



Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

«Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΣΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΝΕΦΟΥΣ CLOUD – ORIENTED WOBAN NETWORKS
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	Γεώργιος Φλέσσας
Πατρώνυμο	Ιωάννης
Αριθμός Μητρώου	ΜΠΣΠ/ 11053
Επιβλέπων	ΔΡ. Χρήστος Δουληγέρης

Ημερομηνία Παράδοσης **Απρίλιος 2015**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Χρήστος Δουληγέρης
Καθηγητής

Δημήτριος Βέργαδος
Επίκουρος Καθηγητής

Παναγιώτης Κοτζανικολάου
Λέκτορας

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στην οικογένεια μου, που μου στάθηκε όλα αυτά τα χρόνια με απεριόριστη υπομονή...

Γεώργιος Φλέσσας

Απρίλιος 2015

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι ολοένα και αυξανόμενες ανάγκες των χρηστών του διαδικτύου για περισσότερη ευελιξία σε εφαρμογές που χρησιμοποιούνται σε πάνω από μία συσκευές, οδήγησε στην δημιουργία και κατ' επέκταση ανάπτυξη του υπολογιστικού νέφους.

Τα υβριδικά ασύρματα - οπτικά δίκτυα (WOBAN) αποτελούν μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία, τόσο για το χαμηλό κόστος υλοποίησής τους, όσο και για το λόγο ότι οι χρήστες απολαμβάνουν ευρυζωνικές υπηρεσίες υψηλών επιδόσεων.

Στα WOBAN, και οποιαδήποτε υπηρεσία, απαιτεί πολυβηματική επικοινωνία διαμέσου ασύρματων δικτύων MESH, PON με τους αντίστοιχους εξυπηρετητές στις εφαρμογές του εκάστοτε παρόχου. Αυτή η διαδικασία μπορεί να προκαλέσει συμφόρηση στο δίκτυο προκαλώντας αντίστοιχα μειωμένες αποδόσεις.

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή παρουσιάζεται η ανάπτυξη της τεχνολογίας των WOBAN δικτύων διαμέσου του υπολογιστικού νέφους αξιοποιώντας τους διαθέσιμους πόρους των ασύρματων επικοινωνιών παρέχοντας υψηλότερη επεκτασιμότητα και μειώνοντας αντίστοιχα το φαινόμενο της συμφόρησης.

ABSTRACT

The ever-growing needs of Internet users for greater flexibility in applications that are used in more than one device led to the creation and development of cloud computing.

The hybrid wireless – optical broadband access networks (WOBAN) are a promising technology for both low maintenance cost of implementing, and for the reason that users enjoy broadband high performance services.

At WOBAN networks, any service requires multi-hop communication between MESH and PON wireless networks and their respective applications servers on internet provider. This process can lead to network congestion causing the phenomenon of bottleneck.

On this master thesis, we will analyze the development of WOBAN networks technology through cloud computing reclaiming the available wireless recourses, in order to avoid the compression utilizing problem.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	6
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	7
1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ	9
2.1 Τι είναι το Υπολογιστικό Νέφος	9
2.2 Βασικές έννοιες	9
2.3 Εξέλιξη.....	10
2.4 Υπηρεσίες ICT.....	13
2.5 Βασικά χαρακτηριστικά του Υπολογιστικού Νέφους	14
2.6 Εφαρμογές Υπολογιστικού Νέφους	15
2.7 Πλεονεκτήματα από τη χρήση του Υπολογιστικού Νέφους	16
3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΤΑ.....	18
3.1 Γενική περιγραφή	18
3.2 Πλεονεκτήματα και υλοποίηση δικτύου WOBAN	19
3.2.1 Προτεινόμενη αρχιτεκτονική δικτύου πρόσβασης	20
3.2.2 Επικοινωνία δεδομένων διαμέσου δικτύου WOBAN	23
3.3 Χρησιμοποίηση αλγορίθμων στα δίκτυα WOBAN	23
3.4 Χαρακτηριστικά	24
3.5 Διαδικασία ανάπτυξης	25
3.5.1 Control Plane issues	25
3.5.2 Data Plane Issues	26
3.5.3 Management Plane Issues.....	26
3.6 Ενέργεια και αποτελεσματικότητα κόστους στα δίκτυα WOBAN	26
3.6.1 Επιχείρημα για αρχιτεκτονικές προσεγγίσεις	27
3.6.2 Μεικτή χωρητικότητα πρόσβασης	28
3.6.3 Πρόσβαση Long Reach.....	28
3.6.4 Green WOBAN.....	29
3.7 Πιθανότητες σύνδεσης στο Wireless Mesh διαμέσου WOBAN	30
3.7.1 Σταθμοί βάσης.....	30

3.7.2 Διαθεσιμότητα Διαδρομομής και Αξιολόγηση.....	32
4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: CLOUD ΜΕΣΩ WOBAN	34
4.1 Εισαγωγή.....	34
4.2 Υβριδικά clouds	34
4.3 Cloud διαμέσου WOBAN.....	37
4.4 Αρχιτεκτονική Cloud διαμέσου WOBAN.....	39
5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	42
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	43

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1 : Υπολογιστικό Νέφος – Το αποτέλεσμα δυο συγκλινουσών τάσεων.....	11
Εικόνα 2.2 : Εξέλιξη του Υπολογιστικού Νέφους	12
Εικόνα 2.3 : Απαιτήσεις ICT υπηρεσιών	14
Εικόνα 2.4 : Απεικόνιση ορισμού για την αρχιτεκτονική του Υπολογιστικού Νέφους	16
Εικόνα 2.5 : Εφαρμογές Υπολογιστικού Νέφους	17
Εικόνα 3.1 : Δίκτυο	19
Εικόνα 3.2 : Αρχιτεκτονική δικτύου WOBAN	21
Εικόνα 3.3 : Προτεινόμενη αρχιτεκτονική WOBAN	22
Εικόνα 3.4 : Προσομοίωση οπτικού backhaul.....	23
Εικόνα 3.5 : Αλγόριθμος CaDAR.....	24
Εικόνα 3.6 : Σύστημα πρόσβασης long reach σε σύστημα WOBAN	32
Εικόνα 3.7 : MIT Wireless.....	34
Εικόνα 4.1 : Traditional cloud access in WOBAN	36
Εικόνα 4.2 : Τα μοντέλα ανάπτυξης των υπηρεσιών Υπολογιστικού Νέφους	38
Εικόνα 4.3 : Αρχιτεκτονική Hybrid WMN's.....	39
Εικόνα 4.4 : Υβριδικό Νέφος	40
Εικόνα 4.5 : Αρχιτεκτονική δικτύου cloud μέσω WOBAN.....	41
Εικόνα 4.6 : Διάφορες προσεγγίσεις εφαρμογής Cloud μέσω WOBAN (CoW)	43

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1 : Τεχνικές διαφορές ανάμεσα στο Grid Computing και στο Cloud Computing	13
Πίνακας 3.1 : Γενικές ρυθμίσεις WOBAN front-end.....	24

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η γρήγορη εξέλιξη των υλικών τεχνολογίας σε συνδυασμό με την επεκτασιμότητα της επικοινωνίας σε όλη την επικράτεια καθώς επίσης και της διαθεσιμότητας των λύσεων εικονικοποίησης, οδηγούν σε καινούρια μοντέλα λειτουργίας για. Το Υπολογιστικό Νέφος είναι ένα από αυτά, που δεν αποτελεί μια επανάσταση του κλάδου της πληροφορικής αλλά μια πρόοδο του.

Στη σύγχρονη εποχή το Υπολογιστικό Νέφος υπόσχεται αξιόπιστες υπηρεσίες, οι οποίες προσφέρονται διαμέσου των κέντρων δεδομένων καινούριας γενιάς, έχοντας αναπτυχθεί επάνω σε εικονικούς υπολογιστές και αποθηκευτικές εφαρμογές. Οι πελάτες θα έχουν την ευχέρεια να αποκτήσουν πρόσβαση σε καινούργιες, ακόμα πιο εξελιγμένες και σύγχρονες τεχνολογίες αλλά και σε δεδομένα κατ' απαίτηση από ένα «σύννεφο» άυλου χώρου.

Οι φυσικοί πόροι περιέχονται στην κατοχή των υπηρεσιών του παρόχου. Τα έξοδα μίσθωσης αλλάζουν κάθε φορά σύμφωνα με την κατανάλωση που υπάρχει στον κάθε πόρο. Η ολική επιβάρυνση καθορίζεται βάσει της χρησιμοποίησης όλων των υπηρεσιών που προσφέρει η συγκεκριμένη τεχνολογία. Η εν λόγω τεχνολογία ελαττώνει αισθητά τα έξοδα διαχείρισης καθώς δεν απαιτείται η αγορά διακομιστών με στόχο τη φιλοξενία των συγκεκριμένων εφαρμογών. Δεν έχει, δηλαδή κόστος φυσικής υποδομής όπως για παράδειγμα κατανάλωση ισχύος, έξοδα εξυπηρέτησης, αλλά μόνο μικρό αριθμό προσωπικού το οποίο απαιτείται μονάχα για τη διαδικασία συντήρησης.

Βασικός στόχος της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής διατριβής, είναι να μελετήσει διεξοδικά και να ερευνήσει την παραπάνω τεχνολογία παρουσιάζοντας πως αυτή μπορεί να συνδυαστεί με τα υβριδικά συστήματα WOBAN. Αρχικά, θα αναλυθεί η τεχνολογία του Υπολογιστικού Νέφους, όπου θα παρουσιαστεί το τι ακριβώς είναι, μερικές βασικές έννοιες, το πως εξελίχθηκε μέχρι και σήμερα, τις σημαντικότερες εφαρμογές και υπηρεσίες που έχει, αναλύοντας όλα τα βασικά γνωρίσματα που περιέχονται στη συγκεκριμένη τεχνολογία καθώς επίσης και τα κυριότερα πλεονεκτήματα και οφέλη που παρέχει στη σύγχρονη κοινωνία.

Σημαντικό κομμάτι, αφορά τα ασύρματα υβριδικά δίκτυα, που στο 2^ο κεφάλαιο θα γίνει εκτενής μελέτη για αυτά και γενικότερα για τα συστήματα του Υπολογιστικού Νέφους. Τα συγκεκριμένα δίκτυα είναι μια αρκετά υποσχόμενη τεχνολογία, τόσο σε ό,τι έχει να κάνει με το κόστος υλοποίησης τους όσο και για την αιτία πως οι χειριστές απολαμβάνουν ευρυζωνικές υπηρεσίες μεγάλων επιδόσεων. Τέλος στο τελευταίο κεφάλαιο της, θα μελετήσουμε διεξοδικά πως η τεχνολογία του Υπολογιστικού Νέφους μπορεί να συνδυαστεί με τα δίκτυα τύπου WOBAN. Με τον τρόπο αυτόν θα προσπαθήσουμε να παρουσιάσουμε την ανάπτυξη της τεχνολογίας με τη χρήση του Υπολογιστικού Νέφους αξιοποιώντας τους διαθέσιμους πόρους των ασύρματων επικοινωνιών προσφέροντας μεγάλη επεκτασιμότητα και παράλληλα ελαττώνοντας σημαντικά τα αντίστοιχα φαινόμενα της συμφόρησης.

2° ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ

2.1 Τι είναι το Υπολογιστικό Νέφος

Στη σύγχρονη εποχή, εάν θέσουμε σαν ερώτημα «τι είναι το Υπολογιστικό Νέφος» σε διαφορετικά άτομα, θα κατανοήσουμε πως δεν υφίσταται μια απλοποιημένη απάντηση. Οι απόψεις των ανθρώπων διαφοροποιούνται για το συγκεκριμένο ζήτημα. Για μερικούς, η έννοια αυτή αφορά την πρόσβαση του λογισμικού και τη διαδικασία αποθήκευσης δεδομένων στο λεγόμενο σύννεφο το οποίο υφίσταται στο διαδίκτυο είτε σε ένα δίκτυο το οποίο κάνει χρήση των συγκεκριμένων υπηρεσιών. Σε πιο παλιά εποχή, ήταν ευρέως διαδεδομένο σαν utility computing, grid computing αλλά και με διάφορες άλλες ονομασίες από διαφοροποιημένες τεχνολογίες και εφαρμογές που απαιτούσαν χρόνο για την ωρίμανση τους και να γίνουν οικονομικά ελκυστικές (Σκούρτη, 2012).

Η τεχνολογία του υπολογιστικού νέφους αφορά την προσφορά της ενημέρωσης σαν υπηρεσία και όχι σαν ένα αγαθό, βάσει του οποίου υφίσταται ο διαμερισμός πόρων, λογισμικού ή δεδομένων που προσφέρονται στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και σε διάφορες άλλες συσκευές. Αυτή η διαδικασία γίνεται από ένα βοηθητικό μηχανισμό (όπως για παράδειγμα το ηλεκτρικό δίκτυο) διαμέσου ενός άλλου δικτύου, το οποίο τις περισσότερες φορές είναι το γνωστό σε όλους μας διαδίκτυο.

Το Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογίας (NIST) έχει καθορίσει με σαφήνεια και ακρίβεια όλες τις παραπάνω ορολογίες, οι οποίες έχουν άμεση σχέση με την τεχνολογία που μελετάμε στην εν λόγω ενότητα της εργασίας αυτής, έχοντας σαν κυριότερο στόχο να αναπτύξει ένα καθορισμένο πρότυπο, έναν κοινό κώδικα επικοινωνίας ο οποίος θα βοηθήσει σημαντικά στην εύκολη αλλά και συνάμα αποτελεσματική ανταλλαγή ιδεών ανάμεσα στους ενδιαφερόμενους χρήστες για παρόμοια ζητήματα. Οι βασικότερες έννοιες, της συγκεκριμένης τεχνολογίας, που υπάρχουν στη σύγχρονη εποχή αναλύονται στην επόμενη ενότητα της εργασίας (Ζεάκης, 2011 : 1).

2.2 Βασικές έννοιες

Ο συγκεκριμένος όρος είναι δύσκολο να αποδοθεί καθώς η κάθε εταιρία κάνει χρήση της δικής της ερμηνείας. Για παράδειγμα η IBM, καλεί «Blue Cloud» τη δομή την οποία οριοθετεί σαν βάση. Η συγκεκριμένη βάση αφορά ως επί το πλείστον ένα συνδυασμό υπολογιστικών συστημάτων, όπου στην επεξεργαστική ισχύ περιλαμβάνονται παράλληλα και δομές SaaS (το οποίο στη διεθνή βιβλιογραφία σημαίνει software as a service) και αποτελεί το όραμα της εταιρίας salesforce.com.

Βάσει των μελετών που έχουν πραγματοποιηθεί τα προηγούμενα χρόνια από τη Forest Research, η έννοια του υπολογιστικού νέφους, αφορά μια δεξαμενή πληροφοριών μεγάλης επεκτασιμότητας, που προβλέπει στην αναβάθμιση των εφαρμογών των πελατών, τιμολογούμενων ανάλογα με την εκάστοτε χρήση. Την ώρα που οι πάροχοι των SaaS εστιάζουν κυρίως στον κλάδο των εφαρμογών, οι αντίστοιχοι των cloud ομαδοποιούν τα δεδομένα των πελατών τους, περιέχοντας ταυτόχρονα στο δίκτυό τους τον υπολογισμό αλλά και την αποθήκευση καθορισμένων πόρων.

Το σύνολο των βασικών εννοιών που έχουν δοθεί έως σήμερα έχουν ένα κοινό γνώρισμα. Το βασικό αυτό χαρακτηριστικό αφορά το διαδίκτυο, στο οποίο όλα γίνονται μέσω του παγκόσμιου ιστού, όπως για παράδειγμα οι IT εφαρμογές, οι πλατφόρμες αλλά και οι δομές οι οποίες έχουν την ευχέρεια επέκτασης βάσει των αναγκών των χρηστών, δίχως τη φυσική παρουσία υλικού το οποίο μπορεί να αποθηκευτεί τοπικά. (Pauly, 2008)

Η ελληνική μετάφραση της συγκεκριμένης ορολογίας είναι υπολογιστικό νέφος, το οποίο είναι μια καινούρια τεχνολογία που βοηθάει στη διαδικασία αποθήκευσης, επεξεργασίας

αλλά και χρησιμοποίησης πληροφοριών σε απομακρυσμένους ηλεκτρονικούς υπολογιστές οι οποίοι έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο. Αφορά, λοιπόν μια παγκόσμια τεχνολογική υποδομή όπου οι χειριστές κάνουν χρήση καθορισμένου λογισμικού και στοιχείων που είτε είναι εγκατεστημένα και βρίσκονται εκτός του ατομικού ηλεκτρονικού υπολογιστή είτε κάποιας διαφορετικής ψηφιακής συσκευής.

Οι χειριστές συνδέονται στις συσκευές αυτές διαμέσου του διαδικτύου, μη γνωρίζοντας τη φύση αλλά ούτε και την ακριβή τοποθεσία του εξυπηρετητή στον οποίο οι πληροφορίες και το λογισμικό είναι εγκατεστημένα. Στην προ υπολογιστικού νέφους εποχή, οι χειριστές συνήθιζαν να μεταδίδουν επεξεργασμένες πληροφορίες ανάμεσα σε δύο είτε περισσότερους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Αντίθετα, στη σημερινή εποχή, με τη χρήση της τεχνολογίας αυτής, οι χρήστες έχουν την ευχέρεια αποθήκευσης και πρόσβασης σε πληροφορίες οι οποίες είναι εγκατεστημένες ακόμα και σε εξωτερικά συστήματα που δεν αποτελούν τους βασικούς κατόχους καθώς δεν έχουν τη δυνατότητα ελέγχου και δεν εντοπίζονται εύκολα οι συγκεκριμένες πληροφορίες. Τα μοναδικά δεδομένα του χρήστη, περιορίζονται στον πάροχο πρόσβασης της συγκεκριμένης υπηρεσίας αλλά παράλληλα έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν και να επεξεργάζονται διάφορα δεδομένα. (Owakah, 2013)

2.3 Εξέλιξη

Για να κατανοήσουμε ακριβώς την συγκεκριμένη τεχνολογία, είναι απαραίτητο να καταλάβουμε πρώτα πώς αναπτύχθηκε το συγκεκριμένο μοντέλο. Το μοντέλο αυτό είναι μια φυσική και λογική εξέλιξη της πληροφορικής, έχοντας σαν γνώμονα διάφορες υπηρεσίες, οι οποίες αναπτύσσονται στον συγκεκριμένο τομέα, όπως είναι υπηρεσίες Cloud δρώντας σαν επεκτάσεις του μοντέλου των πάροχων υπηρεσιών διαδικτύου.

Στην αρχή, το μοντέλο αυτό αναπτύχθηκε με ταχείς ρυθμούς όπου υπήρξε πολλαπλασιασμός των παροχών πρόσβασης στο διαδίκτυο σε οργανισμούς αλλά και σε αρκετούς ιδιώτες. Οι συγκεκριμένες τεχνολογίες προέβλεπαν τη σύνδεση στο διαδίκτυο για χειριστές και μικρομεσαίες εταιρίες, οι οποίες ως επί το πλείστον έκαναν χρήση των υπηρεσιών dial-up. Όσο περισσότερο η σύνδεση στο διαδίκτυο δρούσε σαν ένα καινούριο εμπόρευμα τόσο περισσότερο και οι συγκεκριμένες τεχνολογίες αναπτυσσόταν και ενώνονταν με άλλες προστιθέμενης αξίας όπως η προσφορά πρόσβασης στο ηλεκτρονικό ταχυδρομείο σε διακομιστές με ISP 2.0(Reaz et al. 2010).

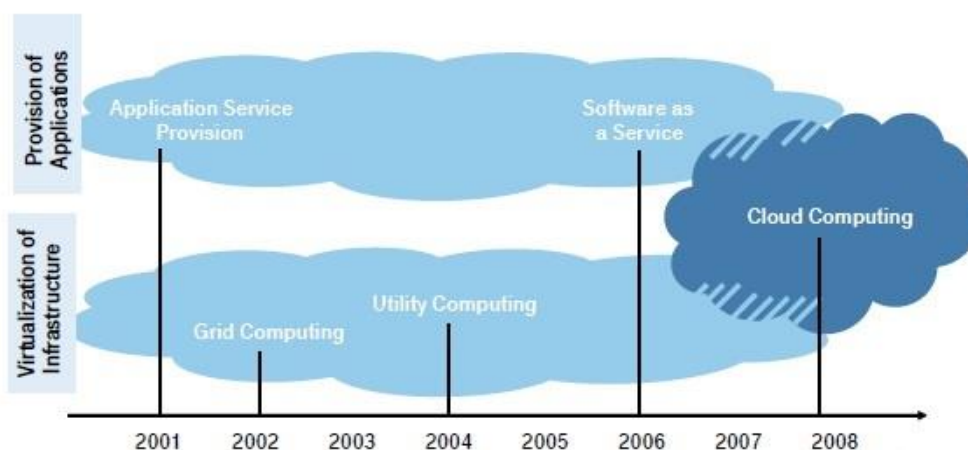
Η συγκεκριμένη έκδοση βοήθησε σημαντικά την ειδικευμένη εγκατάσταση σε διακομιστές φιλοξενίας διάφορων οργανισμών, μαζί με την υποδομή και τη βοήθεια των συγκεκριμένων εξυπηρετητών και πρακτικών. Οι εγκαταστάσεις αυτές, ονομάζονται collocation facilities και είναι ένα είδος κέντρων δεδομένων, στο οποίο αρκετοί καταναλωτές εντοπίζουν δίκτυα, διακομιστές αλλά και διάφορα εργαλεία αποθήκευσης και συνδέονται σε μια πληθώρα τηλεπικοινωνιών και άλλων παροχών υπηρεσιών δικτύων με πάρα πολύ μικρό κόστος και πολυπλοκότητα. Η τεράστια αυτή εξέλιξη οδήγησε στην ανάπτυξη των ASPs που εστίασαν σε μια πιο μεγάλη προστιθέμενη αξία ειδικευμένων πρακτικών για οργανισμούς και όχι μονάχα για υπολογιστικές δομές όπως τα προηγούμενα μοντέλα.

Παρά το γεγονός πως το συγκεκριμένο μοντέλο μοιάζει αρκετά με το μοντέλο του Υπολογιστικού Νέφους, υφίσταται μια καθοριστική διαφοροποίηση που έχει σχέση με το πώς προσφέρονται οι εκάστοτε υπηρεσίες. Αυτές οι υπηρεσίες, προσφέρονται σε πολλαπλούς χρήστες διαμέσου εξειδικευμένων δομών. Αυτό σημαίνει πως όλοι οι χρήστες είχαν την προσωπική τους αίτηση η οποία έτρεχε διαμέσου ενός εξειδικευμένου διακομιστή (Σολδάτου, 2013 ; 6). Η σοβαρή διαφοροποίηση ανάμεσα στο μοντέλο που μελετάμε στη συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διατριβή και στο ASPs είναι πως το 1^ο παρέχει πρόσβαση σε εφαρμογές σε μια κοινόχρηστη υποδομή ενώ το ASPs όχι.

Το πρώτο ουσιαστικό βήμα για την ανάπτυξη του Υπολογιστικού Νέφους υλοποιήθηκε το 2006 και πιο συγκεκριμένα από την εταιρία Amazon, η οποία αποτελεί έως σήμερα κολοσσό στις πωλήσεις του διαδικτύου. Στις 26 Απριλίου εκείνης της χρονιάς, η συγκεκριμένη επιχείρηση έτρεξε τη δοκιμαστική έκδοση του πιλοτικού προγράμματος Elastic Computing Cloud, είτε όπως καλείται εν συντομία EC₂ για τη διευκόλυνση των προγραμματιστών στη χρησιμότητα της υπάρχουσας δομής της επιχείρησης διαμέσου του διαδικτύου.

Έως εκείνη την ώρα, η έννοια του Υπολογιστικού Νέφους δεν ήταν ευρέως διαδεδομένη, κάτι το οποίο πραγματοποιήθηκε τον Μάρτιο του 2007, στην Αγγλική έκδοση της Wikipedia. Η Dell επιθυμώντας να επωφεληθεί της δράσης αυτής, κατόρθωσε μετά από μερικούς μήνες να κατοχυρώσει τα πνευματικά δικαιώματα, κάτι όμως που έμελε να κρατήσει μονάχα για μερικές ημέρες.

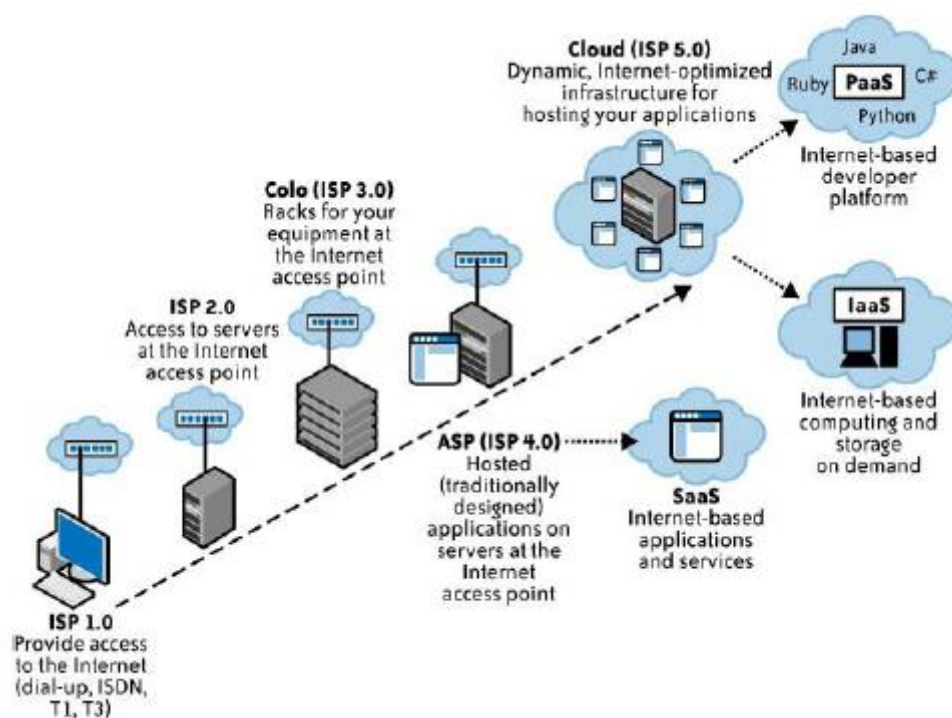
Την επόμενη χρονιά, παρουσιάστηκε ένα πλεόνασμα ενεργών χρηστών στο ολόένα και πιο δημοφιλή για την εποχή, όρο του Υπολογιστικού Νέφους. Από την περίοδο εκείνη, μέχρι και τη σύγχρονη εποχή, στην απλή χρήση της υπηρεσίας για αποθήκευση πληροφοριών ήρθε να προστεθεί η χρησιμότητα σε επίπεδο εφαρμογών. Με τον τρόπο, αυτόν οι απλές υπηρεσίες πέρασαν από την απλή στατική δομή των ηλεκτρονικών υπολογιστών στο διαδίκτυο (Reaz et al, 2011).



Εικόνα 2.1 : Υπολογιστικό Νέφος – Το αποτέλεσμα δυο συγκλινουσών τάσεων (Pauly, 2008 : 4)

Γενικότερα, η έννοια του νέφους αναπτύχθηκε από τη σύγκλιση διαφοροποιημένων παραγόντων οι οποίοι έχουν άμεση σχέση με την τεχνολογική ανάπτυξη, τη νοοτροπία αλλά και με τις οικονομικές εξελίξεις. Η εικονικότητα ήταν ο βασικός πυλώνας ανάπτυξης της καινούριας αυτής τεχνολογίας. Το συγκεκριμένο σύστημα εστιάζει κυρίως στην οικοδόμηση ενός αφηρημένου μοντέλου μιας είτε πιο πολλών διαμορφωμένων δεδομένων με τρόπο τέτοιο έτσι ώστε να αναπτύσσονται εικονικές συσκευές. Με τον τρόπο αυτόν, όλη η υποδομή εφαρμογών είναι εντελώς αποσυνδεδεμένη από την υλική υποδομή η οποία τη στηρίζει. Σε πιθανότητα ζημιάς του ηλεκτρονικού υπολογιστή, η εταιρεία προσφέρει μια εναλλακτική συσκευή σε διαφοροποιημένη τοποθεσία.

Η συγκεκριμένη τεχνολογία άρχισε με ένα μικρό φάσμα λειτουργιών, που δεν απαιτούσε μια παρατεταμένη ροή δεδομένων, όπως λειτουργίες ηλεκτρονικού ταχυδρομείου που αποθήκευαν διάφορα μηνύματα σε καθορισμένους διακομιστές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα συγκεκριμένων λειτουργιών ήταν το Yahoo, το Gmail αλλά και το Hotmail. Με τις σύγχρονες βελτιώσεις σε ό,τι έχει να κάνει με την εξοικονόμηση αλλά και την μεγαλύτερη διαθεσιμότητα, οι παραπάνω υπηρεσίες επεκτάθηκαν ακόμη περισσότερο (Ζεάκης, 2011). Η συγκεκριμένη επέκταση βοήθησε σημαντικά, καθώς στη σύγχρονη εποχή υφίσταται η ευχέρεια μετάδοσης σε streaming μεγάλης ποιότητας του δημιουργικού περιεχομένου σε πραγματικό χρόνο.



Εικόνα 2.2 : Εξέλιξη Υπολογιστικού Νέφους (Σολδάτου, 2013 : 7)

Ένας ακόμα καθοριστικός παράγοντας της εξέλιξης της συγκεκριμένης τεχνολογίας, εκτός από το γεγονός πως στη σύγχρονη εποχή έχει πάρα πολλές ηλεκτρονικές συσκευές, ήταν και η αλλαγή νοοτροπίας των καταναλωτών. Η εν λόγω πρόοδος βοήθησε σημαντικά στην ευρεία και άμεση εξάπλωση του Υπολογιστικού Νέφους. Στη σύγχρονη εποχή, η χρησιμοποίηση του διαδικτύου είναι ανατακλαστική (Owakah, 2013). Οι εισερχόμενες από το Web 2.0 λογικές συνεργασίες έχουν εδραιωθεί πια στα ήθη, με συνέπεια να έχει αναπτυχθεί σημαντικά το πνεύμα από-υλοποίησης.

Το συγκεκριμένο μοντέλο αφορά τόσο τις εφαρμογές οι οποίες προσφέρονται ως υπηρεσίες διαμέσου του διαδικτύου, όσο και στο υλικό και τους μηχανισμούς λογισμικού στο κέντρο δεδομένων το οποίο προσφέρουν οι παραπάνω υπηρεσίες. Από την πλευρά της υλοποίησης, υπάρχουν τρεις πτυχές οι οποίες έχουν άμεση σχέση με την καινούρια μορφή του υπολογιστικού νέφους και είναι η ψευδαίσθηση, η κατάρνηση της πρότερης δέσμευσης και η ευχέρεια αποπληρωμής. Η πρώτη αφορά την ψευδαίσθηση του άπειρου των υπολογιστικών πόρων οι οποίοι είναι διαθέσιμοι κατ'απαίτηση, διασφαλίζοντας με τον τρόπο αυτόν την ανάγκη για το συγκεκριμένο μοντέλο.

Σε ό,τι αφορά την κατάρνηση του *upfront*, που είναι η δεύτερη πτυχή που αναφέρθηκε παραπάνω, θα πρέπει να τονιστεί πως αφορά τις δεσμεύσεις από τους χειριστές του Cloud. Με αυτόν τον τρόπο οι επιχειρήσεις επενδύουν σε μικρούς και μη κοστοβόρους πόρους υλικών μόνο όταν υφίσταται ανοδική τάση των γενικότερων αναγκών. Τέλος, σε ό,τι έχει να κάνει με την τρίτη πτυχή είναι απαραίτητο να επισημανθεί πως αφορά την ευχέρεια αποπληρωμής για τη χρησιμοποίηση υπολογιστικών πόρων που χρειάζονται σε βραχυπρόθεσμη βάση (όπως για παράδειγμα επεξεργαστές με την ώρα και διαδικασία αποθήκευσης σε ημερήσια βάση) και η απελευθέρωσή τους όταν χρειάζεται (Σολδάτου, 2013 : 8). Με τον τρόπο αυτόν, υπάρχει η δυνατότητα κερδοφορίας σε ό,τι έχει να κάνει με τη συντήρηση, αφήνοντας τις συσκευές αλλά και την αποθήκη μη ενεργή όταν δεν απαιτείται.

Πίνακας 2.1 : Τεχνικές διαφορές ανάμεσα στο Grid Computing και στο Cloud Computing

	Grid Computing	Cloud Computing
Χρησιμοποιούμενα μέσα	Κατανομή σε πολλαπλούς διακομιστές (servers) μιας απλής διαδικασίας	Εικονικοί διακομιστές, ένας διακομιστής εκτελεί αρκετές διαδικασίες παράλληλα
Τυπικό μοτίβο χρησιμοποίησης	Τις περισσότερες φορές γίνεται χρήση για εκτέλεση εργασιών όπως για παράδειγμα ενός προγράμματος για περιορισμένο χρόνο	Τακτική χρησιμοποίηση για υπηρεσίες μακρόχρονης υποστήριξης
Επίπεδος χρήσης εικονικών μέσων	Περιορισμένη χρήση εικονικών μέσων	Εκτεταμένη χρήση εικονικών μέσων

2.4 Υπηρεσίες ICT

Σύμφωνα με τις έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί τα προηγούμενα χρόνια, το υπολογιστικό νέφος θα τροποποιήσει σημαντικά την αγορά του σήμερα. Τι πραγματικά είναι εκείνο το οποίο καθοδηγεί τον τεχνολογικό κόσμο προς αυτή την κατεύθυνση το τελευταίο διάστημα και όχι κατά τη διάδοση του παγκόσμιου ιστού λίγα έτη πιο πριν;

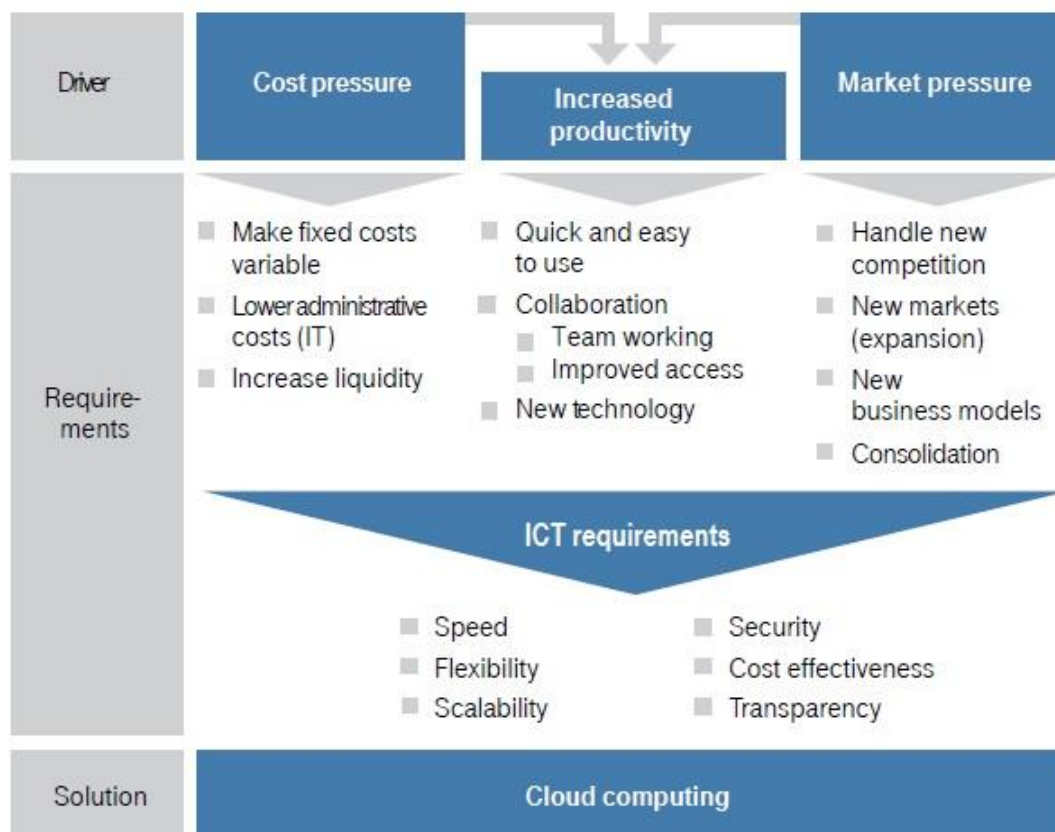
Η βαθύτερη έννοια του παραπάνω ερωτήματος και της συγκεκριμένης ανάγκης είναι το ίδιο το τεχνολογικό επίτευγμα. Η επιστήμη και η τεχνολογία γενικότερα, προχωρούν και εξελίσσονται με ραγδαίους ρυθμούς έχοντας ως αποτέλεσμα την εύρεση καινοτόμων λύσεων ως εφελθία δύναμη στην μελέτη καινούριων εφαρμογών. Καθοριστικός παράγοντας στη ραγδαία αυτή εξέλιξη της συγκεκριμένης λύσης, είναι οι εταιρίες οι οποίες απαιτούν άμεσους χρόνους αντίδρασης, κάτι το οποίο οι εφαρμογές cloud παρέχουν με ελάχιστο κόστος και με εξαιρετική αποτελεσματικότητα. Η ανοδική τάση της παραγωγικότητας μαζί με το γεγονός της ελάττωσης του κόστους εργασίας αποτελεί τον κυριότερο σκοπό κάθε επιχείρησης της σύγχρονης εποχής.

Οι ενεργές εταιρίες ανταγωνίζονται σε διεθνή επίπεδο, εξαιτίας της προόδου και της εξέλιξης που παρουσίασε όλα αυτά τα χρόνια το διαδίκτυο έχοντας, ακόμα, σαν αντίπαλο το κόστος της ισχύος του ανθρώπινου δυναμικού αλλά και των πρώτων υλών. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, την αναγκαιότητα για προσαρμογή της κάθε επιχείρησης στο συγκεκριμένο παιχνίδι, ελαττώνοντας παράλληλα το λειτουργικό της κόστος, με κυριότερο σκοπό να κατορθώσουν να ανταπεξέλθουν στις δυσμένειες που έχει επιφέρει στη σύγχρονη εποχή η παγκοσμιοποίηση (Pauly, 2008).

Η ελάττωση του κόστους σε υπηρεσίες ICT, έχει σαν συνέπεια τη δραματική μείωση των εξόδων μιας επιχείρησης, όχι μονάχα τιμολογιακά αλλά και ενεργειακά. Το στοίχημα, όμως, σε μια παρόμοια πράξη είναι η συντήρηση της ποιότητας των χρησιμοποιούμενων υπηρεσιών μιας και η ελάττωση του κόστους επιφέρει και την αντίστοιχη ελάττωση στο συγκεκριμένο κλάδο.

Η κάθε επιχείρηση χρειάζεται να είναι εξαιρετικά ευέλικτη στη σημερινή εποχή, έτσι ώστε να καταφέρει να ανταπεξέλθει στους ρυθμούς των αγορών. Με τον τρόπο αυτόν η πίεση συσσωρεύεται τόσο στο διαχειριστικό τμήμα όσο και στο τμήμα των υπηρεσιών ICT καθώς αυτές καλούνται να προσαρμοστούν άμεσα στις επιχειρηματικές δράσεις και στις διασυνδέσεις που υφίστανται στην εκάστοτε μεταβολή και αλλαγή.

Με τον τρόπο αυτόν, οι υψηλής ποιότητας υπηρεσίες βοηθούν σημαντικά στην αποδοτικότητα αλλά και στην παραγωγικότητα μιας επιχείρησης, η οποία σε συνδυασμό με το μειωμένο διαχειριστικό κόστος καθιστούν τον βασικό παράγοντα ανταγωνισμού (Reaz et al, 2011). Το πώς, όμως, κρίνεται μια υπηρεσία ποιοτική, αντικατοπτρίζεται από τα εξής βασικά γνωρίσματα, που είναι ως επί το πλείστον η ταχύτητα, η ευελιξία, η επεκτασιμότητα, η ασφάλεια, το χαμηλό κόστος καθώς επίσης και η διαφάνεια.



Εικόνα 2.3 : Απαιτήσεις ICT υπηρεσιών (Pauly, 2008 : 9)

2.5 Βασικά χαρακτηριστικά του Υπολογιστικού Νέφους

Τα κυριότερα γνωρίσματα του Υπολογιστικού Νέφους είναι αρκετά και θα αναλυθούν σε αυτή την ενότητα της μεταπτυχιακής διατριβής. Αρχικά, ένα από τα βασικότερα γνωρίσματα της είναι το on-demand self-service. Στο συγκεκριμένο γνώρισμα ένας πελάτης έχει την ευχέρεια να δεσμεύσει με δική του πρωτοβουλία τους υπολογιστικούς πόρους οι οποίοι απαιτούνται, όπως χρόνο στο διακομιστή και αποθηκευτικό χώρο στο δίκτυο, σύμφωνα με τις ανάγκες που έχει. Η διαδικασία αυτή είναι εφικτό να πραγματοποιηθεί αυτόματα, δίχως να χρειάζεται ανθρώπινη επαφή με το φορέα προσφοράς όλων των υπηρεσιών που χρειάζονται για την εν λόγω δράση.

Ένα δεύτερο και κύριο γνώρισμα αφορά την ευρεία πρόσβαση στο δίκτυο. Στην περίπτωση αυτή, προσφέρονται δυνατότητες οι οποίες είναι διαθέσιμες μέσω του δικτύου και είναι προσβάσιμες διαμέσου τυποποιημένων συσκευών οι οποίες προωθούν τη χρησιμότητα από ετερογενείς clients (όπως για παράδειγμα κινητά τηλέφωνα, φορητοί ηλεκτρονικοί υπολογιστές κλπ)

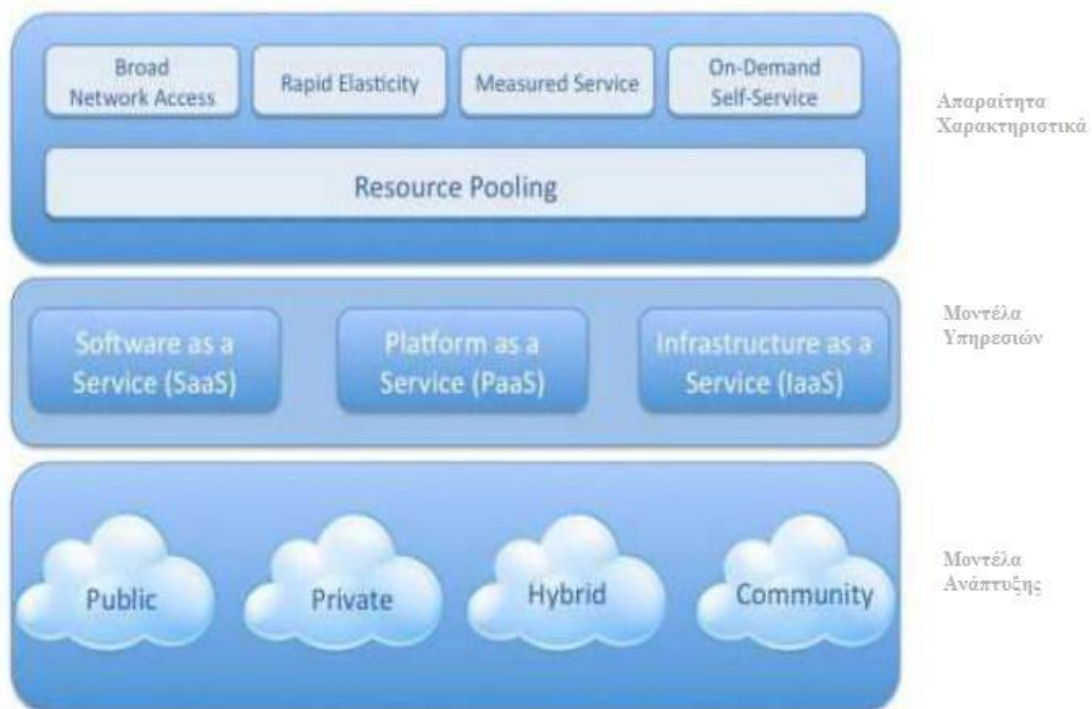
Το τρίτο κύριο γνώρισμα, έχει να κάνει με την κοινή διάθεση πόρων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν διάφοροι υπολογιστικοί πόροι του παρόχου, οι οποίοι χρησιμοποιούνται με κυριότερο στόχο να εξυπηρετήσουν αρκετούς πελάτες με τη χρησιμοποίηση του μοντέλου πολλαπλών μισθωτών, με διαφοροποιημένους φυσικούς αλλά και εικονικούς πόρους. Οι πόροι αυτοί ανατίθενται δυναμικά σύμφωνα με τη ζήτηση που υπάρχει από τους πελάτες (Ζεάκης, 2011 : 4).

Υφίσταται μια αίσθηση ανεξαρτησίας από τον τόπο στο γεγονός πως ο καταναλωτής δεν έχει καμία εξουσία είτε γνώση σε ό,τι έχει να κάνει με την ακριβή τοποθεσία των προσφερόμενων πόρων, έχοντας όμως την ευχέρεια να είναι σε θέση να καθορίζει και να οριοθετεί την τοποθεσία σε ένα μεγαλύτερο επίπεδο αφαίρεσης (όπως για παράδειγμα χώρα,

κράτος είτε data center). Χαρακτηριστικά παραδείγματα παρόμοιων πόρων είναι διάφορες αποθηκευτικές τοποθεσίες, η διαδικασία επεξεργασίας, η μνήμη, το εύρος ζώνης του δικτύου αλλά και οι εικονικές συσκευές (Μαρκέλλου, 2013).

Το τέταρτο βασικό γνώρισμα αφορά την γρήγορη ελαστικότητα. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, οι πόροι έχουν τη δυνατότητα να δεσμευτούν προς άμεση χρησιμοποίηση έχοντας άμεση ελαστικότητα, κάτι το οποίο συμβαίνει κυρίως σε καθορισμένες περιπτώσεις, έχοντας αυτόματο χαρακτήρα. Με τον τρόπο αυτόν είναι εφικτό να εντοπίζονται άμεσα οι πόροι αυτοί σαν μη διαθέσιμοι και αυτομάτως όταν αποδεσμευτούν να παρουσιαστούν ξανά σαν διαθέσιμοι. Για τον πελάτη, οι διαθέσιμες ικανότητες για δέσμευση και χρησιμοποίηση τις περισσότερες φορές είναι πιθανόν να είναι απεριόριστες και είναι εφικτό να αγοραστούν ανά πάσα στιγμή και σε κάθε μορφής ποιότητα.

Το τελευταίο γνώρισμα αφορά τα μετρήσιμα επίπεδα προσφοράς υπηρεσιών. Οι μηχανισμοί cloud παρακολουθούν και βελτιστοποιούν άμεσα τη χρησιμοποίηση των πόρων, αξιοποιώντας μια ικανότητα υπολογισμού σε ένα καθορισμένο επίπεδο αφαίρεσης το οποίο είναι κατάλληλο για τη μορφή της εκάστοτε υπηρεσίας (για παράδειγμα για την αποθήκευση, τη διαδικασία επεξεργασίας, το εύρος ζώνης αλλά και όλα όσα αναφέρθηκαν και παραπάνω). Η χρησιμοποίηση των πόρων είναι πιθανό να ελέγχεται και να εμφανίζεται με τη μορφή διαφοροποιημένων αναφορών, προσφέροντας με τον τρόπο αυτόν την απαιτούμενη διαφάνεια προς τον πάροχο αλλά και προς τον πελάτη. (Ζεάκης, 2011 : 4)



Εικόνα 2.4 : Απεικόνιση ορισμού για την αρχιτεκτονική του Υπολογιστικού Νέφους (Σκούρη, 2012)

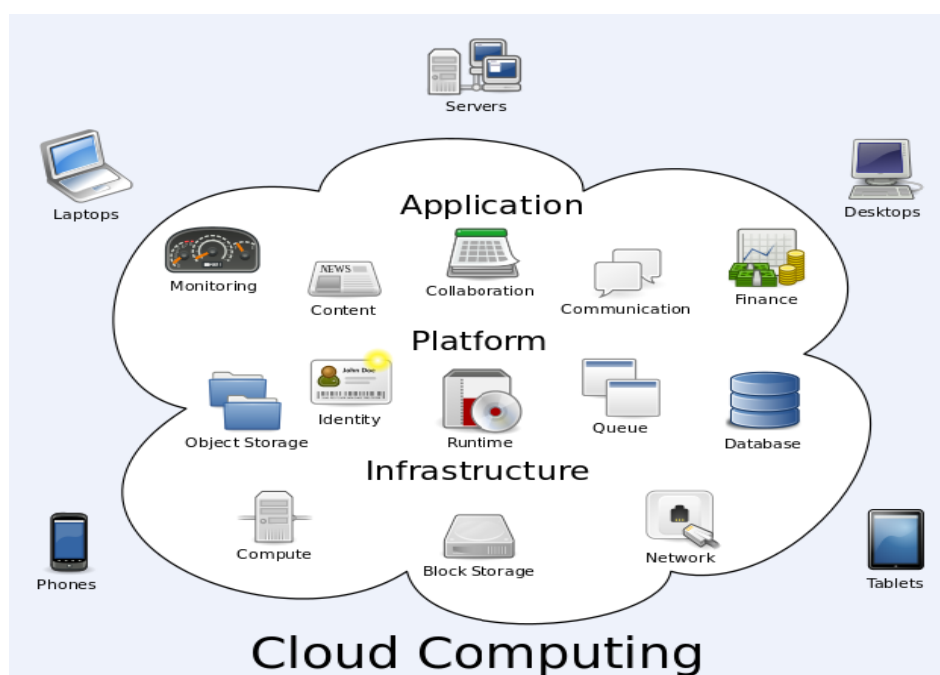
2.6 Εφαρμογές Υπολογιστικού Νέφους

Η αρχή μιας καινούριας επιχείρησης χρειάζεται στις πιο πολλές περιπτώσεις, σημαντικά έξοδα για τη δόμηση των υπηρεσιών ΤΠΕ που όμως, δεν είναι το μοναδικό εμπόδιο για την πραγματοποίησή τους. Η αξιοπιστία σε συνδυασμό με την αποτελεσματικότητα σε ό,τι έχει να κάνει με το χρόνο αντίδρασης από τον προγραμματισμό έως και την πραγματοποίηση καθώς επίσης και η ικανότητα επέκτασης σε περιστάσεις άμεσων ρυθμών ανάπτυξης είναι εξίσου σοβαροί και ιδιαίτερα καθοριστικοί παράγοντες. Η ενοίκιαση μιας παρόμοιας δομής είναι μια λύση σε ό,τι έχει να κάνει με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω για την εξοικονόμηση χρημάτων αλλά και χρόνου.

Η εικόνα κάθε επιχείρησης στη σύγχρονη εποχή είναι η ιστοσελίδα της. Αυτό συμβαίνει γιατί κατά κύριο λόγο γίνεται χρήση έτοιμων υποδομών οι οποίες ενοικιάζονται στον εκάστοτε πελάτη και με τον τρόπο αυτόν αποφεύγεται το τεράστιο κόστος υλοποίησης προσφέροντας, παράλληλα, ασφάλεια και υπηρεσίες cloud για την καθημερινή χρησιμοποίηση αλλά και την εξυπηρέτηση των αναγκών των πελατών. (Pauly, 2008)

Χαρακτηριστικό παράδειγμα μιας παρόμοιας υποδομής είναι επιχειρήσεις οι οποίες παρέχουν δωρεάν λογαριασμούς ηλεκτρονικού ταχυδρομείου και οι οποίες έχουν την ευχέρεια να είναι διαχειρίσιμες από διαφοροποιημένες ηλεκτρονικές συσκευές ανά πάσα στιγμή. Τέτοιες συσκευές είναι τα Smartphones, τα tablets, οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, τα laptops κλπ.

Σε αντίθεση, επομένως, με τις νεοσύστατες επιχειρήσεις, οι μεγαλύτερες στις περισσότερες περιπτώσεις έχουν ήδη μέρη ΤΠΕ για την παραμετροποίηση των υπηρεσιών των εκάστοτε ανάγκών τους (Reaz et al. 2010). Αυτές προσανατολίζονται κυρίως στην εισχώρηση καινούριων εφαρμογών και τεχνολογιών με γνώμονα την ασφάλεια, η οποία μπορεί να επιτευχθεί ευκολότερα διαμέσου της μετάβασης των υπάρχοντων δομών στο cloud (Reaz et al. 2010).



Εικόνα 2.5 : Εφαρμογές Υπολογιστικού Νέφους (Ramamurthi et al, 2009)

2.7 Πλεονεκτήματα από τη χρήση του Υπολογιστικού Νέφους

Τα κέρδη από τη συγκεκριμένη χρήση της εν λόγω τεχνολογίας είναι τόσο μεγάλα για τους τελικούς καταναλωτές και για το περιβάλλον, τα οποία όμως, είναι εξαιρετικά δύσκολο να αναλυθούν. Εκτιμάται πως εάν σήμερα η συγκεκριμένη τεχνολογία χρησιμοποιούνταν πλήρως από το μεγαλύτερο σύνολο των χρηστών της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών, οι ατμοσφαιρικοί ρύποι στη γη θα ήταν εφικτό να ελαττωθούν μέχρι και 5% στο σύνολο τους, είτε διαφορετικά σε 2,5 δις τόνους διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).

Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να επισημανθεί πως η επιβάρυνση του περιβάλλοντος από τη χρησιμοποίηση μηχανισμών πληροφορικής είναι πιθανόν να διπλασιαστεί τα επόμενα δέκα χρόνια, κάτι το οποίο σημαίνει μεγαλύτερη ελάττωση των ρύπων σε διεθνή επίπεδα. Αυτό μπορεί να έχει και σημαντικότερα αποτελέσματα σε βάθος χρόνου καθώς ενδέχεται να φτάσει η μείωση μέχρι και πέντε δις τόνων διοξειδίου του άνθρακα ανά έτος. (Πρωτονοτάριος, 2011) Τα πιο καθοριστικά και σημαντικά πλεονεκτήματα που συμπεριλαμβάνονται στη συγκεκριμένη κατηγορία είναι τα εξής :

- ✦ Μεγαλύτερη μείωση των εξόδων χρησιμοποίησης λογισμικού (μιας και η χρέωση υλοποιείται σε τμήματα σύμφωνα με τη χρήση και όχι κατά αποκοπή όπως γίνεται σε άλλα λογισμικά όπως για παράδειγμα πραγματοποιείται στο συμβατικό λογισμικό)
- ✦ Ανοδική τάση της ταχύτητας χρησιμοποίησης, μεγαλύτερη ευελιξία και συμβατότητα των πληροφοριών
- ✦ Χρησιμοποίηση και πρακτική της συγκεκριμένης τεχνολογίας δίχως να χρειάζεται αγορά όλων των ξεχωριστών software είτε hardware λογισμικών και ταχύτατη κατάρτιση εφαρμογών από τους τελικούς χειριστές
- ✦ Απεριόριστη διαδικτυακή χωρητικότητα αποθήκευσης πληροφοριών δίχως την υποχρέωση προμήθειας συμβατικών μέσων αποθήκευσης (Μαρκέλλου, 2013).
- ✦ Γρήγορη εισχώρηση σε διαδικτυακά δεδομένα από οποιαδήποτε τοποθεσία του κόσμου με μεγάλη ασφάλεια πληροφοριών.
- ✦ Άμεσο real-time backup πληροφοριών το οποίο υλοποιείται άμεσα και αυτόματα εξοικονομώντας χρόνο για τους τελικούς χειριστές.
- ✦ Αυτόματες και πάρα πολλές διαδικτυακές ενημερώσεις των συγκεκριμένων λογισμικών (Πρωτονοτάριος, 2011).

Στις μέρες μας, αναφερόμαστε σε μια απαραίτητη δράση τόσο για ατομική όσο και για επαγγελματική χρησιμότητα. Χαρακτηριστικό αποτελεί το ποσοστό χρησιμοποίησης του υπολογιστικού νέφους και των υπηρεσιών του στη χώρα μας. Ειδικότερα, περισσότερο από το 40% των εξοικειωμένων με το διαδίκτυο Ελλήνων εμπιστεύονται τις παραπάνω υπηρεσίες, τουλάχιστον στη διαδικασία αποθήκευσης δεδομένων. Ταυτόχρονα, στην Ευρωπαϊκή Ένωση, το ποσοστό αυτό εκτινάσσεται στο 86% κάνοντας χρήση του συγκεκριμένου μοντέλου για ατομική διεργασία.

Αρκετές είναι οι μελέτες οι οποίες δείχνουν ότι τα τελευταία έτη το επιχειρείν συντονίζεται άμεσα με την τεχνολογία του cloud computing. Μια εξ αυτών, η οποία διενέργησε με παρόμοιο τρόπο είναι η επιχείρηση KPMG η οποία συνεργάστηκε με την Forbes Insight την προηγούμενη χρονιά σε 16 κράτη με την συμμετοχή περισσότερων από 670 στελεχών μεγάλων οργανισμών. Σύμφωνα με τις ίδιες έρευνες αποδείχθηκε πως περισσότερες από το 50% των παραπάνω επιχειρήσεων δρουν διαμέσου του cloud computing. Στη συνέχεια από τις συγκεκριμένες επιχειρήσεις, το 70% παρουσίασε καθοριστική βελτίωση σε επίπεδο ελάττωσης εξόδων και μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα. Την ίδια ώρα τα στελέχη τα οποία είχαν άμεση συμμετοχή στη συγκεκριμένη μελέτη πιστεύουν πως τα κέρδη της υιοθέτησης της συγκεκριμένης τεχνολογίας υπερβαίνουν κατά μεγάλο βαθμό τις οποίες δυσκολίες αντιμετώπισουν στη συγκεκριμένη πρακτική.¹

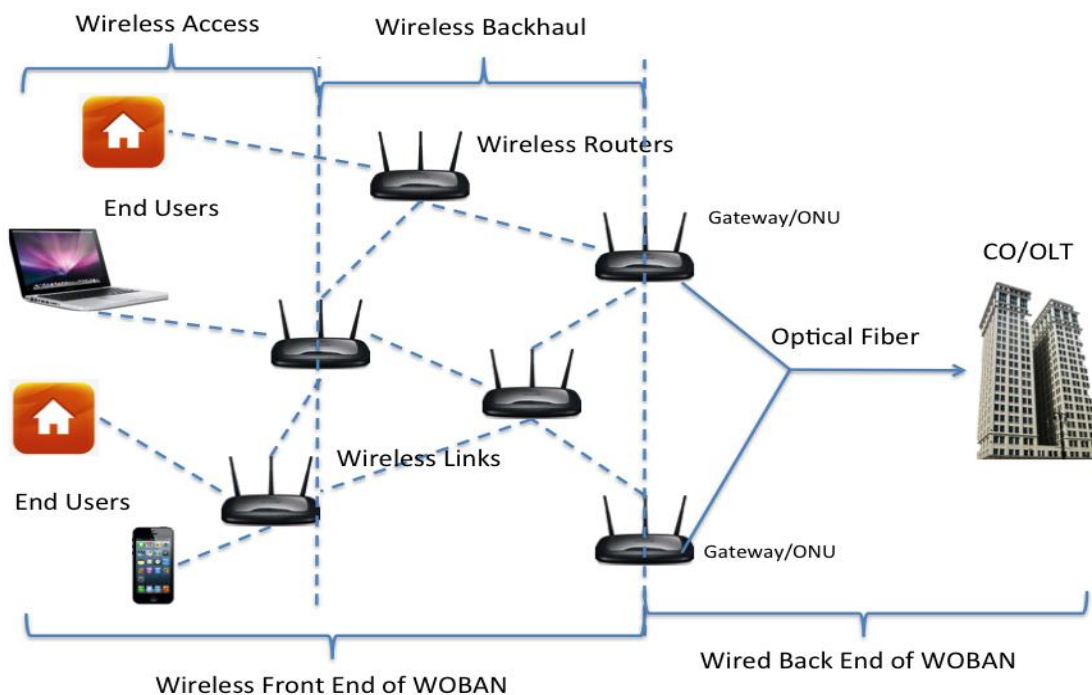
¹ [<http://www.newsbeast.gr/weekend/arthro/732109/to-mellon-ton-epiheiriseon-vrisketai-sto-cloud-computing/>]

3° ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

3.1 Γενική περιγραφή

Τα ασύρματα υβριδικά οπτικά δίκτυα ευρυζωνικής πρόσβασης είναι μια αρκετά υποσχόμενη τεχνολογία για την προσφορά οικονομικών και επεκτάσιμων λύσεων για την πρόσβαση στον παγκόσμιο ιστό. Στη συγκεκριμένη αρχιτεκτονική, οι τελικοί χρήστες δέχονται ευρυζωνικές υπηρεσίες διαμέσου ασύρματου mesh front-end, που είναι άμεσα συνδεδεμένο στο οπτικό backhaul. Τα τελευταία 10 περίπου χρόνια, το δίκτυο κορμού, γνώρισε τεράστια ανοδική τάση σε ότι έχει να κάνει με τον τομέα της παραγωγικότητας και στην αξιοπιστία της οπτικής δικτύωσης.

Ταυτόχρονα με αυτό, οι απαιτήσεις των χρηστών για παρόμοιες υπηρεσίες, όπως το quad play (φωνή, βίντεο, διαδίκτυο και ασύρματη επικοινωνία) παρουσιάζουν ανοδική τάση με ραγδαίους ρυθμούς. Παρά τη συγκεκριμένη τεχνολογική εξέλιξη και πρόοδο που εντοπίζεται τα τελευταία χρόνια, το δίκτυο πρόσβασης είναι ακόμα εμπόδιο για την προσφορά υπηρεσιών οι οποίες χρειάζονται μεγαλύτερο εύρος (bandwidth) όπως τα διαδραστικά παιχνίδια είτε τα βίντεο on-demand. Οι τεχνολογίες πρόσβασης τύπου Legacy, όπως είναι για παράδειγμα η γραμμή DSL, δεν θα έχουν την ευχέρεια να υποστηρίξουν τις συγκεκριμένες απαιτήσεις (Chowdhury et al, 2011). Αυτός είναι και ο κυριότερος λόγος που σε μελλοντική βάση θα πρέπει να προσφέρονται μεγάλης χωρητικότητας υπηρεσίες, με ευχέρεια απομακρυσμένης διασύνδεσης σε μικρό κόστος.



Εικόνα 3.1 : Δίκτυο WOBAN (Ramamurthi et al, 2009)

Οι τεχνολογίες οπτικών ινών όπως είναι για παράδειγμα οι FTTH, FTTB και FTTC, παρέχουν υψηλό εύρος ζώνης σε ψηφιακές υπηρεσίες. Με τον τρόπο αυτό, η επόμενη γενιά δικτύων υπόσχεται εγκατάσταση οπτικών ινών στο μεγαλύτερο σύνολο των διαδρομών προς τους καταναλωτές, τις εταιρίες και τους οργανισμούς. Η συγκεκριμένη υποδομή όμως, που έχει άμεση σχέση με την εγκατάσταση οπτικών ινών είναι αρκετά χρονοβόρα και κοστίζει αρκετά. Εκτός, όμως, αυτού, οι χρήστες ολοένα και πιο πολύ επιθυμούν την ασύρματη πρόσβαση

διαμέσου των smartphones και των tablets. Ο συνδυασμός των συμπληρωματικών γνωρισμάτων των 2 αυτών τεχνολογιών (ασύρματη αλλά και οπτική), είναι εφικτό, δυναμικά, να προσφέρει παρατεταμένη ευρυζωνική πρόσβαση για την ικανοποίηση μελλοντικών αναγκών των χρηστών. (Σκούρη, 2012)

Τα δίκτυα αυτά καλούνται δίκτυα WOBAN, τα οποία στην διεθνή βιβλιογραφία καλούνται Hybrid Wireless-Optical Broadband Access Network και για αυτό εν συντομία καλούνται υβριδικά δίκτυα WOBAN. Τα συγκεκριμένα δίκτυα είναι μια αρκετά υποσχόμενη τεχνολογία. Η εν λόγω αρχιτεκτονική ανάμεσα στα δίκτυα αυτά περιέχει ένα οπτικό backhaul (όπως για παράδειγμα ένα παθητικό οπτικό δίκτυο PON) καθώς επίσης και ένα ασύρματο σημείο πρόσβασης στο front-end (όπως για παράδειγμα η τεχνολογία του Wifi είτε το WiMAX). Στα δίκτυα αυτά, ένα κομμάτι PON αρχίζει από την βασική υπηρεσία (central office) με ένα OLT (Optical Line Terminal). Κάθε OLT, έχει την ευχέρεια μεταφοράς αρκετών ONU (Optical Network Units) και κάθε ONU έχει τη δυνατότητα να υποστηρίξει πολλούς ασύρματους διακομιστές της ασύρματης υλοποίησης του δικτύου WOBAN, που μελετάμε στο συγκεκριμένο κεφάλαιο της εν λόγω μεταπτυχιακής διατριβής.

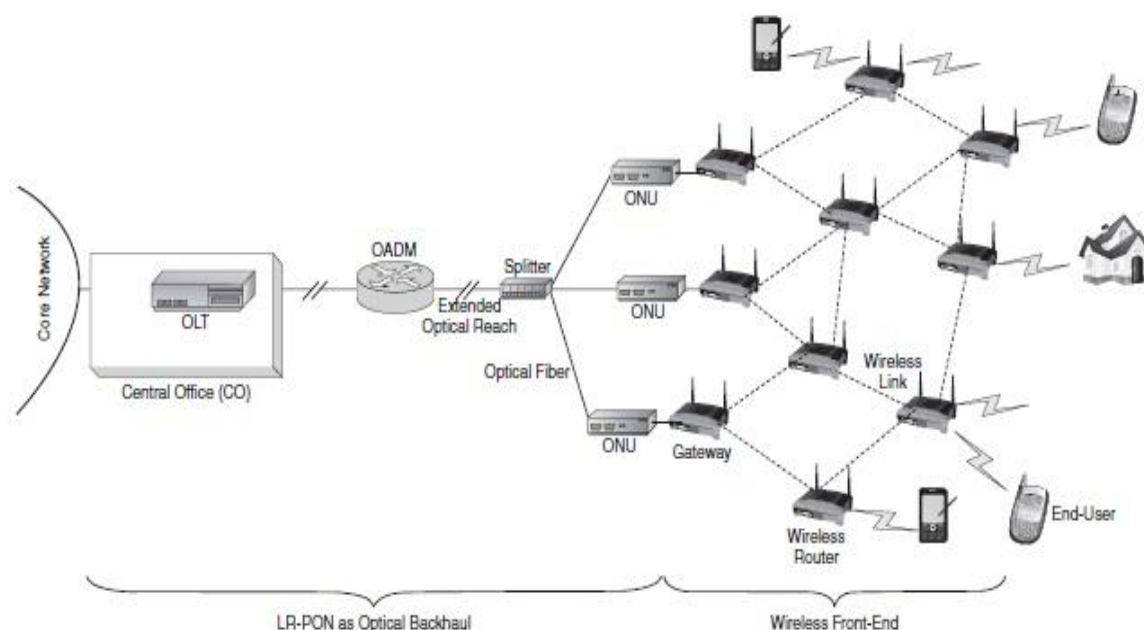
Οι παραπάνω ασύρματοι διακομιστές έχουν άμεση σύνδεση στα ONU's και καλούνται πύλες. Οι συγκεκριμένοι, επομένως, δρομολογητές με τη σειρά τους, συνδέονται στη συνέχεια με άλλους εξυπηρετητές για τη διασύνδεση των τελικών χρηστών. Αυτό έχει σαν συνέπεια το front-end ενός παρόμοιου δικτύου να είναι ένα multi-hop Wireless Mesh Network (WMN) το οποίο είναι άμεσα συνδεδεμένο με μεγάλης χωρητικότητας PONs, αναπτύσσοντας με αυτόν τον τρόπο μια αρχιτεκτονική ολοκληρωμένου δικτύου (Chowdhury et al, 2011).

3.2 Πλεονεκτήματα και υλοποίηση δικτύου WOBAN

Τα οφέλη τα οποία εμφανίζουν τα συγκεκριμένα δίκτυα συγκριτικά με άλλα οπτικά αλλά και ασύρματα δίκτυα έχουν σαν συνέπεια την παρατεταμένη μελέτη και έρευνά τους. Οι τελικοί χειριστές των δικτύων αυτών, εξυπηρετούνται από ασύρματους δρομολογητές. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, η συγκεκριμένη μορφή να είναι σαφώς πιο οικονομική από το γνωστό δίκτυο διαμέσου των καλωδίων. Στην εικόνα 3.2 μπορούμε να διακρίνουμε το ακριβές πρότυπο FTTH το οποίο δεν απαιτείται στα δίκτυα που μελετάμε στη συγκεκριμένη ενότητα της μεταπτυχιακής αυτής διατριβής, καθώς δεν είναι απαραίτητη η κάλυψη των αναγκών των τελικών χρηστών με τη συγκεκριμένη τεχνολογία.

Τα έξοδα εγκατάστασης και συντήρησης του συγκεκριμένου δικτύου των οπτικών ινών είναι αρκετά μεγάλο. Για το λόγο αυτό, στην παρακάτω τοπολογία διακρίνεται η λύση των ασύρματων δρομολογητών, η οποία είναι εφικτό να επιφέρει παρόμοια αποτελέσματα δίχως επιπλέον κόστος. Το συγκεκριμένο δίκτυο είναι ένα εξαιρετικά ευέλικτο ευρυζωνικό δίκτυο καθώς επιτρέπει στους χρήστες του να είναι πάντα συνδεδεμένοι από τις συσκευές τους από οποιαδήποτε τοποθεσία οι ίδιοι επιθυμούν.

Ένα επιπλέον όφελος, το οποίο είναι αρκετά σημαντικό, είναι η σταθερότητα την οποία προσφέρει στους χρήστες το συγκεκριμένο δίκτυο. Σε ένα PON, μια οπτική ίνα η οποία συνδέει το splinter με το ONU, εμφανίζεται ευκολότερα σοβαρή δυσλειτουργία, με αποτέλεσμα το μεγαλύτερο σύνολο των ONUs να αποτυγχάνει την τελική δρομολόγηση (Dixit et al, 2007 : 3329–3340). Αντίθετα, στα δίκτυα WOBAN, σε παρόμοιες περιστάσεις, οι χειριστές βρίσκουν ένα γειτονικό ONU και κατορθώνουν την τελική επικοινωνία.



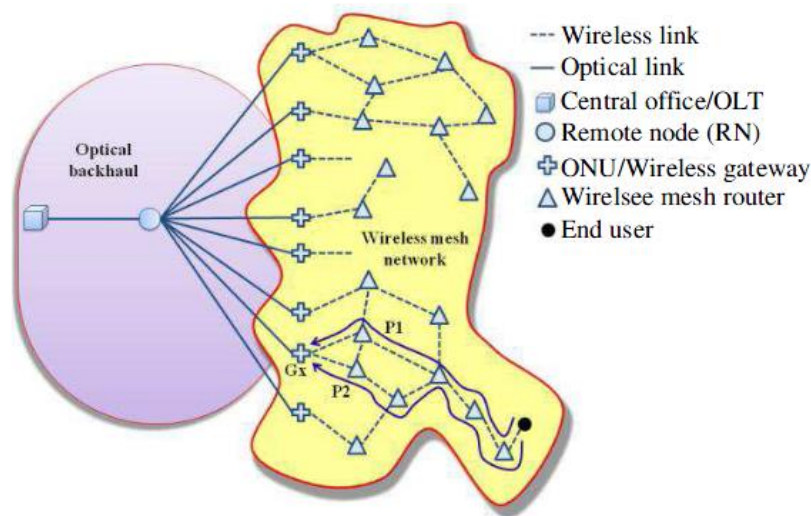
Εικόνα 3.2 : Αρχιτεκτονική δικτύου WOBAN (Ramamurthi et al, 2009)

Καθοριστικό κριτήριο της τεράστιας ανάπτυξης και προόδου της συγκεκριμένης υλοποίησης δικτύου είναι η δυνατότητα που έχει σε ό,τι έχει να κάνει με την επεκτασιμότητα που πραγματοποιείται πάρα πολύ άμεσα και σε εξαιρετικά μικρό κόστος. Σε αρκετά μέρη του πλανήτη είναι αρκετά δύσκολο να υπάρξει εγκατάσταση οπτικών ινών στους τελικούς χρήστες, όχι μονάχα εξαιτίας του υψηλού κόστους και της μορφολογίας του εδάφους αλλά και εξαιτίας των γενικότερων κλιματολογικών συνθηκών που επικρατούν (Dixit et al, 2007 : 3340). Για το λόγο αυτόν, η χρήση ασύρματων κόμβων κατορθώνει παρόμοια αποτελέσματα με μικρότερη προσπάθεια.

3.2.1 Προτεινόμενη αρχιτεκτονική δικτύου πρόσβασης

Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική WOBAN διακρίνεται στην εικόνα 3.3 που ακολουθεί. Κατά το Backhaul του συγκεκριμένου δικτύου, το τερματικό οπτικής γραμμής, το οποίο στη διεθνή βιβλιογραφία καλείται OLT είναι ανεπτυγμένο στο CO και συνδέεται άμεσα με μια οπτική ίνα. Στη συνέχεια, ένας απομακρυσμένος κόμβος διανέμει τα δεδομένα σε πολλαπλές οπτικές μονάδες δικτύου. Στο front-end, μια σειρά ασύρματων routers σχηματίζει ένα ασύρματο δίκτυο πλέγματος (WMN).

Οι τελικοί χρήστες συνδέονται διαμέσου κινητών μέσα στο συγκεκριμένο δίκτυο είτε διαμέσου άλλων κόμβων, εμφανίζοντας τις θέσεις τους ως xed στο WMN. Ένα επιλεγμένο σύνολο αυτών των δρομολογητών (πύλες) είναι συνδεδεμένο με το οπτικό backhaul και τις περισσότερες φορές, κάθε πύλη συνδέεται με ένα ONU. Όπως διακρίνεται και στην εικόνα 3.3, οι δρομολογητές ασύρματης επικοινωνίας καθιερώνονται αυτόματα και διατηρούν τη συνδεσιμότητά τους, όπως ορίζεται από τη διακεκομμένη γραμμή. Τέλος, οι δρομολογητές έχουν τη δυνατότητα άμεσης σύνδεσης στο διαδίκτυο διαμέσου ενός οπτικού backhaul.



Εικόνα 3.3 : Προτεινόμενη αρχιτεκτονική WOBAN (Sankar et al, 2007 : 3329-3340)

Το ανοδικό TRA $\pm c$ από τον τελικό χρήστη συλλέγεται από το κοντινότερο δρομολογητή. Σε περίπτωση όπου η πύλη δρομολόγησης είναι η πύλη προορισμού, τα πακέτα αναμεταδίδονται προς αυτόν το δρομολογητή πύλης σε μια από τις διαθέσιμες διαδρομές όπως είναι για παράδειγμα η διαδρομή P1 ή η διαδρομή P2.

Τα οπτικά σήματα τα οποία αναπτύσσονται από το OLT διαδίδονται κατά μήκος του οπτικού σήματος στην ολοκληρωμένη ONU πύλη. Η συγκεκριμένη πύλη στο δίκτυο WOBAN έχει την ευχέρεια να μετατρέπει οπτικά σήματα τα οποία λαμβάνονται από το RN σε καθοδική ζεύξη ασύρματα σήματα τα οποία θα αποστείλει στην WMN. Σε διαφορετική κατεύθυνση, οι ανερχόμενες ζεύξεις ασύρματων σημάτων οι οποίες λαμβάνονται από την ONU έχουν την ευχέρεια μετατροπής οπτικών σημάτων τα οποία θα αποστέλλονται στο CO.

Όλο αυτό στην εποχή μας, μπορεί να επιτευχθεί διαμέσου ενός συστήματος το οποίο δημιουργήθηκε την περίοδο του 2008 και καλείται Optisystem 8.0 αποτελώντας ένα εξαιρετικά προηγμένο σύστημα σχεδιασμού το οποίο κάνει χρήση εξαιρετικά σύγχρονων λογισμικών τα οποία χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για την επίτευξη του σχεδιασμού και την κατάλληλη προσομοίωση της βέλτιστης απόδοσης ενός δικτύου WOBAN, που μελετάμε στην εν λόγω μεταπτυχιακή διατριβή (Shaw et al, 2007 : 3443-3451).

Σε ό,τι έχει να κάνει με την προσομοίωση ενός τέτοιου δικτύου, θα πρέπει να τονιστεί πως ο σχεδιασμός θα πρέπει να επιτευχθεί από αρκετούς χρήστες οι οποίοι συνδέονται άμεσα με το CO και εκπροσωπούν έναν OLT ο οποίος είναι συνδεδεμένος σε πολλαπλές ONU διαμέσου 23 χιλιομέτρων από το ενιαίο BER λειτουργίας το οποίο εν συντομία καλείται SMF. Η ανάθεση του μήκους κύματος εκπομπής και η κατανομή εύρους ζώνης υλοποιείται στο CO και κάθε ONU είναι ενσωματωμένο με ένα σημείο πρόσβασης Access Point.

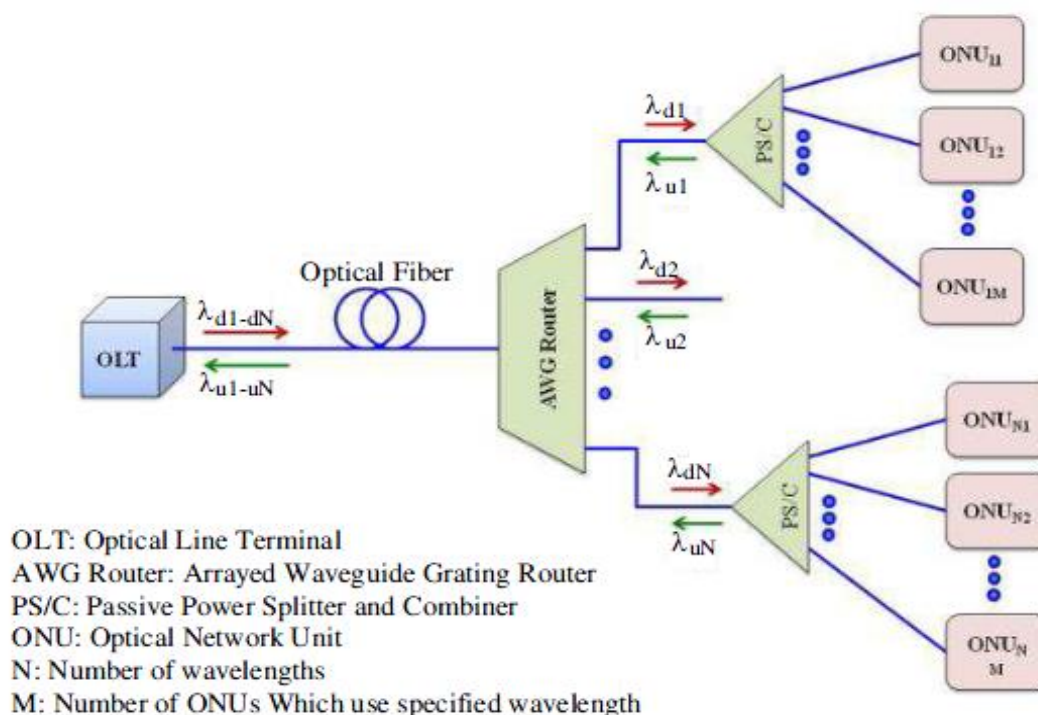
Τα δίκτυα που μελετάμε σε αυτή την ενότητα, είναι σχεδιασμένα για να λειτουργούν συμμετρικά κάνοντας χρήση 2Gb/s για κάθε μήκος κύματος στο BER. Η ασύρματη πρόσβαση που επιτυγχάνεται είναι διαμέσου του Wi-Fi είτε διαμέσου της τεχνολογίας WIMAX έχοντας σαν ρυθμό δεδομένων που ανέρχεται στα 54Mb/s στην πρώτη περίπτωση και στα 30Mb/s στην δεύτερη.

Το οπτικό backhaul κατορθώνεται με χρήση WDM/TDM PON, όπως μπορεί να διακρίνει κανείς από την εικόνα 3.4 που ακολουθεί στη συνέχεια. Η OLT αναθέτει $N=4$ σαν μήκος κύματος για να καταφέρει να μεταδώσει το μήνυμα το οποίο μεταδίδεται κατά μήκος 23 χιλιομέτρων SMF με εξασθένηση 0,2 dB ανά χιλιόμετρο.

Ο μεταγενέστερος αποπολυπλέκεται βάσει των μηκών κύματος του είτε παρατάσσεται βάσει του κυματοδηγού AWG και του εκάστοτε δρομολογητή. Στη συνέχεια, χωρίζεται σε παθητικό διαιρέτη PS/C σε οπτικά σήματα του M. Τα υπόλοιπα δεδομένα

μεταδίδονται με αντίστροφη τακτική καθώς πηγαίνουν από κάθε ONU προς τα OLT. Στη συνέχεια φαίνονται τα μήκη κύματος τα οποία διατίθενται από τα κανάλια κάτω ζεύξης είτε της ανοδικής ζεύξης τα οποία επιλέγονται από τις συμβατικές ζώνες CB, με 200 GHz απόσταση καναλιού για κάθε σύνδεσμο. (Σολδάτου, 2013)

Τα κανάλια άνω ζεύξης διαχωρίζονται σε 100 κανάλια διαφοροποιημένων GHz κατερχόμενης ζεύξης. Η συγκεκριμένη οπτική backhaul προσφέρει σήματα της τάξης των 2 Gb ανά δευτερόλεπτο για κάθε κανάλι μήκους κύματος. Η ασύρματη πύλη AP θεωρείται σαν το βασικό μέρος, το οποίο είναι ενσωματωμένο με ONU. Η φέρουσα συχνότητα είναι ρυθμισμένη στα 5,2 GHz και 2,35 GHz αντίστοιχα για κάθε WiFi και WIMAX. Η διαίρεση ορθογώνιας συχνότητας πολλαπλών πlexing με χρήση OFDM τεχνικής χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον στους συγκεκριμένους πομποδέκτες που αναλύθηκαν.



Εικόνα 3.4 : Οπτικό backhaul (Asad et al, 2010 : 89)

Πίνακας 3.1 : Γενικές ρυθμίσεις WOBAN front-end (rRay, 2012 : 1)

	WiMAX	WiFi
Transmitter Power	-10 dBm	-16 dBm
Carrier frequency	2.35 GHz	5.2 GHz
Channel bandwidth	10 MHz	20 MHz
Data rate	30-70 Mb/s	54 Mb/s
Link Range	5 km	50 m
Radio technology	OFDM (256-Channels)	OFDM (64-Channels)
Modulation	BPSK, 64-QAM, 256-QAM	BPSK, 64-QAM

3.2.2 Επικοινωνία δεδομένων διαμέσου δικτύου WOBAN

Για τη βέλτιστη επικοινωνία με κατεύθυνση προς τα κάτω, δηλαδή από το CO προς το ONU, το πακέτο θα πρέπει να είναι πακέτο εκπομπής. Ο οπτικός διαχωριστής είναι εκείνος ο οποίος είναι αρμόδιος να χωρίσει το σήμα εξολοκλήρου για το ONU. Το ολοκληρωμένο ONU είναι σε θέση να απορρίψει κάποιο πακέτο, εκτός από το ένα πακέτο το οποίο έχει τεθεί σαν στόχος. Στη συγκεκριμένη επικοινωνία, όταν οι τελικοί χρήστες επιθυμούν να αποστείλουν πακέτα δεδομένων, το κάνουν με το πέρασμα των πακέτων σε κοντινούς κόμβους.

Οι κοντινοί αυτοί κόμβοι αφήνουν τα πακέτα δεδομένων να περάσουν και να πάνε σε γειτονικούς της ONU. Με αυτόν τον τρόπο, το πακέτο μπορεί να περάσει μέχρι να φτάσει στον καθορισμένο κόμβο με διαδικασία η οποία καλείται hop to hop. Με τον τρόπο αυτόν το πακέτο φτάνει στο ONU και μέσω του κατάλληλου διαχωριστή όπου τελικά φτάνει στο αρμόδιο OLT.

Από εκεί το συγκεκριμένο πακέτο αποστέλλεται με παρόμοια μέθοδο, πίσω με την ίδια διαδικασία και λαμβάνεται ξανά από τον αρχικό κορμό οπτικών ινών. Ο οπτικός διαιρέτης ο οποίος αναφέρθηκε και παραπάνω διαχωρίζει το σήμα εξίσου μεταξύ των ONU. Το σύνολο του ONU θα απορρίψει τα πακέτα εκτός από το πακέτο το οποίο έχει στοχοποιηθεί από τον εκάστοτε χρήστη (Asad et al, 2010 : 82-89). Σε περίπτωση στην οποία το συγκεκριμένο πακέτο δεν μπορεί να περάσει από κάποιον κόμβο, τότε δρομολογείται κάποιο άλλο από το CO το οποίο είναι εκτός δικτύου WOBAN.

Με τον τρόπο αυτόν, σε ασύρματο μέρος όταν το πακέτο δεδομένων περνάει με διαδικασία hop to hop που αναφέρθηκε και παραπάνω, υλοποιεί παράλληλα διάφορες μορφές επεξεργασίας ενώ ταυτόχρονα λαμβάνει αποφάσεις δρομολόγησης. Στις συγκεκριμένες περιπτώσεις, όμως, υφίσταται σημαντική καθυστέρηση του πακέτου. Από το οπτικό κομμάτι επικοινωνίας, προκύπτουν μεγάλες ταχύτητες, μεγάλο εύρος ζώνης και χωρητικότητα, έχοντας με αυτόν τρόπο παράλληλα υψηλές αποδόσεις.

Η αποδοτικότητα στο ασύρματο κομμάτι είναι απαραίτητο να ασκηθεί στο βέλτιστο μέρος έτσι όπως θα γινόταν και στο οπτικό κομμάτι. Για τον λόγο αυτόν, πρώτα από όλα, σημαντικό είναι να υπάρξει ελάττωση της καθυστέρησης που παρουσιάστηκε παραπάνω, ώστε να ταιριάζει με την ταχύτητα η οποία αναπτύσσεται σε κάποιο οπτικό μέσο. Η ελάττωση αυτή στη σύγχρονη εποχή μπορεί να επέλθει μονάχα μέχρι κάποιο συγκεκριμένο βαθμό και όχι απόλυτα. (Redwan et al, 2011 : 20-23)

3.3 Χρησιμοποίηση αλγορίθμων στα δίκτυα WOBAN

Τα ασύρματα base station των συγκεκριμένων δικτύων, συλλέγουν την κινητικότητα των πακέτων από τους τελικούς χειριστές μεταφέροντας ταυτόχρονα, τα πακέτα αυτά στο οπτικό κομμάτι του δικτύου, κάνοντας χρήση πολλαπλών hops. Εκεί παρουσιάζεται το φαινόμενο της συμφόρησης σε όλους τους σταθμούς καθώς ο ρυθμός που μπορεί να εξυπηρετήσει ο ασύρματος δρομολογητής είναι εξαιρετικά περιορισμένος. Αυτό είναι και το βασικό ζήτημα το οποίο καλούνται να καταπολεμήσουν οι μελετητές των συγκεκριμένων δικτύων και των δομών τους.

Για την επίλυση του παραπάνω ζητήματος έχει αναπτυχθεί τα προηγούμενα χρόνια ένας αλγόριθμος ο οποίος καλείται αλγόριθμος GaDAR (Capacity and Delay Aware Routing). Ο εν λόγω αλγόριθμος δρομολόγησης χρησιμοποιείται για το WMN του δικτύου αυτού, που κατανέμει τις ραδιοσυχνότητες των ασύρματων ζεύξεων με παρόμοια τακτική ώστε τα πακέτα να ακολουθούν τη λιγότερη, σε ό,τι έχει να κάνει με το ζήτημα της συμφόρησης, ζεύξη. Η εν λόγω ενσωματωμένη τακτική δρομολόγησης επιτρέπει στον αλγόριθμο να διαχειρίζεται πιο μεγάλο φόρτο από το δίκτυο, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τη διαδικασία αναμονής των πακέτων στην ουρά.

Algorithm 1 CaDAR Algorithm

```

1: Let  $\vartheta$  be the threshold for flow variance
2: Let  $\beta$  be the threshold for delay requirement in the
   network
3: while true do
4:   Receive kth LSA from neighbors
5:   Determine the flow  $\lambda_{uv}^k$  on all link  $(u, v)$  for kth LSA
6:   if  $|\lambda_{uv}^k - \lambda_{uv}^{k-1}| > \vartheta$  then
7:     Assign capacity  $C_{uv}^k$  based on  $\lambda_{uv}^k$ 
8:   end if
9:   Assign weight  $W_{uv}^k = d_{uv} = \frac{1}{\mu C_{uv}^k} + \frac{1}{2\mu C_{uv}^k} + \frac{1}{\mu C_{uv}^k - \lambda_{uv}^k}$ 
10:  For all source s and destination g, calculate the shortest
    path and  $d_{sg}$  using  $W_{uv}^k$ 
11:  if Packet has minimum delay requirement then
12:    if  $d_{sg} > \beta$  then
13:      Route packet from s to g through WOBAN
14:    else
15:      Reject the packet
16:    end if
17:  end if
18: end while

```

Εικόνα 3.5 : Αλγόριθμος CaDAR (Reaz et al, 2011 : 4)

Ο RADAR (Risk and Delay Aware Routing Algorithm) είναι ένας αλγόριθμος χειρισμού λαθών στις τοπολογίες WOBAN. Ελαττώνει την καθυστέρηση δρομολόγησης των πακέτων αλλά και την απώλεια τους σε περίπτωση λάθους όπως για παράδειγμα κάποια ζημιά σε έναν κόμβο είτε στο ONU. Σε παρόμοιου είδους ανάγκη, ο συγκεκριμένος αλγόριθμος εντοπίζει τον πιο σύντομο δρόμο ανάμεσα στο γειτονικό κόμβο αλλά και στην αντίστοιχη πύλη με στόχο να υπάρξει ορθή δρομολόγηση του πακέτου και παράλληλα κρατά έναν πίνακα αρχείου σε όλους τους σταθμούς για να κατορθώσει να επαναλάβει ξανά την παραπάνω διαδικασία σε περίπτωση που αυτό κριθεί απαραίτητο (Reaz et al. 2010).

Ο DAN (Directionality As Needed), είναι ένας απλός αλγόριθμος διασύνδεσης που κάνει χρήση κατευθυντικών κεραιών κατορθώνοντας με αυτόν τον τρόπο ένα συμβιβασμό ανάμεσα στο ελάχιστο κόστος και στις ελάχιστες παρεμβολές μεταξύ διαφοροποιημένων συνδέσμων (Reaz et al, 2011). Έχοντας σαν βάση τις τοποθετήσεις των ασύρματων σταθμών, ο συγκεκριμένος αλγόριθμος διαλέγει το μονοπάτι με την πιο μικρή ενσύρματη διαδρομή. Υποθέτει πως όλοι οι σταθμοί έχουν μονάχα μια συχνότητα στο κανάλι εκπομπής οριοθετώντας το πλάτος της δέσμης για όλους τους κόμβους ξεχωριστά αλλά και τα επίπεδα ισχύος για όλες τις ζεύξεις.

3.4 Χαρακτηριστικά

Το πρωτότυπο WOBAN έχει αρκετά διακριτά χαρακτηριστικά τα οποία ξεχωρίζουν λόγω της διαφορετικότητας τους συγκριτικά με άλλα πρωτότυπα παρόμοια συστήματα της σύγχρονης εποχής. Το βασικότερο γνώρισμα των WOBAN είναι πως αποτελούν την πιο ολοκληρωμένη ασύρματη οπτική πλατφόρμα δομικών υβριδικών δικτύων της σύγχρονης εποχής. Άλλα παρόμοια συστήματα έχουν μονάχα ένα μικρό σύνολο κόμβων. Από την άλλη μεριά, τα συστήματα τα οποία ερευνούμε στη συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διατριβή έχουν εστιάσει σε μερικές εξαιρετικά σημαντικές δράσεις όπως είναι αυτή του προγραμματισμού, της οργάνωσης αλλά και του πειραματισμού με στόχο να υπάρξουν βέλτιστα αποτελέσματα. (Chowdhury et al, 2011 : 3)

Τα συγκεκριμένα συστήματα είναι αρκετά μεγάλα και έχουν την ευχέρεια να αναδείξουν με αυτόν τον τρόπο τα βασικότερα χαρακτηριστικά τους. Για παράδειγμα 2 OLTs είναι εφικτό να έχουν τεράστια ανοχή σε βλάβες ενός WOBAN. Σε περίπτωση, επομένως, που το ένα εκ των δυο OLTs καταστραφεί, το άλλο κομμάτι του WOBAN έχει την ευχέρεια να αυτό-οργανωθεί άμεσα έτσι ώστε να μην επηρεαστεί σε μεγάλο βαθμό η κίνηση η οποία υπάρχει μέσα στο συγκεκριμένο σύστημα (Smith et al, 2007 : 81). Το χαρακτηριστικό αυτό της αυτό-οργάνωσης του συγκεκριμένου συστήματος ισχύει ακόμα και σε περιπτώσεις όπου υπάρξει κάποια αποτυχία όπως για παράδειγμα όταν κοπεί κάποια οπτική ίνα είτε υπάρξει ανεπάρκεια της ασύρματης δρομολόγησης κλπ.

Ένα ακόμα βασικό γνώρισμα είναι η ανάπτυξη αλλά και η διαχείριση του κόστους των δομών αυτών, μιας και είναι εξαιρετικά χαμηλό αφού έχουν αναπτυχθεί από εξαιρετικά προσαρμοσμένα off-the-shelf συστατικά (Jia et al, 2006 : 1728). Αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό των συστημάτων αυτών είναι πως το frond-end τους είναι εφικτό να καθοριστεί σαν ένα plug-and-play Wireless Mesh. Το πρωτότυπο αυτό σύστημα έχει βασικά χαρακτηριστικά προγραμματισμού, αφού υπάρχει ανοιχτού κώδικα λογισμικό, το οποίο παρέχει τον σχεδιασμό αλλά και τον προγραμματισμό των ασύρματων δρομολογητών.

Το συγκεκριμένο σύστημα έχει αποδείξει πως έχει πάρα πολύ χρήσιμες ιδιότητες όπως για παράδειγμα η αυτό-οργάνωση, η οποία αναφέρθηκε και προηγουμένως καθώς επίσης και οι αυτό-θεραπευτικές του ιδιότητες. Το πρωτότυπο αυτό σύστημα πετυχαίνει τον αυτοσχεδιασμό του διαμέσου ενός στρώματος, το οποίο καλείται L2 που θα πρέπει να συνδεθεί και στη συνέχεια να ακολουθήσει την κανονική δρομολόγηση του συγκεκριμένου συστήματος.

Η κατανάλωση ρεύματος των ασύρματων κόμβων είναι εξαιρετικά μικρή καθώς κυμαίνεται από 1 έως και 2,5 Watts για κάθε ρούτερ. Τέλος θα πρέπει να τονιστεί πως όσο το Wireless Mesh, το οποίο αναφέρθηκε εκτενέστερα παραπάνω, αποτελεί το καθοριστικό κομμάτι του συγκεκριμένου συστήματος, τόσο η συνολική ισχύς του σε συνδυασμό με την κατανάλωση του θα παραμένουν σταθερά σε χαμηλές τιμές. (Chowdhury et al, 2011 : 3)

3.5 Διαδικασία ανάπτυξης

Η διαδικασία ανάπτυξης και σχηματισμού των ασύρματων υβριδικών δικτύων είναι σημαντικός παράγοντας στην ορθή λειτουργία τους. Στις επόμενες ενότητες θα παρουσιαστούν όλα τα στοιχεία και τα βήματα που ακολουθούνται για το σκοπό αυτό.

3.5.1 Control Plane issues

- ✚ **Τοπολογία, δημιουργία και συνδεσιμότητα** : Ο οπτικός τομέας των συγκεκριμένων συστημάτων έχει μια στατική τοπολογία η οποία δρα με ενσύρματες συνδέσεις μεταξύ των κόμβων. Το ασύρματο τμήμα κάνει προληπτική χρήση της δρομολόγησης (δηλαδή ακολουθεί τη βέλτιστη σύνδεση δρομολόγησης) με στόχο να αναπτύξει ακόμα περισσότερο την ιδιότητα της αυτό-οργάνωσης της τοπολογίας, όπου σε περίπτωση βλάβης του δρομολογητή, οι κόμβοι έχουν την ευχέρεια να ανακατευθυνθούν και να μεταφέρουν την κινητικότητα από τους ενεργούς δρομολογητές. Σε περίπτωση παρουσίας κάποιας βλάβης του οπτικού τομέα, υφίσταται ένα δυναμικό σύστημα προστασίας το οποίο έχει την ικανότητα να εφαρμόσει την ιδιότητα της αυτό-θεραπείας.
- ✚ **Δυναμικό εύρος ζώνης (DBA)** : Το οπτικό κομμάτι του συστήματος αυτό, κάνει χρήση Ethernet PON σαν κύρια τεχνολογία. Σε αυτήν την τεχνολογία, η λειτουργικότητα Ethernet αποτελεί βασικό παράδειγμα προς μίμηση καθώς χρησιμοποιούνται μηχανισμοί σηματοδότησης L2, οι οποίοι καλούνται παράλληλα MPCP. Τα MPCP είναι πρωτόκολλα τα οποία επιτρέπουν στα OLT να εκχωρήσουν το κατάλληλο εύρος ζώνης ανάμεσα στα ONUs. Υπάρχει παράλληλα και η ευχέρεια χρήσης ιεραρχικών παρόμοιων πρωτοκόλλων που βασίζονται σε δύο επίπεδα (OLT προς ONU αλλά και ONU προς OLT) τα οποία συνδέονται με L2 σηματοδότηση για DBA και με τον τρόπο αυτόν κατορθώνεται η ισχυρότερη ασύρματη οπτική ολοκλήρωση.
- ✚ **Δυνατότητα προγραμματισμού** : Μια σημαντική και εξαιρετικά καθοριστική πτυχή των συστημάτων αυτών είναι το κομμάτι του προγραμματισμού τους. Διάφοροι ερευνητές έχουν δοκιμάσει πειραματικές πλατφόρμες έτσι ώστε οι δημιουργίες αυτές να

βοηθήσουν στην κατάλληλη τροποποίηση και τη βέλτιστη δοκιμή στα παραπάνω πρωτόκολλα σε ό,τι έχει να κάνει με το συγκεκριμένο σύστημα. Στο συγκεκριμένο σύστημα, αναπτύσσεται μια απλή απομακρυσμένη πρόσβαση η οποία ως επί το πλείστον εστιάζει στη συγκεκριμένη πλατφόρμα προγραμματισμού η οποία κάνει χρήση ασύρματων κόμβων (Jia et al, 2006 : 1726–1728). Η συγκεκριμένη πλατφόρμα προσφέρει προγραμματιστικές δράσεις σε όλα τα στρώματα του IEEE 802,11.

3.5.2 Data Plane Issues

- ✚ **Δρομολόγηση** : Υφίσταται η προληπτική δρομολόγηση όπως είναι η OLSR η οποία χρησιμοποιείται κυρίως στο Wireless mesh και κάνει χρήση L2 στατικής δρομολόγησης. Αυτή η διαδικασία ακολουθείται κυρίως στο οπτικό κομμάτι των συστημάτων WOBAN. Υπάρχει δυναμική δρομολόγηση των παραπάνω πρωτοκόλλων όπως είναι τα OLSR όπου υπάρχει σημαντική ποσότητα ασύρματης ευρυζωνικής ζεύξης με την περιοδική σύνδεση και την ενημέρωση κατάστασης. Γενικότερα, στη συγκεκριμένη περίπτωση έχει στατικές δρομολογήσεις οι οποίες υλοποιούνται καλύτερα συγκριτικά με μια δυναμική προσέγγιση σε μια αρχιτεκτονική δικτύου WOBAN.
- ✚ **Ρυθμίσεις** : Οι κόμβοι είναι εφικτό να ρυθμιστούν σύμφωνα με τα διάφορα πειράματα τα οποία έχουν υλοποιηθεί. Οι συγκεκριμένες διαμορφώσεις μεταφοράς δεδομένων διευκολύνουν σημαντικά τη λήψη πειραματικών δεδομένων για διάφορες εφαρμογές στο συγκεκριμένο σύστημα.
- ✚ **Αναλυτές δικτύου** : Παρόμοιοι αναλυτές είναι για παράδειγμα οι tcpdumb, Wireshark2 κλπ, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για τη συλλογή και ανάλυση στατιστικών στοιχείων του δικτύου από διάφορα πειράματα τα οποία υλοποιούνται για να υπάρξουν τα βέλτιστα αποτελέσματα. (Chowdhury et al, 2011 : 3-4)

3.5.3 Management Plane Issues

- ✚ **Απομακρυσμένη πρόσβαση** ; Στα συγκεκριμένα συστήματα γίνεται χρήση διεπαφών με απομακρυσμένη πρόσβαση για να υπάρχει η ευχέρεια φόρτωσης ενός ατομικού κώδικα στο εσωτερικό των κόμβων και να εκτελούνται πιο εύκολα τα πειράματα τα οποία προαναφέρθηκαν για ασύρματους σκοπούς. Οι συγκεκριμένοι κόμβοι οι οποίοι συνδέονται διαμέσου ασύρματης δράσης έχουν καθοριστικό ρόλο στα συγκεκριμένα συστήματα. Οι συγκεκριμένες διασυνδέσεις των οπτικών αυτών κόμβων συνδέονται με craft θύρες.
- ✚ **Δίκτυο τομή** : Υπάρχει η ευχέρεια διαμοιρασμού των πόρων του συγκεκριμένου συστήματος μεταξύ των διαφόρων πειραμάτων που υλοποιούνται. Με τον τρόπο αυτόν κατορθώνεται η διαδικασία του τεμαχισμού των πόρων, όπου αυτό κρίνεται απαραίτητο και οι οποίοι κατανέμονται σύμφωνα με τα πειράματα που έχουν γίνει. Εκτός από τη διαδικασία αυτή η οποία καλείται φυσικός τεμαχισμός, παράλληλα, υφίσταται και ο εικονικός τεμαχισμός όπου οι φυσικοί πόροι των κόμβων είναι εφικτό να διαμοιραστούν με διαίρεση χρόνου κάτι το οποίο κάνει αρκετά δύσκολη την εφαρμογή τους (Smith et al, 2007 : 75-81).

3.6 Ενέργεια και αποτελεσματικότητα κόστους στα δίκτυα WOBAN

Τα συγκεκριμένα δίκτυα πρόσβασης επιτυγχάνουν θετικά αποτελέσματα στη συνολική κατανάλωσης ενέργειας στο διαδίκτυο. Με την ανοδική τάση της χωρητικότητας και των γενικότερων απαιτήσεων που έχουν σε δίκτυα παρόμοιας μορφής, υπήρξαν συζητήσεις για μελλοντική ανάπτυξη σε ό,τι έχει να κάνει με τις ιδιότητες τις οποίες θα πρέπει να πληρούν όσον αφορά τις αυστηρές απαιτήσεις οι οποίες υπάρχουν για την ενεργειακή απόδοση παρόμοιων συστημάτων.

Οι παραδοσιακές προσεγγίσεις στερούνται της ενεργειακής απόδοσης εξαιτίας του σχεδιασμού του συγκεκριμένου μοντέλου που ακολουθούν και το οποίο έχουν υιοθετήσει με την απουσία του φάσματος και την ανάγκη πολύπλοκων σταθμών βάσης (Shaw et al, 2007 : 3443-

3451). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, να απαιτούνται μελλοντικές προσεγγίσεις οι οποίες θα πρέπει να αναπτυχθούν κατάλληλα διαμέσου ενός επιτυχημένου αρχιτεκτονικού επιπέδου για την παροχή εγγενών μηχανισμών εξοικονόμησης ενέργειας.

3.6.1 Επιχείρημα για αρχιτεκτονικές προσεγγίσεις

Το 0,5% της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας προέρχεται από κινητά δίκτυα επικοινωνιών στη σύγχρονη εποχή. Η κατανάλωση ενέργειας για το σκοπό αυτό θα παρουσιάσει επιπλέον ανοδική τάση, προκειμένου να ανταποκριθεί στην αυξανόμενη ζήτηση για μεγαλύτερη χωρητικότητα στα δίκτυα WOBAN. Έτσι, συνέπεια αυτού του γεγονότος θα είναι η αύξηση του κόστους συντήρησης μιας και θα αναπτυχθεί πιο πυκνό δίκτυο υποδομών, αυξάνοντας ταυτόχρονα σαν φυσικό επακόλουθο τις ενεργειακές ανάγκες.

Οι σύγχρονες τεχνολογίες κυψελοειδών δικτύων, όπως το 3G αλλά και το 4G βασίζονται σε παραδοσιακά παραδείγματα σχεδιασμού, υποθέτοντας πως η έλλειψη ραδιοφάσματος και το υψηλό κόστος των σταθμών βάσης δεν θα επηρεαστεί επιπλέον. Για παράδειγμα η τεχνολογία 4G διαθέτει υψηλή αποδοτικότητα φάσματος και ταυτόχρονα ανάγκες χαμηλής ενεργειακής απόδοσης. Ως εκ τούτου, για την ανάπτυξη παρόμοιων δικτύων προτιμούνται τακτικές με λιγότερη ισχύ σταθμών βάσης των πολύπλοκων συστημάτων κεραιών της σημερινής εποχής.

Παρά την ελάττωση της κατανάλωσης ενέργειας, κατέστη δυνατή η βελτίωση των ηλεκτρονικών αλλά και των τεχνολογικών επεξεργασιών σημάτων, κάτι το οποίο εξακολουθεί να μην είναι αρκετό για να ταιριάζει με την κατανάλωση ισχύος η οποία παρουσιάζει ανοδική τάση με τις εντολές μεγέθους. Όλα τα παραπάνω είναι άμεσα συνυφασμένα με τις απαιτήσεις της ζήτησης για περισσότερη χωρητικότητα ενός δικτύου όπως είναι το δίκτυο WOBAN που μελετάμε στην εν λόγω ενότητα.

Ως εκ τούτου, πρέπει να εστιάζουμε στη βέλτιστη αποτελεσματικότητα των επιμέρους συστατικών, όπως είναι οι αρχιτεκτονικές λύσεις. Πρέπει, λοιπόν να προταθεί ένα κατάλληλο πλαίσιο λύσεων για την ανάλυση του ολικού κόστους που αφορά την ανάπτυξη ενός δικτύου μέσα από μελέτες για βέλτιστα και σύγχρονα αρχιτεκτονικά επίπεδα με κατάλληλο φάσμα, ενεργειακή απόδοση και καινούριες τακτικές backhauling με κυριότερο σκοπό την ελαχιστοποίηση του ολικού κόστους του συστήματος που θέλουμε να αναπτύξουμε. (Sankar et al, 2007 : 3329-3340)

Διάφορες έρευνες οι οποίες έχουν υλοποιηθεί τα τελευταία χρόνια υποστηρίζουν πως η ανάπτυξη ενός παρόμοιου δικτύου θα πρέπει να εστιάζει στις απαιτήσεις της κυκλοφορίας με τη χρησιμοποίηση πιο χαμηλής ισχύος για μικρούς σταθμούς βάσης, αντί των λίγων σταθμών υψηλής ισχύος με υψηλό κόστος των συγκεκριμένων σταθμών. Λαμβάνοντας υπόψη το backhaul, θα πρέπει να αναπτυχθεί ένα κατάλληλο μοντέλο κατανάλωσης ρεύματος το οποίο θα εμφανίζει παράλληλα και βασική συμβασιμότητα ανάμεσα σε τομείς όπως η ενέργεια, ο σταθμός βάσης και το κόστος φάσματος, παράγοντες δηλαδή που παρουσιάστηκαν και παραπάνω.

Χρησιμοποιώντας το μοντέλο κατανάλωσης ενέργειας, οι αποφάσεις μπορούν να ληφθούν σύμφωνα με την ανάληψη των βασικών γνωρισμάτων της μελλοντικής υποδομής του δικτύου και το κόστος των διαφοροποιημένων συστατικών που περιέχονται σε αυτό. Οι παραπάνω έρευνες απέδειξαν πως δεν είναι μονάχα το κόστος της ενέργειας αλλά και το ολικό κόστος του εκάστοτε δικτύου πρόσβασης το οποίο εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από το σύνολο των σταθμών βάσης που περιέχονται σε αυτό.

Τέλος, έδειξαν πως η αδράνεια κατανάλωσης ενέργειας και το backhaul αποτελούν τους βασικότερους παράγοντες του συνολικού κόστους κατά την ανάπτυξη πυκνών σταθμών βάσης. Οι παραπάνω έρευνες απέδειξαν πως το κόστος της ενέργειας εξαρτάται ακόμα, σε τεράστιο βαθμό από τη διαθεσιμότητα του φάσματος (Ray, 2012 : 1-3). Όταν τα περισσότερα φάσματα διατίθενται, τόσο η ενέργεια αλλά και το κόστος υποδομής, είναι εφικτό να ελαττωθούν σημαντικά με τη χρήση λιγότερο σύνθετων σταθμών βάσης.

3.6.2 Μεικτή χωρητικότητα πρόσβασης

Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός πως το οπτικό κομμάτι του WOBAN έχει μεγάλες ικανότητες και δυνατότητες, η ασύρματη πρόσβαση πρέπει να ενισχυθεί αναλόγως με τρόπο που θα χρειαστούν χαμηλής χρηματικής ανάγκης πόροι. Η ανάπτυξη πολλαπλών πομποδεκτών σε κάθε πλευρά του δικτύου, είναι βέβαιο πως θα συμβάλει σημαντικά στη βελτίωση της απόδοσης του συστήματος.

Αυξάνοντας όμως εκθετικά τόσο τον εξοπλισμό όσο και την ενέργεια θα παρουσιαστεί το φαινόμενο την μείωσης της απόδοσης λόγω υπερσυγκέντρωσης. Αντ' αυτού αν έχουμε να αυξήσουμε το σύνολο των πομποδεκτών σε αυτούς τους λίγους κόμβους που συχνά βιώνουν υπερφόρτωση δεδομένων και κυκλοφορίας, τότε αυτομάτως θα αυξηθεί η χωρητικότητα χωρίς να υφίσταται τεράστια ανοδική τάση του κόστους. (Ramamurthi et al, 2009)

Σε αρκετές έρευνες, έχει υλοποιηθεί η τεχνολογία μικτής χωρητικότητας ασύρματης πρόσβασης, εν συντομία MCWA, έχοντας σαν θεμελιώδη αρχή την αρχιτεκτονική WOBAN. Στο συγκεκριμένο σύστημα, οι ερευνητές θεωρούν πως έχει βρεθεί η λύση του προβλήματος για τη βέλτιστη εισχώρηση ενός περιορισμένου αριθμού πομποδεκτών ώστε να επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης ασύρματων κόμβων η βελτιστοποίηση της ικανότητας του δικτύου πρόσβασης με την ταυτόχρονη μείωση του κόστους διαχείρισης και υλοποίησης.

Αποτέλεσμα των προηγούμενων ερευνών αποτελεί η κατανόηση της ύπαρξης κατάλληλης αντιμετώπισης σε παρόμοια προβλήματα με τη χρήση ενός ακέραιου γραμμικού προγράμματος, το οποίο καλείται MILP κάνοντας μετέπειτα χρήση του συστήματος CPLEX. Μια κατάλληλη και εξαιρετικά αποτελεσματική εκχώρηση καναλιών και ραδιοφωνικών σημάτων μπορεί να βελτιώσει σε μεγάλο βαθμό την αξιοποίηση του MCWA έχοντας σαν αποτέλεσμα την ελάττωση παρεμβολών και τον ισχυρισμό του ασύρματου front-end του συστήματος WOBAN που μελετάμε στην διατριβή αυτή.

Από τους ίδιους ερευνητές της προηγούμενης αναφοράς, έχει προταθεί, επίσης, ένα παρόμοιο σύστημα το οποίο καλείται έξυπνο σύστημα καναλιών και ραδιοφωνικών εκχωρήσεων (ICRA) που χρησιμοποιείται για παρόμοια συστήματα MCWA (Shaw et al, 2007 : 3443-3451). Το συγκεκριμένο, εξισορροπεί το φορτίο μεταξύ διαφοροποιημένων μεθόδων για την ελάττωση των παρεμβολών, ενώ παράλληλα έχει την ευχέρεια ενίσχυσης των σημάτων. Ένα ακόμη σημαντικό βοήθημα είναι η εξελιξη και η μορφοποίηση του σαν ένα MILP κάτι το οποίο μπορεί να επιτευχθεί ακόμα και σε περίπτωση που γίνει χρήση ενός CPLEX.

3.6.3 Πρόσβαση Long Reach

Η συγκεκριμένη πρόσβαση ως επί το πλείστον εστιάζει στην κοινή συνισταμένη μεταξύ εξοικονόμησης ενέργειας και της τεχνολογίας επέκτασης long reach που επιτυγχάνεται στα δίκτυα WOBAN. Αρκετές προσεγγίσεις παρόμοιας αρχιτεκτονικής και ίδιου επιπέδου έχουν μελετηθεί με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας στα πλαίσια της επίτευξης κατάλληλης προσβασιμότητας.

Οι συγκεκριμένες προσεγγίσεις κλείνουν προς την αδράνεια δεδομένων του δικτύου παρόμοιας αρχιτεκτονικής, όπου γίνεται χρήση πομποδεκτών, μεταβάλλοντας το ρυθμό μετάδοσης και την προσαρμοστική διαμόρφωση με βάση την τρέχουσα κυκλοφορία. Οι συγκεκριμένες τακτικές καλύπτουν το δίκτυο από την πλευρά των ONU, OLT αλλά και της ασύρματης επέκτασης.

Οι μελετητές, εφαρμόζουν την προσέγγιση για την εξοικονόμηση ενέργειας σε δύο στάδια. Το πρώτο στάδιο αφορά το σχεδιασμό του δικτύου ενώ το δεύτερο, το στάδιο της μηχανικής κινητικότητας. Στην πρώτη περίπτωση, το πρόβλημα είναι στατικό και για το λόγο αυτό περιέχει ένα κατάλληλο σύστημα σχεδιασμού του δικτύου υψηλής ενεργειακής απόδοσης το οποίο προτείνεται με προσαρμοσμένη ενσωμάτωση ενός σχετικού αλγορίθμου ανάθεσης ο οποίος περιορίζει σημαντικά τη συμπεριφορά επίγνωσης.

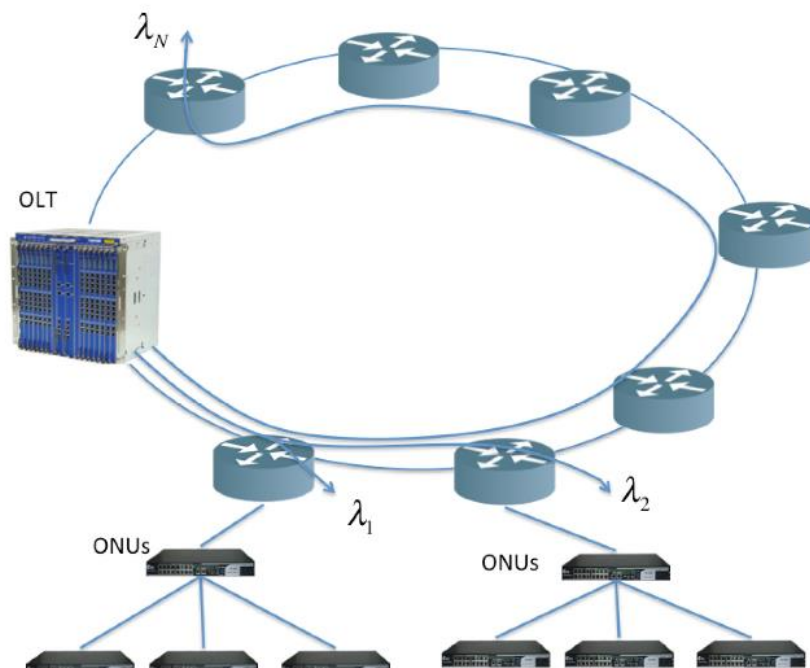
Σύμφωνα με το συγκεκριμένο καθεστώς, οι χρήστες οι οποίοι έχουν συμπληρωματικές συμπεριφορές κίνησης θα πρέπει να κάνουν χρήση ενός δικτύου το οποίο κατορθώνει να έχει πάντα μεγάλη χρήση εύρους ζώνης (Redwan et al, 2011 : 20-23). Κατά συνέπεια, το σύνολο των απαιτούμενων εύρων και οι πομποδέκτες έχουν ελαττωθεί, εξοικονομώντας σημαντική ποσότητα ισχύος.

Στο δεύτερο στάδιο, το πρόβλημα είναι σχετικό με τις λειτουργίες του εκάστοτε δικτύου, καθώς τις περισσότερες φορές υφίσταται κυκλοφορία μηχανικών δυναμικών. Οι ερευνητές έχουν προτείνει βάσει μελετών που έχουν πραγματοποιήσει, ένα σύστημα δυναμικής κατανομής κατάλληλου μήκους κύματος (DWA) για την επίλυση αυτού του προβλήματος.

Όπως διακρίνεται και από την εικόνα 3.6, τα διαφοροποιημένα μήκη κύματος ανατίθενται κυρίως σε απομακρυσμένους κόμβους (σύνολο REN) και με τον τρόπο αυτόν αλλάζει δυναμικότητα του συστήματος με βάση την τρέχουσα κινητικότητα που έχει το εκάστοτε δίκτυο με τη μορφή ενός δικτύου WOBAN. Συγκριτικά με την τακτική εκχώρησης σταθερού μήκους κύματος, το μήκος κύματος το οποίο αναφέρεται στο πρώτο στάδιο του σχεδιασμού, ακολουθεί την τακτική DWA που αναφέρθηκε παραπάνω και κάνει χρήση ενός διαθέσιμου και κατάλληλου εύρους ζώνης το οποίο είναι πιο αποτελεσματικό βάσει στατιστικών ερευνών που έχουν γίνει και αφορούν τις συγκεκριμένες μορφές πολυπλεξίας (Sankar et al, 2007 : 3329-3340).

Οι ερευνητές θεωρούν πως πρέπει να δοθεί στην έρευνα των προτύπων κίνησης του δικτύου WOBAN, με κυριότερο στόχο να υποστηρίξει τις προσεγγίσεις οι οποίες είναι σε θέση να αναμορφώσουν το δίκτυο προσαρμοστικά. Άλλες μελέτες έχουν δείξει πως για εξοικονόμηση ενέργειας θα πρέπει να προσεγγίσουμε το συγκεκριμένο ζήτημα βάσει των υπηρεσιών οι οποίες διαφοροποιούνται σημαντικά σύμφωνα με το SLA αλλά και τη γενικότερη αξιοποίηση του εκάστοτε δικτύου το οποίο προσφέρει, επίσης, έναν δίκαιο συμβιβασμό ανάμεσα στο κόστος ισχύος αλλά και στη γενικότερη απόδοση του δικτύου WOBAN.

Οι προσεγγίσεις που αναλύθηκαν στη συγκεκριμένη ενότητα της εργασίας αυτής, θα πρέπει να συμπεριληφθούν σαν κύρια δεδομένα για την ανάπτυξη και τον προγραμματισμό της επόμενης γενιάς δικτύων παρόμοιας μορφής αλλά πιο μεγάλης εμβέλειας BWA (Broadband Wireless Access)



Εικόνα 3.6 : Σύστημα πρόσβασης long reach σε σύστημα WOBAN (Asad et al, 2010 : 87)

3.6.4 Green WOBAN

Από τις προηγούμενες ενότητες, έχουμε κατανοήσει πως τα τελευταία χρόνια η τεχνολογία WOBAN βρίσκεται στο επίκεντρο των εξελίξεων. Μεταξύ των ερευνητικών προσπαθειών που αναφέρθηκαν και παραπάνω, υπάρχουν αρκετές οι οποίες έχουν αφιερωθεί στο έργο το οποίο έχει άμεση σχέση με την ανάπτυξη μιας τεχνολογίας με πολύ υψηλή απόδοση η οποία καλείται Green WOBAN.

Η Green Woban περιέχει ένα σύνολο από καινούριες τακτικές εξοικονόμησης ενέργειας και χρησιμοποιείται με κυριότερο στόχο τη βελτίωση της χρησιμοποίησης του δικτύου καθώς επίσης και την ενεργειακή του απόδοση. Υφίσταται λοιπόν, μια εγγενής δυνατότητα αναντιστοιχείας ανάμεσα στο ασύρματο εμπρόσθιο άκρο και το οπτικό πίσω άκρο του συστήματος της τεχνολογίας που μελετούμε.

Από τη μια πλευρά, το οπτικό backhaul προσφέρει εγγύηση της αξιοπιστίας σε περίπτωση αποτυχίας και από την άλλη πλευρά, υφίσταται ένας πλεονασμός ο οποίος οδηγεί σε υπό-χρησιμοποίηση κατά τις ώρες χαμηλής κινητικότητας. Σε ό,τι έχει να κάνει με τη συγκεκριμένη ασυμφωνία, θα πρέπει να τονιστεί πως οι ερευνητές προτείνουν μια συντονισμένη ONU κλειστού αλγορίθμου που βάζουν επιλεκτικά τις ONU να σταματήσουν τη δράση τους με βάση την χαμηλή κινητικότητα και το υψηλό όριο αποτύπωσής της στο προφίλ κυκλοφορίας.

Χάρη στη δυνατότητα πολλαπλών διαδρομών του Wireless Mesh κυρίως στο εμπρόσθιο τμήμα, η κίνηση των χρηστών είναι εφικτό να διαμορφωθεί κατάλληλα, αλλάζοντας τη δρομολόγηση της ONU κατά τη διάρκεια της επιλεκτικής κλήσης. Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη κλήση του εν λόγω αλγορίθμου, αναπτύχθηκε ένα μαθησιακό μοντέλο για να διατυπωθεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο το συγκεκριμένο πρόβλημα της επιλογής ONU (Dixit et al, 2007 : 3329–3340).

Αυτό το μοντέλο λαμβάνει προκαθορισμένες ικανότητες συνδέσμων σαν εισροές και έχει την ευχέρεια να αναπτύσσει ένα ελάχιστο σύνολο από ONU οι οποίες χρειάζονται για να είναι ενεργή η έξοδος του συστήματος. Οι παράμετροι δικτύου, όπως οι παράμετροι της τοπολογίας WOBAN και η κυκλοφορία, μετατρέπονται σε περιορισμούς οι οποίοι είναι εφικτό να χρησιμοποιηθούν σαν κατευθυντήριες γραμμές για την επιλογή ONU.

Με παρόμοιο μοντέλο, ένα σύστημα δρομολόγησης είναι χρήσιμο για την αναδρομολόγηση της κινητικότητας που λαμβάνεται αρχικά από την εκάστοτε διαδρομή, την οποία ακολουθεί μια ONU πριν σταματήσει τη δράση της. Σε σύγκριση με ένα σύστημα δρομολόγησης εξισορρόπησης φορτίου, η προτεινόμενη διαδρομή αποσκοπεί στην ελάττωση της χρησιμοποίησης των πόρων του δικτύου καθώς επίσης και της κατανάλωσης ενέργειας σε κατάσταση σύνδεσης.

Η υπολειπόμενη χωρητικότητα έχει ανατεθεί σε έναν σύνδεσμο ως κύριος άξονας, καθώς αντανakλά τη χρησιμοποίηση ενός σταθμού και με τον τρόπο αυτόν παρουσιάζει το κόστος της ισχύος. Γίνεται λοιπόν χρήση ενός μοντέλου MILP, το οποίο δρα σαν σημείο αναφοράς για την αξιολόγηση του αλγορίθμου επιλογής και του καθεστώτος δρομολόγησης.

Ο αντίκτυπος της εν λόγω ενέργειας, αφορά κυρίως το σχεδιασμό σε ό,τι έχει να κάνει με την απόδοση της τοπολογίας WOBAN η οποία αναλύεται έναντι των δυναμικών χαρακτηριστικών της γενικότερης κυκλοφορίας. Τα αποτελέσματα δείχνουν πως η καταλληλότερη διαμόρφωση των συγκεκριμένων παραμέτρων σχεδιασμού μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας δίχως να υφίσταται ελάττωση η γενικότερη απόδοση που παρουσιάζει στη συγκεκριμένη τοπολογία ενός δικτύου WOBAN. (Redwan et al, 2011 : 20-23)

3.7 Πιθανότητες σύνδεσης στο Wireless Mesh διαμέσου WOBAN

3.7.1 Σταθμοί βάσης

Έρευνες έχουν αποδείξει ότι σε ένα ασύρματο δίκτυο πλέγματος, κυριότερος στόχος είναι η αξιολόγηση της απόδοσης του πρωτοκόλλου δρομολόγησης. Έτσι λοιπόν, αποδείχτηκε πως υφίστανται σημαντικές διαφοροποιήσεις ανάμεσα στην προσομοίωση και στις μετρημένες αποδόσεις, οι οποίες αποδίδονται σε μια γκριζα ζώνη και όχι στις υψηλές αναλογίες και στις χαμηλές παραδόσεις πακέτων.

Πριν από μερικά χρόνια, στο Συνεδριακό Κέντρο Moscone, δοκιμάστηκε ένα ασύρματο δίκτυο πλέγματος. Η συγκεκριμένη μελέτη έδειξε πως υφίστανται απροσδόκητα υψηλά ποσοστά απώλειας πακέτων κάτι το οποίο επιφέρει σοβαρές επιρροές και επιδράσεις στη γενικότερη απόδοση των πρωτοκόλλων των τοπολογιών WOBAN (Ray, 2012 : 1-3).

Η έρευνα όμως δεν σταμάτησε εκεί. Έτσι λοιπόν, στην περιοχή του Cambridge (όπως φαίνεται και από την εικόνα 3.7) στο αστικό δίκτυο Wireless, παρουσιάστηκαν διαμέσου δημοσιεύσεων, όπου έγινε χρήση διάφορων υπολογισμών σε επίπεδο ζεύξης σε [ABB+4], ο εκάστοτε σταθμός βάσης μετέδιδε εκπομπή πακέτων ανά 90 δευτερόλεπτα ενώ τα υπόλοιπα έκαναν προσπάθειες να λάβουν τα συγκεκριμένα πακέτα μέσα στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.



Εικόνα 3.7 : MIT Wireless (Redwan et al, 2011 : 23)

Οι προκύπτουσες αναλογίες απώλειας πακέτων επιβεβαίωσε τα ευρήματα των προηγούμενων ερευνών που προαναφέρθηκαν. Η στατιστική ανάλυση η οποία έγινε για την εν λόγω έρευνα αποκάλυψε δύο ενδιαφέρουσες καταστάσεις. Αρχικά, το ενδιαφέρον είναι πως μικρότερης κλίμακας συσχετίσεις έχουν άμεση σχέση με τις αναλογίες παράδοσης. Επίσης, σε αντίθεση με τη συνήθη προσδοκία, ο καιρός δεν επιφέρει σημαντικές επιρροές σε ό,τι έχει να κάνει με τον παράγοντα της ποιότητας της σύνδεσης.

Διαπιστώθηκε επίσης πως ενώ το SNR ήταν ένα αδύναμο κομμάτι πρόβλεψης σε ό,τι αφορά τα μέτρα τα οποία λήφθηκαν λόγω μιας και υπήρξαν μεγάλα ποσοστά απώλειας πακέτων, λόγω της σύνδεσης με υψηλό SNR κάτι το οποίο ήταν αδύνατο να εμφανιστεί σε τόσο μεγάλα ποσοστά απώλειας (Donagan et al, 2010). Ως εκ τούτου, είναι ήδη ασφαλές να τονιστεί σε αυτό το σημείο ό,τι η βελτίωση της ποιότητας της σύνδεσης (δηλαδή το SNR) με τη σειρά του θα είναι σε θέση να βελτιώσει σημαντικά τη συνολική απόδοση της ασύρματης σύνδεσης στο συγκεκριμένο πλέγμα WOBAN.

Εξαιτίας της άμεσης διαθεσιμότητας των δεδομένων, έγινε χρήση RoofNet (Τεχνολογία Mesh δικτύων ανεπτυγμένη από το MIT) σαν κύρια βάση δεδομένων για τη βέλτιστη αξιολόγηση της τοπολογίας WOBAN. Για το σκοπό αυτό θεωρούμε πως η αναλογία

παράδοσης ενός συνδέσμου είναι ίση με την πιθανότητα σύνδεσης της συγκεκριμένης τοπολογίας. Αυτό είναι κάτι το οποίο μπορεί να φαίνεται σαν εικασία, όμως τα προαναφερόμενα δείχνουν πως βάσει των συγκεκριμένων στατιστικών αναλύσεων το σενάριο αυτό είναι εφικτό και αποτελεί μορφή αναγνώσιμη αι αναγνωρίσιμη από όλες τις μηχανές.

Τέλος, σε ό,τι έχει να κάνει με το Wireless Mesh, θα πρέπει να τονιστεί πως είναι ένα δίκτυο δρομολόγησης το οποίο έχει αναπτυχθεί από κατάλληλους αλγορίθμους οι οποίοι επέφεραν τεράστιες και σημαντικές μεταβολές στην τοπολογία WOBAN παρόλο που δεν υπήρξαν αλλαγές μεγάλης κλίμακας (Shaw et al, 2007 : 3443-3451).

3.7.2 Διαθεσιμότητα Διαδρομής και Αξιολόγηση

Σε ότι έχει να κάνει με τη διαθεσιμότητα της διαδρομής, θα πρέπει να επισημανθεί πως με τις πιθανότητες σύνδεσης υπολογίστηκε πως υπάρχουν αρκετές τιμές οι οποίες κυμαίνονται στο 0,9999 για οπτικές συνδέσεις κάνοντας χρήση της τοπολογία WOBAN. Γενικότερα, για να ελεγχθεί η συγκεκριμένη διαθεσιμότητα για κάθε μονοπάτι p το οποίο αποτελείται από διάφορες συνδέσεις οι οποίες ανήκουν στο συγκεκριμένο δίκτυο θα πρέπει να ακολουθηθεί ο παρακάτω τύπος που είναι ο εξής : $A_p = \prod_{e \in p} P_e$ (Dipl and Kiese, 2014).

Για τους σκοπούς της αξιολόγησης διαθεσιμότητας, θα πρέπει να έχουμε πρόσβαση στην εφαρμογή των ακόλουθων καταστάσεων μιας τοπολογίας WOBAN και πρόσβαση στους κατάλληλους αλγορίθμους δρομολόγησης της εν λόγω τοπολογίας. Οι καταστάσεις αυτές είναι οι εξής :

- Η καθυστέρηση του αλγορίθμου δρομολόγησης ελαχιστοποιεί το μέσο όρο καθυστέρησης πακέτων στο ασύρματο τμήμα ενός WOBAN
- Η ικανότητα και η καθυστέρηση του αλγορίθμου CaDAR που παρουσιάστηκε παραπάνω διανέμει την κυκλοφορία μεταξύ των ασύρματων συνδέσεων και παρουσιάζει σημαντική καθυστέρηση επίγνωσης δρομολόγησης για να υποστηρίξει πιο μεγάλα φορτία στο ασύρματο κομμάτι της
- Έχει την ευχέρεια να εκχωρεί τη ροή διαμέσου CFA σε ότι έχει να κάνει με τα προβλήματα τα οποία έχουν ερευνηθεί και επιλυθεί με τοπικό βέλτιστο (δηλαδή για μια ροή σε καθορισμένο χρόνο) (Asad et al, 2010 : 82-89).

Η σύγκριση λοιπόν ανάμεσα στην παραπάνω ικανότητα και στην καθυστέρηση των αλγορίθμων δρομολόγησης παίζει καθοριστικό ρόλο. Αξίζει να τονιστεί πως κανένας από αυτούς τους αλγορίθμους δεν λαμβάνει την ποιότητα της σύνδεσης απευθείας στον εκάστοτε λογαριασμό. Για αυτόν το λόγο γίνεται χρήση πινάκων δρομολόγησης οι οποίοι συγκεντρώνονται από τους τρεις αλγορίθμους δρομολόγησης τους οποίους έχει ένα δίκτυο WOBAN. Με τον τρόπο αυτόν είναι εφικτό να γίνει εκτίμηση της διαθεσιμότητας των συγκεκριμένων διαδρομών οι οποίοι προκύπτουν από τον τύπο που προαναφέρθηκε παραπάνω (Shaw et al, 2007 : 3443-3451).

Τα αποτελέσματα από τη διαδικασία end-to-end είναι μάλλον αρκετά χαμηλά που στην βέλτιστη περίπτωση μπορεί να παρατηρηθεί ένα 40%. Μια προφανής ιδέα για βελτίωση των συγκεκριμένων αποτελεσμάτων είναι να ενσωματώσουμε την ποιότητα της σύνδεσης στους παραπάνω αλγορίθμους δρομολόγησης.

Θα πρέπει να αναφέρουμε, όμως, πως δεν υφίσταται σαφής διάκριση ανάμεσα στις καλές αλλά και στις κακές συνδέσεις (καθώς πολλές από τις συνδέσεις ανήκουν στη γκριζα ζώνη) (Dipl and Kiese, 2014). Με τον τρόπο αυτόν θα μπορούσαμε να διακρίνουμε αμέσως εάν υφίσταται υψηλό όριο καθώς τότε θα πρέπει να υπάρξει αποσύνδεση σε ένα μεγάλο αριθμό σταθμών βάσεων.

Κάνοντας χρήση απλών αλγορίθμων δρομολόγησης (βάσει της συντομότερης διαδρομής), μπορούμε να ελαττώσουμε τη μέση έλλειψη σχεδόν κατά 25%, κάτι το οποίο παρόλα αυτά εξακολουθεί να είναι σε αρκετά υψηλά επίπεδα, τουλάχιστον συγκριτικά με τις εκτιμώμενες αξίες των ερευνών που έχουν γίνει τα προηγούμενα χρόνια.

Γενικότερα, στα συγκεκριμένα δίκτυα που μελετάμε στο κεφάλαιο αυτό, η συνδεσιμότητα είναι πράγματι μια πρόκληση στην πραγματική ζωή σε ότι έχει να κάνει με τα ασύρματα δίκτυα πλέγματος. Στα δίκτυα αυτά, όπως το WOBAN δεν είναι εφικτό να υπάρξει θεραπεία σε περίπτωση κάποιου προβλήματος σε έναν από τους 3 αλγορίθμους δρομολόγησης που περιέχεται. Αυτό οφείλεται ως επί το πλείστον στο γεγονός πως οι συγκεκριμένες τοπολογίες δίνουν τεράστια έμφαση στην αποδοτικότητα των συστημάτων αυτών (Sankar et al, 2007 : 3340).

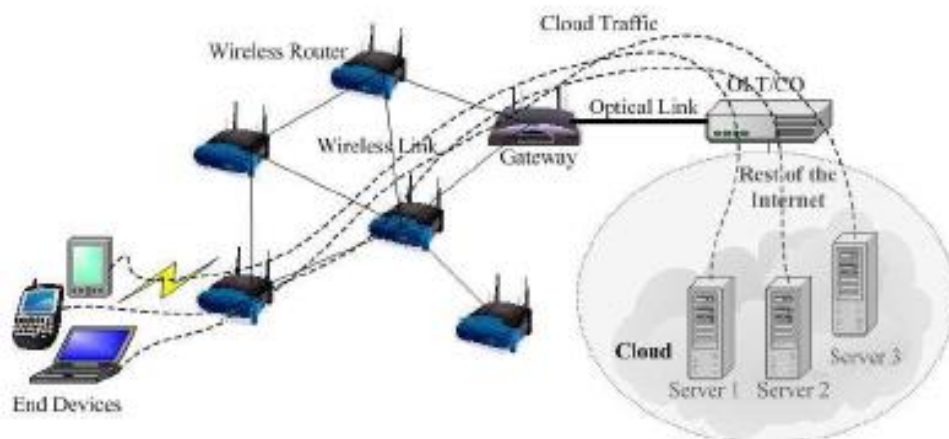
Αντίθετα, ένα διαφοροποιημένο σύστημα δρομολόγησης το οποίο είναι τροποποιημένο κατάλληλα, μπορεί να βελτιώσει τη συγκεκριμένη κατάσταση παρά το γεγονός πως ακόμα και τότε η εν λόγω διαθεσιμότητα δεν είναι και πάλι ικανοποιητική, ένα φαινόμενο το οποίο εντοπίζεται ως επί το πλείστον στα συμβατικά ενσύρματα δίκτυα (Dipl and Kiese, 2014).

4° ΚΕΦΑΛΑΙΟ: CLOUD ΜΕΣΩ WOBAN

4.1 Εισαγωγή

Πρόσφατες έρευνες έχουν δείξει πως η ενσύρματη και ασύρματη τεχνολογία δικτύωσης θα πρέπει να αντιμετωπίζεται σαν μια ολοκληρωμένη οντότητα για να αναπτυχθεί μια κεντρική υπηρεσία αρχιτεκτονικής του συγκεκριμένου δικτύου. Μια πιθανή παρόμοια αρχιτεκτονική είναι το WOBAN, το οποίο περιέχει ένα ασύρματο δίκτυο πλέγματος (WMN) που παρέχει πρόσβαση στους τελικούς χρήστες αλλά παράλληλα αποτελεί ένα οπτικό δίκτυο backhaul το οποίο μεταφέρει το συνολικό traffic (Reaz et al. 2010 : 1-2).

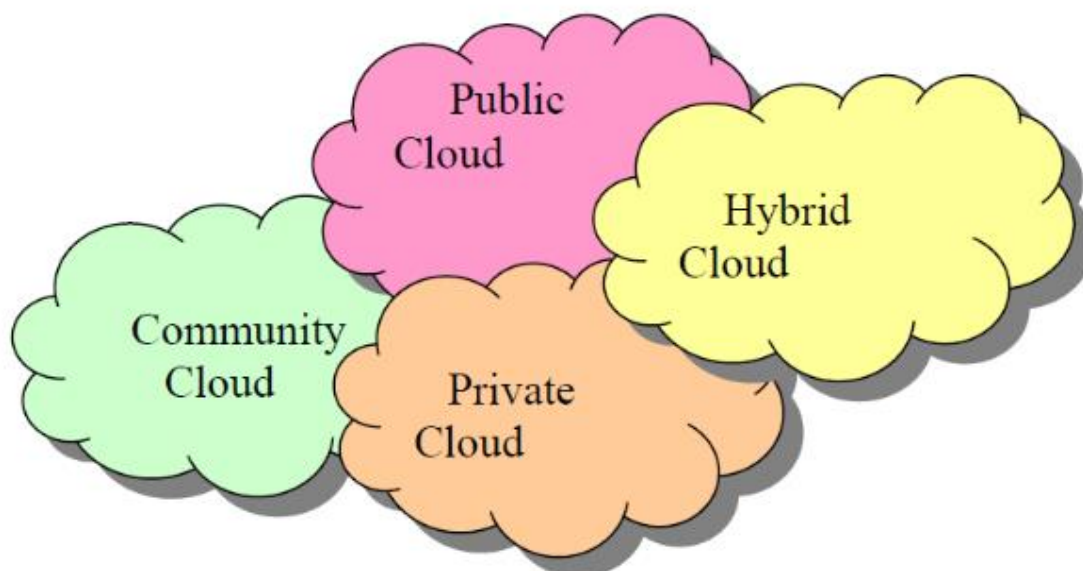
Οι τελικοί χρήστες, οι οποίοι μπορεί να είναι κινητοί ή σταθεροί, έχουν την ευχέρεια σύνδεσης στο δίκτυο διαμέσου αυτών των ασύρματων κόμβων των οποίων οι θέσεις δεν είναι σταθεροποιημένες. Οι πληροφορίες ταξιδεύουν συνήθως διαμέσου των WMN, πάνω από πολλαπλές ασύρματες διασυνδέσεις που καλούνται ασύρματες backhaul διασυνδέσεις. Μια καθορισμένη ακολουθία από αυτούς τους κόμβους, οι οποίοι ονομάζονται πύλες εισόδου, είναι συνδεδεμένοι με το οπτικό τμήμα του συγκεκριμένου δικτύου. Τις περισσότερες φορές οι συγκεκριμένες πύλες διασυνδέονται με ένα ONU. (βλέπε εικόνα 4.1)



Εικόνα 4.1 : Traditional cloud access in WOBAN (Reaz et al. 2010 : 2)

4.2 Υβριδικά clouds

Τα clouds διακρίνονται σε 4 μοντέλα ανάπτυξης που είναι το Public cloud, το Private cloud, το Community cloud καθώς επίσης και το Hybrid cloud είτε όπως καλείται στη χώρα μας το υβριδικό σύννεφο το οποίο έχει άμεση σχέση με τα υβριδικά ασύρματα δίκτυα πλέγματος τα οποία στη διεθνή βιβλιογραφία ονομάζονται Hybrid WMN. Ένα παρόμοιο υβριδικό σύστημα είναι και το WOBAN το οποίο αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.



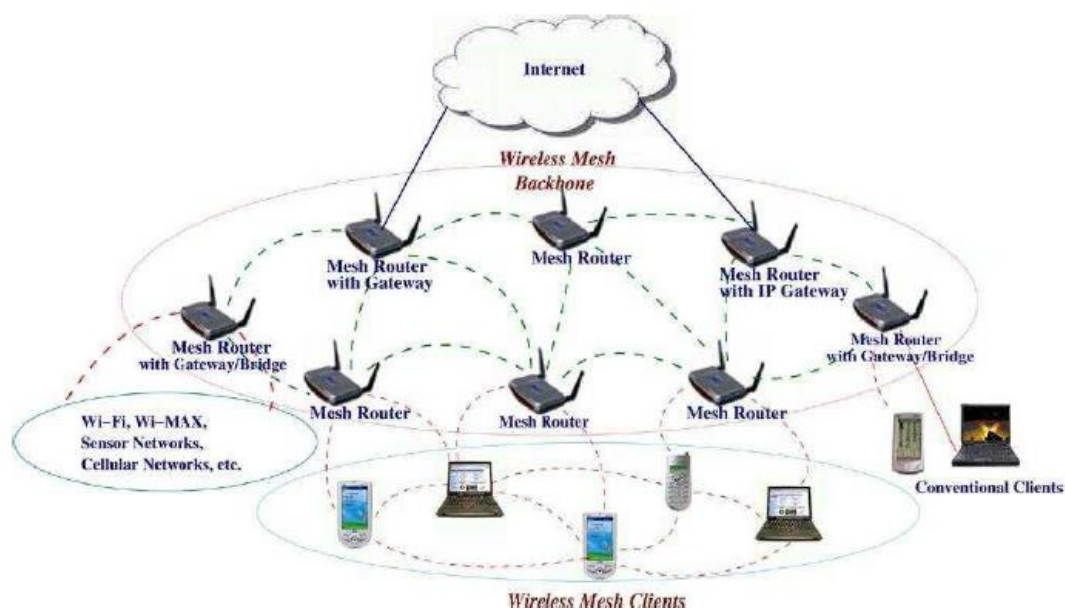
Εικόνα 4.2 : Τα μοντέλα ανάπτυξης των Cloud computing υπηρεσιών (Ζεάκης, 2011 : 13)

Η υποδομή cloud αποτελεί μια σύνθεση δύο ή περισσότερων clouds (private, community είτε public) που παραμένουν σαν μοναδικές μονάδες έχοντας όμως άμεση σύνδεση ανάμεσα τους είτε με τυποποιημένη, είτε με αποκλειστική τεχνολογία η οποία αφήνει φορατότητα στοιχείων, πληροφοριών αλλά και εφαρμογών (όπως για παράδειγμα σύννεφο γεμάτο για εξισορρόπηση φορτίου μεταξύ των cloud) (Knightly, 2007).

Ένας οργανισμός είναι εφικτό να υλοποιήσει ένα πρότυπο είτε πολλά διαφοροποιημένα, σύμφωνα με το μοντέλο cloud το οποίο του προσφέρει τη βέλτιστη λύση. Για παράδειγμα, μια καθοριστική εφαρμογή η οποία έχει την τήρηση ή κάποια άλλη προδιαγραφή ασφαλείας, είναι πιθανόν να χρειάζεται ένα υβριδικό μοντέλο ή ένα ιδιωτικό μοντέλο cloud. Σε διαφορετική περίπτωση, μια γενικευμένη εφαρμογή η οποία είναι πιθανόν να χρειάζεται για κάποιο προσωρινό έργο να χρήζει της αναγκαιότητας ενός δημόσιου cloud ως βέλτιστη επιλογή.

Είναι εξαιρετικά σημαντικό να επισημανθεί πως τα τέσσερα μοντέλα υπηρεσιών που διακρίνονται στην εικόνα 4.2, δεν οριοθετούν τη φυσική τοποθέτηση των υποδομών ή των πρακτικών. Αντιθέτως αντικατοπτρίζει την τοποθεσία εγκατάστασης, η οποία θα ήταν εφικτό να φιλοξενηθεί από ένα δημόσιο ή από ένα ιδιωτικό cloud (Zhang, 2006).

Γενικότερα, η αρχιτεκτονική των ασύρματων υβριδικών δικτύων πλέγματος αποτελεί έναν συνδυασμό της υποδομής αλλά και του πλέγματος πελάτη. Οι πελάτες πλέγματος έχουν την ευχέρεια να έχουν πρόσβαση στο δίκτυο μέσω των δρομολογητών πλέγματος αλλά και άμεση σύνδεση με πελάτες παρόμοιας φύσεως. Ενώ η υποδομή προσφέρει την ευχέρεια διασύνδεσης με άλλα δίκτυα, όπως για παράδειγμα το διαδίκτυο, το wi-fi, το WiMAX, τα κινητά τηλέφωνα αλλά και διάφορα δίκτυα αισθητήρων, οι ικανότητες δρομολόγησης των πελατών προσφέρουν βελτιωμένη συνδεσιμότητα και κάλυψη μέσα σε αυτά ασύρματα δίκτυα. Η υβριδική αρχιτεκτονική για αυτές τις εφαρμογές είναι η πιο υλοποιήσιμη περίπτωση. (βλέπε εικόνα 4.3)



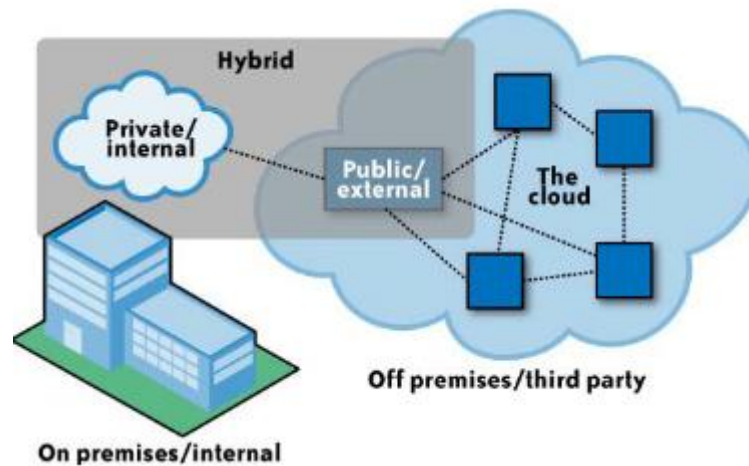
Εικόνα 4.3 : Αρχιτεκτονική Hybrid WMN's (Σκούρη, 2012 : 27)

Ένα περιβάλλον παρόμοιας μορφής cloud στρατηγικής περιλαμβάνεται από αρκετούς εσωτερικούς και εξωτερικούς παρόχους και είναι μια πιθανή ανάπτυξη για τους οργανισμούς. Με ένα παρόμοιο σύννεφο, οι παραπάνω οργανισμοί έχουν την ευχέρεια να τρέξουν μη κύριες εφαρμογές σε ένα public cloud, κρατώντας στην κατοχή τους ταυτόχρονα, κύριες εφαρμογές και ευαίσθητα στοιχεία in-house σε ένα private cloud (βλέπε εικόνα 4.2) (Σολδάτου, 2013 : 20).

Τα υβριδικά σύννεφα ονομάζονται παράλληλα και υβριδικά νέφη. Τα συγκεκριμένα νέφη δεν είναι τίποτα άλλο παρά μονό μια σύνθεση δύο ή περισσότερων μοντέλων ανάπτυξης που παραμένουν σαν μονάδες αλλά έχουν την ευχέρεια διασύνδεσης μεταξύ τους με τυποποιημένη και αποκλειστική τεχνολογία που αφήνει όπως προείπαμε τη φορητότητα στοιχείων, πληροφοριών αλλά και εφαρμογών (Knightly, 2007).

Η εν λόγω μορφή οργάνωσης αφήνει τη διαφοροποίηση της μορφής επεξεργασίας σύμφωνα με μερικά κύρια χαρακτηριστικά και βασικές προϋποθέσεις όπως είναι για παράδειγμα η αποδοτικότητα, η τακτική (κρατά μια εταιρία ή ένας οργανισμός τις απόρρητες πληροφορίες στα τείχη της) και τα οικονομικά (εκμεταλλεύεται μονάχα την τεχνολογία του clouding στην οποία και είναι εξαιρετικά συμφέρουσα). Παράλληλα με τα παραπάνω, ο προαναφερόμενος τύπος μπορεί να χρησιμοποιηθεί μονάχα στην περίπτωση όπου υφίσταται υπερχείλιση, όταν δηλαδή διαπιστωθεί ένα βέλτιστο σημείο διαδικτυακής κινητικότητας και δράσης.

Δύο είναι οι κυριότερες προϋποθέσεις για την ομαδοποίηση των διαφοροποιημένων μοντέλων ανάπτυξης των υπολογιστικών νεφών. Η εν λόγω υπηρεσία, λειτουργεί βάση των προϋποθέσεων αυτών, στις εγκαταστάσεις του χρηστή ή στο κέντρο δεδομένων των πάροχων υπηρεσίας νεφών και σε επίπεδο προσβασιμότητας, όπως καλούνται δηλαδή στη διεθνή βιβλιογραφία σαν shared ή dedicated (Μαρκέλλου, 2013 : 6).



Εικόνα 4.4 : Υβριδικό cloud (Σολδάτου, 2013 : 21)

Οι υπηρεσίες οι οποίες προσφέρονται διαμέσου της ενσωμάτωσης των δεδομένων νέφους εξελίσσονται, τα εμπόδια ξεπερνιούνται και τα κριτήρια αναπτύσσονται. Μια σοβαρή ανησυχία είναι η εμπιστοσύνη η οποία απαραίτητα πρέπει να αναπτυχθεί έτσι ώστε τα δεδομένα μιας φυσικής οντότητας ή μιας επιχείρησης να είναι το ίδιο ασφαλείς και ιδιωτικά. Η ανάπτυξη μια συγκεκριμένης εμπιστοσύνης είναι ένα εξαιρετικά σοβαρό ορόσημο στην περαιτέρω εξέλιξη του ολικού φάσματος του cloud computing (Zhang, 2006).

4.3 Cloud διαμέσου WOBAN

Στη σημερινή εποχή τα δίκτυα πρόσβασης που μελετάμε, διαμορφώνονται ολοένα και περισσότερο από τις υπηρεσίες οι οποίες προσφέρονται τις περισσότερες φορές στους τελικούς χρήστες και είναι εξαιρετικά προσβάσιμες από ένα σύννεφο. Ένα νέφος διευκολύνει σε μεγάλο βαθμό τη διαδικασία αποθήκευσης, ανάπτυξης αλλά και την προσφορά υπηρεσιών και δράσεων διαμέσου του σημερινού γνωστού σε όλους μας διαδικτύου. Αρκετές εξ αυτών των υπηρεσιών που αναφέρθηκαν αλλά και αναλύθηκαν παραπάνω είναι η διαδικασία της αποθήκευσης, οι εντοπίσιμες εφαρμογές, το λογισμικό SaaS αλλά και πολλές ακόμα σύγχρονες υπηρεσίες οι οποίες παρέχοντας τους τελικούς χρήστες της εποχής μας.

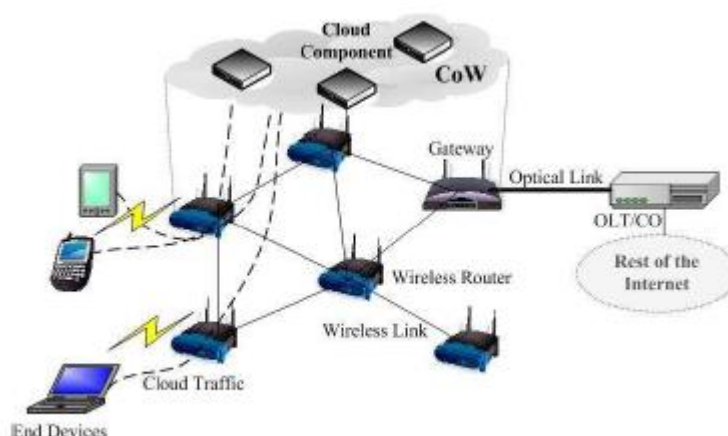
Σε ένα WOBAN, οι παραπάνω υπηρεσίες πρόσβασης αναπτύσσονται με ασύρματες συσκευές, δυνατότητας τέλους διαμέσου ενός νέφους διακομιστών οι οποίοι έχουν την ευχέρεια να χρησιμοποιήσουν όποιο δίκτυο επιθυμούν. Κατά συνέπεια, σε ένα WOBAN, εάν δημιουργηθεί κάποιο αίτημα από κάποιον χρήστη για μια εκ των cloud υπηρεσιών, πρέπει να υπάρξει μεταφορά διαμέσου ενός ασύρματου συστήματος για την επίτευξη ενός OLT διαμέσου των απαραίτητων πυλών έτσι ώστε να υπάρξει η βέλτιστη παράδοση στον κατάλληλο διακομιστή.

Οι υπηρεσίες οι οποίες μεταφέρονται σε πολλαπλές ασύρματες συσκευές αφορούν μονάχα τους τελικούς χρήστες. Αυτή η παραδοσιακή ρύθμιση διακρίνεται εύκολα στην εικόνα 4.1 που παρουσιάστηκε παραπάνω, όπου όλες οι υπηρεσίες ζητούνται από τους τελικούς χρήστες οι οποίοι καταναλώνουν εύρος ζώνης σε ένα WMN, που είναι εξαιρετικά περιορισμένο εξαιτίας της διαφωνίας του σε ό,τι έχει να κάνει με την τελική παρέμβαση του αλλά και με την περιορισμένη δυνατότητα που έχει. Το γεγονός αυτό, οφείλεται στην κυκλοφορία που ως επί το πλείστον διέρχεται από τις πύλες που θεωρούνται σημεία συμφόρησης. Αυτές είναι και οι βασικότερες αιτίες οι οποίες τοποθετούν εξαιρετικά σημαντική την ένωση του cloud με το WOBAN, ώστε να αντιμετωπιστούν τα προαναφερόμενα προβλήματα.

Αρκετές υπηρεσίες του cloud computing είναι τοπικές και η γεωγραφική συνάφεια των συγκεκριμένων υπηρεσιών είναι εντός του πεδίου δράσης του εμπρόσθιου άκρου του WOBAN. Σε αντίθεση, με ένα τυπικό σύστημα διανομής περιεχομένου, ο συνδυασμός cloud και WOBAN έχει την ευχέρεια να φιλοξενεί αλλά και να εξυπηρετεί τοπικά συστήματα κάνοντας χρήση CCS. Οι συγκεκριμένες υπηρεσίες είναι εφικτό να προσπελαστούν από διάφορα κράτη

διαμέσου διεπαφών οι οποίες εστιάζουν και ενισχύονται κυρίως από τις σύγχρονες εξελίξεις των ασφαλών επικοινωνιών.

Ο συγκεκριμένος συνδυασμός αναπτύσσει τη διαθεσιμότητα, ενώ παράλληλα προσφέρει χαμηλό κόστος και εξαιρετικά εύκολη η υλολογισμική ανάπτυξη του. Μια παρόμοια αρχιτεκτονική (βλέπε εικόνα 4.5) είναι εφικτό να προσφέρει ένα μεγάλο φάσμα υπηρεσιών cloud για τους τελικούς χρήστες καθώς μπορεί να φιλοξενηθεί τοπικά, ασύρματα αλλά και οπτικά διαμέσου του δικτύου backhaul ενός WOBAN. Με τον τρόπο αυτόν κατορθώνεται η ελάττωση της έντασης της κινητικότητας που υπάρχει κάτι το οποίο διενεργείται κυρίως διαμέσου του παραπάνω δικτύου (Jia et al, 2006 : 1726–1728).



Εικόνα 4.5 : Αρχιτεκτονική δικτύου cloud μέσω WOBAN (Reaz et al. 2010 : 3)

Με τον παραπάνω συνδυασμό ελαττώνεται ο όγκος ενώ παράλληλα υπάρχει και η δυνατότητα ελάττωσης της συμφόρησης, κάτι το οποίο κάνει εξαιρετικά χρήσιμο και ελκυστικό το συγκεκριμένο σύστημα. Η ευχέρεια ελάττωσης του ασύρματου ισχυρισμού, απελευθερώνοντας το traffic που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανοδική τάση του φορτίου ενός δικτύου είναι ένας σημαντικός παράγοντας, ενώ παράλληλα δίνεται η δυνατότητα να ελαττωθεί η συμφόρηση η οποία εντοπίζεται σε μεγάλο βαθμό κοντά στις πύλες. (Dixit et al, 2007 : 3329–3330)

Όλα τα παραπάνω έχουν σαν συνέπεια, την καθοριστική βελτίωση της αποδοτικότητας του συστήματος WOBAN κάτι το οποίο είναι εφικτό να υλοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό. Για έναν πάροχο υπηρεσιών και όσον αφορά τη διασφάλιση των υπηρεσιών νέφους αιχμής για τους χρήστες του είναι σημαντικό να ενταχθούν οι υπηρεσίες τροφοδότησης του δικτύου αλλά και η βελτιστοποίηση του σχεδιασμού του εν λόγω συστήματος. Έτσι αναπτύχθηκε το σύστημα του παραπάνω συνδυασμού, που ενώνει μια αρχιτεκτονική ενός νέφους με ένα δίκτυο πρόσβασης. Τι είναι αυτό, όμως, το οποίο κάνει τη συγκεκριμένη αρχιτεκτονική τόσο σημαντική;

Πολλές εκ των υπηρεσιών νέφους είναι τοπικές. Για παράδειγμα ένα spam το οποίο προέρχεται από ένα WOBAN, είναι εφικτό να μπλοκαριστεί άμεσα μέσα στο ασύρματο δίκτυο δίχως να υφίσταται η ανάγκη ενός OLT. Παράλληλα, παρέχεται χώρος στάθμευσης όπου παρέχονται τοπικές πληροφορίες οι οποίες είναι εξαιρετικά σημαντικές και ιδιαίτερα καθοριστικές για τα συγκεκριμένα συστήματα (Smith et al, 2007 : 75-81).

Σε περίπτωση όπου υφίσταται μια τοπική υπηρεσία όπως είναι για παράδειγμα η θέση ενός παρκινγκ, είναι καλύτερα να υπάρξει διαχείριση των τοπικών μεταβολών σε τοπικό επίπεδο και όχι με ασύρματο τρόπο. Οι συγκεκριμένες τοπικές υπηρεσίες είναι εύκολο να εξυπηρετηθούν ακόμα και με τη χρήση ενός WOBAN, με τη βοήθεια των υπηρεσιών cloud οι οποίες έχουν ενσωματωθεί σε αυτό. Συνέπεια όλων αυτών, είναι η ελάττωση της χρησιμότητας του εύρους ζώνης και της συμφόρησης των πυλών διαμέσου εκτροπής του traffic αλλά και η ανοδική τάση του φορτίου του δικτύου κάτι το οποίο θα βοηθήσει σημαντικά στην ανταπόκριση των αιτημάτων των χρηστών για τοπικές ενημερώσεις (Pauly, 2008). Ταυτόχρονα, είναι

εξαιρετικά σημαντικό να τονιστεί πως ένα νέφος είναι κατάλληλο για ένα σύστημα WOBAN καθώς τα συγκεκριμένα συστήματα οδηγούνται από ένα OLT σε έναν κεντρικό χώρο κάνοντας πιο εύκολη τη δρομολόγηση και τη διαχείριση της ασύρματης αλλά και της οπτικής κίνησης.

4.4 Αρχιτεκτονική Cloud διαμέσου WOBAN

Σε ένα τέτοιο σύστημα μπορούμε να προσθέσουμε κάποιες λειτουργίες όπως είναι για παράδειγμα η αποθήκευση αλλά και η δράση του διακομιστή διαμέσου ασύρματων κόμβων ενός συστήματος WOBAN. Σε περίπτωση όπου η αίτηση για μια υπηρεσία νέφους είναι εφικτό να εξυπηρετηθεί από μέσα, διαβιβάζεται στην κατάλληλη λειτουργία αντί του OLT. Στη συνέχεια, η εν λόγω λειτουργία επιστρέφει την αντίστοιχη ανταπόκριση (Nandiraju, 2007). Σύμφωνα με την πολιτική της παροχής υπηρεσιών, του εξοπλισμού αλλά και των ειδών των παρεχόμενων υπηρεσιών είναι εφικτό να αναπτυχθούν καινούριες δράσεις για την κάθε χώρα.

Στην περίπτωση όπου μια παρόμοια δράση παρέχεται ολοκληρωμένα και προσφέρεται διαμέσου ασύρματων κόμβων, τότε καλούμε τους κόμβους αυτούς σαν κόμβους υποδοχής για την εκάστοτε δράση. Με τη σύγχρονη τεχνολογία, η μνήμη αλλά και η επεξεργαστική ισχύς είναι διαθέσιμη στα πλαίσια ενός λογικού κόστους. Από την άλλη πλευρά, τα ασύρματα δίκτυα με κατάλληλο εύρος ζώνης είναι εξαιρετικά σπάνια φαινόμενο. Έτσι θα πρέπει να επισημανθεί πως η εν λόγω αρχιτεκτονική την οποία ερευνούμε στη συγκεκριμένη ενότητα της εργασίας αυτής είναι τεχνολογικά εφικτή με τη σημερινή τεχνολογία (Owakah, 2013).

Όταν ένας τελικός χρήστης χρειάζεται να αποκτήσει πρόσβαση σε μια υπηρεσία νέφους από ένα σύστημα cloud διαμέσου WOBAN, τότε ένα αίτημα νέφους στέλνεται στον ασύρματο κόμβο με τον οποίο έχει αναπτυχθεί η σύνδεση. Όταν η αίτηση αυτή φτάσει στον κατάλληλο κόμβο από τον χρήστη, εξετάζεται εάν η υπηρεσία αυτή είναι διαθέσιμη, και εάν είναι τότε επισυνάπτεται άμεσα και αποστέλλεται πίσω στον τελικό χρήστη. Σε περίπτωση στην οποία η εν λόγω, δεν είναι διαθέσιμη τότε ο ασύρματος κόμβος αποστέλλει τη συγκεκριμένη αίτηση σε κάποιον άλλον κόμβο που βρίσκεται σε κοντινή τοποθεσία επανεξετάζοντας εκ νέου την ερώτημα αυτό. Σε αντίθετη περίπτωση η αίτηση αυτή στέλνεται στον OLT.

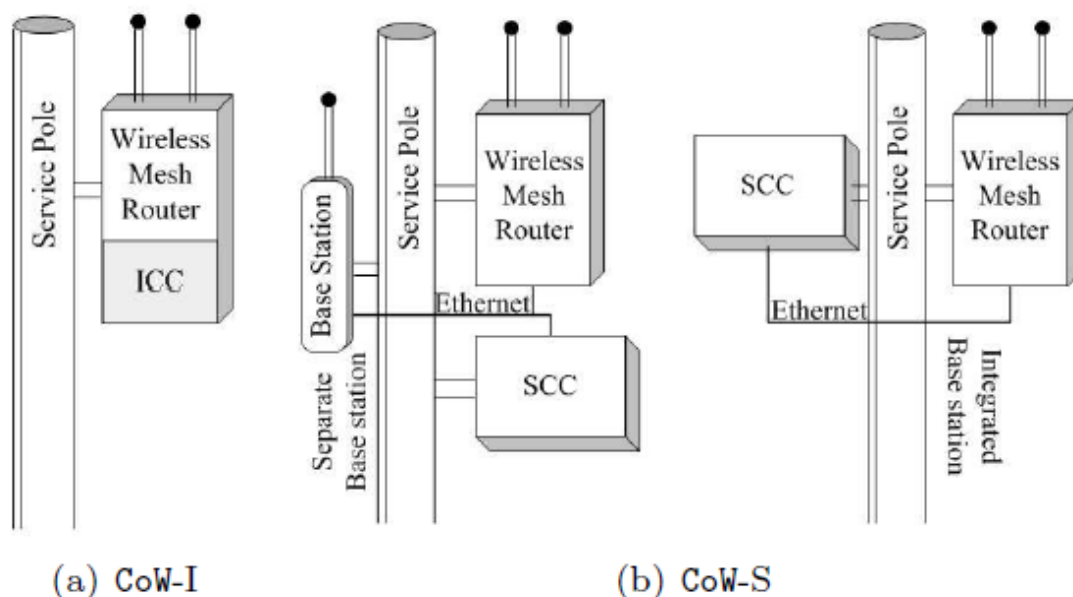
Υπάρχουν αρκετές τακτικές εφαρμογής ενός παρόμοιου συστήματος. Στη συνέχεια της συγκεκριμένης ενότητας, θα παρουσιάσουμε δύο εκ των βασικότερων αυτών τακτικών. Η πρώτη αφορά την περίπτωση στην οποία ένα WMN κομμάτι ενός WOBAN συστήματος έχει αναπτυχθεί κάνοντας χρήση ενός μοντέλου υλοποίησης των Wisper, που διατηρεί το χώρο ανάπτυξης του χρήστη σε ότι έχει να κάνει με τα WMN προϊόντα και προσφέρει ένα ασύρματο κενό κουτί για την κατάλληλη ανάπτυξη (Knightly, 2007).

Εκείνη την ώρα όλες οι παραπάνω δράσεις είναι εφικτό να ενσωματωθούν στο πλαίσιο ενός ασύρματου κόμβου. Για την πρακτική αυτής της ολοκληρωμένης λειτουργίας υπάρχει εστίαση των πρόσθετων αναγκών υλικού. Η συγκεκριμένη εστίαση είναι μικρή εξαιτίας του γεγονότος πως κάθε κόμβος έχει πλεονάζουσα δυνατότητα επεξεργασίας της μνήμης η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να φιλοξενήσει άλλες υπηρεσίες. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, το κόστος του υλικού όλων των κόμβων περιέχει μονάχα μερικές καθορισμένες υπηρεσίες cloud computing. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας του γεγονότος πως οι παραπάνω υπηρεσίες θα πρέπει να είναι κατάλληλα κατανομημένες σε όλους τους κόμβους, όπως συμβαίνει στην εικόνα 4.6 που ακολουθεί στο "α".

Η δεύτερη περίπτωση αφορά την ανάπτυξη με ξεχωριστούς σταθμούς οι οποίοι αφορούν την πρόσβαση των χρηστών. Η αρχιτεκτονική αυτή διακρίνεται στην εικόνα 4.6 στο δεύτερο μέρος. (βλέπε εικόνα 4.6 «β»). Διαμέσου της συγκεκριμένης αρχιτεκτονικής είναι εφικτό να υλοποιηθεί ορθότερα η διαδικασία αποθήκευσης με ευχέρεια εξυπηρέτησης του τοπικού νέφους και των υπηρεσιών που το νέφος αυτό παρέχει στους χρήστες, έχοντας άμεση σύνδεση με ένα Ethernet σε καθορισμένους ασύρματους κόμβους οι οποίοι έχουν μεση εξάρτηση με την κινητικότητα που υπάρχει (Zhang, 2006).

Για την εφαρμογή αυτή, σαν πρόσθετη λειτουργία έχει αναπτυχθεί η φιλοξενία διαφοροποιημένων υπηρεσιών, έχοντας σαν κυριότερο στόχο τη μη απαίτηση αρκετών διακομιστών αλλά μονάχα ένας ο οποίος θα κάνει χρήση μερικών εκ των παραπάνω υπηρεσιών. Ο κυριότερος σκοπός του σχεδιασμού της συγκεκριμένης αρχιτεκτονικής είναι η

ανάπτυξη όσο το δυνατόν λιγότερων SCC, τα οποία έχουν την ευχέρεια εξυπηρέτησης των επιθυμητών υπηρεσιών.



Εικόνα 4.6 : Διάφορες προσεγγίσεις εφαρμογής Cloud μέσω WOBAN (CoW) (Reaz et al. 2010 : 6)

Για να αναπτυχθεί ένα παρόμοιο σύστημα, ένα σύνολο ασύρματων κόμβων θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί επάνω σε ένα σύστημα WOBAN. Οι συγκεκριμένοι κόμβοι επιλέγονται σύμφωνα με το κατά πόσον είναι εξοπλισμένοι κατάλληλα με τις απαιτούμενες υπηρεσίες. Οι συγκεκριμένες υπηρεσίες διανέμονται σύμφωνα με καθορισμένες εντολές και οδηγίες οι οποίες οριοθετούνται από τις υπηρεσίες νέφους.

Για να υπάρχει μια οικονομική λύση, το σύνολο των κόμβων πρέπει να ελαχιστοποιηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να αυξηθεί το εύρος ζώνης αποδοτικότητας. Στις εν λόγω περιπτώσεις το κόστος εφαρμογής διακρίνεται σε δύο μέρη. Το πρώτο αφορά το κόστος της επεξεργασίας και της μνήμης, ενώ το δεύτερο αφορά το κόστος του εύρους ζώνης (Donegan et al, 2010).

Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να τονιστεί πως το σημαντικότερο όλων είναι η δυναμικότητα του ασύρματου backhaul, το οποίο έχει καθοριστικό ρόλο στη βελτίωση των επιδόσεων των παραπάνω υπηρεσιών. Η πρόσβαση των χρηστών έχει άμεση σχέση με την προσβασιμότητα των κόμβων, οι οποίοι έχουν δεσμεύσει πόρους που έχουν καθοριστικό ρόλο στην επικοινωνία των τελικών χρηστών (Reaz et al. 2010 : 6).

Κύριος στόχος, είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους ανάπτυξης αλλά και η εκχώρηση των λειτουργιών του συστήματος αυτού, υπό τους περιορισμούς τους οποίους φιλοξενεί για να κατορθώσει να φτάσει το σύνολο των υπηρεσιών, Παράλληλα, ένας ακόμα εξίσου σημαντικός στόχος είναι η ελάττωση του κόστους εγκατάστασης το οποίο θα πρέπει να είναι μέσα στα αρχικά σχέδια και τον προγραμματισμό που έχει γίνει και αφορά τον προϋπολογισμό που έχει τεθεί (Reaz et al, 2011).

Εν κατακλείδι, η συμπεριφορά των τελικών χρηστών έχει την ευχέρεια να διαμορφώνει αλλά και να οριοθετεί το πρότυπο κίνησης των δικτύων στη σημερινή μας εποχή. Σε ότι αφορά την αποδοτική τεχνολογία πρόσβασης, η οποία καλείται WOBAN, θα πρέπει να τονιστεί πως προσφέρει εξαιρετικά χρήσιμες υπηρεσίες όταν συνδυάζεται με αυτές του cloud και τις οποίες έχει τη δυνατότητα να προσφέρει στους τελικούς χρήστες. Οι συγκεκριμένες όμως, προορίζονται κατά βάση για εξωτερικά νέφη τα οποία καταλαμβάνουν ασύρματο εύρος ζώνης και έχουν άμεση σχέση με την ανάπτυξη συμφόρησης στα σημεία εισχώρησης. Ταυτόχρονα, έχουν την ευχέρεια ενημέρωσης λογισμικού.

Εξοπλίζοντας ένα σύστημα WOBAN με τις υπηρεσίες cloud προκαλείται ένα έξυπνο σχέδιο δράσης του δικτύου πρόσβασης το οποίο ονομάζεται εν συντομία CoW προερχόμενο από τα αρχικά γράμματα των λέξεων Cloud Over Woban. Το συγκεκριμένο σύστημα έχει την ευχέρεια να αντιμετωπίζει αρκετά σημερινά προβλήματα ενώ παράλληλα μπορεί και ξεπερνάει αρκετούς περιορισμούς οι οποίοι αναλύθηκαν παραπάνω (Reaz et al. 2010 : 13). Στη μεταπτυχιακή αυτή διατριβή παρουσιάσαμε ένα βέλτιστο σχέδιο για ένα τέτοιο σύστημα κάνοντας χρήση ενός MILP, κάτι το οποίο μπορεί να επιφέρει σημαντικές αλλαγές και βελτιώσεις στα προαναφερόμενα συστήματα. Συμπερασματικά, μπορούμε να καταλήξουμε στο γεγονός πως με το συγκεκριμένο σύστημα μπορεί να υπάρξει σημαντική βελτίωση της αποδοτικότητας ενός συστήματος WOBAN, έχοντας μειωμένο κόστος λειτουργίας με παράλληλα βέλτιστα αποτελέσματα.

5° ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με το πέρας της μεταπτυχιακής αυτής διατριβής έχουμε κατανοήσει πλήρως όλες τις πτυχές του συγκεκριμένου θέματος το οποίο μελετήσαμε. Η εκτενής μελέτη καθώς επίσης και η διεξοδική έρευνα οδήγησε στην βαθύτερη αντίληψη της σημαντικότητας του συγκεκριμένου θέματος και των πλεονεκτημάτων που παρέχει η ανάπτυξη ενός συστήματος το οποίο συνδυάζει το υπολογιστικό νέφος με τα ασύρματα υβριδικά δίκτυα.

Το εν λόγω σύστημα αποκαλείται Cloud over Woban και όπως παρουσιάσαμε κατά τη διάρκεια της εργασίας αυτής, λόγω της αρχιτεκτονικής του παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα, καταπολεμώντας ταυτόχρονα προβλήματα τα οποία αντιμετωπίζουν άλλα παρόμοια συστήματα. Παράλληλα, προσφέρει στους τελικούς χρήστες πολλαπλές και συνδυαστικές υπηρεσίες των δυο παραπάνω συστημάτων με εξαιρετικά αποτελέσματα τόσο στην σχεδιασμό όσο και στην υλοποίηση.

Πιο αναλυτικά, αρχικά, μελετήσαμε και κατανοήσαμε πλήρως τα χαρακτηριστικά του υπολογιστικού νέφους, παρουσιάζοντας βασικές έννοιες και ορολογίες, την ιστορική τους εξέλιξη, τις υπηρεσίες τους, τα κύρια χαρακτηριστικά τους, τις εφαρμογές που υπάρχουν καθώς επίσης και τα πλεονεκτήματα από τη χρήση του. Εν συνεχεία, αναλύσαμε τα συστήματα πρόσβασης τα οποία καλούνται ασύρματα υβριδικά δίκτυα (WOBAN) όπου παρουσιάστηκε και αναλύθηκε η γενική τους περιγραφή, τα πλεονεκτήματα, η υλοποίηση των συγκεκριμένων εφαρμογών, η χρησιμοποίηση αλγορίθμων, τα βασικότερα χαρακτηριστικά τους και τέλος οι διαδικασίες ανάπτυξης που υπάρχουν για τα συγκεκριμένα.

Σημαντικό κομμάτι αποτέλεσε η εστίαση στο συνδυασμό των παραπάνω συστημάτων. Παρουσιάσαμε τη χρήση υβριδικών δικτύων με τις υπηρεσίες cloud και αναλύσαμε τα συστήματα cloud μέσω WOBAN στη βάση της αρχιτεκτονική των συγκεκριμένων συστημάτων. Επιγραμματικά, θα μπορούσαμε να αναφερθούμε στο γεγονός ότι οι τελικοί χρήστες έχουν τη δυνατότητα να καθορίσουν και να οριοθετήσουν το πρότυπο κίνησης των συγκεκριμένων δικτύων ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες τους.

Ο συνδυασμός των συστημάτων αυτών, παρέχει χρήσιμες υπηρεσίες οι οποίες, όμως, κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούνται για εξωτερικά clouds, καταλαμβάνοντας ασύρματους σταθμούς εύρους ζώνης και άμεσης σχέσης με την ανάπτυξη συμφόρησης στα σημεία εισόδου. Το σύστημα αυτό βοηθάει σημαντικά στην καταπολέμηση σύγχρονων προβλημάτων ενώ ταυτόχρονα καταπολεμά σύγχρονους περιορισμούς. Μπορούμε, με λίγα λόγια, να καταλήξουμε στο συμπέρασμα πως με το σύστημα αυτό αποτελεί ουραγό στις εξελίξεις της επιστήμης των τηλεπικοινωνιών βελτιώνοντας τόσο την αποδοτικότητα ενός συστήματος WOBAN όσο και του κόστους υλοποίησης και διαχείρισης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Διεθνής βιβλιογραφία

- ✚ Asad, A., Tanveer, S., Zaidi, M.H., Noureen, F., (2010), *Reducing overall delay in MULTI-RADIO WOBAN with least per node processing overhead on data packet*, Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network, v. 30, p. 82-89.
- ✚ Chowdhury P., Sarkar S., Kramer G., Dixit S., Mukherjee B., (2011), *Hybrid Wireless-Optical Broadband Access Network (WOBAN): Prototype Development and Research Challenges*, University of California, USA.
- ✚ Dipl, I., Kiese, B., (2014), *Efficient Optimization Methods for Communication Network Planning and Assessment*, Technische Universität München.
- ✚ Dixit S., Sarkar S., Mukherjee B., (2007), *Hybrid Wireless-Optical Broadband Access Network (WOBAN): A review of relevant challenges*, IEEE/OSA Journal of Lightwave Technology, Special Issue on Convergence of Optical Wireless Access Networks, vol. 25, no. 11, November, pp. 3329–3340.
- ✚ Donegan, P. Brandon, R. Jones, A. Naveh, T. Hack, T. (2010), *Backhaul to the future: Mobile broadband profitability requires smarter backhaul networks*, Light Reading Webinar, September.
- ✚ Jia, Z. Yu, J. Chang, G. K. (2006), *A full-duplex radio-over-fiber system based on optical carrier suppression and reuse*, IEEE Photonics Technology Letters, vol. 18, no. 16, August, pp. 1726–1728.
- ✚ Knightly, J.D., (2007), *The IEEE 802.11s Extended Service Set Mesh networking standard*, Rice University, Houston.
- ✚ Nandiraju, D.N., (2007), *Wireless Mesh Networks : Current Changes and future directions of Web-in-the-sky*, IEEE Wireless Communications, v.14
- ✚ Pauly M., (2008), *Cloud Computing : Alternative sourcing strategy for business ICT*, T-Systems Enterprise Services, White Paper.
- ✚ Ramamurthi, B., Rouskas, G.N., (2009), *Next-Generation Internet, Architectures and Protocols*, Cambridge.

- ✚ Reaz, A., Ramamurthi, V., Sarkar S., Ghosal, D., Dixit S., Mukherjee B., (2011), *Cadar : An efficient routing algorithm for Wireless-Optical Broadband access network*, Nokia research center, University of California, Davis, USA.
- ✚ Reaz, A., Ramamurthi, V., Tornatore, M., (2010), *Cloud-over-WOBAN (CoW): an O²loading-Enabled Access Network Design*, University of California, Davis, October 9, USA.
- ✚ Sarkar, S., S. Dixit, and B. Mukherjee, (2007), *Hybrid wireless optical broadband access network (WOBAN): A review of relevant challenges*, J. Lightwave Technol., Vol. 25, 3329-3340.
- ✚ Redwan, Q., Shaddad, A., Bakar, M., Al-Hetar M., (2011), *Performance Parameter of Hybrid Wireless-optical Broadband-access Network (WOBAN): A Study on the Physical Layer of Optical Backhaul and Wireless Front-end*, Progress In Electromagnetics Research Symposium Proceedings, Marrakesh, Morocco, Mar. 20-23.
- ✚ Shaw, W., S. Wong, N. Cheng, K. Balas, X. Zhu, M. Maier, and L. Kazovsky, (2007), *Hybrid architecture and integrated routing in a scalable optical-wireless access network*, J. Lightwave Technol., Vol. 25, 3443-3451.
- ✚ Smith, G. Chaturvedi, A. Mishra, A. Banerjee, S. (2007), *Wireless virtualization on commodity 802.11 hardware*, Proc. WINTECH 2007, Montreal, Quebec, Canada, September, pp. 75–81.
- ✚ Zhang, Y.T., (2006), *Wireless Mesh Networking Architectures*, Protocols and standards, Auerbach Publications, New York.

Ελληνική Βιβλιογραφία

- ✚ Ζεάκης, Γ., (2011), *Ανάλυση τεχνολογιών υποδομής για συστήματα και υπηρεσίες μεγάλης κλίμακας*, Πτυχιακή εργασία, ΤΕΙ Κρήτης, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής & Πολυμέσων, Κρήτη.
- ✚ Μαρκέλλου, Μ., (2013), *Cloud Computing : Όταν τα δεδομένα πετούν στα σύννεφα*, Μεταδιδακτορική έρευνα Συνεργασίας με Universite de Poitiers.
- ✚ Πρωτονοτάριος, Γ., (2011), *Cloud Computing : Η τεχνολογία που υπόσχεται να σώσει τον πλανήτη*, CapitalInvest, Investment & Technology Solutions, 22 Φεβρουαρίου, Θεσσαλονίκη.

- ✚ Σκούρτη, Α., (2012), *Ανάλυση επίδοσης σε ασύρματα 802,11s πλέγματα δίκτυα*, Πτυχιακή εργασία, ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Πληροφορικής & Τεχνολογίας Υπολογιστών, Οκτώβριος, Καστοριά.
- ✚ Σολδάτου, Ε., (2013), *Ασφάλεια στο cloud computing*, Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής, Λάρισα.

Διαδικτυακή βιβλιογραφία

- ✚ <http://tech.in.gr/short-news/?aid=1231078190>
- ✚ <http://www.epixeiro.gr/%CE%B5%CE%B9%CE%B4%CE%AE%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/top-stories-%CE%B1%CF%80%CF%8C-%CF%84%CE%BF-%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF/15606-%CF%84%CE%B9-%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9-%CF%84%CE%BF-cloud-computing>
- ✚ <http://www.ctera.com/products/products/cloud-storage-gateways>