

# Επεξεργασία ψηφιακού καναλιού με αναγέννηση του ψηφιακού stream

Η χρήση μεταλλακτών μέσω IF & διπλών SAW filters είναι η κλασική μέθοδος για να μεταφέρουμε το πλήρες περιεχόμενο του φάσματος των 8MHz ενός ψηφιακού stream σε μια νέα συχνότητα με σκοπό την τροφοδοσία των ενισχυτών ισχύος ενός Gap Filler, όταν η ποιότητα του σήματος στη λήψη είναι καλή (τιμές MER, BER, C/N). Τι μπορούμε να κάνουμε όμως όταν το σήμα είναι χαμηλό, ασταθές ή έχει από κάτω άλλο σήμα που το παρεμβάλλει ή όταν γενικά οι τιμές MER, BER, C/N δεν είναι αυτές που θα θέλαμε;

Στο πρώτο άρθρο αυτής της σειράς δείξαμε ποιες θα είναι οι αντικειμενικές ανάγκες, που θα δημιουργηθούν μετά την ολοκλήρωση της εγκατάστασης των 156 ψηφιακών ΚΕ που περιλαμβάνονται στην κυβερνητική απόφαση και θα καλυφθούν από τους παρόχους δικτύου. Δηλαδή θα εξακολουθούν να υπάρχουν περίπου 1.500 “αδικημένες” περιοχές, που δεν θα έχουν κάλυψη από τους 156 βασικούς πομπούς και θα χρειαστούν αντίστοιχα Gap Fillers μικρής ισχύος, ώστε οι κάτοικοί τους να δουν ψηφιακή τηλεόραση και να καθαρίσει πλήρως το φάσμα από τις αναλογικές εκπομπές. Στο δεύτερο άρθρο εξετάστηκαν οι διάφορες επιλογές αναμετάδοσης από την αναλογική εποχή και πώς εξελίχθηκε η πιο κλασική μέθοδος αναμετάδοσης για τα ψηφιακά streams DVB-T με διπλή μεταλλαγή μέσω IF. Το τρίτο άρθρο που περιέχεται σε αυτό το τεύχος, αναλύει την τεχνική της αναγέννησης του ψηφιακού stream για τις ανάγκες μιας αναμετάδοσης, όταν το σήμα λήψης δεν έχει άριστες προδιαγραφές.

## Το μειονέκτημα των μεταλλακτών

Μια εγγενής αδυναμία των μεταλλακτών ψηφιακού σήματος είναι ότι αυτό που κάνουν είναι η μεταφορά ενός φάσματος 8 MHz από μία συχνότητα σε μία άλλη. Επομένως, ότι υπάρχει μέσα σε αυτό το φάσμα θα μεταφερθεί στη νέα συχνότητα εξόδου. Εάν το περιεχόμενο του φάσματος στο σήμα εισόδου είναι καθαρό από άλλες εκπομπές και η στάθμη λήψης ικανοποιητική, ο κανόνας είναι ότι το ψηφιακό σήμα θα έχει πολύ καλά χαρακτηριστικά στις τιμές που μπορούμε να μετρήσουμε: C/N, CBER, MER και το διάγραμμα στο constellation θα έχει πολύ καλή συγκέντρωση. Σε μια τέτοια περίπτωση, αυτό που θέλουμε από έναν καλό μεταλλάκτη είναι να μην επιβαρύνει αυτές τις τιμές. Τι

μπορούμε να κάνουμε όμως αν οι τιμές που μας ενδιαφέρουν δεν είναι καλές, επειδή το σήμα έρχεται από πολύ μακριά ή επειδή περνάει πάνω από θάλασσα ή επειδή παρεμβάλλεται από κάποιο άλλο σήμα ή αν συνυπάρχουν περισσότερες από μία αιτίες όπως οι παραπάνω;

Το αποτέλεσμα που θα μας δώσει ένας μεταλλάκτης στην έξοδο του, δεν μπορεί να είναι καλύτερο από το σήμα εισόδου, επομένως η αναμετάδοση ενός κακού σήματος θα κουβαλάει μαζί του τα μειονεκτήματά που θα έχει το σήμα λήψης – δηλαδή αν το MER στη λήψη είναι 20dB αντί για το επιθυμητό >35dB, είναι αυτονόητο ότι το σήμα εξόδου του Gap Filler δεν μπορεί να έχει MER καλύτερο από 20dB. Αν το σήμα εισόδου έχει μια έστω μικρή παρεμβολή από κάποια χαμηλή αναλογική λήψη, στην έξοδο του μεταλλάκτη θα βλέπουμε την ίδια “μύτη” στη φέρουσα εικόνα στην έξοδο με αυτή που θα βλέπουμε στην είσοδο. Αν το σήμα εισόδου μεταβάλλει τη στάθμη του λόγω μεγάλης απόστασης από το σταθμό λήψης, το AGC θα κρατήσει σταθερή τη στάθμη εξόδου, όμως η διακύμανση της στάθμης εισόδου θα επηρεάζει τα C/N, CBER, MER και αυτός ο επηρεασμός θα περνάει ανέπαφος στην έξοδο.



Σύστημα κεραίων πάνελ με ρύθμιση τιλτ, ιδανικό για αναμεταδότες.

## Η λύση των αναγεννητών

Ευτυχώς, η ψηφιακή τεχνολογία έχει τη λύση και αυτή ονομάζεται αναγεννητής (regenerator). Οι αναγεννητές είναι μονάδες, οι οποίες θα πάρουν στην είσοδό τους ένα σήμα με πολλά λάθη (κακό CBER – μεγάλο ποσοστό χαμένων πακέτων πριν τη διόρθωση), υψηλό θόρυβο σε σχέση με τη φέρουσα, μικρή συγκέντρωση στο διάγραμμα constellation, κακή τιμή στο MER κλπ, αλλά παρόλα αυτά στην έξοδό τους θα μας δώσουν υποδειγματικές τιμές σε όλες αυτές τις παραμέτρους, ανάλογες με τις τιμές που έχει το σήμα όταν φεύγει από τον αρχικό πομπό ή την αρχική πολυπλεξία.

## Πώς γίνεται η διόρθωση;

Για να δούμε πώς γίνεται αυτή η “μαγική” βελτίωση των ψηφιακών παραμέτρων, θα πρέπει να εξετάσουμε συνοπτικά τη δομή του ψηφιακού σήματος και τις ασφαλιστικές δικλείδες που περιλαμβάνει.

Ας θυμηθούμε πώς λειτουργεί ένα δορυφορικός ή ένας επίγειος ψηφιακός δέκτης. Η καλή λήψη των ψηφιακών σημάτων οφείλεται στη δομή και την τεχνολογία τους, με βασικό συστατικό το γεγονός ότι μαζί με τα χρήσιμα δεδομένα που εκπέμπονται για το τηλεοπτικό σήμα (εικόνα, ήχος, EPG κ.λπ.), εκπέμπονται και μια σειρά από πληροφορίες για την αποκατάσταση των δεδομένων που ίσως χαθούν κατά τη διάδοση στον αέρα. Αυτές οι πρόσθετες πληροφορίες, με τη βοήθεια διάφορων αλγόριθμων και κυκλωμάτων (Viterbi, reed Solomon) είναι ικανές να αναπληρώσουν τα δεδομένα που ίσως χαθούν και με αυτόν τον τρόπο να έχουμε και πάλι άριστη ποιότητα εικόνας, χωρίς λάθη μετάδοσης.

Επειδή η μετάδοση δεδομένων μέσω εκπομπής είναι επιρρεπής στην απώλεια δεδομένων, οι πάροχοι δικτύου σπαταλούν ένα πολύ μεγάλο μέρος του διαθέσιμου εύρους για να εκπέψουν ένα πολύ μεγάλο αριθμό από πρόσθετα δεδομένα για τη διόρθωση και την αναπλήρωση αυτών που ίσως χαθούν. Για παράδειγμα στις επίγειες εκπομπές στη χώρα μας, η Digea εκπέμπει με code rate 3/4, που σημαίνει ότι για κάθε 3 πακέτα χρήσιμων δεδομένων, εκπέμπει και ένα ακόμα πακέτο δεδομένων με διορθωτικές πληροφορίες, δηλαδή το 25% των bit που εκπέμπονται, περιλαμβάνουν πρόσθετες πληροφορίες που θα είναι χρήσιμες μόνο αν χρειαστεί να γίνει αναπλήρωση δεδομένων που χάθηκαν κατά τη μετάδοση.

Για την EPT είναι ακόμα χειρότερα τα πράγματα από πλευράς σπατάλης, μιας που εκπέμπει με code rate 2/3, δηλαδή για κάθε 2 πακέτα χρήσιμων δεδομένων εκπέμπει και ένα ακόμα πακέτο δεδομένων με διορθωτικές πληροφορίες. Φαίνεται τεράστια αυτή η σπατάλη του διαθέσιμου εύρους από τους παρόχους, γιατί με αυτόν τον τρόπο αναγκάζονται να υποβαθμίζουν το bit rate και κατ'έκταση την ποιότητα της εικόνας που εκπέμπον. Όμως κάτι τέτοιο είναι απόλυτα αναγκαίο για να εξασφαλιστεί ότι θα έχουμε πάντα ομαλή ροή δεδομένων, χωρίς παγώματα στην εικόνα ή και την πλήρη απώλεια (μαύρη οθόνη). Το αποτέλεσμα αυτής της τεχνικής είναι ότι ενώ στις μετρήσεις μας μπορεί να δούμε το CBER (το BER πριν από τις διορθώσεις) να μας δείχνει ότι έχουμε χάσει το 3% από τα δεδομένα που εκπέμφθηκαν, το VBER (το BER μετά τις διορθώσεις – after Viterbi) να μας δείχνει ότι έχουμε χάσει λιγότερο από ένα πακέτο δεδομένων, στα δέκα εκατομμύρια δεδομένα της εκπομπής. Δηλαδή, αν τα αναγάγουμε όλα στα 10.000.000, βλέπουμε ότι πριν τη διόρθωση μας έλειπαν 300.000 πακέτα δεδομένων στα 10.000.000 που εκπέμφθηκαν, ενώ μετά τη διόρθωση μας λείπει λιγότερο από ένα πακέτο στα 10.000.000.

Φαίνονται εντυπωσιακά όλα αυτά. Είναι όντως εντυπωσιακά, είναι και αποτελεσματικά. Για αυτόν το λόγο λέμε ότι η ψηφιακή τηλεόραση είναι εύκολη στη λήψη της. Η εξαιρετική ευαισθησία των ψηφιακών tuners και η ικανότητά τους να βάζουν στη θέση τους τα δεδομένα που χάθηκαν, εξασφαλίζει άριστα αποτελέσματα λήψης και τέλεια εικόνα χωρίς πιξελιάσματα ή παγώματα.

## Τα κυκλώματα των αναγεννητών

Οι επαγγελματικοί αναγεννητές στηρίζονται στις ίδιες ακριβώς αρχές και εκμεταλλεύονται τα ίδια χαρακτηριστικά του ψηφιακού σήματος. Απλά τα κυκλώματά τους είναι πολύ καλύτερα και πιο αποδοτικά από τα αντίστοιχα κυκλώματα ενός οικιακού δέκτη.

Ουσιαστικά μέσα σε κάθε αναγεννητή το κάθε stream αποδιαμορφώνεται, μετατρέπεται σε ASI, περνάει από κυκλώματα Viterbi & Reed Solomon και με την επαναδημιουργία όλων των χαμένων πακέτων διορθώνονται όλα τα λάθη, δηλαδή μπαίνουν ξανά στη θέση τους όλες οι πληροφορίες που χάθηκαν εξ'αίτιας της κακής μετάδοσης του σήματος. Στη συνέχεια το σήμα ASI διαμορφώνεται ξανά σε DVB-T και παρέχεται στην έξοδο με άριστες τιμές MER, CBER, VBER, C/N, υψηλή συγκέντρωση στο διάγραμμα constellation, κλπ.

Ουσιαστικά το σήμα εξόδου είναι ακριβώς ίδιο με το σήμα που υπάρχει στην αρχική πολυπλεξία και αυτό είναι ένα από τα “μαγικά” πλεονεκτήματα της ψηφιακής τεχνολογίας, με λειτουργίες που δεν θα μπορούσαμε καν να διανοηθούμε στην αναλογική εποχή...

## Συμπεράσματα

Αν δούμε τι κάνουν ένας μεταλλάκτης και ένας αναγεννητής, θα διαπιστώσουμε ότι και ο ένας και ο άλλος παίρνουν ψηφιακό σήμα από μία συχνότητα και το βγάζουν σε μία άλλη. Η επεξεργασία ενός ισχυρού σήματος εισόδου είναι πολύ καλή και στις δύο περιπτώσεις. Επομένως μακροσκοπικά κάνουν την ίδια δουλειά και έτσι και οι δύο μπορούν να τροφοδοτήσουν εξ'ίσου καλά τις μονάδες εξόδου ενός Gap Filler.

Οι διαφορές τους αρχίζουν να φαίνονται από τη στιγμή που το σήμα εισόδου στη λήψη δεν έχει άριστα ψηφιακά χαρακτηριστικά. Σε αυτήν την περίπτωση ο μεταλλάκτης θα μεταφέρει το φάσμα του καναλιού που μεταλλάσσει με ποιότητα πολύ ίδια με την ποιότητα λήψης, ενώ ο αναγεννητής θα το κάνει άριστο.

Η έκφραση θα το κάνει άριστο, έχει φυσικά ένα όριο. Δεν μπορεί να πάρει ένα σήμα πάρα πολύ κακό με ανύπαρκτη στάθμη και να το διορθώσει. Οι τιμές δεν θα πρέπει να είναι κάτω από ένα όριο.

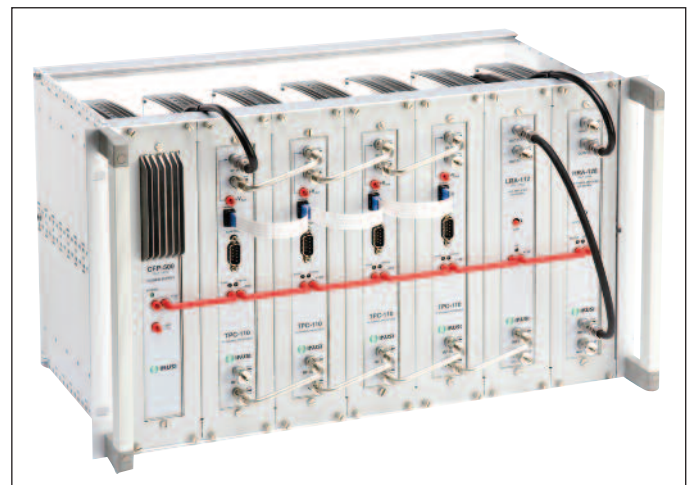
Το όριο αυτό καθορίζεται κυρίως από τη στάθμη του σήματος. Έτσι μια στάθμη από 35dBμV και πάνω, με ένα σταθερό MER μεγαλύτερο από 13-14dB για ένα σήμα 16 QAM θα μας δώσει άριστα αποτελέσματα, ενώ για διαμόρφωση QAM 64, η τιμή του MER θα πρέπει να είναι 6dB μεγαλύτερη.

**Επομένως** μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε άνετα μεταλλάκτη σε ένα Gap Filler, αν το σήμα εισόδου είναι ισχυρό, σταθερό και με καλά ψηφιακά χαρακτηριστικά. Στην περίπτωση που δεν ισχύουν όλα τα παραπάνω, η χρήση αναγεννητή είναι μονόδρομος.

## Σημαντική σημείωση

Αφού ο αναγεννητής διαθέτει διαμορφωτή ASI σε DVB-T, μας δίνει τη δυνατότητα να ρυθμίσουμε κατά βούληση τις παραμέτρους code rate, guard interval & constellation. Επειδή στην αναμετάδοση ενός ψηφιακού stream δεν θα χρειαστούμε ποτέ διαφορετικά χαρακτηριστικά εκπομπής από αυτά του σήματος λήψης, είναι κανόνας ότι δεν αλλάζουμε ποτέ τις παραμέτρους code rate, guard interval & constellation, τις αφήνουμε πάντα στις ίδιες τιμές με αυτές που έχει το σήμα λήψης. Σε διαφορετική περίπτωση είναι μεγάλη η πιθανότητα να έχουμε overflow στο stream (αν π.χ. εκπέψουμε με 16 QAM ένα σήμα που λαμβάνουμε με 64 QAM) ή να αδυνατίσουμε την εμβέλεια της αναμετάδοσης, αν κάνουμε το αντίθετο (αν π.χ. εκπέψουμε με 64 QAM ένα σήμα που λαμβάνουμε με 16 QAM). Γενικά, δεν υπάρχει κανένας λόγος να αλλάξουμε τις αρχικές παραμέτρους και δεν πρέπει να το κάνουμε ποτέ.

Επειδή το εισερχόμενο stream χωράει άνετα όλες τις υπηρεσίες που περιέχει (μεριμνεί ο πάροχος για αυτό), δεν υπάρχει κανένας λόγος να αφαιρέσουμε οποιαδήποτε υπηρεσία από το stream, είτε αυτή είναι κανάλι, είτε επί μέρους υπηρεσίες, ήχος, EPG, κλπ. Έτσι, αν και τεχνικά μπορούμε να το κάνουμε, δεν πειράζουμε κανένα ID και δεν αφαιρούμε καμία υπηρεσία. Αφήνουμε τον αναγεννητή να κάνει διάφανη μεταφορά διαμόρφωσης με περιεχόμενο εξόδου ίδιο ακριβώς με το περιεχόμενο εισόδου. ■



Το πολύ γνωστό Gap Filler της εταιρείας Ikusi.