



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων
ΠΜΣ- ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

**«Μελέτη στο σχεδιασμό συστημάτων
τεχνοοικονομικής διαχείρισης υπηρεσιών για
γνωσιακές συσκευές – Διαχείριση εμπιστοσύνης»**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
της
ΔΕΣΠΟΙΝΑΣ Γ. ΚΟΥΤΟΓΛΟΥ
Α.Μ: ΜΤΕ-0944

Επιβλέπων : Παναγιώτης Δεμέστιχας
Καθηγητής Πανεπιστημίου Πειραιώς

Πειραιάς, Νοέμβριος 2012

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εξέλιξη των τηλεπικοινωνιών και των τεχνολογιών που τις απαρτίζουν, έχουν συμβάλει στη διείσδυση του Διαδικτύου στο σύγχρονο τρόπο ζωής των ανθρώπων και έχουν αλλάξει τον τρόπο που αυτό χρησιμοποιείται. Η καθημερινή χρήση των “έξυπνων” συσκευών βελτιώνει την ποιότητα ζωής του σύγχρονου ανθρώπου καθώς λειτουργούν με γνώμονα τις ανάγκες του και τις συνήθειες του.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται περιγραφή του “Μελλοντικού διαδικτύου”, των δομών και των γενικών αρχών σχεδίασής του. Παρουσιάζονται οι γνωσιακές συσκευές και το πώς αυτές συνεισφέρουν στη λειτουργία των σύγχρονων δικτύων (εξοικονόμηση χρόνου, ενέργειας, bandwidth, μείωση OPEX κ.α.) καθώς και τα γενικότερα οφέλη από τη χρήση τους.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι υπηρεσίες στις γνωσιακές συσκευές ως web services. Ποιες λειτουργίες θα πρέπει να ενσωματώνει ένα γνωσιακό σύστημα και πως η αξιοπιστία του, δηλαδή η ακριβής και αποτελεσματική του λειτουργία συμβάλει στην εδραίωση εμπιστοσύνης στους χρήστες του.

Τέλος γίνεται μία αναφορά σε προβλήματα σχεδίασης και υλοποίησης των μελλοντικών έξυπνων δικτύων και ποιοι τεχνοοικονομικοί παράγοντες πρέπει να ληφθούν υπόψη προς σε αυτή την κατεύθυνση.

Λέξεις Κλειδιά: Future Internet, RATs, γνωσιακές συσκευές, web services, διαχείριση εμπιστοσύνης, OPEX, CAPEX

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 –Εισαγωγή	1
Κεφάλαιο 2 – Future Internet και Γνωσιακά Δίκτυα.....	3
2.1 Αρχιτεκτονικές	3
2.2 Αρχιτεκτονική Future Internet (FI)	7
2.3 Χαρακτηριστικά του FI	7
2.3.1 Components.....	8
2.3.2 Content centric χαρακτηριστικά.....	9
2.4 Cognitive Systems	10
2.5 Κύκλος γνωστικής διαδικασίας.....	13
2.5.1 COGNAC Project.....	15
2.6 Cognitive Δίκτυα και τα χαρακτηριστικά τους.....	16
2.6.1 Cognitive Radio και Ιεραρχία Πρωτοκόλλων	17
2.7 SOA.....	19
2.7.1 Υπηρεσίες της αρχιτεκτονικής SOA	20
2.7.2 Απαιτήσεις.....	20
2.7.3 Αξιώματα και κανόνες της SOA	21
2.7.4 Οντότητες	23
Κεφάλαιο 3 – Web Services	26
3.1 Εισαγωγή.....	26
3.2 Αρχιτεκτονική των web services.....	27
3.2.1 Βασικές Τεχνολογίες των Web Services	28
3.3 Πλεονεκτήματα και Οφέλη των Web Services	30
Κεφάλαιο 4 - Διαχείριση εμπιστοσύνης.....	32
4.1 Εμπιστοσύνη.....	32
4.2 Διαχείριση εμπιστοσύνης	32
4.3 Διαστάσεις της Εμπιστοσύνης.....	33
4.4 Παράμετροι Εμπιστοσύνης	34
4.4.1 Σχεδιασμός Πλαισίου Εμπιστοσύνης	35
4.5 Η έννοια του αξιόπιστου συστήματος.....	37
4.6 Περιγραφή πλατφόρμας εφαρμογής ενός γνωσιακού δικτύου.....	40
4.6.1 Τεχνική περιγραφή του συστήματος	40
4.6.2 Ποιοτικές Απαιτήσεις στον ορισμό ανάπτυξης της πλατφόρμας.....	41

4.6.3 Trust issues	43
5. Προκλήσεις και κόστη στο σχεδιασμό Cognitive Networks.....	47
5.1 CAPEX και OPEX	47
5.2 Παράμετροι σχεδίασης.....	48
5.2.1 Ύπαρξη πολλαπλών RATs.....	48
5.2.2 Ύπαρξη πολλαπλής διαστρωμάτωσης.....	48
5.2.3 Πολυπλοκότητα.....	49
6. Συμπεράσματα	54
Αναφορές	55

Κεφάλαιο 1 –Εισαγωγή

Ο όρος *future internet* αναφέρεται στις έρευνες για τις καινούργιες αρχιτεκτονικές του *internet*. Αν ανατρέξουμε στην τελευταία δεκαετία, θα διαπιστώσουμε ότι υπήρξε μια αλματώδης εξέλιξη στο διαδίκτυο, κυρίως λόγω των σχετιζόμενων με αυτό υπηρεσιών. Οι νέες τεχνολογίες αλλάζουν τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούμε το διαδίκτυο, οι έξυπνες συσκευές, και οι οικιακές συσκευές και μηχανές επικοινωνούν και αλληλεπιδρούν χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση. Αυτό έχει επιφέρει επανάσταση στην καταναλωτική κοινωνία και το διαδίκτυο είναι το βασικό οικονομικό εργαλείο πια. Στο όχι και τόσο μακρινό μέλλον, οι άνθρωποι θα βασίζονται αποκλειστικά στις διαδικτυακές υπηρεσίες και οι συναλλαγές θα πραγματοποιούνται αποκλειστικά στο διαδίκτυο του μέλλοντος που θα τις παρέχει.

Από τη στιγμή όμως που το υπάρχον διαδίκτυο αποτελείται από αδόμητα δεδομένα και πηγές, τα περισσότερα από αυτά δεν είναι προσβάσιμα στο μέσο χρήστη, γεγονός που καθιστά το *internet* όχι μία ενιαία οντότητα αλλά σε μία μεγάλη ποικιλία από δομές και ασύνδετα δεδομένα, ανίκανα να επικοινωνήσουν μεταξύ τους. Για το λόγο αυτό το διαδίκτυο θα πρέπει να αλλάξει και να μετατραπεί σε μία οντότητα στην οποία ετερογενείς τεχνολογίες ασύρματης πρόσβασης, (*Random Access Technologies -RATs*) θα συνενώνονται κάτω από την ομπρέλα ενός σύνθετου ασύρματου περιβάλλοντος όπου ο χρήστης θα είναι πάντα “*best connected*” καθώς θα επιλέγεται και θα τίθεται αυτόματα από το σύστημα, απευθείας σε εφαρμογή η καταλληλότερη τεχνολογία.

Αυτή η αλλαγή που συντελείται σιγά σιγά, οδηγείται κυρίως από τους χρήστες του διαδικτύου αλλά και από την ανάπτυξη της τεχνολογίας, μέσω της οποίας οι χρήστες του, από απλοί, μετατρέπονται σε δημιουργούς περιεχομένου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν πλατφόρμες, συσκευές και εφαρμογές που έχουν τόσα εγγεγραμμένα μέλη ώστε μπορούν να θεωρηθούν χώρα, και που αλλάζουν τον τρόπο που πραγματοποιούνται οι συναλλαγές, η δικτύωση και η επικοινωνία. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το *AppStore* της *Apple*, στο οποίο οι χρήστες των έξυπνων συσκευών της, έχουν αναπτύξει πάνω από 650.000 online εφαρμογές, και έχουν αμειφθεί για αυτό με πάνω από 5 δισεκατομμύρια δολάρια^[1], δημιουργώντας έτσι μία ολόκληρη οικονομία. Ή το *Facebook*, που μέχρι τον Ιούνιο του 2012 είχε πάνω από 955 εκατομμύρια ενεργούς χρήστες^[2], και μπορεί να θεωρεί μία κανονική χώρα.

Όσο αυξάνονται ο αριθμός των χρηστών και ο όγκος του περιεχομένου, το διαδίκτυο “βγαίνει” έξω από τους υπολογιστές και αλλάζει σε πολλά επίπεδα. Μετατρέπεται λοιπόν σε “*Web of Things*” όπου όλες οι συσκευές είναι ενεργά συμμετέχουσες στο μελλοντικό διαδίκτυο.

Ήδη περισσότεροι από 5,6 δισεκατομμύρια χρήστες κινητών τηλεφώνων^[3] έχουν δυνατότητα πρόσβασης στο διαδίκτυο και το νούμερο αυτό μεγαλώνει χρόνο με το χρόνο και σύμφωνα με υπολογισμούς μέχρι το τέλος του 2012 ο αριθμός αυτών των συσκευών θα ξεπεράσει τον παγκόσμιο πληθυσμό^[4]. Κάπως έτσι εισάγονται οι έννοιες *Content of things* και *Content of people*: Το περιεχόμενο που δημιουργείται

από τους χρήστες θα αυξάνεται σημαντικά και θα ενισχύει το μελλοντικό ίντερνετ. Συνεργαζόμενες εφαρμογές και πλατφόρμες θα επιτρέπουν στο μελλοντικό ίντερνετ να λειτουργεί με λιγότερα εμπόδια που αντιμετωπίζουμε σήμερα, semantic τεχνολογίες θα υποστηρίζουν αυτά τα εργαλεία, και οτιδήποτε και οποιοσδήποτε θα είναι συνδεδεμένοι.

Γεννήθηκε λοιπόν η ιδέα του Web 2.0, η δεύτερη γενιά του διαδικτύου που ουσιαστικά οδήγησε στην δημιουργία νέων υπηρεσιών όπως οι υπηρεσίες και τα περιεχόμενα που δημιουργούνται από τους χρήστες, κοινωνικά δίκτυα, συνεργατικά webs, Web-TV, κτλ. και αλληλεπιδραστικές εφαρμογές. Η καινούργια κατάσταση έχει μεγάλη επίδραση στις end-to-end υπηρεσίες σε όλα τα επίπεδα, από τις εφαρμογές μέχρι τα δίκτυα και στις τεχνολογίες τους. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να βρεθούν πιο ευέλικτοι τρόποι διαχείρισης του περιορισμένου ραδιοφάσματος ώστε να εξυπηρετηθούν οι πολλαπλές υπηρεσίες και τα δίκτυα που απαιτούνται.

Επομένως είναι απαραίτητη η συνύπαρξη ετερογενών δικτύων (RATs Random Access Technologies) που θα παρέχουν διαφανή πρόσβαση σε πολλαπλές εφαρμογές και υπηρεσίες. Το μελλοντικό διαδίκτυο θα αναδιοργανώσει τη δημοσιοποίηση, ιδιωτικότητα και ανωνυμία. ***"Everything, everywhere, always", το νέο Διαδίκτυο θα πρέπει να το σκεφτόμαστε ως υπηρεσία, κινητή, πανταχού παρούσα και διάχυτη, αδιάκοπα διαθέσιμη.***

Κεφάλαιο 2 – Future Internet και Γνωσιακά Δίκτυα

2.1 Αρχιτεκτονικές

Στο “Διαδίκτυο του Μέλλοντος” (Future Internet – FI) οι χρήστες θα περιορίζονται από έξυπνα περιβάλλοντα που θα προσαρμόζονται στις ανάγκες τους και θα υποστηρίζουν καθημερινές δραστηριότητες^[5]. Για να συντηρηθούν αυτές οι απαιτήσεις, τα υπάρχοντα δίκτυα θα πρέπει να αναδομηθούν. Χρειαζόμαστε νέα που θα ενσωματώνουν όλων των ειδών τις συσκευές και θα επιτρέπουν την πλήρη εκμετάλλευση του μελλοντικού διαδικτύου. Το internet των υπηρεσιών θα φέρει πολύ σημαντική αύξηση στην απόδοση των οικονομικών διεργασιών. Σαν αποτέλεσμα, αυτή η καινούργια αντίληψη του διαδικτύου προκαλεί την αλλαγή του τρόπου προσφοράς των υπηρεσιών. Και καθώς η πολυπλοκότητα του δικτύου αυξάνει, τόσο πιο επιτακτική είναι η ανάγκη για ανοικτές αρχιτεκτονικές που να υποστηρίζουν τις μελλοντικές υπηρεσίες. Έτσι, οι τεχνικές που αναπτύσσονται πάνω στο διαδίκτυο προσανατολίζονται να εξυπηρετούν παράγοντες όπως η απόδοση, επίδοση, αξιοπιστία, επεκτασιμότητα, ασφάλεια και πολλές άλλες κατηγορίες οικονομικής και επιχειρηματικής φύσεως. Οι εμπορικές διεργασίες θα ενοποιηθούν σε υπηρεσίες που θα χρησιμοποιούνται από διαφορετικές ομάδες ανθρώπων μέσα σε μία επιχείρηση ή εκτός, μέσω του Internet of Services ώστε σύντομα η παροχή των ίδιων πληροφοριών να μην περιορίζεται γεωγραφικά. Τα νέα δίκτυα θα πρέπει να αναδειχθούν ασφαλή, αξιόπιστα, διαβαθμισμένα, συνεπή, συνεκτικά, διαλειτουργικά, διάχυτα, αποτελεσματικά ώστε να συνδέουν υπηρεσίες, αντικείμενα και ανθρώπους.

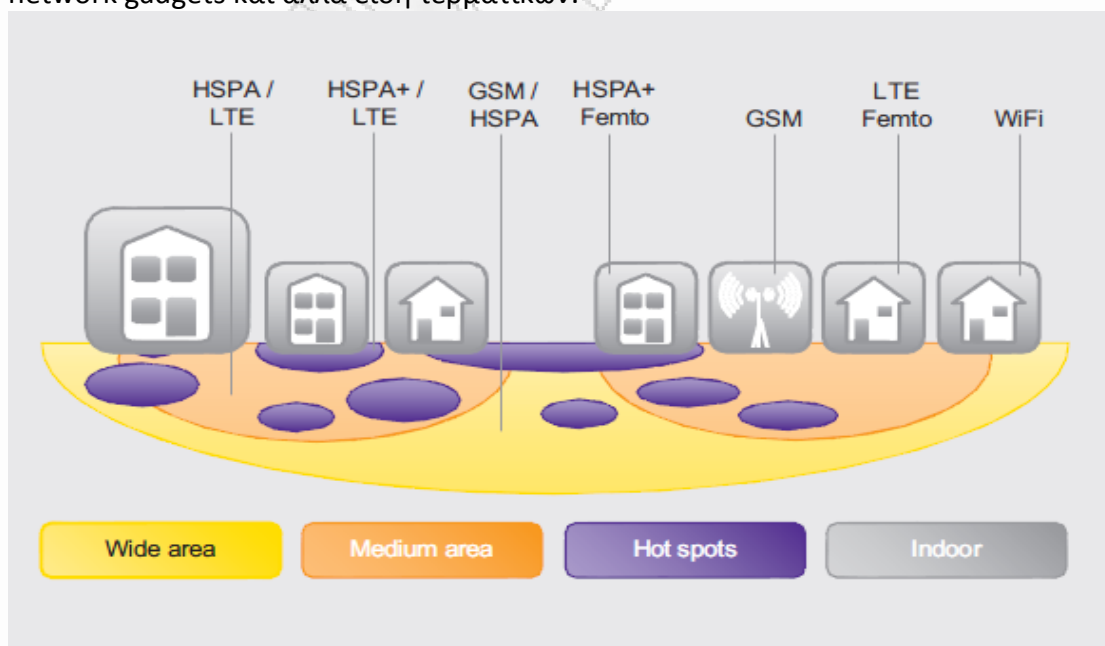
Επομένως όλοι αυτοί οι παράγοντες, δηλαδή οι αναβαθμισμένες εφαρμογές και υπηρεσίες, που θα οδηγήσουν σε αυξημένες απαιτήσεις για «κίνηση» και επαρκή χρήση του φάσματος έχουν οδηγήσει στην ανάπτυξη του μελλοντικού διαδικτύου.

Με το τελευταίο εννοούμε ότι οι πηγές των συχνοτήτων, όπως η ισχύς μετάδοσης, μπάντες συχνοτήτων, πρέπει να διαμορφωθούν έτσι ώστε να επιτύχουμε τη μέγιστη χωρητικότητα συστήματος. Για να επιτύχουμε μία συντονισμένη και επαρκή χρήση των διαθέσιμων πηγών θα πρέπει να υποστηριχθούν μία σειρά από στρατηγικές που θα εξυπηρετούν τους στόχους των παρόχων για κάλυψη και τα επίπεδα QoS, τα οποία θα πρέπει να είναι πολύ υψηλά.

Οι δομές τεχνολογίας και επικοινωνίας γίνονται η νέα “ραχοκοκαλιά” και οι περισσότερες μελλοντικές υπηρεσίες θα είναι “συνδεδεμένες” υπηρεσίες υποστηρίζοντας εφαρμογές ζωτικής σημασίας που μπορεί να αφορούν την καθημερινή μας ζωή, όπως στον τομέα της υγείας, των μεταφορών ή της διασκέδασης συνθέτοντας “έξυπνες πόλεις”^[6]. Αυτές οι εφαρμογές είναι πολύ πιο απαιτητικές από άποψη ταχύτητας και συνδεσιμότητας ώστε να προσφέρουν νέες δυνατότητες όπως άμεση πρόσβαση, διαδραστικότητα σε πραγματικό χρόνο, κοινωνικά δίκτυα, HDTV, 3D και στο όχι και τόσο μακρινό μέλλον, εικονικά και immersive περιβάλλοντα. Γενικά το FI στοχεύει στη συγκέντρωση ετερογενών τεχνολογιών δικτύωσης και συσκευών σε μία κοινή πλατφόρμα λειτουργίας στην οποία θα μπορούν να αλληλεπιδράσουν δυναμικά με την εφαρμογή υπηρεσιών. Η

ενοποίηση και η διαλειτουργικότητα των υπηρεσιών σε μία πλατφόρμα που “υπακούει” στις αρχές της αρχιτεκτονικής προσανατολισμένης στις υπηρεσίες (Service Oriented Architecture SOA^[7]), μπορεί να γίνει εφικτή εάν εφαρμόσουμε τη διαδικασία οπτικοποίησης (virtualization^[8]) των πόρων (συσκευές υλικού, συστήματα αποθήκευσης, δικτυακές τεχνολογίες κλπ). Το virtualization εξ ορισμού υπακούει στα πρότυπα του SOA και ο συνδυασμός του με μία πλατφόρμα που διαμορφώνεται σύμφωνα με τους όρους της SOA δεν θα αποτελέσει πρόβλημα

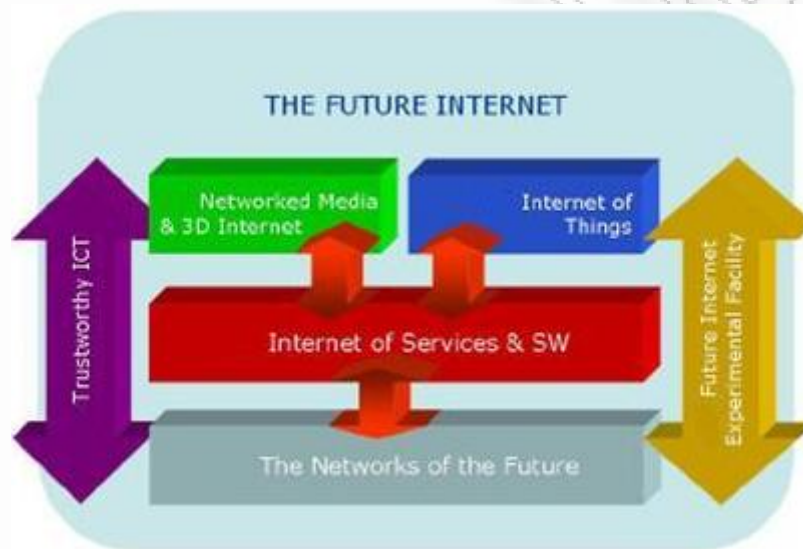
Οι έρευνες στις διαδικτυακές τεχνολογίες είναι σημαντικές για τη σύνδεση και παροχή απεριόριστου bandwidth. Στόχος είναι η ανάπτυξη μιας αυτόνομης ενεργειακά δομής μελλοντικού δικτύου που θα υποστηρίζει σύγκλιση και διαδραστικότητα ετερογενών ενσύρματων, ασύρματων και κινητών δικτυακών τεχνολογιών σαν υλοποιητές του μελλοντικού διαδικτύου. Αυτό περιλαμβάνει αδιάλειπτη broadband πρόσβαση στις από άκρη σε άκρη συνδέσεις, υποστηρίζοντας ελεύθερες υπηρεσίες και πρωτοποριακές εφαρμογές. Οι έρευνες σε αυτές τις δικτυακές τεχνολογίες απαιτούν πολύ σημαντικές επενδύσεις για να πραγματοποιηθεί η δικτυωμένη κοινωνία. Καθώς η ίδια η τεχνολογία αναπτύσσεται ολοένα και πιο γρήγορα, η εφαρμογή και η υλοποίηση μίας δομής δικτυακής τεχνολογίας μπορεί να χρειαστεί μέχρι και 10 χρόνια. Για παράδειγμα, στις αρχές τις δεκαετίας του 2000, οι έρευνες ξεκίνησαν για συστήματα “πέρα από το 3G” όταν ακόμα τα πρώτα 3G δίκτυα δεν είχαν ακόμα εφαρμοστεί. Σαν αποτέλεσμα εμφανίστηκαν τα LTE συστήματα (LongTermEvolution), μία πολλά υποσχόμενη τεχνολογία που οδηγεί στα 4G συστήματα και αποτελούν την κύρια τεχνολογία που εφαρμόζουν πρωτοπόροι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι και κατασκευαστές. Άλλες δικτυακές τεχνολογίες μπορεί να είναι GSM, UMTS, WLAN, WiMax, τα LTE που προαναφέραμε και άλλες. Επίσης οι συσκευές που αποτελούν μέρος του μελλοντικού διαδικτύου μπορεί να είναι κινητά τηλέφωνα, smartphones, pds, network gadgets και άλλα είδη τερματικών.



Εικόνα 1.: Ετερογενή δίκτυα που συνθέτουν ένα μεγάλο εύρος RATs

Ένα θέμα με μεγάλη σημασία στον τομέα των Β3G/4G δικτύων είναι η εύρεση των απαραίτητων μηχανισμών για την αποτελεσματική χρήση και αλληλοσυμπλήρωση των διάφορων τεχνολογιών που υπάρχουν στο χώρο. Στόχος αποτελεί η εκμετάλλευση του μεγάλου αριθμού των διαθέσιμων standard πρόσβασης προς όφελος των τελικών χρηστών, διαχειριστών και κατασκευαστών. Ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά αυτών των συνεχώς αναπτυσσόμενων συστημάτων είναι η διαθεσιμότητα πολλαπλών τεχνολογιών πρόσβασης, όπου θα επιτρέπει στον χρήστη να χρησιμοποιεί τις ασύρματες υπηρεσίες κάθε στιγμή και σε οποιαδήποτε τοποθεσία και αν βρίσκεται.

Το μελλοντικό διαδίκτυο θα επιφέρει τη νέα γενιά των δικτυακών τεχνολογιών επιτρέποντας έξυπνη συνδεσιμότητα για όλους, παντού, οποιαδήποτε στιγμή στη μεγαλύτερη ταχύτητα και επάρκεια ώστε να ικανοποιήσει τις αυξανόμενες απαιτήσεις της σημερινής κοινωνίας.



Εικόνα 2: Future Internet

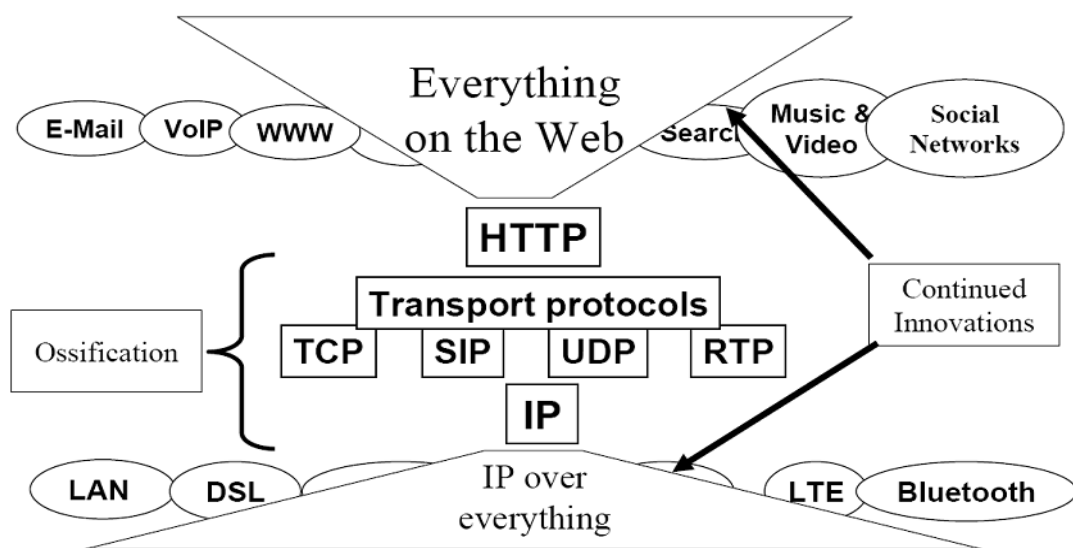
Επίσης θα καλύψει κάποιες αδυναμίες του υπάρχοντος διαδικτύου. Τέτοιες αδυναμίες μπορεί να είναι:

- Διοικητική λειτουργία των δικτύων και αυτοδιαχείριση του κάθε δικτύου
- Δυναμική προσθήκη νέων λειτουργιών σύμφωνα με τις ανάγκες των τεχνολογιών δικτύωσης συμπεριλαμβανομένης και της ενεργοποίησης νέων υπηρεσιών κατόπιν απαίτησης
- Λειτουργίες διαχείρισης ενός μεγάλου εύρους υπηρεσιών με σκοπό την ενοποίηση τους σε επίπεδο υπηρεσιών και δικτύωσης
- Λειτουργίες για το συντονισμό της ασφάλειας, αξιοπιστίας, ευρωστίας, υπηρεσιών και διαχείρισης των πόρων δικτύωσης και υπηρεσιών
- Κινητικότητα δικτύων, υπηρεσιών και συσκευών
- Λειτουργίες και εγκαταστάσεις για την υποστήριξη της ποιότητας των υπηρεσιών και του επιπέδου συμφωνίας – συνεργασίας διαφορετικών υπηρεσιών

- Μηχανισμοί ασφαλείας για την προστασία των κατανεμημένων δεδομένων στα δίκτυα
- Επαρκής σχεδιασμός όπου η ταυτότητα και η τοποθεσία κάθε στοιχείου δεν ενσωματώνονται στην ίδια διεύθυνση
- Αλληλεπίδραση του κόσμου του λογισμικού (Software world) με το Φυσικό κόσμο με σκοπό τη βελτίωση των υπαρκτών υπηρεσιών και τη δημιουργία νέων
- Διαχείριση κοινωνικοοικονομικών ελλείψεων που αναφέρονται σε νομικά και ρυθμιστικά ζητήματα αλλά και σε θέματα ασφάλειας και μυστικότητας
- Ενεργειακά θέματα

Η απλότητα του αρχικού Internet επέτρεπε άμεση σύνδεση πιο πολύπλοκων εφαρμογών και υπηρεσιών και αυτό είχε σα συνέπεια να αρχίσει σταδιακά να χάνει την αρχική του απλότητα και διαφάνεια. Μία από τις κυριότερες αιτίες αυτής της απώλειας είναι η εμφάνιση μίας καινούργιας τάξης εφαρμογών, οι αυξανόμενες λειτουργικές και διαχειριστικές απαιτήσεις, ποικιλία μοντέλων και επιχειρηματικών μηχανισμών που δίνουν νέα ώθηση στις ad-hoc λύσεις πράγμα το οποίο περιπλέκει την αρχιτεκτονική του internet χωρίς να διατηρεί τις αρχικές σχεδιαστικές του αρχές.

Αυτή η απώλεια ελαστικότητας διαπιστώνεται καθώς αυξάνονται οι κόμβοι Internet. Το μέγεθος και πεδίο εφαρμογής του Internet κάνουν την υλοποίηση των καινούργιων τεχνολογιών πολύ δύσκολη καθώς αυξάνονται και οι απαιτήσεις ζήτησης συνδεσιμότητας και διαθεσιμότητας. Αυτή η κατάσταση στην οποία τεχνολογική καινοτομία συναντάει τη φυσική αντίσταση ονομάζεται "ossification". Παραδείγματα είναι οι αργές ενσωματώσεις τεχνολογιών όπως το πρωτόκολλο IPv6. Η καινοτομία έχει συμβεί κυρίως στις εφαρμογές και στις υποβόσκουσες τεχνολογίες μετάδοσης και όχι στη βασική τεχνολογία, αλλά στα επίπεδα Network και transport TCP/IP όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.



Εικόνα 3: Επίπεδα Network και TCP/IP

2.2 Αρχιτεκτονική Future Internet (FI)

Η ιδέα του μελλοντικού διαδικτύου δημιούργησε την ανάγκη για την ανάπτυξη μιας νέας αρχιτεκτονικής η οποία αποκλείει στοιχεία από την αρχιτεκτονική του τρέχοντος διαδικτύου, προσθέτει να και υιοθετεί τα υπάρχοντα ή και τα εξελίσει. Το FI προβλέπεται να συγκεντρώνει έναν τεράστιο όγκο πληροφοριών οι οποίες θα πρέπει να επεξεργαστούν και να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή γνώσης που θα χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της δικτύωσης. Επίσης εύκολα γίνεται αντιληπτό ότι η αρχιτεκτονική του FI στοχεύει στη δημιουργία συστημάτων τα οποία θα ανταλλάσουν μεταξύ του πληροφορίες, αποκρύπτοντας την πολυπλοκότητα των διαδικασιών από τους χρήστες. Έτσι θα μπορούσαμε να πούμε ότι σύμφωνα με τις αρχές του FI προωθείται ένα μοντέλο επικοινωνίας machine-to-machine, που στοχεύει στη διευκόλυνση των χρηστών.

Οι βασικές αρχές του σχεδιασμού του μελλοντικού διαδικτύου^[9] είναι οι εξής και αφορούν τη δόμησή του:

- **Αρχή τοποθέτησης και αυτονομίας:** αρχή η οποία αναφέρεται σε μία πρότυπη αρχιτεκτονική που θα επιτρέπει την ευέλικτη, δυναμική και αυτόνομη διαμόρφωση των κόμβων ενός δικτύου αλλά και επιμέρους δικτύων. Η αρχή αυτή θα επιτρέψει στο δίκτυο να αναπροσαρμόζεται δυναμικά σύμφωνα με τις συνθήκες λειτουργίες του και τις ανάγκες των χρηστών του
- **Αρχή της συνεργασίας με το δίκτυο φιλοξενίας:** σχεδιαστική αρχή η οποία καλύπτει θέματα που αφορούν τη διασύνδεση ενός δικτύου με τους τελικούς του χρήστες. Επειδή οι ανάγκες των χρηστών σε ένα δίκτυο είναι μεταβαλλόμενες, θα πρέπει να σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να ανταπεξέλθει σε αυτές. Η δυναμική και κλιμακούμενη αλλαγή των χαρακτηριστικών κάθε σύνδεσης του δικτύου με τον τελικό χρήστη του μπορεί να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις βελτιώνοντας τη μεταξύ τους επικοινωνία.
- **Αρχή της αφαιρετικότητας:** αρχή σχεδιασμού η οποία στοχεύει στην απόκρυψη της πολυπλοκότητας κατά τη σύνδεση ή συνεργασία διαφορετικών τεχνολογιών. Επιδιώκει την ομαλή επικοινωνία με την ανταλλαγή μηνυμάτων και πληροφοριών μεταξύ του δικτύου και εξωτερικών οντοτήτων με διαφορετική τεχνολογία.

2.3 Χαρακτηριστικά του FI

Ο σχεδιασμός του FI περιλαμβάνει ένα σύνολο χαρακτηριστικών που αντιστοιχούν σε δικτυακές τεχνολογίες, συστήματα και υπηρεσίες. Το διαδίκτυο αποτελείται από τη διασύνδεση ετερογενών δικτύων η οποία βασίζεται σε ένα καταναμημένο σύστημα δρομολόγηση αυτόνομων συστημάτων με ανεξάρτητη διαχείριση. Επιπλέον συγκεντρώνει διαφορετικούς τύπους συνεργαζόμενων

συστημάτων. Υπάρχουν διαδικασίες δρομολόγησης οι οποίες εξελίσσονται και επαναπροσδιορίζονται δυναμικά από το δίκτυο.

2.3.1 Components

Η επικοινωνία μεταξύ των δικτύων στο FI πραγματοποιείται με τρία συστατικά που είναι τα cognitive components, situation awareness components και autonomic components.

Cognitive components

Παρέχουν τη δυνατότητα στο δίκτυο να μελετά και να μαθαίνει τη συμπεριφορά των χρηστών του με τη χρήση σύγχρονων γνωστικών τεχνικών. Καλύπτουν ανεπάρκειες που αφορούν θέματα επίδοσης, διαθεσιμότητας και διαχείρισης της συμφόρησης που εμφανίζονται συχνά στο τρέχον δίκτυο, όπως η ξαφνική αύξηση των τελικών χρηστών με ετερογενείς τεχνολογίες για τις οποίες δεν υπήρχε αρχικός σχεδιασμός

Situation awareness components

Η συνειδητοποίηση μιας κατάστασης που μπορεί να επέλθει το δίκτυο αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην απόδοσή του και στην αντιμετώπιση προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν. Ο υπάρχων σχεδιασμός του δικτύου έχει αποδειχτεί πολλές φορές αναποτελεσματικός σε καταστάσεις όπου το δίκτυο πρέπει να αναδιοργανωθεί μεταβάλλοντας κάποια από τα χαρακτηριστικά του. Η διαδικασία της συνειδητοποίησης καταστάσεων σε ένα δίκτυο γίνεται με την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ του δικτύου και κόμβων εντός και εκτός των ορίων του. Συγκεντρώνοντας πληροφορίες για μία κατάσταση μπορεί κατόπιν μελέτης αυτών να δημιουργήσει σχέδια αντιμετώπισης προκειμένου να αποτρέψει πιθανά προβλήματα. Αυτή η τεχνική είναι μία γνωστική διαδικασία και αποδίδει στα cognitive συστήματα τη δυνατότητα επιλογής σε περιπτώσεις ύπαρξης πολλών εναλλακτικών επιλογών.

Autonomic components

Τα συστατικά αυτονομίας που προστίθενται στο FI συμπεριλαμβάνουν όλες εκείνες τις λειτουργίες που έχουν να κάνουν με θέματα αυτοδιαχείρισης του δικτύου ή των στοιχείων που το αποτελούν. Τέτοιες λειτουργίες^[40] είναι:

- Self-configuration: αυτόματη προσαρμογή των στοιχείων.
- Self-healing: αυτόματος εντοπισμός και επιδιόρθωση σφαλμάτων.
- Self-optimization: αυτόματη παρακολούθηση και διαχείριση των διαθέσιμων πόρων ώστε να εξασφαλιστεί η ομαλή λειτουργία σύμφωνα με τις απαιτήσεις του συστήματος

- Self protection: συνεχής προστασία από κακόβουλες επιθέσεις

Τα *autonomic components* αποτελούν σημαντικό συστατικό για την ορθή δόμηση του FI και των Future Networks. Οι λειτουργίες που προσφέρουν βοηθούν το δίκτυο να αναδιαρθρώνεται δυναμικά, να έχει επίγνωση της κατάστασης του κάθε στιγμή αλλά και να μπορεί να αντιμετωπίσει ασυνήθιστες καταστάσεις όπως η συμφόρηση, η ανεπάρκεια παρεχόμενων υπηρεσιών κλπ.

2.3.2 Content centric χαρακτηριστικά

Η ύπαρξη ενός αντικειμένου περιεχομένου μέσα στο οποίο μπορεί να ενσωματωθεί ένα πλήθος διαφορετικών πληροφοριών που το αφορούν, όπως το περιεχόμενό του, η διαδικασία δρομολόγησης του, η συμπεριφορά του στο δίκτυο, τα χαρακτηρισμό του και οι κανόνες που το διέπουν, αποτελούν την ιδέα του Content centric Internet. Επίσης μπορεί να πραγματοποιηθεί και ο έλεγχος του αντικειμένου αυτού από τις λειτουργίες των *autonomic components*, χωρίς να προσβάλει κανέναν κανονισμό περί προσωπικών δεδομένων, ενώ παράλληλα με το χαρακτηρισμό του κάθε αντικειμένου, το δίκτυο μπορεί να διακρίνει αν επιβάλλεται έλεγχος ή όχι.

2.3.3 Service components

Οι υπηρεσίες και η εφαρμογή τους στο FI, αποτελούν σημαντικό χαρακτηριστικό της αρχιτεκτονικής του. Η προσθήκη των *service components* εξυπηρετούν τη διαδικασία ενσωμάτωσης λειτουργιών που αφορούν τις υπηρεσίες στο FI.

Μία κατηγορία είναι τα *Service Delivery Platforms*. Οι υπηρεσίες θα πρέπει να διανέμονται δυναμικά στο δίκτυο, να είναι συμβατές με όλους τους χρήστες που υπάρχουν στο δίκτυο και να μπορούν να διανεμηθούν από ένα χρήστη στον άλλο χωρίς την ύπαρξη προβλημάτων συμβατότητας. Για να γίνει αυτό θα πρέπει να δημιουργηθεί ένα *Service Delivery Framework* το οποίο θα διαχειρίζεται την παροχή υπηρεσιών στα διάφορα δίκτυα και θα παρέχει λειτουργίες για την ομαλή συνεργασία υπηρεσιών από διαφορετικούς παρόχους, ενοποιώντας διαφορετικές υπηρεσίες σε παγκόσμιο επίπεδο δικτύωσης. Επίσης θα περιλάβει στοιχεία από τη SOA τα οποία θα δώσουν τη δυνατότητα να οργανώσει, να δημοσιεύσει και να περιγράψει τις υπηρεσίες της αλλά και να ανακαλύψει και να συνδυάσει υπηρεσίες.

Προκειμένου να εφαρμοστούν σωστά αυτές οι λειτουργίες και να μπορέσουν να αποδώσουν τα αναμενόμενα, θα πρέπει να αντιμετωπιστούν τα εξής προβλήματα:

- Εμφάνιση μη προβλέψιμων γεγονότων στο δίκτυο

- Περιορισμοί στη διαθεσιμότητα πόρων
- Συγχρονισμός της παρατήρησης
- Προστασία της μυστικότητας

Η μεταβολή των γεγονότων που μπορούν να συμβούν σε ένα δίκτυο είναι εξαιρετικά γρήγορη και καθόλου προβλέψιμη. Για να πραγματοποιηθεί η διαδικασία λήψης πληροφοριών από το δίκτυο με σκοπό να χρησιμοποιηθούν να χρησιμοποιηθούν για την αντίληψη της κατάστασης του και την αντιμετώπιση προβλημάτων θα πρέπει κάθε πακέτο που κινείται μέσα στο δίκτυο να παρατηρείται λαμβάνοντας όλες τις πληροφορίες που το αφορούν, ώστε να βοηθήσει όλο αυτό στη διαδικασία του Decision making. Επομένως θα πρέπει να επιχειρείται μία προσπάθεια πλήρους διαχωρισμού της ταυτότητας του χρήστη από τις μεταφερόμενες πληροφορίες του πακέτου ώστε και να μην παραβιάζεται η αρχή των προσωπικών δεδομένων του χρήστη αλλά και να ενσωματώνονται ομαλά τα στοιχεία αυτοδιαχείρισης στο FI.

2.4 Cognitive Systems

Το Cognitive Radio (CR), σύμφωνα με τον ορισμό του Simon Haykin^[11], είναι ένα «έξυπνο» σύστημα επικοινωνιών το οποίο έχει γνώση-αντίληψη για το περιβάλλον του. Το cognitive radio χρησιμοποιεί την μεθοδολογία understanding –by building (καταλαβαίνω χτίζοντας) για να μάθει από το εξωτερικό περιβάλλον τις αλλαγές και να τις προσαρμόσει σε συγκεκριμένες εσωτερικές του παραμέτρους (όπως διαμόρφωση, ισχύς μετάδοσης, συχνότητα φερόντων) σε πραγματικό χρόνο (real time).

Οι δύο βασικοί στόχοι του Cognitive Radio είναι:

- αξιόπιστες επικοινωνίες οπουδήποτε και οποτεδήποτε χρειαστεί
- αποδοτικότερη χρήση του φάσματος

Για να θεωρηθεί ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα ως *cognitive* (γνωσιακό) θα πρέπει:

- να γνωρίζει το περιβάλλον του,
- να μπορεί να προσαρμόζεται σε αυτό με βάση τις ανάγκες του χρήστη,
- να είναι ικανό να μαθαίνει καινούργιες συμπεριφορές μέσω αυτόνομων μηχανισμών μάθησης και
- να έχει την ικανότητα να ενοποιεί διαφορετικές τεχνολογίες εξασφαλίζοντας διαλειτουργικότητα.

Πιο αναλυτικά:

Με τη βοήθεια μιας σειράς αισθητήρων, λαμβάνει πληροφορίες από το περιβάλλον του, το οποίο μπορεί να είναι ένας εργασιακός, οικιακός ή και δημόσιος χώρος. Έχει πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων και μπορεί να λαμβάνει κρίσιμες αποφάσεις σε θέματα που σχετίζονται σε επιλογή επίπεδο του φυσικού μέσου μέχρι το επίπεδο εφαρμογών. Αυτό επιτυγχάνεται με μία διαδικασία διαχείρισης γνώσης που έχει σαν στόχο της επίτευξη της λειτουργικότητας και της αποδοτικότητας του συστήματος καθώς και της αύξησης της ευφυΐας του συστήματος. Αν το σύστημα

μας δηλαδή διαθέτει μηχανισμούς διαχείρισης γνώσης θα μπορεί να συγκεντρώσει πληροφορίες που αφορούν τα εξωγενή συστήματα τις οποίες στη συνέχεια μπορεί να τις επεξεργαστεί, να τις αποθηκεύσει και να τις επαναχρησιμοποιήσει. Έτσι αποδίδουμε στο σύστημα μας την ικανότητα να αυτοματοποιήσει ένα τμήμα των λειτουργιών του ενώ παράλληλα το καθιστούμε πιο αποδοτικό αφού μπορεί να αποκτήσει πρόσβαση σε πληροφορίες που του είναι απαραίτητες γρήγορα και με ακρίβεια. Η διαδικασία της διαχείρισης γνώσης έχει ως εξής: σε πρώτη φάση το γνωστικό σύστημα λαμβάνει τα δεδομένα, με τους κατάλληλους μηχανισμούς εξορύσσονται δεδομένα που απεικονίζονται με την κατάλληλη μορφή (πχ XML) και στη συνέχεια αποθηκεύονται στην αποθήκη γνώσης του συστήματος όπου μπορεί να πραγματοποιηθεί αναζήτηση, εύρεση και εξαγωγή πληροφοριών από τις λειτουργίες του συστήματος. Έχει επίσης την ικανότητα να ανιχνεύει το φάσμα, να εντοπίζει φασματικές ευκαιρίες και να ελέγχει αυτόματα την πρόσβαση σε αυτό.

Παρέχει με διαφάνεια στο χρήστη μια σειρά από υπερσύγχρονες υπηρεσίες και εφαρμογές που μπορεί να συμπεριλαμβάνουν περιεχόμενο φωνής, ήχου, δεδομένων και video και το οποίο να δύναται να επικοινωνεί υφιστάμενο μετατροπές και τροποποιήσεις, διαδραστικά, με μορφή streaming ή με τρόπο background. Σε οποιαδήποτε περίπτωση, θα πρέπει να παρέχονται οι ζητούμενες υπηρεσίες στην καλύτερη δυνατή ποιότητα υπηρεσίας QoS και στα καλύτερα επίπεδα τιμών. Τα επίπεδα ποιότητας της υπηρεσίας σχετίζονται με την απόδοση, τη διαθεσιμότητα, την αξιοπιστία, την ασφάλεια και την προστασία δεδομένων.

Η επιλογή του καταλληλότερου σχηματισμού-τροποποίησης για το σύστημα δύναται να αποτελεί ένα διακόπτη μετάβασης από το ένα δίκτυο RAT στο άλλο. Μίας τέτοια δραστηριότητα θα πρέπει να είναι σύμφωνη με την επιθυμία και τις προτιμήσεις του χρήστη, τις δυνατότητες του εξοπλισμού-συσκευής και θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις τοπικές συνθήκες της συγκεκριμένης περιοχής στην οποία καλείται η υπηρεσία καθώς και τη χρονική στιγμή της ημέρας όπου πραγματοποιείται αυτή η κλήση.

Η διαδικασία επιλογής είναι ικανή να αποκομίσει επιπρόσθετες πληροφορίες που έχουν να κάνουν από πληροφορίες σχετικές με το δίκτυο έως πληροφορίες που σχετίζονται με τη διαπραγμάτευση των προσφορών κόστους των διάφορων παρεχόμενων υπηρεσιών από τη μεριά των εντοπίσιμων δικτύων.

Διαθέτει ένα αποτελεσματικό πλαίσιο εργασιών (framework) για την ενοποίηση και τη διαλειτουργικότητα διαφορετικών τεχνολογιών και schemes μέσω διαφόρων μεθόδων διαχείρισης και αλγορίθμων. Ένα τέτοιο framework θα πρέπει να είναι σε θέση να διαχειριστεί δυναμικά τα ποικίλα θέματα που προκύπτουν στις διαδικασίες ενοποίησης και διαλειτουργικότητας τα οποία κατηγοριοποιούνται τις εξής κατηγορίες:

- Αυξανόμενη πολυπλοκότητα των νέων τεχνολογιών.
- Επεκτασιμότητα των τεχνολογιών και αλλαγές στον τρόπο λειτουργίας τους.

- Μετάβαση από το πρότυπο αλληλεπίδρασης ανθρώπου - μηχανής στο πρότυπο αλληλεπίδρασης μηχανής-μηχανής.

Πιο αναλυτικά:

Αυξανόμενη πολυπλοκότητα νέων τεχνολογιών

Η συνεχής ανάπτυξη της τεχνολογίας σε επίπεδο υλικού λογισμικού έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της πολυπλοκότητας κατά τη σύνθεση ετερογενών τεχνολογιών. Η επιστήμη του ενδιάμεσου λογισμικού στοχεύει στην εύρεση λύσεων λογισμικού για την επικοινωνία υλικού-λογισμικού, συγκεντρώνοντας διαφορετικές τεχνολογίες σε ενιαία συστήματα. Η προσπάθεια σύνθεσης ετερογενών τεχνολογιών αποσκοπεί στην ανάπτυξη ολοκληρωμένων λύσεων για την εκτέλεση σύνθετων διεργασιών που προκύπτουν σε ένα σύστημα. Αυτή η σύνθεση αποτελεί μία εξαιρετικά δύσκολη και χρονοβόρα διαδικασία με υψηλή πολυπλοκότητα. Το πρόβλημα της πολυπλοκότητας αποκρύπτεται από το χρήστη και τις συσκευές μέσω των Middleware εφαρμογών. Μία cognitive πλατφόρμα σε συνδυασμό με την τεχνολογία ενδιάμεσου λογισμικού έχει τη δυνατότητα να αντιμετωπίσει τα προβλήματα πολυπλοκότητας που μπορεί να προκύψουν και επιπλέον μπορεί να επιτύχει μέσω αυτοματοποιημένων λειτουργιών την ενοποίηση ετερογενών τεχνολογιών.

Επεκτασιμότητα των τεχνολογιών

Η συνεχής ανάπτυξη των νέων τεχνολογιών επιβάλλει συχνά την αλλαγή των ήδη υπαρκτών εφαρμογών ώστε να προσαρμοστούν ομαλά στις νέες τεχνολογικές ανάγκες. Έχουν παρατηρηθεί κατά καιρούς δυσλειτουργίες σε εφαρμογές οι οποίες λόγω της αδυναμίας επέκτασης τους, αδυνατούσαν να ανταποκριθούν στις νέες τεχνολογικές ανάγκες. Η επέκταση των εφαρμογών λοιπόν, αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία τους αλλά και τη βιωσιμότητά τους. Επίσης η προσθήκη του χαρακτηριστικού της αυτοματοποίησης των διαδικασιών στοχεύει στην ανάπτυξη συστημάτων τα οποία θα μπορούν να διαχειριστούν δυναμικά την προσθήκη και την αφαίρεση στοιχείων υλικού και λογισμικού, ενώ παράλληλα θα μπορούν να επαναπροσδιορίσουν τη λειτουργία αυτών ανάλογα με τις ανάγκες τους.

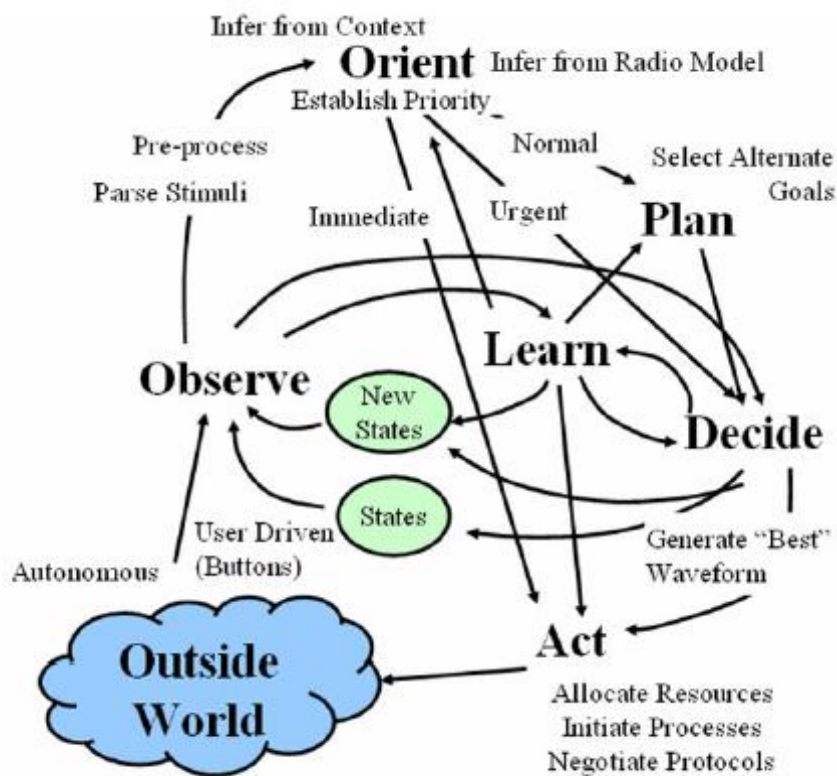
Πρότυπο αλληλεπίδρασης μηχανής - μηχανής

Τα παραδοσιακά τεχνολογικά συστήματα βασίζονται τη λειτουργία τους σε μία κοινωνικό-τεχνική υποδομή όπου συνδυάζονται η τεχνολογία και ο ανθρώπινος παράγοντας. Η νέα τεχνολογική τάση στοχεύει στην ανάπτυξη συστημάτων τα οποία θα αυτοματοποιούν τη λειτουργία του ανθρώπινου παράγοντα. Τα περισσότερα συστήματα απαιτούν την ύπαρξη ενός διαχειριστή (administrator) ο οποίος είναι υπεύθυνος για την εκτέλεση εργασιών συντήρησης και αναπροσαρμογής του συστήματος. Τα cognitive συστήματα

επιχειρούν την αυτοματοποίηση τέτοιων διαδικασιών, συγκεντρώνοντας διαφορετικές εφαρμογές τις οποίες απεικονίζουν ως υπηρεσίας οι οποίες είναι διαθέσιμες στους χρήστες του. Οι χρήστες μπορεί να είναι εφαρμογές. Συσκευές ή άλλες υπηρεσίες εξωγενείς ή και του ίδιου του συστήματος.

2.5 Κύκλος γνωστικής διαδικασίας

Οι νοητικές διεργασίες ενός Cognitive τερματικού παρουσιάζονται στον ονομαζόμενο κύκλο γνωστικής διαδικασίας (Cognition Cycle). Ο κύκλος αυτός της Γνωστικής Διαδικασίας παρουσιάστηκε για πρώτη φορά από τον Mitola^[12] το 2000, και περιλαμβάνει μία σειρά διαφορετικών διαδικασιών οι οποίες συνεργάζονται μεταξύ τους με σκοπό να επιτύχουν τη γνωστική διαχείριση των πόρων του συστήματος.



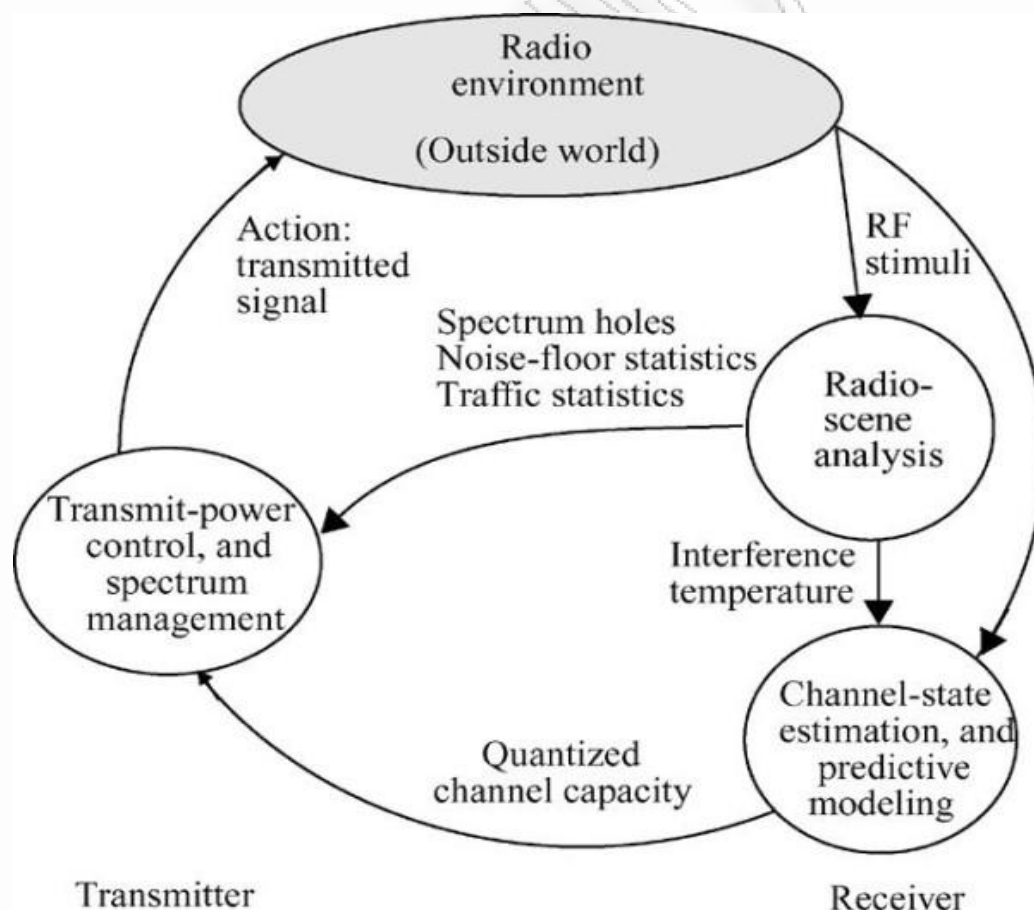
Εικόνα 4^[12]: Ο Γνωστικός Κύκλος κατά Mitola

Ο συγκεκριμένος κύκλος γνώσης περιλαμβάνει επτά διαφορετικούς κόμβους όπου κάθε κόμβος αποτελεί μία ξεχωριστή φάση και είναι οι εξής: αντίληψη, κατανόηση, απόφαση, μάθηση, προσαρμογή, λειτουργικό περιβάλλον και εξωτερικοί παράγοντες.

Με την εκτέλεση και ολοκλήρωση του κύκλου γνώσης το σύστημα κάθε φορά στοχεύει στη δυναμική διαχείριση των πόρων του σύμφωνα με τις ανάγκες που προκύπτουν. Ο στόχος μπορεί να επιτευχθεί μέσα από μία σειρά ενεργειών και είναι:

- Αντίληψη των παραγόντων από το εξωτερικό περιβάλλον και άλλων εξωγενών παραγόντων που αφορούν στοιχεία του συστήματος
- Μελέτη και λήψη πληροφοριών από κάθε εξωτερικό στοιχείο και κατανόηση της λειτουργίας του
- Δημιουργία εναλλακτικών σεναρίων χρήσης και λήψης απόφασης για την επιλογή της βέλτιστης δυνατής λύσης
- Ενσωμάτωση γνώσης σε μία αποθήκη μάθησης του συστήματος με τη βοήθεια των λειτουργιών μάθησης
- Προσαρμογή της επιλεγμένης λύσης στα χαρακτηριστικά του συστήματος
- έλεγχος παραγόντων που αφορούν το λειτουργικό περιβάλλον

Υπάρχει επίσης και ο γνωστικός κύκλος κατά τον Haykin και παρουσιάζεται στην εικόνα 5.



Εικόνα 5^[11]: Ο Γνωστικός Κύκλος κατά Haykin

Στον κύκλο του σχήματος καταγράφονται τρεις κύριες γνωστικές λειτουργίες:

- Η ανάλυση του φάσματος ραδιοσυχνοτήτων (Radio-scene analysis).
- Η λειτουργία TPC (Έλεγχος Μεταδιδόμενης Ισχύος) σε συνδυασμό με τη διαχείριση του φάσματος (Spectrum Management).
- Η εκτίμηση της κατάστασης του καναλιού (channel-state estimation) μέσω κατάλληλης μοντελοποίησης (predictive modelling).

Με βάση λοιπόν τον κύκλο αυτό, το CR δέχεται ερεθίσματα από το περιβάλλον του. Τα ερεθίσματα αυτά αναλύονται και σε περίπτωση που διαπιστωθεί η ύπαρξη φασματικών οπών σε συνδυασμό με χαμηλό θόρυβο και χαμηλές παρεμβολές, ο σταθμός μπορεί να τις χρησιμοποιήσει για μετάδοση. Πριν τη μετάδοση, θα πρέπει φυσικά να ρυθμιστεί κατάλληλα η τιμή της ισχύος εκπομπής. Αυτός ο Γνωστικός Κύκλος περιγράφει τη μονόδρομη επικοινωνία και προϋποθέτει ότι ο πομπός και ο δέκτης βρίσκονται σε διαφορετικά σημεία. Στην περίπτωση της αμφίδρομης επικοινωνίας, υπάρχει ένας πομποδέκτης, που ενσωματώνει τις λειτουργίες τόσο του πομπού όσο και του δέκτη.

2.5.1 COGNAC Project

Εκτός από τη προσέγγιση του Mitola και τον Haykin, υπάρχει και αυτή που παρουσιάζεται στο COGNAC PROJECT^[13] (Cognitive And Opportunistic Wireless Communication Networks) το οποίο περιλαμβάνει μία συνολική μελέτη που αναφέρεται στα Γνωστικά Δίκτυα Ασύρματων Επικοινωνιών.

Βασισμένοι στις δύο αυτές ερευνητικές προσεγγίσεις θα μπορούσαμε να πούμε ότι ο κύκλος γνώσης συμπεριλαμβάνει διαδικασίες που αφορούν:

- Την παρατήρηση και μελέτη εξωτερικών παραγόντων που αλληλεπιδρούν με το σύστημα
- Την ανάλυση των πληροφοριών που λαμβάνονται από τους εξωτερικούς παράγοντες και την προσαρμογή τους σε μορφή κατανοητή για το σύστημα
- Το σχεδιασμό εναλλακτικών ενεργειών που προκύπτουν από την ανάλυση των εξωτερικών πληροφοριών και την επιλογή της βέλτιστης λύσης
- Την εκτέλεση της επιλεγμένης λύσης με σκοπό την διεκπεραίωση των διαδικασιών για την κάλυψη των αναγκών του συστήματος.

Συμπερασματικά λοιπόν θα μπορούσαμε να πούμε ότι τα cognitive συστήματα αναπτύσσουν τη λειτουργία τους σε τέσσερις διαφορετικές φάσεις που ορίζονται από τον κύκλο της γνώσης (Cognition cycle) και είναι οι εξής:

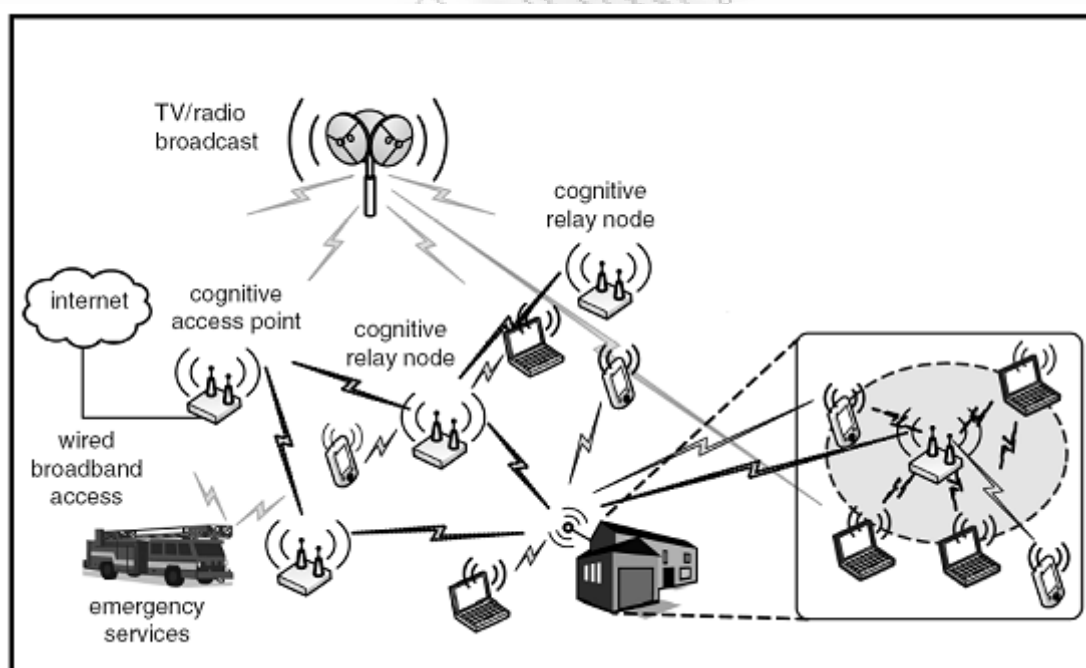
- Παρατήρηση (observe)
- Ανάλυση (analyze)
- Σχεδιασμός (plan)
- Εκτέλεση (act)

Το επίπεδο αφαίρεσης σε κάθε φάση μπορεί να είναι διαφορετικό ανάλογα με τις ανάγκες του συστήματος ή και με τον τρόπο σχεδιασμού του κύκλου γνώσης από κάθε έρευνα. Ωστόσο ο στόχος είναι κοινός για κάθε γνωστικό σύστημα ανεξάρτητα με τον κύκλο γνώσης και αναφέρεται στην γνωστική διαχείριση και λειτουργία του συστήματος όπως φαίνεται και στο σχήμα (cognition cycle).

2.6 Cognitive Δίκτυα και τα χαρακτηριστικά τους

Πολλά CR που επικοινωνούν μεταξύ τους συγκροτούν ένα Δίκτυο Γνωστικών Συστημάτων Ραδιοεπικοινωνιών (Cognitive Radio Network). Το δίκτυο αποτελείται από CR τερματικά, τα οποία μπορεί να είναι είτε σταθερά είτε κινητά. Τα τερματικά έχουν την ικανότητα να ανιχνεύουν το φάσμα των ραδιοσυχνοτήτων και να λειτουργεί κατά βάση ομορτονιστικά, ανιχνεύοντας φασματικές οπές και αξιοποιώντας τις. Όσον αφορά την ανίχνευση του φάσματος, υπάρχουν δύο τάσεις: Η πρώτη υποστηρίζει τη χρήση αυτόνομων τεχνικών ανίχνευσης, ενώ η δεύτερη τη συνεργασία των σταθμών για την οικοδόμηση μιας κοινής βάσης δεδομένων που να περιέχει πληροφορίες σχετικές με τη χρήση του φάσματος.

Η περιοχή κάλυψης του δικτύου μπορεί να επεκταθεί αν δημιουργηθεί η κατάλληλη υποδομή με τη χρήση Γνωστικών Σημείων Πρόσβασης (Cognitive Access Points-CAPs) και Γνωστικών Κόμβων Αναμετάδοσης (Cognitive Relay Nodes- CRNs).



Εικόνα 6: Σύνολο από Cognitive Δίκτυα

Ένα σωστά δομημένο και πετυχημένο δίκτυο CR διαθέτει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

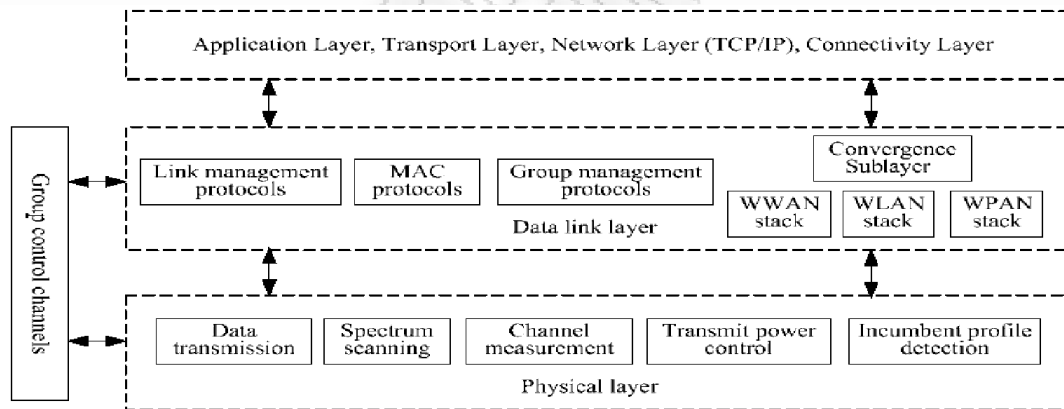
- Αυτό-διάρθρωση (Self-Configuration): Τα CAPs και τα CRNs εγκαθίστανται αυτόματα αμέσως μόλις τεθούν σε λειτουργία και ο χρήστης δεν

παρεμβαίνει στη διαδικασία της διάρθρωσης τους. Επίσης, μπορούν να κατεβάζουν (download) αυτόματα τις τελευταίες ενημερώσεις του λογισμικού τους και να ανακάμπτουν μόνα τους από ενδεχόμενη κατάρρευση.

- Χαμηλή Κατανάλωση Ισχύος: Η στοίβα των πρωτοκόλλων και γενικά όλες οι λειτουργίες των CR θα πρέπει να έχουν σχεδιαστεί ώστε να καταναλώνουν όσο το δυνατόν μικρότερη ισχύ. Έτσι, θα είναι δυνατή η μεταφερσιμότητα των συσκευών.
- Υλικό μικρό σε μέγεθος: Τα CAPs και τα CRNs είναι μικρές και διακριτικές συσκευές που μπορούν να στηθούν σε τοίχους, ενώ τα κινητά τερματικά έχουν αρκετά μικρό μέγεθος, ώστε να εξασφαλίζεται η μεταφερσιμότητά τους.
- Υλικό χαμηλού κόστους.
- Διαφάνεια προς το χρήστη.

2.6.1 Cognitive Radio και Ιεραρχία Πρωτοκόλλων

Στο σχήμα παρουσιάζονται τα δύο κατώτερα στρώματα της στοίβας πρωτοκόλλων, δηλαδή το φυσικό στρώμα (physical layer) και το στρώμα ζεύξης δεδομένων (data link layer). Τα στρώματα αυτά είναι αυτά που συγκεντρώνουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον σε ένα Cognitive Radio καθώς σχετίζονται με τη διαχείριση του φάσματος.



Εικόνα 7: Physical και DLL layers

Στο επίπεδο του φυσικού στρώματος επιτελούνται οι εξής λειτουργίες:

- Ανίχνευση του φάσματος (Spectrum Scanning): Αποτελεί την πλέον βασική λειτουργία του φυσικού στρώματος ενός CR. Ένα μεγάλο εύρος συχνοτήτων σαρώνεται και αναλύεται στο πεδίο της συχνότητας, του χώρου και του χρόνου. Τα αποτελέσματα της ανίχνευσης ανταλλάσσονται μεταξύ των σταθμών ενός CR δικτύου.

- Μέτρηση του καναλιού (Channel Measurement): Πραγματοποιούνται μετρήσεις με στόχο να καθοριστεί η ποιότητα των διαύλων. Με βάση τις μετρήσεις αυτές θα ρυθμιστούν στη συνέχεια οι διάφορες παράμετροι του CR συστήματος, όπως π.χ. ο ρυθμός συμβόλων (bit rate) και η ισχύς μετάδοσης.
- Μετάδοση των δεδομένων (Data Transmission): Στα πλαίσια της μετάδοσης επιτελούνται λειτουργίες όπως η επιλογή του ρυθμού μετάδοσης, της τεχνικής διαμόρφωσης, της τιμής της ισχύος εκπομπής και της τεχνικής κωδικοποίησης που ενδεχομένως θα χρησιμοποιηθεί. Μπορεί να γίνει χρήση της OFDM τεχνικής αλλά και μηχανισμών MIMO (multiple-input multiple-output, πολλαπλών-εισόδων πολλαπλών-εξόδων).
- TPC και IPD

Στο επίπεδο της Ζεύξης δεδομένων περιλαμβάνονται τα εξής:

- Πρωτόκολλα Διαχείρισης Ομάδων (Group Management Protocols): Κάθε CR χρήστης ανήκει σε μια ομάδα χρηστών που σχηματίζει ένα δευτερεύον δίκτυο. Τα πρωτόκολλα διαχείρισης ομάδων χρησιμοποιούνται για να συντονίσουν όλους τους χρήστες που ανήκουν στην ίδια ομάδα. Κάθε χρήστης που εισέρχεται στην ομάδα θα πρέπει να λάβει τις απαραίτητες πληροφορίες που αφορούν την ομάδα αυτή μέσω των πρωτοκόλλων.
- Πρωτόκολλα Διαχείρισης Ζεύξης (Link Management Protocols): Τα πρωτόκολλα αυτά φροντίζουν για την εγκατάσταση και τη συντήρηση της ζεύξης μεταξύ δύο CR χρηστών.
- Πρωτόκολλα MAC (Medium Access Control, Ελέγχου Πρόσβασης στο Μέσο): Ελέγχουν την πρόσβαση των χρηστών στο φυσικό μέσο.
- Υπόστρωμα Σύγκλισης (Convergence Sublayer): Το υπόστρωμα αυτό δίνει τη δυνατότητα στο CR να λειτουργεί σε εντελώς διαφορετικά ασύρματα περιβάλλοντα, όπως για παράδειγμα σε Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα (WLANs), Ασύρματα Προσωπικά Δίκτυα (WPANs) και Ασύρματα Δίκτυα Ευρείας Περιοχής (WWANs).

2.7 SOA

Οι απαιτήσεις που προκύπτουν από το μελλοντικό Internet μπορούν να ικανοποιηθούν σε ένα μεγάλο βαθμό από το virtualization δηλαδή μία διαδικασία η οποία βασίζεται στην SOA^[7] (Service Oriented Architecture) και συνενώνει τους πόρους υλικού και λογισμικού ενός δικτύου και κατά συνέπεια ενός συστήματος σε μία ενιαία οντότητα. Οι αρχές της SOA είναι αυτές που συμβάλουν στην πραγματοποίηση του virtualization επιτυγχάνοντας τη διαχείριση πολύπλοκων συστημάτων ενώ παράλληλα ελαχιστοποιεί το κόστος εφαρμογής των ήδη υπαρκτών SOA τεχνικών για την ανάπτυξη των σύγχρονων πολύπλοκων συστημάτων.

Λαμβάνοντας υπόψη την ετερογένεια των ασύρματων συστημάτων και τερματικών που πρέπει να συνυπάρξουν, θα πρέπει η πλατφόρμα στην οποία θα υλοποιούνται (cognitive Πλατφόρμα) να είναι σχεδιασμένη με τις αρχές της SOA αλλά και της SODA (Service Oriented Device Architecture) που αποτελεί μία προσαρμογή της πρώτης και ενσωματώνει τα συστήματα υλικού σε ένα σύνολο υπηρεσιών βασισμένων στη SOA. Το σημαντικότερο πρόβλημα προς αντιμετώπιση είναι το στοιχείο της πολυπλοκότητας, και σύμφωνα με τη SODA η υλοποίηση μπορεί να επιτευχθεί με το σχεδιασμό και την υλοποίηση διαφορετικών υπηρεσιών. Επίσης η SOA συνδέεται άμεσα και με τη SOC (Service Oriented Computing), που είναι μία τεχνολογία ανάπτυξης εφαρμογών που βασίζεται σε υπηρεσίες η οργάνωση των οποίων πραγματοποιείται σύμφωνα με τις αρχές SOA. Ο λόγος που επιλέγεται η SOA είναι γιατί αποτελεί τον καλύτερο δυνατό τρόπο ανάπτυξης συστημάτων τα οποία θα παρουσιάζουν χαρακτηριστικά που προκύπτουν από τις ποιοτικές και λειτουργίες απαιτήσεις του μελλοντικού διαδικτύου.

Η αρχιτεκτονική διαδικτυακών υπηρεσιών (SOA) βασίζεται στην απλή έννοια ενός εντελώς ανοιχτού περιβάλλοντος στο οποίο χρήστες υπηρεσιών ή πελάτες επικοινωνούν με εξυπηρετητές ή παρόχους υπηρεσιών, προκειμένου να αποκτήσουν πρόσβαση σε ένα σύνολο υπηρεσιών. Σε ένα SOA περιβάλλον έχουμε την πλήρη διαχείριση των πόρων που διαθέτει το σύστημα, μπορούμε εύκολα να εντοπίσουμε σφάλματα που προκύπτουν καθώς και να τα διορθώσουμε ενώ παράλληλα μπορούμε με ευκολία να διαχειριστούμε την προσθήκη ή και την αφαίρεση στοιχείων που περιλαμβάνει το σύστημα. Έτσι σε ένα σύστημα που βασίζει τη λειτουργία του σε υπηρεσίες είναι σημαντική η εισαγωγή SOA προκειμένου να οργανωθεί και να λειτουργήσει με το βέλτιστο δυνατό τρόπο. Η αρχή λοιπόν που πραγματοποιεί η SOA είναι ότι μπορεί να οργανώνει και να διαχειρίζεται την επικοινωνία και την αλληλεπίδραση μεταξύ διαφορετικών υπηρεσιών καθώς στην δημιουργία συστημάτων βασισμένα σε υπηρεσίες. Αυτή η αρχή έρχεται σε αντίθεση με την αρχή της αντικειμενοστραφούς αρχιτεκτονικής βάσει της οποίας αναπτύσσονταν αρχικά οι υπηρεσίες αλλά πολύ γρήγορα αντιμετώπισαν το πρόβλημα της διαχείρισης και αλληλεπίδρασης των υπηρεσιών.

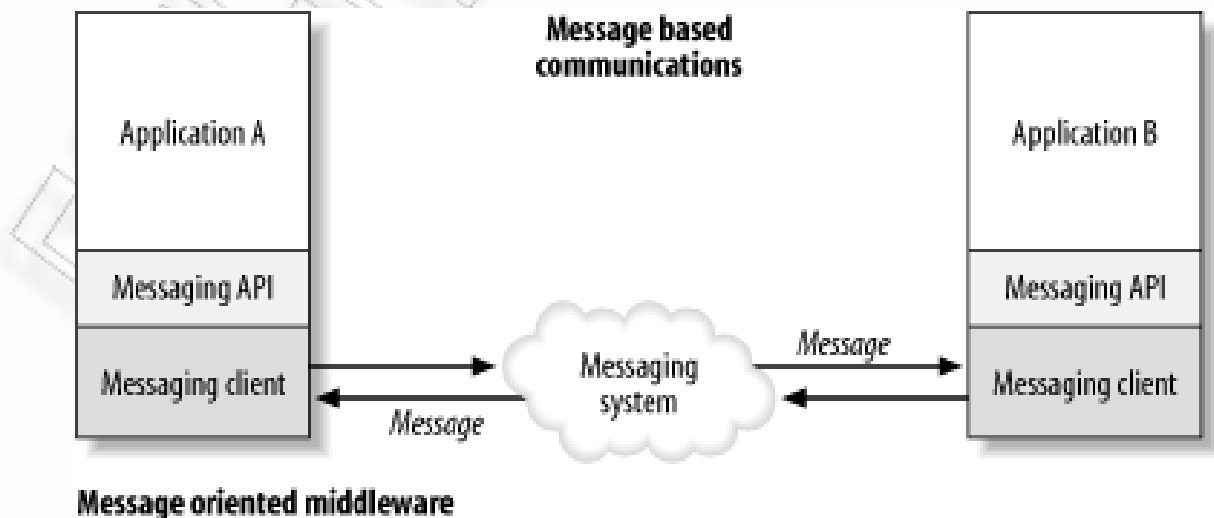
2.7.1 Υπηρεσίες της αρχιτεκτονικής SOA

- Υπηρεσίες πληροφοριών οι οποίες παρέχουν τις απαιτούμενες δυνατότητες για την ενοποίηση, αναπαραγωγή και μετατροπή από διαφορετικές πηγές δεδομένων
- Υπηρεσίες διαδικασιών, οι οποίες παρέχουν τις απαιτούμενες υπηρεσίες ελέγχου για τη διαχείριση της ροής και της επικοινωνίας πολλαπλών υπηρεσιών με έναν τρόπο που να υλοποιεί μια επιχειρηματική διαδικασία.
- Υπηρεσίες εφαρμογών, οι οποίες προσφέρουν τις απαιτούμενες υπηρεσίες εκτέλεσης για νέες εφαρμογές και νέα επιχειρηματική λογική.
- Υπηρεσίες επικοινωνίας με χρήστες, στις οποίες περιλαμβάνονται οι απαιτούμενες δυνατότητες για την παράδοση των λειτουργικών και των δεδομένων πληροφορικής στους τελικούς χρήστες και τέλος
- Υπηρεσίες ενοποίησης κοινότητας, οι οποίες παρέχουν τις απαιτούμενες υπηρεσίες διαχείρισης εγγράφων, πρωτοκόλλων και συνεργατών για την αποτελεσματική υλοποίηση των επικοινωνιών B2B.

2.7.2 Απαιτήσεις

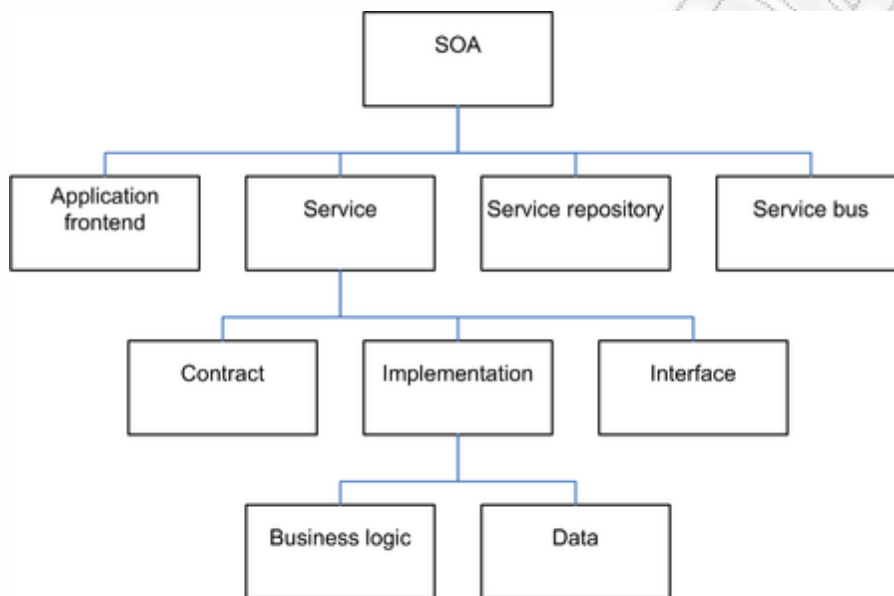
Για να χρησιμοποιείται αποτελεσματικά ένα SOA, η αρχιτεκτονική πρέπει να πληροί τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

- Διαλειτουργικότητα μεταξύ των διαφόρων συστημάτων και γλωσσών προγραμματισμού που παρέχει τη βάση για την ενσωμάτωση των εφαρμογών σε διαφορετικές πλατφόρμες, μέσω ενός πρωτοκόλλου επικοινωνίας. Ένα παράδειγμα αυτής της επικοινωνίας εξαρτάται από την έννοια του μηνύματος. Η χρήση μηνύματος σε καθορισμένους διαύλους μηνυμάτων μειώνει την πολυπλοκότητα της τελικής εφαρμογής, επιτρέποντας έτσι στον προγραμματιστή της εφαρμογής να επικεντρωθεί στην πραγματική λειτουργία της εφαρμογής, αντί των περίπλοκων αναγκών ενός πρωτοκόλλου επικοινωνίας.



Εικόνα 8: Απεικόνιση Διαλειτουργικότητας

- Επιθυμία να δημιουργήσουν μια ομοσπονδία πόρων. Καθιερώνουν και διατηρούν τη ροή δεδομένων σε ένα ενιαίο σύστημα βάσης δεδομένων. Αυτό επιτρέπει την ανάπτυξη νέας λειτουργικότητας αναφορικά σε ένα κοινό επιχειρηματικό σχήμα για κάθε στοιχείο δεδομένων.



Εικόνα 9^[14]: Στοιχεία SOA

2.7.3 Αξιώματα και κανόνες της SOA

Για να θεωρηθεί ότι ένα σύστημα υπακούει στις αρχές της SOA θα πρέπει να εφαρμόζει τους εξής κανόνες και αξιώματα:

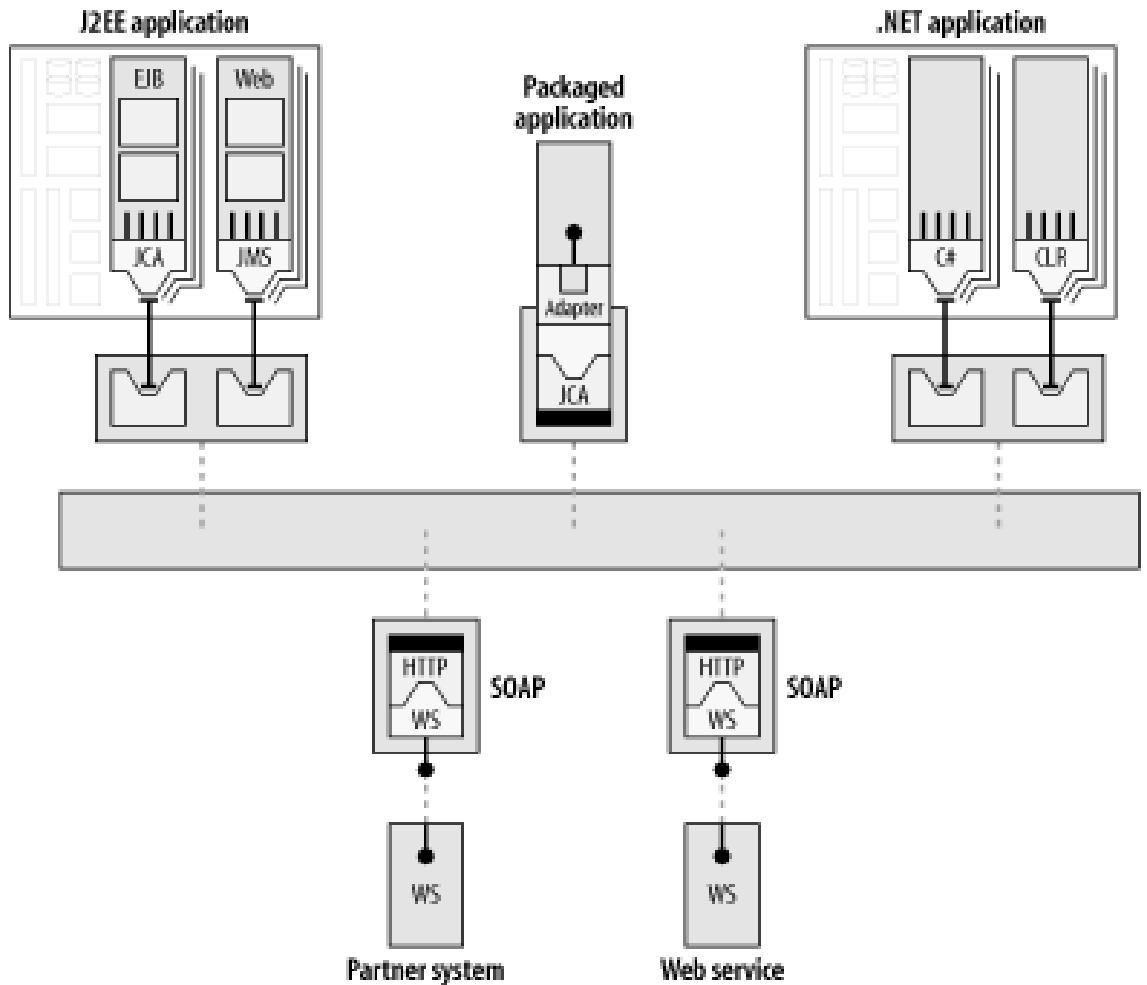
Αξιώματα της SOA

- Τα όρια είναι σαφώς καθορισμένα
- Τα services είναι αυτόνομες οντότητες
- Τα services μοιράζονται σχήματα (schemas) και συμβόλαια (contracts), όχι τάξεις (class)
- Η συμβατότητα των services βασίζεται σε policies

Κανόνες

- Τα μηνύματα επικοινωνίας μεταξύ πελατών και παρόχων υπηρεσιών θα πρέπει να είναι περιγραφικά και όχι ενημερωτικά. Δηλαδή ένα μήνυμα πελάτη που απευθύνεται σε ένα πάροχο υπηρεσιών θα πρέπει να αναφέρει

την υπηρεσία που επιθυμεί να χρησιμοποιεί και όχι το πώς θα του παρέχει την υπηρεσία ο φορέας.



Εικόνα 10: Integration με Messaging Systems

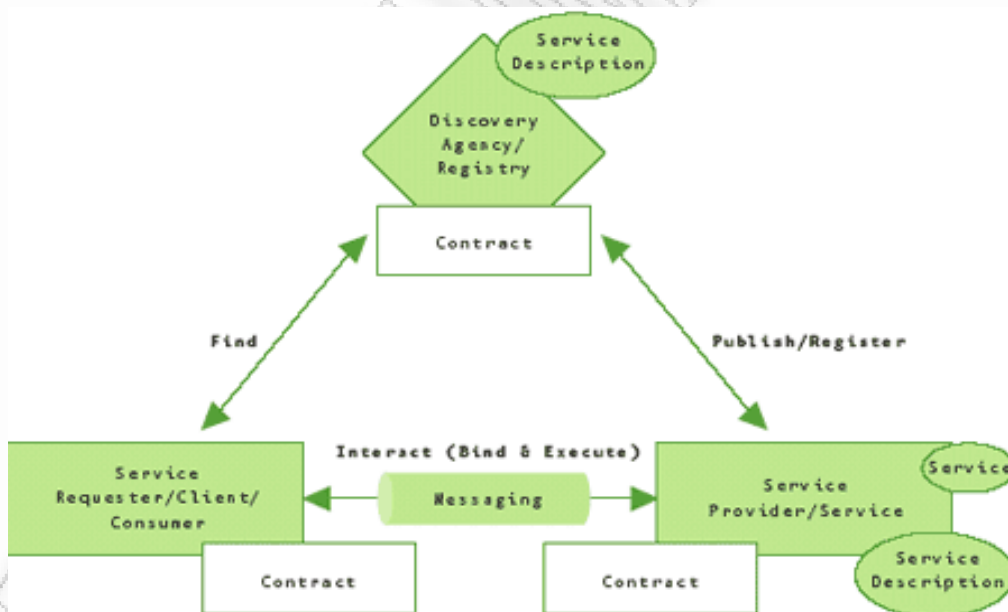
- Στην ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ πελάτη και φορέα υπηρεσιών θα πρέπει να υπάρχει συγκεκριμένο πρότυπο επικοινωνίας σύμφωνα με το οποίο θα διαμορφώνεται η δομή των μηνυμάτων. Έτσι μπορεί να καταστεί αποτελεσματική και ασφαλής η επικοινωνία μεταξύ πελάτη και παρόχου υπηρεσιών.
- Η επεκτασιμότητα της αρχιτεκτονικής αποτελεί βασική προϋπόθεση για τη δημιουργία ενός αποτελεσματικού συστήματος βασισμένο στη Service Oriented αρχιτεκτονική. Η γρήγορη μεταβολή των συνθηκών σε ένα σύστημα αποτελεί συχνό φαινόμενο το οποίο αναγκάζει το ίδιο το σύστημα, τους χρήστες του και το λογισμικό του να αλλάζουν συμπεριφορά και να τροποποιηθούν. Έτσι είναι απαραίτητο οι εφαρμογές να δομούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπεται η μελλοντική τους επέκταση η οποία αφενός θα τα βελτιώσει και αφετέρου θα τους δώσει τη δυνατότητα να ανταπεξέλθουν στις ανάγκες του συστήματος.

- Η SOA θα πρέπει να παρέχει ένα μηχανισμό ο οποίος επιτρέπει στους χρήστες του συστήματος να δημοσιεύσουν μια υπηρεσία ή να ανακαλύψουν μια υπηρεσία κάνοντας αναζήτηση. Ο μηχανισμός αυτός μπορεί να είναι δυναμικά επεκτάσιμος και να υλοποιείται με την καταγραφή των υπηρεσιών σε ειδικούς καταλόγους ή βάσεις δεδομένων.

2.7.4 Οντότητες

Ένα SO σύστημα αποτελείται από διαφορετικές οντότητες οι οποίες συνεργάζονται μεταξύ τους, και είναι:

- Καταναλωτής υπηρεσίας (service consumer)
- Φορέας υπηρεσίας (service provider)
- Service registry
- Service contract
- Service proxy
- Service Lease



Εικόνα 11: Οντότητες SOA

Πιο αναλυτικά οι οντότητες:

Καταναλωτής υπηρεσίας (service consumer)

Ο καταναλωτής υπηρεσίας μπορεί να είναι μία εφαρμογή, μία υπηρεσία ή οποιαδήποτε μορφή λογισμικού που χρειάζεται μία υπηρεσία. Είναι η οντότητα που εκκινεί μία υπηρεσία από εκεί που είναι καταχωρημένη, τη δεσμεύει

εγκαθιστώντας μία σύνδεση μεταξύ του καταναλωτή και της υπηρεσίας και εκτελεί της λειτουργίες της. Ο καταναλωτής της υπηρεσίας μπορεί να την εκτελέσει μέσω της αποστολής ενός αιτήματος το οποίο διαμορφώνεται σύμφωνα με τα πρότυπα που ισχύουν στο σύστημα.

Φορέας υπηρεσίας

Είναι η οντότητα η οποία είναι εξουσιοδοτημένη από το δίκτυο να εκτελεί τα αιτήματα των καταναλωτών υπηρεσίας. Αυτός μπορεί να είναι ένας ισχυρός υπολογιστής, μία απλή συσκευή ή οποιοσδήποτε τύπος λογισμικού αιτήματος. Ο φορέας υπηρεσίας μπορεί να δημοσιεύσει τις παρεχόμενες υπηρεσίες του στην Service Registry προκειμένου αυτές να είναι ορατές στους καταναλωτές υπηρεσίας.

Service Registry

Είναι ένα αρχείο δικτύου το οποίο περιέχει τις διαθέσιμες υπηρεσίες από τους παρόχους. Αποθηκεύει στοιχεία που αφορούν τις πληροφορίες των παρεχόμενων υπηρεσιών από τους φορείς, ενώ παράλληλα διαθέτει τις πληροφορίες αυτές στους καταναλωτές υπηρεσιών που πραγματοποιούν αναζήτηση υπηρεσιών.

Service Contract

Το συμβόλαιο υπηρεσίας είναι αυτό που καθορίζει τη διαδικασία αλληλεπίδρασης παρόχου – καταναλωτή υπηρεσίας. Περιγράφει τη μορφή που πρέπει να έχουν τα αιτήματα και οι απαντήσεις προς και από μία υπηρεσία. Καθορίζει επίσης τις προϋποθέσεις και τις συνθήκες σύμφωνα με τις οποίες μπορεί να εκτελεστεί μία υπηρεσία. Επιπλέον μπορεί να ρυθμίζει θέματα που αφορούν την ποιότητα υπηρεσιών (QoS). Εισάγει ουσιαστικά χαρακτηριστικά έξυπνης διαχείρισης της διαδικασίας εκτέλεσης υπηρεσιών.

Service Proxy

Κάθε Service Proxy αποτελεί μέρος του Service consumer ο οποίος κάθε φορά που επιθυμεί να καλέσει μία υπηρεσία εκτελεί ένα αίτημα στον Service proxy και αυτός με τη σειρά του ελέγχει την Service Registry αναζητώντας μία συμβατή υπηρεσία με αυτό που ζητάει ο καταναλωτής. Μπορεί επίσης να κρατά στη μνήμη στοιχεία που αφορούν τη σύνδεση μεταξύ καταναλωτή – παρόχου ώστε να μη χρειάζεται κάθε φορά να δεσμεύει πόρους δικτύου στην προσπάθειά του να κάνει καινούργια αναζήτηση παρόχου. Επιπλέον σε περιπτώσεις όπου κάποιες υπηρεσίες απαιτούν ελάχιστη παροχή δεδομένων και μικρή επεξεργαστική ισχύ για την εκτέλεσή τους, μπορούν να εκτελεστούν εξολοκλήρου τοπικά στον service proxy. Ωστόσο η εκτέλεση των υπηρεσιών τοπικά σε ένα service proxy, απαιτεί να υπάρχει συμβατότητα του proxy με την τεχνολογία της υπηρεσίας. Η οντότητα αυτή αποτελεί στην πραγματικότητα τον ενδιάμεσο στη διαδικασία επικοινωνίας καταναλωτή-παρόχου.

Service Lease

Η υπηρεσία του lease είναι εκείνη που σε ένα SOA σύστημα, διαχειρίζεται τη διάρκεια των συνδέσεων μεταξύ καταναλωτών και παρόχων. Ουσιαστικά καθορίζει το χρονικό περιθώριο χρήσης μία υπηρεσίας και γενικότερα διαχειρίζεται θέματα ορθής χρήσης του δικτύου και των πόρων του. Η υπηρεσία αυτή είναι απαραίτητη

διότι μπορεί να διαχειριστεί καταστάσεις όπου ένας καταναλωτής θα δέσμευε μία υπηρεσία σε ένα πάροχο για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΑΙΑ

Κεφάλαιο 3 – Web Services

3.1 Εισαγωγή

Η σημερινή περίοδος χαρακτηρίζεται από τη συνεχόμενη αύξηση χρήσης φορητών συσκευών. Η προσφορά τους είναι αδιαμφισβήτητη σε επίπεδο δουλειάς και διασκέδασης για την καθημερινότητα των χρηστών τους.

Η τεράστια ποικιλία των mobile εφαρμογών διαχωρίζεται σε δύο βασικές κατηγορίες, τις **Native mobile applications** και τις **Web applications**.

Οι native mobile applications είναι οι εφαρμογές που εγκαθίστανται μέσα στο κινητό και είναι άμεσα προσβάσιμες από την επιφάνεια εργασίας του κινητού, ενώ οι web applications είναι οι εφαρμογές/ιστοσελίδες που είναι προσβάσιμες μέσα από έναν mobile browser.

Μια από τις πιο συνηθισμένες λειτουργίες που απαιτείται στα native mobile apps είναι η κλήση ενός web service για ανάκτηση δεδομένων. Η διαδικασία απαιτεί την αίτηση προς ένα web service με τις απαιτούμενες παραμέτρους και στη συνέχεια την αναμονή της απάντησης του server με τα δεδομένα που ζητείται. Σήμερα τα πιο σημαντικά web services είναι τα SOAP (Simple Object Access Protocol) και REST (Representational State Transfer). Το SOAP απαιτεί τη δημιουργία ενός XML (Extensible Markup Language) envelope και την αποστολή του ως αίτηση προς τον server του web service. Το REST από την άλλη είναι απλούστερο καθώς απαιτεί απλώς τη κλήση ενός URL, γι' αυτό και τα τελευταία χρόνια είναι προτιμότερο.

Η ευρεία χρήση των Web Services δεν είναι επανάσταση στα κατανεμημένα συστήματα αλλά αποτελεί μια φυσική εξέλιξη της εφαρμογής της XML από δομημένη αναπαράσταση πληροφορίας σε δομημένη αναπαράσταση μηνυμάτων μεταξύ των εφαρμογών.

Από το μοντέλο πελάτη-εξυπηρετητή στα συστήματα n-επιπέδων, στα κατανεμημένα συστήματα, οι εφαρμογές Web Services αντιπροσωπεύουν το αποκορύφωμα κάθε μίας από αυτές τις αρχιτεκτονικές σε συνδυασμό με το διαδίκτυο.

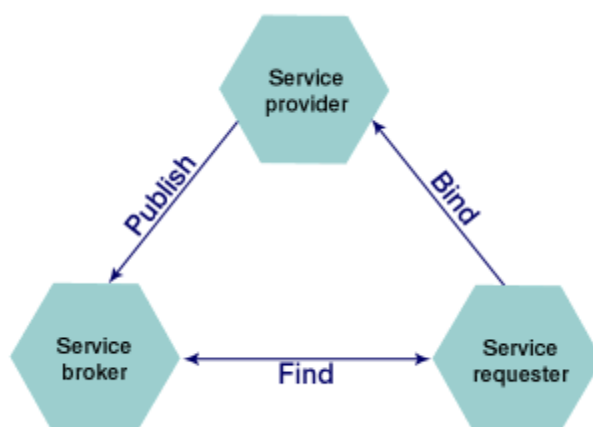
Σύμφωνα με την IBM, τα web services είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει στις εφαρμογές να επικοινωνούν μεταξύ τους ανεξαρτήτως πλατφόρμας και γλώσσας προγραμματισμού^[15]. Ένας πελάτης (client) μπορεί για παράδειγμα να είναι γραμμένος σε Delphi ο οποίος τρέχει σε Windows και να καλέσει μία διαδικτυακή υπηρεσία γραμμένη σε Java, η οποία τρέχει σε Linux. Ένα web service είναι μια διεπαφή λογισμικού (software interface) που περιγράφει μια συλλογή από λειτουργίες οι οποίες μπορούν να προσεγγιστούν από το δίκτυο μέσω πρότυπων μηνυμάτων XML. Χρησιμοποιεί πρότυπα βασισμένα στη γλώσσα XML για να περιγράψει μία λειτουργία (operation) προς εκτέλεση και τα δεδομένα προς ανταλλαγή με κάποια άλλη εφαρμογή. Μια ομάδα από web services οι οποίες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους καθορίζει μια εφαρμογή web services.

Η διάδοσή τους είναι τόσο μεγάλη που σύμφωνα με έρευνα της Gartner, η πρόβλεψη για τα έσοδα από την αγορά τέτοιων εφαρμογών την τετραετία 2010-2014 αύξηση των εσόδων κατά 1000% φθάνοντας τα 58 δις \$^[16].

3.2 Αρχιτεκτονική των web services

Η αρχιτεκτονική των διαδικτυακών υπηρεσιών έχει τρεις ξεχωριστούς ρόλους: Έναν πάροχο (provider), τον καλών την υπηρεσία (requestor), και έναν μεσολαβητή (broker). Ο provider δημιουργεί τη διαδικτυακή υπηρεσία και την κάνει διαθέσιμη σε πελάτες (clients) οι οποίοι επιθυμούν να τη χρησιμοποιήσουν. Ένας requestor είναι μια εφαρμογή client η οποία καταναλώνει την διαδικτυακή υπηρεσία. Η υπηρεσία η οποία καλείται μπορεί με τη σειρά της να καλεί άλλες διαδικτυακές υπηρεσίες παίζοντας το ρόλο πελάτη. Ο broker, όπως και ένας κατάλογος υπηρεσιών (service registry), παρέχει έναν τρόπο ώστε να επικοινωνούν ο provider και ο requestor μιας διαδικτυακής υπηρεσίας.

Οι τρεις ρόλοι, αυτοί του provider, του requestor και του broker αλληλεπιδρούν μεταξύ τους μέσω των λειτουργιών δημοσίευσης (publish), εύρεσης (find) και σύνδεσης (bind).



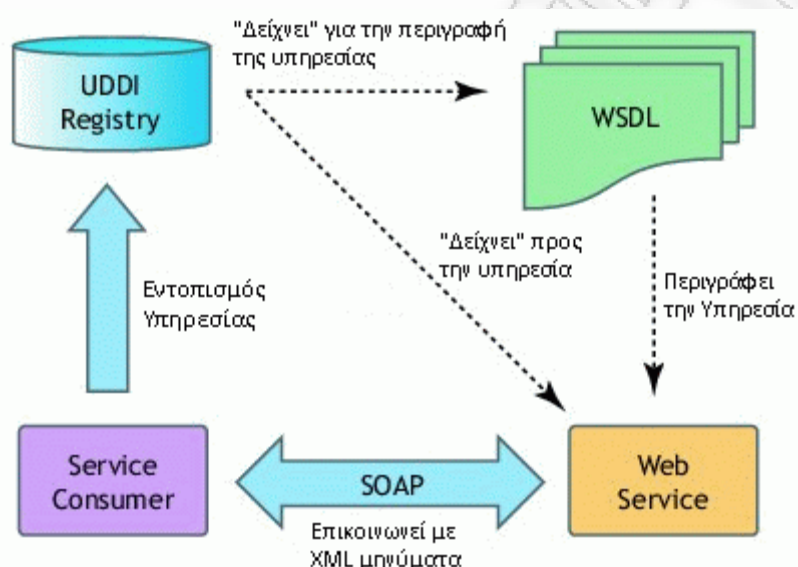
Εικόνα 12^[15]: Ρόλοι web services και αλληλεπίδρασή τους

Ένας provider ενημερώνει τον broker για την ύπαρξη μιας διαδικτυακής υπηρεσίας χρησιμοποιώντας τη διεπαφή δημοσίευσης του broker ώστε να κάνει την υπηρεσία προσβάσιμη στους clients. Οι πληροφορίες που δημοσιεύονται περιγράφουν την υπηρεσία και καθορίζουν το πού βρίσκεται η υπηρεσία. Ο requestor συμβουλευτείται τον broker για να εντοπίσει μια δημοσιευμένη διαδικτυακή υπηρεσία. Με τις πληροφορίες που παίρνει από τον broker για την υπηρεσία, ο requestor μπορεί πλέον να συνδεθεί, ή να καλέσει τη διαδικτυακή υπηρεσία.

3.2.1 Βασικές Τεχνολογίες των Web Services

Οι βασικές Τεχνολογίες των Web Services είναι οι εξής:

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
Ομοιόμορφη μορφή και ανταλλαγή δεδομένων	XML
Πρότυπο κανάλι επικοινωνίας	SOAP
Πρότυπη περιγραφική γλώσσα για την περιγραφή των παρεχόμενων υπηρεσιών	WSDL
Καταχώρηση και εντοπισμός των παρεχόμενων υπηρεσιών	UDDI



Εικόνα 13: Αλληλεπίδραση τεχνολογιών Web Services

Πιο αναλυτικά:

XML

Η XML (Extended Mark-up Language) είναι μια δηλωτική γλώσσα που ήρθε μετά την ASN1. Κύρια διαφορά είναι ότι στην XML χρησιμοποιούνται αποκλειστικά χαρακτήρες (character based, έναντι της ASN1 που είναι bit coded). Επιπλέον η δομή της είναι ταυτοχρόνως πιο απλή αλλά και πιο εύκαμπτη. Από άλλη οπτική γωνία, στην XML ένα κείμενο χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση δομημένης πληροφορίας στο διαδίκτυο. Η σημασία της XML έγκειται στο γεγονός ότι διατίθενται έτοιμοι τρόποι σύνδεσης της δομής των κειμένων της με τα πλέον σύγχρονα προγραμματιστικά περιβάλλοντα. Στην διαδικασία αυτή εμπλέκεται πάντα ένας parser. Ο parser κατέχει κεντρικό ρόλο στην αντιστοίχιση και αλληλοσύνδεση της δενδρικής δομής του κειμένου XML με την αντίστοιχη (συνήθως αντικειμενοστραφή) δομή στην χρησιμοποιούμενη γλώσσα, με δεδομένο ότι το κείμενο XML είναι ένας συρμός χαρακτήρων ανταλλασσόμενος μέσω μιας επικοινωνιακής

σύνδεσης, ενός αρχείου στον δίσκο, κτλ. Ο parser αποκτά τέτοια σημασία, πού θεωρείται πλέον core technology.

Simple Object Access Protocol (SOAP)

Το SOAP είναι ένα transport-independent πρωτόκολλο μηνυμάτων. Κάθε μήνυμα SOAP είναι ένα έγγραφο XML. Το SOAP χρησιμοποιεί μηνύματα μίας κατεύθυνσης παρόλο που γίνεται να συνδυάσει μηνύματα σε ακολουθίες request-and-response μηνυμάτων. Ο ορισμός του SOAP καθορίζει τη μορφή του μηνύματος XML αλλά όχι το περιεχόμενό του και το πώς ακριβώς θα αποσταλεί. Το SOAP, εντούτοις, καθορίζει το πώς τα μηνύματα SOAP δρομολογούνται πάνω από HTTP.

Web Services Description Language (WSDL)

Μια διαδικτυακή υπηρεσία είναι χρήσιμη μόνο εφόσον οποιοσδήποτε μπορεί να βρει τι κάνει και με ποιον τρόπο να την καλέσει. Οι προγραμματιστές πρέπει να γνωρίζουν επαρκείς πληροφορίες για μια διαδικτυακή υπηρεσία έτσι ώστε να μπορούν να γράψουν ένα πρόγραμμα client το οποίο να την καλεί. Το WSDL είναι μια XML-based γλώσσα η οποία χρησιμοποιείται για να ορίσει διαδικτυακές υπηρεσίες και να περιγράψει το πώς μπορεί κανείς να έχει πρόσβαση σε αυτές. Ειδικότερα, περιγράφει το πώς πρέπει να είναι τα δεδομένα και τα μηνύματα που προσφέρει η διαδικτυακή υπηρεσία. Εξετάζοντας το έγγραφο WSDL μιας διαδικτυακής υπηρεσίας, οι προγραμματιστές γνωρίζουν τις μεθόδους που είναι διαθέσιμες και το πώς να τις καλούν χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες παραμέτρους.

Universal Description, Discovery and Integration (UDDI)

Το UDDI είναι ένα αναπτυσσόμενο πρότυπο για την περιγραφή, δημοσίευση και ανακάλυψη των διαδικτυακών υπηρεσιών που προσφέρει μία εταιρία. Πρόκειται για έναν ορισμό για έναν καταμεμημένο κατάλογο πληροφοριών για διαδικτυακές υπηρεσίες. Μόλις αναπτυχθεί μια διαδικτυακή υπηρεσία και δημιουργηθεί και ένα έγγραφο WSDL το οποίο την περιγράφει, πρέπει στη συνέχεια να υπάρχει ένας τρόπος να έρθει η πληροφορία του WSDL στα χέρια των χρηστών οι οποίοι θέλουν να χρησιμοποιήσουν τις διαδικτυακές υπηρεσίες τις οποίες αυτό περιγράφει. Μόλις μια διαδικτυακή υπηρεσία δημοσιεύεται σε έναν κατάλογο UDDI, πιθανοί χρήστες έχουν τη δυνατότητα να ψάξουν και να μάθουν για την ύπαρξη της υπηρεσίας αυτής.

3.3 Πλεονεκτήματα και Οφέλη των Web Services

Πλεονεκτήματα σε σχέση με παλαιότερες κατακεντρωμένες τεχνολογίες

- Ευκολότερος χειρισμός δεδομένων
- Απλότητα πρωτοκόλλου επικοινωνίας
- Απλότητα υποδομής και χρήση χωρίς φθορά: Θα πρέπει το σύστημα να διευκολύνει την πρόσβαση των χρηστών στις τεχνολογίες αποκρύπτοντας την πολυπλοκότητα των διαδικασιών καθιστώντας το εύχρηστο. Επίσης, επειδή η χρήση των υπηρεσιών είναι online, δεν υπάρχει φθορά υλικού από τη χρήση
- Ευκολία στην επικοινωνία
- Διαλειτουργικότητα και ευκολία ανάπτυξης νέων εφαρμογών: Εκτός από την ενοποίηση των τεχνολογιών, απαραίτητη κρίνεται η Διαλειτουργικότητα τους, δηλαδή το να μπορούν όλες αυτές οι ετερογενείς τεχνολογίες που ενσωματώνονται στο σύστημα, να επικοινωνούν και να συνεργάζονται μεταξύ τους.

Οφέλη των Web Services

- Αλληλεπίδραση μεταξύ υπηρεσιών σε οποιαδήποτε πλατφόρμα και οποιαδήποτε γλώσσα προγραμματισμού.
- Χαλαρή συνδεσιμότητα μεταξύ εφαρμογών .
- Προσαρμογή ήδη υπάρχουσών εφαρμογών στις μεταβαλλόμενες επιχειρησιακές συνθήκες και ανάγκες των πελατών.
- Άμεση ολοκλήρωση (just in time integration) χάρη στην ταχύτητα και ευελιξία που προσφέρουν
- Μείωση του κόστους της διασύνδεσης εφαρμογής (interface cost)
- Ενοποίηση ετερογενών τεχνολογιών. Με αυτό εννοούμε την εξάλειψη προβλημάτων συμβατότητας μεταξύ των συστημάτων που ενδεχομένως μπορεί να μειώσουν την αποδοτικότητά τους. Όπως έχει προαναφερθεί στο Future Internet προβλέπεται να συγκεντρωθεί μεγάλο εύρος τεχνολογιών οι οποίες θα πρέπει να είναι σε θέση να συνεργαστούν μεταξύ τους. Επομένως η πλατφόρμα που θα σχεδιαστεί θα πρέπει να μπορεί να συγκεντρώνει ένα μεγάλο αριθμό συσκευών και τεχνολογιών που θα είναι ικανές να λειτουργήσουν σε ένα ενιαίο σύστημα.

- Αυτοματοποίηση διαδικασιών. Η μείωση της εξάρτησης από τον ανθρώπινο παράγοντα είναι ένα χαρακτηριστικό που αυξάνει στην αποδοτικότητά του και επεκτείνει τη βιωσιμότητά του. Σκοπός μας είναι να υλοποιηθεί ένα σύστημα ικανό να αυτοδιαχειριστεί την κατάστασή του.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΑΙΑ

Κεφάλαιο 4 - Διαχείριση εμπιστοσύνης

4.1 Εμπιστοσύνη

Η εμπιστοσύνη είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό της ανθρώπινης ζωής και μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε σχέση με συγκεκριμένα κριτήρια και να καθοριστεί με διάφορους τρόπους. Είναι πολυδιάστατη, πολύπλοκη και εξαρτάται από το πλαίσιο στην οποία την εξετάζουμε. Οι αποφάσεις που παίρνουμε στην καθημερινή μας ζωή είναι βασισμένες στην καθιέρωση της εμπιστοσύνης. Μία πρώτη γενική διάκριση των ειδών της εμπιστοσύνης είναι η ακόλουθη:

Εμπιστοσύνη βασισμένη σε πολιτική

Οι πολιτικές συχνά συμπεριλαμβάνουν τη χρήση πιστοποιητικών, τα οποία είναι πληροφορίες που χρησιμοποιούνται από μία οντότητα και μπορούν να περιγράψουν την ποιότητα ή τις ιδιότητες μιας άλλης οντότητας. Αυτού του είδους η εμπιστοσύνη επικεντρώνεται στη διαχείριση και ανταλλαγή πιστοποιητικών καθώς και στη δυνατότητα πρόσβασης σε αυτές τις πολιτικές. Το σημαντικότερο πρόβλημα που προκύπτει είναι το επίπεδο αξιοπιστίας των πιστοποιητικών. Μία λύση είναι ο καθορισμός ενός τρίτου μέλους που δεν παίρνει μέρος στη συναλλαγή, να είναι υπεύθυνο για την εξασφάλιση της αξιοπιστίας των πιστοποιητικών. Επίσης διαχωρίζεται σε Πιστοποιητικά Ασφάλειας Δικτύων (Network Security Credentials) και σε Διαπραγμάτευση εμπιστοσύνης (Trust Negotiation)

Εμπιστοσύνη Βασισμένη στη φήμη

Αυτού του είδους η εμπιστοσύνη χρησιμοποιεί τη φήμη για να επιτύχει την εμπιστοσύνη, με τέτοιο τρόπο ώστε ο συνδυασμός των παλαιότερων κινήσεων του να μπορεί να καθορίσει τη μελλοντική του συμπεριφορά. Το σημαντικότερο πρόβλημα που προκύπτει εδώ είναι ότι η λήψη της απόφασης επηρεάζεται από τρίτους και όχι από προσωπική εμπειρία.

4.2 Διαχείριση εμπιστοσύνης

Η διαχείριση εμπιστοσύνης αποτελεί μία προσέγγιση για την μέτρηση της επιτυχίας ενός συστήματος. Δείχνει κατά πόσο οι χρήστες του το εμπιστεύονται και πως αυτό λειτουργεί παίρνοντας τις πιο σωστές αποφάσεις βασιζόμενο στις προτιμήσεις τους. Μπορεί να επιτευχθεί με την εκμετάλλευση των ιδιοτήτων της εμπιστοσύνης, όπως η σχετικότητα σε ένα δεδομένο θέμα, η παροχή κατευθύνσεων, η ύπαρξη και η εξέλιξη της εμπιστοσύνης. Αποτελεί επίσης μία βασική παράμετρο στην επιλογή του κατάλληλου παρόχου υπηρεσιών (μία από τις TREC παραμέτρους Trust-Risk-Eco-Cost).

Ένας από τους βασικούς ορισμούς που χρησιμοποιήθηκαν ώστε να καθοριστεί η έννοια της εμπιστοσύνης στα πληροφοριακά συστήματα είναι αυτή του Δημητράκου^[17], σύμφωνα με την οποία “Η εμπιστοσύνη ενός συμβαλλόμενου μέρους A σε ένα συμβαλλόμενο μέρος B για μία υπηρεσία είναι η μετρήσιμη

πεποίθηση του Α για τον Β ότι θα συμπεριφερθεί ανεξάρτητα για μία καθορισμένη περίοδο μέσα σε ένα διευκρινισμένο πλαίσιο σε σχέση με τη διαδικασία Χ”.

Σε ένα δυναμικό υπολογιστικό περιβάλλον η εμπιστοσύνη θεωρείται μετρήσιμη πεποίθηση και οι μετρικές της είναι βασισμένες σε αποδείξεις εμπιστοσύνης, στην εμπειρία και στην αντίληψη. Η μέτρηση μπορεί να είναι ποσοτική, όπως για παράδειγμα ως πιθανότητα, ή σχετική (π.χ. με τη μέση τιμή μιας μερικής διάταξης), εξελίσσεται με το χρόνο αλλά και έχει περιορισμένη χρονική διάρκεια.

Ένας άλλος ορισμός των Castelfranchi και Falcone^[18] προτείνει την εμπιστοσύνη σαν “τη σταθερή πίστη στην ικανότητα μιας οντότητας για να ενεργήσει με ανεξαρτησία, ασφάλεια και εμπιστοσύνη μέσα σε ένα διευκρινισμένο πλαίσιο” και συμπληρώνουν ότι η εμπιστοσύνη είναι μία σύνθεση διαφορετικών ιδιοτήτων, όπως η αξιοπιστία, εμπιστοσύνη, τιμιότητα, ασφάλεια, ικανότητα και επικαιρότητα. Επομένως, βάσει αυτού του ορισμού η εμπιστοσύνη διαφοροποιείται ανάλογα με τις υπηρεσίες και εφαρμόζεται σε κρίσιμα χρονικά διαστήματα.

Η ουσία της διαχείρισης εμπιστοσύνης δεν είναι η εμπιστοσύνη η ίδια, αλλά να πάρουμε σωστές αποφάσεις για τα όρια της εμπιστοσύνης και τον τρόπο που θα δημιουργήσουμε έμπιστες σχέσεις. Το σταδιακό “χτίσιμο” της εμπιστοσύνης (trust building) είναι η καλύτερη στρατηγική για τη Διαχείριση εμπιστοσύνης γιατί δεν επικεντρώνεται τόσο στο παρόν αλλά κυρίως σε μελλοντικές συνεργασίες.

4.3 Διαστάσεις της Εμπιστοσύνης

Η έννοια της εμπιστοσύνης μπορεί να κατανοηθεί καλύτερα με την κατανόηση και ανάλυση των έξι διαστάσεων της. Αυτές είναι: ο στόχος, η απεικόνιση, η μέθοδος, η διοίκηση, ο υπολογισμός και ο σκοπός της. Πιο αναλυτικά:

- **Στόχος:** Το σύνολο που αξιολογείται ή παραχωρείται εμπιστοσύνη ποικίλει ανάλογα με τις προοπτικές του προβλήματος. Σε δικτυακές δομές οι χρήστες του συστήματος είναι ο στόχος στα συστήματα ελέγχου πρόσβασης, οι πάροχοι του δικτύου καθώς και το ίδιο το δίκτυο και η δομή του είναι ο στόχος για τους χρήστες όταν τα χρησιμοποιούν.
- **Απεικόνιση:** η εμπιστοσύνη μπορεί να κωδικοποιηθεί ψηφιακά με πιστοποιητικά που περιλαμβάνουν ηλεκτρονικές υπογραφές και σύμβολα.
- **Μέθοδος:** ο καθορισμός της εμπιστοσύνης μπορεί να επιτευχθεί διαμέσου πολλών μεθόδων. Πολλές εφαρμογές χρησιμοποιούν την ανταλλαγή πιστοποιητικών για να επιτύχουν εμπιστοσύνη πριν ξεκινήσουν οποιαδήποτε συναλλαγή
- **Διοίκηση:** ο φορέας που καθορίζει την εμπιστοσύνη μπορεί να ποικίλει ανάλογα με την εφαρμογή. Για την εμπιστοσύνη ενός συστήματος, τοπικού ή

παγκοσμίου, μηχανισμοί ψηφοφορίας ή άλλες μορφές συναινέσεως μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συλλογή ατομικών αποφάσεων εμπιστοσύνης.

- Υπολογισμός: η εμπιστοσύνη μπορεί να προσδιοριστεί και να υπολογιστεί με πολλούς τρόπους. Μερικές προσεγγίσεις επιλέγουν διακεκριμένες τιμές εμπιστοσύνης, όπως απόλυτη εμπιστοσύνη, απόλυτη έλλειψη εμπιστοσύνης, ουδέτερη στάση) ενώ άλλες επιλέγουν ένα συνεχές αριθμητικό εύρος τιμών. Μία ακριβής μέθοδος μέτρησης εμπιστοσύνης της συμπεριφοράς των χρηστών ενός συστήματος είναι με υπολογισμός τιμών παραμέτρων διαφορετικών εξισώσεων σε γραφήματα γειτονικών γράφων όπως τα δίκτυα Bayes.
- Σκοπός: η ανάγκη για εμπιστοσύνη επεκτείνεται σε όλους του τομείς της επιστήμης των υπολογιστών και κάθε περίπτωση τοποθετεί διαφορετικές απαιτήσεις για εμπιστοσύνη. Χρήστες και μηχανές που παρέχουν υπηρεσίες χρειάζονται να παρέχουν εμπιστοσύνη σε διαφορετικές εφαρμογές και καταστάσεις.

4.4 Παράμετροι Εμπιστοσύνης

Η καθιέρωση εμπιστοσύνης έχει να αντιμετωπίσει πολλές προκλήσεις, όπως το γεγονός ότι δομείται σε ένα ασύρματο και “ανοιχτό” μέσο, τις σύνθετες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δεσμών επικοινωνίας, κοινωνικών δικτύων και δικτύων εφαρμογών και ως εκ τούτου τη σύνθετη εξάρτηση των οποιοδήποτε μετρικών εμπιστοσύνης σε χαρακτηριστικά, παραμέτρους και αλληλεπιδράσεις ανάμεσα σε αυτά τα δίκτυα.

Οι μετρικές έχουν σαν στόχο τη μέτρηση του επιπέδου της εμπιστοσύνης. Μία από αυτές είναι η χρήση του δημοσίου κλειδιού. Στα συστήματα που εφαρμόζεται, η μετρική αυτή αντιπροσωπεύεται από ένα κατευθυνόμενο γράφο, όπου κάθε κόμβος αντιστοιχεί σε ένα δημόσιο κλειδί, και κάθε άκρη μεταξύ ενός ζευγαριού κόμβων αντιστοιχεί σε ένα ψηφιακά υπογεγραμμένο πιστοποιητικό. Αυτός ο τύπος εμπιστοσύνης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αξιολογήσει τους ισχυρισμούς εμπιστοσύνης σε ένα διανεμημένο σύστημα πληροφοριών. Επίσης, σε άλλους τομείς εφαρμογής η εμπιστοσύνη αποτελεί κριτήριο για σημαντικές αποφάσεις όπως ο έλεγχος πρόσβασης.

Η χρησιμοποίηση των μετρικών περιλαμβάνει την αντιμετώπιση πολλαπλών ζητημάτων όπως με ποιο τρόπο μπορούν οι χρήστες να παράγουν δηλώσεις εμπιστοσύνης, πώς μπορεί να εξηγηθεί σε αυτούς η εμπιστοσύνη, πώς μπορούν να εξηγηθούν τα αποτελέσματά της.

Βάσει του τύπου μέτρησης, οι μετρικές μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες, σε ποσοτικές και ποιοτικές. Οι ποσοτικές είναι αυτές που μετριοούνται σε αριθμητική κλίμακα και οι ποιοτικές με λέξεις όπως καλός, μέσος, ελάχιστος και η χρήση τους εξαρτάται από το πλαίσιο εφαρμογής τους. Σε εφαρμογές όπως είναι οι ηλεκτρονικές χρησιμοποιούνται ποσοτικές.

Επίσης μπορούν να διαιρεθούν σε μετρικές με σφαιρικό πεδίο ή με τοπικό πεδίο, ανάλογα με το τύπο των δικτύων. Πολλές σφαιρικές μετρικές εμπιστοσύνης, όπως η ιδιοεμπιστοσύνη αποτελούν μετρικές σε ένα ανοικτό σύστημα εκτίμησης, όπως πχ για να μετρηθεί η φήμη μιας ιστοσελίδας. Οι τοπικές ή κεντροποιημένες εκτελούν όλους τους υπολογισμούς σε μία κεντρική μηχανή και ως εκ τούτου πρέπει να χορηγούν την πλήρη πρόσβαση στις σχετικές πληροφορίες εμπιστοσύνης. Η διαδικασία υπολογισμού της εμπιστοσύνης είναι ασύγχρονη και η σύγκλιση της εξαρτάται από την προθυμία ή απροθυμία των κόμβων να διαδώσουν πληροφορίες.

Ένα τέτοιο παράδειγμα μέτρησης της εμπιστοσύνης είναι ο αλγόριθμος PageRank, δεδομένου ότι η φήμη μίας σελίδας γίνεται με την αξιολόγηση των σχετικών κόμβων με τη βοήθεια αμοιβαίων εξαρτήσεων. Στο ηλεκτρονικό εμπόριο, όπως στη σελίδα του eBay, χρησιμοποιείται το σύστημα ανατροφοδότησης της σελίδας, που επιτρέπει σε αγοραστές και πωλητές να εκτιμήσουν άλλους αγοραστές και πωλητές, παρουσιάζοντας τις πληροφορίες φήμης για τον καθένα. Η διαδικασία αυτή μπορεί να χαρακτηριστεί σαν μία τοπική, κεντροποιημένη κλιμακωτή μετρική εμπιστοσύνης.

4.4.1 Σχεδιασμός Πλαισίου Εμπιστοσύνης

Η εμπιστοσύνη πρέπει να έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- να καθιερωθεί βασιζόμενη σε πιθανούς κινδύνους,
- να εξαρτάται από το context,
- να βασίζεται στο ενδιαφέρον του κάθε ενδιαφερομένου,
- να είναι γνωσιακή δηλαδή μαθαίνεται και
- να μπορεί να αντιπροσωπεύει την αξιοπιστία του συστήματος.

Υπάρχουν πολλές μορφές εμπιστοσύνης κάτω από τις οποίες μπορούμε να εξετάσουμε ένα δίκτυο, και είναι:

- Ασφαλής δρομολόγηση
- Πιστοποίηση
- Ανίχνευση εισβολών

- Έλεγχος πρόσβασης
- Key management
- Διανομή στοιχείων εμπιστοσύνης και αξιολόγησής τους
- Αξιοπιστία του συστήματος

Γενικά θα πρέπει να ακολουθούμε τις παρακάτω σχεδιαστικές αρχές όταν φτιάχνουμε ένα πλαίσιο διαχείρισης εμπιστοσύνης για ένα δίκτυο, και είναι οι ακόλουθες:

- Μία μετρική εμπιστοσύνης θα πρέπει να απορρίπτει τις μοναδικές ιδιότητες της εμπιστοσύνης όπως πιθανή ατελής μεταβατικότητα, ασυμμετρία, υποκειμενικότητα, μη δυαδικότητα, αποσύνθεση στο χρόνο και χώρο, δυναμικότητα και εξάρτηση από το πλαίσιο
- Μία μετρική εμπιστοσύνη θα πρέπει να ενσωματώνει επαρκή στοιχεία εμπιστοσύνης (όπως κοινωνική εμπιστοσύνη και QoS) ικανά να απορρίπτει δυσκολίες αποστολής, αλλαγές δικτυακών περιβαλλόντων και συνθηκών των κόμβων που συμμετέχουν .
- Μία σχεδίαση διαχείρισης εμπιστοσύνης πρέπει να υποστηρίζει γνωστική λειτουργικότητα για τον κάθε κόμβο ώστε να μπορεί να προσαρμόζεται στις αλλαγές των συνθηκών του δικτύου, όπως η πυκνότητα του αριθμού των κόμβων, προτύπων κινητικότητας, πρότυπα προγραμματισμού κ.α.
- Θα πρέπει να υπάρχει επίγνωση της κατάστασης πράγμα που περιλαμβάνει επίγνωση των συνθηκών ασφάλειας, επίδοσης και αξιοπιστίας. Ανάλογα με τα απαιτούμενα επίπεδα ασφάλειας, επίδοσης και αξιοπιστίας διαφορετικά επίπεδα εμπιστοσύνης μπορούν να υιοθετηθούν.
- Καθώς ένα δίκτυο συγκεντρώνει πληροφορίες και σε απομακρυσμένες περιοχές, καταναλώνει περισσότερους πόρους (πχ. Χρόνο και ενέργεια) αλλά βελτιώνει την διαδικασία λήψης αποφάσεων, θα πρέπει να εξεταστεί το tradeoff μεταξύ της κατανάλωσης πόρων και την ακρίβεια λήψης αποφάσεων και την επικαιρότητα. Κάποιος μπορεί να χρησιμοποιήσει την τεχνική aggregation για να ελαττώσει την κατανάλωση πόρων όταν ανακτά πληροφορίες από απομακρυσμένους κόμβους.
- Ένας σχεδιασμός διαχείρισης εμπιστοσύνης πρέπει να επιτρέπει να αναγνωρίζονται οι βέλτιστες ρυθμίσεις υπό δικτυακές και περιβαλλοντικές συνθήκες, ώστε να μεγιστοποιείται η συνολική εμπιστοσύνη του συστήματος για επιτυχημένη εκτέλεση
- Για την έννοια του αξιόπιστου συστήματος θα μιλήσουμε στην επόμενη ενότητα.

4.5 Η έννοια του αξιόπιστου συστήματος

Καθώς τα μελλοντικά δίκτυα εξελίσσονται, πέρα από τις παραμέτρους ασφάλειας, πολύ σημαντική είναι η εξασφάλιση της αξιοπιστίας του συστήματος. Εκτός δηλαδή από τους μηχανισμούς ασφάλειας, που αφορά τις δικτυακές επιθέσεις, υπάρχει η εμπιστοσύνη της συμπεριφοράς του δικτύου και η εμπιστοσύνη της συμπεριφοράς του χρήστη^[19]. Ένα αξιόπιστο δίκτυο ορίζεται λοιπόν από τη συμπεριφορά του δικτύου, τη συμπεριφορά του χρήστη και το αποτέλεσμα του συνδυασμού των δύο είναι προβλέψιμο και ελεγχόμενο. Αυτό σημαίνει ότι βασιζόμενοι στην παρελθοντική συμπεριφορά του χρήστη είμαστε σε θέση να προβλέψουμε τη μελλοντική του συμπεριφορά, χρησιμοποιώντας μοντελοποίηση Bayesian, πρόβλεψη ταξινόμησης, υπολογισμό των προηγούμενων πιθανοτήτων της συμπεριφοράς του χρήστη και υπολογισμό της μελλοντικής συμπεριφοράς του χρήστη.

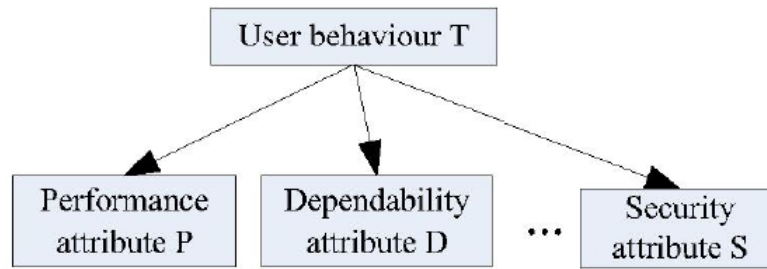
Η πρόβλεψη της συμπεριφοράς του χρήστη βασίζεται στην προηγούμενη συμπεριφορά του, και αυτή η πρόβλεψη γίνεται με την ιεραρχική και αποδομημένη ανάλυση της^[20]. Πιο συγκεκριμένα, η συμπεριφορά του αναλύεται σε πιο μικρά χαρακτηριστικά, όπως ο ρυθμός χαμένων πακέτων από πλευράς χρήστη (User Lost Packet rate), ο ρυθμός μετάδοσης θορύβου, ο χρόνος απόκρισης του χρήστη και η καθυστέρηση εδραίωσης σύνδεσης κ.α. Αυτές οι παράμετροι μπορούν να υπολογιστούν και απευθείας με διάφορα εργαλεία. Σχετικά με την πρόβλεψη βάσει της παρελθοντικής συμπεριφοράς του χρήστη, η θεωρία του Bayesian δικτύου δίνει απαντήσεις χρησιμοποιώντας γραφική θεωρία και θεωρία πιθανοτήτων. Η φιλοσοφία αυτού του δικτύου είναι η δημιουργία ενός συνεχώς αυξανόμενου δικτύου, το οποίο θα μπορεί να συσσωρεύσει την εμπειρία των προηγούμενων χρήσεων, όπως αυτή θα καταγράφεται από συγκέντρωση και ανάλυση δεδομένων αλλά και την εκτίμηση που θα παρέχει το ίδιο το μοντέλο. Με την περαιτέρω ανάλυση και τμηματοποίηση της γενικότερης συμπεριφοράς του χρήστη, όπως είπαμε και πιο πάνω, μετατρέπουμε την πολύπλοκη εκτίμηση σε μετρήσιμη και υπολογίσιμη εκτίμηση.

Επομένως η όλη διαδικασία χωρίζεται στα εξής στάδια:

Φάση 1^H

- **Εκτίμηση της συμπεριφοράς του χρήστη**

Η εκτίμηση της συμπεριφοράς του χρήστη γίνεται αφού πρώτα την τμηματοποιήσουμε σε επιμέρους χαρακτηριστικά όπως χαρακτηριστικά ασφάλειας ή απόδοσης συμπεριφοράς, οργανώνοντας τα ιεραρχικά. Στη συνέχεια οι τιμές και τα "βάρη" του κάθε στοιχείου αναπαριστώνται σε matrix, και υπολογίζουμε τα χαρακτηριστικά με τον τύπο $E*WE$ όπου E το matrix των στοιχείων, και WE το matrix των βαρών. Αφού υπολογιστούν όλα, υπολογίζουμε εξ' ολοκλήρου τη συμπεριφορά του χρήστη με τον τύπο $A*WA$, όπου A είναι τα χαρακτηριστικά και WA τα βάρη αυτών των χαρακτηριστικών.



Εικόνα 14^[19]: Κόμβος Bayesian για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς του χρήστη

- **Εγκαθίδρυση του δικτύου Bayesian αναφορικά με τη συμπεριφορά του χρήστη**

Στη συνέχεια, τα χαρακτηριστικά που υπολογίσαμε πιο πάνω, θα πρέπει να τα μετατρέψουμε σε δίκτυο Bayesian. Αυτό το δίκτυο αποτελείται από δύο μέρη, το ποιοτικό, όπου ορίζουμε τις διάφορες παραμέτρους, και το ποσοτικό που υπολογίζουμε τη δεσμευμένη πιθανότητα.

Φάση 2^η

Πρόβλεψη της συμπεριφοράς του χρήστη

Σε αυτή τη φάση και ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα, χρησιμοποιούμε τη μοντελοποίηση Bayes με την οποία ορίζεται η σχέση μεταξύ των κόμβων-μεταβλητών και υπολογίζεται με σχετική ακρίβεια το πώς επηρεάζουν οι αρχικές πιθανότητες αβέβαια συμπεράσματα, δηλαδή τη συμπεριφορά των χρηστών. Για να οριστούν οι σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών, πρέπει να καθοριστούν σε κάθε κόμβο οι εξαρτώμενες πιθανότητες οι οποίες περιγράφουν τις σχέσεις μεταξύ ενός κόμβου παιδιού και του γονέα του. Οι πιθανές τιμές της κάθε μεταβλητής περιγράφονται σε πίνακα ο οποίος παρουσιάζει τις πιθανότητες να πάρει ο κόμβος “παιδί” μία από τις καθορισμένες τιμές για συνδυασμό τιμών που πιθανόν να έχουν οι κόμβοι “γονείς”. Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι οι πιθανότητες είναι υποθετικές και ουσιαστικά καθορίζουν το βαθμό της εκτίμησης κάτω από ορισμένες συνθήκες. Επομένως ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

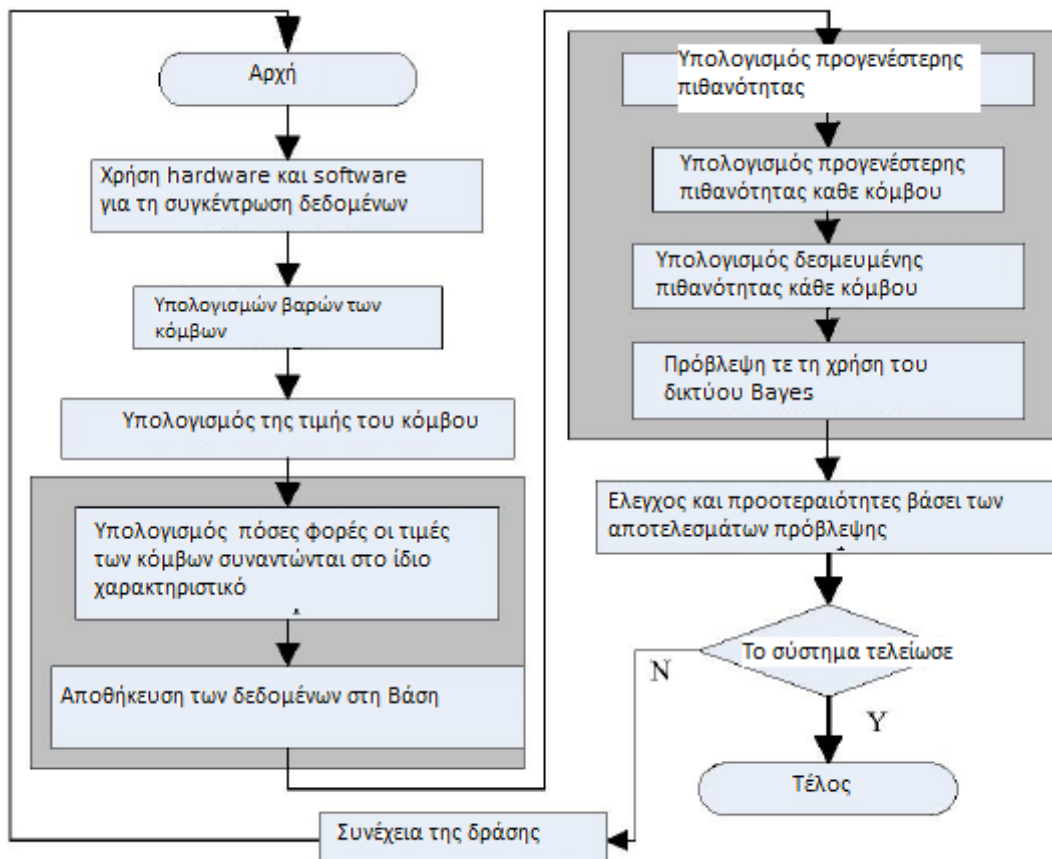
- **Βαθμιαία πρόβλεψη και δομή δεδομένων**
- **Προγενέστερη πιθανότητα της συμπεριφοράς του χρήστη**
- **Προγενέστερη πιθανότητα του χαρακτηριστικού της συμπεριφοράς**
- **Πίνακας δεσμευμένης πιθανότητας**
- **Πρόβλεψη της συμπεριφοράς του χρήστη.**

Αφού υπολογίσουμε όλες τις πιθανότητες, μπορούμε να αποφασίσουμε αν ο χρήστης μπορεί να αλληλεπιδράσει με το σύστημα. Αυτό το κάνουμε συγκρίνοντας αυτή την πιθανότητα με συγκεκριμένο όριο (threshold), το οποίο αν ξεπεράσει ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση στο δίκτυο. Αν το όριο είναι μεγαλύτερο από την πιθανότητα τότε το σύστημα μπορεί να διακόψει τις δικτυακές συνδέσεις και να απαγορεύσει στο χρήστη να έχει πρόσβαση. Έτσι μπορούμε να προβλέψουμε, να ελέγξουμε και να προειδοποιήσουμε αναφορικά με τη συμπεριφορά του χρήστη και σύμφωνα με τις διαφορετικές ανάγκες του συστήματος.

Για μεμονωμένους χρήστες, μπορούμε να έχουμε διασπορά πιθανότητας διαφορετικών χαρακτηριστικών συγκρίνοντας τις προβλεπόμενες τιμές διαφορετικών γνωρισμάτων. Τότε το σύστημα μπορεί να ελέγξει την πρόσβαση κάνοντας πρόβλεψη με τη διασπορά πιθανότητες.

Για πολλούς χρήστες το σύστημα ενθαρρύνει τις “καλές συμπεριφορές” και τιμωρεί τις “κακές” με μηχανισμούς ελέγχου δικτύου που βασίζονται σε αποτελέσματα πρόβλεψης.

Μία παράμετρος που πρέπει να λάβουμε υπόψη είναι ότι στα αξιόπιστα δίκτυα η ακρίβεια της πρόβλεψης έγκειται στην ακρίβεια των στοιχείων, την ακρίβεια της σύγκρισης μεταξύ κάθε δύο στοιχείων, και τις φορές τις αλληλεπίδρασης που επηρεάζει την προγενέστερη πιθανότητα.



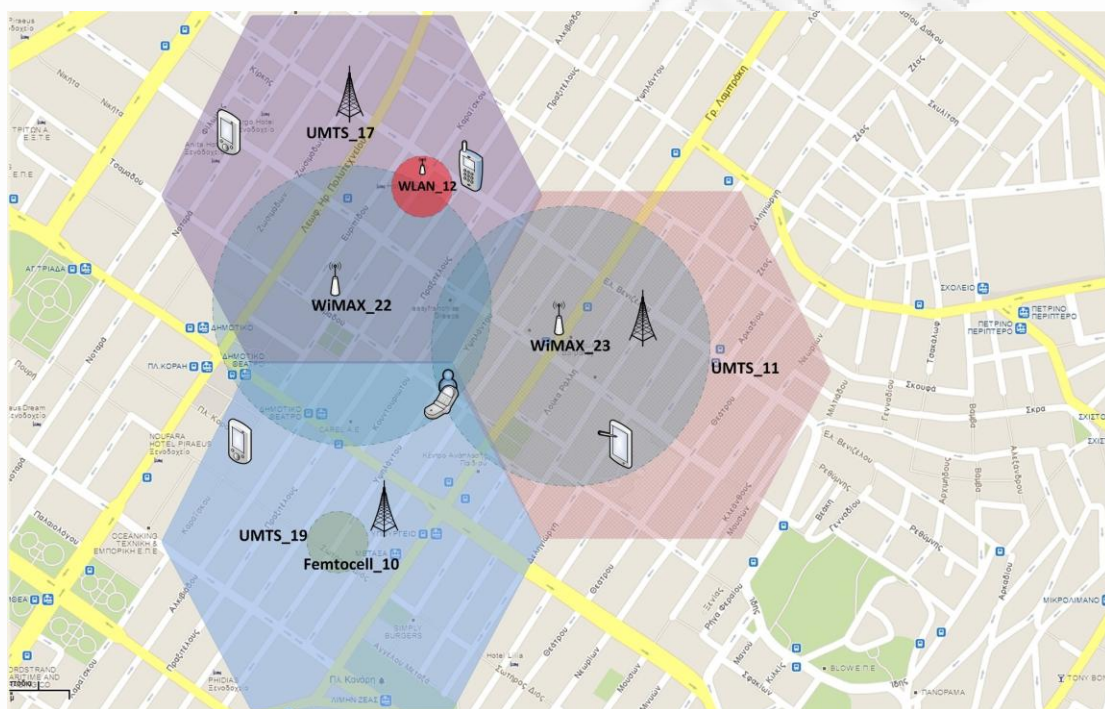
Εικόνα 15^[19]: Διάγραμμα ροής για την αξιολόγηση, πρόβλεψη και έλεγχο της συμπεριφοράς του χρήστη.

4.6 Περιγραφή πλατφόρμας εφαρμογής ενός γνωσιακού δικτύου

Παρακάτω θα δούμε την υλοποίηση μίας γνωσιακής πλατφόρμας και πώς θα εφαρμόζονται σε αυτή οι παράμετροι εμπιστοσύνης.

4.6.1 Τεχνική περιγραφή του συστήματος

Έστω ότι το σύστημα υλοποιείται σε μία οριοθετημένη περιοχή που κινείται ο χρήστης, στην οποία υπάρχουν σε ισχύ 3 πάροχοι υπηρεσιών, καθένας από τους οποίους έχει 4 διαφορετικές κεραιές, και κάθε μία από τις οποίες αντιστοιχεί σε διαφορετική τεχνολογία δικτύου (LTE, WiMax, UMTS, FemtoCell) (Εικόνα 16). Το φορτίο δικτύου αποτελείται από υπηρεσίες βίντεο, φωνής και δεδομένων, και μάλιστα μεγάλου όγκου.



Εικόνα 16: Απεικόνιση πεδίου υλοποίησης γνωσιακής πλατφόρμας

Θα πρέπει να οριστεί η εμβέλεια κάλυψης της κάθε κεραιάς, ποιες υπηρεσίες μπορεί να προσφέρει ο κάθε πάροχος, με τι QoS (εξαρτάται από τις τιμές του bit rate και του delay), το κόστος reconfiguration όταν θα πραγματοποιηθεί μία αλλαγή κεραιάς, καθώς και κάτω από ποιες συνθήκες δύναται ο κάθε πάροχος να παρέχει την επιθυμητή από το χρήστη υπηρεσία. Επίσης θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και η ισχύς του σήματος του χρήστη.

Οι υπηρεσίες που θα παρέχονται στο χρήστη θα υλοποιούνται σαν web services ώστε να είναι ελεύθερες στο δίκτυο, σε ένα cloud δίκτυο για παράδειγμα, έτοιμες για κλήση. Επιπλέον θα πρέπει ο κάθε πάροχος να μπορεί να ενημερώνει τις υπηρεσίες για την ισχύ του σήματος της κάθε κεραιάς και να μπορεί να τις οργανώσει με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να τις προσφέρει στο χρήστη.

Η συσκευή που θα χρησιμοποιεί ο χρήστης, θα πρέπει να είναι τέτοιας τεχνολογίας ώστε να μπορεί να λειτουργήσει σαν γνωσιακή, δηλαδή να έχει το κατάλληλο λογισμικό που θα την καθιστά “έξυπνη” και να διαθέτει τα οπτικά μέσα που θα διευκολύνει το χρήστη να διαχειριστεί τα δεδομένα που θα του προσφέρονται, όπως τη λίστα των δικτύων που είναι διαθέσιμα στην περιοχή, το κόστος της προσφερόμενης υπηρεσίας από το καθένα, την ισχύ της κεραίας του, την προσφορά των υπηρεσιών αλλά και να μπορεί τις αξιολογήσει βοηθώντας την πλατφόρμα να αποκτήσει “γνώση” σχετικά με την ικανοποίησή του. Η αξιολόγηση θα μπορεί να πραγματοποιηθεί με κάποιο είδος βαθμολογίας από το χρήστη μετά το πέρας της παροχής της επιθυμητής υπηρεσίας.

Προκειμένου όμως η πλατφόρμα να λειτουργήσει σαν γνωστική σε μελλοντική χρήση, θα πρέπει οι προηγούμενες καταστάσεις και εμπειρίες του χρήστη να μπορούν να καταγραφούν και να αποθηκευτούν σε μία βάση δεδομένων, στην οποία θα ανατρέχει μελλοντικά για να επιλέξει το “καλύτερο δίκτυο” από τα παρεχόμενα.

4.6.2 Ποιοτικές Απαιτήσεις στον ορισμό ανάπτυξης της πλατφόρμας

Το σύστημά μας θα πρέπει να μετατρέπει μία απλή συσκευή σε γνωσιακή και θα πρέπει να ενσωματώνει τις εξής λειτουργίες:

- ανάκτηση και εκμάθηση πληροφορίας χρήστη
- ανάκτηση και εκμάθηση πληροφορίας περιβάλλοντος λειτουργίας
- ανάκτηση πολιτικών
- επιλογή καλύτερης δυνατής ρύθμισης συσκευής για βέλτιστη λειτουργία
- μελέτη επίδοσης της πλατφόρμας

Πριν προχωρήσουμε, θα πρέπει να δούμε τι είναι γνωστική συσκευή (cognitive device). Γνωστική μπορεί να είναι οποιαδήποτε κοινή συσκευή του εμπορίου, όπως κάποιο smartphone, pda, pad κ.α. η οποία είναι σε θέση να θυμάται, να αξιολογεί και να έχει μία έξυπνη συμπεριφορά στην επιλογή και χρησιμοποίηση των υπηρεσιών και εφαρμογών που θα παρέχει στο χρήστη τους. Η συσκευή λοιπόν θα πρέπει να είναι σε θέση να επιλέγει το καλύτερο δίκτυο για να προσφέρει την επιθυμητή υπηρεσία στο χρήστη. Με τον όρο καλύτερο δίκτυο εννοούμε το δίκτυο αυτό που θα προσφέρει την επιλεγμένη υπηρεσία ή εφαρμογή στην καλύτερη δυνατή ποιότητα και στο χαμηλότερο δυνατό κόστος από τα υπόλοιπα δίκτυα της εμβέλειάς της. Μία γνωστική συσκευή λοιπόν θα πρέπει να είναι σε θέση να αποθηκεύει τις προτιμήσεις του χρήστη και να τις επαναχρησιμοποιήσει όταν ο χρήστης βρεθεί σε αντίστοιχη κατάσταση αποκτώντας έτσι κριτική συμπεριφορά.

Πιο αναλυτικά:

- Σχετικά με την ανάκτηση και εκμάθηση πληροφορίας χρήστη, θα πρέπει να μπορεί να συγκεντρώνει πληροφορίες για τις υπηρεσίες για τις οποίες

ενδιαφέρονται οι χρήστες καθώς και το αναμενόμενο QoS από αυτές. Η συγκέντρωση αυτών των πληροφοριών γίνεται με τη βοήθεια των cognitive πια συσκευών που κατέχουν οι χρήστες. Οι συσκευές αυτές, με τις πληροφορίες που συγκεντρώνουν από τις συνθήκες του περιβάλλοντος του χρήστη και την αντίστοιχη αξιολόγησή τους, είναι σε θέση να υιοθετούν βέλτιστες λύσεις που προέκυψαν από αντίστοιχες καταστάσεις του παρελθόντος

- ανάκτηση και εκμάθηση πληροφορίας περιβάλλοντος λειτουργίας: με τη βοήθεια των γνωστικών συσκευών, θα συγκεντρώνονται πληροφορίες για το ποια δίκτυα είναι διαθέσιμα στην περιοχή κίνησης του χρήστη, ποια παρέχουν τις επιθυμητές υπηρεσίες, για το φορτίο του δικτύου.
- ανάκτηση πολιτικών (policies): αναφέρεται σε ποιες τεχνολογίες επιτρέπεται να περνάνε μέσα από τα RATs
- επιλογή καλύτερης δυνατής ρύθμισης συσκευής για βέλτιστη λειτουργία: η γνωστική συσκευή θα μπορεί να επιλέγει το “καλύτερο δίκτυο”, δηλαδή το δίκτυο που βρίσκεται εντός της εμβέλειας της συσκευής του χρήστη, που παρέχει τη ζητούμενη υπηρεσία από το χρήστη, που έχει την καλύτερη ποιότητα σε σχέση με τα υπόλοιπα δίκτυα εντός εμβέλειας, που προσφέρει την υπηρεσία στην καλύτερη τιμή σε σχέση με τα υπόλοιπα δίκτυα και αποτελεί προσωπική επιλογή του χρήστη
- μελέτη επίδοσης της πλατφόρμας: η πλατφόρμα θα πρέπει να έχει γνωστικούς μηχανισμούς και ικανότητες “self-healing” πράγμα που σημαίνει ότι θα πρέπει να είναι σε θέση να προσφέρει την ζητούμενη υπηρεσία στο χρήστη, να καταγράφει την επιλογή και να αποκτά κριτική άποψη σε περίπτωση επανεμφάνισης παρόμοιου αιτήματος από το χρήστη σε παρόμοιες συνθήκες περιβάλλοντος έτσι ώστε η καθυστέρηση υλοποίησης της λύσης να ελαχιστοποιείται υπό την έννοια ότι η λύση ήταν γνωστή και εφαρμόστηκε κατευθείαν αντί να αναζητείται καινούργια λύση.

Επίσης θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι εξής προδιαγραφές αναφορικά με τη συμπεριφορά του χρήστη:

- Churning^{[21][24]}: Ο ρυθμός με τον οποίο οι χρήστες εισέρχονται και εξέρχονται από το σύστημα (churning), καθώς και με ποιο τρόπο αποσυνδέονται από αυτό, επηρεάζει πολλές σχεδιαστικές αρχές από τον τρόπο της δικτυακής δρομολόγησης μέχρι τη διαθεσιμότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών. Υψηλά επίπεδα churning απαιτούν αυξημένη αναμετάδοση ίδιων δεδομένων, και πρωτόκολλα επισκευής τοπολογίας
- Αξιοπιστία: για τις περισσότερες υπηρεσίες οι χρήστες τους απαιτούν συγκεκριμένες εγγυήσεις σχετικά με την αξιοπιστία και διαθεσιμότητα τους, ότι δηλαδή κάθε φορά που ο χρήστης θα έχει ανάγκη από τη συγκεκριμένη υπηρεσία αυτή θα είναι πάντοτε διαθέσιμη και στην ποιότητα που απαιτείται
- Ιδιωτικότητα: παράλληλα με την αξιοπιστία, οι χρήστες απαιτούν και ιδιωτικότητα στην αποθήκευση δεδομένων σχετικά με τις επιλογές και προτιμήσεις τους.

4.6.3 Trust issues

Η σχεδίαση ενός τέτοιου συστήματος απαιτεί να είναι δομημένο με τέτοιο τρόπο ώστε οι ενδιαφερόμενοι χρήστες να απολαμβάνουν την επιθυμητή λειτουργικότητα και να μην εμποδίζεται ή δυσκολεύεται η εκμετάλλευση των υπηρεσιών του. Η σωστή λειτουργία της πλατφόρμας σαν γνωστική, στηρίζεται πολύ στο feedback που λαμβάνει από τους χρήστες που εισέρχονται σε αυτή και χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες της. Επομένως η διασφάλιση παραμέτρων εμπιστοσύνης είναι ζωτικής σημασίας για τη σωστή ανταπόκρισή της.

Παρακάτω θα μελετήσουμε τους παράγοντες που δημιουργούν προβλήματα σε αυτή τη διαδικασία.

Καταρχήν, όπως έχουμε αναφέρει και προηγουμένως η εμπιστοσύνη ενός πληροφοριακού συστήματος μετράται από δύο οπτικές, από την πλευρά του συστήματος και από την πλευρά του χρήστη.

Θα μελετήσουμε πρώτα τα ζητήματα εμπιστοσύνης που προκύπτουν από την πλευρά του χρήστη^{[19][20]}:

- Υπάρχει η περίπτωση να χρησιμοποιήσουν την πλατφόρμα τυχαίοι χρήστες ή χρήστες που δεν γνωρίζουν πώς να κάνουν χρήση της ανατροφοδότησης και αξιολόγησης των υπηρεσιών.

Για να αποτρέψουμε αυτό το ενδεχόμενο μπορούμε να ορίσουμε κάποιους συντονιστές ή διαχειριστές οι οποίοι θα κρίνουν αυτούς τους χρήστες σαν ανεπιθύμητους και δε θα λαμβάνουν υπόψη τα δεδομένα που αποστέλλουν. Υπάρχουν όμως δύο μειονεκτήματα, το πρόβλημα επεκτασιμότητας και αυτό της αντικειμενικότητας. Αναφορικά με την επεκτασιμότητα, όταν η περιοχή κάλυψης της πλατφόρμας είναι σχετικά μικρή ή μεσαίου μεγέθους, συνεπώς και ο αριθμός των χρηστών που τη χρησιμοποιούν, είναι εφικτό να ελεγχθεί η φερεγγυότητα των δεδομένων που αυτοί παρέχουν. Σχετικά με την αντικειμενικότητα, η κρίση για το ποιοι χρήστες είναι ανεπιθύμητοι είναι αμφιλεγόμενη και επαφίεται αποκλειστικά στην κρίση του συντονιστή/διαχειριστή.

Στην ίδια κατηγορία μπορούμε να εντάξουμε και τους χρήστες που ενώ κάνουν χρήση της υπηρεσίας δεν κάνουν αξιολόγηση αυτής, ακούσια ή εκούσια. Κάτι τέτοιο μπορεί να αποφευχθεί μη επιτρέποντας την έξοδο από το σύστημα αν δε γίνει το αντίστοιχο rating της υπηρεσίας που χρησιμοποιήσαν.

- Υπάρχει η περίπτωση της επανεισόδου των ίδιων χρηστών, των λεγόμενων *whitewashers*^[21]. Είναι πολύ πιθανό δηλαδή οι αξιολογήσεις που διαμορφώνουν το επίπεδο της ποιότητας της υπηρεσίας να προέρχονται από ίδιους χρήστες που εισέρχονται με διαφορετική ταυτότητα και έτσι το δείγμα δεν είναι διαφορετικών μοναδικών χρηστών. Θα πρέπει λοιπόν να διασφαλίζεται η μοναδικότητα των αξιολογήσεων από τον κάθε χρήστη (πχ με κάποιο λογαριασμό πρόσβασης, γεγονός όμως που ίσως δημιουργήσει προβλήματα ευκολίας και γρήγορης πρόσβασης στο σύστημα εφόσον κάθε φορά θα πρέπει να κάνει log in) είτε με την εγγραφή της συσκευής του βάσει s/n στην πλατφόρμα (πιο χρονοβόρα διαδικασία αλλά θα συμβαίνει άπαξ και θα διασφαλίζει αυτή τη μοναδικότητα).
- Επιπλέον τίθεται το πρόβλημα της αξιοπιστίας του υλικού των χρηστών, δηλαδή κατά πόσο οι συσκευές που χρησιμοποιούν όσοι εισέρχονται στην πλατφόρμα είναι οι κατάλληλες και πληρούν τις τεχνικές προδιαγραφές για να αξιοποιήσουν τις παρεχόμενες υπηρεσίες. Για παράδειγμα, για τα δίκτυα νέας γενιάς 4G απαιτούνται συσκευές τελευταίας τεχνολογίας όπως τα iPhone5 τα οποία είναι πολύ πιθανό να μη διαθέτουν οι περισσότεροι χρήστες, επομένως αυτό να οδηγήσει σε λάθος αξιολογήσεις όχι όμως λόγω αδυναμίας του συστήματος αλλά επιλογής λάθους συσκευής από πλευράς του χρήστη για να χρησιμοποιήσει την εν λόγω υπηρεσία δια μέσου του συγκεκριμένου δικτύου.

- Κακόβουλοι χρήστες: υπάρχει η πιθανότητα κάποιοι χρήστες να είναι κακόβουλοι, δηλαδή να έχουν σα σκοπό να μη χρησιμοποιήσουν τις παρεχόμενες υπηρεσίες αλλά να βλάψουν το δίκτυο ή τους έτερους χρήστες που χρησιμοποιούν το συγκεκριμένο δίκτυο.

Παράμετροι από πλευράς του δικτύου ^{[19][20]}

Οι παράμετροι εμπιστοσύνης που θα πρέπει να πληροί το σύστημα από την πλευρά του δικτυακού παρόχου θα πρέπει να είναι οι εξής:

- Σταθερότητα απόκρισης: στη σημερινή εποχή που οι ρυθμοί ζωής έχουν αυξηθεί και όλα κινούνται γρήγορα, είναι σημαντικό για τους χρήστες να γνωρίζουν ότι όταν καλούν την υπηρεσία που χρειάζονται αυτή θα ανταποκρίνεται άμεσα και στο μέγιστο της απόδοσης της. Φαινόμενα κακής ανταπόκρισης και αστάθειας των υπηρεσιών καταλήγει σε δυσαρεστημένους χρήστες οι οποίοι είναι διστακτικοί να την ξαναεπιλέξουν ή δεν επιστρέφουν ποτέ. Η σταθερότητα του συστήματος μπορεί να εξαρτάται και από το καλό σχεδιασμό και αρχιτεκτονική του, από τις τεχνολογίες που το διέπουν και πώς οι πάροχοι εξασφαλίζουν την επιθυμητή ποιότητα.
- Διαχείριση ασφάλειας: Μία από τις σημαντικότερες παραμέτρους για την εξασφάλιση της εμπιστοσύνη από πλευράς του δικτύου είναι αυτό να είναι ασφαλές, δηλαδή να μην είναι ευάλωτο σε κακόβουλες επιθέσεις, hacking, και υποκλοπή δεδομένων. Επομένως η διασφάλιση αυτής της παραμέτρου είναι ζωτικής σημασίας για την επιλογή των υπηρεσιών από τους χρήστες, καθώς έχει παρατηρηθεί ότι ένας από τους κυριότερους λόγους που εγκαταλείπεται μία online υπηρεσία από τους χρήστες είναι η ανησυχία τους να υποβάλλουν σε αυτή προσωπικά τους δεδομένα με φόβο ότι αυτά θα κλαπούν. Η επένδυση στις κατάλληλες τεχνολογίες που θα προστατεύει τους χρήστες, θα έχει σαν αποτέλεσμα να κερδηθεί η εμπιστοσύνη τους όπως και θα έχει διασφαλιστεί η σωστή και απρόσκοπτη συγκέντρωση δεδομένων από μεριάς τους.

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και τη διείσδυση της μέσω των πολλών έξυπνων συσκευών που κυκλοφορούν στο εμπόριο, δόθηκε η δυνατότητα σε πολλούς χρήστες τους να επωφεληθούν των πλεονεκτημάτων τους. Ανάμεσα σε αυτούς όμως υπάρχουν και πολλοί “ανειδίκευτοι” ή κακοπροαίρετοι, που συμβάλλουν στη δημιουργία ανεπιθύμητης “κίνησης” και φορτίου αλλά και κακόβουλων επιθέσεων. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα εκτός από καθυστερήσεις απόκρισης των υπηρεσιών, στη δημιουργία δυσπιστίας των υπόλοιπων χρηστών και

μη εμπιστοσύνης τους στα συγκεκριμένα δίκτυα και τα οφέλη που θα μπορούν να έχουν από τη σωστή εκμετάλλευσή τους.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΑΙΑ

5. Προκλήσεις και κόστη στο σχεδιασμό Cognitive Networks

5.1 CAPEX και OPEX

Τα δύο βασικά οφέλη των γνωσιακών δικτύων είναι ότι προωθούν την ποιότητα του δικτύου και ότι συμβάλουν στη μείωση των διαχειριστικών κοστών. Καθώς όμως επεκτείνονται, προκειμένου να καταφέρουν να συμβαδίσουν με τη αυξανόμενη ζήτηση για χρήση τους, οι διεργασίες διαχείρισης γίνονται πιο πολύπλοκες. Όλα τα προβλήματα που παρουσιάζονται θα πρέπει να αντιμετωπιστούν λαμβάνοντας υπόψη τα διαχειριστικά και λειτουργικά κόστη του δικτύου, ή αλλιώς το κόστος κατασκευής δικτύου δηλαδή το CAPEX του (CAPital EXpenditure) και το κόστος λειτουργίας και συντήρησης, δηλαδή το OPEX του (OPERational EXpenditure).

CAPEX ^[22]

Το CAPEX είναι απαραίτητο για τη δημιουργία νέων υπηρεσιών ή τη βελτίωση των υπαρχουσών. Η ανάλυσή του βασίζεται γενικά σε φυσικές και λογικές απαιτήσεις σε πόρους. Η κατασκευή ενός δικτύου, η υλοποίηση δικτυακών συσκευών και η απόκτηση συστημάτων λογισμικού ή υλικού που επιτρέπουν τις ιδιαίτερες προσφορές υπηρεσιών περιλαμβάνουν σημαντικά χρηματικά ποσά για την αγορά απαραίτητων συσκευών. Βέβαια, οι τελευταίες εξελίξεις στην τεχνολογία έχουν οδηγήσει σε σημαντική μείωση του κόστους υλοποίησης αυτών των δικτύων, όπως η διαθεσιμότητα end-to-end λύσεων για την υλοποίηση των RAT δικτύων, η χρήση των υπαρχουσών δομών για την αναβάθμιση των τεχνολογιών καθώς οι νέες γενιάς και υψηλής χωρητικότητας συσκευές διασύνδεσης.

OPEX ^[23]

Ως OPEX ορίζονται οι δαπάνες / κόστη που είναι απαραίτητες για τη διεύθυνση του εξοπλισμού και είναι απολύτως αναγκαία για να διατηρήσουν τις προσφερόμενες υπηρεσίες συνεχώς και αδιάλειπτα ενεργές. Αυτές οι δαπάνες δεν προορίζονται για να επεκτείνουν το πάγιο ενεργητικό και δεν υπόκεινται σε μείωση. Όταν γίνουν αυτές οι δαπάνες δεν έχουν καμία υπόλοιπη αξία. Γενικά ορίζονται όλα τα στοιχεία δαπανών τα οποία δεν συμπεριλαμβάνονται στο CAPEX. Γενικά μπορεί να συμπεριλαμβάνονται κόστος το οποίο σχετίζεται με τον χρήστη, για παράδειγμα κεντρική προετοιμασία (βάσεις δεδομένων, χρεώσεις κ.α.), εγκατάσταση (κόστος το οποίο υφίσταται μόνο μία φορά), χρέωση (επαναλαμβανόμενο κόστος), και κόστος που σχετίζεται με τον εξοπλισμό, όπως προληπτική συντήρηση, αντιμετώπιση λαθών και προβλημάτων, κατανάλωση ενέργειας, κέντρο λειτουργίας δικτύου (επαναλαμβανόμενα κόστη). Η λειτουργική αποτελεσματικότητα ενός έξυπνου δικτύου έχει σα σκοπό την ελαχιστοποίηση, όσο αυτό είναι δυνατό, της επιπλέον διαχειριστικής προσπάθειας. Επίσης η ικανότητα του να εξισορροπεί τα φορτία ανάμεσα στις κυψέλες, συμβάλει στην ελαχιστοποίηση το χρόνο επιδιόρθωσης λαθών και λειτουργίας, δύο παράγοντες πολύ βασικοί για κάθε διαχειριστή δικτύου.

5.2 Παράμετροι σχεδίασης

Καθώς τα standards σχεδίασης εξασφαλίζουν τη διαλειτουργικότητα, στον τομέα της εφαρμογής και υλοποίησής του υπάρχουν λιγότερες προδιαγραφές που δυσχεραίνουν το έργο της επίτευξης υψηλής απόδοσης. Ως ένα βαθμό ο έλεγχος της διαχείρισης ενός πολύπλοκου και ετερογενούς δικτύου μπορεί να γίνει με ανθρώπινη παρέμβαση, κι έτσι να αποφευχθούν τα διαχειριστικά κόστη, αλλά στα αναπτυσσόμενα δίκτυα όπως είναι όλα τα σύγχρονα δίκτυα, η εύρεση αυτοματοποιημένων λύσεων είναι πλέον επιτακτική καθώς υπάρχουν πολλοί παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Ενδεικτικά κάποιοι είναι η αυξανόμενη κίνηση, οι καινοτόμες υπηρεσίες, η ανησυχία για τα κόστη και ενέργεια, η ύπαρξη RATs, πολλών επιπέδων πρόσβασης και πολλών παρόχων που εμπορεύονται δίκτυα και υλικά δυσκολεύουν τη σχεδίαση, διαχείριση και υλοποίηση των μελλοντικών δικτύων, καθώς παρουσιάζονται νέες προκλήσεις και απαιτούνται νέες μεθοδολογίες.

Πιο αναλυτικά:

5.2.1 Ύπαρξη πολλαπλών RATs

Η συνύπαρξη πολλαπλών RATs έχει αναφερθεί και πιο πάνω. Ο λόγος είναι ότι στις ήδη υπάρχουσες ασύρματες τεχνολογίες έρχονται να προστεθούν νέες, πιο καινοτόμες όπως η LTE, WCDMA/HSPA και ο συνδυασμός τους επιτρέπει στους παρόχους πιο αποτελεσματική και διαφανή απόδοση στον τελικό χρήστη.

5.2.2 Ύπαρξη πολλαπλής διαστρωμάτωσης

Πολλά δίκτυα συμπεριλαμβάνουν επικάλυψη κυψελών διαφορετικών μεγεθών καθώς χρησιμοποιούν ένα RAT. Για παράδειγμα, τα εξωτερικού χώρου τερματικά μπορεί να εξυπηρετούνται από micro και macro κυψέλες. Οι pico κυψέλες μπορούν να παρέχουν εσωτερικού και εξωτερικού χώρου κάλυψη σε hotspots όπως είναι οι σταθμοί τρένου ή εμπορικά κέντρα με μία τυπική ακτίνα κυψέλης μέχρι 200 μέτρα. Femto κυψέλες χρησιμοποιούνται για εσωτερική χρήση για όχι περισσότερο από ακτίνα 10-25 μέτρων.

	Ακτίνα Κυψέλης	Tx power
Macro cell	> 300m	46 dBm
Micro cell	100-300m	40 dBm
Pico cell	< 200m	> 24 dBm
Femto cell	10-25m	< 20 dBm

Εικόνα 17: Μεγέθη Κυψελών

Καθώς οι pico κυψέλες αναπτύσσονται από τους παρόχους, οι femto κυψέλες υλοποιούνται από τους απλούς χρήστες στον ιδιωτικό χώρο του σπιτιού τους. Η τάση για υλοποιήσεις πολλαπλής διαστρωμάτωσης οδηγείται από την ανάγκη για καλύτερες υπηρεσίες εσωτερικού χώρου και

ανταποκρίνονται στην ετερογενή ζήτηση κίνηση καθώς και από την προσοχή για αποδοτικότητα κόστους και ενέργειας.

5.2.3 Πολυπλοκότητα

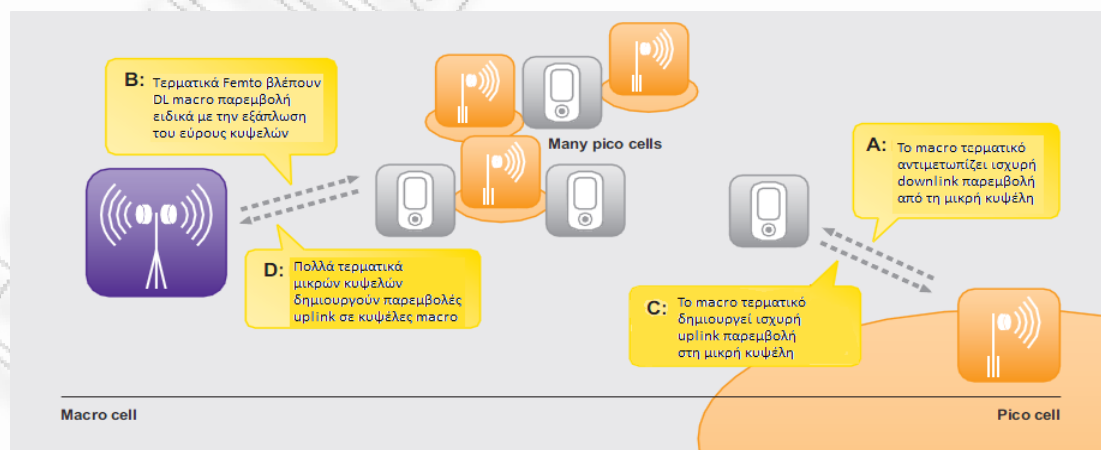
Η πολυπλοκότητα είναι ο εχθρός της αποδοτικότητας όταν αναφερόμαστε στα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα. Η άφιξη κάθε νέας τεχνολογίας προσθέτει ακόμα ένα σύνολο συχνοτήτων και παραμέτρων που οι πάροχοι πρέπει να διαχειριστούν και να το πράξουν αποτελεσματικά διατηρώντας σε χαμηλά επίπεδα τις διαχειριστικές δαπάνες (OPEX). Εργαλεία αυτοματισμού και βελτιστοποίησης επιτρέπουν τη διαχείριση της αυξανόμενης πολυπλοκότητας και την αξιοποίηση στο έπακρο όλων των δικτυακών στοιχείων.

Τα κυριότερα προβλήματα^{[25][26]} που θα παρουσιαστούν είναι:

- Πώς θα μετριάζεται η επίδραση των παρεμβολών
- Εξοικονόμηση ενέργειας
- Πώς το σύστημα θα προσαρμόζεται αποτελεσματικά ώστε να ανταποκρίνεται στη μεταβαλλόμενη ζήτηση κίνησης.
- Πώς θα διανέμεται η κίνηση αποτελεσματικά μεταξύ των τηλεπικοινωνιακών κυψελών, των RATs, και των layers, ενώ παράλληλα θα πραγματοποιείται με διαφανή τρόπο η κινητικότητα των χρηστών και
- Ανίχνευση σφαλμάτων.

Διαχείριση παρεμβολών

Οι παρεμβολές μεταξύ των κυψελών είναι ένας από τους περιοριστικούς παράγοντες στα σημερινά τηλεπικοινωνιακά συστήματα, ειδικά στα αστικά κέντρα όπου υπάρχει “πυκνή” υλοποίησή. Το πρόβλημα είναι ακόμα χειρότερο στα πλαίσια των multi layer δικτύων.



Εικόνα 18 : Πρόβλημα παρεμβολών σε περιβάλλοντα πολλαπλών επιπέδων

Εξοικονόμηση ενέργειας

Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι πολύ σημαντική προκειμένου να μειωθούν οι εκπομπές CO₂ και τα κόστη. Καθώς οι σταθμοί βάσης καταναλώνουν τη μερίδα του λέοντος στην ενέργεια σε ένα τυπικό δίκτυο, η αποδοτικότητα

είναι ζωτικής σημασίας στα πυκνά ετερογενή συστήματα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί είτε με την αντικατάσταση των σταθμών βάσεων με πιο σύγχρονους και λιγότερο ενεργοβόρους, αλλά και με τη δυνατότητα να απενεργοποιούνται σημεία πρόσβασης όταν αυτά δε χρησιμοποιούνται. Για παράδειγμα, σε περιπτώσεις υψηλής κίνησης, οι μικρού μεγέθους κυψέλες μπορούν να απενεργοποιούνται επιτρέποντας στις μεγαλύτερες να αναλάβουν το βάρος της εξυπηρέτησης, μειώνοντας έτσι την ενέργεια που καταναλώνεται. Η απόφαση όμως για τη χρονική στιγμή της απενεργοποίησης εμπεριέχει παγίδες, οι οποίες μπορεί να προληφθούν με κάποιες λύσεις όπως:

- Η απενεργοποίηση να γίνεται με προκαθορισμένο χρονοδιάγραμμα βασιζόμενο στην ιστορικότητα των στατιστικών κίνησης.
- Άλλη λύση είναι να ενεργοποιούνται περιοδικά όλοι οι σταθμοί και να απενεργοποιούνται αυτοί που εμφανίζουν χαμηλή κινητικότητα.
- Να επανεργοποιούνται σταθμοί όταν ξεπερνιέται το όριο IoT (Interference over Thermal Noise), αφού αυτό υποδεικνύει ότι τα κοντινά τερματικά μεταδίδουν σε μία παρακείμενη κυψέλη.

Γενικότερα, έτσι όπως διαμορφώνονται σήμερα τα RATs, μία κεντρική διαχείριση και συντήρηση, είναι η προφανής λύση για την πιο πολλά υποσχόμενη για ενεργειακή εξοικονόμηση. Βέβαια αυτό θα μπορούσε να είναι προβληματικό σε περιπτώσεις πολλών παρόχων. Επομένως σε αυτή την περίπτωση μία εντελώς προτυποποιημένη διαχείριση με τοπικές αποφάσεις, φαίνεται η πιο κατάλληλη για τέτοιες περιπτώσεις.

Αποτελεσματική προσαρμογή του συστήματος

Η αποτελεσματική λειτουργία των ετερογενών δικτύων απαιτεί το κάθε στοιχείο του να είναι καλά ορισμένο όσον αφορά το ρόλο του και τη θέση του μέσα στο δίκτυο, και να είναι context-aware. Αυτό θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν περισσότερο αυτοματοποιημένο ώστε να ελεγχθεί το OPEX. Η αυτοματοποιημένη διαμόρφωση των καινούργιων δικτυακών στοιχείων μειώνει το χρόνο και την προσπάθεια που χρειάζονται τα καινούργια στοιχεία να είναι πλήρως λειτουργικά. Μία απλή λύση είναι να χρησιμοποιούνται Radio Frequency Identification (RFID) ετικέτες ή πληροφορίες GPS για να εντοπίζεται αυτόματα ο εξοπλισμός που εφαρμόζεται και συνέχεια να αποκτάται η κατάλληλη πληροφορία διαμόρφωσης από το OAM (Operations, Administration and Maintenance) σύστημα.

Αυτόματες γειτονικές σχέσεις (ANR – Automatic Neighbor – Relations)

Μετά τη διαμόρφωσή του, ένα δικτυακό στοιχείο πρέπει να αποκτήσει και να ενημερώσει τις πληροφορίες σχετικά με το περιβάλλον του, προκειμένου να προσαρμόσει την καθοδήγηση της κίνησης, τη διαχείριση της κινητικότητας και τις ρυθμίσεις διαχείρισης των παρεμβολών. Πιο συγκεκριμένα πρέπει να ενημερωθεί σχετικά με τις γειτονικές κυψέλες, επειδή αν δεν έχει αυτή την πληροφορία αυτό μπορεί να οδηγήσει σε φτωχή απόδοση και χαμένες “κλήσεις”. Επειδή οι διαφορετικές ασύρματες τεχνολογίες χρησιμοποιούν διαφορετικές τεχνικές για να επιτρέψουν στα τερματικά να ανακαλύψουν αυτές τις πληροφορίες, ίσως να χρειαστούν χρόνια προκειμένου όλα τα διαφορετικών τεχνολογιών τερματικά να μπορούν να εντοπίζουν αυτές τις πληροφορίες (ANR – Automatic Neighbor – Relations).

Ανίχνευση σφαλμάτων

Η χρονοβόρα προσπάθεια ανίχνευσης και διάγνωσης σφαλμάτων είναι απαγορευτική στα ετερογενή ασύρματα δίκτυα, όπου ο μεγάλος αριθμός δικτυακών στοιχείων δεν είναι διαχειρίσιμος με κάποιο συμβατό τρόπο. Η αυτόματη ανίχνευση υποβάθμισης κυψελών, η διάγνωση και η λειτουργία της “επούλωσης” είναι ζωτικής σημασίας για τους παρόχους που θέλουν να ελέγξουν το OPEX τους. Καθώς οι ύπαρξη πολλαπλών επιπέδων και RATs προσφέρει κάποιο περιθώριο στην ανάγκη για άμεση επιδιόρθωση των σφαλμάτων, η ύπαρξη femtocells που υλοποιούνται από απλούς χρήστες απαιτεί νέου είδους διαχείρισης σφαλμάτων, τα οποία χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- Στα προφανή σφάλματα του υλικού και λογισμικού που είναι εύκολο να ανιχνευτούν λόγω ότι ο ίδιος ο εξοπλισμός ειδοποιεί ότι κάτι δεν λειτουργεί σωστά
- Άλλα σφάλματα είναι πιο δύσκολο να ανιχνευτούν όπως η RF απώλεια (κατεύθυνση κεραίας, ζητήματα συνδεσιμότητας, κακή λειτουργία του ενισχυτή κ), προβλήματα χρονοδιαγραμμάτων ή κακού hand-off λόγω λάθους ρυθμίσεων. Οι “κοιμισμένες” κυψέλες είναι επίσης ένα πρόβλημα, καθώς ενώ δε λειτουργούν και δεν εξυπηρετούν κίνηση, δεν ειδοποιούν ότι δεν λειτουργούν.

Η πιο συνήθης λύση είναι η επανεκκίνηση της κυψέλης προκειμένου να δουλέψει σωστά. Αν και αυτό δεν λειτουργήσει θα πρέπει να γίνουν περαιτέρω κινήσεις όπως:

- Αν μία pico ή femto κυψέλη σταματήσει να λειτουργήσει, το macro επίπεδο του ίδιο RAT ή ένα διαφορετικό RAT μπορεί να εξισορροπήσει την κατάσταση. Αν το πρόβλημα επιμένει, τότε γειτονικές κυψέλες θα πρέπει να βοηθήσουν

- Αν μία macro κυψέλη σταματήσει τη λειτουργία της, μικρότερες κυψέλες μπορούν να συμβάλλουν για να μειώσουν την κάλυψη
- Αν η συμπεριφορά μίας μικρότερης κυψέλης επηρεάσει αρνητικά την απόδοση μίας macro κυψέλης, η μακροπρόθεσμη λύση θα είναι να απενεργοποιηθεί η μικρότερη κυψέλη.

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω διαπιστώνουμε ότι τα γνωσιακά διακρίνονται κυρίως για τα *autonomic components* που αναφέραμε και στο δεύτερο κεφάλαιο, δηλαδή την ικανότητα Αυτοδιαμόρφωσης (*self-configuration*), Αυτοβελτιστοποίησης (*self-optimization*) και Αυτο-ίασης (*self-healing*).



Εικόνα 19: Autonomic Components of Cognitive Network

Αυτοδιαμόρφωση

Η αυτοδιαμόρφωση περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες διεργασίες ώστε να αυτοματοποιηθεί η υλοποίηση και παραμετροποίηση όλων δικτυακών στοιχείων των γειτονικών δικτύων. Η δυνατότητα *plug-and-play* που παρέχει ένα γνωσιακό δίκτυο, απλοποιεί σημαντικά τις ρυθμίσεις εγκατάστασης. Αυτό μετριάξει κατά πολύ την πιθανότητα ανθρώπινου λάθους όταν για παράδειγμα ρυθμίζονται οι σχέσεις γειτνίασης μεταξύ σταθμών, κι έτσι περιορίζονται αυτά τα κόστη ρύθμισης και παραμετροποίησης. Η αυτοδιαμόρφωση επίσης μειώνει τα κόστη εφοδιασμού. Καθώς οι σταθμοί βάσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανά πάσα στιγμή, με μία κεντρική αναβάθμιση, χρησιμοποιώντας υπηρεσίες GPS για παράδειγμα, δεν χρειάζεται να υπάρχει απόθεμα εξοπλισμού και ανταλλακτικών.

Αυτοβελτιστοποίηση

Συμβάλλει στην παροχή καλύτερης ποιότητας υπηρεσιών στο χρήστη. Ένα δίκτυο έχει την ικανότητα να αντιμετωπίζει σε πραγματικό χρόνο προβλήματα όπως αυξημένη κίνηση δικτύου, μεγάλο φορτίο, αποτυχίες *handover* μη επηρεάζοντας έτσι την απόδοσή του. Έτσι αποφεύγονται παράπονα για περιορισμένο *bandwidth* καθώς η παρακολούθηση των επιδόσεων των *handovers*, επιτρέπει την αυτόματη εναλλαγή ανάμεσα σε διαθέσιμες κυψέλες.

Αυτοίαση

Καθώς όλο και περισσότερες τεχνολογίες θα συνυπάρχουν και η πολυπλοκότητα θα αυξάνει, κύριο μέλημα των διαχειριστών είναι να μετριάσουν το χρόνο που χρειάζεται ώστε να εντοπίσουν πού δημιουργούνται προβλήματα στην αλληλεπίδραση των τεχνολογιών. Τα γνωσιακά δίκτυα έχουν τεχνικές που όταν εντοπίζουν προβλήματα τεχνικής φύσεως ενεργοποιούν αυτόματους μηχανισμούς επίλυσής τους, όπως αυτόματες επανεκκινήσεις. Ή σε περίπτωση που διακόπτεται η

λειτουργία μιας κυψέλης να στρέφει την κεραία σε κάποια γειτονική εξασφαλίζοντας την απρόσκοπτη λειτουργία του δικτύου χωρίς να γίνει αντιληπτό στους χρήστες η βλάβη.

Προφανώς ένα γνωσιακό δίκτυο δεν μπορεί να λειτουργήσει τελείως αυτόματα και η ποιότητα της απόφασης είναι πιο σημαντική από την ποιότητα της ίδιας της λύσης. Μία καλά σχεδιασμένη και ευθυγραμμισμένη λύση διαχείρισης σφάλματος μπορεί να μειώσει σημαντικά την έκταση της ανθρώπινης ανάμειξης στη διαδικασία επίλυσης του σφάλματος καθώς και το χρόνο που χρειάζεται μειώνοντας έτσι το OPEX. Επομένως, ο συνδυασμός των δυνατοτήτων ενός γνωσιακού δικτύου με μία καλή διαχείριση, μπορεί να φέρει πολύ υψηλές επιδόσεις και αποτελέσματα στη λειτουργία του.

6. Συμπεράσματα

Η αλματώδης ανάπτυξη των νέων τεχνολογιών έχει δώσει νέες δυνατότητες στον τρόπο που αυτές αλληλεπιδρούν, συνδυάζονται και δομούνται μεταξύ τους. Αυτή η σύγκλιση και διαλειτουργικότητα μπορεί να αλλάξει ριζικά τον τρόπο που αυτές θα χρησιμοποιούνται από τους ενδιαφερόμενους χρήστες, παρέχοντας τους υπηρεσίες υψηλής ποιότητας, σε θέματα απόκρισης, εξυπηρέτησης και αδιάλειπτης λειτουργίας.

Οι ικανότητες αυτο-οργάνωσης (self-organizing networks) που έχουν τα γνωσιακά δίκτυα εξασφαλίζουν ακριβώς αυτές τις απαιτήσεις

Οι προδιαγραφές και τα standards των τεχνολογιών του FI είναι συγκεκριμένα επομένως απομένει πια στους παρόχους και τους διαχειριστές να επιλύσουν τα διάφορα σχεδιαστικά προβλήματα που προκύπτουν και που έχουμε αναφέρει, λαμβάνοντας υπόψη και τις ανάγκες των χρηστών, αλλά και τις παραμέτρους από τις διαφορετικές τεχνολογίες που συνδυάζονται στις ίδιες περιοχές κάλυψης.

Αυτό αποτελεί πρόκληση και είναι ο βασικός παράγοντας που θα κερδίσει την εμπιστοσύνη των χρηστών εισάγοντας αυτή τη νέα φιλοσοφία χρήση στη καθημερινότητα και την τεχνολογική κουλτούρα τους, βελτιώνοντας την ποιότητα των υπηρεσιών που λαμβάνουν. Επειδή οι νέες τεχνολογίες όπως το LTE είναι σχετικά καινούργιες, και ειδικά στην Ελλάδα, υπάρχει πολύ μέλλον ακόμα στη βελτίωση των δομών, εξοπλισμών και αρχιτεκτονικών που θα υποστηρίζουν τα μελλοντικά δίκτυα.

Αναφορές

1. [1]: <http://www.apple.com> Apple Worldwide Developers Conference, June 11th 2012
2. [2]: <http://en.wikipedia.org/wiki/Facebook> , πρόσβαση Σεπτέμβριος 2012
3. [3]:
http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_number_of_mobile_phones_in_use , πρόσβαση Σεπτέμβριος 2012
4. [4]: Cisco Visual Networking index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update 2011-2016, February 2012
5. [5]:<http://www.future-internet.eu/home/future-internet-assembly.html>, πρόσβαση Ιούνιος 2012
6. [6]: Per Blixt , “Smart cities” in Europe, European Commission presentation, May 21st 2012
7. [7]: http://en.wikipedia.org/wiki/Service-oriented_architecture , πρόσβαση Ιούνιος 2012
8. [8]: D. C. Plummer, “Software Architectures will evolve from SOA and Events to Service Virtualization”, Gartner
9. [9]:<http://www.future-internet.eu/news/view/article/the-cross-etp-vision-document.html>
10. [10]: Symeon Papavassiliou, Future Internet and Autonomic Networking, IETFIE Workshop, July 16th 2010
11. [11]: Dr. Simon Haykin, “Cognitive Radio: Brain-empowered Wireless communications”, which appeared in IEEE J. Selected Areas in Communications, February 2005.
12. [12]: J. Mitola, "[Cognitive Radio – An Integrated Agent Architecture for Software Defined Radio](#)", Ph.D. Dissertation, Royal Institute of Technology, Kista, Sweden, May 8, 2000
13. [13]: <http://www.cwc.oulu.fi/cwc-vtt-gigaseminar08/cognac.html>
14. [14]: Dirk Krafzig, Karl Banke, and Dirk Slama, Elements of SOA, *Enterprise SOA* Prentice Hall, 2005.

15. [15]: IBM official website
<http://www.ibm.com/developerworks/webservices/library/w-ovr/#h2> ,
September 6th 2000
16. [16]: <http://www.gartner.com/technology/research/it-spending-forecast/>
17. [17]: T. Dimitrakos. System Models, e-Risk and e-Trust. Towards bridging the gap., chapter Towards the E-Society: E-Business, E-Commerce, and E-Government. Schmid B., Stanoevska-Slabeva K., Tschammer V. Kluwer Academic Publishers, 2001.
18. [18]: Castelfranchi C., Falcone R., Principles of trust for MAS: cognitive anatomy, social importance, and quantification, Proceedings of the International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS'98), Paris, July 1998
19. [19] Tian Liqin, Lin Chuang, Sunjinxia, A kind of prediction Method of User Behavior for future Trustworthy Network
20. [20] Lin Chuang, Peng Xue-Hai, Research on Trustworthy Networks. Chinese Journal of computers, May 2005
21. [21] F. Javier Ortega, Jose A. Troyano, Fermin L. Cruz, Carlos G. Vallejo, Fernando Enriquez, Propagation of trust and distrust for the detection of trolls in a Social Network, www.elsevier.com/locate/comnet May 2012
22. [22] <http://www.investopedia.com/terms/c/capitalexpenditure.asp>
23. [23] http://en.wikipedia.org/wiki/Operating_expense Πρόσβαση Σεπτέμβριος 2012
24. [24] Sergio Marti, Hector Garcia-Molina, Taxonomy of Trust: Categorizing P2P Reputation Systems, www.elsevier.com/locate/comnet April 2005
25. [25] I. Viering, Challenges in Mobile Network Operation towards Self-Optimizing Networks, IEEE ICASSP April 2009
26. [26] I. Viering, M. Döttling, A. Lobinger, A mathematical perspective of self-organizing wireless networks, IEEE ICC June 2009