



ΑΣΥΡΜΑΤΗ ΔΙΚΤΥΩΣΗ

Πρωτόκολλο 802.16

(WiMax)



ΑΤΕΙ Ηπείρου

Τμήμα Τηλεπληροφορικής και Διοίκησης (ΣΔΟ)

Καθηγητής: Τσιαντής Λεωνίδας

Κουτσοστάθη Μαρία-Θεοδώρα

Λέτσιου Ζωή

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

1.2 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΙΕΕΕ 802.16

1.2.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ 802.16

1.2.2 ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΙΕΕΕ 802.16

1.2.3 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

1.2.4 Η ΠΡΟΚΛΗΣΗ ΔΙΑ-ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ

1.2.5 Η 802.16 ΟΜΑΔΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1.3 ΈΛΕΓΧΟΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΜΕΣΟΥ

1.3.1 ΡΗΥ 10-66 GHz

1.3.2 ΖΩΝΕΣ ΜΕ ΑΔΕΙΑ , 2-11 GHz

1.3.3 ΖΩΝΕΣ ΧΩΡΙΣ ΑΔΕΙΑ , 5-6 GHz

1.4 ΣΥΝΥΠΑΡΕΗ ΚΑΙ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ 802

1.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΟΥ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

2.2 ΜΕΣΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

2.2.1 ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΣΤΡΩΜΑ

2.2.2 ΦΥΣΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

2.2.3 ΜΕΣΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

2.2.4 ΚΟΙΝΟ ΥΠΟ-ΣΤΡΩΜΑ ΜΕΡΩΝ

2.2.4.1 ΡΑΔΙΟ ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ

2.2.4.2 UR-LINK ΚΑΙ ΟΙ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ

2.2.4.3 ΑΙΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΠΙΧΟΡΗΓΗΣΕΙΣ ΕΥΡΟΥΣ ΖΩΝΗΣ

2.2.4.4 ΑΠΟΚΤΗΣΗ ΚΑΝΑΛΙΩΝ

2.2.4.5 ΕΠΙΚΥΡΩΣΗ ΚΑΙ ΕΓΓΡΑΦΗ SS

2.2.4.6. ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ

2.2.4.7 ΥΠΟ-ΣΤΡΩΜΑ ΜΥΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

2.2.4.8 ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

ΠΡΟΤΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΟ ΙΕΕΕ 802.16

3.1 ΕΠΙΠΕΔΑ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΓΚΛΙΣΗ ΤΟΥ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

3.1.1 ΕΝΩΣΗ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΙΕΕΕ

3.1.2 ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΠΡΟΤΥΠΩΝ LAN MAN ΙΕΕΕ 802

3.1.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΤΥΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΙΕΕΕ 802

3.2 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΤΟΥ ΙΕΕΕ 802

3.2.1 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ 802.15

3.2.2 ΑΣΥΡΜΑΤΑ LAN

3.2.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΜΕΣΟΥ

3.2.3.1 ΡΗΥ: ΕΥΡΥ ΦΑΣΜΑ, OFDM, ΚΑΙ ΥΠΕΡΥΘΡΕΣ

3.2.4 ΑΣΥΡΜΑΤΑ PAN

3.2.4.1 ΑΣΥΡΜΑΤΟ PAN ΠΟΥ ΠΡΟΕΡΧΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟ BLUETOOTH

3.2.4.2 ΣΥΝΥΠΑΡΕΗ ΑΣΥΡΜΑΤΟΥ PAN

3.2.4.3 ΥΨΗΛΟΒΑΘΜΟ ΑΣΥΡΜΑΤΟ PAN

3.3 ΠΡΟΤΥΠΑ ΑΣΥΡΜΑΤΗΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΕΥΡΕΙΑΣ ΕΜΒΕΛΕΙΑΣ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Σε καθένα από τους τρεις τελευταίους αιώνες, επικράτησε μία μοναδική τεχνολογία. Ο 18ος Αιώνας ήταν η εποχή των μεγάλων μηχανικών συστημάτων που συνόδευσαν τη Βιομηχανική Επανάσταση. Ο 19ος Αιώνας ήταν η εποχή της ατμομηχανής. Κατά τη διάρκεια του 20ου Αιώνα, η τεχνολογία-κλειδί είναι η συλλογή, επεξεργασία και διανομή της πληροφορίας. Έχουμε δει, μεταξύ άλλων εξελίξεων, την εγκατάσταση τηλεφωνικών δικτύων σε όλη την υδρόγειο, την εφεύρεση του ραδιοφώνου και της τηλεόρασης, τη γέννηση και τη χωρίς προηγούμενο ανάπτυξη της βιομηχανίας υπολογιστών και την εκτόξευση επικοινωνιών δορυφόρων.

Αν και η βιομηχανία των υπολογιστών είναι νέα σε σύγκριση με άλλες βιομηχανίες, οι υπολογιστές έχουν εξελιχθεί θεαματικά σε σύντομο διάστημα. Κατά τη διάρκεια των δύο πρώτων δεκαετιών της ύπαρξής τους, τα υπολογιστικά συστήματα ήταν ιδιαίτερος συγκεντρωμένα, συνήθως μέσα σε μια μεγάλη αίθουσα. Όχι σπανίως, η αίθουσα αυτή είχε γυάλινους τοίχους, μέσα από τους οποίους οι επισκέπτες μπορούσαν να θαυμάσουν το μεγάλο ηλεκτρονικό θαύμα. Μια εταιρία μεσαίου μεγέθους ή ένα πανεπιστήμιο μπορούσαν να έχουν ένα ή δύο υπολογιστές, ενώ τα μεγάλα ιδρύματα διέθεταν το πολύ μερικές δεκάδες. Η ιδέα ότι μέσα σε είκοσι χρόνια, θα παράγονταν μαζικά σε εκατομμύρια εξ ίσου ισχυροί υπολογιστές, μικρότεροι από γραμματόσημα, ήταν καθαρά επιστημονική φαντασία.

Ο άνθρωπος κατάφερε να συνδέσει τους υπολογιστές έτσι ώστε να μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους και να ανταλλάζουν πληροφορίες. Η σύνδεση μεταξύ των ηλεκτρονικών υπολογιστών αποκαλείται δίκτυο(network) όπου υλοποιείται με διάφορα μέσα και υλικά (οπτικές ίνες, χάλκινα καλώδια κ.α). Για να επιτευχθεί η επικοινωνία μεταξύ των συστημάτων πρέπει να υπάρχουν τα πρωτόκολλα .

Οι κανόνες και οι συμβάσεις που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία των συστημάτων ονομάζεται πρωτόκολλο, (η συμφωνία με τον τρόπο όπου θα επικοινωνήσουν).

Τα τελευταία χρόνια η εξάπλωση των διασυνδεδεμένων δικτύων ή Internet συνεχίζεται με τον αριθμό των συστημάτων που είναι συνδεδεμένα σ' αυτό σχεδόν να διπλασιάζεται κάθε χρόνο. Τα συστήματα που συνδέονται μέσα στο δίκτυο δεν είναι πάντα συμβατά είναι διαφορετικής αρχιτεκτονικής δηλ είναι δύσκολο να επικοινωνούν μεταξύ τους. Γι' αυτό το λόγο υπάρχουν τα διάφορα πρωτόκολλα όπου το καθένα έχει το δικό του ρόλο, η παραβίαση του πρωτοκόλλου θα κάνει την επικοινωνία δύσκολη, αν όχι αδύνατη.

1.2 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ IEEE 802.16

Μέσα στο Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών A.E. (IEEE), η επιτροπή επιπέδων LAN MAN αναπτύσσει πρότυπα αέρα διασύνδεσης για ασύρματο δίκτυο τοπικής περιοχής (LAN), ασύρματο δίκτυο μητροπολιτικής περιοχής (MAN) και ασύρματο δίκτυο προσωπικής περιοχής (PAN). Αυτά τα επίπεδα διευκολύνουν την ανάπτυξη μιας υποδομής για το Ασύρματο Διαδίκτυο.

Οι δραστηριότητες του 802.16 ξεκίνησαν με τη δράση του Εθνικού Ασύρματων Ηλεκτρονικών Συστημάτων (N-WEST) στο Αμερικανικό Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογίας. Το N-WEST οργάνωσε μια εναρκτήρια συνεδρίαση στο Συνέδριο Ραδιοφώνου και Ασύρματων του IEEE του 1998 (RAWCON). Η ομάδα των 45 δέχτηκε μια πρόταση να συναντηθούν με το IEEE 802 το Νοέμβριο, και το 802 μετά ενέκρινε το σχηματισμό μιας ομάδας μελέτης υπό την προεδρία του Roger Marks. Η ομάδα συνεδρίασε δύο φορές και έγραψε το PAR της Ομάδας Εργασίας 1. Η πρώτη συνεδρίαση της ομάδας εργασίας έλαβε χώρα τον Ιούλιο του 1999. Σε εκείνη τη συνεδρίαση, η Ομάδα Εργασίας 2 PAR εγκρίθηκε από το 802' ο Leland Langston προέδρευσε σε αυτή την εργασία. Το Νοέμβριο του 1999, το 802.16 δημιούργησε την ομάδα μελέτης η οποία, υπό την ηγεσία του Brian Kiernan, δημιούργησε το PAR της Ομάδα Εργασίας 3 που εγκρίθηκε το Μάρτιο του 2000. Εκείνη την περίοδο, μια ομάδα μελέτης για τις ζώνες χωρίς άδεια ιδρύθηκε υπό την προεδρία του Durga Satapathy, που ανέπτυξε το ακρόνυμο Ασύρματο HUMAN (Ασύρματο Υψηλής Ταχύτητας Χωρίς Άδεια Μητροπολιτικό Δίκτυο Περιοχής) για να περιγράψει την προσπάθεια για το πρότυπο. Η Ομάδα Εργασίας 3 PAR εγκρίθηκε το Δεκέμβριο του 2000. Οι πρόεδροι της αυθεντικής Ομάδας Εργασίας 1, της Ομάδας Εργασίας 3, και της Ομάδας Εργασίας 4 παραμένουν στη θέση τους' επιπλέον, οι Carl Eklund και Jay Klein υπηρετούν ως πρόεδροι MAC και PHY, αντίστοιχα, στην Ομάδα

Εργασίας 1. Την εργασία της Ομάδας Εργασίας 2 προεδρεύει ο Phil Whitehead, ακολουθώντας μια σύντομη διακοπή από τον Andy McGregor. Τη στιγμή αυτής της αναφοράς, το 802.16 έχει 137 μέλη, 74 υποψήφια μέλη, και 59 επίσημους παρατηρητές. Η

δουλειά του παρακολουθείται αυστηρά για παράδειγμα, η ιστοσελίδα του IEEE 802.16 έχει δεχθεί πάνω από 2,8 εκατομμύρια απαιτήσεις για αρχεία το έτος 2000.

Το IEEE 802.16 διατηρεί κοντινή εργασιακή σχέση με τους οργανισμούς προτύπων στο ITU και στο ETSI, συγκεκριμένα με τα προγράμματα HIPERACCESS και HIPERMAN της εργασίας των Δικτύων Ευρείας Εμβέλειας Ραδιοφωνικής Πρόσβασης (BRAN) του ETSI και με την Εργαζόμενη Ομάδα TM4 του ETSI.

Τα IEEE 802.16 πρότυπα Ethernet για τα ασύρματα δίκτυα μητροπολιτικός-περιοχής (MANs) ανοίγουν έναν νέο τομέα των επικοινωνιών, αν και κανένας ξέρει ποια μορφή η αγορά θα πάρει τελικά. Ακόμα κι αν τα πρότυπα έχουν τη σημαντική υποστήριξη στη βιομηχανία από τους χειριστές, προμηθευτές εξοπλισμού και τσιπ, και ικανοποιημένοι προμηθευτές, οι εκτιμήσεις rollout αγοράς και της κλίμακας της επέκτασης ποικίλλουν ευρέως. Τα πρότυπα προβλέπουν τις μεταβλητές επεκτάσεις που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα των ταχυτήτων και των αποστάσεων μετάδοσης στοιχείων πέρα από αρκετές ευδιάκριτη ραδιοσυχνότητα (RF) wavebands. Αυτοί οι παράγοντες, συν την ανταγωνιστική ή συμπληρωματική επίδραση άλλων τεχνολογιών δικτύων, το καταστήστε δύσκολο να προβλέψει ποιες 802.16 εφαρμογές τελικά θα είναι επιτυχείς.

Η ανάπτυξη εξοπλισμού για αυτά τα πρότυπα οδηγείται από δύο κύριες αναθεωρήσεις των προτύπων: 802.16d για τις σταθερές ή κάπως φορητές εφαρμογές, και 802.16e, όποιος τονίζει την κινητικότητα και την περιπλάνηση. Οι εφαρμογές που έχουν προταθεί για την τεχνολογία περιλαμβάνουν τις αγροτικές και αστικές ευρυζωνικές συνδέσεις τελευταίος-μιλίου, 802.11 δυναμική ζώνη και κυψελοειδή backhails, και συνδετικότητα μεγάλης επιχείρησης για τις μικρομεσαίες μεσαίες επιχειρήσεις. Η αναθεώρηση 802.16e μπορεί να κεντρίσει μια αγορά για τα piconetworks που εξυπηρετούν τις επιχειρήσεις πέρα από τις αστικού επιπέδου γεωγραφικές περιοχές.

Τα προφανή οφέλη οι 802.16 τυποποιημένοι τελικοί χρήστες προσφορών είναι υψηλότερα ποσοστά στοιχείων και αυξανόμενη περιοχή κάλυψης έναντι 802.11 σε ασύρματο Ethernet (WI-FI). Για τους φορείς παροχής υπηρεσιών, η φασματική αποδοτικότητα των νέων προτύπων μεγιστοποιεί τον αριθμό πελατών που μπορούν να εξυπηρετηθούν μέσα σε μια δεδομένη περιοχή. Η ευρυζωνική ασύρματη πρόσβαση είναι επίσης πιθανό να ασκήσει επίδραση στις κυψελοειδείς επικοινωνίες, προώθηση της σύγκλισης των ασύρματων στοιχείων, φωνή, και τηλεοπτικές υπηρεσίες.

Επειδή τα 802.16 πρότυπα είναι ακόμα ανοικτά στην ερμηνεία και κανένας δεν ξέρει ακόμα ποιες εφαρμογές θα απογειωθούν, οι υπεύθυνοι για την ανάπτυξη αντιμετωπίζουν ένα ευρύ φάσμα των επιλογών εφαρμογής. Εκτός από τη συμβατική δικτύωση στοιχείων, 802.16 αναμένεται για να έχει μια επίδραση 3G και ειδικά 4G κυψελοειδείς υπηρεσίες, εισαγωγή της μεγαλύτερης ευελιξίας, συν τις καλύτερες και γρηγορότερες εφαρμογές. Σε

έναν κόσμο της σύγκλισης επικοινωνιών, 802.16 παρέχει έναν άλλο μεγάλο ασύρματο σωλήνα που είναι πιθανό να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε αριθμός τρόπων, συχνά από κοινού με άλλες μορφές παράδοσης

1.2.1 Τι είναι το 802.16

Ieee πρότυπα 802.16-2001 [1], ολοκληρωμένος τον Οκτώβριο του 2001 και δημοσιευμένος στις 8 Απριλίου 2002, καθορίζει το ασύρματο MAN, προδιαγραφή διεπαφών αέρα για τα ασύρματα δίκτυα μητροπολιτικής περιοχής (MANs). Η ολοκλήρωση αυτών των προτύπων ανακοινώνει την είσοδο της ευρυζωνικής ασύρματης πρόσβασης ως σημαντικό νέο εργαλείο στην προσπάθεια να συνδεθούν τα σπίτια και οι επιχειρήσεις με τα δίκτυα τηλεπικοινωνιών πυρήνων παγκοσμίως.

Όπως αυτήν την περίοδο καθορίζεται μέσω ieee των προτύπων 802.16, ένα ασύρματο MAN παρέχει την πρόσβαση στο δίκτυο στα κτήρια μέσω των εξωτερικών κεραιών επικοινωνώντας με τους κεντρικούς ραδιο σταθμούς βάσεων (BSs). Το ασύρματο MAN προσφέρει μια εναλλακτική λύση στα τηλεγραφημένα δίκτυα πρόσβασης, όπως fiber, οπτικές συνδέσεις, ομοαξονικά συστήματα που χρησιμοποιούν τους διαποδιαμορφωτές καλωδίων, και ψηφιακές συνδέσεις γραμμών συνδρομητών (DSL). Επειδή τα ασύρματα συστήματα έχουν η ικανότητα να εξεταστούν οι ευρείες γεωγραφικές περιοχές χωρίς τη δαπανηρή ανάπτυξη υποδομής που απαιτείται στην ανάπτυξη του καλωδίου συνδέει με τις μεμονωμένες περιοχές, η τεχνολογία μπορεί να αποδειχθεί λιγότερο ακριβή να επεκτείνει και μπορεί να οδηγήσει σε περισσότερη πανταχού παρούσα ευρυζωνική πρόσβαση. Τέτοια συστήματα ήταν σε χρήση για αρκετά έτη, αλλά η ανάπτυξη των νέων προτύπων χαρακτηρίζει την ωρίμανση της βιομηχανίας και αποτελεί τη βάση της νέας επιτυχίας βιομηχανίας χρησιμοποιώντας το δεύτερης γενεάς εξοπλισμό. Σε αυτό το σενάριο, με την ασύρματη τεχνολογία MANs που φέρνει το δίκτυο σε ένα κτήριο, οι χρήστες μέσα στο κτήριο θα συνδέσουν με το με τα συμβατικά δίκτυα-ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΗΣ όπως, για τα στοιχεία, Ethernet (ieee πρότυπα 802.3) ή ασύρματο LANs (ieee πρότυπα 802.11). Εντούτοις, το θεμελιώδες σχέδιο των προτύπων μπορεί τελικά να επιτρέψει την αποδοτική επέκταση των ασύρματων πρωτοκόλλων δικτύωσης MANs άμεσα στο μεμονωμένο χρήστη. Παραδείγματος χάριν, κεντρικές BS μπορούν someday να ανταλλάξουν τα μέσα στοιχεία πρωτοκόλλου ελέγχου πρόσβασης (MAC) με έναν μεμονωμένο υπολογιστή lap-top σε ένα σπίτι. Οι συνδέσεις από τις BS στον εγχώριο δέκτη και από τον εγχώριο δέκτη στο lap-top θα χρησιμοποιούσαν πιθανώς τα αρκετά διαφορετικά φυσικά στρώματα, αλλά το σχέδιο της ασύρματης MAN MAC θα μπορούσε να προσαρμόσει μια τέτοια σύνδεση με το σύνολο ποιότητα της υπηρεσίας (QoS). Με την

τεχνολογία που επεκτείνεται σε αυτήν την κατεύθυνση, είναι πιθανό ότι τα πρότυπα θα εξελιχθούν για να υποστηρίξουν τους νομαδικούς και όλο και περισσότερο κινητούς χρήστες. Παραδείγματος χάριν, θα μπορούσε να είναι κατάλληλο για ένα στάσιμο ή αργό κινούμενο όχημα. Ieee τα πρότυπα 802.16 είχαν ως σκοπό να εξελιχθούν ως σύνολο διεπαφών αέρα που βασίστηκαν σε ένα κοινό πρωτόκολλο της MAC αλλά με τις φυσικές προδιαγραφές στρώματος εξαρτώμενες από το φάσμα της χρήσης και των σχετικών κανονισμών. Τα πρότυπα, όπως εγκρίνεται το 2001, συχνότητες διευθύνσεων από 10 έως 66 GHz, όπου το εκτενές φάσμα είναι διαθέσιμο σήμερα παγκοσμίως αλλά στο οποίο τα σύντομα μήκη κύματος εισάγουν τις σημαντικές προκλήσεις επέκτασης.

Ieee περιοδικό επικοινωνιών: 2002.99 Ιουνίου έδειξε το ieee 802.16a [2] πριν από το τέλος του 2002. Το παρόν έγγραφο θα επεκτείνει την υποστήριξη διεπαφών αέρα στις χαμηλότερες συχνότητες στη ζώνη 2-11 GHz, και συμπεριλαμβανομένων των εξουσιοδοτημένων και απαλλάξιμων φασμάτων αδειών. Έναντι στις υψηλότερες συχνότητες, τέτοια φάσματα προσφέρουν την ευκαιρία να επιτευχθούν οι πολλοί περισσότεροι πελάτες λιγότερο δαπανηρά, αν και στα γενικά χαμηλότερα ποσοστά στοιχείων. Αυτό προτείνει ότι τέτοιες υπηρεσίες θα προσανατολιστούν προς τα μεμονωμένα σπίτια ή τις μικρομεσαίες επιχειρήσεις.

Τα 802.16 πρότυπα, 802.16a του που καλύπτει τα 2 GHz σε 11 συχνότητες GHz, είναι μια ασύρματη τεχνολογία δικτύων μητροπολιτικής περιοχής που παρέχετε μια ασύρματη επέκταση στο καλώδιο και το DSL για την τελευταία ευρυζωνική πρόσβαση μιλίου. Παρέχει μέχρι 31 μίλια της γραμμικής σειράς περιοχής υπηρεσιών και επιτρέπει στους χρήστες για να πάρει την ευρυζωνική συνδετικότητα χωρίς ανάγκη μιας άμεσης γραμμής θέας στο σταθμό βάσεων. Η ασύρματη ευρυζωνική τεχνολογία παρέχει επίσης τα κοινά ποσοστά στοιχείων μέχρι 70 Mbps, όποιο είναι αρκετό εύρος ζώνης για να υποστηρίξει ταυτόχρονα περισσότερες από 60 επιχειρήσεις με τη συνδετικότητα T1-ΤΥΠΩΝ και τις εκατοντάδες των σπιτιών με τη συνδετικότητα DSL-ΤΥΠΩΝ που χρησιμοποιεί έναν ενιαίο τομέα ενός σταθμού βάσεων. Ένας χαρακτηριστικός σταθμός βάσεων έχει μέχρι έξι τομείς.

Και κάποια συζήτηση των επιπτώσεων 802.16 μπορεί να βρεθεί σε ένα μη-σε απευθείας σύνδεση άρθρο από την αναθεώρηση με τον τίτλο "γιατί WiMax τεχνολογίας; [σημείωση, Το WiMax είναι ένα καταναλωτικό φιλικό όνομα για τα ieee 802.16 πρότυπα] Η προσεχής παγκόσμια δια-λειτουργικότητα για τα ασύρματα πρότυπα επικοινωνίας μητροπολιτικός-περιοχής πρόσβασης μικροκυμάτων (WiMax) αναμένεται για να βάλει το WI-FI στη σκιά. Το WI-FI μπορεί να διαβιβάσει τα σήματα σε μέχρι 100 μέτρα στο

εσωτερικό και 400 μέτρα υπαίθρια, αλλά WiMax καυχάται μια μέγιστη σειρά μετάδοσης 50 χιλιομέτρων σε ένα μέγιστο ποσοστό μεταφοράς στοιχείων 70 Mbps.

Επιπλέον, μόλις επιτευχθεί η συναίνεση βιομηχανίας σε τέτοιες λεπτομέρειες όπως την κρυπτογράφηση στοιχείων WiMax, [ρυθμισμένα και ανεξέλεγκτα] επιδόματα συχνότητας, και πρόσβαση συχνότητας πολλαπλάσιος-χρηστών, οι επιχειρήσεις θα είναι σε θέση να παραγάγουν μαζικά τα WIMAX- τσιπ και να καταστήσουν τους δέκτες WiMax προσιτούς στους καταναλωτές το τελικό αποτέλεσμα θα μπορούσε να είναι η αντικατάσταση τρέχοντος ISPs με την ευρυζωνική συνδετικότητα Διαδικτύου.

Το WiMax υπόσχεται να διευκολύνει την ασύρματη επικοινωνία για τις νέες μικρές και μεσαίου μεγέθους επιχειρήσεις, η κατασκευή των καυτών σημείων κινητός-υπολογισμού στις περιοχές που τηλεφωνικές γραμμές έλλειψης, και η επέκταση της ευρυζωνικής πρόσβασης Διαδικτύου στις περιοχές. Ο υποκινητής της μετακίνησης WiMax είναι η Intel, όποιος έβλεπε μια ανάγκη για το WI-FI να αναπτυχθεί σε μια μεταφορέας-όπως τεχνολογία καθώς επίσης και να χρησιμοποιηθούν περισσότεροι, όπως-όμως αναξιοποίητες συχνότητες. Εκτός από το σχεδιασμό των επεξεργαστών επικοινωνιών για να εκμεταλλευτεί αυτές τις συχνότητες και την παράδοση των τσιπ ως δείγματα στους κατασκευαστές. Η Intel προωθεί το φόρουμ WiMax ως οργάνωση βιομηχανίας για την πιστοποίηση του WiMax -υποχωρητικού εξοπλισμού, και καθιστά τις επενδύσεις σχεδιασμένες για να καταδείξει τη δυνατότητα κέρδους WiMax's μέσω του κεφαλαίου της Intel.

Το υψηλό κόστος ένα δίκτυο συσκευών αποστολής σημάτων WiMax θα μπορούσε να περιπλέξει roll out της τεχνολογίας. Επιπλέον, WiMax οι κατασκευαστές εξοπλισμού πρέπει να εξετάσουν την πρόκληση της επίτευξης των οικονομικών κλίμακας απαραίτητων για τη διευκόλυνση του υλικού WiMax στη σειρά τιμών διάθεσης στην κατανάλωση.

Μια πιά πρόσφατη και λεπτομερής συζήτηση μπορεί να βρεθεί σε WiMax αρχικός να κάνει την κίνησή της (nwfusion.COM, 04) Ιουνίου

Καλά, ίσως τελικά, οι επιχειρήσεις της Intel στις μη θεμελιώδεις τεχνολογίες θα τις φιλτραρισούν έξω.

Φαίνεται όπως τον προγραμματισμό για αυτό παίρνει για πάντα, ειδικά δεδομένου ότι πρέπει να είναι ένα όφελος στη βιομηχανία τεχνολογίας. Αλλά θυμηθείτε, όλος ο κυβερνητικός συντονισμός είναι κακός, η ιδιωτική επιχείρηση είναι πάντα αποδοτικότερη (ότι σαρκαστικοί λαοί).

1.2.2 Επισκόπηση IEEE 802.16

Η ieee 802.16 ομάδα εργασίας έχει αναπτύξει τα point-to-multipoint ευρυζωνικά ασύρματα πρότυπα πρόσβασης για τα συστήματα στα φάσματα συχνότητας 10-66 GHz και υποβρύχιο 11 GHz. Τα πρότυπα καλύπτουν και τον έλεγχο πρόσβασης MEDIA (MAC) και τα φυσικά στρώματα (PHY).

Διάφορες Εκτιμήσεις PHY λήφθηκαν υπόψη για το περιβάλλον στόχων. Στις υψηλότερες συχνότητες, η γραμμή θέας είναι ένας μούστος. Αυτή η απαίτηση διευκολύνει την επίδραση πολλαπλών διαδρομών, επιτρέποντας τα ευρέα κανάλια, χαρακτηριστικά μεγαλύτερος από 10 MHz στο εύρος ζώνης. Αυτό δίνει στο ieee 802.16 τη δυνατότητα να παρέχει πολύ τις συνδέσεις υψηλής ικανότητας και uplink και στην κατιούσα σύνδεση. Για το υποβρύχιο 11 μη γραμμή GHz της ικανότητας θέας είναι μια απαίτηση. Η αρχική ieee 802.16 MAC ενισχύθηκε για να φιλοξενήσει διαφορετικές PHYs και τις υπηρεσίες, όποιοι καλύπτουν τις ανάγκες των διαφορετικών περιβαλλόντων. Τα πρότυπα έχουν ως σκοπό τις επεκτάσεις Duplexing να προσαρμόσουν είτε του χρονικού τμήματος Duplexing (TDD) είτε τμήματος συχνότητας (FDD), άδεια και των πλήρων και ημιαμφίδρομων τερματικών στην περίπτωση FDD.

Η MAC σχεδιάστηκε συγκεκριμένα για το pmp ασύρματο περιβάλλον πρόσβασης. Υποστηρίζει τα υψηλότερα πρωτόκολλα στρώματος ή μεταφορών όπως το ATM, Πρωτόκολλο (IP) Ethernet ή Διαδικτύου, και σχεδιάζεται για να προσαρμόσει εύκολα τα μελλοντικά πρωτόκολλα που δεν έχουν αναπτυχθεί ακόμα. Η MAC σχεδιάζεται για τα πολύ υψηλά ποσοστά δυαδικών ψηφίων (μέχρι 268 mbps κάθε τρόπος) του αληθινά ευρυζωνικού φυσικού στρώματος, παραδίδοντας τη συμβατή ποιότητα του ATM της υπηρεσίας (QoS) Ugs, rtPS, nrtPS, και καλύτερη προσπάθεια.

Τη δομή πλαισίων επιτρέπει στα τερματικά για να οριστεί δυναμικά uplink και η κατιούσα σύνδεση εξεργάγη τα σχεδιαγράμματα σύμφωνα με τους όρους συνδέσεών τους. Αυτό επιτρέπει μια ανταλλαγή μεταξύ της ικανότητας και της ευρωστίας στον πραγματικό χρόνο, και παρέχει κατά προσέγγιση δύο φορές την αύξηση στην ικανότητα συγκρίνεται κατά μέσον όρο όταν με τα μη-προσαρμοστικά συστήματα, διατηρώντας την κατάλληλη διαθεσιμότητα συνδέσεων.

Η 802.16 MAC χρησιμοποιεί μια μονάδα στοιχείων πρωτοκόλλου μεταβλητού μήκους (PDU) μαζί με διάφορες άλλες έννοιες που αυξάνουν πολύ την αποδοτικότητα των προτύπων. Η πολλαπλάσια MAC PDUs μπορεί να συνδεθεί σε μια ενιαία έκρηξη για να σώσει τα γενικά έξοδα PHY. Επιπλέον, οι πολλαπλάσιες μονάδες στοιχείων υπηρεσιών (SDU) για την ίδια υπηρεσία μπορούν να συνδεθούν στην ενιαία MAC PDU, αποταμίευση στην επιγραφή της MAC υπερυψωμένη. Ο τεμαχισμός επιτρέπει σε πολύ μεγάλο SDUs για να σταλεί στα όρια πλαισίων για να εγγυηθεί το QoS των ανταγωνιστικών υπηρεσιών. Και,

η καταστολή επιγραφών ωφέλιμων φορτίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μειώσει τα γενικά έξοδα που προκαλούνται από τις περιττές μερίδες των επιγραφών SDU.

Η MAC χρησιμοποιεί ένα self-correcting αίτημα εύρους ζώνης/σχέδιο επιχορήγησης που αποβάλλει τον υπερυψωμένο και την καθυστέρηση των αναγνωρίσεων, ταυτόχρονα επιτρέποντας καλύτερο QoS που χειρίζεται από τα παραδοσιακά αναγνωρισμένα σχέδια. Τα τερματικά έχουν ποικίλες επιλογές διαθέσιμες σε τους για την αίτηση του εύρους ζώνης ανάλογα με το QoS και τις παραμέτρους κυκλοφορίας των υπηρεσιών τους. Μπορούν να ψηφιστούν χωριστά ή κατά ομάδες. Μπορούν να κλέβουν το εύρος ζώνης που διατίθεται ήδη για να υποβάλει τα αιτήματα για περισσότερους. Μπορούν να επισημάνουν την ανάγκη να ψηφιστούν, και μπορούν piggyback τα αιτήματα για το εύρος ζώνης.

1.2.3 Τεχνικές πληροφορίες

Τα IEEE 802.16 πρότυπα διεπαφών αέρα είναι αληθινά μια προδιαγραφή κατάστασης προόδου για τα σταθερά ευρυζωνικά ασύρματα συστήματα πρόσβασης υιοθετώντας μια point-to-multipoint (pmp) αρχιτεκτονική. Η αρχική έκδοση αναπτύχθηκε με το στόχο τις απαιτήσεις μιας απέραντης σειράς σεναρίων επέκτασης για τα συστήματα BWA που λειτουργούν μεταξύ 10 και 66 GHz. Κατά συνέπεια, μόνο ένα υποσύνολο της λειτουργίας απαιτείται για τις χαρακτηριστικές επεκτάσεις που κατευθύνονται στις συγκεκριμένες αγορές. Μια αναθεώρηση στο IEEE βάσεων 802.16 τυποποιημένο υποβρύχιο 11 GHz στοχοθέτησης είναι κοντά στην ολοκλήρωση με μια προβλεπόμενη ημερομηνία έκδοσης τον Ιουλίου του 2004. Αυτή η αναθεώρηση θα περιλάβει τις τροποποιήσεις από την ομάδα στόχου γ, Ομάδα στόχου α, και ομάδα στόχου δ.

Οι IEEE στάσεις διαδικασίας απότομα της παροχής των προτύπων προσαρμογής και των προδιαγραφών δοκιμής. Προκειμένου να εξασφαλιστεί δια-λειτουργικότητα μεταξύ του εξοπλισμού προμηθευτών, οι τεχνικές ομάδες εργασίας WiMAX έχουν ολοκληρώσει την εργασία για 10 έως 66 GHz και έχουν αρχίσει την εργασία για το υποβρύχιο 11 μέρος GHz των προτύπων. Οι ομάδες εργασίας αναπτύσσουν ένα σύνολο σχεδιαγραμμάτων συστημάτων, Αίτηση δήλωσης προσαρμογής εφαρμογής πρωτοκόλλου, Σκοποί δομών & δοκιμής ακολουθίας δοκιμής, και αφαιρέστε τις προδιαγραφές ακολουθίας δοκιμής για 10 έως 66 GHz και υποβρύχιο 11 GHz, όλοι σύμφωνα με τον ISO/IEC 9464 σειρές (ισοδύναμες με τη σειρά ITU-T x.290) εξεταστικών προτύπων προσαρμογής.

1.2.4 Η πρόκληση δια-λειτουργικότητας

Μεγάλος αριθμός επιλογών. Από την προηγούμενη επισκόπηση, είναι σαφές ότι η IEEE 802.16 προδιαγραφή διεπαφών αέρα είναι πολύ μια ικανή, ενώ σύνθετος, προδιαγραφή. Υπάρχουν επιδόματα για διάφορα φυσικά στρώματα για τις διαφορετικές ζώνες συχνότητας και τους ρυθμιστικούς κανόνες συχνότητας περιοχή-από-περιοχών. Υπάρχουν χαρακτηριστικά γνωρίσματα που επιτρέπουν σε μια IP το κεντρικό σύστημα ή το ATM κεντρικό σύστημα ανάλογα με τις ανάγκες των πελατών. Η προδιαγραφή έχει ως σκοπό να καλύψει την εφαρμογή στις διαφορετικές αγορές από τις πολύ υψηλές επιχειρήσεις εύρους ζώνης σε SOHO και τους κατοικημένους χρήστες.

Λόγω του πλούτου των επιλογών διαθέσιμων, ένας εφαρμοστής αντιμετωπίζει αυτήν την περίοδο μια σκληρή απόφαση. Για να αντιμετωπίσουν αυτό το ζήτημα WiMAX που αναλαμβάνεται την ανάπτυξη των σχεδιαγραμμάτων συστημάτων.

Ο σκοπός αυτών των σχεδιαγραμμάτων συστημάτων είναι να διευκρινιστεί ποια χαρακτηριστικά γνωρίσματα είναι υποχρεωτικά ή προαιρετικά για τα διάφορα σενάρια MAC ή PHY που είναι πλέον πιθανά να προκύψουν στην επέκταση των πραγματικών συστημάτων. Αυτό επιτρέπει στους προμηθευτές που εξετάζουν την ίδια αγορά για να χτίσει τα συστήματα για εκείνη την αγορά που είναι δια-λειτουργικά μην απαιτώντας την εφαρμογή απολύτως κάθε χαρακτηριστικού γνωρίσματος.

Καμία προδιαγραφή δοκιμής. Ένα άλλο ζήτημα που αντιμετωπίζει ieee 802.16 τους υπεύθυνους για την ανάπτυξη είναι ένα χειροποίητο αντικείμενο της ieee διαδικασίας προτύπων που επικεντρώνεται πρώτιστα στις απαιτήσεις. Η παραγωγή της ieee 802.16 ομάδας εργασίας είναι πρότυπα, δηλαδή, μια προδιαγραφή απαίτησης. Η ομάδα εργασίας θα συνεχίσει να επεκτείνει τα πρότυπα για να καλύψει τις πρόσθετες αγορές, μέσω των τροποποιήσεων και αναθεωρήσεις στα πρότυπα βάσεων. Στο παρελθόν, δεν υπήρξε κανένα θέμα εργασίας ieee 802.16 για να εξετάσει τη δημιουργία των προδιαγραφών δοκιμής. Οι προδιαγραφές δοκιμής είναι απαραίτητες:

Εξασφαλίστε ότι ο εξοπλισμός και τα συστήματα που απαιτούν τη συμμόρφωση στα πρότυπα ή ένα σχεδιάγραμμα έχουν εξεταστεί αρκετά για να καταδείξουν εκείνη την συμμόρφωση.

Εγγύηση ότι ο εξοπλισμός από τους πολλαπλάσιους προμηθευτές έχει εξεταστεί τον ίδιο τρόπο, στην ίδια ερμηνεία των προτύπων, αύξηση της δια-λειτουργικότητας του εξοπλισμού.

Επιτρέψτε την ανεξάρτητη δοκιμή προσαρμογής, δόσιμο της περαιτέρω αξιοπιστίας στα προηγούμενα δύο στοιχεία.

Αυτή η πρωτοβουλία προδιαγραφών δοκιμής είναι μια περιοχή όπου το ETSI έχει μια επίσημη διαδικασία και είναι χαρακτηριστικά πληρέστερη από τη ieee διαδικασία. Το ETSI ακολουθεί τις οδηγίες του ISO/IEC 9646 σειρές (σειρά ITU-T X.29x). Οι σκοποί

δομών και δοκιμής ακολουθίας (TSS&TP) τεκμηριώνουν και η αφηρημένη προδιαγραφή ακολουθίας δοκιμής (ATC), και οι δύο που περιγράφονται στον ISO/IEC 9646-2 (ITU-T X.291), ταίριαζαν το σκοπό ιδιαίτερα καλά.

Καμία δήλωση προσαρμογής. Η κατοχή των σχεδιαγραμμάτων είναι μόνο μέρος της πρόκλησης δια-λειτουργικότητας. Πρέπει να υπάρξει μια τυποποιημένη μέθοδος προσδιορισμού με την οποία τα σχεδιαγράμματα μια συσκευή ή ένα σύστημα συμμορφώνονται και που τα προαιρετικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα εφαρμόζονται έτσι ώστε οι ολοκληρωτές συστημάτων μπορούν να λάβουν τις εκπαιδευμένες αποφάσεις για τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που παρέχουν στους πελάτες και στην ενίσχυση στην επιλογή του εξοπλισμού.

Για να εξετάσει τη ieee ανεπάρκεια, Τα WiMAX άρχισαν την ανάπτυξη ενός συνόλου εγγράφων προσαρμογής, σύμφωνα με τον ISO/Συστάσεις IEC, για να υποβληθεί στη ieee 802.16 ομάδα εργασίας. Αυτοί περιλαμβάνουν τη δήλωση προσαρμογής εφαρμογής πρωτοκόλλου (PICS), TSS&TP, και ATS. Τα 10 έως 66 έγγραφα GHz είναι πλήρη. Για το υποβρύχιο 11 GHz, το PICS είναι κοντά στην ολοκλήρωση ενώ το TSS&TP και τα ATS έχουν αρχίσει. Τα σχεδιαγράμματα συστημάτων θα περιληφθούν στη ieee 802.16 αναθεώρηση που δημοσιεύεται τον Ιούλιο του 2004

1.2.5 Η 802.16 Ομάδα Εργασίας

Ανάπτυξη ieee των προτύπων 802.16 και συμπεριλαμβανόμενου του ασύρματου MAN διεπαφή αέρα, μαζί με τα σχετικά πρότυπα και τις τροποποιήσεις, είναι ευθύνη της ομάδας εργασίας ieee 802.16 σχετικά με τα ευρυζωνικά ασύρματα πρότυπα πρόσβασης (BWA) ([HTTP://WirelessMAN.org](http://WirelessMAN.org)). Το αρχικό ενδιαφέρον της ομάδας εργασίας ήταν η σειρά 10-66 GHz. Το πρόγραμμα τροποποιήσεων 2-11 GHz που οδήγησε την ieee 802.16a εγκρίθηκε τον Μάρτιο του 2000. Το πρόγραμμα 802.16a περιλαμβάνει πρώτιστα την ανάπτυξη των νέων φυσικών προδιαγραφών στρώματος, με τις αυξήσεις υποστήριξης στη βασική MAC. Επιπλέον, η ομάδα εργασίας έχει ολοκληρώσει ieee τα πρότυπα της 802.16.2 [3] για να εξετάσουν τη συνύπαρξη 10-66 GHz και, μέσω του προγράμματος 802.16.2a τροποποιήσεων, επεκτείνει τις συστάσεις του για να περιλάβει τις εξουσιοδοτημένες ζώνες από 2 έως 11 GHz. Ιστορικά, οι 802.16 δραστηριότητες άρχισαν σε μια συνεδρίαση του Αυγούστου 1998 που κλήθηκε από τα εθνικά ασύρματα συστήματα ηλεκτρονικής που εξετάστηκαν από το Εθνικό ίδρυμα προτύπων και τεχνολογίας. Η προσπάθεια χαιρετίστηκε από το ieee 802, όποιος άνοιξε μια ομάδα μελέτης. Η ομάδα 802.16Working έχει πραγματοποιήσει τις μίας εβδομάδας συνεδριάσεις τουλάχιστον

διμηνιαίες από τον Ιούλιο του 1999. Πάνω από 700 άτομα έχουν παρευρεθεί σε μια σύνοδο. Ιδιότητα μέλους, όποιος χορηγείται στα άτομα βασισμένα στη συμμετοχή και τη συμμετοχή τους, αυτήν την περίοδο στάσεις σε 130. Η εργασία έχει παρακολουθηθεί στενά παραδείγματος χάριν, ο IEEE 802.16 ιστοχώρος έλαβε πάνω από 2,8 εκατομμύριο αιτήματα αρχείων το 2000.

1.3 ΈΛΕΓΧΟΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΜΕΣΟΥ

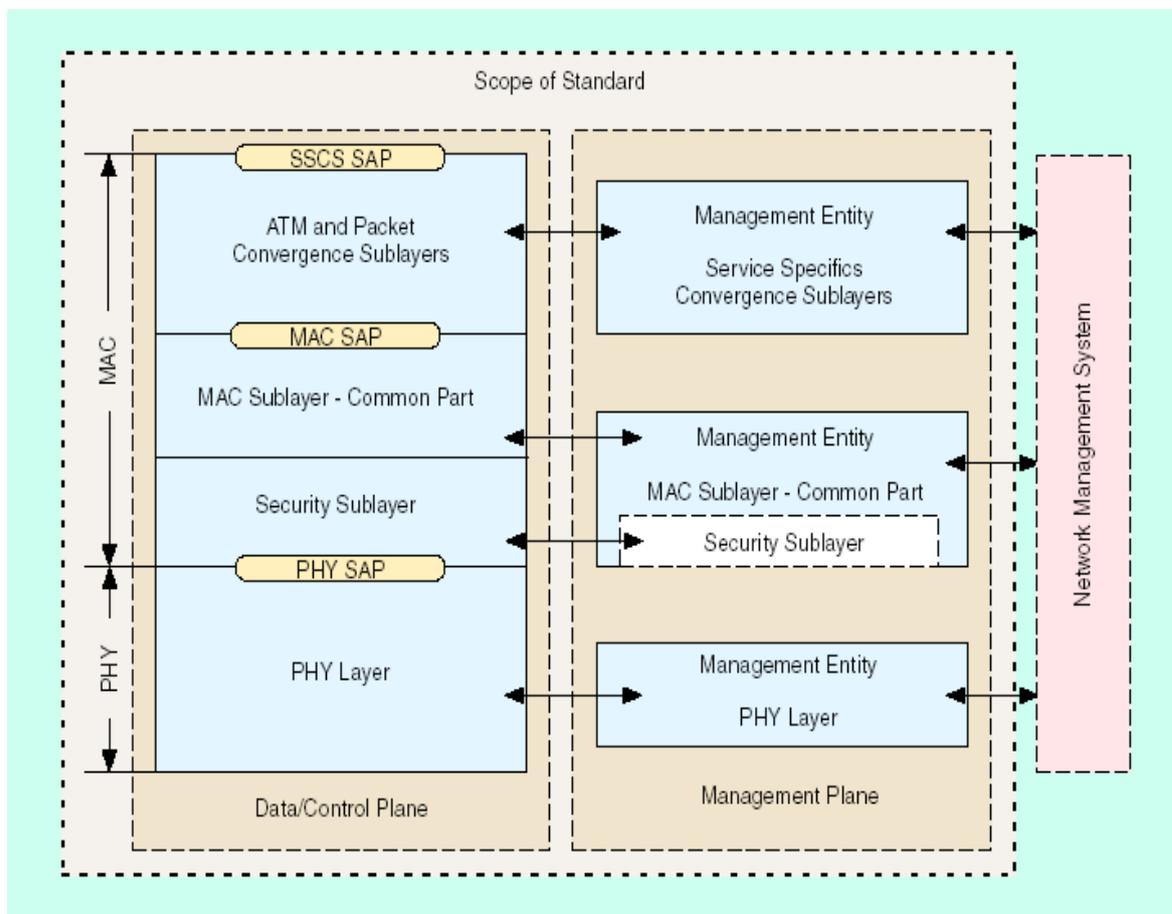
Η ομάδα εργασίας 802.16 ακολουθεί την παραδοσιακή προσέγγιση 802 της ανάπτυξης πολλαπλών επιλογών PHY που υποστηρίζεται από ένα κοινό MAC. Το MAC δημιουργήθηκε από την Ομάδα Εργασίας 1 μαζί με το αυθεντικό PHY 10-66 GHz. Αν και οι προϋποθέσεις εξυπηρέτησης από τις άλλες εργασίες αέρα διασύνδεσης διαφέρουν, το αυθεντικό σχέδιο του MAC είναι αρκετά ευλύγιστο ώστε να υποστηρίξει, με επεκτάσεις, και τις τρεις εργασίες.

Το 802.16 MAC (εικόνα 1.1) ξεκινά από το πρότυπο πληροφορίες-μέσω-καλωδίων (DOCSIS) [7] που έχει σχεδιαστεί επιτυχώς σε συστήματα ομοαξονικών καλωδίων υβριδικής ίνας (HFC), που έχουν αρχιτεκτονική σημείο προς-πολλαπλό σημείο. Ωστόσο, το πρωτόκολλο μηχανής MAC είναι ένα νέο σχέδιο. Είναι ένα MAC προσανατολισμένο προς τη σύνδεση ικανό να οδηγήσει υπόγεια οποιοδήποτε πρωτόκολλο μέσα από τον διασύνδεση αέρα με πλήρη υποστήριξη ποιότητας εξυπηρέτησης (QoS). Η κατάσταση ασύγχρονης μετάθεσης (ATM) και τα στρώματα αλληλοεπικάλυψης βασισμένα σε πακέτα παρέχουν τη διασύνδεση σε υψηλότερα πρωτόκολλα. Ενώ η διάθεση του εκτεταμένου εύρους ζώνης και οι μηχανισμοί QoS παρέχονται, οι λεπτομέρειες του προγραμματισμού και η διαχείριση κρατήσεων μένουν χωρίς να προτυποποιηθούν και παρέχουν ένα σημαντικό μηχανισμό για τους πωλητές να διαφοροποιούν τον εξοπλισμό τους.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του MAC είναι η επιλογή του να δωρίσουν εύρος ζώνης σε ένα σταθμό συνδρομητών παρά στις ατομικές συνδέσεις που υποστηρίζει. Αυτό δίνει την επιλογή του να επιτραπεί σε ένα έξυπνο σταθμό συνδρομητών να διαχειριστεί τη διάθεση εύρους ζώνης μεταξύ των χρηστών του. Αυτό μπορεί να επιτρέψει πιο αποτελεσματική διάθεση.

Το 802.16 MAC είναι ευέλικτο και εύχρηστο. Για παράδειγμα, υποστηρίζει αρκετά σχήματα πολυπλεξίας και αμφίδρομα μερικές πιθανότητες περιγράφονται παρακάτω. Γενικά, η αρχιτεκτονική σημείο προς-πολλαπλό σημείο εφαρμόζεται με ένα σταθμό-βάση ελέγχου να αλληλεπιδρά με πολλούς σταθμούς συνδρομητών. Η κάτω ζεύξη από το σταθμό-βάση μπορεί να διελεύσει και να κατηγοριοποιηθεί, αλλά μέσα σε ένα κανάλι και τομέα, όλοι οι σταθμοί συνδρομητών λαμβάνουν το ίδιο σήμα και διατηρούν μόνο τα

μηνύματα που απευθύνονται σε αυτούς. Η άνω ζεύξη από τους σταθμούς συνδρομητών μοιράζεται, με πρόσβαση να ανατίθεται από το σταθμό-βάση.



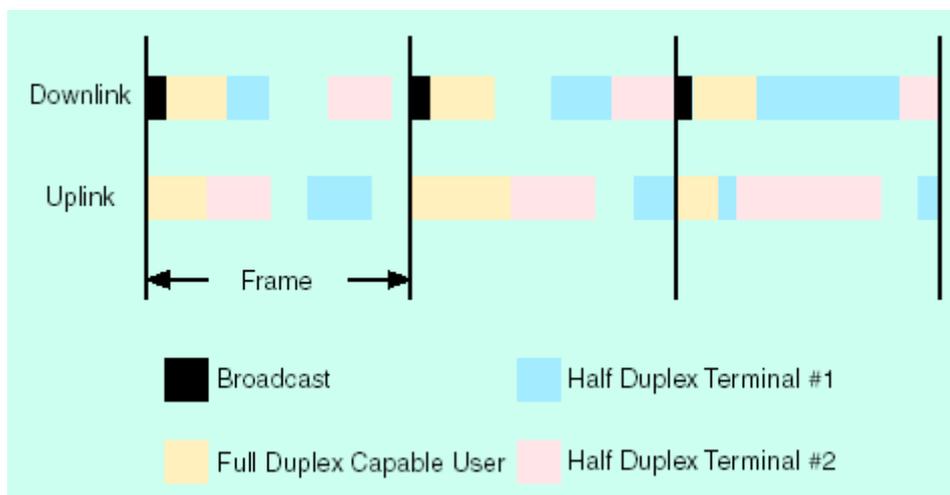
Εικόνα 1.1: IEEE 802.16 πρότυπο αναφοράς και λίστα πρωτοκόλλου

1.3.1 PHY 10-66 GHz

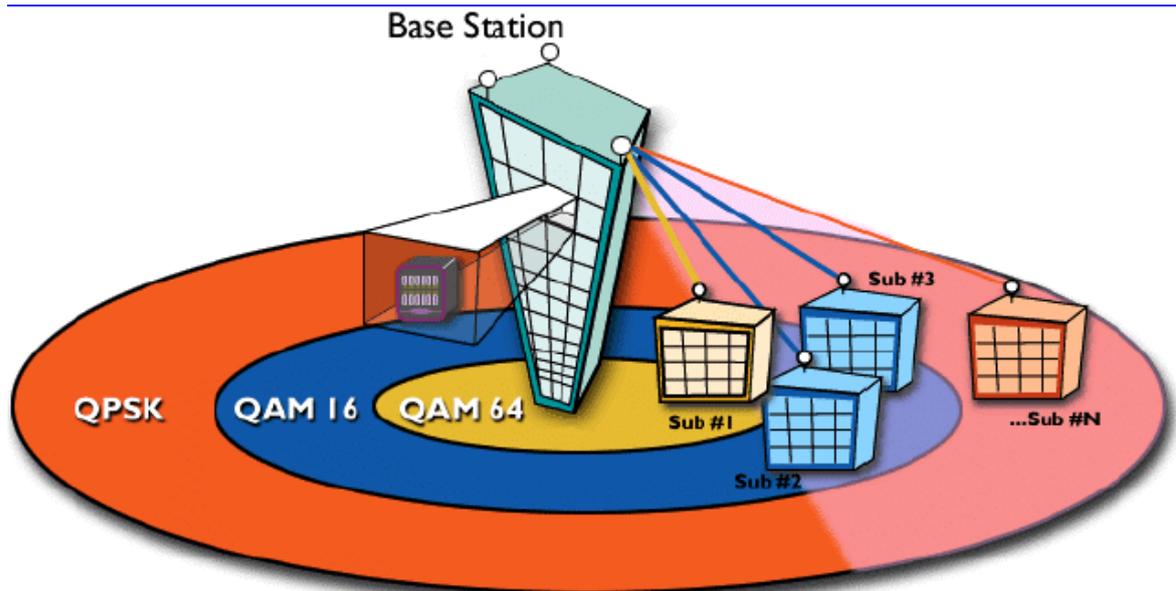
Το PHY 10-66 GHz έχει ακτινική αναπαραγωγή με κανένα σημαντικό ενδιαφέρον για αναπαραγωγή πολυμονοπατιού. Οποιοσδήποτε από τις δύο καταστάσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Η συνεχής κατάσταση χρησιμοποιεί αμφίδρομη διανομή συχνότητας (FDD), με ταυτόχρονη άνω και κάτω ζεύξη σε ξεχωριστές συχνότητες. Η συνεχής κατεύθυνση πολυπλεξικού ρεύματος χωρισμού χρόνου επιτρέπει ένα ισχυρό σχέδιο συντομευμένης κωδικοποίησης με παρεμβολή. Η κατάσταση ριπών επιτρέπει αμφίδρομο χωρισμό χρόνου (TDD), με την άνω και κάτω ζεύξη να μοιράζονται ένα κανάλι αλλά να μη μεταδίδονται ταυτόχρονα. Αυτό επιτρέπει δυναμική αναδιανομή της ικανότητας της άνω και κάτω ζεύξης. Αυτή η κατάσταση επίσης επιτρέπει «FDD ριπών», που υποστηρίζει σταθμούς συνδρομητών μισού-αμφίδρομου FDD που δε μεταδίδονται και λαμβάνουν

ταυτόχρονα (βλ. εικόνα 1.2) και ίσως επομένως είναι ακριβιά. Και το TDD και το FDD ριτών υποστηρίζουν προσαρμόσιμα προφίλ ριτών στα οποία η διαμόρφωση (QPSK, 16-QAM, 64-QAM) και η κωδικοποίηση μπορεί να ανατεθεί δυναμικά σε μια βάση ριπής-ανά-ριπής. Αυτή η ανταλλαγή σε πραγματικό χρόνο της ικανότητας ενάντια στην ανθεκτικότητα προσφέρει ξανά στους πωλητές ευκαιρίες να εφαρμόσουν εξειδικευμένους αλγόριθμους για να διαφοροποιήσουν την προσέγγισή τους ενώ παράλληλα διατηρούν την αλληλολειτουργικότητα.

Η επιλογή της συνεχούς ή με ριπές κατάσταση ίσως εξαρτηθεί από τις διαθέσιμες διανομές καναλιών και άλλα ρυθμιστικά θέματα. Επειδή το πρότυπο στοχεύει την παγκόσμια χρήση, η κατανομή σε κανάλια θεωρείται ευέλικτη. Προτάσεις περιλαμβάνονται, ωστόσο. Αυτές προτείνουν σύμβολα ρυθμών υψηλά μέχρι και 43,4 MBd σε ένα κανάλι 50 MHz, το οποίο, αν υποθέσουμε ότι είναι 64-QAM, μεταφράζεται σε ρυθμούς πληροφοριών υψηλούς μέχρι και 260 Mb/s σε αυτό το κανάλι.



Εικόνα 1.2: Παράδειγμα της κατανομής εύρους ζώνης έκρηξης FDD



Εικόνα 1.2: Προσαρμοστικό PHY

1.3.2 Ζώνες με Άδεια, 2-11 GHz

Η Ομάδα Εργασίας 3 δημιουργεί ένα πρότυπο για 2-11 GHz BWA. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, οι πρωταρχικές συχνότητες ως στόχος είναι οι ζώνες Υπηρεσίας Πολλαπλών Καναλιών Πολλαπλών Σημείων Διανομής (MMDS), κυρίως από 2,5-2,7 GHz. Παγκοσμίως, τα 3,5 και 10,5 GHz είναι πιθανές εφαρμογές. Επειδή η μη ακτινική λειτουργία είναι πρακτική και εξαιτίας του χαμηλού κόστους συντελεστών, αυτές οι ζώνες θεωρούνται καλές προοπτικές για την εξυπηρέτηση κατοικιών και μικρών επιχειρήσεων. Η διάθεση του φάσματος είναι κατάλληλη για αυτές τις χρήσεις. Η Ομάδα Εργασίας 1 έχει λάβει υπ' όψιν έναν αριθμό προσεγγίσεων στρωμάτων PHY και προγραμματίσει να επιλέξει ένα βασικό σχέδιο την άνοιξη του 2001. Οι ενισχύσεις MAC είναι επίσης στα σχέδια.

1.3.3 Ζώνες Χωρίς Άδεια, 5-6 GHz

Για να παρασχεθεί ταχεία ανάπτυξη, η Ομάδα Εργασίας 4 δουλεύει με μικρότερο καταστατικό. Της έχει ανατεθεί να αναπτύξει ένα στρώμα PHY βασισμένο στο OFDM 802.11a και/ή HIPERLAN/2 PHY και αναπτύσσει ενισχύσεις MAC. Δουλεύει στενά με την Ομάδα Εργασίας 3 για να εξασφαλιστεί η αρμονία. Ο συντονισμός των σταθμών-βάσεων με ανεξάρτητους λειτουργούς σε φάσμα χωρίς άδεια είναι ένα σημαντικό θέμα που αντιμετωπίζει αυτή η ομάδα. Μια πρόταση είναι να ληφθεί υπ' όψιν μια προαιρετική διαμερισμένη αρχιτεκτονική μαζί με μια τοπολογία σημείο-προς-πολλαπλό σημείο.

Μερικοί συμμετέχοντες έχουν προτείνει ενισχύσεις MAC για να υποστηρίξουν ένα διαμέρισμα· αυτή είναι μια κατάθεση για την ευελιξία του 802.16 MAC.

1.4 ΣΥΝΥΠΑΡΞΗ ΚΑΙ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ 802

Καθώς τα προϊόντα του 802.11 αναπτύσσονται στα 2,4 GHz, η προοπτική ενός μεγάλου αριθμού προϊόντων 802.15 να λειτουργούν στους ίδιους χώρους και στις ίδιες ζώνες χωρίς άδεια δείχνει σημαντικό ενδιαφέρον για τη συνύπαρξη. Στις ζώνες των 5-6 GHz, τα προϊόντα που βασίζονται στο πρότυπο 802.11a OFDM αναμένονται σύντομα. Η Ομάδα Εργασίας 3 του 802.15 έχει κάνει συζητήσεις για ένα PHY στις ίδιες ζώνες, και η Ομάδα Εργασίας 4 είναι σταθερά απασχολημένη με την ανάπτυξη ενός σταθερού προτύπου ασύρματης πρόσβασης στις ίδιες συχνότητες. Στο μεταξύ, το 802.11 συνεργάζεται με ευρωπαϊκές και ιαπωνικές ομάδες προτύπων με το στόχο της εναρμόνισης των ασύρματων προτύπων LAN 5 GHz του κόσμου, ή αν αποτύχει σε αυτό, να εξασφαλίσει τη συνύπαρξη των συστημάτων. Αυτές οι αλληλοεπικαλύψεις έχουν προκαλέσει συζητήσεις για μια συντονιστική ομάδα συνύπαρξης που θα αλληλεπιδρά με όλες τις εργασίες ανάπτυξης του 802 που απευθύνονται σε εκείνες τις ζώνες που δεν έχουν άδεια. Οι ασύρματες εργασίες του IEEE 802 έχουν αυξανόμενα εστιάσει την προσοχή τους σε ραδιοφωνικές ρυθμίσεις. Και πάλι, οι ζώνες χωρίς άδεια προκαλούν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον, επειδή οι κανονισμοί λειτουργίας επιδρούν σε μεγάλο βαθμό στην επιτρεπόμενη τεχνολογία και διαφέρουν από χώρα σε χώρα.

Το Μάρτιο του 2000, το SEC ανέθεσε τα ρυθμιστικά θέματα σε ένα ρυθμιστικό παρατηρητή και εξέλεξε τον Vic Hayes να αναλάβει αυτή τη θέση. Ο ρυθμιστικός παρατηρητής προετοιμάζει και παραδίδει ενοποιημένες θέσεις 802 όσον αφορά το μοίρασμα του φάσματος και για την υποστήριξη των εναρμονισμένων παγκοσμίων κανονισμών. Περισσότερο εστιάζουν το ενδιαφέρον τους στο Συνέδριο Παγκοσμίων Ραδιοεπικοινωνιών (WRC) και στο ITU-R. Για παράδειγμα, το WRC το 2003 έχει τρία θέματα στο πρόγραμμα που σχετίζονται με την επέκτασή του, κοινές μελέτες και την εναρμόνιση με τη ζώνη των 5 GHz.

1.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Το πρόγραμμα των ασύρματων προτύπων του IEEE 802 στηρίζεται στην επιτυχία του IEEE 802.3 (Ethernet), αφού το μεγαλύτερο μέρος της επιτυχίας του Διαδικτύου βασίζεται στη διαθεσιμότητα του χαμηλού κόστους εξοπλισμού του Ethernet. Το 2000, το προβεβλημένο εισόδημα της Ομάδας Dell'Ορο από τον εξοπλισμό μεταγωγής του Ethernet να μεγαλώσει στα 20% το χρόνο σε πάνω από \$23 εκατομμύρια το 2004. Η Dell'Ορο επίσης πρόβαλε Ethernet 10 Gb/s, την πιο ανεπτυγμένη τεχνολογία Ethernet, να φτάσει εισόδημα του \$1 δισεκατομμυρίου ως το 2004 και είπε «Μια από τις πιο σημαντικές τάσεις στη δικτύωση είναι μια προέκταση των οικονομικών (δηλ. τιμή/ απόδοση) από το LAN στη μητροπολιτική και ευρύτερη περιοχή (MAN/WAN)».

Ενώ τα προϊόντα που βασίζονται στο IEEE 802.15 δεν είναι ακόμη διαθέσιμα, υπόσχονται να επεκτείνουν το ασύρματο Διαδίκτυο σε μια ευρεία γκάμα συσκευών. Ένας οδηγός θα κοστίσει, όσο τα ραδιόφωνα Bluetooth συχνά προβάλλονται να πέσουν από τη γκάμα των \$20 μέχρι γύρω στα \$5. Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας επιτυχίας είναι η κατανάλωση χαμηλής ισχύος, που θα επεκτείνει σημαντικά το εύρος των εφαρμογών όπως συγκρίνονται με την τρέχουσα ασύρματη τεχνολογία. Το IEEE 802.15 απευθύνεται στη βιομηχανία ηλεκτρονικών πραγματικών καταναλωτών, από κινητά τηλέφωνα και συσκευές χειρός σε αισθητήρες και παιχνίδια. Ο αριθμός των μονάδων που επιστρατεύεται που βασίζονται στα πρότυπα 802.15 μπορεί να είναι τεράστιος. Για παράδειγμα, η εταιρεία έρευνας αγοράς Ομάδα Cahner In-Stat έχει προβάλλει πάνω από 670 εκατομμύρια συσκευές με διευκόλυνση Bluetooth παγκοσμίως μέχρι το 2005.

Το ασύρματο πρότυπο LAN IEEE 802.11 δημοσιεύτηκε αρχικά το 1997, με τις σημαντικές τροποποιήσεις 802.11a και 802.11b το 1999. Έχει ήδη αρχίσει να μιμείται την επιτυχία του Ethernet, επιδεικνύοντας ότι η προτυποποίηση όντως ανοίγει καινούριες προοπτικές στην αγορά. Όπως σημειώνεται σε μια πρόσφατη έκδοση, «Η καμπή του ενδιαφέροντος για τα ασύρματα με την πάροδο του καιρού έχει τρία σημαντικά σημεία-κλειδιά. Το πρώτο ήταν η ολοκλήρωση του προτύπου 802.11b για ραδιόφωνα ευθείας ακολουθίας των 11 Mb/s. Ο ίδιος ο ρυθμός δεν ήταν το κλειδί, όμως. Ήταν η προτυποποίηση. Αυτό επέτρεψε την αλληλολειτουργία μεταξύ των πωλητών και βοήθησε να μειωθεί το κόστος εκεί που βρίσκεται σήμερα, με λογαριασμό υλικών λιγότερο από \$40 για το ραδιόφωνο» [8]. Αυτό έχει αλλάξει δραματικά τις ασύρματες εφαρμογές LAN. Ενώ ο αρχικός στόχος ήταν πρωταρχικά επιχειρήσεις που ήθελαν να εξοικονομήσουν το κόστος της εγκατάστασης LAN, τα προϊόντα 802.11 σημαντικά διεισδύουν στις αγορές δικτύωσης κατοικιών. Ακόμη πιο σημαντική είναι η αύξηση στις δημόσιες κατανομές, μια τάση αρκετά δυνατή για να λάβει πρόσφατη αντιμετώπιση στον καθημερινό τύπο. Η

εφημερίδα *The New York Times*, σε ένα μεγάλο άρθρο πάνω στο θέμα, έγραψε, «Η γρήγορη και ασύρματη πρόσβαση στο Διαδίκτυο, ένα μακροχρόνιο όνειρο του φίλου της τεχνολογίας και του επιχειρηματία ταξιδιώτη, καταφθάνει επιτέλους σε εκατοντάδες σημεία πρόσβασης σε δημόσια και ιδιωτικά μέρη σε όλες τις Ηνωμένες Πολιτείες. Με ένα φορητό υπολογιστή εξοπλισμένο με μια ασύρματη κάρτα, οποιοσδήποτε σε απόσταση μερικών εκατοντάδων ποδιών ή περίπου τόσο σε ένα από αυτά τα σημεία πρόσβασης, ή θερμές περιοχές, μπορεί να αποκτήσει πρόσβαση σε ένα ασύρματο δίκτυο που με τη σειρά του είναι συνδεδεμένο με το Διαδίκτυο μέσω μιας σύνδεσης ευρείας εμβέλειας. Ο χρήστης μπορεί μετά να στείλει μηνύματα μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου ή να σερφάρουν στο Διαδίκτυο σε ταχύτητες του πεδίου του ενός εκατομμυρίου bit.

Μέχρι τα τέλη αυτού του έτους, λένε οι ειδικοί της βιομηχανίας, οι εκατοντάδες θερμές περιοχές θα γίνουν χιλιάδες καθώς οι προμηθευτές εξυπηρέτησης και οι επιχειρηματίες εγκαθιστούν τον απαραίτητο εξοπλισμό – γενικά, ένας μικρός πομπολήπτης και μια σύνδεση ευρείας εμβέλειας – σε όλα τα μεγάλα αεροδρόμια, αθλητικούς χώρους, και άλλες επιχειρηματικές και καταναλωτικές υπηρεσίες. Μέχρι κάποια στιγμή τον επόμενο χρόνο, μια εταιρεία περιμένει να έχει σημεία πρόσβασης σε 5.000 καταστήματα Starbucks. Μερικές από αυτές τις υπηρεσίες ίσως είναι δωρεάν, να λειτουργούν από εθελοντές που να κινητοποιούνται από τις προοπτικές του να χτίσουν μια κοινότητα ασύρματης δικτύωσης. Αλλά τα περισσότερα σημεία πρόσβασης είναι και θα είναι εμπορικά, λειτουργώντας από εταιρείες που θα χρεώνουν για τις υπηρεσίες τους» [9]. Ένα συνοδευτικό άρθρο πάνω στο πρότυπο έλεγε «Το πρωτόκολλο που ονομάζεται IEEE 802.11b έχει τοποθετηθεί από τόσες πολλές εταιρείες που προσφέρουν ασύρματα δίκτυα κοντινής εμβέλειας που αρχίζει να θεωρείται ως το πρότυπο για τον τομέα» [10]. Η επιτυχία των προϊόντων 802.11 βασίζεται μόνο στις πτώσεις των τιμών αλλά επίσης και στην αυξανόμενη σπουδαιότητα της υπηρεσίας, ένα αποτέλεσμα που επίσης προέρχεται από την προτυποποίηση. Οι *New York Times* το εξέφρασαν αυτό λέγοντας ότι ένας διευθυντής βιομηχανίας είπε ότι η ασύρματη πρόσβαση σχετίζεται με «το να δίνει τη δυνατότητα να πηγαίνεις από το ένα δίκτυο στο άλλο και να είσαι ευτυχισμένος και αγνοήμων» σχετικά με τις τεχνικές πολυπλοκότητες και είπε για το χρήστη, «Είναι τέτοιο πράγμα που είναι μια θεμελιώδης ικανότητα που αρχίζει να αναθρέφεται μόνο του». Με το χρήστη ενός φορητού υπολογιστή να μπορεί να έχει πρόσβαση στο Διαδίκτυο στη δουλειά, στο σπίτι, στα εστιατόρια, καφετερίες, ξενοδοχεία, και αεροδρόμια, όλα με τον ίδιο εξοπλισμό και όλα με τη μεγαλύτερη ταχύτητα, το ασύρματο Διαδίκτυο καταφθάνει, και βασίζεται στα πρότυπα του IEEE 802.

Ένα σημαντικό εμπόδιο παραμένει να αντιμετωπιστεί για να ολοκληρωθεί η εικόνα του ασύρματου Διαδικτύου που βασίζεται στο IEEE 802. Πώς όλα αυτά τα σημεία θα

συνδέονται με γρήγορη πρόσβαση στο ίδιο το Διαδίκτυο; Τα καλωδιακά μόντεμ παρέχουν υπηρεσίες σε μερικές κατοικημένες γειτονιές αλλά είναι διαθέσιμα σε πολύ λίγα εμπορικά μέρη. Επιπλέον, η ικανότητά τους για άνω ζεύξη ίσως είναι πολύ περιορισμένη για αυτό το σκοπό. Η ψηφιακή γραμμή συνδρομητή (DSL) μπορεί να παράσχει υπηρεσία ευρείας εμβέλειας αλλά είναι περιορισμένα σε ποικιλία. Οι συνδέσεις οπτικών ινών προσφέρουν ρυθμούς ευρείας εμβέλειας, αλλά μόνο 5% των εμπορικών κτιρίων των Ηνωμένων Πολιτειών έχουν πρόσβαση σε συνδέσεις οπτικών ινών, και το κόστος τοποθέτησης καλωδίων είναι πολύ υψηλό. Σε πολλές περιπτώσεις, το πιο αποτελεσματικό μέσο του να φτάσει κανείς τις πιο ευρέως διασκορπισμένες ιστοσελίδες που παρέχει ασύρματη πρόσβαση στο Διαδίκτυο χωρίς άδεια βασισμένα στα πρότυπα του IEEE 802 θα είναι σταθερή ασύρματη πρόσβαση ευρείας εμβέλειας. Αν το IEEE 802 διατηρήσει το ρεκόρ της επιτυχίας του στο να φέρει την τεχνολογία στην οικονομία και στην κοινωνία, τότε το IEEE 802.16 θα είναι το εργαλείο που κάνει την ασύρματη πρόσβαση ευρείας εμβέλειας μιας κοινή εφαρμογή. Το IEEE 802 θα έχει απελευθερώσει το ασύρματο Διαδίκτυο.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΟΥ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με την ολοκλήρωση IEEE τυποποιημένο 802.16® (WirelessMAN;) διεπαφή αέρα, η ευρυζωνική ασύρματη πρόσβαση (BWA) φθάνει στην ωριμότητα ως σοβαρή εναλλακτική λύση για την ευρυζωνική επέκταση πρόσβασης. Μόλις η τροποποίηση 802.16a είναι πλήρης, τα πρότυπα θα διευκρινίσουν τις δια-λειτουργικές ασύρματες διεπαφές αέρα δικτύων μητροπολιτικής περιοχής (ασύρματο ATOMO) από 2-66 GHz, συμπεριλαμβανομένης της εξουσιοδοτημένης και άδεια-απαλλάξιμης λειτουργίας, κάτω από μια ενιαία ομπρέλα με ένα κοινό μέσο στρώμα ελέγχου πρόσβασης (MAC). Τα πρότυπα αντιπροσωπεύουν το μελλοντικός-κοίταγμα τεχνολογία που σχεδιάζεται συγκεκριμένα για το μοναδικό πρόβλημα του ασύρματου περιβάλλοντος δικτύων μητροπολιτικής περιοχής (ATOMO) και θα προσφέρουν τα τεράστια πλεονεκτήματα πέρα από τις ιδιόκτητες διεπαφές ή εκείνους βασισμένους στο ασύρματο δίκτυο τοπικής περιοχής (τοπικό LAN) ή την τεχνολογία κινητών τηλεφώνων.

Η σταθερή ευρυζωνική ασύρματη πρόσβαση (BWA) έχει, για αρκετά έτη, αναμενόμενος για να χρησιμεύσει ως μια από οι τρεις αρχικές τεχνολογίες που υποστηρίζουν την πανταχού παρούσα ευρυζωνική πρόσβαση. Ενώ τα ψηφιακά δίκτυα γραμμών συνδρομητών (ΔΣΛ) και καλώδιο-διαποδιαμορφωτών έχουν δοκιμάσει τα προβλήματα επέκτασης, η χρήση τους εντούτοις έχει αυξηθεί γρήγορα. Οι αναλυτές βιομηχανίας που έχουν περιμένει το σταθερό ραδιόφωνο να πάρουν τη θέση του ως σοβαρή εναλλακτική λύση για την ευρυζωνική πρόσβαση έχουν, μέχρι τώρα, απογοητευμένος. Ακόμα οι προσδοκίες για το ραδιόφωνο παραμένουν υψηλές. Ο Ιανουάριος εκθέτει "μια εθνική προστακτική: Καθολική διαθεσιμότητα της ευρείας ζώνης μέχρι το 2010 "που εκδίδεται από την ομάδα βιομηχανίας

Τα TechNet συνέχισαν να υπογραμμίζουν το ρόλο του σταθερού ραδιοφώνου ως τρίτο πόδι στην ευρυζωνική πρόσβαση. Επιπλέον, η κλήση της έκθεσης για 100 Mbit/h υπηρεσία του s σε 100 εκατομμύριο αμερικανικά σπίτια και τις μικρές επιχειρήσεις μέχρι το 2010 σιωπηρά δίνει περαιτέρω έμφαση στο σταθερό ραδιόφωνο, από αυτά τα στοιχεία τα ποσοστά είναι πέρα από τις ικανότητες των τρεχουσών υποδομών ΔΣΛ και καλωδίων.

Εκείνοι που ανέμειναν τη γρήγορη επέκταση BWA μπορεί να είχαν αποτύχει να εξετάσουν τη σχετική ανωριμότητα της τεχνολογίας και την απουσία τυποποιημένου εξοπλισμού. Οι μεγάλης κλίμακας επεκτάσεις των διαποδιαμορφωτών καλωδίων και DSL ιδρύθηκαν επάνω στις πολυετείς προσπάθειες να αναπτυχθεί ο διάυλος και υποστήριξαν τα ευρέως τεχνικά πρότυπα. Τέλος, το 2002, η ευρυζωνική ασύρματη πρόσβαση φθάνει στην ωριμότητα, χαρακτηρισμένος από την ολοκλήρωση και την αποδοχή IEEE των προτύπων 802,16- 2001, με σημαντικές αυξήσεις, καθορισμός της IEEE τυποποιημένης διεπαφής αέρα 802.16® WirelessMAN™. Μόλις οι αυξήσεις είναι πλήρεις αυτή η πτώση, τα πρότυπα θα διευκρινίσουν τις δια-λειτουργικές ασύρματες διεπαφές αέρα δικτύων μητροπολιτικής περιοχής (ασύρματο MAN) από 2 στο 66.

- ❖ 1 US Κυβερνητική εργασία, μη υπαγόμενος στο US. Πνευματικά δικαιώματα.
- ❖ 2GHz, συμπεριλαμβανομένης της εξουσιοδοτημένης και άδεια-απαλλάξιμης λειτουργίας, κάτω από μια ενιαία ομπρέλα με ένα κοινό μέσο στρώμα ελέγχου πρόσβασης (MAC). Τα πρότυπα αντιπροσωπεύουν το μελλοντικός-κοίταγμα τεχνολογία με σκοπό συγκεκριμένα να λύσει το μοναδικό πρόβλημα του ασύρματου περιβάλλοντος δικτύων μητροπολιτικής περιοχής (MAN). Θα προσφέρει τα τεράστια πλεονεκτήματα πέρα από τις ιδιόκτητες διεπαφές ή εκείνους βασισμένους στο ασύρματο δίκτυο τοπικής περιοχής (τοπικό LAN) ή την τεχνολογία κινητών τηλεφώνων. Αναπτύχθηκε υπομονετικά, με την έντονη διερεύνηση, κατά τη διάρκεια τριών ετών από έναν ευρύ, παγκοσμίως, ομάδα συναίνεσης που ενέμεινε παρά τις διακυμάνσεις βιομηχανίας και παρά τις ιδιωτικές προσπάθειες στο συντομότερο δρόμο η διαδικασία. Η εργασία διευθύνθηκε από τα 130 μέλη, 128 προηγούμενα μέλη, και εκατοντάδες άλλων μεμονωμένων συμμετεχόντων (από 19 χώρες) της IEEE 802.16 ομάδας εργασίας σχετικά με την ευρυζωνική ασύρματη πρόσβαση.

< [HTTP://WirelessMAN.org](http://WirelessMAN.org) >.

Η λειτουργία πυρήνων σταθερού (δηλαδή stationary) το σύστημα BWA είναι να παρασχεθεί η πρόσβαση στο δίκτυο στα κτήρια. Σε ένα σπίτι ή μια μικρή επιχείρηση, BWA θα ανταγωνιστεί με τα δίκτυα καλωδιακών ή DSL. Στο εμπορικό κτήριο, BWA μπορεί να υποστηρίξει τις συνδέσεις υψηλός-στοιχείο-ποσοστού που ειδάλλως να είναι διαθέσιμες μόνο με μια ψηφιακή -οπτική γραμμή. Παρά την ευρεία επέκταση fiber στις σπονδυλικές στήλες δικτύων, παραμένει σπάνιο στην πρόσβαση στο δίκτυο λόγω στην υψηλή κατασκευή και τις σωστές δαπάνες-ΤΡΟΠΩΝ. IEEE τα πρότυπα 802.16 υποστηρίζουν μια point-to-multipoint τοπολογία στην οποία κάθε σταθμός βάσεων, κανονικά συνδεδεμένος με ένα δημόσιο δίκτυο, επικοινωνεί με ίσως τις εκατοντάδες των στάσιμων σταθμών συνδρομητών, κάθε ένας του οποίου τοποθετείται χαρακτηριστικά σε μια στέγη. Μέσω της MAC WirelessMAN™, κάθε σταθμός βάσεων διαθέτει uplink και

κατιουσών συνδέσεων το εύρος ζώνης που ικανοποιεί, σχεδόν στιγμιαία, οι πλέον σημαντικές απαιτήσεις εύρους ζώνης των συνδρομητών. Η διεπαφή αέρα σχεδιάζεται για να φέρει οποιαδήποτε κυκλοφορία στοιχείων ή πολυμέσων με την πλήρη ποιότητα της υπηρεσίας (QoS) υποστήριξη. Οι υποστηρίξεις της MAC εκρήγνυνται το διπλό (FDD) και time-division ντούμπλεξ συχνότητα-τιμήματος (TDD) σε ένα συνεπές πλαίσιο. Υποστηρίζει επίσης τη σε πραγματικό χρόνο προσαρμοστικές διαμόρφωση και την κωδικοποίηση έτσι ώστε, σε κάθε ένας που εκρήγνυται, η επικοινωνία στη σύνδεση με κάθε σταθμό συνδρομητών βελτιστοποιείται σε εκείνη την στιγμή. IEEE τα πρότυπα 802.16-2001 (που ολοκληρώθηκε τον Οκτώβριο του 2001 και δημοσιεύτηκε τον Μαρτίου 2002) καθορίζουν τη διεπαφή αέρα WirelessMAN-Sc, ένα σχέδιο διαμόρφωσης ενιαίος-μεταφορέων (SC) για τη λειτουργία 10-66 GHz. Σε αυτές τις συχνότητες, η διάδοση είναι αυστηρά οπτική επαφή, αλλά τεράστιες φασματικές κατανομές (όπως 1,3 GHz του φάσματος στο US).

Η πολυσημειακή κατανομή υπηρεσιών διανομής (LMDS)) είναι διαθέσιμη. Τα πρότυπα εκμεταλλεύονται πλήρως τις κατανομές, διευκρίνιση των ποσοστών δυαδικών ψηφίων μέχρι 120 Mbit/s σε κάθε επαναχρησιμοποιήσιμο κανάλι 25 MHz. Οι αρχικές αγορές θα περιλάβουν εμπορικό, βιομηχανικός, και κατοικημένα κτήρια πολύ-μισθωτών.

Οι ευκαιρίες για την επιτυχία τέτοιων διαδικασιών δεν έχουν καταδειχθεί, αλλά η διαθεσιμότητα του τυποποιημένου εξοπλισμού είναι σίγουρη να αναζωογονήσει τις αντίθετες κύριες αγορές κινδύνου χρηματοδοτώντας τους. Στην περαιτέρω υποστήριξη αυτής της βιομηχανίας, η 802.16 ομάδα εργασίας έχει ολοκληρώσει IEEE τα πρότυπα της 802.16.2-2001, μια συνιστώμενη πρακτική στη συνύπαρξη, και αναπτύσσεται αυτήν την περίοδο, στο πρόγραμμα 802.16c, σχεδιαγράμματα συστημάτων για τη χρήση στη δοκιμή συμμόρφωσης και δια-λειτουργικότητας. Ενώ η MAC WirelessMAN IEEE στα πρότυπα 802.16 αποτελεί τη βάση για μια ασύρματη βιομηχανία ATOMΩN, το φυσικό στρώμα (PHY) δεν είναι κατάλληλο για τις εφαρμογές χαμηλός-συχνότητας, όπου οι διαθέσιμες κατανομές φάσματος είναι στενότερη και non-line-of-sight λειτουργία απαιτείται. Για αυτόν τον λόγο, η μεγαλύτερη μέρος της προσπάθειας στη 802.16 ομάδα εργασίας έχει πάει προς την ανάπτυξη και την ολοκλήρωση IEEE 802.16a, μια τροποποίηση στη διεύθυνση 2 λειτουργία 3.11 GHz. Διαδοχικές εκδόσεις το σχέδιο 802.16a ήταν στην ψήφο από τον Νοέμβριο του 2001, και οι λεπτομέρειες πλησιάζουν στην ολοκλήρωση. Η τροποποίηση περιλαμβάνει και χορηγημένος άδεια και 5-6 άδεια-απαλλάξιμες ζώνες GHz. Στις εξουσιοδοτημένες ζώνες, το τρέχον σχέδιο προβλέπει τη συμμόρφωση χρησιμοποιώντας οποιονδήποτε από τρεις φυσικούς τρόπους στρώματος: διαμόρφωση ενιαίος-μεταφορέων, ορθογώνιο τμήμα συχνότητας πολλαπλό (OFDM), ή ορθογώνια πολλαπλάσια πρόσβαση τμήματος συχνότητας (OFDMA), τις προηγμένες επιλογές κεραιών που υποστηρίζονται.

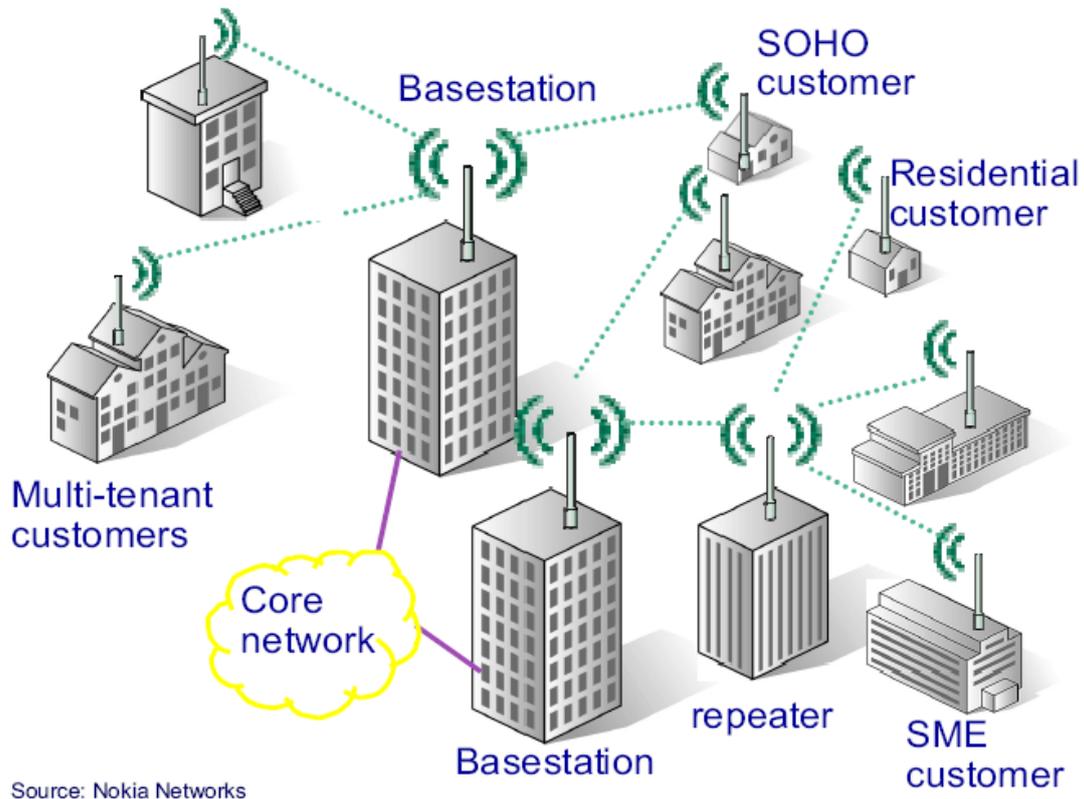
Λαμβάνοντας υπόψη την ποικιλία των ρυθμιστικών περιβαλλόντων και των σεναρίων επέκτασης παγκοσμίως, αυτές οι επιλογές παρέχουν στους εξουσιοδοτημένους χειριστές την ευκαιρία να προσαρμοστεί η λύση τους. Αφ' ετέρου, το άδεια- απαλλάξιμο φάσμα είναι γενικά πιο χαοτικό και περισσότεροι που έχουν ανάγκη από κατεύθυνση από το σώμα προτύπων. Στην περίπτωση 802.16a, το τρέχον σχέδιο διευκρινίζει τον τρόπο OFDM στο άδεια-απαλλάξιμο φάσμα. Σε άδεια-απαλλάξιμη λειτουργία, ασύρματα MANs είναι ευαίσθητα στην παρέμβαση με άλλο ασύρματο MANs καθώς επίσης και με άλλες συσκευές όπως ασύρματο LANs. Σαν μια λύση σε αυτό το πρόβλημα, το σχέδιο 802.16a διευκρινίζει μια δυναμική μέθοδο επιλογής συχνότητας για τις απαλλάξιμες ζώνες αδειών παρόμοιες με αυτήν που τυποποιείται IEEE στο πρόγραμμα 802.11h. Το σχέδιο υποστηρίζει επίσης τη χρήση μιας αρχιτεκτονικής πλέγματος στην οποία μερικοί σταθμοί συνδρομητών επικοινωνούν με άλλους σταθμούς συνδρομητών στοιχείο-αποστολής παρά άμεσα με το σταθμό βάσεων. Αυτό επιτρέπει τα κύτταρα και στους πελάτες όχι άμεσα εφικτούς από το σταθμό βάσεων. Οι καθορισμένοι αλγόριθμοι σχεδιασμού προβλέπουν τις σύγκρουση-ελεύθερες μεταδόσεις στην επέκταση πλέγματος. Τα πρωτόκολλα αποβάλλουν επίσης το κρύβω-τελικό πρόβλημα χαρακτηριστικό ασύρματου LANs. IEEE 802.16 η ομάδα εργασίας έχει γίνει το σημείο εστίασης της βιομηχανίας παγκόσμιας ευρυζωνικής ασύρματης πρόσβασης. Οι μόνες άλλες ενεργές δραστηριότητες τυποποίησης είναι μέσα στα ευρυζωνικά ράδιο δίκτυα πρόσβασης (ΠΠΟΥΡΟ) του ευρωπαϊκού ιδρύματος προτύπων τηλεπικοινωνιών (ETSI). Εντούτοις, οι 802.16 εργασίες ομάδας πολύ με το ΠΠΟΥΡΟ, και το πρόγραμμα GHz HIPERMAN 2-11 του ΠΠΟΥΡΟΥ έχει ακολουθήσει ουσιαστικά το μόλυβδο 802.16's. Κοινοπραξίες βιομηχανίας που αναπληρωμένος επάνω για να βραχυκυκλώσει τις προσπάθειες 802.16's έχει παραγάγει επίσης στο μόλυβδο 802.16's, ή πεσμένος από το κράσπεδο. Ένας σημαντικός νέος φορέας είναι η παγκόσμια δια-λειτουργικότητα για το φόρουμ πρόσβασης μικροκυμάτων (WiMAX), ποια αποστολή περιλαμβάνει την προώθηση IEEE των προτύπων 802.16 για να επιτύχει τη σφαιρική αποδοχή καθώς επίσης και την ανάπτυξη και την εφαρμογή των διαδικασιών δοκιμής για να εξασφαλίσει δια-λειτουργικότητα.

Καθώς η τροποποίηση 802.16a συνάγει το συμπέρασμά της, τα μέλη της ομάδας εργασίας έχουν δικαίωμα για να αναμείνουν με ενδιαφέρον λίγο χρόνο μακριά από τη συνεχή ακαμψία της ανάπτυξης προτύπων. Εντούτοις, μπορούν να μην πάρουν ένα σπάσιμο. Το επόμενο μεγάλο εμπόδιο πρόκειται να φέρει ένα επίπεδο φορητότητας ή κινητικότητας στα πρότυπα. Πολλοί από τους συμμετέχοντες αναγνωρίζουν ότι η περιορισμένη κινητικότητα είναι ένας εφικτός στόχος κοντινός-ομάδων. Εντούτοις, μετά από το μόλυβδο μιας νέας ομάδας συμμετεχόντων που είναι ανήσυχοι να ωθήσουν ακόμα σκληρότερα στην κατεύθυνση της κινητικότητας, η ομάδα εργασίας στις 15 Μαρτίου

άρχισε τη IEEE 802.16 ομάδα μελέτης σχετικά με την κινητή ευρυζωνική ασύρματη πρόσβαση, ποιου πεδίο περιλαμβάνει τα "κινητά ευρυζωνικά ασύρματα δίκτυα πρόσβασης που λειτουργούν στις εξουσιοδοτημένες ζώνες συχνότητας και την ενισχυτική κινητικότητα με τις τροχαίες ταχύτητες. Δεδομένου ότι οι πολλές εφαρμογές και οι επεκτάσεις των IEEE 802.16 προτύπων ξετυλίγουν, ο πυρήνας που ενώνει όλα αυτά τα υπολείμματα η MAC WirelessMAN. Αυτό το προνοητικό και εύκαμπτο σχέδιο κρατά ότι η υπόσχεση του μέλλοντος τα ασύρματα δίκτυα μητροπολιτικής περιοχής που υποστηρίζουν τις σταθερές και κινητές συσκευές με τις στοιχείο-κεντροθετημένες υπηρεσίες πολυμέσων. Δεν είναι καμία κατάπληξη ότι οι ανεξάρτητοι παρατηρητές βλέπουν όλο και περισσότερο IEEE 802.16 ως ίδρυμα της τέταρτης γενεάς 4 των ασύρματων επικοινωνιών. Εάν καλείται για να κάνει έτσι, τα πρότυπα θα εξυπηρετήσουν καλά σε εκείνο τον ρόλο. IEEE 802.16 WirelessMAN τα πρότυπα σφυρηλατήθηκαν με το χρόνο και τη θερμότητα και χτίστηκαν για να διαρκέσουν. Η ιστορία της προσπάθειας προμηνύει καλά για τη διαδεδομένη και αποτελεσματική επέκτασή της παγκοσμίως.

❖ Το Wireless MAN; η διεπαφή αέρα που διευκρινίζεται IEEE στα πρότυπα 802.16 παρέχει μια πλατφόρμα για την ανάπτυξη και η επέκταση των προτύπων βάσει τα δίκτυα μητροπολιτικής περιοχής που παρέχουν την ευρυζωνική ασύρματη πρόσβαση σε πολλά ρυθμιστικά περιβάλλοντα. Τα πρότυπα προορίζονται να επιτρέψουν τους πολλαπλάσιους προμηθευτές να παραγάγουν το δια-λειτουργικό εξοπλισμό. Εντούτοις, επιτρέπει επίσης την εκτενή διαφοροποίηση προμηθευτών. Παραδείγματος χάριν, τα πρότυπα παρέχουν στο σταθμό βάσεων ένα σύνολο εργαλείων για να εφαρμόσουν τον αποδοτικό σχεδιασμό. Εντούτοις, οι αλγόριθμοι σχεδιασμού που καθορίζουν τη γενική αποδοτικότητα θα διαφέρουν από τον προμηθευτή στον προμηθευτή και μπορούν να βελτιστοποιηθούν για τα συγκεκριμένα σχέδια κυκλοφορίας. Επιπλέον, το προσαρμοστικό χαρακτηριστικό γνώρισμα σχεδιαγράμματος έκρηξης επιτρέπει στο μεγάλο έλεγχο για να βελτιστοποιήσει την αποδοτικότητα της μεταφοράς PHY. Οι καινοτόμοι προμηθευτές θα εισαγάγουν τα έξυπνα σχέδια να μεγιστοποιήσουν αυτήν την ευκαιρία διατηρώντας τη δια-λειτουργικότητα με τους υποχωρητικούς σταθμούς συνδρομητών. Η δημοσίευση IEEE των προτύπων 802.16 είναι μια στιγμή καθορισμού στην οποία οι ευρυζωνικές ασύρματες κινήσεις πρόσβασης προς τη δεύτερη γενεά της και αρχίζουν την καθιέρωσή της ως επικρατούσα λύση για την ευρυζωνική πρόσβαση. Μέσω της αφιερωμένης υπηρεσίας πολλών εθελοντών, η Ieee 802.16 ομάδα εργασίας πέτυχε γρήγορα να σχεδιάσει και να σφυρηλατήσει πρότυπα βασισμένα στην προνοητική τεχνολογία. Ieee τα πρότυπα 802.16 είναι το ίδρυμα των ασύρματων

δικτύων μητροπολιτικής περιοχής των επόμενων μερικών δεκαετιών. Στην εικόνα 2.1 βλέπουμε ένα παράδειγμα WirelessMAN.



Εικόνα 2.1: Παράδειγμα του προτύπου WirelessMAN.

2.2 ΜΕΣΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

Το IEEE 802.16 πρωτόκολλο της MAC σχεδιάστηκε για τις point-to-multipoint ευρυζωνικές ασύρματες εφαρμογές πρόσβασης. Καλύπτει την ανάγκη για τα πολύ υψηλά ποσοστά δυαδικών ψηφίων, και uplink (στις BS) και κατιούσα σύνδεση (από τις BS). Οι αλγόριθμοι κατανομής πρόσβασης και εύρους ζώνης πρέπει να προσαρμόσουν τις εκατοντάδες των τερματικών ανά κανάλι, με τα τερματικά που μπορούν να μοιραστούν κοντά πολλαπλάσιοι τελικοί χρήστες. Οι υπηρεσίες που απαιτούνται από αυτούς τους τελικούς χρήστες είναι ποικίλες στη φύση τους και περιλαμβάνουν την time-division τα πολλαπλά (TDM) φωνή και στοιχεία κληρονομιών, Συνδετικότητα πρωτοκόλλου (IP) Διαδικτύου, και η φωνή άνω της IP (VoIP). Για να υποστηρίξουν αυτήν την ποικιλία των υπηρεσιών, η 802.16 MAC πρέπει να προσαρμόσει και τη συνεχή και bursty κυκλοφορία.

Επιπλέον, σε αυτές τις υπηρεσίες αναμένουν να οριστούν QoS σύμφωνα με τους τύπους κυκλοφορίας. Η 802.16 MAC παρέχει ένα ευρύ φάσμα των τύπων υπηρεσιών ανάλογων με τις κλασικές κατηγορίες υπηρεσιών τρόπου ασύγχρονης μεταφοράς (ATM) καθώς επίσης και τις νεώτερες κατηγορίες όπως το εγγυημένο ποσοστό πλαισίων (GFR). Το 802.16 πρωτόκολλο της MAC πρέπει επίσης να υποστηρίξει ποικίλες backhaul απαιτήσεις, και συμπεριλαμβανομένου του τρόπου ασύγχρονης μεταφοράς (ATM) και των πακέτο-βασισμένων στην πρωτοκόλλων. Τα υπο- στρώματα σύγκλισης χρησιμοποιούνται για να χαρτογραφήσουν τη μεταφορά-στρώμα-συγκεκριμένη κυκλοφορία στη MAC που είναι αρκετά εύκαμπτη να φέρει αποτελεσματικά οποιοδήποτε τύπο κυκλοφορίας. Μέσω τέτοιων χαρακτηριστικών γνωρισμάτων όπως την καταστολή επιγραφών ωφέλιμων φορτίων, συσκευασία, και τεμαχισμός, τα υπο-στρώματα σύγκλισης και η MAC λειτουργούν μαζί για να φέρουν την κυκλοφορία σε μια μορφή που είναι συχνά αποδοτικότερη από τον αρχικό μηχανισμό μεταφορών.

Τα ζητήματα της αποδοτικότητας μεταφορών αντιμετωπίζονται επίσης στη διεπαφή μεταξύ της MAC και του φυσικού στρώματος (PHY). Παραδείγματος χάριν, τα σχέδια διαμόρφωσης και κωδικοποίησης διευκρινίζονται σε ένα σχεδιάγραμμα έκρηξης που μπορεί να ρυθμιστεί προσαρμοστικά για κάθε ένα που εκρήγνυται σε κάθε σταθμό συνδρομητών. Η MAC μπορεί να χρησιμοποιήσει τα εύρος ζώνης-αποδοτικά σχεδιαγράμματα έκρηξης υπό τους ευνοϊκούς όρους συνδέσεων αλλά να μετατοπιστεί σε πίο αξιόπιστο, αν και λιγότερο αποδοτικός, οι εναλλακτικές λύσεις για να υποστηρίξουν όπως απαιτείται τα προγραμματισμένα 99.999 τοις εκατό συνδέουν τη διαθεσιμότητα. Ο μηχανισμός αίτημα-επιχορήγησης σχεδιάζεται για να είναι εξελικτικός, αποδοτικός, και self-correcting. Το 802.16 σύστημα πρόσβασης δεν χάνει την αποδοτικότητα όταν παρουσιάζεται με τις πολλαπλάσιες συνδέσεις ανά τερματικό, πολλαπλάσια επίπεδα QoS ανά τερματικό, και ένας μεγάλος αριθμός στατιστικά πολλαπλασιασμένων χρηστών. Εκμεταλλεύεται μια ευρεία ποικιλία των μηχανισμών αιτήματος, ισορροπώντας τη σταθερότητα του ισχυρισμού λιγότερη πρόσβαση με την αποδοτικότητα του ισχυρισμού - προσανατολισμένη πρόσβαση. Ενώ η εκτενείς κατανομή εύρους ζώνης και οι μηχανισμοί QoS παρέχονται, οι λεπτομέρειες της διαχείρισης σχεδιασμού και επιφύλαξης αφήνονται και παρέχουν ένας σημαντικός μηχανισμός για τους προμηθευτές για να διαφοροποιήσουν τον εξοπλισμό τους. Μαζί με το θεμελιώδη στόχο το εύρος ζώνης και τα στοιχεία, η MAC περιλαμβάνει ένα υπο- στρώμα μυστικότητας που παρέχει την επικύρωση της πρόσβασης στο δίκτυο και την καθιέρωση σύνδεσης για να αποφύγει την κλοπή της υπηρεσίας, και παρέχει τη βασικές ανταλλαγή και την κρυπτογράφηση για την ιδιωτικότητα στοιχείων. Για να προσαρμόσουν το πίο απαιτητικό φυσικό περιβάλλον και τις διαφορετικές απαιτήσεις υπηρεσιών των συχνοτήτων μεταξύ 2 και 11 GHz, το πρόγραμμα 802.16a

αναβαθμίζει τη MAC για να παρέχει το αυτόματο αίτημα επανάληψης (ARQ) και την υποστήριξη για το πλέγμα, παρά μόνο point-to-multipoint, δικτυακές αρχιτεκτονικές.

2.2.1 Το φυσικό στρώμα

- ❖ 10-66 GHz - στο σχέδιο της προδιαγραφής PHY για 10-66 GHz, η διάδοση οπτικής επαφής κρίθηκε μια πρακτική ανάγκη. Με αυτόν τον όρο υποτιθέμενο, η διαμόρφωση ενιαίως-μεταφορέων επιλέχτηκε εύκολα η διεπαφή αέρα υποδεικνύεται το "ασύρματο άτομο-Sc." Πολλές θεμελιώδεις προκλήσεις σχεδίου παρέμειναν, εντούτοις. Λόγω της point-to-multipoint αρχιτεκτονικής, οι BS διαβιβάζουν βασικά ένα σήμα TDM, με τις μεμονωμένες διατιθέμενες σταθμοί χρονικές αυλακώσεις συνδρομητών σειριακά. Η πρόσβαση στη uplink κατεύθυνση είναι από την time-division πολλαπλάσια πρόσβαση (TDMA). Μετά από τις εκτενείς συζητήσεις σχετικά με, Ενώ η εκτενείς κατανομή εύρους ζώνης και οι μηχανισμοί QoS παρέχονται, οι λεπτομέρειες της διαχείρισης σχεδιασμού και επιφύλαξης αφήνονται και παρέχουν ένας σημαντικός μηχανισμός για τους προμηθευτές για να διαφοροποιήσουν τον εξοπλισμό τους. Περιοδικό επικοινωνιών 2002.100 Ιουνίου σχέδιο επιλέχτηκε που επιτρέπει και το δύο χρονικό τμήμα ρου (TDD), στο οποίο uplink και η κατιούσα σύνδεση μοιράζονται ένα κανάλι αλλά δεν διαβιβάζουν ταυτόχρονα, και συχνότητα-τμήμα ρου (FDD), στο οποίο uplink και η κατιούσα σύνδεση λειτουργούν στα χωριστά κανάλια, μερικές φορές ταυτόχρονα. Αυτό το σχέδιο έκρηξης επιτρέπει και σε TDD και σε FDD για να αντιμετωπιστεί σε παρόμοια μόδα. Υποστήριξη για τους ημι-αμφίδρομους σταθμούς συνδρομητών FDD, όποιος μπορεί να είναι λιγότερο ακριβός δεδομένου ότι δεν διαβιβάζουν ταυτόχρονα και δεν λαμβάνουν, προστέθηκε εις βάρος κάποιας μικρής πολυπλοκότητας. Και οι εναλλακτικές λύσεις TDD και FDD υποστηρίζουν τα προσαρμοστικά σχεδιαγράμματα έκρηξης στα οποία οι επιλογές διαμόρφωσης και κωδικοποίησης μπορούν να οριστούν δυναμικά σε μια βάση έκρηξη-από-έκρηξης.
- ❖ 2-11 GHz - οι 2-11 ζώνες GHz, και χορηγημένος άδεια και άδεια-απαλλάξημος, εξετάζεται IEEE στο πρόγραμμα 802.16a. Τα πρότυπα είναι στην ψήφο αλλά δεν είναι ακόμα πλήρη. Το σχέδιο αυτήν την περίοδο διευκρινίζει ότι τα υποχωρητικά συστήματα εφαρμόζουν τη μια από τρεις προδιαγραφές διεπαφών αέρα, κάθε ένας του οποίου επιτρέπει τη δια-λειτουργικότητα. Το σχέδιο του φυσικού στρώματος 2-11 GHz οδηγείται από την ανάγκη για την non-line-of-sight (ΧΩΡΙΣ ΑΜΕΣΗ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑ) λειτουργία. Επειδή οι κατοικημένες εφαρμογές αναμένονται, οι στέγες μπορούν να είναι πάρα πολύ χαμηλές για μια σαφή γραμμή θέας σε μια κεραία των BS, ενδεχομένως λόγω στην παρεμπόδιση από τα δέντρα. Επομένως, η σημαντική πολυ

διάδοση πορειών πρέπει να αναμένεται. Επιπλέον, οι υπαίθριος-τοποθετημένες κεραιές οφείλονται ακριβός και στις δαπάνες υλικού και εγκαταστάσεων.

Οι τρεις 2-11 προδιαγραφές διεπαφών αέρα GHz σε 802.16a συντάσσουν 3 είναι:

- WirelessMAN-SC2: Αυτό χρησιμοποιεί ένα σχήμα διαμόρφωσης ενιαίως-μεταφορέων.
- Ασύρματο MAN - OFDM: Αυτό χρησιμοποιεί ορθογώνιο να πολλαπλασιάσει συχνότητα-τιμήματος με μια μετατροπή σημείου 256-. Η πρόσβαση είναι από TDMA. Αυτή η διεπαφή αέρα είναι υποχρεωτική για τις απαλλάξιμες ζώνες αδειών.
- Ασύρματο MAN - OFDMA: Αυτό χρησιμοποιεί την ορθογώνια πολλαπλάσια πρόσβαση συχνότητα-τιμήματος με μια μετατροπή 2048-σημείου. Σε αυτό το σύστημα, η πολλαπλάσια πρόσβαση παρέχεται με να απευθύνει ένα υποσύνολο των πολλαπλάσιων μεταφορέων στους μεμονωμένους δέκτες. Λόγω των απαιτήσεων διάδοσης, η χρήση των προηγμένων συστημάτων κεραιών υποστηρίζεται. Είναι πρόωρο να σκεφτεί στις περαιτέρω λεπτομέρειες της τροποποίησης 802.16a πριν από την ολοκλήρωσή του. Ενώ το σχέδιο φαίνεται να φθάνει σε ένα επίπεδο ωριμότητας, το περιεχόμενο θα μπορούσε να αλλάξει σημαντικά να ψηφίσει. Οι τρόποι θα μπορούσαν ακόμη και να διαγραφούν ή να προστεθούν.

2.2.2 Φυσικές Λεπτομέρειες Στρώματος

Η προδιαγραφή PHY που καθορίστηκε για 10-66 χρήσεις GHz εξεργάγη τη διαμόρφωση ενιαίως-μεταφορέων με την προσαρμοστική έκρηξη που σχεδιάζει περίγραμμα σε ποιες παραμέτρους μετάδοσης, συμπεριλαμβανομένων των σχεδίων διαμόρφωσης και κωδικοποίησης, μπορέστε να προσαρμοστείτε χωριστά σε κάθε σταθμό (SS) συνδρομητών σε μια βάση πλαίσιο-από-πλαισίων. Και οι παραλλαγές TDD και έκρηξης FDD καθορίζονται. Εύρη ζώνης καναλιών 20 ή 25 MHz (το χαρακτηριστικό u.το US. allocation) ή 28 MHz (χαρακτηριστική ευρωπαϊκή κατανομή) διευκρινίζεται, μαζί με το σφυγμό αυξάνω-συνημιτόνου τετραγωνικός-ρίζας Nyquist που διαμορφώνει με έναν ρόλο από τον παράγοντα 0,25. Η τυχαιοποίηση εκτελείται για τη φασματική διαμόρφωση και για να εξασφαλίσει μεταβάσεις κομματιών για την αποκατάσταση ρολογιών. Η μπροστινή διόρθωση λάθους (FEC) χρησιμοποιούμενη είναι κάλαμος- Solomon GF (256), με το μεταβλητές μέγεθος φραγμών και τις ικανότητες διορθώσεων λάθους. Αυτό είναι ζευγαρωμένο με έναν εσωτερικό συνελκτικό κώδικα φραγμών για να διαβιβάσει εύρωστα τα κρίσιμα στοιχεία, όπως ο έλεγχος πλαισίων και οι αρχικές προσβάσεις. Οι επιλογές FEC είναι ζευγαρωμένες με τη διαμόρφωση μετατόπισης φάσης τετραγωνισμού (QPSK), 16-διαμόρφωση εύρους κρατικού τετραγωνισμού (16- QAM), και το 64-κράτος QAM (64QAM) στη μορφή εξεργάγη τα σχεδιαγράμματα της ποικίλων ευρωστίας και της

αποδοτικότητας. Εάν τον τελευταίο φραγμό FEC δεν γεμίζουν, εκείνο τον φραγμό μπορεί να κονταίνουν. Περιορισμός και στο δύο uplink

Πρόλογος

Ραδιοφωνική μετάδοση

έλεγχος

DIUC = 0

TDM

DIUC a

Πρόλογος

UL-ΧΑΡΤΗΣ DL-ΧΑΡΤΩΝ

TDM

DIUC b

Μερίδα TDM

Πρόλογος

Πρόλογος

TDMA

DIUC d

TDMA

DIUC e

Πρόλογος

TDMA

DIUC f

Σημεία έναρξης έκρηξης

Πρόλογος

TDMA

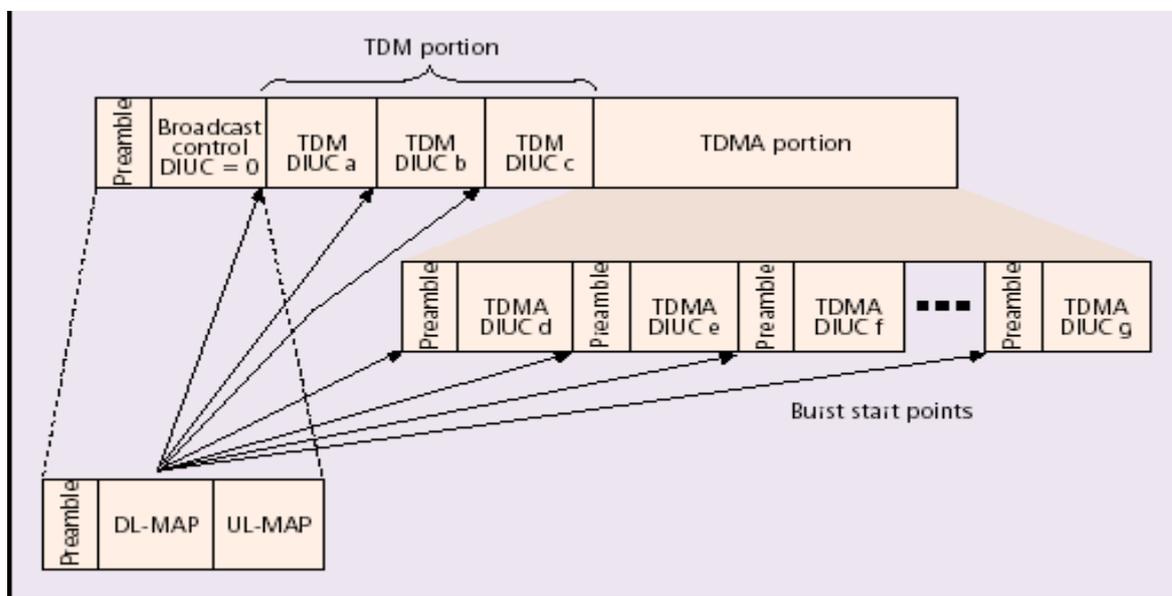
DIUC g

TDM

DIUC g

Μερίδα TDMA

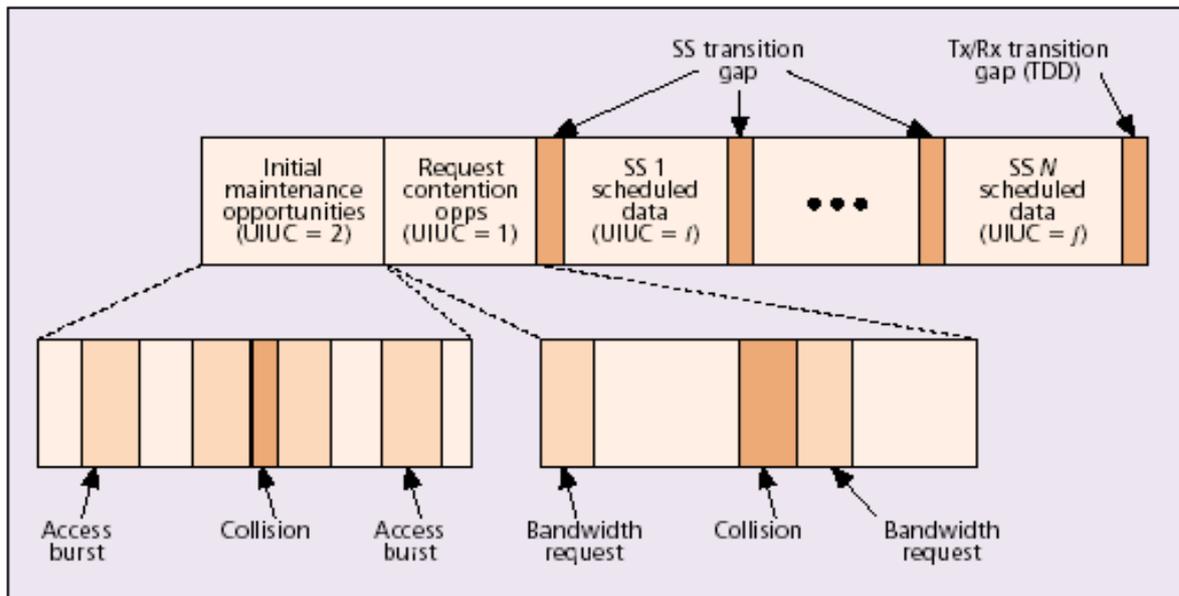
Η προδιαγραφή PHY που καθορίστηκε για 10-66 χρήσεις GHz εξεργάγη κατά τη διαμόρφωση ενιαίως-μεταφορέων με την προσαρμοστική έκρηξη που σχεδιάζει περίγραμμα σε ποιες παραμέτρους μετάδοσης, συμπεριλαμβανομένης της διαμόρφωσης και coding των σχεδίων, που προσαρμόζεται χωριστά σε κάθε σταθμό συνδρομητών σε μια βάση πλαίσιο-από-πλαίσια. Και οι παραλλαγές TDD και έκρηξης FDD καθορίζονται και η κατιούσα σύνδεση ελέγχονται από τις BS και επικοινωνούν σιωπηρά στο uplink χάρτη (ULMAP) και το χάρτη κατιουσών συνδέσεων (DL-XAPTHΣ). Το σύστημα χρησιμοποιεί ένα πλαίσιο 0,5, 1, ή και 2. Αυτό το πλαίσιο διαιρείται σε φυσικές αυλακώσεις με σκοπό την κατανομή εύρους ζώνης και τον προσδιορισμό των μεταβάσεων PHY. Μια φυσική αυλάκωση καθορίζεται για να είναι 4 σύμβολα QAM. Στην παραλλαγή TDD του PHY, το uplink υπο- πλαίσιο ακολουθεί το υπο- πλαίσιο κατιουσών συνδέσεων στην ίδια συχνότητα μεταφορέων. Στην παραλλαγή FDD, τα uplink και κατιουσών συνδέσεων υπο-πλαίσια είναι συμπίπτοντα εγκαίρως αλλά φέρονται στις χωριστές συχνότητες. Το υπο- πλαίσιο κατιουσών συνδέσεων παρουσιάζεται στην εικόνα 2.2.



Εικόνα 2.2 Η υπο-δομή πλαισίων κατιουσών συνδέσεων

Το υπο- πλαίσιο κατιουσών συνδέσεων αρχίζει με ένα τμήμα ελέγχου πλαισίων που περιέχει τον DL-XAPTH για το τρέχον πλαίσιο κατιουσών συνδέσεων καθώς επίσης και το ULMAP για έναν καθορισμένο χρόνο στο μέλλον. Ο χάρτης κατιουσών συνδέσεων διευκρινίζει πότε οι φυσικές μεταβάσεις στρώματος (διαμόρφωση και αλλαγές FEC) εμφανίζονται μέσα στο υπο- πλαίσιο κατιουσών συνδέσεων. Το υπο-πλαίσιο κατιουσών συνδέσεων περιέχει χαρακτηριστικά μια μερίδα TDM αμέσως μετά από το τμήμα ελέγχου πλαισίων. Τα στοιχεία κατιουσών συνδέσεων διαβιβάζονται σε κάθε SS χρησιμοποιώντας ένα συζητημένο σχεδιάγραμμα έκρηξης. Τα στοιχεία διαβιβάζονται κατά σειρά τη

μειωμένος ευρωστία να επιτραπεί SSs για να λάβουν τα στοιχεία τους πριν παρουσιάζονται με ένα σχεδιάγραμμα έκρηξης που θα μπορούσε να τα αναγκάσει για να χάσει συγχρονισμό με την κατιούσα σύνδεση. Στα συστήματα FDD, η μερίδα TDM μπορεί να ακολουθηθεί από ένα τμήμα TDMA που περιλαμβάνει έναν πρόσθετο πρόλογο στην έναρξη κάθε νέου σχεδιαγράμματος έκρηξης. Αυτό το χαρακτηριστικό γνώρισμα επιτρέπει την καλύτερη υποστήριξη ημι-αμφίδρομου SSs. Σε ένα αποτελεσματικά σχεδιασμένο σύστημα FDD με πολλά ημι-αμφίδρομα SSs, μερικοί μπορεί να πρέπει να διαβιβάσουν νωρίτερα στο πλαίσιο από λαμβάνουν. Λόγω στην ημι-αμφίδρομη φύση τους, αυτά τα SSs χάνουν το συγχρονισμό με την κατιούσα σύνδεση. Ο πρόλογος TDMA επιτρέπει σε τους για να επανακτήσει το συγχρονισμό. Λόγω στη δυναμική της απαίτησης εύρους ζώνης για την ποικιλία των υπηρεσιών που μπορεί να είναι ενεργός, το μίγμα και η διάρκεια των σχεδιαγραμμάτων έκρηξης και της παρουσίας ή της απουσίας μιας μερίδας TDMA ποικίλλουν δυναμικά από το πλαίσιο στο πλαίσιο. Από τον παραλήπτη το SS είναι σιωπηρά αποδεδειγμένο στις επιγραφές της MAC παρά στον DL-XAPTH, Τα SSs ακούνε όλες τις μερίδες του υπο-πλαισίου κατιουσών συνδέσεων που είναι σε θέση. Για το πλήρης-ντούμπλεξ SSs, αυτό σημαίνει όλα τα σχεδιαγράμματα έκρηξης της ίσης ή μεγαλύτερης ευρωστίας από έχουν διαπραγματευτεί με τις BS. Ένα χαρακτηριστικό uplink υπο-πλάσιο για το 10-66 GHz PHY παρουσιάζεται στην εικόνα 2.3. Αντίθετα από την κατιούσα σύνδεση, ο UL-XAPTHS χορηγεί το εύρος ζώνης σε συγκεκριμένο SSs. Τα SSs διαβιβάζουν στην ορισμένη κατανομή τους χρησιμοποιώντας το σχεδιάγραμμα έκρηξης που διευκρινίζεται από το uplink κώδικα χρήσης διαστήματος (UIUC) στην είσοδο UL-XAPTHN χορηγώντας τους το εύρος ζώνης. Το uplink υπο-πλάσιο μπορεί επίσης να περιέχει τις ισχυρισμός-βασισμένες στον κατανομές για την αρχική πρόσβαση συστημάτων και τη ραδιοφωνική μετάδοση ή τα πολλαπλής διανομής αιτήματα εύρους ζώνης. Οι ευκαιρίες πρόσβασης για την αρχική πρόσβαση συστημάτων ταξινομούνται για να επιτρέψουν τον πρόσθετο χρόνο φρουράς για SSs που δεν έχουν επιλύσει τη χρονική πρόοδο μετάδοσης απαραίτητη να αντισταθμίσει τη μετ' επιστροφής καθυστέρηση στις BS. Μεταξύ του PHY και της MAC είναι ένα υπο-στρώμα σύγκλισης (TC) μετάδοσης. Αυτό το στρώμα εκτελεί το μετασχηματισμό των μονάδων στοιχείων πρωτοκόλλου της MAC μεταβλητού μήκους (PDUs) στους σταθερούς φραγμούς μήκους FEC (συν ενδεχομένως έναν μικρότερο φραγμό στο τέλος) κάθε ένας που εκρήγνυται. Το στρώμα TC ταξινομεί ένα PDU για να ταιριάζει στο φραγμό FEC που γεμίζουν αυτήν την περίοδο. Αρχίζει με έναν δείκτη που δείχνει όπου η επόμενη επιγραφή της MAC PDU αρχίζει μέσα στο φραγμό FEC. Αυτό παρουσιάζεται στην εικόνα 2.4. Το σχήμα TC PDU επιτρέπει το resynchronization στην επόμενη MAC PDU σε περίπτωση που ο προηγούμενος φραγμός FEC είχε τα μη ανακτήσιμα λάθη. Εικόνα 2.5

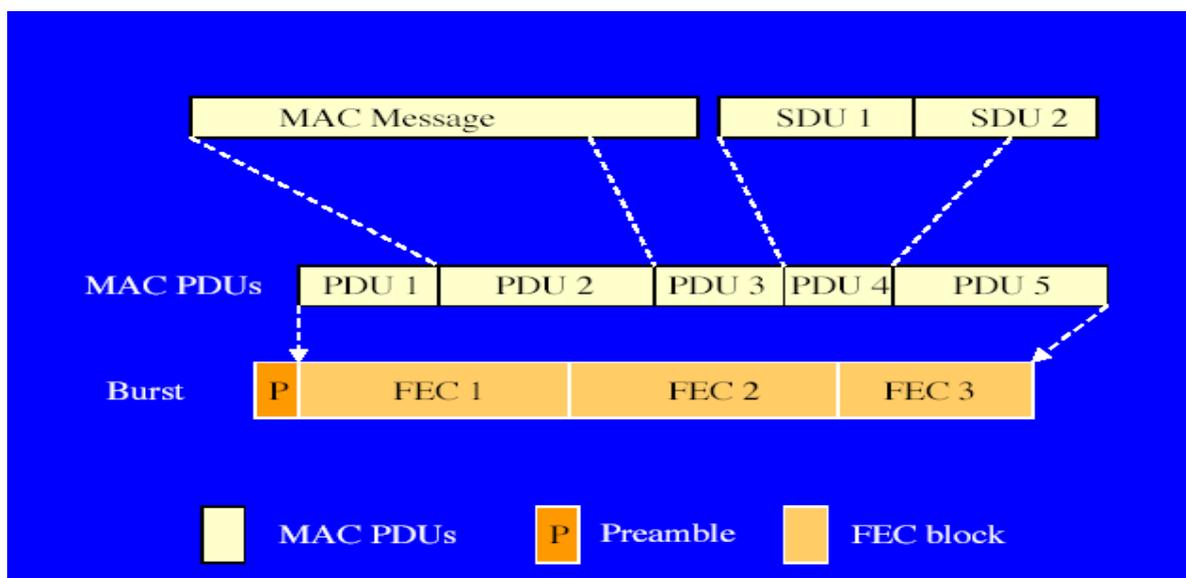


Εικόνα 2.3: Η uplink υπο δομή πλαισίων

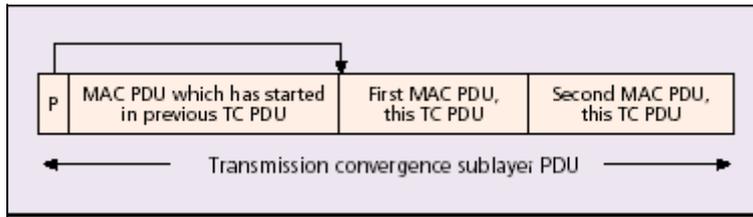
Σύγκρουση έκρηξης πρόσβασης έκρηξης - εύρος ζώνης σύγκρουσης

Χάσμα Tx μετάβασης αιτήματος SS εύρους ζώνης αιτήματος/Rx μετάβασης ευκαιρίες συντήρησης χάσματος (TDD) αρχικές (UIUC = 2)

Ισχυρισμός αιτήματος opps (UIUC = 1) σχέδιο στοιχεία SS 1 (UIUC = σχέδιο ν στοιχεία i) SS (UIUC = j)



Εικόνα 2.4: μετάδοση MAC PDU



Εικόνα 2.5: Σχήμα TC PDU

Η υπο- MAC PDU στρώματος PDU σύγκλισης μετάδοσης σχήματος TC PDU που έχει αρχίσει στο προηγούμενο TC PDU πρώτος MAC PDU, αυτό το TC PDU δεύτερο MAC PDU. Χωρίς το στρώμα TC, ένα λαμβάνον SS ή οι BS θα έχανε ενδεχομένως το ολόκληρο υπόλοιπο μιας έκρηξης όταν εμφανίστηκε ένα μη ανακτήσιμο λάθος κομματιών.

2.2.3 Μέσες λεπτομέρειες ελέγχου πρόσβασης

Η MAC περιλαμβάνει τα υπηρεσία-συγκεκριμένα υπο- στρώματα σύγκλισης που δια συνδέουν στα υψηλότερα στρώματα, επάνω από το πυρήνων υπο- στρώμα μερών της MAC κοινό που πραγματοποιεί η βασική MAC λειτουργεί. Κάτω από το κοινό μέρος το υπο- στρώμα είναι το υπο- στρώμα μυστικότητας.

❖ ΥΠΗΡΕΣΙΑ-ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΟΣ ΥΠΟ- ΣΤΡΩΜΑΤΑ ΣΥΓΚΛΙΣΗΣ

Ieee τα πρότυπα 802.16 καθορίζουν δύο γενικά υπηρεσία-συγκεκριμένα υπο-στρώματα σύγκλισης για τις υπηρεσίες χαρτογράφησης σε και από 802.16 τις συνδέσεις της MAC. Το υπο- στρώμα σύγκλισης του ATM καθορίζεται για τις υπηρεσίες του ATM, και το υπο- στρώμα σύγκλισης πακέτων καθορίζεται για τις υπηρεσίες πακέτων χαρτογράφησης όπως IPv4, IPv6, Ethernet, και ιδεατό δίκτυο τοπικής περιοχής (VLAN). Ο αρχικός στόχος του υπο- στρώματος είναι να ταξινομηθούν οι μονάδες στοιχείων υπηρεσιών (SDUs) στην κατάλληλη σύνδεση της MAC, συντηρήστε ή επιτρέψτε QoS, και επιτρέψτε την κατανομή εύρους ζώνης. Η χαρτογράφηση λαμβάνει τις διάφορες μορφές ανάλογα με τον τύπο υπηρεσίας. Εκτός από αυτές τις βασικές λειτουργίες, τα υπο-στρώματα σύγκλισης μπορούν επίσης να εκτελέσουν τις περιπλοκότερες λειτουργίες όπως η καταστολή και η αναδημιουργία επιγραφών ωφέλιμων φορτίων για να ενισχύσουν την αποδοτικότητα συνδέσεων αέρα.

2.2.4 Κοινό υπό- στρώμα μερών

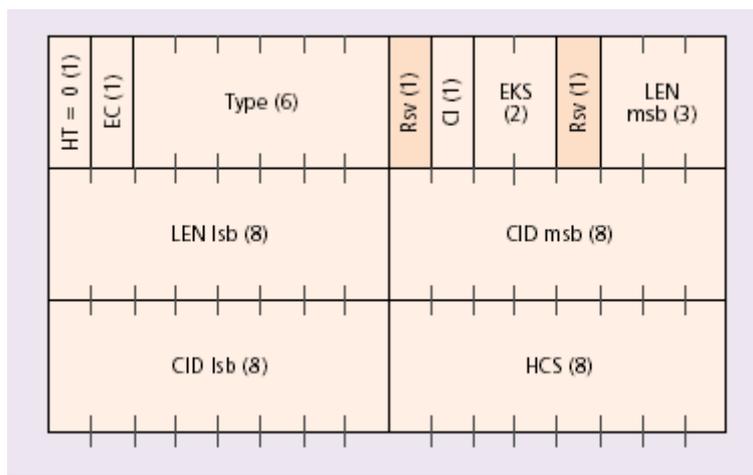
Εισαγωγή και γενική αρχιτεκτονική - γενικά, η 802.16 MAC έχει ως σκοπό να υποστηρίξει μια point-to-multipoint αρχιτεκτονική με κεντρικές BS που χειρίζονται τους πολλαπλάσιους ανεξάρτητους τομείς ταυτόχρονα. Στην κατιούσα σύνδεση, τα στοιχεία σε

SSs πολλαπλασιάζονται στη μόδα TDM. Uplink μοιράζεται μεταξύ SSs στη μόδα TDMA. Η 802.16 MAC είναι προσανατολισμένη προς τη σύνδεση. Όλες οι υπηρεσίες, συμπεριλαμβανομένων των εγγενώς χωρίς σύνδεση υπηρεσιών, χαρτογραφείται σε μια σύνδεση. Αυτό παρέχει έναν μηχανισμό για το εύρος ζώνης, ένωση QoS και παράμετροι κυκλοφορίας, στοιχεία μεταφορών και δρομολόγησης στο κατάλληλο υπο- στρώμα σύγκλισης, και όλες οι άλλες ενέργειες που συνδέονται με τους συμβατικούς όρους της υπηρεσίας. Οι συνδέσεις παραπέμπονται με τα δεκαεξάμπιτα προσδιοριστικά σύνδεσης (CIDs) και μπορούν να απαιτήσουν το συνεχώς χορηγημένο εύρος ζώνης ή το εύρος ζώνης μετά από την απαίτηση. Όπως θα περιγραφεί, και οι δύο προσαρμόζονται.

Κάθε SS έχει μια τυποποιημένη διεύθυνση της MAC 48-κομματιών, αλλά αυτό χρησιμεύει κυρίως ως ένα προσδιοριστικό εξοπλισμού, τις αρχικές διευθύνσεις που χρησιμοποιούνται από κατά τη διάρκεια της λειτουργίας είναι τα CIDs. Επάνω στην είσοδο του δικτύου, στο SS ορίζονται τρεις διοικητικές συνδέσεις σε κάθε κατεύθυνση. Αυτές οι τρεις συνδέσεις απεικονίζουν τις τρεις διαφορετικές απαιτήσεις QoS που χρησιμοποιούνται από τα διαφορετικά διοικητικά επίπεδα. Ο πρώτος αυτοί είναι η βασική σύνδεση, όποιος χρησιμοποιείται για τη μεταφορά απότομα, η χρόνος-κρίσιμη MAC και ραδιο μηνύματα ελέγχου συνδέσεων (RLC). Η αρχική διοικητική σύνδεση χρησιμοποιείται για να μεταφέρει περισσότερο, καθυστέρηση-πιό ανεκτικά μηνύματα όπως εκείνοι που χρησιμοποιούνται για την οργάνωση επικύρωσης και σύνδεσης. Η δευτεροβάθμια διοικητική σύνδεση χρησιμοποιείται για τη μεταφορά των πρότυπο-βασισμένων στις διοικητικών μηνυμάτων όπως το δυναμικό πρωτόκολλο διαμόρφωσης οικοδεσποτών (DHCP), Τετριμμένο πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων (TFTP), και απλό διοικητικό πρωτόκολλο δικτύων (SNMP). Εκτός από αυτές τις διοικητικές συνδέσεις, Τα SSs είναι διατιθέμενες συνδέσεις μεταφορών για τις υπηρεσίες. Οι συνδέσεις μεταφορών είναι ομοιοκατευθυνόμενες για να διευκολύνουν διαφορετική uplink και την κατιούσα σύνδεση QoS και τις παραμέτρους κυκλοφορίας ορίζονται χαρακτηριστικά στις υπηρεσίες ανά τα ζευγάρια. Η MAC διατηρεί τις πρόσθετες συνδέσεις για άλλους λόγους.

Μια σύνδεση είναι διατηρημένη για την ισχυρισμός-βασισμένη στο αρχική πρόσβαση. Άλλος είναι διατηρημένος για τις μεταδόσεις ραδιοφωνικής μετάδοσης στην κατιούσα σύνδεση καθώς επίσης και για τον κόνοντας σήμα ισχυρισμό ραδιοφωνικής μετάδοσης - βασισμένη ψηφοφορία των αναγκών εύρους ζώνης SS. Οι πρόσθετες συνδέσεις είναι διατηρημένες για πολλαπλής διανομής, παρά να μεταδώσει ραδιοφωνικά, ισχυρισμός-βασισμένη στο ψηφοφορία. Τα SSs μπορούν να καθοδηγηθούν για να προσχωρήσουν στις πολλαπλής διανομής ομάδες ψηφοφορίας που συνδέονται με αυτές τις πολλαπλής διανομής συνδέσεις ψηφοφορίας.

Σχήματα της MAC PDU - η MAC PDU είναι η μονάδα στοιχείων που ανταλλάσσεται μεταξύ των στρωμάτων της MAC των BS και SSS της. Η MAC PDU αποτελείται από μια καθορισμένου μήκους επιγραφή της MAC, ένα ωφέλιμο φορτίο μεταβλητός-μήκους, και ένας προαιρετικός κυκλικός έλεγχος πλεονασμού (κέντρο ανίχνευσης και ελέγχου). Δύο σχήματα επιγραφών, διακεκριμένος από το Ht τομέα, καθορίζεται: η γενική επιγραφή (εικόνα 2.6) και η επιγραφή αιτήματος εύρους ζώνης. Εκτός από τη MAC PDUs αιτήματος εύρους ζώνης, όποιοι δεν περιέχουν κανένα ωφέλιμο φορτίο, Η MAC PDUs περιέχει είτε τα διοικητικά μηνύματα της MAC είτε τα υπο-στοιχεία στρώματος σύγκλισης. Τρεις τύποι υπο- επιγραφών της MAC μπορούν να είναι παρόντες. Η διαχείριση επιχορήγησης που η υπο- επιγραφή χρησιμοποιείται από ένα SS για να μεταβιβάσει τη διαχείριση εύρους ζώνης χρειάζεται στις BS της. Η υπο- επιγραφή τεμαχισμού περιέχει τις πληροφορίες που δείχνουν την παρουσία και τον προσανατολισμό στο ωφέλιμο φορτίο οποιωνδήποτε τεμαχίων SDUs. Η υπο-επιγραφή συσκευασίας χρησιμοποιείται για να δείξει συσκευασία πολλαπλάσιου SDUs σε ένα ενιαίο PDU. Οι υπο- επιγραφές διαχείρισης και τεμαχισμού επιχορήγησης μπορούν να παρεμβληθούν στη MAC PDUs αμέσως μετά από τη γενική επιγραφή εάν υποδεικνύεται έτσι από τον τομέα τύπων. Η υπο- επιγραφή συσκευασίας μπορεί να παρεμβληθεί πριν από την κάθε MAC SDU εάν υποδεικνύεται έτσι από τον τομέα τύπων. Περισσότερες λεπτομέρειες παρέχονται κατωτέρω.



Εικόνα 2.6: Σχήμα της γενικής επιγραφής για το PDU της MAC

Σχήμα της γενικής επιγραφής για τη MAC PDU.

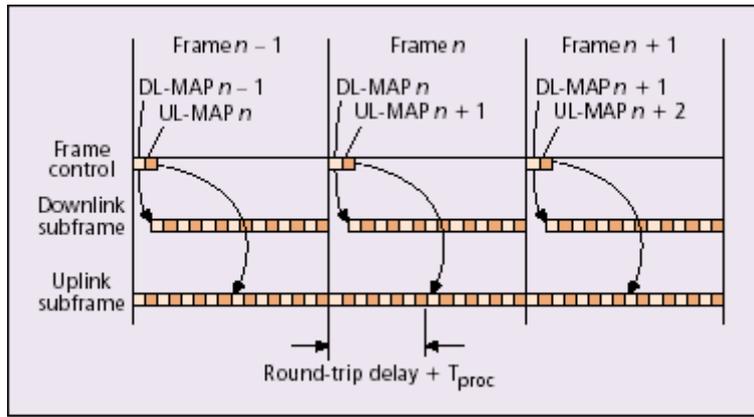
Ht = περιοδικό 0 (1) isb LEN msb (3)
 EKS (2) Rsv (1) LEN lsb (8) CID msb (8)
 CID Rsv (1) CI τύπων EK (1) (6) (1) (8) (8)

Μετάδοση της MAC PDUs - η IEEE 802.16 MAC υποστηρίζει τα διάφορα πρωτόκολλα υψηλού-στρώματος όπως το ATM ή η IP. Η εισερχόμενη MAC SDUs από τα αντίστοιχα υποστρώματα σύγκλισης είναι σχηματοποιημένη σύμφωνα με το σχήμα της

MAC PDU, ενδεχομένως και τεμαχισμού ή συσκευάζοντας, πριν μεταβιβάζεται πέρα από μια ή περισσότερες συνδέσεις σύμφωνα με το πρωτόκολλο της MAC. Μετά μπορεί να διαπεράσει την αεροπορική σύνδεση, Η MAC PDUs αναδημιουργείται πίσω στην αρχική MAC SDUs έτσι ώστε οι τροποποιήσεις σχήματος που εκτελούνται από το πρωτόκολλο στρώματος της MAC είναι διαφανείς στη λαμβάνουσα οντότητα. IEEE 802.16 εκμεταλλεύεται την ενσωμάτωση των διαδικασιών συσκευασίας και τεμαχισμού με τη διαδικασία κατανομής εύρους ζώνης για να μεγιστοποιήσει την ευελιξία, αποδοτικότητα, και αποτελεσματικότητα και οι δύο. Ο τεμαχισμός είναι η διαδικασία στην οποία η MAC SDU διαιρείται σε ένα ή περισσότερα τεμάχια της MAC SDU. Η συσκευασία είναι η διαδικασία στην οποία η πολλαπλάσια MAC SDUs συσκευάζεται σε ένα ενιαίο ωφέλιμο φορτίο της MAC PDU. Και οι δύο διαδικασίες μπορούν να κινηθούν από είτε BS για μια σύνδεση κατιουσών συνδέσεων είτε ένα SS για μια up-link σύνδεση. IEEE 802.16 επιτρέπει τον ταυτόχρονους τεμαχισμό και τη συσκευασία για την αποδοτική χρήση του εύρους ζώνης.

Δομή υποστήριξης PHY και πλαισίων - η Ieee 802.16 MAC υποστηρίζει και TDD και FDD. Σε FDD, και οι συνεχείς και κατιούσες συνδέσεις έκρηξης υποστηρίζονται. Οι συνεχείς κατιούσες συνδέσεις επιτρέπουν ορισμένες τεχνικές αυξήσεων ευρωστίας, όπως η παρεμβολή λευκών σελίδων. Οι κατιούσες συνδέσεις έκρηξης (είτε FDD είτε TDD) επιτρέπουν τη χρήση των πιο προηγμένων τεχνικών αυξήσεων ευρωστίας και ικανότητας, όπως η συνδρομητής-ισόπεδη προσαρμοστική σκιαγράφηση έκρηξης και τα προηγμένα συστήματα κεραιών.

Η MAC χτίζει το υπο- πλαίσιο κατιουσών συνδέσεων αρχίζοντας από ένα τμήμα ελέγχου πλαισίων που περιέχει τα μηνύματα DL-XAPΤΩΝ και UL-XAPΤΩΝ. Αυτοί δείχνουν τις μεταβάσεις PHY στις κατανομές κατιουσών συνδέσεων καθώς επίσης και εύρους ζώνης και τα σχεδιαγράμματα έκρηξης up-link. Ο DL-XAPΤΗΣ ισχύει πάντα στο τρέχον πλαίσιο και είναι πάντα τουλάχιστον δύο φραγμοί FEC μακροχρόνιοι. Η πρώτη μετάβαση PHY εκφράζεται στον πρώτο φραγμό FEC, για να επιτρέψει τον επαρκή χρόνο επεξεργασίας. Και στα συστήματα TDD και FDD, το ULMAP παρέχει τις κατανομές που αρχίζουν το αργότερο έως το επόμενο πλαίσιο κατιουσών συνδέσεων. Ο UL-XAPΤΗΣ μπορεί, εντούτοις, να διάθεσε την έναρξη στο τρέχον πλαίσιο εφ' όσον παρατηρούνται οι χρόνοι επεξεργασίας και οι μετ' επιστροφής καθυστερήσεις. Ο ελάχιστος χρόνος μεταξύ της παραλαβής και της δυνατότητας εφαρμογής του UL-XAPΤΗ για ένα σύστημα FDD παρουσιάζεται στην εικόνα 2.7.



Εικόνα 2.7:Ελάχιστη σχετικότητα χαρτών FDD

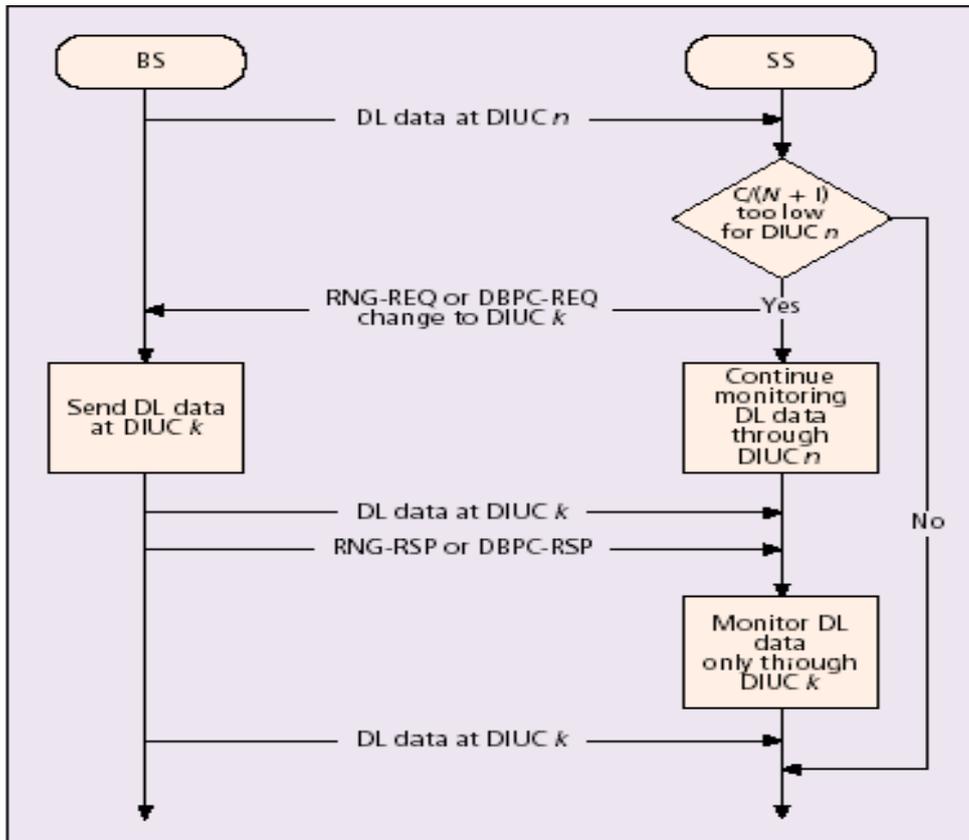
2.2.4.1 Ράδιο έλεγχος συνδέσεων

Η προηγμένη τεχνολογία του 802.16 PHY απαιτεί τον εξίσου προηγμένο ραδιο έλεγχο συνδέσεων (RLC), ιδιαίτερα η ικανότητα του PHY στη μετάβαση από ένα σχεδιάγραμμα σε άλλο. Το RLC πρέπει να ελέγξει αυτήν την ικανότητα καθώς επίσης και τις παραδοσιακές λειτουργίες RLC του ελέγχου δύναμης και της έκτασης. RLC αρχίζει με την περιοδική ραδιοφωνική μετάδοση των BS των σχεδιαγραμμάτων έκρηξης που έχουν επιλεχτεί για up-link και την κατιούσα σύνδεση. Τα ιδιαίτερα σχεδιαγράμματα έκρηξης που χρησιμοποιούνται σε ένα κανάλι επιλέγονται βασισμένος σε διάφορους παράγοντες, όπως οι ικανότητες περιοχών και εξοπλισμού βροχής. Τα σχεδιαγράμματα για την κατιούσα σύνδεση κάθε ένα έκρηξης κολλιούνται με έναν κώδικα χρήσης διαστήματος κατιουσών συνδέσεων (DIUC). Εκείνοι για up-link κάθε ένας κολλιούνται με ένας up-link κώδικας χρήσης διαστήματος (UIUC). Κατά τη διάρκεια της αρχικής πρόσβασης, το SS εκτελεί την αρχική δύναμη που ισοπεδώνει και που κυμαίνεται χρησιμοποιώντας τα κυμαινόμενα μηνύματα αιτήματος (RNG- REQ) που διαβιβάζονται στα αρχικά παράθυρα συντήρησης. Οι ρυθμίσεις στο χρόνο μετάδοσης του SS προωθούν, όπως και τις ρυθμίσεις δύναμης, επιστρέφεται στο SS στα κυμαινόμενα μηνύματα απάντησης (RNG- RSP). Για τις τρέχουσες ρυθμίσεις έκτασης και δύναμης, οι BS μπορούν να διαβιβάσουν τα εκούσια μηνύματα RNG- RSP διατάζοντας το SS για να ρυθμίσουν τη δύναμη ή το συγχρονισμό της. Κατά τη διάρκεια της αρχικής έκτασης, το SS ζητά επίσης να εξυπηρετηθεί στην κατιούσα σύνδεση μέσω ενός ιδιαίτερου σχεδιαγράμματος έκρηξης με τη διαβίβαση της επιλογής DIUC του στις BS. Η επιλογή είναι βασισμένη στις λαμβανόμενες ποιοτικές μετρήσεις σημάτων κατιουσών συνδέσεων που εκτελούνται από το SS πριν από και κατά τη διάρκεια την αρχική έκταση. Οι BS μπορούν να επιβεβαιώσουν ή να απορρίψουν την επιλογή στην κυμαινόμενη απάντηση. Ομοίως, οι BS ελέγχουν την ποιότητα του up-link σήματος που λαμβάνουν από το SS. Οι BS διατάζουν το SS για να χρησιμοποιήσουν ένα ιδιαίτερο up-link σχεδιάγραμμα έκρηξης απλά με τη συμπερίληψη του κατάλληλου σχεδιαγράμματος UIUC έκρηξης με τις επιχορηγήσεις του SS στα μηνύματα ULMAP.

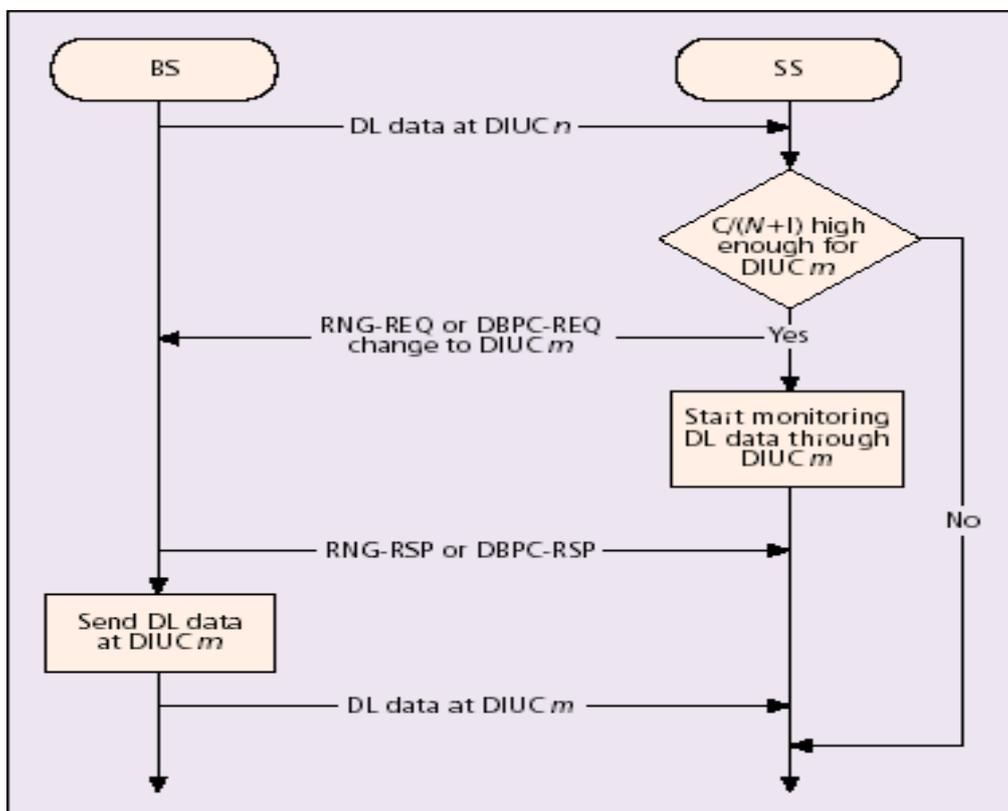
Μετά από τον αρχικό προσδιορισμό up-link και της κατιούσας σύνδεσης εκραγείτε τα σχεδιαγράμματα μεταξύ των BS και ενός ιδιαίτερου SS, RLC συνεχίζει να επιτηρεί και να ελέγχει τα σχεδιαγράμματα έκρηξης. Πιο σκληρές περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως η βροχή εξασθενίζει, μπορέστε να αναγκάσετε το SS για να ζητήσει ένα πιο γερό σχεδιάγραμμα έκρηξης. Εναλλακτικά, εξαιρετικά ο καλός καιρός μπορεί να επιτρέψει σε ένα SS για να λειτουργήσει προσωρινά με ένα αποδοτικότερο σχεδιάγραμμα έκρηξης. Το RLC συνεχίζει να προσαρμόζει το τρέχον UL του SS και DL εξεργάγη τα σχεδιαγράμματα, πάντα προσπαθώντας να επιτύχει μια ισορροπία μεταξύ της ευρωστίας και της αποδοτικότητας. Επειδή οι BS είναι στον έλεγχο και ελέγχουν άμεσα τη up-link ποιότητα σημάτων, το πρωτόκολλο για την αλλαγή up-link εξεργάγη το σχεδιάγραμμα γιατί ένα SS είναι απλό: οι BS διευκρινίζουν μόνο το σχετικό UIUC του σχεδιαγράμματος όποτε χορηγώντας το εύρος ζώνης SS σε ένα πλαίσιο. Αυτό εξαλείφει την ανάγκη για μια αναγνώριση, δεδομένου ότι το SS θα λάβει πάντα είτε και το UIUC και την επιχορήγηση είτε καμία. Ως εκ τούτου, καμία πιθανότητα up-link δεν εξεργάγη τον κακό συνδυασμό σχεδιαγράμματος μεταξύ των BS και το SS υπάρχει. Στην κατιούσα σύνδεση, το SS είναι η οντότητα που ελέγχει την ποιότητα λαμβάνει το σήμα και επομένως ξέρει πότε η κατιούσα σύνδεσή της εξεργάγη το σχεδιάγραμμα

Οι BS, εντούτοις, είναι η οντότητα στον έλεγχο της αλλαγής. Υπάρχουν δύο μέθοδοι διαθέσιμες στο SS για να ζητήσουν μια αλλαγή στο σχεδιάγραμμα έκρηξης κατιουσών συνδέσεων, ανάλογα με εάν το SS λειτουργεί στην επιχορήγηση ανά σύνδεση (GPC) ή την επιχορήγηση ανά τρόπο SS (GPSS) (δείτε τις τα "αιτήματα και επιχορηγήσεις εύρους ζώνης"). Η πρώτη μέθοδος θα ίσχυε χαρακτηριστικά (βασισμένος στη διακριτικότητα των BS που σχεδιάζουν τον αλγόριθμο) μόνο σε GPC SSs. Σε αυτήν την περίπτωση, οι BS μπορούν περιοδικά να διαθέσουν ένα διάστημα συντήρησης σταθμών στο SS. Το SS μπορεί να χρησιμοποιήσει το μήνυμα RNG-REQ για να ζητήσει μια αλλαγή στο σχεδιάγραμμα έκρηξης κατιουσών συνδέσεων. Η συνιστώμενη μέθοδος είναι για το SS να διαβιβαστεί ένα αίτημα αλλαγής σχεδιαγράμματος έκρηξης κατιουσών συνδέσεων (DCPU-REQ). Σε αυτήν την περίπτωση, όποια είναι πάντα μια επιλογή για GPSS SSs και μπορεί να είναι μια επιλογή για GPC SSs, οι BS αποκρίνονται με ένα μήνυμα απάντησης αλλαγής σχεδιαγράμματος έκρηξης κατιουσών συνδέσεων (DCPU-RSP) που επιβεβαιώνει ή που αρνείται την αλλαγή. Επειδή τα μηνύματα μπορούν να χαθούν λόγω στα μη ανακτήσιμα λάθη κομματιών, τα πρωτόκολλα για την αλλαγή της κατιούσας σύνδεσης ενός SS εκρήγνυνται το σχεδιάγραμμα πρέπει να κτιστούν προσεκτικά. Η διαταγή των ενεργειών αλλαγής σχεδιαγράμματος έκρηξης είναι διαφορετική κατά transitioning σε ένα πιο γερό σχεδιάγραμμα έκρηξης από κατά transitioning λιγότερο σε ένα γερό. Τα πρότυπα εκμεταλλεύονται το γεγονός ότι ένα SS απαιτείται πάντα για να ακούσει τις πιο γερές

μερίδες της κατιούσας σύνδεσης καθώς επίσης και του σχεδιαγράμματος που συζητήθηκε. Η εικόνα 2.6 παρουσιάζει μια μετάβαση σε ένα πιο γερό σχεδιάγραμμα έκρηξης. Η εικόνα 2.7 παρουσιάζει μια μετάβαση σε ένα λιγότερο γερό σχεδιάγραμμα έκρηξης.



Εικόνα 2.6:Μετάβαση επάνω σε ένα πιο γερό σχεδιάγραμμα έκρηξης



Εικόνα 2.7: Μετάβαση σε ένα λιγότερο γερό σχεδιάγραμμα έκρηξης

2.2.4.2 *Up-link και οι υπηρεσίες*

Κάθε σύνδεση στη up-link κατεύθυνση χαρτογραφείται σε μια σχεδιάζουσα υπηρεσία. Κάθε σχεδιάζουσα υπηρεσία συνδέεται με ένα σύνολο κανόνων που επιβάλλονται στο χρονοπρογραμματιστή των BS αρμόδιο για τη διάθεση της up-link ικανότητας και του πρωτοκόλλου αίτημα-επιχορήγησης μεταξύ του SS και των BS. Η λεπτομερής προδιαγραφή των κανόνων και της σχεδιάζουσας υπηρεσίας που χρησιμοποιούνται για μια ιδιαίτερη up-link σύνδεση συζητιέται στο χρόνο οργάνωσης σύνδεσης. Οι σχεδιάζοντας υπηρεσίες IEEE 802.16 είναι βασισμένες σε εκείνους που καθορίζονται για τους διαποδιαμορφωτές καλωδίων στα πρότυπα DOCSIS [4]. Η εκούσια υπηρεσία επιχορήγησης (UGS) προσαρμόζεται για τις φέρνοντας υπηρεσίες που παράγουν τις σταθερές μονάδες των στοιχείων περιοδικά. Εδώ τα προγράμματα των BS τακτικά, κατά τρόπο προαγοραστικό, επιχορηγήσεις του μεγέθους που συζητιέται στην οργάνωση σύνδεσης, χωρίς ένα ρητό αίτημα από το SS.

Αυτό αποβάλλει τον υπερυψωμένο και τη λανθάνουσα κατάσταση των αιτημάτων εύρους ζώνης προκειμένου να καλυφθούν η καθυστέρηση και οι απαιτήσεις καθυστέρησης jitter της ελλοχεύουσας υπηρεσίας. Ένα πρακτικό όριο στην καθυστέρηση jitter τίθεται από τη διάρκεια πλαισίων. Εάν οι πιά αυστηρές απαιτήσεις jitter πρόκειται να καλυφθούν, η αποθήκευση παραγωγής απαιτείται. Οι υπηρεσίες που χαρακτηριστικά θα φέρονταν σε μια σύνδεση με UGS την υπηρεσία περιλαμβάνουν το σταθερό ποσοστό δυαδικών ψηφίων του ATM (CBR) και E1/T1 άνω του ATM. Όταν χρησιμοποιείται με UGS, η διοικητική υπο-επιγραφή επιχορήγησης περιλαμβάνει ψηφοφορία-εγώ το κομμάτι (δείτε τις τα "αιτήματα και επιχορηγήσεις εύρους ζώνης") καθώς επίσης και τη σημαία δεικτών ολίσθησης, όποιος επιτρέπει στο SS για να αναφέρει ότι η σειρά αναμονής μετάδοσης είναι λόγω στους παράγοντες όπως οι χαμένη επιχορηγήσεις ή η λοξή κίνηση ρολογιών μεταξύ του IEEE 802.16 συστήματος και του εξωτερικού δικτύου. Οι BS, επάνω στην ανίχνευση της σημαίας δεικτών ολίσθησης, μπορέστε να διαθέσετε κάποια πρόσθετη ικανότητα στο SS, σε άδεια σε του για να ανακτηθεί το κανονικό κράτος σειρών αναμονής. Οι συνδέσεις που διαμορφώνονται με UGS δεν επιτρέπονται για να χρησιμοποιήσουν τις τυχαίες ευκαιρίες πρόσβασης για τα αιτήματα. Η σε πραγματικό χρόνο υπηρεσία ψηφοφορίας έχει ως σκοπό να ικανοποιήσει τις ανάγκες των υπηρεσιών που είναι δυναμικής φύσης, αλλά περιοδικές αφιερωμένες ευκαιρίες αιτήματος προσφορών να καλυφθούν οι σε πραγματικό χρόνο απαιτήσεις. Επειδή το SS εκδίδει τα ρητά αιτήματα, τα γενικά έξοδα πρωτοκόλλου και η λανθάνουσα κατάσταση αυξάνονται, αλλά αυτή η ικανότητα χορηγείται μόνο σύμφωνα με την πραγματική ανάγκη της σύνδεσης. Η σε πραγματικό χρόνο υπηρεσία ψηφοφορίας είναι καλά ταιριαγμένη για τις συνδέσεις που φέρνουν τις υπηρεσίες όπως

VoIP ή που ρέουν το βίντεο ή τον ήχο. Η υπηρεσία μη-πραγματικός-χρονικής ψηφοφορίας είναι σχεδόν ίδια με τη σε πραγματικό χρόνο υπηρεσία ψηφοφορίας εκτός από το ότι οι συνδέσεις μπορούν να χρησιμοποιήσουν την τυχαία πρόσβαση διαβιβάζουν τις ευκαιρίες για τα αιτήματα εύρους ζώνης. Χαρακτηριστικά, οι υπηρεσίες που φέρονται σε αυτές τις συνδέσεις ανέχονται τις πιο μακροχρόνιες καθυστερήσεις και είναι μάλλον αναίσθητες στην καθυστέρηση jitter. Η υπηρεσία μη-πραγματικός-χρονικής ψηφοφορίας είναι κατάλληλη για την πρόσβαση Διαδικτύου με ένα ελάχιστο εγγυημένο ποσοστό και για τις συνδέσεις του ATM GFR. Μια καλύτερη υπηρεσία προσπάθειας έχει καθοριστεί επίσης. Ούτε οι εγγυήσεις ρυθμοαπόδοσης ούτε καθυστέρησης δεν παρέχονται. Το SS στέλνει τα αιτήματα για το εύρος ζώνης είτε στις τυχαίες αυλακώσεις πρόσβασης είτε τις αφιερωμένες ευκαιρίες μετάδοσης. Το περιστατικό των αφιερωμένων ευκαιριών υπόκειται στο φορτίο δικτύων, και το SS δεν μπορεί να στηριχθεί στην παρουσία τους.

2.2.4.3 Αιτήματα και επιχορηγήσεις εύρους ζώνης

Η Ieee 802.16 MAC προσαρμόζει δύο κατηγορίες του SS, διαφοροποιημένους από τη δυνατότητά τους να δεχτούν τις επιχορηγήσεις εύρους ζώνης απλά για μια σύνδεση ή για το SS συνολικά. Και οι δύο κατηγορίες του SS ζητούν από το εύρος ζώνης ανά σύνδεση για να επιτρέψουν uplink των BS σχεδιάζοντας τον αλγόριθμο για να εξετάσουν κατάλληλα QoS κατά τη διάθεση του εύρους ζώνης. Με την επιχορήγηση ανά κατηγορία σύνδεσης (GPC) του SS, το εύρος ζώνης χορηγείται ρητά σε μια σύνδεση, και το SS χρησιμοποιεί την επιχορήγηση μόνο για εκείνη την σύνδεση. RLC και άλλα διοικητικά πρωτόκολλα χρησιμοποιούν το εύρος ζώνης που διατίθεται ρητά στις διοικητικές συνδέσεις. Με την επιχορήγηση ανά κατηγορία SS (GPSS), Στα SSs χορηγείται το εύρος ζώνης που αθροίζεται σε μια ενιαία επιχορήγηση το ίδιο στο SS. Το GPSS SS πρέπει να είναι ευφύστερο στο χειρισμό QoS του. Θα χρησιμοποιήσει χαρακτηριστικά το εύρος ζώνης για τη σύνδεση που το ζήτησε, αλλά μην χρειαστείτε. Παραδείγματος χάριν, εάν η κατάσταση QoS στο SS έχει αλλάξει από το τελευταίο αίτημα, το SS έχει την επιλογή τα υψηλότερα στοιχεία QoS μαζί με ένα αίτημα να αντικατασταθεί αυτό το εύρος ζώνης που κλέβεται από μια χαμηλότερη σύνδεση QoS. Το SS θα μπορούσε επίσης να χρησιμοποιήσει μερικών από το εύρος ζώνης για να αντιδράσει γρηγορότερα στις μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες με την αποστολή, παραδείγματος χάριν, ένα μήνυμα DCPU- REQ. Οι δύο κατηγορίες του SS επιτρέπουν μια ανταλλαγή μεταξύ της απλότητας και της αποδοτικότητας. Η ανάγκη να χορηγηθεί ρητά το πρόσθετο εύρος ζώνης για RLC και τα αιτήματα, συνδεδεμένος με την πιθανότητα περισσότερων από μιας εισόδων ανά SS, καθιστά GPC λιγότερο αποδοτικό και εξελικτικό από GPSS. Επιπλέον, η δυνατότητα του GPSS SS για να αντιδράσει γρηγορότερα στις ανάγκες του PHY και

εκείνοι των συνδέσεων ενισχύει την απόδοση συστημάτων. GPSS είναι η μόνη κατηγορία του SS που επιτρέπεται με το 10-66 GHz PHY. Και με τις δύο κατηγορίες επιχορηγήσεων, η IEEE 802.16 MAC χρησιμοποιεί ένα self-correcting πρωτόκολλο παρά ένα αναγνωρισμένο πρωτόκολλο. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί το λιγότερο εύρος ζώνης. Επιπλέον, τα αναγνωρισμένα πρωτόκολλα μπορούν να πάρουν τον πρόσθετο χρόνο, ενδεχομένως προσθέτοντας την καθυστέρηση. Υπάρχουν διάφοροι λόγοι που το εύρος ζώνης που ζητείται από ένα SS για μια σύνδεση μπορεί να μην είναι διαθέσιμο:

- Οι BS δεν έλαβαν το αίτημα λόγω στα μη ανακτήσιμη λάθη PHY ή τη σύγκρουση μιας ισχυρισμός-βασισμένης στον επιφύλαξης.
- Το SS δεν έλαβε την επιχορήγηση λόγω στα μη ανακτήσιμα λάθη PHY.
- Οι BS δεν είχαν το ικανοποιητικό εύρος ζώνης διαθέσιμο.
- Το GPSS SS χρησιμοποίησε το εύρος ζώνης για έναν άλλο σκοπό. Στο self-correcting πρωτόκολλο, όλες αυτές οι ανωμαλίες αντιμετωπίζονται το ίδιο πράγμα. Μετά από ένα διάλειμμα κατάλληλο για το QoS της σύνδεσης (ή αμέσως, εάν το εύρος ζώνης κλάπηκε από το SS για έναν άλλο σκοπό), το SS ζητά απλά πάλι. Για την αποδοτικότητα, τα περισσότερα αιτήματα εύρους ζώνης είναι επαυξητικά δηλαδή το SS ζητά περισσότερο εύρος ζώνης για μια σύνδεση. Εντούτοις, για το self-correcting αίτημα εύρους ζώνης/μηχανισμός επιχορήγησης στην εργασία σωστά, τα αιτήματα εύρους ζώνης πρέπει περιστασιακά να είναι συνολικά δηλαδή το SS ενημερώνει τις BS για τις συνολικές τρέχουσες ανάγκες εύρους ζώνης του για μια σύνδεση. Αυτό επιτρέπει στις BS για να επαναρυθμίσει την αντίληψή του για τις ανάγκες του SS χωρίς ένα περίπλοκο πρωτόκολλο αναγνωρίζοντας τη χρήση του χορηγημένου εύρους ζώνης. Το SS έχει έναν μεγάλο αριθμό τρόπων να ζητηθεί το εύρος ζώνης, συνδυάζοντας την αιτιοκρατία της ψηφοφορίας unicast με την ανταπόκριση του ισχυρισμού - βασισμένα αιτήματα και η αποδοτικότητα του εκούσιου εύρους ζώνης. Για τη συνεχή απαίτηση εύρους ζώνης, όπως με το T1 CBR/E1 στοιχεία, το SS δεν χρειάζεται το εύρος ζώνης αιτήματος οι BS το χορηγούν εκούσιο. Για να βραχυκυκλώσει τον κανονικό κύκλο ψηφοφορίας, οποιοδήποτε SS με μια σύνδεση που τρέχει ugs μπορεί να χρησιμοποιήσει ψηφοφορία-εγώ το κομμάτι στη διοικητική υπο-επιγραφή επιχορήγησης για να ενημερώσει τις BS αυτό πρέπει να ψηφιστεί για τις ανάγκες εύρους ζώνης σε μια άλλη σύνδεση. Οι BS μπορούν να επιλέξουν να σώσουν το εύρος ζώνης με την ψήφιση SSs που έχουν τις εκούσιες υπηρεσίες επιχορήγησης μόνο όταν θέσουν ψηφοφορία-εγώ το κομμάτι. Ένας συμβατικότερος τρόπος να ζητηθεί το εύρος ζώνης είναι να σταλεί η MAC PDU αιτήματος εύρους ζώνης που αποτελείται από απλά την επιγραφή αιτήματος εύρους ζώνης και κανένα ωφέλιμο φορτίο. GPSS SSs μπορεί να στείλει αυτό σε οποιαδήποτε κατανομή εύρους ζώνης που λαμβάνουν. Τα τερματικά GPC μπορούν να του στείλουν στο καθένα ένα διάστημα αιτήματος ή ένα διάστημα

επιχορήγησης στοιχείων που διατίθεται στη βασική σύνδεσή τους. Μια πολύ σχετική μέθοδος τα στοιχεία είναι να χρησιμοποιηθεί μια διοικητική υπο-επιγραφή επιχορήγησης piggyback ένα αίτημα για το πρόσθετο εύρος ζώνης για την ίδια σύνδεση μέσα στη MAC PDU. Εκτός από την ψηφοφορία μεμονωμένο SSs, οι BS μπορούν να εκδώσουν μια ψηφοφορία ραδιοφωνικής μετάδοσης με τη διάθεση ενός διαστήματος αιτήματος στη ραδιοφωνική μετάδοση CID. Ομοίως, τα πρότυπα παρέχουν ένα πρωτόκολλο για τη διαμόρφωση των πολλαπλής διανομής ομάδων για να δώσουν το λεπτότερο έλεγχο βασισμένη στην στον ισχυρισμό ψηφοφορία. Λόγω στη nondeterministic καθυστέρηση που μπορεί να προκληθεί από τις συγκρούσεις και ξαναδοκιμάζει, con –

2.2.4.4 Απόκτηση καναλιών

Το πρωτόκολλο της MAC περιλαμβάνει μια διαδικασία έναρξης με σκοπό να εξαλείψει την ανάγκη για τη χειρωνακτική διαμόρφωση. Με την εγκατάσταση, ένα SS αρχίζει τον κατάλογο συχνότητάς του για να βρει ένα λειτουργούν κανάλι. Μπορεί να προγραμματιστεί για να καταχωρήσει με διευκρινισμένες BS, αναφορά σε μια προγραμματίσιμη ραδιοφωνική μετάδοση ταυτότητας των BS από κάθε μια. Αυτό το χαρακτηριστικό γνώρισμα είναι χρήσιμο στις πυκνές επεκτάσεις όπου το SS να ακούσει δευτεροβάθμιες BS λόγω στην εκλεκτική εξασθένιση ή πότε το SS παίρνει έναν δευτερεύοντα λοβό μιας κοντινής κεραίας των BS. Μετά από να αποφασίσει σχετικά με ποιο κανάλι ή ζευγάρι καναλιών για να προσπαθήσει την επικοινωνία, το SS προσπαθεί να συγχρονίσει στη μετάδοση κατιουσών συνδέσεων με την ανίχνευση των περιοδικών προλόγων πλαισίων. Μόλις συγχρονιστεί το φυσικό στρώμα, το SS θα ψάξει μετέδωσε ραδιοφωνικά περιοδικά τα μηνύματα DCD και UCD που επιτρέπουν στο SS για να μάθουν τη διαμόρφωση και τα σχέδια FEC που χρησιμοποιούνται στο μεταφορέα.

Αρχικές έκταση και διαπραγμάτευση των ικανοτήτων SS

- Επάνω στην εκμάθηση ποιων παραμέτρων στη χρήση για τις αρχικές κυμαινόμενες μεταδόσεις του, το SS θα ψάξει τις αρχικές κυμαινόμενες ευκαιρίες με την ανίχνευση των μηνυμάτων UL-XAPTΩΝ παρόντων σε κάθε πλαίσιο. Το SS χρησιμοποιεί έναν περικομμένο εκθέτη υπαναχωρεί τον αλγόριθμο για να καθορίσει ποια αρχική κυμαινόμενη αυλάκωση θα χρησιμοποιήσει για να στείλει ένα κυμαινόμενο μήνυμα αιτήματος. Το SS θα στείλει την έκρηξη χρησιμοποιώντας την ελάχιστη ρύθμιση δύναμης και θα προσπαθήσει πάλι με την όλο και περισσότερο υψηλότερη δύναμη μετάδοσης εάν δεν λαμβάνει μια κυμαινόμενη απάντηση. Με βάση την άφιξη ο χρόνος της αρχικής έκτασης ζητά και η μετρημένη δύναμη του σήματος, οι BS διατάζουν μια πρόοδο συγχρονισμού και μια ρύθμιση δύναμης στο SS στην κυμαινόμενη απάντηση. Η απάντηση παρέχει επίσης στο SS τη βασική και αρχική διαχείριση CIDs. Μόλις καθοριστεί σωστά η

πρόοδος συγχρονισμού των μεταδόσεων SS, η κυμαινόμενη διαδικασία για τη δύναμη μπορεί να εκτελεσθεί χρησιμοποιώντας τις προσκεκλημένες μεταδόσεις. Όλες οι μεταδόσεις μέχρι αυτό το σημείο γίνονται χρησιμοποιώντας τον πιο γερό, και έτσι ο πιο ελάχιστα αποδοτικός, σχεδιάγραμμα έκρηξης. Για να αποφύγει την ικανότητα, οι επόμενες εκθέσεις SS οι ικανότητες PHY του, συμπεριλαμβανομένων των σχεδίων διαμόρφωσης και κωδικοποίησης υποστηρίζει και εάν, σε ένα σύστημα FDD, είναι ημιαμφίδρομο ή πλήρης-διπλό. Οι BS, στην απάντησή του, μπορέστε να αρνηθείτε τη χρήση οποιασδήποτε ικανότητας που αναφέρεται από το SS.

2.2.4.5 Επικύρωση και εγγραφή SS

Κάθε SS περιέχει και ένα κατασκευαστής- factory-installed ψηφιακό πιστοποιητικό X.509 και το πιστοποιητικό του κατασκευαστή. Αυτά τα πιστοποιητικά, όποιοι εγκαθιστούν μια σύνδεση μεταξύ της διεύθυνσης της MAC μπιτ 48- του SS και του δημόσιου κλειδιού DNA του, στέλνεται στις BS από το SS στα μηνύματα πληροφοριών αιτήματος και επικύρωσης έγκρισης. Το δίκτυο είναι σε θέση να ελέγξει την ταυτότητα του SS με τον έλεγχο των πιστοποιητικών και μπορεί στη συνέχεια να ελέγξει το επίπεδο έγκρισης του SS. Εάν το SS εξουσιοδοτείται για να ενώσει το δίκτυο, οι BS θα ανταποκριθούν στο αίτημά της με μια απάντηση έγκρισης που περιέχει μια έγκριση βασικό που κρυπτογραφείται με δημόσιο το βασικό του SS και που χρησιμοποιείται για να εξασφαλίσει τις περαιτέρω συναλλαγές. Επάνω στην επιτυχή έγκριση, το SS θα καταχωρήσει με το δίκτυο. Αυτό θα εγκαταστήσει τη δευτεροβάθμια διοικητική σύνδεση του SS και θα καθορίσει τις ικανότητες σχετικές με την οργάνωση σύνδεσης και τη λειτουργία της MAC. Η έκδοση της IP που χρησιμοποιείται στη δευτεροβάθμια διοικητική σύνδεση καθορίζεται επίσης κατά τη διάρκεια της εγγραφής.

Συνδετικότητα IP - μετά από την εγγραφή, το SS επιτυγχάνει μια διεύθυνση IP μέσω του DHCP και καθιερώνει το χρόνο της ημέρας μέσω του χρονικού πρωτοκόλλου Διαδικτύου. Ο κεντρικός υπολογιστής DHCP παρέχει επίσης τη διεύθυνση του κεντρικού υπολογιστή TFTP από τον οποίο το SS μπορεί να ζητήσει ένα αρχείο διαμόρφωσης. Αυτό το αρχείο παρέχει μια τυποποιημένη διεπαφή για την παροχή των προμηθευτής-συγκεκριμένων πληροφοριών διαμόρφωσης.

2.2.4.6. Οργάνωση σύνδεσης

IEEE 802.16 χρησιμοποιεί την έννοια των ροών υπηρεσιών για να καθορίσει την ομοιοκατευθυνόμενη μεταφορά των πακέτων είτε στην κατιούσα σύνδεση είτε up-link. Οι ροές υπηρεσιών χαρακτηρίζονται από ένα σύνολο παραμέτρων QoS όπως η λανθάνουσα κατάσταση και jitter. Για ο αποτελεσματικότερα να χρησιμοποιήσει τους πόρους δικτύων

όπως το εύρος ζώνης και η μνήμη, 802.16 υιοθετεί ένα διφασικό πρότυπο ενεργοποίησης στο οποίο οι πόροι που ορίζονται σε μια ιδιαίτερη αναγνωρισμένη ροή υπηρεσιών δεν μπορούν να δεσμευθούν πραγματικά έως ότου ενεργοποιείται η ροή υπηρεσιών. Κάθε αναγνωρισμένη ή ενεργός ροή υπηρεσιών χαρτογραφείται σε μια σύνδεση της MAC με ένα μοναδικό CID. Γενικά, οι ροές υπηρεσιών IEEE 802.16 είναι, και η οργάνωση των ροών υπηρεσιών αρχίζει από τις BS κατά τη διάρκεια της έναρξης SS. Εντούτοις, οι ροές υπηρεσιών μπορούν επίσης να καθιερωθούν δυναμικά από είτε τις BS είτε το SS. Το SS αρχίζει χαρακτηριστικά τις ροές υπηρεσιών μόνο εάν υπάρχει μια δυναμικά επισημασμένη σύνδεση, όπως μια μεταστρεφόμενη εικονική σύνδεση (SVC) από ένα δίκτυο του ATM. Η καθιέρωση των ροών υπηρεσιών εκτελείται μέσω ενός τριπλού πρωτοκόλλου χειραγίας στο οποίο το αίτημα για την καθιέρωση ροής υπηρεσιών αποκρίνεται και η απάντηση που αναγνωρίζεται. Εκτός από τη δυναμική καθιέρωση υπηρεσιών, IEEE 802.16 επίσης υποστηρίζει τις δυναμικές αλλαγές υπηρεσιών στις οποίες οι παράμετροι ροής υπηρεσιών επαναδιαπραγματεύονται.

Όπως τη δυναμική καθιέρωση ροής υπηρεσιών, οι αλλαγές ροής υπηρεσιών ακολουθούν επίσης ένα παρόμοιο τριπλό πρωτόκολλο χειραγίας.

2.2.4.7 Υπο- στρώμα μυστικότητας

IEEE 802.16's το πρωτόκολλο ιδιωτικότητας είναι βασισμένο στο βασικό διοικητικό (PKM) πρωτόκολλο μυστικότητας του DOCSIS BPI + της προδιαγραφής [5] αλλά έχει ενισχυθεί για να αρμόσει χωρίς ραφή στο IEEE 802.16 πρωτόκολλο της MAC και για να προσαρμόσει καλύτερα τις ισχυρότερες κρυπτογραφικές μεθόδους, όπως τα πρόσφατα εγκεκριμένα προηγμένα πρότυπα κρυπτογράφησης.

Ενώσεις ασφάλειας - PKM χτίζεται γύρω από την έννοια των ενώσεων ασφάλειας (SAs). Το SA είναι ένα σύνολο κρυπτογραφικών μεθόδων και του σχετικού υλικού κλειδώματος δηλαδή περιέχει τις πληροφορίες για τις οποίες αλγόριθμοι που ισχύουν, ποιο κλειδί για τη χρήση, και τα λοιπά. Κάθε SS καθιερώνει τουλάχιστον ένα SA κατά τη διάρκεια της έναρξης. Κάθε σύνδεση, με εξαίρεση τις βασικές και αρχικές διοικητικές συνδέσεις, χαρτογραφείται σε ένα SA είτε στο χρόνο οργάνωσης σύνδεσης είτε δυναμικά κατά τη διάρκεια της λειτουργίας. Γενικά, οι ροές υπηρεσιών IEEE 802.16 είναι, και η οργάνωση των ροών υπηρεσιών αρχίζει από τις BS κατά τη διάρκεια της έναρξης SS. Εντούτοις, οι ροές υπηρεσιών μπορούν επίσης να καθιερωθούν δυναμικά από είτε τις BS είτε το SS. IEEE περιοδικό επικοινωνιών; 2002.107 Ιουνίου

2.2.4.8 Κρυπτογραφικές μέθοδοι

Αυτήν την περίοδο, το πρωτόκολλο PKM χρησιμοποιεί τα ψηφιακά πιστοποιητικά X.509 με τη δημόσια βασική κρυπτογράφηση DNA για τη βασική ανταλλαγή επικύρωσης και έγκρισης SS. Για την κρυπτογράφηση κυκλοφορίας, τα πρότυπα κρυπτογράφησης στοιχείων (DES) που τρέχουν στο cipher φραγμό που αλυσοδένει τον τρόπο (CBC) με τα κλειδιά 56-κομματιών εξουσιοδοτούνται αυτήν την περίοδο. Το διάλυμα έναρξης CBC εξαρτάται από το μετρητή πλαισίων και διαφέρει από το πλαίσιο στο πλαίσιο. Για να μειώσει τον αριθμό υπολογιστικά εντατικών δημόσιων βασικών διαδικασιών κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας, τα κλειδιά κρυπτογράφησης μετάδοσης ανταλλάσσονται χρησιμοποιώντας 3DES με ένα βασικό κλειδί ανταλλαγής που προέρχεται από το κλειδί έγκρισης.

Τα μηνύματα πρωτοκόλλου PKM οι ίδιοι επικυρώνονται χρησιμοποιώντας το κομματιασμένο πρωτόκολλο κώδικα επικύρωσης μηνυμάτων (HMAC) [6] με σχα-1 [7]. Επιπλέον, επικύρωση μηνυμάτων στις ζωτικής σημασίας λειτουργίες της MAC, όπως η οργάνωση σύνδεσης, παρέχεται από το πρωτόκολλο PKM.

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

ΠΡΟΤΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΟ ΙΕΕΕ 802.16

3.1 ΕΠΙΠΕΔΑ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΓΚΛΙΣΗ ΤΟΥ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Το Διαδίκτυο και τα δίκτυα ασύρματων επικοινωνιών έφεραν την επανάσταση στις επικοινωνίες στη δεκαετία του '90. Η σύγκλιση αυτών των δύο τεχνολογιών οδηγεί φυσικά στο ασύρματο Διαδίκτυο. Όπως τα επίπεδα καθόρισαν την εξέλιξη του Διαδικτύου και της ασύρματης κινητής τηλεφωνίας, έτσι τα επίπεδα θα επιδράσουν στην εξέλιξη του ασύρματου Διαδικτύου ως κοινωνικό φαινόμενο. Και η βιομηχανία της κινητής τηλεφωνίας και η βιομηχανία των επικοινωνιών του Διαδικτύου φέρνουν τα δικά τους μοντέλα προς προτυποποίηση και τα δύο προσφέρουν αντίθετα οράματα. Για θέματα δικτύων χαμηλού επιπέδου, το μοντέλο προτυποποίησης που στηρίζεται στο Διαδίκτυο βρίσκεται τώρα στο ΙΕΕΕ και στην Επιτροπή Προτύπων LAN MAN, τον παγκόσμιο ηγέτη στα πρότυπα LAN και MAN. Το ΙΕΕΕ 802 τώρα αναπτύσσει και ενισχύει πρότυπα για ασύρματα LAN, PAN και MAN.

Το μοντέλο του ασύρματου Διαδικτύου που στηρίζεται στην κινητή τηλεφωνία ενσωματώνεται στην οικογένεια προτύπων Διεθνών Κινητών Τηλεφωνιών 2000 (IMT 2000) για ασύρματες επικοινωνίες τρίτης γενιάς, που δημοσιεύονται από το Τμήμα Ραδιοεπικοινωνιών της Ένωσης Διεθνών Τηλεπικοινωνιών (ITU-R). Αυτή η ομάδα προτύπων προβλέπει μια εξέλιξη από φωνητικές υπηρεσίες με αλλαγή κυκλώματος σε πληροφορίες και φωνητικές υπηρεσίες κινητών με αλλαγή πακέτου. Η υποδομή στηρίζεται σε σταθμούς-βάσεις κινητής τηλεφωνίας που εξυπηρετούν μεγάλους χρήστες κινητής τηλεφωνίας (σε ταχύτητες αυτοκίνησης) στα 144 Kb/s, με την ικανότητα να εξυπηρετούν επίσης σταθερούς χρήστες σε ρυθμούς μέχρι και 2 Mb/s. Τα πρότυπα εξελίχθηκαν σε τεχνικό επίπεδο από οργανισμούς εθνικών ή τοπικών προτύπων έτσι ώστε όταν τα παγκόσμια πρότυπα πλαστογραφήθηκαν από το ITU-R, τα μέλη που ψήφισαν (εθνικές κυβερνήσεις) εμπλέκονταν κεντρικά στις διαπραγματεύσεις. Ως αποτέλεσμα, οι αντιπαραθέσεις προτύπων έγιναν σε μεγάλο βαθμό πολιτικοποιημένα γεγονότα που συχνά δημοσιεύονταν ως «πόλεμοι». Ο κόσμος τώρα περιμένει με προσμονή την οικονομική επιτυχία αυτής της τεχνολογίας. Για παράδειγμα, οι δημοπρασίες αδειών στην Ευρώπη έχουν συγκεντρώσει χιλιάδες ευρώ ανά κάτοικο. Μέχρι αυτή τη στιγμή αυτά τα ακριβά

συστήματα σχεδιάζονται, κατασκευάζονται, και πωλούνται, οι επενδυτές θα έχουν πληρώσει ακριβά και θα περιμένουν μια πολύ μεγάλη επιστροφή.

Σε μια αντίθεση μεγάλων αναλογιών, το IEEE 802 αναπτύσσει μια εναλλακτική σειρά προτύπων ασύρματου Διαδικτύου. Η παγκόσμια προσπάθεια προτυποποίησης του IEEE δεν εμπλέκει εθνικούς οργανισμούς και επομένως δεν περιέχει εθνικές πολιτικές· η εργασία προχωρά σε μια τεχνικά και επιχειρηματική βάση. Σε μεγάλο βαθμό, ο σκοπός είναι να φέρουν στην αγορά προϊόντα χαμηλού κόστους που εξυπηρετούν τις ανάγκες των πελατών. Πολλή από τη δουλειά εμπλέκει το φάσμα που εξαιρείται όσον αφορά την άδεια. Αυτό αφαιρεί τα κόστη απόκτησης φάσματος από την οικονομική εικόνα. Επιπλέον, καθιστά αδύναμη την αδυναμία ενός μονολιθικού «τηλεφωνητή» με ισχυρό έλεγχο στις παρεχόμενες υπηρεσίες. Αντίθετα, ανοίγει την αγορά για την επιχειρηματικότητα και την καινοτομία. Οι τεχνολογίες ασύρματου Διαδικτύου IEEE 802 προσφέρουν επίπεδα πληροφοριών πολύ υψηλότερα από αυτά που προσφέρονται ακόμη και από την περίπτωση του σταθερού χρήστη στο IMT-2000, για παράδειγμα, το πλέον δημοφιλές IEEE 802.11b πρότυπο υποστηρίζει 11 Mb/s. Τα πρότυπα IEEE δεν προσφέρουν την κινητικότητα του IMT-2000 με την έννοια του να παρέχουν υπηρεσίες σε κινούμενα οχήματα, και δεν στοχεύουν στην παροχή προσωρινής κάλυψης σε χρήστες σε τυχαίες τοποθεσίες μέσα σε μια πόλη. Αντίθετα:

- ❖ Τα πρότυπα ασύρματου MAN IEEE 802.16 θα υποστηρίζουν υπηρεσίες υψηλής στάθμης, ευρείας εμβέλειας και ασύρματες σε κτίρια, κυρίως μέσω κεραιών σε στέγες, από κεντρικούς σταθμούς-βάσεις.
- ❖ Τα πρότυπα ασύρματου LAN IEEE 802.16 υποστηρίζουν χρήστες που κινούνται μέσα σε οικίες, κτίρια με γραφεία, πανεπιστήμια, ξενοδοχεία, αεροδρόμια, εστιατόρια, καφετερίες, κλπ.
- ❖ Τα πρότυπα ασύρματου PAN IEEE 802.16 θα υποστηρίζουν συνδέσμους μικρής εμβέλειας μεταξύ υπολογιστών, κινητών τηλεφώνων, περιφερειακών συστημάτων, και άλλες συσκευές καταναλωτών ηλεκτρονικών ειδών που φοριοούνται ή μεταφέρονται.

3.1.1 Ένωση προτύπων IEEE

Το IEEE είναι ένας μη κερδοσκοπικός διεθνής τεχνικός οργανισμός με πάνω από 350.000 μέλη. Το IEEE υποστηρίζει πολλές τεχνικές δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένων συνεδρίων, δημοσιεύσεων και τοπικών δραστηριοτήτων. Επιπλέον, το IEEE διεξάγει ένα δραστήριο πρόγραμμα στην προτυποποίηση μέσω της Ένωσης Προτύπων IEEE (IEEE-SA). Ενώ πολλές δραστηριότητες του IEEE-SA είναι παγκόσμιες σε προοπτική, οι προσπάθειές του υποστηρίζονται από το Ινστιτούτο Αμερικανικών Εθνικών Προτύπων (ANSI). Η επίβλεψη του ANSI εξασφαλίζει ότι οι καθοδηγητικές του αρχές σε κοινή συμφωνία, σωστή επεξεργασία και ευρύτητα ακολουθούνται.

Τα πρότυπα IEEE-SA αναπτύσσονται ανοιχτά με την κοινή συμφωνία υπ' όψιν. Η συμμετοχή στην ανάπτυξή τους και χρήση είναι εντελώς εθελοντική. Ωστόσο, η ιστορία έχει δείξει ότι τα πρότυπα που εξελίσσονται σε ανοιχτή συνεδρία μπορούν να παράγουν υψηλής ποιότητας και ευρέως αποδεκτά αποτελέσματα που μπορούν να συγκεντρώσουν εταιρείες και τη μεταλλουργική βιομηχανία. Το IEEE-SA επιβλέπει τη διαδικασία προτυποποίησης μέσω του Διοικητικού Συμβουλίου Προτύπων του IEEE-SA. Η ανάπτυξη της εργασίας ανατίθεται σε ατομικούς χορηγούς προτύπων που είναι γενικά μονάδες των τεχνικών κοινωνιών του IEEE. Μια από τις πιο σημαντικές ομάδες χορηγών του IEEE-SA είναι η Επιτροπή Προτύπων LAN MAN IEEE 802.

3.1.2 Επιτροπή προτύπων LAN MAN IEEE 802

Η Επιτροπή Προτύπων LAN MAN IEEE 802 χορηγείται από την Ένωση Ηλεκτρονικών Υπολογιστών. Πρωτοσυντάχθηκε το 1980 για να αναπτύξει ένα πρότυπο LAN που εξελίχθηκε σε ξεχωριστές τεχνολογίες. Αναπτύσσει και διατηρεί πρότυπα σε ένα φυσικό επίπεδο (PHY) και το υπόστρωμα μέτριας πρόσβασης ελέγχου (MAC), καθένα από τα οποία ταξινομείται σε ένα κοινό υπόστρωμα λογικού συνδέσμου ελέγχου (LLC) [1]. Μαζί, αυτά τα δύο αποτελούν τα δύο χαμηλότερα στρώματα του μοντέλου επτά στρωμάτων της Εσωτερικής Σύνδεσης Ανοιχτών Συστημάτων (OSI) για δίκτυα πληροφοριών. Το μοντέλο επτά στρωμάτων του Οργανισμού Διεθνών Προτύπων (ISO).

Το IEEE 802 διεξάγει εβδομαδιαίες συναντήσεις σε ολομέλεια τρεις φορές το χρόνο υπό την ηγεσία μιας Επιτροπής Προνομιακής Χορηγίας (SEC), την οποία προεδρεύει από το 1996 ο Jim Carlo. Ανάμεσα σε αυτές τις συνεδρίες, οι περισσότερες από αυτές τις Εργαζόμενες Ομάδες διεξάγουν ενδιάμεσες συναντήσεις.

Ιστορικά, το 802 είναι γνωστό για το IEEE 802.3 πρότυπό του, ανεπίσημα γνωστό ως Ethernet, που είναι μια τεράστια παγκόσμια επιτυχία. Το Ethernet είναι το θεμέλιο τόσο πολλών από τα LAN του κόσμου, ώστε, για περισσότερο πρακτικούς λόγους το LAN

απλά σημαίνει μια σύνδεση από συσκευές Ethernet. Όπως όλα τα επιτυχημένα πρότυπα 802, ωστόσο, το IEEE 802.3 συνεχώς εξελίσσεται, μεταβαίνοντας από κοινά επιδέξια μέσα σε ένα περιπλεγμένο ζευγάρι με το πρότυπο 10ΒάσηT και αυξάνοντας τα ποσοστά υποστηριζόμενων πληροφοριών με 100ΒάσηT και 1000ΒάσηT. Οπτικά μέσα επίσης υποστηρίζονται και το 802.3 τώρα αναπτύσσει ένα πρότυπο 10 Gb/s. Το χαρτοφυλάκιο του IEEE 802 ενεργών εργασιών στον τομέα της καλωδίωσης αναπτύχθηκε στα τέλη του 2000 με την έγκριση της Εργαζόμενης Ομάδας 802.17 σε Ανθεκτικά Πακέτα Δακτυλίων.

Ενώ το Ethernet είναι η πιο μεγάλη του επιτυχία, το 802 είναι τώρα η έδρα ενός αριθμού εργασιών προτυποποίησης ασύρματων δικτύων που αξιοποιούν το πολύ πετυχημένο σύστημα της ανάπτυξης προτύπων στα οποία πρωτοπόρησε. Πριν συνεχιστεί με λεπτομερή συζήτηση του Προγράμματος Ασύρματων Προτύπων IEEE 802, θα είναι χρήσιμο να συνοψίσουμε αυτή τη διαδικασία.

3.1.3 Διαδικασία προτυποποίησης IEEE 802

Η Διαδικασία IEEE 802 έχει σχεδιαστεί για τη γρήγορη ανάπτυξη προτύπων με μεγάλη γενική συμφωνία. Η ζήτηση για γενική συμφωνία βοηθά στην εξασφάλιση ότι τα πρότυπα είναι τεχνικά ανώτερα και ανταποκρίνονται στις ανάγκες της αγοράς.

Η αναπτυξιακή διαδικασία στο IEEE 802 ακολουθεί χρονολογικά τα βήματα που συνοψίζονται παρακάτω. Η διαδικασία επιβλέπεται από το SEC του 802 και καθορίζονται από μια σειρά κανονισμών και διαδικασιών [2]. Εν συντομία:

- ❖ Μια ομάδα μελέτης επιστρατεύεται για να μελετήσει τις προοπτικές ενός προτύπου σε ένα τομέα και μελλοντικά να αναπτύξει μια παράκληση εργασίας προτυποποίησης (PAR) ζητώντας την έγκριση IEEE/SA για μια νέα έγκριση. Το SEC επίσης απαιτεί κάθε PAR να συνοδεύεται από μια κατάθεση που απευθύνεται στα «Πέντε Κριτήρια για Ανάπτυξη Προτύπων», δείχνοντας ότι το προτιθέμενο πρότυπο θα πρέπει να έχει ευρεία εμπορική προοπτική, συμβατότητα με άλλα πρότυπα 802, ξεχωριστή ταυτότητα μέσα στο 802, τεχνική υλοποίηση και οικονομική υλοποίηση.
- ❖ Το SEC αναθέτει κάθε εγκεκριμένη εργασία σε μια υπάρχουσα ή νέα εργαζόμενη ομάδα. Οι τεχνικές αποφάσεις γίνονται από μια εργαζόμενη ομάδα με ψήφο τουλάχιστον από 75% από τα μέλη της. Η ιδιότητα μέλους της εργαζόμενης ομάδας ανήκει στα άτομα, όχι σε εταιρείες ή άλλους, και δίνεται με βάση τη συμμετοχή στις συνεδρίες. Εκείνοι που δεν είναι μέλη επίσης συμμετέχουν ενεργά.
- ❖ Η αρχική μέθοδος ανάπτυξης σχεδιαγράμματος ποικίλλει μεταξύ των ομάδων, αλλά η τυπική διαδικασία είναι να ανατεθεί το πρόβλημα σε μια υποομάδα εργασιών και να

δημοσιευθεί μια δημόσια ζήτηση για συνεισφορές για έγγραφη συμμετοχή. Τελικά, επιλέγεται και στη συνέχεια αναπτύσσεται ένα βασικό σχεδιάγραμμα.

- ❖ Πριν το SEC προωθήσει το σχεδιάγραμμα, πρέπει να εγκριθεί από ένα γράμμα-ψήφο μιας εργαζόμενης ομάδας, στο οποίο τα μέλη ζητούνται να εγκρίνουν το έγγραφο. Οποιαδήποτε ψήφος ενάντια στο έγγραφο θα πρέπει να συνοδεύεται από συγκεκριμένα σχόλια πάνω στο τι αλλαγές απαιτούνται για να το εγκρίνει ο ψηφοφόρος. Αυτή η διαδικασία επιφέρει επικοδομητικές προτάσεις και βοηθά να οδηγηθεί η διαδικασία σε ταχεία βελτίωση μετά από διάφορους κύκλους. Μέλη που ψηφίζουν προς έγκριση, και εκείνοι που δεν είναι μέλη επίσης, επιστρατεύονται για σχόλια. Ένα ποσοστό έγκρισης 75% απαιτείται για να περάσει. Ωστόσο, αλλαγές που γίνονται ως απάντηση στα σχόλια, και αρνητικά σχόλια που δεν έχουν γίνει δεκτά από τη ομάδα επίλυσης σχολίων, πρέπει να επανακυκλοφορούν για επανάληψη από τους ψηφοφόρους. Ως αποτέλεσμα, η ψηφοφορία δεν μπορεί να κλείσει μέχρι εκείνοι που ψήφισαν αρνητικά έχουν πει τη γνώμη τους και απέτυχαν να προσελκύσουν άλλους ψηφοφόρους στο επιχείρημά τους. Το περιθώριο έγκρισης είναι τυπικά πολύ υψηλότερο από 75% στο κλείσιμο.

Η τελική εργασία της εργαζόμενης ομάδας είναι να περάσουν το πρότυπο σχεδιάγραμμα από «ψηφοφορία χορηγών», στην οποία υφίσταται μπροστά σε μια μεγάλη ομάδα ενδιαφερομένων ατόμων. Αυτό είναι παρόμοιο με την επανάληψη του γράμματος ψηφοφορίας της εργαζόμενης ομάδας εκτός του ότι η ομάδα ψηφοφορίας δεν περιορίζεται στα μέλη της εργαζόμενης ομάδας. Το IEEE απαιτεί μια ισορροπημένη ομάδα ψηφοφορίας, που εξασφαλίζει τη μη κυριαρχία ενδιαφερόντων παραγωγού ή χρήστη. Μαζί με την ψηφοφορία, τα σημαντικά σχόλια είναι ασφαλώς ζωτικά για την επιτυχία της διαδικασίας. Συχνά λέγεται ότι στο 802, ο σκοπός της ψηφοφορίας δεν είναι να εγκρίνει το σχεδιάγραμμα αλλά να το βελτιώσει.

Η εμπειρία έχει δείξει ότι η διαδικασία του IEEE 802 είναι εντελώς αποτελεσματική στην υιοθέτηση μια μεγάλης γκάμας ενδιαφερομένων μελών, που κάνουν σχόλια και κάνουν επικοδομητικές αλλαγές. Ως αποτέλεσμα, τα σχεδιαγράμματα του 802 είναι σε συνεχή κατάσταση βελτίωσης. Μόλις ένα πρότυπο τελικά τα καταφέρει να μπει στο σύστημα, οι χρήστες έχουν μεγάλη εμπιστοσύνη σε αυτό. Με μεγάλη προσοχή και τη θέληση εκείνων που τα αναπτύσσουν, είναι πιθανό να οδηγηθεί το σχεδιάγραμμα μέσα στο σύστημα μέσα σε ένα λογικό χρονικό διάστημα.

3.2 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΤΟΥ IEEE802

Το Πρόγραμμα Ασύρματων Προτύπων του IEEE 802 αποτελείται από τρεις εργαζόμενες ομάδες:

- ❖ Η εργαζόμενη ομάδα IEEE 802.11 αναπτύσσει τα πρότυπα IEEE 802.11 για ασύρματα LAN
- ❖ Η εργαζόμενη ομάδα IEEE 802.15 αναπτύσσει τα πρότυπα IEEE 802.11 για ασύρματα PAN
- ❖ Η εργαζόμενη ομάδα IEEE 802.16 αναπτύσσει τα πρότυπα IEEE 802.11 για ασύρματα MAN

Αυτές οι ομάδες δουλεύουν με χαλαρούς συνδέσμους για να συντονίσουν τις εργασίες τους. Οι IEEE 802.11 και 802.15 έχουν δουλέψει σχετικά κοντά η μία με την άλλη αφού και οι δύο απευθύνονται σε εμβέλεις χωρίς άδεια. Η 802.16 έχει ιστορικά ασχοληθεί με εμβέλεις με άδεια και έχει υπάρξει πιο ανεξάρτητη. Ωστόσο, μια νέα εργασία που εξαιρείται αδείας στην 802.16 τώρα χρειάζεται να δουλεύει πιο κοντά με τις άλλες δύο εργαζόμενες ομάδες. Μέρος αυτού του συντονισμού γίνεται μέσω του ρυθμιστή επιτηρητή, ο οποίος επιβλέπει τις συναλλαγές με ρυθμιστικές εργασίες που επηρεάζουν κάποια ή όλες τις εργαζόμενες ομάδες.

Τα ακόλουθα τμήματα συνοψίζουν την κατάσταση και τεχνολογία των εργασιών στο πρόγραμμα ασύρματων προτύπων IEEE 802.

3.2.1 *Ιστορία του 802.15*

Η αλυσίδα των γεγονότων που οδηγεί στο σχηματισμό του IEEE 802.15 ξεκίνησαν τον Ιούνιο του 1997 όταν η IEEE Επιτροπή Ειδικών Φορητών Προτύπων ξεκίνησε κατά τη διάρκεια της συνάντησης της Επιτροπής Νέων Ευκαιριών στα Πρότυπα τον Ιούνιο του 1997. Ο σκοπός της Επιτροπής ήταν να «ενθαρρύνει την ανάπτυξη προτύπων για φορητούς υπολογιστές και να ζητήσει την υποστήριξη του IEEE για να αναπτύξει πρότυπα.» Η επιτροπή φορητών συναντήθηκε τρεις ακόμη φορές, συμφώνησαν να επικεντρωθούν στα πρότυπα ασύρματων PAN, και αποφάσισε να προσεγγίσει το IEEE 802. Το IEEE 802.11 καλωσόρισε την πρωτοβουλία και προώθησε την Ομάδα Εργασίας Ασύρματου Προσωπικού Χώρου Δικτύου μέσα στο 802.11 το Μάρτιο του 1998. Εκείνη την περίοδο, καμία άλλη πρωτοβουλία ασύρματου PAN δεν είχαν δημοσιευθεί. Ωστόσο, ως το Μάρτιο του 1999, όταν η ομάδα έρευνας και το 802.11 παρέδωσαν ένα PAR στο 802, η ομάδα ειδικού ενδιαφέροντος Bluetooth™ (SIG) είχε πάνω από 600 εταιρείες που το υιοθέτησαν και το HomeRF™ είχε πάνω από 60. το PAR εγκρίθηκε και παραδόθηκε στα χέρια μιας νέας Εργαζόμενης Ομάδας 802.15. Ο Bob Heile ονομάστηκε πρόεδρος και συνεχίζει σε αυτή τη θέση. Η εργαζόμενη ομάδα έχει 74 μέλη.

3.2.2 *Ασύρματα LAN*

Η εργαζόμενη ομάδα IEEE 802.11 για ασύρματα πρότυπα LAN ήταν η πρώτη ασύρματη προσπάθεια στο IEEE 802. Όπως με τα άλλα πρότυπα στην οικογένεια 802, το 802.11 περιγράφει ένα υπόστρωμα MAC και πολλαπλά PHY. Για πρώτη φορά σε ένα πρότυπο 802, το 802.11 επίσης περιγράφει τη διοικητική λειτουργικότητα του MAC.

Το αρχικό βασικό πρότυπο, που δημοσιεύτηκε το 1997, περιγράφει τις προϋποθέσεις για την εφαρμογή ενός LAN χρησιμοποιώντας επικοινωνίες υπέρυθρης ραδιοσυχνότητας ευρέος φάσματος (RF) σχεδιασμένες σύμφωνα με τους κανονισμούς για λειτουργία χωρίς άδεια. Από τότε, το βασικό πρότυπο έχει αναθεωρηθεί (ως 802.11-1999), και η εργαζόμενη ομάδα έχει δημοσιεύσει δύο επιπλέον τροποποιήσεις PHY (802.11a και 802.11b). Το υπάρχον πρότυπο και οι τροποποιήσεις του περιγράφουν διάφορα WLAN PHY:

- ❖ Υπέρυθρα στα 1 και, προαιρετικά, στα 2 Mb/s
- ❖ Αλλαγή συχνότητας στο ραδιόφωνο ευρείας συχνότητας στα 1 και, προαιρετικά, 2 Mb/s στο φάσμα των 2,4 GHz
- ❖ Απευθείας ακολουθία στα ραδιόφωνα ευρείας συχνότητας με ποσοστά πληροφοριών μέχρι και 11 Mb/s στο φάσμα των 2,4 GHz
- ❖ Διαχωρισμό στην ορθογώνια συχνότητα στα ραδιόφωνα πολυπλεξίας στο φάσμα των 5-6 GHz

Τρέχουσα διεργασία περιλαμβάνει την επέκταση του MAC και της λειτουργικότητας της διαχείρισης του MAC για να παρασχεθεί εκτεταμένη διεθνής λειτουργία, βελτιωμένη υποστήριξη για ποιότητα στην εξυπηρέτηση, ενισχυμένη ασφάλεια, δυναμική επιλογή καναλιών, έλεγχος στη μετάδοση ισχύος και προτυποποιημένη επικοινωνία μεταξύ των σημείων πρόσβασης του 802.11. Εργασίες επίσης προχωρούν για να αυξηθεί το ποσοστό πληροφοριών σε ένα από τα υπάρχοντα PHY.

3.2.3 *Έλεγχος Πρόσβασης Μέσου*

Το πρότυπο 802.11 [3] περιγράφει δύο τύπους ασύρματων LAN, ένα ειδικό δίκτυο (μια σειρά ανεξάρτητων βασικών υπηρεσιών (BSS)) και ένα δίκτυο υποδομής (που αποτελείται από BSS υποδομής ενός σημείου πρόσβασης και των συνδεδεμένων σταθμών κινητής τηλεφωνίας). Ένα ειδικό ασύρματο LAN αποτελείται μόνο από σταθμούς κινητής τηλεφωνίας. Αυτός ο τύπος ασύρματου LAN συχνά στήνεται για έναν πολύ συγκεκριμένο σκοπό, όπως την ανταλλαγή αρχείων στη διάρκεια μιας συνεδρίας και η διάρκεια ζωής του είναι συνήθως περιορισμένη. Η υποδομή BSS, από την άλλη, είναι μια χαρακτηριστικά ένα

μακρόβιο ασύρματο LAN που ενσωματώνει τους σταθμούς κινητής τηλεφωνίας σε ένα μεγάλο σύστημα υποδομής μέσω της χρήσης σημείων πρόσβασης (AP) που δημιουργούν μια λειτουργική γέφυρα ανάμεσα στα συνδεδεμένα και ασύρματα LAN.

Το MAC και η λειτουργικότητα της διαχείρισης του MAC επιτρέπουν στους σταθμούς κινητής τηλεφωνίας να εντοπίζουν άλλους σταθμούς κινητής τηλεφωνίας και AP, να συνδέονται με το ασύρματο LAN, να ζητούν απόρρητες υπηρεσίες και υπηρεσίες διαχείρισης ισχύος από το ασύρματο LAN, και να ανταλλάσσει πληροφορίες με άλλους σταθμούς κινητής τηλεφωνίας και AP. Το MAC και η λειτουργικότητα της διαχείρισης του MAC λειτουργούν σε οποιοδήποτε ή και όλα τα PHY.

Το 802.11 MAC ενσωματώνει μηχανισμούς για να αυξήσει την αξιοπιστία της ανταλλαγής πληροφοριών στο ασύρματο μέσο επικοινωνίας. Ο βασικός μηχανισμός πρόσβασης του 802.11 (λειτουργία διανεμημένου συντονισμού (DCF)) είναι αισθητήριος φορέας πολλαπλής πρόσβασης με αποφυγή σύγκρουσης (CSMA/CA). Το DCF μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε στα ειδικά ή ασύρματα LAN. Το DCF είναι αρκετά παρόμοιο με το CSMA με ανίχνευση σύγκρουσης (CSMA/CD) που χρησιμοποιείται στο Ethernet του IEEE 802.3. Το CSMA/CA λειτουργεί ανιχνεύοντας το μέσο για μια εργασία πριν κάθε μετάδοση και αναβάλλοντας τη μετάδοση αν το μέσο είναι ενεργό. Όπως και στο 802.3, το 802.11 χρησιμοποιεί ένα δυαδικό υποστηρικτικό μηχανισμό υποχώρησης για να εξαπλώσει δυνατότητες μετάδοσης έγκαιρα και για να ελαττώσει την πιθανότητα συνεπαγομένων συγκρούσεων.

Δικτυακοί Τόποι

IEEE-SA

<http://standards.ieee.org>

Επιτροπή Προτύπων IEEE 802 LAN MAN

<http://ieee802.org>

Εργαζόμενη Ομάδα IEEE 802.11

<http://ieee802.org/11>

Εργαζόμενη Ομάδα IEEE 802.15

<http://ieee802.org/15>

Εργαζόμενη Ομάδα IEEE 802.16

<http://WirelessMAN.org>

Ρυθμιστής Επιθεωρητής

<http://ieee802.org/Regulatory>

N-WEST

<http://nwest.nist.gov>

Για το λόγο ότι η ταυτόχρονη μετάδοση και λήψη στο ίδιο κανάλι είναι πιο δύσκολη χρησιμοποιώντας το ραδιόφωνο παρά ένα συνδεδεμένο μέσο, το 802.11 χρησιμοποιεί ένα μηχανισμό αποφυγής σύγκρουσης παρά την ανίχνευση φυσικής σύγκρουσης. Κάθε πλαίσιο που μεταδίδεται με 802.11 είναι μέρος μιας ακολουθίας εναλλαγής πλαισίων που περιλαμβάνει μια αναγνώριση από τον προορισμό. Κάθε πλαίσιο περιλαμβάνει πληροφορίες στη διάρκεια που παραμένει στην ακολουθία των πλαισίων που εναλλάσσονται. Κάθε σταθμός επεξεργάζεται αυτές τις πληροφορίες διάρκειας και διατηρεί ένα διάγραμμα διανομής δικτύου (NAV) που δείχνει πόσο περισσότερο θα απασχοληθεί το μέσο από την εναλλαγή πλαισίων. Το NAV χρησιμοποιείται για να μειωθεί το πρόβλημα που προκαλείται από «κρυμμένους κόμβους», στους οποίους ένας σταθμός λαμβάνει μόνο μια πλευρά της εναλλαγής πλαισίων - η προοπτική για αυτό το πρόβλημα του ανιχνευτή φυσικού φορέα ένα αναξιόπιστο μέσο ανίχνευσης δραστηριότητας στο μέσο. Συνεπώς, ένας σταθμός ανιχνεύει το μέσο χρησιμοποιώντας και τον ανιχνευτή φυσικού φορέα και τον ανιχνευτή εικονικού φορέα που προέρχεται από το NAV. Αν οποιοσδήποτε από αυτούς δείχνει ότι το μέσο χρησιμοποιείται, η μετάδοση ενός σταθμού διακόπτεται.

Σε ένα ασύρματο LAN υποδομής, το πρότυπο 802.11 παρέχει ένα μηχανισμό προαιρετικής πρόσβασης, που ονομάζεται το σημείο συντονισμού λειτουργίας (PCF), όπου το AP λειτουργεί ως κεντρικός συντονιστής για το ασύρματο LAN, σχεδιάζοντας σχεδόν όλες τις μεταδόσεις. Το PCF προσφέρει μια σημαντική αύξηση στην αποδοτικότητα αφού όλες σχεδόν οι συγκρούσεις αποφεύγονται. Ασφαλώς, αυτή η αποτελεσματικότητα έρχεται με αυξημένο κόστος εξαιτίας της μεγάλης πολυπλοκότητας του AP και τους απαιτούμενους προγραμματισμένους αλγόριθμους. Βασισμένη σε αυτό το PCF, η ομάδα εργασιών του 802.11 προχωρά στο χτίσιμο βελτιωμένης υποστήριξης για ποιότητα υπηρεσιών. Αυτή η δουλειά βρίσκεται στα πολύ πρώιμα στάδια της ανάπτυξης. Η τροποποίηση 802.11e που έρχεται ως αποτέλεσμα ίσως είναι διαθέσιμη στις αρχές του 2002.

3.2.3.1 PHY: Ευρύ Φάσμα, OFDM, και Υπέρυθρες

Τα PHY των 2,4 GHz του τρέχοντος προτύπου περιγράφουν τις προϋποθέσεις για τη λειτουργία σε περιορισμένο αριθμό περιοχών του κόσμου: στις Ηνωμένες Πολιτείες, στον Καναδά, στην Ευρώπη (μέσα στην περιοχή του Ινστιτούτου Προτύπων Ευρωπαϊκών Τηλεπικοινωνιών (ETSI)), στη Γαλλία, Ισπανία και Ιαπωνία. Σε καμία άλλη περιοχή δεν μπορεί να θεωρηθεί συμβατή με το 802.11 οποιαδήποτε συσκευή που συμπληρώνει το πρότυπο 802.11 χρησιμοποιώντας αυτά τα PHY. Η ομάδα εργασίας του 802.11d θεωρεί

αυτό το εμπόδιο του προτύπου περιγράφοντας ένα πρωτόκολλο που θα επιτρέπει σε μια συσκευή 802.11 να λαμβάνει τις ρυθμιστικές πληροφορίες που απαιτούνται για να εδραιωθεί σωστά ώστε να λειτουργήσει οπουδήποτε πάνω στον πλανήτη Γη. Ο κατασκευαστής είναι ακόμη υποχρεωμένος να αποκτά οποιεσδήποτε απαιτούμενες πιστοποιήσεις πριν επιτρέψει να λειτουργεί ο εξοπλισμός του σε περιοχές που απαιτούν πιστοποίηση. Το χειμώνα του 2001, το 802.11d βρισκόταν σε ψηφοφορία χορηγού, με έγκριση ως μια τροποποίηση στο πρότυπο 802.11 που αναμενόταν την άνοιξη του 2001.

Επειδή ένα ασύρματο πρότυπο προσφέρει ακόμη λιγότερη προστασία από υποκλοπή από ότι ένα καλωδιωμένο μέσο, το 802.11 ενσωματώνει απόκρυψη μέσα στο MAC. Ονομαζόμενος ως ισότιμος καλωδιωμένος ιδιωτικός μηχανισμός (WEP), αυτή η λειτουργία απόκρυψης προτίθεται να αποτρέπει την «περιστασιακή υποκλοπή». Δεν είναι ένας εγγυημένος ιδιωτικός μηχανισμός αλλά σκοπό έχει να παρέχει μόνο βασική προστασία από τις πληροφορίες που μεταδίδονται στον αέρα. Η ομάδα εργασίας 802.11e δουλεύει ώστε να βελτιώσει αυτή την ικανότητα σημαντικά. Η ικανότητα που έχει οραματιστεί από το 802.11e θα παρέχει μια απλή πορεία αναβάθμισης, βασισμένη στο τρέχον WEP, για να προσφέρει καλύτερη ασφάλεια για παροντικές εφαρμογές. Επίσης θα προσφέρει μια νέα λειτουργία απόκρυψης που βασίζεται στο πρόσφατα επιλεγμένο Σύστημα Προχωρημένης Απόκρυψης (AES), το αποτέλεσμα μιας μακρόχρονης διεργασίας επιλογής από το Υπουργείο Εμπορίου των Η.Π.Α. Η εργασία του 802.11e είναι στα πολύ πρώιμα στάδια της ανάπτυξης και θα μπορούσε να ολοκληρωθεί στα τέλη του 2001.

Από τα τρία αρχικά PHY στο πρότυπο του 802.11, η υπέρυθη (IR) έχει τη λιγότερη χρήση. Αυτό το PHY χρησιμοποιεί βασικό φάσμα παλμικής θέσης για να μεταδίδει πληροφορίες στα 1 και προαιρετικά στα 2 Mb/s. Παρέχει τη μεγαλύτερη φυσική ασφάλεια από τα PHY 802.11, εφόσον οι περισσότεροι τοίχοι και παράθυρα εμποδίζουν την IR ακτινοβολία. Για τον ίδιο λόγο, ο αριθμός των AP που απαιτούνται για να παράσχουν κάλυψη ασύρματου LAN για μια δεδομένη περιοχή είναι συχνά πολύ μεγαλύτερη από εκείνη που απαιτείται για τα ραδιοφωνικά PHY. Αυτός είναι ο πιθανός λόγος που το IR PHY χρησιμοποιείται τόσο σπάνια.

Η μεταπήδηση συχνοτήτων (FH) των PHY επίσης παρέχει ποσοστά πληροφοριών των 1 και προαιρετικά 2 Mb/s. Τη στιγμή της ανάπτυξης, αυτό το PHY ήταν κατάλληλο για λειτουργία σύμφωνα με τους κανονισμούς εξάπλωσης φάσματος FH των Η.Π.Α. για το φάσμα των 2,4 GHz που προτίθεται για τη βιομηχανία, επιστημονικές και ιατρικές (ISM) εφαρμογές· παραμένει σε χρήση σύμφωνα με τους κανονισμούς που δημοσιεύθηκαν το 2000 για να επιτρέψει συστήματα εξάπλωσης φάσματος FH ευρεία εμβέλειας. Το FH PHY 802.11 παρέχει 79 κανάλια με εύρος ζώνης καναλιών στα 1 MHz. Για 1 Mb/s, η διαμόρφωση που χρησιμοποιείται είναι εναλλαγή συχνότητας με πλήκτρα δύο επιπέδων

του Gauss (GFSK) με εύρος ονομαστικής ζώνης δυαδικής περιόδου των 0,5. Η ελάχιστη ισχύς μετάδοσης είναι 10 mW, αν και η ισχύς μετάδοσης μπορεί να είναι μέχρι έως 1 W. Ο δέκτης ευαισθησίας είναι -80 dBm. Για 2 Mb/s, η διαμόρφωση που χρησιμοποιείται είναι GFSK τεσσάρων επιπέδων. Το PHY απευθείας ακολουθίας (DS), όπως επεκτείνεται στην τροποποίηση του 802.11b, παρέχει ποσοστά πληροφοριών των 1, 2, 5,5 και 11 Mb/s. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, αυτό το PHY λειτουργεί σύμφωνα με τους κανονισμούς εξάπλωσης του φάσματος DS για τη ζώνη των 2,4 GHz ISM. Αυτό το πρότυπο μπορεί να προμηθεύσει 14 αλληλεπικαλυπτομένων καναλιών των 22 MHz μεταξύ των 2,4 και 2,5 GHz. Δε χρησιμοποιούνται όλα τα κανάλια σε όλες τις ρυθμιζόμενες περιοχές π.χ., μόνο τα κανάλια 1 έως 11 μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις Ηνωμένες Πολιτείες. Τα κέντρα των καναλιών έχουν απόσταση μεταξύ τους 5 MHz. Τα ποσοστά 1 και 2 Mb/s χρησιμοποιούν μια σταθερή ακολουθία Barker των 11 τσιπ για να ανταποκριθεί στις ελάχιστες εξαπλωμένες προϋποθέσεις των κανονισμών των Η.Π.Α. Η διαμόρφωση που χρησιμοποιείται για αυτά τα ποσοστά είναι εναλλαγή πληκτρολόγησης διαφοροποιημένης δυαδικής φάσης (DBPSK) και εναλλαγή πληκτρολόγησης διαφοροποιημένης φάσης τετραγωνισμού (DQPSK), αντίστοιχα. Τα ποσοστά πληροφοριών των 5,5, και 11 Mb/s χρησιμοποιούν συμπληρωματική πληκτρολόγηση κωδικού (CCK) ως ο εξαπλωμένος μηχανισμός. Με το CCK, ένα σύμβολο πληροφοριών δημιουργείται από 8 ψηφία πληροφοριών που επιλέγουν έναν κωδικό τεσσάρων επιπέδων από ένα σύμπαν πιθανών κωδικών 2^{16} . Αυτό περιέχει κάποιο κέρδος κωδικοποίησης, αν και το αν ανταποκρίνεται στους κανονισμούς της εξάπλωσης φάσματος DS των ρυθμίσεων είναι αμφίβολο. Ωστόσο, περνά τη ρυθμιστική δοκιμασία για να αποφασιστεί το ελάχιστο κέρδος κωδικοποίησης. Η εργασία που γίνεται τώρα από την ομάδα εργασίας του 802.11g είναι να αυξήσει τα ποσοστά πληροφοριών για το DS PHY πέρα από τα 20 Mb/s. Αυτή η ομάδα εργασίας συνεργάζεται με το Γραφείο Μηχανικής Τεχνολογίας (OET) στην Επιτροπή Ομοσπονδιακών Επικοινωνιών των Η.Π.Α. (FCC) για να αναγνωρίσει πιθανές αλλαγές κανονισμών για αυτή τη ζώνη που μπορεί να αυξήσει τη χρησιμότητά της.

Το PHY του διαχωρισμού στην ορθογώνια συχνότητα στα ραδιόφωνα πολυπλεξίας (OFDM) που περιγράφεται στο 802.11a έχει καθοριστεί να λειτουργεί μόνο στις ζώνες Εθνικής Υποδομής Άνευ Αδείας 5-6 GHz (U-NIII) στις Ηνωμένες Πολιτείες. Αυτή η ζώνη προσφέρει τρεις υποζώνες των 100 MHz η καθεμία, στα 5,15-5,25 , 5,25-5,35 , και 5,725-5,825 GHz. Μερικές από αυτές τις ζώνες είναι διαθέσιμες στην Ευρώπη, με παρόμοιες ρυθμιστικές προϋποθέσεις, αν και το πρότυπο δεν καθορίζει χρήση έξω από τις Ηνωμένες Πολιτείες. Το OFDM PHY παρέχει 8 ποσοστά πληροφοριών – 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 και 54 Mb/s. Χρησιμοποιεί εναλλαγή πληκτρολόγησης δυαδικής φάσης (BPSK), εναλλαγή πληκτρολόγησης φάσης τετραγωνισμού (QPSK), 16-QAM (διαμόρφωση ενίσχυσης

τετραγωνισμού) και 64-QAM σχέδια διαμόρφωσης ενωμένης με κωδικοποίηση απευθείας διόρθωσης λαθών ποσοστών των $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$, και $\frac{3}{4}$. Το σύμβολο OFDM έχει μια περίοδο 4 μ s. Χρησιμοποιεί 48 υποφορείς πληροφοριών και 4 πιλοτικούς υποφορείς. Οι υποφορείς πληροφοριών είναι όλοι διαμορφωμένοι χρησιμοποιώντας το ίδιο σχέδιο διαμόρφωσης· οι πιλοτικοί υποφορείς είναι πάντα διαμορφωμένοι χρησιμοποιώντας BPSK. Προϊόντα που βασίζονται στο πρότυπο 802.11a δεν είναι ακόμη διαθέσιμα στο εμπόριο αλλά αναμένονται το 2001.

Μια ομάδα έρευνας 802.11 τώρα ερευνά μια επέκταση του 802.11a για να επιτευχθεί ακολουθία των κανονισμών ETSI για τις ανταποκρινόμενες ζώνες συχνότητας στην Ευρώπη. Υπάρχει μια σημαντική βιομηχανική υποστήριξη για να εναρμονίσει το 802.11a με ένα παρόμοιο πρότυπο ETSI (HIPERLAN/2) έτσι ώστε η αγορά για ασύρματα LAN μεγάλων ταχυτήτων δε διαιρείται σε αυτές τις ζώνες. Η ομάδα έρευνας ερευνά μέσα για να επιτρέψει στα δύο πρότυπα να συνυπάρξουν στην ίδια ζώνη καθώς επίσης και μέσα για να συγχωνευθούν τα καλύτερα και από το 802.11 και το HIPERLAN/2 σε ένα νέο μοναδικό πρότυπο. Αυτή η εργασία είναι στα πρώιμα στάδια της και το αποτέλεσμα της είναι αβέβαιο.

3.2.4 *Ασύρματα PAN*

Η ομάδα εργασίας του IEEE 802.15 για ασύρματα PAN αναπτύσσει πρότυπα για να συνδέσει διεισδυτικές συσκευές υπολογιστών που μπορεί να είναι φορητές ή κινητές και που μπορούν να φορευθούν ή να μετακινηθούν από άτομα. Περιλαμβάνεται επίσης η επικοινωνία με κοντινές στατικές συσκευές. Η εργασία είναι αποκλειστικά σε ζώνες χωρίς άδεια (πρωταρχικά στα 2,4 GHz), με εμβέλεις μέχρι και 10 μέτρα και ποσοστά πληροφοριών από την εμβέλεια των Kb/s μέχρι και πέρα από 20 Mb/s. Χαμηλή κατανάλωση ισχύος, μικρό μέγεθος (μικρότερο από 10 ml), και χαμηλό κόστος σχετικό με συσκευές στόχου είναι πρωταρχικά ενδιαφέροντα. Ο στόχος είναι να αναπτύξουν πρότυπα αλληλολειτουργίας που έχουν μια ευρεία εφαρμογή στην αγορά και προσφέρουν συνύπαρξη με τα ασύρματα LAN.

Η ομάδα έχει τέσσερα εξουσιοδοτημένα προγράμματα στα σχέδια:

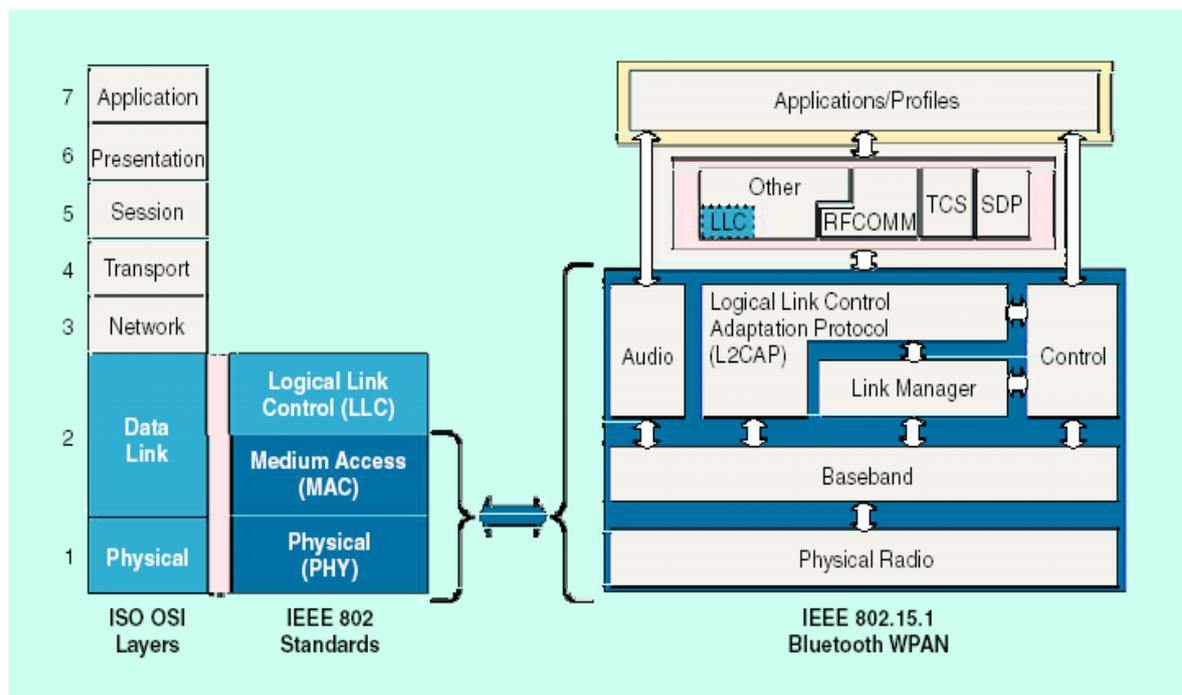
- ❖ Η Ομάδα Εργασίας 1 αναπτύσσει ένα πρότυπο που προέρχεται από την Εξειδίκευση Bluetooth Έκδοση 1.1.
- ❖ Η Ομάδα Εργασίας 2 αναπτύσσει μια συστημένη πρακτική για συνύπαρξη συσκευών ασύρματου LAN και ασύρματου PAN.
- ❖ Η Ομάδα Εργασίας 3 αναπτύσσει ένα πρότυπο ασύρματου PAN υψηλής στάθμης που υποστηρίζει τουλάχιστον 20 Mb/s για εφαρμογές όπως ψηφιακές εικόνες και πολυμέσα.

- ❖ Η Ομάδα Εργασίας 4 αναπτύσσει ένα πρότυπο ασύρματου PAN χαμηλής στάθμης που υποστηρίζει ποσοστά των 2/200 kb/s με τελειώς χαμηλή κατανάλωση ισχύος και πολυπλοκότητας για αισθητήρες, παιχνίδια, κτλ.

3.2.4.1 Ασύρματο PAN που προέρχεται από το Bluetooth

Η Ομάδα Εργασίας 1 του IEEE 802.15 παράγει ένα πρόχειρο πρότυπο από την Εξειδίκευση Bluetooth Έκδοση 1.1 υπό το IEEE PAR 802.15.1. Το Bluetooth είναι μια τεχνολογία για παράγοντα μικρής μορφής, ασύρματη επικοινωνία χαμηλού κόστους και δικτύωση ανάμεσα σε υπολογιστές, κινητά τηλέφωνα, και άλλες φορητές συσκευές. Η εξειδίκευση υποστηρίζει ποσοστά πληροφοριών μέχρι και 721 Kb/s καθώς και τρία φωνητικά κανάλια και στοχεύει στη χαμηλή κατανάλωση ισχύος: 30 μ A σε κατάσταση αναμονής και 8-30 μ A (λιγότερο από 0,1 W) κατά τη διάρκεια της μετάδοσης. Η τεχνολογία Bluetooth θα παρέχει έναν εύκολο και ανθεκτικό τρόπο για μια ποικιλία κινητών συσκευών να επικοινωνούν η μία με την άλλη και να παραμένουν συγχρονισμένες χωρίς την ανάγκη συρμάτων ή καλωδίων.

Η εικόνα 3.1 δείχνει τις κατηγορίες πρωτοκόλλων στο μοντέλο δικτύου επτά στρωμάτων OSI και τη σχέση τους με το μοντέλο αναφοράς Bluetooth καθώς ακολουθεί το πρότυπο 802.15.1.



Εικόνα 3.1: Πρότυπο χαρτογράφησης ISO OSI στο πεδίο IEEE 802.15.1 WPAN™

3.2.4.2. Συνύπαρξη Ασύρματου PAN

Η Ομάδα Εργασίας 2 αναπτύσσει, σύμφωνα με το IEEE PAR 802.15.2, ένα πρακτική προτεινόμενου σχεδίου για τη συνύπαρξη ασύρματων PAN και LAN συσκευών. Μέσα σε αυτή την εργασία, πολλαπλές ασύρματες συσκευές λέγεται ότι «συνυπάρχουν» αν μπορούν να γίνουν συμβατές χωρίς να επηρεάζεται σημαντικά η αποδοτικότητά τους. Εφόσον το πρότυπο 802.15.1 απευθύνεται στην ίδια ζώνη 2.4 GHz που εξαιρείται από άδεια με τα DS 802.11 και τα FH PHY, αμοιβαία παρέμβαση είναι ένα πρόβλημα όταν λειτουργούν το ένα κοντά στο άλλο. Η Ομάδα Εργασίας 2 αναπτύσσει ένα μοντέλο συνύπαρξης που προσδιορίζουν ποσοτικά την επίδραση της αμοιβαίας παρέμβασης, με μηχανισμούς συνύπαρξης να ακολουθούν. Το τελικό μοντέλο θα αποτελείται από τέσσερα στοιχεία: PHY, MAC, παραγωγή RF και ρύθμιση πληροφοριών. Το μοντέλο συνύπαρξης προτίθεται να προβλέπει τα αποτελέσματα ενός κοντινού δικτύου 802.11 σε ένα δίκτυο 802.15.1, και αντιστρόφως. Η Ομάδα Εργασίας 2 επίσης σχεδιάζει να μελετήσει το υψηλόβαθμο ασύρματο PAN που αναπτύσσεται από την Ομάδα Εργασίας 3.

3.2.4.3 Υψηλόβαθμο Ασύρματο PAN

Η Ομάδα Εργασίας 3 αναπτύσσει ένα πρότυπο ένα υψηλόβαθμο ασύρματο PAN σύμφωνα με το IEEE PAR 802.15.3, που εγκρίθηκε το Μάρτιο του 2000. Ο στόχος είναι να υποστηρίξουν ρυθμούς πληροφοριών για τουλάχιστον 20 Mb/s για εφαρμογές όπως ψηφιακές εικόνες και πολυμέσα. Σε αντίθεση με την παράδοση του 802, το σχέδιο είναι να δημιουργήσουν άλλο ένα MAC μέσα στην ομάδα εργασίας.

Το Νοέμβριο του 2000, έξι προτάσεις υποψηφίων για το PHY και τέσσερις για το MAC μειώθηκε σε μια μόνο λειτουργική εκδοχή του προτύπου. Τον Ιανουάριο του 2001, επιλέχθηκε ένα PHY διαφοροποιημένο οκτώ καταστάσεων, δικτυωτού κώδικα 16/32/64 QAM που λειτουργεί στη ζώνη 2,4 GHz. Το προτεινόμενο σύστημα παρέχει προσαρμόσιμους ρυθμούς πληροφοριών από 22-55 Mb/s. Η ομάδα συνεχίζει να ενδιαφέρεται για επιπρόσθετα PHY, που πιθανώς λειτουργούν σε ζώνες 5 GHz χωρίς άδεια.

3.2.4.4 Χαμηλόβαθμο Ασύρματο PAN

Ακολουθώντας την έγκριση του PAR 802.15.4 το Δεκέμβριο του 2000, η Ομάδα Εργασίας 4 έκανε την πρώτη της συνεδρίαση και ξεκίνησε αξιολογώντας οκτώ συνεισφορές ως απάντηση σε κάλεσμα για αιτήσεις. Όπως και η Ομάδα Εργασίας 3, η Ομάδα Εργασίας 4 σχεδιάζει το δικό της μοναδικό MAC. Πιθανές αιτήσεις περιλαμβάνουν ανάγκες αισθητήρων και αυτοματισμού, σχεσιακά παιχνίδια, και ανίχνευση έξυπνων ταμπελών και καρφίτσων.

3.3 ΠΡΟΤΥΠΑ ΑΣΥΡΜΑΤΗΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΕΥΡΕΙΑΣ ΕΜΒΕΛΕΙΑΣ

Η Ομάδα Εργασίας IEEE 802.16 στα πρότυπα της ασύρματης πρόσβασης ευρείας εμβέλειας (BWA) αναπτύσσει πρότυπα και προτεινόμενες πρακτικές για να υποστηρίξει την ανάπτυξη και κατανομή των σταθερών συστημάτων ασύρματης πρόσβασης ευρείας εμβέλειας. Αναφέρεται στα προϊόντα του ως η οικογένεια του IEEE 802.16 των προτύπων Ασύρματων MAN™ για ασύρματα MAN. Οι εργασίες της Ομάδας Εργασίας συγχորηγούνται από το Σύλλογο Θεωρίας Μικροκυμάτων και Τεχνικών (MTT) του IEEE καθώς επίσης και από το Σύλλογο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών του IEEE.

Η Ομάδα Εργασίας 802.16 δημιουργεί εφαρμογές της ασύρματης τεχνολογίας για να συνδέσει εμπορικά και κατοικημένα κτίρια σε δίκτυα υψηλόβαθμου πυρήνα και επομένως παρέχουν πρόσβαση σε αυτά τα δίκτυα· ο σύνδεσμος μερικές φορές είναι γνωστός στην καθομιλουμένη ως «το τελευταίο μίλι», αν και ο όρος «το πρώτο μίλι» είναι πιο κατάλληλος για πληροφορίες που ρέουν από την πλευρά του πελάτη. Η εργασία στοχεύει σε μια τοπολογία σημείο-προς πολλαπλό σημείο με κυτταρική διανομή των σταθμών-βάσεων, καθένας συνδεδεμένος με πυρηνικά δίκτυα και σε επαφή με σταθερούς ασύρματους σταθμούς συνδρομητών. Οι σταθμοί συνδρομητών τυπικά περιλαμβάνουν μονάδες κεραιών/ ραδιοφώνου που είναι τοποθετημένες σε στέγες συνδεδεμένες με μονάδες διασύνδεσης εσωτερικών δικτύων, αν και σε μερικές περιπτώσεις και οι δύο μονάδες μπορούν να είναι σε εσωτερικό χώρο ή και σε εξωτερικό. Η αρχική εργασία στοχεύει σε επιχειρήσεις, με περισσότερη από την εστίαση της αγοράς σε μικρομεσαίες επιχειρήσεις. Η προσοχή έχει όλο και περισσότερο στραφεί προς ευκαιρίες σε κατοικίες, συγκεκριμένα σε χαμηλότερες συχνότητες.

Η ομάδα εργασίας έχει τρεις εργασίες στα σχέδια για να αναπτύξει πρότυπα διασύνδεσης αέρα. Η Ομάδα Εργασίας 1 ολοκληρώνει το *Πρότυπο Αέρα Διασύνδεσης για Σταθερά Συστήματα Ευρείας Εμβέλειας Ασύρματης Πρόσβασης IEEE 802.16*. Αυτή η εργασία απευθύνεται σε ένα PHY για να υποστηρίξει ζώνες με άδεια από 10-66 GHz. Το έγγραφο θα περιλαμβάνει ένα συνοδευτικό MAC. Το πρότυπο δεν είναι ακόμη τελειωμένο, αλλά το σχέδιο είναι σταθερό και στην ψήφο-γράμμα της ομάδας εργασίας.

Η Ομάδα Εργασίας 3 αναπτύσσει ένα PHY για ζώνες με άδεια από 2-11 GHz και τις επεκτάσεις των υποστηριζόμενων MAC. Αυτή η εργασία σχεδιάζεται ως τροποποίηση 802.16a για τη γραμμή βάσης του προτύπου 802.16. Οι εργασίες της Ομάδας Εργασίας 1 και της Ομάδας Εργασίας 3 είναι η μόνη εργασία του 802 που στοχεύει σε ζώνες με άδεια. Η πιο καινούρια εργασία του 802.16, που καθοδηγείται από την Ομάδα Εργασίας 4, ελέγχει τις εφαρμογές που εξαιρούνται από άδεια στον τομέα των 5-6 GHz, μερικές φορές γνωστό ως ζώνες U-NII εξαιτίας του αμερικανικού καθορισμού. Ξανά, το σχέδιο στοχεύει

σε μια τροποποίηση (802.16b) στο βασικό πρότυπο του 802.16, με ένα PHY και με προεκτάσεις MAC.

Εν τέλει, η Ομάδα Εργασίας 2 ολοκληρώνει την IEEE 802.16 *Προτεινόμενη Πρακτική για τη Συνύπαρξη των Σταθερών Συστημάτων Ευρείας Εμβέλειας και Ασύρματης Πρόσβασης*. Η έμφαση είναι στην υποστηριζόμενη κατανομή των συστημάτων που κατασκευάστηκαν σύμφωνα με το πρότυπο της Ομάδα Εργασίας 1, πρωταρχικά στην εμβέλεια των 23,5 έως τα 43,5 GHz. Αυτό είναι το πρώτο έγγραφο που έχει ολοκληρώσει γράμμα-ψήφο της ομάδας εργασίας 802.16, και η δημοσίευση αναμένεται για το καλοκαίρι του 2001.

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΑΓΓΛΙΚΩΝ ΟΡΩΝ

ETSI (European Telecommunications Standards Institute) Ευρωπαϊκό ίδρυμα προτύπων τηλεπικοινωνιών

LAN (Local Area Network) Ασύρματο Δίκτυο Τοπικής Περιοχής

MAN (Metropolitan Area Network) Ασύρματο Δίκτυο Μητροπολιτικής Περιοχής

PAN (Personal Area Network) Ασύρματο Δίκτυο Προσωπικής Περιοχής

PAR (Positive Acknowledgement with Retransmission) Θετική αναγνώριση με την αναμετάδοση

DSL (Digital Lines) Ψηφιακές Συνδέσεις Γραμμών Συνδρομητών

MAC (Medium Access Control) Πρωτόκολλο Ελέγχου Πρόσβασης

QoS (Quality of Service) Ποιότητα Υπηρεσίας

PHY (Natural layer) Φυσικό Στρώμα

TDD (Time Division Duplex) Αμφίδρομη Διανομή Χρόνου

FDD (Frequency Division Duplex) Αμφίδρομη Διανομή Συχνότητας

PDU (Protocol Data Units) Μονάδες στοιχείων πρωτοκόλλου

SDU (Service Data Units) Μονάδες Στοιχείων Υπηρεσιών

PMP (Point to multipoint) Σημείο σε πολυσημειακό

BWA (Broadband Wireless Access) Ευρυζωνική Ασύρματη Πρόσβαση

ATC (Appalachian Trail Conservancy) Προδιαγραφή Ακολουθίας Δοκιμής

PICS (Protocol Implementation Conformance Statement) Εφαρμογή Πρωτοκόλλου

HFC (Hybrid Fiber Coax) Καλώδιο Υβριδικής Ίνας

ATM (Asynchronous Transfer Mode) Κατάσταση Ασύγχρονης Μετάδοσης

MMDS (Service of Multiple Channels of Multiple Points of Distribution) Υπηρεσία Πολλαπλών Καναλιών Πολλαπλών Σημείων Διανομής

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) Πολλαπλό Ορθογώνιο Τμήμα Συχνότητας

WRC (Congress of World Radiocommunications) Συνέδριο Παγκοσμίων Ραδιοεπικοινωνιών

DSL (Digital Subscriber Line) Ψηφιακή Γραμμή Συνδρομητών

SEC (Securities and Exchange Commission)

ITU (International Telecommunication Union) Διεθνής Τηλεπικοινωνιακή Ένωση

LMDS (Local Multipoint Distribution Service) πολυσημειακή κατανομή Υπηρεσιών Διανομής

OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiplex Access) Ορθογώνια Πολλαπλάσια Πρόσβαση Τμήματος Συχνότητας

SVC (Switched Virtual Circuit) Μεταστρεφόμενη Εικονική Σύνδεση

TDM (Time Division Multiplexing) Πολυπλεξία Διαίρεσης Χρόνου
FEC (Forward Correction of Error) Μπροστινή Διόρθωση Λάθους
DCD (Document Content Descriptio)
CID (Connection Identifiers) Προσδιοριστικά Σύνδεσης
RLC(Radio Link Control) Ράδιο Έλεγχος Συνδέσεων
DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol) Δυναμικό πρωτόκολλο διαμόρφωσης οικοδεσποτών
TFTP (Trivial File Transfer Protocol) Τετριμμένο πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων
SNMP(Simple Network Management Protocol) Απλό Διοικητικό Πρωτόκολλο Δικτύων
DIUC (Down link Interval Usage Code) Κάτω από τον κώδικα χρήσης διαστήματος συνδέσεων
UIUC (Up link Interval Usage Code) Επάνω στη σύνδεση κώδικας χρήσης διαστήματος
GPC (Grand Per Connection) Μεγάλος ανά Σύνδεση
UGS (Unsolicited Grant Service) Εκούσια υπηρεσία επιχορήγησης
PKM (Privacy Key Management) Βασική διαχείριση μυστικότητας
ARG (Automatic Repeat Request) Αυτόματη Επανάληψη Αίτησης
ITU-R (International Télécommunications union - Radiocommunications) Τμήμα Ραδιοεπικοινωνίες της Ένωσης Διεθνών Τηλεπικοινωνιών
OSI (Open Systems Interconnection) Διασύνδεση ανοικτών συστημάτων
SEC Επιτροπή Προνομιακής Χορηγίας
DCF Λειτουργία Διανεμημένου Συντονισμού
NAV Διάνυσμα Διανομής Δικτύου
QPSK (Quadrature Phase Shift Keying)
QAM(Quadrature Amplitude Modulation)

- [1] Περίληψη και Οδηγός στο IEEE 802 LMSC. Διαθέσιμο: <http://ieee802.org/overview.pdf>
- [2] Λειτουργικοί Κανονισμοί της Επιτροπής Προτύπων της Εργασίας του 802 LAN MAN. Διαθέσιμο: <http://ieee802.org/rules.pdf>
- [3] B. O'Hara και A. Petrick, *IEEE 802.11 Βιβλίο Οδηγιών: Οδηγός Σχεδιαστών*. Τυπογραφείο Προτύπων IEEE, 1999.
- [4] T.Sier, Ένας Οδηγός IEEE: Πώς να Βρείτε Αυτό Που Θέλετε στον Τομέα του Bluetooth. Piscataway, NJ: Τυπογραφείο IEEE, 2000.
- [5] J. Foerster και G. Sater, «Αρχιτεκτονικά Θέματα Προτύπων LMDS», Συνέδριο IEEE Ασύρματων Επικοινωνιών και Δικτύωσης 2000.
- [6] B. Petry, «Ασύρματη Πρόσβαση Ευρείας Εμβέλειας: Υψηλός ρυθμός, σημείο προς πολλαπλό σημείο, σταθερά συστήματα κεραιών», στο Βιβλίο RF και Μικροκυμάτων. Boca Rater, FL: CRC, 2001, σελ. 2-41 έως 2-51.
- [7] *Εξειδίκευση στη Ραδιοσυχνότητα και Διασύνδεση (έκδοση 1.1), Εξειδικεύσεις Διασύνδεσης και Εξυπηρέτηση Πληροφοριών Μέσω Καλωδίων*, Εργαστήρια Καλωδιακής Τηλεόρασης, Α.Ε.
- [8] P. Mannion, «Εξειδικευμένα Δίκτυα ανεβαίνουν στα ραδιοκύματα», EE Times, σελ. 85/86, 26 Φεβ., 2001.
- [9] G. Fleishman, «Το Διαδίκτυο, ασύρματο, οπουδήποτε», The New York Times, 22 Φεβ., 2001.
- [10] G. Fleishman, «Πόλεμοι Πρωτοκόλλων: Ένα πρότυπο ανεβαίνει, αλλά προσέξτε τους φούρνους μικροκυμάτων», The New York Times, 22 Φεβ., 2001.