

# Μητροπολιτικά Δίκτυα Οπτικών Ινών: Τεχνολογίες και Επιχειρηματικά Μοντέλα

Αντώνιος Αλεξίου, Απόστολος Γκάμας, Βαγγέλης Καπούλας, Χρήστος Μπούρας, Δημήτρης Πρίμπας, Θρασύβουλος Τσιάτσος  
*Ερευνητικό Ακαδημαϊκό Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Τμήμα Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής Πανεπιστημίου Πατρών*

## Εισαγωγή

Τα τελευταία δέκα χρόνια, οι εξελίξεις στον τομέα των επικοινωνιών ήταν ραγδαίες. Οι υπηρεσίες επικοινωνιών, οι οποίες παλιότερα ήταν απλώς σημαντικές για τις επιχειρήσεις, τώρα είναι ζωτικής σημασίας. Σήμερα, κυρίαρχο είναι το αίτημα για παροχή υπηρεσιών μετάδοσης δεδομένων υψηλής ταχύτητας σε επιχειρήσεις και πολίτες. Προς αυτή την κατεύθυνση το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα της Κοινωνίας της Πληροφορίας μέσα από τις προσκλήσεις 93 και 105 χρηματοδοτεί την ανάπτυξη ευρυζωνικών μητροπολιτικών δικτύων σε διάφορους δήμους της χώρας, τα οποία θα στηρίζονται είτε σε οπτικές ίνες (στην περίπτωση της πρόσκλησης 93) είτε σε ασύρματες τεχνολογίες (στην περίπτωση της πρόσκλησης 105). Παράλληλα με τις δύο παραπάνω προσκλήσεις, υπάρχει και η πρόσκληση 84 η οποία έχει σαν κύριο στόχο την προώθηση της Ευρυζωνικότητας στην Ελλάδα με σκοπό την απόκτηση της ευρυζωνικής κουλτούρας από τους πολίτες της. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται αρχικά η κατάσταση που επικρατεί στην Ελλάδα αλλά και ειδικότερα στη Δυτική Ελλάδα σε ότι αφορά της υπάρχουσες ευρυζωνικές δικτυακές υποδομές. Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά ορισμένες βασικές κατευθύνσεις κατασκευής ευρυζωνικών δικτύων οπτικών ινών σε μητροπολιτικό επίπεδο. Στα πλαίσια της ανάλυσης αυτής παρουσιάζονται τόσο οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους όσο και τα διάφορα επιχειρηματικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται για να διασφαλίσουν τη βιωσιμότητα και την επεκτασιμότητα των δικτυακών υποδομών.

## Η κατάσταση σήμερα στη χώρα μας

Η χώρα μας σε σχέση με τις άλλες χώρες μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης δεν έχει ακολουθήσει την ίδια πορεία σε σχέση με την κατασκευή δικτυακών υποδομών υψηλών ταχυτήτων. Για την ακρίβεια η υστέρηση που παρατηρείται είναι εμφανής και όλοι οι επίσημοι δείκτες της Ευρωπαϊκής Ένωσης το φανερώνουν. Για παράδειγμα εδώ και ένα περίπου χρόνο η διείσδυση της Ευρυζωνικότητας στη χώρα μας κυμαίνεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα τα οποία κατατάσσουν τη χώρα μας στην τελευταία θέση στον τομέα αυτό στην ΕΕ των 15 και στις δύο τελευταίες θέσης της κατάταξης των 25 χωρών της ΕΕ. Ορισμένοι από τους λόγους για τους οποίους η χώρα μας υστερεί στους προαναφερθέντες τομείς είναι:

- Η χώρα αποτελεί σχετικά μικρή αγορά στον τομέα της πληροφορικής και των επικοινωνιών σε σχέση με τις άλλες χώρες της ΕΕ. Ταυτόχρονα, η αγορά τα προηγούμενα χρόνια ειδικότερα, παρουσίαζε αρκετές ιδιαιτερότητες που κύρια οφειλόταν στην έλλειψη ενός ανταγωνιστικού τηλεπικοινωνιακού νόμου.
- Η χώρας μας λόγω της μορφολογίας της δεν επιτρέπει την εύκολη ανάπτυξη ευζωνικών δικτύων από άκρη σε άκρη.

- Απουσία ευρυζωνικών υπηρεσιών οι οποίες θα μπορούσαν θεωρητικά να δημιουργήσουν τη ζήτηση ευρυζωνικών υπηρεσιών και να αναπτύξουν μια αγορά στον τομέα αυτό.

Σε ότι αφορά τις ευρυζωνικές υποδομές στη χώρα μας, είναι γνωστό ότι κατά συντριπτική πλειοψηφία ανήκουν στον ΟΤΕ με τους εναλλακτικούς παρόχους να υπολείπονται σημαντικά. Ο ΟΤΕ διαθέτει στο μεγαλύτερο μέρος της Ελληνικής Επικράτειας ευρυζωνικές υποδομές ενώ αντίθετα οι εναλλακτικοί πάροχοι είτε αναγκάζονται να νοικιάσουν υποδομές από τον ΟΤΕ για να δημιουργήσουν με αυτό τον τρόπο συνθήκες ανταγωνισμού στην αγορά είτε περιορίζονται στη δημιουργία νέων δικών τους υποδομών σε πολλή περιορισμένη έκταση αφενός και αφετέρου οι υποδομές αναπτύσσονται στα μεγάλα αστικά κέντρα (Αθήνα, Θεσσαλονίκη). Με άλλα λόγια αυτό που μπορούμε να συμπεράνουμε για την κατάσταση σε σχέση με τις ευρυζωνικές υποδομές στη χώρα μας είναι ότι δεν υπάρχει ακόμη ανταγωνισμός ούτε στις ευρυζωνικές υποδομές ούτε στις ευρυζωνικές υπηρεσίες.

Ορισμένοι λόγοι που αποθαρρύνουν τη δημιουργία συνθηκών ανταγωνισμού στη Ελληνική αγορά αναφέρονται παρακάτω:

- Έλλειψη ξεκάθαρου ρυθμιστικού πλαισίου το οποίο θα ξεκαθαρίζει το θολό τοπίο στην τηλεπικοινωνιακή αγορά στη χώρα μας
- Δυσκολίες και προβλήματα που παρουσιάζονται στην αποδέσμευση του τοπικού βρόχου συνδρομητή
- Αδυναμία των περισσότερων παρόχων να ικανοποιήσουν ακόμη και την χαμηλή ζήτηση ευρυζωνικών υπηρεσιών (πχ νέων γραμμών DSL)

## Μητροπολιτικά Δίκτυα Οπτικών Ινών

### Τοπολογία - Αρχιτεκτονική

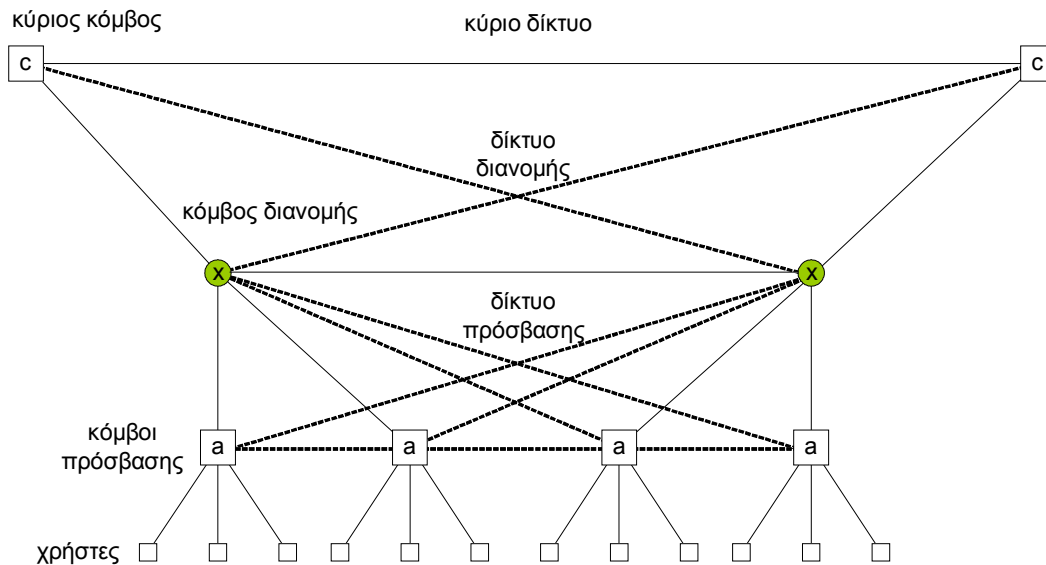
Ο όρος παρουσιάζει μια ελαστικότητα όσον αφορά το εύρος της περιοχής που καταλαμβάνουν τα δίκτυα αυτά. Για μια μεγάλη χώρα, ένα τυπικό μητροπολιτικό δίκτυο (100-300 Km) θα μπορούσε να καλύψει ένα ολόκληρο νομό ή ακόμη και μία περιφέρεια. Παρ' όλα αυτά, όσον αφορά την Ελλάδα ως Μητροπολιτικά δίκτυα εννοούμε υπάρχοντα ;h μελλοντικά δίκτυα στο επίπεδο ενός μεγάλου αστικού κέντρου, ή ενός συνόλου μικρότερων δήμων που συνήθως έχουν τη μορφή ενός ή πολλαπλών δακτυλίων και συμπληρωματικών υποδομών πρόσβασης.

Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται η λογική τοπολογία ενός Μητροπολιτικού Δικτύου Οπτικών Ινών. Ένα Μητροπολιτικό Δίκτυο Οπτικών Ινών αποτελείται από τρία είδη κόμβων και 4 είδη λογικών υποδικτύων όπως παρουσιάζεται και στο Σχήμα 1. Οι κόμβοι του δικτύου διακρίνονται σε:

1. Κύριους Κόμβους
2. Κόμβους Διανομής
3. Κόμβους Πρόσβασης

Επίσης ένα Μητροπολιτικό Δίκτυο Οπτικών Ινών αποτελείται και από τις παρακάτω λογικές μονάδες:

1. Κύριο Δίκτυο
2. Δίκτυο Διανομής
3. Δίκτυο Πρόσβασης
4. Δίκτυο Συγκέντρωσης Τελικών Χρηστών



**Σχήμα 1. Λογική τοπολογία ενός Μητροπολιτικού Δικτύου Οπτικών Ινών**

Το κύριο δίκτυο αποτελείται από έναν αριθμό κόμβων (κύριοι κόμβοι) οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους απευθείας. Μεταξύ των κυρίων κόμβων του δικτύου, πρέπει να γίνει κάθε προσπάθεια ώστε το καλώδιο να είναι διακριτό και ενιαίο χωρίς ενδιάμεσες μικτονομήσεις. Επιπλέον, το δίκτυο διανομής αποτελείται από τους κόμβους διανομής, οι οποίοι συνδέονται στους κύριους κόμβους του δικτύου με τέτοιο τρόπο ώστε κάθε κόμβος διανομής να συνδέεται είτε με δύο κύριους κόμβους είτε στον ίδιο κύριο κόμβο αλλά από διαφορετικές διαδρομές στο δίκτυο. Τέλος, το δίκτυο πρόσβασης αποτελείται από τους κόμβους πρόσβασης στους οποίους συνδέονται τα διάφορα κτίρια όπου αναλόγως των απαιτήσεων των τελικών χρηστών καθορίζονται και τα επιμέρους χαρακτηριστικά των συνδέσεων. Και στο δίκτυο πρόσβασης πρέπει κάθε κόμβος πρόσβασης να συνδέεται είτε με δύο κόμβους διανομής είτε στον ίδιο κόμβο διανομής από διαφορετική διαδρομή. Σε ότι αφορά το δίκτυο συγκέντρωσης τελικών χρηστών, τυπικά κάθε χρήστης (κτίριο) εξυπηρετείται από έναν κόμβο πρόσβασης, μέσω φρεατίων και διαδρομών οι οποίες στο φυσικό επίπεδο μπορούν να έχουν μικτή τοπολογία απαρτιζόμενη από αστέρα, αρτηρία ή και δακτύλιο. Κάθε χρήστης θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα πλεονασματικών συνδέσεων (εντός της ίδιας όδευσης) προς τον οικείο κόμβο πρόσβασης και σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να γίνεται εκμετάλλευση κοινών διοδεύσεων όπου αυτό είναι δυνατόν.

Η υποδομή ενός MAN, πρέπει να αναπτύσσεται με κατάλληλο τρόπο ώστε:

1. Να έχει το στοιχείο του πλεονασμού και τη δυνατότητα εναλλακτικών συνδέσεων σε ένα πάροχο, ή συνδέσεων σε παραπάνω από έναν παρόχους υπηρεσιών.
2. Να μπορεί να προσαρμοσθεί σε διαφοροποιημένες απαιτήσεις παρόχων δικτυακών υπηρεσιών με διαφορετικούς τρόπους και αρχιτεκτονικές παροχής υπηρεσιών από τον καθένα.
3. Να επιτρέπει λειτουργικές (λογικές) τοπολογίες αρτηρίας, δένδρων και δακτυλίων σε υποσύνολο της υποδομής
4. Να επιτρέπει την πολυπλεξία υψηλής ρυθμαπόδοσης (α) μεταξύ κύριων κόμβων, β) μεταξύ κύριων κόμβων και κόμβων πρόσβασης, γ) μεταξύ κόμβων πρόσβασης και γ) μεταξύ κόμβων πρόσβασης και διακριτών χρηστών.
5. Να είναι επεκτάσιμη ακόμη και με πρωτοβουλία τρίτων μερών τα οποία θα μπορούν να κατασκευάσουν συμπληρωματικές υποδομές συγκέντρωσης χρηστών και πρόσβασης και να επιζητήσουν τη διασύνδεση των υποδομών αυτών (κατά τεκμήριο σε κόμβους διανομής ή πρόσβασης) μέσω φρεατίων και σωληνώσεων της παρούσας υποδομής.

Επίσης να μπορούν να προστεθούν κόμβοι οποιουδήποτε επιπέδου μεταξύ υπαρχόντων κόμβων.

6. Να επιτρέπει με φυσικό τρόπο το μερισμό της και την κοστολόγηση των μερών που ενοικιάζονται ή εκχωρούνται μακροχρόνια ανάλογα με το διαχειριστικό σχήμα που θα προκύψει.
7. Να έχει μειωμένο κόστος διαχείρισης και αποκατάστασης βλαβών

## **Οπτική υποδομή**

Η ποσότητα των οπτικών καλωδίων και του αριθμού των ινών σε κάθε οπτικό καλώδιο επιλέγονται με βάση κάποια κριτήρια ορισμένα από τα οποία παρουσιάζονται στη συνέχεια:

- Αριθμός υπαρχόντων αγωγών
- Είδος δικτύου (κύριο δίκτυο, δίκτυο διανομής, δίκτυο διασύνδεσης)
- Αριθμός χρηστών
- Πρόβλεψη ή αντιμετώπιση επέκτασης στην περιοχή.
- Αριθμός παρόχων στην περιοχή.
- Πιθανότητα εκμίσθωσης dark fibre στους διαχειριστές Internet, σε επιχειρήσεις και άλλους οργανισμούς που κατασκευάζουν ενεργά δίκτυα.
- Αριθμός κομβικών σημείων στο δίκτυο
- Τοποθέτηση ενεργού εξοπλισμού.
- Βαθμός πλεονασματικότητας στα δίκτυα.

Στο κύριο δίκτυο πρέπει να υπάρχει απευθείας πλεονασματικότητα μεταξύ των κύριων κόμβων που είναι κοντά μεταξύ τους. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να είναι δυνατό από τον ένα κεντρικό κόμβο να φτάνεις στον επόμενο χωρίς να περνάς από τον ενεργό εξοπλισμό ενός άλλου κόμβου. Τα οπτικά καλώδια θα πρέπει να τοποθετούνται χωρίς σπάσιμο μεταξύ των κύριων κόμβων, ώστε να επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη διαχειριστική ανεξαρτησία. Ο αριθμός των ινών μεταξύ των κυρίων κόμβων του κυρίου δικτύου θα πρέπει, να μην είναι μικρότερος από 72 ίνες ανά οπτικό καλώδιο.

Ο αριθμός των ινών στο δίκτυο διανομής επηρεάζεται από τις εξής παραμέτρους:

- Αριθμός κόμβων πρόσβασης που συνδέονται πάνω σε κάθε κόμβο διανομής
- Αριθμός διαχειριστών που χρειάζονται συνδέσεις πάνω στο δίκτυο διανομής
- Εκμίσθωση dark fibre σε άλλους.

Τέλος, ο αριθμός των ινών στο δίκτυο πρόσβασης επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες:

- Τον τύπο του κτιρίου (Δημόσια Υπηρεσία, ίδρυμα τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, Σχολείο) (Περισσότερα για τον διαχωρισμό των κτιρίων αναφέρονται σε επόμενη ενότητα)
- Αριθμός διαχειριστών που χρειάζονται συνδέσεις στο δίκτυο διασύνδεσης.
- Εκμίσθωση dark fibre σε άλλους.

Σε κάθε περίπτωση κάθε κτίριο πρέπει να συνδέεται σε έναν κόμβο πρόσβασης με οπτικό καλώδιο τουλάχιστον 4 ινών.

## **Γενικές απαιτήσεις**

Ένα οπτικό δίκτυο πρέπει να κατασκευάζεται εξ αρχής με τρόπο τέτοιο ώστε να επιδεικνύει το μέγιστο βαθμό λειτουργικής διαθεσιμότητας, ώστε οποιοσδήποτε διακοπές εξ' αιτίας βλαβών να είναι όσο το δυνατόν λιγότερο αντιληπτές από το χρήστη. Οι βλάβες πρέπει να είναι αναγνωρίσιμες και επιδιορθώσιμες σε μικρό σχετικά χρόνο. Για να επιτευχθεί αυτό, το δίκτυο πρέπει να έχει:

- Ενιαία (Ομοιόμορφη Δομή) δομή. Η ομοιόμορφη δομή καθιστά εύκολη την επέκταση, τη συντήρηση και την αποκατάσταση. Οι επιδιορθώσεις βλαβών μπορεί να εκτελεστούν γρήγορα επειδή όλα τα μέρη έχουν κατασκευαστεί με ομοιόμορφο τρόπο.

- Προστασία από φθορές, φωτιά και κλοπή. Το επίπεδο των προστατευτικών μέτρων που πρέπει να παρθούν για την αντιμετώπιση φθοράς, κλοπής και φωτιάς θα πρέπει να καθορίζεται πιθανά σε συνεργασία με μια ασφαλιστική εταιρία που θα καλύπτει τον εξοπλισμό.
- Πλεονασματικότητα σε ίνες.
- Δυνατότητα άμεσης ανα-δρομολόγησης στο φυσικό ή λειτουργικό επίπεδο.

## Κριτήρια σχεδιασμού ευρυζωνικών υποδομών

Στην ενότητα αυτή γίνεται αναφορά σε ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά των μητροπολιτικών δικτύων οπτικών ινών που αφορούν όχι τόσο την κατασκευή τους όσο τη σωστή διαχείριση τους και την εξασφάλιση της βιωσιμότητάς τους. Αναφερόμαστε στις έννοιες ανοιχτή πρόσβαση (open access) και ουδέτερος διαχειριστής (neutral operator).

Σε ότι αφορά την ανοιχτή πρόσβαση, ο ορισμός της αναφέρεται αναλυτικά στην βιβλιογραφική αναφορά 4 όπου αποτελεί ένα κείμενο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής με οδηγίες και κατευθύνσεις που πρέπει να διέπουν τις ηλεκτρονικές επικοινωνίες των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης η οποία εντέλει και χρηματοδοτεί τις δράσεις για την κατασκευή των μητροπολιτικών δικτύων οπτικών ινών στη χώρα μας. Στο συγκεκριμένο κείμενο αναφέρεται ότι τα σχέδια που θα χρηματοδοτούνται θα πρέπει να είναι συνεπή και σύμφωνα με το νέο θεσμικό πλαίσιο των ηλεκτρονικών επικοινωνιών καθώς και με τους κανόνες του ανταγωνισμού (περί κρατικών ενισχύσεων και antitrust). Η συμμόρφωση με τους εν λόγω κανόνες αποτελεί κριτήριο επιλεξιμότητας της χρηματοδότησης, η οποία πρέπει σε κάθε περίπτωση να συνάδει με την υποχρέωση για καθαρή ανοιχτή πρόσβαση. Συγκεκριμένα η χρηματοδότηση πρέπει να περιορίζεται, μόνο σε υποδομές (π.χ. εγκαταστάσεις οπτικών καλωδίων, αγωγών, σωληνώσεων, πυλώνων κλπ) και εξοπλισμό που είναι ανοικτά σε κάθε τηλεπικοινωνιακό φορέα και πάροχο υπηρεσιών.

Ο διαχειριστής της υποδομής θα υπόκειται στην υποχρέωση να διατηρεί το χαρακτήρα της υποδομής, ως μιας εγκατάστασης ανοικτής σε όλους τους φορείς που παρέχουν ηλεκτρονικά δίκτυα και υπηρεσίες, χωρίς διακρίσεις. Ο ρόλος του ουδέτερου διαχειριστή αναφέρεται παρακάτω:

1. Να δώσει τη δυνατότητα στους ιδιοκτήτες των δικτυακών υποδομών (σε τοπικό, περιφερειακό και εθνικό επίπεδο) να αυξήσουν την αξία και τη βιωσιμότητά τους μέσα σε λογικά οικονομικά πλαίσια.
2. Να μειώσει τις ανάγκες για μεγάλες αρχικές επενδύσεις των παρόχων υπηρεσιών και συγχρόνως να αυξήσει σημαντικά την διαθεσιμότητα οικονομικά προσιτών υπηρεσιών προς τους συνδρομητές.
3. Να έχει την υπευθυνότητα για την τήρηση και εξέλιξη ενός σχήματος μερισμού εσόδων (revenue-sharing) μεταξύ των συμμετεχόντων μερών, και την συνεχή προσαρμογή των δυνατοτήτων του δικτύου σε συμφωνία με τις αναπτυσσόμενες ανάγκες.
4. Να δρα γενικώς ως μία διαχειριστική οντότητα η οποία εγγυάται την αξιόπιστη, και προσαρμοζόμενη στις συνεχείς απαιτήσεις, λειτουργία των «σκληρών» και «μαλακών» διεπαφών με τις υποδομές και τα συνεργαζόμενα μέρη (ιδιοκτήτες δικτύων, παρόχους και συνδρομητές) αντίστοιχα.

## Το Μητροπολιτικό Δίκτυο Οπτικών Ινών της Πάτρας

Η πόλη του Πάτρας αποτελεί τη μεγαλύτερη πόλη της Ελλάδας μετά την Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη ενώ ταυτόχρονα το λιμάνι της αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα λιμάνια στη χώρα. Αποτελεί επίσης κομβικό σημείο για τους δύο μεγάλους οδικούς άξονες της χώρας μας, την

Ιόνια οδό και την Εθνική οδό Πατρών – Αθηνών – Θεσσαλονίκης. Όλα αυτά τα στοιχεία την κατατάσσουν ως μια από τις σημαντικότερες πόλεις της Ελλάδος.

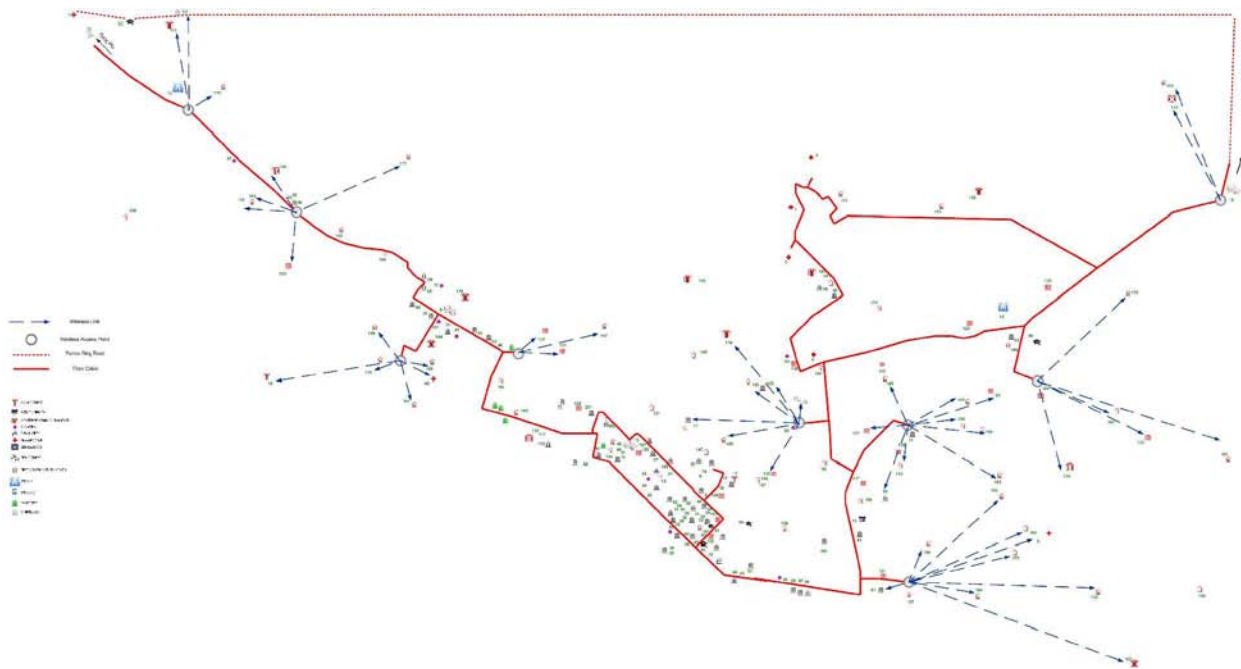
Στην ενότητα αυτή θα παρουσιάσουμε μια ενδεικτική τοπολογία του Μητροπολιτικού Δικτύου Οπτικών Ινών το οποίο πρόκειται να δημιουργηθεί στην Πάτρα στα πλαίσια της Πρόσκλησης 93 του Επιχειρησιακού Προγράμματος Κοινωνία της Πληροφορίας. Το δίκτυο οπτικών ινών θα διασυνδέει κτήρια δημοσίου ενδιαφέροντος στην πόλη της Πάτρας συμπεριλαμβανομένου φορέων: Δημοσίου, Υγείας, Εκπαίδευσης, Πυροσβεστικής, Δικαιοσύνης. Συνολικά το MAN της Πάτρας θα διασυνδέσει πάνω από 300 σημεία δημοσίου ενδιαφέροντος τα οποία βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή των Δήμων Πατρέων και Ρίου. Ανάμεσα στα 300 σημεία βρίσκονται 3 πανεπιστημιακά ιδρύματα, 6 ερευνητικά κέντρα, 4 νοσοκομεία και 120 σχολεία πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Συνολικά, το μήκος της όδευσης του δικτύου οπτικών ινών της Πάτρας φτάνει τα 40 Km (Χαντακιού).

Όσον αφορά την αρχιτεκτονική του δικτύου οπτικών ινών, σημειώνεται ότι αποτελείται από τρεις βασικές λογικές μονάδες: το κύριο δίκτυο, το δίκτυο διανομής και το δίκτυο πρόσβασης. Το κύριο δίκτυο αποτελείται από έναν αριθμό κόμβων (κύριοι κόμβοι) οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους απευθείας. Επιπλέον, το δίκτυο διανομής αποτελείται από τους κόμβους διανομής, οι οποίοι συνδέονται στους κύριους κόμβους του δικτύου με τέτοιο τρόπο ώστε κάθε κόμβος διανομής να συνδέεται είτε με δύο κύριους κόμβους είτε στον ίδιο κύριο κόμβο αλλά από διαφορετικές διαδρομές στο δίκτυο. Τέλος, το δίκτυο πρόσβασης αποτελείται από τους κόμβους πρόσβασης στους όποιους συνδέονται τα διάφορα κτίρια όπου αναλόγως των απαιτήσεων των τελικών χρηστών καθορίζονται και τα επιμέρους χαρακτηριστικά των συνδέσεων. Και στο δίκτυο πρόσβασης έχει προβλεφτεί κάθε κόμβος πρόσβασης να συνδέεται είτε με δύο κόμβους διανομής είτε στον ίδιο κόμβο διανομής από διαφορετική διαδρομή. Σε ότι αφορά τους φορείς του ευρύτερου δημοσίου που θα συνδεθούν στο δίκτυο, αυτοί ομαδοποιούνται σε τρεις κατηγορίες: στους μεγάλους χρήστες, στους μέσους χρήστες και στους μικρούς χρήστες. Στους μεγάλους χρήστες καταλήγουν απευθείας οπτικές ίνες του δικτύου, οι μέσοι χρήστες συνδέονται στο δίκτυο με ταχύτητες Gigabit ενώ τέλος οι μικροί χρήστες συνδέονται στο δίκτυο με Fast Ethernet συνδέσεις.

Συνολικά το MAN της Πάτρας αποτελείται από:

- 3 κύριους κόμβους
- 9 κόμβους διανομής
- 25 κόμβους πρόσβασης
- 300 σημεία σύνδεσης στο δίκτυο

Ενδεικτικά η τοπολογία του MAN της Πάτρας παρουσιάζεται στο Σχήμα 2



**Σχήμα 2. Το MAN της Πάτρας**

Όπως παρουσιάζεται και στο παραπάνω σχήμα, το MAN της Πάτρας αποτελείται από 3 δακτυλίους. Ο πρώτος δακτύλιος διασχίζει κατά μήκος την πόλη της Πάτρας και κλείνει από την περιμετρική οδό της πόλης. Στα δύο άκρα της πόλης βρίσκονται οι 2 από τους τρεις κύριους κόμβους του δικτύου που είναι το Πανεπιστήμιο Πατρών και το Ανώτατο Τεχνολογικό Ίδρυμα Πατρών. Ένας δεύτερος δακτύλιος βρίσκεται στο εμπορικό κέντρο της πόλης όπου εκεί παρουσιάζονται πληθώρα φορέων για σύνδεση σε ποσοστό κοντά στο 40% των φορέων της πόλης. Τέλος, ο τρίτος δακτύλιος βρίσκεται στην ευρύτερη περιοχή του νοσοκομείου Άγιος Ανδρέας και διασυνδέοντας 3 από τα 4 νοσοκομεία της πόλης καθώς επίσης και το Ανώτατο Τεχνολογικό Ίδρυμα Πατρών.

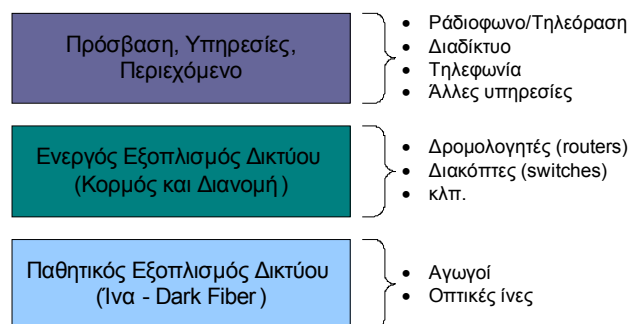
Εκτός από σύνδεση των δημόσιων κτιρίων με χρήση οπτικών ινών προτείνονται και συνδέσεις με χρήση άλλων εναλλακτικών τεχνολογιών ασύρματης πρόσβασης στις περιπτώσεις μεμονωμένων και απομακρυσμένων κτιρίων ή σε σημεία εντός πόλης όπου παρουσιάζεται μεγάλη πυκνότητα μικρών φορέων και η εγκατάσταση θα προκαλέσει μεγάλη αναστάτωση. Οι ασύρματες αυτές συνδέσεις παρουσιάζονται στο παραπάνω σχήμα με διακεκομμένες μπλε γραμμές.

## Επιχειρηματικά Μοντέλα

### **Εισαγωγή - Τι είναι επιχειρηματικά μοντέλα**

Το επιχειρηματικό μοντέλο καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο θα πραγματοποιηθεί η εκμετάλλευση ενός μητροπολιτικού κοινοτικού οπτικού δικτύου. Καθορίζει ποιος είναι ο ρόλος του δήμου, πως θα προωθηθεί ο υγιείς ανταγωνισμός, σε πιο επίπεδο θα προωθηθεί ο ανταγωνισμός, πια θα είναι η εμπλοκή του ιδιωτικού τομέα κλπ. Στόχος του επιχειρηματικού μοντέλου είναι να εξασφαλισθεί η βιωσιμότητα του μητροπολιτικού κοινοτικού οπτικού δικτύου και η εξασφάλιση πόρων για την συντήρηση του και επέκταση ενώ ταυτόχρονα να οξύνει τον ανταγωνισμό με στόχο την καλύτερη και φθηνότερη παροχή υπηρεσιών στον πολίτη. Το Σχήμα 3 παρουσιάζει τα τρία βασικά επίπεδα ενός επιχειρηματικού μοντέλου:

- Το πρώτο επίπεδο αφορά τον παθητικό εξοπλισμό του δικτύου δηλαδή αγωγούς, οπτικές ίνες κλπ. Πιο συγκεκριμένα αναφέρεται στο ποιος (ιδιωτική ή δημόσια επιχείρηση, κλπ.) παρέχει και εκμεταλλεύεται την βασική υποδομή ενός ευρυζωνικού δικτύου.
- Το δεύτερο επίπεδο αφορά τον ενεργό εξοπλισμό του δικτύου. Πιο συγκεκριμένα αναφέρεται στο ποιος (ιδιωτική ή δημόσια επιχείρηση, κλπ.) παρέχει και εκμεταλλεύεται την ενεργή υποδομή ενός ευρυζωνικού δικτύου.
- Το τρίτο επίπεδο αφορά το ποιος έχει πρόσβαση στο δίκτυο, τις υπηρεσίες και το περιεχόμενο που προσφέρει.



**Σχήμα 3: Τα βασικά επίπεδα ενός επιχειρηματικού μοντέλου**

Αναθέτοντας διαφορετικούς αρμοδίους (δήμος, ιδιωτικός τομέας, κλπ) σε κάθε ένα από τα παραπάνω επίπεδα του επιχειρηματικού μοντέλου δημιουργούνται διαφορετικά παραδείγματα (σενάρια) επιχειρηματικών μοντέλων που δείχνουν το πώς οι δημόσιοι οργανισμοί και οι πάροχοι υποδομών, εξοπλισμού και υπηρεσιών μπορούν να συνεργαστούν προς όφελος του καταναλωτή.

## Διεθνής εμπειρία

Ανάπτυξη ευρυζωνικών μητροπολιτικών δικτύων σε δήμους έχει πραγματοποιηθεί σε διάφορα σημεία του πλανήτη μας (ενδεικτικά αναφέρουμε τις Ιρλανδία, Σουηδία, ΗΠΑ, Νέα Ζηλανδία, Καναδά, Γαλλία Ολλανδία) με πρωτοπόρες χώρες, χώρες όπως η Ιρλανδία και η Σουηδία, όπου υπάρχουν πετυχημένα παραδείγματα για το πώς η ευρυζωνική υποδομή μπορεί να τονώσει την τοπική οικονομία και να συμβάλει στην ανάπτυξη. Η διεθνής εμπειρία σχετικά με τα επιχειρηματικά μοντέλα καταγράφει διαφορά επιχειρηματικά μοντέλα. Στην συνέχεια αναφέρουμε κάποια ενδεικτικά επιχειρηματικά μοντέλα (τα οποία φυσικά δεν είναι τα μόνα) τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί:

- Μοντέλο συνάθροισης ζήτησης (Demand aggregation): Συντονισμένες προσπάθειες περιφερειακών φορέων για συνάθροιση της ζήτησης. Ο περιφερειακός φορέας χρησιμοποιεί τη συγκεντρωμένη ζήτηση ως ελκυστική πελατειακή βάση προς τους παρόχους υπηρεσιών, με τους οποίους συνδιαλέγεται την ολική αγορά ευρυζωνικών υπηρεσιών και τα ποσοστά κυριότητας επί της υποδομής.
- Μοντέλο Ανοιχτής πρόσβασης (με χονδρική παροχή υποδομών) (Open access/wholesale provider): Περιφερειακοί φορείς και τοπικές κοινότητες, συνήθως συνεργαζόμενοι με ανεξάρτητο πάροχο υποδομών σε τιμές χονδρικής (κατά τεκμήριο εταιρία κοινής ωφελείας), κατασκευάζουν τις βασικές ευρυζωνικές υποδομές (χαντάκια, σωληνώσεις, υπόγεια ή εναέρια καλώδια) με βάση τις προβλεπόμενες συνολικές ανάγκες, ως κοινό αγαθό, παρόμοιο με τους δρόμους και την αποχέτευση.
- Μοντέλο Κοινοτικού δικτύου με παροχή υπηρεσιών (community-owned network with service provision): Περιφερειακοί φορείς και τοπικές κοινότητες, συνήθως συνεργαζόμενοι με τοπικό πάροχο υπηρεσιών, ή δρώντας οι ίδιοι ως πάροχοι ευρυζωνικών δικτυακών υπηρεσιών, κατασκευάζουν τις βασικές ευρυζωνικές υποδομές



και παρέχουν δικτυακές υπηρεσίες, επενδύοντας τα όποια κέρδη στην επέκταση των υποδομών.

Στην συνέχεια παρουσιάζουμε κάποιες ενδεικτικές περιπτώσεις ανάπτυξης ευρυζωνικών μητροπολιτικών δικτύων:

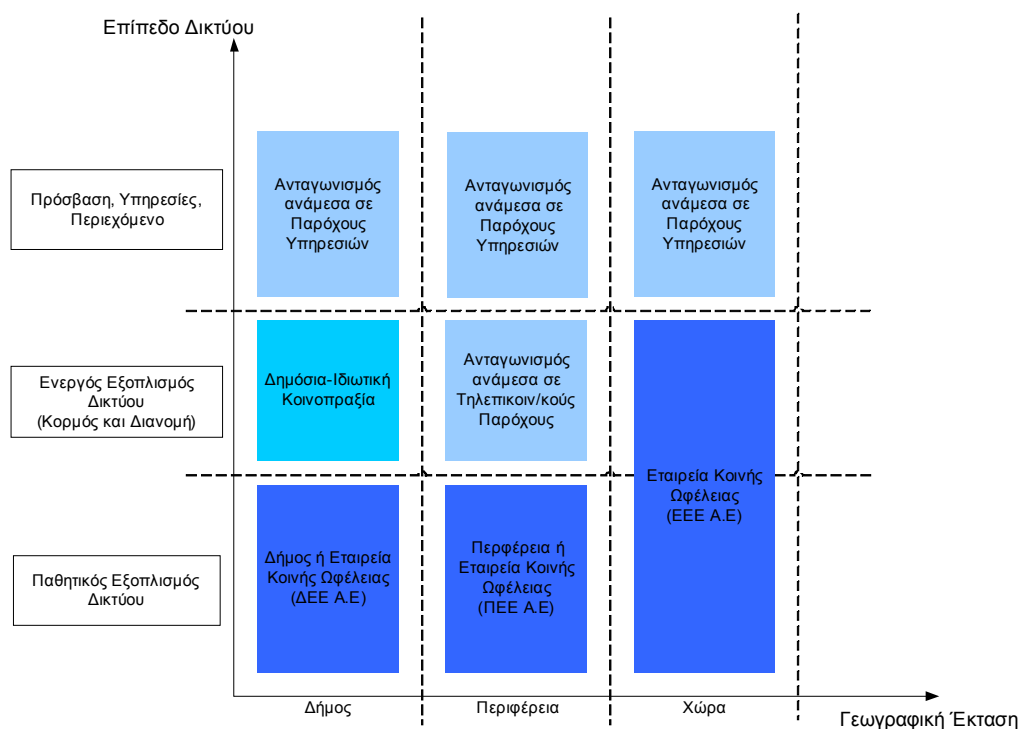
- Η περίπτωση της Ιρλανδίας: Τα μητροπολιτικά δίκτυα σχεδιάζονται σαν γενικά δίκτυα και όχι ως μια τεχνική λύση για ένα ή περιορισμένο αριθμό παρόχων υπηρεσιών. Τα δίκτυα έχουν επιλεγθεί και οριστεί από τις τοπικές αρχές υπό το πρίσμα της κοινωνικής και οικονομικής ανάπτυξης. Η λειτουργία των μητροπολιτικών δικτύων γίνεται κεντρικά με την σύσταση μιας υπηρεσίας η οποία λειτουργεί και διαχειρίζεται τα δίκτυα. Το δίκτυο αγωγών σχεδιάζεται και κατασκευάζεται έτσι ώστε να μπορεί να υποστηρίξει αμφότερες υποδομές οπτικών ινών και συρμάτων χαλκού. Τα μητροπολιτικά δίκτυα καταστήσουν δυνατό για τους παρόχους υπηρεσιών να κατασκευάσουν ενεργά δίκτυα.
- Η περίπτωση της Στοκχόλμης, Σουηδία (Stokab): Το Stokab είναι ένα επιχειρηματικό σχέδιο, το οποίο εφαρμόζεται στην ευρύτερη περιοχή της Στοκχόλμης στη Σουηδία με σκοπό την κατασκευή και λειτουργία δικτύων επικοινωνιών οπτικών ινών και την ενοικίαση των συνδέσεων οπτικών ινών. Για το σκοπό αυτό ιδρύθηκε η εταιρία Stokab η οποία ανήκει στον όμιλο εταιριών Stockholms Stadshus AB ο οποίος ανήκει εξολοκλήρου στο Δήμο Στοκχόλμης. Ο σκοπός του Stokab είναι να αναπτύξει διαχειριστικά ουδέτερες (operator-neutral) δομές για τις υποδομές της επιστήμης της πληροφορίας. Αυτό θα το επιτύγχανε με την παροχή στην αγορά δικτυακών υποδομών οι οποίες θα επιτρέπουν στους παρόχους (operators) και στους παροχείς υπηρεσιών (service providers) διαφόρων τύπων να παρέχουν τις υπηρεσίες τους στους τελικούς χρήστες (end-users). Ταυτόχρονα, οι ίδιες υποδομές, θα μπορούν να καλύπτουν τις όποιες τηλεπικοινωνιακές ανάγκες επιχειρήσεων, δημόσιων και μη οργανισμών και δημόσιων υπηρεσιών.
- Η περίπτωση του Άμστερνταμ, Ολλανδία: Ο Δήμος του Άμστερνταμ επέλεξε οπτικές ίνες καθώς θεώρησε ότι ο χαλκός και τα ομοαξονικά καλώδια πρόκειται να ξεπεραστούν σύντομα. Η ενέργειά του αυτή ξεκίνησε με αφορμή την απροθυμία των παρόχων να επενδύσουν στην εγκατάσταση οπτικών ινών και την υλοποίηση Fibre to the Home (FttH). Το μοντέλο που επιλέχθηκε είναι η δημιουργία μιας κοινωφελούς εταιρίας στην οποία ο Δήμος συμμετέχει με 20% και κατέχει αλλά και εκμεταλλεύεται το παθητικό δικτυακό επίπεδο (οπτικές ίνες). Οι υπόλοιποι συμμετέχοντες στην δημόσια-ιδιωτική κοινοπραξία (Public Private Partnership -PPP) είναι ιδιωτικοί φορείς και εταιρίες. Το ενεργό μέρος τους δικτύου ανήκει σε μια ιδιωτική εταιρία. Μόλις καθορίστηκε μια ιδιωτική κοινοπραξία για το ενεργό μέρος τους δικτύου ξεκίνησε η κατασκευή (σκάψιμο) για το παθητικό μέρος του δικτύου.
- Η περίπτωση του δικτύου UTOPIA στις ΗΠΑ: Στην πολιτεία Utah των ΗΠΑ, δεκαοχτώ (18) πόλεις ξεκίνησαν να εργάζονται για να διασφαλίσουν ότι οι πολίτες τους και οι επιχειρήσεις θα παραμείνουν επιτυχείς και ανταγωνιστικές τον 21ο αιώνα, με την εξασφάλιση πρόσβασης σε προηγμένες υπηρεσίες τηλεπικοινωνιών. Για αυτό προχώρησαν στην δημιουργία της εταιρείας Utah Telecommunication Open Infrastructure Agency (UTOPIA). Η UTOPIA είναι μια διαδημοτική εταιρεία (κοινοπραξία δήμων), της οποίας αποστολή είναι η ανάπτυξη και συντήρηση ενός δικτύου ανοικτής υποδομής, με το οποίο θα δίνεται η δυνατότητα σε κάθε σπίτι και επιχείρηση να έχουν πρόσβαση σε μια ποικιλία τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών υψηλής τεχνολογίας, οι οποίες θα παρέχονται από επιχειρήσεις του ιδιωτικού τομέα. Το UTOPIA θα αναπτύξει την υποδομή και θα εγκαταστήσει συνδέσεις οπτικών ινών προς κάθε σπίτι και επιχείρηση. Ιδιωτικοί εργολάβοι θα αναλάβουν το έργο κατασκευής του δικτύου και θα συμμετάσχουν στην λειτουργία του. Όλα τα σημαντικά στοιχεία της υποδομής έχουν χρηματοδοτηθεί – υπό διάφορες μορφές – από κυβερνητικές προσπάθειες.

- Η περίπτωση του Wellington, Νέα Ζηλανδία: Η εταιρία CityLink ιδρύθηκε από το δήμο του Wellington της Νέας Ζηλανδίας το 1995 με σκοπό να αναπτύξει ένα τηλεπικοινωνιακό δίκτυο χαμηλού κόστους με στόχο να δώσει ένα συγκριτικό πλεονέκτημα στις τοπικές επιχειρήσεις και στους κυβερνητικούς οργανισμούς. Το δίκτυο αναπτύχθηκε από μια κοινοπραξία μιας ιδιωτικής εταιρίας (CityLink) και του δήμου του Wellington της Νέας Ζηλανδίας. Το δίκτυο αυτό παρέχει στους πολίτες της πόλης Wellington πληθώρα υπηρεσιών αλλά δίνει και τη δυνατότητα σε μεγάλους εταιρικούς χρήστες αλλά και ISPs να ενοικιάσουν μέρος του δικτύου (σκοτεινές ίνες) με κοστοστρεφή τρόπο. Ένα από τα καινοτόμα και άκρως ενδιαφέροντα χαρακτηριστικά του δικτύου, το οποίο και συμβάλει τα μέγιστα στη βιωσιμότητα του, είναι ότι χρησιμοποιεί χαμηλού κόστους παθητικό και ενεργό εξοπλισμό (π.χ. Zebra on Linux) και όχι ακριβές εμπορικές δικτυακές συσκευές.

## Προτεινόμενα επιχειρηματικά μοντέλα

Στο Σχήμα 4 παρουσιάζονται τρία διαφορετικά επιχειρηματικά μοντέλα για την δημιουργία ευρυζωνικών μητροπολιτικών δικτύων όπου βασίζονται στην δημιουργία εταιριών κοινής ωφέλειας σε επίπεδο δήμου, σε επίπεδο περιφέρειας και σε πανελλαδικό επίπεδο:

- Δημιουργία εταιρίας κοινής ωφέλειας σε επίπεδο δήμου
- Δημιουργία εταιρίας κοινής ωφέλειας σε επίπεδο περιφέρειας
- Δημιουργία εταιρίας κοινής ωφέλειας σε πανελλαδικό επίπεδο



**Σχήμα 4: Σενάρια επιχειρηματικών μοντέλων για την Ελλάδα**

Στην συνέχεια προχωράμε σε μια σύντομη κριτική των τριών προτεινόμενων λύσεων:

- Κριτική επιχειρηματικού μοντέλου σε Επίπεδο Δήμων: Η συγκεκριμένη λύση έχει πολλά θετικά στοιχεία αλλά και μειονεκτήματα. Ένα προφανές μειονέκτημα είναι ότι η σχεδίαση πολλών δημοτικών δικτύων τα οποία ακολουθούν διαφορετικές τεχνικές λύσεις μπορεί να οδηγήσει (σε επίπεδο χώρας) στην δημιουργία πολλών νησίδων ευρυζωνικών δικτύων τα οποία δεν είναι εύκολα διασυνδέσιμα μεταξύ τους. Το μειονέκτημα αυτό παύει να υπάρχει από την στιγμή που θα οριστεί μια κεντρική

πολιτική για την δημιουργία ευρυζωνικών υποδομών η οποία θα υπαγορεύει το πώς θα γίνει η χάραξη των δημοτικών υποδικτύων για την καλύτερη κι αποδοτικότερη λύση, υπό το πρίσμα ενός μεγαλύτερου σχεδίου σε επίπεδο χώρας. Επίσης πρέπει να τονιστεί ότι η δημιουργία δημοτικών δικτύων ίσως οδηγήσει σε οικονομική αποτυχία καθώς δεν διασφαλίζονται πάντα άμεσα οφέλη από την χρήση τους. Έρευνες αναφέρουν ότι μια μεγάλη επένδυση σε παθητικό εξοπλισμό δικτύου μπορεί να χρειαστεί 5-7 χρόνια να αποφέρει κέρδη, αφότου ολοκληρωθεί η υλοποίηση ολόκληρου του δικτύου.

- Κριτική επιχειρηματικού μοντέλου σε Επίπεδο Περιφέρειας: Το προτεινόμενο μοντέλο παρουσιάζει ακόλουθα πλεονεκτήματα:
  - Δυνατότητα καθορισμού ανώτατου ορίου τιμών λιανικής για τις παρεχόμενες υπηρεσίες
  - Προώθηση της χαμηλότερης ευρυζωνικής τιμολόγησης μέσω του αυξημένου ανταγωνισμού
  - Οι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι και πιθανότατα και άλλοι οργανισμοί (πχ τοπικές και μικρομεσαίες επιχειρήσεις) μπορούν να παρέχουν νέες υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας
  - Συνεργασία υψηλού επιπέδου με τον ιδιωτικό τομέα
  - Εξοικονόμηση πόρων για την περιφέρεια και τους παρόχους με την άθροιση της ζήτησης για συγκεκριμένες υπηρεσίες
  - Δεν απαιτείται η ανάπτυξη υψηλού κόστους υπηρεσιών από την ΠΕΕ ΑΕ
  - Τέλος το προτεινόμενο μοντέλο παρουσιάζει παρόμοια μειονεκτήματα με το μοντέλο σε Επίπεδο Δήμων.
- Κριτική επιχειρηματικού μοντέλου σε Πανελλαδικό Περιφέρειας: Το συγκεκριμένο μοντέλο έχει προφανή πλεονεκτήματα που έχουν αφενός μεν να κάνουν με τον ολοκληρωμένο σχεδιασμό και υλοποίηση της ευρυζωνικότητας στην χώρα αλλά και με επιμέρους πλεονεκτήματα όπως:
  - Η πανελλαδική επιχείρηση θα φροντίζει για την επέκταση της φυσικής υποδομής με έσοδα που θα προκύπτουν από την κοστοστρεφή διάθεση των υποδομών.
  - Οι πελάτες που θα αγοράζουν δικτυακούς πόρους από την δημόσια επιχείρηση.
  - Ο πάροχος υπηρεσιών θα παρέχει υπηρεσίες με μειωμένο κόστος και συνεχώς αναπτυσσόμενη βάση.
  - Ο συνδρομητής θα είναι κερδισμένος λόγω της ευρείας ποικιλίας υπηρεσιών που προσφέρονται στη βάση κόστους και ποιότητας.
  - Όλοι επιθυμούν την επιτυχία των υπολοίπων μερών άρα στρέφουν τον τροχό προς την ίδια κατεύθυνση

Η επιλογή του κατάλληλου επιχειρηματικού μοντέλου δεν είναι απλή υπόθεση και θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι διάφορες ιδιαιτερότητες της περίπτωσης η οποία εξετάζεται. Όσο αφορά τα ευρυζωνικά μητροπολιτικά δίκτυα τα οποία θα αναπτυχθούν στην χώρα μας προτείνεται η χρήση του επιχειρηματικού μοντέλου με δημιουργίας εταιρίας κοινής ωφέλειας σε πανελλαδικό επίπεδο: Θα πρέπει να συσταθεί μια εταιρεία (π.χ. Εθνική Επιχείρηση Ευρυζωνικότητας ΑΕ - ΕΕΕ ΑΕ) η οποία θα έχει συγκεκριμένες αρμοδιότητες όπως: Ενημέρωση των πολιτών, Μελέτη και καταγραφή των τοπικών αναγκών και Διαβούλευση με τους φορείς. Επιπλέον η εταιρία αυτή θα είναι υπεύθυνη για την δημιουργία των ευρυζωνικών υποδομών σε περιοχές της χώρας όπου δεν υπάρχουν υποδομές δικτύων οπτικών ινών από παρόχους και να παρέχει μέρος της υποδομής στους παρόχους κοστοστρεφώς. Επίσης στόχος της εταιρίας αυτή θα είναι η δημιουργία ανταγωνισμού (με την δημιουργία νέων ευρυζωνικών υποδομών) προς όφελος του πολίτη σε περιοχές όπου υπάρχει ήδη υποδομή από άλλους παρόχους. Ο ρόλος της ΕΕΕ ΑΕ θα εστιάζεται στην επέκταση των υποδομών. Τα αναγκαία έσοδα για την συνεχή επέκταση της

υποδομής θα προκύπτουν από το τίμημα που θα πληρώνουν οι διάφοροι πελάτες. Οι πάροχοι μπορούν να εστιάζουν στην παροχή προσιτών, οικονομικά αποδοτικών και ανταγωνιστικών υπηρεσιών χωρίς να τους απασχολούν οι υποδομές και το συνεπαγόμενο μεγάλο αρχικό κόστος ανάπτυξής τους. Ο τελικός χρήστης μπορεί να επιλέξει από πλειάδα υπηρεσιών στη βάση ποιότητας και κόστους και όχι αποκλειστικά από ένα πάροχο σαν αποτέλεσμα της ανταγωνιστικότητας.

## Συμπεράσματα

Κλείνοντας αυτή την εργασία θέλουμε να τονίσουμε τις δύο εκείνες παραμέτρους οι οποίες είναι απαραίτητες για την δημιουργία σύγχρονων και βιώσιμων μητροπολιτικών δικτύων οπτικών ινών. Η σωστή σχεδίαση του δικτύου, η χρήση τεχνολογιών αιχμής σε ότι αφορά την οπτική υποδομή αλλά και η πρόνοια για πλεονασματικότητα του παθητικού εξοπλισμού μπορούν να εξασφαλίσουν τη δημιουργία ενός σύγχρονου τηλεπικοινωνιακού δικτύου όπως οι σύγχρονοι καιροί απαιτούν. Από την άλλη μεριά η βιωσιμότητα και η επεκτασιμότητα του δικτύου δεν εξαρτάται από τη σχεδίαση και την επιλογή των τεχνολογιών και του εξοπλισμού. Η δημιουργία/επιλογή του κατάλληλου επιχειρηματικού σχήματος/μοντέλου είναι αυτή η οποία θα εξασφαλίσει τη βιωσιμότητα των υποδομών, την εμπορική τους εκμετάλλευση και την πιθανή επέκτασή τους.

## Βιβλιογραφία

1. J. Marcus, "Broadband adoption in Europe", Communications Magazine, IEEE, Vol. 43, Issue 4, 2005, pp. 18- 20
2. Research Academic Computer Technology Institute, "Study for Developing Broadband Infrastructure in Region of Western Greece", June 2005
3. Greek Broadband Task Force, "Strategic text on broadband access", September 2002
4. "Guidelines on Criteria and Modalities of Implementation of Structural Funds in Support of Electronic Communications", Commission staff working paper, Commission of the European Communities, SEC(2003) 895
5. A. Magnago, "Open Access - Business Models and Operational Costs", BBEurope 2004
6. S. Gillett, W. H. Lehr and C. Osorio, "Local government broadband initiatives", Telecommunications Policy, vol 28, Elsevier, pp. 537-558, 2004
7. A. Henderson, I. Gentle and E. Ball, "WTO principles and telecommunications in developing nations: challenges and consequences of accession", Telecommunications Policy, Vol. 29, Issues 2-3, pp. 205-221, 2005.
8. T. Monath, N. Kristian, P. Cadro, D Katsianis and D. Varoutas, "Economics of fixed broadband access network strategies", Communications Magazine, IEEE, Vol. 41, Issue: 9, 2003, pp. 132-139
9. Case Study Hudiksvallsbostader "We go fiber all the way", Ericsson, June 2004
10. Case Study Sollentuna Eneri: A Broadband Pioneer, Ericsson, June 2004
11. Stokab Progress Report, Summer 2002
12. Utah's Public-Private Fiber-to-the-Premises Initiative, Utah Telecommunication Open Infrastructure Agency, November 26 2003
13. UTOPIA Feasibility Study, Part II: Financial Analysis, DynamicCity Metronet Advisors, November 4 2003
14. Promoting Broadband: The Case of Canada, ITU Workshop on promoting Broadband, April 2003
15. "Η Ελλάδα στην Κοινωνία της Πληροφορίας, Στρατηγική και Δράσεις 2002", επικαιροποίηση του εγκεκριμένου από το Υπουργικό Συμβούλιο της Ελλάδας κειμένου του 1999