

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Ευρυζωνικές δικτυακές μητροπολιτικές υποδομές με χρήση της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης (DVB-T)

Εργαστήριο Έρευνας και Ανάπτυξης Τηλεπικοινωνιακών Συστημάτων «ΠΑΣΙΦΑΗ»



του Δρ. Γιώργου Μαστοράκη

Η Διδακτορική αυτή Διατριβή εκπονήθηκε εξ' ολοκλήρου στο εργαστήριο Έρευνας και Ανάπτυξης Τηλεπικοινωνιακών Συστημάτων «ΠΑΣΙΦΑΗ» υπό την επίβλεψη των καθηγητών Β. Ζαχαρόπουλου και Ε. Πάλλη, στους οποίους εκφράζω και από τη θέση αυτή τις θερμές μου ευχαριστίες για την καθοδήγηση, ενθάρρυνση και την εν' γένει υποστήριξη καθ' όλη τη διάρκεια της πραγματοποίησης αυτής της διατριβής.

Η Διατριβή συμβάλλει στις ευρυζωνικές μητροπολιτικές δικτυακές υποδομές μέσω της σχεδίασης, υλοποίησης και αξιολόγησης μίας πρωτότυπης αρχιτεκτονικής, η οποία αξιοποιεί την ψηφιακή τηλεόραση ως ένα οπισθοζευκτικό δίκτυο (backhaul/middle-mile), δίνοντας τη δυνατότητα πρόσβασης των χρηστών/πολιτών σε μονόδρομες, διαδραστικές και κατά-παραγγελία ευρυζωνικές υπηρεσίες, με εγγυημένη Ποιότητα Υπηρεσίας (QoS). Βασιζόμενη σε θέματα σύγκλισης τεχνολογιών και υπηρεσιών, καθώς και στην αξιοποίηση του ενδογενούς χαρακτηριστικού της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης να συνδυάζει ετερογενή δεδομένα στο ίδιο ρεύμα μεταφοράς (MPEG-2 TS), η Διδακτορική Διατριβή προτείνει τη χρήση του προτύπου DVB-T σε αναγεννητικές διαρθρώσεις (regenerative configuration) για την υλοποίηση ενός κοινού ευρυζωνικού δικτυακού κορμού, ο οποίος είναι διαθέσιμος σε όλη την περιοχή ευρυεκπομπής. Αυτός ο δικτυακός

κορμός δρα ως οπισθοζευκτικό δίκτυο, το οποίο επεκτείνει τον κεντρικό κορμό του μητροπολιτικού δικτύου, έτσι ώστε αυτός να είναι προσπελάσιμος από κάθε χρήστη μέσα στο αποτύπωμα κάλυψης της ευρυεκπομπής (broadcasting footprint). Η πρόσβαση των χρηστών σε αυτόν τον κοινό δικτυακό κορμό επιτυγχάνεται μέσω ενδιάμεσων κόμβων (Cell Main Nodes - CMN), οι οποίοι κάνουν χρήση ενσύρματων ή ασύρματων τεχνολογιών επικοινωνίας. Για την αποδοτική λειτουργία του δικτύου καθώς και για την παροχή δεδομένων με εγγυημένη ποιότητα-υπηρεσίας, η Διατριβή αυτή παρουσιάζει τη μελέτη, σχεδίαση, υλοποίηση και ενσωμάτωση, σε μία αποκεντρωμένη δικτυακή αρχιτεκτονική, ενός μηχανισμού διαφοροποίησης των υπηρεσιών (services differentiation), με βάση τις απαιτήσεις του κάθε χρήστη και τα χαρακτηριστικά της κάθε υπηρεσίας.

Σύμφωνα με την προτεινόμενη γενική αρχιτεκτονική και το σχεδιασμό του συστήματος, η Διατριβή αναλύει και παρουσιάζει την υλοποίηση μίας πρωτότυπης μητροπολιτικής υποδομής, η οποία αποτελείται από μία πλατφόρμα DVB-T σε αναγεννητική διάρθρωση και δύο ενδιάμεσους κόμβους πρόσβασης, ο ένας εκ των οποίων βρίσκεται (γεωγραφικά) κοντά στον κεντρικό κορμό του μητροπολιτικού δικτύου (urban-area), ενώ ο άλλος σε μία απομακρυσμένη περιοχή (rural-area). Αυτή η πρότυπη μητροπολιτική υποδομή αποτέλεσε την

πειραματική διάταξη (testbed) πάνω στην οποία σχεδιάστηκαν και πραγματοποιήθηκαν μία σειρά πειραμάτων και μετρήσεων αξιολόγησης των δικτυακών επιδόσεων του συστήματος. Τα αποτελέσματα αυτών των μετρήσεων επιβεβαίωσαν αρχικά την ικανότητα της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής στη δημιουργία μητροπολιτικών ευρυζωνικών δικτύων με δυνατότητες παροχής εγγυημένης Ποιότητας Υπηρεσίας (QoS) και παράλληλα ανέδειξαν πεδία για μελλοντική έρευνα και αξιοποίηση.

1. Κίνητρο Έρευνας

Ένας θεμελιώδης στόχος των τελευταίων ερευνητικών δραστηριοτήτων στους τομείς του Διαδικτύου, των Τηλεπικοινωνιών και της Ψηφιακής Τηλεόρασης, είναι η επίτευξη της σύγκλισης σε επίπεδο τεχνολογίας αλλά και σε επίπεδο υπηρεσιών. Η σύγκλιση αυτή θα επιτρέψει την υλοποίηση ενός κοινού, ενοποιημένου δικτυακού περιβάλλοντος ικανό να παρέχει πολλαπλές ετερογενείς υπηρεσίες. Προς αυτήν την κατεύθυνση, μία από τις προκλήσεις αποτελεί η ανάπτυξη ευρυζωνικών μητροπολιτικών υποδομών, που θα επιτρέψουν στους τελικούς χρήστες να αποκτήσουν ευρυζωνική πρόσβαση σε ετερογενείς υπηρεσίες με την καλύτερη δυνατή Ποιότητα Υπηρεσίας. Μέχρι σήμερα, διάφορες λύσεις έχουν προταθεί για τη συμβολή σε αυτήν την πρόκληση, οι οποίες βασίζονται κυρίως σε δύο προσεγγίσεις: **α)** στη σύγκλιση των τεχνολογιών Διαδικτύου και τηλεπικοινωνιών και **β)** στη διαδραστική ψηφιακή τηλεόραση.

Η πρώτη προσέγγιση εξετάζει τη διασύνδεση τεχνολογιών δικτύου πρόσβασης (π.χ. xDSL, 3G, WLAN, κ.λπ.) σε έναν κεντρικό δικτυακό κορμό (π.χ. οπτική ίνα), προκειμένου να επιτραπεί η μετάδοση των υπηρεσιών στους τελικούς χρήστες. Στις υποδομές που δημιουργούνται με αυτόν

τον τρόπο, πρωτόκολλα της στοίβας TCP/IP (π.χ. DiffServ, IntServ, MPLS) αξιοποιούνται για την παροχή Ποιότητας Υπηρεσίας. Οι πραγματικές εφαρμογές αυτής της προσέγγισης, ειδικά σε επίπεδο μητροπολιτικής περιοχής, απαιτούν το δίκτυο πρόσβασης να είναι κοντά στον κεντρικό δικτυακό κορμό. Διαφορετικά, είτε ο κεντρικός δικτυακός κορμός πρέπει να επεκταθεί, έτσι ώστε να γίνει προσβάσιμος σε κάθε πιθανό δίκτυο πρόσβασης ή μία backhaul σύνδεση πρέπει να αξιοποιηθεί μεταξύ του δικτύου πρόσβασης και του κεντρικού δικτυακού κορμού. Σε κάθε περίπτωση, η επιλογή που υιοθετείται εξαρτάται έντονα από οικονομικά και γεωγραφικά κριτήρια. Για παράδειγμα, ενώ η επέκταση του κεντρικού δικτυακού κορμού φαίνεται να είναι η καλύτερη τεχνολογικά λύση, στοιχεία οικονομίας κλίμακας και το υψηλό κόστος εγκατάστασης αποτελούν εμπόδιο στην άμεση ανάπτυξη ευρυζωνικών μητροπολιτικών υποδομών. Σε αυτήν την περίπτωση, οι backhaul συνδέσεις αποτελούν μία πιο ελκυστική λύση. Σήμερα, τα backhaul δίκτυα βασίζονται κυρίως στις τεχνολογίες ασύρματων δικτύων, επιτρέποντας με αυτόν τον τρόπο τη γρήγορη επέκταση των ευρυζωνικών μητροπολιτικών υποδομών δικτύωσης μέσα σε οποιαδήποτε περιοχή, μειώνοντας σημαντικά το υψηλό κόστος που συνήθως απαιτείται για μία καλωδιακή σύνδεση backhaul. Εντούτοις, οι ασύρματες backhaul συνδέσεις περιορίζουν σημαντικά την επέκταση των ευρυζωνικών μητροπολιτικών υποδομών, ειδικά στις περιοχές οι οποίες είναι απομακρυσμένες από τον κεντρικό δικτυακό κορμό (π.χ. αγροτικές περιοχές).

Η δεύτερη προσέγγιση αφορά τις τεχνολογίες της διαδραστικής ψηφιακής τηλεόρασης για τη δημιουργία ενός κοινού δικτυακού περιβάλλοντος, όπου οι τελικοί χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση σε μονόδρομες και κατά παραγγελία υπηρε-

σίες. Οι πρόσφατες εφαρμογές αυτής της προσέγγισης αξιοποιούν την κατερχόμενη ζεύξη (downlink) μίας από τις υπάρχουσες τεχνολογίες ψηφιακής τηλεόρασης για τη μετάδοση της εμπρόσθιας διαδικτυακής κίνησης και ένα κανάλι επιστροφής (uplink) που μπορεί να υλοποιηθεί μέσω καλωδιακών ή ασύρματων συνδέσεων (π.χ. ISDN, PSTN, WLAN, UMTS, κ.λπ.) για τη μετάδοση της κίνησης επιστροφής. Με βάση αυτήν την προσέγγιση, η ίδια οντότητα μετάδοσης (broadcaster) ενεργεί ως πάροχος του δικτύου και ως φορέας εκμετάλλευσης των υπηρεσιών, οι οποίες μπορεί να είναι είτε μονόδρομες (IPTV, τηλεοπτικά προγράμματα) είτε κατά παραγγελία (προκαθορισμένο περιεχόμενο που παρέχεται από τον broadcaster). Με βάση τα παραπάνω, η σύγκλιση που βασίζεται σε αυτήν την προσέγγιση επιτυγχάνεται μερικώς, και μόνο σε επίπεδο τεχνολογίας. Επιπλέον, οι περιορισμένοι δικτυακοί πόροι των καναλιών επιστροφής (περιορισμένο διαθέσιμο εύρος ζώνης) απαγορεύουν σε τέτοιες λύσεις να αξιοποιηθούν από χρήστες, οι οποίοι επιθυμούν να παρέχουν/διανέμουν το δικό τους περιεχόμενο σε ολόκληρη την δικτυακή υποδομή. Ως αποτέλεσμα, ενώ η παραπάνω προσέγγιση μπορεί να παρέχει μία εναλλακτική λύση για την ανάπτυξη ευρυζωνικών υποδομών, συμβάλλει εν μέρει στο ζήτημα της σύγκλισης σε επίπεδο τεχνολογιών και υπηρεσιών, για την πρόσβαση σε ετερογενείς και πολλαπλές εφαρμογές από οποιοδήποτε σημείο και με την καλύτερη δυνατή Ποιότητα Υπηρεσίας.

2. Στόχος της έρευνας

Καθώς η ανάγκη για σύγκλιση σε όλα τα επίπεδα παραμένει επιτακτική, ένας από τους βασικούς ερευνητικούς στόχους της Διδακτορικής Διατριβής ήταν να μελετηθεί,

να σχεδιαστεί και να προταθεί μία εναλλακτική λύση για την υλοποίηση ενός κοινού μητροπολιτικού δικτυακού περιβάλλοντος, ικανό να παρέχει πρόσβαση σε ετερογενείς υπηρεσίες από οποιοδήποτε σημείο και αν βρίσκονται οι τελικοί χρήστες. Εάν η σύγκλιση εφαρμοστεί σε όλα τα επίπεδα, μία ενοποιημένη μητροπολιτική δικτυακή υποδομή μπορεί να αναπτυχθεί, επιτρέποντας στους χρήστες όχι μόνο να λαμβάνουν αλλά και να διανέμουν τις δικές τους ευρυζωνικές υπηρεσίες, είτε από τις αστικές, είτε από απομακρυσμένες αγροτικές περιοχές με τη μέγιστη Ποιότητα Υπηρεσίας.

Στα πλαίσια αυτά, προτείνεται μία πρότυπη δικτυακή αρχιτεκτονική που εκμεταλλεύεται την επίγεια ψηφιακή τηλεόραση (DVB-T) ως δίκτυο backhaul, ικανό να διασυνδέσει, οπουδήποτε μέσα σε ολόκληρη την περιοχή κάλυψης, διαφορετικά δίκτυα πρόσβασης με τον κεντρικό δικτυακό κορμό. Αξιοποιώντας τις δυνατότητες του προτύπου DVB-T για εκτενή κάλυψη ακόμα και σε απομακρυσμένες περιοχές, καθώς και το ενδογενές χαρακτηριστικό του να συνδυάζει ετερογενή δεδομένα στην ίδια ροή μεταφοράς (π.χ. δεδομένα MPEG-2 και IP), προτείνεται η αξιοποίηση του προτύπου σε αναγεννητικές διαρθρώσεις για τη δημιουργία ενός κοινού δικτυακού κορμού που είναι διαθέσιμος σε ολόκληρη την περιοχή εκπομπής. Με βάση τα παραπάνω, το πρότυπο DVB-T δε χρησιμοποιείται μόνο για τη μετάδοση μονόδρομων τηλεοπτικών προγραμμάτων, αλλά αποτελεί και μέσο για την παροχή πολλαπλών υπηρεσιών βασισμένες στο πρωτόκολλο IP, συμβάλλοντας στην υλοποίηση ενός δικτυακού περιβάλλοντος που αξιοποιεί πλήρως την έννοια της σύγκλισης σε όλα τα επίπεδα.

Οι τελικοί χρήστες έχουν πρόσβαση σε αυτόν τον κεντρικό δικτυακό κορμό που δημιουργείται μέσω ενδιάμεσων κόμβων επικοινωνίας (CMN), οι οποίοι μπορούν να

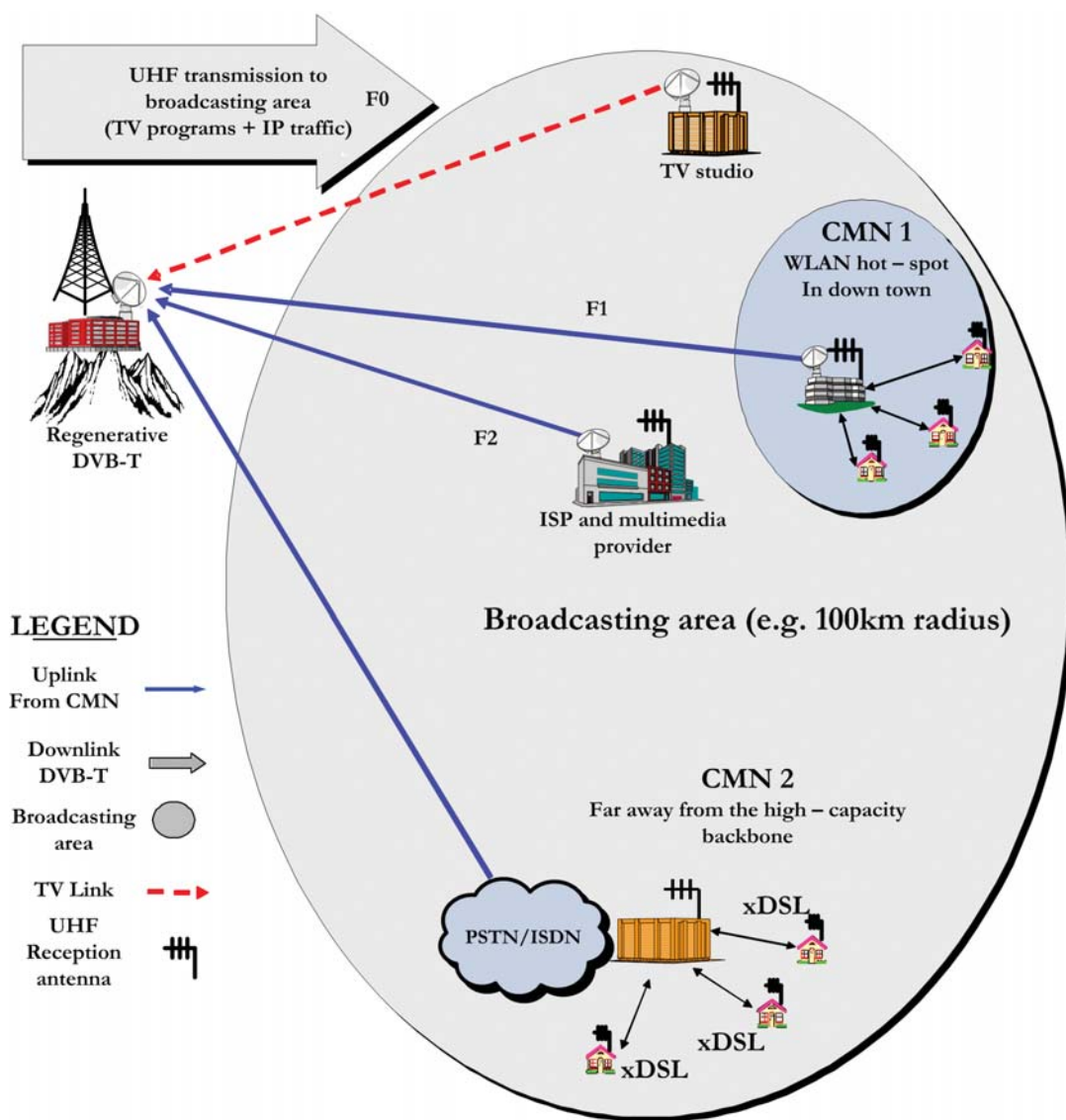
Γ. Μαστοράκης: Επίκουρος Καθηγητής στο Τμήμα Εμπορίας και Διαφήμισης - mastorakis@epp.teicrete.gr

Ε. Πάλλης: Επίκουρος Καθηγητής στο Τμήμα ΕΠΠ - pallis@iit.demokritos.gr

Γ. Κορμέντζας: Επίκουρος Καθ. στο Τμήμα Μηχ. Πληροφοριακών και Επικοινων. Συστημάτων, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

αξιοποιούν ασύρματες ή ενσύρματες συνδέσεις για την υλοποίηση του δικτύου πρόσβασης. Η αποτελεσματική λειτουργία του δικτύου αναφορικά με την κατανομή των πόρων του συστήματος και τη μέγιστη δυνατή παροχή Ποιότητας Υπηρεσίας, βασίζεται στην υιοθέτηση μίας αποκεντρωμένης προσέγγισης (σε κάθε επίπεδο CMN). Πιο συγκεκριμένα, ένα δυναμικό σύστημα διαχείρισης (μηχανισμοί διαφοροποίησης υπηρεσιών) για τον καθορισμό της προτεραιότητας της δικτυακής κίνησης σχεδιά-

στηκε και εφαρμόστηκε, επιτρέποντας τη βελτιστοποιημένη παροχή υπηρεσιών, σε σχέση με τους διαθέσιμους πόρους, τα πρόνοια των τελικών χρηστών και τα χαρακτηριστικά των υπηρεσιών. Οι μηχανισμοί διαφοροποίησης των υπηρεσιών χρησιμοποιούνται τόσο στο δίκτυο backhaul όσο και στο κεντρικό δίκτυο και έχουν τη δυνατότητα να προσαρμόζονται, να ταξινομούνται και να δίνουν προτεραιότητα στη μετάδοση των δεδομένων IP σύμφωνα με συγκεκριμένες απαιτήσεις Ποιότητας Υπηρεσίας.



Γενική αρχιτεκτονική συστήματος

Στα πλαίσια της διαδικασίας τεκμηρίωσης των δυνατοτήτων της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής, ένα πειραματικό δικτυακό πρωτότυπο σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε, σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές, για την πραγματοποίηση εκτενών πειραμάτων αξιολόγησης των δικτυακών επιδόσεων. Τα επιτευχθέντα πειραματικά αποτελέσματα επιβεβαίωσαν την ικανότητα της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής για παροχή ετερογενών υπηρεσιών με βάση συγκεκριμένες απαιτήσεις Ποιότητας Υπηρεσίας, καθιερώνοντάς την έτσι, ως μία εναλλακτική λύση που μπορεί να υιοθετηθεί προς την κατεύθυνση της ανάπτυξης ευρυζωνικών μητροπολιτικών δικτυακών υποδομών.

3. Γενική Αρχιτεκτονική Συστήματος

Η γενική αρχιτεκτονική της προτεινόμενης δικτυακής υποδομής παρουσιάζεται στο σχήμα “Γενική αρχιτεκτονική συστήματος”. Η δικτυακή αυτή υποδομή αποτελείται από δύο υποσυστήματα, ένα κεντρικό σημείο εκπομπής (αναγεννητικοί σχηματισμοί DVB-T) και από έναν αριθμό ενδιάμεσων κόμβων επικοινωνίας (CMN) οι οποίοι βρίσκονται μέσα στην περιοχή εκπομπής. Κάθε CMN επιτρέπει σε έναν αριθμό τελικών χρηστών (γεωγραφικά κοντά στο CMN) να αποκτήσουν πρόσβαση σε υπηρεσίες πρωτοκόλλου IP, οι οποίες παρέχονται από τη δικτυακή υποδομή (π.χ. από έναν ISP and Multimedia Provider όπως φαίνεται στο σχήμα “Γενική αρχιτεκτονική συστήματος”). Η επικοινωνία μεταξύ των τελικών χρηστών και του αντίστοιχου CMN (δίκτυο πρόσβασης) επιτυγχάνεται με τη χρήση ευρυζωνικών συνδέσεων (π.χ. WLAN, xDSL). Κάθε CMN συγκεντρώνει όλη την κίνηση IP που προέρχεται από τους χρήστες που είναι συνδεδεμένοι σε αυτό και την προωθεί στο κεντρικό σημείο εκπομπής (σημείο εκπομπής UHF προσβάσιμο από όλα τα CMN) με τη χρήση συ-

γκεκριμένων μονόδρομων καναλιών επιστροφής. Έτσι, η IP κίνηση που προέρχεται από όλα τα CMN λαμβάνεται από το κεντρικό σημείο εκπομπής, όπου μία μονάδα επεξεργασίας την αναγεννά και την πολυπλέκει σε μία κοινή ροή μεταφοράς MPEG-2 μαζί με τα ψηφιακά τηλεοπτικά προγράμματα τα οποία προέρχονται από τον τηλεοπτικό σταθμό για το σχηματισμό του τελικού μπουκέτου DVB-T.

Κάθε χρήστης λαμβάνει τις κατάλληλες διαδικτυακές υπηρεσίες μέσω του CMN στο οποίο είναι συνδεδεμένος και παράλληλα λαμβάνει τα ψηφιακά τηλεοπτικά προγράμματα και τα δεδομένα IP multicast (π.χ. IPTV) από την κοινή ροή μεταφοράς του DVB-T με τη χρήση μίας απλής κεραίας UHF. Σε αυτήν τη διάταξη, η εμπρόσθια διαδικτυακή κίνηση, καθώς και τα δεδομένα επιστροφής (requests/acknowledgements), ενθυλακώνονται μέσα στην κοινή ροή μεταφοράς DVB-T, βελτιώνοντας την απόδοση της δικτυακής υποδομής. Επιπλέον, με την κυψελωτή διάταξη, η οποία υιοθετήθηκε, αξιοποιείται η ροή DVB-T ως μία τοπολογία δικτύου κορμού που διασυνδέει όλους τους κόμβους μέσα στην περιοχή εκπομπής. Έτσι, ένα μοναδικό, εικονικό, κοινό δίκτυο κορμού IP δημιουργείται, το οποίο είναι διαθέσιμο σε κάθε κόμβο μέσω των αντίστοιχων CMN, στους οποίους παρέχεται η διαδικτυακή κίνηση από τη ροή DVB-T.

Η διάταξη των αναγεννητικών σχηματισμών στο σχήμα “Διάταξη αναγεννητικών σχηματισμών DVB-T”, η οποία βρίσκεται στο κεντρικό σημείο εκπομπής, έχει τη δυνατότητα να:

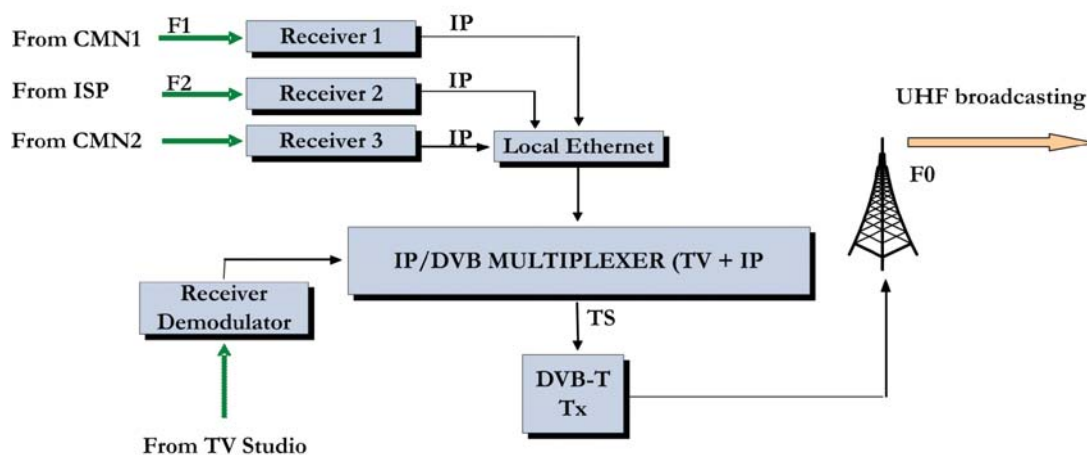
- **Λαμβάνει τη διαδικτυακή IP κίνηση των τελικών χρηστών από τα κανάλια επιστροφής μέσω των αντίστοιχων CMN (PSTN/ISDN και F1 στο σχήμα “Γενική αρχιτεκτονική συστήματος”).**
- **Λαμβάνει τοπικά ψηφιακά τηλεοπτικά**

προγράμματα, δεδομένα πολυεκπομπής IP (IP multicast) και υπηρεσίες Διαδικτύου που προέρχονται από τον τηλεοπτικό σταθμό, τον πάροχο πολυμέσων και τον ISP αντίστοιχα (Τηλεοπτική Ζεύξη και F2 στο σχήμα "Γενική αρχιτεκτονική συστήματος").

- Δημιουργεί και να εκπέμπει μία κοινή ροή μεταφοράς MPEG-2, η οποία περιέχει τα ψηφιακά τηλεοπτικά προγράμματα και τα δεδομένα IP.

4. Διάταξη ενδιάμεσου κόμβου επικοινωνίας

Η γενική αρχιτεκτονική ενός ενδιάμεσου κόμβου επικοινωνίας CMN απομακρυσμένης περιοχής παρουσιάζεται στο σχήμα "Διάταξη CMN απομακρυσμένης περιοχής". Αποτελείται από τον κατάλληλο εξοπλισμό για τη λήψη σημάτων COFDM, μία διεπαφή καναλιού επιστροφής (κανάλι επιστροφής από CMN μέχρι το κεντρικό σημείο εκπομπής), η οποία αξιοποιεί τεχνολογία PSTN/ISDN (διαθέσιμη ήδη σε αυτήν την πε-



Διάταξη αναγεννητικών σχηματισμών DVB-T

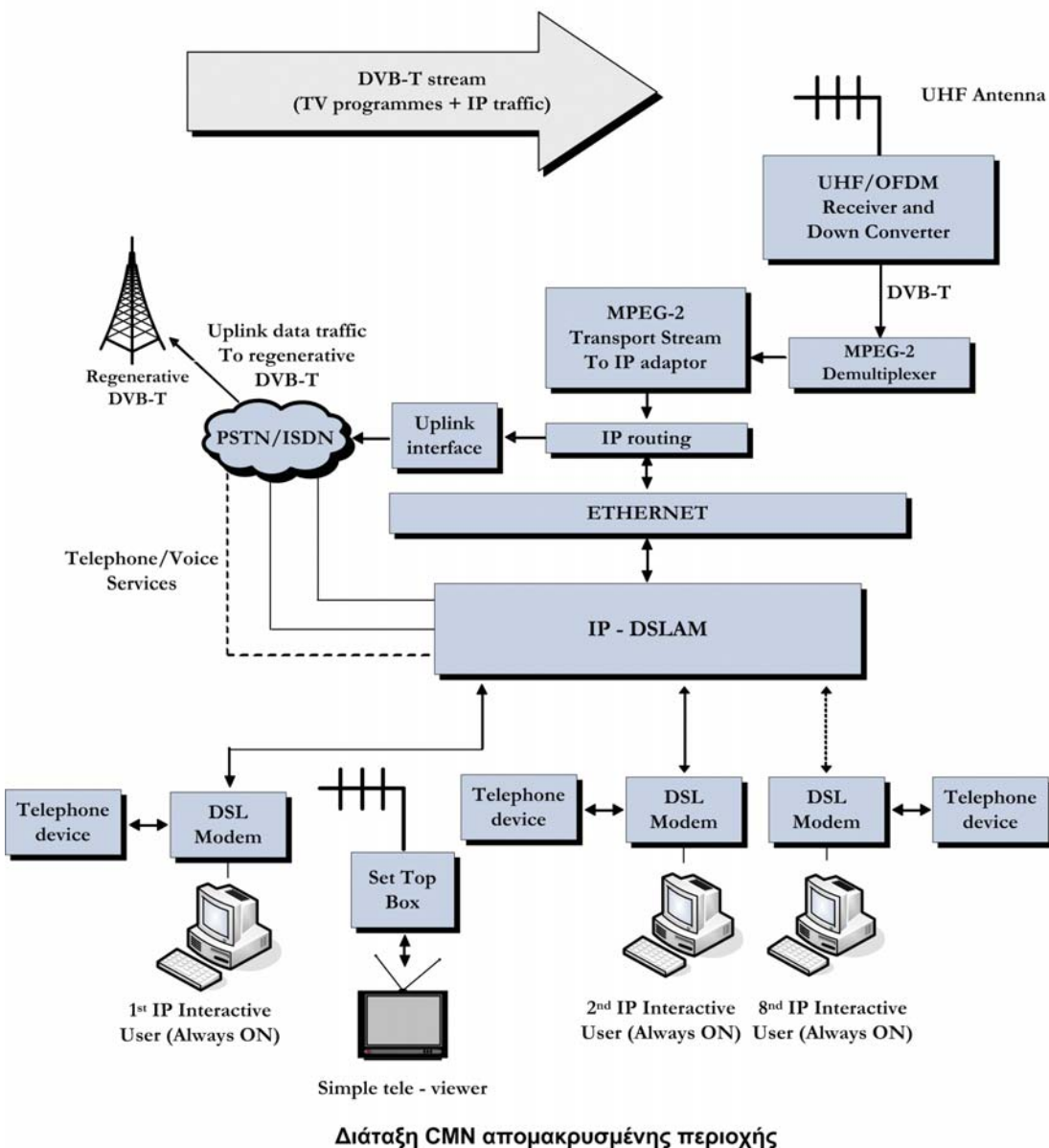
Παίρνοντας υπόψη ότι μία εκπομπή DVB-T είναι εφικτή σε μία περιοχή κάλυψης αρκετών χιλιομέτρων (π.χ. 100 χλμ), το προτεινόμενο σύστημα θα μπορούσε να αξιοποιηθεί για τη μετάδοση μίας κοινής ροής DVB-T σε σχηματισμούς backhaul/middle-mile, επεκτείνοντας έτσι τον κεντρικό δικτυακό κορμό μέσα στη συνολική περιοχή εκπομπής κάνοντάς τον διαθέσιμο σε CMN. Στην επόμενη ενότητα παρουσιάζεται η διάταξη του ενδιάμεσου κόμβου επικοινωνίας.

ριοχή) και ένα δίκτυο πρόσβασης βασισμένο σε τεχνολογία ADSL. Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι η ανάπτυξη δικτύων τεχνολογίας ADSL στο δίκτυο πρόσβασης δεν θα ήταν εφικτή λόγω του υψηλού κόστους της backhaul σύνδεσης (φυσική σύνδεση μεταξύ του CMN της απομακρυσμένης περιοχής και του κοντινότερου οπτικού δικτυακού κορμού). Όμως, η προτεινόμενη δικτυακή διάταξη επιτρέπει την άμεση και οικονομική ανάπτυξη ενός δικτύου ADSL αξιοποιώντας την κοινή ροή DVB-T ως μία υποδομή backhaul/middle-

mile, η οποία επιτρέπει τη διασύνδεση του κεντρικού δικτυακού κορμού που βρίσκεται στις αστικές περιοχές με τον ενδιάμεσο κόμβο επικοινωνίας της απομακρυσμένης περιοχής. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει στους απομακρυσμένους χρήστες να διατηρούν 24ωρη σύνδεση (μέσω του δικτύου ADSL) και να αποκτούν πρόσβαση σε triple-play υπηρεσίες μέσω της κοινής ζεύξης των UHF.

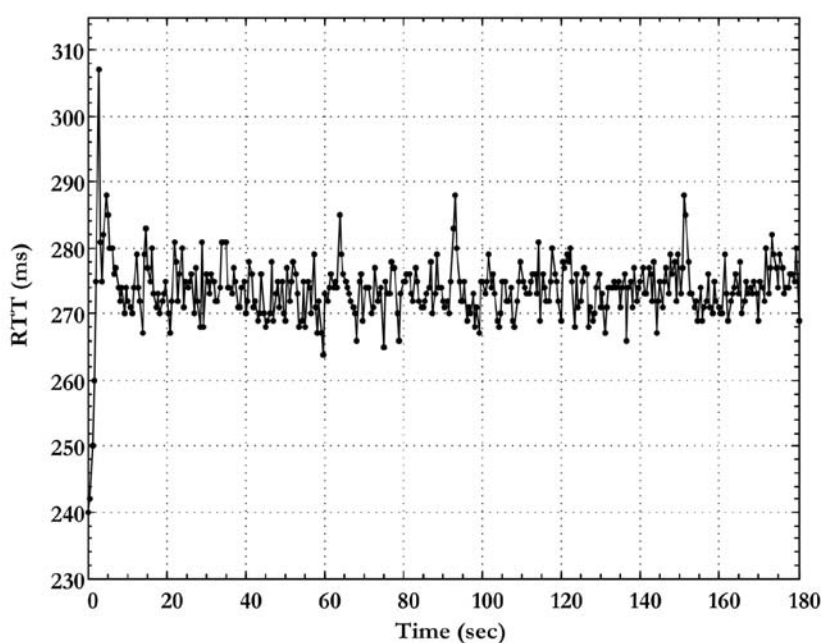
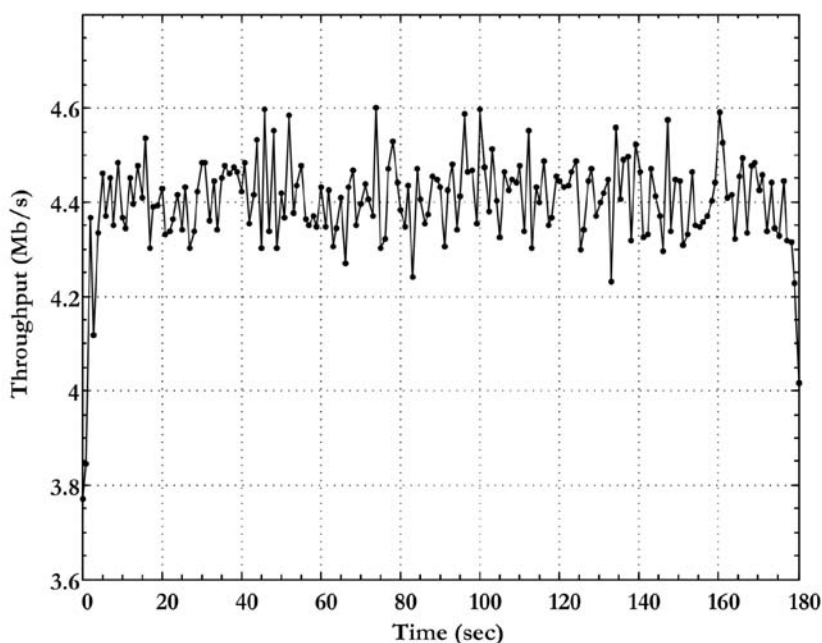
5. Αξιολόγηση δικτυακών επιδόσεων

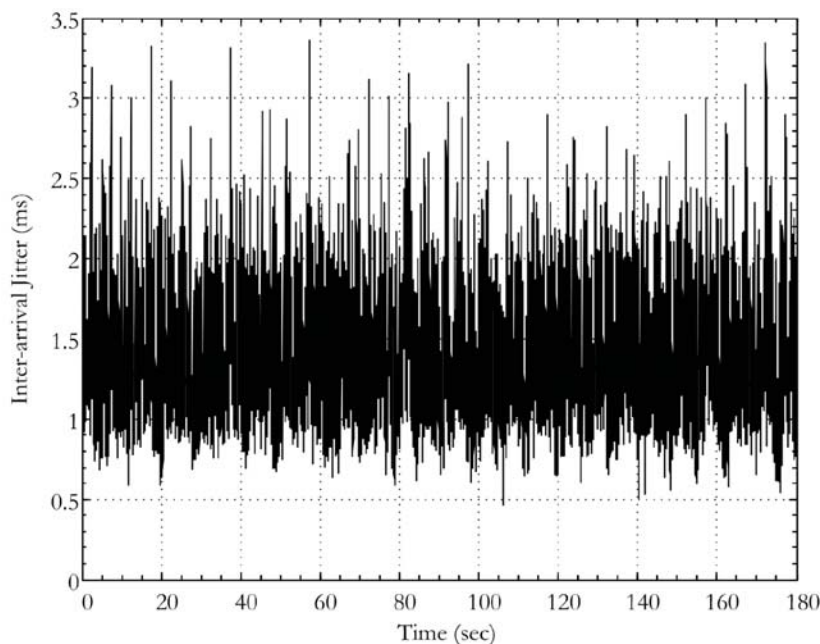
Στα πλαίσια τεκμηρίωσης και καθορισμού των δυνατοτήτων του προτεινόμενου συστήματος, αναπτύχθηκε μία δικτυακή πηλαφόρμα, η οποία αποτέλεσε την πειραματική διάταξη που αξιοποιήθηκε, όπου εκπονήθηκαν πολλαπλά πειράματα αξιολόγησης των δικτυακών επιδόσεων κίνησης, βασισμένη στα πρωτόκολλα TCP και UDP. Με βάση τις αρχικές επιδόσεις, μελε-



τήθηκαν μέθοδοι για τη βελτιστοποίησή τους, οι οποίες αναπτύχθηκαν και τεκμηριώθηκαν μέσα από μία σειρά πρόσθετων πειραμάτων. Η ανάλυση των πειραματικών αποτελεσμάτων επαληθεύει την ικανότητα της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής για την

παροχή ετερογενών υπηρεσιών και θέτει τη βάση για την υιοθέτηση μίας εναλλακτικής/συμπληρωματικής ρύθισης προς την κατεύθυνση της υλοποίησης ευρυζωνικών μητροπολιτικών δικτυακών υποδομών.





6. Αξιοποίηση ερευνητικών αποτελεσμάτων

Συμπερασματικά, η προτεινόμενη δικτυακή αρχιτεκτονική αποτελεί μία πρωτότυπη προσέγγιση πάνω σε θέματα σύγκλισης των τεχνολογιών Διαδικτύου, των τηλεπικοινωνιών και της ψηφιακής τηλεόρασης και δίνει τη δυνατότητα υιοθέτησης μίας εναλλακτικής λύσης, που συμπληρώνει τις ήδη υπάρχουσες, για την ανάπτυξη μητροπολιτικών δικτυακών υποδομών. Επίσης, η αξιοποίηση του προτύπου DVB-T σε αναγεννητικούς σχηματισμούς κάνει εφικτή την παροχή, όχι μόνο ψηφιακών τηλεοπτικών προγραμμάτων και μονόδρομων υπηρεσιών, αλλά και αμφίδρομων υπηρεσιών, βασισμένες στο πρωτόκολλο IP, με την ανάπτυξη ενός ασύρματου δικτύου ψηφιακής τηλεόρασης, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί από πολλαπλούς ετερογενείς φορείς (π.χ. ραδιοτηλεοπτικοί φορείς, επιχειρήσεις τηλεπικοινωνιών, πάροχοι υπηρεσιών Διαδικτύου) και ενεργούς χρήστες (πολίτες, οι οποίοι δημιουργούν και μεταδίδουν τις δικές τους υπηρεσίες). Η αξιοποίηση των αναγεννητικών σχηματισμών DVB-T για τη δημιουργία συνδέσεων backhaul και την επέκταση του κεντρικού δικτυακού κορμού, δίνει τη δυνατότητα ταχείας διάδοσης των ήδη υφιστάμενων μητροπολιτικών δικτυακών υποδομών, έτσι ώστε κάθε χρήστης να έχει πρόσβαση σε αυτές όπου και αν βρίσκεται ακόμα και στις πιο απομακρυσμένες περιοχές. Επιπρόσθετα, η χρήση των μηχανισμών διαφοροποίησης των υπηρεσιών επιτρέπει την αξιοποίηση της προτεινόμενης υποδομής, ως ένα δίκτυο παροχής εφαρμογών με εγγυημένη ποιότητα, σύμφωνα με τις προτεραιότητες που έχουν καθορισθεί για αυτές με βάση τις απαιτήσεις των τελικών χρηστών.

Διδακτορική Διατριβή Δρ. Γεώργιου Μαστοράκη

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Γεώργιος Κορμέντζας, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Ευάγγελος Πάλλης, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής και Πολυμέσων, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης

Σημείωμα των υπευθύνων του ερευνητικού εργαστηρίου «ΠΑΣΙΦΑΗ»

Στο άρθρο αυτό παρουσιάστηκε συνοπτικά η διδακτορική εργασία με τίτλο "Ευρυζωνικές δικτυακές μητροπολιτικές υποδομές με χρήση της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης (DVB-T)", η οποία εκπονήθηκε εξολοκλήρου στο εργαστήριο έρευνας και ανάπτυξης τηλεπικοινωνιακών συστημάτων «ΠΑΣΙΦΑΗ» του τμήματος Εφαρμοσμένης Πληροφορικής και Πολυμέσων (ΕΠΠ)/ΤΕΙ Κρήτης, σε συνεργασία με το τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Αιγαίου. Τον διδακτορικό τίτλο απένειμε στον υποψήφιο διδάκτορα με βαθμό άριστα το Πανεπιστήμιο Αιγαίου.

Σήμερα, στο εργαστήριο ΠΑΣΙΦΑΗ εκπονούνται άλλες 4 διδακτορικές διατριβές, στην πλειοψηφία τους από πτυχιούχους του τμήματος ΕΠΠ, σε συνεργασία με Ελληνικά και ξένα πανεπιστήμια, μια εκ των οποίων επιλέχτηκε για χρηματοδότηση από το πρόγραμμα "ΗΡΑΚΛΕΙΤΟΣ II" και αναμένεται η αξιολόγηση και των άλλων 3 που υποβλήθηκαν. Οι υπεύθυνοι του εργαστηρίου με στόχο την ευρύτερη διάχυση της γνώσης και την ενημέρωση του ακαδημαϊκού/ερευνητικού ιστού, θα συγγράψουν μια σειρά άρθρων για το Περιοδικό του Ιδρύματος όπου θα αναλύονται τα μέχρι σήμερα αποτελέσματα αυτών των διδακτορικών εργασιών. Η παρουσίαση θα ξεκινήσει από το επόμενο τεύχος με την εν εξελίξει διατριβή του υποψήφιου διδάκτορα κ. Ευάγγελου Μαρκάκη με τίτλο «Διομοτίμοι σχηματισμοί και αρχιτεκτονικές σε περιβάλλον επίγειας ψηφιακής ευρυεκπομπής», η οποία εκπονείται σε συνεργασία με το τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Αιγαίου.

Δρ. Βασίλειος Ζαχαρόπουλος,

Καθηγητής του Τμήματος Ε.Π.Π. του Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Αντιπρόεδρος Τ.Ε.Ι. Κρήτης

Δρ. Ευάγγελος Πάλλης,

Επίκουρος Καθηγητής του Τμήματος Ε.Π.Π. του Τ.Ε.Ι. Κρήτης