



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΚΑΙ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΤΩΝ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Εισαγωγή της Τεχνολογίας Vectoring στην Ελλάδα: Τεχνολογική και
Ρυθμιστική Προσέγγιση**

Χρήστος Κ. Ντούπης

Επιβλέπων

Δημήτρης Κατσιάνης, ΕΔΙΠ

ΑΘΗΝΑ

Μάρτιος 2018

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Εισαγωγή της Τεχνολογίας Vectoring στην Ελλάδα:
Τεχνολογική και Ρυθμιστική προσέγγιση**

Χρήστος Κ. Ντούπης

Α.Μ.: ΜΟΠ 413

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ Δημήτρης Κατσιάνης, ΕΔΙΠ

Μάρτιος 2018

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το Ψηφιακό Θεματολόγιο για την Ευρώπη (Digital Agenda for Europe) έχει θέσει ως στόχο έως το 2020 κάθε Ευρωπαίος πολίτης να έχει πρόσβαση στο διαδίκτυο με ταχύτητα άνω των 30 Mbps και τουλάχιστον το 50% των ευρωπαϊκών νοικοκυριών να είναι συνδεδεμένο με τα ταχύτητες 100 Mbps και άνω.

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,

Η τεχνολογία Vectoring απαιτεί υποδομές FFTCabinet ενώ παράλληλα αξιοποιεί μέρους του υφιστάμενου δικτύου χαλκού και προσφέρει ταχύτητες έως και 100 Mbps ή 300 Mbps για την τεχνολογία Super Vectoring. Η τεχνική επίτευξης αυτών των ταχυτήτων βασίζεται στην real-time εξουδετέρωση των ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών που δέχεται κάθε ζεύγος χαλκού από τα γειτονικά του ζεύγη (crosstalk).

Κάτι τέτοιο προαπαιτεί το σύστημα vectoring να ελέγχει το σύνολο των γραμμών VDSL2 που αλληλεπιδρούν, επιτρέποντας σε κάθε τοπικό κατανεμητή μικρονόμησης να υπάρχει αποκλειστικά ένας Πάροχος υπηρεσίας Vectoring και VDSL2, δημιουργώντας έτσι την αναγκαιότητα ενός νέου ρυθμιστικού πλαισίου.

Αντικείμενο της παρούσης εργασίας αποτελεί η τεχνική ανάλυση της τεχνολογίας Vectoring καθώς και η διερεύνηση των κανονιστικών επιλογών της Εθνικής Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων για την εισαγωγή της τεχνολογίας Vectoring στο ελληνικό δίκτυο πρόσβασης.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Ευρυζωνικά Δίκτυα Πρόσβασης Επόμενης Γενιάς

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Vectoring, Self-FEXT cancelation, NGA, FTTx, xDSL

ABSTRACT

In the framework of the Digital Agenda for Europe (DAE), by the end of 2020, all European citizens must have an Internet access with bitrate higher than 30 Mbps, and the 50% of European household must have an active Internet connection with bitrate 100 Mbps at least.

Corresponding to these targets, greek Internet Service Providers begin to invest in order to upgrade their fixed access network for provision of next generation broadband service. Vectoring makes up the main technological choice to achieve their target.

FTTCabinet is the required infrastructure for the Vectoring employment, whereas the traditional copper access network extends its lifespan. The Vectoring technology provides access to the Internet with bitrate up to 100 Mbps and the Super Vectoring up to 300 Mbps. The basic concept of Vectoring technology is a real-time cancelation of FEXT crosstalk.

In order to real-time cancelation be achieved, all VDSL2 lines (vectored and non-vectored) of a given Local Distribution Frame have to be controlled by a common Vectoring system. In this way, a single ISP should employ its Vectoring or VDSL system at this network point, creating the need of a new regulatory framework.

The scope of this dissertation project is to analyze the technical specification of Vectoring and to investigate the policy that greek National Regulatory Author (EETT) applies for vectoring deployment at the greek access network.

SUBJECT AREA: Broadband access and NGA

KEYWORDS: Vectoring, Self-FEXT cancelation, NGA, FTTx, xDSL

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ VECTORING ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	1
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	12
1.1 Internet και Ευρυζωνικότητα	12
1.2 Εθνικό Σχέδιο Ευρυζωνικής Πρόσβασης Επόμενης Γενιάς (2014-2020).....	14
1.3 Η ελληνική αγορά ευρυζωνικότητας.....	15
1.4 Η τεχνολογία Vectoring.....	19
2. ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ	20
2.1 Η παραδοσιακή αρχιτεκτονική του Δικτύου Πρόσβασης	20
2.1.1 Τοπικός Βρόχος ToB (Local Loop)	22
2.1.2 Τοπικός Υποβρόχος ToYB (Sub-Loop)	22
2.2 Δίκτυα Πρόσβασης Επόμενης Γενιάς – Next Generation Access (NGA)	23
2.2.1 Αρχιτεκτονική FTTC	24
2.2.2 Αρχιτεκτονική FTTB	25
2.2.3 Αρχιτεκτονική FTTH	25
2.3 Τεχνολογίες Ευρυζωνικής Πρόσβασης xDSL	26
2.3.1 Τεχνολογία πρόσβασης ADSL	28
2.3.2 Τεχνολογία Πρόσβασης VDSL.....	30
2.4 Οπτικά Δίκτυα Πρόσβασης.....	32
2.4.1 Ενεργά Οπτικά Δίκτυα AONs.....	32
2.4.2 Παθητικά Οπτικά Δίκτυο PONs.....	32
3. Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ VECTORING	35
3.1 Αρχές Λειτουργίας Vectoring	35
3.2 Απαιτούμενη δικτυακή υποδομή	38
3.3 Μοντέλο Αναφοράς	39
3.4 Λειτουργία Συστήματος.....	39

3.4.1	Υπολογισμός Παρεμβολών FEXT και αρχικοποίηση συστήματος	40
3.4.2	Φάσεις λειτουργίας συστήματος.....	41
3.5	Απόδοση Vectoring.....	42
3.6	SuperVectoring – Vplus	45
3.7	Συμβατότητα Vectored και non-Vectored xDSL γραμμών	45
3.7.1	Συμβατότητα Vectoring και ADSL γραμμών	46
3.7.2	Συμβατότητα Vectoring και VDSL2 non-vectored	47
3.7.3	Συμβατότητα σε επίπεδο CPE	49
3.8	Προτεινόμενοι τρόποι αντιμετώπισης των επιπτώσεων των παρεμβολών από μη ελεγχόμενες συνδρομητικές γραμμές	49
3.9	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Vectoring έναντι τεχνολογιών PON/AON	52
3.10	Τεχνολογία G. Fast.....	54
4.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ VECTORING ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	57
4.1	Διαδικασία εισαγωγής τεχνολογίας Vectoring και πλάνο ανάθεσης.....	57
4.1.1	Όροι παροχής της τεχνολογίας Vectoring.....	57
4.1.2	Διαδικασία Ανάθεσης	59
4.1.3	Ανάθεση FTTH.....	66
4.2	Vectoring και πρόσβαση στον Τοπικό Υποβρόχο	67
4.2.1	Διαδικασίες παροχής ANToYB.....	69
4.2.2	Διαδικασίες παροχής ΠToYB	72
4.2.3	Χρόνοι παράδοσης και προβλέψεις	74
4.2.4	Βλαβοδιαχείριση ToYB.....	75
4.3	Απομακρυσμένη Συνεγκατάσταση	76
4.3.1	Πρόσβαση σε αγωγούς και παροχή σκοτεινής ίνας.....	79
4.4	Εικονική Πρόσβαση στον Τοπικό Υποβρόχο	80
4.4.1	Εικονική Τοπική Αδεσμοποίητη Πρόσβαση VLU	82
4.4.2	Ολοκληρωμένη Κεντρική Σύνδεση – Ο.Κ.ΣΥ.	85
4.5	Κανονισμός Διαχείρισης Φάσματος και Έγχυσης Ισχύος στο Δίκτυο Πρόσβασης.....	87
4.5.1	Επιτρεπόμενες τεχνολογίες στο δίκτυο πρόσβασης	87
4.5.2	Επιτρεπόμενα σημεία εισαγωγής σημάτων xDSL στο δίκτυο πρόσβασης και φασματικά όρια λειτουργίας.	87
4.5.3	Διαχείριση Έγχυσης Ισχύος	88

4.6 Η τεχνολογία Vectoring στην Ευρωπαϊκή Ένωση	91
ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ	101
ΑΝΑΦΟΡΕΣ	104

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 1-1 Η εξέλιξη των συνδρομητικών γραμμών στην Ελλάδα.....	16
Γράφημα 1-2 Κάλυψη σταθερής πρόσβασης επόμενης γενιάς στην ΕΕ	17
Γράφημα 1-3 Κατανομή ευρυζωνικών γραμμών ανά ονομαστική ταχύτητα.....	17
Γράφημα 1-4 Ταχύτητα Πρόσβασης ανά μέλος ΕΕ	18
Γράφημα 1-5 Κύκλος Εργασιών Παρόχων Σταθερής	18
Γράφημα 2-1 Φασματική Κατανομή ADSLx.....	28
Γράφημα 2-2 Κατανομή πελατών με βάση το μήκος καλωδίου από το Α/Κ	29
Γράφημα 2-3 Απόδοση τεχνολογιών ADSLx	29
Γράφημα 2-4 Φασματική Κατανομή VDSL2 Annex A	31
Γράφημα 2-5 Απόδοση τεχνολογιών VDSL2	31
Γράφημα 3-1 Απόδοση VDSL2 με και χωρίς FEXT παρεμβολές.....	35
Γράφημα 3-2 Ρυθμοί μετάδοσης συστήματος Vectoring 96 χρηστών	42
Γράφημα 3-3 Ρυθμοί μετάδοσης καθόδου συστήματος Vectoring 24 χρηστών.....	43
Γράφημα 3-4 Ρυθμοί μετάδοσης 24 ζευγών Vectoring συστήματος	44
Γράφημα 3-6 Σχέση κέρδους Vectoring και πλήθους μη ελεγχόμενων γραμμών	46
Γράφημα 3-7 Επίδραση μη ελεγχόμενων γραμμών στην απόδοση Vectoring συστήματος	48
Γράφημα 3-8 Απόδοση G.Fast	55
Γράφημα 4-1 Πλήθος ΥΚΕΕ για την εισαγωγή Vectoring από τον ΟΤΕ	62
Γράφημα 4-2 Πλήθος καμπινών NGA Β' Φάσης	64
Γράφημα 4-3 Πλήθος καμπινών NGA Γ' Φάσης.....	65
Γράφημα 4-4 Αστικά Κέντρα και καμπίνες 1ης Ανάθεσης.....	65
Γράφημα 4-5 Φασματική επικάλυψη ADSL2+ και VDSL2 (DS)	89

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1-1 Η Εξέλιξη της διαδικτυακής κίνησης από το 1984.....	12
Εικόνα 2-1 Δίκτυο Πρόσβασης.....	21
Εικόνα 2-2 Αρχιτεκτονικές Οπτικών Δικτύων Πρόσβασης.....	24
Εικόνα 2-3 Αρχιτεκτονική FTTC.....	24
Εικόνα 2-4 Αρχιτεκτονική FTTB	25
Εικόνα 2-5 Αρχιτεκτονική FTTH.....	26
Εικόνα 2-6 TDM-PON downstream	33
Εικόνα 2-7 WDM-PON.....	34
Εικόνα 3-1 Παρεμβολές NEXT και FEXT.....	36
Εικόνα 3-2 Βασική Λειτουργία Vectoring	36
Εικόνα 3-3 Μοντέλο Αναφοράς Vectoring.....	39
Εικόνα 3-4 Λειτουργία Συστήματος Vectoring.....	40
Εικόνα 3-5 Αρχικοποίηση Συστήματος	41
Εικόνα 3-6 Συμβατότητα Vplus με VDSL2 17a.....	45
Εικόνα 3-7 Δίκτυο πρόσβασης για υπηρεσίες VDSL και ADSL	47
Εικόνα 3-8 Δίκτυο πρόσβασης για υπηρεσίες Vectoring και VDSL2 (non-vectored)	48
Εικόνα 4-1 Χρονοδιάγραμμα Πρώτης Ανάθεσης	60
Εικόνα 4-2 Καμπίνες προς υλοποίηση FTTH	66
Εικόνα 4-3 Τοπικός Βρόχος και Τοπικός Υποβρόχος.....	67
Εικόνα 4-4 Υλοποίηση ΤοΥΒ	68
Εικόνα 4-5 Ενδεικτική Αίτηση Παροχής ANToΥΒ	69
Εικόνα 4-6 Ενδεικτική Αίτηση Παροχή ΠToΥΒ	73
Εικόνα 4-7 Απομακρυσμένη Συνεγκατάσταση Υποβρόχου	77
Εικόνα 4-8 Πρόσβαση σε αγωγούς	80
Εικόνα 4-9 Παροχή σκοτεινής ίνας	80
Εικόνα 4-10 Σχηματική απεικόνιση VLU/FTTC.....	82

Εικόνα 4-11 Σχηματική απεικόνιση Ο.Κ.ΣΥ. και VLU/FTTC	86
---	----

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1-1 Παγκόσμια Κίνηση Internet 1992-2021.....	13
Πίνακας 1-2 Αδειοδοτημένοι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι.....	15
Πίνακας 2-1 Τεχνολογίες xDSL.....	27
Πίνακας 2-2 Προφίλ VDSL2.....	30
Πίνακας 3-1 Channel Matrix	38
Πίνακας 3-2 Channel Matrix	53
Πίνακας 4-1 Χρόνοι παράδοσης ΤοΥΒ σε ΕΗ	74
Πίνακας 4-2 Χρόνοι παράδοσης VLU/FTTC σε ΕΗ	84
Πίνακας 4-3 Χρόνοι παράδοσης Ο.Κ.ΣΥ.	86
Πίνακας 4-4 Προφίλ, Σχήμα Κατανομής και Φασματική Πυκνότητα ισχύος τεχνολογίας VDSL2	88
Πίνακας 4-5 Παράμετροι DPBO.....	89
Πίνακας 4-6 Τιμές παραμέτρων DPBO.....	90

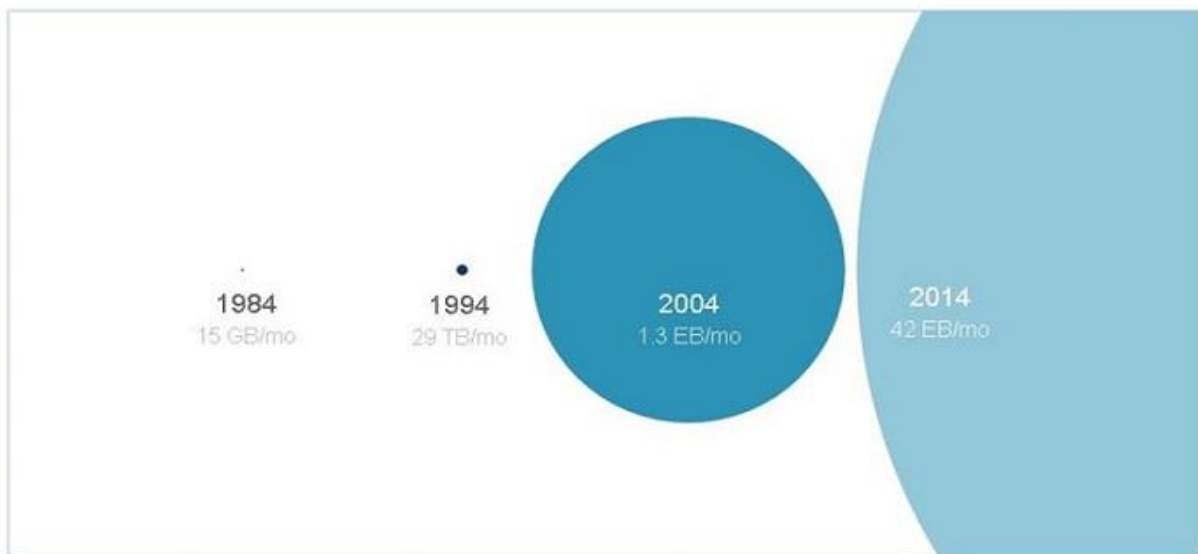
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Internet και Ευρυζωνικότητα

Σχεδόν τρεις δεκαετίες από την δημιουργία του World Wide Web και τη μαζική εξάπλωση του internet, κάθε κοινωνική πτυχή έχει προσαρμοστεί σε αυτό που ονομάζουμε Εποχή της Πληροφορίας. Η επικοινωνία με ήχο και εικόνα από άκρη σε άκρη του πλανήτη, η άμεση πρόσβαση σε απεριόριστες πηγές γνώσης και πληροφορίας, η πρόσβαση σε περιεχόμενα πολυμέσων όπως βίντεο και μουσική, η διαδικτυακή τηλεόραση με ανάλυση Ultra-High Definition και οι διαδικτυακές αγορές αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της νέας καθημερινότητας.

Η επιχειρηματική δραστηριότητα διαμορφώθηκε σε νέα βάση. Εταιρείες λιανικού εμπορίου εξυπηρετούν πελάτες σε όλον τον πλανήτη χωρίς να έχουν φυσικά καταστήματα. Η διαφήμιση, η πώληση και η συναλλαγή πραγματοποιούνται εξολοκλήρου διαδικτυακά. Δημιουργήθηκε ένας νέος τεράστιος όγκος ψηφιακών προϊόντων και υπηρεσιών που προσφέρονται από νέων μορφών επιχειρήσεις. Οι υπηρεσίες τηλεδιασκέψεων, η ανταλλαγή δεδομένων και η απομακρυσμένη εργασία μειώνουν τις ανάγκες μετακίνησης εξοικονομώντας πόρους. Η οργάνωση της παραγωγής, της αποθήκευσης και της μεταφοράς ελέγχεται κεντρικά και σε πραγματικό χρόνο οδηγώντας στην αύξηση της παραγωγικότητας.

Οι δυνατότητες τηλεϊατρικής ξεκινούν από την παρακολούθηση βιομετρικών δεδομένων ασθενών και φθάνουν έως τις χειρουργικές επεμβάσεις όπου ο χειρουργός βρίσκεται χιλιόμετρα μακριά από τον ασθενή. Τα εκπαιδευτικά και ερευνητικά ιδρύματα μπορούν να μοιράζονται τεχνογνωσία σε παγκόσμιο επίπεδο. Διασυνδεδεμένοι αισθητήρες μετρούν και μεταδίδουν κλιματικά δεδομένα που μπορούν να αξιοποιηθούν στην προστασία δασών και θαλασσών αλλά και στη βελτιστοποίηση της γεωργικής διαδικασίας. Το Internet of Things (IoT) αποτελεί ήδη πραγματικότητα και δίνει τη θέση του στο Internet of Everything (IoE): συνολικά δεκαεφτά δισεκατομμύρια διασυνδεδεμένες συσκευές -2,3 κατά άτομο στον πλανήτη- συλλέγουν και ανταλλάσσουν δεδομένα.



Εικόνα 1-1 Η Εξέλιξη της διαδικτυακής κίνησης από το 1984

(πηγή: Arielle Sumits, "The History and Future of Internet Traffic" [1])

Η εξέλιξη της διαδικτυακής κίνησης παραμένει ραγδαία. Το 1984 διακινήθηκαν στο διαδίκτυο 15GB ανά μήνα. Το 2016 τα 13 GB ανά μήνα αντιστοιχούν στην κατά άτομο κίνηση παγκοσμίως, φθάνοντας συνολικά τα 96 EB ανά μήνα και τα 1,2 ZB για όλο το χρόνο. Έως το 2021 προβλέπεται ότι η διαδικτυακή κίνηση θα έχει τριπλασιαστεί φθάνοντας τα 3,3 ZB ανά έτος.[2]

Πίνακας 1-1 Παγκόσμια Κίνηση Internet 1992-2021

Έτος	Παγκόσμια Κίνηση Internet
1992	100 GB ανά ημέρα
1997	100 GB ώρα
2002	100 GB ανά δευτερόλεπτο
2007	2,000 GB ανά δευτερόλεπτο
2016	26,600 GB ανά δευτερόλεπτο
2021	105,800 GB ανά δευτερόλεπτο

(πηγή: Cisco White Paper, "The Zettabyte Era: Trends and Analysis"[3])

Αναγκαία συνθήκη για την εξάπλωση του internet αποτέλεσε η πρόσβαση σε ευρυζωνικές συνδέσεις. Η ευρυζωνικότητα είναι μια γενική και δυναμική έννοια που αντανάκλα την απρόσκοπτη και αδιάλειπτη πρόσβαση στο διαδίκτυο για το μεγαλύτερο δυνατό μέρος του πληθυσμού, με ταχύτητες και προδιαγραφές που ικανοποιούν τις ανάγκες των χρηστών και τον εφαρμογών. Η έννοια της ευρυζωνικότητας καθιστά την πρόσβαση στο διαδίκτυο ως καταναλωτικό και κοινωνικό αγαθό. Είναι δυναμική έννοια γιατί προσαρμόζεται στις εκάστοτε κοινωνικές ανάγκες χωρίς να ορίζει ρητά «ταχύτητες», ενώ είναι τεχνολογικά ουδέτερη χωρίς να προαπαιτεί συγκεκριμένες αρχιτεκτονικές δικτύου ή τεχνολογίες μετάδοσης.

Αποτελεί κοινό τόπο ότι η διείσδυση των ευρυζωνικών συνδέσεων και η αύξηση των ρυθμών μετάδοσης οδηγεί σε κοινωνικά και οικονομικά οφέλη: οικονομική ανάπτυξη, ενίσχυση της καινοτομίας, αύξηση της παραγωγικότητας, καλύτερες υπηρεσίες υγείας, δημόσια διαφάνεια και καλύτερη πρόσβαση σε υπηρεσίες δημοσίου, προώθηση της εκπαίδευσης, διάδοση πολιτιστικών και ψυχαγωγικών περιεχομένων. Μεγάλο πλήθος ερευνών καταλήγουν σε ποσοτικοποιημένα συμπεράσματα για την συμβολή της ευρυζωνικότητας στην οικονομία: αύξηση της ευρυζωνικής διείσδυσης κατά 10% οδηγεί σε αύξηση του ΑΕΠ σε ποσοστό που κυμαίνεται από 0,25% έως 1,5%.[4]

Αναγνωρίζοντας τη σημασία της ευρυζωνικότητας, τόσο η Ευρωπαϊκή Ένωση όσο και το ελληνικό κράτος έχουν επεξεργαστεί σχέδια για την περαιτέρω ανάπτυξη και διείσδυσης της ευρυζωνικότητας. Περιλαμβάνουν ένα πλαίσιο δράσεων με στόχο να δημιουργηθούν οι συνθήκες οι οποίες θα δώσουν ώθηση στην ευρυζωνική πρόσβαση αλλά και θα βοηθήσουν πολίτες και επιχειρήσεις για τη μέγιστη αποκόμιση οφέλους από τις ψηφιακές τεχνολογίες.

Με το Ψηφιακό Θεματολόγιο για την Ευρώπη (Digital Agenda for Europe – DAE), το οποίο αποτελεί μέρος της ευρύτερης ευρωπαϊκής στρατηγικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Europe 2020 Strategy), η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έθεσε συγκεκριμένους

στόχους για την πρόσβαση στο internet με υψηλούς και υπέρ-υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης:

1. Έως το 2013, διαθεσιμότητα βασικής ευρυζωνικής πρόσβασης για κάθε Ευρωπαίο πολίτη.
2. Έως το 2020, διαθεσιμότητα πρόσβασης στο διαδίκτυο με ρυθμούς μετάδοσης άνω των 30 Mbps για κάθε Ευρωπαίο πολίτη.
3. Έως το 2020, τουλάχιστον το 50% των ευρωπαϊκών νοικοκυριών να έχουν ενεργή σύνδεση στο διαδίκτυο με ρυθμούς μετάδοσης άνω των 100 Mbps.

Το 2016 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, στα πλαίσια της *Ενιαίας Ψηφιακής Αγοράς* (Digital Single Market – DSM), έθεσε επικαιροποιημένους στόχους *Προς την Ευρωπαϊκή Κοινωνία του Gigabit* για το 2025:

1. Όλες οι κοινωνικοοικονομικές κινητήριες δυνάμεις, όπως σχολεία, κόμβοι μεταφορών, δημόσιες υπηρεσίες και επιχειρήσεις έντονου ψηφιακού ενδιαφέροντος θα πρέπει να έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο με συμμετρικούς ρυθμούς μετάδοσης 1 Gbps.
2. Όλα τα ευρωπαϊκά νοικοκυριά, σε αστικό ή αγροτικό περιβάλλον, θα πρέπει να έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο με συμμετρικούς ρυθμούς μετάδοσης τουλάχιστον 100 Mbps, με δυνατότητα αναβάθμισης στο 1 Gbps.
3. Όλες οι ευρωπαϊκές πόλεις, καθώς και οι κύριοι αυτοκινητόδρομοι και σιδηρόδρομοι θα πρέπει να έχουν αδιάλειπτη κάλυψη 5G.

1.2 Εθνικό Σχέδιο Ευρυζωνικής Πρόσβασης Επόμενης Γενιάς (2014-2020)

Η ελληνική κυβέρνηση, μέσω του αρμόδιου υπουργείου και της Γενικής Γραμματείας Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων, αναγνωρίζοντας τα κοινωνικά και οικονομικά οφέλη από την εξάπλωση της ευρυζωνικότητας, κατάρτισε το 2015 το «Εθνικό σχέδιο ευρυζωνικής πρόσβασης επόμενης γενιάς». Σκοπός του σχεδίου είναι να τεθεί ο οδικός χάρτης για την ευρεία διαθεσιμότητα ποιοτικών ευρυζωνικών υποδομών και τη διείσδυση τους σε υψηλό ποσοστό του πληθυσμού.

Σε συμφωνία με το Ψηφιακό Θεματολόγιο για την Ευρώπη, τέθηκαν οι παρακάτω ποσοτικοποιημένοι στόχοι, με ορίζοντα το 2020:

- Διαθεσιμότητα πρόσβασης στο διαδίκτυο με ταχύτητες άνω των 30Mbps για όλους τους Έλληνες.
- Τουλάχιστον 50% των ελληνικών νοικοκυριών να διαθέτουν σύνδεση στο διαδίκτυο με ταχύτητα άνω των 100Mbps.

Αξίζει να σημειωθεί ότι ενώ ο πρώτος στόχος αναφέρεται σε διαθεσιμότητα, και κατά συνέπεια σε ανάπτυξη υποδομών, ο δεύτερος στόχος αναφέρεται σε ενεργές συνδέσεις. Όπως γίνεται αντιληπτό, για την επίτευξη αυτού του στόχου δεν απαιτούνται απλώς επενδύσεις σε ανάπτυξη δικτύων, αλλά και ένα πλαίσιο ενεργειών ώστε να αυξηθεί η ζήτηση των ευρυζωνικών υπηρεσιών.

Αναγνωρίζοντας ότι οι ιδιωτικές επενδύσεις θα αποτελέσουν τον κυρίαρχο οδηγό στην υλοποίηση των παραπάνω στόχων, το Σχέδιο δομείται σε δυο κύριους πυλώνες:

- Πυλώνας Α: Διαμόρφωση ευνοϊκού περιβάλλοντος για ιδιωτικές επενδύσεις σε δίκτυα επόμενης γενιάς (επενδυτικού, νομοθετικού και κανονιστικού), ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη αξιοποίηση ιδιωτικών πόρων (τόσο από το εσωτερικό όσο και από το εξωτερικό) στην κατεύθυνση της ανάπτυξης υποδομών νέας γενιάς.
- Πυλώνας Β: Έμπρακτη δημόσια υποστήριξη της επέκτασης των ευρυζωνικών υποδομών επόμενης γενιάς, σε περιοχές και αγορές στις οποίες θα έχει αποδειχθεί ότι υπάρχει μηδενικό ή μειωμένο ενδιαφέρον ανάπτυξης σχετικών υποδομών και υπηρεσιών.

Ο Πυλώνας Α περιλαμβάνει δράσεις με σκοπό να επιτευχθούν:

- Μείωση κόστους εγκατάστασης υψίρρυθμων δικτύων ηλεκτρονικών επικοινωνιών.
- Απλοποίηση των διοικητικών διαδικασιών.
- Τόνωση ζήτησης βασικών ευρυζωνικών υπηρεσιών
- Συντονισμός και σωστή εστίαση επενδύσεων

Ο Πυλώνας Β αναφέρεται στην έμπρακτη δημόσια υποστήριξη της επέκτασης των ευρυζωνικών υποδομών επόμενης γενιάς σε «λευκές περιοχές» και σε ανάπτυξη υποδομών που θα οδηγήσουν σε «ουσιαστική αλλαγή» (step change) σε μη «λευκές περιοχές» με στόχο την επίτευξη συνδέσεων τουλάχιστον 100 Mbps.[5]

1.3 Η ελληνική αγορά ευρυζωνικότητας

Στην ελληνική αγορά ευρυζωνικής (σταθερής) πρόσβασης δραστηριοποιούνται πέντε αδειοδοτημένοι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι, ενώ στην αγορά κινητών τηλεπικοινωνιών δραστηριοποιούνται αντίστοιχα τέσσερις πάροχοι. Όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα, το σύνολο των παρόχων κινητής δραστηριοποιείται και στον τομέα των σταθερών τηλεπικοινωνιών.

Πίνακας 1-2 Αδειοδοτημένοι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι

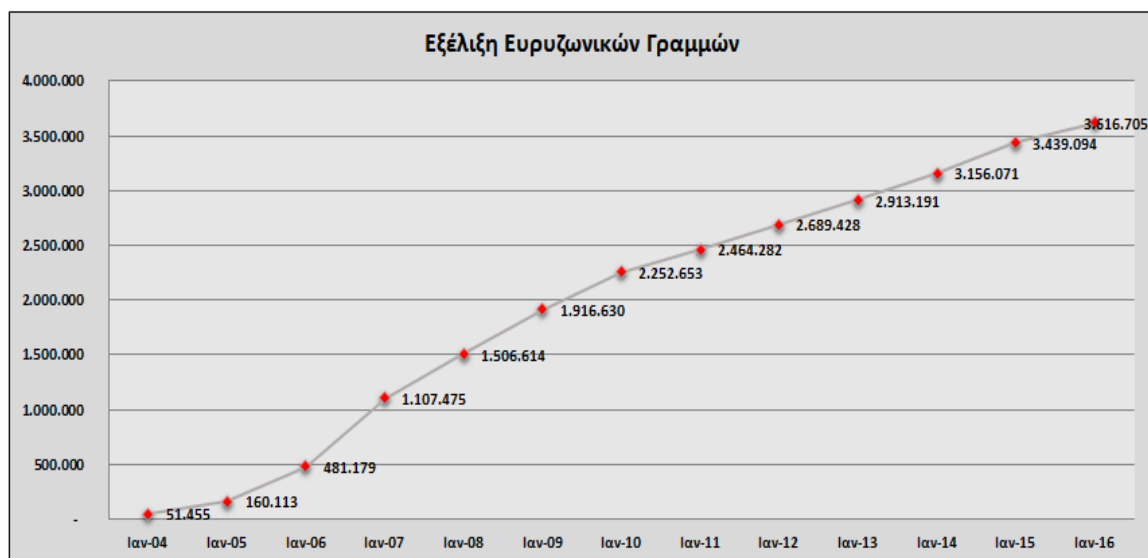
	Σταθερή Ευρυζωνική Πρόσβαση	Κινητή Ευρυζωνική Πρόσβαση
Αδειοδοτημένοι Πάροχοι	COSMOTE	COSMOTE
	VODAFONE	VODAFONE
	WIND	WIND
	CYTA	CYTA
	FORTHNET	

Ο Οργανισμός Τηλεπικοινωνιών Ελλάδος ΟΤΕ αποτελούσε κρατικό μονοπώλιο μέχρι την απελευθέρωση της αγοράς, διαθέτει υπό την κυριότητά του το παραδοσιακό δίκτυο τηλεφωνίας, και αποτελεί πάροχο με Σημαντικά Ισχύ στην Αγορά (ΣΙΑ) σε σχετικές αγορές προϊόντων και υπηρεσιών στον τομέα των ηλεκτρονικών επικοινωνιών. Ως εκ τούτου η Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων (ΕΕΤΤ) έχει επιβάλει σε αυτόν μια σειρά από ρυθμιστικές υποχρεώσεις όπως υποχρέωση πρόσβασης στον τοπικό βρόχο και υποβρόχο, υποχρέωση αμεροληψίας, υποχρέωση διαφάνειας, υποχρέωση λογιστικού διαχωρισμού, υποχρέωση ελέγχου

τιμών και κοστολόγησης κ.α. Το μερίδιο αγοράς του ΟΤΕ επί των ευρυζωνικών συνδρομητικών γραμμών βρέθηκε στο 44,96% για το β' εξάμηνο του 2016.[6]

Η ελληνική αγορά σταθερής ευρυζωνικής πρόσβασης χαρακτηρίζεται από την ιδιαιτερότητα της ύπαρξης μίας και μόνο οικογένειας τεχνολογιών, των xDSL, που στηρίζεται στην υποδομή του παραδοσιακού δικτύου τηλεφωνίας. Μέχρι τα μέσα του 2017, ο ΟΤΕ ήταν ο μόνος πάροχος που είχε αναπτύξει δίκτυο πρόσβασης επόμενης γενιάς με τεχνολογία VDSL, ενώ οι εναλλακτικοί πάροχοι περιοριζόταν στην παροχή υπηρεσιών από το Αστικό Κέντρο (τεχνολογίες ADSL, VDSL), κάνοντας παράλληλα χρήση χονδρικών προϊόντων φυσικής ή εικονικής πρόσβασης από τον ΟΤΕ. Δεν υπήρχε καμία άλλη εναλλακτική υποδομή για την παροχή πρόσβασης νέας γενιάς όπως «οπτική ίνα έως το κτίριο» (Fiber to the Home) ή δίκτυο καλωδιακής τηλεόρασης CableTV.

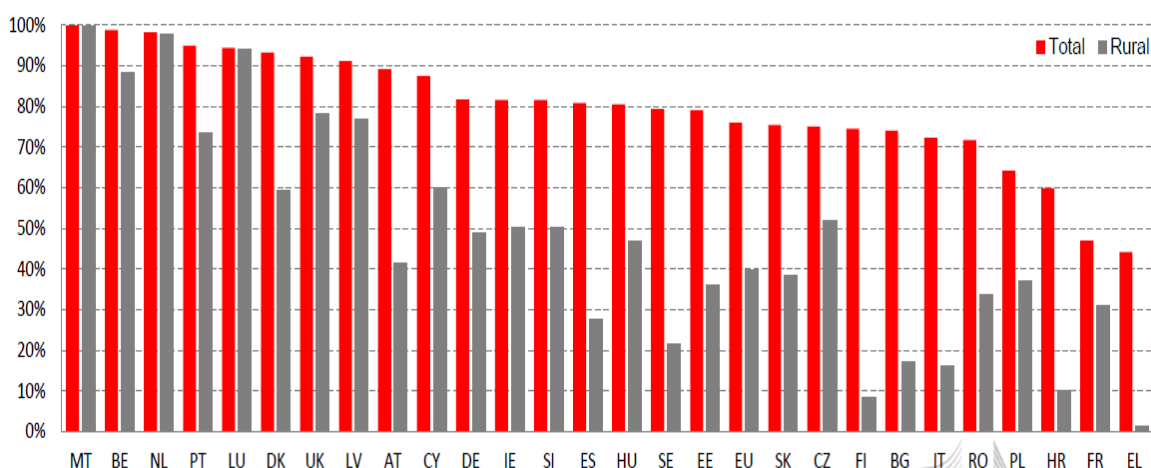
Η κάλυψη σταθερής ευρυζωνικής πρόσβασης στην Ελλάδα στο τέλος του 2016 βρέθηκε στο 99%, ελαφρά πάνω από τον ευρωπαϊκό μέσο όρο [7,Greece Annex]. Η διείσδυση των σταθερών ευρυζωνικών γραμμών την ίδια στιγμή έφθασε το 33,3%, ποσοστό πολύ κοντινό με τον ευρωπαϊκό μέσο όρο. Το πλήθος των σταθερών ευρυζωνικών γραμμών ανήλθε στα 3.616.705 συνεχίζοντας την ανοδική πορεία, όπως και φαίνεται και στο Γράφημα 1-1.[6]



Γράφημα 1-1 Η εξέλιξη των συνδρομητικών γραμμών στην Ελλάδα

(πηγή: ΕΕΤΤ, "Πορεία Ευρυζωνικότητας στην Ελλάδα, Β" Εξάμηνο 2016".[6])

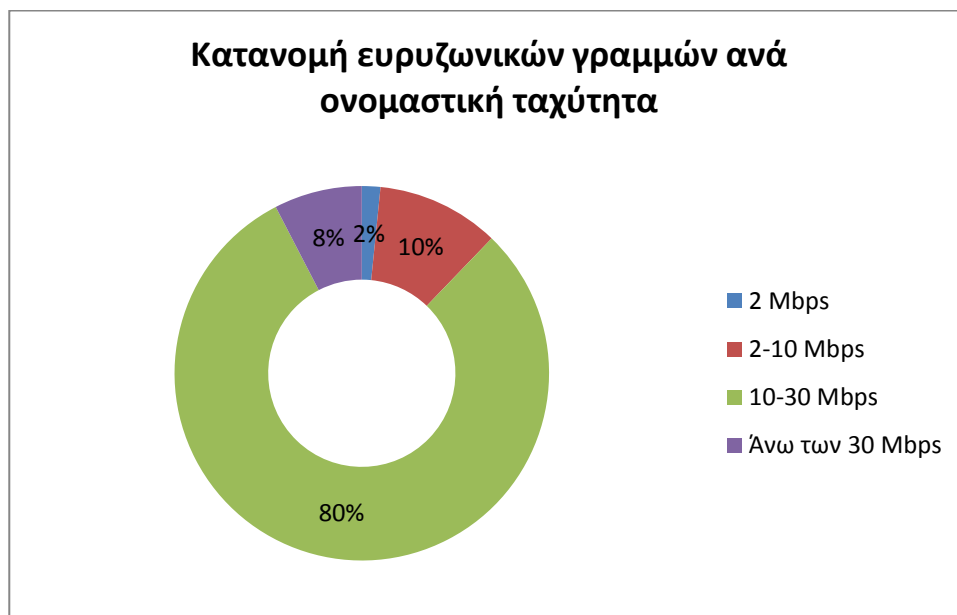
Παρότι η σταθερή ευρυζωνική κάλυψη βρίσκεται στα επιθυμητά επίπεδα δε συμβαίνει το ίδιο και με την κάλυψη σταθερής πρόσβασης επόμενης γενιάς (Next Generation Access – NGA). Συγκεκριμένα, η κάλυψη NGA στα τέλη του 2016 βρέθηκε στο 44%, 32 μονάδες χαμηλότερα από τον ευρωπαϊκό μέσο όρο. Η κατάσταση είναι ακόμα δυσχερέστερη σε αγροτικές περιοχές όπου η κάλυψη NGA βρέθηκε στο 1% όταν ο ευρωπαϊκός μέσος όρος ήταν στο 40%. Ως αποτέλεσμα η Ελλάδα βρίσκεται στην τελευταία θέση της Ευρωπαϊκής Ένωσης τόσο σε συνολική κάλυψη NGA όσο και σε κάλυψη NGA σε αγροτικές περιοχές, όπως φαίνεται και στο Γράφημα 1-2. Σε εξίσου χαμηλή θέση βρίσκεται η Ελλάδα και στη διείσδυση υπηρεσιών NGA όπου βρίσκεται στην προτελευταία θέση, ενώ η διείσδυση με ρυθμούς μετάδοσης άνω των 100 Mbps βρίσκεται σε μηδενικό επίπεδο, με την αντίστοιχη διείσδυση σε ευρωπαϊκό επίπεδο να ανέρχεται στο 11% στα μέσα του 2016.[7]



Γράφημα 1-2 Κάλυψη σταθερής πρόσβασης επόμενης γενιάς στην ΕΕ

(πηγή: EC Europe's Digital Progress Report 2017)

Η τεχνολογία VDSL αποτελεί τη μόνη τεχνολογία μέσω της οποίας παρέχεται πρόσβαση NGA στην Ελλάδα. Στο τέλος του 2016 το πλήθος των ενεργών VDSL γραμμών ανήλθε στις 220 χιλιάδες, αριθμός που αντιστοιχεί περίπου στο 7,6% επί των συνολικών συνδρομητικών γραμμών. Στο Γράφημα 1-3 παρουσιάζεται η κατανομή των συνδρομητικών γραμμών ανά ονομαστική ταχύτητα πρόσβασης. [6]

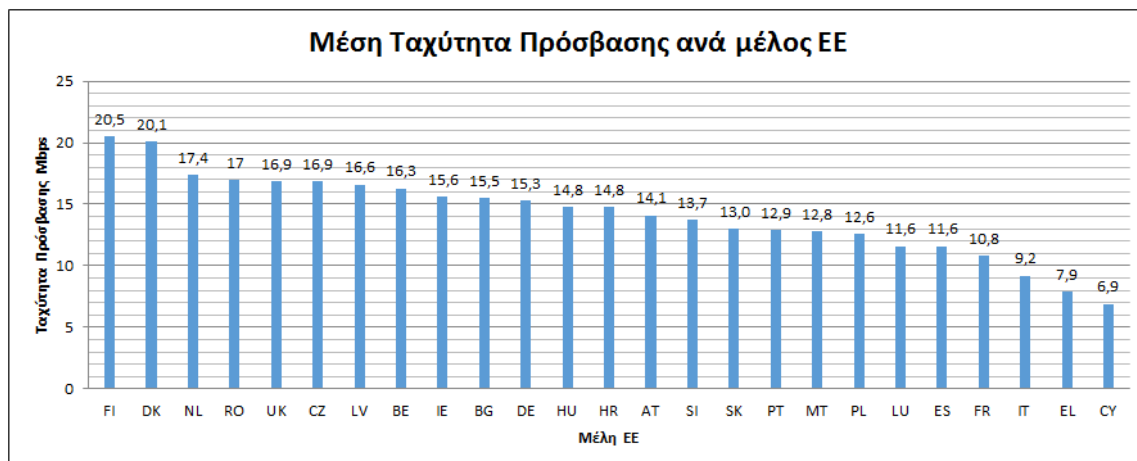


Γράφημα 1-3 Κατανομή ευρυζωνικών γραμμών ανά ονομαστική ταχύτητα

(πηγή: ΕΕΤΤ, "Πορεία Ευρυζωνικότητας στην Ελλάδα, Β' Εξάμηνο 2016", [6])

Το διάγραμμα αυτό ωστόσο δεν ανταποκρίνεται στην πραγματική κατάσταση καθώς οι τεχνολογίες xDSL θεωρούνται τεχνολογίες "best effort", υπό την έννοια ότι δεν προσφέρουν εγγυημένο ρυθμό μετάδοσης. Μάλιστα, το μεγαλύτερο πλήθος των ελληνικών νοικοκυριών διαθέτουν πρόσβαση στο internet μέσω τεχνολογίας ADSL2+ με ονομαστική ταχύτητα (ρυθμό μετάδοσης δεδομένων) στα 24 Mbps, όπου στην πράξη υπόκειται σε μεγάλες μειώσεις στους πραγματικούς ρυθμούς μετάδοσης που

απολαμβάνουν οι καταναλωτές όπως αναλύεται σχετικά στο Κεφάλαιο 2. Στο Γράφημα 1-4 αποτυπώνονται οι πραγματικές ταχύτητες σύνδεσης ανά κράτος-μέλος της ΕΕ. Όπως φαίνεται η Ελλάδα βρίσκεται στην προτελευταία θέση με μέση πραγματική ταχύτητα σύνδεση τα 7,9 Mbps.[8]



Γράφημα 1-4 Ταχύτητα Πρόσβασης ανά μέλος ΕΕ

(πηγή: Akamai's Q1 2017 State of the Internet Report)

Ως κύρια αιτία για την υστέρηση στην ελληνική αγορά σταθερής ευρυζωνικότητας θεωρείται η παρατεταμένη οικονομική ύφεση στην Ελλάδα. Ο κλάδος των τηλεπικοινωνιών ακολουθώντας το ευρύτερο οικονομικό περιβάλλον εισήλθε σε μια πολυετή περίοδο διαρκούς μείωσης κύκλου εργασιών και κερδών. Ενδεικτικά:

- Ο ενεργός πάροχος σταθερής μειώθηκαν από 14 το 2008 σε 5 το 2016, μέσω συγχωνεύσεων αλλά και εξόδου από την αγορά.
- Ο κύκλος εργασιών των παρόχων σταθερής μειώθηκε κατά 43% από το 2007 έως το 2014 (Γράφημα 1-5).
- Τα κέρδη των παρόχων σταθερής μειώθηκαν κατά 78% από το 2009 έως το 2013.
- Οι επενδύσεις των τηλεπικοινωνιακών παρόχων (συμπ. κινητής) έπεσαν από τα 1,37 δισεκατομμύρια το 2009 στα 668 εκατομμύρια το 2015.[9]



Γράφημα 1-5 Κύκλος Εργασιών Παρόχων Σταθερής

(πηγή: ΕΕΤΤ, "Επισκόπηση αγορών ηλεκτρονικών επικοινωνιών και ταχυδρομικών υπηρεσιών 2015" [9])

Όπως γίνεται σαφές τα χρόνια της ελληνικής οικονομικής ύφεσης, ο κλάδος των τηλεπικοινωνιών δέχτηκε ισχυρή πίεση παρότι:

- Οι πελάτες σταθερής ευρυζωνικής πρόσβασης υπερδιπλασιάστηκαν από το 2008 έως το 2015.
- Οι πελάτες συνδρομητικής τηλεόρασης, στην οποία δραστηριοποιούνται ενεργά οι τηλεπικοινωνιακές εταιρείες, ανήλθαν στο ένα εκατομμύριο όταν το 2012 ήταν κοντά στις 440 χιλιάδες.
- Η κίνηση δεδομένων κινητής αυξήθηκε από τα 4,2 PB το 2009 στα 36 PB το 2015.

1.4 Η τεχνολογία Vectoring

Η ελληνική αγορά ευρυζωνικότητας βρέθηκε στο τέλος του 2016 σε σημαντική υστέρηση σε σχέση με τους ευρωπαϊκούς δείκτες, ενώ οι στόχοι που έχουν τεθεί στα πλαίσια του Εθνικού Σχεδίου απείχαν πολύ από την επίτευξή τους. Ωστόσο, όπως προκύπτει από την αγορά, οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται στην παροχή σταθερών ευρυζωνικών υπηρεσιών ήταν πλέον σε θέση να προχωρήσουν σε εκτεταμένες επενδύσεις ώστε να αναπτύξουν και να εξελίσουν το δίκτυο πρόσβασης, να επεκτείνουν το «αποτύπωμα της οπτικής ίνας», και εν τέλει να προσφέρουν ποιοτικότερες υπηρεσίες πρόσβασης στους πελάτες του.

Σε αυτά τα πλαίσια η Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων, κατόπιν διαβουλεύσεων με τους φορείς της αγοράς, κατέληξε στην απόφασή της για την Εισαγωγή της Τεχνολογίας Vectoring στην δίκτυο πρόσβασης. Παράλληλα ανέπτυξε ένα σχέδιο υλοποίησης ώστε να διασφαλίσει την ομαλή λειτουργία του ανταγωνισμού. Ήδη από τις αρχές του έτους 2017 τρεις τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι έχουν ξεκινήσει επενδύσεις για την περαιτέρω ανάπτυξη του δικτύου τους και την παροχή ρυθμών μετάδοσης άνω των 100 Mbps.

Η ΕΕΤΤ ευελπιστεί ότι μέχρι το τέλος του 2019, περισσότεροι από 2,8 εκατομμύρια συνδρομητές θα έχουν πρόσβαση σε συνδέσεις άνω των 100 Mbps. Όπως υπολογίζει, το πλήθος αυτό αντιστοιχεί στο 60% των ενεργών συνδρομητών. Οι απαιτούμενες επενδύσεις αναμένεται να ξεπεράσουν τα 2 δισεκατομμύρια ευρώ, ενώ για πρώτη ίσως φορά οι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι φαίνεται να στρέφουν την επικοινωνιακή τους πολιτική στην ανάδειξη υπεροχής του δικού τους δικτύου υποδομών σταθερής.

Σκοπός της παρούσης εργασίας αποτελεί η συνολική προσέγγιση της τεχνολογίας Vectoring, που θα μελετήσει τα τεχνικά χαρακτηριστικά της, θα εντοπίσει τις ρυθμιστικές απαιτήσεις που αυτά δημιουργούν, και θα αναλύσει το κανονιστικό πλαίσιο με το οποίο εισάγεται η τεχνολογία Vectoring στην Ελλάδα. Στα επόμενα κεφάλαια γίνεται μια ανάλυση της μορφής και της δομής του τηλεπικοινωνιακού δικτύου και ειδικότερα του δικτύου πρόσβασης, καθώς και των αρχιτεκτονικών και τεχνολογιών που αξιοποιούνται σε αυτό. Έπειτα πραγματοποιείται μια εκτενής τεχνική προσέγγιση της τεχνολογίας Vectoring. Στο τελευταίο κεφάλαιο εξετάζεται αναλυτικά το ρυθμιστικό πλαίσιο που διαμόρφωσε η ΕΕΤΤ για την εισαγωγή της τεχνολογίας Vectoring στην Ελλάδα, καθώς και μια αντιπροσωπευτική παρουσίαση αντίστοιχων ρυθμιστικών αποφάσεων σε άλλες χώρες της Ε.Ε.

2. ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

Το τηλεπικοινωνιακό δίκτυο ενός εθνικού τηλεπικοινωνιακού παρόχου μπορεί να διαχωριστεί σε τρία επιμέρους δίκτυα: το δίκτυο κορμού, το μητροπολιτικό δίκτυο και το δίκτυο πρόσβασης.

Το **δίκτυο κορμού** αποτελεί τον πυρήνα του τηλεπικοινωνιακού δικτύου. Εκτείνεται στο σύνολο της επικράτειας και εξυπηρετεί την επικοινωνία των υποδικτύων που αναπτύσσονται σε επίπεδο πόλεων. Συνήθως το δίκτυο κορμού υλοποιείται με κατανεμημένη τοπολογία (mesh topology) το οποίο σημαίνει ότι ο κάθε κόμβος επικοινωνεί απευθείας με κάθε άλλο κόμβο του δικτύου.

Το δίκτυο κορμού διαχειρίζεται τεράστιο όγκο δεδομένων και απαιτεί πολύ υψηλές ταχύτητες μετάδοσης, κάτι που καθιστά υποχρεωτική τη χρήση οπτικής ίνας. Η επικρατέστερη τεχνολογία μετάδοσης σε επίπεδο κορμού είναι η τεχνολογία DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing).

Το δίκτυο κορμού κάθε παρόχου διασυνδέεται με τα δίκτυα των υπόλοιπων εγχώριων παρόχων καθώς και με δίκτυα παρόχων άλλων χωρών.

Τα **μητροπολιτικά δίκτυα** βρίσκονται ένα επίπεδο κάτω από το δίκτυο κορμού. Αποτελούν επί της ουσίας τα δίκτυα που αναπτύσσονται σε επίπεδο νομών ή πόλεων, και αξιοποιούν το δίκτυο κορμού για την μεταξύ τους επικοινωνία. Συνήθως παρουσιάζουν τοπολογία δακτυλίου και συνδέουν κόμβους δικτύου χαμηλότερης βαθμίδας (πχ Αστικά Κέντρα).

Με την αύξηση του όγκου δεδομένων που διακινούνται μέσω Διαδικτύου, τα μητροπολιτικά δίκτυα απαιτείται πλέον να υποστηρίζουν υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης, καθιστώντας και εδώ την οπτική ίνα ως κυρίαρχη επιλογή. Χρησιμοποιείται μια πληθώρα τεχνολογιών μετάδοσης όπως WDM, SDH, Metro Ethernet, MPLS-TP κ.α.

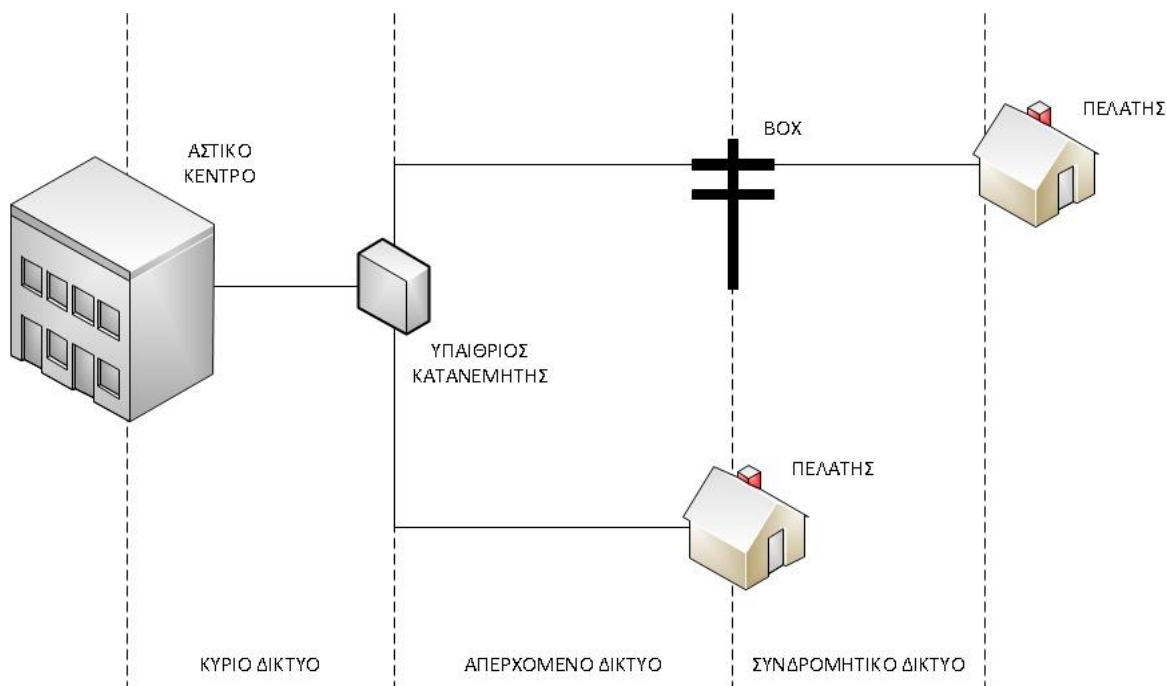
Το **δίκτυο πρόσβασης** αποτελεί το ακραίο μέρος του δικτύου. Συνδέει τα Αστικά Κέντρα του τηλεπικοινωνιακού παρόχου με τον τελικό χρήστη και παρουσιάζεται με τοπολογία αστέρα. Το δίκτυο πρόσβασης είναι το πλέον περίπλοκο μέρος του τηλεπικοινωνιακού δικτύου. Η μορφή του, καθώς και οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται, διαφοροποιούνται με βάση μια σειρά παραμέτρων όπως η ιστορική εξέλιξη του τηλεπικοινωνιακού δικτύου σε κάθε χώρα, τα κατά τόπους γεωγραφικά και πληθυσμιακά χαρακτηριστικά, καθώς και τις παρεχόμενες στον τελικό χρήστη υπηρεσίες.

2.1 Η παραδοσιακή αρχιτεκτονική του Δικτύου Πρόσβασης

Το δίκτυο πρόσβασης σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε στην αρχική του μορφή για την παροχή υπηρεσιών κοινής τηλεφωνίας (Plain Ordinary Telephony Services – POTS). Χρησιμοποιεί στο σύνολό του αθωράκιστα καλώδια συνεστραμμένων ζευγών ή τετράδων που εκκινούν από τον Κύριο Κατανεμητή Μικτονόμησης (Main Distribution Frame – MDF), ο οποίος βρίσκεται στο χώρο του Αστικού Κέντρου (Central Office – CO) και καταλήγουν στον τερματικό εξοπλισμό (Network Termination Equipment – NTE) στο χώρο του τελικού χρήστη. Σε κάθε τελικό χρήστη αντιστοιχεί τουλάχιστον ένα ζεύγος συνεστραμμένων αγωγών.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η δομή του παραδοσιακού δικτύου πρόσβασης. Το δίκτυο διαχωρίζεται σε τρία επιμέρους δίκτυα: το κύριο δίκτυο, το απερχόμενο δίκτυο, και το συνδρομητικό δίκτυο. Ανάλογα με τις ανάγκες, ένα ή περισσότερα μέρη

του δικτύου μπορεί να παραλείπονται. Για παράδειγμα, όταν οι τελικοί χρήστες βρίσκονται σε μεγάλα κτίρια – πολυκατοικίες δεν υπάρχει συνδρομητικό δίκτυο. Σε άλλες περιπτώσεις για λόγους ασφάλειας απαιτείται το σύνολο του δικτύου πρόσβασης ενός πελάτη να βρίσκεται σε υπόγεια διαδρομή, οπότε οι πελάτες αυτοί συνδέονται απευθείας με το Αστικό Κέντρο μέσω του κύριου δικτύου.



Εικόνα 2-1 Δίκτυο Πρόσβασης

Το κύριο δίκτυο εκκινεί από τον κύριο κατανεμητή ο οποίος βρίσκεται στο χώρο του Αστικού Κέντρου και καταλήγει στον υπαίθριο Τοπικό Κατανεμητή Μικτονόμηση (Local Distribution Frame – LDF) ή καφάο (KV). Η σύνδεση γίνεται μέσω καλωδίων χωρητικότητας έως και 2.400 ζευγών που ξεκινούν από το Αστικό Κέντρο για να καταλήξουν μετά από μια σειρά διακλαδώσεων στους υπαίθριους κατανεμητές με μικρότερα καλώδια μέχρι και 400 ζευγών.

Το απερχόμενο δίκτυο ξεκινάει από τους τοπικούς κατανεμητές μέσω ενός πλήθους καλωδίων χωρητικότητας 10 έως 100 ζευγών, και έπειτα από τις κατάλληλες διακλαδώσεις καταλήγει σε κουτιά τερματισμού εντός ή εκτός κτιρίων. Οι υπαίθριοι κατανεμητές διαφέρουν σε μέγεθος ανάλογα με την πυκνότητα του πληθυσμού και την σχεδιαστική πολιτική του τηλεπικοινωνιακού παρόχου, και μπορούν να καλύψουν από 150 έως 600 τελικούς χρήστες.

Το κουτί τερματισμού αποτελεί το τελευταίο στοιχείο του απερχόμενου δικτύου. Σε περιπτώσεις μεγάλων κτιρίων και πολυκατοικιών, το κουτί βρίσκεται εντός του κτιρίου και διασυνδέεται με την εσωτερική καλωδίωση του κτιρίου, και πάνω του τερματίζουν έως και 50 ζεύγη.

Για την εξυπηρέτηση μικρότερων κτιρίων, το απερχόμενο δίκτυο καταλήγει σε εξωτερικά κουτιά τερματισμού (box), μικρότερου μεγέθους, ικανά να εξυπηρετήσουν 10 ή 20 ζεύγη, τα οποία βρίσκονται είτε σε ξύλινους στύλους είτε σε τοίχους κτιρίων. Από αυτά τα εξωτερικά κουτιά ξεκινάει το συνδρομητικό δίκτυο το οποίο καταλήγει μέσω εναέριων καλωδίων στην εσωτερική καλωδίωση των κτιρίων των πελατών. Το απερχόμενο και το συνδρομητικό δίκτυο, όπου υπάρχει, αποτελούν μαζί το δίκτυο διανομής. [10]

2.1.1 Τοπικός Βρόχος ToB (Local Loop)

Το παραδοσιακό δίκτυο πρόσβασης κατασκευάστηκε πριν αρκετές δεκαετίες για την παροχή τηλεφωνικών υπηρεσιών από μονοπωλιακές και συνήθως δημόσιες επιχειρήσεις. Στις περισσότερες περιπτώσεις παρέμεινε στις ιδιοκτησία τους ακόμα και μετά την απελευθέρωση της τηλεπικοινωνιακής αγοράς και των ιδιωτικοποιήσεων των επιχειρήσεων αυτών, θέτοντας πιθανά εμπόδια στη λειτουργία του ανταγωνισμού στην ευρύτερη αγορά των σταθερών τηλεπικοινωνιών αλλά και ειδικότερα στην αγορά παροχής λιανικών υπηρεσιών πρόσβασης στο διαδίκτυο. Για το λόγο αυτό επιβλήθηκε από τις Εθνικές Ρυθμιστικές Αρχές (ΕΡΑ) η υποχρέωση στον πρώην μονοπωλιακό τηλεπικοινωνιακό οργανισμό για την παροχή Αδεσμοποίητης Πρόσβασης στον Τοπικό Βρόχο (ΑΠΤοΒ).

Σύμφωνα με τον ορισμό της ΕΕΤΤ, ο τοπικός βρόχος είναι το φυσικό κύκλωμα συνεστραμμένου ζεύγους μεταλλικών καλωδίων που συνδέει το τερματικό σημείο του δικτύου στις εγκαταστάσεις του συνδρομητή με τον κύριο κατανομητή στο Αστικό Κέντρο του Κοινοποιημένου Φορέα Εκμετάλλευσης.

Μέσω της Αδεσμοποίητης Πρόσβασης στον Τοπικό Βρόχο (Local Loop Unbundling – LLU) ο τοπικός βρόχος απελευθερώνεται και αποδίδεται με εκμίσθωση χρήσης σε εναλλακτικούς τηλεπικοινωνιακούς παρόχους για την ελεύθερη παροχή υπηρεσιών πάνω από αυτόν. Η τιμολόγηση της εκμίσθωσης LLU οφείλει να υπακούει στον κανόνα της κοστοστρέφειας.

Στην ελληνική αγορά ορίζονται δυο βασικά είδη ΑΠΤοΒ:

1. Ο Μεριζόμενος Τοπικός βρόχος (ΜΤοΒ), όπου ο καταναλωτής λαμβάνει υπηρεσίες τηλεφωνίας από τον κυρίαρχο πάροχο ΟΤΕ και υπηρεσίες ευρυζωνικότητας από εναλλακτικό πάροχο.
2. Ο Πλήρης Τοπικός Βρόχος (ΠΤοΒ), όπου ο καταναλωτής λαμβάνει τηλεφωνικές και ευρυζωνικές υπηρεσίες από εναλλακτικό πάροχο.

Επιπλέον, ώστε να καταστεί εφικτή για τον εναλλακτικό πάροχο η παροχή υπηρεσιών ευρυζωνικότητας μέσω ΑΠΤοΒ, ορίζεται η υποχρέωση του κυρίαρχου παρόχου για μια σειρά συναφών ευκολιών με κυριότερη την υποχρέωση Συνεγκατάστασης εξοπλισμού των εναλλακτικών παρόχων εντός του Αστικού Κέντρου ή στον προαύλιο χώρο του.[11]

2.1.2 Τοπικός Υποβρόχος ΤοΥΒ (Sub-Loop)

Παράλληλα με την ΑΠΤοΒ εισάγεται η υποχρέωση για Αδεσμοποίητη Πρόσβαση στον Τοπικό Υποβρόχο (ΑΠΤοΥΒ). Ο Τοπικός Υποβρόχος αφορά το μέρος του Τοπικού

Βρόχου που συνδέει το τερματικό σημείο του δικτύου στις εγκαταστάσεις του συνδρομητή με τον Τοπικό Κατανομητή Μικτονόμησης (TKM – LDF).

Μέσω του ΤοΥΒ ο εναλλακτικός πάροχος μπορεί να προσφέρει υπηρεσίες, εγκαθιστώντας το δικό του εξοπλισμό στα όρια του ΚV του κυρίαρχου παρόχου. Για τις υπηρεσίες ΑΠΤοΥΒ ορίζεται η Απομακρυσμένη Συνεγκατάσταση εντός της Υπαίθριας Καμπίνας Καλωδίωσης (ΥΚΚ - ΚV) του κυρίαρχου παρόχου και άλλες συναφείς ευκολίες. [11]

2.2 Δίκτυα Πρόσβασης Επόμενης Γενιάς – Next Generation Access (NGA)

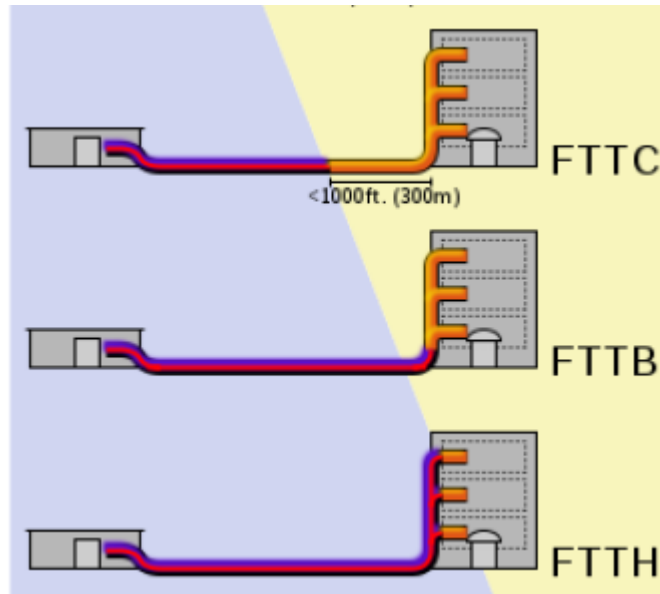
Το σύνολο των προδιαγραφών του παραδοσιακού δικτύου πρόσβασης υπακούει στις ανάγκες εξυπηρέτησης της μετάδοσης φωνής, όπως είναι για παράδειγμα η επιλογή των χάλκινων καλωδίων ως φορέα μετάδοσης, ή η απόσταση που χωρίζει τους τελικούς χρήστες από τα Αστικά Κέντρα. Οι δυο αυτές παράμετροι διαδραμάτισαν, και διαδραματίζουν ακόμα, σημαντικό ρόλο στις αποφάσεις των τηλεπικοινωνιακών παρόχων για την εξέλιξη των δικτύων πρόσβασης, καθώς ο συνδυασμός τους αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα για την επίτευξη υψηλών ρυθμών μετάδοσης στον τελικό χρήστη.

Ως δίκτυα πρόσβασης επόμενης γενιάς (NGA) ορίζονται συνήθως τα δίκτυα που μπορούν να παρέχουν πρόσβαση στον τελικό χρήστη με ρυθμούς μετάδοσης υψηλότερους των 24 Mbrps. Για την καθολική επίτευξη αυτών των ρυθμών μετάδοσης επιβάλλεται η εξάπλωση των οπτικών ινών πέραν του δικτύου κορμού και του μητροπολιτικού δικτύου και στο δίκτυο πρόσβασης, αντικαθιστώντας εν μέρει ή συνολικά τα χάλκινα καλώδια.

Τα καλώδια οπτικών ινών έχουν μια σειρά από πλεονεκτήματα σε σχέση με τα χάλκινα καλώδια: επιτρέπουν υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης, έχουν μηδενική εξασθένηση για αποστάσεις εντός πόλεων, δεν επηρεάζονται από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές. Κι ενώ λοιπόν θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως το ιδανικό φυσικό μέσο για τη μετάδοση δεδομένων και στο δίκτυο πρόσβασης, η διαδικασία της αντικατάστασης των χάλκινων καλωδίων απαιτεί υψηλές επενδύσεις και σημαντικό χρόνο υλοποίησης.

Το όφελος από την εγκατάσταση οπτικής ίνας στους ρυθμούς μετάδοσης βρίσκεται σε άμεση συνάρτηση με το πόσο κοντά θα φθάσει η οπτική ίνα στον τελικό χρήστη. Από την άλλη πλευρά όσο επεκτείνεται το αποτύπωμα της οπτικής ίνας εντός της πόλης, τόσο αυξάνονται τα έξοδα για κατασκευαστικές και χρωματουργικές εργασίες, καθώς και το πλήθος των απαραίτητων οπτικών τερματικών.

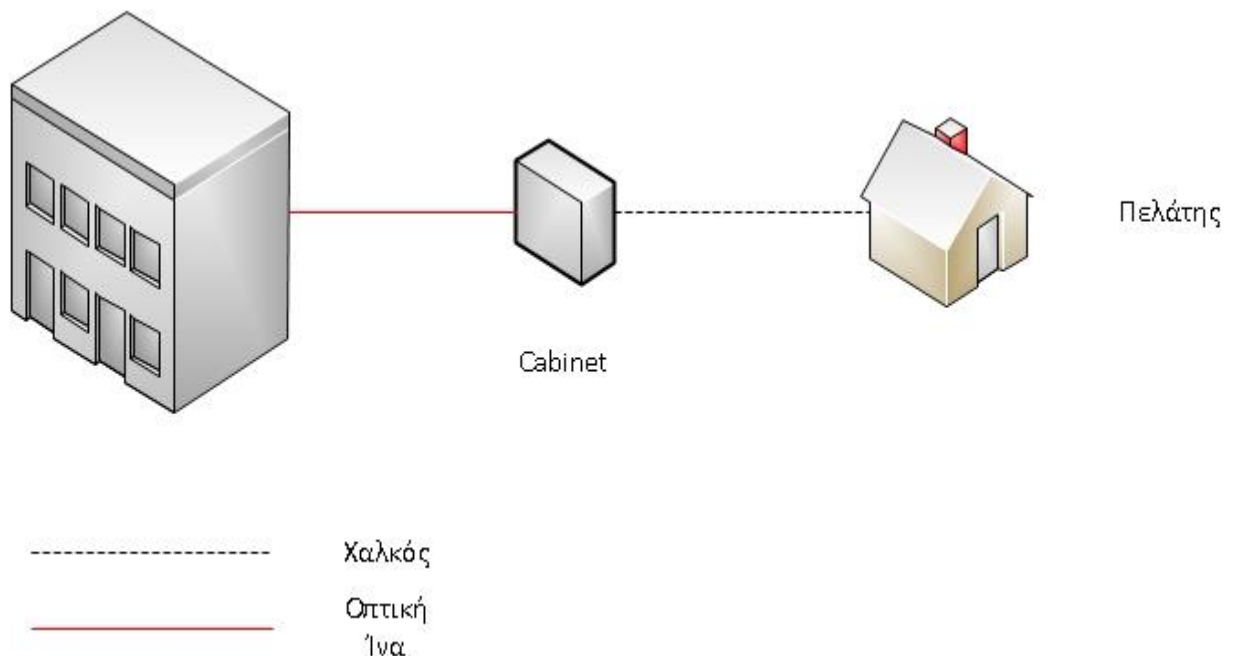
Στα πλαίσια αυτού του συμβιβασμού μεταξύ προσφερόμενων ρυθμών μετάδοσης και απαιτούμενων επενδυτικών κεφαλαίων έχουν αναπτυχθεί διαφορετικές αρχιτεκτονικές οπτικών δικτύων πρόσβασης, με κριτήριο το όριο της οπτικής ίνας προς τον τελικό χρήστη. Οι τεχνολογίες αυτές αναφέρονται συχνά ως FTTx (fiber to the x), με τη μεταβλητή x να αλλάζει με βάση το σημείο τερματισμού της οπτικής ίνας.[12]



Εικόνα 2-2 Αρχιτεκτονικές Οπτικών Δικτύων Πρόσβασης

2.2.1 Αρχιτεκτονική FTTC

Το αρκτικόλεξο FTTC προκύπτει από την έκφραση «fiber to the cabinet», δηλαδή οπτική ίνα μέχρι την καμπίνα. Όπως φαίνεται στο σχήμα 2.3, το κύριο δίκτυο που συνδέει το Αστικό Κέντρο με τον τοπικό καταναλωτή υλοποιείται με τη χρήση οπτικών καλωδίων. Το δίκτυο διανομής, από τον τοπικό καταναλωτή έως το κουτί τερματισμού, εξακολουθεί να αξιοποιεί το υφιστάμενο δίκτυο χαλκού.



Εικόνα 2-3 Αρχιτεκτονική FTTC

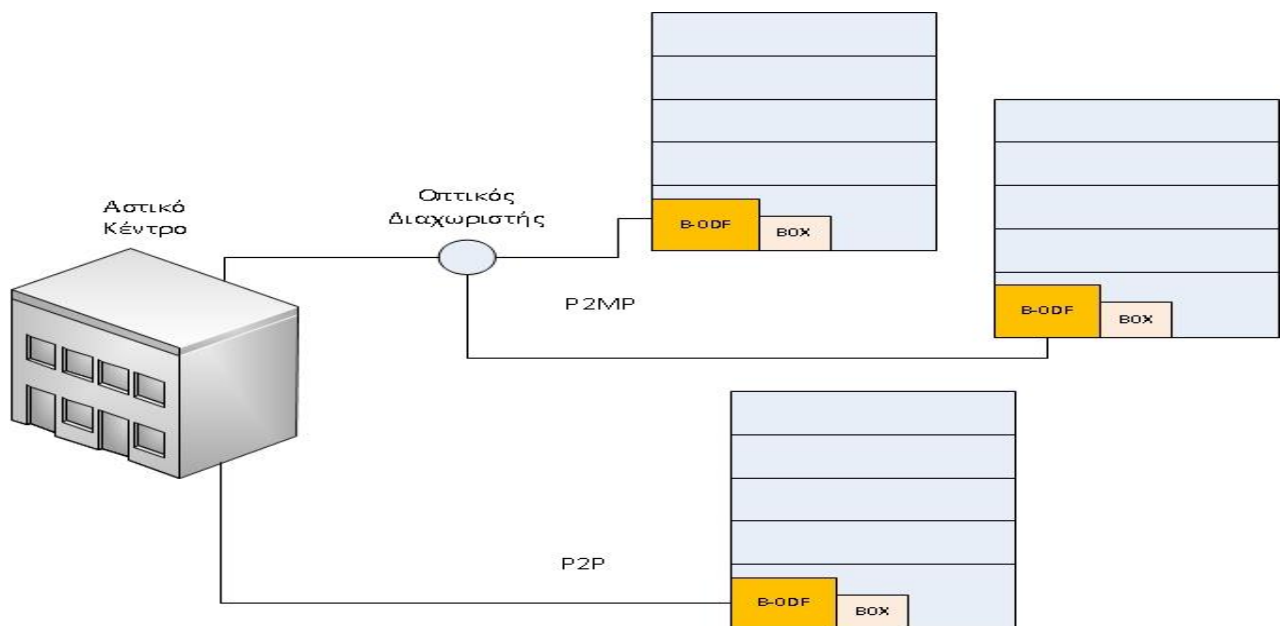
Για την ανάπτυξη δικτύου FTTC απαιτείται η εγκατάσταση υπαίθριων καμπινών οι οποίες θα φιλοξενήσουν ενεργό εξοπλισμό. Σε κάποιες περιπτώσεις οι υπαίθριες καμπίνες ενεργού εξοπλισμού (ΥΚΕΕ) φιλοξενούν και τον τοπικό καταναλωτή.

Επιπλέον, στις υπαίθριες καμπίνες εγκαθίστανται οπτικοί κατανεμητές, μονάδες οπτικού τερματισμού, εξοπλισμός ηλεκτρικής τροφοδοσίας καθώς και ενεργός εξοπλισμός για την παροχή σειράς υπηρεσιών φωνής και δεδομένων.

Η αρχιτεκτονική FTTC είναι το πρώτο βήμα επέκτασης των οπτικών καλωδίων στο δίκτυο πρόσβασης. Η αξιοποίηση του υφιστάμενου δικτύου διανομής δημιουργεί οικονομικά οφέλη για τους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους, αλλά παράλληλα εισάγει περιορισμούς στην ταχύτητα πρόσβασης. Το μήκος χαλκού από την υπαίθρια καμπίνα έως τον τελικό χρήστη μπορεί να κυμαίνεται από μερικά μέτρα για τους γειτονικούς στην καμπίνα πελάτες έως περισσότερα από 1500 μέτρα για τους πλέον απομακρυσμένους. Στην Ελλάδα το 95% των γραμμών του δικτύου διανομής των πυκνών αστικών και αστικών περιοχών είναι μικρότερο των 300m, ενώ στις ημιαστικές περιοχές, το 95% των γραμμών είναι μικρότερο των 900m. [13]

2.2.2 Αρχιτεκτονική FTTB

Το αρκτικόλεξο FTTB προκύπτει από την έκφραση «fiber to the building», δηλαδή οπτική ίνα μέχρι το κτίριο. Σε αυτήν την περίπτωση το οπτικό καλώδιο εκκινεί από το Αστικό Κέντρο και καταλήγει σε οπτικό κατανεμητή που βρίσκεται εντός του κτιρίου και πλησίον του κουτιού τερματισμού. Επομένως το χάλκινο μέρος του δικτύου περιορίζεται αποκλειστικά στην εσωτερική καλωδίωση του κτιρίου, όπου ο όρος κτίριο αναφέρεται κυρίως σε πολυκατοικίες.



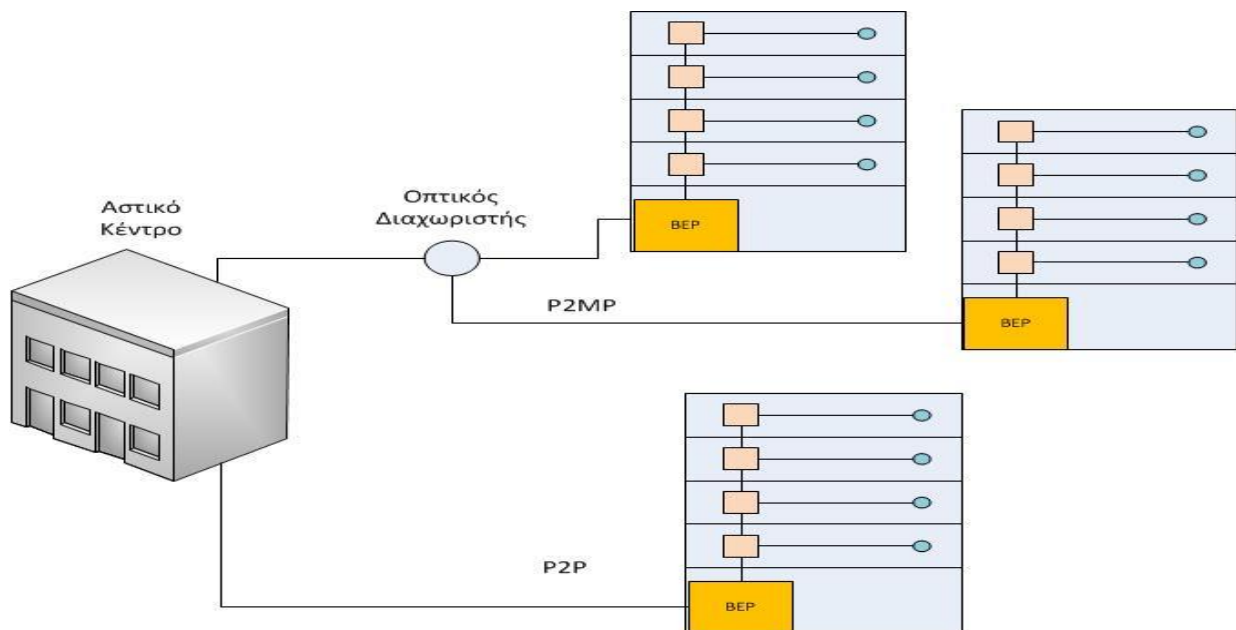
Εικόνα 2-4 Αρχιτεκτονική FTTB

Η καμπίνα με τον ενεργό εξοπλισμό τοποθετείται εντός του κτιρίου και ηλεκτροδοτείται από την παροχή του κτιρίου. Περιλαμβάνει έναν οπτικό κατανεμητή (Building Optical Distribution Frame - B-ODF) και τον απαραίτητο εξοπλισμό για την παροχή ευρυζωνικής πρόσβασης. [10]

2.2.3 Αρχιτεκτονική FTTH

Το αρκτικόλεξο FTTH προκύπτει από την έκφραση «fiber to the home», δηλαδή οπτική ίνα μέχρι το σπίτι του συνδρομητή. Η αρχιτεκτονική FTTH αποτελεί την

ολοκλήρωση του οπτικού δικτύου πρόσβασης, καθώς τα χάλκινα καλώδια αντικαθίσταντο από οπτικά ακόμα και εντός του κτιρίου. Το οπτικό καλώδιο ξεκινάει από το Αστικό Κέντρο και καταλήγει στο σημείο εισαγωγής του κτιρίου (Building Entry Point) είτε μικρότερα floor boxes, στα οποία είναι εγκατεστημένοι οι οπτικοί κατανεμητές. Εκεί πραγματοποιείται η διασύνδεση με το εσωτερικό οπτικό δίκτυο, το οποίο καταλήγει σε στις ONT εντός των διαμερισμάτων του κτιρίου.[14]



Εικόνα 2-5 Αρχιτεκτονική FTTH

Για την υλοποίηση FTTH απαιτείται εσωτερική οπτική καλωδίωση, η οποία μπορεί είτε να προϋπάρχει σε κτίρια σύγχρονης κατασκευής, είτε να προστεθεί επιφέροντας επιπλέον κόστος. [10]

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 κλασσική 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[15]. 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 εξλειφθεί, 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 σημαντικότερο 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. [16]

Πίνακας 2-1 Τεχνολογίες xDSL

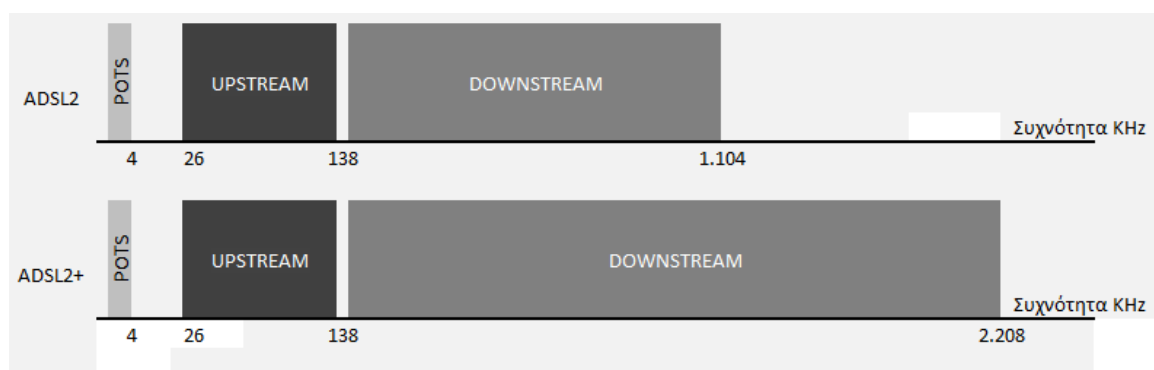
Τεχνολογία	Πρότυπο	Downstream bitrate	Τύπος Μετάδοσης	Εύρος Ζώνης (KHz)
HDSL	ITU-T G.991.1	2 Mbps	Συμμετρικό	0-370
SHDSL	ITU-T G.991.2	2.304 Kbps	Συμμετρικό	0-400
ADSL	ITU-T G.992.1 ITU-T G.992.2	8 Mbps	Ασύμμετρο	25-1.104
ADSL2	ITU-T G.992.3 ITU-T G.992.4	12 Mbps	Ασύμμετρο	25-1.104
ADSL2+	ITU-T G.992.5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

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.

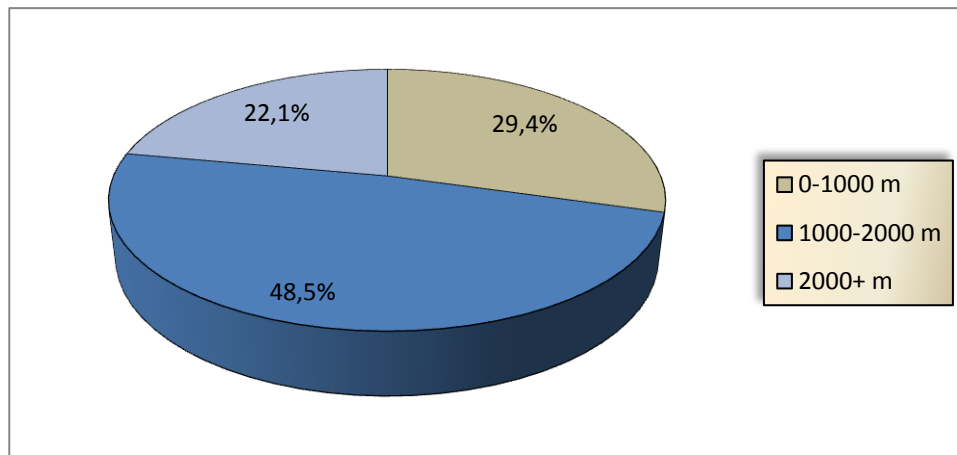


Γράφημα 2-1 Φασματική Κατανομή ADSLx

Όπως αποτυπώνεται και στο Γράφημα 2-1, 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.

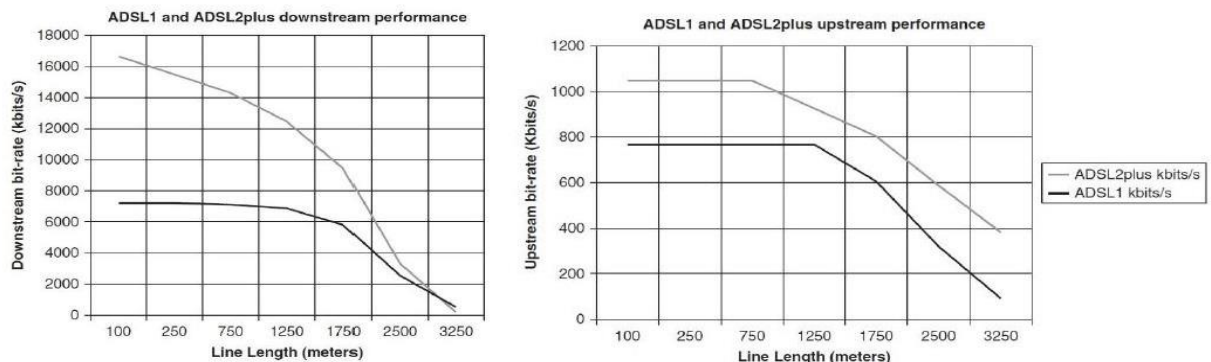
Η τυπική τοπολογία για την παροχή ADSL υλοποιείται με την εγκατάσταση του DSLAM εντός του Αστικού Κέντρου του τηλεπικοινωνιακού παρόχου, το οποίο συνδέεται με τον εξοπλισμό του πελάτη μέσω του δικτύου χαλκού (κύριο και διανομής). Αυτό συνεπάγεται ότι πλήθος συνδρομητών βρίσκεται σε σημαντική απόσταση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



Γράφημα 2-2 Κατανομή πελατών με βάση το μήκος καλωδίου από το Α/Κ

(πηγή: Χ. Βασιλόπουλος, "Δίκτυα Πρόσβασης Νέας Γενιάς" [10])

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 στο Γράφημα 2-7, 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). [17]



Γράφημα 2-3 Απόδοση τεχνολογιών ADSLx (πηγή: Gorshe, S. et al, Broadband Access: Wireline and Wireless - Alternatives for Internet Services [17])

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+.[16]

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.

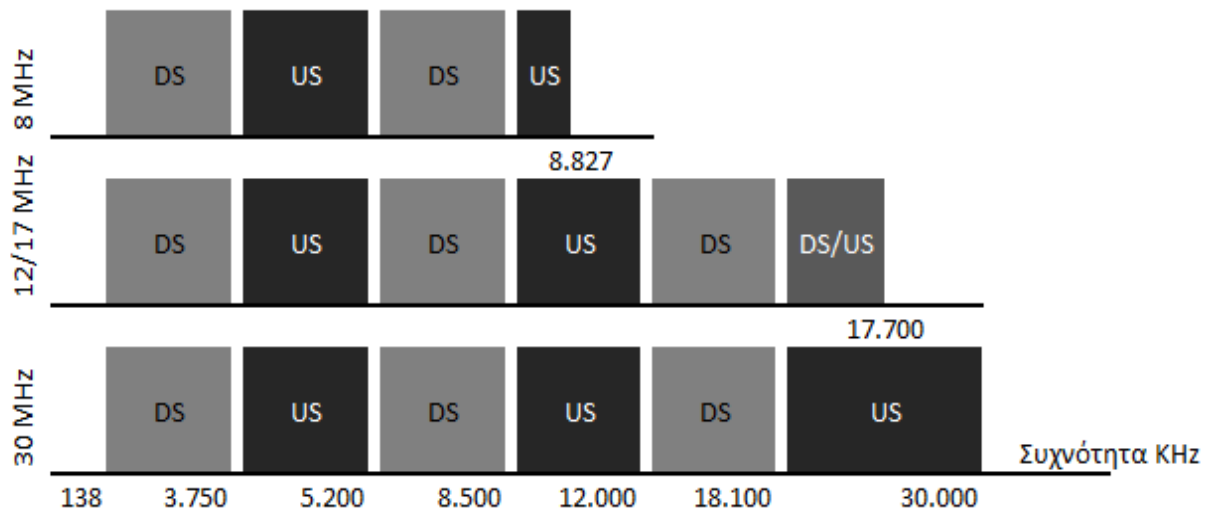
Το VDSL2 διαθέτει οκτώ 8 διαφορετικά προφίλ υλοποίησης, ώστε να μπορεί να λειτουργήσει στις διαφορετικές αρχιτεκτονικές προσφέροντας τους επιθυμητούς ρυθμούς μετάδοσης. Καθένα από τα προφίλ χρησιμοποιεί διαφορετική φασματική κατανομή και διαφορετικά φασματικά όρια. Στο Πίνακα 2-2 παρουσιάζονται τα 8 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.

Πίνακας 2-2 Προφίλ VDSL2

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

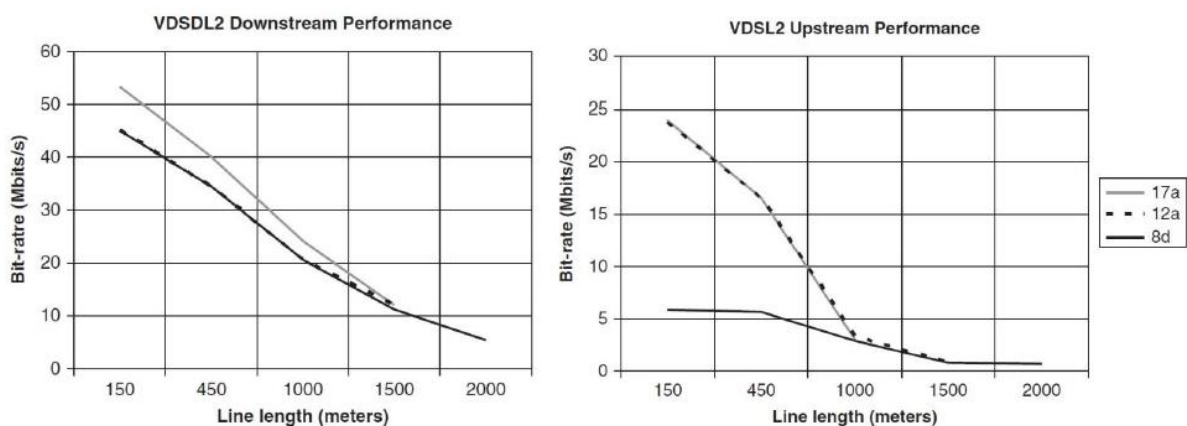
(πηγή: Gorshe, S. et al, Broadband Access: Wireline and Wireless - Alternatives for Internet Services [17])

Στο γράφημα 2-5 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.



Γράφημα 2-4 Φασματική Κατανομή VDSL2 Annex A

Στο Γράφημα 2-5 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. [17]



Γράφημα 2-5 Απόδοση τεχνολογιών VDSL2

(πηγή: Gorshe, S. et al, Broadband Access: Wireline and Wireless - Alternatives for Internet Services [17])

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.

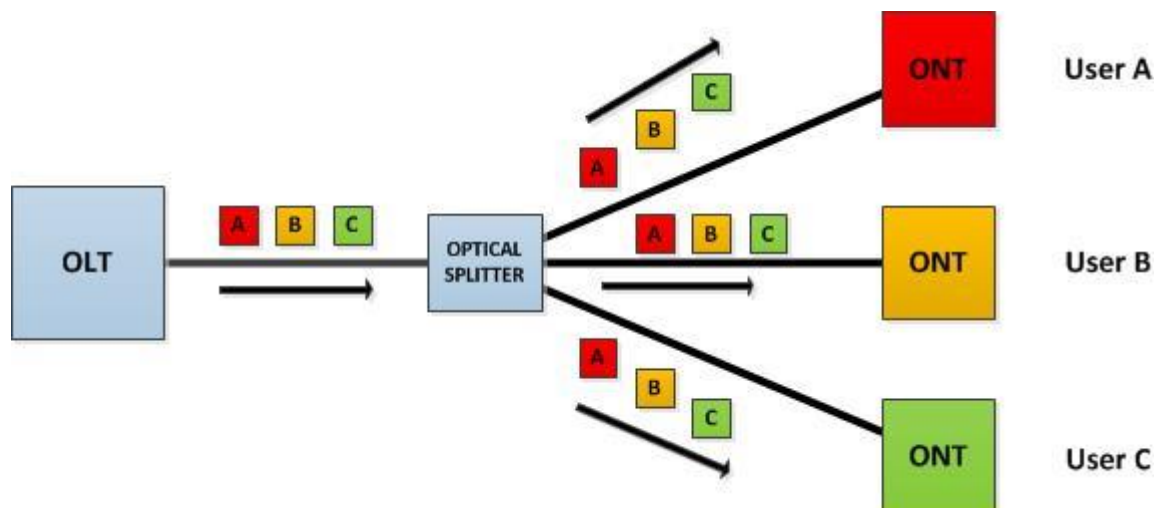
Τα AON P2MP απαιτούν μικρότερες επενδύσεις σε παθητικό εξοπλισμό σε σχέση με τα AON P2P, μικρότερο αριθμό OLT και ίσο αριθμό Τερματικών Οπτικού Δικτύου (Optical Network Terminal – ONT) στις εγκαταστάσεις του συνδρομητή. Η εγκατάσταση του ενεργού εξοπλισμού στις υπαίθριες καμπίνες επιφέρουν επενδυτικά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

2.4.2 Παθητικά Οπτικά Δίκτυο 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 2-6 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. [16]

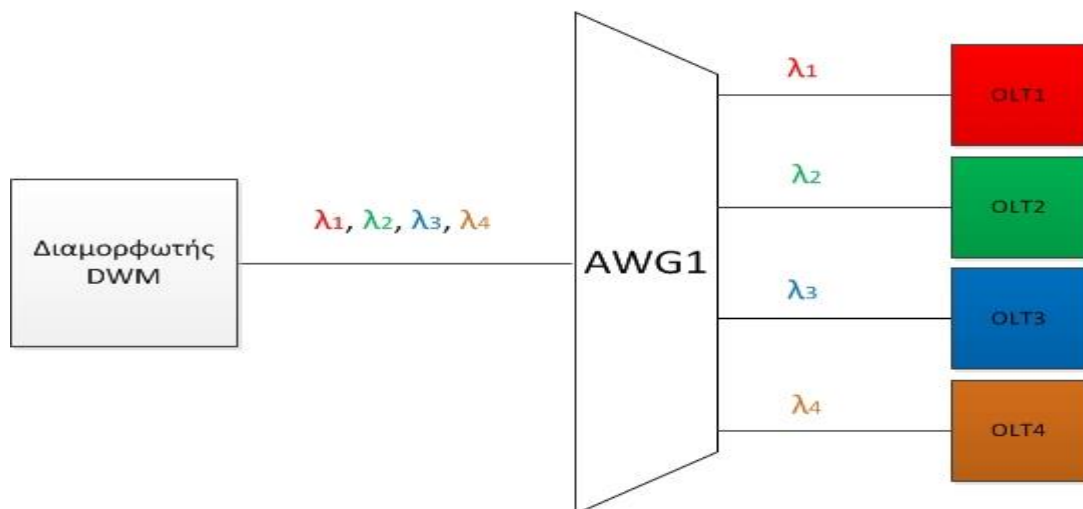
Η πρώτη εκδοχή PON ονομάστηκε APON (ATM PON) και μετονομάστηκε σε BPON (Broadband PON). Προτυποποιήθηκε το 1998 (ITU-T G.983.5) και χρησιμοποιεί ενθυλάκωση ATM. Αρχικά προσέφερε ρυθμούς μετάδοσης στην οπτική ίνα της τάξης των 155 Mbps και έφτασε έως τα 1244 Mbps στη ροή καθόδου και 622 Mbps στη ροή ανόδου. 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

ρών 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 επιλεγεί[18]. Η εξέλιξη του, 10GEPON προσφέρει ρυθμούς μετάδοσης 10 Gbps.[19]

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[20]. 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.[21]

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 2-7 WDM-PON

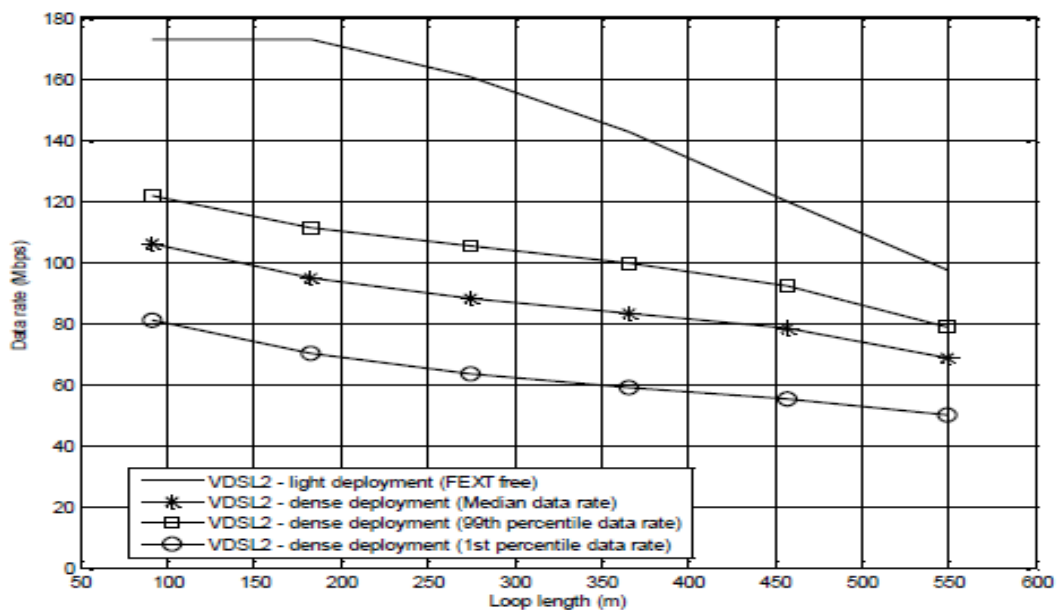
Το 2015 ολοκληρώθηκε το πρότυπο NG-PON2 (ITU-T G.989.1) το οποίο προσφέρει ρυθμούς μετάδοσης έως 40 Gbps ή 80 Gbps με χρήση πολυπλεξίας TWDM (Time Wavelength Division Multiplexing).[22] Οι ρυθμοί μετάδοσης στο χρήστη φθάνουν τα 10 Gbps συμμετρικό και η μέγιστη εμβέλεια τα 40 km. Το NG-PON2 μπορεί να συνυπάρξει με PONs προηγούμενων γενεών (πχ GPON) ενώ υποστηρίζει πολλαπλών τύπων υπηρεσίες.[23]

3. Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ VECTORING

3.1 Αρχές Λειτουργίας Vectoring

Όπως έχει αναφερθεί, το VDSL2 υπόκειται σε έναν συμβιβασμό «ρυθμού μετάδοσης – καλωδιακής απόστασης»: όσο μεγαλώνει η απόσταση του τελικού χρήστη από το DSLAM, τόσο μειώνεται ο ρυθμός μετάδοσης που μπορεί να επιτευχθεί. Ο συγκεκριμένος περιορισμός είναι εγγενής του δικτύου χαλκού και δε δύναται να αντιμετωπιστεί.

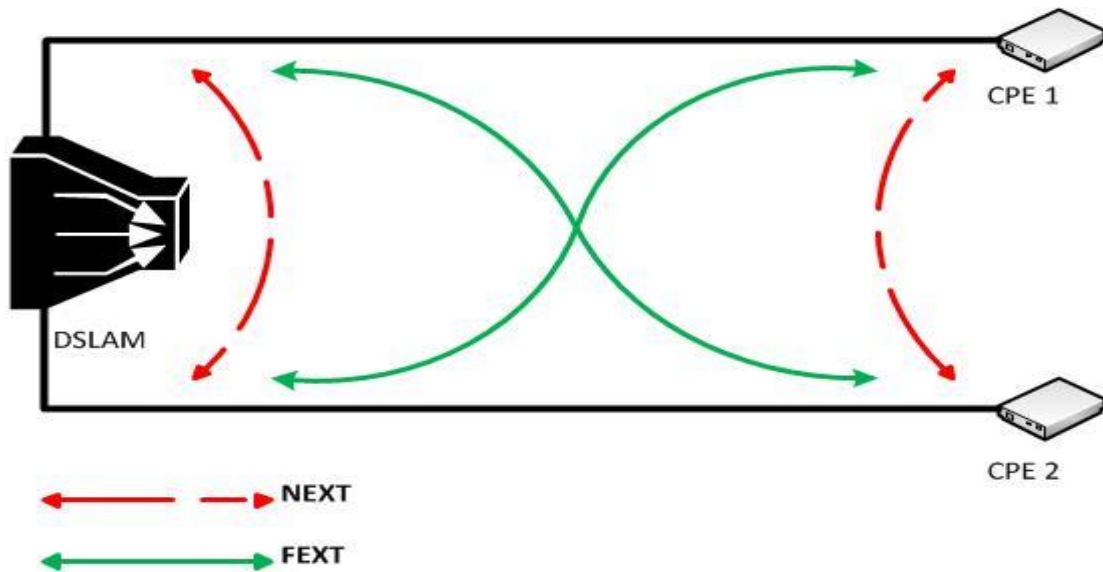
Οπότε, για να επιτευχθούν μεγαλύτεροι ρυθμοί μετάδοσης σε δεδομένο καλωδιακό μήκος, θα πρέπει να αντιμετωπιστεί ο δεύτερος σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την απόδοση μιας VDSL2 γραμμής, δηλαδή οι παρεμβολές που παράγονται από γειτονικές VDSL2 γραμμές. Οι παρεμβολές αυτές μειώνουν σημαντικά το bitrate που παρέχεται μέσω μιας VDSL2 γραμμής, ενώ η μείωση είναι μεγαλύτερη όσο αυξάνονται οι VDSL2 γραμμές εντός της ίδιας δέσμης καλωδίων. Η σχέση μεταξύ πλήθους γραμμών και παρεμβολών καθιστά μη προβλέψιμη την απόδοση της υπηρεσίας, καθώς η ενεργοποίηση μιας επιπλέον γραμμής εντός της δέσμης μπορεί να αλλάξει σημαντικά την απόδοση όλων των γραμμών.



Γράφημα 3-1 Απόδοση VDSL2 με και χωρίς FEXT παρεμβολές

(πηγή: Colmegna et al, "Methods for Supporting Vectoring when Multiple Service Providers Share the Cabinet Area" [24])

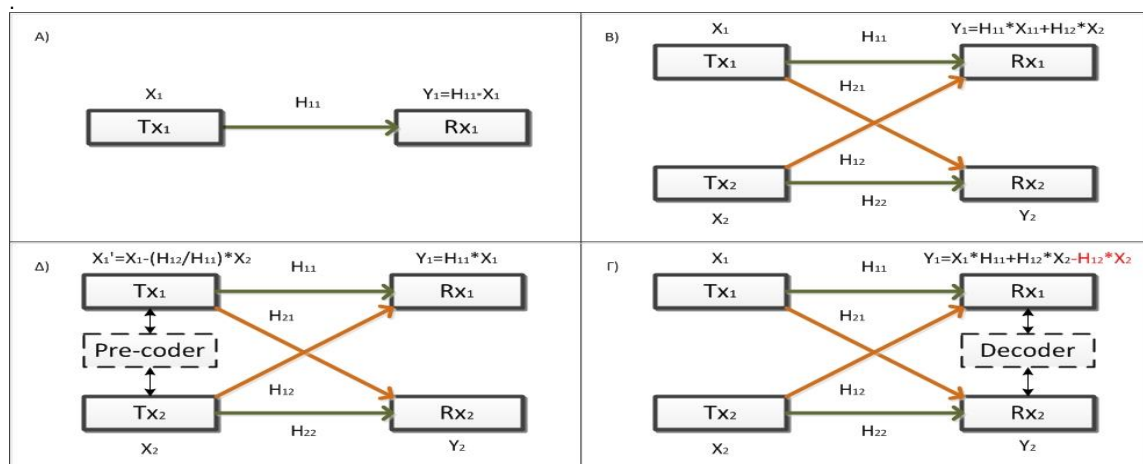
Οι παρεμβολές μεταξύ γειτονικών ζευγών στις γραμμές DSL διαχωρίζονται σε παρεμβολές κοντινού άκρου (near-end crosstalk, NEXT) και στις παρεμβολές αντίθετου άκρου (far-end crosstalk, FEXT). Στην περίπτωση των παρεμβολών NEXT, σήματα πηγής Tx_1 τα οποία μεταδίδονται μέσω ζεύγους χαλκού επιδρούν σε γειτονικό ζεύγος δημιουργώντας παρεμβολές που φτάνουν σε πηγή Rx_2 η οποία βρίσκεται στο ίδιο άκρο. Στην περίπτωση των παρεμβολών FEXT ο δέκτης που πλήττεται βρίσκεται στο αντίθετο άκρο. Πιο συγκεκριμένα σε ένα σύστημα xDSL, οι παρεμβολές NEXT δημιουργούνται μεταξύ σημάτων upstream και downstream διαφορετικών ζευγών, ενώ οι παρεμβολές FEXT δημιουργούνται είτε μεταξύ σημάτων upstream διαφορετικών ζευγών είτε μεταξύ σημάτων downstream διαφορετικών ζευγών (Εικόνα 3-1).



Εικόνα 3-1 Παρεμβολές NEXT και FEXT

Κάνοντας χρήση πολυπλεξίας διαίρεσης συχνότητας (Frequency Division Duplexing - FDD), τα σήματα ανόδου και τα σήματα καθόδου μεταδίδονται σε διαφορετική ζώνη συχνοτήτων. Συνεπώς, η επίδραση των NEXT παρεμβολών μειώνεται δραστικά με τη χρήση των κατάλληλων φίλτρων. Αντιθέτως τα σήματα των FEXT παρεμβολών δεν μπορούν να περιοριστούν με τη χρήση φίλτρων καθώς πομπός και δέκτης των αντίθετων άκρων λειτουργούν στην ίδια ζώνη συχνοτήτων.

Στόχος της τεχνολογίας Vectoring είναι η εξουδετέρωση των παρεμβολών FEXT εντός μιας ομάδας γραμμών (self-FEXT cancelation), η οποία θα οδηγήσει σε σημαντική αύξηση του λόγου SNR (Signal-to-Noise Ratio) και κατά συνέπεια σε αύξηση του ρυθμού μετάδοσης. Στην Εικόνα 3.2 παρουσιάζεται η βασική αρχή λειτουργίας ενός συστήματος Vectoring, στην απλουστευμένη μορφή ενός δικτύου που αποτελείται από δύο γραμμές ζευγών χάλκινου καλωδίου, καθεμία από τις οποίες συνδέουν πομπό Tx με δέκτη Rx.[25]



- Α) Γραμμή μετάδοσης
 Β) 2 γραμμές μετάδοσης με παρεμβολές FEXT
 Γ) 2 γραμμές μετάδοσης ροής ανόδου με χρήση Vectoring
 Δ) 2 γραμμές μετάδοσης ροής καθόδου με χρήση Vectoring

Εικόνα 3-2 Βασική Λειτουργία Vectoring

(πηγή: Huawei, "Vectoring Technology White Paper" [25])

Στην Εικόνα 3-2Α, ο δέκτης Rx_1 λαμβάνει σήμα Y_1 , το οποίο είναι αποτέλεσμα του εκπεμπόμενου σήματος X_1 πομπού Tx_1 και της συνάρτησης μεταφοράς της γραμμής 1 H_{11} . Το λαμβανόμενο σήμα ισούται με $Y_1 = X_1 * H_{11}$. Στην Εικόνα 3-2Β εισάγεται μια δεύτερη γραμμή και κατά συνέπεια προκύπτουν παρεμβολές FEXT. Πλέον ο δέκτης Rx_1 λαμβάνει σήμα $Y_1 = X_1 * H_{11} + X_2 * H_{12}$, όπου X_2 το εκπεμπόμενο σήμα από τον πομπό Tx_2 και H_{12} η συνάρτηση μεταφοράς από τη γραμμή 2 προς τη γραμμή 1. Το σύστημα Vectoring «διαβάζει» τις FEXT παρεμβολές και παράγει σήματα τα οποία τις εξουδετερώνουν. Στην περίπτωση όπου το σύστημα Vectoring βρίσκεται στην πλευρά του δέκτη (ροή ανόδου-upstream) ένας FEXT Decoder δημιουργεί αντίστροφο σήμα ίσο $-X_2 * H_{12}$ (Εικόνα 3-2Γ). Στην περίπτωση που βρίσκεται στην πλευρά του πομπού (ροή καθόδου-downstream), με τη βοήθεια ενός FEXT pre-coder ο πομπός Tx_1 στέλνει σήμα $X_1' = X_1 - (H_{12}/H_{11}) * X_2$. Κατά αυτόν τον τρόπο ο δέκτης λαμβάνει σήμα:

$$Y_1' = X_1' * H_{11} + X_2 * H_{12} = [X_1 - (H_{12}/H_{11}) * X_2] * H_{11} + X_2 * H_{12} = X_1 * H_{11} - X_2 * H_{12} + X_2 * H_{12} = X_1 * H_{11}$$

το οποίο όπως φαίνεται ισούται με το σήμα που θα λάμβανε ο δέκτης χωρίς την επίδραση των FEXT παρεμβολών.[25]

Γίνεται εύκολα σαφές ότι το σύστημα Vectoring χρειάζεται να «γνωρίζει» τις συναρτήσεις μεταφοράς μεταξύ όλων των αλληλοεπιδρώντων γραμμών καθώς και να διαχειρίζεται τη λειτουργία του συνόλου των πομποδεκτών του συστήματος. Το σύνολο των γραμμών που βρίσκονται υπό τον έλεγχο ενός συστήματος Vectoring ονομάζεται vectored group[26]. Κάθε γραμμή χαρακτηρίζεται από συναρτήσεις μεταφοράς διαφορετικές για κάθε άλλη υπάρχουσα γραμμή εντός του συστήματος. Επιπλέον, οι συναρτήσεις μεταφοράς μεταξύ των γραμμών είναι διαφορετικές για κάθε συχνότητα f_i . Υπενθυμίζεται ότι το VDSL2 χρησιμοποιεί Διακριτή Πολυτονική Διαμόρφωση (Discrete Multi Tone – DMT), μια τεχνική διαμόρφωσης πολλαπλού φέροντος όπου το διαθέσιμο φάσμα συχνοτήτων W διαχωρίζεται σε $K=W/Df$ υπο-κανάλια (subcarriers) και το σήμα διαμορφώνεται σε κάθε υπό-κανάλι με την κεντρική συχνότητας f_i . Επομένως σε ένα σύστημα N γραμμών, η παρεμβολή FEXT κάθε γραμμής αποτελείται από $(N-1)*K$ συνιστώσες.[27]

Στον Πίνακα 3-1 αναπαρίσταται ένας Πίνακας Καναλιών (Channel Matrix) ο οποίος ορίζει την αλληλεπίδραση γραμμής i σε γραμμή j σε επίπεδο υπο-καναλιού για δέσμη 10 γραμμών. Το σήμα που μεταδίδεται σε μια γραμμή επηρεάζεται από τις υπόλοιπες εννέα γραμμές και επηρεάζει τις υπόλοιπες εννέα γραμμές με τρόπο που περιγράφεται από τις συναρτήσεις μεταφοράς. Θεωρώντας ότι μια κεντρική μονάδα ελέγχου (Vectoring Control Entity – VCE) γνωρίζει τους πίνακες καναλιών για κάθε γραμμή VDSL2 και για κάθε συχνότητα, μπορεί να ελέγξει κατάλληλα τους pre-coder και decoder ώστε να εξουδετερώσει τις FEXT παρεμβολές. Για την εκμάθηση του πίνακα καναλιών, η VCE χρειάζεται να συλλέγει πληροφορίες μέσω μηχανισμών αναφοράς σφαλμάτων από το σύνολο των δεκτών του συστήματος.

Πίνακας 3-1 Channel Matrix

		Interfering Lines									
Interfered Lines		#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10
	#1		H ₂₁	H ₃₁	H ₄₁	H ₅₁	H ₆₁	H ₇₁	H ₈₁	H ₉₁	H ₁₀₁
	#2	H ₁₂		H ₃₂	H ₄₂	H ₅₂	H ₆₂	H ₇₂	H ₈₂	H ₉₂	H ₁₀₂
	#3	H ₁₃	H ₂₃		H ₄₃	H ₅₃	H ₆₃	H ₇₃	H ₈₃	H ₉₃	H ₁₀₃
	#4	H ₁₄	H ₂₄	H ₃₄		H ₅₄	H ₆₄	H ₇₄	H ₈₄	H ₉₄	H ₁₀₄
	#5	H ₁₅	H ₂₅	H ₃₅	H ₄₅		H ₆₅	H ₇₅	H ₈₅	H ₉₅	H ₁₀₅
	#6	H ₁₆	H ₂₆	H ₃₆	H ₄₆	H ₅₆		H ₇₆	H ₈₆	H ₉₆	H ₁₀₆
	#7	H ₁₇	H ₂₇	H ₃₇	H ₄₇	H ₅₇	H ₆₇		H ₈₇	H ₉₇	H ₁₀₇
	#8	H ₁₈	H ₂₈	H ₃₈	H ₄₈	H ₅₈	H ₆₈	H ₇₈		H ₉₈	H ₁₀₈
	#9	H ₁₉	H ₂₉	H ₃₉	H ₄₉	H ₅₉	H ₆₉	H ₇₉	H ₈₉		H ₁₀₉
	#10	H ₁₁₀	H ₂₁₀	H ₃₁₀	H ₄₁₀	H ₅₁₀	H ₆₁₀	H ₇₁₀	H ₈₁₀	H ₉₁₀	

Η διαδικασία για την εκμάθηση των παρεμβολών που δημιουργεί και δέχεται κάθε γραμμή είναι δυναμική και επαναλαμβάνεται όποτε απαιτηθεί, ενώ η διαμόρφωση των σημάτων αποστολής και λήψης συμβαίνει σε ζωντανό χρόνο. Η διαδικασία αυτή απαιτεί μεγάλη επεξεργαστική ισχύ στην VCE. Για παράδειγμα, σε μια δέσμη καλωδίων 200 ενεργών VDSL2 γραμμών 4096 DMT τόνων με bitrate 4000 bps απαιτούνται 2.600 δισεκατομμύρια MAC (multiply-accumulate) διεργασίες ανά δευτερόλεπτο[28].

Ένα σύστημα Vectoring μέσω της τεχνικής self-FEXT cancellation αντιμετωπίζει αποκλειστικά τις παρεμβολές FEXT που προκύπτουν από τις γραμμές που εντάσσονται στο vectored group. Ο θόρυβος υπόβαθρου και άλλες διάφορες ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές μπορούν να επηρεάσουν την απόδοση του συστήματος και πρέπει να αντιμετωπιστούν με εναλλακτικούς μηχανισμούς. Η σημαντικότερη παράμετρος ωστόσο είναι η αδυναμία ενός Vectoring συστήματος να εξουδετερώσει παρεμβολές που προέρχονται από συνδρομητικές γραμμές μη εντασσόμενες στο σύστημα.

Στην προσπάθεια ενίσχυσης της τεχνολογίας Vectoring η ITU δημοσίευσε το πρότυπο G.993.5: Self-FEXT cancellation (vectoring) for use with VDSL2 transceivers. [29]

3.2 Απαιτούμενη δικτυακή υποδομή

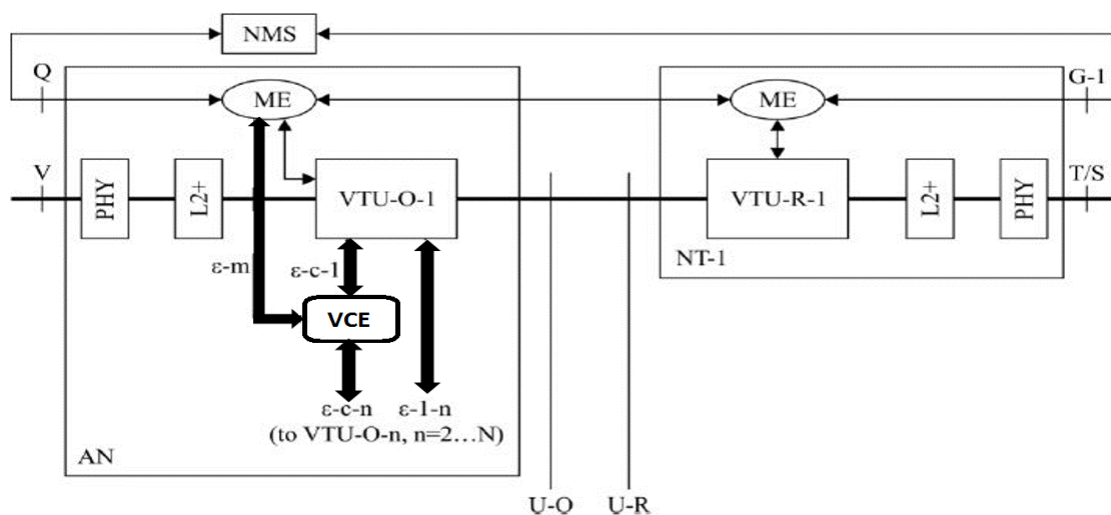
Η τεχνολογία Vectoring αποτελεί επί της ουσίας ενίσχυση του VDSL2. Χρησιμοποιεί την ίδια υποδομή, χωρίς να απαιτεί επιπλέον επενδύσεις στο δίκτυο οπτικών ινών. Βασίζεται στην αρχιτεκτονική FTTC και αξιοποιεί μέρος του δικτύου χαλκού και συγκεκριμένα τον Τοπικό Υποβρόχο (sub-loop), δηλαδή το ζεύγος καλωδίων 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.

3.3 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 $n=1,2,...N$. Η διεπαφή μεταξύ του VTU-O-1 και του VTU-O- n ονομάζεται $\varepsilon-1-n$.



Εικόνα 3-3 Μοντέλο Αναφοράς Vectoring

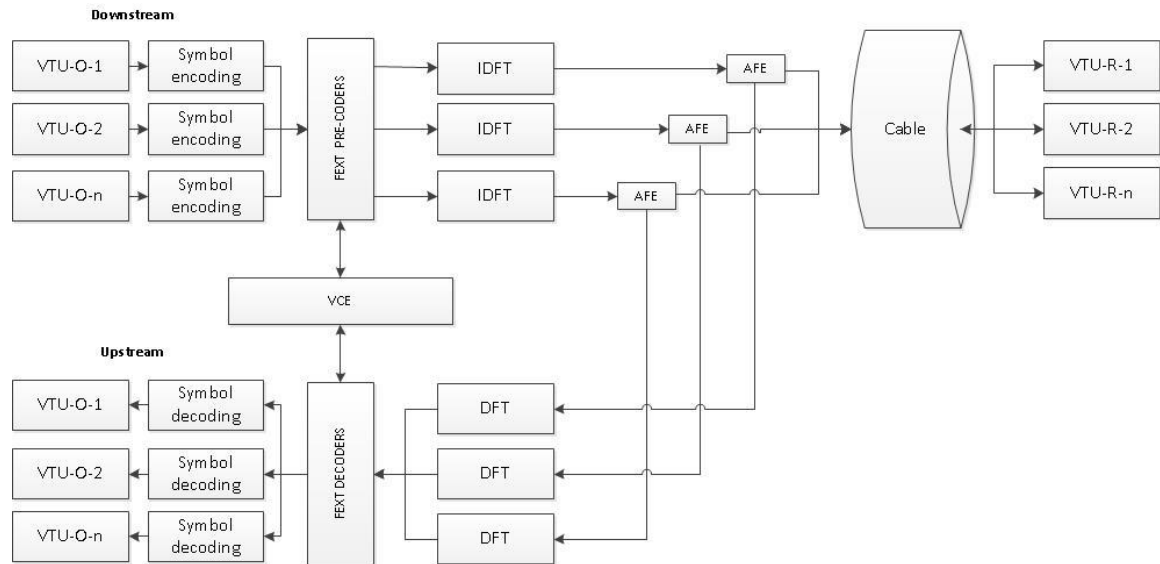
(πηγή: ITU-T, G.993.5 "Self-FEXT cancellation (vectoring) for use with VDSL2 transceivers" [29])

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 $\varepsilon-m$. Η VCE ελέγχει τους πομποδέκτες VTU-O- n μέσω της διεπαφής $\varepsilon-c-n$. [29]

3.4 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 τη 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.



Εικόνα 3-4 Λειτουργία Συστήματος Vectoring

(πηγή: V. Oksman et al, "The ITU-T's New G.vector Standard Proliferates 100 Mb/s DSL" [27])

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.[27]

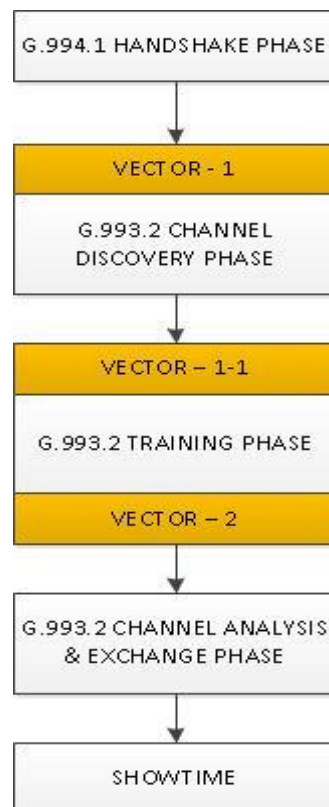
3.4.1 Υπολογισμός Παρεμβολών FEXT και αρχικοποίηση συστήματος

Ο υπολογισμός των FEXT παρεμβολών μεταξύ δυο ζευγών που αλληλοεπιδρούν πραγματοποιείται μέσω διαδοχικών δοκιμαστικών σημάτων μεταξύ των VTU-O και VTU-R. Κατά τη διάρκεια της ένταξης ενός ζεύγους στο vectored group, προτού δηλαδή υπολογιστούν και εξουδετερωθούν οι παρεμβολές FEXT του συγκεκριμένου ζεύγους, η μετάδοση του δοκιμαστικού σήματος δύναται να προκαλέσει υψηλό θόρυβο στις ενταγμένες γραμμές. Για την αποφυγή του προβλήματος, η λειτουργία του συστήματος προβλέπει τον αυστηρό συγχρονισμό των πομπών για την αποστολή των DMT συμβόλων. Επιπλέον, ορίζεται κοινός χρόνος για την αποστολή συμβόλων συγχρονισμού (sync symbols), κατά τον οποίο δεν αποστέλλονται σύμβολα πληροφορίας (data symbols). Τα δοκιμαστικά σήματα για την ένταξη του νέου ζεύγους μεταδίδονται επίσης εντός του συγκεκριμένου χρονικού πλαισίου και έτσι αποφεύγεται ο θόρυβος στη ροή της πληροφορίας.

Επιπλέον, για τον υπολογισμό των παρεμβολών, απαιτείται η απόκριση από την πλευρά των VTU-R προς τη VCE για την αναφορά σφαλμάτων (error samples) που προκύπτουν στα δοκιμαστικά σήματα. Στο πρότυπο G.993.5 έχουν ορισθεί τρεις μηχανισμοί για τη λειτουργία ενός backchannel, μέσω του οποίου μεταβιβάζονται οι αναφορές σφαλμάτων. Κατά τη διάρκεια της αρχικοποίησης η επικοινωνία VTU-R και VCE πραγματοποιείται μέσω του καναλιού soc (special operation channel), ενώ κατά τη διάρκεια της ομαλής λειτουργίας είτε μέσω του καναλιού eoc (embedded operation channel) είτε μέσω του Ethernet channel.

Ο αλγόριθμος που θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό των FEXT παρεμβολών υπόκειται στην επιλογή του κατασκευαστή του συστήματος.

Στην Εικόνα 3-5 απεικονίζονται τα στάδια αρχικοποίησης μιας γραμμής κατά τη διαδικασία ένταξης της στο vectored group. Με κίτρινο χρώμα επισημαίνονται τα επιπλέον στάδια σε σχέση με τη διαδικασία αρχικοποίησης του VDSL2. Πριν την έναρξη της σταθερής μεταφοράς δεδομένων, κατά την αρχικοποίηση, τα VDSL2 modems ακολουθούν μια σειρά διεργασιών για την εκτίμηση και τον υπολογισμό των ιδιοτήτων των καναλιών και την προσαρμογή των παραμέτρων λήψης σε αυτές (channel discovery phase, training phase, channel analysis and exchange phase). Μεταξύ αυτών των σταδίων εισάγονται νέα στάδια για τις ανάγκες του vectoring.



Εικόνα 3-5 Αρχικοποίηση Συστήματος

(πηγή: V. Oksman et al, "The ITU-T's New G.vector Standard Proliferates 100 Mb/s DSL" [27])

Στο στάδιο VECTOR-1, υπολογίζονται και αντισταθμίζονται οι παρεμβολές που προκαλούνται από τις προς ένταξη γραμμές. Μετά από αυτό το στάδιο, οι προς ένταξη γραμμές μπορούν να χρησιμοποιήσουν το πλήρους ισχύος σήμα εκμάθησης (training signal) χωρίς να διαταράσσουν τη λειτουργία του συστήματος.

Στο στάδιο VECTOR-1-1 πραγματοποιείται μια αναπροσαρμογή στα αποτελέσματα για την εξουδετέρωση των FEXT παρεμβολών. Κατά το στάδιο VECTOR-2 οι προς ένταξη γραμμές υπολογίζουν και αντισταθμίζουν τις παρεμβολές που προκαλούνται στις ίδιες από τις ήδη ενταγμένες γραμμές του vectored group. [27]

3.4.2 Φάσεις λειτουργίας συστήματος

Η λειτουργία ενός Vectoring συστήματος αποτελείται από τρεις φάσεις: τη φάση ομαλής λειτουργίας, τη φάση ένταξης, και τη φάση αποχώρησης. Κατά τη φάση

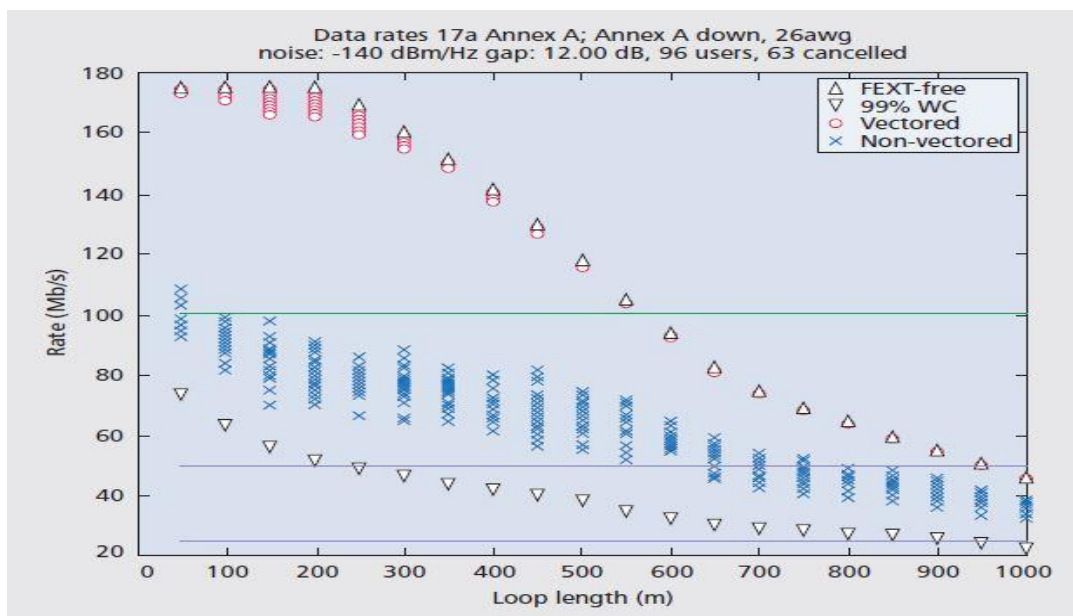
ομαλής λειτουργίας καμία νέα γραμμή δεν εντάσσεται ή αποχωρεί από το vectored group. Η ανανέωση των FEXT πινάκων γίνεται συνήθως με χαμηλή συχνότητα μέσω ενός χαμηλής ταχύτητας backchannel.

Το vectored group μεταφέρεται στη φάση ένταξης όταν μια ή περισσότερες γραμμές προετοιμάζονται για την ένταξη τους. Αρχικά η προς ένταξη γραμμή μεταδίδει μόνο σύμβολα συγχρονισμού τα οποία μεταφέρουν τις ακολουθίες των δοκιμαστικών σημάτων. Οι προϋπάρχουσες γραμμές της ομάδας υπολογίζουν τις FEXT παρεμβολές που δημιουργεί η νέα γραμμή και ανανεώνονται οι FEXT πίνακες. Παράλληλα η νέα γραμμή προσαρμόζεται στις FEXT παρεμβολές των υπόλοιπων γραμμών. Σε αυτή τη φάση, η ανταλλαγή πληροφορίας είναι αυξημένη, οπότε απαιτείται η λειτουργία ενός εύρωστου backchannel.

Η φάση αποχώρησης μπορεί να προκληθεί από μια ομαλή αποχώρηση ή από μια μη ομαλή αποχώρηση. Η μη ομαλή αποχώρηση μπορεί να προκληθεί μια απροσδόκητη αποσύνδεση του CP modem ή από την απώλεια ηλεκτρικής ενέργειας και μπορεί να προκαλέσει τη διαταραχή του συστήματος μέχρις ότου τόσο το DSLAM να αντιληφθεί την αποσύνδεση και να διακόψει την αποστολή σημάτων. [27]

3.5 Απόδοση Vectoring

Το Γράφημα 3-2 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.



Γράφημα 3-2 Ρυθμοί μετάδοσης συστήματος Vectoring 96 χρηστών

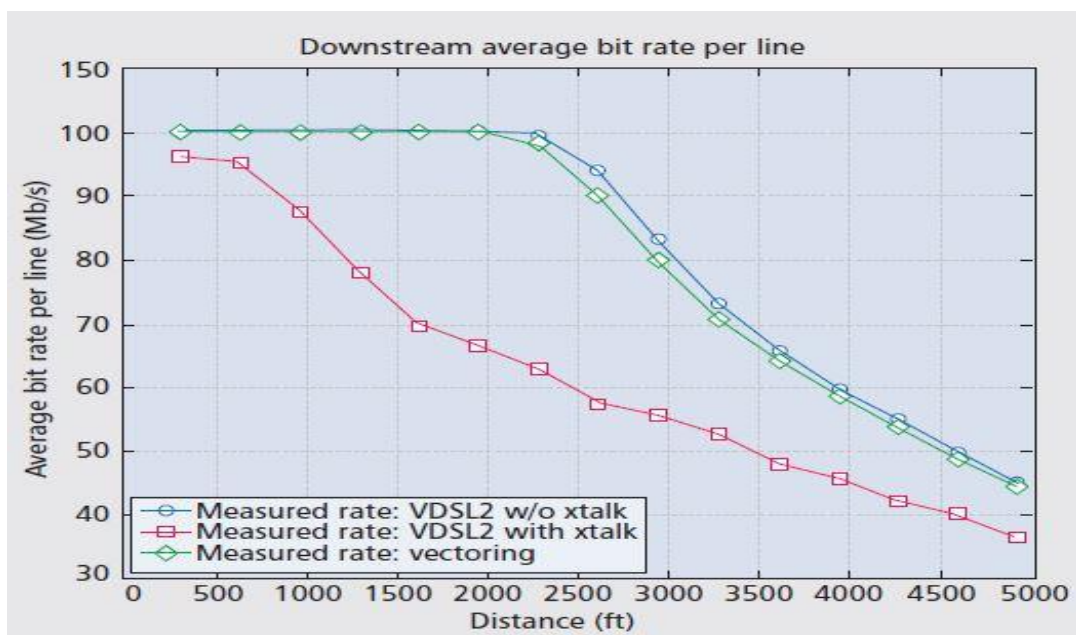
(πηγή: V. Oksman et al, "The ITU-T's New G.vector Standard Proliferates 100 Mb/s DSL" [27])

Με τριγωνικό σχήμα παρουσιάζεται το βέλτιστο και χερίστο 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 χερίστο σενάριο βασίζεται σε συγκεκριμένη μοντελοποίηση η οποία εισάγει το 99% των μέγιστων FEXT.[27]

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 χείριστο 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.

Στα Γραφήματα 3-3 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).



Γράφημα 3-3 Ρυθμοί μετάδοσης καθόδου συστήματος Vectoring 24 χρηστών

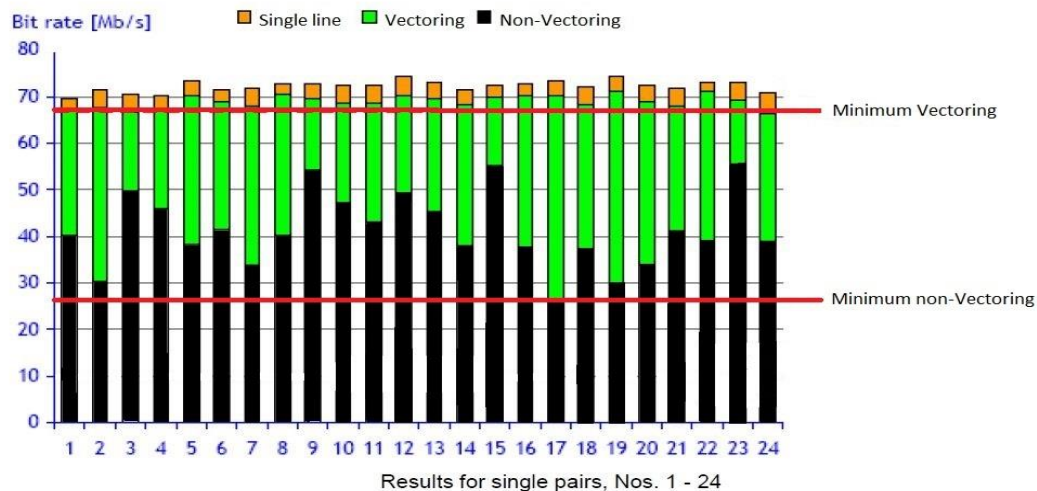
(πηγή: V. Oksman et al, "The ITU-T's New G.vector Standard Proliferates 100 Mb/s DSL" [27])

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.

Σε άλλα αποτελέσματα, δημοσιευμένα από τον κατασκευαστικό οίκο Nokia-ALU (Γράφημα 3-4), 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.[30]



Γράφημα 3-4 Ρυθμοί μετάδοσης 24 ζευγών Vectoring συστήματος [30]

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.

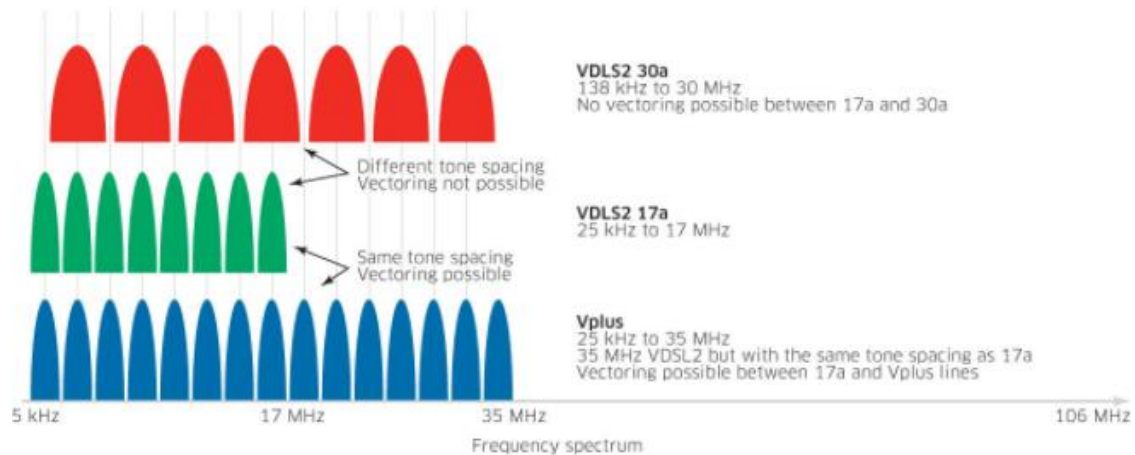
Τα συστήματα Vectoring παρέχουν λειτουργικότητα για πρόβλεψη του οφέλους στους ρυθμούς μετάδοσης αλλά και δυνατότητα παραμετροποίησης για τον έλεγχο του οφέλους ανά συνδρομητική γραμμή. Συγκεκριμένα παρέχει τις παρακάτω δυνατότητες:

- 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 συχνотήτων 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 κατανέμονται 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 κατανεμηθούν 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.

3.6 SuperVectoring – Vplus

Η τεχνολογία SuperVectoring περιγράφεται στο Annex Q του προτύπου G.993.2 της ITU-T. Υπόσχεται ρυθμούς μετάδοσης στα 300 Mbps σε αποστάσεις έως και 300 m και 200 Mbps σε αποστάσεις έως 500 m.



Εικόνα 3-6 Συμβατότητα Vplus με VDSL2 17a

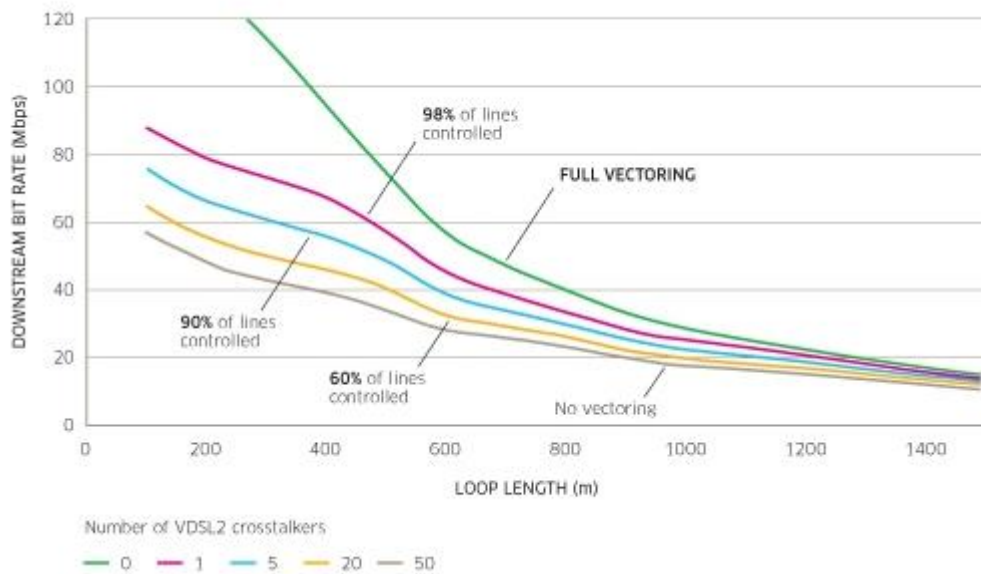
(πηγή: K. Russel, P. et al, "Vplus gets more out of VDSL2 Vectoring" [31])

Η φασματική λειτουργία του SuperVectoring επεκτείνεται στα 35 MHz, γεγονός που παρέχει δυνατότητα για μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης στις αποστάσεις που αναφέρθηκαν. Η επέκταση σε υψηλότερες φασματικές περιοχές δεν αποτελεί καινοτομία αφού το ίδιο συμβαίνει με το προφίλ VDSL2 30a. Το συγκεκριμένο προφίλ ωστόσο προβλέπει διαφορετικές αποστάσεις μεταξύ των τόνων DMT σε σχέση με το προφίλ 17a, καθιστώντας αδύνατη τη λειτουργία Vectoring μεταξύ των δυο προφίλ, για την εξουδετέρωση των FEXT παρεμβολών. [31]

Για την τεχνολογία SuperVectoring ή Vplus ορίζεται το προφίλ 35b με απόσταση μεταξύ των DMT τόνων ίση με 4,3125 KHz, υποστηρίζοντας έτσι συμβατότητα με το προφίλ 17a, και δίνοντας τη δυνατότητα στους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους για παροχή Vectoring (προφίλ 17a) και SuperVectoring (προφίλ 35b) μέσω του ίδιου εξοπλισμού.

3.7 Συμβατότητα Vectored και non-Vectored xDSL γραμμών

Όπως έχει αναφερθεί, για την επίτευξη του βέλτιστου κέρδους στους ρυθμούς μετάδοσης, ένα σύστημα Vectoring πρέπει να ελέγχει και να παρακολουθεί το σύνολο των VDSL2 γραμμών εντός μιας δέσμης καλωδίων. Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτό, είναι η αδυναμία της VCE να γνωρίζει και να εξουδετερώνει σε πραγματικό χρόνο τις FEXT παρεμβολές των μη ελεγχόμενων γραμμών. Όπως φαίνεται στο Γράφημα 3-6 τα οφέλη της χρήση vectoring μειώνονται δραστικά ακόμα και από την πρώτη μη ελεγχόμενη VDSL2 γραμμή και ακόμα περισσότερο με την περαιτέρω αύξηση του πλήθους των μη ελεγχόμενων γραμμών.[32]



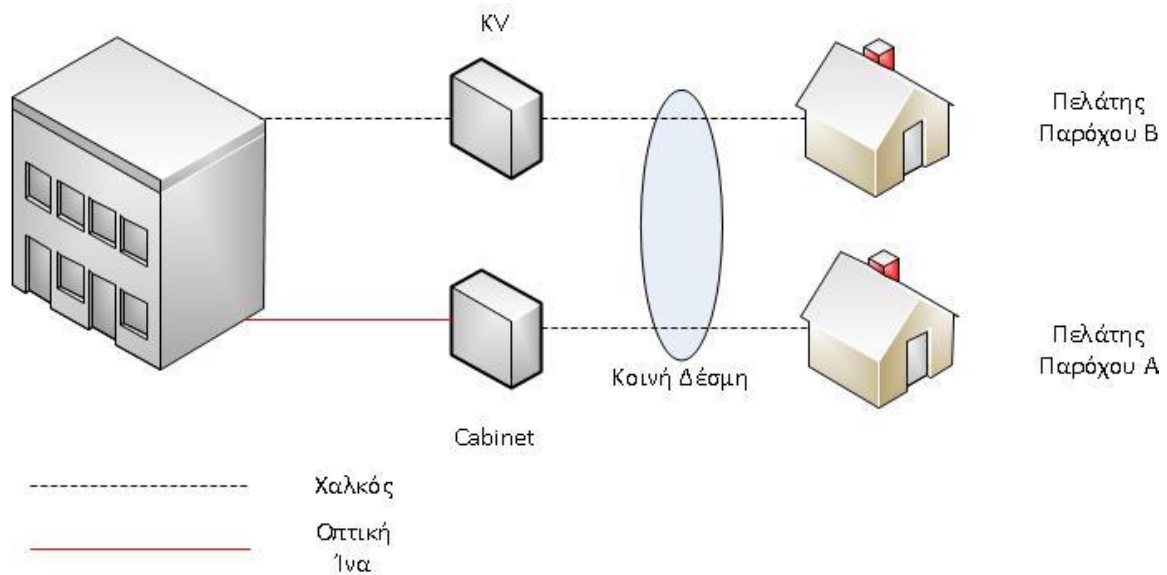
Γράφημα 3-5 Σχέση κέρδους Vectoring και πλήθους μη ελεγχόμενων γραμμών

(πηγή: St. Vanhastel, P. Spruyt, "VDSL2 Vectoring in Multi-operator Environment – Separating Fact from Fiction" [32])

Αυτή η συμπεριφορά ενός συστήματος Vectoring έχει ιδιαίτερη πρακτική αξία στα σύγχρονα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα, όπου μέσω της Αδεσμοποίητης Πρόσβασης στον Τοπικό Βρόχο ή Υποβρόχο (LLU & SLU) δύο ή περισσότεροι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι μπορούν να προσφέρουν ευρυζωνικές υπηρεσίες πάνω από την ίδια δέσμη χάλκινων καλωδίων.

3.7.1 Συμβατότητα Vectoring και ADSL γραμμών

Στην Εικόνα 3-7 απεικονίζεται απλοποιημένη μορφή του δικτύου πρόσβασης για την παροχή υπηρεσιών VDSL και ADSL. Έστω ότι Πάροχος Α προσφέρει ευρυζωνική πρόσβαση τύπου Vectoring μέσω υπαίθριας καμπίνας ενεργού εξοπλισμού και Πάροχος Β προσφέρει ευρυζωνική υπηρεσία τύπου ADSL με χρήση LLU σε γειτονικό πελάτη, εκκινώντας από το ίδιο Αστικό Κέντρο. Σε αυτήν την περίπτωση εντός της ίδιας δέσμης καλωδίων συνυπάρχουν γραμμές που ελέγχονται από το Vectoring σύστημα και γραμμές ADSL ανεξάρτητες από αυτό. Η συγκεκριμένη υλοποίηση είναι συνηθισμένη τόσο στην Ελλάδα όσο και στην υπόλοιπη Ευρώπη, όπου η παραδοσιακή αρχιτεκτονική του δικτύου πρόσβασης συνυπάρχει με αρχιτεκτονικές FTTC.



Εικόνα 3-7 Δίκτυο πρόσβασης για υπηρεσίες VDSL και ADSL

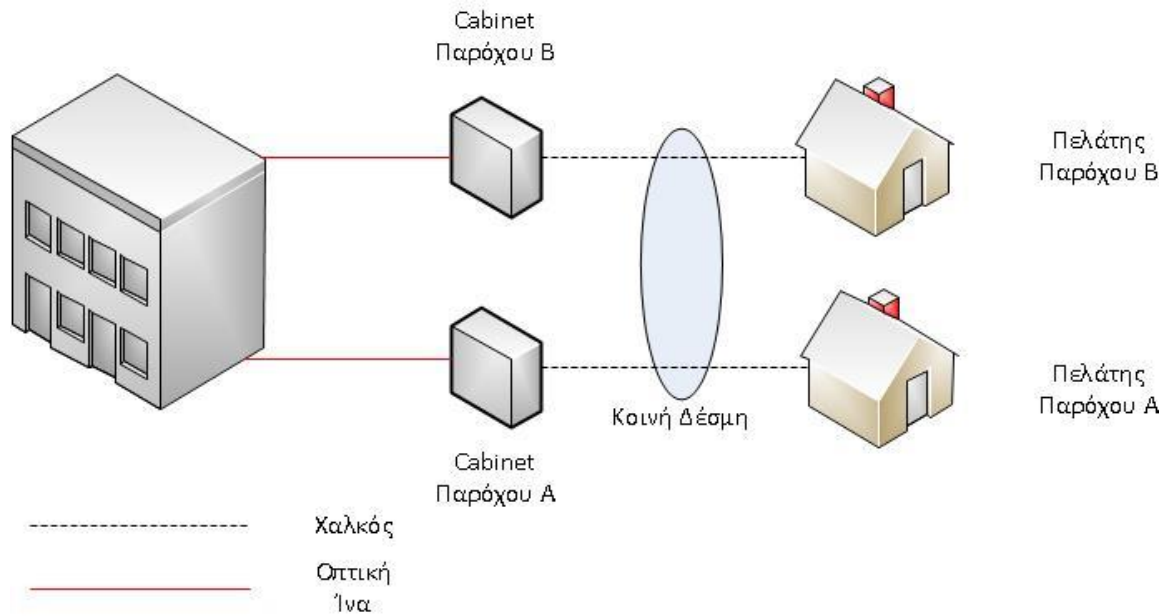
Όπως ήδη έχει αναφερθεί σε προηγούμενη ενότητα, το ADSL2+ λειτουργεί για το κατερχόμενο σήμα μέχρι τις συχνότητες των 2,2 MHz. Αντίστοιχα το VDSL2, ανάλογα με τον πλάνο συχνοτήτων μπορεί να λειτουργήσει έως τα 12, 17 ή και 30 MHz. Εφόσον μόνο ένα μικρό μέρος της φασματικής περιοχής επικαλύπτεται, οι ADSL γραμμές δεν θα μπορούσαν να παράγουν παρεμβολές ικανές να περιορίσουν αισθητά τους ρυθμούς μετάδοσης των γραμμών Vectoring, όπως συμβαίνει και στην περίπτωση του VDSL2 (non-vectored). Επιπλέον, αποτελεί κοινή πρακτική στη λειτουργία VDSL2 συστημάτων η υποβάθμιση ή και η αποκοπή της ισχύος σήματος στις συχνότητες κάτω των 2,2 MHz, επιτρέποντας με αυτόν τον τις ADSL γραμμές να λειτουργούν απρόσκοπτα.

Επομένως η λειτουργία ενός συστήματος Vectoring δεν επηρεάζεται από τις ADSL γραμμές, ενώ με την κατάλληλη διαχείριση τους φάσματος και της ισχύος του σήματος των VDSL/Vectoring γραμμών δεν επηρεάζονται ούτε οι ADSL γραμμές από την λειτουργίας ενός Vectoring συστήματος.

3.7.2 Συμβατότητα Vectoring και VDSL2 non-vectored

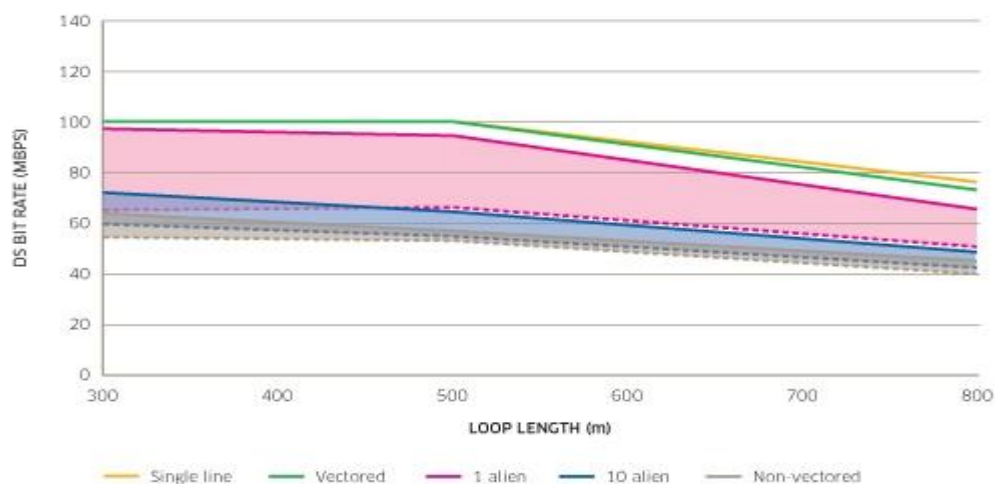
Στην Εικόνα 3-8, Πάροχος Α προσφέρει ευρυζωνική πρόσβαση τύπου Vectoring μέσω υπαίθριας καμπίνας Α και Πάροχος Β προσφέρει ευρυζωνική πρόσβαση τύπου VDSL2 (non-vectored) σε γειτονικό πελάτη (κοινού υπερκείμενου τοπικού καταναμητή) μέσω υπαίθριας καμπίνας με χρήση SLU.

Σε αυτήν την περίπτωση οι μη ελεγχόμενες VDSL2 γραμμές του Παρόχου Β δημιουργούν FEXT παρεμβολές στις γραμμές του Παρόχου Α που δεν μπορούν να εξουδετερωθούν από το σύστημα Vectoring. Επιπλέον, με δεδομένο ότι όλες οι γραμμές λειτουργούν στην ίδια φασματική περιοχή δεν υπάρχει δυνατότητα μείωσης των παρεμβολών μέσω της αποκοπής συχνοτήτων και (στατικής) μείωσης ισχύος όπως συμβαίνει στη συνύπαρξη VDSL2 και ADSL.



Εικόνα 3-8 Δίκτυο πρόσβασης για υπηρεσίες Vectoring και VDSL2 (non-vectored)

Στο Γράφημα 3-7, παρουσιάζεται η επίδραση που επιφέρει στους ρυθμούς μετάδοσης ενός Vectoring συστήματος η ύπαρξη μίας non-vectored γραμμής και δέκα non-vectored γραμμών. Ενώ όταν οι το σύνολο των γραμμών ελέγχονται από σύστημα Vectoring οι ρυθμοί μετάδοσης προσεγγίζουν τους FEXT-free ρυθμούς σε μήκη βρόχου έως 600m, η είσοδος μη ελεγχόμενων γραμμών μειώνει σημαντικά την απόδοση του συστήματος και καθιστά τους ρυθμούς μετάδοσης μη προβλέψιμους. [32]



Γράφημα 3-6 Επίδραση μη ελεγχόμενων γραμμών στην απόδοση Vectoring συστήματος

(πηγή: St. Vanhastel, P. Spruyt, "VDSL2 Vectoring in Multi-operator Environment – Separating Fact from Fiction" [32])

Το συγκεκριμένο σενάριο προϋποθέτει την συνύπαρξη δυο ανεξάρτητων DSLAM σε υπαίθριες καμπίνες ενεργού εξοπλισμού οι οποίες συνδέονται στην ίδια υπαίθρια καμπίνα καλωδίωσης (KV) και στον ίδιο τοπικό καταναμητή. Για να συμβεί κάτι τέτοιο τουλάχιστον ένας εκ των δυο παρόχων κάνει χρήση υπηρεσιών αδεσμοποίητου τοπικού υποβρόχου (SLU). Ωστόσο, το ίδιο πρόβλημα δημιουργείται όταν

συνυπάρχουν δυο ανεξάρτητα DSLAM του ίδιου παρόχου, ακόμα και αν πρόκειται για δυο ανεξάρτητα Vectoring DSLAM.

Μια συχνότερη υλοποίηση κατά την οποία αναδεικνύεται το πρόβλημα συνύπαρξης vectored και non-vectored VDSL2 γραμμών παρουσιάζεται στις περιπτώσεις εκείνες όπου οι VDSL2 συνδέσεις παρέχονται απευθείας μέσω των Αστικών Κέντρων, χωρίς δηλαδή τη διαμεσολάβηση οπτικού δικτύου και υπαίθριας καμπίνας. Κάτι τέτοιο αποτελεί κοινή πρακτική για πελάτες που βρίσκονται σε απόσταση έως 800 m από το Αστικό Κέντρο. Στην περίπτωση αυτή, δεύτερος πάροχος δύναται να παρέχει πρόσβαση τύπου VDSL2 μέσω LLU, περιορίζοντας τα οφέλη από τη χρήση Vectoring σε γειτονικές γραμμές.

3.7.3 Συμβατότητα σε επίπεδο CPE

Μια επιπλέον παράμετρος ασυμβατότητας μεταξύ vectored και non-vectored γραμμών προέρχεται από τον τερματικό εξοπλισμό των πελατών. Τα CPEs διαχωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες, ως προς την συμπεριφορά τους σε σχέση με τα Vectoring συστήματα:

1. Vectoring CPEs: τερματικά συνδρομητικών γραμμών που εντάσσονται στο vectored group και ελέγχονται πλήρως από το Vectoring σύστημα.
2. Vectoring friendly CPEs: τερματικά συνδρομητικών γραμμών που απολαμβάνουν οφέλη από το Vectoring σύστημα αλλά υποστηρίζουν διαλειτουργικότητα με αυτό ώστε να περιορίζουν τη διάχυση παρεμβολών στις vectored συνδρομητικές γραμμές.
3. Legacy CPEs – τερματικά συνδρομητικών γραμμών που δεν εντάσσονται στο vectored group και δεν υποστηρίζουν διαλειτουργικότητα με το Vectoring σύστημα με αποτέλεσμα να διαχέουν παρεμβολές στις vectored συνδρομητικές γραμμές.

Όπως έχει αναφερθεί, τα legacy CPEs μπορούν συχνά να αναβαθμιστούν σε vectoring ή vectoring friendly με μια απλή αναβάθμιση στο firmware η οποία μπορεί να υλοποιηθεί και απομακρυσμένα. Επιπλέον τα συστήματα Vectoring υποστηρίζουν λειτουργία κατά την οποία τα CPEs που δεν μπορούν να αναβαθμιστούν απομονώνονται και παύουν να λειτουργούν.

3.8 Προτεινόμενοι τρόποι αντιμετώπισης των επιπτώσεων των παρεμβολών από μη ελεγχόμενες συνδρομητικές γραμμές

Στην ενότητα αυτή εξετάζονται πιθανοί τρόποι προσέγγισης και αντιμετώπισης της ασυμβατότητας vectored και non-vectored VDSL2 γραμμών ή vectored γραμμών διαφορετικών συστημάτων, η οποία προκύπτει από την υποχρέωση του κυρίαρχου παρόχου για τη διάθεση SLU.

1. Μη αντιμετώπιση

Η απλούστερη προσέγγιση για την ασυμβατότητα μεταξύ vectored και non-vectored γραμμών είναι η παράκαμψη της αντιμετώπισης του προβλήματος. Σε αυτήν την περίπτωση ο πάροχος Vectoring εκμεταλλεύεται τα μειωμένα αλλά υπαρκτά οφέλη του συστήματος Vectoring. Το μεγάλο μειονέκτημα της συγκεκριμένης προσέγγισης, ενδεχομένως εξίσου σημαντικό με την ίδια τη μείωση της απόδοσης του συστήματος,

είναι η αδυναμία πρόβλεψης του οφέλους στους ρυθμούς μετάδοσης κάθε γραμμής και η μεταβολή του σε κάθε αλλαγή που προκύπτει. Για παράδειγμα, η ενεργοποίηση μιας επιπλέον non-vectored γραμμής εντός μιας δέσμης θα επιφέρει μη προβλέψιμες αλλαγές στους ρυθμούς μετάδοσης για το σύνολο των γραμμών εντός της δέσμης. Η αδυναμία πρόβλεψης των ρυθμών μετάδοσης και κατά συνέπεια η αδυναμία παροχής εγγυημένης υπηρεσίας αποτελεί σημαντικότατο εμπόδιο για την εμπορική διαχείριση και προώθηση του προϊόντος περιορίζοντας έτσι τα οικονομικά οφέλη. Σε κάθε περίπτωση, εφόσον τα οικονομικά κίνητρα του Vectoring εξανεμίζονται, η συγκεκριμένη προσέγγιση μπορεί να οδηγήσει σε ματαίωση του πλάνου εγκατάστασης Vectoring.

2. Χρήση τεχνικών DSM

Η τεχνική Δυναμικής Διαχείρισης Ισχύος DSM (Dynamic Spectrum Management) επιτρέπει τη δυναμική προσαρμογή της ισχύος σήματος που διαχέεται σε μια συνδρομητική γραμμή με σκοπό τη μείωση των παρεμβολών μεταξύ των γραμμών εντός ενός καλωδίου. Η συγκεκριμένη τεχνική επιτρέπει την αύξηση στους ρυθμούς μετάδοσης ορισμένων μόνο γραμμών εντός μιας δέσμης με κόστος τη μείωση των ρυθμών μετάδοσης άλλων γραμμών.[33]

Πέραν του γεγονότος ότι οι επιτεύξιμοι ρυθμοί μετάδοσης είναι μικρότεροι από ότι με τη λειτουργία ενός μοναδικού Vectoring συστήματος, δημιουργείται το διαχειριστικό και ρυθμιστικό ζήτημα σχετικά με το ποιος και με ποιον τρόπο διαχειρίζεται τη μονάδα ελέγχου του DSM, και κατά συνέπεια ποιες γραμμές θα ευνοούνται και ποιες θα υποβαθμίζονται. Οι τεχνικές DSM θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στην περίπτωση συνύπαρξης ενός vectoring και ενός non-vectoring DSLAM του ίδιου παρόχου. [32]

3. Vectoring σε πολλαπλά DSLAM (Cross-DSLAM Level Vectoring – xDLV)

Οι μεγάλοι κατασκευαστικοί οίκοι εξοπλισμού DSLAM διαθέτουν τεχνολογικές προτάσεις για την εξουδετέρωση των FEXT παρεμβολών σε επίπεδο πολλαπλών DSLAM. Σε αυτήν την περίπτωση το σύνολο των γραμμών που συνδέονται σε δύο ή περισσότερα xDLV DSLAM λαμβάνουν το μέγιστο των οφελών του Vectoring. Με αυτόν τον τρόπο παρέχεται η δυνατότητα σε πάροχο να εγκαθιστά στην ίδια θέση περισσότερα του ενός DSLAM, ώστε να προσφέρει υπηρεσίες σε περισσότερους χρήστες. Παρέχεται επίσης η δυνατότητα εγκατάστασης DSLAM εκ μέρους περισσότερων του ενός πάροχων.

Η συγκεκριμένη μέθοδος έχει μια σειρά από μειονεκτήματα, όπως την αναγκαιότητα για εγκατάσταση επιπλέον εξοπλισμού και τις υψηλές τεχνικές απαιτήσεις για τη διασύνδεση των DSLAM. Μέχρις στιγμής, δεν υπάρχει παράδειγμα διευρυμένης εγκατάστασης xDLV συστημάτων και επομένως υπάρχουν αμφιβολίες στο κατά πόσο κάτι τέτοιο θα είναι εφικτό σε εκτεταμένο επίπεδο. Ένα σημαντικό μειονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι δεν υπάρχει προτυποποίηση για τη διεπαφή δυο Vectoring DSLAM με αποτέλεσμα η μέθοδος xDLV να είναι εφικτή μόνο μεταξύ DSLAM του ίδιου κατασκευαστή. Στην περίπτωση όπου δυο ή περισσότεροι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι αναπτύσσουν και εγκαθιστούν το δίκτυό τους ταυτόχρονα, ο συγκεκριμένος τεχνικός περιορισμός προαπαιτεί τη μεταξύ τους συνεργασία ώστε να καταλήξουν στην από κοινού προμήθεια και εγκατάσταση εξοπλισμού. Σε περίπτωση ωστόσο που κάποιος πάροχος επιθυμεί να αναπτύξει το δίκτυό του σε δεύτερο χρόνο, η πολυπλοκότητα της

κατάστασης γίνεται ακόμα μεγαλύτερη, καθώς ο συγκεκριμένος πάροχος θα είναι πλέον υποχρεωμένος να προμηθευτεί εξοπλισμό από έναν και μόνο κατασκευαστή. Επίσης, η πολυπλοκότητα της εγκατάστασης θέτει περιορισμούς και ως προς το πλήθος των παρόχων οι οποίοι θα μπορούν να παρέχουν υπηρεσίες VDSL/Vectoring από δεδομένο σημείο στο δίκτυο μέσω LLU ή SLU.[34]

Η συγκεκριμένη προσέγγιση μπορεί να προκύψει στην περίπτωση όπου περιορισμένος αριθμός παρόχων αναπτύξουν αρχιτεκτονική FTTC με παράλληλη υποχρέωση SLU ή στην περίπτωση παροχής VDSL απευθείας από το Αστικό Κέντρο με ενεργή υποχρέωση παροχής LLU. Για το συγκεκριμένο σενάριο έχει υιοθετηθεί ο όρος Multi-Operator Vectoring (MOV). Η μέθοδος xDLV μπορεί να αξιοποιηθεί επίσης και από έναν πάροχο στην περίπτωση όπου η χωρητικότητα ενός DSLAM δεν επαρκεί για την εξυπηρέτηση του συνόλου των πελατών. [32]

4. Κατάργηση υποχρέωσης SLU

Η τέταρτη προσέγγιση αντιμετώπισης των παρεμβολών που δημιουργούνται από μη ελεγχόμενες συνδρομητικές γραμμές είναι η κατάργηση τη υποχρέωσης για παροχή SLU εκ μέρους του υπόχρεου παρόχου. Ως άμεση συνέπεια προκύπτει ότι σε κάθε τοπικό καταναμητή θα αναπτύσσει δίκτυο FTTC και θα εγκαθιστά εξοπλισμό DSLAM (vectored και non-vectored) ένας μοναδικός πάροχος.

Σε μια τέτοια περίπτωση οι υπόλοιποι πάροχοι μπορούν να φτάσουν στον τελικό χρήστη – πελάτη μέσω υπηρεσιών χονδρικής εικονικής πρόσβασης, όπως για παράδειγμα η υπηρεσία VULA (Virtual Unbundled Local Access). Τα χαρακτηριστικά της υπηρεσίας θα πρέπει να προσομοιάζουν στην αδεσμοποίητη πρόσβαση στο φυσικό μέσο, ώστε να παρέχεται στον πάροχο η δυνατότητα να διαφοροποιήσει το τελικό προϊόν προς τον πελάτη.

Εφόσον η άρση της υποχρέωσης για παροχή SLU προϋποθέτει ότι ένας και μοναδικός πάροχος εγκαθιστά ενεργό εξοπλισμό σε υπαίθρια καμπίνα για κάθε θέση τοπικού καταναμητή, δημιουργείται το ερώτημα ποιος πάροχος θα εγκαταστήσει εξοπλισμό σε κάθε θέση και θα εκμεταλλεύεται το σύνολο των τοπικών υποβρόχων. Οι Εθνικές Ρυθμιστικές Αρχές καλούνται να διαχειριστούν το συγκεκριμένο ερώτημα έχοντας στη διάθεσή τους δυο βασικές επιλογές:

- i. Αποκλειστικά δικαιώματα στον κυρίαρχο (incumbent) πάροχο.

Εφόσον το σύνολο του υπάρχοντος δικτύου πρόσβασης ανήκει στον incumbent πάροχο, μια Ρυθμιστική Αρχή θα μπορούσε να αποφασίσει ότι αυτός είναι ο μοναδικός που μπορεί να εγκαταστήσει εξοπλισμό Vectoring σε υπαίθριες καμπίνες στο σύνολο της επικράτειας. Το κύριο μειονέκτημα της συγκεκριμένης ρυθμιστικής επιλογής είναι η διατήρηση του μονοπωλίου σε επιμέρους αγορές σε εθνικό επίπεδο, το οποίο περιορίζει τα κίνητρα για την ταχύτερη δυνατή αναβάθμιση του δικτύου και των επιτευξιμών ρυθμών μετάδοσης στην πρόσβαση, αφού ο κυρίαρχος πάροχος έχει εξασφαλίσει εκ των προτέρων την παρουσία του στο σύνολο των θέσεων του δικτύου και έχει θέσει φραγμό στην είσοδο νέων παρόχων.

- ii. Αποκλειστικά δικαιώματα στον πρώτο επενδυτή

Μια εναλλακτική ρυθμιστική επιλογή είναι η χορήγηση αποκλειστικών δικαιωμάτων χρήσης των τοπικών υποβρόχων ανά υπαίθρια καμπίνα, στον πρώτο πάροχο ο οποίος θα προχωρήσει σε επένδυση και εγκατάσταση εξοπλισμού Vectoring στη συγκεκριμένη θέση δικτύου. Κατά αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται συνθήκες ανταγωνισμού μεταξύ των παρόχων, επιταχύνοντας έτσι τα πλάνα επένδυσης και ανάπτυξης του δικτύου FTTC, με στόχο ο κάθε πάροχος να εξασφαλίσει την παρουσία του σε όσον το δυνατό περισσότερες θέσεις.

Η χορήγηση αποκλειστικών δικαιωμάτων οδηγεί στη δημιουργία τοπικών μονοπωλίων και στην υποχρέωση για την παροχή εικονικής πρόσβασης στον τοπικό υποβρόχο. Επιπλέον δημιουργείται ένα πολύπλοκο τοπίο στη διαχείριση του δικτύου καθώς για την παροχή υπηρεσίας σε έναν τελικό χρήστη ενδέχεται να μεσολαβούν έως και τρεις διαφορετικοί πάροχοι: ο πάροχος της τελικής υπηρεσίας, ο πάροχος της υπηρεσίας εικονικής πρόσβασης στον οποίο ανήκει ο εξοπλισμός Vectoring, και ο κυρίαρχος πάροχος ο οποίος συνεχίζει να έχει υπό την ιδιοκτησία του το σύνολο των βρόχων και υποβρόχων. Οι Ρυθμιστικές Αρχές καλούνται να θεσπίσουν ένα αποτελεσματικό πλαίσιο το οποίο θα ρυθμίζει διαδικασίες βλαβοδιαχείρισης, παράδοσης υπηρεσίας κ.α.

Επιπλέον οι Εθνικές Ρυθμιστικές Αρχές θα πρέπει να οργανώσουν ένα ενιαίο και κεντρικό πλάνο ανάπτυξης των υποδομών για την τεχνολογία Vectoring, με τέτοιο τρόπο ώστε να αποφευχθούν οι πλεονάζουσες επενδύσεις εκ μέρους των παρόχων, στην προσπάθεια τους να κατοχυρώσουν θέσεις δικτύου.

3.9 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Vectoring έναντι τεχνολογιών PON/AON

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 χωματοουργικές εργασίες αλλά και από το μικρότερο πλήθος οπτικών τερματικών. Στο Πίνακα (3-2) 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 Επauξητικό Κόστος). Η διαφορά στις απαιτούμενες επενδύσεις κυμάνθηκε από το 68% έως το 81%. [35]

Πίνακας 3-2 Channel Matrix

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%

(πηγή: T.Plückebaum et al, "Benefits and regulatory challenges of VDSL Vectoring (and VULA)" [35])

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, όπως αναλύθηκε σε προηγούμενη ενότητα, 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 3-2, 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.

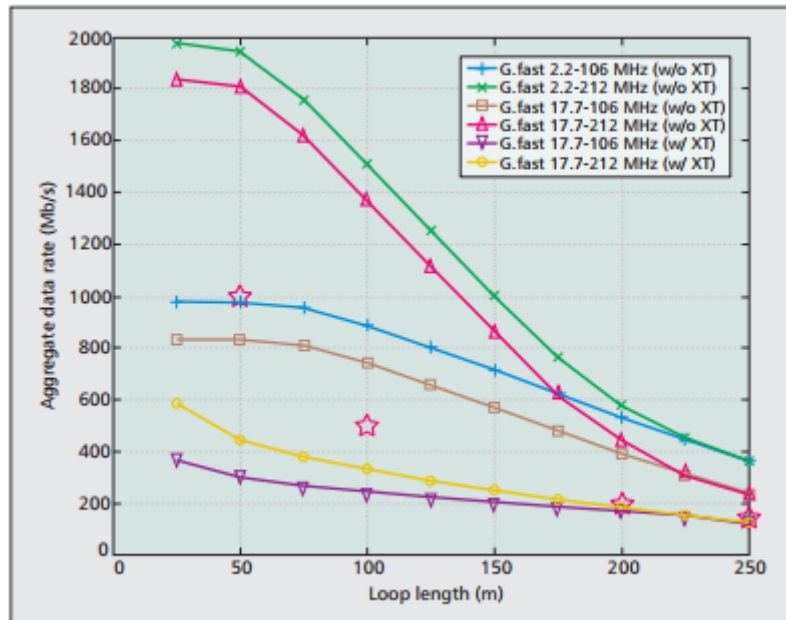
3.10 Τεχνολογία G. Fast

Η τεχνολογία G.Fast αποτελεί την πλέον εξελιγμένη έκδοση της οικογένειας xDSL και ανήκει στην τέταρτη γενιά ευρυζωνικότητας (4th Generation Broadband – 4GBB) όπως και οι τεχνολογίες Vectoring/SuperVectoring. Προτυποποιήθηκε το 2014 από την ITU-T (G.9700 & G.9701) και υπόσχεται ρυθμούς μετάδοσης έως 1 Gbps για πολύ κοντινές αποστάσεις.

Η τεχνολογία G.Fast επεκτείνει το αξιοποιούμενο φάσμα έως τα 106 MHz ενώ αναμένεται περαιτέρω διεύρυνση έως τα 212 MHz, η οποία θα αυξήσει ακόμα περισσότερο το ρυθμό μετάδοσης σε 1,5~2 Gbps. Σε αντίθεση με τις τεχνολογίες ADSL και VDSL, το G.Fast χρησιμοποιεί πολυπλεξία στο πεδίο του χρόνου (Time-Division Duplexing – TDD). Η κατανομή φάσματος σε upstream και downstream πραγματοποιείται με δυναμικό και ευέλικτο τρόπο. Η χρήση TDD καθιστά το G.Fast μη συμβατό με τις τεχνολογίες ADSL και VDSL. Για τη συνύπαρξή τους απαιτείται η αποκοπή των επικαλυπτόμενων συχνοτήτων (PSD Masking). Αν για παράδειγμα στην ίδια δέσμη καλωδίων συνυπάρχουν τεχνολογίες G.Fast και VDSL2 (17a) τότε θα πρέπει το G.Fast να λειτουργεί σε περιοχές άνω των 17 MHz, γεγονός που επηρεάζει την απόδοσή του. Επίσης, εξαιτίας της TDD πολυπλεξίας, δεν είναι δυνατή η μέθοδος PSD Shaping (βλ. §3.15).

Καθώς το G.Fast λειτουργεί σε περιοχές υψηλών συχνοτήτων, η απόδοση του συστήματος είναι ευάλωτη σε παρεμβολές FEXT και NEXT. Στην περίπτωση του VDSL όπου το στατικό band plan καθιστά αμελητέες τις παρεμβολές NEXT, στο G.Fast το band plan είναι δυναμικό, οπότε για την αποφυγή NEXT παρεμβολών πρέπει στο σύνολο των γραμμών του ίδιου συστήματος να χρησιμοποιείται κοινή κατανομή σε US και DS. Για την εξουδετέρωση των FEXT παρεμβολών, είναι απαραίτητη η λειτουργικότητα του Vectoring όπως περιγράφεται στο πρότυπο G.993.5.

Στο Γράφημα 3-8 παρουσιάζονται αποτελέσματα μετρήσεων εγκατάστασης G.Fast σε βρόχους μήκους έως 250 μέτρων. Τα σενάρια μετρήσεων περιλαμβάνουν τη λειτουργία του συστήματος στα 106 και 212 MHz, σε συνύπαρξη με ADSL (2,2 MHz) και VDSL (17,7 MHz), με ύπαρξη (w/XT) και χωρίς ύπαρξη (w/o XT) παρεμβολών. [36]



Γράφημα 3-7 Απόδοση G.Fast

(πηγή: M. Timmers et al, "G. Fast: Evolving the Copper Access Network" [36])

Για την παροχή G.Fast μπορεί να αξιοποιηθεί αρχιτεκτονική FTTB. Σε αυτό το σενάριο υλοποίησης η οπτική ίνα φτάνει έως την είσοδο του κτιρίου/πολυκατοικίας με δίκτυο PON. Εντός της πολυκατοικίας υπάρχει εγκατεστημένο miniDSLAM το οποίο παρέχει σύνδεση G.Fast μέσω της εσωτερικής χάλκινης καλωδίωσης. Η ύπαρξη miniDSLAM στον κοινόχρηστο χώρο του κτιρίου εγείρει το ζήτημα της παροχής ρεύματος στον ενεργό εξοπλισμό. Μια προτεινόμενη λύση είναι η παροχή ρεύματος από τα τερματικά των συνδρομητών (reserve-powered G.Fast), η οποία ωστόσο δημιουργεί πρόβλημα στη διαχείριση (NMS) του εξοπλισμού καθώς όταν το σύνολο των συνδεδεμένων συνδρομητών έχουν απενεργοποιημένο τον εξοπλισμό τους, το miniDSLAM δε θα λειτουργεί καθώς δε θα ρευματοδοτείται.[37] Όπως φαίνεται στο Γράφημα 3-8, μια τυπική εγκατάσταση G.Fast (17,7-106 MHz w/o XT) μπορεί να προσφέρει σε μήκη βρόχου έως 50 m ρυθμούς μετάδοσης άνω των 800 Mbps. [36]

Η υλοποίηση με αρχιτεκτονική FTTC προσφέρεται με δυο διαφορετικές επιλογές:

- Αξιοποίηση των υπαίθρων καμπινών ενεργού εξοπλισμού που χρησιμοποιούνται για την παροχή VDSL/Vectoring: Σε αυτήν την περίπτωση μόνο ένα μικρό μέρος του τελικών χρηστών μπορούν να απολάβουν τα οφέλη της τεχνολογίας, αφού για καλωδιακές αποστάσεις άνω των 200m, η απόδοση του G.Fast προσεγγίζει την απόδοση του SuperVectoring.
- Ανάπτυξη δικτύου FTTC με πυκνότερη εγκατάσταση υπαίθριων καμπινών ενεργού εξοπλισμού: Η συγκεκριμένη επιλογή απαιτεί μεγαλύτερα επενδυτικά και λειτουργικά κόστη για την υλοποίησή της, αλλά προσφέρει μεγαλύτερους

ρυθμούς μετάδοσης ανάλογα με την πυκνότητα των καμπινών, και κατά συνέπεια την απόστασή τους από τον τελικό χρήστη.

4. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ VECTORING ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

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 καλωδίσωσης (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 [38].

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. [39].

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.

4.1 Διαδικασία εισαγωγής τεχνολογίας Vectoring και πλάνο ανάθεσης

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.

4.1.1 Όροι παροχής της τεχνολογίας Vectoring

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 καταναμητή καλωδίων.
3. Υπερκείμενο Αστικό Κέντρο (Α/Κ) (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 Α/Κ.
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 Α/Κ ανάλογα με την πυκνότητα του δικτύου (πυκνά αστικά, αστικά, ημιαστικά και αγροτικά) και μέσο μήκος ακραίων καλωδίων ανά κατηγορία Α/Κ.
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 Α/Κ).
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 ταχύτητες 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.[38]

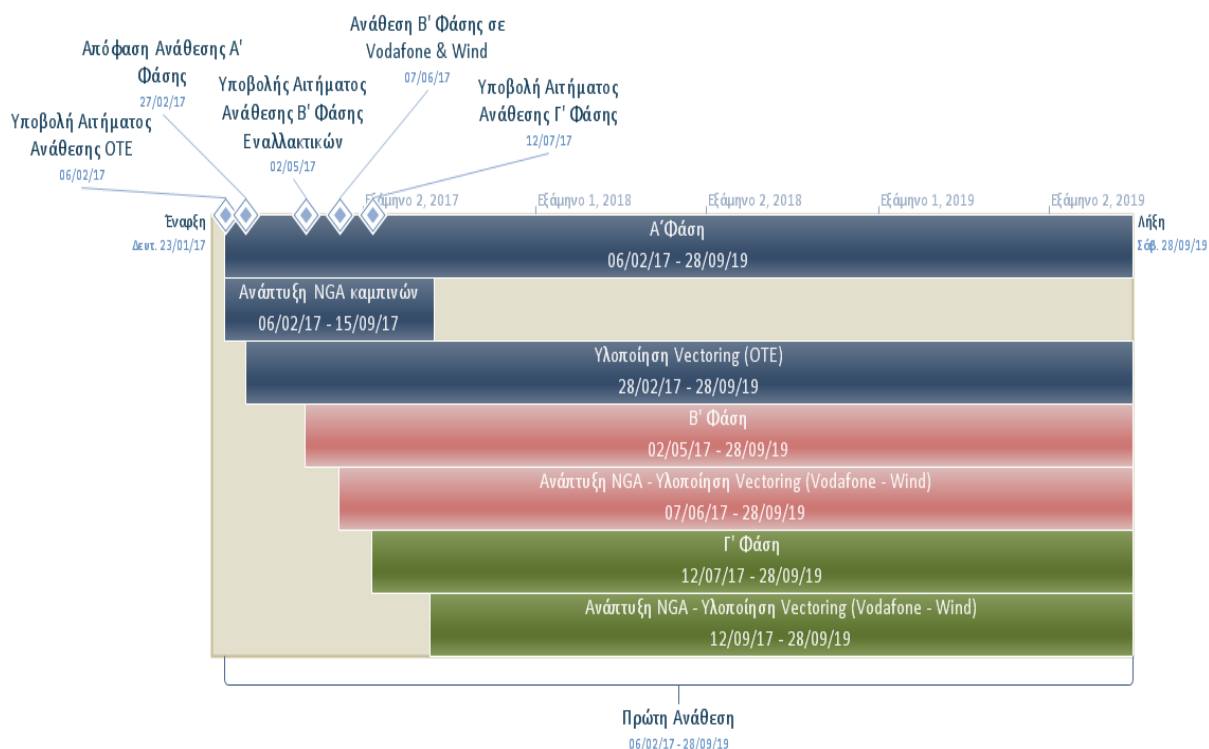
4.1.2 Διαδικασία Ανάθεσης

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 τεchnικοοικονομικά 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.[39]



Εικόνα 4-1 Χρονοδιάγραμμα Πρώτης Ανάθεσης

Επιπλέον η ΕΕΤΤ υποστηρίζει ότι το αποκλειστικό δικαίωμα που αποκτά ένας πάροχος για την ανάπτυξη δικτύου NGA προσφέρει τη δυνατότητα ανάπτυξης δικτύων για τα οποία απαιτείται πιο κοστοβόρα και χρονοβόρα επένδυση, όπως για παράδειγμα η αρχιτεκτονική FTTH. Η ΕΕΤΤ θεωρεί ότι με αυτόν τον τρόπο προσδίδει στον πάροχο τον απαραίτητο χρόνο για να αναπτύξει το δίκτυό του χωρίς να αντιμετωπίσει ανταγωνισμό από κάποιον άλλον πάροχο που θα ανέπτυσσε ταχύτερα δίκτυο NGA εντός του ίδιου Αστικού Κέντρου σε καμπίνες που δεν συμπεριλαμβάνονται στο επιχειρηματικό πλάνο του. Ενώ αναγνωρίζει ότι ένα μέρος των συνδρομητών, που αντιστοιχούν στις καμπίνες που δεν συμπεριλαμβάνονται στο αντίστοιχο επιχειρηματικό πλάνο, θα στερηθεί την άμεση δυνατότητα πρόσβασης σε υπερ-υψίρρυθμες συνδέσεις, θεωρεί ότι το όφελος που δημιουργείται μακροπρόθεσμα για την λειτουργία του ανταγωνισμού και κατά συνέπεια και για τους καταναλωτές είναι μεγαλύτερο. Οι καμπίνες αυτές θα τεθούν ξανά στη διαθεσιμότητα των παρόχων προς επένδυση κατά τη διαδικασία των ετήσιων αναθέσεων.

Οι πάροχοι που συμμετέχουν στη διαδικασία ανάθεσης καλούνται να καταθέσουν σχετικό αίτημα ανάθεσης περιοχών, επιχειρηματικό πλάνο εγκεκριμένο από το Διοικητικό Συμβούλιο για την ανάπτυξη δικτύου για την εισαγωγή Vectoring ή άλλης

τεχνολογίας, ανάλυση πηγών χρηματοδότησης και επιστολή νόμιμου εκπροσώπου με δεσμευτική δήλωση για την πρόθεση υλοποίησης του υποβληθέντος επιχειρηματικού πλάνου. Οι πάροχοι διατηρούν το δικαίωμα να τροποποιήσουν το σχέδιο τους ως προς την επιλεγμένη αρχιτεκτονική/τεχνολογία, εφόσον μπορούν να το τεκμηριώσουν επαρκώς βάσει αντικειμενικών λόγων. Κάθε πάροχος ο οποίος δεν υλοποιεί ποσοστό μεγαλύτερο ή ίσο του 10% του συνολικού αριθμού καμπινών που του έχουν ανατεθεί στερείται το δικαίωμα υποβολής αιτήματος στην αμέσως επόμενη διαδικασία ανάθεσης.

Πρώτη Ανάθεση – Α' Φάση

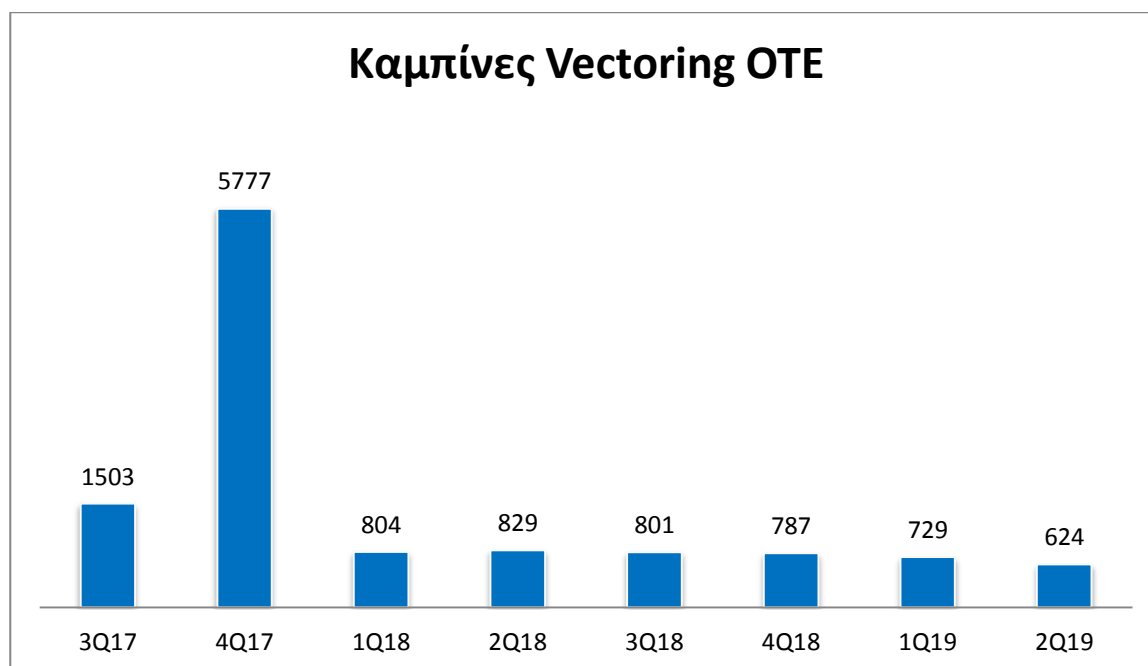
Η Α' φάση της πρώτης ανάθεσης ξεκίνησε επισήμως στις 6 Φεβρουαρίου 2017 και αφορά την ανάθεση Αστικών Κέντρων στον ΟΤΕ. Ο ΟΤΕ αρχικά διέθεσε προς την ΕΕΤΤ πληροφορίες σχετικές με το δίκτυο πρόσβασής του (στοιχεία όπως γεωγραφικές συντεταγμένες των ΥΚΚ και ΥΚΕΕ, τις αποστάσεις από τα υπερκείμενα Αστικά Κέντρα, την αναλυτική γεωγραφική κάλυψη κ.α). Εκτός από τις ήδη ενεργοποιημένες υπαίθριες καμπίνες, ο ΟΤΕ ενημέρωσε για τις καμπίνες που έχει προγραμματίσει να ενεργοποιήσει εντός 8 μηνών. Παράλληλα υπέβαλε το επιχειρηματικό του πλάνο σχετικά με το ποιες από τις καμπίνες (ενεργοποιημένες και προγραμματισμένες) επιθυμεί αναβαθμίσει με την τεχνολογία Vectoring εντός 31 μηνών, αναφέροντας επίσης το τρίμηνο εισαγωγής.[40]

Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία ανάπτυξης του δικτύου NGA, οι καμπίνες που δεν χρησιμοποιήθηκαν για την εισαγωγής τεχνολογίας Vectoring τίθενται ξανά στη διάθεση των παρόχων (συμπεριλαμβανομένου του ΟΤΕ) και μπορούν να τις αιτηθούν στο πλαίσιο των ετήσιων αναθέσεων.

Για να μπορέσει ο ΟΤΕ να αποκτήσει τα αποκλειστικά δικαιώματα για την εισαγωγή Vectoring σε ένα Αστικό Κέντρο, θα πρέπει μέχρι το πέρας του οκταμήνου να έχει αναβαθμίσει σε FTTC το 80% των ΥΚΚ του Αστικού Κέντρου με απόσταση μεγαλύτερη των 550 m.

Στο επιχειρηματικό πλάνο του ΟΤΕ, όπως αυτό κατατέθηκε προς την ΕΕΤΤ, υπάρχει προγραμματισμός επέκτασης του δικτύου NGA σε 6.831 υπαίθριους κατανεμητές καλωδίων (ΥΚΚ) εντός του οκταμήνου. Ο συνολικός αριθμός υπαίθριων καμπινών ενεργού εξοπλισμού (ΥΚΕΕ) θα ανέρχεται σε 12.975. Σε 11.854 καμπίνες εξ αυτών θα αναπτυχθεί τεχνολογία Vectoring στο διάστημα των 31 μηνών, σε 168 διαφορετικά κέντρα, με μέση σταθμισμένη κάλυψη στο 89%. Οι συνδρομητικές γραμμές που αναμένεται να επωφεληθούν ξεπερνούν τις 1.600.000.[39]

Στο παρακάτω γράφημα παρουσιάζεται το πλήθος των ΥΚΕΕ στις οποίες θα αναπτυχθεί τεχνολογία Vectoring ανά εξάμηνο.



Γράφημα 4-1 Πλήθος YKEE για την εισαγωγή Vectoring από τον ΟΤΕ

Η ανάθεση εγκρίθηκε από την ΕΕΤΤ με την απόφαση 800/03 στις 21/2/2017.

Πρώτη Ανάθεση – Β' Φάση

Η Β' φάση της πρώτης ανάθεσης ξεκίνησε στις 2 Μαΐου 2017 και αφορά την ανάπτυξη δικτύου NGA εκ μέρους των εναλλακτικών παρόχων, σε υπαίθριες καμπίνες εξαιρώντας:

- Τις υπαίθριες καμπίνες με απόσταση μικρότερη των 550 μέτρων από το υπερκείμενο Α/Κ.
- Τις καμπίνες που ανήκουν στα Α/Κ που έχουν ανατεθεί στον ΟΤΕ κατά την Α' φάση, ακόμα κι αν δεν περιλαμβάνονται στο επιχειρηματικό πλάνο για την ανάπτυξη NGA δικτύου.
- Τις καμπίνες που ανήκουν σε περιοχές που έχουν ενταχθεί στο έργο «Ανάπτυξη Ευρυζωνικών Υποδομών σε Αγροτικές Λευκές περιοχές της Ελληνικής Επικράτειας και Υπηρεσίες Εκμετάλλευσης-Αξιοποίησης των Υποδομών» (Έργο Rural Broadband).

Οι καμπίνες στις οποίες ο ΟΤΕ έχει αναπτύξει δίκτυο πρόσβασης για την παροχή VDSL ή κάποιος άλλος πάροχος έχει αποκτήσει υπηρεσίες τοπικού υποβρόχου δύνανται να ανατεθούν σε πάροχο. Θα πρέπει όμως να λάβει υπόψη του ότι οποιαδήποτε αρχιτεκτονική και τεχνολογία επιλέξει να αναπτύξει, θα πρέπει να είναι συμβατή με την τεχνολογία VDSL, όπως ορίζεται από τον Κανονισμό Διαχείρισης Φάσματος και Έγχυσης Ισχύος, έτσι ώστε ο πάροχος υπηρεσιών VDSL να μπορεί να συνεχίσει απρόσκοπτα να παρέχει τις σχετικές υπηρεσίες, χωρίς ωστόσο να μπορεί να τις αναβαθμίσει μέσω Vectoring.

Όπως και στην Α' φάση, οι πάροχοι υποβάλουν προς την ΕΕΤΤ τα επιχειρηματικά τους σχέδια για την ανάπτυξη δικτύου πρόσβασης για την παροχή VDSL Vectoring ή οποιασδήποτε άλλης συμβατής τεχνολογίας με ταχύτητες μεγαλύτερες των 100 Mbps,

διαθέσιμες σε όλους τους τελικούς χρήστες οι οποίοι εμπίπτουν στα όρια της υπαίθριας καμπίνας.

Τα υποβληθέντα επιχειρηματικά σχέδια καλύπτουν χρονικό διάστημα είκοσι οκτώ μηνών, μέσα στο οποίο θα πρέπει να είναι διαθέσιμες οι αντίστοιχες υπηρεσίες πρόσβασης. Τα αιτήματα και οι αναθέσεις πραγματοποιούνται σε επίπεδο Αστικού Κέντρου και θα πρέπει να καλύπτουν ποσοστό τουλάχιστον 50% των ΥΚΚ σε απόσταση μεγαλύτερη των 550 μέτρων. Οι καμπίνες ενός Αστικού Κέντρου που δεν περιλαμβάνονται στο επιχειρηματικό σχέδιο του παρόχου, θα είναι διαθέσιμες προς όλους τους παρόχους στο πλαίσιο των ετήσιων αναθέσεων.[41]

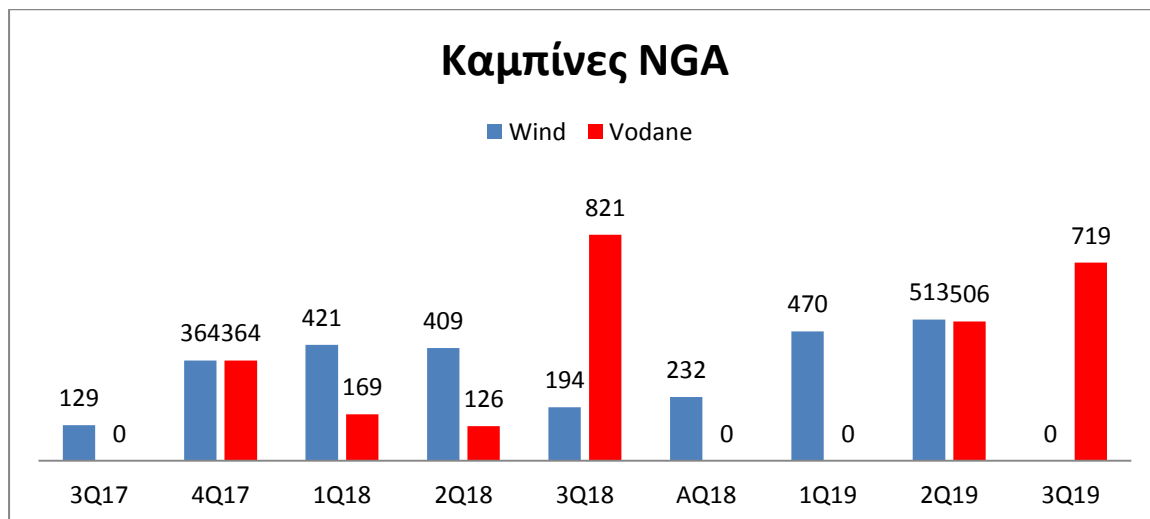
Στην περίπτωση όπου δυο πάροχοι αιτηθούν το ίδιο Α/Κ, το κριτήριο για την ανάθεση είναι το πλήθος των υπαίθριων καμπινών που περιλαμβάνονται στο επιχειρηματικό σχέδιο. Σε περίπτωση ίσου αριθμού καμπινών η ανάθεση γίνεται με κριτήριο το χρόνο ενεργοποίησης του δικτύου που θα καλύπτει τους τελικούς χρήστες του 50% των υπαίθριων καμπινών/κατανομητών του Α/Κ.

Οι πάροχοι που εκδήλωσαν ενδιαφέρον στη Β' φάση ήταν η Vodafone, Wind και Forthnet. Κατόπιν εξέτασης των αιτημάτων η ΕΕΤΤ ανακοίνωσε την απόφασή της (ΑΠ 813/004) στις 7 Ιουνίου 2017 στην οποία απέρριψε το αίτημα ανάθεσης της Forthnet. Παράλληλα προέβη στην ανάθεση Αστικών Κέντρων στις Vodafone και Wind. Οι δυο εταιρείες στις αιτήσεις τους συμπεριέλαβαν αρχιτεκτονικές FTTC αλλά και FTTH, και τεχνολογίες πέραν του Vectoring όπως Super Vectoring, G.Fast και GPON. [42]

Συγκεκριμένα ανατέθηκαν:

- Στην εταιρεία Vodafone 2.705 υπαίθριες καμπίνες σε 25 Α/Κ. Σε 711 εξ αυτών προτίθεται να υλοποιήσει αρχιτεκτονικής FTTH. Η μέση σταθμισμένη κάλυψη βρίσκεται στο 79%.
- Στην εταιρεία Wind 2.732 υπαίθριες καμπίνες σε 23 Α/Κ. Σε 260 εξ αυτών προτίθεται να υλοποιήσει αρχιτεκτονικής FTTH, ενώ σε 806 προτίθεται να αναπτύξει τεχνολογία G.Fast. Η μέση σταθμισμένη κάλυψη βρίσκεται στο 73%.

Στο Γράφημα 4-2 φαίνεται η πορεία ενεργοποίησης καμπινών NGA ανά τρίμηνο σύμφωνα με το επιχειρηματικό σχέδιο των δυο εταιρειών.



Γράφημα 4-2 Πλήθος καμπινών NGA Β' Φάσης

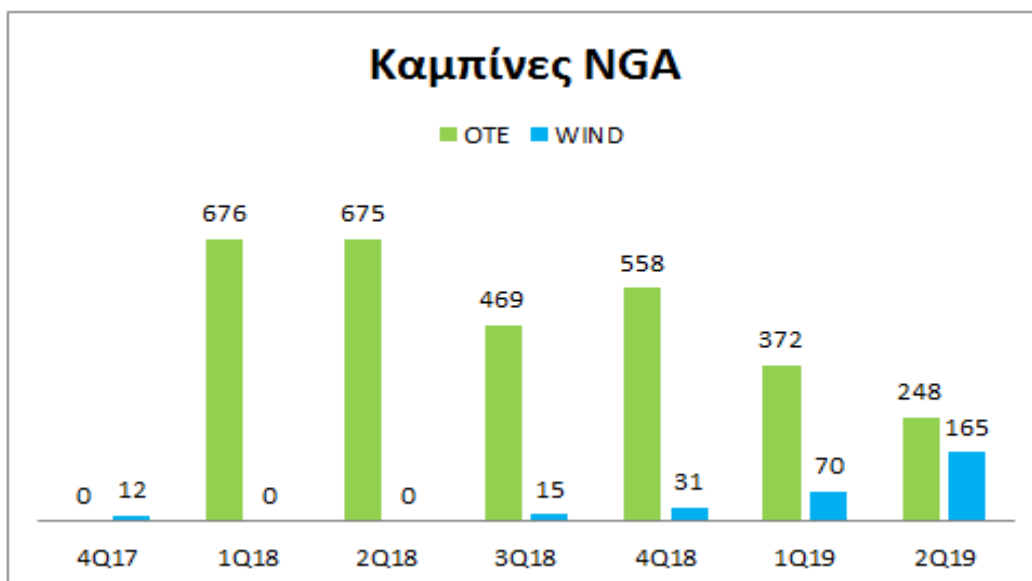
Πρώτη Ανάθεση – Γ' Φάση

Η Γ' φάση της πρώτης ανάθεσης ξεκίνησε ένα μήνα μετά την απόφαση της ανάθεσης της Β' φάσης με δικαίωμα συμμετοχής για το σύνολο των παρόχων, συμπεριλαμβανομένου του ΟΤΕ. Από τη διαδικασία αποκλείονται και πάλι όλες οι καμπίνες των Αστικών Κέντρων που έχουν ήδη ανατεθεί στις προηγούμενες φάσεις, οι καμπίνες περιοχών του έργου Rural Broadband καθώς και οι καμπίνες με καλωδιακή απόσταση μικρότερη των 550 μέτρων από το Αστικό Κέντρο, ενώ ισχύουν οι ίδιοι όροι για τις καμπίνες με ενεργοποιημένες υπηρεσίες VDSL ή τοπικού υποβρόχου.

Το απαιτούμενο ποσοστό κάλυψης για Γ' φάση ορίστηκε στο 30% των ΥΚΚ σε χρονικό διάστημα 26 μηνών. Τα κριτήρια για την κατανομή των Α/Κ παραμένουν ίδια όπως στην προηγούμενη φάση. Σε περίπτωση ίσου προτεινόμενου ποσοστού κάλυψης σε ένα Αστικό Κέντρο, η ανάθεση γίνεται με βάση το χρόνο ενεργοποίησης του δικτύου που θα καλύπτει τους τελικούς χρήστες του 50% των υπαίθριων καμπινών/κατανομών του Αστικών Κέντρων.

Κατόπιν σχετικών αιτημάτων των εταιρειών ΟΤΕ και Wind, η ΕΕΤΤ ανακοίνωσε την απόφασή της στις 29 Σεπτεμβρίου 2017 (ΑΠ. 828/12) η οποία προβλέπει την ανάθεση:

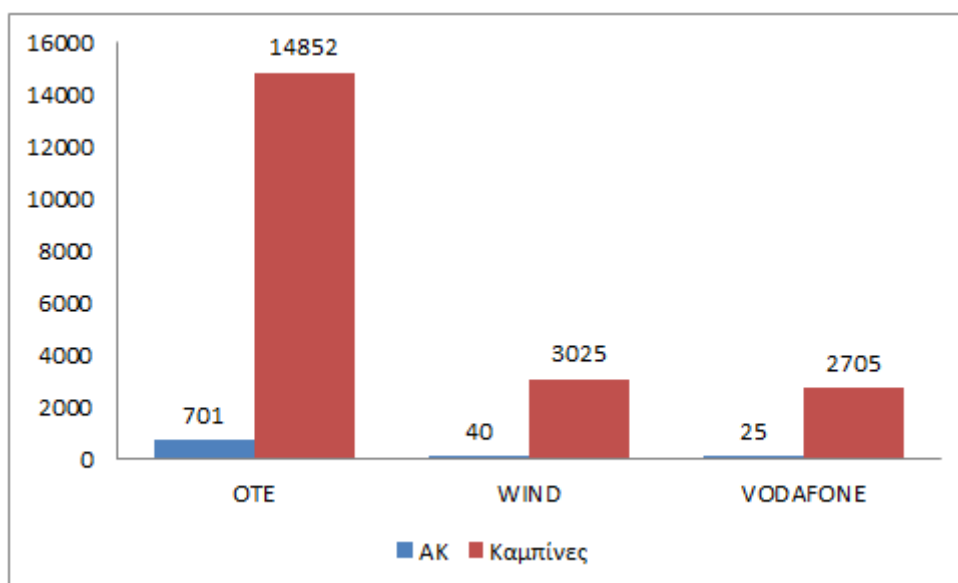
- Στην εταιρεία ΟΤΕ 2998 υπαίθριες καμπίνες σε 533 Α/Κ. Η μέση σταθμισμένη κάλυψη βρίσκεται στο 70%.
- Στην εταιρεία Wind 293 υπαίθριες καμπίνες σε 17 Α/Κ. Η μέση σταθμισμένη κάλυψη βρίσκεται στο 72%.^[43]



Γράφημα 4-3 Πλήθος καμπινών NGA Γ' Φάσης

Όπως αναμενόταν από την ΕΕΤΤ τα Αστικά Κέντρα τα οποία ανατέθηκαν στα Γ' Φάση είναι μικρά Αστικά Κέντρα εκτός πυκνοκατοικημένων περιοχών.

Στα Γράφημα 4-4 παρουσιάζεται το συνολικό πλήθος Αστικών Κέντρων και υπαίθριων καμπινών που ανατέθηκαν ανά πάροχο κατά την πρώτη ανάθεση. Όπως φαίνεται, ο ΟΤΕ ανέλαβε την ανάπτυξη του δικτύου με μερίδιο 72,2% επί των υπαίθριων καμπινών. Συνολικά, θα αναπτυχθεί Vectoring σε Αστικά Κέντρα που αντιστοιχούν περίπου στο 30% του συνόλου της χώρας. Σύμφωνα με την ΕΕΤΤ, 2.600.000 συνδρομητικές γραμμές θα είναι έχουν την δυνατότητα υποστήριξης Vectoring ή εναλλακτικά το 60% των ενεργών ευρυζωνικών συνδέσεων.[44]



Γράφημα 4-4 Αστικά Κέντρα και καμπίνες 1ης Ανάθεσης

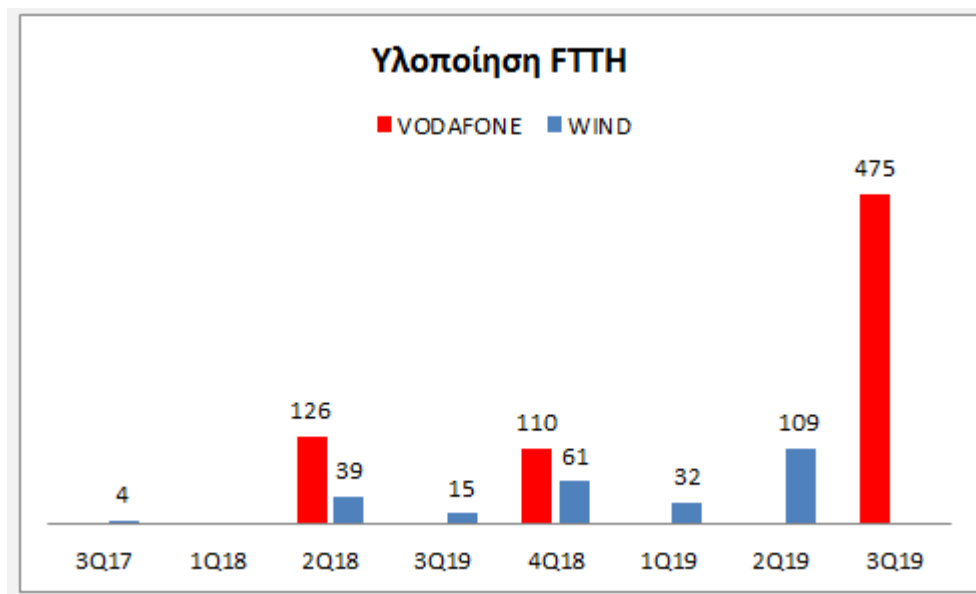
Ανάθεση σε Ετήσια Βάση

Αρχής γενομένης από το 2018, τον Μάιο κάθε έτους, οι πάροχοι (συμπεριλαμβανομένου του ΟΤΕ) θα καταθέτουν τα επιχειρηματικά τους σχέδια για την ανάπτυξη δικτύου NGA για την παροχή Vectoring ή άλλης τεχνολογίας σε υπαίθριες καμπίνες στις οποίες δεν έχει αναπτυχθεί ήδη NGA δίκτυο. Η ανάθεση γίνεται και πάλι ανά Αστικό Κέντρο με τη διαφορά ότι πλέον οι πάροχοι μπορούν να συμπεριλάβουν στα επιχειρηματικά τους σχέδια υπαίθριες καμπίνες που ανήκουν σε Αστικά Κέντρα των οποίων μέρος είχε ανατεθεί σε άλλον πάροχο σε προηγούμενη φάση ανάθεσης. Επιπλέον τίθενται στη διάθεση των παρόχων οι καμπίνες στις οποίες ο ΟΤΕ είχε εκ των προτέρων αναπτύξει τεχνολογία VDSL, στο βαθμό βέβαια που δεν τις έχεις εντάξει στα επιχειρηματικά του σχέδια για την εισαγωγή Vectoring.

Τα κριτήρια για την κατανομή των Αστικών Κέντρων παραμένουν ίδια με τις προηγούμενες φάσεις, χωρίς να δίδεται προτεραιότητα σε πάροχο που έχει τυχόν αναπτύξει δίκτυο NGA στο ίδιο Αστικό Κέντρο σε προηγούμενο κύκλο ανάθεσης. Για αυτόν τον λόγο, για τον υπολογισμό της συνολικής κάλυψης δεν λαμβάνεται υπόψη η κάλυψη που έχει προκύψει από τους προηγούμενους κύκλους ανάθεσης.[38]

4.1.3 Ανάθεση FTTH

Στα πλαίσια του της πρώτης ανάθεσης οι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι μπορούσαν να επιλέξουν τεχνολογία NGA για την αναβάθμιση του δικτύου πρόσβασης. Οι εταιρείες Vodafone και Wind συμπεριέλαβαν την αρχιτεκτονική FTTH στα επενδυτικά τους πλάνα. Συγκεκριμένα δεσμεύτηκαν ότι θα εγκαταστήσουν FTTH δίκτυο για να σε εξυπηρετήσουν χρήστες που συνδέονται σε 711 καμπίνες υπαίθριων κατανομών, με χρήση τεχνολογίας GPON. [41]



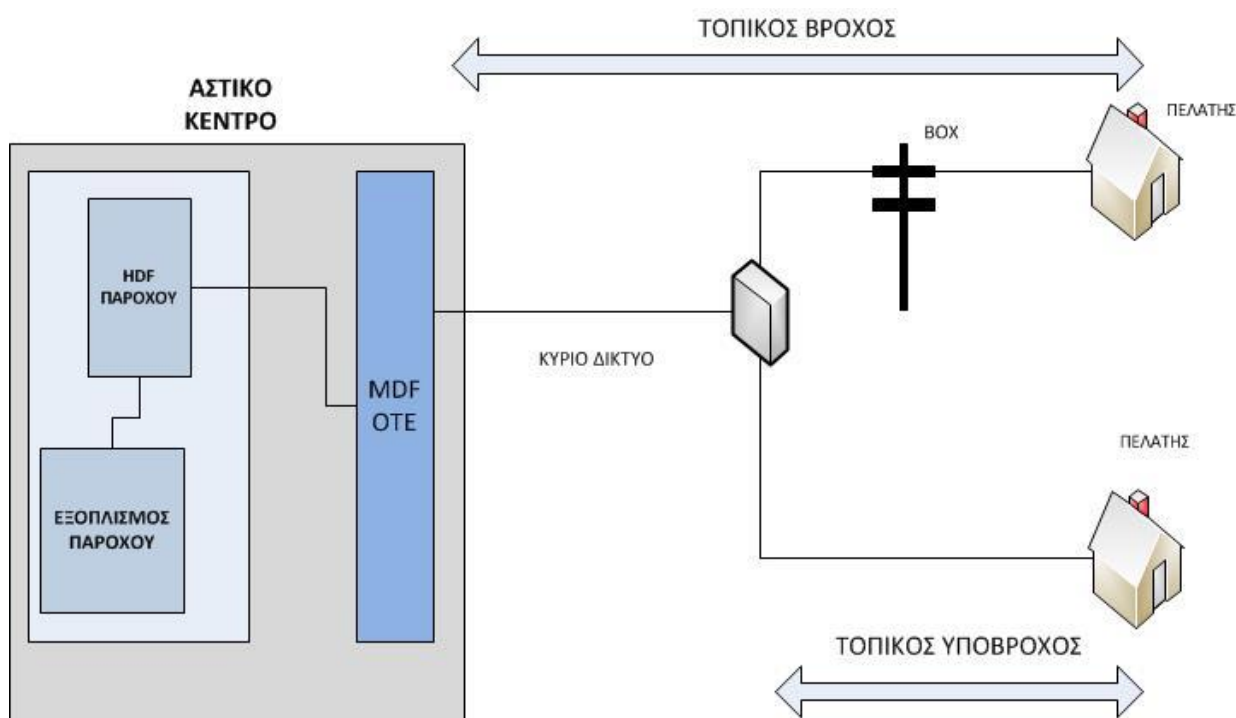
Εικόνα 4-2 Καμπίνες προς υλοποίηση FTTH

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι πάροχοι διατηρούν το δικαίωμα ανάπτυξης δικτύου FTTH σε Αστικά Κέντρα που έχουν ανατεθεί σε άλλο πάροχο στα πλαίσια των αναθέσεων καθώς και στην εγγύτητα των αστικών κέντρων που έχουν ανατεθεί στον ίδιο άλλο ή άλλο πάροχο. Η τεχνολογία FTTH δεν δημιουργεί παρεμβολές σε χάλκινα καλώδιο, οπότε δε δημιουργείται καμία συνθήκη ασυμβατότητας με τεχνολογίες xDSL.

Κατά αυτόν τον τρόπο, αναμένεται η ανάπτυξη του δικτύου FTTH να είναι ταχύτερη και μεγαλύτερη από ότι προβλέφθηκε κατά την πρώτη ανάθεση.

4.2 Vectoring και πρόσβαση στον Τοπικό Υποβρόχο

Η πρόσβαση στον Τοπικό Υποβρόχο (ΤοΥΒ) παρέχει στον εναλλακτικό πάροχο τη δυνατότητα χρήσης του καλωδίου που συνδέει τον τοπικό καταναμητή μικτονόμησης του ΟΤΕ με τον τελικό χρήστη μέσω εκμίσθωσης για την παροχή λιανικών υπηρεσιών. Η πρόσβαση σε υπηρεσίες Τοπικού Υποβρόχου (ΤοΥΒ) κρίνεται αναγκαία για τους εναλλακτικούς παρόχους για την ανάπτυξη αρχιτεκτονικής FTTC, καθώς θεωρείται οικονομικά ασύμφορο να αναπτύξουν νέο ιδιόκτητο χάλκινο δίκτυο διανομής. Η υποχρέωση για παροχή ΤοΥΒ είχε ήδη επιβληθεί στον ΟΤΕ από το 2006 ωστόσο η ζήτηση της συγκεκριμένης υπηρεσίας ήταν σχεδόν μηδενική, καθώς κανένας εναλλακτικός πάροχος δεν είχε επενδύσει σε δίκτυο πρόσβασης πέραν του Αστικού Κέντρου. Με την εισαγωγή της τεχνολογίας Vectoring αναπτύσσεται η ζήτηση για πρόσβαση ΤοΥΒ, η οποία μάλιστα θα πρέπει να υλοποιηθεί με ταχύτατους ρυθμούς λόγω του χρονοδιαγράμματος των αναθέσεων.[45]



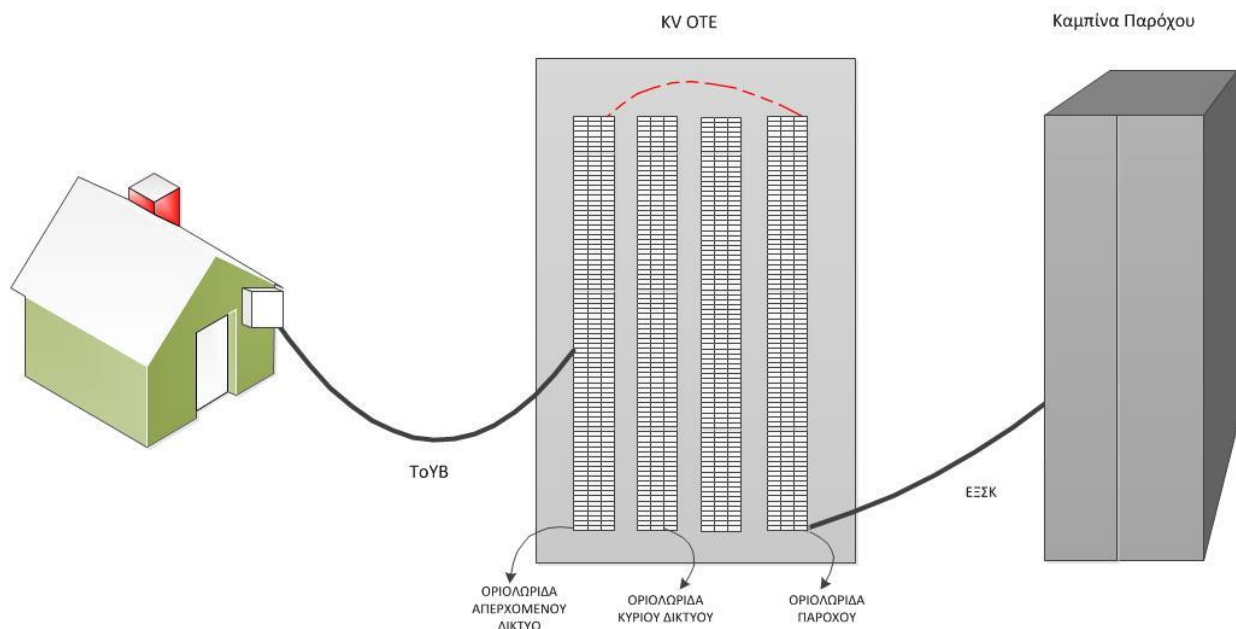
Εικόνα 4-3 Τοπικός Βρόχος και Τοπικός Υποβρόχος

Οι τεχνολογικοί περιορισμοί που τίθενται από το Vectoring ως προς την συνύπαρξη vectored και non-vectored συνδρομητικών γραμμών απαιτούν αναπροσαρμογή στους όρους διάθεσης της υπηρεσίας. Συγκεκριμένα, η ΕΕΤΤ στην απόφασή της για την εισαγωγή της τεχνολογίας Vectoring όρισε ότι στις υπαίθριες καμπίνες που περιλαμβάνονται στο πλαίσιο αναθέσεων μόνο ο πάροχος στον οποίο έχει ανατεθεί η ανάπτυξη Vectoring μπορεί να προμηθευτεί υπηρεσίες ΤοΥΒ. Οι υπόλοιποι πάροχοι θα προμηθεύονται υπηρεσίες τύπου VULA. Η αποκλειστικότητα στην πρόσβαση στον ΤοΥΒ ισχύει ανεξάρτητα της αρχιτεκτονικής ή της τεχνολογίας την οποία θα υλοποιήσει ο πάροχος. Σε περίπτωση που δεύτερος πάροχος θελήσει να υλοποιήσει Vectoring στην ίδια καμπίνα (multi-operator Vectoring) φέρει ο ίδιος την ευθύνη για την τεκμηρίωση της τεχνολογικής συμβατότητας.[38]

Επιπλέον, στις σχετικές ρυθμίσεις για την παροχή ΤοΥΒ δεν υπήρχε καμία πρόβλεψη για την περίπτωση όπου εναλλακτικοί πάροχοι καταθέσουν μαζικά αιτήματα για την παροχή ΤοΥΒ. Η ταχεία υλοποίηση των Τοπικών Υποβρόχων και οι σαφείς ορισμοί και χρόνοι των απαραίτητων διαδικασιών αποτελούν σημαντικό παράγοντα για την έγκαιρη ολοκλήρωση των επιχειρηματικών πλάνων των παρόχων. Για αυτούς τους λόγους η ΕΕΤΤ ανακοίνωσε και ολοκλήρωσε δημόσια διαβούλευση για την τροποποίηση της «Προσφοράς Αναφοράς ΟΤΕ για την Αδεσμοποίηση Πρόσβαση στον Τοπικό Βρόχο & Σχετικές Υπηρεσίες» όπου καθορίζονται και οι διαδικασίες παροχής ΤοΥΒ.

Εντός του ΚV του ΟΤΕ φιλοξενούνται οι οριολωρίδες κύριου και απερχόμενου δικτύου όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Στην πρώτη και στην τρίτη κατά σειρά εξ αριστερών οριολωρίδα τερματίζονται τα καλώδια του απερχόμενου δικτύου ενώ στην δεύτερη τερματίζονται τα καλώδια κύριου δικτύου. Για την παροχή υπηρεσιών μέσω της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής δικτύου (π.χ. κλασική τηλεφωνία, ADSL) απαιτούνται τα παρακάτω:

- Σύνδεση από τον ΚΚΜ του ΟΤΕ μέχρι την οριολωρίδα κυρίου δικτύου στο ΚV.
- Σύνδεση της οριολωρίδας κυρίου δικτύου με την κατάλληλη θέση (όριο) στην οριολωρίδα απερχόμενου δικτύου μέσω μικτονόμησης.
- Σύνδεση από το όριο της οριολωρίδας απερχόμενου δικτύου μέχρι το κουτί τερματισμού στο κτίριο του τελικού χρήστη.
- Σύνδεση του ορίου τερματισμού της απερχόμενου δικτύου με το κατάλληλο όριο του τελικού χρήστη μέσω μικτονόμησης.



Εικόνα 4-4 Υλοποίηση ΤοΥΒ

Στην περίπτωση της πρόσβασης στον Τοπικό Υποβρόχο ο εναλλακτικός πάροχος χρησιμοποιεί μια επιπλέον οριολωρίδα που φιλοξενείται μέσα στο ΚV ΟΤΕ. Από εκεί, μέσω μικτονομήσεων συνδέεται με τα κατάλληλα όρια των τελικών χρηστών στην οριολωρίδα απερχόμενου δικτύου αποκτώντας πρόσβασης στον Τοπικό Υποβρόχο. Η

οριολωρίδα παρόχου συνδέεται με τον εξοπλισμό του παρόχου στην υπαίθρια καμπίνα του μέσω Εξωτερικού Συνδετικού Καλωδίου. Για της πρόσβαση στις υπηρεσίες ΤοΥΒ προαπαιτείται η ύπαρξη Απομακρυσμένης Συνεγκατάστασης, όπως θα αναλυθεί σε επόμενη παράγραφο.

Για να αποκτήσει πρόσβαση στον τοπικό υποβρόχο ο πάροχος πρέπει να καταθέσει αίτηση στο Π.Σ. ΟΤΕ. Οι αιτήσεις διαχωρίζονται σε δυο κατηγορίες:

- Αίτηση παροχής ΠΤοΥΒ
- Αίτηση παροχής ΑΝΤοΥΒ

Η αίτηση παροχής Πλήρους Τοπικού Υποβρόχου (ΠΤοΥΒ) αναφέρεται στην παροχή ΤοΥΒ ο οποίος είναι ενεργός κατά την κατάθεση της αίτησης, χρησιμοποιείται δηλαδή για την παροχή υπηρεσίας στον τελικό χρήστη από τον ίδιο ή άλλο πάροχο (συμπεριλαμβανομένου ΟΤΕ). Αντίστοιχα, η αίτηση παροχής Ανενεργού Τοπικού Υποβρόχου αναφέρεται στην παροχή ΤοΥΒ που είναι ανενεργός κατά τη κατάθεση της αίτησης.

4.2.1 Διαδικασίες παροχής ΑΝΤοΥΒ

Η διαδικασία για την παροχή ΑΝΤοΥΒ ξεκινάει με την αίτηση του συνδρομητή προς τον πάροχο η οποία συνοδεύεται από μια δήλωση-εξουσιοδότηση προς τον πάροχο. Ο πάροχος αφού ελέγξει την ορθότητα των στοιχείων καταχωρεί την αίτηση που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα στο Π.Σ. ΟΤΕ εντός μια εργάσιμης ημέρας (ΕΗ). Κατά την καταχώρησή της, η αίτηση παίρνει μοναδικό αύξοντα αριθμό και ημερομηνία κατάθεσης. Οι αιτήσεις υλοποιούνται κατά προτεραιότητα με βάση τη ημερομηνία κατάθεσης.[45]

ΑΙΤΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΝΕΝΕΡΓΟΥ ΤΟΠΙΚΟΥ ΥΠΟ-ΒΡΟΧΟΥ	
Πάροχος	-- Επιλέξτε Πάροχο --
Νομός (Αστικού Κέντρου)*	▼
Αστικό Κέντρο ΟΤΕ*	▼
Κωδικός Καμπίνας*	-- Επιλέξτε Καμπίνα --
Αριθμός Συνεγκατάστασης*	-- Επιλέξτε Συνεγκατάσταση --
Αριθμός Ζεύγους στην οριολωρίδα του παρόχου στον ΤΚΜ *	▼
Επώνυμο ή Επωνυμία*	
Όνομα	
Ευρύτερη Περιοχή	
Πόλη/Χωριό/Συνοικία	
Οδός	
Αριθμός*	
Τ.Κ*	
Τηλεφ. Σύνδεση που λειτουργεί στην ίδια διεύθυνση	
Ημερομηνία Κατάθεσης Αίτησης Καταναλωτή*	
Υπεύθυνος για Συνεννόηση*	
Τηλέφωνο Συνεννόησης*	
Κωδικός Αριθμός Συστήματος Παρόχου	
Με την παρούσα αίτηση δηλώνω υπεύθυνα ότι έχω ελέγξει την τήρηση όλων των διατάξεων της κείμενης Νομοθεσίας σχετικά με τη νομιμότητα του κτιρίου του συνδρομητή/πελάτη και αναλαμβάνω οποιασδήποτε φύσεως ευθύνη (αστική, ποινική, κλπ) σε περίπτωση που αποδειχθεί στη συνέχεια ότι το εν λόγω κτίσμα είναι αυθαίρετο. ▼	
Καθαρισμός Φόρμας	
Αποθήκευση στο σύστημα Αποστολή στον ΟΤΕ	

Εικόνα 4-5 Ενδεικτική Αίτηση Παροχής ΑΝΤοΥΒ (πηγή: RUO 2017 [37])

Ο πάροχος κατά την αποστολή της αίτησης ΤοΥΒ συμπληρώνει όλα τα στοιχεία του αιτήματος εκτός από τον κωδικό του ΤΚΜ από τον οποίο εξυπηρετείται ο συνδρομητής. Ο ΟΤΕ ελέγχει είτε κατά την υποβολή της αίτησης είτε στη ροή του αιτήματος εάν ο πάροχος διαθέτει ενεργή υπηρεσία Απομακρυσμένης Συνεγκατάστασης για ΤοΥΒ στον ΤΚΜ από τον οποίο εξυπηρετείται ο συνδρομητής. Σε αυτήν την περίπτωση ενημερώνει τον πάροχο για τον κωδικό του ΤΚΜ. Εν συνεχεία ο πάροχος δηλώνει το επιθυμητό όριο συνεγκατάστασης. Μετά την καταχώρηση της αίτησης ο ΟΤΕ ελέγχει την ακρίβεια των αναγραφόμενων στοιχείων διεύθυνσης. Αν τα στοιχεία είναι ελλιπή, ανακριβή ή λανθασμένα ο πάροχος ενημερώνεται μέσω του Π.Σ. ΟΤΕ για την απόρριψη της αίτησης. Η εκ νέου καταχώρηση της αίτησης με πλήρη και ακριβή στοιχεία θεωρείται νέα πρόταση με νέο αριθμό πρωτοκόλλου και νέα ημερομηνία υποβολής. Εάν τα στοιχεία της αίτησης είναι ορθά τότε ο ΟΤΕ προχωράει στον έλεγχο επιλεξιμότητας του υποβρόχου.

Ο έλεγχος επιλεξιμότητας αφορά στο κατά πόσο δεν συντρέχει λόγος απόρριψης του αιτήματος σύμφωνα με μια σειρά κριτηρίων. Συγκεκριμένα, τόσο για αιτήσεις ΑΝΤοΥΒ όσο και για αιτήσεις ΠΤοΥΒ ισχύουν οι παρακάτω λόγοι απόρριψης:

1. Μη ολοκληρωμένη προγενέστερη αίτηση από άλλον πάροχο.
2. Έλλειψη ελεύθερου ζεύγους στην οριολωρίδα του παρόχου εντός του KV ΟΤΕ ή στο συνδετικό καλώδιο.
3. Έλλειψη απομακρυσμένης συνεγκατάστασης στο KV ΟΤΕ. [45]

Επιπλέον για τις αιτήσεις ΑΝΤοΥΒ ισχύουν οι παρακάτω λόγοι απόρριψης:

1. Έλλειψη απερχόμενου δικτύου.
2. Δοθείσα διεύθυνση εκτός ορίου του KV συνεγκατάστασης.
3. Έλλειψη εισαγωγής σε νέα πολυκατοικία ή σε μη ολοκληρωμένη οικοδομή.
4. Μη εξεύρεση του αιτούντος ή αντ' αυτού προσώπου.
5. Πλημμελή ή ανακριβή στοιχεία αίτησης.
6. Αυθαίρετο οίκημα.
7. Ειδική κατασκευή ΟΤΕ, πέραν των 200 μέτρων.
8. Λανθασμένη διεύθυνση.
9. Ασαφής διεύθυνση.
10. Ακατάλληλη υποδομή στις εγκαταστάσεις του τελικού χρήστη, στην οποία καταλήγει το καλώδιο του ΟΤΕ. [45]

Ο ΟΤΕ οφείλει εντός 5 ΕΗ να ενημερώσει τον πάροχο για την επιλεξιμότητα ή μη του υποβρόχου, τους λόγους ενδεχόμενης απόρριψης καθώς και πιθανές εναλλακτικές δυνατότητες υλοποίησης.

Ειδικότερα για τις αιτήσεις ΑΝΤοΥΒ οι οποίες δεν μπορούν να υλοποιηθούν άμεσα λόγω έλλειψης απερχόμενου δικτύου, ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

- Τα αιτήματα κατασκευής υποβρόχου που χαρακτηρίζονται ως μη επιλέξιμα ελλείψει δικτύου θα παραμένουν σε εκκρεμότητα μαζί με τα αντίστοιχα αιτήματα πελατών λιανικής του ΟΤΕ. Η σειρά προτεραιότητας και η αντίστοιχη διαχείριση τους γίνεται με ενιαίο τρόπο. Επομένως, μόλις διατεθεί ή απελευθερωθεί ζευγάρι απερχόμενου δικτύου, υλοποιείται η αίτηση ΑΝΤοΥΒ που είχε κατατεθεί πρώτη, ανεξάρτητα από το εάν ανήκει σε πελάτη λιανικής ΟΤΕ ή άλλου

παρόχου. Τα αιτήματα θα παραμένουν σε αναμονή για χρονικό διάστημα δυο μηνών και έπειτα θα διαγράφονται αυτόματα. Ο χρόνος παραμονής των αιτήσεων σε αναμονή δεν προσμετράται στα πλαίσια των SLA (Service Level Agreement).

- Τα αιτήματα κατασκευής υποβρόχου που απαιτούν ειδική κατασκευή ΟΤΕ εντός των 200 μέτρων θα διαφοροποιούνται σε σχέση με τα προηγούμενα και θα παρακολουθούνται ξεχωριστά καθώς δεν μπορούν να υλοποιηθούν άμεσα ούτε να δοθεί δεσμευτικός χρόνος υλοποίησης. Τα σχετικά αιτήματα θα παραμένουν σε αναμονή για έξι μήνες μέχρι της αυτόματη διαγραφή τους. Οι χρόνοι αναμονής δεν προσμετρώνται στα πλαίσια των SLA.

Εάν ο ΤοΥΒ χαρακτηριστεί ως επιλέξιμος τότε ο ΟΤΕ ενημερώνει τον πάροχο για την ακριβή ημερομηνία υλοποίησης του υποβρόχου και ορίζει συγκεκριμένο χρονικό παράθυρο τεσσάρων ωρών εντός του οποίου θα πραγματοποιηθεί η επίσκεψη για την κατασκευή. Ο πάροχος δύναται να παρευρίσκεται στη διεύθυνση υλοποίησης για τη δοκιμή και την παραλαβή του υποβρόχου.

Η υλοποίηση ANToYB απαιτεί εκ μέρους του ΟΤΕ τις παρακάτω ενέργειες:

- Στη σύνδεση του ANToYB στην αντίστοιχη θέση (όριο) της οριολωρίδας του παρόχου στον TKM.
- Στον τερματισμό του ANToYB στον κατανεμητή του κτιρίου στη διεύθυνση του τελικού χρήστη ή στο κουτί διακλάδωσης (χαλύβδινο) μετά τον ακραίο διακλαδωτή (box) του κτιρίου.

Κατά την υλοποίηση υποβρόχου ο ΟΤΕ προβαίνει σε μια σειρά μετρήσεων που αφορούν τη χωρητικότητα των διπλαγωγών, τις αντιστάσεις μόνωσης μεταξύ των διπλαγωγών και διπλαγωγών και γης, το μήκος του υποβρόχου και την ύπαρξη ξένων τάσεων. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων καταχωρούνται στο Π.Σ. ΟΤΕ. Στην περίπτωση όπου τα αποτελέσματα είναι εκτός των ορισμένων ορίων και σε περίπτωση όπου είναι τεχνικά εφικτό, επιλέγεται νέο χάλκινο ζεύγος και ακολουθείται η ίδια διαδικασία μετρήσεων. Σε περίπτωση που δε βρεθεί χάλκινο ζεύγος που να πληροί τα απαιτούμενα όρια μετρήσεων, τότε το αίτημα θα μεταβαίνει στην ενιαία λίστα αναμονής και θα καταλαμβάνει την πρώτη θέση στη σειρά προτεραιότητας για το συγκεκριμένο στοιχείο δικτύου.

Με την ολοκλήρωση της υλοποίησης του ANToYB ο ΟΤΕ οφείλει να ενημερώσει αυθημερόν τον πάροχο μέσω του Π.Σ. ΟΤΕ. Από την πλευρά του ο πάροχος έχει στη διάθεσή του τρεις ΕΗ για να ελέγξει τον υποβρόχο μέσω των δικών του συστημάτων εποπτείας και διαχείρισης και να τον αποδεχθεί ή όχι. Το συγκεκριμένο διάστημα δεν προσμετράται στους χρόνους SLA. Σε περίπτωση όπου ο πάροχος αποδεχθεί τον ΤοΥΒ δηλώνει στο Π.Σ. ΟΤΕ «Αποδοχή Υποβρόχου» και η διαδικασία ολοκληρώνεται. Ως ημερομηνία έναρξης της χρέωσης ορίζεται η επόμενη ημέρα από την ημερομηνία παράδοσης. Σε περίπτωση όπου παρέλθουν τρεις ΕΗ χωρίς ο πάροχος να δηλώσει μη αποδοχή, τότε γίνεται αυτόματη υποδοχή.

Εφόσον ο πάροχος μέσω των συστημάτων του εντοπίσει δυσλειτουργία στον υποβρόχο, η οποία δεν εντοπίζεται σε περιοχή ευθύνης του, δηλώνει στο Π.Σ. ΟΤΕ «Μη Αποδοχή Υποβρόχου». Εντός δυο ΕΗ ο ΟΤΕ ελέγχει τον υποβρόχο και

ενημερώνει τον πάροχο μέσω του Π.Σ. ΟΤΕ σχετικά με την υπαιτιότητα της δυσλειτουργίας.

Σε περίπτωση όπου η δυσλειτουργία καταχωρηθεί με υπαιτιότητα ΟΤΕ, τότε ενημερώνει για τη νέα ημερομηνία κατασκευής του ΤοΥΒ και ενημερώνει εκ νέου για την ημερομηνία που ολοκληρώθηκε η άρση. Διαφορετικά, η δυσλειτουργία καταχωρείται ως υπαιτιότητας παρόχου.

Σε κάθε περίπτωση, ο πάροχος έχει περιθώριο δυο ΕΗ για την αποδοχή ή μη του υποβρόχου. Σε περίπτωση που κρίνει ότι ο υποβρόχος δεν λειτουργεί ορθώς, ελέγχει μέσω μετρήσεων αν η δυσλειτουργία εντοπίζεται στην περιοχή ευθύνης του. Αν κρίνει ότι η δυσλειτουργία δεν βρίσκεται στη δική του περιοχή ευθύνης τότε καταχωρεί στο Π.Σ. ΟΤΕ αίτημα για συνδυαστικό ραντεβού, τεχνικού του ΟΤΕ και του παρόχου. Σε περίπτωση όπου κατά το συνδυαστικό ραντεβού διαπιστωθεί ότι η δυσλειτουργία εντοπίζεται στην περιοχή ευθύνης του παρόχου, τότε ο πάροχος χρεώνεται με το αντίστοιχο τέλος άσκοπης μετάβασης/ απασχόλησης συνεργείου. Αντιστοίχως χρεώνεται ο ΟΤΕ αν η δυσλειτουργία εντοπιστεί στη δική του περιοχή ευθύνης.

Ως ημερομηνία παράδοσης του ΤοΥΒ ορίζεται η ημερομηνία υλοποίησης ή άρσης σε περίπτωση δυσλειτουργίας του ΤοΥΒ, εκτός εάν η υπαιτιότητα για τη μη αποδοχή στο τελικό στάδιο της διαδικασίας υπήρξε του παρόχου. Σε αυτή την περίπτωση ως ημερομηνία παράδοσης του ΤοΥΒ ορίζεται η ημερομηνία που ο ΟΤΕ ενημέρωσε τον πάροχο μέσω του ΠΣ για την ημερομηνία ολοκλήρωσης της υλοποίησης του ΤοΥΒ. [45]

4.2.2 Διαδικασίες παροχής ΠΤοΥΒ

Οι διαδικασίες παροχής ΠΤοΥΒ διαφέρουν από τις αντίστοιχες παροχής ΑΝΤοΥΒ καθώς πρόκειται για παροχή τοπικού υποβρόχου που χρησιμοποιείται από τον ίδιο ή άλλο πάροχο (συμπεριλαμβανομένου ΟΤΕ). Η αίτηση που καταθέτει ο πάροχος κατόπιν της εξουσιοδότησης του τελικού χρήστη περιλαμβάνει αίτημα για κατάργηση των υπηρεσιών που του παρέχονται μέσω του ΤοΒ/ΤοΥΒ και αίτημα παροχής ΠΤοΥΒ.

Ανάλογα με την ενεργή υπηρεσία χονδρικής που παρείχε ο ΟΤΕ στον συγκεκριμένο βρόχο οι αιτήσεις διαφοροποιούνται στα παρακάτω είδη:

- Αίτηση μετάβασης από Μεριζόμενο Τοπικό Βρόχο (ΜΤοΒ) σε ΠΤοΥΒ.
- Αίτηση μετάβασης από ΠΤοΒ σε ΠΤοΥΒ.
- Αίτηση μετάβασης Χονδρικής Ευρυζωνικής Πρόσβασης (ΧΕΠ) σε ΠΤοΥΒ.
- Αίτηση μετάβασης ΠΤοΥΒ παρόχου Α σε ΠΤοΥΒ παρόχου Β.

Οι παραπάνω αιτήσεις μπορεί να συνοδεύονται με αίτημα φορητότητας αν ο τελικός χρήστης λάμβανε υπηρεσίες λιανικής από διαφορετικό πάροχο. Καθώς ο αιτών πάροχος δε δύναται να γνωρίζει την ακριβή υπηρεσία χονδρικής που παρείχε ο ΟΤΕ, ενημερώνεται αυτόματα κατά την εισαγωγή του αιτήματος από το Π.Σ. ΟΤΕ ώστε να συμπληρώσει με ακρίβεια την αίτηση.

ΑΙΤΗΣΗ ΕΝΕΡΓΟΥ ΤΟΠΙΚΟΥ ΥΠΟ-ΒΡΟΧΟΥ	
Είδος αίτησης	Παροχή Ενεργού Υποβρόχου
Πάροχος	-- Επιλέξτε Πάροχο --
Νομός (Αστικού Κέντρου)	
Αστικό Κέντρο ΟΤΕ*	
Κωδικός Καμπίνας*	-- Επιλέξτε Καμπίνα --
Αριθμός Συνεγκατάστασης*	-- Επιλέξτε Συνεγκατάσταση --
Αριθμός Ζεύγους στην οριολαρίδα του παρόχου στον ΤΚΜ *	
Τηλεφ. Σύνδεση που συνδέεται στον Βρόχο*	
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΚΑΙΟΥΧΟΥ ΤΗΛΕΦ. ΣΥΝΔΕΣΗΣ	
Επώνυμο ή Επωνυμία*	
Όνομα	
Νομός	
Ευρύτερη Περιοχή	
Πόλη/Χωριό/Συνοικία	
Οδός*	
Αριθμός	
Τ.Κ	
Ημερομηνία Κατάθεσης Αίτησης Καταναλωτή*	
ΘΑ ΕΠΑΚΟΛΟΥΘΗΣΕΙ ΑΙΤΗΣΗ ΦΟΡΗΤΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΝΔΕΣΗ (Ν)αι / (Ο)χι *	Όχι
Υπεύθυνος για Συνεννόηση*	
Τηλέφωνο Συνεννόησης*	
Κωδικός Αριθμός Συστήματος Παρόχου	
Καθαρισμός Φόρμας	
Αποθήκευση στο σύστημα Αποστολή στον ΟΤΕ	

Εικόνα 4-6 Ενδεικτική Αίτηση Παροχή ΠΤοΥΒ (πηγή: RUO 2017 [37])

Στην περίπτωση ΠΤοΥΒ, ο ΟΤΕ έχει περιθώριο τριών ΕΗ για να ενημερώσει για την επιλεξιμότητα του υποβρόχου και ισχύουν οι παρακάτω λόγοι απόρριψης:

1. Ανακριβή στοιχεία αίτησης (π.χ διαφορετικό επώνυμο ή επωνυμία συνδρομητή ή αριθμός τηλεφώνου από αυτά της αίτησης).
2. Αδυναμία δικτύου σύνδεσης (PCM ή Φ/Σ) και έλλειψη δικτύου χαλκού στο απερχόμενο δίκτυο.
3. Διεπιλογική σύνδεση (για BRA DDI, PRA ISDN, C2B).
4. Πολλαπλός συνδρομητικός αριθμός (MSN) .
5. Ειδική φύση σύνδεσης (κοινόχρηστη σύνδεση, κλπ) .
6. Διεύθυνση λειτουργίας σύνδεσης εκτός ορίων ΤΚΜ όπου έχει λάβει ο πάροχος Απομακρυσμένη Συνεγκατάσταση.
7. Αδυναμία δικτύου σύνδεσης (μετρήσεις εκτός ορίων). [45]

Σε περίπτωση όπου αίτημα για παροχή ΠΤοΥΒ απορρίπτεται με την αιτιολογία «Αδυναμία δικτύου σύνδεσης (μετρήσεις εκτός ορίων)» και δεν υπάρχει άλλος διαθέσιμος υποβρόχος που να πληροί τα όρια των μετρήσεων, τότε ο βρόχος και υποβρόχος θα μικτονομούνται εκ νέου στα όρια του παρόχου δότη στους αντίστοιχους ΚΚΜ και ΤΚΜ όπως ίσχυε πριν την αίτηση. Ο πάροχος δέκτης θα έχει τη δυνατότητα να καταθέσει για τον συγκεκριμένο τελικό χρήστη αίτημα ΑΝΤοΥΒ.

Για την υλοποίηση του ΠΤοΥΒ απαιτούνται οι παρακάτω εργασίες:

- Απομικτονόμηση αντίστοιχου βρόχου στον κεντρικό καταναλωτή (ΚΚΜ - MDF) στην περίπτωση των υπηρεσιών ΠΤοΒ, ΜΤοΒ, ΧΕΠ.
- Διακοπή υπηρεσίας ΧΕΠ σε περίπτωση που αυτή παρέχεται από τον ΟΤΕ.
- Απομικτονόμηση κύριου και απερχόμενου δικτύου στον ΤΚΜ.

- Μικτονόμηση απερχόμενου δικτύου με το αντίστοιχο όριο στην οριολωρίδα παρόχου στον TKM, υπό την προϋπόθεση της ενεργής υπηρεσίες Απομακρυσμένης Συνεγκατάστασης Υποβρόχου. [45]

4.2.3 Χρόνοι παράδοσης και προβλέψεις

Μέρος της Προσφοράς Αναφοράς αποτελεί η Βασική Συμφωνία Επιπέδου Υπηρεσιών Τοπικού Βρόχου/Υποβρόχου (Basic SLA) η οποία περιγράφει το ελάχιστο υποχρεωτικό επίπεδο ποιότητας της υπηρεσίας, τα χρονοδιαγράμματα για την παράδοσή της και την αποκατάσταση βλαβών καθώς και τις μεθόδους υπολογισμού ρητρών στην περίπτωση μη εκπλήρωσης των προηγούμενων. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι χρόνοι παράδοσης για τις υπηρεσίες ΤοΥΒ, σε Εργάσιμες Ημέρες με έναρξη την καταχώρηση της αίτησης.

Πίνακας 4-1 Χρόνοι παράδοσης ΤοΥΒ σε ΕΗ [45]

ΥΠΗΡΕΣΙΑ	ΧΡΟΝΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ
Παράδοση Ανενεργού ΤοΥΒ (ANToYB)	12
Παράδοση Ενεργού ΤοΥΒ (ENToYB)	10
Μετάβαση MToB σε ΠToYB	10
Μετάβαση ΠToYB σε ΠToYB	10
Μετάβαση ΠToB σε ΠToYB	10
Μετάβαση ΧΕΠ σε ΠToYB	10
Κατάργηση ΤοΥΒ	8
Αλλαγή ορίου ΤοΥΒ (που δεν σχετίζεται με βλάβη).	10

Για την καλύτερη και έγκαιρη πληροφόρηση του ΟΤΕ σχετικά με τα αιτήματα ΤοΥΒ η Προσφορά Αναφοράς ορίζει διαδικασία υποβολής προβλέψεων εκ μέρους των παρόχων ώστε να αποφευχθούν καθυστερήσεις στην υλοποίηση των αιτημάτων. Συγκεκριμένα, οι πάροχοι είναι υποχρεωμένοι ανά τρίμηνο να υποβάλουν τις προβλέψεις του για αιτήματα ανά μήνα και η υπέρβαση του 10% της πρόβλεψης θα θέτει τα επιπλέον αιτήματα εκτός Βασικής Συμφωνίας και θα απαλλάσσει τον ΟΤΕ από την υποχρέωση καταβολής ρήτρας.

Ειδικότερα για τις μεταβάσεις ΤοΒ σε ΤοΥΒ ορίζεται ως ημερήσιο ανώτατο όριο ανά πάροχο οι δέκα αιτήσεις ανά Αστικό Κέντρο ή οι δέκα αιτήσεις ανά TKM για έως δυο TKM ανά αστικό κέντρο (σύνολο είκοσι αιτήσεις). Η συγκεκριμένη παράμετρος αφορά κατά κόρον τις διαδικασίες εισαγωγής της τεχνολογίας Vectoring καθώς με την ολοκλήρωση της υποδομής σε ένα TKM ο πάροχος ενδέχεται να ζητήσει τη μαζική μετάβαση των συνδρομητών του από υπηρεσίες ΤοΒ σε υπηρεσίες ΤοΥΒ. Οι διαδικασίες υλοποίησης ΤοΥΒ είναι πιο χρονοβόρες σε σχέση με την υλοποίηση ΤοΒ καθώς απαιτείται η μετάβαση τεχνικών ΟΤΕ στον χώρο του TKM. Η ΕΕΤΤ όρισε αυτό το ανώτερο όριο ώστε να διασφαλιστεί η δυνατότητα του ΟΤΕ να ανταπεξέλθει στο βάρος εργασιών που θα προκύψει από ενδεχόμενες μαζικές μεταβάσεις χωρίς να υποστεί μη αναλογικές ρήτρες. Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη ότι για κάθε Αστικό Κέντρο θα αιτείται αποκλειστικά ένας πάροχος, έθεσε το όριο των είκοσι αιτήσεων ανά Αστικό Κέντρο για δυο TKM, με στόχο την ταχεία μετάβαση των συνδρομητών του παρόχου. Επίσης σε πολλές περιπτώσεις μια ΥΚΕΕ εξυπηρετεί τους συνδρομητές

που αντιστοιχούν σε δυο διαφορετικά γειτονικά ΤΚΜ. Πρακτικά, μετά την ενεργοποίηση της υπαίθριας καμπίνας ενεργού εξοπλισμού, το πλήθος των πελατών του παρόχου θα δύναται να μεταβαίνουν σε υπηρεσίες ΤοΥΒ με μέγιστο ρυθμό είκοσι συνδρομητών την ημέρα. [45]

4.2.4 Βλαβοδιαχείριση ΤοΥΒ

Ο ΟΤΕ υποχρεούται να διατηρεί τους βρόχους και υποβρόχους στην κατάσταση που απαιτείται για την υποστήριξη των παρεχόμενων υπηρεσιών. Στα πλαίσια της Προσφοράς Αναφοράς περιγράφονται οι διαδικασίες αποκατάστασης βλαβών, οι χρόνοι αποκατάστασης καθώς και οι σχετικές ρήτρες.

Στην περίπτωση που προκύψει διακοπή ή δυσλειτουργία σε υπηρεσίες πελάτη, ο πάροχος οφείλει να προβεί στους απαραίτητους ελέγχους στις εγκαταστάσεις του και στις εγκαταστάσεις του τελικού χρήστη, όπου θα πρέπει να πραγματοποιήσει τις παρακάτω μετρήσεις, αφού απομονώσει τον ΤοΥΒ:

1. Μέτρηση της αντίστασης μόνωσης μεταξύ α αγωγού – γης (R_{ae})
2. Μέτρηση της αντίστασης μόνωσης μεταξύ β αγωγού – γης (R_{be})
3. Μέτρηση της αντίστασης μόνωσης μεταξύ α αγωγού – β αγωγού (R_{ab})
4. Μέτρηση των ξένων ηλεκτρικών τάσεων μεταξύ α αγωγού – γης ($V_{\xi ab}$)
5. Μέτρηση των ξένων ηλεκτρικών τάσεων μεταξύ β αγωγού – γης ($V_{\xi ae}$)
6. Μέτρηση των ξένων ηλεκτρικών τάσεων μεταξύ α αγωγού – β αγωγού ($V_{\xi be}$)
7. Μέτρηση της χωρητικότητας μεταξύ α αγωγού – β αγωγού (C_{ab})
8. Μέτρηση της χωρητικότητας μεταξύ α αγωγού – γης (C_{ae})
9. Μέτρηση της χωρητικότητας μεταξύ β αγωγού – γης (C_{be})

Σε περίπτωση που κρίνει ότι η βλάβη εντοπίζεται σε χώρο ευθύνης ΟΤΕ προβαίνει στην αναγγελία της βλάβης στο Π.Σ. ΟΤΕ όπου ο πάροχος ενημερώνει για τις υπηρεσίες που λαμβάνει ο πελάτης του, παρέχει πληροφορίες για τα συμπτώματα της βλάβης, τις μετρήσεις και τις ενέργειες που έχει επιτελέσει, καθώς και την εκτίμησή του για το σημείο ύπαρξης βλάβης. Ο ΟΤΕ ενημερώνει για το παράθυρο τεσσάρων ωρών κατά το οποίο θα πραγματοποιηθεί η επίσκεψη του συνεργείου του, αν κάτι τέτοιο απαιτηθεί. Κατά την επίσκεψή του επαναλαμβάνει τις παραπάνω μετρήσεις ξεκινώντας από τον υπαίθριο κατανεμητή. Σε περίπτωση όπου οι μετρήσεις είναι εντός ορίων ο ΟΤΕ κλείνει τη βλάβη υπό ευθύνη του παρόχου, χρεώνοντας το αντίστοιχο τέλος άσκοπης μετάβασης. Αν κατά τον έλεγχο της βλάβης στον υπαίθριο κατανεμητή ο ΟΤΕ δεν λαμβάνει τις υπηρεσίες xDSL που έχει δηλώσει ο πάροχος τότε η βλάβη ολοκληρώνεται με υπαιτιότητα παρόχου. Εφόσον ο πάροχος έχει δηλώσει εναλλακτικό όριο ΕΞΣΚ ΤοΥΒ κατά την αναγγελία της βλάβης, ο ΟΤΕ προβαίνει σε αλλαγή ορίου χρεώνοντας το αντίστοιχο τέλος αλλαγής ορίου και όχι τέλος άσκοπης μετάβασης.

Σε περίπτωση όπου ο ΟΤΕ εντοπίσει πρόβλημα στο δίκτυο ευθύνης του, από τον υπαίθριο κατανεμητή έως το σημείο τερματισμού στις εγκαταστάσεις του τελικού χρήστη, καταβάλλει κάθε τεχνικά δυνατή προσπάθεια ώστε να αρθεί η συγκεκριμένη βλάβη. Ως έσχατη τεχνική λύση μπορεί να αξιοποιηθεί η αλλαγή ζεύγους υποβρόχου. Μετά την άρση βλάβης ο ΟΤΕ επαναλαμβάνει τις μετρήσεις και τις κοινοποιεί στο Π.Σ. κατά το «κλείσιμο» της βλάβης.

Ο πάροχος δύναται να μην αποδεχθεί την άρση βλάβης ή αντίστοιχα την υπαιτιότητά του, και να ζητήσει συνδυαστικό ραντεβού κατά το οποίο η πλευρά η οποία φέρει την υπαιτιότητα της βλάβης χρεώνεται με τέλος άσκοπτης μετάβασης.

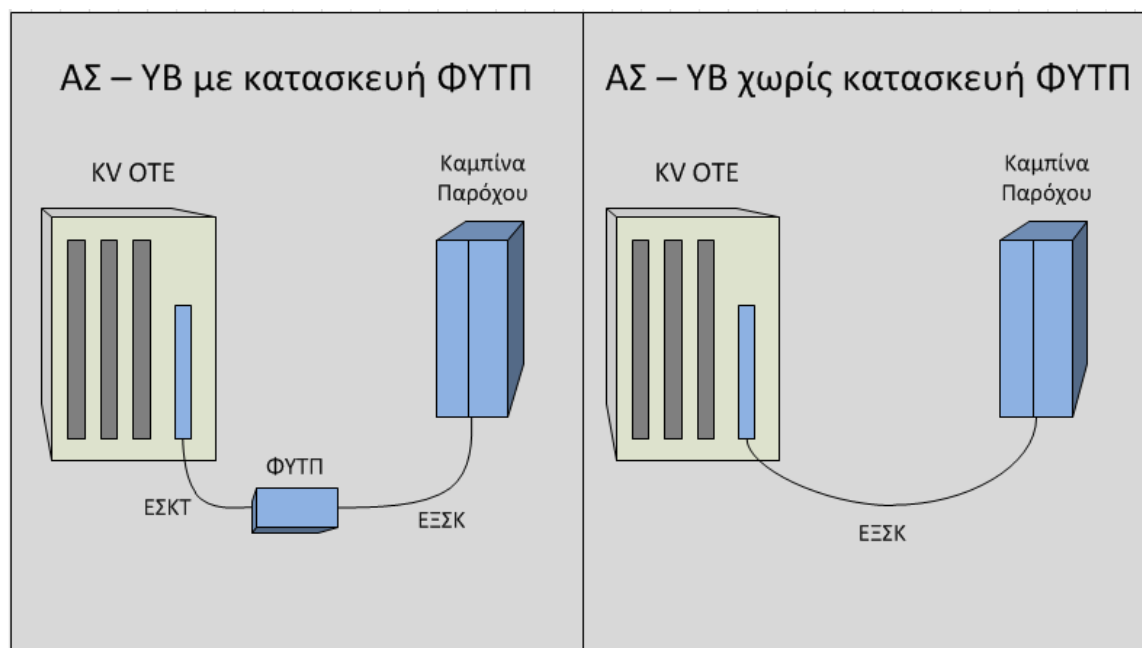
Ο χρόνος για την άρση βλάβης στον ΤοΥΒ ορίζεται η μία ΕΗ στα πλαίσια της Βασικής Συμφωνίας. [45]

4.3 Απομακρυσμένη Συνεγκατάσταση

Η πρόσβαση στις υπηρεσίες ΤοΥΒ προαπαιτεί εκ μέρους του εναλλακτικού παρόχου (Τηλεπικοινωνιακός Πάροχος – Τ.Π.) την υλοποίηση Απομακρυσμένης Συνεγκατάστασης Υποβρόχου (ΑΣ-ΥΒ) με σύνδεση του εξοπλισμού του παρόχου με τον Τοπικό Καταμεμητή Μικτονόμησης (TKM – LDF), ο οποίος εξυπηρετεί τον ζητούμενο Τοπικό Υποβρόχο. Ο χώρος για την εγκατάσταση του ενεργού εξοπλισμού του εναλλακτικού παρόχου επιλέγεται από τον ίδιο και βρίσκεται σε σημείο που δεν συνδέεται ιδιοκτησιακά με τον ΟΤΕ. Στον TKM τερματίζονται οι τοπικοί υποβρόχοι ώστε να συνδεθούν μέσω μικτονόμησης είτε με το Κύριο Δίκτυο χαλκού, είτε με DSLAM εγκατεστημένο σε υπαίθρια καμπίνα.

Για την υλοποίηση της ΑΣ-ΥΒ ο εναλλακτικός πάροχος κατασκευάζει την υπαίθρια καμπίνα ενεργού εξοπλισμού σε απόσταση που συνίσταται να είναι μικρότερη των 30 μέτρων από το KV. Παράλληλα κατασκευάζει φρεάτιο υποδοχής (Φρεάτιο Υποδοχής Τηλεπικοινωνιακού Παρόχου (ΦΥΤΠ)), το οποίο αποτελεί το σημείο οριοθέτησης μεταξύ ΟΤΕ και παρόχου. Το ΦΥΤΠ πρέπει να απέχει 3 έως 10 μέτρα από το KV και να βρίσκεται στην ίδια πλευρά του δρόμου, όπου αυτό είναι εφικτό. Η σύνδεση της καμπίνας Τ.Π. με το ΦΥΤΠ γίνεται μέσω Εξωτερικού Συνδετικού Καλωδίου (ΕΞΣΚ) που κατασκευάζει ο πάροχος. Η σύνδεση του ΦΥΤΠ με τον TKM γίνεται μέσω Εσωτερικού Καλωδίου Τερματισμού (ΕΣΚΤ) που κατασκευάζει και συντηρεί ο ΟΤΕ. Η σύνδεση των καλωδίων γίνεται με βήμα τα 50 ζεύγη, ενώ ο τερματισμός τους στον TKM γίνεται ανά δέκα ζεύγη. Μέσω των ζευγών αυτών ο πάροχος λαμβάνει τους απαιτούμενους υποβρόχους.

Κατά την τροποποίηση της Προσφοράς Αναφοράς, και στα πλαίσια των έργων ανάπτυξης δικτύου για την παροχή υπηρεσίας Vectoring, δόθηκε η δυνατότητα της διασύνδεσης της υπαίθριας καμπίνας του εναλλακτικού παρόχου με τον TKM μέσω καλωδίου χαλκού (Εξωτερικό Συνδετικό Καλώδιο Τοπικού Υποβρόχου – ΕΞΣΚ-ΤοΥΒ) χωρίς να απαιτείται η κατασκευή φρεατίου ΦΥΤΠ. Με αυτόν τον τρόπο επιταχύνονται σημαντικά οι διαδικασίες για την ανάπτυξη δικτύου και απελευθερώνονται οικονομικοί πόροι.



Εικόνα 4-7 Απομακρυσμένη Συνεγκατάσταση Υποβρόχου

Η κατασκευή του ΕΞΚ-ΤοΥΒ πραγματοποιείται από τον πάροχο που αιτείται την συνεγκατάσταση. Για την αποφυγή βλαβών στην υφιστάμενη καλωδίωση του ΤΚΜ κατά την κατασκευή του ΕΞΚ-ΤοΥΒ, η μελέτη όδευσης του καλωδίου για αποστάσεις μικρότερες των 10 μέτρων από το ΚV θα γίνεται σε συνεργασία με τον ΟΤΕ, ενώ κατά τις εργασίες εισαγωγής του στον ΤΚΜ απαιτείται η παρουσία επιβλέποντος τεχνικού του ΟΤΕ. Η θέση στην οποία θα παρέχονται τα απαιτούμενα στοιχεία τύπου KRONE για τον τερματισμό του ΕΞΚ-ΤοΥΒ θα υποδεικνύονται από τον ΟΤΕ. Το πλήθος των ζευγών τερματισμού θα είναι 100 ή 200, και θα καθορίζεται με βάση τις απαιτήσεις του παρόχου και την χωρητικότητα του ΤΚΜ. Μετά τον τερματισμό του ΕΞΚ-ΤοΥΒ και στα δυο του άκρα, θα πραγματοποιούνται εργασίες πιστοποίησης και αντιστοίχισης ορίων (κουδουνισμός) παρουσία επιβλέποντος τεχνικού του ΟΤΕ.

Στην Προσφορά Αναφοράς αναλύεται διεξοδικά η διαδικασία παροχής ΑΣ-ΥΒ στα πλαίσια της εισαγωγής της τεχνολογίας Vectoring. Αρχικά, ο πάροχος που επιθυμεί υπηρεσίες ΑΣ-ΥΒ δύναται να ζητήσει από τον ΟΤΕ να διερευνήσει το κατά πόσο υπάρχει ο απαραίτητος χώρος για τη συνεγκατάσταση εντός του ΚV ή αν απαιτείται επέκταση ή αντικατάσταση του. Η συγκεκριμένη πληροφορία δίδεται από τον ΟΤΕ σε εξαμηνιαία βάση κατά την Α' φάση ανάθεσης και για αυτό το λόγο η ΕΕΤΤ κρίνει ότι είναι προαιρετική για τον πάροχο. Για τα συγκεκριμένα στοιχεία δεν απαιτείται επιτόπια αυτοψία από τον ΟΤΕ καθώς εξάγονται από τα πληροφοριακά του συστήματα. Τα αιτήματα για τη διερεύνηση θα κατατίθενται στο Πληροφοριακό Σύστημα ΟΤΕ (Π.Σ. ΟΤΕ) ομαδοποιημένα ανά Αστικό Κέντρο. Σε περίπτωση που στον ίδιο γεωγραφικό Νομό έχει καταθέσει και δεύτερος πάροχος αίτημα, η διερεύνηση θα εκτελείται με τη σειρά εισαγωγής των αιτημάτων στο Π.Σ. ΟΤΕ. Στα όρια ενός νομού ο ΟΤΕ διερευνά μέχρι 100 ΤΚΜ ανά τέσσερις εργάσιμες ημέρες (ΕΗ) και τα αποτελέσματα κοινοποιούνται γραπτώς στον ενδιαφερόμενο πάροχο.

Στο επόμενο στάδιο της διαδικασίας ο κάθε πάροχος καταθέτει ομαδοποιημένα αιτήματα για την διενέργεια επιτόπιας αυτοψίας. Τα αιτήματα κατατίθενται ομαδοποιημένα ανά Αστικό Κέντρο με την κάθε ομάδα να μην μπορεί να υπερβεί σε

αριθμό τους 100 TKM. Παράλληλα ενημερώνει εγγράφως τον ΟΤΕ για την προτεινόμενη ημερομηνία έναρξης των επιτόπιων αυτοψιών των TKM της πρώτης ομάδας, 5 ΕΗ πριν το πρώτη επίσκεψη για αυτοψία. Ο ΟΤΕ έχει τη δυνατότητα, σε περίπτωση αδυναμίας, να αντιπροτείνει νέα ημερομηνία έναρξης των αυτοψιών η οποία δεν μπορεί να απέχει περισσότερες από 3 ΕΗ από την αρχικά προταθείσα ημερομηνία. Το πλάνο των αυτοψιών μιας ομάδας TKM συμφωνείται από κοινού μεταξύ ΟΤΕ και παρόχου με σκοπό την ελαχιστοποίηση των μεταβάσεων μεταξύ των TKM του Αστικού Κέντρου. Κατά τη διαδικασία της αυτοψίας επιβεβαιώνεται η εφικτότητα του αιτήματος συνεγκατάστασης ή η αναγκαιότητα αντικατάστασης, πραγματοποιείται η μελέτη όδευσης του ΕΞΣΚ-ΤοΥΒ στην εγγύτητα του ΚΥ (αποστάσεις κάτω των 10 μέτρων) και καθορίζεται ο τρόπος εισαγωγής του ΕΞΣΚ-ΤοΥΒ στον TKM. Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας οι εκπρόσωποι των δυο πλευρών συμπληρώνουν και υπογράφουν τυποποιημένο έντυπο στο οποίο αναγράφονται όλες οι σχετικές λεπτομέρειες καθώς και σκαρίφημα για την όδευση του καλωδίου.

Σε περίπτωση όπου κατά την αυτοψία προκύψει ή επιβεβαιωθεί ότι στον TKM δεν υπάρχει ο απαιτούμενος χώρος για τον τερματισμό των 100 ή 200 ζευγών του ΕΞΣΚ-ΤοΥΒ, ο πάροχος μπορεί να αιτηθεί την επέκταση ή την αντικατάσταση του. Το σύνολο των εργασιών, χωματοουργικών και δικτυακών, επιβαρύνει τον πάροχο και περιλαμβάνεται στο τέλος αντικατάστασης TKM. Σε περίπτωση που ο TKM έχει χωρητικότητα 1200 ζευγών και δεν υπάρχει ο απαιτούμενος χώρος για τη συνεγκατάσταση το αίτημα του παρόχου απορρίπτεται ως μη εφικτό.

Με την ολοκλήρωση των αυτοψιών μιας ομάδας TKM ενός παρόχου, ο ΟΤΕ υποχρεούται να συνεχίσει τις αυτοψίες με διαφορετικό πάροχο που τυχόν έχει καταθέσει σχετικό αίτημα. Αν δεν υπάρχει αίτημα αυτοψίας άλλου παρόχου ο ΟΤΕ συνεχίζει τη διενέργεια αυτοψιών της επόμενης ομάδας TKM του πρώτου παρόχου. Ο ΟΤΕ οφείλει να ενημερώνει τους πάροχους που έχουν καταθέσει σχετικά αιτήματα για την ολοκλήρωση του πλάνου αυτοψιών, ώστε ο δεύτερος πάροχος να είναι σε θέση να προτείνει την ημερομηνία έναρξης των αυτοψιών, πέντε ΕΗ πριν την πρώτη επίσκεψη. Η ημερομηνία έναρξης των αυτοψιών θα πρέπει να απέχει τουλάχιστον μία ΕΗ από τη λήξη του πλάνου αυτοψιών του προηγούμενου παρόχου.

Σε κάθε περίπτωση, για το σύνολο των παρόχων ο μέγιστος αριθμός αυτοψιών που διενεργεί ο ΟΤΕ στα όρια ενός γεωγραφικού νομού είναι τα 100 TKM ανά δέκα ΕΗ. Εξαίρεση αποτελεί ο νομός Αττικής όπου ορίζονται τρεις διαφορετικές ομάδες Αστικών Κέντρων με βάση τη γεωγραφική τους τοποθεσία και ο μέγιστος αριθμός αυτοψιών ορίστηκε ως τα 100 TKM ανά ομάδα Αστικών Κέντρων.

Το αποτέλεσμα των μελετών αποστέλλεται στον πάροχο από τον ΟΤΕ εντός 5 ΕΗ από την ολοκλήρωση των αυτοψιών της ομάδας. Σε περίπτωση που κατά την αυτοψία προκύψει η αναγκαιότητα για χωματοургικές και δικτυακές εργασίες στο πλαίσιο της αντικατάστασης TKM, ο ΟΤΕ αποστέλλει μαζί το κόστος και το χρονοδιάγραμμα των απαραίτητων εργασιών. Με τη σειρά του ο πάροχος καλείται να απαντήσει για την αποδοχή ή μη του κόστους και του χρονοδιαγράμματος ενώ η άρνησή του ισοδυναμεί με λόγο απόρριψης της αίτησης για παροχή ΑΣ-ΥΒ στον εν λόγω TKM. Το συνολικό κόστος για την αυτοψία, την μελέτη όδευσης, την μελέτη και την υλοποίηση της αντικατάστασης TKM επιβαρύνει τον πάροχο ανεξάρτητα από την δεσμευτική επιβεβαίωση ή μη του αιτήματός του.

Κατόπιν αυτών, ο πάροχος εκκινεί τις εργασίες κατασκευής του ΕΞΣΚ-ΤοΥΒ σύμφωνα με τη μελέτη όδευσης που συμφωνήθηκε κατά την αυτοψία. Ο πάροχος είναι υποχρεωμένος να ενημερώσει τον ΟΤΕ πέντε ΕΗ προτού οι εργασίες του φτάσουν την εγγύτητα των 10 μέτρων από το ΚV και να καθορίσει την ακριβή ημερομηνία που θα συμβεί αυτό, ώστε ο ΟΤΕ να προγραμματίσει την παρουσία του επιβλέποντος τεχνικού κατά τις εργασίες όδευσης στην εγγύτητα του ΚV και την εισαγωγή του καλωδίου σε αυτό. Ο τεχνικός του ΟΤΕ επιβλέπει επίσης τον τερματισμό του ΕΞΣΚ-ΤοΥΒ στον ΤΚΜ καθώς και τον έλεγχο ταυτοποίησης (κουδούνισμα) των τερματισμένων ζευγών που πραγματοποιείται στα δυο άκρα του καλωδίου (ΤΚΜ – καμπίνα παρόχου). Με την ολοκλήρωση των εργασιών οι δυο πλευρές υπογράφουν τυποποιημένο Δελτίο Επιβλέψεων όπου αναγράφονται οι ώρες επίβλεψης.

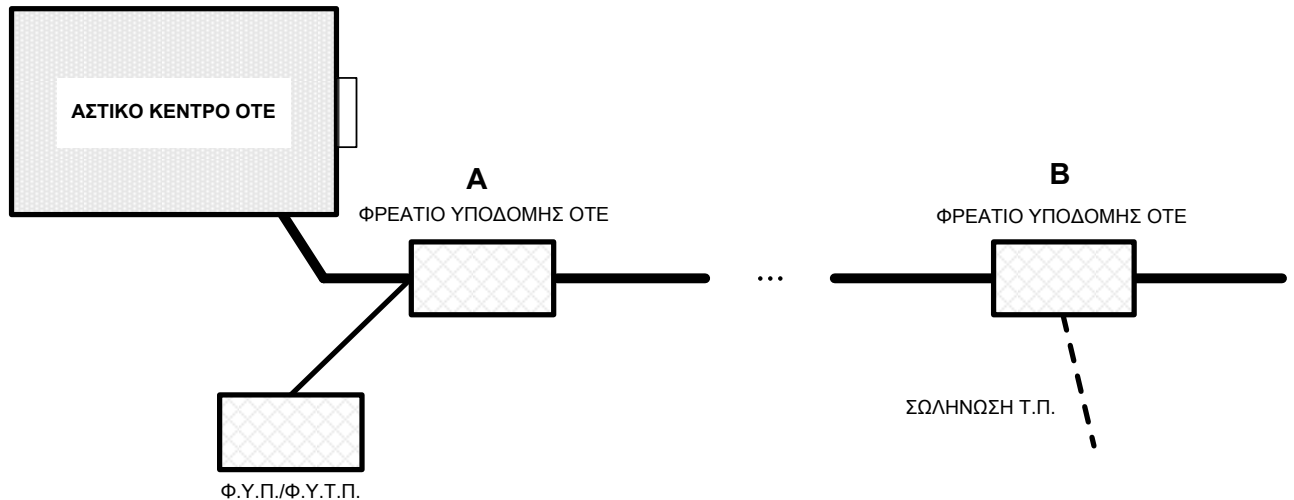
Σε κάθε γεωγραφικό νομό ο ΟΤΕ επιβλέπει ένα Αστικό Κέντρο ανά ημέρα με μέγιστο αριθμό επιβλέψεων τους πέντε ΤΚΜ. Για την περιοχή της Αττικής, ο ΟΤΕ επιβλέπει πέντε ΤΚΜ ανά ομάδα Αστικών Κέντρων την ημέρα, υπό την προϋπόθεση ότι οι ΤΚΜ είναι γειτονικοί.

Ο πάροχος Vectoring (Πάροχος Πρόσβασης) οφείλει να εγκαθιστά για κάθε υπαίθρια καμπίνα που του ανατίθεται καλώδιο χαλκού το οποίο να καλύπτει τουλάχιστον το 50% των ενεργών συνδέσεων της καμπίνας ΟΤΕ. Εάν η χωρητικότητά του φτάσει στο 60% οφείλει να προβεί σε όλες τις απαραίτητες ενέργειες για την επαύξησής του εντός ενός μήνα. [45]

4.3.1 Πρόσβαση σε αγωγούς και παροχή σκοτεινής ίνας

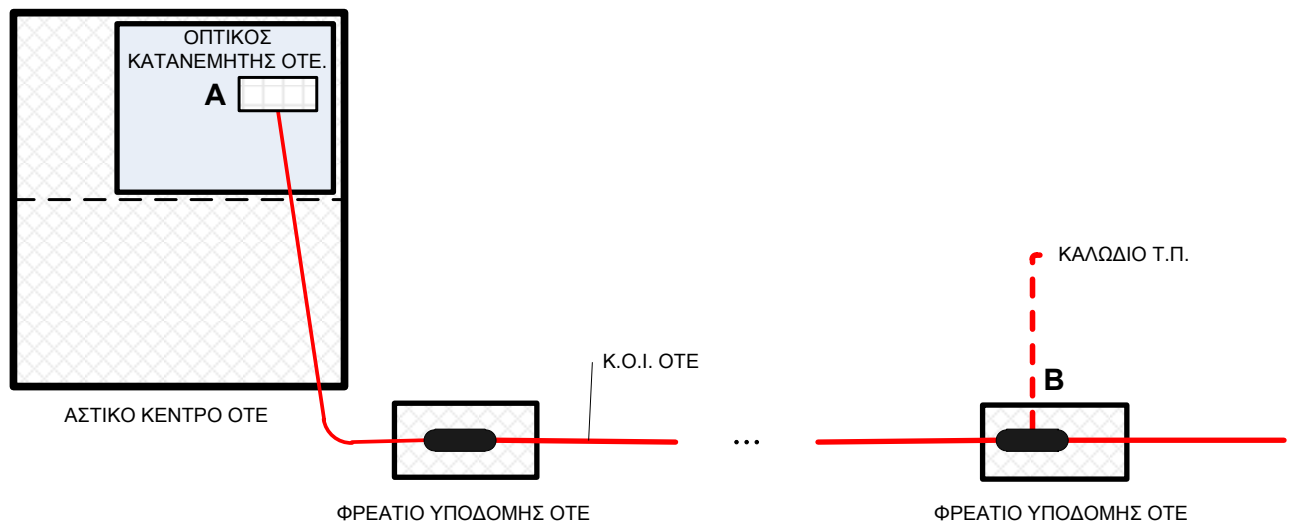
Για τη διασύνδεση του εξοπλισμού του παρόχου στην περιοχή του ΤΚΜ με τον εξοπλισμό του στην περιοχή του Αστικού Κέντρου ο ΟΤΕ παρέχει πρόσβαση σε σωλήνες/αγωγούς και φρεάτια.

Οι παρεχόμενες σωληνώσεις είναι αποκλειστικά διαμέτρου Ø10 και συνδέουν το Φρεάτιο Υποδομής ΟΤΕ (ΦΥΠ ΟΤΕ) στο Άκρο Β, που βρίσκεται στην πλησιέστερη δυνατή θέση στο σημείο ενδιαφέροντος του παρόχου, με το Φρεάτιο Υποδομής ΟΤΕ στο Άκρο Α στο οικείο Αστικό Κέντρο. Τόσο η διασύνδεση με το φρεάτιο όσο και η τοποθέτηση της ίνας εντός των αγωγών πραγματοποιείται υπό την ευθύνη του παρόχου. Η τοποθέτηση της ίνας υλοποιείται αποκλειστικά μέσω εμφύσησης ενώ για την διευκόλυνση της διαδικασίας οι αγωγοί περνούν διαβατικά μέσω των πιθανών ενδιάμεσων φρεατίων.



Εικόνα 4-8 Πρόσβαση σε αγωγούς (πηγή: RUO 2017 [37])

Σε περίπτωση που δεν υπάρχει διαθέσιμη υποδομή σωλήνα/αγωγού για την κάλυψη των αναγκών των Τ.Π., αλλά υπάρχει διαθέσιμη ελεύθερη υποδομή οπτικών ινών από τον Τοπικό Κατανομητή Μικτονόμησης έως το Αστικό Κέντρο, ο ΟΤΕ παρέχει σκοτεινή ίνα σε αυτό το τμήμα του δικτύου του. Ο ΟΤΕ διαθέτει υφιστάμενο ζεύγος ή υφιστάμενα ζεύγη που εκκινούν από το οπτικό σύνδεσμο που βρίσκεται εντός φρεατίου του δικτύου του (Άκρο Β) πλησίον του σημείου ενδιαφέροντος του παρόχου, έως τον οπτικό κατανομητή στον οποίο τερματίζουν οι οπτικές ίνες εντός του οικείου Αστικού Κέντρου (Άκρο Α). [45]



Εικόνα 4-9 Παροχή σκοτεινής ίνας (πηγή: RUO 2017 [37])

4.4 Εικονική Πρόσβαση στον Τοπικό Υποβρόχο

Όταν ένας τηλεπικοινωνιακός πάροχος εγκαθιστά εξοπλισμό ευρυζωνικής πρόσβασης για την παροχή υπηρεσίας σε πελάτες λιανικής δύναται να διαθέσει τη σύνδεση με τον τελικό χρήστη σε έτερο πάροχο ως προϊόν χονδρικής. Η πρόσβαση σε αυτή τη «ροή δεδομένων» ή bitstream αποτελεί συχνά υποχρέωση των incumbent παρόχων.[46]

Τα προϊόντα τύπου VULA (Virtual Unbundled Local Access – Εικονική Αδεσμοποίηση Τοπική Πρόσβαση) αποτελούν ενισχυμένη έκδοση του bitstream, φέροντας κάποια συγκεκριμένα τεχνικά χαρακτηριστικά ώστε η εικονική πρόσβαση που προσφέρουν να προσομοιάζει σε φυσική πρόσβαση στον βρόχο/υποβρόχο. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η ενδυνάμωση του ανταγωνισμού καθώς εναλλακτικοί και νεοεισερχόμενοι πάροχοι μπορούν να προσφέρουν υπηρεσίες λιανικής με τον ίδιο τρόπο που συμβαίνει στην περίπτωση του LLU/SLU αλλά χωρίς να απαιτείται επένδυση σε εξοπλισμό δικτύου πρόσβασης. Στην περίπτωση ανάπτυξης δικτύων NGA, όπου οι απαιτούμενες επενδύσεις είναι ακόμα μεγαλύτερες, η εικονική πρόσβαση αποκτά καθοριστική σημασία για τη λειτουργία της αγοράς.[47]

Τα χαρακτηριστικά που πρέπει να φέρουν τα προϊόντα τύπου VULA είναι τα παρακάτω:

1. Τα προϊόντα VULA να βασίζονται στην τεχνολογία Ethernet
2. Ο πάροχος να έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιεί εξοπλισμό CPE της επιλογής του και να μπορεί να τον χειρίζεται.
3. Ο πάροχος να έχει τη δυνατότητα να παρέχει πακέτα διαφοροποιημένης ονομαστικής ταχύτητας.
4. Η παρεχόμενη ποιότητα υπηρεσίας (Quality of Service - QoS) να είναι τουλάχιστον αντίστοιχη με την ποιότητα υπηρεσίας που παρέχει ο πάροχος VULA στους δικούς του λιανικούς πελάτες.
5. Ο πάροχος να μπορεί να προτεραιοποιεί την κίνησή του.
6. Να υποστηρίζεται multicast μετάδοση.
7. Να υποστηρίζονται πολλαπλά VLAN ώστε να παρέχονται διαφορετικές υπηρεσίες πάνω από την ίδια σύνδεση (πχ VoIP, IPTV).
8. Αναγνώριση και ταυτοποίηση του τελικού χρήστη από τον πάροχο ώστε να προσφέρονται εξατομικευμένες υπηρεσίες.
9. Διαχείριση ασφάλειας και διαχείριση σφαλμάτων από τον πάροχο.[48]

Στην Ελλάδα, ο ΟΤΕ ως πάροχος με Σημαντική Ισχύ στην Αγορά παρέχει προϊόν χονδρικής τύπου VULA υπό την ονομασία VPU light, που παρέχει εικονική πρόσβαση στις υπαίθριες καμπίνες από τις οποίες παρέχει VDSL.

Όπως έχει αναλυθεί εκτενώς, η εισαγωγή της τεχνολογίας Vectoring φέρει τον περιορισμό του ενός παρόχου ανά ΥΚΚ. Η αποκλειστικότητα που αποκτάει ο πάροχος για την προσφορά NGA υπηρεσιών θέτει ως προϋπόθεση τη διάθεση χονδρικών εικονικών προϊόντων ώστε οι υπόλοιποι πάροχοι να διατηρήσουν την ικανότητα προσφοράς ανταγωνιστικών λιανικών υπηρεσιών. Σε αυτό το πλαίσιο η ΕΕΤΤ αποφάσισε ότι κάθε πάροχος στον οποίο ανατίθεται περιοχή για την εισαγωγή τεχνολογίας Vectoring υποχρεούται να παρέχει χονδρικό εικονικό προϊόν τύπου VULA με κοινές ελάχιστες τεχνικές προδιαγραφές εγκεκριμένες από την ίδια, με όρους διαφάνειας και μη διακριτής μεταχείρισης.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά που θα εξασφαλίσουν τη δυνατότητα των παρόχων να διαθέτουν ευέλικτες λιανικές υπηρεσίες αντίστοιχες με αυτές που παρείχαν στην περίπτωση ΑΠΤοΥΒ, περιγράφονται στην απόφασή της για τις «Τεχνικές προδιαγραφές και ελάχιστα χαρακτηριστικά του χονδρικού προϊόντος Εικονικής Τοπικής Αδεσμοποίησης Πρόσβασης (Virtual Local Unbundling – VLU)». [49]

Ανάλογα με την αρχιτεκτονική NGA που επιλέγει ο κάθε πάροχος η ΕΕΤΤ όρισε τις χονδρικές υπηρεσίες VLU/FTTC, VLU/FTTB και VLU/FTTH, μέσω των οποίων ο ενδιαφερόμενος πάροχος μπορεί να προσφέρει υπηρεσίες στον τελικό χρήστη, όπως πρόσβαση στο διαδίκτυο, IPTV, Video on Demand, VoIP και άλλες. Για τις ανάγκες της εισαγωγής Vectoring η αντίστοιχη υπηρεσία είναι η VLU/FTTC.

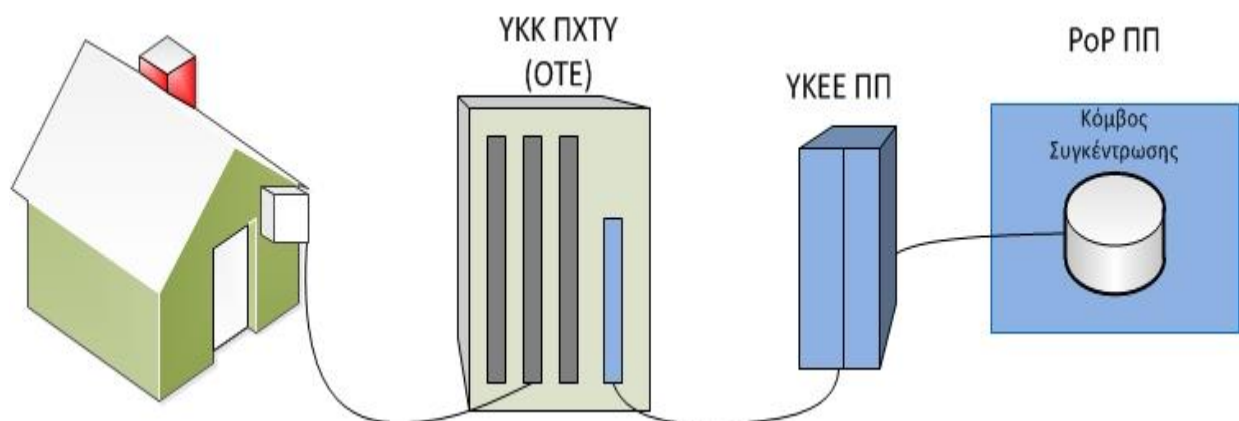
Επιπλέον του VLU, ο πάροχος στον οποίο έχει ανατεθεί μια περιοχή θα πρέπει να παρέχει την υπηρεσία Ο.Κ.ΣΥ. (Ολοκληρωμένη Κεντρική Σύνδεση) για τη διασύνδεση των παρόχων. [49]

4.4.1 Εικονική Τοπική Αδεσμοποίηση Πρόσβαση VLU

Οι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι που εμπλέκονται στην παροχή υπηρεσίας VLU είναι οι ακόλουθοι:

1. Πάροχος Υπηρεσίας ΠΥ: Ο πάροχος λιανικής υπηρεσίας, ο οποίος προμηθεύεται την υπηρεσία VLU.
2. Πάροχος Πρόσβασης ΠΠ: Ο πάροχος στον οποίο έχει ανατεθεί η περιοχή της υπαίθριας καμπίνας (ΥΚΚ ή ΥΚΕΕ) και παρέχει στους ΠΥ το προϊόν VLU.
3. Πάροχος Χονδρικής Τοπικού Υποβρόχου ΠΧΤΥ: Ο πάροχος που ελέγχει το δίκτυο πρόσβασης και παρέχει στον ΠΠ υπηρεσίες ΤοΥΒ.

Κατά περίπτωση, ένας πάροχος μπορεί να έχει παράλληλα δυο ή και τρεις εκ των παραπάνω ρόλων. Το προϊόν VLU/FTTC δίνει τη δυνατότητα στον Πάροχο Υπηρεσίας να προσφέρει στον τελικό χρήστη ενσύρματες ευρυζωνικές υπηρεσίες μέσω του DSLAM του Παρόχου Πρόσβασης το οποίο είναι εγκατεστημένο σε υπαίθρια καμπίνα, και πάνω από ΤοΥΒ τον οποίο μισθώνει ο Πάροχος Πρόσβασης από τον Πάροχο Χονδρικής Τοπικού Υποβρόχου. Απαραίτητη προϋπόθεση για την παροχή VLU είναι η εφικτότητα παροχής ΤοΥΒ για τον συγκεκριμένο χρήστη από τον ΠΧΤΥ στον ΠΠ.



Εικόνα 4-10 Σχηματική απεικόνιση VLU/FTTC

Ως σημεία οριοθέτησης της υπηρεσίας ορίζονται το σημείο τερματισμού του ακραίου δικτύου στις εγκαταστάσεις του τελικού χρήστη και ο κόμβος συγκέντρωσης (Aggregator) που είναι εγκατεστημένος σε Σημείο Παρουσίας ΡοΡ (Point of Presence) του ΠΠ στο οποίο συγκεντρώνεται η κίνηση των DSLAM. Κάθε ΡοΡ μπορεί να συγκεντρώνει κίνηση από συνδέσεις των οποίων ο ΤοΥΒ ανήκει σε περισσότερα του ενός Αστικά Κέντρα του ΠΧΤΥ (ΟΤΕ). Οι ενεργοποιημένες ΥΚΕΕ, τα ΡοΡ, και η

αντιστοίχιση ΤοΥΒ-ΥΚΕΕ-Α/Κ.-ΡοΡ παρέχεται μέσω του Πληροφοριακού Συστήματος Π.Σ. WCRM_ΠΠ.

Η εισαγωγή αιτήματος για την παροχή VLU γίνεται από τον ΠΥ μέσω του Π.Σ. WCRM_ΠΠ. Ο ΠΠ προβαίνει στο έλεγχο ορθότητας των στοιχείων και στον έλεγχο επιλεξιμότητας. Ο έλεγχος επιλεξιμότητας ξεκινάει από τον έλεγχο διαθεσιμότητας της υπηρεσίας, όπου διερευνάται το κατά πόσο η διεύθυνση του τελικού χρήστη εξυπηρετείται από κάποιο ΥΚΚ του ΠΧΤΥ το οποίο έχει διασύνδεση με καμπίνα του ΠΠ. Ολοκληρώνεται με τον έλεγχο διαθεσιμότητας πόρων, όπου εξετάζεται εάν υπάρχει διαθέσιμη πόρτα στο DSLAM του ΠΠ. Εάν η αίτηση θεωρηθεί επιλέξιμη τότε η πόρτα δεσμεύεται και ο ΠΠ προχωράει σε αντίστοιχο αίτημα ΤοΥΒ προς τον ΠΧΤΥ όποτε κάτι τέτοιο απαιτείται.

Σε περίπτωση όπου ο ΤοΥΒ ο οποίος εξυπηρετεί τον τελικό χρήστη είναι ενεργός, ο ΠΠ ελέγχει αν ο Φανταστικός Αριθμός Υποβρόχου (ΦΑΥ) είναι ενεργός στον ΠΠ. Σε αυτήν την περίπτωση συνεχίζει τη διαδικασία παροχής χωρίς να απευθυνθεί στον ΠΧΤΥ. Σε διαφορετική περίπτωση υποβάλει αίτημα Ενεργού ή Ανενεργού Υποβρόχου στο Π.Σ. WCRM_ΠΧΤΥ (ΟΤΕ), μεταβιβάζοντας το αίτημα του ΠΥ. Παράλληλα δεσμεύει τους απαραίτητους πόρους στο δίκτυο του (πχ καλώδιο ΕΞΣΚ-ΤοΥΒ) χωρίς ωστόσο να προβεί σε διαδικασίες ενεργοποίησης της υπηρεσίας. Αυτό συμβαίνει στην περίπτωση που ενημερωθεί για την μη απόρριψη του αιτήματος ΤοΥΒ ή εφόσον ο ΤοΥΒ είναι ήδη ενεργός στο δίκτυό του.

Όταν ολοκληρωθούν οι διαδικασίες που περιγράφονται στο RUO για τις αιτήσεις ΠΤοΥΒ και ΑΝΤοΥΒ, ή αν ο ΤοΥΒ είναι ήδη ενεργός στο δίκτυο του ΠΠ, ο ΠΠ ενημερώνει τον ΠΥ για την ολοκλήρωση του αιτήματος ώστε να ακολουθήσει η διαδικασία παραλαβής. Ο ΠΥ έχει δυο ημέρες για την αποδοχή ή την απόρριψη του VLU. Εφόσον μέσω των συστημάτων διαχείρισής του ο ΠΥ κρίνει ότι υπάρχει δυσλειτουργία η οποία δεν εντοπίζεται στην περιοχή ευθύνης του, προβαίνει σε «Μη αποδοχή VLU» και σε καταχώρηση βλάβης στο WCRM_ΠΠ. Η καταχώρηση βλάβης συνοδεύεται από μετρήσεις ταχυτήτων και attenuation σε downstream και upstream.

Εφόσον η βλάβη εντοπιστεί τελικώς σε σημείο ευθύνης του ΠΠ (πχ DSLAM) ως ημερομηνία παράδοσης θεωρείται η άρση του προβλήματος. Εφόσον η βλάβη εντοπιστεί στο φυσικό μέσο της ευθύνης του ΠΧΤΥ, τότε ο ΠΠ εντός μιας ΕΗ δηλώνει «Μη Αποδοχή Υποβρόχου» και ημερομηνία παράδοσης θεωρείται η ημερομηνία υλοποίησης. Σε περίπτωση που δεν εντοπιστεί βλάβη σε περιοχή ευθύνης του ΠΠ ή του ΠΧΤΥ, ημερομηνία παράδοσης θεωρείται η ημερομηνία παράδοσης. Σε κάθε περίπτωση τυχόν τέλος άσκοπης μετάβασης χρεώνεται στον πάροχο με την ευθύνη βλάβης.

Για τις ανάγκες της Βασικής Συμφωνίας SLA ο ΠΥ οφείλει να καταθέτει προβλέψεις για αιτήματα VLU ακολουθώντας το χρονοδιάγραμμα και την ομαδοποίηση Αστικών Κέντρων που προβλέπεται για τις προβλέψεις ΤοΥΒ στο RUO. Ως προθεσμία υποβολής προβλέψεων εκ μέρους του ΠΥ ορίζονται οι δέκα ΕΗ πριν την προθεσμία υποβολής προβλέψεων ΤοΥΒ, ώστε ο ΠΠ να τις συμπεριλάβει στις προβλέψεις του για ΤοΥΒ προς τον ΠΧΤΥ.

Ο χρόνοι παράδοσης της Βασικής Συμφωνίας παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. Στους χρόνους παράδοσης VLU δεν συμπεριλαμβάνεται ο χρόνος παράδοσης ΤοΥΒ από τον ΠΧΤΥ στον ΠΠ. [49]

Πίνακας 4-2 Χρόνοι παράδοσης VLU/FTTC σε ΕΗ [49]

ΥΠΗΡΕΣΙΑ	ΧΡΟΝΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ
Παράδοση VLU/FTTC σε μη υφιστάμενο τελικό χρήστη	4
Παράδοση VLU/FTTC σε υφιστάμενο τελικό χρήστη VLU/FTTC του ΠΠ	4
Παράδοση VLU/FTTC σε υφιστάμενο τελικό χρήστη	3
Παράδοση VLU/FTTC σε υφιστάμενο τελικό χρήστη VLU/FTTC του ΠΠ	2

Ο ΠΠ είναι υποχρεωμένος να παρέχει το προϊόν VLU/FTTC στις παρακάτω ταχύτητες:

- Ταχύτητες downstream 30, 50 και τουλάχιστον 100 Mbps.
- Άνω των 50 Mbps και έως τη μέγιστη ταχύτητα που παρέχει στη λιανική του, συνδυασμούς ταχυτήτων downstream με βήμα τα 100 Mbps.
- Όλες τις ταχύτητες downstream που παρέχει στη λιανική του.
- Ταχύτητες upstream τουλάχιστον στο 10% της αντίστοιχης ταχύτητας downstream. [49]

Σε περίπτωση όπου η πραγματική ταχύτητα στον χρήστη είναι μικρότερη του 70% της ονομαστικής του ταχύτητας ή λιγότερο του 85% της αρχικής ταχύτητας συγχρονισμού, ο ΠΥ δύναται να δηλώσει βλάβη και να αιτηθεί ατελώς υποβάθμιση της σύνδεσης σε χαμηλότερη ταχύτητα.

Ο ΠΠ παρέχει τουλάχιστον τέσσερα κυκλώματα σε λογικό επίπεδο (VLAN, VPI/VC) στην πλευρά του συνδρομητή. Αντίστοιχα παρέχει τη δυνατότητα προτεραιοποίησης σε έως και τέσσερις διαφορετικές κλάσεις κίνησης. Με αυτόν τον τρόπο ο ΠΥ μπορεί να παρέχει πέραν της πρόσβασης στο διαδίκτυο και υπηρεσίες VoIP, IPTV και να έχει τη δυνατότητα διαχείρισης των CPE.

Επιπλέον ο ΠΠ οφείλει να υποστηρίζει multicast κίνηση για τη λειτουργία του IPTV. Για το σκοπό αυτό σε κάθε κόμβο συγκέντρωσης ο ΠΥ θα παραδίδει σε ξεχωριστό λογικό κύκλωμα (L2 VLAN) τη multicast κίνηση που θέλει να μεταδώσει στους τελικούς χρήστες. Η επικοινωνία με τον τελικό χρήστη θα πραγματοποιείται με τη χρήση του πρωτοκόλλου IGMPv2 το οποίο θα πρέπει να υποστηρίζεται από τα CPE και STB του ΠΥ. Το VLAN 836 ορίζεται ως το VLAN για IPTV και θα μετατρέπεται από τον εξοπλισμό του ΠΠ σε δυο διαφορετικά service VLAN για multicast και unicast.

Ο τερματικός εξοπλισμός στο χώρο του τελικού χρήστη εγκαθίσταται υπό την ευθύνη του ΠΥ με προδιαγραφές που θέτει ο ΠΠ. Σε περίπτωση όπου ο τερματικός εξοπλισμός είναι μη συμβατός και δύναται να υποβαθμίζει την ποιότητα υπηρεσιών άλλων χρηστών, ο ΠΠ μπορεί να υποβαθμίσει ή και να διακόψει την υπηρεσία του

τελικού χρήστη. Η συγκεκριμένη παράμετρος είναι πολύ σημαντική για τη λειτουργία του Vectoring καθώς CPEs τα οποία δεν είναι Vectoring ή Vectoring friendly εισάγουν παρεμβολές στις vectored γραμμές.

Ο ΠΠ οφείλει να παρέχει πληροφορία στον ΠΥ σχετικά με τον τύπο, τον κωδικό, την κάρτα και την πόρτα DSLAM καθώς και όλες τις απαραίτητες τεχνικές πληροφορίες ώστε ο ΠΥ να μπορεί να συσχετίσει του τελικού χρήστες του και τον εξοπλισμό τους.

Για να μπορέσει ο πάροχος ΠΠ να διαθέσει στους λιανικούς του πελάτες υπηρεσίες NGA στις περιοχές που του έχουν ανατεθεί θα πρέπει το αργότερο την ίδια ημέρα να διαθέτει και το προϊόν VLU έχοντας τηρήσει σωρευτικά τα παρακάτω:

- Τέσσερις μήνες πριν την διάθεση των υπηρεσιών ο ΠΠ να έχει γνωστοποιήσει τις καμπίνες οι οποίες θα τεθούν σε λειτουργία στο τέλος του τετραμήνου και να ενημερώσει σχετικά με τα σημεία συγκέντρωσης.
- Τέσσερις μήνες πριν την διάθεση των υπηρεσιών ο ΠΠ να έχει δημοσιεύσει προσφορά αναφοράς.
- Τέσσερις μήνες πριν την διάθεση των υπηρεσιών ο ΠΠ να έχει υποβάλει στην ΕΕΤΤ δήλωση συμμόρφωσης της προσφοράς αναφοράς με τις «Τεχνικές προδιαγραφές και ελάχιστα χαρακτηριστικά του χονδρικού προϊόντος Εικονικής Τοπικής Αδεσμοποίησης Πρόσβασης (Virtual Local Unbundling – VLU)».
- Δύο μήνες πριν την διάθεση των υπηρεσιών ο ΠΠ να έχει διαθέσει δοκιμαστικό περιβάλλον του GUI/Webportal του Π.Σ. WCRM_ΠΠ, ώστε να μπορεί να ελεγχθεί πλήρως η λειτουργικότητά του. Το εν λόγω περιβάλλον να υποστηρίζει δυνατότητα μαζικής καταχώρησης αιτημάτων.
- Δύο μήνες πριν την διάθεση των υπηρεσιών ο ΠΠ να διαθέτει υπηρεσίες Ο.Κ.ΣΥ. στα σημεία παρουσίας που θα ενεργοποιηθούν καμπίνες.
- Την ημέρα διάθεσης των υπηρεσιών να είναι λειτουργική για τον ΠΥ η παροχή των υπηρεσιών που περιγράφονται στο παρόν στα σημεία παρουσίας που θα ενεργοποιηθούν καμπίνες, καθώς και το περιβάλλον GUI/webportal.[49]

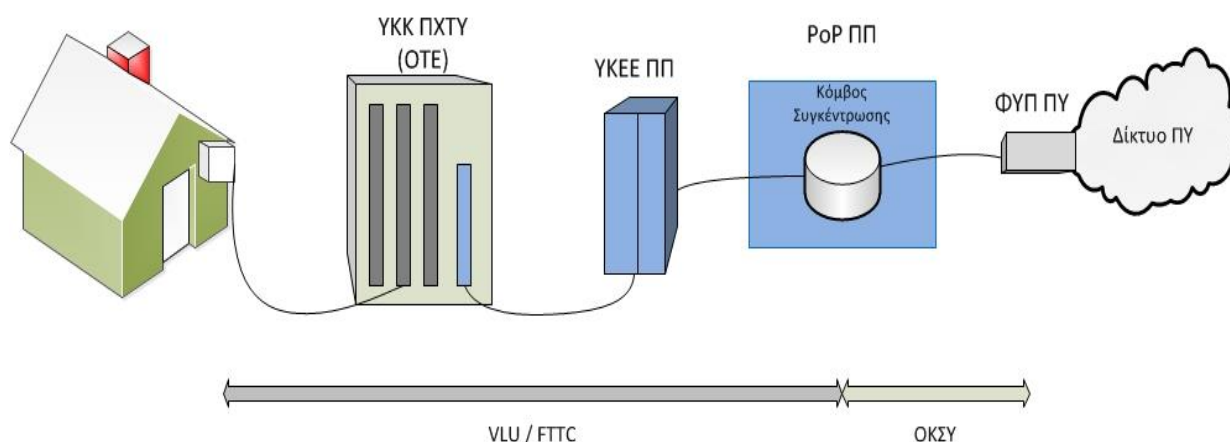
Ο ΠΠ είναι υποχρεωμένος να εγκαθιστά, για κάθε υπαίθρια καμπίνα που του ανατίθεται, εξοπλισμό που να καλύπτει τουλάχιστον το 25% των ενεργών συνδέσεων της καμπίνας. Εάν το ποσοστό κατάληψης φθάσει στο 60% είναι υποχρεωμένος για περαιτέρω επέκταση κατά 25% εντός ενός μήνα.

Μετά την έναρξη παροχής υπηρεσιών VLU/FTTC, η προσφορά προϊόντων χονδρικής διαφορετικών ταχυτήτων προηγείται της λιανικής διάθεσης (εκ μέρους του ΠΠ) κατά τουλάχιστον δύο μήνες. Σε περίπτωση που κάποιος ΠΥ προμηθευτεί χονδρική υπηρεσία VLU/FTTC και τη διαθέσει εμπορικά σε τελικό χρήστη πριν το πέρας του διμήνου, ο ΠΠ δύναται να προβεί άμεσα σε διάθεση των σχετικών λιανικών προϊόντων του. [49]

4.4.2 Ολοκληρωμένη Κεντρική Σύνδεση – Ο.Κ.ΣΥ.

Η υπηρεσία Ο.Κ.ΣΥ. αφορά την τοπική διασύνδεση η οποία συγκεντρώνει την κίνηση των τελικών χρηστών ενός ΠΥ από ένα ή περισσότερα DSLAM που ανήκουν σε ένα PoP του ΠΠ σε ένα τοπικό κύκλωμα το οποίο παραδίδεται μέσω οπτικής ίνας στο αντίστοιχο ΦΥΠ του ΠΠ. Το ΦΥΠ είναι εγκατεστημένο σε σημείο έξω από το κτίριο PoP. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η μεταφορά της κίνησης που προσφέρει ο ΠΥ

στους τελικούς χρήστες μέσω VLU/FTTC από/προς το δίκτυο του ΠΥ προς/από το δίκτυο του ΠΠ.



Εικόνα 4-11 Σχηματική απεικόνιση Ο.Κ.ΣΥ. και VLU/FTTC

Ο ΠΠ παρέχει στους ΠΥ λογική διασύνδεση με τα απαραίτητα VLANs σε διεπαφή με τον Κόμβο Συγκέντρωσης ο οποίος μπορεί να είναι εξοπλισμός τύπου BNG (Broadband Network Gateway) ή L2/L3 Ethernet μεταγωγέας. Οι ταχύτητες διεπαφών κυμαίνονται από 1 Gbps έως 10 Gbps, με βήμα 1 Gbps. Η διεπαφή θα συνδέεται με καλώδιο οπτικής ίνας με χρήση οπτικού transceiver με δυνατότητα εκπομπής οπτικού σήματος σε απόσταση 10 km. Το σημείο σύνδεσης των οπτικών ινών στο ΦΥΠ αποτελεί το σημείο οριοθέτησης μεταξύ των δικτύων ΠΠ και ΠΥ. Το ΦΥΠ κατασκευάζεται από τον ΠΠ, ενώ ο ΠΥ έχει την ευθύνη να οδηγήσει την οπτική ίνα από το χώρο του στο ΦΥΠ. Οι εργασίες τερματισμού της πραγματοποιούνται με ευθύνη του ΠΠ.

Στα πλαίσια της Βασικής Συμφωνίας Επιπέδου (Basic SLA) ο ΠΥ οφείλει να καταθέτει ετήσιες προβλέψεις, επικαιροποιημένες ανά τρίμηνο, για την χωρητικότητα των ζευγών ανά ΡοΡ. Οι χρόνοι παράδοσης Ο.Κ.ΣΥ. αποτυπώνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4-3 Χρόνοι παράδοσης Ο.Κ.ΣΥ. [49]

Υπηρεσία	Χρόνος Παράδοσης (ΕΗ)	Έναρξη Προθεσμίας
Νέο ζεύγος ΟΙ σε μη υφιστάμενο κύκλωμα Ο.Κ.ΣΥ.	15	Από την επόμενη ΕΗ της ενημέρωσης μέσω ΠΣ WCRM_ΠΠ της εισαγωγής του καλωδίου ΟΙ στο ΦΥΠ
Επαύξηση χωρητικότητας υφιστάμενου κυκλώματος Ο.Κ.ΣΥ. με ενεργοποίηση νέου ζεύγους ΟΙ	10	Από το αίτημα του ΠΥ στο ΠΣ WCRM_ΠΠ
Επαύξηση χωρητικότητας υφιστάμενου κυκλώματος Ο.Κ.ΣΥ. σε υφιστάμενο ζεύγος ΟΙ	5	Από το αίτημα του ΠΥ στο ΠΣ WCRM_ΠΠ

Η λήψη υπηρεσίας Ο.Κ.ΣΥ. στο αντίστοιχο ΡοΡ εκ μέρους του ΠΥ αποτελεί προαπαιτούμενο για την παροχή VLU. Η υπηρεσία ΟΚ.Σ.Υ. είναι κοινή και ανεξάρτητη

από την αρχιτεκτονική δικτύου NGA που ανέπτυξε ο ΠΠ και υποχρεωτική για κάθε τύπο VLU (FTTC/H/B). [49]

4.5 Κανονισμός Διαχείρισης Φάσματος και Έγχυσης Ισχύος στο Δίκτυο Πρόσβασης

Για την εισαγωγή οποιασδήποτε νέας τεχνολογίας στο δίκτυο πρόσβασης απαιτείται η αναθεώρηση του «Κανονισμού Διαχείρισης Φάσματος και Έγχυσης Ισχύος στο Δίκτυο Πρόσβασης». Ο Κανονισμός ορίζει τις επιτρεπόμενες τεχνολογίες στο δίκτυο πρόσβασης, τα επιτρεπόμενα σημεία εισαγωγής σημάτων, τις φασματικές περιοχές όπου επιτρέπεται να λειτουργεί η εκάστοτε τεχνολογία και τα όρια εκπεμπόμενης ισχύος. Σκοπός του Κανονισμού είναι η να διασφαλιστεί η συμβατότητα των υφιστάμενων και των εισερχόμενων τεχνολογιών.[50]

4.5.1 Επιτρεπόμενες τεχνολογίες στο δίκτυο πρόσβασης

Στα πλαίσια της εισαγωγής της τεχνολογίας Vectoring, η ΕΕΤΤ συμπεριέλαβε στην λίστα με τα πρότυπα στα οποία οφείλουν να συμμορφώνονται οι τεχνολογίες δικτύου πρόσβασης το πρότυπο ITU-T G.993.5 “Self-FEXT cancelation (vectoring) for use with VDSL2 transceivers”.

Επιπλέον για την τεχνολογία G.fast συμπεριέλαβε τα πρότυπα:

- ITU G.9700 “Fast access to subscriber terminals (G.fast) –Power spectral density specification”
- ITU G.9701 “Fast access to subscriber terminals (G.fast) –Physical layer specification” [50]

4.5.2 Επιτρεπόμενα σημεία εισαγωγής σημάτων xDSL στο δίκτυο πρόσβασης και φασματικά όρια λειτουργίας.

Τα επιτρεπόμενα σημεία εισαγωγής σημάτων xDSL ορίζονται ως:

- Ο κύριος καταμετρητής (MDF) στο Αστικό Κέντρο του ΟΤΕ στην κατερχόμενη ζεύξη.
- Ο τοπικός (LDF) και ο ενδιάμεσος (IDF) καταμετρητής στην ανερχόμενη και κατερχόμενη ζεύξη.
- Το σημείο εισαγωγής σημάτων εντός του κτιρίου στην κατερχόμενη ζεύξη.
- Το σημείο σύνδεσης του τερματικού εξοπλισμού του τελικού χρήστη στην ανερχόμενη ζεύξη. [50]

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα προφίλ, τα σχήματα κατανομής φάσματος (band plan) και η φασματική πυκνότητα ισχύος τα οποία επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται στα πλαίσια του Κανονισμού για την τεχνολογία VDSL2 στα σημεία των MDF και LDF. Η φασματική πυκνότητας ισχύος (PSD – Power Spectral Density) εκφράζει την κατανομή ισχύος ενός σήματος στο πεδίο της συχνότητας.

Πίνακας 4-4 Προφίλ, Σχήμα Κατανομής και Φασματική Πυκνότητα ισχύος τεχνολογίας VDSL2 [50]

Σημείο Εισαγωγής	Προφίλ	Σχήμα Κατανομής Φάσματος	Φασματική Πυκνότητα Ισχύος
MDF	8b	998	998-M2x-A (B8-4) 998-M2x-B (B8-6)
	12a	998	998-M2x-A (B8-4) 998-M2x-B (B8-6)
	17a	998ADE17	998ADE17-M2x-A (B8-11) 998ADE17-M2x-B (B8-12)
LDF	12a	998	998-M2x-A (B8-4) 998-M2x-B (B8-6)
	17a	998ADE17	998ADE17-M2x-A (B8-11) 998ADE17-M2x-B (B8-12)
	35b	998ADE35	998ADE35-M35-A (B8-21) 998ADE17-M2x-B (B8-12)

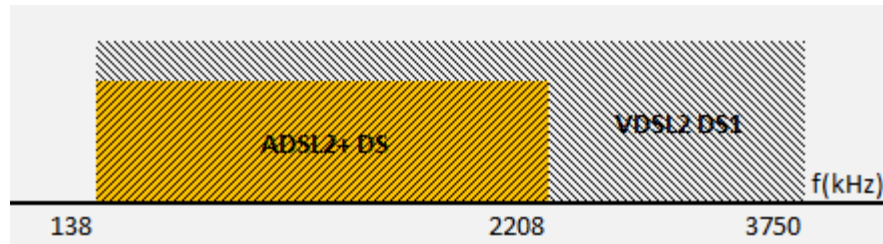
Στον υπαίθριο κατανεμητή επιτρέπεται η εισαγωγή σημάτων G.Fast με προφίλ 106a, υπό την προϋπόθεση ότι στο ίδιο σημείο έκχυσης δεν έχει εγκατασταθεί VDSL2 με προφίλ 35b. Στην περίπτωση αυτή η λειτουργία του G.Fast περιορίζεται σε φασματικές περιοχές άνω των 19 MHz. Στο σημείο εισαγωγής σημάτων κατερχόμενη ζεύξης εντός κτιρίου επιτρέπεται αποκλειστικά η τεχνολογία G.Fast με προφίλ 106a με τη λειτουργία να περιορίζεται στις φασματικές περιοχές άνω των 30 MHz. Η χρήση τεχνολογίας G.Fast σε συγκεκριμένο σημείο/κτίριο επιτρέπεται από ένα σημείο έγχυσης κάθε φορά και συγκεκριμένα στο σημείο εισαγωγής σήματος εντός του κτιρίου. Σε περίπτωση όπου πάροχος A διαθέτει υπηρεσία G.Fast από υπαίθριο κατανεμητή με οδική απόσταση μεγαλύτερη των 50 μέτρων, και ειδοποιηθεί από πάροχο B για την εγκατάσταση G.Fast εξοπλισμού εντός του κτιρίου, τότε υποχρεούται εντός 30 ημερών να απενεργοποιήσει την υπηρεσία του. Σε κάθε κτίριο ή σημείο εισαγωγής, η παροχή υπηρεσιών G.Fast γίνεται από έναν και μόνο πάροχο, αυτόν που εγκατέστησε πρώτος τον απαιτούμενο εξοπλισμό. [50]

4.5.3 Διαχείριση Έγχυσης Ισχύος

Για τη διαχείριση έγχυσης ισχύος στο δίκτυο πρόσβασης υπάρχουν δυο μέθοδοι οι οποίες προβλέπονται από τον Κανονισμό:

- Η μέθοδος PSD Masking
- Η μέθοδος PSD Shaping

Η μέθοδος PSD Masking αναφέρεται στη αποκοπή συγκεκριμένων DMT τόνων, οι οποίοι βρίσκονται εντός επικαλυπτόμενων φασματικών περιοχών. Για παράδειγμα η τεχνολογία ADSL2+ χρησιμοποιεί για την κατερχόμενη ζεύξη (DS) τους τόνους 32 έως 512, ενώ η τεχνολογία VDSL2 με προφίλ 8b χρησιμοποιεί αντίστοιχα τους τόνους 32 έως 869. Κάτι τέτοιο συνεπάγεται μια φασματική επικάλυψη μεταξύ των 138 και 2.208 KHz, όπως φαίνεται στο παρακάτω γράφημα.



Γράφημα 4-5 Φασματική επικάλυψη ADSL2+ και VDSL2 (DS)

Με τη μέθοδο PSD Masking, η λειτουργία του συστήματος VDSL2 μπορεί να περιοριστεί σε συχνότητες άνω των 2.208 KHz, αποκόπτοντας τους αντίστοιχους τόνους, με σκοπό να διαφυλαχθεί η λειτουργία του ADSL2+. Ο συμβιβασμός που προκύπτει από τη μέθοδο PSD Masking είναι η υποβάθμιση του bitrate στις VDSL2 γραμμές.

Η συγκεκριμένη μέθοδος μπορεί να αποδειχθεί αποτελεσματική στις περιπτώσεις όπου τα σήματα των δυο συστημάτων εισάγονται από το ίδιο σημείο του δικτύου πρόσβασης. Ωστόσο αποδεικνύεται αναποτελεσματική στην περίπτωση όπου η τεχνολογία ADSL2+ εισάγεται από τον MDF ενώ η τεχνολογία VDSL2 από τον LDF.

Όπως έχει αναλυθεί στο Κεφάλαιο 2, η εξασθένηση ενός σήματος λόγω της μετάδοσης στο χάλκινο μέσο είναι μεγαλύτερη για τους υψηλούς τόνους. Συνεπώς, ένα ADSL2+ που μεταδίδεται μέσω του κυρίου δικτύου είναι πιθανό να φθάνει στον υπαίθριο καταναμητή με τις υψηλές συχνότητες τόσο εξασθενημένες ώστε να μην μπορούν να μεταφέρουν δεδομένα. Με την εφαρμογή της μεθόδου PSD Masking, ένα μέρος ωφέλιμων συχνοτήτων του VDSL2 αποκόπτεται για να προστατευθούν μη αξιοποιήσιμες συχνότητες του ADSL2+.

Η μέθοδος PSD Shaping (Διαμόρφωση PSD) επιτρέπει μια πιο ευέλικτη διαχείριση έγχυσης ισχύος βελτιστοποιώντας το tradeoff στα κέρδη και τις απώλειες των δυο συστημάτων. Η διαχείριση ισχύος PSD Shaping στη ζεύξη καθόδου ονομάζεται DPBO (Downstream Power Back-off) και στη ζεύξη ανόδου UPBO (Upstream Power Back-off). Οι σχετικές διαδικασίες περιγράφονται στο πρότυπο ITU-T G.997.1 "Physical layer management for digital subscriber line (DSL) transceivers, Appendix 2".

Η βασική αρχή της μεθόδου DPBO είναι η μείωση της ισχύος του εγχεόμενου κατερχόμενου σήματος στη θέση του LDF στο ίδιο επίπεδο ισχύος που θα είχε αν εγγεόταν από τον MDF. Ο βαθμός του DPBO για κάθε συχνότητα εξαρτάται από την ηλεκτρική απόσταση του καλωδίου από το από τον MDF έως τον LDF (e-side length). Ως ηλεκτρική απόσταση ορίζεται η εξασθένηση του σήματος καθώς μεταδίδεται μεταξύ δυο σημείων σε ορισμένη συχνότητα (1,1 MHz για τις ανάγκες του κανονισμού) και μετρείται σε dB.

Τα modem των τελικών χρηστών είναι υπεύθυνα για να αξιολογήσουν το βαθμό DPBO που θα εφαρμοστεί σε κάθε σήμα γραμμής, έχοντας στη διάθεσή τους δέκα παραμέτρους, οι οποίες παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4-5 Παράμετροι DPBO

Παράμετρος	Περιγραφή
------------	-----------

DPBOEPSD	Μέγιστη PSD Mask στο A/K
DPBOPSDMASKds	Μέγιστη PSD Mask (κατόπιν DPBO)
DPBOESEL	Ηλεκτρική απόσταση MDF-LDF
DPBOFMIN	Ελάχιστη συχνότητα εφαρμογής ελέγχου
DPBOFMAX	Μέγιστη συχνότητα εφαρμογής ελέγχου
DPBOESCMA	Παράμετρος A του μοντέλου καλωδίου
DPBOESCMB	Παράμετρος B του μοντέλου καλωδίου
DPBOESCMC	Παράμετρος C του μοντέλου καλωδίου
DPBOMUS	Εκτιμώμενη ελάχιστη ωφέλιμη ισχύς σήματος εγχεόμενη εκ του MDF στον LDF
DPBOLFO	Όριο παραβίασης φασματικής πυκνότητας ισχύος σε χαμηλές συχνότητες

Οι παράμετροι a (DPBOESCMA), b (DPBOESCMB) και c (DPBOESCMC) είναι χαρακτηριστικές για κάθε τύπο καλωδίου και επηρεάζουν την εξασθένηση του σήματος κατά τη μετάδοσή του στο καλώδιο. Τα φασματικά όρια της εφαρμογής του DPBO καθορίζονται μέσω των παραμέτρων DPBOFMIN και DPBOFMAX. Η DPBOPSDMASKds συνήθως τίθεται ίση με την PSDMASKds, δηλαδή το όριο αποκοπής της μεθόδου PSD Mask. Η παράμετρος DPBOLFO (DPBO low frequency override) καθορίζει τη μάσκα PSD που υπερσχύει της επιβαλλόμενης από το DPBO μάσκας στις χαμηλές συχνότητες.[51]

Σύμφωνα με τον Κανονισμό, στα σήματα που εισάγονται από τον MDF δεν επιβάλλεται μηχανισμός DPBO. Στα σήματα από τον τοπικό υποβρόχο επιβάλλεται μηχανισμός DPBO όπως ορίζεται στο πρότυπο G.997.1. Ο τερματικός εξοπλισμός του τελικού χρήστη οφείλει να είναι συμβατός. Η τεχνολογία G.Fast εξαιρείται από τον μηχανισμό DPBO. Οι τιμές παραμέτρων παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4-6 Τιμές παραμέτρων DPBO [50]

Παράμετρος	Τιμή
DPBOEPSD	998-M2x-A (B8-4)
DPBOPSDMASKds	Φασματικό όριο ισχύος της τεχνολογίας xDSL
DPBOESEL	Κατόπιν μετρήσεων ΟΤΕ
DPBOFMIN	138 KHz
DPBOFMAX	3.75MHz
DPBOESCMA	0.15625
DPBOESCMB	0.546875
DPBOESCMC	0.21875
DPBOMUS	-96dBm/Hz

Σε σχέση με το μηχανισμό UPBO, ο εξοπλισμός VDLS2 που εγκαθίσταται στο δίκτυο πρόσβασης οφείλει να τον υποστηρίζει, αλλά μέχρι νεότερη απόφαση που να ορίζει το αντίθετο παραμένει ανενεργός.

4.6 Η τεχνολογία Vectoring στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Η τεχνολογία Vectoring εφαρμόζεται σε μια σειρά από χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, είτε ως κύριο δίκτυο εξάπλωσης υπηρεσιών NGA, είτε για να καλύψει αραιοκατοικημένες περιοχές όπου η εξάπλωση της οπτικής ίνας έως τις εγκαταστάσεις του πελάτη (FTTB/FTTH) θεωρείται μη βιώσιμη. Σύμφωνα με μελέτη του BEREC για το NGA roll-out η τεχνολογία Vectoring βρίσκει εφαρμογή σε μια σειρά από χώρες όπως η Ολλανδία, Κύπρος, Τσεχία, Λετονία, Λουξεμβούργο, Σλοβακία, Σλοβενία, Ελβετία, Γερμανία, Αυστρία, Ιταλία, Δανία, Ηνωμένο Βασίλειο, Ιρλανδία, Βέλγιο και Ελλάδα.[52]

Στη συνέχεια ακολουθεί μια συνοπτική ανάλυση ενδεικτικών ρυθμιστικών επιλογών σε μια σειρά από χώρες.

Γερμανία

Στη Γερμανία, η Deutsche Telekom αποτελεί τον πάροχο ΣΙΑ και κατέχει στην ιδιοκτησία της το παραδοσιακό δίκτυο πρόσβασης. Η DT ξεκίνησε την αναβάθμιση του δικτύου της για την παροχή VDSL το 2006, ενώ το 2010 ανακοίνωσε την πρόθεσή της για την ανάπτυξη FTTH/B αρχιτεκτονικής που θα κάλυπτε το 10% των χρηστών. Το συγκεκριμένο σχέδιο δεν ευδοκίμησε καθώς υπήρχε ανταγωνιστική πίεση από το δίκτυο καλωδιακής (CableTV), του οποίου η κάλυψη ξεπερνάει το 60%[7, Germany Annex]. Με σκοπό να αποφύγει τη χρονοβόρα διαδικασία της αναβάθμισης του δικτύου που απαιτούν οι αρχιτεκτονικές FTTH/B και με δεδομένο ότι στο δίκτυο διανομής δεν υπήρχαν σωλήνες, η DT στράφηκε προς τη λύση του Vectoring με αποτέλεσμα στο τέλος του 2016 το 20% των VDSL2 γραμμών να είναι vectored.[53]

Το 2012 η DT ανακοίνωσε τη νέα στρατηγική της η οποία περιελάμβανε επέκταση του δικτύου FTTC και εισαγωγή τεχνολογίας Vectoring σε υπαίθριες καμπίνες σε ακτίνα μεγαλύτερη των 550 μέτρων από τα αντίστοιχα αστικά κέντρα (Central Office - CO). Το 2013 η γερμανική ρυθμιστική αρχή BNetzA έδωσε την σχετική άδεια εφαρμόζοντας πολιτική «first-come first-served», ήρε την υποχρέωση ΤοΥΒ υπό την προϋπόθεση παροχής προϊόντος τύπου bitstream.

Η ρυθμιστική αντιμετώπιση του συνόλου των παρόχων είναι έως ένα βαθμό συμμετρική καθώς δίνει στους υπόλοιπους εναλλακτικούς παρόχους τη δυνατότητα να αναπτύξουν τεχνολογία Vectoring σε ένα σημαντικό πλήθος καμπινών καθώς και δικαίωμα αποκλειστικής εκμετάλλευσης. Στον αντίποδα, ο εναλλακτικός πάροχος δεν έχει τη δυνατότητα να «τερματίσει» την παροχή ενεργών ΤοΥΒ και να αναλάβει υποβρόχους που λειτουργούσαν υπό την DT, ενώ η DT μπορεί να το πράξει υπό προϋποθέσεις. [54]

Η κατάργηση της υποχρέωσης ΤοΥΒ αφορά τις ζώνες συχνοτήτων άνω των 2,2 MHz, κάτι το οποίο συνεπάγεται ότι άλλοι πάροχοι, πέραν του παρόχου Vectoring, μπορούν να προσφέρουν υπηρεσίες ADSL. Η άρνηση για παροχή ΤοΥΒ γίνεται κατά περίπτωση υπό τους παρακάτω όρους:

1. Η DT να έχει εγκαταστήσει τεχνολογία Vectoring σε μια υπαίθρια καμπίνα ή να έχει ανακοινώσει την εγκατάσταση σε διάστημα 12 μηνών.

2. Η DT να παρέχει προϊόν bitstream. Το προϊόν bitstream δεν εξειδικεύτηκε για τις ανάγκες του Vectoring, οπότε απλώς εξακολούθησε η υποχρέωση για την παροχή του με 900 σημεία παράδοσης (handovers).

Ωστε να μπορέσει η DT να τερματίσει την παροχή ενεργών ΤοΥΒ που βρίσκονται υπό την εκμετάλλευση άλλων παρόχων θα πρέπει:

1. Σε μια δεδομένη περιοχή, η DT να έχει εγκαταστήσει περισσότερες Vectoring καμπίνες από τις εγκατεστημένες VDSL2 ή Vectoring καμπίνες άλλου παρόχου και τουλάχιστον το 75% των κτιρίων να είναι συνδεδεμένα με επάλληλες υποδομές σταθερού δικτύου.
2. Να παρέχει χονδρικό προϊόν πρόσβασης L2. Το κόστος του προϊόντος θα καθορίζεται από την BNetZA και θα περιλαμβάνει το κόστος ΤοΥΒ, κόστος ηλεκτρικού ρεύματος, λειτουργικά κόστη αλλά όχι κόστη συγκέντρωσης δικτύου και κόστη DSLAM.
3. Να έχει ανακοινώσει τον τερματισμό τουλάχιστον ένα έτος νωρίτερα και να αναλάβει τα κόστη μετάβασης.
4. Η υπαίθρια καμπίνα να μην έχει εγκατασταθεί με κρατική χρηματοδότηση.

Τον Σεπτέμβριο του 2016, κατόπιν διαβούλευσης με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, η BNetZA ανακοίνωσε μέτρα για την εισαγωγή της τεχνολογίας Vectoring στην εγγύτητα των CO (<550μ) διατηρώντας την πολιτική «first come - first served». Η συγκεκριμένη απόφαση συνεπάγεται την άρση της υποχρέωσης LLU εκ μέρους της DT για την παροχή υπηρεσιών VDSL2, εκτός εάν κάποιος πάροχος μπορεί να προσφέρει σε συγκεκριμένο κέντρο μεγαλύτερη κάλυψη από την DT. Το ποσοστό των κέντρων στα οποία μπορεί εναλλακτικός πάροχος να εγκαταστήσει Vectoring εκτιμάται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στο 30%. Σε κάθε περίπτωση η πρόσβαση στο LLU υποκαθίσταται από προϊόν τύπου VULA που οφείλει να πληροί τα τεχνικά χαρακτηριστικά που έχει θέσει η Επιτροπή. [55]

Αυστρία

Η A1 αποτελεί τον πάροχο ΣΙΑ στην Αυστρία με μερίδιο αγοράς που ξεπερνούσε το 58% στο τέλος του 2016. Οι υπηρεσίες που βασίζονται σε τεχνολογία xDSL δέχονται ανταγωνιστική πίεση από το δίκτυο καλωδιακής καθώς κι από ασύρματες τεχνολογίες πρόσβασης όπως το LTE. Παράλληλα, η αγορά χαρακτηρίζεται από χαμηλό κίνητρο των καταναλωτών να πληρώσουν για μεγαλύτερες ταχύτητες. Τα παραπάνω οδήγησαν την A1 να στραφεί σε επενδύσεις FTTC με χρήση Vectoring και σε μικρότερες επενδύσεις FTTB με G.Fast.[7,Austria Annnex]

Η ρυθμιστική πολιτική της Αυστρίας γύρω από το Vectoring είναι ασύμμετρη καθώς μόνο η A1 έχει δικαίωμα εγκατάστασης εξοπλισμού Vectoring. Το δικαίωμα αυτό εκτείνεται τόσο στις υπαίθριες καμπίνες όσο και στα CO. Η A1 έχει το δικαίωμα κατά περίπτωση άρνησης παροχής LLU και SLU υπό τις παρακάτω προϋποθέσεις:

1. Να έχει εγκαταστήσει τεχνολογία Vectoring σε μια υπαίθρια καμπίνα ή CO ή να έχει ανακοινώσει την εγκατάσταση σε διάστημα 16 εβδομάδων.
2. Να παρέχει προϊόν VULA με handovers στα υπερκείμενα CO.

Ωστόσο, η A1 δεν δικαιούται να τερματίσει την παροχή υφιστάμενων βρόχων. Συγκεκριμένα αν σε ένα CO υπάρχει έστω και ένας αδεσμοποίητος βρόχος για την

παροχή VDSL2 τότε η A1 δεν μπορεί να εισάγει τεχνολογία Vectoring. Δεν υπάρχει αντίστοιχη πρόβλεψη για τους υποβρόχους καθώς η ζήτηση ToYB είναι μηδενική. Η κατά περίπτωση κατάργηση της υποχρέωσης για LLU/SLU αφορά τις συχνότητες άνω των 2,2 MHz και ως εκ τούτου οι εναλλακτικοί πάροχοι μπορούν να παρέχουν υπηρεσίες ADSL.[54]

Βέλγιο

Το Βέλγιο είναι μια από τις χώρες με την υψηλότερη πληθυσμιακή κάλυψη ευρυζωνικών υπηρεσιών NGA εντός της ΕΕ. Η κάλυψη VDSL2 ξεπερνάει το 90%, ενώ η κάλυψη του δικτύου καλωδιακής το 95%. Στο τέλος του 2016, το 51% των νοικοκυριών λάμβανε ευρυζωνικότητα μέσω καλωδιακού δικτύου έναντι 48,6% μέσω xDSL.[7, Belgium Annex]

Η ανταγωνιστική πίεση από την καλωδιακή, σε συνδυασμό με την απουσία σωληνώσεων στο δίκτυο πρόσβασης, οδήγησε τη Proximus (πρώην Belgacom), τον πάροχο ΣΙΑ, στην απόφαση να επενδύσει σε αρχιτεκτονική FTTC με χρήση Vectoring. Η ρυθμιστική πολιτική γύρω από το Vectoring χαρακτηρίζεται ως ασύμμετρη καθώς επιτρέπει μόνο στην Proximus την εγκατάσταση εξοπλισμού Vectoring. Η βέλγικη αγορά τηλεπικοινωνιών έχει την ιδιαιτερότητα της πολύ χαμηλής ζήτησης σε προϊόντα φυσικού μέσου στην πρόσβαση (Full LLU, Shared LLU) καθώς οι εναλλακτικοί πάροχοι εξυπηρετούν μέσω bitstream και resaling σε ποσοστό που φτάνει το 90%. Η ζήτηση για SLU είναι μηδενική και δεν ενδέχεται να αυξηθεί.

Η υποχρέωση παροχής SLU καταργήθηκε εντελώς για όλο το φάσμα συχνοτήτων, ενώ στο CO, η άρση της υποχρέωσης παροχής LLU αφορά τις συχνότητες άνω των 2,2 MHz και τις υπηρεσίες VDSL2. Η άρση της υποχρέωσης LLU/SLU προϋποθέτει τη διάθεση προϊόντος τύπου VULA.[54]

Δανία

Στη Δανία το δίκτυο πρόσβασης χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες (στο τέλος του 2016):

- Δίκτυο DSL με μερίδιο αγοράς 44,4%.
- Δίκτυο CableTV με μερίδιο αγοράς 29,19%.
- Δίκτυο FTTB/H με μερίδιο αγοράς 24,7%.

Η συνολική κάλυψη του NGA δικτύου έφτανε την ίδια περίοδο στο 93%. Η εταιρεία TDC είναι πάροχος ΣΙΑ με μερίδιο αγοράς στο 54,7%. Η TDC έχει υπό την κυριότητά της δίκτυα και των τριών κατηγοριών, με τα δίκτυα FTTH να περιορίζονται κυρίως στην Κοπεγχάγη, ενώ το δίκτυο FTTC έχει αναβαθμιστεί με την τεχνολογία Vectoring.[7, Denmark Annex]

Η ρυθμιστική πολιτική για την εισαγωγή της τεχνολογίας Vectoring χαρακτηρίζεται ως ασύμμετρη καθώς η TDC φέρει το αποκλειστικό δικαίωμα για την χρήση Vectoring. Ωστόσο, η παράλληλη δραστηριοποίησή της σε δίκτυα CableTV θα μπορούσε να οδηγήσει στην τακτική εισαγωγής του Vectoring μόνο στις περιοχές όπου δεν έχει αναπτύξει δίκτυο CableTV. Για να αποδυναμώσει το συγκεκριμένο αντικίνητρο η DBA, η ρυθμιστική αρχή της Δανίας, εισήγαγε την εξής ρύθμιση: κάθε εναλλακτικός πάροχος μπορεί να αιτηθεί προς τη TDC την εγκατάσταση εξοπλισμού Vectoring σε περιοχή

όπου ο ίδιος επιθυμεί. Το συνολικό roll-out για την ανάπτυξη του δικτύου πραγματοποιείται με μια αναλογία αποφάσεων για τις περιοχές ορισμένη στο 65-35 υπέρ της TDC. Ως αντίβαρο, ο αιτών πάροχος είναι υποχρεωμένος να εκμισθώσει το 10% των συνδρομητικών γραμμών ώστε να περιοριστεί το ρίσκο της επένδυσης για την TDC.

Η εισαγωγή της τεχνολογίας Vectoring πραγματοποιείται είτε από τις υπαίθριες καμπίνες είτε από μικρά Central Office. Η TDC ανακοινώνει το προγραμματισμένο roll-out σε τριμηνιαία βάση, έξι μήνες πριν την εγκατάσταση.

Η υποχρέωση για SLU/LLU αίρεται κατά περίπτωση υπό την προϋπόθεση της εγκατάστασης Vectoring και όταν η χρήση του υποβρόχου/βρόχου επηρεάζει την απόδοση του Vectoring, καθώς και υπό τον όρο της παροχής προϊόντος τύπου VULA με handover σε σημείο επιλογής του παρόχου. Για τον τερματισμό υφιστάμενων ΤοΥΒ/ΤοΒ η TDC οφείλει να μεταβιβάσει τους τελικούς χρήστες σε υπηρεσίες VULA αναλαμβάνοντας το αντίστοιχο κόστος, αλλά και καταβάλλοντας ένα είδος αποζημίωσης στον πάροχο για την ακύρωση των επενδύσεών του. Σε περίπτωση όπου η εισαγωγή Vectoring έγινε από τον πάροχο, η TDC απαλλάσσεται από τα παραπάνω.

Ιρλανδία

Στην Ιρλανδία οι κυρίαρχες τεχνολογίες στο δίκτυο πρόσβασης είναι το DSL και το δίκτυο καλωδιακής CableTV. Η κάλυψη των υπηρεσιών ευρυζωνικότητας φθάνει το 96% και των υπηρεσιών NGA το 82%.

Η Eircom είναι πάροχος ΣΙΑ με σχετικά μικρό μερίδιο, της τάξης του 35%, στη λιανική αγορά ευρυζωνικής πρόσβασης. Η Eircom έχει αναβαθμίσει το δίκτυό της με την αρχιτεκτονική FTTC έχοντας παράλληλα εισάγει την τεχνολογία Vectoring από τις υπαίθριες καμπίνες της.[7, Ireland Annex]

Πλέον, στην Ιρλανδία υλοποιείται η επέκταση της εισαγωγής Vectoring από σημεία Central Office. Για τη συγκεκριμένη διαδικασία έχει επιλεγεί συμμετρική ρυθμιστική πολιτική, επιτρέποντας σε εναλλακτικούς παρόχους να αναπτύξουν εξοπλισμό για παροχή Vectoring. Η εισαγωγή Vectoring από το CO απαγορεύεται εφόσον υπάρχουν δυο ή περισσότεροι πάροχοι που να προσφέρουν υπηρεσίες VDSL απευθείας από το συγκεκριμένο CO (exchange VDSL – eVDSL). Η απαραίτητη άρση της υποχρέωσης LLU γίνεται κατά περίπτωση και υπό τον όρο να έχει ενεργοποιηθεί τεχνολογία Vectoring ή να έχει προγραμματιστεί εντός 3 μηνών.[Access Reference Offer / eircom Limited]

Η άρση της υποχρέωσης βρόχου/υποβρόχου συνδυάζεται με την υποχρέωση παροχής προϊόντος τύπου VULA με handover σε επίπεδο Metro Ethernet PoP.

Ιταλία

Η πολιτική που επέλεξε να ακολουθήσει η ρυθμιστική αρχή της Ιταλίας AGCOM αποτελεί την πλέον ιδιαίτερη στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Συγκεκριμένα η AGCOM επέτρεψε την εισαγωγή τεχνολογίας Vectoring στο δίκτυο πρόσβαση χωρίς ωστόσο να άρει την υποχρέωση SLU. Αντ' αυτού όρισε με απόφασή της το 2013 ότι σε περίπτωση που εναλλακτικός πάροχος αιτηθεί εγκαίρως την πρόσβαση σε SLU με

σκοπό την παροχή υπηρεσιών Vectoring σε περιοχή όπου ο πάροχος ΣΙΑ Telecom Italia σκοπεύει να εισάγει τεχνολογία Vectoring, τότε οι δυο πάροχοι οφείλουν να συνεργαστούν για την από κοινού την εγκατάσταση.[56]

Η συγκεκριμένη απόφαση αναφέρεται επί της ουσίας στην χρήση Multi-operator Vectoring (MOV). Μέχρι τα μέσα του 2017, η AGCOM σε συνεργασία με τους τρεις κυριότερους τηλεπικοινωνιακού πάροχους της Ιταλίας αλλά και κατασκευαστικούς οίκους, έχει οργανώσει σχέδιο δοκιμών με στόχο να διερευνηθεί η εφικτότητα του MOV σε εθνικό επίπεδο για την από κοινού λειτουργία δύο ή και τριών παρόχων. [56]

Ηνωμένο Βασίλειο

Στο Ηνωμένο Βασίλειο η κάλυψη ευρυζωνικότητας βρίσκεται στο 100% και η κάλυψη NGA ξεπερνάει το 92%. Η British Telecom αποτελεί πάροχο ΣΙΑ και κατέχει ένα ποσοστό της τάξης του 36% της συνδρομητικής βάσης προσφέροντας κυρίως υπηρεσίες μέσω xDSL τεχνολογιών. Το 80% των πελατών εξυπηρετούνται μέσω xDSL ενώ το 19% εξυπηρετείται μέσω δικτύου CableTV.[7,UK Annex]

Το 2013 η BT ανακοίνωσε την έναρξη δοκιμαστικών μετρήσεων με σκοπό την εισαγωγή Vectoring στο δίκτυο πρόσβασης. Το 2014 η βρετανική ρυθμιστική αρχή OFCOM ανακοίνωσε την απόφασή της για το Vectoring, η οποία ωστόσο περιορίστηκε σε μορφή οδηγιών δίνοντας την έγκριση στη BT να εισάγει την τεχνολογία και θέτοντας ένα γενικό πλαίσιο διαχείρισης της υποχρέωσης για παροχή SLU.

Πιο συγκεκριμένα έδωσε την ευχέρεια στην BT να αρνηθεί την παροχή τοπικού υποβρόχου σε μια υπαίθρια καμπίνα εάν έχει ήδη ενεργοποιήσει Vectoring σε αυτή. Παράλληλα όμως θα πρέπει να επιδείξει ότι έχει κάνει όλα τα απαραίτητα βήματα ώστε να μπορέσει να εξυπηρετήσει το αίτημα για SLU, χωρίς να επηρεάσει την παρεχόμενη στους πελάτες της υπηρεσία, χωρίς κάτι τέτοιο να καταστεί τελικώς εφικτό. Η συγκεκριμένη πρόβλεψη από τον OFCOM εισήχθη έχοντας λάβει υπόψη το ενδεχόμενο του Multi-operator Vectoring. Η διαδικασία απόρριψης αιτήματος SLU γίνεται μεταξύ των δυο πλευρών, ενώ σε περίπτωση όπου ο εναλλακτικός πάροχος θεωρήσει ότι κάποιο εύλογο αίτημά του απορρίφθηκε μπορεί να καταφύγει στην OFCOM. Σε κάθε περίπτωση η BT είναι υποχρεωμένη να παρέχει χονδρικό προϊόν τύπου VULA.[57]

Στην περίπτωση όπου σε μια υπαίθρια καμπίνα υπάρχει ήδη ενεργή υπηρεσία SLU, η BT μπορεί να ενεργοποιήσει Vectoring αλλά δεν μπορεί να τερματίσει την παροχή SLU. Ως εκ τούτου, είτε θα απολαμβάνει περιορισμένα ή μηδενικά οφέλη από την χρήση Vectoring, είτε θα πρέπει να εξερευνήσει δυνατότητα για συνεργασία μέσω MOV.

Η ρυθμιστική αντιμετώπιση του Vectoring στο Ηνωμένο Βασίλειο είναι ασύμμετρη. Οι εναλλακτικοί πάροχοι έχουν την δυνατότητα να εισάγουν τεχνολογία Vectoring αλλά δεν έχουν την δυνατότητα αποκλειστικής χρήσης των τοπικών υποβρόχων της υπαίθριας καμπίνας για την παροχή υπηρεσιών VDSL (vectored ή non-vectored). Αν ένας πάροχος ενεργοποιήσει Vectoring σε υπαίθρια καμπίνα, η BT μπορεί και αυτή να ενεργοποιήσει υπηρεσίες (vectored ή non-vectored) στην ίδια καμπίνα. Αντιστρόφως όπως αναφέρεται παραπάνω, αν η BT ενεργοποιήσει πρώτη Vectoring σε καμπίνα,

μπορεί να αρνηθεί την παροχή SLU αποκτώντας δικαιώματα αποκλειστικής εκμετάλλευσης.

Εν τέλει, η διαδικασία εισαγωγής Vectoring δεν επεκτάθηκε όσο αναμενόταν και η BT έχει στραφεί πλέον στην τεχνολογία G.Fast σε αρχιτεκτονική δικτύου FTTB. Παράλληλα προχωράει στην εισαγωγή τεχνολογίας Long Reach VDSL από υπαίθριες καμπίνες. Η τεχνολογία LR-VDSL χρησιμοποιεί χαμηλές περιοχές συχνοτήτων και υψηλή ισχύ, υποσχόμενο με αυτόν τον τρόπο ταχύτητες άνω των 20 Mbps σε αποστάσεις 2 km από την υπαίθρια καμπίνα. Ωστόσο, η λειτουργία στις χαμηλές συχνότητες επηρεάζει την απόδοση των ADSL γραμμών. Για αυτό το λόγο, με απόφαση της εντός του 2017 η OFCOM εισήγαγε τη δυνατότητα άρσης της υποχρέωσης LLU. Για κάθε αίτημα της BT για ενεργοποίηση LR-VDSL σε ένα Central Office θα εξετάζει μια σειρά παραμέτρων όπως τα οφέλη της μετάβασης, το πλήθος των παρόχων, των καμπινών και των συνδρομητών που επηρεάζονται, το χονδρικό προϊόν που θα παρέχει η BT για να αντικαταστήσει το LLU. Σε κάθε περίπτωση η BT οφείλει να καλύψει όλα τα έξοδα που θα προκύψουν από τυχούσα εγκεκριμένη μετάβαση, συμπεριλαμβανομένης της αντικατάστασης του εξοπλισμού των πελατών.[58]

Κύπρος

Στην Κύπρο η κάλυψη ευρυζωνικότητας βρίσκεται στο 100% ενώ η κάλυψη NGA στο 88%. Κυρίαρχη τεχνολογία στο δίκτυο πρόσβασης είναι η οικογένεια xDSL, ενώ το δίκτυο CableTV παρέχει κάλυψη στο 57% των νοικοκυριών. Η CYTA αποτελεί πάροχο ΣΙΑ με μερίδιο αγοράς μεγαλύτερο του 60%. Προσφέρει υπηρεσίες xDSL ενώ έχει ανακοινώσει τα σχέδια της για επενδύσεις σε δίκτυα FTTB/H κυρίως σε πυκνές αστικές περιοχές.[7, Cyprus Annex]

Η τεχνολογία Vectoring στην Κύπρο προορίζεται κυρίως για την εξυπηρέτηση αραιοκατοικημένων περιοχών. Η ρυθμιστική αρχή ΓΕΡΗΕΤ με απόφασή της ορίζει τις διαδικασίες που απαιτούνται ώστε η CYTA να μπορέσει να εφαρμόσει Vectoring σε υπαίθριες καμπίνες αστικών και αγροτικών περιοχών.

Στις αστικές περιοχές, για την εισαγωγή Vectoring και κατά συνέπεια για την άρση της υποχρέωσης SLU, η CYTA οφείλει να έχει τη σύμφωνη γνώμη όποιου πιθανού παρόχου εκμεταλλεύεται τον τοπικό υποβρόχο και έχει εγκαταστήσει ενεργό εξοπλισμό.

Στις αγροτικές περιοχές εφόσον υπάρχει πάροχος που να εκμεταλλεύεται τον τοπικό υποβρόχο και έχει εγκαταστήσει ενεργό εξοπλισμό, για να μπορέσει η CYTA να εισάγει Vectoring και να απαλλαχθεί από την υποχρέωση SLU, θα πρέπει:

- Να ενημερώσει το ΓΕΡΗΕΤ για την εφαρμογή Vectoring τουλάχιστον 9 μήνες νωρίτερα.
- Εφόσον λάβει την έγκριση του ΓΕΡΗΕΤ να ενημερώσει την αγορά και να δεσμεύσει του τοπικούς καταναμητές για 9 μήνες, στο διάστημα των οποίων μπορεί να αρνείται οποιοδήποτε αίτημα για τοπικό υποβρόχο.
- Να αποζημιώσει όλους τους εναλλακτικούς παρόχους που έχουν ήδη πρόσβαση στον υποβρόχο των επηρεασμένων καταναμητών για την απομάκρυνση του εξοπλισμού τους που προσφέρει υπηρεσίες VDSL και να

δώσει στους παρόχους την επιλογή να μετάνουν δωρεάν τους λιανικούς τους πελάτες σε υπηρεσίες εικονικής πρόσβασης.[59]

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το παραδοσιακό δίκτυο πρόσβασης, αποτελούμενο από μεγάλου μήκους χάλκινους αγωγούς και παθητικές διατάξεις μικτονόμησης, φάνηκε ότι φτάνει στο τέλος της ζωής του, μπροστά στις διαρκώς αυξανόμενες ανάγκες για απρόσκοπτη πρόσβαση στο διαδίκτυο με υπέρ-υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης. Το δίκτυο πρόσβασης σχεδιάστηκε ώστε να εξυπηρετεί υπηρεσίες «στενής ζώνης» (narrowband) σε μεγάλες καλωδιακές αποστάσεις.

Ένα σήμα, καθώς μεταδίδεται μέσω ενός χάλκινου καλωδίου, εξασθενεί με αποτέλεσμα το σήμα λήψης να παρουσιάζει χαμηλότερη ισχύ και ως εκ τούτου χαμηλότερο λόγο SNR. Η εξασθένιση του σήματος είναι ακόμα πιο έντονη στις υψηλές συχνότητες θέτοντας περιορισμό στην επέκταση του αξιοποιούμενου φάσματος για την αποστολή σημάτων σε μεγάλες αποστάσεις. Η αύξηση της ισχύος του εκπεμπόμενου σήματος, με στόχο τη βελτίωση του SNR, προσκρούει στο φαινόμενο των παρεμβολών μεταξύ των καλωδίων που βρίσκονται εντός της ίδιας δέσμης και εξυπηρετούν διαφορετικούς τελικούς χρήστες.

Τα εγγενή προβλήματα του χάλκινου δικτύου πρόσβασης οδήγησαν στην πλήρη ή μερική αντικατάσταση του από δίκτυα οπτικών ινών. Οι οπτικές ίνες αποτελούν το έως σήμερα ιδανικό φυσικό μέσο για τη μετάδοση πληροφορίας. Οι ρυθμοί μετάδοσης που μπορούν να επιτευχθούν είναι ασύγκριτα υψηλότεροι ενώ η εξασθένιση σήματος στα πλαίσια αστικών αποστάσεων είναι εξαιρετικά μικρές. Η χρήση φωτός αντί ηλεκτρικού ρεύματος, απαλλάσσει την οπτική ίνα από οποιασδήποτε φύσης ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές και τις καθιστά ανεπηρέαστες από φυσικά φαινόμενα.

Το πρώτο βήμα επέκτασης των οπτικών ινών στο δίκτυο πρόσβασης υλοποιείται με την αρχιτεκτονική FTTC, σύμφωνα με την οποία η οπτική ίνα φτάνει μέχρι υπαίθριες καμπίνες διασκορπισμένες εντός της πόλης, ενώ το δίκτυο χαλκού παραμένει ενεργό στο τμήμα από την υπαίθρια καμπίνα έως τον εξοπλισμό του τελικού χρήστη. Η κυρίαρχη τεχνολογία που παρέχεται μέσω αρχιτεκτονικής FTTC είναι το VDSL2. Οι ρυθμοί μετάδοσης φτάνουν στα 50 Mbps στη ροή καθόδου για καλωδιακές αποστάσεις μικρότερες των 800 μέτρων. Ωστόσο η τεχνολογία VDSL2 δεν επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες των καταναλωτών. Η ποιότητα υπηρεσίας δεν είναι εγγυημένη ή προβλέψιμη, εξαιτίας των υψηλών παρεμβολών μεταξύ των συνδρομητικών γραμμών.

Το επόμενο προφανές βήμα αποτέλεσε η περαιτέρω επέκταση της οπτικής ίνας στο δίκτυο πρόσβασης: είτε μέχρι το κτίριο των τελικών χρηστών (FTTB) είτε εντός της οικίας τους (FTTH). Οι τεχνολογίες που αξιοποιούν αυτές τις αρχιτεκτονικές (π.χ. GPON) πολλαπλασιάζουν τους ρυθμούς μετάδοσης ενώ οι παρεχόμενες υπηρεσίες μπορούν να θεωρηθούν ως εγγυημένες.

Το μεγάλο μειονέκτημα των αρχιτεκτονικών FTTB/H είναι ότι απαιτούν μεγάλα επενδυτικά κόστη για χωματουργικές και δομικές εργασίες καθώς και οι μεγάλοι χρόνοι υλοποίησης, ιδιαίτερα σε δίκτυα πρόσβασης στα οποία δεν προϋπάρχουν διαθέσιμες σωληνώσεις. Υπό το φόβο μη βιώσιμων επενδύσεων, ή υπό την πίεση ανταγωνιστικών τεχνολογιών οι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι στράφηκαν στην αναζήτηση επιλογών που δεν απαιτούν τόσο εκτεταμένες επενδύσεις.

Η εξασθένιση του σήματος είναι αδύνατον να αντιμετωπιστεί χωρίς να μειωθεί η καλωδιακή απόσταση, δηλαδή χωρίς να επεκταθεί το αποτύπωμα της οπτικής ίνας στο δίκτυο πρόσβασης. Συνεπώς, για την αύξηση της απόδοσης έπρεπε να αναζητηθούν λύσεις που θα αντιμετωπίζουν το δεύτερο παράγοντα μείωσης, δηλαδή τις παρεμβολές.

Η τεχνολογία Vectoring παρέχει ακριβώς αυτήν την δυνατότητα: την εξουδετέρωση των FEXT παρεμβολών που δημιουργούνται μεταξύ αλληλεπιδρώντων συνδρομητικών γραμμών. Μέσω μιας διαδικασίας εκμάθησης των χαρακτηριστικών των καλωδίων, η μονάδα ελέγχου VCE του συστήματος γνωρίζει τις παρεμβολές που δέχεται και προκαλεί κάθε γραμμή. Έπειτα με την κατάλληλη επεξεργασία σήματος εξουδετερώνει τα αποτελέσματα των παρεμβολών. Με αυτόν τον τρόπο, χωρίς να αυξηθεί ο παράγοντας ισχύς (S), βελτιώνεται ο λόγος SNR μειώνοντας τον θόρυβο (N) σε κάθε γραμμή.

Η τεχνολογία Vectoring, η οποία αποτελεί μια ενίσχυση της τεχνολογίας VDSL2 προσφέρει ρυθμούς μετάδοσης έως 100 Mbps, ενώ η έκδοση Super Vectoring έως 300 Mbps. Υπόσχεται επίσης σταθερή και προβλέψιμη απόδοση σε κάθε γραμμή, προτεραιοποίηση στην απόδοση των συνδρομητικών γραμμών, σχεδιασμό για την κατανομή των επεξεργαστικών πόρων.

Για την αποδοτική λειτουργία του συστήματος, το σύνολο των συνδρομητικών γραμμών θα πρέπει να ελέγχονται από την ίδια VCE. Η ύπαρξη έστω και μίας VDSL2 γραμμής η οποία δεν ελέγχεται από τη VCE δημιουργεί σημαντική μείωση στην απόδοση του συστήματος και καθιστά μη προβλέψιμους τους ρυθμούς μετάδοσης. Η σημασία του συγκεκριμένου χαρακτηριστικού είναι ότι σε κάθε κατανομή μικτονόμησης, εφόσον ένας τηλεπικοινωνιακός εγκαταστήσει σύστημα Vectoring, κανένας άλλος πάροχος δε δύναται να εισάγει υπηρεσίες VDSL2 (vectored ή non-vectored).

Η συγκεκριμένη τεχνική ιδιαιτερότητα δημιουργεί την ανάγκη για τροποποίηση του ρυθμιστικού πλαισίου, καθώς η υποχρέωση για Αδεσμοποίηση πρόσβαση σε Τοπικό Βρόχο και Υποβρόχο έρχεται σε αντίθεση με την εισαγωγή τεχνολογίας Vectoring. Η σχετική ευρωπαϊκή εμπειρία παρουσιάζει μια σειρά επιλογών και αποφάσεων. Σε χώρες όπως η Αυστρία ή το Βέλγιο, η πολιτική χαρακτηρίζεται ως ασύμμετρη καθώς μόνο ο πάροχος ΣΙΑ έχει το δικαίωμα να εισάγει τεχνολογία Vectoring. Σε κάποιες χώρες η άρση της υποχρέωσης SLU είναι συνολική, σε άλλες γίνεται υπό όρους και κατά περίπτωση. Σε χώρες όπως η Γερμανία και η Ιρλανδία, η τεχνολογία Vectoring εισάγεται όχι μόνο από υπαίθριες καμπίνες ενεργού εξοπλισμού αλλά και από Αστικά Κέντρα, οδηγώντας στον περιορισμό της υποχρέωσης LLU. Η ευρωπαϊκή πολιτική επιτάσσει ο περιορισμός της αδεσμοποίησης πρόσβασης στο φυσικό μέσο να συνοδεύεται από εικονικό χονδρικό προϊόν τύπου VULA, τα χαρακτηριστικά του οποίου θα πρέπει να προσομοιάζουν με αυτά του φυσικού μέσου.

Στην Ελλάδα, η Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων αποφάσισε την εισαγωγή της τεχνολογίας Vectoring μόνο από υπαίθριες καμπίνες σε απόσταση μεγαλύτερη των 550 μέτρων από το Αστικό Κέντρο. Εφαρμόζει συμμετρική πολιτική, επιτρέποντας δηλαδή σε κάθε τηλεπικοινωνιακό πάροχο να αποκτήσει υπό όρους αποκλειστικά δικαιώματα χρήσης ΤοΥΒ. Η κατανομή των υπαίθριων καμπινών πραγματοποιείται ανά Αστικό Κέντρο μέσα από ένα πλαίσιο αναθέσεων. Κάθε πάροχος στον οποίο ανατίθεται ένα Αστικό Κέντρο αποκτούν αποκλειστικό δικαίωμα

μέχρι την ολοκλήρωση του πρώτου κύκλου αναθέσεων, για όλους υπαίθριους καταναλωτές του Αστικού Κέντρου σε απόσταση μεγαλύτερη των 550 μέτρων. Οι όροι και η διαδικασία κατοχύρωσης ενός Αστικού Κέντρου υπήρξαν διαφορετική κατά την πρώτη φάση αναθέσεων για τον ΟΤΕ και τους υπόλοιπους παρόχους. Ο λόγος που συνέβη αυτό είναι ότι ο ΟΤΕ ήταν ο μόνος που πάροχος που είχε αναπτύξει εκτεταμένα αρχιτεκτονική FTTC. Ως εκ τούτου ο ΟΤΕ ήταν ο πρώτος που κατοχύρωσε Αστικά Κέντρα με σκοπό να μην απαξιωθούν οι μέχρι τότε επενδύσεις του. Τέθηκαν όμως αυστηρότεροι όροι κάλυψης για την κατοχύρωση Αστικού Κέντρου, ώστε να μην αποκτήσει σημαντικό προβάδισμα έναντι του ανταγωνισμού.

Παράλληλα η ΕΕΤΤ επεδίωξε την τροποποίηση του κανονιστικού πλαισίου με σκοπό να διευκρινιστούν οι ελάχιστες προδιαγραφές του χονδρικού προϊόντος VULA, να εισαχθεί μια αποτελεσματική διαδικασία για την παροχή ΤοΥΒ και συναφών ευκολιών, καθώς και να διακανονισθούν όλες οι απαιτούμενες λεπτομέρειες για την συμβατότητα των νέων τεχνολογιών ως προς το φάσμα και την πυκνότητα ισχύος.

Οι πρωτοβουλίες για την εισαγωγή της τεχνολογίας Vectoring έδωσαν ώθηση στην αγορά, τονώνοντας για πρώτη φορά τον ανταγωνισμό των παρόχων σε επίπεδο υποδομών, πέραν από το επίπεδο των υπηρεσιών. Ήδη κατά τον κύκλο των πρώτων αναθέσεων, προέκυψαν οι πρώτες διαθέσεις για επενδύσεις σε αρχιτεκτονικές FTTB και FTTH με χρήση τεχνολογιών G.Fast και GPON. Επιπλέον, φαίνεται να υπάρχει διάθεση εκ μέρους παρόχων για επενδύσεις σε FTTH/B σε σημεία του δικτύου που δεν προστατεύονται από τον κανονισμό του πλάνου αναθέσεων.

Η τεχνολογία Vectoring έδωσε παράταση ζωής στο δίκτυο χαλκού και ώθηση 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.

ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

ADSL	Asymmetric DSL
AN	Access Node
AON	Active Optical Networks
APON	ATM PON
ATM	Asynchronous Transfer Mode
AWG	Arrayed Wave Guide
BEP	Building Entry Point
BEREC	Body of European Regulators for Electronic Communications
B-ODF	Building Optical Distribution Frame
BPON	Broadband PON
CO	Central Office
CPE	Customer Premises Equipment
CWDM	Coarse WDM
DAE	Digital Agenda for Europe
DMT	Discrete Multi Tone
DPBO	Downstream Power Back-off
DS	Downstream
DSL	Digital Subscriber Line
DSLAM	DSL Access Multiplexer
DSM	Dynamic Spectrum Management
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing
eoc	embedded operation channel
EPON	Ethernet PON
FDD	Frequency Division Duplexing
FEXT	Far End CrossTalk
FTTB	Fiber to the Building
FTTC	Fiber to the Cabinet/Curb
FTTH	Fiber to the Home
GPON	Gigabit PON
HDSL	High-bit-rate DSL
IDF	Intermediate Distribution Frame
IDFT	Inverse Discrete Fourier Transform
IGMP	Internet Group Management Protocol
IPTV	Internet Protocol Television
ISDN	Integrated Services Digital Network
KV	KabelVerzweiger
LDF	Local Distribution Frame
LLU	Local Loop Unbundled
LRIC	Long Range Incremental Cost
LR-VDSL	Long Reach VDSL

LTE	Long Term Evolution
MAC	Multiply–Accumulate
MDF	Main Distribution Frame
ME	Management Entity
MOV	Multi-Operator Vectoring
MPLS-TP	Multiprotocol Label Switching - Transport Profile
MSAN	Multi-service Access Node
NEXT	Near End CrossTalk
NGA	Next Generation Access
NG-PON	Next Generation PON
NMS	Network Management System
NT	Network Termination
NTE	Network Termination Equipment
OLT	Optical Line Termination
ONT	Optical Network Termination
ONU	Optical Network Unit
P2MP	Point to Multipoint
P2P	Point to Point
PON	Passive Optical Networks
PoP	Point of Presence
POTS	Plain Ordinary Telephony Services
PSD	Power Spectral Density
QoS	Quality of Service
RBO	Reference Broadband Offer
RUO	Reference Unbundled Offer
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SHDSL	Symmetrical high-speed DSL
SLA	Service Level Agreement
SLU	SubLoop Unbundled
SNR	Signal-to-Noise Ratio
soc	special operation channel
STB	Set Top Box
TDD	Time Division Duplexing
TDMA	Time Division Multiple Access
UPBO	Upstream Power Back-off
US	Upstream
VCE	Vectoring Control Entity
VDSL	Very-high-bitrate DSL
VLAN	Virtual Local Area Network
VLU	Virtual Local Unbundling
VoIP	Voice over Internet Protocol
VPU	Virtual Partially Unbundled

VTU-O	VDSL terminal unit at the ONU side
VTU-R	VDSL terminal unit at the Remote side
VULA	Virtual Unbundled Local Access
WCRM	Wholesale Customer Resource Management
WDM	Wavelength Division Multiplexing
xDLV	Cross-DSLAM Level Vectoring
ΑΕΠ	Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν
ΑΚ	Αστικό Κέντρο
ΑΝΤοΥΒ	Ανενεργός ΤοΥΒ
ΑΠΤοΒ	Αδεσμοποίητη Πρόσβαση στον Τοπικό Βρόχο
ΑΠΤοΥΒ	Αδεσμοποίητη Πρόσβαση στον Τοπικό Υποβρόχο
ΑΣ-ΥΒ	Απομακρυσμένη Συνεγκατάσταση Υποβρόχου
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΕΤΤ	Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομίων
ΕΗ	Εργάσιμη Ημέρα
ΕΝΤοΥΒ	Ενεργός ΤοΥΒ
ΕΞΣΚ	Εξωτερικό Συνδετικό Καλώδιο
ΕΡΑ	Εθνική Ρυθμιστική Αρχή
ΕΣΚΤ	Εσωτερικού Καλωδίου Τερματισμού
ΚΚΜ	Κύριος Κατανεμητής Μικτονόμησης
ΜΤοΒ	Μεριζόμενος Τοπικός Βρόχος
Ο.Κ.ΣΥ	Ολοκληρωμένη Κεντρική Σύνδεση
ΟΤΕ	Οργανισμός Τηλεπικοινωνιών Ελλάδος
Π.Σ.	Πληροφοριακό Σύστημα
ΠΠ	Πάροχος Πρόσβασης
ΠΤοΒ	Πλήρης Τοπικός Βρόχος
ΠΥ	Πάροχος Υπηρεσίας
ΠΧΤΥ	Πάροχος Χονδρικής Τοπικού Υποβρόχου
ΣΙΑ	Σημαντική Ισχύ στην Αγορά
Τ.Π.	Τηλεπικοινωνιακός Πάροχος
ΤΚΜ	Τοπικός Κατανεμητής Μικτονόμησης
ΤοΒ	Τοπικός Βρόχος
ΤοΥΒ	Τοπικός Υποβρόχος
ΥΚΕΕ	Υπαίθριας Καμπίνας Ενεργού Εξοπλισμού
ΥΚΚ	Υπαίθριας Καμπίνας Καλωδίωσης
ΦΥΠ	Φρεάτιο Υποδομής
ΦΥΤΠ	Φρεάτιο Υποδοχής Τηλεπικοινωνιακού Παρόχου
ΧΕΠ	Χονδρικής Ευρυζωνικής Πρόσβασης

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] 'Arielle Sumits,"The History and Future of Internet Traffic",8-2015,available at <https://blogs.cisco.com/sp/the-history-and-future-of-internet-traffic>'.
- [2] 'Cisco,"Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2016–2021",6-2017'.
- [3] 'Cisco White Paper,"The Zettabyte Era: Trends and Analysis",6-2017,available at <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/vni-hyperconnectivity-wp.html>'.
- [4] 'ITU,"Impact of Broadband on the Economy", 4-2012'.
- [5] 'Γενική Γραμματεία Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων, "Εθνικό Σχέδιο Ευρυζωνικής Πρόσβασης Επόμενης Γενιάς 2014-2020", 6-2015'.
- [6] 'ΕΕΤΤ, "Πορεία Ευρυζωνικότητας στην Ελλάδα, Β' Εξάμηνο 2016", 5-2017"'.
[7] 'European Commission,"Europe's Digital Progress Report 2017"'.
[8] 'Akamai,"State of the Internet, Q1 2017 report"'.
[9] 'ΕΕΤΤ, "Επισκόπηση αγορών ηλεκτρονικών επικοινωνιών και ταχυδρομικών υπηρεσιών 2015"'.
[10] 'Χ. Βασιλόπουλος, Δ. Κωτούλας, Δ. Ξενικός, Π. Βούδας, Γ. Χελιώτης Γ. Αγαπίου, Τ. Δούκογλου,"Δίκτυα Πρόσβασης Νέας Γενιάς", Εκδόσεις Κλειδάριθμος,2010'.
- [11] 'ΕΕΤΤ, "Αδεσμοποίητη πρόσβαση στο τοπικό βρόχο", available at http://www.eett.gr/opencms/opencms/EETT/Electronic_Communications/Telecoms/LocalNetworkAccess/FAQS/#5'.
- [12] 'Jackson Mark,"The Definition of UK Superfast Next Generation Broadband",9-2010, available at https://www.ispreview.co.uk/articles/10_Definition_of_UK_Superfast_NGA_Broadband/'.
- [13] 'ITU-T,"FS-VDSL Focus Groups Technical Specification Part 1: Operaton requirements",6-2002'.
- [14] 'ΕΕΤΤ, ΑΠ 835/09: "Τροποποίηση της εγκριθείσας με την ΑΠ ΕΕΤΤ 675/09/ 11.12.2012 Προσφοράς Αναφοράς πλήρους και μεριζόμενης αδεσμοποίητης πρόσβασης στον τοπικό βρόχο και υποβρόχο και τις σχετικές υπηρεσίες, ως ισχύει, αναφορικά με το χονδρικό προϊόν Εικονικά Μερικά Αδεσμοποίητου Βρόχου (Virtual Partially Unbundled, VPU) σε αρχιτεκτονική FTTH (VPU/ FTTH)",11-2017'.
- [15] 'Ι. Βενιέρης,"Δίκτυα Ευρείας Ζώνης: Τεχνολογίας και εφαρμογές με έμφαση στο διαδίκτυο",Εκδόσεις Τζιόλα, 2013'.
- [16] 'Kazovsky, L. G. et al.,"Broadband Optical Access Networks." 1st ed. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.,2011'.
- [17] 'Gorshe, S., Raghavan, A., Starr, T. & Galli, S., 2014. Broadband Access: Wireline and Wireless - Alternatives for Internet Services. 1st ed. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd., 2014'.
- [18] 'IEEE, "Std 802.3ah-2004 - IEEE Standard for Information technology-- Local and metropolitan area networks"'.
[19] 'IEEE, 'IEEE Std 802.3av-2009 (Amendment to IEEE Std 802.3-2008) - IEEE Standard for Information technology-- Local and metropolitan area networks-- ""'.
[20] 'ITU-T, 'G.984.1 : Gigabit-capable passive optical networks (GPON)""'.
[21] 'ITU-T, "G.987.1 : 10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON)""'.
[22] 'ITU-T, "G.989.1 : 40-Gigabit-capable passive optical networks (NG-PON2)""'.
[23] 'Huawei,"Next-Generation PON Evolution",2010, available at http://www.huawei.com/ilink/en/download/HW_077443'.
- [24] 'Colmegna, Galli, Goldberg,"Methods for Supporting Vectoring when Multiple Service Providers Share the Cabinet Area,"4-2012,FASTWEB-ASSIA White Paper on Vectoring'.
- [25] 'Huawei,"Vectoring Technology White Paper ",08-2015'.
- [26] 'Peter Silverman,"An Overview of G.993.5 Vectoring",5-2012,Broadband Forum Market Report 257 Issue 1.'
- [27] 'V. Oksman et al,"The ITU-T's New G.vector Standard Proliferates 100 Mb/s DSL",9-2010,IEEE Communications Magazine 0163-6804/10 p.140'.
- [28] 'St. Vanhastel, P. Spruyt,"Boosting VDSL2 Bit Rates with Vectoring", available at <https://insight.nokia.com/boosting-vdsl2-bit-rates-vectoring>'.
- [29] 'ITU-T, G.993.5 "Self-FEXT cancellation (vectoring) for use with VDSL2 transceivers",1-2015'.
- [30] 'Frank van der Putten, Alcatel Lucent, answer to BIPT 18.02.2011'.
- [31] 'K. Russel, P. Spruyt, St. Vanhastel,"Vplus gets more out of VDSL2 Vectoring", available at <https://insight.nokia.com/vplus-gets-more-out-vdsl2-vectoring>'.
- [32] 'St. Vanhastel, P. Spruyt,"VDSL2 Vectoring in Multi-operator Environment – Separating Fact from Fiction" available at <https://insight.nokia.com/vdsl2-vectoring-multi-operator-environment-separating-fact-fiction>'.
- [33] 'K. Kerpez et al, "Compatibility of Vectored and Non-Vectored VDSL2",IEEE Conference on Information Sciences and Systems (CISS),Princeton, NJ, Mar. 21 -23, 2012'.

- [34] 'NICC Standards Limited,"Vectoring – use cases and impact assessment",3-2015, NICC ND1516 V1.1.1'.
- [35] 'T.Plückebaum,St. Jay,KH. Neumann,"Benefits and regulatory challenges of VDSL Vectoring (and VULA)",RSCAS 2014/69 – European University Institute Working Papers'.
- [36] 'M. Timmers et al,"G. Fast: Evolving the Copper Access Network", IEEE Communications Magazine 2013 0163-6804/13 p.74'.
- [37] 'M. Timmers et al,"System Design of Reverse-powered G.Fast", IEEE Communications Magazine 2012 978-1-4577-2053-6/12/ p.6869'.
- [38] 'ΕΕΤΤ, ΑΠ: 792/07 "Ορισμός Εθνικής αγοράς χονδρικής τοπικής πρόσβασης σε σταθερή θέση, καθορισμός επιχειρήσεων με σημαντική ισχύ στην εν λόγω αγορά και υποχρεώσεις αυτών (4ος Κύκλος Ανάλυσης)", Dec. 2016.
- [39] 'Φραγκουλόπουλος Στρ.,"Πρόταση της ΕΕΤΤ αναφορικά με την εισαγωγή της τεχνολογίας VDSL vectoring στο δίκτυο πρόσβασης νέας γενιάς (NGA) στο Σχέδιο Μέτρων που κοινοποιεί στην ΕΕ, το BEREC και τις λοιπές Ρυθμιστικές Αρχές",Επικοινωνίες εν τάχει,Τεύχος 47', Sep. 2016.
- [40] 'ΕΕΤΤ, ΑΠ:800/03 "Ανάθεση στον ΟΤΕ των ΑΚ για τα οποία έχει εκδηλώσει ενδιαφέρον για εισαγωγή της τεχνολογίας vectoring στο πλαίσιο της διαδικασίας της Α' Φάσης της Πρώτης Ανάθεσης περιοχών για την ανάπτυξη δικτύου VDSL Vectoring, όπως ορίζεται στο Παράρτημα 3 της ΑΠ ΕΕΤΤ 792/07/22.12.2016", 21-2-2-17'.
- [41] 'ΕΕΤΤ, ΑΠ:813/04 "Ανάθεση στους αιτηθέντες παρόχους των περιοχών των Αστικών Κέντρων (ΑΚ) ΟΤΕ για τις οποίες εκδήλωσαν ενδιαφέρον για υλοποίηση δικτύων πρόσβασης νέας γενιάς (NGA) στο πλαίσιο της διαδικασίας της Β' Φάσης της Πρώτης Ανάθεσης περιοχών για την ανάπτυξη δικτύου VDSL Vectoring, όπως ορίζεται στο Παράρτημα 3 της ΑΠ ΕΕΤΤ 792/07/22.12.2016 (ΦΕΚ 4505/Β/30.12.2016) / (Β' Απόφαση Ανάθεσης)", 07-06-2016'.
- [42] 'Φραγκουλόπουλος Στρ.,"Ενέργειες της ΕΕΤΤ στο πλαίσιο της διαδικασίας VDSL Vectoring",Επικοινωνίες εν τάχει,Τεύχος 49'.
- [43] 'ΕΕΤΤ, ΑΠ:828/12 "Ανάθεση στους αιτηθέντες παρόχους των περιοχών των Αστικών Κέντρων (ΑΚ) ΟΤΕ για τις οποίες εκδήλωσαν ενδιαφέρον για υλοποίηση δικτύων πρόσβασης νέας γενιάς (NGA) στο πλαίσιο της διαδικασίας της Γ' Φάσης της Πρώτης Ανάθεσης περιοχών για την ανάπτυξη δικτύου VDSL Vectoring, όπως ορίζεται στο Παράρτημα 3 της ΑΠ ΕΕΤΤ 792/07/22.12.2016 (ΦΕΚ 4505/Β/30.12.2016) / (Γ' Απόφαση Ανάθεσης)", 9-2017'.
- [44] 'Φραγκουλόπουλος Στρ. , Φραγκουλοπούλου Σ.,"Αναμενόμενη ανάπτυξη δικτύων πρόσβασης NGA στην Ελλάδα, βάσει της διαδικασίας εισαγωγής της τεχνολογίας VDSL Vectoring",Επικοινωνίες εν τάχει,Τεύχος 50'.
- [45] 'ΕΕΤΤ, ΑΠ:806/5 "Τροποποίηση και κωδικοποίηση της εγκριθείσας με την ΑΠ ΕΕΤΤ: 675/09/11–12–2012 Προσφοράς Αναφοράς πλήρους και μεριζόμενης αδεσμοποίητης πρόσβασης στον τοπικό βρόχο και υποβρόχο και τις σχετικές υπηρεσίες, ως ισχύει σήμερα, αναφορικά με την παροχή ΤοΥΒ και Συναφών Ευκολιών, σε εφαρμογή της ΑΠ ΕΕΤΤ 781/03/13.10.2016", 4-2017'.
- [46] 'Policy Dept. of European Parliament,"Network Neutrality Revisited: Challenges and Responses in the EU and in the US",12-2014'.
- [47] 'Reichl, Wolfgang; Ruhle, Ernst-Wolfgang; Lundborg, Martin; Ehrler,Matthias,"Virtual unbundling: The basis for competition in next generation accessnetworks",23rd European Regional Conference of the International Telecommunication Society,4-2012'.
- [48] 'BEREC, BoR (16) 162,"Common Position on Layer 2 Wholesale Access Products",10-2016'.
- [49] 'ΕΕΤΤ, ΑΠ:808/002 "Τεχνικές προδιαγραφές και ελάχιστα χαρακτηριστικά του χονδρικού προϊόντος Εικονικής Τοπικής Αδεσμοποίητης Πρόσβασης (Virtual Local Unbundling – VLU)", 27-04-2017'.
- [50] 'ΕΕΤΤ, ΑΠ:801/8 "Κανονισμός Διαχείρισης και Έγχυσης Ισχύος στο Δίκτυο Πρόσβασης", 3-2017'.
- [51] 'Rob F.M. van den Brink,"The art of Spectral Management Downstream power back-off for VDSL2",TNO White Paper on DSL,10-2009'.
- [52] 'BEREC, BoR (16) 96,"Draft Challenges and drivers of NGA rollout and infrastructure competition",6-2016'.
- [53] 'Bundesnetzagentur,"Annual Report 2016 Markets in the digital revolution".
- [54] 'BEREC,BoR (14) 122,"Case Studies on Regulatory Decisions regarding Vectoring in the European Union",9-2014'.
- [55] 'Bundesnetzagentur,"Bundesnetzagentur officially announces final decision on vectoring",9-2016,available at https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/EN/2016/160901_vectoring.html.
- [56] 'AGCOM,"Consultazione pubblica concernente l'identificazione ed analisi dei mercati dei servizi di accesso alla rete fissa-Allegato B".
- [57] 'European Commission,"Commission Decision concerning Case UK/2014/1608: Wholesale broadband access market",2014'.

- [58] 'Jackson Mark,"BT Openreach Say LR-VDSL Could Push "Fibre Broadband" to 99% of the UK",ISPReview,5-2017, available at <https://www.ispreview.co.uk/index.php/2017/05/bt-openreach-say-lr-vdsl-push-fibre-broadband-99-uk.html>'.
- [59] 'ΓΕΡΗΕΤ, "Απόφαση αναφορικά με τον Ορισμό Σχετικής Αγοράς, την Ανάλυση για την ύπαρξη αποτελεσματικού ανταγωνισμού και τον καθορισμό Παροχέα με ΣΙΑ και την επιβολή ρυθμιστικών μέτρων σε σχέση με την αγορά Χονδρικής Τοπικής Παροχής Πρόσβασης σε σταθερή θέση (αγορά 3α)".