

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ**

**Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών**

**Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής**



## **Πτυχιακή Εργασία**

**Μελέτη, σχεδιασμός, υλοποίηση και αξιολόγηση ενός μηχανισμού κατανομής παρακολούθησης και ελέγχου της δικτυακής απόδοσης ενός συστήματος διαδραστικής επίγειας ψηφιακής ευρυεκπομπής**

**Φοιτητής: Κοντογιωργάκης Γεώργιος (ΑΜ: 2519)**

**Εισηγητής: Πάλλης Ευάγγελος**

## Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ευάγγελο Πάλλη, για την καθοδήγηση και τη δυνατότητα που μου προσέφερε για τη διεκπεραίωση της πτυχιακής μου εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον κ. Ανάργυρο Σιδέρη για την εμπιστοσύνη που επέδειξε στο πρόσωπο μου, την απεριόριστη βοήθεια του, τον χρόνο που επένδυσε σε μένα αλλά και κατανόηση που επέδειξε.

Ευχαριστώ θερμά τον Εμμανουήλ Φυτράκη καθώς και τα υπόλοιπα μέλη του εργαστηρίου “ΠΑΣΙΦΑΗ” για την άψογη συνεργασία και τη βοήθειά τους.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την ανεκτίμητη συμπαράσταση και στήριξη όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου.

# Πίνακας Περιεχομένων

1	Εισαγωγή	7
1.1	Στόχοι	8
1.2	Δομή της Πτυχιακής Εργασίας	8
2	Θεωρητικό Υπόβαθρο	9
2.1	Τεχνολογίες	9
2.1.1	Ψηφιακή Τηλεόραση(DTV)	9
2.1.2	Πρότυπο DVB-T	10
2.1.3	Διαδραστική Ψηφιακή Τηλεόραση (Interactive DVB-T)	12
2.1.4	MPEG	13
2.1.5	XML	13
2.1.6	Monitoring	16
2.1.6.1	Μεθοδολογίες Monitoring	17
2.1.6.1.1	Active Monitoring	17
2.1.6.1.2	Passive Monitoring	17
2.1.6.2	Μεθοδολογίες Analysis	18
2.1.6.2.1	Online Analysis	18
2.1.6.2.2	Offline Analysis	18
2.1.6.3	Τοπολογίες Monitoring	19
2.1.6.4	Monitoring Metrics	20
2.2	Πρωτόκολλα	20
2.2.1	UDP	21
2.2.2	RTP	22
2.3	Λογισμικό	22
2.3.1	Netbeans	22
2.3.2	VLC	23
2.4	Βιβλιοθήκες	24
2.4.1	Dom4J	24
2.4.2	Jrcap	25
2.4.3	Jaxen	25
3	Σύστημα καταναμεμημένης παρακολούθησης και ελέγχου της δικτυακής απόδοσης	25
3.1	Μονάδα συλλογής και καταγραφής δεδομένων	26
3.2	Μονάδα ανάλυσης και παρουσίασης αποτελεσμάτων	29
4	Αξιολόγηση	31
4.1	Πειραματικό Δίκτυο Διαδραστικής Ψηφιακής Τηλεόρασης	31
4.2	Υπηρεσίες	33
4.3	Σενάρια	33
4.3.1	Σενάριο 1	33
4.3.2	Σενάριο 2	34
4.3.3	Σενάριο 3	34
4.3.4	Σενάριο 4	34
4.3.5	Σενάριο 5	35
4.4	Αποτελέσματα – Γραφικές Παραστάσεις	35
4.4.1	Σενάριο 1	35

4.4.2 Σενάριο 2 .....	37
4.4.3 Σενάριο 3 .....	38
4.4.4 Σενάριο 4 .....	39
4.4.5 Σενάριο 5 .....	41
5 Συμπεράσματα .....	43
6 Βιβλιογραφία .....	43

## Λίστα Εικόνων και Σχημάτων

Εικόνα 1: Διάγραμμα DVB-T συστήματος μετάδοσης [3] .....	12
Εικόνα 2: Γενική Αρχιτεκτονική DVB-T δικτύου [7] .....	13
Εικόνα 3: Δομή XML αρχείου [10] .....	15
Εικόνα 4: Δομή XML αρχείου 2 .....	16
Εικόνα 5: Δομή UDP πακέτου [19] .....	21
Εικόνα 6: Γραφικό περιβάλλον της εφαρμογής Netbeans.....	23
Εικόνα 7: Γραφικό περιβάλλον της εφαρμογής VLC .....	24
Εικόνα 8: Σύστημα κατανεμημένης παρακολούθησης σε IDVB-T δίκτυο.....	26
Εικόνα 9: Βασικές λειτουργίες μονάδας συλλογής και καταγραφής δεδομένων.....	28
Εικόνα 10: Βασικές λειτουργίες μονάδας ανάλυσης και παρουσίασης αποτελεσμάτων .....	30
Εικόνα 11: Πειραματικό δίκτυο διαδραστικής ψηφιακής τηλεόρασης .....	32
Εικόνα 12: Γραφική πρώτου σεναρίου : Μέσος ρυθμός μετάδοσης της ροής 5000.....	36
Εικόνα 13: Γραφική δεύτερου σεναρίου : Μέσος ρυθμός μετάδοσης των ροών 5000, 5600 και 6000.....	37
Εικόνα 14: Γραφική τρίτου σεναρίου : Μέσος ρυθμός μετάδοσης των ροών 5000, 5600, 6000 και 6600.....	38
Εικόνα 15: Γραφική τετάρτου σεναρίου : Μέσος ρυθμός μετάδοσης των ροών 5000, 5600, 6000 και 6600.....	40
Εικόνα 16: Γραφική πέμπτου σεναρίου : Μέσος ρυθμός μετάδοσης των ροών 5000, 5600, 6000 και 6600.....	41

## Λίστα Πινάκων

Πίνακας 1: Ροές .....	33
Πίνακας 2: Σενάριο 1 : Μέσο Server Bitrate, μέσο Client Bitrate, μονόδρομη καθυστέρηση(one-way delay), jitter, απώλειες πακέτων(losses) .....	36
Πίνακας 3: Σενάριο 2 : Μέσο Server Bitrate, μέσο Client Bitrate, μονόδρομη καθυστέρηση(one-way delay), jitter, απώλειες πακέτων(losses) .....	38
Πίνακας 4: Σενάριο 3 : Μέσο Server Bitrate, μέσο Client Bitrate, μονόδρομη καθυστέρηση(one-way delay), jitter, απώλειες πακέτων(losses) .....	39
Πίνακας 5: Σενάριο 4 : Μέσο Server Bitrate, μέσο Client Bitrate, μονόδρομη καθυστέρηση(one-way delay), jitter, απώλειες πακέτων(losses) .....	40
Πίνακας 6: Σενάριο 5 : Μέσο Server Bitrate, μέσο Client Bitrate, μονόδρομη καθυστέρηση(one-way delay), jitter, απώλειες πακέτων(losses) .....	42

# 1 Εισαγωγή

Κατά την διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, η επίγεια ψηφιακή εκπομπή τείνει να αντικαταστήσει, σε παγκόσμιο επίπεδο, τον αναλογικό τρόπο επίγειας μετάδοσης τηλεοπτικών προγραμμάτων. Γνωστή στον κόσμο σαν “ψηφιακή τηλεόραση”, ή τεχνολογία αυτή της επίγειας ψηφιακής ευρείας εκπομπής προσφέρει άριστη ποιότητα εικόνας, ευρεία κάλυψη, μεγάλη ανοχή σε παρεμβολές, μεγιστοποίηση του αριθμού τηλεοπτικών προγραμμάτων ανά συχνότητα και τέλος, ειδικά όσον αφορά το ευρωπαϊκό πρότυπο αυτής της τεχνολογίας (Digital Video Broadcasting for Terrestrial-DVB-T), υποστηρίζει εγγενώς την μετάδοση IP υπηρεσιών. Η τελευταία αυτή δυνατότητα επέτρεψε την αξιοποίηση της τεχνολογίας DVB-T, για την δημιουργία δικτυακών υποδομών ικανών να διασυνδέσουν παροχείς υπηρεσιών και τελικούς χρήστες.

Ένα ζήτημα που προκύπτει κατά την διάρκεια λειτουργίας τέτοιων (DVB-T) δικτυακών υποδομών είναι αυτό της ορθής, καθώς και αποδοτικής λειτουργία τους. Εν γένει, το ζήτημα αυτό προκύπτει συχνά στα δίκτυα μεταφοράς υπηρεσιών και οφείλεται σε διάφορους λόγους με τους πιο συνήθεις να είναι οι αστοχίες του εξοπλισμού ή του λογισμικού που χρησιμοποιείται και ο ανταγωνισμός των μεταδιδόμενων υπηρεσιών για τους διαθέσιμους δικτυακούς πόρους, έχοντας σαν αποτέλεσμα την απρόβλεπτη λειτουργία, καθώς και την μειωμένη αποδοτικότητα του DVB-T δικτύου.

Η ενδεδειγμένη λύση στο συγκεκριμένο ζήτημα είναι ο συνδυασμός τεχνολογιών/τεχνικών παρακολούθησης (monitoring), ανάνηψης από λάθη (failure recovery) και διαχείρισης πόρων (resource management) του εκάστοτε δικτύου. Στόχος των τεχνολογιών παρακολούθησης είναι η συλλογή δεδομένων από διάφορα σημεία (στρατηγικά επιλεγμένα) του δικτύου, και η ανάλυση τους για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την δικτυακή απόδοση, καθώς και για την ανίχνευση δυσλειτουργιών (αστοχίες σε υλικό/λογισμικό.) Αναλόγως με τα αποτελέσματα της ανάλυσης μπορεί να ενεργοποιηθούν οι αντίστοιχοι μηχανισμοί ανάνηψης από λάθη, και διαχείρισης δικτυακών πόρων, ώστε να αποκατασταθεί η ορθή και αποτελεσματική λειτουργία του εν λόγω δικτύου.

Οι προσεγγίσεις τέτοιων συστημάτων παρακολούθησης είναι οι παρακάτω. Η κατανεμημένη προσέγγιση, στην οποία όλες οι λειτουργικές μονάδες εδρεύουν σε περιφερειακούς κόμβους, η κεντροποιημένη προσέγγιση, στην οποία όλες οι λειτουργικές μονάδες βρίσκονται σε έναν κεντρικό κόμβο και τέλος η ημικατανεμημένη προσέγγιση, στην οποία οι λειτουργικές μονάδες μπορεί να βρίσκονται και σε περιφερειακούς και σε κεντρικούς κόμβους.

## **1.1 Στόχοι**

Σε αντιδιαστολή με τις μέχρι τώρα κεντριοποιημένες και ημικατανεμημένες προσεγγίσεις, και αξιοποιώντας το γεγονός ότι άπαξ και κάτι εκπεμφθεί είναι προσβάσιμο ---εκτός και εάν είναι κρυπτογραφημένο--- από όλους τους κόμβους που βρίσκονται στην περιοχή εκπομπής της DVB-T πλατφόρμας, η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία έχει ως στόχο της, την μελέτη, σχεδιασμό, υλοποίηση και αξιολόγηση ενός μηχανισμού κατανεμημένης παρακολούθησης και ελέγχου της δικτυακής απόδοσης ενός συστήματος διαδραστικής επίγειας ψηφιακής ευρεκπομπής.

## **1.2 Δομή της Πτυχιακής Εργασίας**

Στο δεύτερο κεφάλαιο θα αναφερθούν βασικές θεωρητικές έννοιες οι οποίες θα περιγράψουν συνοπτικά τα πρότυπα, τις τεχνολογίες, τα πρωτόκολλα, τα προγράμματα και τις βιβλιοθήκες που χρησιμοποιήθηκαν κατά την εκπόνηση της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας με σκοπό να δημιουργηθεί ένα κατάλληλο υπόβαθρο που θα βοηθήσει τους αναγνώστες, με ειδικότητα, ή χωρίς, πάνω στο αντικείμενο, να κατανοήσουν το έγγραφο αυτό.

Στη συνέχεια, στο τρίτο κεφάλαιο θα παρουσιαστεί ο μηχανισμός παρακολούθησης και ανάλυσης που ανέπτυξα, εστιάζοντας στα πλεονεκτήματα αλλά και τις αδυναμίες του, καθώς και μια περιγραφή για τον τρόπο λειτουργίας του.

Έπειτα στο τέταρτο κεφάλαιο θα γίνει μία περιγραφή του DVB-T δικτύου στο οποίο θα εφαρμοστεί ο μηχανισμός που ανέπτυξα. Θα επεξηγηθούν βασικές έννοιες και θα παρουσιαστούν ο εργαστηριακός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε, τα πειράματα που εκτελέστηκαν, καθώς και τα αποτελέσματα αυτών.

Τέλος, στο πέμπτο κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα συμπεράσματα καθώς και προτάσεις για μελλοντικές ερευνητικές κατευθύνσεις.



## 2 Θεωρητικό Υπόβαθρο

### 2.1 Τεχνολογίες

#### 2.1.1 Ψηφιακή Τηλεόραση(DTV)

Η ψηφιακή τηλεόραση (DTV) [1] είναι η μετάδοση ήχου και εικόνας από ψηφιακά επεξεργασμένο και πολυπλεγμένο σήμα σε αντίθεση με το αναλογικό και σε κανάλια διαχωρισμένο σήμα που χρησιμοποιεί η αναλογική τηλεόραση. Αυτή η πρωτοποριακή υπηρεσία αποτέλεσε σημαντικό παράγοντα στην εξέλιξη της τεχνολογίας της έγχρωμης τηλεόρασης στην δεκαετία του 1950. Πολλές χώρες έχουν ήδη αντικαταστήσει την εκπομπή του αναλογικού σήματος από ψηφιακό ενώ κάποιες άλλες βρίσκονται στην πόρτα της ψηφιακής τηλεόρασης προσφέροντας πληθώρα πλεονεκτημάτων σε σχέση με την αναλογική. Τα ψηφιακά κανάλια:

- ❖ Χρησιμοποιούν χαμηλότερο εύρος ζώνης. Αυτό σημαίνει ότι οι ψηφιακοί τηλεοπτικοί σταθμοί μπορούν να παρέχουν περισσότερα ψηφιακά κανάλια στον ίδιο χώρο.
- ❖ Παρέχουν τη δυνατότητα μεταβολής του εύρους ζώνης εξαρτώμενο από το επίπεδο της συμπίεσης καθώς και της ποιότητας της μεταδιδόμενης εικόνας
- ❖ Παρέχουν αποδοτικότερη χρήση του διαθέσιμου ραδιοφάσματος. Με την ψηφιακή τεχνολογία υπάρχει η δυνατότητα στο φάσμα που χρησιμοποιεί ένα αναλογικό τηλεοπτικό κανάλι να πολυπλεχθούν τέσσερα ψηφιακά κανάλια
- ❖ Έχουν μεγαλύτερη ανοχή σε παρεμβολές και διαλείψεις
- ❖ Παρέχουν τη δυνατότητα μεγαλύτερης κινητικότητας του δέκτη
- ❖ Παρέχουν υψηλής ευκρίνειας τηλεοπτικές υπηρεσίες
- ❖ Παρέχουν μη τηλεοπτικές υπηρεσίες πολυμέσων και διαδραστικότητα
- ❖ Επιτρέπουν ειδικές υπηρεσίες όπως ηλεκτρονικούς οδηγούς για το τηλεοπτικό πρόγραμμα και επιλογή διαφορετικής γλώσσας ή υποτίτλων

Επίσης αξίζει να αναφερθεί ότι πολλές περιοχές του κόσμου εκτός του ότι βρίσκονται σε διαφορετικά στάδια υιοθέτησης της ψηφιακής τηλεόρασης, υλοποιούν τέσσερα διαφορετικά πρότυπα μετάδοσης. Αυτά είναι τα εξής:

- ❖ **Advanced Television System Committee (ATSC) [2].** Αυτό το πρότυπο μετάδοσης έχει υιοθετηθεί στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής
- ❖ **Digital Video Broadcasting Terrestrial (DVB-T) [3].** Αυτό το πρότυπο μετάδοσης έχει υιοθετηθεί στην Ευρώπη, την Αυστραλία και την Νέα Ζηλανδία
- ❖ **Terrestrial Integrated Services Digital Broadcasting (ISDB-T) [4].** Αυτό το πρότυπο μετάδοσης έχει υιοθετηθεί στην Ιαπωνία και στις περισσότερες χώρες της Νοτίου Αμερικής
- ❖ **Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting (DTMB) [5].** Αυτό το πρότυπο μετάδοσης έχει υιοθετηθεί στην Κίνα, το Χονγκ Κονγκ και το Μακάο.

Παρακάτω θα παρουσιαστεί εκτενέστερα το πρότυπο DVB-T καθώς και κάποια από τα βασικά χαρακτηριστικά του μιας και αυτό είναι το πρότυπο που έχει υιοθετηθεί και χρησιμοποιείται στην Ελλάδα και που θα χρησιμοποιηθεί στην εν λόγω πτυχιακή εργασία.

## 2.1.2 Πρότυπο DVB-T

Το πρότυπο DVB-T (Digital Video Broadcasting – Terrestrial) είναι το πιο διαδεδομένο πρότυπο ψηφιακής τηλεόρασης σε ολόκληρο τον κόσμο για τηλεοπτικές επίγειες εκπομπές. Παρέχει περισσότερες δυνατότητες και ενεργοποιεί μια πιο έξυπνη χρήση του διαθέσιμου ραδιοφωνικού φάσματος συχνοτήτων από τις παλιότερες αναλογικές εκπομπές.

Το πρότυπο αυτό χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1997 και η πρώτη ραδιοφωνική μετάδοση έγινε στο Ηνωμένο Βασίλειο το Νοέμβριο του 1998. Αρχικά το DVB-T σχεδιάστηκε για να παρέχει υπηρεσίες σε ακίνητους δέκτες με κεραία λήψης τοποθετημένη στις οροφές των κτιρίων όπως συμβαίνει και με την αναλογική τηλεόραση. Όμως οι πρώτες δοκιμές που έγιναν, έδειξαν ότι το συγκεκριμένο πρότυπο είχε περισσότερες δυνατότητες και μπορούσε να παρέχει υπηρεσίες σε φορητούς δέκτες, σε εσωτερικούς χώρους και σε οχήματα εν κινήσει. Αυτό το σύστημα μεταδίδει συμπιεσμένο ψηφιακό ήχο, ψηφιακό βίντεο καθώς και άλλα δεδομένα σε ένα ρεύμα μεταφοράς MPEG, χρησιμοποιώντας κωδικοποιημένη ορθογώνια πολυπλεξία με διαίρεση συχνοτήτων (COFDM ή OFDM).

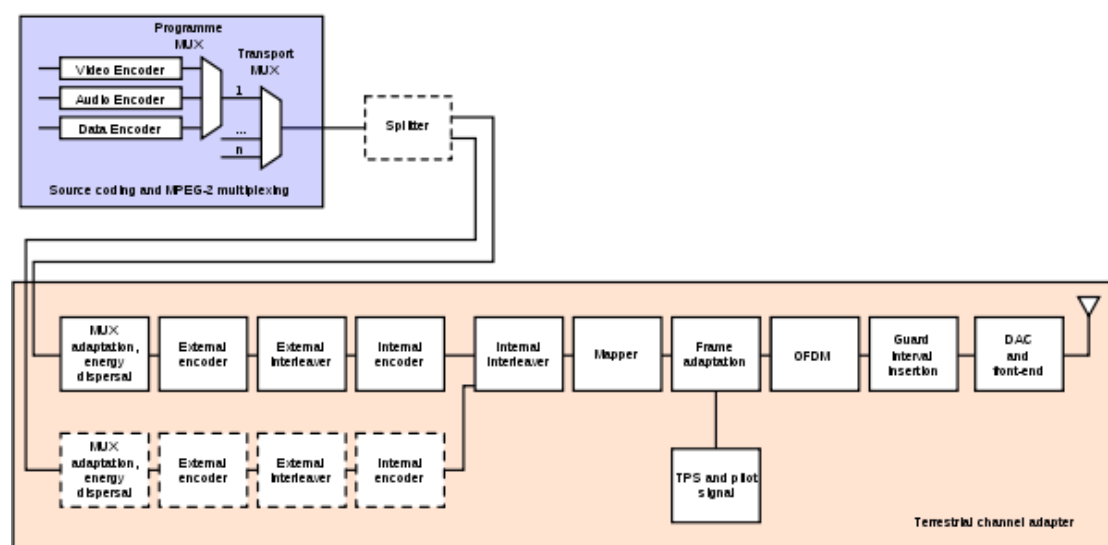
Το OFDM [6] είναι μια μορφή μετάδοσης που χρησιμοποιεί έναν μεγάλο αριθμό κοντινών φερόντων που είναι διαμορφωμένα με χαμηλό ρυθμό

δεδομένων. Το μεγάλο πλεονέκτημα του OFDM είναι η αντοχή του σε έντονα περιβάλλοντα ανακλάσεων όπως είναι αυτό της πολυδιαδρομικής διάδοσης (multi-path propagation) και αυτό φαίνεται από το γεγονός ότι υπό κανονικές συνθήκες τα σήματα αυτά μιας και βρίσκονται πολύ κοντά μεταξύ τους θα περίμενε κανείς να αλληλεπιδρούν. Ωστόσο με την συγκεκριμένη τεχνική δεν υπάρχει καμία παρεμβολή σημάτων.

Το πρότυπο DVB-T έχει αρκετά τεχνικά χαρακτηριστικά που το κάνουν αρκετά ευέλικτο. Παρακάτω φαίνονται κάποια από αυτά :

- ❖ Κωδικοποίηση MPEG-2
- ❖ 3 επιλογές διαμόρφωσης ( QPSK, 16QAM, 64QAM) ανάλογα με την αξιοπιστία μετάδοσης έναντι της ταχύτητας των δεδομένων
- ❖ 5 διαφορετικούς ρυθμούς FEC (Forward Error Correction)
- ❖ 4 επιλογές Guard Interval. Το Guard Interval χαρακτηρίζει τον χρόνο που υπάρχει ανάμεσα στα πακέτα προκειμένου να μπορέσει ο δέκτης να διαχειριστεί την καθυστέρηση στην διαδρομή μετάδοσης
- ❖ 1705 φέροντα (σύστημα 2K) ή 6817 φέροντα (σύστημα 8K)
- ❖ Διαθέσιμο εύρος ζώνης στα 6 MHz, 7MHz ή 8 MHz
- ❖ Ρυθμός ανανέωσης της εικόνας στα 50Hz ή 60 Hz
- ❖ Ωφέλιμο bit rate από 4.98 Mbps έως 31.67 Mbps

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται το διάγραμμα ενός συστήματος εκπομπής DVB-T. Στην συνέχεια θα γίνει μία μικρή αναφορά στο πρότυπο MPEG και ειδικότερα στο πρότυπο MPEG-2, με το οποίο γίνεται η κωδικοποίηση στο DVB-T όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

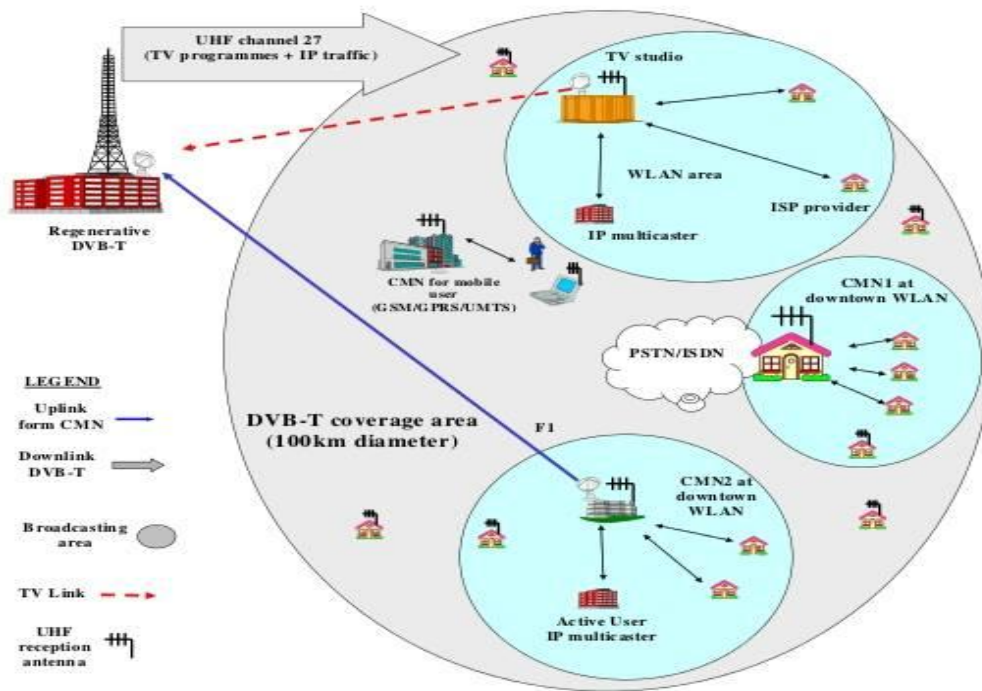


Εικόνα 1: Διάγραμμα DVB-T συστήματος μετάδοσης [3]

### 2.1.3 Διαδραστική Ψηφιακή Τηλεόραση (Interactive DVB-T)

Ένα σύστημα ψηφιακής τηλεόρασης με ένα κανάλι επιστροφής μπορεί να μετατραπεί σε ένα διαδραστικό σύστημα ψηφιακής τηλεόρασης (IDVB-T) [7]. Ένα σύστημα που όχι μόνο θα επιτυγχάνει μια απλή αλληλεπίδραση του τελικού χρήστη με τις υπηρεσίες που το σύστημα προσφέρει αλλά και θα μπορεί να μεταφέρει IP δεδομένα.

Ένα τέτοιο σύστημα αποτελείται από το κεντρικό σημείο εκπομπής (DVB-T πλατφόρμα), από ένα αριθμό ενδιάμεσων κόμβων διανομής (Cell Main Mode(CMN)) και από τους τελικούς χρήστες (End Users). Σε κάθε περιοχή που εκπέμπεται το ψηφιακό σήμα της DVB-T, η περιοχή διαιρείται σε κυψέλες και σε κάθε κυψέλη βρίσκεται και ένας CMN. Οι CMN είναι υπεύθυνοι για τη δρομολόγηση της δικτυακής κίνησης από και προς τους τελικούς χρήστες. Λαμβάνουν την κίνηση από μία κάρτα τηλεόρασης (DVB-T) και την προωθούν στους τελικούς χρήστες αλλά παράλληλα δρομολογούν και την κίνηση από τους τελικούς χρήστες προς την πλατφόρμα ψηφιακής τηλεόρασης μέσω του καναλιού επιστροφής που διαθέτει ο εκάστοτε CMN. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η γενική αρχιτεκτονική ενός συστήματος τέτοιου είδους.



Εικόνα 2: Γενική Αρχιτεκτονική DVB-T δικτύου [7]

### 2.1.4 MPEG

Η MPEG (Moving Picture Experts Group) [8] είναι μια ομάδα εργασιών από ειδικούς στον χώρο που δημιουργήθηκε από τις ISO [reference για ISO] και IEC [reference για IEC] για την ανάπτυξη προτύπων για την συμπίεση και την μετάδοση ήχου και βίντεο. Το πρότυπο MPEG το οποίο αξιοποιείται για την δημιουργία τηλεοπτικών σημάτων είναι το MPEG 2. Το MPEG 2 [9] είναι ένα πρότυπο για «την γενική κωδικοποίηση των κινούμενων εικόνων και της πληροφορίας του συσχετιζόμενου ήχου». Είναι καθιερωμένο σε όλο τον κόσμο γιατί προσφέρει υψηλό βαθμό συμπίεσης διατηρώντας παράλληλα την εικόνα και τον ήχο σε πολύ καλό επίπεδο ποιότητας. Το πρότυπο αυτό αξιοποιείται από την επίγεια ψηφιακή τηλεόραση με την ενθυλάκωση δεδομένων σε ροές μεταφοράς οι οποίες αποστέλλονται μέσω δικτυακών πλατφορμών DVB.

### 2.1.5 XML

Σε μία περίοδο όπου οι εξελίξεις «τρέχουν», οι πληροφορίες που παρέχονται μέσω του διαδικτύου πρέπει να είναι μεταφέρσιμες, εύκολα

προσβάσιμες, ευέλικτες και κατανοητές. Σε έναν κόσμο όπου η τεχνολογία έχει προχωρήσει στο επόμενο επίπεδο, τα έγγραφα πρέπει να είναι ανεξάρτητα οποιουδήποτε συστήματος και περιεχομένου. Σαν απάντηση στα παραπάνω «εμφανίστηκε» η γλώσσα XML, η οποία έλυσε πολλά από τα προβλήματα που αντιμετώπιζαν οι σχεδιαστές του web μέχρι τότε.

Η XML (Extensible Markup Language) [10] είναι μία γλώσσα σήμανσης, που περιέχει ένα σύνολο κανόνων για την ηλεκτρονική κωδικοποίηση κειμένων. Ορίζεται κυρίως στην προδιαγραφή XML 1.0. Η γλώσσα XML αναπτύχθηκε από μία Ομάδα Εργασίας της XML κάτω από την κηδεμονία του διεθνούς οργανισμού W3C (World Wide Web Consortium) το 1996. Εδραιώθηκε από τον John Bosak της Sun Microsystems με την ενεργή συμμετοχή μιας XML Ομάδας Ειδικού Ενδιαφέροντος που οργανώθηκε από τον οργανισμό W3C.

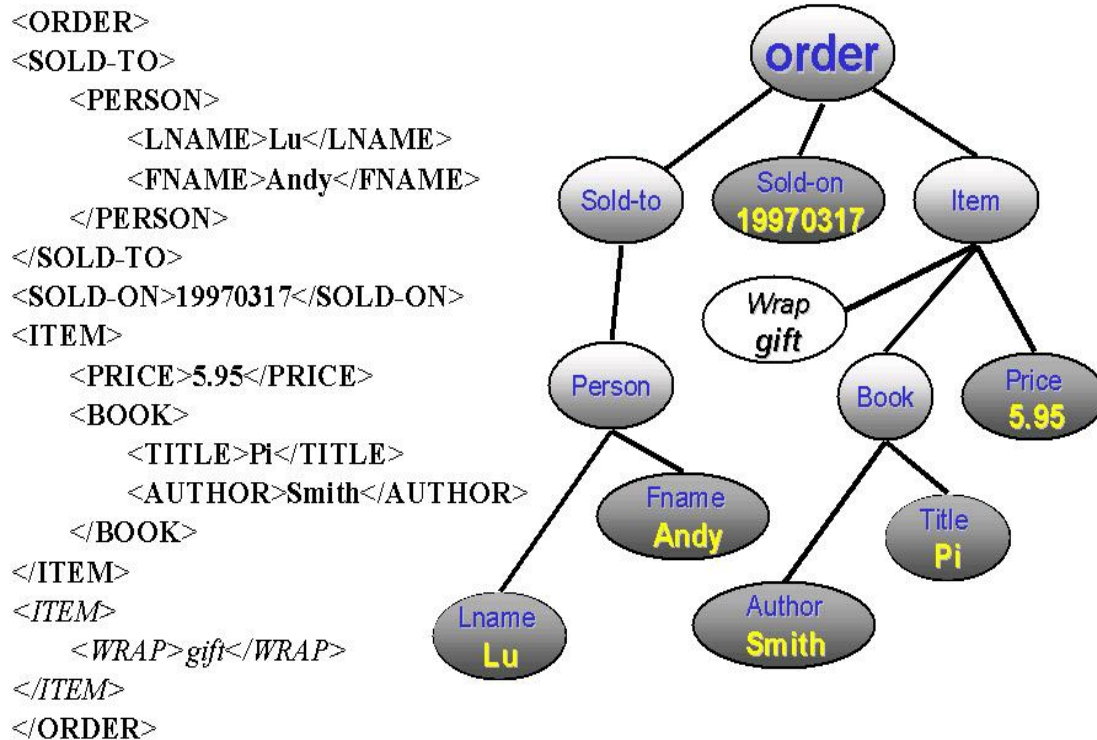
Η XML σχεδιάστηκε για να ικανοποιήσει πολλές ανάγκες δίνοντας στα έγγραφα ένα μεγαλύτερο επίπεδο απλότητας, προσαρμοστικότητας και ευκολίας στο στυλ και τη δομή τους. Μέχρι αυτή τη στιγμή εκατοντάδες γλώσσες έχουν αναπτυχθεί βασιζόμενες στην XML. Τα πιο γνωστά παραδείγματα είναι οι RSS,

Atom, SOAP και XHTML. Επίσης προεπιλεγμένες κωδικοποιήσεις βασισμένες στην XML υπάρχουν για τις πιο διαδεδομένες σουίτες εφαρμογών γραφείου όπως το Microsoft Office (Office Open XML), το OpenOffice.org (OpenDocument) και το iWork.

Οι βασικοί στόχοι της XML είναι:

1. Η XML πρέπει να είναι εύχρηστη στο Διαδίκτυο
2. Η XML πρέπει να υποστηρίζει μεγάλη ποικιλία από εφαρμογές
3. Η XML πρέπει να είναι συμβατή με την SGML
4. Τα XML έγγραφα θα πρέπει να είναι ευανάγνωστα
5. Ο σχεδιασμός των XML εγγράφων θα πρέπει να προετοιμάζεται γρήγορα
6. Ο σχεδιασμός XML θα πρέπει να είναι τυπικός και περιεκτικός
7. Τα XML έγγραφα θα πρέπει να δημιουργούνται εύκολα
8. Ο αριθμός των προαιρετικών χαρακτηριστικών στην XML θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο μικρός, ιδανικός αριθμός αυτών (των χαρακτηριστικών) το μηδέν

Όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα δεν είναι μόνο η σύνταξη του κώδικα σε XML απλή αλλά εξίσου απλή είναι και η δομή του XML εγγράφου:



Εικόνα 3: Δομή XML αρχείου [10]

Η σύνταξη της XML αναπαριστά ένα δέντρο. Όλα τα XML έγγραφα θα πρέπει να ξεκινάνε με την ρίζα (root) που στην περίπτωση μας είναι το <Country>. Στη συνέχεια κάθε στοιχείο (element) απλώνεται σαν κλαδί όπως για παράδειγμα το <State>. Κάθε στοιχείο φυσικά θα μπορεί να έχει και υποστοιχεία (sub-elements). Επίσης, κάθε στοιχείο μπορεί να έχει κάποια γνωρίσματα (attributes) τα οποία είναι περιγραφικές πληροφορίες για τα αυτά τα στοιχεία. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι το name="United States". Κάθε στοιχείο πρέπει να ξεκινάει με το όνομα του στοιχείου περιστοιχισμένο από < > και να τελειώνει με το όνομα του στοιχείου περιστοιχισμένο από < />. Δηλαδή το στοιχείο State ξεκινάει με: <State> και κλείνει με: </State>.



```

<Country name="United States">
  <State name="Colorado">
    <Census year="2006" population="4753377"/>
    <City name="Denver"/>
    <City name="Boulder"/>
  </State>
  <State name="Massachusetts">
    <Census year="2006" population="6437193"/>
    <City name="Boston"/>
  </State>
</Country>

```

Εικόνα 4: Δομή XML αρχείου 2

## 2.1.6 Monitoring

Από την πρώτη στιγμή που άρχισαν να υπάρχουν δίκτυα υπολογιστών γεννήθηκε η ανάγκη της παρακολούθησης των πακέτων που κυκλοφορούν στα δίκτυα αυτά καθώς και η ανάγκη της ανάλυσης των πληροφοριών που μπορούν να εξαχθούν από αυτά τα πακέτα. Έτσι δημιουργήθηκε η έννοια της παρακολούθησης δικτύου ή αλλιώς Network Monitoring [11]. Με τον παραπάνω τρόπο οι διαχειριστές του εκάστοτε δικτύου έχουν την δυνατότητα της συνεχούς του επίβλεψης για να είναι σε θέση να προβούν σε ενέργειες, όταν αυτό παραστεί αναγκαίο, ώστε να εξασφαλιστεί η αποφυγή τυχόν προβλημάτων. Η αποφυγή αυτή θα είναι ζωτική για την υγεία του δικτύου μας, την συνεχή του διαθεσιμότητα καθώς και την βελτίωση της απόδοσης του. Η παρακολούθηση δικτύου μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας διάφορα προϊόντα λογισμικού ή ενός συνδυασμού plug and play συσκευών (servers, routers, connections και switches) και εφαρμογών λογισμικού. Κάθε είδους δίκτυο μπορεί να παρακολουθηθεί. Δεν έχει σημασία αν είναι ασύρματο ή ενσύρματο, δίκτυο μεγάλου μεγέθους μιας εταιρίας ή μικρό προσωπικό δίκτυο. Απλά ανάλογα με τις απαιτήσεις του εκάστοτε δικτύου αλλάζουν και τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται.

Για να γίνει πιο αντιληπτή η σπουδαιότητα της παρακολούθησης ενός δικτύου θα χρησιμοποιήσω ένα απλό παράδειγμα. Η παρακολούθηση ενός δικτύου είναι σαν να επισκέπτεται ένας άνθρωπος τον γιατρό του για εξετάσεις. Ο γιατρός με τις γνώσεις του, την εμπειρία του και τις διάφορες ιατρικές τεχνολογίες μπορεί να διαπιστώσει κινδύνους στον οργανισμό του ασθενή του έτσι ώστε να αποφευχθούν δυσάρεστες επιπτώσεις για την υγεία του είτε να υπάρξει θεραπεία κάποιου προβλήματος που ήδη έχει εκδηλωθεί. Με αυτόν ακριβώς τον τρόπο οι διαχειριστές ενός δικτύου, μέσω της



παρακολούθησης του, είναι ικανοί χρησιμοποιώντας τα δικά τους τεχνολογικά εργαλεία να διατηρούν την ομαλή λειτουργία του δικτύου μας.

### **2.1.6.1 Μεθοδολογίες Monitoring**

Η παρακολούθηση δικτύου διακρίνεται σε δύο βασικές κατηγορίες ανάλογα της μεθόδου που χρησιμοποιείται. Η πρώτη μεθοδολογία είναι η ενεργητική ή αλλιώς παρεμβατική παρακολούθηση δικτύου (Active Monitoring) [12] και η παθητική ή αλλιώς μη παρεμβατική παρακολούθηση δικτύου (Passive Monitoring) [13]. Παρακάτω θα δοθεί μία μικρή περιγραφή αυτών των δύο μεθοδολογιών.

#### **2.1.6.1.1 Active Monitoring**

Το Active Monitoring στηρίζεται στην ικανότητα να δημιουργεί επιπλέον κίνηση στο δίκτυο. Αυτό επιτυγχάνεται με την εισφορά επιπλέον πακέτων στον δίκτυο, τα λεγόμενα test packets (πακέτα δοκιμών) , ή με την αποστολή πακέτων σε εξυπηρετητές και εφαρμογές, ακολουθώντας τα και μετρώντας τα απαραίτητα στοιχεία που λαμβάνονται από αυτά. Αυτή η επιπλέον κίνηση είναι τεχνητή. Το μεγάλο πλεονέκτημα της συγκεκριμένης μεθοδολογίας είναι ο πλήρης έλεγχος της παραγωγής των πακέτων, των τεχνικών δειγματοληψίας, του χρόνου, της συχνότητας, των μεγεθών των πακέτων και γενικότερα της διαδρομής και της δομής που θα έχει επιλεχθεί για να γίνει η παρακολούθηση από τους διαχειριστές ενός δικτύου, οι οποίοι θα μπορούν να ελέγξουν ότι θέλουν, οποιαδήποτε στιγμή. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατό να δημιουργηθούν αμέτρητα σενάρια ώστε οι διαχειριστές να είναι σαφώς πιο προετοιμασμένοι να αντιμετωπίσουν προβλήματα που θα αντιμετωπίσει το δίκτυο και να τα εξαλείψουν.

#### **2.1.6.1.2 Passive Monitoring**

Το Passive Monitoring είναι μία τεχνική η οποία χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση των ήδη υπάρχουσών ροών που διαπερνούν ένα δίκτυο.

Αυτοί οι μηχανισμοί είναι Sniffer ή OCxMon ή μπορεί να έχουν σχεδιαστεί μέσα σε άλλες συσκευές όπως είναι τα switches, τα routers ή σε κάποιο end-node-host. Το Passive Monitoring δεν αυξάνει την κίνηση του δικτύου, μετράει την πραγματική κίνηση που υπάρχει σε αυτό. Αυτή η προσέγγιση είναι εξαιρετικά χρήσιμη για την επίλυση δικτυακών προβλημάτων όταν αυτά έχουν προκληθεί. Όμως δεν είναι δυνατό με την συγκεκριμένη προσέγγιση να αντιμετωπιστούν προβλήματα τα οποία δεν έχουν ήδη “πολεμηθεί” στο παρελθόν. Ακόμα ένα θέμα με το οποίο έρχεται αντιμέτωπο το Passive Monitoring είναι τα θέματα προσωπικών δεδομένων και τα θέματα ασφάλειας που μπορούν να προκύψουν. Αυτό συμβαίνει διότι με την μεθοδολογία αυτή υπάρχει περίπτωση να χρειάζεται να αποκτηθεί πρόσβαση σε όλα τα πακέτα του δικτύου κάτι το οποίο ελλοχεύει κινδύνους για τις πληροφορίες που συλλέχθηκαν.

#### **2.1.6.2 Μεθοδολογίες Analysis**

Η ανάλυση των στοιχείων που προκύπτουν από την παρακολούθηση του δικτύου διακρίνεται σε δύο βασικές κατηγορίες ανάλογα της μεθόδου που χρησιμοποιείται. Η πρώτη μεθοδολογία είναι η “σε πραγματικό χρόνο” ανάλυση (Online Analysis) και η “εκτός σύνδεσης” ανάλυση (Offline Analysis). Παρακάτω θα δοθεί μία μικρή περιγραφή αυτών των δύο μεθοδολογιών.

##### **2.1.6.2.1 Online Analysis**

Στην online ανάλυση τα δεδομένα που συλλέγονται από την εφαρμογή της παρακολούθησης αναλύονται ακριβώς την ίδια στιγμή που περνάνε από το δίκτυο, δηλαδή σε πραγματικό χρόνο. Αυτή η μέθοδος δίνει την δυνατότητα στους διαχειριστές του δικτύου να αντιμετωπίσουν κάθε πρόβλημα που προκύπτει την ίδια ακριβώς στιγμή που αυτό εμφανίστηκε.

##### **2.1.6.2.2 Offline Analysis**

Στην offline ανάλυση, σε αντίθεση με όσα είδαμε παραπάνω με την online ανάλυση, συλλέγονται και αποθηκεύονται οι απαραίτητες πληροφορίες με σκοπό την ανάλυση τους με το πέρας της κίνησης του δικτύου. Αυτή η μέθοδος δίνει την δυνατότητα στους διαχειριστές του δικτύου να έχουν μια σφαιρικότερη εικόνα του δικτύου, καθώς και τον προβλημάτων που έχουν εκδηλωθεί έτσι ώστε να προβούν στις κατάλληλες ενέργειες για να επανέλθει το δίκτυο στην ομαλή του λειτουργία.

### **2.1.6.3 Τοπολογίες Monitoring**

Υπάρχουν τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις ανάλογα με το σημείο που βρίσκονται τα συστήματα παρακολούθησης και συλλογής της δικτυακής κίνησης και το σημείο που βρίσκεται το σύστημα το οποίο είναι υπεύθυνο για την ανάλυση και την παρουσίαση των πληροφοριών που προκύπτουν από αυτή την παρακολούθηση. Αυτές είναι οι εξής:

- ⤴ Η κεντροποιημένη προσέγγιση όπου τα συστήματα παρακολούθησης και συλλογής της δικτυακής κίνησης βρίσκονται στην κεντρική μονάδα του εκάστοτε δικτύου όπως και το σύστημα το οποίο είναι υπεύθυνο για την ανάλυση και την παρουσίαση των πληροφοριών που προκύπτουν από αυτή την παρακολούθηση.
- ⤴ Η ημικαταναεμημένη προσέγγιση όπου τα συστήματα παρακολούθησης και συλλογής της δικτυακής κίνησης βρίσκονται στους ενδιάμεσους κόμβους διανομής του εκάστοτε δικτύου και το σύστημα το οποίο είναι υπεύθυνο για την ανάλυση και την παρουσίαση των πληροφοριών που προκύπτουν από αυτή την παρακολούθηση βρίσκεται στην κεντρική μονάδα του δικτύου.
- ⤴ Η καταναεμημένη προσέγγιση όπου τα συστήματα παρακολούθησης και συλλογής της δικτυακής κίνησης βρίσκονται στους ενδιάμεσους κόμβους του εκάστοτε δικτύου όπως και το σύστημα το οποίο είναι υπεύθυνο για την ανάλυση και την παρουσίαση των πληροφοριών που προκύπτουν από αυτή την παρακολούθηση.

Στο επόμενο κεφάλαιο θα δωθούν παραπάνω πληροφορίες για τον τρόπο λειτουργίας της καταναεμημένης προσέγγισης η οποία θα χρησιμοποιηθεί σε αυτήν την πτυχιακή. Επίσης θα παρουσιαστούν και οι

λόγοι για τους οποίους οδηγήθηκα στην απόφαση να χρησιμοποιήσω την συγκεκριμένη τεχνική.

#### **2.1.6.4 Monitoring Metrics**

Στην συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία με την παρακολούθηση του δικτύου μας έχουμε ως στόχο τον υπολογισμό και την ανάλυση κάποιων στοιχείων. Αυτά τα στοιχεία είναι τα εξής:

- ⤴ Jitter [14] : Ορίζει την διακύμανση της καθυστέρησης.
- ⤴ One Way Delay [15] : Ορίζει τον χρόνο που μεσολαβεί μεταξύ της αποστολής ενός από τον αποστολέα και της λήψης του πακέτου αυτού από τον παραλήπτη.
- ⤴ Packet Loss [16]: Ορίζει τον αριθμό των πακέτων που χάθηκαν κατά τη μετάδοση από τον αποστολέα στον παραλήπτη.
- ⤴ Bitrate [17] : Όπως φαίνεται και από το όνομα περιγράφει τον ρυθμό με τον οποίο τα bits μεταφέρονται από μία τοποθεσία σε μία άλλη. Με άλλα λόγια, μετράει πόσα δεδομένα μεταδίδονται σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

## **2.2 Πρωτόκολλα**

Πρωτόκολλο επικοινωνίας [18] είναι ένα σύνολο κανόνων ή παραδοχών που πρέπει να ακολουθήσουν δύο τουλάχιστον υπολογιστές προκειμένου να επικοινωνήσουν μεταξύ τους.

Για την συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία το πρωτόκολλο που επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί είναι το RTP over UDP πρωτόκολλο. Αυτή η επιλογή έγινε λόγω της απλότητας και της ευρείας χρήσης του συγκεκριμένου πρωτοκόλλου και διότι με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να επιτύχουμε γρήγορη μετάδοση ήχου και εικόνας σε πραγματικό χρόνο.

## 2.2.1 UDP

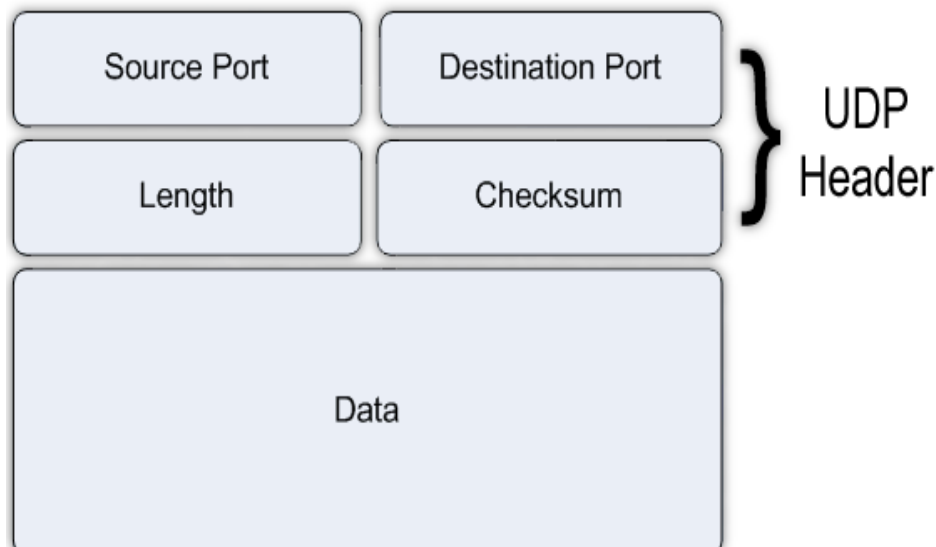
Το πρωτόκολλο UDP (User Datagram Protocol) [19] είναι ένα από τα πιο βασικά πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται στο διαδίκτυο. Το βασικό του χαρακτηριστικό είναι ότι προσφέρει την δυνατότητα να στέλνουν οι εφαρμογές ενθυλακωμένα ακατέργαστα δεδομενογραφήματα IP χωρίς την εγκατάσταση σύνδεσης. Από αυτό προκύπτει ότι τα πακέτα UDP που μπορούν να φτάσουν στον παραλήπτη με λάθος σειρά ή ακόμα και να μην φτάσουν καθόλου λόγω υπερφόρτωσης του δικτύου.

Όμως το UDP είναι το κατάλληλο πρωτόκολλο για εφαρμογές όπως αυτές του audio και video streaming που επιθυμούν τα πακέτα να φτάσουν στον παραλήπτη γρήγορα ώστε να μην διακόπτεται η ροή του ήχου ή της εικόνας. Εξάλλου, οι εφαρμογές αυτές διαθέτουν ειδικούς μηχανισμούς που είναι σε θέση να παρεμβάλλουν και να διορθώνουν λάθη στην μετάδοση ούτως ώστε οι χρήστες να μην παρατηρούν καμία αλλοίωση στον ήχο και την εικόνα λόγω πακέτων που χάθηκαν.

Ένα πακέτο UDP αποτελείται από μια επικεφαλίδα των 64 bit (UDP Header) και ακολουθούν τα δεδομένα. Η επικεφαλίδα αποτελείται από τα εξής πεδία:

1. Source Port, το οποίο περιέχει τη θύρα του αποστολέα
2. Destination Port, το οποίο περιέχει τη θύρα του παραλήπτη
3. Length, το οποίο περιέχει το μέγεθος του πακέτου σε bytes
4. Checksum, το οποίο χρησιμοποιείται για έλεγχο λαθών της επικεφαλίδας αλλά και των δεδομένων του πακέτου

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η δομή ενός UDP πακέτου.



Εικόνα 5: Δομή UDP πακέτου [19]

## 2.2.2 RTP

Το πρωτόκολλο RTP (Real-Time Protocol) [20] είναι ένα τυπικό πρωτόκολλο Internet που καθορίζει τον τρόπο μετάδοσης των πολυμεσικών δεδομένων πάνω από unicast ή multicast μιας υπηρεσίας δικτύου. Αυτό λαμβάνει χώρα σε πραγματικό χρόνο κατά τη διάρκεια της μετάδοσης των δεδομένων αυτών. Σε σύγκριση με το TCP (Transmission Control Protocol), το οποίο ευνοεί την ακεραιότητα των δεδομένων και όχι την ταχύτητα παράδοσης, το RTP ευνοεί την παράδοση αυτών, με τον πιο γρήγορο τρόπο, γιατί διαθέτει τους κατάλληλους μηχανισμούς με τους οποίους μπορεί να αντισταθμίσει οποιαδήποτε μικρή απώλεια της ακεραιότητας των δεδομένων. Το RTP ορίζει μια τυποποιημένη μορφή πακέτου για την παράδοση ήχου και βίντεο μέσω δικτύων IP και χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το RTCP [21] (Real-Time Transport Protocol) το οποίο είναι υπεύθυνο να εξασφαλίζει ότι οι πολλαπλές ροές των μέσων μαζικής ενημέρωσης μπορούν να συγχρονιστούν και να διατηρηθεί και η ποιότητα υπηρεσίας (QoS). Σε πάρα πολλές εφαρμογές η απώλεια πληροφοριών μπορεί να είναι καταστροφική. Όμως σε περιπτώσεις media streaming οι απώλειες πακέτων μπορούν να ξεπεραστούν, μέχρι ένα σημείο, μέσω έξυπνων αλγορίθμων που είναι ικανοί να “μπαλώσουν” τα αργοπορημένα πακέτα ή αυτά που χάθηκαν. Η πιο σημαντική πρόσφατη εφαρμογή του RTP είναι η εισαγωγή των συστημάτων VoIP (Voice over Internet Protocol), τα οποία αρχίζουν και γίνονται πολύ δημοφιλή ως μία εναλλακτική λύση τηλεφωνίας μέσω του διαδικτύου.

## 2.3 Λογισμικό

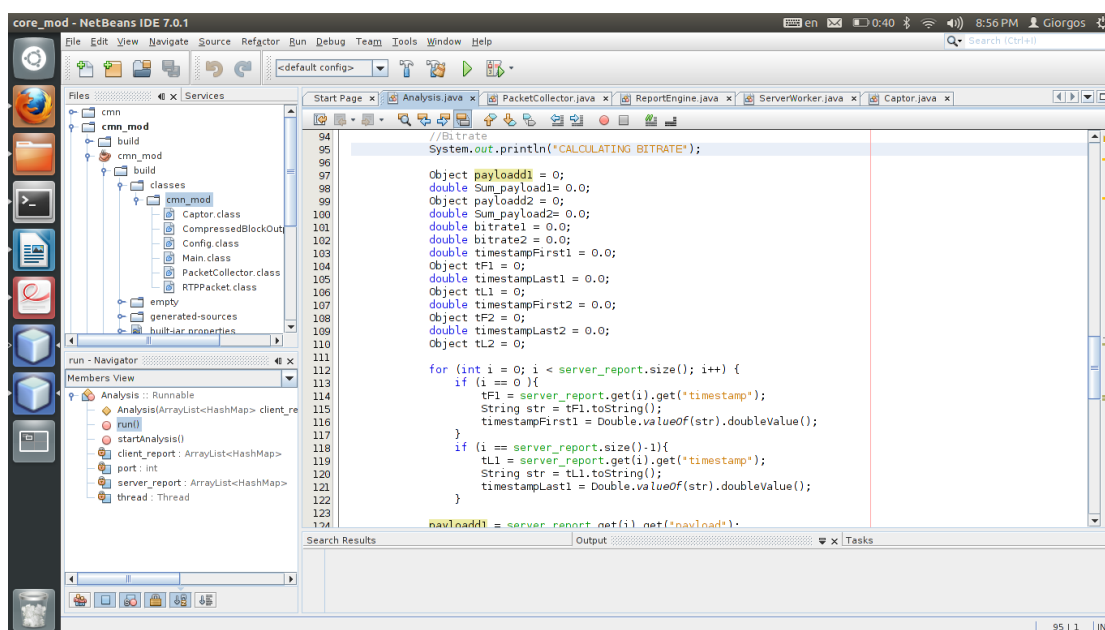
### 2.3.1 Netbeans

Το Netbeans [22] είναι μία εφαρμογή ανοιχτού λογισμικού η οποία ξεκίνησε το 1996 με την ονομασία Xelfi σαν ένα ακαδημαϊκό πρόγραμμα στο πανεπιστήμιο Charles της Πράγας. Το 1999 η εταιρία Sun Microsystems αγόρασε τα δικαιώματα της εν λόγω εφαρμογής και τα επόμενα χρόνια την ανέπτυξε και την έφερε στο σημείο που βρίσκεται σήμερα. Το 2010 η Sun Microsystems, όπως και το Netbeans αγοράστηκαν από την Oracle.

Το Netbeans παρέχει μια πλατφόρμα για την ανάπτυξη διαφόρων εφαρμογών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε στα πλαίσια κάποιου

δικτύου είτε σαν Stand-alone (ανεξάρτητες) εφαρμογές. Υποστηρίζει διάφορες γλώσσες προγραμματισμού όπως Java, στην οποία είναι γραμμένος ο κώδικας του μηχανισμού παρακολούθησης και ανάλυσης της συγκεκριμένης πτυχιακής, C, C++, Python και JavaScript. Επίσης παρέχει βοηθήματα στον προγραμματιστή τα οποία συμβάλλουν στην αποδοτικότερη ανάπτυξη εφαρμογών, βοηθήματα για κατασκευή GUI(Graphical User Interface) αλλά και βοηθήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων.

Παρακάτω φαίνεται μια εικόνα από το γραφικό περιβάλλον της



Εικόνα 6: Γραφικό περιβάλλον της εφαρμογής Netbeans εφαρμογής Netbeans:

## 2.3.2 VLC

Η εφαρμογή ανοιχτού λογισμικού VLC [23] είναι μία εφαρμογή αναπαραγωγής πολυμέσων η οποία αναπτύχθηκε από το VideoLan project. Το VideoLan project ξεκίνησε το 1996, όμως γράφτηκε ξανά από την αρχή το 1998. Μετά από 13 χρόνια ανάπτυξης της εφαρμογής η πρώτη έκδοση του VLC κυκλοφόρησε στις 7 Ιουλίου του 2009.

Το VLC υποστηρίζει την αναπαραγωγή σχεδόν όλων των κωδικοποιήσεων ήχου και εικόνας που χρησιμοποιούνται στα πολυμέσα, το video και audio streaming και την επιλογή αποθήκευσης αρχείων σε πολλά format (τυποποιήσεις). Επίσης η εφαρμογή αυτή είναι συμβατή με όλους τους τύπους λειτουργικών συστημάτων και έχει την δυνατότητα να ελαχιστοποιεί

τους απαιτούμενους πόρους του συστήματος για να λειτουργήσει.Γι'αυτό το λόγο είναι πολύ δημοφιλής σε εκατομμύρια χρήστες ανά τον κόσμο στην συγκεκριμένη κατηγορία εφαρμογών.

Παρακάτω φαίνεται μια εικόνα από το γραφικό περιβάλλον της εφαρμογής VLC.



Εικόνα 7: Γραφικό περιβάλλον της εφαρμογής VLC

## 2.4 Βιβλιοθήκες

Οι πιο σημαντικές λειτουργίες της εφαρμογής που δημιούργησα, όπως η σύλληψη των πακέτων, η επεξεργασία τους και το φιλτράρισμα τους, βασίζονται στην χρήση κάποιων βιβλιοθηκών. Στην συνέχεια ακολουθεί μία περιγραφή της χρησιμότητάς τους.

### 2.4.1 Dom4J

Η βιβλιοθήκη Dom4J [24] είναι μία απλή στην χρήση της βιβλιοθήκη ανοιχτού λογισμικού η οποία επιτρέπει την δημιουργία και επεξεργασία αρχείων XML. Υλοποιείται σε οποιαδήποτε πλατφόρμα JAVA και υποστηρίζει πλήρως τα πρότυπα DOM,SAX και JAXP. Στον συγκεκριμένο μηχανισμό η βιβλιοθήκη αυτή είναι υπεύθυνη για την κατασκευή των αρχείων XML που



αποστέλλονται στους ενδιαμέσους κόμβους του δικτύου ώστε εκεί να αρχίσει η ανάλυση των δεδομένων.

### **2.4.2 Jrcap**

Η βιβλιοθήκη Jrcap [25] επιτρέπει την σύλληψη και την αποστολή πακέτων. Αποτελεί ένα από τα βασικότερα μέρη του μηχανισμού μου καθώς το “πιάσιμο” και το φιλτράρισμα των πακέτων γίνεται με τη χρήση αυτής της βιβλιοθήκης. Η Jrcap έχει τη δυνατότητα να συλλάβει πακέτα Ethernet, IPv4, IPv6, ARP, TCP, UDP, RTP over UDP και ICMP πακέτα.

### **2.4.3 Jaxen**

Η Jaxen [26] είναι μια ανοιχτού λογισμικού βιβλιοθήκη, γραμμένη σε Java, για την χρήση XPath. Είναι προσαρμόσιμη σε πολλά διαφορετικά μοντέλα αντικειμένων όπως τα DOM, XOM, Dom4J και JDOM.

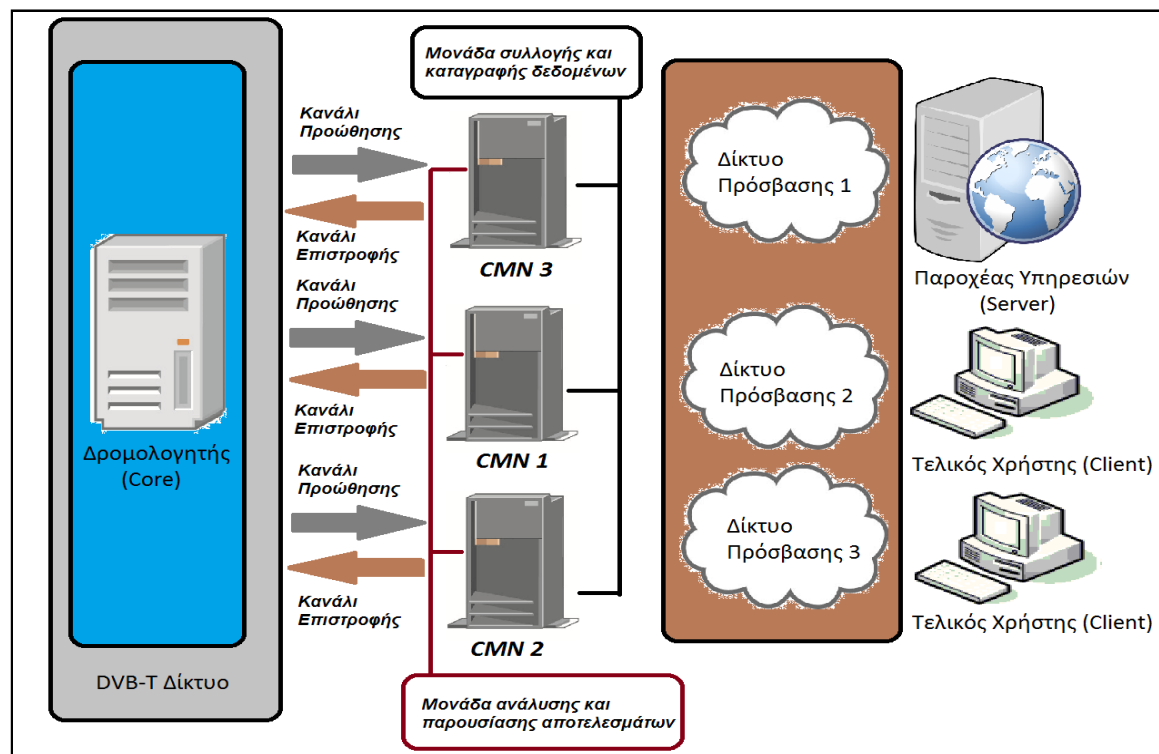
### 3 Σύστημα κατανεμημένης παρακολούθησης και ελέγχου της δικτυακής απόδοσης

Στο παρόν κεφάλαιο θα αναφερθεί και θα αναλυθεί το προτεινόμενο σύστημα παρακολούθησης και ελέγχου της δικτυακής απόδοσης ενός DVB-T δικτύου. Το σύστημα αυτό όπως φαίνεται στο Σχήμα ??? αποτελείται από τις εξής δύο λειτουργικές μονάδες:

\*Μονάδα συλλογής και καταγραφής δεδομένων

\*Μονάδα ανάλυσης και παρουσίασης αποτελεσμάτων

Οι μονάδες αυτές εδρεύουν στους ενδιάμεσους κόμβους διανομής. Ο κατανεμημένος τρόπος λειτουργίας του προτεινόμενου συστήματος αντιμετωπίζει τα προβλήματα κλιμακοθετησιμότητας μεταφέροντας τον περισσότερο φόρτο εργασίας στους ενδιάμεσους κόμβους διανομής. Επίσης, η κατανεμημένη προσέγγιση είναι πιο ανθεκτική σε σφάλματα καθώς η δυσλειτουργία ενός ενδιάμεσου κόμβου διανομής δεν επηρεάζει όλο το σύστημα και επιτρέπει την ομαλή λειτουργία του υπόλοιπου συστήματος.

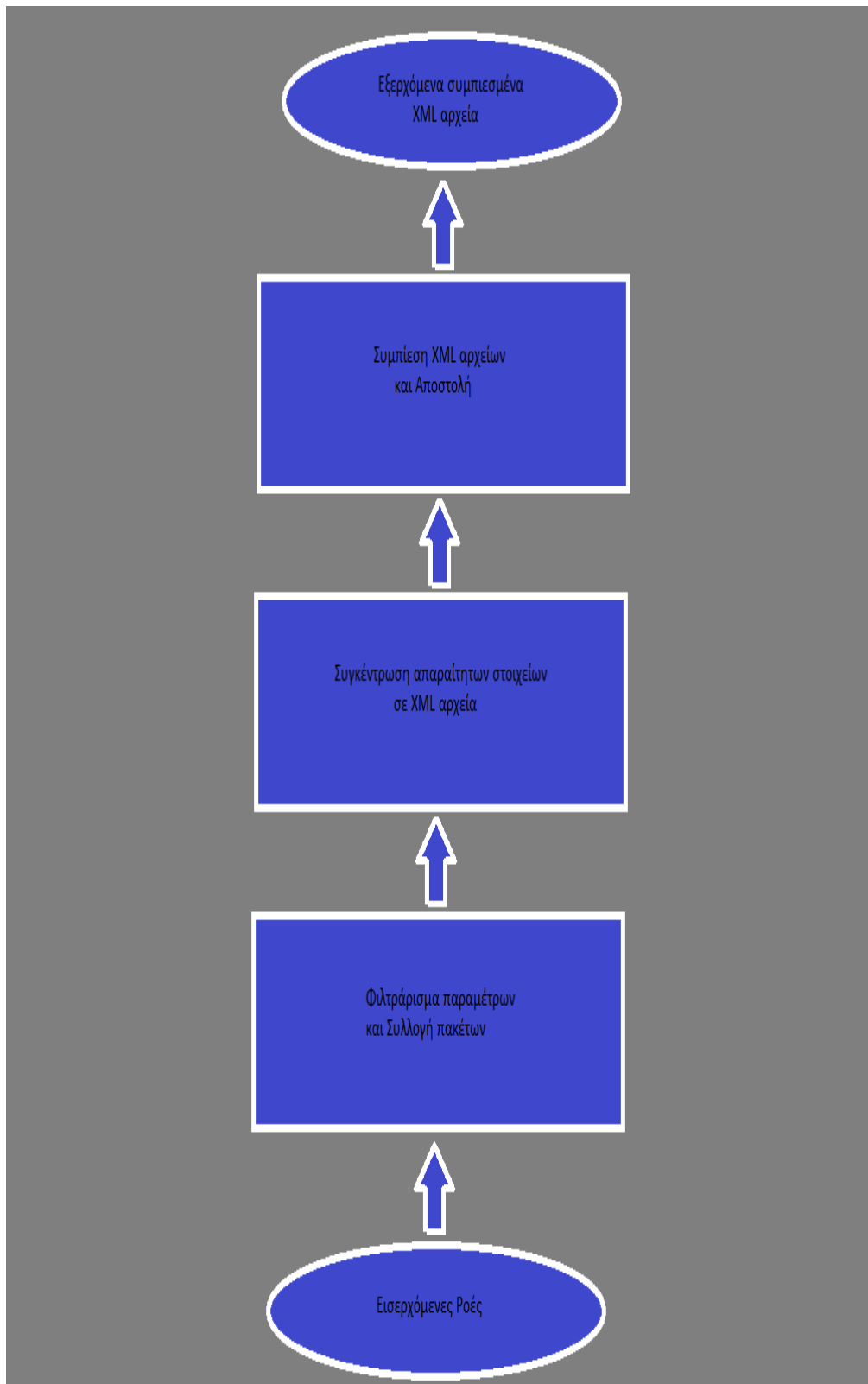


Εικόνα 8: Σύστημα κατανεμημένης παρακολούθησης σε IDVB-T δίκτυο

### **3.1 Μονάδα συλλογής και καταγραφής δεδομένων**

Αυτό το είναι το πρώτο κομμάτι της εφαρμογής και είναι υπεύθυνο για τη συλλογή και καταγραφή των αναγκαίων πληροφοριών σχετικά με την κίνηση που εισέρχεται στο δίκτυο μας. Αρχικά, στο σημείο που εφαρμόζεται το κομμάτι αυτό θα πρέπει να δοθούν κάποιες απαραίτητες παράμετροι. Αυτές οι παράμετροι είναι ο αριθμός των ροών που θα παρακολουθεί η εφαρμογή, η κάρτα δικτύου που είναι υπεύθυνη να συλλέξει τα πακέτα αυτής της ροής, το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται και η IP διεύθυνση του προορισμού, στον οποίο θα σταλούν τα αποτελέσματα της ροής. Στην συνέχεια και αφού έχουν δοθεί όλα τα παραπάνω στοιχεία ξεκινά η συλλογή των πακέτων που δημιουργήθηκαν από τον παροχέα υπηρεσιών (Server). Μετά από την συλλογή ενός αριθμού πακέτων (ο χρόνος συλλογής πακέτων καθορίζεται από τον χρήστη) και το φιλτράρισμα τους σύμφωνα με τις ανάγκες μας όλα τα χρήσιμα σε εμάς στοιχεία συγκεντρώνονται σε ένα αρχείο XML. Το αρχείο αυτό συμπιέζεται και στη συνέχεια στέλνεται στο δεύτερο κομμάτι της εφαρμογής μας. Αναλυτικότερα, οι πληροφορίες που υπάρχουν μέσα στο αρχείο XML είναι το ID πακέτων ή το Sequence Number, το Timestamp, το ωφέλιμο φορτίο και το Checksum.

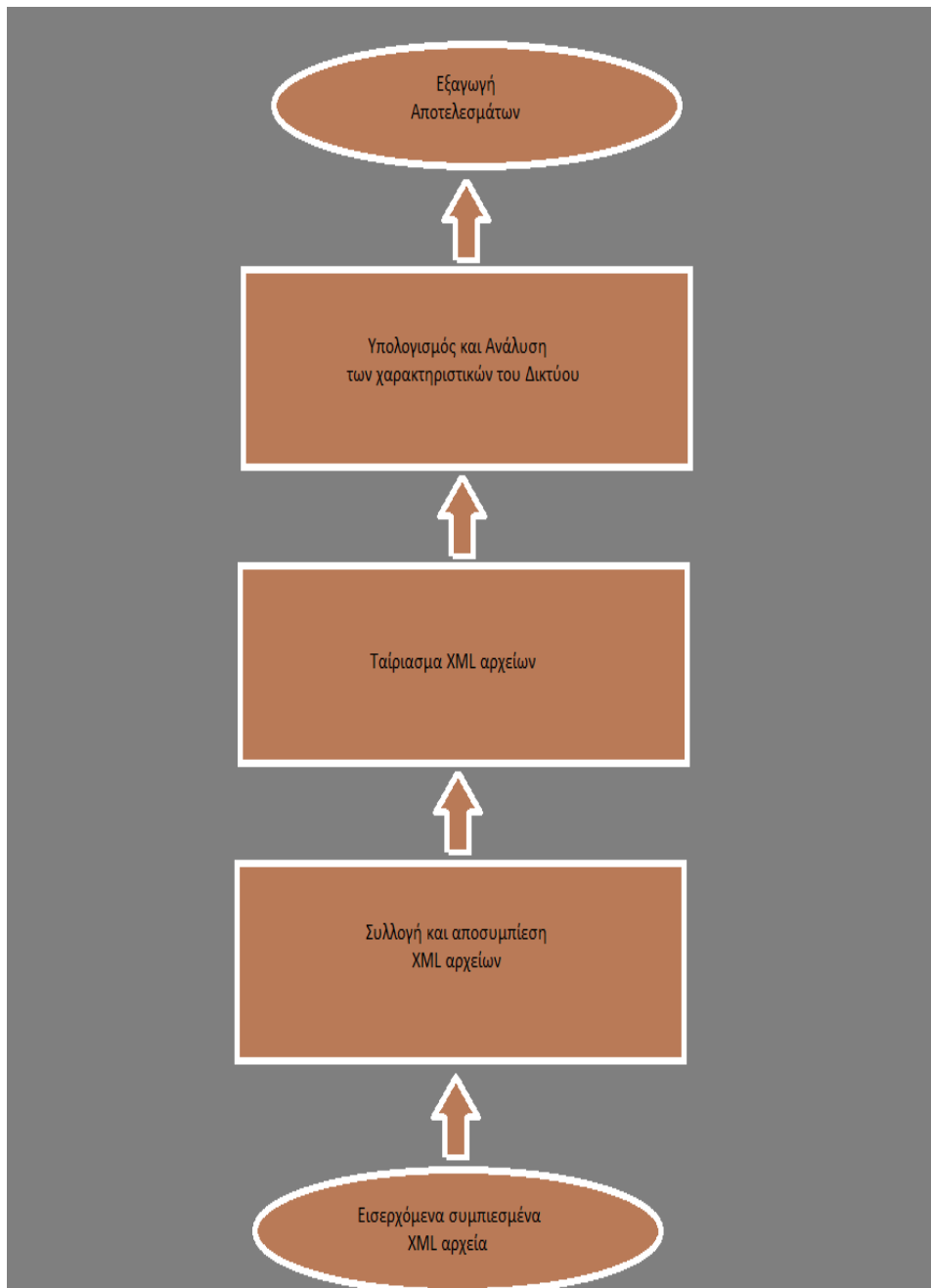
Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου ο παροχέας υπηρεσιών σταματήσει την αποστολή πακέτων προς τον πελάτη. Η εφαρμογή μπορεί να παρακολουθεί ροές που χρησιμοποιούν RTP πρωτόκολλο.



Εικόνα 9: Βασικές λειτουργίες μονάδας συλλογής και καταγραφής δεδομένων

### 3.2 Μονάδα ανάλυσης και παρουσίασης αποτελεσμάτων

Αυτό είναι το δεύτερο κομμάτι της εφαρμογής και είναι υπεύθυνο για την λήψη των αρχείων XML, που στέλνονται συνεχώς από το πρώτο κομμάτι της εφαρμογής, και την ανάλυση των πληροφοριών που βρίσκονται μέσα σε αυτά. Αρχικά συλλέγονται τα XML αρχεία, αποσυμπιέζονται και στην συνέχεια γίνεται το ταίριασμα των XML αρχείων βάση των IP διευθύνσεων των αποστολέων καθώς και της πόρτας (Port) στην οποία στέλνονται αυτά τα αρχεία. Τέλος υπολογίζονται και αναλύονται τα χαρακτηριστικά του δικτύου. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι το Jitter, το One Way Delay, το Packet Loss και το Bitrate.



Εικόνα 10: Βασικές λειτουργίες μονάδας ανάλυσης και παρουσίασης αποτελεσμάτων

## 4 Αξιολόγηση

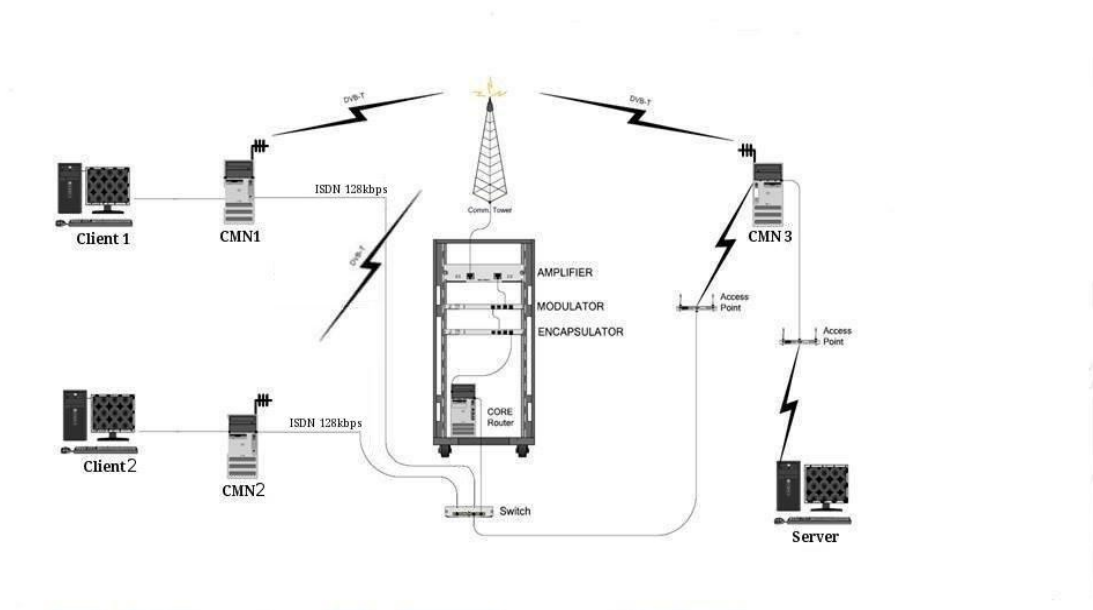
Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει η παρουσίαση του πειραματικού δικτύου ψηφιακής τηλεόρασης που χρησιμοποιήθηκε για την εν λόγω εργασία, των σεναρίων αξιολόγησης του συστήματος κατανεμημένης παρακολούθησης και ανάλυσης της δικτυακής απόδοσης καθώς και των πειραματικών αποτελεσμάτων.

### 4.1 Πειραματικό Δίκτυο Διαδραστικής Ψηφιακής Τηλεόρασης

Η εργασία αυτή υλοποιήθηκε με εξοπλισμό του ερευνητικού εργαστηρίου Τηλεπικοινωνιών και Δικτύων (ΠΑΣΙΦΑΗ) του Α.Τ.Ε.Ι Κρήτης. Σε όλους τους υπολογιστές του δικτύου που χρησιμοποιήθηκε για το πειραματικό μέρος αυτής της εργασίας ήταν εγκατεστημένο λειτουργικό σύστημα Linux.

Το δίκτυο που θα χρησιμοποιηθεί για τις μετρήσεις και την αξιολόγηση του μηχανισμού μας, βασίζεται στη γενική αρχιτεκτονική ενός δικτύου DVB-T που αναφέρθηκε και περιγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο (κεφάλαιο 3, εικόνα 8) . Το δίκτυο αυτό απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα και αποτελείται από ένα παροχέα υπηρεσιών (Server), δύο πελάτες (Client1, Client2), ένα δρομολογητή (Core), την πλατφόρμα DVB-T και τρεις ενδιάμεσους κόμβους (CMN1, CMN2, CMN3) , ένα για κάθε τελικό χρήστη. Οι Client1 και Client2 συνδέονται και επικοινωνούν με τους ενδιάμεσους κόμβους διανομής CMN1 και CMN2 αντίστοιχα μέσω της τεχνολογίας ADSL(1024 Kbps/8128 Kbps), ενώ ο Server επικοινωνεί με τον ενδιάμεσο κόμβο CMN3 μέσω ασύρματου δικτύου WLAN. Όλοι οι CMNs αξιοποιούν ως μονόδρομο κανάλι επιστροφής δίκτυο ISDN(128 Kbps) και επικοινωνούν με την πλατφόρμα DVB-T αξιοποιώντας το DVB-T κανάλι (10 Mbps). Σε αυτό το πειραματικό δίκτυο, οι Clients στέλνουν τις αιτήσεις τους στον ενδιάμεσο κόμβο (CMN) με τον οποίο συνδέονται και αυτός, ο CMN, προωθεί μέσω του καναλιού επιστροφής του τις αιτήσεις στον Core. Αυτός με την σειρά του διαβιβάζει αυτές τις αιτήσεις στη DVB-T πλατφόρμα. Εκεί οι αιτήσεις πολυπλέκονται σε ένα κοινό ρεύμα μεταφοράς (MPEG-TS), το οποίο διαμορφώνεται κατά το πρότυπο DVB-T, πριν ενισχυθεί και μεταδοθεί σε όλη την περιοχή εκπομπής. Το εκπεμπόμενο σήμα λαμβάνεται από τους CMNs, αποπολυπλέκεται και προωθείται στο Server. Η ανάλογη διαδικασία ακολουθείται και για την αποστολή των υπηρεσιών από το Server προς τους Πελάτες. Στα πλαίσια της αξιολόγησης του συστήματος παρακολούθησης και ανάλυσης της απόδοσης του δικτύου μας, η μονάδα συλλογής και καταγραφής της δικτυακής κίνησης καθώς και η

μονάδα ανάλυσης και παρουσίασης των αποτελεσμάτων λειτουργεί στους ενδιάμεσους κόμβους CMN1, CMN2 και CMN3.



Εικόνα 11: Πειραματικό δίκτυο διαδραστικής ψηφιακής τηλεόρασης

## 4.2 Υπηρεσίες

Οι παρακάτω ροές video streaming δημιουργήθηκαν για να μεταφερθούν μέσω του IDVB-T δικτύου με σκοπό την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του υλοποιημένου συστήματος παρακολούθησης και του ελέγχου δικτυακής απόδοσης.

	Video codec	Encoding Bitrate (Mbps)
Ροή 1	MPEG4	1
Ροή 2	MPEG4	2
Ροή 3	MPEG4	3

Πίνακας 1: Ροές

## **4.3 Σενάρια**

Τα παρακάτω σενάρια περιγράφουν τα πειράματα που εκτελέστηκαν για να αξιολογηθεί το--ενσωματωμένο στο πειραματικό IDVB-T δίκτυο--προτεινόμενο σύστημα καταμεμημένης παρακολούθησης & ελέγχου δικτυακή απόδοσης. Πιο συγκεκριμένα κάθε σενάριο αναφέρει το στόχο του, τους κόμβους που θα χρησιμοποιηθούν και το είδος της δικτυακής κίνησης που θα διακινηθεί μεταξύ των κόμβων. Όλες οι υπηρεσίες μεταδόθηκαν αξιοποιώντας την εφαρμογή VLC, τα πρωτόκολλα μεταφοράς RTP/UDP και είχαν χρονική διάρκεια 3 λεπτά. Τέλος υπενθυμίζεται, ότι εκτός και εάν αναφερθεί ρητώς κάτι άλλο το διαθέσιμο εύρος ζώνης του DVB-T καναλιού είναι 8 Mbps.

### **4.3.1 Σενάριο 1**

Το πρώτο σενάριο παρακολουθεί τη ροή του δικτύου στην πιο απλή εκδοχή του (βλέπε Εικόνα 4.1). Οι κόμβοι που χρησιμοποιούνται σε αυτό το σενάριο είναι ο Client1, ο Server, ο CMN1, ο CMN3 και ο CORE. Ο Server κάνει stream ένα πεντάλεπτο video κωδικοποίησης 1Mbps στον Client1. Ο Server αποστέλλει τη Ροή 1 στο Client1, ενώ οι μονάδες συλλογής και καταγραφής των CMN1 και CMN3 συλλέγουν, καταγράφουν και αποστέλλουν πληροφορίες σχετικά με τη μεταδιδόμενη ροή, στη μονάδα ανάλυσης και επεξεργασίας που εδρεύει στον CMN3 για τη περαιτέρω επεξεργασία και εξαγωγή των αποτελεσμάτων δικτυακής απόδοσης του IDVB-T. Ο σκοπός αυτού του σεναρίου είναι η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της καταμεμημένης παρακολούθησης & ελέγχου δικτυακή απόδοσης σε συνθήκες χαμηλού δικτυακού φόρτου.

### **4.3.2 Σενάριο 2**

Σε αυτό το σενάριο οι κόμβοι που χρησιμοποιούνται είναι ο Client1, ο Server, ο CMN1, ο CMN3 και ο CORE. Ο Server αποστέλλει ταυτόχρονα τις ροές 1, 2 και 3 στον Client1, ενώ οι μονάδες συλλογής και καταγραφής των CMN1 και CMN3 συλλέγουν, καταγράφουν και αποστέλλουν πληροφορίες σχετικά με τη μεταδιδόμενη ροή, στη μονάδα ανάλυσης και επεξεργασίας που εδρεύει στον CMN3 για τη περαιτέρω επεξεργασία και εξαγωγή των αποτελεσμάτων δικτυακής απόδοσης του IDVB-T.



### **4.3.3 Σενάριο 3**

Σε αυτό το σενάριο οι κόμβοι που χρησιμοποιούνται είναι ο Client1, ο Client2, ο Server, ο CMN1, ο CMN2, ο CMN3 και ο CORE. Ο Server αποστέλλει ταυτόχρονα τις ροές 1 και 2 στον Client1 και στον Client2, ενώ οι μονάδες συλλογής και καταγραφής των CMN1, CMN2 και CMN3 συλλέγουν, καταγράφουν και αποστέλλουν πληροφορίες σχετικά με τη μεταδιδόμενη ροή, στη μονάδα ανάλυσης και επεξεργασίας που εδρεύει στον CMN3 για τη περαιτέρω επεξεργασία και εξαγωγή των αποτελεσμάτων δικτυακής απόδοσης του IDVB-T.

### **4.3.4 Σενάριο 4**

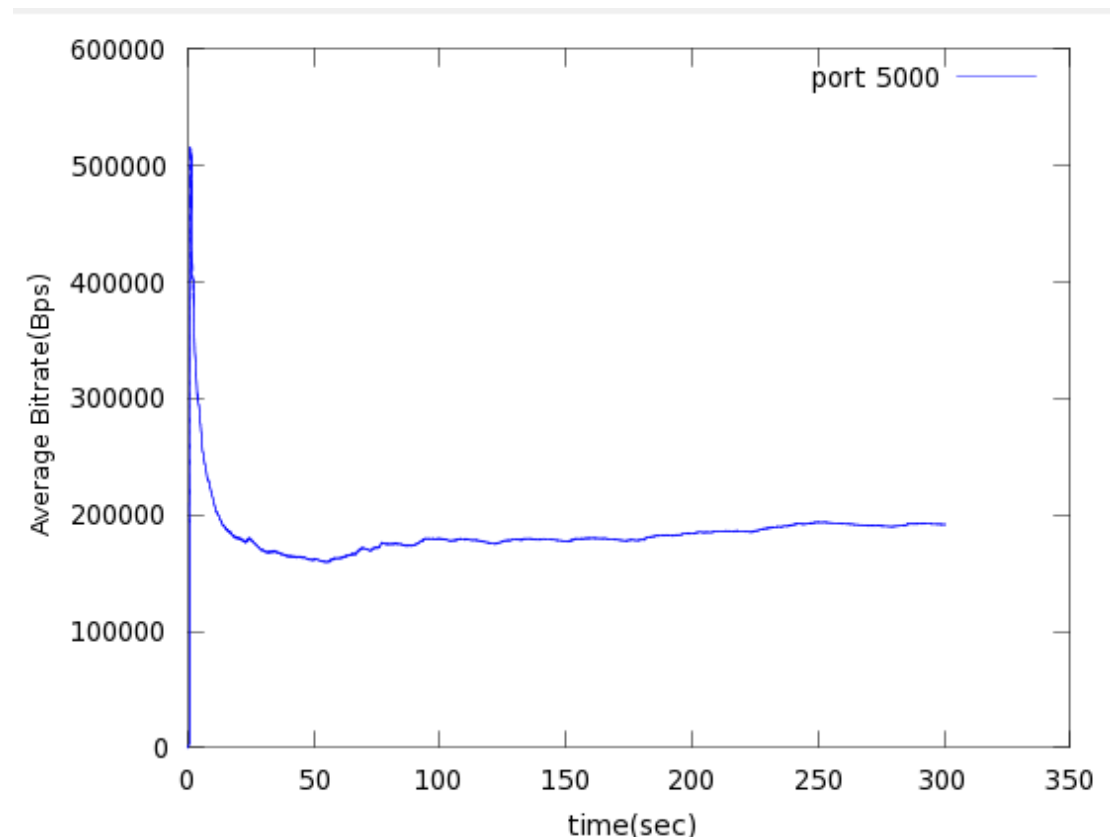
Σε αυτό το σενάριο οι κόμβοι που χρησιμοποιούνται είναι ο Client1, ο Client2, ο Server, ο CMN1, ο CMN2, ο CMN3 και ο CORE. Ο Server αποστέλλει ταυτόχρονα τις ροές 1 και 2 στον Client1 και στον Client2, ενώ οι μονάδες συλλογής και καταγραφής των CMN1, CMN2 και CMN3 συλλέγουν, καταγράφουν και αποστέλλουν πληροφορίες σχετικά με τη μεταδιδόμενη ροή, στις μονάδες ανάλυσης και επεξεργασίας που εδρεύουν στους CMN2 και CMN1 για τη περαιτέρω επεξεργασία και εξαγωγή των αποτελεσμάτων δικτυακής απόδοσης του IDVB-T.

### **4.3.5 Σενάριο 5**

Σε αυτό το σενάριο οι κόμβοι που χρησιμοποιούνται είναι ο Client1, ο Client2, ο Server, ο CMN1, ο CMN2, ο CMN3 και ο CORE. Ο Server αποστέλλει ταυτόχρονα τις ροές 1 και 2 στον Client1 και στον Client2, ενώ οι μονάδες συλλογής και καταγραφής των CMN1, CMN2 και CMN3 συλλέγουν, καταγράφουν και αποστέλλουν πληροφορίες σχετικά με τη μεταδιδόμενη ροή, στη μονάδα ανάλυσης και επεξεργασίας που εδρεύει στον CMN3 για τη περαιτέρω επεξεργασία και εξαγωγή των αποτελεσμάτων δικτυακής απόδοσης του IDVB-T. Η διαφορά με το σενάριο 3 είναι ότι στο σενάριο αυτό υπάρχει επιπλέον συμφόρηση στο δίκτυο με την δημιουργία TCP ροών δεδομένων μέσω του εργαλείου "Iperf".

## 4.4 Αποτελέσματα – Γραφικές Παραστάσεις

### 4.4.1 Σενάριο 1



Εικόνα 12: Γραφική πρώτου σεναρίου : Μέσος ρυθμός μετάδοσης της ροής 5000

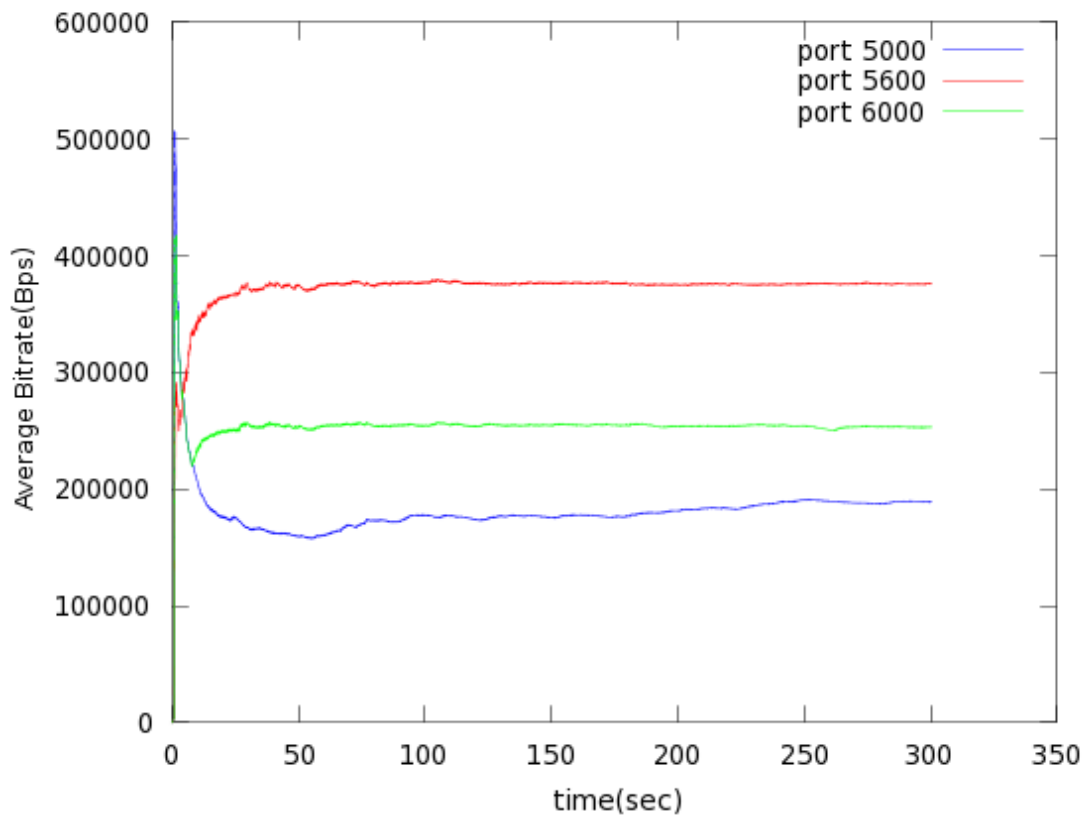
	Ports	Server Bitrate (Mbps)	Client Bitrate (Mbps)	One-way Delay (ms)	Jitter (ms)	Losses (%)
Ροή 1	5000	1.9167	1.9163	31.93	6.0080	0.018

Πίνακας 2: Σενάριο 1 : Μέσο Server Bitrate, μέσο Client Bitrate, μονόδρομη καθυστέρηση(one-way delay), jitter, απώλειες πακέτων(losses)

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται εδώ υποδεικνύουν ότι η δικτυακή απόδοση του συστήματος είναι αρκετά καλή. Το αποτέλεσμα αυτό είναι αναμενόμενο

καθώς η μεταδιδόμενη υπηρεσία δεν χρειάζεται να ανταγωνιστεί για τους διαθέσιμους δικτυακούς πόρους.

#### 4.4.2 Σενάριο 2



Εικόνα 13: Γραφική δεύτερου σεναρίου : Μέσος ρυθμός μετάδοσης των ροών 5000, 5600 και 6000

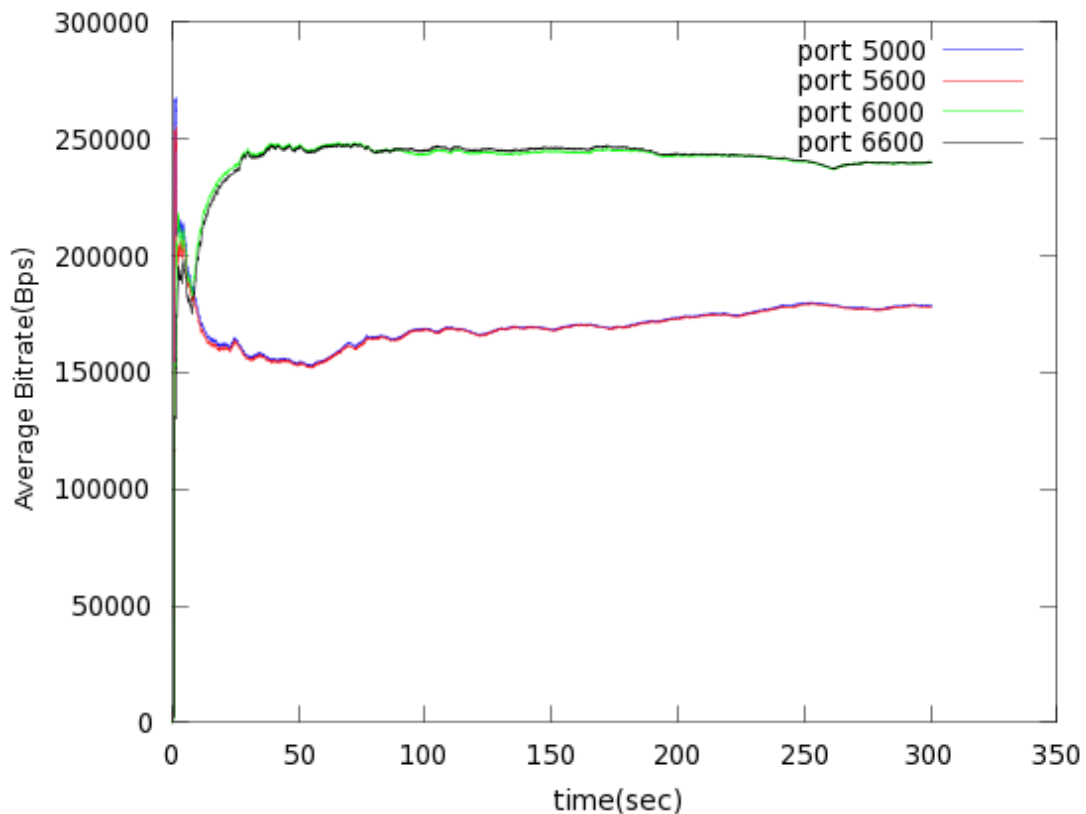
	Ports	Server Bitrate (Mbps)	Client Bitrate (Mbps)	One-way Delay (ms)	Jitter (ms)	Losses (%)
Ροή 1	5000	1.9166	1.8884	109.36	6.4018	1.47
Ροή 3	5600	3.8469	3.7579	110.14	4.6785	2.35

Ροή 2	6000	2.5802	2.5298	110.11	5.6206	1.97
-------	------	--------	--------	--------	--------	------

Πίνακας 3: Σενάριο 2 : Μέσο Server Bitrate, μέσο Client Bitrate, μονόδρομη καθυστέρηση(one-way delay), jitter, απώλειες πακέτων(losses)

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται εδώ υποδεικνύουν ότι η δικτυακή απόδοση του IDVB-T δικτύου παραμένει σε ικανοποιητικό επίπεδο. Η αυξημένη μονόδρομη καθυστέρηση που παρατηρείται σε σχέση με το προηγούμενο σενάριο οφείλεται στον αυξημένο δικτυακό φόρτο που προκαλεί η μεταφορά των τριών ροών, πράγμα απόλυτα λογικό.

### 4.4.3 Σενάριο 3



Εικόνα 14: Γραφική τρίτου σεναρίου : Μέσος ρυθμός μετάδοσης των ροών 5000, 5600, 6000 και 6600

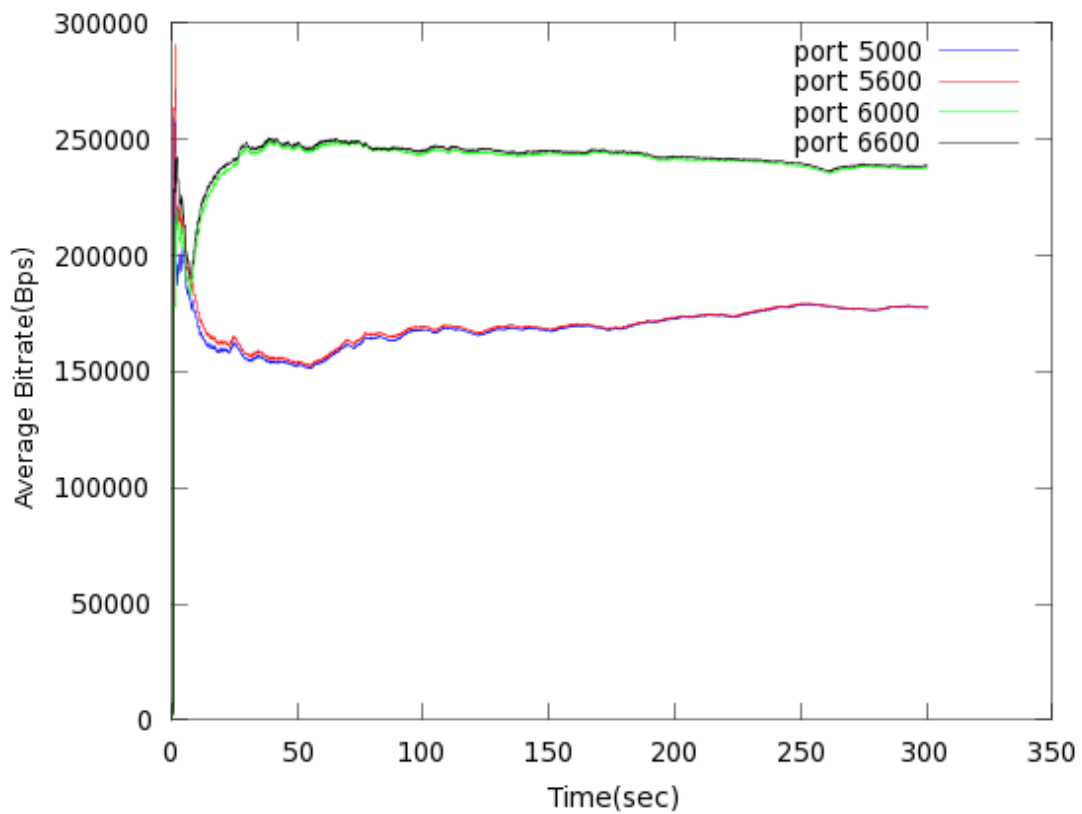
	Ports	Server Bitrate (Mbps)	Client Bitrate (Mbps)	One-way Delay (ms)	Jitter (ms)	Losses (%)
Ροή 1	5000	1.9166	1.7840	283.72	6.7798	6.91
Ροή 3	5600	1.9167	1.7791	283.42	6.7946	7.16
Ροή 2	6000	2.5802	2.3983	282.13	6.0102	7.04
Ροή 4	6600	2.5802	2.3992	282.03	6.0219	7.02

*Πίνακας 4: Σενάριο 3 : Μέσο Server Bitrate, μέσο Client Bitrate, μονόδρομη καθυστέρηση(one-way delay), jitter, απώλειες πακέτων(losses)*

Στο παρόν σενάριο παρατηρείται αρκετά αυξημένη μονόδρομη καθυστέρηση, μεγαλύτερο ποσοστό απωλειών σε πακέτα και Client Bitrate, κατά ένα βαθμό, μικρότερο του Server Bitrate. Η είσοδος ενός νέου κόμβου διανομής αλλά και η αύξηση των μεταφερόμενων υπηρεσιών οδήγησε σε υποβάθμιση της δικτυακής απόδοσης του IDVB-T δικτύου σε σχέση με τα προηγούμενα,πιο απλά, σενάρια κρατώντας όμως τη δικτυακή απόδοση σε αρκετά ικανοποιητικά επίπεδα.

#### **4.4.4 Σενάριο 4**

Η αλλαγή αυτού του σεναρίου είναι ότι η μονάδα ανάλυσης και παρουσίασης αποτελεσμάτων εδρεύει σε δύο διαφορετικούς ενδιάμεσους κόμβους διανομής σε αντίθεση με το προηγούμενο σενάριο στο οποίο η ανάλυση των δεδομένων μας γινόταν σε έναν ενδιάμεσο κόμβο. Όμως παρατηρούμε ότι αυτό δεν επηρεάζει ούτε θετικά ούτε αρνητικά την απόδοση του IDVB-T δικτύου και αυτό φαίνεται διότι τα αποτελέσματα που εξάγονται είναι παρόμοια με αυτά του προηγούμενου σεναρίου.

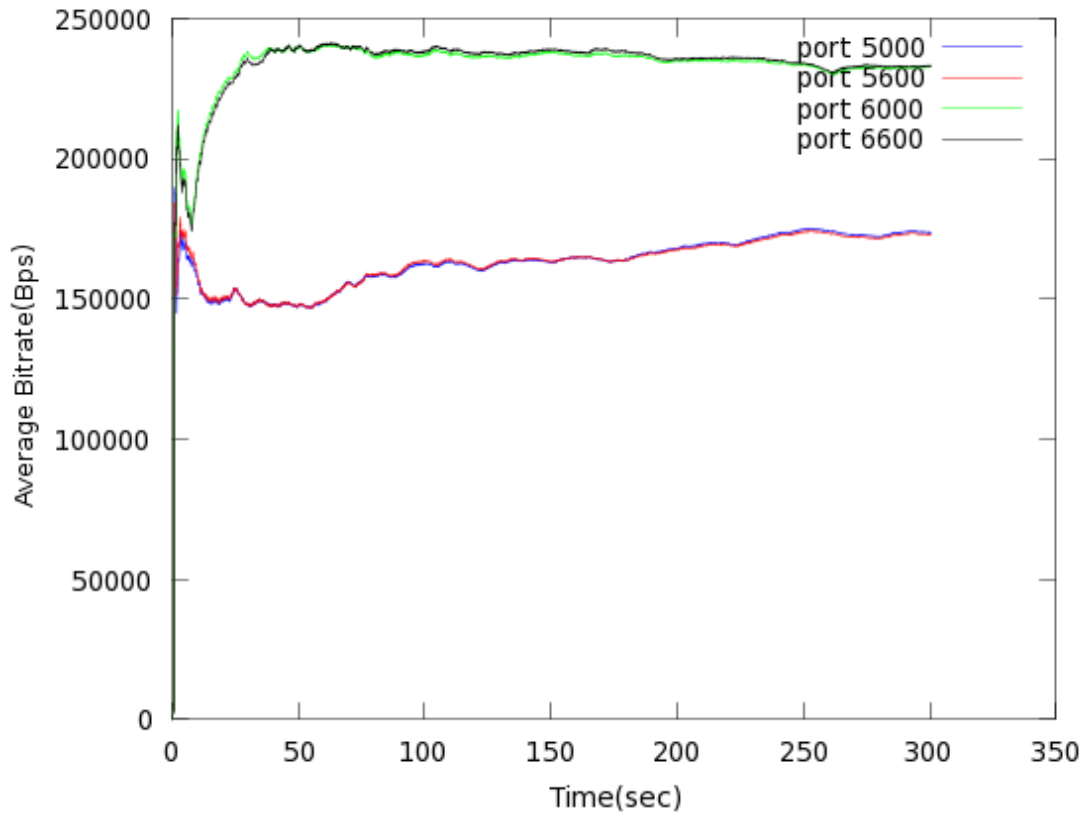


Εικόνα 15: Γραφική τετάρτου σεναρίου : Μέσος ρυθμός μετάδοσης των ροών 5000, 5600, 6000 και 6600

	Ports	Server Bitrate (Mbps)	Client Bitrate (Mbps)	One-way Delay (ms)	Jitter (ms)	Losses (%)
Ροή 1	5000	1.9166	1.7746	282.28	6.8786	7.39
Ροή 3	5600	1.9167	1.7758	282.38	6.8907	7.33
Ροή 2	6000	2.5802	2.3762	283.04	6.1052	7.95
Ροή 4	6600	2.5802	2.3853	283.41	6.1021	7.60

Πίνακας 5: Σεναίο 4 : Μέσο Server Bitrate, μέσο Client Bitrate, μονόδρομη καθυστέρηση(one-way delay), jitter, απώλειες πακέτων(losses)

#### 4.4.5 Σενάριο 5



Εικόνα 16: Γραφική πέμπτου σεναρίου : Μέσος ρυθμός μετάδοσης των ροών 5000, 5600, 6000 και 6600

	Ports	Server Bitrate (Mbps)	Client Bitrate (Mbps)	One-way Delay (ms)	Jitter (ms)	Losses (%)
Ροή 1	5000	1.9167	1.7372	385.02	6.9529	9.35
Ροή 3	5600	1.9167	1.7293	384.69	6.9481	9.77
Ροή 2	6000	2.5802	2.3302	386.69	6.1776	9.72

<b>Ροή 4</b>	<b>6600</b>	<b>2.5802</b>	<b>2.3324</b>	<b>386.65</b>	<b>6.1763</b>	<b>9.65</b>
--------------	-------------	---------------	---------------	---------------	---------------	-------------

*Πίνακας 6: Σενάριο 5 : Μέσο Server Bitrate, μέσο Client Bitrate, μονόδρομη καθυστέρηση(one-way delay), jitter, απώλειες πακέτων(losses)*

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται σε αυτό το σενάριο υποδεικνύουν ότι η δικτυακή απόδοση του IDVB-T δικτύου έχει υποβαθμιστεί σε πολύ μεγάλο βαθμό. Η μονόδρομη καθυστέρηση καθώς και το αυξημένο ποσοστό απωλειών σε πακέτα που παρατηρείται σε σχέση με το προηγούμενο σενάριο, οφείλεται στον αυξημένο δικτυακό φόρτο που προκαλεί η μεταφορά των τεσσάρων ροών καθώς και της επιπλέον συμφόρησης του δικτύου με τη δημιουργία TCP ροών δεδομένων μέσω του εργαλείου “Iperf”. Η αντίδραση του δικτύου είναι απόλυτα λογική.



## 5 Συμπεράσματα

Σκοπός αυτής της πτυχιακή ήταν ο σχεδιασμός, ανάλυση, υλοποίηση και αξιολόγηση ενός κατανεμημένου συστήματος παρακολούθησης και ελέγχου της δικτυακής απόδοσης ενός συστήματος διαδραστικής επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης (IDVB-T). Στα πλαίσια αυτά και αξιοποιώντας παθητικούς τρόπους παρακολούθησης (passive monitoring), υλοποιήθηκαν σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν μια μονάδα συλλογής και καταγραφής δικτυακής κίνησης και μια μονάδα ανάλυσης και παρουσίασης των αποτελεσμάτων, οι οποίες και ενσωματώθηκαν σε όλους τους ενδιάμεσους κόμβους διανομής της DVB-T πλατφόρμας. Η παθητική παρακολούθηση αποφεύγει την επιβάρυνση του δικτύου με επιπλέον κίνηση, ενώ η περιφερειακή λειτουργία του συστήματος αποφορτίζει τη DVB-T πλατφόρμα διαμοιράζοντας τον φόρτο εργασίας στους ενδιάμεσους κόμβους διανομής. Στα πλαίσια της αξιολόγησης του υλοποιημένου συστήματος σχεδιάστηκαν, υλοποιήθηκαν και εκτελέστηκαν μια σειρά από πειράματα σε ένα πραγματικό IDVB-T δίκτυο, τα οποία απέδειξαν την αποτελεσματικότητα--ακόμα και σε καταστάσεις απρόβλεπτης και υψηλής διακύμανσης του δικτυακού φόρτου--του προτεινόμενου συστήματος.

Σαν μελλοντική έρευνα σκοπεύουμε να προχωρήσουμε στην συγκριτική αξιολόγηση του συστήματος μας με άλλες προ-υπάρχουσες υλοποιήσεις. Επίσης θα ενσωματώσουμε στο σύστημα μας κριτήρια αξιολόγησης της ποιότητας εμπειρίας (Quality of Experience-QoE) των τελικών χρηστών του IDVB-T δικτύου. Τέλος θα δημιουργήσουμε διαλειτουργικές διεπαφές με τα συστήματα διαχείρισης των δικτυακών πόρων, ώστε αυτά βασισμένα στις πληροφορίες που εξάγει το σύστημα μας να προλαμβάνουν/αντιδρούν έγκαιρα σε περιπτώσεις δικτυακής υποβάθμισης.

## 6 Βιβλιογραφία

[1] : [http://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_television](http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_television)

[2] :  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Advanced\\_Television\\_Systems\\_Committee\\_standards](http://en.wikipedia.org/wiki/Advanced_Television_Systems_Committee_standards)

[3] : <https://www.dvb.org/>

[4] : <http://en.wikipedia.org/wiki/ISDB>

[5] : [http://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_Terrestrial\\_Multimedia\\_Broadcast](http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Terrestrial_Multimedia_Broadcast)

[6] : [http://en.wikipedia.org/wiki/Orthogonal\\_frequency-division\\_multiplexing](http://en.wikipedia.org/wiki/Orthogonal_frequency-division_multiplexing)

[7] : "E. Pallis, "Digital Switchover in UHF: the ATHENA Concept for Broadband Access" European Transactions on Telecommunications, vol. 17, no. 2, March 2006, pp. 175–182"

[8] : [http://en.wikipedia.org/wiki/Moving\\_Picture\\_Experts\\_Group](http://en.wikipedia.org/wiki/Moving_Picture_Experts_Group)

[9] : <http://en.wikipedia.org/wiki/MPEG-2>

[10] : [http://www.w3schools.com/xml/xml\\_what.asp](http://www.w3schools.com/xml/xml_what.asp)

[11] : Network Monitoring White Paper , ImageStream Internet Solutions, Inc.

[12] : <http://www.slac.stanford.edu/comp/net/wan-mon/passive-vs-active.html>

[13] : <http://www.slac.stanford.edu/comp/net/wan-mon/passive-vs-active.html>

[14] : <http://searchunifiedcommunications.techtarget.com/definition/jitter>

[15] : [http://en.wikipedia.org/wiki/One-way\\_delay](http://en.wikipedia.org/wiki/One-way_delay)

[16] : [http://en.wikipedia.org/wiki/Packet\\_loss](http://en.wikipedia.org/wiki/Packet_loss)

- [17]: [http://en.wikipedia.org/wiki/Bit\\_rate](http://en.wikipedia.org/wiki/Bit_rate)
- [18]: [http://en.wikipedia.org/wiki/Communications\\_protocol](http://en.wikipedia.org/wiki/Communications_protocol)
- [19]: [http://en.wikipedia.org/wiki/User\\_Datagram\\_Protocol](http://en.wikipedia.org/wiki/User_Datagram_Protocol)
- [20]: [http://en.wikipedia.org/wiki/Real-time\\_Transport\\_Protocol](http://en.wikipedia.org/wiki/Real-time_Transport_Protocol)
- [21]: [http://en.wikipedia.org/wiki/RTP\\_Control\\_Protocol](http://en.wikipedia.org/wiki/RTP_Control_Protocol)
- [22]: <https://netbeans.org/features/index.html>
- [23]: [http://www.videolan.org/vlc/index.en\\_GB.html](http://www.videolan.org/vlc/index.en_GB.html)
- [24]: <http://dom4j.sourceforge.net/>
- [25]: <http://jpcap.sourceforge.net/>
- [26]: <http://jaxen.codehaus.org/>

