



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ & ΣΥΣΤΗΜ.  
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Ανάπτυξη πλατφόρμας προσομοιώσεων για γνωστικά δίκτυα σε  
περιβάλλοντα πέραν της τρίτης γενιάς

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Βασίλειος Χ.Μαντζούκας

**Επιβλέπων :** Μιχαήλ Ε.Θεολογου  
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2007





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ & ΣΥΣΤΗΜ.  
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Ανάπτυξη πλατφόρμας προσομοιώσεων για γνωστικά δίκτυα σε  
περιβάλλοντα πέραν της τρίτης γενιάς

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Βασίλειος Χ. Μαντζούκας

**Επιβλέπων :** Μιχαήλ Ε. Θεολογού  
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 26<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου 2007.

.....

.....

.....

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2007

Βασίλειος Χ.Μαντζούκας

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Βασίλειος Χ.Μαντζούκας

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

## Απόσπασμα

Η γνωστική ραδιοεπικοινωνία είναι μία αποτελεσματική πολλά υποσχόμενη απάντηση στην πολυπλοκότητα και την ετερογένεια που χαρακτηρίζει το σκηνικό ασύρματης επικοινωνίας τύπου B3G. Η διατριβή αυτή στοχεύει την αντιμετώπιση του προβλήματος για την αποτελεσματική ενσωμάτωση των λειτουργιών εκμάθησης σε ένα τέτοιο σύστημα γνωστικής ραδιοεπικοινωνίας. Πρώτον, παρέχει μία επισκόπηση των κυρίων χαρακτηριστικών και απαιτήσεων της γνωστικής ραδιοεπικοινωνίας και συζητά τους τρόπους αντιμετώπισης των μηχανολογικών προκλήσεων που προκύπτουν. Κατά δεύτερον, εισάγει καινοτομικές λειτουργίες που στοχεύουν στην ενίσχυση της αποτελεσματικότητας της γνωστικής ραδιοεπικοινωνίας. Προς τον σκοπό αυτό, προτείνεται μία τεχνική εκμάθησης του μηχανήματος η οποία καθίσταται αποτελεσματική μέσω ηλεκτρονικών υπολογιστών. Περαιτέρω, παρουσιάζονται ενδεικτικά αποτελέσματα που καταδεικνύουν την λειτουργικότητα του συστήματος. Βοηθάει στην παραγωγή αποτελεσμάτων για την δημιουργία ενός γνωστικού ραδιοεπικοινωνιακού συστήματος. Επιπλέον, μπορούν τυχαία δεδομένα να εισαχθούν ώστε η υλοποίηση καποιας τεχνικής εκμάθησης να είναι πιο αντικειμενική και κατ'επέκταση πιο σωστή. Τέλος, συνάγονται χρήσιμες παρατηρήσεις και αναδεικνύονται νέοι τομείς περαιτέρω μελέτης.

Λέξεις-κλειδιά : Γνωστική ραδιοεπικοινωνία, Αίσθηση Παρεμβολών, Εκμάθηση Μηχανήματος, Ραδιοεπικοινωνία μέσω λογισμικού, Αρχιτεκτονική γνωστικής ραδιοεπικοινωνίας.

## **Abstract**

Cognitive radio is an effective, highly promising answer to the complexity and heterogeneity characterizing the B3G wireless scenery. This paper addresses the problem of effectively encompassing learning functionality in such a cognitive radio system. Firstly, it provides an overview of the main attributes and requirements of cognitive radio, and discusses on ways to meet the engineering challenges raised. Subsequently, it introduces novel functionality aiming at enhancing the effectiveness of cognitive radio. To that end, a computationally efficient machine-learning technique is proposed. Furthermore, indicative results demonstrating the system's functionality are presented. It helps us produce results that will make a cognitive radio possible to be made. Also, random data can be inserted in order to make our machine –learning technique more accurate for further use of a cognitive radio. Finally, concluding remarks are drawn and areas of further study are identified.

**Keywords** : Cognitive radio, Interference sensing, Machine learning, Software defined radio, Cognitive radio Architecture.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## **1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ** σελ 9

1.1 ΕΞΕΛΙΞΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ.σελ 9

1.2 ΓΝΩΣΤΙΚΗ ΡΑΔΙΟΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ- COGNITIVE RADIO. σελ 16

1.3 ΡΑΔΙΟΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΜΕΣΩ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ-SOFTWARE DEFINED RADIO(SDR). σελ 19

## **2.ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΓΝΩΣΤΙΚΗΣ ΡΑΔΙΟΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ** σελ 21

2.1 CRA I: Λειτουργίες,συστατικά και σχεδιαστικοί κανόνες σελ 22

2.1.1 Λειτουργικά συστατικά της AACR αρχιτεκτονικής σελ 22

2.1.2 Οι σχεδιαστικοί κανόνες περιλαμβάνουν τις λειτουργικές διεπαφές συστατικών σελ 26

2.1.3 Τα γνωσιακά τμήματα σελ 26

2.1.4 Αυτο-αναφερόμενα συστατικά σελ 34

2.1.5 Εύκαμπτη αρχιτεκτονική τμημάτων σελ 35

2.2 CRA II: Ο γνωσιακός κύκλος σελ 35

2.2.1 Ο γνωσιακός κύκλος σελ 35

2.2.2 Παρατήρηση (αίσθηση και αντίληψη) σελ 35

2.2.3 Προσανατολισμός σελ 36

2.2.4 Σχεδιασμός σελ 37

2.2.5 Απόφαση σελ 38

2.2.6 Ενέργεια σελ 38

2.2.7 Εκμάθηση σελ 38

2.2.8 Ανασκόπηση σελ 39

2.3 CRA III: Η ΙΕΡΑΡΧΙΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ σελ 39

2.3.1 Κάθετα γνωσιακά τμήματα σελ 40

2.3.2 Οριζόντια γνωσιακά τμήματα σελ 42

2.3.3 Γενική παγκόσμια γνώση σελ 43

2.4 CRA IV: ΧΑΡΤΕΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ σελ 44

2.5 CRA V: ΔΟΜΗΣΗ ΤΗΣ CRA ΠΑΝΩ ΣΤΙΣ SDR ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ σελ 46

2.5.1 Αρχές SDR σελ 46

2.5.2 Αρχιτεκτονική ραδιοεπικοινωνίας σελ 47

2.5.3 The SCA σελ 50

2.5.4 Μετάβαση αρχιτεκτονικής: Από την SDR στην AACR σελ 51

### **3.ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ –ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ** σελ 55

- 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ σελ 55
- 3.2 ΓΝΩΣΤΙΚΗ ΡΑΔΙΟΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ σελ 56
  - 3.2.1. Βασικές αρχές σελ 56
  - 3.2.2. Λειτουργικές εργασίες σελ 57
- 3.3. ΑΙΣΘΗΣΗ σελ 57
  - 3.3.1. Κατάλληλη μετρική σελ 57
  - 3.3.2. Sinr σελ 58
  - 3.3.3. Θερμοκρασιακή παρεμβολή σελ 59
  - 3.3.4. Διεργασία αίσθησης γνωσιακής ραδιοεπικοινωνίας σελ 59
- 3.4. ΠΑΡΑΔΟΧΗ σελ 60
  - 3.4.1. Ικανότητα μετάδοσης σελ 61
  - 3.4.2. Κάλυψη σελ 62

### **4.ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ –ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ-ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ** σελ 69

- 4.1 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ σελ 69
  - 4.1.1 Πλατφόρμα σελ 69
  - 4.1.2 Σχολή / Γλώσσα προγραμματισμού σελ 69
- 4.2 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΟΨΕΙΣ σελ 69
  - 4.2.1 Περιβαλλοντική / Υπηρεσιακή σελ 69
  - 4.2.2 Πλατφορμική σελ 70
  - 4.2.3 Χρηστική σελ 70
    - 4.2.3.1 Διαπροσωπεία χρήστη σελ 71
  - 4.2.4 Δομική σελ 72
- 4.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ σελ 74
  - 4.3.1 Παρουσίαση των κλάσεων σελ 74
  - 4.3.2 Παρουσίαση των φορμών σελ 79

### **5.ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ** σελ 87

- 5.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ σελ 87
- 5.2ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΚΑΙ ΕΞΑΓΩΓΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ σελ 88

### **6.ΣΥΝΟΨΗ-ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ** σελ 95

- 6.1 Σύνοψη εργασίας σελ 95
- 6.2 Γενικά συμπεράσματα για τη γνωσιακή ραδιοεπικοινωνία σελ 96

Παράρτημα: Πηγαίος κώδικας σελ 97

Παραπομπές – Βιβλιογραφία σελ 144



## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 ΕΞΕΛΙΞΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Τεχνολογία 2G :

Η ειδοποιός διαφορά από τα προηγούμενα συστήματα κινητής τηλεφωνίας, στα οποία δόθηκε εκ των υστέρων ο χαρακτηρισμός 1G, είναι ότι τα ραδιοσήματα τα οποία χρησιμοποιούν δίκτυα 1G είναι αναλογικά ενώ τα δίκτυα 2G είναι ψηφιακά. Να σημειωθεί ότι αμφότερα τα συστήματα χρησιμοποιούν ψηφιακή σηματοδότηση για τη σύνδεση των ραδιοπύργων του ΟΤΕ (οι οποίοι ακροάζονται τις χειροσυσκευές) με τα υπόλοιπα τμήμα του τηλεφωνικού συστήματος.

Οι τεχνολογίες 2G μπορεί να διαιρούνται σε πρότυπα που βασίζονται σε TDMA και σε CDMA ανάλογα με τον τύπο της χρησιμοποιούμενης πολυπλεξίας. Τα βασικά πρότυπα 2G είναι:

- GSM (βάσεως TDMA), στην αρχή χρησιμοποιήθηκε από την Ευρώπη αλλά τώρα χρησιμοποιείται παγκοσμίως (Time Division Multiple Access-Πολλαπλή Πρόσβαση Διαίρεσης Χρόνου)
- iDEN (βάσεως TDMA), ιδιόκτητο δίκτυο που χρησιμοποιείται από την Nextel στις ΗΠΑ και από την Telus Mobility στον Καναδά.
- IS-136 aka D-AMPS, (βάσεως TDMA, κοινώς επονομαζόμενο, επί το απλούστερο, TDMA στις ΗΠΑ), το οποίο χρησιμοποιείται στην Αμερική (Βόρεια και Νότια).
- IS-95 aka cdmaOne, (βάσεως CDMA, κοινώς επονομαζόμενο επί το απλούστερο CDMA στις ΗΠΑ), χρησιμοποιούμενο στην Αμερική (Βόρεια και Νότια) και σε ορισμένα μέρη της Ασίας
- PDC (βάσεως TDMA), χρησιμοποιούμενο αποκλειστικά στην Ιαπωνία

Οι υπηρεσίες 2G αναφέρονται συχνά ως Υπηρεσίες Προσωπικών Επικοινωνιών, ή PCS, στις Ηνωμένες Πολιτείες.

Οι υπηρεσίες 2.5G καθιστούν εφικτή την μεταβίβαση δεδομένων με υψηλή ταχύτητα επί αναβαθμισμένων υφιστάμενων δικτύων 2G. Πέραν του 2G, υπάρχει και το 3G με ακόμη υψηλότερες ταχύτητες μεταβίβασης δεδομένων, προκειμένου να καταστούν εφικτές νέες υπηρεσίες για τους συνδρομητές, όπως είναι η ανταλλαγή μηνυμάτων εικόνων και η εικονοτηλεφωνία.

Ικανότητα :

Χρησιμοποιώντας ψηφιακά σήματα μεταξύ των χειροσυσκευών και των πύργων αυξάνεται η ικανότητα του συστήματος κατά δύο τρόπους:

Τα ψηφιακά φωνητικά δεδομένα μπορεί να συμπιεστούν και να γίνει πολυπλεξία αυτών πολύ πιο αποτελεσματικά από τις αναλογικές κωδικοποιήσεις φωνής διαμέσου της

χρήσεως διαφόρων κωδικοποιητών-αποκωδικοποιητών, επιτρέποντας την «φιλοξενία» περισσότερων κλήσεων στο ίδιο πεδίο ραδιο-ζωνικού εύρους.

Τα ψηφιακά συστήματα είχαν σχεδιαστεί για να εκπέμπουν λιγότερη ραδιοηλεκτρική ισχύ από τις χειροσυσκευές. Αυτό σήμαινε ότι οι κυψέλες θα μπορούσαν να είναι μικρότερες, έτσι ώστε να μπορεί να γίνει τοποθέτηση των κυψελών στο ίδιο εύρος χώρου. Αυτό κατέστη δυνατόν και με την μείωση του κόστους αγοράς των πύργων κυψελών και του συναφούς εξοπλισμού.

Πλεονεκτήματα :

Τα ψηφιακά συστήματα έτυχαν ευμενούς αποδοχής από τους καταναλωτές για διάφορους λόγους:

Τα μικρότερης ισχύος ραδιοσήματα απαιτούν λιγότερη ισχύ μπαταρίας και, έτσι, τα τηλέφωνα διαρκούν πολύ περισσότερο από φόρτιση σε φόρτιση, οι δε μπαταρίες μπορεί πλέον να είναι μικρότερες.

Η ψηφιακή κωδικοποίηση της φωνής επέτρεψε τον ψηφιακό έλεγχο σφαλμάτων με τον οποίο κατέστη εφικτή η αύξηση της ποιότητας του ήχου δια της ελαττώσεως του δυναμικού και της μείωσης της ελάχιστης τιμής θορύβου.

Οι εκπομπές μικρότερης ισχύος βοήθησαν στην αντιμετώπιση των σχετικών με την υγεία ζητημάτων.

Η μετάβαση σε εξολοκλήρου ψηφιακό περιβάλλον επέτρεψε την εισαγωγή υπηρεσιών ψηφιακών δεδομένων, όπως το SMS (υπηρεσία σύντομων μηνυμάτων) και το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (email).

Ένα σημαντικότατο πλεονέκτημα που δεν αναφέρεται συχνά στις κλήσεις της ψηφιακής κυψελοειδούς τηλεφωνίας είναι ότι είναι σαφώς πιο δύσκολο να κρυφακούσει κανείς με τη χρήση ραδιοηλεκτρικών σαρωτών (radio scanners). Ενώ οι αλγόριθμοι ασφαλείας που χρησιμοποιούνται αποδείχθηκαν ότι δεν είναι τόσο ασφαλείς όσο είχαν διαφημιστεί ότι θα είναι αρχικά, τα τηλέφωνα 2G είναι σαφώς πιο «ιδιωτικά» από τα τηλέφωνα 1G, τα οποία δεν έχουν καμιά προστασία έναντι της λαθρακρόασης.

Μειονεκτήματα :

Τα μειονεκτήματα των συστημάτων 2G, τα οποία συχνά δεν δημοσιοποιούνται είναι: Σε λιγότερο πολυάνθρωπες περιοχές, το ασθενέστερο ψηφιακό σήμα δεν θα είναι αρκετό για να φθάσει σε έναν πύργο κυψελών.

Το αναλογικό έχει μία ομαλή καμπύλη ηχητικής απόσβεσης, ενώ η καμπύλη του ψηφιακού έχει ακανόνιστη και κλιμακωτή καμπύλη. Αυτό μπορεί να είναι και πλεονέκτημα και μειονέκτημα. Υπό κανονικές συνθήκες, το ψηφιακό θα ηχεί καλύτερα. Κάτω από ελαφρώς χειρότερες συνθήκες, το αναλογικό θα υφίσταται στατική, ενώ το ψηφιακό περιστασιακή, απώλεια δεδομένων. Όταν όμως υποβαθμιστούν οι συνθήκες, το

ψηφιακό θα αρχίσει να υστερεί πλήρως, απορρίπτοντας τις κλήσεις ή παύοντας να είναι καταληπτό, ενώ το αναλογικό χειροτερεύει σταδιακά, διατηρώντας γενικώς μία κλήση για μεγαλύτερο διάστημα και επιτρέποντας την μετάδοση ολίγων λέξεων τουλάχιστον.

Με τα αναλογικά συστήματα είναι δυνατό να έχουμε δύο ή περισσότερες «κλωνοποιημένες» χειροσυσκευές που είχαν τον ίδιο τηλεφωνικό αριθμό. Όμως παρουσιάστηκαν φαινόμενα κατάχρησης αυτού του χαρακτηριστικού προφανώς για δόλιους σκοπούς. Πάντως, χρησιμοποιήθηκε λίαν επωφελώς σε πολλές νόμιμες καταστάσεις. Θα μπορούσε κάποιος να έχει μία εφεδρική συσκευή σε περίπτωση ζημιάς ή απώλειας, μία μόνιμα εγκατεστημένη συσκευή σε ένα αυτοκίνητο ή μακρινό συνεργείο, και ούτω καθεξής. Με τα ψηφιακά συστήματα, αυτό δεν είναι πλέον εφικτό.

Ενώ οι ψηφιακές κλήσεις τείνουν να είναι απαλλαγμένες από στατικούς ή θορύβους βάθους, η απωλειακή συμπίεση που χρησιμοποιείται από τους κωδικοποιητές/αποκωδικοποιητές έχει κάποιο τίμημα. Ειδικότερα, ελαττώνεται η εμβέλεια του ήχου τον οποίο μεταφέρουν. Θα ακούτε λιγότερο την τονικότητα της φωνής κάποιου που ομιλεί σε ψηφιακό κινητό τηλέφωνο, αλλά θα την ακούτε με μεγαλύτερη ευκρίνεια.

#### Τεχνολογία 2.5G :

Το 2.5G είναι ένα «σκαλοπάτι» μεταξύ των ασύρματων τεχνολογιών κυψελοειδούς τηλεφωνίας 2G και 3G. Ο όρος «δεύτερης και τρίτης γενιάς» χρησιμοποιείται για να περιγράψει τα συστήματα - 2G τα οποία έχουν υλοποιήσει ένα δίκτυο μεταβίβασης δεδομένων με μεταγωγή κατά πακέτα επί πλέον του δικτύου δεδομένων κυκλομεταγωγής. Δεν παρέχει απαραίτητα γρηγορότερες υπηρεσίες επειδή η δεματοποίηση των χρονοθυρίδων χρησιμοποιείται και για διαβίβαση δεδομένων με πακετομεταγωγή. (HSCSD).

Ενώ οι όροι "2G" και "3G" έχουν ορισθεί επίσημα, ο όρος "2.5G" δεν έχει ορισθεί επίσημα. Επινοήθηκε για λόγους μάρκετινγκ και μόνον.

Η τεχνολογία 2.5G παρέχει ορισμένα από τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας 3G (π.χ. είναι τύπου πακετομεταγωγής) και μπορεί να χρησιμοποιεί ορισμένες από τις υφιστάμενες υποδομές της τεχνολογίας 2G σε δίκτυα GSM και CDMA. Η GPRS είναι μία τεχνολογία 2.5G που χρησιμοποιείται από τους φορείς λειτουργίας GSM . Ορισμένα πρωτόκολλα όπως είναι το EDGE και το GSM και CDMA2000 1x-RTT για CDMA, είναι κατάλληλα για υπηρεσίες "3G" (επειδή έχουν ταχύτητα μεταβίβασης δεδομένων μεγαλύτερη των 144 kbit/s), αλλά θεωρούνται από τους περισσότερους ότι είναι υπηρεσίες 2.5G (ή 2.75G που ακούγεται περισσότερο πιο εξεζητημένο) επειδή είναι κατά πολλές φορές βραδύτερο από τις υπηρεσίες του «πραγματικού» 3G.

## Τεχνολογία 3G :

Η τεχνολογία 3G είναι μία τεχνολογία τρίτης γενιάς υπό την έννοια των προτύπων κινητής τηλεφωνίας. Οι υπηρεσίες που σχετίζονται με την τεχνολογία 3G περιλαμβάνουν ασύρματη φωνητική τεχνολογία μεγάλης εμβέλειας και ευρυζωνικά ασύρματα δεδομένα, άπαντα σε ένα κινητό περιβάλλον. Κατά την εμπορική προώθηση των υπηρεσιών 3G έχει συχνά προταθεί το βιντεοτηλέφωνο ως φωνική εφαρμογή του 3G

Σύμφωνα με την Εποπτική αρχή του ευρωπαϊκού GNSS τον Δεκεμβρίου 2005 υπήρχαν 100 δίκτυα 3G σε λειτουργία σε 40 χώρες σε όλο τον κόσμο. Στην Ασία, την Ευρώπη, τις ΗΠΑ και τον Καναδά, οι εταιρείες τηλεπικοινωνιών χρησιμοποιούν την τεχνολογία W-CDMA με την υποστήριξη περίπου 100 τύπων τερματικών για την λειτουργία κινητών δικτύων 3G.

Η επέκταση των δικτύων 3G καθυστέρησε σε ορισμένες χώρες λόγω του υπέρογκου κόστους και των δαπανών που απαιτούνται για την έκδοση επιπλέον αδειών φάσματος. Σε πολλά μέρη του κόσμου τα δίκτυα 3G δεν χρησιμοποιούν τις ίδιες ραδιοσυχνότητες όπως το 2G, και απαιτούν φορείς λειτουργίας κινητών για την δημιουργία απολύτως νέων δικτύων και αδειοδότησης παντελώς νέων συχνοτήτων. Αξίζει να σημειωθεί ότι εξαίρεση αποτελούν οι Ηνωμένες Πολιτείες όπου οι φορείς λειτουργούν την υπηρεσία 3G με τις ίδιες συχνότητες όπως και τις άλλες υπηρεσίες. Τα έξοδα αδειοδότησης σε ορισμένες Ευρωπαϊκές χώρες ήταν ιδιαίτερος υψηλά, αφού διαμορφώνονται από κυβερνητικές δημοπρασίες περιορισμένου αριθμού αδειών και διακηρύξεις διαγωνισμών με την υποβολή σφραγισμένων προσφορών, υποκινούμενοι από το αρχικό ζωηρό ενδιαφέρον για το δυναμικό των 3G'. Άλλες καθυστερήσεις ήταν απόρροια των δαπανών των σχετικών με την αναβάθμιση του εξοπλισμού για τα νέα συστήματα.

Η πρώτη χώρα η οποία εισήγαγε το 3G σε μεγάλη εμπορική κλίμακα ήταν η Ιαπωνία. Το 2005 ποσοστό περίπου 40% των συνδρομητών χρησιμοποιούσαν δίκτυα 3G μόνο, με το 2G να διανύει πλέον σε φάση απόσυρσής του. Με βάση τα δεδομένα αυτά, υπήρχε η αίσθηση ότι η μετάβαση από το 2G στο 3G θα ολοκληρώνονταν σε μεγάλο βαθμό κατά την διάρκεια του 2006, με τις αναβαθμίσεις στο επόμενο στάδιο του 3.5G με ταχύτητες δεδομένων 3 Mbit/s να διανύουν στο στάδιο της ολοκλήρωσης.

Η επιτυχημένη εισαγωγή του 3G στην Ιαπωνία έδειξε ότι η βιντεοτηλεφωνία δεν ήταν η φωνική εφαρμογή των δικτύων 3G αν μη τι άλλο. Ο πραγματικός κύκλος ζωής της βιντεοτηλεφωνίας στα δίκτυα 3G διαπιστώθηκε ότι είναι ένα πολύ μικρό κλάσμα του συνόλου των υπηρεσιών. Από την άλλη, το «κατέβασμα» μουσικής από το διαδίκτυο έτυχε ευμενούς υποδοχής από τους πελάτες. Οι υπηρεσίες «κατεβάσματος» μουσικής στην Ιαπωνία έγιναν με την πρωτοπορία της KDDI με πλήρεις υπηρεσίες EZchakuuta και Chaku Uta Full.

Τα δίκτυα 3G δεν είναι δίκτυα IEEE 802.11. Τα δίκτυα IEEE 802.11 είναι μικρής εμβέλειας, υψηλότερου ζωνικού εύρους δίκτυα δεδομένων (πρωτογενή) ενώ τα δίκτυα 3G είναι ευρείας περιοχής δίκτυα κυψελοειδής τηλεφωνίας τα οποία κατασκευάστηκαν για την εξασφάλιση υψηλής ταχύτητας πρόσβασης στο διαδίκτυο και βιντεοτηλεφωνίας.

## Τεχνολογία B3G :

Οι επενδύσεις των παρόχων κινητών επικοινωνιών σε υποδομές 3G ήταν και είναι σημαντικές (τόσο σε φάσμα συχνοτήτων, όσο και σε εξοπλισμό). Συνεπώς, αναμένεται ότι η γενιά 3G θα παραμείνει σε φάση ωρίμανσης για περίπου 3-5 χρόνια ακόμη. Αυτό σημαίνει ότι σήμερα οι τεχνολογίες της επόμενης γενιάς κινητών επικοινωνιών (“μετά την 3η Γενιά” ή B3G, ή κατ’ άλλους, 4G ή 4G) ήδη αναπτύσσονται σε πειραματικό επίπεδο, σε κορυφαία ερευνητικά κέντρα παγκοσμίως.

## Χαρακτηριστικά :

Πρόκειται για τις νέες τεχνολογίες κινητής επικοινωνίας, που αναμένονται εμπορικά γύρω στο 2010 και θα παρέχουν τη δυνατότητα ασφαλών και αξιόπιστων “οικουμενικών” (ubiquitous, δηλ. παντού και πάντα διαθέσιμων) υπηρεσιών σε χρήστες περιορισμένης ή και μεγάλης κινητικότητας. Οι τεχνολογίες αυτές έχουν δύο βασικές συνιστώσες: τις “ραδιο-τεχνολογίες B3G” (ή τεχνολογίες μετάδοσης σήματος) και τις “υπηρεσίες B3G”, δηλ. τις εφαρμογές που παρέχονται στον τελικό χρήστη (στα πλαίσια του παρόντος άρθρου δεν θα αναφερθούμε στα χαρακτηριστικά των συσκευών από πλευράς user interface).

Οι «Ραδιο-τεχνολογίες B3G» αναμένεται να έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης από την 3G, με κορύφωση (peak) τα 20-200 Mbps.
- Καλύτερη αξιοποίηση του διαθέσιμου φάσματος και μικρότερο κόστος ανά bit.
- Προσαρμογή φυσικής και λογικής πρόσβασης (physical & MAC interface) που ελέγχεται από λογισμικό (software controlled radios) και βελτιστοποιείται για IP κυκλοφορία, με χρήση του πρωτοκόλλου IPv6 (all IPv6 δίκτυα μεταφοράς) και εγγυήσεις ποιότητας υπηρεσιών (QoS), που σχετίζονται με βέλτιστη χρήση του φάσματος και της μπαταρίας, ανάλογα με τα δεδομένα του δικτύου και τις απαιτήσεις του χρήστη.
- Μικρότερες κυψέλες (cells), για την επίτευξη των ζητούμενων μεγαλύτερων ρυθμών μετάδοσης, για τον ίδιο πληθυσμό.
- Υψηλότερες χρησιμοποιούμενες συχνότητες (μέχρι 5 GHz), με εύρος ζώνης ραδιο-συχνοτήτων (RF) ανά κανάλι, 20~100 MHz.
- Χρησιμοποίηση πολλαπλών κεραιών, τόσο στους σταθμούς βάσης όσο και στις κινητές συσκευές, με χρήση του πρωτοκόλλου ορθογώνιας πολυπλεξίας συχνότητας, OFDM (Orthogonal Frequency Division

Multiplexing), αλλά και άλλων μεθόδων.

- Εναρμονισμός του χρησιμοποιούμενου φάσματος σε παγκόσμια βάση ( επιθυμητό) .

Οι «Υπηρεσίες B3G» σχεδιάζονται με τα εξής επιθυμητά χαρακτηριστικά:

- Υποστήριξη ευρυζωνικότητας και πολυμεσικότητας (ευρωζωνικές, πολυμεσικές υπηρεσίες).

- Υψηλή ασφάλεια (security) και σφαλματονοχή (fault-tolerance) στις επικοινωνίες, προσαρμοζόμενη δυναμικά στις απαιτήσεις του κάθε δικτύου και του εκάστοτε χρήστη και σε συνδυασμό με τη βέλτιστη χρήση των πόρων (φάσμα, μπαταρία, QoS) της κινητής συσκευής.

- Συγκεκριμένα, εξατομικευμένα χαρακτηριστικά ασφάλειας και πιστοποιητικά ασφάλειας (security certificates) για κάθε παρεχόμενη υπηρεσία B3G και για κάθε κινητή συσκευή. Οποιαδήποτε πρόσβαση θα γίνεται μόνο εφόσον τα πιστοποιητικά πρόσβασης και των δύο πλευρών είναι αμοιβαία αποδεκτά (από τον πάροχο της υπηρεσίας και από τον χρήστη).

- Διασυνδεσιμότητα παντού, με πλήθος δικτύων (σταθερά, κινητά, ad-hoc) και διαφόρων παρόχων (ubiquitous connectivity), με τρόπο διαφανή για το χρήστη. Δηλ. καθώς ο χρήστης μετακινείται, ενώ π.χ. είναι συνδεδεμένος με το Internet ή συμμετέχει σε video-τηλεδιάσκεψη, θα μπορεί να αλλάζει δίκτυα (UMTS, WiFi, Bluetooth, κλπ.) και παρόχους, με τρόπο αυτόματο, χωρίς να διακόπτεται η σύνδεσή του (seamless handoffs) και ισορροπώντας βέλτιστα μεταξύ ασφάλειας, ποιότητας σύνδεσης (QoS) και κόστους της παρεχόμενης υπηρεσίας.

- Αυτόματη, έξυπνη και δυναμική διαπραγμάτευση όρων, κριτηρίων και συνθηκών πρόσβασης σε διάφορες υπηρεσίες και δίκτυα (service level agreements, SLA), μέσω «λογισμικών πρακτόρων» (software agents).

- Ανοιχτές αρχιτεκτονικές ανάπτυξης λογισμικού με επιθυμητή την παγκόσμια σύγκλιση σε κοινά standards (πρωτόκολλα και πλατφόρμες ανάπτυξης).

Ενδεικτικά αναφέρουμε ορισμένες τέτοιες μελλοντικές υπηρεσίες B3G:

- Συμμετοχή σε e-ψηφοφορίες και e-εκλογές με το κινητό τηλέφωνο (με ασφάλεια, αξιοπιστία και εμπιστευτικότητα).

- Συμμετοχή σε e-δημοσκοπήσεις και e-αξιολογήσεις (με τρόπο διακριτικό και επιλεκτικό).
- Ιατρική τηλε-παρακολούθηση ασθενών και ηλικιωμένων (με έμφαση στην εμπιστευτικότητα και αξιόπιστη μετάδοση των προσωπικών δεδομένων).
- Ανοικτή και εξ' αποστάσεως τηλε-εκπαίδευση και τηλε-κατάρτιση (με διαχείριση πολυμεσικού υλικού από κινούμενους χρήστες (σπουδαστές, συμβούλους καθηγητές, δημιουργούς) και συνδρομητικό και ASP (Application Service Provider) μοντέλο παροχής των υπηρεσιών).
- Τηλε-εργασία και online τηλε-βοήθεια στην εργασία, με χρήση φορητών πολυμεσικών συσκευών.
- Δικτυακά, πολυμεσικά, ευρυζωνικά τηλε-παιχνίδια με παγκόσμια καταναεμημένους κινούμενους χρήστες.
- Διαδραστική, επιλεκτική, κινητή τηλεόραση και video, όπου, το καθημερινό πρόγραμμα, που θα παρακολουθεί ο χρήστης, θα διαμορφώνεται ανάλογα με το προφίλ του και τις επιθυμίες του, σε πραγματικό χρόνο.

Όμως, για να γίνουν όσο το δυνατό συντομότερα ζωντανή πραγματικότητα τα παραπάνω, είναι απαραίτητο οι σημερινές πολυμεσικές, ευρυζωνικές υπηρεσίες 3G να παρέχονται στο χρήστη με χαμηλό, σταθερό μηνιαίο κόστος (flat rate) και όχι με ογκο-χρέωση ή χρονο-χρέωση υψηλού κόστους. Σε ορισμένες χώρες της Ευρώπης αυτό έχει ήδη αρχίσει να γίνεται και η Ελλάδα οφείλει σύντομα να ακολουθήσει, για να μη χάσει και αυτό το «τραίνο» της σύγχρονης τεχνολογίας.

Στα πλαίσια αυτού του οράματος, η εταιρία Virtual-Trip (<http://www.vtrip.net>) συμμετέχει παραγωγικά, σαν ισότιμος εταίρος, στο μεγάλο ευρωπαϊκό (IST) έργο "PLASTIC: "Providing Lightweight and Adaptable Service Technology for pervasive Information and Communication", <http://www.ist-plastic.org>, προϋπολογισμού 4,3 εκ. ευρώ και διάρκειας 3 ετών), μαζί με άλλους 10 εταίρους (μεγάλες εταιρίες όπως IBM και Siemens, ερευνητικά ινστιτούτα και πανεπιστήμια) από 9 Ευρωπαϊκές χώρες (F, HU, IT, BE, D, ES, UK, CH και GR). Στόχος του έργου είναι η ανάπτυξη, μοντελοποίηση και αξιολόγηση εξατομικευμένου λογισμικού (middleware) και ενδεικτικών υπηρεσιών για τα μελλοντικά συστήματα κινητών επικοινωνιών B3G, με έμφαση στην ανάπτυξη «ελαφρών», έξυπνων, ανοιχτών και προσαρμόσιμων υπηρεσιών για κινητές συσκευές και δίκτυα B3G, που παρέχουν δυναμικά «οικουμενική» προσβασιμότητα, με ασφάλεια, αξιοπιστία και εγγυήσεις ποιότητας υπηρεσιών (QoS).

Συνοψίζοντας:

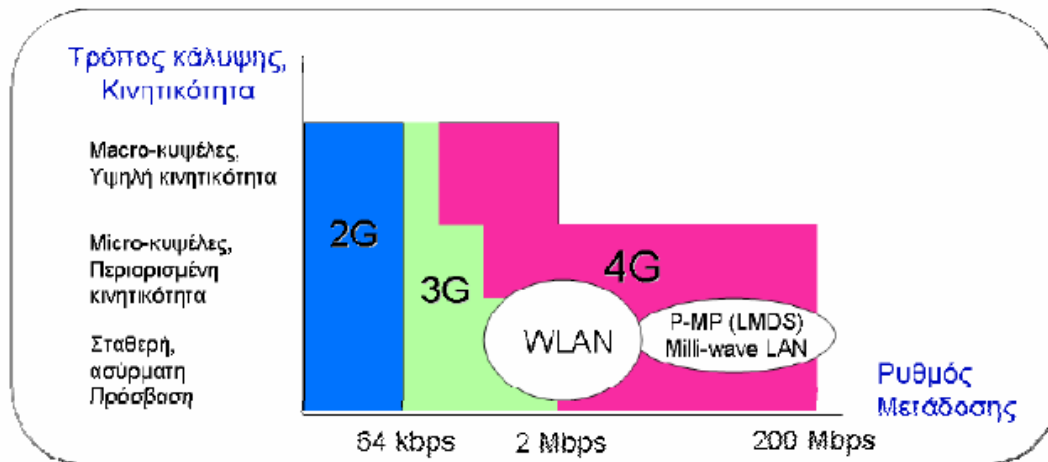
Η σημερινή τεχνολογία αιχμής μπορεί τεχνολογικά να κάνει το παραπάνω όραμα

των κινητών επικοινωνιών B3G, πραγματικότητα.

Αυτά που πρέπει επιπλέον να επιτευχθούν για να γίνει και καθημερινό βίωμά μας, είναι:

- Δημιουργία νέων, ελκυστικών υπηρεσιών από τους παρόχους υπηρεσιών και περιεχομένου.
- Ελκυστικά μοντέλα χρέωσης από τους δικτυακούς παρόχους πρόσβασης και υπηρεσιών.
- Ενημέρωση και εκπαίδευση των χρηστών και εξοικειώσή τους με τη νέα τεχνολογική πραγματικότητα, ώστε να είναι σε θέση να αξιοποιούν στο μέγιστο βαθμό τις νέες υπηρεσίες για βελτίωση του επιπέδου ζωής τους.

- **2G GSM, TETRA**
- **2½G GPRS, HSCSD, EDGE**
- **3G UMTS, (EGDE)**
- **4G Multi-carrier Advanced TDMA**



## 1.2 ΓΝΩΣΤΙΚΗ ΡΑΔΙΟΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ- COGNITIVE RADIO

Το γνωστικό σύστημα ραδιοεπικοινωνιών είναι ένα παράδειγμα ασύρματης επικοινωνίας στην οποία είτε ένα δίκτυο είτε ένας κόμβος ασυρμάτου μεταβάλλει την μετάδοσή του ή μεταβάλλει τις παραμέτρους μετάδοσης ή λήψεως αυτού για να επικοινωνήσει αποτελεσματικά χωρίς παρεμβολές από αδειοδοτημένους χρήστες. Αυτή η μεταβολή των



παραμέτρων βασίζεται στην ενεργό παρακολούθηση διαφόρων παραγόντων στο εξωτερικό ή το εσωτερικό περιβάλλον των ραδιοεπικοινωνιών, όπως είναι το φάσμα ραδιοσυχνοτήτων, η συμπεριφορά χρήστη και η κατάσταση δικτύου.

### ***Ορολογία:***

Ανάλογα με το σύνολο των παραμέτρων που συνεκτιμώνται για την λήψη απόφασης γύρω από τις μεταβολές στην μετάδοση και λήψη, και για ιστορικούς λόγους, μπορούμε να διακρίνουμε ορισμένους τύπους γνωστικού συστήματος ραδιοεπικοινωνιών. Οι βασικοί δύο τύποι είναι:

Πλήρες γνωστικό Σύστημα Ραδιοεπικοινωνιών ("Mitola radio"): στο οποίο κάθε πιθανή παράμετρος που είναι ορατή από ένα ασύρματο κόμβο ή δίκτυο λαμβάνεται υπόψη.  
Γνωστικό Σύστημα Ραδιοεπικοινωνιών ευαίσθητο στο φάσμα: στο οποίο μόνο το φάσμα ραδιοσυχνότητας λαμβάνεται υπόψη  
Επίσης, ανάλογα με τα τμήματα του φάσματος που είναι διαθέσιμο για το γνωστικό σύστημα ραδιοεπικοινωνιών μπορούμε να διακρίνουμε:

Γνωστικό Σύστημα Ραδιοεπικοινωνιών Αδειοδοτημένης Ζώνης: στο οποίο το γνωστικό σύστημα ραδιοεπικοινωνιών δύναται να χρησιμοποιεί ζώνες που εκχωρούνται σε αδειοδοτημένους χρήστες, ξέχωρα από τις μη αδειοδοτημένες ζώνες, όπως είναι η ζώνη UNII ή η ζώνη ISM. Ένα τέτοιο σύστημα περιγράφεται στο IEEE 802.15 Ομάδα Εργασίας 2 προδιαγραφή.

Μη αδειοδοτημένης Ζώνης Γνωστικό Σύστημα Ραδιοεπικοινωνιών: το οποίο μπορεί να χρησιμοποιεί μόνο μη αδειοδοτημένα τμήματα του φάσματος ραδιοσυχνοτήτων. Ένα παράδειγμα του μη αδειοδοτημένης ζώνης γνωστικού συστήματος ραδιοεπικοινωνιών είναι το IEEE 802.19

### ***Τεχνολογία:***

Αν και το γνωστικό σύστημα ραδιοεπικοινωνιών θεωρούνταν αρχικά ως μία προέκταση της ραδιοεπικοινωνίας μέσω λογισμικού ( software-defined radio ) (Πλήρης Γνωστική Ραδιοεπικοινωνία), το μεγαλύτερο μέρος της Ερευνητικής Εργασίας επικεντρώνει τώρα την προσοχή του στην γνωστική ραδιοεπικοινωνία που είναι ευαίσθητη στο φάσμα, ειδικότερα στις ζώνες TV . Το ουσιώδες πρόβλημα της Γνωστικής Ραδιοεπικοινωνίας ευαίσθητης στο φάσμα είναι κατά το σχεδιασμό των συσκευών ευαισθησίας στο φάσμα υψηλής ποιότητας και των αλγορίθμων για την ανταλλαγή δεδομένων επαίσθησης φάσματος μεταξύ των κόμβων. Έχει καταδειχθεί ότι ένας απλός ενεργειακός ανιχνευτής ενέργειας δεν μπορεί να εγγυηθεί την επακριβή ανίχνευση της παρουσίας σημάτων, απαιτώντας πιο εξειδικευμένες τεχνικές επαίσθησης φάσματος και απαιτώντας την ανταλλαγή πληροφοριών γύρω από την επαίσθηση φάσματος μεταξύ των κόμβων σε τακτά διαστήματα. Αυξάνοντας τον αριθμό των κόμβων επαίσθησης συνεργασίας μειώνεται η πιθανότητα ανίχνευσης σφαλμάτων.

Καλύπτοντας τις ελεύθερες ζώνες ραδιοσυχνότητας κατά τρόπο προσαρμοστικό (OFDM) φαίνεται ότι είναι η ιδανική προσέγγιση. Πράγματι, οι Timo A. Weiss and Friedrich K. Jondral του Πανεπιστημίου της Karlsruhe πρότειναν ένα Σύστημα Διασύνδεσης Δεδομένων το οποίο με επαίσθηση από κόμβους καλύφθηκαν άμεσα από τις υπό ζώνες OFDM .

Οι εφαρμογές της Γνωστικής Ραδιοεπικοινωνίας με επαίσθηση φάσματος περιλαμβάνουν τα εφεδρικά δίκτυα και τις επεκτάσεις WLAN που είναι πάνω από την απόδοση και την μετάδοση.

Κινητήριες λειτουργίες των γνωστικών ραδιοεπικοινωνιών είναι:

- Επαίσθηση Φάσματος: ανίχνευση του μη χρησιμοποιούμενου σφάλματος και συμμερισμού του χωρίς επικίνδυνες παρεμβολές από άλλους χρήστες, είναι μία σημαντική απαίτηση του δικτύου γνωστικής ραδιοεπικοινωνίας για την επαίσθηση των οπών φάσματος, ανιχνεύοντας τους πρωτογενείς χρήστες είναι ο πιο αποτελεσματικός τρόπος ανίχνευσης οπών φάσματος. Οι τεχνικές επαίσθησης φάσματος μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες:
  - Ανίχνευση μεταδότη: οι γνωστικές ραδιοεπικοινωνίες πρέπει να έχουν την δυνατότητα να προσδιορίζουν εάν ένα σήμα από έναν πρωτογενή πομπό υφίσταται τοπικά σε ένα συγκεκριμένο φάσμα, υπάρχουν ορισμένες προσεγγίσεις που προτάθηκαν:
    - ανίχνευση εναρμονισμένου φίλτρου
    - ανίχνευση ενέργειας
    - ανίχνευση κυκλοστατικού χαρακτηριστικού
  - Συνεργατική ανίχνευση: αναφέρεται στις μεθόδους επαίσθησης φάσματος όπου ενσωματώνονται οι πληροφορίες από πολλαπλούς χρήστες γνωστικής ραδιοεπικοινωνίας για ανίχνευση πρωτογενών χρηστών.
  - Ανίχνευση επί τη βάση παρεμβολών.
- Διαχείριση Φάσματος: Η λήψη του καλύτερου διαθέσιμου φάσματος για την κάλυψη των αναγκών επικοινωνίας των χρηστών. Οι γνωστικές ραδιοεπικοινωνίες πρέπει να αποφασίζουν για την καλύτερη ζώνη φάσματος για την κάλυψη των απαιτήσεων ποιότητας παρεχόμενων υπηρεσιών επί του συνόλου των ζωνών φάσματος. Κατά συνέπεια οι λειτουργίες διαχείρισης φάσματος απαιτούνται για γνωστικές ραδιοεπικοινωνίες, και οι λειτουργίες διαχείρισης μπορούν να ταξινομηθούν ως:
  - Ανάλυση φάσματος
  - Απόφαση φάσματος
- Κινητότητα Φάσματος: ορίζεται ως η διεργασία όταν ένας χρήστης γνωστικής ραδιοεπικοινωνίας ανταλλάσει την συχνότητα λειτουργίας του. Τα δίκτυα γνωστικής ραδιοεπικοινωνίας, στοχεύουν στην χρησιμοποίηση του φάσματος κατά τρόπο δυναμικό επιτρέποντας στους τερματικούς ραδιο-εξοπλισμούς να λειτουργούν με την καλύτερη δυνατή ζώνη συχνοτήτων, τηρώντας τις απαιτήσεις

απρόσκοπτης επικοινωνίας κατά την διάρκεια της μετάβασης σε καλύτερο φάσμα.

- Επιμερισμός Φάσματος: παρέχει μία δίκαιη μέθοδο προγραμματισμού φάσματος, μία από τις μεγάλες προκλήσεις στην χρήση ανοικτών φασμάτων στον μερισμό φάσματος. Μπορεί να θεωρείται παρόμοια με τα γενικής φύσεως προβλήματα ελέγχου πρόσβασης MAC σε υφιστάμενα συστήματα.

### 1.3 ΡΑΔΙΟΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΜΕΣΩ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ-SOFTWARE DEFINED RADIO(SDR)

«**Ραδιοεπικοινωνία μέσω Λογισμικού**» είναι η ασύρματη επικοινωνία της οποίας οι παράμετροι χρήσης φάσματος προσδιορίζονται από λογισμικό. Η μέθοδος με την οποία το εν λόγω λογισμικό φορτώνεται στη συσκευή μπορεί να ποικίλλει. Μπορεί να εγκαθίσταται στον εξοπλισμό μέσω ασύρματης διεπαφής, ή μέσω καλωδίου ή δίσκου/δισκέτας, ή ενδεχομένως με απευθείας τροποποίηση του λογισμικού μέσω του περιβάλλοντος προγραμματισμού της συσκευής.

Η φόρτωση του λογισμικού μπορεί να είναι ελεγχόμενη ή αυτορυθμιζόμενη από τον κλάδο, έτσι ώστε να διασφαλίζεται ότι οι συσκευές δεν χρησιμοποιούνται παράνομα. Μια αναβάθμιση/εγκατάσταση λογισμικού εφαρμογών χρήστη, ή ακόμα και ενός πρωτοκόλλου μετάδοσης που δεν επηρεάζει το φυσικό στρώμα του εξοπλισμού ή την ικανότητά του να αποφεύγει τις παρεμβολές, δεν αποτελεί SDR.

Στον εξοπλισμό SDR, ένας αυξανόμενος αριθμός λειτουργιών σε ολοένα μεγαλύτερο φάσμα παραμέτρων που στο παρελθόν εκτελούνταν κυρίως από υλικό - όπως π.χ. η γενιά του μεταδιδόμενου ραδιοσήματος και του συντονισμού του δέκτη και εντοπισμού του λαμβανόμενου ραδιοσήματος - εκτελείται από λογισμικό σε ψηφιακούς επεξεργαστές σήματος υψηλής ταχύτητας. Το γεγονός ότι αυτές οι λειτουργίες πραγματοποιούνται από λογισμικό στη βάση προγραμματιζόμενου υλικού σημαίνει ότι ο εξοπλισμός μπορεί να προγραμματιστεί ώστε να μεταδίδει και να λαμβάνει σήματα σε μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων και να εξομοιώνει κάθε επιθυμητή μορφή μετάδοσης. Οι λειτουργικές παράμετροι του εξοπλισμού SDR μπορούν να τροποποιούνται στο πεδίο, με αλλαγές στο λογισμικό. Για παράδειγμα, ο εξοπλισμός SDR μπορεί να έχει την ικανότητα μετάδοσης και λήψης στις διάφορες ζώνες συχνοτήτων κινητής επικοινωνίας και στα διαφορετικά πρότυπα μετάδοσης που χρησιμοποιούνται στην Ευρώπη και στον υπόλοιπο κόσμο.

Μετά την εισαγωγή των τεχνολογιών μικροεπεξεργαστή χαμηλού κόστους και συνθετήρα συχνοτήτων βρόχου κλειδώματος φάσης κατά τις τελευταίες δύο δεκαετίες, πολλά κινητά ραδιοσυστήματα ενσωματώνουν σήμερα τέτοια τεχνολογία για τον έλεγχο της συχνότητας και της ισχύος. Ο εν λόγω ραδιοεξοπλισμός περιλαμβάνει ενσωματωμένο σταθερολογισμικό που εγκαθίσταται από τους κατασκευαστές, το οποίο ελέγχει αυτές τις λειτουργίες αλλά δεν μπορεί να αντικατασταθεί εύκολα από τους χρήστες. Συνεπώς, τα συστήματα αυτά αποτελούν πρόδρομο του εξοπλισμού SDR και έχουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά με αυτόν. Πριν από πέντε χρόνια, η κατάσταση της

τεχνολογίας ψηφιακού φίλτρου είχε αναπτυχθεί σε τέτοιο σημείο ώστε κατέστη διαθέσιμος ένας εμπορικά υλοποιήσιμος δέκτης υψηλής απόδοσης και υψηλής συχνότητας που χρησιμοποιούσε ψηφιακά φίλτρα για όλες σχεδόν τις λειτουργίες φιλτραρίσματος και αποδιαμόρφωσης. Η επέκταση αυτής της τεχνολογίας για την κάλυψη υψηλότερων συχνοτήτων, μεγαλύτερου εύρους ζώνης εκπομπής, λειτουργικότητας πομπού και συστημάτων χαμηλότερου κόστους φαίνεται να είναι ένα ακόμα βήμα εξέλιξης.

Παρότι προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα, η δυνατότητα του SDR να λειτουργεί σε μεγάλο εύρος συχνοτήτων εγείρει νέα ρυθμιστικά ζητήματα. Για τις ρυθμιστικές αρχές, η αχίλλειος πτέρνα του SDR είναι ο έλεγχος του λογισμικού, ο οποίος κατευθύνει τα χαρακτηριστικά της ασύρματης επικοινωνίας. Το λογισμικό μπορεί να κάνει τη συσκευή να λειτουργεί παράνομα και οι ρυθμιστικές αρχές πρέπει επομένως να διασφαλίσουν ότι οι χρήστες θα λειτουργούν τον εξοπλισμό SDR μόνο στο φάσμα που τους έχει παραχωρηθεί. Είναι σαφές ότι αυτό αποτελεί πρόκληση όχι τόσο για σταθερούς ραδιοπομπούς με μεμονωμένη άδεια, αλλά κυρίως για τον εξοπλισμό που διατίθεται μαζικά στην αγορά, για τον οποίο ο μεμονωμένος έλεγχος ή η παραχώρηση μεμονωμένων αδειών είναι πρακτικά αδύνατη. Για τη δεύτερη περίπτωση, ίσως χρειαστεί οι ρυθμιστικές αρχές να απαιτήσουν η τεχνολογία να διασφαλίζει επαρκώς ότι μόνο εγκεκριμένο λογισμικό φορτώνεται στον εξοπλισμό SDR, π.χ. υπό τον έλεγχο του φορέα εκμετάλλευσης ή μέσω μηχανισμού πιστοποίησης ταυτότητας. Επομένως, πρέπει να εκτιμηθεί πότε θα εμφανιστούν τέτοιες συσκευές μαζικής διάθεσης στην αγορά και, κατ' επέκταση, έως πότε θα έχουν ξεπεραστεί τα τρέχοντα τεχνικά προβλήματα (π.χ. διάρκεια ζωής μπαταρίας, περιορισμοί επεξεργασίας).

Τα χαρακτηριστικά που αφορούν στην ασύρματη επικοινωνία δεν είναι βεβαίως μόνο οι λειτουργίες, οι οποίες μπορούν να αναβαθμίζονται με χρήση λογισμικού σε ραδιοεξοπλισμό. Για παράδειγμα, το λογισμικό εφαρμογών σε ένα PC με ασύρματη σύνδεση μπορεί ήδη να αναβαθμιστεί μέσω ασύρματης διεπαφής. Ωστόσο, οι εφαρμογές λογισμικού όπως π.χ. επεξεργαστές κειμένου, συστήματα ηλεκτρονικής αλληλογραφίας, προγράμματα πλοήγησης του Διαδικτύου, συστήματα κρυπτογράφησης, κλπ. αναφέρονται επιγραμματικά.

## ***Διάρθρωση της εργασίας***

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται εκτενέστερη βιβλιογραφική μελέτη του όρου γνωστική ραδιοεπικοινωνία με κύριο βάρος στην αρχιτεκτονική ενός τέτοιου συστήματος.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μαθηματική ανάλυση της πλατφόρμας που υλοποιήσαμε καθώς και ο σχολιασμός της ανάλυσης αυτής.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η ανάλυση της πλατφόρμας μέσα από την αναφορά μας στον πηγαίο κώδικα., περιγράφονται οι λειτουργίες της καθώς και ο τρόπος υλοποίησής της.

Στο πέμπτο κεφάλαιο έχουμε την παρουσίαση σεναρίων, την εκτέλεσή τους και την εξαγωγή αποτελεσμάτων και διαγραμμάτων.

Στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο έχουμε την σύνοψη της εργασίας και τέλος πιθανές μελλοντικές επεκτάσεις.

## 2.ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΓΝΩΣΤΙΚΗΣ ΡΑΔΙΟΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

Η αρχιτεκτονική αποτελεί ένα περιεκτικό, συνεπές σύνολο σχεδιαστικών κανόνων με το οποίο ένα σύνολο καλά καθορισμένων συστατικών επιτυγχάνει ένα σύνολο καλά καθορισμένων λειτουργιών σε προϊόντα και υπηρεσίες που εξελίσσονται δείχνουν χρόνο με τον χρόνο. Εδώ θα αναπτύξουμε την αρχιτεκτονική CRA (cognitive radio architecture) με την οποία η ραδιοεπικοινωνία μέσω λογισμικού SDR(software-defined radio), οι αισθητήρες, η αντίληψη και οι αυτόματες μηχανές εκμάθησης AML(autonomous machine learning) μπορούν να ενοποιηθούν και να δημιουργήσουν μια ενήμερη, προσαρμόσιμη γνωσιακή ραδιοεπικοινωνία( AACRs) με καλύτερη ποιότητα πληροφορίας με δυνατότητες να παρατηρούν (αίσθηση, αντίληψη),να προσανατολίζονται, να προγραμματίζουν, να αποφασίζουν,να ενεργούν, και να μαθαίνουν τη ραδιοσυχνότητα ( RF) και τις περιοχές του χρήστη, μεταβαίνοντας από την μερικά ενήμερη ή προσαρμοστική στην ευαπόδεικτα γνωστική ραδιοεπικοινωνία.

Παρακάτω θα αναπτύχθούν πέντε συμπληρωματικές προοπτικές αυτής της αρχιτεκτονικής, που είναι οι εξής :

CRA I : έξι λειτουργικά συστατικά, τα μαύρα κουτιά στα οποία αποδίδονται οι λειτουργίες του πρώτου επιπέδου κοινές για την AACR ραδιοεπικοινωνία με σχεδιαστικές παραλλαγές για την μετάβαση από την SDR στην ιδανική γνωσιακή ραδιοεπικοινωνία (iCR-ideal cognitive radio), όπως επίσης και με την επιπλέον λειτουργία του προσδιορισμού μεταξύ ποιων κρίσεων διεπαφών θα είναι είναι καθορισμένο.

CRA II :εξετάζει τη ροή των συμπερασμάτων που εξάγονται μέσω ενός κύκλου γνώσης που διευθετεί τις ικανότητες πυρήνων iCR στην προσωρινά απασχολούμενη ακολουθία και για τη λογική ροή και για τον εικοσιτετράωρο ρυθμό της CRA ραδιοεπικοινωνίας.

CRA III : εξετάζει τα σχετικά επίπεδα αφαίρεσης για την AACR ραδιοεπικοινωνία για να ανιχνεύει αυτομάτως στοιχειώδη αισθητήρια ερεθίσματα και για να αντιλαμβάνεται την ποιότητα των πληροφοριών σε σχέση με τη θέση <Scene/> που βρίσκεται ο χρήστης <User/> μέσα στο ευρύτερο περιβάλλον <Environment/> που περιλαμβάνει τη ραδιοσυχνότητα < RF/>.

CRA IV : εξετάζει τη μαθηματική δομή αυτής της αρχιτεκτονικής, αναγνωρίζοντας τις χαρτογραφήσεις μεταξύ των τοπολογικών διαστημάτων που αναπαρίστανται και διαχειρίζονται για να διατηρήσουν το σύνολο-θεωρητικών δικαιωμάτων.

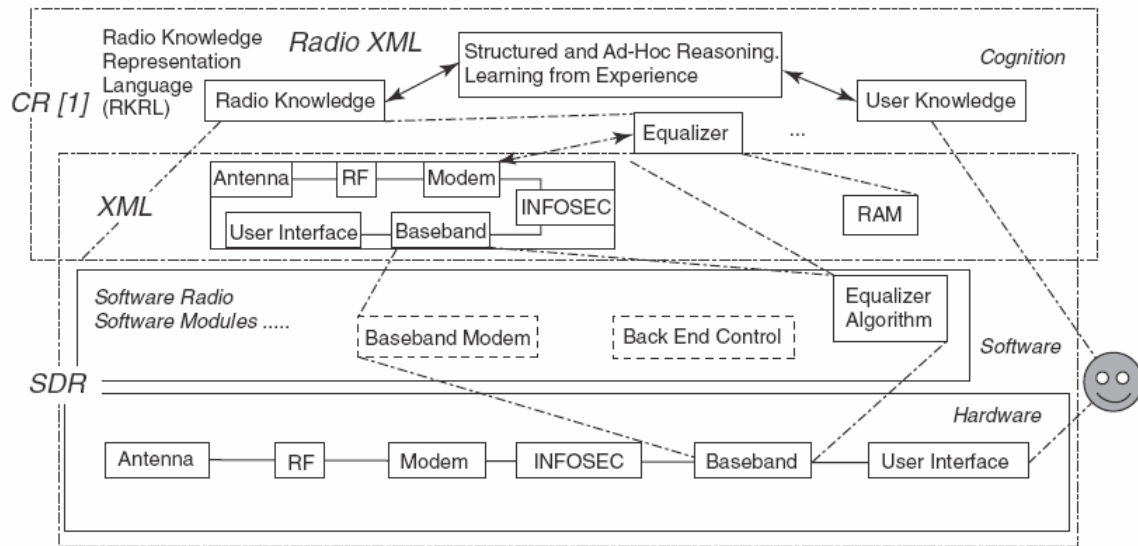
CRA V: Τέλος, κάνει μια συνοπτική ανασκόπηση της αρχιτεκτονικής SDR, σκιαγραφώντας ένα εξελικτικό μονοπάτι από το λογισμικό αρχιτεκτονικής επικοινωνιών και ραδιοεπικοινωνιών (SCA/ SRA) στην γνωσιακή αρχιτεκτονική ραδιοεπικοινωνίας CRA. Το CRA <Self/> παρέχεται στην RXML.

## 2.1 CRA I: Λειτουργίες, συστατικά και σχεδιαστικοί κανόνες

Οι λειτουργίες AACR ραδιοεπικοινωνίας υπερβαίνουν εκείνες της SDR. Ανασηματίζοντας τον κόμβο δικτύων SDR σε AACR <Self/> εδραιώνεται ένα ισοδύναμο ικανό δίκτυο και οι αναγκαίες λειτουργίες με τις οποίες το <Self/> αντιλαμβάνεται ακριβώς τον τοπικό χώρο συμπεριλαμβανομένης της ραδιοσυχνότητας <RF/> και του χρήστη <User/> και μαθαίνει αυτόνομα να προσαρμόζει την ποιότητα των πληροφοριών (QoI) στο συγκεκριμένο χρήστη <User/> στην τρέχουσα ραδιοσυχνότητα <RF/>, χώρο <Scene/> και κατάσταση.

### 2.1.1 Λειτουργικά συστατικά της AACR αρχιτεκτονικής

Τα τμήματα της SDR εμφανίζονται με τα σχετικά γνωσιακά συστατικά τους στην εικόνα 2-1. Τα γνωσιακά συστατικά περιγράφουν την SDR σε ραδιοεπικοινωνία XML έτσι ώστε η κατάληξη <Self/> να γνωρίζει ότι είναι μια ραδιοεπικοινωνία και ότι ο στόχος της είναι να επιτύχει υψηλή ποιότητα πληροφοριών QoI που να προσαρμόζονται στους χρήστες της. Η RXML βεβαιώνει το a priori ραδιοεπικοινωνιακό υπόβαθρο και τα στερεότυπα χρηστών καθώς επίσης και τη δυναμική γνώση της ραδιοσυχνότητας <RF/> και το χώρο-χρόνο των σκηνών <Scenes/> που γίνονται αντιληπτές. Αυτή η γνώση επιτρέπει δύο πράγματα :δομημένους συλλογισμούς με iCR peers και γνωσιακά ασύρματα δίκτυα (CWNs-cognitive wireless networks) και ad hoc συλλογισμός με τους χρήστες, μαθαίνοντας από την εμπειρία.



Σχημα 2-1.

Η λεπτομερής κατανομή των λειτουργιών στα συστατικά με τις διεπαφές μεταξύ των συστατικών απαιτεί την πιο ακριβή εκτίμηση των συστατικών SDR για την θεμελίωση της CRA αρχιτεκτονικής. Τα SDRs περιλαμβάνουν μια πλατφόρμα υλικού με πρόσβαση

στις ραδιοσυχνότητες RF και υπολογιστικούς πόρους, με περισσότερα από ένα ατομικά καθορισμένα λογισμικά .

Το φόρουμ SDR έχει καθορίσει την αρχιτεκτονική λογισμικού επικοινωνιών (SCA) και η διοικητική ομάδα αντικειμένου (OMG) έχει καθορίσει την αρχιτεκτονική λογισμικού ραδιοεπικοινωνίας (SRA), παρόμοια κατασκευάσματα ποιοτικής αρχιτεκτονικής για διαφημίσεις και παιχνίδια επόμενης γενιάς. Αυτές οι αρχιτεκτονικές SDR καθορίζονται με Unified Modeling Language (UML) μοντέλα αντικειμένων, με την καθορισμένη γλώσσα διεπαφών CORBA (IDL) και περιγραφές XML των προτύπων της UML. Η αρχιτεκτονική SCA δίνει έμφαση στους έτοιμους προς χρήση ασύρματους, πιο προσωπικούς υπολογιστικά

κινητούς κόμβους όπου η διασυνδεσιμότητα των δικτύων είναι συχνά ασυνεχής, ενώ η αρχιτεκτονική SRA εστιάζει στην κατασκευή ασύρματου διαδικτύου.

Η εμπορική κοινότητα κινητών τηλεφώνων, αφ' ενός, οδήγησε, με πρωτοπόρους την Ericsson και τη Nokia, στον οραματισμό μιας απλούστερης αρχιτεκτονικής για το κινητές ασύρματες συσκευές, που θα αποτελούνται από δύο APIs, ένα για το φορέα παροχής υπηρεσιών και το άλλο για το διαχειριστή δικτύων. Αυτοί καθόρισαν ένα επίπεδο γνώσης για μελλοντικά ευφυή ασύρματα δίκτυα που έχουν πολλές ομοιότητες με ένα καταναμημένο ασύρματο γνωσιακό δίκτυο (CWN). Το φόρουμ της παγκόσμιας ασύρματης έρευνας (WWRF) προωθεί ένα επιχειρησιακό πρότυπο που είναι:

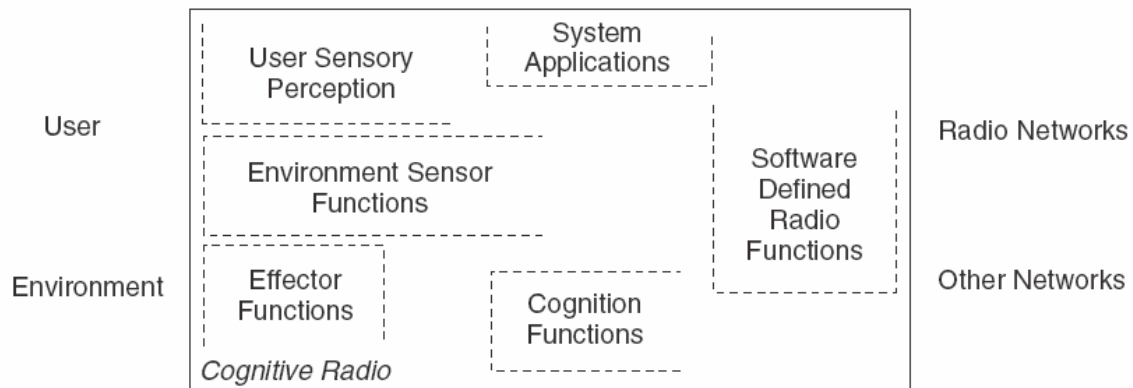
χρήστης → φορέας παροχής υπηρεσιών → χειριστής δικτύων → μεγάλος κατασκευαστής → συσκευή, όπου ο χρήστης θα αγοράζει τις κινητές συσκευές σύμφωνα με τις υπηρεσίες από τον φορέα παροχής υπηρεσιών, και η τεχνική έμφαση θα δίνεται στη νοημοσύνη του δικτύου. Αυτή η στρατηγική, χωρίς καμία αμφιβολία, θα παράγει υπολογιστικά ευφυή δίκτυα στο μισό χρόνο.

Η CRA αρχιτεκτονική προβλέπει την υπολογιστική νοημοσύνη για να δημιουργήσει ad hoc δίκτυα χαμηλότερου κόστους με νοημοσύνη σε κινητές συσκευές. Αυτή η τεχνική προοπτική επιτρέπει ένα επιχειρησιακό πρότυπο τύπου χρήστη → Συσκευή → ετερογενή δίκτυα, χαρακτηριστικά του προτύπου που χρησιμοποιείται στο Διαδίκτυο όπου ο χρήστης αγοράζει μια συσκευή (π.χ., ένα ασύρματο lap-top), το οποίο μπορεί να τον συνδέσει με τον παγκόσμιο

Ιστό ασύρματα μέσω οποιουδήποτε διαθέσιμου φορέα παροχής υπηρεσιών Διαδικτύου (isp). Η CRA αρχιτεκτονική στηρίζεται και στο SCA/SRA και στο εμπορικό πρότυπο API με τη διαφορά ότι ενσωματώνει τη σημασιολογική νοημοσύνη διαδικτύου σε ραδιοεπικοινωνία XML (Radio XML) για κινητές συσκευές για να επιτρέπει περισσότερα του ενός επιχειρησιακά πρότυπα διαδικτύου. Οι ραδιοεπικοινωνίες SDR, AACR, και iCR διαμορφώνουν ένα συνεχές και ομοιογενές μέσο που διευκολύνεται από την RXML.

Ο AACR κόμβος CRA αποτελείται από το μινιμαλιστικό σύνολο έξι λειτουργικών συστατικών του σχήματος 2-2. Ένα λειτουργικό συστατικό είναι ένα μαύρο κουτί στο οποίο οι λειτουργίες έχουν καταναμηθεί, αλλά δεν γνωρίζει για ποια εφαρμογή τα συστατικά δεν είναι καθορισμένα. Κατά συνέπεια, ενώ το τμήμα εφαρμογών είναι πιθανό

να είναι κατα κύριο λόγο λογισμικό, οι λεπτομέρειες των συστατικών λογισμικού είναι μη καθορισμένες.



Σχήμα 2-2.

Τα έξι λειτουργικά συστατικά της CRA αρχιτεκτονικής είναι:

1. Η αισθητήρια αντίληψη των χρηστών (user SP-sensory perception) περιλαμβάνει τις απτές, ακουστικές και τηλεοπτικές λειτουργίες αντίληψης. Οι λειτουργίες των SP χρηστών μπορούν να περιλάβουν το βελτιστοποιημένο υλικό, παραδείγματος χάριν, τον υπολογισμό των τηλεοπτικών διανυσμάτων ροής στον πραγματικό χρόνο που βοηθά την αντίληψη του χώρου.
2. Οι τοπικοί αισθητήρες περιβάλλοντος (θέση, θερμοκρασία, επιταχύμετρο, πυξίδα, κ.λπ.).
3. Οι εφαρμογές του συστήματος (οι μέσο-ανεξάρτητες υπηρεσίες όπως απιτεί ένα παιχνίδι στο διαδίκτυο).
4. Οι SDR συναρτήσεις (που περιλαμβάνουν SDR ραδιο εφαρμογές και ανίχνευση ραδιοσυχνότητας RF ).
5. Οι γνωσιακές συναρτήσεις (σύμβολο που στηρίζεται στον έλεγχο συστημάτων, στον προγραμματισμό και την εκμάθηση).
6. Οι τοπικές συναρτήσεις συσκευών επίδρασης (λεκτική σύνθεση, κείμενο, γραφικά και έκθεση πολυμέσων).

Αυτά τα λειτουργικά συστατικά ενσωματώνονται σε μια iCR -πλατφόρμα, σε μια υποδομή λογισμικού-υλικού που υποστηρίζει τις έξι αυτές λειτουργίες. Αυτά τα συστατικά υπερβαίνουν την SDR ραδιοεπικοινωνία σε κρίσιμα σημεία. Κατ' αρχάς, η παραδοσιακή διεπαφή με τον χρήστη χωρίζεται σε έναν ουσιαστικό αισθητήριο υποσύστημα χρηστών και ένα ευδιάκριτο σύνολο τοπικών συσκευών επίδρασης. Η αισθητήρια διεπαφή χρηστών περιλαμβάνει τα πλήκτρα (η διεπαφή αφής) και τα μικρόφωνα (η ακουστική διεπαφή) που συμπεριλαμβάνουν την ακουστική αντίληψη που είναι κατευθυντήρια και ικανή να διαχειριστεί πολλαπλούς ομιλητές ταυτόχρονα, συμπεριλαμβανομένου του full motion video



με την οπτική αντίληψη του χώρου. Επιπλέον, το ακουστικό υποσύστημα όχι μόνο κωδικοποιεί τον ήχο για (πιθανή) μετάδοση, αλλά αναλύει επίσης και ερμηνεύει τον ήχο από τους καθορισμένους ομιλητές όπως ο χρήστης < User/> για μια υψηλή απόδοση στην προφορική διεπαφή φυσικής γλώσσας. Ομοίως, το υποσύστημα κειμένου αναλύει και ερμηνεύει τη γλώσσα για να ακολουθήσει τις καταστάσεις πληροφορίας του χρήστη, για να ανιχνεύσει σχέδια και πιθανές επικοινωνίες και ανάγκες πληροφοριών ανεπαίσθητα, που με βεβαιότητα προστατεύουν τις ιδιωτικές πληροφορίες όπως στις κανονικές δραστηριότητες συμπεριφορών των χρηστών. Οι τοπικές συσκευές επίδρασης συνθέτουν την ομιλία με το παραδοσιακό κείμενο, την γραφική αναπαράσταση και την έκθεση πολυμέσων όπως επιφορτίζονται από το γνωσιακό τμήμα.

Οι εφαρμογές συστημάτων είναι εκείνες οι υπηρεσίες πληροφοριών που συνθέτουν την ποιότητα της πληροφορίας (QoI), που είναι σημαντική για το χρήστη. Χαρακτηριστικά θα λέγαμε ότι οι φωνητικές επικοινωνίες με τηλεφωνικό κατάλογο, κείμενο μηνυμάτων και η ανταλλαγή εικόνων ή video clips περιλαμβάνουν τα συστήματα εφαρμογών του πυρήνα της SDR. Συνήθως αυτές οι υπηρεσίες είναι ακέραιες στην εφαρμογή SDR, όπως το μήνυμα κειμένου μέσω των συστημάτων GPRS. Οι AACR εφαρμογές παραγκωνίζουν τις υπηρεσίες του δικτύου SDR για μεγαλύτερη προσωπική ευελιξία και την επιλογή ασύρματης συνδεσιμότητας χωρίς πρόσθετο χρόνο αναμονής για τους χρήστες. Ένας τυπικός χρήστης εστιάζει την προσοχή του εάν η AACR θέλει να μεταπηδήσει σε 3G τεχνολογία με \$5 ανά λεπτό, αλλά ένας ιδιαίτερα καταναλωτικός χρήστης δεν θα ενδιαφερθεί και θα τα αφήσει όλα αυτά στην AACR. Το γνωσιακό τμήμα παρέχει όλες τις λειτουργίες γνώσης από το σημασιολογικό υπόβαθρο των οντοτήτων μέχρι το σύστημα αντίληψης για τον έλεγχο του γενικού συστήματος μέσω του προγραμματισμού και των ενεργειών, τις προτιμήσεις εκμάθησης των χρηστών και τις καταστάσεις ραδιοσυχνότητας (RF) στη διαδικασία.

Κάθε ένα από αυτά τα υποσυστήματα μπορεί να περιέχει το δικό του τμήμα επεξεργασίας, τοπική μνήμη, ακέραια μετατροπή δύναμης, ενσωματωμένο έλεγχο built-in-test (BIT) και συνδεδεμένα τεχνικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα. Αυτή η λειτουργική αρχιτεκτονική περιγράφεται στο <Self/> στην RXML για εξωτερικές επικοινωνίες σχετικά με το <Self/> και για ενδοσκόπηση στην έκφραση 2-1, Η έκφραση 2-1 της AACR έχει έξι λειτουργικά συστατικά:

```
<Self> <iCR-platform/> <Functional-components>  
<User SP/> <Environment/> <Effectors/> <SDR/> <Sys Apps/>  
<Cognition/>  
</Functional-components> </Self>
```

Η πλατφόρμα λογισμικού-υλικού και τα λειτουργικά συστατικά της AACR είναι ανεξάρτητα. Η αρχή του σχεδίου της αρχιτεκτονικής είναι ότι (λογισμικά) τα λειτουργικά συστατικά προσαρμόζονται σε οποιαδήποτε RF-hardware-OS πλατφόρμα που είναι διαθέσιμη. Μια πλατφόρμα-ανεξάρτητη γλώσσας υπολογιστών όπως ισχύει με τις εφαρμογές Java.

### 2.1.2 Οι σχεδιαστικοί κανόνες περιλαμβάνουν τις λειτουργικές διεπαφές συστατικών

Αυτά τα λειτουργικά συστατικά του σχήματος 2-2 υποδηλώνουν τις κρίσιμες λειτουργικές διεπαφές. Το διάγραμμα του πίνακα 5-1 χαρακτηρίζει αυτές τις διεπαφές. Δηλώνεται ένα αρχικό σύνολο διεπαφών–εφαρμογών της AACR

(CRA APIs). Με κάποιους τρόπους αυτά τα APIs αυξάνουν τα εγκατεστημένα SDR APIs. Παραδείγματος χάριν, το Cognition API προσθέτει μια ικανότητα προγραμματισμού στο SDR, που είναι ένα σχεδόν εξ ολοκλήρου νέο στοιχείο και θα είναι χρήσιμο για AARs για να υποστηρίξει πλήρως XG. Με άλλα λόγια, αυτά τα APIs αντικαθιστούν τα υπάρχοντα SDR APIs. Ειδικότερα, η SDR διεπαφή χρηστών μετατρέπεται σε User SP και Effector APIs. Τα αισθητήρια APIs χρηστών ενσωματώνουν την αντίληψη, ενώ το Effector API ενσωματώνει ενέργειες όπως η λεκτική σύνθεση για να δώσει στην AACR <Self/> τη δική της φωνή. Ο User SP και οι καταστάσεις της SDR οδηγούν τις αντιλήψεις προς το γνωσιακό τμήμα από το οποίο οι συσκευές επίδρασης (Effectors) και η SDR δέχονται τις απαιτήσεις. Αυτές οι αλλαγές διεπαφών επιτρέπουν στην AACR να αντιληφθούν την κατάσταση του περιβάλλοντος του χρήστη και να έχει πρόσβαση σε δίκτυα ραδιοεπικοινωνίας εξ ονόματος του χρήστη με ενημερωτικό τρόπο.

Οι διεπαφές 13–18 ..21 ..27, και 33 μπορούν να αθροιστούν σε ένα API παροχής πληροφοριών (ISAPI) από το οποίο μια υπηρεσία πληροφοριών έχει πρόσβαση σε άλλα πέντε τμήματα . Οι διεπαφές 25–30, 5, 11, 23, και 35 ορίζουν ένα γνωσιακό API (CAPI) από το οποίο το γνωσιακό σύστημα λαμβάνει την κατάσταση και ασκεί τον έλεγχο του υπόλοιπου συστήματος.

### 2.1.3 Τα γνωσιακά τμήματα

Το σχήμα 2-1 παρουσιάζει σχέσεις μεταξύ τριών πτυχών: υπολογιστικής-νοημοσύνης της CR ραδιογνώσης, της γνώσης χρηστών και της ικανότητας εκμάθησης.

From-To	User SP	Environment	Sys Apps <sup>a</sup>	SDR	Cognition <sup>b</sup>	Effectors
User SP	1	7	13 PA	19	25 PA	31
Environment	2	8	14 SA	20	26 PA	32
Sys Apps	3	9	15 SCM	21 SD	27 PDC	33 PEM
SDR <sup>a</sup>	4	10	16 PD	22 SD	28 PC	34 SD
Cognition <sup>b</sup>	5 PEC	11 PEC	17 PC	23 PAE	29 SC	35 PE
Effectors	6 SC	12	18	24	30 PCD	36

Key: P, primary; A, afferent; E, efferent; C, control; M, multimedia; D, data; S, secondary; others not designated P or S are ancillary.

<sup>a</sup> Information Services API consists of interfaces 13–18, 21, 27, and 33.

<sup>b</sup> Cognition API consists of interfaces 25–30, 5, 11, 23, and 35.

### Πίνακας 2-1.

Σημειώσεις διαγράμματος:οι αριθμοί του διαγράμματος επεξηγούνται παρακάτω:

1. User SP–User SP: Η Cross-media συσχέτιση διοεπαφών (video–ακουστική, αφής–ομιλίας, κ.λ.π.) μειώνει την αβεβαιότητα (π.χ., εάν το video δείχνει ότι ο χρήστης δεν μιλά, η ακουστική μπορεί να αγνοηθεί με σκοπό την μείωση των λαθών και την ενίσχυση της ποιότητας της πληροφορίας QoI.)
2. Environment–User SP: Οι αισθητήρες του περιβάλλοντος παραμετροποιούν την αισθητήρια αντίληψη των χρηστών. Τα άκρα θερμοκρασίας και υγρασίας που περιορίζουν το βίντεο μπορούν να ανιχνευτούν μέσω αυτής της διεπαφής.
3. Sys Apps–User SP: Οι εφαρμογές συστημάτων μπορούν να εστιάσουν στην αντίληψη του χώρου με τον προσδιορισμό των οντοτήτων, απόστασης, αναμενόμενους ήχους έναντι ομιλίας, και τις χωρικές διεπαφές αντίληψης.
4. SDR–User SP: Οι SDR εφαρμογές μπορούν να παρέχουν τις προσδοκίες της εισαγωγής χρηστών στην αντίληψη SP χρηστών για να βελτιώσουν την πιθανότητα ανίχνευσης και σωστής ταξινόμησης των εισαγωγών.
5. Cognition–User SP: Αυτή είναι η αρχική πορεία ελέγχου από τη γνώση στον έλεγχο του τμήματος User-SP, ελέγχοντας τη λεκτική αναγνώριση, την ακουστική επεξεργασία σήματος, την video επεξεργασία και τη σχετική αισθητήρια αντίληψη. Τα σχέδια από το γνωσιακό τμήμα μπορούν να θέσουν τις προσδοκίες για την αντίληψη του χώρου των χρηστών, βελτιώνοντας την αντίληψη.
6. Effectors–User SP: Οι Effectors μπορούν να παρέχουν ένα αντίγραφο της επίδρασης στην αντίληψη χρηστών έτσι ώστε αυτοπαραγώμενο αποτέλεσμα (π.χ., συνθετική ομιλία) να μπορεί να αποδοθεί ακριβώς σε <Self/>, επικυρωμένο όπως αυτό εκφράζεται, ή/και ακυρώνεται από την αντίληψη του χώρου.
7. User SP–Environment: Η αντίληψη για τη βροχή, τα κτίρια, εσωτερικούς/υπαίθριους χώρους μπορεί να βοηθήσει στον καθορισμό των SDR παραμέτρων.
8. Environment–Environment: Οι αισθητήρες περιβάλλοντος θα είναι συνεπείς όσον αφορά την αίσθηση της θέσης όπως γίνεται με το GPS ή το Glonass και τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και θα υπάρχει ένα επίπεδο για να ανιχνεύει των εσωτερικών έναντι των εξωτερικών χώρων. Ενδεχομένως θα υπάρχουν αισθητήρες όσφρησης για να ανιχνεύουν τα χαλασμένα τρόφιμα και άλλοι που θα μπορούν να πιάσουν απρόοπτα μια ή ακόμη και περισσότερες. Παρόλα αυτά δεν φαίνεται να υπάρχει σημαντικό όφελος στη διευκόλυνση των απ' ευθείας επικοινωνιών μεταξύ αυτών των στοιχείων.
9. Sys Apps–Environment: Τα δεδομένα από τις εφαρμογές των συστημάτων που κατευθύνονται άμεσα στους αισθητήρες περιβάλλοντος θα πρέπει να είναι σε κωδικοποιημένη πληροφορία.
10. SDR–Environment: Τα δεδομένα από τις SDR personalities που κατευθύνονται άμεσα από τους αισθητήρες περιβάλλοντος θα πρέπει να είναι σε κωδικοποιημένη πληροφορία.
11. Cognition–Environment: (Αρχική πορεία ελέγχου) Τα δεδομένα από το γνωσιακό σύστημα προς τους αισθητήρες περιβάλλοντος ελέγχουν εκείνους τους αισθητήρες που ανοίγουν και κλείνουν, που θέτουν τις παραμέτρους ελέγχου και που επαληθεύουν τα εσωτερικά μονοπάτια από τους αισθητήρες περιβάλλοντος.
12. Effectors–Environment: Τα δεδομένα από τους effectors προς του αισθητήρες περιβάλλοντος θα πρέπει να είναι σε κωδικοποιημένη πληροφορία.
13. User SP–Sys Apps: Τα δεδομένα από το σύστημα αισθητήριας αντίληψης των χρηστών (User SP) προς τις εφαρμογές του συστήματος αποτελεί το αρχικό μονοπάτι για

τα multimedia streams και οι καταστάσεις οντοτήτων που επηρεάζουν την υπηρεσία πληροφορίας υλοποιούνται ως εφαρμογές συστημάτων. Η ομιλία, οι εικόνες και τα video μεταφέρονται κατά μήκος αυτού του μονοπατιού για την διανομή τους από τη σχετική εφαρμογή του συστήματος ή την υπηρεσία πληροφοριών στο συνδεδεμένο καλώδιο ή SDR μονοπάτι επικοινωνίας. Η Sys Apps υπερνικά τους περιορισμούς των μεμονωμένων μονοπατιών διατηρώντας τη συνοχή των συνομιλιών, την ακεραιότητα των δεδομένων και τη συνοχή της εφαρμογής (π.χ., για τα multimedia παιχνίδια).

14. Environment–Sys Apps: Τα δεδομένα αυτού του μονοπατιού βοηθούν τις εφαρμογές συστημάτων μέσω της φυσικής συνειδητοποίησης περιβάλλοντος και θέσης.

15. Sys Apps–Sys Apps: Οι διαφορετικές υπηρεσίες πληροφοριών επικοινωνούν περνώντας τον έλεγχο των πληροφοριών και τις multimedia ροές το ένα στο άλλο μέσω αυτής της διεπαφής.

16. SDR–Sys Apps: Αυτό είναι το αρχικό μονοπάτι που μεταφέρει τις εξωτερικές επικοινωνίες. Περιλαμβάνει τον έλεγχο και multimedia πληροφορίες προς όλες τις υπηρεσίες πληροφοριών μέσω ενσύρματων και ασύρματων διεπαφών.

17. Cognition–Sys Apps: μέσω αυτού του μονοπατιού η AACR <Self/> ασκεί τον έλεγχο στις υπηρεσίες πληροφοριών.

18. Effectors–Sys Apps: Οι Effectors παρέχουν τυχαία ανατροφοδότηση στις υπηρεσίες πληροφοριών μέσω αυτού του μονοπατιού.

19. User SP–SDR: Το σύστημα αισθητήρια αντίληψη μπορεί να στείλει περιορισμένα μη επεξεργασμένα στοιχεία άμεσα στο υποσύστημα SDR μέσω αυτού του μονοπατιού, παραδείγματος χάριν, προκειμένου να τηρηθούν οι κανόνες ασφάλειας για τη βιομετρική.

20. Environment–SDR: Οι αισθητήρες περιβάλλοντος όπως το GPS ιστορικά είχαν άμεσα πρόσβαση στις κυματομορφές SDR, όπως η παροχή συγχρονισμένων δεδομένων για την παραγωγή σημάτων αεροπορικών διεπαφών. Το γνωσιακό σύστημα μπορεί να καθιερώσει τέτοια μονοπάτια εάν η γνώση δεν παρέχει καμία προστιθέμενη έννοια. Η χρήση αυτού του μονοπατιού αποφεύγεται επειδή όλοι οι αισθητήρες περιβάλλοντος συμπεριλαμβανομένου του GPS θεωρείται αναξιόπιστη. Η γνώση έχει την ικανότητα αναβαθμίζει το GPS με το να αναγνωρίζει για παράδειγμα στο video ότι το <Self/> είναι σε ένα φαράγγι και κατά συνέπεια να αναφέρει την εκτίμηση της θέσης του βασισμένη στο συσχετισμό ορόσημων.

21. Sys Apps–SDR: Αυτό είναι το αρχικό μονοπάτι από την υπηρεσία πληροφοριών στο SDR μέσω του API.

22. SDR–SDR: Η άμεση διασύνδεση των διαφορετικών ασύρματων υπηρεσιών μέσω αυτής της διεπαφής δεν προτιμάται. Εάν οι υπηρεσίες φωνής πρέπει να συνδεθούν η μια με την άλλη πρέπει να υπάρξει μια υπηρεσία που να θα λειτουργεί σαν γέφυρα με το Sys Apps.

23. Cognition–SDR: Αυτή είναι η αρχική διεπαφή του ελέγχου της ραδιοεπικοινωνίας, αντικαθιστώντας τον έλεγχο της διεπαφής της SDR SCA και της OMG SRA.

24. Effectors–SDR: Οι Effectors όπως η λεκτική σύνθεση και οι εκθέσεις μπορούν να παρέχουν άμεσα τις καταστάσεις της πληροφορίας στις κυματομορφές SDR μέσω αυτής της διεπαφής.

25. User SP–Cognition: Αυτή είναι η αρχική ροή για τις αντιλήψεις και ειδικά για τις καταστάσεις των οντοτήτων <Entities/> στο χώρο, τα όρια αυτών, τα γνωστά οχήματα, τα έπιπλα κ.λ.π.

26. Environment–Cognition: Αυτή είναι η αρχική ροή για τους αισθητήρες περιβάλλοντος.
27. Sys Apps–Cognition: Αυτή είναι η διεπαφή μέσω της οποίας οι υπηρεσίες πληροφοριών ζητούν και λαμβάνουν την υποστήριξη από την AACR <Self/>. Αυτή είναι επίσης η διεπαφή ελέγχου από την οποία η γνώση οργανώνεται, ελέγχει, και καταργεί τις υπηρεσίες πληροφοριών.
28. SDR–Cognition: Αυτή είναι η αρχική διεπαφή με την οποία η κατάσταση των κυματομορφών μετατρέπεται σε γνώση. Μέσω αυτής της διεπαφής η γνώση μπορεί να επαληθεύσει τις πρωταρχικές και εφεδρικές κυματομορφές για τις υπηρεσίες πληροφοριών επιτρέποντας στις τελευταίες να επιλέγουν σε πραγματικό χρόνο τα μονοπάτια για τις λανθάνουσες υπηρεσίες. Τέτοιες συμπεριφορές παρακολουθούνται για την ποιότητα και την ισχύ τους (π.χ., obeying XG rules) από το γνωσιακό σύστημα.
29. Cognition–Cognition: Το γνωσιακό σύστημα
- (1) προσανατολίζει το <Self/> σε πληροφορίες που λαμβάνει από τη ραδιοσυχνότητα <RF/> μέσω της SDR και από τις αντιλήψεις του χώρου,
  - (2) το καθιστά ικανό να δημιουργεί σενάρια,
  - (3) το καθιστά ικανό να λαμβάνει αποφάσεις, και
  - (4) αρχικοποιεί ενέργειες, συμπεριλαμβανομένου του ελέγχου των πόρων. Ο χρήστης <User/> μπορεί άμεσα να ελέγξει οτιδήποτε μέσω των μονοπατιών του γνωσιακού συστήματος και το σύστημα με τη σειρά του έχει τη δυνατότητα να παρακολουθεί το χρήστη για να μάθει από τις άμεσες ενέργειές του.
30. Effectors–Cognition: Αυτή είναι η αρχική ροή για την κατάσταση πληροφοριών του Effector.
31. User SP–Effectors: Ο user SP δεν πρέπει να συνδέεται άμεσα με τους effectors, αλλά πρέπει να οδηγείται μέσω της γνώσης στην ενδοσκόπηση του εαυτού του.
32. Environment–Effectors: Τα στοιχεία του περιβάλλοντος δεν πρέπει τυπικά να συνδέονται άμεσα με τους effectors.
33. Sys Apps–Effectors: Οι εφαρμογές συστημάτων μπορούν να προβάλλουν streams, να παραγάγουν ομιλία, και να ελέγξουν άμεσα τους effectors μόλις η γνώση επαληθεύσει τα μονοπάτια και τους περιορισμούς που θα θέσει.
34. SDR–Effectors: Αυτό το μονοπάτι μπορεί να συνδέσει τη διαδρομή φωνής μιας SDR με ένα ακουστικό, αλλά η SDR πρέπει να παρέχει streams στο Sys Apps. Αυτό το μονοπάτι ενδέχεται να είναι απαραίτητο για τη συμβατότητα αλλά δεν προτιμάται.
35. Cognition–Effectors: Αυτό είναι το αρχικό μονοπάτι για τον έλεγχο των effectors. Οι υπηρεσίες πληροφοριών παρέχουν τα streams στους effectors, αλλά η γνώση τους οργανώνει, θέτει τους περιορισμούς και ελέγχει τις ροές της πληροφορίας.
36. Effectors–Effectors: Αυτά τα μονοπάτια δεν προτιμώνται.

Η μινιμαλιστική αρχιτεκτονική της εικόνας 2-2 και οι λειτουργικές διεπαφές του πίνακα 2-1 δεν βοηθούν τον μηχανικό ραδιοεπικοινωνίας στη δόμηση του δίπτυχου ποιότητα της πληροφορίας (QoI) -σχετικής γνώσης και στην ενσωμάτωση του μηχανισμού εκμάθησης στο σύστημα. Το καλά σχεδιασμένο στικτό διάγραμμα της CRA αυτής της παραγράφου εξετάζει πληρέστερα αυτά τα τρία βασικά χαρακτηριστικά της γνώσης.

Κατ' αρχήν, η γνώση της ραδιοεπικοινωνίας πρέπει να μεταφερθεί από το επίπεδο της εφαρμοσμένης μηχανικής σε ένα επίπεδο υπολογιστικά προσιτών, δομημένων τεχνικών γνώσεων σχετικά με αυτή. Η Radio XML είναι το κύριο μέσο που αναπτύσσεται για τη διαμόρφωση της γνώσης της ραδιοεπικοινωνίας. Έτσι αρχίζει μια διαδικασία ορισμού και της ανάπτυξης της RXML που μοναδικά μπορεί να πραγματοποιηθεί κατά τη διάρκεια του χρόνου, μια διαδικασία παρόμοια με την εξέλιξη της SCA στο SDR Forum. Η RXML επιτρέπει τον αυτοματισμό της ραδιοσυχνότητας RF και το πλήθος των γνώσεων των χρηστών για ενισχυμένη ποιότητα πληροφορίας (QoI) όπως στο SCA επιτρέπει τον αυτοματισμό των χαρακτηριστικών της ραδιοεπικοινωνίας.

Το World Wide Web αναπτύσσει πλέον υπολογιστικές οντολογίες, μερικές από τις οποίες δεν είναι εξειδικευμένες σε συγκεκριμένο αντικείμενο αλλά περιλαμβάνουν στοιχεία ραδιοεπικοινωνίας, όπως την ανοικτή οντολογία CYC. Με αυτό τον τρόπο ο τομέας της ραδιοεπικοινωνίας εισέρχεται δυναμικά στο σημασιολογικό Ιστό, ο οποίος βοηθά ανθρώπους και αλγόριθμους να μάθουν για τη ραδιοεπικοινωνία. Αυτή η άτυπη γνώση στερείται της τεχνικής κατάρτισης, της ακρίβειας και της ορθότητας των επίσημων αυθεντικών αναφορών ραδιοεπικοινωνίας όπως είναι τα πρωτόκολλα ETSI GSM Μου και ITU 3GPP. Στην ουσία η γνώση της ραδιοεπικοινωνίας όχι μόνο πρέπει να είναι ακριβής, αλλά πρέπει να δηλωθεί σε επίπεδο αφαίρεσης, ανάλογο με το επίπεδο λεπτομέρειας που είναι κατάλληλο για τα use case. Κατά συνέπεια, το GSM ETSI στις περισσότερες περιπτώσεις θα πρέπει να αφθονεί σε επίπεδο λεπτομέρειας της γνώσης αλλά και να ξεπερνά την έλλειψη επαρκούς γνώσης χρήστη- λειτουργικής προοπτικής του GSM. Επιπλέον, η AACR είναι μια multiband και πολλαπλών καταστάσεων ραδιοεπικοινωνία (MBMMR), με αποτέλεσμα η γνώση να πρέπει να είναι περιεκτική, εξετάζοντας την πλειοψηφία των ζωνών και των καταστάσεων ραδιοεπικοινωνίας. Επομένως η γνώση ραδιοεπικοινωνίας που απαιτείται για μια ικανή γνωσιακή ραδιοεπικοινωνία CR στις ζώνες της MBMMR από τα HF στο επίπεδο αφαίρεσης είναι κατάλληλη για την εσωτερική λογική, τον τυπικό διάλογο με ένα CWN και τον άτυπο διάλογο με τους χρήστες. Ο πίνακας 2-2 αφορά τα πρότυπα ITU για τις δυνατότητες της CRA σε ημερήσια διάταξη για την εξαγωγή του περιεχομένου των επίσημων εγγράφων που εφαρμόζουν την ουσιαστική αρχή, συμπυκνώνοντας τη γνώση προσεγγιστικά με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι λογικά τοποθετημένη στους κόμβους της AACR.

Ο πίνακας είναι επεξηγηματικός, χωρίς πολλές λεπτομέρειες, αλλά χαρακτηρίζει τα τεχνικά θέματα που οδηγούν στην αρχιτεκτονική των γνωσιακών τμημάτων. Τα ITU, ETSI, άλλα περιφερειακά και τοπικά προτύπα και η γνώση του CWN τροφοδοτεί τους κόμβους της AACR σαν μια επιτόπια αποθήκη για την επίτευξη μια αυθεντικής γνώσης. Το αρχικό σώμα της τυποποιημένης γνώσης ραδιοεπικοινωνίας παρέχεται από το <Self> <RF/> </Self> μαζί με τη CD- ROM/ιστοσελίδα.

Έπειτα, η γνώση που προέρχεται από τους χρηστών πρέπει να τυποποιηθεί σε επίπεδο αφαίρεσης και στο βαθμό λεπτομέρειας που είναι απαραίτητο για να μπορέσει η CR να χρησιμοποιείσει ως εφελθτήριο τη γνώση των χρηστών για την αύξηση της ποιότητας της πληροφορίας (QoI). Η συνεχώς αυξανόμενη απόκτηση γνώσης χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στην εισαγωγή στην AML από την περιγραφή του ιστογράμματος <Histogram/> που μπορούσε να προσδιορίσει τις δυνατότητες της εκμάθησης. Οι

αποτελεσματικές περιπτώσεις χρήσης (use cases) προσδιορίζουν σαφώς τις κατηγορίες των χρηστών και την γνώση που απαιτείται για να προσαρμοστεί η τελευταία στις προβλεπόμενες υπηρεσίες για την ενίσχυση της ποιότητας της πληροφορίας QoI. Οι περιπτώσεις χρήσης μπορούν επίσης να παρέχουν επαρκή αρχική γνώση για να καταστήσουν την συνεχώς αναπτυσσόμενη AML όχι μόνο αποτελεσματική αλλά και ευχάριστη στο χρήστη.

Need	Source Knowledge	AACR Internalization
Sense RF	RF platform	Calibration of RF, noise floor, antennas, direction
Perceive RF	ITU, ETSI, ARIB, RAs	Location-based table of radio spectrum allocation
Observe RF (sense and perceive)	Unknown RF Known RF conforms to ITU, ETSI, etc.	RF sensor measurements and knowledge of basic types (AM, FM, simple digital channel symbols, typical TDMA, FDMA, CDMA signal structures)
Orient	XG-like policy	Receive, parse, and interpret policy language
	Known waveform	Measure parameters in RF, space, and time; interact per protocol stack
Plan	Known waveform	Enable SDR for which licensing is current
	Restrictive policy	Optimize transmitted waveform, space-time plan
Decide	Legacy waveform, policy	Defer spectrum use to legacy users per policy
Act	Applications layer	Query for available services (white/yellow pages)
	ITU, ETSI, . . . , CWN	Obtain new skills encapsulated as download
Learn	Air Interface	Operate waveform
	Unknown RF	Remember space-time-RF signatures; discover spectrum-use norms and exceptions
	ITU, ETSI, . . . , CWN	Extract relevant aspects such as new feature

Πίνακας 2-2.

Για να συσχετιστεί μια περίπτωση χρήσης με επτά δυνατότητες της iCR, πρέπει να εξάχθούν συγκεκριμένα και εύκολα αναγνωρίσιμα <Anchors/> για τις τυπικές καταστάσεις που γίνονται αισθητές σε διαφορετικούς χρόνους, τόπους και καταστάσεις. Αυτό εκφράζεται με τη γνώση των Anchors που χρησιμοποιεί η RXML. Ο πίνακας 2-3 επεξηγεί αυτήν την διαδικασία για τις SINCGARS-Sparky και FCC unused-TV channel περιπτώσεις χρήσης.

Need	Source Knowledge	AACR Internalization
Observe User	Sparky use case	Sense voice and face; perceive "Sparky" <User> <Name> "Sparky" </Name> <Speaker-model> <Face-model></User>
Observe Scene	TV use case	Sense and perceive Joe, Lynné, and Dan's voice and face <User> <Name> "Joe" </Name> <Speaker-model/> <Face-model/> </User>
Orient	Sparky use case	Recognize request for existing SINCGARS SDR waveform
Plan	TV use case	Recognize request to create a walkie-talkie
	Sparky use case	Extract SINCGARS training setup from the <SOI/> via database query and retrieval from network server
Decide	TV use case	Create Part 15 ad hoc wireless network
	Sparky use case	Get permission from Sparky via <Speech-recognizer/>
Act	TV use case	Get permission from Joe via <Speech-recognizer/>
	Sparky use case	Instantiate SINCGARS and enable training password
Learn	TV use case	Instantiate walkie-talkie waveform template for UHF TV Channel 68
	Sparky use case TV use case	Acquire training password "Second Guessing" Adapt walkie-talkie waveform template to UHF 24 when legacy use is detected on UHF 68

Πίνακας 2-3.

Η ομιλία, η γλώσσα, και οι οπτικές προτροπές παράγονται συνεχώς και σηματοδοτούν την πρόθεση χρηστών. Η εμφάνιση των Charlie and Genie CWPDAs βοηθά στη συνεχή παρακολούθηση των καταστάσεων του χρήστη, και στην απόκτηση των οπτικών προτροπών. Οι γνωστικές αίθουσες συνεδριάσεων (Cognitive meeting rooms) αναπτύσσονται ακόμη. Η εξατομίκευση τέτοιων των τεχνολογιών σε AACR ραδιοεπικοινωνία πρέπει να αποτελέσει το έναυσμα για την υλοποίησή της. Η καλύτερη διασύνδεση απαιτεί την κανονικοποίηση της γνώσης μεταξύ των πειοχών του χρήστη <User/> και της ραδιοσυχνότητας <RF/>. Εάν, παραδείγματος χάριν, ο χρήστης <User/> λέει, "τι γίνεται στο 1 0 7-7," ενώ είναι στο αυτοκίνητο στο δρόμο για τη δουλειά στην Ουάσιγκτον, την περιοχή DC, θα πρέπει ηδυναμική <User/> οντολογία να επιτρέψει στην AACR να συμπεράνει ότι ο χρήστης μιλά για την τρέχουσα FM ραδιοφωνική μετάδοση, οι μονάδες είναι megahertz (MHz), και ο χρήστης θέλει να ξέρει τι είναι στο WTOP. Εάν δεν μπορεί να συμπεράνει αυτήν την ερώτηση, κατόπιν πρέπει να ζητήσει από το χρήστη να κάνει αυτό που επιθυμεί μόνος του, και παρατηρώντας την επιλογή του χρήστη να βάλει τον ραδιοφωνικό σταθμό στα 107,7 FM, να μάθει από την παρατήρηση αυτή. Η προσαρμογή στις προτιμήσεις του χρήστη απαιτεί μια αδιάλειπτη προσπάθεια προσαρμογής εκ μέρους της <User/> οντολογίας ανανεώνοντας την περιοχή γνώσης του χρήστη <User/> με εννοιολογικά στοιχεία και ενέργειες στην περιοχή της ραδιοσυχνότητας <RF/>.



Η διαδικασία σύνδεσης των εκφράσεων που χρησιμοποιούν οι χρήστες ή η ανάγκη <Need/> για τις κατάλληλες τεχνικές διαδικασίες ραδιοεπικοινωνίας μερικές φορές μπορεί να αποδειχθεί εξαιρετικά δύσκολο εγχείρημα. Οι στρατιωτικές ραδιοεπικοινωνίες, παραδείγματος χάριν, έχουν πολλές τεχνικές παραμέτρους. Ένα "κανάλι" σε SINCGARS μπορεί να αποτελείται από μια συνεχή ψηφιακή φωνή σε ένα πλαίσιο (μεταδόσεις φωνής) ή μια ζώνη 25 kHz του φάσματος σε ένα άλλο πλαίσιο. Εάν ο χρήστης λέει, η "χρειάζομαι το κανάλι του διοικητή," ο χρήστης του SINCGARS μιλά για "το CVSD stream φωνής". Εάν ο ίδιος χρήστης μερικά δευτερόλεπτα αργότερα λέει, "Ακούγεται με θόρυβο. Ποιος άλλος είναι σε αυτό το κανάλι;" ο χρήστης αναφέρεται σε παρεμβολές μιας συλλογής στοιχείων που λαθραία ακροάζουν. Εάν η CR παρατηρεί ότι, "υπάρχει μια ισχυρή παρεμβολή σχεδόν στα μισά από τα διαθέσιμα κανάλια," θα πρέπει η CR να αναφέρει ένα σχετικό σύνολο 25 kHz καναλιών. Εάν ο χρήστης συνεχίσει λέγοντας, "σημείωσε τα τρία κυριότερα 3 κανάλια παρεμβολής," τότε μιλά για ένα διαφορετικό υποσύνολο καναλιών. Η ερώτηση, "υπάρχει τίποτα στο κανάλι έκτακτης ανάγκης;" μεταστρέφει το πλαίσιο από τη SINCGARS στο <Self/>, ζητώντας πρόσβαση σε ένα φυσικό κανάλι ραδιοσυχνότητας RF. Τέτοιες ανταλλαγές εξαλείφουν το ρόλο του διαχειριστή ραδιοεπικοινωνίας αλλά απαιτούν συνδιαστική εκπαίδευση. Υποψήφιες μέθοδοι για συνδιαστική εκπαίδευση που καλούνται για τα σχετικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα της αρχιτεκτονικής είναι οι εξής:

1. Τη ραδιοσυχνότητα <RF/> σε χρήστη<User/> διαμορφώνοντας το διάλογο για να εκφράσει ακριβείς έννοιες ραδιοσυχνότητας <RF/> στους μη ειδικούς χρήστες με έναν διαισθητικό τρόπο, όπως:

(a) Διάλογος: "Εάν περιστρέψετε το απομακρυσμένο κιβώτιο ομιλίας θα παρατηρήσετε μια μεγάλη διαφορά στη λήψη από τον ασύρματο αναμεταδότη στην TV."

(b) Σημασία για την CRA: Περιλαμβάνει ένα πλούσιο σύνολο συνώνυμων τεχνικών όρων για τη ραδιοεπικοινωνία (<Antenna> \_ <Wireless-remote-speaker> \_ "Speaker box").

2. Τη ραδιοσυχνότητα <RF/> σε χρήστη<User/> μαθαίνοντας μια επαγγελματική γλώσσα που εκφράζει τις δυνατότητες συνδεσιμότητας της ραδιοσυχνότητας <RF> με όρους του χρήστη <User>.

(a) Διάλογος: " T O P" αντί για WTOP, "άμεσα ενενήντα δύο" αντί για FM 92,7, " Guppy" αντί για " E2C Echo Grand στα 422,1 MHz."

(b) Σημασία για την CRA: Δυνατότητα για την αναπροσαρμογή του διαλόγου σε ένα ενιαίο στιγμιότυπο της επαγγελματικής γλώσσας των χρηστών.

3. Τη ραδιοσυχνότητα <RF/> σε χρήστη <User/> συσχετίζοντας τιμές με ενέργειες: συσχέτιση της έκφρασης τιμών του χρήστη <User> ("χαμηλότερο κόστος") με τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της κατάστασης του χρήστη (<Home/>) που είναι υπολογίσιμα (<CONTAINS> <Situation> <Home/> </Situation> </CONTAINS>) και αυτή αφορά άμεσα το πεδίο αποφάσεων της ραδιοσυχνότητας <RF/>.

(a) < Κατάσταση/>: λογικά περιμένει ελεύθερο WLAN για μεγάλη σύνδεση. Εάν <AND> <Home/> <NOT> WLAN </NOT> </AND>, ρωτά εάν ο χρήστης θέλει να πληρώσει για 3G υπηρεσία.

(b) Σημασία για την CRA: ιεραρχία συμπεράσματος που συσχετίζει τα αξιωσημείωτα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του χώρου <Scene/> και τις επιθυμίες των χρηστών, όπως το κόστος <Cost/>.

#### 2.1.4 Αυτο-αναφερόμενα συστατικά

Το γνωσιακό τμήμα πρέπει να αξιολογήσει και να διαχειριστεί όλους τους πόρους του, συμπεριλαμβανομένης της αυθεντικοποίησης των downloads. Κατά συνέπεια, εκτός από τους τομείς της ραδιοσυχνότητας < RF/> και του χρήστη <User/>, η RXML πρέπει να περιγράψει το <Self/> προς <Self/> για να αποκτήσει μια αυτοαναφερόμενη λογική. Αυτή η λογική είναι ευρέως γνωστή στη θεωρία των υπολογιστικών συστημάτων για να αποτελεί πλέον μια πιθανή μαύρη τρύπα στους υπολογιστικούς πόρους. Ειδικότερα, οποιαδήποτε Turing-capable υπολογιστική οντότητα (TC) που λειτουργεί λογικά μπορεί να εισάγει ένα βρόχο Gödel–Turing από τον οποίο δεν μπορεί να ανακάμψει. Κατά συνέπεια, τα συστήματα TC είναι γνωστά ως μερικώς καθορισμένα επειδή η προσπάθειά τους να εκτελέσουν ορισμένες διεργασίες δεν τερματίζεται ποτέ (ατέρμονοι βρόγχοι). Για να αποφευχθεί αυτό το παράδοξο, η CRA εξουσιοδοτεί τη χρήση μόνο των "συνολικών" συναρτήσεων, που περιορίζονται από την ελαχιστοποίηση των ορίων. Ελέγχοντας με μετρητές ή χρονόμετρα τις συναρτήσεις πρέπει να είναι ανα πάσα στιγμή σε εγρήγορση για να όλες τις λειτουργίες ραδιοεπικοινωνίες. Το χρονόμετρο και το σχετικό υπολογιστικά αδιαίρετο κατασκευάσμα ελέγχου είναι ισοδύναμο με ένα υπολογιστή-θεωρητικό κατασκευάσμα μιας συνάρτησης με μετρητή πέρα από τα όρια μιας "πεπερασμένης ελαχιστοποίηση." Έχει αποδειχθεί ότι οι υπολογισμοί που περιορίζονται-ελέγχονται με αξιόπιστα χρονόμετρα μπορούν να αποφύγουν το παράδοξο Gödel–Turing όσον αφορά την αξιοπιστία του χρονομέτρου. Αυτή η απόδειξη είναι ένα θεμελιώδες θεώρημα για τα πρακτικά αυτο-μεταβαλλόμενα συστήματα.

Συνοπτικά, εάν ένα σύστημα μπορεί να υπολογίσει εκ των προτέρων το χρονικό διάστημα ή τον αριθμό των εντολών που οποιοσδήποτε υπολογισμός πρέπει να λάβει, και αν ο χρόνος ή η αρίθμηση των βημάτων υπερβεί τα όρια, τότε η διαδικασία επιστρέφει ένα standard αποτέλεσμα όπως "ανέφικτο μέσα σε χρόνο t". Εφ' όσον δεν επανεκκινείται ο αλγόριθμος ρητά ή σιωπηρά στο ίδιο πρόβλημα το παράδοξο αποφεύγεται. Ωστόσο η AACR είναι επαρκώς υπολογιστικά ικανή να εκτελεί σε πραγματικό χρόνο τους στόχους της επικοινωνίας όπως είναι η διαβίβαση και η λήψη των δεδομένων και οριακών συναρτήσεων σε διεπαφές με τον χρήστη. Διαφορετικά, η AACR τελικά θα προκαλούσε λειτουργικά σφάλματα (crash), καταναλώνοντας απεριόριστους πόρους σε έναν αυτοαναφερόμενο βρόχο. Αυτό δεν αποτελεί ένα γενικό συμπέρασμα, αλλά είναι καλά προσδιορισμένο στον τομέα των ραδιοεπικοινωνιών, που καθιερώθηκε μόνο για τις ισόχρονες επικοινωνίες. Συγκεκριμένα, για κάθε κατάσταση, υπάρχει μια default δράση που καταναλώνει με πολυπλοκότητα  $O(1)$  τους πόρους που επιβάλλονται από ένα αξιόπιστο χρονόμετρο ή μια άλλη συνάρτηση με μετρητή με βήμα 1. Δεδομένου ότι οι στρατιωτικές διεπαφές ραδιοεπικοινωνίας μεταδίδουν και λαμβάνουν τα δεδομένα, υπάρχουν πάντα προεπιλογές (defaults) όπως "επανάληψη του τελευταίου πακέτου" ή "αρχικοποίηση/άδειασμα του buffer" οι οποίες μπορούν να υποβαθμίσουν την απόδοση του γενικού συστήματος επικοινωνιών αλλά με πολυπλοκότητα  $O(1)$ . Δεδομένου ότι υπάρχουν προγραμματιστικά προβλήματα που δεν μπορούν να επιλυθούν με αλγορίθμους με πολλούς περιορισμούς, είτε μια κοινότητα CRs χωρίς περιορισμούς πρέπει συνεταιριστικά να εργαστεί στα γενικότερα

προβλήματα, είτε τα CN(cognitive networks) πρέπει να υιοθετήσουν έναν Turing-capable αλγόριθμο για να επιλύσουν δυσκολότερα προβλήματα π.χ. NP-hard με το μεγάλο N, ανεξάρτητα από τις υπολογιστικές μεθόδους ραδιοεπικοινωνίας. Κατά συνέπεια η CRA κατασκευάζει συστήματα που όχι μόνο μπορούν να τροποποιηθούν μόνο τους, αλλά μπορούν να το κάνουν κατά τέτοιο τρόπο ώστε δεν θα προκαλέσουν μη ανακτήσιμα λειτουργικά σφάλματα από αυτο-αναφερόμενους υπολογισμούς.

### 2.1.5 Εύκαμπτη αρχιτεκτονική τμημάτων

Αν και εδώ αναπτύξαμε τα έξι-τμήματα της CRA και μια συγκεκριμένη αρχιτεκτονική πληροφοριών, υπάρχουν πολλές πιθανές γνωσιακές αρχιτεκτονικές ραδιοεπικοινωνίας. Σκοπός δεν είναι να προσπαθήσουμε να τα έξι αυτά τμήματα ως την καλύτερη επιλογή, αλλά να αναπτύξουμε τις αρχές αυτής της αρχιτεκτονικής. Η CRA και η αναζήτηση προτύπων, CR1, προσφέρουν επιπλέον μια open-source αδειοδότηση για μη κερδοσκοπικούς εκπαιδευτικούς σκοπούς.

## 2.2 CRA II: Ο γνωσιακός κύκλος

Το γνωσιακό τμήμα της CRA περιλαμβάνει μια χρονολογική οργάνωση και μια ροή συμπερασμάτων και καταστάσεων ελέγχου, τον γνωσιακό κύκλο.

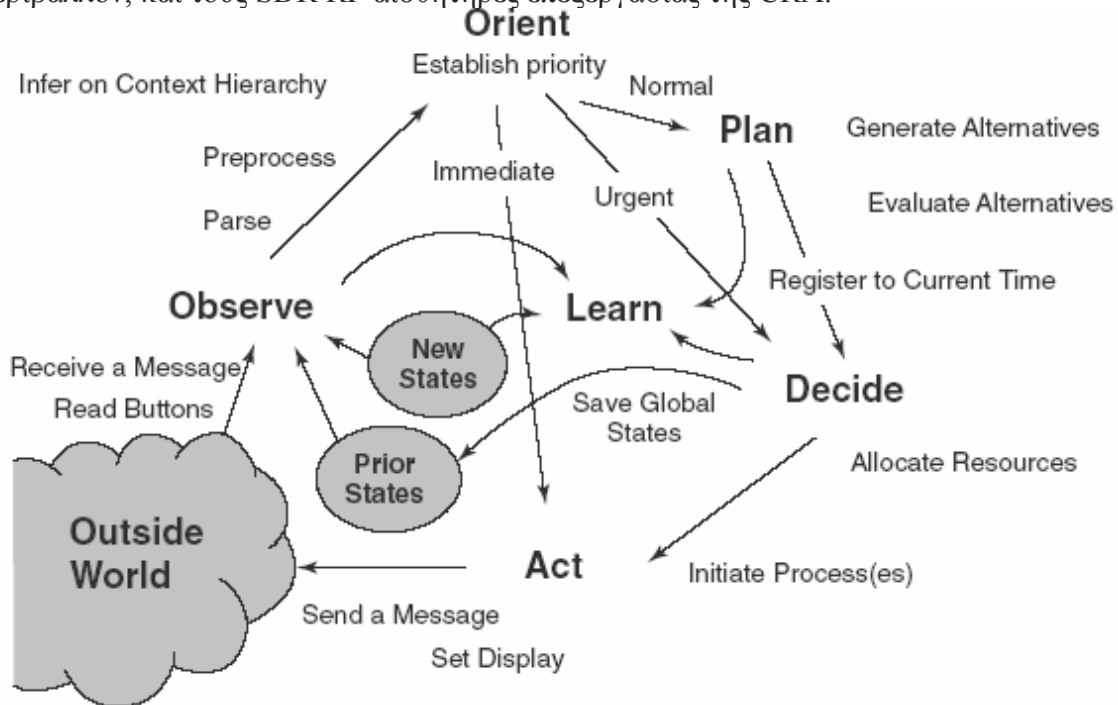
### 2.2.1 Ο γνωσιακός κύκλος

Ο γνωσιακός κύκλος που εφαρμόζεται με τη γλώσσα προγραμματισμού Java στη CR1 αποτυπώνεται στην εικόνα 5-3. Αυτός ο κύκλος συνθέτει το γνωσιακό τμήμα της CRA με προφανή τρόπο. Τα ερεθίσματα εισάγονται στη γνωσιακή ραδιοεπικοινωνία σαν αισθητήριες διακοπές, που αποστέλλονται στο γνωσιακό κύκλο σε μια απόκριση. Μια τέτοια iCR παρατηρεί αδειάλειπτα (αισθήσεις και αντιλήψεις) το περιβάλλον, προσανατολίζεται μόνη τους, δημιουργεί τα σενάρια, αποφασίζει, και έπειτα πράττει. Σε ένα σύστημα διεπαφών ανεξάρτητων επεξεργαστών όπως ένα moteTM, η ροή ελέγχου της CR κινείται επίσης στον κύκλο από την παρατήρηση στη δράση. Σε ένα σύστημα πολυεπεξεργαστών, οι χρονικές δομές της αντίληψης, της προεπεξεργασίας, της λογικής και των ενεργειών μπορούν να είναι παράλληλες. Η διαδικασία του σχήματος 5-3 καλείται περίοδος-κατάσταση αφύπνισης επειδή η λογική κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου αποτελεί μια αντίδραση στο περιβάλλον. Επίσης μπορούν να υπάρχουν και περίοδοι-καταστάσεις αναμονής (sleep) για να υπάρξουν ενδοσκοπικοί συλλογισμοί ή περίοδοι-καταστάσεις επίκλησης όπου ζητείται βοήθεια από μια ανώτερη αρχή. Κατά τη διάρκεια της περιόδου αφύπνισης, η παραλαβή ενός νέου ερεθίσματος σε οποιονδήποτε από τους αισθητήρες της CR ή η ολοκλήρωση ενός προγενέστερου γνωσιακού κύκλου εκκινεί έναν νέο κύκλο.

### 2.2.2 Παρατήρηση (αίσθηση και αντίληψη)

Η CR παρατηρεί το περιβάλλον της αναλύοντας τις ροές των εισερχόμενων ερεθισμάτων. Αυτές μπορούν να περιλαμβάνουν τον έλεγχο για τη μετατροπή ομιλίας σε κείμενο ραδιοφωνικών μεταδόσεων ραδιοεπικοινωνίας (π.χ., το κανάλι καιρού). Στη

φάση της παρατήρησης, η CR έχει γνώση για τη θέση, τη θερμοκρασία, τους αισθητήρες χαμηλού επιπέδου και από αυτές τις παραμέτρους προκύπτει και το πλαίσιο επικοινωνιών. Σε αυτή τη φάση συλλέγονται αυτά τα ερεθίσματα ως προγενέστερη εμπειρία για να ανιχνευθούν τα patterns κατά τη διάρκεια του χρόνου. Τα CR1 συναθροίζουν την εμπειρία με το να ανακαλούν τα πάντα στη μνήμη τους. Όλοι οι ήχοι, όλα τα emails, και όλες οι καταστάσεις ραδιοεπικοινωνίας που μπορεί κάποιος να λάβει σε ένα έτος καταλαμβάνουν μερικές εκατοντάδες gigabytes, ανάλογα με τη λεπτομέρεια που περιέχουν. Έτσι η υπολογιστική αρχιτεκτονική ανακτά από την μνήμη της και συσχετίζει γρήγορα την τρέχουσα εμπειρία με την προγενέστερη και αποτελεί την βασικότερη ικανότητα της CRA. Η φάση της παρατήρησης συνδέει το User SP, το περιβάλλον, και τους SDR RF αισθητήρες επεξεργασίας της CRA.



### 2.2.3 Προσανατολισμός

Η φάση προσανατολισμού καθορίζει τη σημαντικότητα μιας παρατήρησης ενσωματώνοντας την παρατήρηση σε ένα εκ των προτέρων γνωστό σύνολο ερεθισμάτων ή χώρου <Scene/>. Αυτή η φάση λειτουργεί στις εσωτερικές δομές δεδομένων που είναι ανάλογες με την βραχύχρονη μνήμη (short-term memory- STM) όπου τα άτομα συμμετέχουν σε έναν διάλογο χωρίς απαραίτητα να κρατούν στην μνήμη τους τα πάντα στον ίδιο βαθμό με την μακροπρόθεσμη μνήμη (long-term memory). Το φυσικό περιβάλλον παρέχει εκείνη την αφθονία που απαιτείται για να υποκινήσει τη μεταφορά από την βραχυπρόθεσμη μνήμη (STM) στη μακροπρόθεσμη μνήμη (LTM). Στη CRA, η μεταφορά από το STM στην LTM είναι μια ενδιάμεση κατάσταση στον κύκλο αναμονής (sleep) στον οποίο το περιεχόμενο της STM μέχρι τον τελευταίο κύκλο αναμονής αναλύεται ο αλληλοσεβασμός και η σχέση με την υπάρχουσα LTM. Το θέμα είναι πώς θα παραμείνει ένα σημαντικό ερευνητικό θέμα για την CRA, ενώ η διαδικασία αυτή είναι καθορισμένη στη CRA. Το ταίριασμα των τρεχόντων ερεθισμάτων για να αποθηκευτεί η

εμπειρία μπορεί να επιτευχθεί με την αναγνώριση αυτών των ερεθισμάτων ή με την ενσωμάτωσή τους.

Η μεν αναγνώριση ερεθισμάτων εμφανίζεται όταν υπάρχει μια ακριβής αντιστοιχία μεταξύ ενός τρέχοντος ερεθίσματος και μιας προγενέστερης εμπειρίας. Η αντίδραση μπορεί να είναι απαραίτητη ή λανθασμένη. Κάθε ερέθισμα τίθεται σε ένα μεγαλύτερο πλαίσιο, που περιλαμβάνει πρόσθετα ερεθίσματα και τις σχετιζόμενες εσωτερικές καταστάσεις, συμπεριλαμβανομένου και του χρόνου. Μερικές φορές, η φάση προσανατολισμού αναγκάζει μια ενέργεια να αρχίσει αμέσως ως μια αντιδρούσα συμπεριφορά –απάντηση στα ερεθίσματα. Μια διακοπή ρεύματος, παραδείγματος χάριν, μπορεί άμεσα να καλέσει μια ενέργεια που σώζει τα δεδομένα (Immediate path της εικόνας). Μια μη ανακτήσιμη απώλεια σήματος σε ένα δίκτυο μπορεί να καλέσει την αναδιανομή των πόρων, παραδείγματος χάριν, από την ανάλυση της ομιλίας στην αναζήτηση εναλλακτικών καναλιών ραδιοσυχνότητας RF. Αυτό φαίνεται στο μονοπάτι με ετικέτα "Urgent" στην εικόνα.

Η δε ενσωμάτωση εμφανίζεται όταν υπάρχει μια σχεδόν ακριβής αντιστοιχία μεταξύ ενός τρέχοντος συνόλου ερεθισμάτων και μιας πρότερης εμπειρίας και της ικανοποίησης μιας σειράς πολύ γενικών κριτηρίων για την εφαρμογή της πρότερης εμπειρίας στην τρέχουσα κατάσταση. Ένα τέτοιο κριτήριο είναι ο αριθμός των αιτιώσεων, μη ισοδύναμων χαρακτηριστικών γνωρισμάτων της τρέχουσας σκηνής, χώρου. Εάν μόνο ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα δεν ταιριάζει, τότε η ενσωμάτωση αποτελεί το πρώτο βήμα για την παραγωγή ενός σχεδίου-σεναρίου για να συμπεριφερθεί όμοια στην τρέχουσα σκηνή όπως και στην τελευταία συγκρίσιμη σκηνή. Εκτός από τον αριθμό των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων που ταιριάζουν ακριβώς, η εκμάθηση βασισμένη σε στιγμυότυπα (instance-based learning -IBL) υποστηρίζει το μη ακριβές ταίριασμα στην ενσωμάτωση. Η ενσωμάτωση καθορίζει επίσης την προτεραιότητα που σχετίζεται με τα ερεθίσματα. Η καλύτερη ενσωμάτωση παράγει υψηλότερη προσδοκία, ενώ η λιγότερο αποτελεσματική ενσωμάτωση δεν παραχωρούν προτεραιότητα στο αρχικό σχέδιο.

#### 2.2.4 Σχεδιασμός

Τα περισσότερα ερεθίσματα εξετάζονται παθητικά παρά ενεργητικά. Ένα εισερχόμενο μήνυμα στο δίκτυο θα εξεταζόταν κανονικά με την παραγωγή ενός σχεδίου-σεναρίου (Plan phase). Στην αναζήτηση της ποιότητας και της βιομηχανικής-δύναμης της CRs, τα επίσημα πρότυπα της αιτιότητας θα ενσωματώνονταν στον προγραμματισμό των εργαλείων. Η φάση σχεδιασμού πρέπει επίσης να συμπεριλάβει συλλογισμούς κατά τη διάρκεια του χρόνου. Χαρακτηριστικά, οι απαντήσεις ανάδρασης προγραμματίζονται εκ των πρότερων ή μαθαίνονται με το χρόνο, ενώ άλλες παθητικές απαντήσεις προγραμματίζονται. Τα Open source εργαλεία προγραμματισμού όπως το OPRS μπορούν να ενσωματωθούν στη φάση σχεδιασμού. Τα εργαλεία προγραμματισμού επιτρέπουν τη σύνθεση συμπεριφορών πρόσβασης της ραδιοσυχνότητας RF και των πληροφοριών με έναν προσανατολισμένο στόχο βασισμένο στις αντιλήψεις, τους κανόνες RA, και τις εκ των προτέρων γνωστές προτιμήσεις χρηστών με τις οποίες έχει εκπαιδευτεί το σύστημα.

### 2.2.5 Απόφαση

Η φάση της απόφασης επιλέγει μεταξύ των υποψηφίων σχεδίων-σεναρίων. Η ραδιοεπικοινωνία μπορεί να προειδοποιήσει το χρήστη για ένα εισερχόμενο μήνυμα (π.χ., όπως κάνει ένα μπίπερ) ή να αναβάλει τη διακοπή για αργότερα (π.χ., όπως συμπεριφέρεται ένας γραμματέας που εξετάζει τις κλήσεις κατά τη διάρκεια μιας σημαντικής συνεδρίασης) ανάλογα με την ανά περιοχή <Scene/> ποιότητα πληροφορίας QoI που απονέμεται σε αυτήν την φάση.

### 2.2.6 Ενέργεια

Η φάση της ενέργειας κινεί τις επιλεγμένες διαδικασίες χρησιμοποιώντας τους effectors που έχουν πρόσβαση στον εξωτερικό κόσμο ή στις εσωτερικές καταστάσεις της CR. Η πρόσβαση στον εξωτερικό κόσμο πραγματοποιείται πρώτιστα με τη σύνθεση των μηνυμάτων που λαμβάνονται ακουστικά στο τοπικό περιβάλλον ή που εκφράζονται σε κείμενο τοπικά ή σε μια άλλη CR ή CN στην KQML, την RKRL, την OWL, την RXML, ή σε κάποια άλλα ενδεδειγμένα πρότυπα ανταλλαγής γνώσης. Οι ενέργειες στις εσωτερικές καταστάσεις περιλαμβάνουν τους ελεγχόμενους πόρους όπως τα κανάλια ραδιοεπικοινωνίας. Οι ενέργειες της CR μπορούν επίσης να ενημερώσουν τα υπάρχοντα εσωτερικά πρότυπα, παραδείγματος χάριν, με την προσθήκη ενός νέου serModel σε ένα υπάρχον εσωτερικό σύνολο προτύπων όπως η προσθήκη μιας λέξης σε ένα σύνολο λέξεων. Τέτοια νέα πρότυπα μπορούν να επιβληθούν από μια ενέργεια <Self/> για να αιχμαλωτίσουν την εμπειρία. Η εμπειρία μπορεί επίσης να ενσωματωθεί ενεργά στις δομές γνώσης της RXML επίσης. Η απόκτηση γνώσης μπορεί να επιτευχθεί από μια ενέργεια που δημιουργεί κατάλληλες δομές δεδομένων.

### 2.2.7 Εκμάθηση

Η εκμάθηση εξαρτάται από την αντίληψη, τις παρατηρήσεις, τις αποφάσεις, και τις ενέργειες. Η αρχική εκμάθηση μεσολαβεί στη φάση της παρατήρησης στην οποία όλες οι αισθητήριες αντιλήψεις συνεχώς αντιστοιχούνται με όλη την πρότερη εμπειρία για να μετρούν συνεχώς τα συμβάντα και για να επαναφέρουν στην μνήμη τους το χρόνο του τελευταίου συμβάντος που δέχθηκαν κάποιο ερέθισμα, από το πιο στοιχειώδες μέχρι και ένα άθροισμα αυτών.

Η εκμάθηση μπορεί να γίνει όταν δημιουργείται ένας νέος τύπος του serModel σαν απάντηση σε μια ενέργεια για δημιουργηθεί ένα στιγμιότυπο εσωτερικά παραγομένο από το serModel. Παραδείγματος χάριν, οι προγενέστερες και επικρατούσες εσωτερικές καταστάσεις μπορούν να συγκριθούν με τις προσδοκίες για μάθηση σχετικά με την αποτελεσματικότητα ενός τρόπου επικοινωνιών, δημιουργώντας ένα στιγμιότυπο για ένα νέο καθορισμένο τρόπο αντίδρασης στις ραδιοσυχνότητες RF του serModel.

### 2.2.8 Ανασκόπηση

Δεδομένου ότι η αφομοίωση της γνώσης με την εκμάθηση μηχανής αποδεικνύεται υπολογιστικά απαιτητική, η γνωσιακή ραδιοεπικοινωνία έχει περιόδους-καταστάσεις "αναμονής" (sleep) και "επίκλησης βοήθειας" για την πρόσθετη εκμάθηση μηχανών. Μια περίοδος "αναμονής" είναι μια σχετικά μακρά χρονική περίοδος (π.χ., πρακτικά διαρκεί ώρες) κατά τη διάρκεια της οποίας η ραδιοεπικοινωνία μπορεί να μην είναι σε χρήση, αλλά έχει επαρκή ηλεκτρική ισχύ για την επεξεργασία. Κατά τη διάρκεια της περιόδου "αναμονής" (sleep), η ραδιοεπικοινωνία μπορεί να τρέξει τους αλγορίθμους εκμάθησης μηχανής χωρίς να μειώσει τη δυνατότητά της να υποστηρίξει τις ανάγκες του κάθε χρήστη της. Οι αλγόριθμοι εκμάθησης μηχανής μπορούν να ενσωματώσουν την εμπειρία με την ανάλυση των στατιστικών παραμέτρων τρέχοντας γενετικούς αλγορίθμους (GAs-genetic algorithms) και εξετάζοντας τις εξαιρέσεις. Η περίοδος αναμονής μπορεί να ξανατρέξει ακολουθίες ερεθισμάτων-απαντήσεων με τις νέες παραμέτρους εκμάθησης φέρνοντας στην μνήμη τους τον τρόπο που οι άνθρωποι ονειρεύονται. Ο κύκλος αναμονής θα μπορούσε να είναι λιγότερο ανθρωπομορφικός, υιοθετώντας ένα γενετικό αλγόριθμο για να εξερευνήσει ένα ακανόνιστο τοπίο, βελτιώνοντας ενδεχομένως τις παραμέτρους απόφασης από την πρόσφατη εμπειρία. Οι ευκαιρίες εκμάθησης που δεν επιλύονται στην περίοδο αναμονής μπορούν να υποπέσουν στην αντίληψη του χρήστη, του host network, ή ενός σχεδιαστή κατά τη διάρκεια μιας περιόδου επίκλησης βοήθειας που ονομάζεται έτσι, γιατί επαναφέρει ένα πρόβλημα που το <Self/> δεν μπορεί να λύσει σε μια ανώτερη αρχή.

### 2.3 CRA III: Η ΙΕΡΑΡΧΙΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ

Οι φάσεις συμπεράσματος από την παρατήρηση στη δράση παρουσιάζουν μια ροή του συμπεράσματος, ενώ η ιεραρχία συμπεράσματος οργανώνει τις σχετικές δομές δεδομένων. Οι ιεραρχίες συμπεράσματος ήταν σε χρήση από το Hearsay II στη δεκαετία του '70, αλλά η CR ιεραρχία είναι η μοναδική στη μέθοδο της ενσωμάτωσης της εκμάθησης μηχανής σε πραγματικό χρόνο κατά τη διάρκεια της περιόδου αφύπνισης (wake). Μια επεξηγηματική ιεραρχία συμπεράσματος περιλαμβάνει στρώματα από ατομικά ερεθίσματα μέχρι κλάσεις πληροφοριών που καθορίζουν τα πλαίσια των ενεργειών, όπως στο σχήμα 2-4.

Το πρότυπο της συσσώρευσης των στοιχείων στις ακολουθίες αρχίζει στο κατώτερο σημείο της ιεραρχίας. Τα ατομικά ερεθίσματα δημιουργούνται στο εξωτερικό περιβάλλον συμπεριλαμβανομένων της ραδιοσυχνότητας RF, της ακουστικής, της εικόνας, και των περιοχών θέσης μεταξύ των άλλων. Τα ατομικά σύμβολα είναι οι πρωταρχικές συμβολικές μονάδες στις περιοχές αυτές. Στην ομιλία, τα πρωταρχικά στοιχεία είναι τα φωνήματα. Στην ανταλλαγή των δεδομένων κειμένου (π.χ., ηλεκτρονικό ταχυδρομείο), τα σύμβολα είναι οι δακτυλογραφημένοι χαρακτήρες. Στις εικόνες, τα ατομικά σύμβολα μπορούν να είναι μικρές ομάδες pixels ("blobs") με παρόμοιο χρώμα, ένταση, πυκνότητα, κτλ.

Ένα σχετικό σύνολο ατομικών συμβόλων διαμορφώνει μια πρωταρχική ακολουθία. Οι λέξεις στο κείμενο, τα σημεία από ένα λόγο που ακούγεται, και τα αντικείμενα στις

εικόνες είναι οι πρωταρχικές ακολουθίες. Οι πρωταρχικές ακολουθίες έχουν χωρική ή/και χρονική σύμπτωση, που τις κάνει να ξεχωρίζουν από το background (ή το θόρυβο που υπεισέρχεται). Οι βασικές ακολουθίες μεταδίδουν ξεχωριστά μηνύματα. Αυτά τα ξεχωριστά μηνύματα (π.χ., φράσεις) μπορούν να είναι καλά προσδιορισμένα σε μια οντολογία πρωταρχικών ακολουθιών όταν υπάρχει π.χ σαφήνεια και καθαρότητα στις λέξεις. Οι κλάσεις ακολουθιών μπορούν να ομαδοποιηθούν με βάση τις κοινές τους ιδιότητες. Παραδείγματος χάριν, οι φράσεις που περιλαμβάνουν τις λέξεις όπως "χτύπημα," "βολή," "μπάλα," και "έξω" μπορούν να συνδεθούν με το μπίτζ-μπώλ. Η ανακάλυψη γνώσης, η ανάλυση δεδομένων (KDD- data mining) και ένας σημασιολογικός Ιστός (semantic web) προσφέρουν τις προσεγγίσεις για τον καθορισμό ή την τεκμηρίωση τέτοιων κλάσεων με πρωταρχικές και βασικές ακολουθίες.

Sequence	Level of Abstraction
<b>Context cluster</b>	<b>Scenes</b> in a play, Session
<b>Sequence clusters</b>	<b>Dialogs</b> , paragraphs, protocol
<b>Basic sequences</b>	<b>Phrases</b> , video clip, message
<b>Primitive sequences</b>	<b>Words</b> , token, image
<b>Atomic symbols</b>	<b>Raw data</b> , phoneme, pixel
<b>Atomic stimuli</b>	External phenomena

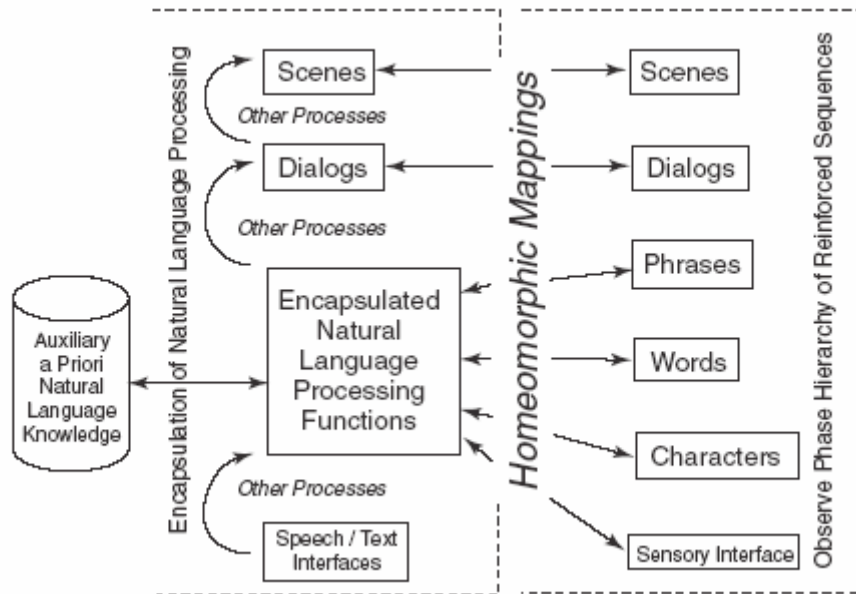
Σχήμα 2-4.

Μια σκηνή, ένας χώρος αποτελεί το πλαίσιο μιας κλάσης, μια πολυδιάστατη ένωση χώρου, χρόνου και συχνότητας, όπως μια συζήτηση ενός παιχνιδιού μπίτζ-μπώλ στο καθιστικό την Κυριακή το απόγευμα. Τέτοιες κλάσεις μπορούν να προκύψουν από μια μη επιβλέπουσα μηχανή εκμάθησης, παραδείγματος χάριν, χρησιμοποιώντας τις στατιστικές μεθόδους ή μη γραμμικές μεθόδους όπως τις ανυσματικές μηχανές υποστήριξης (SVMs- support vector machines). Η πρόοδος από τα ερεθίσματα στις κλάσεις γενικεύει τη δομή δεδομένων στις αισθητήριες περιοχές αντίληψης.

### 2.3.1 Κάθετα γνωσικά τμήματα

Τα γνωστικά τμήματα μπορούν να ενσωματωθούν κάθετα σε αυτό το ιεραρχικό πλαίσιο δομών δεδομένων. Παραδείγματος χάριν, τα σύνολα εργαλείων επεξεργασίας φυσικής γλώσσας (Natural Language Processing -NLP) μπορούν να ενσωματωθούν στην ιεραρχία συμπεράσματος της CRA όπως αυτά παρουσιάζονται στο σχήμα 2-5. Τα κανάλια ομιλίας μπορούν να υποβληθούν σε επεξεργασία μέσω των NLP εργαλείων με τα ουσιώδη a priori πρότυπα της γλώσσας και της ομιλίας. Η AACR πρέπει να προσεγγίσει εκείνα τα πρότυπα μέσω της σχεδίασης επιπέδων μεταξύ των λέξεων, των φράσεων, των διαλόγων, και του χώρου-σκηνής από την ιεραρχία της φάσης της παρατήρησης και να ενσωματώσει τα στοιχεία ομιλίας.



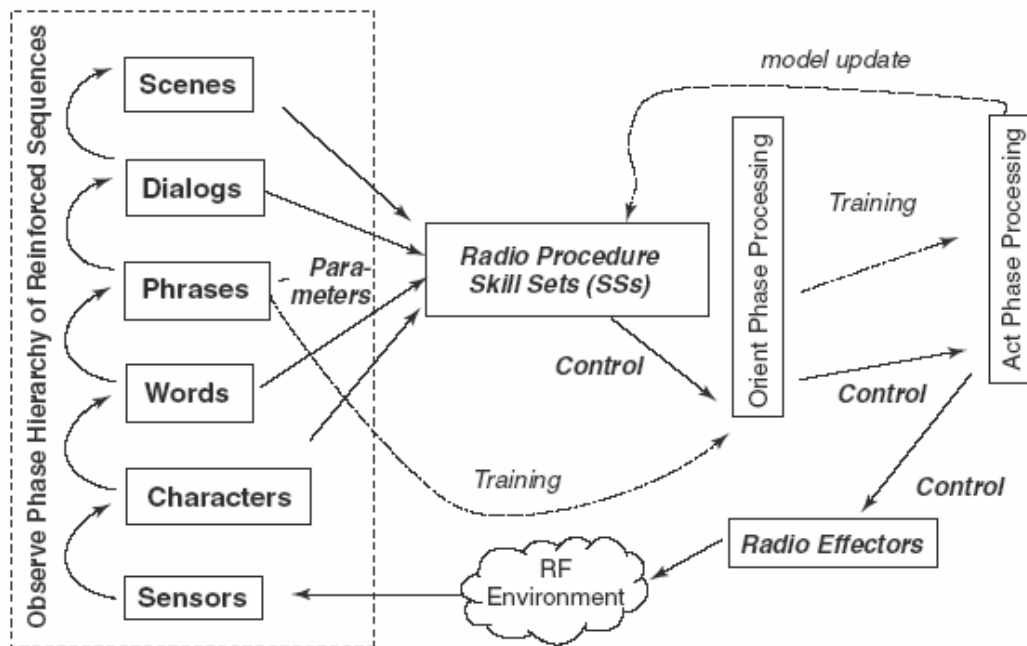


Σχήμα 2-5.

Τα επεξηγηματικά τμήματα NLP περιλαμβάνουν τα IBM's ViaVoice NLP research tools, όπως το SNePS, AGFL, ή XTAG και τις μορφολογικές συσκευές ανάλυσης όπως το PC-Kimmo. Αυτά τα εργαλεία είναι απαραίτητα αλλά όχι τόσο ικανά προς την κατεύθυνση που απαιτείται για την CRA. Τα υπάρχοντα εργαλεία είναι μεν διαθέσιμα να χρησιμοποιηθούν χρησιμοποιώντας το errorful transcript για να γίνει η διασύνδεσή τους με τον τομέα εφαρμοσμένης μηχανικής στη ραδιοεπικοινωνία. Στην παρούσα φάση όμως, μια οντολογία ραδιοεπικοινωνίας δεν μπορεί ακριβώς να εκφράσει σε όλες τις γλώσσες και να συνδεθεί αυτόματα με την XTAG για να λειτουργήσει η γνωσιακή ραδιοεπικοινωνία. Οι εσωτερικές δομές δεδομένων που μεσολαβούν για την απόδοση των στόχων της ραδιοεπικοινωνίας (π.χ., "μετέδωσε κυματομορφή") διαφέρουν από τις δομές δεδομένων που μεσολαβούν στη μετατροπή της γλώσσας από μια μορφή σε άλλη. Κατά συνέπεια, η XTAG θέλει να ξέρει ότι το " μετέδωσε" είναι ρήμα και η " κυματομορφή" είναι ουσιαστικό. Η CR πρέπει να ξέρει ότι εάν ο χρήστης το λέει " transmit" και ένα μήνυμα είναι καθορισμένο, κατόπιν η CR πρέπει να καλέσει τη συνάρτηση SDR transmit(). Τα NLP συστήματα χρειάζονται επίσης τους κανόνες για τους μετασχηματισμούς στις γλωσσικές δομές δεδομένων. Ο τρόπος με τον οποίο η περιοχή της γνώσης είναι ενσωματωμένη στις γλωσσικές δομές αυτών των εργαλείων μπορεί να κρύβει ορισμένες πτυχές ραδιοεπικοινωνίας εφαρμοσμένης μηχανικής. Αν και εμπειρογνώμονες με ειδίκευση στα γλωσσικά εργαλεία μπορούν να δημιουργήσουν τους διαλόγους για συγκεκριμένο αντικείμενο (domain-specific), αυτή τη στιγμή κανένα εργαλείο δεν μπορεί αυτόματα να συνθέσει διαλόγους από τις περιοχές οντολογιών ραδιοεπικοινωνίας. Η ενσωμάτωση ομιλίας, διορατικότητας, και οι ανταλλαγές δεδομένων που θα ελέγχουν μαζί την SDR είναι ακόμη στα σπάργαλα και αποτελούν τις ουσιαστικές προκλήσεις στον τομέα της τεχνολογίας, δίνοντας το έναυσμα για τον συνυπολογισμό τέτοιων κάθετων NLP εργαλείων στη CRA.

### 2.3.2 Οριζόντια γνωσιακά τμήματα

Οι ικανότητες της ραδιοεπικοινωνίας μπορούν να ενσωματωθούν στα οριζόντια γνωσιακά τμήματα. Σημαντικό κομμάτι της γνώσης της ραδιοεπικοινωνίας είναι στατικό, απαιτώντας την ερμηνεία από έναν αλγόριθμο όπως κάνει μια μηχανή συμπεράσματος για να συνθέσει τις ικανότητες. Εναλλακτικά, οι ικανότητες της ραδιοεπικοινωνίας μπορούν να ενσωματωθούν στις ενεργές δομές δεδομένων όπως στα serModels μέσω της διαδικασίας της εκπαίδευσης ή της αναμονής. Οργανωμένη σε οριζόντια αρχιτεκτονική κυρίως στον κύκλο αφύπνισης στις φάσεις της παρατήρησης και προσανατολισμού, η οριζόντια διαδικασία ραδιοεπικοινωνίας με σύνολα εμπειριών (SSs-skill sets) ελέγχει τις προσωπικότητες ραδιοεπικοινωνίας όπως διευκρινίζονται στο σχήμα 2-6.

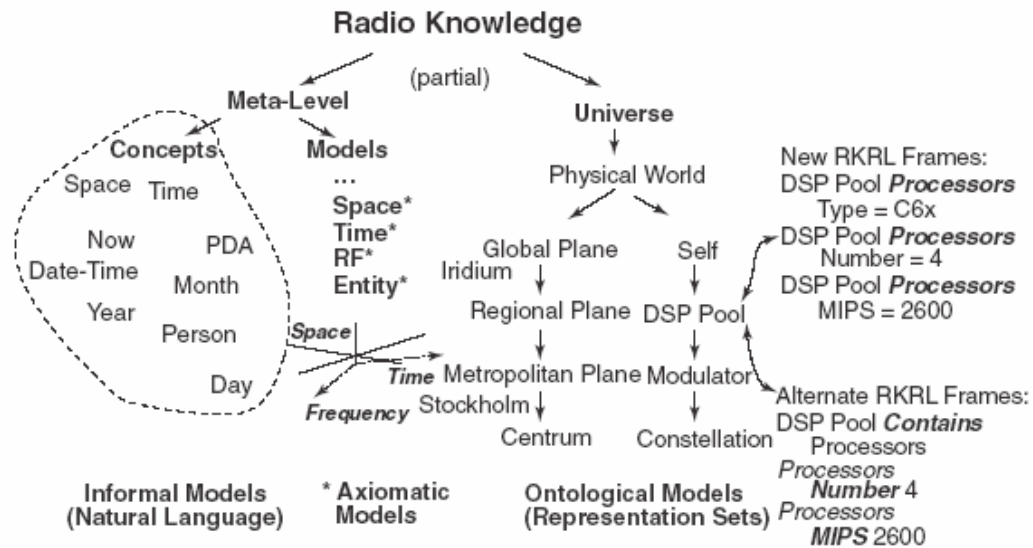


Σχήμα 2-6.

Με το οριζόντιο serModels δεν υπάρχει καμία λογική εξάρτηση μεταξύ των συστατικών που καθυστερούν την εφαρμογή της γνώσης. Με τον FOPC (First Order Predicate Calculus), το προς απόδειξη θεώρημα πρέπει να προσδιοριστεί επακριβώς ώστε να γίνει μια συνδιαστική ανάλυση όλων των αξιωμάτων προκειμένου να ξεκινήσει μια ενέργεια. Αντίθετα, στο serModels, συγκρίνονται συνεχώς με το επίπεδο της ιεραρχίας με την οποία είναι συνδεδεμένα, έτσι οι άμεσες απαντήσεις συνδέονται σεριακά με την ενέργεια. Η χρησιμοποίηση των οριζόντιων γνωσιακών τμημάτων για τη σύνθεση τέτοιων αναδραστικών συμπεριφορών μέσα σε μια περιοχή ή δια μέσου των περιοχών δεν αποκλείει ή εμποδίζει την ομιλία, το κείμενο, τη διορατικότητα, ή άλλες περιοχές αίσθησης-αντίληψης.

### 2.3.3 Γενική παγκόσμια γνώση

Μία AACR χρειάζεται την ουσιαστική γνώση που ενσωματώνεται στις ιεραρχίες συμπεράσματος. Χρειάζεται και την εξωτερική γνώση ραδιοσυχνότητας RF και την εσωτερική γνώση ραδιοεπικοινωνίας. Η εσωτερική γνώση της επιτρέπει να λειτουργεί λογικά ως ραδιοεπικοινωνία. Η εξωτερική γνώση της επιτρέπει να λειτουργεί λογικά σχετικά με το ρόλο <Self/> στον κόσμο, όπως ο σεβασμός των δικαιωμάτων άλλων γνωσιακών και κληρονομίων ραδιοεπικοινωνίας.



Σχήμα 2-7.

Το σχήμα 2-7 επεξηγεί τις κλάσεις της πρότερης και δυναμικής γνώσης που μια AACR πρέπει να υιοθετήσει στις ιεραρχίες συμπεράσματος και στον γνωσιακό κύκλο. Πρέπει, δηλαδή, να καταγράψει ότι ο κόσμος περιλαμβάνει έναν φυσικό κόσμο (ή ακόμη και ένα πνευματικό κόσμο, που και αυτός να είναι πολύ σημαντικός σε μερικούς πολιτισμούς). Τα παραδείγματα αφθονούν στο σημασιολογικό Ιστό. Υπάρχει, λοιπόν, διαφορά στην έκφραση αυτής της γνώσης με έναν τρόπο που η AACR μπορεί αποτελεσματικά να χρησιμοποιήσει. Τα σύμβολα όπως κόσμος «Universe» παίρνουν τη σημασιολογία τους από τις σχέσεις τους με άλλα σύμβολα και από τα εξωτερικά ερεθίσματα. Η οντολογία <Universe/> στη CRA, σε επίπεδο αφαιρέσης είναι ευδιάκριτη από την υπαρξιακή γνώση του φυσικού κόσμου. Στην RXML, αυτή η οντολογική προοπτική τα περιλαμβάνει όλα σε έναν κόσμο ομιλίας, <Universe/> (έκφραση 2-2).

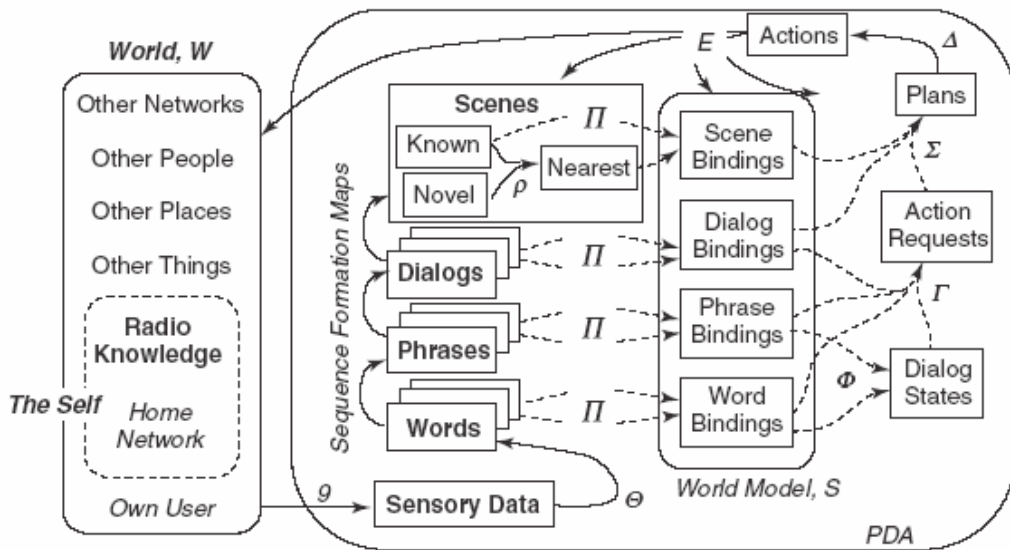
Expression 2-2 the Universe of Discourse of AACR Consists of Abstractions Plus the Physical Universe

```
<Universe>
<Abstractions> <Time> <Now/> </Time> <Space> <Here/> </Space>
... <RF/> ...
<Intelligent-entities/> ... </Abstractions>
<Physical-universe> ... <Instances/> of Abstractions ...
```

</Physical-universe>  
 </Universe>

Οι αφαιρέσεις περιλαμβάνουν την άτυπη και επίσημη μετα-γνώση από τις μη δομημένες έννοιες στα, από μαθηματική άποψη, δομημένα πρότυπα του χώρου, του χρόνου και της ραδιοσυχνότητας RF. Για να διαφοροποιηθεί η λέξη τώρα “now” ως χρονική έννοια από το “Now” ως κινεζικό όνομα φυτού, η CRA περιλαμβάνει και τις δύο έννοιες ως a priori γνώση για το “now” σε ένα χωρικό –χρονικό γεωμετρικό τόπο, <Now/>, καθώς επίσης και σχετικές συναρτήσεις (“μεθόδους”) που έχουν πρόσβαση και χειρίζονται τις περιπτώσεις της έννοιας <Now/>. Ο καθορισμός μέσω της μεθόδου επιτρέπει στο γνωστικό τμήμα να λειτουργεί λογικά όταν ένα δεδομένο γεγονός είναι στο παρελθόν, στο παρόν, ή στο μέλλον.

Λαμβάνοντας υπόψη την πολυπλοκότητα ενός συστήματος που περιλαμβάνει πολυεπίπεδη (n-tier) ιεραρχία συμπεράσματος και έναν κύκλο γνώσης παρατήρησης–σχεδιασμού –προσανατολισμού –απόφασης –ακολουθία ενεργειών με μια αυτόνομη μηχανή εκμάθησης (AML) σε κάθε σημείο του, είναι χρήσιμο να εξεταστεί η μαθηματική δομή αυτών των στοιχείων πληροφορίας, διαδικασιών, και ροών.



Σχήμα 2-8.

## 2.4 CRA IV: ΧΑΡΤΕΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ

Τα γνωστικά τμήματα εφαρμόζονται μέσω των δομών δεδομένων, των διαδικασιών, και των ροών που μπορούν να διαμορφωθούν ως τοπολογικοί χάρτες πέρα από το αφηρημένες περιοχές που δείχνονται identifi στο σχήμα 2-8.

Η <Self/> είναι μια οντότητα στον κόσμο, ενώ η εσωτερική οργάνωση της <Self/> (PDA στην εικόνα) είναι μια αφαίρεση που διαμορφώνει τη <Self/>. Οι πρότυπες δομές δεδομένων είναι γενικευμένες λέξεις, φράσεις, διάλογοι, και σκηνές που μπορούν να είναι ακουστικές, οπτικές, ή αντιληπτές σε άλλες αισθητήριες περιοχές (π.χ., υπέρυθρες). Αυτές οι δομές αναφέρονται σε ένα σύνολο-θεωρητικών συντεταγμένων που αποτελούνται από ένα καθορισμένο σύνολο  $X$  και μια οικογένεια υποσυνόλων  $Ox$  που

περιέχουν το  $\{X\}$  και το κενό σύνολο  $\{ \}$  και που είναι κλειστά ως προς την ένωση και την τομή τους, ένα τοπολογικό διάστημα που προκαλείται εκτός της περιοχής τους.

Αν και το CRA παρέχει ένα πλαίσιο για APIs, δεν διευκρινίζει τις λεπτομέρειες των δομών δεδομένων ή των χαρτών. Άλλα θεωρητικά ζητήματα για τη βιομηχανική δύναμη της CRA περιλαμβάνουν τις ιδιότητες χαρτών αρχιτεκτονικής που δείχνουν τα εξής:

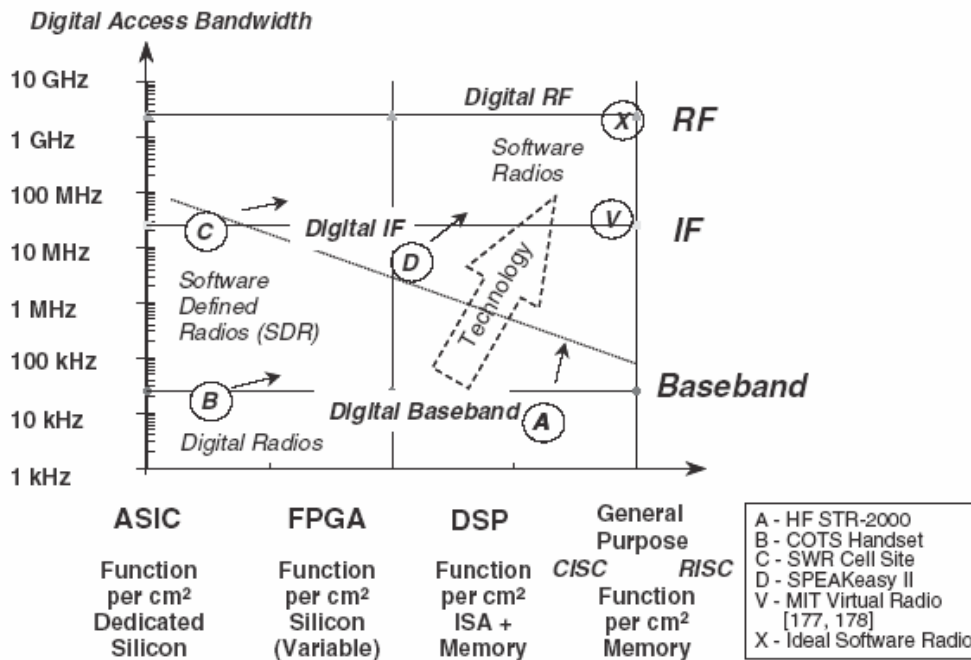
1. Θόρυβος, στον έναρθρο λόγο, στις εικόνες, στα αντικείμενα, στις εκτιμήσεις θέσης, κ.τ.λ. Οι πηγές του θορύβου περιλαμβάνουν το θερμικό θόρυβο, το λάθος που εισάγεται με τη διαδικασία μετατροπής των αναλογικών σημάτων (ήχος, video, επιταχύμετρα, θερμοκρασία, κ.λπ...) σε ψηφιακή μορφή, το λάθος στη μετατροπή από την ψηφιακή στην αναλογική μορφή, την πόλωση του αλγορίθμου προεπεξεργασίας, και τα τυχαία λάθη, όπως η συσσώρευση του λάθους σε ένα ψηφιακό φίλτρο, ή την αποκοπή ενός χαμηλού ενεργειακού σήματος από τη λογική κατώτατων ορίων. Η αποτελεσματική ενασχόληση με το θόρυβο διαφοροποιεί τα θεωρητικά παραδείγματα της γνώσης από την πραγματικότητα.
2. Η διαχείριση της υπόθεσης, που παρακολουθεί περισσότερες από μια πιθανές συνδέσεις των ερεθισμάτων σαν απάντηση, της αίσθησης του διαλόγου, της σκηνής, και τα λοιπά. Οι υποθέσεις μπορούν να ρυθμιστούν με την κράτηση των  $n$  - καλύτερων υποθέσεων (με έναν σχετικό βαθμό πεποίθησης), με τον υπολογισμό της προγενέστερης πιθανότητας ή άλλου βαθμού πίστης σε μια υπόθεση, και την κράτηση ενός επαρκή αριθμού υποθέσεων για να υπερβούν ένα κατώτατο όριο (π.χ., 99% όλων των πιθανοτήτων), ή κρατώντας τις υποθέσεις μέχρι την πιθανότητα για την επόμενη πλέον πιθανή υπόθεση που θα είναι μικρότερη από κάποιο κατώτατο όριο. Η εκτίμηση της πιθανότητας απαιτεί ένα μετρήσιμο διάστημα, ένα αλγεβρικό άθροισμα ( $\Sigma$ ) που θα καθορίζει πώς να συσσωρευτεί η πιθανότητα σε εκείνο το διάστημα, δεδομένου ότι το διάστημα υπακούει στα αξιώματα της πιθανότητας, και υπολογισμό ενός μέτρου βεβαιότητας που θα καθορίζει το πώς θα συνδυάζονται οι βαθμοί αξιοπιστίας στα γεγονότα σαν μια συνάρτηση μέτρων που ορίζονται στην πιθανότητα του γεγονότος.
3. Υπεύθυνες διεπαφές εκπαίδευσης, η αντίστροφη ροή γνώσης από την ιεραρχία συμπεράσματος προς τα τμήματα αντίληψης. Η αναγνώριση του χρήστη από έναν συνδυασμό προσώπου και φωνής θα μπορούσε να είναι πιο αξιόπιστη από την αναγνώριση μεμονομένων-περιοχών είτε της φωνής είτε της όρασης, έτσι η κατάρτιση χρηστών στη CR πρέπει να είναι σε θέση να συνθέσει και να διασταυρώσει πληροφορίες και ερεθίσματα διαφόρων τομέων χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα. Η οπτική αναγνώριση του ιδιοκτήτη έξω από το σπίτι του σε μια χιονοθύελα, παραδείγματος χάριν, είναι σχετικά πιο δύσκολη από όταν βρίσκεται σε εσωτερικό χώρο, π.χ σε ένα γραφείο. Ενώ η CR μπορεί να μάθει να αναγνωρίζει το χρήστη βασισμένη ακόμα και στα πιο αδύνατα υπαίθρια σήματα, η πρόσβαση στα προσωπικά δεδομένα μπορεί να περιοριστεί έως ότου η ποιότητα της αναγνώρισης υπερβεί κάποιο γνωστό κατώτατο όριο εξισορροπώντας την ευκολία της χρήσης με την εμπιστοσύνη.
4. Μη γραμμικές ροές. Αν και ο γνωσιακός κύκλος δίνει έμφαση στην εμπρόσθια ροή της αντίληψης επιτρέποντας τη δράση στη CRA πρέπει να προσαρμόσει τις αντίστροφες ροές (π.χ., από την αντίληψη στην εκπαίδευση) και τα διαφορετικά ποσοστά ροής μεταξύ των οριζόντιων και κάθετων γνωσιακών τμημάτων.

## 2.5 CRA V: ΔΟΜΗΣΗ ΤΗΣ CRA ΠΑΝΩ ΣΤΙΣ SDR ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ

Η γνωσιακή ραδιοεπικοινωνία πρέπει να πραγματοποιείται μέσω ενός software-defined radio (SDR) με αισθητήρια αντίληψη, αυτονομία ραδιοσυχνότητας RF, και ενσωματωμένη μηχανή εκμάθησης της ίδιας, του χρήστη, του περιβάλλοντος, και της "κατάστασης". Αυτό το τμήμα αναθεωρεί την SDR και την SDR Forum's SCA ως ένα μοντέλο SDR <Self/> και ως αφετηρία για την εξέλιξη της AACR.

### 2.5.1 Αρχές SDR

Η καθορισμένου υλικού ραδιοεπικοινωνία όπως οι τυπικοί δέκτες ραδιοφωνίας AM/FM μετατρέπουν τη ραδιοεπικοινωνία σε ήχο χρησιμοποιώντας το υλικό της ραδιοεπικοινωνίας, όπως οι κεραίες, τα φίλτρα, οι αναλογικοί αποδιαμορφωτές, κ.τ.λ. Στην ideal software radio ραδιοεπικοινωνία, ο μετατροπέας αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (ADC) και ο αντίστροφος μετατροπέας (DAC) μετατρέπουν τα ψηφιακά σήματα από και προς τις ραδιοσυχνότητες (RFs) άμεσα, και όλη η διαμόρφωση καναλιών ραδιοσυχνότητας RF, η αποδιαμόρφωση, ο μετασχηματισμός συχνότητας, και το φιλτράρισμα ολοκληρώνεται στο λογισμικό.



Σχήμα 2-9

Δεδομένου ότι η ideal software radio δεν εφαρμόζεται εύκολα, η SDR έχει συμπεριλάβει μια σειρά πρακτικών βημάτων από τη ζώνη βάσης τον DSP της δεκαετίας του '90 προς το ιδανικό. Όπως στα οικονομικά με το νόμο του Moore και την όλο και αυξανόμενη ζήτηση για ευρυζωνικότητα στις συχνότητες RF και IF οι συσκευές επιτρέπουν, υλοποιήσεις προς τα πάνω και προς το δικαίωμα των κενών στο σχεδιασμό της SDR (εικόνα 2-9).

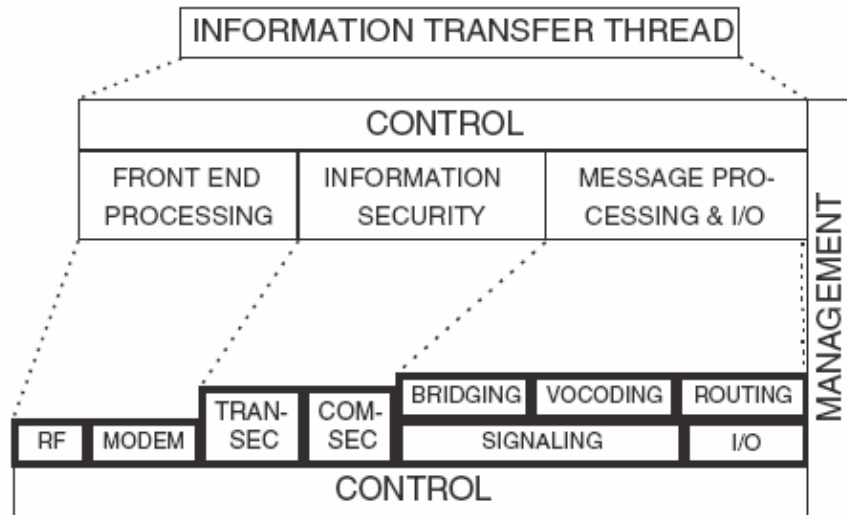
Αυτό το κενό συνίσταται στο συνδυασμό ψηφιακής πρόσβασης στο εύρος ζώνης και ικανότητας προγραμματισμού. Η πρόσβαση στο εύρος ζώνης συνίσταται στα ποσοστά δειγματοληψίας ADC/DAC που μετατρέπονται από το κριτήριο Nyquist και την εφαρμογή του σε αποτελεσματικό εύρος ζώνης.

Η ικανότητα προγραμματισμού των ψηφιακών υποσυστημάτων προσδιορίζεται από την ευκολία με την οποία η λογική και η διασύνδεση μπορούν να αλλάξουν μετά από μια επέκταση του συστήματος. Τα οριζόμενα από εφαρμογή ολοκληρωμένα κυκλώματα (ASICs-Application-specific integrated circuits) δεν μπορούν να αλλάξουν, έτσι οι συναρτήσεις "προσανατολίζονται" στο silicon κομμάτι. Οι (FPGAs-Field programmable gate arrays) μπορούν να αλλάξουν σε ένα κομμάτι τους, αλλά εάν η νέα συνάρτηση υπερβεί κάποια παράμετρο της ικανότητας των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, η οποία δεν είναι ασυνήθιστη, κατόπιν πρέπει να αναβαθμίσει το υλικό για να αλλάξει τη συνάρτηση, ακριβώς όπως στα ASICs. Οι επεξεργαστές ψηφιακών σημάτων (DSPs-Digital signal processors) είναι χαρακτηριστικά ευκολότεροι ή λιγότερο ακριβοί σε κόστος για το πρόγραμμα αλλά είναι λιγότερο αποτελεσματικοί σε ισχύ από τα FPGAs. Οι περιορισμοί σε μνήμη και η πολυπλοκότητα του συνόλου των οδηγιών της αρχιτεκτονικής (isa- instruction set architecture) μπορούν να ανεβάσουν στο κατακόρυφο τις δαπάνες για τον DSP. Τέλος, το λογισμικό των επεξεργαστών γενικού σκοπού, ιδιαίτερα με τις μειωμένες αρχιτεκτονικές συνόλου οδηγίας (RISC- reduced instruction set architectures), έχουν μικρότερο κόστος για να αλλάχθούν αποτελεσματικά σε ένα κομμάτι τους.

### 2.5.2 Αρχιτεκτονική ραδιοεπικοινωνίας

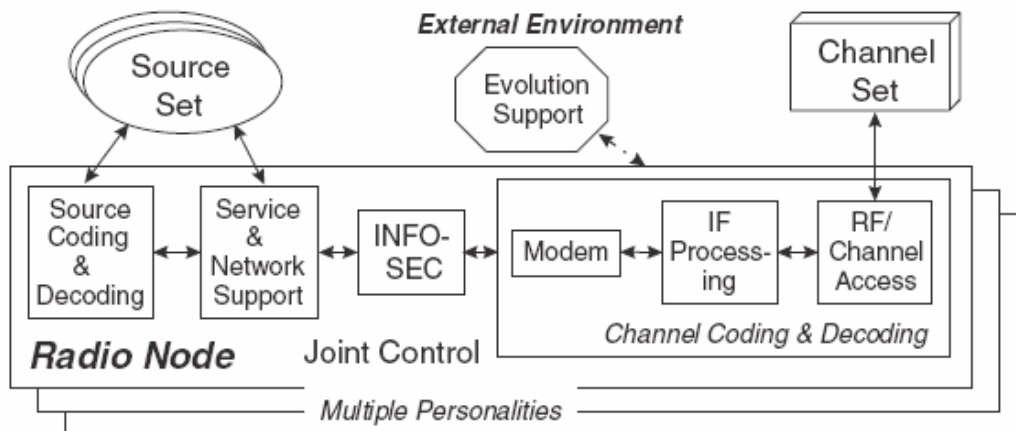
Για την SDR, τα κρίσιμα τμήματα υλικού είναι ο πομπός γραμμικών αναλογικών ευρυζωνικών σημάτων ραδιοσυχνότητας RF, ο IF δέκτης, ADC, DAC, και η ακολουθία επεξεργαστών. Τα κρίσιμα τμήματα λογισμικού είναι η διεπαφή με τον χρήστη, το λογισμικό δικτύωσης, η δυνατότητα ασφάλειας των πληροφοριών (INFOSEC) (υλικού ή/και λογισμικού), η πρόσβαση στο λογισμικό μέσω της ραδιοσυχνότητας RF, συμπεριλαμβανομένου του φυσικού ελέγχου των διαμορφωτών και αποδιαμορφωτών (modem) και ο έλεγχος πρόσβασης μέσω (MAC- media access control), και οποιοδήποτε το λογισμικό σχετικό με κεραίες όπως η επιλογή κεραιών, η MIMO διαμόρφωση ραδιοσήματος, η δεικτοδότηση, κ.τ.λ. Το INFOSEC συνίσταται στην ασφάλεια της μετάδοσης (TRANSEC), όπως η περιοδική συχνότητα και στην ασφάλεια των επικοινωνιών (comsec), κοινώς, την κρυπτογράφηση.

Το SDR Forum καθόρισε ένα πολύ απλό, χρήσιμο πρότυπο ραδιοεπικοινωνίας το 1997, που παρουσιάζεται στην εικόνα 2-10. Αυτό το πρότυπο δίνει έμφαση στις σχέσεις μεταξύ των συναρτήσεων ραδιοεπικοινωνίας. Η CR πρέπει να γνωρίζει αυτές τις συναρτήσεις, έτσι κάθε CR πρέπει να έχει τουλάχιστον ένα εσωτερικό πρότυπο ραδιοεπικοινωνίας όπως αυτό.



Σχήμα 2-10.

Αυτό το πρότυπο και οι τεχνικές για τους διάφορους βαθμούς της SDR κρίθηκε σκόπιμο να μην εξεταστούν αναλυτικά στα πλαίσια αυτής της πτυχιακής. Το αυτο-αναφερόμενο πρότυπο μιας ασύρματης συσκευής που χρησιμοποιείται από τη CRA, την RKRL 0,4 και την RXML <Self/>, παρουσιάζεται στην εικόνα 2-11. Αυτό η ραδιοεπικοινωνία γνωρίζει τις πηγές, την κωδικοποίηση πηγής, τα δίκτυα, το INFOSEC, και τη συλλογή των προηγούμενων υπηρεσιών που είναι απαραίτητες για την πρόσβαση στα κανάλια ραδιοσυχνότητας RF. Αυτό το πρότυπο περιλαμβάνει τα πολλαπλά κανάλια και τα χαρακτηριστικά τους (σύνολο καναλιών), έτσι ώστε η ραδιοεπικοινωνία να μπορεί να έχει πολλές εναλλακτικές προσωπικότητες σε ένα δεδομένο χρονικό σημείο. Με τη βοήθεια της εξέλιξης αυτές οι προσωπικότητες μπορούν να αλλάξουν κατά τη διάρκεια του χρόνου.



Σχήμα 2-11.

Μιας και η CR λειτουργεί λογικά για όλους τους εσωτερικούς της πόρους, η CRA απαιτεί ένα υπολογιστικό πρότυπο αναλογικών και ψηφιακών παραμέτρων απόδοσης και τον τρόπο που αυτό συσχετίζεται με τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα <Self/> μετρώντας



τα ή να ελέγχοντάς τα. Το MIPS, παραδείγματος χάριν, μπορεί να ελεγχθεί με την ταχύτητα ρολογιών. Μια υψηλή ταχύτητα ρολογιών χρησιμοποιεί γενικά περισσότερη συνολική δύναμη από μια χαμηλότερη ταχύτητα, και αυτό τείνει να μειώσει τη ζωή μπαταριών. Το ίδιο πράγμα ισχύει για τη φωτεινότητα μιας ταμπέλας. Η CR το γνωρίζει αυτό μόνο στο βαθμό που η δομή δεδομένων συλλαμβάνει αυτές τις πληροφορίες και τους αλγορίθμους, που προγραμματίζονται εκ των πρότερων ή εκπαιδεύονται, εξετάζοντας αυτές τις σχέσεις προς όφελος της ποιότητας της πληροφορίας QoI. Οι περιορισμοί που θέτουν οι γλώσσες μπορούν να εκφράσουν αλληλεξαρτήσεις, του τύπου πόσα κανάλια μιας δεδομένης προσωπικότητας υποστηρίζονται από μια δεδομένη ακολουθία υλικού, ιδιαίτερα αν συμβεί μια αποτυχία.

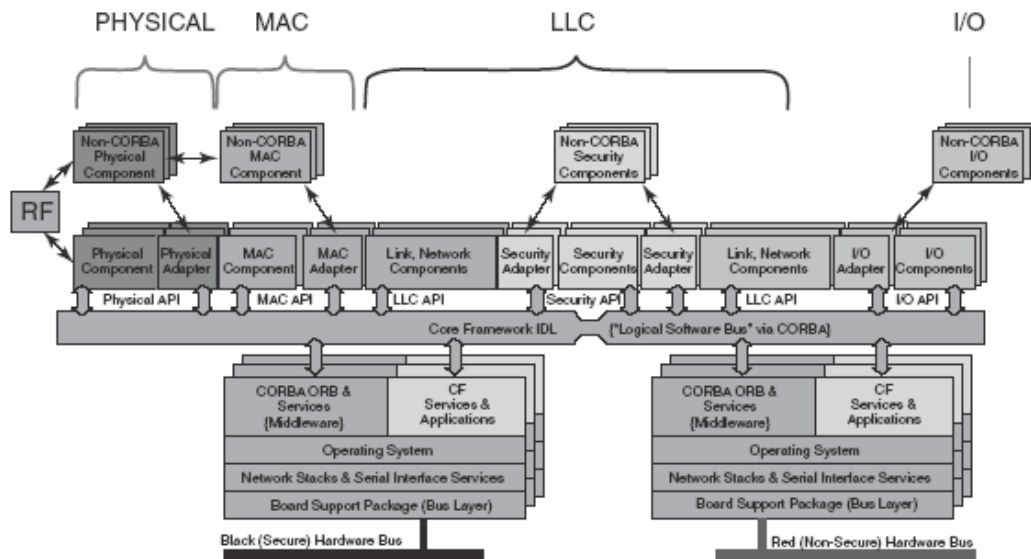
Τα οντολογικά στοιχεία των ανωτέρω μπορούν να τυποποιηθούν ως εξής:

Expression 2-3 SDR στοιχεία υποσυστημάτων

```

<SDR>
<Sources/> <Channels/> <Personality>
<Source-coding-decoding/> <Networking/> <INFOSEC/>
<Channel-codec> <Modem/> <IF-processing/> <MIMO/>
<RF-access/> </Channel-codec>
</Personality>
<SDR-platform/> <Evolution-support/>
</SDR>

```



Σχήμα 2-12

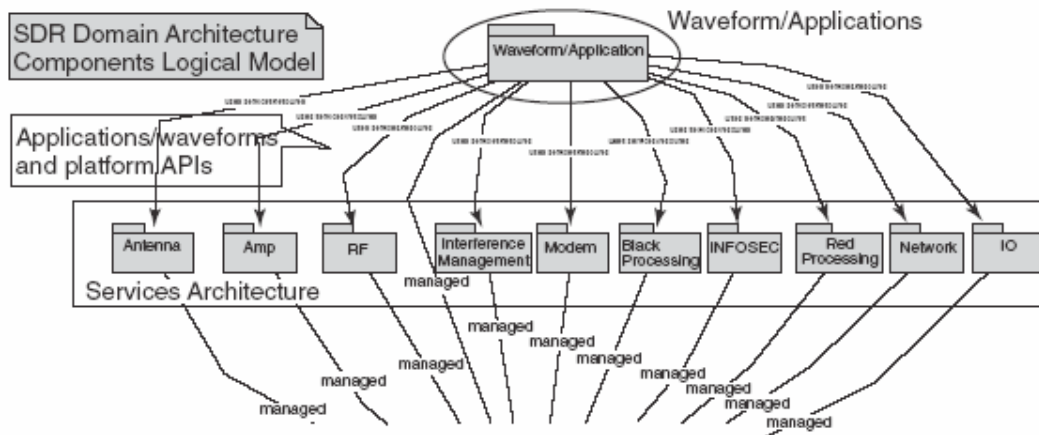
Αυτό το κείμενο αφήνει την επίσημη οντολογία της SDR στις ομάδες βιομηχανίας όπως το φόρουμ SDR και το OMG, που εστιάζουν αντ' αυτού στα οντολογικά κατασκευάσματα που ενισχύουν την ποιότητα της πληροφορίας QoI.

### 2.5.3 The SCA

Οι ΗΠΑ DoD ανέπτυξαν τη SCA για τα κοινά δικά τους ραδιοσυστήματα (JTRS-Joint Tactical Radio System). Η SCA καθορίζει τα συστατικά και τις διεπαφές που παρουσιάζονται στην εικόνα 2-12. Τα APIs ορίζουν την πρόσβαση στο φυσικό στρώμα, την πρόσβαση στα μέσα ελέγχου (MAC), στο λογικό στρώμα ελέγχου συνδέσεων (LLC-logical link control), στα χαρακτηριστικά γνωρίσματα ασφάλειας, και στην εισαγωγή/την παραγωγή της φυσικής συσκευής ραδιοεπικοινωνίας. Τα φυσικά συστατικά αποτελούνται από τις κεραίες και το υλικό μετατροπής ραδιοσυχνότητας RF που είναι συνήθως αναλογικά και που επομένως στερούνται της δυνατότητας να δηλωθούν ή να περιγραφούν στο σύστημα. Τα περισσότερα από τα άλλα SCA συστατικά είναι σε θέση να αυτο-αναφέρονται στο σύστημα ώστε να διευκολύνουν αυτόματα τα τμημάτα υλικού και λογισμικού. Επιπλέον, η SCA δέχεται τα POSIX και CORBA, αν και η SCA έχει εφαρμοστεί επίσης στην Java.

Η SCA εξελίχθηκε σταδιακά στο φόρουμ SDR και η Object Management Group (OMG) σε ένα UML-αντικειμενοστρεφές πρότυπο της SDR (εικόνα 2-13). Οι κυματομορφές είναι συλλογές που παρέχουν ασύρματες υπηρεσίες, έτσι από την οπτική γωνία ενός σχεδιαστή ραδιοεπικοινωνιακών συστημάτων, η κυματομορφή είναι η βασική εφαρμογή σε μια ραδιοεπικοινωνία. Από την οπτική γωνία ενός χρήστη ενός ασύρματου ψηφιακού βοηθού (PDA), η κυματομορφή ραδιοεπικοινωνίας είναι ακριβώς ένας τρόπος να πραγματοποιήσει την επικοινωνία του, χωρίς να θέλει να γνωρίζει ή να πρέπει να τις λάβει υπόψη του. Σήμερα, οι κυψελοειδείς φορείς παροχής υπηρεσιών κρύβουν αυτήν την λεπτομέρεια μέχρι ενός ορισμένου βαθμού, αλλά οι καταναλωτές ξέρουν μερικές φορές τη διαφορά μεταξύ CDMA και του GSM, παραδείγματος χάριν. Με την εξέλιξη της τρίτης γενιάς της κυψελοειδούς τεχνολογίας (3G), το ποσοστό των καταναλωτών που γνωρίζουν την επαγγελματική γλώσσα techie αυξάνεται. Έτσι η CR αυξάνει την πρόσβαση στα ειδικά δίκτυα και τον ασύρματο Ιστό, αλλά απομονώνει το χρήστη από αυτές τις λεπτομέρειες, εκτός αν ο χρήστης θέλει πραγματικά να ξέρει.

Στο μοντέλο της UML, η Amp αναφέρεται στην ενίσχυση των υπηρεσιών, στην ραδιοσυχνότητα RF αναφέρεται στη μετατροπή της ραδιοσυχνότητας RF, και στη διαχείριση παρεμβολής αναφέρεται και στην αποφυγή της παραγωγής της παρεμβολής και στο φιλτράρισμα αυτής από τη ζώνη λειτουργίας. Επιπλέον, στην επαγγελματική γλώσσα για την αμερικάνικη στρατιωτική ραδιοεπικοινωνία το μείζον ζήτημα είναι οι ιδιωτικές πληροφορίες του χρήστη, αλλά όταν κρυπτογραφούνται τότε αυτές προστατεύονται, και έτσι μπορούν να μεταδοθούν. Αυτή η επεξεργασία εμφανίζεται μεταξύ της κεραίας και της διαδικασίας αποκρυπτογράφησης. Σε αυτό την εικόνα δεν υπάρχει καμία διεπαφή με τον χρήστη. Το μοντέλο της UML περιέχει ένα περίπλοκο σύνολο διοικητικών εγκαταστάσεων, που διευκρινίζεται περαιτέρω στην εικόνα 2-14, με το οποίο η διεπαφή ανθρώπου –μηχανής (HMI- human-machine interface) ή η διεπαφή με τον χρήστη συσχετίζεται αρκετά.



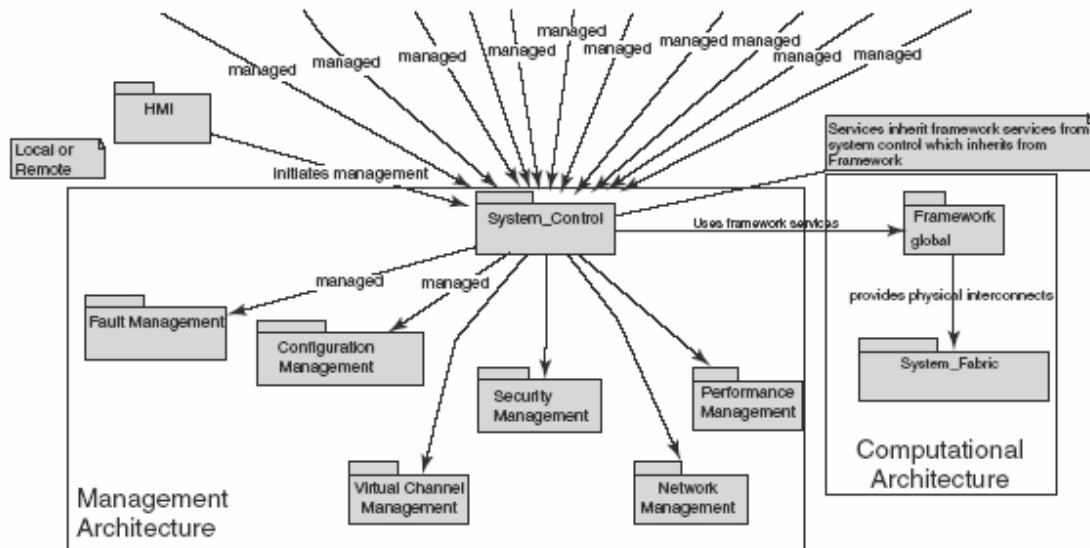
Σχήμα 2-13.

Ο έλεγχος συστημάτων είναι βασισμένος σε ένα πλαίσιο που περιλαμβάνει τις γενικές συναρτήσεις όπως το logging, που οργανώνονται σε μια υπολογιστική αρχιτεκτονική. Τα διοικητικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα απαιτούνται για να ελέγξουν την πολυπλοκότητα της ραδιοεπικοινωνία 3G και της αντίστοιχης παραγωγής των στρατιωτικών ραδιοεπικοινωνιών. Τα διοικητικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα σφάλματος εξετάζουν την απώλεια των επεξεργαστών μιας ραδιοεπικοινωνίας, την απώλεια μνήμης, ή καναλιών κεραιών. Η CR επομένως αλληλεπιδρά με τη διαχείριση σφάλματος για να καθορίσει ποιες εγκαταστάσεις μπορούν να είναι διαθέσιμες στη ραδιοεπικοινωνία για την αποσφαλμάτωση υλικού ή/και λογισμικού (π.χ., ένα λάθος στο download). Η διαχείριση ασφάλειας προστατεύει τα στοιχεία του χρήστη, εξισορροπώντας την ευκολία και την ασφάλεια, έννοιες που μπορούν να είναι βαρετές και κουραστικές. Η CR θα κατευθύνει την εικονική διαχείριση καναλιών (vcm- virtual channel management) και θα μάθει από τη λειτουργία της vcm ποιοι πόροι ραδιοεπικοινωνίας είναι διαθέσιμοι, όπως ποιες ζώνες στο ραδιόφωνο μπορεί να ακούσει και να μεταδώσει και σε πόσους μπορεί να το κάνει αμέσως. Τέλος, η απόδοση της SDR εξαρτάται από τις παραμέτρους των αναλογικών και των ψηφιακών πόρων, όπως η γραμμικότητα της κεραίας, τα εκατομμύρια των οδηγιών ανά δευτερόλεπτο (MIPS- millions of instructions per second) σε έναν επεξεργαστή, κτ.λ.

#### 2.5.4 Μετάβαση αρχιτεκτονικής: Από την SDR στην AACR

Λαμβάνοντας υπόψη την CRA και την σύγχρονη αρχιτεκτονική SDR, πρέπει να εξετάσουμε τη μετάβαση της SDR, ενδεχομένως μέσω μιας φάσης της AACRs προς την iCR. Καθώς η πολυπλοκότητα των φορητών και ασύρματων συστημάτων αυξάνεται, η πιθανότητα ο χρήστης να έχει την ικανότητα να κάνει τη βέλτιστη ενέργεια σε οποιαδήποτε στιγμή μειώνεται. Τα σημερινά κυψελοειδή δίκτυα διαχειρίζονται την πολυπλοκότητα των μεμονωμένων ασύρματων πρωτοκόλλων για το χρήστη, αλλά η εμφάνιση της multiband multimode AACR μεταθέτει το φόρτο της διαχείρισης της πολυπλοκότητας προς τον PDA. Η βελτιστοποίηση της επιλογής της ασύρματης υπηρεσίας μεταξύ του "ελεύθερου" WLAN και του ισοδύναμου κυψελοειδούς για

πώληση μεταθέτει το φόρτο της διαχείρισης των πόρων της ραδιοεπικοινωνίας από το δίκτυο προς την WPDA.



Σχήμα 2-14.

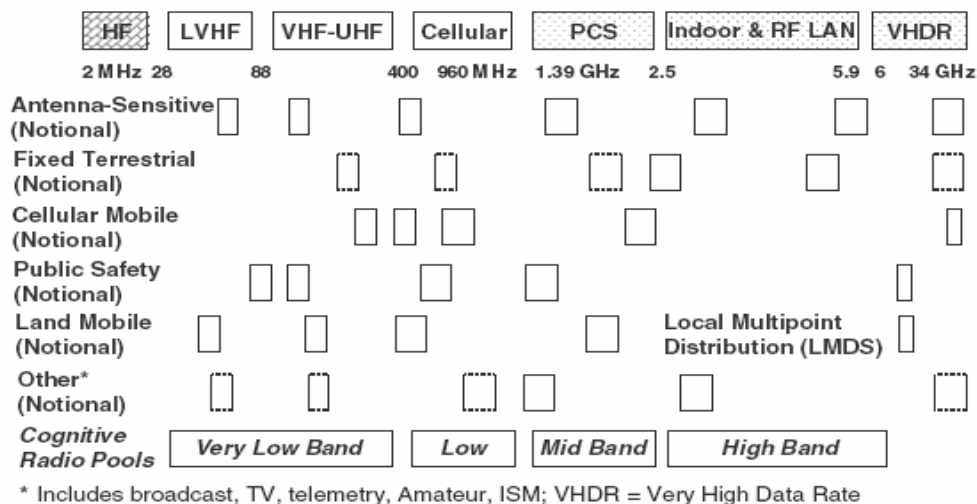
Στη διαδικασία μετάβασης το CRA θα μπορούσε να αυξήσει την υπολογιστική νοημοσύνη ενός ασύρματου lap-top. Θα μπορούσε να γνωρίζει τα του χρήστη παρατηρώντας τις πληκτρολογήσεις και τις κινήσεις του mouse του, καθώς επίσης ερμηνεύοντας τη φωνή και τις εικόνες στην camera του, παραδείγματος χάριν, για να ελέγχει ανά πάσα στιγμή ότι ιδιοκτήτης είναι ακόμα ο ίδιος χρήστης δεδομένου ότι είναι σημαντική η οικοδόμηση ενός μοντέλου user-specific. Έτσι μπορεί να κατασκευαστεί ένα συμπεριφοριστικό μοντέλο χώρου-χρόνου για οποιονδήποτε χρήστη ή να είναι ένα αξιόπιστο και υπεύθυνο single-user lap-top.

Το 1999, η Mitsubishi και τη AT&T ανήγγειλαν το πρώτο "μικροτηλέφωνο τεσσάρων-λειτουργιών." Το T250 λειτούργησε με τεχνολογία TDMA στα 850 ή στα 1900 MHz, στην πρώτη γενιά αναλογικών κινητών τηλεφωνικών συστημάτων (AMPS- Analog Mobile Phone System) στα 850 MHz, και σε κυβελοειδή ψηφιακά πακέτα δεδομένων (CDPD- Cellular Digital Packet Data), πολλαπλής ζώνης, πολλαπλής λειτουργίας, ασύρματο μικροτηλέφωνο πολυμέσων. Αυτά τα ραδιοεπικοινωνιακά μέσα ενίσχυσαν τη δυνατότητα του φορέα παροχής υπηρεσιών να προσφέρει εθνική περιαγωγή, αλλά η πολυπλοκότητα δεν ήταν προφανής στο χρήστη δεδομένου ότι το δίκτυο διαχειρίστηκε τους πόρους ραδιοεπικοινωνίας στο μικροτηλέφωνο.

Δεδομένου ότι ο αριθμός των ζωνών και των λειτουργιών αυξάνεται, η SDR αποτελεί τον καλύτερο υποψήφιο για την εισαγωγή της γνωσιακής τεχνολογίας. Αλλά μέχρι η ραδιοεπικοινωνία ή το ασύρματο κομμάτι του PDA βοηθού να αποκτήσει την ικανότητα να έχει πρόσβαση στις πολλαπλές ad hoc ζώνες της ραδιοσυχνότητας RF όπως οι κόμβοι του ευρέως διαδεδομένου ασύρματου παγκόσμιου Ιστού, όπου η γνωσιακή τεχνολογία αρχίζει να καρποφορεί. Με τη φιλελευθεροποίηση του φάσματος και της χρήσης των

κανόνων της ραδιοσυχνότητας RF, η πρόωρη εξέλιξη της AACR μπορεί να έχει ως κατευθυντήρια δύναμη ένα εθιμοτυπικό μοντέλο φάσμα-χρήση κανόνων της RF για τις ad hoc ζώνες, όπως στην περίπτωση χρήσης της FCC. Στο όχι πολύ μακρινό μέλλον, οι SDR PDAs θα μπορούσαν να έχουν πρόσβαση στις δορυφορικές κινητές υπηρεσίες, στο ασύρματο τηλέφωνο, στο WLAN, στο GSM, και στις 3G ζώνες. Μια ιδανική συσκευή SDR με αυτές τις ικανότητες σε λογική τιμή μπορεί να έχει πρόσβαση σε εύρος ζώνης κλίμακας οκτώ από 0,4 έως 0,96 GHz (μη λαμβάνοντας υπόψη την air navigation και το εύρος ζώνης GPS από 0,96 έως 1,2 GHz), από 1,3 έως 2,5 GHz, και από 2,5 έως 5,9 GHz (εικόνα 2-15). Χωρίς να μετρηθούν οι δορυφορικές κινητές ζώνες ραδιοεπικοινωνίας της ναυσιπλοΐας, τέτοιες ραδιοεπικοινωνίες θα είχαν πρόσβαση σε πάνω από 30 κινητές υποζώνες σε 1463 MHz του ενδεχόμενου κοινόχρηστου υπαίθριου κινητού φάσματος. Η ανώτερη ζώνη παρέχει άλλα 1,07 GHz του κοινόχρηστου φάσματος του περιορισμένου φάσματος, του εσωτερικού και τοπικού LAN της ραδιοσυχνότητας RF. Αυτή η ευρυζωνική ραδιοτεχνολογία θα είναι προσιτή για στρατιωτικές εφαρμογές, για base station και επιχειρησιακές υποδομές, για τις κινητές ραδιοεπικοινωνίες στα οχήματα, και αργότερα για τα μικροτηλέφωνα και τους PDAs. Όταν μια συσκευή ραδιοεπικοινωνίας έχει πρόσβαση σε περισσότερες ζώνες της ραδιοσυχνότητας RF από τους ελέγχους των host network, η τεχνολογία CR μπορεί να μεσολαβήσει στη δυναμική διανομή του φάσματος. Είναι η σωστή προσαρμογή στις εθιμοτυπικές ραδιοεπικοινωνίες που διαθέτει η ICR πράγμα το οποίο καθιστά αυτή τη διανομή πρακτική.

Διάφορα πρωτόκολλα έχουν προταθεί με τα οποία οι συσκευές ραδιοεπικοινωνίας μπορούν να μοιραστούν το φάσμα. Το κομμάτι 15 της αμερικανικής FCC επιτρέπει στις συσκευές χαμηλής ισχύος να λειτουργούν σε μερικές ζώνες. Το 2003, οι Rule and Order (R&O) κατέστησαν το αχρησιμοποίητο τηλεοπτικό (TV) φάσμα διαθέσιμο για τις εφαρμογές χαμηλής ισχύος RF LAN, που καθιστούν τον κατασκευαστή αρμόδιο για την εξασφάλιση ότι οι ραδιοεπικοινωνίες υπακούν τους περιορισμούς. Το πρόγραμμα παραγωγής DARPA neXt (XG) ανέπτυξε μια γλώσσα για την έκφραση της πολιτικής φάσματος -χρήσης.



Σχήμα 2-15.

Το έξι-μηματικό CRA μπορεί να εφαρμοστεί με την ελάχιστη αισθητήρια αντίληψη, την ελάχιστη εκμάθηση, και καμία αυτόνομη δυνατότητα να τροποποιηθεί. Οι ρυθμιστές θεωρούν τους κατασκευαστές αρμόδιους για τις συμπεριφορές τέτοιων ραδιοεπικοινωνιών. Όσο απλούστερη είναι η αρχιτεκτονική, τόσο απλούστερο γίνεται το πρόβλημα επεξήγησής του στους ρυθμιστές και η επίτευξη συγκατάθεσης μεταξύ των κατασκευαστών για την ανοικτή αρχιτεκτονική των διεπαφών. Οι κατασκευαστές, που καταλαβαίνουν πλήρως το επίπεδο στο οποίο μια ιδιαίτερα αυτόνομη CR μπορεί να επαναπρογραμματιστεί για να παρακάμψει τους περιορισμούς των ρυθμιστών, μπορούν να αποφασίσουν να τοποθετήσουν στο πεδίο ενήμερες προσαρμοστικές ραδιοεπικοινωνίες (AA), αλλά δεν μπορούν να ρισκάρουν μια αυτο-μεταβαλλόμενη CR ακόμα.

Κατά συνέπεια, κάποιος μπορεί να προβλέψει μια βαθμιαία εξέλιξη της CRA που αρχίζει με τη CR της FCC για XG, και ένα ελάχιστο σύνολο λειτουργιών αποδεκτό μεταξύ της αυξανόμενης κοινότητας των συμμετόχων στη AACR. Στη συνέχεια, η πρόσβαση στα νέα σημεία πρόσβασης ραδιοεπικοινωνίας στον ασύρματο Ιστό θα μειώσει τις δαπάνες για τις νέες υπηρεσίες και θα οδηγήσει την εξέλιξη προς την iCR με πρόσθετα APIs, που ίσως θα ενημερώνονται από την CRA.

### 3.ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ –ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

#### 3.1 Εισαγωγή

Το σημερινό τοπίο ασύρματης επικοινωνίας περιλαμβάνει διάφορες τεχνολογίες πρόσβασης: (α) κυψελοειδή συστήματα 2G, 2.5G και 3G (π.χ. GSM, GPRS, UMTS); (β) ασύρματα τοπικά/μητροπολιτικά/προσωπικά δίκτυα και (γ) δίκτυα εκπομπής, όπως είναι η Ψηφιακή Ακουστική Μετάδοση (DAB) και Ψηφιακή Τηλεοπτική Μετάδοση (DVB). Η εξέλιξη των προαναφερθέντων συστημάτων ασύρματης επικοινωνίας κατά τα τελευταία χρόνια καταδεικνύει μία σαφή τάση προς τις αρχιτεκτονικές οι οποίες θα υποστηρίζουν τεχνολογίες πολλαπλής πρόσβασης, και συσκευές κινητών τερματικών, π.χ. που να δύνανται να λειτουργούν εναλλάξ σε διάφορα ραδιομήματα που υφίστανται στην υποδομή.

Αυτή η τάση αναφέρεται συχνά ως «συστήματα πέραν του 3G» (B3G), και το βασικό χαρακτηριστικό τους είναι ότι ο χειριστής του δικτύου μπορεί να βασίζεται σε τεχνολογίες πολλαπλής Ραδιοπρόσβασης (RAT) για την επίτευξη της επιθυμητής ποιότητας εξυπηρέτησης (QoS), π.χ. επίδοση ( π.χ. ταχύτητα bit, καθυστέρηση, τρεμούλιασμα), διαθεσιμότητα (ενδεχόμενο μπλοκαρίσματος), αξιοπιστία .

Η ανάγκη για αυτό πηγάζει από το γεγονός ότι κάθε RAT είναι πλέον κατάλληλη για να αντιμετωπίζει ορισμένες – αλλά όχι και όλες – καταστάσεις, ειδικότερα από απόψεως επιθυμητής ικανότητας εκπομπής, κάλυψης, υποστήριξη κινητότητας και κόστος. Έτσι, για να είναι ανταγωνιστικό και να χαίρει της εκτιμήσεως των πελατών ένας χειριστής δικτύου θα χρειαστεί να συνδυάσει τα πλεονεκτήματα που παρέχονται από τις διάφορες RAT.

Αν και έχουν γίνει σημαντικά βήματα προς την από κοινού χρήση των ετερογενών τεχνολογιών πρόσβασης, το σημαντικότερο μέσον πάνω στο οποίο δημιουργούνται όλες οι ασύρματες τεχνολογίες, π.χ. το ηλεκτρονικό ραδιοφάσμα περιορίζεται από την φύση του.

Επιπλέον, ο κατακερματισμός σε χωριστές ζώνες συχνοτήτων έχει επιφέρει την υπερ-χρησιμοποίηση ορισμένων εξ αυτών, ενώ άλλες παραμένουν αναξιοποίητες σε μεγάλο βαθμό.

Κατά συνέπεια, το πρόβλημα το οποίο χρήζει αντιμετώπισης είναι η πολυπλοκότητα και η ετερογένεια του περιβάλλοντος B3G, σε συνδυασμό με την σπανιότητα και την υπο-χρησιμοποίηση του φάσματος (RF).

Η γνωσιακή ραδιοεπικοινωνία(Cognitive Radio) φαίνεται μία αποτελεσματική, πολλά υποσχόμενη λύση σε αυτό το σύνθετο πρόβλημα.Τα γνωσιακά συστήματα ραδιοεπικοινωνίας είναι συστήματα τα οποία είναι σε θέση να έχουν αίσθηση σε ποιο περιβάλλον ραδιοσυχνοτήτων βρίσκονται και να αντιδρούν, είτε προενεργά είτε αντιδραστικά, σε εξωτερικά ερεθίσματα. Με τον όρο «αντιδρούν» εννοούμε ότι τα συστήματα έχουν την ικανότητα να αναδιαμορφώνουν τους αλγόριθμους και τις παραμέτρους της λειτουργίας τους προκειμένου να προσαρμόζονται καλύτερα στις περιβαλλοντικές συνθήκες.

Έτσι, βασικά, η λειτουργία ενός συστήματος γνωστικής ραδιοεπικοινωνίας περιλαμβάνει δύο στάδια: (α) παρατήρηση και (β) απόφαση. Μετά την πιο ενδελεχή εξέταση του

σχεδίου λειτουργίας της γνωστικής ραδιοεπικοινωνίας, θα επικεντρώσουμε το ενδιαφέρον στο στάδιο της παρατήρησης, στην ανάλυση του τρόπου με τον οποίο ένα πραγματικό σύστημα γνωστικής ραδιοεπικοινωνίας θα πρέπει να λειτουργήσει και την εισαγωγή καινοτομικών λειτουργικών στοιχείων τα οποία θα ενισχύσουν την αποτελεσματικότητά του.

## 3.2 ΓΝΩΣΤΙΚΗ ΡΑΔΙΟΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

### 3.2.1. Βασικές αρχές

Η γνωστική ραδιοεπικοινωνία βασίζεται σε τρεις βασικές αρχές:

#### (a) Αναδιαμόρφωση:

Αυτή η ιδιότητα των γνωστικών ραδιοεπικοινωνιών αναφέρεται στην ικανότητά τους να τροποποιούν δυναμικά την διάρθρωσή τους. Μία διάρθρωση υποδηλώνει ένα συνδυασμό RAT και φάσματος. Τα διαφορετικά RAT υποστηρίζουν διαφορετικές (πιθανώς περισσότερες της μιας) παραμέτρους και αλγορίθμους για διαμόρφωση, κωδικοποίηση και έλεγχο σφαλμάτων.

Η αναδιαμόρφωση μπορεί να πραγματοποιείται αποτελεσματικά μέσω της χρησιμοποίησης στοιχείων του δικτύου (και τερματικών (πομποδέκτες)) που μπορούν δυναμικά να μεταβάλουν τις παραμέτρους της λειτουργίας τους προκειμένου να βελτιώσουν την προσφερόμενη ποιότητα υπηρεσίας. Οι αναδιαμορφώσεις καθορίζονται μέσω λογισμικού, π.χ. πραγματοποιούνται με την ενεργοποίηση του κατάλληλου λογισμικού στον πομποδέκτη. Ως παράδειγμα αυτού, ας υποθέσουμε μία περιοχή εξυπηρέτησης B3G (π.χ. μία κυψέλη) που αποτελείται από τρία διαμορφώσιμα στοιχεία του δικτύου (πομποδέκτες)  $e_1$ ,  $e_2$  και  $e_3$ , έκαστο των οποίων είναι σε θέση να λειτουργεί εναλλακτικώς σε μία από τις  $n$  διαρθρώσεις  $c_1$ ,  $c_2$ , ...,  $c_n$ .

Κατά την διάρκεια ενός ορισμένου χρονικού διαστήματος, η καλύτερη διάρθρωση, από απόψεως ικανότητας μετάδοσης, κάλυψης, υποστήριξης κινητότητας και κόστους, θα μπορούσε να είναι η διάρθρωση ( $c_1$ ,  $c_3$ ,  $c_2$ ). Πάντως, οι περιβαλλοντικές συνθήκες και απαιτήσεις μεταβάλλονται δυναμικά, έτσι κατά την διάρθρωση της επόμενης χρονικής περιόδου ( $c_1$ ,  $c_4$ ,  $c_2$ ) θα μπορούσε να είναι η πλέον κατάλληλη. Στο παράδειγμα αυτό, το στοιχείο  $e_2$  αναδιαμορφώθηκε για να λειτουργεί κάτω από διάρθρωση  $c_4$  αντί του  $c_3$ .

#### (b) Γνώση:

Είναι ακριβώς αυτή η στοχαστική φύση των περιβαλλοντικών συνθηκών που δημιουργούν την ανάγκη για την ύπαρξη της δεύτερης κυρίας ιδιότητας των γνωστικών συστημάτων ραδιοεπικοινωνιών, π.χ. η γνώση.

Η γνώση αναφέρεται στην ικανότητα αίσθησης του περιβάλλοντος ραδιοσυχνότητας και τη λήψη γνώσεων (δεδομένα και εμπειρία) γύρω από τις επιτευξιμες ικανότητες των εναλλακτικών διαρθρώσεων.



### (c) Αυτό-διαχείριση:

Αν και δεν είναι εγγενείς, αυτή η ιδιότητα μπορεί να ενσωματωθεί σε ένα γνωσιακό σύστημα ραδιοεπικοινωνιών, προκειμένου να του προσδώσει μεγαλύτερη ευελιξία. Υπό την έννοια αυτή, ο κάθε πομποδέκτης πρέπει να είναι σε θέση να αυτοπροσαρμόζεται στο περιβάλλον του, χωρίς την ανάγκη να του δίδονται οδηγίες από μία κεντρική διαχειριστική οντότητα. Αυτή η έννοια, η οποία είναι ευθυγραμμισμένη με το αυτόνομο υπολογιστικό παράδειγμα, εξασφαλίζει σημαντική μείωση της πολυπλοκότητας ενός συστήματος, αφού δεν απαιτεί κεντρική διαχειριστική οντότητα.

### 3.2.2. Λειτουργικές εργασίες

Μία τυπική γνωστική λειτουργία ραδιοεπικοινωνίας περιλαμβάνει δύο στάδια: παρατήρηση και απόφαση. Το πρώτο στάδιο μπορεί να διαιρεθεί σε δύο χωριστά λειτουργικά καθήκοντα: αίσθηση και παραδοχή. Κατά τρόπο οριστικό, όπως απεικονίζεται στο σχήμα 1, αυτές οι θεμελιώδεις λειτουργικές εργασίες μπορούν να διακριθούν εντός του κύκλου λειτουργίας της γνωσιακής ραδιοεπικοινωνίας:

- (i) Επαίσθηση: Αυτό συνεπάγεται τον συντονισμό σε μία συχνότητα και την μέτρηση των αντιληπτών παρεμβολών
- (ii) Παραδοχή: Αυτό περιλαμβάνει την εκτίμηση των ικανοτήτων μιας υποψήφιας διάρθρωσης, επί τη βάση των επιπέδων των μετρηθεισών παρεμβολών στην (i).
- (iii) Λήψη απόφασης: Επί τη βάση των εκτιμήσεων της εργασίας (ii), επιλέγεται η πιο κατάλληλη διάρθρωση, λαμβάνοντας υπόψη τις τρέχουσες απαιτήσεις κινήσεως, καθώς επίσης και τις μορφές κινητότητας και εντοπισμού.

Πρώτον, αναγνωρίζουμε πώς οι εργασίες αυτές μπορούν να επιτελούνται στην περίπτωση του συστήματος γνωσιακής ραδιοεπικοινωνίας με πραγματικά δεδομένα. Στην συνέχεια ενισχύουμε την λειτουργικότητα της διεργασίας (ii) με μία τεχνική εκμάθησης μηχανήματος. Το κίνητρο για την ανωτέρω διεργασία πηγάζει από το γεγονός ότι ένα περιβάλλον γνωσιακού στοιχείου αλλάζει με την πάροδο του χρόνου και έτσι είναι δύσκολο να εκτιμήσουμε τις ικανότητες των εναλλακτικών διαρθρώσεων με μεγάλο βαθμό διασφάλισης.

## 3.3. ΑΙΣΘΗΣΗ

### 3.3.1. Κατάλληλη μετρική

Οι παρεμβολές είναι ένας από τους περιοριστικούς παράγοντες στην λειτουργία μιας γνωσιακής ραδιοεπικοινωνίας. Η διεργασία της αίσθησης αναφέρεται στην διαδικασία

μέτρησης των αντιληπτών επιπέδων των παρεμβολών σε μία ορισμένη ζώνη συχνοτήτων στον τομέα ενδιαφέροντος. Προκειμένου να προσδιοριστούν ποσοτικά οι επιδράσεις των παρεμβολών στην μετάδοση του σήματος, μπορεί να χρησιμοποιηθούν δύο κατάλληλες μετρικές:

α)

Ο λόγος παρεμβολής σήματος συν θόρυβο (SINR), που παρίσταται από τον λόγο μεταξύ της λαμβανόμενης επιθυμητής ισχύος του σήματος φορέα, και της συνολικής λαμβανόμενης ισχύος παρεμβολής.

β)

Η θερμοκρασία παρεμβολής (IT), που παρίσταται από την θέση ανάμεσα στην ισχύ παρεμβολής, και το ζωνικό εύρος φάσματος πολλαπλασιαζόμενο επί της σταθεράς Boltzmann. Η κάθε μία από αυτές τις δύο μετρικές μπορεί να χρησιμοποιηθεί από ένα σύστημα γνωστικής ραδιοεπικοινωνίας. Τα ακόλουθα δύο υποκεφάλαια παρέχουν μία επισκόπηση του τρόπου με τον οποίο μπορούν να υπολογίζονται αυτές οι μετρικές.

### 3.3.2. Sinr

Γενικώς, μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο στρατηγικές για την επίτευξη αξιολογήσεων του SINR. Η πρώτη βασίζεται στην εκπομπή πιλοτικών συμβόλων (εκτελεστικές ακολουθίες) ενώ οι δεύτερη επιχειρεί να αποσπάσει τα χαρακτηριστικά του διαύλου απευθείας από τα σύμβολα των δεδομένων, δηλαδή το λαμβανόμενο σήμα, χωρίς την χρήση εκπαιδευτικών ακολουθιών. Οι δύο στρατηγικές αναφέρονται συχνά στην βιβλιογραφία ως «μη τυφλές» και «τυφλές» αντίστοιχα.

Μία εκπαιδευτική ακολουθία είναι εκ των προτέρων γνωστή στον δέκτη έτσι το έργο του υπολογισμού του SINR γίνεται πιο εύκολο, δεδομένου ότι ο δέκτης γνωρίζει ποια σύμβολα υποτίθεται ότι θα λάβει. Κατά συνέπεια, η χρήση εκπαιδευτικών ακολουθιών επιτρέπει μεγαλύτερη ακρίβεια, αλλά επίσης εισάγει ένα σημαντικό επιβλέπον σύστημα το οποίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί αντί της εκπομπής επιπλέον ακολουθιών δεδομένων.

Στο πλαίσιο της γνωστικής ραδιοεπικοινωνίας, το έργο της επαίσθησης μπορεί να βασιστεί αποκλειστικά σε πιλοτική μετάδοση, επειδή μας ενδιαφέρουν οι εν δυνάμει δυνατότητες των εναλλακτικών διαρθρώσεων. Από την άλλη, βεβαίως, η αξιολόγηση της παρεμβολής στην ζώνη συχνοτήτων που χρησιμοποιείται εκάστοτε για την παροχή υπηρεσιών μπορεί να ακολουθεί οποιαδήποτε από αυτές τις δύο στρατηγικές.

### 3.3.3. Θερμοκρασιακή παρεμβολή

Η αξιολόγηση της θερμοκρασίας παρεμβολής είναι πιο απλή, εν συγκρίσει προς την αξιολόγηση του SINR. Επειδή περιλαμβάνει μόνο συντονισμό στην συχνότητα ενδιαφέροντος και υπολογισμό της λαμβανομένης ισχύος του σήματος. Με τον όρο λαμβανόμενη ισχύς σήματος εννοούμε την λαμβανόμενη ισχύ των ανεπιθύμητων σημάτων, δηλαδή των παρεμβολών, επειδή κανένα επιθυμητό σήμα δεν μεταβιβάζεται ακόμα στην περίπτωση αυτή.

Σύμφωνα με το μοντέλο FCC, για μία δεδομένη ζώνη συχνοτήτων σε μία δεδομένη γεωγραφική περιοχή, ένα «θερμοκρασιακό όριο παρεμβολών», ορίζεται από κάποιο κανονιστικό φορέα. Ένας μεταδότης πρέπει στην συνέχεια να εξασφαλίσει ότι με την μετάδοσή του δεν αυξάνεται η τρέχουσα θερμοκρασία παρεμβολής πάνω από το προδιαγεγραμμένο όριο θερμοκρασίας παρεμβολής.

### 3.3.4. Διεργασία αίσθησης γνωσιακής ραδιοεπικοινωνίας

Ένας πομποδέκτης γνωστικού δικτύου πρέπει να αφιερώσει τμήματα του λειτουργικού του κύκλου στην εκτέλεση των διεργασιών αίσθησης. Έτσι, μία προσέγγιση σε αυτό είναι να επιμερισθεί ο λειτουργικός χρόνος του πομποδέκτη σε «χρονοθυρίδες παροχής υπηρεσιών» (κατά την διάρκεια των οποίων ο πομποδέκτης εξυπηρετεί την κίνηση του δικτύου) και χρονοθυρίδες «αίσθησης» (κατά την διάρκεια των οποίων ο πομποδέκτης 'αισθάνεται' το επίπεδο παρεμβολής των εναλλακτικών ζωνών συχνότητας), όπως απεικονίζεται τούτο στο Σχήμα 3(a).

Επειδή είναι τεχνικά δύσκολο να ολοκληρωθεί μία πλήρης αναδιαμόρφωση του συνολικού σωρού πρωτοκόλλου εντός μικρού χρονικού διαστήματος (π.χ. πλήρης αναδιαμόρφωση RAT), η προσέγγισή μας συνίσταται στις οδηγίες προς τα κατά τόπους τερματικά για να :

- (α) Μεταβαίνει προσωρινά σε μία διαφορετική ζώνη συχνοτήτων
- (β) Να εκτελεί μετρήσεις παρεμβολής και
- (γ) Να αναφέρει αυτά πίσω στην πλευρά του δικτύου.

Η τελευταία θα εξερευνηθεί στην συνέχεια από την πλευρά του δικτύου, σε συνδυασμό με τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά του κάθε υποψηφίου RAT, προκειμένου να πραγματοποιήσει υπολογισμούς γύρω από τις προβλεπόμενες ικανότητες RAT (προσδοκώμενη επίδοση) στην υπό εξέταση ζώνη.

Ας υποθέσουμε ότι ένας πομποδέκτης του δικτύου χρησιμοποιεί επί του παρόντος την φέρουσα συχνότητα  $f_0$ . Ας υποθέσουμε επίσης ότι ο πομποδέκτης χρειάζεται να 'αισθανθεί' τα επίπεδα παρεμβολής σε μία άλλη ζώνη συχνοτήτων, γύρω από την φέρουσα συχνότητα  $f_1$ . Η εκτίμηση του SINR πρέπει να εκτελεστεί στον δέκτη, δηλαδή στον πομποδέκτη της ανερχόμενης ζεύξης (uplink,) και τα τερματικά στην κατερχόμενη ζεύξη (downlink). Το Σχήμα 3(β) and Σχήμα 3(γ) απεικονίζουν την διεργασία επαίσθησης παρεμβολών στην ανερχόμενη και την κατερχόμενη ζεύξη, αντίστοιχα.

Στην πρώτη περίπτωση, ο πομποδέκτης του δικτύου δίνει οδηγίες στην ομάδα των τερματικών εντός της περιοχής εξυπηρέτησης για να μεταβεί προσωρινά στην συχνότητα  $f_1$  (i).

Μόλις ολοκληρωθεί ο συντονισμός (ii) κάθε ένα από τα τερματικά μεταβιβάζει μία εκπαιδευτική ακολουθία πίσω στον πομποδέκτη (iii) για να υπολογίσει το τελευταίο το SINR (iv).

Μόλις ολοκληρωθεί η διαδικασία επαίσθησης, τόσο τα τερματικά όσο και ο πομποδέκτης συντονίζονται εκ νέου στην συχνότητα  $f_0$ .

Το μήνυμα (i) εκπέμπεται χρησιμοποιώντας την συχνότητα  $f_0$ , ενώ όλα τα άλλα μηνύματα ανταλλάσσονται χρησιμοποιώντας την συχνότητα  $f_1$ .

Στην δεύτερη περίπτωση, η διεργασία είναι αρχικά όμοια (i και ii). Στην συνέχεια εκπέμπεται μία εκπαιδευτική ακολουθία από τον πομποδέκτη στους ακροδέκτες που έχουν προσωρινά συντονιστεί με την συχνότητα  $f_1$  (iii). Έπειτα, ο υπολογισμός του SINR λαμβάνει χώρα στην πλευρά του τερματικού (iv), και τα αποτελέσματα αναμεταβιβάζονται στην πλευρά του δικτύου (v).

Ο αριθμός των τερματικών που έχουν λάβει εντολές από τον πομποδέκτη του δικτύου να συμμετάσχουν προσωρινά στην διεργασία αίσθησης μπορεί να ποικίλλει. Ο πομποδέκτης μπορεί να δώσει εντολή σε όλα τα τερματικά στην περιοχή εξυπηρέτησής του, ή απλά να επιλέξει μία υποομάδα. Για παράδειγμα, μπορεί να δώσει εντολή στα τερματικά τα οποία είναι σε ανενεργό κατάσταση π.χ. δεν έχουν ενεργό τμήμα σε εξέλιξη. Περαιτέρω, αντί του υπολογισμού του SINR μπορεί να πραγματοποιηθεί μία μέτρηση της θερμοκρασίας παρεμβολής. Σε αυτήν την περίπτωση η εκπομπή μιας εκπαιδευτικής ακολουθίας δεν απαιτείται. Αυτό οδηγεί σε σημαντική απλούστευση της συνολικής διεργασίας, ειδικότερα για μετρήσεις στην ανερχόμενη ζεύξη.

#### 3.4. ΠΑΡΑΔΟΧΗ

Μετά την λήψη των μετρήσεων SINR (ή θερμοκρασίες παρεμβολής) από τα τερματικά ( περίπτωση κατερχόμενης ζεύξης), ή τον υπολογισμό αυτού καθαυτού του SINR (περίπτωση ανερχόμενης ζεύξης), το δομοστοιχείο διαχείρισης του πομποδέκτη είναι υπεύθυνο για την λήψη των συμπερασμάτων γύρω από τις ικανότητες του κάθε υποψηφίου RAT στην υπομελέτη ζώνης συχνοτήτων. Λόγω της δυναμικής και στοχαστικής φύσεως των συνθηκών του περιβάλλοντος, θα ήταν πιο συνετό να εξετασθούν αυτοί οι υπολογισμοί ως στιγμιαίοι υπολογισμοί (π.χ. όχι απολύτως αξιόπιστοι), οι οποίοι πρέπει να ενισχυθούν περαιτέρω από ένα κατάλληλο μηχανισμό ( τεχνική εκμάθησης του μηχανήματος).

Σε ότι ακολουθεί, επικεντρώνουμε το ενδιαφέρον στον τρόπο με τον οποίο θα φθάσει κανείς σε στιγμιαίους υπολογισμούς γύρω από την ικανότητα εκπομπής (π.χ. μέγιστη επιτεύξιμη παραγωγικότητα) και την περιοχή κάλυψης μιας υποψήφιας διάρθρωσης (συνδυασμός πελάτη και φάσματος), επί τη βάση των αποτελεσμάτων της διεργασίας αίσθησης. Η ανάλυση θα επιβεβαιωθεί στην περίπτωση της κατερχόμενης ζεύξης, όμως η περίπτωση ανερχόμενης ζεύξεως είναι όμοια. Ως είσοδο θεωρούμε ένα σύνολο τιμών SINR. Η ανάλυση στην περίπτωση των τιμών IT παραμένει η ίδια.

### 3.4.1. Ικανότητα μετάδοσης

Ανάλογα με το υποψήφιο RAT, οι μετρηθείσες τιμές SINR μπορούν να χαρτογραφηθούν σε μέγιστη επιτεύξιμη ταχύτητα σε bit-rates (παραγωγικότητα) λαμβάνοντας υπόψη τα ειδικά χαρακτηριστικά (π.χ. φυσικοί τρόποι) του RAT (Σχήμα 4).

Αυτό μπορεί να διασαφηνιστεί εξετάζοντας το παράδειγμα της τεχνολογίας IEEE 802.11b WLAN . Οι πελάτες 802.11b μπορεί να λειτουργήσουν στα 11 Mbps (χρησιμοποιώντας QAM-64), αλλά θα επανέλθουν στην προηγούμενη κλίμακα του 5.5 (QAM-16), 2 (QPSK), ή 1 Mbps (BPSK), εάν η ποιότητα του σήματος δημιουργήσει πρόβλημα. Επειδή οι μικρότερες ταχύτητες μεταβίβασης δεδομένων χρησιμοποιούν λιγότερο πολύπλοκες και περισσότερο πλεονασματικές μεθόδους κωδικοποίησης δεδομένων είναι λιγότερο επιρρεπείς σε υποβάθμιση λόγω της παρεμβολής και της εξασθένησης του σήματος.

Το διαχειρίσιμο μεσο του πομποδέκτη δικτύων χρησιμοποιεί, για κάθε υποψήφιο RAT, ένα προσαρμοστικό σχέδιο αναφοράς, προκειμένου να χαρτογραφήσει κάθε τιμή SINR εισόδου σε μία αντίστοιχη τιμή bit-rate. Στην συνέχεια, επεξεργάζεται στατιστικά τις τιμές bit-rate προκειμένου να αποσπάσει μία μετρική η οποία αναφέρεται ως αποτελεσματική ικανότητα μετάδοσης (*effective transmission capacity*), όπως τούτο απεικονίζεται στο Σχήμα 3.

Η μετρική εκφράζει την προβλεπόμενη μέση ικανότητα μετάδοσης με τον όρο «μέση» να σημαίνει ότι η μετρική έχει υπολογιστεί με βάσει τις εκθέσεις SINR από όλα τα τερματικά που υπεισέρχονται στην διεργασία επαίσθησης. Αυτός ο υπολογισμός μπορεί να ποικίλλει από πολύ απλός (μία τυπική μέση τιμή) μέχρι πιο πολύπλοκη (όπως το φιλτράρισμα Kalman). Ο στόχος είναι να συνεκτιμήσουμε όλες τις μετρήσεις, όχι μόνο τις χειρότερες ή τις καλύτερες περιπτώσεις, προκειμένου να εξασφαλίσουμε μία πιο ρεαλιστική εικόνα εις ότι αφορά τις ικανότητες της υποψήφιας διάρθρωσης από απόψεως ικανότητας μετάδοσης.

Πίσω στο παράδειγμα 802.11b , εάν σε μία δοθείσα στιγμή το 20% των χρηστών μπορεί να εξασφαλίσει μία μέση ταχύτητα bit-rate of 11 Mbps, 0% 5.5 Mbps, 30% 2 Mbps, και 50% 1 Mbps, τότε βγάζοντας τον μέσο όρο της εισόδου, η αποτελεσματική ικανότητα μετάδοσης μπορεί να εκτιμηθεί σε  $0.2 \cdot 11 + 0.3 \cdot 2 + 0.5 \cdot 1 = 3.3$  Mbps.

Επισημώς η διαδικασία που περιγράφηκε πιο πανω μπορεί να εκφραστεί και ως εξής :

Δοθέντος μιας μερίδα φάσματος  $b$  υπο μελέτη και ενα υποψήφιο RAT έχουμε :

$$cap_{ine}(r, b) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N ABR(SINR_i(b), r) \quad (1)$$

Όπου :

$cap_{ine}(r, b)$  δείχνει τη στιγμιαία αξία της αποτελεσματικής ικανότητας μετάδοσης για την υπο μελέτη μερίδα φάσματος  $b$  και του υποψήφιου RAT  $r$ .

Το  $N$  δείχνει τον αριθμό τερματικών που συμμετέχουν στη διαδικασία αντίληψης.

Το  $SINR_i(b)$  δείχνει την αξία SINR που μετρείται από το τερματικό  $i$  στη μερίδα φάσματος  $b$  και η λειτουργία  $ABR(SINR_i(b), r)$  επιστρέφει την επιτεύξιμη αξία bit-rate που αντιστοιχεί στην τιμή εισαγωγής του  $SINR$ ,  $SINR_i(b)$ , με την υιοθέτηση του προσαρμοστικού σχεδίου αναφοράς του RAT  $r$ .

Σε περίπτωση που κάποια άλλη μορφή στατιστικής επεξεργασίας χρησιμοποιείται (π.χ., φίλτράρισμα Καλμάν), κατόπιν ο τύπος (1) πρέπει να αντικατασταθεί αναλόγως.

### 3.4.2. Κάλυψη

Ο αντικειμενικός στόχος εδώ είναι παρόμοιος, δηλαδή να αποσπάσουμε μία στιγμιαία εκτίμηση για την περιοχή αποτελεσματικής κάλυψης ενός υποψηφίου RAT στην υπό εξέταση ζώνη συχνοτήτων. Αυτή η μετρική εκφράζει την προβλεπόμενη μέση κάλυψη. Η προτεινόμενη διεργασία μπορεί να διαιρεθεί σε δύο φάσεις: Στην φάση (α), ο συντελεστής εξασθένισης σήματος  $n$  (π.χ. ο εκθέτης απώλειας διαδρομής- path loss) υπολογίζεται στην περιοχή του δέκτη. Στην φάση (β), επιτυγχάνουμε την στιγμιαία εκτίμηση της αποτελεσματικής περιοχής κάλυψης.

Στην φάση (α) χρησιμοποιείται η ακόλουθη είσοδος από κάθε εισερχόμενο τερματικό:

(i)

Η ισχύς του επιθυμητού σήματος (π.χ. η ισχύς της ληφθείσας εκπαιδευτικής ακολουθίας, χωρίς να περιλαμβάνεται η ισχύς παρεμβολής), και

(ii)

η θέση του τερματικού (απόσταση από τον πομποδέκτη). Εις ότι αφορά το (ii), μόνο GPS μπορεί να παρέχει επαρκή ακρίβεια στον εντοπισμό της θέσης. Πάντως, οι τρέχουσες τάσεις για τα κινητά τερματικά είναι να ενσωματώνουν δέκτες GPS. Μετά τον συνυπολογισμό της εισόδου από όλα τα υπεισερχόμενα τερματικά, προσδιορίζεται η μέση τιμή του εκθέτη απώλειας διαδρομής  $n$  και του θορύβου  $\sigma$ .

Στην φάση (β), χρησιμοποιείται η ακόλουθη είσοδος:

(i)

Ο εκθέτης απώλειας διαδρομής όπως προσδιορίζεται στην φάση (α)

(ii)

η ελάχιστη απαιτούμενη τιμή SINR προκειμένου να διασφαλιστεί αποδεκτή ποιότητα (αυτή η τιμή είναι εξαρτημένη από το RAT);

(iii)

η ισχύς μετάδοσης η οποία έχει χρησιμοποιηθεί ενώ λαμβάνονταν μετρήσεις (αυτή η τιμή μπορεί επίσης να είναι εξαρτημένη από το RAT); και

(iv)

η τιμή ισχύος παρεμβολής της χειρότερης περίπτωσης όπως καταγράφηκε από τα τερματικά. Ο λόγος που χρησιμοποιείται η τιμή χειρότερης περίπτωσης είναι για να αποφύγουμε να έχουμε μία αισιόδοξη εκτίμηση της απαιτούμενης περιοχής κάλυψης. Επεξεργαζόμενοι την είσοδο, μπορούμε να φτάσουμε σε μία στιγμιαία εκτίμηση για την αποτελεσματική περιοχή κάλυψης.

Η διαδικασία που περιγράφεται παραπάνω μπορεί να εκφραστεί και ως εξής :

Φάση (a)

$$rx_i = tx - 10n \log(d_i) - \sigma \quad (2)$$

Όπου:  $rx_i$  παριστά την ληφθείσα ισχύ (που εκφράζεται dBm), από το τερματικό  $i$ , του επιθυμητού σήματος,

$tx$  δείχνει την μεταβιβασθείσα ισχύ (εκφράζεται σε dBm) του επιθυμητού σήματος,

$n$  δηλώνει τον εκθέτη απώλειας διαδρομής (εκφράζεται σε dB),

$d_i$  είναι η απόσταση μεταξύ του τερματικού  $i$  και του πομποδέκτη (εκφράζεται σε m),

$\sigma$  αντιστοιχεί προς την απώλεια σκιάς (εκφράζεται σε dB).

Υπολογίζει τον εκθέτη απώλειας διαδρομής,  $\hat{n}$ , και τον πραγματικό θόρυβο  $\hat{\sigma}$ , μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας την μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται ως ακολούθως:

$$\hat{n} = \frac{N \cdot S_{XY} - S_X S_Y}{N \cdot S_{XX} - S_X S_X} \quad (3)$$

$$\hat{\sigma} = \frac{S_Y - \hat{n} \cdot S_X}{N} \quad (4)$$

όπου:

$$S_X = x_1 + x_2 + \dots + x_N, \quad S_Y = y_1 + y_2 + \dots + y_N,$$

$$S_{XX} = x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_N^2, \quad S_{XY} = x_1 y_1 + x_2 y_2 + \dots + x_N y_N, \quad (5)$$

και:

$$x_i = 10 \log(d_i), y_i = tx - rx_i, i = 1, 2, \dots, N \quad (6)$$

Φάση (b).

Η ελάχιστη απαιτούμενη τιμή SINR,  $SINR_{min,req}$ , για τη διασφάλιση αποδεκτής ποιότητας, μαζί με την μέση ισχύ παρεμβολής,  $\bar{I}$  όπως γίνεται αντιληπτό από τους εμπλεκόμενους χρήστες, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της ελάχιστης απαιτούμενης ισχύος,  $rx_{min,req}$ :

$$rx_{min,req} = SINR_{min,req} + \bar{I} \quad (7)$$

όπου:

$$\bar{I} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I_i \quad (8)$$

Με το  $I_i$  να υποδηλώνει την ισχύ παρεμβολής που μετριέται από το τερματικό  $i$ . Άρα, για τον υπολογισμό μιας εκτίμησης,  $d_{eff,ine}$ , της ωφέλιμης περιοχής κάλυψης, πρέπει να λυθεί η ακόλουθη εξίσωση:

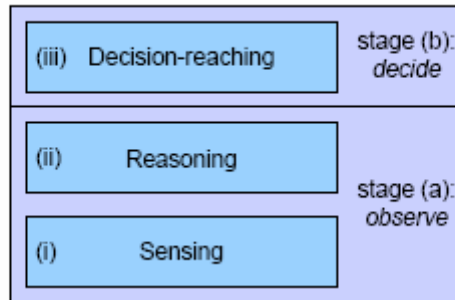
$$rx_{min,req} = tx - 10\hat{n} \log(d_{eff,ine}) - \hat{\sigma} \quad (9)$$

Η οποία δίνει:

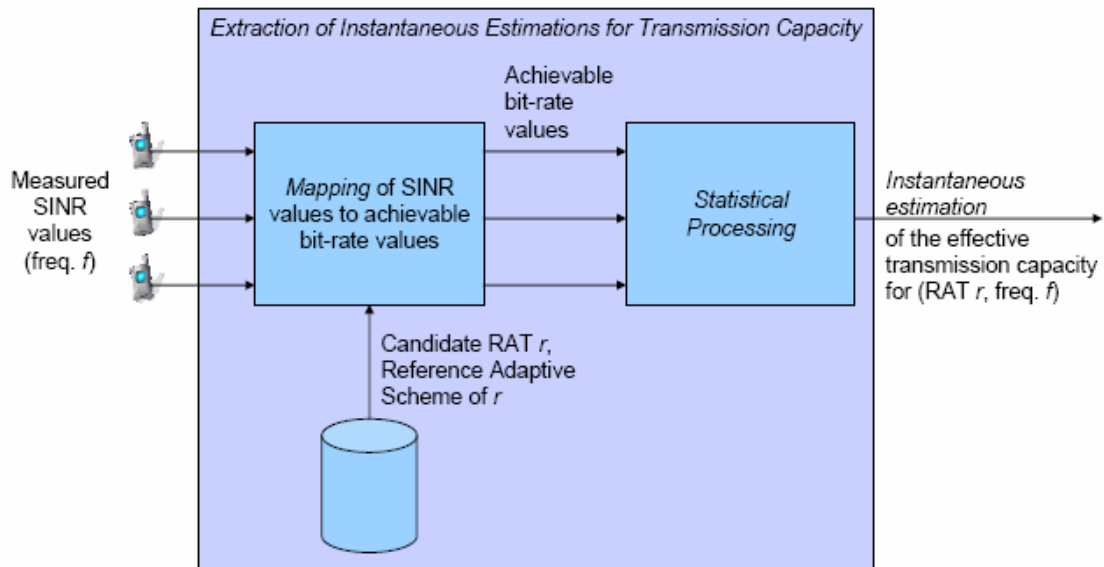
$$d_{eff,ine} = 10^{\left( \frac{tx - rx_{min,req} - \hat{\sigma}}{10\hat{n}} \right)} \quad (10)$$

Σημειώστε ότι οι τιμές του  $tx$  και του  $min,req$  SINR εξαρτώνται, γενικώς, από την υπό διερεύνηση RAT  $r$

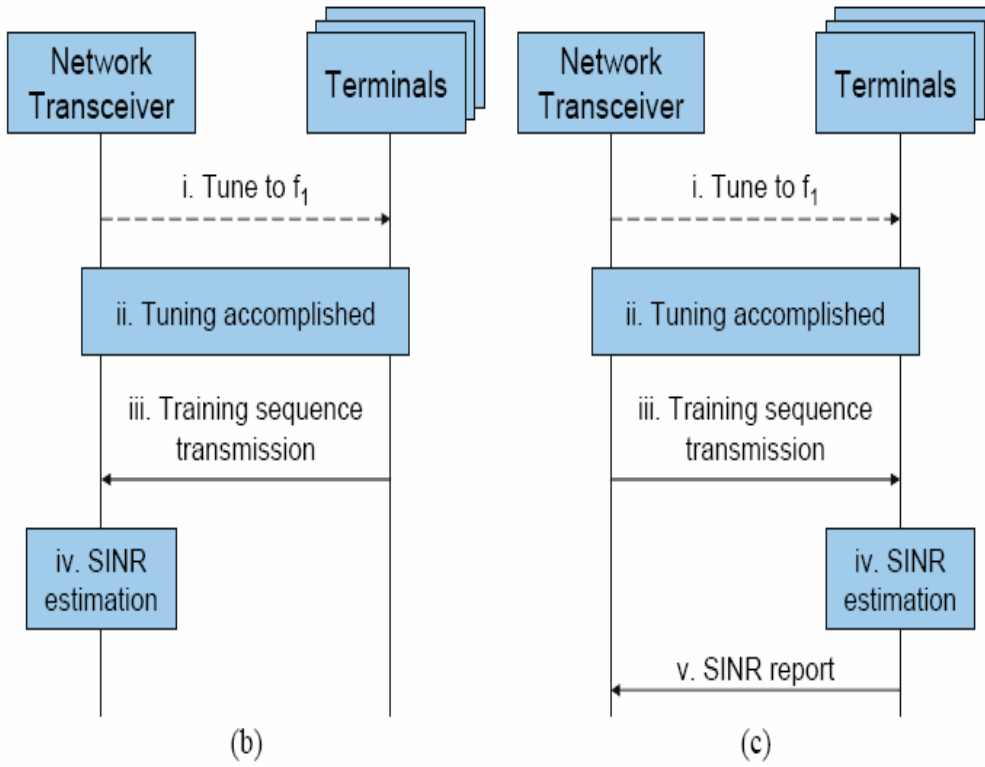
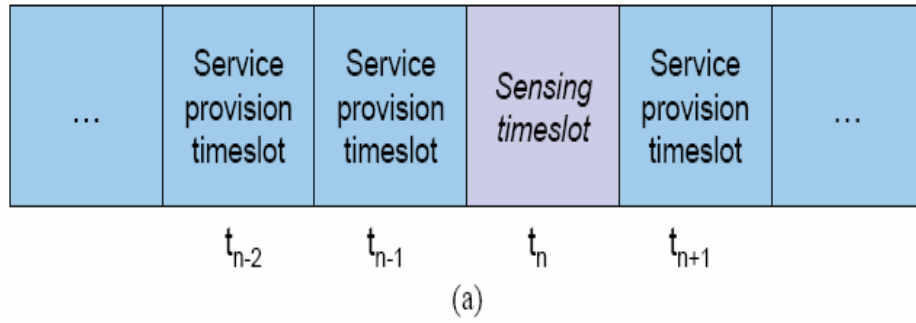




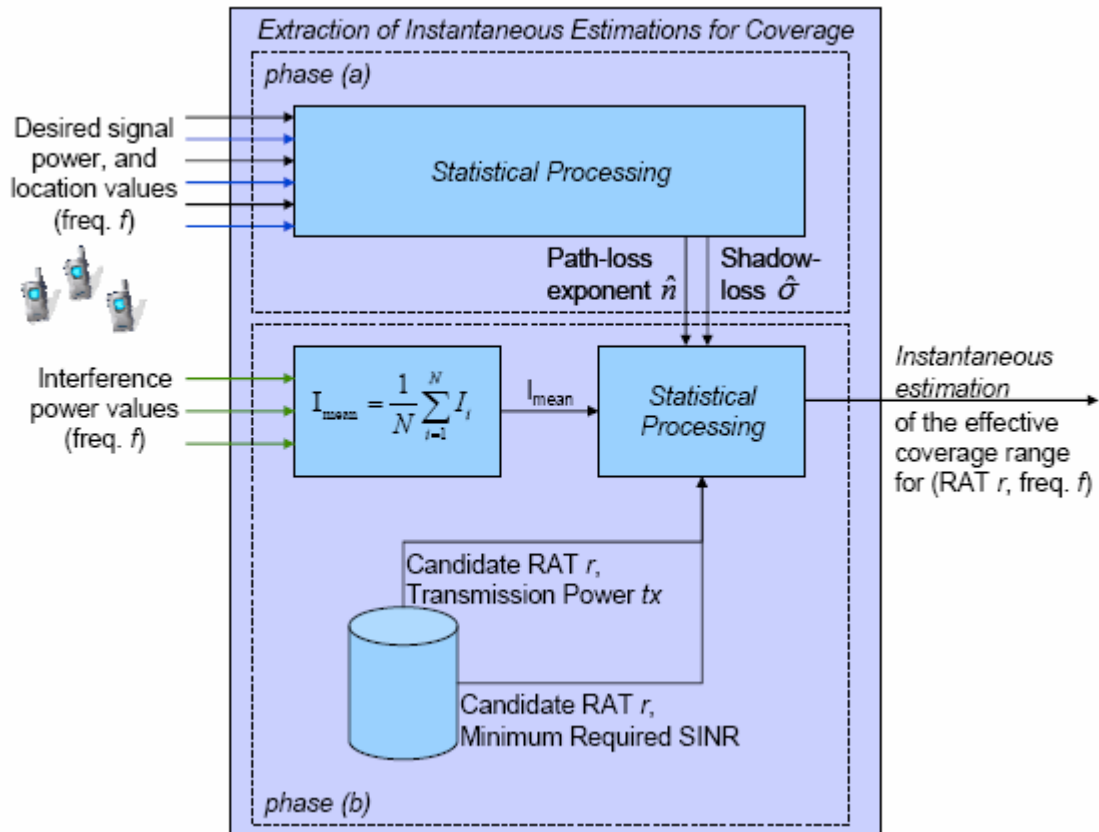
Σχήμα 1



Σχήμα 2



Σχῆμα 3



Σχήμα 4



## **4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ –ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ- ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ**

### **4.1 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ**

Σκοπός της παραγράφου αυτής είναι η παρουσίαση της αρχιτεκτονικής του λογισμικού συστήματος πλατφόρμας προσομοιώσεων για γνωστικά δίκτυα σε περιβάλλοντα πέραν της τρίτης γενιάς.

#### **4.1.1 Πλατφόρμα**

Ως υλισμική πλατφόρμα θα χρησιμοποιηθεί ένα PC. Σε αυτό χρειάζεται μόνο να χρησιμοποιείται το λειτουργικό σύστημα Windows XP. Ο χρήστης έχει να κάνει με μια stand-alone εφαρμογή όπου προφανώς δεν χρειάζεται να έχει τίποτα παραπάνω από το αρχείο .exe για να μπορέσει να τρέξει την εφαρμογή.

Ως λογισμική πλατφόρμα ανάπτυξης χρησιμοποιήθηκε το Visual studio 2005 της Microsoft. Η ίδια αυτή πλατφόρμα ανάπτυξης θα αποτελέσει και την πλατφόρμα συντήρησης του συστήματος.

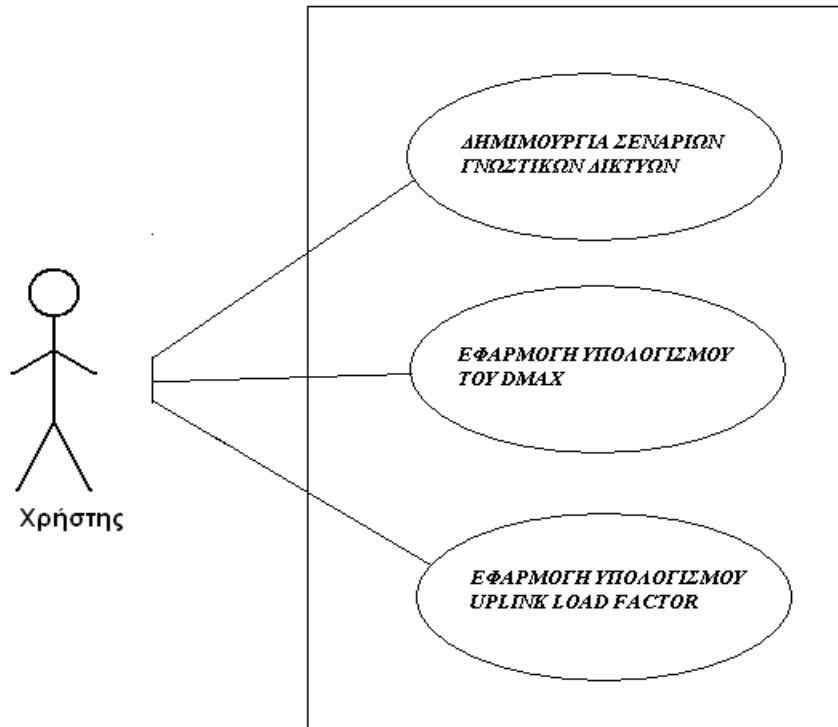
#### **4.1.2 Σχολή / Γλώσσα προγραμματισμού**

Ως σχολή προγραμματισμού θα χρησιμοποιηθεί η αντικειμενοστρεφής σχολή προγραμματισμού. Ως γλώσσα προγραμματισμού θα χρησιμοποιηθεί η C Sharp(H) Προτιμήθηκε αυτή η γλώσσα εξαιτίας της αποδοχής που απολαμβάνει σήμερα αλλά και της προοπτικής που υπάρχει να γίνει μελλοντικά μια από τις κυρίαρχες γλώσσες προγραμματισμού λόγω του διαδικτύου και του ιστού παγκόσμιας εμβέλειας. Επιπλέον, η C Sharp συνδυάζει βιβλιοθήκες της γλώσσας προγραμματισμού Java και C++ και την κάνει πιο ευχρήστη και πιο ευελκτική. Επίσης είναι συμβατή με τους περισσότερο χρησιμοποιούμενους συνδυασμούς υλισμικής / λογισμικής πλατφόρμας σήμερα. Αυτή η δυνατότητα κάνει την εφαρμογή μας να τρέχει σε πολλές πλατφόρμες.

### **4.2 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΟΨΕΙΣ**

#### **4.2.1 Περιβαλλοντική / Υπηρεσιακή**

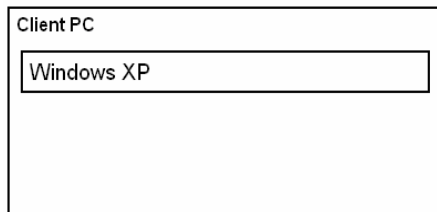
Σε αυτή την όψη φαίνονται οι δράστες (actors), που συνεργάζονται με την εφαρμογή μας. Ακόμη φαίνονται οι υπηρεσίες τις οποίες αυτό προσφέρει, δηλαδή ποιες είναι οι εργασίες που αυτό αυτοματοποιεί. Οι δράστες αποτελούν το περιβάλλον του. Αυτή η όψη του δίνεται στο Σχήμα 1.



**Σχήμα 1 :** Περιβαλλοντική / Υπηρεσιακή όψη

#### 4.2.2 Πλατφορμική

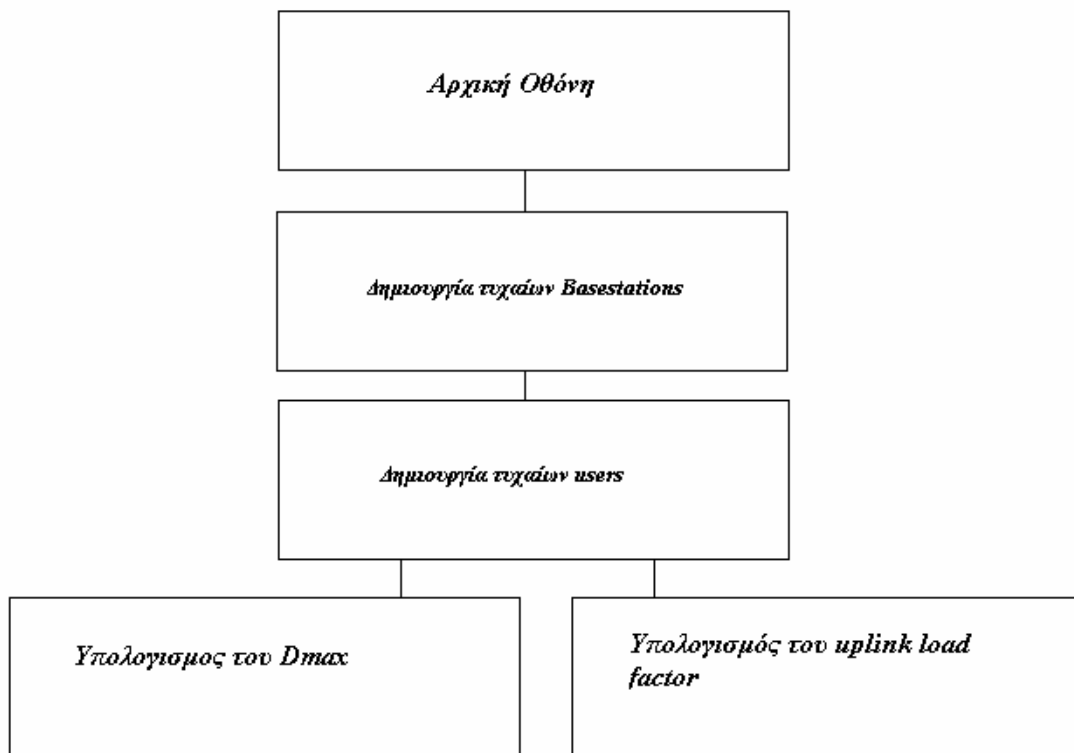
Σε αυτή την όψη φαίνονται οι υπολογιστές και οι άλλες συσκευές που αποτελούν την υλισμική πλατφόρμα της εφαρμογής. Αυτή η όψη του δίνεται στο Σχήμα 2.



**Σχήμα 2 :** Πλατφορμική όψη του συστήματος ADSS

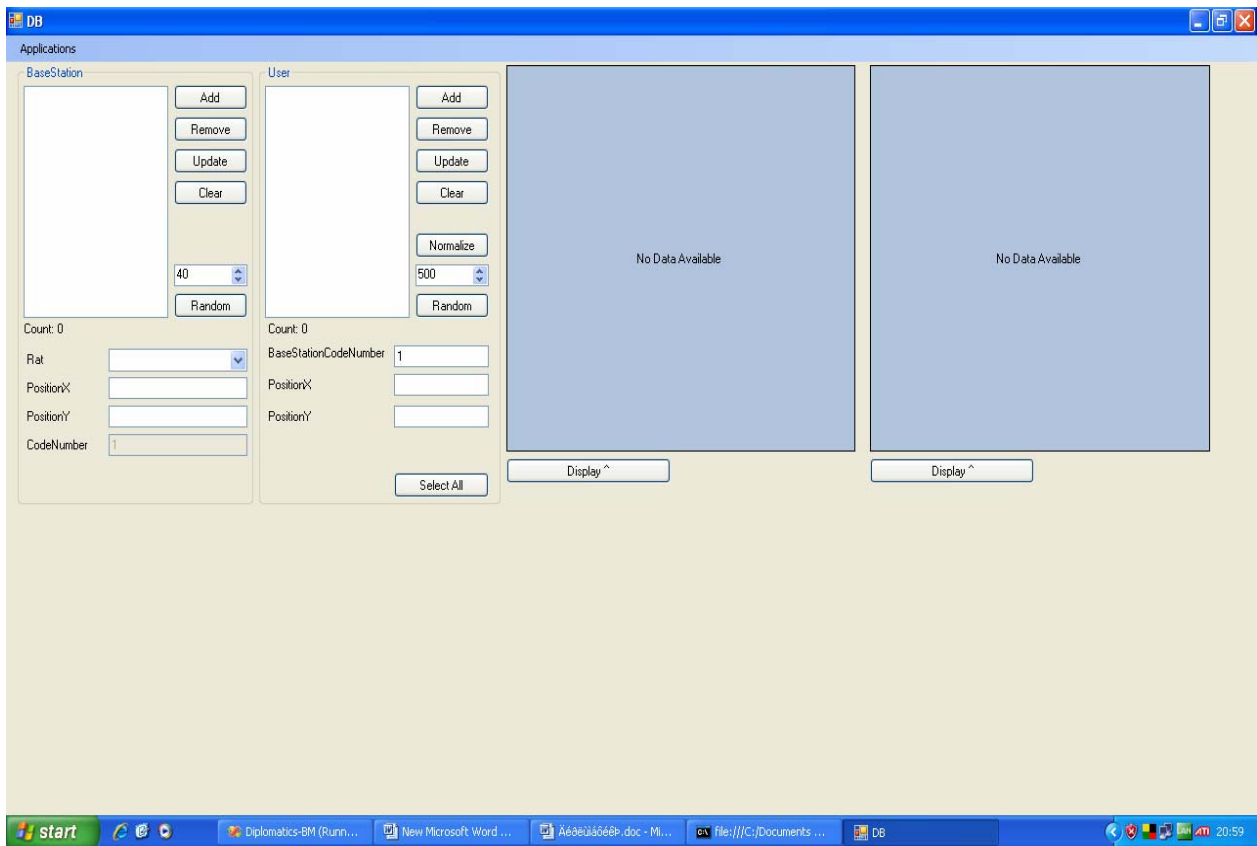
### 4.2.3 Χρηστική- Διαπροσωπεία χρήστη

Το UI παρέχει τρεις διακριτές λειτουργίες: (α) την επιλογή παραμέτρων και δημιουργία σεναρίων γνωστικού δικτύου της επιλογής μας και (β) τον υπολογισμό της ωφέλιμης περιοχής κάλυψης και (γ) τον υπολογισμό και αξιολογήση εαν και εφοσον καποιο Basestation μπορεί να ανταπεξέλθει στις αναγκες των διαφόρων users καποιο χρονικό στιγμιότυπο. Από τις τρεις παραπάνω λειτουργίες, η πρώτη είναι απλη ,κατα την οποια ο χρηστης απλά κανοντας χρηση καποιον κουμπιων δημιουργει ευκολα και γρήγορα τυχαια καποιο σενάριο/σενάρια ενως γνωστικού δικτύου προς επεξεργασία.Όσον αφορά τις άλλες δυο ο χρηστης πρεπει να δώσει ο ιδιος κάποια δεδομένα και απο εκει και πέρα το πρόγραμμα λειτουργει/επεξεργαζεται αυτονομα για την διεξαγωγή αποτελεσμάτων.



**Σχήμα 3:** Ιεραρχία των λειτουργιών που παρέχονται μέσω του UI του συστήματος ADSS σε πλήρη ανάλυση

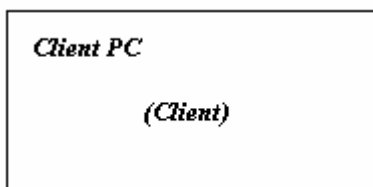
Στο Σχήμα 3 δίνεται η γραφηματική μορφή των ατομικών λειτουργιών και της ιεραρχίας τους, που υποστηρίζονται μέσω της διαπροσωπείας χρήστη του συστήματος, ενώ στο Σχήμα 4 δίνεται η οθόνη που στην πραγματικότητα χρησιμοποιεί ο χρήστης για να επικοινωνεί με το σύστημα.



*Σχήμα 4: Οθόνη επικοινωνίας χρήστη με το σύστημα*

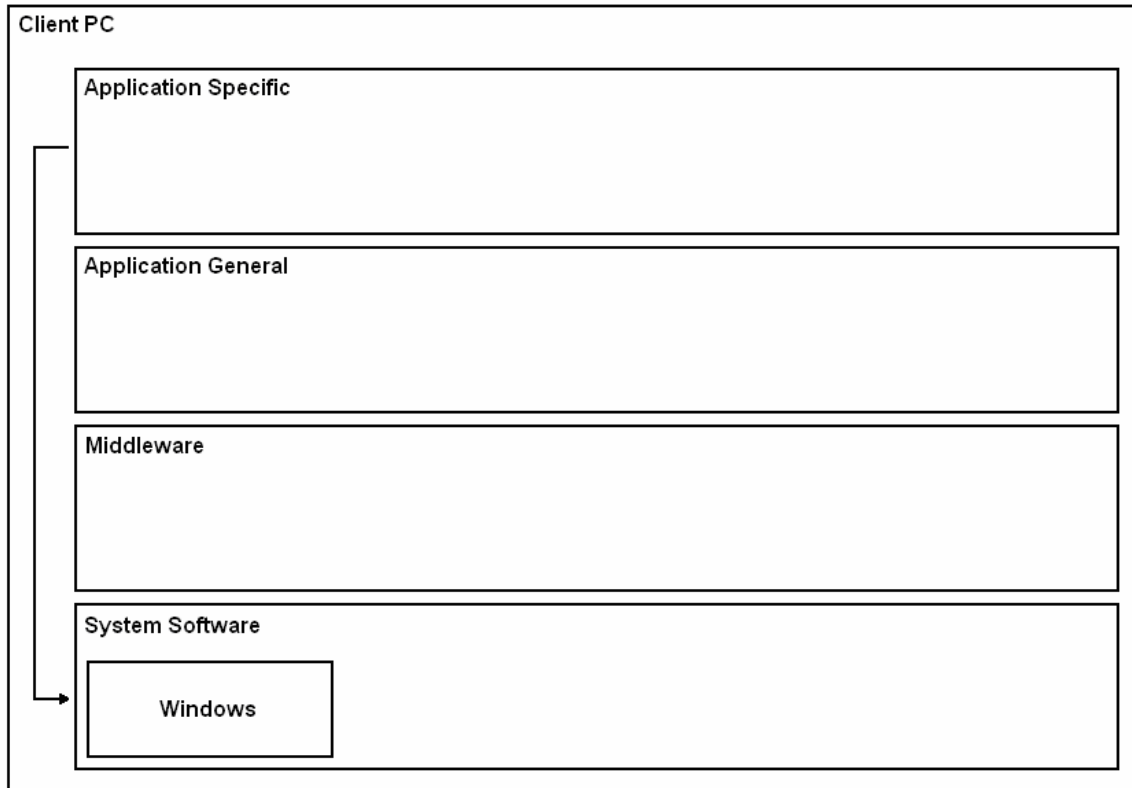
#### 4.2.4 Δομική

Σε αυτή την όψη φαίνονται τα μέρη του ADSS σε μακροσκοπικό επίπεδο καθώς και ποιες είναι οι εξαρτήσεις τους. Στο Σχήμα 5 δίνεται η δομική όψη του ADSS στο επίπεδο αποσύνθεσης 0 και στο Σχήμα 6 η δομική όψη στο επίπεδο 1.



*Σχήμα 5: Δομική όψη*





**Σχήμα 6:** Δομική όψη του Client PC

Το Application Specific στρώμα αποτελείται από τα παρακάτω πακέτα:

**UI (User Interface):** Με αυτό γίνεται η επικοινωνία του χρήστη με το σύστημα

Αυτό το στρώμα επικοινωνεί με το System Software στρώμα, όπου βρίσκονται τα Windows,

Για την καλύτερη κατανόηση της εφαρμογής παρακάτω θα εξηγήσουμε την λειτουργία της με την βοήθεια εικονών (screenshots).

## 4.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

### 4.3.1 Παρουσίαση των κλάσεων

<code>public class Program</code>
<code>public static Random rand = new Random(); public static List&lt;BaseStation&gt; BsList = new List&lt;BaseStation&gt;(); public static List&lt;User&gt; UsList = new List&lt;User&gt;(); public static List&lt;Rat&gt; ratList = new List&lt;Rat&gt;(); public static List&lt;Percentages&gt; prList = new List&lt;Percentages&gt;(); public int startvalue = 1;</code>
<code>static void Main()  public class ratinitial</code>

Η κλάση program είναι η κυρίως κλάση του προγράμματος. Εδώ ορίζουμε τις τέσσερις κυρίως λίστες στις οποίες αποθηκεύονται όλα τα απαραίτητα δεδομένα για την διεξαγωγή των αποτελεσμάτων. Όπως γίνεται φανερό στην πρώτη λίστα σώζουμε τα διαφορα Basestation που δημιουργεί ο χρήστης τυχαία, το ίδιο συμβαίνει και με την δεύτερη λίστα όπου εκεί σώζονται οι users που δημιουργεί ο χρήστης τυχαία, η τρίτη λίστα περιέχει όλα τα δεδομένα για τις τρεις RAT (radio access technology) που χρησιμοποιούνται στο πρόγραμμα και η τελευταία είναι μία βοηθητική λίστα για να μπορέσουμε να οριοποιήσουμε τους users που είτε θα μιλάνε είτε θα στέλνουν κάποιο μήνυμα είτε τέλος θα κάνουν κάποιο download.

<code>public class BaseStation</code>
<code>public int positionX = new int(); public int positionY = new int(); public int bsid = new int(); public string transrattech; public int countusers = new int();</code>
<code>public BaseStation(int x, int y, int k, string tech/*times gia ta random isws*/)  public double getDistanceFromUser(User user)  public int mapSINRToChannelCapacity(int k, int l, int m)  public float calculateEffectiveChannelCapacity(int carrierfrequency, int frequencyband)</code>

```

public double[] CalculateEstimations(int txa, int carfr, int freqb)

public double CalculateImax(int carrierfrequency, int frequencyband)

public double CalculateRXminreq(int carrierfrequency, int frequencyband)

public double calculateEffectiveCoverageRange (int transmissionPower*Watt*/, int
carrierfrequency, int frequencyband)

public int randkbs(int data)

public int newrand(int voice, int message, int download)

public int addpercentages(int h12, int x12, int c12, int voice, int message, int
download)

public override string ToString()

```

Η κλάση Basestation αρχικοποιεί τη θέση του κάθε τυχαίου Basestation, όπως επίσης δίνει ένα id και προσδιορίζει την RAT (Radio Access Technology) του. Η συνάρτηση getDistanceFromUser επιστρέφει την απόσταση του εκάστοτε user που εξυπηρετείται από το συγκεκριμένο Basestation. Η συνάρτηση mapSINRToChannelCapacity επιστρέφει αναλόγως την RAT του συγκεκριμένου Basestation, την αναλογία μεταξύ SINR και ChannelCapacity. Η συνάρτηση calculateEffectiveChannelCapacity καλεί την προηγούμενη συνάρτηση για κάθε user που ανήκει στο συγκεκριμένο Basestation και επιστρέφει το EffectiveChannelCapacity του. Η συνάρτηση CalculateEstimations καλεί την συνάρτηση getDistanceFromUser για κάθε user που ανήκει στο συγκεκριμένο Basestation και σύμφωνα με την απόσταση του και με το carrierfrequency και το frequencyband υπολογίζουμε το  $r_x$  (ισχύς λαμβανομένου σήματος) του. Σύμφωνα με τον τύπο  $r_x = t_x - \text{plog}(d) + a$  και με τη βοήθεια της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων υπολογίζουμε το  $n$  και το  $a$ . Η συνάρτηση CalculateImax επιστρέφει την μέγιστη τιμή των  $i_x$  (παρεμβολή) όλων των users που ανήκουν στο συγκεκριμένο Basestation. Η συνάρτηση CalculateRXminreq επιστρέφει  $r_{x\text{minreq}}$ , η οποία είναι το άθροισμα του  $i_{\text{max}}$  που υπολογίσαμε στην προηγούμενη συνάρτηση και του μικρότερου SINR (σύμφωνα με την RAT του Basestation). Η συνάρτηση calculateEffectiveCoverageRange συνδυάζει τις παραπάνω συναρτήσεις και επιστρέφει την  $d_{\text{max}}$  (ωφέλιμη περιοχή κάλυψης). Η συνάρτηση randkbs επιστρέφει τα kbps σύμφωνα με το εαν ο εκάστοτε user μιλάει (voice), στέλνει μήνυμα (message) ή κάνει download (data). Η συνάρτηση newrand δίνει τυχαία true ή false για το αν κάποιος user χρησιμοποιεί μία από τις τρεις προαναφερθείσες υπηρεσίες. Έπειτα χρησιμοποιεί την προηγούμενη συνάρτηση για να υπολογιστούν τα αντίστοιχα kbps. Τέλος υπολογίζουμε μέσω κάποιου μαθηματικού τύπου το uplink load factor του συγκεκριμένου Basestation. Ο υπολογισμός αυτός γίνεται σε συνδυασμό με την συνάρτηση addpercentages μέσω της οποίας περιορίζει ο χρήστης το ποσοστό των users που θα χρησιμοποιούν μια από τις τρεις προαναφερθείσες υπηρεσίες.

<code>public class Percentages</code>
<pre> public int voice = new int(); public int messages = new int(); public int download = new int(); public bool endvoice = new bool(); public bool endmessages = new bool(); public bool enddownload = new bool(); </pre>
<pre> public Percentages() </pre>

Η κλάση Percentages είναι μια βοηθητική κλάση στην προσπάθειά μας να περιορίσουμε τους users, σύμφωνα πάντα με την επιλογή του χρήστη, στο ποσοστό που θα μιλάνε, θα στέλνουν μήνυμα ή θα κάνουν κάποιο download.

<code>public class Rat</code>
<pre> public k = null; public string strrat = null; int kbps = 0; public int[] sinrThresholds; public int[] supportedChannelCapacities; public int data1; public int data2; public int data3; </pre>
<pre> public Rat(string str, int[] array1, int[] array2, int data1, int data2, int data3) </pre>
<pre> public int getMinimumRequiredSINR() </pre>
<pre> public int ratrandkbs(int y) </pre>

Η κλάση αυτή ορίζει με τις μεταβλητές της τα όρια του SINR κατωφλιού και του supported channel capacity, καθώς και τα kbps που αντιστοιχούν σε κάθε μια από τις τρεις υπηρεσίες (voice,message,download). Η συνάρτηση getMinimumRequiredSINR επιστρέφει την μικρότερη τιμή του πίνακα των SINR κατωφλιών. Η συνάρτηση ratrandkbs επιστρέφει τα kbps που αντιστοιχούν στην εκάστοτε υπηρεσία, σύμφωνα πάντα με το RAT.

```

public class User

public int positionX = new int();
public int positionY = new int();
public int sinr = new int();
public int carrierFreq = new int();
public int bandFreq = new int();
public int basechildid = new int();
public int rx = new int();
public int ix = new int();
public bool data1 = new bool();
public bool data2 = new bool();
public bool data3 = new bool();
public bool data4 = new bool();

public User(int x, int y, /*int z, int k*/ int d, bool dat1, bool dat2, bool dat3, bool dat4)

public int measureRX(int carrierFrequency/*Se Khz*/, int bandFrequency/*Se Khz*/,int clim)

public int measureIX(int carrierFrequency/*Se Khz*/, int bandFrequency/*Se Khz*/)

public double measureSINR(int carrierFrequency/*Se Khz*/, int bandFrequency/*Se Khz*/)

public int measureSINR()

public override string ToString()

```

Η κλάση User αρχικοποιεί τη θέση του τυχαίου user και του δίνει ένα μοναδικό id. Η συνάρτηση measureRX επιστρέφει το rx που αντιστοιχεί στον εκάστοτε user, σύμφωνα με την απόστασή του από το Basestation που εξυπηρετείται και με τις τιμές του carrierfrequency και του frequencyband που έχει δώσει ο χρήστης. Η συνάρτηση measureIX κάνει αντίστοιχα ό,τι και η measureRX, χρησιμοποιώντας διαφορετικό αλγόριθμο. Η συνάρτηση measureSINR υπολογίζει το SINR του εκάστοτε user, αφαιρώντας από το rx το ix, που υπολογίσαμε στις δύο προηγούμενες συναρτήσεις. Η συνάρτηση measureSINR χωρίς ορίσματα, μας διευκολύνει στο να μπορούμε να επιστρέψουμε την τιμή του SIN, που έχει υπολογιστεί από την προηγούμενη συνάρτηση.

```

partial class DB

private System.ComponentModel.IContainer components = null;
private System.Windows.Forms.ListBox listBox1;
private System.Windows.Forms.Button button1;
private System.Windows.Forms.Button button2;

```

```
private System.Windows.Forms.Button button3;
private System.Windows.Forms.TextBox textBox1;
private System.Windows.Forms.TextBox textBox2;
private System.Windows.Forms.TextBox textBox3;
private System.Windows.Forms.Label label1;
private System.Windows.Forms.Label label2;
private System.Windows.Forms.Label label3;
private System.Windows.Forms.GroupBox groupBox1;
private System.Windows.Forms.Label label5;
private System.Windows.Forms.GroupBox groupBox2;
private System.Windows.Forms.Label label6;
private System.Windows.Forms.Label label7;
private System.Windows.Forms.Label label8;
private System.Windows.Forms.ListBox listBox2;
private System.Windows.Forms.TextBox textBox4;
private System.Windows.Forms.TextBox textBox5;
private System.Windows.Forms.Label label10;
private System.Windows.Forms.Button button4;
private System.Windows.Forms.Button button5;
private System.Windows.Forms.TextBox textBox6;
private System.Windows.Forms.Button button6;
private System.Windows.Forms.Label label9;
private System.Windows.Forms.ComboBox comboBox1;
private System.Windows.Forms.MenuStrip menuStrip1;
private System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem applicationsToolStripMenuItem;
private System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem dmaxToolStripMenuItem;
private System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem effectiveToolStripMenuItem;
private System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem toolStripMenuItem2;
private System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem runToolStripMenuItem;
private System.Windows.Forms.Button button7;
private System.Windows.Forms.NumericUpDown numericUpDown1;
private System.Windows.Forms.NumericUpDown numericUpDown2;
private System.Windows.Forms.Button button8;
private MyControls.GraphicsControl graphicsControl1;
private System.Windows.Forms.Button button9;
private System.Windows.Forms.Button button11;
private System.Windows.Forms.Button button10;
private System.Windows.Forms.Button button12;
private System.Windows.Forms.Button button13;
private MyControls.GraphicsControl graphicsControl3;
private System.Windows.Forms.Button button14;
```

```
protected override void Dispose(bool disposing)
private void InitializeComponent()
```

```

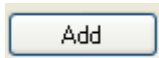
public partial class DB : Form
private static int counter = 1;
public static Random r = new Random((int)DateTime.Now.Ticks);
protected override void Dispose(bool disposing)
private void InitializeComponent()
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
private void button4_Click(object sender, EventArgs e)
private void button5_Click(object sender, EventArgs e)
private void button3_Click(object sender, EventArgs e)
private void button6_Click(object sender, EventArgs e)
private void listBox1_SelectedIndexChanged(object sender, EventArgs e)
private void listBox2_SelectedIndexChanged(object sender, EventArgs e)
private void DB_Load(object sender, EventArgs e)
private void toolStripMenuItem2_Click(object sender, EventArgs e)
private void runToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
private void button7_Click(object sender, EventArgs e)
private void button8_Click(object sender, EventArgs e)
private void button9_Click(object sender, EventArgs e)
private void button11_Click(object sender, EventArgs e)
private void button10_Click(object sender, EventArgs e)
private void button12_Click(object sender, EventArgs e)
private void button12_Click_1(object sender, EventArgs e)
private void button13_Click(object sender, EventArgs e)
private void button14_Click(object sender, EventArgs e)
private void textBox3_TextChanged(object sender, EventArgs e)

```

Η κλάση DB προσδιορίζει τα λειτουργικά στοιχεία της κύριας φόρμας του προγράμματος. Με τη βοήθεια του παρακάτω σχήματος θα εξηγήσουμε τις λειτουργίες του προγράμματος.

#### 4.3.2 Παρουσίαση των φορμών


##### Κοινές λειτουργίες για Basestation και User

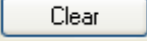



Με το πλήκτρο αυτό μπορεί ο χρήστης να προσθέσει ένα Basestation ή ένα User στο αντίστοιχο textbox, σύμφωνα με το τι έχει πληκτρολογήσει ο ίδιος στα τρία επόμενα textbox.



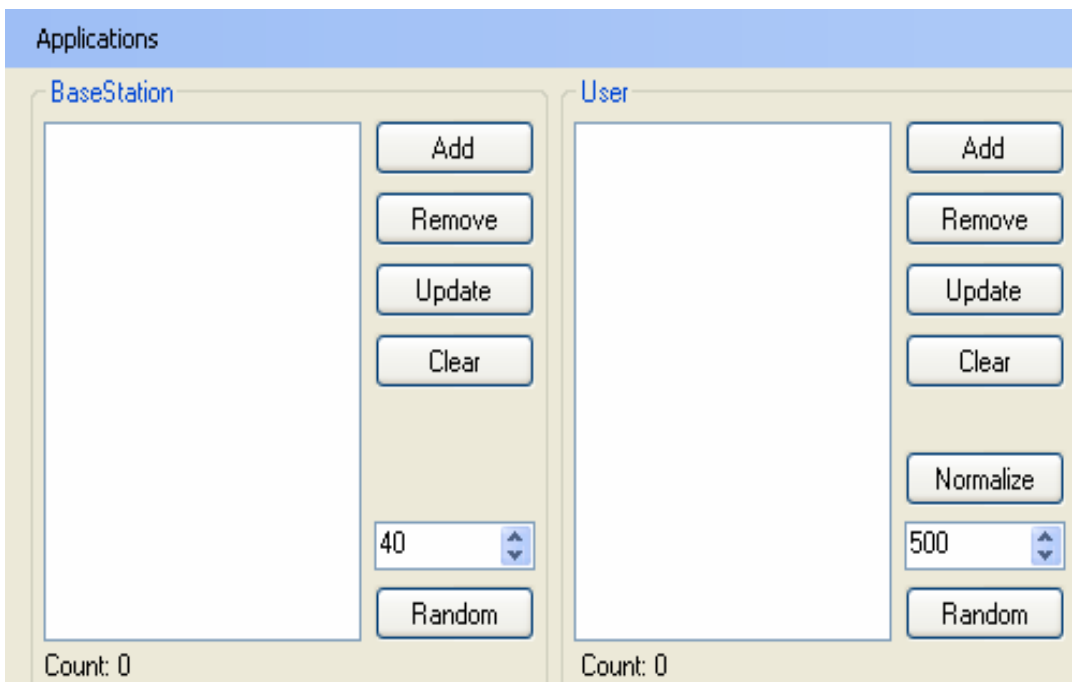
Με το πλήκτρο αυτό μπορεί ο χρήστης να αφαιρέσει ένα Basestation ή ένα User στο αντίστοιχο textbox, αφού πρώτα τον έχει επιλέξει.

 Με το πλήκτρο αυτό μπορεί ένας χρήστης να ενημερώσει ή ένα User στο αντίστοιχο textbox.

 Με το πλήκτρο αυτό μπορεί ο χρήστης να αφαιρέσει ολοκληρωτικά όλα τα Basestations ή όλους τους Users από το αντίστοιχο textbox.

 Με το πλήκτρο αυτό ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει τυχαία όσα Basestations ή όσους Users επιθυμεί, πληκτρολογώντας τον ακριβή αριθμό στο textbox που βρίσκεται ακριβώς από πάνω του.

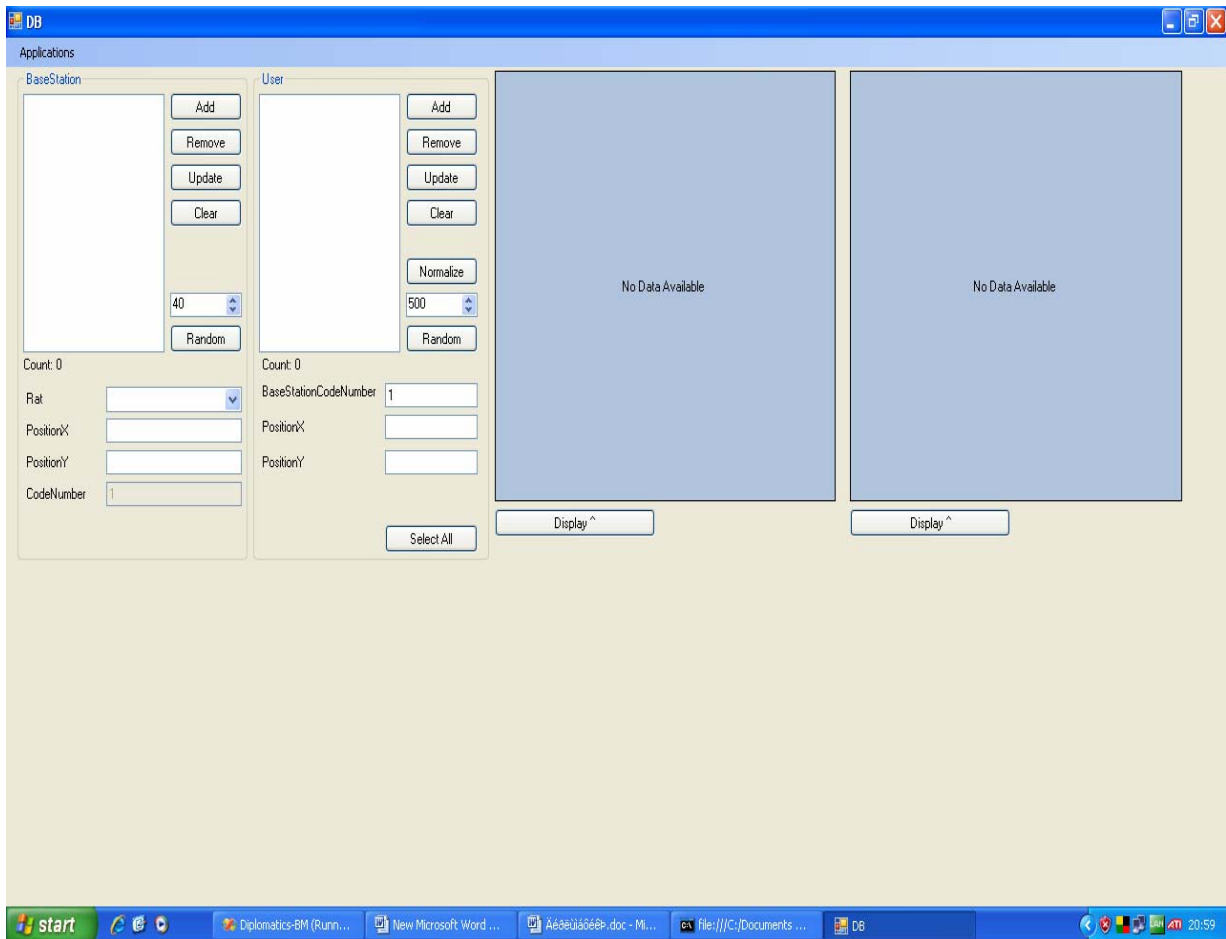
Κάτω από κάθε Basestation ή User textbox υπάρχει ένας μετρητής που μετρά τις εισαγωγές που κάνει ο χρήστης, προς διευκόλυνση των υπολογισμών.



The screenshot shows a software interface titled "Applications" with two main panels: "BaseStation" and "User". Each panel contains a large empty text box for input. To the right of each text box is a vertical stack of buttons: "Add", "Remove", "Update", "Clear", and "Random". Below the "BaseStation" panel, there is a spinner control set to "40" and a "Count: 0" label. Below the "User" panel, there is a spinner control set to "500" and a "Count: 0" label. A "Normalize" button is also present to the right of the "User" panel, below the "Clear" button.

Σχήμα 7.





Σχήμα 8.

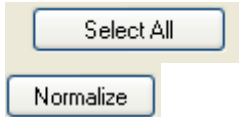
### Λειτουργίες για το Basestation

Rat	<input type="text"/>
PositionX	<input type="text"/>
PositionY	<input type="text"/>
CodeNumber	<input type="text" value="1"/>

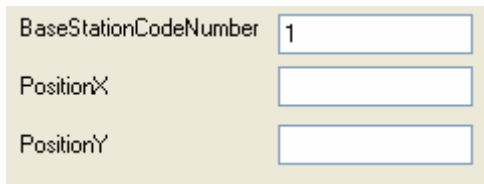
Στο listbox RAT, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ανάμεσα σε UMTS, GSM και WLAN τεχνολογίες. Στο textbox PotitionX, ορίζουμε την X συντεταγμένη του κάθε Basestation, αντίστοιχα στο textbox PotitionY ορίζουμε την Y συντεταγμένη του κάθε Basestation. Το textbox CodeNumber είναι απενεργοποιημένο για το χρήστη και δείχνει το μοναδικό id του κάθε Basestation. Συμπλώνοντας αυτές τις επιλογές, ο χρήστης μπορεί να πληροφορηθεί άμεσα για το Basestation που έχει τσεκάρει, μπορεί επίσης να προσθέσει ένα καινούριο Basestation με τα χαρακτηριστικά που επιθυμεί (RAT, συντεταγμένες,

τεχνολογία ραδιοεπικοινωνίας) και τέλος να τροποποιήσει ένα ήδη υπάρχον Basestation επιλέγοντας το και αλλάζοντας αυτές τις παραμέτρους.

### Λειτουργίες για τον User



Με το πλήκτρο Select All, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει αυτόματα όλους τους users που έχει δημιουργήσει είτε με το πλήκτρο add είτε με το πλήκτρο random. Στη συνέχεια με το πλήκτρο Normalize και αφού έχουμε επιλέξει όλους τους users, ο χρήστης μπορεί αυτόματα να τοποθετήσει τον κάθε user στο Basestation που του αντιστοιχεί.

A screenshot of a form with three input fields. The first field is labeled 'BaseStationCodeNumber' and contains the value '1'. The second field is labeled 'PositionX' and is empty. The third field is labeled 'PositionY' and is empty. The form has a light beige background and a light blue border.

Στο textbox BaseStationCodeNumber ορίζουμε το id του BaseStation που αντιστοιχεί στον εκάστοτε User. Στο textbox PotitionX, ορίζουμε την X συντεταγμένη του κάθε User, αντίστοιχα στο textbox PotitionY ορίζουμε την Y συντεταγμένη του κάθε User. Συμπλώνοντας αυτές τις επιλογές, ο χρήστης μπορεί να πληροφορηθεί άμεσα για το User που έχει τσεκάρει, μπορεί επίσης να προσθέσει ένα καινούριο User με τα χαρακτηριστικά που επιθυμεί (BaseStationCodeNumber που ανήκει, συντεταγμένες) και τέλος να τροποποιήσει έναν ήδη υπάρχων User επιλέγοντας τον και αλλάζοντας αυτές τις παραμέτρους



Με το πλήκτρο Display εμφανίζουμε την κατανομή στο χώρο των Basestations και των Users. Ο ρόλος των δύο Display που υπάρχουν στη κύρια φόρμα είναι για να μπορούμε να έχουμε μια εικόνα της κατανομής στο χώρο των Basestations και των Users πριν και μετά την χρησιμοποίηση του πλήκτρου Normalize.

### Πρώτη εφαρμογή



Επιλέγουμε από την προηγούμενη φόρμα, πατώντας το πλήκτρο Applications και στη συνέχεια την επιλογή Dmax → Run για να βρεθούμε στη φόρμα στην οποία θα υπολογίσουμε και θα εμφανίσουμε την ωφέλιμη περιοχή κάλυψης για κάθε BaseStation.

```
partial class Form1
private System.Windows.Forms.TextBox textBox1;
private System.Windows.Forms.TextBox textBox2;
private System.Windows.Forms.Label label1;
private System.Windows.Forms.Label label2;
private System.Windows.Forms.Label label3;
private System.Windows.Forms.Button button1;
private System.Windows.Forms.Button button2;
private System.Windows.Forms.TextBox textBox3;
private System.ComponentModel.IContainer components = null;

protected override void Dispose(bool disposing)
private void InitializeComponent()
```

```
public partial class Form1 : Form

private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
```

CarrierFrequency :

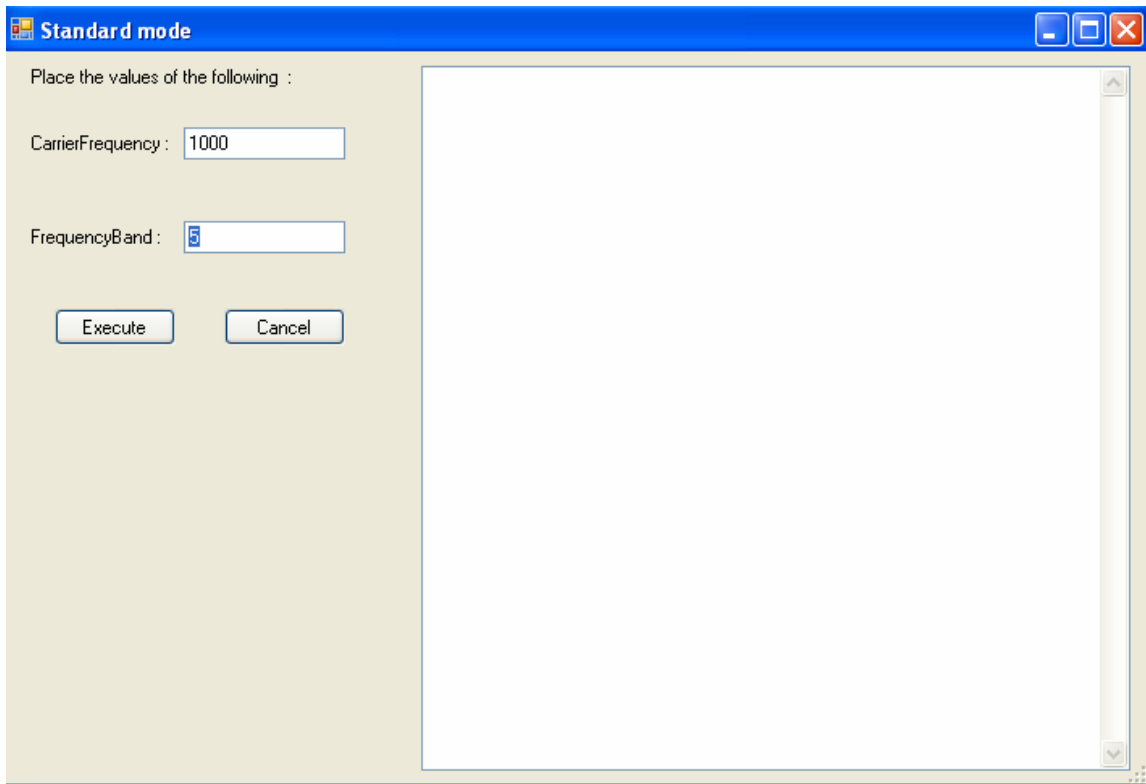
Στο textbox αυτό, ο χρήστης ορίζει το CarrierFrequency

FrequencyBand :

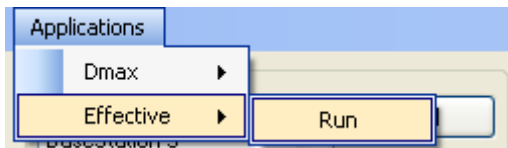
Στο textbox αυτό, ο χρήστης ορίζει το εύρος της συχνότητας (FrequencyBand).

Με το πλήκτρο αυτό, υπολογίζουμε για κάθε BaseStation την ωφέλιμη περιοχή κάλυψης (dmax).

Με το πλήκτρο αυτό, αναιρούμε τη φόρμα αυτή και επιστρέφουμε στην κύρια φόρμα.



## Δεύτερη εφαρμογή



Επιλέγουμε από την κύρια φόρμα, πατώντας το πλήκτρο Applications και στη συνέχεια την επιλογή Effective → Run για να περάσουμε στην επόμενη φόρμα (percentage mode), ώστε να υπολογίσουμε το uplink load factor των Basestations με UMTS RAT.

```
partial class Form2
private System.Windows.Forms.Button button1;
private System.Windows.Forms.Button button2;
private System.Windows.Forms.Label label1;
private System.Windows.Forms.Label label2;
private System.Windows.Forms.Label label3;
private System.Windows.Forms.Label label4;
private System.Windows.Forms.Label label5;
private System.Windows.Forms.Label label6;
private System.Windows.Forms.Label label7;
private System.Windows.Forms.NumericUpDown numericUpDown1;
private System.Windows.Forms.NumericUpDown numericUpDown2;
private System.Windows.Forms.NumericUpDown numericUpDown3;
```

```
private System.Windows.Forms.TextBox textBox3;  
private System.ComponentModel.IContainer components = null;
```

```
protected override void Dispose(bool disposing)  
private void InitializeComponent()
```

```
public partial class Form2 : Form
```

```
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
```

Voice :  %

Στο textbox αυτό, ο χρήστης οριοθετεί το ποσοστό των users που θα χρησιμοποιούν την υπηρεσία Voice.

Message :  %

Στο textbox αυτό, ο χρήστης οριοθετεί το ποσοστό των users που θα χρησιμοποιούν την υπηρεσία Message.

Download :  %

Στο textbox αυτό, ο χρήστης οριοθετεί το ποσοστό των users που θα χρησιμοποιούν την υπηρεσία Download.

Execute

Με το πλήκτρο αυτό υπολογίζουμε με μεγάλη ακρίβεια το uplink load factor των Basestations με UMTS RAT, καθώς και τα kbps που χρησιμοποιούν οι Users που εξυπηρετούνται από Basestations άλλων τεχνολογιών.

Cancel

Με το πλήκτρο αυτό, αναιρούμε τη φόρμα αυτή και επιστρέφουμε στην κύρια φόρμα.

**Percentage mode**

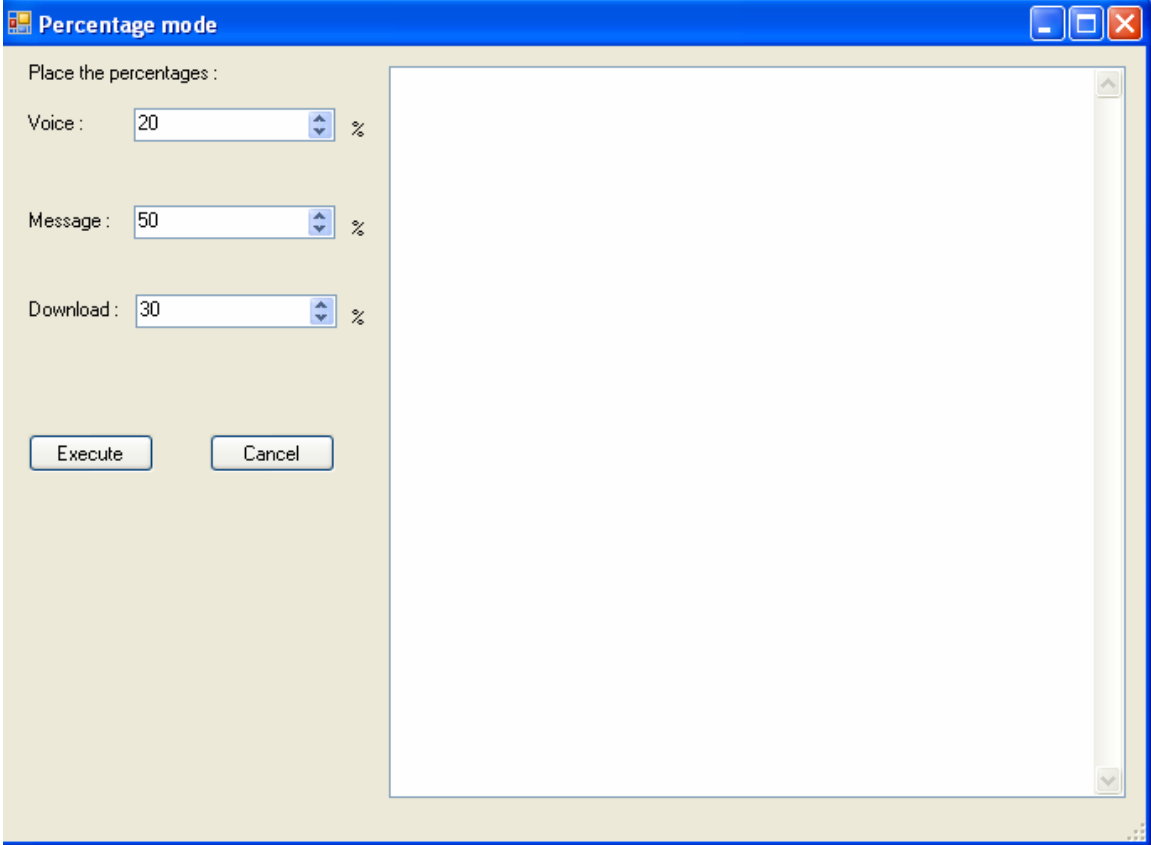
Place the percentages :

Voice : 20 %

Message : 50 %

Download : 30 %

Execute      Cancel

A dialog box with a blue title bar containing the text "Percentage mode" and standard window control buttons (minimize, maximize, close). The main area has a light beige background. On the left side, there are three vertically stacked input fields, each with a label and a percentage sign. The first is "Voice : 20 %", the second is "Message : 50 %", and the third is "Download : 30 %". Each input field has a small blue arrow icon on its right side. Below these fields are two buttons: "Execute" and "Cancel". On the right side of the dialog, there is a large, empty white rectangular area with a vertical scrollbar on its right edge. The dialog box has a small icon in the top-left corner of the title bar and a small icon in the bottom-right corner of the main area.

## 5.ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ

### 5.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που καταγράφηκαν κατά την πειραματική εκτέλεση των αλγορίθμων. Αναλυτικότερα, όσο μεγαλύτερο είναι το πλήθος των Basestations και των Users που δημιουργούνται, τόσο πιο χρονοβόροι και πιο απαιτητικοί σε υπολογιστική ισχύ είναι οι αλγόριθμοι (1.υπολογισμός μέγιστης περιοχής κάλυψης 2. υπολογισμός του uplink load factor για την τεχνολογία UMTS).

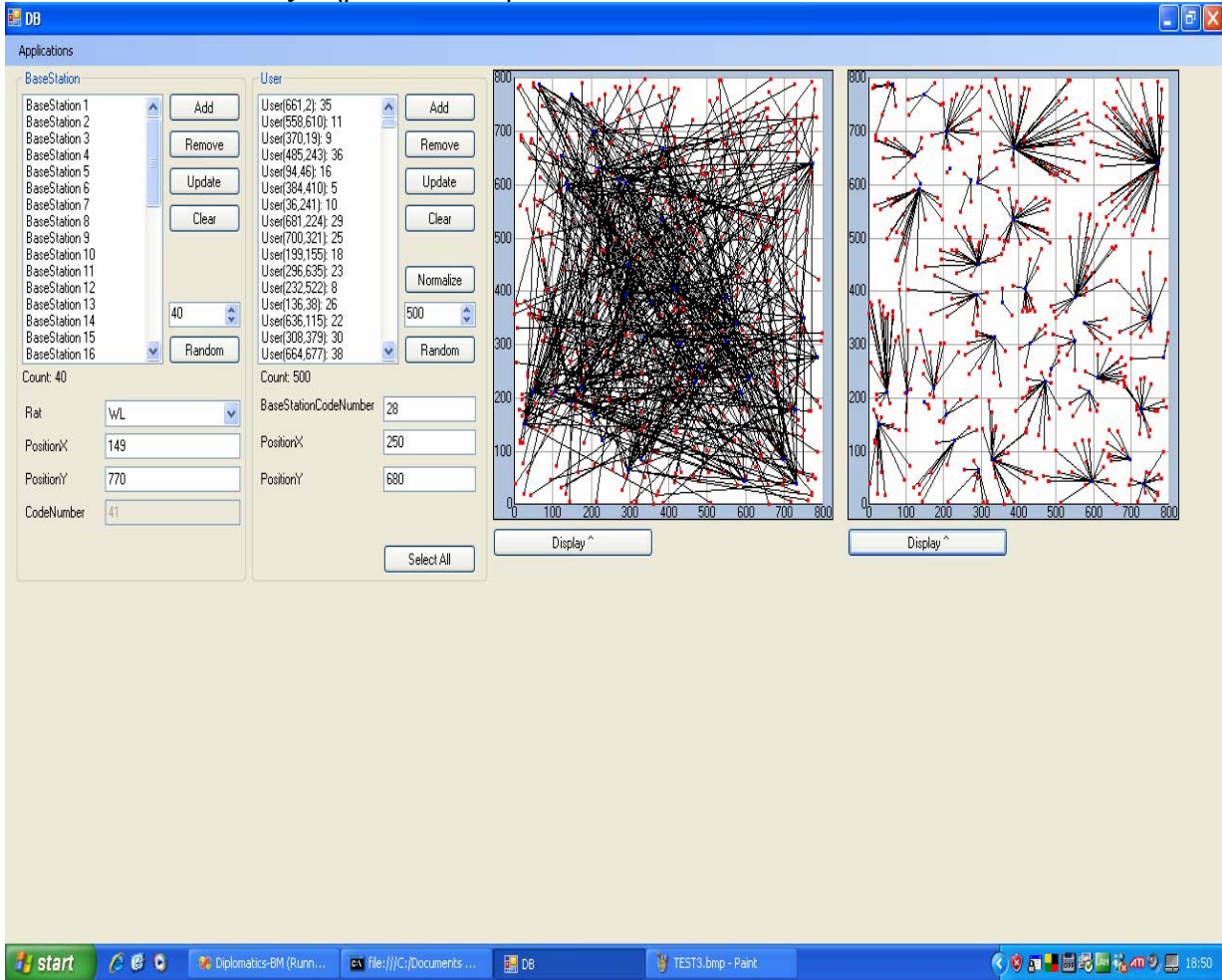
Η συγκεκριμένη εφαρμογή προσομοιώνει τυχαία σενάρια γνωσιακών δικτύων σε περιβάλλοντα πέρα της τρίτης γενιάς. Συνεπώς τα σενάρια που θα αναπτυχθούν στο επόμενο κεφάλαιο, μπορούν να έχουν συγκεκριμένες τιμές, τις οποίες ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να τις δώσει στο πρόγραμμα από την αρχή είτε να τις δημιουργήσει το ίδιο το πρόγραμμα τυχαία.

Στο συγκεκριμένο σενάριο που θα παρουσιάσουμε χρησιμοποιούμε τη δυνατότητα του προγράμματος δημιουργίας τυχαίων τιμών για τα εκάστοτε Basestations και Users. Το πρόγραμμα δίνει τυχαία θέσεις (συντεταγμένες) στα εκάστοτε Basestations και Users, καθώς επίσης προσδιορίζει την RAT των Basestations και το id του Basestation από το οποίο εξυπηρετείται ο User. Μετά την τυχαιοποιημένη τοποθέτηση και των δύο, τότε ο χρήστης επιλέγοντας να χρησιμοποιήσει την 1<sup>η</sup> εφαρμογή του συστήματος, έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει διαφορετικά σενάρια δίνοντας τις τιμές που επιθυμεί στο carrierfrequency και στο frequencyband αντίστοιχα. Στην 2<sup>η</sup> εφαρμογή, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει διαφορετικά σενάρια, δίνοντας διαφορετικά ποσοστά στο voice-message-download, δηλαδή το ποσοστό των χρηστών που μιλάνε, στέλνουν κάποιο μήνυμα ή κάνουν κάποιο download. Ο συνδυασμός όλων των παραπάνω μπορεί να δημιουργήσει επιπρόσθετα σενάρια κάθε φορά που ο χρήστης προσθέτει ή τροποποιεί τις μεταβλητές των δύο εφαρμογών.

### 5.2 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΚΑΙ ΕΞΑΓΩΓΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Στην εικόνα 5-1 παρουσιάζεται ολοκληρωμένα η προσομοίωση Basestations και Users και η εμφάνισή τους στο χώρο πριν και μετά την κανονικοποίηση των Users. Στην εικόνα 5-2 δείχνονται τα αριθμημένα Basestations, ο συνολικός αριθμός τους (40) και ενδεικτικά οι τιμές για ένα από αυτά όσον αφορά την θέση στο χώρο(X,Y) και την RAT. Αντίστοιχα δείχνονται οι θέσεις σε παρένθεση (X,Y) για τους Users, ο συνολικός αριθμός τους (500) και καθώς και το id του Basestation, στο οποίο ανήκουν. Οι τιμές αυτές παρουσιάζονται και στα textboxes για πιθανή επεξεργασία αυτών. Στη εικόνα 5-3 αριστερά, φαίνεται η τυχαία κατανομή των Users σε Basestations, χωρίς πρότερη επεξεργασία. Με μπλε τελείες συμβολίζονται τα Basestations και με κόκκινες οι Users. Οι γραμμές συνδέουν τους Users με τα Basestations. Δεξιά στην εικόνα 5-3 φαίνεται η κατανομή στο χώρο, μετά την κανονικοποίηση των Users, που πραγματοποιείται με το

πλήκτρο Normalize. η κανονικοποίηση είναι η αντιστοίχιση του κάθε User στο Basestation που τον εξυπηρετεί καλύτερα.



Εικόνα 5-1.



### Applications

**BaseStation**

- BaseStation 1
- BaseStation 2
- BaseStation 3
- BaseStation 4
- BaseStation 5
- BaseStation 6
- BaseStation 7
- BaseStation 8
- BaseStation 9
- BaseStation 10
- BaseStation 11
- BaseStation 12
- BaseStation 13
- BaseStation 14
- BaseStation 15
- BaseStation 16

Count: 40

Rat:

PositionX:

PositionY:

CodeNumber:

### User

- User(661,2): 35
- User(558,610): 11
- User(370,19): 9
- User(485,243): 36
- User(94,46): 16
- User(384,410): 5
- User(36,241): 10
- User(681,224): 29
- User(700,321): 25
- User(199,155): 18
- User(296,635): 23
- User(232,522): 8
- User(136,38): 26
- User(636,115): 22
- User(308,379): 30
- User(664,677): 38

Count: 500

BaseStationCodeNumber:

PositionX:

PositionY:

Add Remove Update Clear

40 Random

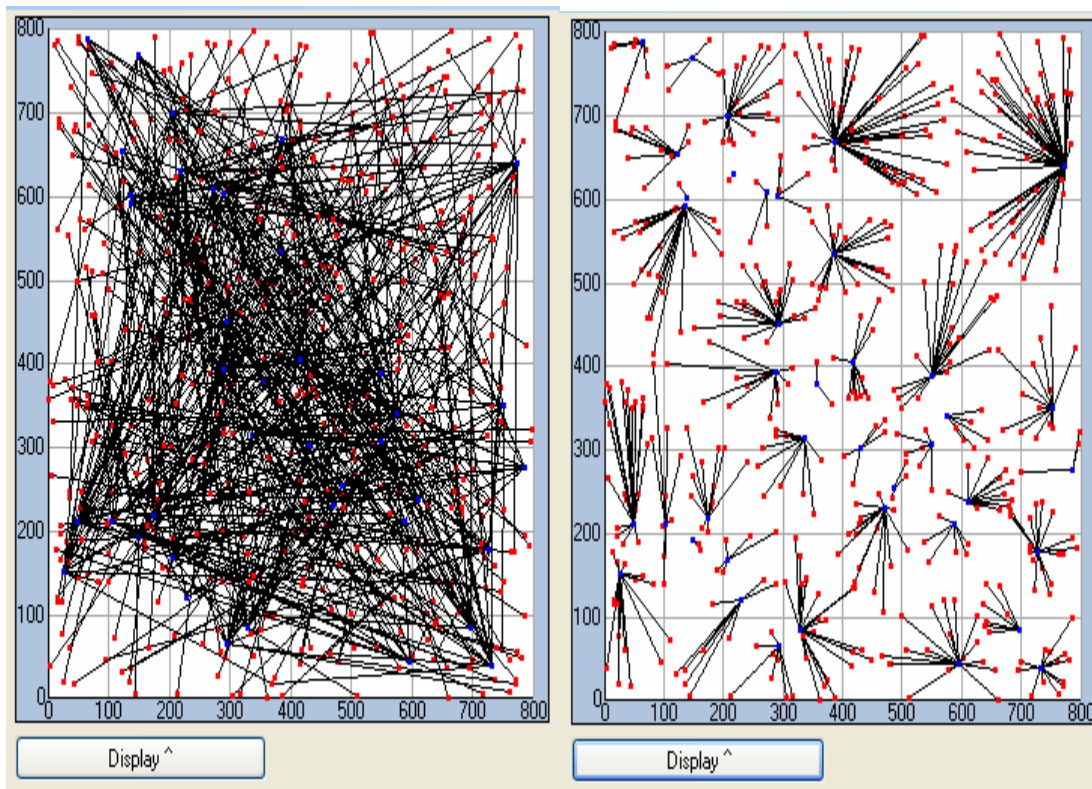
Add Remove Update Clear

Normalize

500 Random

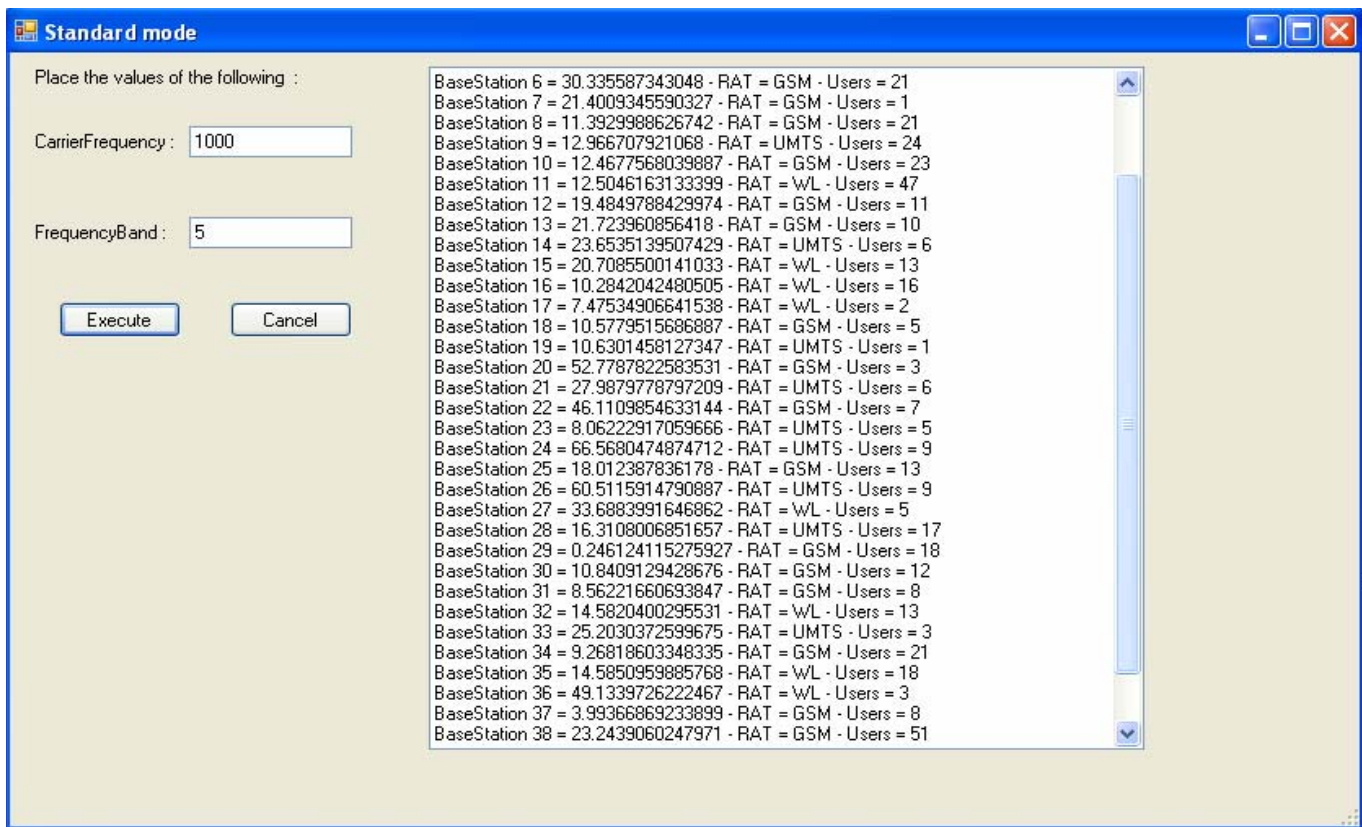
Select All

Εικόνα 5-2.



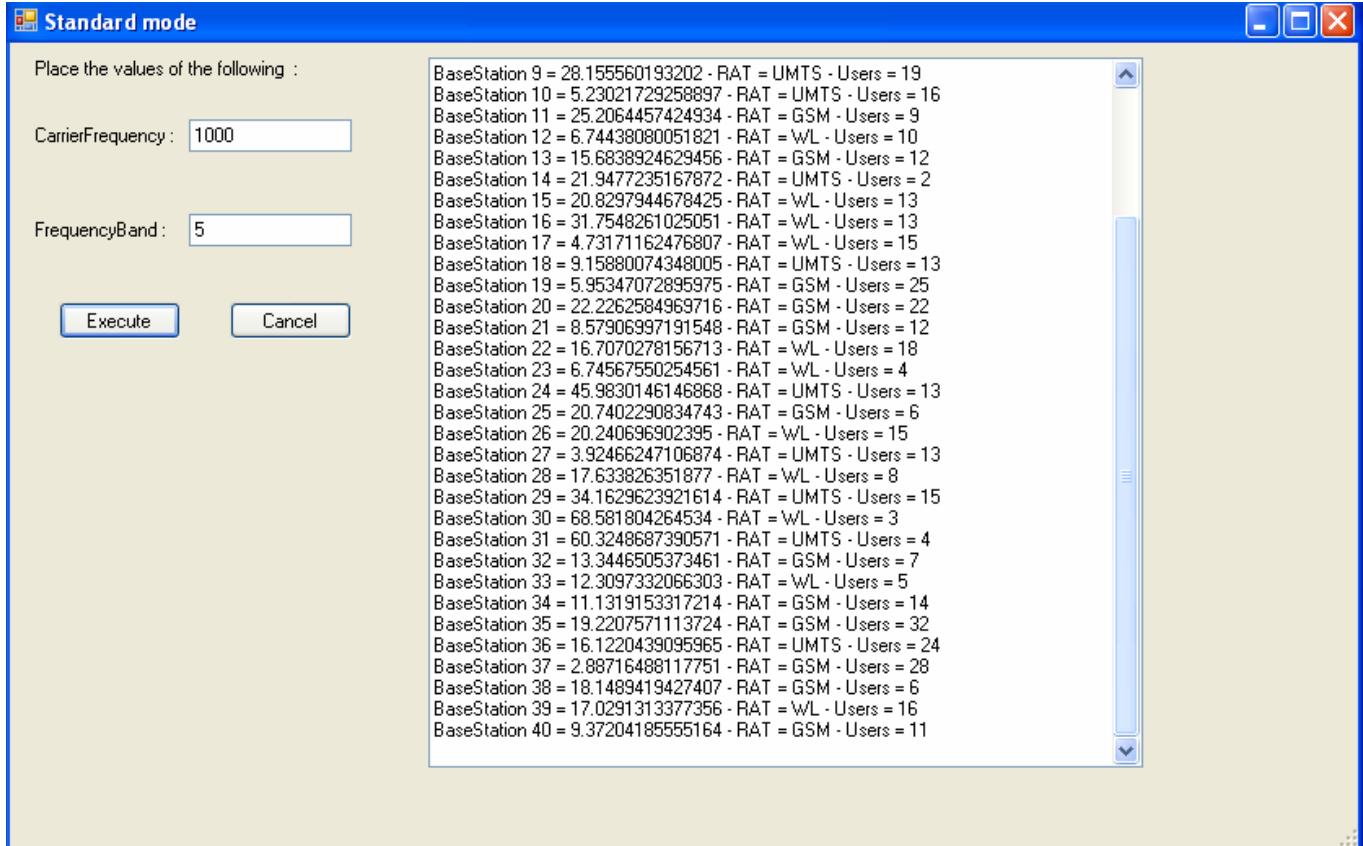
Εικόνα 5-3.

Έχοντας τις τιμές που δείξαμε στην εικόνα 5-1 για τα Basestations και τους Users, επιλέγουμε να τρέξουμε την 1<sup>η</sup> μας εφαρμογή και τα αποτελέσματα αυτής φαίνονται στην εικόνα 5-4. Στο textbox δεξιά εμφανίζονται αριθμημένα τα Basestations, η τεχνολογία που χρησιμοποιεί το κάθε ένα από αυτά, ο αριθμός των Users, που εξυπηρετούνται από αυτό και τέλος το επιστρεφόμενο αποτέλεσμα της μέγιστης ωφέλιμης περιοχής κάλυψης για κάθε ένα από αυτά. Τα αποτελέσματα που εμφανίζονται μπορεί να περιέχουν κάποια μικρή απόκλιση από πραγματικές τιμές, λόγω της τυχαιοποίησης των Users και των Basestations. Παραδείγματος χάριν, το Basestation6 με τεχνολογία GSM που εξυπηρετεί 21 Users, έχει ωφέλιμη περιοχή κάλυψης ισοδύναμη με 30,335 χιλιόμετρα.



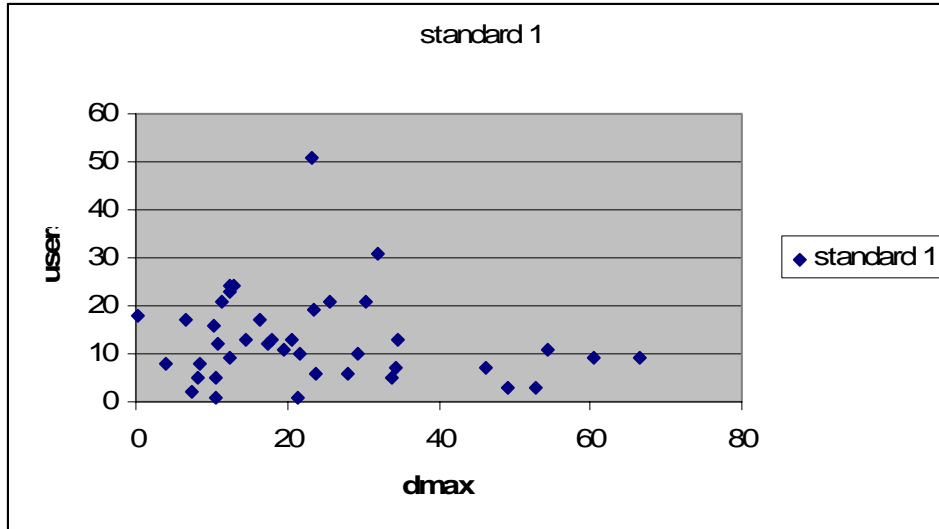
Εικόνα 5-4

Η εικόνα 5-5 παρουσιάζει τα αποτελέσματα για την ωφέλιμη περιοχή κάλυψης για μια άλλη τυχαιοποιημένη κατανομή των Users και των Basestations.

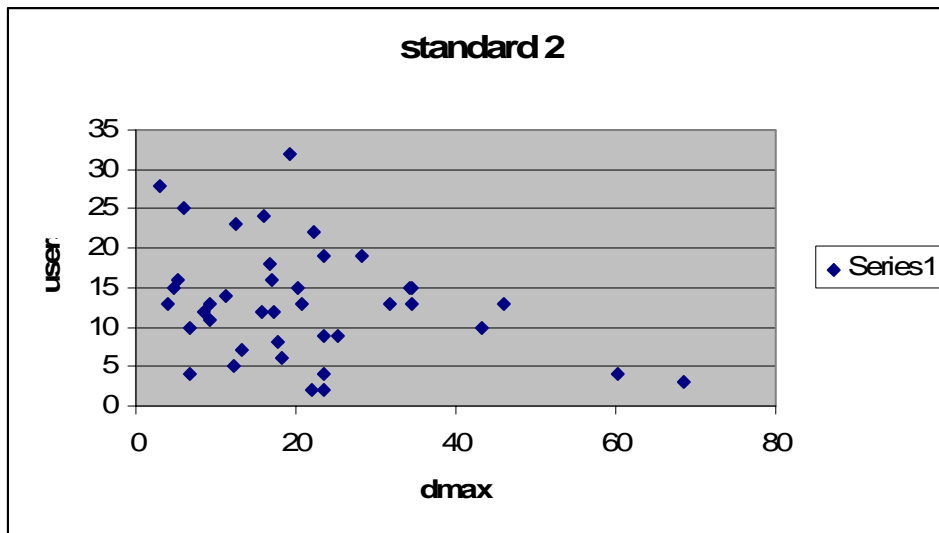


Εικόνα 5-5

Παρακάτω παρατίθενται διαγράμματά τους (5-1,5-2).



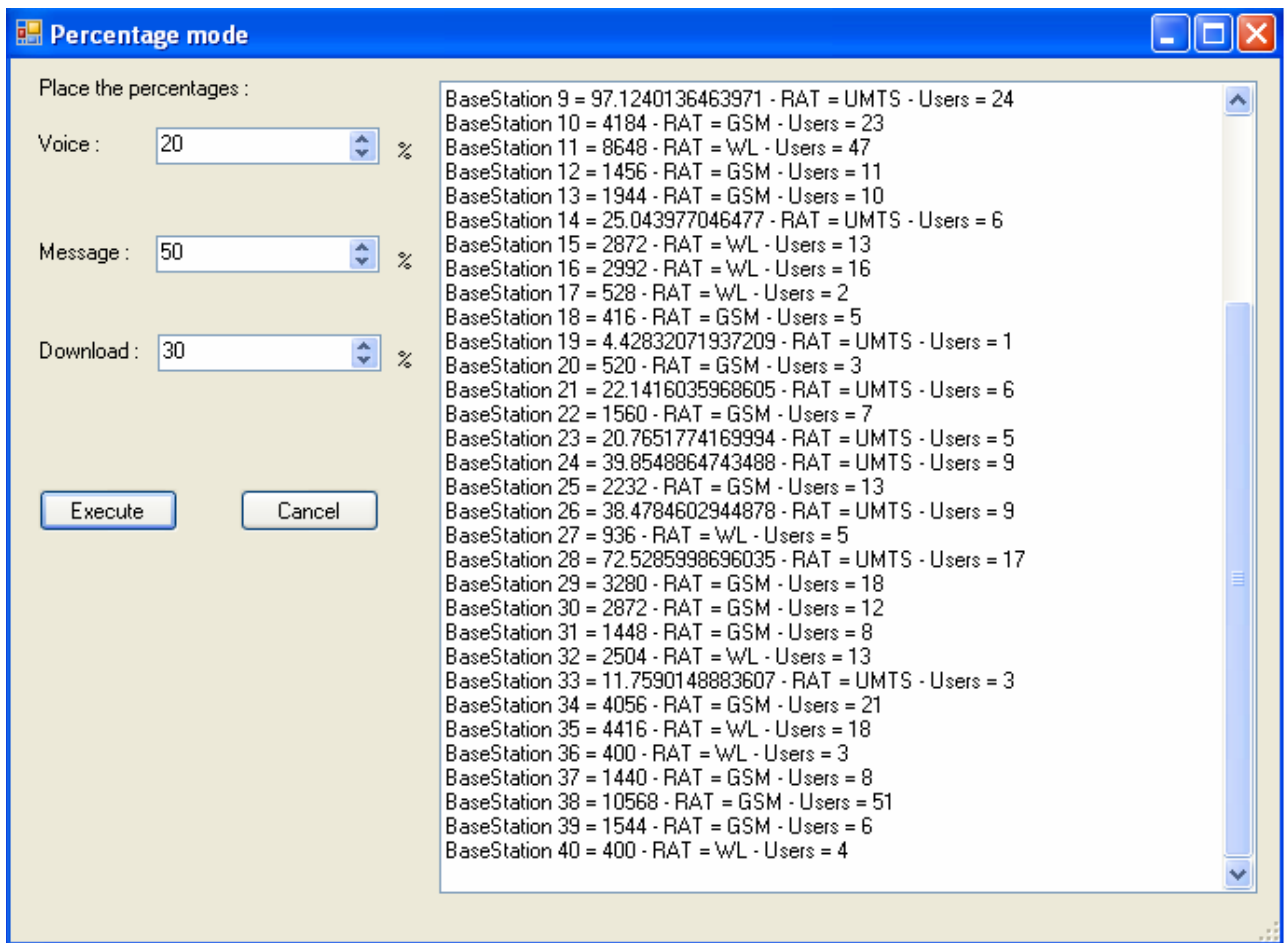
Σχεδιάγραμμα 5-1



Σχεδιάγραμμα 5-2

Έχοντας τις τιμές που δείξαμε στην εικόνα 5-1 για τα Basestations και τους Users, επιλέγουμε να τρέξουμε την 2<sup>η</sup> μας εφαρμογή και τα αποτελέσματα αυτής φαίνονται στην εικόνα 5-6 . Στο textbox δεξιά εμφανίζονται αριθμημένα τα Basestations, η τεχνολογία που χρησιμοποιεί το κάθε ένα από αυτά, ο αριθμός των Users, που εξυπηρετούνται από αυτό, η επιστρεφόμενη τιμή uplink load factor για τεχνολογία UMTS για κάθε ένα από αυτά και τέλος τα kbps που «χρησιμοποιούν» οι Users για τις

άλλες τεχνολογίες (GSM,WLAN) . Τα αποτελέσματα που εμφανίζονται μπορεί να περιέχουν κάποια μικρή απόκλιση από πραγματικές τιμές, λόγω της τυχαιοποίησης των Users και των Basestations. Στην εφαρμογή αυτή μας ενδιαφέρει κυρίως το uplink load factor των Basestations με τεχνολογία UMTS. Παραδείγματος χάριν, το Basestation9 με 24 Users και με τεχνολογία UMTS, έχει uplink load factor ισοδύναμο με 97,124%. Συνεπώς το συγκεκριμένο Basestation9 αγγίζει το 100% των δυνατοτήτων του. Σε σύγκριση με το Basestation33, που χρησιμοποιεί την ίδια τεχνολογία (UMTS), και έχοντας πολύ λιγότερους Users στο σύνολό του 3, έχει uplink load factor πολύ μικρότερο, αγγίζοντας το 11,759%.



Εικόνα 5-6



## 6. ΣΥΝΟΨΗ-ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

### 6.1 Σύνοψη εργασίας

Συνοψίζοντας, θα λέγαμε ότι αυτή η διπλωματική εργασία ασχολείται με την ανάπτυξη πλατφόρμας προσομοιώσεων για γνωσιακά δίκτυα σε περιβάλλοντα πέρα της τρίτης γενιάς. Η εργασία αυτή βοηθά στην εξαγωγή συμπερασμάτων για το πως λειτουργούν οι διάφορες τεχνολογίες RAT στον τομέα της ραδιοεπικοινωνίας. Τα αποτελέσματα αυτών των προσομοιώσεων αποτελούν ένα κατάλληλο set εκπαίδευσης για την υλοποίηση της γνωσιακής ραδιοεπικοινωνίας (CR). Αυτό επιτυγχάνεται με τον υπολογισμό της μέγιστης ωφέλιμης περιοχής κάλυψης για κάθε τεχνολογία στην 1<sup>η</sup> εφαρμογή και τον υπολογισμό του uplink load factor μόνο για την τεχνολογία UMTS στη 2<sup>η</sup> εφαρμογή.

Κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας δημιουργήθηκαν αρκετά προβλήματα. Ένα από τα προβλήματα ήταν η απόδοση ή υπολογισμός της ισχύος λαμβανομένου σήματος ( $P_{rx}$ ). Η λύση δόθηκε με την υλοποίηση ενός αλγορίθμου που δίνει ακριβείς τιμές για το  $P_{rx}$  του εκάστοτε User, σύμφωνα με την απόσταση από το Basestation που τον εξυπηρετεί. Ένα δεύτερο πρόβλημα ήταν η παρουσίαση στο χώρο των Users και των Basestations. Στην περίπτωση αυτή χρειάστηκε να δημιουργήσουμε ένα δικό μας dll αρχείο, ειδικά για τον σχεδιασμό του διαγράμματος αυτού.

### 6.2 Γενικά συμπεράσματα για τη γνωσιακή ραδιοεπικοινωνία

• Οι αυξημένες δυνατότητες δυναμικής συμπεριφοράς της γνωσιακής ραδιοεπικοινωνίας έναντι του SDR για καλύτερη αξιοποίηση φάσματος είναι οι εξής :

- Αναγνώριση και αξιοποίηση θέσεως
- Εκμάθηση βάσει εμπειρίας
- Διαπραγμάτευση και συντονισμός με γειτονικές συσκευές
- Αξιοποίηση πληροφορίας ταριφών
- Ανάλογα ρυθμιστικά ζητήματα με το SDR
- Θέματα τυποποίησης, διαλειτουργικότητας, συμβατότητας

Το κύριο δίλημμα που τίθεται στην γνωσιακή ραδιοεπικοινωνία είναι η καλύτερη αξιοποίηση του φάσματος αλλά με το με το μειονέκτημα απώλειας ελέγχου.

Η διαχείριση φάσματος είναι σημαντική αλλά και περίπλοκη ρυθμιστική διαδικασία.

Οι κυρίαρχες τάσεις αυτής είναι:

- Ευέλικτος ορισμός αδειών ως προς τους περιορισμούς της τεχνολογίας και των εφαρμογών, δηλαδή επιβολή προϋποθέσεων χρήσης και αδειοδότησης των ραδιοσυστημάτων
- Ευέλικτες διαδικασίες αγοράς για αλλαγή χρήσεως ή/και ιδιοκτησίας - Δευτερογενείς αγορές, ελεύθερη διακίνηση, διαχείριση συχνοτήτων και εμπορία φάσματος μακροπρόθεσμα, με ταυτόχρονη πιστοποίηση λογισμικού και υλικού και χρηστών
- Αξιοποίηση της μη αδειοδοτημένης χρήσης

### 6.3 Μελλοντικές επεκτάσεις

Οι προτάσεις που παρατίθενται σε αυτό το σημείο αφορούν στην επεκτασιμότητα και τη βελτιστοποίηση των εφαρμογών αυτών με τον εμπλουτισμό τους με σχεδιαγράμματα, που θα συσχετίζουν τα αποτελέσματα, ώστε ο χρήστης να εξάγει ευκολότερα τα συμπεράσματα από την οπτικοποίηση των τιμών των μεταβλητών. Επιπρόσθετα, θα μπορούσε ο χρήστης να λαμβάνει τις συντεταγμένες των θέσεων για τα Basestations και τους Users από ένα αρχείο οποιουδήποτε format, ώστε να μην χρειάζεται να τα καταχωρεί ένα προς ένα. Τέλος, θα μπορούσε να λαμβάνει τις τεχνολογίες που αντιστοιχούν σε κάθε Basestation από ένα αρχείο.



## Παράρτημα: Πηγαίος κώδικας

[Program.cs](#)

```
using System;

using System.Collections.Generic;
using System.Windows.Forms;
using System.Threading;
using System.IO;

namespace Diplomatics_BM
{
    public class Program
    {
        public static Random rand = new Random();
        public static List<BaseStation> BsList = new List<BaseStation>();
        public static List<User> UsList = new List<User>();
        public static List<Rat> ratList = new List<Rat>();
        public static List<Percentages> prList = new List<Percentages>();
        public int startvalue = 1;

        [STAThread]

        static void Main()
        {
            ratinitial rtin = new ratinitial();
            Percentages perc = new Percentages();
            Program.prList.Add(perc);
            Console.WriteLine("count :" + Program.prList.Count);
            Application.EnableVisualStyles();
            Application.SetCompatibleTextRenderingDefault(false);
            Application.Run(new DB());
        }

        public class ratinitial
        {
            public ratinitial()
            {
                int[] ar1 = new int[] { 12 ,26, 31 ,42 ,54 ,73, 125 ,160 };
                int[] ar2 = new int[] { 5, 10, 15 ,20, 25, 30, 35, 40 };
                int kbps1a = 12;
                int kbps1b = 144;
                int kbps1c = 144;
                Rat rat1 = new Rat("UMTS", ar1, ar2, kbps1a, kbps1b,
                kbps1c);
                Program.ratList.Add(rat1);
            }
        }
    }
}
```

```

int[] ar3 = new int[] { 12, 26, 31, 42, 54, 73, 125, 160 };
int[] ar4 = new int[] { 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 };
int kbps2a = 8;
int kbps2b = 128;
int kbps2c = 256;
Rat rat2 = new Rat("GSM", ar3, ar4, kbps2a,
kbps2b,kbps2c);
Program.ratList.Add(rat2);
int[] ar5 = new int[] { 1000, 2000, 5500, 11000, 26000,
38000, 48000, 54000 };
int[] ar6 = new int[] { 5, 4, 8, 11, 10, 12, 15, 20 };
int kbps3a = 8;
int kbps3b = 128;
int kbps3c = 256;
Rat rat3 = new Rat("WL", ar5, ar6, kbps3a, kbps3b, kbps3c);
Program.ratList.Add(rat3);
}
}

public class Rat /*Radio Access Technology*/
{
    public koukou k = null;
    public string strrat = null;
    int kbps = 0;
    public int[] sinrThresholds;
    public int[] supportedChannelCapacities;
    public int data1;
    public int data2;
    public int data3;

    public Rat(string str, int[] array1, int[] array2, int data1, int
data2, int data3)
    {
        this.strrat = str;/*type of RAT */
        this.supportedChannelCapacities = array1;/*Kbps*/
        this.sinrThresholds = array2;/*dB*/
        this.data1 = data1;
        this.data2 = data2;
        this.data3 = data3;
    }

    public int getMinimumRequiredSINR()
    {
        return sinrThresholds[0];
    }

    public int ratrandkbs(int y)
    {
        if (y == 1)
        {

```

```

        kbps = this.data1;
    }
    if (y == 2)
    {
        kbps = this.data2;
    }
    if (y == 3)
    {
        kbps = this.data3;
    }
    return kbps;
}
}

```

### BaseStation.cs

```

using System.IO;

namespace Diplomatics_BM
{
    public class BaseStation
    {
        public int positionX = new int();
        public int positionY = new int();
        public int bsid = new int();
        public string transrattech;
        public int countusers = new int();

        public BaseStation(int x, int y, int k, string tech)
        {
            this.positionX = x;
            this.positionY = y;
            this.bsid = k;
            this.transrattech = tech;
        }

        public double getDistanceFromUser(User user)
        {
            double distance = new double();
            distance = (Math.Sqrt(Math.Pow(user.positionX -
this.positionX,2D) + Math.Pow(user.positionY - this.positionY,2D)));
            return (distance);
        }

        public int mapSINRToChannelCapacity(int k, int l, int m)//Mapping of
SINR to ChannelCapacity...
        {
            string t = this.transrattech;

```

```

        int atleast = 0;

        if (t.Equals("UMTS"))
        {
            for (int i = 0; i
Program.ratList[0].supportedChannelCapacities.Length; i++)
            {
                if ((Program.UsList[k].measureSINR(l, m)) <
Program.ratList[0].sinrThresholds[i])
                {

Console.WriteLine(Program.UsList[k].measureSINR(l, m));
                    atleast =
(Program.ratList[0].supportedChannelCapacities[1]);
                    break;
                }
            }
        }
        if (t.Equals("GSM"))
        {
            for (int i = 0; i < 8; i++)
            {
                if ((Program.UsList[k].measureSINR(l, m)) <
Program.ratList[1].sinrThresholds[i])
                {
                    atleast =
(Program.ratList[1].supportedChannelCapacities[1]);
                    break;
                }
            }
        }
        if (t.Equals("WL"))
        {
            for (int i = 0; i < 8; i++)
            {
                if ((Program.UsList[k].measureSINR(l, m)) <
Program.ratList[2].sinrThresholds[i])
                {

                    atleast =
(Program.ratList[2].supportedChannelCapacities[i-1]);

                    break;
                }
            }
        }
        return atleast;
    }

public float calculateEffectiveChannelCapacity(int carrierfrequency,
int frequencyband)
{
    int k = Program.UsList.Count;
    int l = carrierfrequency;

```

```

int m = frequencyband;
int y = 0;
int tempccu = 0;
int tempccap = 0;
float effectiveccr;
try
{
    for (int i = 0; i < k; i++)
    {
        if (Program.UsList[i].basechildid == this.bsid)
        {
            tempccap = this.mapSINRToChannelCapacity(i, l,m);

            tempccu = tempccap + tempccu;

            y = y + 1;

        }
    }

    if (y != 0)
    {
        effectiveccr = (tempccu / y);
        return (effectiveccr);
    }
    else
        return 0;
}
catch (Exception e)
{
    Console.WriteLine(e);
    return -1;
}
}

```

```

public double[] CalculateEstimations(int txa, int carfr, int freqb)

```

```

{
    double tex = (10 * (Math.Log((1000 * txa), 10)));

    int k = Program.UsList.Count;
    int temprx = 0;
    int u = 0;
    double du = 0;
    double y = 0;
    double x = 0;
    double s1 = 0;
    double s2 = 0;
    double sxx = 0;
    double tmptsxx = 0;
    double syy = 0;
    double tmptsyy = 0;
    double sxy = 0;
    double tmptsxy = 0;
    double b = 0;
    int n = 0;

```

```

double a = 0;
int cf = carfr;
int fb = freqb;
int climax = 0;
double[] ab = new double[2];
List<double> listx = new List<double>();
List<double> listy = new List<double>();
try
{
    for (int i = 0; i < k; i++)
    {
        if (Program.UsList[i].basechildid == this.bsid)
        {
            du =
this.getDistanceFromUser(Program.UsList[i]);
            if (du < 50)
            {
                climax = 1;
            }
            else if (du > 50 && du < 100)
            {
                climax = 2;
            }
            else if (du > 100 && du < 150)
            {
                climax = 3;
            }
            else if (du > 150 && du < 200)
            {
                climax = 4;
            }
            else if (du > 200 && du < 300)
            {
                climax = 5;
            }
            else if (du > 300 && du < 400)
            {
                climax = 6;
            }
            else if (du > 400 && du < 500)
            {
                climax = 7;
            }
            else if (du > 500 && du < 600)
            {
                climax = 8;
            }
            else if (du > 600 && du < 700)
            {
                climax = 9;
            }
            else if (du > 700 && du < 800)
            {
                climax = 10;
            }
            else if (du > 800 && du < 900)
            {

```

```

        climax = 11;
    }
    else if (du > 900 && du < 1000)
    {
        climax = 12;
    }
    else if (du > 1000 && du < 1100)
    {
        climax = 13;
    }
    else if (du > 1100 && du < 1200)
    {
        climax = 14;
    }
    temprx = Program.UsList[i].measureRX(cf, fb,climax);

    y = temprx - tex;

    x = ((-10) * Math.Log(du, 10));
    s1 = s1 + y;
    s2 = s2 + x;
    listx.Add(x);
    listy.Add(y);
    n++;
    }
}

u = listx.Count;

if (u != 0)
{
    for (int i = 0; i < u; i++)
    {
        tmpsxx = (listx[i]) * (listx[i]);

        sxx = sxx + tmpsxx;
    }

    for (int i = 0; i < u; i++)
    {
        tmpsyy = (listy[i]) * (listy[i]);

        syy = syy + tmpsyy;
    }

    for (int i = 0; i < u; i++)
    {
        tmpsxy = ((listx[i]) * (listy[i]));
        sxy = sxy + tmpsxy;
    }

    b = (((n*sxy)-(s2*s1)) / ((n*sxx)-(s2*s2)));

    a = ((s1 / n) - b * (s2 / n));
        ab[0] = a;
    ab[1] = b;
}

```

```

    }
    if (u == 1)
    {
        ab[0] = 0;
        ab[1] = 0;
    }
}

catch (Exception e)
{
    Console.WriteLine("Error");
    Console.WriteLine(e);
}
//ab[0] = a;
//ab[1] = b;
return (ab);
}

```

```

public double CalculateImax(int carrierfrequency, int frequencyband)
{
    int cf = carrierfrequency;
    int fb = frequencyband;
    int k = Program.UsList.Count;
    int tempix = 0;
    int n = 0;
    int he = 0;
    double imax = 0;
    double maximum = 0;
    bool boolean = false;
    int[] array2 = new int[n];
    List<double> listix = new List<double>();
    try
    {
        /*Imax*/
        for (int i = 0; i < k; i++)
        {
            if (Program.UsList[i].basechildid == this.bsuid)
            {
                tempix = Program.UsList[i].measureIX(cf,fb);
                listix.Add(tempix);
                he++;
            }
        }
        this.countusers = listix.Count;
        if (listix.Count != 0)
        {
            if (listix.Count > 1)
            {
                for (int i = 0; i < (listix.Count) - 1; i++)
                {
                    if (boolean == false)
                    {
                        if (listix[i] < listix[i + 1])
                        {

```





```

        rxminreq = sinrminreq + (this.CalculateImax(cf, fb));
        return rxminreq;
    }

    public double calculateEffectiveCoverageRange(int
transmissionPower/*Watt*/, int carrierfrequency, int frequencyband)
    {
        int tx = transmissionPower;
        int cf = carrierfrequency;
        int fb = frequencyband;
        int k = Program.UsList.Count;
        double[] a = new double[2];
            double rxminreq = 0;
        double dmax = -1;
        double all = 0;

        a = this.CalculateEstimations(tx, cf, fb);

        rxminreq = this.CalculateRXminreq(cf, fb);
        try
        {

            if (a[0] != 0 && a[1] != 0)
            {
                double tex = (10 * (Math.Log((1000 * tx), 10)));
                Console.WriteLine("Edw einai to tx = " + tex);
                all = ((tex + a[0] - rxminreq) / (10 * a[1]));
                dmax = Math.Pow(10, (all));
            }
            else
            {
                for (int i = 0; i < Program.UsList.Count; i++)
                {

                    if (Program.UsList[i].basechildid == this.bsid)
                    {
                        dmax =
                            this.getDistanceFromUser(Program.UsList[i]);
                    }
                }
            }
        }
        catch (Exception e)
        {
            Console.WriteLine("Error");
            Console.WriteLine(e);
        }
        return (dmax);
    }
}

```

```

public int randkbs(int data)
{

    string t = this.transrattech;
    int k = data;
    int kbps = 0;

    if (t.Equals("UMTS"))
    {

        kbps = Program.ratList[0].ratrandkbs(k);

    }
    if (t.Equals("GSM"))
    {

        kbps = Program.ratList[1].ratrandkbs(k);

    }
    if (t.Equals("WL"))
    {

        kbps = Program.ratList[2].ratrandkbs(k);

    }
    return kbps;
}

public double newrand(int voice, int message, int download)
{

    int count = Program.UsList.Count;

    double[] array = new double[3] { 0, 0, 0 };
    double g = 0;
    double tmpg = 0;
    double tmpnul1 = 0;
    double tmpnul2 = 0;
    double tmpnul3 = 0;
    double nul = 0;
    double nrise = 0;
    try
    {

        int h, x, c;
        int h12 = 0;
        int x12 = 0;
        int c12 = 0;
        int counter = 0;

```

```

for (int i = 0; i < Program.UsList.Count; i++)
{
    if (Program.UsList[i].basechildid == this.bsid)
    {
        counter++;
        h = Program.rand.Next(2);
        if ((h == 1))
        {
            if ((Program.prList[0].endvoice) == true)
            {
                h12++;
                Program.UsList[i].data1 = true;
                array[0] = this.randkbs(1);
            }
        }
        else
        {
            Program.UsList[i].data1 = false;
        }

        x = Program.rand.Next(2);
        if ((x == 1))
        {
            if ((Program.prList[0].endmessages) == true)
            {
                x12++;
                Program.UsList[i].data2 = true;
                array[1] = this.randkbs(2);
            }
        }
        else
        {
            Program.UsList[i].data2 = false;
        }

        c = Program.rand.Next(2);

        if ((c == 1))
        {
            if ((Program.prList[0].enddownload) == true)
            {
                c12++;
                Program.UsList[i].data3 = true;
                array[2] = this.randkbs(3);
            }
        }
        else
        {
            Program.UsList[i].data3 = false;
        }
    }
    if (this.transrattech.Equals("UMTS"))
    {
        if (h == 1)

```

```

        {
            tmpnul1 = (1 / (1 + ((Math.Pow(3.84,
6)) / ((Math.Pow(10, 0.5)) * array[0]*(Math.Pow(10,3)) * 0.67))));
        }
        if (x == 1)
        {
            tmpnul2 = (1 / (1 + ((Math.Pow(3.84,
6)) / ((Math.Pow(10, 0.15)) * array[1] * (Math.Pow(10, 3))))));
        }
        if (c == 1)
        {
            tmpnul3 = (1 / (1 + ((Math.Pow(3.84,
6)) / ((Math.Pow(10, 0.15)) * array[2] * (Math.Pow(10, 3))))));
        }
        nul = 1.55 * (tmpnul1 + tmpnul2 + tmpnul3);
        g = tmpnul1 + tmpnul2 + tmpnul3;

    }
    else
    {
        g = (array[0] + array[1] + array[2]);
    }

    tmpg = tmpg + g;
                                array[0] = 0;
    array[1] = 0;
    array[2] = 0;
    addpercentages(h12, x12, c12, voice, message, download);
    h12 = 0;
    x12 = 0;
    c12 = 0;
    }

}
this.countusers = counter;

}

catch (Exception e)
{
    Console.WriteLine("Exception: {0}", e.Message);
}
if (this.transrattech.Equals("UMTS"))
{
    nul = 1.55 * (tmpg);
    nrise = -10 * (Math.Log((1 - nul), 10));
    return nul;
}
else
{
    return tmpg;
}
}

```

```

public int addpercentages(int h12, int x12, int c12, int voice, int
message, int download)
    {
        Program.prList[0].voice = (h12 + Program.prList[0].voice);
        Program.prList[0].messages = (x12 +
Program.prList[0].messages);
        Program.prList[0].download = (c12 +
Program.prList[0].download);
        if (Program.prList[0].voice == voice)
            {
                Program.prList[0].endvoice = false;
            }
        if (Program.prList[0].messages == message)
            {
                Program.prList[0].endmessages = false;
            }
        if (Program.prList[0].download == download)
            {
                Program.prList[0].enddownload = false;
            }
        return voice;
    }

public override string ToString()
    {
        return ("BaseStation " + bsid);
    }
}
}

```

### User.cs

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Text;

namespace Diplomatics_BM
{
    public class User
    {
        public int positionX = new int();
        public int positionY = new int();
        public int sinr = new int();
        public int carrierFreq = new int();
        public int bandFreq = new int();
        public int basechildid = new int();
    }
}

```

```

public int rx = new int();
public int ix = new int();
public bool data1 = new bool();
public bool data2 = new bool();
public bool data3 = new bool();
public bool data4 = new bool();

public User(int x, int y, int d, bool dat1, bool dat2, bool dat3, bool
dat4)
{
    this.positionX = x;
    this.positionY = y;
    this.basechildid = d;
    this.data1 = dat1;
    this.data2 = dat2;
    this.data3 = dat3;
    this.data4 = dat3;
}

public int measureRX(int carrierFrequency/*Se Khz*/, int
bandFrequency/*Se Khz*/,int clim)
{
    int tmprx = new int();/*Isxys lamvanomenou simatos*/
    int h = new int();
    int x = new int();
    if (clim == 1)
    {
        h = Program.rand.Next(13,23);
    }
    if (clim == 2)
    {
        h = Program.rand.Next(24, 29);
    }
    if (clim == 3)
    {
        h = Program.rand.Next(29, 33);
    }
    if (clim == 4)
    {
        h = Program.rand.Next(33, 35);
    }
    if (clim == 5)
    {
        h = Program.rand.Next(35, 39);
    }
    if (clim == 6)
    {
        h = Program.rand.Next(39, 41);
    }
    if (clim == 7)
    {
        h = Program.rand.Next(41, 43);
    }
}

```

```

    if (clim == 8)
    {
        h = Program.rand.Next(43, 45);
    }
    if (clim == 9)
    {
        h = Program.rand.Next(45, 46);
    }
    if (clim == 10)
    {
        h = Program.rand.Next(46, 48);
    }
    if (clim == 11)
    {
        h = Program.rand.Next(48, 53);
    }
    if (clim == 12)
    {
        h = Program.rand.Next(53, 56);
    }
    if (clim == 13)
    {
        h = Program.rand.Next(56, 58);
    }
    if (clim == 14)
    {
        h = Program.rand.Next(58, 61);
    }

    x = 0 - h;
    tmprx = x;
    this.rx = tmprx;
    return tmprx;
}

```

```

public int measureIX(int carrierFrequency/*Se Khz*/, int
bandFrequency/*Se Khz*/)
{
    int tmpix = new int();
    int h;
    int x;
    int trx = new int();
    trx = -(this.rx);
    h = Program.rand.Next(trx, (trx+20));
    x = 0 - h;
    tmpix = x;

    this.ix = tmpix;
    return tmpix;
}

```

```

public double measureSINR(int carrierFrequency/*Se Khz*/, int
bandFrequency/*Se Khz*/)
{
    double tmpsinr = new double();
    tmpsinr = (measureRX(carrierFrequency, bandFrequency,1) -
measureIX(carrierFrequency, bandFrequency));
}

```



```

        return (tmpsinr);
    }

public int measureSINR()
{
    return (this.sinr);
}

public override string ToString()
{
    return ("User("+this.positionX +", "+this.positionY +"):
"+this .basechildid );
}
}

```

### Percentages.cs

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Text;

namespace Diplomatics_BM
{
    public class Percentages
    {
        public int voice = new int();
        public int messages = new int();
        public int download = new int();
        public bool endvoice = new bool();
        public bool endmessages = new bool();
        public bool enddownload = new bool();

        public Percentages()
        {
            this.voice = 0;
            this.messages = 0;
            this.download = 0;
            this.endvoice = true;
            this.endmessages = true;
            this.enddownload = true;
        }
    }
}

```

### φOPMEΣ

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;

```

```

namespace Diplomatics_BM
{
    public partial class DB : Form
    {
        private static int counter = 1;

        public DB()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            try
            {
                if (comboBox1.SelectedItem.Equals("UMTS") ||
                    comboBox1.SelectedItem.Equals("GSM") ||
                    comboBox1.SelectedItem.Equals("WL"))
                {
                    BaseStation b = new
BaseStation(int.Parse(textBox1.Text), int.Parse(textBox2.Text),
int.Parse(textBox3.Text), comboBox1.SelectedItem.ToString());
                    Program.BsList.Add(b);
                    listBox1.Items.Add(b);
                    counter++;
                    textBox3.Text = counter + "";
                    label5.Text = "Count: " + Program.BsList.Count;
                }
            }
            catch (Exception)
            {
                MessageBox.Show("BaseStation invalid arguments");
            }
        }

        private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            if (listBox1.SelectedItem != null)
            {
                Program.BsList.Remove((BaseStation)listBox1.SelectedItem);
                listBox1.Items.Remove(listBox1.SelectedItem);
                label5.Text = "Count: " + Program.BsList.Count;
            }
        }

        private void button4_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            try
            {

```

```

        User u = new User(int.Parse(textBox6.Text),
int.Parse(textBox4.Text), int.Parse(textBox5.Text), false, false,
false, false);
        Program.UsList.Add(u);
        listBox2.Items.Add(u);
        label6.Text = "Count: " + Program.UsList.Count;
    }
    catch (Exception)
    {
        MessageBox.Show("User invalid arguments");
    }
}

private void button5_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (listBox2.SelectedItem != null)
    {
        Program.UsList.Remove((User)listBox2.SelectedItem);
        listBox2.Items.Remove(listBox2.SelectedItem);
        label6.Text = "Count: " + Program.UsList.Count;
    }
}

private void button3_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (listBox1.SelectedItem != null)
    {
        BaseStation eb = (BaseStation)listBox1.SelectedItem;
        try
        {
            BaseStation b = new
BaseStation(int.Parse(textBox1.Text), int.Parse(textBox2.Text),
int.Parse(textBox3.Text), comboBox1.SelectedItem.ToString());
            eb.positionX = b.positionX;
            eb.positionY = b.positionY;
            eb.bsid = b.bsid;
            eb.transrattech = b.transrattech;
        }
        catch (Exception)
        {
            MessageBox.Show("BaseStation invalid arguments");
        }
    }
}

private void button6_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (listBox2.SelectedItem != null)
    {
        User eu = (User)listBox2.SelectedItem;
        try
        {
            User u = new User(int.Parse(textBox6.Text),
int.Parse(textBox4.Text), int.Parse(textBox5.Text), false, false,
false, false);
            eu.positionX = u.positionX;

```

```

        eu.positionY = u.positionY;
        eu.basechildid = u.basechildid;
    }
    catch (Exception)
    {
        MessageBox.Show("User invalid arguments");
    }
}

private void listBox1_SelectedIndexChanged(object sender,
EventArgs e)
{
    BaseStation bs = (BaseStation)this.listBox1.SelectedItem;
    if (bs != null)
    {
        textBox1.Text = bs.positionX + "";
        textBox2.Text = bs.positionY + "";
        textBox3.Text = bs.bsid + "";
        comboBox1.Text = bs.transrattech + "";
    }
}

private void listBox2_SelectedIndexChanged(object sender,
EventArgs e)
{
    User eu = (User)this.listBox2.SelectedItem;
    if (eu != null)
    {
        textBox6.Text = eu.positionX + "";
        textBox4.Text = eu.positionY + "";
        textBox5.Text = eu.basechildid + "";
    }
}

private void DB_Load(object sender, EventArgs e)
{
}

private void toolStripMenuItem2_Click(object sender, EventArgs
e)
{
    Form1 form = new Form1();
    form.ShowDialog();
}

private void runToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)
{
    Form2 form = new Form2();
    form.ShowDialog();
}

```

```

    }

    private void button7_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        for (int i = 0; i < this.numericUpDown1.Value; i++)
        {
            textBox1.Text = r.Next(0, 801) + "";
            textBox2.Text = r.Next(0, 801) + "";
            comboBox1.SelectedIndex = r.Next(0, 3);
            this.button1_Click(button1, EventArgs.Empty);
        }
    }

    public static Random r = new Random((int)DateTime.Now.Ticks);

    private void button8_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        for (int i = 0; i < this.numericUpDown2.Value; i++)
        {
            textBox6.Text = r.Next(0, 800) + "";
            textBox4.Text = r.Next(0, 800) + "";
            textBox5.Text = r.Next(1, Program.BsList.Count+1) + "";
            this.button4_Click(button1, EventArgs.Empty);
        }
    }

    private void button9_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        List<MyControls.GraphicsControlGraph> glist = new
List<MyControls.GraphicsControlGraph>();
        this.graphicsControl1.Clear();
        foreach (object uo in this.listBox2.Items)
        {
            User u = (User)uo;
            foreach (object bo in this.listBox1.Items)
            {
                BaseStation b = (BaseStation)bo;
                if (u.basechildid == b.bsid)
                {
                    MyControls.GraphicsControlPoint up = new
MyControls.GraphicsControlPoint(u.positionX, u.positionY, Color.Red);
                    MyControls.GraphicsControlPoint bp = new
MyControls.GraphicsControlPoint(b.positionX, b.positionY, Color.Blue);
                    MyControls.GraphicsControlGraph graph = new
MyControls.GraphicsControlGraph(new MyControls.GraphicsControlPoint[] {
up, bp });
                    graph.ConnectLines = true; graph.Color =
Color.Black;
                    glist.Add(graph);
                    break;
                }
            }
        }
        MyControls.GraphicsControlPoint[] bs = new
MyControls.GraphicsControlPoint[Program.BsList.Count];

```

```

        for (int i = 0; i<Program.BsList.Count;i++)
        {
            bs[i] = new
MyControls.GraphicsControlPoint(Program.BsList[i].positionX
,Program.BsList[i].positionY,Color.Blue);
        }
        MyControls.GraphicsControlGraph bg = new
MyControls.GraphicsControlGraph(bs);
        bg.ConnectLines = false;

        MyControls.GraphicsControlGraph[] graphs = new
MyControls.GraphicsControlGraph[glist.Count];
        for (int counter = 0; counter < glist.Count; counter++)
        {
            graphs[counter] = glist[counter];
        }

        this.graphicsControll1.Add(bg);
        this.graphicsControll1.AddRange(graphs);
    }

private void button11_Click(object sender, EventArgs e)
{
    while (this.listBox1.Items.Count > 0)
    {

        this.listBox1.SelectedIndex = 0;
        this.button2_Click(null, null);
    }
}

private void button10_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Program.UsList.Clear();
    listBox2.Items.Clear();
    label6.Text = "Count: " + Program.UsList.Count;
}

private void button12_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Program.BsList.Clear();
    listBox1.Items.Clear();
    label5.Text = "Count: " + Program.BsList.Count;
}

private void button12_Click_1(object sender, EventArgs e)
{
    List<User> newu = new List<User>();
    foreach (object u in listBox2.SelectedItems)
    {
        User user = (User)u;
        double distance = float.MaxValue;
        int bid = 0;
        foreach (object b in listBox1.Items)
        {
            BaseStation basestation = (BaseStation)b;

```

```

        if (Math.Sqrt(Math.Pow(user.positionX -
basestation.positionX,2D) + Math.Pow(user.positionY -
basestation.positionY,2D)) < distance)
        {
            distance = Math.Sqrt(Math.Pow(user.positionX -
basestation.positionX,2D) + Math.Pow(user.positionY -
basestation.positionY,2D));
            bid = basestation.bsid;
        }
        user.basechildid = bid;
        newu.Add(user);
    }
    for (int i = 0; i < newu.Count; i++)
    {
        Program.UsList.Remove(newu[i]);
        listBox2.Items.Remove(newu[i]);
    }
    for (int i = 0; i < newu.Count; i++)
    {
        Program.UsList.Add(newu[i]);
        listBox2.Items.Add(newu[i]);
    }
    label6.Text = "Count: " + Program.UsList.Count;
}

private void button13_Click(object sender, EventArgs e)
{
    List<MyControls.GraphicsControlGraph> glist = new
List<MyControls.GraphicsControlGraph>();
    this.graphicsControl3.Clear();
    foreach (object uo in this.listBox2.Items)
    {
        User u = (User)uo;
        foreach (object bo in this.listBox1.Items)
        {
            BaseStation b = (BaseStation)bo;
            if (u.basechildid == b.bsid)
            {
                MyControls.GraphicsControlPoint up = new
MyControls.GraphicsControlPoint(u.positionX, u.positionY, Color.Red);
                MyControls.GraphicsControlPoint bp = new
MyControls.GraphicsControlPoint(b.positionX, b.positionY, Color.Blue);
                MyControls.GraphicsControlGraph graph = new
MyControls.GraphicsControlGraph(new MyControls.GraphicsControlPoint[] {
up, bp });
                graph.ConnectLines = true; graph.Color =
Color.Black;
                glist.Add(graph);
                break;
            }
        }
    }
    MyControls.GraphicsControlPoint[] bs = new
MyControls.GraphicsControlPoint[Program.BsList.Count];
    for (int i = 0; i < Program.BsList.Count; i++)

```

```

        {
            bs[i] = new
MyControls.GraphicsControlPoint(Program.BsList[i].positionX,
Program.BsList[i].positionY, Color.Blue);
        }
        MyControls.GraphicsControlGraph bg = new
MyControls.GraphicsControlGraph(bs);
        bg.ConnectLines = false;

        MyControls.GraphicsControlGraph[] graphs = new
MyControls.GraphicsControlGraph[glist.Count];
        for (int counter = 0; counter < glist.Count; counter++)
        {
            graphs[counter] = glist[counter];
        }

        this.graphicsControl3.Add(bg);
        this.graphicsControl3.AddRange(graphs);
    }

    private void button14_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        for( int i = 0; i <this.listBox2.Items.Count; i ++)
        {
            this.listBox2.SetSelected(i, true);
        }
    }

    private void textBox3_TextChanged(object sender, EventArgs e)
    {
    }
}
}
}

```

```

namespace Diplomatics_BM
{
    partial class DB
    {
        /// <summary>
        /// Required designer variable.
        /// </summary>
        private System.ComponentModel.IContainer components = null;

        /// <summary>
        /// Clean up any resources being used.
        /// </summary>
        /// <param name="disposing">true if managed resources should be
disposed; otherwise, false.</param>
        protected override void Dispose(bool disposing)
        {

```



```

        if (disposing && (components != null))
        {
            components.Dispose();
        }
        base.Dispose(disposing);
    }

    #region Windows Form Designer generated code

    /// <summary>
    /// Required method for Designer support - do not modify
    /// the contents of this method with the code editor.
    /// </summary>
    private void InitializeComponent()
    {
        this.listBox1 = new System.Windows.Forms.ListBox();
        this.button1 = new System.Windows.Forms.Button();
        this.button2 = new System.Windows.Forms.Button();
        this.button3 = new System.Windows.Forms.Button();
        this.textBox1 = new System.Windows.Forms.TextBox();
        this.textBox2 = new System.Windows.Forms.TextBox();
        this.textBox3 = new System.Windows.Forms.TextBox();
        this.label1 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.label2 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.label3 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.groupBox1 = new System.Windows.Forms.GroupBox();
        this.button11 = new System.Windows.Forms.Button();
        this.numericUpDown1 = new
System.Windows.Forms.NumericUpDown();
        this.button7 = new System.Windows.Forms.Button();
        this.label9 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.comboBox1 = new System.Windows.Forms.ComboBox();
        this.label5 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.groupBox2 = new System.Windows.Forms.GroupBox();
        this.button14 = new System.Windows.Forms.Button();
        this.button12 = new System.Windows.Forms.Button();
        this.button10 = new System.Windows.Forms.Button();
        this.numericUpDown2 = new
System.Windows.Forms.NumericUpDown();
        this.button8 = new System.Windows.Forms.Button();
        this.label6 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.label7 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.label8 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.listBox2 = new System.Windows.Forms.ListBox();
        this.textBox4 = new System.Windows.Forms.TextBox();
        this.textBox5 = new System.Windows.Forms.TextBox();
        this.label10 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.button4 = new System.Windows.Forms.Button();
        this.button5 = new System.Windows.Forms.Button();
        this.textBox6 = new System.Windows.Forms.TextBox();
        this.button6 = new System.Windows.Forms.Button();
        this.menuStrip1 = new System.Windows.Forms.MenuStrip();
        this.applicationsToolStripMenuItem = new
System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem();
        this.dmaxToolStripMenuItem = new
System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem();
    }

```

```

        this.toolStripMenuItem2 = new
System.Windows.Forms.ToolTipMenuItem();
        this.effectiveToolStripMenuItem = new
System.Windows.Forms.ToolTipMenuItem();
        this.runToolStripMenuItem = new
System.Windows.Forms.ToolTipMenuItem();
        this.graphicsControl1 = new MyControls.GraphicsControl();
        this.button9 = new System.Windows.Forms.Button();
        this.button13 = new System.Windows.Forms.Button();
        this.graphicsControl3 = new MyControls.GraphicsControl();
        this.groupBox1.SuspendLayout();

((System.ComponentModel.ISupportInitialize)(this.numericUpDown1)).BeginInit();
        this.groupBox2.SuspendLayout();

((System.ComponentModel.ISupportInitialize)(this.numericUpDown2)).BeginInit();

        this.menuStrip1.SuspendLayout();
        this.SuspendLayout();
        //
        // listBox1
        //
        this.listBox1.FormattingEnabled = true;
        this.listBox1.Location = new System.Drawing.Point(6, 19);
        this.listBox1.Name = "listBox1";
        this.listBox1.Size = new System.Drawing.Size(148, 212);
        this.listBox1.TabIndex = 0;
        this.listBox1.SelectedIndexChanged += new
System.EventHandler(this.listBox1_SelectedIndexChanged);
        //
        // button1
        //
        this.button1.Location = new System.Drawing.Point(160, 18);
        this.button1.Name = "button1";
        this.button1.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
        this.button1.TabIndex = 1;
        this.button1.Text = "Add";
        this.button1.UseVisualStyleBackColor = true;
        this.button1.Click += new
System.EventHandler(this.button1_Click);
        //
        // button2
        //
        this.button2.Location = new System.Drawing.Point(160, 47);
        this.button2.Name = "button2";
        this.button2.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
        this.button2.TabIndex = 2;
        this.button2.Text = "Remove";
        this.button2.UseVisualStyleBackColor = true;
        this.button2.Click += new
System.EventHandler(this.button2_Click);
        //
        // button3
        //
        this.button3.Location = new System.Drawing.Point(160, 76);
        this.button3.Name = "button3";

```

```

        this.button3.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
        this.button3.TabIndex = 3;
        this.button3.Text = "Update";
        this.button3.UseVisualStyleBackColor = true;
        this.button3.Click += new
System.EventHandler(this.button3_Click);
        //
        // textBox1
        //
        this.textBox1.Location = new System.Drawing.Point(93, 285);
        this.textBox1.Name = "textBox1";
        this.textBox1.Size = new System.Drawing.Size(142, 20);
        this.textBox1.TabIndex = 4;
        //
        // textBox2
        //
        this.textBox2.Location = new System.Drawing.Point(93, 311);
        this.textBox2.Name = "textBox2";
        this.textBox2.Size = new System.Drawing.Size(142, 20);
        this.textBox2.TabIndex = 5;
        //
        // textBox3
        //
        this.textBox3.Enabled = false;
        this.textBox3.Location = new System.Drawing.Point(93, 337);
        this.textBox3.Name = "textBox3";
        this.textBox3.Size = new System.Drawing.Size(142, 20);
        this.textBox3.TabIndex = 7;
        this.textBox3.Text = "1";
        this.textBox3.TextChanged += new
System.EventHandler(this.textBox3_TextChanged);
        //
        // label1
        //
        this.label1.AutoSize = true;
        this.label1.Location = new System.Drawing.Point(6, 288);
        this.label1.Name = "label1";
        this.label1.Size = new System.Drawing.Size(51, 13);
        this.label1.TabIndex = 8;
        this.label1.Text = "PositionX";
        //
        // label2
        //
        this.label2.AutoSize = true;
        this.label2.Location = new System.Drawing.Point(6, 314);
        this.label2.Name = "label2";
        this.label2.Size = new System.Drawing.Size(51, 13);
        this.label2.TabIndex = 9;
        this.label2.Text = "PositionY";
        //
        // label3
        //
        this.label3.AutoSize = true;
        this.label3.Location = new System.Drawing.Point(6, 340);
        this.label3.Name = "label3";
        this.label3.Size = new System.Drawing.Size(69, 13);
        this.label3.TabIndex = 10;

```

```

this.label3.Text = "CodeNumber";
//
// groupBox1
//
this.groupBox1.Controls.Add(this.button11);
this.groupBox1.Controls.Add(this.numericUpDown1);
this.groupBox1.Controls.Add(this.button7);
this.groupBox1.Controls.Add(this.label9);
this.groupBox1.Controls.Add(this.comboBox1);
this.groupBox1.Controls.Add(this.label5);
this.groupBox1.Controls.Add(this.label2);
this.groupBox1.Controls.Add(this.label3);
this.groupBox1.Controls.Add(this.listBox1);
this.groupBox1.Controls.Add(this.textBox2);
this.groupBox1.Controls.Add(this.textBox3);
this.groupBox1.Controls.Add(this.label11);
this.groupBox1.Controls.Add(this.button1);
this.groupBox1.Controls.Add(this.button2);
this.groupBox1.Controls.Add(this.textBox1);
this.groupBox1.Controls.Add(this.button3);
this.groupBox1.Location = new System.Drawing.Point(12, 27);
this.groupBox1.Name = "groupBox1";
this.groupBox1.Size = new System.Drawing.Size(241, 401);
this.groupBox1.TabIndex = 12;
this.groupBox1.TabStop = false;
this.groupBox1.Text = "BaseStation";
//
// button11
//
this.button11.Location = new System.Drawing.Point(160,
105);

this.button11.Name = "button11";
this.button11.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
this.button11.TabIndex = 16;
this.button11.Text = "Clear";
this.button11.UseVisualStyleBackColor = true;
this.button11.Click += new
System.EventHandler(this.button11_Click);
//
// numericUpDown1
//
this.numericUpDown1.Location = new
System.Drawing.Point(160, 182);
this.numericUpDown1.Name = "numericUpDown1";
this.numericUpDown1.Size = new System.Drawing.Size(75, 20);
this.numericUpDown1.TabIndex = 15;
this.numericUpDown1.Value = new decimal(new int[] {
40,
0,
0,
0});
//
// button7
//
this.button7.Location = new System.Drawing.Point(160, 208);
this.button7.Name = "button7";
this.button7.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);

```

```

        this.button7.TabIndex = 15;
        this.button7.Text = "Random";
        this.button7.UseVisualStyleBackColor = true;
        this.button7.Click += new
System.EventHandler(this.button7_Click);
        //
        // label9
        //
        this.label9.AutoSize = true;
        this.label9.Location = new System.Drawing.Point(6, 262);
        this.label9.Name = "label9";
        this.label9.Size = new System.Drawing.Size(24, 13);
        this.label9.TabIndex = 14;
        this.label9.Text = "Rat";
        //
        // comboBox1
        //
        this.comboBox1.DropDownStyle =
System.Windows.Forms.ComboBoxStyle.DropDownList;
        this.comboBox1.FormattingEnabled = true;
        this.comboBox1.Items.AddRange(new object[] {
            "UMTS",
            "GSM",
            "WL"});
        this.comboBox1.Location = new System.Drawing.Point(93,
259);

        this.comboBox1.Name = "comboBox1";
        this.comboBox1.Size = new System.Drawing.Size(142, 21);
        this.comboBox1.TabIndex = 14;
        //
        // label5
        //
        this.label5.AutoSize = true;
        this.label5.Location = new System.Drawing.Point(3, 234);
        this.label5.Name = "label5";
        this.label5.Size = new System.Drawing.Size(47, 13);
        this.label5.TabIndex = 13;
        this.label5.Text = "Count: 0";
        //
        // groupBox2
        //
        this.groupBox2.Controls.Add(this.button14);
        this.groupBox2.Controls.Add(this.button12);
        this.groupBox2.Controls.Add(this.button10);
        this.groupBox2.Controls.Add(this.numericUpDown2);
        this.groupBox2.Controls.Add(this.button8);
        this.groupBox2.Controls.Add(this.label6);
        this.groupBox2.Controls.Add(this.label7);
        this.groupBox2.Controls.Add(this.label8);
        this.groupBox2.Controls.Add(this.listBox2);
        this.groupBox2.Controls.Add(this.textBox4);
        this.groupBox2.Controls.Add(this.textBox5);
        this.groupBox2.Controls.Add(this.label10);
        this.groupBox2.Controls.Add(this.button4);
        this.groupBox2.Controls.Add(this.button5);
        this.groupBox2.Controls.Add(this.textBox6);
        this.groupBox2.Controls.Add(this.button6);

```

```

        this.groupBox2.Location = new System.Drawing.Point(259,
27);
        this.groupBox2.Name = "groupBox2";
        this.groupBox2.Size = new System.Drawing.Size(247, 401);
        this.groupBox2.TabIndex = 13;
        this.groupBox2.TabStop = false;
        this.groupBox2.Text = "User";
        //
        // button14
        //
        this.button14.Location = new System.Drawing.Point(138,
372);
        this.button14.Name = "button14";
        this.button14.Size = new System.Drawing.Size(97, 23);
        this.button14.TabIndex = 20;
        this.button14.Text = "Select All";
        this.button14.UseVisualStyleBackColor = true;
        this.button14.Click += new
System.EventHandler(this.button14_Click);
        //
        // button12
        //
        this.button12.Location = new System.Drawing.Point(160,
153);
        this.button12.Name = "button12";
        this.button12.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
        this.button12.TabIndex = 19;
        this.button12.Text = "Normalize";
        this.button12.UseVisualStyleBackColor = true;
        this.button12.Click += new
System.EventHandler(this.button12_Click_1);
        //
        // button10
        //
        this.button10.Location = new System.Drawing.Point(160,
105);
        this.button10.Name = "button10";
        this.button10.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
        this.button10.TabIndex = 18;
        this.button10.Text = "Clear";
        this.button10.UseVisualStyleBackColor = true;
        this.button10.Click += new
System.EventHandler(this.button10_Click);
        //
        // numericUpDown2
        //
        this.numericUpDown2.Location = new
System.Drawing.Point(160, 182);
        this.numericUpDown2.Maximum = new decimal(new int[] {
1000,
0,
0,
0});
        this.numericUpDown2.Name = "numericUpDown2";
        this.numericUpDown2.Size = new System.Drawing.Size(75, 20);
        this.numericUpDown2.TabIndex = 17;
        this.numericUpDown2.Value = new decimal(new int[] {

```

```

500,
0,
0,
0});
//
// button8
//
this.button8.Location = new System.Drawing.Point(160, 208);
this.button8.Name = "button8";
this.button8.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
this.button8.TabIndex = 16;
this.button8.Text = "Random";
this.button8.UseVisualStyleBackColor = true;
this.button8.Click += new
System.EventHandler(this.button8_Click);
//
// label6
//
this.label6.AutoSize = true;
this.label6.Location = new System.Drawing.Point(6, 234);
this.label6.Name = "label6";
this.label6.Size = new System.Drawing.Size(47, 13);
this.label6.TabIndex = 13;
this.label6.Text = "Count: 0";
//
// label7
//
this.label7.AutoSize = true;
this.label7.Location = new System.Drawing.Point(6, 314);
this.label7.Name = "label7";
this.label7.Size = new System.Drawing.Size(51, 13);
this.label7.TabIndex = 9;
this.label7.Text = "PositionY";
//
// label8
//
this.label8.AutoSize = true;
this.label8.Location = new System.Drawing.Point(6, 256);
this.label8.Name = "label8";
this.label8.Size = new System.Drawing.Size(126, 13);
this.label8.TabIndex = 10;
this.label8.Text = "BaseStationCodeNumber";
this.label8.TextAlign =
System.Drawing.ContentAlignment.MiddleLeft;
//
// listBox2
//
this.listBox2.FormattingEnabled = true;
this.listBox2.Location = new System.Drawing.Point(6, 19);
this.listBox2.Name = "listBox2";
this.listBox2.SelectionMode =
System.Windows.Forms.SelectionMode.MultiExtended;
this.listBox2.Size = new System.Drawing.Size(148, 212);
this.listBox2.TabIndex = 0;
this.listBox2.SelectedIndexChanged += new
System.EventHandler(this.listBox2_SelectedIndexChanged);
//

```

```

// textBox4
//
311);
this.textBox4.Location = new System.Drawing.Point(138,

this.textBox4.Name = "textBox4";
this.textBox4.Size = new System.Drawing.Size(97, 20);
this.textBox4.TabIndex = 5;
//
// textBox5
//
256);
this.textBox5.Location = new System.Drawing.Point(138,

this.textBox5.Name = "textBox5";
this.textBox5.Size = new System.Drawing.Size(97, 20);
this.textBox5.TabIndex = 7;
this.textBox5.Text = "1";
//
// label10
//
this.label10.AutoSize = true;
this.label10.Location = new System.Drawing.Point(6, 285);
this.label10.Name = "label10";
this.label10.Size = new System.Drawing.Size(51, 13);
this.label10.TabIndex = 8;
this.label10.Text = "PositionX";
//
// button4
//
this.button4.Location = new System.Drawing.Point(160, 18);
this.button4.Name = "button4";
this.button4.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
this.button4.TabIndex = 1;
this.button4.Text = "Add";
this.button4.UseVisualStyleBackColor = true;
this.button4.Click += new
System.EventHandler(this.button4_Click);
//
// button5
//
this.button5.Location = new System.Drawing.Point(160, 47);
this.button5.Name = "button5";
this.button5.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
this.button5.TabIndex = 2;
this.button5.Text = "Remove";
this.button5.UseVisualStyleBackColor = true;
this.button5.Click += new
System.EventHandler(this.button5_Click);
//
// textBox6
//
282);
this.textBox6.Location = new System.Drawing.Point(138,

this.textBox6.Name = "textBox6";
this.textBox6.Size = new System.Drawing.Size(97, 20);
this.textBox6.TabIndex = 4;
//
// button6

```



```

        //
        this.button6.Location = new System.Drawing.Point(160, 76);
        this.button6.Name = "button6";
        this.button6.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
        this.button6.TabIndex = 3;
        this.button6.Text = "Update";
        this.button6.UseVisualStyleBackColor = true;
        this.button6.Click += new
System.EventHandler(this.button6_Click);
        //
        // menuStrip1
        //
        this.menuStrip1.Items.AddRange(new
System.Windows.Forms.ToolStripItem[] {
        this.applicationsToolStripMenuItem});
        this.menuStrip1.Location = new System.Drawing.Point(0, 0);
        this.menuStrip1.Name = "menuStrip1";
        this.menuStrip1.Size = new System.Drawing.Size(1244, 24);
        this.menuStrip1.TabIndex = 14;
        this.menuStrip1.Text = "menuStrip1";
        //
        // applicationsToolStripMenuItem
        //

this.applicationsToolStripMenuItem.DropDownItems.AddRange(new
System.Windows.Forms.ToolStripItem[] {
        this.dmaxToolStripMenuItem,
        this.effectiveToolStripMenuItem});
        this.applicationsToolStripMenuItem.Name =
"applicationsToolStripMenuItem";
        this.applicationsToolStripMenuItem.Size = new
System.Drawing.Size(76, 20);
        this.applicationsToolStripMenuItem.Text = "&Applications";
        //
        // dmaxToolStripMenuItem
        //
        this.dmaxToolStripMenuItem.DropDownItems.AddRange(new
System.Windows.Forms.ToolStripItem[] {
        this.toolStripMenuItem2});
        this.dmaxToolStripMenuItem.Name = "dmaxToolStripMenuItem";
        this.dmaxToolStripMenuItem.Size = new
System.Drawing.Size(117, 22);
        this.dmaxToolStripMenuItem.Text = "&Dmax";
        //
        // toolStripMenuItem2
        //
        this.toolStripMenuItem2.Name = "toolStripMenuItem2";
        this.toolStripMenuItem2.Size = new System.Drawing.Size(93,
22);
        this.toolStripMenuItem2.Text = "&Run";
        this.toolStripMenuItem2.Click += new
System.EventHandler(this.toolStripMenuItem2_Click);
        //
        // effectiveToolStripMenuItem
        //
        this.effectiveToolStripMenuItem.DropDownItems.AddRange(new
System.Windows.Forms.ToolStripItem[] {

```

```

        this.runToolStripMenuItem});
        this.effectiveToolStripMenuItem.Name =
"effectiveToolStripMenuItem";
        this.effectiveToolStripMenuItem.Size = new
System.Drawing.Size(117, 22);
        this.effectiveToolStripMenuItem.Text = "Effective";
        //
        // runToolStripMenuItem
        //
        this.runToolStripMenuItem.Name = "runToolStripMenuItem";
        this.runToolStripMenuItem.Size = new
System.Drawing.Size(93, 22);
        this.runToolStripMenuItem.Text = "&Run";
        this.runToolStripMenuItem.Click += new
System.EventHandler(this.runToolStripMenuItem_Click);
        //
        // graphicsControll1
        //
        this.graphicsControll1.DrawGraphs = true;
        this.graphicsControll1.Location = new
System.Drawing.Point(884, 27);
        this.graphicsControll1.Name = "graphicsControll1";
        this.graphicsControll1.Size = new System.Drawing.Size(348,
353);
        this.graphicsControll1.TabIndex = 15;
        this.graphicsControll1.Text = "graphicsControll1";
        //
        // button9
        //
        this.button9.Location = new System.Drawing.Point(884, 386);
        this.button9.Name = "button9";
        this.button9.Size = new System.Drawing.Size(168, 23);
        this.button9.TabIndex = 16;
        this.button9.Text = " Display ^";
        this.button9.UseVisualStyleBackColor = true;
        this.button9.Click += new
System.EventHandler(this.button9_Click);
        //
        // button13
        //
        this.button13.Location = new System.Drawing.Point(512,
386);
        this.button13.Name = "button13";
        this.button13.Size = new System.Drawing.Size(168, 23);
        this.button13.TabIndex = 18;
        this.button13.Text = "Display ^";
        this.button13.UseVisualStyleBackColor = true;
        this.button13.Click += new
System.EventHandler(this.button13_Click);
        //
        // graphicsControl3
        //
        this.graphicsControl3.DrawGraphs = true;
        this.graphicsControl3.Location = new
System.Drawing.Point(512, 27);
        this.graphicsControl3.Name = "graphicsControl3";

```

```

353);
        this.graphicsControl3.Size = new System.Drawing.Size(357,
        this.graphicsControl3.TabIndex = 19;
        this.graphicsControl3.Text = "graphicsControl3";
        //
        // DB
        //
        this.AutoScaleDimensions = new System.Drawing.SizeF(6F,
13F);
        this.AutoScaleMode =
System.Windows.Forms.AutoScaleMode.Font;
        this.AutoSize = true;
        this.ClientSize = new System.Drawing.Size(1244, 454);
        this.Controls.Add(this.graphicsControl3);
        this.Controls.Add(this.button13);
        this.Controls.Add(this.button9);
        this.Controls.Add(this.graphicsControl1);
        this.Controls.Add(this.groupBox2);
        this.Controls.Add(this.groupBox1);
        this.Controls.Add(this.menuStrip1);
        this.MainMenuStrip = this.menuStrip1;
        this.Name = "DB";
        this.Text = "DB";
        this.Load += new System.EventHandler(this.DB_Load);
        this.groupBox1.ResumeLayout(false);
        this.groupBox1.PerformLayout();

((System.ComponentModel.ISupportInitialize)(this.numericUpDown1)).EndInit();

        this.groupBox2.ResumeLayout(false);
        this.groupBox2.PerformLayout();

((System.ComponentModel.ISupportInitialize)(this.numericUpDown2)).EndInit();

        this.menuStrip1.ResumeLayout(false);
        this.menuStrip1.PerformLayout();
        this.ResumeLayout(false);
        this.PerformLayout();

    }

#endregion

private System.Windows.Forms.ListBox listBox1;
private System.Windows.Forms.Button button1;
private System.Windows.Forms.Button button2;
private System.Windows.Forms.Button button3;
private System.Windows.Forms.TextBox textBox1;
private System.Windows.Forms.TextBox textBox2;
private System.Windows.Forms.TextBox textBox3;
private System.Windows.Forms.Label label1;
private System.Windows.Forms.Label label2;
private System.Windows.Forms.Label label3;
private System.Windows.Forms.GroupBox groupBox1;
private System.Windows.Forms.Label label5;
private System.Windows.Forms.GroupBox groupBox2;
private System.Windows.Forms.Label label6;

```

```

        private System.Windows.Forms.Label label7;
        private System.Windows.Forms.Label label8;
        private System.Windows.Forms.ListBox listBox2;
        private System.Windows.Forms.TextBox textBox4;
        private System.Windows.Forms.TextBox textBox5;
        private System.Windows.Forms.Label label10;
        private System.Windows.Forms.Button button4;
        private System.Windows.Forms.Button button5;
        private System.Windows.Forms.TextBox textBox6;
        private System.Windows.Forms.Button button6;
        private System.Windows.Forms.Label label9;
        private System.Windows.Forms.ComboBox comboBox1;
        private System.Windows.Forms.MenuStrip menuStrip1;
        private System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem
applicationsToolStripMenuItem;
        private System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem
dmaxToolStripMenuItem;
        private System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem
effectiveToolStripMenuItem;
        private System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem
toolStripMenuItem2;
        private System.Windows.Forms.ToolStripMenuItem
runToolStripMenuItem;
        private System.Windows.Forms.Button button7;
        private System.Windows.Forms.NumericUpDown numericUpDown1;
        private System.Windows.Forms.NumericUpDown numericUpDown2;
        private System.Windows.Forms.Button button8;
        private MyControls.GraphicsControl graphicsControl1;
        private System.Windows.Forms.Button button9;
        private System.Windows.Forms.Button button11;
        private System.Windows.Forms.Button button10;
        private System.Windows.Forms.Button button12;
        private System.Windows.Forms.Button button13;
        private MyControls.GraphicsControl graphicsControl3;
        private System.Windows.Forms.Button button14;
    }
}

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;
using System.IO;

```

```

namespace Diplomatics_BM
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            textBox3.Text = "";
            StreamWriter fs = new StreamWriter(new
FileStream("C:\\Output_1" + ".txt", FileMode.Create,
FileAccess.Write));
            int i = new int();
            int countbs = Program.BsList.Count;
            int countus = Program.UsList.Count;
            double[] array = new double[countbs];
            for (i = 0; i < countbs; i++)
            {
                array[i] =
Program.BsList[i].calculateEffectiveCoverageRange(10,
int.Parse(textBox1.Text), int.Parse(textBox2.Text));
                string s = Program.BsList[i].ToString() + " = " +
array[i] + " - RAT = " + Program.BsList[i].transrattech + " - Users =
"+Program .BsList [i].countusers;
                Console.WriteLine(Program.BsList[i].ToString() + " = "
+ array[i] + " - RAT = " + Program.BsList[i].transrattech + " - Users =
" + Program.BsList[i].countusers);
                fs.WriteLine(s);
                textBox3.Text += s + Environment.NewLine;

            }
            fs.Close();
        }
    }
}
namespace Diplomatics_BM
{
    partial class Form1
    {
        /// <summary>
        /// Required designer variable.
        /// </summary>
        private System.ComponentModel.IContainer components = null;

        /// <summary>
        /// Clean up any resources being used.
        /// </summary>
        /// <param name="disposing">true if managed resources should be
disposed; otherwise, false.</param>
        protected override void Dispose(bool disposing)
        {
            if (disposing && (components != null))

```

```

    {
        components.Dispose();
    }
    base.Dispose(disposing);
}

```

#region Windows Form Designer generated code

```

/// <summary>
/// Required method for Designer support - do not modify
/// the contents of this method with the code editor.
/// </summary>

```

```
private void InitializeComponent()
```

```

{
    this.textBox1 = new System.Windows.Forms.TextBox();
    this.textBox2 = new System.Windows.Forms.TextBox();
    this.label1 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.label2 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.label3 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.button1 = new System.Windows.Forms.Button();
    this.button2 = new System.Windows.Forms.Button();
    this.textBox3 = new System.Windows.Forms.TextBox();
    this.SuspendLayout();
    //
    // textBox1
    //
    this.textBox1.Location = new System.Drawing.Point(110,
105);
    this.textBox1.Name = "textBox1";
    this.textBox1.Size = new System.Drawing.Size(100, 20);
    this.textBox1.TabIndex = 0;
    this.textBox1.Text = "5";
    //
    // textBox2
    //
    this.textBox2.Location = new System.Drawing.Point(110, 47);
    this.textBox2.Name = "textBox2";
    this.textBox2.Size = new System.Drawing.Size(100, 20);
    this.textBox2.TabIndex = 1;
    this.textBox2.Text = "1000";
    //
    // label1
    //
    this.label1.AutoSize = true;
    this.label1.Location = new System.Drawing.Point(12, 50);
    this.label1.Name = "label1";
    this.label1.Size = new System.Drawing.Size(93, 13);
    this.label1.TabIndex = 2;
    this.label1.Text = "CarrierFrequency :";
    //
    // label2
    //
    this.label2.AutoSize = true;
    this.label2.Location = new System.Drawing.Point(12, 108);
    this.label2.Name = "label2";
    this.label2.Size = new System.Drawing.Size(88, 13);
    this.label2.TabIndex = 3;
}

```

```

this.label2.Text = "FrequencyBand :";
//
// label3
//
this.label3.AutoSize = true;
this.label3.Location = new System.Drawing.Point(12, 9);
this.label3.Name = "label3";
this.label3.Size = new System.Drawing.Size(169, 13);
this.label3.TabIndex = 4;
this.label3.Text = "Place the values of the following :";
//
// button1
//
this.button1.Location = new System.Drawing.Point(30, 159);
this.button1.Name = "button1";
this.button1.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
this.button1.TabIndex = 5;
this.button1.Text = "Execute";
this.button1.UseVisualStyleBackColor = true;
this.button1.Click += new
System.EventHandler(this.button1_Click);
//
// button2
//
this.button2.DialogResult =
System.Windows.Forms.DialogResult.Cancel;
this.button2.Location = new System.Drawing.Point(135, 159);
this.button2.Name = "button2";
this.button2.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
this.button2.TabIndex = 6;
this.button2.Text = "&Cancel";
this.button2.UseVisualStyleBackColor = true;
//
// textBox3
//
this.textBox3.Location = new System.Drawing.Point(257, 9);
this.textBox3.Multiline = true;
this.textBox3.Name = "textBox3";
this.textBox3.ScrollBars =
System.Windows.Forms.ScrollBars.Both;
this.textBox3.Size = new System.Drawing.Size(439, 436);
this.textBox3.TabIndex = 7;
//
// Form1
//
this.AutoScaleDimensions = new System.Drawing.SizeF(6F,
13F);
this.AutoScaleMode =
System.Windows.Forms.AutoScaleMode.Font;
this.ClientSize = new System.Drawing.Size(828, 494);
this.Controls.Add(this.textBox3);
this.Controls.Add(this.button2);
this.Controls.Add(this.button1);
this.Controls.Add(this.label3);
this.Controls.Add(this.label2);
this.Controls.Add(this.label1);
this.Controls.Add(this.textBox2);

```

```

        this.Controls.Add(this.textBox1);
        this.Name = "Form1";
        this.Text = "Standard mode";
        this.ResumeLayout(false);
        this.PerformLayout();

    }

#endregion

private System.Windows.Forms.TextBox textBox1;
private System.Windows.Forms.TextBox textBox2;
private System.Windows.Forms.Label label1;
private System.Windows.Forms.Label label2;
private System.Windows.Forms.Label label3;
private System.Windows.Forms.Button button1;
private System.Windows.Forms.Button button2;
private System.Windows.Forms.TextBox textBox3;
}

}

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;
using System.IO;

namespace Diplomatics_BM
{
    public partial class Form2 : Form
    {
        public Form2()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            int i = new int();
            int countbs = Program.BsList.Count;
            int countus = Program.UsList.Count;
            double[] array = new double[countbs];
            StreamWriter fs = new StreamWriter(new
FileStream("C:\\Output_2" + ".txt", FileMode.Create,
FileAccess.Write));
            string t = ("Voice = " + numericUpDown1.Value + " %" + "
Message = " + numericUpDown3.Value + " % " + "Download = " +
numericUpDown2.Value + " % ");
            fs.WriteLine(t);
            fs.WriteLine("");
            fs.WriteLine("");
            textBox3.Text += t + Environment.NewLine;
            textBox3.Text += "" + Environment.NewLine;

```



```

        textBox3.Text += "" + Environment.NewLine;
        for (i = 0; i < countbs; i++)
        {
            array[i] =
Program.BsList[i].newrand(((int)(numericUpDown1.Value)*countus),
(((int)numericUpDown3.Value)*countus),
(((int)numericUpDown2.Value)*countus));
            string s = Program.BsList[i].ToString() + " = " +
array[i] + " - RAT = " + Program.BsList[i].transrattech + " - Users = "
+ Program.BsList[i].countusers;
            Console.WriteLine(Program.BsList[i].ToString() + " = "
+ array[i] + " - RAT = " + Program.BsList[i].transrattech + " - Users =
" + Program.BsList[i].countusers);
            fs.WriteLine(s);
            textBox3.Text += s + Environment.NewLine;
        }
        fs.Close();
    }
}

namespace Diplomatics_BM
{
    partial class Form2
    {
        /// <summary>
        /// Required designer variable.
        /// </summary>
        private System.ComponentModel.IContainer components = null;

        /// <summary>
        /// Clean up any resources being used.
        /// </summary>
        /// <param name="disposing">true if managed resources should be
disposed; otherwise, false.</param>
        protected override void Dispose(bool disposing)
        {
            if (disposing && (components != null))
            {
                components.Dispose();
            }
            base.Dispose(disposing);
        }

        #region Windows Form Designer generated code

        /// <summary>
        /// Required method for Designer support - do not modify
        /// the contents of this method with the code editor.
        /// </summary>
        private void InitializeComponent()
        {
            this.button1 = new System.Windows.Forms.Button();
            this.button2 = new System.Windows.Forms.Button();
            this.labell = new System.Windows.Forms.Label();

```

```

        this.label2 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.label3 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.label4 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.label5 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.label6 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.label7 = new System.Windows.Forms.Label();
        this.numericUpDown1 = new
System.Windows.Forms.NumericUpDown();
        this.numericUpDown2 = new
System.Windows.Forms.NumericUpDown();
        this.numericUpDown3 = new
System.Windows.Forms.NumericUpDown();
        this.textBox3 = new System.Windows.Forms.TextBox();

((System.ComponentModel.ISupportInitialize)(this.numericUpDown1)).BeginInit();

((System.ComponentModel.ISupportInitialize)(this.numericUpDown2)).BeginInit();

((System.ComponentModel.ISupportInitialize)(this.numericUpDown3)).BeginInit();

        this.SuspendLayout();
        //
        // button1
        //
        this.button1.Location = new System.Drawing.Point(15, 231);
        this.button1.Name = "button1";
        this.button1.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
        this.button1.TabIndex = 0;
        this.button1.Text = "Execute";
        this.button1.UseVisualStyleBackColor = true;
        this.button1.Click += new
System.EventHandler(this.button1_Click);
        //
        // button2
        //
        this.button2.DialogResult =
System.Windows.Forms.DialogResult.Cancel;
        this.button2.Location = new System.Drawing.Point(123, 231);
        this.button2.Name = "button2";
        this.button2.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
        this.button2.TabIndex = 1;
        this.button2.Text = "Cancel";
        this.button2.UseVisualStyleBackColor = true;
        //
        // label1
        //
        this.label1.AutoSize = true;
        this.label1.Location = new System.Drawing.Point(12, 39);
        this.label1.Name = "label1";
        this.label1.Size = new System.Drawing.Size(40, 13);
        this.label1.TabIndex = 4;
        this.label1.Text = "Voice :";
        //
        // label2
        //

```

```

this.label2.AutoSize = true;
this.label2.Location = new System.Drawing.Point(12, 97);
this.label2.Name = "label2";
this.label2.Size = new System.Drawing.Size(56, 13);
this.label2.TabIndex = 5;
this.label2.Text = "Message :";
//
// label3
//
this.label3.AutoSize = true;
this.label3.Location = new System.Drawing.Point(12, 150);
this.label3.Name = "label3";
this.label3.Size = new System.Drawing.Size(61, 13);
this.label3.TabIndex = 7;
this.label3.Text = "Download :";
//
// label4
//
this.label4.AutoSize = true;
this.label4.Location = new System.Drawing.Point(204, 43);
this.label4.Name = "label4";
this.label4.Size = new System.Drawing.Size(15, 13);
this.label4.TabIndex = 9;
this.label4.Text = "%";
//
// label5
//
this.label5.AutoSize = true;
this.label5.Location = new System.Drawing.Point(204, 102);
this.label5.Name = "label5";
this.label5.Size = new System.Drawing.Size(15, 13);
this.label5.TabIndex = 10;
this.label5.Text = "%";
//
// label6
//
this.label6.AutoSize = true;
this.label6.Location = new System.Drawing.Point(204, 155);
this.label6.Name = "label6";
this.label6.Size = new System.Drawing.Size(15, 13);
this.label6.TabIndex = 11;
this.label6.Text = "%";
//
// label7
//
this.label7.AutoSize = true;
this.label7.Location = new System.Drawing.Point(12, 9);
this.label7.Name = "label7";
this.label7.Size = new System.Drawing.Size(120, 13);
this.label7.TabIndex = 12;
this.label7.Text = "Place the percentages :";
//
// numericUpDown1
//
this.numericUpDown1.Location = new System.Drawing.Point(78,
37);

this.numericUpDown1.Name = "numericUpDown1";

```

```

        this.numericUpDown1.Size = new System.Drawing.Size(120,
20);
        this.numericUpDown1.TabIndex = 13;
        //
        // numericUpDown2
        //
        this.numericUpDown2.Location = new System.Drawing.Point(79,
148);
        this.numericUpDown2.Name = "numericUpDown2";
        this.numericUpDown2.Size = new System.Drawing.Size(120,
20);
        this.numericUpDown2.TabIndex = 14;
        //
        // numericUpDown3
        //
        this.numericUpDown3.Location = new System.Drawing.Point(78,
95);
        this.numericUpDown3.Name = "numericUpDown3";
        this.numericUpDown3.Size = new System.Drawing.Size(120,
20);
        this.numericUpDown3.TabIndex = 15;
        //
        // textBox3
        //
        this.textBox3.Location = new System.Drawing.Point(230, 12);
        this.textBox3.Multiline = true;
        this.textBox3.Name = "textBox3";
        this.textBox3.ScrollBars =
System.Windows.Forms.ScrollBars.Both;
        this.textBox3.Size = new System.Drawing.Size(439, 436);
        this.textBox3.TabIndex = 16;
        //
        // Form2
        //
        this.AutoScaleDimensions = new System.Drawing.SizeF(6F,
13F);
        this.AutoScaleMode =
System.Windows.Forms.AutoScaleMode.Font;
        this.ClientSize = new System.Drawing.Size(681, 474);
        this.Controls.Add(this.textBox3);
        this.Controls.Add(this.numericUpDown3);
        this.Controls.Add(this.numericUpDown2);
        this.Controls.Add(this.numericUpDown1);
        this.Controls.Add(this.label7);
        this.Controls.Add(this.label6);
        this.Controls.Add(this.label5);
        this.Controls.Add(this.label4);
        this.Controls.Add(this.label3);
        this.Controls.Add(this.label2);
        this.Controls.Add(this.label1);
        this.Controls.Add(this.button2);
        this.Controls.Add(this.button1);
        this.Name = "Form2";
        this.Text = "Percentage mode";

        ((System.ComponentModel.ISupportInitialize)(this.numericUpDown1)).EndInit();
    };

```

```

((System.ComponentModel.ISupportInitialize)(this.numericUpDown2)).EndInit();

((System.ComponentModel.ISupportInitialize)(this.numericUpDown3)).EndInit();
        this.ResumeLayout(false);
        this.PerformLayout();

    }

    #endregion

    private System.Windows.Forms.Button button1;
    private System.Windows.Forms.Button button2;
    private System.Windows.Forms.Label label1;
    private System.Windows.Forms.Label label2;
    private System.Windows.Forms.Label label3;
    private System.Windows.Forms.Label label4;
    private System.Windows.Forms.Label label5;
    private System.Windows.Forms.Label label6;
    private System.Windows.Forms.Label label7;
    private System.Windows.Forms.NumericUpDown numericUpDown1;
    private System.Windows.Forms.NumericUpDown numericUpDown2;
    private System.Windows.Forms.NumericUpDown numericUpDown3;
    private System.Windows.Forms.TextBox textBox3;
}

```

**AEIKO**

AACR aware, adaptive, and cognitive radio

**AAR** aware–adaptive radio  
**ADC** analog-to-digital converter  
**AML** autonomous machine learning  
**ANN** artificial neural network  
**APIs** applications–programmer interfaces  
**ARs** aware radios  
**ASR** Automatic speech recognition  
**ASIC** application-specific integrated circuit  
**AV-ASR** audio-visual automatic speech recognition  
**BER** bit error rate  
**BIT** built-in test  
**BSC** base station controller  
**BTS** base transmission station  
**CASE** computer-aided software engineering  
**CDAAs** circularly disposed array antennas  
**CDMA** code division multiple access  
**CNs** cognitive networks  
**COMSEC** communications security  
**CORBA** common object request broker architecture  
**CR** cognitive radio  
**CRA** cognitive radio architecture  
**CRO** cognitive radio ontology  
**CWN** cognitive wireless network  
**CWPDA** cognitive wireless personal digital assistant  
**DAB** digital audio broadcast  
**DAC** digital-to-analog converter  
**DBSs** direct broadcast satellites  
**DLL** dynamic link library  
**DP** dynamic programming  
**DSP** digital signal processor  
**DVB** direct video broadcast  
**ETSI** European Telecommunications Standards Institute  
**FCC** Federal Communications Commission (U.S.A.)  
**FEC** forward error control  
**FH** frequency hop  
**3G** third generation mobile cellular systems (e.g., based on CDMA)  
**GA** genetic algorithm  
**GUI** graphical user interface  
**HDR** hardware-defined radio  
**HLT** human language technology  
**HTML** Hypertext Markup Language  
**IBR** instance-based reasoning  
**iCR** ideal cognitive radio  
**IDL** CORBA Interface Definition Language  
**INFOSEC** information security  
**IRDA** infrared data access  
**ISA** instruction set architecture  
**ISAPI** information services applications–programmer interface  
**ISO** International Standards Organization  
**ISP** Internet service provider  
**ITU** International Telecommunications Union  
**IVHSs** intelligent vehicle highway systems  
**KDD** knowledge discovery and data mining  
**KOs** knowledge objects  
**KQML** Knowledge Query and Manipulation Language  
**KS** knowledge source

**LCS** lexical conceptual semantics  
**LLC** logical link control  
**LNA** low noise amplifier  
**LPC** Linear Predictive Coding  
**LPI** low probability of intercept  
**LSB** lower sideband  
**LSI** latent semantic indexing  
**LUF** lowest usable frequency  
**LVHF** lower very high frequency  
**MAC** media access control  
**MBA** multibeam antenna array  
**MBMMR** multiband multimode radio  
**MIMO** multiple input multiple output  
**ML** machine learning  
**MTSO** mobile telephone switching office  
**NL** natural language  
**NLP** natural language processing  
**NPRM** Notice of Proposed Rule Making  
**OBR** ontology-based radio  
**ODP** open distributed processing  
**OEM** original equipment manufacturer  
**OFDM** orthogonal frequency division multiplexing  
**OMG** Object Management Group  
**OOT** object-oriented (OO) technology  
**OSI** open systems interconnect  
**OTA** over the air  
**OWL** Ontology Web Language  
**PAN** personal area network  
**PDA** personal digital assistant  
**PDA DL** PDA design language  
**PDR** programmable digital radio  
**PIM** platform-independent model  
**PSTN** Public Switched Telephone Network  
**PVMs** parallel virtual machines  
**QoI** quality of information  
**QoS** quality of service  
**R&O** Rule and Order  
**RAP** radio access protocol  
**RBL** relevance-based learning  
**RDHs** radio-domain heuristics  
**RDO** radio-domain ontology  
**RF** radio frequency  
**RHSs** reinforced hierarchical sequences  
**RISC** reduced instruction set computer architectures  
**RKRL** Radio Knowledge Representation Language  
**RL** reinforcement learning  
**RXML** Radio XML  
**SCA** software communications architecture  
**SDL** Specification and Description Language (ITU Recommendation Z.100)  
**SDR** software-defined radio  
<Self/> ontological self in RXML  
**serModel** stimulus–experience–response model  
**SNR** signal-to-noise ratio  
**SOP** standard operating procedure  
**SRA** software radio architecture

**srModel** stimulus–response model (deprecated)  
**SSs** skill sets  
**SVMs** support vector machines (an IBR technology)  
**SWR** software radio  
**TIA** Telecommunications Industries Association (U.S.A.)  
**TRANSEC** transmission security  
**TV** television  
**UML** Unified Modeling Language (an object-oriented design language)  
**USB** upper sideband  
**UWB** ultra-wideband  
**VAD** voice activity detector  
**VCM** virtual channel management  
**VoiceXML** Voice version of the eXtensible Markup Language (XML)  
**VoIP** Voice over IP  
**VOX** voice operation transition (same as VAD)  
**VTC** video teleconference  
**W3C** World Wide Web Consortium  
**W-CDMA** wideband CDMA, the emerging international 3G standard  
**WiFi** IEEE 802.11 wireless network  
**WPDA** wireless PDA  
**WRC** World Radio Conference  
**XG** DARPA neXt Generation spectrum-use policy and language  
**XML** eXtensible Markup Language

### **Παραπομπές -Βιβλιογραφία**

- [1] Enhanced Estimation of Configuration Capabilities in Cognitive Radio  
Evgenia F. ADAMOPOULOU, Konstantinos P. DEMESTICHAS, and Michael E. THEOLOGOU,  
Member, IEEE –Accepted for publication in IEEE.
- [2] .Cognitive.Radio.Architecture.The.Engineering.Foundations.of.Radio.XML.Sep.2006  
A JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION
- [3] Brian Woerner (June 20-22, 2001). "Research Directions for Fourth Generation Wireless". Proceedings of the 10th International Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (WET ICE '01).
- [4] Suk Yu Hui; Kai Hau Yeung (December 2003). "Challenges in the migration to 4G mobile systems". Communications Magazine, IEEE.
- [5] 4G prototype testing. New Scientist, Will Knight (02 September 2005).