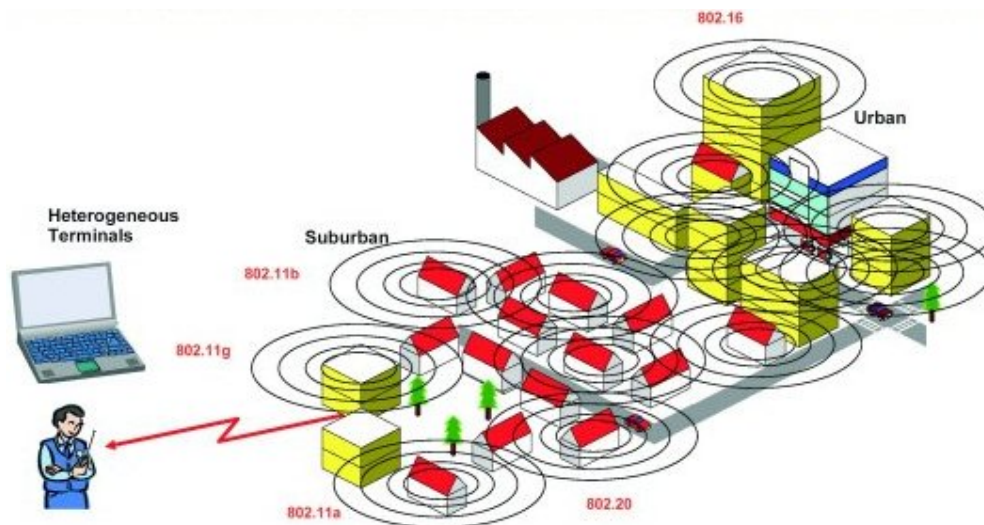


Open Broadband Access Network (OBAN) Project Review

ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

(Β' ΕΞΑΜΗΝΟΥ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ Α. ΟΙΚΟΝΟΜΙΔΗΣ



Κωνσταντίνος Μαντζώρος

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

14/01/2010

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	2
Περίληψη.....	3
Κίνητρα, στόχοι και προκλήσεις.....	4
Τεχνική προσέγγιση και μεθοδολογία.....	6
Παραδοτέα.....	8
Αποτελέσματα και ευρήματα.....	10
Κάλυψη από το δίκτυο.....	10
Ταχύτητα/Χωρητικότητα.....	11
Ασφάλεια και δυνατότητα μετακίνησης.....	12
Διαχωρισμός των χρηστών και ποιότητα υπηρεσιών.....	14
Επιπτώσεις.....	15
Μελλοντική έρευνα.....	16
Βιβλιογραφία.....	18

Περίληψη

Το OBAN project αποτελεί ένα έργο στα πλαίσια του 6^{ου} Framework Programme (FP6) της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με προϋπολογισμό 11000000€ (6000000€ ευρωπαϊκά κονδύλια), που υλοποιήθηκε κατά το διάστημα 1/2004-12/2006 και στο οποίο συμμετείχαν 14 φορείς από 7 χώρες, μεταξύ των οποίων πανεπιστήμια και ερευνητικά ινστιτούτα, τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι, βιομηχανίες τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού και μια εθνική ρυθμιστική αρχή τηλεπικοινωνιών.

Στόχος του έργου ήταν να διερευνηθεί κατά πόσο είναι εφικτή η δημιουργία ενός ευρυζωνικού ασύρματου δικτύου μέσω της χρήσης της ασύρματης LAN τεχνολογίας και της αξιοποίησης χωρητικότητας των σταθερών δικτύων. Η κεντρική ιδέα είναι ότι όλα τα ασύρματα LAN δίκτυα και οι ευρυζωνικές συνδέσεις είναι διαθέσιμες για δημόσια χρήση, ώστε αφενός οι κάτοχοί τους (στατικοί χρήστες) να συνεχίσουν να χρησιμοποιούν αυτά τα σημεία πρόσβασης όπως και πριν, και αφετέρου διερχόμενοι χρήστες να μπορούν να συνδεθούν σε αυτά και να διατηρούν την επικοινωνία καθόσον κινούνται μέσα στα όρια του δικτύου OBAN.

Τα κύρια σημεία ενδιαφέροντος του έργου αφορούν την ασφάλεια του δικτύου, τη δυνατότητα μετακίνησης των χρηστών μέσα στην περιοχή κάλυψής του, την ποιότητα των προσφερόμενων υπηρεσιών, τη συμμόρφωση του έργου ως προς το όραμα των 3G και B3G (Beyond 3G) τεχνολογιών, το πρόβλημα της βέλτιστης και μέγιστης κάλυψης, το εμπορικό μοντέλο που μπορεί να προκύψει από και να υποστηρίξει την υλοποίηση του OBAN, καθώς και τις προκύπτουσες τεχνολογίες τόσο σε νέο εξοπλισμό όσο και πρωτόκολλα ή μεθόδους.

Μέσα από ένα σύνολο έξι πακέτων εργασίας που αφορούσαν τις τεχνολογικές και τεχνοοικονομικές προεκτάσεις του θέματος, προτάθηκε ένα ρεαλιστικό μοντέλο που φιλοδοξεί να αποτελέσει την πρώτη βιώσιμη λύση και συνάμα το εφαλτήριο προς τη σύγκλιση των κινητών και σταθερών τηλεπικοινωνιών.

Κίνητρα, στόχοι και προκλήσεις

Η ιδέα της δημιουργίας ενός ευρυζωνικού δικτύου ανοιχτής πρόσβασης προέκυψε σαν φυσικό επακόλουθο της ραγδαίας εξάπλωσης των συνδέσεων xDSL (Edvardsen, 2004), καθώς και της υιοθέτησης των ασύρματων LAN ως κυρίαρχου τρόπου δικτύωσης τόσο για οικιακούς όσο και εταιρικούς χρήστες (OBAN Project, 2004). Όμως, η χωρητικότητα των ασύρματων LANs και των γραμμών πρόσβασης xDSL δεν χρησιμοποιείται στο σύνολό της, κυρίως εξαιτίας δύο λόγων: α) οι χρήστες δεν βρίσκονται συνεχώς παρόντες για να χρησιμοποιήσουν τη σύνδεσή τους είτε οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν δεν απαιτούν τη συνεχή χρήση του συνόλου της χωρητικότητας του δικτύου, και β) πολλές φορές οι χρήστες συνάπτουν συμβόλαια με τους τηλεπικοινωνιακούς πάροχους για υπηρεσίες σε μικρότερη χωρητικότητα από αυτή που η γραμμή τους μπορεί να υποστηρίξει, λόγω των πολιτικών χρεώσεων των παρόχων (Edvardsen et al., 2002). Η πλεονάζουσα χωρητικότητα θα μπορούσε να διατεθεί προς χρήση στο κοινό, παρουσιάζοντας πολλαπλά οφέλη για τους χρήστες, οικιακούς και κινητούς, τους ιδιοκτήτες των δικτύων και τους πάροχους τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών (Eskedal et al., 2003).

Σκοπός του έργου ήταν να διερευνηθούν και να αναπτυχθούν η λειτουργικότητα, η απόδοση και οι δυνατότητες ενός συνεχούς και καθολικού δικτύου OBAN, βασισμένο στις υπάρχουσες ευρυζωνικές συνδέσεις και στη διαθέσιμη εγκατεστημένη ασύρματη τεχνολογία [(Francis & Edvardsen, 2006). Για να καταστεί αυτό δυνατό χρειάζεται να τροποποιηθούν τα υπάρχοντα πρωτόκολλα και μηχανισμοί, ώστε να επιτευχθεί η ικανοποίηση των επιμέρους στόχων (OBAN Project site):

- Ανάπτυξη/προσαρμογή του έλεγχου πρόσβασης και των μηχανισμών ασφαλείας,

- Ανάπτυξη/προσαρμογή του έλεγχου των μετακινήσεων εντός του δικτύου,
- Ανάπτυξη/προσαρμογή των μηχανισμών διασφάλισης της ποιότητας των υπηρεσιών,
- Διερεύνηση των σχετικών κανονιστικών, ρυθμιστικών και νομικών θεμάτων,
- Διερεύνηση/προσομοίωση των δυνατοτήτων κάλυψης του δικτύου.

Η μεγαλύτερη πρόκληση που οι συμμετέχοντες του έργου κλήθηκαν να αντιμετωπίσουν ήταν η δημιουργία ενός περιβάλλοντος που θα ικανοποιούσε τα κριτήρια που είχαν οριστεί σε τρεις νευραλγικούς, για την επιτυχία του έργου, τομείς (Jaatun & Panken, 2006):

- Ασφάλεια: Οι σταθεροί χρήστες απαιτείται να μπορούν να χρησιμοποιούν με ασφάλεια το δίκτυό τους, όπως και προηγουμένως. Οι διερχόμενοι χρήστες πρέπει να μπορούν να συνδεθούν στο δίκτυο με τρόπο ανάλογο ως προς τα 2G/3G δίκτυα, δηλαδή με ασφάλεια και χωρίς να χρειάζεται να ορίζουν συνεχώς κωδικούς και αριθμούς λογαριασμών.
- Ποιότητα των υπηρεσιών: Οι χρήστες, σταθεροί και κινούμενοι, θα πρέπει να απολαμβάνουν την ίδια υψηλή ποιότητα υπηρεσιών ανεξάρτητα από το δίκτυο στο οποίο είναι συνδεδεμένοι και να υπάρχει μέριμνα για όλα τα πιθανά τερματικά που μπορεί να χρησιμοποιούν.
- Δυνατότητα μετακίνησης: Οι κινούμενοι χρήστες θα πρέπει να μπορούν να χρησιμοποιούν τις εφαρμογές τους ενώ κινούνται από τον ένα κόμβο πρόσβασης σε έναν άλλο, και όχι μόνο όσο βρίσκονται εντός της περιοχής κάλυψης του ίδιου κόμβου.

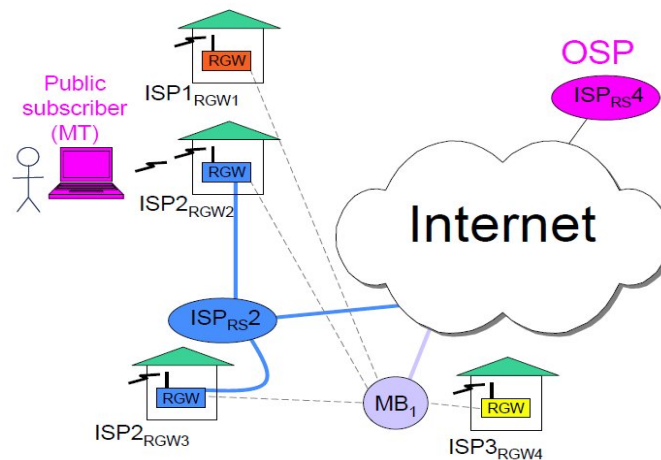
Τεχνική προσέγγιση και μεθοδολογία

Ο πυρήνας του OBAN αποτελεί ένα σύνολο από σαφώς ορισμένους επιστημονικούς και τεχνολογικούς στόχους. Αυτοί οι στόχοι καλύπτουν διαφορετικά ερευνητικά πεδία, καθένα από τα οποία πρέπει να διερευνηθεί και να αναλυθεί, και τελικά όλα μαζί να συνδυαστούν σε μια ολοκληρωμένη πρόταση που θα απαντά στα θεμελιώδη ερωτήματα κατά πόσο η ιδέα είναι υλοποιήσιμη ως προς τα τεχνικά και μη τεχνικά κριτήρια που έχουν τεθεί, ποια θα είναι η απόδοση και πως θα γίνει δεκτή από τους διάφορους εμπλεκόμενους. Δραστηριότητες προς την κατεύθυνση της ικανοποίησης αυτών των στόχων ήταν (OBAN Project site):

1. Η ανάπτυξη ενός μηχανισμού ανάθεσης πόρων που θα κάνει την αχρησιμοποίητη χωρητικότητα των γραμμών πρόσβασης και τους ασύρματους σταθμούς βάσης των LAN διαθέσιμους για δημόσια χρήση.
2. Η επαλήθευση μέσω υπολογισμών και προσομοιώσεων ότι οι υπάρχουσες/προκύπτουσες ευρυζωνικές συνδέσεις και τα ιδιωτικής χρήσης ασύρματα LANs μπορούν να προσφέρουν ικανοποιητικά μεγάλη περιοχή κάλυψης.
3. Η ανάπτυξη ενός μηχανισμού που θα επιτρέπει την απρόσκοπτη και διαφανή προς το χρήστη δυνατότητα κίνησης διαμέσου ετερογενών δικτύων.
4. Η ανάπτυξη μιας ασφαλούς λύσης για δημόσια πρόσβαση σε ιδιωτικά ασύρματα LANs και ευρυζωνικές γραμμές πρόσβασης.
5. Η ανάπτυξη ενός μηχανισμού δυναμικής ανάθεσης πόρων που θα λειτουργεί ανεπηρέαστος από τις συχνά μεταβαλλόμενες συνθήκες κάλυψης ενός OBAN δικτύου.

6. Η αξιολόγηση της ιδέας του OBAN και κατά πόσο μπορεί να υλοποιηθεί σε σύγκλιση με το όραμα για τις 3G/B3G τεχνολογίες.
7. Η διερεύνηση κατά πόσο είναι εφικτή η εμπορική χρήση του OBAN και πως νομικά και ρυθμιστικά θέματα μπορεί να επηρεάσουν την εφαρμογή του σε μαζική κλίμακα.
8. Η ανάπτυξη και υλοποίηση μιας ασύρματης “οικιακής πύλης” (wireless Residential Gateway – wRG) με στόχο την επίδειξη και επαλήθευση των κύριων χαρακτηριστικών του OBAN.
9. Η βελτίωση των ασύρματων LAN συστημάτων με τη χρήση MIMO τεχνικών, προκειμένου να βελτιωθεί η απόδοση του OBAN.

Το προτεινόμενο μοντέλο αρχιτεκτονικής χρησιμοποιεί ως σημεία πρόσβασης στο OBAN τις ασύρματες οικιακές πύλες (wRGs ή RGWs), που αναλαμβάνουν την ανάθεση των πόρων καθώς και την κωδικοποίηση των δεδομένων. Μια νέα δικτυακή οντότητα, ο διαμεσολαβητής κινητικότητας (Mobility Broker – MB) αναλαμβάνει την παρακολούθηση του χρήστη, καθώς αυτός μεταβαίνει από την περιοχή κάλυψης ενός κόμβου σε αυτήν ενός άλλου, με τη χρήση μιας ασύρματης IP διεύθυνσης. Η ταυτοποίηση του χρήστη και η δρομολόγηση των δεδομένων του μέσα από το δίκτυο διαφορετικών παρόχων είναι αρμοδιότητα του MB, που καλύπτει μια ευρύτερη γεωγραφική περιοχή κατ’ αναλογία με τα κυψελωτά δίκτυα GSM/UMTS (Panken et al., 2006).



Το μοντέλο αρχιτεκτονικής του OBAN με τη χρήση του MB (Jaatun , 2006)

Παραδοτέα

Κατά τη χρονική στιγμή της συγγραφής της παρούσας εργασίας στον δικτυακό τόπο του έργου εμφανίζεται ότι παρήχθησαν 31 τουλάχιστον παραδοτέα (OBAN Project site). Από αυτά, μόνο τα 21 είναι διαθέσιμα στο κοινό σε ηλεκτρονική μορφή. Ο ενδιαφερόμενος αναγνώστης μπορεί να βρει όλα τα διαθέσιμα παραδοτέα του έργου στην ηλεκτρονική διεύθυνση http://oban.tubit.tu-berlin.de/html/project_deliverables.html:

- 4 (D2, D4, D23, D30) αφορούν την παρουσίαση του έργου σε ακαδημαϊκούς και ερευνητικούς φορείς, κατασκευαστές τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού και πάροχους τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Επιπλέον περιέχουν πληροφορίες σχετικές με δημοσιεύσεις σε επιστημονικά περιοδικά, παρουσιάσεις και επιδείξεις σε συνέδρια και εκθέσεις, όπως επίσης και υλικό για την ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του κοινού σχετικά με τις δυνατότητες και τη λειτουργία του OBAN.
- 1 (D3) αναφέρεται στις προδιαγραφές του εξοπλισμού και της πλατφόρμας λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση και τον έλεγχο του μοντέλου.
- 1 (D6) περιγράφει τη φυσική εξέλιξη της τηλεπικοινωνιακής τεχνολογίας προς την κατεύθυνση του OBAN και αναλύει τις πιθανές περιβαλλοντικές, κοινωνικές, οικονομικές και νομικές επιπτώσεις της υιοθέτησής του, καθώς και παράγοντες που θα μπορούσαν να λειτουργήσουν ανασταλτικά ως προς την εμπορική του καθιέρωση.
- 2 (D7, D9) αφορούν τις προϋποθέσεις, τις προδιαγραφές και τα κριτήρια που καθορίστηκε ότι πρέπει να πληρεί το υπό εξέταση μοντέλο, ενώ παρουσιάζεται η συσχέτιση και η συμμόρφωση με

καθιερωμένα διεθνή τεχνολογικά πρότυπα λειτουργίας και όρια ασφαλείας.

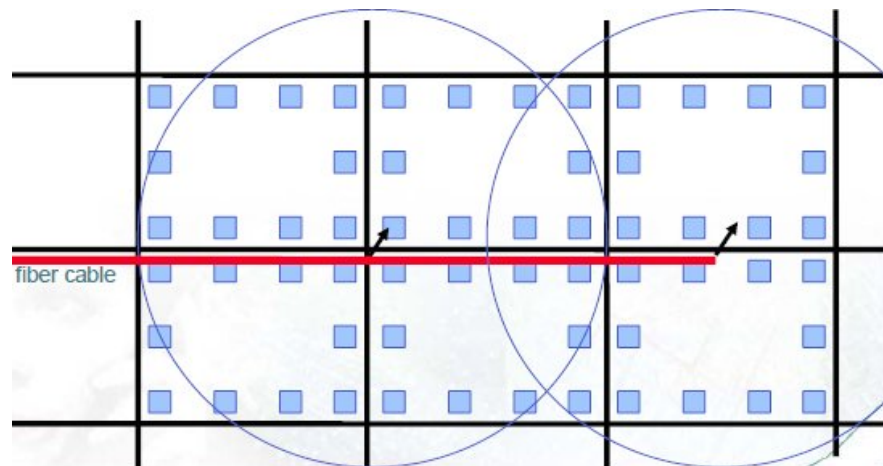
- 3 (D8, D26, D28) αφορούν εκτιμήσεις, υπολογισμούς, μετρήσεις και αναλύσεις σχετικά με την απόδοση του OBAN, τις δυνατότητες κάλυψης του δικτύου, τις επιπτώσεις των παρεμβολών από ετερογενείς συσκευές εκπομπής και τερματικά, τη διαθέσιμη χωρητικότητα και την υποστηριζόμενη κυκλοφορία.
- 1 (D12) περιγράφει την ανάλυση και τον έλεγχο των κρίσιμων σημείων του μοντέλου. Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται οι χρησιμοποιούμενες τεχνικές ασφαλείας, ο μηχανισμός μετάβασης από κόμβο σε κόμβο, η ποιότητα των υπηρεσιών, ο εξοπλισμός που υλοποιεί τις RGWs και τελικά ο συνδυασμός όλων των συνθετικών στοιχείων για την ολοκληρωμένη λειτουργία του μοντέλου.
- 3 (D13, D17, D25) αφορούν την τεχνοοικονομική ανάλυση του μοντέλου και παρουσιάζουν πιθανά επιχειρηματικά σχήματα που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την εμπορική καθιέρωση του OBAN, νέες μορφές υπηρεσιών που εμφανίζονται και τρόπους για τη βέλτιστη εμπορική χρήση τους, προτεινόμενες πολιτικές χρεώσεων για τους τελικούς χρήστες από τους τηλεπικοινωνιακούς πάροχους, και τέλος, χρεώσεις περιαγωγής (Roaming) σε συνάρτηση πάντα με το αντίστοιχο ρυθμιστικό πλαίσιο.
- 5 (D14, D18, D20, D22, D31) αναφέρονται στη διαδικασία σχεδιασμού και διεξαγωγής δοκιμών και προσομοιώσεων, που έλαβαν χώρα στο Βερολίνο, στο Παρίσι και στο Όσλο, καθώς και στα αντίστοιχα αποτελέσματα.
- 1 (D21) παρουσιάζει νέες τεχνολογίες και τεχνικές που προέκυψαν ως αποτέλεσμα της έρευνας που έγινε στα πλαίσια του έργου.

Αποτελέσματα και ευρήματα

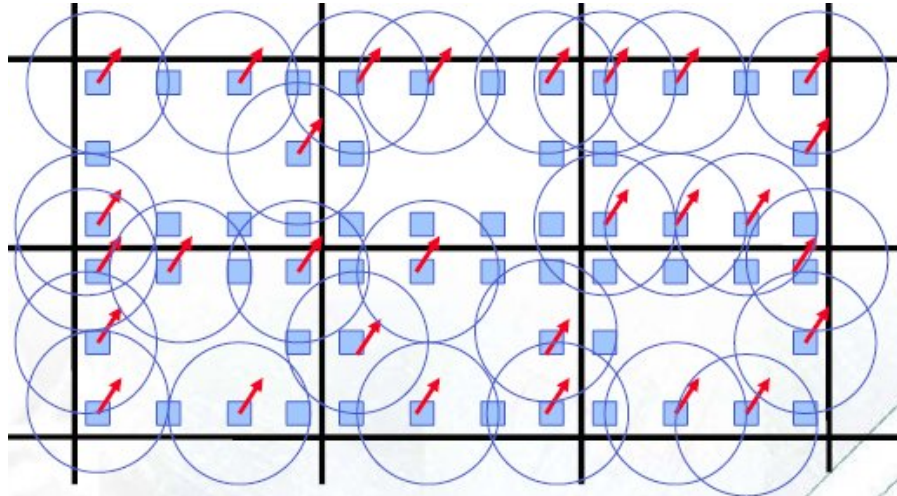
Μέσα από την έρευνα, τις αναλύσεις και τις προσομοιώσεις που διεξήχθησαν, προέκυψαν ενδιαφέροντα αποτελέσματα και ευρήματα σχετικά με πολλούς διαφορετικούς τομείς του έργου. Κάποια από αυτά συνετέλεσαν στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων, ενώ κάποια άλλα δύνανται να αποτελέσουν αφορμή για περαιτέρω μελέτη και έρευνα.

Κάλυψη από το δίκτυο

Σε σύγκριση με τις παραδοσιακές τεχνικές υλοποίησης κινητών δικτύων, όπου χρησιμοποιείται εξοπλισμός αποκλειστικά για αυτό το σκοπό, ενώ ιστοί κεραιών και σταθμοί βάσης τοποθετούνται με το βέλτιστο τρόπο προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί το κόστος των επενδύσεων, ένα OAN εκμεταλλεύεται φθηνό εξοπλισμό που βρίσκεται εγκατεστημένος σε σπίτια χρηστών, δημόσιους χώρους και γραφεία εταιρειών κάνοντας χρήση ενός αυξημένου αριθμού μικρότερων σταθμών βάσης που καλύπτει το αστικό περιβάλλον (Edvardsen et al., 2002).



Η παραδοσιακή τεχνική υλοποίησης ενός κινητού δικτύου (Edvardsen et al, 2002a)



Η OBAN προσέγγιση υλοποίησης ενός κινητού δικτύου (Edvardsen et al, 2002a)

Ο ορισμός μιας περιοχής ως αστικής απαιτεί στο σύνολο του οικισμού να συμπεριλαμβάνονται τουλάχιστον 60-70 νοικοκυριά τοποθετημένα σε απόσταση λιγότερη από 50 μέτρα το ένα από το άλλο (Edvardsen, 2004). Η απόσταση των 50 μέτρων είναι συγκρίσιμη με το βεληνεκές που δίνουν τα καθιερωμένα πρότυπα για τα σημεία πρόσβασης των καθιερωμένων WLANs (Håkegård et al., 2005). Αν υποθέσουμε ότι όλα τα νοικοκυριά και οι επιχειρηματικές μονάδες διαθέτουν εγκατεστημένα WLANs και χρησιμοποιώντας στατιστικά στοιχεία (από το παράδειγμα της Νορβηγίας) που καταδεικνύουν ότι το 75% του πληθυσμού ζει σε αστικά κέντρα, μπορούμε με τη χρήση λίγων μόνο κεραιών για το εναπομείναν 25% του πληθυσμού να επιτύχουμε σημαντικά ποσοστά πληθυσμιακής κάλυψης – αλλά όχι γεωγραφικής κάλυψης (Edvardsen et al., 2002).

Ταχύτητα/Χωρητικότητα

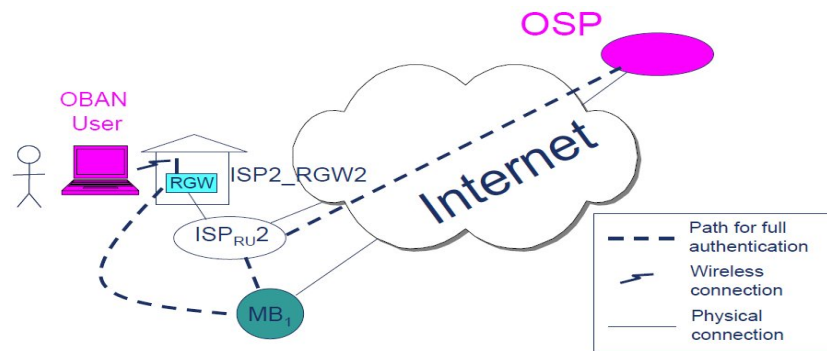
Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα σύνδεσης μέσω ενός ασύρματου δικτύου είναι η υποστηριζόμενη τεχνολογία στη γραμμή πρόσβασης που ενώνεται ο σταθμός βάσης και η απόσταση του τερματικού από τον σταθμό βάσης (Edvardsen et al., 2002). Αν θεωρήσουμε ότι για το υπό εξέταση OBAN η χρησιμοποιούμενη τεχνολογία είναι ADSL (6-8 Mbits/s down – 0,5-1 Mbits/s up) και το πρωτόκολλο

ασύρματης δικτύωσης είναι 802.11g (~25 Mbits/s ονομαστική ταχύτητα), προκύπτει ότι η διαθέσιμη ταχύτητα για δημόσια χρήση αγγίζει περίπου τα 6/0,5 Mbits/s (down/up), ομοίμορφα σε όλη την περιοχή κάλυψης του δικτύου (Håkegård et al., 2005). Αν ως κριτήριο θεωρήσουμε τη συνολική χωρητικότητα ανά μονάδα έκτασης, για παράδειγμα Mbits/s ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο, τότε υπολογίζεται ότι είναι διαθέσιμα περίπου 2400/200 Mbits/s ανά τετρ.χιλιόμετρο, χωρητικότητα πολύ μεγαλύτερη από 20/20 Mbits/s που προσφέρει το UMTS στους χρήστες του για την αντίστοιχη έκταση (Edvardsen, 2004).

Ασφάλεια και δυνατότητα μετακίνησης

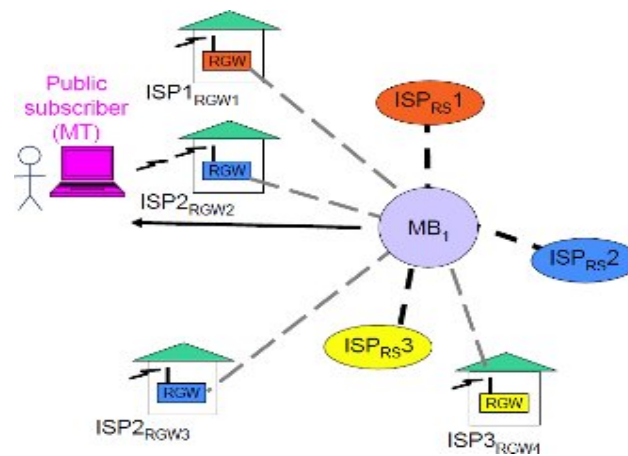
Το ζήτημα της ασφάλειας απασχόλησε εκτενώς τους ερευνητές, καθώς εμφάνιζε υψηλό βαθμό πολυπλοκότητας. Οι απαιτήσεις για τη λειτουργία του OBAN υπαγορεύουν ότι η δημόσια πρόσβαση του δικτύου από τους διερχόμενους χρήστες πρέπει να γίνεται με ασφάλεια, ενώ ταυτόχρονα κατά τη μετάβαση του χρήστη από την περιοχή κάλυψης ενός σταθμού βάσης σε αυτήν ενός άλλου η μεταβίβαση να γίνεται αρκετά γρήγορα ώστε να μην υπάρχει καθυστέρηση ή και διακοπή της εφαρμογής του χρήστη και χωρίς ο τελευταίος να χρειάζεται να επαναπληκτρολογεί τους κωδικούς αναγνώρισής του για το σύστημα (Kälberer, 2007).

Το προτεινόμενο σχήμα είναι ένα υβριδικό μοντέλο που ενσωματώνει δύο διαφορετικές μεθόδους ασφαλείας. Κατά την πρώτη απόπειρα σύνδεσης ενός διερχόμενου χρήστη σε μια RGW χρησιμοποιείται η μέθοδος αναγνώρισης με SIM κάρτα, που έχει ευρεία εφαρμογή στην κινητή τηλεφωνία, ώστε να ταυτοποιηθεί ο χρήστης, να αναγνωριστεί το προφίλ του και να του δοθεί η άδεια σύνδεσης σε σχέση με το συμβόλαιο που έχει από τον δικό του πάροχο τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Η πορεία των μηνυμάτων που ακολουθείται για την ταυτοποίηση είναι Τερματικό Χρήστη – RGW – Mobility Broker – ISP της RGW – ISP του χρήστη (Panken et al., 2006). Όπως είναι προφανές, αυτή είναι μια ιδιαίτερα χρονοβόρα διαδικασία (> 120ms) που δε θα μπορούσε να ακολουθείται κάθε φορά καθώς ο χρήστης μετακινείται κατά 50 μέτρα ή λιγότερο από RGW σε RGW, ειδικά όταν διαφορετικοί ISPs δραστηριοποιούνται στην ίδια περιοχή.



Η μέθοδος πλήρους ταυτοποίησης με χρήση SIM (Jaatun et al, 2006)

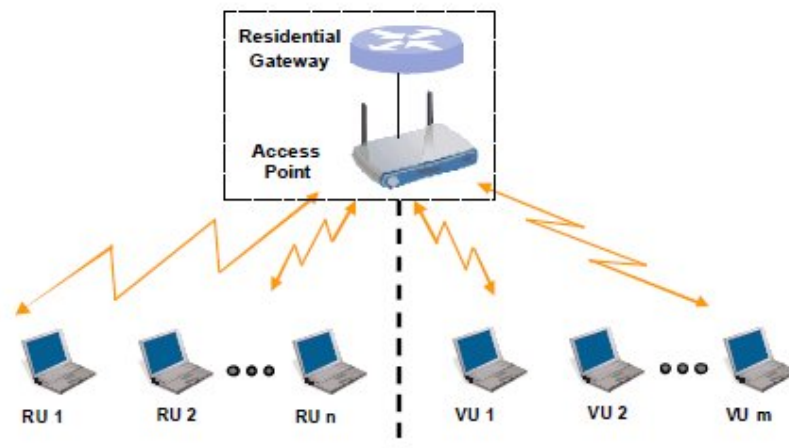
Για την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος επιστρατεύθηκε η χρήση ετικετών του προτύπου Kerberos. Στην περίπτωση αυτή ένα διαπιστευμένο τερματικό χρήστη που βρίσκεται στην περιοχή κάλυψης μιας RGW έχει καταχωρήσει τα στοιχεία της RGW στον τοπικό MB. Ο MB διατηρεί καταχωρήσεις όλων των RGWs της επικράτειάς του, καθώς και στοιχεία για τις συμφωνίες περιαγωγής μεταξύ των ISPs. Έτσι, είναι σε θέση να προβλέψει ποιες είναι οι επόμενες πιο πιθανές RGWs για το εν λόγω τερματικό. Kerberos-ετικέτες για τις υποψήφιες RGWs αποστέλλονται από το MB στο τερματικό, που μόλις μπει στην επικράτεια της επόμενης RGW μπορεί άμεσα να διαπραγματευτεί τη σύνδεσή του χωρίς να χρειάζεται ξανά ταυτοποίηση (Panken et al., 2006). Η όλη διαδικασία γίνεται σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα (5-40 ms) και εγγυάται την αδιάλειπτη λειτουργία των εφαρμογών του χρήστη (Jaatun, 2006).



Η μέθοδος αλλαγής κόμβου με χρήση Kerberos-ετικετών (Jaatun, 2006)

Διαχωρισμός των χρηστών και ποιότητα υπηρεσιών

Μια βασική αρχή της ιδέας του διαμοιρασμού πόρων είναι η προστασία της κυκλοφορίας του οικιακού χρήστη από την υπερβολική κυκλοφορία δεδομένων των διερχόμενων χρηστών. Εκτός από μια μικρή ενδεχόμενη πτώση της ταχύτητάς του, ο οικιακός χρήστης δεν θα πρέπει να επηρεάζεται από την παρουσία ή όχι διερχόμενων χρηστών. Αυτό γίνεται εφικτό με δυο τρόπους. Πρώτα, ο οικιακός χρήστης διαθέτει αναβαθμισμένο προφίλ που προσφέρει στις εφαρμογές του υψηλότερη προτεραιότητα στη δική του RGW. Έπειτα, το WLAN χρησιμοποιείται σαν δύο εικονικά WLANs διαχωρίζοντας την κυκλοφορία των οικιακών και των διερχόμενων χρηστών με βάση την ετικέτα SSID των πακέτων που κυκλοφορούν. Διαχωρίζοντας τα δεδομένα στο επίπεδο 2, το σύστημα μπορεί να εγγυηθεί ότι τόσο οι οικιακοί χρήστες δεν μπορούν να έχουν πρόσβαση στα δεδομένα των διερχόμενων χρηστών, όσο και το αντίθετο. Έπειτα, ο οικιακός χρήστης είναι ο μόνος που μπορεί να χρησιμοποιήσει το κλειδί PSK (Pre-Shared Key) του δικτύου του για την κωδικοποίηση των δεδομένων του, ενώ οι διερχόμενοι χρήστες χρησιμοποιούν διαφορετικά κανάλια του πρωτοκόλλου RADIUS για την ασφάλειά τους (Panken et al., 2006).



Διαχωρισμός των χρηστών σε ένα WLAN (Panken et al., 2006)

Επιπτώσεις

Όπως γίνεται αντιληπτό, τα B3G συστήματα που θα υλοποιούνται μέσω OBAN θα χαρακτηρίζονται από μια πληθώρα επιχειρηματικών συμμετεχόντων, αυξάνοντας τον ανταγωνισμό. Καθώς νέοι ρόλοι εμφανίζονται (π.χ. ο Mobility Broker) μια ποικιλία νέων παρόχων υπηρεσιών θα προκύψει. Παρόλα αυτά, οι τυπικοί χρήστες θα συνεχίσουν να διατηρούν την ίδια σχέση πελάτη-πάροχου με ένα μικρό μόνο αριθμό παρόχων δικτύου ή υπηρεσιών. Η καθετοποίηση στην προσφορά των υπηρεσιών αναμένεται να αυξηθεί, απλοποιώντας την αλληλεπίδραση με τον τελικό χρήστη. Αν και οι ρυθμιστικοί οργανισμοί θα συνεχίσουν να επηρεάζουν την ανάπτυξη και τον ανταγωνισμό, συμπεριλαμβανομένης της πρόσβασης στη δομή των δικτύων και περιορισμών στη χρήση της ασύρματης τεχνολογίας, η δυνατότητα για καινοτομία που προσφέρει ένα ετερογενές ασύρματο περιβάλλον είναι κεφαλαιώδους σημασίας για τις επιχειρήσεις που κατέχουν τα δίκτυα (Francis & Fischer, 2003).

Τα επιχειρηματικά μοντέλα που θα υποστηρίζουν τα B3G είναι λογικό να εμφανίζουν μεγάλο βαθμό πολυπλοκότητας, λόγω της ποικιλίας των συμμετεχόντων στην αγορά, των διαφορών στην παροχή υπηρεσιών και της διαφορετικότητας των δικτύων και των συστημάτων υποστήριξης. Αυτό θα επιφέρει σαν συνέπεια μια δυσκολία στον υπολογισμό της απόδοσης των επενδύσεων (Return Of Investments – ROI), αν και κατά κανόνα οι επενδύσεις θα είναι λιγότερο δαπανηρές για την επέκταση των δικτύων αφού η λειτουργία του OBAN βασίζεται σε ήδη εγκατεστημένη τεχνολογία. Έτσι, η απόδοση θα υπολογίζεται με βάση μικρότερα χρονικά περιθώρια και οι επενδύσεις θα πρέπει να συνυπολογίζονται με υψηλότερη βαρύτητα παράγοντες όπως η ανάλυση κινδύνων για τις ταχύτερες αλλαγές στην αγορά. Οι αναδυόμενες τεχνολογίες και η τιμολογιακή πολιτική, σε συνδυασμό με μια αυξημένη δημιουργικότητα στον τομέα των υποδομών και των ασύρματων τεχνολογιών, θα μπορούσαν να αποτελέσουν το κλειδί για την επιτυχία μιας εταιρείας σε ένα ταχύρρυθμα εξελισσόμενο περιβάλλον (Francis & Fischer, 2003).

Μελλοντική έρευνα

Η ποιότητα των υπηρεσιών αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους δείκτες απόδοσης ενός δικτύου. Δεδομένου ότι ακόμα τα περισσότερα προϊόντα για WLANs δεν υποστηρίζουν τέτοιους ελέγχους ποιότητας, είναι λογικό ότι αυτή η ευθύνη θα βαρύνει τους φορείς που διαχειρίζονται τα δίκτυα, οι οποίοι θα πρέπει να διασφαλίσουν ότι τα δίκτυά τους μπορούν να υποστηρίξουν τον αναμενόμενο αριθμό χρηστών σε μια περιοχή, συνυπολογίζοντας την πιθανότητα εμφάνισης σφαλμάτων λόγω καιρικών συνθηκών ή παρεμβολών. Λόγω του τρόπου λειτουργίας του OBAN είναι λογικό να εμφανίζεται ένας βαθμός αβεβαιότητας αναφορικά με το θέμα του διαμοιρασμού των πόρων στους διερχόμενους χρήστες. Αν δεν υπάρχει αρκετή διαθέσιμη χωρητικότητα σε ένα επισκεπτόμενο LAN, τότε υπάρχει πιθανότητα οι απαιτήσεις ποιότητας να μην ικανοποιούνται. Αυτό μπορεί τελικά να συμβαίνει εξαιτίας του αριθμού των ταυτόχρονων χρηστών στο δίκτυο, επειδή η απόσταση από το σταθμό βάσης είναι ιδιαίτερα μεγάλη ή/και λόγω της κίνησης που δημιουργείται από κάθε χρήστη. Ο συνδυασμός όλων αυτών των θεμάτων και η εξεύρεση ενός αποτελεσματικού τρόπου επίλυσής τους είναι ένα πρόβλημα που χρίζει περαιτέρω έρευνας (Edvardsen et al., 2002).

Ένα ακόμα ζήτημα που απαιτεί περαιτέρω μελέτη είναι αυτό που σχετίζεται με την ευθύνη και την αρμοδιότητα χειρισμού των RGWs. Ως τώρα, κύριος υπεύθυνος για τη ρύθμιση, λειτουργία και συντήρηση του LAN είναι ο κάτοχος του, στη σφαίρα επιρροής του οποίου δεν δικαιούται να υπεισέλθει κανένας από τους υπόλοιπους συμμετέχοντες, όπως ο κάτοχος της γραμμής ή ο πάροχος των υπηρεσιών. Όμως, κανείς δεν μπορεί να εγγυηθεί ότι ο μεμονωμένος χρήστης θα ενδιαφερόταν πραγματικά για το διαμοιρασμό του δικτύου του για δημόσια χρήση και επιπλέον θα αναλάμβανε και την ευθύνη για τη ρύθμιση και τη συντήρηση της συσκευής, βάζοντας έτσι σε κίνδυνο το όλο εγχείρημα. Σε αυτό το σημείο

προσφέρονται αρκετές διαφορετικές εναλλακτικές που πρέπει να διερευνηθούν περαιτέρω για την αποτελεσματικότητά τους:

- Το πιο αδύναμο σενάριο προβλέπει ότι η RGW ανήκει στον οικιακό χρήστη, αλλά ο ιδιοκτήτης της σταθερής γραμμής σύνδεσης είναι υπεύθυνος για τη ρύθμισή της. Σε αυτή την περίπτωση, λόγω περιορισμών από το ρυθμιστικό πλαίσιο, επαφίεται στον εθελοντισμό των χρηστών κατά πόσο θα επιτρέψουν την εγκατάσταση εξοπλισμού μέσα στους χώρους τους. Μεγάλο αντίκτυπο σε μια τέτοια απόφαση αναμένεται να έχουν τα πιθανά ανταποδοτικά οφέλη, όπως για παράδειγμα οι χαμηλότερες χρεώσεις (Edwardsen et al., 2002).
- Στην περίπτωση που οι ρυθμιστικές διατάξεις τροποποιηθούν, έτσι ώστε ο οικιακός χρήστης να μπορεί να απαλλαγεί από το βάρος της διαχείρισης της RGW, υπάρχει η δυνατότητα είτε αρμόδιος να είναι ο ιδιοκτήτης της γραμμής του δικτύου, είτε ο πάροχος των δικτυακών υπηρεσιών. Αν και η επιλογή ενός από τους δύο έχει αμελητέα επίπτωση στον τελικό χρήστη, η σημασία είναι ιδιαίτερα μεγάλη για τους εμπλεκόμενους που επιχειρούν να αυξήσουν το μερίδιό τους στην αγορά των τηλεπικοινωνιών και επιδίδονται σε κούρσες ανταγωνισμού και συμφωνίες στρατηγικής σημασίας (Eskedal et al., 2003).

Ολοκληρώνοντας, αξίζει να αναφερθούν μερικά ακόμα θέματα η μελέτη των οποίων προσφέρεται για περαιτέρω εμβάθυνση, καθώς οι καινοτομίες που το OBAN επιφέρει είναι πολλές και σε ποικίλους τομείς. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι οι πολιτικές των χρεώσεων και της περιαγωγής, τα βιώσιμα επιχειρηματικά μοντέλα που μπορούν να αναπτυχθούν, η πιθανότητα ανάπτυξης κοινοτήτων peer-to-peer με τη χρήση του OBAN και η επίπτωση αυτών στην αγορά, οι απαιτούμενες τροποποιήσεις του ρυθμιστικού πλαισίου, νέες υπηρεσίες που είναι σίγουρο ότι θα προκύψουν, καθώς και η εξέλιξη της λειτουργικότητας των τερματικών (Eskedal et al., 2003).

Βιβλιογραφία

- Edvardsen, E. (2004) “Fixed and Mobile Convergence”. *Broadband European Conference*. Μπριζ, Βέλγιο 08-10 Δεκεμβρίου.
- Edvardsen, E., Eskedahl, T. G. & Ardal, A. (2002a) “Open Access Network”. *Interworking’2002*. Περθ, Αυστραλία 13-16 Οκτωβρίου.
- Edvardsen, E., Eskedal, T. G. & Arnes, A. (2002) *Open Access Networks*. [Internet] OBAN Project. Διαθέσιμο από http://oban.tubit.tu-berlin.de/html/presentations_papers.html (προσπελάστηκε 23 Νοεμβρίου 2009).
- Eskedal, T.G., Venturin, R., Grgic, I., Andreassen, R., Francis, J. C. & Fischer, C. (2003) *Open Access Network Concept, a B3G Case Study*. [Internet] OBAN Project. Διαθέσιμο από http://oban.tubit.tu-berlin.de/html/presentations_papers.html (προσπελάστηκε 23 Νοεμβρίου 2009).
- Francis, J. C. & Edvardsen, E. (2006) “OBAN, Exploiting the Local Loop for Public Wireless Broadband”. *Broadband European Conference*. Γενεύη, Ελβετία 11-14 Δεκεμβρίου.
- Francis, J. C. & Fischer, C. (2003) ‘Mobile Networks Beyond 3G’, Swisscom Innovations’ Programmes.
- Håkegård, J. E., Myhre, B., Lehne, P. H., Ormhaug, T., Bjugan, V., Mondin, M., Elkotob, M. & Steuer, F. (2005) *OBAN Project Deliverable D8: Scenarios and wireless performance and coverage*. [Internet] OBAN Project. Διαθέσιμο από http://oban.tubit.tu-berlin.de/html/project_deliverables.html (προσπελάστηκε 23 Νοεμβρίου 2009).

- Jaatun, M. G. (2006) “Security, Mobility and QoS in Open Access: Can You Get Three Things at Once?”. *Broadband European Conference*. Γενεύη, Ελβετία 11-14 Δεκεμβρίου.
- Jaatun, M. G. & Panken, F. (2006) “Security, Mobility and QoS in Open Access: Can You Get Three Things at Once?”. *Broadband European Conference*. Γενεύη, Ελβετία 11-14 Δεκεμβρίου.
- Jaatun, M. G., Tøndel, I. A., Johannessen, T. H., Paint, F., Francis, J. F. & Duranton, C. (2006) “Secure Fast Handovers in an Open Broadband Access Network using Kerberos-style Tickets”. *21st IFIP International Information Security Conference*. University of Karlstad. Κάρλσταντ, Σουηδία 24 Μαΐου.
- Kälberer, S. (2007) *OBAN Project Deliverable D12: Testbook for verification of crucial properties of OBAN*. [Internet] OBAN Project. Διαθέσιμο από http://oban.tubit.tu-berlin.de/html/project_deliverables.html (προσπελάστηκε 23 Νοεμβρίου 2009)
- OBAN Project (χωρίς ημερομηνία). [Internet] Διαθέσιμο από <http://oban.tubit.tu-berlin.de/index.html> (προσπελάστηκε 23 Νοεμβρίου 2009)
- Panken, F., Bryhni, H., Engelstad, P., Hansson, L., Hoekstra, G., Jaatun, M. G. & Johannessen, T. H. (2006) *OBAN Project Deliverable D30: Condensed OBAN architecture*. [Internet] OBAN Project. Διαθέσιμο από http://oban.tubit.tu-berlin.de/html/project_deliverables.html (προσπελάστηκε 23 Νοεμβρίου 2009)
- (χωρίς συγγραφέα) (2004) *OBAN Project Deliverable D2: Project Presentation*. [Internet] OBAN Project. Διαθέσιμο από http://oban.tubit.tu-berlin.de/html/project_deliverables.html (προσπελάστηκε 23 Νοεμβρίου 2009)