



**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**

**Τεχνοοικονομική μελέτη των ευκαιριών σύγκλισης της  
επίγειας ψηφιακής ραδιοτηλεοπτικής ευρυεκπομπής και των  
κινητών ευρυζωνικών δικτύων**

**Γεώργιος Σ. Δάτσικας**

**Επιβλέπων: Δημήτριος Κατσιάνης, ΕΔΙΠ**

**ΑΘΗΝΑ**

**ΜΑΡΤΙΟΣ 2018**

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Τεχνοοικονομική μελέτη των ευκαιριών σύγκλισης της επίγειας ψηφιακής  
ραδιοηλεκτρονικής ευρυεκπομπής και των κινητών ευρυζωνικών δικτύων

**Γεώργιος Σ. Δάτσικας**

**Α.Μ.: ΜΟΠ 437**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Δημήτριος Κατσιάνης, ΕΔΙΠ**

Μάρτιος 2018

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το κύριο μέσο διανομής του τηλεοπτικού προϊόντος στην Ευρώπη εξακολουθεί στις μέρες μας να είναι το επίγειο ψηφιακό δίκτυο ευρυεκπομπής (DTT), ενώ έπονται η δορυφορική και καλωδιακή πλατφόρμα με σημαντικά ποσοστά διείσδυσης. Αλλά αν ρωτηθεί κάποιος και δη ένας νέος πως προτιμά να παρακολουθεί τηλεόραση και να καταναλώνει βίντεο, πιθανότατα θα απαντήσει: «δεν ανοίγω καν την τηλεόραση αλλά θα το σκεφτόμουν να αγοράσω μια συνδρομητική υπηρεσία IPTV», «την αγαπημένη μου σειρά την είδα χθες στο tablet» (VoD, TV anytime), «όσο περίμενα στη στάση του λεωφορείου έριξα μια ματιά σε κάτι τρέιλερ στο Youtube από το κινητό μου» (OTT, TV anywhere). Οι τάσεις τηλεθέασης αλλάζουν, οι δυνατότητες των δικτύων βελτιώνονται και η ζήτηση για ραδιοφάσμα διογκώνεται. Η συζήτηση περί συγκλινουσών τεχνολογιών που θα εξυπηρετούν αυτές τις απαιτήσεις υπό το πρίσμα της αποδοτικής διαχείρισης του ραδιοφάσματος και τη διαμόρφωση μιας ενιαίας ψηφιακής στρατηγικής σε επίπεδο Ε.Ε. είναι πιο επίκαιρη από ποτέ.

Στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι να αναδείξει και εξειδικεύσει τις νέες ανάγκες κατανάλωσης περιεχομένου βίντεο, να παρουσιάσει τις τεχνολογικές λύσεις που μπορούν να προσφέρουν τα δίκτυα με έμφαση κυρίως σε αυτά των κινητών επικοινωνιών και παράλληλα να αποτιμήσει το οικονομικό όφελος της μετάβασης σε ένα νέο οπτικοακουστικό μοντέλο όπου τα ενδιαφερόμενα μέρη (ραδιοτηλεοπτικοί φορείς, πάροχοι κινητών επικοινωνιών) θα έχουν σαφή επιχειρηματικά κίνητρα.

Πιο αναλυτικά, αρχικώς περιγράφεται η αγορά της ψηφιακής τηλεόρασης και των κινητών επικοινωνιών (διείσδυση, τάσεις τηλεθέασης, προβλέψεις κίνησης δεδομένων). Εν συνεχεία, καταγράφονται τα οφέλη των χαμηλότερων ζωνών συχνοτήτων UHF για τις κινητές επικοινωνίες προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι αυξημένες απαιτήσεις δεδομένων και εξηγούνται οι τεχνικές λύσεις για την αποδοτικότερη διαχείριση του ραδιοφάσματος (αναδιάθεση 700 MHz, white spaces, SDL). Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται οι εξελίξεις στα πρότυπα και των 2 κλάδων, με ειδική αναφορά στο eMBMS, και μελετούνται 3 υποψήφιες αρχιτεκτονικές δικτύου που θα προσδώσουν από τη μια εξοικονόμηση φάσματος και από την άλλη θα καλύψουν τις νέες τάσεις τηλεθέασης. Μια επισκόπηση των προτεραιοτήτων πολιτικής και αποφάσεων της Ε.Ε. σχετικά με το ραδιοφάσμα και τους στόχους της ενιαίας ψηφιακής αγοράς μπορεί να ανευρεθεί στο κεφάλαιο 5, ενώ στο κεφάλαιο 6 αναλύονται τα επιχειρηματικά μοντέλα των παρόχων κινητών επικοινωνιών (επιχειρηματικές ευκαιρίες, πηγές εσόδων από νέες υπηρεσίες). Τέλος, έγινε μια προσπάθεια προσαρμογής του τεχνοοικονομικού μοντέλου της Plum/Farncombe στα δεδομένα της Ελληνικής περίπτωσης και παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα.

Η διπλωματική εργασία κλείνει με τα συμπεράσματα και με μια πολύ ενδιαφέρουσα ματιά στο μέλλον. Περιλαμβάνεται επίσης ένας πλούσιος κατάλογος συντημήσεων και όρων για τους λάτρεις της ελληνικής γλώσσας.

**ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ:** Τηλεοπτική ευρυεκπομπή – Κινητά ευρυζωνικά δίκτυα

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** επίγεια ψηφιακή τηλεόραση, SDL, eMBMS, γραμμική τηλεθέαση, VoD, ενιαία ψηφιακή αγορά, ψηφιακό μέρισμα, αναδιάθεση φάσματος UHF.

## ABSTRACT

The main means of distribution of the television product in Europe is still in our days the DTT network, followed by the satellite and cable platform with significant penetration rates. But if someone is asked, especially a younger person, how he prefers to watch television and consume video, in all likelihood, he will answer: “I don’t even watch television but I will consider purchase an IPTV subscription service”, “I watched my favorite series yesterday on my tablet” (VoD, TV anytime), “While I was waiting at the bus stop I took a look at some trailers on Youtube from my smartphone” (OTT, TV anywhere). Viewing trends are changing, the capabilities of the networks are improving and the demand for more spectrum is growing. The discussion about converging technologies which will serve these requirements in the light of efficient spectrum management and the development of a single digital strategy at EU level is more timely than ever.

The aim of the Master’s thesis is to highlight and specify the new needs for video content consumption, to present the technological solutions that networks can offer with a focus on mobile communications, while at the same time to assess the economic benefit of switching to a new audiovisual model where the stakeholders (broadcasters, mobile operators) will have clear business incentives.

In more detail, firstly the market of digital television and mobile communications (penetration, viewing trends, data traffic forecasts) is described. Subsequently, the benefits of the lower UHF bands for mobile communications are recorded in order to address the increased data requirements and technical solutions for more efficient spectrum management are also explained (reallocation of 700 MHz, white spaces, SDL). Chapter 4 presents developments in the standards of both sectors, with special reference to eMBMS, and also 3 candidate network architectures are being studied to deliver both spectrum savings and cover the new TV viewing trends. An overview of the EU’s policy priorities and decisions regarding the spectrum and the objectives of the Digital Single Market can be found in Chapter 5, while Chapter 6 analyzes the business models of mobile operators (business opportunities, sources of revenue from new services). Finally, an attempt was made to adapt the Plum/Farncombe techno-economic model to the Greek case and the results were presented.

The thesis ends with the conclusions and with a very interesting look at the future. A rich list of abbreviations and terms for Greek language enthusiasts is also included.

**SUBJECT AREA:** TV Broadcasting – Mobile Broadband Networks

**KEYWORDS:** digital terrestrial television, SDL, eMBMS, linear TV, VoD, digital single market, digital dividend, UHF spectrum refarming

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την περάτωση της διπλωματικής εργασίας συνέβαλαν τα μέγιστα οι κύριοι Chris Chatzicharalampous (Senior Manager – Euromena Consulting) και Δημήτριος Γαζιδέλλης (Διευθυντής Ανάπτυξης & Λειτουργίας Δικτύων – Ε.Ρ.Τ. Α.Ε.). Η εμπειρία και η εξειδικευμένη τους γνώση στα θέματα που πραγματεύεται η εργασία συμπλήρωσε την δική μου προσπάθεια κατά τη συγγραφή της. Τους ευχαριστώ θερμά και εύχομαι στον καθένα ξεχωριστά επαγγελματικές και προσωπικές επιτυχίες.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον καθηγητή μου κ. Δημήτριο Κατσιάνη για την συνεργασία και την κατανόηση που έδειξε σε ένα ιδιαίτερο προσωπικό πρόβλημα που αντιμετώπισα. Η στάση του σε αυτό το ευαίσθητο ζήτημα, με μια λακωνική απάντηση, μου έδωσε τη δύναμη να ολοκληρώσω την προσπάθεια.

Τέλος, πολύτιμος αρωγός σε κάθε εγχείρημα μου ήταν, είναι και θα είναι για όσο την έχει καλά ο 'Υψιστος' ο σημαντικότερος ίσως άνθρωπος στη ζωή όλων μας. Μάνα σε ευχαριστώ.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b> .....	<b>11</b>
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>12</b>
1.1 Υβριδική χρήση ραδιοφάσματος UHF .....	12
<b>2. ΑΓΟΡΑ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗΣ – ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ</b> .....	<b>15</b>
2.1 Οικοσύστημα ψηφιακής τηλεόρασης .....	15
2.2 Διείσδυση ψηφιακής τηλεόρασης στην Ευρώπη .....	17
2.3 Τάσεις τηλεθέασης .....	18
2.4 Διείσδυση κινητών επικοινωνιών .....	23
2.5 Προβλέψεις κίνησης δεδομένων και τάσεων αγοράς κινητών επικοινωνιών ....	24
2.6 Σύγκριση επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης και κινητής ευρυζωνικότητας .....	28
2.7 Οικονομική αξία χρήσης φάσματος .....	30
<b>3. ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΡΑΔΙΟΦΑΣΜΑΤΟΣ</b> .....	<b>31</b>
3.1 Οφέλη χρήσης ζώνης 700 MHz .....	31
3.2 Αξία φάσματος .....	32
3.3 Αναδιάθεση της ζώνης των 700 MHz .....	33
3.3.1 Η περίπτωση της Ελλάδας .....	34
3.3.2 Υπολογισμός κόστους μετάβασης .....	35
3.3.3 Σύγκριση κόστους μετάβασης με οικονομικό όφελος .....	35
3.4 Αξιοποίηση λευκών φασματικών κενών .....	36
<b>4. ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΦΙΚΤΟΤΗΤΑ ΣΥΓΚΛΙΣΗΣ</b> .....	<b>38</b>
4.1 Ιστορικό προσπαθειών ευρυεκπομπής σε κινητές συσκευές .....	38
4.2 Εξέλιξη προτύπων κινητών επικοινωνιών και επίγειας ευρυεκπομπής .....	38
4.3 Υποψήφιες αρχιτεκτονικές δικτύου .....	41
4.3.1 Υβριδική λύση .....	42
4.3.2 Κυβελωτή ευρυεκπομπή .....	45
4.3.3 Κοινό σύστημα ευρυεκπομπής .....	48
<b>5. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ Ε.Ε. ΓΙΑ ΤΟ ΡΑΔΙΟΦΑΣΜΑ UHF – ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ</b> ....	<b>49</b>
5.1 Ορισμός του προβλήματος .....	49
5.2 Αναγκαιότητα δράσης από την Ε.Ε. ....	50
5.3 Ζήτηση ραδιοφάσματος .....	51
5.4 Επιλογές πολιτικών .....	52
5.5 Εκτίμηση επιπτώσεων .....	53
5.6 Απόφαση 17 <sup>ης</sup> Μαΐου 2017 .....	57
<b>6. ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ</b> .....	<b>58</b>
6.1 Σύγκριση μοντέλων οπτικοακουστικών υπηρεσιών .....	58
6.2 Επιχειρηματικά μοντέλα MNO στην υβριδική χρήση ραδιοφάσματος .....	60

6.3	Παράγοντες κλιμακωσιμότητας επιχειρηματικών μοντέλων.....	61
6.4	Επιχειρηματικές ευκαιρίες.....	64
<b>7.</b>	<b>ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ .....</b>	<b>66</b>
7.1	Εισαγωγικές παρατηρήσεις .....	66
7.2	Ορισμός επιλογών πλατφόρμας.....	67
7.3	Επαυξητικά οφέλη .....	67
7.4	Επαυξητικά κόστη .....	69
7.4.1	Υπολογισμός σταθμών βάσης .....	70
7.4.2	CAPEX.....	71
7.4.3	OPEX.....	71
7.4.4	Επαναπροσανατολισμός κεραιών.....	71
7.4.5	Βασικές παραδοχές .....	71
7.5	Ανάλυση αποτελεσμάτων .....	73
7.6	Ανάλυση ευαισθησίας.....	76
7.7	Εναλλακτική τεχνοοικονομική προσέγγιση για τη ζώνη 470-694 MHz.....	77
<b>8.</b>	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΜΙΑ ΜΑΤΙΑ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ .....</b>	<b>79</b>
	<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ .....</b>	<b>81</b>
	<b>ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ .....</b>	<b>84</b>
	<b>ΑΝΑΦΟΡΕΣ .....</b>	<b>88</b>

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Κατηγοριοποίηση σεναρίων UHF .....	13
Σχήμα 2: Εξέλιξη χρήσης της ζώνης UHF .....	14
Σχήμα 3: Εξέλιξη τεχνολογιών DTT .....	15
Σχήμα 4: Οικοσύστημα ψηφιακής τηλεόρασης .....	16
Σχήμα 5: Διείσδυση DTT ανά χώρα, 2014.....	17
Σχήμα 6: Μεριδία αγοράς τηλεοπτικών πλατφόρμων στην Ευρώπη .....	18
Σχήμα 7: HbbTV .....	19
Σχήμα 8: Χρόνος γραμμικής/μη-γραμμικής τηλεθέασης .....	20
Σχήμα 9: Ομάδες χρηστών και μεγέθη τηλεθέασης ανά συσκευή .....	21
Σχήμα 10: Εξέλιξη ομάδων χρηστών .....	21
Σχήμα 11: Μεριδία είδους περιεχομένου ανά ηλικιακές ομάδες.....	22
Σχήμα 12: Ενδιαφέρον για απεριόριστο βίντεο streaming .....	22
Σχήμα 13: Υιοθέτηση 4G στην Ευρώπη .....	23
Σχήμα 14: Πρόβλεψη διείσδυσης 5G.....	24
Σχήμα 15: Εξέλιξη κινητών συσκευών και συνδέσεων .....	25
Σχήμα 16: Κίνηση δεδομένων ανά είδος συσκευής .....	25
Σχήμα 17: Smartphones με οθόνες HD .....	26
Σχήμα 18: Κίνηση δεδομένων ανά είδος περιεχομένου .....	26
Σχήμα 19: Κίνηση δεδομένων βίντεο 2023 .....	27
Σχήμα 20: Συνδρομές κινητής ανά τεχνολογία.....	27
Σχήμα 21: Σύγκριση τεχνολογιών για διανομή τηλεοπτικού περιεχομένου .....	29
Σχήμα 22: Οικονομική αξία εφαρμογών σε τιμές 2012 .....	30
Σχήμα 23: Σύγκριση χαρακτηριστικών συχνότητων.....	31
Σχήμα 24: Carex κυψελωτού δικτύου συναρτήσει συχνότητας.....	32
Σχήμα 25: Κανάλια UHF .....	33
Σχήμα 26: Δομή καταχωρήσεων 19 χωρών της Ε.Ε. (%).....	34
Σχήμα 27: Δευτερεύουσα πρόσβαση στα TVWS.....	36
Σχήμα 28: Συσχετισμός τάσεων τηλεθέασης με τις τεχνικές λύσεις .....	37
Σχήμα 29: Δυνατότητες 5G.....	39
Σχήμα 30: Πρότυπα κινητών επικοινωνιών και επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης .....	40
Σχήμα 31: LTE SDL.....	41
Σχήμα 32: Συσχετισμοί τεχνολογιών με παροχή περιεχομένου .....	42
Σχήμα 33: Δομή πλαισίου DVB-T2, υπερπλαίσια και FEF.....	43
Σχήμα 34: T0oL – ενσωμάτωση eMBMS φέρουσας στα DVB-T2 FEFs .....	44



Σχήμα 35: Υβριδική λύση – Σύγκλιση LTE eMBMS και DVB-T2 .....	45
Σχήμα 36: Κυψελωτή ευρυεκπομπή .....	45
Σχήμα 37: Δίκτυο CellTV .....	46
Σχήμα 38: Στατιστική κατανομή δημοτικότητας περιεχομένου .....	46
Σχήμα 39: Ιδανικοί τρόποι διανομής ανάλογα με την πυκνότητα πληθυσμού και ISD ...	47
Σχήμα 40: Κοινό σύστημα ευρυεκπομπής .....	48
Σχήμα 41: Ραδιοφάσμα για ασύρματες ευρυζωνικές επικοινωνίες .....	52
Σχήμα 42: Οπτικοακουστικό μοντέλο υπηρεσιών, σήμερα .....	58
Σχήμα 43: Οπτικοακουστικό μοντέλο υπηρεσιών στη συγκεκριμένη πλατφόρμα .....	59
Σχήμα 44: Επιχειρηματικό μοντέλο MNO .....	61
Σχήμα 45: Φάσμα συχνοτήτων ψηφιακής τηλεόρασης, Ελλάδα .....	66
Σχήμα 46: 5G-Xcast όραμα σύγκλισης .....	80

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Βασικοί παράγοντες εξέλιξης DTT .....	15
Πίνακας 2: Σύγκριση DTT – MBB .....	28
Πίνακας 3: Σύγκριση αξίας φάσματος.....	32
Πίνακας 4: Κλιμακωσιμότητα επιχειρηματικών μοντέλων .....	62
Πίνακας 5: Επαυξητικά οφέλη πλατφόρμας.....	69
Πίνακας 6: Ανάλυση εξόδων DIGEA.....	72
Πίνακας 7: Αποτελέσματα – Αντίκτυπος ΟΤΤ/IPTV .....	74
Πίνακας 8: Αποτελέσματα – LTE/DVB.....	74
Πίνακας 9: Αποτελέσματα – 100/150 Mbps .....	75
Πίνακας 10: Αποτελέσματα – ευνοϊκότερο σενάριο .....	75
Πίνακας 11: Αποτελέσματα ανάλυσης ευαισθησίας (1) .....	76
Πίνακας 12: Αποτελέσματα ανάλυσης ευαισθησίας (2) .....	77
Πίνακας 13: Επαυξητικά κόστη και οφέλη.....	78

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Προσωπικός μου στόχος από την 1<sup>η</sup> ακαδημαϊκή χρονιά στο διατμηματικό πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών «Διοίκηση και οικονομική των τηλεπικοινωνιακών δικτύων» του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, ήταν οι εργασίες στο πλαίσιο των μαθημάτων να άπτονται -όπου οι συνθήκες το επέτρεπαν- θεμάτων του Broadcasting, των διαδικτυακών μέσων και των κινητών επικοινωνιών. Επιστέγασμα όλων των γνώσεων που αποκτήθηκαν στη διαδρομή αυτή αποτελεί η παρούσα διπλωματική εργασία, το θέμα της οποίας επιλέχθηκε αυτοβούλως.

Ως εργαζόμενος εδώ και πολλά χρόνια στην ΕΡΤ Α.Ε., η ανησυχία μου για το μέλλον της ελεύθερης τηλεόρασης και ιδιαίτερα της δημόσιας ήταν και εξακολουθεί να είναι μεγάλη. Προφανώς το τηλεοπτικό τοπίο στην Ελλάδα φέρει παθογένειες που δεν έχουν να κάνουν τόσο με τις τεχνολογικές εξελίξεις και την έγκαιρη ενσωμάτωση τους, όσο με στρατηγικές επιλογές τηλεοπτικού περιεχομένου και βέβαια με πολλούς άλλους κοινωνικοπολιτικούς παράγοντες.

Εύχομαι οι τηλεοπτικοί φορείς στην Ελλάδα να αντιληφθούν έγκαιρα τις προοπτικές των συγκλινουσών τεχνολογιών και να τις συμπεριλάβουν στα μελλοντικά στρατηγικά τους σχέδια. Η ΕΡΤ Α.Ε. εγκαινίασε λίγους μήνες πριν την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας μια νέα πρωτοποριακή -για τα ελληνικά δεδομένα- υπηρεσία, την υβριδική τηλεόραση (HbbTV) και σχεδόν παράλληλα το ψηφιακό ραδιόφωνο (DAB). Ο αντίκτυπος των νέων αυτών υπηρεσιών στην αγορά, αν και συζητήσιμος, τουλάχιστον δείχνει μια διάθεση αξιοποίησης των νέων μέσων και των ψηφιακών πλατφόρμων. Η βιβλιογραφική έρευνα που αποτυπώνεται σε αυτή την εργασία και η προσωπική μου συμβολή στην αξιολόγηση του υλικού βεβαιώνει την επιτακτική ανάγκη να αποφευχθούν σπασμωδικές και μεμονωμένες κινήσεις τεχνολογικών επενδύσεων. Ας επικρατήσει μια συνανταγωνιστική νοοτροπία μεταξύ των εντελώς διαφορετικών -μέχρι πρότινος- κλάδων (ραδιοτηλεοπτική βιομηχανία, κινητές επικοινωνίες), γιατί η Ευρώπη και οι καταναλωτές τους θέλουν να συγκλίνουν. Καλή ανάγνωση.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η επίγεια ψηφιακή τηλεόραση (DTT) παρότι εξακολουθεί στις μέρες μας να αποτελεί το κύριο μέσο μετάδοσης τηλεοπτικού περιεχομένου στην Ευρώπη, παρατηρείται μια ολοένα και αυξανόμενη τάση προς εναλλακτικούς τρόπους διανομής, είτε μέσω σταθερών ευρυζωνικών συνδέσεων είτε μέσω κινητών ευρυζωνικών δικτύων. Ταυτοχρόνως, αλλάζουν και οι συνήθειες στην κατανάλωση του τηλεοπτικού περιεχομένου καθώς οι χρήστες στρέφονται από τη γραμμική (linear) και σε πραγματικό χρόνο τηλεθέαση, στη μη-γραμμική (non-linear) απαιτώντας διαδραστικότητα (interactivity). Να σημειωθεί ότι οι άλλες δύο κύριες πλατφόρμες διανομής τηλεοπτικού περιεχομένου είναι η καλωδιακή και η δορυφορική, πέρα από την επίγεια. Επιπλέον, η ζήτηση για κινητή ευρυζωνικότητα (MBB) ολοένα και αυξάνεται και κατ' επέκταση οι ανάγκες χρήσης του ραδιοφάσματος, που ως γνωστόν αποτελεί ένα σπάνιο πόρο.

Οι ρυθμιστικές αρχές φάσματος έχοντας υπόψη το πλαίσιο αυτό που διαμορφώνεται στο μέλλον, εξετάζουν το ενδεχόμενο της αναδιάθεσης/ανακατανομής (repurposing/re-allocation) μέρος του φάσματος σε παρόχους δικτύων κινητής τηλεφωνίας (MNO), μια διαδικασία που ονομάζεται αναδασμός του φάσματος (re-farming). Μέρος της διαδικασίας αυτής είναι η όσο το δυνατόν συμπίεση, ακόμα και αφαίρεση αδειών επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης με γνώμονα πάντα τη ζήτηση και απόδοση αυτών των συχνοτήτων στους παρόχους κινητής τηλεφωνίας. Βέβαια δεν προβλέπεται τουλάχιστον μέσο-μακροπρόθεσμα να επηρεαστούν τα δημόσια μέσα μαζικής ενημέρωσης (PSM) που εξυπηρετούν σε εθνική εμβέλεια το δημόσιο αγαθό της ενημέρωσης και της ψυχαγωγίας. Η κοινή χρήση του ραδιοφάσματος των UHF, που αποτελεί τελευταία αντικείμενο έρευνας, ανοίγει το δρόμο προς νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες αλλά και ρίσκα τόσο για τους παρόχους κινητής τηλεφωνίας όσο και για τα εγκαθιδρυμένα τηλεοπτικά δίκτυα. Η πίεση βέβαια προς αυτή την κατεύθυνση ασκείται μονομερώς από τους παρόχους κινητής τηλεφωνίας, ενώ τα τηλεοπτικά δίκτυα δεν έχουν δείξει ενδιαφέρον λόγω έλλειψης ουσιαστικών κινήτρων [1].

Αρχικώς το φάσμα των UHF για τηλεοπτικές μεταδόσεις ήταν από τα 470 MHz έως τα 862 MHz. Η ζώνη των 800 MHz (790-862 MHz) αποτελεί το πρώτο ψηφιακό μείρισμα (Digital Dividend) που σύμφωνα με την απόφαση στην παγκόσμια διάσκεψη ραδιοεπικοινωνιών του 2007 (WRC-07) έχει αναδιατεθεί στους παρόχους κινητής τηλεφωνίας. Επίσης στο WRC του 2012 είχε ήδη αποφασιστεί η χρήση και της ζώνης των 700 MHz, που αποτελεί το δεύτερο ψηφιακό μείρισμα, για κινητές ευρυζωνικές υπηρεσίες. Επιπλέον στο WRC-15 εξετάστηκε και το ενδεχόμενο της κατανομής σε συμπρωτεύουσα (co-primary) βάση της ζώνης «κάτω των 700 MHz» (470-694 MHz) στις υπηρεσίες κινητών επικοινωνιών [1]. Ωστόσο, φαίνεται να διαφυλάσσεται η αποκλειστική κατανομή της ζώνης στις υπηρεσίες ραδιοτηλεοπτικών μεταδόσεων ως το 2025, οπότε και θα επανεξεταστεί [2].

### 1.1 Υβριδική χρήση ραδιοφάσματος UHF

Η ομάδα εργασίας 6 (TG6) της Ευρωπαϊκής Διάσκεψης των Ταχυδρομικών και Τηλεπικοινωνιακών Οργανισμών (CEPT) δημιούργησε τα ακόλουθα σενάρια όσον αφορά στη μελλοντική χρήση της ζώνης 470-694 MHz [3],[4]:

**Κατηγορία A:** Κύρια χρήση της ζώνης από τα υπάρχοντα και μελλοντικά δίκτυα επίγειας ψηφιακής βιντεοεκπομπής (DVB-T).

**Κατηγορία Β:** Υβριδική (hybrid) χρήση της ζώνης από τα δίκτυα LTE μόνο για κατερχόμενη ζεύξη (downlink) και/ή από τα επίγεια δίκτυα DVB.

**Κατηγορία Γ:** Υβριδική χρήση της ζώνης συμπεριλαμβανομένης και της ανερχόμενης ζεύξης (uplink) από τα δίκτυα LTE και/ή από τα επίγεια δίκτυα DVB.

**Κατηγορία Δ:** Χρήση της ζώνης από μελλοντικές τεχνολογίες επικοινωνιών.

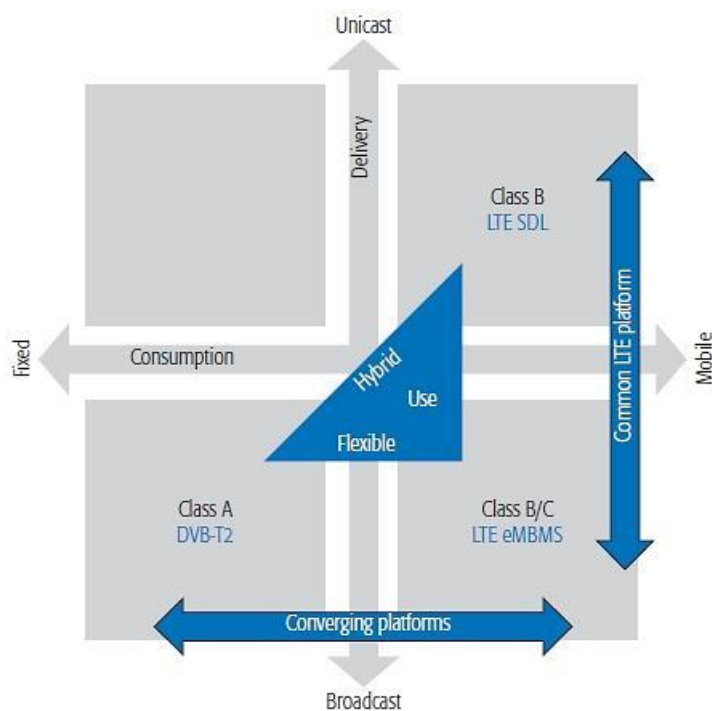
Η κατηγορία Α υποθέτει την φυσική εξέλιξη της πλατφόρμας DTT βασιζόμενη σε δίκτυα ΗΡΗΤ (τοπολογία δικτύων επίγειας ψηφιακής με πομπούς υψηλής ισχύος) που πιθανόν να συμπληρώνονται από εγκαταστάσεις LPLT (τοπολογία δικτύων κινητής τηλεφωνίας με πομπούς χαμηλής ισχύος).

Η κατηγορία Β υποθέτει ότι τόσο οι υπηρεσίες ψηφιακής τηλεόρασης όσο και οι κινητές ευρυζωνικές στη ζώνη των UHF θα παρέχονται μέσω τεχνολογιών LTE SDL/eMBMS σε κατερχόμενη ζεύξη αποκλειστικά, με ή χωρίς την υποστήριξη της πλατφόρμας DTT.

Η κατηγορία Γ προσθέτει στα δίκτυα LTE τη δυνατότητα της μονοεκπομπής (unicast) πολυμεσικού (multimedia) περιεχομένου αλλά και κάθε άλλου είδους κίνηση δεδομένων, που θα επιτυγχάνεται με τη χρήση ξεχωριστών καναλιών στη ζώνη των UHF για κατερχόμενη ζεύξη από αυτά που χρησιμοποιούνται για την ανερχόμενη.

Τέλος, η κατηγορία Δ υποθέτει ότι όλες οι υπηρεσίες θα παρέχονται από εξελιγμένες ή εντελώς νέες τεχνολογίες επικοινωνιών (ενδεχομένως από τα δίκτυα 5G), όπου η συνδετικότητα (connectivity) θα επιτυγχάνεται μέσω του οποιουδήποτε διαθέσιμου δικτύου.

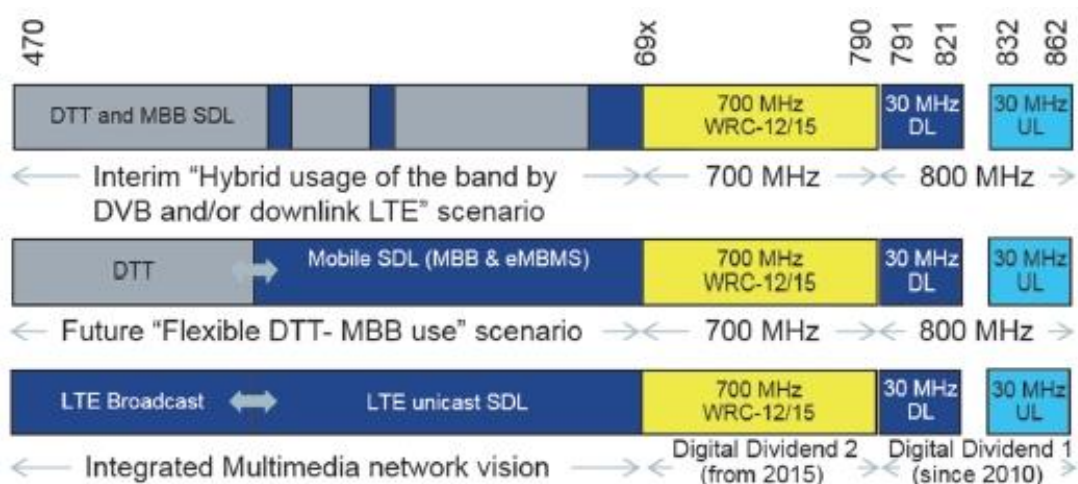
Τα προαναφερθέντα σενάρια απεικονίζονται στο σχήμα που ακολουθεί. Στον κατακόρυφο άξονα ανάλογα με το μηχανισμό διανομής διακρίνονται οι δυνατότητες μονοεκπομπής και ευρυεκπομπής, ενώ στον οριζόντιο διαχωρίζονται οι παραδοσιακές τεχνολογίες DVB από αυτές των κινητών επικοινωνιών LTE και οι προσήκουσες χρήσεις τους (σταθεροί ή κινητοί χρήστες).



Σχήμα 1: Κατηγοριοποίηση σεναρίων UHF [5]

Πρόσφατες έρευνες έχουν δείξει ότι η ζήτηση και η αξία της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης ως κύρια πηγή διανομής τηλεοπτικού περιεχομένου παρουσιάζουν καθοδική πορεία. Δυνητικά θα μπορούσε οι υπο-χρησιμοποιούμενες (underutilized) συχνότητες να εκχωρηθούν για χρήση από τα δίκτυα κινητής. Στο [1] προτείνεται η ανάθεση των συχνοτήτων αυτών στις υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας βάσει του σεναρίου B που περιγράφηκε ανωτέρω. Να σημειωθεί ότι η συμπληρωματική κατερχόμενη ζεύξη (SDL) θεωρείται πιο συμβατή συγκρινόμενη με τη συχνοδιαμετρική αμφίδρομη επικοινωνία (FDD) ή τη χρονοδιαμετρική αμφίδρομη επικοινωνία (TDD). Επομένως, τα τηλεοπτικά κανάλια που έχουν πλέον απελευθερωθεί, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν από τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας με έναν ευέλικτο (flexible) τρόπο ακολουθώντας τεχνικές μεριζόμενης πρόσβασης φάσματος (shared spectrum access) όπως, για παράδειγμα, την αδειοδοτημένη πρόσβαση φάσματος (LSA) που εγγυάται ποιότητα υπηρεσίας (QoS) και διασφαλίζει την επένδυση των δικτύων DTT. Η τεχνολογία SDL με συνάθροιση φερόντων (CA) επιτρέπει τόσο στην παραδοσιακή κατερχόμενη ζεύξη των δικτύων κινητής όσο και στο eMBMS να χρησιμοποιούνται ευέλικτα ώστε να βελτιστοποιείται η διαθέσιμη χωρητικότητα κατ' απαίτηση (on demand). Τέλος, το SDL διευκολύνει επίσης την ολοένα και πιο ασύμμετρη κίνηση δεδομένων. Ο μέσος όρος αυτή τη στιγμή στην Ευρώπη σχετικά με την κατερχόμενη κίνηση που ως επί το πλείστον περιλαμβάνει το «κατέβασμα» βίντεο, είναι 8 φορές μεγαλύτερη από την ανερχόμενη κίνηση δεδομένων, με αυξητική μάλιστα πορεία.

Επιπλέον των όσων αναφέρθηκαν, διάφοροι ερευνητές υποστηρίζουν ότι τα κυψελωτά δίκτυα κινητής είναι ικανά να παρέχουν τηλεοπτικές υπηρεσίες χρησιμοποιώντας έως και 3 φορές λιγότερο φάσμα από ότι τα παραδοσιακά δίκτυα ψηφιακής τηλεόρασης που χαρακτηρίζονται ως αναποτελεσματικά στη διαχείριση του ραδιοφάσματος [6]. Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζονται τα πιθανά σενάρια χρήσης της ζώνης UHF, με τελικό στάδιο την υλοποίηση μιας ενοποιημένης (integrated) πλατφόρμας παροχής πολυμεσικού περιεχομένου όπου θα έχει αντικατασταθεί πλήρως η τεχνολογία της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης από τα δίκτυα LTE.



Σχήμα 2: Εξέλιξη χρήσης της ζώνης UHF [7]

## 2. ΑΓΟΡΑ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗΣ – ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

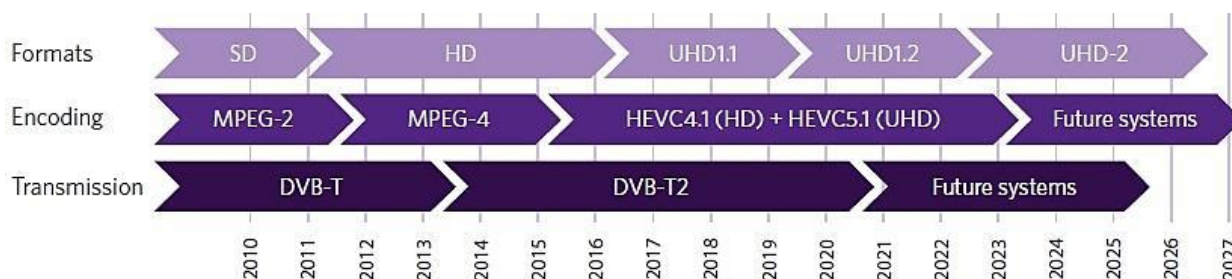
### 2.1 Οικοσύστημα ψηφιακής τηλεόρασης

Οι κύριοι παράγοντες που θα καθορίσουν στο μέλλον την εξέλιξη της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης φαίνονται συγκεντρωτικά στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 1: Βασικοί παράγοντες εξέλιξης DTT [8]

Τεχνολογία	Αγορά DTT	Δομή αγοράς	Ρύθμιση DTT
Μορφότυποι (formats) καναλιών	Διείσδυση DTT	Αλυσίδα αξίας (value chain) DTT	Εθνικές ρυθμίσεις σε σχέση με τα πρότυπα DTT και την τεχνολογία
Μετάδοση	Ανταγωνισμός από εναλλακτικές πλατφόρμες	Κάθετο ή οριζόντιο μοντέλο (επί πληρωμή ή εκπομπή ελεύθερης λήψης)	Πολιτικές ραδιοφάσματος
Κωδικοποίηση (encoding)	Υιοθέτηση μορφότυπων καναλιών (SD/HD/UHD)	Σχέση μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών της αλυσίδας αξίας	Τεχνολογική μετάβαση καθορισμένη από το νόμο
Φορητότητα (portability) και κινητότητα (mobility)			
Συσκευές			

Στο επόμενο σχήμα απεικονίζεται η πιθανή εξέλιξη των τεχνολογιών μετάδοσης, κωδικοποίησης και των μορφότυπων των καναλιών στην Ευρώπη.



Σχήμα 3: Εξέλιξη τεχνολογιών DTT [8]

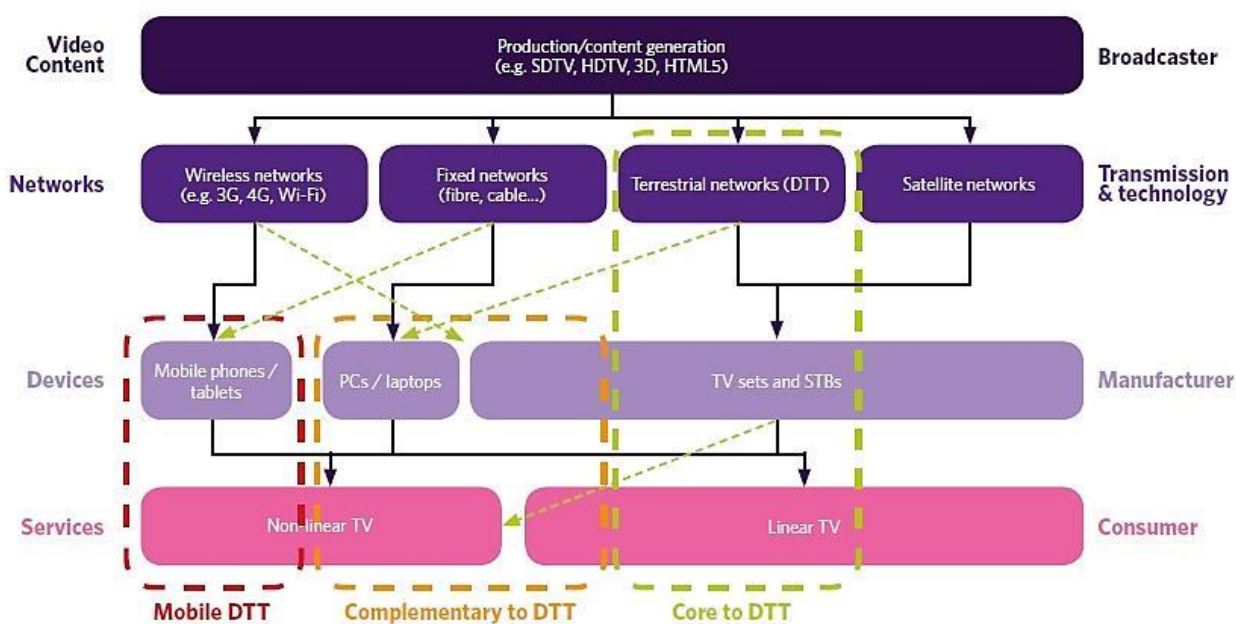
Επιγραμματικά οι αλλαγές που αναμένονται τα επόμενα χρόνια στις ραδιοτηλεοπτικές εκπομπές είναι οι ακόλουθες:

- Σταδιακά θα επικρατήσει η ποιότητα εικόνας υψηλής ευκρίνειας HD έναντι του SD.
- Οι διαστάσεις των οθονών θα αυξηθούν και ο μορφότυπος των 1080p/50 ή 60 έναντι του 1080i/25 ή 720p/50 πιθανόν να υλοποιηθεί σε κάποια δίκτυα DTT.
- Το πρότυπο συμπίεσης βίντεο HEVC/H.265 που προσφέρει σχεδόν διπλάσια απόδοση συμπίεσης διατηρώντας την ίδια ποιότητα εικόνας σε σχέση με τον

προκάτοχό του (MPEG-4 Part 10/H.264) αναμένεται να χρησιμοποιηθεί σε αρκετές χώρες σε συνδυασμό με το πρότυπο 2<sup>ης</sup> γενιάς DVB-T2.

Ως γνωστόν, τα δίκτυα DTT δεν είναι κατάλληλα για υπηρεσίες on-demand. Για την κάλυψη των αναγκών σε μη γραμμικές και on-demand υπηρεσίες έχουν αναπτυχθεί κάποια υβριδικά πρότυπα τα οποία συνδυάζουν την DTT με τα σταθερά ευρυζωνικά δίκτυα. Μερικά από τα πρότυπα που έχουν αναπτυχθεί είναι το MHEG-5, MHP και HbbTV (συμπληρωματικά με την DTT). Προχωρώντας ένα βήμα παραπέρα και με στόχο την μετάδοση τηλεοπτικού περιεχομένου και σε κινητές συσκευές, έχουν αναπτυχθεί άλλα 2 πρότυπα, το DVB-T2 Lite και το DVB-NGH.

Το παρακάτω σχήμα είναι ενδεικτικό του οικοσυστήματος της DTT όπως διαμορφώνεται στις μέρες μας. Συνοψίζει όλα τα υπάρχοντα διαθέσιμα δίκτυα, τα είδη των υπηρεσιών, τις συσκευές και τους αντίστοιχους συσχετισμούς.



Σχήμα 4: Οικοσύστημα ψηφιακής τηλεόρασης [8]

Η σύγκλιση τηλεοπτικής ευρυεκπομπής και κινητής ευρυζωνικότητας αντιμετωπίζει προκλήσεις σε πολλά επίπεδα ήτοι, τεχνολογικό, ρυθμιστικό, κοινωνικοοικονομικό. Πιο συγκεκριμένα στις προκλήσεις αυτές συγκαταλέγονται η αποδοτική χρήση του ραδιοφάσματος στη ζώνη των UHF, η καθολική διαθεσιμότητα (availability) συσκευών στους τελικούς χρήστες, τα συνεχώς μεταβαλλόμενα μοτίβα κατανάλωσης του τηλεοπτικού προϊόντος, ο ρόλος της τηλεόρασης ως δημόσιο μέσο κ.α. [9].

Είναι πια ευρέως αποδεκτό ότι οι χρήστες αναμένουν περισσότερα χαρακτηριστικά από την τηλεοπτική τους εμπειρία πέρα από την κλασική γραμμική τηλεθέαση. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι:

- Υπηρεσίες on-demand, ώστε οι χρήστες να παρακολουθούν προγράμματα όποτε το θελήσουν.
- Το τρίπτυχο ανά πάσα στιγμή-οπουδήποτε-ανεξάρτητα από τον τύπο της συσκευής (συμβατική τηλεόραση, κινητό τηλέφωνο, ταμπλέτα κτλ.).

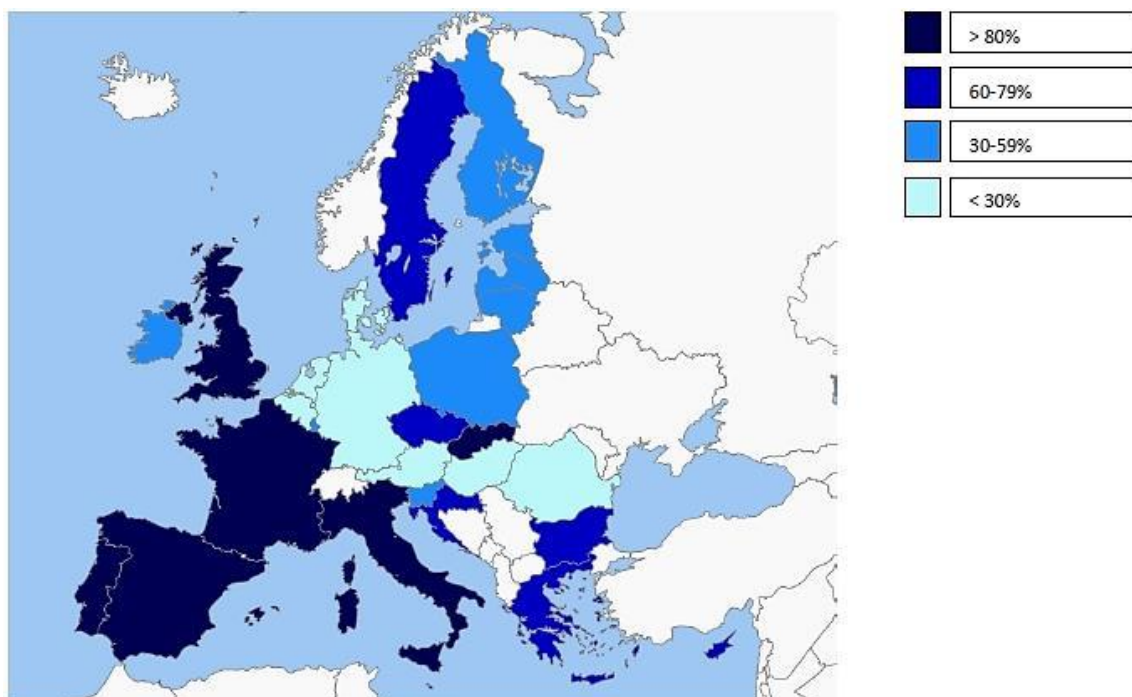


- Προγράμματα υψηλής ευκρίνειας (HD) ή και υπερυψηλής ευκρίνειας (UHD).

Στις επόμενες παραγράφους θα παρουσιαστούν, εν παραλλήλω, κάποια βασικά χαρακτηριστικά των αγορών DTT και MBB ώστε να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα ως προς την σκοπιμότητα της σύγκλισης.

## 2.2 Διείσδυση ψηφιακής τηλεόρασης στην Ευρώπη

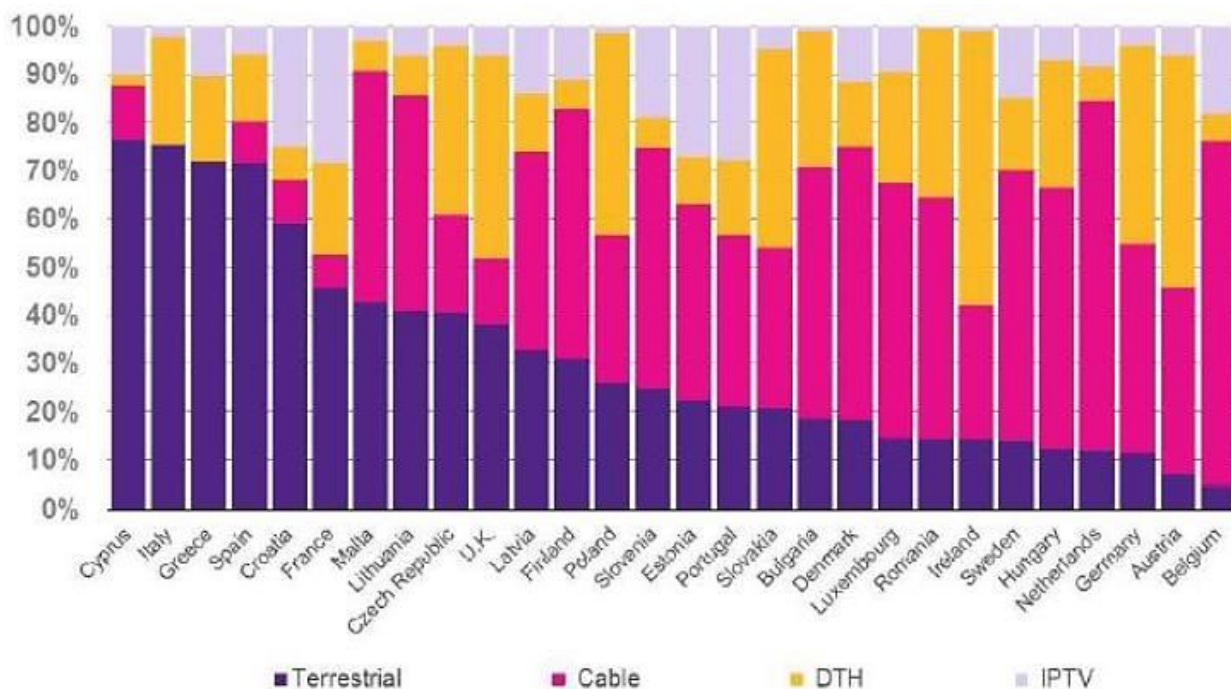
Ο τρόπος που καταναλώνεται το τηλεοπτικό περιεχόμενο στην Ευρώπη ποικίλει από χώρα σε χώρα. Η συνολική διείσδυση της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης στις διάφορες χώρες της Ε.Ε. ως ποσοστό επί των νοικοκυριών που διαθέτουν τηλεόραση φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 5: Διείσδυση DTT ανά χώρα, 2014 [10]

Να σημειωθεί ότι κάποια από τα νοικοκυριά έχουν ως πρωτεύων δέκτη τον επίγειο ψηφιακό, ενώ άλλα όχι, που σημαίνει ότι η κύρια τηλεόραση του νοικοκυριού λαμβάνει τηλεοπτικά κανάλια από άλλες πλατφόρμες (καλωδιακή, δορυφορική, IPTV). Για παράδειγμα, η Ιταλία και η Γαλλία έχουν διείσδυση DTT πάνω από 80%. Ωστόσο στην Ιταλία το μερίδιο αγοράς της DTT είναι 75%, ενώ στη Γαλλία το ποσοστό αυτό είναι 45% διότι η παρουσία των εναλλακτικών πλατφόρμων στη συγκεκριμένη χώρα είναι πολύ υψηλότερη. Αναλυτικά, η διείσδυση όλων των τηλεοπτικών πλατφόρμων στις Ευρωπαϊκές χώρες απεικονίζεται στο διάγραμμα που ακολουθεί. Ο χαρακτηρισμός, απευθείας στο σπίτι (DTH), αφορά την δορυφορική τηλεόραση.

Στην περίπτωση της Ελλάδας η διείσδυση της DTT είναι στο 70%, ενώ στον αντίποδα, 70% είναι η διείσδυση της καλωδιακής τηλεόρασης στο Βέλγιο. Σε άλλες χώρες όπως για παράδειγμα στην Ιρλανδία, η κύρια πλατφόρμα είναι η δορυφορική με ποσοστό γύρω στο 60%.



Σχήμα 6: Μερίδια αγοράς τηλεοπτικών πλατφόρμων στην Ευρώπη [10]

### 2.3 Τάσεις τηλεθέασης

Η ραδιοηλεκτρονική εκπομπή είναι από τη φύση της μετάδοση κατερχόμενη ζεύξης. Τα προγράμματα εκπέμπονται σε χρονική ακολουθία που καθορίζεται από τον τηλεοπτικό σταθμό (γραμμική ευρυεκπομπή). Συμπληρωματικά προς την παραδοσιακή τηλεοπτική υπηρεσία έχουν αναπτυχθεί επιπλέον δυνατότητες τηλεθέασης, μη γραμμικής φύσεως, όπου ο τηλεθεατής επιλέγει τη χρονική στιγμή και το πρόγραμμα που θα παρακολουθήσει. Παραδείγματα μη γραμμικής τηλεθέασης είναι το βίντεο κατ' απαίτηση (VoD) και το χρονικά μετατοπισμένο (time-shifted ή catch-up). Οι υπηρεσίες catch-up μπορούν να προσφέρονται μέσω προσωπικού υπολογιστή, φορητού ή ταμπλέτας που έχουν πρόσβαση στο ίντερνετ αλλά ακόμα και από τις «έξυπνες» τηλεοράσεις. Οι λεγόμενες διασυνδεδεμένες τηλεοράσεις ή οι υβριδικές BC-BB συσκευές (HBB) συνδυάζουν την υπηρεσία ευρυεκπομπής με την ευρυζωνική σύνδεση παρέχοντας στους χρήστες υπηρεσίες διαδραστικότητας [11].



Σχήμα 7: HbbTV [12]

Πέρα από την έννοια της τηλεθέασης σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή (TV anytime) υπάρχει και η τάση για τηλεθέαση σε οποιοδήποτε χώρο ή συσκευή (TV anywhere). Πέρα από το καθιστικό, οι χρήστες επιθυμούν να συνεχίζουν την παρακολούθηση του προγράμματος και σε άλλα μέρη του σπιτιού ή ακόμα και σε εξωτερικούς χώρους. Η λήψη τηλεοπτικών προγραμμάτων σε κινητές συσκευές εξυπηρετεί τέτοιου είδους ανάγκες.

Επιπλέον, μεγάλη ζήτηση υπάρχει για τις υπηρεσίες over-the-top (OTT) που αφορούν στη μετάδοση προγραμμάτων μέσω της μη εγγυημένης βέλτιστης προσπάθειας (best effort) του δημόσιου διαδικτύου. Παραδείγματα τέτοιου μοντέλου υπηρεσιών είναι το Netflix, Hulu, HBO Now, κ.α. Αυτές οι υπηρεσίες δεν θα πρέπει να συγχέονται με την IPTV, που αφορά στην μετάδοση προγραμμάτων μέσω ενός πλήρως διαχειριζόμενου δικτύου IP που εγγυάται μια ελάχιστη ποιότητα υπηρεσίας (QoS).

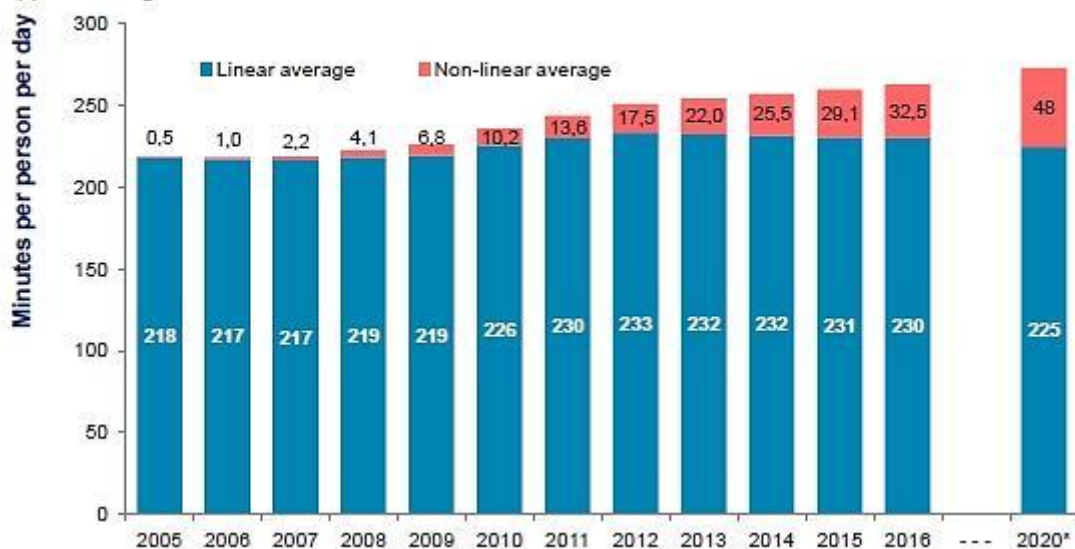
Η ενεργή συμμετοχή του χρήστη στην εμπειρία τηλεθέασης απαιτεί την ύπαρξη διαδρομής επιστροφής (return path). Εκτός από τις υπηρεσίες VoD, πλέον ο χρήστης μπορεί να λαμβάνει εξατομικευμένες πληροφορίες ή και να σχολιάζει προγράμματα. Η διαδραστικότητα επιτυγχάνεται μέσω εξατομικευμένου λογισμικού (middleware) στον δέκτη της τηλεόρασης ή στο STB. Υπάρχουν αρκετά ιδιόκτητα (proprietary) αλλά και ανοιχτά πρότυπα που εξυπηρετούν αυτή τη λειτουργία, όπως το HbbTV που αναφέρθηκε ανωτέρω.

Παρόλο που το γραμμικό περιεχόμενο εξακολουθεί να αποτελεί την κύρια μορφή κατανάλωσης (περί τις 4 ώρες ημερησίως ανά χρήστη), το μη-γραμμικό περιεχόμενο θα αυξάνεται συνεχώς, ακόμα και στις παραδοσιακές τηλεοράσεις, όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.

## Evolution of linear and non-linear TV viewing

Minutes per person per day – Average in the EU 'Big 5'

Applies to "big screens"



Big 5: Γαλλία, Γερμανία, Ιταλία, Ισπανία, Ηνωμένο Βασίλειο

Σχήμα 8: Χρόνος γραμμικής/μη-γραμμικής τηλεθέασης [13]

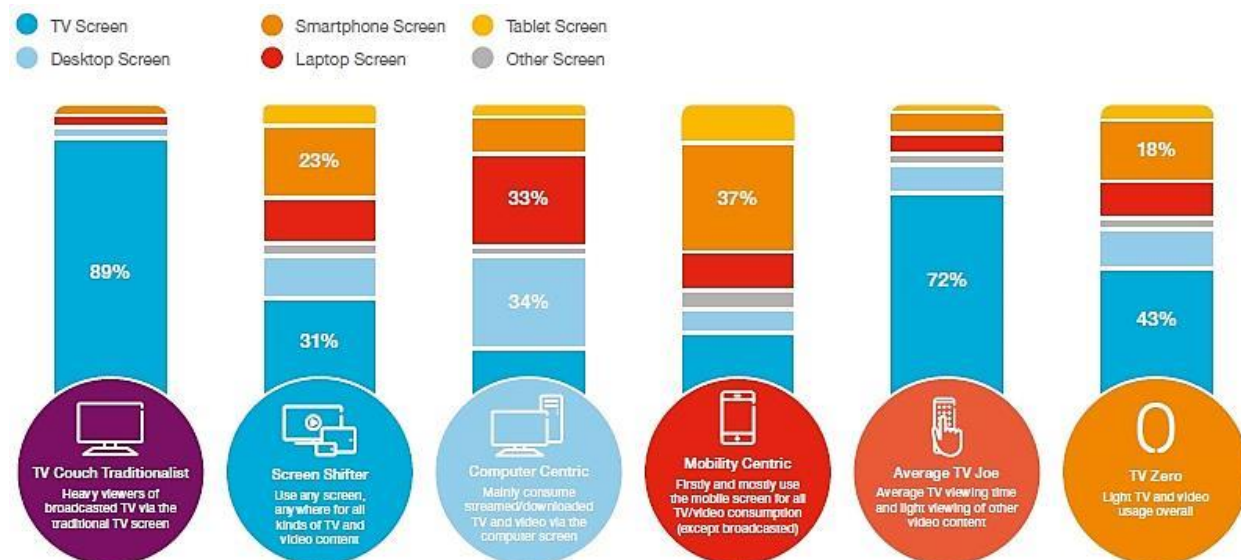
Πολύ μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει η έρευνα της Ericsson στο [14] και τα ευρήματα της. Να σημειωθεί ότι στην ποσοτική ανάλυση της έρευνας μετείχαν και χώρες εκτός Ε.Ε., επομένως τα αποτελέσματα μπορεί να μην είναι τόσο αντιπροσωπευτικά για την Ευρωπαϊκή περίπτωση, παρόλα αυτά όμως είναι ενδεικτικά των τάσεων που επικρατούν σε παγκόσμιο επίπεδο.

Ξεχωρίζονται 6 ομάδες χρηστών ανάλογα με τις συνήθειες τηλεθέασης και κατανάλωσης βίντεο.

- TV couch traditionalist: χρήστες που παρακολουθούν τηλεόραση με τον κλασικό (γραμμικό) τρόπο και στις μεγάλες οθόνες, πολλές ώρες ημερησίως.
- Screen shifter: χρησιμοποιούν οποιαδήποτε οθόνη και σε οποιοδήποτε χώρο.
- Computer centric: κατανάλωση τηλεοπτικού περιεχομένου κυρίως σε υπολογιστές.
- Mobility centric: χρησιμοποιούν κυρίως κινητές συσκευές για την κατανάλωση περιεχομένου.
- Average TV Joe: ο μέσος χρήστης τηλεοπτικών υπηρεσιών και γενικότερα βίντεο.
- TV zero: ελάχιστη παρακολούθηση τηλεοπτικού περιεχομένου και βίντεο.

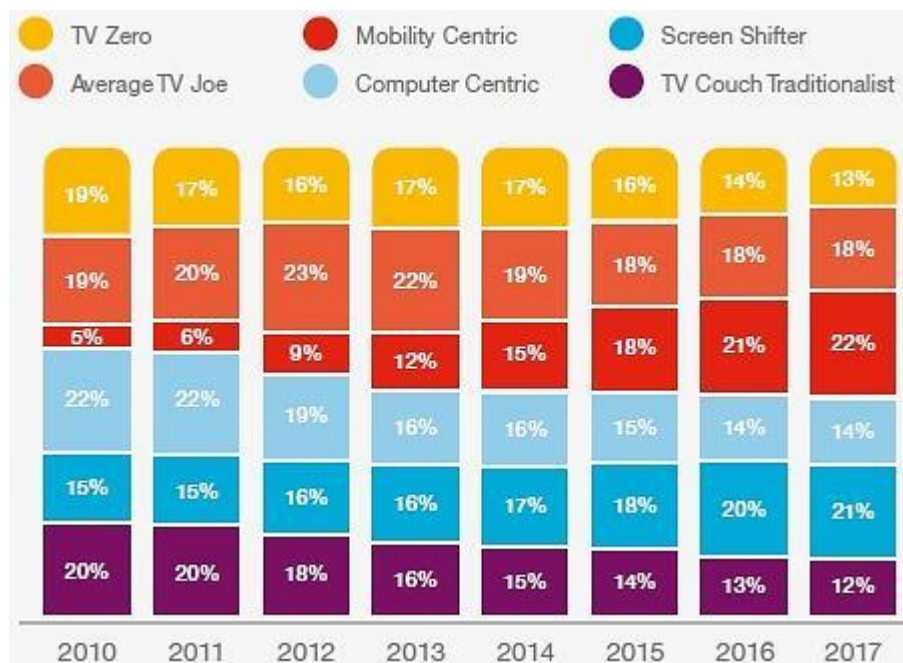
Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζεται, ανά ομάδα, οι συσκευές που χρησιμοποιούνται για την τηλεοπτική εμπειρία και τα αντίστοιχα ποσοστά τους.





Σχήμα 9: Ομάδες χρηστών και μεγέθη τηλεθέασης ανά συσκευή [14]

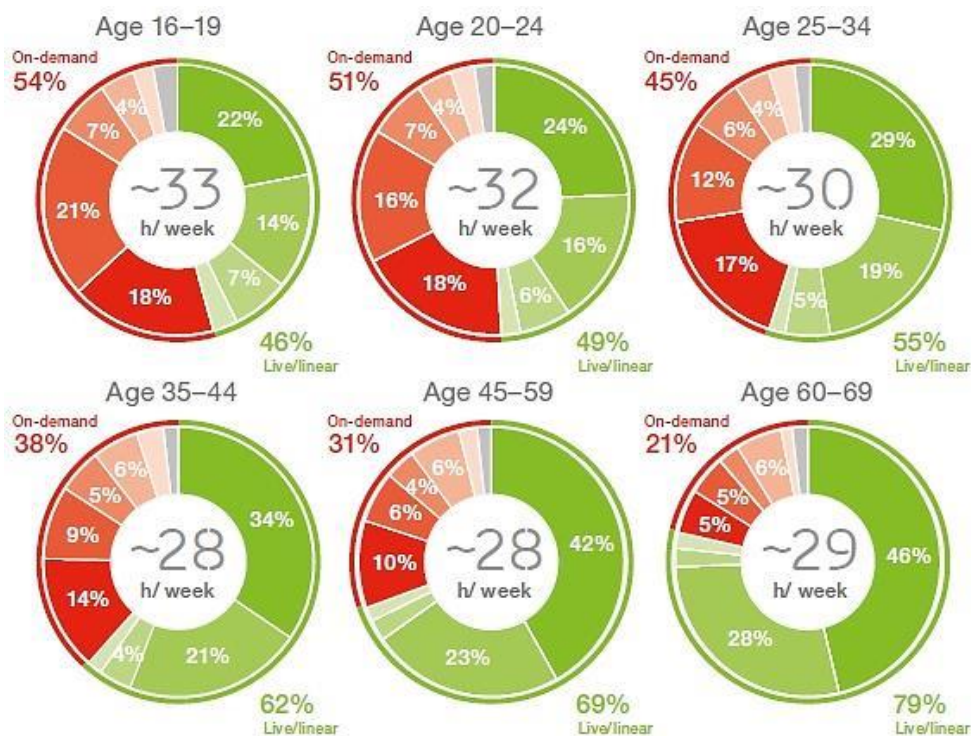
Από τις ομάδες που περιγράφηκαν ανωτέρω, αυξητικά ποσοστά με την πάροδο του χρόνου παρουσιάζουν οι Mobility Centrics και οι Screen Shifters, όπως χαρακτηριστικά φαίνεται στο επόμενο σχήμα. Η δυναμική των 2 αυτών ομάδων είναι ενδεικτική των τάσεων τηλεθέασης που θα επικρατήσουν τα επόμενα χρόνια.



**Mobility Centrics**  
αύξηση πάνω από 320% (2010-2017)

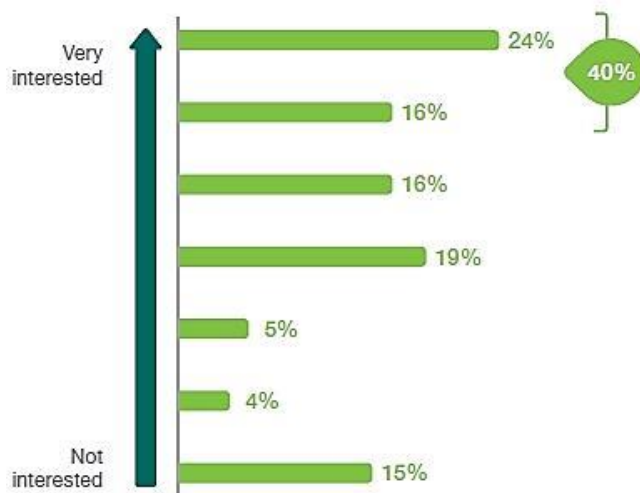
Σχήμα 10: Εξέλιξη ομάδων χρηστών [14]

Με βάση την εβδομαδιαία κατανάλωση βίντεο, οι νέοι προτιμούν το on-demand περιεχόμενο (ποσοστά πάνω από 50%), χαρακτηριστικό των τάσεων που θα επικρατήσουν στο μέλλον.



Σχήμα 11: Μερίδια είδους περιεχομένου ανά ηλικιακές ομάδες [14]

Στο επόμενο διάγραμμα παρουσιάζεται το αυξημένο ενδιαφέρον των χρηστών για συνδρομητικά πακέτα κινητής τηλεφωνίας με απεριόριστα δεδομένα για βίντεο streaming, ώστε να μπορούν να παρακολουθούν προγράμματα εκτός σπιτιού σε κινητές συσκευές. Οι έφηβοι παρουσιάζουν αυξημένο ενδιαφέρον σε ποσοστό 46%.



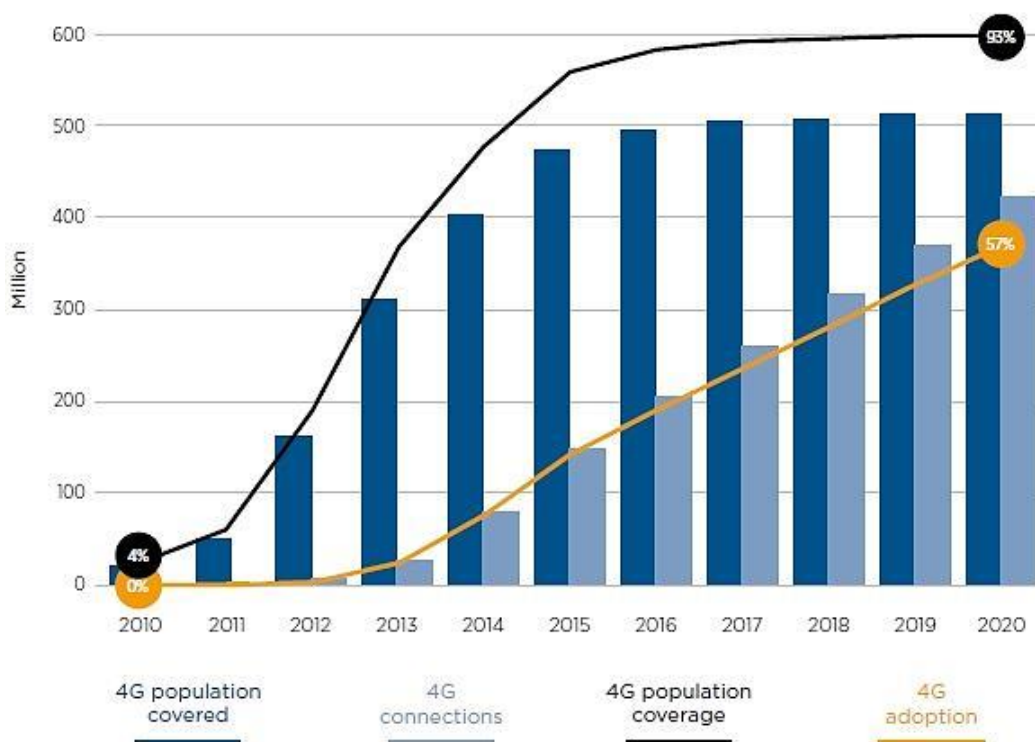
Σχήμα 12: Ενδιαφέρον για απεριόριστο βίντεο streaming [15]

Άλλα χρήσιμα συμπεράσματα είναι τα ακόλουθα:

- 60% των χρηστών προτιμούν το on-demand περιεχόμενο έναντι του προγραμματισμένου γραμμικού και αναμένεται να φτάσει στο 70% το 2020.
- 42% της συνολικής κατανάλωσης αφορά σε on-demand περιεχόμενο. Ωστόσο, η γραμμική προβολή εξακολουθεί να αντιπροσωπεύει τον κύριο τρόπο τηλεθέασης ιδιαίτερα των ζωντανών προγραμμάτων.
- Σχεδόν 1 ώρα καταναλώνεται ημερησίως για αναζήτηση τηλεοπτικού περιεχομένου.
- Οι χρήστες προτιμούν η τηλεοπτική τους εμπειρία να μην διακόπτεται από διαφημίσεις.
- Όλο και περισσότεροι καταναλωτές θα είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν για on-demand υπηρεσίες.
- Έως το 2020, το 50% της τηλεθέασης θα γίνεται σε κινητές συσκευές (smartphones, laptops, tablets).

## 2.4 Διείσδυση κινητών επικοινωνιών

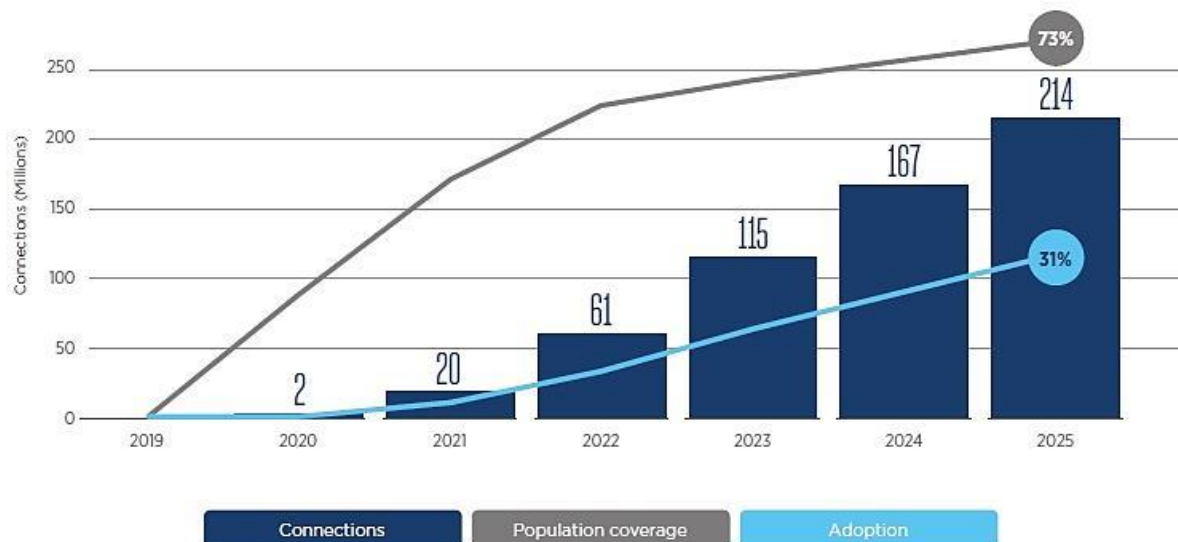
Με βάση τους μοναδικούς συνδρομητές, η Ευρώπη παρουσιάζει το υψηλότερο ποσοστό διείσδυσης κινητών επικοινωνιών παγκοσμίως, 78,5% (2015) που αντιστοιχεί σε 430 εκατ. συνδρομές και αναμένεται να φτάσει το 2020 στο 81,4%. Σχετικά με την κάλυψη των δικτύων 4G, χαρακτηριστικό είναι το επόμενο σχήμα, όπου μπορεί να παρατηρήσει κανείς ότι από τις αρχές του 2016 η κάλυψη υπερέβη το 90%. Επίσης, οι συνδέσεις LTE ως ποσοστό επί των συνολικών συνδέσεων αναμένεται σχεδόν να τριπλασιαστούν από το 2015 (21,9%) έως το 2020 (56,9%).



Σχήμα 13: Υιοθέτηση 4G στην Ευρώπη [16]

Ένας από τους σημαντικούς παράγοντες που συμβάλει στην αύξηση της υιοθέτησης των συσκευών 4G είναι η μετάδοση βίντεο σε πραγματικό χρόνο (streaming).

Η υιοθέτηση των επερχόμενων τεχνολογιών 5G στην Ευρώπη αναμένεται να προσεγγίσει το 31% (214 εκατ. συνδέσεις) ως το 2025, ενώ η πληθυσμιακή κάλυψη θα φθάσει το 73%.



Σχήμα 14: Πρόβλεψη διείσδυσης 5G [17]

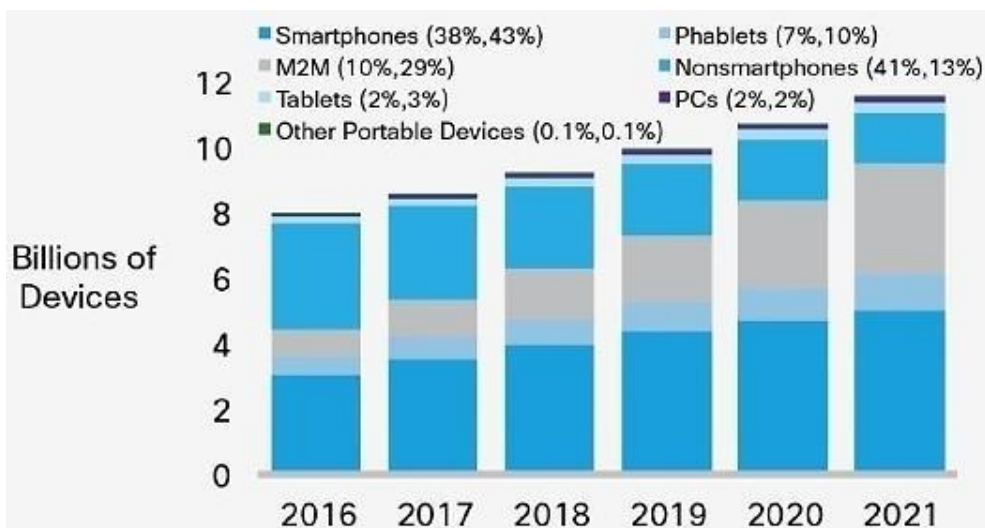
Άλλα αξιοσημείωτα οικονομικά στοιχεία του κλάδου είναι τα ακόλουθα:

- Το οικοσύστημα της βιομηχανίας των κινητών επικοινωνιών που απαρτίζεται από τους παρόχους δικτύων, τα καταστήματα λιανικής, τους κατασκευαστές συσκευών και εφαρμογών κ.α., συνέβαλαν το 2014 στο ΑΕΠ, περί τα 154 δις €. Αν λάβει κανείς υπόψη και την έμμεση οικονομική συνεισφορά, τότε η συνολική συνεισφορά σε όρους προστιθέμενης αξίας (value added) στο ΑΕΠ της Ευρώπης πλησιάζει τα 500 δις € (3,2% του ΑΕΠ).
- Η προσφορά εργασίας στον κλάδο έφθασε τις 1,1 εκατ. θέσεις (2016) και η συνεισφορά στα δημόσια έσοδα (φόροι κτλ.) τα 100 δις. €.

## 2.5 Προβλέψεις κίνησης δεδομένων και τάσεων αγοράς κινητών επικοινωνιών

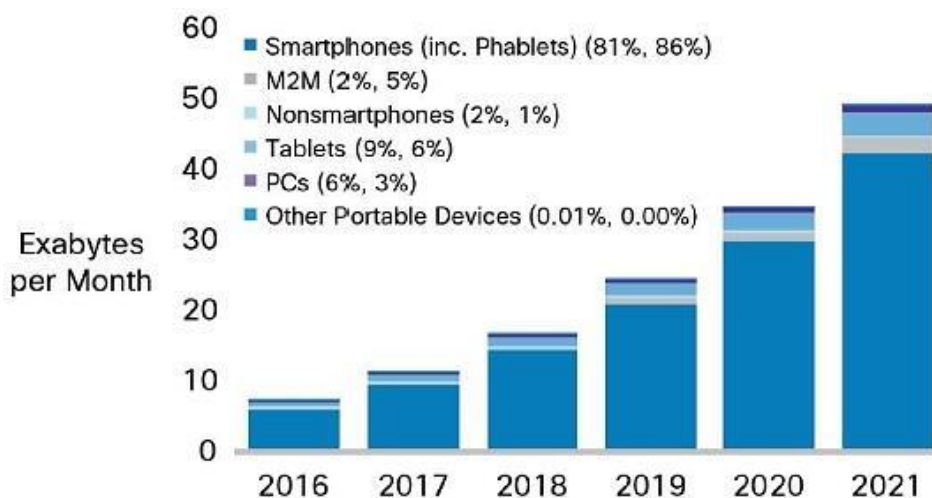
Προς επίρρωση της δυναμικής του κλάδου των κινητών επικοινωνιών, θα παρατεθούν στοιχεία προβλέψεων σχετικά με τις τάσεις που θα επικρατήσουν σε παγκόσμιο επίπεδο. Ένας από τους κύριους παράγοντες που συνεισφέρουν στην αύξηση της κίνησης δεδομένων στα δίκτυα των κινητών επικοινωνιών είναι οι ασύρματες συσκευές που συνδέονται σε αυτά. Ενδεικτικό είναι ότι το 2016 προστέθηκαν πάνω από 400 εκατ. κινητές συσκευές, φθάνοντας συνολικά τα 8 δις. Το 2021 προβλέπεται ότι θα φθάσουν στα 11,6 δις (8% CAGR). Χαρακτηριστικό είναι το παρακάτω ραβδόγραμμα όπου τα ποσοστά σε παρενθέσεις αφορούν μερίδια αγοράς στο 2016 και 2021 αντίστοιχα. Να σημειωθεί ότι η Δυτική Ευρώπη συμμετέχει στην αύξηση των συνδέσεων σε ποσοστό 11% CAGR (2016-2021) [18].





Σχήμα 15: Εξέλιξη κινητών συσκευών και συνδέσεων [18]

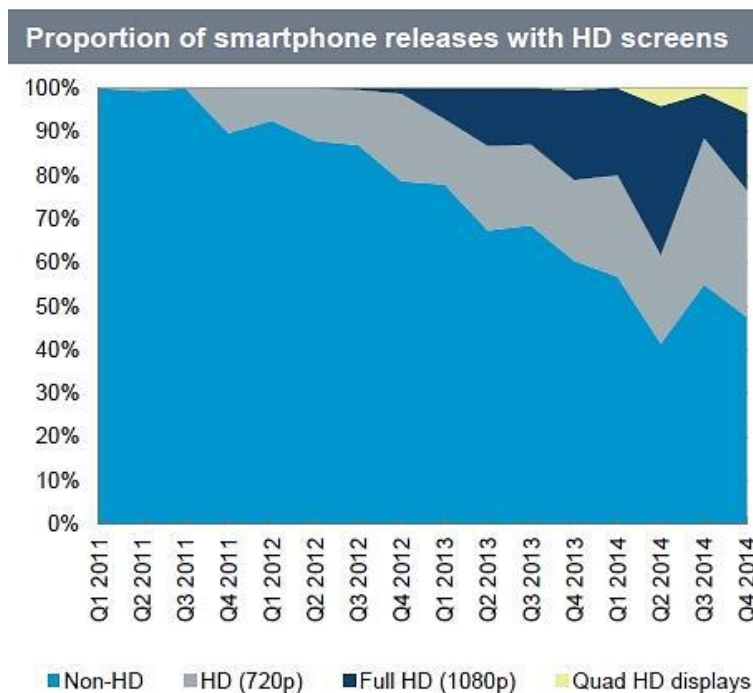
Αθροιστικά τα smartphones μαζί με τα phablets θα προσεγγίσουν το 53% των συνολικών συσκευών το 2021, ενώ ως πιο σημαντική τάση καταγράφεται η ανάπτυξη των συνδέσεων M2M (34% CAGR 2016-2021). Όσον αφορά στην κίνηση δεδομένων, όπως παρουσιάζεται και στο επόμενο σχήμα, τα smartphones και phablets κυριαρχούν με ποσοστό στο 86% (2021).



Σχήμα 16: Κίνηση δεδομένων ανά είδος συσκευής [18]

Να σημειωθεί ότι οι «έξυπνες» συσκευές, ουσιαστικά δηλαδή αυτές που απαιτούν περισσότερους πόρους από το κινητό δίκτυο λόγω των αυξημένων δυνατοτήτων τους (π.χ. πολυμεσικές δυνατότητες), αναμένεται να ξεπεράσουν το 2021 στην Ευρώπη το 90% του συνόλου, συμβάλλοντας καταλυτικά στην θεαματική αύξηση της κίνησης δεδομένων. Η χρήση δεδομένων μηνιαίως ανά χρήστη αναμένεται να αυξηθεί από 0,9 GB το 2014, στα 5,7 GB το 2019 που αντιστοιχεί σε αθροιστικό ετήσιο ποσοστό αύξησης (CAGR) της τάξεως του 45%.

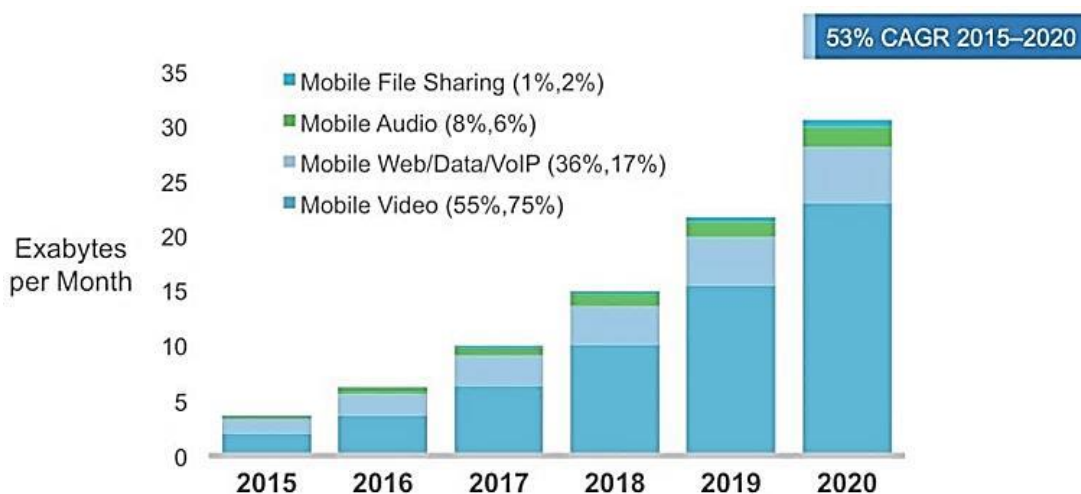
Μια άλλη τάση που ωθεί την κίνηση δεδομένων βίντεο σε κινητές συσκευές είναι η συνεχής εξέλιξη στην ποιότητα των οθονών. Όπως φαίνεται στο κάτωθι σχήμα, στα τέλη του 2014 το 50% των smartphones υποστηρίζουν αναλύσεις 720p (HD), 1080p (Full HD) και Quad HD αθροιστικά.



Σχήμα 17: Smartphones με οθόνες HD [19]

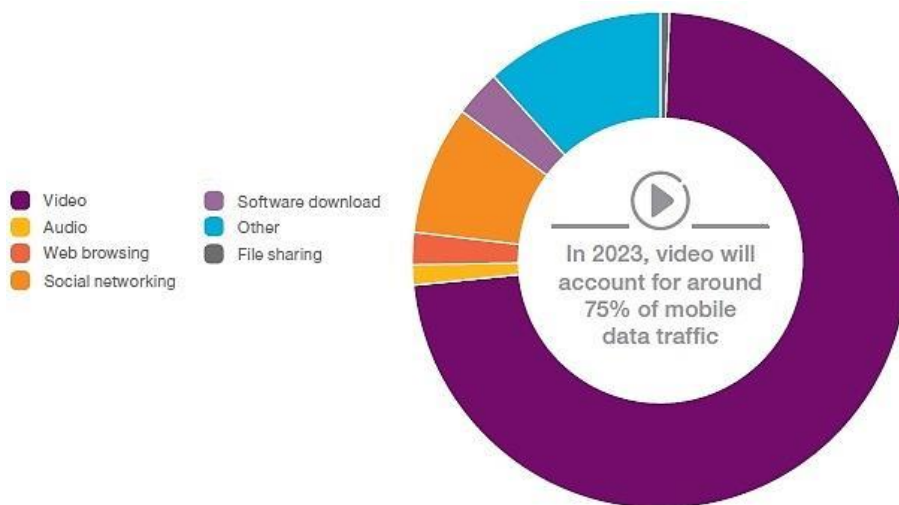
Επιπλέον, μια άλλη σημαντική παράμετρος που αξίζει να αναφερθεί είναι ο ρόλος των ασύρματων ευρυζωνικών συνδέσεων (Wi-Fi) στην εκφόρτωση (offload) της κίνησης δεδομένων από τις κινητές και φορητές συσκευές εντός των νοικοκυριών. Η πρόβλεψη για το 2021 κάνει λόγο για 83,6 EB/μήνα εκφόρτωση κίνησης. Αν προσθέσει κανείς και την κίνηση που εξυπηρετείται και εκτός των νοικοκυριών από τα σημεία με δωρεάν ίντερνετ (hotspots) που αναμένεται να αυξηθούν κατά 7 φορές (2015-2020), γίνεται ακόμα πιο σαφής η εικόνα του αντίκτυπου των κινητών συσκευών και του τρόπου ζωής στις απαιτήσεις δεδομένων [20].

Παράλληλα, η κίνηση δεδομένων βίντεο θα αυξηθεί κατά 62% CAGR μεταξύ του 2015 ως το 2020, όταν η συνολική ετήσια αθροιστική αύξηση πάσης φύσεως δεδομένων θα είναι της τάξης του 53%. Από τα συνολικά 30,6 EB, τα 23 EB θα αφορούν σε κίνηση δεδομένων βίντεο.



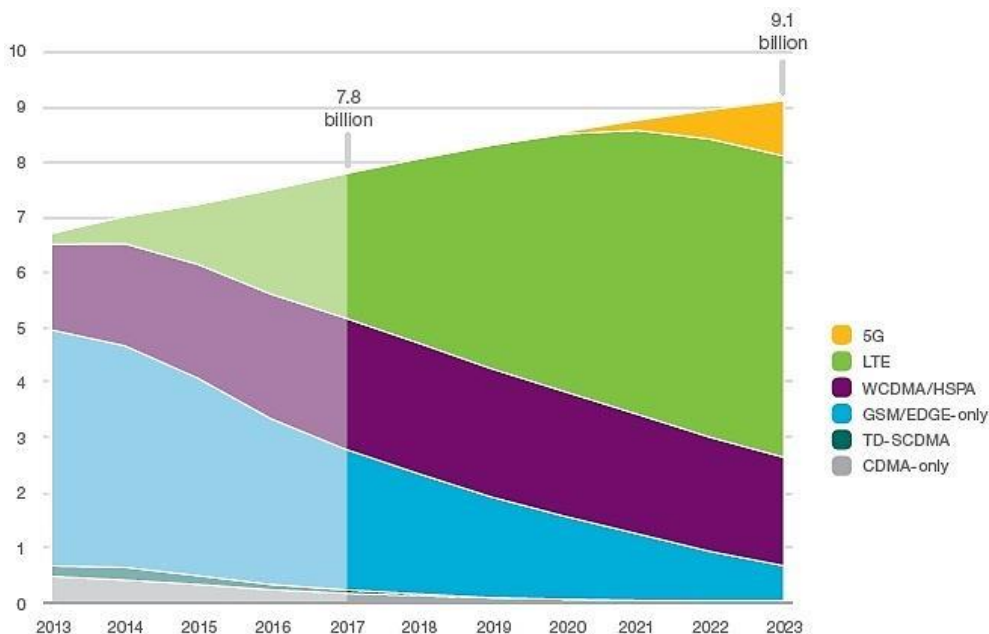
Σχήμα 18: Κίνηση δεδομένων ανά είδος περιεχομένου [20]

Επεκτείνοντας την πρόβλεψη ως το 2023, η κίνηση δεδομένων βίντεο θα εκτοξευτεί στα 110 EB το μήνα με μερίδιο 75% του συνόλου κίνησης δεδομένων. Ενδεικτικό των τάσεων για υψηλότερες αναλύσεις εικόνας και προτίμησης των on-demand και catch-up υπηρεσιών σε κινητές συσκευές.



Σχήμα 19: Κίνηση δεδομένων βίντεο 2023 [21]

Ακολουθεί η πρόβλεψη των συνδρομών κινητής τηλεφωνίας σε παγκόσμιο επίπεδο ανά τεχνολογία. Οι συνδρομές LTE αναμένεται να φτάσουν το 60% των συνολικών, το 2023. Το 95% του συνόλου (8,5 δις) θα είναι ευρυζωνικές συνδέσεις (3G, 4G, κτλ.). Τέλος, η συντριπτική πλειοψηφία των συνδέσεων θα αφορά αποκλειστικά τα smartphones.



Σχήμα 20: Συνδρομές κινητής ανά τεχνολογία [21]

Οι ΜΝΟ βελτιώνουν συνεχώς τα δίκτυα τους με στόχο την κάλυψη μεγαλύτερων περιοχών και επίτευξη υψηλότερων ταχυτήτων δεδομένων. Η εμπειρία του χρήστη ιδιαίτερα στις απαιτητικές υπηρεσίες, όπως το βίντεο streaming, ακόμα και σε ώρες αιχμής ή/και σε συνωστισμένες περιοχές βελτιώνεται πλέον σημαντικά. 194 χώρες

παγκοσμίως έχουν υλοποιήσει δίκτυα LTE-A, ενώ ήδη έχει λανσαριστεί εμπορικά και το πρώτο Gigabit LTE δίκτυο [22].

Από τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν συνάγεται ότι η πρόσβαση σε πρόσθετο ραδιοφάσμα για τις κινητές επικοινωνίες αποτελεί μια αδήριτη ανάγκη. Οι περισσότερες χώρες τις Ευρώπης, ως γνωστόν, έχουν ήδη δημοπρατήσει το 1<sup>ο</sup> ψηφιακό μείρισμα (ζώνη 800 MHz) που απελευθερώθηκε κατά την μετάβαση από την αναλογική στην ψηφιακή τηλεόραση. Χώρες όπως η Γερμανία και η Γαλλία έχουν ήδη δημοπρατήσει και το 2<sup>ο</sup> ψηφιακό μείρισμα (ζώνη 700 MHz). Η αναμόρφωση των πολιτικών ραδιοφάσματος κρίνεται υψίστης σημασίας ώστε η Ευρώπη να αποκτήσει ηγετική θέση στον κλάδο.

## 2.6 Σύγκριση επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης και κινητής ευρυζωνικότητας

Σε κάθε περίπτωση, τόσο η επίγεια ψηφιακή όσο και η δορυφορική πλατφόρμα έχουν σχεδιαστεί με γνώμονα την ευρυεκπομπή και με περιορισμένες δυνατότητες για κανάλια ανάδρασης (feedback) άρα και προγραμματισμό ελεγχόμενο από τον κάθε χρήστη ξεχωριστά.

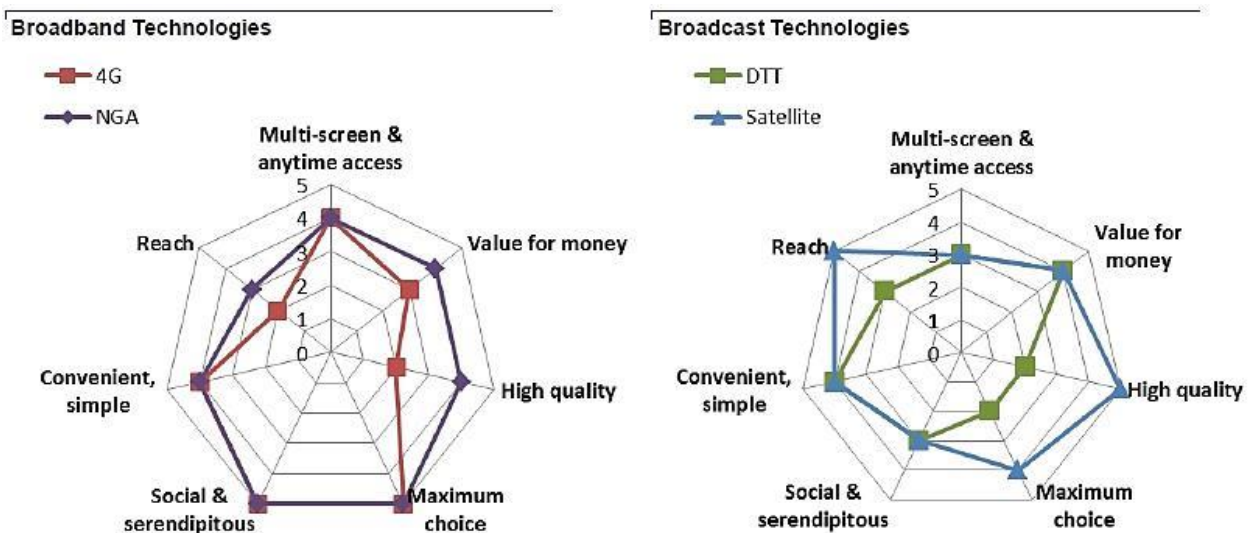
Στον παρακάτω πίνακα γίνεται μια προσπάθεια να καταγραφούν τα δυνατά σημεία αλλά και οι αδυναμίες της επίγειας ψηφιακής ευρυεκπομπής και των κινητών ευρυζωνικών επικοινωνιών. Από την αντιπαραβολή τους εξάγεται το συμπέρασμα ότι δεν υποκαθιστά η μία τεχνολογία την άλλη, αλλά αλληλοσυμπληρώνονται.

Πίνακας 2: Σύγκριση DTT – MBB [9]

	Επίγεια ψηφιακή τηλεόραση	Κινητή ευρυζωνικότητα
<b>Δυνατά σημεία</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Σχεδόν καθολική διαθεσιμότητα</li><li>• Λήψη κυρίως από σταθερά σημεία</li><li>• Εγγυημένο και προβλέψιμο QoS</li><li>• Παροχή γραμμικών υπηρεσιών σε μεγάλα ακροατήρια</li><li>• Κόστη ανεξάρτητα του αριθμού των ταυτόχρονων τηλεθεατών</li><li>• Δεν υπάρχει συμφόρηση στο δίκτυο, ο κάθε χρήστης έχει πρόσβαση σε όλη τη διαθέσιμη χωρητικότητα</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Δικατευθυντική επικοινωνία (bi-directional), επιτρέπει την διαδραστικότητα</li><li>• Λήψη από κινητά σημεία</li><li>• Δυνητικά απεριόριστες επιλογές περιεχομένου και υπηρεσιών</li><li>• Συνεχώς αυξανόμενος αριθμός χρηστών με κατάλληλο εξοπλισμό</li><li>• Κατάλληλη για μικρά ακροατήρια και εξειδικευμένες (niche) υπηρεσίες</li></ul>

<b>Αδυναμίες</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μονόδρομη, χωρίς κανάλι επιστροφής (return channel)</li> <li>• Απουσία υπηρεσιών on-demand</li> <li>• Προσφορά περιεχομένου ανάλογη της χωρητικότητας του καναλιού (πλήρως καθορισμένο εύρος ζώνης)</li> <li>• Δεν υπάρχει πρόσβαση σε συσκευές μόνο IP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Περιορισμένη κάλυψη με την απαιτούμενη χωρητικότητα</li> <li>• Υπηρεσία βέλτιστης προσπάθειας (best effort), μη εγγυημένο QoS</li> <li>• Τα κόστη είναι ανάλογα του αριθμού των ταυτόχρονων χρηστών</li> <li>• Η χωρητικότητα διαμοιράζεται στους χρήστες, κίνδυνος συμφόρησης στο δίκτυο</li> </ul>
------------------	---	---

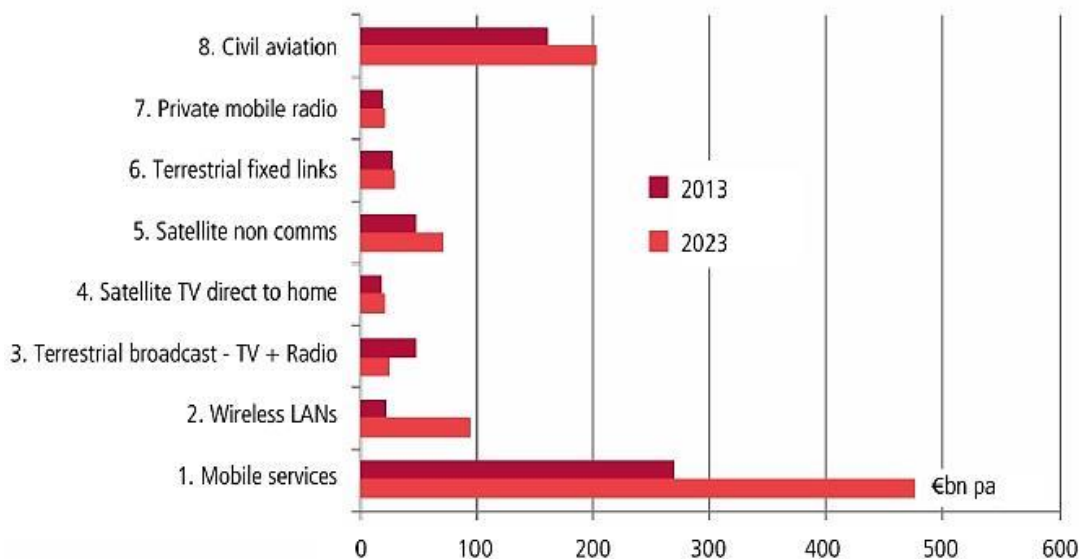
Έχοντας ως μέτρο σύγκρισης διάφορα βασικά χαρακτηριστικά που πλέον θα πρέπει να πληροί ένα δίκτυο διανομής τηλεοπτικού περιεχομένου όπως: την σχέση αξίας προς τιμή, την κάλυψη, την ποιότητα υπηρεσίας, την πρόσβαση σε πολλαπλές οθόνες κ.α., τα παρακάτω σχήματα συγκρίνουν, με βαθμονόμηση από 0 έως 5, από τη μια τις ευρυζωνικές τεχνολογίες (4G, NGA) και από την άλλη τις τεχνολογίες ευρυεκπομπής (DTT, δορυφορική). Είναι εμφανές ότι καμία τεχνολογία από μόνη της δεν μπορεί να καλύψει στο έπακρο όλους τους στόχους [23].



Σχήμα 21: Σύγκριση τεχνολογιών για διανομή τηλεοπτικού περιεχομένου [23]

## 2.7 Οικονομική αξία χρήσης φάσματος

Στο [24] αξιολογήθηκε η οικονομική αξία των εφαρμογών που χρησιμοποιούν το ραδιοφάσμα σε σημαντικό βαθμό στις 27 χώρες της Ε.Ε. Επιλέχθηκαν 8 εφαρμογές μεταξύ των οποίων είναι οι κινητές επικοινωνίες και η επίγεια ραδιοηλεκτρονική εκπομπή. Ακολουθεί η γραφική απεικόνιση της αξιολόγησης για περίοδο μελέτης 10 χρόνων (2013-2023).



Σχήμα 22: Οικονομική αξία εφαρμογών σε τιμές 2012 [24]

Με μεγάλη διαφορά οι κινητές υπηρεσίες (φωνητική κλήση, μηνύματα, δεδομένα) παράγουν τη μεγαλύτερη οικονομική αξία (270 δις € ετησίως). Επίσης η διαφορά αναμένεται να διευρυνθεί ως το 2023 (477 δις €). Οι κύριοι παράγοντες που συνδράμουν στην αύξηση είναι, κατά πρώτο λόγο, ο κεντρικός ρόλος των κινητών επικοινωνιών στην παροχή ευρυζωνικών υπηρεσιών στους χρήστες μέσω των εξελιγμένων δικτύων LTE και της λειτουργικότητας των κινητών συσκευών. Κατά δεύτερο λόγο, επιπλέον οικονομική αξία θα προσφέρει η ανάπτυξη των υπηρεσιών IoT όπου τα κινητά δίκτυα θα παρέχουν το μηχανισμό μεταφοράς στις επικοινωνίες M2M.

Η μεγάλη εξαίρεση που παρατηρείται στο σχεδιάγραμμα είναι αυτή της επίγειας ραδιοηλεκτρονικής εκπομπής. Η πρόβλεψη για τη σημαντική μείωση της οικονομικής αξίας της DTT (από 27 δις € στα 18,5 δις € το 2023) έγκειται στο γεγονός ότι τα νοικοκυριά με την υψηλότερη προθυμία να πληρώσουν (WTP) προτιμούν άλλες πλατφόρμες, όπως την δορυφορική, και ταυτοχρόνως παρατηρείται αυξημένη τάση στροφής των χρηστών προς υπηρεσίες IPTV και OTT για παρακολούθηση περιεχομένου βίντεο. Να σημειωθεί εδώ, ότι στον υπολογισμό της οικονομικής αξίας λαμβάνεται υπόψη μόνο η ιδιωτική αξία και όχι η δημόσια αξία. Για παράδειγμα, δεν ποσοτικοποιείται η κοινωνική προσφορά της δημόσιας τηλεόρασης. Η ιδιωτική αξία μπορεί να υπολογιστεί με διάφορες μεθόδους αλλά, κυρίως, αφαιρώντας από την WTP το κόστος παραγωγής της υπηρεσίας πλέον μια λογική απόδοση απασχολούμενου κεφαλαίου (ROCE). Σε μια ανταγωνιστική αγορά το πλεόνασμα του παραγωγού (producer surplus) τείνει στο μηδέν, άρα πρακτικά το κόστος παραγωγής της υπηρεσίας μπορεί να θεωρηθεί ίσο με τα έσοδα των παραγωγών.

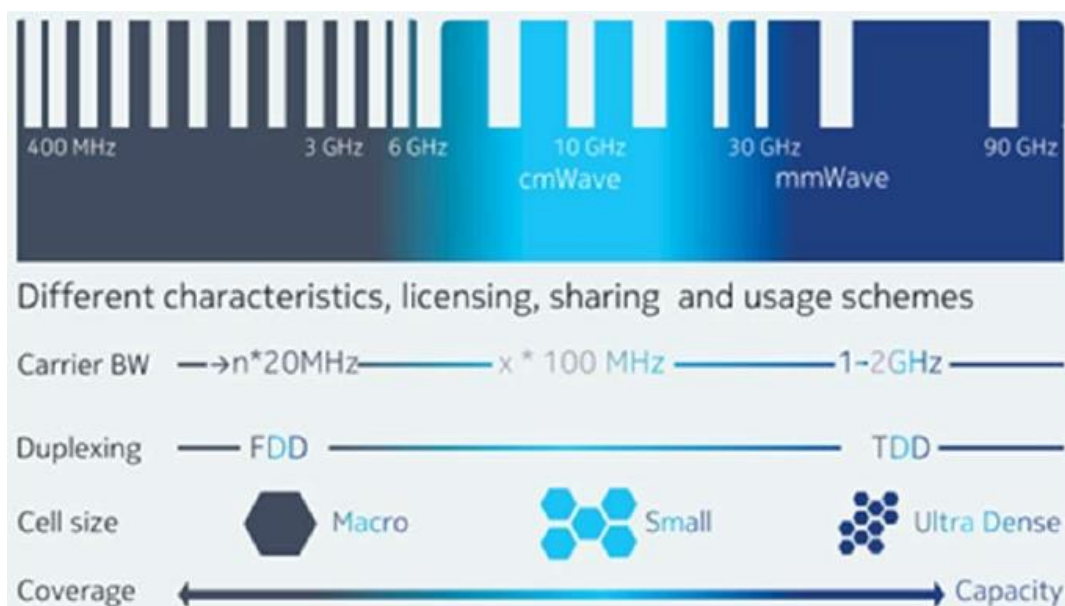


### 3. ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΡΑΔΙΟΦΑΣΜΑΤΟΣ

#### 3.1 Οφέλη χρήσης ζώνης 700 MHz

Η ζώνη των 700 MHz είναι ιδιαίτερα πολύτιμη για τις κινητές επικοινωνίες λόγω των χαρακτηριστικών διάδοσης. Τα σήματα που μεταδίδονται σε αυτές τις συχνότητες φθάνουν σε μεγαλύτερες αποστάσεις και περνούν μέσα από τοίχους και άλλα εμπόδια πιο εύκολα συγκρινόμενα με τα σήματα υψηλότερων συχνοτήτων. Επομένως θα μπορούσε να βελτιωθεί αρκετά η ποιότητα κάλυψης στις αγροτικές περιοχές.

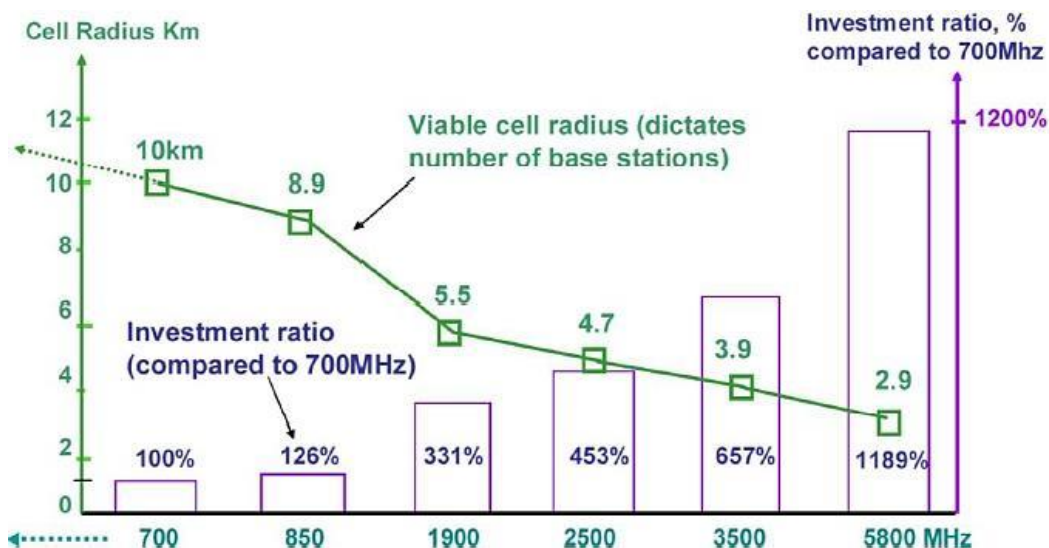
Χαρακτηριστικό είναι το παρακάτω σχήμα όπου φαίνεται ότι οι χαμηλές συχνότητες ενδείκνυνται για την κάλυψη μεγάλων αποστάσεων (μακροκυψέλες) ενώ οι υψηλές επιτυγχάνουν, λόγω του πολύ μεγαλύτερου εύρους ζώνης, υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων.



Σχήμα 23: Σύγκριση χαρακτηριστικών συχνοτήτων [25]

Ειδικότερα, η περιοχή κάλυψης μειώνεται αναλογικά με το τετράγωνο του λόγου της υψηλότερης προς την χαμηλότερη συχνότητα. Για παράδειγμα, στα 2,6 GHz εν συγκρίσει με τα 800 MHz (λόγος 3,25) οι σταθμοί βάσης που χρειάζονται για να καλύψουν μια δεδομένη περιοχή είναι  $3,25^2 \cong 10$  φορές περισσότεροι, άρα αντίστοιχα αυξάνει και το κόστος του δικτύου [26].

Από πλευράς κόστους υποδομής (CAPEX) χαρακτηριστικό είναι το επόμενο σχήμα, όπου για παράδειγμα η υποδομή για τους κυψελωτούς σταθμούς βάσης στα 5,8 GHz απαιτεί 12,3 φορές υψηλότερα κόστη κεφαλαίου σε σύγκριση με αυτά στα 700 MHz. Στα 5,8 GHz το εφικτό εύρος διάδοσης (ακτίνα κυψέλης) είναι 2,9 km έναντι 10 km (700 MHz) και επομένως η πυκνότητα των κυψελών (αριθμός σταθμών βάσης) για την κάλυψη της ίδιας περιοχής αυξάνεται.



Σχήμα 24: Capex κυψελωτού δικτύου συναρτήσει συχνότητας [27]

### 3.2 Αξία φάσματος

Η αξία του φάσματος μπορεί να εξεταστεί με βάση τα φυσικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την κάθε ζώνη συχνοτήτων. Ο παρακάτω πίνακας αξιολογεί αυτές τις φυσικές παραμέτρους εφαρμόζοντας διαφορετικά ποσοστά επιμερισμού ανάλογα με τη σημαντικότητα της παραμέτρου.

Πίνακας 3: Σύγκριση αξίας φάσματος [28]

Παράμετρος αξιολόγησης	Ποσοστό επιμερισμού αξίας	Εκτιμώμενη αξία για <1 GHz	Εκτιμώμενη αξία για 1-5 GHz	Εκτιμώμενη αξία για >5 GHz
Εύρος διάδοσης	45-50%	Υψηλή	Μεσαία/Χαμηλή	Χαμηλή
Εισχώρηση σε κτίρια	20-25%	Υψηλή	Μεσαία/Χαμηλή	Χαμηλή
Καιρική και ατμοσφαιρική απόδοση	15-20%	Υψηλή	Μεσαία	Χαμηλή/πολύ χαμηλή
Φασματική απόδοση (bps/Hz)	5% (0% με ψηφιακή επεξεργασία σήματος - DSP)	Χαμηλή	Μεσαία	Υψηλή
Απόδοση ισχύος για διάδοση	5-10%	Υψηλή	Μεσαία/Χαμηλή	Χαμηλή
Μέγεθος κεραίας	5-10%	Χαμηλή	Μεσαία/Υψηλή	Υψηλή

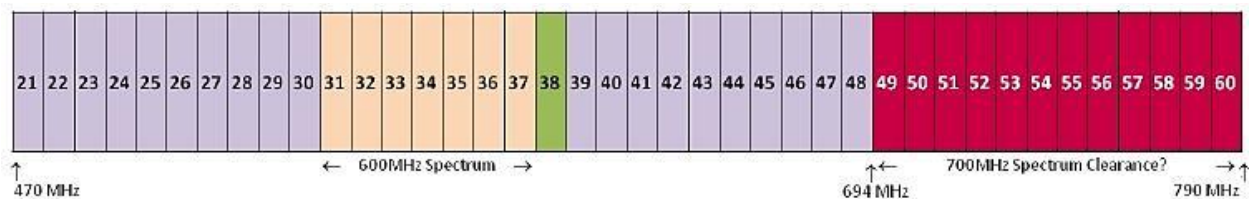


Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν και συμπληρώνοντας κάποια επιπλέον χαρακτηριστικά από το [29], τα οφέλη χρήσης της ζώνης των 700 MHz είναι τα ακόλουθα:

1. Εξοικονόμηση κόστους στα δίκτυα κινητών επικοινωνιών λόγω χρησιμοποίησης λιγότερων σταθμών βάσης (base stations).
2. Βελτιώσεις στην απόδοση σε περιοχές που είναι δύσκολο να εξυπηρετηθούν.
3. Δυνατότητα για χαμηλότερες τιμές στους καταναλωτές. Με τη λογική ότι θα εξοικονομηθεί κόστος στα δίκτυα, αυτή η διαφορά θα «περάσει» στους καταναλωτές ως χαμηλότερο τιμολόγιο κινητής τηλεφωνίας.
4. Η επέκταση κάλυψης, που μπορεί να προβλεφθεί και ως υποχρέωση στους παρόχους κινητής, θα προσδώσει πρόσθετα σημαντικά κοινωνικοοικονομικά οφέλη.
5. Δυνατότητα να αναπτυχθούν νέες υπηρεσίες και τεχνολογίες.
6. Πλεονεκτήματα από τη χρήση του κεντρικού διακένου (center gap). Έως και 25 MHz μπορούν να διατεθούν για άλλες χρήσεις όπως για SDL ή για PMSE.
7. Επιπλέον χωρητικότητα για υπηρεσίες επικοινωνιών έκτακτης ανάγκης (PPDR).

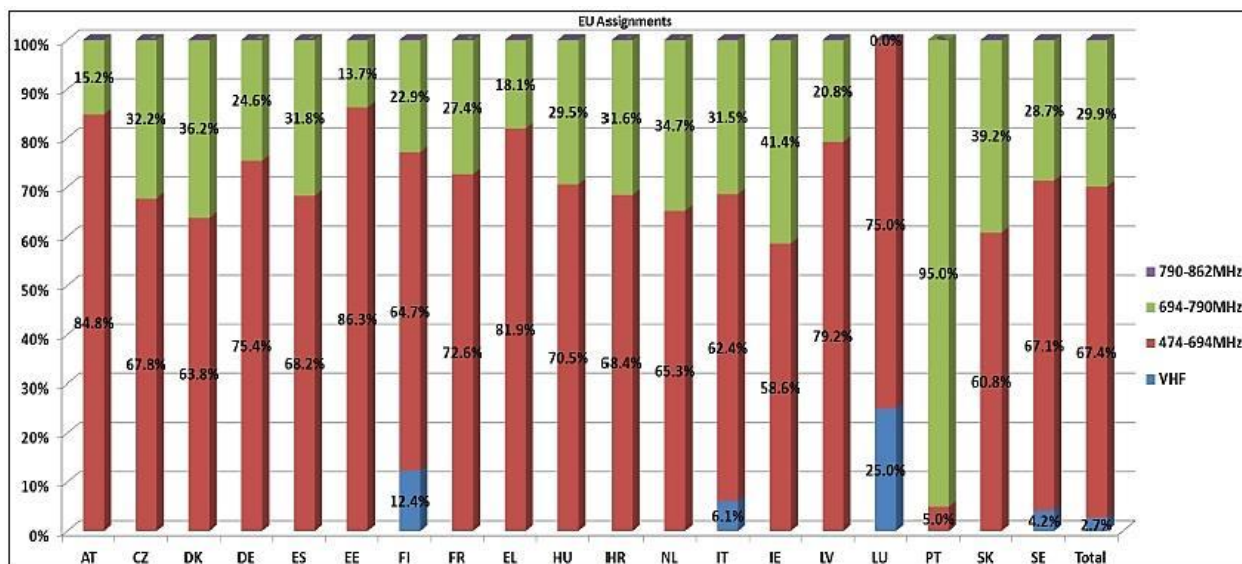
### 3.3 Αναδιάρθρωση της ζώνης των 700 MHz

Η απελευθέρωση της ζώνης των 700 MHz για ασύρματες ευρυζωνικές υπηρεσίες απαιτεί την επανατοποθέτηση (re-stacking) των υπαρχόντων τηλεοπτικών καναλιών (κανάλια 49-60) σε συχνότητες κάτω από τα 700 MHz. Παράλληλα απαιτεί τη μετάβαση στο πρότυπο επίγειας ψηφιακής DVB-T2 και ταυτοχρόνως χρήση πιο εξελιγμένων προτύπων κωδικοποίησης πηγής (source coding), όπως το MPEG4 (H.264) και το HEVC (H.265) [30].



Σχήμα 25: Κανάλια UHF [31]

Στο διάγραμμα που ακολουθεί φαίνεται η ποσοστιαία κατανομή των λειτουργικών καταχωρήσεων (assignments) σε 19 χώρες της Ε.Ε. για όλο το διαθέσιμο φάσμα των VHF/UHF.



Σχήμα 26: Δομή καταχωρήσεων 19 χωρών της Ε.Ε. (%) [30]

Εύκολα μπορεί να παρατηρήσει κανείς ότι η ζώνη των VHF χρησιμοποιείται μόνο από 4 χώρες (κυρίως για DAB) και, ως αναμενόταν, η ζώνη των 800 MHz έχει πλήρως εγκαταλειφθεί. Η πράσινη μπάρα που αντιπροσωπεύει τις καταχωρήσεις στα 700 MHz, παρουσιάζει διακυμάνσεις από χώρα σε χώρα και πρακτικά όσο μεγαλύτερη είναι τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η προσπάθεια επανατοποθέτησης των καναλιών στη ζώνη κάτω των 700 MHz.

Οι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη στην ποσοτικοποίηση του κόστους είναι οι εξής:

1. Μορφολογία εδάφους, αν είναι δηλαδή πεδινό, λοφώδες ή ορεινό. Χώρες με ορεινό έδαφος χρειάζονται περισσότερους σταθμότοπους (sites) και σταθμούς συμπληρωματικής κάλυψης (gap fillers) από τις πεδινές χώρες.
2. Ο αριθμός των πολυπλεξιών (multiplexes) που είναι στον αέρα. Ο μέσος όρος της Ευρώπης είναι 4 με 5 πολυπλέκτες και 1800 καταχωρήσεις DVB-T. Επομένως, για παράδειγμα η Ιταλία με πάνω από 20 πολυπλέκτες θα αντιμετωπίσει πολλά προβλήματα στη διαδικασία της αναδιάθεσης της ζώνης των 700 MHz.
3. Η αναλογία των καταχωρήσεων στα 700 MHz. Για παράδειγμα η Πορτογαλία με το 95% των καταχωρήσεων στα 700 MHz θα αντιμετωπίσει σοβαρότατα προβλήματα στο να επανατοποθετήσει τα κανάλια κάτω από τα 700 MHz.

### 3.3.1 Η περίπτωση της Ελλάδας

Στην Ελλάδα η μορφολογία του εδάφους χαρακτηρίζεται ως αρκετά λοφώδης, έχει 6 πολυπλέκτες εθνικής εμβέλειας και το ποσοστό των καταχωρήσεων στα 700 MHz είναι 18,1% (214). Το υπόλοιπο 81,9% αφορά καταχωρήσεις στη ζώνη από 474-694 MHz αφού τα VHF δεν χρησιμοποιούνται. Η ενεργός ακτινοβολούμενη ισχύς (ERP) των πομπών στα 700 MHz κατανέμεται ως εξής: 49% (104)  $\leq$  1 kW, 46% (99) 1kW-20kW, 5% (11)  $>$  20 kW [30].

Κύριο μέλημα σε πρώτη φάση είναι να εξεταστεί κατά πόσο μια καταχώρηση στα 700 MHz θα μπορούσε να αντικατασταθεί από μια ήδη υπάρχουσα καταχώρηση ή περιοχή

απονομής (allotment) κάτω από το κανάλι 49 που δεν χρησιμοποιείται ακόμα, σύμφωνα πάντα με το σχέδιο της Γενεύης (GE06). Ουσιαστικά σε αυτές τις περιπτώσεις το μόνο που θα άλλαζε είναι η συχνότητα του καναλιού αφού η κάλυψη και οι παράμετροι μετάδοσης θα έμεναν ως έχουν.

Μια τέτοια ανάλυση για την Ελλάδα έδωσε τα εξής αποτελέσματα:

Με βάση το σύνολο των καταχωρήσεων στη ζώνη 694 – 790 MHz που είναι 214, το 36% (77) δύναται να επανατοποθετηθούν ενώ το 64% (137) όχι. Αν ληφθούν υπόψη μόνο οι πομποί με ισχύ άνω του 1kW (διότι η αντικατάσταση των πομπών χαμηλής ισχύος είναι πολύ πιο εύκολη), τα ποσοστά αλλάζουν σε 30% (33) και 70% (77) αντίστοιχα από το σύνολο των 110 καταχωρήσεων.

Συμπερασματικά, τόσο στην περίπτωση της Ελλάδας όσο και στις υπόλοιπες χώρες της Ε.Ε. δεν είναι εφικτή η εκκαθάριση της ζώνης των 700 MHz διατηρώντας όλες τις υπάρχουσες καταχωρήσεις. Άρα κρίνεται υποχρεωτική η μετάβαση στα πιο εξελιγμένα συστήματα DVB-T2 και HEVC όπως ειπώθηκε προηγουμένως.

### 3.3.2 Υπολογισμός κόστους μετάβασης

Το κόστος μετάβασης (transition cost) από το τωρινό σύστημα επίγειας ψηφιακής στο πιο εξελιγμένο DVB-T2 (MPEG4) ή DVB-T2 (HEVC) περιλαμβάνει κόστη εξοπλισμού και κατασκευαστικά κόστη. Επιπλέον οι ρυθμοί δεδομένων για SD και HD προγράμματα στην περίπτωση του MPEG4 μειώνονται στα 2,64 Mbit/s και 8,25 Mbit/s αντίστοιχα, ενώ στην περίπτωση του HEVC στα 1,75 Mbit/s και 4,55 Mbit/s αντίστοιχα. Οπότε με τα δεδομένα αυτά ο αριθμός των πολυπλεκτών που χρειάζονται δύναται να μειωθεί. Ο υπολογισμός που έχει γίνει στο [30] για την περίπτωση της Ελλάδας σχετικά με τα κόστη μετάβασης είναι 14,9 εκατ. € έως 20,2 εκατ. €. Στον υπολογισμό αυτό έχει υποθεθεί ότι πλέον θα χρειάζονται 3 πολυπλέκτες DVB-T2/MPEG4 εθνικής εμβέλειας οι οποίοι θα διανέμουν και το περιφερειακό περιεχόμενο που μέχρι τώρα χρειαζόταν ξεχωριστούς πολυπλέκτες. Επίσης, ο αριθμός των πομπών ανά πολυπλέκτη έχει οριστεί στους 170, με τιμές ανά πομπό από 29 χιλ. € έως 39 χιλ. €. Στην περίπτωση του DVB-T2/HEVC οι απαραίτητες πολυπλεξίες εθνικής εμβέλειας δύναται να μειωθούν στις 2 και τα αντίστοιχα κόστη μετάβασης διαμορφώνονται στα 10,4 εκατ. € ως 13,9 εκατ. € [30].

### 3.3.3 Σύγκριση κόστους μετάβασης με οικονομικό όφελος

Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, το συνολικό κόστος μετάβασης σε σχέση με το δίκτυο (δεν συμπεριλαμβάνονται κόστη εξοπλισμού καταναλωτών και κόστος μεταφοράς PMSE σε άλλη ζώνη) έχει υπολογιστεί στην περίπτωση του DVB-T2/HEVC στα 456 έως 659 εκατ. €. Σε αυτόν τον υπολογισμό μπορεί να αντιπαρατεθεί η ανάλυση που έγινε στο [32] σχετικά με το οικονομικό όφελος χρήσης της ζώνης των 700 MHz για κινητές ευρυζωνικές υπηρεσίες.

Η προσέγγιση που ακολουθήθηκε στην εν λόγω ανάλυση βασίζεται στα εξής 2 μετρήσιμα μεγέθη:

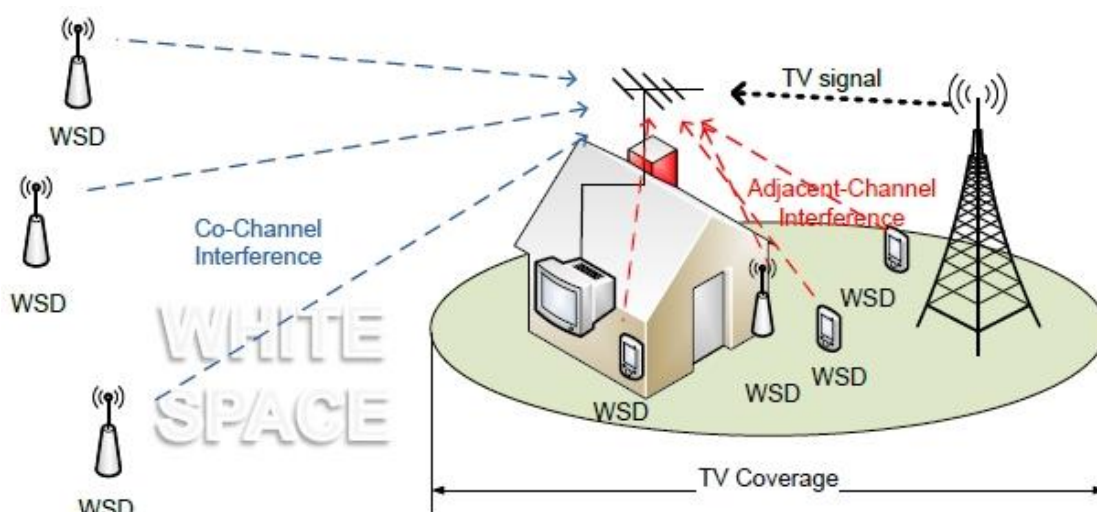
1. Στον υπολογισμό εξοικονόμησης κόστους δικτύου που θα επιτευχθεί από τους παρόχους κινητής λόγω της πρόσβασης σε επιπλέον ραδιοφάσμα.
2. Στα επιπρόσθετα οφέλη που προκύπτουν από τη βελτιωμένη κάλυψη, χωρητικότητα και απόδοση των κινητών δικτύων, προϊόν της πρόσβασης στο επιπλέον ραδιοφάσμα.

Τα οικονομικά οφέλη για το μετρήσιμο μέγεθος (1) σε περίοδο 20 ετών με έτος έναρξης υλοποίησης το 2022, υπολογίστηκαν σε τιμές παρούσας αξίας (PV) στα 485 έως 766 εκατ. £. Αντίστοιχα το μετρήσιμο μέγεθος (2) υπολογίστηκε στα 386 έως 484 εκατ. £. Τα μεγέθη αυτά αφορούν σε υποτιθέμενο πάροχο κινητών επικοινωνιών στο Ηνωμένο Βασίλειο που του έχουν αποδοθεί 2x30 MHz στη ζώνη των 700 MHz. Αναλυτικότερα οικονομικά μεγέθη στο σύνολο της Ε.Ε. θα παρουσιαστούν στην εκτίμηση επιπτώσεων (§5.5).

### 3.4 Αξιοποίηση λευκών φασματικών κενών

Με στόχο την βελτίωση της αξιοποίησης της ζώνης των UHF έχουν προταθεί διάφορες μελέτες. Μια ιδέα που έχει συζητηθεί είναι η εκμετάλλευση των λεγομένων λευκών φασματικών κενών (TWS) σε δευτερεύουσα βάση και χωρίς να επηρεάζεται η κανονική λειτουργία της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης. Όμως, ποσοτικές αναλύσεις που ακολούθησαν, απέδειξαν ότι τα TWS δεν είναι κατάλληλα ως δευτερεύον σύστημα που θα παρέχει ευρεία κάλυψη λόγω των παρεμβολών στους κύριους δέκτες της επίγειας τηλεόρασης [33]. Εξάλλου με την επικείμενη αναδιάθεση των 700 MHz θα μειωθούν σημαντικά τα διαθέσιμα TWS. Σε κάθε περίπτωση αξίζει να σημειωθεί η αρχή λειτουργίας ενός τέτοιου συστήματος.

Το δευτερεύον σύστημα βασίζεται σε τρέχουσες πληροφορίες κάλυψης της DTT, διαθέσιμες σε βάσεις δεδομένων γεωγραφικού εντοπισμού (geo-location). Στις βάσεις αυτές καταγράφονται πληροφορίες των τηλεοπτικών πομπών όπως θέση, ύψος κεραίας, ισχύς μετάδοσης, χρησιμοποιούμενα κανάλια, κ.α. Οι πληροφορίες αυτές αξιοποιούνται από εξελιγμένα μοντέλα διάδοσης ώστε να καθοριστεί η περιοχή φύλαξης του τηλεοπτικού πομπού [34]. Με αυτόν τον τρόπο το δευτερεύον σύστημα θα μπορεί να μεταδίδει σε συχνότητες τηλεοπτικών καναλιών που είναι τοπικά ελεύθερες. Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζεται το σενάριο δευτερεύουσας πρόσβασης στα TVWS από συσκευές λευκών φασματικών κενών (WSDs). Τα όρια τόσο της παρεμβολής παρακείμενων καναλιών (adjacent channel interference) όσο και της ομοκαναλικής (co-channel) θα πρέπει να είναι σε επίπεδα τέτοια που να μην προκαλούν προβλήματα στους τηλεοπτικούς δέκτες [35].

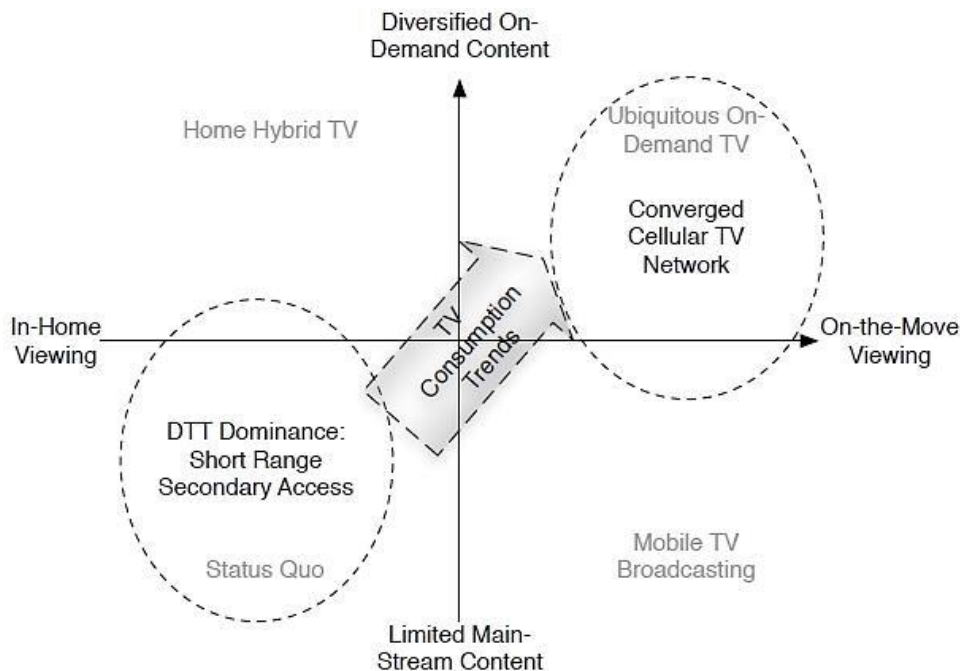


Σχήμα 27: Δευτερεύουσα πρόσβαση στα TVWS [35]

Κάποια από τα πρότυπα που έχουν αναπτυχθεί για δευτερεύουσα πρόσβαση είναι το IEEE 802.22 για ασύρματα περιφερειακά δίκτυα (WRAN) και το IEEE 802.11af ή White-Fi για ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLAN). Και τα δύο πρότυπα χρησιμοποιούν τεχνικές γνωσιακής ραδιοεπικοινωνίας (cognitive radio) ώστε να εκπέμπουν στις μη χρησιμοποιούμενες λευκές περιοχές των UHF χωρίς να προκαλούν επιβλαβείς παρεμβολές στην ψηφιακή τηλεοπτική εκπομπή και τα ασύρματα μικρόφωνα.

Η δευτερεύουσα πρόσβαση στα TVWS είναι μια αρκετά ευέλικτη αλλά βραχυπρόθεσμη λύση ώστε να αντιμετωπιστεί η αυξημένη ζήτηση για κινητή ευρυζωνικότητα, που πρακτικά δεν επηρεάζει καθόλου την υπάρχουσα κατάσταση στην ψηφιακή τηλεόραση και την κατανομή του φάσματος UHF. Ανήκει στις λεγόμενες ευκαιριακές (opportunistic) τεχνικές μεριζόμενης πρόσβασης, σε αντίθεση με την LSA, όπου συμφωνείται αποκλειστική και εγγυημένη πρόσβαση στο ραδιοφάσμα στους κινητούς παρόχους για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και ορισμένη γεωγραφική περιοχή [36]. Η αδειοδοτημένη κοινή πρόσβαση στο ραδιοφάσμα, που αποτελεί και αυτή μια συμπληρωματική λύση ώστε να αξιοποιείται αποδοτικότερα το φάσμα, βρίσκεται ακόμα σε στάδιο έρευνας τόσο σε επίπεδο τεχνολογικής εφικτότητας όσο και σε ρυθμιστικό [37].

Από την άλλη, η ανάπτυξη μιας συγκεκλιμένης (converged) πλατφόρμας διανομής τηλεοπτικού περιεχομένου θα είναι μια ριζοσπαστική λύση με μακροπρόθεσμο ορίζοντα, όπου η ζώνη των UHF θα αναδιατεθεί από την DTT στην νέα πλατφόρμα. Σχηματικά, ο συσχετισμός των παραπάνω λύσεων για την αποδοτικότερη χρήση του φάσματος με τις υπάρχουσες και μελλοντικές τάσεις τηλεθέασης θα μπορούσε να είναι ως ακολούθως.



Σχήμα 28: Συσχετισμός τάσεων τηλεθέασης με τις τεχνικές λύσεις [35]

## 4. ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΦΙΚΤΟΤΗΤΑ ΣΥΓΚΛΙΣΗΣ

Η έννοια της σύγκλισης της τηλεοπτικής ευρυεκπομπής και των κινητών επικοινωνιών μπορεί να διακριθεί στις ακόλουθες 3 κατηγορίες [38]:

1. Σύγκλιση σε επίπεδο συσκευής, όπου ο χρήστης θα μπορεί να παρακολουθήσει περιεχόμενο που διανέμεται και από τα δύο διαφορετικά δίκτυα στην ίδια συσκευή.
2. Σύγκλιση σε επίπεδο υπηρεσίας, όπου τόσο οι γραμμικές όσο και οι on-demand υπηρεσίες θα είναι προσβάσιμες απρόσκοπτα κατά την εναλλαγή συσκευών (π.χ. HbbTV).
3. Σύγκλιση σε επίπεδο υποδομής, όπου πλέον υπάρχει μια κοινή υποδομή δικτύου. Παράδειγμα τέτοιας σύγκλισης, του σταθερού όμως ευρυζωνικού δικτύου και τηλεοπτικής εκπομπής, είναι η IPTV.

### 4.1 Ιστορικό προσπαθειών ευρυεκπομπής σε κινητές συσκευές

Οι προσπάθειες που έχουν γίνει στο παρελθόν για την ανάπτυξη λύσεων καθαρής ευρυεκπομπής σε κινητές συσκευές δεν στέφθηκαν με επιτυχία. Το DVB-H, το πρότυπο ευρυεκπομπής 1<sup>ης</sup> γενιάς για κινητές συσκευές που προτυποποιήθηκε το 2004 και υποστηρίχθηκε από τη NOKIA, γνώρισε μικτή επιτυχία. Παρουσιάστηκαν συσκευές NOKIA με ενσωματωμένα μικροκυκλώματα DVB-H και είχαν ξεκινήσει και κάποιες υπηρεσίες DVB-H σε χώρες όπως η Φινλανδία, η Αυστρία και η Ιταλία, αλλά σύντομα σταμάτησαν. Στην άλλη πλευρά του Ατλαντικού, η Qualcomm, παρουσίασε μια ιδιόκτητη λύση γνωστή ως MediaFLO, που μάλιστα προτυποποιήθηκε από το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων (ETSI) το 2009. Κάποιες συσκευές με δυνατότητες να λαμβάνουν τέτοιου είδους υπηρεσίες παρουσιάστηκαν από την LG και την Samsung, όμως τελικά το 2010 η Qualcomm αποφάσισε να σταματήσει την υποστήριξη της τεχνολογίας αυτής και πούλησε το φάσμα που κατείχε στη ζώνη των 700 MHz στην AT&T. Μια δεύτερη δοκιμή που επιχειρήθηκε από την πλευρά του DVB με το DVB-SH (δορυφορικές υπηρεσίες σε χειρόφερτες συσκευές) και υποστηρίχθηκε κυρίως από την Alcatel Lucent, δεν γνώρισε ούτε και αυτή εμπορική επιτυχία [39].

### 4.2 Εξέλιξη προτύπων κινητών επικοινωνιών και επίγειας ευρυεκπομπής

Ο κλάδος των κινητών επικοινωνιών έχει υιοθετήσει τα δίκτυα μακροχρόνιας εξέλιξης (LTE) και την εξέλιξή τους LTE-Advanced (LTE-A) ως τις παγκόσμιες τεχνολογίες 4<sup>ης</sup> γενιάς (4G). Τόσο το LTE όσο και το LTE-A υποστηρίζουν μεταδόσεις ευρυεκπομπής μέσω των εξελιγμένων πολυμεσικών υπηρεσιών ευρυεκπομπής-πολυεκπομπής (eMBMS) που είναι εμπορικά γνώστες ως LTE Broadcast. Ενώ ακόμα στις μέρες μας οι πάροχοι δικτύων κινητής τηλεφωνίας επενδύουν στα δίκτυα 4<sup>ης</sup> γενιάς, ο κλάδος των κινητών επικοινωνιών δουλεύει ήδη πάνω στην ανάπτυξη των δικτύων 5<sup>ης</sup> γενιάς (5G) [40].

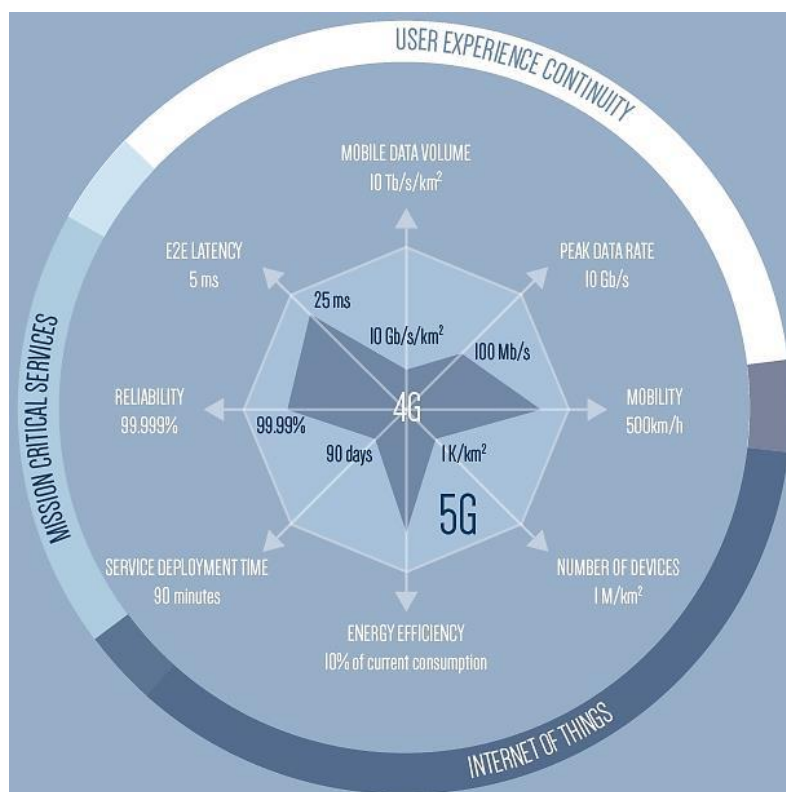
Τα δίκτυα 5G έχουν τις ακόλουθες 3 απαιτήσεις:

- Υποστήριξη εξαιρετικά μεγάλης χωρητικότητας και συνδεσιμότητας.
- Μεταφορά ενός ευρύ συνόλου υπηρεσιών, εφαρμογών και χρηστών με εξαιρετικά διαφορετικές απαιτήσεις.



- Ευέλικτη και αποτελεσματική χρήση του διαθέσιμου φάσματος, είτε συνεχούς είτε όχι, υποστηρίζοντας άκρως διαφορετικά σενάρια ανάπτυξης δικτύων.

Πιο αναλυτικά, οι βασικοί δείκτες επιδόσεων (KPIs) παρουσιάζονται στο επόμενο σχήμα συγκριτικά με τα δίκτυα 4G. Ενδεικτικά να αναφερθούν: ρυθμοί δεδομένων της τάξεως των 10 Gb/s, χαμηλή λανθάνουσα καθυστέρηση (latency) των 5 ms έως και 1 ms, ενεργειακή και φασματική απόδοση βελτιωμένη κατά 10 φορές, αξιοπιστία (reliability) 99,999% και 1 εκατ./km<sup>2</sup> διασυνδεδεμένες συσκευές (IoT) [41],[42].



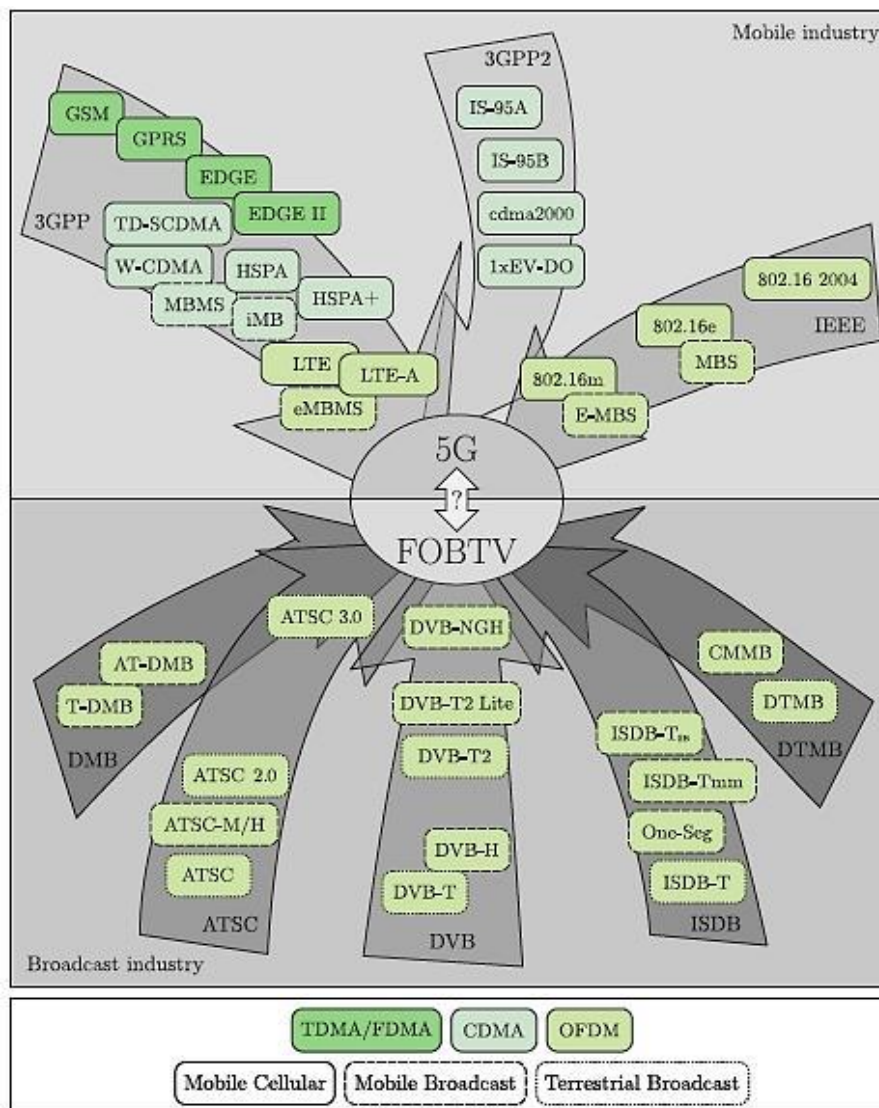
Σχήμα 29: Δυνατότητες 5G [42]

Παράλληλα, η ραδιοηλεκτρονική βιομηχανία έχει δείξει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην ανάπτυξη υπηρεσιών τηλεόρασης σε κινητά τηλέφωνα, ταμπλέτες και φορητούς υπολογιστές, ιδιαίτερα μετά την αποτυχία των τεχνολογιών κινητής ευρυεκπομπής 1<sup>ης</sup> γενιάς, όπως το DVB-H στην Ευρώπη, Media FLO και ATSC-M/H στην Βόρεια Αμερική ή το CMMB στην Κίνα. Επίσης, τα πρότυπα νέας γενιάς όπως το DVB-T2, DVB-NGH και ATSC 3.0 υπόσχονται αυξημένες δυνατότητες τόσο σε χωρητικότητα όσο και σε κάλυψη. Ειδικά το DVB-NGH είναι το πρώτο σύστημα ευρυεκπομπής που ενσωματώνει τεχνολογίες κεραιών MIMO, που το καθιστά ως το πρώτο πρότυπο ευρυεκπομπής 3<sup>ης</sup> γενιάς [43].

Το γεγονός ότι η αγορά της ψηφιακής τηλεόρασης είναι ιδιαίτερα κατακερματισμένη έχει αποθαρρύνει τους κατασκευαστές να ενσωματώσουν δυνατότητες τηλεοπτικής ευρυεκπομπής σε κινητές συσκευές. Παρ' όλα αυτά, παρατηρείται πλέον ιδιαίτερο ενδιαφέρον να αναπτυχθεί ένα πρότυπο νέας γενιάς επίγειας ευρυεκπομπής που θα στοχεύει τόσο σε σταθερές όσο και σε κινητές συσκευές, ευνοώντας έτσι την ανάπτυξη οικονομικών κλίμακας (economies of scale) [40]. Προ αυτή την κατεύθυνση κινείται και η πρωτοβουλία FOBTV ώστε να αναπτυχθούν τεχνολογίες ευρυεκπομπής και πρότυπα που θα βοηθούν στην προώθηση νέων υπηρεσιών [44].

Αν υποθεθεί ότι οι δύο διαφορετικές βιομηχανίες (ραδιοηλεκτρονική και κινητών επικοινωνιών) κινηθούν προς λύσεις που αφορούν αμιγώς το αντίστοιχο δίκτυο τους, τότε θα προκύψουν δύο εντελώς ξεχωριστές βιομηχανίες, με διαφορετικές δικτυακές υποδομές και επιχειρηματικά μοντέλα που θα ανταγωνίζονται για το φάσμα και για το μερίδιο αγοράς. Με αφορμή όμως την επικείμενη προτυποποίηση (standardization) των μελλοντικών δικτύων 5G που δεν έχει ακόμα ολοκληρωθεί, παρουσιάζεται μια μοναδική ευκαιρία οι δύο αυτοί διαφορετικοί «κόσμοι» να έρθουν κοντά και να αναπτύξουν μια ενιαία τεχνολογία που θα καλύπτει τόσο τις σταθερές όσο και τις κινητές λήψεις τηλεοπτικού σήματος.

Ακολουθεί ένα σχήμα όπου απεικονίζεται η εξέλιξη των προτύπων στους δύο κλάδους.



Σχήμα 30: Πρότυπα κινητών επικοινωνιών και επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης [44]

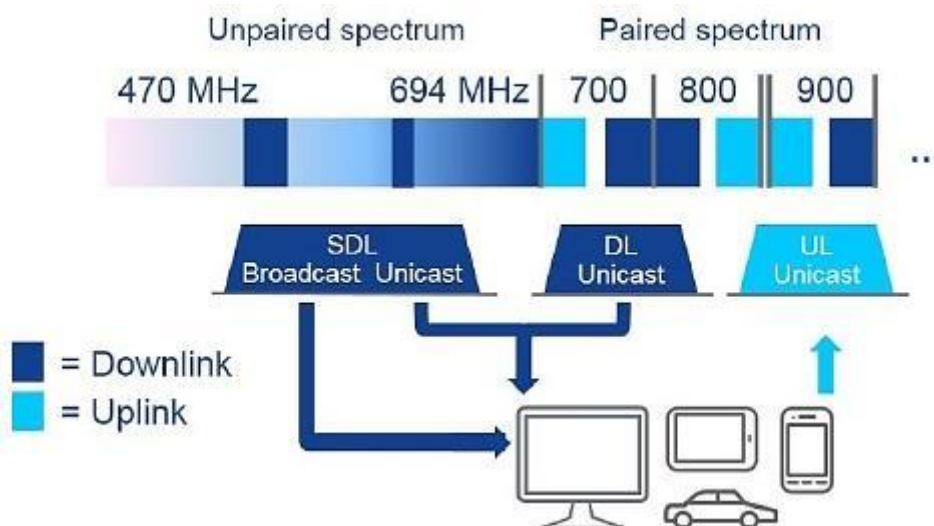


### 4.3 Υποψήφιες αρχιτεκτονικές δικτύου

Προτού αναλυθούν οι 3 υποψήφιες αρχιτεκτονικές δικτύων θα γίνουν κάποιες αρχικές επισημάνσεις για το πρότυπο eMBMS και την τεχνολογία SDL CA που βρίσκουν εφαρμογή στα συστήματα που θα παρουσιαστούν.

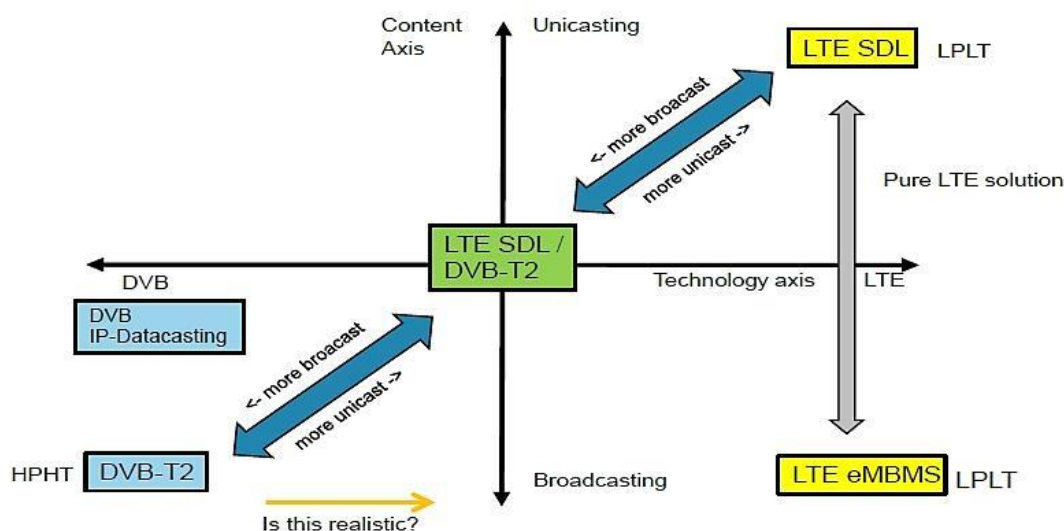
Το eMBMS πρακτικά είναι ο τρόπος λειτουργίας ευρυεκπομπής του δικτύου LTE, όπου οι σταθμοί βάσης εκπέμπουν στην ίδια συχνότητα σχηματίζοντας ένα SFN. Υποστηρίζει εύρος ζώνης των 5, 10 και 20 MHz [45]. Το κύριο πλεονέκτημα του eMBMS είναι η διατεμαστική (end-to-end) IP αρχιτεκτονική που επιτρέπει τη συνύπαρξη υπηρεσιών μονοεκπομπής και ευρυεκπομπής με υψηλή χωρητικότητα (capacity), υψηλό εύρος ζώνης (bandwidth) και υψηλή κλιμακοθετησιμότητα (scalability). Μέχρι τώρα το eMBMS υποστηρίζεται σε λειτουργία μεικτού φέροντος (mixed carrier) όπου τα δεδομένα ευρυεκπομπής και μονοεκπομπής μοιράζονται τη χωρητικότητα του φέροντος. Πιο συγκεκριμένα, μέχρι και το 60% των πόρων του LTE μπορούν να διατεθούν για το eMBMS. Τα υποπλαίσια (subframes) ονομάζονται υποπλαίσια πολυεκπομπής /ευρυεκπομπής μονοσυχνικού δικτύου (MBSFN) και χρησιμοποιούν σύμβολα OFDM (πολυπλεξία ορθογωνικής διαίρεσης συχνότητας) με μεγαλύτερο κυκλικό πρόθεμα (CP) της τάξεως των 16,67  $\mu$ s. Η χρήση του μεγαλύτερου CP επιτρέπει την κατασκευή μονοσυχνικών δικτύων ανάμεσα σε πολλαπλές κυψέλες (cells) με μέγιστη απόσταση τα 5 km μεταξύ των τοποθεσιών (ISD). Επίσης, για υλοποιήσεις MBSFN δύναται να διπλασιαστεί το CP σε 33,33  $\mu$ s, αυξάνοντας την απόσταση των SFN στα 10 km [40]. Συνεπώς, με τα τωρινά του χαρακτηριστικά το eMBMS δεν μπορεί να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις ευρυεκπομπής για κάλυψη μεγάλων αποστάσεων, όπως τα παραδοσιακά HPHT δίκτυα, όπου οι αποστάσεις των SFN είναι της τάξεως των 50 έως 90 km.

Το LTE-A SDL με συνάθροιση φερόντων βελτιώνει τη χωρητικότητα κατερχόμενης ζεύξης των δικτύων κινητών επικοινωνιών, ενώνοντας τα downlink κανάλια του φάσματος των 700 MHz (που είναι κατά ζεύγη) με τα συμπληρωματικά κανάλια στη ζώνη κάτω των 700 MHz (που δεν είναι σε ζεύγη), ώστε να σχηματιστεί ένα μονό downlink κανάλι με μεγαλύτερο εύρος ζώνης. Τα κανάλια ανερχόμενης ζεύξης επιτρέπουν την διαδραστικότητα για την παροχή υπηρεσιών τηλεοπτικής εκπομπής παράλληλα με τις ευρυζωνικές υπηρεσίες.



Σχήμα 31: LTE SDL [46]

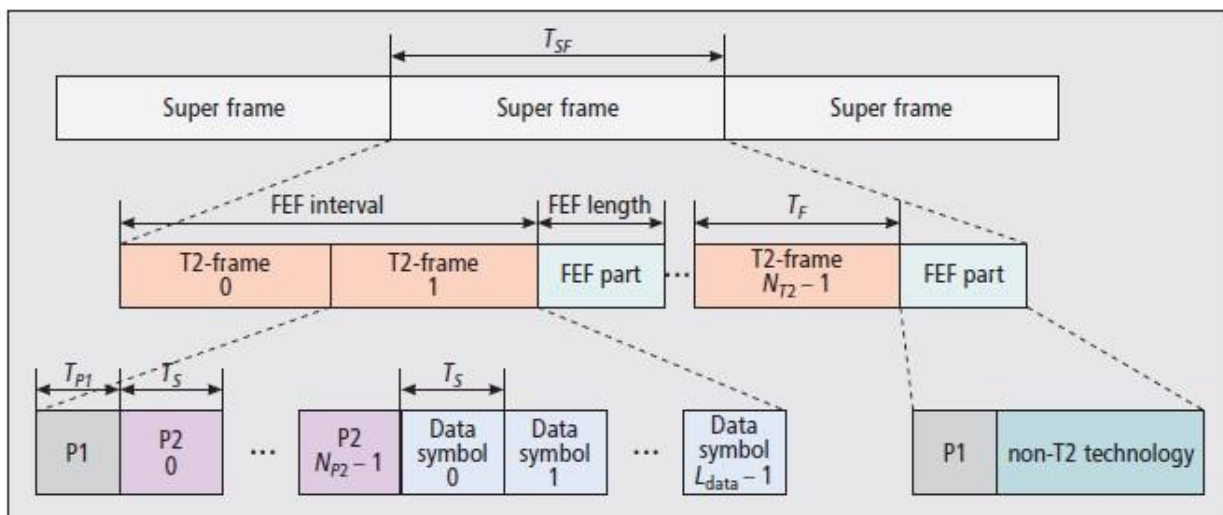
Η επιπλέον χωρητικότητα που παρέχεται από το SDL μπορεί αφ' ενός μεν να χρησιμοποιηθεί για streaming οπτικοαουστικού περιεχομένου ως μονοεκπομπή, αφ' ετέρου δε για ευρυεκπομπή γραμμικού περιεχομένου μέσω του eMBMS. Μάλιστα όπως υποστηρίζεται στο [47], η συνύπαρξη του SDL και της DTT στη ζώνη 470-694 MHz είναι εφικτή, υπό κάποιες απαραίτητες συνθήκες, χωρίς να επηρεάζεται η λειτουργία της υπάρχουσας επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης. Επιπλέον, τα οφέλη που προκύπτουν τόσο για τους ραδιοηλεκτρονικούς φορείς όσο και για τους κινητούς παρόχους είναι σημαντικά. Οι μεν πρώτοι αποκτούν πρόσβαση σε κινητές συσκευές ακόμα και σε δύσκολα προσβάσιμες περιοχές όπως π.χ. υπόγειοι σιδηρόδρομοι. Οι δε δεύτεροι αποκτούν επιπλέον χωρητικότητα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί π.χ. για μονοεκπομπή τηλεοπτικών προγραμμάτων on-demand. Στο κάτωθι σχήμα φαίνονται παραστατικά οι συσχετισμοί των τεχνολογιών LTE SDL, eMBMS των κινητών δικτύων LPLT με τις αντίστοιχες τεχνολογίες DVB-T2 των δικτύων HPHT ως προς τις δυνατότητες παροχής περιεχομένου μέσω μονοεκπομπής και ευρυεκπομπής.



Σχήμα 32: Συσχετισμοί τεχνολογιών με παροχή περιεχομένου [48]

#### 4.3.1 Υβριδική λύση

Το 2010, το DVB φόρουμ επικοινωνήσε με την 3GPP ώστε να συζητήσουν μια πιθανή συνεργασία στο πεδίο της κινητής ευρυεκπομπής. Μετά από μια μελέτη που προτάθηκε, λίγους μήνες αργότερα εισήχθηκε η έννοια «κοινή προδιαγραφή ευρυεκπομπής» (CBS). Η ομάδα έργου, French M3, αξιολόγησε και ανέλυσε τις δυνατότητες σύγκλισης σε επίπεδο φυσικού στρώματος (physical layer). Στόχος ήταν να παρέχονται δυνατότητες ευρυεκπομπής τόσο στα συστήματα LTE όσο και στα DVB-NGH. Μεταξύ άλλων μελετήθηκαν: τεχνικές διαμόρφωσης, κωδικοποίηση καναλιού (channel coding), χρονική διεμπλοκή (time interleaving), πιλότοι αναφοράς (reference pilots), παράμετροι συστήματος κ.α. Επιπλέον, προτάθηκαν κάποιες βελτιώσεις στο eMBMS, όπως η χρήση μεγαλύτερου CP και ένα βελτιωμένο σύστημα για κατερχόμενη μόνο ζεύξη (downlink-only) που θα επιτρέπει στα δίκτυα HPHT να παρέχουν τηλεοπτικές υπηρεσίες σε κινητές συσκευές. Αρχικώς, η CBS υποτίθεται ότι θα μεταδιδόταν σε ειδικά αφιερωμένη φέρουσα, είτε από τους παρόχους δικτύων κινητής τηλεφωνίας είτε από τα τηλεοπτικά δίκτυα. Όμως, όπως φαίνεται και στο σχήμα που ακολουθεί, η CBS θα μπορούσε να μεταδίδεται και ενδοζωνικά (in-band) με την μονοεκπομπή LTE/LTE-A ή ενδοζωνικά με την ευρυεκπομπή DVB-T2 χρησιμοποιώντας τα μελλοντικά πλαίσια επέκτασης (FEFs).

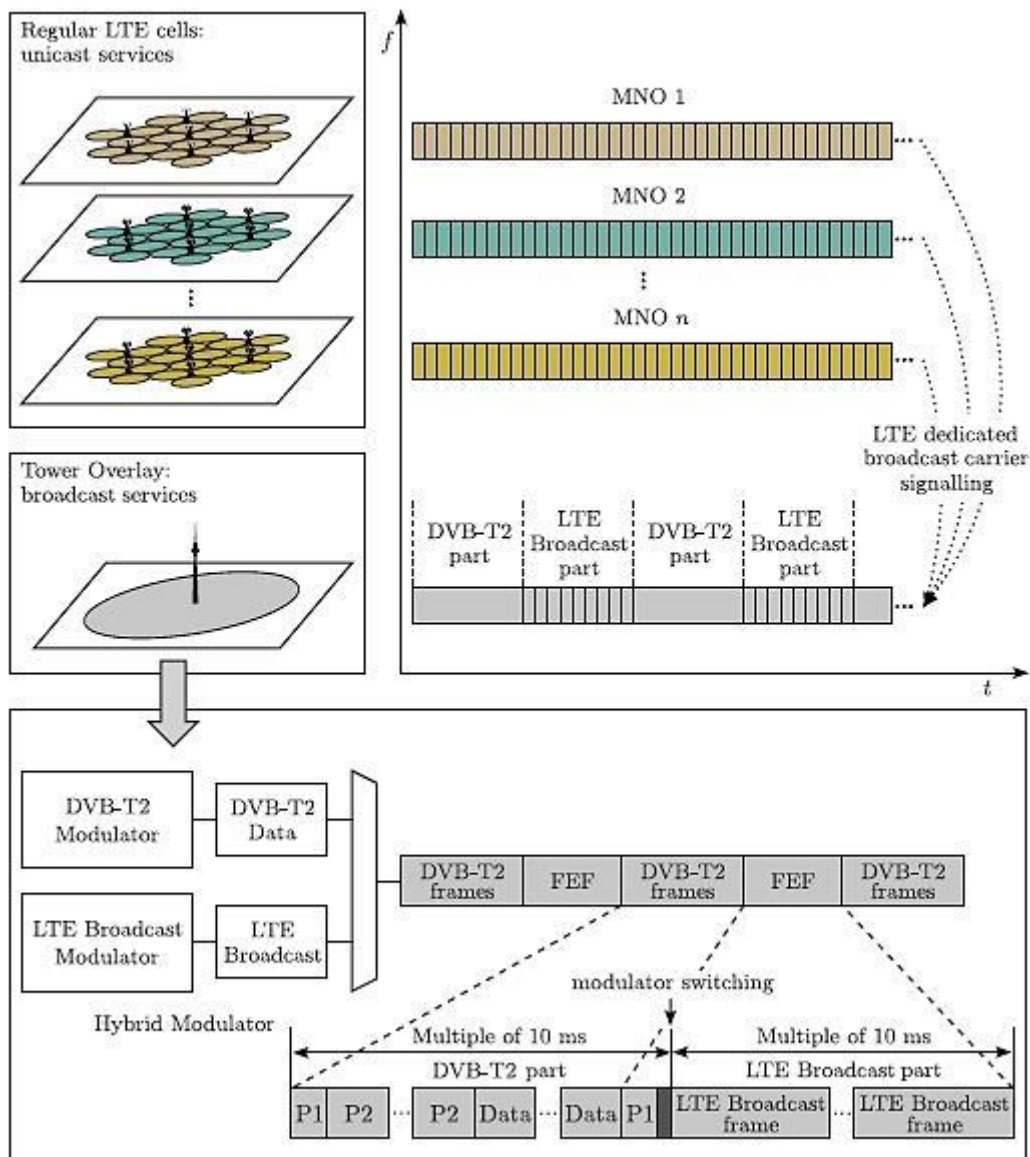


Σχήμα 33: Δομή πλαισίου DVB-T2, υπερπλαίσια και FEF [40]

Πάνω σε αυτή την έννοια του FEF και της συνάθροισης φερόντων LTE-A στηρίζεται και άλλη μία πρόταση της συνεργασίας 3GPP και DVB που ονομάζεται «tower overlay over LTE-A (TOoL)» [49]. Ουσιαστικά πρόκειται για τη μετάδοση μιας επέκτασης του LTE-A με δυνατότητες υπηρεσιών ευρυεκπομπής μέσω των υψηλών πυλώνων των τηλεοπτικών δικτύων. Επιπλέον τεχνικές λεπτομέρειες λειτουργίας του συστήματος, όπως μηχανισμοί σηματοδότησης, μπορούν να αναζητηθούν στο [50].

Όπως παρατηρεί κανείς στο παραπάνω σχήμα ορίζονται δύο τύποι πλαισίων: πλαίσια T2 και FEFs. Τα πλαίσια T2 περιέχουν τα προοίμια (preambles) P1 και P2, τα οποία παρέχουν πληροφορίες ελέγχου στους δέκτες DVB-T2, και τα σύμβολα δεδομένων T2. Το FEF, ξεκινάει με P1, και το υπόλοιπο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για επεκτάσεις είτε από την τεχνολογία DVB-T2 είτε από άλλες τεχνολογίες. Επομένως, με αυτόν τον τρόπο, επιτρέπεται η χρονική πολυπλεξία ποικίλλων μορφότυπων (format) σήματος στην ίδια συχνότητα φέρουσας [51].

Το επόμενο σχήμα απεικονίζει την έννοια του συστήματος TOoL. Χαρακτηριστικός είναι ο ρόλος του υβριδικού διαμορφωτή που θα ενσωματώνει το ειδικό φέρον του eMBMS στη ροή δεδομένων DVB-T2. Το υβριδικό πλέον φέρον θα μεταδίδεται μέσω του ΗΡΗΤ δικτύου προσφέροντας υπηρεσίες ευρυεκπομπής τόσο σε σταθερές όσο και σε κινητές συσκευές. Ουσιαστικά κατά τη διάρκεια του FEF, η μετάδοση DVB-T2 μεταβαίνει στο LTE και χρησιμοποιεί τα πλαίσια του eMBMS για την διανομή του τηλεοπτικού περιεχομένου. Με αυτήν την υβριδική λύση θεωρητικά ο δέκτης DVB-T2 αποκωδικοποιεί μόνο το περιεχόμενο DVB-T2 και παραλείπει τα FEFs. Από την άλλη, ο δέκτης LTE-A ανιχνεύει και αποκωδικοποιεί το περιεχόμενο που μεταδίδεται μέσα στα FEFs.



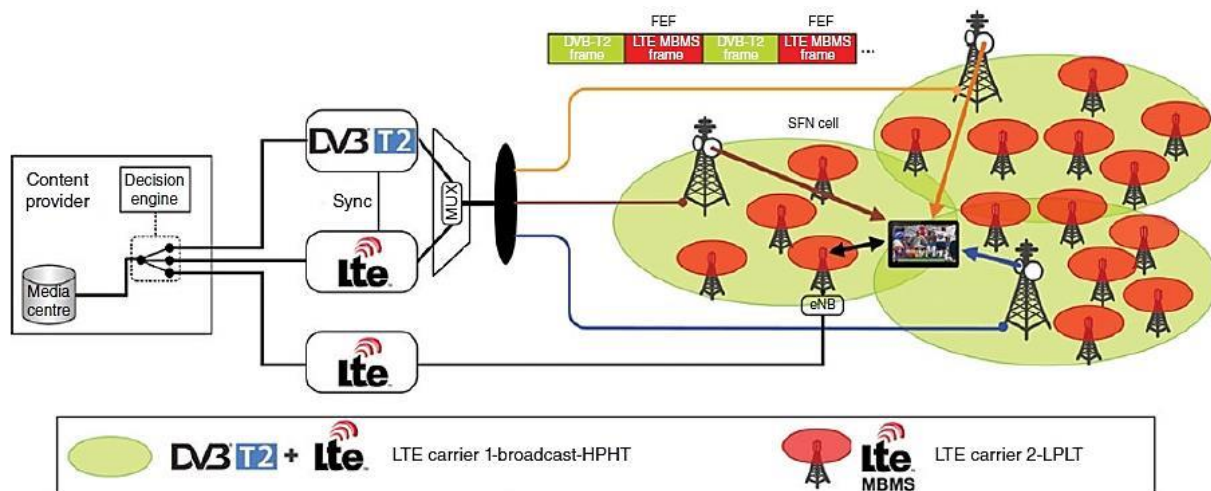
Σχήμα 34: TOoL – ενσωμάτωση eMBMS φέρουσας στα DVB-T2 FEFs [44]

Με αυτή την προσέγγιση, η ζώνη των 470-790 MHz, μπορεί να κατανέμεται δυναμικά τόσο για τηλεοπτική ευρυεκπομπή όσο και για ευρυζωνική σύνδεση βάσει των αναγκών και της ζήτησης των χρηστών. Στις προκλήσεις αυτής της λύσης συγκαταλέγονται:

- Ο μηχανισμός διαχείρισης της διανομής του περιεχομένου και της δυναμικής κατανομής του φάσματος που θα λαμβάνει υπόψη τις απαιτήσεις των χρηστών (γραμμικό και μη γραμμικό περιεχόμενο).
- Μεγαλύτερα διαστήματα φύλαξης (GI) για το LTE eMBMS για την επίτευξη μεγαλύτερης ακτίνας κυψέλης και την ενσωμάτωση του eMBMS στην τοπολογία HPHT.

Σε κάθε περίπτωση, η λύση αυτή περιορίζεται πρωτίστως στο σύστημα DVB-T2 και άρα αφορά κατά κύριο λόγο τους ραδιοτηλεοπτικούς φορείς. Προκειμένου να επωφεληθούν και οι πάροχοι κινητών επικοινωνιών, θα πρέπει να ερευνηθούν λεπτομερέστερα τα πιθανά επιχειρηματικά μοντέλα και η εφικτότητα της λύσης. Η υβριδική προσέγγιση της σύγκλισης LTE eMBMS και DVB-T2 απεικονίζεται πιο εύληπτα στο επόμενο σχήμα.

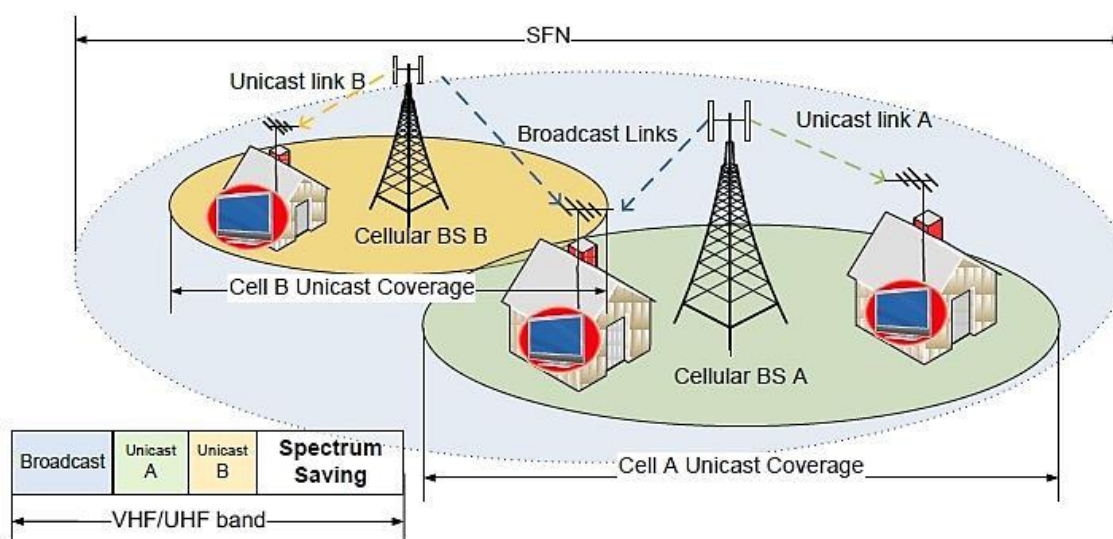




Σχήμα 35: Υβριδική λύση – Σύγκλιση LTE eMBMS και DVB-T2 [52]

#### 4.3.2 Κυψελωτή ευρυεκπομπή

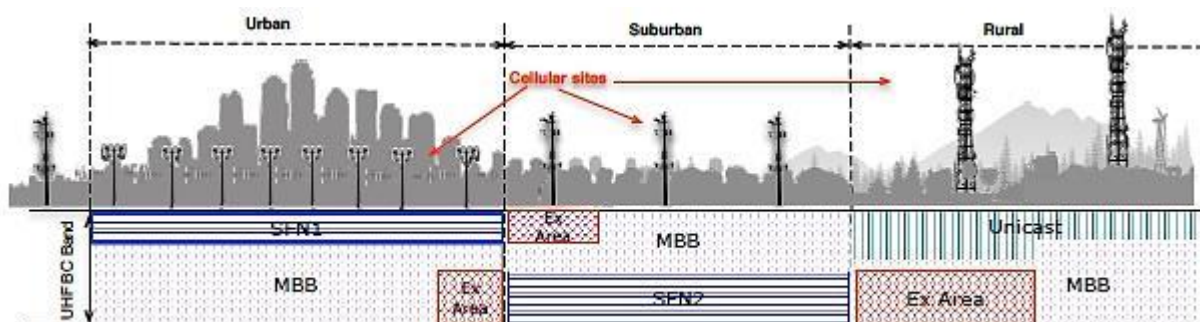
Ουσιαστικά πρόκειται για την πλήρη αντικατάσταση του επίγειου τηλεοπτικού δικτύου DVB-T/T2 από τα δίκτυα κινητής LTE και προφανώς παράδοση των συχνοτήτων 470-790 MHz στα δεύτερα. Από τεχνική σκοπιά, μια τέτοια υλοποίηση είναι εφικτή με τη χρήση του eMBMS πάνω σε μονοσυχνικό δίκτυο (SFN) που περιλαμβάνεται στις προδιαγραφές του 3GPP LTE. Οι δυνατότητες πολυεκπομπής του eMBMS αποτελούν πολύτιμη εναλλακτική λύση για την μετάδοση ζωντανού ή όχι πολυμεσικού περιεχομένου έναντι της μονοεκπομπής. Μάλιστα οι συνεδρίες (sessions) eMBMS μπορούν να ρυθμίζονται δυναμικά (λειτουργία MoOD) και να μοιράζονται πόρους με τις συνεδρίες μονοεκπομπής, εξαλείφοντας έτσι την ανάγκη για ειδικά αφιερωμένο φάσμα. Υπό το πρίσμα αυτής της λύσης οι μελλοντικοί δέκτες θα είναι αποκλειστικά LTE-A, ενσωματωμένοι πλέον στις περισσότερες συσκευές κατανάλωσης βίντεο (τηλεοράσεις, STBs, PVRs, κ.α.). Πρακτικά, όπως φαίνεται και στο σχήμα, οι κυψελωτοί σταθμοί που σχηματίζουν το SFN ευρυεκπέμπουν τα τηλεοπτικά κανάλια ενώ ταυτόχρονα υπάρχει και η δυνατότητα μονοεκπομπής σε ατομικούς δέκτες.



Σχήμα 36: Κυψελωτή ευρυεκπομπή [52]

Η ιδέα της κυψελωτής ευρυεκπομπής, όπως περιγράφηκε, υποστηρίζεται από κάποιους κατασκευαστές δικτύων ότι μπορεί να προσφέρει αντίστοιχη ποιότητα υπηρεσίας και ταυτόχρονα εξοικονόμηση φάσματος.

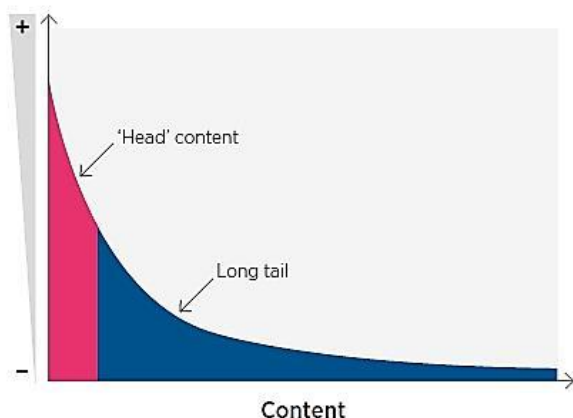
Στο [33] αξιολογείται το πιθανό όφελος της διανομής ραδιοηλεκτρονικού περιεχομένου μέσω κυψελωτών δικτύων (CellTV), όπου εξετάζονται δύο βασικά σενάρια στη Σουηδία. Από τη σχηματική απεικόνιση της CellTV φαίνεται ότι το τηλεοπτικό περιεχόμενο διανέμεται είτε μέσω ευρυεκπομπής σε SFNs (αστικές περιοχές), είτε μέσω μονοεκπομπής (αγροτικές περιοχές). Οι τρόποι εκπομπής μεταβάλλονται δυναμικά ανάλογα με τη ζήτηση τηλεθέασης. Προφανώς η παρακάτω αρχιτεκτονική υποστηρίζει και οποιαδήποτε άλλη κίνηση δεδομένων μέσω του κυψελωτού δικτύου σε συχνότητες που δεν χρησιμοποιούνται για τηλεοπτική εκπομπή.



Σχήμα 37: Δίκτυο CellTV [35]

Το πρώτο σενάριο υποθέτει ότι όλα τα τηλεοπτικά προγράμματα ευρυεκπέμπονται μέσω SFN(s), ενώ το δεύτερο υποθέτει ότι εκπέμπονται με αυτό τον τρόπο μόνο τα δημοφιλή τηλεοπτικά προγράμματα και τα υπόλοιπα ("long tail" προγράμματα) μέσω ζεύξεων μονοεκπομπής.

Popularity



- Few very popular
- Many less popular

### Long tail κατανομή

**Head content:** Δημοφιλές περιεχόμενο, μεγάλος αριθμός χρηστών ζητούν λίγα προγράμματα

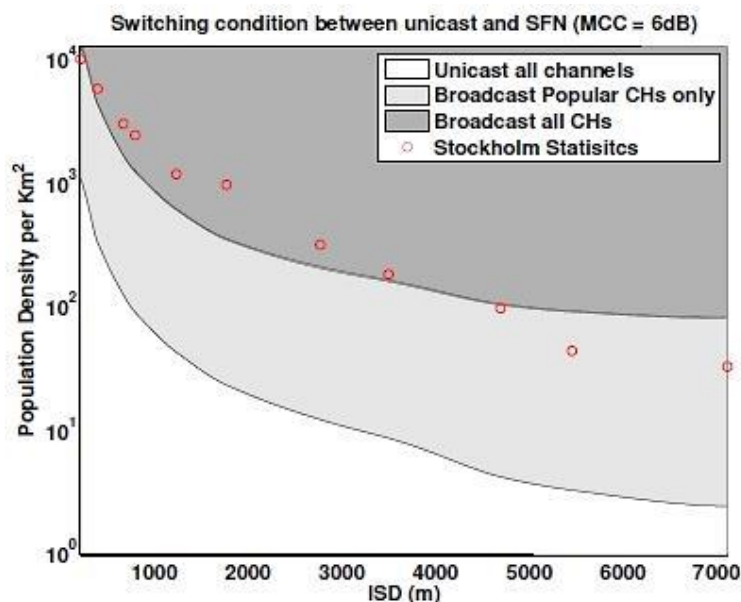
**Long tail:** μικρός αριθμός χρηστών ζητούν πολλά διαφορετικά προγράμματα

Σχήμα 38: Στατιστική κατανομή δημοτικότητας περιεχομένου [53]

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στις αγροτικές περιοχές, με βάση το πρώτο σενάριο, η εξοικονόμηση φάσματος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την απόδοση των πομποδεκτών (transceivers). Στην πιο αισιόδοξη εκδοχή του το όφελος θα είναι 120 με 160 MHz, υπό την προϋπόθεση εγκατάστασης εξελιγμένων κεραιών στα νοικοκυριά.

Στις αστικές περιοχές το όφελος μπορεί να φτάσει ως και τα 250 MHz, όμως λαμβάνοντας υπόψη τον απαραίτητο διαμορισμό του φάσματος σε αγροτικές και αστικές περιοχές, το πραγματικό όφελος θα είναι μικρότερο. Στο δεύτερο σενάριο, τα αποτελέσματα εξαρτώνται άμεσα από το πλήθος των τηλεθεατών ανά κυψέλη. Επομένως, θεωρητικά στις αγροτικές περιοχές θα μπορούσε να εφαρμοστεί με σημαντικό όφελος, ενώ στις αστικές δύναται να εφαρμοστεί αν η ζήτηση για γραμμική τηλεόραση περιοριστεί αρκετά και προτιμηθούν υπηρεσίες VoD.

Μια μεταγενέστερη μελέτη πρόσθεσε και τις ημιαστικές περιοχές πέρα από τις αστικές και αγροτικές που εξετάστηκαν ανωτέρω. Σημαντικά ευρήματα της μελέτης είναι ότι στις ημιαστικές περιοχές το κέρδος από τα SFN μειώνεται σημαντικά με την αύξηση των ISD, εντούτοις η μέθοδος ευρυεκπομπής εξακολουθεί να προτιμάται λόγω του αυξημένου αριθμού τηλεθεατών ανά σταθμό βάσης. Δηλαδή, δεν προκύπτει σημαντικό όφελος αλλάζοντας τον τρόπο μετάδοσης σε μονοεκπομπή των μη δημοφιλών τηλεοπτικών καναλιών όπως μπορεί να γίνει στις αγροτικές περιοχές. Χαρακτηριστικό είναι το επόμενο σχήμα που απεικονίζει τις ιδανικές ρυθμίσεις μετάδοσης ανάλογες των διαφορετικών μορφολογιών.



Σχήμα 39: Ιδανικοί τρόποι διανομής ανάλογα με την πυκνότητα πληθυσμού και ISD [54]

Για παράδειγμα, για χαμηλά ISD και υψηλή πυκνότητα πληθυσμού, προτιμάται η ευρυεκπομπή μέσω SFN. Μια άλλη διαπίστωση είναι ότι οι ανάγκες φάσματος στις αγροτικές περιοχές παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευαισθησία στην πυκνότητα πληθυσμού, έναντι του ISD, και ακριβώς το αντίθετο ισχύει για τις αστικές.

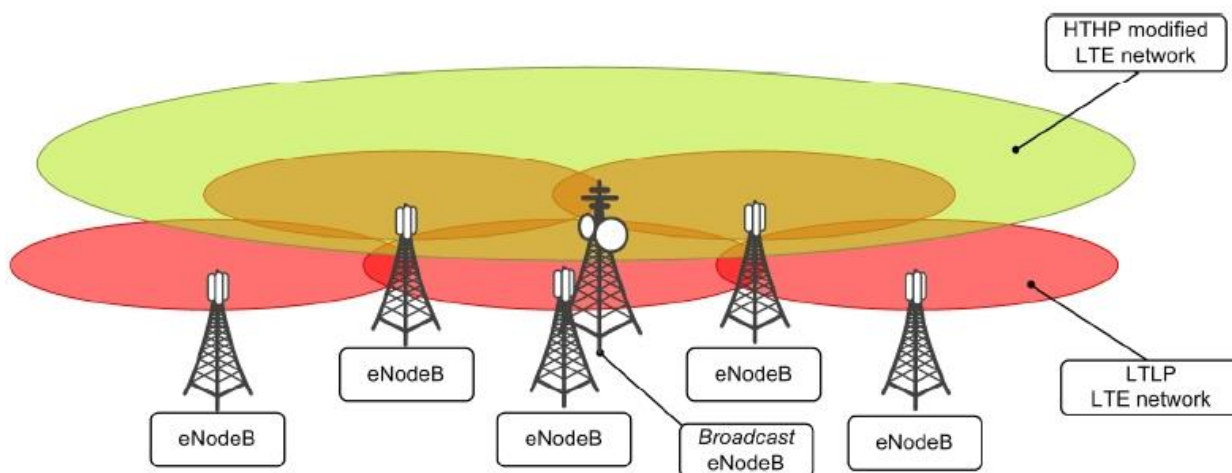
Στο [6] προτείνεται επιπλέον ένα σύστημα τηλεοπτικού προγραμματισμού που θα βασίζεται στο κοινό (ADTVS), το οποίο κατανέμει δυναμικά τους πόρους (με τη χρήση κατάλληλων αλγορίθμων) για την ευρυεκπομπή των ζωντανών τηλεοπτικών καναλιών μέσω του δικτύου LTE, λαμβάνοντας υπόψη τις προτιμήσεις των χρηστών, την ώρα της ημέρας (ώρες αιχμής ή όχι) και την τοποθεσία.

Συμπερασματικά, το κατά πόσο η λύση αυτή μπορεί να είναι επωφελής για την Ευρώπη δεν μπορεί να απαντηθεί με σιγουριά. Η εξοικονόμηση φάσματος που θα δικαιολογούσε την επένδυση είναι αβέβαιη, δεδομένου ότι τα τηλεοπτικά δίκτυα στις διάφορες χώρες της Ευρώπης παρουσιάζουν μεγάλη ανομοιογένεια.



### 4.3.3 Κοινό σύστημα ευρυεκπομπής

Η ιδέα της δημιουργίας ενός κοινού συστήματος ευρυεκπομπής έχει να κάνει με την αναθεώρηση των τεχνολογιών τόσο των επίγειων, όσο και των κινητών ευρυζωνικών, με στόχο την ανάπτυξη μιας ενοποιημένης πλατφόρμας που θα εξυπηρετεί τις ανάγκες τηλεοπτικής εκπομπής. Μια αρχική βάση της ενοποιημένης πλατφόρμας θα μπορούσε να είναι τα ήδη υπάρχοντα πρότυπα επίγειας ευρυεκπομπής (DVB-T2, DVB-NGH) και πάνω σε αυτή να προστεθεί το LTE-A με τις απαραίτητες τροποποιήσεις (μεγαλύτερο CP, ειδικό φέρον eMBMS, κ.α.). Η αρχιτεκτονική ενός τέτοιου συστήματος θα μπορούσε να είναι όπως στο σχήμα που ακολουθεί. Μια ζώνη συχνοτήτων χρησιμοποιείται σε τοπολογία ΗΡΗΤ για την ευρυεκπομπή του τροποποιημένου eMBMS, ενώ μια διαφορετική ζώνη εξυπηρετεί την κανονική κίνηση δεδομένων κινητής μέσω του LPLT δικτύου. Το δίκτυο LPLT δύναται να λειτουργεί χωρίς καμία τροποποίηση. Αν λάβει κανείς υπόψη ότι ο κύκλος αντικατάστασης των συσκευών DTT διαρκεί από 7 έως 10 χρόνια, η μετάβαση σε ένα κοινό σύστημα ευρυεκπομπής φαντάζει απίθανη πριν από το 2025.



Σχήμα 40: Κοινό σύστημα ευρυεκπομπής [9]

## 5. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ Ε.Ε. ΓΙΑ ΤΟ ΡΑΔΙΟΦΑΣΜΑ UHF – ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ

### 5.1 Ορισμός του προβλήματος

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή στην σχετική αξιολόγηση για τη μελλοντική χρήση της ζώνης 470-790 MHz όρισε το πρόβλημα ως ακολούθως [10].

**Πρόβλημα 1:** Περιορισμένη διαθεσιμότητα ραδιοφάσματος UHF συναρτήσκει της αυξανόμενης ζήτησης.

#### Παράγοντες:

- Νέες υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας καθώς και η βελτιωμένη ποιότητα-ανάλυση του ραδιοηλεκτρονικού περιεχομένου απαιτούν πρόσθετη χωρητικότητα.
- Η συνδεσιμότητα επιτυγχάνεται αποτελεσματικότερα με την υποστήριξη των ασύρματων τεχνολογιών χρησιμοποιώντας πόρους του ραδιοφάσματος.
- Η κινητή συνδεσιμότητα θεωρείται «εκ των ων ουκ άνευ» στον σύγχρονο τρόπο ζωής.
- Οι τωρινές τεχνολογίες τηλεοπτικής ευρυεκπομπής και ασύρματης ευρυζωνικότητας δεν μπορούν να συνυπάρχουν στην ίδια περιοχή χρησιμοποιώντας την ίδια ζώνη συχνοτήτων.

#### Επιπτώσεις:

- Περιορισμοί στις κινητές και ραδιοηλεκτρονικές υπηρεσίες λόγω έλλειψης χωρητικότητας.
- Χαμηλές επενδύσεις στα δίκτυα που οδηγούν στην απώλεια ανταγωνιστικότητας και καινοτομίας.
- Ακριβή ευρυζωνική συνδεσιμότητα υψηλών ταχυτήτων στην Ευρώπη.
- Ανάγκη κατανομής των ζωνών συχνοτήτων με γνώμονα την φασματική απόδοση (spectral efficiency).

**Πρόβλημα 2:** Κατακερατισμένες εθνικές προσεγγίσεις για την κάλυψη της ζήτησης ραδιοφάσματος.

#### Παράγοντες:

- Διαφορετικά επίπεδα χρήσης και διείσδυσης τόσο της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης όσο και της ασύρματης ευρυζωνικότητας στα κράτη μέλη της ΕΕ.
- Αβεβαιότητα σχετικά με την εξέλιξη της DTT και της ζήτησης για ασύρματη ευρυζωνικότητα.
- Αναδιάθεση της ζώνης των 700 MHz σε διαφορετικές χρονικές περιόδους.
- Διαφορετικές προσεγγίσεις καταχωρήσεων και συνθηκών αδειοδότησης της ζώνης των 700 MHz.

#### Επιπτώσεις:

- Μεταβλητός αντίκτυπος των διαφορετικών επιλογών στις διάφορες χώρες της Ένωσης.
- Αυξημένος κίνδυνος διασυνοριακών παρεμβολών.
- Εμποδίζονται οι επενδύσεις σε επίπεδο Ε.Ε. λόγω απουσίας οικονομικών κλίμακας.
- Απόκλιση στη διαθεσιμότητα δημόσιων καναλιών.

## 5.2 Αναγκαιότητα δράσης από την Ε.Ε.

Η αναγκαιότητα δράσης για την αντιμετώπιση του προβλήματος από πλευράς της Ε.Ε. είναι κάτι παραπάνω από πρόδηλο για αρκετούς λόγους. Με δεδομένο το πλαίσιο (framework) που έχει ορίσει η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU), ένα κοινό πλάνο συχνοτήτων σε επίπεδο Ε.Ε. θα παρέχει τα κίνητρα στους φορείς τόσο της ψηφιακής τηλεόρασης όσο και των κινητών επικοινωνιών να μεταβούν έγκαιρα σε τεχνολογίες με υψηλότερη φασματική απόδοση ώστε να μπορούν να αντεπεξέλθουν στην αυξανόμενη ζήτηση. Επιπλέον, η ύπαρξη ρυθμιστικής σταθερότητας θα αυξήσει την εμπιστοσύνη των επενδυτών και των εταιριών σχετικά με τη μελλοντική διαθεσιμότητα του ραδιοφάσματος. Κατά συνέπεια, διασφαλίζονται οι επενδύσεις στα μελλοντικά δίκτυα 5<sup>ης</sup> γενιάς. Τα πλεονεκτήματα επίσης που θα προκύψουν από τις οικονομίες κλίμακας είναι σημαντικά, τόσο για τους κατασκευαστές συσκευών όσο και για τους κατασκευαστές δικτυακού εξοπλισμού, αφού θα απευθύνονται πλέον σε μια εναρμονισμένη αγορά 500 εκατομμυρίων [10].

Το 2013 συστάθηκε η «ομάδα υψηλού επιπέδου» (high-level group) υπό την προεδρεία του πρώην Επιτρόπου, κ. Pascal Lamy, στην οποία συμμετείχαν εκπρόσωποι από τους τομείς των κινητών επικοινωνιών, των ραδιοηλεκτρονικών μεταδόσεων και των οπτικοακουστικών μέσων. Στόχος ήταν να συμφωνήσουν σε μια κοινή θέση σχετικά με το μέλλον της ζώνης των UHF (470-790 MHz). Στην επονομαζόμενη «έκθεση Lamy» προτάθηκε η αναδιάθεση της ζώνης των 700 MHz για το ασύρματο ευρυζωνικό δίκτυο, διασφαλίζοντας παράλληλα τη χρήση της ζώνης συχνοτήτων κάτω των 700 MHz για τις επίγειες ραδιοηλεκτρονικές μεταδόσεις.

Πιο συγκεκριμένα, η εισήγηση του κ. Pascal Lamy προς την Επιτροπή, αναφέρεται στην υιοθέτηση του μοντέλου «20-25-30» και την ενσωμάτωση επιλογής ευελιξίας. Βάσει αυτού, για την απελευθέρωση της ζώνης των 700 MHz προτείνεται το έτος 2020 με περιθώρια +/- 2 έτη. Το 2025 θα πρέπει να επανεξεταστεί η χρήση του ραδιοφάσματος των UHF, ενώ το 2030 ορίζεται ως η καταληκτική προθεσμία διαφύλαξης της ζώνης κάτω των 700 MHz για τις επίγειες ραδιοηλεκτρονικές μεταδόσεις. Η επιλογή ευελιξίας συνίσταται στην δυνατότητα των χωρών της Ε.Ε. να επιτρέπουν τη χρήση της ζώνης υπό των 700 MHz στις υπηρεσίες ηλεκτρονικών επικοινωνιών σε δευτερεύουσα βάση, όταν η ζήτηση της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης παρουσιάζει καθοδική πορεία [55].

Παράλληλα, και η ομάδα για την πολιτική ραδιοφάσματος (RSPG) συντάχθηκε υπέρ της χρήσης της ζώνης των 700 MHz από τα ασύρματα ευρυζωνικά δίκτυα, προτείνοντας επίσης εναρμονισμένους (harmonized) τεχνικούς όρους και χρονοδιαγράμματα. Ταυτόχρονα αναγνωρίζει την ανάγκη να προστατευτούν οι επενδύσεις στην επίγεια ψηφιακή τηλεόραση τουλάχιστον ως το 2030 [56].

Η στρατηγική της Ε.Ε. για τη ζώνη των UHF αποτελείται από τρεις βασικές πτυχές:

- *«εναρμονισμένοι τεχνικοί όροι για τις υπηρεσίες ασύρματων ευρυζωνικών ηλεκτρονικών επικοινωνιών στη ζώνη συχνοτήτων των 700 MHz βάσει της αρχής της ουδετερότητας (neutrality) της τεχνολογίας και της υπηρεσίας.*
- *κοινή προθεσμία ώστε η ζώνη των 700 MHz να καταστεί διαθέσιμη για αποτελεσματική χρήση για τις υπηρεσίες ασύρματων ευρυζωνικών ηλεκτρονικών επικοινωνιών σύμφωνα με τους ανωτέρω εναρμονισμένους τεχνικούς όρους και μέτρα συντονισμού για την υποστήριξη αυτής της μετάβασης.*

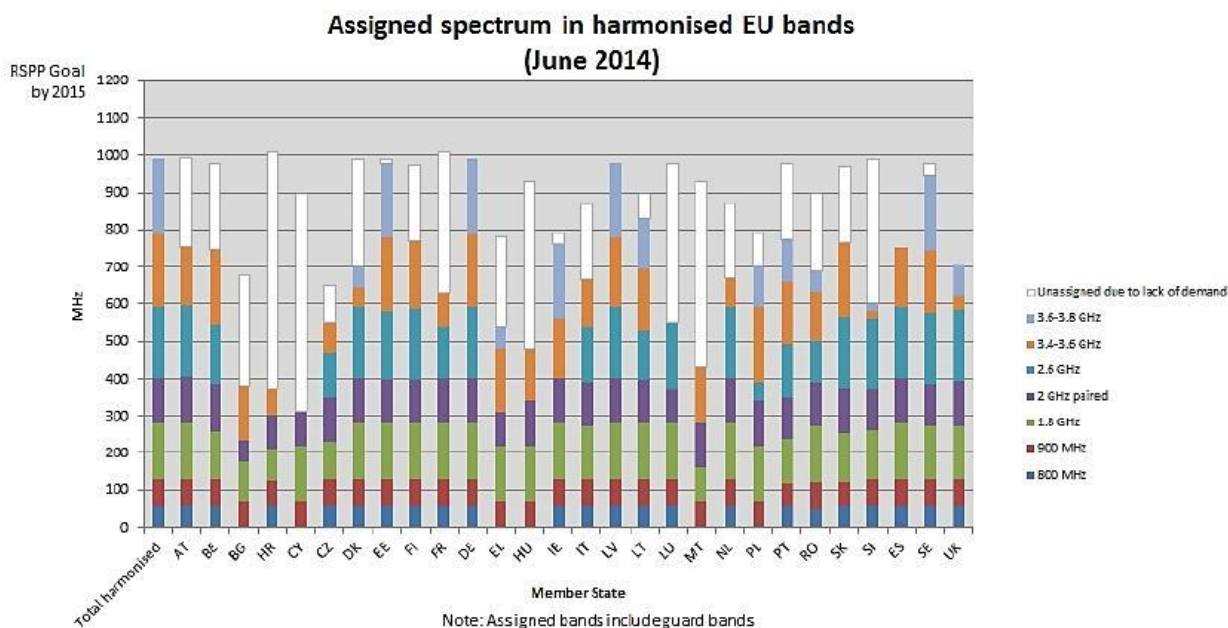
- *προτεραιότητα στη διανομή υπηρεσιών οπτικοακουστικών μέσων στη ζώνη συχνοτήτων κάτω των 700 MHz σε συνάρτηση με μια ευέλικτη προσέγγιση όσον αφορά τον τρόπο χρήσης της ζώνης. Αυτό είναι απαραίτητο ώστε να καλυφθεί η ανάγκη για ποικιλομορφία όσον αφορά τη σημασία της ψηφιακής επίγειας τηλεόρασης στην αγορά των κρατών μελών.» [2]*

### 5.3 Ζήτηση ραδιοφάσματος

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, στα πλαίσια των υποχρεώσεων της προς το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο, έχει υποβάλει έκθεση σχετική με την καταγραφή του ραδιοφάσματος όπου προκύπτουν ενδιαφέροντα συμπεράσματα σχετικά με τη ζήτηση για ραδιοφάσμα, τις μελλοντικές ανάγκες και των τάσεων της τεχνολογίας [57]. Σύμφωνα με αυτή, στη ζώνη συχνοτήτων 470-790 MHz των ραδιοηλεκτρονικών εκπομπών εκτιμάται ότι η ζήτηση θα αυξηθεί από 50% και πάνω, τόσο μεσοπρόθεσμα (2012-2017) όσο και μακροπρόθεσμα (2012-2022). Ως βασικός παράγοντας που συμβάλει στην αύξηση της ζήτησης καταγράφεται η εφαρμογή και αφομοίωση της HDTV και της UHDTV.

Όσον αφορά στις υπηρεσίες παραγωγής προγράμματος και ειδικών εκδηλώσεων (PMSE) που χρησιμοποιούν τη συγκεκριμένη ζώνη συχνοτήτων, ιδίως τα ασύρματα μικρόφωνα, η πρόβλεψη ζήτησης μέσο-μακροπρόθεσμα δεν αναμένεται να ξεπεράσει το 50%. Οι κύριοι παράγοντες ώθησης της ζήτησης είναι το είδος και ο αριθμός των εκδηλώσεων, η αφομοίωση των καμερών HD και 3D και η αύξηση του αριθμού των συσκευών ανά εκδήλωση.

Σχετικά με το ραδιοφάσμα που έχει εκχωρηθεί για ασύρματες ευρυζωνικές επικοινωνίες σε εναρμονισμένες ζώνες της ΕΕ, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα αναλυτικά ανά χώρα, φτάνει στο σύνολο του τα 1000 MHz. Δεδομένου ότι η αύξηση της ζήτησης για ασύρματες ευρυζωνικές επικοινωνίες αναμένεται να κυμανθεί άνω του 50%, η Επιτροπή θεωρεί ότι θα πρέπει το συνολικό διαθέσιμο φάσμα να φτάσει τουλάχιστον στα 1200 MHz. Το ποσοστό του υποχρησιμοποιούμενου ραδιοφάσματος μπορεί να είναι σχετικά υψηλό (περίπου 30%) -όπως φαίνεται και στο σχήμα κυρίως στα 2,6 GHz και 3,4-3,8 GHz- όμως αν ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι στα μελλοντικά δίκτυα 5G οι απαιτήσεις για πολύ μεγάλα κανάλια είναι βέβαιες, νομοτελειακά θα χρειαστεί περισσότερο ραδιοφάσμα από τα 1200 MHz. Επομένως, είτε αυτό θα πρέπει να ανευρεθεί σε συχνότητες άνω των 6 GHz, τουλάχιστον βραχυπρόθεσμα, είτε να επανεξεταστεί η ζώνη των ραδιοηλεκτρονικών μεταδόσεων.



**Σχήμα 41: Ραδιοφάσμα για ασύρματες ευρυζωνικές επικοινωνίες [57]**

Ειδικά για τα δίκτυα 5G στην Ευρώπη, οι ζώνες που βρίσκουν μεγαλύτερη απήχηση είναι αυτές των 700 MHz, 3,4-3,8 GHz και 24-27 GHz (διαβούλευση RSPG) [58],[59]. Υπάρχει πρακτικά μια σαφή προτίμηση προς τις όσο το δυνατόν χαμηλότερες ζώνες εξαιτίας των χαρακτηριστικών διάδοσης. Βέβαια οι απαιτήσεις των δικτύων 5G σε χωρητικότητα και ταχύτητες μπορούν να επιτευχθούν στις υψηλότερες ζώνες συχνοτήτων, οπότε είναι βέβαιο ότι θα χρειαστεί ένας συνδυασμός ζωνών.

#### 5.4 Επιλογές πολιτικών

Στην εκτίμηση επιπτώσεων που εκπόνησε η Επιτροπή εξετάστηκαν τέσσερις επιλογές πολιτικής:

1. «Καμία ανάληψη δράσης σε επίπεδο Ένωσης.
2. Συντονισμένος καθορισμός και συντονισμένη αδειοδότηση της ζώνης συχνοτήτων των 700 MHz για το ασύρματο ευρυζωνικό δίκτυο έως το 2020 και δέσμευση της ζώνης συχνοτήτων κάτω των 700 MHz για την ψηφιακή επίγεια τηλεόραση και τις υπηρεσίες ακουστικού εξοπλισμού παραγωγής προγράμματος και ειδικών εκδηλώσεων (PMSE).
3. Συντονισμένος καθορισμός και συντονισμένη αδειοδότηση της ζώνης συχνοτήτων των 700 MHz για το ασύρματο ευρυζωνικό δίκτυο έως το 2020. Συντονισμένος καθορισμός της ζώνης συχνοτήτων κάτω των 700 MHz για ευέλικτη χρήση, βάσει της εθνικής ζήτησης, η οποία θα διασφαλίζει τη συνεχή παροχή υπηρεσιών οπτικοακουστικών μέσων σε μαζικό ακροατήριο (κατά τεχνολογικά ουδέτερο τρόπο), συμπεριλαμβανομένης της διανομής των ελεύθερων (δωρεάν) εκπεμπόμενων ραδιοηλεκτρονικών υπηρεσιών, καθώς και τη διαθεσιμότητα του ραδιοφάσματος για PMSE χρήση. Για να αποφεύγονται οι παρεμβολές, η χρήση του ραδιοφάσματος κάτω των 700 MHz πρέπει να περιορίζεται τεχνικά στη λειτουργία «κατερχόμενη ζεύξη μόνο». Η επιλογή αυτή πρέπει να προβλέπει επίσης την ανάπτυξη μιας στρατηγικής ραδιοφάσματος για ακουστικό εξοπλισμό παραγωγής προγράμματος

*και ειδικών εκδηλώσεων που θα καλύπτει την απώλεια ραδιοφάσματος για τα PMSE στη ζώνη UHF.*

4. *Συντονισμένος καθορισμός και συντονισμένη αδειοδότηση ολόκληρης της ζώνης UHF για ασύρματες ευρυζωνικές υπηρεσίες έως το 2020.» [2]*

## **5.5 Εκτίμηση επιπτώσεων**

Κωδικοποιημένα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εκτίμησης επιπτώσεων βάσει τεσσάρων παραγόντων αξιολόγησης (αποτελεσματικότητα, αποδοτικότητα, ενδιαφερόμενα μέρη, συνοχή) [10].

### **Επιλογή 1**

#### **Αποτελεσματικότητα έναντι στόχων – Αρνητική**

- Δεν προκύπτει πρόσθετη εναρμονισμένη ζώνη ραδιοφάσματος σε επίπεδο Ε.Ε. ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες της αυξανόμενης ζήτησης των κινητών επικοινωνιών.
- Δεν συνεισφέρει στην στοχοθέτηση της ψηφιακής ατζέντας για την Ευρώπη ούτε στους σκοπούς της ενιαίας ψηφιακής αγοράς για την ευρυζωνικότητα και συνδεσιμότητα.
- Αυξημένος κατακερματισμός της ζώνης των UHF, πιθανές παρεμβολές μεταξύ ασύρματων ευρυζωνικών επικοινωνιών και επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης, απουσία οικονομικών κλίμακας.
- Δεν διευκολύνεται η μετάβαση σε πιο αποδοτικές τεχνολογίες.

#### **Αποδοτικότητα (εκατ. €) – Ουδέτερη**

#### **Ενδιαφερόμενα μέρη – Αρνητική**

- Η πλειονότητα των ερωτηθέντων στη δημόσια διαβούλευση της «έκθεσης Lamy» υποστηρίζει την συντονισμένη αναδιάθεση των 700 MHz.
- Εξίσου και τα Κράτη μέλη της Ε.Ε. υποστηρίζουν την συντονισμένη αναδιάθεση των 700 MHz.

#### **Συνοχή – Αρνητική**

- Δεν βοηθά στην επίτευξη του στόχου του προγράμματος πολιτικής ραδιοφάσματος (RSPP) για διάθεση 1200 MHz ραδιοφάσματος στις ασύρματες ευρυζωνικές υπηρεσίες ως το 2020.
- Δεν θα επιτευχθεί ο στόχος για ευρυζωνική κάλυψη 30 Mbps ως το 2020.

## Επιλογή 2

### Αποτελεσματικότητα έναντι στόχων – Θετική (700 MHz), Ουδέτερη (υπό-700 MHz)

- Πρόσθετο εναρμονισμένο ραδιοφάσμα για τις κινητές επικοινωνίες.
- Συνεισφέρει στην στοχοθέτηση της ψηφιακής ατζέντας και της ενιαίας ψηφιακής αγοράς.
- Μειώνει τον κατακερματισμό της ζώνης των UHF και αποτρέπει τις παρεμβολές μεταξύ ασύρματων ευρυζωνικών επικοινωνιών και DTT.
- Διευκολύνεται η μετάβαση σε πιο αποδοτικές τεχνολογίες.
- Μειωμένη διαθεσιμότητα «λευκών φασματικών κενών» (white spaces) για χρήση από συσκευές PMSE.
- Αποτρέπει τα Κράτη μέλη να χρησιμοποιούν την ζώνη κάτω των 700 MHz για άλλες χρήσεις πέρα από την ψηφιακή τηλεόραση και τις υπηρεσίες PMSE.
- Διασφαλίζει και διατηρεί το τρέχον οπτικοακουστικό μοντέλο.

### Αποδοτικότητα (εκατ. €) – Θετική

- |   |   |               |
|---|---|---------------|
| • Πάροχοι κινητών επικοινωνιών: +11400                | } | <b>Σύνολο</b> |
| • Ραδιοηλεκτρονικοί φορείς: -659 (HEVC), -888 (MPEG4) |   | +8939 (HEVC)  |
| • PMSE: -200  |   | +9696 (MPEG4) |
| • Εξοπλισμός καταναλωτών: -1602 (HEVC), -616 (MPEG4)  |   |               |

### Ενδιαφερόμενα μέρη – Θετική (700 MHz), Ουδέτερη (υπό-700 MHz)

- Η πλειονότητα των ερωτηθέντων υποστηρίζει την συντονισμένη αναδιάθεση των 700 MHz χωρίς όμως να υπάρχει ομοφωνία για μια συγκεκριμένη ημερομηνία. Ορισμένοι εθνικοί ραδιοηλεκτρονικοί οργανισμοί προτιμούν να αφήσουν το χρονοδιάγραμμα στην διακριτική ευχέρεια της χώρας τους.
- Τα Κράτη μέλη της Ε.Ε. υποστηρίζουν την συντονισμένη αναδιάθεση των 700 MHz, όπως αναφέρθηκε στη γνωμοδότηση της ομάδας για την πολιτική ραδιοφάσματος και στην Επιτροπή ραδιοφάσματος (RSC).
- Η διαφύλαξη της ζώνης κάτω των 700 MHz τυγχάνει της στήριξης των ραδιοηλεκτρονικών οργανισμών και της βιομηχανίας παραγωγής περιεχομένου, εν αντιθέσει με τους παρόχους κινητών επικοινωνιών.

### Συνοχή – Θετική (700 MHz), Αρνητική (υπό-700 MHz)

- Βοηθά στην επίτευξη του στόχου του προγράμματος πολιτικής ραδιοφάσματος για διάθεση 1200 MHz ραδιοφάσματος στις ασύρματες ευρυζωνικές υπηρεσίες ως το 2020.
- Θα επιτευχθεί ο στόχος για ευρυζωνική κάλυψη 30 Mbps ως το 2020.
- Διασφαλίζεται με την απόφαση 2014/641/EU το διαθέσιμο φάσμα για τον ακουστικό εξοπλισμό PMSE.



- Αποτρέπει μερικά Κράτη μέλη από την εισαγωγή νέων καινοτόμων ασύρματων υπηρεσιών.

### **Επιλογή 3**

#### **Αποτελεσματικότητα έναντι στόχων – Θετική (700 MHz), Θετική (υπό-700 MHz)**

- Για την ζώνη των 700 MHz ισχύουν τα ίδια με την επιλογή 2.
- Για την ζώνη κάτω των 700 MHz παρέχεται πλέον η δυνατότητα στα Κράτη μέλη να επιλέξουν πως επιθυμούν να χρησιμοποιούν το φάσμα (πέρα από DTT και PMSE χρήση).

#### **Αποδοτικότητα (εκατ. €) – Θετική**

- Ίδια οικονομικά μεγέθη με την επιλογή 2, προστίθεται η αξία της συμπληρωματικής κατερχόμενης ζεύξης.

#### **Ενδιαφερόμενα μέρη – Θετική (700 MHz), Θετική (υπό-700 MHz)**

- Για την ζώνη των 700 MHz ισχύουν τα ίδια με την επιλογή 2.
- Η ευέλικτη χρήση της ζώνης κάτω των 700 MHz διχάζει τους ερωτηθέντες. Σαφώς βρίσκει την σθεναρή υποστήριξη των παρόχων κινητών επικοινωνιών, όμως υπάρχουν εμπλεκόμενοι που επιφυλάσσονται έως ότου διευκρινιστεί λεπτομερέστερα.
- Τα Κράτη μέλη τάσσονται υπέρ της ευέλικτης χρήσης.

#### **Συνοχή – Θετική**

- Για την ζώνη των 700 MHz ισχύουν τα ίδια με την επιλογή 2.
- Για την ζώνη κάτω των 700 MHz ικανοποιείται η συνοχή αναλογικά με τις τρέχουσες διαφορετικές καταστάσεις που ισχύουν στα Κράτη μέλη.
- Συνεπής ως προς την οδηγία της E.E. για το οπτικοακουστικό μοντέλο των μέσων.

### **Επιλογή 4**

#### **Αποτελεσματικότητα έναντι στόχων – Θετική (700 MHz), Ουδέτερη (υπό-700 MHz)**

- Για την ζώνη των 700 MHz ισχύουν τα ίδια με την επιλογή 2 και 3.
- Για την ζώνη κάτω των 700 MHz, διατίθεται επιπλέον εναρμονισμένο ραδιοφάσμα για τις κινητές επικοινωνίες.
- Δεν διασφαλίζει και δεν διατηρεί το τρέχον οπτικοακουστικό μοντέλο.

#### **Αποδοτικότητα (εκατ. €) – Θετική (700 MHz), Απροσδιόριστη (υπό-700 MHz)**

- Πάροχοι κινητών επικοινωνιών: +11400 (700 MHz)

- Επιπρόσθετη αξία στους παρόχους κινητών επικοινωνιών (υπό-700 MHz)
- PMSE -667, εξοπλισμός καταναλωτών -9000
- Μείωση της απόδοσης επένδυσης των υποδομών των ραδιοηλεκτρονικών οργανισμών.
- Παύση λειτουργίας του κλάδου της επίγειας ψηφιακής.

### **Ενδιαφερόμενα μέρη – Θετική (700 MHz), Ουδέτερη (υπό-700 MHz)**

- Για την ζώνη των 700 MHz ισχύουν τα ίδια με την επιλογή 2 και 3.
- Για την ζώνη κάτω των 700 MHz μόνο οι πάροχοι κινητών επικοινωνιών έχουν εκδηλώσει έντονο ενδιαφέρον.
- Όλες οι υπόλοιπες ομάδες ενδιαφερομένων (ραδιοηλεκτρονικοί φορείς, βιομηχανίες παραγωγής περιεχομένου, Κράτη μέλη) την απορρίπτουν.

### **Συνοχή – Θετική (700 MHz), Ουδέτερη (υπό-700 MHz)**

- Για την ζώνη των 700 MHz ισχύουν τα ίδια με την επιλογή 2 και 3.
- Επιτυγχάνεται και με το παραπάνω ο στόχος των 1200 MHz.
- Δεν διασφαλίζει και δεν διατηρεί το τρέχον οπτικοακουστικό μοντέλο

Η Επιτροπή προέκρινε την **τρίτη επιλογή** ως την προτιμώμενη για τους ακόλουθους λόγους:

- «παρέχει ένα πρόσθετο εναρμονισμένο σε επίπεδο E.E. ραδιοφάσμα για το ασύρματο ευρυζωνικό δίκτυο, εκπληρώνοντας τον στόχο για το ραδιοφάσμα του προγράμματος πολιτικής για το ραδιοφάσμα (RSPP).
- συμβάλλει στην επίτευξη των στόχων συνδετικότητας της ενιαίας ψηφιακής αγοράς (DSM) και των στόχων εύρους ζώνης του ψηφιακού θεματολογίου για την Ευρώπη (DAE).
- περιορίζει τον κατακερματισμό της χρήσης της ζώνης μετάδοσης UHF και αποτρέπει παρεμβολές μεταξύ του ασύρματου ευρυζωνικού δικτύου και της ψηφιακής επίγειας τηλεόρασης.
- διευκολύνει την εισαγωγή καινοτομίας και τη μεταστροφή της αγοράς προς αποδοτικότερες τεχνολογίες.
- προσαρμόζεται σε νέες μορφές κατανάλωσης οπτικοακουστικών μέσων, διατηρώντας το τρέχον μοντέλο ελεύθερης (δωρεάν) μετάδοσης.
- παρέχει στις χώρες της E.E. την ευελιξία να ανοίξουν τη ζώνη κάτω των 700 MHz για χρήσεις πέραν της ψηφιακής επίγειας τηλεόρασης και των υπηρεσιών παραγωγής προγράμματος και ειδικών εκδηλώσεων, όπου αυτό είναι δυνατό, διασφαλίζοντας παράλληλα αυτές τις χρήσεις.
- ενισχύει τη θέση της E.E. στις διεθνείς διαπραγματεύσεις για τη μελλοντική χρήση της ζώνης κάτω των 700 MHz.» [60]

Σχετικά με τη χρήση του ραδιοφάσματος στη ζώνη συχνοτήτων κάτω των 700 MHz ορίζεται η επανεξέταση του θέματος ως το 2025, το αργότερο, λαμβάνοντας υπόψη και την προγραμματισμένη επαναξιολόγηση αυτής της ζώνης στην παγκόσμια διάσκεψη ραδιοεπικοινωνιών της Διεθνούς Ένωσης Τηλεπικοινωνιών (ITU) το 2023.

## 5.6 Απόφαση 17<sup>ης</sup> Μαΐου 2017

Η τελική απόφαση του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 17<sup>ης</sup> Μαΐου 2017 [61] σχετικά με τη χρήση της ζώνης συχνοτήτων των 470-790 MHz στην Ένωση βασίστηκε μεταξύ άλλων στα ακόλουθα:

1. Εξασφάλιση τουλάχιστον 1200 MHz ραδιοφάσματος για ασύρματες ευρυζωνικές ηλεκτρονικές επικοινωνίες.
2. Η αποτελεσματική διαχείριση του ραδιοφάσματος αποτελεί προϋπόθεση για τη στροφή του κλάδου στην τεχνολογία 5G.
3. Ελάχιστες ευρυζωνικές ταχύτητες 30 Mbps ως το 2020.
4. Το ραδιοφάσμα στη ζώνη συχνοτήτων των 700 MHz προσφέρει τόσο πρόσθετη χωρητικότητα όσο και καθολική κάλυψη, ιδίως για αγροτικές, ορεινές και νησιωτικές περιοχές.
5. Η αναδιάθεση της ζώνης συχνοτήτων των 700 MHz για υπηρεσίες δικατευθυντικών ασύρματων ευρυζωνικών ηλεκτρονικών επικοινωνιών εγείρει προβλήματα στην DTT και PMSE.

Σύμφωνα με αυτήν, έως τις 30 Ιουνίου 2020, τα κράτη μέλη επιτρέπουν τη χρήση της ζώνης συχνοτήτων των 694-790 MHz («700 MHz») για επίγεια συστήματα παροχής υπηρεσιών ασύρματων ευρυζωνικών ηλεκτρονικών επικοινωνιών με δυνατότητα καθυστέρησης έως και 2 έτη. Σχετικά με τη ζώνη κάτω των 700 MHz, χαρακτηριστικό είναι το άρθρο 4 της παρούσης που ορίζει τα ακόλουθα:

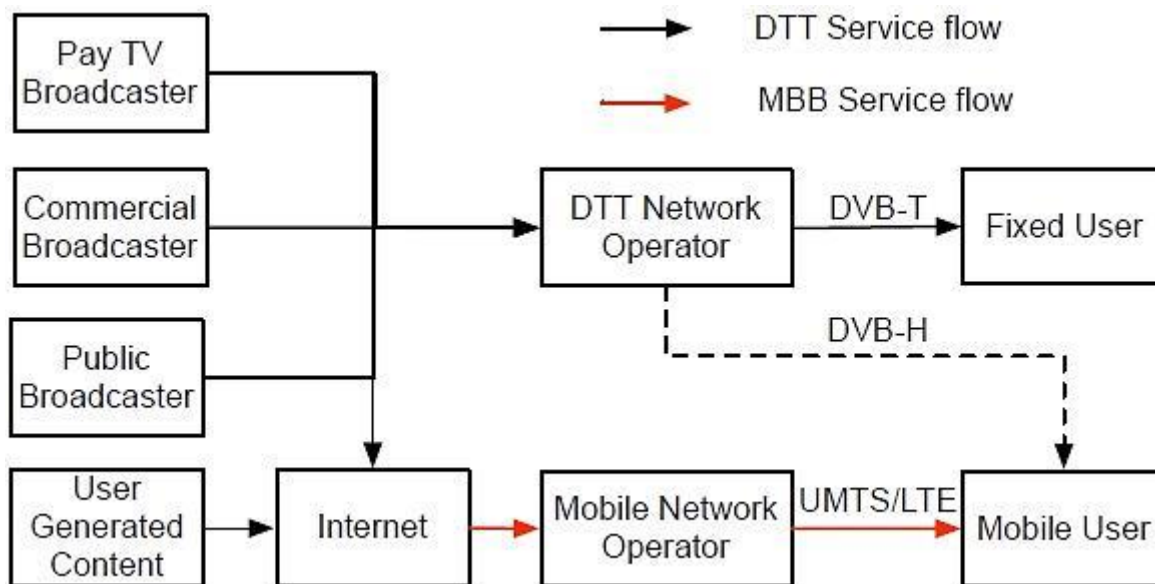
*«Τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν τη διαθεσιμότητα τουλάχιστον έως το 2030 της ζώνης συχνοτήτων των 470-694 MHz («κάτω των 700 MHz») για την επίγεια παροχή υπηρεσιών ραδιοηλεκτρονικών μεταδόσεων, περιλαμβανομένης της τηλεόρασης ελεύθερης πρόσβασης, και για χρήση από ασύρματη ακουστική PMSE, βάσει των εθνικών αναγκών και λαμβάνοντας υπόψη την αρχή της τεχνολογικής ουδετερότητας. Τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι οποιαδήποτε άλλη χρήση της ζώνης συχνοτήτων κάτω των 700 MHz στην επικράτειά τους είναι συμβατή με τις εθνικές ανάγκες ραδιοηλεκτρονικών μεταδόσεων στο οικείο κράτος μέλος και δεν προκαλεί επιζήμιες παρεμβολές στην επίγεια παροχή υπηρεσιών ραδιοηλεκτρονικών μεταδόσεων σε γειτονικό κράτος μέλος ούτε χρειάζεται προστασία από αυτήν».*

Ειδικά στην περίπτωση που μια χώρα αποφασίσει να χρησιμοποιήσει την ζώνη κάτω των 700 MHz για κινητές ευρυζωνικές εφαρμογές, ο τομέας ραδιοεπικοινωνιών της ITU στην σχετική μελέτη συμβατότητας [62], ορίζει τις αναγκαίες γεωγραφικές αποστάσεις μεταξύ των σταθμών βάσης της κινητής και των πομποδεκτών της DTT ώστε να μην υπάρχουν παρεμβολές με τις γειτονικές χώρες που θα εξακολουθούν να χρησιμοποιούν τη ζώνη για επίγεια ψηφιακή τηλεοπτική εκπομπή.

## 6. ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ ΠΑΡΟΧΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

### 6.1 Σύγκριση μοντέλων οπτικοακουστικών υπηρεσιών

Το τωρινό μοντέλο διανομής τηλεοπτικού περιεχομένου μέσω DTT και MBB δικτύων παρουσιάζεται στο επόμενο σχήμα.

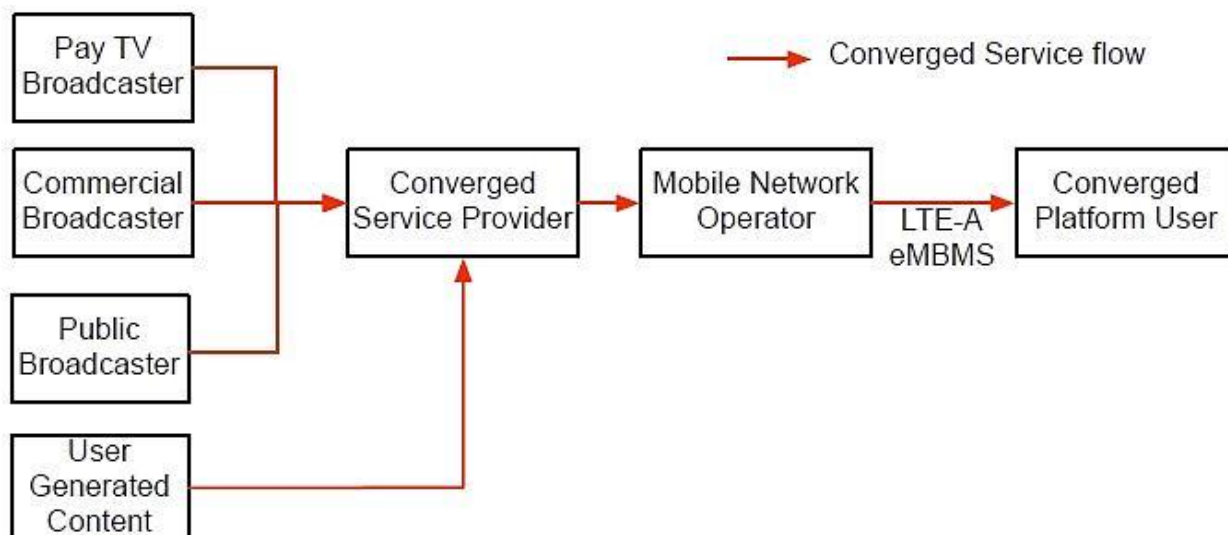


Σχήμα 42: Οπτικοακουστικό μοντέλο υπηρεσιών, σήμερα [63]

Το γραμμικό τηλεοπτικό περιεχόμενο διανέμεται σε σταθερούς χρήστες μέσω της DTT, ενώ στους κινητούς χρήστες μέσω DVB-H. Το ποσοστό βέβαια του γραμμικού περιεχομένου προς τις κινητές συσκευές συγκριτικά είναι μηδαμινό. Σχεδόν στο σύνολο του, το περιεχόμενο που λαμβάνουν οι κινητές/φορητές συσκευές είναι βίντεο συνεχούς ροής (streaming) μέσω των ευρυζωνικών ασύρματων δικτύων.

Οι ρόλοι των ενδιαφερομένων μερών είναι αρκετά διακριτοί. Ο τηλεοπτικός πάροχος είναι υπεύθυνος για την παραγωγή του τηλεοπτικού περιεχομένου. Τα τηλεοπτικά προγράμματα που διαθέτει πολυπλέκονται και δημιουργείται ένα ρεύμα μεταφοράς MPEG-TS (Transport Stream) που φτάνει στον πάροχο του δικτύου. Διαθέτει επίσης τηλεοπτική άδεια και σε κάποιες περιπτώσεις και άδεια χρήσης ραδιοσυχνοτήτων, εφόσον παρέχει το δικό του δίκτυο DTT. Οι δημόσιοι ραδιοτηλεοπτικοί πάροχοι χρηματοδοτούνται κυρίως μέσω ανταποδοτικού τέλους που επιβάλλεται στους πολίτες. Η κύρια πηγή εσόδων για τους ιδιωτικούς σταθμούς είναι τα διαφημιστικά έσοδα και για τους συνδρομητικούς (Pay-TV) επιπλέον τα τέλη μηνιαίας/ετήσιας συνδρομής, ή/και πληρωμή ανά προβολή (PPV). Από την άλλη, ο πάροχος δικτύου είναι υπεύθυνος για την ανάπτυξη του δικτύου DTT και τη διανομή του τηλεοπτικού περιεχομένου στους χρήστες. Προφανώς διαθέτει άδεια χρήσης ραδιοσυχνοτήτων και σχετικά με το ιδιοκτησιακό καθεστώς, μπορεί να είναι είτε μια ανεξάρτητη εταιρεία, είτε να ανήκει στους τηλεοπτικούς παρόχους, είτε τέλος να ανήκει στο κράτος. Τέλος, ο πάροχος κινητών επικοινωνιών διαθέτει άδεια χρήσης σε συγκεκριμένες ζώνες συχνοτήτων και αναπτύσσει και προσφέρει υπηρεσίες κινητών επικοινωνιών στους χρήστες.

Στην περίπτωση που μελλοντικά αναπτυχθεί η ενοποιημένη πλατφόρμα, δεν θα υφίσταται πλέον η διαφοροποίηση σε επίπεδο χρηστών, αφού τόσο οι σταθεροί χρήστες όσο και οι κινητοί θα λαμβάνουν τα τηλεοπτικά σήματα από ένα ενοποιημένο δίκτυο. Τόσο το γραμμικό όσο και το μη γραμμικό οπτικοακουστικό περιεχόμενο, είτε θα ευρυεκπέμπεται σε πλήθος χρηστών, είτε θα μονοεκπέμπεται κατ' απαίτηση στον εκάστοτε χρήστη. Οι ρόλοι των παραπάνω παρόχων σαφώς θα αλλάξουν, όπως και το οπτικοακουστικό μοντέλο υπηρεσιών. Ο τηλεοπτικός πάροχος δεν θα πολυπλέκει πλέον τα κανάλια, αφού το καθένα από αυτά θα είναι ανεξάρτητο, και θα διανέμεται σε ένα σύστημα που θα είναι από άκρο σε άκρο IP. Αυτός που θα υποστεί τις μεγαλύτερες αλλαγές στο μοντέλο λειτουργίας του είναι ο πάροχος δικτύου DTT, αφού πλέον την ευθύνη παροχής τηλεοπτικών υπηρεσιών την αναλαμβάνει ο πάροχος κινητών επικοινωνιών μέσω τεχνολογιών LTE-A/eMBMS ή υποθετικά μέσω νέων βελτιωμένων τεχνολογιών. Δυνητικά θα μπορούσε να αναλάβει έναν ενδιάμεσο ρόλο σε ένα μοντέλο χονδρικής, όπου θα προμηθεύεται περιεχόμενο από τον τηλεοπτικό πάροχο και χωρητικότητα από τον πάροχο κινητών επικοινωνιών και τα έσοδα του θα προέρχονται από τα τέλη συνδρομής από τους εκάστοτε χρήστες. Εναλλακτικά, το ρόλο προμήθειας τηλεοπτικού περιεχομένου μπορεί να τον αναλάβει και ο πάροχος κινητών επικοινωνιών σχηματίζοντας έτσι μια καθετοποιημένη αγορά. Ταυτόχρονα με την παροχή τηλεοπτικών υπηρεσιών στους εγγεγραμμένους συνδρομητές, ο MNO θα είναι πλέον υποχρεωμένος να παρέχει και την δημόσια υπηρεσία ήτοι, τα ελεύθερα κανάλια. Οποιαδήποτε επιπλέον χωρητικότητα «περισσεύει» στη ζώνη των UHF θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για επιπρόσθετες υπηρεσίες κινητών επικοινωνιών αφού πρώτα εξασφαλιστεί η οπτικοακουστική υπηρεσία [63]. Σχηματικά το μοντέλο παροχής οπτικοακουστικών υπηρεσιών θα είναι ως ακολούθως.



Σχήμα 43: Οπτικοακουστικό μοντέλο υπηρεσιών στη συγκεκριμένη πλατφόρμα [63]

## 6.2 Επιχειρηματικά μοντέλα MNO στην υβριδική χρήση ραδιοφάσματος

Οι εταιρίες και από τους δύο κλάδους (τηλεοπτικά δίκτυα και δίκτυα κινητών επικοινωνιών) αντιμετωπίζουν την ίδια πρόκληση όσον αφορά στο πως θα προετοιμαστούν για το αβέβαιο μέλλον. Θα πρέπει να μπορούν να προσαρμοστούν στο ταχέως μεταβαλλόμενο περιβάλλον, τόσο από τεχνολογική σκοπιά, όσο και από επιχειρηματική. Η προσέγγιση που ακολουθείται στο [64] σχετικά με τα επιχειρηματικά μοντέλα (business models) των παρόχων κινητών επικοινωνιών περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία:

- Τι (What): Πρόταση, προσφορά αξίας, τμηματοποίηση (segmentation) πελατών, μοναδική διαφοροποίηση (differentiation).
- Πώς (How): Βασικές λειτουργίες, βάση ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος, τρόπος διανομής, πώληση, μάρκετινγκ.
- Γιατί (Why): Βάση τιμολόγησης, τρόπος χρέωσης, κοστολογικά στοιχεία και οδηγοί κόστους (cost drivers).
- Που (Where): Τόπος δραστηριοτήτων όλων των προηγούμενων στοιχείων (π.χ. οι δραστηριότητες εκτελούνται εσωτερικά ή από εξωτερικούς συνεργάτες).

Με δεδομένη την υβριδική μεριζώμενη χρήση της ζώνης UHF, η κύρια ευκαιρία για τους παρόχους κινητών επικοινωνιών είναι η πρόσβαση στο χαμηλότερο κόστους φάσμα και άρα να αποκτήσουν μεγαλύτερη κάλυψη εκμεταλλευόμενοι τα καλύτερα χαρακτηριστικά διάδοσης που έχουν οι χαμηλότερες ζώνες. Ταυτόχρονα, παρουσιάζεται η δυνατότητα να αυξήσουν την διείσδυση τους στην αγορά με πιο αποδοτικό τρόπο από άποψη κόστους. Επιπροσθέτως, παρέχεται μια πρόσθετη λύση για να αντιμετωπίσουν πρωτίστως την ασυμμετρία στην κίνηση δεδομένων που κατά κύριο λόγο οφείλεται στο «κατέβασμα» πολυμεσικού περιεχομένου. Επιπλέον, ανοίγεται ο δρόμος προς την διανομή του παραδοσιακού τηλεοπτικού περιεχομένου μέσω των δικών τους δικτύων.

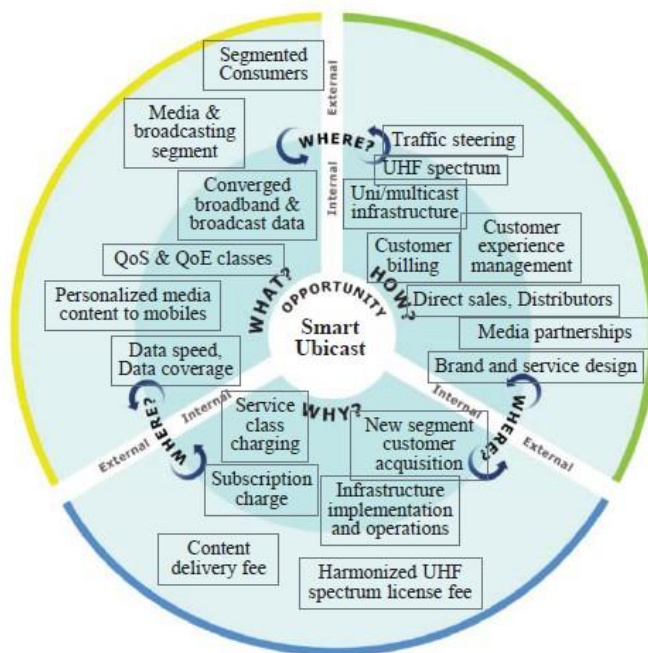
Σύμφωνα με τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται στη μοντελοποίηση, η απάντηση στο στοιχείο “what” είναι η διαφοροποίηση έναντι του ανταγωνισμού μέσω των βελτιωμένων ρυθμών δεδομένων, αλλά και μέσω ειδικά προσαρμοσμένων επιπέδων ποιότητας υπηρεσίας (QoS) σε διαφορετικά τμήματα της αγοράς. Επιπλέον, ο συνδυασμός του eMBMS για ευρυεκπομπή με την τεχνολογία SDL CA για μονοεκπομπή, θα μπορούσε να δημιουργήσει μια ιδιαίτερα αποδοτική αλλά και ευέλικτη πλατφόρμα διανομής εξατομικευμένου (personalized) πολυμεσικού περιεχομένου ταυτόχρονα με τις παραδοσιακές τηλεοπτικές υπηρεσίες στους τελικούς χρήστες κινητών συσκευών.

Σχετικά με το στοιχείο “How”, ο συνδυασμός των παραπάνω τεχνολογιών επιτρέπει το δυναμικό έλεγχο φόρτου και κίνησης δεδομένων των δικτύων, προσφέροντας εξατομικευμένη και βελτιωμένη ποιότητα εμπειρίας (QoE) στα διαφορετικά τμήματα πελατών. Η διαχείριση δεδομένων του κάθε συνδρομητή συμπεριλαμβανομένης και της ποιότητας εμπειρίας θα αποτελούν τον γνώμονα για το σχεδιασμό νέων υπηρεσιών. Τέλος, πέρα από τις απευθείας πωλήσεις (direct sales) προς τον τελικό χρήστη, τα κανάλια διανομής θα πρέπει να επεκταθούν και να συμπεριλάβουν και τους παραδοσιακούς παρόχους περιεχομένου έτσι ώστε να προκύψουν τα ανάλογα συνεργατικά οφέλη με έμμεσο τρόπο.

Ακολούθως, αναφορικά με το στοιχείο “Why” του επιχειρηματικού μοντέλου, τα μοντέλα τιμολόγησης μπορούν να βασιστούν σε τέλη συνδρομής ανάλογα με το επίπεδο υπηρεσίας. Η σύγκλιση των μέσων διανομής τηλεοπτικού περιεχομένου θα οδηγήσει σε νέες ευκαιρίες διαμοιρασμού των εσόδων (revenue sharing) μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών (stakeholders), όπως μεταξύ των διοργανωτών και των ιδιοκτητών των εκδηλώσεων, των παρόχων περιεχομένου και των παρόχων υπηρεσίας,

καθώς και των διαφημιστικών εταιριών. Οι οδηγοί κόστους εξακολουθούν να περιλαμβάνουν τις υποδομές, την υλοποίηση και τα λειτουργικά έξοδα (OPEX). Τέλος, τα κόστη αδειών για την μεριζόμενη πρόσβαση στο φάσμα μάλλον θα διαφέρουν από τα αντίστοιχα των σημερινών δημοπρασιών. Ίσως να είναι και αρκετά μειωμένα, αν αναλογιστεί κανείς τις διάφορες απαγορεύσεις και κανονισμούς χρήσης της ζώνης, την απουσία ενδεχομένως κανονισμών σχετικών με τις περιοχές κάλυψης κ.α. [1].

Ακολουθεί η σχηματική απεικόνιση του επιχειρηματικού μοντέλου του MNO στην περίπτωση της υβριδικής χρήσης της ζώνης των UHF.



Σχήμα 44: Επιχειρηματικό μοντέλο MNO [1]

### 6.3 Παράγοντες κλιμακωσιμότητας επιχειρηματικών μοντέλων

Κατά την ανάπτυξη οποιουδήποτε νέου κανονιστικού πλαισίου για το ραδιοφάσμα και των σχετικών τεχνολογιών, είναι θεμελιώδους σημασίας να εξετάζονται εκ προοιμίου οι υπηρεσίες και οι επιχειρηματικές δυνατότητες για όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη. Ένα επιχειρηματικό μοντέλο περιλαμβάνει, εν γένει, τα ακόλουθα στοιχεία: συνεργάτες, δραστηριότητες, πόρους, πρόταση αξίας, σχέσεις πελατών, τμηματοποίηση πελατών, κανάλια διανομής, διάρθρωση κόστους και ροές εσόδων [5].

Στην ανάλυση των επιχειρηματικών μοντέλων, η κλιμακοθετησιμότητα, έχει προσδιοριστεί ως ο βασικός παράγοντας για την επιχειρηματική ανάπτυξη. Στο [65] καθορίστηκαν και κατηγοριοποιήθηκαν τα σημεία αναφοράς της κλιμακωσιμότητας των επιχειρηματικών μοντέλων ως 5 αμοιβαία αποκλειόμενοι (mutual exclusive) παράγοντες και δημιουργήθηκε το αντίστοιχο διερευνητικό μοντέλο. Βάση αυτού, οι προτεινόμενοι παράγοντες κλιμακωσιμότητας για την αξιολόγηση των ευκαιριών σε υπηρεσίες και των στοιχείων σχεδίασης επιχειρηματικών μοντέλων είναι οι ακόλουθοι:



- (a) **Τεχνολογία:** κλιμακωσιμότητα τεχνικών υποδομών, αυτοματοποίηση διαδικασιών.
- (b) **Διάρθρωση κόστους και εσόδων:** πρόταση ανώτερης αξίας που παράγει από νωρίς διατηρήσιμα έσοδα ενώ ταυτόχρονα περιορίζει τα αρχικά σταθερά κόστη (fixed costs) σε χαμηλά επίπεδα.
- (c) **Προσαρμοσιμότητα** (adaptability) σε διαφορετικά νομικά, ρυθμιστικά και κανονιστικά πλαίσια.
- (d) **Εξωτερικότητες δικτύου** (network externalities): εγκλωβισμός (lock-in), κρίσιμη μάζα (critical mass).
- (e) **Προσανατολισμός στον χρήστη** (user-orientation): επίλυση προβλημάτων με χρήση υπάρχουσας γνώσης, απλά επιχειρηματικά μοντέλα με γνώμονα τον χρήστη (user-driven).

Στο [5], χρησιμοποιώντας την μεθοδολογία μάθησης και ερευνητικής πρόβλεψης AAL, εξετάζονται οι δυνητικές υπηρεσίες μέσω της υβριδικής χρήσης του ραδιοφάσματος και η κλιμακωσιμότητα των σχετικών επιχειρηματικών μοντέλων. Στον ακόλουθο πίνακα συνοψίζονται τα αποτελέσματα.

Πίνακας 4: Κλιμακωσιμότητα επιχειρηματικών μοντέλων

Παράγοντας / Υπηρεσία	(a)	(b)	(c)
Κινητή ευρυζωνικότητα	+ LTE κλιμάκωση + SDL CA + κοινή χρήση υποδομών	+ Υπάρχουσα υποδομή + QoS, QoE + Κάλυψη + Χονδρική	+ 700 MHz τώρα - Συμπρωτεύουσα χρήση στο χαμηλότερο φάσμα UHF
Δημόσια υπηρεσία (PSM)	- προσαρμογή στις ειδικές απαιτήσεις των PSM + SFN, eMBMS βελτίωση	+ Υπάρχουσα υποδομή + Περιεχόμενο - Αγροτική κάλυψη - Μερίδιο εσόδων	- Υποχρεώσεις PSM - Υποστήριξη πολιτικών ραδιοφάσματος - Πολιτικές ευαισθησίες
Κάλυψη γεγονός/εκδήλωσης	+ LTE κλιμάκωση + eMBMS + Τεχνολογία MEC	+ Μοίρασμα με διοργανωτή +QoS, QoE διαφοροποίηση (differentiation)	+ Υπάρχον υψηλότερο ραδιοφάσμα πρωτίστως - Διαθεσιμότητα φάσματος UHF
Ζωντανή ραδιοηλεκτρονική εκπομπή	+ LTE SDL / eMBMS κατ' απαίτηση	+ Υπάρχουσα υποδομή + QoS, QoE + Εξατομίκευση	- Ουδετερότητα δικτύου (net neutrality) - Συνανταγωνισμός (coopetition)

Μέσα κατ' απαίτηση	+ LTE SDL CA / eMBMS	+ Ευέλικτη μονοεκπομπή / πολυεκπομπή + Αποδοτικότητα	+ Υφίσταται
Μέσα και λογισμικό εκτός ωρών αιχμής	+ LTE κλιμάκωση - Αποθήκευση σε τοπικό τερματικό	+ Αποδοτικότητα + Μεριδίδια εσόδων	+ Καμία αλλαγή
Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT)	- LTE κλιμάκωση για κάποιες υπηρεσίες	- Κόστος LTE - Επιχειρηματικά μοντέλα μη ώριμα	- Αβεβαιότητα στο χρόνο

	(d)	(e)
Κινητή ευρυζωνικότητα	+ Γνωστά κανάλια και προσφορά + Τιμολόγηση	+ Ανάγκη για βίντεο + Περιεχόμενο δημιουργούμενο από τον χρήστη (UGC) + ένταξη αγροτικών περιοχών
Δημόσια υπηρεσία (PSM)	+ Συνεργασία μέσων - Χρονική αβεβαιότητα	+ Διαδραστικότητα + Πολλαπλές οθόνες
Κάλυψη γεγονότος/ εκδήλωσης	+ Τοπικά ενιαία κοινότητα χρηστών + Συμμετοχή	+ Υπάρχον πρόβλημα + Καλά δεδομένα πελατών
Ζωντανή ραδιοηλεκτρονική εκπομπή	+ Επέκταση στους χρήστες κινητής	+ Νέες συνήθειες χρηστών + Δεδομένα αναλύσεων
Μέσα κατ' απαίτηση	+ Υφιστάμενες ομάδες + OTT	+ Συγκλίνουσες ανάγκες MBB και μέσων
Μέσα και λογισμικό εκτός ωρών αιχμής	+ Ομάδα εφαρμογών + IoT τμήματα	+ Γνωστές εφαρμογές και χρήστες
Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT)	- Διάσπαρτες πλατφόρμες IoT	+ Γνωστά «πράγματα» + Δυναμική (momentum)

## 6.4 Επιχειρηματικές ευκαιρίες

Στην περίπτωση που οι πάροχοι κινητών επικοινωνιών αποκτήσουν πρόσβαση σε επιπλέον ραδιοφάσμα μέσω των τεχνολογιών SDL, ανοίγεται ο δρόμος προς μια σειρά νέων επιχειρηματικών ευκαιριών. Στην προηγούμενη παράγραφο εξετάστηκαν κάποιες νέες υπηρεσίες και η επεκτασιμότητα των αντίστοιχων επιχειρηματικών μοντέλων για την κάθε μία ξεχωριστά. Εν συνεχεία, θα γίνει μια εξειδίκευση αυτών των νέων επιχειρηματικών ευκαιριών υπό το πρίσμα της αξιοποίησης των δυνατοτήτων ευρυεκπομπής στα δίκτυα LTE [53].

### • Ευρυεκπομπή ζωντανών γεγονότων σε τοπικό επίπεδο

Αφορά στην κάλυψη ζωντανών γεγονότων π.χ. αθλητικά γεγονότα, συναυλίες στον τόπο διεξαγωγής τους. Το κοινό θα μπορεί να απολαύσει μια σειρά από νέες υπηρεσίες όπως: κοντινά πλάνα αθλητών, γωνίες λήψεις από διαφορετικές κάμερες, άμεσα ριπλές και στατιστικά. Επιπλέον με χρήση της τεχνολογίας MEC, συνδέοντας εξυπηρετητή (server) MEC σε όλα τα eNodeB του γηπέδου, μπορεί να βελτιωθεί η ποιότητα υπηρεσίας καθώς και να διασφαλιστεί η απαραίτητη χωρητικότητα για υπηρεσίες μονοεκπομπής όπως, τηλεφωνικές κλήσεις και μηνύματα.

### • Ζωντανή ραδιοτηλεοπτική εκπομπή

Αφορά στη χρήση τεχνολογίας ευρυεκπομπής για την μετάδοση ζωντανών προγραμμάτων. Σχετικά με το επιχειρηματικό μοντέλο, η υπηρεσία αυτή μπορεί να προσφέρεται μέσω συνδρομής ή μέσω PPV. Επίσης, συμφωνίες καταμερισμού εσόδων μεταξύ των παρόχων κινητών επικοινωνιών και των ραδιοτηλεοπτικών επιχειρήσεων μπορούν να αποτελέσουν πιθανά επιχειρηματικά μοντέλα.

### • Αναβαθμίσεις λογισμικού

Αφορά σε αναβαθμίσεις λογισμικού/σταθερισμικού (software/firmware) που προγραμματίζονται από τον πάροχο αντί να γίνεται λήψη από τον κάθε χρήστη κατ' απαίτηση. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα που προκύπτει είναι ότι ο προγραμματισμός των αναβαθμίσεων μπορεί να γίνει εκτός ωρών αιχμής, οπότε και να αφιερωθούν περισσότεροι πόροι του δικτύου στο eMBMS χωρίς να επηρεάζεται αρνητικά η κίνηση μονοεκπομπής.

### • Εκ των προτέρων τοποθέτηση (pre-positioning) περιεχομένου

Αφορά στη λήψη πολυμεσικού περιεχομένου σε συσκευές με χρήση τεχνολογίας ευρυεκπομπής πριν την κατανάλωσή τους. Πρακτικά το περιεχόμενο προωθείται μέσω LTE-B (eMBMS) και αποθηκεύεται στη συσκευή για μελλοντική χρήση. Τα οφέλη που προκύπτουν για τους χρήστες είναι, μεταξύ άλλων, η μη κατανάλωση επιπλέον δεδομένων από το πακέτο συνδρομής τους.

Άλλες ενδιαφέρουσες υπηρεσίες που μπορούν να προσφερθούν με χρήση του LTE-B είναι: υπηρεσίες ευρυεκπομπής σε διασυνδεδεμένα οχήματα όπως: σημεία ενδιαφέροντος, χάρτες, οδική βοήθεια, προωθητικές ενέργειες. Τέλος, υπηρεσίες σε τοπικά σημεία ενδιαφέροντος όπως, για παράδειγμα, πληροφορίες προσφορών σε μαγαζιά ή ανακοινώσεις δημοσίων μέσων μεταφοράς μπορούν, αντί να αναζητούνται από το χρήστη, να προωθούνται αυτόματα από το δίκτυο μέσω ευρυεκπομπής.

Σε σχετική έρευνα που έγινε στο [66], όλες οι παραπάνω νέες υπηρεσίες εκτιμούνται ως ικανές για επιτυχή αποδοχή από τους χρήστες και παράλληλα προσοδοφόρες για τους παρόχους σε ποσοστό πάνω από το 50% των ερωτηθέντων. Στην ίδια έρευνα καταγράφηκαν ως τα σημαντικότερα εμπόδια για την υιοθέτηση της τεχνολογίας, η έλλειψη διαθεσιμότητας συσκευών που ενσωματώνουν δυνατότητες eMBMS, το κόστος

της υποδομής και η έλλειψη εμπορικών συνεργασιών με τους παρόχους περιεχόμενου (για την απόκτηση περιεχομένου).

Σε κάθε περίπτωση οι επιχειρηματικές ευκαιρίες που παρουσιάζονται είναι σημαντικές. Από την υιοθέτηση της τεχνολογίας LTE-B οι πάροχοι κινητών επικοινωνιών επωφελούνται με δύο τρόπους: πρώτον μειώνοντας το κόστος διανομής της κίνησης στα δίκτυα τους, δεύτερον αναπτύσσοντας νέες υπηρεσίες και συνεπακόλουθα νέες πηγές εσόδων. Όταν όμως γίνεται λόγος για συνδημιουργία αξίας (value co-creation) στην εξίσωση πρέπει να προστεθούν και τα εγκαθιδρυμένα τηλεοπτικά δίκτυα. Το σημαντικότερο κίνητρο των τηλεοπτικών δικτύων είναι η διεύρυνση της απήχησης των υπηρεσιών τους ενσωματώνοντας και τους χρήστες κινητών συσκευών. Τα πρότυπο DVB-T2, όπως αναλύθηκε στο κεφάλαιο 4, υποστηρίζει την ενσωμάτωση του eMBMS για τη διανομή τηλεοπτικού περιεχομένου. Επομένως, η μελλοντική έρευνα για την ευέλικτη χρήση του ραδιοφάσματος πρέπει να επεκταθεί ώστε να συμπεριλάβει την ανάπτυξη συνεργατικών επιχειρηματικών μοντέλων που θα αφορούν και τους 2 διαφορετικούς κλάδους.

## 7. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

### 7.1 Εισαγωγικές παρατηρήσεις

Με αφορμή την ψήφιση του νόμου 4339 τον Οκτώβριο του 2015 [67] που, μεταξύ άλλων, αφορά στις άδειες των παρόχων περιεχομένου επίγειας ψηφιακής τηλεοπτικής ευρυεκπομπής ελεύθερης λήψης, η ελληνική κυβέρνηση ανέθεσε στο Πανεπιστημιακό Ινστιτούτο της Φλωρεντίας την έρευνα για το πόσες τηλεοπτικές άδειες εθνικής εμβέλειας θα πρέπει να δοθούν και ποια θα είναι η τιμή εκκίνησης της δημοπρασίας. Η μελέτη αυτή [68] καταλήγει, λαμβάνοντας υπόψη την απόφαση στο WRC-15 που αφορά στη ζώνη των 700 MHz, ότι η ωφέλιμη ζώνη για ραδιοτηλεοπτικές μεταδόσεις θα πρέπει να είναι η 470-694 MHz. Με βάση τη σύμβαση της Γενεύης και τις 34 καθορισμένες περιοχές απονομής, προτείνεται να χρησιμοποιηθούν 4 πολυπλεξίες εθνικής εμβέλειας με χωρητικότητα 24,88 Mbit/s έκαστη (Σχεδιασμός με παραμέτρους: DVB-T 64 QAM, FEC  $\frac{3}{4}$ , τουλάχιστον GI 1/8). Μελλοντικά και με τη χρήση του DVB-T2 η χωρητικότητα της κάθε πολυπλεξίας μπορεί να αυξηθεί στα 75 Mbit/s (DVB-T2 + HEVC) όπως αναφέρεται στο [68] ή κατά την Εθνική επιτροπή τηλεπικοινωνιών και ταχυδρομείων (ΕΕΤΤ) στο [69] στα 40 Mbit/s.

Το σημερινό φάσμα συχνοτήτων και πολυπλεξιών που χρησιμοποιεί η επίγεια ψηφιακή τηλεόραση στην Ελλάδα φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα.



Σχήμα 45: Φάσμα συχνοτήτων ψηφιακής τηλεόρασης, Ελλάδα [69]

Οι παραδοχές που έχουν γίνει στην εν λόγω μελέτη κρίνονται αρκετά συντηρητικές. Μάλιστα με δεδομένο ότι τις 2 πολυπλεξίες εθνικής εμβέλειας της κατέχει η Ε.Ρ.Τ., οδηγούσε στο συμπέρασμα ότι μόλις 2 ακόμα μπορούν να δοθούν στα ιδιωτικά κανάλια, που αντιστοιχούν πρακτικά σε 4 προγράμματα HD κατά το [68]. Μια πιο ρεαλιστική προσέγγιση και με βάση την πιο πρόσφατη υπουργική απόφαση (Αριθμ. 1830/2017), ο αριθμός των δημοπρατούμενων αδειών παρόχων περιεχομένου επίγειας ψηφιακής τηλεοπτικής ευρυεκπομπής ελεύθερης λήψης καθορίστηκε στις 7, με τη σύμφωνη μάλιστα γνώμη του Εθνικού συμβουλίου ραδιοτηλεόρασης (Ε.Σ.Ρ.) [70]. Με βάση τη σύσταση της Ευρωπαϊκής ραδιοτηλεοπτικής ένωσης (ΕΒΥ) στο [71], για ένα τηλεοπτικό πρόγραμμα HD 1080i/25 που συμπιέζεται με κωδικοποίηση MPEG-4 AVC/H.264, ο απαιτούμενος ρυθμός μετάδοσης είναι 8,25 Mbit/s. Αν υπολογίσει κανείς

ένα εύλογο κέρδος στατιστικής πολυπλεξίας και τη συνεχή βελτίωση της απόδοσης των κωδικοποιητών, ο απαιτούμενος ρυθμός για ένα HD πρόγραμμα μπορεί να μειωθεί και κάτω από τα 7 Mbit/s. Μια καλή διεθνής πρακτική που υιοθετείται και αναφέρεται και στο [69] είναι τα 6 Mbit/s. Επομένως ένας πολυπλέκτης των 24,88 Mbit/s μπορεί να «χωρέσει» σίγουρα 4 ροές HD. Συνεπώς, με βάση την υπουργική απόφαση, χρειάζονται τουλάχιστον άλλες 2 πολυπλεξίες (πλέον της EPT). Επιπροσθέτως, στην Ελλάδα θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ο μεγάλος αριθμός περιφερειακών σταθμών και άρα οι ανάγκες για πολυπλέκτες τοπικού περιεχομένου. Στο [72] προτείνεται ένα ελάχιστος στόχος για 6 πολυπλεξίες ανά SFN.

## 7.2 Ορισμός επιλογών πλατφόρμας

Στόχος της ανάλυσης κόστους-οφέλους που ακολουθεί είναι να υπολογιστούν τα επαυξητικά (incremental) κόστη και οφέλη της μετάβασης από την υπάρχουσα κατάσταση, όπου η ζώνη κάτω των 700 MHz διατίθεται αποκλειστικά στην επίγεια ψηφιακή τηλεόραση, σε μια κατάσταση όπου οι συχνότητες αυτές αποδίδονται στους παρόχους κινητών επικοινωνιών και μέσω μιας συγκεκριμένης πλατφόρμας (CP) παρέχεται τόσο η υπηρεσία ευρυεκπομπής τηλεοπτικού προγράμματος όσο και υπηρεσίες κινητών επικοινωνιών μονοεκπομπής/πολυεκπομπής. Διακρίνονται 2 επιλογές για την πλατφόρμα:

1. **LPLT-DVB:** Χρησιμοποιεί την υποδομή LPLT των δικτύων κινητής τηλεφωνίας και τα τηλεοπτικά προγράμματα ευρυεκπέμπονται μέσω του προτύπου DVB.
2. **LPLT-LTE:** Τοπολογία δικτύου LPLT κινητής τηλεφωνίας και ευρυεκπομπή τηλεοπτικών καναλιών μέσω ενός εξελεγμένου προτύπου eMBMS που εφεξής θα ονομάζεται LTE-B.

Θα ακολουθηθεί η μεθοδολογία που περιγράφεται στο [73] με κύριο στόχο, που αποτελεί ταυτόχρονα και την συνεισφορά της παρούσας διπλωματικής εργασίας, την όσο το δυνατόν καλύτερη προσαρμογή των δεδομένων εισόδου του μοντέλου στην περίπτωση της Ελλάδας.

## 7.3 Επαυξητικά οφέλη

Τα δυνητικά επαυξητικά οφέλη από την υλοποίηση της συγκεκριμένης πλατφόρμας είναι τα ακόλουθα 3:

**Όφελος Α:** Τα κόστη που μπορούν να αποφευχθούν, διότι η απελευθέρωση της ζώνης κάτω των 700 MHz δημιουργεί επιπρόσθετη χωρητικότητα για την κινητή ευρυζωνικότητα καθώς και φθηνότερη ενδοκτιριακή (in-building) και αγροτική κάλυψη για υπηρεσίες μονοεκπομπής (συγκρινόμενη με υψηλότερες συχνότητες) εξαιτίας των καλύτερων χαρακτηριστικών διάδοσης.

**Όφελος Β:** Τα οφέλη από την καλύτερη κινητή τηλεόραση που προέρχονται από τη χρήση του δικτύου LPLT αντί του δικτύου HPHT.

**Όφελος Γ:** Τα οφέλη από την δυνατότητα ενσωμάτωσης υπηρεσιών τηλεοπτικής ευρυεκπομπής και ευρυζωνικότητας σε κινητές συσκευές ώστε να παρέχονται διαδραστικές (interactive) πολυμεσικές υπηρεσίες.

Σχετικά με το όφελος Α, που έγκειται ουσιαστικά στον υπολογισμό της οικονομικής αξίας της ζώνης κάτω των 700 MHz, θα χρησιμοποιηθούν τα πιο πρόσφατα στοιχεία

δημοπρασιών που διενεργήθηκαν στην Ελλάδα το 2014. Εναλλακτικά, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν κοστολογικά μοντέλα και να υπολογιστεί έτσι απευθείας η εξοικονόμηση κόστους στο δίκτυο. Όμως, χρησιμοποιώντας τις τιμές των δημοπρασιών προφανώς περιλαμβάνεται και το επιπλέον όφελος που αναμένουν οι κινητοί πάροχοι από τη χρήση επιπρόσθετου φάσματος (π.χ. νέα είδη υπηρεσιών) πλέον της εξοικονόμησης κόστους.

Σύμφωνα με το [74] κατακυρώθηκαν στις τρεις συμμετέχουσες εταιρίες (COSMOTE, VODAFONE και WIND) τα εξής φασματικά δικαιώματα συνολικά για 15 χρόνια:

Στη ζώνη των 800 MHz: 60 MHz ( 6 τμήματα των 2x5MHz) με συνολικό τίμημα 309.114.000 €.

Στη ζώνη των 2600 MHz: 180 MHz ( 14 τμήματα των 2x5 MHz και 4 των 10 MHz) με συνολικό τίμημα 72.000.000 €.

Αν υποθεθεί ότι ο πληθυσμός της Ελλάδας είναι στρογγυλοποιημένα 10.800.000, καταλήγει κανείς στα ακόλουθα δεδομένα συγκριτικής αξιολόγησης (benchmarks):

**Αξία 800 MHz:** 0,48 €/MHz/πληθυσμό

**Αξία 2600 MHz:** 0,04 €/MHz/πληθυσμό

Στο [73] η μέση τιμή που έχει υπολογιστεί αντίστοιχα για διάφορες χώρες της Ευρώπης είναι: 0,53 €/MHz/πληθυσμό (800 MHz) και 0,07 €/MHz/πληθυσμό (2600 MHz) που είναι παραπλήσιες με αυτές στην περίπτωση της Ελλάδας. Επιπροσθέτως με τη λογική ότι αναμένεται η 2<sup>η</sup> απελευθέρωση φάσματος των 700 MHz να είναι χαμηλότερης αξίας από αυτή των 800 MHz, θα υποθεθεί ότι ακόμα χαμηλότερη αξία θα έχει το φάσμα κάτω των 700 MHz. Οι τελικές τιμές που θα χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση είναι αυτές του [73], διότι δεν δικαιολογείται καμία παρέκκλιση από τη στιγμή που υπάρχει σχεδόν πλήρη συμφωνία με την περίπτωση της Ελλάδας.

Όσον αφορά στον ωφέλιμο φόρτο (payload) των τηλεοπτικών καναλιών θα τεθεί ως κάτω όριο τα 100 Mbit/s ( 4 πολυπλεξίες x 24,88 Mbit/s = 99,52 Mbit/s) και ως άνω όριο τα 150 Mbit/s (6 πολυπλεξίες x 24,88 Mbit/s = 149,28 Mbit/s). Σχετικά με το κόστος που θα προκύψει για τη μεταφορά των υπηρεσιών PMSE σε άλλη ζώνη, έχει εκτιμηθεί ότι είναι περί τα 700 εκατ. € για όλη την Ε.Ε. (κυμαίνονται από 458-1042 εκατ. € [30]). Επομένως, 14 εκατ. € θα είναι η είσοδος στο μοντέλο μετά την προσαρμογή στον πληθυσμό της Ελλάδας.

Τα οφέλη Β και Γ, συγκριτικά με το Α, έχουν πολύ μικρή συμμετοχή στα αποτελέσματα. Συνεπώς θα θεωρηθεί ότι το κύριο όφελος προέρχεται από την απελευθέρωση του φάσματος. Στην πλατφόρμα LPLT το μέγεθος της περιοχής κάλυψης των σταθμών είναι πολύ μικρότερο συγκρινόμενο με το αντίστοιχο του δικτύου ΗΡΗΤ. Κατά συνέπεια και το μέγεθος της περιοχής των συνόρων μεταξύ των περιφερειακών SFN, όπου προκαλείται ομοκαναλική παρεμβολή, είναι πολύ μικρό. Άρα μπορεί να θεωρηθεί ότι τα ομοκαναλικά περιφερειακά SFN θα δουλέψουν σχεδόν για το σύνολο του πληθυσμού και συνεπακόλουθα να προκύψει σημαντική απελευθέρωση φάσματος. Ο επόμενος πίνακας συνοψίζει τις εισόδους του μοντέλου και τα προκύπτοντα οφέλη.



**Πίνακας 5: Επαυξητικά οφέλη πλατφόρμας**

<b>Δεδομένα</b>	<b>Φόρτος (Mbps)</b>	<b>100</b>	<b>150</b>
<b>Πληθυσμός (εκατ.) 10,8</b> <b>Φασματική απόδοση (bps/Hz)</b> <b>LTE: 2</b> <b>DVB: 3,5</b> <b>Αξία φάσματος (€/MHz/πληθ.)</b> <b>Κάτω όριο: 0,10</b> <b>Μέση τιμή: 0,25</b> <b>Άνω όριο: 0,40</b> <b>Αξία PMSE (εκατ. €): 14</b> <b>Φάσμα κάτω των 700 (MHz): 224</b> <b>Συντελεστής χρήσιμου φάσματος: 0,85</b>	<b>Πιθανή απελευθέρωση φάσματος (MHz) - LTE</b>	148	127
	<b>ΚΠΑ (εκατ. €) - LTE</b>		
	Χαμηλή τιμή φάσματος	146	123
	Μέση τιμή φάσματος	385	328
	Υψηλή τιμή φάσματος	625	533
	<b>Πιθανή απελευθέρωση φάσματος (MHz) - DVB</b>	166	154
	<b>ΚΠΑ (εκατ. €) - DVB</b>		
	Χαμηλή τιμή φάσματος	165	152
	Μέση τιμή φάσματος	435	402
	Υψηλή τιμή φάσματος	704	651

Τα πιθανά οφέλη κυμαίνονται από μόλις 123 εκατ. € έως 704 εκατ. €. Παρατηρεί κανείς ότι στην περίπτωση του DVB, τα οφέλη είναι ελαφρώς αυξημένα που οφείλεται στην υψηλότερη φασματική απόδοση του και συνεπακόλουθα στην μεγαλύτερη απελευθέρωση φάσματος. Τέλος, σημαντικές διαφορές προκύπτουν με την αύξηση του απαιτούμενου φόρτου από 100 σε 150 Mbps.

#### 7.4 Επαυξητικά κόστη

Τα κύρια επαυξητικά κόστη που συνεπάγονται της υλοποίησης της συγκεκριμένης πλατφόρμας είναι τα ακόλουθα 3:

- Οι δαπάνες κεφαλαίου (CAPEX) και τα λειτουργικά κόστη (OPEX).
- Το κόστος που αφορά στους τελικούς χρήστες ώστε να μπορούν να χρησιμοποιήσουν την πλατφόρμα.
- Το κόστος απελευθέρωσης φάσματος για ταυτόχρονη εκπομπή (simulcast) και ελαχιστοποίησης των παρεμβολών. Για κάποια περίοδο το δίκτυο LPLT θα λειτουργεί ταυτόχρονα με το ΗΡΗΤ, άρα θα πρέπει να υπάρξει μέριμνα ώστε να μην υπάρχουν παρεμβολές τόσο σε εθνικό επίπεδο όσο και σε διασυνοριακό.

Άλλοι παράγοντες που θα ληφθούν υπόψη για την ανάπτυξη του μοντέλου είναι οι ακόλουθοι:

- Διείσδυση DTT ως ποσοστό επί των νοικοκυριών που διαθέτουν τηλεόραση στο 70% [10] και συνολικά 4,2 εκατ. νοικοκυριά [75]. Το κάθε νοικοκυριό διαθέτει κατά μέσο όρο 1,8 τηλεοράσεις.
- Μεταβολή διείσδυσης DTT από το επίπεδα του 2014 μέχρι και το 2025-2030 λόγω της στροφής των χρηστών προς υπηρεσίες OTT και IPTV: 10% μείωση (μικρός αντίκτυπος OTT/IPTV), 70% μείωση (μεγάλος αντίκτυπος OTT/IPTV).

#### 7.4.1 Υπολογισμός σταθμών βάσης

Για τον υπολογισμό των σταθμών βάσης που χρειάζονται αναβάθμιση θα χρησιμοποιηθούν τα ακόλουθα στοιχεία:

Έκταση: 132.000 km<sup>2</sup> [75]

Πυκνότητα πληθυσμού: 82 κάτοικοι/km<sup>2</sup>

Αγροτικές/Ημιαστικές περιοχές: 95% , Αστικές περιοχές: 5% [76]

Η Ελλάδα είναι μια αρκετά πιο αραιοκατοικημένη χώρα σε σχέση με την υποτιθέμενη χώρα της έρευνας της Plum/Farncombe σε αναλογία 1 προς 3 (82 προς 250 κάτοικοι/km<sup>2</sup>) και το ISD των 10 km για τις αγροτικές περιοχές μάλλον δεν θα παρέχει την επιθυμητή κάλυψη. Αυξάνοντας όμως το ISD, το σήμα θα εξασθενήσει στους δέκτες και θα αυξηθεί η καταστρεπτική συμβολή (destructive interference) από τις γειτονικές κυψέλες και άρα θα μειωθεί η φασματική απόδοση των 2 bps/Hz. Επομένως ή θα πρέπει πέρα από τις αναβαθμίσεις να προστεθούν και νέοι LPLT σταθμοί βάσης (αύξηση στα κόστη) ή θα υποτεθεί μικρότερη απελευθέρωση φάσματος (μείωση στα οφέλη). Περαιτέρω έρευνα πάνω σε αυτό το ζήτημα έδειξε σύμφωνα με το [4], ότι το LTE-B μπορεί να επιτύχει φασματική απόδοση 2 bps/Hz και ακτίνα κυψέλης 9 km για λήψεις σε κινητές συσκευές από κεραιές στις ταράτσες των σπιτιών, χρησιμοποιώντας CP των 100μsec. Με αύξηση του CP στα 200 μsec, αυξάνεται η ακτίνα κυψέλης στα 10 με 15 km [77] που αντιστοιχεί σε αποστάσεις μεταξύ των πομπών (ISD) της τάξεως των 17 έως 26 km. Λαμβάνοντας υπόψη ότι στο [73] αναφέρεται ότι η χαμηλή πυκνότητα πληθυσμού επιδρά μεν αλλά σε μικρό βαθμό δε, θα χρησιμοποιηθεί στην ανάλυση ISD της τάξεως των 12 km, κάπου στο ενδιάμεσο των 2 διαφορετικών προσεγγίσεων.

Επομένως σύμφωνα με το [78], για τις αγροτικές και ημιαστικές περιοχές θα ισχύει:

ISD=12km, Ακτίνα κυψέλης (d):  $ISD/\sqrt{3} = 6,93$  km, Περιοχή κάλυψης:  $2,6 \times d^2 = 125$  km<sup>2</sup>. Για τις ανάγκες της ανάλυσης, επιτρέποντας επικαλύψεις και ανωμαλίες εδάφους: μέγεθος κυψέλης = 100 km<sup>2</sup>.

Για τις αστικές περιοχές:

ISD=3km, d= 1,73 km, Περιοχή κάλυψης: 7,8 km<sup>2</sup>. Ομοίως, μέγεθος κυψέλης = 5 km<sup>2</sup>.

Ο αριθμός των σταθμών βάσης μακροκυψελών (macro-cell BTS) που θα πρέπει να αναβαθμιστούν στις αγροτικές/ημιαστικές περιοχές είναι:  $0,95 \times 132.000/100 = 1254$  και στις αστικές:  $0,05 \times 132.000/5 = 1320$ , συνολικά: 2574.

Αξιοσημείωτο είναι ότι με βάση την έρευνα που περιγράφεται στο [79], έχει υπολογιστεί ότι για την κάλυψη τις ίδιες περιοχής χρειάζονται περίπου 3 φορές περισσότεροι σταθμοί βάσης LPLT από όσους πομπούς έχει ένα ΗΡΗΤ δίκτυο. Οι καταχωρήσεις στην Ελλάδα συνολικά βάσει του [30] είναι 1184 (περιλαμβάνονται και οι πομποί χαμηλής ισχύος ERP<=1kW). Ο υπολογισμός των 2574 σταθμών βάσης μακροκυψελών που

χρήζουν αναβάθμισης δίνει μια αναλογία 2,2:1. Άρα η αναλογία αυτή επαληθεύεται, με μια μικρή απόκλιση, και σε πραγματικές συνθήκες προσομοίωσης.

#### 7.4.2 CAPEX

Οι υπολογισμοί που ακολουθούν προέρχονται αποκλειστικά από την έρευνα της Plum/Farncombe και θα προσαρμοστούν στην περίπτωση της Ελλάδας όπου κρίνεται απαραίτητο ή/και έχουν αξιολογηθεί με διαφορετικό τρόπο.

Μικρή αναβάθμιση σε ένα σταθμό κοστολογείται στα 40.000 €.

Εκτεταμένη αναβάθμιση: 120.000 € (ανάγκη για το 25% του συνόλου των σταθμών).

Μέσος όρος αναβάθμισης:  $40.000 \times 0,75 + 120.000 \times 0,25 = 60.000$  € (LTE)

Επιπρόσθετα για την επιλογή DVB (επιπλέον ηλεκτρονικά): 4000 €, άρα σύνολο 64.000 €/σταθμό.

#### 7.4.3 OPEX

Συντήρηση και λειτουργικά κόστη: 15% x CAPEX ετησίως.

$120.000 \times 15\% + 10.000$  (πρόσθετα για ενοικίαση) = 28.000 €/έτος

$40.000 \times 15\% = 6000$  €/έτος

Μέσος όρος OPEX:  $28.000 \times 25\% + 6000 \times 75\% = 11.500$  € ετησίως.

Για την επιλογή DVB πρόσθετα  $15\% \times 4000 = 600$  €, σύνολο: 12.100 € ετησίως.

Συνολικό OPEX (LTE):  $11.500 \times 2574 = 30$  εκατ. €.

Συνολικό OPEX (DVB):  $12.100 \times 2574 = 31$  εκατ. €.

#### 7.4.4 Επαναπροσανατολισμός κεραιών

Στην Ελλάδα το 73% των νοικοκυριών βρίσκεται στις αστικές περιοχές και το 27% σε ημιαστικές και αγροτικές [80].

Στο 10% των νοικοκυριών στις αστικές περιοχές θα χρειαστεί επαναπροσανατολισμός κεραιών (μικρό ISD) και αντίστοιχα 50% στις αγροτικές/ημιαστικές με κόστος 70 € ανά νοικοκυριό.

Σύνολο:  $73\% \times 10\% + 27\% \times 50\% = 21\%$

#### 7.4.5 Βασικές παραδοχές

Τα λειτουργικά κόστη του υπάρχοντος δικτύου HPHT DTT έχουν υπολογιστεί στο [73] βάσει του μέσου όρου κάποιων ευρωπαϊκών χωρών στα 45 εκατ. € (προσαρμοσμένα σε πληθυσμό 20 εκατ.). Επειδή υπάρχει πάρα πολύ μεγάλη ανομοιογένεια στα δίκτυα DTT στις διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες, με κάθε επιφύλαξη, θα θεωρηθεί ως κριτήριο προσαρμογής ο πληθυσμός και επομένως για την Ελλάδα τα λειτουργικά κόστη θα τεθούν στα 24 εκατ. € ( $10.8\text{εκατ.}/20\text{εκατ.} \times 45\text{εκατ.}$ ). Ωστόσο, έγινε μια προσπάθεια να επαληθευτεί αυτός ο υπολογισμός συλλέγοντας οικονομικά στοιχεία από τους 2 παρόχους δικτύου στην Ελλάδα, την DIGEA και την EPT.

Ακολουθεί ένας πίνακας με την ανάλυση των εξόδων της DIGEA για το οικονομικό έτος 2015.

**Πίνακας 6: Ανάλυση εξόδων DIGEA [81]**

(ποσά σε Ευρώ)	1/1 - 31/12/2015			
	Κόστος Πωλήσεων	Έξοδα διοίκησης	Έξοδα διάθεσης	Σύνολο
Αμοιβές & έξοδα προσωπικού	1.327.429,04	757.796,00	204.803,96	2.290.029,00
Αμοιβές & έξοδα τρίτων	974.721,50	49.615,32	12.403,83	1.036.740,65
Λειτουργικά έξοδα κτιρίων & εγκαταστάσεων	1.118.802,14	29.832,64	7.458,16	1.156.092,94
Έξοδα συντήρησης & λειτουργίας δικτύου	2.455.876,08	8.585,42	2.146,36	2.466.607,85
Ενοίκια	302.897,76	36.000,00	9.000,00	347.897,76
Έξοδα προβολής & διαφήμισης	0,00	0,00	165.797,18	165.797,18
Έξοδα μεταφορών & ταξιδίων	164.036,87	25.913,82	1.063,21	191.013,89
Φόροι - τέλη	119.302,97	60.844,99	0,00	180.147,96
Αποσβέσεις ενσώματων παγίων	2.603.348,02	23.659,36	5.914,84	2.632.922,23
Αποσβέσεις δικαιωμάτων χρήσης ραδιοσυχνοτήτων	1.210.134,25	0,00	0,00	1.210.134,25
Αποσβέσεις άυλων περιουσιακών στοιχείων	110.489,78	29.463,94	7.365,99	147.319,71
Προβλέψεις για επισφαλείς πελάτες	1.104.503,78	0,00	0,00	1.104.503,78
Λοιπά έξοδα	251.953,74	29.017,98	5.809,49	286.781,20
<b>Σύνολο</b>	<b>11.743.495,92</b>	<b>1.050.729,47</b>	<b>421.763,01</b>	<b>13.215.988,40</b>

Με δεδομένο ότι η αποκλειστική δραστηριότητα της DIGEA είναι η παροχή υπηρεσιών δικτύωσης και πολυπλεξίας αλλά και του δικτύου ευρυεκπομπής, δικαιολογείται η παραδοχή ότι, για παράδειγμα, τα έξοδα προσωπικού αφορούν στο σύνολο τους αυτή τη λειτουργία. Άρα, συνολικά, τα λειτουργικά έξοδα της εταιρίας αφαιρώντας τις αποσβέσεις ενσώματων παγίων, φόρους, προβλέψεις για επισφαλείς πελάτες, κτλ., κυμαίνονται περί τα 9 εκατ. ευρώ. Οι αποσβέσεις δικαιωμάτων χρήσης ραδιοσυχνοτήτων εντάσσονται στο OPEX.

Για την EPT, μέσω επικοινωνίας με τα αρμόδια στελέχη, συλλέχθηκαν τα ακόλουθα στοιχεία:

- Κόστος κυκλωμάτων ASI τηλεόρασης: 168.000 € / δίμηνο.
- Κόστος κυκλωμάτων ραδιοφωνίας: 55.000 € / δίμηνο (δεν θα περιληφθεί στον υπολογισμό).
- Κόστος δορυφορικής χωρητικότητας για πολυπλεξίες και uplink: 700.000 € / έτος.
- Κόστος δορυφορικής χωρητικότητας για ERTWorld: 500.000 € / έτος.
- Κόστος EETT για αδειοδότηση και λειτουργία ραδιοζεύξεων: 35.000 € / έτος.
- Κόστος προσωπικού που απασχολείται (άμεσα και έμμεσα) στα κέντρα εκπομπής: 3.400.000 € / έτος.
- Κόστος ενοίκιασης υπηρεσιών ψηφιακών μεταδόσεων από την Digea: 2.000.000 € / έτος.

Σχετικά με το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας, ήταν δύσκολο και χρονοβόρο να επιμεριστεί για τα κέντρα εκπομπής και επομένως θα χρησιμοποιηθεί από την ετήσια οικονομική έκθεση 2015 της EPT το κόστος για «Ενοίκια, ενέργεια, τηλεπικοινωνίες και λοιπές παροχές» των 8.935.000 € με συντελεστή επιμερισμού 20%. Άρα, συνολικά 1.790.000 € είναι τα έξοδα ηλεκτρικής ενέργειας για τα κέντρα εκπομπής.

Αθροίζοντας τα προαναφερθέντα κόστη, προκύπτει ετήσιο λειτουργικό κόστος για το δίκτυο DTT της EPT περί τα 9,5 εκατ. € χωρίς να έχει υπολογιστεί η συντήρηση του δικτύου. Συνοψίζοντας, το συνολικό OPEX του ΗΡΗΤ δικτύου στην Ελλάδα κυμαίνεται πάνω από τα 20 εκατ. € (συμπεριλαμβανομένης της συντήρησης του δικτύου της EPT) και άρα επιβεβαιώνεται η αρχική παραδοχή των 24 εκατ. € που θα χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Τέλος, για την πληρότητα της ανάλυσης, να

σημειωθεί ότι η EPT θα μπορούσε να παρέχει τις τηλεοπτικές της υπηρεσίες με πολύ χαμηλότερο κόστος σε όλη την ελληνική επικράτεια αν είχαν προχωρήσει οι διαγωνισμοί προμήθειας πομπών DTT και δεν αναγκαζόταν να ενοικιάζει τις υπηρεσίες από την Digea.

Συγκρίνοντας το OPEX της πλατφόρμας LPLT με το αντίστοιχο του HPHT δικτύου (30 εκατ. € έναντι 24 εκατ. €) διαπιστώνεται ότι το επαυξητικό λειτουργικό κόστος του πρώτου είναι θετικό. Το αποτέλεσμα αυτό έρχεται σε αντίθεση με τα δεδομένα της έρευνας της Plum/Farncombe όπου το OPEX του LPLT είναι μικρότερο του HPHT (αν και αναφέρονται επιφυλάξεις για το αντίθετο).

Συνεχίζοντας τις βασικές παραδοχές καταγράφονται τα ακόλουθα:

- 45 εκατ. € κοστολογείται η ανάπτυξη της νέας πλατφόρμας και η υλοποίηση (περιλαμβάνονται κόστη προδιαγραφών, πιστοποίησης, μάρκετινγκ, ρυθμιστικές αλλαγές, κ.α.).
- Θα θεωρηθεί περίοδος 5 χρόνων ταυτόχρονης λειτουργίας των δικτύων LPLT και HPHT με αναβαθμίσεις 20% των σταθμών ετησίως.
- Το κόστος των ειδικών συσκευών/αποκωδικοποιητών (STBs) ανά νοικοκυριό και ανά τηλεόραση θα τεθεί στα 70 € για το LTE και μηδενικό για το DVB. Θα υποθεθεί ότι στο διάστημα από την απόφαση για την υλοποίηση του έργου (2020) έως και την τελική υλοποίηση (6 χρόνια μετά), το 50% των εγκατεστημένων δεκτών θα είναι ήδη συμβατοί (LTE-ready) ενώ το υπόλοιπο 50% θα χρήζει αναβάθμισης.
- Έξοδα διαχείρισης μετάβασης (switchover) 20 εκατ. € (υψηλός αντίκτυπος OTT) ή 50 εκατ. €. (χαμηλός αντίκτυπος OTT).
- Κατά μέσο όρο 10 εκατ. € ανά χώρα για επανασχεδιασμό του φάσματος ώστε να αποφευχθούν οι διασυννοριακές παρεμβολές.
- Κατά μέσο όρο 35 εκατ. € για τον επανασυντονισμό του εθνικού δικτύου HPHT (κατά αναλογία στον πληθυσμό της Ελλάδας). Στο [30] τα κόστη μετάβασης (εκκαθάριση της ζώνης των 700 MHz) για την περίπτωση της Ελλάδας έχουν υπολογιστεί κατά ανώτατο όριο στα 20,2 εκατ. €. Δεν μπορεί να γίνει άμεση σύγκριση των αποτελεσμάτων και επομένως θα τεθούν στα 35 εκατ. € με κάθε επιφύλαξη.
- 5% των νοικοκυριών θα χρειαστούν νέες κεραιές υψηλής διεκρίνισης (discrimination) για να λαμβάνουν τηλεοπτικό περιεχόμενο και από περιφερειακά SFN με κόστος 200 € έκαστη.

## 7.5 Ανάλυση αποτελεσμάτων

Στους υπολογισμούς που θα παρουσιαστούν όλα τα κόστη και οφέλη είναι εκφρασμένα σε τιμές του 2014 χρησιμοποιώντας προεξοφλητικό επιτόκιο (discount rate) 4% και η περίοδος μελέτης είναι 20 χρόνια.

**CAPEX δικτύου LPLT** (επιλογή LTE ή DVB): Περιλαμβάνει την αναβάθμιση των BTS και το κόστος της CP.

**NPV OPEX LPLT** (LTE ή DVB) έναντι **NPV OPEX HPHT**: διαφορά λειτουργικών εξόδων για περίοδο 20 χρόνων προεξοφλημένα στο 2014.

**Κόστη χρηστών**: Κόστος αναβάθμισης STB, επαναπροσανατολισμός κεραιών και έξοδα διαχείρισης μετάβασης ανάλογα της επίδρασης OTT/IPTV.

**Κόστη αλλαγών στο φάσμα**: Κόστος επανασυντονισμού δικτύου HPHT, επανασχεδιασμός φάσματος για αποφυγή παρεμβολών και κόστος νέων κεραιών.

**Πίνακας 7: Αποτελέσματα – Αντίκτυπος ΟΤΤ/IPTV**

LTE / 100 Mbps NPV (εκατ. €)	Αντίκτυπος ΟΤΤ/IPTV	
	Χαμηλός	Υψηλός
CAPEX LPLT	199	199
OPEX LPLT – OPEX ΗΡΗΤ	112	112
Κόστη χρηστών	250	78
Κόστη αλλαγών στο φάσμα	71	54
Συνολικά επauξητικά κόστη	633	443
Συνολικά επauξητικά οφέλη		
Κάτω όριο	146	146
Μέση τιμή	385	385
Άνω όριο	625	625

Συγκρίνοντας τα επauξητικά κόστη και οφέλη στην επιλογή LTE και φόρτο 100 Mbps διαπιστώνει κανείς ότι μόνο κάτω από το σενάριο του υψηλού αντίκτυπου ΟΤΤ/IPTV προκύπτουν καθαρά οφέλη, υπό την προϋπόθεση ότι η αξία του φάσματος εκτιμάται πάνω από τη μέση τιμή της. Η στροφή των χρηστών προς τις υπηρεσίες ΟΤΤ/IPTV έχει σημαντική επίδραση στον αριθμό των δεκτών τηλεόρασης που θα χρειάζονται αναβάθμιση για υποστήριξη του LTE.

**Πίνακας 8: Αποτελέσματα – LTE/DVB**

100 Mbps NPV (εκατ. €)	Χαμηλός αντίκτυπος ΟΤΤ/IPTV	
	LTE	DVB
CAPEX LPLT	199	210
OPEX LPLT – OPEX ΗΡΗΤ	112	131
Κόστη χρηστών	250	89
Κόστη αλλαγών στο φάσμα	71	71
Συνολικά επauξητικά κόστη	633	501
Συνολικά επauξητικά οφέλη		
Κάτω όριο	146	165
Μέση τιμή	385	435
Άνω όριο	625	704

Συγκρίνοντας τις δύο διαφορετικές επιλογές για την πλατφόρμα (LTE ή DVB) με χαμηλό αντίκτυπο ΟΤΤ/IPTV, παρατηρείται η μείωση στα συνολικά κόστη στην επιλογή DVB που οφείλεται στο ότι δεν υπάρχει πλέον η ανάγκη αναβάθμισης των δεκτών. Επιπλέον ακόμα και στην περίπτωση του DVB που τα οφέλη είναι υψηλότερα λόγω της καλύτερης φασματικής του απόδοσης, η ανάλυση βγαίνει αρνητική εκτός αν υποτεθεί το άνω όριο αξίας φάσματος.

**Πίνακας 9: Αποτελέσματα – 100/150 Mbps**

LTE NPV (εκατ. €)	Χαμηλός αντίκτυπος ΟΤΤ/IPTV	
	100 Mbps	150 Mbps
CAPEX LPLT	199	199
OPEX LPLT – OPEX ΗΡΗΤ	112	112
Κόστη χρηστών	250	250
Κόστη αλλαγών στο φάσμα	71	71
Συνολικά επαυξητικά κόστη	633	633
Συνολικά επαυξητικά οφέλη		
Κάτω όριο	146	123
Μέση τιμή	385	328
Άνω όριο	625	533

Μεταβάλλοντας την απαιτούμενη χωρητικότητα, άρα πρακτικά τον αριθμό των καναλιών που δύναται να εξυπηρετήσει η πλατφόρμα, παρατηρείται ότι η αύξηση στα 150 Mbps οδηγεί σε ακόμα πιο αρνητικά αποτελέσματα λόγω της μικρότερης απελευθέρωσης φάσματος που επιτυγχάνεται.

**Πίνακας 10: Αποτελέσματα – ευνοϊκότερο σενάριο**

100 Mbps NPV (εκατ. €)	Υψηλός αντίκτυπος ΟΤΤ/IPTV	
	LTE	DVB
CAPEX LPLT	199	210
OPEX LPLT – OPEX ΗΡΗΤ	112	131
Κόστη χρηστών	78	33
Κόστη αλλαγών στο φάσμα	54	54
Συνολικά επαυξητικά κόστη	443	427
Συνολικά επαυξητικά οφέλη		
Κάτω όριο	146	165
Μέση τιμή	385	435
Άνω όριο	625	704

Υπό την προϋπόθεση ότι οι υπηρεσίες ΟΤΤ/IPTV θα γίνουν ιδιαίτερα ελκυστικές προς τους χρήστες (υψηλός αντίκτυπος), η ανάλυση για πρώτη φορά έχει θετικό πρόσημο ακόμα και για τη μέση τιμή φάσματος, στην περίπτωση που επιλεχθεί το DVB ως πρότυπο ευρυεκπομπής των τηλεοπτικών καναλιών αλλά με LPLT πια τοπολογία δικτύου. Στην περίπτωση του LTE προκύπτουν θετικά αποτελέσματα μόνο για το άνω όριο αξίας φάσματος.



## 7.6 Ανάλυση ευαισθησίας

Κάποιες από τις παραμέτρους που χρησιμοποιήθηκαν στο μοντέλο ενέχουν υψηλή αβεβαιότητα και επομένως μεταβολή των τιμών τους οδηγεί σε σημαντικές διαφορές στα αποτελέσματα της ανάλυσης. Οι 2 κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά την έξοδο του μοντέλου είναι ο αριθμός των σταθμών βάσης που χρειάζονται αναβάθμιση καθώς και το ποσοστό αυτών που απαιτούν εκτεταμένες εργασίες. Θα εξεταστούν από κοινού οι εξής 2 αλλαγές:

1. Μείωση των σταθμών βάσης κατά 30%, από 2574 σε 1800.
2. Ποσοστό αυτών που χρειάζονται εκτεταμένη αναβάθμιση από 25% στο 10%.

Πίνακας 11: Αποτελέσματα ανάλυσης ευαισθησίας (1)

LTE / 100 Mbps NPV (εκατ. €)	Αντίκτυπος ΟΤΤ/IPTV	
	Χαμηλός	Υψηλός
CAPEX LPLT	131	131
OPEX LPLT – OPEX ΗΡΗΤ	-69	-69
Κόστη χρηστών	250	78
Κόστη αλλαγών στο φάσμα	71	54
Συνολικά επαυξητικά κόστη	383	194
Συνολικά επαυξητικά οφέλη		
Κάτω όριο	146	146
Μέση τιμή	385	385
Άνω όριο	625	625

Παρατηρεί κανείς ότι οι παραπάνω μεταβολές οδήγησαν σε θετικά αποτελέσματα (οριακά) ακόμα και στην περίπτωση του χαμηλού αντίκτυπου ΟΤΤ/IPTV και με μέση τιμή φάσματος. Προφανώς, στην περίπτωση του υψηλού αντίκτυπου, προκύπτουν πλέον σημαντικά οφέλη που γίνονται ακόμα περισσότερο αισθητά αν επιλεγεί το DVB ως τεχνολογία ευρυεκπομπής.

Αντίθετα η αύξηση των σταθμών βάσης κατά 30% (από 2574 σε 3340) και ταυτόχρονα ποσοστό αυτών με εκτεταμένες αναβαθμίσεις από 25% στο 40%, οδηγεί σε αρνητικά αποτελέσματα ακόμα και στην περίπτωση του ευνοϊκότερου σεναρίου που είχε περιγραφεί ανωτέρω.

**Πίνακας 12: Αποτελέσματα ανάλυσης ευαισθησίας (2)**

100 Mbps NPV (εκατ. €)	Υψηλός αντίκτυπος ΟΤΤ/IPTV	
	LTE	DVB
CAPEX LPLT	285	299
OPEX LPLT – OPEX ΗΡΗΤ	354	379
Κόστη χρηστών	78	33
Κόστη αλλαγών στο φάσμα	54	54
Συνολικά επαυξητικά κόστη	771	764
Συνολικά επαυξητικά οφέλη		
Κάτω όριο	146	165
Μέση τιμή	385	435
Άνω όριο	625	704

Κάποια τελευταία συμπεράσματα είναι τα ακόλουθα:

- Το υψηλό ποσοστό διείσδυσης DTT στην Ελλάδα (70% το 2014) επιδρά αρνητικά στα αποτελέσματα.
- Η γεωγραφία της Ελλάδας και η αντίστοιχη κατανομή πληθυσμού συγκριτικά με πιο πυκνοκατοικημένες και πολυπληθέστερες χώρες μειώνει το οικονομικό όφελος.
- Αν μειωθεί η απαιτούμενη χωρητικότητα κάτω από τα 100 Mbps (εφικτό με DVB-T2/HEVC), τα προκύπτοντα οφέλη αυξάνονται.

### 7.7 Εναλλακτική τεχνοοικονομική προσέγγιση για τη ζώνη 470-694 MHz

Η μεθοδολογία που ακολουθείται στο [82] για τη μελλοντική χρήση της ζώνης 470-694 MHz βασίζεται στη σύγκριση των ακόλουθων 2 σεναρίων:

1. Η ζώνη εξακολουθεί να χρησιμοποιείται από την DTT και δεν διατίθεται ραδιοφάσμα για κινητές υπηρεσίες.
2. Η επίγεια ψηφιακή τηλεόραση διακόπτει τη λειτουργία της και οι καταναλωτές μετακινούνται σε εναλλακτικές πλατφόρμες διανομής (δορυφορική, καλωδιακή, IPTV). Συνεπακόλουθα τα 224 MHz της ζώνης διατίθενται για κινητές ευρυζωνικές υπηρεσίες.

Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει τα επαυξητικά κόστη και οφέλη του 2<sup>ου</sup> σεναρίου που προκύπτουν από τη μετάβαση.

**Πίνακας 13: Επαυξητικά κόστη και οφέλη [82]**

<b>Μετρήσιμα κόστη</b>	<b>Μετρήσιμα οφέλη</b>
<p>Εφάπαξ κόστος καταναλωτών για την απόκτηση και εγκατάσταση απαραίτητου εξοπλισμού (π.χ., δορυφορικό πιάτο, STB, κτλ.)</p> <p>Τρέχοντα έξοδα για τη βελτίωση των εναλλακτικών πλατφόρμων ώστε να προσφέρουν υπηρεσίες αντίστοιχες με την DTT (κόστη αναμεταδοτών (transponder), δορυφορική χωρητικότητα κτλ.)</p> <p>Αντίκτυπος ύπαρξης λιγότερων σε αριθμό ανταγωνιστικών πλατφόρμων (συνέπεια της μετάβασης)</p>	<p>Χαμηλότερες τιμές υπηρεσιών στους καταναλωτές λόγω του επιπρόσθετου φάσματος των 224 MHz που διατίθεται στους κινητούς παρόχους.</p> <p>Εξοικονόμηση λειτουργικού κόστους δικτύου DTT (ηλεκτρική ενέργεια, προσωπικό, συντήρηση και αναβαθμίσεις εξοπλισμού) μείον το εφάπαξ κόστος παροπλισμού του δικτύου DTT.</p>
<b>Μη μετρήσιμα κόστη</b>	<b>Μη μετρήσιμα οφέλη</b>
<p>Μη διαθέσιμο ραδιοφάσμα για PMSE, ραδιοαστρονομία και εφαρμογές λευκών φασματικών κενών.</p> <p>Μερική απώλεια πρόσβασης σε τοπικά τηλεοπτικά κανάλια.</p> <p>Απώλεια λόγω της προτίμησης της DTT από κάποιους χρήστες.</p>	<p>Πιθανή επιτάχυνση στην ενσωμάτωση ευρυζωνικών υπηρεσιών υψηλών ταχυτήτων.</p>

Η οικονομική αξιολόγηση γίνεται για μια περίοδο 15 ετών (2015-2029) με χρήση προεξοφλητικού επιτοκίου 3,5% για τον υπολογισμό της NPV.

Αξιοσημείωτες παρατηρήσεις που τεκμαίρονται από την ανάλυση είναι οι ακόλουθες:

- Τα κόστη και οφέλη χρήσης του φάσματος για την DTT στις χώρες της Ευρώπης παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις λόγω διαφορετικών επιπέδων διείσδυσης DTT, διαθεσιμότητας εναλλακτικών πλατφόρμων κ.α.
- Τα μεγαλύτερο μέρος στα κόστη αφορά στον εξοπλισμό στο χώρο του πελάτη (CPE).
- Το οικονομικό όφελος από την διάθεση του φάσματος στις κινητές επικοινωνίες εξαρτάται άμεσα από τις προβλέψεις κίνησης δεδομένων.
- Τα συνολικά επαυξητικά κόστη της μετάβασης είναι 4 φορές μεγαλύτερα του οφέλους.
- Συμφωνεί με την υπόδειξη στην «έκθεση Lamy» να επανεξεταστεί το θέμα το 2025, αφού υπάρχει μεγάλη αβεβαιότητα στο πως θα εξελιχθούν οι τάσεις κατανάλωσης μακροπρόθεσμα.

## 8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΜΙΑ ΜΑΤΙΑ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

Η σύγκλιση ραδιοτηλεοπτικών μεταδόσεων και κινητών επικοινωνιών ήδη υφίσταται σε επίπεδο υπηρεσιών και εφαρμογών. Η προοπτική της επέκτασης της σύγκλισης σε επίπεδο υποδομών αποτελεί μια πρόκληση που δυνητικά μπορεί να επιλύσει τόσο τις αυξημένες ανάγκες των κινητών επικοινωνιών για πρόσθετη χωρητικότητα όσο και τις νέες μορφές και απαιτήσεις κατανάλωσης τηλεοπτικού περιεχομένου. Οι επερχόμενες τεχνολογίες 5<sup>ης</sup> γενιάς θα διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο στην προετοιμασία για μια ενιαία αντιμετώπιση της σύγκλισης όπου τα ενδιαφερόμενα μέρη θα συνειδητοποιήσουν την αξία των συνεργατικών στρατηγικών. Παρόλο που υπάρχουν τεχνικές λύσεις ικανές να προσφέρουν αυξημένη φασματική απόδοση και πρόσβαση τόσο σε σταθερούς όσο και σε κινητούς χρήστες, προερχόμενες αμιγώς είτε από το δίκτυο επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης είτε από τα δίκτυα κινητών επικοινωνιών, η εμπέδωση της συνεργατικής αξιοποίησης των δύο διαφορετικών δικτύων θα μεταφέρει το επίκεντρο της συζήτησης από τον ανταγωνισμό για ραδιοφάσμα και για μερίδιο αγοράς, στον συνανταγωνισμό για νέα επιχειρηματικά μοντέλα και υπηρεσίες αυξημένης προστιθέμενης αξίας.

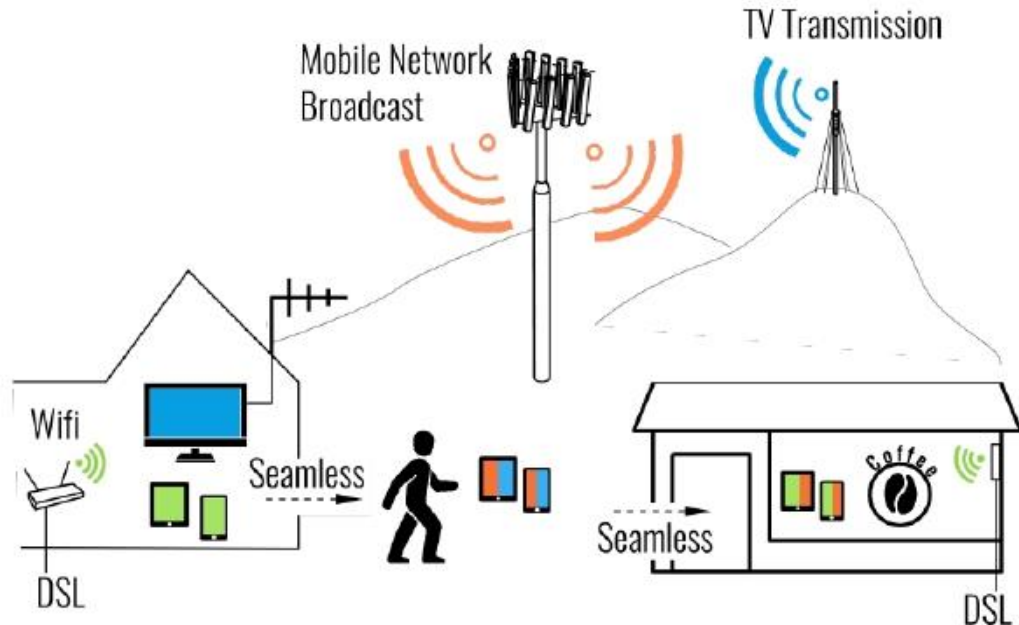
Η μετάβαση σε ένα εντελώς νέο μοντέλο οπτικοακουστικών υπηρεσιών δεν μπορεί να γίνει από τη μια στιγμή στην άλλη. Στη διαδικασία αυτή προτάθηκαν λύσεις που αξιοποιούν τα υφιστάμενα δίκτυα και υποδομές (SDL) ώστε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της αυξημένης κίνησης δεδομένων των κινητών επικοινωνιών. Η ευέλικτη χρήση του ραδιοφάσματος UHF, με δυναμική εκχώρηση πόρων για ευρυεκπομπή και μονοεκπομπή, μπορεί να αποτελέσει το μεταβατικό στάδιο έως ότου οι όποιες αβεβαιότητες της αγοράς (αντίκτυπος OTT/IPTV) περιοριστούν σημαντικά και γίνει πιο ξεκάθαρη η τεχνική εφικτότητα της σύγκλισης. Εξάλλου και οι αποφάσεις σε επίπεδο E.E. σχετικά με τη χρήση του ραδιοφάσματος προς αυτή την κατεύθυνση κινούνται. Η εναρμονισμένη ρυθμιστική προσέγγιση, λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες των κρατών-μελών, θα βοηθήσει τόσο στην επίτευξη των στόχων της ενιαίας ψηφιακής αγοράς όσο και στην απόκτηση ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος στην παγκόσμια αγορά.

Στο πλαίσιο της διημερίδας της EBU “Forecast 2017” που έγινε στις 23-24 Νοεμβρίου του 2017 στη Γενεύη, μεταξύ άλλων, παρουσιάστηκαν τεχνολογίες που στοχεύουν στην βελτίωση της αξιοποίησης του ραδιοφάσματος όπως η τεχνική πολυπλεξίας LDM και η τεχνική ευρυεκπομπής WiB. Η πρώτη στοχεύει στη μετάδοση από το ίδιο κανάλι RF 2 πολυπλεγμένων ροών δεδομένων με διαφορετικά χαρακτηριστικά (κατώφλι SNR, χωρητικότητα, κ.α.), που το μεν πρώτο σήμα (άνω στρώμα) θα εξυπηρετεί κινητές υπηρεσίες ενώ το δεύτερο σήμα (κάτω στρώμα) μπορεί να είναι ένα σήμα DVB-T2 για μετάδοση υπηρεσιών υψηλής χωρητικότητας (π.χ. βίντεο UHD). Το WiB έχει να κάνει με τη μείωση του παράγοντα επαναχρησιμοποίησης (reuse factor) στο 1, όπου πρακτικά όλοι οι πομποί DTT θα χρησιμοποιούν όλο το διαθέσιμο φάσμα UHF μοιράζοντας τη μεταδιδόμενη ισχύ εξίσου στα κανάλια UHF.

Στο πλαίσιο της ίδιας διημερίδας, στην ερώτηση για το αν μπορεί να προβλεφθεί το μέλλον της τεχνολογίας οι περισσότεροι απάντησαν (66%) πως όχι<sup>1</sup>. Σε κάποια άλλα ερωτήματα όμως οι απαντήσεις είναι συντριπτικά πιο κατηγορηματικές. Το μέλλον είναι σίγουρα το ίντερνετ και η ευρυζωνικότητα. Τα μέλη της EBU, αντιλαμβανόμενα τις προκλήσεις του μέλλοντος, συμμετέχουν σε μια σειρά από έργα σε συνεργασία με την 3GPP όπως το 5G-Today και το 5G-Xcast. Το πρώτο, αφορά στην ανάπτυξη και σε

<sup>1</sup> <https://tech.ebu.ch/forecast17> Οι παρουσιάσεις είναι διαθέσιμες μόνο στα μέλη της EBU και τους συμμετέχοντες στο συνέδριο.

εκτεταμένες δοκιμές του FeMBMS (eMBMS rel'14), συμπεριλαμβανομένων και των τοπολογιών ΗΡΗΤ. Το δεύτερο, δεν θα περιγραφεί τεχνικά, αλλά με μια εικόνα που συνάδει απόλυτα με τον τρόπο που ο συγγραφέας της παρούσας διπλωματικής εργασίας αντιλαμβάνεται την μελλοντική εμπειρία τηλεθέασης.



Σχήμα 46: 5G-Xcast όραμα σύγκλισης [83]

Ο χρήστης παρακολουθεί ένα ζωντανό βίντεο στο σπίτι από το κινητό του μέσω του σταθερού ευρυζωνικού δικτύου. Στη συνέχεια αποφασίζει να φύγει από το σπίτι όπου προφανώς το σταθερό δίκτυο είναι εκτός εμβέλειας, αλλά ο χρήστης εξακολουθεί να βλέπει το βίντεο χωρίς καμία διακοπή χρησιμοποιώντας τη σύνδεση του κινητού του. Αργότερα ο χρήστης μετακινείται σε μια άλλη περιοχή που καλύπτεται από το δίκτυο της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας και ανάλογα με τη δημοτικότητα του περιεχομένου, ο τρόπος διανομής μεταβάλλεται από PTP σε PTM και αντίστροφα, ενώ ο χρήστης θα μπορεί να παρακολουθεί απρόσκοπτα το βίντεο μετακινούμενος εντός και εκτός εμβέλειας των τριών διαφορετικών δικτύων.

Η διπλωματική εργασία κλείνει με τις φράσεις που ειπώθηκαν σε ένα μέσο κοινωνικής δικτύωσης από έναν επιστήθιο φίλο μου που υπηρετεί τα ραδιοηλεκτρονικά μέσα επί σειρά ετών.

*«Χωρίς την τεχνολογία το περιεχόμενο δεν αξιοποιείται, η πρώτη ύλη χωρίς εργαλεία είναι παντελώς άχρηστη πλέον»*

*«Αν έχεις την τεχνολογία εξελίσσεις το περιεχόμενο, ετοιμάσου να βάλεις το κυρίως περιεχόμενο σου εκεί που σε οδηγεί η τεχνολογία»*

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ

Ξενόγλωσσος όρος	Ελληνικός όρος	Ξενόγλωσσος όρος	Ελληνικός όρος
<b>Adaptability</b>	Προσαρμοσιμότητα	<b>Middleware</b>	Μεσισμικό, εξατομικευμένο λογισμικό
<b>Adjacent channel interference</b>	Παρεμβολή παρακείμενων καναλιών	<b>Mixed carrier</b>	Μεικτού φέροντος
<b>Allotment</b>	Περιοχή απονομής	<b>Mobility</b>	Κινητότητα
<b>Assignment</b>	Καταχώρηση	<b>Multicast</b>	Πολυεκπομπή
<b>Availability</b>	Διαθεσιμότητα	<b>Multimedia</b>	Πολυμεσικός, πολυμέσα
<b>Bandwidth</b>	Εύρος ζώνης	<b>Multiplexer</b>	Πολυπλέκτης
<b>Base station</b>	Σταθμός βάσης	<b>Multiplexing</b>	Πολυπλεξία
<b>Benchmark</b>	Σημείο αναφοράς συγκριτικής αξιολόγησης	<b>Network externalities</b>	Εξωτερικότητες δικτύου
<b>Best effort</b>	Βέλτιστη προσπάθεια	<b>Neutrality</b>	Ουδετερότητα
<b>Bi-directional</b>	Δικατευθυντικός	<b>Niche</b>	Εξειδικευμένος
<b>Broadcast</b>	Ευρυεκπομπή	<b>Offload</b>	Εκφόρτωση
<b>Business models</b>	Επιχειρηματικά μοντέλα	<b>On demand</b>	Κατ' απαίτηση
<b>Capacity</b>	Χωρητικότητα	<b>Opportunistic</b>	Ευκαιριακός
<b>*Catch-up</b>	<i>*Περιγράφεται στο κείμενο</i>	<b>Payload</b>	Ωφέλιμος φόρτος
<b>Cell</b>	Κυψέλη	<b>Pay-TV</b>	Συνδρομητική τηλεόραση
<b>Center gap</b>	Κεντρικό διάκενο	<b>Personalized</b>	Εξατομικευμένος
<b>Channel coding</b>	Κωδικοποίηση καναλιού	<b>Physical layer</b>	Φυσικό στρώμα
<b>Co-channel</b>	Ομοκαναλικός	<b>Portability</b>	Φορητότητα
<b>Cognitive radio</b>	Γνωσιακή ραδιοεπικοινωνία	<b>Preamble</b>	Προοίμιο
<b>Connectivity</b>	Συνδετικότητα, συνδεσιμότητα	<b>Producer surplus</b>	Πλεόνασμα παραγωγού
<b>Converged</b>	Συγκεκλιμένος	<b>Reallocation</b>	Ανακατανομή

<b>Coopetition</b>	Συνανταγωνισμός	<b>Refarming</b>	Αναδασμός φάσματος
<b>Co-primary</b>	Συμπρωτεύουσα	<b>Reference pilots</b>	Πιλότοι αναφοράς
<b>Cost drivers</b>	Οδηγοί κόστους	<b>Reliability</b>	Αξιοπιστία
<b>Destructive interference</b>	Καταστρεπτική συμβολή	<b>Repurposing</b>	Αναδιάθεση
<b>Differentiation</b>	Διαφοροποίηση	<b>Re-stacking</b>	Επανατοποθέτηση
<b>Digital Dividend</b>	Ψηφιακό μέρισμα	<b>Return channel</b>	Κανάλι επιστροφής
<b>Direct sales</b>	Άπευθείας πωλήσεις	<b>Revenue sharing</b>	Διαμοιρασμός εσόδων
<b>Discount rate</b>	Προεξοφλητικό επιτόκιο	<b>Scalability</b>	Κλιμακοθετησιμότητα
<b>Downlink</b>	Κατερχόμενη ζεύξη	<b>Segmentation</b>	Τμηματοποίηση
<b>Economies of scale</b>	Οικονομίες κλίμακας	<b>Server</b>	Εξυπηρετητής
<b>Encoding</b>	Κωδικοποίηση	<b>Shared spectrum access</b>	Μεριζόμενη πρόσβαση φάσματος
<b>End-to-end</b>	Διατερματικός	<b>Simulcast</b>	Ταυτόχρονη εκπομπή
<b>eNodeB</b>	Σταθμός βάσης LTE/LTE-A	<b>Site</b>	Σταθμότοπος
<b>Feedback</b>	Ανάδραση	<b>Software</b>	Λογισμικό
<b>Firmware</b>	Σταθερισμικό	<b>Source coding</b>	Κωδικοποίηση πηγής
<b>Flexible</b>	Ευέλικτος	<b>Spectral Efficiency</b>	Φασματική απόδοση
<b>Format</b>	Μορφότυπος	<b>Stakeholders</b>	Ενδιαφερόμενα μέρη
<b>Framework</b>	Πλαίσιο	<b>Standardization</b>	Προτυποποίηση, τυποποίηση
<b>Gap filler</b>	Πληρωτής κενών	<b>Streaming</b>	Ροοθήκευση, μετάδοση σε πραγματικό χρόνο
<b>Geo-location</b>	Γεωγραφικός εντοπισμός	<b>Subframes</b>	Υποπλαίσια
<b>Harmonized</b>	Εναρμονισμένος	<b>Time interleaving</b>	Χρονική διεμπλοκή
<b>High-level group</b>	Ομάδα υψηλού επιπέδου	<b>Time-shifted</b>	Χρονικά μετατοπισμένο
<b>Hybrid</b>	Υβριδικός	<b>Transceiver</b>	Πομποδέκτης
<b>In-band</b>	Ενδοζωνικά	<b>Transition cost</b>	Κόστος μετάβασης
<b>In-building</b>	Ενδοκτιριακός	<b>Transponder</b>	Αναμεταδότης



<b>Incremental</b>	Επαυξητικός	<b>Underutilized</b>	Υπο-χρησιμοποιούμενος, ανεκμετάλλευτος
<b>Integrated</b>	Ενοποιημένος	<b>Unicast</b>	Μονοεκπομπή
<b>Interactivity</b>	Διαδραστικότητα	<b>Uplink</b>	Ανερχόμενη ζεύξη
<b>Latency</b>	Λανθάνουσα καθυστέρηση	<b>User-orientation</b>	Προσανατολισμός στον χρήστη
<b>Linear/non-linear</b>	Γραμμικός/μη-γραμμικός	<b>Value added</b>	Προστιθέμενη αξία
<b>Lock-in</b>	Εγκλωβισμός	<b>Value chain</b>	Αλυσίδα αξίας
<b>Macro-cell</b>	Μακροκυψέλη	<b>White spaces</b>	Λευκά φασματικά κενά

## ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

<b>3GPP</b>	3rd Generation Partnership Project	Σχέδιο σύμπραξης 3 <sup>ης</sup> γενιάς
<b>4G</b>	4th Generation	4ης γενιάς
<b>5G</b>	5th Generation	5ης γενιάς
<b>*AAL</b>	Anticipatory Action Learning	<i>*Περιγράφεται στο κείμενο</i>
<b>ASI</b>	Asynchronous Serial Interface	Ασύγχρονη σειριακή διεπαφή
<b>ATSC</b>	Advanced Television Systems Committee	Επιτροπή προηγμένων τηλεοπτικών συστημάτων
<b>ATSC-M/H</b>	Advanced Television Systems Committee - Mobile/Handheld	Επιτροπή προηγμένων τηλεοπτικών συστημάτων - Κινητή/Χειρόφερτη
<b>BTS</b>	Base Transceiver Station	Σταθμός πομποδοκτών βάσης
<b>CA</b>	Carrier Aggregation	Συνάθροιση φερόντων
<b>CAGR</b>	Compound Annual Growth Rate	Αθροιστικό ετήσιο ποσοστό αύξησης, σύνθετος ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης
<b>CAPEX</b>	Capital Expenditure	Δαπάνες κεφαλαίου
<b>CBS</b>	Common Broadcasting Specification	Κοινή προδιαγραφή ευρυεκπομπής
<b>CEPT</b>	European Conference of Postal and Telecommunications Administrations	Ευρωπαϊκή Διάσκεψη των Ταχυδρομικών και Τηλεπικοινωνιακών Οργανισμών
<b>CMMB</b>	China Mobile Multimedia Broadcasting	Κινητή πολυμεσική ευρυεκπομπή Κίνας
<b>CP(1)</b>	Cyclic Prefix	Κυκλικό πρόθεμα
<b>CP(2)</b>	Converged Platform	Συγκεκλιμένη πλατφόρμα
<b>CPE</b>	Customer Premises Equipment	Εξοπλισμός στο χώρο του πελάτη
<b>DAB</b>	Digital Audio Broadcasting	Ψηφιακή ακουστική ευρυεκπομπή
<b>DAE</b>	Digital Agenda for Europe	Ψηφιακό θεματολόγιο για την Ευρώπη
<b>DSM</b>	Digital Single Market	Ενιαία ψηφιακή αγορά
<b>DSP</b>	Digital Signal Processing	Ψηφιακή επεξεργασία σήματος
<b>DTH</b>	Direct-to-Home	Απευθείας στο σπίτι
<b>DTT</b>	Digital Terrestrial Television	Επίγεια ψηφιακή τηλεόραση
<b>DVB-H</b>	Digital Video Broadcasting - Handheld	Ψηφιακή βιντεοεκπομπή - Χειρόφερτη

<b>DVB-NGH</b>	Digital Video Broadcasting - Next Generation Handheld	Ψηφιακή βιντεοεκπομπή - Χειρόφερτη επόμενη γενιάς
<b>DVB-SH</b>	DVB-Satellite services to Handhelds	Δορυφορικές υπηρεσίες σε χειρόφερτες συσκευές
<b>DVB-T/T2</b>	Digital Video Broadcasting - Terrestrial/2 <sup>nd</sup> generation	Ψηφιακή βιντεοεκπομπή – Επίγεια /2 <sup>ης</sup> γενιάς
<b>EBU</b>	European Broadcasting Union	Ευρωπαϊκή ραδιοτηλεοπτική ένωση
<b>eMBMS</b>	Evolved Multimedia Broadcast Multicast Services	Εξελιγμένες πολυμεσικές υπηρεσίες ευρυεκπομπής πολυεκπομπής
<b>ERP</b>	Effective Radiated Power	Ενεργός ακτινοβολούμενη ισχύς
<b>ETSI</b>	European Telecommunications Standards Institute	Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων
<b>FDD</b>	Frequency Division Duplexing	Συχνοδιαιρετική αμφίδρομη επικοινωνία
<b>FEC</b>	Forward Error Correction	Εμπροσθόδοτη διόρθωση σφάλματος
<b>FEF</b>	Future Extension Frames	Μελλοντικά πλαίσια επέκτασης
<b>FeMBMS</b>	Further enhanced MBMS	Βελτιωμένο eMBMS (έκδοση '14)
<b>FOBTV</b>	Future of Broadcast TV	Πρωτοβουλία για το μέλλον της τηλεόρασης
<b>GDP</b>	Gross Domestic Product	Ακαθάριστο εγχώριο προϊόν
<b>GE06</b>	Geneva 2006	Γενεύη 2006
<b>GI</b>	Guard Interval	Διάστημα φύλαξης
<b>HbbTV</b>	Hybrid Broadcast Broadband TV	Υβριδική τηλεόραση ευρυεκπομπής-ευρυζωνική
<b>HD</b>	High Definition	Υψηλή ευκρίνεια
<b>HEVC</b>	High Efficiency Video Coding	Κωδικοποίηση Βίντεο Υψηλής Αποδοτικότητας
<b>HPHT</b>	High-Power High-Tower	Υψηλός πυλώνας υψηλής ισχύος
<b>IoT</b>	Internet of Things	Διαδίκτυο των πραγμάτων
<b>IPTV</b>	Internet Protocol TV	Τηλεόραση μέσω πρωτοκόλλου Ίντερνετ
<b>ISD</b>	Inter-Site Distance	Διασταθμοτοπική απόσταση
<b>ITU</b>	International Telecommunication Union	Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών
<b>KPI</b>	Key Performance Indicators	Βασικοί δείκτες επιδόσεων
<b>LDM</b>	Layered Division Multiplexing	Πολυπλεξία με διαίρεση στρωμάτων
<b>LPLT</b>	Low-Power Low-Tower	Χαμηλός πυλώνας χαμηλής ισχύος

<b>LSA</b>	Licensed Shared Access	Αδειοδοτημένη πρόσβαση φάσματος
<b>LTE</b>	Long Term Evolution Network	Δίκτυο Μακροχρόνιας Εξέλιξης
<b>LTE-A</b>	Long Term Evolution - Advanced	Δίκτυο Μακροχρόνιας Εξέλιξης – Εξελιγμένο
<b>M2M</b>	Machine to Machine	Μηχανή προς μηχανή
<b>MBB</b>	Mobile Broadband	Κινητή ευρυζωνικότητα
<b>MEC</b>	Mobile Edge Computing	Κινητή υπολογιστική στα άκρα του δικτύου
<b>MHEG</b>	Multimedia Hypermedia Expert Group	Ομάδα Εμπειρογνομόνων Πολυμέσων Υπερμέσων
<b>MHP</b>	Multimedia Home Platform	Οικιακή πλατφόρμα πολυμέσων
<b>MIMO</b>	Multiple-Input Multiple-Output	Πολλαπλών εισόδων πολλαπλών εξόδων
<b>MNO</b>	Mobile Network Operator	Πάροχος δικτύου κινητής τηλεφωνίας
<b>MoOD</b>	MBMS operation on Demand	MBMS λειτουργία κατ' απαίτηση
<b>MPEG</b>	Moving Pictures Expert Group	Ομάδα Εμπειρογνομόνων Κινούμενης Εικόνας
<b>MPEG-TS</b>	MPEG-Transport Stream	Ρεύμα μεταφοράς MPEG
<b>NGA</b>	Next Generation Access	Πρόσβαση επόμενης γενιάς
<b>OFDM</b>	Orthogonal Frequency Division multiplexing	Πολυπλεξία ορθογωνικής διαίρεσης συχνότητας
<b>OPEX</b>	Operating Expenses	Λειτουργικά έξοδα
<b>OTT*</b>	Over-the-Top	<i>*Περιγράφεται στο κείμενο</i>
<b>PMSE</b>	Programme Making and Special Events	Εξοπλισμός παραγωγής προγράμματος και ειδικών εκδηλώσεων
<b>PPDR</b>	Public Protection and Disaster Relief	Δημόσια προστασία και αρωγή σε περιπτώσεις καταστροφών
<b>PPV</b>	Pay-per-View	Πληρωμή ανά προβολή
<b>PSM</b>	Public Service Media	Δημόσια μέσα μαζικής ενημέρωσης
<b>PTM</b>	Point-to-Multipoint	Σημιο-πολυσημειακός
<b>PTP</b>	Point-to-Point	Δισημειακός
<b>QAM</b>	Quadrature Amplitude Modulation	Διαμόρφωση πλάτους με ορθογωνισμό φάσης
<b>QoE</b>	Quality of Experience	Ποιότητα εμπειρίας
<b>QoS</b>	Quality of Service	Ποιότητα υπηρεσίας

<b>ROCE</b>	Return On Capital Employed	Απόδοση απασχολούμενου κεφαλαίου
<b>RSPG</b>	Radio Spectrum Policy Group	Ομάδα για την πολιτική ραδιοφάσματος
<b>RSPP</b>	Radio Spectrum Policy Programme	Πρόγραμμα πολιτικής ραδιοφάσματος
<b>SD</b>	Standard Definition	Τυπική ευκρίνεια
<b>SDL</b>	Supplemental Downlink	Συμπληρωματική κατερχόμενη ζεύξη
<b>SFN</b>	Single Frequency Network	Μονοσυχνικό δίκτυο
<b>SNR</b>	Signal to Noise Ratio	Λόγος σήματος προς θόρυβο
<b>STB*</b>	Set-top Box	<i>*Περιγράφεται στο κείμενο</i>
<b>TDD</b>	Time Division Duplexing	Χρονοδιαμετρική αμφίδρομη επικοινωνία
<b>TG6</b>	Task Group 6	Ομάδα εργασίας 6
<b>TOoL</b>	Tower Overlay over LTE	Υπέρθωση πυλώνων από LTE
<b>T(V)WS</b>	TV White Spaces	Λευκά φασματικά κενά
<b>UGC</b>	User Generated Content	Περιεχόμενο δημιουργούμενο από τον χρήστη
<b>UHD</b>	Ultra-High Definition	Υπερυψηλή ευκρίνεια
<b>UHF</b>	Ultra-High Frequency	Υπερ-υψηλή συχνότητα
<b>VoD</b>	Video on Demand	Βίντεο κατ'απαίτηση
<b>WiB</b>	Wideband Broadcasting	Πλατυζωνική ευρυεκπομπή
<b>WLAN</b>	Wireless Local Area Network	Ασύρματα τοπικά δίκτυα
<b>WRAN</b>	Wireless Regional Area Network	Ασύρματα περιφερειακά δίκτυα
<b>WRC</b>	World Radiocommunication Conference	Παγκόσμια διάσκεψη ραδιοεπικοινωνιών
<b>WSD</b>	White Spaces Device	Συσκευή λευκών φασματικών κενών
<b>WTP</b>	Willingness to Pay	Προθυμία να πληρώσω
<b>E.E.</b>	European Union	Ευρωπαϊκή Ένωση
<b>EETT</b>	Hellenic Telecommunications & Post Commission	Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών & Ταχυδρομείων
<b>EPT</b>	Hellenic Broadcasting Corporation	Ελληνική Ραδιοφωνία Τηλεόραση
<b>ΕΣΡ</b>	National Council for Radio & Television	Εθνικό Συμβούλιο Ραδιοτηλεόρασης
<b>ΚΠΑ</b>	Net present value (NPV)	Καθαρή Παρούσα Αξία

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] S. Yrjölä, P. Ahokangas, and P. Talmola, “Scenarios and business models for mobile network operators utilizing the hybrid use concept of the UHF broadcasting spectrum,” *EAI Endorsed Trans. Cogn. Commun.*, vol. 2, no. 7, pp. 1–10, 2016.
- [2] European Commission, “Proposal for a DECISION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the use of the 470-790 MHz frequency band in the Union,” *COM(2016) 43 Final*, pp. 1–14, 2016.
- [3] S. Yrjölä, P. Ahokangas, and P. Talmola, “Incentives for the key stakeholders in the hybrid use of the UHF broadcasting spectrum utilizing Supplemental Downlink: A dynamic capabilities view,” *2014 1st Int. Conf. 5G Ubiquitous Connect.*, pp. 215–221, 2014.
- [4] CEPT, “Long Term Vision for the UHF broadcasting band,” *ECC Rep. 224*, 2014.
- [5] S. Yrjölä, M. Mustonen, M. Matinmikko, and P. Talmola, “LTE broadcast and supplemental downlink enablers for exploiting novel service and business opportunities in the flexible use of the uhf broadcasting spectrum,” *IEEE Commun. Mag.*, vol. 54, no. 7, pp. 76–83, 2016.
- [6] C. P. Lau, A. Alabbasi, and B. Shihada, “An Efficient Live TV Scheduling System for 4G LTE Broadcast,” *IEEE Syst. J.*, pp. 1–12, 2016.
- [7] S. YRJÖLÄ, “Analysis of technology and business antecedents for spectrum sharing in mobile broadband networks,” UNIVERSITY OF OULU, 2017.
- [8] DIGITAG & Analysys Mason, “ROADMAP FOR THE EVOLUTION OF DTT – A bright future for TV.” 2014.
- [9] P. Marques, J. Rodriguez, T. Forde, L. Doyle, K. W. Sung, and J. Lauterjung, “Towards a Unified 5G Broadcast Broadband Architecture,” in *Fundamentals of 5G Mobile Networks*, WILEY, 2015, pp. 191–206.
- [10] European Commission, “Impact assessment accompanying the document SJ-032: Proposal for a Decision of the European Parliament and of the Council on the use of the 470-790 MHz frequency band in the Union,” *SWD(2016) 20 Final*, 2016.
- [11] ITU, “Trends in Broadcasting: AN OVERVIEW OF DEVELOPMENTS.” 2013.
- [12] ITU-R, “*Handbook on Digital Terrestrial Television Broadcasting Networks and Systems Implementation.*” 2016.
- [13] K. Laudan, “Wireless broadband and broadcasting,” 2016. [Online]. Available: <https://www.ceps.eu/events/wireless-broadband-and-broadcasting-new-business-models-and-challenges-spectrum-policy>.
- [14] ERICSSON CONSUMERLAB, “Tv and Media 2017,” pp. 1–16, 2017.
- [15] ERICSSON CONSUMERLAB, “Tv and Media 2016,” pp. 1–16, 2016.
- [16] GSMA, “The Mobile Economy Europe 2015,” 2015.
- [17] GSMA, “The Mobile Economy Europe 2017,” 2017.
- [18] Cisco, “Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2016–2021,” 2017.
- [19] IHS Technology, “Current Market and Technology Trends in the Broadcasting Sector,” 2015.
- [20] Cisco, “Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2015–2020,” 2016.
- [21] Ericsson, “Mobility Report,” *White Pap.*, no. November, 2017.
- [22] Ericsson, “Mobility Report,” *White Pap.*, no. June, 2017.
- [23] ESOA, “BEREC STAKEHOLDERS FORUM MEETING,” *BoR(14) 143*, no. October, pp. 1–8, 2014.
- [24] D.Lewin, P.Marks, and S.Nicoletti, “Valuing the use of spectrum in the EU,” *GSMA*, no. June, 2013.

- [25] T. Lyratzis, "Spectrum related aspects for next-generation wireless systems (5G)," 2016. [Online]. Available: <http://www.charisma5g.eu/wp-content/uploads/2016/07/Spectrum-related-aspects-for-next-generation-wireless-systems.pdf>.
- [26] ITU, "Digital Dividend: Insights for Spectrum Decisions," *Online Access*, 2012.
- [27] M. Krišelj and D. Copot, "Survey on Digital Dividend Exploitation Possibilities," *digi.TV*, 2013.
- [28] S. Forge, R. Horvitz, and B. Colin, "Perspectives on the value of shared spectrum access," *SCF Associates Ltd*, no. February, 2012.
- [29] Ofcom, "Decision to make the 700 MHz band available for mobile data - statement," no. November, 2014.
- [30] LS telcom and VVA, "Economic and Social Impact of Repurposing the 700 MHz band for Wireless Broadband Services in the European Union," 2016.
- [31] Ofcom, "Consultation on Future Use of the 700 MHz Band: Cost-Benefit Analysis of Changing its Use to Mobile Services," no. May, 2014.
- [32] M. Colville, J. Allen, M. Gabrielczyk, A. Reichl, and A. Skouby, "Assessment of the benefits of a change of use of the 700MHz band to mobile," *Analysys Mason*, no. October, 2014.
- [33] L. Shi, E. Obregon, K. W. Sung, J. Zander, and J. Bostrom, "CellTV-on the benefit of TV distribution over cellular networks: A case study," *IEEE Trans. Broadcast.*, vol. 60, no. 1, pp. 73–84, 2014.
- [34] A. Saeed, M. Ibrahim, K. A. Harras, and M. Yousef, "Toward dynamic real-time geo-location databases for TV white spaces," *IEEE Netw.*, vol. 29, no. 5, pp. 76–82, 2015.
- [35] L. SHI, "Efficient Spectrum Utilization of UHF Broadcast Band," Doctoral thesis, Sweden, 2014.
- [36] R. H. Tehrani, S. Vahid, D. Triantafyllopoulou, H. Lee, and K. Moessner, "Licensed spectrum sharing schemes for mobile operators: A survey and outlook," *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 18, no. 4, pp. 2591–2623, 2016.
- [37] M. Matinmikko, H. Okkonen, M. Palola, S. Yrjölä, P. Ahokangas, and M. Mustonen, "Spectrum sharing using licensed shared access: The concept and its workflow for LTE-Advanced networks," *IEEE Wirel. Commun.*, vol. 21, no. 2, pp. 72–79, 2014.
- [38] D. Lewin, P. Marks, Y. S. Chan, W. Webb, C. Chatzicharalampous, and T. Jacks, "Challenges and opportunities of broadcast-broadband convergence and its impact on spectrum and network use Executice summary," *Plum & Farncombe*, 2013.
- [39] M. Crussiere *et al.*, "A unified broadcast layer for horizon 2020 delivery of multimedia services," *IEEE Trans. Broadcast.*, vol. 60, no. 2, pp. 193–207, 2014.
- [40] J. Calabuig, J. F. Monserrat, and D. Gómez-Barquero, "5th generation mobile networks: A new opportunity for the convergence of mobile broadband and broadcast services," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 53, no. 2, pp. 198–205, 2015.
- [41] M. C. Parker, "Fixed-Mobile Convergence in 5G Networking," 2016. [Online]. Available: <http://www.charisma5g.eu/wp-content/uploads/2016/07/Fixed-Mobile-Convergence-in-5G-networking.pdf>.
- [42] Members of the 5G Infrastructure Association, "5G Vision," *Electron. Publ.*, p. 16, 2015.
- [43] D. Gomez-Barquero, C. Douillard, P. Moss, and V. Mignone, "DVB-NGH: The next generation of digital broadcast services to handheld devices," *IEEE Trans. Broadcast.*, vol. 60, no. 2, pp. 246–257, 2014.
- [44] J. C. Gaspar, "Broadcasting in 4G mobile broadband networks and its evolution towards 5G," PhD thesis, UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALENCIA, 2015.
- [45] G. K. Walker, J. Wang, C. Lo, X. Zhang, and G. Bao, "Relationship between LTE broadcast/eMBMS and next generation broadcast television," *IEEE Trans. Broadcast.*, vol. 60, no. 2, pp. 185–192, 2014.
- [46] S. Yrjölä, E. Huuhka, P. Talmola, and T. Knuutila, "Coexistence of Digital Terrestrial Television and 4G LTE Mobile Network Utilizing Supplemental Downlink Concept: A Real Case Study," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 66, no. 6, pp. 5422–5434, 2017.



- [47] DIGITALEUROPE, “White Paper on Supplemental Downlink in the Uhf Band,” vol. 32, no. December, 2014.
- [48] J. Paavola, “Future of UHF (FUHF),” 2015. [Online]. Available: <https://www.turkuamk.fi/fi/>.
- [49] S. Ilse, D. Rother, F. Juretzek, P. Breillon, J. Seccia, and S. Ripamonti, “Tower overlay over LTE-Advanced+ (TOL+) - Field trial results,” *5th IEEE Int. Conf. Consum. Electron. - Berlin, ICCE-Berlin 2015*, pp. 369–373, 2016.
- [50] F. Juretzek, “Integration of high tower, high power LTE-Advanced broadcast into mobile networks,” *IEEE Int. Symp. Broadband Multimed. Syst. Broadcast. BMSB*, vol. 2016–July, 2016.
- [51] J. Calabuig, J. F. Monserrat, and G. David, “Cooperative Spectrum Sharing of Cellular LTE-Advanced and Broadcast DVB-T2 Systems,” *Trans. IoT Cloud Comput.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–16, 2013.
- [52] P. Marques, J. Rodriguez, G. Schuberth, C. Dosch, T. Forde, and L. Doyle, “Broadcasting-Broadband Convergence,” *White Pap.*, no. June, 2013.
- [53] GSMA, “Network 2020: The 4G Broadcasting Opportunity,” 2017. [Online]. Available: <https://www.gsma.com/futurenetworks/digest/new-report-4g-broadcasting-opportunity/>.
- [54] L. Shi, K. W. Sung, and J. Zander, “Future TV Content Delivery over Cellular Networks from Urban to Rural Environments,” *IEEE Trans. Wirel. Commun.*, vol. 14, no. 11, pp. 6177–6187, 2015.
- [55] P. Lamy, “Report to the European Commission: RESULTS OF THE WORK OF THE HIGH LEVEL GROUP ON THE FUTURE USE OF THE UHF BAND (470-790 MHz),” 2014.
- [56] Radio Spectrum Policy Group, “RSPG Opinion on a long-term strategy on the future use of the UHF band (470-790 MHz) in the European Union,” *RSPG15-595 Final*, 2015.
- [57] European Commission, “REPORT FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL on the Radio Spectrum Inventory,” *COM(2014) 536 Final*, pp. 1–14, 2014.
- [58] European Commission, “5G for Europe: An Action Plan,” *SWD(2016) 306 Final*, 2016.
- [59] A. Matsouka, “Regulatory aspects of 5G,” 2016. [Online]. Available: <http://www.charisma5g.eu/wp-content/uploads/2016/07/Regulatory-aspects-of-5G.pdf>.
- [60] ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ, “ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ για τη χρήση της ζώνης συχνοτήτων των 470-790 MHz στην Ένωση,” *SWD(2016) 19 Final*, 2016.
- [61] Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, “ΑΠΟΦΑΣΗ (ΕΕ) 2017/899 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 17ης Μαΐου 2017 σχετικά με τη χρήση της ζώνης συχνοτήτων των 470-790 MHz στην Ένωση,” *L 138*, pp. 131–137, 2017.
- [62] ITU-R, “Sharing and compatibility studies between digital terrestrial television broadcasting and terrestrial mobile broadband applications, including IMT, in the frequency band 470-694/698,” *Rep. ITU-R BT.2337-0*, 2014.
- [63] L. Shi and J. Zander, “Opportunities and Challenges for Converged Platform for Audio-Visual and Data Services in 470-790 MHz UHF Broadcasting Band,” *24th ITS Reg. Conf. Florence 20-23 Oct. 2013*, 2013.
- [64] P. Ahokangas *et al.*, “Business models for mobile network operators in Licensed Shared Access (LSA),” *2014 IEEE Int. Symp. Dyn. Spectr. Access Networks, DYSPAN 2014*, pp. 263–270, 2014.
- [65] G. Stampfl, R. Prügl, and V. Osterloh, “An explorative model of business model scalability,” *Int. J. Prod. Dev.*, vol. 18, no. 3/4, pp. 226–248, 2013.
- [66] GSA, “Evaluating the LTE Broadcast Opportunity,” no. November, 2015.
- [67] ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ, “ΝΟΜΟΣ ΥΠ’ ΑΡΙΘ. 4339,” vol. Πρώτο, no. Αρ. Φύλλου 133, 2015.
- [68] Florence School of Regulation Communications and Media, “A Preparatory Study for the DTT Auction in Greece: Number of Licenses and Reserve Price,” 2016.
- [69] ΕΕΤΤ, “Φάσμα Ραδιοσυχνοτήτων για την Επίγεια Τηλεοπτική Ευρυεκπομπή,” 2017. [Online]. Available: <https://www.eett.gr/opencms/export/sites/default/admin/downloads/2017-02-13-ESR.pdf>.

- [70] ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ, “ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ Αριθμ. 1830,” vol. ΔΕΥΤΕΡΟ, no. Αρ. Φύλλου 2337, 2017.
- [71] EBU, “Defining Spectrum Requirements of Broadcasting in the UHF Band,” *Tech. Rep. 015*, no. July, 2012.
- [72] Μ. Μπλέτσας, “Σύντομη μελέτη για τον αριθμό και την χωρητικότητα των πολυπλεκτών ψηφιακής τηλεοπτικής εκπομπής,” *Κατά παραγγελία της Digea A.E.*, 2016.
- [73] D. Lewin, P. Marks, Y. S. Chan, W. Webb, C. Chatzicharalampous, and T. Jacks, “Challenges and opportunities of broadcast-broadband convergence and its impact on spectrum and network use,” *Plum & Farncombe*, 2013.
- [74] ΕΕΤΤ, “Ολοκλήρωση Διαγωνιστικής Διαδικασίας Φάσματος Συχνοτήτων στην Κινητή Τηλεφωνία.” [Online]. Available: [http://www.eett.gr/opencms/opencms/admin/News\\_new/news\\_0339.html](http://www.eett.gr/opencms/opencms/admin/News_new/news_0339.html). [Accessed: 20-Oct-2017].
- [75] “Κεντρική Σελίδα ΕΛΣΤΑΤ.” [Online]. Available: <http://www.statistics.gr/>. [Accessed: 22-Oct-2017].
- [76] “Μακράν του μέσου όρου της Ε.Ε. οι αγροτικές περιοχές στην Ελλάδα.” [Online]. Available: <http://www.paseges.gr/el/news/Makran-toy-mesoy-oroy-ths-E.E.-oi-agrotikes-periohes-sthn-Ellada>. [Accessed: 22-Oct-2017].
- [77] Qualcomm, “LTE Broadcast: Evolving and going beyond mobile,” 2013. [Online]. Available: <https://www.qualcomm.com/documents/lte-broadcast-evolving-and-going-beyond-mobile>.
- [78] “Part 2 planning of 3G.” [Online]. Available: <https://www.slideshare.net/HenryChikwendu/part-2-planning>. [Accessed: 27-Jan-2018].
- [79] U. Meabe, X. Gil, C. Li, M. Vélez, and P. Angueira, “On the Coverage and Cost of HPHT Versus LPLT Networks for Rooftop, Portable, and Mobile Broadcast Services Delivery,” *IEEE Trans. Broadcast.*, vol. 61, no. 2, pp. 133–141, 2015.
- [80] “ESDY.gr.” [Online]. Available: <http://www.nsph.gr/default.aspx?page=home>. [Accessed: 23-Oct-2017].
- [81] “Digea.” [Online]. Available: <https://www.digea.gr/233/category/40/Oikonomika-stoixeia/el>. [Accessed: 27-Jan-2018].
- [82] Aetha, “Future use of the 470 – 694 MHz band,” *Report for Abertis, Arqiva, BBC, BNE, EBU and TDF*, 2014.
- [83] “Documents – 5G-Xcast.” [Online]. Available: <http://5g-xcast.eu/documents/>. [Accessed: 09-Mar-2018].