δεν υπάρχει σύνδεση στο διαδίκτυο μέσω επίγειων τηλεφωνικών εγκαταστάσεων και υπάρχει εγκατεστημένο δορυφορικό διαδίκτυο (Satellite Internet) όπως για παράδειγμα σε πλοία, αναπτυσσόμενες χώρες κτλ. Οι μετρήσεις έγιναν σε διαφορετικές χρονικές περιόδους έτσι ώστε να αποτυπωθεί μια ρεαλιστική προσέγγιση των πραγματικών συνθηκών.

5.3.2. Σενάριο 2: Αποστολή Ιατρικού Βίντεο σε Επείγοντα Περιστατικά και από Απομακρυσμένες Περιοχές

Στο δεύτερο σενάριο ο αποστολέας χρησιμοποιεί ασύρματο δίκτυο τρίτης γενιάς (3G/3.5G) και πιο συγκεκριμένα του δικτύου HSPA. Για το HSPA η θεωρητική ταχύτητα αποστολής είναι 5.8 Mbit/sec όπως περιγράφεται από τον παροχέα, εντούτοις η τυπική ταχύτητα

αποστολής είναι γύρω στο 1Mbit/sec και η καθυστέρηση περίπου 135ms. Ο παραλήπτης βρίσκεται στις εγκαταστάσεις του διαγνωστικού κέντρου συνδεδεμένος με το τοπικό δίκτυο Wi-Fi. Αυτό το σενάριο προσομοιώνει την αποστολή ιατρικού βίντεο σε επείγοντα περιστατικά και/ή από απομακρυσμένες περιοχές, και γενικά σε περιοχές όπου η πρόσβαση στο διαδίκτυο είναι δυνατή μόνο δια μέσου του δικτύου της κινητής τηλεφωνίας, στο νοσοκομείο ή στο εξειδικευμένο διαγνωστικό κέντρο. Αυτό μπορεί να είναι είτε από ασθενοφόρο, είτε από κάποια περιοχή που είναι διαθέσιμο το δίκτυο τρίτης γενεάς. Οι μετρήσεις έγιναν σε διαφορετικές χρονικές περιόδους έτσι ώστε να αποτυπωθεί μια ρεαλιστική προσέγγιση των πραγματικών συνθηκών.

5.4. Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων

Η αξιολόγηση του συστήματος έγινε με δύο αλγόριθμους αντικειμενικής αξιολόγησης της ποιότητας του βίντεο. Για να είναι δυνατή η αξιολόγηση ο παραλήπτης έπρεπε να αποθηκεύει τα βίντεο. Χρησιμοποιήθηκε το PSNR που είναι ένας από τους πιο διαδεδομένους αλγόριθμους για την αξιολόγηση της ποιότητας εικόνων και βίντεο, κυρίως λόγω της ταχύτητας υλοποίησης και εκτέλεσης, παρά το γεγονός ότι συχνά δεν αποτυπώνει την πραγματική του ποιότητα. [33]

Ο δεύτερος αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο Variable Frame Delay (VFD). Εφαρμόστηκε στα βίντεο που παραλήφθηκαν πριν τον υπολογισμό του PSNR για την αφαίρεση της χρονικής ασυμφωνίας μεταξύ των πλαισίων του βίντεο που παραλήφθηκε και του αρχικού βίντεο. [34]

5.4.1. PSNR

Για υπολογισμό του PSNR η διαδικασία που ακολουθείται είναι: Έστω I το αρχικό ασυμπίεστο βίντεο και K το βίντεο που αποκωδικοποιήθηκε στον παραλήπτη. Επίσης έστω $m \times n$, η ανάλυση του βίντεο. Αρχικά υπολογίζουμε το Mean Squared Error και έπειτα το PSNR. [33]

$$MSE = \frac{1}{m \cdot n} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} [I(i, j) - K(i, j)]^2$$

$$PSNR = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right)$$

5.4.2. Variable Frame Delay Algorithm

Ο αλγόριθμος Variable Frame Delay (VFD) αποσκοπεί στο να αφαιρέσει την χρονική ασυμφωνία που είναι πιθανών να εισαχθεί κατά την ασύρματη μετάδοση βίντεο σε πραγματικό χρόνο. Κατά τη διάρκεια της μετάδοσης, οι διαρκώς μεταβαλλόμενες συνθήκες

αποστολής, όπως η στιγμιαία απώλεια σήματος, τα λάθη μετάδοσης κτλ., συχνά καταλήγουν στην προσωρινή παύση της ροής των μεταδιδόμενων εικόνων του βίντεο, μετά από την οποία η μετάδοση συνεχίζεται απρόσκοπτα. Το συγκεκριμένο γεγονός, παρουσιάζει μια δυσκολία ενσωμάτωσης από τις κλασικές μεθόδους υπολογισμού ποιότητας όπως το PSNR, το οποίο βασίζεται στον υπολογισμό του λάθους μεταξύ αντίστοιχων συνεχόμενων εικόνων. Ο αλγόριθμος VFD αναπτύχθηκε για να υπερκεράσει το συγκεκριμένο γεγονός, στοχεύοντας την καλύτερη αντιστοίχιση μεταξύ αντικειμενικής και υποκειμενικής αξιολόγησης.

Συγκεκριμένα ο αλγόριθμος VFD αντιστοιχεί τα πλαίσια του βίντεο που παραλήφθηκε με τα αντίστοιχα πλαίσια του αρχικού βίντεο που έχουν το ελάχιστο λάθος μεταξύ τους (MSE), βασισμένο σε ένα παράθυρο (αριθμό) εικόνων προεπιλεγμένο από το χρήστη. Έτσι, ακόμα και αν υπάρξει απώλεια συγχρονισμού λόγω απώλειας πακέτων ή καθυστερήσεων στην παραλαβή τους, κατά τον υπολογισμό του PSNR θα συγκρίνονται τα πλαίσια του βίντεο που παραλήφθηκε με τα αντίστοιχα του αρχικού. [34]

Κεφάλαιο 6

Αποτελέσματα

6.1.	Αξιολόγηση Κωδικοποιημένων Βίντεο	41
6.2.	Σενάριο 1: Satellite Internet	43
6.3.	Σενάριο 2: 3.5G Modem	44
6.4.	Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα	46

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει η αποτίμηση του συστήματος μετάδοσης ιατρικού βίντεο μέσω των ασύρματων τεχνολογιών που αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 5 (Satellite Internet και 3G/3.5G). Αυτό θα γίνει παρουσιάζοντας τα αποτελέσματα της αντικειμενικής αξιολόγησης των δύο υπό εξέταση σεναρίων. Θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα των δύο σεναρίων που καλύπτουν τις πιθανές διαθέσιμες τεχνολογίες μετάδοσης. Το πρώτο σενάριο αφορά την αποστολή του ιατρικού βίντεο όπου ο αποστολέας χρησιμοποιεί Satellite Internet και ο παραλήπτης είναι συνδεδεμένος στο Wireless Local Area Network (WLAN) και το δεύτερο σενάριο αφορά την αποστολή του ιατρικού βίντεο όπου ο αποστολέας χρησιμοποιεί το ασύρματο τηλεπικοινωνιακό σύστημα τρίτης γενεάς (3.5G) και ο παραλήπτης βρίσκεται και πάλι συνδεδεμένος στο Wireless Local Area Network (WLAN).

Για τον υπολογισμό του PSNR χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος VFD για την αφαίρεση της χρονικής ασυνέχειας που μπορεί να υπήρχε. Η χρονική ασυνέχεια δημιουργείται από την απώλεια πακέτων και από την απώλεια συγχρονισμού σε περιπτώσεις καθυστέρησης παράδοσης του πακέτου.

Σε όλες τις περιπτώσεις κωδικοποίησης και αποστολής η ελάχιστη επιθυμητή τιμή PSNR όπως ορίζεται από την βιβλιογραφία [35] είναι τα 35dB, για την οποία τα βίντεο θεωρούνται διαγνωστικά επαρκή. Σε όλα τα σχήματα η ελάχιστη τιμή θα εμφανίζεται σαν μια μαύρη συνεχόμενη γραμμή.

Πίνακας 6-1: Διαθέσιμο εύρος ζώνης για τα δύο σενάρια

Σενάριο	Ασύρματη Τεχνολογία	Θεωρητικό διαθέσιμο Εύρος Ζώνης (από παροχέα)	Πραγματικό διαθέσιμο Εύρος Ζώνης
1	Satellite Internet	Download: 20Mbit/sec Upload: 6Mbit/sec	Download: 5Mbit/sec Upload: 1Mbit/sec
2	High Speed Packet Access (HSPA)- 3.5G	Download: 21Mbit/sec Upload: 5.8Mbit/sec	Download: 6Mbit/sec Upload: 1.7Mbit/sec

6.1. Αξιολόγηση Κωδικοποιημένων Βίντεο

Στο Σχήμα 6-1 και στο Σχήμα 6-2 παρουσιάζεται το PSNR των βίντεο που χρησιμοποιήθηκαν μετά την συμπίεση. Για το κάθε βίντεο εκτός από το αρχικό χρησιμοποιήθηκε και φιλτραρισμένο με τα φίλτρα DsFhmedian, DsFlsmv και DsFsrاد όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Σε όλα τα βίντεο όπως φαίνεται στο Σχήμα 6-1 και στο Σχήμα 6-2 το υψηλότερο PSNR ανάμεσα στο αρχικό ασυμπίεστο και κωδικοποιημένο πριν την αποστολή, έχουν τα βίντεο που έχουν φιλτραριστεί με το φίλτρο DsFlsmv αφού το συγκεκριμένο φίλτρο δεν προκαλεί αλλοίωση στα χαρακτηριστικά του βίντεο μετά την εφαρμογή του. Στα βίντεο που είναι πιο απλά στην δομή τους, οι τιμές χρωματότητας τους είναι μεγαλύτερη και παρουσιάζουν μικρότερες αλλαγές στην κίνηση, το φίλτρο DsFsrاد έχει το δεύτερο μεγαλύτερο PSNR σε σχέση με το φίλτρο DsFhmedian, ενώ αντίθετα στα υπόλοιπα βίντεο το φίλτρο DsFhmedian έχει το δεύτερο ψηλότερο PSNR. Το χαμηλότερο PSNR έχουν τα αρχικά βίντεο που δεν έχει γίνει κάποια εφαρμογή φίλτρου, όπου αυτό είναι αναμενόμενο αφού δεν έγινε καμία προσπάθεια για αφαίρεση του θορύβου που υπήρχε από την λήψη του βίντεο και κατά την κωδικοποίηση έχει πολλαπλασιαστεί.

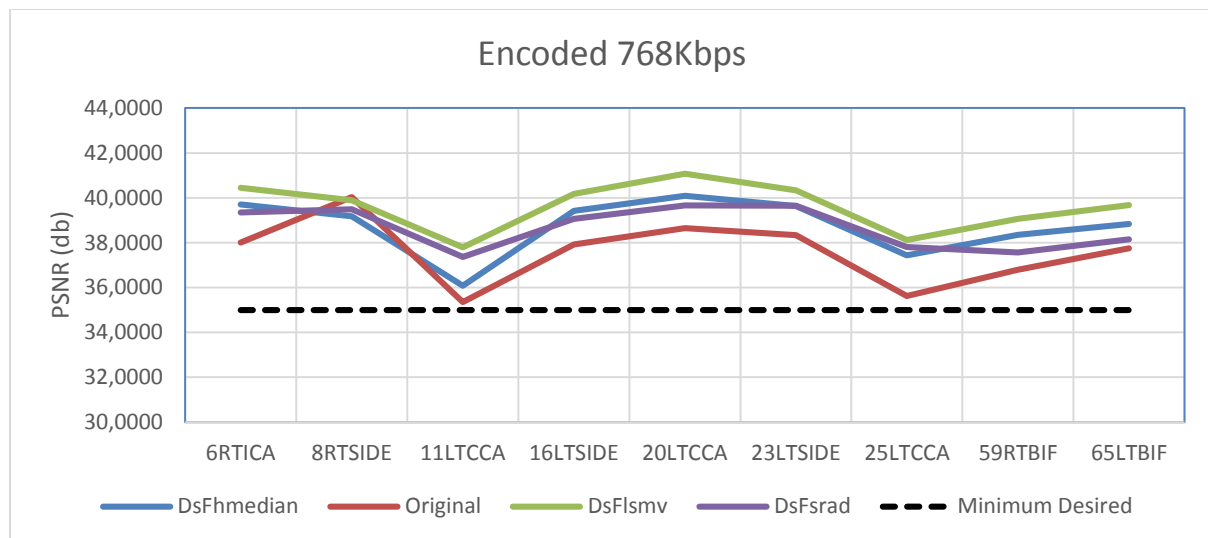
Και στα τέσσερα φίλτρα το PSNR των βίντεο είναι πάνω από 35dB που θέσαμε σαν ελάχιστο επιθυμητό όριο.

Αυτά τα συμπεράσματα που παρατηρήσαμε για την ποιότητα των βίντεο ανάλογα με το φίλτρο το οποίο χρησιμοποιήθηκε, ήταν αναμενόμενο αφού σε σχετική έρευνα που δημιουργήθηκε και αφορούσε την ποιότητα των βίντεο μετά από την συμπίεση τους με διάφορα πρότυπα παρατηρήθηκαν τα ίδια αποτελέσματα. [36]

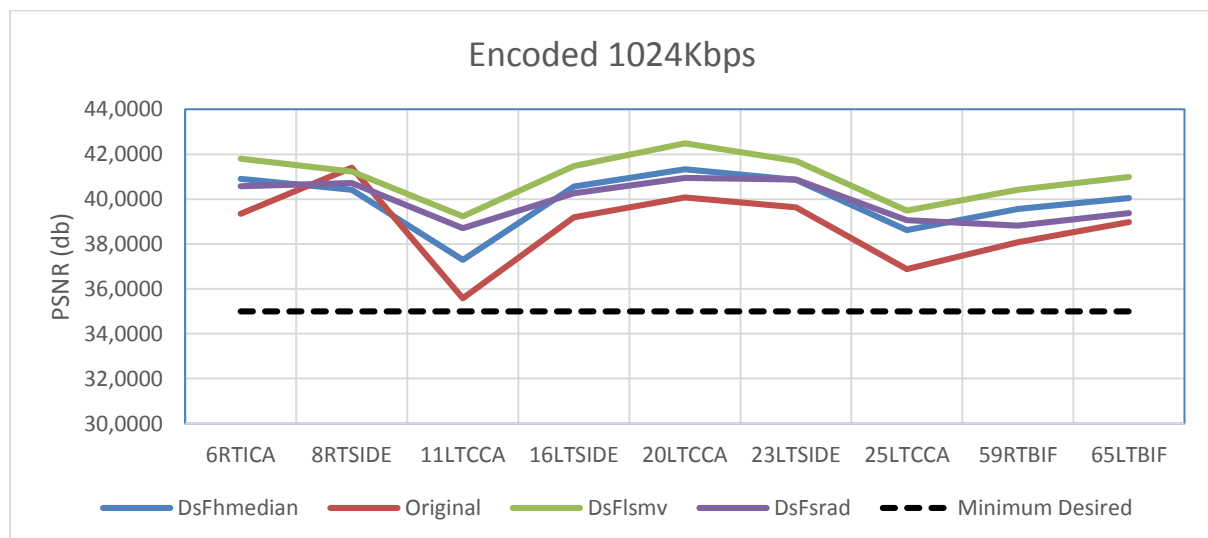
Επιπλέον, στα βίντεο που είναι πιο απλά στην δομή τους, οι τιμές χρωματότητας τους είναι μεγαλύτερη και έχουν μικρότερες αλλαγές στην κίνηση τους παρουσιάζοντας καλύτερα αποτελέσματα από τα υπόλοιπα, αφού δεν χρειάζονται να κωδικοποιούνται και να

αποστέλλονται συχνά τα motion vectors. Αυτό συντελεί στο να μπορεί να συμπιέζεται περισσότερη ωφέλιμη πληροφορία αρά κατά την αποστολή και αποκωδικοποίηση θα χαθεί λιγότερη πληροφορία, όπου αυτό συνεπάγεται καλύτερη ποιότητα.

Επίσης παρατηρείται ότι το κάθε βίντεο που είναι κωδικοποιημένο με 768Kbps έχει χαμηλότερο PSNR με το αντίστοιχο βίντεο που είναι κωδικοποιημένο με 1024Kbps αφού κατά την κωδικοποίηση με χαμηλότερο ρυθμό χάνεται περισσότερη πληροφορία.



Σχήμα 6-1: PSNR ανάμεσα στα αρχικά ασυμπίεστα και κωδικοποιημένα βίντεο για 768Kbps



Σχήμα 6-2: PSNR ανάμεσα στα αρχικά ασυμπίεστα και κωδικοποιημένα βίντεο για 1024Kbps

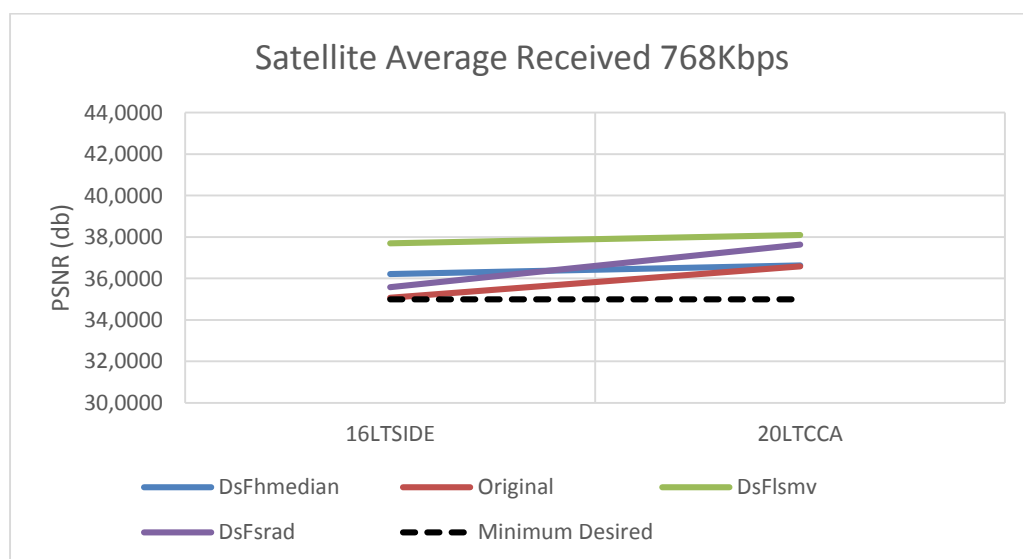
6.2. Σενάριο 1: Satellite Internet

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω σε αυτό το σενάριο ο αποστολέας χρησιμοποιεί Satellite Internet για αποστολή του ιατρικού βίντεο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το διαθέσιμο εύρος ζώνης για ανέβασμα (upstream) όπως φαίνεται και στον Πίνακα 6-1 να είναι πολύ πιο ψηλό από το απαιτούμενο που χρειάζονταν τα βίντεο. Αυτό είχε σαν φυσικό επακόλουθο να προκύψουν μικρά ποσοστά απώλειας πακέτων και κατ' επέκταση τα βίντεο που παραλήφθηκαν είχαν σχετικά ψηλό PSNR, συγκρίσιμο με το συμπιεσμένο προ-αποστολής βίντεο.

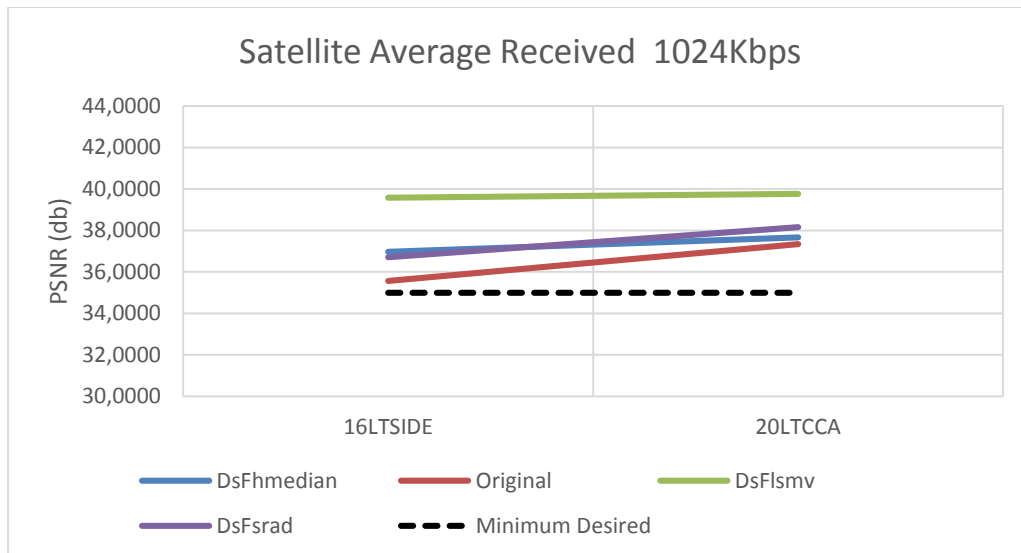
Για το συγκεκριμένο σενάριο χρησιμοποιήθηκε ένα μικρό δείγμα από βίντεο για τα πειράματα και η αποστολή τους έχει γίνει με 50 frames per second.

Στο Σχήμα 6-3 και στο Σχήμα 6-4 παρουσιάζεται ο μέσος όρος του PSNR που προέκυψε μετά την αποστολή του κάθε βίντεο κωδικοποιημένου με 768Kbps και 1024Kbps με και χωρίς φίλτρα αφαίρεσης θορύβου με Satellite Internet. Όπως παρατηρείται και στα δύο βίντεο σε όλες τις περιπτώσεις τα αποτελέσματα είναι πάνω από 35dB που είναι η ελάχιστη επιθυμητή τιμή του PSNR όπως αναφέρεται και στην βιβλιογραφία μας [35]

Επίσης παρατηρείται ότι το φίλτρο DsFlsmv παρουσιάζει τα καλύτερα αποτελέσματα σε όλες τις περιπτώσεις όπως ήταν αναμενόμενο αφού και στο κωδικοποιημένο προ αποστολής βίντεο έχει τα καλύτερα αποτελέσματα. Επιπλέον, παρατηρείται ότι στο βίντεο 16LTSSIDE που έχει πιο σύνθετη δομή και μεγαλύτερη κίνηση σε σχέση με το 20LTCCA, έχει πιο χαμηλό PSNR και το δεύτερο καλύτερο PSNR έχει το φίλτρο DsFhmedian. Σε αντίθεση το 20LTCCA που έχει γενικά πιο ψηλά αποτελέσματα και παρουσιάζει το δεύτερο καλύτερο PSNR με εφαρμοσμένο το φίλτρο DsFsrاد.



Σχήμα 6-3: PSNR ανάμεσα στα αρχικά ασυμπίεστα και Average received με Satellite για 768Kbps



Σχήμα 6-4 PSNR ανάμεσα στα αρχικά ασυμπίεστα και Average received με Satellite για 1024Kbps

6.3. Σενάριο 2: 3.5G Modem

Στο δεύτερο σενάριο χρησιμοποιήθηκε ασύρματο δίκτυο τρίτης γενεάς (3G/3.5G) για αποστολή των βίντεο και προσομοιώνει την αποστολή ιατρικού βίντεο από οποιοδήποτε σημείο υπάρχει διαθέσιμο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας στις εγκαταστάσεις του νοσοκομείου ή σε εξειδικευμένο διαγνωστικό κέντρο.

Στον Πίνακα 6-1 το διαθέσιμο εύρος ζώνης για ανέβασμα (upstream) είναι πολύ πιο ψηλό από το απαιτούμενο που χρειάζονταν τα βίντεο. Αυτό είχε σαν φυσικό επακόλουθο να προκύψουν μικρά ποσοστά απώλειας πακέτων και κατ' επέκταση τα βίντεο που παραλήφθηκαν είχαν σχετικά ψηλό PSNR, συγκρίσιμο με το συμπίεσμένο προ-αποστολής βίντεο.

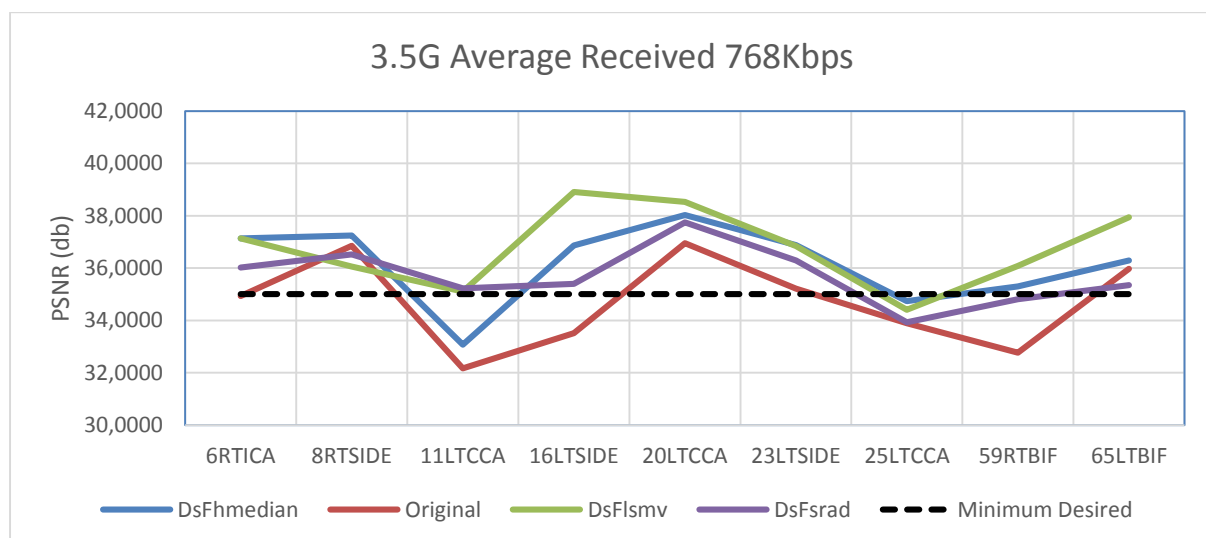
Στο συγκεκριμένο σενάριο χρησιμοποιήθηκαν και τα εννέα βίντεο. Η αποστολή τους έγινε με 25 frames per second αφού σύμφωνα με τα πειράματα που διεξάχθηκαν τα αποτελέσματα με 50 frames per second δεν ικανοποιούσε το ελάχιστο επιθυμητό PSNR των 35dB.

Στο Σχήμα 6-5 και στο Σχήμα 6-6 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του μέσου όρου του PSNR που προέκυψε μετά την αποστολή του κάθε βίντεο κωδικοποιημένου με 768Kbps και 1024Kbps με και χωρίς φίλτρα αφαίρεσης θορύβου με τεχνολογία 3.5G. Όπως παρατηρείται και στα δύο βίντεο σε όλες τις περιπτώσεις τα αποτελέσματα είναι πάνω από 35dB που είναι η ελάχιστη επιθυμητή τιμή του PSNR όπως αναφέρεται και στην βιβλιογραφία μας [35] εκτός από το 11LTCCA και το 25LTCCA κωδικοποιημένα με 768Kbps, τα οποία παρουσίαζαν και το χαμηλότερο PSNR ανάμεσα στο ασυμπίεστο και κωδικοποιημένο προ αποστολής βίντεο. Αυτό είχε σαν επακόλουθο να χαθεί μεγάλο ποσοστό πληροφορίας κατά

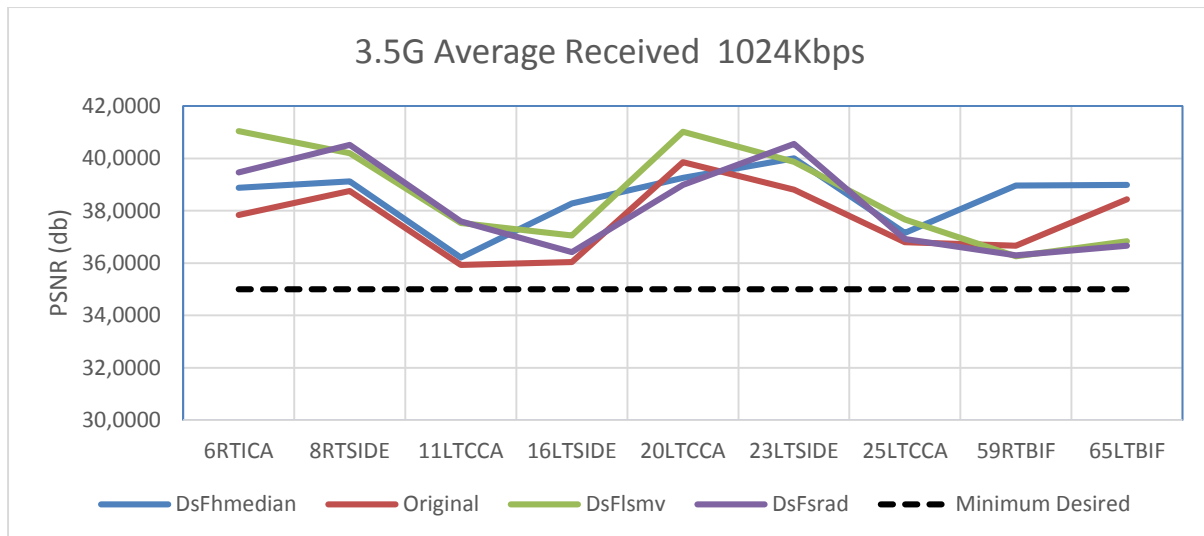
την μετάδοση. Παρόλα αυτά στο βίντεο που έχει παραληφθεί δεν είναι εμφανής με γυμνό μάτι η απώλεια πληροφορίας. Η κλινική αξιολόγηση από γιατρό δεν έχει γίνει έτσι θα πρέπει στην μελλοντική εργασία να γίνει.

Και στις δύο κωδικοποιήσεις με 768Kbps και με 1024Kbps παρατηρούμε παρόμοια συμπεριφορά στα αποτελέσματα του PSNR για το κάθε βίντεο αντιστοίχως. Επιπλέον όπως και στο PSNR του ασυμπίεστου ενάντια στο κωδικοποιημένο βίντεο παρατηρούμε ότι το βίντεο που είναι κωδικοποιημένο με 1024 Kbps έχει ψηλότερα αποτελέσματα έναντι του βίντεο που είναι κωδικοποιημένο με 768 Kbps αφού διατηρήθηκε περισσότερη πληροφορία κατά την κωδικοποίηση. Επίσης είχε ψηλότερα αποτελέσματα η κωδικοποίηση με 1024Kbps αφού το δίκτυο μας, παρείχε το απαιτούμενο εύρος ζώνης για ανέβασμα (upstream).

Επιπλέον και σε αυτό το σενάριο τα καλύτερα αποτελέσματα είχε η αποστολή βίντεο που είχε εφαρμοστεί σε αυτά το φίλτρο DsFlsmv. Επίσης παρατηρήθηκε ότι τα βίντεο που είναι πιο απλά στην δομή τους, οι τιμές χρωματότητας τους είναι μεγαλύτερη και παρουσιάζουν μικρότερες αλλαγές στην κίνηση, το φίλτρο DsFsrاد έχει το δεύτερο μεγαλύτερο PSNR σε σχέση με το φίλτρο DsFhmedian, ενώ αντίθετα στα υπόλοιπα βίντεο το φίλτρο DsFhmedian έχει το δεύτερο ψηλότερο PSNR. Το χαμηλότερο PSNR έχουν τα αρχικά βίντεο που δεν έχει γίνει κάποια εφαρμογή φίλτρου, όπου αυτό είναι αναμενόμενο αφού δεν έγινε καμία προσπάθεια για αφαίρεση του θορύβου που υπήρχε από την λήψη του βίντεο και κατά την κωδικοποίηση και αποστολή του έχει πολλαπλασιαστεί.



Σχήμα 6-5: PSNR ανάμεσα στα αρχικά ασυμπίεστα και Average received με 3.5G για 768Kbps



Σχήμα 6-6: PSNR ανάμεσα στα αρχικά ασυμπιεσμένα και Average received με 3.5G για 1024bps

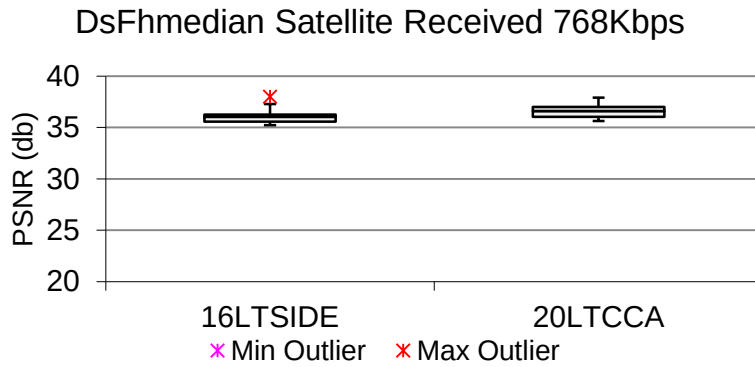
6.4. Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα

Στα σήματα που ακολουθούν, Σχήμα 6-7 μέχρι Σχήμα 6-22 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα σε Box Plots για τις λήψεις του κάθε σεναρίου.

Παρατηρούμε ότι στο δεύτερο σενάριο είχαμε ψηλότερο PSNR σε σχέση με τα αντίστοιχα βίντεο στο σενάριο 1. Αυτό οφείλεται στο ότι στο δεύτερο σενάριο είχαμε μεγαλύτερο διαθέσιμο εύρος ζώνης για ανέβασμα (upstream) από ότι στο πρώτο σενάριο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να υπάρχει μικρότερο ποσοστό απώλειας ή/και καθυστέρησης στην παράδοση των πακέτων.

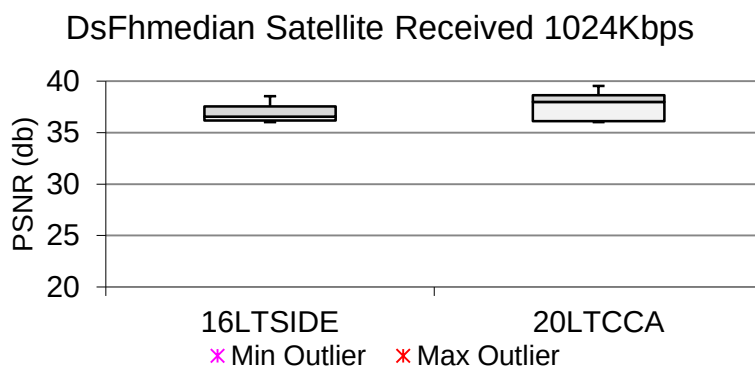
Επιπλέον παρατηρούμε ότι τα βίντεο που ήταν κωδικοποιημένα με 1024Kbps παρουσιάζουν καλύτερα αποτελέσματα, σε σχέση με τα αντίστοιχα βίντεο που ήταν κωδικοποιημένα με 768Kbps. Αυτό οφείλεται στο ότι κατά την κωδικοποίηση διατηρήθηκε μεγαλύτερο ποσοστό πληροφορίας αφού τα βίντεο ήταν κωδικοποιημένα με μεγαλύτερο bitrate.

Για να είναι πιο αντιπροσωπευτικές οι τιμές του PSNR και είναι πιο κοντό σε αυτές των συμπίεσμένων βίντεο, στα αποτελέσματα έχει εφαρμοστεί ο αλγόριθμος VFD και έτσι η απώλεια συγχρονισμού και αφαιρεθεί η ασυνέχεια ανάμεσα στα πλαίσια δεν επηρεάζει τις τιμές του PSNR.



Σχήμα 6-7: Boxplot για το σενάριο 1 με φίλτρο DsFhmedian για 768Kbps

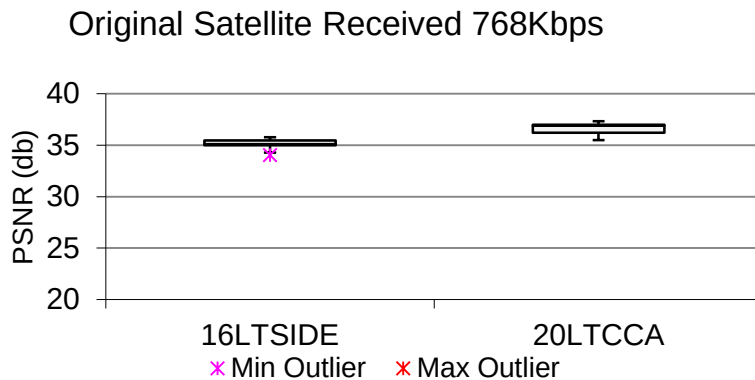
Στο Σχήμα 6-7 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα του φίλτρου DsFhmedian υπό μορφή boxplot για το 1^ο σενάριο που αφορούσε αποστολή με δορυφορικό δίκτυο. Τα βίντεο που αποστάλθηκαν ήταν κωδικοποιημένα με 768Kbps. Παρατηρούμε ότι σε όλα τα βίντεο οι τιμές του PSNR για τα βίντεο που έχουν παραληφθεί είναι συγκεντρωμένες σε ένα μικρό διάστημα τιμών. Επίσης παρατηρούμε ότι στο βίντεο 16LTSIDE υπάρχει μια λήψη η οποία σε σχέση με τις υπόλοιπες είναι outlier και αγνοείται. Επιπλέον φαίνεται καθαρά ότι το βίντεο 20LTCCA έχει πιο ψηλό PSNR σε σχέση με το 16LTSIDE. Και στα δυο βίντεο το PSNR είναι μεγαλύτερο από 35dB.



Σχήμα 6-8: Boxplot για το σενάριο 1 με φίλτρο DsFhmedian για 1024Kbps

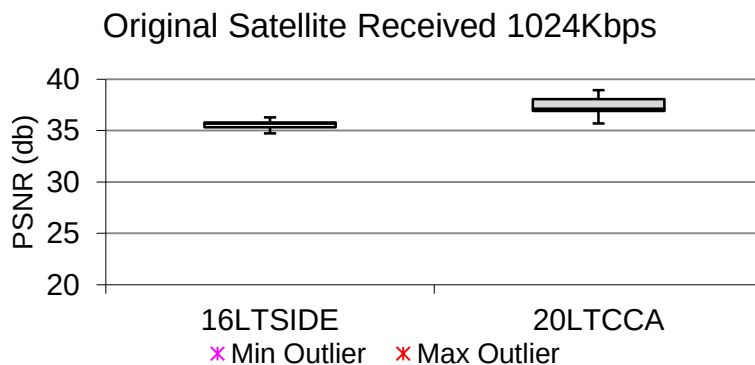
Στο Σχήμα 6-8 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα του φίλτρου DsFhmedian υπό μορφή boxplot για το 1^ο σενάριο που αφορούσε αποστολή με δορυφορικό δίκτυο. Τα βίντεο που αποστάλθηκαν ήταν κωδικοποιημένα με 1024Kbps. Παρατηρούμε ότι οι τιμές του PSNR για το βίντεο 16LTSIDE είναι πιο συγκεντρωμένες σε σχέση με το βίντεο 20LTCCA

που οι τιμές καταλαμβάνουν μεγαλύτερο εύρος τιμών. Και στα δυο βίντεο το PSNR είναι μεγαλύτερο από 35dB.



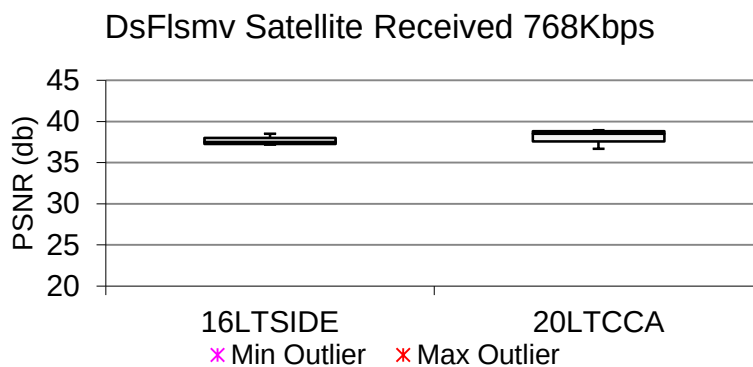
Σχήμα 6-9: Boxplot για το σενάριο 1 χωρίς φίλτρο για 768Kbps

Σχήμα 6-9 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα χωρίς φίλτρο, υπό μορφή boxplot για το 1^ο σενάριο που αφορούσε αποστολή με δορυφορικό δίκτυο. Τα βίντεο που αποστάλθηκαν ήταν κωδικοποιημένα με 768Kbps. Παρατηρούμε ότι στο βίντεο 16LTSIDE υπάρχει μια λήψη η οποία σε σχέση με τις υπόλοιπες είναι outlier και αγνοείται. Στο βίντεο 16LTSIDE οι τιμές είναι πιο συγκεντρωμένες σε σχέση με το 20LTCCA που καταλαμβάνουν μεγαλύτερο εύρος και έχουν πιο χηλές τιμές. Και στα δυο βίντεο ο μέσος όρος του PSNR είναι μεγαλύτερος από 35dB.



Σχήμα 6-10: Boxplot για το σενάριο 1 χωρίς φίλτρο για 1024Kbps

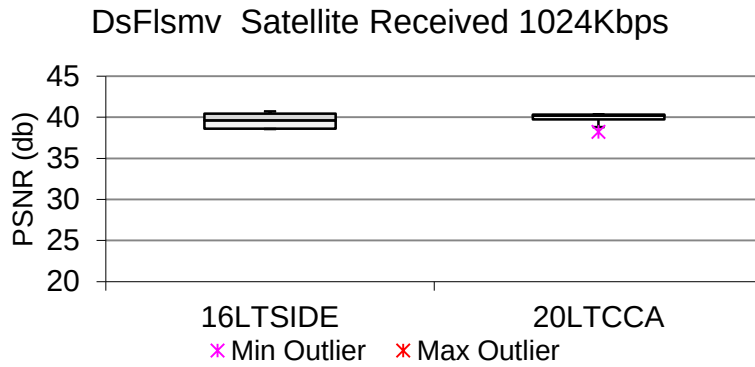
Στο Σχήμα 6-10 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα του χωρίς φίλτρο, υπό μορφή boxplot για το 1^ο σενάριο που αφορούσε αποστολή με δορυφορικό δίκτυο. Τα βίντεο που αποστάλθηκαν ήταν κωδικοποιημένα με 1024Kbps. Παρατηρούμε ότι οι τιμές του PSNR για το βίντεο 16LTSIDE είναι πιο συγκεντρωμένες σε σχέση με το βίντεο 20LTCCA που οι τιμές καταλαμβάνουν μεγαλύτερο εύρος τιμών. Επίσης στο βίντεο 20LTCCA παρατηρούμε ότι έχουμε πιο ψηλές τιμές PSNR σε σχέση με το βίντεο 16LTSIDE. Και στα δυο βίντεο το PSNR είναι μεγαλύτερο από 35dB.



Σχήμα 6-11: Boxplot για το σενάριο 1 με φίλτρο DsFlsmv για 768Kbps

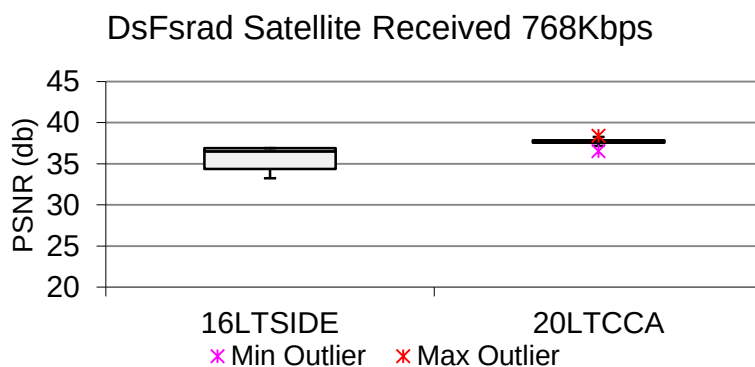
Στο

Σχήμα 6-11 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για το φίλτρο DsFlsmv, υπό μορφή boxplot για το 1^ο σενάριο που αφορούσε αποστολή με δορυφορικό δίκτυο. Τα βίντεο που αποστάλθηκαν ήταν κωδικοποιημένα με 768Kbps. Παρατηρούμε ότι οι τιμές του PSNR για το βίντεο 20LTCCA είναι πιο συγκεντρωμένες σε σχέση με το βίντεο 16LTSIDE που οι τιμές καταλαμβάνουν μεγαλύτερο εύρος τιμών. Επίσης στο βίντεο 20LTCCA παρατηρούμε ότι έχουμε πιο ψηλές τιμές PSNR σε σχέση με το βίντεο 16LTSIDE. Και στα δυο βίντεο το PSNR είναι μεγαλύτερο από 35dB. Με αυτό το φίλτρο έχουμε τα καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με τα υπόλοιπα φίλτρα και στο βίντεο που δεν εφαρμόστηκε κάποιο φίλτρο αφαίρεσης θορύβου.



Σχήμα 6-12: Boxplot για το σενάριο 1 με φίλτρο DsFlsmv για 1024Kbps

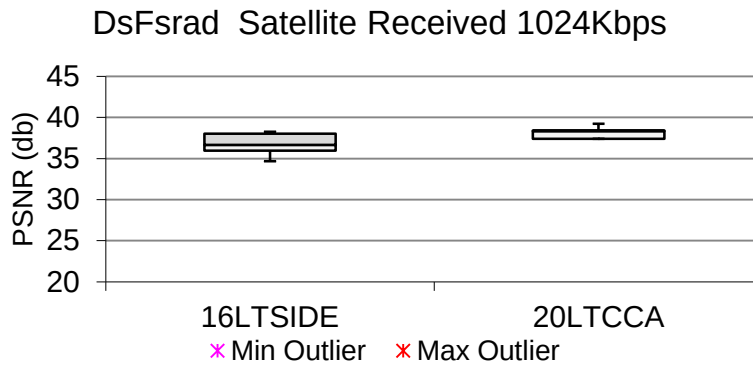
Στο Σχήμα 6-12 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για το φίλτρο DsFlsmv, υπό μορφή boxplot για το 1^ο σενάριο που αφορούσε αποστολή με δορυφορικό δίκτυο. Τα βίντεο που αποστάλθηκαν ήταν κωδικοποιημένα με 1024Kbps. Παρατηρούμε ότι οι τιμές του PSNR για το βίντεο 20LTCCA είναι πιο συγκεντρωμένες σε σχέση με το βίντεο 16LTSIDE που οι τιμές καταλαμβάνουν μεγαλύτερο εύρος τιμών. Επίσης στο βίντεο 20LTCCA παρατηρούμε ότι έχουμε πιο ψηλές τιμές PSNR σε σχέση με το βίντεο 16LTSIDE. Και στα δυο βίντεο το PSNR είναι μεγαλύτερο από 35dB. Με αυτό το φίλτρο έχουμε τα καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με τα υπόλοιπα φίλτρα και στο βίντεο που δεν εφαρμόστηκε κάποιο φίλτρο αφαίρεσης θορύβου.



Σχήμα 6-13: Boxplot για το σενάριο 1 με φίλτρο DsFsrads για 768Kbps

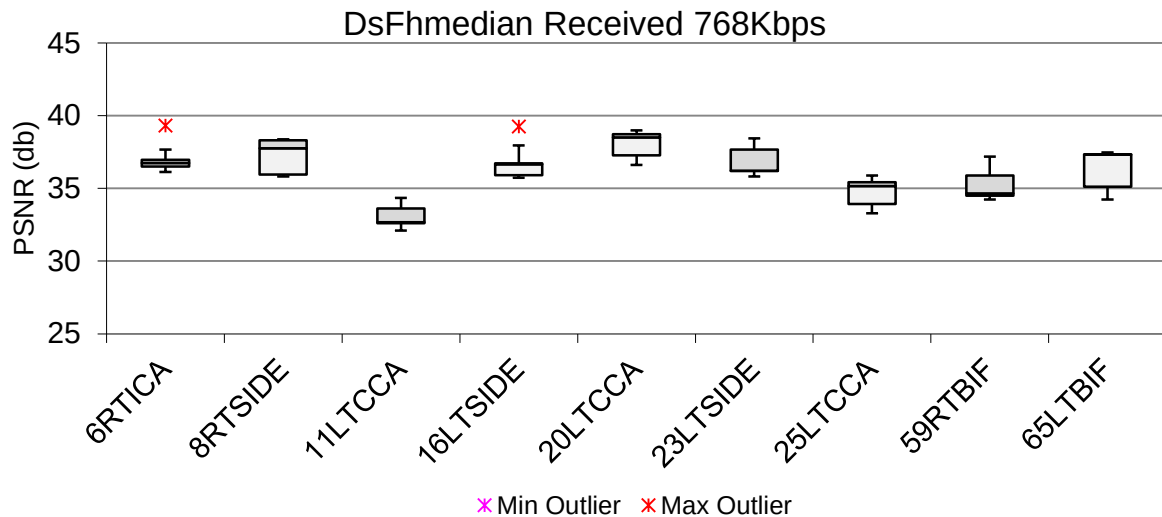
Στο Σχήμα 6-13 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για το φίλτρο DsFsrads, υπό μορφή boxplot για το 1^ο σενάριο που αφορούσε αποστολή με δορυφορικό δίκτυο. Τα βίντεο που αποστάλθηκαν ήταν κωδικοποιημένα με 768Kbps. Παρατηρούμε ότι οι τιμές του PSNR για το βίντεο 20LTCCA είναι πιο συγκεντρωμένες σε σχέση με το βίντεο 16LTSIDE που οι τιμές καταλαμβάνουν μεγαλύτερο εύρος τιμών. Επίσης στο βίντεο 20LTCCA παρατηρούμε ότι έχουμε πιο ψηλές τιμές PSNR σε σχέση με το βίντεο 16LTSIDE. Επιπλέον

στο βίντεο 20LTCCA υπάρχουν δύο τιμές PSNR που θεωρούνται outliers και αγνοούνται. Και στα δυο βίντεο το PSNR είναι μεγαλύτερο από 35dB.



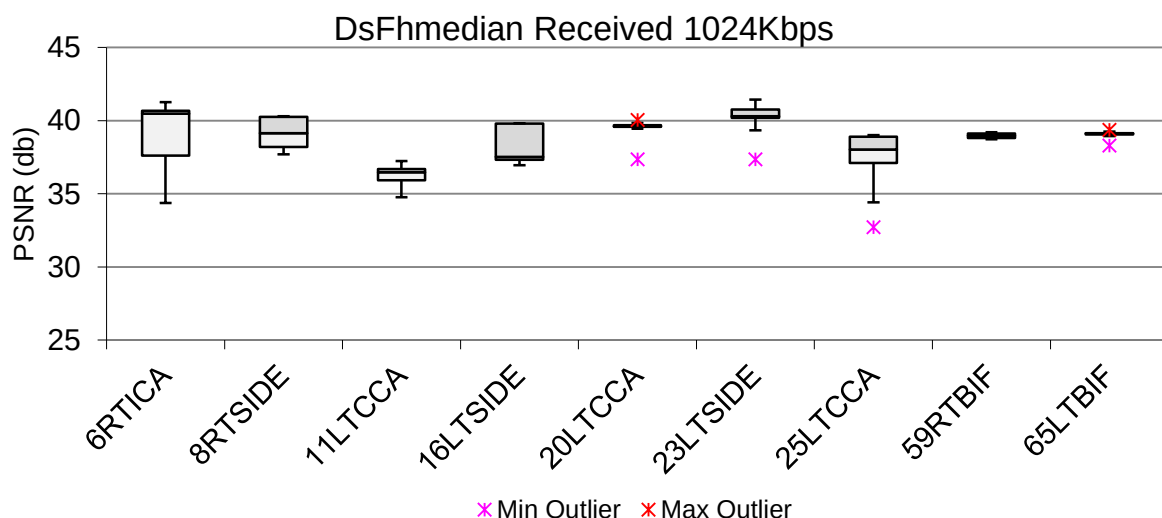
Σχήμα 6-14: Boxplot για το σενάριο 1 με φίλτρο DsFsrاد για 1024Kbps

Στο Σχήμα 6-14 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για το φίλτρο DsFsrاد, υπό μορφή boxplot για το 1^ο σενάριο που αφορούσε αποστολή με δορυφορικό δίκτυο. Τα βίντεο που αποστάλθηκαν ήταν κωδικοποιημένα με 1024Kbps. Παρατηρούμε τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για το φίλτρο DsFsrاد, υπό μορφή boxplot για το 1^ο σενάριο που αφορούσε αποστολή με δορυφορικό δίκτυο. Τα βίντεο που αποστάλθηκαν ήταν κωδικοποιημένα με 1024Kbps. Παρατηρούμε ότι οι τιμές του PSNR για το βίντεο 20LTCCA είναι πιο συγκεντρωμένες σε σχέση με το βίντεο 16LTSIDE που οι τιμές καταλαμβάνουν μεγαλύτερο εύρος τιμών. Επίσης στο βίντεο 20LTCCA παρατηρούμε ότι έχουμε πιο ψηλές τιμές PSNR σε σχέση με το βίντεο 16LTSIDE. Και στα δυο βίντεο το PSNR είναι μεγαλύτερο από 35dB.



Σχήμα 6-15: Boxplot για το σενάριο 2 με φίλτρο DsFhmedian για 768Kbps

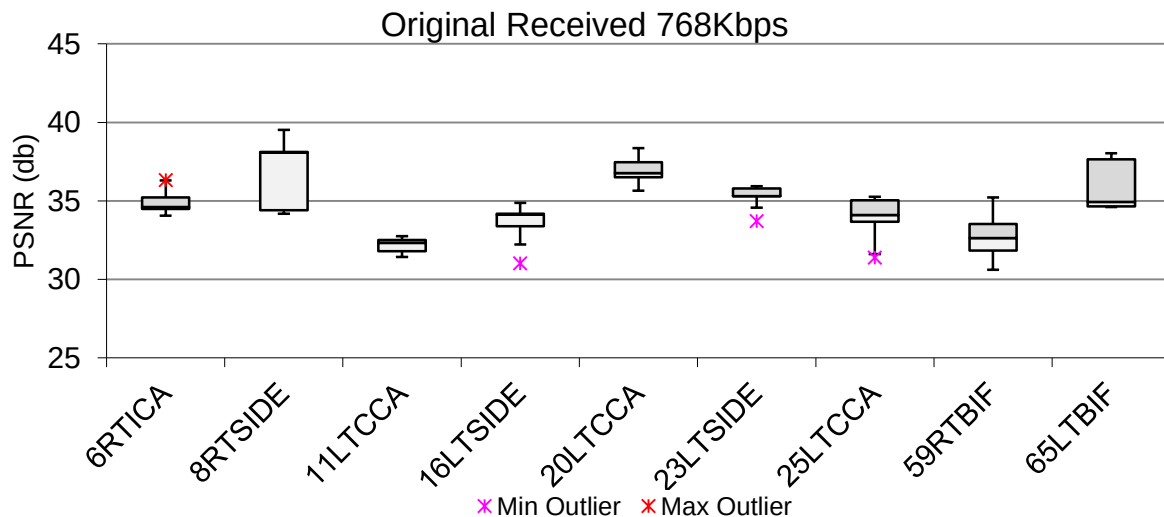
Στο Σχήμα 6-15 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα του φίλτρου DsFhmedian υπό μορφή boxplot για το 2^ο σενάριο που αφορούσε αποστολή με 3.5^{ης} γενεάς δίκτυα. Τα βίντεο που αποστάλθηκαν ήταν κωδικοποιημένα με 768Kbps. Παρατηρούμε ότι σε όλα τα βίντεο εκτός από το 11LTCCA και το 25LTCCA ο μέσος όρος του PSNR είναι μεγαλύτερος από 35dB. Αυτό οφείλεται στο ότι τα δύο βίντεο έχουν μεγαλύτερη κίνηση και πιο σύνθετη δομή. Επιπλέον παρατηρείται ότι σε όλα τα βίντεο οι τιμές του PSNR καταλαμβάνουν σχετικά ένα μικρό εύρος.



Σχήμα 6-16: Boxplot για το σενάριο 2 με φίλτρο DsFhmedian για 1024Kbps

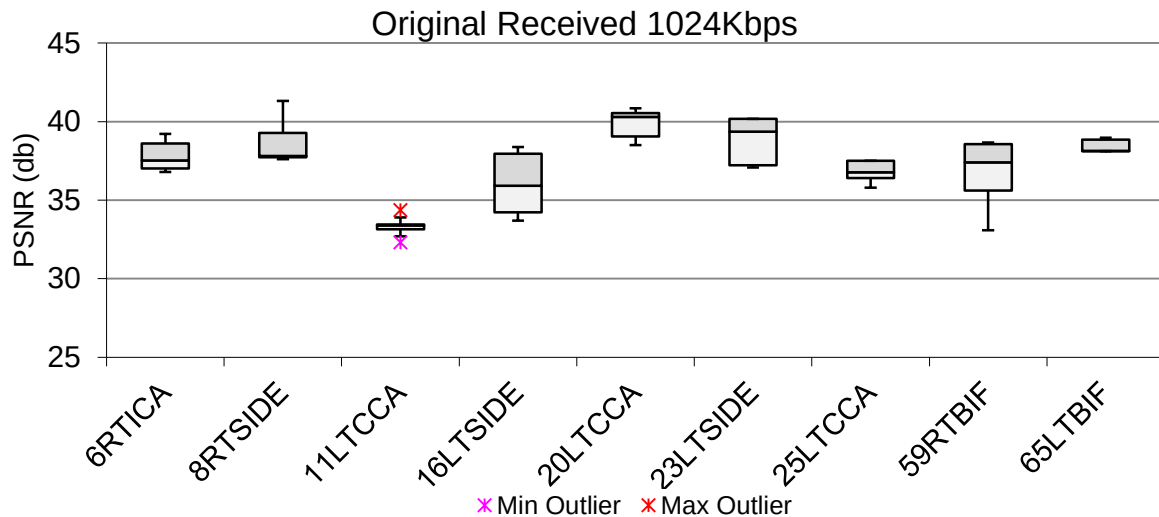
Στο Σχήμα 6-16 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα του φίλτρου DsFhmedian υπό μορφή boxplot για το 2^ο σενάριο που αφορούσε αποστολή με 3.5^{ης} γενεάς δίκτυα. Τα

βίντεο που αποστάλθηκαν ήταν κωδικοποιημένα με 1024Kbps. Παρατηρούμε ότι σε όλα τα ο μέσος όρος του PSNR είναι μεγαλύτερος από 35dB. Στα βίντεο όπου υπάρχουν outliers τιμές τότε αυτές οι τιμές αγνοούνται. Σε σχέση με το βίντεο που ήταν κωδικοποιημένο με 768Kbps παρατηρείται μια σημαντική βελτίωση στα αποτελέσματα και αυτό οφείλετε στο ότι κατά την κωδικοποίηση κωδικοποιήθηκε περισσότερη πληροφορία.



Σχήμα 6-17: Boxplot για το σενάριο 2 χωρίς φίλτρο για 768Kbps

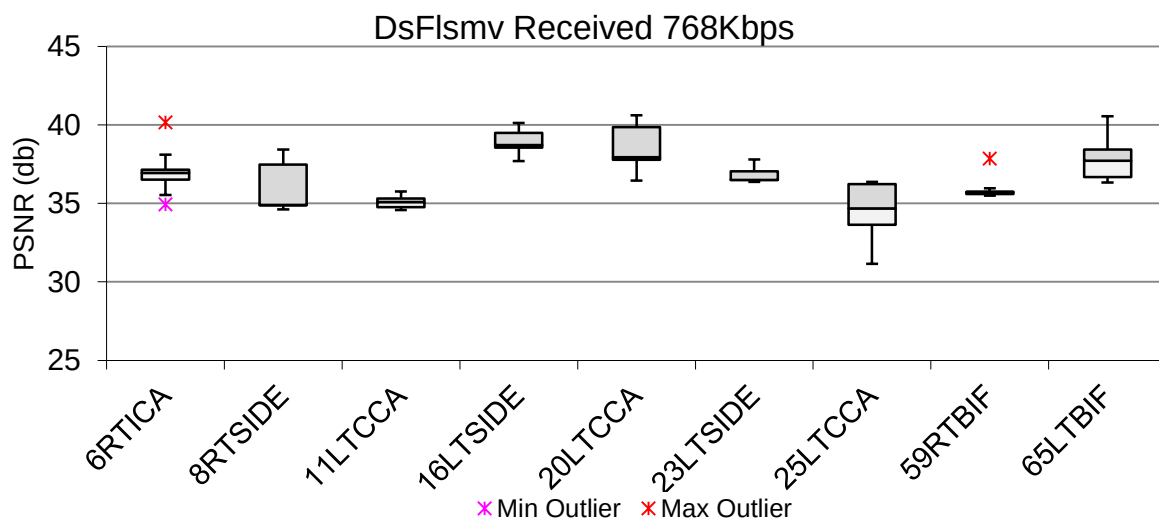
Στο Σχήμα 6-17 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα χωρίς κάποια εφαρμογή φίλτρου, υπό μορφή boxplot για το 2^ο σενάριο που αφορούσε αποστολή με 3.5^{ης} γενεάς δίκτυα. Τα βίντεο που αποστάλθηκαν ήταν κωδικοποιημένα με 768Kbps. Παρατηρούμε ότι στα βίντεο 6RTICA, 11LTCCA, 16LTSIDE, 25LTCCA και 59RTBIF ο μέσος όρος του PSNR είναι χαμηλότερος από 35dB και αυτό οφείλεται στο ότι δεν έχει εφαρμοστεί κάποιο φίλτρο αφαίρεσης του θορύβου έτσι απαιτούσαν μεγαλύτερο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων για την αποστολή τους. Επίσης αυτό οφείλεται στο ότι κάποια βίντεο έχουν μεγαλύτερη κίνηση και πιο σύνθετη δομή. Στα βίντεο όπου υπάρχουν outliers τιμές τότε αυτές οι τιμές αγνοούνται.



Σχήμα 6-18: Boxplot για το σενάριο 2 χωρίς φίλτρο για 1024Kbps

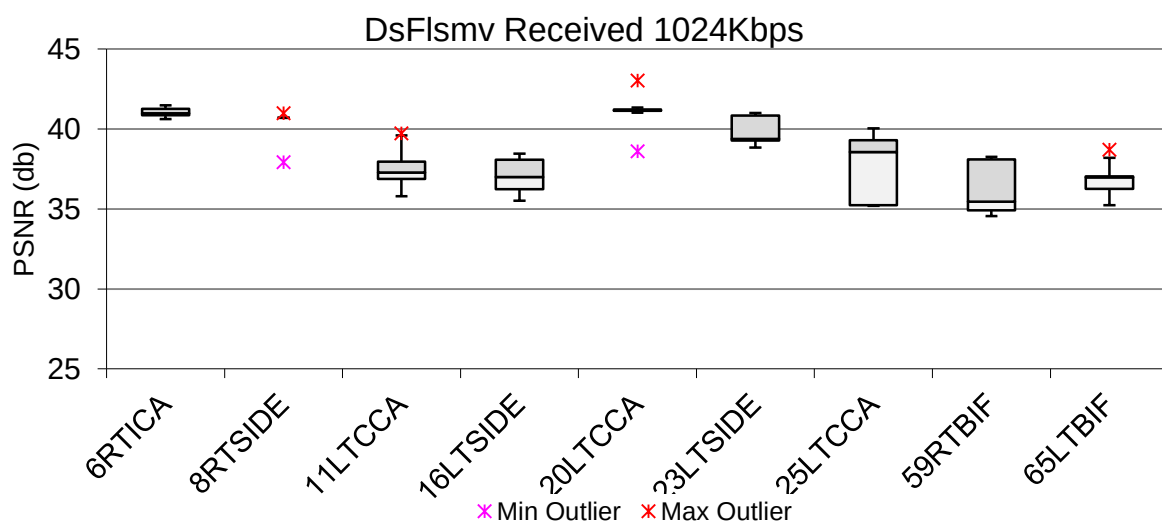
Στο

Σχήμα 6-18 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα χωρίς κάποια εφαρμογή φίλτρου, υπό μορφή boxplot για το 2^ο σενάριο που αφορούσε αποστολή με 3.5^{ης} γενεάς δίκτυα. Τα βίντεο που αποστάλθηκαν ήταν κωδικοποιημένα με 1024Kbps. Παρατηρούμε ότι σε όλα τα βίντεο εκτός από το 11LTCCA ο μέσος όρος του PSNR είναι μεγαλύτερος από 35dB. Αυτή η βελτίωση σε σχέση με τα αντίστοιχα βίντεο που είχαν κωδικοποιηθεί με 768Kbps οφείλεται στο ότι διατηρήθηκε περισσότερη πληροφορία κατά την κωδικοποίηση. Επιπλέον παρατηρούμε ότι οι τιμές του PSNR είναι συγκεντρωμένες σε ένα μικρό εύρος τιμών όπου αυτό σημαίνει ότι δεν υπήρχαν μεγάλες αποκλίσεις στην ποιότητα κατά την αποστολή. Στα βίντεο όπου υπάρχουν outliers τιμές τότε αυτές οι τιμές αγνοούνται.



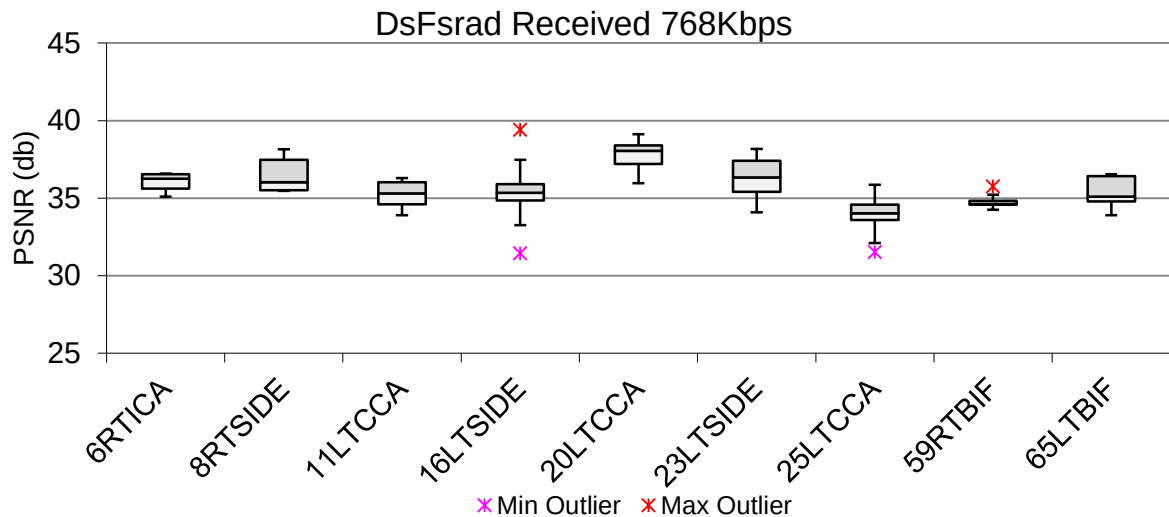
Σχήμα 6-19: Boxplot για το σενάριο 2 με φίλτρο DsFlsmv για 768Kbps

Στο Σχήμα 6-19 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για το φίλτρο DsFlsmv, υπό μορφή boxplot για το 2^ο σενάριο που αφορούσε αποστολή με 3.5^{ης} γενεάς δίκτυα. Τα βίντεο που αποστάλθηκαν ήταν κωδικοποιημένα με 768Kbps. Παρατηρούμε ότι σε όλα τα βίντεο εκτός από το 11LTCCA και το 25LTCCA ο μέσος όρος του PSNR είναι μεγαλύτερος από 35dB. Αυτό οφείλεται στο ότι τα δύο βίντεο έχουν μεγαλύτερη κίνηση και πιο σύνθετη δομή. Επιπλέον παρατηρείται ότι σε όλα τα βίντεο οι τιμές του PSNR καταλαμβάνουν σχετικά ένα μικρό εύρος. Στα βίντεο όπου υπάρχουν outliers τιμές τότε αυτές οι τιμές αγνοούνται.



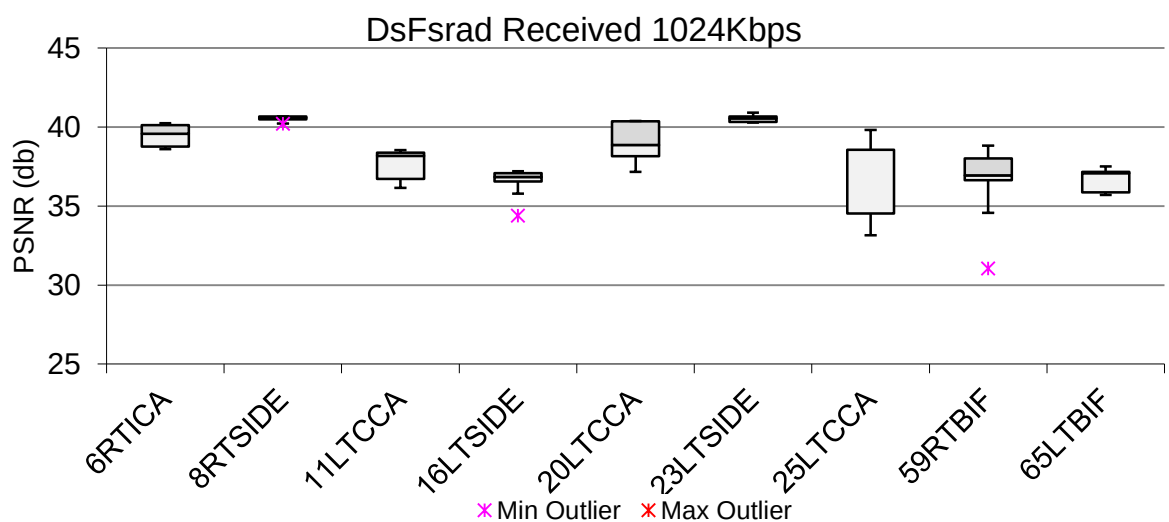
Σχήμα 6-20: Boxplot για το σενάριο 2 με φίλτρο DsFlsmv για 1024Kbps

Στο Σχήμα 6-20 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για το φίλτρο DsFlsmv, υπό μορφή boxplot για το 2^ο σενάριο που αφορούσε αποστολή με 3.5^{ης} γενεάς δίκτυα. Τα βίντεο που αποστάλθηκαν ήταν κωδικοποιημένα με 1024Kbps. Παρατηρούμε ότι σε όλα τα ο μέσος όρος του PSNR είναι μεγαλύτερος από 35dB. Στα βίντεο όπου υπάρχουν outliers τιμές τότε αυτές οι τιμές αγνοούνται. Με αυτό το φίλτρο έχουμε τα καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με τα υπόλοιπα φίλτρα και στο βίντεο που δεν εφαρμόστηκε κάποιο φίλτρο αφαίρεσης θορύβου. Αυτό φαίνεται και στο ότι τα βίντεο παρουσίασαν τις μεγαλύτερες τιμές του PSNR σε σχέση με τα αντίστοιχα βίντεο που εφαρμόστηκε κάποιο άλλο φίλτρο.



Σχήμα 6-21: Boxplot για το σενάριο 2 με φίλτρο DsFsrاد για 768Kbps

Στο Σχήμα 6-21 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για το φίλτρο DsFsrاد, υπό μορφή boxplot για το 2^ο σενάριο που αφορούσε αποστολή με 3.5^{ης} γενεάς δίκτυα. Τα βίντεο που αποστάλθηκαν ήταν κωδικοποιημένα με 768Kbps. Παρατηρούμε ότι σε όλα τα βίντεο εκτός από το 25LTCCA και από το 59RTBIF, ο μέσος όρος του PSNR είναι μεγαλύτερος από 35dB. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι αυτά τα βίντεο είναι πιο απαιτητικά σε ρυθμό μετάδοσης από τα υπόλοιπα. Επιπλέον παρατηρείται ότι σε όλα τα βίντεο οι τιμές του PSNR καταλαμβάνουν σχετικά ένα μικρό εύρος. Στα βίντεο όπου υπάρχουν outliers τιμές τότε αυτές οι τιμές αγνοούνται.



Σχήμα 6-22: Boxplot για το σενάριο 2 με φίλτρο DsFsrاد για 1024Kbps

Στο Σχήμα 6-22 παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για το φίλτρο DsFsrad, υπό μορφή boxplot για το 2^ο σενάριο που αφορούσε αποστολή με 3.5^{ης} γενεάς δίκτυα. Τα βίντεο που αποστάλθηκαν ήταν κωδικοποιημένα με 1024Kbps. Παρατηρούμε ότι σε όλα τα ο μέσος όρος του PSNR είναι μεγαλύτερος από 35dB. Και σε αυτό το φίλτρο τα αποτελέσματα βελτιώθηκαν, σε σχέση με τα αντίστοιχα βίντεο που ήταν κωδικοποιημένα με 768Kbps. Στα βίντεο όπου υπάρχουν outliers τιμές τότε αυτές οι τιμές αγνοούνται.

Κεφάλαιο 7

Συμπεράσματα και Μελλοντική Εργασία

7.1. Συμπεράσματα	58
7.2. Μελλοντική Εργασία	59

7.1. Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία είχε ως στόχο την ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος τηλεϊατρικής χρησιμοποιώντας τεχνολογίες ανοιχτού κώδικα και την αξιολόγηση της εφαρμογής σε ασύρματα δίκτυα 3.5G και Satellite Internet. Απώτερος στόχος ήταν η διερεύνηση του πως επηρεάζει η τεχνολογία αποστολής του βίντεο την απόδοση του συστήματος για ερευνητικούς σκοπούς.

Η χρήση τεχνολογιών ανοιχτού κώδικα για τηλεϊατρικούς σκοπούς έχει το πλεονέκτημα ότι το λογισμικό ανοιχτού κώδικα είναι δωρεάν και δεν θα αποτελέσει οικονομική επιβάρυνση. Επίσης μπορεί να προσαρμοστεί στις ανάγκες οποιασδήποτε εφαρμογής αφού ο πηγαίος κώδικας είναι ελεύθερα διαθέσιμος και τροποποιήσιμος και εύκολα μπορεί να διαδοθεί.

Το σύστημα που αναπτύχθηκε είχε ως σκοπό την μετάδοση ιατρικού βίντεο σε πραγματικό χρόνο. Σε περιπτώσεις όπου δεν είναι δυνατή η παρουσία εξειδικευμένου ιατρικού προσωπικού, η χρήση του συστήματος είναι μια λύση για να αποφευχθούν ο άσκοπες μετακινήσεις ιατρών και ασθενών.

Συγκεκριμένα, στα πειράματα που διεξάχθηκαν χρησιμοποιήθηκαν εννέα βίντεο στα οποία έχουν εφαρμοστεί τα φίλτρα DsFhmedian, DsFlsmv και DsFsrad για αφαίρεση τυχόν θορύβου που μπορεί να υπήρχε κατά την καταγραφή τους. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν και τα αρχικά βίντεο χωρίς την εφαρμογή κάποιου φίλτρου,

Τα βίντεο κωδικοποιήθηκαν με την βιβλιοθήκη x264 η οποία θεωρείται η καλύτερη βιβλιοθήκη για κωδικοποίηση βάση του προτύπου H.264/AVC και η πλέον αποδοτική από πλευράς χρόνου κωδικοποίησης.

Για την αξιολόγηση των βίντεο χρησιμοποιήθηκε αντικειμενική αξιολόγηση. Τα αρχικά παραληφθέντα βίντεο αποκωδικοποιήθηκαν και στην συνέχεια υπολογίστηκε το PSNR τους,

το οποίο θεωρείται η πιο διαδεδομένη μετρική για την αξιολόγηση της ποιότητας βίντεο και εικόνων.

Κατά την διεξαγωγή των πειραμάτων μελετήθηκαν δύο σενάρια. Το πρώτο σενάριο αφορά την χρήση Satellite Internet για αποστολή του βίντεο. Στο δεύτερο σενάριο ο αποστολέας χρησιμοποιούσε 3.5G δίκτυο για αποστολή του βίντεο. Και στα δύο σενάρια ο παραλήπτης ήταν συνδεδεμένος σε κάποιο ασύρματο τοπικό δίκτυο.

Τα αποτελέσματα του πρώτου και του δεύτερου σεναρίου ήταν πολύ ικανοποιητικά, για όσα βίντεο έχουν χρησιμοποιηθεί, πράγμα που ήταν αναμενόμενο λόγω του υψηλού διαθέσιμου εύρους ζώνης. Τα αποτελέσματα της αντικειμενικής του αξιολόγησης είναι μέσα στα ικανοποιητικά πλαίσια που ορίζει η βιβλιογραφία ώστε το βίντεο να είναι ικανοποιητικής διαγνωστικής ποιότητας ($PSNR > 35$ dB).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, έχει παρατηρηθεί ότι εφαρμόζοντας το φίλτρο αφαίρεσης θορύβου DsFIsrn έχουμε καλύτερα αποτελέσματα στην αντικειμενική αξιολόγηση, κατά την κωδικοποίηση και κατά την αποστολή, σε σχέση με τα υπόλοιπα φίλτρα ή με το αρχικό βίντεο που δεν έχει εφαρμοστεί σε αυτό κάποιο φίλτρο. Επιπλέον έχει παρατηρηθεί ότι τα φίλτρα DsFsrar και DsFhmedian έχουν τα δεύτερα καλύτερα αποτελέσματα ανάλογα με την δομή του βίντεο που χρησιμοποιείται. Το χαμηλότερο PSNR παρουσιάζουν τα βίντεο στα οποία δεν έχει εφαρμοστεί κάποιο φίλτρο αφαίρεσης θορύβου. Αυτά τα συμπεράσματα έχουν παρατηρηθεί επίσης και σε σχετική ερευνα [36] που αφορούσε την σύγκριση προτύπων κωδικοποίησης και τεχνικών αφαίρεσης θορύβου για τη μετάδοση ιατρικού βίντεο.

Βάση των πιο πάνω αποδεικνύεται ότι η αποστολή ιατρικού βίντεο ανάλυσης 560x416 και με 25 πλαίσια το δευτερόλεπτο, σε πραγματικό χρόνο πάνω από δορυφορικά και ασύρματα κανάλια 3.5^{ης} γενιάς, κάνοντας χρήση τεχνολογιών ανοιχτού κώδικα είναι εφικτή.

7.2. Μελλοντική Εργασία

Μελλοντικά προτείνεται να γίνουν εκτεταμένα πειράματα για Satellite Internet με μεγαλύτερο αριθμό από βίντεο αφού το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε τώρα ήταν μικρό και δεν μπορούν να εξαχθούν καταληκτικά αποτελέσματα.

Επιπλέον προτείνεται, όπως το προτεινόμενο σύστημα να δοκιμαστεί σε περισσότερα είδη ασύρματων δικτύων με απώτερο σκοπό να αξιολογηθούν όλοι οι τύποι δικτύων που υπάρχουν διαθέσιμοι στην Κύπρο.

Επιπρόσθετα προτείνεται η χρήση του προτύπου HEVC για κωδικοποίηση και να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων του με τα αποτελέσματα του MPEG-4 Part 10/AVC.

Θα πρέπει να γίνει κλινική αξιολόγηση των βίντεο που έχουν παραληφθεί από ιατρό έτσι ώστε να διαπιστωθεί αν τα αποτελέσματα τα κλινικής αξιολόγησης συνάδουν με τα αποτελέσματα της αντικειμενικής αξιολόγησης.

Τέλος, προτείνεται η κλινική παραμετροποίηση του αλγορίθμου VFD, έτσι ώστε να λαμβάνει υπόψη τις κλινικές ιδιότητες του εκάστοτε ιατρικού βίντεο, και οι οποίες αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες περιοχές σε κάθε πλαίσιο, στοχεύοντας σε ακόμη πιο αντιπροσωπευτικές τιμές αντικειμενικής αξιολόγησης, και κατ' επέκταση υψηλότερης συσχέτισης με την κλινική αξιολόγηση.

Βιβλιογραφία

- [1] M. Douglas A. Perednia και M. Ace Allen, «Telemedicine Technology and Clinical Applications,» *The Journal of the American Medical Association*, 1995.
- [2] A. Panayides, *Diagnostically Resilient Encoding, Wireless Transmission, and Quality Assessment of Medical Video*, Cyprus: PhD dissertation, University of Cyprus, 2011.
- [3] "Video Digital Signals," [Online]. Available: <http://www,teleteaching.gr/w3/text-2-2.htm>.
- [4] A. C. Bovik, *The Essential Guide to Video Processing*, Academic Press, 2009.
- [5] G. S. Jens-Rainer Ohm, "The Moving Picture Experts Group website," July 2005. [Online]. Available: <http://mpeg.chiariglione.org/standards/mpeg-4/advanced-video-coding>.
- [6] L. L. Hanzo, P. Cherriman and J. Streit, "Chapter 9. Comparative Study of the H.261 and H.263 Codecs," in *Video Compression and Communications: From Basics to H.261, H.263, H.264, MPEG4 for DVB and HSDPA-Style Adaptive Turbo-Transceivers*, 2007.
- [7] W. B. Pennebaker and J. L. Mitchell, *JPEG still image data compression standard*, 1993.
- [8] J. D. Glibson, T. Berger, T. Lookabaugh, D. Lindbergh and R. L. Baker, *Digital Compression for Multimedia: Principles and Standards*.
- [9] "MPEG-4 Part 2 Video Decoder," [Online]. Available: [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ff819454\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ff819454(v=vs.85).aspx).
- [10] ISO/IEC JTC1, "Coding of audio-visual objects – Part 2: Visual," ISO/IEC 14496-2 (MPEG-4 visual version 1), April 1999; Amendment 1 (version 2), February, 2000; Amendment 4 (streaming profile), Jan., 2001.
- [11] T. Wiegand, J. G. Sullivan, IEEE, A. Bjøntegaard and A. Luthra, "Overview of the H.264/AVC Video Coding Standard," *IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY*, vol. 13, 2003.

- [12] L. Richardson, «An Overview of H.264 Advanced,» *Vcodex White Paper*.
- [13] M. Karczewicz and R. Kurceren , "The SP- and SI-Frames Design for H.264/AVC," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 13, no. 7, pp. 637-644, 2003.
- [14] "Introduction to H.264/AVC," 2009. [Online]. Available: <http://www2.engr.arizona.edu/~yangsong/h264.htm>.
- [15] Southern Bell Internet Services, 2003. [Online]. Available: <http://public.swbell.net/ISDN/overview.html>.
- [16] "xDSL Technology Overview," EXFO, [Online]. Available: <http://www.exfo.com/solutions/fttx-access-networks/multiplay-services/xdsl-technology-overview>.
- [17] B. Joan, "Difference Between ADSL and SDSL," 27 July 2011. [Online]. Available: <http://www.differencebetween.net/technology/difference-between-adsl-and-sdsl/>.
- [18] "What is 1G or First generation of wireless telecommunication technology?," [Online]. Available: <http://www.clear doubts.com/technology/what-is-1g-or-first-generation-of-wireless-telecommunication-technology/>.
- [19] S. Dekleva, J. P. Shim, U. Varshney and G. Knoerzer, "Evolution and emerging issues in mobile wireless networks," *Magazine Communications of the ACM - Smart business networks*, pp. 38-43, June 2007.
- [20] "What is 2.5G Technology," Geekinterview, Editorial Team, [Online]. Available: <http://www.learn.geekinterview.com/it/wireless/what-is-2-5g-technology.html>.
- [21] H. Karjaluoto, "An Investigation of Third Generation (3G) Mobile Technologies and Services," *Contemporary Management Research*, vol. 2, pp. 91-104, 2006.
- [22] M. Jaloun and Z. Guennoun, "Wireless Mobile Evolution to 4G Network," *Wireless Sensor Network*, vol. 2, pp. 309-317, 2010.
- [23] "VSAT SYSTEMS," [Online]. Available: <http://www.vsat-systems.com/satellite-internet/how-it-works.html>.

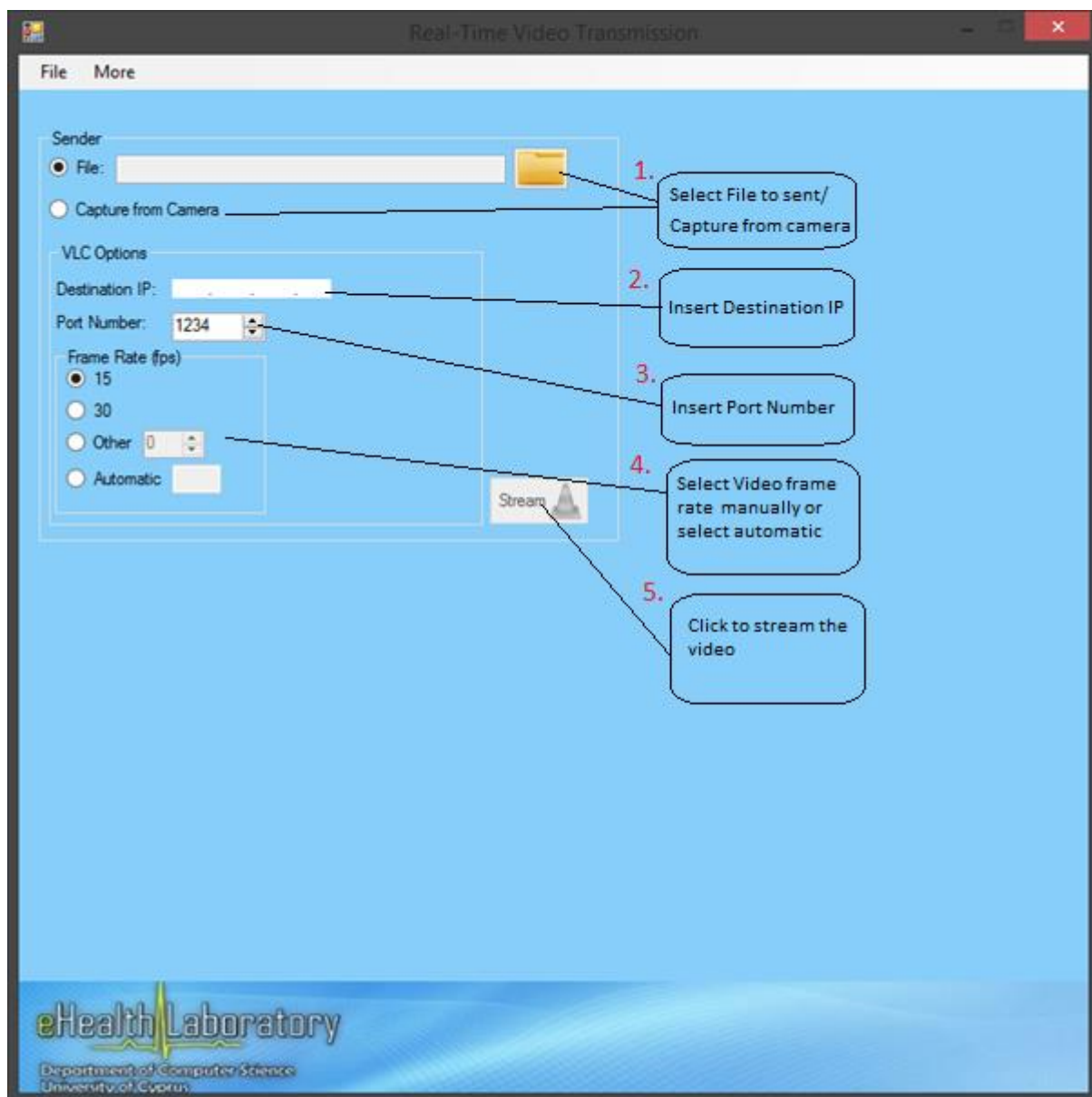
- [24] A. Tang, H. Andrew, L. Lachlian , M. Chiang and S. H. Low, "Transport Layer".
- [25] C. Bouras, A. Gkamas, D. Primpas και K. Stamos, «Real-time protocols – RTP/RTCP».
- [26] "VideoLan," [Online]. Available: <http://www.videolan.org/developers/x264.html>.
- [27] "FFmpeg," [Online]. Available: <http://ffmpeg.org/>.
- [28] "VideoLan," [Online]. Available: <http://www.videolan.org/vlc>.
- [29] A. C. Bovik and M. J. Chen, "Fast structural similarity index algorithm," *Journal of Real-Time Image Processing*, vol. 6, no. 4, pp. 281-287, 2011.
- [30] R. Vanithamani, G. Umamaheswari and M. Ezhilarasi, "Modified Hybrid Median Filter for Effective Speckle Reduction in Ultrasound Images," 2010.
- [31] Y. Yongjian and S. T. Acton, "Speckle Reducing Anisotropic Diffusion," *IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING*, vol. 11, no. 11, 2002.
- [32] C. Pattichis and C. P. Loizou , "Despeckle Filtering Algorithms and Software for Ultrasound Imaging," vol. 1, Morgan & Claypool Publishers, 2008.
- [33] Q. Huynh-Thu and M. Ghanbari , "Scope of validity of PSNR in image/video quality assessment," *The Institution of Engineering and Technology*, vol. 44, no. 13, pp. 800-801, 2008.
- [34] S. Wolf and H. M. Pinson, "Video Quality Model for Variable Frame Delay (VQM_VFD)," *NTIA Technical Memorandum*, 2011.
- [35] A. Panayides, M. S. Pattichis, C. P. Pattichis, M. Pantziaris and A. Pitsillides, "Atherosclerotic Plaque Ultrasound Video Encoding, Wireless Transmission, and Quality Assessment Using H.264," *EEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, vol. 15, no. 3, pp. 387-397, May 2011.
- [36] Ι. Rodotheou, *Σύγκριση προτύπων κωδικοποίησης και τεχνικών αφαίρεσης θορύβου για τη μετάδοση ιατρικού βίντεο στα πλαίσια συστημάτων κινητής υγείας.*, Nicosia: Computer Science Department University of Cyprus, December 2013.

Appendix A

Εγχειρίδιο Χρήσης

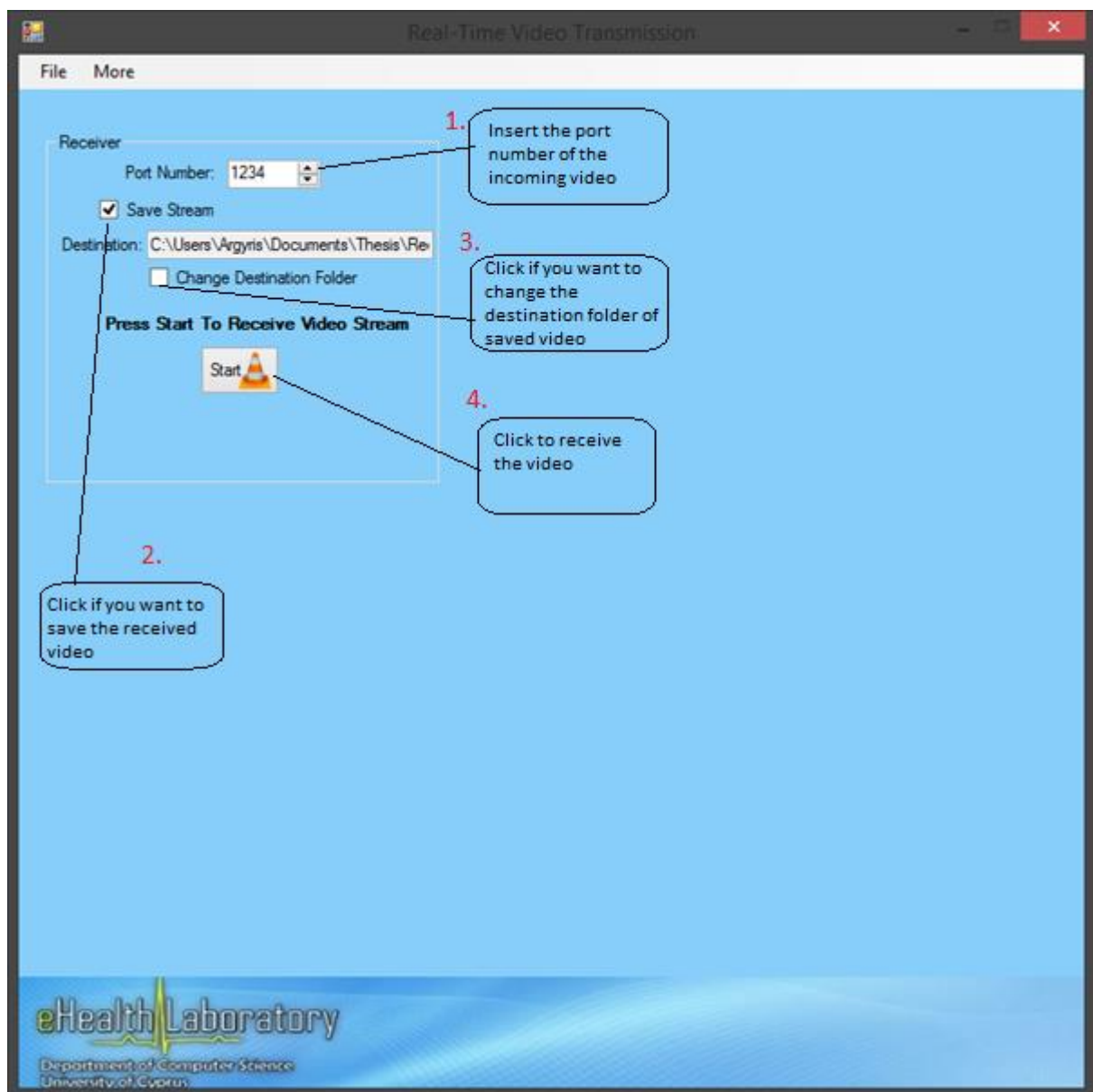
Κατά την εκκίνηση του προγράμματος το αρχικό παράθυρο που εμφανίζεται (Σχήμα Α. 1) είναι ο αποστολέας. Ο χρήστης μέσω του μενού που υπάρχει πάνω ψηλά στο παράθυρο μπορεί να επιλέξει την λειτουργία που θέλει και εμφανίζεται η ανάλογη διεπαφή.

Στον αποστολέα ο χρήστης εδώ έχει δύο επιλογές για αποστολή βίντεο. Να επιλέξει ένα αρχείο H.264 από τον υπολογιστή του ή να χρησιμοποιήσει την κάμερα του υπολογιστή για να καταγράψει και να αποστείλει ταυτόχρονα. Εάν επιλέξει να αποστείλει ένα αρχείο που βρίσκεται στον υπολογιστή του, τότε εμφανίζεται ένας διάλογος για να αναζητήσει το αρχείο που επιθυμεί. Επιλέγοντας το, τότε αυτόματα μέσω ενός Bash file το πρόγραμμα αναγνωρίζει το frame rate και το συμπληρώνει στο κατάλληλο πεδίο για να μην χρειαστεί να το κάνει ο χρήστης, ιδιαίτερα αν δεν είναι έμπειρος και δεν γνωρίζει αυτού του είδους τις λεπτομέρειες για το βίντεο. Αν ο χρήστης αποφασίσει ότι θέλει να γίνεται καταγραφή από την κάμερα του υπολογιστή του και ταυτόχρονη αποστολή τότε στο πεδίο για το frame rate γίνεται αυτόματα 30. Τότε εμφανίζονται αυτόματα επιπλέον επιλογές για τον τύπο κωδικοποίησης που θα γίνεται πριν την αποστολή καθώς επίσης και το resolution του βίντεο που θα καταγράψει. Όποια και από τις δύο επιλογές αποστολής και αν επιλέξει ο χρήστης τότε υπάρχει η δυνατότητα να καθορίσει ρητά το frame rate όπως αυτός επιθυμεί. Έπειτα ο χρήστης πρέπει να δηλώσει το IP και το port number του παραλήπτη. Σε κάθε πεδίο που ο χρήστης χρειάζεται να πληκτρολογήσει γίνεται έλεγχος για την ορθότητα της μορφής και του εύρους των τιμών που πληκτρολόγησε. Αν δεν υπάρχει κάποιο ελλιπές ή λάθος πεδίο τότε ενεργοποιείται το κουμπί streaming για να το πατήσει ο χρήστης και να γίνει αποστολή του βίντεο.



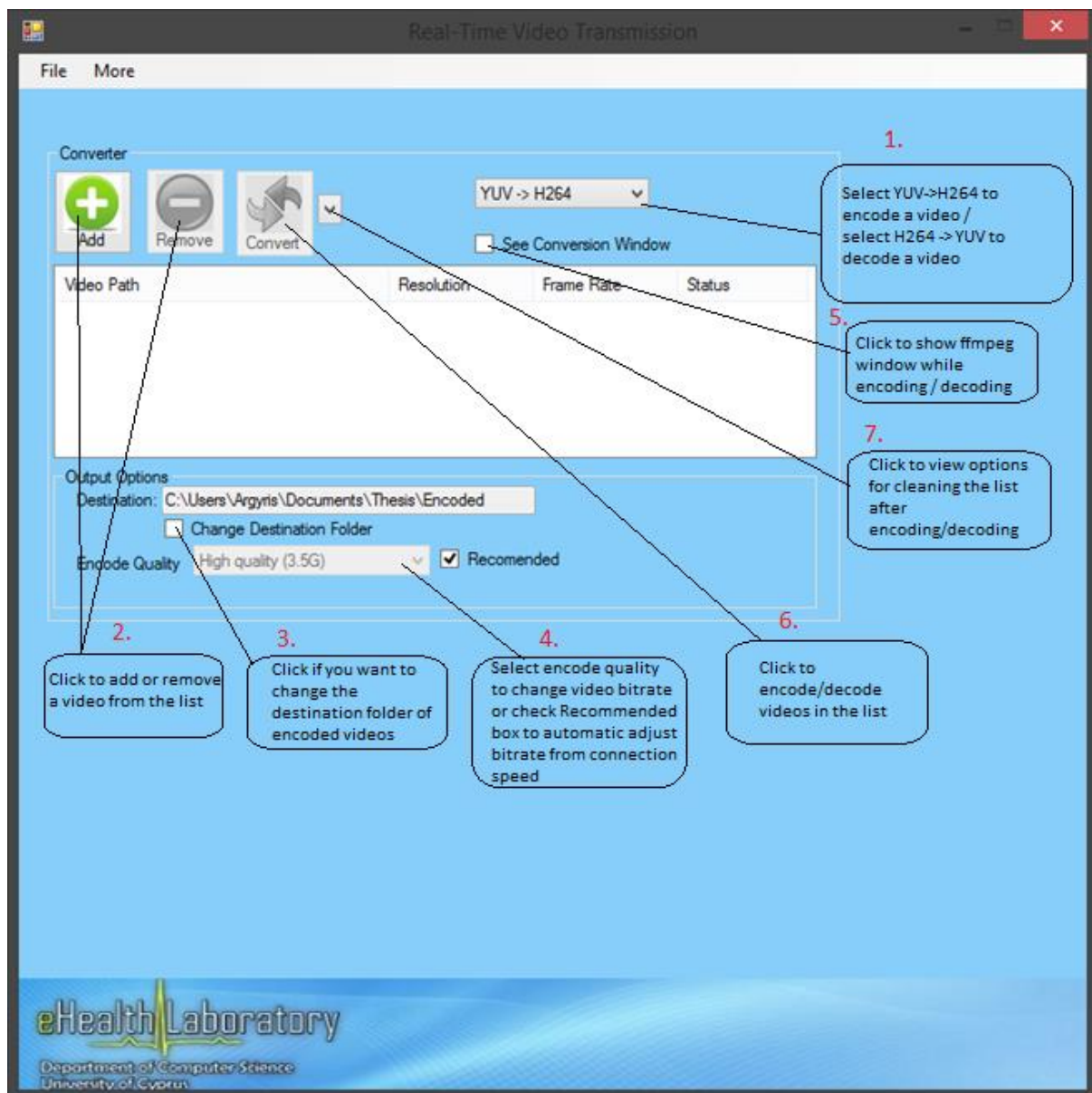
Σχήμα Α. 1: Αποστολέας

Ο χρήστης επιλέγοντας Receiver από τον μενού εμφανίζεται η διεπαφή (Σχήμα Α. 2) για την λήψη του βίντεο. Παρέχετε η επιλογή για ταυτόχρονη αποθήκευση του ληφθέντος βίντεο. Αν ο χρήστης επιλέξει για αποθήκευση τότε εμφανίζεται ο προορισμός που θα αποθηκευτεί, αλλά αν το επιθυμεί μπορεί να αλλάξει τον προορισμό με το να επιλέξει το πεδίο Change Destination Folder, που τότε εμφανίζεται γραφικός διάλογος για επιλογή του φακέλου που επιθυμεί. Ο χρήστης για να παραλάβει το βίντεο το μόνο που έχει να κάνει είναι να δηλώσει το Port number στο οποίο του αποστέλλει ο αποστολέας. Πατώντας το κουμπί start ανοίγει το VLC περιμένοντας να παραλάβει το βίντεο.



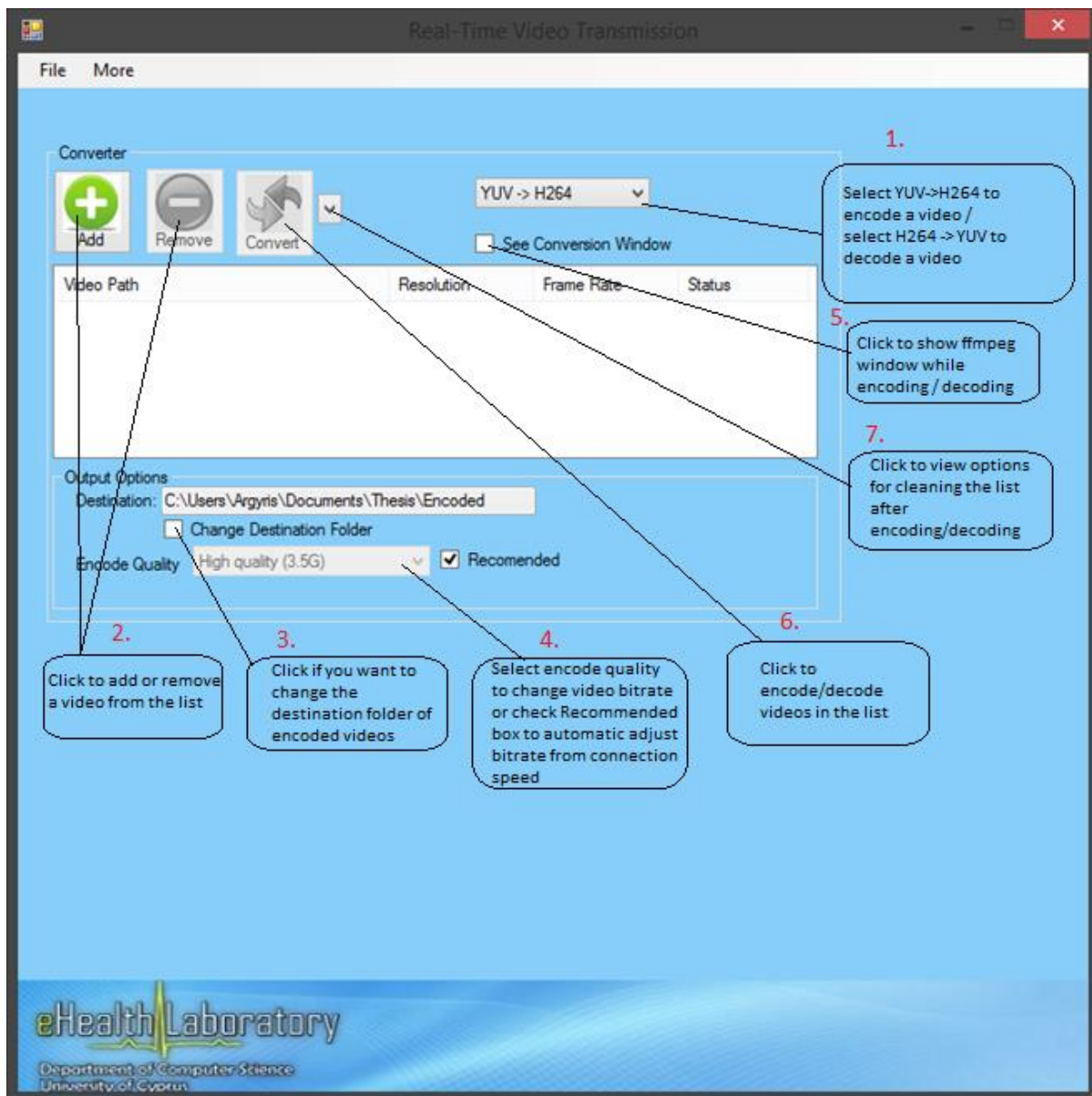
Σχήμα Α. 2: Παραλήπτης

Αν ο χρήστης επιλέξει Converter εμφανίζεται το παράθυρο (

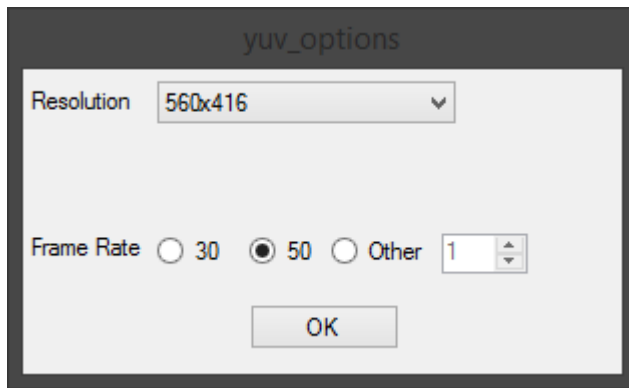


Σχήμα Α. 3) για κωδικοποίηση του YUV αρχείου σε H.264 και αντίστροφα. Η επιλογή αυτή μπορεί να γίνει μέσω της λίστας που βρίσκεται πάνω δεξιά. Έπειτα ο χρήστης μέσω των κουμπιών add και remove μπορεί να προσθέσει βίντεο ή να τα αφαιρέσει για κωδικοποίηση. Κατά την εισαγωγή του βίντεο μέσω του ονόματος του αρχείου αν είναι της μορφής videoname_width_height_fps.yuv γίνεται αυτόματη αναγνώριση της ανάλυσης και του frame rate του βίντεο για αυτόματη συμπλήρωση των χαρακτηριστικών του κάθε βίντεο στην λίστα για κωδικοποίηση. Αν δεν επιτύχει η αυτόματη αναγνώριση τότε εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο (Σχήμα Α. 4) για να τα καθορίσει ο χρήστης χειροκίνητα. Ο χρήστης μπορεί να αλλάξει τον φάκελο προορισμού αν το επιθυμεί. Επιπλέον, αυτόματα μέσω της ταχύτητας του δικτύου στο οποίο είναι συνδεδεμένος ο χρήστης επιλέγεται η ποιότητα κωδικοποίησης. Ο χρήστης έχει την επιλογή αν το επιθυμεί να αλλάξει την ποιότητα που έχει αυτόματα

προκαθοριστεί με την ποιότητα που επιθυμεί. Οι προκαθορισμένες επιλογές κωδικοποίησης είναι profile=high, group of frames=48, intra refresh=on και B frames=3. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει το κατάλληλο πεδίο για να εμφανίζεται το παράθυρο του κωδικοποιητή κατά την κωδικοποίηση. Επίσης κατά την κωδικοποίηση η κατάσταση αν έχει κωδικοποιηθεί το κάθε βίντεο ή ακόμα, είναι ορατή στο πεδίο status στην λίστα που περιέχει τα βίντεο για κωδικοποίηση.

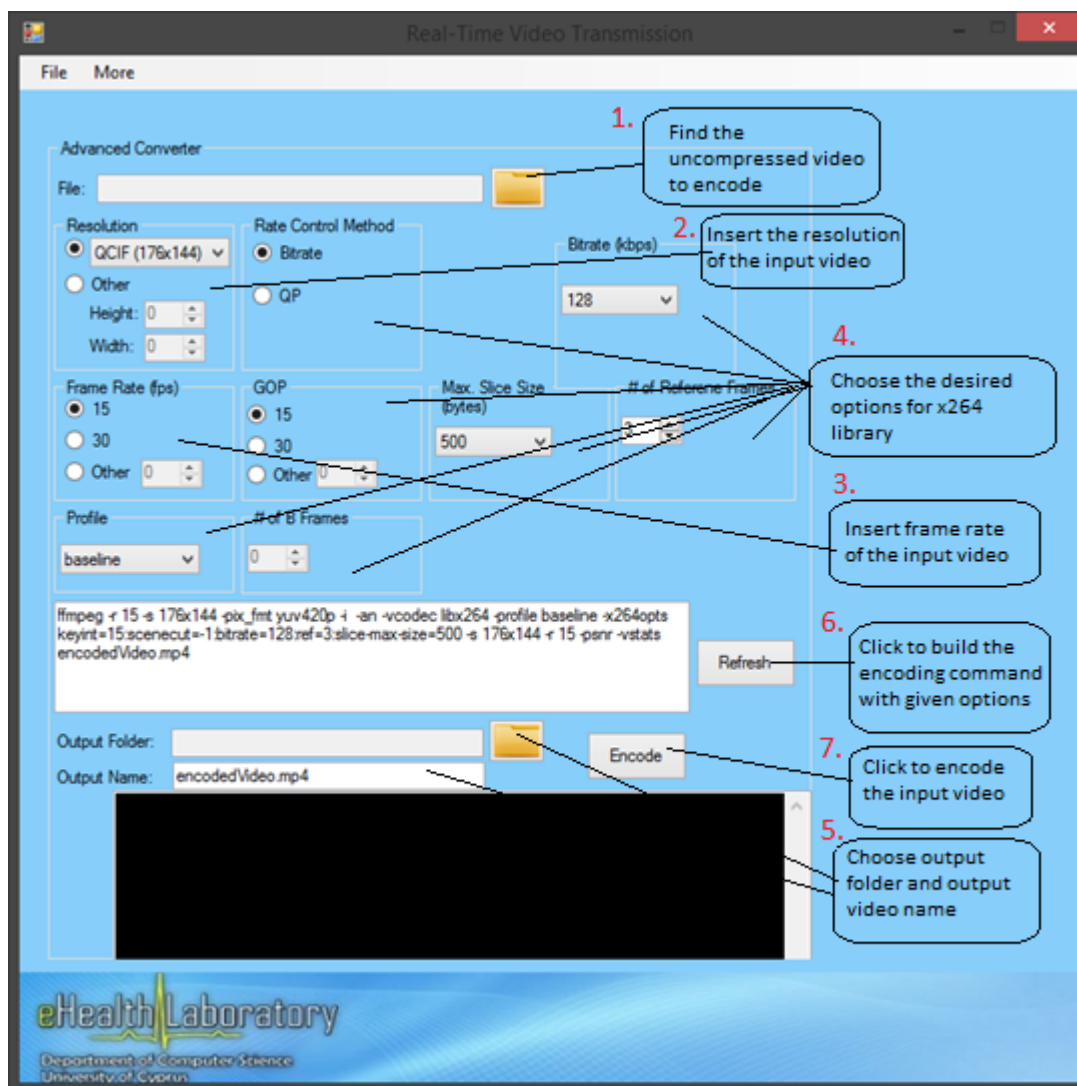


Σχήμα Α. 3: Κωδικοποιητής



Σχήμα Α. 4: Χαρακτηριστικά yuv βίντεο για κωδικοποίηση

Αν ο χρήστης μέσω του μενού επιλέξει την επιλογή για προχωρημένους χρήστες ή πατήσει το F3 τότε ο κωδικοποιητής αλλάζει (Σχήμα Α. 5) ούτως ώστε να παρέχονται περισσότερες επιλογές για τις να επιλέξει τις παραμέτρους κωδικοποίησης της βιβλιοθήκης x264, όπως την ανάλυση του βίντεο (resolution), το bitrate ή το QP (ανάλογα με την μέθοδο Rate Control που επιθυμεί), το frame rate, το μέγεθος του GOP (Group of Pictures), το profile (baseline, main, high), τον αριθμό των B-frames, τον αριθμό των πλαισίων που θα χρησιμοποιηθούν ως αναφορές (reference frames) κτλ. Επίσης ο χρήστης πρέπει να επιλέξει το ασυμπίεστο βίντεο που θα κωδικοποιήσει (yuv) και τον φάκελο και το όνομα που θα αποθηκευτεί το βίντεο μετά την κωδικοποίηση. Η εντολή που θα εκτελεστεί πατώντας το κουμπί Encode είναι αυτή που παρουσιάζεται στο textbox. Για ανανέωση της εντολής ανάλογα με τις επιλεγμένες παραμέτρους, ο χρήστης πρέπει να πατήσει το κουμπί Refresh. Ο χρήστης έχει την επιλογή να γράψει από μόνος του στην εντολή κωδικοποίησης στο textbox. Όταν ο χρήστης πατήσει το κουμπί Encode, θα αρχίσει η διαδικασία κωδικοποίησης. Όταν ολοκληρωθεί, η έξοδος του κωδικοποιητή θα εμφανιστεί στο μαύρο πλαίσιο στο κάτω μέρος του παραθύρου.

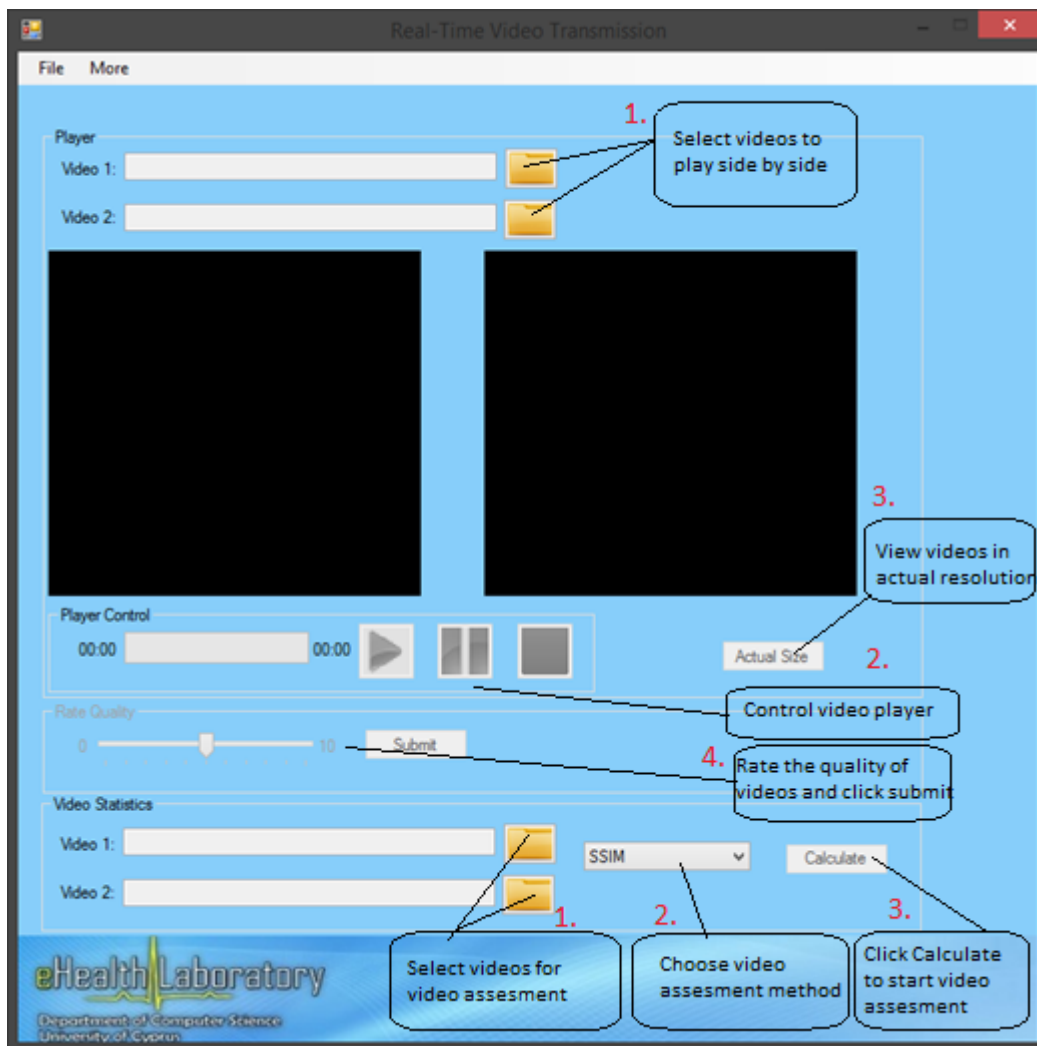


Σχήμα Α. 5: Κωδικοποιητής για Προχωρημένους Χρήστες

Μια άλλη επιλογή που μπορεί να διαλέξει ο χρήστης από το μενού είναι η αξιολόγηση των βίντεο. Αυτό το παράθυρο (Σχήμα Α. 6) για αξιολόγηση βίντεο χωρίζεται σε δύο μέρη. Το πρώτο μέρος ο χρήστης δίνει δύο H.264 βίντεο. Έπειτα από τα κουμπιά για τον έλεγχο της αναπαραγωγής ο χρήστης μπορεί να βάλει τα δύο βίντεο να παίζουν ταυτόχρονα, να κάνει παύση ή να τα σταματήσει. Μέσω αυτού μπορεί να συγκρίνει την ποιότητα των δύο βίντεο. Επιπλέον ο χρήστης αν πατήσει στο κουμπί Actual Size τότε εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο (Σχήμα Α. 7) στο οποίο τα δύο βίντεο εμφανίζονται στις κανονικές τους διαστάσεις. Μετά την αναπαραγωγή του βίντεο ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την ποιότητα του βίντεο όπως την αξιολόγησε, σε κλίμακα 1-10 και να πατήσει submit. Μόλις πατήσει submit τότε δημιουργείται ένα αρχείο στον προκαθορισμένο φάκελο του προγράμματος και περιέχει τα ονόματα των δύο βίντεο και την βαθμολογία.

Το δεύτερο μέρος είναι για αντικειμενική αξιολόγηση του βίντεο. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει δύο βίντεο που να είναι ακωδικοποιητά YUV ή/και κωδικοποιημένα σε .h264

μορφή. Έπειτα μέσω της λίστας πρέπει να επιλέξει το αλγόριθμο για αντικειμενική αξιολόγηση από τους τρεις διαθέσιμους, SSIM, MS-SSIM και PSNR. Μόλις ο χρήστης πατήσει το κουμπί Calculate το κάθε πλαίσιο των δύο βίντεο μετατρέπεται σε εικόνα για να μπορεί ο αλγόριθμος να τα συγκρίνει μεταξύ τους. Έπειτα δημιουργείται ένα αρχείο με τα ονόματα των δύο βίντεο, στον προκαθορισμένο φάκελο της εφαρμογής. Αυτό το αρχείο περιέχει για κάθε πλαίσιο τα αποτελέσματα του αλγόριθμου για το συγκεκριμένο πλαίσιο.

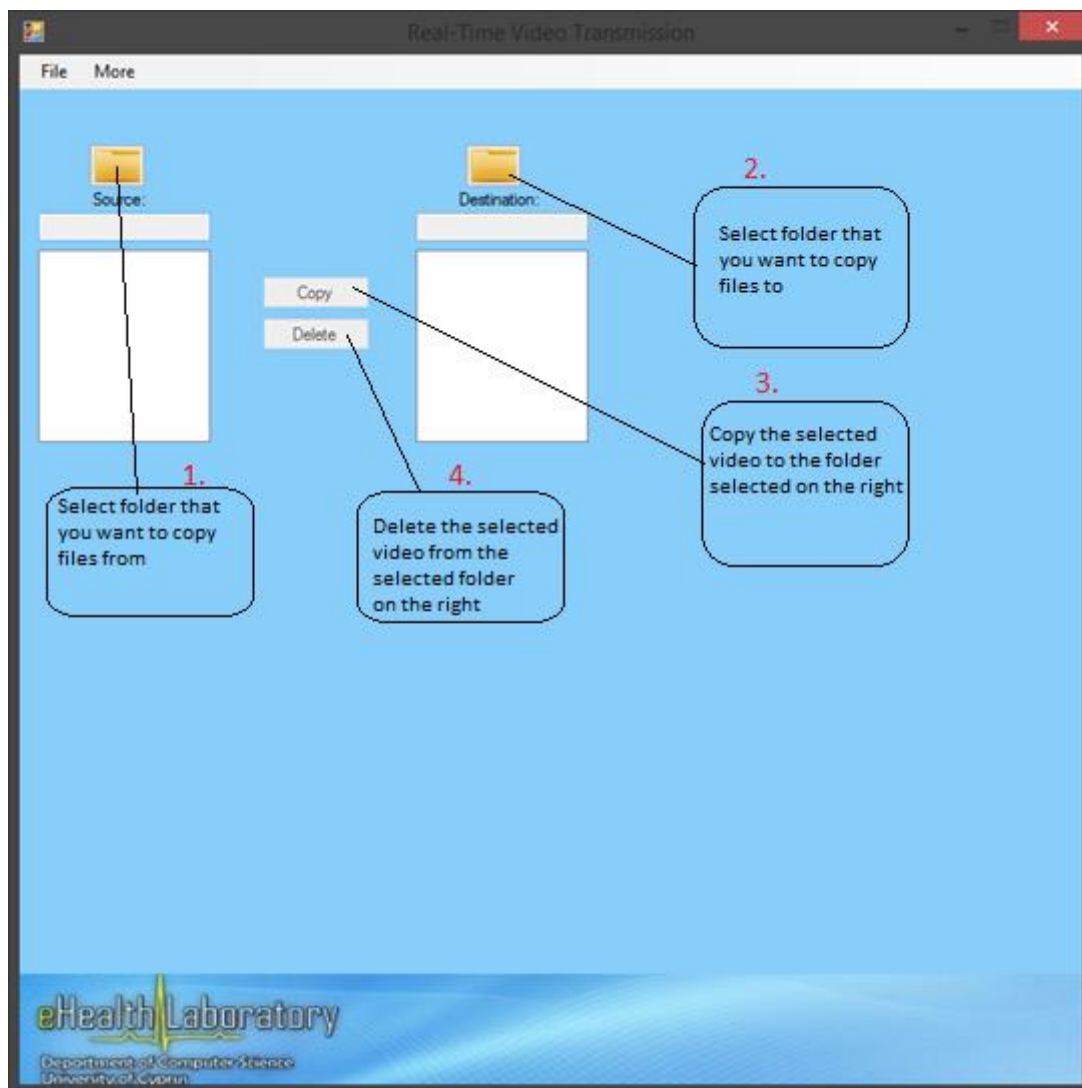


Σχήμα Α. 6: Αξιολόγηση βίντεο



Σχήμα Α. 7: Βίντεο στις πραγματικές Διαστάσεις

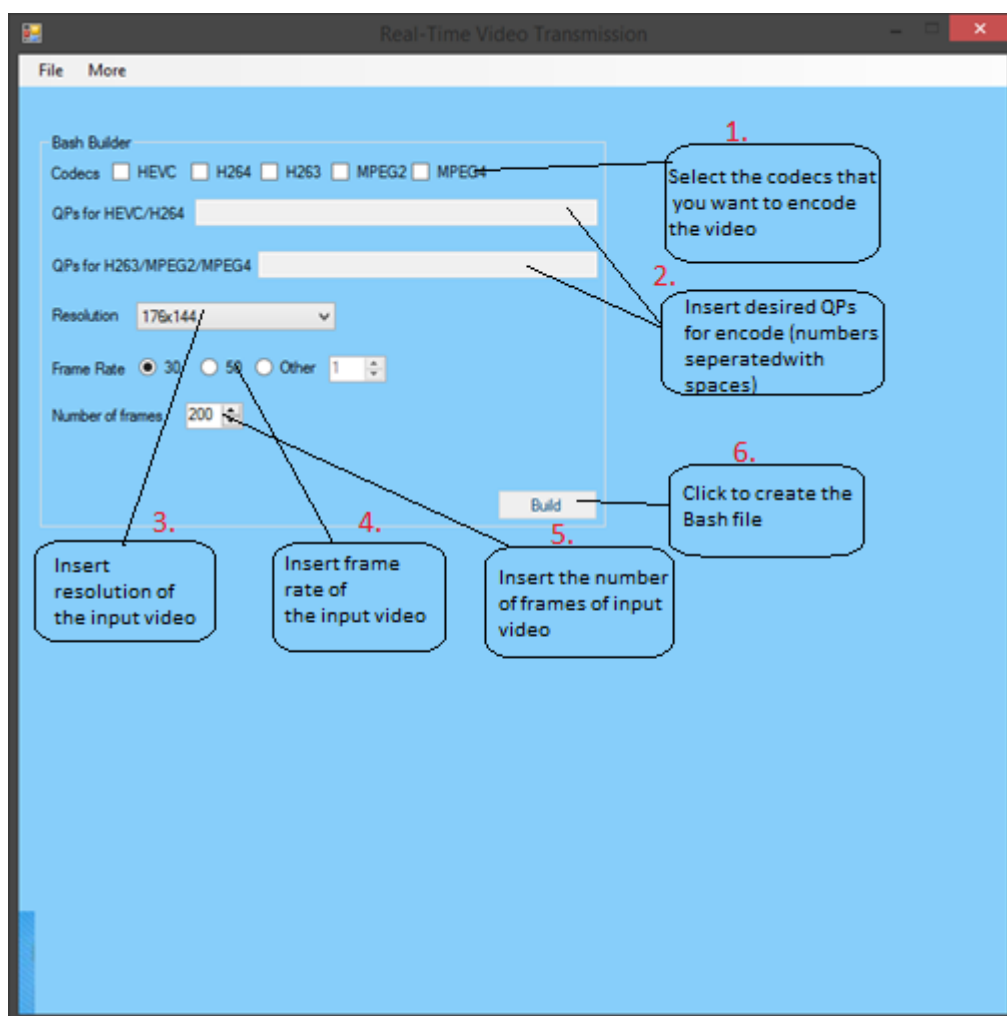
Αν ο χρήστης επιλέξει την λειτουργία για συγχρονισμό βίντεο τότε εμφανίζεται το παράθυρο (Σχήμα Α. 8) όπου μπορεί να μεταφέρει από ένα φάκελο του υπολογιστή του σε κάποιο άλλο. Αρχικά ο χρήστης πρέπει να πατήσει στο εικονίδιο για εύρεση φακέλου μέσω ενός γραφικού διαλόγου, από τον οποίο θα αντιγράψει τα αρχεία. Έπειτα με τον ίδιο τρόπο επιλέγει τον φάκελο προορισμού. Μόλις επιλεγούν οι φάκελοι εμφανίζονται στις δυο λίστες τα περιεχόμενα του κάθε φακέλου. Ο χρήστης αφού επιλέξει ποιο αρχείο επιθυμεί να αντιγράψει πρέπει να πατήσει στο κουμπί copy για να αντιγραφεί το συγκεκριμένο αρχείο στον φάκελο προορισμού. Με τον ίδιο τρόπο μπορεί να διαγράψει ένα αρχείο και από τους δύο φακέλους απλά επιλέγοντας το και πατώντας το κουμπί delete.



Σχήμα Α. 8: Συγχρονισμός Αρχείων

Μέσω του μενού επιλογών ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την επιλογή για δημιουργία ενός bash file, με το οποίο μπορεί σε λειτουργικό σύστημα Linux να κωδικοποιήσει ένα ή περισσότερα βίντεο με διάφορες κωδικοποιήσεις και διαφορετικά QP. Μόλις ο χρήστης επιλέξει αυτή την επιλογή τότε εμφανίζεται το παράθυρο (Σχήμα Α. 9), όπου ο χρήστης

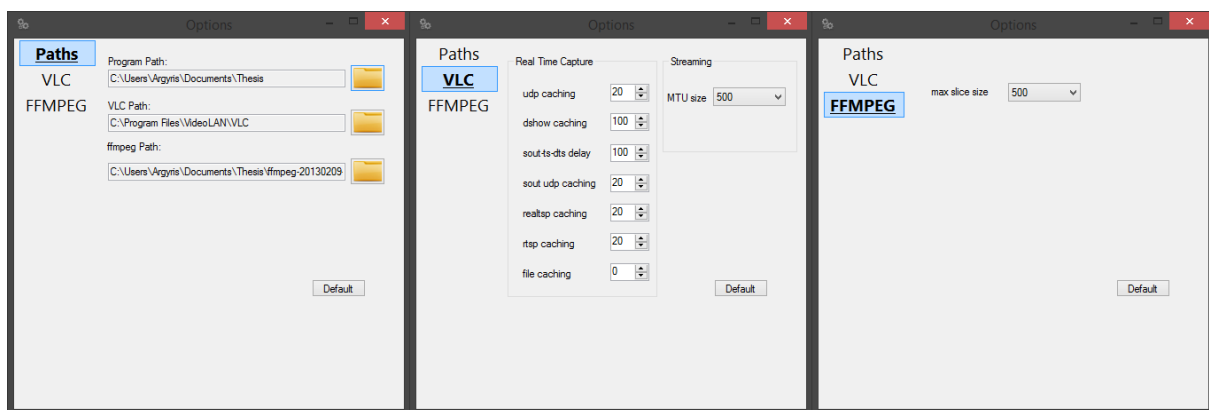
αρχικά πρέπει να επιλέξει σε ποιες κωδικοποιήσεις θέλει να κωδικοποιήσει το ασυμπίεστο γυν video. Έπειτα ανάλογα με ποιες κωδικοποιήσεις επέλεξε πρέπει να δηλώσει στο πεδίων των QP, πρέπει να δώσει με ποια QP χωρισμένα με κενό θέλε να κωδικοποιήσει. Μετά ο χρήστης πρέπει να επιλέξει την ανάλυση του ασυμπίεστου βίντεο που δίνει σαν είσοδο, το frame rate του και πόσα πλαίσια περιέχει. Αφού δώσει όλα τα στοιχεία τότε ενεργοποιείται το κουμπί build. Όταν ο χρήστης πατήσει build εμφανίζεται ένας γραφικός διάλογος για να δώσει ο χρήστης τον φάκελο στον οποίο θα δημιουργηθεί και θα αποθηκευτεί το bash file και το όνομα με το οποίο θέλει να το αποθηκεύσει. Στην συνέχεια ο χρήστης πρέπει να ανοίξει το bash file που δημιουργήθηκε για να δηλώσει από μόνος του, το path στο οποίο βρίσκεται το βίντεο εισόδου και το path που θα αποθηκευτούν τα κωδικοποιημένα βίντεο.



Σχήμα Α. 9: Δημιουργία Bash File

Ο χρήστης πατώντας F4 ή επιλέγοντας από το μενού των επιλογών, εμφανίζεται το παράθυρο (Σχήμα Α. 10) των ρυθμίσεων της εφαρμογής. Σε αυτό το νέο παράθυρο ο χρήστης μπορεί να αλλάξει τις ρυθμίσεις της εφαρμογής ή να τις επαναφέρει στην αρχική τους τιμή. Μέσω του μενού στα αριστερά μπορεί να βρει τις ρυθμίσεις για κάθε κατηγορία.

Στην πρώτη κατηγορία είναι τα προκαθορισμένα paths του προγράμματος, του VLC και της βιβλιοθήκης ffmpeg. Πατώντας στον φάκελο δεξιά από κάθε path, ανοίγει ένας γραφικός διάλογος και ο χρήστης μπορεί να διαλέξει τον φάκελο που επιθυμεί ή που υπάρχει εγκατεστημένος ο VLC και ο ffmpeg. Στην δεύτερη κατηγορία υπάρχουν οι ρυθμίσεις για τις παραμέτρους της κάμερας για λήψη σε πραγματικό χρόνο και το μέγεθος των πακέτων (MTU size) που θα αποστέλλονται. Στην τρίτη κατηγορία είναι η ρύθμιση της βιβλιοθήκης ffmpeg για το μέγεθος που θα έχει το κάθε πλαίσιο κατά την κωδικοποίηση. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μέσω των δεδομένων τιμών που υπάρχουν στην λίστα ή να δώσει αυτός όποια τιμή επιθυμεί. Και στις τρεις κατηγορίες κάτω δεξιά υπάρχει κουμπί όπου φορτώνονται οι προκαθορισμένες τιμές από το σύστημα.



Σχήμα Α. 10: Ρυθμίσεις εφαρμογής

Appendix B

Πίνακες Αποτελεσμάτων

Πίνακας B- 1: PSNR αναλυτικά για κάθε λήψη για το σενάριο 1

Video Name	Filter	PSNR (Encoded)	Reception PSNR				
			Reception 1	Reception 2	Reception 3	Reception 4	Reception 5
16LTSIDE 768Kbps	DsFhmedian	39.4223	36.2456	37.9825	35.5521	35.2324	36.028
	Original	37.9234	37.4565	34.0203	34.9854	35.7893	35.085
	DsFlsmv	40.1727	37.2589	38,4926	37,2	37,5001	38,0204
	DsFsrاد	39.0562	36,8960	36.5245	34.3617	36.8954	33.2513
16LTSIDE 1024Kbps	DsFhmedian	40.5677	36.0312	38.5515	36.5484	36.194	37.5484
	Original	39.1869	35.7968	36.2874	34.7117	35.3073	35.6853
	DsFlsmv	41.4676	40.414	38.5685	40.6987	38.6013	39.5987
	DsFsrاد	40.2604	36.6582	38.0258	35.9442	38.2617	34.6710
20LTCCA 768Kbps	DsFhmedian	40.0920	35.627	37.8963	36.5888	36.0221	36.0236
	Original	38.6458	37.3406	36.9987	35.4875	36.2014	36.8999
	DsFlsmv	41.0684	38.8127	37.5684	36.6682	38.9563	38.50001
	DsFsrاد	39.6544	37.7893	36.5544	38.4102	37.5846	37.8526
20LTCCA 1024Kbps	DsFhmedian	41.3306	36.0241	38.6435	37.9846	36.1232	39.5587
	Original	40.0712	37.1099	36.8967	38.943	35.6993	38.0464
	DsFlsmv	42.4836	40.3669	39.7119	40.3285	38.2217	40.1882
	DsFsrاد	40.9405	37.4114	39.2106	38.3998	38.3345	37.4145

Πίνακας Β- 2: PSNR αναλυτικά για κάθε λήψη για το σενάριο 2

Video Name	Filter	PSNR (Encoded)	Reception PSNR				
			Reception 1	Reception 2	Reception 3	Reception 4	Reception 5
6RTICA 768Kbps	DsFhmedian	39.7018	39.3301	36.9765	36.5097	36.1331	36.7407
	Original	38.0053	36.3155	34.0630	34.6003	35.2118	34.4810
	DsFlsmv	40.4514	34.9436	36.9350	36.5047	40.1621	37.1463
	DsFsrاد	39.3487	36.5955	35.6252	35.1006	36.2622	36.5375
6RTICA 1024Kbps	DsFhmedian	40.9008	41.2632	40.4654	34.3789	40.6793	37.3115
	Original	39.3524	37.0251	39.2078	37.5333	38.6094	36.7998
	DsFlsmv	41.8053	40.8605	41.4743	40.6162	40.9835	41.2498
	DsFsrاد	40.5795	39.5721	40.1231	38.6002	38.7569	40.2448
8RTSIDE 768Kbps	DsFhmedian	39.1829	38.3094	38.3783	35.8311	37.7671	35.9625
	Original	40.0358	39.5152	38.1088	38.064	34.4141	34.1866
	DsFlsmv	39.8869	34.6104	34.9017	37.4775	38.4182	34.8797
	DsFsrاد	39.4954	37.4699	35.4797	36.0229	36.0229	35.5118
8RTSIDE 1024Kbps	DsFhmedian	40.4115	39.1359	40.2603	40.292	38.1959	37.6911
	Original	41.4092	39.2819	37.8275	37.8153	37.6	41.3264
	DsFlsmv	41.2304	40.6974	40.6974	37.9194	40.9789	40.6974
	DsFsrاد	40.7113	40.4837	40.6633	40.6633	40.1976	40.5895
11LTCCA 768Kbps	DsFhmedian	36.0739	32.6843	34.3391	33.6146	32.1082	32.6107
	Original	35.3451	31.801	32.7597	31.423	32.5009	32.3307
	DsFlsmv	37.7930	35.3124	34.7635	34.5765	35.0945	35.7542
	DsFsrاد	37.3677	35.3141	36.0215	34.6062	33.8975	36.2926
11LTCCA 1024Kbps	DsFhmedian	37.2968	35.9124	34.7686	36.6883	36.4682	37.2392
	Original	35.5871	33.3941	33.4472	34.358	33.1444	32.3112
	DsFlsmv	39.2313	37.9641	35.8008	36.8774	37.2678	39.7204
	DsFsrاد	38.7037	38.168	36.153	38.5348	36.7215	38.3833
16LTSIDE 768Kbps	DsFhmedian	39.4223	35.7352	35.9074	36.66	36.7281	39.266
	Original	37.9234	34.1792	34.1166	33.3957	31.0294	34.8726
	DsFlsmv	40.1727	39.4931	38.7073	37.6855	38.5537	40.1131
	DsFsrاد	39.0562	31.4559	35.3529	34.8463	35.8992	39.4222

16LTSIDE 1024Kbps	DsFhmedian	40.5677	39.806	37.5175	36.9399	37.3245	39.8019
	Original	39.1869	37.9546	34.2247	38.3823	33.7002	35..9247
	DsFlsmv	41.4676	38.0705	38.4557	35.5173	36.2417	36.9908
	DsFsrاد	40.2604	37.1961	34.3848	36.8441	36.5639	37.0768
20LTCCA 768Kbps	DsFhmedian	40.0920	37.275	38.7283	38.9964	38.5182	36.608
	Original	38.6458	38.3683	36.4954	36.7689	37.4605	35.6539
	DsFlsmv	41.0684	40.6146	37.778	37.9335	39.8455	36.4568
	DsFsrاد	39.6544	35.965	39.1299	37.207	38.0421	38.3946
20LTCCA 1024Kbps	DsFhmedian	41.3306	39.6804	37.3496	39.5814	39.5993	40.0382
	Original	40.0712	39.0607	40.533	40.2669	38.5112	40.8503
	DsFlsmv	42.4836	41.1471	38.5963	41.1347	41.2139	43.0168
	DsFsrاد	40.9405	38.1549	38.8637	40.39	40.371	37.1726
23LTSIDE 768Kbps	DsFhmedian	39.6288	37.6732	36.2042	38.4547	35.8143	36.2123
	Original	38.3299	35.9289	35.3073	35.3081	33.7128	35.7977
	DsFlsmv	40.3305	36.4958	36.4818	36.3742	37.0312	37.7943
	DsFsrاد	39.6451	34.0847	36.3422	35.4128	37.4104	38.1732
23LTSIDE 1024Kbps	DsFhmedian	40.8592	40.7452	37.352	40.1774	40.3039	41.4349
	Original	39.6245	39.3605	37.0871	37.2174	40.1813	40.1813
	DsFlsmv	41.7060	40.8402	38.8368	39.3859	40.0012	39.279
	DsFsrاد	40.8755	40.5416	40.67	40.3283	40.91	40.2847
25LTCCA 768Kbps	DsFhmedian	37.4317	33.2871	35.429	33.9411	35.8947	35.1534
	Original	35.6212	32.3976	35.0403	35.2689	33.6716	34.0966
	DsFlsmv	38.1160	31.1567	36.3595	34.6742	33.6331	36.2167
	DsFsrاد	37.8004	34.5942	35.8669	34.0361	33.5962	31.5266
25LTCCA 1024Kbps	DsFhmedian	38.6168	37.1072	32.7038	38.0131	38.9047	39.0053
	Original	36.8731	37.5073	36.4119	37.5073	35.791	36.7727
	DsFlsmv	39.4887	40.0358	38.5609	35.1911	39.2976	35.2269
	DsFsrاد	39.0610	38.5573	33.1511	34.5328	39.8226	38.5573
59RTIBIF 768Kbps	DsFhmedian	38.3471	37.1966	35.8992	34.6544	34.2329	34.505
	Original	36.7905	32.635	33.5215	30.6193	31.8419	35.2122
	DsFlsmv	39.0563	35.745	35.486	37.8648	35.7068	35.5983
	DsFsrاد	37.5644	34.8333	34.6232	34.5792	34.2598	35.7688

59RTBIF 1024Kbps	DsFhmedian	39.5635	39.1953	38.7185	39.1163	38.8026	38.9533
	Original	38.0571	35.6005	37.3999	38.5725	33.0878	38.6711
	DsFlsmv	40.4147	38.093	34.9155	38.2658	34.5533	35.4547
	DsFsrاد	38.8267	36.6353	38.0085	31.0396	38.822	36.9424
65LTBIF 768Kbps	DsFhmedian	38.8393	37.3207	37.3167	37.4766	35.1247	34.2298
	Original	37.7433	34.6451	34.9375	38.0293	37.6502	34.6193
	DsFlsmv	39.6807	37.7041	36.3349	4035373	38.4312	36.6774
	DsFsrاد	38.1532	36.4107	36.5539	35.0903	34.7976	33.9113
65LTBIF 1024Kbps	DsFhmedian	40.0454	38.2753	39.3587	39.1251	39.125	39.0493
	Original	38.9735	38.1202	38.1264	38.861	38.9729	38.128
	DsFlsmv	40.9907	38.6887	36.2507	37.0306	39.9828	35.2271
	DsFsrاد	39.3777	37.5119	37.0788	37.1619	35.7037	35.8642