



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

"Ευρυζωνικά δίκτυα πρόσβασης επόμενης γενιάς -

Η περίπτωση της Ελλάδας"

"Next Generation Access Networks -

The case of Greece"

ΖΑΦΕΙΡΗΣ ΑΝΔΡΕΑΣ (2814)

ΛΑΖΑΝΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ (2856)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣ ΜΙΧΑΗΛ, Καθηγητής

ΠΑΤΡΑ 2023

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή
Πάτρα, Ημερομηνία

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Ονοματεπώνυμο, Υπογραφή
2. Ονοματεπώνυμο, Υπογραφή
3. Ονοματεπώνυμο, Υπογραφή

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6
ABSTRACT.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΟΤΗΤΑ.....	8
1.1 Ορισμός.....	8
1.2 Η ανάγκη για ευρυζωνικότητα	9
1.3 Τεχνολογίες ευρυζωνικής πρόσβασης	10
1.3.1 Ενσύρματες ευρυζωνικές τεχνολογίες.....	10
1.3.2 Ασύρματες ευρυζωνικές τεχνολογίες	11
1.4 Πλεονεκτήματα ευρυζωνικότητας	13
1.4.1 Οικονομικά και τεχνολογικά οφέλη	13
1.4.2 Κοινωνικά οφέλη.....	14
1.4.3. Οφέλη για τον δημόσιο και ιδιωτικό τομέα.....	15
1.5 Το Ευρωπαϊκό πλαίσιο.....	16
1.6 Η κατάσταση στην Ευρώπη και στην Ελλάδα	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΟΠΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ	20
2.1 Η τεχνολογία FTTx.....	20
2.2 Αρχιτεκτονικές FTTx δικτύων	21
2.2.1 Fiber to the Cabinet - FTTC.....	27
2.2.2 Fiber to the Building - FTTB	28
2.2.3 Fiber to the Home – FTTH	29
2.3 Τεχνολογίες ευρυζωνικής πρόσβασης xDSL	29
2.3.1 Τεχνολογία πρόσβασης ADSL.....	32
2.3.2 Τεχνολογία πρόσβασης VDSL.....	34

2.4 Οπτικά δίκτυα πρόσβασης.....	36
2.4.1 Ενεργά οπτικά δίκτυα AONs	36
2.4.2 Παθητικά οπτικά δίκτυα PONs	36
2.5 Έργα δικτύων NGA στην Ελλάδα	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ VDSL VECTORING	41
3.1 Εισαγωγή.....	41
3.2 Αρχές λειτουργίας.....	42
3.3 Απαιτούμενη δικτυακή υποδομή	45
3.4 Μοντέλο αναφοράς.....	46
3.5 Λειτουργία συστήματος	47
3.6 Απόδοση Vectoring.....	48
3.7 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Vectoring	51
3.8 Εισαγωγή της τεχνολογίας Vectoring στην Ελλάδα.....	53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΘΝΙΚΟ ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ 2021-2027.....	61
4.1 Δείκτης ψηφιακής οικονομίας και κοινωνίας «DESI»	61
4.1.1 Οι τάσεις στην Ευρώπη	62
4.1.2 Κατάταξη συνδεσιμότητας «DESI» της Ελλάδας.....	63
4.2 Ο τομέας υπηρεσιών ηλεκτρονικών σταθερών επικοινωνιών στην Ελλάδα	65
4.3 Πρόσφατες εξελίξεις στον τηλεπικοινωνιακό κλάδο.....	68
4.4 Εθνικό ευρυζωνικό σχέδιο	69
4.4.1 Αξιολόγηση της τρέχουσας κατάστασης.....	70
4.4.2 Προκλήσεις συνδεσιμότητας	72
4.4.3 Δράσεις - Στόχος Β: Να διασφαλιστεί η ευρεία διαθεσιμότητα και υιοθέτηση των ευρυζωνικών υπηρεσιών υπερ-υψηλών ταχυτήτων Ultra-Fast Broadband (NGA).....	74
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	75

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... 76

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι εξελίξεις και η ανάπτυξη των τελευταίων δεκαετιών στον χώρο των τηλεπικοινωνιών και συγκεκριμένα της ενσύρματης ευρυζωνικής πρόσβασης είναι ραγδαία. Σήμερα για την πλειοψηφία των χρηστών, είναι διαθέσιμοι ρυθμοί πρόσβασης και υπηρεσίες ιδιαίτερα αναβαθμισμένες σε σχέση με παλαιότερα και δοσμένων των τεχνολογικών και επιστημονικών εξελίξεων, τα επόμενα χρόνια αναμένεται μια ακόμα μεγαλύτερη ανάπτυξη.

Στα πλαίσια αυτά η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει ορίσει συγκεκριμένους στρατηγικούς στόχους για την αναβάθμιση των δικτυακών υποδομών στα κράτη-μέλη της και ήδη, ακόμα και στην χώρα μας, γίνονται οι απαιτούμενες επενδύσεις έτσι ώστε οι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι να επιτύχουν αυτούς τους στόχους.

Σε αυτή την κατεύθυνση, οι ελληνικοί τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι εκκίνησαν κύκλο επενδύσεων με σκοπό την αναβάθμιση του δικτύου πρόσβασης και την παροχή υπηρεσιών πρόσβασης επόμενης γενιάς. Η τεχνολογία Vectoring αποτελεί την κυρίαρχη επενδυτική επιλογή των παρόχων.

Σκοπός αυτής της εργασίας αποτελεί η μελέτη των σύγχρονων προκλήσεων στον χώρο των δικτύων ευρυζωνικής πρόσβασης επόμενης γενιάς για την Ελλάδα, την ανάλυση των κατευθύνσεων που παίρνει η εξέλιξη τους, τις διάφορες τεχνολογίες και δομές που αποτελούν τα NGA δίκτυα καθώς και μελλοντικές τεχνολογίες που θα τεθούν σε εφαρμογή τα επόμενα χρόνια.

ABSTRACT

The developments and development of the last decades in the field of telecommunications and particularly of wired broadband access are rapid. Today, for the majority of users, access rates and services are available that are highly upgraded compared to the past and, given the technological and scientific developments, an even greater development is expected in the coming years.

In this context, the European Commission has set specific strategic goals for upgrading the network infrastructures in its member states and already, even in our country, the required investments are being made so that the telecommunications providers can achieve these goals.

In this direction, the Greek telecommunications providers launched a round of investments with the aim of upgrading the access network and providing next generation access services. Vectoring technology is the dominant investment choice of providers.

The purpose of this thesis is to study the contemporary challenges in the field of next-generation broadband access networks for Greece, the analysis of the directions taken by their development, the various technologies and structures that make up NGA networks as well as future technologies that will be put into implementation in the coming years.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΟΤΗΤΑ

1.1 Ορισμός

Είναι αρκετά συχνό φαινόμενο ακόμα και σήμερα να συγχέεται η έννοια της ευρυζωνικότητας, καθώς δεν γίνεται άμεσα αντιληπτή από πολλούς ανθρώπους, οι οποίοι συχνά θεωρούν ότι είναι κάποια συγκεκριμένη ταχύτητα σύνδεσης είτε ένα συγκεκριμένο σύνολο υπηρεσιών. Εντούτοις, στην πραγματικότητα είναι κάτι διαφορετικό, αφού ο όρος δεν αναφέρεται σε συγκεκριμένη ταχύτητα ή υπηρεσία. Αντιθέτως, η ευρυζωνικότητα συνδυάζει το εύρος ζώνης (χωρητικότητα) με την ταχύτητα μιας σύνδεσης.

Με τον όρο ευρυζωνικότητα εννοείται ένα προηγμένο και καινοτόμο περιβάλλον, από κοινωνική και τεχνολογική άποψη, το οποίο αποτελείται από γρήγορες συνδέσεις με το Διαδίκτυο και κατάλληλες δικτυακές υποδομές για την ανάπτυξη νέων ευρυζωνικών εφαρμογών και υπηρεσιών. Μάλιστα, λόγω της συνεχόμενης αλλαγής των ευρυζωνικών τεχνολογιών, ο ορισμός της ευρυζωνικότητας συνεχώς εξελίσσεται. Από τηλεπικοινωνιακής άποψης, οι ευρυζωνικές τεχνολογίες είναι η μετεξέλιξη των υπαρχόντων ISDN δικτύων, τα οποία καλούνται πλέον ISDN στενού εύρους ζώνης (narrow band ISDN). Η συνδεσιμότητα των παρεχόμενων ευρυζωνικών υπηρεσιών αποτελεί ένα βασικό στοιχείο έτσι ώστε να καταστούν οι ΤΠΕ διαθέσιμοι πόροι οικονομικά προσιτοί και ταυτόχρονα αξιόπιστοι για πολίτες και επιχειρήσεις σε όλο τον κόσμο.

Αναλυτικότερα, η ευρυζωνικότητα ορίζεται με ευρεία έννοια ως το προηγμένο, εφικτό και καινοτόμο από πολιτική, κοινωνική, οικονομική και τεχνολογική άποψη περιβάλλον, αποτελούμενο από:

1. Την παροχή γρήγορων συνδέσεων στο Διαδίκτυο σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού, με ανταγωνιστικές τιμές (με τη μορφή καταναλωτικού αγαθού), χωρίς εγγενείς περιορισμούς στα συστήματα μετάδοσης και τον τερματικό εξοπλισμό των επικοινωνούντων άκρων.
2. Την κατάλληλη δικτυακή υποδομή που:
 - επιτρέπει την κατανεμημένη ανάπτυξη υπαρχόντων και μελλοντικών δικτυακών εφαρμογών και πληροφοριακών υπηρεσιών,
 - δίνει τη δυνατότητα αδιάλειπτης σύνδεσης των χρηστών σε αυτές
 - ικανοποιεί τις εκάστοτε ανάγκες των εφαρμογών σε εύρος ζώνης, αναδραστικότητα και διαθεσιμότητα, και

- είναι ικανή να αναβαθμίζεται συνεχώς και με μικρό επιπλέον κόστος ώστε να εξακολουθεί να ικανοποιεί τις ανάγκες όπως αυτές αυξάνουν και μετεξελίσσονται με ρυθμό και κόστος που επιτάσσονται από την πρόοδο της πληροφορικής και της τεχνολογίας επικοινωνιών.

3. Τη δυνατότητα του πολίτη να επιλέγει:

- ανάμεσα σε εναλλακτικές προσφορές σύνδεσης που ταιριάζουν στον εξοπλισμό του,
- μεταξύ διαφόρων δικτυακών εφαρμογών και
- μεταξύ διαφόρων υπηρεσιών πληροφόρησης και ψυχαγωγίας και με πιθανή συμμετοχή του ίδιου του πολίτη στην παροχή περιεχομένου, εφαρμογών και υπηρεσιών.

4. Το κατάλληλο ρυθμιστικό πλαίσιο αποτελούμενο από πολιτικές, μέτρα, πρωτοβουλίες, άμεσες και έμμεσες παρεμβάσεις, αναγκαίες για την ενδυνάμωση της καινοτομίας, την προστασία του ανταγωνισμού και την εγγύηση σοβαρής ισορροπημένης οικονομικής ανάπτυξης ικανής να προέλθει από τη γενικευμένη συμμετοχή στην ευρυζωνικότητα και την Κοινωνία της Πληροφορίας.

1.2 Η ανάγκη για ευρυζωνικότητα

Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που συντελούν στην ανάγκη για ευρυζωνικές επικοινωνίες είναι οι συνεχείς αλλαγές στις ανάγκες και απαιτήσεις των χρηστών. Οι ραγδαία αναπτυσσόμενες ανάγκες διακίνησης δεδομένων έχουν ως αποτέλεσμα τις αντίστοιχες αλλαγές στις ανάγκες και απαιτήσεις των χρηστών, κυρίως για ταχύτερη ανταλλαγή δεδομένων καθώς ο όγκος τους αυξανόταν με ταχύτερους ρυθμούς. Είναι προφανές ότι το χαμηλό κόστος και η αυξανόμενη χρήση των υπολογιστών βοήθησε την πρόσβαση εκατομμυρίων χρηστών στο διαδίκτυο, οι οποίοι όμως δεν παρουσιάζουν τις ίδιες ανάγκες και απαιτήσεις ως προς τη χρήση. Η ευρυζωνικότητα δύναται να ανταποκριθεί σε αυτή την πρόκληση μέσω ενός μεγάλου πλήθους υπηρεσιών.

Τα ευρυζωνικά δίκτυα μπορούν να προσπελαστούν μέσω μίας ποικιλίας ενσύρματων και ασύρματων υπηρεσιών, κάθε μία από τις οποίες προσφέρει μοναδικά πλεονεκτήματα στην ταχύτητα, την αξιοπιστία και το προσιτό κόστος. Οι χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση στις ευρυζωνικές υπηρεσίες και εφαρμογές όπως η τηλεφωνία με εικόνα (video telephony) και οι χαμηλού κόστους τηλεδιασκέψεις μέσω μιας μεγάλης ποικιλίας εξοπλισμού, όπως επιτραπέζιοι και φορητοί υπολογιστές, netbook, κινητά τηλέφωνα και smartphones.

Επιπρόσθετα, ο ολοένα και αυξανόμενος ανταγωνισμός των εταιρειών παροχής τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών επιτείνει την ανάγκη για ευρυζωνικότητα. Στις ανταγωνιστικές αγορές, η διαμάχη των εταιρειών για περισσότερους πελάτες και άρα μεγαλύτερα κέρδη, τις οδηγεί στην προσφορά ολοένα και πιο σύγχρονων υπηρεσιών, οι οποίες δεν είναι δυνατόν να ικανοποιηθούν μέσα από τα παλαιότερα δίκτυα επικοινωνιών. Κατά συνέπεια, οι Πάροχοι Υπηρεσιών Διαδικτύου τέτοιων υπηρεσιών αναγκάζονται να σχεδιάσουν τις στρατηγικές τους με τέτοιο τρόπο, ώστε να παρέχουν τις υπηρεσίες τους με τον καλύτερο δυνατό τρόπο και να καλύπτουν εφαρμογές μεγάλου εύρους ζώνης.

Τέλος, η συνεχής ελάττωση του κόστους του εξοπλισμού για την επεξεργασία και διακίνηση πληροφοριών παρέχει τη δυνατότητα σε όλο και μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού να αποκτήσουν διαδικτυακές συνδέσεις. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη συμφόρηση των υπαρχόντων δικτύων, τα οποία αδυνατούν να καλύψουν τις νέες και αυξανόμενες απαιτήσεις των χρηστών, καθώς και την ανάγκη για δίκτυα με ικανότητα μετάδοσης δεδομένων σε ρυθμούς γρηγορότερους από τα αρχικά ψηφιακά δίκτυα ενοποιημένων υπηρεσιών (ISDN).

1.3 Τεχνολογίες ευρυζωνικής πρόσβασης

1.3.1 Ενσύρματες ευρυζωνικές τεχνολογίες

DSL (Digital subscriber line)

Πρόκειται για την πιο συνηθισμένη ευρυζωνική πλατφόρμα στον κόσμο σήμερα. Η τεχνολογία DSL χρησιμοποιεί διαφορετικές συχνότητες για να διαχωρίσει τις υπηρεσίες δεδομένων και φωνής που χρησιμοποιούν την ίδια τυπική τηλεφωνική γραμμή. Αυτό σημαίνει ότι οι χρήστες έχουν ταυτόχρονη δυνατότητα να βρίσκονται στο διαδίκτυο αλλά και να μιλούν στο τηλεφωνικό δίκτυο, χρησιμοποιώντας μόνο μια τηλεφωνική γραμμή. Όπως όλες οι ευρυζωνικές τεχνολογίες, η DSL προσφέρει υψηλότερες ταχύτητες και καλύτερη ποιότητα για τη μετάδοση φωνής, δεδομένων και εικόνων. Η DSL είναι μια εξατομικευμένη υπηρεσία, όπου κάθε χρήστης έχει το δικό του κύκλωμα προς το τηλεφωνικό κέντρο. Αυτό σημαίνει ότι το διαθέσιμο στο χρήστη εύρος ζώνης και η ταχύτητα των υπηρεσιών δεν ποικίλουν ανάλογα με τον αριθμό των συνδρομητών/ χρηστών σε μια συγκεκριμένη περιοχή.

xDSL

Το “x” στη συγκεκριμένη συντομογραφία σημαίνει την ύπαρξη πολλών και διαφορετικών DSL προδιαγραφών, οι οποίες καλύπτουν διαφορετικές ανάγκες. Με τις τεχνολογίες αυτές, η επικοινωνία γίνεται εξ’ ολοκλήρου ψηφιακά με τη χρήση εξελιγμένων τεχνικών διαμόρφωσης σήματος. Έτσι, είναι δυνατή η χρήση πολύ μεγαλύτερου εύρους ζώνης σε σχέση με την απλή DSL τεχνολογία, γεγονός που

συνεπάγεται μεγαλύτερες ταχύτητες για τις ανάγκες που καλύπτει η εκάστοτε “x” τεχνολογία. Οι πιο διαδεδομένες xDSL τεχνολογίες είναι οι ADSL (Asymmetric DSL), HDSL (High Speed DSL), IDSL (ISDN – DSL), RADSL (Rate – adaptive DSL), SDSL (Symmetric DSL) και VDSL (Very High Speed DSL), η κάθε μια με διαφορετικά τεχνικά χαρακτηριστικά.

Καλωδιακά μόντεμ

Τα καλωδιακά μόντεμ είναι επίσης μια πολύ δημοφιλής ευρυζωνική τεχνολογία, η οποία έχει ανθήσει σε περιοχές με ανεπτυγμένα δίκτυα καλωδιακής τηλεόρασης. Τα καλωδιακά δίκτυα είναι ικανά να μεταφέρουν διαφορετικά κανάλια πάνω στο ίδιο φυσικό μέσο (καλώδιο). Αρχικά, τα κανάλια αυτά μεταφέρουν το σήμα από διαφορετικούς τηλεοπτικούς σταθμούς. Στις μέρες μας, πέρα από τα προαναφερθέντα τηλεοπτικά σήματα, ένα κανάλι στέλνει δεδομένα σε χρήστες από το διαδίκτυο και κάποιο άλλο κανάλι στέλνει δεδομένα από τους χρήστες στο διαδίκτυο. Η κύρια διαφορά μεταξύ DSL και καλωδιακής τεχνολογίας είναι ότι στην καλωδιακή όλοι οι συνδρομητές μιας μικρής περιοχής διαμοιράζονται τα ίδια κανάλια για την αποστολή και λήψη δεδομένων. Αυτό σημαίνει ότι το εύρος ζώνης και η ταχύτητα εξυπηρέτησης των αναγκών ενός χρήστη είναι άμεση συνάρτηση του εύρους ζώνης που καταναλίσκουν οι γειτονικοί συνδρομητές εκείνη τη χρονική στιγμή.

Καλώδια οπτικών ινών

Αντίθετα με τις DSL και καλωδιακές τεχνολογίες που χρησιμοποιούν χάλκινα σύρματα (συνεστραμμένα ζεύγη συρμάτων), η τεχνολογία οπτικών ινών χρησιμοποιεί λέιζερ για να μεταδώσει παλμούς φωτός μέσω εξαιρετικά λεπτών μερών πυριτίου. Επειδή το φως χρησιμοποιεί υψηλές συχνότητες, οι οπτικές ίνες μπορούν να μεταφέρουν πολλαπλάσιο αριθμό (αρκετές χιλιάδες φορές) των δεδομένων που μεταφέρουν τα ραδιοκύματα ή τα ηλεκτρικά σήματα. Θεωρητικά, οι οπτικές ίνες μπορούν να παρέχουν σχεδόν απεριόριστο δυναμικό εύρους ζώνης και για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται για συνδέσεις μεγάλου εύρους ζώνης μεταξύ πόλεων ή για επιβαρυνμένες επικοινωνιακά περιοχές. Το κόστος εγκατάστασης οπτικών ινών έκανε πιο παλιά, απαγορευτική τη χρήση τους για τη διασύνδεση σπιτιών ή ακόμα και μικρών κοινωνιών, αλλά πλέον οι τιμές έχουν πέσει αρκετά σε βαθμό που σε διάφορες οικονομίες οι χρήστες μπορούν να συνδεθούν με το διαδίκτυο με ταχύτητες ακόμα και 20 φορές μεγαλύτερες από τις ταχύτερες DSL και cable modem συνδέσεις.

1.3.2 Ασύρματες ευρυζωνικές τεχνολογίες

Ασύρματα δίκτυα (WLANs και Wi – Fi)

Τα ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLANs) είναι τοπικά δίκτυα τα οποία χρησιμοποιούν ασύρματα ηλεκτρομαγνητικά κύματα για να μεταδώσουν και να λάβουν δεδομένα.

Κινητές συσκευές έχουν πρόσβαση στο δίκτυο συνδεδεμένες μέσω ραδιοκυμάτων με ένα ενσύρματο σημείο πρόσβασης (access point), το οποίο αποστέλλει και λαμβάνει δεδομένα. Τα WLANs είναι ένας αποδοτικός τρόπος για τη διαμοίραση ασύρματης πρόσβασης στο διαδίκτυο, μέσω μιας ευρυζωνικής σύνδεσης, εντός απόστασης 100 μέτρων. Είναι επίσης μια συνεχώς αυξανόμενης χρήσης μέθοδος για την παροχή ευρυζωνικών συνδέσεων μεγάλων αποστάσεων (με τη χρήση ειδικού εξοπλισμού που αυξάνει τη δυνατή απόσταση μεταξύ των σημείων σύνδεσης) σε αγροτικές περιοχές για αναπτυσσόμενα κράτη. Ο πιο συνηθισμένος τύπος WLAN τεχνολογίας είναι γνωστός ως Wi-Fi. Αν και η Wi-Fi τεχνολογία ανήκει στην κατηγορία WLAN δεν είναι συνώνυμη με αυτή. Άλλες WLAN τεχνολογίες είναι οι Home RF2, HiperLAN2 και 802.11a.

LMDS (Local Multipoint Distribution System)

Πρόκειται για μια ασύρματη ευρυζωνική τεχνολογία, που χρησιμοποιείται για μετάδοση φωνής και δεδομένων, υπηρεσίες διαδικτύου και τηλεοπτικές υπηρεσίες. Είναι ένα σύστημα απευθείας μικροκυματικής μετάδοσης από μια τοπικά κεντρική κεραία προς το σπίτι ή την επιχείρηση. Χρησιμοποιεί πολύ υψηλές συχνότητες (συνήθως από την περιοχή των 25 GHz και άνω) και έχει κυψελοειδή δικτυακή αρχιτεκτονική. Εντούτοις, δε μπορεί να παράσχει κινητές υπηρεσίες. Οι ταχύτητες μετάδοσης που μπορεί να υποστηρίξει η LMDS αγγίζουν τα 1.5 Gbps για μετάδοση δεδομένων προς το χρήστη και τα 200 Mbps από το χρήστη προς το δίκτυο. Θεωρείται ότι είναι μια εναλλακτική λύση αντί της εγκατάστασης οπτικών ινών κι αυτό γιατί έχει πολύ χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης.

Δορυφορική ευρυζωνική πρόσβαση (satellites)

Με την τεχνολογία αυτή είναι δυνατή η εκπομπή μέσω δορυφορικών συνδέσεων. Για τη σύνδεση με το διαδίκτυο απαιτείται η χρήση δορυφορικής κεραίας («πιάτο»). Υπάρχουν 2 είδη δορυφορικής ευρυζωνικής πρόσβασης: Η one – way και two – way δορυφορική πρόσβαση.

Η one – way επιτρέπει μονόδρομη επικοινωνία με το διαδίκτυο (μόνο download), ενώ η two – way επιτρέπει αμφίδρομη (download και upload), με μεγαλύτερα όμως κόστη εξοπλισμών και εγκαταστάσεων. Ένας δορυφόρος μπορεί να μεταδίδει ροές δεδομένων από πολλαπλά κανάλια ήχου, βίντεο και δεδομένων σε ταχύτητες που κυμαίνονται από 400 Kbps ως 19 Mbps. Δυστυχώς, η τεχνολογία των μόντεμ είναι τέτοια που περιορίζει τους αποδοτικούς ρυθμούς δεδομένων για το χρήστη στα 400 Kbps.

Πλεονεκτήματα της δορυφορικής ευρυζωνικής πρόσβασης είναι ότι μπορεί να είναι διαθέσιμη παντού και ότι είναι δυνατόν να εξυπηρετείται ένας πολύ μεγάλος αριθμός χρηστών, οι οποίοι βρίσκονται εντός του «πεδίου δράσης» (“footprint”) του

δορυφόρου. Στα μειονεκτήματά της καταγράφονται το μεγάλο κόστος για ένα χρήστη λόγω των ακριβών μηχανημάτων που απαιτούνται (απόκτηση δορυφορικού πιάτου κ.λπ.), το ότι η oneway πρόσβαση απαιτεί την ύπαρξη και άλλης σύνδεσης (dial - up ή ISDN) για την αίτηση για δεδομένα από το διαδίκτυο, καθώς και το ότι οι δορυφορικές συνδέσεις είναι δυνατόν να επηρεαστούν από καιρικά φαινόμενα όπως η έντονη και συνεχής βροχόπτωση.

Κατά συνέπεια, η ευρυζωνικότητα μπορεί να επιτευχθεί με διάφορες τεχνικές. Από αυτές ξεχωρίζει και υπερισχύει έναντι των υπολοίπων η τεχνική των οπτικών ινών, καθώς παρέχει απεριόριστες δυνατότητες εύρους ζώνης, έχει μεγάλη αξιοπιστία και είναι σχετικά φθηνή στην εγκατάσταση της. Ωστόσο αξίζει να επισημανθεί ότι υπάρχουν και πολλές ασύρματες τεχνολογίες, όπως και τεχνολογίες χαλκού οι οποίες αναπτύσσονται με επίσης μεγάλους ρυθμούς και ορισμένες από αυτές έχουν μέχρι στιγμής καταφέρει να ανταποκριθούν στις συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις από την μεριά των καταναλωτών.

1.4 Πλεονεκτήματα ευρυζωνικότητας

1.4.1 Οικονομικά και τεχνολογικά οφέλη

Η σημασία της ευρυζωνικότητας για την ανάπτυξη της οικονομίας και γενικότερα της Κοινωνίας της Πληροφορίας γίνεται άμεσα αντιληπτή μέσα από το γεγονός ότι οι περισσότερες χώρες παγκοσμίως έχουν θέσει ως ένα από τους κυριάρχους στόχους τους την όσο το δυνατό μεγαλύτερη ανάπτυξη της ευρυζωνικής πρόσβασης, καθώς και την παροχή σε όσο το δυνατόν περισσότερους πολίτες και επιχειρήσεις.

Ένας από τους κύριους λόγους είναι ότι η ευρυζωνικότητα μπορεί να βοηθήσει τις χώρες να προσελκύσουν, να εκπαιδεύσουν και να διατηρήσουν μία δημιουργική τάξη εργαζομένων, καθώς η παρουσία της οδηγεί σε νέα επιχειρηματικά μοντέλα και νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες. Ταυτόχρονα, άλλα οικονομικά οφέλη της ευρυζωνικότητας περιλαμβάνουν τη δημιουργία και τη διευκόλυνση του εμπορίου, τη μείωση του κόστους με τις διεθνείς επικοινωνίες και τη μεγαλύτερη πρόσβαση στις διεθνείς αγορές.

Συνολικά, η ανάπτυξη των κατάλληλων ευρυζωνικών υποδομών βελτιώνει σημαντικά τις συνθήκες της αγοράς, προωθεί την καινοτομία στην παροχή δικτυακών υπηρεσιών και εφαρμογών και αυξάνει την επιχειρηματικότητα ιδιαίτερα ότι αφορά τις νέες τεχνολογίες. Επιπρόσθετα, σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες τα ευρυζωνικά δίκτυα παρέχουν μοναδικά τεχνολογικά πλεονεκτήματα που επιτρέπουν στις αναδυόμενες οικονομίες να διέλθουν με ανταγωνιστικό τρόπο στις διεθνείς αγορές. Μερικά ενδεικτικά οφέλη των ευρυζωνικών συνδέσεων περιγράφονται παρακάτω:

- Απανταχού πρόσβαση: τα ευρυζωνικά δίκτυα είναι πάντα σε λειτουργία και διαθέσιμα για χρήση.

- Προηγμένες εφαρμογές πολυμέσων: οι υψηλές ευρυζωνικές ταχύτητες επιτρέπουν την εύκολη πρόσβαση σε online βίντεο, διαδραστικές εφαρμογές, παιχνίδια και άλλες πολυμεσικές εφαρμογές.
- Μείωση κόστους: η περιήγηση στο Web, το e-mail και άλλες online δραστηριότητες μπορούν να αυξήσουν την παραγωγικότητα της εργασίας και να μειώσουν το κόστος συλλογής πληροφοριών.
- Βελτιωμένη επικοινωνία: Τα ευρυζωνικά δίκτυα επιτρέπουν επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο, μέσω email, instant messaging, Voice-over-Internet Protocol (VoIP). Με τον τρόπο αυτό οι επιχειρήσεις μπορούν να επικοινωνούν πιο συχνά και με χαμηλότερο κόστος με τους πελάτες τους προμηθευτές και συνεργάτες σε όλο τον κόσμο.
- Βελτίωση της αποτελεσματικότητας της ενέργειας: η ευρυζωνικότητα μειώνει τις ανάγκες μετακίνησης και οδηγεί έτσι σε μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και μεγαλύτερη συνολική ενεργειακή απόδοση.

1.4.2. Κοινωνικά οφέλη

Τα κοινωνικά οφέλη της ευρυζωνικής τεχνολογίας είναι δύσκολο να αποτυπωθούν, αλλά μπορούν να γίνουν αντιληπτά αν παρουσιαστούν οι τομείς στους οποίους βρίσκουν εφαρμογή οι ευρυζωνικές υπηρεσίες.

Με τα ευρυζωνικά δίκτυα, οι πολίτες/ χρήστες αποκτούν πρόσβαση σε μια μεγάλη ποικιλία εξελιγμένων υπηρεσιών όπως οι τηλε-υπηρεσίες (e-services), π.χ. τηλε-εργασία, τηλε-εκπαίδευση, τηλε-ιατρική, τηλε-συνεδρίαση, κλπ., δικτυακές υπηρεσίες ανάμεσα σε ισότιμους κόμβους (peer-to-peer networking services), αλληλεπιδραστικά παιχνίδια, καθώς και ένα μεγάλο σύνολο υπηρεσιών που σχετίζονται με την παροχή πληροφοριών, ψυχαγωγικών δραστηριοτήτων αλλά και εμπορικών συναλλαγών.

Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η χρήση του ευρυζωνικού δικτύου επιτρέπει τον εντοπισμό νέων προϊόντων και προμηθευτών, την ευκολότερη επικοινωνία με συνεργάτες και πελάτες, την αμεσότερη προβολή προϊόντων και υπηρεσιών χωρίς γεωγραφικούς περιορισμούς, καθώς και την ευκολότερη πραγματοποίηση συναλλαγών με το Δημόσιο, τράπεζες κ.λ.π. Ταυτόχρονα, τα ευρυζωνικά δίκτυα παρέχουν αποτελεσματικά και λιγότερα δαπανηρά βασικές δημόσιες υπηρεσίες, όπως η κοινωνική περίθαλψη, η εκπαίδευση, η δημόσια ασφάλεια καθώς και υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης (όπως π.χ. παροχή ιατρικών συμβουλών από απόσταση σε απομακρυσμένα ιατρεία ή κέντρα υγείας), μειώνοντας το ψηφιακό χάσμα.

Με αυτό τον τρόπο είναι εμφανές ότι επηρεάζεται η ζωή των πολιτών τόσο στις απλές καθημερινές συνήθειες όπως η διαπροσωπική επικοινωνία, η εργασία, η

εκπαίδευση και η ψυχαγωγία όσο και σε περισσότερο πολύπλοκες όπως το εμπόριο, οι συναλλαγές, η συλλογή και επεξεργασία πληροφοριών και η συμμετοχή σε ένα πιο εξελιγμένο σύστημα υγείας. Με τη σύνδεση των πολιτών μεταξύ τους, όπως επίσης και των επιχειρήσεων, των κοινωνικών υπηρεσιών αλλά και γενικότερα των κυβερνήσεων, οι ευρυζωνικές υπηρεσίες βοηθούν τους ανθρώπους να γίνουν πιο ενημερωμένοι και πιο ενεργοί, κάτι που οδηγεί σε καλύτερη ποιότητα ζωής και περισσότερες προσωπικές και επαγγελματικές ευκαιρίες.

Επιπροσθέτως, η ευρυζωνικότητα μπορεί να μειώσει τις βλαβερές συνέπειες της αστικοποίησης με διάφορους τρόπους όπως: α) αύξηση των οικονομικών ευκαιριών στις αγροτικές περιοχές, παρέχοντας την δυνατότητα σε πολίτες απομακρυσμένων περιοχών να εργάζονται από το σπίτι β) βελτίωση της εκπαίδευσης, επειδή η ευρυζωνική πρόσβαση δίνει την δυνατότητα στους ανθρώπους της υπαίθρου να εκπαιδευτούν στις νέες τεχνολογίες χωρίς να απαιτείται η μετακίνησή τους σε αστικές περιοχές και γ) βελτίωση της αστικής ζωής, επειδή η ευρυζωνικότητα βελτιώνει την παραγωγικότητα, μειώνοντας παράλληλα τις απαιτήσεις σε ενέργεια, την ηχορύπανση και την εκπομπή καυσαερίων (λόγω της μείωσης των μετακινήσεων).

Συμπερασματικά, η ανάπτυξη ευρυζωνικών δικτυακών υποδομών μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την καθημερινή ζωή των πολιτών. Επιπλέον, μπορεί να βοηθήσει την ανάπτυξη της Κοινωνίας της Πληροφορίας, η οποία θα αντιμετωπίζει με αποτελεσματικότητα τις ανάγκες των πολιτών αλλά και θα γεφυρώνει το ψηφιακό χάσμα που αντιμετωπίζουν κοινωνικές και γεωγραφικά αποκλεισμένες ομάδες.

1.4.3. Οφέλη για τον δημόσιο και ιδιωτικό τομέα

Η εγκατάσταση ευρυζωνικών δικτύων και υποδομών σε μια χώρα μπορεί να επιφέρει σημαντικές αλλαγές τόσο στο δημόσιο όσο και στον ιδιωτικό τομέα. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά το δημόσιο χώρο, η διάδοση των ευρυζωνικών υποδομών και υπηρεσιών επιφέρει μεγάλες αλλαγές στη λειτουργία, την αποτελεσματικότητα και την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών, καθώς παρέχει τη δυνατότητα μιας αποδοτικότερης αλληλεπίδρασης μεταξύ δημόσιων υπηρεσιών και πολιτών μέσω αυτοματοποιημένων διαδικασιών. Συγκεκριμένα, απλοποιούνται και βελτιώνονται σε σημαντικό βαθμό οι παρεχόμενες κρατικές υπηρεσίες προς τους πολίτες και τις επιχειρήσεις.

Ταυτόχρονα, οι υποδομές αυτές, μέσω της αξιοποίησης των υπηρεσιών που εισάγουν, προσφέρουν τη δυνατότητα αξιοποίησης νέων εφαρμογών και υπηρεσιών, που δρουν θετικά στην ανάπτυξη εκπαιδευτικών και ερευνητικών δραστηριοτήτων πραγματικά υψηλής ποιότητας. Αντίστοιχες σημαντικές συνέπειες εμφανίζονται και στον τομέα της υγείας, καθώς με τα ευρυζωνικά δίκτυα μπορούν να παρασχεθούν υπηρεσίες υψηλού επιπέδου ακόμα και στις πιο απομακρυσμένες περιοχές μιας χώρας.

Ένα σημαντικό στοιχείο όλων των παγκόσμιων οικονομιών είναι το γεγονός ότι οι δημόσιες υπηρεσίες αποτελούν συνήθως τον καλύτερο πελάτη που αποφέρει τα μεγαλύτερα έσοδα στους τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς, διότι καταβάλλουν σημαντικά τέλη. Η ανάπτυξη και εγκατάσταση των ευρυζωνικών υποδομών προσφέρει τη δυνατότητα για καλύτερες και φθηνότερες τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες, συμβάλλοντας στη δημιουργία νέων επιχειρηματικών σχημάτων μεταξύ δημόσιων και ιδιωτικών φορέων.

Συνοπτικά τα πλεονεκτήματα του Δημοσίου Τομέα λόγω της χρήσης της ευρυζωνικότητας είναι τα εξής:

- Εξοικονόμηση χρόνου με τη χρήση αυτόματων διαδικασιών.
- Μείωση ανάγκης για εργασίες διαχείρισης.
- Μείωση γραφειοκρατίας με παράλληλη αύξηση της ικανοποίησης των εργαζομένων.
- Βελτίωση της εικόνας της Δημόσιας Διοίκησης.
- Ενίσχυση της ομαδικότητας και συνεργασίας.
- Καλύτερα εκπαιδευμένοι υπάλληλοι.
- Ευκολότερη και ταχύτερη διάχυση της πληροφορίας.

Όσον αφορά τον ιδιωτικό τομέα, οι επιχειρήσεις έχουν τη δυνατότητα να πετύχουν μια μεγαλύτερη οικονομική ανάπτυξη μέσω της χρήσης των ευρυζωνικών δικτύων. Μέσω των νέων υπηρεσιών και εφαρμογών της ευρυζωνικότητας επιτυγχάνεται απλοποίηση του τρόπου εισαγωγής των επιχειρήσεων στο νέο ψηφιακό περιβάλλον και υλοποίηση νέων μηχανισμών διαφήμισης και προώθησης προϊόντων και υπηρεσιών. Ταυτόχρονα, τον πιο ουσιαστικό ρόλο για την ανάπτυξη των επιχειρήσεων διαδραματίζει το γεγονός ότι η γεωγραφική έδρα τους δεν έχει ουσιαστικά καμία σημασία, καθώς λόγω της ευρυζωνικότητας θα είναι πλέον ευκολότερο να κινηθούν και στις πιο απομακρυσμένες από αυτές γεωγραφικές περιοχές μέσω του ηλεκτρονικού εμπορίου, ένα είδος εμπορίου με δυναμική ικανή να ανατρέψει τα σημερινά δεδομένα αναφορικά με την ανταγωνιστικότητα των επιχειρήσεων παγκοσμίως.

1.5 Το Ευρωπαϊκό πλαίσιο

Ειδική σημασία έχει η ανάπτυξη των Ευρυζωνικών Δικτύων Πρόσβασης και το πώς η εξέλιξη τους ανοίγει μια τεράστια γκάμα δυνατοτήτων στις υπηρεσίες που μπορούν να παρέχονται σε πολίτες και επιχειρήσεις.

Σε αυτά τα πλαίσια, η Ευρωπαϊκή Ένωση επενδύει τόσο σε οικονομικό, όσο και σε τεχνολογικό επίπεδο για να μπορέσει να επιτύχει μια σειρά από στόχους, με κεντρικό σκοπό την ανάπτυξη των τηλεπικοινωνιακών υποδομών και την παροχή υψηλής ποιότητας πρόσβαση στο Διαδίκτυο στην πλειονότητα των περιπτώσεων εντός ΕΕ. Πιο συγκεκριμένα, έχουν τεθεί οι εξής στόχοι:

- Βασική ευρυζωνική σύνδεση για όλους τους πολίτες μέχρι το 2013, στόχος που έχει ήδη επιτευχθεί καθώς υπάρχει 100% δορυφορική κάλυψη για κάθε πολίτη.
- Κάλυψη των Δικτύων Νέας Γενιάς (Next Generation Networks – NGN): ο στόχος έχει τεθεί για 30 Mbps το ελάχιστο για όλους μέχρι το 2023.
- Χρήση των Δικτύων Νέας Γενιάς: 100 Mbps για το 50% των νοικοκυριών μέχρι το 2023.

Επιπροσθέτως, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει θέσει τον ορίζοντα της στρατηγικής της με βάση την απόφαση που κατέληξε τον Σεπτέμβριο του 2016 «Connectivity for a European Gigabit Society». Αποτελούν μια σειρά ιδιαίτερα φιλόδοξων στόχων, με σκοπό να έχουν υλοποιηθεί έως το 2025, που όμως πρόκειται να ανεβάσουν τις δυνατότητες ευρυζωνικής πρόσβασης για τον μέσο χρήστη σε ένα πολύ ανώτερο επίπεδο σε σχέση με σήμερα. Συγκεκριμένα:

- Ευρυζωνική πρόσβαση έως και 1 Gbps για σχολεία, σταθμούς Μαζικής Μεταφοράς (αεροδρόμια, σταθμούς τρένων κλπ.), Δημόσιες Υπηρεσίες, καθώς και για μεγάλες επιχειρήσεις με υψηλές ψηφιακές ανάγκες.
- Αναβάθμιση των υφιστάμενων καθοδικών ρυθμών μετάδοσης (download) σε κάθε νοικοκυριό από 100 Mbps σε 1 Gbps.
- Ασύρματη πρόσβαση σε 5G δίκτυο σε όλες τις αστικές περιοχές, καθώς και σε σιδηροδρόμους και σε εθνικά οδικά δίκτυα.

Στο πλαίσιο αυτού του στρατηγικού σχεδιασμού εντάσσεται και μια εντατική προσπάθεια στη χώρα μας ανάπτυξης και ανταγωνισμού μεταξύ των τηλεπικοινωνιακών παρόχων για την επίτευξη αυτών των στόχων. Συγκεκριμένα, ενώ εδώ και πάνω από μια δεκαετία οι κύριες επενδύσεις σε νέα προϊόντα γίνονταν κυρίως στο επίπεδο της παροχής υπηρεσιών, πλέον οι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι στα πλαίσια της διεύρυνσης και της επίτευξης αυτών των στόχων, δείχνουν εξαιρετικό ενδιαφέρον ως προς την επένδυση κι στο επίπεδο της υποδομής. Ελέω της πληθώρας σχεδιαστικών επιλογών, αρχιτεκτονικών και τεχνολογιών στα πλαίσια της νέας γενιάς δικτύων ευρυζωνικής πρόσβασης, είναι κρίσιμοι οι επιλογές που παίρνει κάθε φορά ο πάροχος για την αναβάθμιση της υποδομής του να μπορούν να αναβαθμίζουν την ποιότητα της παρεχόμενης υπηρεσίας για τον χρήστη, διατηρώντας παράλληλα όσο το δυνατόν χαμηλότερα το κόστος.

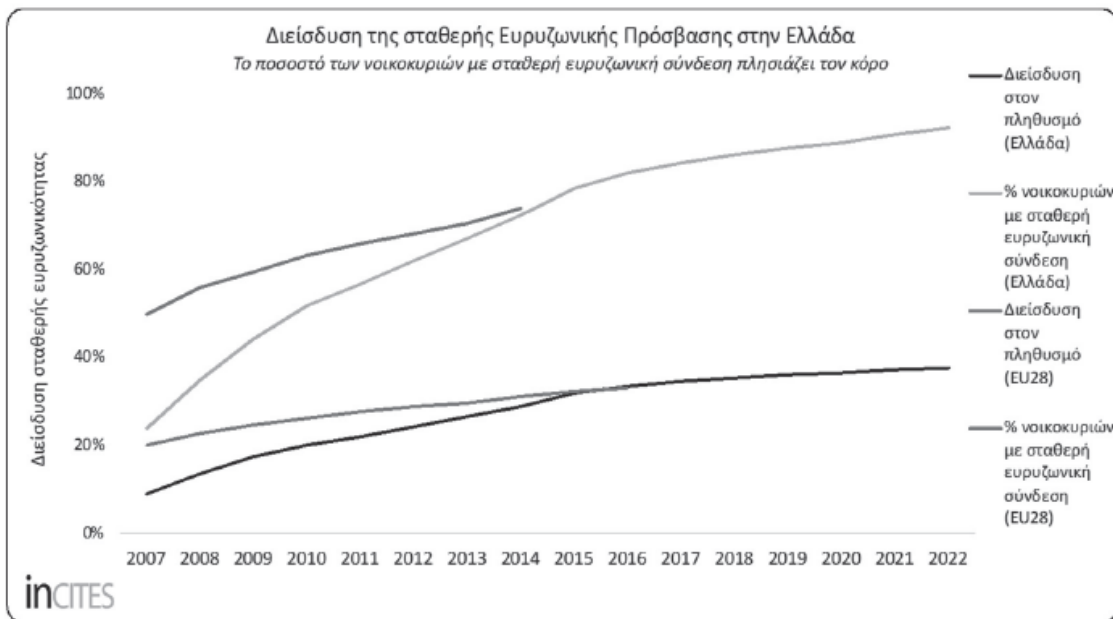
1.6 Η κατάσταση στην Ευρώπη και στην Ελλάδα

Τα οφέλη από την ευρυζωνικότητα περιλαμβάνουν την αποτελεσματική διακυβέρνηση και εύρυθμη λειτουργία του κράτους, καθώς επίσης και για τη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας της οικονομίας, αλλά και τη μείωση της ανεργίας μέσω νέων επιχειρηματικών ευκαιριών και μοντέλων. Ταυτόχρονα, συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών, με την παροχή προηγμένων υπηρεσιών ψυχαγωγίας, υγείας, μεταφορών και προστασίας του περιβάλλοντος. Αντικειμενικά, λοιπόν, όλο και περισσότεροι χρήστες επιδιώκουν να έχουν πρόσβαση σε αυτή.

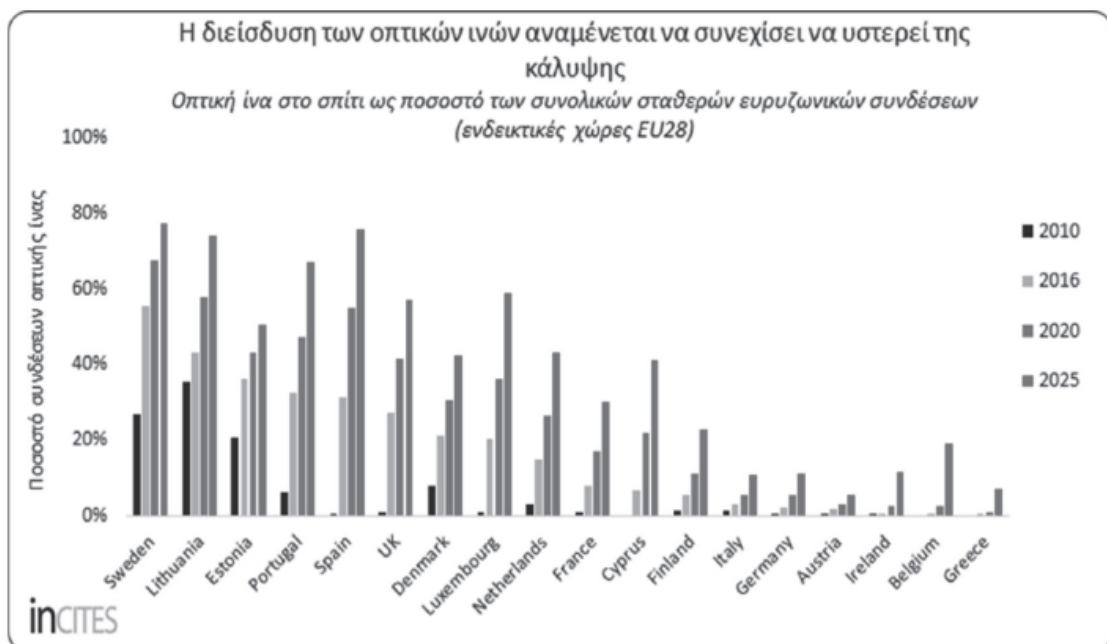
Η εικόνα 1.1 δείχνει τα ιστορικά στοιχεία και τις προβλέψεις για το μέσο ποσοστό διείσδυσης της χρήσης σταθερής ευρυζωνικής πρόσβασης στην Ευρώπη και στην Ελλάδα, αλλά και την διαθεσιμότητα των σχετικών υποδομών στον πληθυσμό. Η Εικόνα 1.2 δείχνει τα ιστορικά στοιχεία και τις προβλέψεις για το μέσο ποσοστό διείσδυσης των τεχνολογιών FTTx σε διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες (και στην Ελλάδα, η οποία δυστυχώς υστερεί σημαντικά από τον Ευρωπαϊκό Μ.Ο.). Σημειώνεται ότι τα ιστορικά δεδομένα προέρχονται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, ενώ οι προβλέψεις βασίζονται σε ανάλυση της εταιρείας InCites.

Πρέπει όμως να αναφέρουμε ότι η Ευρώπη και ειδικότερα η Ελλάδα υστερούν σημαντικά, αναφορικά με την ύπαρξη προηγμένων τεχνολογιών αλλά και ψηφιακών υπηρεσιών διαθέσιμων προς τους πολίτες και τις επιχειρήσεις. Προκειμένου να επιλυθεί αυτό το ζήτημα, έχει διαπιστωθεί (διαβούλευση Ψηφιακή Ελλάδα 2020, 2010-2011), ότι χρειάζεται η συντονισμένη προσπάθεια τόσο του δημόσιου όσο και του ιδιωτικού τομέα για την υλοποίηση των κατάλληλων υποδομών και την υιοθέτηση τους από πολίτες και επιχειρήσεις. Προς αυτή την κατεύθυνση, έχουν καταστρωθεί, διαχρονικά, σχέδια και δράσεις που στόχο είχαν την σύγκλιση του επιπέδου Δικτυακής Ετοιμότητας της Ελλάδας με τα άλλα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Η πλέον πρόσφατη και εν ενεργεία από το 2014 δραστηριότητα περιγράφεται στο Εθνικό Ευρυζωνικό Σχέδιο. Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει σημαντικά βήματα προς αυτή την κατεύθυνση, με πλέον πρόσφατο την Τρίτη 10 Ιουλίου 2018, οπότε και συνδέθηκε στην Αττική η πρώτη κατοικία σε Δίκτυο Πρόσβασης Οπτικών Ινών (FTTH).



Εικόνα 1.1: Ιστορικά στοιχεία και προβλέψεις για το μέσο ποσοστό διείσδυσης της χρήσης σταθερής ευρυζωνικής πρόσβασης στην Ελλάδα και την Ευρώπη αλλά και την διαθεσιμότητα των σχετικών υποδομών στον πληθυσμό.



Εικόνα 1.2: Ιστορικά στοιχεία και προβλέψεις για το ποσοστό διείσδυσης των τεχνολογιών FTTx σε Ευρωπαϊκές χώρες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΟΠΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

2.1 Η τεχνολογία FTTx

Με τον όρο Fiber to the x ή FTTx περιγράφεται κάθε αρχιτεκτονική δικτύου που χρησιμοποιεί οπτικές ίνες σε αντικατάσταση όλου ή μέρους του χάλκινου τοπικού βρόχου (ή άλλης τεχνολογίας) που χρησιμοποιείται για την παροχή υπηρεσιών τηλεπικοινωνιών.

Η κατάληξη x αναφέρεται στο σημείο όπου καταλήγει η οπτική ίνα από την πλευρά του τελικού χρήστη, πελάτη. Το σημείο αυτό είναι μια οπτικο-ηλεκτρονική διασύνδεση και συνήθως βρίσκεται μέσα σε κάποιο εξοπλισμό μετάδοσης, που ονομάζεται Οπτική Μονάδα Δικτύου (Optical Network Unit - ONU) ή Οπτικό Τερματικό Δικτύου (Optical Network Terminal - ONT).

Πιο συγκεκριμένα το ONU χρησιμοποιείται όταν η οπτική ίνα καταλήγει σε τηλεπικοινωνιακές καμπίνες (cabinets), ενώ το ONT όταν η ίνα φτάνει μέσα στο κτίριο. Για παράδειγμα, για την αρχιτεκτονική των FTTH δικτύων υπάρχει ONT στο άκρο της οπτικής ίνας του δικτύου. Το σημείο έναρξης για όλες τις αρχιτεκτονικές οπτικών δικτύων βρίσκεται μέσα στο Κεντρικό Γραφείο (CO), που επίσης ονομάζεται και σημείο παρουσίας του FTTx (POP).

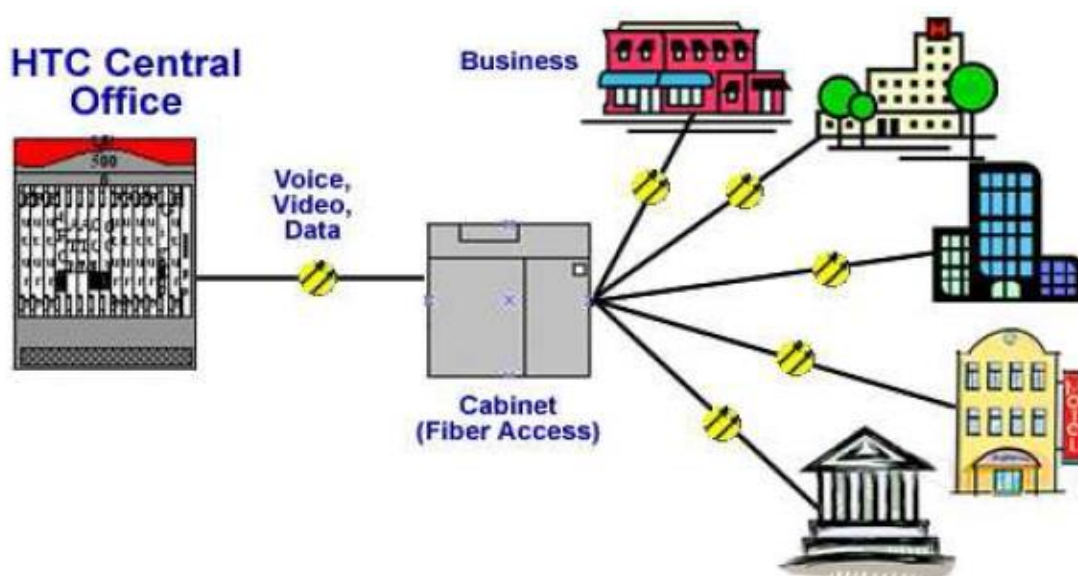
Παρακάτω περιγράφονται τα διαφορετικά είδη του όρου FTTx, που ορίζουν και το σημείο που καταλήγει η οπτική ίνα. Για την περιγραφή των διαφόρων FTTx αρχιτεκτονικών χρησιμοποιούνται διάφοροι όροι στην αγορά των τηλεπικοινωνιών, με τους πιο διαδεδομένους να είναι οι:

- FTTN: Fiber to the Node ή Fiber to the Neighborhood
- FTTC: Fiber to the Curb or Cabinet
- FTTB: Fiber to the Building
- FTTH: Fiber to the Home
- FFTB: Fiber to the Business
- FFTLA: Fiber to the Last Amplifier
- FFTO: Fiber to the Office
- FFTP: Fiber to the Premises
- FFTU: Fiber to the User
- FTTDp: fiber to the Distribution point

2.2 Αρχιτεκτονικές FTTx δικτύων

Όλα τα δίκτυα FTTx διαθέτουν οπτικές ίνες μέχρι κάποιο διαφορετικό σημείο τερματισμού, που αναφέρεται ως x. Όλες αυτές οι παραλλαγές αυτών των δικτύων είναι οι ακόλουθες.

- FTTB (Fiber To The Business) - Οπτική ίνα στην επιχείρηση. Το σημείο τερματισμού της οπτικής ίνας είναι σε μια επιχείρηση με τον αντίστοιχο εξοπλισμό τερματισμού (ONT - Optical Network Termination or OLT - Optical Line Termination).

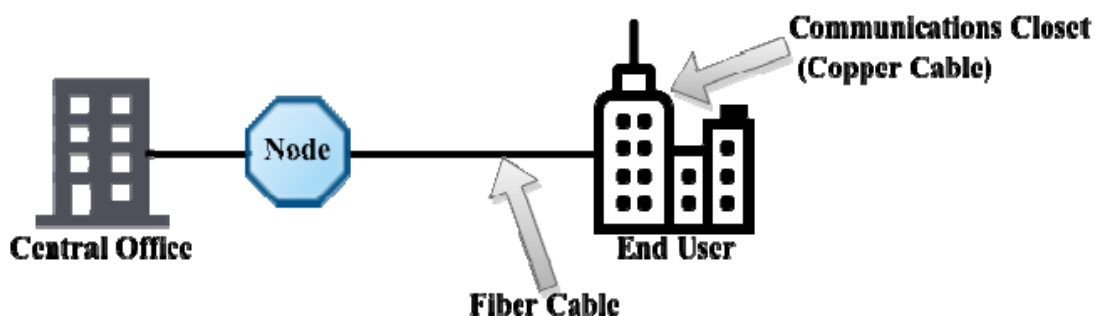


Εικόνα 2.1: Fiber to the Business.

- FTTB (Fiber To The Building) - Οπτική ίνα στο κτίριο. Το σημείο τερματισμού της οπτικής ίνας είναι στο σημείο εισαγωγής του κτηρίου, όπως το υπόγειο μιας πολυκατοικίας και εκεί εγκαθίσταται και το DSLAM για την παροχή υπηρεσιών προς τους τελικούς χρήστες, αφού η προσφερόμενη υπηρεσία σε αυτή την περίπτωση δεν είναι μέσο οπτικής ίνας αλλά δικτύου χαλκού.

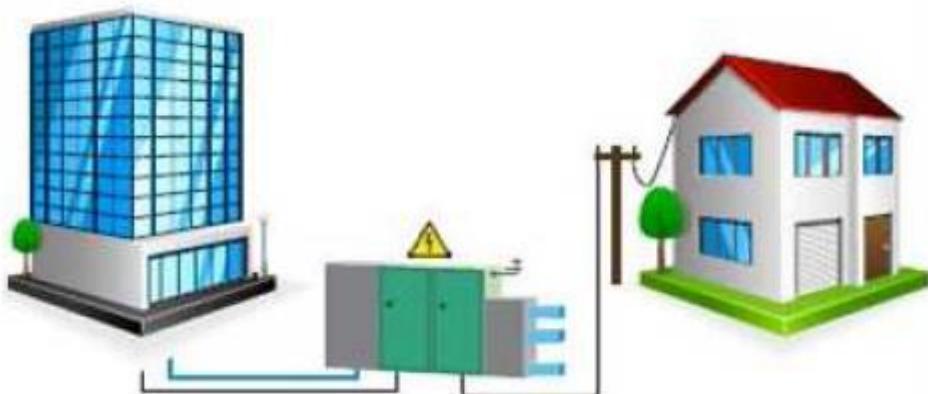
FTTB

Fiber to the Building



Εικόνα 2.2: Fiber to the building.

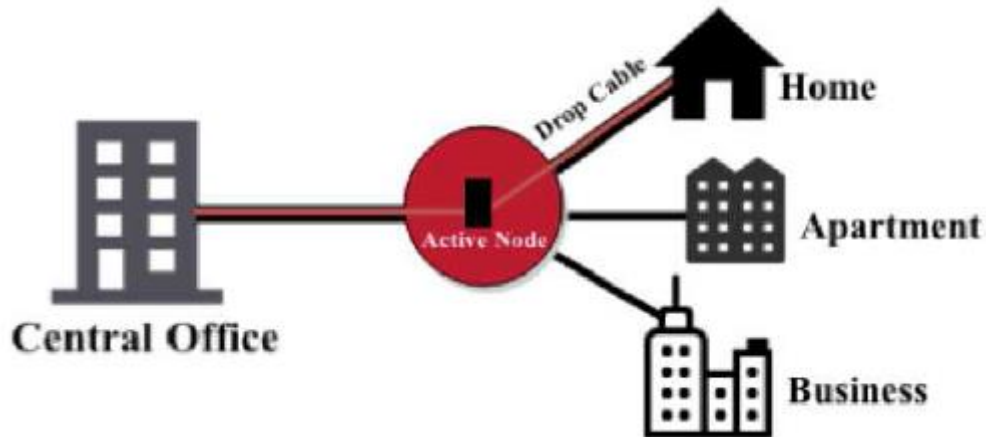
- FTTC (Fiber To The Curb or Cabinet) - Οπτική ίνα στην καμπίνα. Το σημείο τερματισμού της οπτικής ίνας είναι μια καμπίνα στο δρόμο, όπου υπάρχει εγκατεστημένη οπτική μονάδα δικτύου (ONU) ή DSLAM για σύνδεση των πελατών μέσω χάλκινου δικτύου, ή οπτικοί διαχωριστές και δρομολογητές για σύνδεση των πελατών μέσω οπτικών ινών. Οι καμπίνες αυτές υποστηρίζουν πελάτες σε ακτίνα μέχρι 300 μέτρα.



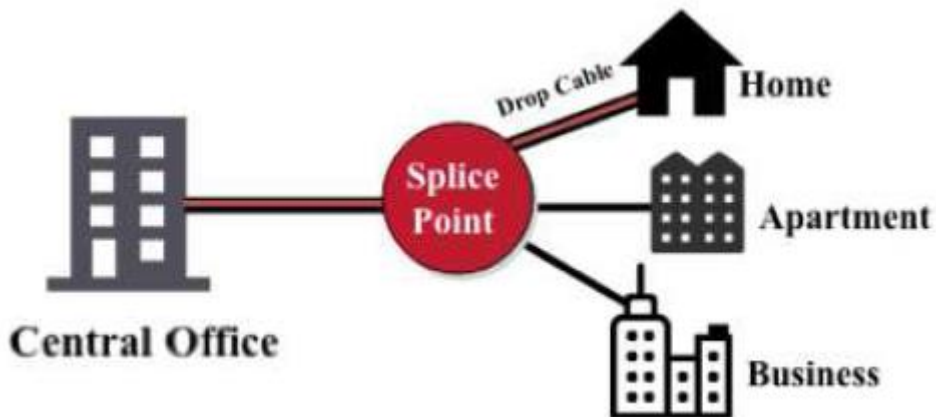
Εικόνα 2.3: Fiber to the Cabinet.

- FTTH (Fiber To The Home) - Οπτική ίνα στο σπίτι. Το σημείο τερματισμού της οπτικής ίνας είναι το σπίτι του τελικού χρήστη παρότι η ίνα μπορεί να διακλαδίζεται πρώτα εντός μιας καμπίνας. Οι αρχιτεκτονικές στα FTTH δίκτυα μπορούν να χωριστούν σε 2 βασικές κατηγορίες: Την αρχιτεκτονική Home Run, που σε κάθε σπίτι φτάνει μια αφιερωμένη ίνα μέχρι το κεντρικό γραφείο (CO), και τις αρχιτεκτονικές αστέρα (star), όπου πολλά σπίτια μπορούν να μοιράζονται την ίδια οπτική ίνα τροφοδοσίας από το κεντρικό γραφείο μέχρι ένα σημείο - απομακρυσμένο κόμβο, στο οποίο γίνεται μεταγωγή, πολυπλεξία ή

διαχωρισμός. Το σημείο αυτό βρίσκεται μεταξύ του κεντρικού γραφείου και των σπιτιών των πελατών. Η αρχιτεκτονική αστέρα μπορεί να είναι είτε ενεργή (active) ή παθητική (passive). Αυτό σημαίνει ότι ο απομακρυσμένος κόμβος μπορεί να τροφοδοτείται από ρεύμα (ενεργός) ή όχι (παθητική). Επιπλέον, μπορούν να είναι είτε απλά συστήματα μήκους κύματος και επομένως όλα τα σπίτια θα συνδέονται στο ίδιο μήκος κύματος ή συστήματα με πολυπλεξία με διαίρεση μήκους κύματος (WDM).

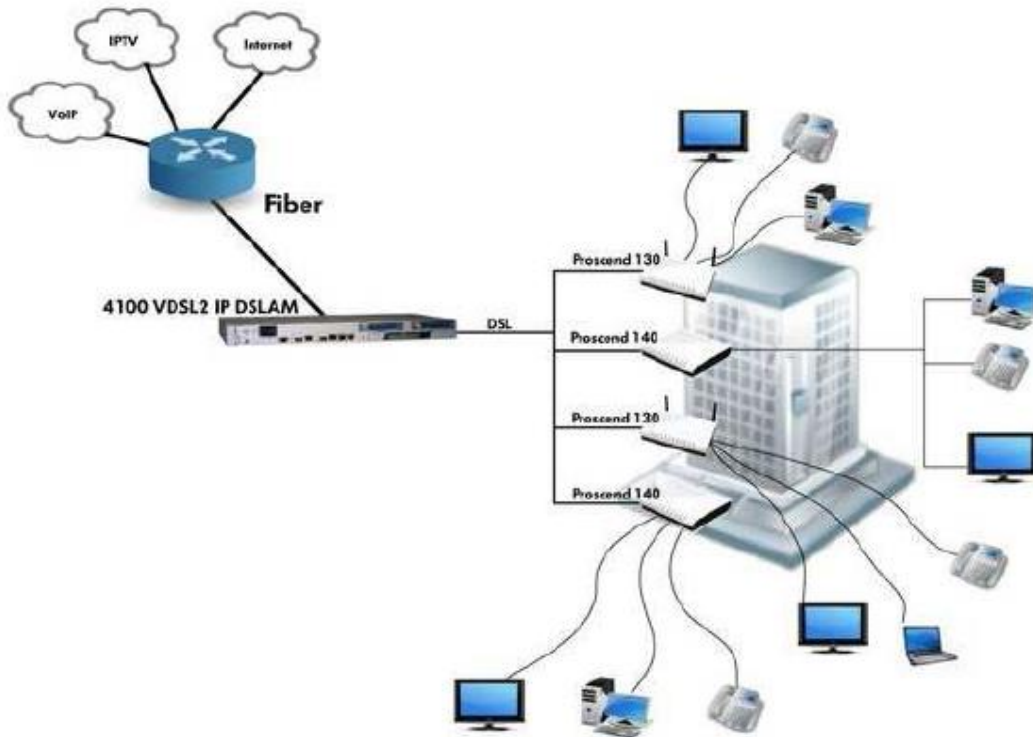


Εικόνα 2.4: Fiber to the Home, Active Star Architecture.



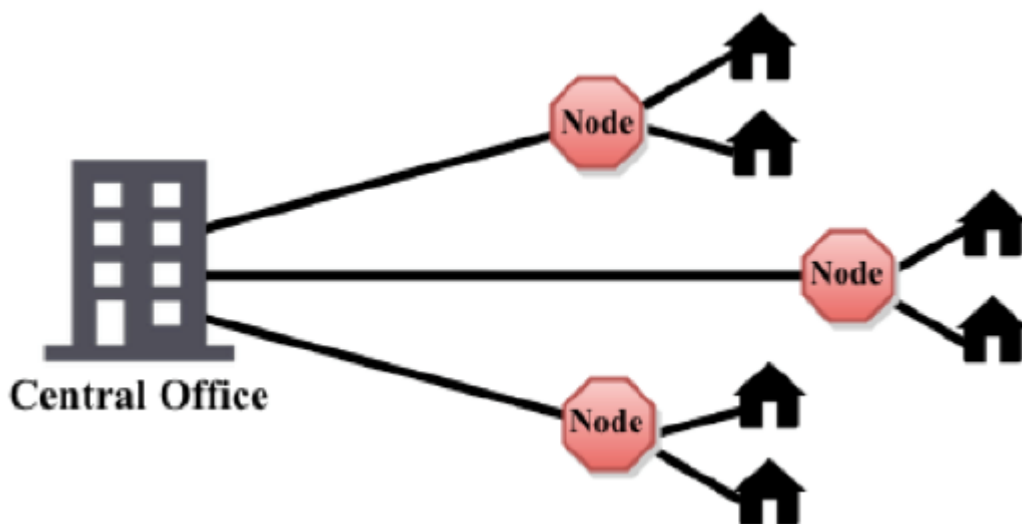
Εικόνα 2.5: Fiber to the Home, Home Run Architecture.

- FTTLA (Fiber To The Last Amplifier) - Οπτική ίνα στον τελευταίο ενισχυτή. Διατίθεται οπτική ίνα μέχρι το τελευταίο ενισχυτή σήματος στην τεχνολογία CATV για την αντικατάσταση των ομοαξονικών καλωδίων.



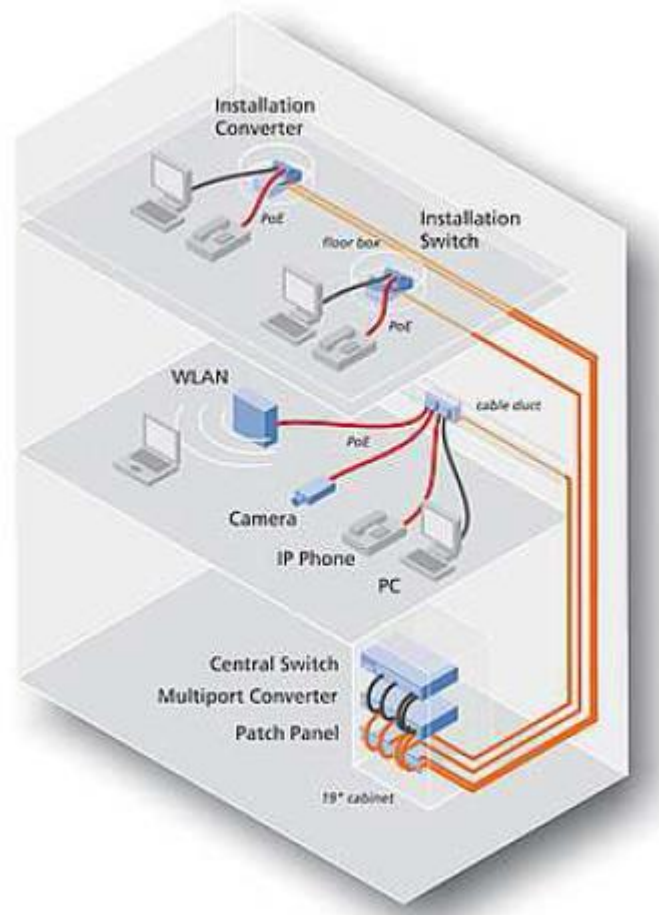
Εικόνα 2.6: Fiber to the Last Amplifier.

- FTTN (Fiber To The Node or Neighborhood) - Οπτική ίνα σε κόμβο. Παρόμοια φιλοσοφία με το FTTC αλλά εδώ η καμπίνα καλύπτει ακτίνα συνδρομητών αρκετών χιλιομέτρων, κατάλληλη για ημιαστική και αγροτική περιοχή.



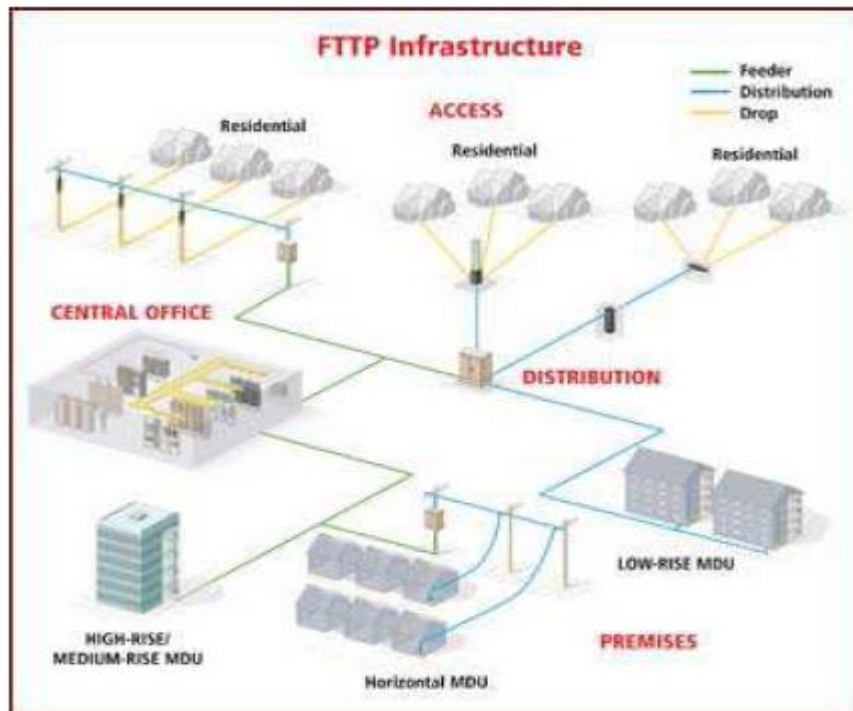
Εικόνα 2.7: Fiber To The Node or Neighborhood.

- FTTO (Fiber To The Office) - Οπτική ίνα στο γραφείο. Διαφορετική ονομασία αλλά ίδια φιλοσοφία με το FTTB, όπου αντί για επιχείρηση αναφέρεται το γραφείο.



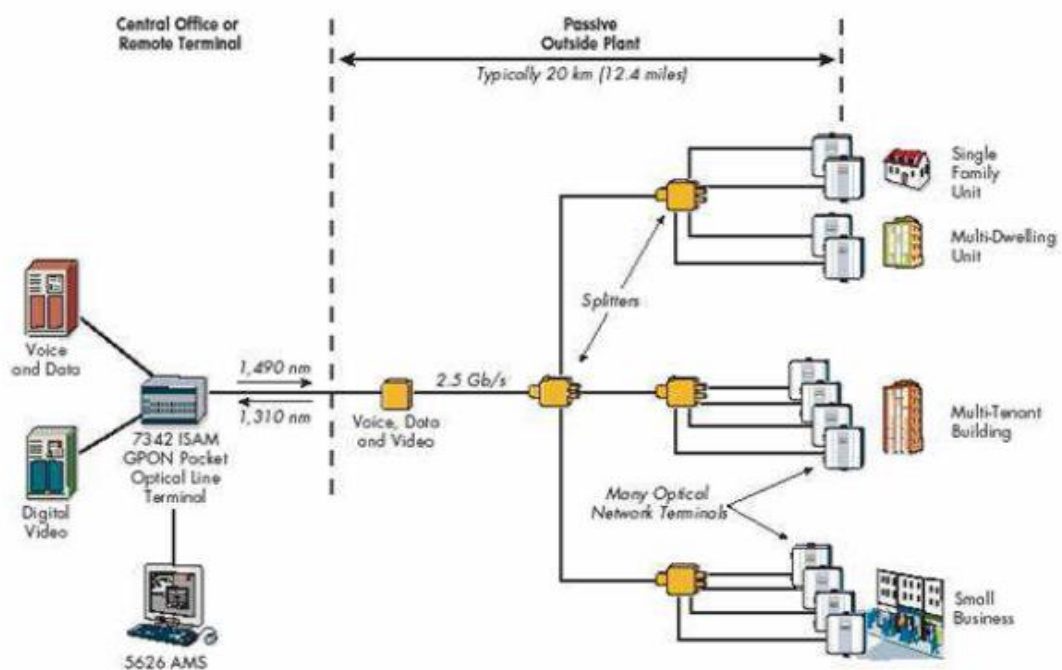
Εικόνα 2.8: Fiber to the Office.

- FTTP (Fiber To The Premises) - Οπτική ίνα στο όριο κτίσματος. Αντίστοιχος όρος με το FTTH.



Εικόνα 2.9: Fiber to the Premises.

- FTTH (Fiber To The User) – Οπτική ίνα στο χρήστη. Αντίστοιχος όρος με το FTTP.



Εικόνα 2.10: Παράδειγμα FttU.

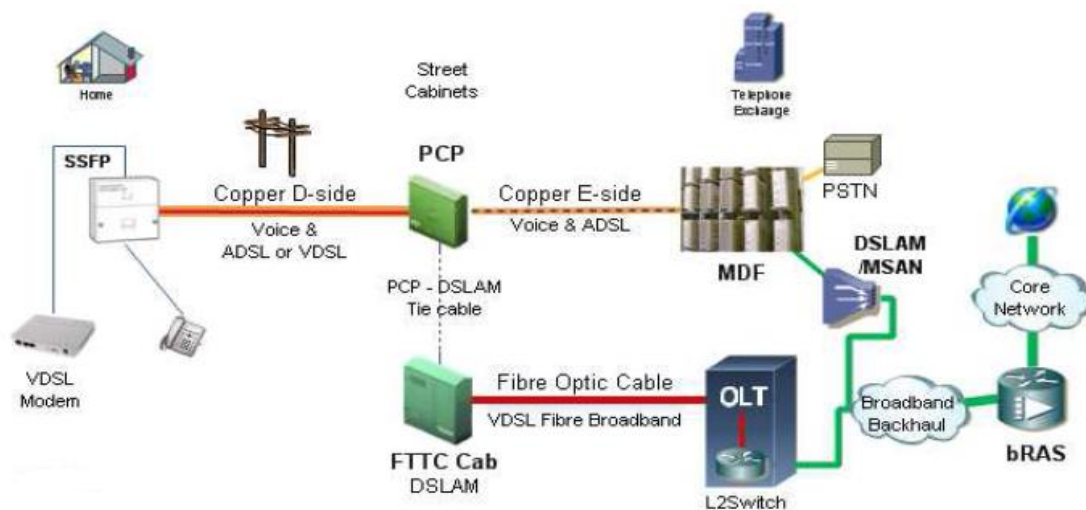
Τα πιο συνηθισμένα δίκτυα FTTx είναι τα FTTC και FTTH, ενώ η διαφοροποίηση μεταξύ των FTTH και FTTB έγκειται μόνο στο αν ο τελικός χρήστης στον οποίο καταλήγει η οπτική ίνα είναι μεμονωμένος χρήστης ή βιομηχανική - επαγγελματική μονάδα.

2.2.1 Fiber to the Cabinet - FTTC

Σύμφωνα με την αρχιτεκτονική Fiber to the Node ή αλλιώς Fiber to the Cabinet, η διαδρομή από το κύριο σημείο του παρόχου υπηρεσιών ως τον απομακρυσμένο κόμβο (εξωτερική καμπίνα) που εξυπηρετεί ένα πλήθος χρηστών αποτελείται αποκλειστικά από οπτική ίνα. Πλέον τα συστήματα FTTC βασίζονται στην VDSL και τα συστήματα αυτά είναι γνωστά σαν FTTC/VDSL2.

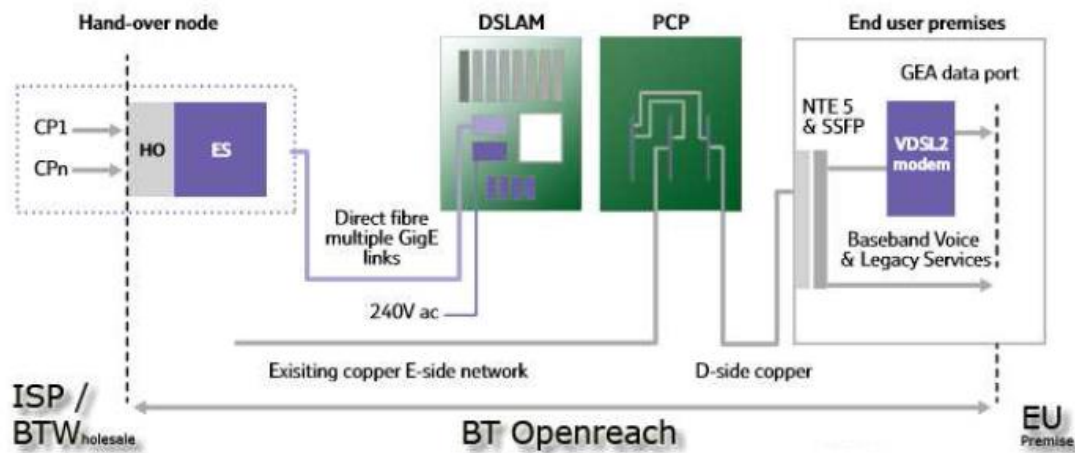
Όσον αφορά το κόστος και την ανάλυσή του για το τεχνικό κομμάτι, οι υλοποιήσεις FTTC ή FTTB έχουν χαμηλότερο κόστος κατασκευής, και μπορούν να καλύψουν αποδοτικά τουλάχιστον τις προβλεπόμενες στο άμεσο μέλλον απαιτήσεις σε εύρος ζώνης. Πιο συγκεκριμένα, η χρήση υβριδικών αρχιτεκτονικών ίνας/χαλκού στις οποίες η ίνα δεν φτάνει μέχρι τον τελικό χρήστη, αλλά σε σημείο πριν από αυτόν, έχει το πλεονέκτημα ότι μειώνει σημαντικά το κόστος των απαιτούμενων επενδύσεων. Ως εκ τούτου, αυτές οι υλοποιήσεις μπορούν να αποτελέσουν ένα αποδοτικό ενδιάμεσο στάδιο προς τη δημιουργία πλήρως οπτικών δικτύων πρόσβασης. Για την τελική σύνδεση του χρήστη, μπορεί να χρησιμοποιηθεί τεχνολογία VDSL2, η οποία αποτελεί το πιο σύγχρονο πρότυπο DSL και υποστηρίζει ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων έως και 200Mbit/s.

Η παρακάτω εικόνα απεικονίζει μια γενική τοπολογία δικτύων FTTC/VDSL.



Εικόνα 2.11: Αρχιτεκτονική FTTC με VDSL.

Ακολουθεί η αναβαθμισμένη έκδοση με VDSL2 η οποία έχει εφαρμογή (στην ακόλουθη εικόνα) στην Αγγλία.



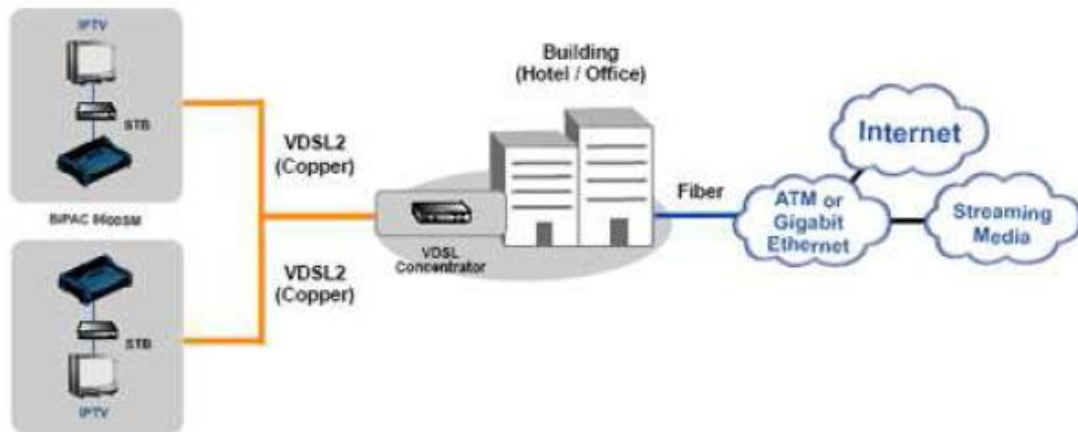
Εικόνα 2.12: Αναβάθμιση σπιτιών με πιο γρήγορες ταχύτητες της τάξης VDSL2.

2.2.2 Fiber to the Building - FTTB

Η αρχιτεκτονική αυτή θεωρείται ως μεταβατικό στάδιο για την αρχιτεκτονική FTTH και χρησιμοποιείται για την παροχή ευρυζωνικών υπηρεσιών σε υπάρχοντα κτίρια χωρίς να αλλάξει η εσωτερική καλωδίωση των κτιρίων. Στο μέλλον βέβαια με αντικατάσταση της χάλκινης καλωδίωσης του κτιρίου με οπτικές ίνες μπορεί κανείς να μετατρέψει εύκολα την αρχιτεκτονική fiber to the building σε αρχιτεκτονική fiber to the home.

Το FTTB έρχεται σε αντίθεση με το Fiber to the Home (FTTH), στο οποίο η οπτική ίνα φτάνει μέχρι το χώρο του χρήστη. Παράλληλα όμως διαφέρει σημαντικά από μεθόδους όπως Fiber to the Curb ή Cabinet (FTTC), καθώς περιορίζει στο ελάχιστο τη χρήση παραδοσιακού καλωδίου. Για αυτόν ακριβώς το λόγο, το FTTB μπορεί να προσφέρει πολύ υψηλότερες ταχύτητες από το FTTC, αλλά με υψηλότερο κόστος υλοποίησης. Επίσης η παροχή υπηρεσιών DSL και η συντήρηση του εξοπλισμού γίνονται μέσα στο κτίριο και έτσι επιβαρύνεται το κόστος με μετακινήσεις του τεχνικού προσωπικού.

Ακολουθεί η εικόνα που δείχνει πώς η αρχιτεκτονική FTTB συνδυάζει την τεχνολογία της VDSL2.



Εικόνα 2.13: FTTH και VDSL2.

2.2.3 Fiber to the Home – FTTH

Η FTTH αρχιτεκτονική μπορεί ταυτόχρονα να υποστηρίξει πλήθος υπηρεσιών όπως τηλεφωνικές κλήσεις, μεταδόσεις τηλεόρασης και βίντεο καθώς και χρήση διαδικτύου. Η συγκεκριμένη αρχιτεκτονική απαιτεί σημαντική αρχική επένδυση αλλά διασφαλίζει μελλοντικά χαμηλότερα λειτουργικά κόστη. Θεωρείται σαν η βέλτιστη λύση στην οποία τελικά θα καταλήξουν όλα τα δίκτυα.

Τα δίκτυα FTTH κάνουν χρήση μόνο οπτικής ίνας μέχρι το χώρο του πελάτη και έτσι έχουν αποδεδειχθεί από πολλά προβλήματα που σχετίζονται με τα χάλκινα καλώδια και την διάθεση τους από το κυρίαρχο τηλεπικοινωνιακό πάροχο. Επίσης η χρήση των οπτικών αυτών δικτύων έχει σαν αποτέλεσμα την βελτιστοποίηση των δικτύων πρόσβασης, την δυνατότητα εισαγωγής νέων προηγμένων, αλλά πιο απαιτητικών εφαρμογών, ιδιαίτερα στην αποστολή δεδομένων, και την δημιουργία υποδομών ανάπτυξης των επιχειρηματικών δράσεων.

2.3 Τεχνολογίες ευρυζωνικής πρόσβασης xDSL

Με τον όρο DSL (Digital Subscriber Line), δηλαδή ψηφιακή συνδρομητική γραμμή, περιγράφεται η οικογένεια τεχνολογιών πρόσβασης που παρέχουν τη δυνατότητα μετάδοσης δεδομένων σε υψηλούς ρυθμούς πάνω από την κλασική τηλεφωνική γραμμή. Οι τεχνολογίες DSL βασίζονται στην αξιοποίηση του χαλκού στις φασματικές περιοχές που δεν χρησιμοποιούνται για την μετάδοση υπηρεσιών παραδοσιακής τηλεφωνίας (POTS). Η φασματική περιοχή για τη μετάδοση POTS φτάνει έως τα 3,4 KHz, ενώ οι σύγχρονες τεχνολογίες xDSL αξιοποιούν το φάσμα του χαλκού έως και άνω των 30 MHz. Παράλληλα, με την τεχνική πολυπλεξίας στο πεδίο της συχνότητας (Frequency Division Duplexing – FDD) καθίσταται δυνατή η ταυτόχρονη μετάδοση φωνής και δεδομένων. Για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο απαιτείται η εγκατάσταση ενός βαθυπερατού φίλτρου τόσο στο χώρο του πελάτη, όσο και στο χώρο του Αστικού Κέντρου. Σε σύγχρονα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα, η χρήση

τηλεφωνίας POTS τείνει να εξαλειφθεί, καθώς αντικαθίσταται από την τεχνολογία VoIP (Voice over Internet Protocol) που επιτρέπει την μετάδοση φωνής σε μορφή ψηφιακών δεδομένων.

Η αξιοποίηση του δικτύου χαλκού εκτός από σειρά πλεονεκτημάτων εισάγει δύο σημαντικούς περιορισμούς: τις παρεμβολές και την εξασθένηση ισχύος του σήματος.

Οι παρεμβολές οφείλονται σε ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα που αναπτύσσονται μεταξύ γειτονικών ζευγών με συνέπεια την επαγωγή σημάτων θορύβου από ζεύγος σε ζεύγος. Οι παρεμβολές διακρίνονται σε παρεμβολές κοντινού άκρου (Near End CrossTalk – NEXT) και παρεμβολές αντίθετου άκρου (Far End CrossTalk - FEXT). Οι παρεμβολές FEXT αποτελούν σημαντικότατο παράγοντα για την απόδοση των xDSL συστημάτων και η εξουδετέρωσή τους αποτελεί βασικό αντικείμενο της παρούσας εργασίας.

Η εξασθένηση αναφέρεται στην απώλεια της ηλεκτρικής ισχύος ενός σήματος κατά την όδυσή του στο μέσο μετάδοσης, με αποτέλεσμα ο δέκτης να λαμβάνει σήμα μειωμένης ηλεκτρικής ισχύος επιβαρύνοντας έτσι το λόγο SNR (Signal-to-Noise Ratio) και κατά συνέπεια το ρυθμό μετάδοσης πληροφορίας. Στην περίπτωση του τηλεπικοινωνιακού δικτύου, η εξασθένηση αυξάνεται όσο μεγαλώνει το μήκος του χάλκινου καλωδίου και η φέρουσα συχνότητα του σήματος. Επομένως πελάτες που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από τον τηλεπικοινωνιακό κόμβο, δέχονται μεγάλη επιβάρυνση στους ρυθμούς μετάδοσης. Επιπλέον τεχνολογίες xDSL οι οποίες κάνουν χρήση υψηλών συχνοτήτων καθίστανται ακατάλληλες για χρήση σε περιπτώσεις μεγάλων καλωδιακών αποστάσεων.

Κάθε μια από τις τεχνολογίες xDSL διαχειρίζεται με διαφορετικό τρόπο τις φασματικές περιοχές, επιτυγχάνοντας διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης για διαφορετικές αποστάσεις πελάτη-κόμβου. Ο ρυθμός μετάδοσης μπορεί να είναι συμμετρικός σε ροή ανόδου και καθόδου ή ασύμμετρος. Στον παρακάτω πίνακα αποτυπώνονται οι βασικές τεχνολογίες xDSL.

Τεχνολογία	Πρότυπο	Downstream bitrate	Τύπος Μετάδοσης	Εύρος Ζώνης (KHz)
HDSL	ITU-T G.991.1	2 Mbps	Συμμετρικό	0-370
SHDSL	ITU-T G.991.2	2.304 Kbps	Συμμετρικό	0-400
ADSL	ITU-T G.992.1 ITU-T G.992.2	8 Mbps	Ασύμμετρο	25-1.104
ADSL2	ITU-T G.992.3 ITU-T G.992.4	12 Mbps	Ασύμμετρο	25-1.104
ADSL2+	ITU-T G.992.5	24 Mbps	Ασύμμετρο	25-2.208
VDSL	ITU-T G.993.1	55 Mbps 28 Mbps	Ασύμμετρο Συμμετρικό	25-12.000
VDSL2	ITU-T G.993.2	100 Mbps	Ασύμμετρο	25-30.000
		50 Mbps	Συμμετρικό	

Πίνακας 2.1: Τεχνολογίες xDSL.

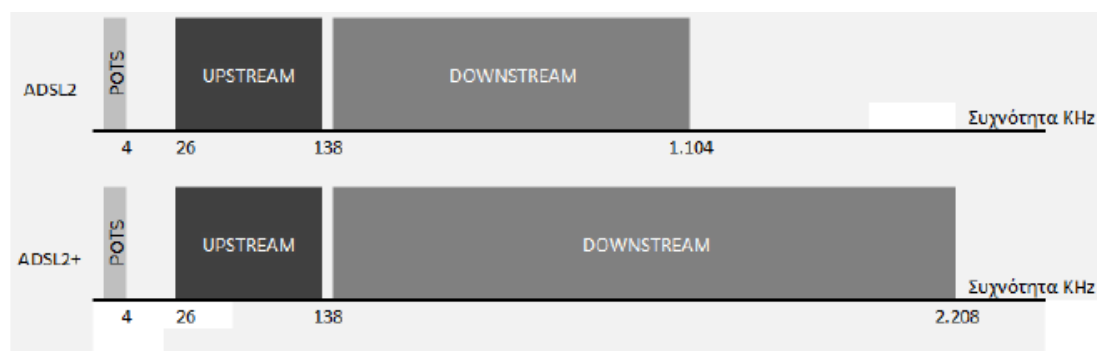
Η τυπική εγκατάσταση για την παροχή πρόσβασης τύπου xDSL περιλαμβάνει την ύπαρξη ενός DSLAM (DSL Access Multiplexer) στην πλευρά του τηλεπικοινωνιακού παρόχου και μιας συσκευής modem/router στην πλευρά του πελάτη. Το DSLAM συγκεντρώνει το σύνολο των συνδρομητικών γραμμών σε μια ορισμένη περιοχή. Στη ροή ανόδου (upstream) αναλαμβάνει να μετατρέψει το αναλογικό σήμα που λαμβάνει από κάθε συνδρομητική γραμμή σε ψηφιακό και έπειτα να πολυπλέξει τις διαφορετικές ροές δεδομένων που λαμβάνει από κάθε γραμμή σε μια ροή δεδομένων που θα δρομολογηθεί προς το δίκτυο κορμού του παρόχου. Στη ροή καθόδου λαμβάνει μια ροή δεδομένων την οποία αποπολυπλέκει σε διαφορετικές ροές, τις οποίες μεταδίδει προς τον τερματικό εξοπλισμό του πελάτη με τη μορφή αναλογικού σήματος. Το DSLAM εγκαθίσταται σε διαφορετικές θέσεις στο δίκτυο του τηλεπικοινωνιακού παρόχου ανάλογα με την αρχιτεκτονική δικτύου και την τεχνολογία πρόσβασης. Σε σύγχρονα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα τη λειτουργικότητα του DSLAM επιτελεί ο εξοπλισμός MSAN (Multi-service Access Node).

Στην πλευρά του πελάτη, ο εξοπλισμός περιλαμβάνει ένα modem το οποίο είναι επιφορτισμένο με τη μετατροπή του ψηφιακού σήμα εξόδου σε αναλογικό ώστε να

μεταδοθεί προς το DSLAM και αντίστοιχα τη μετατροπή του αναλογικού εισερχόμενου σήματος σε ψηφιακό. Τα πακέτα μεταξύ του εσωτερικού δικτύου του πελάτη και του δικτύου του παρόχου δρομολογούνται με την ύπαρξη ενός router. Ο router και το modem είναι εγκατεστημένα εντός της ίδιας συσκευής.

2.3.1 Τεχνολογία πρόσβασης ADSL

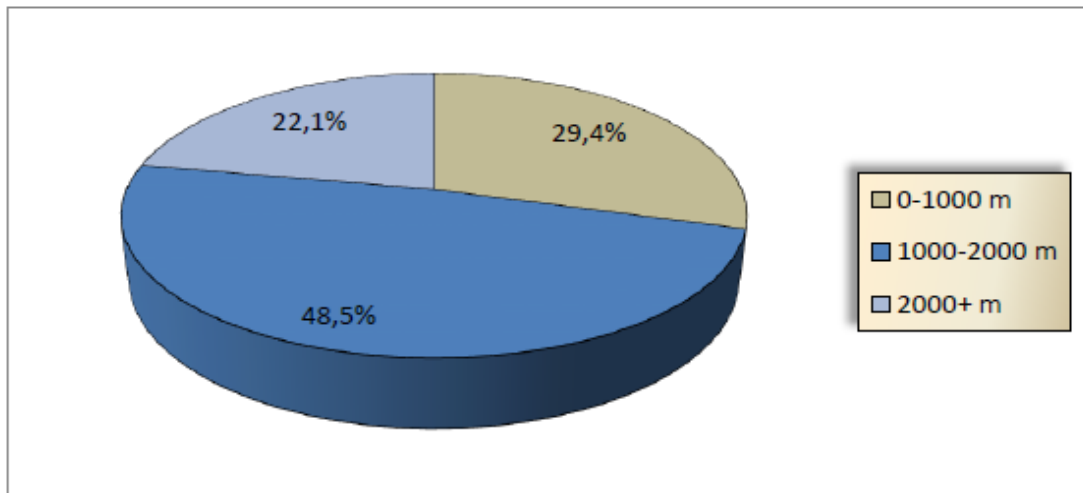
Η τεχνολογία πρόσβασης ADSL (Asymmetric DSL - Ασύμμετρη ψηφιακή συνδρομητική γραμμή) τυποποιήθηκε πρώτη φορά από την ITU-T το 1996 (G.992.1). Το 2002 εκδόθηκαν τα πρότυπα (ITU-T G.992.3 και G.992.4) για την τελευταία έκδοση, γνωστή ως ADSL2+. Ονομάζεται ασύμμετρη γιατί παρέχει διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης στη ροή καθόδου και ανόδου. Στην πράξη, το ADSLx είναι σχεδιασμένο ώστε να παρέχει μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης στην κάθοδο, φτάνοντας τα 8 Mbps στις πρώτες εκδόσεις και στα 24 Mbps στις νεότερες.



Εικόνα 2.14: Φασματική Κατανομή ADSLx.

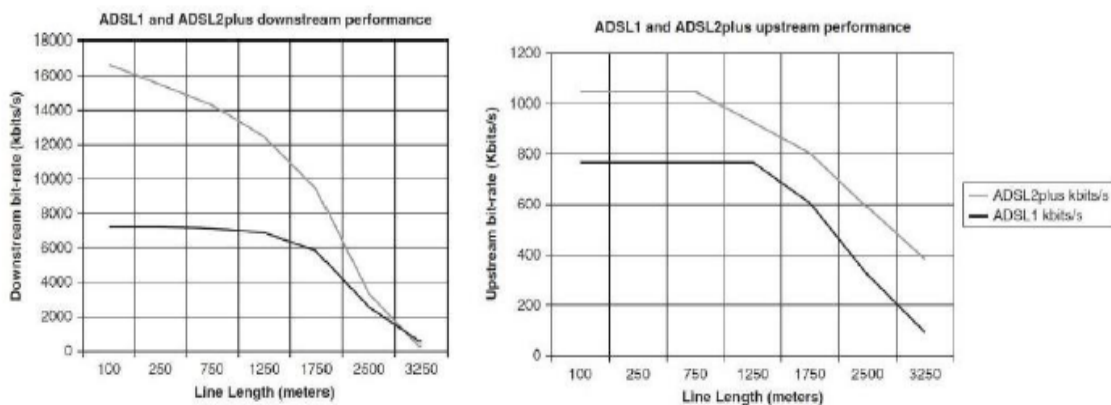
Όπως αποτυπώνεται και στην εικόνα 2.14, κάθε έκδοση ADSL βασίζεται σε διαφορετική φασματική κατανομή (band plan). Οι πρώτες εκδόσεις επέκτειναν το χρησιμοποιούμενο φάσμα έως την περιοχή των 1.104 KHz, για να επεκταθεί στη συνέχεια έως τα 2.208 KHz. Οι χαμηλές ζώνες συχνοτήτων χρησιμοποιούνται για τις υπηρεσίες κλασσικής τηλεφωνίας. Παρέχεται ωστόσο σχετική ευελιξία στη διαχείρισή τους, επιτρέποντας είτε επέκταση για παροχή ISDN (Integrated Services Digital Network) είτε η κατάργησή τους, για παράδειγμα σε περιπτώσεις παροχής τηλεφωνίας VoIP.

Η τυπική τοπολογία για την παροχή ADSL υλοποιείται με την εγκατάσταση του DSLAM εντός του Αστικού Κέντρου του τηλεπικοινωνιακού παρόχου, το οποίο συνδέεται με τον εξοπλισμό του πελάτη μέσω του δικτύου χαλκού (κύριο και διανομής). Αυτό συνεπάγεται ότι πλήθος συνδρομητών βρίσκεται σε σημαντική απόσταση από το Αστικό Κέντρο του παρόχου. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ότι στο ελληνικό δίκτυο πρόσβασης το 22,1% των πελατών βρίσκεται σε απόσταση μεγαλύτερη των 2km από το Αστικό Κέντρο.



Εικόνα 2.15: Κατανομή πελατών με βάση το μήκος καλωδίου από το Α/Κ.

Το ADSL, όπως όλες οι τεχνολογίες της οικογένειας, περιορίζεται ως προς την απόδοσή του από τις παρεμβολές και από το μήκος καλωδίου που συνδέει τον πελάτη με το DSLAM. Όπως φαίνεται στα αποτελέσματα μετρήσεων που παρουσιάζονται στην εικόνα 2.16, οι ρυθμοί μετάδοσης μειώνονται δραστικά όσο αυξάνεται το μήκος της συνδρομητικής γραμμής. Σε αποστάσεις άνω των 2 Km η τεχνολογία ADSL καθίσταται ακατάλληλη για παροχή μιας σειράς υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας, όπως η διαδικτυακή τηλεόραση IPTV (Internet Protocol Television).



Εικόνα 2.16: Απόδοση τεχνολογιών ADSLx.

Επιπλέον και λόγω του φαινομένου των παρεμβολών, οι ρυθμοί μετάδοσης που επιτυγχάνονται σε μια γραμμή μειώνονται και καθίστανται μη προβλέψιμοι όσο επιβαρύνεται το δίκτυο με νέους πελάτες. Εξαιτίας αυτού, οι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι συνηθίζουν να μην προσφέρουν καμία εγγύηση κατά την παροχή υπηρεσίας ADSL σε σχέση με τους ρυθμούς μετάδοσης (υπηρεσία best effort).

2.3.2 Τεχνολογία πρόσβασης VDSL

Η τεχνολογία VDSL (Very high bitrate DSL - Ψηφιακή συνδρομητική γραμμή πολύ υψηλού ρυθμού μετάδοσης δεδομένων) προτυποποιήθηκε από την ITU-T το 2003 (G.993.1). Η δεύτερη έκδοση VDSL2 να προτυποποιήθηκε το 2006 (G.993.2).

Η κεντρική ιδέα της πρώτης έκδοσης VDSL ήταν η περαιτέρω επέκταση των φασματικών περιοχών σε συχνότητες έως τα 12 MHz εφαρμόζοντας παρόμοιες τεχνικές με το ADSL2+. Ωστόσο εξαιτίας της μεγάλης εξασθένησης σήματος στις υψηλές συχνότητες, το VDSL περιοριζόταν για χρήση μόνο σε μικρού μήκους βρόχους, κάτω του ενός χιλιομέτρου.

Το VDSL2 αποτελεί μια τεχνολογία που μπορεί να αντικαταστήσει τόσο την πρώτη έκδοση του VDSL όσο και το ADSL2+. Προσφέρει μεγαλύτερες ταχύτητες από το VDSL1 στις μικρές αποστάσεις ενώ σε αποστάσεις μεγαλύτερες των 1,6 km λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο όπως το ADSL2+, υποστηρίζοντας μάλιστα και χρήστες που διαθέτουν modem ADSL2+.

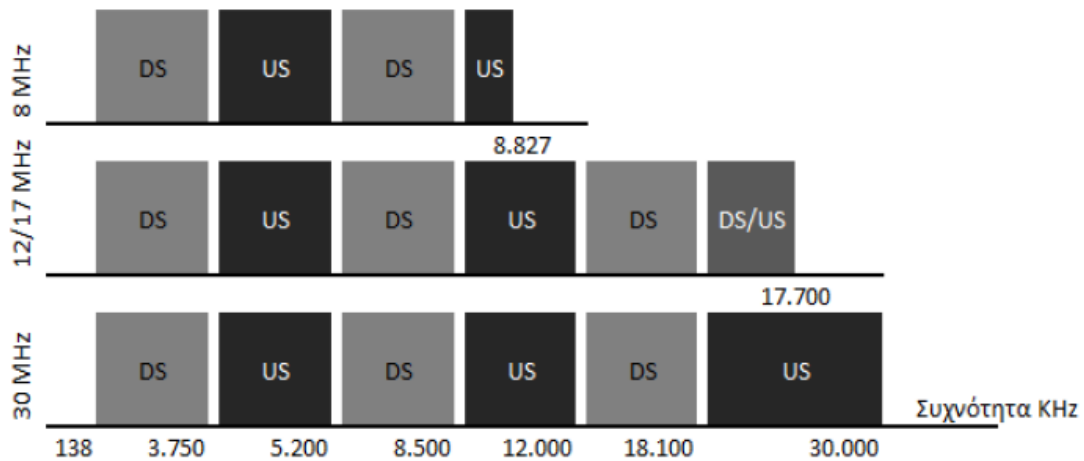
Οι VDSL2 συνδέσεις υποστηρίζονται από διαφορετικές αρχιτεκτονικές δικτύου πρόσβασης προσφέροντας διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης στον χρήστη: μέσω του παραδοσιακού χάλκινου δικτύου, μέσω αρχιτεκτονικής FTTC και λιγότερο συχνά μέσω αρχιτεκτονικής FTTB. Σύμφωνα με την αρχιτεκτονική FTTC το οπτικό δίκτυο επεκτείνεται εντός του δικτύου πρόσβασης συνδέοντας το Αστικό Κέντρο του Τηλεπικοινωνιακού Παρόχου με DSLAM, τα οποία τοποθετούνται εντός υπαίθριων καμπινών. Οι θέσεις των καμπινών προκύπτουν κατόπιν σχεδιαστικής μελέτης και εξαρτώνται από παράγοντες όπως η πληθυσμιακή πυκνότητα και η δόμηση της περιοχής.

Το VDSL2 διαθέτει οκτώ 8 διαφορετικά προφίλ υλοποίησης, ώστε να μπορεί να λειτουργήσει στις διαφορετικές αρχιτεκτονικές προσφέροντας τους επιθυμητούς ρυθμούς μετάδοσης. Καθένα από τα προφίλ χρησιμοποιεί διαφορετική φασματική κατανομή και διαφορετικά φασματικά όρια. Στον πίνακα 2.2 παρουσιάζονται τα 8 προφίλ, με τη μέγιστη συχνότητα και τη θέση εγκατάστασης του DSLAM. Όπως γίνεται αντιληπτό, όσο υψηλότερα επεκτείνεται η φασματική περιοχή, τόσο πλησιέστερα στον τελικό χρήστη τοποθετείται το DSLAM.

Προφίλ	Μέγιστη Συχνότητα	Θέση Εγκατάσταση DSLAM	Μέγιστη Απόσταση Λειτουργίας
8a/b/c/d	8,5 MHz	Αστικό Κέντρο	2300 m
12a/b	14,5 MHz	Αστικό Κέντρο/Υπαίθρια Καμπίνα	1500 m
17a	14,5 MHz	Υπαίθρια Καμπίνα	1000 m
30a	30 MHz	Κτίριο Πελάτη	400 m

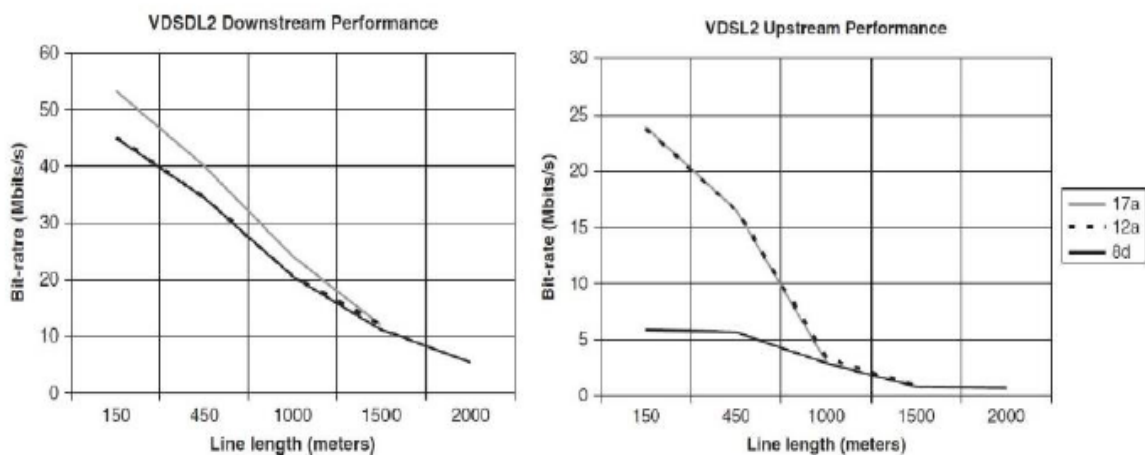
Πίνακας 2.2: Προφίλ VDSL2.

Στην εικόνα 2.17 παρουσιάζεται η φασματική κατανομή των διαφορετικών προφίλ. Ο συγκεκριμένος σχεδιασμός φάσματος περιγράφεται στο Annex A του προτύπου G.993.2 και χρησιμοποιείται για ασύμμετρη πρόσβαση. Στο πρότυπο της ITU-T προβλέπεται αντίστοιχος σχεδιασμός φάσματος (Annex B) για την παροχή συμμετρικής πρόσβασης.



Εικόνα 2.17: Φασματική Κατανομή VDSL2 Annex A.

Στην εικόνα 2.18 παρουσιάζονται μετρήσεις για την απόδοση του VDSL2 για τα προφίλ 17a, 12a και 8d. Τα προφίλ 17a και 12a είναι σχεδιασμένα για υλοποίηση μέσω αρχιτεκτονικής FTTC. Λειτουργούν σε υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης τόσο στην κάθοδο όσο και στην άνοδο αλλά δεν υποστηρίζουν αποστάσεις μεγαλύτερες των 1.500m. Το προφίλ 8d προσφέρει μικρότερες ταχύτητες κυρίως στη ροή ανόδου, αλλά υποστηρίζει αποστάσεις μεγαλύτερες των 2.000m.



Εικόνα 2.18: Απόδοση τεχνολογιών VDSL2.

2.4 Οπτικά δίκτυα πρόσβασης

Ως Οπτικά Δίκτυα Πρόσβασης ορίζονται τα δίκτυα πρόσβασης που βασίζονται σε μεγάλο βαθμό ή και εξ ολοκλήρου σε υποδομές οπτικών ινών. Οι συνηθέστερες αρχιτεκτονικές δικτύου για την υλοποίηση Οπτικών Δικτύων Πρόσβασης είναι η αρχιτεκτονική FTTH και FTTB.

Τα οπτικά δίκτυα πρόσβασης διαιρούνται σε δυο μεγάλες κατηγορίες: τα Παθητικά Οπτικά Δίκτυα (Passive Optical Networks - PONs) και τα Ενεργά Οπτικά Δίκτυα (Active Optical Networks - AONs).

2.4.1 Ενεργά οπτικά δίκτυα AONs

Τα Ενεργά Οπτικά Δίκτυα AONs κάνουν χρήση της τεχνολογίας Ethernet. Βασίζονται σε αρχιτεκτονικές FTTB/H και υλοποιούνται με τοπολογίες P2P και P2MP.

Κατά την υλοποίηση της P2P τοπολογίας, κάθε συνδρομητής συνδέεται με το Αστικό Κέντρο μέσω οπτικής ίνας αποκλειστικής χρήσης. Οι ρυθμοί μετάδοσης που απολαμβάνουν σε αυτήν την περίπτωση οι συνδρομητές εξαρτώνται αποκλειστικά από τον τερματικό εξοπλισμό και μπορεί να φτάσει σε επίπεδα Gbps ανά χρήστη.

Κι ενώ τα AON P2P προσφέρουν πρακτικά απεριόριστες δυνατότητες, απαιτούν υψηλές επενδύσεις αφού απαιτούν μεγάλο αριθμό οπτικών ινών και αντίστοιχο αριθμό Τερματικών Οπτικής Γραμμής (Optical Line Terminal - OLT) στην πλευρά του Αστικού Κέντρου. Ως εκ τούτου η υλοποίηση AON P2P περιορίζεται συνήθως σε ειδικές λύσεις για την παροχή υπηρεσιών σε μεγάλους εταιρικούς πελάτες.

Κατά την υλοποίηση της P2MP τοπολογίας, κάθε συνδρομής συνδέεται μέσω οπτικής ίνας σε έναν ενεργό μεταγωγέα Ethernet (Ethernet switch) ο οποίος είναι εγκατεστημένος σε υπαίθρια καμπίνα. Έπειτα το Ethernet switch συνδέεται μέσω οπτικής ίνας με το OLT στο Αστικό Κέντρο. Η ζεύξη του Ethernet switch με το Αστικό Κέντρο θέτει περιορισμούς στους ρυθμούς μετάδοσης καθώς το σύνολο των συνδρομητών εκμεταλλεύονται από κοινού το διαθέσιμο bandwidth.

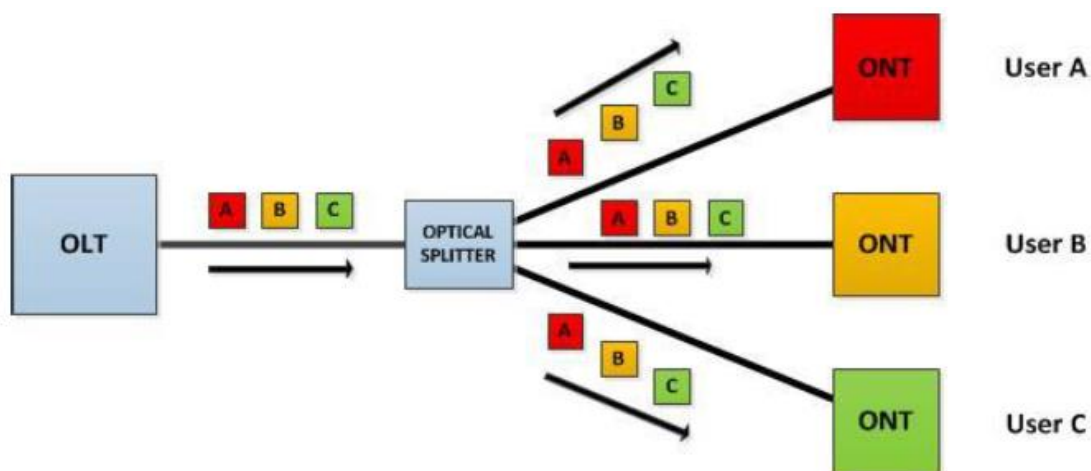
Τα AON P2MP απαιτούν μικρότερες επενδύσεις σε παθητικό εξοπλισμό σε σχέση με τα AON P2P, μικρότερο αριθμό OLT και ίσο αριθμό Τερματικών Οπτικού Δικτύου (Optical Network Terminal - ONT) στις εγκαταστάσεις του συνδρομητή. Η εγκατάσταση του ενεργού εξοπλισμού στις υπαίθριες καμπίνες επιφέρουν επενδυτικά κόστη αλλά και αύξηση στα λειτουργικά κόστη.

2.4.2 Παθητικά οπτικά δίκτυα PONs

Τα Παθητικά Οπτικά Δίκτυα PONs υλοποιούνται με τοπολογία P2MP. Τα PONs ομοιάζουν με τα AON P2MP με τη διαφορά ότι στη θέση του Ethernet switch υπάρχει μια διάταξη οπτικών διαιρετών ισχύος (optical splitters). Η διάταξη αυτή

είναι παθητική και απλώς διαιρεί και διαμοιράζει την ισχύ του κατερχόμενου σήματος σε N εξόδους. Ο αριθμός των εξόδων ορίζει τον λόγο διαμοιρασμού (split ratio) ο οποίος συμβολίζεται ως $1:N$, όπου το N παίρνει ως τιμές τις δυνάμεις του 2, από 2 έως 64. Ο οπτικός διαμοιρασμός μπορεί να πραγματοποιηθεί σε ένα ή περισσότερα επίπεδα. Για παράδειγμα, σε αρχιτεκτονική τύπου FTTH μπορεί να υπάρχει ένας οπτικός διαιρέτης σε υπαίθρια καμπίνα (έστω με split ratio 1:4) και επιπλέον διαιρέτες εντός των κτιρίων (έστω με split ratio 1:8). Το τελικό split ratio που προκύπτει σε αυτό το παράδειγμα είναι 1:32, δηλαδή το γινόμενο των επιμέρους λόγων.

Τα σήματα που προκύπτουν στην έξοδο της διάταξης είναι όμοια με το σήμα εισόδου με υποβαθμισμένη ισχύ. Κάθε φορά που υποδιπλασιάζεται ένα σήμα παρουσιάζει απώλεια 3 dB. Κατά αυτόν τον τρόπο, μια διάταξη με λόγο διαμοιρασμού 1:32, η οποία απαιτεί $\log_2 32 = 5$ υποδιπλασιασμούς, θα έχει απώλεια ισχύος κατά 15 dB, δημιουργώντας έτσι περιορισμούς στην εμβέλεια μετάδοσης του σήματος. Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό των δικτύων PON είναι ότι κάθε δέκτης στη ροή καθόδου λαμβάνει το ίδιο σήμα με τους υπόλοιπους δέκτες: η πληροφορία που προορίζεται για έναν δέκτη διαμοιράζεται σε όλους (broadcasting) και συνεπώς το σήμα που λαμβάνει κάθε δέκτης περιέχει «άχρηστα» για αυτόν δεδομένα άλλων χρηστών. Επομένως οι ρυθμοί μετάδοσης «ωφέλιμης» πληροφορίας περιορίζεται ακόμα περισσότερο. Επίσης, εφόσον η πληροφορία που προορίζεται για έναν χρήστη είναι διαθέσιμη προς όλους, εγείρονται σοβαρά ζητήματα ασφάλειας απαιτώντας κατάλληλους μηχανισμούς κρυπτογράφησης.



Εικόνα 2.19: TDM-PON downstream.

Για να αποφευχθεί η σύγκρουση σημάτων στη ροή ανόδου, χρησιμοποιείται πρόσβαση Πολλαπλής Διαίρεσης Χρόνου (Time Division Multiple Access - TDMA). Σε πρώιμες εκδόσεις PON η αντίστοιχη χρονοθυρίδα που έχει ανατεθεί σε κάποιο

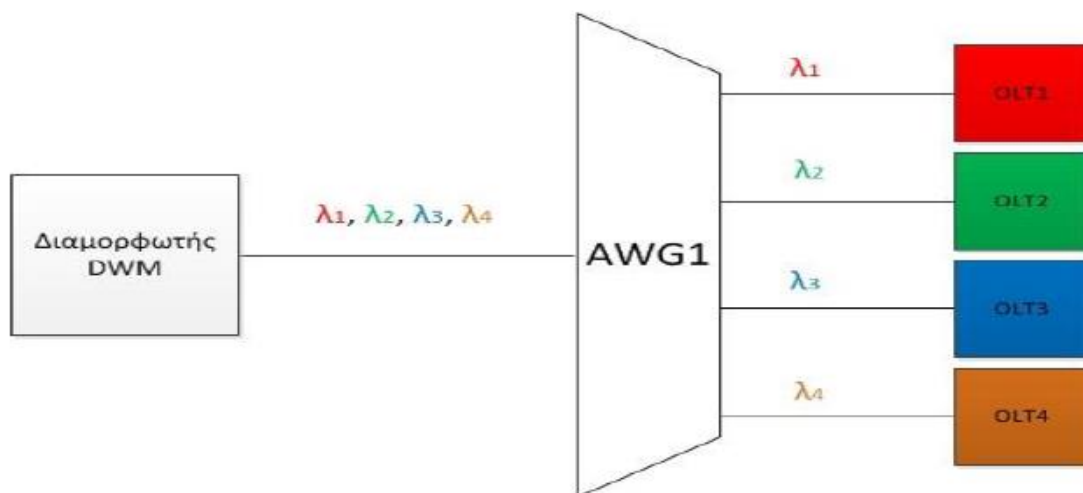
ONT μένει κενή όταν αυτό το ONT δε μεταδίδει σήμα. Οι σύγχρονες εκδόσεις έχουν δυνατότητα δυναμικής ανάθεσης εύρους ζώνης για τη βέλτιστη εκμετάλλευση του συνολικού εύρους της ίνας.

Η πρώτη εκδοχή PON ονομάστηκε APON (ATM PON) και μετονομάστηκε σε BPON (Broadband PON). Προτυποποιήθηκε το 1998 (ITU-T G.983.5) και χρησιμοποιεί ενθυλάκωση ATM. Αρχικά προσέφερε ρυθμούς μετάδοσης στην οπτική ίνα της τάξης των 155 Mbps και έφτασε έως τα 1244 Mbps στη ροή καθόδου και 622 Mbps στη ροή ανόδου. Τα BPON χρησιμοποιούν τρεις διαφορετικές περιοχές μήκους κύματος: 1490nm για τη ροή καθόδου, 1310nm για τη ροή ανόδου και 1550nm για τη μετάδοση video στη ροή καθόδου. Η πολυπλεξία και απόπολυπλεξία των τριών διαφορετικών ροών γίνεται με χρήση CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing). Η μέγιστη εμβέλεια ενός συστήματος BPON είναι τα 20km.

Το EPON προτυποποιήθηκε το 2005 και χρησιμοποιεί τεχνολογία μετάδοσης Ethernet, προσφέροντας ρυθμούς μετάδοσης έως 1244 Mbps. Χρησιμοποιεί τις ίδιες περιοχές μήκους κύματος με το BPON και έχει εμβέλεια 10 ή 20 km, ανάλογα με το λόγο διαμοιρασμού που θα επιλεγθεί. Η εξέλιξη του, 10GEPON προσφέρει ρυθμούς μετάδοσης 10 Gbps.

Το 2001 προτυποποιήθηκε το GPON (Gigabit PON, ITU-T G.984.1) με ρυθμούς μετάδοσης έως 2488 Mbps με μέγιστη εμβέλεια 10 ή 20 km. Οι περιοχές εκπομπής είναι: 1480-1500 nm για την κάθοδο, 1260-1360 nm για την άνοδο και 1550-1560 nm για τη μετάδοση video στη ροή καθόδου. Εξέλιξη του GPON είναι το 10G-PON ή XG-PON (10 Gigabit PON, ITU-T G.987.1) με ρυθμούς μετάδοσης έως 10Gbps. Τα GPON υποστηρίζουν πολλαπλές υπηρεσίες όπως Ethernet, ATM, POTS και SDH, γεγονός που τα καθιστά εξαιρετικά ελκυστικά για τους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους.

Τα WDM-PON (Wavelength Division Multiplexing PON) χρησιμοποιούν αντί για οπτικό splitter ένα φίλτρο AWG (Arrayed Wave Guide), και επιτυγχάνει μετάδοση πολλαπλών σημάτων μέσω της ίδιας οπτικής ίνας εκχωρώντας στο καθένα από αυτά διαφορετικό μήκος κύματος. Με αυτόν τον τρόπο, κάθε ONT λαμβάνει διακριτή και κατά συνέπεια ασφαλή ροή δεδομένων.



Εικόνα 2.20: WDM-PON.

Το 2015 ολοκληρώθηκε το πρότυπο NG-PON2 (ITU-T G.989.1) το οποίο προσφέρει ρυθμούς μετάδοσης έως 40 Gbps ή 80 Gbps με χρήση πολυπλεξίας TWDM (Time Wavelength Division Multiplexing). Οι ρυθμοί μετάδοσης στο χρήστη φθάνουν τα 10 Gbps συμμετρικό και η μέγιστη εμβέλεια τα 40 km. Το NG-PON2 μπορεί να συνυπάρξει με PONs προηγούμενων γενεών (πχ GPON) ενώ υποστηρίζει πολλαπλών τύπων υπηρεσίες.

2.5 Έργα δικτύων NGA στην Ελλάδα

Όσον αφορά τα έργα δικτύων NGA, πρέπει να εξασφαλιστεί ότι τα συστήματα και οι διαδικασίες που θα γίνουν από τον κύριο πάροχο θα είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να διευκολυνθεί και η μετάβαση των εναλλακτικών παρόχων στα δίκτυα επόμενης γενιάς. Άρα, τα υφιστάμενα ρυθμιστικά εργαλεία θα πρέπει να διατηρηθούν βραχυπρόθεσμα ή μεσοπρόθεσμα. Επίσης, ένα νέο σύνολο κανόνων θα πρέπει να εισαχθεί για να γίνει πιο "ανώδυνη" η αλλαγή από τις παλιές στις νέες υποδομές. Κατά τον τεχνικό σχεδιασμό θα πρέπει να ληφθούν υπόψη παράμετροι όπως, το σύνολο των οπτικών ινών, τη δικτυακή αρχιτεκτονική και της αντίστοιχης τοπολογίας P2P ή P2MP.

Η τηλεπικοινωνιακή αγορά (σταθερών και κινητών υπηρεσιών) βρίσκεται σε φάση συνεχούς συρρίκνωσης με τις επενδύσεις, ως ποσοστό του κύκλου εργασιών, να υφίστανται σημαντικό περιορισμό. Να σημειωθεί ότι και στο χώρο των τηλεπικοινωνιών, η ύφεση έχει οδηγήσει τις εταιρείες που δραστηριοποιούνται στην αγορά αυτή σε αρκετά δύσκολη θέση, περιορίζοντας την ταμειακή δυνατότητα τους να πραγματοποιήσουν νέες επενδύσεις.

Έχοντας επηρεαστεί σφοδρά από την ευρύτερη οικονομική συγκυρία και με δανειοδότηση μη δυνάμενη να εξυπηρετηθεί, εμπλέκονται σε συζητήσεις περί εξαγορών και συγχωνεύσεων. Κατά το διάστημα του τελευταίου έτους η ελληνική

τηλεπικοινωνιακή αγορά έχει δείξει έντονα σημάδια συγκέντρωσης. Πιο συγκεκριμένα τον Ιούνιο του 2015, η εταιρεία ON Telecoms ανέστειλε την λειτουργία της καταθέτοντας αίτηση πτώχευσης. Λίγους μήνες νωρίτερα η Επιτροπή Ανταγωνισμού είχε εγκρίνει και τυπικά την εξαγορά και στην συνέχεια της HOL από την Vodafone. Πλέον στην Ελληνική αγορά δραστηριοποιούνται οι ακόλουθες κυρίαρχες εταιρείες:

- Όμιλος OTE-Cosmote
- Vodafone-HOL
- Wind
- Forthnet
- Cyta Hellas

Με την εξαίρεση των επενδύσεων που πραγματοποιούνται από τον όμιλο OTE, τη Vodafone και τη Wind, οι υπόλοιποι πάροχοι έχουν πρακτικά παγώσει τις επενδύσεις τους (περιοριζόμενοι σε χαμηλού κόστους επενδύσεις κυρίως για την παροχή υπηρεσιών VDSL από το Αστικό Κέντρο). Συντριπτικό μερίδιο στις επενδύσεις NGA έχει ο OTE που βρίσκεται σε φάση υλοποίησης NGA δικτύου με ανάπτυξη υποδομών FTTC. Οι VDSL υπηρεσίες ονομαστικής ταχύτητας 30 και 50 Mbps διατίθενται με premium σε σχέση με το αντίστοιχο προϊόν ADSL έως 24 Mbps.

Ο OTE είναι ο μοναδικός πάροχος που έχει επενδύσει σε υποδομές για την παροχή υπηρεσιών NGA με τεχνολογία VDSL από την υπαίθρια καμπίνα, διαθέτοντας τις υπηρεσίες αυτές τόσο στη λαντική όσο και στη χονδρική. Σημειώνεται εδώ ότι ενώ στο ADSL και VDSL που παρέχεται από το Αστικό Κέντρο οι πραγματικές ταχύτητες υπολείπονται εν γένει σημαντικά των διαφημιζομένων ταχύτητες, στο VDSL από την υπαίθρια καμπίνα οι πραγματικές ταχύτητες δεν απέχουν πολύ από τις θεωρητικές τουλάχιστον σε αστικό περιβάλλον όπου οι αποστάσεις από την καμπίνα είναι μικρές.

Παρά το γεγονός ότι υφίσταται το σχετικό νομοθετικό και ρυθμιστικό πλαίσιο που θα επέτρεπε σε άλλους παρόχους να δραστηριοποιηθούν στην συνεγκατάσταση σε επίπεδο καμπίνας, κανείς μέχρι σήμερα δεν έχει υλοποιήσει τέτοιες επενδύσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ VDSL VECTORING

3.1 Εισαγωγή

Η τεχνολογία VDSL Vectoring εφαρμόζεται σε συνδρομητικές γραμμές πρόσβασης αρχιτεκτονικής Fiber to the Cabinet (FTTC) και τεχνολογίας VDSL, αυξάνοντας σημαντικά τον ρυθμό μετάδοσης (ταχύτητες έως 200Mbps). Η συγκεκριμένη τεχνολογία επιτρέπει την περαιτέρω εκμετάλλευση του υφιστάμενου δικτύου χαλκού, δεδομένου ότι επιτυγχάνονται υψηλές ταχύτητες, ενώ το κόστος είναι σχετικά χαμηλότερο, σε σχέση με την ανάπτυξη ενός δικτύου αρχιτεκτονικής Fiber to the Home (FTTH) τεχνολογίας Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON).

Η ΕΕΤΤ, στο πλαίσιο του τέταρτου κύκλου ανάλυσης της χονδρικής αγοράς τοπικής πρόσβασης, καθόρισε τη διαδικασία για την εισαγωγή της τεχνολογίας VDSL Vectoring. Έχει ορίσει συγκεκριμένες υποχρεώσεις, οι οποίες διασφαλίζουν την εύρυθμη λειτουργία του ανταγωνισμού στην αγορά. Σημαντική υποχρέωση αποτελεί η διάθεση εικονικού χονδρικού προϊόντος πρόσβασης, ώστε να αποφεύγεται η δημιουργία μονοπωλίων στην αγορά λιανικής. Επίσης, η ΕΕΤΤ καθορίζει τις περιοχές ανάπτυξης των δικτύων.

Ο ΟΤΕ και οι εναλλακτικοί πάροχοι αξιοποιούν τη συγκεκριμένη τεχνολογία για να αναπτύξουν δίκτυα νέας γενιάς (Next Generation Access-NGA). Η τεχνολογία VDSL Vectoring αφορά στο σύνολο του δικτύου πρόσβασης του ΟΤΕ εκτός των καμπινών, με καλωδιακή απόσταση μικρότερη των 550 μέτρων σε σχέση με το αστικό κέντρο ΟΤΕ, στην οποία παρέχονται από όλους τους παρόχους υπηρεσίες VDSL από το κέντρο. Επίσης, υπάρχει δυνατότητα να εφαρμόζεται εναλλακτική αρχιτεκτονική/τεχνολογία NGA, εφόσον παρέχει λιανική ευρυζωνική πρόσβαση στο Διαδίκτυο, με ταχύτητες υψηλότερες ή ίσες των 100Mbps.

Οι πάροχοι αιτούνται περιοχές αστικών κέντρων του ΟΤΕ στις οποίες προτίθενται να υλοποιήσουν δίκτυα NGA (σε συγκεκριμένες υπαίθριες καμπίνες) και η ΕΕΤΤ, αφού εξετάσει τα αιτήματα, αναθέτει τις περιοχές, βάσει συγκεκριμένων κριτηρίων. Οι πάροχοι δεσμεύονται για τον χρόνο υλοποίησης και την τεχνολογία των δικτύων τους.

Η διαδικασία ανάθεσης περιοχών περιλαμβάνει:

- Την πρώτη ανάθεση, διάρκειας 32 μηνών, με 3 φάσεις.
- Τις ετήσιες αναθέσεις.

Η ΕΕΤΤ παρακολουθεί την πορεία ανάπτυξης των δικτύων, μέσω επιτόπιων εποπτικών ελέγχων και υποχρεωτικών περιοδικών αναφορών που υποβάλλουν οι

πάροχοι. Αλλαγές στην τεχνολογία/στο χρονοδιάγραμμα ενεργοποίησης των δικτύων πρέπει να εγκρίνονται από την EETT.

3.2 Αρχές λειτουργίας

Η είσοδος στις τεχνολογίες δικτύων επόμενης γενιάς επιφέρει και μια σειρά προκλήσεις για την αντιμετώπιση ζητημάτων που προκύπτουν. Ένα από τα βασικά ζητήματα, είναι ότι η σύζευξη πολλών ροών πληροφορίας σε μια οπτική ίνα και η μετέπειτα διαχείριση της από ένα DSLAM για τη μεταγωγή των ροών στη χάλκινη υποδομή δημιουργεί πληθώρα παρεμβολών. Για τη διαχείριση και μείωση αυτών των παρεμβολών χρησιμοποιείται η τεχνολογία Vectoring, κάτι που μπορεί να προσφέρει πολύ μεγαλύτερη απόδοση και ταχύτητα στον εκάστοτε χρήστη, για αυτό αποτελεί και μια από τις κυρίαρχες προτεραιότητες για τους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους.

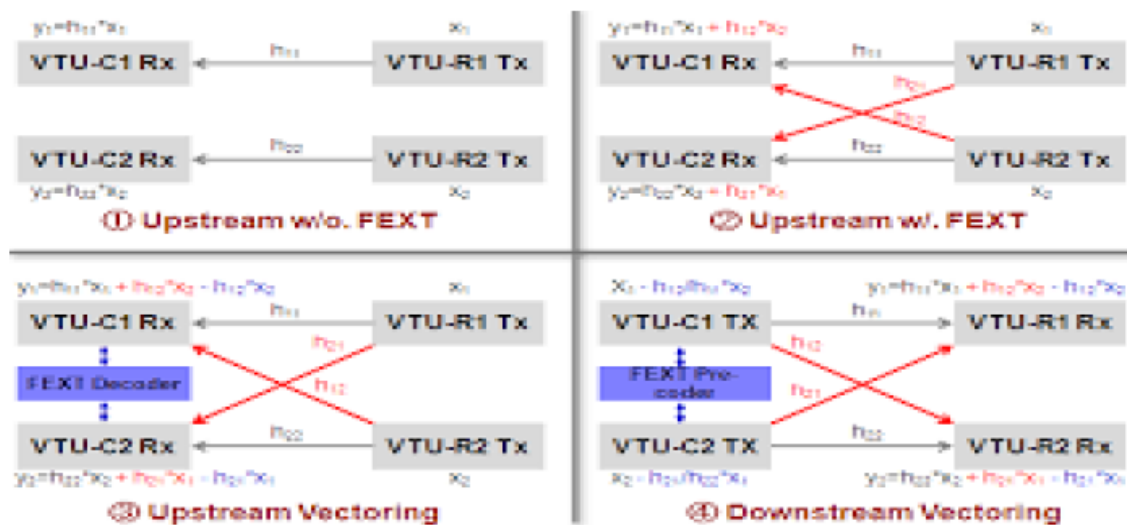
Πιο συγκεκριμένα, η ύπαρξη πολλών καλωδίων μέσα στην ίδια ζεύξη επιφέρει αρκετές συζεύξεις της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας που διαχέεται εντός τους, με αποτέλεσμα τη δημιουργία παρεμβολών. Οι παρεμβολές αυτές χωρίζονται σε δύο ειδών: 1. NEXT (Near End Crosstalk) και 2. FEXT (Far End Crosstalk). Οι παρεμβολές τύπου NEXT οφείλονται σε πηγή που βρίσκεται στο ίδιο άκρο ενός γειτονικού ζεύγους καλωδίων (συνήθως στο τηλεφωνικό κέντρο), ενώ οι FEXT στο απέναντι άκρο (συνήθως στο επίπεδο του χρήστη). Σε μια xDSL αρχιτεκτονική, οι NEXT παρεμβολές δημιουργούνται συνήθως μεταξύ downstream και upstream ροών διαφορετικού ζεύγους, ενώ οι FEXT μεταξύ είτε ροών downstream είτε ροών upstream διαφορετικού ζεύγους. Εύκολα μπορεί να διαπιστωθεί, ότι όσο περισσότεροι χρήστες χρησιμοποιούν μια ζεύξη, τόσο περισσότερες παρεμβολές δημιουργούνται και εξαιτίας αυτού η ταχύτητα της κάθε ροής δεδομένων μειώνεται προοδευτικά όσο αυξάνονται οι χρήστες.

Ουσιαστικά η τεχνολογία Vectoring εισάγεται από την ανάπτυξη του VDSL2 και έπειτα. Κυρίως μέσω αυτής επιτυγχάνεται η ακύρωση του φαινομένου FEXT, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνονται ρυθμοί πάνω από 200Mbps για μικρές αποστάσεις (Vectored VDSL2) με βάση την αρχιτεκτονική FTTCabinet.

Πώς επιτυγχάνεται η μείωση των παρεμβολών; Με την χρήση κατάλληλων φίλτρων και μέσω της μεθόδου FDD (Frequency Division Duplexing) μπορούμε να επιτύχουμε λειτουργία των σημάτων ανόδου και καθόδου σε διαφορετική ζώνη συχνοτήτων. Έτσι η επίδραση των παρεμβολών NEXT μειώνεται δραστικά. Παράλληλα όμως, η ίδια τεχνική δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση των παρεμβολών τύπου FEXT, καθώς ο πομπός και ο δέκτης λειτουργούν στην ίδια ζώνη συχνοτήτων.

Εδώ εισάγεται το Vectoring. Σκοπός του είναι η αντιμετώπιση των παρεμβολών μεταξύ μιας ομάδας γραμμών (self-FEXT cancellation) με την ταυτόχρονη αύξηση

του SNR (άρα και της απόδοσης). Ουσιαστικά, για να επιτύχουμε την λειτουργία του Vectoring θα πρέπει το σύστημα να μπορεί να “διαβάσει” τις επερχόμενες παρεμβολές και μέσω διανυσματικής επεξεργασίας να μπορεί να στέλνει σήματα αντιστάθμισης. Αυτό γίνεται με τη χρήση ενός FEXT pre-coder. Το σύνολο των διαχειριζόμενων γραμμών που υπόκεινται στη λειτουργία του Vectoring ονομάζεται vectored group, για το οποίο θα πρέπει να είναι γνωστές όλες οι συναρτήσεις μεταφοράς, καθώς και να μπορεί το σύστημα να διαχειρίζεται όλους τους πομπούς και δέκτες των γραμμών. Βασικό στοιχείο είναι ότι οι συναρτήσεις μεταφοράς είναι μοναδικές για κάθε γραμμή και διαφορετικές για κάθε χρησιμοποιούμενη συχνότητα.



Εικόνα 3.1: Σύστημα Vectoring για ζεύγος χρηστών.

Ο ρόλος επομένως του pre-coder (ή του de-coder αντίστοιχα στην περίπτωση του δέκτη) είναι να παράγει αντίστροφο σήμα από την υπάρχουσα FEXT παρεμβολή. Με αυτό τον τρόπο ακυρώνεται η επίδραση της παρεμβολής, και στον δέκτη φτάνει σήμα ίσο με το αρχικό (αν δεχτούμε ότι δεν υπάρχουν άλλες παρεμβολές, βλ. Παρακάτω). Μια απλή μαθηματική αποτύπωση για το παραπάνω, με ένα απλό μοντέλο 2 χρηστών σε ροή καθόδου (downstream) θα ήταν η εξής:

Y1: το σήμα που φτάνει στον δέκτη

X2: το σήμα που έχει αποσταλεί στον δέκτη

X1: η παρεμβολή FEXT

H1, H2: οι συναρτήσεις μεταφοράς του ζεύγους

Άρα το συνολικό σήμα θα είναι της μορφής:

$$Y1 = X1 * H1 + X2 * H2$$

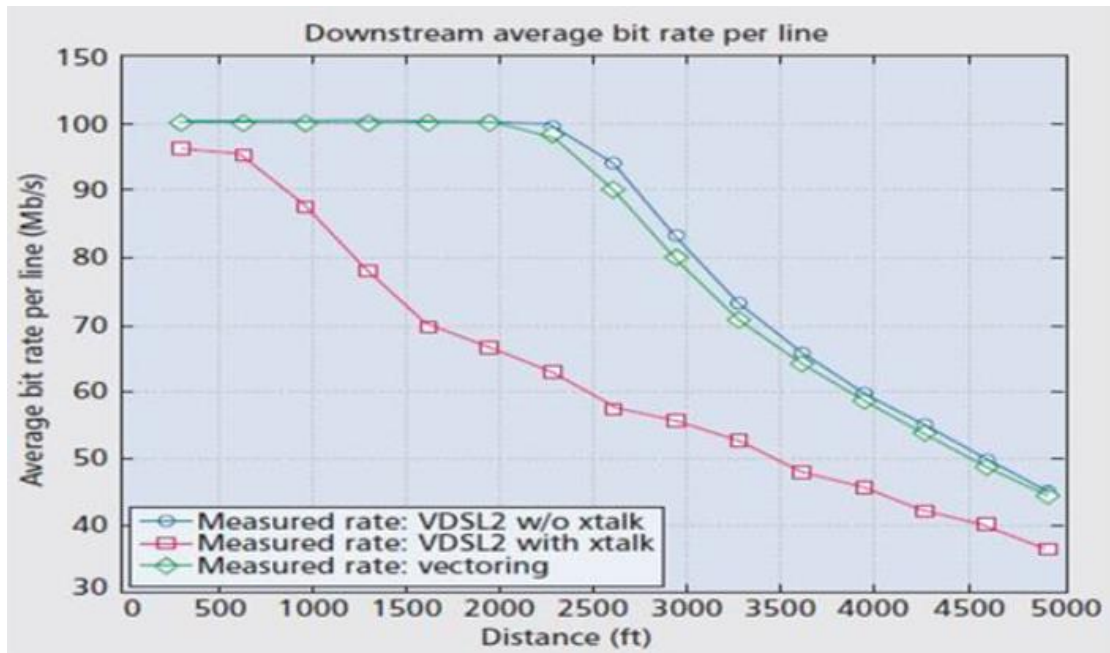
Για να αντιστραφεί η επίδραση του $X1$ θα πρέπει να εισαχθεί το αντίστροφο του επομένως θα έχουμε το $X1'$:

$$Y1 = X1*H1+X2*H2 = [X1-(H2/H1)*X2]* H1+X2*H2 = X1*H1-X2*H2+X2*H2 = X1*H1$$

Δηλαδή προκύπτει το αρχικό σήμα.

Στην πράξη έχουμε προφανώς πολύ μεγαλύτερο πλήθος χρηστών κάτι το οποίο κάνει πολύ δυσκολότερη την αντιμετώπιση αυτών των παρεμβολών, καθώς όλοι οι χρήστες ενός group αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Για αυτό, εισάγεται μια κεντρική μονάδα ελέγχου για ένα vectored group (Vectoring Control Entity) της οποίας ο ρόλος είναι να γνωρίζει όλες τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των χρηστών σε κάθε υποκανάλι (DMT πολυπλεξία) και για κάθε συχνότητα, και αντιστοίχως να προσαρμόζει τους pre-coder και de-coder σύμφωνα με τις απαιτήσεις. Για τη συγκρότηση και ανανέωση του πίνακα που περιέχει όλες τις πληροφορίες αλληλεπίδρασης (Channel Matrix) η VCE ελέγχει το σύστημα με αναφορές σφαλμάτων από τους χρήστες, κάτι που όμως προσθέτει το πρόβλημα της απαίτησης μεγάλης υπολογιστικής ισχύος, αν υποθέσουμε ότι ένα VCE διαχειρίζεται δεκάδες χρήστες και η διαδικασία σηματοδοσίας είναι συνεχής και μεταβαλλόμενη.

Σε ένα ιδανικό σενάριο, η λειτουργία του Vectoring σε συνδυασμό με την FDD (για τις NEXT παρεμβολές) μπορούν να εκμηδενίσουν τις απώλειες εντός του συστήματος και άρα κάθε σήμα να φτάνει στον προορισμό του ακέραιο και με υψηλή ταχύτητα. Κατί τέτοιο δεν συμβαίνει, καθώς η ύπαρξη εξωγενών ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών και ο θόρυβος υποβάθρου δεν αντιμετωπίζονται από το vectoring και χρειάζεται εισαγωγή επιπλέον τεχνολογιών διαχείρισης τους. Μετέπειτα, το vectoring δεν μπορεί να αντιμετωπίσει έναν από τους βασικότερους λόγους της μείωσης της απόδοσης, την εξασθένιση σήματος λόγω υλικού και απόστασης πομπού – δέκτη. Παρόλα αυτά, η εισαγωγή του Vectoring επιτυγχάνει σημαντικότερη βελτίωση στην απόδοση του VDSL και προσεγγίζει αποδόσεις ιδανικής λειτουργίας (δηλαδή αν υποθέσουμε ότι δεν υπάρχει καμία FEXT παρεμβολή).



Εικόνα 3.2: Ρυθμοί μετάδοσης συστήματος Vectoring.

Επίσης, η τεχνολογία Vectoring προσφέρει το σημαντικό πλεονέκτημα ότι αποτελεί ενίσχυση του VDSL και λειτουργεί πάνω από την ήδη υπάρχουσα υποδομή, κάτι που μειώνει σημαντικά το κόστος εγκατάστασης του. Αυτό που απαιτείται είναι η αλλαγή

στον εξοπλισμό στο DSLAM του παρόχου και τον τερματικό εξοπλισμό στον χώρο του χρήστη (συνήθως μια απλή αναβάθμιση λογισμικού στα VDSL CPEs) ενώ στα DSLAM, αναλόγως την υπάρχουσα υποδομή και τις επιλογές αρχιτεκτονικής του παρόχου, μπορεί να απαιτηθεί η αντικατάσταση του συνόλου του εξοπλισμού, ή μόνο του controller και των καρτών.

Μέσω του Vectoring προέκυψε το προφίλ του VDSL Vectored VDSL2, με βάση το FTTC. Ουσιαστικά πρόκειται για την απλή εφαρμογή της μεθοδολογίας του Vectoring στο ήδη υπάρχον προφίλ του VDSL2. Προτυποποιήθηκε από το ITU-T G.993.5 "Self-FEXT cancellation (vectoring) for use with VDSL2 transceivers" (2010), και είναι επίσης γνωστό ως G.Vector. Στοχεύει στην ακύρωση του φαινομένου παρεμβολών FEXT στο VDSL, και άρα στη βελτίωση των ταχυτήτων μετάδοσης και στην ποιότητα της υπηρεσίας. Σημαντικό στοιχείο είναι επίσης ότι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το Vectoring και σε διαφορετικά προφίλ του VDSL2, αρκεί να χρησιμοποιούν διαμόρφωση DMT με την ίδια διαίρεση φάσματος σε κάθε τόνο.

3.3 Απαιτούμενη δικτυακή υποδομή

Η τεχνολογία Vectoring αποτελεί επί της ουσίας ενίσχυση του VDSL2. Χρησιμοποιεί την ίδια υποδομή, χωρίς να απαιτεί επιπλέον επενδύσεις στο δίκτυο οπτικών ινών.

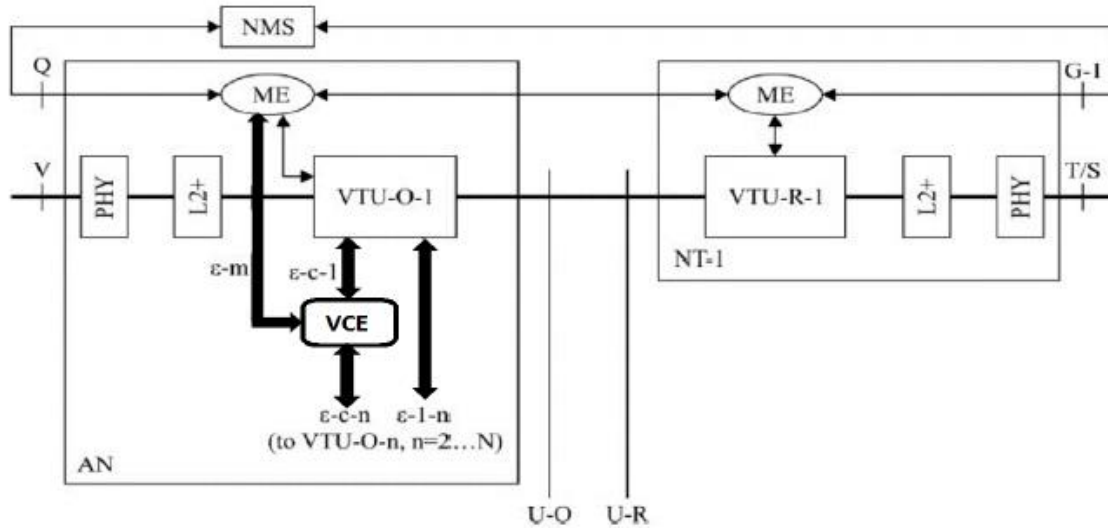
Βασίζεται στην αρχιτεκτονική FTTC και αξιοποιεί μέρος του δικτύου χαλκού και συγκεκριμένα τον Τοπικό Υποβρόχο (sub-loop), δηλαδή το ζεύγος καλωδίων χαλκού από τον Τοπικό Κατανομητή Μικτονόμησης (Local Distribution Frame – LDF) έως τις εγκαταστάσεις του πελάτη. Επίσης μπορεί να παρέχεται και απευθείας από το Αστικό Κέντρο όπως το VDSL2.

Σε σχέση με την υποδομή του VDSL2 οι απαιτούμενες επενδύσεις αφορούν τον εξοπλισμό Vectoring στο DSLAM του παρόχου και την αλλαγή στον τερματικό εξοπλισμό στο χώρο των πελατών (CPE). Συνήθως, τα VDSL2 CPEs απαιτούν απλώς μια αναβάθμιση λογισμικού ώστε να υποστηρίξουν τεχνολογία Vectoring, ενώ στα DSLAM ανάλογα από την υφιστάμενη υλοποίηση που έχει επιλέξει κάποιος πάροχος

για την παροχή VDSL2 υπηρεσίας μπορεί να διατηρήσει το ίδιο πλαίσιο και να αντικαταστήσει κάρτες και controller, ή να χρειαστεί να αλλάξει το σύνολο του εξοπλισμού.

3.4 Μοντέλο αναφοράς

Στην Εικόνα 3.3 παρουσιάζεται το μοντέλο αναφοράς ενός συστήματος Vectoring. Με έντονη σκίαση αναπαρίστανται οι διαφορές από ένα σύστημα VDSL2. Ο κόμβος πρόσβασης (access node - AN), τοποθετημένος στην υπαίθρια καμπίνα ή στο αστικό κέντρο του παρόχου, λειτουργεί ως πομποδέκτης για μια σειρά τερματικών (network terminations - NTs). Αντικειμενικός σκοπός του συστήματος είναι η συντονισμένη αποστολή (downstream vectoring) και η συντονισμένη λήψη (upstream vectoring) σημάτων από τις ενταγμένες γραμμές προς τον AN. Αυτή η συνεργασία απαιτεί μια διεπαφή μεταξύ των VDSL πομποδεκτών στην πλευρά της καμπίνας (VDSL terminal unit at the ONU side - VTU-O). Θεωρώντας ότι στο σύστημα υπάρχουν N γραμμές, ορίζεται ως VTU-O-n ο πομποδέκτης που αντιστοιχεί στη γραμμή n, με $n=1,2,\dots,N$. Η διεπαφή μεταξύ του VTU-O-1 και του VTU-O-n ονομάζεται ε-1-n.



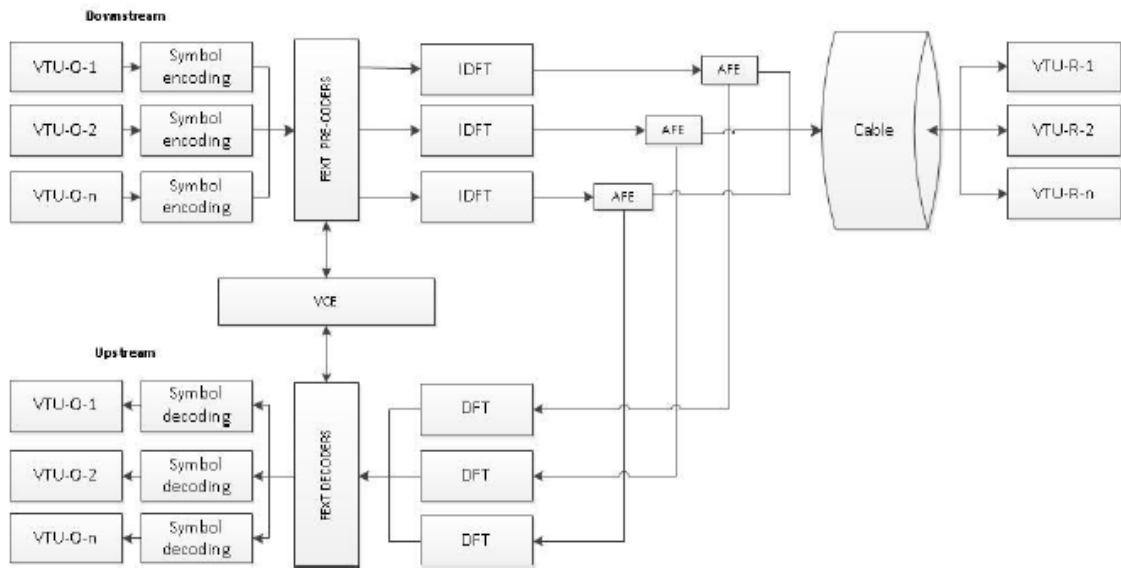
Εικόνα 3.3: Μοντέλο αναφοράς Vectoring.

Η συντονισμένη διαχείριση του γραμμών εκτελείται από το Σύστημα Διαχείρισης Δικτύου (Network Management System - NMS) επικοινωνώντας με τη Μονάδα Διαχείρισης (Management Entity - ME) του AN μέσω της Q-διεπαφής. Οι πληροφορίες διαχείρισης κάθε μεμονωμένης γραμμής μεταβιβάζονται από τη ME στη VCE του vectored group μέσω της διεπαφής e-m. Η VCE ελέγχει τους πομποδέκτες VTU-O-n μέσω της διεπαφής e-c-n.

3.5 Λειτουργία συστήματος

Στην Εικόνα 3.4 απεικονίζεται το μοντέλο λειτουργίας ενός Vectoring συστήματος N γραμμών. Το σύνολο των διαδικασιών διενεργούνται στην πλευρά του AN τόσο για τα ροή ανόδου όσο και για τη ροή καθόδου. Οι FEXT pre-coders προηγούνται της IDFT διαμόρφωσης (inverse discrete Fourier transform) στο ροή καθόδου και οι FEXT decoders έπονται της DFT αποδιαμόρφωσης. Η VCE είναι υπεύθυνη για την εκμάθηση και διατήρηση των Πινάκων Καναλιών, για τη δημιουργία των οποίων απαιτείται η ανταλλαγή πληροφορίας μεταξύ των VTU-O και VTU-R (VDSL terminal unit at the Remote side - VTU-R) μέσω της εγκαθίδρυσης ενός backchannel.

Το πρότυπο G.993.5 ορίζει τη διαλειτουργικότητα για Vectoring μόνο στη ροή καθόδου (downstream). Για τη ροή ανόδου (upstream) ορίζει συγκεκριμένα σήματα ελέγχου και χρονισμού προς τα VTU-R.



Εικόνα 3.4: Λειτουργία συστήματος Vectoring.

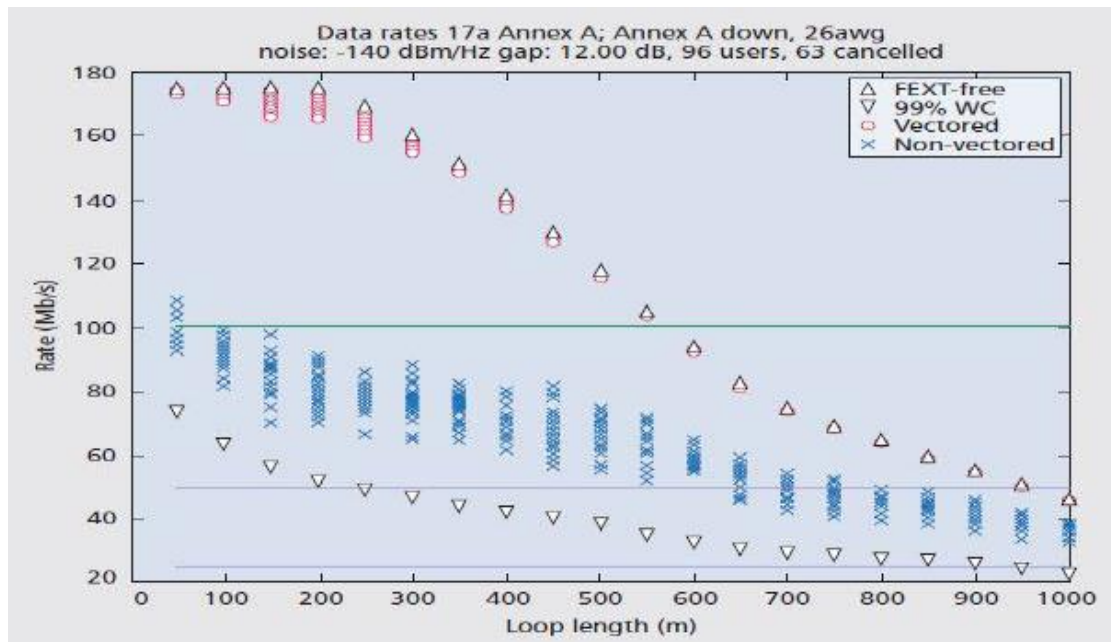
3.6 Απόδοση Vectoring

Η Εικόνα 3.5 αναπαριστά τον ρυθμό μετάδοσης δεδομένων στη ροή καθόδου ως προς το μήκος βρόχου VDSL2 γραμμών (Profile 17a), με ή χωρίς τη χρήση Vectoring, σε εγκατάσταση αστικής περιοχής της Β. Αμερικής και με χρήση καλωδίου 26-AWG.

Με τριγωνικό σχήμα παρουσιάζεται το βέλτιστο και χειρίστο σενάριο λειτουργίας, αποτυπώνοντας το εύρος των ρυθμών μετάδοσης που μπορούν να επιτευχθούν στο σύνολο των γραμμών. Ως βέλτιστο σενάριο επιλέχθηκε η FEXT-free λειτουργία (ισοδύναμο μιας ενεργής VDSL2 γραμμής), ενώ το χειρίστο σενάριο βασίζεται σε συγκεκριμένη μοντελοποίηση η οποία εισάγει το 99% των μέγιστων FEXT.

Με σταυρούς αποτυπώνονται οι αποδόσεις ενός non-vectored VDSL2 group 100 γραμμών εκ των οποίων οι 96 μεταδίδουν δεδομένα και οι 4 είναι αδρανείς. Παρατηρείται ότι το σύνολο των γραμμών είναι πάνω από το χειρίστο σενάριο, ωστόσο η απόδοση κάθε γραμμής είναι μη προβλέψιμη. Στην πράξη, το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό έχει ως οι περισσότεροι πάροχοι να αναγκάζονται να προσφέρουν την υπηρεσία VDSL2 βασισμένοι στην απόδοση του χειρότερου σεναρίου.

Με κυκλικό σχήμα αποτυπώνονται οι αποδόσεις των ίδιων VDSL2 γραμμών, αυτή τη φορά με τη χρήση Vectoring, στις 63 γραμμές που παρήγαγαν τις μεγαλύτερες παρεμβολές, επιτυγχάνοντας ρυθμούς μετάδοσης πολύ κοντά σε αυτούς του βέλτιστου σεναρίου (FEXT-free). Επιπλέον, οι ρυθμοί μετάδοσης παραμένουν άνω των 100 Mbps για αποστάσεις άνω των 500m, ενώ ακόμα και σε αποστάσεις των 1000m, οι ρυθμοί μετάδοσης μένουν πάνω από τα 40 Mbps.



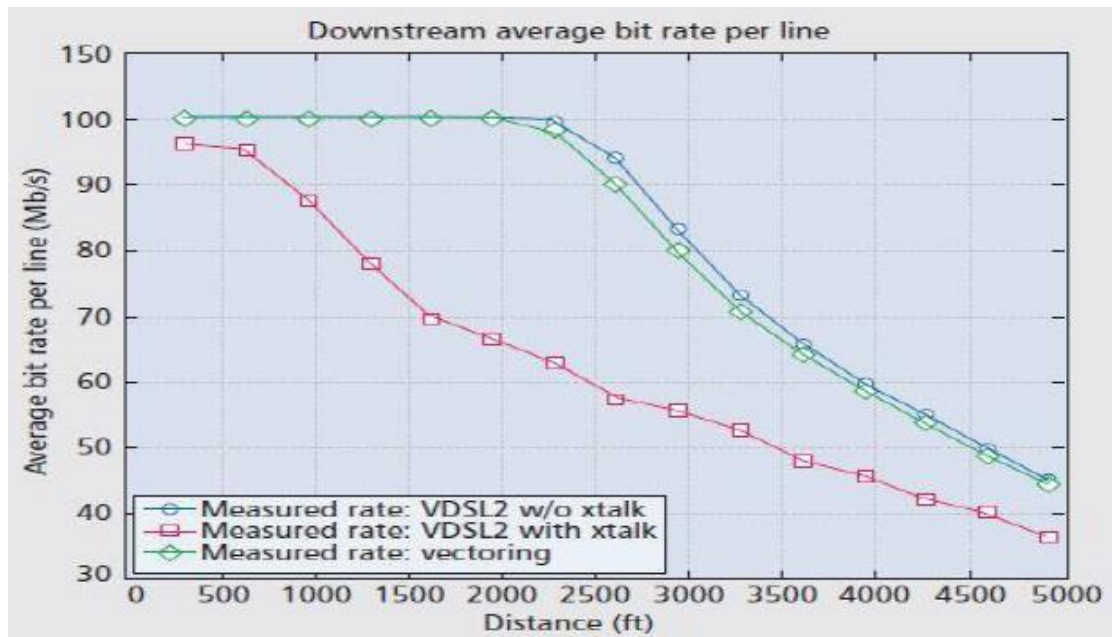
Εικόνα 3.5: Ρυθμοί μετάδοσης συστήματος Vectoring 96 χρηστών.

Στην εικόνα 3.6 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα εργαστηριακών μετρήσεων για Vectored-VDSL2 (17a) σύστημα, με τη χρήση καλωδίων ETSI 0,5mm και 26-AWG αντίστοιχα. Συγκεκριμένα μετρήθηκαν οι ρυθμοί μετάδοσης σε 24 γραμμές VDSL2 οι οποίες ομαδοποιήθηκαν με βάση το μήκος καλωδίου με βήμα 500 ποδιών (152 μέτρων).

Οι μετρήσεις ακολούθησαν τρία στάδια:

- Κατά το πρώτο στάδιο, μετρήθηκε η απόδοση κάθε ξεχωριστής γραμμής με τις υπόλοιπες γραμμές ανενεργές ώστε να επιτευχθεί FEXT-free λειτουργία.
- Κατά το δεύτερο στάδιο, μετρήθηκαν οι αποδόσεις των γραμμών όντας ταυτόχρονα ενεργές και χωρίς τη λειτουργία του Vectoring συστήματος.
- Κατά το τρίτο στάδιο, μετρήθηκαν οι αντίστοιχες αποδόσεις του 2ου σταδίου, υπό τη λειτουργία του Vectoring συστήματος.

Οι μετρήσεις και στις δύο περιπτώσεις έδειξαν ότι οι ρυθμοί μετάδοσης που επιτυγχάνονται με τη χρήση Vectoring προσεγγίζουν σε πολύ μεγάλο βαθμό τους FEXT-free ρυθμούς μετάδοσης.



Εικόνα 3.6: Ρυθμοί μετάδοσης καθόδου συστήματος Vectoring 24 χρηστών.

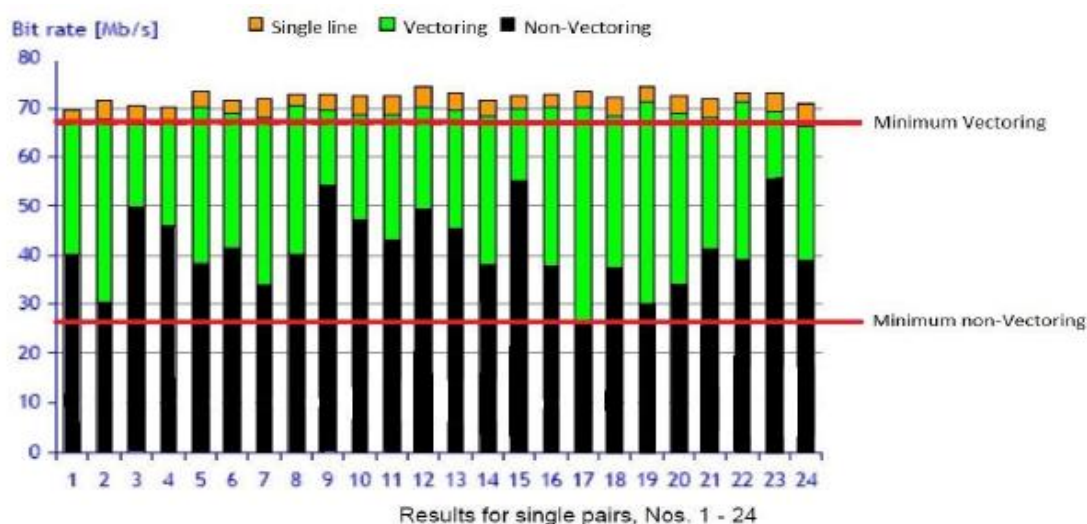
Σε άλλα αποτελέσματα, δημοσιευμένα από τον κατασκευαστικό οίκο Nokia-ALU, Εικόνα 3.7, σε δέσμη 24 ζευγών και σε απόσταση 500m, παρουσιάζονται οι ρυθμοί μετάδοσης ανά γραμμή για τα σενάρια υλοποίησης FEXT-free (μια μοναδική ενεργοποιημένη γραμμή), Vectoring και non-Vectoring.

Όπως φαίνεται, οι ρυθμοί μετάδοσης που επιτυγχάνονται μέσω Vectoring προσεγγίζουν και πάλι τους ρυθμούς της FEXT-free λειτουργίας. Επιπλέον παρατηρείται ότι οι ρυθμοί μετάδοσης έχουν πολύ μικρή απόκλιση, της τάξης των λίγων Mbps, σε αντίθεση με τους ρυθμούς μετάδοσης του non-Vectoring VDSL2 όπου οι αποκλίσεις ξεπερνούν τα 20 Mbps, καθιστώντας την απόδοση μιας γραμμής μη προβλέψιμη.

Τα συστήματα Vectoring παρέχουν λειτουργικότητα για πρόβλεψη του οφέλους στους ρυθμούς μετάδοσης αλλά και δυνατότητα παραμετροποίησης για τον έλεγχο του οφέλους ανά συνδρομητική γραμμή. Συγκεκριμένα παρέχει τις παρακάτω δυνατότητες:

- Ενεργοποίηση και απενεργοποίηση της εξουδετέρωσης των FEXT σε επιλεγμένες συνδρομητικές γραμμές.
- Ανάθεση προτεραιότητας σε κάθε γραμμή.
- Ορισμός στόχου για το ρυθμό μετάδοσης για κάθε γραμμή.
- Επιλογή ζωνών συχνοτήτων για την εξουδετέρωση των FEXT παρεμβολών.

Απενεργοποιώντας την εξουδετέρωση των FEXT σε επιλεγμένες συνδρομητικές γραμμές, δίνεται η δυνατότητα στο σύστημα να παρέχει στις υπόλοιπες μεγαλύτερα οφέλη στους ρυθμούς μετάδοσης. Όταν οι επεξεργαστικοί πόροι της VCE είναι περιορισμένοι, τότε κατανομούνται με τρόπο που ορίζεται από την προτεραιοποίηση των γραμμών. Κύριος στόχος του συστήματος είναι να καλύψει την τιμή-στόχο που έχει ορισθεί για τους ρυθμούς μετάδοσης κάθε γραμμής. Όταν αυτό καταστεί εφικτό, οι εναπομείναντες πόροι θα κατανομηθούν για την αύξηση των ρυθμών μετάδοσης και πάλι με βάση την προτεραιότητα της κάθε γραμμής. Τέλος, όταν οι γραμμές πλήττονται από εξωτερικές πηγές θορύβου, μπορεί να διακοπεί η λειτουργία του συστήματος Vectoring στις πληττόμενες συχνότητες.



Εικόνα 3.7: Ρυθμοί μετάδοσης 24 ζευγών Vectoring συστήματος.

3.7 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Vectoring

Η τεχνολογία Vectoring έχει επιλεγεί σε μια σειρά από κράτη-μέλη της Ε.Ε. με σκοπό να καλυφθούν οι στόχοι της Ψηφιακής Ατζέντας (DAE). Το βασικότερο πλεονέκτημα του Vectoring το οποίο έχει οδηγήσει στη υιοθέτησή του αφορά στα μικρότερα επενδυτικά κόστη της αρχιτεκτονικής FTTC έναντι των αρχιτεκτονικών FTTB/FTTH, διαφορά που προκύπτει κυρίως από τις μειωμένες απαιτήσεις για χωματουργικές εργασίες αλλά και από το μικρότερο πλήθος οπτικών τερματικών. Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μελέτης που εκπονήθηκε για τα δίκτυα NGA της Γερμανίας, όπου περιοχές Αστικών Κέντρων παρόμοιου αριθμού νοικοκυριών (της τάξης των 2,1 εκατομμυρίων) ταξινομήθηκαν σε 20 κατηγορίες με βάση την πληθυσμιακή πυκνότητα.

Για κάθε μια από τις κατηγορίες υπολογίστηκαν τα απαιτούμενα επενδυτικά κόστη για την ανάπτυξη FTTC Vectoring και FTTH, με την αξιοποίηση αληθινών στοιχείων για τη θέση κτιρίων, νοικοκυριών και επιχειρήσεων, με χρήση ενός bottom-up LRIC

μοντέλου (Long Range Incremental Cost - Μακροπρόθεσμο Επαυξητικό Κόστος). Η διαφορά στις απαιτούμενες επενδύσεις κυμάνθηκε από το 68% έως το 81%.

Κατηγορίες	FTTH	FTTC Vectoring	Διαφορά (%)
1	1.440 €	320 €	78%
2	1.650 €	350 €	79%
3	1.740 €	370 €	79%
4	1.780 €	370 €	79%
5	1.840 €	370 €	80%
6	1.940 €	380 €	80%
7	2.010 €	410 €	80%
8	2.180 €	420 €	81%
9	2.230 €	440 €	80%
10	2.410 €	480 €	80%
11	2.440 €	500 €	80%
12	2.480 €	520 €	79%
13	2.560 €	560 €	78%
14	2.640 €	600 €	77%
15	2.650 €	590 €	78%
16	2.710 €	640 €	76%
17	2.670 €	680 €	75%
18	3.030 €	830 €	73%
19	3.410 €	1.020 €	70%
20	4.310 €	1.390 €	68%
Σύνολο	2.406 €	562 €	77%

Πίνακας 3.1: Channel Matrix.

Ένα ακόμα πλεονέκτημα της αρχιτεκτονικής Vectoring είναι ο μικρότερος χρόνος που απαιτείται για την είσοδο στην αγορά. Το γεγονός ότι για την υλοποίηση της αρχιτεκτονικής FTTC δεν απαιτούνται χωματουργικές εργασίες από την υπαίθρια καμπίνα έως τις εγκαταστάσεις του τελικού χρήστη μειώνει το χρόνο υλοποίησης, ενώ τα μικρότερα απαιτούμενα κεφάλαια επιταχύνουν τις επενδυτικές αποφάσεις.

Σε επίπεδο κόστους, η συνέχιση της εκμετάλλευσης του δικτύου χαλκού επιφέρει αφενός μείωση των επενδύσεων, αλλά ενδεχομένως να διατηρεί υψηλά λειτουργικά έξοδα, είτε για την συντήρηση του χαλκού στην περίπτωση του κυρίαρχου παρόχου, είτε για την ενοικίαση του υποβρόχου στην περίπτωση των εναλλακτικών παρόχων. Από την άλλη πλευρά, τεχνολογίες πρόσβασης που στηρίζονται στην αρχιτεκτονική FTTB προαπαιτούν την ύπαρξη μεγαλύτερου πλήθους ενεργών κόμβων (εγκαταστάσεις ανά κτίριο).

Στα μειονεκτήματα του Vectoring, συγκαταλέγεται η αναγκαιότητα ύπαρξης ενός μοναδικού παρόχου ανά υπαίθρια καμπίνα. Ωστόσο, παρόμοια ρυθμιστικά ζητήματα εγείρονται και κατά την υλοποίηση αρχιτεκτονικών FTTB, είτε για τεχνικούς λόγους όταν η καλωδίωση εντός κτιρίων παραμένει απροστάτευτη, είτε για οικονομικούς λόγους, καθώς είναι αμφίβολο εάν είναι οικονομικά βιώσιμη η επάλληλη ανάπτυξη οπτικών δικτύων εκ μέρους δυο παρόχων στην ίδια περιοχή. Επιπλέον, η αρχιτεκτονική FTTB προϋποθέτει την ύπαρξη ενεργού εξοπλισμού και την διάχυση ηλεκτρικής ισχύος εντός των κτιρίων, γεγονός που δημιουργεί επιπλέον διαχειριστικά και ρυθμιστικά ζητήματα.

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα της τεχνολογίας Vectoring σε σχέση με τις τεχνολογίες που στηρίζονται σε FTTB/FTTH υποδομές αφορούν την ίδια την ποιότητα της προσφερόμενης υπηρεσίας. Παρότι η τεχνολογία Vectoring αντιμετωπίζει αποτελεσματικά τις παρεμβολές FEXT, η εξασθένηση του σήματος εξακολουθεί να είναι κυρίαρχος παράγοντας για την μείωση των ρυθμών μετάδοσης. Ακόμα και σε μικρές αποστάσεις οι ταχύτητες που μπορούν να επιτευχθούν πάνω από τα χάλκινα ζεύγη είναι κατά πολύ μικρότερες από τις ταχύτητες που προσφέρει μια τυπική υλοποίηση GPON.

Η επιλογή εκ μέρους των Εθνικών Ρυθμιστικών Αρχών για το αν θα επιτρέψουν την εισαγωγή του Vectoring μπορεί να απλοποιηθεί στο εξής δίλημμα: μικρές αυξήσεις στους ρυθμούς μετάδοσης πολλών χρηστών ή μεγάλες αυξήσεις στους ρυθμούς μετάδοσης λιγότερων χρηστών. Το δίλημμα αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι σε περιοχές χαμηλής πληθυσμιακής πυκνότητας, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 3.1, το ανά πελάτη κόστος είναι υψηλότερο και κατά συνέπεια η πιθανότητα κάποιος πάροχος να επενδύσει σε υποδομές FTTB/FTTH είναι μειωμένες. Ως εκ τούτου, αν δεν υπάρχει η δυνατότητα για υλοποίηση FTTC και ενεργοποίηση συστημάτων Vectoring, είναι πιθανό να γίνουν επενδύσεις σε υποδομές FTTB/FTTH μόνο σε πυκνοκατοικημένες περιοχές. Φυσικά, υπάρχει η δυνατότητα υβριδικού μοντέλου ανάπτυξης υποδομών με αρχιτεκτονικής FTTB και FTTH στις αστικές περιοχές και αρχιτεκτονικής FTTC με δυνατότητα Vectoring σε αγροτικές περιοχές. Το μοντέλο αυτό απαιτεί ευελιξία εκ μέρους των ΕΡΑ όσον αφορά στην υποχρέωση SLU.

3.8 Εισαγωγή της τεχνολογίας Vectoring στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα η Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων αποφάσισε την εισαγωγή της τεχνολογίας Vectoring προβλέποντας μια διαδικασία ανάθεσης αποτελούμενη από διαφορετικές φάσεις, όπου κάθε ενδιαφερόμενος πάροχος κατοχυρώνει την παρουσία του σε ένα πλήθος υπαίθριων καμπινών καλωδίωσης (ΥΚΚ) ενός Αστικού Κέντρου βάσει ορισμένων κριτηρίων. Ο διάλογος γύρω από το Vectoring ξεκίνησε με μια σειρά επιστολών μεταξύ των τηλεπικοινωνιακών παρόχων και της ΕΕΤΤ ήδη από το 2014. Η ΕΕΤΤ ξεκίνησε επισήμως την δημόσια

διαβούλευση για την εισαγωγή του Vectoring στο δίκτυο πρόσβασης τον Αύγουστο του 2016 και ανακοίνωσε την απόφασή της τον Δεκέμβριο του ίδιου έτους.

Η ΕΕΤΤ θεωρεί ότι η τεχνολογία Vectoring αποτελεί μια σχετικά γρήγορη και οικονομική μέθοδο αύξησης του ρυθμού μετάδοσης, που περιορίζει τις κοστοβόρες και χρονοβόρες διαδικασίες σκαψίματος των αρχιτεκτονικών FTTH/B και η οποία δύναται να αποτελέσει ένα ενδιάμεσο στάδιο προς την περαιτέρω εξάπλωση των δικτύων οπτικών ινών. Με την εισαγωγή της σκοπεύει στην ανάπτυξη υγιούς ανταγωνισμού στην αγορά, κυρίως σε επίπεδο υποδομών, και σε όφελος των καταναλωτών με πρόσβαση σε μεγαλύτερες ταχύτητες. Το πρόβλημα ανταγωνισμού που καλείται να αντιμετωπίσει η συγκεκριμένη ρύθμιση, σύμφωνα πάντα με την ΕΕΤΤ, είναι η έλλειψη ανταγωνιστικών υποδομών στο δίκτυο πρόσβασης και η σημαντική ισχύς του ΟΤΕ στην αγορά τοπικής πρόσβασης, καθώς είναι ο μόνος πάροχος με ιδιόκτητο δίκτυο πρόσβασης στο σύνολο της ελληνικής επικράτειας. Με την θέσπιση αποκλειστικού δικαιώματος εισαγωγής και χρήσης τεχνολογίας Vectoring εντός ενός Α/Κ για ορισμένο χρονικό διάστημα θεωρεί ότι διευκολύνει τους εναλλακτικούς πάροχους να επενδύσουν σε τεχνολογίες NGA χωρίς ο ΟΤΕ να έχει τη δυνατότητα να ανταποκριθεί με δικές του ανταγωνιστικές επενδύσεις.

Η ΕΕΤΤ προχώρησε επίσης σε μια σειρά τροποποιήσεων του ρυθμιστικού πλαισίου όπως:

- Τροποποίηση της προσφοράς αναφοράς RBO για τον σαφή ορισμό προϊόντος τύπου VULA και δημιουργία bottom-up μοντέλου κόστους για την τιμολόγησή του.
- Τροποποίηση της προσφοράς αναφοράς RUO για τον περιορισμό της υποχρέωσης για παροχή SLU.
- Τροποποίηση του Κανονισμού Διαχείρισης Φάσματος και Έγχυσης Ισχύος στο Δίκτυο Πρόσβασης.

Η ΕΕΤΤ στην απόφασή της για τον «Ορισμό Εθνικής αγοράς χονδρικής τοπικής πρόσβασης σε σταθερή θέση, καθορισμός επιχειρήσεων με σημαντική ισχύ στην εν λόγω αγορά και υποχρεώσεις αυτών (4ος Κύκλος Ανάλυσης)» ανακοίνωσε τον τρόπο εισαγωγής της τεχνολογίας Vectoring στο δίκτυο πρόσβασης.

Για την εκκίνηση της διαδικασίας εισαγωγής ο ΟΤΕ ως πάροχος που διαθέτει υπό την κυριότητα του το ακραίο δίκτυο υποχρεούται να διαθέσει πληροφορίες σχετικά με το δίκτυο πρόσβασής του. Συγκεκριμένα για κάθε υπαίθρια καμπίνα ενεργού εξοπλισμού (ΥΚΕΕ) και για κάθε υπαίθριο καταναμητή καλωδίων (ΥΚΚ - ΚV) είναι υποχρεωμένος να υποβάλει τα παρακάτω στοιχεία:

1. Γεωγραφικές συντεταγμένες.
2. Κωδικός υπαίθριας καμπίνας ενεργού εξοπλισμού/ υπαίθριου κατανεμητή καλωδίων.
3. Υπερκείμενο Αστικό Κέντρο (A/K) (ονομασία και μοναδικός κωδικός).
4. Καλωδιακή απόσταση σε σχέση με το Αστικό Κέντρο με χαρακτηρισμό ως μεγαλύτερη ή μικρότερη των 550 μέτρων.
5. Απόσταση από το υπερκείμενο A/K.
6. Δυνατότητα παροχής υπηρεσιών απομακρυσμένης συνεγκατάστασης και υπηρεσιών τοπικού υποβρόχου στον ΥΚΚ.
7. Γεωγραφική κάλυψη (αναλυτικά οι οδοί/διευθύνσεις που καλύπτει) και πληροφορία αναφορικά με την ΥΚΕΕ ή ΥΚΚ στην οποία ανήκει κάθε τοπικός υποβρόχος.
8. Υλοποίηση VDSL vectoring σε υπαίθρια καμπίνα από τον ΟΤΕ ή από άλλο πάροχο.
9. Παρεχόμενες υπηρεσίες από την υπαίθρια καμπίνα ενεργού εξοπλισμού.
10. Μήνας ενεργοποίησης υπηρεσιών VDSL και VDSL vectoring.
11. Συνολικό πλήθος ενεργών ζευγών χαλκού σε κάθε ΥΚΚ ή ΥΚΕΕ
12. Χαρακτηρισμός A/K ανάλογα με την πυκνότητα του δικτύου (πυκνά αστικά, αστικά, ημιαστικά και αγροτικά) και μέσο μήκος ακραίων καλωδίων ανά κατηγορία A/K.
13. Συνολικό πλήθος VDSL τοπικών υποβρόχων στην ΥΚΕΕ (εφόσον δεν έχει υλοποιηθεί vectoring).
14. Συνολικό πλήθος VPU/VPU light προϊόντων ΥΚΕΕ.
15. Πλήθος ζευγών οπτικών ινών στην ΥΚΕΕ (στο κύριο δίκτυο, από την καμπίνα μέχρι το A/K).
16. Διαθεσιμότητα αγωγών/σωληνώσεων/σκοτεινής ίνας προς την υπαίθρια καμπίνα.

Η παραπάνω πληροφόρηση αφορά τόσο την υφιστάμενη κατάσταση όσο και σχετικές προβλέψεις.

Οι πάροχοι οι οποίοι συμμετέχουν στην εισαγωγή της τεχνολογίας Vectoring υποχρεούνται να παρέχουν αντίστοιχη πληροφόρηση. Συγκεκριμένα για κάθε ΥΚΚ και ΥΚΕΕ πρέπει να υποβάλουν τα παρακάτω στοιχεία:

1. Γεωγραφικές συντεταγμένες.
2. Κωδικός υπαίθριας καμπίνας ενεργού εξοπλισμού.
3. Υπερκείμενο Σημείο Παρουσίας (ονομασία και μοναδικός κωδικός).
4. Απόσταση από το υπερκείμενο Σημείο Παρουσίας.
5. Αντιστοίχιση με υπαίθρια καμπίνα/ΥΚΚ ΟΤΕ
6. Μήνας ενεργοποίησης υπηρεσιών VDSL Vectoring ή άλλης NGA τεχνολογίας και εικονικού προϊόντος.
7. Συνολικό πλήθος VULA προϊόντων στην υπαίθρια καμπίνα ενεργού εξοπλισμού.
8. Πλήθος ζευγών οπτικών ινών ΥΚΕΕ.
9. Διαθεσιμότητα αγωγών/σωληνώσεων/σκοτεινής ίνας προς την υπαίθρια καμπίνα.

Επιπλέον, η ΕΕΤΤ όρισε ότι για την υλοποίηση της τεχνολογίας Vectoring τίθεται ως προαπαιτούμενο η διασφάλιση της απρόσκοπτης διάθεσης των υπηρεσιών ADSL. Επίσης όρισε ότι θα επιτρέπεται η εισαγωγή άλλων τεχνολογιών που χρησιμοποιούν τμήμα του χάλκινου δικτύου, από το Αστικό Κέντρο, την καμπίνα, ή εντός του κτιρίου, όπως για παράδειγμα η τεχνολογία G.Fast. Οι σχετικές ρυθμίσεις για τη συνύπαρξη αυτών των τεχνολογιών ρυθμίζονται μέσω του Κανονισμού Διαχείρισης Φάσματος και Έγχυσης Ισχύος στο Δίκτυο Πρόσβασης.

Μια σημαντική παράμετρος που έθεσε η ΕΕΤΤ είναι η απαγόρευση υλοποίησης Vectoring σε υπαίθριες καμπίνες των οποίων η καλωδιακή απόσταση από το Αστικό Κέντρο του ΟΤΕ είναι μικρότερη των 550 μέτρων. Όπως παρουσιάστηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, πρόσβαση τύπου VDSL2 παρέχεται στην Ελλάδα και μέσω DSLAM εγκατεστημένο στον χώρο του Αστικού Κέντρου σε περιπτώσεις όπου η συνολική καλωδιακή απόσταση του δικτύου πρόσβασης (κύριου και απερχόμενου) είναι μικρότερη των 800 μέτρων. Με την απαγόρευση της υλοποίησης Vectoring σε αυτές τις αποστάσεις, το σύνολο των παρόχων μπορούν και εξακολουθούν να παρέχουν VDSL2 από το Αστικό Κέντρο. Επομένως η ΕΕΤΤ αποφάσισε τη μη απαξίωση των επενδύσεων που έχουν ήδη κάνει οι πάροχοι σε ενεργό εξοπλισμό. Ως αντίβαρο ένα ποσοστό καταναλωτών δεν θα έχει άμεση πρόσβαση σε ταχύτερες μεγαλύτερες των 50 Mbps.

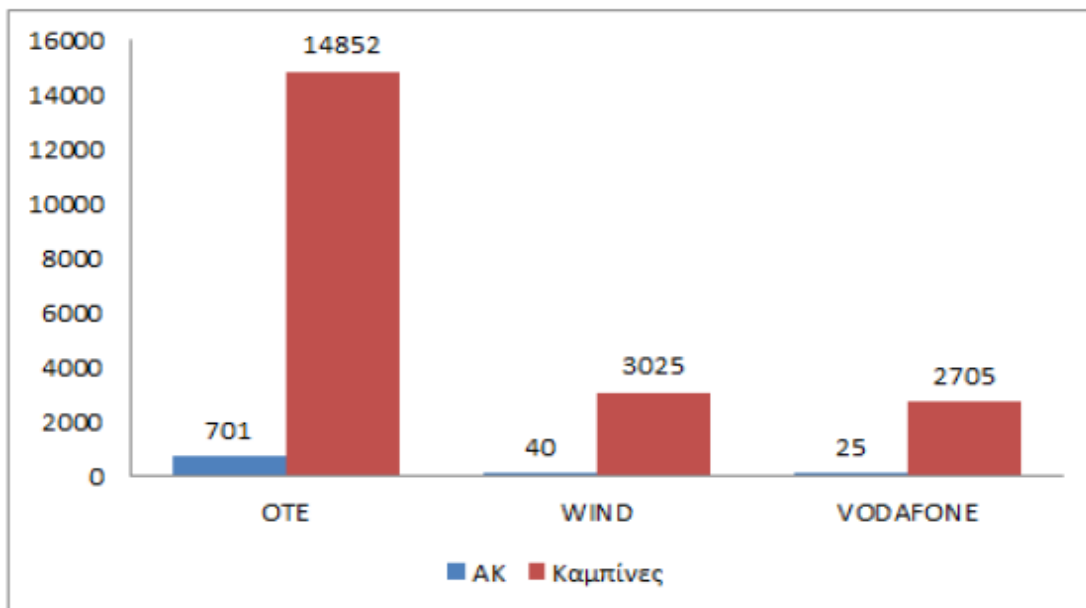
Εφόσον η εισαγωγή της τεχνολογίας Vectoring συνεπάγεται περιορισμό της υποχρέωσης για πρόσβαση στον τοπικό υποβρόχο (SLU) η ΕΕΤΤ υποχρεώνει το σύνολο των παρόχων Vectoring για τη διάθεση χονδρικού προϊόντος τύπου VULA. Ο περιορισμός της υποχρέωσης SLU αναφέρεται στα Αστικά Κέντρα τα οποία ανατίθενται σε παρόχους σύμφωνα με την ακόλουθη διαδικασία και μόνο για τεχνολογίες οι οποίες είναι ασύμβατες με την τεχνολογία Vectoring. Σε περίπτωση όπου πάροχος αποδείξει τεχνικά ότι μπορεί να αξιοποιήσει τον τοπικό υποβρόχο χωρίς να επηρεάσει την απόδοση του συστήματος Vectoring, τότε ο πάροχος Vectoring οφείλει να συνεργαστεί μαζί του. Με αυτόν τον τρόπο προβλέπεται η χρήση Multi-operator Vectoring εάν και εφόσον αποδειχθεί τεχνικά εφικτό.

Τέλος, υπό το δεδομένο ότι ένας μέρος των KV του ΟΤΕ είναι περιορισμένης χωρητικότητας, η ΕΕΤΤ αποφάσισε την διαδικασία αντικατάστασης ή επέκτασής τους, ώστε να βρεθεί ο απαιτούμενος χώρος για τον τερματισμό του καλωδίου του παρόχου. Το σχετικό τίμημα προκύπτει κοστοστρεφώς και επιβαρύνει τον πάροχο που αιτείται η αντικατάσταση.

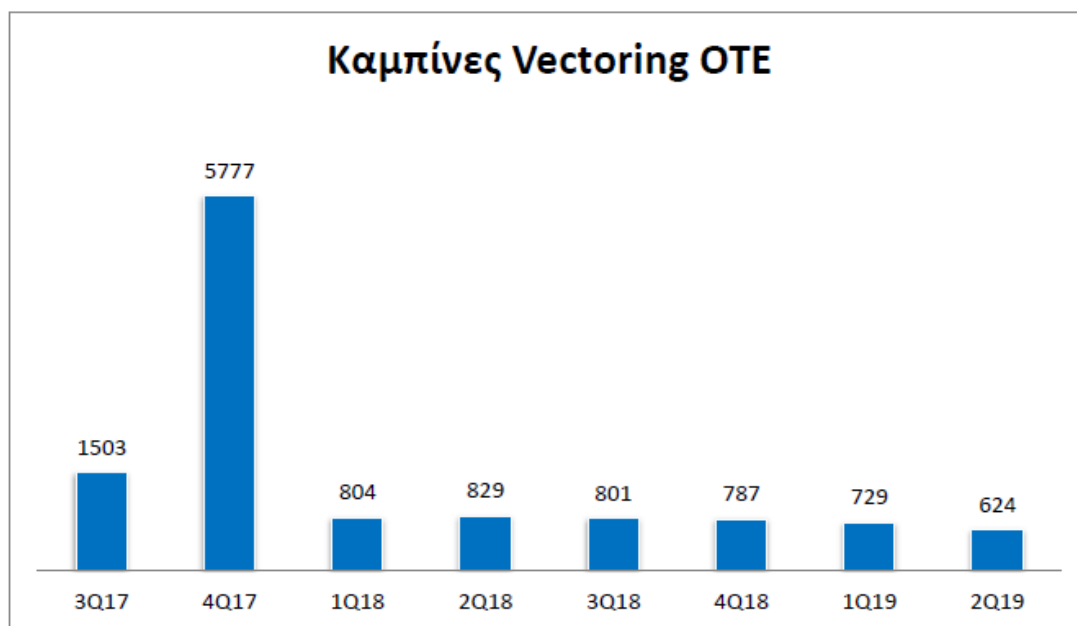
Η διαδικασία ανάθεσης, όπως ορίστηκε στην σχετική απόφαση της ΕΕΤΤ, περιλαμβάνει την πρώτη ανάθεση και τις αναθέσεις σε ετήσια βάση. Η πρώτη ετήσια ανάθεση ξεκινάει με τη λήξη της πρώτης ανάθεσης.

Η πρώτη ανάθεση διαρκεί τριάντα δύο μήνες και περιλαμβάνει τρεις φάσεις. Οι αναθέσεις πραγματοποιούνται ανά πάροχο ή σύμπραξη παρόχων σε επίπεδο Αστικού Κέντρου. Οι πάροχοι μπορούν να υλοποιήσουν οποιαδήποτε αρχιτεκτονική και τεχνολογία NGA μπορεί να προσφέρει ταχύτητες πρόσβασης μεγαλύτερες των 100 Mbps υπό την προϋπόθεση της τήρησης του Κανονισμού Διαχείρισης Φάσματος και Έγχυσης Ισχύος στο Δίκτυο Πρόσβασης.

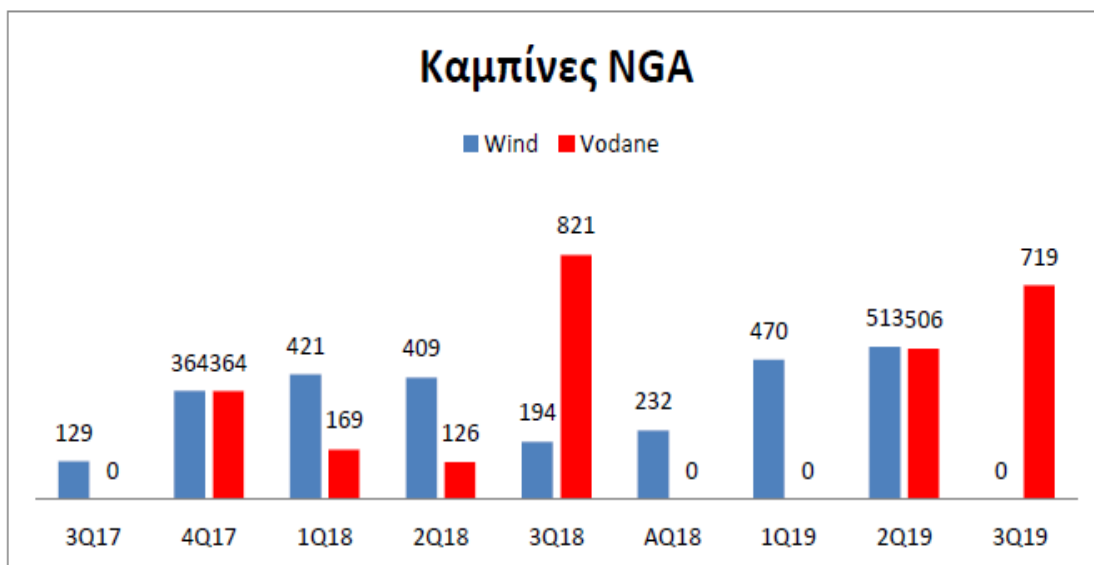
Σε κάθε Αστικό Κέντρο δικαίωμα υλοποίησης τεχνολογίας Vectoring έχει μόνο ο πάροχος στον οποίο έχει ανατεθεί το εν λόγω Αστικό Κέντρο. Κατά τη διάρκεια της πρώτης ανάθεσης, κανένας άλλος πάροχος δεν μπορεί να αναπτύξει δίκτυο πρόσβασης με τεχνολογία Vectoring ακόμα και εάν πρόκειται για καμπίνες που δεν συμπεριλαμβάνονται στα επιχειρηματικά πλάνα των παρόχων στους οποίους έχει ανατεθεί το Α/Κ. Η ΕΕΤΤ θεωρεί ότι η επιλογή του Α/Κ ως μονάδα ανάθεσης αποτελεί την τεχνικοοικονομικά βέλτιστη λύση καθώς η επένδυση σε μεγαλύτερο πλήθος γειτονικών υπαίθριων καμπινών οδηγεί σε χαμηλότερο κόστος ανά καμπίνα και αποτρέπει τον κατακερματισμό των επενδύσεων. Παράλληλα θεωρεί ότι εφόσον ο κάθε πάροχος δε θα έχει δικαίωμα να αιτηθεί κατά τη Γ' Φάση την ανάθεση καμπινών σε Αστικά Κέντρα που είχε αναλάβει στις προηγούμενες φάσεις, θα οδηγήσει τους επενδυτικούς του πόρους σε περιοχές που είχαν θεωρηθεί ως μη ελκυστικές και με αυτόν τον τρόπο θεωρεί ότι θα επιτευχθεί μεγαλύτερη κάλυψη.



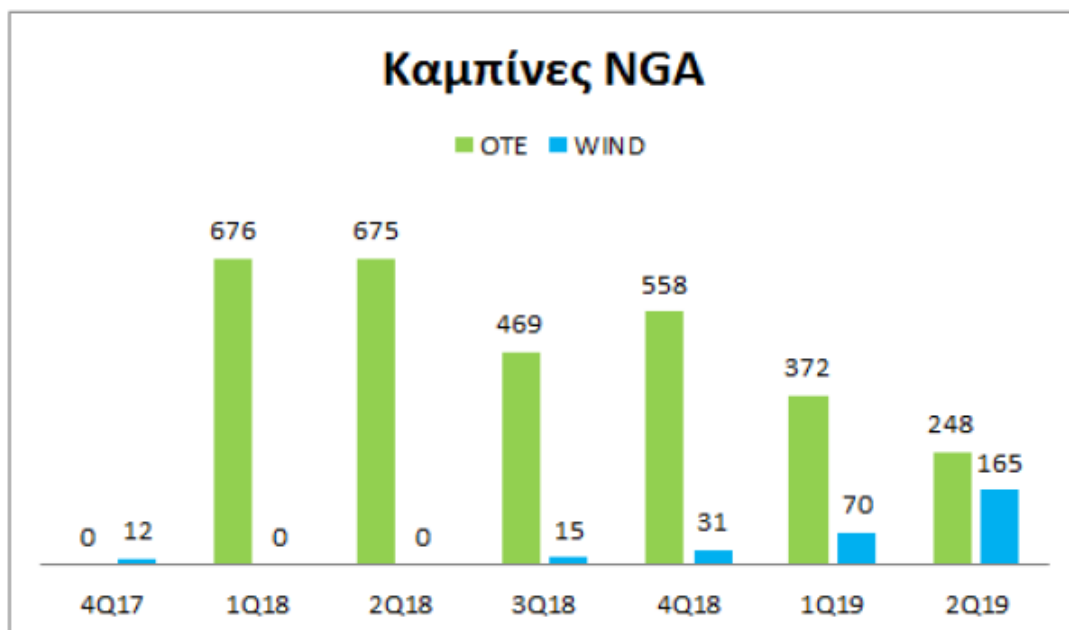
Εικόνα 3.8: Αστικά Κέντρα και καμπίνες 1ης ανάθεσης.



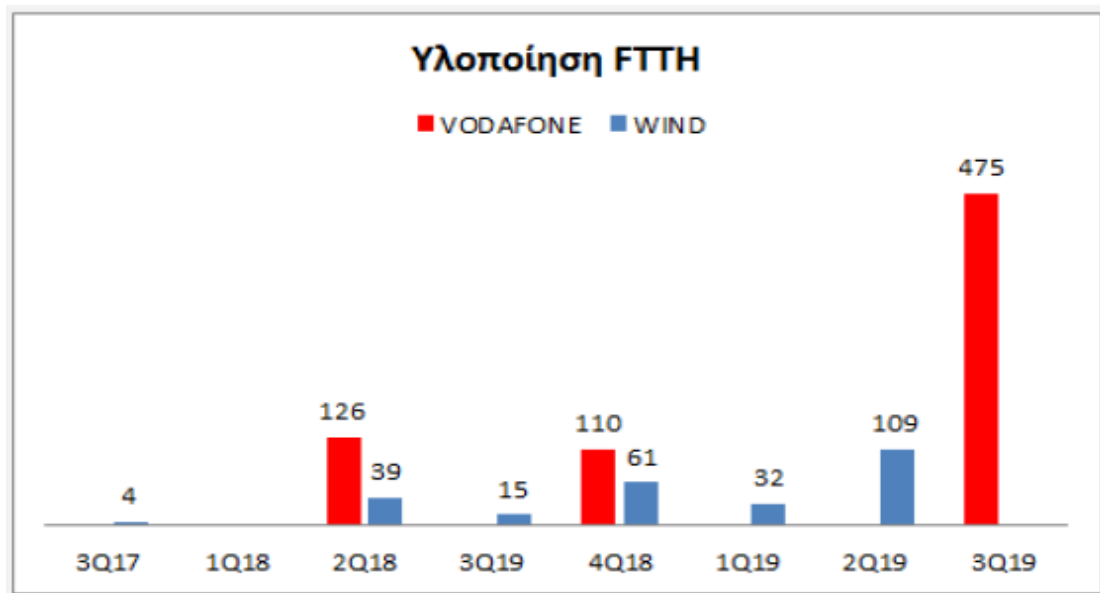
Εικόνα 3.9: Πλήθος ΥΚΕΕ για την εισαγωγή Vectoring από τον ΟΤΕ.



Εικόνα 3.10: Πλήθος καμπινών NGA Β' Φάσης.



Εικόνα 3.11: Πλήθος καμπινών NGA Γ' Φάσης.



Εικόνα 3.12: Καμπίνες προς υλοποίηση FTTH.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΘΝΙΚΟ ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ 2021-2027

4.1 Δείκτης ψηφιακής οικονομίας και κοινωνίας «DESI»

Ως εργαλείο για την καταγραφή των ψηφιακών επιδόσεων των κρατών-μελών της ΕΕ, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει θεσπίσει το δείκτη της Ψηφιακής Οικονομίας και Κοινωνίας (Digital Economy and Society Index – DESI), ο οποίος συντίθεται από σύνολο ποιοτικών και ποσοτικών διαστάσεων που απεικονίζουν την ψηφιακή εξέλιξη των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι ο δείκτης DESI είναι δείκτης κατάταξης, δεν αντανακλά την επίδοση μιας χώρας σε απόλυτο βαθμό αλλά την επίδοσή της σε σύγκριση με τις υπόλοιπες. Επομένως, η πτώση μιας χώρας στην ευρωπαϊκή κατάταξη δεν σημαίνει απαραίτητα ότι η ίδια δεν σημείωσε πρόοδο, αλλά ότι πιθανότατα άλλες χώρες σημείωσαν ταχύτερη πρόοδο από αυτήν.

Ο δείκτης DESI βασίζεται σε πέντε διαστάσεις, οι οποίες παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω.

Συνδεσιμότητα	Η διάσταση της Συνδεσιμότητας μετράει το βαθμό ανάπτυξης και την ποιότητα των ευρυζωνικών υποδομών μιας χώρας. η πρόσβαση των πολιτών σε ταχείες και υπερταχείες υπηρεσίες ευρυζωνικών δικτύων αποτελεί αναγκαία συνθήκη ανταγωνιστικότητας.
Ανθρώπινο Κεφάλαιο	Η διάσταση του Ανθρώπινου Κεφαλαίου προσμετρά τις απαραίτητες δεξιότητες που κατέχουν οι πολίτες μιας χώρας και οι οποίες απαιτούνται ώστε να αξιοποιηθούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο οι δυνατότητες που προσφέρει ο ψηφιακός κόσμος.
Χρήση Διαδικτυακών Υπηρεσιών	Η διάσταση της Χρήσης Διαδικτυακών Υπηρεσιών αποτυπώνει το εύρος της χρήσης από τους πολίτες πληθώρας υπηρεσιών που προσφέρονται μέσω του διαδικτύου, όπως η «κατανάλωση» οπτικο-ακουστικού περιεχομένου, παιχνιδιών, διαδικτυακών αγορών και διατραπεζικών συναλλαγών.
Ενσωμάτωση της Ψηφιακής Τεχνολογίας	Η Ενσωμάτωση της Ψηφιακής Τεχνολογίας αντικατοπτρίζει το βαθμό διείσδυσης ομώνυμων τεχνολογιών στις επιχειρήσεις και στο ηλεκτρονικό εμπόριο. Καθώς οι επιχειρήσεις υιοθετούν ψηφιακές τεχνολογίες αποκτούν παλυδιάστατα ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα, τόσο ως προς την αποδοτικότητά τους και τις μειώσεις κόστους όσο και ως προς την παροχή καλύτερων και πιο ολοκληρωμένων υπηρεσιών/προϊόντων προς τους πελάτες ή/και συνεργάτες.
Ψηφιακές Δημόσιες Υπηρεσίες	Η διάσταση των Ψηφιακών Δημόσιων Υπηρεσιών μετράει τον βαθμό ψηφιοποίησης των Δημόσιων Υπηρεσιών, δίνοντας ιδιαίτερη βαρύτητα στους τομείς της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης και της Υγείας, ο Εκμοντερνισμός και η ψηφιοποίηση κομβικών, και όχι μόνο, Δημόσιων Υπηρεσιών οδηγούν με μαθηματική ακρίβεια σε ανταποδοτικά οφέλη μεταξύ της Δημόσιας Διοίκησης, των πολιτών και των επιχειρήσεων.

Πίνακας 4.1: Οι πέντε διαστάσεις του δείκτη DESI.

Σύμφωνα με το δείκτη DESI, διαχρονικά η Ευρώπη παρουσιάζει ψηφιακή πρόοδο. Για την ακρίβεια, τα τελευταία έξι χρόνια ο μέσος όρος του δείκτη της ΕΕ βελτιώθηκε κατά 13 ποσοστιαίες μονάδες.

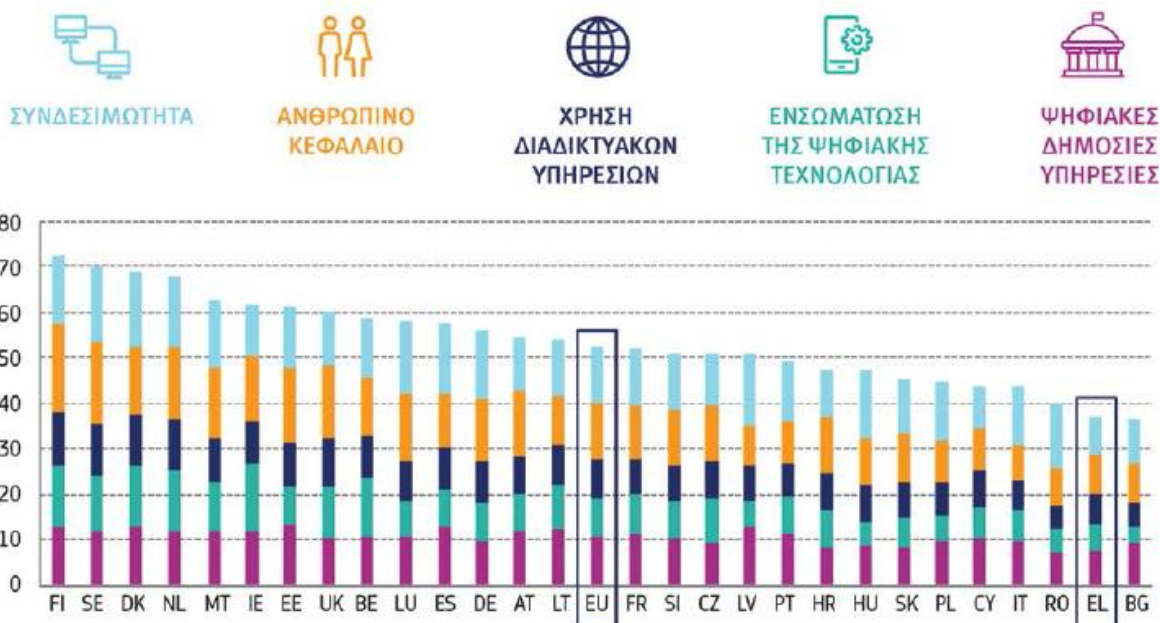
4.1.1 Οι τάσεις στην Ευρώπη

Τα τελευταία έτη, η συνδεσιμότητα στο σύνολο της Ευρώπης έχει βελτιωθεί αισθητά με τη διείσδυση σταθερών και κινητών ευρυζωνικών δικτύων να παρουσιάζει σταθερή άνοδο και την κάλυψη 4G να είναι σχεδόν καθολική. Σχετικά με τη διαχρονική εξέλιξη του δείκτη, στον τομέα των ψηφιακών δεξιοτήτων έχει σημειωθεί μερική πρόοδος, ωστόσο ένα σημαντικό ποσοστό των Ευρωπαίων πολιτών δεν διαθέτει ακόμα επαρκείς βασικές ψηφιακές δεξιότητες. Σε σχέση με τη χρήση διαδικτυακών υπηρεσιών, ενώ υπάρχει η τάση για συχνότερη χρήση του διαδικτύου από τους πολίτες, η χρήση διαδικτυακών υπηρεσιών από Ευρωπαίους μεγαλύτερης ηλικίας παραμένει αρκετά χαμηλή. Όσον αφορά τη διείσδυση των ψηφιακών τεχνολογιών στις ευρωπαϊκές επιχειρήσεις, διαπιστώνεται μία ελαφρά βελτίωση, που οφείλεται κυρίως στην ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων (big data analytics) και στη χρήση τεχνολογιών υπολογιστικού νέφους (cloud). Στο χώρο του ηλεκτρονικού εμπορίου, οι μικρομεσαίες επιχειρήσεις παρουσιάζουν αύξηση στην υιοθέτηση ψηφιακών πρακτικών, αλλά εξακολουθούν να συμμετέχουν κατά κύριο λόγο σε εγχώριες αγορές. Τέλος, παρατηρείται το επίπεδο ποιότητας των ευρωπαϊκών ψηφιακών δημόσιων υπηρεσιών να βελτιώνεται συνεχώς.

Παρά τη συνολική ψηφιακή πρόοδο της Ευρώπης, παρατηρούνται σημαντικές αποκλίσεις στις επί μέρους επιδόσεις των ευρωπαϊκών οικονομιών. Το 2020, το ψηφιακό «χάσμα» μεταξύ των οικονομιών με την υψηλότερη και χαμηλότερη ψηφιακή απόδοση έφτασε τις 35 ποσοστιαίες μονάδες, με την ουραγό Βουλγαρία να έχει τιμή μικρότερη κατά 49% από την πρωτοπόρο Φινλανδία.

Τα ανωτέρω αποτελέσματα του δείκτη DESI καταγράφουν έναν σαφή διαχωρισμό μεταξύ των μελών της ΕΕ σε σχέση με τις ψηφιακές τους επιδόσεις. Από τη μία πλευρά, οι ψηφιακά πρωτοπόρες χώρες, όπως η Φινλανδία, η Σουηδία, η Ολλανδία και η Δανία, έχουν ξεκινήσει πριν από αρκετά χρόνια τον ψηφιακό μετασχηματισμό τους και έχουν ήδη προχωρήσει σε σχέση με τις ψηφιακές τους επιδόσεις. Από την άλλη, στον αντίποδα αυτών των ψηφιακά προηγμένων χωρών, βρίσκονται χώρες με χαμηλή ψηφιακή βαθμολογία, όπως η Κύπρος, η Ουγγαρία, η Ιταλία, η Πολωνία, η Ελλάδα, η Ρουμανία και η Βουλγαρία. Όπως φαίνεται από το παρακάτω διάγραμμα η Ελλάδα κατατάσσεται 27η μεταξύ των 28 χωρών στο δείκτη DESI για το 2019 και βρίσκεται στο κατώτατο άκρο της κατάταξης των χωρών βάσει της ψηφιακής τους ωριμότητας, έχοντας κατά 29% μικρότερη τιμή από τον ευρωπαϊκό μέσο όρο. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι επιδόσεις της κάθε χώρας στο δείκτη DESI βασίζονται σε στοιχεία που συγκεντρώθηκαν το Σεπτέμβριο του 2019.

Παρακάτω παρουσιάζεται μια συνοπτική ανάλυση της επίδοσης της χώρας σε κάθε διάσταση του δείκτη DESI και επισημαίνονται τα βασικά προβλήματα και οι προκλήσεις, καθορίζοντας τις βασικές κατευθύνσεις για το σχεδιασμό και την υλοποίηση του ψηφιακού μετασχηματισμού.

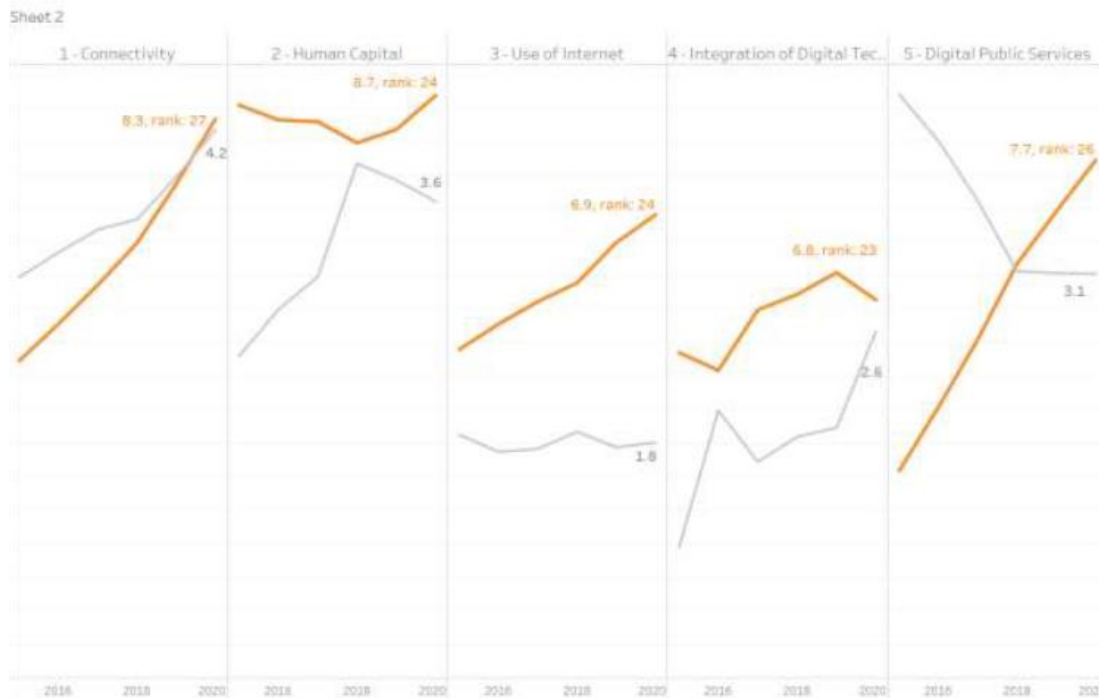


Εικόνα 4.1: Δείκτης Ψηφιακής Οικονομίας & Κοινωνίας (DESI) – Επίδοση κρατών μελών σε σχέση με τον ευρωπαϊκό μέσο όρο (2020).

4.1.2 Κατάταξη συνδεσιμότητας «DESI» της Ελλάδας

Παρά την αύξηση της συνολικής βαθμολογίας της, η Ελλάδα παρουσιάζει περιορισμένη βελτίωση της συγκριτικής της επίδοσης της στις διαστάσεις του Δείκτη Ψηφιακής Οικονομίας και Κοινωνίας (DESI). Κατατάσσεται στην 26η θέση μεταξύ των 27 κρατών μελών της ΕΕ για το έτος 2020 (σύμφωνα με τα προκαταρκτικά αποτελέσματα), βελτιώνοντας τη θέση της κατά μία θέση από το 2018.

Η απόσταση από τον ευρωπαϊκό μέσο όρο συνεχίζει να αυξάνεται στις διαστάσεις της συνδεσιμότητας και της ενσωμάτωσης των Ψηφιακών Τεχνολογιών, ενώ μειώνεται για το ανθρώπινο κεφάλαιο, και παραμένει σταθερή για την χρήση του Internet και τις ψηφιακές δημόσιες υπηρεσίες.

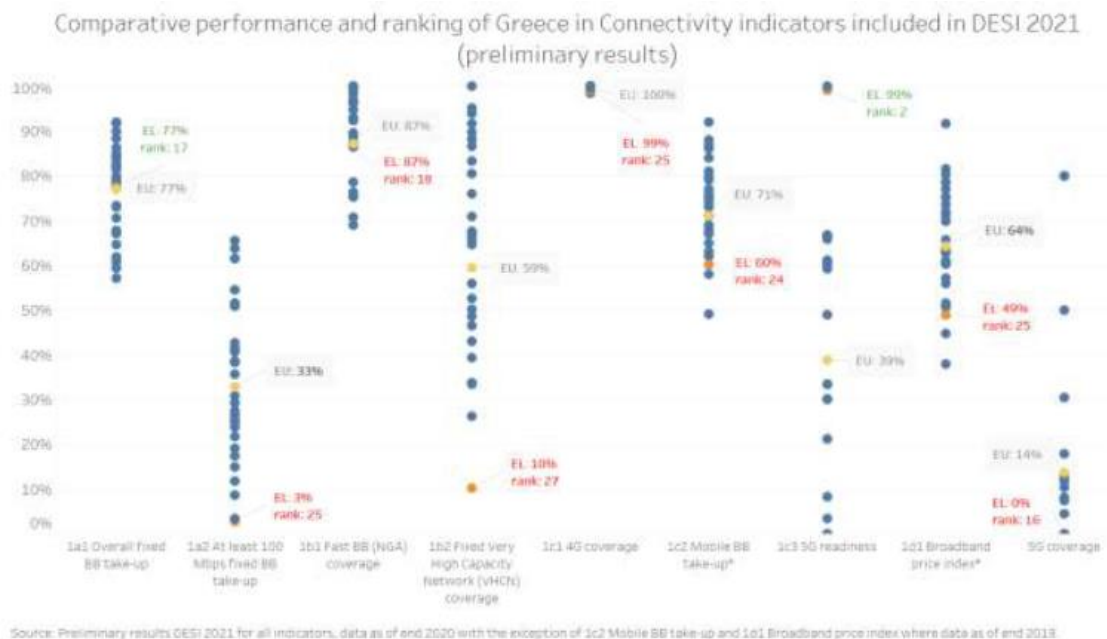


Εικόνα 4.2: Εξέλιξη των επιδόσεων της Ελλάδας στις διαστάσεις DESI (πορτοκαλί γραμμή) και απόσταση από τον μέσο όρο της ΕΕ (γκρίζα γραμμή).

Όσον αφορά τη συνδεσιμότητα, παρά το ότι η Ελλάδα προχωράει γρήγορα σε κάποιους δείκτες (και ιδίως στην κάλυψη ευρυζωνικότητας υψηλών ταχυτήτων (NGA), παρουσιάζοντας σημαντική πρόοδο 15 ποσοστιαίων μονάδων σε σχέση με πέρυσι), παραμένει κάτω και με αυξανόμενη απόσταση από τον μέσο όρο της ΕΕ. Πιο συγκεκριμένα, αναφορικά με τη διάσταση συνδεσιμότητας, η Ελλάδα κατατάσσεται τελευταία μεταξύ των ευρωπαϊκών κρατών χωρίς βελτίωση στην κατάταξη από το 2017. Με εξαίρεση την ετοιμότητα για το 5G όπου η Ελλάδα έχει από τις καλύτερες επιδόσεις (2η στην ΕΕ) στους υπόλοιπους δείκτες:

- Είναι κοντά στον ευρωπαϊκό μέσο όρο για τη διείσδυση ευρυζωνικών υπηρεσιών (1a1.Overall fixed BB take-up), την κάλυψη ευρυζωνικότητας υψηλών ταχυτήτων-NGA (1b1.Fast BB (NGA) Coverage), και την κάλυψη 4G (1c1.4G Coverage).
- Παρουσιάζει σοβαρή υστέρηση στην κάλυψη VHCN (1b2. Fixed VHCN Coverage), τη διείσδυση υπηρεσιών ταχύτητας τουλάχιστον 100 Mbps (1a2.Take-up of at least 100 Mbps services), τη διείσδυση κινητής ευρυζωνικότητας (1c2. Mobile BB take-up), τις τιμές ευρυζωνικών υπηρεσιών (1d1. Broadband prices) και την κάλυψη 5G (5G coverage).

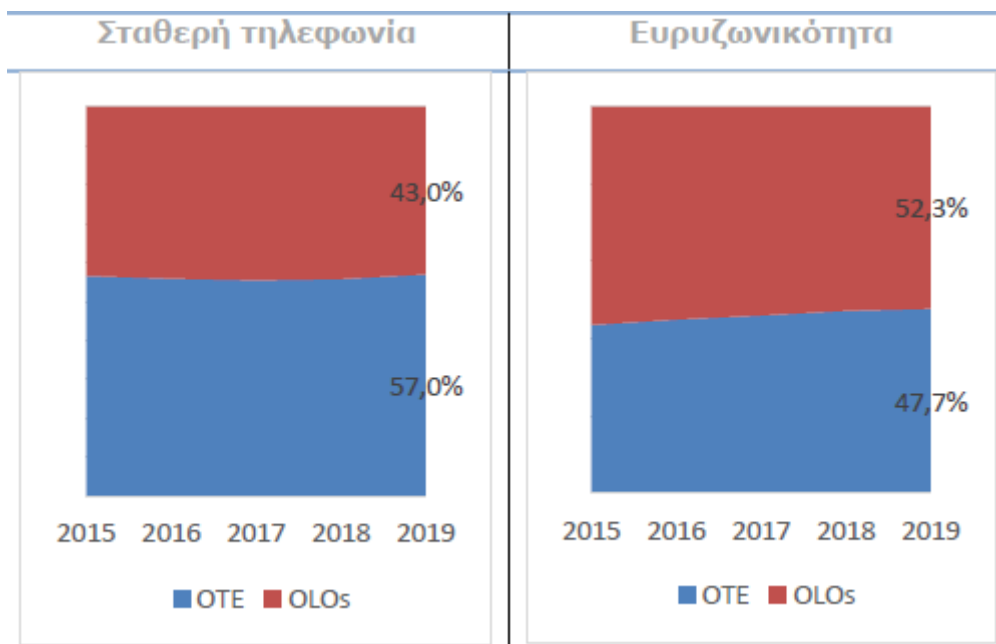
Στην Εικόνα 4.3 απεικονίζονται οι συγκριτικές επιδόσεις της Ελλάδας στους διάφορους δείκτες της διάστασης συνδεσιμότητας του DESI.



Εικόνα 4.3: Επιδόσεις της Ελλάδας όσον αφορά τους δείκτες της διάστασης συνδεσιμότητας DESI.

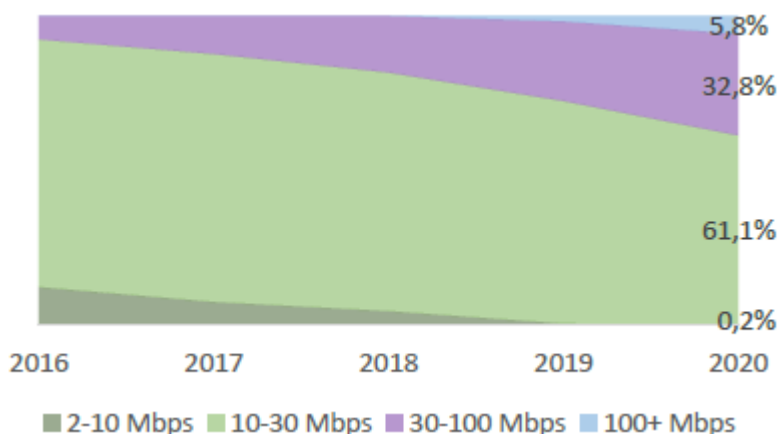
4.2 Ο τομέας υπηρεσιών ηλεκτρονικών σταθερών επικοινωνιών στην Ελλάδα

Από τα τέλη του 2019, η Cosmote κατέχει το μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς στη σταθερή τηλεφωνία, την ευρυζωνική σύνδεση και την συνδρομητική τηλεόραση, ακολουθούμενη από τη Vodafone, τη Wind και τη Nova. Το μερίδιο αγοράς ευρυζωνικότητας της Cosmote είναι σχετικά σταθερό τα τελευταία χρόνια. Στην τηλεοπτική αγορά ο ανταγωνισμός έχει αυξηθεί καθώς τόσο η Vodafone όσο και η Wind μπήκαν στην αγορά⁵⁸ ενώ οι streaming πλατφόρμες Over-The-Top (OTT) κερδίζουν έδαφος. Επιπλέον, η Nova έχει συνάψει συμφωνία με τη Wind για τη χονδρική διανομή των premium αθλητικών καναλιών της (Novasports) μέσω της πλατφόρμας συνδρομητικής τηλεόρασης της Wind.



Εικόνα 4.4: Μερίδια αγοράς στη σταθερή τηλεφωνία και την Ευρυζωνικότητα.

Και οι τέσσερις μεγάλοι πάροχοι εστιάζουν στη δεσμοποίηση (bundling) υπηρεσιών καθώς προσφέρουν πακέτα double- ή triple-play που συνδυάζουν υπηρεσίες φωνής, ευρυζωνικής σύνδεσης και συνδρομητικής τηλεόρασης, ενώ τα πακέτα quadrupleplay (φωνή, ευρυζωνική, συνδρομητική τηλεόραση και κινητό) παρέχονται από όλους εκτός από τη Nona. Ως αποτέλεσμα, το 87,1% των σταθερών γραμμών πρόσβασης είναι μέρος ενός bundle, εκ των οποίων το 58% είναι μέρος double-play, το 40% είναι μέρος triple-play και το 2% είναι μέρος ενός quadruple-play bundle.



Εικόνα 4.5: Εξέλιξη των συνδρομητών ευρυζωνικών υπηρεσιών ανά ταχύτητες.

Η διείσδυση σταθερών ευρυζωνικών συνδέσεων αυξάνεται με αργό ρυθμό φτάνοντας τον μέσο όρο της ΕΕ (77%) στα τέλη του 2020. Ταυτόχρονα, η διείσδυση

ευρυζωνικών υπηρεσιών στην Ελλάδα, με ταχύτητες τουλάχιστον 100 Mbps, ήταν 3%, ενώ ο μέσος όρος της ΕΕ ήταν 33% τοποθετώντας την Ελλάδα στο κατώτατο

σημείο των κρατών μελών της ΕΕ. Με βάση την έρευνα ευρυζωνικής κάλυψης στην Ευρώπη 2019, η σταθερή ευρυζωνική κάλυψη (συνδυαστικά από κάθε τύπου DSL, FTTP και FWA) είναι σχεδόν καθολική με το 99,5% των ελληνικών νοικοκυριών να καλύπτονται. Όσον αφορά την κάλυψη NGA, η Ελλάδα κατέγραψε τη σημαντικότερη αύξηση κάλυψης, αυξανόμενη κατά 14,7% σε ετήσια βάση, φτάνοντας το 80,6% των νοικοκυριών. Ωστόσο, η κάλυψη δικτύων πολύ υψηλής χωρητικότητας (VHCN) παρέμεινε περιορισμένη καθώς το FTTH ήταν διαθέσιμο μόνο στο 7,1% των νοικοκυριών της Ελλάδας, που βρίσκονται κυρίως σε αστικές περιοχές. Με βάση τα πιο πρόσφατα προκαταρκτικά στοιχεία, η κάλυψη VHCN αυξήθηκε φτάνοντας το 10% στο τέλος του 2020.

Το μείγμα σταθερών ευρυζωνικών συνδρομητών ανά ταχύτητα έχει εξελιχθεί φυσικά προς υψηλότερες ταχύτητες, ιδιαίτερα κατά το τελευταίο έτος, ως συνδυασμός της επέκτασης των δικτύων οπτικών ινών σε όλη τη χώρα, της επιτυχούς εφαρμογής της δράσης κουπονιών SFBB και της σημαντικής ζήτησης για υψηλότερο εύρος ζώνης, που οφείλεται στα περιοριστικά μέτρα λόγω του COVID-19. Η κυρίαρχη τεχνολογία πρόσβασης είναι η xDSL με ακόμα περιορισμένη την υιοθέτηση του FTTH.

Οι τιμές για σταθερές ευρυζωνικές συνδέσεις στην Ελλάδα είναι κάπως υψηλότερες από τον μέσο όρο της ΕΕ. Αν και το 2019 σημειώθηκε σημαντική πτώση της τιμής στο καλάθι υπηρεσιών σταθερού διαδικτύου 100-200 Mbps, οι καταναλωτές εξακολουθούν να αντιμετωπίζουν ιδιαίτερα υψηλά premiums για ευρυζωνικές υπηρεσίες υπερ-υψηλών ταχυτήτων που επηρεάζουν αρνητικά την διείσδυση αυτών των υπηρεσιών. Η δράση κουπονιών SFBB που ξεκίνησε το 2019 στοχεύει να κάνει τις τιμές για ευρυζωνικές συνδέσεις με ταχύτητα download τουλάχιστον 100 Mbps, άμεσα αναβαθμίσιμων σε 1 Gbps, πιο προσιτές και, ως εκ τούτου, να αυξήσει την διείσδυση. Το κουπόνι καλύπτει μέρος του κόστους σύνδεσης (δηλαδή εφάπαξ κόστος σύνδεσης ύψους 48 EUR) καθώς και μέρος του μηνιαίου τέλους (δηλαδή 13 EUR ανά μήνα) για μέγιστο 24 μήνες.

Ο μέγιστος ετήσιος προϋπολογισμός της δράσης κουπονιών SFBB καθορίστηκε στα 50 εκατομμύρια €, ενώ το χρονικό του διάστημα έχει παραταθεί έως τον Μάρτιο του 2022. Μέχρι τις αρχές Οκτωβρίου 2021, περισσότερες από 70.000 παραγγελίες εξυπηρέτησης επωφελήθηκαν από το κουπόνι σημειώνοντας πενταπλάσια αύξηση σε σύγκριση με ένα χρόνο πριν. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η αξιοποίηση των υπηρεσιών FTTH καθορίζεται σχεδόν εξ ολοκλήρου από τη δράση κουπονιών SFBB, είναι προφανές ότι η επιδότηση των τιμών παραμένει ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει τη ζήτηση.

4.3 Πρόσφατες εξελίξεις στον τηλεπικοινωνιακό κλάδο

Στο τέλος του 2020, η Cosmote έχει ήδη καλύψει περισσότερες από 300.000 γραμμές με FTTH, ενώ σχεδιάζει να καλύψει 500.000 γραμμές έως το τέλος του 2021 και περισσότερες από ένα εκατομμύριο γραμμές έως το 2022. Η Vodafone καλύπτει ήδη περισσότερα από 450.000 νοικοκυριά και επιχειρήσεις με δίκτυα FTTC και FTTH, ενώ έχει επενδυτικά σχέδια για κάλυψη επιπλέον 150.000 γραμμών έως το 2024.

Τον Απρίλιο του 2021, η United Group που ανήκει στην BC Partners, εταιρεία τηλεπικοινωνιών και μέσων ενημέρωσης στη Νοτιοανατολική Ευρώπη, ολοκλήρωσε την εξαγορά της Forthnet μετά από συμφωνία αναδιάρθρωσης χρέους με τους δανειστές της Forthnet και δημόσια προσφορά στους μετόχους μειοψηφίας.

Δημιουργήθηκε μια νέα επιχειρηματική μονάδα στο πλαίσιο του United Group, με σκοπό το συντονισμό των δραστηριοτήτων χονδρικής τηλεπικοινωνιών σε ολόκληρο τον Όμιλο. Η νέα επιχειρηματική μονάδα, που ονομάζεται UGI Wholesale, εδρεύει στην Ελλάδα και θα ενοποιήσει όλες τις δραστηριότητες χονδρικής που καλύπτουν υπηρεσίες φωνής, δεδομένων και υπηρεσίες περιαγωγής. Τον Ιούνιο του 2021, η Forthnet ανακοίνωσε μια νέα εταιρική ταυτότητα υπό την εμπορική της επωνυμία «Nova». Μετά την εξαγορά της Nova από τον United Group ακολούθησε συμφωνία μεταξύ του United Group και της Crystal Almond, η οποία είναι ο μοναδικός μέτοχος της Wind, για την απόκτηση της Wind, προκειμένου να την συνδυάσει με τη Nova «δημιουργώντας έναν ισχυρό ολοκληρωμένο πάροχο τόσο στις ευρυζωνικές υπηρεσίες διαδικτύου όσο και στην τηλεόραση».

Τον Φεβρουάριο του 2021, ανακοινώθηκε από τον ενεργειακό όμιλο Volton ότι σχεδιάζει να επεκτείνει τις δραστηριότητές του στον τομέα των τηλεπικοινωνιών και να εμπλουτίσει το χαρτοφυλάκιό του με υπηρεσίες κινητής, σταθερής τηλεφωνίας και διαδικτύου μέσω του μοντέλου MVNO.

Τον Ιούλιο του 2020, η Vodafone Europe μετέφερε τα περιουσιακά της στοιχεία που αφορούν τους πύργους σε όλη την επικράτεια της σε μία νέα εταιρεία υποδομών πύργων που ονομάζεται Vantage. Ταυτόχρονα, η Vodafone Europe και η Crystal Almond (ελέγχοντες μέτοχοι της Vodafone και της Wind αντίστοιχα) συμφώνησαν να συνεισφέρουν τα περιουσιακά τους στοιχεία στην Ελλάδα σε μια κοινή οντότητα που ονομάζεται Vantage Towers Greece. Αρχικά η Vodafone ήλεγχε μερίδιο 62% και το υπόλοιπο 38% ελέγχονταν από την Crystal Almond⁷⁴ με δικαίωμα προαίρεσης αγοράς που δόθηκε στην Vantage Towers για την απόκτηση του υπόλοιπου 38%.

Μετά την αρχική δημόσια εγγραφή (IPO) της Vantage Towers στο Χρηματιστήριο της Φρανκφούρτης, τον Μάρτιο του 2021, ενεργοποιήθηκε το δικαίωμα προαίρεσης και η Crystal Almond μεταβίβασε το μερίδιό της στην Vantage Towers Greece, η οποία έγινε πλήρως θυγατρική της Vantage Towers. Η Vantage Towers Greece διαθέτει περίπου 5.000 πύργους.

Η ΔΕΗ, τον Δεκέμβριο του 2020 ανακοίνωσε την πρόθεσή της να αξιοποιήσει το δίκτυο της (κυρίως το δίκτυο στύλων που διαθέτει) προκειμένου να αναπτύξει υποδομές οπτικών ινών.

Μέχρι το τέλος του 2021, η Starlink αναμένεται να ξεκινήσει παγκοσμίως και, επίσης, στην Ελλάδα τις δορυφορικές ευρυζωνικές υπηρεσίες υψηλής ταχύτητας και χαμηλής καθυστέρησης (latency) που βασίζονται στο δίκτυο δορυφόρων χαμηλής τροχιάς.

Τον Δεκέμβριο του 2020, η Ελλάδα ολοκλήρωσε τη δημοπρασία φάσματος 5G των ζωνών 700 MHz, 2 GHz, 3400-3800 MHz και 26 GHz, η οποία κατέληξε στην κατανομή όλου του διαθέσιμου φάσματος στους 3 υφιστάμενους παρόχους κινητής τηλεφωνίας συγκεντρώνοντας 372,3 εκατομμύρια ευρώ.

Επιπλέον, οι δικαιούχοι φάσματος θα πρέπει να διαπραγματεύονται με τους εικονικούς παρόχους κινητών δικτύων (MVNO) και να παρέχουν πρόσβαση στα δίκτυά τους υπό λογικούς όρους. Επιπλέον, θα πρέπει να διαπραγματεύονται με τους νεοεισερχόμενους και να παρέχουν υπηρεσίες περιαγωγής σε εθνικό ή περιφερειακό επίπεδο υπό εύλογους όρους. Τέλος, θα πρέπει να διαπραγματευτούν με εταιρείες που δραστηριοποιούνται σε κάθετους τομείς και να παρέχουν πρόσβαση στα δίκτυά τους υπό εύλογους όρους.

Μετά τη δημοπρασία 5G, δημιουργήθηκε το νέο επενδυτικό ταμείο επιχειρηματικών κεφαλαίων «Φαιστός» με αρχική οικονομική ικανότητα περίπου 90 εκατ. € που αντιστοιχεί στο 25% των εσόδων του κράτους από τις δημοπρασίες φάσματος. Το Φαιστός έχει απώτερο στόχο να ενισχύσει το οικοσύστημα 5G στην Ελλάδα με τη χρηματοδότηση νεοσύστατων επιχειρήσεων καθώς και εδραιωμένων επιχειρήσεων που συμμετέχουν σε έργα που σχετίζονται με το 5G, ιδίως στην έρευνα και την ανάπτυξη. Το Φαιστός θα συγκεντρώσει επιπλέον κεφάλαια μέσω ιδιωτών και θεσμικών επενδυτών (περίπου το 30% του κεφαλαίου του ταμείου).

4.4 Εθνικό ευρυζωνικό σχέδιο

Για την προώθηση της ευρυζωνικότητας στη χώρα, έχει καταρτιστεί και υλοποιείται το Εθνικό Ευρυζωνικό Σχέδιο (εγκεκριμένο από την ΕΕ το Σεπτέμβριο του 2015), αποσκοπώντας κατ' αρχάς στην επίτευξη των στόχων του Ψηφιακού Θεματολογίου για την Ευρώπη 2020 τόσο σε όρους διαθεσιμότητας υποδομών όσο και σε όρους διείσδυσης. Ταυτόχρονα, οι δράσεις που υλοποιούνται σήμερα στο πλαίσιο του Εθνικού Ευρυζωνικού Σχεδίου είναι πλήρως ευθυγραμμισμένες με τους αναβαθμισμένους στόχους του ευρωπαϊκής κοινωνίας των Gigabit 2025.

Συγκεκριμένα, εστιάζουν σχεδόν αποκλειστικά σε δίκτυα υπερυψηλής ευρυζωνικότητας, που θα αναπτυχθούν συμπληρωματικά στα αντίστοιχα που αναπτύσσουν οι πάροχοι δικτύων ηλεκτρονικών επικοινωνιών, ώστε να εξασφαλιστεί

η κάλυψη του συνόλου της χώρας με δίκτυα νέας γενιάς. Οι δράσεις αυτές εκτείνονται στο σύνολο της χώρας και στοχεύουν τόσο στην αύξηση της διαθεσιμότητας υποδομών, όσο και στην τόνωση της ζήτησης υπηρεσιών. Πιο αναλυτικά, οι κύριες δράσεις που είτε σχεδιάζονται είτε υλοποιούνται στο πλαίσιο του Εθνικού Ευρυζωνικού Σχεδίου περιγράφονται στην ενότητα των έργων.

Η βελτίωση της πρόσβασης και της συνδεσιμότητας, με ποιοτικούς και ποσοτικούς όρους αποτελεί βασική κυβερνητική προτεραιότητα. Η ενίσχυση της κινητής και σταθερής ευρυζωνικότητας και η επίτευξη υπερυψηλών ταχυτήτων πρόσβασης στο διαδίκτυο αναμένεται να οδηγήσουν σε ανάπτυξη της ελληνικής ψηφιακής οικονομίας. Τα δίκτυα οπτικών επικοινωνιών και 5G αποτελούν τις κύριες προκλήσεις της επόμενης δεκαετίας. Γι' αυτό πρωταρχικός στόχος της εθνικής ευρυζωνικής στρατηγικής αποτελεί η ενθάρρυνση των επενδύσεων στα δίκτυα επόμενης γενιάς.

Η Γενική Γραμματεία Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων (ΓΓΤΤ) του Υπουργείου Ψηφιακής Διακυβέρνησης καταρτίζει το επικαιροποιημένο Εθνικό Ευρυζωνικό Σχέδιο. Το επικαιροποιημένο σχέδιο μεταξύ άλλων θα περιλαμβάνει τον οδικό χάρτη της χώρας για την επίτευξη των στόχων της ευρωπαϊκής κοινωνίας των Gigabit 2025, θα ενσωματώνει τον οδικό χάρτη για την ανάπτυξη των δικτύων 5G στη χώρα και θα παρουσιάζει το σχέδιο για την ανάπτυξη εφαρμογών σε οικονομικούς κλάδους, όπως για παράδειγμα οι έξυπνες πόλεις καθώς και τεχνολογιών για το διαδίκτυο των αντικειμένων (Internet of Things – IoT).

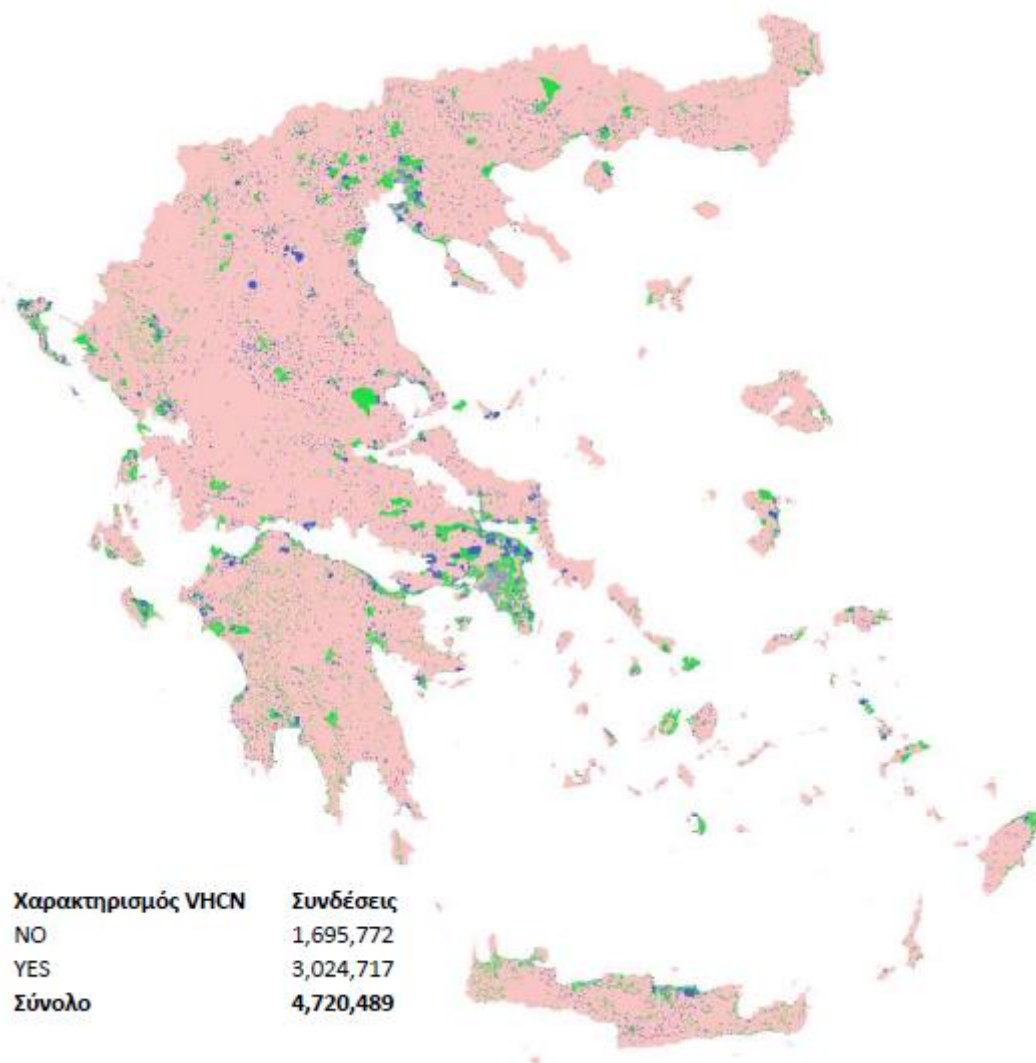
Βασικός στόχος του επικαιροποιημένου Εθνικού Ευρυζωνικού Σχεδίου είναι η εξασφάλιση πρόσβασης σε συνδέσεις ταχύτητας 100+ Mbps σε οικιακούς καταναλωτές και επιχειρήσεις. Στην κατεύθυνση αυτή, βασική δράση αποτελεί και η αναβάθμιση της διασύνδεσης των νησιωτικών περιοχών της χώρας. Η ΓΓΤΤ προετοιμάζει έργο εγκατάστασης υποθαλάσσιου δικτύου οπτικών ινών για τη διασύνδεση νησιών του Αιγαίου και βρίσκεται σε διαπραγματεύσεις με την ΕΕ ώστε το έργο αυτό να συμπεριληφθεί σε εκείνα τα οποία θα χρηματοδοτηθούν στο πλαίσιο του προγράμματος Connecting Europe Facility (CEF) για την περίοδο 2021-2027.

4.4.1 Αξιολόγηση της τρέχουσας κατάστασης

Κατά την κατάρτιση του Εθνικού Ευρυζωνικού Σχεδίου πραγματοποιήθηκαν επίσημες και άτυπες διαβουλεύσεις με τα ενδιαφερόμενα μέρη, προκειμένου να προσδιοριστούν οι πλέον κατάλληλες και αποτελεσματικές δημόσιες παρεμβάσεις που θα απαντούν στις προκλήσεις και αστοχίες της αγοράς.

Σκοπός της χαρτογράφησης ήταν να αποκτηθεί μια εικόνα των ιδιωτικών επενδυτικών σχεδίων για την ανάπτυξη ευρυζωνικών υποδομών, προκειμένου να προσδιοριστούν οι περιοχές που αναμένεται να παραμείνουν ακάλυπτες από δίκτυα VHCN έως το 2025. Στο πλαίσιο αυτό, χρησιμοποιήθηκαν ήδη διαθέσιμες

πληροφορίες σχετικά με τα ιδιωτικά επενδυτικά σχέδια, ενώ σε μεταγενέστερη φάση θα εκτελεστεί πιο λεπτομερής χαρτογράφηση. Στην Εικόνα 4.6 παρουσιάζονται οι περιοχές με βάση το χαρακτηρισμό τους κατά VHCN.



Εικόνα 4.6: Εκτιμώμενη κάλυψη από σταθερά δίκτυα VHCN έως το 2025 (το μπλε χαρακτηρίζει περιοχές που αναμένεται να καλυφθούν με ταχύτητες κατερχόμενης ζεύξης τουλάχιστον 100 Mbps, άμεσα αναβαθμίσιμες σε 1 Gbps και το πράσινο τις περιοχές που δεν περιλαμβάνονται στο σχεδιασμό των παρόχων, κατά τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο).

Με βάση την ανάλυση, υπάρχουν 14,759 περιοχές κάλυψης υπαίθριων καμπινών (OCCAs) (από τις 37,786), που εξυπηρετούν 1,695,772 συνδρομητικές γραμμές (από τις 4,720,489) ή το 35.9 % του συνόλου των συνδρομητικών γραμμών.

Το Μάρτιο του 2021, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε την εργαλειοθήκη συνδεσιμότητας με τις βέλτιστες πρακτικές που πρότειναν τα κράτη μέλη για την αντιμετώπιση των δύο βασικών τομέων της μείωσης του κόστους εγκατάστασης και

της διασφάλισης της πρόσβασης στο ραδιοφάσμα 5G. Η εργαλειοθήκη είναι το κύριο αποτέλεσμα της Σύστασης για την εργαλειοθήκη συνδεσιμότητας που δημοσιεύτηκε το 2020.

Τα κράτη μέλη κλήθηκαν να καταρτίσουν έως τις 30/4/2021 εθνικούς οδικούς χάρτες για την εφαρμογή της εργαλειοθήκης. Σύμφωνα με τη Σύσταση, τα κράτη μέλη χρησιμοποιούν στον μέγιστο δυνατό βαθμό την από κοινού συμφωνηθείσα εργαλειοθήκη συνδεσιμότητας, επιλέγοντας ή προσαρμόζοντας τα προτεινόμενα μέτρα, όπου απαιτείται, ανάλογα με τις εθνικές συνθήκες. Προκειμένου να αξιολογηθεί η δυνατότητα εφαρμογής των συγκεκριμένων βέλτιστων πρακτικών που περιλαμβάνονται στην εργαλειοθήκη, το Υπουργείο Ψηφιακής Διακυβέρνησης ζήτησε την άποψη των παρόχων, η οποία ελήφθη υπόψη με αποτέλεσμα να διαμορφωθεί ο εθνικός οδικός χάρτης για τη συνδεσιμότητα.

4.4.2 Προκλήσεις συνδεσιμότητας

Στη νέα ψηφιακή εποχή, η συνδεσιμότητα αποτελεί πλέον βασικό προαπαιτούμενο για τον ψηφιακό μετασχηματισμό των κρατών, καθώς τα αναμενόμενα οικονομικά και κοινωνικά οφέλη θα επιτευχθούν μόνο εάν τα κράτη διασφαλίσουν την ευρεία εγκατάσταση δικτύων και παροχή υπηρεσιών πολύ υψηλής χωρητικότητας σε όλη την επικράτειά τους. Ειδικότερα, η ευρυζωνικότητα θεωρείται ένα δημόσιο αγαθό το οποίο, ως ψηφιακό ανάλογο των δημόσιων συγκοινωνιακών υποδομών, συμβάλλει τα μέγιστα στην οικονομική ανάπτυξη και ευημερία.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, αναγνωρίζοντας τον καταλυτικό ρόλο της συνδεσιμότητας για την ανάπτυξη της ενιαίας ψηφιακής αγοράς και τη διασφάλιση του ψηφιακού της μέλλοντος, συνέταξε το 2010 το Ψηφιακό Θεματολόγιο για την Ευρώπη 2020 (Digital Agenda for Europe 2020)³⁴, το οποίο προδιέγραφε σαφείς στόχους για την εξασφάλιση της παροχής πολύ ταχύτερης πρόσβασης στο διαδίκτυο. Στη συνέχεια, το 2016 η ΕΕ αναβάθμισε τους στόχους αυτούς, μέσω της ευρωπαϊκής κοινωνίας των Gigabit,³⁵ σύμφωνα με την οποία η ΕΕ ως το 2025 επιδιώκει:

- Να εξασφαλίσει εξαιρετικά υψηλή συνδεσιμότητα της τάξης των Gigabits σε όλους τους κύριους κοινωνικο-οικονομικούς μοχλούς όπως εκπαιδευτικά ιδρύματα, ερευνητικά κέντρα, κόμβοι μεταφορών, φορείς δημοσίων υπηρεσιών όπως νοσοκομεία και διοίκηση καθώς και επιχειρήσεις που βασίζονται στις ψηφιακές τεχνολογίες.
- Να παρέχει αδιάλειπτη κάλυψη 5G σε όλες τις αστικές περιοχές και όλες τις κύριες επίγειες διαδρομές μεταφορών.

- Να παρέχει πρόσβαση σε συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο για όλα τα ευρωπαϊκά νοικοκυριά, σε αστικές και αγροτικές περιοχές, με ελάχιστη ταχύτητα 100 Mbps, η οποία θα δύναται να αναβαθμιστεί σε ταχύτητες της τάξης των Gbps.

Περαιτέρω, η ΕΕ προσδιόρισε τις ζώνες συχνοτήτων που θα χρησιμοποιηθούν για την εισαγωγή και ανάπτυξη των δικτύων 5G στην Ευρωπαϊκή Ένωση (700 MHz, 3400-3800 MHz και 26 GHz). Επιπλέον, στις 16 Σεπτεμβρίου 2020, η ΕΕ ανακοίνωσε την πρόθεσή της για επιτάχυνση και συγκεκριμενοποίηση των στόχων του σχεδίου για την ψηφιακή Ευρώπη μέχρι το 2030, δίνοντας έμφαση στην ψηφιακή της κυριαρχία. Για το σκοπό αυτό, θα θέσει συγκεκριμένους στόχους σε τομείς όπως η συνδεσιμότητα, οι δεξιότητες και οι ψηφιακές δημόσιες υπηρεσίες. Στο πλαίσιο αυτό δημοσιεύτηκε η Σύσταση της Επιτροπής (C(2020) 6270)36 σχετικά με την κοινή εργαλειοθήκη της Ένωσης για τη μείωση του κόστους εγκατάστασης δικτύων πολύ υψηλής χωρητικότητας και τη διασφάλιση έγκαιρης και ευνοϊκής για τις επενδύσεις πρόσβασης στο ραδιοφάσμα 5G, με σκοπό την προώθηση της συνδεσιμότητας για τη στήριξη της οικονομικής ανάκαμψης από την κρίση λόγω Covid-19 στην Ένωση.

Η Ελλάδα παραμένει προσηλωμένη στους στόχους του European Gigabit Society έχοντας καταρτίσει σχέδιο για την προώθηση της ευρυζωνικότητας, που επικαιροποιείται διαρκώς, σχεδιάζοντας και αξιολογώντας τις απαιτούμενες δράσεις με βάση τα δεδομένα και τις ιδιαιτερότητες της ελληνικής αγοράς.

Αναφορικά με την υφιστάμενη κατάσταση, η χώρα παρουσιάζει υψηλή διαθεσιμότητα σταθερών ευρυζωνικών δικτύων σε νοικοκυριά (99,3% για πρώτη φορά στο τέλος του 2019). Σχετικά με την κάλυψη ευρυζωνικών δικτύων υψηλής ταχύτητας (Next Generation Access - NGA) ανά νοικοκυριό, καταγράφεται σημαντική επιτάχυνση στη σύγκλιση με τον ευρωπαϊκό μέσο όρο. Αναφορικά με την κάλυψη σε δίκτυα υπερυψηλών ταχυτήτων, στην Ελλάδα, η χρήση τεχνολογίας Vectoring παρέχει, στην πλειονότητα των περιπτώσεων, πραγματικές υπερυψηλές ταχύτητες (>100Mbps έως 200Mbps). Όσον αφορά την κάλυψη της τεχνολογίας 4G (LTE), αυτή προσεγγίζει το μέσο όρο της ΕΕ (98-99% περίπου).

Στην κατηγορία κάλυψης με ταχύτητες >100 Mbps, σύμφωνα με τα τελευταία διαθέσιμα στοιχεία, καταγράφεται σημαντική υστέρηση κατά περίπου 25 ποσοστιαίες μονάδες σε σχέση με τον ευρωπαϊκό μέσο όρο, γεγονός που συνδέεται κυρίως με τις διαδικασίες ηλεκτροδότησης των καμπινών (τεχνολογία Vectoring). Το αμέσως επόμενο διάστημα, στο στόχο αυτό θα συμβάλει και η επιτάχυνση της ανάπτυξης των δικτύων FTTH στη χώρα.

Σχετικά με τη διείσδυση των σύγχρονων σταθερών ευρυζωνικών επικοινωνιών, αυτή κινείται με αργούς ρυθμούς, σε σύγκριση με το μέσο όρο της ΕΕ. Το ζήτημα της διείσδυσης, είναι ιδιαίτερα σύνθετο, με παραμέτρους που συνδέονται, μεταξύ άλλων,

με την οικονομική κατάσταση των νοικοκυριών, την τεχνολογική τους ωριμότητα κ.ά.

4.4.3 Δράσεις - Στόχος Β: Να διασφαλιστεί η ευρεία διαθεσιμότητα και υιοθέτηση των ευρυζωνικών υπηρεσιών υπερ-υψηλών ταχυτήτων Ultra-Fast Broadband (NGA)

Προκλήσεις: Η Ελλάδα υστερεί σε ευρυζωνική κάλυψη υψηλής ταχύτητας και ιδιαίτερα σε ευρυζωνικές υποδομές υπερ-υψηλών ταχυτήτων που είναι ανθεκτικές σε βάθος χρόνου, όπως το FTTH.

Στόχος: Το έργο στοχεύει στην ανάπτυξη ευρυζωνικών υποδομών υπερ-υψηλών ταχυτήτων, δηλαδή ευρυζωνικών δικτύων που μπορούν να υποστηρίξουν ταχύτητες download άνω των 100 Mbps, σε περιοχές όπου προς το παρόν δεν υπάρχει δίκτυο πρόσβασης επόμενης γενιάς (NGA), δηλαδή κανένα ευρυζωνικό δίκτυο ικανό να υποστηρίξει ταχύτητες άνω των 30 Mbps λήψης και όπου ιδιώτες επενδυτές δεν σχεδιάζουν να δημιουργήσουν τέτοιες υποδομές στο εγγύς μέλλον (λευκές περιοχές NGA). Η δημόσια παρέμβαση θα γεφυρώσει το «ψηφιακό χάσμα» μεταξύ των εναπομεινάντων λευκών περιοχών NGA και της υπόλοιπης Ελλάδας.

Υλοποίηση: Το έργο σχεδιάστηκε στο πλαίσιο του προηγούμενου Εθνικού Ευρυζωνικού Σχεδίου. Η συνολική μέγιστη δημόσια ενίσχυση που θα χορηγηθεί ορίστηκε σε 300 εκατομμύρια ευρώ ενώ ο συνολικός προϋπολογισμός υπολογίζεται σε 700 εκατομμύρια ευρώ. Το έργο θα υλοποιηθεί μέσω συνεργασίας ιδιωτικού-δημοσίου με βάση το μοντέλο Design-Build-Operate-Transfer. Η εθνική επικράτεια έχει χωριστεί σε 7 διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές (lots). Κάθε lot θα ανατεθεί με βάση την πιο συμφέρουσα από οικονομική άποψη προσφορά. Οι ανάδοχοι θα αναπτύξουν στα αντίστοιχα lots ένα δίκτυο ανοικτής πρόσβασης μόνο χονδρικής που θα μπορεί να παρέχει εικονικές υπηρεσίες αδεσμοποίητης πρόσβασης καθώς και πρόσβαση σε παθητικές υποδομές.

Πληθυσμός στόχος: Ο στοχευμένος πληθυσμός περιλαμβάνει όλους τους πολίτες σε λευκές περιοχές NGA.

Ωριμότητα και χρονοδιάγραμμα του έργου: Μετά από έναν ανταγωνιστικό διάλογο μεταξύ των ενδιαφερόμενων υποψηφίων, η τελική φάση του διαγωνισμού UFBB ξεκίνησε τον Ιούνιο του 2021 από τη Γενική Γραμματεία Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων. Αναμένεται ότι η σύμβαση θα υπογραφεί μέχρι το τέλος του 2022 και στη συνέχεια θα ξεκινήσει η τριετής φάση κατασκευής. Η συνολική διάρκεια της περιόδου παραχώρησης είναι 26 έτη.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Είναι σαφές ότι βαδίζουμε σε μια εποχή όπου η Ευρυζωνική Πρόσβαση στο Διαδίκτυο αλλάζει. Οι στρατηγικοί στόχοι που έχουν τεθεί προς υλοποίηση έως το 2025 στα ευρωπαϊκά πλαίσια είναι ιδιαίτερα φιλόδοξοι και απομένει τεράστιο έργο τόσο στο ερευνητικό όσο και στο εταιρικό επίπεδο να αποδειχτεί αν μπορούν να καλυφθούν. Αυτό που σίγουρα μπορεί να ειπωθεί είναι ότι ο μέσος χρήστης μέσα στα επόμενα χρόνια θα έχει πρόσβαση σε ιδιαίτερα αυξημένους ρυθμούς μετάδοσης (άρα και υπηρεσίες) με βάση τα έως τώρα δεδομένα.

Ήδη με βάση τους παραπάνω στόχους πολλοί πάροχοι τόσο πανευρωπαϊκά όσο και στην Ελλάδα επιχειρούν την αναβάθμιση των υποδομών τους, ώστε οι Νέες Τεχνολογίες Πρόσβασης να είναι άμεσα διαθέσιμες για τον μέσο χρήστη, κρατώντας παράλληλα το κόστος χαμηλό και τις προσφερόμενες υπηρεσίες σχετικά φτηνές.

Συγκεκριμένα στη χώρα μας, αναμένεται αύξηση των τηλεφωνικών συνδέσεων που θα μπορεί να έχει πρόσβαση σε NGA υποδομές, με την συντριπτική πλειοψηφία αυτών να είναι VDSL Vectoring. Παράλληλα η Vodafone προτίθεται να εγκαταστήσει και FTTH ενώ η Wind FTTC/G-FAST.

Η τεχνολογία Vectoring έδωσε παράταση ζωής στο δίκτυο χαλκού και ώθησε στους ανά την Ευρώπη τηλεπικοινωνιακούς παρόχους να ξεπεράσουν τον κίνδυνο μη βιώσιμων επενδύσεων. Προσφέρει επίσης ένα «σκαλοπάτι» για την μετέπειτα ολοκλήρωση του οπτικού δικτύου πρόσβασης όταν οι οικονομικές συνθήκες και οι συνθήκες ζήτησης το επιτρέψουν. Τέλος είναι απολύτως πιθανή μια υβριδική δομή δικτύου, όπου οι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι θα έχουν αναπτύξει αρχιτεκτονικές FTTH/B σε όποιες αστικές περιοχές κρίνουν ότι είναι βιώσιμο, και θα εκμεταλλεύονται το δίκτυο χαλκού και τις τεχνολογίες Vectoring και Super Vectoring για να παρέχουν υπερ-υψηλούς ρυθμούς απόδοσης στις περιοχές εκείνες που θεωρούνται λιγότερο εμπορικά ελκυστικές.

Γενικότερα παρατηρούμε με βάση την παραπάνω ανάλυση ότι οι υβριδικές λύσεις συνδυασμού οπτικής ίνας με το υφιστάμενο χάλκινο δίκτυο είναι η λύση που προκρίνεται πλειοψηφικά για την είσοδο στην επόμενη γενιά Ευρυζωνικής Πρόσβασης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αλεξόπουλος, Α. & Λαγογιάννης Γ. (2016). Τηλεπικοινωνίες και Δίκτυα Υπολογιστών. Εκδότης Παπασωτηρίου και Σ.Ι.Α.
2. Βασιλόπουλος, Χ., Κωτούλας, Δ. & Ξενικός, Δ. (2010). Δίκτυα Πρόσβασης Νέας Γενιάς. Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
3. Βενιέρης, Ι. (2013). Δίκτυα Ευρείας Ζώνης: Τεχνολογίας και εφαρμογές με έμφαση στο διαδίκτυο. Εκδόσεις Τζιόλα.
4. Δεδούση, Μ. (2013). Δίκτυα Νέας Γενιάς και Πράσινη Ανάπτυξη. Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και Πληροφορικής. Πάτρα.
5. Καραδήμας, Θ. & Καραδήμα, Π. (2015). Τα δίκτυα πρόσβασης επόμενης γενιάς ως κρίσιμος παράγοντας για το ψηφιακό μέλλον της Ελλάδας. e-Περιοδικό Επιστήμης & Τεχνολογίας.
6. Παρασκευάς, Μ. (2015). Εναλλακτικές αρχιτεκτονικές κατασκευής οπτικών δικτύων FTTx. [Διαφάνειες], <http://hdl.handle.net/11419/401>
7. Μπούρας, Χ. (2008). Ευρυζωνικότητα: προώθηση, επίδειξη, στρατηγική, βέλτιστες πρακτικές. Σημειώσεις.
8. Σκούφης, Χ. & Κωτούλας, Δ., (2011). Σεμινάριο OTEAcademy: Νέες τεχνολογίες και υλικά οπτικών δικτύων πρόσβασης. Αθήνα.
9. Wiley. (2006). Broadband Optical Access Networks and Fiber to the Home.
10. Στασινόπουλος, Ε. (2008). Ψηφιακές κοινότητες και υπηρεσίες βασιζόμενες σε ευρυζωνικές υποδομές. CISCO.
11. Γενική Γραμματεία Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων (ΓΓΤΤ). (2021). Βίβλος Ψηφιακού Μετασχηματισμού 2020-2025. Υπουργείο Ψηφιακής Διακυβέρνησης. https://digitalstrategy.gov.gr/website/static/website/assets/uploads/digital_strategy.pdf
12. Γενική Γραμματεία Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων (ΓΓΤΤ). (2021). Εθνικό Ευρυζωνικό Σχέδιο 2021-2027. Υπουργείο Ψηφιακής Διακυβέρνησης. <https://mindigital.gr/wp-content/uploads/2021/10/%CE%95%CE%B8%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CF%8C-%CE%95%CF%85%CF%81%CF%85%CE%B6%CF%89%CE%BD%CE%B9%CE>

[%BA%CF%8C-%CE%A3%CF%87%CE%AD%CE%B4%CE%B9%CE%BF-2021_27.10.21.pdf](#)