

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ**

**ΤΜΗΜΑ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ &
ΔΙΚΤΥΩΝ**

Πτυχιακή Εργασία

**«Μελέτη και ανάπτυξη μηχανισμών μετάδοσης και μεταγωγής
εφαρμογών πολυμέσων σε ετερογενή ασύρματα δίκτυα»**

Όνοματεπώνυμο: Λάμπρος Δούνης

Επιβλέποντες Καθηγητές:

Νταγιούκλας Αναστάσιος,

Πολίτης Ηλίας

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια, η ραγδαία εξέλιξη και πτώση των τιμών στα τεχνολογικά προϊόντα, οδήγησε σε αυξημένη παραγωγή, ζήτηση και χρήση κινητών συσκευών όπως έξυπνα κινητά τηλέφωνα (Android, Windows Mobile, Symbian), PDAs και netbooks. Οι κινητές αυτές συσκευές (Mobile Terminals – MTs) προσανατολίζονται κυρίως στην σύνδεση των χρηστών με το διαδίκτυο και τις πολυμεσικές εφαρμογές. Ταυτόχρονα με την τεχνολογία των συσκευών σε υλικό και λογισμικό εξελίσσονται και δημιουργούνται νέες τεχνολογίες ασύρματης πρόσβασης (UMTS, WLAN, WiMAX). Τα ασύρματα αυτά δίκτυα πρόσβασης (Radio Access Networks – RANs) λόγω των διαφορετικών χαρακτηριστικών τους, έχουν οδηγήσει σε πολλά ετερογενή δίκτυα.

Μία από τις τάσεις στο τομέα των επικοινωνιών είναι η φιλοσοφία της σύνδεσης οπουδήποτε, οποτεδήποτε και με οποιαδήποτε συσκευή. Η βασική ιδέα είναι ότι με την ύπαρξη όλων αυτών των διαφορετικών RANs τα οποία έχουν διαφορετικές δυνατότητες αλλά και μειονεκτήματα ένα MT θα μπορεί να διαλέγει το καλύτερο από τα υπάρχοντα δίκτυα και να συνδέεται σε αυτό (Always Best Connected). Η μεταγωγή αυτή σε κάποιο καλύτερο δίκτυο, δεν θα γίνεται μόνο στις περιπτώσεις κίνησης του MT πέρα από την κάλυψη ενός δικτύου αλλά και στις περιπτώσεις όπου το δίκτυο στο οποίο είναι συνδεδεμένο, δεν καλύπτει τις ποιοτικές ανάγκες των υπηρεσιών που τρέχουν (Quality of Service). Για παράδειγμα ένας χρήστης ο οποίος είναι συνδεδεμένος στο 3G δίκτυο εκκινεί μια εφαρμογή βίντεο πραγματικού χρόνου, κατά την λήψη του βίντεο η καταγραφή του QoS δείχνει ότι το διαθέσιμο εύρος ζώνης δεν επαρκεί για την καλή αναπαραγωγή του, αυτό σηματοδοτεί την μεταγωγή σε ένα WLAN δίκτυο στην κάλυψη του οποίου βρίσκεται το MT και παρέχει μεγαλύτερο εύρος ζώνης. Οι παράμετροι μεταγωγής του παραδείγματος είναι ενδεικτικοί αφού πρέπει να ληφθούν υπόψιν απώλειες πακέτων, καθυστέρηση, θόρυβος και άλλα βασικά χαρακτηριστικά των RANs.

Αυτή η πτυχιακή εργασία εστιάζεται στην ανάπτυξη μία πλατφόρμας για την εκτέλεση σεναρίων μεταγωγής ώστε να καταγραφεί η επιρροή της μεταγωγής στην ποιότητα του βίντεο.

Abstract

During the last years the rapid evolution of the technology and the drop of prices led to increased production, demand, and usage of mobile terminals like smart mobile phones (Android, Windows Mobile, Symbian), PDAs and netbooks. The main point of usage of those mobile terminals (MT) is internet connectivity and multimedia applications. Along with software/hardware technology we had the evolution and creation of existing and new radio access technologies respectively (UMTS, WLAN, WiMAX). These new Radio Access Networks (RANs) have further increased the heterogeneity of the access technologies.

One of the main trends in the communications sector is the philosophy of the connected anywhere anytime and anyhow. The basic idea is that the MT can choose between the best RAN in his coverage by weighting the pros and cons of each time RAT and network conditions. This handoff between RANs will not only be in cases of mobility or lose of connectivity but it will also consider of application-related QoS requirements. For example a user with a MT under coverage of a 3G and WLAN network starts a video streaming application, during the session QoS fall below an acceptable threshold due to low bandwidth so MT handover toward the WLAN that has more bandwidth. This is just an example moving to a WLAN with more bandwidth does not mean better QoS as long as we have to consider delay, packet loss and other RAT characteristics.

This diploma project, focuses in the development of a platform in order to demonstrate handover scenarios and measure the impact of the procedure on video quality.

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή.....	1
2	Μεταγωγή στα δίκτυα επόμενης γενιάς	7
2.1	Ορισμός και κατηγορίες μεταγωγής.....	7
2.2	3GPP.....	8
2.3	IETF.....	8
2.4	Mobile IP (MIP)	11
2.5	Media Independent Handover – IEEE 802.21	14
3	Media Independent Handover (MIH) – IEEE 802.21.....	16
3.1	Εισαγωγή.....	16
3.2	Αρχιτεκτονική του 802.21	18
3.3	Υπηρεσίες του 802.21	19
3.3.1	Υπηρεσίες γεγονότων (Events)	20
3.3.2	Υπηρεσίες εντολών (Commands).....	21
3.3.3	Υπηρεσία πληροφοριών	22
4	Μετάδοση βίντεο σε ασύρματα δίκτυα	25
4.1	Εισαγωγή.....	25
4.2	H.264/MPEG-4 AVC.....	26
4.2.1	Εισαγωγή στην κωδικοποίηση βίντεο	26
4.2.2	Τεχνικά χαρακτηριστικά του H.264	30
4.2.3	Προφίλ και επίπεδα του H.264.....	34
4.2.4	Network Abstraction Layer	35
4.3	Μετάδοση του Βίντεο σε Ασύρματα Ετερογενή Δίκτυα	37
4.4	Κατηγορίες προσαρμογής βίντεο	40
5	Προσαρμογή του βίντεο με βάση το MIH	42
5.1	Στόχοι και σενάρια.....	42
5.2	Περιγραφή υλοποίησης.....	49
5.2.1	Media Independent Handover (802.21 MIH)	49
5.2.2	Λογισμικά τερματικών συσκευών	53
5.2.2.1	Υπομονάδα WiFi	53

5.2.2.2	Βίντεο παραλήπτης.....	54
5.2.3	Βίντεο Εξυπηρετητής	56
5.2.4	Πρωτόκολλο Κινητικότητας	58
5.2.5	Προσαρμογή των γραμμών	58
5.2.6	Υπολογισμός της ποιότητας του βίντεο.....	60
5.3	Αποτελέσματα	62
6	Συμπεράσματα/Μελλοντική εργασία	65
7	Βιβλιογραφία.....	66
8	Παράρτημα Α (Σύνδεσμοι).....	67
9	Παράρτημα Β (Γραφικές Παραστάσεις)	68

Λίστα Εικόνων

Εικόνα 1.1 Κάθετη αρχιτεκτονική δικτύων.....	2
Εικόνα 1.2 Ετερογενή περιβάλλοντα.....	2
Εικόνα 1.3 Δίκτυα Επόμενης Γενιάς (οριζόντια αρχιτεκτονική)	4
Εικόνα 1.4 All-IP αρχιτεκτονική δικτύου.....	5
Εικόνα 2.1 Πίνακες κινητικότητας (Mobile IP).....	13
Εικόνα 2.2 Τριγωνική δρομολόγηση (Mobile IP).....	13
Εικόνα 2.3 Επιλογή δικτύου από το τερματικό	15
Εικόνα 2.4 Μεταγωγή προερχόμενη από το δίκτυο.....	15
Εικόνα 3.1 Βασική αρχιτεκτονική του MIH.....	19
Εικόνα 3.2 Αρχιτεκτονική με SAPs	19
Εικόνα 3.3 Χρήση του 802.21 για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας	24
Εικόνα 4.1 MobileTV, Youtube and Iphone	25
Εικόνα 4.2 Σύγκριση προτύπων κωδικοποίησης βίντεο.....	30
Εικόνα 4.3 Βασική αρχιτεκτονική κωδικοποίησης/αποκωδικοποίησης	31
Εικόνα 4.4 Network Abstraction Layer	36
Εικόνα 4.5 Προσαρμογή Βίντεο	38
Εικόνα 4.6 Σχέση μεταξύ προσαρμογής/Χρησιμότητας/πόρων	40
Εικόνα 5.1 Πλατφόρμα πτυχιακής εργασίας.....	44
Εικόνα 5.2 Πλατφόρμα πτυχιακής εργασίας (MIH Αρχιτεκτονική)	50
Εικόνα 5.3 Διάγραμμα Βάσης δεδομένων.....	51
Εικόνα 5.4 Αλγόριθμος απόφασης και Εκτέλεσης μεταγωγών	52
Εικόνα 5.5 Υπομονάδα WiFi.....	54
Εικόνα 5.6 Διάγραμμα ακολουθίας του βίντεο παραλήπτη	56
Εικόνα 5.7 Διάγραμμα ακολουθίας βίντεο αποστολέα	57
Εικόνα 5.8 Αρχιτεκτονική με dummynet	59

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 5.1 Πρώτο σενάριο μεταγωγής	44
Πίνακας 5.2 Δεύτερο σενάριο μεταγωγής.....	45
Πίνακας 5.3 Τρίτο σενάριο μεταγωγής.....	45
Πίνακας 5.4 Τέταρτο σενάριο μεταγωγής	46
Πίνακας 5.5 Πέμπτο σενάριο μεταγωγής	46
Πίνακας 5.6 Έκτο σενάριο μεταγωγής.....	47
Πίνακας 5.7 Έβδομο σενάριο μεταγωγής.....	47
Πίνακας 5.8 Όγδοο σενάριο μεταγωγής.....	48
Πίνακας 5.9 Κατώφλια μεταγωγής	53
Πίνακας 5.10 Αποτελέσματα πρώτου σεναρίου μεταγωγής	63
Πίνακας 5.11 Αποτελέσματα δεύτερου σεναρίου μεταγωγής	63
Πίνακας 5.12 Αποτελέσματα τρίτου σεναρίου μεταγωγής.....	63
Πίνακας 5.13 Αποτελέσματα τέταρτου σεναρίου μεταγωγής	63
Πίνακας 5.14 Αποτελέσματα πέμπτου σεναρίου μεταγωγής	63
Πίνακας 5.15 Αποτελέσματα έκτου σεναρίου μεταγωγής.....	64
Πίνακας 5.16 Αποτελέσματα έβδομου σεναρίου μεταγωγής.....	64
Πίνακας 5.17 Αποτελέσματα όγδοου σεναρίου μεταγωγής.....	64

Λίστα Γραφημάτων

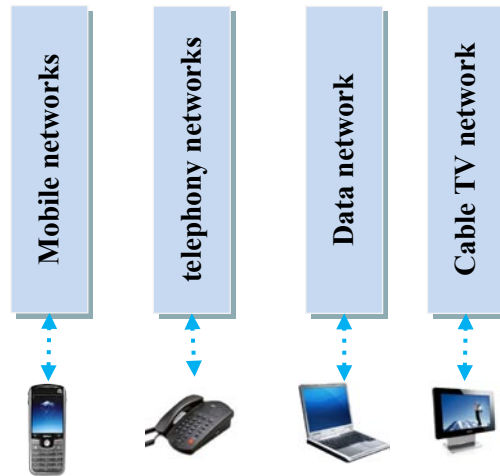
Γράφημα 1	Πρώτο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,β.....	68
Γράφημα 2	Πρώτο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,γ.....	69
Γράφημα 3	Πρώτο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές β,γ.....	70
Γράφημα 4	Δεύτερο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,β.....	71
Γράφημα 5	Δεύτερο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,γ.....	72
Γράφημα 6	Δεύτερο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές β,γ.....	73
Γράφημα 7	Τρίτο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,β.....	74
Γράφημα 8	Τρίτο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,γ.....	75
Γράφημα 9	Τρίτο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές β,γ.....	76
Γράφημα 10	Τέταρτο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,β.....	77
Γράφημα 11	Τέταρτο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,γ.....	78
Γράφημα 12	Τέταρτο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές β,γ.....	79
Γράφημα 13	Πέμπτο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,β.....	80
Γράφημα 14	Πέμπτο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,γ.....	81
Γράφημα 15	Πέμπτο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές β,γ.....	82
Γράφημα 16	Έκτο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,β.....	83
Γράφημα 17	Έκτο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,γ.....	84
Γράφημα 18	Έκτο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές β,γ.....	85
Γράφημα 19	Έβδομο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,β.....	86
Γράφημα 20	Έβδομο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,γ.....	87
Γράφημα 21	Έβδομο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές β,γ.....	88
Γράφημα 22	Όγδοο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,β.....	89
Γράφημα 23	Όγδοο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,γ.....	90
Γράφημα 24	Όγδοο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές β,γ.....	91

1 Εισαγωγή

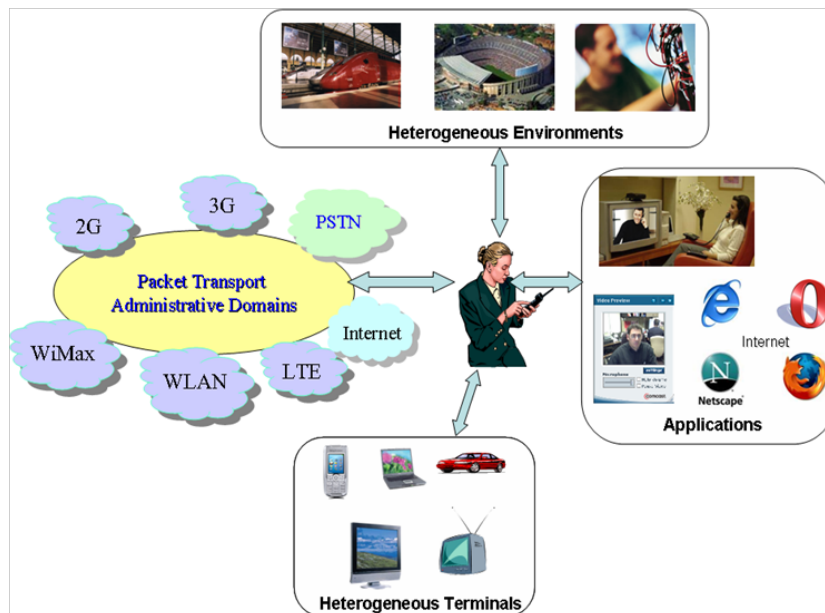
Τα τελευταία χρόνια, οι πάροχοι τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών, ακολούθησαν την κάθετη αρχιτεκτονική δικτύων [Εικόνα 1.1]. Σύμφωνα με την αρχιτεκτονική αυτή, τα δίκτυα που σχεδιάζονταν και δημιουργούνταν, ήταν προσανατολισμένα προς μία και μόνο συγκεκριμένη υπηρεσία. Για παράδειγμα, το δίκτυο της καλωδιακής τηλεόρασης (Cable TV network - CATV) καθώς και το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο (Public Switched Telephone Network - PSTN) είχαν σχεδιαστεί ώστε να παρέχουν αποτελεσματικά υπηρεσίες μόνο τηλεόρασης και μόνο φωνής αντίστοιχα. Οι χρήστες οι οποίοι επιθυμούσαν πρόσβαση σε υπηρεσίες όπως τηλεόραση, φωνή, διαδίκτυο, κινητή τηλεφωνία έπρεπε να είναι συνδρομητές και σε ένα διαφορετικό δίκτυο/πάροχο. Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας οδήγησε στην δημιουργία νέων τεχνολογικών συσκευών (smart phones, PDAs, netbooks) οι οποίες έχουν δυνατότητα συνδεσιμότητας σε περισσότερα από ένα δίκτυα πρόσβασης. Επίσης υπήρξε και η δημιουργία νέων ευρυζωνικών δικτύων πρόσβασης (cable, fiber, WiMAX, xDSL, WiFi, ...) τα οποία προσφέρουν γρήγορες συνδέσεις στους τελικούς χρήστες. Η απομακρυσμένη επικοινωνία και η πρόσβαση στο διαδίκτυο των πληροφοριών έγινε πλέον αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας. Σήμερα υπάρχει η επιθυμία για πρόσβαση στην υπηρεσίες από οποιαδήποτε συσκευή, τοποθεσία και δίκτυο, ήρθε η ανάγκη για σύγκληση όλων αυτών των ετερογενών περιβαλλόντων [Εικόνα 1.2] και η μετατροπή των δικτύων από δίκτυα μίας υπηρεσίας σε δίκτυα πολλαπλών υπηρεσιών.

Για το λόγο αυτό, ήρθε στην επιφάνεια ένας νέος όρος, αυτός των δικτύων επόμενης γενιάς – (Next Generation Networks – NGNs). Σύμφωνα με τον διεθνή οργανισμό τηλεπικοινωνιών ITU-T:

Ένα NGN είναι ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων, ικανό να παρέχει υπηρεσίες (συμπεριλαμβανομένων των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών), οι οποίες θα λαμβάνουν υπόψη την ποιότητα υπηρεσίας (Quality of Service – QoS) κάνοντας χρήση πολλαπλών ευρυζωνικών τεχνολογιών πρόσβασης. Το δίκτυο αυτό θα διαχωρίζει τις λειτουργίες των υπηρεσιών από αυτές των τεχνολογιών πρόσβασης. Τέλος θα μπορεί να προσφέρει στους χρήστες, απεριόριστη πρόσβαση προς τους παρόχους υπηρεσιών και να υποστηρίζει την κινητικότητα, η οποία θα επιτρέπει πρόσβαση από οπουδήποτε στις υπηρεσίες.



Εικόνα 1.1 Κάθετη αρχιτεκτονική δικτύων



Εικόνα 1.2 Ετερογενή περιβάλλοντα

Πιο συγκεκριμένα τα χαρακτηριστικά των Δικτύων Επόμενης Γενιάς είναι:

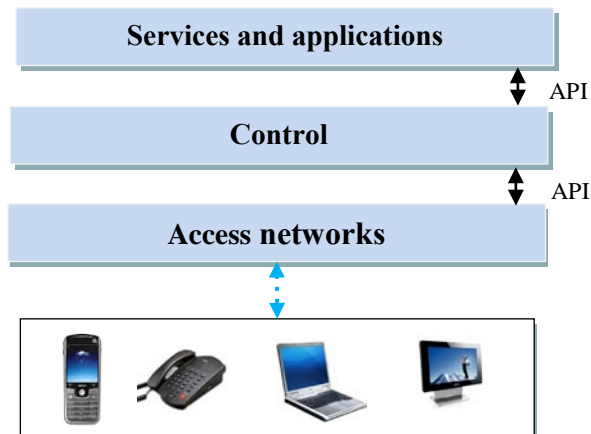
- Χρήση μεταγωγής πακέτων για την μεταφορά των δεδομένων
- Διαχωρισμός των λειτουργιών ελέγχου μεταξύ των δυνατοτήτων του φορέα, κλήσεων/συνόδων, και εφαρμογών/υπηρεσιών
- Διαχωρισμός της παροχής υπηρεσιών από την μεταφορά και παροχή ανοικτών διεπαφών

- Υποστήριξη μιας ευρείας γκάμας υπηρεσιών, εφαρμογών και μηχανισμών βασισμένες σε δομικά στοιχεία υπηρεσιών (συμπεριλαμβανομένων υπηρεσιών πραγματικού χρόνου/ streaming/ μη πραγματικού χρόνου και πολυμέσων)
- Ευρυζωνικές δυνατότητες με QoS από άκρο σε άκρο
- Διαλειτουργικότητα με τα παλαιότερα δίκτυα μέσω ανοικτών διεπαφών
- Υποστήριξη κινητικότητας
- Απεριόριστη πρόσβαση από χρήστες σε διαφορετικούς παρόχους υπηρεσιών
- Μια ποικιλία από σχήματα αναγνώρισης τα οποία θα μπορούν να καταλήξουν σε IP διευθύνσεις για τις ανάγκες της δρομολόγησης
- Ενοποιημένα χαρακτηριστικά υπηρεσιών για την ίδια υπηρεσία κατά την αντίληψη του χρήστη.
- Ενοποιημένες υπηρεσίες μεταξύ σταθερών/κινητών
- Ανεξαρτησία των λειτουργιών των υπηρεσιών από τις τεχνολογίες μεταφοράς
- Υποστήριξη πολλαπλών last mile τεχνολογιών
- Συνεπεία με όλες τις απαιτούμενες ανάγκες όπως για παράδειγμα επικοινωνίες ανάγκης, ασφάλεια, ιδιωτικότητα, νομικά θέματα κτλ.

Ένα από τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα των NGNs και της οριζόντιας σχεδίασης δικτύων [Εικόνα 1.3], είναι ο διαχωρισμός των λειτουργιών των υπηρεσιών από τις τεχνολογίες πρόσβασης δικτύων και επομένως ο διαχωρισμός των παρόχων πρόσβασης από τους παρόχους υπηρεσιών. Έτσι, ο οργανισμός που θα παρέχει πρόσβαση στο δίκτυο θα μπορεί να είναι διαφορετικός από αυτόν που θα παρέχει υπηρεσίες όπως φωνή, βίντεο, e-mail κτλ. Με αυτόν τον τρόπο, οι χρήστες μπορούν να διαλέξουν τους παρόχους υπηρεσιών που καλύπτουν τις εξειδικευμένες ανάγκες τους (οι οποίοι μπορεί ακόμα να ανήκουν και σε διαφορετική χώρα!). Ωστόσο, αυτή η δυνατότητα είναι ένα μεγάλο πλήγμα για τους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους οι

οποίοι θέλουν να έχουν ταυτόχρονο έλεγχο και των δύο παροχών ώστε να μην υπάρχει ανταγωνισμός.

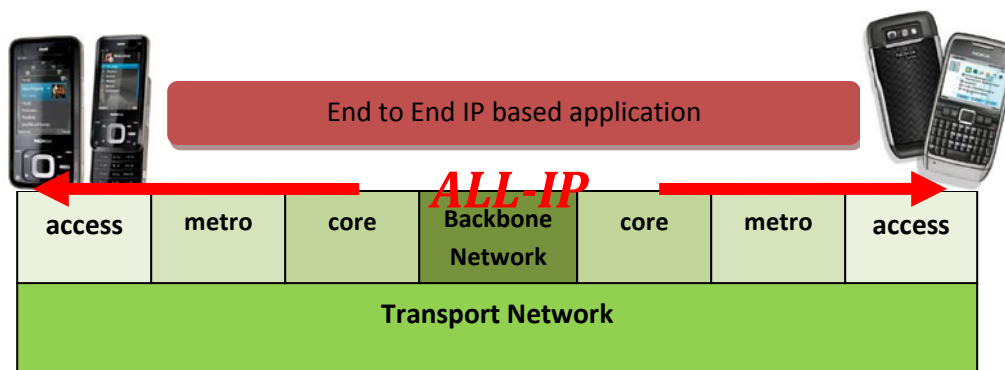
Η μεταφορά των δεδομένων στα NGNs γίνεται με μεταγωγή πακέτων. Πιο συγκεκριμένα τα NGNs χτίζονται γύρω από το πρωτόκολλο IP. Ο λόγος που χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο IP έγκειται στο γεγονός ότι είναι συμβατό με οποιαδήποτε δικτυακή τεχνολογία πρόσβασης και αν χρησιμοποιείται. Με αυτό τον τρόπο το core [IP] δίκτυο μπορεί να αναπτύσσεται ανεξάρτητα από το δίκτυο πρόσβασης και το αντίθετο. Επίσης το core δίκτυο, από την πλευρά των υπηρεσιών, δημιουργεί ένα επίπεδο αφαίρεσης πάνω από τα ετερογενή δίκτυα πρόσβασης, επιτρέποντας την εύκολη ανάπτυξη υπηρεσιών με διαφορετικά χαρακτηριστικά (δεδομένα, βίντεο, φωνή). Αυτή η αρχιτεκτονική δικτύων είναι ευρέως γνωστή ως all-IP [Εικόνα 1.4].



Εικόνα 1.3 Δίκτυα Επόμενης Γενιάς (οριζόντια αρχιτεκτονική)

Με την σύγκληση των δικτύων σε μία κοινή υποδομή πρόσβασης σε υπηρεσίες, ήρθε και μία νέα τάση στον τομέα των ασύρματων τηλεπικοινωνιών, αυτή του συνδεδεμένος οποτεδήποτε, οπουδήποτε και με οποιαδήποτε συσκευή. Η βασική ιδέα πίσω από αυτή την φιλοσοφία που αναφέρεται και ως Always Best Connected, είναι ότι με την ύπαρξη όλων αυτών των διαφορετικών δικτύων πρόσβασης, τα οποία έχουν διαφορετικές δυνατότητες αλλά και μειονεκτήματα, ένα κινητό τερματικό (Mobile Terminal - MT) θα μπορεί να διαλέγει βάση πολλαπλών παραμέτρων και ποιοτικών αναγκών το καλύτερο εκ αυτών προς σύνδεση. Οι τεχνολογίες ράδιο πρόσβασης (Radio Access Technologies –RATs) μπορεί να εκτείνονται από τα υπάρχοντα δίκτυα (π.χ UMTS, WiMAX) μέχρι και τα μελλοντικά (π.χ 3GPP LTE). Είναι απαραίτητο λοιπόν, να δημιουργηθούν μηχανισμοί οι οποίοι θα επιτρέπουν οποιαδήποτε στιγμή

την επιλογή του καλύτερου RAN προς σύνδεση. Μία άλλη τάση στον ίδιο τομέα, είναι αυτής της παροχής ευρυζωνικών δικτύων πρόσβασης στον τελικό χρήστη. Για παράδειγμα η έκδοση 6 του UMTS παρέχει μέσω των τεχνολογιών High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) και High Speed Uplink Packet Access (HSUPA) ρυθμούς δεδομένων 14Mbps και 5.8 Mbps στο κατέβασμα και ανέβασμα αντίστοιχα. Αυτές οι δύο τάσεις, η ανάπτυξη νέων ευρυζωνικών δικτύων και η ολοκλήρωση των ετερογενών ασύρματων δικτύων θα ολοκληρώσουν τους στόχους των αποκαλούμενων και ως 4G δικτύων.



Εικόνα 1.4 All-IP αρχιτεκτονική δικτύου

Η πτυχιακή εργασία αυτή, εστιάζεται στην μεταγωγή των τερματικών σε ετερογενή ασύρματα δίκτυα. Η έννοια της μεταγωγής υπήρχε ήδη στα ασύρματα δίκτυα πρόσβασης και ιδιαίτερα στα κυψελοειδή δίκτυα της κινητής τηλεφωνίας. Η απόφαση της μεταγωγής, βασιζόταν κυρίως στο επίπεδο της ποιότητας της ασύρματης σύνδεσης. Η αγνόηση της κατάστασης των ανωτέρων επιπέδων, οδηγεί τις περισσότερες φορές σε λανθασμένες αποφάσεις, αφού δεν λαμβάνεται υπόψιν το QoS των υπηρεσιών που τρέχουν οι χρήστες. Η αγνόηση του QoS, έχει σοβαρή επίπτωση στην τελική ποιότητα των υπηρεσιών που αντιλαμβάνεται ο χρήστης, κάτι που είναι και ο τελικός στόχος ενός σύγχρονου δικτύου/υπηρεσίας. Για τον λόγο αυτό, τα τελευταία χρόνια γίνεται έρευνα πάνω σε αλγόριθμους αποφάσεων μεταγωγής, οι οποίοι βασίζονται στις αποφάσεις τους, στα επίπεδα δικτύου και εφαρμογών εκτός από το επίπεδο σύνδεσης.

Στην επόμενη ενότητα ακολουθεί μια συνοπτική περιγραφή των κατηγοριών μεταγωγής καθώς και των μεθόδων κινητικότητας όπως έχουν οριστεί και υλοποιηθεί από τους διάφορους φορείς προτυποποίησης. Στην τρίτη ενότητα γίνεται περιγραφή του προτύπου 802.21, το πρότυπο αυτό είναι ένα αφηρημένο πλαίσιο μία κεντροποιημένης αρχιτεκτονικής αποφάσεων και ελέγχου

μεταγωγών. Στην τέταρτη ενότητα γίνεται μία εισαγωγή για την μετάδοσης πολυμέσων στα ασύρματα δίκτυα. Στην πέμπτη ενότητα γίνεται μία ιστορική αναδρομή των προτύπων κωδικοποίησης βίντεο καθώς και μία περιγραφή του προτύπου H.264 το οποίο αποτελεί την βέλτιστη λύση κωδικοποίησης σήμερα. Στην έκτη ενότητα παρουσιάζεται η έννοια της προσαρμογής του βίντεο στα διάφορα περιβάλλοντα. Στην έβδομη ενότητα γίνεται η παρουσίαση των στόχων, της υλοποίησης και των αποτελεσμάτων της πτυχιακής εργασίας.

2 Μεταγωγή στα δίκτυα επόμενης γενιάς

2.1 Ορισμός και κατηγορίες μεταγωγής

Ο όρος μεταγωγή (handover), αναφέρεται στην διαδικασία κατά την οποία, ένα MT συσχετίζεται με το δίκτυο καθώς κινείται στα διάφορα σημεία πρόσβασης (Point of Attachment – PoA) και η μεταφορά των συνόδων από το προηγούμενο PoA στο επόμενο. Το σενάριο της κινητικότητας ορίζεται με διαφορετικούς τρόπους ανάλογα με τον φορέα προτυποποίησης:

- **Νομαδικότητα (Nomadicity):** Είναι η δυνατότητα ενός χρήστη, να αλλάξει το PoA. Όταν ο χρήστης αλλάζει PoA οι σύνοδοι διακόπτονται εντελώς και συνεχίζονται αργότερα στο νέο PoA. Αναφέρεται κυρίως για υπηρεσίες όπως VoIP όπου γίνεται δυνατή η σύνδεση στην υπηρεσία από οποιοδήποτε PoA.
- **Διατήρηση συνόδων (Session Continuity):** Είναι η δυνατότητα του τερματικού να μεταβεί σε ένα νέο PoA διατηρώντας της συνόδους που είχε στο προηγούμενο PoA. Αυτή η διαδικασία, περιλαμβάνει μερική διακοπή και επαναφορά της υπηρεσίας ή απώλειες πακέτων κατά την αλλαγή του PoA.
- **Αδιάκοπη μεταγωγή (Seamless handoff):** Η δυνατότητα ενός τερματικού, να έχει διαφανή μεταφορά όλων των συνόδων με ελάχιστες απώλειες πακέτων, καθώς κινείται μεταξύ διαφόρων PoA.

Οι διάφορες κατηγορίες μεταγωγής είναι:

- **Ενδοσυστηματική μεταγωγή (Intrasystem/Horizontal Handover):** Το τερματικό συσχετίζεται με ένα νέο PoA το οποίο είναι ίδιας τεχνολογίας με το προηγούμενο. Συνήθως αναφέρεται και ως οριζόντια μεταγωγή.
- **Διασυστηματική μεταγωγή (Intersystem/Vertical Handover):** Το τερματικό συσχετίζεται με ένα νέο PoA το οποίο είναι διαφορετικής τεχνολογίας (ετερογενές) με το προηγούμενο. Συνήθως αναφέρεται και ως κάθετη μεταγωγή.

- Δια-παροχική μεταγωγή (Interoperator Handover): Η δυνατότητα να μεταφερθεί η σύνδεση σε ένα δίκτυο διαφορετικό από το οικείο δίκτυο όπου έχει εγγραφεί η υπηρεσία.

2.2 3GPP

Τα ασύρματα δίκτυα επόμενης γενιάς θα δουλεύουν σε ένα πλαίσιο συνεργασίας και θα υποστηρίζουν την κινητικότητα των τερματικών μεταξύ ετερογενών τεχνολογιών. Το 3GPP, έχει ήδη ακολουθήσει αυτό το πλαίσιο μέσω του Long Term Evolution (LTE), με σκοπό την υποστήριξη διαφορετικών συστημάτων πρόσβασης (υπάρχοντα και μελλοντικά) και επιλογή πρόσβασης βασισμένη σε πολιτικές, προτιμήσεις χρηστών και συνθήκες δικτύου. Στα πλαίσια του 3GPP, οι ανάγκες της κινητικότητας περιλαμβάνουν τα παρακάτω:

- Η λειτουργία διαχείρισης της κινητικότητας, θα είναι υπεύθυνη για την κινητικότητα στο Evolved 3GPP System και μεταξύ του Evolved 3GPP System και των διαφόρων συστημάτων πρόσβασης.
- Το Evolved 3GPP mobility management θα πρέπει να επιτρέπει στον δικτυακό πάροχο να ελέγχει το σύστημα πρόσβασης που χρησιμοποιεί ο χρήστης
- Οι λειτουργίες κινητικότητας μεταξύ, των εξελιγμένων 3GPP συστημάτων και των υπάρχοντων 3GPP συστημάτων πρόσβασης ή και των μη 3GPP συστημάτων πρόσβασης, θα πρέπει να παρέχει αδιάκοπη λειτουργία για υπηρεσίες πραγματικού και μη χρόνου.

2.3 IETF

Η διαχείριση της κινητικότητας σε δίκτυα που βασίζονται στο πρωτόκολλο IP, προϋποθέτει την διατήρηση του PoA κατά την διάρκεια της κίνησης του τερματικού στα διάφορα δίκτυα βασισμένα στο πρωτόκολλο IP. Τα πρωτόκολλα διαχείρισης της κινητικότητας μπορούν να ομαδοποιηθούν στις εξής κατηγορίες:

1. Λύσεις σε επίπεδο δικτύου: χειρίζονται την κινητικότητα των χρηστών είτε σε υποδίκτυα (micromobility) είτε σε διαφορετικά δίκτυα (macromobility). Τα πρωτόκολλα αυτών των κατηγοριών είναι τα εξής:

- **Mobile IP:** είναι το πιο γνωστό πρωτόκολλο για τον χειρισμό της νομαδικότητας σε δίκτυα που βασίζονται στο IP. Τα βασικά πρωτόκολλα Mobile IPv4 και Mobile IPv6 επιτρέπουν σε ένα κινούμενο κόμβο να κρατά την IP διεύθυνση παρόλο που κινείται σε ένα νέο υποδίκτυο. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιεί δύο διευθύνσεις: η μία χρησιμοποιείται για τους σκοπούς της δρομολόγησης (Care-of-Address – CoA) και η άλλη για αναγνώριση του κόμβου (Home Address – HA). Λόγω της ευρείας χρήσης του πρωτοκόλλου αυτού γίνεται μία λεπτομερής ανάλυση της λειτουργίας του στο κεφάλαιο 2.4.
- Το **Cellular IP** και το **HAWAII** είναι πρωτόκολλα μικρό-κινητικότητας που σχετίζονται με την κινητικότητα σε τοπικές κινήσεις ενός τερματικού. Χρησιμοποιείται κυρίως για την αποσυμφόρηση των δικτύων από τα μηνύματα κινητικότητας. Για τον σκοπό αυτό διαχωρίζονται τα ενεργά συστήματα από τα μη-ενεργά για την βελτίωση της απόδοσης και της κλιμάκωσης.
- Τα πρωτόκολλα μικρο-κινητικότητας χρησιμοποιήθηκαν για την βελτίωση της λειτουργίας του MIP. Το MIP είχε κάποια μειονεκτήματα σχετικά με τους χρόνους μεταγωγής και το overhead που εισήγαγε η τριγωνική δρομολόγηση. Για τον λόγο αυτό, ο IETF πρότεινε αρκετές επεκτάσεις που σχετίζονται με αυτά τα προβλήματα. Το ιεραρχικό Mobile IP (**Hierarchical Mobile IP - HMIP**) εισήγαγε έναν νέο κόμβο τον Mobility Anchor Point στην αρχιτεκτονική του Mobile IP. Ο κόμβος αυτός διαχωρίζει τις τοπικές μεταγωγές από τις γενικές μεταγωγές. Επίσης, οι γρήγορες μεταγωγές με την χρήστη του MIP, επιτρέπουν σε ένα MT να παρέχει πληροφορίες σχετικά με το νέο σημείο πρόσβασης στον τρέχων δρομολογητή χρησιμοποιώντας ένα fast binding update μήνυμα.
- **Host Identity Protocol (HIP):** Το HIP είναι μία πρόταση για την εισαγωγή ενός νέου χώρου ονομάτων στην TCP/IP στοίβα. Ο νέος αυτός χώρος ονομάτων αποτελείται από Host Identifiers, οι οποίοι είναι δημόσια κλειδιά κρυπτογραφίας. Η αρχιτεκτονική του HIP, προσθέτει ένα νέο επίπεδο μεταξύ των επιπέδων IP και μεταφοράς διαχωρίζοντας με αυτόν τον τρόπο τον διπλό

ρόλο μίας IP διεύθυνσης. Ο πρώτος ρόλος μίας IP διεύθυνσης είναι αυτός της δρομολόγησης και εύρεσης ενός τερματικού στο δίκτυο, ενώ ο δεύτερο ρόλος είναι αυτός της αναγνώρισης τερματικών από την πλευρά των επιπέδων μεταφοράς και άνω. Όταν χρησιμοποιείται η αρχιτεκτονική του HIP οι host identifiers λειτουργούν ως αναγνωριστικά των τερματικών σε επίπεδο εφαρμογής. Με αυτόν τον τρόπο διαχωρίζονται τα δύο επίπεδα με απώτερο σκοπό την ξεχωριστή εξέλιξη τους.

- **Virtual Internet Protocol (VIP):** Στο VIP υπάρχει ένα εικονικό δίκτυο το οποίο υπάρχει πάνω από το φυσικό δίκτυο. Στο επίπεδο μεταφοράς είναι ορατό μόνο το εικονικό δίκτυο. Κάθε χρήστης θεωρείτε ότι είναι συνδεδεμένος στο ίδιο εικονικό δίκτυο (οικείο δίκτυο) ακόμα και αν μετακινείται σε ένα άλλο φυσικό δίκτυο. Ένας χρήστης έχει ταυτόχρονα μια εικονική (η οποία δεν αλλάζει ποτέ) και μία φυσική δικτυακή διεύθυνση. Η εικονική διεύθυνση δείχνει την τοποθεσία του χρήστη στο φυσικό δίκτυο και χρησιμοποιείται για τους σκοπούς της δρομολόγησης. Το επίπεδο μεταφοράς προσδιορίζει τον τελικό χρήστη χρησιμοποιώντας την εικονική διεύθυνση.
- **LIN6:** Είναι ένα πρωτόκολλο κινητικότητας σε μια δικτυακή αρχιτεκτονική που ονομάζεται LINA (Location Independent Network Architecture). Το LIN6 χρησιμοποιεί δύο τύπους δικτυακών διευθύνσεων: το LIN6 generalized ID και την LIN6 address. Το LIN6 generalized ID έχει μήκος 128 bits και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από το επίπεδο μεταφοράς και πάνω, αποτελείται από δύο τμήματα των 64 bits: το πρώτο είναι μία σταθερά η οποία προσδιορίζει την LIN6 διεύθυνση και το δεύτερο είναι το χαρακτηριστικό του κόμβου το οποίο δεν αλλάζει ποτέ. Η LIN6 address είναι και αυτή 128 bits και χρησιμοποιείται από το επίπεδο δικτύου και προσδιορίζει ταυτόχρονα την τοποθεσία ενός κόμβου και τον ίδιο τον κόμβο. Αποτελείται από δύο τμήματα των 64 bits: το πρώτο είναι η διεύθυνση του δικτύου η οποία αλλάζει κατά την κίνηση του κόμβου και το δεύτερο είναι το χαρακτηριστικό του κόμβου το οποίο χρησιμοποιείται και στο LIN6 generalized ID. Στην αρχιτεκτονική του δικτύου υπάρχει ένας κόμβος που ονομάζεται Mapping

Agent. Ο κόμβος αυτός ενημερώνεται για την τοποθεσία των κόμβων και χρησιμοποιείται για την μετάφραση του IPv6 generalized ID σε IPv6 διεύθυνση.

2. **mobile Stream Control Transmission Protocol (mSCTP)**: Το πρωτόκολλο αυτό λειτουργεί στο επίπεδο μεταφοράς και επιτρέπει σε έναν κόμβο να προσθέσει ή να διαγράψει μία IP διεύθυνση και επίσης να αλλάξει την IP διεύθυνση που συσχετίζεται με μία σύνοδο. Στα πλαίσια του mSCTP για την επίτευξη μίας μεταγωγής πρέπει να γίνουν τα ακόλουθα βήματα: Απόκτηση μίας IP διεύθυνσης από την νέα τοποθεσία, προσθήκη της νέα IP διεύθυνσης στο SCTP, μετατροπή της primary IP address και αφαίρεση της παλιάς IP διεύθυνσης από το SCTP.
3. **SIP**: Το Session Initiation Protocol είναι ένα πρωτόκολλο σηματοδότησης, λειτουργεί στο επίπεδο εφαρμογών και χρησιμοποιείται για την διαχείριση συνόδων πολυμέσων. Έχει σχεδιαστεί ώστε να μπορεί να χειριστεί την κινητικότητα πριν τις συνόδους και την κινητικότητα κατά την διάρκεια των συνόδων.
4. **NetLMM**: Αναφέρεται στο Network-based Localized Management όπου η κινητικότητα σε ένα τοπικό δίκτυο πρόσβασης διαχωρίζεται από την διαχείριση της γενικής κινητικότητας. Συνεπώς, το NetLMM εστιάζεται στον ορισμό ενός μηχανισμού ελέγχου για την επικοινωνία μεταξύ των οντοτήτων διαχείρισης της τοπικής και ευρείας κινητικότητας (Local Mobility Management και Global Mobility Management Modules αντίστοιχα).

2.4 Mobile IP (MIP)

Όταν ένα τερματικό αλλάζει PoA όλες οι σύνοδοι που τρέχουν στο τερματικό θα χαθούν αφού τα πακέτα θα δρομολογούνται στην IP διεύθυνση που είχε το τερματικό πριν την μεταγωγή. Για την αποφυγή αυτής της διακοπής των συνόδων χρησιμοποιείται το MIP. Στο πλαίσιο του MIP κάθε κινούμενο τερματικό αναγνωρίζεται από την οικεία διεύθυνση ανεξαρτήτως από τη τρέχουσα PoA. Όταν βρίσκεται εκτός του οικείου δικτύου, το τερματικό συσχετίζεται με μία διεύθυνση (care-of-address) στο δίκτυο φιλοξενίας που παρέχει πληροφορίες για το τρέχων PoA στο διαδίκτυο. Το πρωτόκολλο παρέχει την δυνατότητα στα τερματικά να δηλώνουν την CoA σε έναν home agent – HA. Ο home agent

στέλνει τα πακέτα που προορίζονται για το τερματικό μέσω ενός IP tunnel στην care-of-address. Αυτή η διαδικασία διασφαλίζει ότι το τερματικό διατηρεί την λογική διεύθυνσή του (home address) και όλες τις συνόδους που τρέχουν σε κάθε μεταγωγή οποιαδήποτε στιγμή.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η κινητικότητα διατηρείται από κάποιους ειδικού σκοπού δρομολογητές οι οποίοι ονομάζονται mobility agents. Οι mobility agents διακρίνονται σε δύο τύπους, τους home agents και τους foreign agents.

- Οι home agents είναι ένας προκαθορισμένος δρομολογητής στο οικείο δίκτυο του χρήστη, και διατηρεί έναν πίνακα κινητικότητας με τα εξής στοιχεία <home address, care-of-address, χρόνος διατήρησης> [Εικόνα 2.1]. Ο σκοπός αυτού του πίνακα είναι να συσχετίσει την μόνιμη με την προσωρινή διεύθυνση του τερματικού ώστε να μπορεί να προωθήσει τα πακέτα.
- Οι foreign agents είναι δρομολογητές ειδικού σκοπού που βρίσκονται στο ξένο δίκτυο το οποίο έχει επισκεφθεί ένα τερματικό. Οι δρομολογητές αυτοί διατηρούν μία λίστα επισκεπτών για τα τερματικά που ανήκουν σε κάποιο άλλο δίκτυο. Για κάθε τερματικό υπάρχουν οι εξής πληροφορίες στην λίστα <home address, home agent address, media address, χρόνος διατήρησης> [Εικόνα 2.1].

Η care-of-address μπορεί να είναι δύο ειδών, στην πρώτη περίπτωση η care-of-address που έχει ένα τερματικό είναι η IP διεύθυνση του foreign agent ενώ στην δεύτερη έχουμε την collocated care-of address η οποία είναι μία διεύθυνση η οποία παίρνει το τερματικό από κάποιων τρίτο μηχανισμό διευθυνσιοδότησης (π.χ. DHCP).

Όταν ένα τερματικό θέλει να επικοινωνήσει με τον χρήστη τότε αυτό στέλνει πακέτα στην μόνιμη διεύθυνση του (home address). Το πακέτο αυτό φτάνει στον home agent ο οποίος με την σειρά του αφού εξετάσει το πακέτο για τον παραλήπτη ελέγχει τον πίνακα κινητικότητας για να δει αν ο χρήστης βρίσκεται εκτός του οικείου δικτύου. Στην περίπτωση που ο χρήστης βρίσκεται εκτός οικείου δικτύου, ο home agent δημιουργεί και στέλνει ένα νέο IP πακέτο του οποίου το header έχει ως διεύθυνση παραλήπτη την care-of-address του τερματικού και ως payload το IP πακέτο που παρέλαβε ο home agent. Η διαδικασία της ενθυλάκωσης ενός IP πακέτου σε ένα άλλο ονομάζεται IP tunneling. Όταν το ενθυλακωμένο πακέτο φτάσει στον foreign agent αυτός βγάζει το αρχικό πακέτο και βλέποντας την home address ελέγχει

τον πίνακα επισκεπτών για να δει αν υπάρχει το τερματικό. Αφού βρει το τερματικό στον πίνακα στέλνει το πακέτο στην media address του τερματικού.

Home address	Care-of-address	Lifetime (sec)
211.128.3.5	207.12.8.65	150
211.128.3.6	200.8.3.1	12

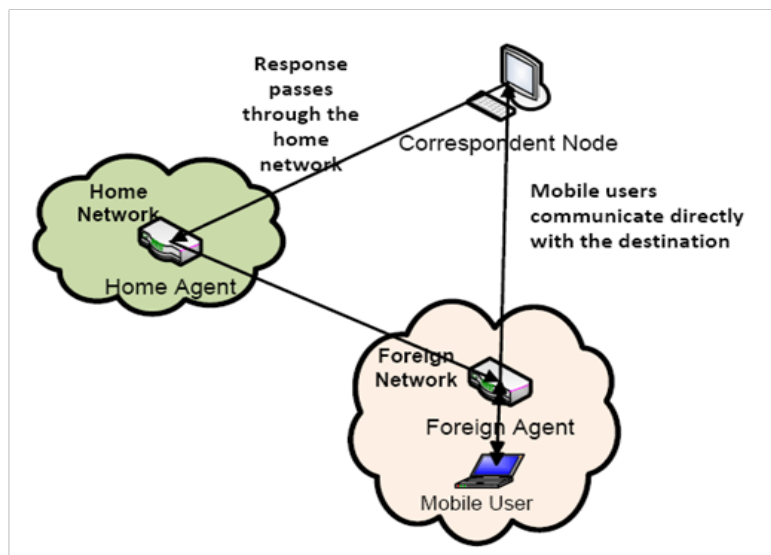
Πίνακας κινητικότητας του home agent

Home address	Home agent	Media address	Lifetime
211.128.3.5	211.128.3.1	00-25-12-A5-C2-11	15

Πίνακας επισκεπτών του foreign agent

Εικόνα 2.1 Πίνακες κινητικότητας (Mobile IP)

Όταν το τερματικό θέλει να ανταποκριθεί ή να ξεκινήσει μία νέα επικοινωνία στέλνει τα πακέτα του απευθείας στον παραλήπτη όμως βάζει στο IP πακέτο διεύθυνση αποστολέα την home address ώστε τα πακέτα που θα λάβει ως απάντηση να περνάνε από το οικείο δίκτυο και να λειτουργεί το όλο σενάριο κινητικότητας. Η δρομολόγηση αυτή ονομάζεται τριγωνική δρομολόγηση (triangle routing) [Εικόνα 2.2]



Εικόνα 2.2 Τριγωνική δρομολόγηση (Mobile IP)

2.5 Media Independent Handover – IEEE 802.21

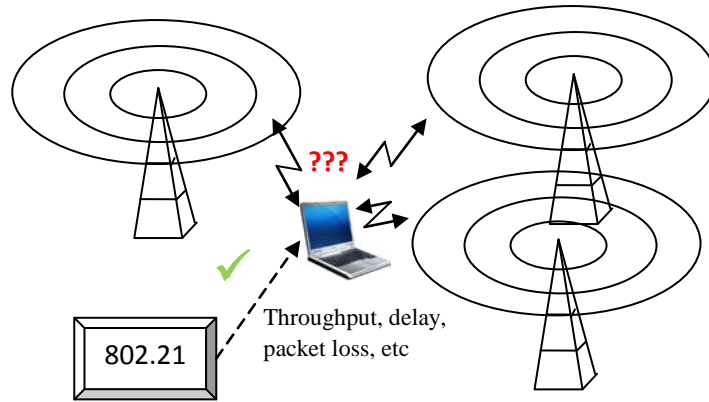
Οι μηχανισμοί κινητικότητας, όπως το Mobile IP, τότε είχαν αρκετά προβλήματα ανακάλυψης δικτύων και χρόνων που οδηγούσαν σε διακοπές αρκετών δευτερολέπτων. Τα προβλήματα αυτά, οφείλονται στο ότι δεν υπήρχε μηχανισμός ανάκτησης πληροφοριών για τις συνθήκες δικτύου από τα χαμηλότερα επίπεδα. Οι μεταγωγές προέρχονταν είτε από το τερματικό είτε από το ίδιο το δίκτυο σε περιπτώσεις χαμηλού σήματος στο φυσικό κανάλι. Το θέμα της μεταγωγής των τερματικών, μεταξύ ετερογενών δικτύων και της παροχής στο δίκτυο ή στο τερματικό όλων των πληροφοριών που χρειάζονται για μία βέλτιστη ανεξαρτήτου μέσου μεταγωγή, είχε αρχίσει να εξετάζεται από μία νέα ομάδα της IEEE στις αρχές του 2003. Η ομάδα αυτή μέσω του πρότυπου IEEE 802.21 προτείνει μια αφηρημένη κεντροποιημένη αρχιτεκτονική όπου μέσω εντολών και γεγονότων πληροφορίες από διάφορα επίπεδα του OSI αποθηκεύονται σε μία υπηρεσία πληροφοριών για μελλοντική χρήση.

Πιο συγκεκριμένα το τερματικό μέσω αυτής της αρχιτεκτονικής μπορεί να γνωρίζει τι συμβαίνει στα διαθέσιμα δίκτυα πρόσβασης κάτι που δεν ήταν εφικτό μέχρι τότε,

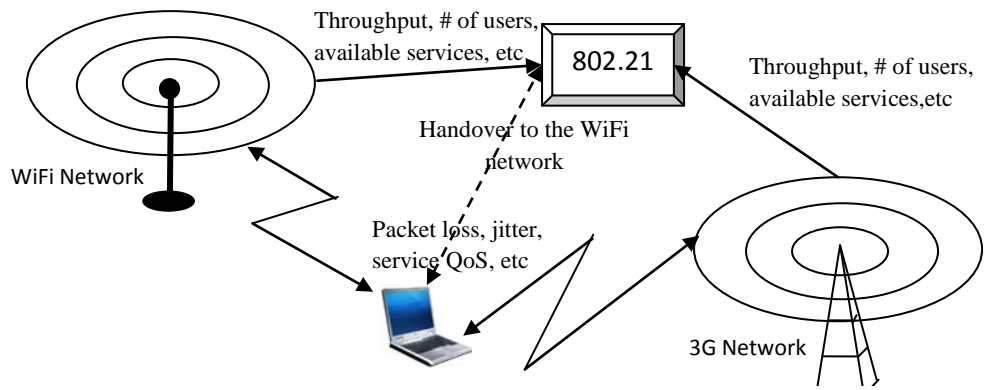
Παράδειγμα 1.1. Ένα τερματικό υπό την κάλυψη πολλαπλών δικτύων διαφορετικής ή ίδιας τεχνολογίας ζητά πληροφορίες όπως διακομιστική ικανότητα, καθυστέρηση πακέτων, απώλειες πακέτων ώστε να αποφασίσει ποιο δίκτυο είναι καλύτερο για την VoIP υπηρεσίας που θέλει να τρέξει [Εικόνα 2.3].

Από την πλευρά του, το δίκτυο, μπορεί να παίρνει το ίδιο αποφάσεις για τις μεταγωγές των τερματικών με βάση το QoS που προσφέρει στο κάθε τερματικό, να προβλέπει την μεταγωγή ενός τερματικού με βάση την γεωγραφική θέση, να εξισορροπεί την κατανομή των τερματικών στα RAN, κτλ.

Παράδειγμα 1.2. Το δίκτυο με βάση της πληροφορίες που λαμβάνει από τα RAN και το τερματικό αποφασίζει για την μεταγωγή του τερματικού σε κάποιο καλύτερο RAN [Εικόνα 2.4].



Εικόνα 2.3 Επιλογή δικτύου από το τερματικό



Εικόνα 2.4 Μεταγωγή προερχόμενη από το δίκτυο

3 Media Independent Handover (MIH) – IEEE 802.21

3.1 Εισαγωγή

Το 2003, δημιουργήθηκε μια νέα ομάδα στον οργανισμό τυποποίησης IEEE που είχε ως στόχο την προτυποποίηση του τρόπου μεταγωγής μεταξύ ετερογενών δικτύων που βασίζονται στο πρότυπο 802 (αργότερα επεκτάθηκε ώστε να καλύπτει δίκτυα άλλης τεχνολογίας). Ο στόχος του προτύπου, είναι να δοθεί δυνατότητα στα τερματικά, να διαλέγουν την καλύτερη μεταξύ πολλών δικτυακή σύνδεση και η άνευ διακοπής της σύνδεσης μεταγωγή μεταξύ αυτών των δικτύων χωρίς την συμμετοχή του χρήστη. Αυτό θα μπορούσε να γίνει προτυποποιώντας τον τρόπο που τα δίκτυα, το καθένα εκ των οποίων έχει διαφορετικούς Media Access Control (MAC) μηχανισμούς, θα μεταφέρει δικτυακές πληροφορίες στο επίπεδο 3 όπου γίνονται οι μεταγωγές. Το 802.21 είναι ένα αφηρημένο επίπεδο που θα προσφέρει στα ανώτερα επίπεδα μία κοινή διεπαφή που θα είναι ανεξάρτητη από την εκάστοτε δικτυακή τεχνολογία πρόσβασης. Η δυνατότητα αυτή είχε και έχει σήμερα ακόμα μεγαλύτερη σημασία με την έναρξη της υποστήριξης στα κινητά και ασύρματα δίκτυα, εφαρμογών πραγματικού χρόνου που δεν μπορούν να ανεχθούν διακοπή της σύνδεσης όπως τηλεδιάσκεψη, κλήσης φωνής, βιντεοκλήση κτλ.

Συνοπτικά οι στόχοι του 802.21 είναι:

- Μία αρχιτεκτονική για να επιτευχθεί γρήγορη άνευ διακοπής μεταγωγή σε δίκτυα πρόσβασης διαφορετικών τεχνολογιών
- Ο ορισμός ενός νέου επιπέδου Service Access Point (SAP) που θα προσφέρει μία κοινή διεπαφή ανεξάρτητη από την δικτυακή τεχνολογία πρόσβασης
- Να οριστούν γεγονότα επιπέδου 2 ώστε δοθούν περισσότερες δυνατότητες στις υπηρεσίες μεταγωγής παραπάνω επιπέδων
- Να τυποποιήσει τις εντολές για την διαδικασία της μεταγωγής ώστε να δοθούν περισσότερες δυνατότητες στις λειτουργίες των ανωτέρων επιπέδων (όπως το Mobile IP) για μεταγωγή.

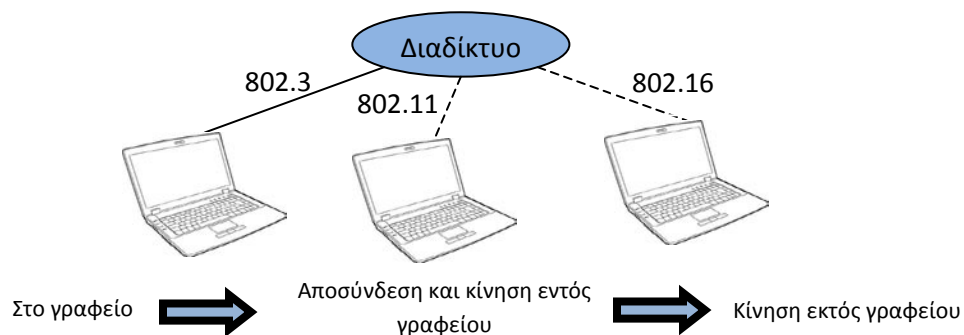
- Τέλος να οριστεί ένα τρόπος μεταφοράς όλων αυτών των πληροφοριών και των γεγονότων

Στους στόχους δεν ανήκουν τα εξής:

- Να οριστούν πολιτικές μεταγωγής
- Να οριστεί η διαδικασία επιλογής δικτύου
- Η εκτέλεση της μεταγωγής
- Η διαδικασία ανακάλυψης των δικτύων

Το 802.21 ορίζει τρεις νέους τύπους μεταγωγής οι οποίοι κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με την προέλευση της απόφασης:

- Μεταγωγή ελεγχόμενη από το τερματικό (**Terminal controlled**): Η μεταγωγή ελέγχεται από το τερματικό το οποίο κάνει χρήση των υπηρεσιών του MIH
- Μεταγωγή προερχόμενη από το τερματικό με βοήθεια του δικτύου (**Terminal initiated, network assisted**): Το τερματικό κάνει χρήση της υπηρεσίας πληροφορίας του MIH
- Μεταγωγή προερχόμενη και ελεγχόμενη από το δίκτυο (**Network initiated, Network controlled**): Η μεταγωγής προέρχεται και ελέγχεται από το δίκτυο. Το ίδιο το δίκτυο αποφασίζει για το αν χρειάζεται μεταγωγή και αν ναι σε ποιο δίκτυο.

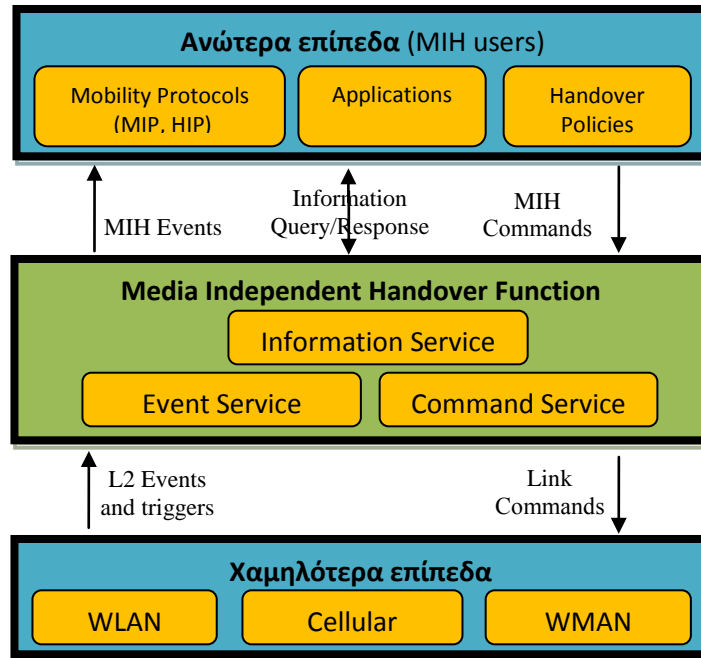


3.2 Αρχιτεκτονική του 802.21

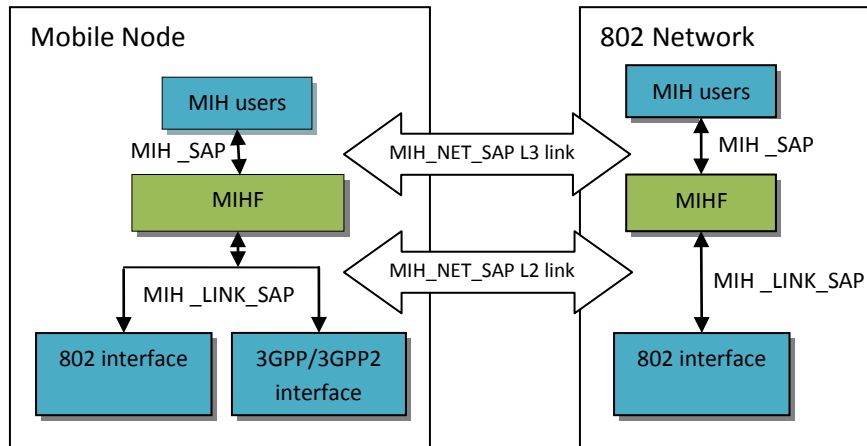
Όλα τα τερματικά που είναι συμβατά με το πρωτόκολλο 802.21, έχουν μία κοινή υποδομή η οποία περιέχει μία κεντρική οντότητα. Η οντότητα αυτή ονομάζεται «λειτουργία μεταγωγής ανεξαρτήτου μέσου» (Media-Independent Handover Function - MIHF). Η MIHF δρα ως ένα ενδιάμεσο επίπεδο μεταξύ των υψηλών και χαμηλών επιπέδων και η βασική της λειτουργία είναι να συντονίζει την ανταλλαγή των πληροφοριών και των εντολών μεταξύ των διαφόρων οντοτήτων που συμμετέχουν στην διαδικασία της απόφασης και εκτέλεσης της μεταγωγής [Εικόνα 3.1]. Από την πλευρά του MIHF κάθε κόμβος έχει ένα σύνολο από χρήστες του MIHF που το χρησιμοποιούν για ελέγξουν ή να ανακτήσουν πληροφορίες σχετικά με την μεταγωγή. Οι χρήστες αυτοί είναι συνήθως πρωτόκολλα διαχείρισης της κινητικότητας όπως για παράδειγμα το MIP. Η επικοινωνία μεταξύ του MIHF και των άλλων οντοτήτων όπως οι MIHF χρήστες και τα χαμηλότερα επίπεδα γίνεται μέσω κάποιων στοιχειωδών υπηρεσιών που οργανώνονται σε SAP [Εικόνα 3.2]. Τα υπάρχοντα SAPs είναι τα εξής:

- MIH_SAP: Η διεπαφή αυτή επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ του MIHF επιπέδου και των MIHF χρηστών που βρίσκονται στα ανώτερα επίπεδα.
- MIH_LINK_SAP: Η διεπαφή αυτή χρησιμοποιείται για την επικοινωνία του MIHF και των χαμηλότερων επιπέδων.
- MIH_NET_SAP: Η διεπαφή αυτή υποστηρίζει την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ απομακρυσμένων MIHF οντοτήτων.

Το MIH_LINK_SAP έχει οριστεί ως μια διεπαφή ανεξάρτητου μέσου κοινή σε όλες τις τεχνολογίες έτσι ώστε το MIHF επίπεδο να μπορεί να σχεδιαστεί ανεξάρτητου τεχνολογίας. Ωστόσο αυτές οι βασικές υπηρεσίες αργότερα συσχετίζονται με συγκεκριμένα τεχνολογικά SAP των εκάστοτε μέσων, ένας πίνακας με αυτές της τεχνολογίες βρίσκεται στο draft του 802.21.



Εικόνα 3.1 Βασική αρχιτεκτονική του MIH



Εικόνα 3.2 Αρχιτεκτονική με SAPs

3.3 Υπηρεσίες του 802.21

Το 802.21 ορίζει τρεις τρόπους επικοινωνίας διαφορετικής σημασίας, οι τρόποι αυτοί ονομάζονται και MIH υπηρεσίες. Οι υπηρεσίες αυτές επιτρέπουν στους MIHF χρήστες να έχουν πρόσβαση στις πληροφορίες που σχετίζονται με την μεταγωγή και να στέλνουν εντολές στο επίπεδο σύνδεσης δεδομένων ή στο δίκτυο.

Οι υπηρεσίες αυτές είναι οι εξής:

- Υπηρεσίες γεγονότων (Event Services – ES)
- Υπηρεσίες εντολών (Command Services – CS)
- Υπηρεσίες πληροφοριών (Information Services – IS)

3.3.1 Υπηρεσίες γεγονότων (Events)

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω το 802.21 υποστηρίζει μεταγωγές οι οποίες προέρχονται είτε από το τερματικό είτε από το δίκτυο. Η προδιαγραφή ορίζει γεγονότα που σχετίζονται με την μεταγωγή, τα οποία μπορεί να προέρχονται από το MAC ή το MIBF επίπεδο που βρίσκονται στο τερματικό ή από το σημείο σύνδεσης του δικτύου (PoA). Τα γεγονότα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στα γεγονότα σύνδεσης και στα γεγονότα MIB.

Τα πρώτα δημιουργούνται στο επίπεδο σύνδεσης και λαμβάνονται από την MIBF. Τα δεύτερα γεγονότα, αυτά του MIB, είναι γεγονότα τα οποία ανταλλάσσονται μεταξύ χρηστών του MIBF. Τα γεγονότα επιπέδου σύνδεσης τα οποία μεταδίδονται στα ανώτερα επίπεδα γίνονται MIB γεγονότα. Οι οντότητες που μπορούν να δημιουργήσουν και να διαδώσουν τα γεγονότα επιπέδου σύνδεσης είναι οι IEEE 802.x, 3GPP και 3GPP2 MIB LINK SAP διεπαφές. Η υπηρεσία γεγονότων μπορεί να υποστηρίξει τους παρακάτω τύπους γεγονότων:

- **Αλλαγές στην κατάσταση του MAC και του PHY επιπέδου:** Αυτά τα γεγονότα δημιουργούνται όταν υπάρχουν οριστικές αλλαγές σε κάποια από τα δύο επίπεδα (πχ. μια γραμμή αλλάζει την κατάσταση της από «συνδεμένη» σε «μη-συνδεμένη» ή το αντίθετο).
- **Αλλαγές στις παραμέτρους μίας σύνδεσης:** Αυτά τα γεγονότα δημιουργούνται όταν υπάρχει μία αλλαγή στις παραμέτρους της σύνδεσης, ο τρόπος δημιουργίας τους μπορεί να είναι είτε σύγχρονος είτε ασύγχρονος. Στην πρώτη περίπτωση έχουμε περιοδική ενημέρωση για τις παραμέτρους, ενώ στην δεύτερη έχουμε ενημέρωση των παραμέτρων όταν κάποια από αυτές ξεπεράσει κάποιο κατώφλι.

- **Μετάδοση στο επίπεδο σύνδεσης:** Αυτά τα γεγονότα σχετίζονται με την μετάδοση των PDU των ανωτέρων επιπέδων από το επίπεδο σύνδεσης. Για παράδειγμα με αυτά τα γεγονότα το επίπεδο σύνδεσης μπορεί να ενημερώσει τα ανώτερα επίπεδα για απώλειες πακέτων σε μία μεταγωγή ώστε να υπολογιστούν οι διαστάσεις της ενδιάμεσης μνήμης που χρειάζεται για μία μεταγωγή.
- **Σύγχρονα γεγονότα επιπέδου σύνδεσης:** Αυτά τα γεγονότα αναφέρονται σε ντετερμινιστικές πληροφορίες του επιπέδου σύνδεσης που σχετίζονται με τα ανώτερα επίπεδα. Αυτές οι πληροφορίες δεν είναι απαραίτητο να είναι αλλαγές των παραμέτρων του επιπέδου σύνδεσης, μπορεί να είναι ενδείξεις του δραστηριοτήτων του επιπέδου σύνδεσης όπως για παράδειγμα μέθοδοι μεταγωγής που είναι ανεξάρτητες με το γενικό πρωτόκολλο κινητικότητας.

Οι υπηρεσίες γεγονότων έχουν σημαντική αξία στην απόφαση της μεταγωγής αφού η αλλαγή της κατάστασης ή οι παράμετροι του επιπέδου σύνδεσης είναι σημαντικές ενδείξεις για μεταγωγή.

3.3.2 Υπηρεσίες εντολών (Commands)

Η υπηρεσίες εντολών του ΜΠΗ είναι ένα μέσο ελέγχου των κατώτερων επιπέδων από τα ανώτερα. Ο έλεγχος αυτός περιλαμβάνει την συλλογή πληροφοριών κατάστασης των ενεργών συνδέσεων και την εφαρμογή της κινητικότητας των ανωτέρων επιπέδων στα κατώτερα καθώς και αποφάσεις συνδεσιμότητας. Τα πρωτόκολλα κινητικότητας, θα πρέπει να συνδυάσουν δυναμικές πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση και τις παραμέτρους των συνδέσεων που παρέχει η υπηρεσία εντολών, με στατικές πληροφορίες που σχετίζονται με την κατάσταση του δικτύου ή πληροφορίες ανώτερων επιπέδων που παρέχει η υπηρεσία πληροφοριών. Η εντολές μπορούν να στέλνονται σε τοπικές ή απομακρυσμένες οντότητες. Με τις απομακρυσμένες εντολές το δίκτυο μπορεί να αναγκάσει ένα τερματικό να μεταγάγει σε άλλο δίκτυο επιτρέποντας αυτό που αναφέρθηκε παραπάνω ως network initiated, network assisted μεταγωγή. Το 802.21 προδιαγράφει ένα σύνολο από εντολές που επιτρέπουν στον χρήστη να ελέγχει την

συμπεριφορά των κατώτερων επιπέδων. Οι εντολές κατατάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- **Εντολές MIH:** Αυτές οι εντολές στέλνονται από τα ανώτερα επίπεδα είτε στην τοπική είτε στην απομακρυσμένη MSHF. Η μεταφορά των εντολών στις απομακρυσμένες MSHF γίνεται μέσω της τοπικής MSHF και την βοήθεια του MSHF πρωτοκόλλου μεταφοράς. Για την ενεργοποίηση των network initiated ή των terminal initiated μεταγωγών η υπηρεσία αυτή προσφέρει ένα σύνολο εντολών όπως οι MSH handover initiated και MSH handover εντολές ετοιμασίας. Αυτές οι εντολές, δεν επηρεάζουν την δρομολόγηση των πακέτων, αυτό το αναλαμβάνουν τα πρωτόκολλα διαχείρισης κινητικότητας που βρίσκονται στα ανώτερα επίπεδα.
- **Εντολές σύνδεσης:** Αυτές οι εντολές, προέρχονται από την MSHF, για σκοπό των MSH χρηστών, για την ρύθμιση και τον έλεγχο των κατώτερων επιπέδων. Οι εντολές σύνδεσης είναι τοπικές και θα πρέπει να υλοποιούνται λαμβάνοντας υπόψιν της τεχνολογίας πρόσβασης που χρησιμοποιούνται.

3.3.3 Υπηρεσία πληροφοριών

Η υπηρεσία πληροφοριών, παρέχει μία υποδομή από την οποία, μια MSHF που βρίσκεται σε ένα τερματικό ή στο δίκτυο, μπορεί να ζητήσει πληροφορίες για τα δίκτυα που υπάρχουν σε μια γεωγραφική περιοχή. Ο στόχος είναι, να υπάρχει γνώση όλων των ετερογενών δικτύων και το χαρακτηριστικών τους, σε μία περιοχή όπου το τερματικό θα θέλει να κάνει μεταγωγή. Οι πληροφορίες της υπηρεσίας αυτής μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

- **Γενικές πληροφορίες:** Αυτές οι πληροφορίες δίνουν μια γενική εικόνα για ένα δίκτυο που καλύπτει μία περιοχή, οι πληροφορίες αυτές μπορεί να είναι ο τύπος του δικτύου, το αναγνωριστικό του παρόχου κτλ.
- **Πληροφορίες σχετικές με το δίκτυο πρόσβασης:** Αυτά τα στοιχεία παρέχουν πληροφορίες για τις τεχνολογίες και τους παρόχους. Πληροφορίες

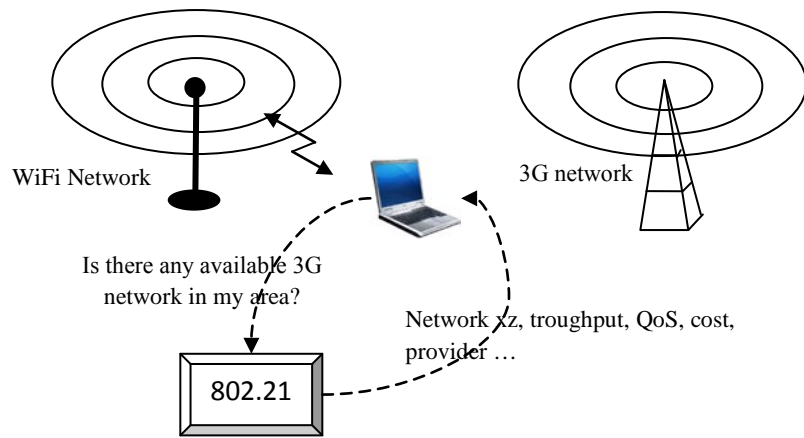
τέτοιες μπορεί να είναι χαρακτηριστικά ασφάλειας, πληροφορίες QoS, κόστος κτλ.

- **Πληροφορίες σχετικές με το PoA:** Πληροφορίες που σχετίζονται με το κάθε PoA όπως MAC διεύθυνση, γεωγραφική θέση, ρυθμός δεδομένων, εύρος καναλιού κτλ.
- **Πληροφορίες υπηρεσιών ανωτέρων επιπέδων:** Αυτές οι πληροφορίες σχετίζονται με τις διαθέσιμες υπηρεσίες για κάθε PoA στο δίκτυο. Πληροφορίες τέτοιες μπορεί να είναι ο αριθμός των υποδικτύων, οι IP ρυθμίσεις, λίστες των διαθέσιμων υπηρεσιών κτλ.
- **Άλλες πληροφορίες**

Ένα τερματικό μπορεί να ανακαλύψει εάν ένα δίκτυο υποστηρίζει το IEEE 802.21 πρωτόκολλο μέσω ενός μηχανισμού ανακάλυψης ή από πληροφορίες που λαμβάνει από την υπηρεσία πληροφοριών μέσω μίας άλλης διεπαφής. Επίσης, ένα τερματικό μπορεί να ανακαλύψει τα δίκτυα που καλύπτουν την γεωγραφική περιοχή όπου βρίσκεται, μέσω ερωτήματος στην υπηρεσία πληροφοριών, αυτή η δυνατότητα οδηγεί σε χαμηλή κατανάλωση από την πλευρά των τερματικών αφού δεν χρειάζεται να ανοίξει μια διεπαφή για να γίνει ανακάλυψη δικτύων.

Παράδειγμα 2.4.3.1. Ένα τερματικό που βρίσκεται συνδεδεμένο με ένα WiFi δίκτυο θέλει να ανακαλύψει τα διαθέσιμα 3G δίκτυα, στην κανονική περίπτωση πρέπει να ανοίξει την 3G διεπαφή και να κάνει μια ανακάλυψη δικτύων, στην περίπτωση του MIH απλά θα γίνει ένα ερώτημα μέσω της WiFi σύνδεσης στην υπηρεσία πληροφοριών για τα διαθέσιμα 3G δίκτυα της περιοχής που βρίσκεται ο χρήστης [Εικόνα 3.3].

Οι πληροφορίες που μπορεί να λάβει ένα τερματικό πριν και μετά την μεταγωγή μπορεί να είναι απεριόριστες, μπορεί να σχετίζονται από την ασφάλεια και το QoS μέχρι και το ενδεχόμενο κόστος των επικοινωνιών.



Εικόνα 3.3 Χρήση του 802.21 για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας

4 Μετάδοση βίντεο σε ασύρματα δίκτυα

4.1 Εισαγωγή

Τα ασύρματα δίκτυα κινητής επικοινωνίας που υπήρχαν τα τελευταία χρόνια δημιουργήθηκαν αρχικά για μετάδοση φωνής και αργότερα για μετάδοση δεδομένων με χαμηλούς ρυθμούς. Τα νέα δίκτυα που δημιουργήθηκαν πρόσφεραν πολύ μεγαλύτερους ρυθμούς κάνοντας εφικτή την παροχή νέων πολυμεσικών υπηρεσιών. Μία από τις νέες αυτές υπηρεσίες είναι το βίντεο το οποίο είναι ιδιαίτερα απαιτητικό για τα δίκτυα αυτά. Όλο και περισσότεροι χρήστες επισκέπτονται σελίδες με βίντεο υπηρεσίες όπως (Youtube, Metacafe, κτλ), χρησιμοποιούν βιντεοκλήση ακόμα και υπηρεσίες τηλεόρασης (MobileTV) [Εικόνα 4.1]. Μία βίντεο υπηρεσία απαιτεί μεγάλους ρυθμούς μετάδοσης, μικρή καθυστέρηση και λίγα σφάλματα σε σχέση με την φωνή και την μεταφορά δεδομένων. Τα ασύρματα δίκτυα σε σύγκριση με τα ενσύρματα έχουν πολύ μεγαλύτερους ρυθμούς σφαλμάτων λόγω της φύσης των καναλιών (χαρακτηριστικά, θόρυβος, εξασθένηση, κτλ), της μετακίνησης των τερματικών και της συμφόρησης. Η ασύρματη επικοινωνία ενδέχεται να έχει μεγάλες απώλειες πακέτων και ριπές σφαλμάτων. Ενώ η απώλεια σε ένα ενσύρματο κανάλι σημαίνουν συμφόρηση του δικτύου, κάτι τέτοιο δεν αντιστοιχεί σε ένα ασύρματο. Για τους λόγους αυτούς γίνεται έρευνα πάνω στην κωδικοποίηση βίντεο ώστε να μειωθούν οι ρυθμοί δεδομένων και να υπάρχει μεγάλη ανοχή στα σφάλματα ώστε να είναι δυνατόν η μετάδοση του από οποιαδήποτε ασύρματη τεχνολογία. Η βέλτιστη τεχνική κωδικοποίησης μέχρι σήμερα είναι το πρότυπο H.264 και αναλύεται στην επόμενη ενότητα.



Εικόνα 4.1 MobileTV, Youtube and Iphone

4.2 H.264/MPEG-4 AVC

4.2.1 Εισαγωγή στην κωδικοποίηση βίντεο

Το ασυμπιεστο ψηφιακό/αναλογικό βίντεο έχει τεράστιο μέγεθος, κατά την λήψη του από μία συσκευή καταγραφής βίντεο μπορεί να φτάσει και τα 17mb το δευτερόλεπτο. Ένα τέτοιο βίντεο θα ήταν ασύμφορο να μεταδοθεί σε ένα δίκτυο καθώς θα χρειαζόταν πολύ μεγάλο εύρος ζώνης, για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται τεχνικές συμπίεσης που αναφέρονται και ως κωδικοποίηση. Η κωδικοποίηση βίντεο είναι η τεχνική κατά την οποία αφαιρούνται από το βίντεο πλεονάζοντα δεδομένα ώστε να μπορεί να μεταδοθεί ή αποθηκευτεί αποτελεσματικά. Η διαδικασία αυτή, περιλαμβάνει έναν αλγόριθμο στην πηγή του βίντεο για να δημιουργηθεί ένα συμπίεσμένο αρχείο προς αποστολή ή αποθήκευση. Για να παιχτεί αυτό το συμπίεσμένο αρχείο χρειάζεται να εφαρμοστεί ένας αντίστροφος αλγόριθμος ώστε να αναπαραχθεί εικονικά το ίδιο περιεχόμενου του αρχικού βίντεο. Ο χρόνος για την συμπίεση, αποστολή, αποσυμπίεση και προβολή ενός αρχείου ονομάζεται καθυστέρηση. Όσο πιο προχωρημένος είναι ο αλγόριθμος συμπίεσης τόσο πιο μεγάλη καθυστέρηση υπάρχει. Ένα ζευγάρι αλγορίθμων που δουλεύουν μαζί ονομάζονται βίντεο codec (enCOder/DECoder). Οι βίντεο codecs οι οποίοι υλοποιούν διαφορετικά πρότυπα, συνήθως δεν είναι συμβατοί μεταξύ τους, για παράδειγμα ένα βίντεο που έχει κωδικοποιηθεί με το πρότυπο MPEG δεν μπορεί να αποκωδικοποιηθεί από το πρότυπο του H.264. Διαφορετικά πρότυπα συμπίεσης βίντεο χρησιμοποιούν διαφορετικές μεθόδους καταλήγοντας σε διαφορετικό ρυθμό δεδομένων, ποιότητα και καθυστέρηση.

Το H.264 είναι το τελευταίο πρότυπο από μία σειρά προτύπων κωδικοποίησης βίντεο,

το 1984, η ITU προτυποποίησε το **H.120** το οποίο ήταν το πρώτο πρότυπο κωδικοποίησης βίντεο. Το H.120 χρησιμοποιούσε διαφορεική παλμοκωδική διαμόρφωση (DPCM), βαθμωτή κβαντοποίηση και κωδικοποίηση μεταβλητού μήκους, για την μετάδοση NTSC ή PAL βίντεο πάνω από δεσμευμένες σημείου προς σημείο γραμμές. Το πρότυπο αυτό είχε ως στόχο την βιντεοδιάσκεψη.

Πρακτικά η συμπίεση του ψηφιακού βίντεο άρχισε με το πρότυπο ITU **H.261** το 1990. Ο στόχος αυτού του προτύπου, ήταν η μετάδοση βίντεο σε ISDN γραμμές με ρυθμούς

δεδομένων πολλαπλάσιους των 64 kbps και ανάλυση CIF (352x288) ή QCIF (176x144). Το H.261 ήταν από τα πρώτα πρότυπα που χρησιμοποίησε την αρχιτεκτονική υβριδικής κωδικοποίησης. Η αρχιτεκτονική αυτή αποτελεί την βάση για πολλά πρότυπα κωδικοποίησης ακόμα και σήμερα. Τα χαρακτηριστικά του H.261 είναι τα εξής: 16x16 pixel macro blocks με επανόρθωση κίνησης, 8x8 DCT, βαθμωτή κβάντοποίηση, zigzag σάρωση και κωδικοποίηση μεταβλητού μήκους που βασίζεται στο Huffman.

Το JPEG είναι μια ευρέως διαδεδομένη μέθοδος συμπίεσης εικόνων που τυποποιήθηκε το 1992. Το **Motion JPEG** κωδικοποιεί ένα βίντεο ως μια ακολουθία ανεξάρτητων JPEG εικόνων. Για τον λόγο ότι δεν χρησιμοποιεί τον πλεονασμό που υπάρχει στο πεδίο του χρόνου, έχει μικρότερο βαθμό συμπίεσης από τα πρότυπα που χρησιμοποιούν την επανόρθωση κίνησης. Το motion JPEG συνήθως χρησιμοποιείται στις ψηφιακές κάμερες και στα συστήματα επεξεργασίας βίντεο αφού για την επεξεργασία τους δεν χρειάζεται συμπίεση και αποσυμπίεση.

Το πρότυπο **MPEG-1** (1992) σχεδιάστηκε για να πετύχει αποδεκτή ποιότητα βίντεο σε ρυθμούς δεδομένων 1.5 Mbit/s και ανάλυση 352x288 ή 352x240. Χρησιμοποιείται για την αποθήκευση βίντεο σε CD/DVD και την καλωδιακή/δορυφορική τηλεόραση, ένας σημαντικός περιορισμός είναι ότι δεν υποστηρίζει interlaced βίντεο.

Το πρότυπο **MPEG-2/H.262** (1993) είναι ένα παράγωγο της ένωσης των ISO και ITU οργανισμών. Υποστηρίζει αναλύσεις από (SD, 720x576 ή 720x480) έως high-definition με ανάλυση 1920x1080. Η υποστήριξη του HD σταμάτησε την ανάπτυξη του προτύπου MPEG-3. Το MPEG-2 είναι το πρότυπο που χρησιμοποιείται πιο πολύ σήμερα από ένα εύρος συσκευών και υπηρεσιών: DVD players, personal video recorders, camcorders, distribution networks, settop boxes, DVB-T/S/C και είναι και το πρότυπο που χρησιμοποιεί η αμερικανική τηλεόραση. Επίσης το MPEG-2/ H262 σχεδιάστηκε για να προσφέρει βίντεο σε ποιότητα studio με ρυθμούς δεδομένων που να κυμαίνονται από 3-15 Mbps για SD και από 15-30 Mbps για HD.

Το πρότυπο **H.263** που αναπτύχθηκε το 1995 από την ITU ήταν ένα μεγάλο βήμα μπροστά και είναι σήμερα ο κυρίαρχος codec για βιντεοδιασκέψεις και κυψελωειδή τηλέφωνα. Ο βασικός στόχος ήταν να παρέχει πολύ χαμηλούς ρυθμούς δεδομένων στις

προαναφερθείσες υπηρεσίες. Συγκεκριμένα, για το προοδευτικό βίντεο, η ποιότητα του H.263 υπερέρχει από όλα τα προηγούμενα πρότυπα. Στους χαμηλούς ρυθμούς δεδομένων, η ποιότητα του βίντεο είναι καλύτερη κατά έναν συντελεστή 2 σε σύγκριση με το MPEG-2/H.262. Το πρότυπο αυτό έχει κάποια σχέση με το MPEG-4 αφού αναπτύχθηκαν κατά κάποια περίοδο ταυτόχρονα. Το H.263 χρησιμοποιείται από τα πρότυπα βιντεοδιάσκεψης H.324, H.323 και H.320, το περιεχόμενο που παίζεται από τον Macromedia Flash 7 player (Youtube, Google video) καθώς και από την 3GPP για την μεταφορά βίντεο από και σε κινητά τηλέφωνα.

Η προτυποποίηση του **MPEG-4** άρχισε το 1995 και συνεχώς βελτιώνεται με νέα προφίλ που περιλαμβάνουν νέες ιδέες κωδικοποίησης όπως διαδραστικά γραφικά, κωδικοποίηση σχημάτων και αντικειμένων, μοντελοποίηση προσώπων, κλιμακωτή κωδικοποίηση και 3D γραφικά. Ωστόσο πολύ λίγα από αυτά βγήκαν σε εμπορικά προϊόντα και οι τελευταίες προσπάθειες εστιάζονται κυρίως στις κανονικές βίντεο ακολουθίες. Το πρότυπο του MPEG-4 έχει σχεδιαστεί ώστε να επιτρέπει μία ευρεία γκάμα επιλογών από ποιότητες συμπίεσης με αντίκτυπο στον ρυθμό δεδομένων. Το απλό προφίλ μοιάζει πολύ με το H.263, το προχωρημένο απλό προφίλ προσθέτει υποστήριξη για SD βίντεο και εργαλεία για περαιτέρω συμπίεση όπως quarter-pel motion estimation, global motion estimation κτλ.

Τα προηγούμενα αυτά πρότυπα, απεικονίζουν την τεχνολογική πρόοδο στην συμπίεση βίντεο και την προσαρμογή της κωδικοποίησης βίντεο στις διάφορες εφαρμογές και δίκτυα. Οι εφαρμογές εκτείνονται από την βιντεοτηλεφωνία (H.261) στα βίντεο CD (MPEG-1) και την broadcast κανονικής ανάλυσης ή HD τηλεόραση (MPEG-2). Στα δίκτυα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για βίντεο περιλαμβάνονται τα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος όπως PSTN (H.263, MPEG-4) ή ISDN (H.261) και δίκτυα μεταγωγής πακέτων όπως ATM (MPEG-2, MPEG-4), το διαδίκτυο (H.263, MPEG-4) ή δίκτυα κινητής τηλεφωνίας (H.263, MPEG-4).

Η σπουδαιότητα των νέων τεχνολογιών δικτυακής πρόσβασης, (xDSL, UMTS, κτλ) δημιούργησε την ανάγκη για ένα νέο πρότυπο κωδικοποίησης βίντεο, που θα παρέχει καλύτερη συμπίεση βίντεο για τις αλληλεπιδραστικές εφαρμογές όπως βίντεο τηλεφωνία όπου υπάρχει μικρή ανοχή στην καθυστέρηση και τις μή-αλληλεπιδραστικές εφαρμογές

όπως αποθήκευση, broadcast και streaming όπου ο στόχος είναι υψηλή κωδικοποίηση. Επίσης μεγάλη σημασία έπρεπε να δοθεί στην απόδοση όταν χρησιμοποιούνται δίκτυα με πολλά σφάλματα όπως UMTS, GSM ή το διαδίκτυο χρησιμοποιώντας cable modems ή xDSL. Το νέο αυτό πρότυπο είναι το H.264 το οποίο είναι ένα μεγάλο άλμα στην κωδικοποίηση βίντεο.




Το **H.264** ή **MPEG-4 part 10 (Advanced Video Coding – AVC)** αναπτύχθηκε από την συνεργασία του ITU-T Video Coding Experts Group (VCEG) με το ISO/IEC Moving Picture Experts Group (MPEG) ή αλλιώς Joint Video Team (JVT). Η πρόθεση τους ήταν να δημιουργηθεί ένα πρότυπο που θα είναι ικανό να παρέχει βίντεο καλής ποιότητας σε σημαντικότερα χαμηλότερους ρυθμούς δεδομένων από τα προηγούμενα πρότυπα (πχ. Τον μισό ρυθμό δεδομένων από το MPEG-2, H.263 ή το MPEG-4 Part 2), χωρίς να υπάρχει σημαντική αύξηση στην πολυπλοκότητα του σχεδιασμού ώστε να μην υπάρχουν οικονομικοί περιορισμοί ή δυσκολίες υλοποίησης. Ένας άλλος βασικός στόχος ήταν το πρότυπο να παρέχει αρκετή ευελιξία ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί σε μια ποικιλία εφαρμογών, δικτύων και συστημάτων συμπεριλαμβάνοντας χαμηλούς ή υψηλούς ρυθμούς δεδομένων, χαμηλή ή υψηλή ανάλυση, broadcast, DVD, RTP/IP δίκτυα δεδομένων και πολυμεσικά τηλεφωνικά συστήματα της ITU-T.

Σε σύγκριση με τα προηγούμενα πρότυπα όπως το MPEG-2 και MPEG-4, το H.264 μπορεί να παρέχει:

- Καλύτερη ποιότητα εικόνας με τον ίδιο ρυθμό δεδομένων ή,
- Χαμηλότερο ρυθμό δεδομένων για την ίδια ποιότητα εικόνας.

Για παράδειγμα, ένα DVD μονής στρώσης μπορεί να αποθηκεύσει μια ταινίας διάρκειας 2 ωρών σε μορφή MPEG-2. Χρησιμοποιώντας την κωδικοποίηση H.264, είναι εφικτό να αποθηκευτεί ταινίας διάρκειας 4 ωρών ή και περισσότερη στην ίδια ποιότητα [Εικόνα 4.2]. Εναλλακτικά το H.264 μπορεί να παρέχει καλύτερη ποιότητα στην ίδια διάρκεια ταινίας

Η βελτιωμένη συμπίεση του H.264, έρχεται με κόστος, την μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύ που χρειάζεται για την κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση ενός βίντεο σε σχέση με τα προηγούμενα πρότυπα συμπίεσης.

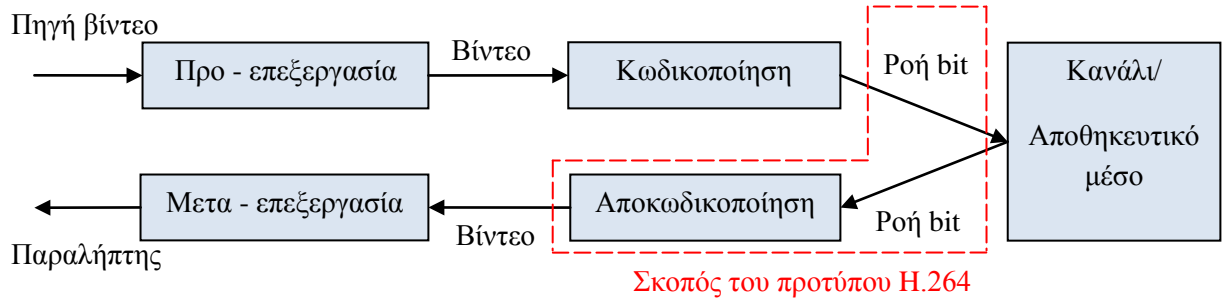
	MPEG-2 compression, 150kbps
	MPEG-4 Visual compression, 150kbps
	H.264 compression, 150kbps

Εικόνα 4.2 Σύγκριση προτύπων κωδικοποίησης βίντεο

4.2.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά του H.264

Το πρότυπο του H.264 ορίζει την σύνταξη και την σημασιολογία της ροής των bit, καθώς και την επεξεργασία κατά την διαδικασία της αποκωδικοποίησης [Εικόνα 4.3]. Ως εκ' τούτου, οι κατασκευαστές αποκωδικοποιητών μπορούν να συναγωνιστούν στον τομέα του κόστους και του υλικού ή και της μετα-επεξεργασίας του βίντεο για την βελτίωση της τελικής ποιότητας. Αντιθέτως οι κατασκευαστές κωδικοποιητών έχουν μεγαλύτερη ευελιξία αφού το πρότυπο δεν ορίζει κάτι για την κωδικοποίηση, έτσι αυτοί μπορούν να συναγωνιστούν σε τομείς κόστους, απόδοσης, ανάκαμψης/επικάλυψης σφαλμάτων, υλικού κτλ. Τέλος το πρότυπο διατηρεί την διαλειτουργικότητα μεταξύ των συστημάτων ορίζοντας την σύνταξη της ροής των bit.

Το πρότυπο του H.264, περιέχει έναν μεγάλο αριθμό από νέα χαρακτηριστικά που του επιτρέπουν να συμπίεζει βίντεο αποδοτικότερα σε σχέση με τα προηγούμενα πρότυπα και να είναι πιο ευέλικτο για την εφαρμογή σε μία ευρεία ποικιλία δικτυακών περιβαλλόντων.



Εικόνα 4.3 Βασική αρχιτεκτονική κωδικοποίησης/αποκωδικοποίησης

Μερικά από αυτά τα βασικά χαρακτηριστικά είναι:

- Πρόβλεψη επανόρθωσης κίνησης με πολλαπλές εικόνες αναφοράς (Motion-compensated prediction with multiple reference frames)
 - Η χρήση των προηγούμενων κωδικοποιημένων εικόνων ως αναφορά γίνεται με πολύ πιο ευέλικτο τρόπο σε σχέση με τα προηγούμενα πρότυπα. Στο H.264 μπορεί να γίνει αναφορά μέχρι και σε 16 frame (ή 32 πεδία στην περίπτωση της interlaced κωδικοποίησης). Σε σύγκριση με τα προηγούμενα πρότυπα που χρησιμοποιούσαν μία εικόνα αναφοράς (ή δύο στις B εικόνες), το H.264 επιτρέπει μεγάλη βελτίωση στον ρυθμό δεδομένων ή στην ποιότητα της εικόνας.
 - Επανόρθωση κίνησης με μεταβλητό μέγεθος μπλοκ (Variable block-size motion compensation - VBSMC). Τα macroblock της φωτεινότητας μπορούν να υποδιαιρεθούν με 4 διαφορετικούς τρόπους σε υποτμήματα (16x16, 8x8, 16x8, 8x16), επίσης αν επιλεγεί η 8x8 υποδιαίρεση το υποτμήμα αυτό μπορεί να διαιρεθεί περαιτέρω σε 4 τμήματα (8x8, 8x4, 4x8, 4x4) κάτι που ονομάζεται tree structured motion compensation. Με τις υποδιαίρεσεις αυτές μπορούμε να έχουμε ακριβή υποδιαίρεση των τμημάτων της κίνησης επιτρέποντας καλύτερη ποιότητα στις περιοχές υψηλής ενέργειας.
 - Δυνατότητα χρήσης πολλαπλών διανυσμάτων κίνησης που μπορούν να δείχνουν ακόμα και σε διαφορετικές εικόνες για κάθε macroblock (ένα ή δύο για κάθε υποτμήμα), επιτρέποντας μέχρι και 32 στην περίπτωση των B macroblock που είναι υποδιαιρέμενα σε 16 4*4 υποτμήματα.

- Six-tap φιλτράρισμα για οξύτερη απεικόνιση των εικονοστοιχείων όταν χρησιμοποιείται subpixel επανόρθωση κίνησης.
- Επανόρθωση κίνησης με ακρίβεια ενός τετάρτου του Pixel (Quarter-pixel) για ακριβέστερη περιγραφή της μετακίνησης των περιοχών.
- Για την χωρική πρόβλεψη από τα γειτονικά blocks χρησιμοποιούνται 9 διαφορετικοί τρόποι σε σχέση με τα προηγούμενα πρότυπα όπου χρησιμοποιούσαν μόνο έναν (DC).
- Για τον μετασχηματισμό το H.264 αντί του DCT χρησιμοποιεί διάφορους ακέρατους μετασχηματισμούς, έναν 4x4 βασικό μετασχηματισμό, έναν 4x4 ή 2x2 hadamard μετασχηματισμό και έναν 8x8 μετασχηματισμό για το high profile.
- Χρήση ενός in-loop deblocking φίλτρου που αποσκοπεί στην αποφυγή των blocking artifacts που εμφανίζονται συχνά στις άλλες τεχνικές συμπίεσης που βασίζονται στο DCT.
- Η κωδικοποίηση εντροπίας περιλαμβάνει τους ακόλουθους τρόπους κωδικοποίησης:
 - Context-adaptive binary arithmetic coding (CABAC), ένας αλγόριθμος για την lossless συμπίεση των στοιχείων σύνταξης σε μία ροή βίντεο γνωρίζοντας τις πιθανότητες εμφάνισης αυτών. Ο CABAC συμπιέζει τα δεδομένα πιο αποτελεσματικά από τον CAVLC αλλά χρειάζεται πολύ περισσότερη υπολογιστική ισχύ.
 - Context-adaptive variable-length coding (CAVLC), ένας χαμηλότερης πολυπλοκότητας αλγόριθμος για την κωδικοποίηση των κβαντισμένων συντελεστών. Αν και χαμηλότερης πολυπλοκότητας από τον CABAC είναι πολύ πιο αποτελεσματικός από αυτούς που χρησιμοποιήθηκαν στους προηγούμενους σχεδιασμούς.
 - Μια κοινή απλή υψηλά δομημένη variable length coding (VLC) τεχνική για πολλά συντακτικά στοιχεία που δεν κωδικοποιούνται από τον CABAC ή τον CAVLC. Αναφέρεται και ως Exponential Golomb coding (Exp-Golomb).

- Για την ανοχή στα λάθη στο πρότυπο περιλαμβάνονται τα εξής χαρακτηριστικά:
 - Flexible macroblock ordering (FMO), επιτρέπει την τοποθέτηση των macroblocks στα slices σε σειρά διαφορετική από την scan order. Με αυτό τον τρόπο αν χαθεί κάποια ομάδα από slices να μπορεί να γίνει ανάκτηση της εικόνας από τα γειτονικά macroblocks που βρίσκονταν σε κάποια άλλη ομάδα. Η arbitrary slice order (ASO) είναι μία παρόμοια τεχνική με την FMO.
 - Data partitioning (DP), το χαρακτηριστικό αυτό επιτρέπει τον διαχωρισμό των πιο σημαντικών δεδομένων από τα υπόλοιπα και την τοποθέτηση τους σε διαφορετικά πακέτα δίνοντας την δυνατότητα στην εφαρμογή για unequal error protection (UEP).
 - Redundant slices (RS), επιτρέπει στον κωδικοποιητή να στείλει μία έξτρα περιγραφή μίας εικόνας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί αν χαθεί η αρχική.
 - Η αρίθμηση των frame που επιτρέπει την δημιουργία υπο-ακολουθιών. Με το χαρακτηριστικό, αυτό είναι εφικτή, η χρονική κλιμάκωση με την προαιρετική εισαγωγή επιπλέον εικόνων μεταξύ άλλων εικόνων και ο εντοπισμός και επικάλυψη ακόμα και ολόκληρων χαμένων εικόνων.
- Τα Switching slices που ονομάζονται SP και SI, επιτρέπουν στον κωδικοποιητή να καθοδηγήσει τον αποκωδικοποιητή ώστε να μεταβεί σε μία άλλη ροή βίντεο. Όταν ο αποκωδικοποιητής μεταβαίνει σε μία άλλη ροή βίντεο μπορεί να αποκωδικοποιήσει τις νέες εικόνες ακόμα και αν χρησιμοποιούσε διαφορετικές εικόνες πριν (ή και καθόλου εικόνες). Μία χρήση αυτής της τεχνικής είναι η αλλαγή του ρυθμού δεδομένων.
- Υποστήριξη μονόχρωμου, 4:2:0, 4:2:2, 4:4:4 chroma subsampling.
- Υποστήριξη δειγμάτων εικόνας από 8 έως 14 bits.

4.2.3 Προφίλ και επίπεδα του H.264

Το H.264/AVC, έχει αναπτυχθεί ώστε να καλύψει ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών, ρυθμών δεδομένων, αναλύσεων, ποιότητων και υπηρεσιών. Με άλλα λόγια το H.264/AVC προσπαθεί να είναι όσο πιο εφαρμόσιμο γίνεται. Ωστόσο οι διάφορες εφαρμογές έχουν διαφορετικές ανάγκες τόσο σε όρους λειτουργικότητας (π.χ. ανοχή σε λάθη, απόδοση συμπίεσης, καθυστέρηση) όσο και σε όρους πολυπλοκότητας. Για να αυξηθεί η διαλειτουργικότητα και να μειωθεί η πολυπλοκότητα, η H.264/AVC προδιαγραφή ορίζει κάποια προφίλ και επίπεδα. Ένα προφίλ είναι ένα υποσύνολο της συνολικής ροής των bit ή αλλιώς ένα υποσύνολο των εργαλείων κωδικοποίησης. Για την επίτευξη των προφίλ χρησιμοποιούνται flags, παράμετροι και άλλα στοιχεία σύνταξης στην ροή των bit που σηματοδοτούν την παρουσία ή απουσία στοιχείων. Όλοι οι αποκωδικοποιητές που είναι συμβατοί με ένα συγκεκριμένο προφίλ πρέπει να υποστηρίζουν όλα τα εργαλεία του. Ωστόσο, μέσα στα όρια που θέτουν τα προφίλ, υπάρχει μία μεγάλη ποικιλία από όρους που απαιτούν και διαφορετικές δυνατότητες από τον αποκωδικοποιητή, όπως για παράδειγμα το μέγεθος των αποκωδικοποιημένων εικόνων. Για πολλές εφαρμογές, δεν είναι ούτε πρακτικό ούτε οικονομικό να υλοποιηθεί ένας αποκωδικοποιητής που να υποστηρίζει όλες τις υποθετικές χρήσεις της σύνταξης μέσα σε ένα προφίλ. Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα αυτό, δημιουργήθηκε ένα άλλο είδος προφίλ τα επίπεδα. Ένα επίπεδο είναι ένα προκαθορισμένο σύνολο περιορισμών στις τιμές της σύνταξης της ροής των bit. Οι περιορισμοί αυτοί μπορεί να είναι όρια στις τιμές ή ακόμα και περιορισμοί στους αριθμητικούς συνδυασμούς των τιμών (πχ. το ύψος της εικόνας πολλαπλασιασμένο από το πλάτος). Ο συνδυασμός ενός προφίλ και ενός επιπέδου ορίζει το σημείο «συμφωνίας» δηλαδή την διαλειτουργικότητα μεταξύ εφαρμογών με παρόμοιες λειτουργικές απαιτήσεις.

Συνοψίζοντας, τα προφίλ και τα επίπεδα ορίζουν περιορισμούς στα ροή των bit ώστε να γίνει εφικτή η υλοποίηση αποκωδικοποιητών με διαφορετική πολυπλοκότητα που στοχεύουν διαφορετικούς τομείς εφαρμογής. Οι κωδικοποιητές, δεν χρειάζεται να υλοποιούν κάποιο συγκεκριμένο εργαλείο, παρά μόνο να παράγουν ροές bit που να είναι συμβατές με τον συνδυασμό προφίλ και επίπεδο που χρησιμοποιείται.

Μερικά από τα βασικά προφίλ που έχουν οριστεί μέχρι στιγμής είναι τα εξής:

- Constrained Baseline Profile (CBP), Κυρίως για εφαρμογές χαμηλού κόστους, χρησιμοποιείται ευρέως στην βιντεοδιάσκεψη και στις εφαρμογές κινητών.
- Baseline Profile (BP), Κυρίως για εφαρμογές χαμηλού κόστους που χρειάζονται πρόσθετη ανοχή στα λάθη. Η χρήση του έχει περιοριστεί μετά τον ορισμό του CBP.
- Main Profile (MP), Αρχική πρόθεση ήταν η χρήση του στις mainstream εφαρμογές των χρηστών για broadcast και αποθήκευση. Η χρήση του περιορίστηκε με την ανάπτυξη του High Profile.
- Extended Profile (XP), Για εφαρμογές streaming, το προφίλ αυτό παρέχει υψηλή συμπίεση και μερικές δυνατότητες για ανοχή στα χαμένα δεδομένα.
- High Profile (HiP), Το βασικό προφίλ για broadcast και αποθήκευση σε δίσκους, συγκεκριμένα για εφαρμογές τηλεόρασης high-definition (το προφίλ αυτό έχει υιοθετηθεί από τα HD DVD και Blu-ray Disc)

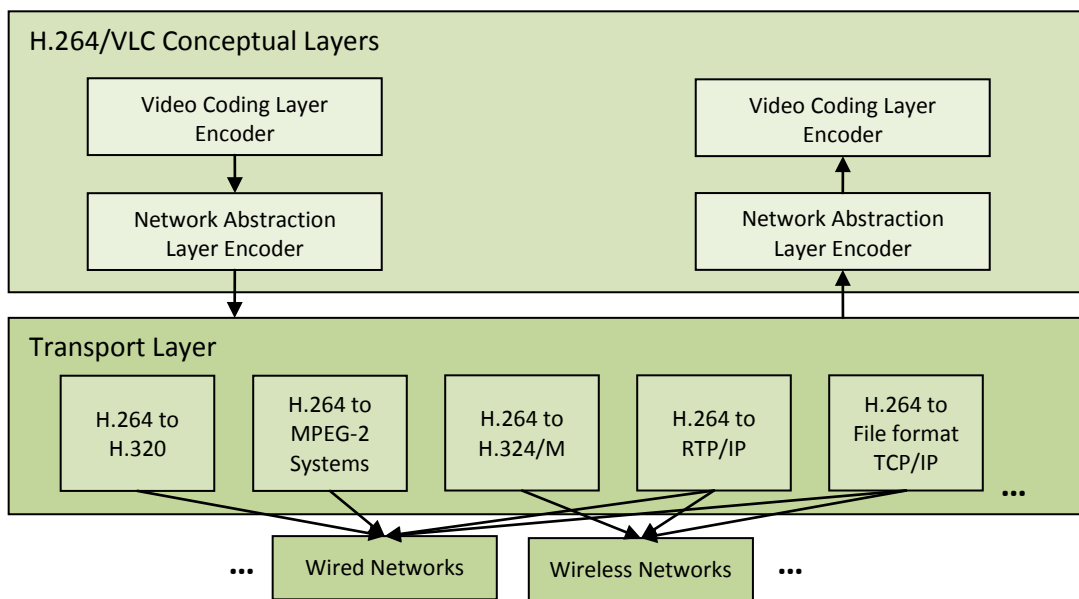
Περισσότερες πληροφορίες για τα προφίλ και τα επίπεδα υπάρχουν στο [Παράρτημα Α, Σύνδεσμος 1].

4.2.4 Network Abstraction Layer

Όπως αναφέρθηκε το πρότυπο του H.264 σχεδιάστηκε για μία ευρεία γκάμα εφαρμογών όπως broadcasting (πάνω από καλωδιακές, δορυφορικές, DSL, επίγειες συνδέσεις), αλληλεπιδραστικές εφαρμογές, σειριακές αποθηκεύσεις (σε μαγνητικούς δίσκους) κτλ. Ωστόσο, νέες εφαρμογές μπορεί να εμφανιστούν στο μέλλον που να έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά. Για την κάλυψη αυτής της ανάγκης για προσαρμοστικότητα, το H.264 χρησιμοποιεί το επίπεδο αφαίρεση δικτύου (Network Abstraction Layer - NAL) [Εικόνα 4.4]. Το NAL μορφοποιεί την αναπαράσταση του βίντεο και παρέχει επικεφαλίδες για την μεταφορά και αποθήκευση του σε μία ποικιλία τεχνολογιών μεταφοράς και μέσων αποθήκευσης.

Τα κωδικοποιημένα δεδομένα του βίντεο οργανώνονται σε NAL units, καθένα εκ' των οποίων είναι ουσιαστικά ένα πακέτο που περιέχει έναν ακέραιο αριθμό από bytes. Το

πρώτο byte ενός NAL unit περιέχει μία τιμή η οποία δείχνει τον τύπο δεδομένων που περιέχει το πακέτο. Το payload του πακέτου διαμορφώνεται κατάλληλα ώστε μην περιέχει τυχόν start code προθέματα κτλ. Η δομή του NAL unit είναι μία γενική μορφή για χρήση σε packet-oriented και bitstream-oriented συστήματα. Τα bitstream-oriented συστήματα (π.χ. H.320) απαιτούν την διανομή ενός NAL unit ως μία ροή από bytes ή bits. Στην ροή αυτή, τα όρια μεταξύ των NAL units θα πρέπει να ξεχωρίζουν από μία συγκεκριμένη ακολουθία bit. Για αυτά τα συστήματα η προδιαγραφή του H.264 ορίζει μία μορφή byte stream. Σε αυτή την μορφή κάθε NAL unit έχει πρόθεμα μία ακολουθία από 3 bytes που αποκαλείται start code prefix καθώς και κάποιες άλλες προαιρετικές προσθήκες. Στα packet-oriented συστήματα (π.χ. IP/RTP), τα κωδικοποιημένα δεδομένα μεταφέρονται σε πακέτα τα οποία πλαισιώνονται από το πρωτόκολλο μεταφοράς. Ο διαχωρισμός των ορίων των NAL units μέσα στα πακέτα μπορεί να γίνει χωρίς την χρήση start code προθεμάτων.



Εικόνα 4.4 Network Abstraction Layer

4.3 Μετάδοση του Βίντεο σε Ασύρματα Ετερογενή Δίκτυα

Οι χρήστες προσπελαίνουν το βίντεο μέσω ετερογενών περιβαλλόντων. Η ετερογένεια των περιβαλλόντων αυτών εξαρτάται από τρεις διαφορετικές συνιστώσες:

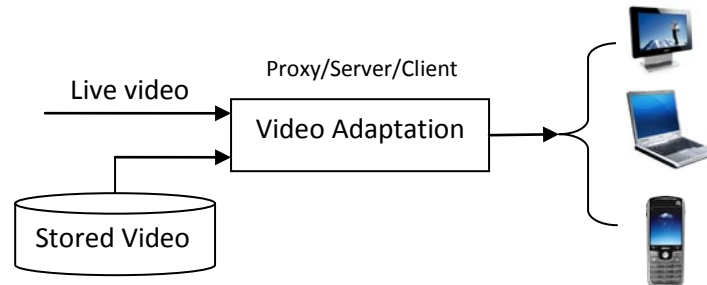
1. Την ετερογένεια των τερματικών, τα τερματικά που χρησιμοποιούν οι χρήστες για την προσπέλαση του βίντεο έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά όπως: ικανότητες απεικόνισης (ανάλυση, βάθος χρωμάτων), επεξεργαστική ισχύ, λογισμικό, μνήμη.
2. Την ετερογένεια των δικτύων, τα δίκτυα τα οποία χρησιμοποιούν οι χρήστες για την προσπέλαση έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά όπως: εύρος ζώνης, απώλειες πακέτων, καθυστέρηση.
3. Τις δραστηριότητες των χρηστών, οι προτιμήσεις των χρηστών μπορούν να εξαρτώνται από τις δραστηριότητες τους όπως: αναζήτηση πληροφοριών, αλληλεπιδραστική επικοινωνία, απλή παρακολούθηση πολυμέσων.

Οι συνιστώσες αυτές θέτουν περιορισμούς στην προσπέλαση του βίντεο. Η προσαρμογή του βίντεο είναι ένας τομέας ο οποίος απευθύνεται στην αντιμετώπιση όλων αυτών των προκλήσεων. Ένα σύστημα προσαρμογής βίντεο, προσαρμόζει ένα βίντεο σε μία μορφή με στόχο την μεγιστοποίηση της αντιληπτής ποιότητας του βίντεο καλύπτοντας όλους τους περιορισμούς.

Η κωδικοποίηση βίντεο και η προσαρμογή είναι δύο διαφορετικές έννοιες. Ενώ η κωδικοποίηση βίντεο παίρνει ως είσοδο ένα μη κωδικοποιημένο βίντεο και παράγει ένα κωδικοποιημένο, ένα σύστημα προσαρμογής έχει ως είσοδο ένα ήδη κωδικοποιημένο βίντεο και παράγει ως έξοδο μία διαφορετική κωδικοποίηση του αρχικού βίντεο. Επίσης η κωδικοποίηση του βίντεο λαμβάνει χώρα στον εξυπηρετητή, αντιθέτως η προσαρμογή μπορεί να λάβει επιπλέον χώρα σε ενδιάμεσους εξυπηρετητές και στα τερματικά [Εικόνα 4.5].

Παρόλο το όλο και αυξανόμενο ενδιαφέρον που υπάρχει για τον τομέα προσαρμογής βίντεο, υπάρχει μεγάλη έλλειψη από ορισμούς, ορολογίες σενάρια ή ορισμένα θέματα για γνωστά προβλήματα. Μία πρώτη προσπάθεια ενοποίησης και καταγραφή ορισμών για τον τομέα αυτόν έχει γίνει από το [Βιβλιογραφία 8].

Οι Shih-Fu Chang και Anthony Vetro ορίζουν ένα πλαίσιο το οποίο περιγράφει και ενοποιεί συσχετιζόμενα θέματα με την προσαρμογή του βίντεο. Ακολουθεί μία αναλυτική περιγραφή του πλαισίου:



Εικόνα 4.5 Προσαρμογή Βίντεο

Αρχικά ως οντότητα (entity) ορίζεται το βασικό στοιχείο ενός βίντεο το οποίο υφίσταται κάποια προσαρμογή. Οντότητες μπορεί να υπάρχουν σε διάφορα επίπεδα, μπορεί να είναι εικονοστοιχεία, αντικείμενα, πλαίσια εικόνων, σκηνές, λήψεις, συντακτικές συνιστώσες. Για κάθε τύπο οντότητας μπορεί να οριστεί και μία διαφορετική διαδικασία προσαρμογής. Για παράδειγμα, ένα πλαίσιο εικόνας ενός βίντεο μπορεί να «μειωθεί» σε ανάλυση ή να αφαιρεθεί τελείως ώστε να μειωθεί το εύρος ζώνης, ακολούθως ένα σύνολο λήψεων μπορεί να αφαιρεθεί ώστε να δημιουργηθεί μία πιο συνοπτική έκδοση του βίντεο.

Ο «χώρος» των εφικτών προσαρμογών για μία οντότητα βίντεο καλείται χώρος προσαρμογής (adaptation space). Οι διαστάσεις σε αυτόν τον υποθετικό χώρο αναπαριστούν μία συγκεκριμένη διαδικασία προσαρμογής και ένα σημείο σε αυτόν τον χώρο αναπαριστά των συνδυασμό των διαδικασιών από διαφορετικές διαστάσεις. Για παράδειγμα, μια γνωστή μέθοδος μετακωδικοποίησης (transcoding) ενδοκωδικοποιημένων πλαισίων βίντεο περιλαμβάνει δύο διαστάσεις: (1) Αφαίρεση ενός υποσυνόλου από συνιστώσες μετατροπής από κάθε πλαίσιο και (2) Αφαίρεση ενός υποσυνόλου από πλαίσια.

Κάθε οντότητα συσχετίζεται με αρκετές απαιτήσεις πόρων και τιμές Χρησιμότητας. Μία προσαρμογή μετατρέπει την οντότητα σε μία άλλη, συνακολούθως αλλάζουν οι συσχετιζόμενες τιμές πόρων και Χρησιμότητας. Όπως και στον «χώρο της προσαρμογής», υπάρχουν διαστάσεις και στους χώρους των πόρων και της Χρησιμότητας. Οι διαστάσεις στον χώρο των πόρων μπορεί να είναι εύρος ζώνης, ικανότητες απεικόνισης, μνήμη κτλ. Ο

χώρος αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να τεθούν περιορισμοί στις διαδικασίες της προσαρμογής.

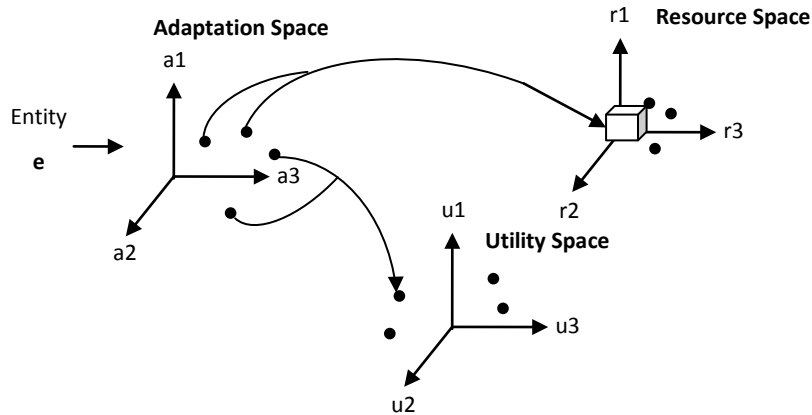
Η τιμή Χρηστικότητα, αναπαριστά την αντιληπτή ποιότητα του βίντεο από την σκοπιά του χρήστη. Η τιμή αυτή μπορεί να μετρηθεί σε τρία διαφορετικά επίπεδα:

- Αντικειμενικό επίπεδο (πχ. peak signal-to-noise ration PSNR)
- Υποκειμενικό επίπεδο (πχ. Υποκειμενικές βαθμολογίες-MOS)
- Επίπεδο αντίληψης (Ικανότητα του χρήστη να αξιολογήσει και να βαθμολογήσει το περιεχόμενο)

Η τιμή Χρηστικότητα για ένα βίντεο δεν είναι σταθερή και επηρεάζεται άμεσα από τις προτιμήσεις των χρηστών. Αυτό κυρίως φαίνεται στα επίπεδα υποκειμενικότητας και αντίληψης. Η υποκειμενικότητα συσχετίζεται με τις προτιμήσεις και ανάγκες του χρήστη την συγκεκριμένη στιγμή. Οι προτιμήσεις αυτές μπορεί να αλλάξουν και να θέσουν επιπλέον περιορισμούς (ανεξάρτητους από τους περιορισμούς των πόρων) στις διαδικασίες προσαρμογής. Για παράδειγμα, ένα χρήστης μπορεί να θέλει να βλέπει βίντεο σε ένα παράθυρο όχι πολύ μεγαλύτερο από ένα ποσοστό της ανάλυσης που υποστηρίζει η οθόνη του υπολογιστή του. Με αυτόν τον τρόπο ενώ η ανάλυση της οθόνης θέτεται ως περιορισμός από τις προτιμήσεις του χρήστη και όχι από τις συνθήκες του περιβάλλοντος.

Για ένα σύνολο περιορισμών όπως φαίνεται στην [Εικόνα 4.6] υπάρχει και ένα σύνολο από λύσεις που ικανοποιούν αυτούς τους περιορισμούς. Αντιστοίχως διαφορετικά σύνολα λύσεων μπορούν να οδηγήσουν στην ίδια τιμή Χρηστικότητα.

Ο στόχος της προσαρμογής είναι να επιλεγεί αυτό το σύνολο των διαδικασιών προσαρμογής που θα έχουν την μέγιστη χρηστικότητα καλύπτοντας όλους τους περιορισμούς των πόρων.



Εικόνα 4.6 Σχέση μεταξύ προσαρμογής/Χρησιμότητας/πόρων

4.4 Κατηγορίες προσαρμογής βίντεο

Παρακάτω γίνεται μία κατηγοριοποίηση των διαδικασιών προσαρμογής βίντεο:

1. **Μετακωδικοποίηση (Transcoding):** Μία βασική προσαρμογή είναι η μετατροπή ενός κωδικοποιημένου βίντεο σε μία άλλη μορφή ώστε να είναι συμβατό με το περιβάλλον όπου θα χρησιμοποιηθεί.
2. **Επιλογή/Μείωση:** Σε περιπτώσεις όπου υπάρχει περιορισμός πόρων, μία δημοφιλής διαδικασία προσαρμογής είναι να επιλεγούν προς αφαίρεση κάποιοι συντελεστές της οντότητας ώστε να σωθούν κάποιοι πόροι. Αυτές οι τεχνικές συνήθως υλοποιούνται επιλέγοντας και αφαιρώντας κάποια στοιχεία ενός βίντεο όπως λήψεις, πλαίσια, εικονοστοιχεία σε ένα πλαίσιο, συντελεστές συχνότητας στις μετασχηματισμένες αναπαραστάσεις, κτλ. Μερικές τεχνικές θεωρούνται μορφές της μετακωδικοποίησης: αλλαγή του ρυθμού των δεδομένων, των πλαισίων ή της ανάλυσης ενός ήδη κωδικοποιημένου βίντεο.
3. **Αντικατάσταση:** Αυτή η περίπτωση προσαρμογής αντικαθιστά επιλεγμένα στοιχεία σε μία οντότητα του βίντεο με άλλα λιγότερο δαπανηρά (σε πόρους), με κύριο στόχο την διατήρηση της συνολικής χρησιμότητας. Για παράδειγμα μία ακολουθία βίντεο μπορεί να αντικατασταθεί από «ακίνητα» πλαίσια και ως εκ τούτου να μειωθεί δραματικά το εύρος ζώνης.

4. **Σύνθεση:** Η προσαρμογή σύνθεσης αναφέρεται στην σύνθεση νέου περιεχομένου βασιζόμενο σε αποτελέσματα αναλύσεων. Η μετάδοση ενός συνθετικού βίντεο, συνήθως χρειάζεται λιγότερο εύρος ζώνης, αφού η πλεονάζουσα πληροφορία που βρίσκεται στο παρασκήνιο δεν χρειάζεται να μεταδοθεί ξανά.

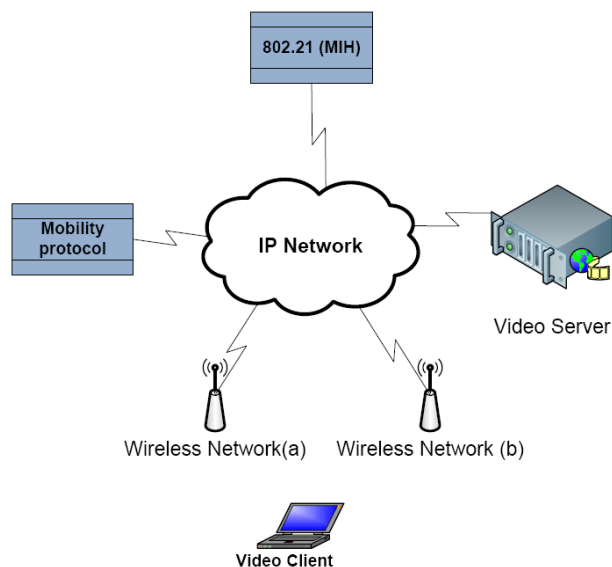
5 Προσαρμογή του βίντεο με βάση το MIH

5.1 Στόχοι και σενάρια

Με την δημιουργία ενός κοινού δικτύου επικοινωνίας το οποίο θα έχει πολλαπλά PoA, είναι απαραίτητο να γίνει μελέτη πάνω στις διαδικασίες οι οποίες θα λαμβάνουν τις αποφάσεις μεταγωγής. Οι διαδικασίες αυτές είναι υπεύθυνες να αξιολογούν τις μετρικές και τις συνθήκες από τα διάφορα πρωτόκολλα των επίπεδων της στοίβας TCP/IP και να λαμβάνουν αποφάσεις μεταγωγής. Οι αποφάσεις αυτές πρέπει να ικανοποιούν κάποιο σκοπό, ο σκοπός αυτός δεν μπορεί να είναι κάτι άλλο από την αποσυμφόρηση του δικτύου και τη καλύτερη εξυπηρέτηση των χρηστών βελτιώνοντας την παροχή υπηρεσιών προς αυτούς.

Ο στόχος της πτυχιακής εργασίας, είναι η εκτέλεση σεναρίων μεταγωγής κατά την διάρκεια μίας συνόδου βίντεο και η καταγραφή των απωλειών ή τους κέρδους από την διαδικασία αυτή στο QoS της υπηρεσίας. Για τον σκοπό αυτό σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε μία πλατφόρμα όπου εξομοιώνονται σενάρια μεταγωγών. Η πλατφόρμα [Εικόνα 5.1], βασίζεται στις τεχνολογίες των προηγούμενων παραγράφων (MIH, Mobility, H.264) και η υλοποίηση της περιγράφεται στις επόμενες παραγράφους. Το βασικό σενάριο είναι ότι ο χρήστης ο οποίος χρησιμοποιεί το MT αρχίζει μία υπηρεσία βίντεο (H.264) ενώ βρίσκεται συνδεδεμένος με το AP (a) της εικόνας. Κατά την διάρκεια της συνόδου ο χρήστης στέλνει μετρικές του επιπέδου εφαρμογών και του επιπέδου σύνδεσης μέσω του 802.21 στην βάση δεδομένων. Η διαδικασία μεταγωγών διαβάζει περιοδικά τις μετρικές αυτές και αν ξεπεράσουν κάποιο επιτρεπτό όριο αποφασίζει να μεταγάγει τον χρήστη στο AP (b). Για να μην διακοπεί η σύνοδος το πρωτόκολλο κινητικότητας αναλαμβάνει την αδιάκοπη μετακίνηση του MT στο νέο δίκτυο. Τα δύο αυτά δίκτυα πρόσβασης έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά. Το δίκτυο πρόσβασης (a) έχει μεγαλύτερο εύρος ζώνης αλλά και μεγαλύτερο ποσοστό απωλειών πακέτων από το δίκτυο πρόσβασης (b). Άρα μετά την μεταγωγή θα πρέπει να γίνει μία προσαρμογή του βίντεο ώστε να μην δεσμεύει περισσότερους πόρους από όσους είναι διαθέσιμοι. Τα σενάρια που εκτελέστηκαν είναι τα εξής:

1. Μετάδοση του βίντεο paris.cif [Παράρτημα Α, Σύνδεσμος 2] , ανάλυση CIF (352x288), 1065 πλαίσια και ρυθμό δεδομένων από τον κωδικοποιητή 1024kbps. Το PoA (a) έχει ποσοστό απωλειών πακέτων 10% και το PoA (b) 5%.
 - a. Μετάδοση μέσω του PoA(a) με απενεργοποιημένη την διαδικασία μεταγωγών ώστε να υπάρχει μέτρο απόδοσης των μεταγωγών.
 - b. Μετάδοση μέσω του PoA(a) με ενεργοποιημένη την διαδικασία μεταγωγών (κατώφλι απωλειών 10%) και μεταγωγή στο PoA(b). Προσαρμογή του ρυθμού δεδομένων μετά την μεταγωγή στο 80% του αρχικού (conservative).
 - c. Μετάδοση μέσω του PoA(a) με ενεργοποιημένη την διαδικασία μεταγωγών (κατώφλι απωλειών 10%) και μεταγωγή στο PoA(b). Προσαρμογή του ρυθμού δεδομένων μετά την μεταγωγή στο 60% του αρχικού (aggressive).
2. Επανάληψη του προηγούμενου σεναρίου αυξάνοντας το ποσοστό απωλειών στα PoAs ως εξής: PoA(a) 20%, PoA(b) 10%.
3. Επανάληψη του πρώτου σεναρίου μειώνοντας τον ρυθμό δεδομένων σε 512kbps.
4. Επανάληψη του δεύτερου σεναρίου μειώνοντας τον ρυθμό δεδομένων σε 512kbps.
5. Επανάληψη των προηγούμενων σεναρίων με το βίντεο bridge close view [Παράρτημα Α, Σύνδεσμος 2] ανάλυση CIF (352x288), 2001 πλαίσια.



Εικόνα 5.1 Πλατφόρμα πτυχιακής εργασίας

Σενάριο 1	a	b	c
Βίντεο	Paris.cif	Paris.cif	Paris.cif
Ανάλυση	CIF	CIF	CIF
Πλαίσια	1065	1065	1065
Ρυθμός δεδομένων κωδικοποιητή	1024 kbps	1024 kbps	1024 kbps
Διαδικασία μεταγωγής	Απενεργοποιημένη	Ενεργοποιημένη	Ενεργοποιημένη
Απώλειες πακέτων PoA (a)	10%	10%	10%
Απώλειες πακέτων PoA (b)	Δεν χρησιμοποιείται	5%	5%
Ρυθμός δεδομένων κωδικοποιητή μετά την μεταγωγή	Δεν χρησιμοποιείται	1024 * 80% (Conservative)	1024 * 60% (Aggressive)

Πίνακας 5.1 Πρώτο σενάριο μεταγωγής

Σενάριο 2	a	b	c
Βίντεο	Paris.cif	Paris.cif	Paris.cif
Ανάλυση	CIF	CIF	CIF
Πλαίσια	1065	1065	1065
Ρυθμός δεδομένων κωδικοποιητή	1024 kbps	1024 kbps	1024 kbps
Διαδικασία μεταγωγής	Απενεργοποιημένη	Ενεργοποιημένη	Ενεργοποιημένη
Απώλειες πακέτων PoA (a)	20%	20%	20%
Απώλειες πακέτων PoA (b)	Δεν χρησιμοποιείται	10%	10%
Ρυθμός δεδομένων κωδικοποιητή μετά την μεταγωγή	Δεν χρησιμοποιείται	1024 * 80% (Conservative)	1024 * 60% (Aggressive)

Πίνακας 5.2 Δεύτερο σενάριο μεταγωγής

Σενάριο 3	a	b	c
Βίντεο	Paris.cif	Paris.cif	Paris.cif
Ανάλυση	CIF	CIF	CIF
Πλαίσια	1065	1065	1065
Ρυθμός δεδομένων κωδικοποιητή	512 kbps	512 kbps	512 kbps
Διαδικασία μεταγωγής	Απενεργοποιημένη	Ενεργοποιημένη	Ενεργοποιημένη
Απώλειες πακέτων PoA (a)	10%	10%	10%
Απώλειες πακέτων PoA (b)	Δεν χρησιμοποιείται	5%	5%
Ρυθμός δεδομένων κωδικοποιητή μετά την μεταγωγή	Δεν χρησιμοποιείται	512 * 80% (Conservative)	512 * 60% (Aggressive)

Πίνακας 5.3 Τρίτο σενάριο μεταγωγής

Σενάριο 4	a	b	c
Βίντεο	Paris.cif	Paris.cif	Paris.cif
Ανάλυση	CIF	CIF	CIF
Πλαίσια	1065	1065	1065
Ρυθμός δεδομένων κωδικοποιητή	512 kbps	512 kbps	512 kbps
Διαδικασία μεταγωγής	Απενεργοποιημένη	Ενεργοποιημένη	Ενεργοποιημένη
Απώλειες πακέτων PoA (a)	20%	20%	20%
Απώλειες πακέτων PoA (b)	Δεν χρησιμοποιείται	10%	10%
Ρυθμός δεδομένων κωδικοποιητή μετά την μεταγωγή	Δεν χρησιμοποιείται	512 * 80% (Conservative)	512 * 60% (Aggressive)

Πίνακας 5.4 Τέταρτο σενάριο μεταγωγής

Σενάριο 5	a	b	c
Βίντεο	Bridge_close.cif	Bridge_close.cif	Bridge_close.cif
Ανάλυση	CIF	CIF	CIF
Πλαίσια	2001	2001	2001
Ρυθμός δεδομένων κωδικοποιητή	1024 kbps	1024 kbps	1024 kbps
Διαδικασία μεταγωγής	Απενεργοποιημένη	Ενεργοποιημένη	Ενεργοποιημένη
Απώλειες πακέτων PoA (a)	10%	10%	10%
Απώλειες πακέτων PoA (b)	Δεν χρησιμοποιείται	5%	5%
Ρυθμός δεδομένων κωδικοποιητή μετά την μεταγωγή	Δεν χρησιμοποιείται	1024 * 80% (Conservative)	1024 * 60% (Aggressive)

Πίνακας 5.5 Πέμπτο σενάριο μεταγωγής

Σενάριο 6	a	b	c
Βίντεο	Bridge_close.cif	Bridge_close.cif	Bridge_close.cif
Ανάλυση	CIF	CIF	CIF
Πλαίσια	1065	1065	1065
Ρυθμός δεδομένων κωδικοποιητή	1024 kbps	1024 kbps	1024 kbps
Διαδικασία μεταγωγής	Απενεργοποιημένη	Ενεργοποιημένη	Ενεργοποιημένη
Απώλειες πακέτων PoA (a)	20%	20%	20%
Απώλειες πακέτων PoA (b)	Δεν χρησιμοποιείται	10%	10%
Ρυθμός δεδομένων κωδικοποιητή μετά την μεταγωγή	Δεν χρησιμοποιείται	1024 * 80% (Conservative)	1024 * 60% (Aggressive)

Πίνακας 5.6 Έκτο σενάριο μεταγωγής

Σενάριο 7	a	b	c
Βίντεο	Bridge_close.cif	Bridge_close.cif	Bridge_close.cif
Ανάλυση	CIF	CIF	CIF
Πλαίσια	1065	1065	1065
Ρυθμός δεδομένων κωδικοποιητή	512 kbps	512 kbps	512 kbps
Διαδικασία μεταγωγής	Απενεργοποιημένη	Ενεργοποιημένη	Ενεργοποιημένη
Απώλειες πακέτων PoA (a)	10%	10%	10%
Απώλειες πακέτων PoA (b)	Δεν χρησιμοποιείται	5%	5%
Ρυθμός δεδομένων κωδικοποιητή μετά την μεταγωγή	Δεν χρησιμοποιείται	512 * 80% (Conservative)	512 * 60% (Aggressive)

Πίνακας 5.7 Έβδομο σενάριο μεταγωγής

Σενάριο 8	a	b	c
Βίντεο	Bridge_close.cif	Bridge_close.cif	Bridge_close.cif
Ανάλυση	CIF	CIF	CIF
Πλαίσια	1065	1065	1065
Ρυθμός δεδομένων κωδικοποιητή	512 kbps	512 kbps	512 kbps
Διαδικασία μεταγωγής	Απενεργοποιημένη	Ενεργοποιημένη	Ενεργοποιημένη
Απώλειες πακέτων PoA (a)	20%	20%	20%
Απώλειες πακέτων PoA (b)	Δεν χρησιμοποιείται	10%	10%
Ρυθμός δεδομένων κωδικοποιητή μετά την μεταγωγή	Δεν χρησιμοποιείται	512 * 80% (Conservative)	512 * 60% (Aggressive)

Πίνακας 5.8 Όγδοο σενάριο μεταγωγής

5.2 Περιγραφή υλοποίησης

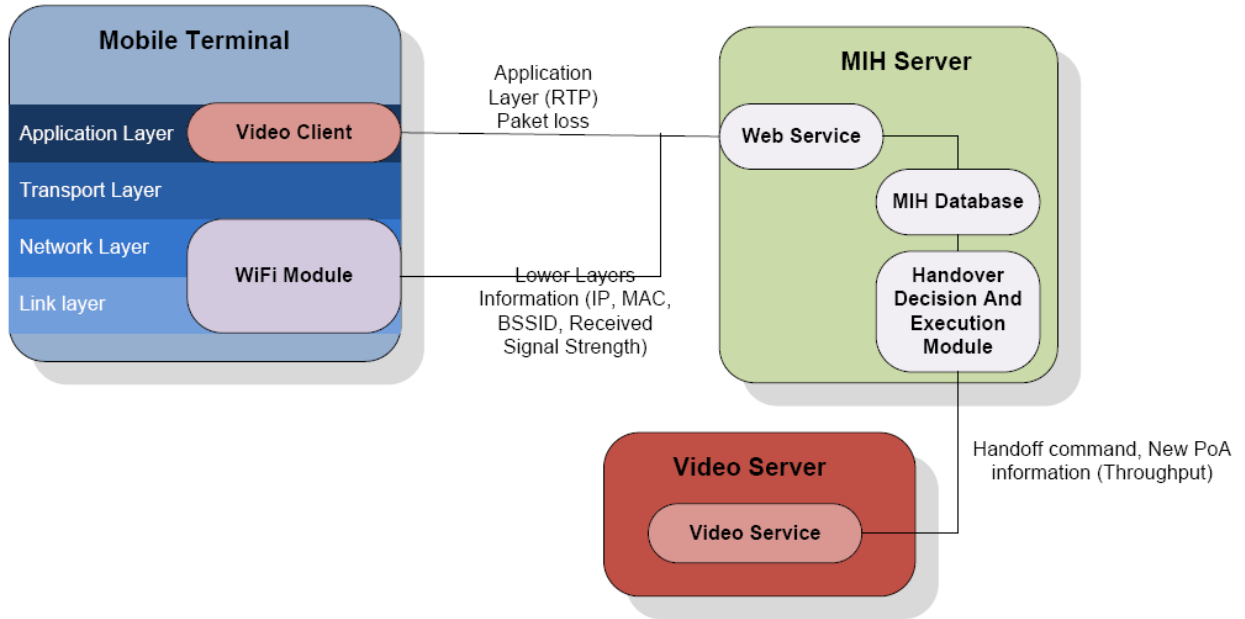
5.2.1 Media Independent Handover (802.21 MIH)

Η πλατφόρμα που αναπτύχθηκε, σχεδιάστηκε με την υποδομή που προτείνει και περιγράφει το πρωτόκολλο 802.21 [Εικόνα 5.2]. Όπως αναφέρθηκε, το 802.21 είναι ένα αφηρημένο πλαίσιο το οποίο τυποποιεί τον τρόπο επικοινωνίας, τα μηνύματα καθώς και τους ρόλους των οντοτήτων που συνεργάζονται για την μεταγωγή. Η αρχιτεκτονική του 802.21 είναι βασικής σημασίας για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω, κυρίως για τον λόγο ότι δίνει την δυνατότητα να παίρνονται σωστές και άμεσες αποφάσεις μεταγωγής αξιοποιώντας πληροφορίες όλων των επιπέδων του τερματικού, του PoA, των πιθανών PoA αλλά και του συνολικού δικτύου.

Στην πλατφόρμα υπάρχει μία κεντρική οντότητα ο MIH εξυπηρετητής. Η οντότητα αυτή αποτελείται από τα εξής τμήματα:

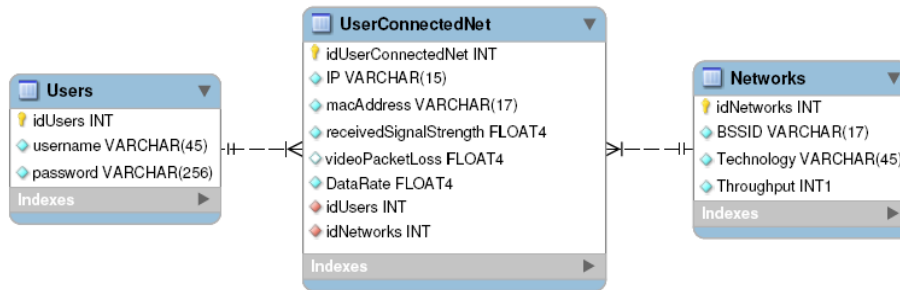
- **Υπηρεσία Διαδικτύου (Web Service):** Η υπηρεσία αυτή, δίνει την δυνατότητα στις οντότητες να μπορούν να ανταλλάσσουν πληροφορίες με την υπηρεσία πληροφοριών του MIH, με δομημένη μορφή και να υπάρχει ένα επίπεδο αφαίρεσης και ασφάλειας στην χρήση της. Για παράδειγμα αν μία οντότητα ήθελε να αποθηκεύσει πληροφορίες στην βάση δεδομένων θα έπρεπε να έχει γνώση και να είναι ενήμερη για αλλαγές της δομής της, της γλώσσας που χρησιμοποιεί, των στοιχείων πρόσβασης κτλ. Με την χρήση της υπηρεσίας διαδικτύου όλα αυτά υλοποιούνται από την υπηρεσία και οι οντότητες μπορούν να έχουν τυποποιημένη πρόσβαση μέσω αυτής. Η υπηρεσία χρησιμοποιεί το Simple Object Access Protocol (SOAP) [Παράρτημα Α, Σύνδεσμος 3]. Το SOAP είναι ένα πρωτόκολλο για την ανταλλαγή δομημένων πληροφοριών με την μορφή web υπηρεσιών, η μορφή των μηνυμάτων του βασίζεται στην Extensible Markup Language (XML) [Παράρτημα Α, Σύνδεσμος 4] και η ανταλλαγή των πληροφοριών βασίζεται στα πρωτόκολλα του επιπέδου εφαρμογών όπως το HTTP. Για την πτυχιακή εργασία η υπηρεσία SOAP έχει δημιουργηθεί σε γλώσσα ++c με την βοήθεια της gSOAP βιβλιοθήκης [Παράρτημα Α, Σύνδεσμος 5]. Στον MIH εξυπηρετητή έχει εγκατασταθεί ο εξυπηρετητής web Apache [Παράρτημα Α, Σύνδεσμος 6] ο οποίος υλοποιεί το HTTP πρωτόκολλο και

παρέχει πρόσβαση στις εξωτερικές οντότητες στην SOAP υπηρεσία. Στα τερματικά μέσω της gSOAP βιβλιοθήκης έχουν δημιουργηθεί κώδικες και συναρτήσεις μέσω των οποίων μπορούν να στέλνουν SOAP μηνύματα σε απομακρυσμένες οντότητες.



Εικόνα 5.2 Πλατφόρμα πτυχιακής εργασίας (MIH Αρχιτεκτονική)

- Βάση δεδομένων:** Ο MIH εξυπηρετητής περιλαμβάνει μία βάση δεδομένων η οποία κρατά όλα τα στοιχεία του δικτύου. Τα πεδία της βάσης γεμίζουν από τις πληροφορίες που στέλνουν τα τερματικά μέσω της υπηρεσίας πληροφοριών και χρησιμοποιούνται από την υπομονάδα απόφασης και εκτέλεσης μεταγωγής. Η βάση [Εικόνα 5.3] σχεδιάστηκε με το MySQL Workbench [Παράρτημα Α, Σύνδεσμος 7] το οποίο είναι ένα πρόγραμμα με γραφικό περιβάλλον για σχεδίαση βάσεων καθώς και αυτοματοποιημένης εξαγωγής SQL κώδικα.



Εικόνα 5.3 Διάγραμμα Βάσης δεδομένων

- **Υπομονάδα απόφασης και εκτέλεσης μεταγωγής:** είναι ο «εγκέφαλος» της ΜΠΗ αρχιτεκτονικής που υλοποιήθηκε. Με τον αλγόριθμο αυτό παίρνονται αποφάσεις μεταγωγής χρησιμοποιώντας τα στοιχεία που υπάρχουν στην βάση δεδομένων. Ο αλγόριθμος [Βιβλιογραφία 3][Εικόνα 5.4] που χρησιμοποιήθηκε αποτελείται από τρία στάδια:

1. Στάδιο απόφασης

Στο στάδιο απόφασης οι πληροφορίες των τερματικών και των σημείων πρόσβασης συλλέγονται και στέλνονται στην υπηρεσία πληροφοριών έπειτα αξιολογούνται και συγκρίνονται με κάποια προκαθορισμένα κατώφλια. Η υπηρεσία γεγονότων είναι υπεύθυνη για την σύγκριση αυτών των τιμών και σε περίπτωση που κάποια από αυτές παραβιάζει κάποιο κατώφλι ενημερώνει την υπηρεσία εντολών που αρχικοποιεί την μεταγωγή.

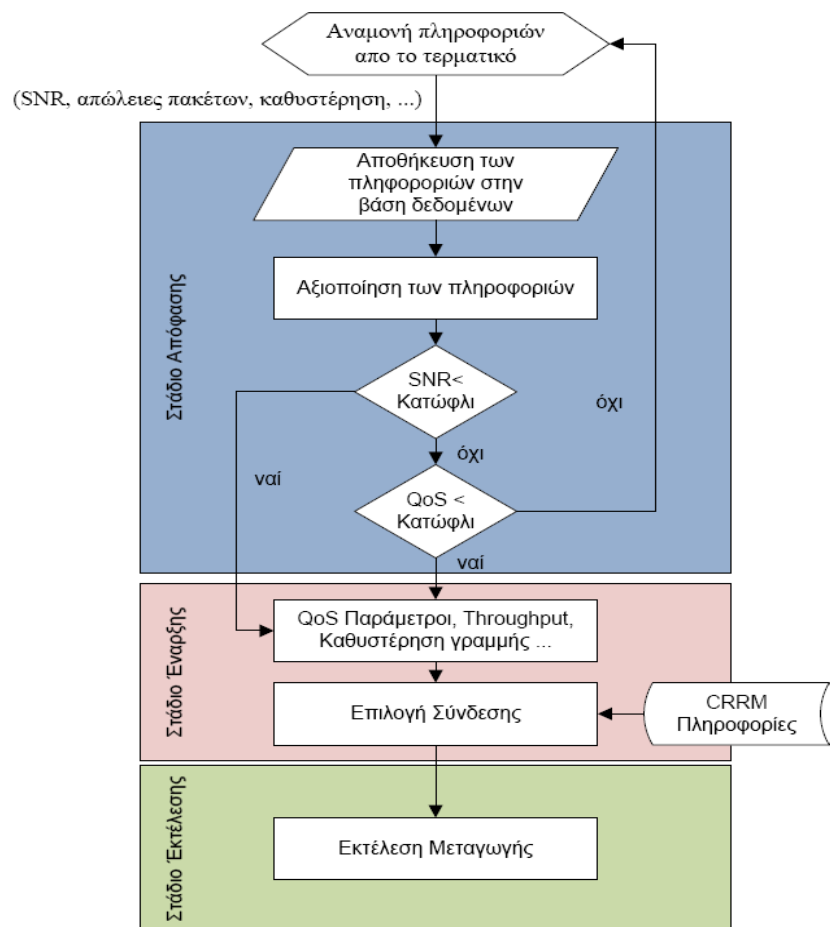
2. Έναρξη μεταγωγής

Σε αυτό το στάδιο μια υπομονάδα επιλογής συνδέσεων βρίσκει το καλύτερο γειτονικό δίκτυο για μεταγωγή σύμφωνα με κάποιες QoS παραμέτρους που έχουν οριστεί για τον κάθε χρήστη.

3. Εκτέλεση μεταγωγής

Σε αυτό το στάδιο γίνεται η εκτέλεση της μεταγωγής στέλνοντας εντολή στο πρωτόκολλο κινητικότητας το οποίο είναι υπεύθυνο για την άνευ διακοπής της σύνδεσης μεταγωγή του τερματικού

Η υλοποίηση του αλγόριθμου έγινε με την χρήση της c++ γλώσσας προγραμματισμού. Ο αλγόριθμος, διαβάζει περιοδικά από την βάση δεδομένων που βρίσκεται στον ΜΙΗ εξυπηρετητή, το ποσοστό απωλειών πακέτων για την βίντεο υπηρεσία καθώς και την ισχύ του λαμβανόμενου σήματος. Αν κάποια από αυτές τις τιμές ξεπεράσει τα επιτρεπόμενα κατώφλια [Πίνακας 7.2.1.1] τότε ο αλγόριθμος περνάει από το στάδιο έναρξης στο στάδιο απόφασης. Στο στάδιο απόφασης συλλέγονται τα απαραίτητα στοιχεία από την βάση δεδομένων για την μεταγωγή. Τα στοιχεία αυτά είναι η IP διεύθυνση του τερματικού στο δίκτυο στο οποίο θα γίνει η μεταγωγή καθώς και ο επιτρεπόμενος ρυθμός μετάδοσης. Τέλος ο αλγόριθμος περνά στο στάδιο εκτέλεσης όπου στέλνονται οι εντολές μεταγωγής μαζί με τις απαραίτητες πληροφορίες.



Εικόνα 5.4 Αλγόριθμος απόφασης και Εκτέλεσης μεταγωγών

RTP Packet Loss Threshold	10%
Received Signal Strength Threshold	-78 db

Πίνακας 5.9 Κατώφλια μεταγωγής

5.2.2 Λογισμικά τερματικών συσκευών

5.2.2.1 Υπομονάδα WiFi

Κάθε τερματικό της πλατφόρμας πρέπει να στέλνει μετρικές από τα διάφορα επίπεδα του TCP/IP καθώς και άλλες πληροφορίες που βοηθούν στην μεταγωγή (πχ. IP διευθύνσεις). Για τον σκοπό αυτό αναπτύχθηκε ένα λογισμικό [Εικόνα 5.5] το οποίο στέλνει πληροφορίες για τα ασύρματα δίκτυα στα οποία είναι συνδεδεμένο το τερματικό.

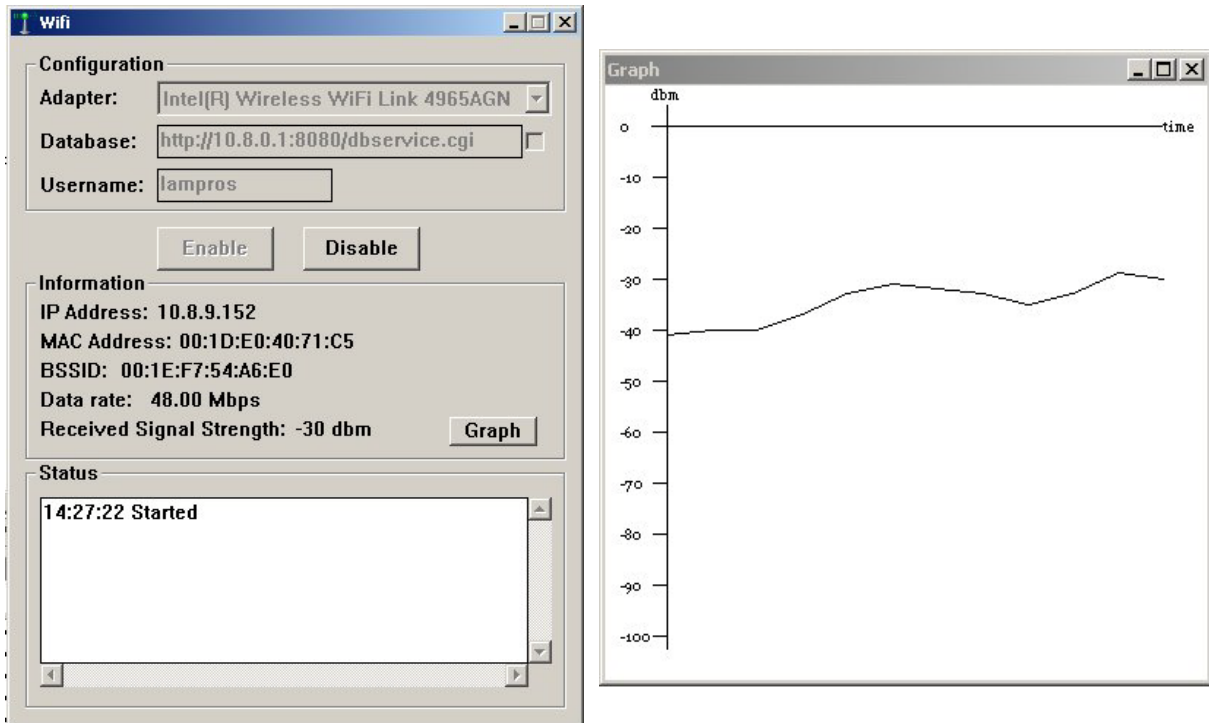
Η εφαρμογή αυτή αναπτύχθηκε σε γλώσσα C++ και λειτουργικό σύστημα windows. Η ανάκτηση των πληροφοριών από την ασύρματη κάρτα δικτύου γίνεται μέσω του Windows Management Instrumentation – WMI, περισσότερες πληροφορίες για το WMI βρίσκονται στο [Παράρτημα Α, Σύνδεσμος 8].

Η βασική ρουτίνα της εφαρμογής διαβάζει περιοδικά μέσω του WMI τα παρακάτω στοιχεία μίας ασύρματης δικτυακής σύνδεσης:

- IP διεύθυνση, Η λογική διεύθυνση του δικτύου
- MAC διεύθυνση, Η φυσική διεύθυνση της ασύρματης κάρτας δικτύου του τερματικού
- BSSID, Η φυσική διεύθυνση του ασύρματου σημείου πρόσβασης
- Data rate, Η ονομαστική ταχύτητα της γραμμής
- SNR - Λαμβανόμενη ισχύ του σήματος

Οι πληροφορίες αυτές, στέλνονται στην MHS ώστε ο αλγόριθμος απόφασης μεταγωγής να γνωρίζει τα χαρακτηριστικά της σύνδεσης του τερματικού με το RAN και να παίρνει αποφάσεις μεταγωγής

Όταν γίνει μία αλλαγή σε μία από της παραπάνω τιμές αυτόματα η εφαρμογή ενημερώνει την βάση που βρίσκεται στον ΜΙΗ εξυπηρετητή, για την περίπτωση της ισχύς του λαμβανόμενου σήματος πρέπει να υπάρχει απόλυτη διαφορά τουλάχιστον 2 db από την προηγούμενη.

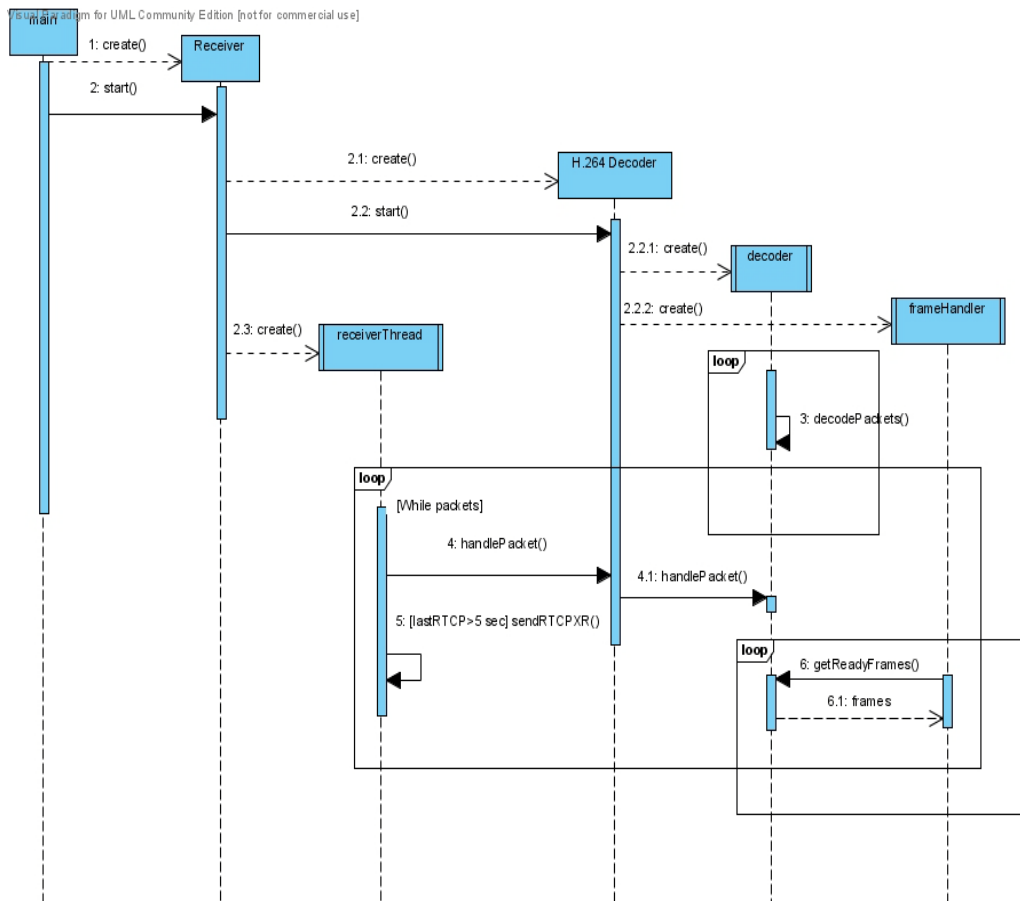


Εικόνα 5.5 Υπομονάδα WiFi

5.2.2.2 Βίντεο παραλήπτης

Ο βίντεο παραλήπτης είναι το λογισμικό το οποίο λαμβάνει τα πακέτα που στέλνει ο βίντεο εξυπηρετητής και αποκωδικοποιεί το βίντεο. Το λογισμικό αυτό έχει αναπτυχθεί χρησιμοποιώντας ένα πακέτο ανάπτυξης λογισμικού (Software Development Kit – SDK) της εταιρίας Vanguard Software Solutions [Παράρτημα Α, Σύνδεσμος 9]. Το πακέτο αυτό περιλαμβάνει δύο βιβλιοθήκες. Η πρώτη βιβλιοθήκη περιέχει τον απαραίτητο κώδικα για την κωδικοποίηση/αποκωδικοποίηση H.264 πλαισίων. Το δεύτερο πακέτο επιτρέπει την επικοινωνία του παραλήπτη με τον εξυπηρετητή μέσω του πρωτοκόλλου μετάδοσης πραγματικού χρόνου (Real-Time Transport Protocol – RTP [Παράρτημα Α, Σύνδεσμος 10]). Το διάγραμμα ακολουθίας [Εικόνα 5.6] απεικονίζει τον τρόπο λειτουργίας της εφαρμογής καθώς και

την σχέση μεταξύ των οντοτήτων. Αρχικά δημιουργείται δημιουργείται ένα στιγμιότυπο της κλάσης Receiver. Αφού παραμετροποιηθεί η κλάση αυτή με την είσοδο ρυθμίσεων οι οποίες διαβάζονται από αρχεία εκτελείται η εντολή start(). Η εντολή αυτή δημιουργεί ένα στιγμιότυπο της κλάσης Decoder. Η κλάση αυτή δημιουργεί δύο νήματα, το πρώτο νήμα διαβάζει περιοδικά της εσωτερική ουρά πακέτων και αν υπάρχουν πακέτα τα αποκωδικοποιεί και τα τοποθετεί στην ουρά εξόδου. Το δεύτερο νήμα καλώντας μία συνάρτηση του αποκωδικοποιητή λαμβάνει τα αποκωδικοποιημένα πλαίσια και τα γράφει σε ένα αρχείο για προβολή του βίντεο ή εξαγωγή στατιστικών όπως αναφέρεται σε επόμενη ενότητα. Η οντότητα Receiver δημιουργεί ένα νήμα το οποίο ακούει σε συγκεκριμένη διεπαφή για πακέτα αν λάβει πακέτα καλεί μία συνάρτηση του αποκωδικοποιητή η οποία περνά τα πακέτα στην ουρά εισόδου για αποκωδικοποίηση. Κατά την διάρκεια της λήψης των πακέτων η κλάση Receiver κρατά στατιστικά για το σύνολο των πακέτων που ελήφθησαν καθώς και για το σύνολο των πακέτων που χάθηκαν. Τα στατιστικά αυτά κρατούνται και ανά περιόδους των 5 δευτερολέπτων ώστε να σταλθεί ένα RTCP πακέτο στην υπηρεσία πληροφοριών του MSH και να αξιοποιηθούν για την μεταγωγή. Τα χαμένα πακέτα εντοπίζονται από ασυνέχειες των αριθμών ακολουθίας (sequence numbers) των RTP πακέτων. Ο αριθμός ακολουθίας είναι ένας αύξοντας αριθμός για κάθε πακέτο που στέλνεται. Για παράδειγμα, αν ο παραλήπτης λάβει ένα πακέτο με αριθμό ακολουθίας 1512 και το προηγούμενο πακέτο που λήφθηκε έχει αριθμό ακολουθίας 1500, το σύνολο των πακέτων που έχουν χαθεί είναι 12. Το σύνολο των πακέτων που έλαβε ο παραλήπτης για το διάστημα των των 5 δευτερολέπτων υπολογίζεται ως εξής (τελευταίο πακέτο που λήφθηκε - τελευταίο πακέτο που έλαβε στο προηγούμενο διάστημα).



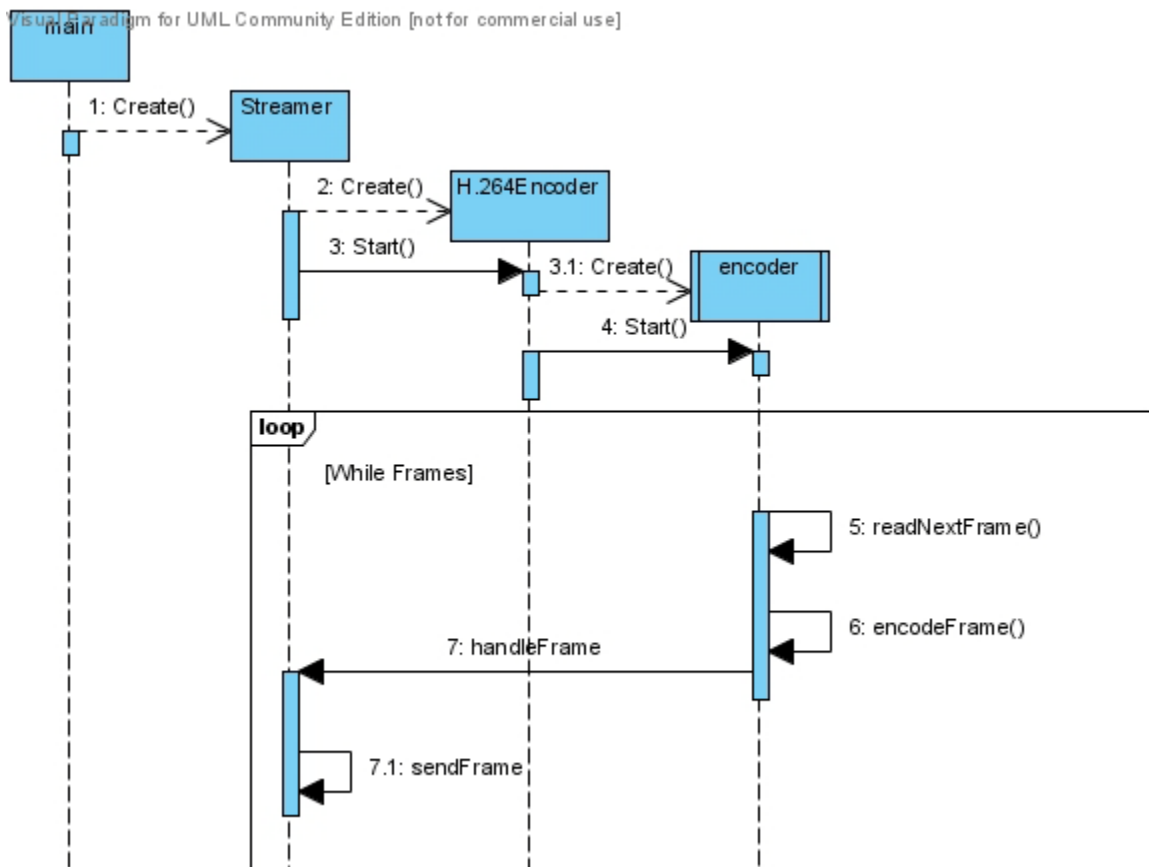
Εικόνα 5.6 Διάγραμμα ακολουθίας του βίντεο παραλήπτη

5.2.3 Βίντεο Εξυπηρετητής

Ο βίντεο εξυπηρετητής είναι το λογισμικό το οποίο κωδικοποιεί τα βίντεο και στέλνει τα κωδικοποιημένα πακέτα στον βίντεο παραλήπτη. Το λογισμικό αυτό έχει αναπτυχθεί όπως και το λογισμικό του παραλήπτη με το SDK της εταιρίας Vanguard Software Solutions. Το διάγραμμα ακολουθίας [Εικόνα 5.7] απεικονίζει τον τρόπο λειτουργίας της εφαρμογής καθώς και την σχέση μεταξύ των οντοτήτων. Αρχικά δημιουργείται ένα στιγμιότυπο της κλάσης streamer. Η κλάση αυτή έχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για την αποστολή των πακέτων στον παραλήπτη και χρησιμοποιεί την βιβλιοθήκη του SDK η οποία δίνει την δυνατότητα της πλαισίωσης και αποστολής RTP πακέτων. Με την έναρξη της υπηρεσίας δημιουργείται ένα στιγμιότυπο της κλάσης encoder. Η κλάση αυτή χρησιμοποιεί από το SDK την βιβλιοθήκη με τον απαραίτητο κώδικα για κωδικοποίηση

YUV πλαισίων σε H.264 πλαίσια. Ένα νήμα της κλάσης αυτής διαβάζει περιοδικά τα πλαίσια από ένα αρχείο ασυμπίεστου βίντεο και τα κωδικοποιεί. Όταν κωδικοποιηθεί ένα πλαίσιο καλεί μια συνάρτηση της κλάσης Streamer ώστε να αποστείλει το πακέτο στον παραλήπτη.

Εκτός από την βασική αυτή λειτουργία ο βίντεο εξυπηρετητής ακούει για μεταγωγές καθώς και για προσαρμογή του ρυθμού δεδομένων του κωδικοποιητή. Η διαδικασία της μεταγωγής περιγράφεται στην επόμενη παράγραφο. Για την προσαρμογή του βίντεο ο εξυπηρετητής ακούει σε μία συγκεκριμένη θύρα για πακέτα συγκεκριμένης μορφής. Τα πακέτα αυτά δίνουν στον βίντεο αποστολέα την επιθυμητή τιμή ρυθμού δεδομένων. Ο αποστολέας καλεί μία από της συναρτήσεις του SDK η οποία δίνει την δυνατότητα για προσαρμογή του ρυθμού δεδομένων κατά την διάρκεια της κωδικοποίησης (on the fly bit rate adaptation).



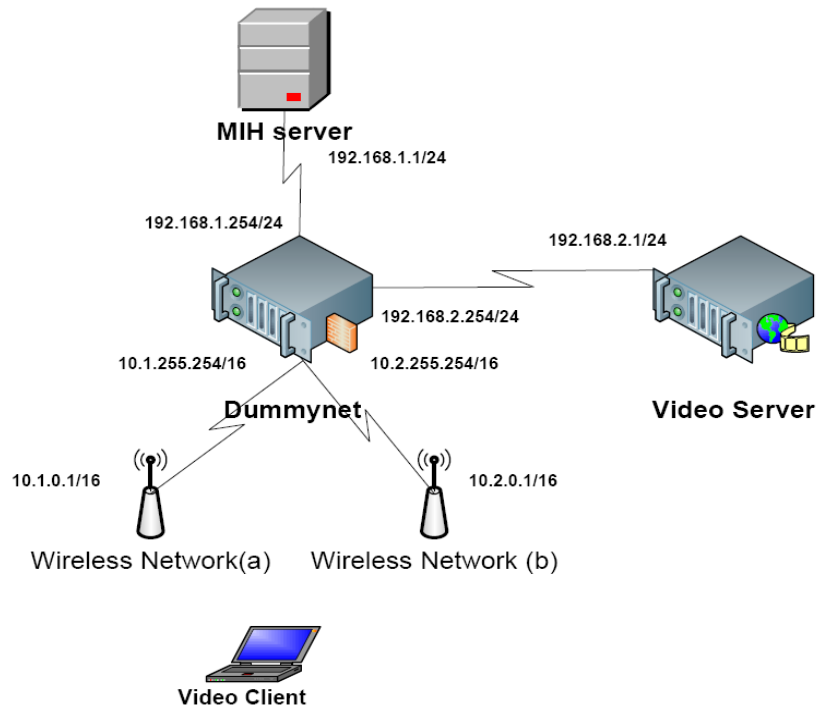
Εικόνα 5.7 Διάγραμμα ακολουθίας βίντεο αποστολέα

5.2.4 Πρωτόκολλο Κινητικότητας

Για την αδιάκοπη μεταγωγή του τερματικού σε ένα νέο PoA είναι απαραίτητο να υπάρχει ένα πρωτόκολλο κινητικότητας. Για τον λόγο ότι η πτυχιακή εργασία εστιάζεται στην μεταγωγή καθώς και στην μετάδοση και αξιολόγηση του βίντεο, η διαδικασία έχει απλοποιηθεί. Το τερματικό του χρήστη είναι εξοπλισμένο με δύο διεπαφές WiFi οι οποίες είναι συνδεδεμένες και στα δύο PoA. Η μετάδοση του βίντεο αρχικά γίνεται μέσω του PoA (a), έπειτα αφού αποφασίζει η διαδικασία μεταγωγών ότι χρειάζεται μεταγωγή ενημερώνει τον βίντεο εξυπηρετητή στέλνοντας του την νέα IP διεύθυνση (σύνδεση με PoA(b)) του τερματικού. Ο βίντεο εξυπηρετητής αναλαμβάνει να συνεχίσει την σύνοδο στέλνοντας τα πακέτα στην νέα IP διεύθυνση παρέχοντας αδιάκοπη μεταγωγή.

5.2.5 Προσαρμογή των γραμμών

Όπως αναφέρθηκε στις προηγούμενες παραγράφους τα δύο PoAs έχουν διαφορετικό ποσοστό απωλειών πακέτων. Για να επιτευχθεί αυτό σε ένα περιβάλλον δοκιμών είναι απαραίτητη η χρήση κάποιων εργαλείων προσαρμογής. Ένα από αυτά τα εργαλεία είναι το dummynet [Παράρτημα A, Σύνδεσμος 11]. Το dummynet είναι ένα εργαλείο το οποίο χρησιμοποιείται για διάφορες εφαρμογές όπως διαχείριση του εύρους ζώνης, εξομοιώνει ουρές, καθυστερήσεις, απώλειες πακέτων και φαινόμενα πολλαπλών διαδρομών. Το dummynet υπάρχει κυρίως στην FreeBSD [Παράρτημα A, Σύνδεσμος 11] διανομή λειτουργικού συστήματος unix. Για την λειτουργία του dummynet πρέπει να δημιουργηθούν κάποιοι κανόνες στο τείχος προστασίας (firewall) του λειτουργικού συστήματος. Οι κανόνες αυτοί πρέπει να δημιουργηθούν ώστε να ταιριάζουν επιθυμητά πακέτα ή κανάλια επικοινωνίας. Στην [Εικόνα 5.8] φαίνεται η αρχιτεκτονική δικτύου όπως υλοποιήθηκε για την πλατφόρμα. Στην επόμενη παράγραφο υπάρχει αναλυτική περιγραφή της εγκατάστασης και προσαρμογής των γραμμών μέσω του dummynet.



Εικόνα 5.8 Αρχιτεκτονική με dummynet

Μετά την εγκατάσταση του λειτουργικού συστήματος FreeBSD παραμετροποιούμε το βασικό αρχείο ρυθμίσεων του λειτουργικού `/etc/rc.conf` ώστε να ενεργοποιεί το τείχος προστασίας και να φορτώνει το dummynet κατά την εκκίνηση:

```

firewall_enable      = "YES"    //enable firewall
firewall_type        = "OPEN"    //accept all connections by default
kldload dummynet     //load dummynet module

```

Με την εντολή `ipfw list` μπορούμε να δούμε τις τρέχουσες ρυθμίσεις του τείχους προστασίας.

Στο δίκτυο της πλατφόρμας υπάρχουν δύο λογικά κανάλια επικοινωνίας (pipes) που πρέπει να έχουν απώλειες πακέτων σύμφωνα με αυτές των σεναρίων. Τα δύο λογικά κανάλια είναι από τον βίντεο εξυπηρετητή στο PoA (a) και στο PoA(b).

Pipe 1 - 192.168.2.1/32 → 10.1.0.0/16

Pipe 2 - 192.168.2.1/32 → 10.2.0.0/16

Χρησιμοποιώντας την εντολή `ipfw add [N] [prob X] action PROTO from SRC to DST [options]` δημιουργούνται τα pipes στο τείχος προστασίας:

```
ipfw add 50 pipe 1 from 192.168.2.1/32 to 10.1.0.0/16 in
```

```
ipfw add 51 pipe 1 from 192.168.2.1/32 to 10.2.0.0/16 in
```

Για την παραμετροποίηση των pipes χρησιμοποιείται η εντολή `ipfw pipe 1 config [different parameters]`. Οι παρακάτω εντολές παραμετροποιούν το pipe 1 ώστε να έχει ρυθμό απωλειών 10% και το pipe 2 5% όπως ζητά το σενάριο 1.

```
ipfw pipe 1 config plr 0.1
```

```
ipfw pipe 2 config plr 0.05
```

Οι εντολές `ipfw pipe [N] show`, `ipfw pipe [N] delete` εμφανίζουν τις παραμέτρους και διαγράφουν το συγκεκριμένο pipe αντίστοιχα.

Περισσότερες πληροφορίες βρίσκονται στο [Παράρτημα Α, Σύνδεσμος 12].

5.2.6 Υπολογισμός της ποιότητας του βίντεο

Ένα ασυμπιεστο βίντεο, το οποίο κωδικοποιείται και έπειτα μεταδίδεται από κάποιο δίκτυο με απώλειες έχει κάποια παραποίηση σε σχέση με το αρχικό. Είναι απαραίτητο λοιπόν, να δημιουργηθούν εργαλεία και μέθοδοι υπολογισμού της ποιότητας ενός κωδικοποιημένου βίντεο. Τα εργαλεία αυτά θα χρησιμεύουν ώστε να γίνεται η βέλτιστη κωδικοποίηση με τους διαθέσιμους πόρους ή ακόμα και αναπροσαρμογή του σε πραγματικό χρόνο αν δεν καλύπτει το QoS. Οι τεχνικές υπολογισμού της ποιότητας βίντεο χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τις αντικειμενικές και τις υποκειμενικές.

Οι αντικειμενικές τεχνικές είναι μαθηματικά μοντέλα που παράγουν αποτελέσματα αρκετά κοντά με αυτά των υποκειμενικών. Σε σύγκριση με τα υποκειμενικά βασίζονται σε κριτήρια και μετρικές οι οποίες μπορούν να υπολογιστούν αυτόματα από κάποιο

λογισμικό. Περαιτέρω οι αντικειμενικές τεχνικές κατηγοροποιούνται με βάση την ύπαρξη του αρχικού βίντεο το οποίο θεωρείται ότι είναι υψηλής ποιότητας (χωρίς συμπίεση):

- **Μέθοδοι με πλήρη αναφορά** (Full Reference Methods – FR): Οι μέθοδοι αυτοί υπολογίζουν την ποιότητα του βίντεο συγκρίνοντας κάθε εικονοστοιχείο του συμπιεσμένου βίντεο με το αντίστοιχο εικονοστοιχείο του αρχικού βίντεο.
- **Μέθοδοι με μειωμένη αναφορά** (Reduced Reference Methods – RR): Οι μέθοδοι αυτοί εξάγουν κάποια χαρακτηριστικά και από τα δύο βίντεο και τα συγκρίνουν για να δώσουν ένα βαθμό ποιότητας. Οι μέθοδοι αυτοί χρησιμοποιούνται όταν το αρχικό βίντεο δεν είναι διαθέσιμο.
- **Μέθοδοι χωρίς αναφορά** (No-Reference Methods – NR): Οι μέθοδοι αυτοί προσπαθούν να υπολογίσουν την ποιότητα χωρίς καμία αναφορά στο αρχικό βίντεο. Οι μέθοδοι αυτοί χρησιμοποιούνται κυρίως όταν η μέθοδος κωδικοποίησης είναι γνωστή.

Στις υποκειμενικές τεχνικές ο βασικός στόχος είναι να υπολογιστεί αυτόματα η άποψη του μέσου χρήστη για την ποιότητα ενός βίντεο το οποίο έχει υποστεί επεξεργασία. Ωστόσο αυτή η τεχνική μπορεί να χρειάζεται κάποιο εκπαιδευμένο άτομο να κρίνει την ποιότητα. Πολλές από τις υποκειμενικές τεχνικές περιγράφονται στο πρότυπο BT.500 της ITU-T. Η βασική ιδέα των τεχνικών αυτών είναι ίδια με αυτής της βαθμολογίας μέσου όρου (Mean Opinion Score) για ήχους: μία ομάδα από θεατές παρακολουθεί ακολουθίες βίντεο με σκοπό να τις βαθμολογήσουν και να βγει ένας μέσος όρος.

Οι πιο δημοφιλείς τρόποι υπολογισμού της ποιότητας ενός συστήματος επεξεργασίας βίντεο, είναι ο υπολογισμός της αναλογίας σήμα προς θόρυβο (signal-to-noise ration – SNR) και της μέγιστης αναλογίας σήμα προς θόρυβο (peak signal-to-noise ratio – PSNR) του σήματος του αρχικού βίντεο με το το σήμα του συμπιεσμένου βίντεο. Η PSNR η οποία είναι η πιο χρησιμοποιημένη αντικειμενική τεχνική υπολογισμού της ποιότητας ενός βίντεο υπολογίζεται ως εξής:

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

$$PSNR = 10 * \log_{10} \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right) = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{MAX_I}{\sqrt{MSE}} \right)$$

Η τιμή του μέσου τετραγωνισμένου λάθους (Mean Squared Error – MSE) υπολογίζεται ως ο μέσος όρος της τετραγωνισμένης διαφοράς μεταξύ των εικονοστοιχείων των εικόνων των δύο βίντεο. Έπειτα το PSNR υπολογίζεται ως ο λογάριθμος της μέγιστης τιμής που μπορεί να πάρει ένα εικονοστοιχείο προς τον μέσο τετραγωνισμένο λάθος.

Οι τυπικές τιμές του PSNR για ένα βίντεο είναι μεταξύ των 30 και 50 dB όπου η μεγαλύτερη τιμή είναι και καλύτερη.

5.3 Αποτελέσματα

Παρακάτω ακολουθούν οι πίνακες με τα αποτελέσματα των δοκιμών που εκτελέστηκαν. Συγκρίνοντας το PSNR των δοκιμών όπου υπήρχε μεταγωγή σε κάποιο καλύτερο δίκτυο, με την δοκιμή όπου δεν υπήρχε μεταγωγή, βλέπουμε ότι υπάρχει αύξηση στην τελική ποιότητα του βίντεο. Η αύξηση αυτή είναι της τάξης των 2-3 dB, στο παράρτημα Α βρίσκονται οι γραφικές παραστάσεις κάθε σεναρίου. Στην πρώτη γραφική παράσταση κάθε σεναρίου βλέπουμε την σύγκριση του PSNR/Frame# της δοκιμής χωρίς MIH με την δοκιμή με MIH και conservative προσαρμογή του ρυθμού δεδομένων του βίντεο. Στην γραφική παράσταση αυτή βλέπουμε σημαντικό κέρδος στην δεύτερη περίπτωση για όλα τα σεναρία. Στην δεύτερη γραφική παράσταση κάθε σεναρίου, βλέπουμε την σύγκριση του PSNR/Frame# της δοκιμής χωρίς MIH με την δοκιμή με MIH και aggressive προσαρμογή του ρυθμού δεδομένων του βίντεο. Σε όλες τις παραστάσεις βλέπουμε κέρδος στην δεύτερη περίπτωση. Τέλος η τρίτη γραφική παράσταση κάθε σεναρίου δείχνει την σύγκριση μεταξύ της conservative και aggressive προσαρμογής του ρυθμού δεδομένων του βίντεο. Στην γραφική παράσταση αυτή, βλέπουμε ότι αν και στέλνονται λιγότερα πακέτα στην aggressive προσαρμογή δεν υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των PSNR των δύο δοκιμών, αυτό ίσως οφείλεται στο ότι η aggressive προσαρμογή ρίχνει σημαντικά την ποιότητα του βίντεο.

Σενάριο 1	A	β	Γ
PSNR (dB)	22.1	24.1	24.2
Frames Received	990	1053	1052
Frames Lost	75	12	11

Πίνακας 5.10 Αποτελέσματα πρώτου σεναρίου μεταγωγής

Σενάριο 2	A	β	Γ
PSNR (dB)	21	22.95	22.6
Frames Received	893	1044	1028
Frames Lost	172	21	37

Πίνακας 5.11 Αποτελέσματα δεύτερου σεναρίου μεταγωγής

Σενάριο 3	A	β	Γ
PSNR (dB)	21	24.3	22.5
Frames Received	967	1056	1037
Frames Lost	98	9	28

Πίνακας 5.12 Αποτελέσματα τρίτου σεναρίου μεταγωγής

Σενάριο 4	A	β	Γ
PSNR (dB)	21	24.15	24.19
Frames Received	945	1051	1052
Frames Lost	120	14	13

Πίνακας 5.13 Αποτελέσματα τέταρτου σεναρίου μεταγωγής

Σενάριο 5	A	β	Γ
PSNR (dB)	28.83	30.1	29.69
Frames Received	1841	1970	1972
Frames Lost	160	41	40

Πίνακας 5.14 Αποτελέσματα πέμπτου σεναρίου μεταγωγής

Σενάριο 6	A	β	Γ
PSNR (dB)	27.7	29.5	29.49
Frames Received	1681	1949	1947
Frames Lost	320	52	54

Πίνακας 5.15 Αποτελέσματα έκτου σεναρίου μεταγωγής

Σενάριο 7	A	β	γ
PSNR (dB)	28.85	30	29.6
Frames Received	1066	1972	1976
Frames Lost	935	29	33

Πίνακας 5.16 Αποτελέσματα έβδομου σεναρίου μεταγωγής

Σενάριο 8	A	β	γ
PSNR (dB)	28.34	29	29.13
Frames Received	1776	1941	1928
Frames Lost	225	60	73

Πίνακας 5.17 Αποτελέσματα όγδοου σεναρίου μεταγωγής

6 Συμπεράσματα/Μελλοντική εργασία

Ο στόχος της πτυχιακής εργασίας, ήταν να αναπτυχθεί μία πλατφόρμα όπου θα είναι εφικτή η μεταγωγή των τερματικών σε ασύρματα δίκτυα, ώστε να γίνουν μελέτες πάνω στην απόδοση της διαδικασίας αυτής. Με την εξέλιξη των ασύρματων τεχνολογιών πρόσβασης και της κωδικοποίησης βίντεο, έγινε εφικτή η μετάδοση βίντεο σε ασύρματες συσκευές. Το βίντεο είναι μία ιδιαίτερα απαιτητική υπηρεσία για τα ασύρματα δίκτυα τα οποία έχουν απρόβλεπτες απώλειες πακέτων και περιορισμένο εύρος ζώνης. Για την μέτρηση της απόδοσης των μεταγωγών, αναπτύχθηκε και χρησιμοποιήθηκε μία H.264 βίντεο υπηρεσία. Βλέποντας και συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της ενότητας 5.3, είναι εμφανές ότι υπάρχει σημαντικό κέρδος στην ποιότητα του βίντεο αξιοποιώντας την δυνατότητα της μεταγωγής. Είναι σημαντικό λοιπόν να γίνει προτυποποίηση του τρόπου μεταγωγής και του τρόπου επικοινωνίας μεταξύ των πρωτοκόλλων. Επίσης πρέπει να γίνει έρευνα πάνω στις διαδικασίες απόφασης μεταγωγής. Οι διαδικασίες αυτές, θα πρέπει να αξιοποιούν όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες από το δίκτυο, τα τερματικά και τις υπηρεσίες ώστε να εξάγουν ενδείξεις μεταγωγής.

Στην πλατφόρμα αυτή θα αναπτυχθούν περισσότερα εργαλεία για την εξαγωγή μετρικών από τα τερματικά καθώς και από τα AP. Μερικές από τις μετρικές αυτές θα είναι απώλειες και καθυστερήσεις πακέτων, jitter, αριθμό χρηστών σε ένα AP κτλ. Στο επίπεδο εφαρμογών, θα γίνει χρήση των διαθέσιμων πληροφοριών των RTP πακέτων ώστε να εξάγεται η σημασία των πακέτων που χάθηκαν με απότερο σκοπό τον υπολογισμό μίας προσέγγισης του PSNR σε πραγματικό χρόνο. Ο νέος αλγόριθμος θα περιλαμβάνει μία διαδικασία επιλογής σύνδεσης. Η διαδικασία αυτή, χρησιμοποιώντας όλες τις μετρικές, θα πρέπει να έχει την δυνατότητα να εξισορροπεί τον φόρτο κίνησης στα RaNs, καθώς και να κάνει μελλοντική πρόβλεψη του κόστους (σε τιμές QoS, επιπλέον κίνησης) των μεταγωγών ώστε να μην υπάρχουν άσκοπες/ασύμφωρες μεταγωγές. Τέλος, το απλό πρωτόκολλο κινητικότητας θα αντικατασταθεί από μία πλατφόρμα Mobile IP για την εξαγωγή πραγματικών στατιστικών όπως καθυστέρηση μεταγωγής.

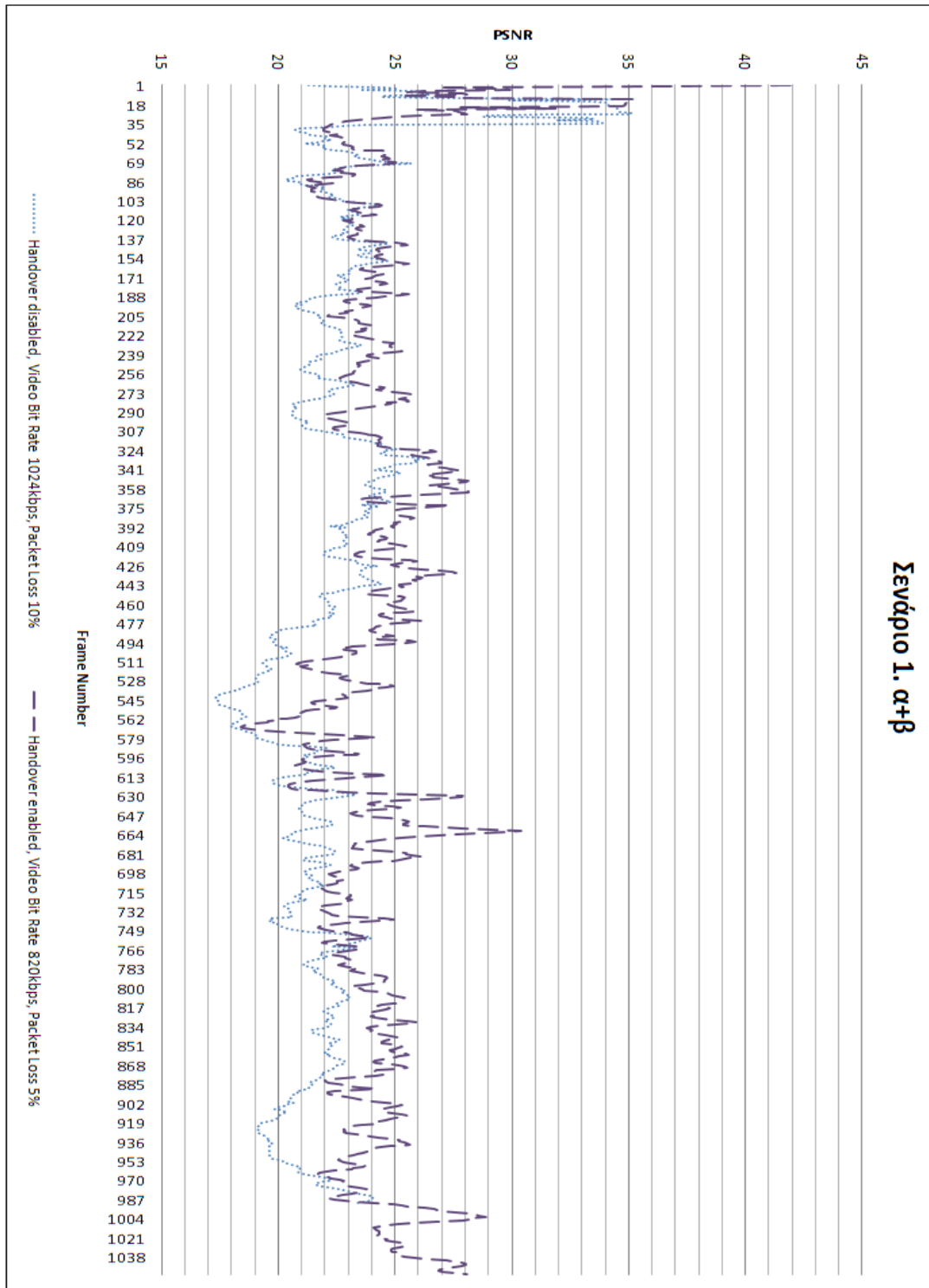
7 Βιβλιογραφία

1. Tasos Dagiuklas, Ph.D, “All-IP Network Architectures and Wireless Evolution”. University of Patras Erasmus Program, Wi-CoNet 2009.
2. Vivek Gupta, Christian Dannewitz, Stefan Berg and Holger Karl, “IEEE P802.21 Tutorial”, IEEE 802.21 session #15 in San Diego, CA, July 2006,
3. Jonathan Rodriguez, Michail Tsagaropoulos, Ilias Politis and Tasos Dagiuklas, “A Middleware Architecture Supporting Seamless and Secure Multimedia Services across Inter-Technology Radio Access Network”. IEEE Wireless Communications Magazine, Vol 16, No. 5, PP 24-31.
4. Antonio de la Oliva, Albert Banchs, Ignacio Soto, et al. “An overview of IEEE 802.21: Media Independent Handover Services”. Wireless Communications, IEEE in Wireless Communications, IEEE, Vol. 15, No. 4. (15 August 2008), pp. 96-103.
5. Dannewitz , C, Berg , S, Holger , K “An IEEE 802.21-based Universal Information Service” in Proc. of the Wireless World Research Forum Meeting 2006.
6. Tamhankar, A. Rao, K.R. , “Overview of H.264 / MPEG-4 Part 10”. Video/Image Processing and Multimedia Communications, 2003. 4th EURASIP Conference focused on Publication Date: 2-5 July 2003 Volume: 1, On page(s): 1- 51 vol.
7. Ostermann, J. Bormans, J. List, et al, “Video coding with H.264/AVC: Tools, performance, and complexity”. Circuits and Systems Magazine, IEEE Publication Date: First Quarter 2004 Volume: 4, Issue: 1 On page(s): 7- 28
8. Chang, S-F; Vetro, A., "Video Adaptation: Concepts, Technologies and Open Issues", Proceedings of the IEEE, ISSN: 018-9219, Vol. 93, Issue 1, pp. 148-158, January 2005

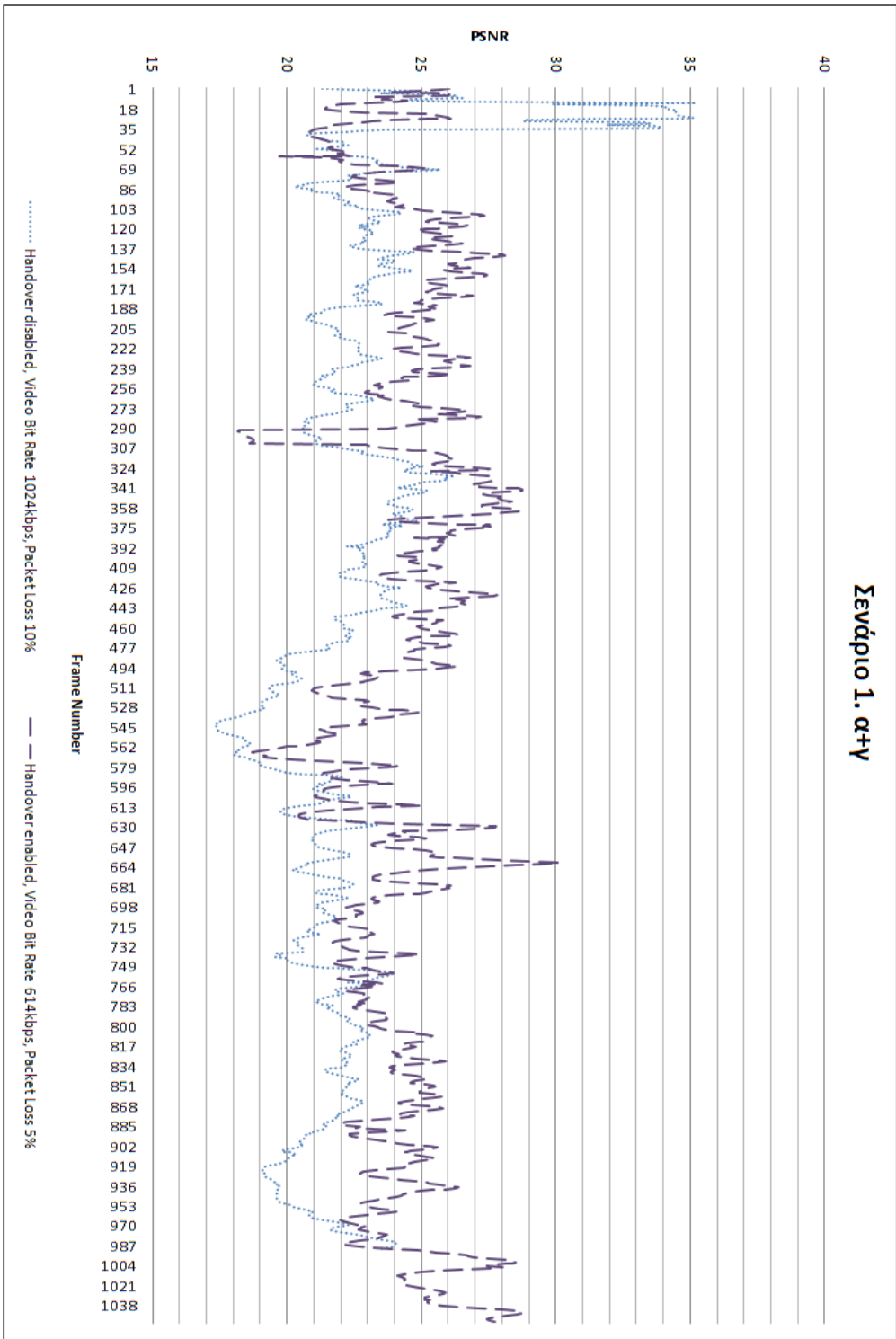
8 Παράρτημα Α (Σύνδεσμοι)

1. http://en.wikipedia.org/wiki/H.264/MPEG-4_AVC
2. <http://trace.eas.asu.edu/yuv/index.html>
3. <http://en.wikipedia.org/wiki/SOAP>
4. <http://en.wikipedia.org/wiki/XML>
5. <http://www.cs.fsu.edu/~engelen/soap.html>
6. <http://www.apache.org/>
7. <http://wb.mysql.com/>
8. http://en.wikipedia.org/wiki/Windows_Management_Instrumentation
9. <http://www.vsofts.com/>
10. http://en.wikipedia.org/wiki/Real-time_Transport_Protocol
11. <http://info.iet.unipi.it/~luigi/dummynet/>
12. <http://www.freebsd.org/>
13. <http://cs.baylor.edu/~donahoo/tools/dummy/tutorial.htm>

9 Παράρτημα Β (Γραφικές Παραστάσεις)

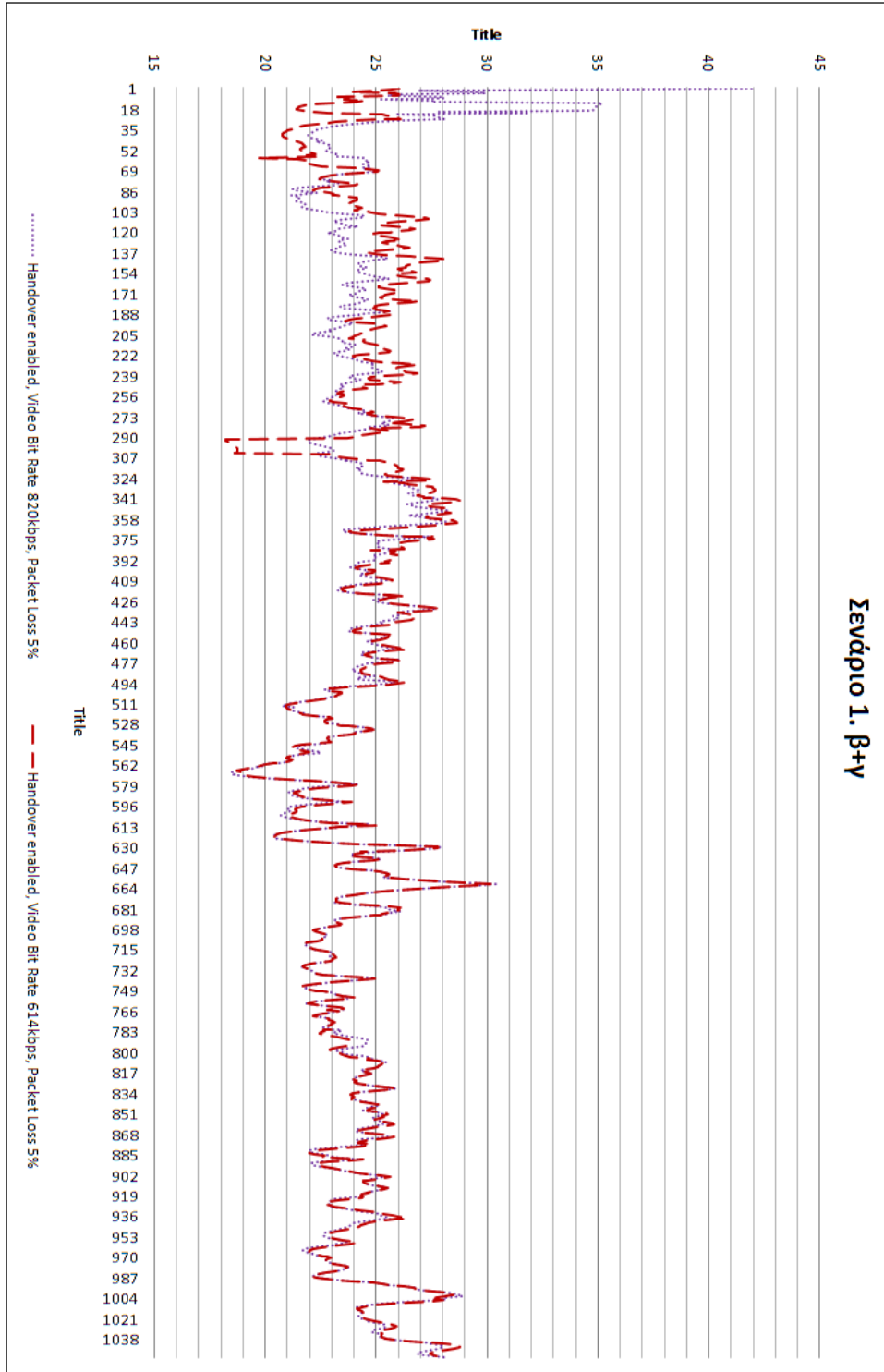


Γράφημα 1 Πρώτο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,β

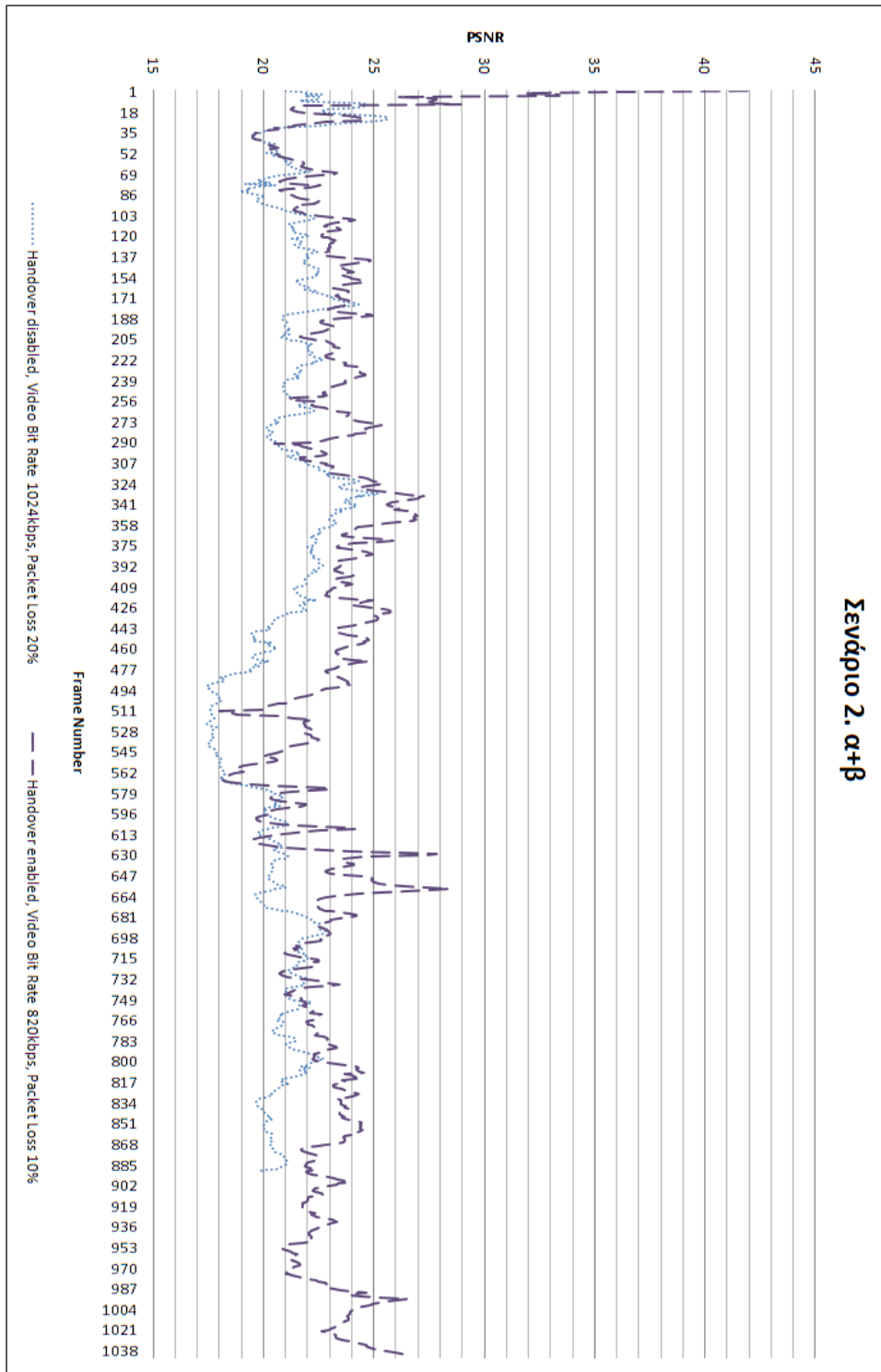


Γράφημα 2 Πρώτο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,γ

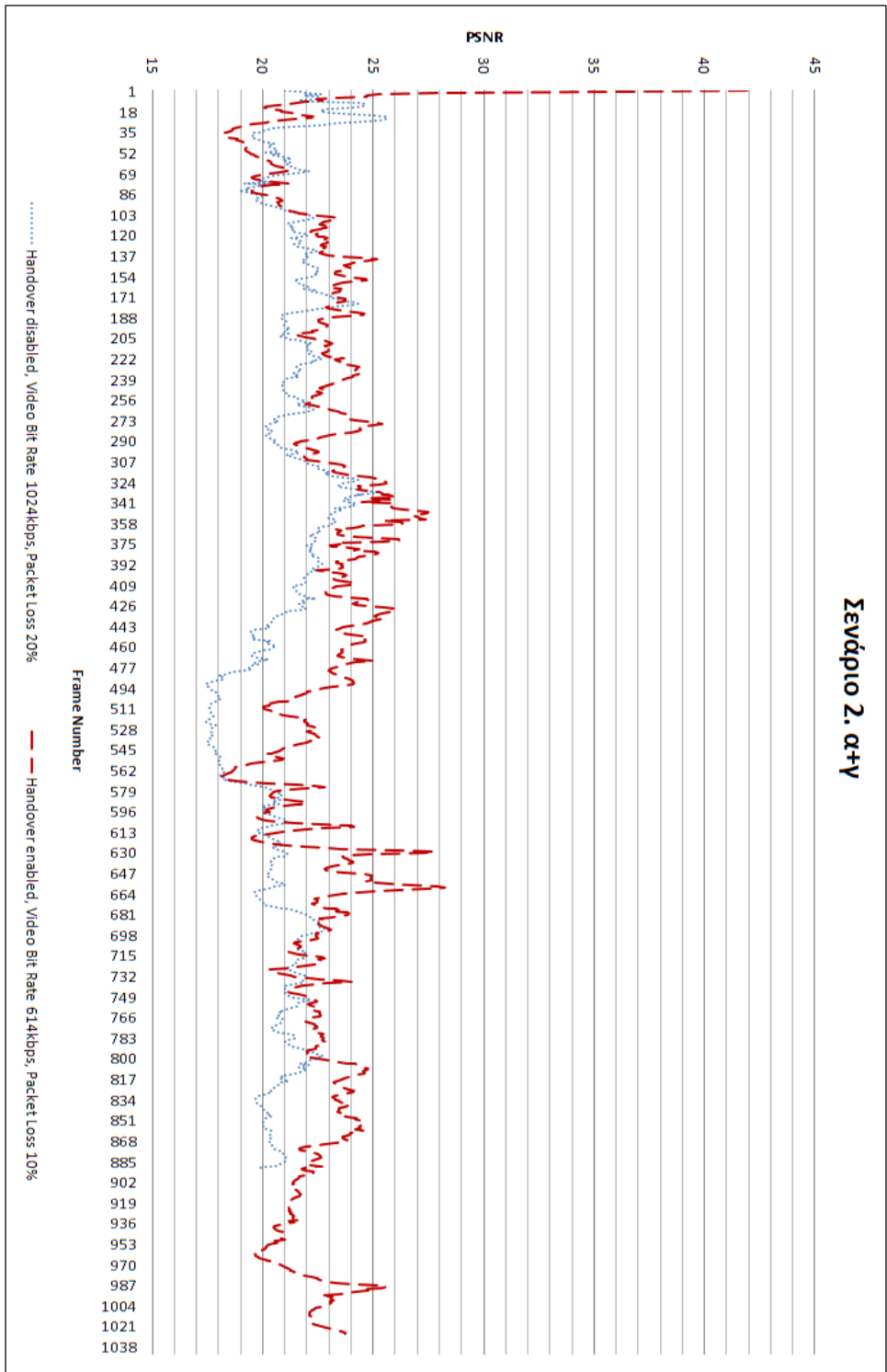
Σενάριο 1. β+γ



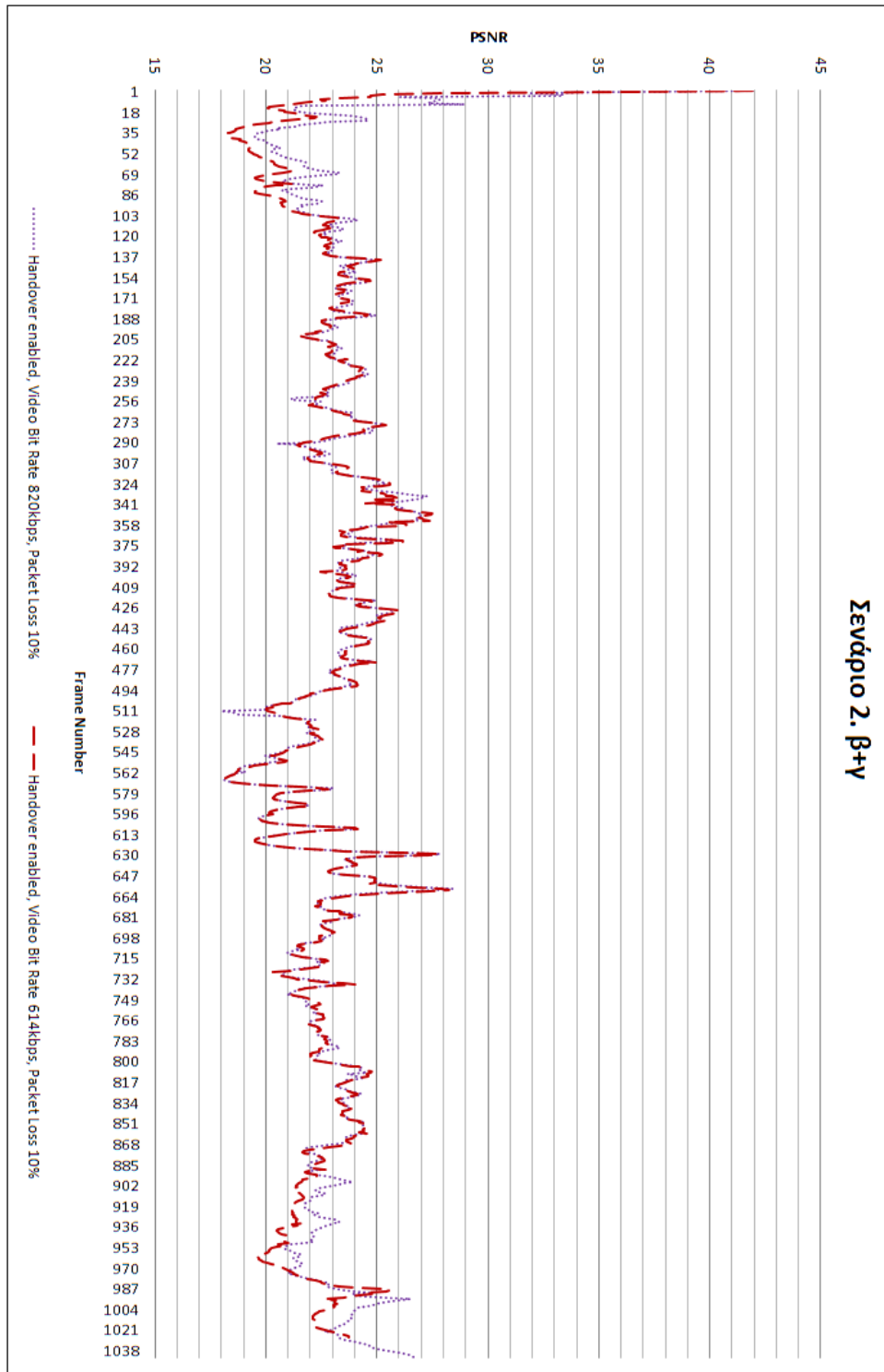
Γράφημα 3 Πρώτο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές β,γ



Γράφημα 4 Δεύτερο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,β

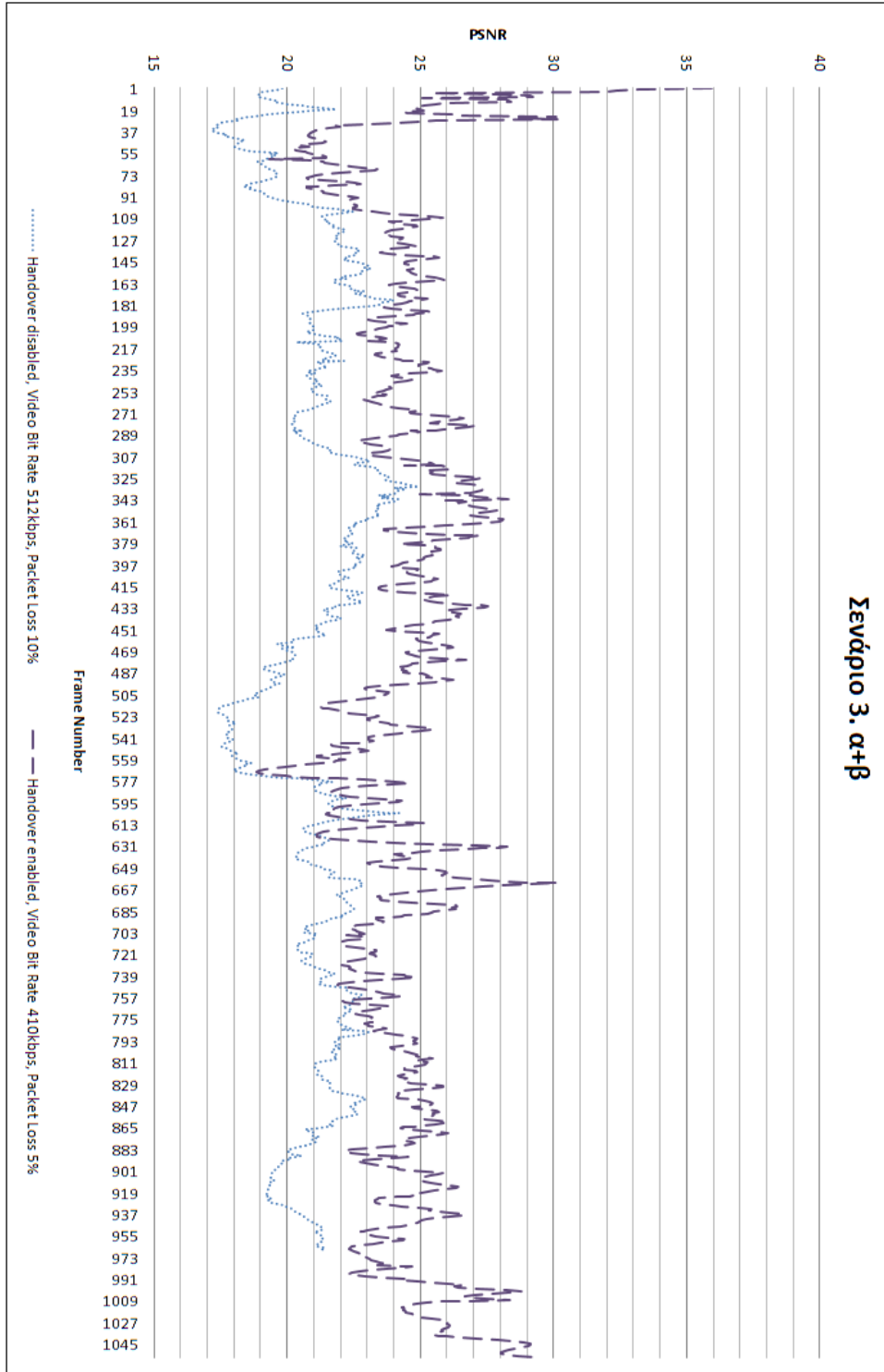


Γράφημα 5 Δεύτερο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,γ

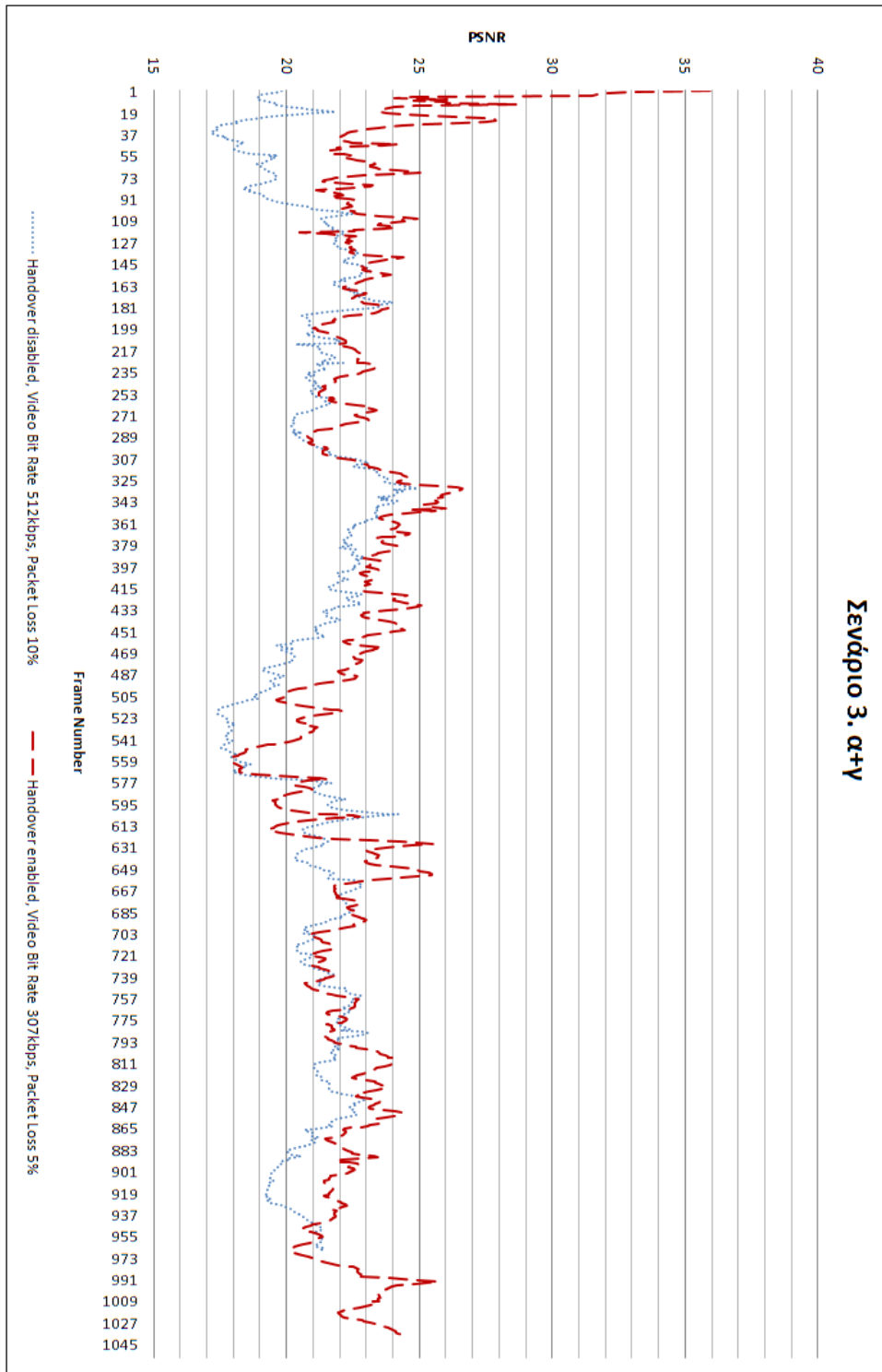


Γράφημα 6 Δεύτερο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές β,γ

Σενάριο 3. α+β

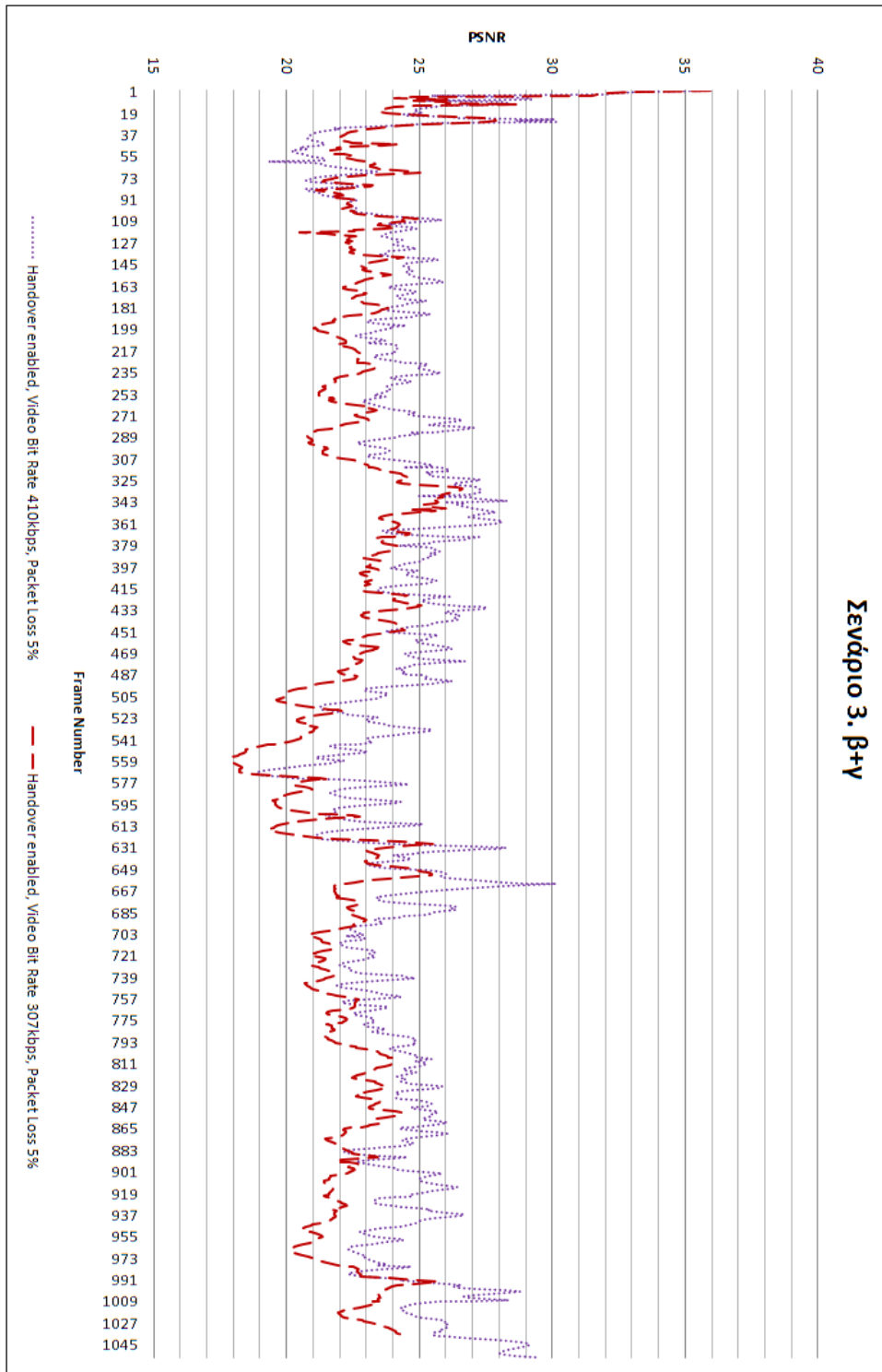


Γράφημα 7 Τρίτο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,β



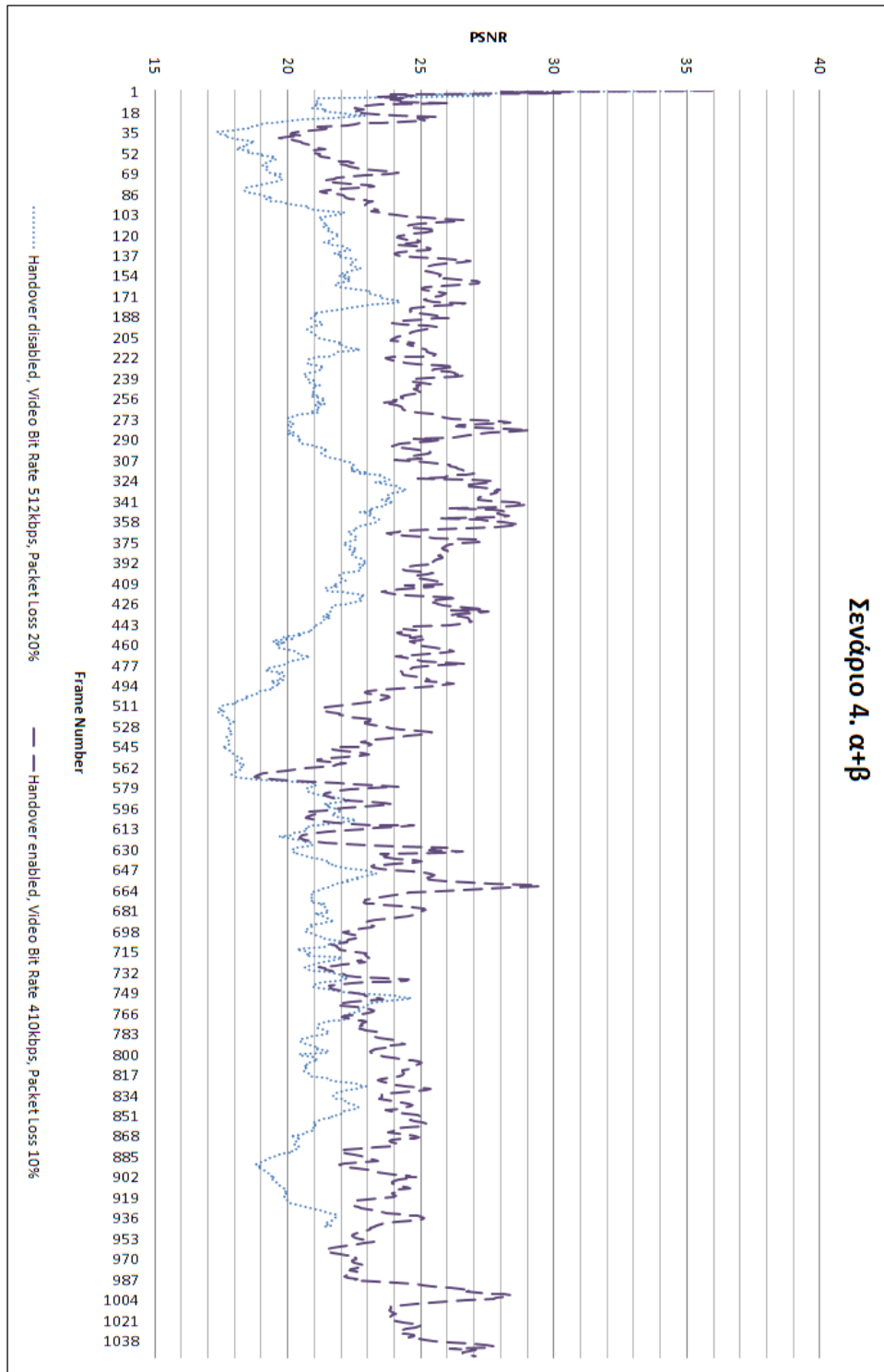
Γράφημα 8 Τρίτο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,γ

Σενάριο 3. β+γ



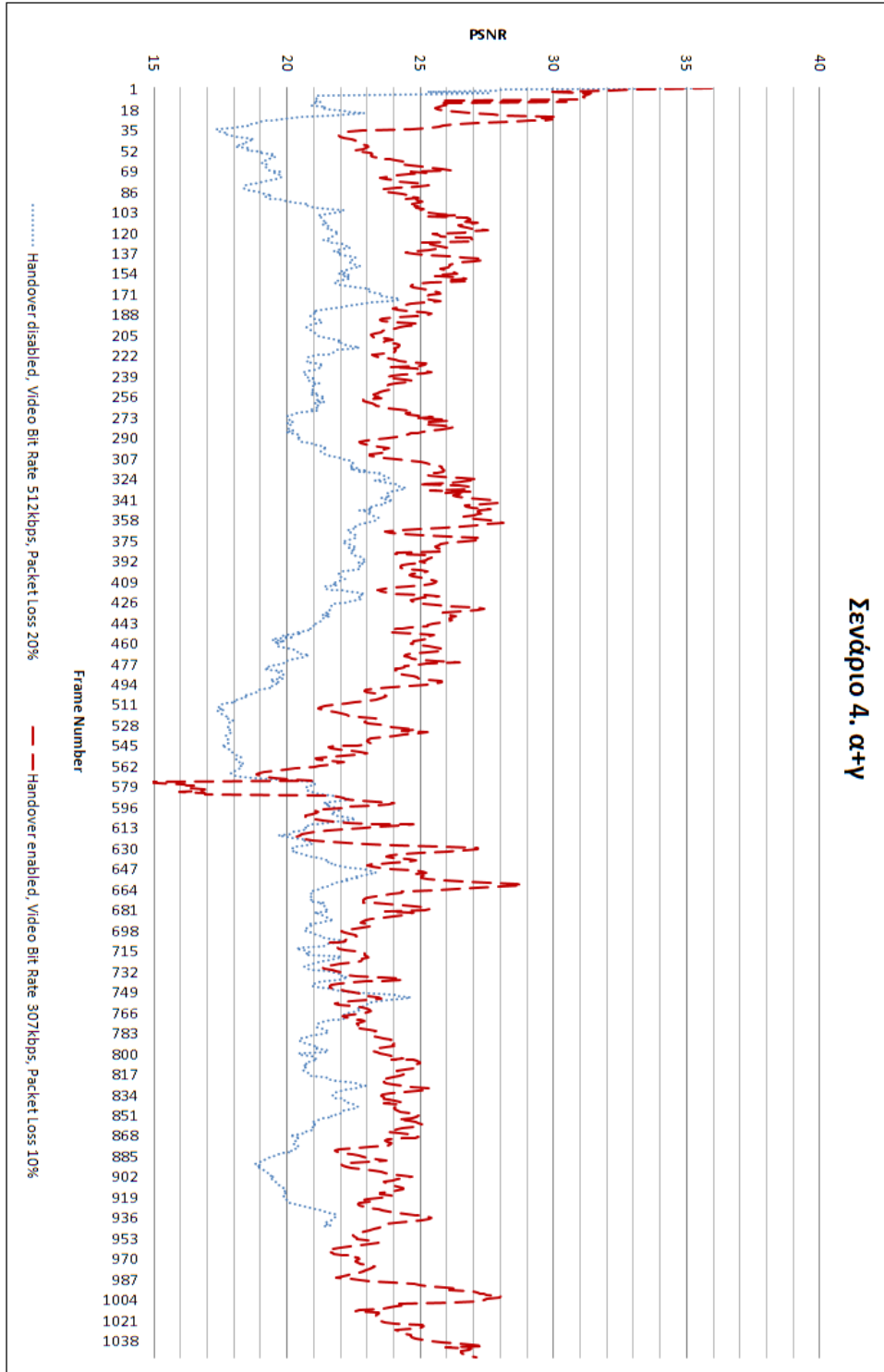
Γράφημα 9 Τρίτο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές β,γ

Σενάριο 4. α+β

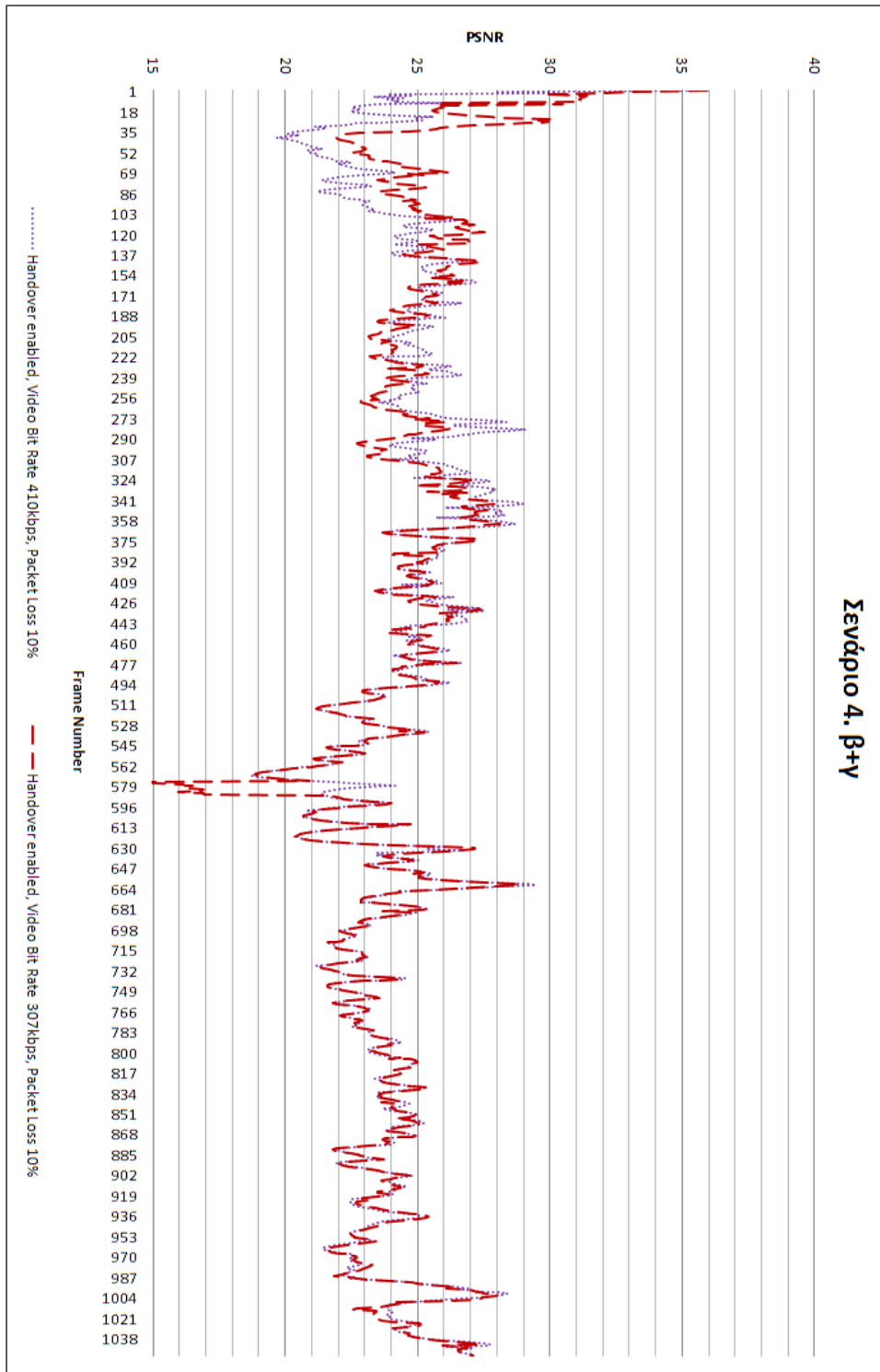


Γράφημα 10 Τέταρτο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,β

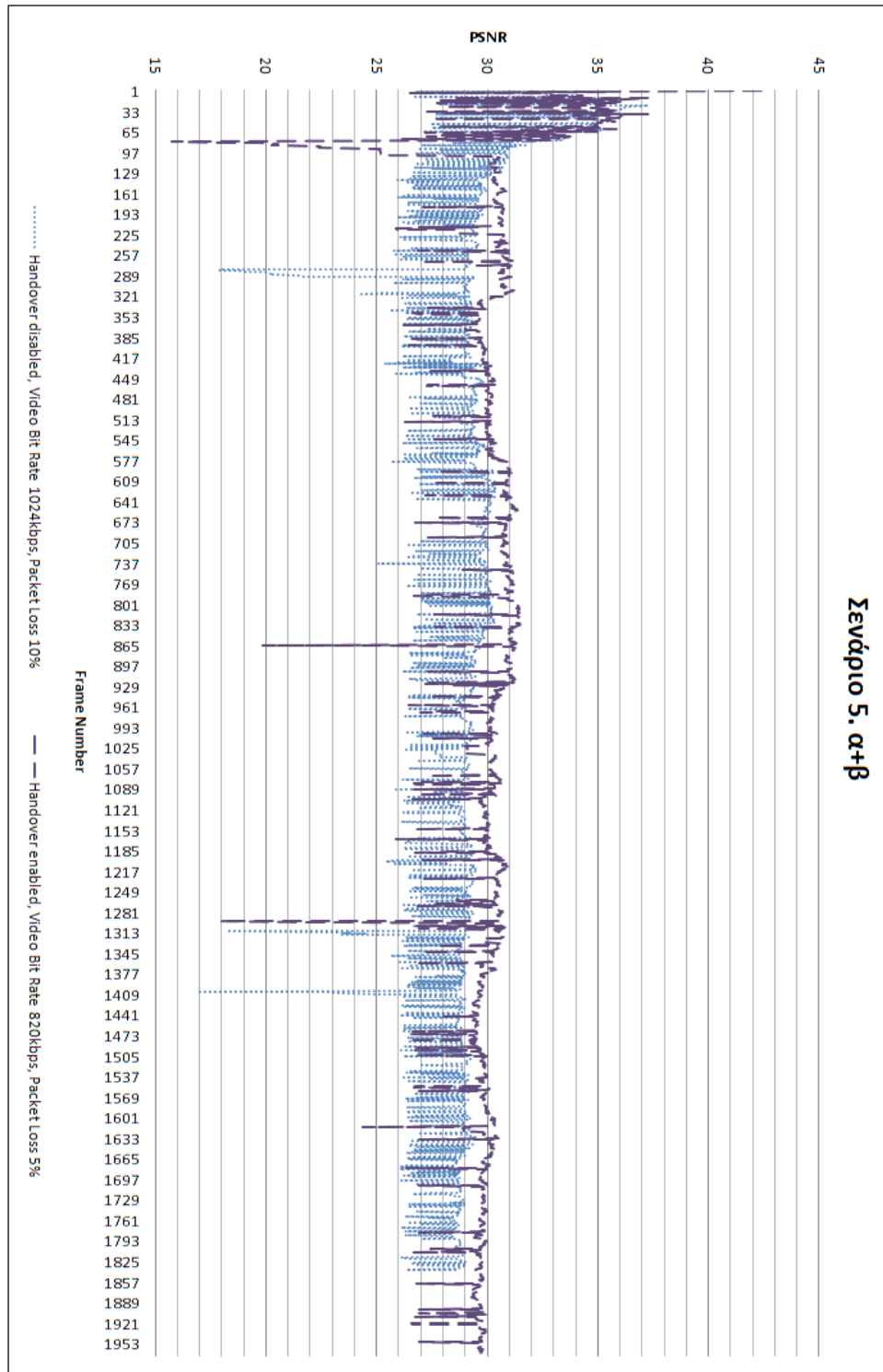
Σενάριο 4. α+γ



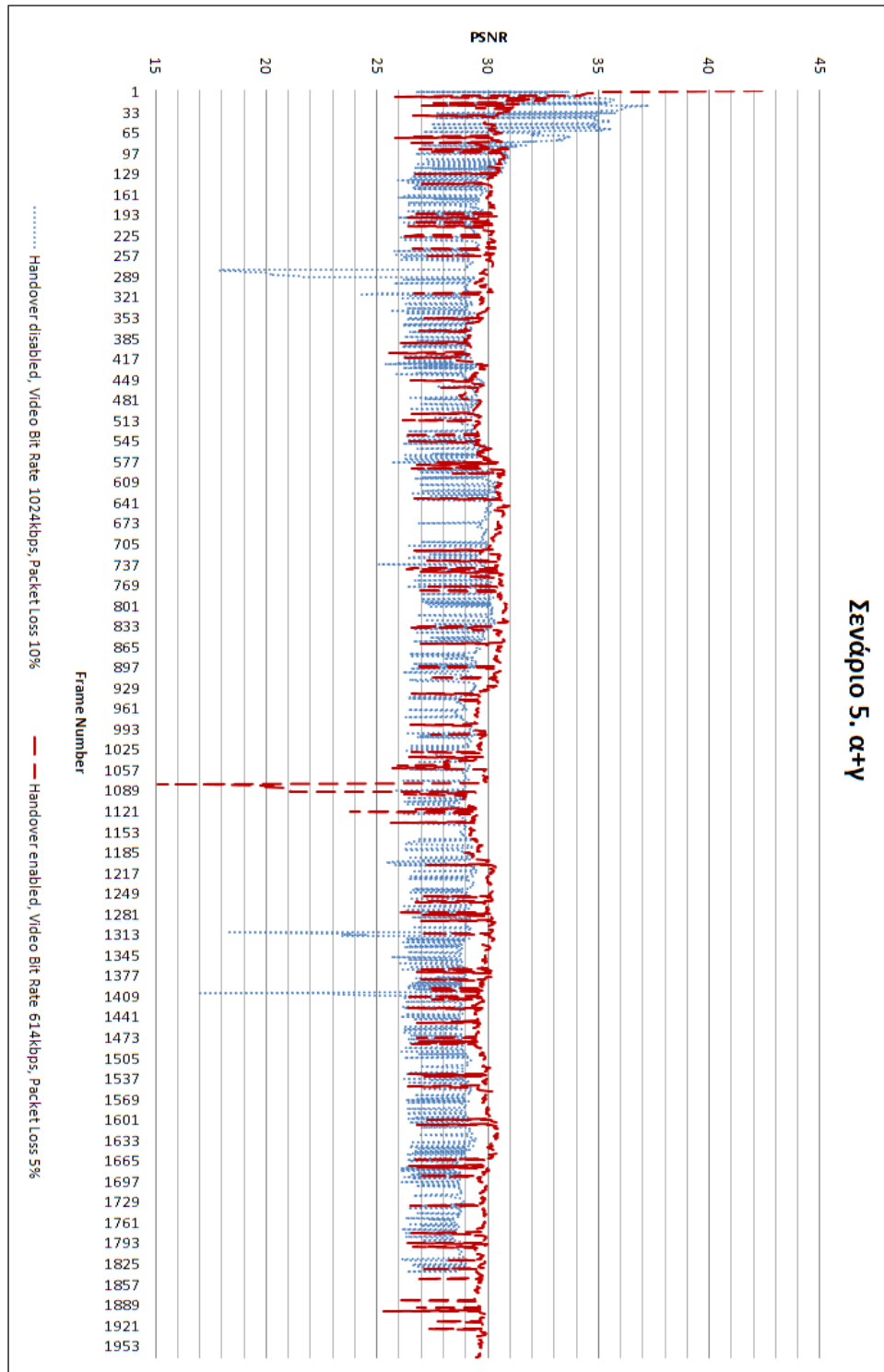
Γράφημα 11 Τέταρτο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,γ



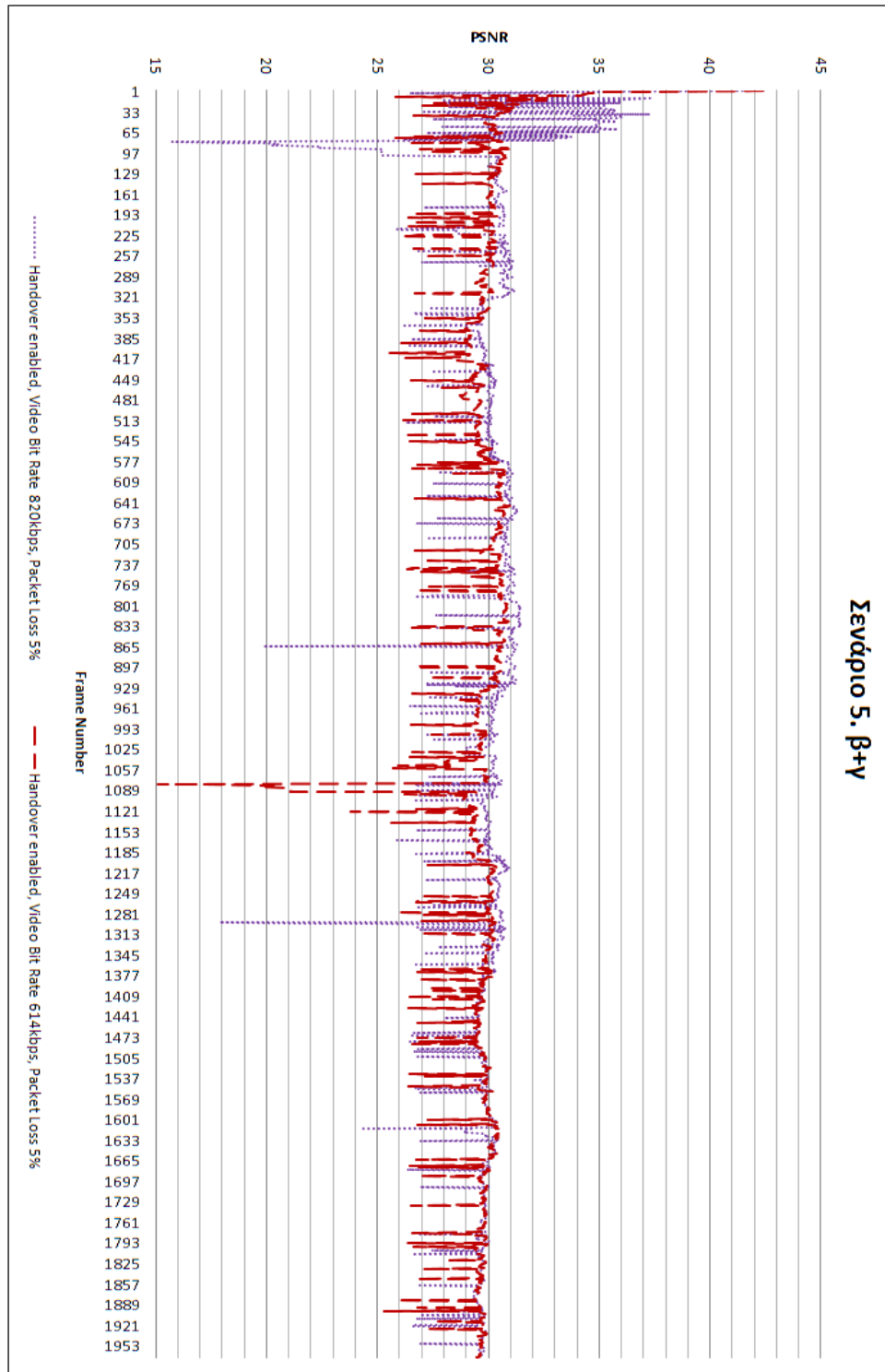
Γράφημα 12 Τέταρτο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές β,γ



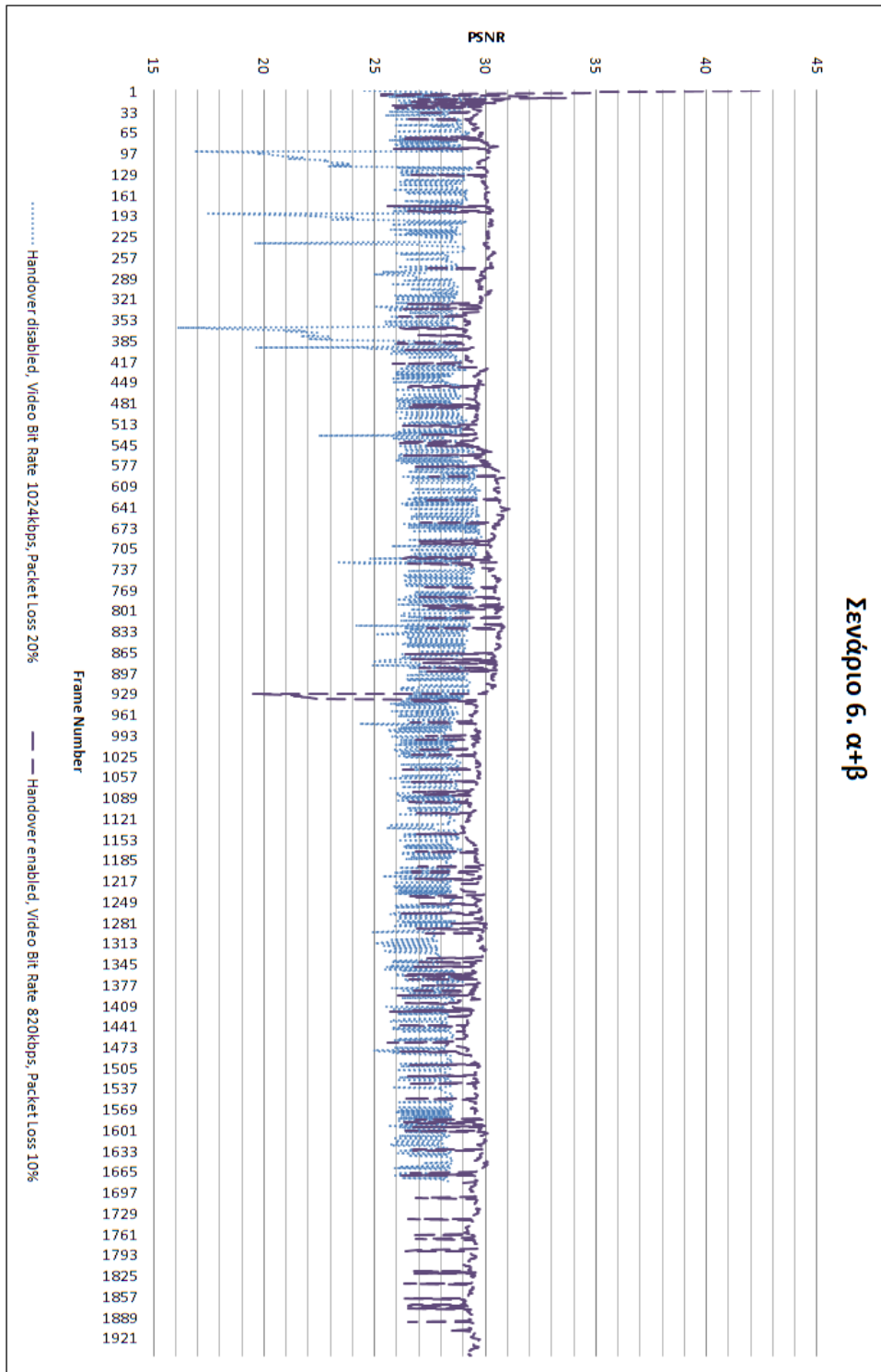
Γράφημα 13 Πέμπτο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,β



Γράφημα 14 Πέμπτο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,γ



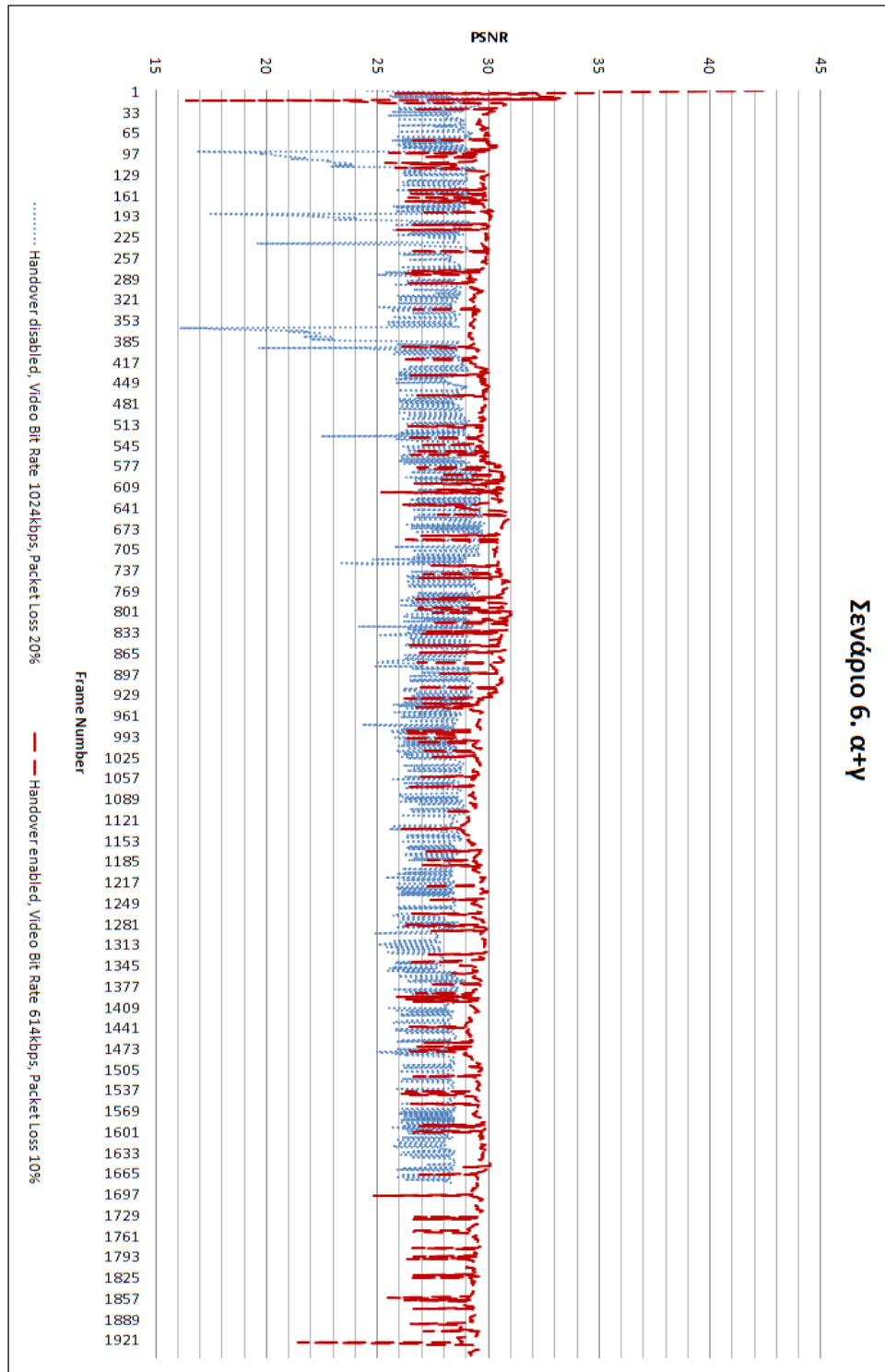
Γράφημα 15 Πέμπτο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές β,γ



Σενάριο 6. α+β

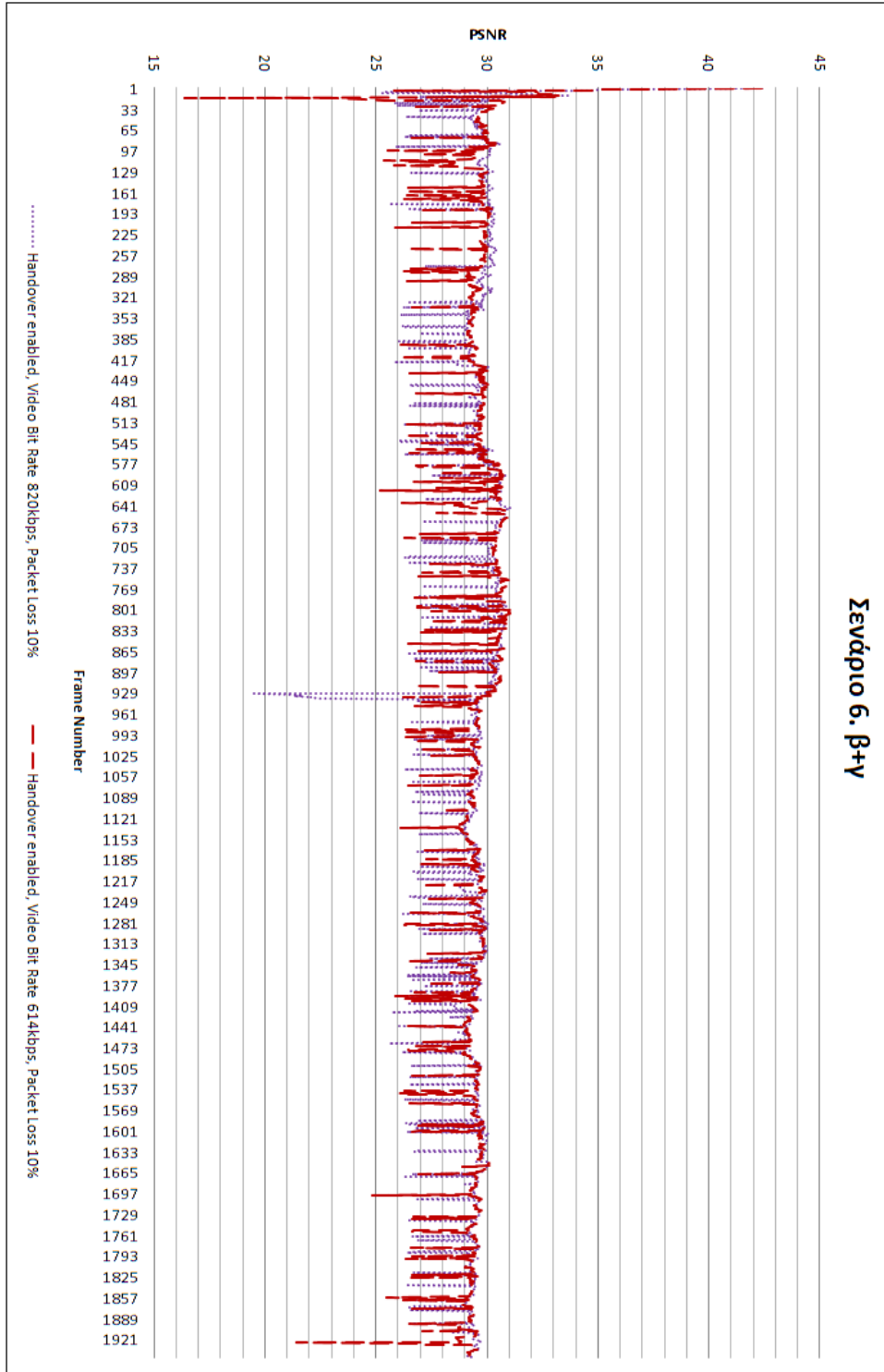
Γράφημα 16 Έκτο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,β

Σενάριο 6. α+γ



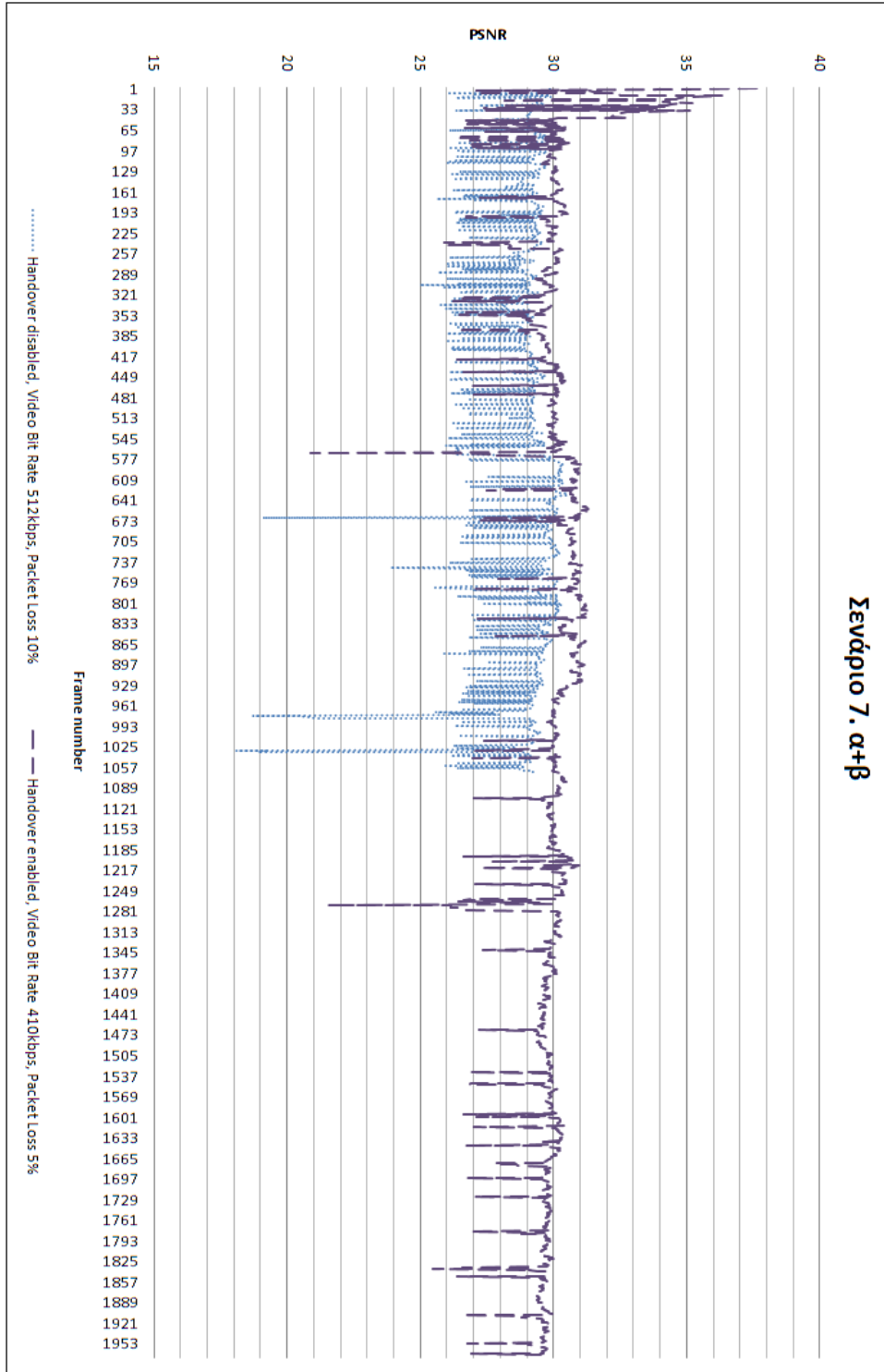
Γράφημα 17 Έκτο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,γ

Σενάριο 6. β+γ



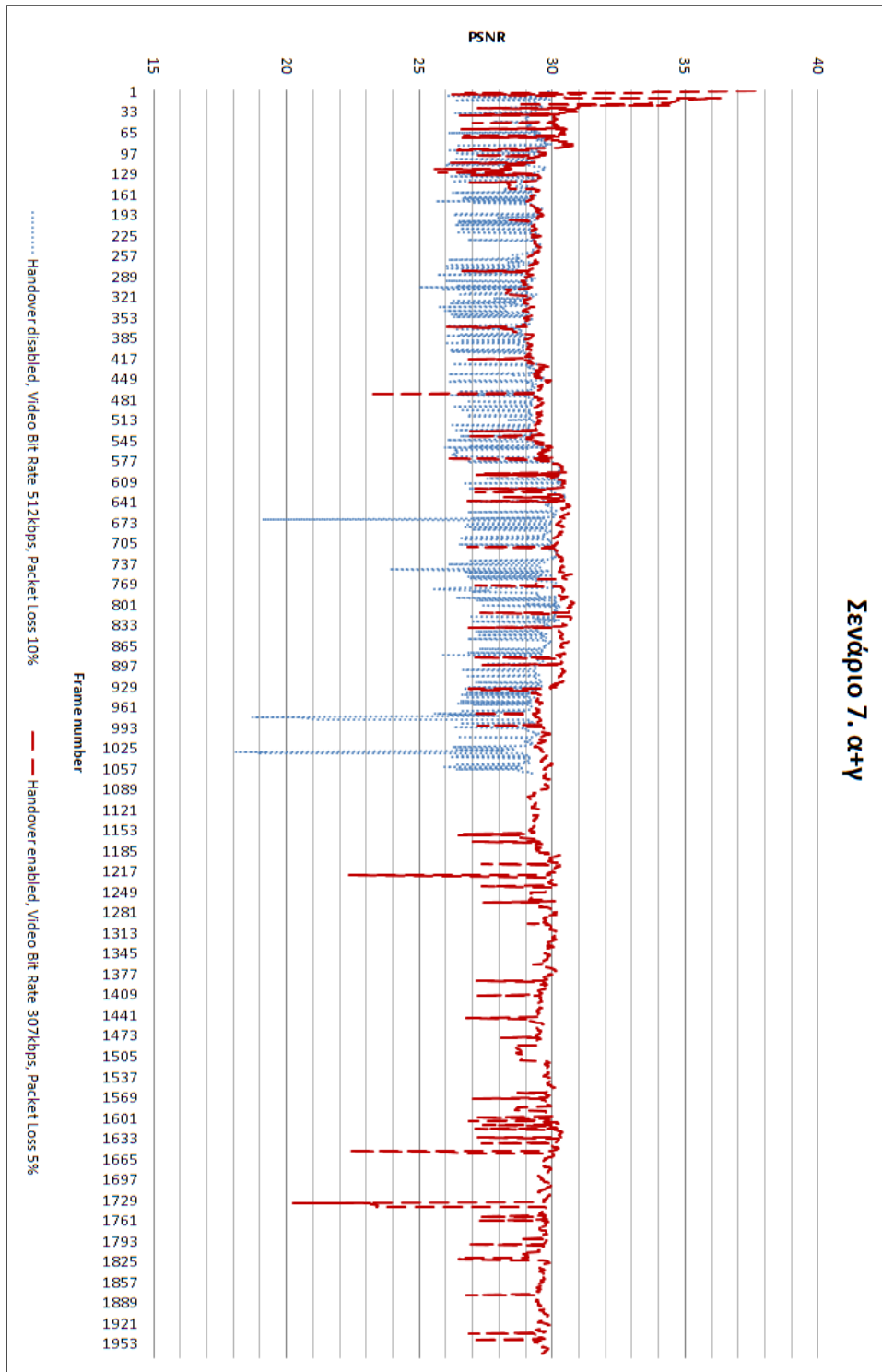
Γράφημα 18 Έκτο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές β,γ

Σενάριο 7. α+β



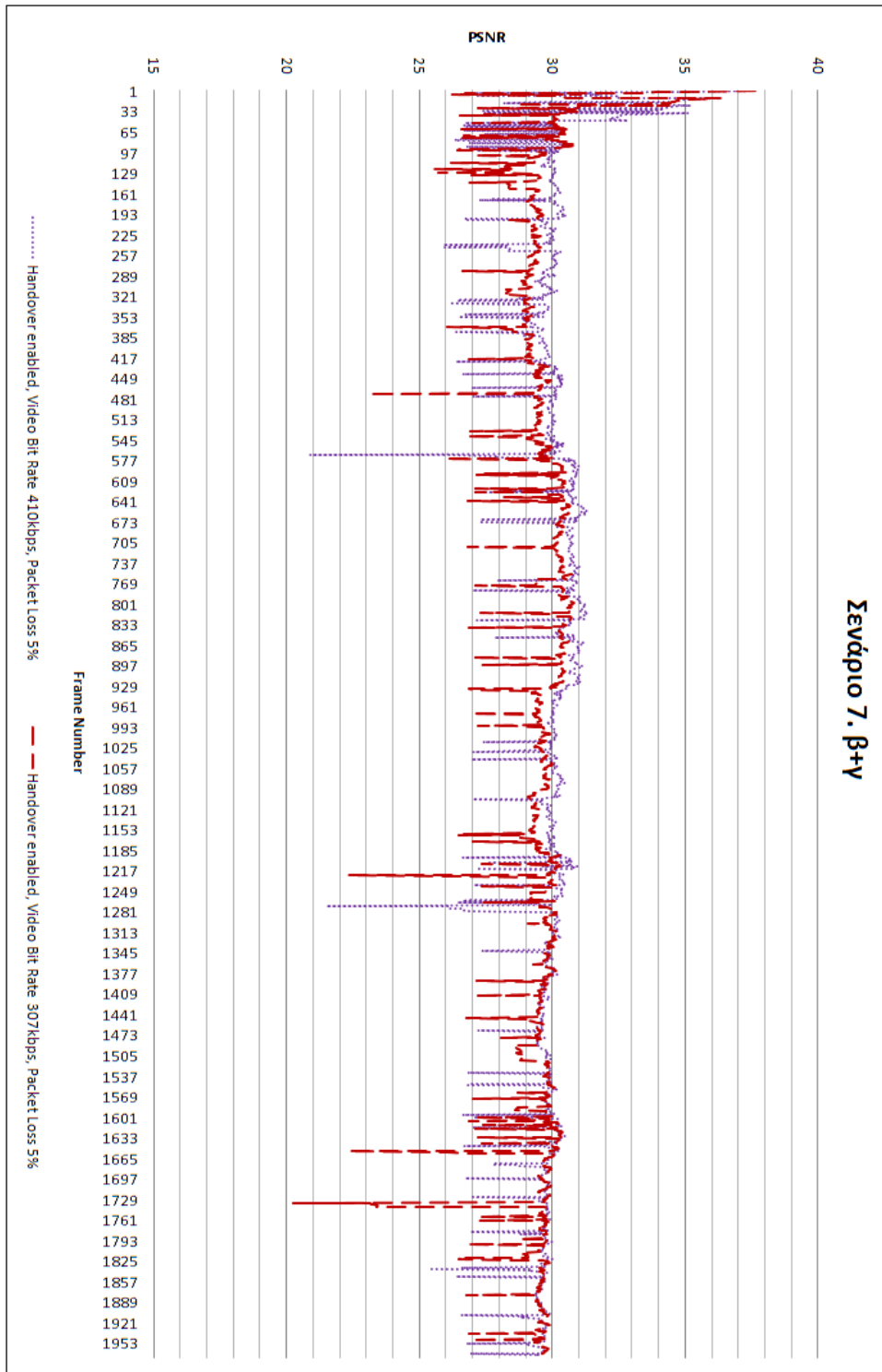
Γράφημα 19 Έβδομο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,β

Σενάριο 7. α+γ



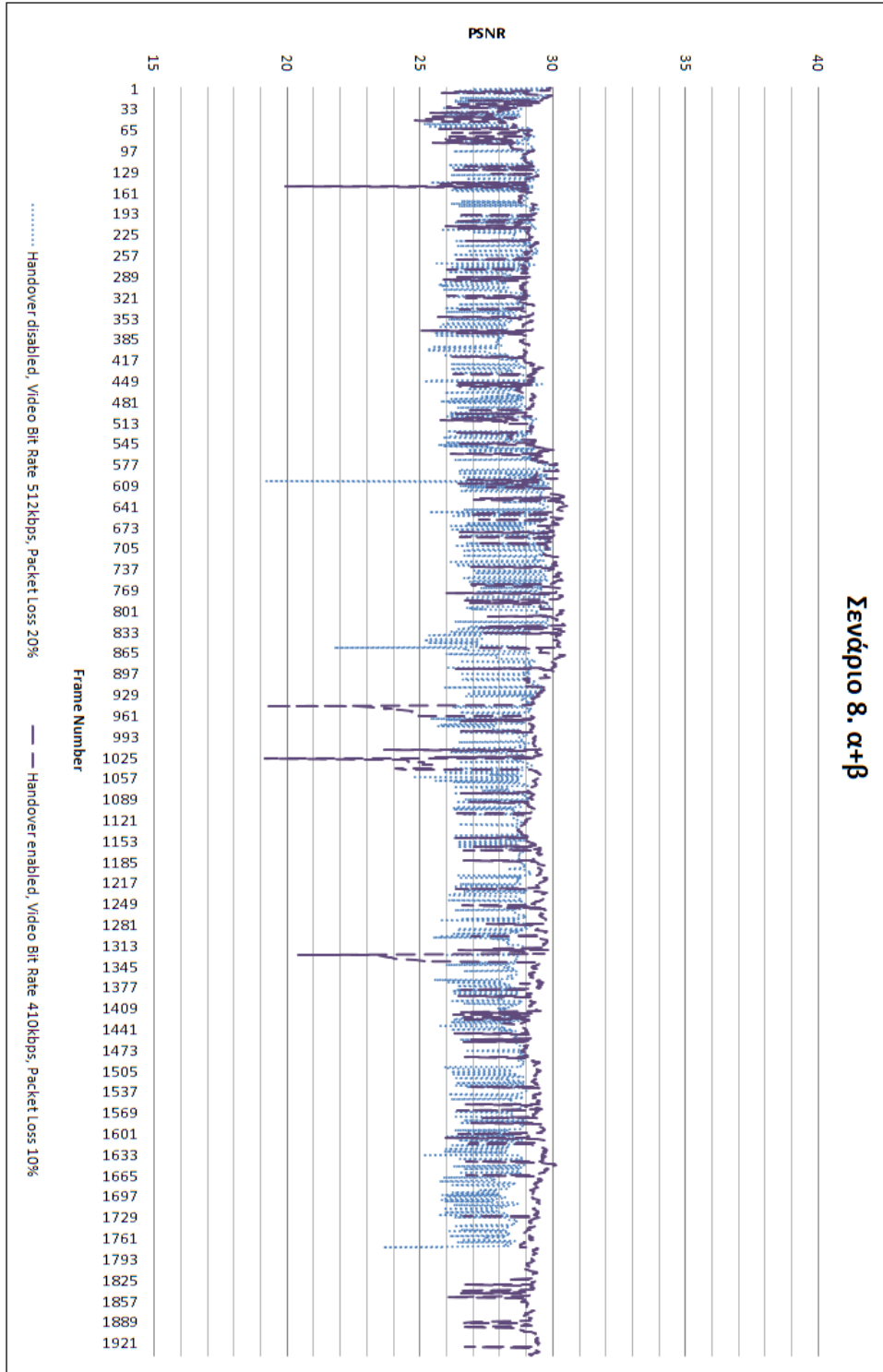
Γράφημα 20 Έβδομο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,γ

Σενάριο 7. β+γ

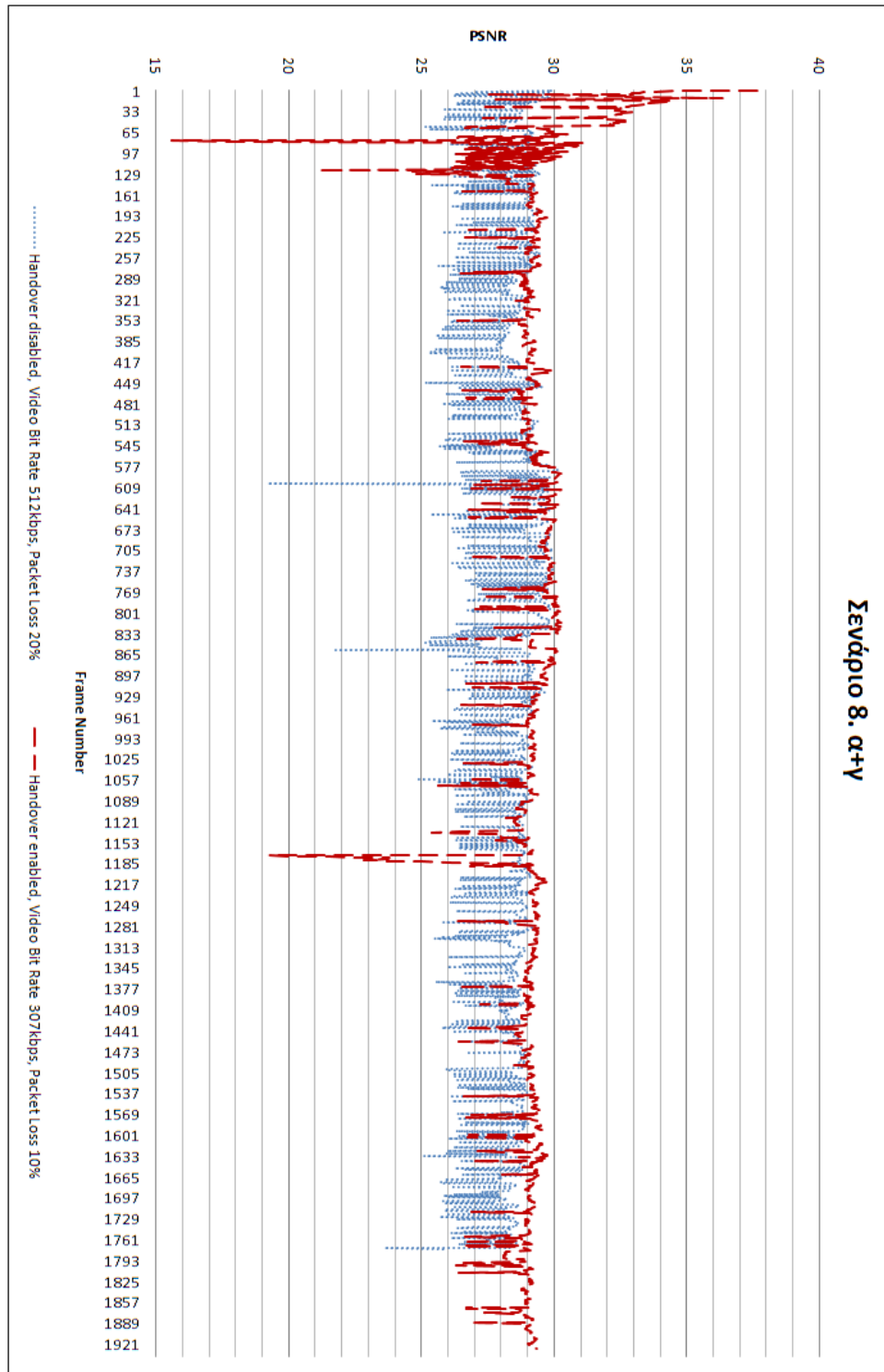


Γράφημα 21 Έβδομο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές β,γ

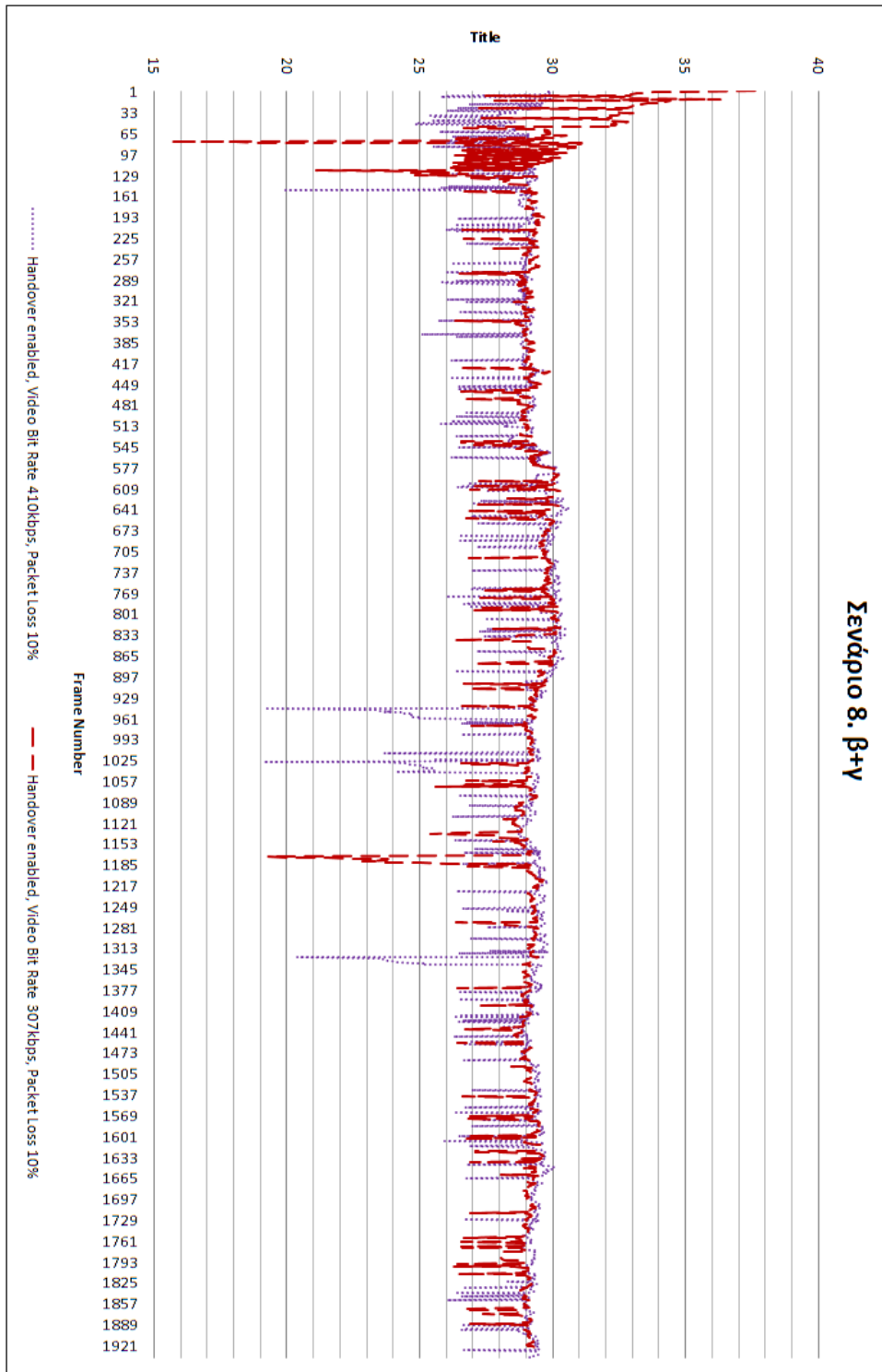
Σενάριο 8. α+β



Γράφημα 22 Όγδοο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,β



Γράφημα 23 Όγδοο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές α,γ



Γράφημα 24 Όγδοο σενάριο μεταγωγής, δοκιμές β,γ