

Δυναμική διαχείριση των δικτυακών πόρων και προσαρμογή των υπηρεσιών σε συστήματα επίγειας ψηφιακής διαδραστικής ευρυεκπομπής, για εγγυημένη ποιότητα υπηρεσίας



του Αργύρη Σιδέρη

Η εν λόγω διδακτορική έρευνα¹, είναι σε εξέλιξη από το 2009 και διεξάγεται στο εργαστήριο έρευνας και ανάπτυξης τηλεπικοινωνιακών συστημάτων «ΠΑΣΙΦΑΗ», υπό την επίβλεψη του επίκουρου καθηγητή Ε. Πάλλη του τμήματος Εφαρμοσμένης Πληροφορικής και Πολυμέσων του ΤΕΙ Κρήτης και του αναπληρωτή καθηγητή Χ. Σκιάνη του τμήματος Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Αιγαίου, στους οποίους εκφράζω τις θερμές μου ευχαριστίες για τη καθοδήγηση, ενθάρρυνση και υποστήριξη που μου παρέχουν. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω και τον καθηγητή Β. Ζαχαρόπουλο για την αμέριστη συμπαράσταση που μου έχει προσφέρει όλα αυτά τα χρόνια.

Η εξέλιξη του προτύπου ψηφιακής ευρυεκπομπής (Digital Video Broadcasting-DVB) και η εφαρμογή του σε επίγεια συστήματα (DVB-T), είναι μια από τις πιο σημαντικές τεχνολογικές εξελίξεις στις ασύρματες επικοινωνίες. Το DVB-T επιτρέπει το συνδυασμό/ενσωμάτωση ψηφιακών τηλεοπτικών προγραμμάτων και υπηρεσιών διαδικτύου (IP) στο ίδιο ρεύμα μεταφοράς, το οποίο εν συνεχεία μεταδίδεται διαμέσου VHF/UHF καναλιών (DVB-T κατεχόμενη

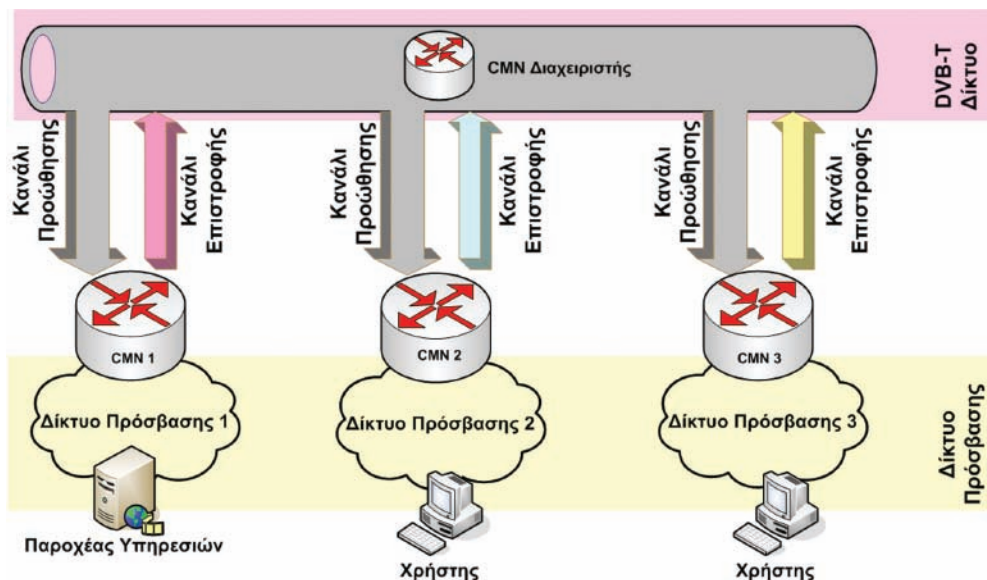
ζεύξη) σε όλους τους χρήστες/πολίτες που διαμένουν μέσα στην περιοχή εκπομπής. Με αυτό το τρόπο, όλοι οι χρήστες χρησιμοποιώντας ένα κατάλληλο αποκωδικοποιητή, μπορούν να λάβουν τόσο τα εκπεμπόμενα ψηφιακά τηλεοπτικά προγράμματα, όσο και τις μεταδιδόμενες IP υπηρεσίες. Έχοντας υπόψη τη μονόδρομη φύση της DVB-T ζεύξης, η αξιοποίηση καναλιών επιστροφής (PSTN/ISDN, xDSL, WLAN, GSM, UMTS, κ.λ.π.), μέσω των οποίων οι χρήστες θα μπορούν να επικοινωνούν με τη DVB-T πηλαφόρμα, είναι απαραίτητη για την υλοποίηση διαδραστικών συστημάτων επίγειας ψηφιακής ευρυεκπομπής (Interactive DVB-T). Τα διαδραστικά αυτά συστήματα επιτρέπουν στους χρήστες όχι μόνο να αιτούνται υπηρεσίες από την DVB-T πηλαφόρμα, αλλά και να αποστέλλουν υπηρεσίες προς αυτή, δίνοντας τους έτσι τη δυνατότητα να μετατραπούν σε παροχείς υπηρεσιών.

Προς την κατεύθυνση της υλοποίησης διαδραστικών συστημάτων επίγειας ψηφιακής ευρυεκπομπής, υπάρχουν δύο διαφορετικές αρχιτεκτονικές προσεγγίσεις: **α) η κεντροκοποιημένη αρχιτεκτονική**, όπου οι παροχείς υπηρεσιών/χρήστες επικοινωνούν

- 1: Η διδακτορική έρευνα συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο - ΕΚΤ) και από εθνικούς πόρους μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» του Εθνικού Στρατηγικού Πλαισίου Αναφοράς (ΕΣΠΑ) – Ερευνητικό Χρηματοδοτούμενο Έργο: Ηράκλειτος II, Επένδυση στην κοινωνία της γνώσης μέσω του Ευρωπαϊκού Κοινωνικού Ταμείου.
- 2: Η μεταφορά δεδομένων/υπηρεσιών είναι δυνατή μόνο προς μια κατεύθυνση και πιο συγκεκριμένα από τη DVB-T πηλαφόρμα προς τους χρήστες.

απευθείας (διαμέσου των καναλιών επιστροφής) με την DVB-T πλατφόρμα [1], [2], [3] και β) η **αποκεντρωμένη αρχιτεκτονική**, όπου η επικοινωνία γίνεται διαμέσου ενδιάμεσων κόμβων διανομής, οι οποίοι αξιοποιούν τα κανάλια επιστροφής για αυτόν το λόγο [4], [5], [6]. Η αποκεντρωμένη αρχιτεκτονική προσφέρει το πλεονέκτημα της κλιμακο-θετησιμότητας (scalability) σε σχέση με αυτό της κεντροκοποιημένης. Πιο συγκεκριμένα, επιτρέπει την τοπική διαχείριση χρηστών και υπηρεσιών από τους ενδιάμεσους κόμβους διανομής,

τις υπηρεσίες/αιτήσεις τους στο CMN τους μέσω του δικτύου πρόσβασης. Ο CMN με τη σειρά του προωθεί την κίνηση που δέχεται από τα δίκτυα πρόσβασης μέσω του καναλιού επιστροφής στην DVB-T πλατφόρμα. Σε αυτό το σημείο, όλη η κίνηση που προέρχεται από τους CMN ενθυλακώνεται στο κοινό ρεύμα μεταφοράς και αναμεταδίδεται σε όλη την περιοχή εκπομπής μέσω της DVB-T ζεύξης (κανάλι προώθησης). Οι CMN λαμβάνουν την πληροφορία αυτή, μέσω VHF/UHF και προωθούν στο δίκτυο πρόσβασης μόνο την κίνηση που απευθύ-



Σχήμα 1. Αποκεντρωμένο διαδραστικό σύστημα επίγειας ψηφιακής ευρυεκπομπής

αφήνοντας υπό την άμεση εποπτεία του κεντρικού σημείου εκπομπής μόνο τους ενδιάμεσους κόμβους διανομής, μειώνοντας έτσι τον όγκο εργασίας στην DVB-T πλατφόρμα. Μια τέτοια αποκεντρωμένη υποδομή (βλ. Σχήμα 1) υπάρχει εγκατεστημένη και σε πλήρη λειτουργία στο εργαστήριο «ΠΑΣΙΦΑΗ» του τμήματος ΕΠΠ του ΤΕΙ Κρήτης, η οποία αναπτύχθηκε στα πλαίσια του ευρωπαϊκού ερευνητικού έργου ATHENA (IST FP6-507312). Οι Παροχείς Υπηρεσιών/Χρήστες αποστέλλουν

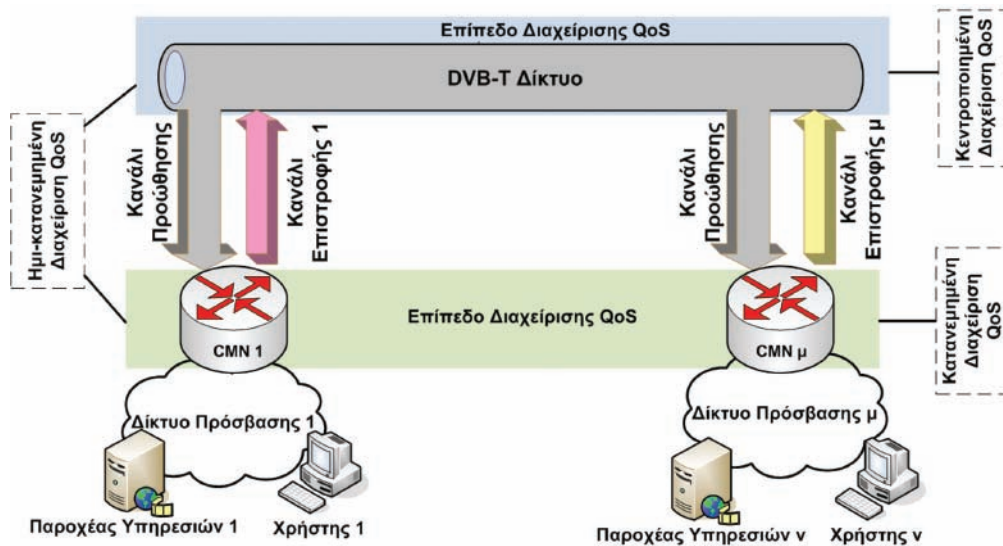
νεται στους διασυνδεδεμένους με αυτούς Παροχείς Υπηρεσιών και Χρήστες. Ο CMN διαχειριστής επικεντρώνεται στον έλεγχο των CMN, αφήνοντας σε αυτούς τη διαχείριση χρηστών και υπηρεσιών.

Κίνητρο Έρευνας

Η παροχή ποιότητας υπηρεσίας (Quality of Service-QoS) σε διαδραστικά συστήματα DVB-T, εξαρτάται άμεσα από τους διαθέσιμους δικτυακούς πόρους καθώς και από τις απαιτήσεις των υπηρεσιών σε αυτούς. Η πα-

ροχή QoS, θεωρούμενη από τη σκοπιά του επίπεδου διαχείρισης/εφαρμογής μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε **α) κεντροποιημένη, β) ημι-κατανεμημένη και γ) κατανεμημένη**. Στην κεντροποιημένη διαχείριση, οι λειτουργικές μονάδες QoS υλοποιούνται στο κεντρικό σημείο εκπομπής, στην ημι-κατανεμημένη υλοποιούνται τόσο στο κεντρικό σημείο εκπομπής όσο και στους ενδιάμεσους κόμβους διανομής ενώ στη κατανεμημένη υλοποιούνται αποκλειστικά στους ενδιάμεσους κόμβους διανομής.

της κλιμακοθετησιμότητας μεταφέροντας μέρος του φόρτου εργασίας στους ενδιάμεσους κόμβους διανομής αλλά και πάλι, η αποτυχία λειτουργίας σε μια κεντρική QoS μονάδα έχει συνέπειες σε όλο το σύστημα. Εν αντιθέσει, η κατανεμημένη όχι μόνο είναι κλιμακοθετήσιμη αλλά και πιο ανθεκτική σε σφάλματα καθώς η δυσλειτουργία ενός ενδιάμεσου κόμβου διανομής έχει τοπικές κυρίως συνέπειες και επιτρέπει την ομαλή συνέχεια της λειτουργίας του υπόλοιπου συστήματος.



Σχήμα 2. Επίπεδα διαχείρισης QoS σε σύστημα επίγειας ψηφιακής ευρυεκπομπής

Η κεντροποιημένη διαχείριση, παρόλο που είναι πιο απλή στο σχεδιασμό και απαιτεί λιγότερο φόρτο εργασίας και επικοινωνίας στις διαδικασίες συντονισμού των QoS μονάδων, μειονεκτεί στα θέματα της κλιμακοθετησιμότητας (ο φόρτος εργασίας αυξάνει δυσανάλογα καθώς αυξάνεται ο αριθμός των χρηστών/υπηρεσιών) και της ανθεκτικότητας σε σφάλματα (η δυσλειτουργία έστω και μιας λειτουργικής μονάδας QoS επηρεάζει όλο το σύστημα). Η ημι-κατανεμημένη αντιμετωπίζει το θέμα

Για την υλοποίηση της ποιότητας υπηρεσίας, απαιτείται η αξιοποίηση τεχνικών διαχείρισης δικτυακών πόρων (Network Resource Allocation). Από την άλλη μεριά, μια εναλλακτική τεχνική που χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις που η κατανομή πόρων δεν μπορεί να δώσει λύση (π.χ. η ταχύτητα σύνδεσης του χρήστη είναι μικρότερη από το ρυθμό μετάδοσης της προσφερόμενης υπηρεσίας) είναι η προσαρμογή της υπηρεσίας στους διαθέσιμους πόρους (Service Adaptation). Παρόλα αυτά, μια στατική κα-

τανομή των πόρων ή/και προσαρμογή των υπηρεσιών, δεν μπορεί να ανταποκριθεί στις μεταβαλλόμενες συνθήκες λειτουργίας ενός διαδραστικού συστήματος DVB-T (ο αριθμός και το είδος των υπηρεσιών μεταβάλλεται χρονικά) και κατά συνέπεια δεν εξασφαλίζει για μια βελτιστοποιημένη εκμετάλλευση του DVB-T συστήματος, ως προς την παροχή της μεγαλύτερης δυνατής ποιότητας υπηρεσίας.

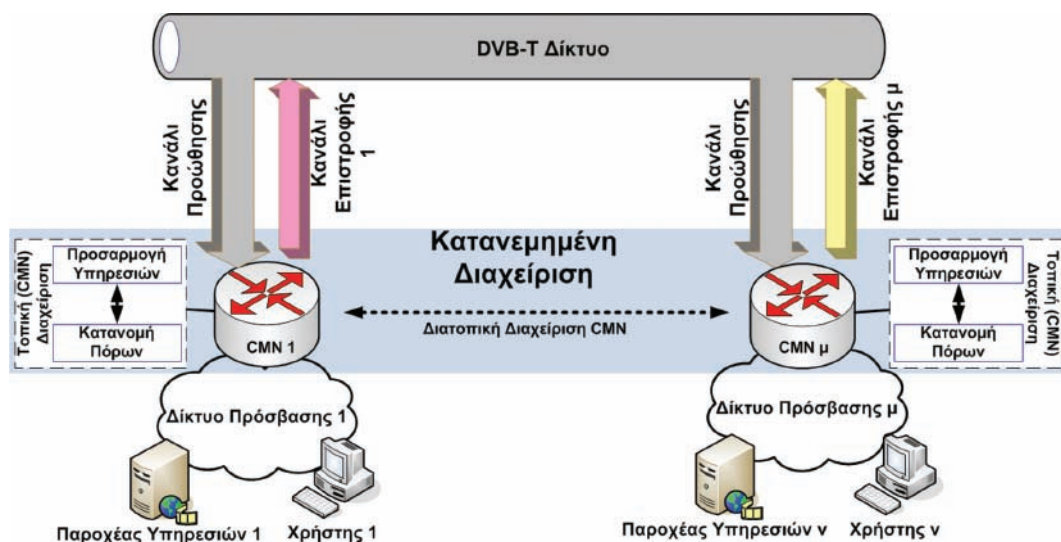
Προς την κατεύθυνση της παροχής QoS σε IDVB-T συστήματα, οι μέχρι τώρα ερευνητικές προσπάθειες έχουν εστιασθεί σε: α) **κεντροποιημένα συστήματα διαχείρισης δι-**

μένη απόδοση τους ως προς την παροχή της μεγαλύτερης δυνατής ποιότητας υπηρεσίας.

Προτεινόμενη Ερευνητική Προσέγγιση

Το προτεινόμενο κατακεντρωμένο σύστημα δυναμικής διαχείρισης των δικτυακών πόρων και προσαρμογής των υπηρεσιών, για την παροχή του μεγαλύτερου δυνατού QoS σε συστήματα επίγειας ψηφιακής ευρυεκπομπής, απεικονίζεται στο Σχήμα 3.

Η διαχείριση θα λάβει χώρα σε δύο επίπεδα:



Σχήμα 3. Προτεινόμενο σύστημα παροχής QoS

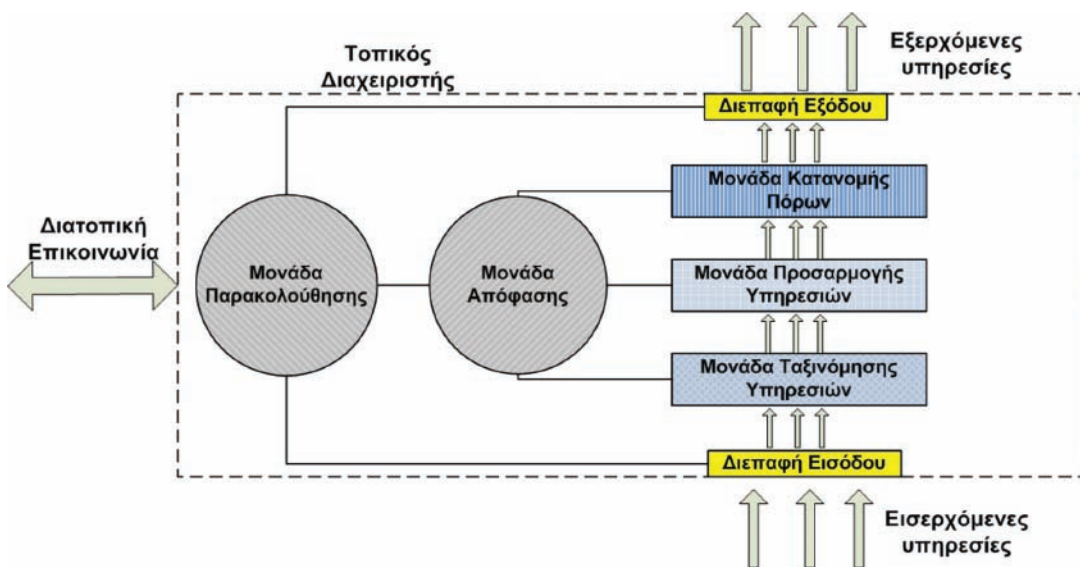
κτυακών πόρων [7], [8], [9], [10], β) **ημικατακεντρωμένα συστήματα διαχείρισης δικτυακών πόρων** [11] και γ) **κατακεντρωμένα συστήματα προσαρμογής υπηρεσιών** [12]. Σε αντιδιαστολή, η παρούσα διδακτορική έρευνα επικεντρώνεται στο σχεδιασμό, ανάλυση, υλοποίηση και αξιολόγηση ενός κατακεντρωμένου συστήματος δυναμικής διαχείρισης των δικτυακών πόρων και προσαρμογής των υπηρεσιών, σε διαδραστικά συστήματα επίγειας ψηφιακής ευρυεκπομπής, με απώτερο σκοπό τη βελτιστοποιή-

- **Τοπική Διαχείριση:** Κάθε ενδιάμεσος κόμβος διανομής (CMN) θα αξιοποιήσει ένα Τοπικό Διαχειριστή, ο οποίος θα συντονίζει/εφαρμόζει την κατανομή των δικτυακών πόρων και την προσαρμογή των υπηρεσιών. Η κατανομή των πόρων, θα εκτελείται στο στρώμα δικτύου και στο στρώμα σύζευξης δεδομένων μέσω τεχνικών διαχείρισης ουρών, ενώ η προσαρμογή των υπηρεσιών θα διεξάγεται στα στρώματα μεταφοράς και εφαρμογής, αξιοποιώντας τεχνικές διακωδικο-

ποίησης για πολυμεσικές υπηρεσίες ή διαχείρισης του διαφημιζόμενου παράθυρου για TCP υπηρεσίες.

- **Διατοπική Διαχείριση:** Κάθε CMN θα αξιοποιήσει διεργασίες και σηματοδότηση διατοπικής επικοινωνίας, μέσω της οποίας θα καταστεί δυνατός ο διασυντονισμός των Τοπικών Διαχειριστών, με απώτερο σκοπό τη βελτιστοποιημένη παροχή ποιότητας υπηρεσίας μέσω της επιλογής του τύπου (CMN) και του τρόπου (κατανομή πόρων ή/και προσαρμογή υπηρεσιών) υλοποίησης των QoS αποφάσεων.

σεων τους σε QoS. Οι απαιτήσεις μαζί με πληροφορίες σχετικά με τους διαθέσιμους δικτυακούς πόρους θα μεταφέρονται στη μονάδα απόφασης, όπου ένας αλγόριθμος θα αποφασίζει για τον τόπο και τον τρόπο παροχής QoS. Με το πέρας της απόφασης, η κάθε ροή θα ταξινομείται εισάγοντας κατάλληλες τιμές στα πεδία της επικεφαλίδας τους (π.χ. στο DF πεδίο ενός IPv4 πακέτου). Οι τιμές αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν μελλοντικά για την ταχεία αναγνώριση των ροών σε διαδικασίες ανακατανομής των πόρων και αναπροσαρμογής των υπηρεσιών. Μετά την ταξινόμηση, θα υλοποιείται



Σχήμα 4. Τοπικός Διαχειριστής

Ο Τοπικός Διαχειριστής (βλ. Σχήμα 4) αποτελείται από τη:

- μονάδα παρακολούθησης (monitor),
- μονάδα αποφάσεων,
- μονάδα ταξινόμησης υπηρεσιών,
- μονάδα προσαρμογής υπηρεσιών και
- μονάδα κατανομής δικτυακών πόρων.

Σε αυτό το πλαίσιο, σε κάθε CMN, οι ροές των εισερχόμενων υπηρεσιών θα ελέγχονται από τη μονάδα παρακολούθησης με σκοπό την εξαγωγή των απαιτή-

ο τρόπος παροχής QoS στις αντίστοιχες μονάδες κατανομής των πόρων και προσαρμογής των υπηρεσιών. Η μονάδα παρακολούθησης θα αναλύει περιοδικά τις εξερχόμενες ροές για να ελέγξει την αποτελεσματικότητα των αποφάσεων. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει δυνατότητα κατανομής ή προσαρμογής, η αιτούσα οντότητα (Παροχέας Υπηρεσίας / Χρήστης) θα ειδοποιείται.

Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι, οι μονάδες παρακολούθησης και απόφασης θα εκμεταλλεύονται τη διατοπική επικοινωνία, με σκοπό την απόκτηση όλων των απαραίτητων πληροφοριών, σχετικών με το δίκτυο και τις υπηρεσίες, οι οποίες θα χρησιμοποιούνται για να επιτευχθούν βελτιστοποιημένες αποφάσεις παροχής QoS. Η έρευνα σχετικά με τα θέματα της διατοπικής επικοινωνίας και συνεργασίας είναι σε εξέλιξη και τα αποτελέσματα της θα δημοσιευτούν στο μέλλον.

Αποτελέσματα και μελλοντική εργασία

Προς την κατεύθυνση της αξιολόγησης της ικανότητας του Τοπικού Διαχειριστή να παρέχει QoS στις μεταδιδόμενες υπηρεσίες, πραγματοποιήθηκαν μια σειρά από πειράματα. Πιο συγκεκριμένα, ο παροχέας υπηρεσιών 1 (βλ. Σχήμα 3) μετέδιδε στο Χρήστη *n* τις υπηρεσίες που περιγράφονται στα παρακάτω σενάρια:

- **Σενάριο 1:** Με απενεργοποιημένο τον Τοπικό διαχειριστή, ο Παροχέας Υπηρεσιών 1 μετέδιδε στο Χρήστη *n*, 2 υπηρεσίες IPTV (IPTV1, IPTV2) για 300 δευτερόλεπτα. Στο 120^ο δευτερόλεπτο εισήχθηκε μια νέα IPTV (IPTV3) υπηρεσία διάρκειας 180 δευτερολέπτων.
- **Σενάριο 2:** Με ενεργοποιημένο τον Τοπικό διαχειριστή, επαναλήφθηκε η μετάδοση υπηρεσιών του Σεναρίου 1. Ο Τοπικός διαχειριστής στο CMN1 χρησιμοποίησε τεχνικές διακωδικοποίησης για να προσαρμόσει το IPTV3 στους διαθέσιμους δικτυακούς πόρους του διαδραστικού DVB-T δικτύου.
- **Σενάριο 3:** Με απενεργοποιημένο τον Τοπικό διαχειριστή, ο Παροχέας Υπηρεσιών 1 μετέδιδε στο Χρήστη *n*, 2 υπη-

ρεσίες IPTV (IPTV1, IPTV2) για 300 δευτερόλεπτα. Στο 120^ο δευτερόλεπτο εισήχθηκε μια νέα FTP (μεταφορά αρχείου βασισμένη στο πρωτόκολλο TCP) υπηρεσία διάρκειας 180 δευτερολέπτων.

- **Σενάριο 4:** Με ενεργοποιημένο τον Τοπικό διαχειριστή, επαναλήφθηκε η μετάδοση υπηρεσιών του Σεναρίου 3. Ο Τοπικός διαχειριστής στο CMN1 χρησιμοποίησε τεχνικές κατανομής πόρων και για τις 3 υπηρεσίες.
- **Σενάριο 5:** Με ενεργοποιημένο το Τοπικό διαχειριστή, επαναλήφθηκε η μετάδοση υπηρεσιών του Σεναρίου 3. Ο Τοπικός διαχειριστής στο CMN1 χρησιμοποίησε τεχνικές προσαρμογής του διαφημιζόμενου παράθυρου για να προσαρμόσει το FTP στους διαθέσιμους δικτυακούς πόρους του διαδραστικού DVB-T δικτύου.

Σημειώνεται εδώ ότι οι συνολικά διαθέσιμοι πόροι στο DVB-T δίκτυο είχαν οριστεί στα 4 Mbps ενώ οι υπηρεσίες IPTV μετέδιδαν αρχείο εικόνας/ήχου κωδικοποιημένο κατά το πρότυπο MPEG2 και με σταθερό ρυθμό κωδικοποίησης στα 1.4 Mbps. Οι απαιτήσεις σε ποιότητα υπηρεσίας για τις μεν IPTV ροές καθόριζαν μέγιστη μονόδρομη καθυστέρηση στα 100 millisecond και μέγιστες απώλειες πακέτων της τάξης του 2% [13] ενώ για το δε FTP ελάχιστο ρυθμό μετάδοσης τα 500 Kbps. Τα πειραματικά αποτελέσματα σχετικά με τον αριθμό των απωλειών³, παρουσιάζονται στους πίνακες 1,2 ενώ τα αποτελέσματα για την καθυστέρηση⁴ απεικονίζονται στα Σχήματα 4,5. Για τα Σενάρια 3,4,5, ο ρυθμός μετάδοσης του FTP ήταν 900 Kbps, 596.7 Kbps και 525 Kbps αντίστοιχα. Όπως μπορεί να

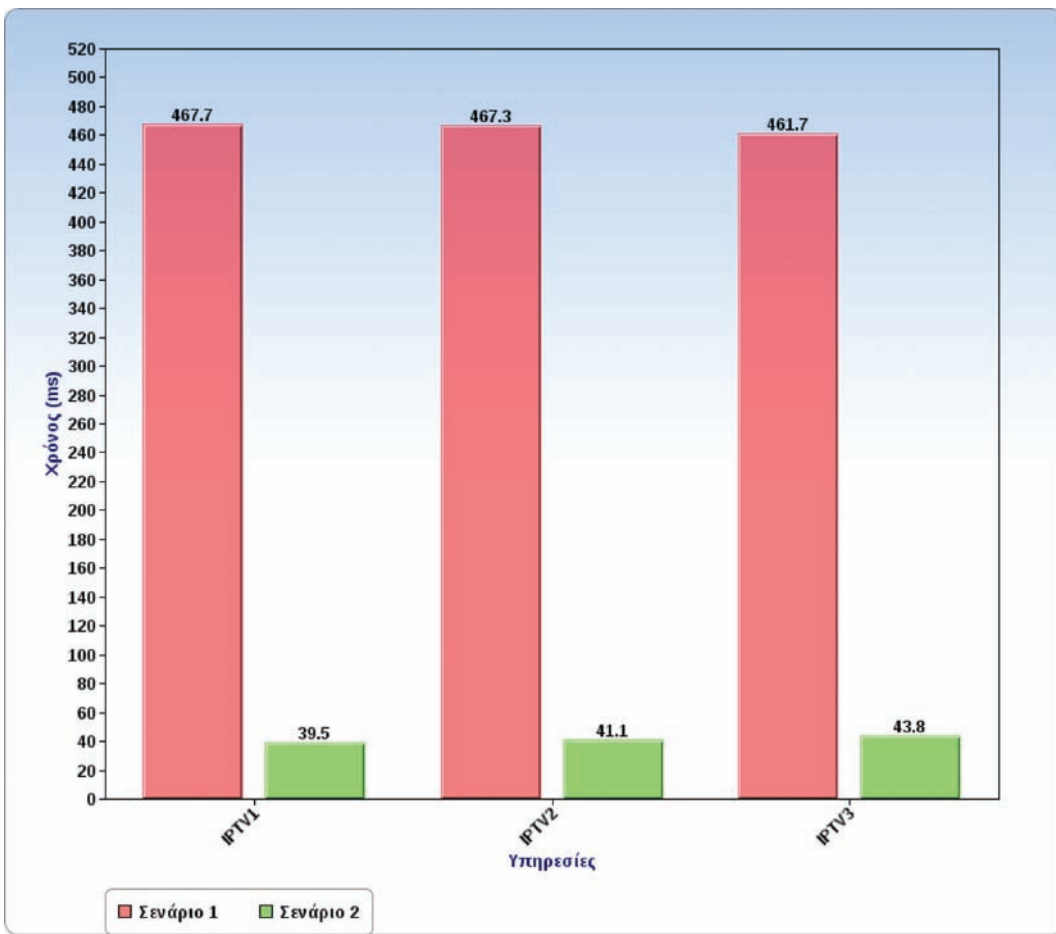
3: Απώλειες για το FTP είναι ο αριθμός των επανεκπομπών ενώ για τα IPTV το ποσοστό των χαμένων πακέτων.
4: Καθυστέρηση για το FTP είναι η αμφίδρομη καθυστέρηση (Round Trip Time-RTT) ενώ για τα IPTV η μονόδρομη καθυστέρηση.

Πίνακας 1: Απώλειες για τα Σενάρια 1,2

	Σενάριο 1	Σενάριο 2
IPTV1	20%	0%
IPTV2	6%	0%
IPTV3	11%	0%

Πίνακας 2: Απώλειες για τα Σενάρια 3,4,5

	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
IPTV1	0.6%	0%	0%
IPTV2	2.1%	0%	0%
FTP	267	546	0

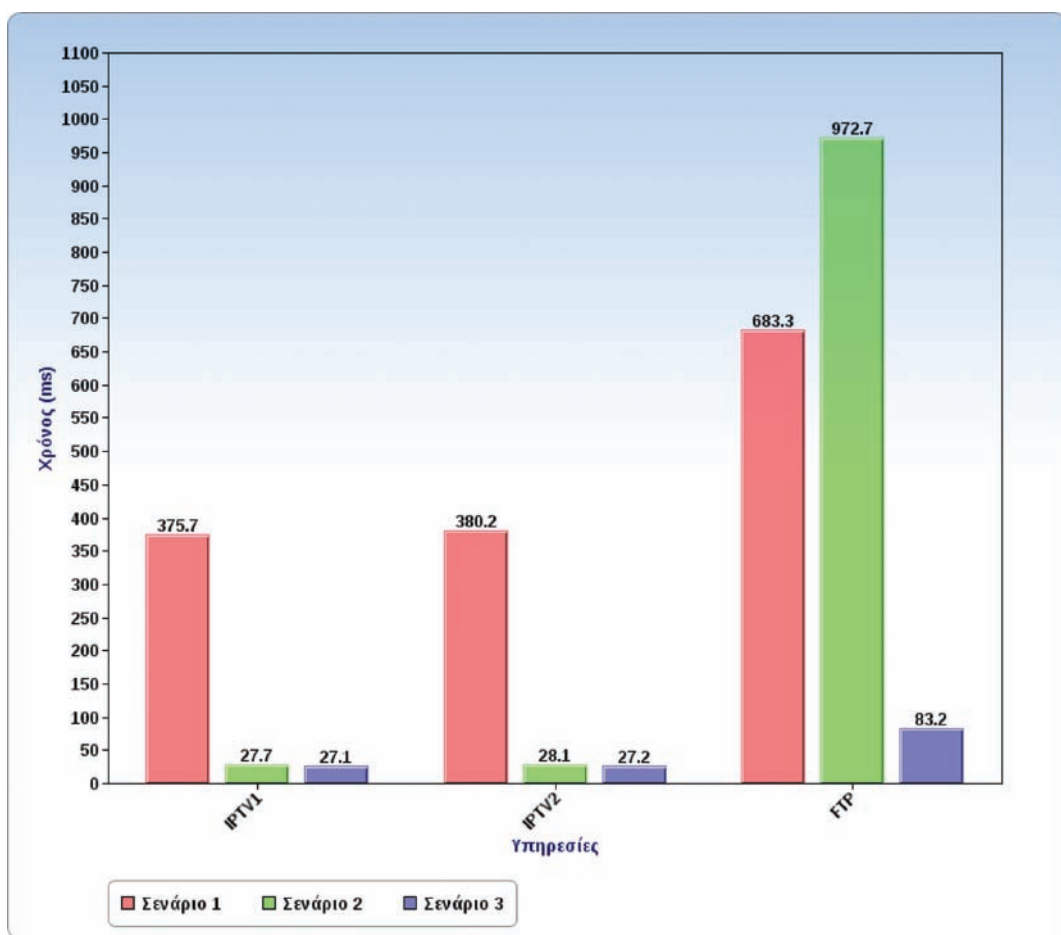


Σχήμα 5. Καθυστέρηση για τα Σενάρια 1,2

παρατηρηθεί, η ενεργοποίηση του Τοπικού Διαχειριστή επέτρεψε τη μετάδοση όλων των υπηρεσιών, σύμφωνα με τις απαιτήσεις τους σε QoS. Επίσης, τα πειραματικά δεδομένα δίνουν την ένδειξη ότι όσον αφορά τις TCP υπηρεσίες (FTP), η διαχείριση του διαφημιζόμενου παράθυρου (προσαρμογή υπηρεσίας) μπορεί να επιφέρει καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά τον αριθμό των επανεκπομπών και

την αμφίδρομη καθυστέρηση σε σύγκριση με την τεχνική της κατανομής των πόρων.

Στην παρούσα φάση, η έρευνα επικεντρώνεται στα θέματα της διατοπικής επικοινωνίας και συνεργασίας των Τοπικών Διαχειριστών και στο σχεδιασμό του αλγόριθμου λήψης αποφάσεων QoS, λαμβάνοντας υπόψη την κατανομημένη φύση του προτεινόμενου συστήματος. Επίσης, εξετάζονται σε μεγαλύτερο βάθος οι διαδικασίες



Σχήμα 6. Καθυστέρηση για τα Σενάρια 3,4,5

της μονάδας παρακολούθησης, ώστε η ανάλυση των μεταδιδόμενων υπηρεσιών και η λήψη και επεξεργασία πληροφοριών σχετικά με την κατάσταση του DVB-T δικτύου, να διεκπεραιώνεται σε εύλογο χρονικό διάστημα. Απώτερος σκοπός είναι, όχι μόνο η αξιολόγηση του προτεινόμενου

συστήματος σε πλήρη λειτουργία, αλλά και η σύγκριση του με τα κεντροποιημένα και ημι-κατανεμημένα συστήματα που έχουν ήδη προταθεί.

Ευχαριστίες

Η παρούσα διδακτορική έρευνα συγχρηματοδοτείται από την Ε.Ε. (ΕΚΤ) και από εθνικούς πόρους μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» του (ΕΣΠΑ) – Έργο: Ηράκλειτος II.



Αναφορές

- [1] ETSI, "ETSI EN 301 958 v.1.1.1.1 Digital Video Broadcasting (DVB): Interaction Channel for Digital Terrestrial Television (RCT) Incorporating Multiple Access OFDM," 2002.
- [2] ETS 300 801 — Digital Video Broadcasting (DVB), "Interaction channel through Public Switched Telecommunications Network (PSTN) / Integrated Services Digital Networks," (ISDN).
- [3] G. Xilouris et al., "Reverse Path Technologies in Interactive DVB-T Broadcasting," Proc. IST Mobile and Wireless Telecommun. Summit, Thessaloniki, Greece, June 2002, pp. 292–95.
- [4] Digital Switchover: Developing Infrastructures for Broadband Access, 6th Information Society Technologies, 6th Framework Programme (ATHENA FP6-507312), (<http://www.ist-athena.org>)
- [5] 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
- [6] G. Mastorakis, G. Kormentzas, E. Pallis, A Fusion IP/DVB Networking Environment for Providing Always-On Connectivity and Triple-Play Services to Urban and Rural Areas, IEEE Network Magazine, vol. 21, no. 2, March-April 2007, pp. 21-27
- [7] D. Negru, A. Mehaoua, Y. Hadjadjoul and C. Berthelot, Dynamic bandwidth allocation for efficient support of concurrent digital TV and IP multicast services in DVB-T networks, Computer Communications, Sciencedirect, Volume29, Issue6, 31 March 2006, pp. 741-756.
- [8] Guowang Miao, Zhisheng Niu, Satisfaction oriented resource management in integrated Internet and DVB-T network providing high mobility broadband access services, Global Telecommunications Conference, 2005. GLOBECOM 05. IEEE, 2 December 2005, Volume 6, pp. 5-3845
- [9] Guowang Miao, Zhisheng Niu, Profit oriented multichannel resource management for integrated Internet and DVB-T network, Global Telecommunications Conference 2005. GLOBECOM 05. IEEE, 2 December 2005, Volume 2, pp. 5
- [10] Bria, A. Font, A.G., Cost-Based Resource Management for Filecasting Services in Hybrid DVB-H and 3G systems, Wireless Communication Systems ISWCS 08, 21-24 October 2008, pp. 159 - 163
- [11] G. Mastorakis, G. Kormentzas, E. Pallis, End-to-End quality of service in a DVB/IP backhaul environment, Wireless Personal Communications, Springer 2008, Pages 1-13
- [12] I. Djama, T. Ahmed, A Cross-Layer Inter-working of DVB-T and WLAN for Mobile IPTV Service Delivery, Broadcasting, IEEE Transactions on Volume 53, Issue 1, March 2007 Page(s):382 - 390
- [13] Miras, D., Sadagic, A., Teitelbaum, B., Leigh, J., El Zarki, M., & Liu, H. (2002). A survey of network QoS needs of advanced internet applications. Internet2 QoS Working Group.