

Μιχάλης Μπλέτσας
Research Scientist / Director of Computing
MIT Media Lab

Σύντομη μελέτη για τον αριθμό και την χωρητικότητα των πολυπλεκτών
ψηφιακής τηλεοπτικής εκπομπής.
Κατά παραγγελία της Digea A.E.

Βοστώνη, Απρίλιος 2016

Περίληψη

Η σύντομη αυτή μελέτη καλείται να απαντήσει σε δύο ερωτήματα σχετικά με την χωρητικότητα του δικτύου επίγειας ψηφιακής τηλεοπτικής εκπομπής (DTT) υπό το πρίσμα της μελλοντικής απόδοσης του 2ου ψηφιακού μερίσματος:

- 1. Ποιος είναι ο μέγιστος αριθμός πολυπλεκτών εθνικής εμβέλειας και ποιες είναι οι απαραίτητες ενέργειες για την μεγιστοποίηση τους.*
- 2. Ποιός είναι ο μέγιστος αριθμός τηλεοπτικών προγραμμάτων υψηλής και απλής ευκρίνειας που μπορεί να μεταφέρει ένας πολυπλέκτης σήμερα καθώς και με τις επερχόμενες τεχνολογίες εκπομπής DVB-T2 και συμπίεσης HEVC.*

Όσον αφορά το πρώτο ερώτημα, εξετάζοντας την υφιστάμενη κατάσταση καθώς και την διεθνή πρακτική, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι ο νέος χάρτης συχνοτήτων θα πρέπει να προβλέπει ένα ελάχιστο αριθμό 6 πολυπλεκτών (διάυλων) ανά μονοσυχνικό δίκτυο (SFN) . Αυτοί κατανέμονται σε 5 πολυπλέκτες εθνικής εμβέλειας και 1 ή 2 περιφερειακής για την πλειοψηφία των μονοσυχνικών δικτύων. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, θα πρέπει να κινηθούν οι προβλεπόμενες από την ITU διαδικασίες καταχώρησης διαύλων σε συνεννόηση με τις γειτονικές χώρες.

Σήμερα ένας πολυπλέκτης DVB-T που εκπέμπει σύμφωνα με τον ισχύοντα χάρτη συχνοτήτων υποστηρίζει 4 με 5 προγράμματα υψηλής ευκρίνειας (HD) ή 10 με 12 απλής (SD). Μετά την μετάβαση στο πρότυπο εκπομπής DVB-T2 και υποθέτοντας παρόμοια ραδιοκάλυψη, θα υποστηρίζονται 6 με 7 προγράμματα HD ή 16 με 18 SD. Τέλος, η μετάβαση στην κωδικοποίηση/συμπίεση HEVC θα επιτρέψει την μετάδοση 10 προγραμμάτων HD ανά πολυπλέκτη.

Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι για την εξαγωγή των συμπερασμάτων αυτών, έγιναν συντηρητικές παραδοχές που δεν παρεκκλίνουν από τα σημερινά δεδομένα και πρακτικές και σε καμιά περίπτωση δεν εξαντλούν τις τεχνολογικές δυνατότητες χωρητικότητας του δικτύου DTT.

1. Λόγω της μελλοντικής υποχρέωσης της εκποίησης της ζώνης των 700 MHz, ο υφιστάμενος Χάρτης Συχνοτήτων (ΦΕΚ 2704/Β/5-10-2012) θα χρειαστεί να προσαρμοστεί στα νέα δεδομένα. Ποιος προβλέπεται να είναι ο μέγιστος αριθμός διαύλων (πολυπλεκτών) εθνικής εμβέλειας που θα προκύψει και ποιες είναι οι απαιτούμενες ενέργειες και οι διαδικασίες για να μεγιστοποιηθεί;

Με δεδομένη την απόδοση του 2ου ψηφιακού μερίσματος (694-790MHz, ή ζώνη των 700MHz για συντομία) μέχρι τον Ιούνιο του 2020, θα χρειαστεί να τροποποιηθεί ο υφιστάμενος χάρτης συχνοτήτων [1] βάσει του οποίου λειτουργεί η υπάρχουσα υποδομή ψηφιακής τηλεοπτικής εκπομπής (DTT) στην Ελλάδα.

Εκτός από το 2ο ψηφιακό μέρισμα, στην επικαιροποίηση του χάρτη συχνοτήτων συνηγορούν:

- η πρόθεση του ΥΥΠΜΔ για αύξηση της πληθυσμιακής κάλυψης της ψηφιακής εκπομπής τηλεόρασης στο 98%
- η συσσωρευμένη εμπειρία της λειτουργίας του δικτύου εκπομπής από τους παρόχους δικτύου (Digea, EPT) και η επιθυμητή βελτιστοποίηση της λειτουργίας του
- η επερχόμενη μετάβαση στη πρότυπο ψηφιακή εκπομπής DVB-T2
- η στενότερη διακρατική συνεργασία για την βέλτιστη κατανομή διαύλων στις παραμεθόριες περιοχές με βάση την αρχή της ισότιμης πρόσβασης
- η μεγιστοποίηση του αριθμού των διαθέσιμων διαύλων για ψηφιακή εκπομπή.

Προφανώς και η απόδοση της ζώνης των 700MHz στις κινητές τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες δημιουργεί μεγαλύτερες προκλήσεις από αυτές της απόδοσης του 1ου ψηφιακού μερίσματος (ζώνη των 800MHz) γιατί και η αναλογία των απωλεσθέντων διαύλων είναι μεγαλύτερη αλλά και πλέον υφίσταται δίκτυο εκπομπής σε πλήρη λειτουργία.

Ο υφιστάμενος χάρτης συχνοτήτων [2], έχει ως βάση την διαυλοποίηση της συνθήκης GE06. Είναι προφανές ότι για την απόδοση του δεύτερου ψηφιακού μερίσματος, η διαυλοποίηση αυτή θα πρέπει να τροποποιηθεί με βάση τις διαδικασίες της συνθήκης και της ITU. Επίσης, με βάση την υπάρχουσα εμπειρία από την λειτουργία του δικτύου, θα πρέπει να εξεταστεί το ενδεχόμενο επανασχεδιασμού κάποιων από τα μονοσυχνικά δίκτυα (SFN) και το ενδεχόμενο αυτά να παρεκκλίνουν της σημερινής ισοδυναμίας μεταξύ περιοχής κατανομής (allotment) και μονοσυχνικού δικτύου (SFN).

Αν εξετάσουμε την ευρωπαϊκή εμπειρία, βλέπουμε ότι και μετά την απόδοση του 2ου μερίσματος, ο σχεδιασμός των χωρών στις οποίες η επίγεια ψηφιακή εκπομπή αποτελεί κυρίαρχο τρόπο μετάδοσης τηλεοπτικού περιεχομένου περιλαμβάνει ένα ελάχιστο αριθμό 6 πολυπλεκτών εθνικής κάλυψης (βλέπε UK, Ισπανία, Γαλλία, σύσταση EBU [3]).

Θεωρητικά, δεδομένου ότι παραμένουν 28 δίαυλοι (21-48) των 8MHz για χρήση DTT, σε ένα σύστημα SFN με τριπλή γεινίαση, όπως στις παραμεθόριες περιοχές, μπορεί να τεθεί ένα πάνω όριο 9 διαύλων ανά SFN για τις διαπραγματεύσεις με τις γειτονικές χώρες σε τριεθνή βάση. Για τις διμερείς διαπραγματεύσεις είναι σαφές ότι υπάρχει μεγαλύτερη ευελιξία.

Όσον αφορά τα SFN στο εσωτερικό της χώρας, το κλασσικό εξαγωνικό μοντέλο κυψελοποίησης της κινητής τηλεφωνίας δείχνει προς ένα πάνω όριο 7 διαύλων ανά SFN (μεσοσταθμικά).

Υπό αυτό το πρίσμα, μπορεί εύκολα να δικαιολογηθεί η σύσταση της Ofcom [4] στο Ηνωμένο Βασίλειο για 6 εθνικής εμβέλειας πολυπλέκτες μετά την απόδοση του 2ου μερίσματος.

Στην περίπτωση της Ελλάδας θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν ο μεγάλος αριθμός περιφερειακών σταθμών (άρα η ανάγκη για πολυπλέκτες τοπικού περιεχομένου).

Επειδή έχουμε να κάνουμε με ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης με πολλές παραμέτρους, είναι απαραίτητο αυτές να ιεραρχηθούν. Δεδομένου ότι το φάσμα είναι ένας περιορισμένος και ακριβός πόρος, πρώτο κριτήριο στην επικαιροποίηση του χάρτη συχνοτήτων, θα πρέπει να είναι η βέλτιστη εκμετάλλευση του και επομένως η πρόβλεψη για όσο περισσότερους πολυπλέκτες “χωρούν” σε κάθε SFN.

Με βάση τον ισχύοντα χάρτη, **ένας στόχος για ένα ελάχιστο αριθμό 6 πολυπλεκτών ανά SFN είναι επιβεβλημένος και επιτεύξιμος**. Εδώ θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν και η υπάρχουσα κατανομή των περιφερειακών σταθμών σε ζώνες για την βέλτιστη κατανομή των πολυπλεκτών μεταξύ εθνικής εμβέλειας και τοπικών. Μια κατανομή 5 + 1 ή 5 + 2 για περιφερειακές ζώνες με μεγάλο αριθμό τοπικών προγραμμάτων, αποτελεί ένα καλό σημείο εκκίνησης.

Σημαντικό ρόλο στην επικαιροποίηση του χάρτη, θα πρέπει να παίξει η μετάβαση στην τεχνολογία DVB-T2. Η τεχνολογία αυτή εκτός από μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης ανά πολυπλέκτη, επιτρέπει μεγαλύτερη ακτίνα συγχρονισμού των SFN επιτρέποντας έτσι μεγαλύτερη ευελιξία στον σχεδιασμό τους.

Με βάση τις προτροπές της ΕΕ και της ΙΤU, το ΥΥΠΜΔ θα πρέπει να κινηθεί τάχιστα για την κατοχύρωση επιπλέον διαύλων και της ολοκλήρωσης της μετατροπής των allotment της συνθήκης GE06 σε καταχωρήσεις (assignments). Προτεραιότητα έχουν οι παραμεθόριες περιοχές με την συμμετοχή στις ήδη υφιστάμενες διακρατικές συνομιλίες ή την ανάληψη πρωτοβουλίας για την εκκίνηση τους.

Οι διαπραγματεύσεις αυτές θα πρέπει να έχουν ολοκληρωθεί μέχρι τις 31/12/2017 και θα επηρεάσουν σε ουσιαστικά την επικαιροποίηση του χάρτη συχνοτήτων δεδομένου ότι οι παραμεθόριες περιοχές έχουν και την μικρότερη ευελιξία στην διαυλοποίηση. Η εξέταση της σημερινής υφιστάμενης κατάστασης στα προβληματικά από την άποψη των παρεμβολών SFN, ΚΕΡΚΥΡΑ και ΡΑΓΓΑΙΟ, δείχνουν ότι υπάρχουν¹ κενοί δίαυλοι προς κατανομή μεταξύ των γειτονικών χωρών.

Είναι χρήσιμο να επισημανθεί ότι από την εφαρμογή του πλάνου GE06 (2006) έως σήμερα, οι γειτονικές με την Ελλάδα χώρες έχουν προχωρήσει επιτυχώς στην προβλεπόμενη από την ΙΤU διαδικασία και έχουν προσθέσει επιπλέον καταχωρήσεις κέντρων εκπομπής (assignments) στα κεκτημένα τους αφού εξασφάλισαν τη σύμφωνη γνώμη των επηρεαζόμενων χωρών μετά από διμερείς ή διεθνείς διαπραγματεύσεις. Πιο συγκεκριμένα, η πρωταθλήτρια² σε αριθμό τηλεοπτικών εκπομπών Ιταλία [13] έχει κατοχυρώσει 3142 νέες καταχωρήσεις, η Αλβανία 281 και η Βουλγαρία 10. Σε εξέλιξη της διαδικασίας βρίσκονται επιπλέον 2145 καταχωρήσεις της Ιταλίας και 223 της Τουρκίας.

Το μεταβατικό διάστημα μέχρι την απόδοση του 2ου μερίσματος θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την ομαλή μετάβαση προς το πρότυπο DVB-T2 με χρήση των διαύλων του 2ου μερίσματος για παράλληλη εκπομπή σε DVB-T και DVB-T2.

Το 2ο ψηφιακό μέρισμα κάνει επιτακτική την στενή συνεργασία μεταξύ των παρόχων δικτύου και την από κοινού χρήση των πολυπλεκτών, έτσι ώστε να επιτευχθεί βέλτιστη εκμετάλλευση του διαθέσιμου φάσματος. Καθώς το διαθέσιμο για ψηφιακή εκπομπή φάσμα μειώνεται, είναι σημαντικό να θυμόμαστε ότι η ανάγκη για εκπομπή (broadcasting) θα υπάρχει πάντα και για καθαρά τεχνικούς αλλά και για λόγους συνολικής αξιοπιστίας και διαθεσιμότητας εναλλακτικών λύσεων επικοινωνιακής υποδομής.

¹ Οι χάρτες με τα SFN Ελλάδας και γειτονικών χωρών καθώς και οι ελεύθεροι δίαυλοι στα σύνορα προκύπτουν από την βάση δεδομένων της ΙΤU που περιέχει όλες τις καταχωρήσεις DVB-T των κρατών μελών. Η βάση αυτή ενημερώνεται ανά 15 ημέρες, και τα δεδομένα προέκυψαν από την έκδοση: **ITU BR-IFIC 2813 – 16/02/2016**

² 20 (!!!) εθνικής εμβέλειας πολυπλέκτες με ~90 τηλεοπτικά προγράμματα

Κλείνοντας θα πρέπει να επισημανθεί ότι η μη συζήτηση της τρέχουσας χρήσης από το ΥΠΕΘΑ συχνοτήτων του 2ου μερίσματος δεν οφείλεται σε παράληψη, αλλά στην πεποίθηση ότι τέτοια χρήση δεν μπορεί να καταχωρηθεί ως πρωτεύουσα στον επικαιροποιημένο χάρτη συχνοτήτων. Έστω και αν αυτό γίνει για την Ελλάδα, δεν θα ισχύει στις παραμεθόριες περιοχές όπου και η χρήση από τον Στρατό έχει μεγαλύτερη σημασία επομένως αυτή θα πρέπει πάντα να λαμβάνει υπόψιν της τις εκπομπές DTT.

2. Ο υφιστάμενος Χάρτης Συχνοτήτων (ΦΕΚ 2704/Β/5-10-2012), έχει σχεδιαστεί με σύστημα αναφοράς το C3 (64-QAM, FEC $\frac{3}{4}$, GI 1/8) και αποδίδει καθαρή χωρητικότητα 24,88 Mbit/sec ανά δίαυλο (πολυπλέκτη). Ποιος ο μέγιστος αριθμός τηλεοπτικών προγραμμάτων ανά δίαυλο (πολυπλέκτη) σε ποιότητα SD και σε ποιότητα HD: α) με χρήση της σημερινής τεχνολογίας DVB-T και MPEG-4/H.264 και στατιστική πολυπλεξία και β) με τις επερχόμενες τεχνολογίες DVB-T2 και MPEG-4 ή HEVC.

Για να απαντηθεί το παραπάνω ερώτημα, θεωρούμε ότι το τηλεοπτικό πρόγραμμα HD μεταδίδεται σε ανάλυση 1080i25 (1920x1080x25fps) και συμπιέζεται με κωδικοποίηση MPEG4-AVC/H.264.

Ο απαιτούμενος ρυθμός μετάδοσης εξαρτάται από την επιθυμητή ποιότητα εικόνας στον δέκτη, το περιεχόμενο και τα στατιστικά χαρακτηριστικά μεταβλητότητας του τηλεοπτικού προγράμματος καθώς και την απόδοση του συμπιεστή/κωδικοποιητή. Αν και το ερώτημα ζητάει τον μέγιστο αριθμό των τηλεοπτικών προγραμμάτων για κάθε σενάριο εκπομπής, επειδή η ελάχιστη αποδεκτή ποιότητα είναι εξαιρετικά δύσκολο να εκτιμηθεί (ειδικά σε περιβάλλον που δεν υπάρχει εκτεταμένη εμπειρία του κοινού σε εκπομπές HD), η ανάλυση επικεντρώνεται στον αριθμό προγραμμάτων που θα μπορούσαν να μεταδοθούν με ποιότητα ανάλογη ή ελαφρά καλύτερη από αυτή των δορυφορικών παρόχων, κάνοντας ταυτόχρονα μια εκτίμηση για ένα πάνω όριο που δεν θα παρεκκλίνει από τις διεθνείς πρακτικές.

Αν εξετάσουμε την διεθνή πρακτική, θα δούμε ότι ο απαιτούμενος ρυθμός μετάδοσης μειώνεται με την πάροδο του χρόνου. Κύριος παράγοντας για αυτή την μείωση είναι η βελτίωση της απόδοσης των κωδικοποιητών³. Για συγκεκριμένη ποιότητα εικόνας, μία υλοποίηση κωδικοποιητή H.264 μπορεί να απαιτεί ακόμα και διπλάσιο ρυθμό μετάδοσης σε σύγκριση με μια άλλη [5].

³ Ως απόδοση του κωδικοποιητή για τις ανάγκες αυτής της συζήτησης, ορίζεται ο ελάχιστος απαιτούμενος ρυθμός μετάδοσης της εξόδου του για συγκεκριμένη ποιότητα εικόνας.

Δεδομένου ότι η σύσταση [3] της EBU για το 2012 ήταν για 8.35Mbps ανά HD ροή, με βάση τα σημερινά δεδομένα, **ένας πολυπλέκτης με χωρητικότητα 24.88 Mbit/s μπορεί άνετα να υποστηρίξει 4 ροές υψηλής ευκρίνειας (1080i25)**. Αυτό προϋποθέτει βελτίωση 15% στην απόδοση του κωδικοποιητή και ένα κέρδος στατιστικής πολυπλεξίας 15% (4 ροές * 7 Mbps * 0.85 = 23.8 Mbps). Και οι δύο αυτές προϋποθέσεις είναι συντηρητικές και απόλυτα ρεαλιστικές. Εφόσον είναι αποδεκτή μια μικρή μείωση στην ποιότητα της εικόνας, **οι HD ροές μπορούν σήμερα να γίνουν 5**. Με τις ίδιες παραδοχές, **ο ίδιος πολυπλέκτης μπορεί να μεταφέρει 10 με 12 ροές SD**. Δεδομένου ότι το κέρδος στατιστικής πολυπλεξίας ανεβαίνει με το αριθμό των προγραμμάτων που συμμετέχουν σε αυτή, η εκτίμηση 10 με 12 για τις ροές SD είναι επίσης συντηρητική, κάτι που έχει ιδιαίτερη σημασία για τις περιφερειακές ζώνες.

Η ανάλυση αυτή υποστηρίζεται και από πολλά παραδείγματα τρέχουσας πρακτικής:

- στην Γαλλία [6] και την Ισπανία ο μέσος ρυθμός μετάδοσης για προγράμματα HD είναι ~5Mbps, επιτρέποντας 5 ροές ανά πολυπλέκτη των 24Mbps με στατιστική πολυπλεξία⁴.
- ενδεικτικοί μέσοι όροι ροής μετάδοσης από δορυφόρο Astra 28.2E: BBC1-HD 5,5 Mbps, BBC2-HD 4.5 Mbps, BBC3-HD 6.5 Mbps, BBC1(NI)-HD 5.7 Mbps⁵
- ενδεικτικοί μέσοι όροι μετάδοσης της πλατφόρμας DirecTV⁶ στις ΗΠΑ: BBCa-HD 6Mbps, Discovery-HD 5.6Mbps, MSNBC-HD 4.5Mbps, CBS-HD(WBZ4)⁷ 5.3Mbps. (Οι ροές αυτές είναι 1080i30)
- αν και μια διαδικτυακή πλατφόρμα (OTT) έχει μεγάλες διαφορές από την ψηφιακή εκπομπή DTT και δεν υπάρχει ανάγκη κωδικοποίησης σε πραγματικό χρόνο, είναι χρήσιμο για την κατανόηση των δυνατοτήτων των κωδικοποιητών H.264/AVC να αναφέρουμε ότι η Netflix χρησιμοποιεί μέγιστο ρυθμό μετάδοσης 5.8Mbps για περιεχόμενο 1080p60 [7]

Έχοντας θέσει τις παραμέτρους λειτουργίας της κωδικοποίησης όπως αυτές υφίστανται σήμερα, μπορούμε να εκτιμήσουμε την επίδραση που θα έχει η μετάβαση στο πρότυπο εκπομπής DVB-T2 στον αριθμό των τηλεοπτικών προγραμμάτων που μπορούν να μεταδοθούν.

⁴ Αλληλογραφία με τον Lars Backlund, Secretary General, Broadcast Networks Europe (BNE)

⁵ Αλληλογραφία με Βασίλη Καλογήρου, Ηλεκτρολόγο Μηχανικό, DIGEA

⁶ Μετρήσεις με το πρόγραμμα TSReader Pro σε δέκτη Technicolor COM2000

⁷ Αξίζει να σημειώσουμε ότι η ίδια ακριβώς ροή προγράμματος μεταδίδεται επίγεια, κωδικοποιημένη σε MPEG2 με ρυθμό μετάδοσης 15Mbps, χωρίς εύκολα διακριτή διαφορά στην ποιότητα της εικόνας.

Σε σύγκριση με το DVB-T, το πρότυπο DVB-T2 [8] επιτρέπει περισσότερες παραλλαγές των παραμέτρων εκπομπής (κώδικας, διαμόρφωση, μήκος FFT, Guard Interval). Δεδομένου του υπάρχοντος συστήματος εκπομπής, η πιο κοντινή παραλλαγή στο τρέχον σύστημα αναφοράς C3, καταλήγει σε διαμόρφωση 256-QAM, Code rate 2/3, GI 1/32 και FFT 16K για χρήσιμη χωρητικότητα 36.5Mbps ανά πολυπλέκτη. **Με βάση την ανάλυση του πρώτου σκέλους, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι μια συντηρητική αναβάθμιση ενός πολυπλέκτη στο πρότυπο DVB-T2 επιτρέπει την μετάδοση 6 ή 7 προγραμμάτων HD (50% μεγαλύτερος ρυθμός μετάδοσης και αυξημένο κέρδος στατιστικής πολυπλεξίας). Για προγράμματα SD ο αριθμός είναι 16 με 18.**

Στο Ηνωμένο Βασίλειο, οι 2 από τους 7 εθνικής κάλυψης πολυπλέκτες που εκπέμπουν ήδη σε DVB-T2 παρέχουν χωρητικότητα 40Mbps. Αυτή την στιγμή [9] μεταδίδουν 7 HD + 3 SD (πολυπλέκτης PSB3 - BBCB) και 7 HD + 7 SD (πολυπλέκτης COM7 - ARQC) προγράμματα.

Η παραπάνω ανάλυση είναι σύμφωνη και με την υφιστάμενη κατάσταση στην Σουηδία όπου ο πάροχος δικτύου υποστηρίζει την μετάδοση 6 προγραμμάτων HD ανά πολυπλέκτη DVB-T2 των 36Mbps [10].

Για τον υπολογισμό των προγραμμάτων ανά πολυπλέκτη όταν χρησιμοποιείται συμπίεση/κωδικοποίηση με το πρότυπο HEVC/H.265 θα δεχθούμε αύξηση της απόδοσης του κωδικοποιητή κατά 40% σε σύγκριση με το MPEG4-AVC/H.264 [11]. Θεωρούμε ότι η διαφορά της απόδοσης θα αυξηθεί στο μέλλον και το 40% αποτελεί συντηρητική εκτίμηση, σύμφωνη με το πνεύμα των προηγούμενων παραδοχών. Αυτό οδηγεί σε μέσο ρυθμό μετάδοσης 3.5Mbps ανά ροή HD [12] **και ένα ελάχιστο αριθμό 10 προγραμμάτων HD για ένα πολυπλέκτη των 36Mbps.** Κωδικοποίηση SD προγραμμάτων με HEVC/H.265 δεν θεωρείται πιθανή.

	Average program bitrate	DVB-T	DVB-T2	DVB-T2
MUX Capacity	Mbps	24.88	36	48
SD (576i) H.264	2	12	18	24
SD (576i) H.264	2.4	10	16	20
HD (1080i) H.264	4.8	5	7	10
HD (1080i) H.264	6	4	6	8
HD (1080i) HEVC	3.5	7	10	13

Αριθμός προγραμμάτων ανά πολυπλέκτη για διάφορα σενάρια μετάδοσης και συμπίεσης/κωδικοποίησης

Παράρτημα 1: Υφιστάμενη διαυλοποίηση

SFN	ALLOTMENT	ΔΙΑΥΛΟΙ											ITU - GE06													
		EPT MUX 1	DIGEA MUX 1	DIGEA MUX 2	EPT MUX 2	DIGEA MUX 3	DIGEA MUX 4	REG MUX 1	REG MUX 2	REG MUX 3																
1	EVROS	25	32	35	46	47	50	51	54	56					25	27	32	33	35	47	51	56	58	62	63	
2	PLAKA	24	27	30	31	33	36	43	48						24	27	30	31	33	36	43	59	66			
3	THASSOS	22	23	37	39	41	44	47	51						22	23	37	39	41	47	54	61	64			
4	PAGEAIO	26	28	32	35	40	45	52	53						26	32	35	40	52	53	60	64	65			
5	THESSALONIKI	24	27	30	36	43	48	55	56						24	27	30	36	43	48	51	55	56	59	62	66
6	XALKIDIKI	25	31	34	38	46	49	50	54						25	29	31	34	38	46	49	50	54			
7	FLORINA	23	26	32	35	40	44	47	52						23	26	32	34	35	40	44	47	49	52	61	
8	METAKSAS	25	28	29	33	39	41	50	54						25	28	29	39	41	50	54	60	64			
9	IOANNINA	24	25	30	31	34	49	52	54						24	25	30	31	34	49	52	54	62			
10	THESPROTIA	21	22	26	33	41	45	48	59						21	22	33	41	45	59	66					
11	KERKYRA	29	30	34	37	42	53	54	56	58					29	30	34	37	53	54	56	61				
12	LARISSA	22	35	38	40	42	45	52	53						22	31	35	38	40	42	52	53	63	65		
13	AKARNANIKI	23	27	28	32	39	43	46	51						23	27	28	32	39	43	46	51	64			
14	VOLOS	21	26	29	37	41	44	47	51						21	29	37	41	44	47	51	58	62			
15	LAMIA	25	33	35	39	42	46	53	55						23	25	32	33	35	49	57	60	63	64		
16	KARPENISI	24	26	29	30	36	37	47	49	50	54				24	26	29	30	36	37	47	55	61	62		
17	AINOS	21	22	33	36	45	57	59	60						21	22	33	36	45	57	59	60	66			
18	PATRA	24	25	31	34	35	42	44	53	58					22	24	25	29	31	34	35	42	44	53	54	61
19	KORINTHOS	26	29	41	43	47	48	51	56						38	43	48	51	56	59	63	64	65	66		
20	ATTIKI (SFN 1)	21	22	27	28	30	40	45	52	54					22	27	30	31	34	36	50	52	54	61		
21	ATHINA (SFN 2)	23	24	31	32	34	36	38	49	50					23	24	32	38	49							
22	PYRGOS	26	30	38	40	47	49	52	56						26	30	38	40	46	47	49	52	56	64		
23	TRIPOLI	21	23	24	28	42	45	50	60						21	23	24	28	41	42	45	50	60	62		
24	NAFLIO	33	35	39	44	53	55	58	59						33	35	37	39	44	46	53	55	57	58		
25	KALAMATA	29	31	32	37	43	44	48	51	53	55	58			29	31	32	37	44	48	53	55	58	63		
26	SPARTI	22	25	27	30	36	40	52	57						22	25	27	30	33	36	40	52	57	61	64	
27	WEST CRETE	21	31	34	38	46	49	54	56	59					21	24	31	34	35	38	46	49	54	56	59	
28	CENTRAL CRETE	24	25	37	39	41	44	53	57	58	60				25	37	39	41	44	53	57	61	64			
29	EAST CRETE	27	28	31	35	36	38	40	46	54	59				27	31	33	35	36	38	46	54				
30	DODEKANISA	21	24	26	32	37	39	41	42	43	56				21	24	32	39	42	50	52	56	59			
31a	KYKLADES (SFN-1)	26	29	37	41	43	46	48	55						26	29	32	43	47	51	59	60	62			
31b	KYKLADES (SFN-2)	25	33	39	42	47	51	53	56						26	29	32	43	47	51	59	60	62			
32	SAMOS	27	31	34	35	36	38	44	50						27	31	34	35	36	38	44	61	65	67		
33	LESVOS	21	25	33	39	42	46	53	56						21	25	33	39	42	46	53	56	64			
34	KASTELLORIZO	25	27	33	35	41	49	51	53						25	27	35	41	49	51	53					

Υπόμνημα:		Υπόμνημα:	
	EPT	21	Δίαυλος ITU που δεν χρησιμοποιήθηκε στον Χάρτη Συχνότητων
	DIGEA	21	Δίαυλος ITU που χρησιμοποιήθηκε στον Χάρτη Συχνότητων
	REGIONAL	21	Δίαυλος που χάθηκε με τη ζώνη των 800 MHz
21	Δίαυλος ITU για το συγκεκριμένο Allotment	21	Δίαυλος που θα χαθεί με τη ζώνη των 700 MHz
21	Δίαυλος εκτός ITU για το συγκεκριμένο Allotment		

Βιβλιογραφία:

- [1] [ΦΕΚ 2704/Β/5-10-2012](#), Εφημερίδα της Κυβερνήσεως
- [2] [Παροχή συμβουλευτικών υπηρεσιών για την ψηφιακή τηλεόραση και το ψηφιακό μέρισμα](#), ΕΠΙΣΕΥ-ΕΜΠ, Φ. Κωνσταντίνου – Α. Κανάτας, Αύγουστος 2012
- [3] [Defining Spectrum Requirements of Broadcasting in the UHF Band](#), EBU Technical Report 015, July 2012.
- [4] [Decision to make the 700 MHz band available for mobile data](#). Ofcom statement, 19 November 2014
- [5] [Eighth MPEG-4 AVC/H.264 Video Codecs Comparison](#), 2012
- [6] Barry Flynn, [France's New DTT Platform: Same Old Faces, but This Time in HD](#). VideoNet, 26 October, 2015.
- [7] The Netflix Tech Blog: [Per-Title Encode Optimization](#). 14 December 2015.
- [8] Eizmendi, Inaki, Manuel Velez, David Gómez-Barquero, Javier Morgade, Vicente Baena-Lecuyer, Mariem Slimani, and Jan Zoellner. *DVB-T2: The Second Generation of Terrestrial Digital Video Broadcasting System*. IEEE Trans. on Broadcast. IEEE Transactions on Broadcasting 60, no. 2 (06 2014): 258-71.
- [9] [Freeview Multiplex Listings](#). UK Free TV.
- [10] Lars Backlund, [Digital Terrestrial Television The Swedish Experience](#), Presentation, Vienna, 15 February 2011
- [11] Grois, Dan, Detlev Marpe, Amit Mulayoff, Benaya Itzhaky, and Ofer Hadar. *Performance Comparison of H.265/MPEG-HEVC, VP9, and H.264/MPEG-AVC Encoders*. 2013 Picture Coding Symposium (PCS), 12 2013.
- [12] [The Combined Power Of Second Generation DVB Standards & HEVC On Display at IBC](#), DVB Press Release, September 2014
- [13] Francesco Ricci, Alessandro Ravagnolo. [Digital terrestrial television in Italy: market investors should be ready to exploit opportunities](#). AnalysisMason Knowledge Center, 18 August 2014