

Pre-WiMAX

Προηγμένα Ασύρματα Δίκτυα

Άρθρο του **Παναγιώτη Γεωργιάδη**
Presales Engineer
 Δ/ση Ασύρματων Επικοινωνιών
 ΜΑΡΑΚ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΑΒΕΕ
 georgiadis@marac.gr

Μέρος 1ο - Περιγραφή Τεχνολογίας

Είναι αλήθεια ότι τα τελευταία χρόνια, το ενδιαφέρον όλου του τηλεπικοινωνιακού κόσμου είναι εστιασμένο στην τεχνολογία Wimax (Worldwide Interoperability for Microwave Access) που υλοποιεί το Ασύρματο Μητροπολιτικό Δίκτυο (WMAN) προσφέροντας πρόσβαση σε ευρυζωνικές υπηρεσίες με ασύρματο τρόπο και σε μεγάλες αποστάσεις. Η ανάπτυξη Σταθερών Wimax δικτύων βασισμένων στο 802.16d-2004 πρωτόκολλο είναι ήδη πραγματικότητα σε πολλά μέρη του κόσμου, με μεγάλους κατασκευαστές και τηλεπικοινωνιακούς φορείς να έχουν μπει στο παιχνίδι. Το ίδιο αναμένεται να γίνει και με την έκδοση του Wimax που θα καθιστά δυνατή την κινητικότητα από μεριάς των χρηστών, το mobile Wimax που βασίζεται στο 802.16e-2005 πρωτόκολλο. Προϊόντα του mobile Wimax, αναμένονται στην αγορά στο τέλος του 2008 - αρχές 2009, με την Intel σαν κύρια κατασκευάστρια εταιρία chipset και PCMCIA Wimax καρτών για φορητούς υπολογιστές.

Το παραπάνω, επιβεβαιώνει και η μεγάλη προσέλευση στο πρόσφατο συνέδριο Wimax World 2007 στο Σικάγο των Ηνωμένων Πολιτειών, διπλάσια αυτής του 2006, με πάνω από 8.000 άτομα να συμμετέχουν εκ των οποίων οι 3.000 ήταν αντιπρόσωποι operators από όλον τον κόσμο. Πέρα όμως από το θόρυβο που, δικαιολογημένα, έχει δημιουργηθεί γύρω από το Wimax, υπάρχουν τεχνολογίες που σχετίζονται με το Wimax και προσφέρουν λύσεις σε συγκεκριμένα προβλήματα γρήγορα και αποδοτικά. Μιλάμε για τις pre-Wimax λύσεις, όπως έχουν ονομα-

στεί, και θα μας απασχολήσουν στο συγκεκριμένο άρθρο.

Γενικά χαρακτηριστικά και ορισμοί

Γενικά, οι pre-Wimax λύσεις αποτελούν proprietary εξοπλισμό της κάθε εταιρίας και προηγήθηκαν των πιστοποιημένων σύμφωνα με το πρότυπο 802.16d εξοπλισμών. Κατ' αυτόν τον τρόπο, ενσωματώνουν βασικά τεχνολογικά χαρακτηριστικά που ορίζει το πρότυπο 802.16 αλλά εστιάζουν στη διαφορετική χρήση τους για να

εξυπηρετήσουν διαφορετικές ανάγκες επικοινωνίας. Αν θέλαμε γενικά να προσδιορίσουμε αυτή τη χρήση, θα λέγαμε ότι ο Wimax εξοπλισμός καλύπτει ανάγκες τηλεπικοινωνιακών φορέων στην παροχή πρόσβασης σε υπηρεσίες μέσα από την ανάπτυξη ενός point-to-multipoint (PMP) δικτύου, ενώ ο pre-Wimax εξοπλισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί από επιχειρήσεις, οργανισμούς και άλλους φορείς για την διασύνδεση απομακρυσμένων σημείων του ενδιαφέροντός τους είτε με point-to-point (PTP) είτε με PMP ζεύξεις. Βασικό χαρακτηριστικό του pre-Wimax εξοπλισμού είναι ότι λειτουργεί στη μη αδειοδοτημένη μπάντα των 5,4 GHz, κάτι που σε συνδυασμό με την ευκολία εγκατάστασης του εν λόγω εξοπλισμού, οδηγεί στην γρήγορη ανάπτυξη ενός δικτύου.

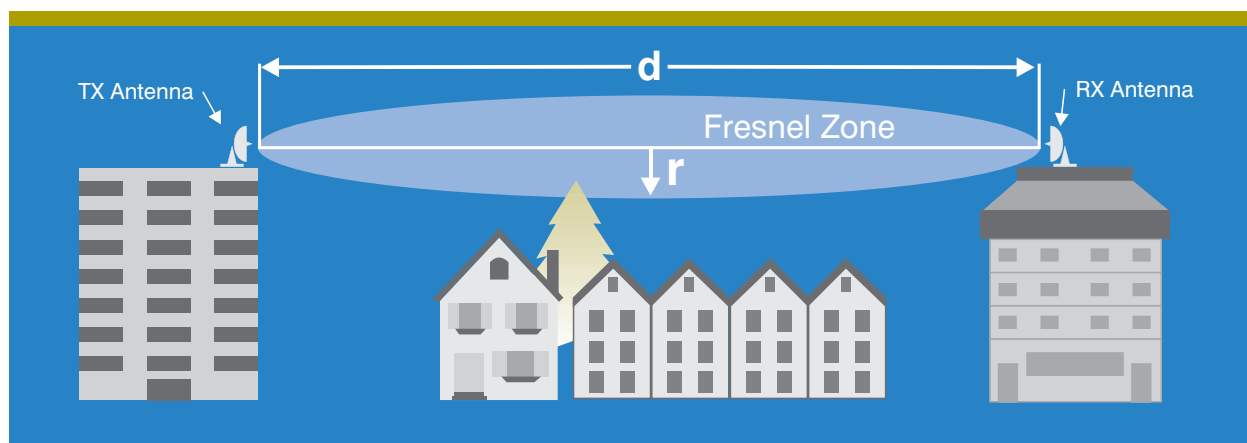
Line of Sight, Non Line of Sight

Ένας pre-Wimax εξοπλισμός, μπορεί να υποστηρίξει ζεύξεις τόσο όταν υπάρχει οπτική επαφή μεταξύ των δύο σημείων μίας PTP ζεύξης (Line of Sight-LoS) όσο κι όταν δεν υπάρχει (Non Line of Sight-NLoS). Πρακτικά, αυτό σημαίνει ότι μπορεί να επιτευχθεί ζεύξη τόσο όταν μεταξύ των κεραιών των δύο σημείων που απαρτίζουν τη ζεύξη δεν υπάρχει κάποιο εμπόδιο μέσα στο 60% της πρώτης Fresnel Zone -περίπτωση LoS, όσο και όταν η πρώτη Fresnel Zone είναι ολόκληρη μπλοκαρισμένη από κάποιο εμπόδιο -περίπτωση NLoS (εικόνα 1). Στην περίπτωση αυτή, είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός τρίτου σημείου

ώστε η ζεύξη να πραγματοποιηθεί μέσω ανάκλασης. Το ίδιο ισχύει και για μία PMP τοπολογία όπου κάποιος σταθμός μπορεί να μην έχει απευθείας οπτική επαφή με τον κεντρικό σταθμό αλλά θα μπορεί να υποστηριχθεί μέσω μιας NLoS ζεύξης. Επίσης, υποστηρίζεται η περίπτωση κατά την οποία το εμπόδιο είναι μεν μέσα στο 60% της πρώτης Fresnel Zone αλλά υπάρχει οπτική επαφή. Στην περίπτωση αυτή μπορεί να υπάρξει απ' ευθείας ζεύξη η οποία ονομάζεται Optical Line of Sight.

Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)

Ο λόγος για τον οποίο τα Wimax συστήματα μπορούν να υποστηρίξουν και NLoS λειτουργία σε σχέση με τα παραδοσιακά μικροκυματικά συστήματα, είναι γιατί χρησιμοποιούν Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) διαμόρφωση. Η χρησιμοποίηση τρίτης γενιάς OFDM αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό της εν λόγω τεχνολογίας. Η OFDM διαμόρφωση (εικόνα 2), επεκτείνει την έννοια της Frequency Division Multiplexing (FDM) διαμόρφωσης όπου μέσα στο ίδιο κανάλι χρησιμοποιούνται πολλαπλά subcarriers για τη μετάδοση της πληροφορίας, μοιράζοντας έτσι το συνολικό ρυθμό μετάδοσης μεταξύ αυτών των subcarrier. Κατ' αυτό τον τρόπο, τυχούσα παρεμβολή σε συγκεκριμένη συχνότητα (narrowband frequency interference) θα επηρεάσει μόνο έναν αριθμό subcarrier της συγκεκριμένης συχνότητας και όχι ολό-



Εικόνα 1: Υπολογισμός ζώνης Fresnel

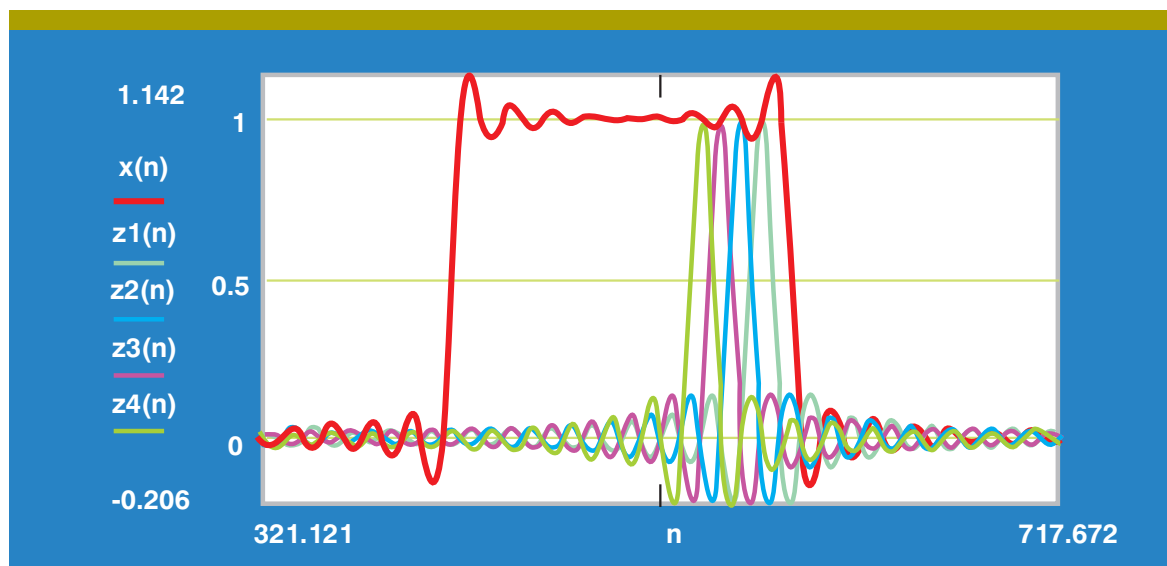
κληρη την πληροφορία. Επίσης, λόγω του ότι κάθε subcarrier έχει μικρότερο information rate, η περίοδος ενός συμβόλου δεδομένων σε ένα ψηφιακό τηλεπικοινωνιακό σύστημα θα είναι μεγαλύτερη προσφέροντας έτσι επιπλέον ανεκτικότητα στο θόρυβο.

Η διαφορά της OFDM σε σχέση με την FDM διαμόρφωση, είναι ότι η πρώτη είναι πολύ πιο αποδοτική όσον αναφορά τη διαχείριση του φάσματος. Αυτό συμβαίνει γιατί στην FDM διαμόρφωση είναι απαραίτητη η ύπαρξη κενών ασφαλείας (guard bands) μεταξύ των subcarriers ώστε να αποφευχθεί η παρεμβολή μεταξύ τους, κάτι που πρακτικά σημαίνει την μείωση του ενεργού ρυθμού μετάδοσης πληροφορίας. Αντίθετα, η OFDM διαμόρφωση χρησιμοποιεί μια τεχνική στην οποία τα subcarriers διαμορφώνονται έτσι ώστε να είναι "ορθογώνιο" το ένα ως προς τα άλλο (orthogonal), ώστε να μην χρειάζεται πλέον η ύπαρξη των κενών ασφαλείας και να χρησιμοποιείται ολόκληρο το φάσμα αυξάνοντας έτσι την απόδοση του συστήματος. Κατ' αυτό τον τρόπο, ακόμα και αν τα subcarriers πέφτουν το ένα πάνω στο άλλο (overlap), ένας δέκτης είναι σε θέση να τα ξεχωρίσει με μοναδικό τρόπο εκμεταλλευόμενος την ύπαρξη ορθογωνικότητας μεταξύ τους. Αν και η τεχνική αυτή ήταν γνωστή αρκετές δεκαετίες πριν, μόνο πρόσφατα ήταν δυνατή η μαζική κατασκευή εξοπλι-

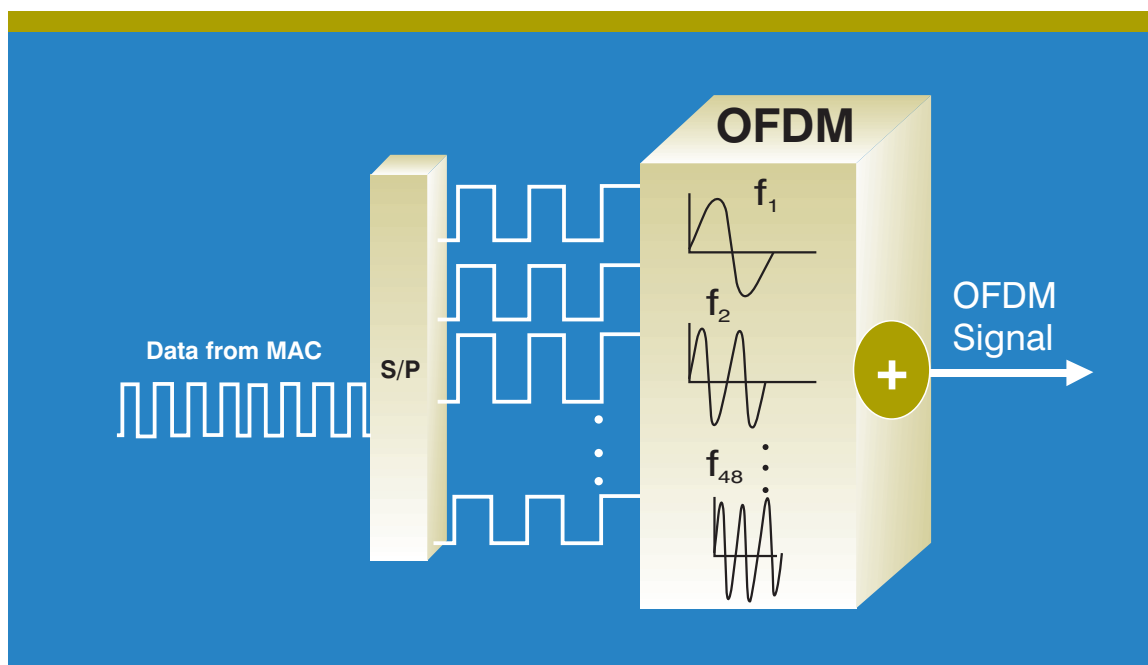
σμού που να υλοποιεί αυτή την τεχνολογία. Αυτό γίνεται συνδυάζοντας τον Γρήγορο Μετασχηματισμό Fourier (Fast Fourier Transform - FFT) και το αντίστροφό του (Inverse FFT- IFFT) που είναι μαθηματικά ισοδύναμες εκδόσεις του Discrete Fourier Transform (DFT) και IDFT αντίστοιχα. Οι μετασχηματισμοί αυτοί ουσιαστικά χρησιμοποιούνται για την αντιστοίχιση των δεδομένων σε subcarriers που θα είναι ορθογωνικά μεταξύ τους. Έτσι, ο IFFT χρησιμοποιείται για τη μεταφορά των δεδομένων από το πεδίο της συχνότητας στο πεδίο του χρόνου κατά τη διάρκεια εκπομπής και ο FFT εκτελεί την αντίστροφη διαδικασία κατά τη λήψη. Το μοντέλο ενός συστήματος παραγωγής OFDM συμβόλων, φαίνεται στην εικόνα 3 όπου βλέπουμε την συσχέτιση των δεδομένων σε subcarriers με τους όρους της ημιτονοειδούς συνάρτησης.

Time Division Duplex

Μία βασική τεχνολογία που υιοθετούν τα Wimax και pre-Wimax συστήματα, είναι η Time Division Duplexing (TDD) επικοινωνία. Χρησιμοποιώντας TDD, η uplink και downlink επικοινωνία λαμβάνει χώρα στο ίδιο κανάλι συχνότητας αλλά σε διαφορετικά χρονικά πλαίσια (εικόνα 4). Το πιο κύριο χαρακτηριστικό αυτού του τύπου επικοινωνίας είναι η δυνατότητα να ρυθμιστεί ο χρόνος εκπομπής ή λήψης προσφέροντας έτσι καλύτε-



Εικόνα 2': Φάσμα ενός τυπικού OFDM σήματος με 4 subcarriers



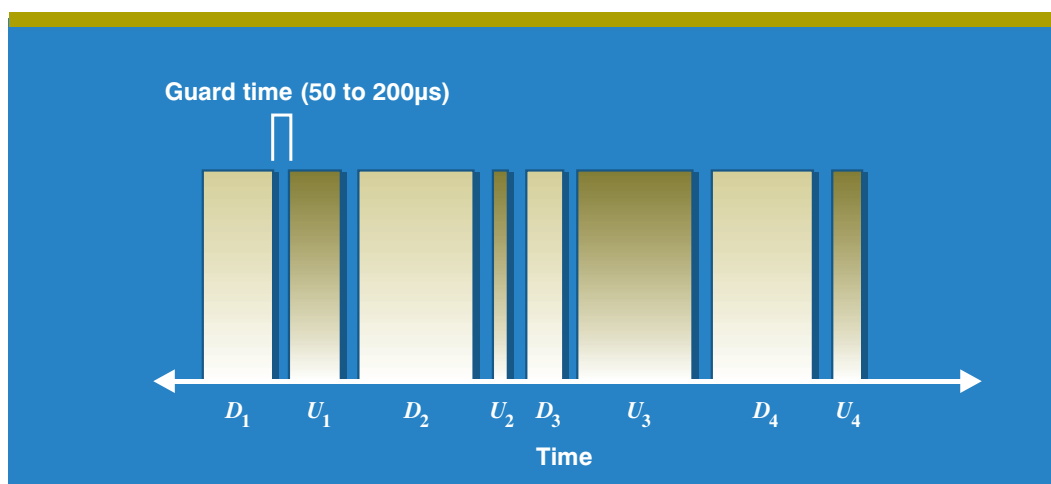
Εικόνα 3: OFDM signal generator

ρη και πιο αποδοτική χρήση του εύρους ζώνης όταν το σύστημα καλείται να υποστηρίξει ασυμμετρικού τύπου κίνηση. Τέτοιου τύπου κίνηση δημιουργούν οι περισσότερες σήμερα εφαρμογές μιας και βασίζονται στο IP. Ακόμα παραπέρα, το συγκεκριμένο σύστημα της Redline AN-80i, με το οποίο θα ασχοληθούμε στην συνέχεια, υποστηρίζει χρήση του δυναμικού TDD (dynamic TDD) όπου η ρύθμιση του χρόνου εκπομπής για uplink ή downlink γίνεται αυτόματα και δυναμικά από το σύστημα, ανάλογα με την κίνηση που υπάρχει στο δίκτυο τη συγκεκρι-

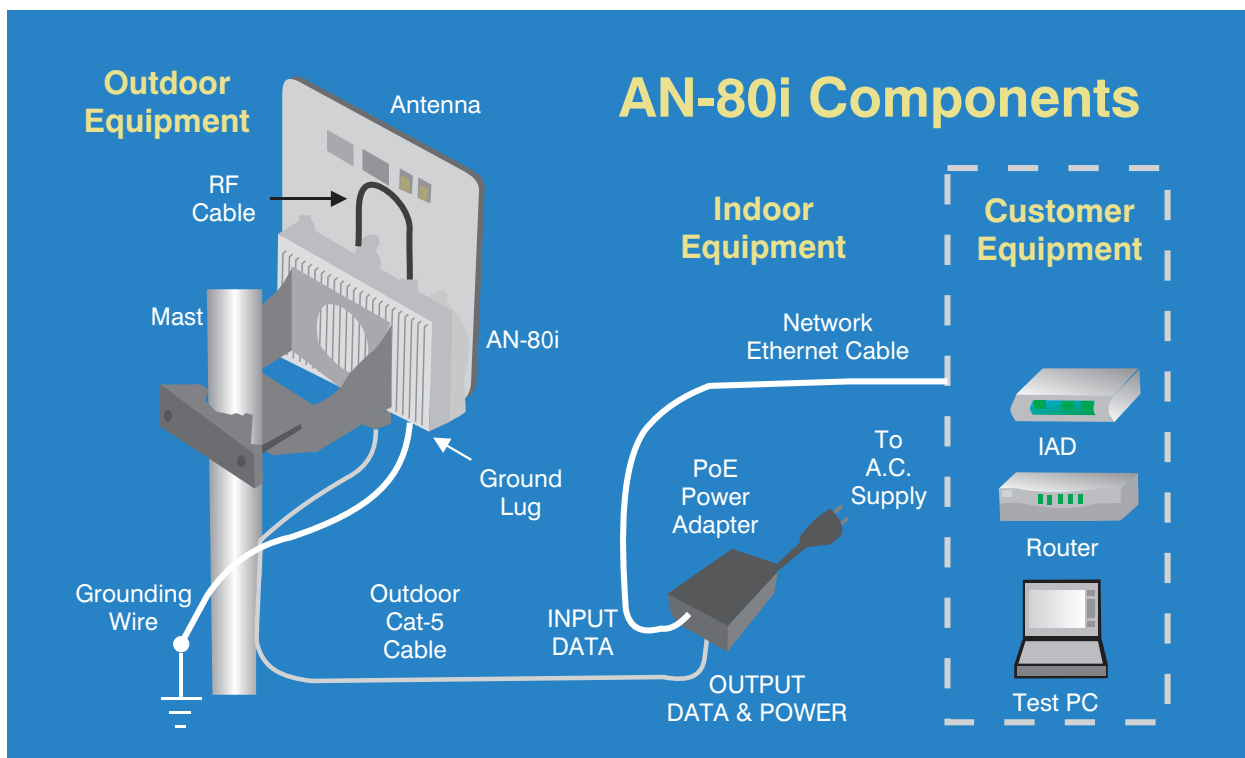
μένη χρονική στιγμή. Αυτό αποτελεί μια βελτίωση που αυξάνει δραματικά την απόδοση της ζεύξης και εκμεταλλεύεται πλήρως το bandwidth, προσφέροντας full duplex επικοινωνία.

Χρήσεις Pre-Wimax τεχνολογίας

Όπως είπαμε και πριν, τα συστήματα Pre-Wimax μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν ασύρματες γέφυρες (wireless bridging) ενώνοντας απομακρυσμένα σημεία, τα οποία μπορεί να είναι είτε το Ethernet δίκτυο μιας εταιρίας ή ενός οργα-



Εικόνα 4^η: TDD uplink και downlink frames



Εικόνα 5: Μέρη AN-80i εξοπλισμού

νισμού, είτε ακόμα και τα τηλεφωνικά τους κέντρα μιας και η πραγματικά μικρή καθυστέρηση του συστήματος επιτρέπει την μεταφορά υψηλής ποιότητας φωνής (minimum latency 2ms). Αυτό ισχύει και για Voice over IP υπηρεσίες αφού τέτοια συστήματα μπορούν να διατηρήσουν και στον αέρα προτεραιότητα που έχει δοθεί σε πακέτα με μικρή ανεκτικότητα στην καθυστέρηση, κάτι το οποίο δεν ισχύει στις ασύρματες τεχνολογίες τύπου Wi-Fi. Η συγκεκριμένη ιδιότητα, τα καθιστά επίσης κατάλληλα για τη μετάδοση υψηλής ευκρίνειας εικόνας βίντεο και εφαρμογές surveillance.

Η ταχύτητα στη μεταφορά δεδομένων μπορεί να ποικίλει και εξαρτάται τόσο από τις φυσικές συνθήκες της ζεύξης (απόσταση, εύρος καναλιού, οπτική ή όχι επαφή, διαμόρφωση) αλλά και από το ίδιο το σύστημα όπου υπάρχει η δυνατότητα επιλογής μέσω software για ταχύτητες 9, 18, 27, 36, 54 και 108 Mbps Uncoded burst rate για PTP ζεύξεις και 18, 36 και 54 Mbps αντίστοιχα για PMP ζεύξεις. Καταλαβαίνουμε λοιπόν πως εάν μια επιχείρηση ξεκινήσει με βάση τις τρέχουσες ανάγκες της με μια ταχύτητα της τάξης των 9 Mbps, η μετάβαση αργότερα σε με-

γαλύτερες ταχύτητες θα γίνει με τον ίδιο εξοπλισμό αλλά απλά χρησιμοποιώντας διαφορετικό κλειδί.

To pre-Wimax σύστημα AN-80i

Το σύστημα AN-80i της Redline είναι μία ασύρματη ευρυζωνική ζεύξη υψηλών ταχυτήτων που χρησιμοποιείται σε αρχιτεκτονική τόσο PTP όσο και PMP και είναι διαβαθμισμένο ως προϊόν "Carrier Class", σχεδιασμένο για συγκεκριμένες απαιτήσεις αξιοπιστίας. Το σύστημα έχει θύρα δεδομένων Ethernet 10/100 για την σύνδεση του με δίκτυο και αποδίδει έως και 108 Mbps για εναέρια μετάδοση, παρέχοντας έως και 90 Mbps στο Ethernet επίπεδο. Τα κανάλια που υποστηρίζονται για αυτό το σκοπό είναι 10, 20 και 40MHz. Το AN-80i διαθέτει ανθεκτική NLoS λειτουργία, ευθυγράμμιση των κεραιών με τη βοήθεια ακουστικών μέσων, διαγνωστικές δυνατότητες για τις Ethernet και Ασύρματες διαπαφές και με αυτόν τον τρόπο μπορεί να ανταποκριθεί στα πιο απαιτητικά σενάρια καθώς και στα πιο αντίξοα περιβάλλοντα μετάδοσης. Επιπλέον το εν λόγω σύστημα λειτουργεί με βάση

την επιλογή των κατάλληλων καναλιών μετάδοσης με κριτήριο την καλύτερη απόδοση του συστήματος. Τέλος, το AN-80i είναι εφοδιασμένο με σύστημα AES encryption με κλειδί των 128 bit ώστε να διασφαλίζεται η πιστότητα των δεδομένων κατά την εναέρια μετάδοση.

Χαρακτηριστικό των εν λόγω συστημάτων είναι ότι είναι πλήρως εξωτερικοί εξοπλισμοί με ενσωματωμένη την κεραία έτσι ώστε να τοποθετούνται και αναπτύσσονται εύκολα και γρήγορα. Τα μέρη που αποτελούν ένα AN-80i σύστημα, φαίνονται στην εικόνα 5.

Όπως βλέπουμε, η κεραία που συνήθως χρησιμοποιείται είναι τύπου flat panel (κατευθυντική ή τομεακή ανάλογα με την τοπολογία) και συνδέεται με την εξωτερική μονάδα με καλώδιο RF μικρού μήκους για όσο το δυνατό λιγότερες απώλειες. Επίσης, υποστηρίζονται κεραίες παραβολικές και πολυκατευθυντικές. Η τοποθέτησή του στον ιστό πραγματοποιείται με ειδικό mounting kit και η σύνδεση με τον δικτυακό εξοπλισμό επιτυγχάνεται μέσω ενός Power over Ethernet (PoE) adapter, στον οποίο το ραδιοσύστημα συνδέεται με εξωτερικού τύπου CAT 6 καλώδιο, μέσω του οποίου περνάει επίσης η τροφοδοσία.

Διαμορφώσεις και Ρυθμοί μετάδοσης

Η αύξηση της φασματικής απόδοσης ενός συ-

στήματος είναι ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει απ' ευθείας το αποτέλεσμα. Για το λόγο αυτό, προσφέρεται διπλής κατευθύνσεως προσαρμοστική διαμόρφωση (Adaptive Modulation) ανάμεσα σε επτά διαφορετικούς συνδυασμούς διαμόρφωσης - κωδικοποίησης (από BPSK1/2 σε 64 QAM3/4) με σκοπό να προσαρμόσει τη ποιότητα διαβάθμισης της ζεύξης ενώ προσφέρει το μέγιστο ρυθμό μετάδοσης για δεδομένα σενάρια ανάπτυξης. Ο Πίνακας 1 απεικονίζει τους τύπους διαμόρφωσης και κωδικοποίησης σε σχέση με τον ρυθμό μετάδοσης για κανάλι 40 MHz και ο πίνακας 2 το throughput ανά κανάλι.

Η δυνατότητα διασύνδεσης σημείων τα οποία δεν έχουν οπτική επαφή μεταξύ τους, συντελεί στη μείωση του κόστους του δικτύου και απαλλάσσει από τη χρησιμοποίηση επιπλέον εξοπλισμού. Σε ζεύξεις σημείου προς σημείο το AN-80i μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μεγάλες αποστάσεις και για μεγάλους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων.

Μηχανισμοί Διόρθωσης Σφαλμάτων

Το AN-80i υποστηρίζει τόσο Forward Error Correction (FEC), όσο και δυναμικό Automatic Repeat request (ARQ), μηχανισμοί που χρησιμοποιούνται για τη διόρθωση σφαλμάτων ή την επανεκπομπή πακέτων τα οποία δεν ελήφθησαν

Modulation Mode	FEC Coding Rate	End to End Throughput (Mbps)
64 QAM	3/4	108
64 QAM	2/3	96
16 QAM	3/4	72
16 QAM	1/2	48
QPSK	3/4	36
QPSK	1/2	24
BPSK	1/2	12

Πίνακας 1: Τύποι Διαμόρφωσης

10 MHz		20 MHz		40 MHz	
UBR (Mbps)	Throughput (Mbps)	UBR (Mbps)	Throughput (Mbps)	UBR (Mbps)	Throughput (Mbps)
27	24.9	54	48.0	108	90.4
24	21.9	48	43.1	96	82.1
18	16.8	36	33.2	72	64.0
12	11.5	24	22.7	48	44.3
9	8.6	18	17.2	36	33.8
6	5.9	12	11.6	24	23.0
4.5	4.4	9	8.8	18	17.4
3	2.7	6	5.9	12	11.6

Πίνακας 2: Throughput ανά κανάλι

ή ελήφθησαν με σφάλματα και δεν μπορούν να διορθωθούν από τον παραλήπτη. Αυτοί οι μηχανισμοί είναι απαραίτητοι σε ένα ασύρματο σύστημα μιας και το TCP, το οποίο επιφορτίζεται το θέμα αξιοπιστίας της επικοινωνίας, κατά βάση σχεδιάστηκε για να λειτουργεί σε ενσύρματα δίκτυα. Σε μια ασύρματη ζεύξη, παράγοντες όπως παρεμβολές, καθυστέρηση, multipath fading, ατμοσφαιρικές συνθήκες έχουν σαν αποτέλεσμα την εισαγωγή σφαλμάτων, τα οποία δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν από το TCP και καλούνται τέτοιοι μηχανισμοί να τα αντιμετωπίσουν. Αυτοί οι μηχανισμοί υλοποιούνται στο επίπεδο Σύνδεσης (Link layer). Για να λειτουργήσει ο FEC μηχανισμός, τα δεδομένα μαζί με τον CRC κώδικα κωδικοποιούνται χρησιμοποιώντας FEC κωδικοποίηση πριν την εκπομπή τους. Η κωδικοποίηση αυτή μπορεί να είναι 1/2, 3/4 ή 2/3, ανάλογα με τη διαμόρφωση, και αυτή η επιπλέον πληροφορία είναι που χρησιμοποιείται στην αποκωδικοποίηση των δεδομένων για τη διόρθωση τυχών σφαλμάτων. Αν, παρ' όλα αυτά, ο δέκτης δεν είναι σε θέση να διορθώσει το λάθος (αφού το έχει ανιχνεύσει) τότε ζητά την επανεκπομπή των δεδομένων χρησιμοποιώντας δυναμικό ARQ. Γενικά, το FEC καταναλώνει πόρους από το ασύρματο κανάλι αλλά συνεισφέρει στη μείωση του λόγου λαθών (loss rate) της ζεύξης.

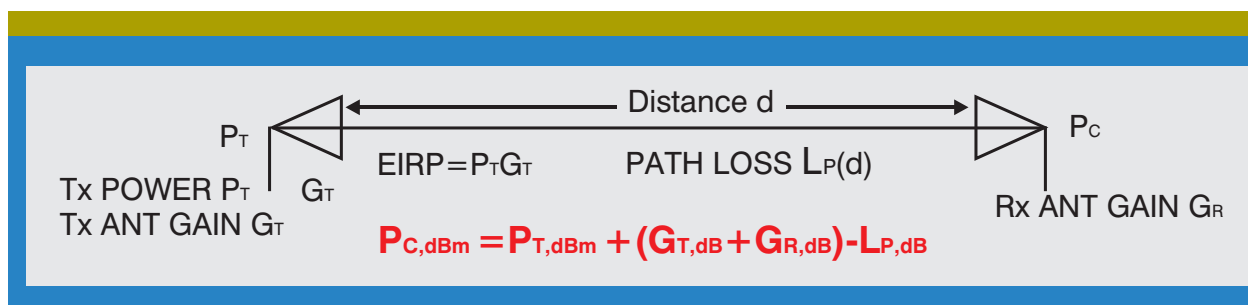
Το ARQ που χρησιμοποιεί το σύστημα είναι stop and wait, που σημαίνει ότι για κάθε πακέτο που στέλνεται, ο σταθμός που εκπέμπει περιμένει αναγνώριση (acknowledgement). Κατ' αυτό τον τρόπο, έχουμε μια αύξηση της end-to-end καθυστέρησης που συνιστά μείωση του end-to-end throughput. Από την άλλη, το ARQ συνεισφέρει στην αξιοπιστία και διαθεσιμότητα της ζεύξης που στην περίπτωση του AN-80i φτάνει τα 5 εννιάρια (διαθεσιμότητα 99,999%).

Αρχικός σχεδιασμός δικτύου

Ποια είναι όμως τα βασικά βήματα που πρέπει κάποιος να κάνει στην περίπτωση που θέλει να στήσει ένα τέτοιο δίκτυο; Αφού παρουσιαστούν οι απαιτήσεις του project, οι αποφάσεις που θα παρθούν σχετικά με τα χαρακτηριστικά του προσφερόμενου εξοπλισμού, θα πρέπει να βασιστούν στα παρακάτω δεδομένα:

- Εάν υπάρχει ή όχι οπτική επαφή μεταξύ των σημείων που θα διασυνδεθούν
- Απόσταση μεταξύ αυτών των σημείων
- Απαιτήσεις ρυθμού μετάδοσης
- Ζητήματα κάλυψης σε περιπτώσεις PMP τοπολογίας.

Σε συνέχεια των παραπάνω, κατά το στάδιο σχεδίασης του δικτύου λαμβάνεται υπ' όψη το είδος των υπηρεσιών που θα περάσουν (π.χ. φω-



Εικόνα 6: Γενικό μοντέλο εκπομπής και λήψης

νή, δεδομένα, βίντεο ή άλλες εφαρμογές), οι υποδομές των σημείων που διασυνδέονται και άλλα γεωγραφικά και τοπολογικά δεδομένα. Στο ίδιο αυτό στάδιο λαμβάνει χώρα επισκόπηση χώρου (site survey) έτσι ώστε να παρθεί η απόφαση για το είδος των κεραιών που θα χρησιμοποιηθούν, θα διευκρινιστεί η ικανότητα κάλυψης των επιθυμητών σημείων και θα εκτιμηθεί η πιθανότητα παρεμβολής με άλλα γειτονικά συστήματα.

Εφόσον εκτιμηθούν τα παραπάνω, μπορεί να γίνει μια αρχική σχεδίαση του IP δικτύου. Στην ουσία, τα συγκεκριμένα συστήματα είναι "διαφανή" σε πρωτόκολλα ανώτερων επιπέδων λειτουργώντας απλά ως ασύρματες γέφυρες μεταξύ μακρινών σημείων. Παρ' όλα αυτά, υπάρχει δυνατότητα σχεδιασμού μέσω VLAN, ειδικά για PMP τοπολογίες, αλλά και η δυνατότητα δρομολόγησης πακέτων με προτεραιότητα και στον αέρα.

Ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο στον παραπάνω σχεδιασμό, είναι το Link budget tool που σχεδιάστηκε αποκλειστικά για εξοπλισμό της Redline. Το Link budget tool υπολογίζει τα κέρδη και τις απώλειες που λαμβάνουν χώρα στη διαδρομή από την εκπομπή του σήματος μέχρι τη λήψη του και κατά τη διάδοσή του στο φυσικό μέσο.

Στην εικόνα 6 βλέπουμε ένα γενικό μοντέλο που περιλαμβάνει όλες τις μεταβλητές που σχετίζονται με την διάδοση του σήματος από την εκπομπή μέχρι τη λήψη του. Αυτές οι μεταβλητές σχετίζονται με την ισχύ εκπομπής (Tx power), το κέρδος της κεραίας (Tx antenna gain), το path loss (L_P) και το κέρδος της κεραίας λήψης.

Σχεδιασμός συχνοτήτων, θέματα παρεμβολών

Τόσο σε PTP όσο και σε PMP τοπολογίες, ένας σταθμός καλείται να λειτουργήσει σαν Master και ο άλλος (PTP) ή οι άλλοι (PMP) σαν Slave. Η σχεδίαση αυτή έχει και λογική και λειτουργική σημασία στην ανάπτυξη ενός δικτύου, ακόμα και στην PTP τοπολογία όπου εκ πρώτης όψεως φαίνεται να μην είναι αναγκαία μιας και η λειτουργία αυτή αφορά το software του εξοπλισμού και όχι το hardware. Όμως, το γεγονός ότι τα δίκτυα που χρησιμοποιούν pre-Wimax εξοπλισμό αναπτύσσονται κυρίως σε αστικές περιοχές και σε ελεύθερη ζώνη συχνοτήτων, καθιστά επιτακτική την ανάγκη για σωστό σχεδιασμό συχνοτήτων και την ύπαρξη μηχανισμών που ενισχύουν την ανθεκτικότητα του εξοπλισμού σε παρεμβολές. Ένα σημαντικό λοιπόν χαρακτηριστικό προς αυτή την κατεύθυνση, αποτελεί η δυνατότητα αυτόματου ελέγχου του επιπέδου ισχύος εκπομπής (Automatic Transmit Power Control -ATPC). Η λειτουργία αυτή είναι βασική και μαζί με την Δυναμική Επιλογή Συχνότητας (Dynamic Frequency Select -DFS), που επίσης υποστηρίζει το σύστημα, αποτελούν προαπαιτούμενα χαρακτηριστικά βάσει των κανονισμών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Με την ενεργοποίηση του ATPC, το AN-80i καταγράφει την ισχύ του λαμβανομένου σήματος και στέλνει μήνυμα στο σταθμό που εκπέμπει να προσαρμόσει ανάλογα την ισχύ εκπομπής του, για μέγιστη απόδοση.

Η ρύθμιση αυτή, γίνεται και στους δύο σταθμούς και για ακόμα καλύτερα αποτελέσματα, πρέπει να είναι ενεργοποιημένη και η ρύθμιση

του adaptive modulation. Με το adaptive modulation, το σύστημα αυτόματα και δυναμικά αλλάζει τη διαμόρφωση και κωδικοποίηση της εκπεμπόμενης πληροφορίας ώστε να αποδώσει το μέγιστο Uncoded Burst Rate σε λειτουργία που ο ρυθμός πακέτων με σφάλματα (packet error rate -PER) να μην είναι μεγαλύτερος του 10^{-6} . Αν αυτό το κατώφλι ξεπεραστεί, τότε το σύστημα αυτόματα προσαρμόζει τη διαμόρφωσή του (ρίχνει τη διαμόρφωση) ώστε να διατηρήσει το επιθυμητό PER αποδίδοντας μικρότερο UBR. Στη λειτουργία Δυναμικής Επιλογής Συχνότητας, ο Master σταθμός ελέγχει το επίπεδο παρεμβολής από άλλες συσκευές ραντάρ ή άλλο εξοπλισμό που χρησιμοποιεί το ίδιο κανάλι συχνότητας. Στην περίπτωση που ανιχνευτεί παρεμβολή, το σύστημα αυτόματα κινεί διαδικασία αλλαγής συχνότητας ειδοποιώντας τον Slave σταθμό για την νέα συχνότητα. Για την επιλογή της νέας αυτής συχνότητας, ο Master σταθμός διαλέγει επιτρεπόμενες από τον κανονισμό συχνότητες και ελέγχει για 1 λεπτό πριν εκπέμψει αν αυτή είναι καθαρή από παρεμβολές. Εάν πάλι ανιχνευτούν παρεμβολές, συνεχίζει αυτόματα στο επόμενο διαθέσιμο κανάλι. Στην περίπτωση που ο Slave σταθμός ανιχνεύσει παρεμβολές στο δικό του μέρος, ενημερώνει τον Master ο οποίος με τη σειρά του κινεί τη διαδικασία αλλαγής συχνότητας με τον τρόπο που αναφέραμε.

Θέματα ανταγωνισμού με άλλες τεχνολογίες

Ένα φαινόμενο που παρατηρείται συχνά, είναι η χρησιμοποίηση Wi-Fi εξοπλισμού σε PTP ζεύξεις και μεγάλες αποστάσεις με χρήση εξωτερικών κατευθυντικών κεραιών. Η πρακτική αυτή, αν και ξεκινάει με τη λογική του μειωμένου κόστους του Wi-Fi εξοπλισμού, τελικά αποφέρει πενιχρά αποτελέσματα από άποψη ποιότητας υπηρεσιών, τόσο, ώστε πρακτικά να εγκαταλείπεται η χρήση του και να αναζητούνται εναλλακτικές λύσεις διασύνδεσης. Τη λύση σε αυτές τις περιπτώσεις προσφέρει ο pre-Wimax εξοπλισμός ο οποίος έχει απ' την αρχή σχεδιαστεί για τέτοιου είδους λειτουργία. Αντίθετα, μια Wi-Fi λύση έχει σχεδιαστεί για να υλοποιεί το WLAN, δηλαδή να δώσει τοπικά ασύρματη πρό-

σβαση και όχι για τη διασύνδεση απομακρυσμένων σημείων. Όταν αυτή η λύση χρησιμοποιείται για την άλλη περίπτωση, αυτό που στην ουσία συμβαίνει είναι να λειτουργεί ένα σύστημα συνεχώς στα όριά του με ότι επιπτώσεις έχει αυτό στην ποιότητα επικοινωνίας: Χαμηλότερες διαμορφώσεις και άρα ρυθμούς μετάδοσης σε σχέση με ένα pre-Wimax εξοπλισμό, ισχύ εκπομπής που ξεπερνά τα νόμιμα και επιτρεπτά όρια, σπατάλη πόρων και φάσματος που προκύπτουν από τη μη ορθολογική του χρήση, παρεμβολές κτλ. Γενικά, ένας pre-Wimax εξοπλισμός μπορεί να μεταφέρει περισσότερο throughput σε μεγαλύτερες αποστάσεις. Γι' αυτό και συνήθως αποτελεί το backhaul μέρος ενός Wi-Fi δικτύου. Αυτή είναι και η περίπτωση στην οποία Pre-Wimax και Wi-Fi μπορούν να συνυπάρχουν: Wi-Fi για τοπική πρόσβαση σε ακτίνα κάποιων μέτρων και εντός κτιρίων, και Pre-Wimax σαν backhauling ώστε να μεταφέρει υψηλό bandwidth στο Wi-Fi hotspot και να το συνδέσει με το POP του ISP. Ακόμα όμως και για PMP τοπολογίες, μια Wi-Fi τεχνολογία δεν μπορεί να προσφέρει κανενός είδους QoS στον αέρα στους χρήστες, παρά μόνο best effort. Η πρόσβαση στο μέσο, πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας τεχνική CSMA/CA, δηλαδή με τυχαίο τρόπο, ο οποίος αποκλίνει από μια ντετερμινιστική οργάνωση και λειτουργία του δικτύου, που επιτρέπει τον σχεδιασμό και την απόδοση συγκεκριμένης ποιότητας επικοινωνίας αναλόγως με την υπηρεσία που καλείται να υποστηρίξει το σύστημα. Αντίθετα, σε ένα pre-Wimax ή Wimax σύστημα, η πρόσβαση γίνεται οργανωμένα και σε αυστηρά καθορισμένους χρόνους (χρονοθυρίδες) που ανακοινώνονται από τον κεντρικό σταθμό σε κάθε χρήστη, χρησιμοποιώντας TDMA (Time Division Multiple Access), κάτι που βοηθά στη σχεδίαση απόδοσης υπηρεσιών με QoS.

Γενικά Συμπεράσματα

Κλείνοντας το πρώτο μέρος, θα θέλαμε να θυμίσουμε τη βασική αρχή, σύμφωνα με την οποία η βέλτιστη επιλογή για μια συγκεκριμένη ανάγκη, είναι αυτή που σχεδιάστηκε για να καλύψει αυτές τις συγκεκριμένες ανάγκες. Η προφανής

αυτή από άποψη λογικής πρόταση, στον σύγχρονο κόσμο των τηλεπικοινωνιών δε φαντάζει τόσο αυταπόδεικτη με πληθώρα προϊόντων, απόψεων και ...μάρκετινγκ.

Συχνά, η απόφαση για την τεχνολογία υλοποίησης θα ταλαντευτεί μεταξύ μιας τεχνολογίας που από τη μία θα υπερκαλύπτει τις απαιτήσεις με ότι αυτό συνεπάγεται από άποψη κόστους, και από την άλλη μιας τεχνολογίας που δε θα είναι τεχνικά πλήρως αποδεκτή αλλά θα είναι αρκετά φθηνότερη. Μέσα σε αυτό το φάσμα λοιπόν, πολλές φορές ξεχνάμε ή δε μπορούμε να βρούμε τη λύση που απαντά πραγματικά στις συγκεκριμένες ανάγκες.

Από αυτή την άποψη, μία λύση δεν είναι ποτέ η καλύτερη ή η χειρότερη. Μία λύση μπορεί να είναι σωστή από τεχνο-οικονομικής απόψεως, ή όχι, ανάλογα με τις εφαρμογές και τις ιδιαιτερότητες της επικοινωνίας που κάθε φορά απαιτούνται. Ο pre-Wimax εξοπλισμός βρίσκεται σιγά σιγά τη θέση του ανάμεσα στις άλλες αντα-

γωνιστικές ή "ανταγωνιστικές" τεχνολογίες, χάρη στο γεγονός ότι προσφέρει αξιόπιστες ευρυζωνικές ζεύξεις στις μεγάλες αποστάσεις.

Στο 2ο μέρος του άρθρου

"Ολοκληρωμένες λύσεις και εφαρμογές ασύρματης διασύνδεσης απομακρυσμένων σημείων" θα αναφερθούμε στις λύσεις που προσφέρει η τεχνολογία Pre-Wimax σε επιχειρήσεις αλλά και στην προώθηση της Ευρυζωνικότητας στην χώρα μας.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

ⁱ Litwin, Luis, Pugel Michael, *The principles of OFDM*, 2001, white paper, www.rfdesign.com

ⁱⁱ Anderson, Harry, *Fixed Broadband Wireless System Design*, 2003, Wiley

Λίγα λόγια για τον αρθρογράφο

Ο κ. **Παναγιώτης Γεωργιάδης** εργάζεται ως presales engineer στη Δ/ση Ασύρματων Επικοινωνιών της MARAC Electronics S.A. με έμφαση στη σχεδίαση ασύρματων λύσεων με Wimax και pre-Wimax εξοπλισμό. Έχει επίσης εργαστεί για 4 χρόνια στον ΟΤΕ, στο Συγκρότημα Εργαστηρίων Νέων Τεχνολογιών και Υπηρεσιών, στο εργαστήριο Ασύρματων Επικοινωνιών και Ραδιοεπικοινωνιών.

Γεννήθηκε το 1978 στην Αθήνα και είναι πτυχιούχος του τμήματος Ηλεκτρονικής του ΤΕΙ Αθήνας και κάτοχος μεταπτυχιακού τίτλου ειδίκευσης Data Communications Systems από το School of Engineering and Design του πανεπιστημίου Brunel. Από το 2007, είναι πιστοποιημένος μηχανικός της Redline Communications με τίτλο RCSP για τον Wimax εξοπλισμό της Redline RedMAX. Έχει δημοσιεύσει άρθρα σχετικά με τη Wimax τεχνολογία (Experimental Performance Evaluation of the emerging WiMAX technology και High Throughput Performance and Quality Issues of a Wimax System στο WSEAS Journal Transactions on information science and applications) και μετρήσεις σχετικά με ευρυζωνικές υπηρεσίες (Throughput and interference measurements in copper wires of xDSL type modem και Crosstalk and Isolation measurements in copper wires).

Εάν επιθυμείτε το COMMUNICATION SOLUTIONS να δημοσιεύσει περισσότερα άρθρα για την τεχνολογία **Pre-WiMAX** κυκλώστε το **No 33** στην **κάρτα αναγνωστών**