Γράφει ο Παύλος Κερασίδης

HD μετάδοση μέσω DVB-T

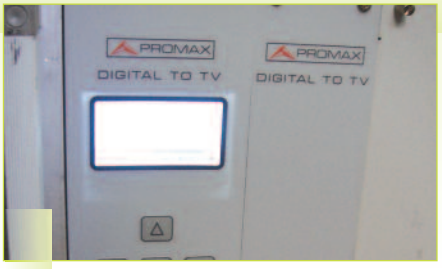
Το μέλλον της τηλεόρασης μπροστά στα μάτια μας!

Το παρόν και το μέλλον της τηλεόρασης είναι η υψηλή ευκρίνεια. Στη δορυφορική τηλεόραση, με τα HD κανάλια να πληθαίνουν διαρκώς, το τοπίο είναι ξεκάθαρο. Από την άλλη πλευρά, με την επίγεια ψηφιακή τηλεόραση να παλεύει να εδραιωθεί έστω και με SD περιεχόμενο, το μέλλον της υψηλής ευκρίνειας στο DVB-T μοιάζει μακρινό. Κάνοντας ένα άλμα στον χρόνο, εδώ στο Digital TV συνθέσαμε τον απαραίτητο εξοπλισμό και σας παρουσιάζουμε την πρώτη μετάδοση HD περιεχομένου μέσω της Επίγειας Ψηφιακής Τηλεόρασης!!

Στην έκθεση Indelex Elctronica που πραγματοποιήθηκε τον Μάρτιο, σας δώσαμε μια υπόσχεση, την οποία με μεγάλη μας χαρά, εκπληρώνουμε με αυτό το άρθρο. Στο περίπτερο του περιοδικού μας είχαμε πραγματοποιήσει την πρώτη πειραματική εκπομπή HD περιεχομένου μέσω επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης DVB-T. Την επαναστατική αυτή εφαρμογή υλοποιήσαμε σε συνεργασία με τις εταιρίες Promax και Ikusi Hellas, βασιζόμενοι σε εξοπλισμό των εταιρειών. Μετά το πέρας της έκθεσης, το Rack που φιλοξενούσε τον εξοπλισμό μεταφέρθηκε στα εργαστήριά μας για περαιτέρω ανάλυση και παρουσίαση, όπως είχαμε υποσχεθεί από το περίπτερό μας και από τις ημερίδες της εταιρίας Ikusi και Promax Hellas. Εν τάχει, η αλυσίδα λειτουργίας της εφαρμογής είναι η εξής:

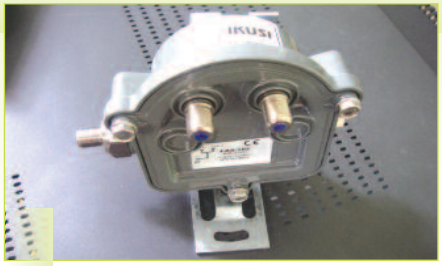
- Ως πηγή χρησιμοποιήσαμε ένα **multimedia player** με έξοδο HDMI. Φυσικά, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί δορυφορικός δέκτης, αλλά θέλαμε να έχουμε μεγαλύτερη ποικιλία περιεχομένου HD και τύπων βίντεο.
- Η έξοδος HDMI οδηγείται απευθείας στη μονάδα **EN-264**,

1 Η μονάδα EN-264 της Promax δέχεται απευθείας σήμα HDMI για κωδικοποίηση με συμπίεση MPEG-4.



2 Το κωδικοποιημένο σήμα από το EN-264 οδηγείται σε διαμορφωτή DVB-T.

3 Τέλος, για την εκπομπή το σήμα οδηγείται στον προενισχυτή LRA και τελικό ενισχυτή HRA της Ikusi.



4 Ο ζεύκτης που χρησιμοποιήσαμε για το διαμοιρασμό του σήματος στις κεραίες εκπομπής.

5 Έλεγχος πριν την διαμόρφωση μέσω της σύνδεσης ASI του EN-264 με το Promax Explorer HD.

6 Η μέγιστη ανάλυση του κωδικοποιητή ανέρχεται στα 1920x1080i και...

που αποτελεί την καρδιά της εφαρμογής (**εικόνα 1**). Πρόκειται για μια εξαιρετικά ενδιαφέρουσα μονάδα κωδικοποίησης DVB H.264/AVC. Έτσι, στην έξοδο ASI της μονάδας λαμβάνουμε το υψηλής ευκρίνειας σήμα κωδικοποιημένο με συμπίεση MPEG-4 part 10.

- Η έξοδος ASI του EN-264 οδηγείται στη συνέχεια στη μονάδα **DT-102B** που ανήκει στην οικογένεια Digital to TV της Promax (**εικόνα 2**). Πρόκειται για διαμορφωτή ASI σε DVB-T και από την έξοδο του έχουμε πλέον το σήμα HD σε μορφή RF υπό το πρότυπο της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης.
- Στην εφαρμογή που χρησιμοποιήσαμε στο περίπτερό μας, χρησιμοποιήσαμε στη συνέχεια τμήμα εκπομπής της Ikusi που αποτελούταν από τον προενισχυτή **LRA-112** που οδηγούσε το σήμα στον τελικό ενισχυτή **HRA-128** (**εικόνα 3**).
- Αντί για πάνελ εκπομπής χρησιμοποιήσαμε δύο κεραίες **FlashD Nano** της Ikusi, αφού οι απαιτήσεις της πειραματικής εκπομπής δεν ήταν μεγάλες. Για το διαμοιρασμό του ομοαξονικού καλωδίου στις δύο κεραίες χρησιμοποιήθηκε ο βαρέας κατασκευής και υψηλών προδιαγραφών ζεύκτης **EAS-102** της Ikusi (**εικόνα 4**).

Το αποτέλεσμα ήταν πέραν του αναμενόμενου, αφού με χαμηλή ισχύ εκπομπής καλύφθηκαν και οι δύο όροφοι του εκθεσιακού κέντρου ΕΚΕΠ, με αποτέλεσμα σε οποιοδήποτε σημείο να αρκούσε μια μικρή επίγεια κεραία και ένας επίγειος ψηφιακός δέκτης για να αποδοθεί σε τηλεόραση σήμα HD 1080i με το περιεχόμενο του multimedia player από το περίπτερό μας!!

Οι βαθμίδες της εφαρμογής στο εργαστήριό μας

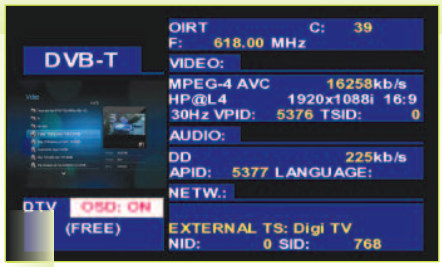
Παρακάτω θα εξετάσουμε αναλυτικά τις βαθμίδες τις εφαρμογής, εστιάζοντας ειδικότερα στον κωδικοποιητή EN-264. Για τις ανάγκες του άρθρου (όπως και της υλοποίησης της εφαρμογής) επιστρατεύσαμε το πεδιόμετρο TV Explorer HD της Promax. Η χρήση του οργάνου αυτού είναι απαραίτητη όχι μόνο εξαιτίας της υποστήριξης υψηλής ευκρίνειας και του προτύπου DVB-T, αλλά και λόγω της εισόδου ASI που υποστηρίζει. Χάρη σε αυτήν την είσοδο έχουμε τη δυνατότητα να παρακολουθούμε τα καθαρά αποτελέσματα της μονάδας EN-264 πριν την οδήγηση του σήματος στον διαμορφωτή ASI σε DVB-T. Παράλληλα, μέσω της εξόδου HDMI του TV Explorer HD μπορούμε να προβάλλουμε άμεσα το αποτέλεσμα σε τηλεόραση HD, όπως και να πάρουμε τα Screenshot για τις ανάγκες του άρθρου (**εικόνα 5**).

Κωδικοποιητής EN-264

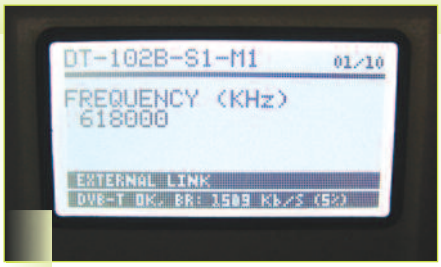
Η μονάδα EN-264 της Promax ήταν αυτή πάνω στην οποία στηρίξαμε ολόκληρη την εφαρμογή. Πρόκειται για μια άκρως επαγγελματική και πρωτοποριακή μονάδα με πολλαπλές εισόδους και εξόδους. Είναι ένας κωδικοποιητής DVB H.264/AVC που μπορεί να λειτουργήσει και ως transcoder MPEG-2 σε H.264/AVC. Ενσωματώνει κάρτα TSoIP, με αποτέλεσμα να μπορεί να δεχτεί TS over IP ή είσοδο ASI για αναδιαμόρφωση (transcoding) ή εναλλακτικά δέχεται είσοδο HD/SD-SDI, HDMI, YPbPr ή CVBs για κωδικοποίηση. Η τελική έξοδος είναι διαθέσιμη σε πρότυπο IP ή ASI.

Το EN-264 υποστηρίζει Full HD κωδικοποίηση 1080i με ρυθμό δεδομένων 2.0 Mbit/s έως 20 Mbit/s. Για την εφαρμογή μας χρησιμοποιήσαμε την είσοδο HDMI και την έξοδο ASI. Πολύ μεγάλο

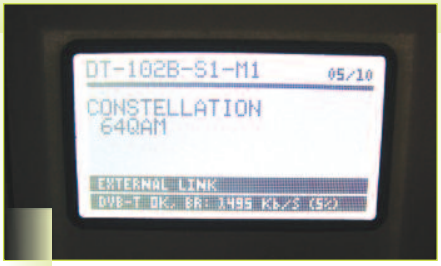
7 ...σε αυτήν την ανάλυση κλειδώσαμε την επικοινωνία του media player με τη μονάδα.



8 Μετρήσεις του HD/MPEG-4 πακέτου μας "Digi TV", με το μενού του media player στην εικόνα.



9 Μετά τον διαμορφωτή ASI σε DVB-T, έχουμε το HD σήμα στην περιοχή των UHF!!



10 Για να μπορέσουμε να αποδώσουμε υψηλό bit rate πρέπει η διαμόρφωσή μας να είναι 64QAM.

11 Ο μέγιστος ρυθμός δεδομένων που λάβαμε στο πεδιόμετρο ήταν περίπου 20Mbps.

12 Τον ρυθμό των 20Mbps τον λαμβάναμε με ρύθμιση 15Mbps στον κωδικοποιητή.

ενδιαφέρον έχει και η έξοδος Ethernet για TS over IP, υποστηρίζοντας μετάδοση Unicast και Multicast με πρωτόκολλο RTP. Σε αυτό όμως το άρθρο θα εστιάσουμε στην έξοδο ASI της μονάδας, επιφυλάσσοντας για μια αναλυτική περιγραφή των Streaming δυνατοτήτων της στο μέλλον.

Για τη συνεργασία του multimedia player και του EN-264 απαραίτητη ήταν η ρύθμιση της ίδιας ανάλυσης HD που απέδιδε ο player και δεχόταν ο κωδικοποιητής αντίστοιχα. Φυσικά, θέλοντας να λάβουμε τα μέγιστα, ρυθμίσαμε την ανάλυση στα 1920x1080_60i (**εικόνα 6**). Μετά την επιλογή της εισόδου Video και Audio του EN-264 σε HDMI (υποστηρίζει επιλογή πηγής Video διαφορετική από αυτή του Ήχου), ο κωδικοποιητής κλείδωσε, και στην έξοδο ASI είχαμε το μενού του multimedia player (**εικόνα 7**). Γρήγορα αρχίσαμε να ανεβάζουμε το bit rate έως τα 20Mbit/s (ένδειξη ροής δεδομένων του stream στο πεδιόμετρο), όπου όταν είχαμε περιεχόμενο αντίστοιχης ροής και ανάλυσης 1080i τα αποτελέσματα της εικόνας ήταν εξαιρετικά, αφού δεν υπήρχε καθόλου αλλοίωση στην εικόνα ή σπασίματα (**εικόνα 8**).

Ευχάριστη έκπληξη αποτέλεσε το γεγονός ότι μετά το κλείδωμα του media player με τον κωδικοποιητή, οτιδήποτε βίντεο έπαιζε ο player, αμέσως είχαμε εικόνα μέσω της εξόδου ASI του EN-264. Αυτό ίσχυε για όλους τους τύπους αρχείων που υποστήριζε ο δέκτης, όπως και για όλες τις αναλύσεις. Στο μοναδικό σημείο όπου προβληματιστήκαμε ήταν στην αποτυχημένη επικοινωνία του κωδικοποιητή με τον Dreambox DM8000, όπου προφανώς ο μετατροπέας DVI σε HDMI δημιουργούσε κάποιο πρόβλημα.

Διαμορφωτής ASI σε DVB-T

Ο διαμορφωτής DT-102B της Promax έχει δυνατότητα εισόδου 2 πηγών ASI για διαμόρφωση στο πρότυπο επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης με συχνότητα εξόδου από 474 έως 875MHz (**εικόνα 9**). Υποστηρίζοντας πρότυπα SD, HD, MPEG-2 και MPEG-4 καλύπτει τις ανάγκες μας για απόδοση καναλιού HD μέσω DVB-T.

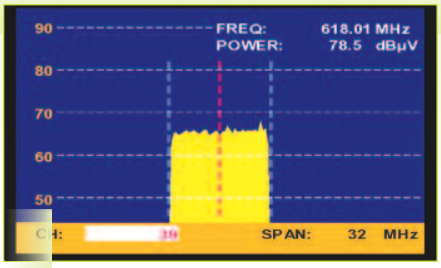
Για να μπορέσει η διαμόρφωση να αποδεχτεί το μέγιστο δυνατό bit rate ρυθμίσαμε για την επίγειο ψηφιακό πρότυπο, 64QAM, FEC=3/4 και GI=1/32 (**εικόνα 10**). Με αυτές τις ρυθμίσεις καταφέραμε να λάβουμε πολύ υψηλά bit rate, που όπως βλέπουμε στο όργανο (**εικόνα 11**) αγγίζουν τα 20Mbit/s. Αυτόν το ρυθμό δεδομένων τον λαμβάναμε έχοντας ρυθμίσει στο EN-264 bit rate=15Mbps (**εικόνα 12**). Ανεβάζοντας στον κωδικοποιητή το bit rate στα 16Mbps σε ορισμένα βίντεο είχαμε πρόβλημα, ενώ σε άλλα όχι. Γενικά, όταν λαμβάναμε στο πεδιόμετρο ροή δεδομένων πάνω από 20-21Mbps, τότε άρχιζαν τα κοψίματα/παγώματα στην εικόνα.

Πολύ μεγάλο ενδιαφέρον είχε η δοκιμή ρύθμισης διαμόρφωσης στα 16QAM. Με bit rate στα 6Mbps δεν υπήρχε πρόβλημα στη ροή του προγράμματος. Ανεβάζοντας ωστόσο το ρυθμό δεδομένων γρήγορα άρχισαν να παρουσιάζονται σοβαρά προβλήματα παγώματος της εικόνας.

Στο φάσμα της **εικόνας 13** βλέπουμε την έξοδο του ενός καναλιού του διαμορφωτή (βγάζει δύο διαφορετικά κανάλια DVB-T). Η στάθμη εξόδου έχει υποστεί 9dB εξασθένηση από τις ρυθμίσεις της μονάδας για να τροφοδοτήσει με την κατάλληλη στάθμη τον προενισχυτή της LRA 112 Ikusi.

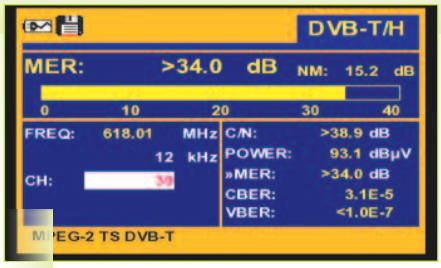
Τμήμα εκπομπής

Το ζευγάρι LRA 112 και HRA 128 είναι αυτό που χρησιμοποιεί η Ikusi για αναμεταδότες gap fillers επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης



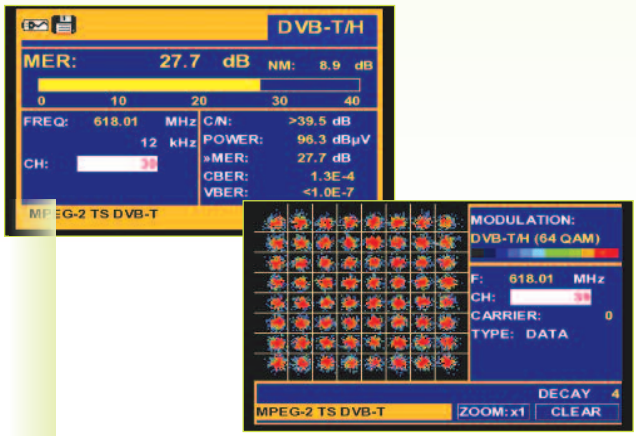
13 Το φάσμα εξόδου του διαμορφωτή της Promax με μειωμένη στάθμη εξόδου.

14 Το σετ gap-filler των εταιριών Ikusi και Promax Hellas που χρησιμοποιήσαμε για την επίγεια ψηφιακή αναμετάδοση.



15 Στα 133dBμV (250mW) το όργανο δεν έδειχνε μείωση του MER σε σχέση με το αρχικό σήμα.

16 **Στα 134dBμV μειωνόταν το MER 1dB σε σχέση με το αρχικό σήμα, επαληθεύοντας απόλυτα τις αυστηρές προδιαγραφές του ενισχυτή. Στο διάγραμμα αστερισμού βλέπουμε την άριστη ποιότητα του σήματος. *Προσοχή! Η στάθμη σήματος λαμβάνεται από την έξοδο test (-40dB) του τελικού ενισχυτή.***



17 **Στα 136 dBμV (500mW) είχαμε MER 27.7dB, περίπου 6dB κάτω από το αρχικό σήμα. Στο διάγραμμα αστερισμού βλέπουμε την αλλοίωση του σήματος. *Προσοχή! Η στάθμη σήματος λαμβάνεται από την έξοδο test (-40dB) του τελικού ενισχυτή.***

18 **Παρατηρήστε την αλλαγή στο όριο Noise Margin που δίνει η διαμόρφωση 16QAM (αριστερά) σε σχέση με την 64QAM (δεξιά). Στις δύο μετρήσεις όλες οι άλλες παράμετροι είναι σταθερές.**

DVB-T (**εικόνα 14**). Ο τελικός ενισχυτής HRA, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του μπορεί να αποδώσει έως 300mW στην έξοδό του (134dBμV). Αφήνοντας την έξοδο του DT-102B στο κανάλι 39 (αυτή τη θέση είχαμε βρει "κενή" για εκπομπή στην έκθεση) και παίρνοντας υπόψη μας ότι όργανο δε μετράει MER πάνω από 34dB, προχωρήσαμε σε πειραματικές ρυθμίσεις του τελικού ενισχυτή για να δούμε που αρχίζει και "χαλάει" το σήμα. Επίσης, πρέπει να σημειώσουμε ότι η δεύτερη φέρουσα του ενισχυτή DT-102, σίγουρα επηρέαζε την απόδοσή του, από το να ήταν ένα κανάλι μονάχο του (η διαφορά στην απόδοση ενός ενισχυτή όταν τον τροφοδοτούμε με δύο κανάλια αντί για ένα, είναι 3dB κάτω στην τελική έξοδο). Στην είσοδο του ενισχυτή το σήμα είχε MER πάνω από 34dB.

Στα 133dBμV (250mW) το όργανο δεν έδειχνε μείωση του MER σε σχέση με το αρχικό σήμα (**εικόνα 15**).

Στα 134dBμV μειωνόταν το MER 1dB σε σχέση με το αρχικό σήμα, επαληθεύοντας απόλυτα τις αυστηρές προδιαγραφές του ενισχυτή (**εικόνα 16**).

Στα 136 dBμV (500mW) είχαμε MER 27.7dB, περίπου 6dB κάτω από το αρχικό σήμα. Αυτή η αλλοίωση του αρχικού σήματος δε θα ήταν επιτρεπτή στην εφαρμογή ενός αναμεταδότη (**εικόνα 17**).

Εάν θεωρήσουμε λοιπόν ότι ρυθμίζουμε τον ενισχυτή στα 300mW τότε με μήκος κύματος 0,5μ (600MHz), απολαβή κεραίας εκπομπής 13dB, απολαβή κεραίας λήψης 14dB, απώλεια καλωδίου στην εκπομπή 2dB και απώλεια καλωδίου στη λήψη 2dB, στα 28 χιλιόμετρα έχουμε σήμα περίπου **40dBμV**. Αυτός ο υποθετικός υπολογισμός αναφέρεται για περιοχή όπου δεν υπάρχει κάποιος πολύ ισχυρός πομπός, δηλαδή σε περιοχή με προβληματικά ασθενή σήματα.

Εάν κάνουμε εκπομπή με διαμόρφωση 64QAM στο πρότυπο DVB-T θα πρέπει να έχουμε υπόψη μας ότι το Noise Margin είναι περίπου 6dB χαμηλότερο από το αντίστοιχο με διαμόρφωση 16QAM (**εικόνες 18**). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην έχουμε το ίδιο περιθώριο πτώσης στην τιμή του MER και επομένως η λήψη να γίνεται πιο απαιτητική.

Εφαρμογές αντί... επιλόγου

Όσο και αν μου αρέσει η λογοτεχνία, σε ένα τόσο τεχνικό άρθρο δεν χωράει επίλογος. Αντί αυτού όμως, θα παραθέσουμε πιθανές εφαρμογές αυτής της πρωτοποριακής εφαρμογής, που θα μπορούσαμε να δούμε πολύ πριν έρθει η HD μέσω της DVB-T στα "μεγάλα" κανάλια:

- Αναμετάδοση HD περιεχομένου μέσω DVB-T, κάμερας ή άλλων HD πηγών. Το σημαντικό σε αυτήν την εφαρμογή είναι ότι για τη λήψη του HD απαιτείται ένας απλό και φτηνός επίγειος ψηφιακός δέκτης.
- Καλωδιακή μετάδοση HD καναλιών μέσω DVB-T. Όπως έχουμε αναφέρει στο παρελθόν, η επίγεια ψηφιακή τηλεόραση δεν δίνει λύσεις μόνο σε εναέρια μετάδοση, αλλά και σε καλωδιακή.
- Η είσοδος HDMI της μονάδας EN-264 αποκτάει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην εποχή των "παντρεμένων" καρτών, αφού δίνει τη δυνατότητα στην κάρτα smartcard να παραμείνει με τον δέκτη της.