



Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

«Πληροφορική»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	Διαχείριση Κινητικότητας σε Ετερογενή Δίκτυα
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	Δημήτρης Ρούντος
Πατρώνυμο	Αντώνης
Αριθμός Μητρώου	ΜΠΠΛ/ 06060
Επιβλέπων	Δημήτριος Βέργαδος, Λέκτορας

Ημερομηνία Παράδοσης **Μάρτιος 2010**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

(υπογραφή)

(υπογραφή)

(υπογραφή)

Χρήστος Δουληγέρης
Καθηγητής

Δέσποινα Πολέμη
Επίκουρος Καθηγήτρια

Δημήτρης Βέργαδος
Λέκτορας

Περιεχόμενα

Abstract.....σελ 7

Περίληψη Εργασίας.....σελ 8

Κεφάλαιο 1° Εισαγωγή

1. **Εισαγωγή**σελ. 9

2. **Στόχοι και σκοποί της εργασίας**

2.1 **Στόχοι**.....σελ. 10

2.2 **Σκοποί**σελ. 10

Κεφάλαιο 2° Υπόβαθρο Εργασίας

1. **Διαχείριση Κινητικότητας**

1.1 **Διαχείριση Θέσης**.....σελ. 11

1.2 Handoff **Διαχείριση**.....σελ. 12

2. **Μοντέλα Διαχείρισης Κινητικότητας**

2.1 **Γενικό Μοντέλο Διαχείρισης Κινητικότητας**.....σελ. 13

2.2 **Ιεραρχικό Μοντέλο Διαχείρισης Κινητικότητας**.....σελ. 14

3. Mobile IP

3.1 **Εισαγωγή**.....σελ. 15

3.2 **Περιγραφή Πρωτοκόλλου**.....σελ. 16

✓ **Κινητοί Κόμβοι σε Οικιακό Δίκτυο**.....σελ. 16

✓ **Κινητοί Κόμβοι σε Ξένο Δίκτυο**.....σελ. 17

3.3 **Ανακάλυψη Πρακτόρων**.....σελ. 18

3.3.1 **Μεταβαλλόμενη Επαλήθευση Υποδικτύων**σελ. 18

4. **Πρωτόκολλο ολοκλήρωσης περιόδου επικοινωνίας**

4.1 **Μηνύματα του πρωτοκόλλου SIP**.....σελ. 21

4.2 **Διαχείριση Κινητικότητας με χρήση του πρωτοκόλλου SIP**....σελ. 25

4.3 **Περιορισμοί του πρωτοκόλλου SIP**.....σελ. 26

Κεφάλαιο 3° Wireless Local Area Networks (WLAN)

1. Εισαγωγή

- 1.1 **Φάσμα Συχνοτήτων**.....σελ. 28
- 1.2 **Περιορισμοί Ασύρματης Δικτύωσης**.....σελ. 30

2. Επισκόπηση 802.11 Δικτύων

- 2.1 **Σχεδίαση 802.11 Δικτύων**.....σελ. 32
 - 2.1.1 **Τύποι Διαδικτύου**.....σελ. 33
 - 2.1.2 **Extended Service Areas**.....σελ. 35

3. Υπηρεσίες Δικτύου.....σελ. 37

4. Mobility Support.....σελ. 38

5. 802.11 Medium Access Control (MAC)σελ. 40

6. Πρόσβαση στο μέσο.....σελ. 41

Κεφάλαιο 4° Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)

1. Εισαγωγή.....σελ. 42

- 1.1.2 **Φάσμα για το UMTS**.....σελ. 46
- 1.1.3 **Τι μπορεί να προσφέρει το σύστημα UMTS**.....σελ. 49
- 1.1.4 **Διαφορές δικτύων 1ης και 3ης γενεάς**.....σελ. 49
- 1.1.5 **Ορισμοί κατηγοριών στο UMTS**.....σελ. 50

2. Αρχιτεκτονική UMTS δικτύου.....σελ. 51

- 2.1 **Έκδοση Πρώτη (Release 99)**σελ. 52
- 2.2. **Καινοτομίες και νέα στοιχεία στην Έκδοση 99**.....σελ. 53

3. UMTS **ΕΚΔΟΣΗ 2000 (ΕΚΔΟΣΗ 4 ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΗ 5)**

- 3.3.1 **UMTS Έκδοση 4**.....σελ. 54
- 3.3.2 **UMTS Έκδοση 5**.....σελ. 55
- 3.3.3 **Η ΓΕΝΙΑ 3.5**.....σελ. 57

Κεφάλαιο 5° IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM (I.M.S.)

1. **Εισαγωγή**σελ. 58
2. **Γιατί είναι σημαντικό**.....σελ. 59
3. **Αρχιτεκτονική IMS δικτύου**σελ. 60
4. **IMS και WEBServices**.....σελ. 64
5. **Σηματοδοσία σε IMS δίκτυα**.....σελ. 66
6. **Θέματα ασφάλειας σε IMS δίκτυα**.....σελ. 68

Κεφάλαιο 6° Voice over IP και IMS

1. **Εισαγωγή**σελ. 76
2. **Το IMS ως πλατφόρμα σύγκλισης**.....σελ. 78
3. **Στρατηγικές σύγκλισης**.....σελ. 79
4. **Handoff**.....σελ. 80
5. **Συμπεράσματα**.....σελ. 86

Κεφάλαιο 7° Mobility & Mobility Management

1. **Εισαγωγή**σελ. 87
2. **Η κινητικότητα στις επικοινωνίες**
 - 2.1 **Η επίδραση της κινητικότητας στα δίκτυα**.....σελ. 88
 - 2.2 **Η κινητικότητα σε μελλοντικά κινητά δίκτυα**.....σελ. 90
3. **Διαχείριση Κινητικότητας**.....σελ. 91
4. **Διαχείριση Κινητικότητας σε επίπεδο δικτύου**.....σελ. 92
5. **Διαδικασίες Διαχείρισης Κινητικότητας**
 - A. **Διαχείριση Θέσης**σελ. 93
 - B. **Handoff Διαχείριση**.....σελ. 95
6. **Συμπεράσματα**σελ. 97

Κεφάλαιο 8° Μαθηματική επίλυση του προβλήματος της κινητικότητας σε ετερογενή περιβάλλοντα κινητών επικοινωνιών

1. **Εισαγωγή**σελ. 98
2. **Γενική Περιγραφή του Προβλήματος**σελ. 100
 - 2.1 **Ενεργοποίηση (triggering) του αλγορίθμου**.....σελ. 101
3. **Συμβολική περιγραφή**.....σελ. 102
4. **Μαθηματική διατύπωση**.....σελ. 103
 - 4.1 **Δείκτης ποιότητας σήματος SQI (Signal Quality Indicator) ...σελ. 105**
 - 4.2 **Δείκτης καθυστέρησης DI (Delay Indicator)σελ. 105**
 - 4.3. **Δείκτης εύρους ζώνης BI (Bandwidth Indicator)σελ. 106**
 - 4.4. **Δείκτης παρόχου δικτύου NPI (Network Provider Indicator)σελ. 106**
 - 4.5. **Δείκτης τύπου τερματικού TTI (Terminal Type Indicator)σελ. 107**
 - 4.6. **Δείκτης συμβατότητας & κόστους CCI (Compatibility-Cost Indicator)σελ. 108**
5. **Επίλυση του προβλήματος**.....σελ. 109
 - 5.1 **Βήματα εξέλιξης του αλγορίθμου**.....σελ. 110
 - 5.2 **Πολυπλοκότητα του αλγορίθμου**.....σελ. 113

Κεφάλαιο 9° Αλγόριθμοι Handover για την κυψελωτή επικοινωνία

1. **Εισαγωγή**σελ. 115
2. **Αλγόριθμοι βασιζόμενοι στην λαμβανόμενη ισχύ**.....σελ. 116
3. **Αλγόριθμοι με χρήση κατωφλίου (threshold)**σελ. 117
4. **Αλγόριθμοι με υστέρηση (hysteresis)**σελ. 117
5. **Αλγόριθμοι βασιζόμενοι σε Fuzzy Logic**.....σελ. 119
6. **Αλγόριθμοι handover βασισμένος στην διατήρηση προτεραιότητας**.....σελ. 120
7. **Αλγόριθμοι οριζόντιου handoff**.....σελ. 123
8. **Αλγόριθμοι κάθετου handoff**.....σελ. 124

Κεφάλαιο 10°

Συμπεράσματα.....σελ. 127

Βιβλιογραφίασελ. 128

Αναφορές.....σελ. 130

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2-1	General Mobility Management Model	Σελ. 13
Εικόνα 2-2	Hierarchical Mobility Management Model	Σελ. 14
Εικόνα 2-3	MN σε Οικιακό Δίκτυο	Σελ. 16
Εικόνα 2-4	MN σε Ξένο Δίκτυο	Σελ. 17
Εικόνα 2-5	Invite Μήνυμα	Σελ. 21
Εικόνα 2-6	Register Μήνυμα	Σελ. 22
Εικόνα 2-7	Message Μήνυμα	Σελ. 23
Εικόνα 2-8	Μήνυμα 302 Moved Temporarily	Σελ. 24
Εικόνα 2-9	Επικοινωνία του CN με τον MN	Σελ. 25
Εικόνα 2-10	Συντήρηση επικοινωνίας κατά τη διάρκεια της αλλαγής δικτύων	Σελ. 26
Εικόνα 3-1	Οικογένεια 802 και συσχέτιση με μοντέλο OSI	Σελ. 30
Εικόνα 3-2	Βασικά στοιχεία δομής 802.11	Σελ. 32
Εικόνα 3-3	IBSS (Independent BSS)	Σελ. 33
Εικόνα 3-4	Τοπολογία infrastructure BSS	Σελ. 34
Εικόνα 3-5	Extended Service Area	Σελ. 35
Εικόνα 3-6	Δικτύωση ESS, Σύνδεση των BSSs με το DS μέσω AP	Σελ. 35
Εικόνα 3-7	BSS transition	Σελ. 38
Εικόνα 3-8	ESS transition	Σελ. 39
Εικόνα 4-1	Δομή της IMT-2000	Σελ. 43
Εικόνα 4-2	Κόμβοι UMTS δικτύου	Σελ. 44
Εικόνα 4-3	Φάσμα UMTS δικτύου	Σελ. 46
Εικόνα 4-4	UMTS Frequency Bands	Σελ. 48
Εικόνα 4-5	Αρχιτεκτονική UMTS phase 1	Σελ. 52
Εικόνα 4-6	Διασύνδεση κόμβων σε UMTS	Σελ. 53
Εικόνα 4-7	Άλλη παρουσίαση της δομής του Core Network	Σελ. 54
Εικόνα 4-8	UMTS Release 5	Σελ. 56
Εικόνα 5-1	IMS network architecture	Σελ. 60
Εικόνα 5-2	IMS's eight basic core-network elements	Σελ. 61
Εικόνα 5-3	IMS architecture	Σελ. 63
Εικόνα 5-4	IMS network	Σελ. 64
Εικόνα 5-5	IMS σηματοδότηση	Σελ. 66
Εικόνα 5-6	IMS CN αρχιτεκτονική	Σελ. 68
Εικόνα 5-7	ΑΚΑ πρωτόκολλο	Σελ. 70
Εικόνα 5-8	Επιτυχημένη εγγραφή στο IMS	Σελ. 74
Εικόνα 5-9	Μη επιτυχημένη εγγραφή στο IMS	Σελ. 75
Εικόνα 6-1	Micro- networks vs macro-networks	Σελ. 77
Εικόνα 6-2	Αρχιτεκτονική IMS Δικτύου	Σελ. 78
Εικόνα 6-3	Hard Handoff	Σελ. 83
Εικόνα 6-4	Soft Handoff	Σελ. 83
Εικόνα 7-1	Communications of three mobility modes	Σελ. 88
Εικόνα 7-2	Basic model for mobile communications	Σελ. 91
Εικόνα 8-1	Διάγραμμα ροής αλγορίθμου για επίλυση του AIS προβλήματος	Σελ. 112
Εικόνα 9-1	Παράδειγμα αλγορίθμου	Σελ. 116
Εικόνα 9-2	Ανταλλαγή καθυστέρησης handover για μειωμένο αριθμό handovers	Σελ. 118
Εικόνα 9-3	Συνάρτηση membership των τριών fuzzy sets για το RSS	Σελ. 119
Εικόνα 9-4	Μοντέλο συστήματος αλγορίθμου βασιζόμενου στην διατήρηση προτεραιότητας	Σελ. 120
Εικόνα 9-5	Διάγραμμα ροής για την διαχείριση κλήσεων	Σελ. 121
Εικόνα 9-6	Διάγραμμα ροής για την διαχείριση των αιτήσεων handover	Σελ. 121

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2-1	6 κλάσεις μηνυμάτων απόκρισης	Σελ. 23
Πίνακας 3-1	Σύγκριση προτύπων 802.11	Σελ. 29
Πίνακας 4-1	Πρόταση της ITU για Επίγεια Μετάδοση	Σελ. 45
Πίνακας 6-1	Τύποι Handoff	Σελ. 81
Πίνακας 7-1	Cellular coverage division	Σελ. 90
Πίνακας 8-1	Δείκτης ποιότητας σήματος SQI	Σελ. 105
Πίνακας 8-2	Δείκτης καθυστέρησης DI	Σελ. 105
Πίνακας 8-3	Δείκτης εύρους ζώνης BI	Σελ. 106
Πίνακας 8-4	Δείκτης παρόχου δικτύου NPI	Σελ. 106
Πίνακας 8-5	Δείκτης τύπου τερματικού TTI	Σελ. 107
Πίνακας 8-6	Τιμές του δείκτη TTI ανά τεχνολογία και τύπο τερματικού	Σελ. 107
Πίνακας 8-7	Δείκτης συμβατότητας & κόστους CCI	Σελ. 108
Πίνακας 8-8	Τιμές του δείκτη CCI ανά τεχνολογία και τύπο υπηρεσίας	Σελ. 108
Πίνακας 8-9	Παραδείγματα σύγκρισης εξαντλητικού και άπληστου αλγορίθμου	Σελ. 114
Πίνακας 9-1	Αλγόριθμοι κάθετου Handoff	Σελ. 124

AKPΩNYMIA

<u>3GPP:</u>	<u>3rd Generation Partnership Project</u>
<u>AA:</u>	<u>Agent Advertisements</u>
<u>AHP:</u>	<u>Analytic Hierarchy Process</u>
<u>AIS:</u>	<u>Access and Interface Selection</u>
<u>AKA:</u>	<u>Authentication & Key Agreement</u>
<u>ALT:</u>	<u>Automatic Link Transfer</u>
<u>AMCVHO:</u>	<u>Adaptive Multi Criteria Vertical Handoff</u>
<u>AP:</u>	<u>Access Point</u>
<u>AS:</u>	<u>Agent Solicitation</u>
<u>AS:</u>	<u>Application Server</u>
<u>BER:</u>	<u>Bit Error Rate</u>
<u>BGCF:</u>	<u>Breakout Gateway Control Function</u>
<u>BI:</u>	<u>Bandwidth Indicator</u>
<u>BS:</u>	<u>Base Station</u>
<u>BSS:</u>	<u>Basic Service Set</u>
<u>CA:</u>	<u>Collision Avoidance</u>
<u>CBGD:</u>	<u>Channel Borrowing Genetic algorithm & Channel Degradation</u>
<u>CCI:</u>	<u>Compatibility-Cost Indicator</u>
<u>CD:</u>	<u>Collision Detection</u>
<u>CN:</u>	<u>Core Network</u>
<u>CN:</u>	<u>Corresponding Node</u>
<u>CoA :</u>	<u>Care-of Address</u>
<u>CS – CN:</u>	<u>Circuit Switched Core Network</u>
<u>CSCF:</u>	<u>Call Session Control Function</u>
<u>CSMA:</u>	<u>Carrier Sense Multiple Access</u>
<u>CTS:</u>	<u>Clear To Send</u>
<u>CVHDS:</u>	<u>Cost Function Based Vertical Handoff Decision Strategy</u>
<u>DCF:</u>	<u>Distributed Coordination Function</u>
<u>DI:</u>	<u>Delay Indicator</u>
<u>DS:</u>	<u>Distribution System</u>
<u>DSSS:</u>	<u>Direct Sequence Spread Spectrum</u>

<u>DVH:</u>	<u>Downward Vertical Handoff</u>
<u>ESS:</u>	<u>Extended Service Set</u>
<u>FA:</u>	<u>Foreign Agent</u>
<u>FDD:</u>	<u>Frequency Division Duplex</u>
<u>FHSS:</u>	<u>Frequency Hopping Spread Spectrum</u>
<u>FIFO:</u>	<u>First in First Out</u>
<u>FIS:</u>	<u>Fuzzy Inference System</u>
<u>FU:</u>	<u>Final User</u>
<u>GAS:</u>	<u>Genetic Algorithm Scheme</u>
<u>GRA:</u>	<u>Grey Relational Analysis</u>
<u>HA :</u>	<u>Home Agent</u>
<u>HAWAII :</u>	<u>Handoff-Aware Wireless Access Internet Infrastructure</u>
<u>HCF:</u>	<u>Hybrid Coordination Function</u>
<u>HR – DSSS:</u>	<u>High Rate Direct Sequence Spread Spectrum</u>
<u>HSDPA:</u>	<u>High Speed Downlink Packet Access</u>
<u>HS-DSCH:</u>	<u>High-Speed Downlink Shared Channel</u>
<u>HSS:</u>	<u>Home Subscriber Server</u>
<u>HSS:</u>	<u>Hybrid Handoff Schemes</u>
<u>IBSS:</u>	<u>Independent BSS</u>
<u>IDMP:</u>	<u>Intra-Domain Mobility Management Protocol</u>
<u>IEEE :</u>	<u>Institute of Electric and Electronics Engineering</u>
<u>IETF:</u>	<u>International Engineering Task Force</u>
<u>IM CN SS:</u>	<u>IM Corresponding Node Subsystem</u>
<u>IM CN:</u>	<u>IM Corresponding Node</u>
<u>IMPI:</u>	<u>IP Multimedia Personal Identifier</u>
<u>IMS APN:</u>	<u>IMS Access Point Name</u>
<u>IMS:</u>	<u>IP Multimedia Subsystem</u>
<u>IMS–MGW:</u>	<u>IP Multimedia Subsystem – Media Gateway Function</u>
<u>IS:</u>	<u>Interface Modules</u>
<u>ISM:</u>	<u>Industrial Scientific and Medical band</u>
<u>IVHA:</u>	<u>Intelligent Vertical Handoff</u>
<u>LLC:</u>	<u>Logical Link Control</u>
<u>LTE:</u>	<u>Linear Terminal Equipment</u>
<u>MA :</u>	<u>Mobility Agents</u>
<u>MAC:</u>	<u>Medium Access Control</u>

<u>MADM:</u>	<u>Multiple Attribute Decision Making</u>
<u>MAHO:</u>	<u>Mobile – Assisted HandOff</u>
<u>MCHO :</u>	<u>Mobile Controlled Handoff</u>
<u>MENN:</u>	<u>Modified Elman Neural Network</u>
<u>MGCF:</u>	<u>Media Gateway Control Function</u>
<u>MGW:</u>	<u>Media Gateways</u>
<u>MN :</u>	<u>Mobile Node</u>
<u>MRF:</u>	<u>Multimedia Resource Function</u>
<u>MRFC:</u>	<u>Multimedia Resource Function Controller</u>
<u>MRFP:</u>	<u>Multimedia Resource Function Processor</u>
<u>MSC:</u>	<u>Mobile Switching Center</u>
<u>MSDU:</u>	<u>MAC Service Data Unit Delivery</u>
<u>MSS :</u>	<u>S-band Mobile Satellite Service</u>
<u>MT:</u>	<u>Mobile Terminal</u>
<u>NCHO:</u>	<u>Network Controlled Handoff</u>
<u>NGN:</u>	<u>Next Generation Networks</u>
<u>NHRO:</u>	<u>Non Real – Time Handover Request Queue</u>
<u>NPI:</u>	<u>Network Provider Indicator</u>
<u>OFDM:</u>	<u>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</u>
<u>PCF:</u>	<u>Point Coordination Function</u>
<u>PCS:</u>	<u>Personal Communication Systems</u>
<u>PDF:</u>	<u>Policy Decision Function</u>
<u>PLCP:</u>	<u>Physical Layer Convergence Procedure</u>
<u>PLMN :</u>	<u>UMTS Public Land Mobile Network</u>
<u>PLMN:</u>	<u>Public Land Mobile Network</u>
<u>PMD:</u>	<u>Physical Medium Dependent</u>
<u>POC:</u>	<u>Push-to-Talk Over Cellular</u>
<u>PS – CN:</u>	<u>Packet Switched Core Network</u>
<u>PS:</u>	<u>Packet switched</u>
<u>QoS :</u>	<u>Quality of Services</u>
<u>QoSVHD:</u>	<u>QoS-based Vertical Handoff Decision</u>
<u>QPCRS:</u>	<u>Queueing Party Channel Reservation</u>
<u>RHRQ:</u>	<u>Real – Time Handover Request Queue</u>
<u>RNC:</u>	<u>Radio Network Subsystems</u>
<u>RSS:</u>	<u>Received Signal Strength</u>

<u>RTS:</u>	<u>Ready To Send</u>
<u>S.A.W:</u>	<u>Simple Additive Weighting</u>
<u>SCIM:</u>	<u>Service Capability Interaction Manager</u>
<u>SDP:</u>	<u>Session Description Protocol</u>
<u>SGF:</u>	<u>Signaling Gateway Function</u>
<u>SINR:</u>	<u>Signal to Interference plus Noise Ratio</u>
<u>SINRVDH:</u>	<u>SINR-based Vertical Handoff Decision</u>
<u>SIP RS:</u>	<u>SIP Redirect Server</u>
<u>SIP:</u>	<u>Session Initiation Protocol</u>
<u>SLF:</u>	<u>Subscription Locator Function</u>
<u>SQI:</u>	<u>Signal Quality Indicator</u>
<u>TE:</u>	<u>Terminal Equipment</u>
<u>TOPSIS:</u>	<u>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution</u>
<u>TTI:</u>	<u>Terminal Type Indicator</u>
<u>UA:</u>	<u>User Agent</u>
<u>UAC:</u>	<u>User Agent Client</u>
<u>UAS:</u>	<u>User Agent Server</u>
<u>UE:</u>	<u>User Equipment</u>
<u>UMTS:</u>	<u>Universal Mobile Telecommunications System</u>
<u>USIM:</u>	<u>User Subscriber Identify Module</u>
<u>UTRAN:</u>	<u>Radio Access Network- RAN UMTS Terrestrial Run</u>
<u>UVH:</u>	<u>Upward Vertical Handoff</u>
<u>VHE:</u>	<u>Virtual Home Environment</u>
<u>VHOhyst:</u>	<u>Vertical Handoff Hysteresis</u>
<u>VoIP :</u>	<u>Voice over IP</u>
<u>VRSS:</u>	<u>Variation of Received Signal Strength</u>
<u>WLAN:</u>	<u>Wireless LAN</u>

Mobility Management in Heterogeneous Networks

Abstract

The rapid growth of wireless technologies and the increasing demand for new services (www, e-mail, VoIP, multimedia streaming) has caused the necessity to make package routing services of IP networks available to users using wireless devices. However, user mobility causes additional administration complexity, since the initial design of IP networks, did not include provision for mobile nodes.

The main objective of the present dissertation is the study of the impacts of the heterogeneous environment in Quality of Service (QoS) parameters of wireless networks. Specifically, the general concept of mobility management for heterogeneous networks is described and two wireless networks, a Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) and a Wireless Local Area Network (WLAN), are combined in order the performance of this heterogeneous wireless network to be examined.

A heterogeneous network is a network connecting computers and other devices with different operating systems and/or protocols. The word heterogeneous network is also used in wireless networks using different access technologies. For example, a wireless network which provides a service through a wireless LAN and is able to maintain the service when switching to a cellular network is called a wireless heterogeneous network.

We will be developed the handoff's methods and will be reported particularly, in location management, in handoff management and more specifically in horizontal handoff and in vertical handoff.

We will be developed completely all the technologies for the attribution of this network, opposite in a homogeneous network UMTS. At the same time we will be given particular accent in IMS technology.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ

**Διαχείριση κινητικότητας στα ετερογενή δίκτυα
(Mobility Management in Heterogeneous Networks)****Περίληψη Διπλωματικής**

Η ταχεία ανάπτυξη των ασύρματων τεχνολογιών και η αυξανόμενη ζήτηση για νέες υπηρεσίες (www, ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, VoIP, multimedia streaming), έχει προκαλέσει την ανάγκη να εγκατασταθούν υπηρεσίες δρομολόγησης IP πακέτων, διαθέσιμες σε όλους τους χρήστες οι οποίοι χρησιμοποιούν ασύρματες συσκευές. Εντούτοις, η κινητικότητα χρηστών προκαλεί πρόσθετη πολυπλοκότητα διοίκησης, καθώς η αρχική σχεδίαση τέτοιων δικτύων δεν περιέλαβε τους κινητούς κόμβους.

Βασικός στόχος της διπλωματικής, θα είναι η μελέτη των επιδράσεων του ετερογενούς περιβάλλοντος στην ποιότητα των παραμέτρων υπηρεσιών (QoS) των ασύρματων δικτύων. Συγκεκριμένα, η γενική έννοια της διαχείρισης κινητικότητας για τα ετερογενή δίκτυα περιγράφεται από δύο ασύρματα δίκτυα, ένα καθολικά κινητό σύστημα τηλεπικοινωνιών (UMTS) και ένα ασύρματο δίκτυο τοπικής περιοχής (WLAN).

Ένα ετερογενές δίκτυο είναι ένα δίκτυο που συνδέει υπολογιστές και άλλες συσκευές με διαφορετικά λειτουργικά συστήματα ή/και πρωτόκολλα. Ο όρος “ετερογενές δίκτυο” χρησιμοποιείται επίσης στα ασύρματα δίκτυα χρησιμοποιώντας διαφορετικές τεχνολογίες πρόσβασης. Παραδείγματος χάριν, ένα ασύρματο δίκτυο που παρέχει μια υπηρεσία μέσω του ασύρματου τοπικού LAN και είναι σε θέση να διατηρήσει την υπηρεσία όταν μεταγεται σε ένα κυψελωτό δίκτυο.

Θα αναπτυχθούν οι μέθοδοι handoff και θα αναφερθούμε ιδιαίτερα, στην διαχείριση θέσης, στην διαχείριση handoff και ειδικότερα στο οριζόντιο handoff και στο κάθετο handoff.

Θα αναπτυχθούν πλήρως όλες οι τεχνολογίες για την απόδοση αυτού του δικτύου, έναντι σε ένα ομοιογενές δίκτυο UMTS. Παράλληλα θα δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην τεχνολογία IMS.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. Εισαγωγή

Τα ασύρματα συστήματα επικοινωνιών αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια των τελευταίων είκοσι ετών περίπου. Ο αντίκτυπος στην αγορά, όταν εισήχθησαν, ήταν πέρα από κάθε προσδοκία. Η εξέλιξη της κινητής επικοινωνίας και των ασύρματων δικτύων τοπικής περιοχής (WLANs) είναι από τότε συνεχής στην βιομηχανία των τηλεπικοινωνιών προκειμένου να ικανοποιήσει τη ζήτηση και τις τάσεις της αγοράς.

Σήμερα, πολλές συσκευές έχουν δημιουργηθεί με δυνατότητα να συνδέονται ασύρματα με το Διαδίκτυο, όπως τα κινητά τηλέφωνα, οι φορητοί υπολογιστές, PDAs, κ.λπ.... Τα υπάρχοντα συστήματα δικτύων εν τούτοις, δεν μπορούν να παρέχουν στους χρήστες αυτών των συσκευών μια συνεχή σύνδεση με το Διαδίκτυο όταν κινούνται μεταξύ των ετερογενών δικτύων. Πολλή έρευνα γίνεται σε αυτήν την περιοχή για να δημιουργήσει ένα νέο ασύρματο σύστημα, που θα είναι σε θέση να παρέχει την άνευ διακοπής κινητή επικοινωνία, οποτεδήποτε και οπουδήποτε.

Σκοπός της διπλωματικής είναι να εστιάσει στον τρόπο με τον οποίο η ποιότητα υπηρεσιών – Quality of Service (QoS) – επηρεάζεται όταν επικοινωνεί ένας κινητός σταθμός σε ένα ασύρματο δίκτυο τοπικής περιοχής (WLAN) με έναν κινητό σταθμό, που συνδέεται με ένα καθολικό κινητό δίκτυο συστημάτων τηλεπικοινωνιών (UMTS), έναντι με τις ίδιες παραμέτρους QoS όταν επικοινωνούν δύο κινητοί σταθμοί που συνδέονται με ένα ομοιογενές δίκτυο UMTS. Συγκρίνοντας αυτές τις δύο περιπτώσεις, χρήσιμα συμπεράσματα μπορούν να προκύψουν σχετικά με το πόσο η ποιότητα της επικοινωνίας στα ετερογενή δίκτυα επιδεινώνεται εφόσον αποφευχθεί αυτό το είδος επικοινωνιών εκτός και αν είναι απολύτως απαραίτητο, ή εάν αναπτυχθούν νέες μέθοδοι ή πρωτόκολλα προκειμένου να επιτύχουν ένα επιθυμητό επίπεδο του QoS.

2. ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΙ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

2.1 Στόχοι

Οι κύριοι στόχοι της εργασίας είναι οι ακόλουθοι:

- ∅ Παρουσιάζεται το πρωτόκολλο SIP και το υποσύστημα IMS
- ∅ Ερευνά τα ζητήματα της διαχείρισης κινητικότητας στα ετερογενή δίκτυα και τις διαφορετικές πτυχές των δικτύων WLAN και UMTS.
- ∅ Εξετάζει τα διαφορετικά είδη Handoff, ενώ παρουσιάζεται η μαθηματική επίλυση του προβλήματος της κινητικότητας σε ετερογενή δίκτυα.
- ∅ Παρουσιάζει τους αλγόριθμους Handoff σε κυψελωτά συστήματα επικοινωνίας.

2.2 Σκοποί

Οι κύριοι σκοποί της εργασίας είναι οι ακόλουθοι:

- ∅ Δίνει μια επισκόπηση των συστατικών της διαχείρισης κινητικότητας.
- ∅ Περιγράφει τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για την διαχείριση κινητικότητας.
- ∅ Περιγράφει το πρωτόκολλο 802.11 (WLAN).
- ∅ Περιγράφει το UMTS δίκτυο.
- ∅ Συνδυάζει ένα UMTS και ένα δίκτυο WLAN για να δημιουργήσει ένα ετερογενές δίκτυο και να εξετάσει τις παραμέτρους QoS (κυκλοφορία που στέλνεται και λαμβάνεται, απώλεια πακέτων, καθυστέρηση).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

Υπόβαθρο Εργασίας

1. Διαχείριση Κινητικότητας (Mobility Management)

Η διαχείριση κινητικότητας είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιείται για να εντοπιστούν τα τεμαχικά περιαγωγής (roaming terminals), από κινητά και ασύρματα δίκτυα τηλεπικοινωνιών, προκειμένου να είναι σε θέση να αποδεχθούν τις κλήσεις, να τις παραδώσουν, να τα παρακολουθούν και να διατηρούν τις συνδέσεις τους όταν κινούνται προς μια άλλη περιοχή υπηρεσιών.[1]

Η διαχείριση της κινητικότητας αποτελείται από 2 τμήματα :

- **Διαχείριση Θέσης (Location Management)**
- **Handoff Διαχείριση (Handoff Management)**

1.1 Διαχείριση Θέσης

Η διαχείριση θέσης επιτρέπει στο δίκτυο να ανακαλύψει τη θέση του κινητού χρήστη και να παραδώσει τις κλήσεις. Υπάρχουν δύο στάδια για αυτήν την διαδικασία:

- **Εγγραφή Θέσης (Location Registration)** : Ο κινητός κόμβος περιοδικά ενημερώνει το δίκτυο για το σημείο πρόσβασής του. Το δίκτυο επικυρώνει τον χρήστη και ενημερώνει τη βάση δεδομένων του. [1]
- **Παράδοση Κλήσης (Call Delivery)** : Το δίκτυο ρωτιέται για το σχεδιάγραμμα της θέσης των χρηστών και βρίσκει την παρούσα θέση του κινητού χρήστη.[1]

1.2 Handoff **Διαχείριση**

Σε ένα σύστημα κυψελοειδών τηλεπικοινωνιών, ο όρος handoff αναφέρεται στη διαδικασία της μεταφοράς μια εν εξελίξει κλήση ή συνόδου δεδομένων από ένα κανάλι που συνδέεται με το κεντρικό δίκτυο στο άλλο. Στις δορυφορικές επικοινωνίες, είναι η διαδικασία μεταφοράς της ευθύνης του ελέγχου μέσω δορυφόρου από έναν επίγειο σταθμό σε έναν άλλον, χωρίς απώλεια ή διακοπή της υπηρεσίας.

Με την handoff διαχείριση, επιτυγχάνεται η σύνδεση ενός κινητού χρήστη με το δίκτυο του, ακόμα και όταν αυτός μετακινείται και αλλάζει το σημείο πρόσβασής του στο δίκτυο. Αυτή η διαδικασία εκτελείται σε τρεις φάσεις:

- **Έναρξη (Initiation):** Η χρήση του handoff, προσδιορίζεται από τον χρήστη, τον διαχειριστή του δικτύου και τις μεταβαλλόμενες συνθήκες του δικτύου, όπως τοπολογία, κάλυψη κτλ.
- **Νέα Γενιά Σύνδεσης (Next Connection Generation):** Είτε το δίκτυο βρίσκει τα νέα στοιχεία συμπεριφοράς για την handoff σύνδεση, καθώς και πρόσθετες διαδικασίες δρομολόγησης που χρειάζονται να γίνουν (handoff ελεγχόμενο από το δίκτυο – Network Controlled Handoff / NCHO), είτε το κινητό τερματικό βρίσκει τις νέες πηγές και το δίκτυο τις εγκρίνει (handoff ελεγχόμενο από κινητό – Mobile Controlled Handoff / MCHO)
- **Έλεγχος Ροής Πληροφοριών (Data Flow Control):** Τα δεδομένα μεταφέρονται από την παλαιά δρομολόγηση στη νέα.

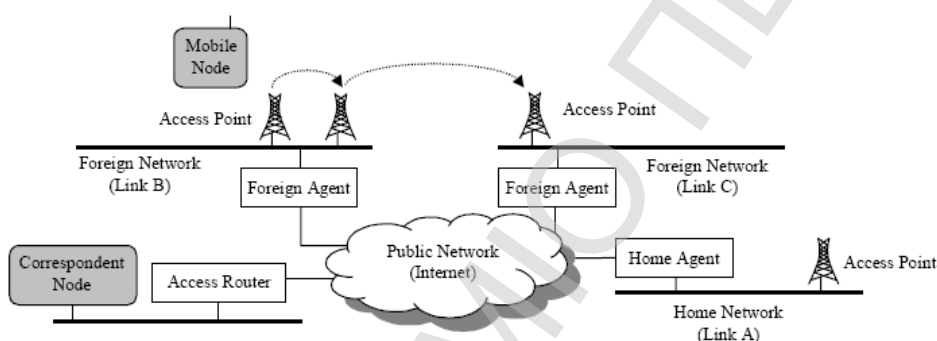
Υπάρχουν ωστόσο, δύο προϋποθέσεις για να επιτευχθεί μια handoff διαχείριση:

- **Intracell Handoff:** Ο χρήστης κινείται στην ίδια κυψέλη. Εφόσον παρατηρηθεί εξασθένηση του σήματος, ή πτώση της ποιότητας του σήματος κάτω από μια προβλεπόμενη τιμή, οι κλήσεις του χρήστη, μεταφέρονται αυτόματα σε νέα κανάλια μετάδοσης από τον ίδιο σταθμό βάσης.
- **Intercell Handoff:** Ο χρήστης μετακινείται από κυψέλη σε κυψέλη. Στην περίπτωση αυτή, θα πρέπει να μεταφέρονται και όλες οι συνδέσεις στον νέο σταθμό βάσης.

2. Μοντέλα Διαχείρισης Κινητικότητας (Mobility Management Models)

2.1 Γενικό Διοικητικό Μοντέλο Διαχείρισης Κινητικότητας

Ένα τέτοιο μοντέλο εμφανίζεται στην εικόνα 2-1. Η βασική ιδέα είναι ότι όταν ένας κόμβος κινείται προς μια άλλη κατεύθυνση στο διαδίκτυο, μια νέα IP διεύθυνση, η οποία ονομάζεται Care-of Address και στα ελληνικά της αποδίδεται ο όρος διεύθυνση επιμέλειας, πρέπει να δημιουργηθεί και να του ανατεθεί, προκειμένου να προσδιοριστεί η νέα της θέση ώστε τα πακέτα να δρομολογούνται στο νέο σημείο πρόσβασης. [2]

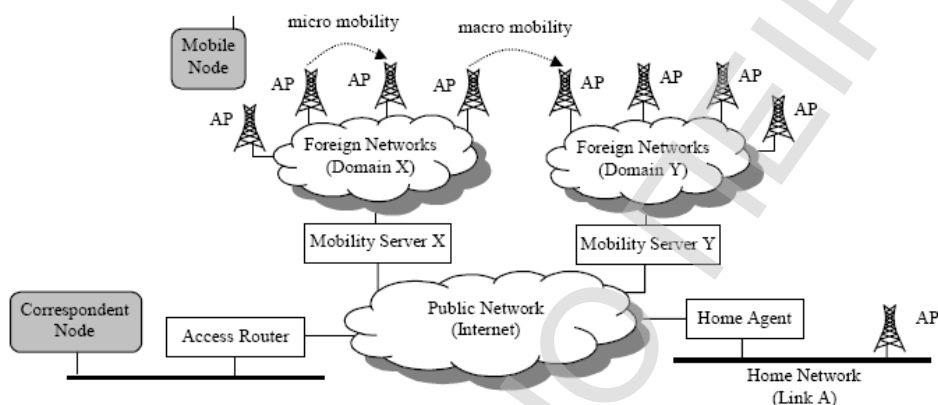


Εικόνα 2-1: General Mobility Management Model

2.2 Ιεραρχικό Μοντέλο Διαχείρισης Κινητικότητας

Η διαχείριση είναι τοπική, προκειμένου να επιτευχθεί απόδοση και εναλλαγή μεταξύ των κινούμενων χρηστών. Δύο είδη κινητικότητας υπάρχουν, ανάλογα με την έκταση της κινητικότητας, σύμφωνα με την εικόνα 2-2:

- ο **Micro Mobility**: Η μετακίνηση ενός κινητού κόμβου μέσα σε μια δικτυακή γειτονιά με περιορισμένη κάλυψη [2] και
- ο **Macro Mobility**: Η μετακίνηση ενός κινητού κόμβου σε διαφορετική δικτυακή γειτονιά.[2]



Εικόνα 2-2: Hierarchical Mobility Management Model

Μια αποδοτική λύση για την μακρό – διαχείριση της κινητικότητας, μπορεί να προκύψει μέσα από το Mobile IP καθώς και το πρωτόκολλο SIP (Session Initiation Protocol). Η εργασία τούτη, θα κινηθεί γύρω από το Mobile IP. Για θέματα που άπτονται της μικρό – διαχείρισης κινητικότητας, υπάρχουν πολλές τεχνολογικές λύσεις, όπως η Hierarchical Mobile IP, Cellular IP, HAWAII (Handoff-Aware Wireless Access Internet Infrastructure), IDMP (Intra-Domain Mobility Management Protocol) και Edge Mobility Architecture. [2]

3 Mobile IP

3.1 Εισαγωγή

Το Mobile IP, είναι ένα πρωτόκολλο, που δημιουργήθηκε από τον IETF (International Engineering Task Force), προκειμένου να παρέχει υπηρεσίες IP σε κινητούς χρήστες. Οι προδιαγραφές του πρωτοκόλλου αυτού, καθορίστηκαν αρχικά από το RFC 2002 & 3220, ενώ σήμερα η πιο πρόσφατη έκδοση είναι η RFC 3344. Παρακάτω θα εξηγηθεί εν συντομία γιατί η κλασσική δρομολόγηση IP δεν είναι κατάλληλη για κινητούς κόμβους. [3],[4]

Σύμφωνα με τη δρομολόγηση πακέτων IP, τα πακέτα αναχωρούν από έναν κόμβο πηγής και φθάνουν στον κόμβο προορισμού αφού έχουν περάσει από τους διάφορους δρομολογητές δικτύων. Η διαδοχή των δρομολογητών δεν είναι τυχαία, αλλά κάθε δρομολογητής εξετάζει τη διεύθυνση προορισμού του πακέτου με την κάλυψη των χαμηλότερων αξίας δυαδικών ψηφίων και βασισμένος στις εσωτερικές μήτρες δρομολόγησής τους που έχουν, την διαβιβάζει στον επόμενο δρομολογητή, έως ότου φθάνει το πακέτο σε έναν δρομολογητή που συνδέεται άμεσα με το δίκτυο προορισμού, το οποίο την παραδίδει έπειτα στον τελικό δέκτη. Η διαδικασία εμφανίζει ανωτέρω άμεση σχέση της διεύθυνσης IP ενός κόμβου με το δίκτυο όπου βρίσκεται.

Αφ' ετέρου, η διεύθυνση IP ενός κόμβου πρέπει να καθοριστεί απαραίτητως κατά τη διάρκεια μιας σύνδεσης, δεδομένου ότι μια περίοδος επικοινωνίας TCP καθορίζεται από τους τέσσερις παράγοντες: IP πηγής, port TCP πηγής, IP προορισμού, port TCP προορισμού. Εάν ένας από αυτούς τους παράγοντες αλλάζει, η σύνδεση χάνεται.

Κατά συνέπεια, ένας κινητός κόμβος πρέπει να κρατήσει την ίδια διεύθυνση IP, ακόμα και όταν αλλάζει τα υποδίκτυα, προκειμένου οι συνδέσεις του στρώματος μεταφορών στο οποίο συμμετέχει, να διατηρούνται.

Οι ανωτέρω απαιτήσεις, δείχνουν ότι η κλασσική IP δρομολόγηση δεν είναι κατάλληλη για τους κινητούς χρήστες. Η κινητή IP είναι μια λύση για αυτό το πρόβλημα, χωρίς την απαραίτητη ύπαρξη οποιασδήποτε αλλαγής στην υπάρχουσα δομή του στρώματος δικτύων, εκτός από την εισαγωγή μερικών νέων οντοτήτων, και ένα πρόσθετο φορτίο στην καθυστέρηση και στο εύρος ζώνης. Η κινητή IP έχει τις παρακάτω προδιαγραφές:

- Ο κινητός κόμβος μπορεί να επικοινωνήσει με άλλους κόμβους, ακόμα και μετά από την αλλαγή της σύνδεσης του Data Link με το δίκτυο, χωρίς αλλαγή της IP διεύθυνσής του.
- Η δυνατότητα επικοινωνίας με την IP του κινητού χρήστη δεν απαιτεί οποιοσδήποτε αλλαγές στο λογισμικό των δρομολογητών και των άλλων στοιχείων του δικτύου (εκτός από τις οντότητες που εισάγονται από την κινητή IP).
- Τα μηνύματα που ανταλλάσσονται για την πληροφόρηση για την αλλαγή της θέσης του κινητού χρήστη πρέπει να πιστοποιούνται προκειμένου να αποφεύγονται κακόβουλες επιθέσεις.

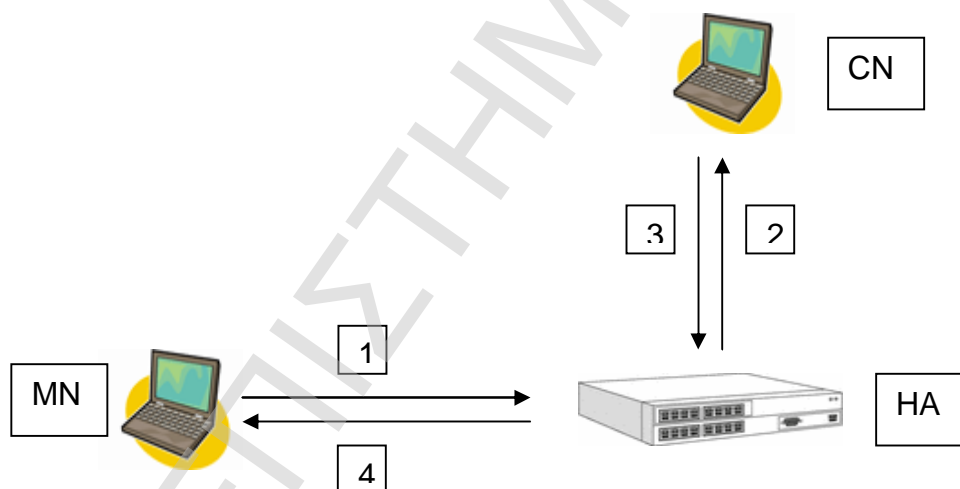
3.2 Περιγραφή Πρωτοκόλλου [3]

Οι πράκτορες κινητικότητας (Mobility Agents / MA) εκπέμπουν μηνύματα γνωστά και ως διαφημίσεις πρακτόρων (Agent Advertisements / AA) ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Παράλληλα υπάρχει η ικανότητα ενός κινητού κόμβου (Mobile Node / MN) να εκπέμπει Agent Solicitation / AS, προκειμένου οι διαθέσιμοι MA να εκπέμψουν, στο ίδιο δίκτυο, AA. Οι MN επεξεργάζονται αυτά τα μηνύματα και καταλαβαίνουν εάν ανήκουν σε οικιακό δίκτυο ή σε ένα ξένο δίκτυο. Με βάση αυτήν την διάκριση έχουμε:

ν Κινητοί Κόμβοι σε Οικιακό Δίκτυο [3]

Σε αυτήν την περίπτωση, οι MN μπορούν να επικοινωνήσουν με τους αντίστοιχους κόμβους (Corresponding Nodes / CNs) χωρίς τη χρήση των κινητών υπηρεσιών IP. Ο οικιακός πράκτορας (Home Agent / HA) λειτουργεί ως προκαθορισμένος δρομολογητής και πύλη για τον MN. Όταν ο MN επιστρέφει στο οικιακό δίκτυο, ενημερώνει τον HA για την επιστροφή του. Αυτή η διαδικασία καλείται διαγραφή (Deregistration) και πραγματοποιείται με την ανταλλαγή του αιτήματος διαγραφής (Deregistration Request) και των μηνυμάτων απάντησης διαγραφής (Deregistration Reply).

Η όλη διαδικασία περιγράφεται στην εικόνα 2-3:



Εικόνα 2-3: MN σε Οικιακό Δίκτυο

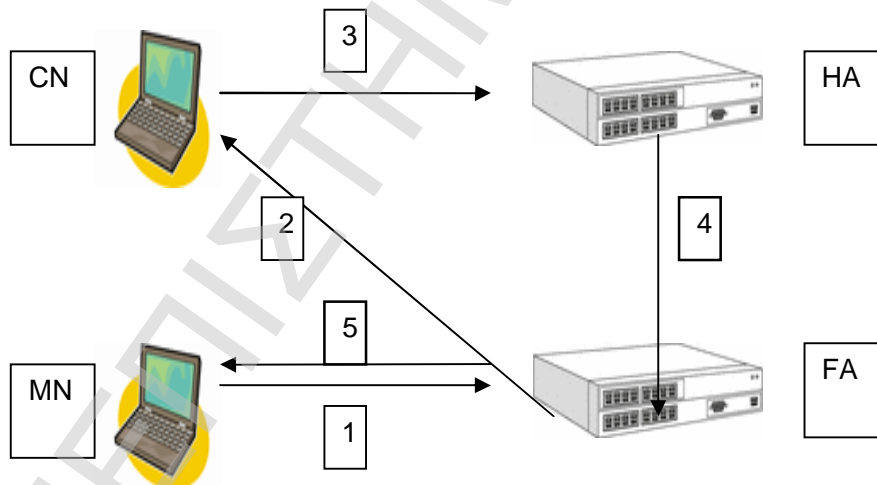
1. Πακέτα από το MN κατευθύνονται στον CN αφού πρώτα περάσουν από το HA
2. Οι HA προωθούν τα πακέτα στο CN, το οποίο θεωρείται ο δρομολογητής για το MN
3. Πακέτα από το CN κατευθύνονται στο MN
4. Πακέτα στέλνονται μέσω ασύρματης σύνδεσης στο MN.

✓ Κινητοί Κόμβοι σε Ξένο Δίκτυο [3]

Όταν το MN αντιληφθεί ότι βρίσκεται εκτός του οικιακού δικτύου, λαμβάνει μια νέα Care-of Address . Αυτή η διεύθυνση μπορεί να καθοριστεί είτε από τους εισερχόμενους AA, είτε – αν και πιο σπάνια – από εξωτερικούς μηχανισμούς όπως το DHC πρωτόκολλο (DHCP). [5]

Στην συνέχεια το MN, πρέπει να ενημερώσει τον HA για την νέα του διεύθυνση, προκειμένου ο HA με την σειρά του να ενημερώσει για την αλλαγή αυτή τα υπόλοιπα στοιχεία του δικτύου. Αυτή η διαδικασία πραγματοποιείται με την χρήση του αιτήματος εγγραφής και των μηνυμάτων απάντησης εγγραφής, τα οποία διαβιβάζονται συνήθως μέσω του ξένου πράκτορα (Foreign Agent / FA). Η δρομολόγηση των πακέτων από και προς το MN περιγράφεται παρακάτω:

Ένα μήνυμα φθάνει στο MN από το HA. Το τελευταίο προωθεί το μήνυμα στην Care-of Address του MN, με μια τεχνική που καλείται tunneling. Συγκεκριμένα, στα IP πακέτα που έχουν στην επικεφαλίδα τους ως διεύθυνση προορισμού την σταθερή IP διεύθυνση του MN, προστίθεται μια εξωτερική επικεφαλίδα IP, με διεύθυνση προορισμού, την Care-of Address του MN. Όταν τα πακέτα φθάσουν στον τελικό τους προορισμό, η εξωτερική αυτή επικεφαλίδα αφαιρείται και προωθείται στο MN. Στην άλλη κατεύθυνση, τα μηνύματα από το MN δρομολογούνται κανονικά στο CN, με το FA να λειτουργεί ως δρομολογητής (router) και πύλη (gateway) για το MN, χωρίς την παρέμβαση του HA. Η παραπάνω διαδικασία συνοψίζεται στην εικόνα 2-4:



Εικόνα 2-4: MN σε Ξένο Δίκτυο

1. Πακέτα από το MN κατευθύνονται στο CN, αφού πρώτα περάσουν από το FA.
2. Το FA προωθεί τα πακέτα στο CN, λειτουργώντας έτσι σαν πύλη για το MN.
3. Πακέτα από το CN, κατευθύνονται στο MN, αφού πρώτα περάσουν από το HA, όπου και υπόκεινται στην διαδικασία του tunneling.
4. Πακέτα στέλλονται μέσω του τούνελ στο FA.
5. Πακέτα στέλλονται μέσω ασύρματης σύνδεσης στο MN.

3.3 Ανακάλυψη Πρακτόρων Κινητικότητας

Σε αυτό το τμήμα εξετάζεται ο τρόπος με τον οποίο το MN κατανοεί την αλλαγή του δικτύου και εντοπίζει τον πράκτορα κινητικότητας του νέου δικτύου στο οποίο εισήχθη, προκειμένου να συνεχίσει να χρησιμοποιεί τις κινητές υπηρεσίες IP.

Η ανακάλυψη τέτοιων πρακτόρων βασίζεται στο ICMP Router Advertisement πρωτόκολλο [6]. Παρόλο που το ICMP είναι κομμάτι του IP, ωστόσο βρίσκεται ένα επίπεδο παραπάνω. Τα ICMP διαγράμματα, ενσωματώνονται στα διαγράμματα δεδομένων IP (όπως και τα διαγράμματα δεδομένων UDP & TCP). Μετά την IP επικεφαλίδα, προστίθεται η αντίστοιχη ICMP επικεφαλίδα, όπως περιγράφεται από το RFC 1256 και στην συνέχεια οι Mobile IP επεκτάσεις.

3.3.1 Μεταβαλλόμενη Επαλήθευση Υποδικτύων / Subnetwork Changing Verification

Δύο αλγόριθμοι προτείνονται για την επισήμανση της αλλαγής υποδικτύων από το MN:

- § Ο πρώτος είναι βασισμένος στο πεδίο διάρκειας ζωής του μηνύματος διαφήμισεων πρακτόρων (AA Message). Αν δεν λάβει κανένα μήνυμα από τον AA, πριν τελειώσει ο χρόνος που προσδιορίζεται για αυτό το πεδίο, υποθέτει ότι η σύνδεση με τον συγκεκριμένο FA έχει χαθεί. Σε αυτήν την περίπτωση, εάν στο μεταξύ έχει λάβει μια άλλη διαφήμιση πρακτόρων από έναν άλλον FA, μπορεί να ακολουθήσει τη διαδικασία εγγραφής, ειδάλλως, πρέπει να ψάξει έναν νέο FA, με την αποστολή ενός μηνύματος παράκλησης πρακτόρων.
- § Ο δεύτερος αλγόριθμος χρησιμοποιεί τη IP διεύθυνση του FA. Το MN, βασισμένο στην αρχική IP της διαφήμισης πρακτόρων, μπορεί να καθορίσει εάν ο νέος FA είναι στο ίδιο υποδίκτυο, κοιτώντας την Care-of Address. Εάν είναι σε ένα διαφορετικό, μπορεί να υποθέσει ότι έχει κινηθεί προς ένα νέο υποδίκτυο και αρχίζει τη διαδικασία εγγραφής με το νέον FA.

4 Πρωτόκολλο ολοκλήρωσης περιόδου επικοινωνίας / Session Initiation Protocol (SIP)

Το πρωτόκολλο αυτό σχεδιάστηκε από το IETF και την ομάδα εργασίας SIP και σαν στόχο έχει την καθιέρωση, τη διαχείριση και τη λήξη των περιόδων επικοινωνίας με έναν ή περισσότερους συμμετέχοντες. Οι προδιαγραφές του πρωτοκόλλου αυτού, τέθηκαν πρώτα από το RFC 2543, ενώ η πιο πρόσφατη έκδοση από το RFC 3061.

Το SIP είναι ένα πρωτόκολλο σηματοδότησης, που χρησιμοποιείται για την εγκατάσταση και τερματισμό συνόδων (session). Συνήθως χρησιμοποιείται για συνδέσεις πολυμέσων καθώς και για συνδέσεις με έναν ή περισσότερους χρήστες.

Με τον όρο "session", σημαίνει την ανταλλαγή στοιχείων μεταξύ των κατάλληλων αλληλένδετων οντοτήτων. Στην περίπτωση του SIP, οι περίοδοι επικοινωνίας περιλαμβάνουν την τηλεφωνική επικοινωνία μέσω διαδικτύου, τη μετάδοση και τις διασκέψεις πολυμέσων, και τις σε πραγματικό χρόνο υπηρεσίες. Για την επιτυχή παροχή αυτών των υπηρεσιών, διάφορα πρωτόκολλα έχουν εφευρεθεί. Το πρωτόκολλο SIP συνεργάζεται με αυτά τα πρωτόκολλα, δεδομένου ότι δίνει τη δυνατότητα στις οντότητες του δικτύου που ονομάζεται πράκτορες χρηστών (User Agents) για να ανακαλύψει η μια την άλλη και να συμφωνήσει για τα χαρακτηριστικά των περιόδων επικοινωνίας μεταξύ τους.

Το SIP υποστηρίζει την προσωπική κινητικότητα (personal mobility), δηλαδή τη δυνατότητα που δίνεται σε έναν χρήστη να εντοπίζεται ανεξαρτήτως της τοποθεσίας που βρίσκεται και της συσκευής που χρησιμοποιεί. Η προσωπική κινητικότητα βασίζεται στην στην χρήση μιας μοναδικής και σταθερής προσωπικής ταυτότητας (constant identifier). Οι SIP URI διευθύνσεις, που ανατίθενται στους χρήστες SIP είναι διευθύνσεις τύπου e-mail, της μορφής "user@host". Με τον τρόπο αυτό, οι χρήστες αναγνωρίζονται μοναδικά.

Το SIP υποστηρίζει επίσης την κινητικότητα υπηρεσίας, δηλαδή την ικανότητα να παρέχει στους χρήστες τις ίδιες και αδιάλειπτες υπηρεσίες όταν κινούνται σε διαφορετικά και ξένα περιβάλλοντα καθώς και την κινητικότητα συνόδου, την ικανότητα δηλαδή να διατηρούνται οι ενεργοποιημένες σύνοδοι ενός χρήστη, όταν αλλάζει τερματικό.

Τα παραπάνω επιτυγχάνονται με την ανταλλαγή των συγκεκριμένων τύπων μηνυμάτων μεταξύ των οντοτήτων. Πρέπει να διαπιστωθεί ότι η SIP ως πρωτόκολλο στρώματος εφαρμογής αυτό δεν εξαρτάται από τον τύπο του δικτύου ή τον τύπο της καθιερωμένης περιόδου επικοινωνίας. Παραδείγματος χάριν, μπορεί να συνεργαστεί και με τα IPv4δίκτυα και IPv6. Κατά συνέπεια, η SIP μόνο, δεν παρέχει τις υπηρεσίες, αλλά τις βασικές λειτουργίες απαραίτητες για την καθιέρωση και τη διαχείριση των περιόδων επικοινωνίας που απαιτούνται από τις διάφορες υπηρεσίες για την εφαρμογή τους.

Η φύση λειτουργίας της SIP ως γενικής χρήσης πρωτόκολλο καθιστά τα ζητήματα ασφάλειας πολύ σημαντικά. Μια σειρά λειτουργιών σχετικά με την ασφάλεια παρέχεται ως επιθέσεις άρνησης υπηρεσιών (Deny of Service), πιστοποίηση ταυτότητας των συμμετεχουσών οντοτήτων, προστασία ενάντια στη φθορά στοιχείων και σύστημα κρυπτογραφίας.[7]

Οι βασικές λειτουργίες του SIP πρωτοκόλλου είναι οι ακόλουθες:

- § Επισήμανση του σημείου πρόσβασης του δικτύου για την επικοινωνία με το χρήστη
- § Έλεγχος της διαθεσιμότητας των χρηστών
- § Έλεγχος των δυνατοτήτων χρηστών για τον προσδιορισμό των παραμέτρων των μέσων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στην περίοδο επικοινωνίας
- § Καθιέρωση περιόδου επικοινωνίας
- § Διαχείριση και λήξη της περιόδου επικοινωνίας

Σε ένα δίκτυο σηματοδότησης που υλοποιεί το Πρωτόκολλο Έναρξης Συνόδου (SIP), μπορούν να υπάρχουν μέχρι και 4 οντότητες. Κάθε οντότητα έχει συγκεκριμένες λειτουργίες και συμμετέχει σε μια αμφίδρομη επικοινωνία σαν εξυπηρετητής (server) ο οποίος απαντά σε αιτήσεις, σαν πελάτης (client) ο οποίος αρχικοποιεί αιτήσεις ή ακόμα μπορεί να εκτελεί και τις δύο λειτουργίες.

Οι 4 λογικές οντότητες ενός δικτύου SIP, είναι οι παρακάτω :

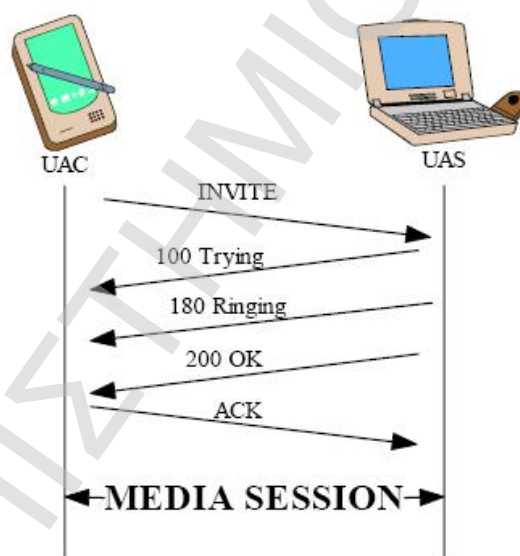
1. Πράκτορας Χρήστη (User Agent): Αρχικοποιεί και τερματίζει συνόδους ανταλλάζοντας αιτήσεις και αποκρίσεις μεταξύ άλλων οντοτήτων του δικτύου. Αυτός, όπως υποδηλώνει και το όνομά του, καθοδηγείται από τις εντολές που δέχεται από τον χρήστη, ενεργεί εκ μέρους του εγκαθιδρύοντας ή τερματίζοντας συνόδους για την έναρξη κλήσεων πολυμέσων. Ένας πράκτορας χρήστη υλοποιεί λειτουργίες πελάτη (User Agent Client) καθώς και λειτουργίες εξυπηρετητή (User Agent Server). Ο πρώτος αρχικοποιεί αιτήσεις ενώ ο δεύτερος απαντά σε αιτήσεις παράγοντας τις κατάλληλες αιτήσεις.
2. Πληρεξούσιος Εξυπηρετητής (Proxy Server): Πρόκειται για μια ενδιάμεση οντότητα που υλοποιείται στο δίκτυο σηματοδότησης δρώντας τόσο σαν εξυπηρετητής όσο και ως πελάτης, με σκοπό να πραγματοποιήσει αιτήσεις εκ μέρους άλλων πελατών που βρίσκονται στα όρια της κάλυψής του.
3. Εξυπηρετητής Ανακατεύθυνσης (Redirect Server): Δέχεται αιτήσεις από πράκτορες χρήστη και αποκρίνεται πίσω σε αυτούς χωρίς να προωθεί περαιτέρω τις αιτήσεις όπως θα έκανε ένας proxy server.
4. Εξυπηρετητής Εγγραφών (Registration Server ή Registrar): Δέχεται μόνο αιτήσεις εγγραφής απορρίπτοντας άλλα μηνύματα. Καθώς ένας κινητός χρήστης αλλάζει περιοχή αποκτά νέα IP και πρέπει να εγγραφεί στην τοπική βάση δεδομένων αλλά και στην οικεία του, έτσι ώστε να μπορεί να τον εντοπίσει κάθε φορά

4.1 Μηνύματα του πρωτοκόλλου SIP

Υπάρχουν δύο ειδών μηνυμάτων στο πρωτόκολλο SIP, τα μηνύματα αίτησης, τα οποία αποστέλλονται από τον πελάτη προς τον εξυπηρετητή και μηνύματα απόκρισης, με αντίθετη κατεύθυνση.

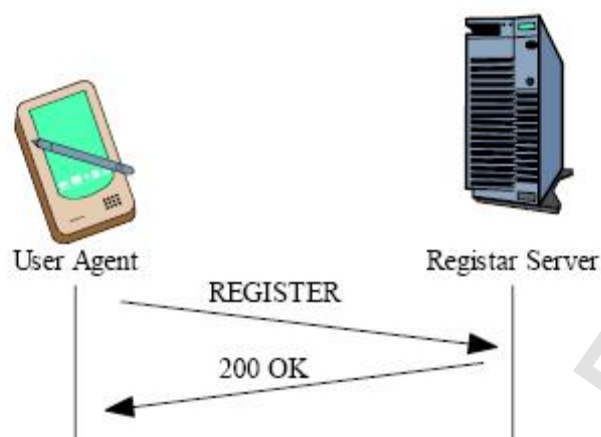
Τα μηνύματα αίτησης είναι 13. Τα μηνύματα INVITE, REGISTER, BYE, ACK, CANCEL και OPTIONS, αποτελούν τις αρχικές μεθόδους που είχαν υλοποιηθεί στο SIP. Τα υπόλοιπα μηνύματα είναι τα, REFER, SUBSCRIBE, NOTIFY, MESSAGE, UPDATE, INFO και PRACK. Στο κεφάλαιο αυτό, θα ασχοληθούμε μόνο με τα 5 από τα 13.

1. Μήνυμα INVITE: Χρησιμοποιείται για την έναρξη της συνόδου μεταξύ δυο πρακτόρων. Στο μήνυμα INVITE, που αποστέλλεται από κάποιο πράκτορα χρήστη περιέχονται πληροφορίες σχετικές με το QoS της υπηρεσίας που θα εγκατασταθεί, πληροφορίες ασφάλειας. Μια σύνοδος αρχικοποιείται όταν ο πράκτορας χρήστη του καλούντα λάβει, το μήνυμα 200 OK και αποστέλλει σε αυτόν το μήνυμα ACK.



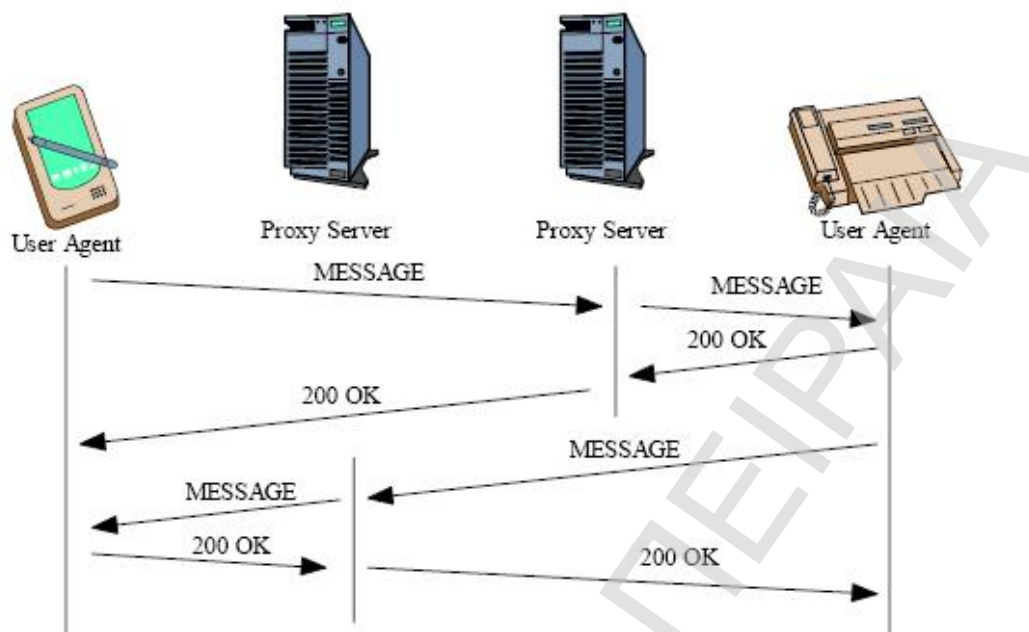
Εικόνα 2-5: Invite Μήνυμα

2. Μήνυμα REGISTER: Το μήνυμα αυτό αποστέλλεται από έναν πράκτορα χρήστη, με σκοπό να κοινοποιηθεί στο δίκτυο SIP, την παρούσα διεύθυνσή του, την οποία και την τοποθετεί στο πεδίο CONTACT του μηνύματος. Τα μηνύματα αυτά, κατευθύνονται προς τον εξυπηρετητή εγγραφών, ο οποίος ενημερώνει την βάση δεδομένων της περιοχής του.



Εικόνα 2-6: Register Μήνυμα

3. Μήνυμα BYE: Το μήνυμα αυτό χρησιμοποιείται για τον τερματισμό μιας συνόδου που έχει εγκατασταθεί εκ των προτέρων μέσω του μηνύματος INVITE. Το μήνυμα BYE, αποστέλλεται μόνο από τον πράκτορα χρήστη, ο οποίος θέλει να τερματίσει την σύνοδο και ποτέ από πληρεξούσιους εξυπηρετητές.
4. Μήνυμα ACK: Αποστέλλεται ως αναφορά λήψης των μηνυμάτων τελικής απόκρισης που αποστέλλονται κατά την διάρκεια της ροής των μηνυμάτων που ακολουθούν το INVITE.
5. Μήνυμα MESSAGE: Χρησιμοποιείται για την μεταφορά σύντομων μηνυμάτων πάνω από το πρωτόκολλο SIP. Τα μηνύματα αυτά μπορούν να αποστέλλονται σε πραγματικό χρόνο μεταξύ δυο πρακτόρων χρήστη και μπορούν να αποστέλλονται κατά την παρουσία συνόδου ή χωρίς αυτή.



Εικόνα 2-7: Message Μήνυμα

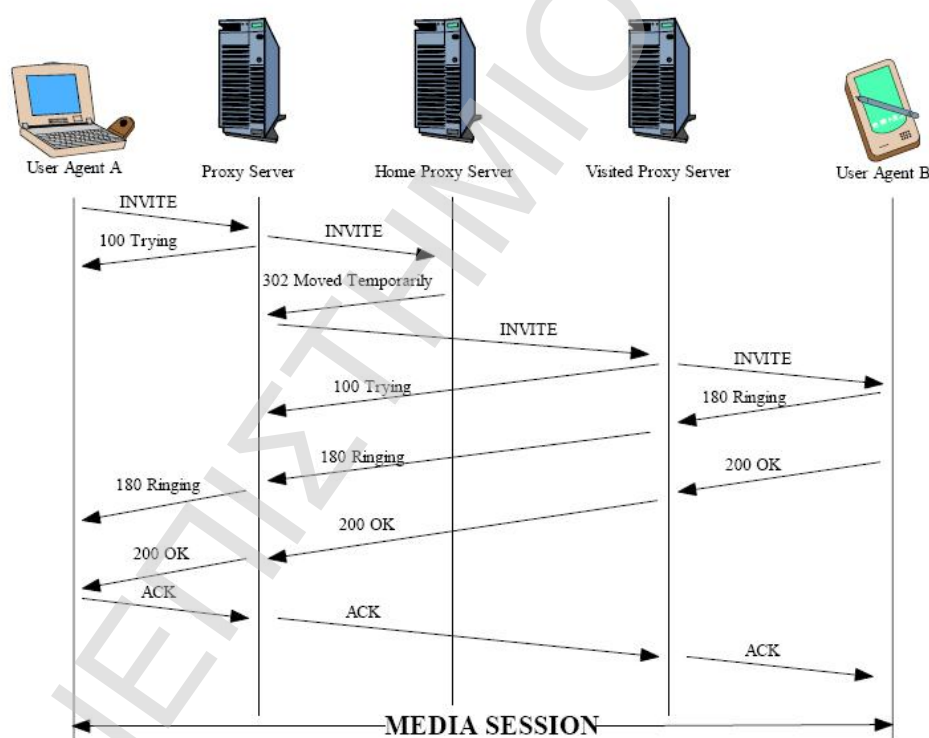
Τα μηνύματα απόκρισης, είναι μηνύματα που παράγονται από ένα πράκτορα χρήστη εξυπηρετητή ή έναν εξυπηρετητή SIP, προκειμένου να ανταποκριθούν σε κάποια αίτηση ενός πράκτορα χρήστη πελάτη.

Υπάρχουν 6 κλάσεις μηνυμάτων απόκρισης στο Πρωτόκολλο Έναρξης Συνόδου, οι οποίες φαίνονται παρακάτω:

Κλάση	Περιγραφή	Ενημέρωση
1xx	Ενημέρωση	Δηλώνει την κατάσταση της κρίσης πριν την ολοκλήρωση
2xx	Επιτυχής Έκβασης	Επιτυχημένη Αίτηση. Αν πρόκειται για απόκριση σε μήνυμα INVITE, το μήνυμα ACK, πρέπει να αποσταλεί εκεί.
3xx	Ανακατεύθυνση	Ο εξυπηρετητής υποδηλώνει πιθανές διευθύνσεις.
4xx	Σφάλμα Πελάτη	Η αίτηση απέτυχε λόγω λάθους που έκανε ο πελάτης.
5xx	Αποτυχία Εξυπηρετητή	Η αίτηση απέτυχε λόγω λάθους που έκανε ο εξυπηρετητής.
6xx	Γενική Αποτυχία	Η αίτηση απέτυχε και δε συνίσταται να αποστείλει σε αυτό ή άλλο εξυπηρετητή.

Πίνακας 2-1: 6 κλάσεις μηνυμάτων απόκρισης.

- ✓ Μηνύματα Ενημέρωσης [1xx (Μήνυμα 100 Trying)]: Το μήνυμα αυτό αποστέλλεται από έναν πληρεξούσιο εξυπηρετητή ή έναν πράκτορα χρήστη κατά την διάρκεια της επεξεργασίας μιας κλήσης. Δηλώνει ότι η κλήση τυγχάνει επεξεργασίας και καταβάλλεται προσπάθεια εξεύρεσης χρήστη.
- ✓ Μηνύματα Επιτυχούς Έκβασης [2xx (Μήνυμα 200 OK)]: Το μήνυμα αυτό έχει δύο χρήσεις. Πρώτιστα, χρησιμοποιείται για την αποδοχή έναρξης συνόδων, οπότε περιέχει στο κυρίως μέρος του σώματός του τα μέσα επικοινωνίας του καλούμενου. Επίσης όταν χρησιμοποιείται ως απόκριση σε άλλες αιτήσεις, δηλώνει επιτυχή τερματισμό ή αποδοχή της αίτησης.
- ✓ Μηνύματα Ανακατεύθυνσης [3xx (Μήνυμα 302 Moved Temporarily)]: Το μήνυμα αυτό αποστέλλεται από το τοπικό πληρεξούσιο εξυπηρετητή ενός πράκτορα χρήστη, για να δηλώσει αλλαγή διεύθυνσης του πράκτορα χρήστη. Το μήνυμα περιέχει την νέα διεύθυνση του πράκτορα χρήστη προορισμού που πιθανώς να έχει αλλάξει λόγω της μετακίνησής του σε κάποια νέα περιοχή έτσι ώστε ο αποδέκτης αυτού του μηνύματος να απευθυνθεί στην νέα διεύθυνση του πράκτορα χρήστη προορισμού.



Εικόνα 2-8: Μήνυμα 302 Moved Temporarily

- ✓ Μηνύματα Σφάλμα Πελάτη [4xx (Μήνυμα 404 Not Found)]: Το μήνυμα αυτό υποδηλώνει ότι ο προς αναζήτηση, με βάση το SIP URI του, πράκτορας χρήστη, δε μπορεί να εντοπιστεί από τον εξυπηρετητή ή ο χρήστης δεν έχει προς το παρόν ενεργοποιήσει την συσκευή του.

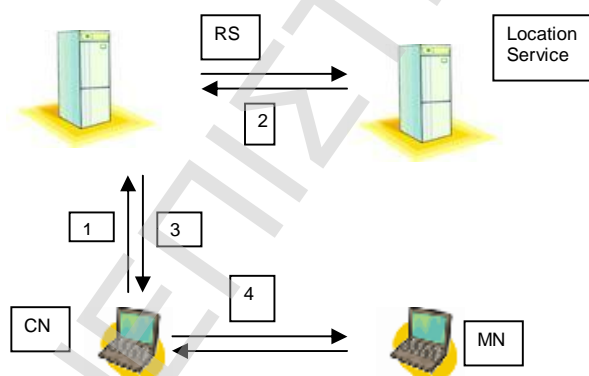
4.2 Διαχείριση Κινητικότητας με χρήση του πρωτοκόλλου SIP

Το πρωτόκολλο SIP κατανοεί τις λειτουργίες για να αντιστοιχεί ονόματα και υπηρεσίες προώθησης. Επομένως, ένας κινητός κόμβος (MN) έχει ένα ορισμένο όνομα (προσδιοριστικό) ανεξάρτητα από το δίκτυο που ανήκει και καθίσταται πιθανό τη προώθηση των συνδέσεων του στη νέα θέση του.[8]

Ο MN ανήκει σε ένα οικιακό δίκτυο, που διαθέτει SIP Registrar, αναφερόμενος ως Home Registrar (HR) και χρησιμοποιείται από το MN για να ενημερώσει το δίκτυο για τη θέση του. Όταν ο MN εισάγεται σε ένα νέο δίκτυο, λαμβάνει μια νέα διεύθυνση IP, χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο DHCP. Κατόπιν, ενημερώνει την HR για το βασικό δίκτυό της, για τη νέα θέση της (διαδικασία εγγραφής). Η HR ενημερώνει μια βάση δεδομένων θέσης.

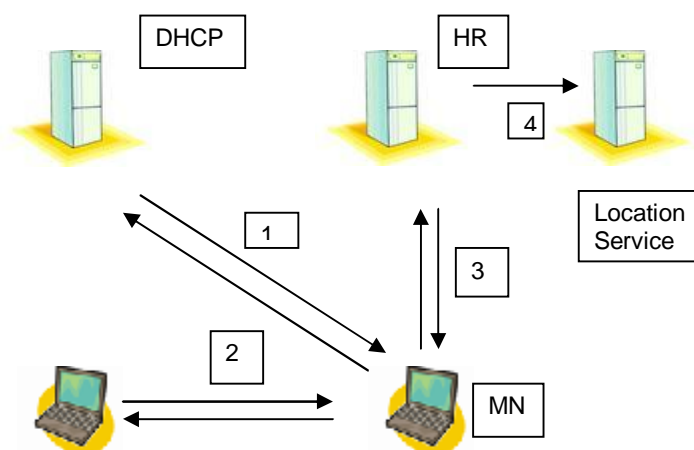
Ένας αντίστοιχος κόμβος (CN), που θέλει να επικοινωνήσει με τον MN, επικοινωνεί με τον SIP Redirect Server (SIP RS), έναν server που λαμβάνει τα αιτήματα χρηστών και τα επιστρέφει με έναν κατάλογο αποδεκτών προορισμού, ο οποίος ενημερώνεται για τη νέα θέση του MN και ενημερώνει τον CN. Επιπλέον, εάν το MN αλλάζει το δίκτυο ενώ υπάρχει μια περίοδος επικοινωνίας υπό εξέλιξη με τον CN, στέλνει σε αυτό ένα μήνυμα που περιέχει την κλήση-ταυτότητα (Call ID) της περιόδου επικοινωνίας, μια παράμετρος που καθορίζει μοναδικά μια περίοδο επικοινωνίας στην οποία συμμετέχει ο MN, και η νέα διεύθυνση IP του, προκειμένου να συνεχιστεί η επικοινωνία.[8]

Η επικοινωνία του CN με τον MN και η συντήρηση της επικοινωνίας κατά τη διάρκεια της αλλαγής δικτύων συνοψίζονται στα σχήματα 2-5 και 2-6 αντίστοιχα.



Εικόνα 2-9: Επικοινωνία του CN με τον MN

1. Η CN επικοινωνεί με το RS για να μάθει την παρούσα θέση του MN
2. Το RS ενημερώνεται για την παρούσα θέση του MN με την έρευνα σε μια βάση δεδομένων υπηρεσιών θέσης (Location Service D/B)
3. Το RS ενημερώνει τη CN για την παρούσα θέση του MN
4. Η CN επικοινωνεί με τον MN



Εικόνα 2-10: Συντήρηση επικοινωνίας κατά τη διάρκεια της αλλαγής δικτύων

1. Ο MN λαμβάνει μια νέα IP διεύθυνση από το DHCP
2. Ο MN ενημερώνει τον CN για τη νέα θέση του, για να συνεχίσει την επικοινωνία
3. Ο MN ενημερώνει την HR προκειμένου να είναι διαθέσιμος για τις νέες συνδέσεις
4. Η HR ανανεώνει την βάση δεδομένων υπηρεσιών θέσης (Location Service D/B)

4.3 Περιορισμοί του πρωτοκόλλου SIP

Οι μηχανισμοί κινητικότητας του SIP δεν μπορούν να υποστηρίξουν TCP συνδέσεις. Αυτό έγκειται στο γεγονός ότι οι TCP συνδέσεις απαιτούν σταθερά ζεύγη IP διευθύνσεων και θυρών. Έτσι σε ενδεχόμενη είσοδο κάποιου κινούμενου χρήστη σε ένα νέο υποδίκτυο (handoff), κάτι που συνεπάγεται και αλλαγή IP διεύθυνσης, οι TCP συνδέσεις κόβονται. Αυτό που προτείνεται είναι να χρησιμοποιείται κινητικότητα SIP για επικοινωνίες πραγματικού χρόνου (φωνή και video) πάνω από UDP, ενώ σε περιπτώσεις TCP συνδέσεων μακράς διάρκειας (telnet, ftp, irc) να χρησιμοποιείται το Mobile IP.

Ωστόσο, υπάρχουν κάποιες εφαρμογές TCP που μπορούν να τρέχουν σε κινούμενα τερματικά Internet (mobile Internet terminals) και να βασίζονται στην κινητικότητα με χρήση SIP. Πρόκειται για εφαρμογές που απαιτούν μικρής διάρκειας συνδέσεις μειώνοντας έτσι την πιθανότητα κάποια διαπομπή (handoff) να σπάσει την TCP σύνδεση.

Στις εφαρμογές αυτές συμπεριλαμβάνονται οι πλοήγηση στο διαδίκτυο (web browsing) καθώς και οι συνδιαλλαγές e-mail (SMTP mail upload, POP/IMAP mail retrieval). Εκτός από τη μικρή τους διάρκεια τα πρωτόκολλα αυτού του είδους έχουν τη δυνατότητα επαναφοράς εφαρμογών (application-layer recovery) γιατί είναι σχεδιασμένα να λειτουργούν σε περιβάλλοντα ευάλωτα σε διακοπές, όπως οι συνδέσεις dial-up.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

Wireless Local Area Networks (WLAN)

1. Εισαγωγή

Κατά τη διάρκεια των προηγούμενων οκτώ ετών, οι ασύρματες επικοινωνίες έχουν γίνει εξαιρετικά δημοφιλείς. Οι ενσύρματες λύσεις που εφαρμόστηκαν από τότε ήταν ανεπαρκείς να ικανοποιήσουν όλες τις ανάγκες του σύγχρονου κόσμου. Τα ασύρματα δίκτυα επιτρέπουν στους χρήστες για να συνδεθούν με ένα δίκτυο ανεξάρτητα από τη θέση τους κάθε χρονική στιγμή. Η επιτυχέστερη ασύρματη τεχνολογία δικτύωσης μέχρι τώρα είναι τα IEEE 802.11 πρότυπα.

Οι ασύρματοι χρήστες δικτύων έχουν δύο πλεονεκτήματα: κινητικότητα και ευελιξία. Μπορούν να συνδεθούν με τα υπάρχοντα δίκτυα και να περιπλανηθούν ελεύθερα. Εφ' όσον είναι μέσα στην εμβέλεια ενός σταθμού βάσης, μπορούν να την χρησιμοποιήσουν για να εργαστούν οπουδήποτε θέλουν. Τα ασύρματα δίκτυα χρησιμοποιούν διάφορους σταθμούς βάσης για να καλύψουν την απαραίτητη περιοχή, προκειμένου οποιοσδήποτε εξουσιοδοτημένος χρήστης να είναι σε θέση να συνδεθεί με το δίκτυο από οποιαδήποτε θέση σε αυτήν την δεδομένη περιοχή. Μια άλλη εφαρμογή των ασύρματων δικτύων είναι η σύνδεση μέσω των λεγόμενων hot spots. Η πρόσβαση στο Διαδίκτυο γίνεται απρόσκοπτα, από μέρη γενικού ενδιαφέροντος (αεροδρόμια, λιμάνια, καφετέριες, δημόσιες υπηρεσίες), με μόνη προϋπόθεση, να διαθέτει ο χρήστης συσκευή με ασύρματη κάρτα δικτύου.

1.1 Φάσμα Συχνοτήτων

Οι ασύρματες συσκευές περιορίζονται για να λειτουργήσουν σε μια ορισμένη ζώνη συχνοτήτων. Κάθε ζώνη συνδέεται με ένα εύρος ζώνης (bandwidth). Ο όρος εύρος ζώνης, χρησιμοποιείται για να εκφράσει την περιοχή των συχνοτήτων που μεταδίδονται δεδομένα χωρίς σημαντική εξασθένηση. Το εύρος ζώνης, είναι μια φυσική ιδιότητα του μέσου μετάδοσης – στην περίπτωση των WLAN μέσω μετάδοσης είναι ο αέρας – και εξαρτάται συνήθως από την κατασκευή, το πάχος και το μήκος του μέσου.

Το 1997, το IEEE (Institute of Electric and Electronics Engineering) δημιούργησε τα πρώτα WLAN πρότυπα, 802.11, που ονομάστηκαν μετά από την ομάδα που τα ανέπτυξε. Αρχικά αυτά τα πρότυπα είχαν πολύ χαμηλό εύρος ζώνης (2 Mbps), έτσι το 1999 επεκτάθηκαν σε δύο νέες προδιαγραφές, τα 802.11a και 802.11b. Το 802.11a χρησιμοποιεί την συχνότητα 5 GHz και έχει εύρος ζώνης μέχρι 54 Mbps. Το πρότυπο 802.11b χρησιμοποιεί την συχνότητα 2,4 GHz και έχει εύρος ζώνης που φτάνει μέχρι 11 Mbps. Αυτά τα δύο πρότυπα είναι μη συμβατά μεταξύ τους, επειδή χρησιμοποιούν διαφορετικές συχνότητες.

Το 2002 και το 2003, ένα νέο πρότυπο εμφανίστηκε στην αγορά, το 802.11g. Το πρότυπο αυτό, προσπαθεί να συνδυάσει όσο το δυνατόν καλύτερα τα πρότυπα 802.11a και 802.11b. Υποστηρίζει εύρος ζώνης μέχρι 54 Mbps, και χρησιμοποιεί τη συχνότητα 2,4 GHz για μεγαλύτερη ακτίνα δράσης. Μέχρι τώρα, το 802.11b είναι αυτό που χρησιμοποιείται περισσότερο. Στον παρακάτω πίνακα, εμφανίζονται τα πρότυπα της οικογένειας 802.11 με τα κυριότερα χαρακτηριστικά αυτών [9]:

Έκδοση	Ημερομηνία	Ζώνη Συχνοτήτων	Ταχύτητα	Εμβέλεια εσωτερικών χώρων	Σχόλιο
802.11	1997	2.4GHz	2Mb/s	~ 20m	Το κλασικό πρότυπο, τώρα σε αχρηστία
802.11b	1999	2.4GHz	5.5 Mbps 11 Mbps	~38m	Το πλέον επιτυχές εμπορικά, καθιέρωσε αρχικά τον όρο WiFi
802.11a	1999	5 GHz	Έως 54 Mbps	~35m	Άγνωστη εμπορική πορεία λόγω ασυμβατότητας με το 802.11b
802.11g	2003	2.4 GHz	Έως 54 Mbps	~38 m	Αντικαταστάτης του 802.11b με μεγάλη εμπορική επιτυχία
802.11f ή IAPP , το οποίο επιτρέπει άμεση επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών AP ώστε να εξαιρεθεί η απώλεια πλαισίων κατά τη μεταγωγή. Ο σχετικός μηχανισμός ενεργοποιείται από ένα αίτημα επανασυσχέτισης					
802.11e ή QoS το οποίο προσπαθεί να διασφαλίσει ποιότητα υπηρεσιών για εφαρμογές πραγματικού χρόνου που εκτελούνται πάνω σε ένα WLAN ελαχιστοποιώντας ή μεγιστοποιώντας ένα από τα παρακάτω κριτήρια: μέση καθυστέρηση από άκρο σε άκρο, μέση μεταβολή της καθυστέρηση ή μέσο ποσοστό επιτυχούς παράδοσης πλαισίων.					
802.11n, το οποίο με χρήση πολλαπλών κεραιών (μέθοδος γνωστή ως MIMO, εκ του Multiple Inputs Multiple Outputs) αναμένεται να παρέχει ονομαστικό ρυθμό μετάδοσης τουλάχιστον 108 Mbps. Σε αντίθεση με τα δύο προηγούμενα πρόκειται να τυποποιηθεί σύντομα και να κυκλοφορήσουν εμπορικά προϊόντα βασισμένα σε αυτό. Μάλιστα κάρτες ασύρματης δικτύωσης συμβατές με το 802.11n έχουν ήδη βγει στην αγορά από ορισμένους προμηθευτές, χωρίς να έχει οριστικοποιηθεί ακόμα το επίσημο πρότυπο (αναμένεται στα τέλη του 2009).					

Πίνακας 3-1: Σύγκριση προτύπων 802.11

1.2 Περιορισμοί Ασύρματης Δικτύωσης

Αν και τα ασύρματα δίκτυα έχουν πολλά πλεονεκτήματα, δεν μπορούν να αντικαταστήσουν τα σταθερά δίκτυα. Η ταχύτητα των ασύρματων δικτύων περιορίζεται από το διαθέσιμο εύρος ζώνης. Το ασύρματο μέσο είναι αναξιόπιστο, και η απώλεια πλαισίων είναι ένα έντονο πρόβλημα, το οποίο απαιτεί μια προσεκτικότερη επικύρωση των λαμβανόμενων πλαισίων.

Ένας άλλος παράγοντας είναι η ασφάλεια. Στα ασύρματα δίκτυα, οι μεταδόσεις δικτύων είναι διαθέσιμες σε καθέναν, ο οποίος βρίσκεται στην περιοχή δράσης του πομπού, με την χρήση μιας κατάλληλης κεραίας.

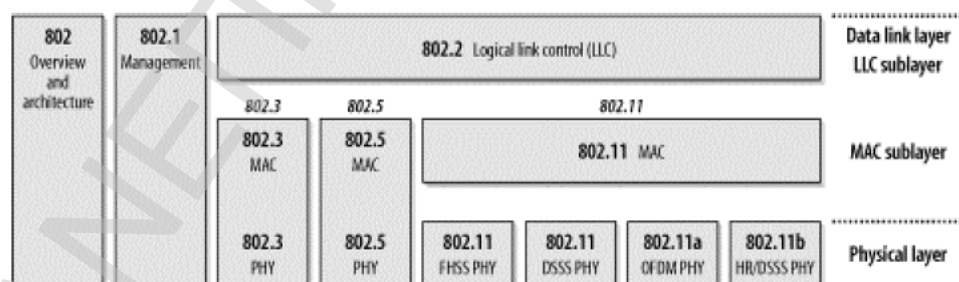
Αφ' ετέρου, σε ένα ενσύρματο δίκτυο, τα σήματα ταξιδεύουν μέσα στα καλώδια, με αποτέλεσμα να μπορούν να προστατευθούν ευκολότερα, χρησιμοποιώντας τις φυσικές μεθόδους ελέγχου πρόσβασης.

2. Επισκόπηση 802.11 Δικτύων

Τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται από όλες τις παραλλαγές του 802, έχουν κάποια κοινά στοιχεία στην δομή τους. Το φυσικό επίπεδο αντιστοιχεί πιστά με το φυσικό επίπεδο του OSI, αλλά το επίπεδο συνδέσμου μετάδοσης δεδομένων για όλα τα 802 διαιρείται σε δύο ή περισσότερα υποεπίπεδα.

Στο 802.11, το υποεπίπεδο MAC (Media Access Control / Ελέγχου Προσπέλασης Μέσων) ορίζει πώς γίνεται η εκχώρηση του καναλιού, δηλαδή ποιος θα μεταδώσει στην συνέχεια. Πάνω από αυτό βρίσκεται το υποεπίπεδο LLC (Logical Link Control / Έλεγχος Λογικού Συνδέσμου), το οποίο κρύβει τις διαφορές ανάμεσα στα διαφορετικά πρότυπα του 802 έτσι ώστε να κάνει τις παραλλαγές αυτές "αόρατες", όσο αφορά το επίπεδο δικτύου.

Στο σχήμα 3-1, εμφανίζεται η σχέση μεταξύ των διάφορων συστατικών της οικογένειας 802 και η θέση τους στο μοντέλο OSI [10].



Εικόνα 3-1: Οικογένεια 802 και συσχέτιση με μοντέλο OSI

Βασικά, οι IEEE 802 προδιαγραφές εξετάζουν το φυσικό επίπεδο και το στρώμα σύνδεσης δεδομένων (Data Link Layer) του OSI. Όλα τα 802 δίκτυα έχουν και τη MAC και ένα φυσικό τμήμα (PHY). Η MAC είναι ένα σύνολο κανόνων για να καθοριστούν οι τρόποι πρόσβασης στο μέσο μετάδοσης, ενώ το PHY θέτει τις λεπτομέρειες της διαβίβασης και της λήψης των δεδομένων.[10]

Το πρότυπο 802.11 καθορίζει πέντε επιτρεπόμενες τεχνικές μετάδοσης για το φυσικό επίπεδο:

- § **Μέθοδος Υπερύθρων**, σε μήκη κύματος μεταξύ 850 και 950 nm με ρυθμούς μετάδοσης 1 και 2 Mbps
- § **FHSS** (Frequency Hopping Spread Spectrum / Εξάπλωση Φάσματος με Συνεχή Αλλαγή Συχνότητας), στην ISM μπάντα των 2,4 GHz με ρυθμούς μετάδοσης 1 και 2 Mbps
- § **DSSS** (Direct Sequence Spread Spectrum / Εξάπλωση Φάσματος Άμεσης Ακολουθίας), στην ISM μπάντα των 2,4 GHz με ρυθμούς μετάδοσης 1 και 2 Mbps
- § **OFDM** (Orthogonal Frequency Division Multiplexing / Ορθογώνια Πολύπλεξη με Διάρθρωση Συχνότητας)
- § **HR – DSSS** (High Rate Direct Sequence Spread Spectrum / Υψηλού Ρυθμού Μετάδοσης Εξάπλωση Φάσματος Άμεσης Ακολουθίας)
- § **Μόνο για το 802.11g**, το οποίο χρησιμοποιεί την OFDM, αλλά στην στενή ζώνη ISM (Industrial Scientific and Medical band) των 2.4 GHz.

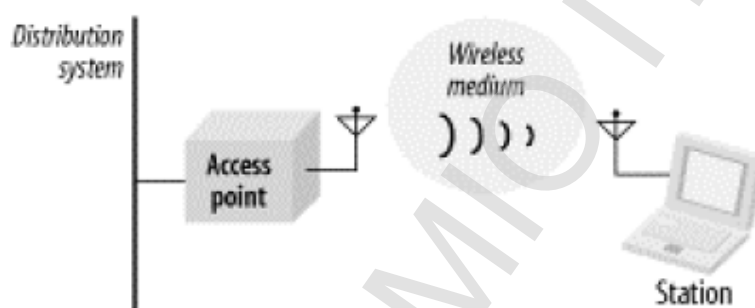
Η χρήση των ράδιο-κυμάτων ως φυσικό στρώμα απαιτεί ένα σχετικά σύνθετο PHY. Το 802.11 χωρίζει το PHY σε δύο γενικά συστατικά: η φυσική διαδικασία σύγκλισης στρώματος (PLCP / Physical Layer Convergence Procedure), προκειμένου να απεικονιστούν τα πλαίσια της MAC επάνω στο μέσο μετάδοσης, και ένα φυσικό μέσο εξαρτώμενο σύστημα (PMD / Physical Medium Dependent) προκειμένου να μεταδοθούν αυτά τα πλαίσια.

2.1 Σχεδίαση 802.11 Δικτύων

Τα 802.11 δίκτυα αποτελούνται από τέσσερα βασικά στοιχεία:

- § Το σύστημα διανομής (Distribution System),
- § Τα σημεία πρόσβασης (Access Points),
- § Το ασύρματο μέσο (Wireless Medium) και
- § Τους σταθμούς (Stations)

Στην εικόνα 3-2 απεικονίζονται τα βασικά στοιχεία ενός τέτοιου δικτύου



Εικόνα 3-2: Βασικά στοιχεία δομής 802.11 [10]

Το σύστημα διανομής είναι το λογικό συστατικό του 802.11. Χρησιμοποιείται για να προωθήσει τα πλαίσια στον προορισμό τους, δεδομένου ότι τα σημεία πρόσβασης πρέπει να επικοινωνήσουν το ένα με το άλλο προκειμένου να ανιχνεύεται η μετακίνηση των κινητών σταθμών.

Τα σημεία πρόσβασης είναι συσκευές που χρησιμοποιούνται για να εκτελέσουν την σύνδεση από μια ασύρματη σύνδεση σε μια ενσύρματη.

Το ασύρματο μέσο είναι το μέσο που χρησιμοποιείται από αυτά τα πρότυπα προκειμένου να μεταφερθούν τα δεδομένα από έναν σταθμό σε κάποιον άλλον.

Τέλος, οι σταθμοί είναι συσκευές, που διαθέτουν ασύρματο network interface.

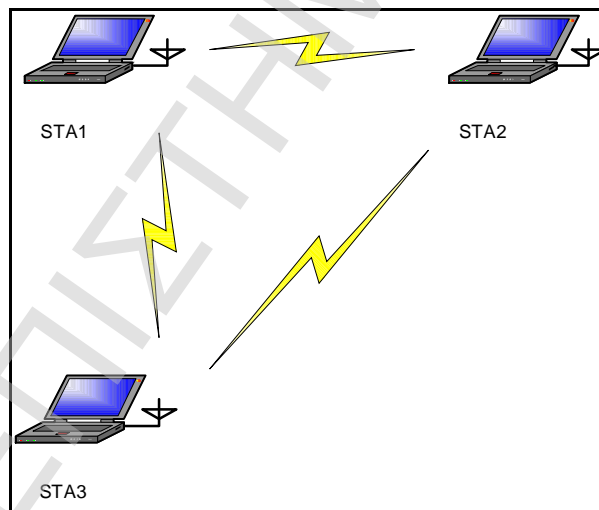
2.1.1 Τύποι Διαδικτύου

Το βασικό δομικό στοιχείο της αρχιτεκτονικής 802.11 είναι η κυψέλη, γνωστή σαν βασικό σύνολο υπηρεσίας (basic service set, BSS). Ένα BSS περιέχει τυπικά έναν ή περισσότερους ασύρματους σταθμούς και έναν κεντρικό σταθμό βάσης, γνωστό σαν σημείο πρόσβασης (access point, AP).

Οι ασύρματοι σταθμοί, που μπορεί να είναι σταθεροί ή κινητοί και ο κεντρικός σταθμός βάσης επικοινωνούν μεταξύ τους χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο ασύρματου MAC IEEE 802.11. Πολλαπλά AP μπορούν να συνδέονται μεταξύ τους (για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας ένα ενσύρματο Ethernet ή ένα άλλο ασύρματο κανάλι) για να δημιουργήσουν ένα σύστημα κατανομής (distribution system, DS). Το DS φαίνεται στα πρωτόκολλα ανώτερου επιπέδου (για παράδειγμα, στο IP) σαν ένα μόνο δίκτυο 802, όπως ένα γεφυρωμένο δίκτυο Ethernet 802.3 φαίνεται σαν ένα μόνο δίκτυο 802 στα πρωτόκολλα ανώτερου επιπέδου.

Υπάρχουν 2 τύποι BSS's: το **IBSS** (Independent BSS) , ο ελληνικός όρος του οποίου είναι ανεξάρτητο δίκτυο και το **Infrastructure BSS**, ήτοι δίκτυα υποδομής.

Σε ένα independent δίκτυο κάθε σταθμός επικοινωνεί απευθείας με όλους τους υπόλοιπους, σε ad hoc mode. Το BSS σε αυτήν την περίπτωση ονομάζεται και IBSS (Independent BSS) ή ad hoc BSS. Το IBSS αποτελείται το λιγότερο από δύο σταθμούς και είναι ο απλούστερος τύπος ασύρματου δικτύου. Ένα IBSS φαίνεται στην εικόνα 3-3



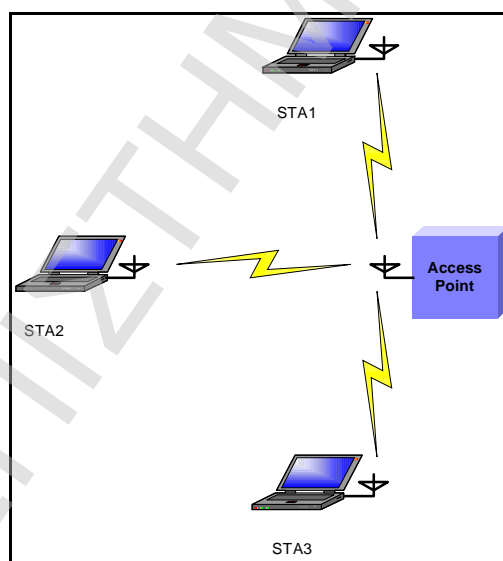
Εικόνα 3-3: IBSS (Independent BSS) [10]

Ο άλλος τύπος δικτύου είναι το infrastructure δίκτυο. Σε αυτήν την περίπτωση έχουμε ένα ή περισσότερα AP - όπου το AP, εκτός από το ότι συνδέει το BSS με το ενσύρματο δίκτυο, είναι υπεύθυνο για την ανταλλαγή πλαισίων μεταξύ των σταθμών και γενικότερα για τον κεντρικό έλεγχο της λειτουργίας του BSS. Όταν ένας σταθμός θέλει να στείλει ένα πλαίσιο σε έναν άλλο σταθμό, το πλαίσιο αρχικά αποστέλλεται στο AP και αυτό το στέλνει στον τελικό προορισμό του (single hop operation). Η BSA σε αυτήν την περίπτωση είναι η περιοχή όπου υπάρχει ραδιοκάλυψη από το AP. Έτσι σε αντίθεση με το IBSS, όπου

όλοι οι σταθμοί πρέπει να βρίσκονται στην περιοχή ραδιοκάλυψης των υπολοίπων, για να επικοινωνήσουν με αυτούς, εδώ αρκεί να βρίσκονται στην περιοχή ραδιοκάλυψης του AP, άσχετα με την μεταξύ τους απόσταση. Για να συμμετέχει ένας σταθμός στο BSS πρέπει να ακολουθήσει τη διαδικασία του association με το AP. Η διαδικασία αυτή ξεκινάει πάντα με πρωτοβουλία του σταθμού και εξαρτάται από τις ρυθμίσεις του AP για το αν ο σταθμός θα γίνει τελικά δεκτός στο BSS. Το πρότυπο 802.11 δεν ορίζει μέγιστο αριθμό σταθμών που μπορούν να συμμετάσχουν σε ένα BSS, αλλά υπάρχουν περιορισμοί στις διάφορες υλοποιήσεις AP – συνήθως το μέγιστο είναι 255 σταθμοί ανά AP.

Στην περίπτωση των infrastructure δικτύων, ένας αριθμός από BSSs μπορούν να συνδεθούν και να αποτελέσουν ένα Extended Service Set (ESS). Αυτό δημιουργείται ενώνοντας τα APs των BSSs μέσω ενός Wired Distribution System, δηλ. ενσύρματου δικτύου κορμού (ή και ασύρματου, δηλ. Wireless Distribution System, αν και αυτό δεν προβλεπόταν από το πρότυπο 802.11 μέχρι πρόσφατα). Με αυτόν τον τρόπο είναι εφικτή η επικοινωνία μεταξύ σταθμών που ανήκουν σε διαφορετικά BSSs αλλά στο ίδιο ESS. Σε αυτήν την περίπτωση πρέπει τα APs να επικοινωνούν στο στρώμα ζεύξης δεδομένων μέσω του δικτύου κορμού, επιτελώντας τη λειτουργία της γέφυρας για τους σταθμούς διαφορετικών BSSs. Το ESS τελειώνει όταν παρεμβληθεί μεταξύ των AP's οντότητα δικτύου που λειτουργεί σε υψηλότερο στρώμα, όπως είναι ο δρομολογητής (router).

Τα παραπάνω φαίνονται καλύτερα στην εικόνα 3-4

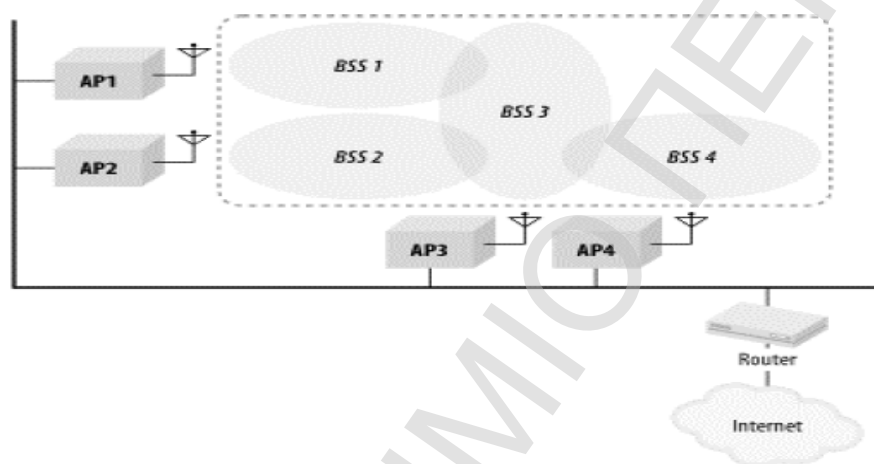


Εικόνα 3-4: Τοπολογία infrastructure BSS [10]

2.1.2 Extended Service Areas

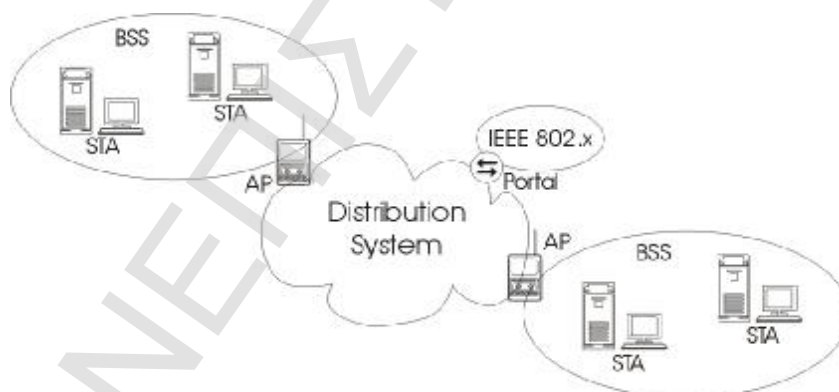
Υπάρχουν όμως περιπτώσεις που ένα 802.11 δίκτυο δεν επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες δικτύωσης, για αυτό το λόγο έχει καθοριστεί η δομή ενός περισσότερο σύνθετου τοπικού δικτύου που ονομάζεται ESS (Extended Service Set), το οποίο καθιστά δυνατή τη διασύνδεση και την επικοινωνία πολλών BSS μεταξύ τους.

Το στοιχείο που χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση των BSS ονομάζεται DS (Distribution System). Η πρόσβαση στο DS γίνεται με την βοήθεια ενός σταθμού που καλείται σημείο πρόσβασης (Access Point, AP) και παρέχει ουσιαστικά τη διασύνδεση των σταθμών που βρίσκονται σε διάφορα BSS του DS. Η εικόνα 3-5, απεικονίζει την δομή του ESS:



Εικόνα 3-5: Extended Service Area [10]

Η εικόνα 3-6 αναπαριστά γραφικά την διασύνδεση ESS :



Εικόνα 3-6: Δικτύωση ESS, Σύνδεση των BSSs με το DS μέσω AP [10]

Τα δεδομένα διακινούνται μεταξύ ενός BSS και του DS μόνο μέσω του Access Point, ενώ το DS υποστηρίζει τους τύπους κίνησης του 802.11 παρέχοντας υπηρεσίες ικανές να ελέγχουν την αντιστοίχιση (mapping) της διεύθυνσης στον προορισμό για κάθε σταθμό που μετακινείται. Η συγκεκριμένη τοπολογία, εμφανίζεται σε ένα επίπεδο LLC όπως και ένα δίκτυο IBSS, ενώ οι σταθμοί στο ίδιο ESS μετακινούνται από ένα BSS σε ένα άλλο με διαφανή τρόπο ως προς το LLC. Επίσης, το 802.11 δεν περιορίζει τη σύνθεση του DS, έτσι μπορεί να είναι συμβατό και με άλλα δίκτυα που δεν ανήκουν στην οικογένεια 802.xx, ενώ για να λειτουργήσει με ένα κλασσικό ενσύρματο τοπικό δίκτυο απαραίτητο είναι ένα μόνο επιπλέον στοιχείο γνωστό και ως portal (πύλη).

Στους παραπάνω τρόπους δικτύωσης, το πρωτόκολλο 802.11 αναγνωρίζει τρεις τύπους μετακίνησης:

- § **Απουσία μετακίνησης** που αναφέρεται όταν δεν μετακινούνται σταθμοί είτε όταν οι σταθμοί που μετακινούνται είναι μέσα σε ένα τοπικό BSS.
- § **BSS μετακίνηση**, όταν δηλαδή οι σταθμοί μετακινούνται από ένα BSS σε ένα άλλο BSS, όταν αυτό γίνεται μέσα στο ίδιο ESS.
- § **ESS μετακίνηση**, όπου οι σταθμοί μετακινούνται από ένα BSS σε ένα άλλο BSS το οποίο ανήκει όμως σε διαφορετικό ESS. Η μετακίνηση αυτή, θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι λίγο «προβληματική», αφού το 802.11 δεν εγγυάται τη διατήρηση της σύνδεσης όταν υπάρχει μετακίνηση μεταξύ διαφορετικών ESS, ωστόσο υποστηρίζει ξεκάθαρα την απουσία μετακίνησης και την BSS μετακίνηση.

3. Υπηρεσίες Δικτύου

Τα δίκτυα 802.11 βασίζονται σε εννέα υπηρεσίες προκειμένου να παρακολουθούν τους κινητούς σταθμούς και τα μεταφερόμενα πλαίσια.

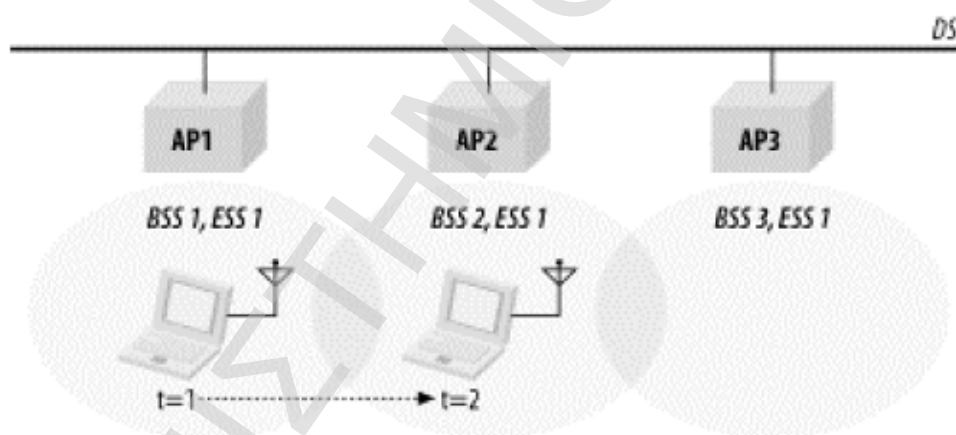
Αυτές οι υπηρεσίες είναι :

- § **Διανομή** (Distribution) : Αυτή η υπηρεσία χρησιμοποιείται για να καθορίσει τη διεύθυνση προορισμού στα δίκτυα υποδομής για την παράδοση των πλαισίων.
- § **Ολοκλήρωση** (Integration) : Η ολοκλήρωση επιτρέπει την παράδοση πλαισίων σε ένα δίκτυο 802
- § **Ένωση** (Association) : Η ένωση χρησιμοποιείται για να εγκαταστήσει μια σύνδεση μεταξύ ενός κινητού σταθμού και ενός σημείου πρόσβασης. Με αυτήν την διαδικασία, το σύστημα διανομής μπορεί να καθορίσει ποιο σημείο πρόσβασης να χρησιμοποιηθεί για να επικοινωνήσει με έναν συγκεκριμένο κινητό σταθμό.
- § **Επανένωση** (Re-association) : Όταν ο κινητός σταθμός αλλάζει BSS, κινεί την διαδικασία για να συνεργαστεί με ένα νέο σημείο πρόσβασης.
- § **Αποσύνδεση** (Dis-association): Με αυτήν την υπηρεσία, ο κινητός κόμβος ολοκληρώνει την ένωση με το σημείο πρόσβασης όταν αφαιρείται από το δίκτυο.
- § **Πιστοποίηση** (Authentication): Εξασφαλίζει ότι ο χρήστης του κινητού σταθμού εξουσιοδοτείται για να συνδεθεί με το δίκτυο, προτού να αρχίσει η διαδικασία ένωσης.
- § **Από-πιστοποίηση** (De-authentication): Χρησιμοποιείται για να ολοκληρώσει την πιστοποίηση ταυτότητας και επομένως, την ένωση με το δίκτυο.
- § **Ιδιωτικότητα** (Privacy): Αυτή η υπηρεσία είναι ένα μέτρο ασφάλειας ενάντια κακόβουλων επιθέσεων. Χρησιμοποιεί τις μεθόδους κρυπτογράφησης για τα μεταδιδόμενα πλαίσια.
- § **MSDU** (MAC Service Data Unit) Delivery: Είναι υπηρεσία που εξασφαλίζει ότι τα στοιχεία παραδίδονται στο σωστό κινητό σταθμό.

4. Mobility Support

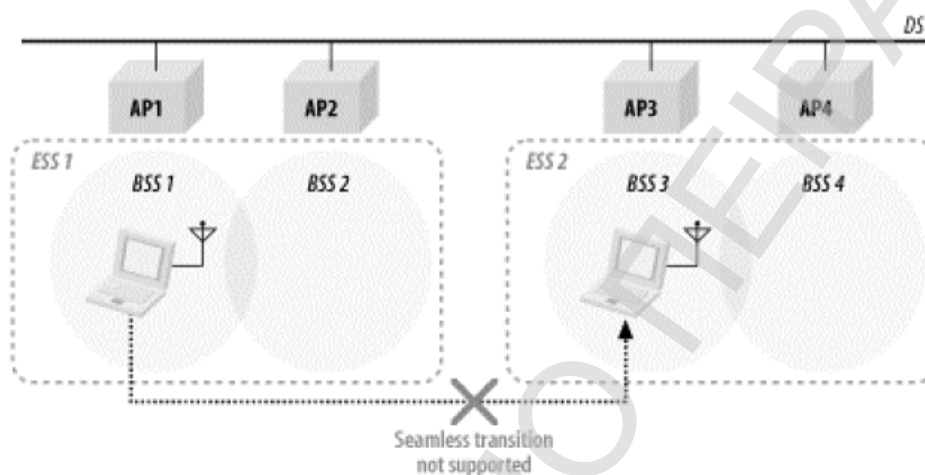
Η κινητικότητα είναι ο σημαντικότερος λόγος για τον οποίο δημιουργήθηκαν τα ασύρματα δίκτυα. Η κινητικότητα δίνει στους χρήστες τη δυνατότητα να κινούνται ενώ συνδέονται με το δίκτυο και να διαβιβάζουν ή λαμβάνουν δεδομένα εν κινήσει. Υπάρχουν τρεις τύποι μεταβάσεων προκειμένου να επιτευχθεί η κινητικότητα:

- § **Καμία Μετάβαση** (No Transition): Όταν ο κινητός σταθμός κινείται μέσα στην ίδια βασική περιοχή υπηρεσιών, καμία μετάβαση δεν πρέπει να γίνει.
- § **BSS Μετάβαση** (BSS Transition): Όταν ο κινητός σταθμός κινείται από μια βασική περιοχή υπηρεσιών προς άλλη μέσα στην ίδια εκτεταμένη περιοχή υπηρεσιών, εμφανίζεται η BSS μετάβαση. Αυτή η μετάβαση απαιτεί τη συνεργασία μεταξύ των σημείων πρόσβασης. Όταν ο κινητός σταθμός συνδέεται με ένα νέο σημείο πρόσβασης, αυτό το σημείο πρόσβασης πρέπει να ενημερώσει τον προηγούμενο ότι αυτός ο συγκεκριμένος σταθμός συνδέεται τώρα με αυτόν, προκειμένου το προηγούμενο σημείο πρόσβασης να διαχωριστεί από το σταθμό. Ένα παράδειγμα τέτοιας μετάβασης, φαίνεται στην εικόνα 3-7:



Εικόνα 3-7: BSS transition [10]

§ **ESS Μετάβαση** (ESS Transition): Μια μετάβαση ESS είναι μια μετάβαση ενός κινητού σταθμού όταν κινείται από μια εκτεταμένη περιοχή υπηρεσιών προς άλλη. Τα δίκτυα 802.11, εντούτοις δεν υποστηρίζουν αυτό το είδος μετάβασης. Μπορούν μόνο να επιτρέψουν στο σταθμό να συνδεθεί με ένα σημείο πρόσβασης του δεύτερου ESS, αλλά αυτή η μετάβαση δεν θα είναι απευθείας. Η απευθείας μετάβαση μπορεί να υποστηριχθεί μόνο με τη χρησιμοποίηση των κατάλληλων πρωτοκόλλων, όπως το Mobile IP. Ένα παράδειγμα ESS μετάβασης απεικονίζεται στην εικόνα 3-8:



Εικόνα 3-8: ESS transition [10]

5. 802.11 Medium Access Control (MAC)

Το υπόστρωμα MAC του 802.11 υποστηρίζει όλα τα φυσικά στρώματα και προσφέρει υπηρεσίες αξιόπιστης μεταφοράς δεδομένων και πρόσβασης στο μέσο στα ανώτερα στρώματα. Οι όποιες διαφοροποιήσεις του από το αντίστοιχο MAC των ενσύρματων δικτύων οφείλονται στις ιδιαιτερότητες του ασύρματου μέσου μετάδοσης που χρησιμοποιείται στο φυσικό επίπεδο.

Σαν μηχανισμός πρόσβασης στο μέσο έχει επιλεγεί το CSMA (Carrier Sense Multiple Access). Για να αποφευχθούν όσο το δυνατόν περισσότερο οι συγκρούσεις, αντί για το μηχανισμό ανίχνευσης συγκρούσεων CD (Collision Detection) που χρησιμοποιείται στο ενσύρματο πρότυπο 802.3, επιλέχτηκε ο μηχανισμός αποφυγής συγκρούσεων CA (Collision Avoidance). Αιτία για την επιλογή αυτή είναι η αδυναμία του δέκτη να αντιλαμβάνεται την κατάσταση του ασύρματου μέσου την χρονική στιγμή που μεταδίδει κάποια πληροφορία. Επομένως, το φαινόμενο της σύγκρουσης (δύο ή περισσότεροι σταθμοί μεταδίδουν την ίδια ακριβώς χρονική στιγμή) γίνεται αντιληπτό από τους σταθμούς εργασίας μόνο εκ του αποτελέσματος, που είναι φυσικά η μη παράδοση των πακέτων της πληροφορίας.

Η αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων μεταξύ των διαφόρων κόμβων δυσχεραίνεται ακόμα περισσότερο εξαιτίας του ασύρματου φυσικού μέσου. Προβλήματα όπως η κακή ποιότητα της ασύρματης ζεύξης λόγω θορύβου ή παρεμβολών, η πιθανότητα κάποιος κόμβος να βγει προσωρινά εκτός της περιοχής κάλυψης του δικτύου, και η ύπαρξη «κρυμμένων κόμβων» (hidden nodes) δεν υπάρχουν στα ενσύρματα δίκτυα. Για να αντιμετωπιστούν τα παραπάνω, το 802.11 MAC προσφέρει μηχανισμούς, όπως η θετική επιβεβαίωση (positive acknowledgment) κάθε πλαισίου, και η ανταλλαγή πλαισίων RTS (Ready To Send) και CTS (Clear To Send) πριν την μετάδοση κάποιου πλαισίου δεδομένων.

6. Πρόσβαση στο μέσο

Στο CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance) έχουν προβλεφθεί δύο τρόποι λειτουργίας, ένας αποκεντρωμένος μέσω του αλγορίθμου DCF (Distributed Coordination Function) και ένας με κεντρικό έλεγχο μέσω του αλγορίθμου PCF (Point Coordination Function) που αποτελεί επέκταση του DCF.

Ο αλγόριθμος PCF εκτελείται μόνο σε AP, οπότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε infrastructure δίκτυα. Μία τρίτη επιλογή προσφέρεται στο προτεινόμενο πρότυπο 802.11e, που είναι όμως ακόμα υπό ανάπτυξη και η έγκρισή του αναμένεται στα μέσα του 2004. Το 802.11e συμπληρώνει το MAC υπόστρωμα του 802.11 και ορίζει έναν επιπλέον μηχανισμό ελέγχου πρόσβασης μέσω του αλγορίθμου HCF (Hybrid Coordination Function).

Ο αλγόριθμος DCF είναι κατάλληλος για εξυπηρέτηση ασύγχρονης κίνησης, ενώ ο PCF είναι κατάλληλος για σύγχρονη κίνηση. Ο HCF εισάγει ένα σχήμα προτεραιοτήτων για να προσφέρει συγκεκριμένη ποιότητα υπηρεσίας (Quality of Service – QoS), που θα είναι εξαιρετικά χρήσιμη για εφαρμογές όπως multimedia streaming και Voice over IP (VoIP).[11]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)

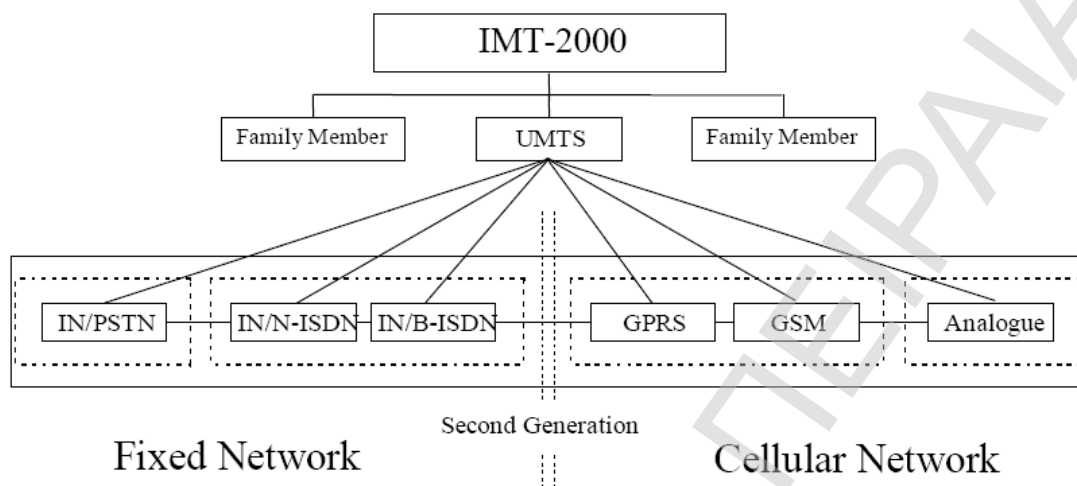
1. Εισαγωγή

Το UMTS είναι ένα από τα μεγαλύτερα κινητά συστήματα της τρίτης γενιάς που έχουν σχεδιαστεί μέσα στο πλαίσιο εργασίας που έχει οριστεί από τη διεθνή ένωση τηλεπικοινωνιών (ITU) γνωστό σαν IMT-2000. Ήταν το θέμα σε επίμονες προσπάθειες σ' ολόκληρο τον κόσμο στην έρευνα και την ανάπτυξη μέσα στην τελευταία δεκαετία. Το UMTS έχει την υποστήριξη από πολλούς μεγάλους λειτουργούς τηλεπικοινωνιών και κατασκευαστών, επειδή παρουσιάζει μια μοναδική ευκαιρία να δημιουργήσει μια μαζική αγορά για υψηλή προσωπική και φιλική προς το χρήστη κινητή πρόσβαση στην κοινωνία της πληροφορίας.

Είναι γνωστό επίσης ότι θα χρησιμοποιεί κυρίως τον ευρείας ζώνης κώδικα διαίρεσης πολλαπλής πρόσβασης (W- CDMA). Θα αυξήσει τις ταχύτητες δικτύων σε 1Mbps ανά κινητό χρήστη και θα καθιερώσει πρότυπα παγκόσμιας περιαγωγής. Το IMT-2000 έχει οριστεί από την ITU σαν ένα ανοιχτό διεθνές πρότυπο για υψηλή χωρητικότητα, κινητό σύστημα τηλεπικοινωνιών με υψηλούς ρυθμούς δεδομένων. Το UMTS έχει γίνει πρότυπο στο ευρωπαϊκό ινστιτούτο τηλεπικοινωνιακών προτύπων (ETSI) στο πλαίσιο εργασίας για το IMT-2000, σε συνεργασία με άλλα τοπικά και διεθνή σώματα προτύπων σ' ολόκληρο τον κόσμο για να παράγουν λεπτομερή πρότυπα ώστε να ικανοποιούν τις ανάγκες της αναπτυσσόμενης αγοράς για καθολική περιαγωγή (roaming) και διαθεσιμότητα υπηρεσιών.

Το UMTS είναι πάνω από τα αναλογικά συστήματα πρώτης γενιάς (1G) [12] και τα ψηφιακά κινητά συστήματα δεύτερης γενιάς (2G) [12] καθώς οι δυνατότητες του είναι να υποστηρίξει ρυθμούς δεδομένων μέχρι 1Mb/sec. Αυτή η δυνατότητα μαζί με την ενσωματωμένη δυνατότητα IP υπηρεσιών κάνει εφικτή την παροχή multimedia υπηρεσιών καθώς και νέων εφαρμογών ευρείας ζώνης, όπως video τηλεφωνία και video συνδιάσκεψη.

Στην εικόνα 4.1 φαίνεται η δομή της IMT-2000 (International Mobile Telecommunications in year 2000) οικογένεια.



Εικόνα 4-1 : Δομή της IMT-2000 [13]

Τα ήδη υπάρχοντα συστήματα κυψελωτής τηλεφωνίας χρησιμοποιούν τεχνολογία μεταγωγής κυκλωμάτων για την μεταφορά δεδομένων. Το UMTS ενσωματώνει και μεταγωγή πακέτων δεδομένων και μεταγωγή κυκλώματος δικτύου, με τα παρακάτω οφέλη:

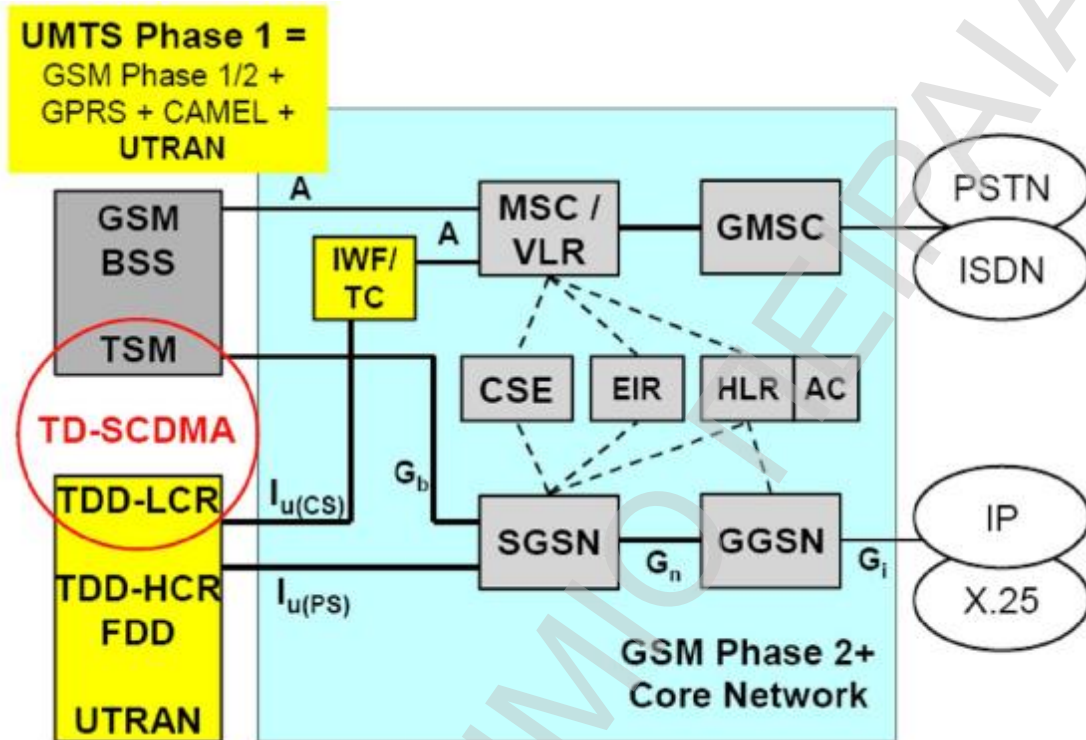
- § Εικονική διασύνδεση στο δίκτυο σε κάθε χρονική στιγμή.
- § Εναλλακτικούς τρόπους πληρωμής (π.χ. ανά bit, ανά περίοδο) όπως απαιτείται από ορισμένες ανερχόμενες εφαρμογές.

Το UMTS έχει σχεδιαστεί ώστε να προσφέρει data rate κατ' απαίτηση, το οποίο σε συνδυασμό με τα πακέτα δεδομένων θα κάνει τη λειτουργία του συστήματος πολύ πιο φτηνή.

Όταν κάνει roaming από το δικό του δίκτυο σε δίκτυο άλλου UMTS operator, ένας χρήστης θα αισθάνεται ένα σετ από υπηρεσίες αντίστοιχες αυτών που έχει στο δικό του home δίκτυο (Virtual Home Environment–VHE). Το VHE θα διασφαλίζει την παράδοση όλου του περιβάλλοντος που παρέχει ο service provider, ανεξάρτητα από το μέσο προσπέλασης (δορυφορικό ή επίγειο). Το VHE θα επιτρέπει στο τερματικό να διαπραγματεύεται τη λειτουργικότητα με το επισκεπτόμενο δίκτυο, πιθανώς με κάποιο πρόγραμμα που θα γίνεται down load και οι “home-like” υπηρεσίες θα παρέχονται με πλήρη ασφάλεια και διαφάνεια μεταξύ ενός μείγματος από δίκτυα πρόσβασης και δίκτυα κορμού.

Το UMTS θεωρείται ως παγκόσμιο σύστημα το οποίο συνδυάζει και επίγεια και δορυφορικά στοιχεία. Multi-mode τερματικά τα οποία θα λειτουργούν και σε 1G συστήματα (π.χ. GSM 900 και 1800) ενώ παράλληλα θα διευρύνουν τις λειτουργίες αυτών των συστημάτων και σε νέες υπηρεσίες του UMTS. Με αυτά τα τερματικά ένας χρήστης θα είναι σε θέση να κάνει roaming από ένα ιδιωτικό δίκτυο σε ένα picocellular/microcellular δημόσιο δίκτυο και μετά σε ένα ευρείας περιοχής macrocellular δίκτυο και μετά σε ένα δορυφορικό με

ελάχιστη απώλεια σύνδεσης. Στην επόμενη εικόνα 4-2 σχήμα φαίνεται η γενική τοπολογία της ιεραρχικής δομής ενός UMTS δικτύου. (Συγκεκριμένα εμφανίζεται η αρχιτεκτονική της έκδοσης 99).



Εικόνα 4-2 : Κόμβοι UMTS δικτύου [14], [15]

Η UTRA διασύνδεση του UMTS θα παρέχει λειτουργία με υψηλή διαχείριση εύρους και ποιότητα υπηρεσίας. Συγκεκριμένα οι πρακτικές υλοποιήσεις των UMTS τερματικών δεν θα είναι ικανές να υποστηρίξουν το μέγιστο bit rate όλο το χρόνο και σε απομακρυσμένες περιοχές ή σε περιοχές συμφόρησης για το σύστημα αλλά η συσκευή θα είναι ικανή να υποστηρίξει κάποιους ελάχιστους ρυθμούς δεδομένων. Για να επιτρέπεται στον χρήστη να χρησιμοποιεί πάντοτε το τερματικό του, οι υπηρεσίες θα παρέχονται σε διαφορετικά data rate, διαθεσιμότητα και σε διάφορες Quality of Service παραμέτρους.

Η δορυφορική τεχνολογία αναμένεται να παίξει ένα σημαντικό ρόλο στη παγκοσμιοποίηση του UMTS, στην παροχή των υπηρεσιών του καθώς και στη παγκόσμια κάλυψη. Το UMTS διασφαλίζει αποδοτικό και αποτελεσματικό roaming και handover (μεταπομπή) μεταξύ δορυφορικών και επίγειων δικτύων.

Το UMTS αποτελείται από έναν αριθμό λογικών στοιχείων δικτύου το καθένα από τα οποία έχει μια σαφώς καθορισμένη λειτουργικότητα. Στις προδιαγραφές, τα δικτυακά στοιχεία προσδιορίζονται ως το λογικό επίπεδο, αλλά στις περισσότερες των περιπτώσεων κάτι τέτοιο οδηγεί σε παρόμοια φυσική υλοποίηση, πολύ περισσότερο δε επειδή υπάρχει ένας αριθμός ανοιχτών διεπαφών. Τα δικτυακά στοιχεία μπορούν να ομαδοποιηθούν είτε σύμφωνα με τις παρόμοιες λειτουργικότητες που διαθέτουν είτε ανάλογα με σε ποιο υπο-δίκτυο ανήκουν.

Όσον αφορά την λειτουργικότητα τους, τα δικτυακά στοιχεία ομαδοποιούνται στο Επίγειο Δίκτυο Πρόσβασης Ραδιοσυχνοτήτων (Radio Access Network- RAN UMTS Terrestrial Run = UTRAN το οποίο και χειρίζεται όλες τις ραδιοκυματικές λειτουργικότητες, και στο Κεντρικό Δίκτυο (Core Network - CN), το οποίο είναι υπεύθυνο για την μεταγωγή και την δρομολόγηση των συνδέσεων προς τα εξωτερικά δίκτυα κλήσεων και δεδομένων.

Το σύστημα συμπληρώνεται από τον Εξοπλισμό Χρήστη (User Equipment - UE) που αλληλεπιδρά με τον χρήστη. Από άποψη προτύπων και ειδικών χαρακτηριστικών τόσο ο Εξοπλισμός Χρήστη (UE) όσο και το UTRAN αποτελούνται από εντελώς νέα πρωτόκολλα, ο σχεδιασμός των οποίων βασίστηκε στις ανάγκες της καινούριας ραδιοτεχνολογίας W-CDMA (ακόλουθοι πίνακες). Στον αντίποδα, ο ορισμός του Κεντρικού Δικτύου (Core Network) προήλθε από το GSM. Κάτι τέτοιο προικίζει το σύστημα με την καινούρια ραδιοκυματική τεχνολογία και με μια σφαιρική χρήση γνωστής και ενισχυμένης τεχνολογίας η οποία επιταχύνει και διευκολύνει την εισαγωγή της και καθιστά εφικτά μια σειρά από ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα σχετικά με την παγκόσμια περιαγωγή.

Πρόταση	Περιγραφή	Προέλευση Πρότασης
DECT	Ενισχυμένη Ψηφιακή Ασύρματη Τηλεπικοινωνία	ESTI Project DECT (Ευρώπη)
UWC-136	Παγκόσμια Ασύρματη Επικοινωνία	ΤΙΑ TR-45.3 (ΗΠΑ)
WIMS W-CDMA	Ασύρματες Υπηρεσίες Πολυμέσων και Μηνυμάτων	ΤΙΑ TR-46 (ΗΠΑ)
TD-SCDMA	Διαχωρισμός Χρόνου (Σύγχρονο) CDMA	CATT (Κίνα)
W-CDMA	Ευροζωνικό CDMA	ARIB (Ιαπωνία)
DMA II	Ασύγχρονο DS-CDMA	ΤΤΑ (Ν. Κορέα)
UTRA	UMTS Επίγεια Ραδιοκυματική Πρόσβαση	ESTI SMG2 (Ευρώπη)
NA: W-CDMA	Β. Αμερική: Ευροζωνικό CDMA	ATIS T1P1 (ΗΠΑ)
cdma2000	Ευροζωνικό CDMA (IS-95)	ΤΙΑ TR-45.5 (ΗΠΑ)
CDMA I	Πολυζωνικό Σύγχρονο DS-CDMA	ΤΤΑ (Ν Κορέα)

Πίνακας 4.1 : Πρόταση της ITU για Επίγεια Μετάδοση [14] [15]

Ένας άλλος τρόπος ομαδοποίησης των στοιχείων δικτύου UMTS είναι ο χωρισμός τους σε υπο-δίκτυα. Το σύστημα UMTS είναι αρθρωτό (modular) με την έννοια ότι υπάρχει δυνατότητα να διαθέτει έναν αριθμό από δικτυακά στοιχεία του ίδιου τύπου.

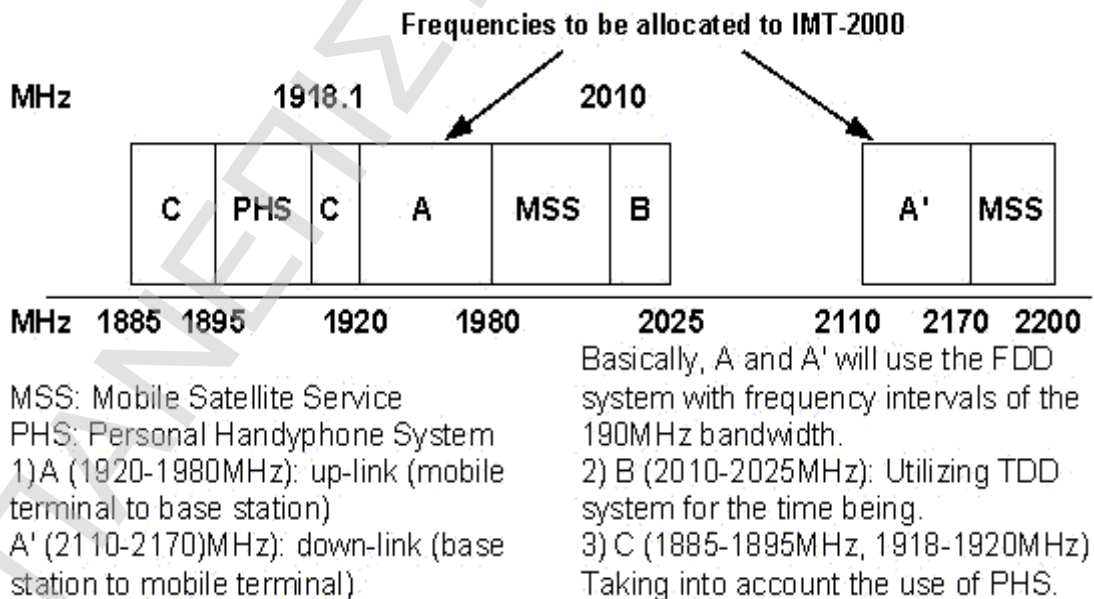
Θεωρητικά, η ελάχιστη προϋπόθεση για ένα δίκτυο με πλήρη χαρακτηριστικά που να λειτουργεί είναι να έχει τουλάχιστον ένα λογικό στοιχείο δικτύων από κάθε τύπο. Η πιθανότητα να συγκεντρώνει διαφορετικές οντότητες του ίδιου τύπου είναι αυτή που επιτρέπει τον χωρισμό του συστήματος UMTS σε υποδίκτυα που είναι λειτουργικά είτε αυτόνομα είτε σε συνεργασία με άλλα υποδίκτυα και που ξεχωρίζουν το ένα από το άλλο έχοντας μοναδικές ταυτότητες.

Ένα τέτοιο υποδίκτυο καλείται UMTS Δημόσιο Κινητό Δίκτυο Ξηράς (UMTS Public Land Mobile Network - PLMN) – Τυπικά ένα PLMN λειτουργεί από ένα και μοναδικό διαχειριστή και συνδέεται με άλλα PLMN καθώς και με άλλου τύπου δίκτυα σαν τα ISDN, PSTN και το Διαδίκτυο. Το UMTS μπορεί να συνδεθεί με πολλά τέτοια δίκτυα για την κάλυψη όλων των αναγκών.

1.1.2 Φάσμα για το UMTS

Το WRC'91 όρισε τις μπάντες συχνοτήτων 1885-1015 MHz και 1110-1100 MHz για τις μελλοντικές γενιές του IMT-1000 με τις μπάντες 1980-1010 MHz και 1170-1100 MHz για το δορυφορικό κομμάτι αυτών των μελλοντικών συστημάτων, ενώ οι αναμενόμενοι τρόποι πρόσβασης θα είναι W-CDMA ή TD-CDMA. [16]

Στην επόμενη εικόνα φαίνεται ο χάρτης απόδοσης των συχνοτήτων που έχει οριστεί από την IMT-2000 για τα συστήματα τρίτης γενιάς



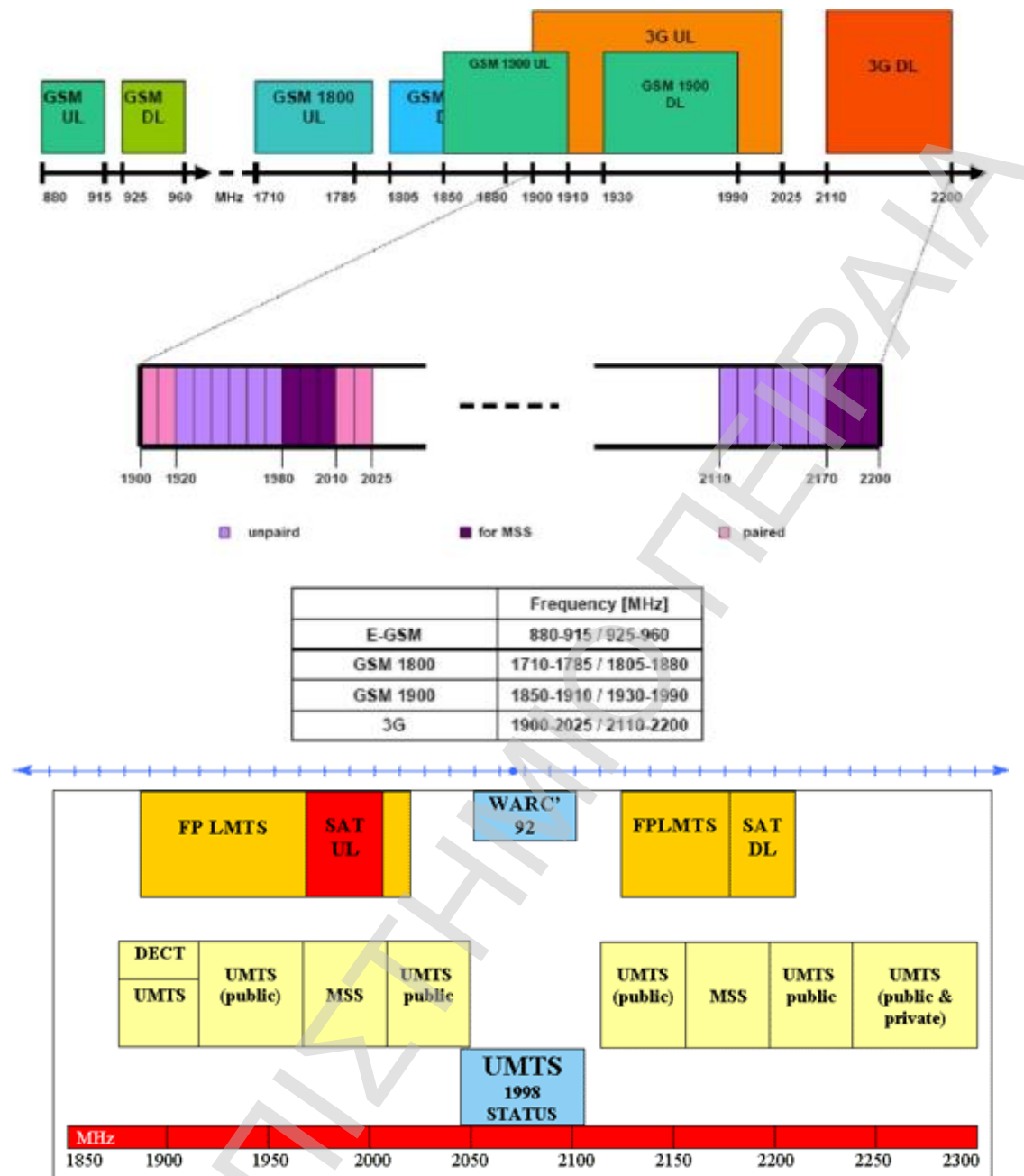
Εικόνα 4-3 : Φάσμα UMTS δικτύου [16]

Η Ευρώπη κι η Ιαπωνία έχουν αποφασίσει να υλοποιήσουν το επίγειο κομμάτι των UMTS στα ζευγάρια μπαντών 1910-1980 MHz και 1110-1170 MHz. Η Ευρώπη επίσης αποφάσισε να υλοποιήσει το UTRA στις αζευγάρωτες μπάντες (unpaired bands) 1900-1910 MHz και 1010-1015 MHz. Η Ζώνη συχνοτήτων από 1900-1910 και 1010-1015MHz θα χρησιμοποιήσει τη τεχνολογία Time Division Duplex (TDD, TD/ CDMA). Το αταίριαστο διάστημα ή η απόσταση μεταξύ των καναλιών είναι 5 MHz και το εύρος ζώνης είναι 100kHz. Η μετάδοση (Tx) και η λήψη (Rx) των σημάτων δεν είναι χωρισμένη σε αυτήν την ζώνη συχνότητας.

Η Ζώνη συχνοτήτων από 1910-1980 και 1110-1170MHz χρησιμοποιεί τη τεχνολογία Frequency Division Duplex (FDD, W-CDMA). Τα κανάλια uplink και downlink ή το διάστημα των φερόντων σημάτων μπορούν να ποικίλουν από 4,1 έως 5,4MHz και το εύρος ζώνης είναι 100kHz. Επιπλέον, τα "soft" handover ή "inter-frequency" handover είναι δυνατά χρησιμοποιώντας το W-CDMA. Ένας χειριστής θα χρειαστεί τρία ή τέσσερα κανάλια (1x15 ή 1x10 MHz) για να είναι σε θέση να έχει μεγάλη ταχύτητα και ένα μεγάλης χωρητικότητας δίκτυο που να έχει το 1980-1010MHz και 1170-1100MHz uplink και downlink και ικανότητα δορυφορικής σύνδεσης.

Η Ευρώπη και η Ιαπωνία έχουν συμφωνήσει να έχουν τα κοινά κανάλια συχνότητας για τις εφαρμογές UMTS. Η Βόρεια Αμερική ακόμα δεν έχει αποφασίσει σχετικά με την κατανομή φάσματος. Οι διαπραγματεύσεις για το φάσμα συνεχίζονται ακόμα μεταξύ των λειτουργιών τηλεπικοινωνιών και του εξουσιοδοτημένου ελεγκτικού σώματος.

Η περίληψη των ζωνών συχνότητας που το UMTS θα χρησιμοποιήσει παρουσιάζεται στην εικόνα 4.4 Το δορυφορικό κομμάτι του συστήματος θα χρησιμοποιήσει το S-band Mobile Satellite Service (MSS) κομμάτι του φάσματος προσδιορισμένο για δορυφορικό IMT-2000 και θα παράσχει υπηρεσίες συμβατές με τα επίγεια συστήματα UMTS.



Εικόνα 4-4 : UMTS Frequency Bands [16]

1.1.3 Τι μπορεί να προσφέρει το σύστημα UMTS

- § **Γρήγορη πρόσβαση στο Internet.** Με ταχύτητες έως και 384kbps το κινητό προσφέρει ταχύτητες πρόσβασης παρόμοιες με αυτές της τεχνολογίας xDSL.
- § **Εφαρμογές πολυμέσων σε πραγματικό χρόνο.** Σε αυτές περιλαμβάνονται υψηλής ποιότητας ήχος, εικόνα ακόμη και η αναμενόμενη δυνατότητα τηλεδιάσκεψης από το κινητό.
- § **Υψηλής ταχύτητας μετάδοση μηνυμάτων,** συμπεριλαμβανομένων και των mms αλλά και μηνυμάτων email, τα οποία πλέον θα αποστέλλονται και θα λαμβάνονται σε ελάχιστο χρόνο!
- § **Υψηλής ποιότητας παιχνίδια,** τα οποία θα μπορούν να παίζονται online σε πραγματικό χρόνο και ταυτόχρονα με άλλους παίκτες.
- § **Διάθεση περισσότερων υπηρεσιών,** μετά την ευρεία διείσδυση της τεχνολογίας 3G, όπως μετάδοση τηλεοπτικών εκπομπών και υπηρεσίες παγκόσμιας περιαγωγής.

1.1.4 Διαφορές δικτύων 1ης και 3ης γενεάς

Μια σημαντική διάκριση μεταξύ των δικτύων GSM και UMTS είναι ο τρόπος που επηρεάζονται από τις υπηρεσίες δεδομένων. Ακόμη και με τις πιο πρόσφατες εξελίξεις στο GSM όπως HSCSD και GPRS, οι επιπτώσεις στην απόδοση των δικτύων είναι ακόμα σημαντικά διαφορετική από εκείνες στο UMTS.

Με το GSM, η εισαγωγή των υπηρεσιών δεδομένων έχει επιπτώσεις μόνο στους πόρους που είναι διαθέσιμοι για μεμονωμένους χρήστες. Η παρεμβολή μέσα το δίκτυο θα είναι η ίδια είτε φορτώνεται πλήρως με χρήστες φωνής είτε με μερικούς χρήστες δεδομένων που καταλαμβάνουν όλες τις χρονοθυρίδες και τα ζεύγη συχνοτήτων. Αντίθετα, με το UMTS η πιθανή παρεμβολή που εισάγεται από έναν χρήστη που χρησιμοποιεί υψηλούς ρυθμούς δεδομένων εξαρτάται από την θέση μέσα στην κυψέλη που βρίσκεται αυτός.

Γενικά, οι υπηρεσίες που χρησιμοποιούν υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων υιοθετούν έναν πιο σύντομο κώδικα διάδοσης και έχουν έτσι ένα μειωμένο κέρδος διάδοσης. Για να υπερνικήσει αυτήν την απώλεια η υπηρεσία μπορεί να μεταδοθεί με υψηλότερη ενέργεια. Αυτοί οι παράγοντες οδηγούν σε μεγάλες διακυμάνσεις των παρεμβολών.

Μια άλλη διαφορά μεταξύ του σχεδιασμού UMTS και GSM αφορά τον προσδιορισμό θέσης των σταθμών βάσεων. Οι εταιρείες κινητής τηλεφωνίας επιθυμούν σίγουρα να επαναχρησιμοποιήσουν όσο το δυνατόν περισσότερα από τις υπάρχουσες περιοχές κυψελών, όχι μόνο λόγω του κόστους αλλά και λόγω της μεγάλης έλλειψης κατάλληλων περιοχών στις αστικές περιοχές για τοποθέτηση νέων. Ενώ οι θέσεις για τους σταθμούς βάσεων ήταν μια από τις μεταβλητές στη διαδικασία σχεδιασμού για το GSM, αυτό θα προκαθοριστεί σε μια πολύ μεγαλύτερη έκταση στο UMTS. Αυτό μπορεί να προκαλέσει δυσκολίες κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού - η επιθυμητή χωρητικότητα μπορεί να μην είναι επιτεύξιμη με τις παρούσες περιοχές και μπορεί να αναγκάσει τις εταιρείες να υποβαθμίσουν την υπηρεσία σε μια περιοχή έως ότου διατεθούν νέες περιοχές. Ένα τελικό ζήτημα για τους

αρμόδιους για το σχεδιασμό για να εξετάσουν είναι η έννοια της «μαλακής» μεταγωγής. Τα συστήματα GSM χρησιμοποιούν τη «σκληρή» μεταγωγή μεταξύ των κυψελών, το οποίο σημαίνει ότι ο χρήστης συνδέεται με μια κυψέλη τη φορά. Καθώς η κινητή συσκευή κινείται από την μια άκρη στην άλλη του δικτύου περνά από ένα σταθμό βάσης σε έναν άλλο. Τα συστήματα CDMA είναι ευαίσθητα σε αυξήσεις της ισχύος μετάδοσης. Στην άκρη μιας κυψέλης, ένας χρήστης θα πρέπει να αυξήσει τη ισχύ μετάδοσής του στο σταθμό βάσης και αυτό θα οδηγήσει σε μια γενική υποβάθμιση ικανότητας στο δίκτυο. Η έννοια της «μαλακής» μεταγωγής αναπτύχθηκε για το CDMA έτσι ώστε η ισχύς μετάδοσης του χρήστη να μπορεί να παραληφθεί σε δύο ή περισσότερους σταθμούς βάσης. Αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης είναι σε θέση να μεταδώσει σε χαμηλότερο επίπεδο ισχύος, το οποίο θα μειώσει ενδεχομένως την παρεμβολή. Το μειονέκτημα είναι ότι απαιτείται αυξανόμενη σηματοδότηση στο backbone δίκτυο, με αποτέλεσμα ο αυστηρός έλεγχος της περιοχής «μαλακής» μεταγωγής να καθίσταται σημαντικός.

1.1.5 Ορισμοί κατηγοριών στο UMTS

Οι κατηγορίες στο UMTS καθορίζονται σύμφωνα με το πρότυπο κυκλοφορίας (traffic pattern) των χρηστών. Συνεπώς, το UMTS καθορίζει τέσσερις κατηγορίες ως εξής: [17]

- § **Conversational κατηγορία:** Αυτή συσχετίζεται με τη φωνητική τηλεφωνία και τις σχετικές υπηρεσίες. Αυτή η κατηγορία αναμένεται να είναι για ευρεία χρήση
- § **Streaming κατηγορία:** Αυτή συσχετίζεται λίγο πολύ με τις υπηρεσίες βίντεο ή ήχου σε πραγματικό χρόνο. Η Streaming κατηγορία συσχετίζεται κυρίως με το αντίστροφο κανάλι και είναι μονόδρομη.
- § **Interactive κατηγορία:** Αυτή η κατηγορία θα χρησιμοποιήσει και τα δύο κανάλια (forward and reverse), αλλά θα απαιτήσει ένα πολύ χαμηλότερο ρυθμό λαθών.
- § **Background κατηγορία:** Παρόμοια με τη Interactive κατηγορία, αλλά θα έχει μια πολύ χαμηλότερη προτεραιότητα από τη Interactive κατηγορία.

2. Αρχιτεκτονική UMTS δικτύου

Όπως έχει προαναφερθεί, το UMTS είναι ένα τρίτης γενεάς ασύρματο σύστημα που σχεδιάστηκε για να προσφέρει ψηλότερα bit rates και ανεπτυγμένες υπηρεσίες σε συνδρομητές. Είναι επίσης γνωστό ότι ένα από τα επικρατέστερα συστήματα δεύτερης γενεάς είναι το GSM, αλλά αφού είναι σχεδιασμένα για υπηρεσίες φωνής σε δίκτυα κυκλωμάτων και προσφέρουν χαμηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων, δεν είναι τόσο κατάλληλο για την υποστήριξη υπηρεσιών διαδικτύου σε κυκλώματα μεταγωγής πακέτων.

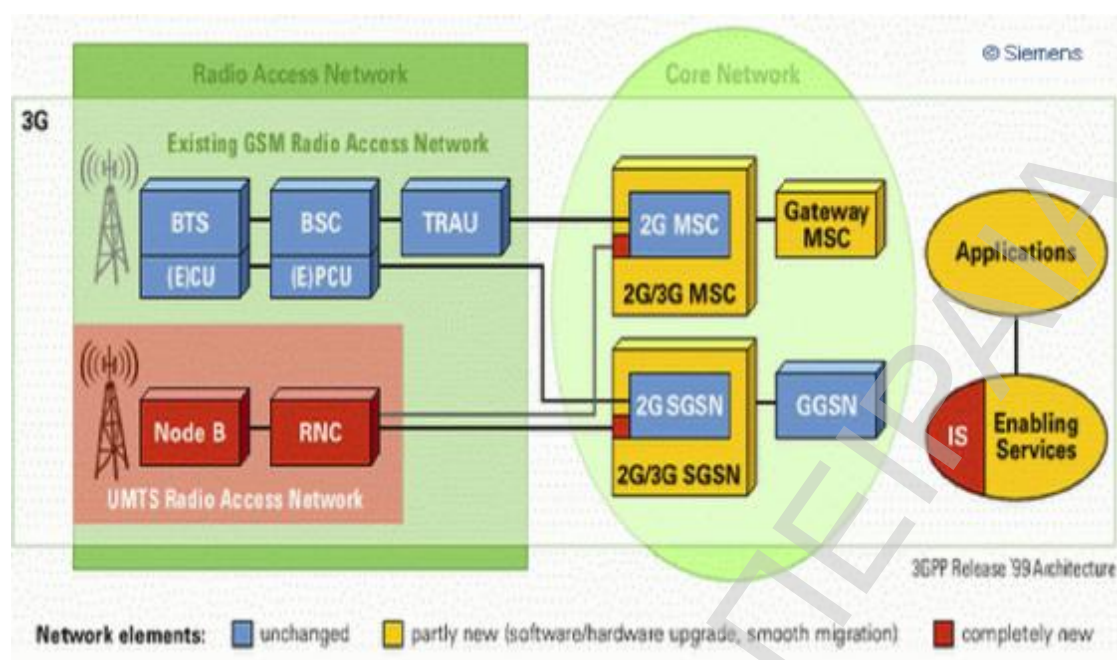
Αυτός ήταν και ο κύριος λόγος της προσθήκης του GPRS δικτύου στο GSM, για την επαρκή υποστήριξη packet switched υπηρεσιών. Τα GSM/GPRS δίκτυα συχνά αναφέρονται και σαν 2.5 γενεάς δίκτυα. Ακόμη και με το GPRS, τα bit rates περιορίζονται στα 44 kbps ανά συνδρομητή και υποστηρίζονται μόνο packet switched υπηρεσίες μη πραγματικού χρόνου. Το UMTS, σαν η εξέλιξη του GSM/GPRS, προσφέρει data rates μέχρι και 1 Mbps και υποστηρίζει ανεπτυγμένες υπηρεσίες streaming video και audio και υπηρεσίες που βασίζονται στην τοποθεσία (location based services).

Η προτυποποίηση του UMTS έχει περάσει μέχρι τώρα από δυο φάσεις. Η πρώτη φάση είναι γνωστή σαν Έκδοση 99 (Release 99) [18]. Το επόμενο βήμα της προτυποποίησης είναι η Έκδοση 2000 (Release 2000) [19]. Όμως λόγω του μεγάλου αριθμού των αλλαγών που είχαν προταθεί, είχε αργότερα χωριστεί σε δυο ξεχωριστές εκδόσεις: Έκδοση 4 (Release 4) και Έκδοση 5 (Release 5) [20].

Οι εργασίες προς τις επόμενες εκδόσεις συγκεντρώνονται περισσότερο στο πώς να αναμείξουν IP και στο core δίκτυο καθώς και στο δίκτυο ραδιο πρόσβασης.

Αυτό σημαίνει ότι μπορούμε να αναμένουμε τις καινούργιες αρχιτεκτονικές να είναι πιο πολύ ταυτισμένες με την IP αρχιτεκτονική. Μια από τις αναμενόμενες εκδοχές του UMTS είναι και η ALL – IP η οποία θα είναι και η βάση της πρώτης ανάπτυξης του UMTS. Ο σκοπός της ALL – IP αρχιτεκτονικής είναι να επιτρέπεται στους διαχειριστές η χρήση IP τεχνολογίας για την πραγματοποίηση τρίτης γενεάς υπηρεσιών. Με άλλα λόγια, μια αρχιτεκτονική βασισμένη σε τεχνολογίες πακέτου και IP τηλεφωνία για ταυτόχρονες υπηρεσίες πραγματικού και μη πραγματικού χρόνου. Αυτή η εκδοχή είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα, αφού προσθέτει την έννοια της διαχείρισης κινητικότητας, βάσει του IP.

Στην συνέχεια θα αναλυθεί περισσότερο η Έκδοση 99, αφού είναι και η βασική αρχιτεκτονική των UMTS και θα γίνει αναφορά στις Εκδόσεις 4 και 5. Ακολουθεί επίσης περισσότερη ανάλυση της ALL – IP αρχιτεκτονικής.



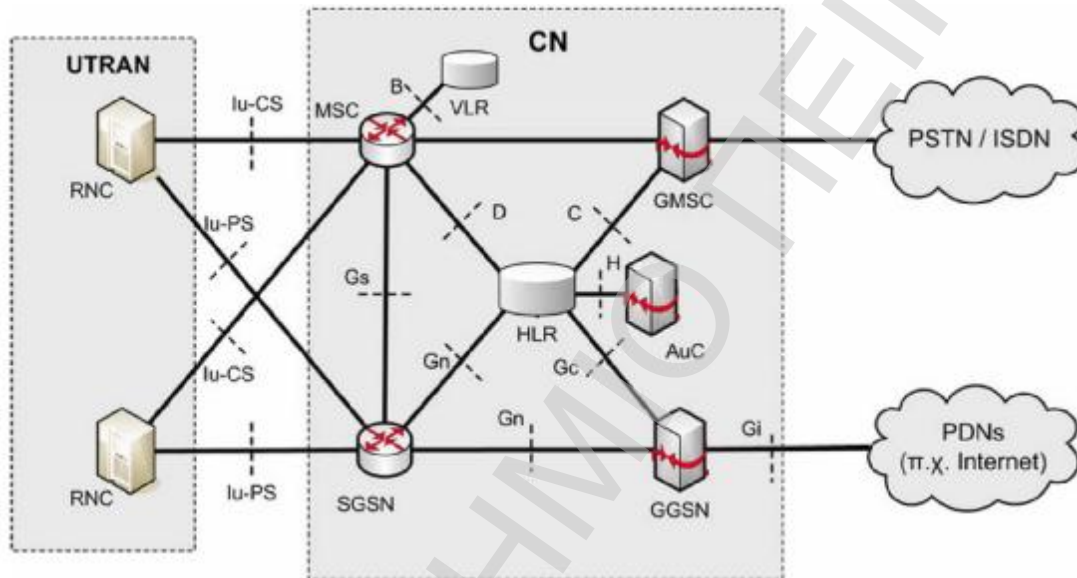
Εικόνα 4-5 : Αρχιτεκτονική UMTS phase 1 [18]

2.1 Έκδοση Πρώτη (Release 99)

Οι πρώτες εμπορικές υπηρεσίες UMTS, βασίζονται στο UMTS Έκδοση 99. Οι προδιαγραφές της Έκδοσης 99 καθορίζουν την βασική αρχιτεκτονική που αποτελείται από το ραδιο - δίκτυο πρόσβασης (radio access network) UMTS επίγειο, (UTRAN) το οποίο έχει καθοριστεί με τα ικανότερα στοιχεία και πρωτόκολλα και το κυρίως δίκτυο που χωρίζεται στο Circuit Switched Core Network (CS – CN) και το Packet Switched Core Network (PS – CN). Η Έκδοση 99 προσφέρει τις «παραδοσιακές» circuit και packet switched υπηρεσίες. Δίνεται πολλή έμφαση στην δυνατότητα ομαλής εξέλιξης από τα GSM στα UMTS δίκτυα. Το UMTS δίκτυο πρέπει να είναι συμβατό με προηγούμενες τεχνολογίες (backward compatible) με GSM δίκτυα, να μπορεί να λειτουργεί μαζί με το GSM και βασίζεται πάρα πολύ στο GPRS στο packet mode.

2.2 Καινοτομίες και νέα στοιχεία στην Έκδοση 99

Οι πιο σημαντικές καινοτομίες που εισάγονται (συγκρίνοντας με το GSM) είναι μια νέα ραδιο-διαπροσωπεία (radio interface), μια σημαντική αύξηση στο bandwidth, προνοώντας τόσο για circuit switched όσο και packet switched συμφόρηση, καθώς και την εισαγωγή της ATM τεχνολογίας στην διαπροσωπεία μεταξύ του ραδιο - δικτύου πρόσβασης και του κυρίως δικτύου (core network). Έχει επίσης την αποδοτικότερη (με γενικά καλύτερη φασματική αποδοτικότητα) ραδιο - μέθοδο προσπέλασης WCDMA. Τα νέα στοιχεία στο δίκτυο UMTS, όπως φαίνονται σε ακόλουθο σχήμα είναι: User equipment Κόμβος B (node B), Radio Network Subsystems (RNC), και δομοστοιχεία διαπροσωπιών (interface modules - IS).



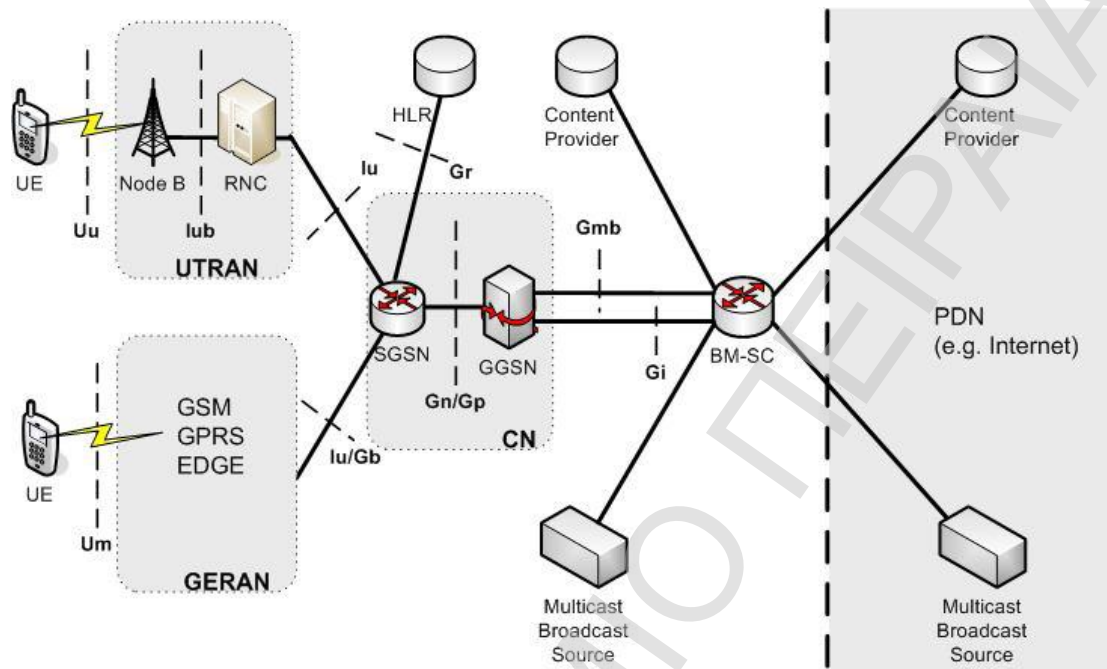
Εικόνα 4-6 : Διασυνδεση κομβων σε UMTS [18]

Ο εξοπλισμός χρήστη (UE) αποτελείται από το κινητό τερματικό (MT), τον εξοπλισμό τερματικού (TE) και την Subscriber Identify Module (USIM). Το UTRAN αποτελείται από τον Κόμβο-B (Node-B) (ή αλλιώς σταθμό βάσης) και τον Radio Network Controller (RNC). Ο RNC είναι υπεύθυνος για το γενικό έλεγχο των λογικών πόρων που παρέχονται από τους Κόμβους-B. Ο RNC διαχειρίζεται τους πόρους του air interface μεταξύ των Κόμβων-B και των σχετικών με αυτούς UE. Ο Κόμβος-B παρέχει λογικούς πόρους που αντιστοιχούν στους πόρους μιας ή περισσότερων κυψελών στον RNC. Είναι αρμόδιος για την εκπομπή και λήψη στις κυψέλες που διαχειρίζεται. Ένας Κόμβος-B μπορεί να ελέγξει αρκετές κυψέλες διαχειριζόμενος το air interface του δικτύου για τους σχετιζόμενους με αυτό UEs. Είναι αρμόδιος για την αναμετάδοση των πακέτων μεταξύ των UEs και του RNC. Ο Κόμβος-B είναι επίσης υπεύθυνος για την ενίσχυση του RNC με τη διαχείριση των πόρων μέσω του πρωτοκόλλου αποστολής μηνυμάτων σηματοδότησης Node-B Application Protocol (NBAP).

Ο κόμβος υποστήριξης Serving GPRS (SGSN) παρακολουθεί τη θέση των μεμονωμένων UEs και διεκπεραιώνει λειτουργίες ασφάλειας και ελέγχου πρόσβασης. Ο

κόμβος υποστήριξης Gateway GPRS ενθυλακώνει εισερχόμενα πακέτα από εξωτερικά δίκτυα πακέτων (IP) και τα δρομολογεί στο SGSN.

Πιο αναλυτικά, στο ακόλουθο σχήμα βλέπουμε την διασύνδεση του UMTS με άλλα συστήματα:



Εικόνα 4-7 Άλλη παρουσίαση της δομής του Core Network [18]

3. UMTS **Έκδοση 2000 (Έκδοση 4 και Έκδοση 5)**

3.3.1 UMTS **Έκδοση 4**

Σαν επόμενο βήμα, έχει διασπαστεί η σύνδεση και ο έλεγχος την σύνδεσης από το CS – CN. Τα δεδομένα του χρήστη μεταφέρονται μέσω Media Gateways (MGW), ένα νέο στοιχείο που εισάγεται στο CS-CN, και τον έλεγχο των συνδέσεων θα διαχειρίζεται ο MSC Εξυπηρετητής, ξεχωριστό στοιχείο που αναπτύχθηκε από το MSC/VLR. Η MGW θα είναι υπεύθυνη για την διατήρηση της σύνδεσης και το switching, ενώ ο MSC εξυπηρετητής θα ελέγχει την σύνδεση.

Χάρη σε αυτό, το CS – CN θα είναι πιο κλιμακωτό (αυξομειώσιμο), και αν χρειάζεται περισσότερη δυνατότητα switching, προσθέτονται MGWs αν χρειάζεται περισσότερη δυνατότητα ελέγχου, προστίθεται ένας MSC εξυπηρετητής.

Η MGW μπορεί να αλλάζει circuit switched συνδέσεις σε packet switched συνδέσεις (voice over IP). Για να γίνουν δυνατές αυτού του είδους οι συνδέσεις, έχει προστεθεί επίσης και το IP Multimedia System (IMS) στο δίκτυο.

Η λειτουργία του είναι ενδιάμεση των CS – CN και PS – CN για μεγαλύτερη ομοιομορφία δικτύου. Το IMS θα χρησιμοποιείται επίσης και για IP based υπηρεσίες πολυμέσων. [19]

3.3.2 UMTS **Έκδοση 5**

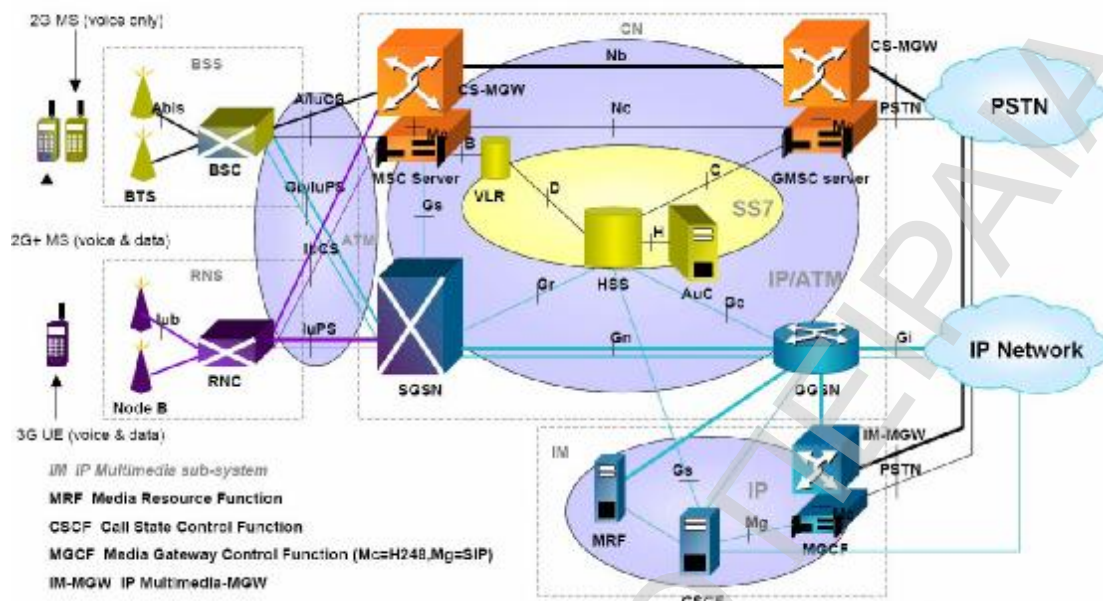
Καθώς οι εξελίξεις συνεχίζονται, όλη η κίνηση που έρχεται από τον κινητό κόμβο πρέπει να γίνει IP based. Αυτό χρειάζεται κι άλλες βελτιώσεις (κυρίως σε λογισμικό, αφού νέοι τύποι στοιχείων δικτύων δεν είναι αναγκαίοι) και απαιτούνται εντελώς καινούργια τοπικά IP τερματικά (native IP terminals).

Η σημαντική καινοτομία της Έκδοσης 5 με λίγα λόγια, είναι η διαμόρφωση του δικτύου σε ένα σημείο προς σημείο packet switch cellular δίκτυο. Για παράδειγμα, γίνεται χρήση του SIP (Session Initiation Protocol) πρωτοκόλλου για την δημιουργία φωνητικών κλήσεων από κινητούς χρήστες που λειτουργούν σε packet mode κι έτσι οι φωνητικές κλήσεις δεν είναι υπευθυνότητα του CS-CN πλέον. Παρουσιάζονται δυο κύριες λειτουργίες που εισήχθησαν στην Έκδοση 5, η Call Session Control Function (CSCF) και η Media Gateway Control Function (MGCF). Το CSCF, παράλληλα με αυτά που ανέφερα προηγουμένως, κυρίως επεξεργάζεται μηνύματα σήμανσης (signaling) για έλεγχο των session πολυμέσων.

Για ένα συγκεκριμένο session, χρησιμοποιείται το CSCF για την δημιουργία του και παροχή των διάφορων features του session, ενώ το PS-CN χρησιμοποιείται για υποστήριξη του μονοπατιού φορέα (bearer path). [20]

Επίσης η MGCF χρησιμοποιείται για τον έλεγχο ενός ή περισσότερων MGWs. Χρησιμοποιείται για διαχείριση της σύνδεσης μεταξύ του PSTN και του IP stream. Η MGCF σε

συνδυασμό με SIP μηνύματα που δημιουργούνται από την CSCF, καθορίζει πως θα χρησιμοποιηθούν τα MGWs.



Εικόνα 4-8 UMTS Release 5 [20]

Στην έκδοση 5 του UMTS, για πρώτη φορά έγινε αναφορά στον όρο IMS (IP Multimedia Subsystem). Ο ρόλος του είναι η παροχή νέων υπηρεσιών, όπως multimedia conferences (φωνή, video κτλ), παιχνίδια με αλληλεπίδραση και άλλα. Όμως περισσότερες πληροφορίες για το IMS, θα παρουσιαστεί σε ξεχωριστό κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής.

3.3.3 Η ΓΕΝΙΑ 3.5

Με τον όρο «γενιά 3.5» αναφερόμαστε στη νέα γενιά κινητών δικτύων τα οποία εκτός από την τεχνολογία WCDMA έχουν ενσωματώσει την τεχνολογία High Speed Downlink Packet Access (HSDPA).

Η HSDPA αποτελεί μία νέα τεχνολογία η οποία σχεδιάστηκε προκειμένου να αυξήσει τη χωρητικότητα του κατερχόμενου ασύρματου συνδέσμου για τα κινητά δίκτυα τρίτης γενιάς. Το γεγονός αυτό θεωρήθηκε απαραίτητο καθώς, στην πράξη, οι μέγιστοι ρυθμοί μετάδοσης για τα κινητά δίκτυα τρίτης γενιάς αποδείχθηκαν χαμηλοί για πολυμεσικές εφαρμογές. Ιδιαίτερα στην περίπτωση που θα υπήρχαν πολλοί χρήστες πολυμεσικών εφαρμογών στο ίδιο κελί, αυτό θα σήμαινε ραγδαία πτώση της απόδοσης του δικτύου στο συγκεκριμένο κελί.

Η βασική ιδέα του HSDPA είναι η προσθήκη ενός νέου τύπου ευρυζωνικού καναλιού το οποίο θα είναι βελτιστοποιημένο για πολύ υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης. Πρόκειται για το κανάλι High-Speed Downlink Shared Channel (HS-DSCH) το οποίο χρησιμοποιείται για τη βελτίωση της ρυθμαπόδοσης (throughput) μόνο του κατερχόμενου συνδέσμου. Στο κανάλι αυτό έχουν ενσωματωθεί διάφορες τεχνικές που αποσκοπούν στη βελτιστοποίησή των δυνατοτήτων του όσον αφορά ρυθμό μετάδοσης.

Προφανώς, η τεχνική HSDPA δεν είναι κατάλληλη για όλα τα είδη υπηρεσιών. Για παράδειγμα, δεν παρέχει εγγυήσεις για την καθυστέρηση, συνεπώς, δεν ενδείκνυται για απαιτητικές εφαρμογές πραγματικού χρόνου. Στην περίπτωση αυτή είναι προτιμότερο να χρησιμοποιηθούν αφιερωμένα κανάλια. Αντίθετα, η χρήση του HSDPA ενδείκνυται προκειμένου να αυξηθεί η χωρητικότητα του δικτύου σε hot spots κίνησης δεδομένων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM (I.M.S.)

1. Εισαγωγή

Το υποσύστημα πολυμέσων IP (IMS) τοποθετείται για να χρησιμεύσει ως το κεντρικό δίκτυο για το εγγύς μέλλον. Υπό αυτήν τη μορφή, θα διευκολύνει τις διάφορες μορφές της επικοινωνίας, συμπεριλαμβανομένης της φωνής, του βίντεο, του μηνύματος, και της συνομιλίας. Αυτές οι υπηρεσίες επικοινωνίας θα είναι διαθέσιμες μέσω ενός μεγάλου αριθμού δικτύων πρόσβασης. Τα ασύρματα δίκτυα πρόσβασης περιλαμβάνουν το UMTS, HSPA και LTE, ενώ όλα αυτά μπορούν να συνδυαστούν με WLAN.

Ο αρχικός στόχος του 3GPP (3rd Generation Partnership Project) ήταν να προσδιοριστεί ένα τρίτης γενιάς κινητό σύστημα βασισμένο στα εξελιγμένα κεντρικά δίκτυα GSM και τις ραδιο τεχνολογίες πρόσβασης που υποστηρίζουν, αλλά αυτό επεκτάθηκε στη συνέχεια για να συμπεριλάβει τη συντήρηση και την ανάπτυξη των τεχνικών προδιαγραφών GSM και των τεχνικών εκθέσεων, συμπεριλαμβανομένων των εξελιγμένων ραδιο τεχνολογιών πρόσβασης. Το IMS είναι το αποτέλεσμα αυτού του προγράμματος.[25]

Το IMS αυξάνει τη λειτουργία των packet-switched κινητών δικτύων (όπως 3G to GSM) με την υποστήριξη των IP-based εφαρμογών και των υπηρεσιών μέσω του πρωτοκόλλου SIP. Τα πρωτόκολλα SIP (Session Initiation Protocol) και SDP (Session Description Protocol), είναι τα βασικά πρωτόκολλα στα δίκτυα IMS. Επομένως, οι συσκευές που χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες επικοινωνίας IMS πρέπει να υποστηρίζουν αυτά τα πρωτόκολλα. [26]

Το IMS παρέχει αποτελεσματικά μια ενοποιημένη αρχιτεκτονική που υποστηρίζει ένα ευρύ φάσμα των IP-based υπηρεσιών και για τα δίκτυα μεταγωγής, αλλά και για τα δίκτυα δεδομένων, χρησιμοποιώντας μια σειρά διαφορετικών ασύρματων και σταθερών τεχνολογιών πρόσβασης. Ένας χρήστης θα μπορούσε, παραδείγματος χάριν, να πληρώσει και να κατεβάσει ένα απόσπασμα βίντεο σε μια επιλεγμένη κινητή ή σταθερή συσκευή και στη συνέχεια να χρησιμοποιήσει ένα κομμάτι από αυτό το video clip προκειμένου να δημιουργήσει ένα μήνυμα πολυμέσων και να το παραδώσει σε πολλά διαφορετικά δίκτυα.

Ένα βασικό σημείο του IMS είναι ότι προορίζεται ως αρχιτεκτονική ανοικτού συστήματος: Οι υπηρεσίες δημιουργούνται και παραδίδονται από ένα ευρύ φάσμα των ιδιαίτερα διανεμημένων συστημάτων (πραγματικός χρόνος και μη-πραγματικός-χρόνος,) που συνεργάζονται το ένα με το άλλο. Είναι μια διαφορετική προσέγγιση στην παραδοσιακότερη αρχιτεκτονική δικτύου.[27]

Κατά την διάρκεια μιας περιόδου μετάβασης, η οποία μεταβάλλεται από χρήστη σε χρήστη, το IMS δίκτυο, θα πρέπει να εξυπηρετήσει και τις δύο ή περισσότερες IMS συσκευές,

καθώς και κάθε συσκευή μη-IMS που όμως θέλει να κάνει χρήση αυτών των υπηρεσιών. Αυτό συμβαίνει επειδή πολλά δίκτυα πρόσβασης "ειδικότερα, κινητά δίκτυα πρόσβασης" δεν είναι ακόμα IMS ικανά για τη μαζική χρήση φωνής. Κύριος εκφραστής της τεχνολογίας IMS, είναι το HSPA (High Speed Packet Access).

Στο μεταξύ, οι χειριστές θέλουν να ωφεληθούν από τη δύναμη και την ευελιξία του δικτύου IMS αλλά χωρίς την απαίτηση να αναβαθμιστούν πολλά εκατομμύρια των τερματικών.

Σε εύθετο χρόνο, όλα τα τερματικά και τα δίκτυα πρόσβασης θα είναι IMS ικανά. Αλλά μέχρι εκείνο τον χρόνο, θα υπάρξει ένα μίγμα IMS ικανών και μη-IMS ικανών τερματικών. Λαμβάνοντας υπόψη την ποικιλία των δικτύων πρόσβασης σε λειτουργία (μερικά IMS ικανά, άλλα όχι), τα κινητά τερματικά θα υποστηρίξουν δύο ή περισσότερες τεχνολογίες πρόσβασης για να επιτρέψουν τη λειτουργία στα διαφορετικά περιβάλλοντα.

Τέτοιο παράδειγμα, αποτελούν τα dual mode τηλέφωνα που υποστηρίζουν τόσο GSM όσο και WLAN.

2. Γιατί είναι σημαντικό

Το IMS είναι ενδεχομένως η βάση ενός νέου επιχειρησιακού προτύπου τηλεπικοινωνιών και για τα σταθερά και κινητά δίκτυα και είναι ένας βασικό εκφραστής της σταθερής / κινητής σύγκλισης. Σε γενικές γραμμές αντικαθιστά την παραδοσιακή προσέγγιση ενός περιορισμένου χρήστη, που προσφέρει μια περιορισμένη σειρά των υπηρεσιών μέσα από ένα ιδιαίτερα ελεγχόμενο δίκτυο, με μια σχεδόν απεριόριστη σειρά των ιδιαίτερα λειτουργικών υπηρεσιών που εκτείνονται σε πολλαπλές χρήσεις και καλύπτουν όλο το φάσμα των υπηρεσιών.

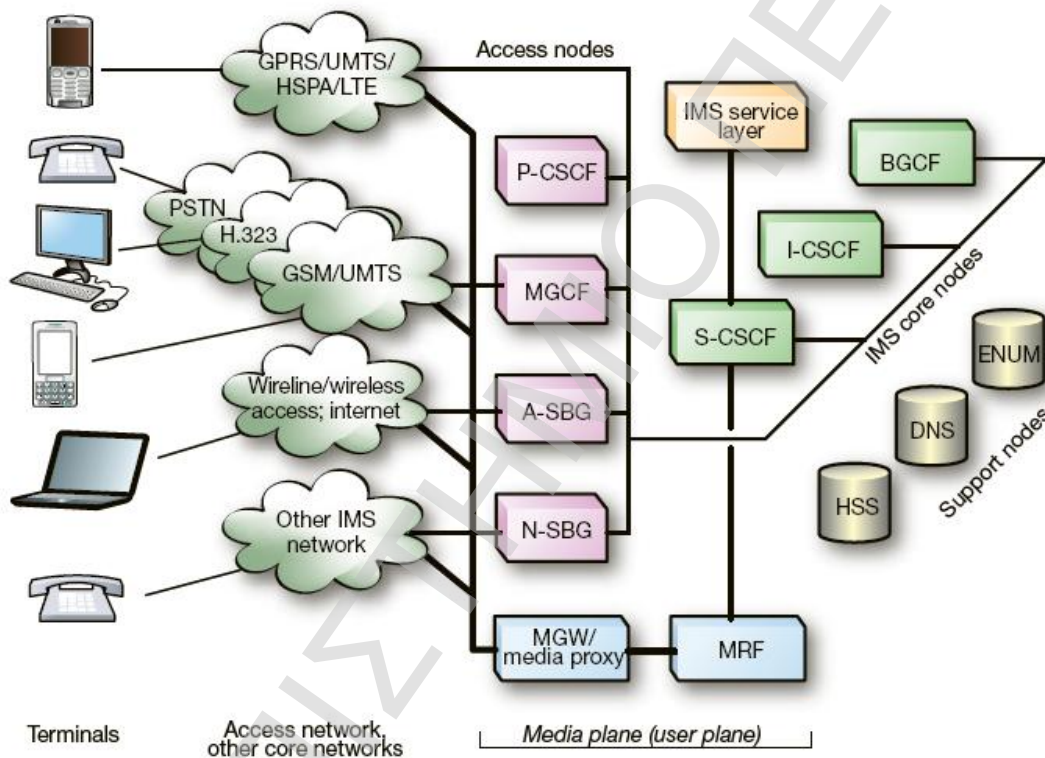
Τα κύρια χαρακτηριστικά του IMS είναι τα εξής: [28]

- § **Ανεξαρτησία πρόσβασης** (Access Independence) : Το IMS θα εργαστεί τελικά με οποιοδήποτε δίκτυο (σταθερό ή κινητό) με τις λειτουργίες μεταγωγής πακέτων, όπως CDMA2000, GPRS, το UMTS, και WLAN (αυτό στο μελλοντικό Rel – 6). Ανοικτές διεπαφές (interfaces) μεταξύ των στρωμάτων ελέγχου και υπηρεσιών επιτρέπουν στα στοιχεία και τις κλήσεις/τις περιόδους επικοινωνίας από τα διαφορετικά δίκτυα πρόσβασης να αναμιχθούν.
- § **Διαφορετικές δικτυακές αρχιτεκτονικές** (Different network architectures): Το IMS επιτρέπει στους χειριστές και τους φορείς παροχής υπηρεσιών για να χρησιμοποιήσει τις διαφορετικές δικτυακές αρχιτεκτονικές. Παραδειγματος χάριν, η πρόσβαση μπορεί να επιτευχθεί είτε από το δίκτυο του χρήστη ή να χρησιμοποιήσει ένα δίκτυο IP ως ενδιάμεσο σταθμό.
- § **Τερματικό και κινητικότητα χρηστών** (Terminal and user mobility) : Το κινητό δίκτυο παρέχει την τελική κινητικότητα, ενώ η κινητικότητα χρηστών παρέχεται από το IMS και το SIP.

- § **Εκτεταμένες IP-based υπηρεσίες** (Extensive IP-based services) : Το IMS πρέπει να καταστήσει ευκολότερο το να προσφέρει οποιαδήποτε IP-based υπηρεσία. Τέτοιες υπηρεσίες πρέπει να είναι οι : VOIP (Voice Over IP), POC (Push-to-Talk Over Cellular) , διαδραστικά παιχνίδια κτλ.

3. Αρχιτεκτονική IMS Δικτύου

Το IMS δίκτυο, στηρίζεται πάνω σε μια μεγάλη συλλογή από στοιχεία , τα οποία έχουν διακριτούς ρόλους. Στην εικόνα 5-1, απεικονίζεται η σχηματική αναπαράσταση της αρχιτεκτονικής ενός τέτοιου δικτύου:



Εικόνα 5-1: IMS network architecture [29]

Δύο όροι είναι πολύ κρίσιμοι για τον δίκτυο αυτό:

- § **Control Plane:** αποτελείται από τις οντότητες δικτύων που περιλαμβάνονται πρώτιστα στον έλεγχο της καθιέρωσης, της χρήσης, της χρέωσης, και των πτυχών λήξης για τις υπηρεσίες επικοινωνίας.
- § **User Plane:** αποτελείται από τις οντότητες δικτύων που ασχολούνται με την μεταφορά δεδομένων.

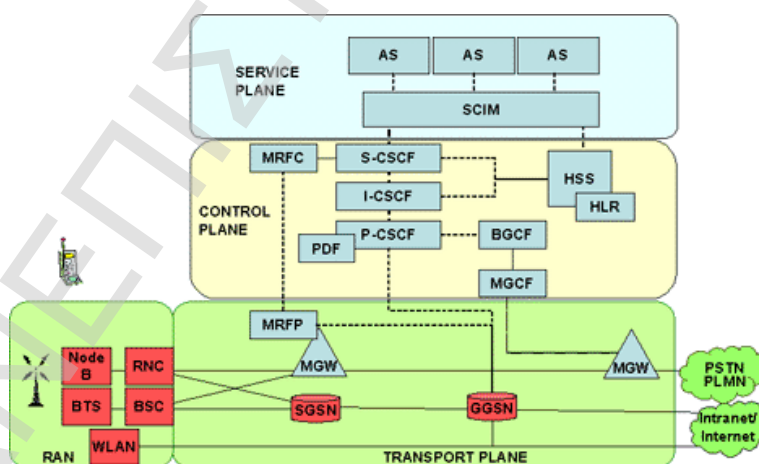
Η βασική ιδέα είναι ότι το IMS μεταφέρει τη σηματοδότηση και την κυκλοφορία φορέων πάνω από το στρώμα IP και λειτουργεί ως "μηχανή δρομολόγησης" ή εφαρμογή "ελέγχου περιόδου επικοινωνίας" , η οποία ταιριάζει με τον χρήστη τους κατάλληλους κεντρικούς υπολογιστές κλήσης / περιόδους επικοινωνίας χειρισμού, και καθοδηγεί έπειτα την

κλήση ή την περίοδο επικοινωνίας στον κατάλληλο προορισμό. Η αρχιτεκτονική περιλαμβάνει την ικανότητα να προστεθούν, να τροποποιηθούν, ή να διαγραφούν οι περίοδοι επικοινωνίας κατά τη διάρκεια μιας υπάρχουσας περιόδου επικοινωνίας πολυμέσων ή μιας circuit-switched κλήσης.

Το 3GPP TS 23.002 V6.6.0 (2004-12), η πιο πρόσφατη τεχνική προδιαγραφή για τη 3GPP δικτυακή αρχιτεκτονική, καθορίζει το IMS ως συμπερίληψη όλων των στοιχείων του δικτύου κορμού που παρέχουν τις IP υπηρεσίες πολυμέσων (όπως audio, video, text, chat, κ.λπ., και οι συνδυασμοί τους). Η γενική δικτυακή αρχιτεκτονική πίσω από αυτόν τον καθορισμό έχει δύο μέρη: ένα δίκτυο πρόσβασης και ένα κεντρικό δίκτυο. Στους κινητούς όρους, το δίκτυο πρόσβασης παρέχει τα ασύρματα σημεία και τις συνδέσεις πρόσβασης με το χρήστη, και το κεντρικό δίκτυο παρέχει τον έλεγχο υπηρεσιών και τη σταθερή συνδετικότητα σε άλλα σημεία πρόσβασης, σε άλλα σταθερά δίκτυα, και στα στοιχεία συμπεριφοράς υπηρεσιών, όπως οι βάσεις δεδομένων, οι διαλογικές ανακοινώσεις, και η παράδοση περιεχομένου.

Το κεντρικό δίκτυο υποτίθεται ότι έχει επίσης δύο μέρη, ως δικτυακές γειτονιές: μια circuit-switched δικτυακή γειτονιά και μια packet-switched δικτυακή γειτονιά. Οι circuit-switched συνδέσεις απαιτούν τα αφιερωμένα στοιχεία συμπεριφοράς δικτύων για να δεσμευθούν κατά τη διάρκεια μιας σύνδεσης – χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το PSTN. Οι packet-switched συνδέσεις δεν απαιτούν τέτοια αφιερωμένα στοιχεία συμπεριφοράς, καθώς οι πληροφορίες χωρίζονται σε χωριστά σύντομα μηνύματα (πακέτα), τα οποία καθοδηγούνται ανεξάρτητα μέσω του δικτύου στους προορισμούς τους, όπου συγκεντρώνονται εκ νέου στα αρχικά ρεύματα πληροφοριών. Το Διαδίκτυο είναι το κλασικό παράδειγμα ενός packet-switched δικτύου.

Το IMS περιλαμβάνει οκτώ βασικά στοιχεία, όπως φαίνεται και στην εικόνα 5-2:



Εικόνα 5-2: IMS's eight basic core-network elements [29]

Μέσα στην περιοχή IMS υπάρχουν οντότητες όπως ο εξυπηρετητής CSCF (Call Server Control Function), ο MGCF (Media Gateway Control Function), ο MRF (Multimedia Resource Function) και ο MGW (Media Gateway).[30]

§ **CSCF (Call Session Control Function):** Μια νέα οντότητα που παρουσιάστηκε στην έκδοση 5 είναι ο εξυπηρετητής CSCF (Call Server Control Function) ο οποίος λειτουργεί σαν ένας Πληρεξούσιος Εξυπηρετητής SIP του οποίου οι κύριες λειτουργίες είναι να:

- α) Εντοπίζει τους χρήστες – μετάφραση SIP URLs σε διευθύνσεις IP,
- β) Ενεργεί εκ μέρους άλλων οντοτήτων προωθώντας τα μηνύματα INVITE,
- γ) Διατηρεί πληροφορίες σχετικά με τη κατάσταση μιας συνόδου για να επιτρέψει άλλες ροές πολυμέσων να προστεθούν σε μια ήδη υπάρχουσα σύνοδο καθώς και για τη χρέωση.

Η οντότητα αυτή χωρίζεται σε τρία στοιχεία: τον P-CSCF (Proxy CSCF), τον SCSCF (Serving CSCF) και τον I-CSCF (Interrogating CSCF).

§ **MGCF (Media Gateway Control Function):** Επικοινωνεί με CSCF και ελέγχει τις συνδέσεις για τα κανάλια μέσων σε ένα IMS - MGW. Το MGCF εκτελεί τη μετατροπή πρωτοκόλλου μεταξύ ISUP και των πρωτοκόλλων κλήσης-ελέγχου IMS.

§ **IP Multimedia Subsystem – Media Gateway Function (IMS–MGW):** Το IMS- MGW μπορεί να υποστηρίξει τη μετατροπή μέσων, τον έλεγχο φορέων, και την επεξεργασία ωφέλιμων φορτίων (παραδείγματος χάριν, κωδικοποιητής-αποκωδικοποιητής, κτλ).

§ **Multimedia Resource Function Controller (MRFC):** Ελέγχει τα στοιχεία συμπεριφοράς ρευμάτων μέσων στο MRFP. Το MRFC ερμηνεύει τις πληροφορίες που προέρχονται από το AS και s- CSCF και ελέγχει το MRFP αναλόγως. Παράγει επίσης CDRs.

§ **Multimedia Resource Function Processor (MRFP):** Παρέχει ένα ευρύ φάσμα των λειτουργιών για τις πηγές πολυμέσων, συμπεριλαμβανομένης της παροχής στοιχείων συμπεριφοράς που ελέγχονται από το MRFC, τη μίξη των εισερχόμενων ρευμάτων μέσων (media streams), τα ρεύματα μέσων πρόσβασης (για τις ανακοινώσεις πολυμέσων), και την επεξεργασία των ρευμάτων μέσων.

§ **Subscription Locator Function (SLF):** Εντοπίζει τη βάση δεδομένων που περιέχει τα στοιχεία συνδρομητών, προκειμένου να απαντήσει σε ερωτήματα (queries) που δέχεται από το I- CSCF ή AS.

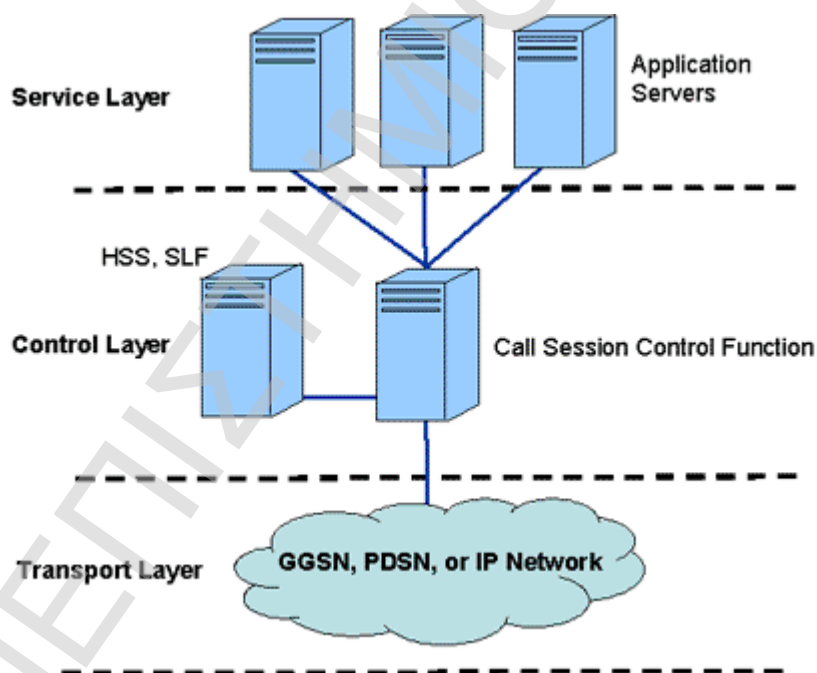
§ **Breakout Gateway Control Function (BGCF):** Ελέγχει τη μεταφορά των κλήσεων από και προς το PSTN.

§ **Application Server (AS):** Παρέχει τις προστιθέμενης αξίας IP υπηρεσίες πολυμέσων, ενώ προσφέρει υπηρεσίες SCIM (Service Capability Interaction Manager) προκειμένου να διαχειριστεί τις αλληλεπιδράσεις.

Υπάρχουν ωστόσο και άλλα απαραίτητα στοιχεία σε μια πλήρη αρχιτεκτονική είτε αφορά ένα πλήρες circuit-switched δίκτυο, είτε ένα packet-switched δίκτυο και τα οποία περιλαμβάνουν:

- § **Home Subscriber Server (HSS):** Περιλαμβάνει το Home Location Register (HLR) και το Authentication Center (AuC) και χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των στοιχείων των συνδρομητών.
- § **Signaling Gateway Function (SGF):** Παρέχει την μετατροπή του σήματος (και στις δύο κατευθύνσεις) μεταξύ SS7 και IP των δικτύων.
- § **Policy Decision Function (PDF):** Ελέγχει την κυκλοφορία που εισάγει το δίκτυο μεταγωγής πακέτων.

Εξετάζοντας λειτουργικά, το IMS χρησιμοποιεί αρχιτεκτονική επιπέδων (που παρουσιάζεται στην εικόνα 5-3) και περιλαμβάνει ένα σύνολο διαπροσωπειών, πληρεξούσιων SIP και κεντρικών υπολογιστών (όπως οι κεντρικοί υπολογιστές μέσω), και πυλών (για τις συνδέσεις στα μη-IP δίκτυα όπως το PSTN). Ένα κύριο χαρακτηριστικό της αρχιτεκτονικής αυτής είναι ότι ο έλεγχος κλήσης και περιόδου επικοινωνίας στο IMS είναι ανεξάρτητος από το δίκτυο στρώματος και πρόσβασης υπηρεσιών.

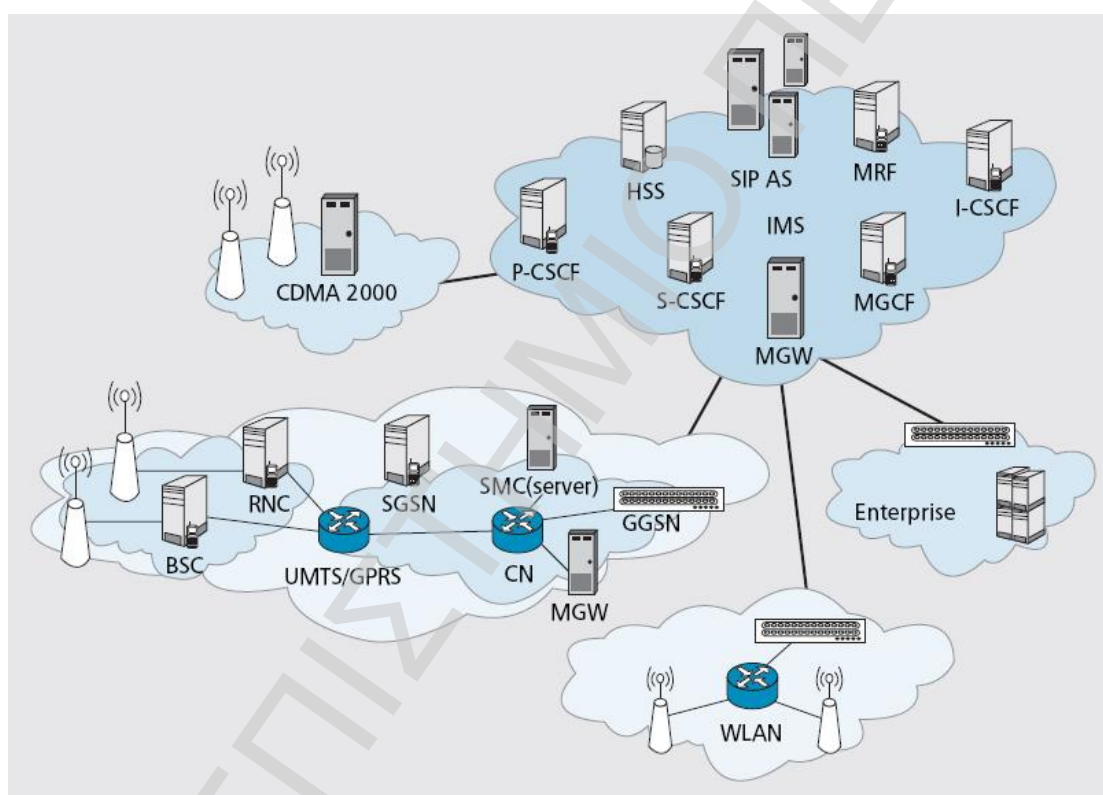


Εικόνα 5-3: IMS architecture [30]

4. IMS και Web Services

Ο ακρογωνιαίος λίθος του IMS είναι το πρωτόκολλο SIP. Σημαντικές λειτουργίες του SIP είναι ο έλεγχος περιόδου επικοινωνίας, διευθυνσιοδότηση και διαχείριση κινητικότητας στο επίπεδο υπηρεσιών. Αφότου καθιερώνεται μια περίοδος επικοινωνίας, άλλα πρωτόκολλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επικοινωνία μεταξύ των εφαρμογών (π.χ., RTP/RTCP για τη ροή της φωνής ή του βίντεο).

Πολλοί από τους IMS κόμβους είναι εξειδικευμένοι τύποι κεντρικών SIP υπολογιστών. Είναι γνωστοί ως CSCF και χρησιμοποιούνται για να επεξεργαστούν τα πακέτα σηματοδότησης SIP. Ένας proxy - cscf (p-CSCF), παραδείγματος χάριν, είναι ένας proxy SIP που ενεργεί ως πρώτο σημείο της επαφής για το τερματικό IMS. Το τερματικό θα ανακαλύψει το p - CSCF μέσω είτε του DHCP, είτε αυτό ανατίθεται στο πλαίσιο PDP (στα δίκτυα GPRS).



Εικόνα 5-4: IMS network [30]

Ένα p- CSCF ανατίθεται σε ένα τερματικό IMS κατά τη διάρκεια της εγγραφής, και δεν αλλάζει κατά τη "διάρκεια" της εγγραφής. Είναι τοποθετημένο στο μονοπάτι όλων των μηνυμάτων σηματοδότησης, και μπορεί να επιθεωρήσει κάθε μήνυμα. Ένα I-CSCF είναι ένας proxy SIP που βρίσκεται στην άκρη μιας διοικητικής δικτυακής γειτονιάς. Η IP διεύθυνσή της δημοσιεύεται στα DNS αρχεία της δικτυακής γειτονιάς, έτσι ώστε οι απομακρυσμένοι κεντρικοί υπολογιστές να μπορούν να τον βρουν, και να τον χρησιμοποιήσουν ως σημείο εισόδου για όλα τα πακέτα SIP σε αυτήν την δικτυακή γειτονιά. Ένας s- CSCF είναι ένας κεντρικός υπολογιστής SIP εκτελώντας τον έλεγχο περιόδου επικοινωνίας. Αυτός ο κόμβος CSCF χειρίζεται τις εγγραφές SIP, το οποίο επιτρέπει σε αυτόν να δεσμεύσει τη θέση χρηστών (π.χ.,

η διεύθυνση IP του τερματικού) και τη διεύθυνση SIP. Το s- CSCF βρίσκεται στο μονοπάτι όλων των μηνυμάτων σηματοδότησης, και μπορεί να επιθεωρήσει κάθε μήνυμα. Αποφασίζει σε ποιο κεντρικό υπολογιστή το μήνυμα SIP θα διαβιβαστεί προκειμένου να παρέχει τις υπηρεσίες του, και επιβάλλει την πολιτική του διαχειριστή δικτύων, (εικόνα 5-4).

Η επίκληση των υπηρεσιών SIP μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας είτε μια δημόσια SIP URI είτε ένα ιδιωτικό URL. Η δρομολόγηση των κλήσεων αντιμετωπίζεται από το SIP Registry (ένας κόμβος CSCF στο IMS) που είναι ενήμερο για την παρούσα θέση κάθε χρήστη.

5. Σηματοδοσία σε IMS δίκτυα

Η εικόνα 5-5 περιγράφει την σηματοδοσία σε ένα IMS δίκτυο, όπου ένας κινητός χρήστης (MS) προσπαθεί να επικοινωνήσει με κάποιον χρήστη (FU) που χρησιμοποιεί σταθερό δίκτυο.

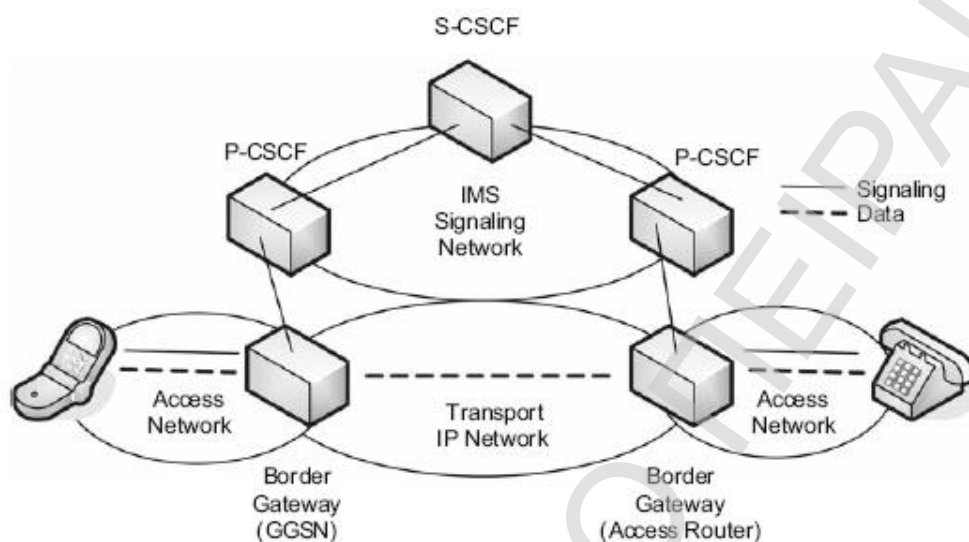
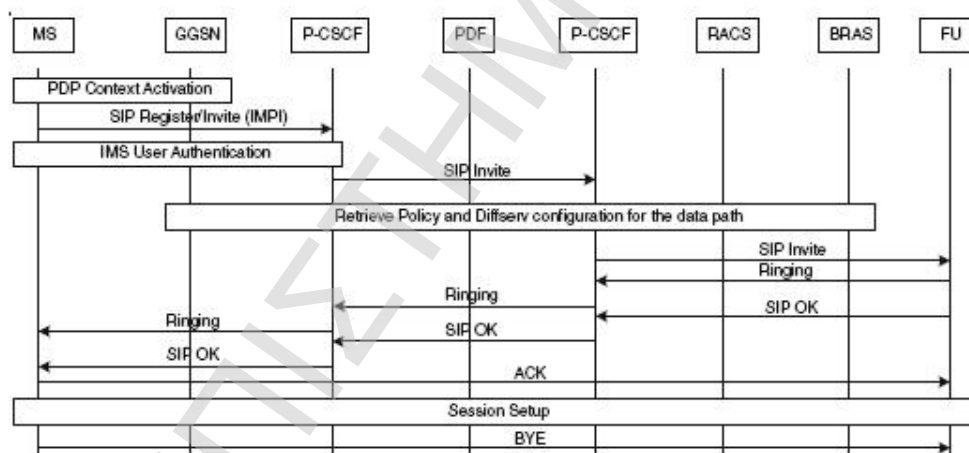


Fig. 2 Traffic flow in IMS networks



Εικόνα 5-5: IMS σηματοδοσία [31]

Προτού μπορέσει ένα οποιοδήποτε SIP μήνυμα να σταλεί στο δίκτυο, ο χρήστης πρέπει να καθιερώσει έναν φορέα μεταξύ αυτού και του δικτύου πρόσβασης. Αυτός ο φορέας καθιερώνεται μέσω του δικτύου πρόσβασης ως φυσικό κανάλι για τη μεταφορά των πακέτων IP. Στο UMTS, αυτή η διαδικασία οργάνωσης φορέων περιλαμβάνει την αποκαλούμενη διαδικασία ενεργοποίησης πλαισίου πρωτοκόλλου στοιχείων πακέτων (PDP), όπου τα χαρακτηριστικά του φορέα στέλνονται στο δίκτυο ως ένας PDP πίνακας, που περιέχει τα χαρακτηριστικά συνδέσεων, όπως το εύρος ζώνης, τη ποιότητα εξυπηρέτησης και άλλα.

Μετά από την ενεργοποίηση του πλαισίου PDP η διαδικασία ολοκληρώνεται, η πορεία για την αποστολή των μηνυμάτων προς το IMS δίκτυο καθιερώνεται μέσω του p-

CSCF. Για να καταχωρηθεί στο IMS δίκτυο, ο συνδρομητής στέλνει ένα μήνυμα SIP REGISTER, που περιέχει ένα μήνυμα που καλείται IP Multimedia Personal Identifier (IMPI). Εάν ο χρήστης εγγράφεται ήδη και η σύνοδος του έχει διακοπεί ως αποτέλεσμα της μετακίνησής του (π.χ. μια περίπτωση παράδοσης), ενεργοποιείται το πλαίσιο PDP και στην συνέχεια ακολουθεί το SIP INVITE μήνυμα. Με την παραλαβή του μηνύματος SIP REGISTER, το p-CSCF επικυρώνει τον χρήστη στο δίκτυο, ενώ όταν λαμβάνει ένα SIP INVITE μήνυμα, το p-CSCF διατηρεί τις πληροφορίες του χρήστη στο μονοπάτι που έχει δημιουργηθεί, προκειμένου να διατηρηθεί η σύνδεση, κατά την μετάβαση από το ένα δίκτυο στο άλλο.

Ο τελικός χρήστης (FU), ειδοποιείται από το p-CSCF, με ένα SIP INVITE μήνυμα, ενώ το τερματικό του αποκρίνεται με ένα SIP RINGING μήνυμα, το οποίο και διαδίδεται στον κινητό χρήστη, δείχνοντας με αυτόν τον τρόπο, ότι η σύνδεση έχει αποκατασταθεί. Όταν ο τελικός χρήστης (FU) απαντήσει, στέλνεται ένα SIP OK μήνυμα, στον χρήστη MS. Η κίνηση αυτή προκαλεί την δημιουργία ενός SIP ack μηνύματος, που επισημαίνει την επιτυχή οργάνωση της σύνδεσης.

6. Θέματα ασφάλειας σε IMS δίκτυα

Τα 3GPP TS 33.203 και 3GPP TR33.978 V6.1.0 (2005 – 2006), καθορίζουν θέματα ασφάλειας και μηχανισμούς για ασφαλή πρόσβαση στο IM CN (Corresponding Node).

Το υποσύστημα IM CN υποστηρίζει IP πολυμεσικές εφαρμογές στο UMTS, όπως video, audio & multimedia conferences. Το 3GPP έχει επιλέξει το πρωτόκολλο SIP, όπως αναφέραμε και παραπάνω, ως πρωτόκολλο σηματοδότησης προκειμένου να δημιουργεί και τερματίζει πολυμεσικές συνόδους.

Στα Packet switched (PS) δίκτυα, η υπηρεσία δεν παρέχεται μέχρι εδραιωθεί μια ασφαλή σύνδεση μεταξύ του κινητού και του δικτύου. Το IM CN υποσύστημα είναι μια επικάλυψη της περιοχής των PS και δεν ενσωματώνεται στους κόμβους SGSN & GGSN, με αποτέλεσμα να απαιτείται μια δεύτερη πιο ασφαλή συνεργασία μεταξύ πολυμεσικών πελατών και IM CN υποσυστήματος. Η αρχιτεκτονική του IM CN υποσυστήματος ασφάλειας, απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα :

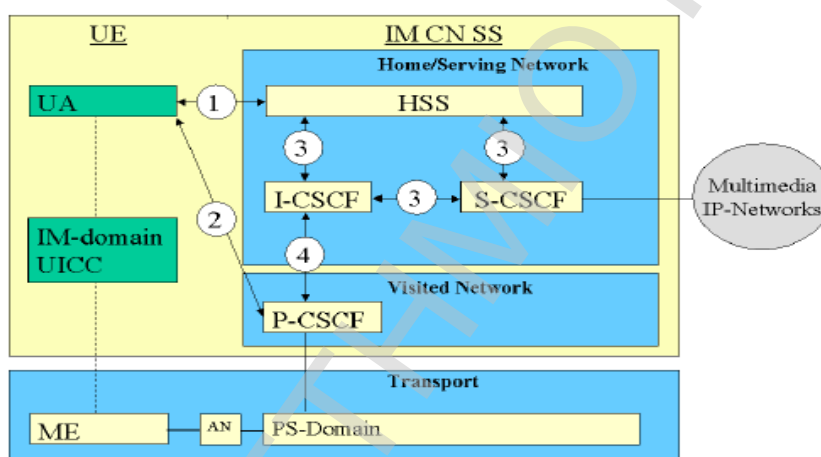


Figure 1. This is the security architecture for the IM CN Subsystem.

Εικόνα 5-6: IMS CN αρχιτεκτονική [32] – [37]

Υπάρχουν 4 διαφορετικές ασφαλείς συνδέσεις και διαφορετικές ανάγκες για το IM CN SS, οι οποίες αριθμούνται με 1,2,3,4 , όπου:

1. Καθορίζει την αμοιβαία αυθεντικοποίηση.
2. Καθορίζει μια ασφαλή σύνδεση και μια ασφαλή συνεργασία μεταξύ UE & P-CSCF.
3. Παρέχει ασφάλεια μέσα στην περιοχή δικτύων εσωτερικά.
4. Παρέχει ασφάλεια μεταξύ διαφορετικών δικτύων.

Η αμοιβαία αυθεντικοποίηση πρέπει να γίνει μεταξύ UE & HSS.

Σε ένα ανεξάρτητο IM, οι μηχανισμοί ασφαλείας παρέχουν επιπρόσθετη ασφάλεια κατά την διάρκεια μιας απειλής. Για παράδειγμα, αν η περιοχή ασφαλείας ενός PS παραβιάζοταν, τότε το υποσύστημα IM CN θα συνέχιζε να προστατεύεται από ίδιους μηχανισμούς.

Ένα από τα πλέον σημαντικά προβλήματα στο IMS δίκτυο, είναι η πιστοποίηση και αυθεντικοποίηση των χρηστών.

Ένας IM-συνδρομητής θα εντοπίσει το σχεδιάγραμμα συνδρομητών του στο HSS μέσα στο οικιακό δίκτυο. Κατά την εγγραφή ένα S-CSCF ορίζεται στον συνδρομητή από το I-CSSF. Το σχεδιάγραμμα συνδρομητών θα είναι αποθηκευτεί στο s-CSCF πέρα από το Cx - σημείο αναφοράς από το HSS (Cx-pull).

Όταν ένας συνδρομητής ζητά ένα IM υπηρεσίες το s-CSCF θα το ελέγξει, με το ταίριασμα του αιτήματος με το σχεδιάγραμμα συνδρομητών, με το εάν ο συνδρομητής έχει την άδεια για να συνεχίσει με τον έλεγχο ή όχι (έγκριση των IM-υπηρεσιών).

Όλη η sip σηματοδοσία λαμβάνει μέρος πάνω από την PS περιοχή, δηλ. οι IM-υπηρεσίες είναι ουσιαστικά μια επικάλυψη στην PS περιοχή. Ως εκ τούτου το επισκεπτόμενο δίκτυο θα έχει τον έλεγχο όλων των συνδρομητών στην PS περιοχή δηλ. έλεγχο (έγκριση των πόρων φορέων) δεδομένου ότι το επισκεπτόμενο δίκτυο παρέχει μια υπηρεσία μεταφορών και ένα QoS.

Για IM Υπηρεσίες μια νέα ασφαλή σύνδεση απαιτείται ανάμεσα στον κινητό και στο IM CN SS προτού δοθεί άδεια στις IM υπηρεσίες.

Ο μηχανισμός για μια αμοιβαία πιστοποίηση σε ένα δίκτυο UMTS , καλείται UMTS AKA. Πρόκειται για ένα πρωτόκολλο απάντησης πρόκλησης και το AuC που βρίσκεται στο Home Stratum, παράγει την πρόκληση αυτή. Το Quintet περιέχει την πρόκληση και στέλνεται από το Home Stratum στο Serving Network. Το Quintet περιέχει την αναμενόμενη απάντηση XRES και επίσης τον κώδικα επικύρωσης μηνυμάτων,MAC. Το serving network, συγκρίνει την απάντηση από το UE με το XRES και αν αυτά ταιριάζουν τότε το UE έχει πιστοποιηθεί. Το UE υπολογίζει ένα προβλεπόμενο MAX, XMAC και συγκρίνει αυτά, με τα λαμβανόμενα mac και αν ταιριάζουν, τότε το UE έχει πιστοποιηθεί στο Serving Network.

Το AKA (Authentication & Key Agreement) - πρωτόκολλο είναι ένα πρωτόκολλο ασφαλείας ανεπτυγμένο από το UMTS και χρησιμοποιείται για IM υπηρεσίες και καλείται IMS AKA.

Η εικόνα 5-7, περιγράφει το IMS AKA και πετυχαίνει αμοιβαία αυθεντικοποίηση μεταξύ του USIM και του HSS. Παράλληλα μια ασφαλή συνεργασία λαμβάνει μέρος μεταξύ UE & P-CSCF.

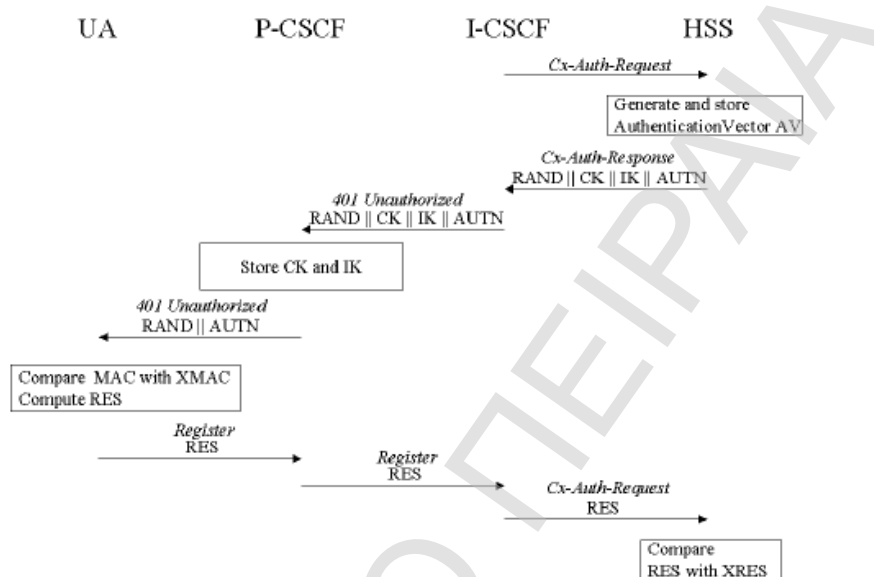


Figure 2: The IMS Authentication and Key Agreement.

Εικόνα 5-7: AKA πρωτόκολλο [32] – [37]

Η δημιουργία ενός διάνυσμα αυθεντικοποίησης AV, το οποίο περιλαμβάνει RAND, XRES, CK, IK και AUTN, πρέπει να γίνεται με τον τρόπο που περιγράφεται από το 3GPP TS 33.102 "Technical Specification Group ; Security Architecture". Για κάθε χρήστη το HSS κρατά την τιμή του μετρητή SQN_{HSS} .

Το HSS λαμβάνει μια Cx-Auth αίτηση, η οποία περιέχει την ιδιωτική ταυτότητα χρηστών (NAI), την οποία ο διαχειριστής του δικτύου ορίζει. Καθώς λαμβάνεται η Cx-Auth αίτηση, το HSS δημιουργεί ένα AV και στέλνει στο I-CSCF μια Cx-Auth απάντηση, η οποία περιλαμβάνει το RAND, CK, IK, AUTN. Το I-CSCF στέλνει ένα SIP message 401 Unauthorized, το οποίο περιλαμβάνει RAND, CK, IK, AUTN. Το P-CSCF αποθηκεύει το CK & IK, τα οποία και θα χρησιμοποιηθούν στην επόμενη προστασία της sip σηματοδότησης μεταξύ του UE και του P-CSCF.

Το τελευταίο προωθεί το SIP message 401 Unauthorized, το οποίο περιλαμβάνει το RAND και AUTN. Η USIM υπολογίζει το XMAC και το συγκρίνει με το λαμβανόμενο MAC. Αν είναι τα ίδια τότε η USIM αυθεντικοποιεί το HSS. Διαφορετικά το UE στέλνει μια register-user-auth- απόρριψη στο P-CSCF. Η λειτουργία του SQN ελέγχεται από το usim και αν δεν βρίσκεται σε μια αποδεκτή τιμή, στέλνεται ένα register-synch failure μήνυμα στο P-CSCF. Το μήνυμα αυτό περιλαμβάνει την τιμή AUTS και οι προδιαγραφές του καθορίζονται από το 3GPP TS 33.102.

Αν το SQN βρίσκεται σε μια αποδεκτή τιμή και η MAC & XMAC έχουν τις ίδιες τιμές, τότε το UE στέλνει μήνυμα απάντησης στο P-CSCF. Το τελευταίο προωθεί το SIP μήνυμα

στο I-CSCF. Αυτό με την σειρά του στέλνει ένα Cx-auth-request μήνυμα, το οποίο περιλαμβάνει το RES, στο HSS. Εν συνεχεία συγκρίνει την τιμή του RES με αυτή του XRES και αν είναι ίδιες, το HSS πιστοποιεί τον συνδρομητή.

Το 3GPP IMS παρέχει μια ικανότητα ελέγχου της IP συνόδου, βασισμένη στο SIP. Το IMS μπορεί να χρησιμοποιηθεί για υπηρεσίες όπως push-to-talk, άμεσο μήνυμα, τηλεδιάσκεψη. Γίνεται κατανοητό ότι οι εφαρμογές αυτών των υπηρεσιών θα αναπροσαρμοστούν, καθώς δεν είναι πλήρως συμβατές με το 3GPP IMS. Για παράδειγμα, το IMS χρησιμοποιεί αποκλειστικά IPv6 [38], ενώ δεν θα υπάρχει αναβάθμιση υπηρεσιών που βασίζονται σε IPv4.

Η ασυμβατότητα υπηρεσιών που δεν χρησιμοποιούν IPv6 δεν είναι η μόνη διαφορά μεταξύ των πρόωρων εφαρμογών IMS και των πλήρως εναρμοσμένων με το 3GPP εφαρμογές. Πιο συγκεκριμένα, αναμένεται ότι θα υπάρξει μια ανάγκη να επεκταθούν μερικές IMS-βασισμένες υπηρεσίες προτού οι εφαρμογές που θα είναι διαθέσιμες που υποστηρίζουν πλήρως τις 3GPP ιδιότητες ασφαλείας IMS που καθορίζονται στο TS 33.203 [39]. Η μη συμμόρφωση με τις ιδιότητες ασφαλείας TS 33.203 αναμένεται να είναι ένα πρόβλημα κυρίως στην πλευρά UE, λόγω της πιθανής έλλειψης υποστήριξης της διεπαφής USIM/ISIM (ειδικά 2G-μόνο στις συσκευές) και λόγω της πιθανής ανικανότητας να υποστηριχθεί IPsec σε μερικές UE πλατφόρμες.

Αν και η πλήρης υποστήριξη 3GPP των ιδιοτήτων ασφαλείας TS 33.203 προτιμάται από μια προοπτική ασφάλειας, εν τούτοις οι πρόωρες εφαρμογές IMS θα συνεχίσουν να υπάρχουν και δεν θα υποστηρίζουν αυτά τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα. Επομένως, υπάρχει μια ανάγκη να εξασφαλιστεί ότι απλοί, όμως επαρκώς ασφαλείς, μηχανισμοί, θα είναι διαθέσιμοι για να προστατεύουν από τις σημαντικότερες απειλές ασφάλειας που θα υπάρξουν στις πρόωρες εφαρμογές IMS.

Προκειμένου να γίνουν κατανοητοί οι έλεγχοι που είναι απαραίτητοι, θα πρέπει να δημιουργήσουμε ένα σενάριο. Το σενάριο αυτό, θα εξελιχθεί στα παρακάτω βήματα:

1. Ο εισβολέας A συνδέεται στο GPRS, GGSN, αναθέτοντας μια IP διεύθυνση, IP-A
2. Ο εισβολέας A εγγράφεται στο IMS, χρησιμοποιώντας την IMS ταυτότητα, ID-A.
3. Ο εισβολέας A στέλνει SIP προσκλήσεις χρησιμοποιώντας την δική του IP διεύθυνση, IP-A, αλλά την ταυτότητα του δεύτερου χρήστη ID-B.

Εάν η σύνδεση μεταξύ της διεύθυνσης IP στο επίπεδο φορέων, και οι δημόσιες και ιδιωτικές ταυτότητες χρηστών δεν ελέγχονται έπειτα ο επιτιθέμενος θα πετύχει, δηλ. θα συνδεθεί μέσω IP αλλά η υπηρεσία IMS θα χρεωθεί ψευδώς στο B.

Το σοβαρό πρόβλημα εντούτοις είναι ότι χωρίς αυτήν την σύνδεση οι πολλαπλοί χρήστες μέσα σε μια ομάδα «φίλων» θα μπορούσαν διαδοχικά (ή ενδεχομένως ταυτόχρονα) να μοιραστούν τις ιδιωτικές/δημόσιες ταυτότητες χρηστών του B.

Το σενάριο αυτό περιλαμβάνει τις ακόλουθες φάσεις:

1. Ο χρήστης B συνδέεται στο GPRS, GGSN, λαμβάνοντας μια IP διεύθυνση, IP-B.
2. Ο χρήστης B συνδέεται στο IMS, χρησιμοποιώντας την IMS-ταυτότητά του, ID-B.

3. Ο εισβολέας A στέλνει SIP προσκλήσεις χρησιμοποιώντας την δική του IMS ταυτότητα ID-A, αλλά την IP διεύθυνση του δεύτερου χρήστη IP-B.

Εάν η σύνδεση μεταξύ της διεύθυνσης IP, την οποία το GGSN διέθεσε το UE κατά την ενεργοποίηση πλαισίου PDP και της διεύθυνσης πηγής IP στα επόμενα πακέτα δεν ελέγχεται, τότε ο επιτιθέμενος θα πετύχει.

Ο μηχανισμός ασφαλείας στο IMS δίκτυο, λειτουργεί με τη δημιουργία μιας ασφαλούς σύνδεσης στο HSS μεταξύ της δημόσιας/ιδιωτικής ταυτότητας χρηστών και της διεύθυνσης IP που διατίθεται αυτήν την περίοδο στον χρήστη στο επίπεδο GPRS.

Το GGSN, τερματίζει το PDP πλαίσιο κάθε χρήστη, εξασφαλίζοντας ότι το IMSI που βρίσκεται στο PDP πλαίσιο, είναι πιστοποιημένο. Το GGSN θα παράσχει τη IP διεύθυνση του χρήστη, το IMSI και το MSISDN σε έναν RADIUS server στο HSS πάνω από την διεπαφή Gi όταν ενεργοποιείται ένα πλαίσιο PDP προς το σύστημα IMS.

Το HSS έχει μια σύνδεση μεταξύ του IMSI ή/και MSISDN και του IMPI και του IMPU και είναι επομένως ικανά να αποθηκεύσουν την διεύθυνση IP που αποδίδεται εκείνη την στιγμή από το GGSN ενάντια στο IMPI (IM Private Identity) ή/και στο IMPU (IM Public Identity) του χρήστη.

Το GGSN ενημερώνει το HSS τότε το πλαίσιο PDP απενεργοποιείται/τροποποιείται έτσι ώστε η αποθηκευμένη IP διεύθυνση να μπορεί να ενημερωθεί στο HSS. Όταν το s-CSCF λαμβάνει ένα SIP αίτημα εγγραφής ή οποιαδήποτε επόμενα αιτήματα για ένα δεδομένο IMPU, ελέγχει ότι η IP διεύθυνση στην SIP επικεφαλίδα (που ελέγχεται από το δίκτυο) ταιριάζει με τη IP που αποθηκεύτηκε ενάντια στην IMPU του συνδρομητή στο HSS.

Ο μηχανισμός αυτός υποθέτει ότι το GGSN, δεν επιτρέπει στο UE να μεταδώσει με επιτυχία πακέτα IP, από μια τοποθεσία η οποία έχει διαφορετική διεύθυνση, από εκείνη που της δόθηκε όταν ενεργοποιήθηκε το PDP πλαίσιο. Με άλλα λόγια το GGSN πρέπει να είναι σε θέση να αποτρέψει την μεταβολή της αρχικής IP διεύθυνσης. Ο μηχανισμός αυτός επίσης υποθέτει ότι το p-CSCF ελέγχει και διαπιστώνει ότι είναι ίδια η IP διεύθυνση που αρχικά δόθηκε στην επικεφαλίδα SIP με αυτή που έλαβε στην επικεφαλίδα IP από το UE.

Ο μηχανισμός αυτός αποτρέπει έναν εισβολέα από το να κλέψει την IMS ταυτότητα ή την IP διεύθυνση που βρίσκεται στην SIP επικεφαλίδα, ενός άλλου χρήστη, χρησιμοποιώντας την δική του IP διεύθυνση στην IP επικεφαλίδα.

Ο μηχανισμός υποθέτει ότι μόνο μια IP διεύθυνση επαφών συνδέεται με ένα IMPI. Επιπλέον, ο μηχανισμός υποστηρίζει την περίπτωση ότι μπορεί να υπάρχουν διάφορα IMPUs που συνδέονται με ένα IMPI, αλλά ένα IMPU είναι συνδεδεμένο με μόνο ένα IMPI.

Αρχικά η επικύρωση IMS χρηστών εκτελείται με τη σύνδεση της IMS εγγραφής (βασισμένης σε ένα IMPI) με ένα PDP πλαίσιο (βασισμένο σε ένα επικυρωμένο IMSI). Ο μηχανισμός εδώ υποθέτει ότι υπάρχει μια μονόδρομη και αποκλειστική σχέση μεταξύ του IMSI για την πρόσβαση φορέων και του IMPI για την πρόσβαση IMS.

Για τους σκοπούς του παρόντος παρόντος εγγράφου, ένα APN, που χρησιμοποιείται για τις IMS υπηρεσίες, καλείται IMS APN (IMS Access Point Name). Ένα IMS APN μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης για τις μη-IMS υπηρεσίες.

Αρχικά οι μηχανισμοί ασφάλειας IMS, απαιτούσαν τον GGSN να βρίσκεται στο οικιακό δίκτυο.

Η προσωρινή λύση λειτουργεί με τα UEs που περιέχουν μια SIM ή μια USIM (IMS Subscriber Identity Module), ενώ η πλήρης ασφάλεια IMS απαιτεί μια USIM ή μια ISIM. Η προσωρινή λύση δεν επικυρώνει στο επίπεδο IMS. Αντ' αυτού, στηρίζεται στην ασφάλεια επιπέδων φορέων στο επίπεδο GPRS ή UMTS PS επίπεδο.

Όταν λαμβάνεται ένα μήνυμα ενεργοποίησης ενός PDP πλαισίου, το GGSN στέλνει ένα RADIUS start μήνυμα, στον AAA εξυπηρετητή που είναι συνδεδεμένος στο HSS.

Όταν το HSS λάβει το μήνυμα αυτό, θα χρησιμοποιήσει το IMSI ή/και το MSISDN προκειμένου να βρει το IMPI του συνδρομητή και στην συνέχεια να αποθηκεύσει την IP διεύθυνση. Υποθέτουμε ότι ο RADIUS εξυπηρετητής που συνδέεται στο HSS, είναι διαφορετικός από τον αντίστοιχο RADIUS εξυπηρετητή που χρησιμοποιεί το GGSN για έλεγχο πρόσβασης.

Το GGSN δεν θα δεχτεί την ενεργοποίηση του PDP πλαισίου εφόσον το start μήνυμα δεν γίνει αποδεκτό από το HSS. Πιο συγκεκριμένα, δεν είναι δυνατόν να υπάρχει ένα ενεργοποιημένο PDP πλαίσιο, από την στιγμή που η IP διεύθυνσή του, δεν είναι αποθηκευμένη στο HSS.

Όταν το UE εγκαθιδρύσει ένα PDP πλαίσιο για ένα IMS APN, τότε αυτό αποκτά μια νέα IP διεύθυνση και το GGSN στέλνει ένα μήνυμα στο HSS που ονομάζεται Accounting – request START και περιέχει μέσα του την IP αυτή διεύθυνση.

Ανάλογα την κατάσταση του HSS, θα πρέπει να εκτελεστούν κάποια βήματα :

1. Αν η IP διεύθυνση αποθηκευτεί στο HSS και είναι διαφορετική από την διεύθυνση που έλαβε από το GGSN, το HSS (i) θα ξεκινήσει μια διαδικασία που καλείται 3GPP IMS HSS-initiated de-registration procedure και (ii) θα διαγράψει την παλιά IP διεύθυνση.
2. Το HSS αποθηκεύει την νέα διεύθυνση και επιβεβαιώνει το Accounting – request START μήνυμα. Εάν λάβει χώρα το (1) βήμα, τότε το μήνυμα στέλνεται είτε μετά από κατάλληλο χρονικό σημείο, είτε όταν ολοκληρωθεί επιτυχώς η διαδικασία διαγραφής.
3. Το UE αρχίζει την αρχική διαδικασία εγγραφής IMS
4. Εάν λάβει χώρα το (1) βήμα, το HSS θα εγκαταλείψει την διαδικασία διαγραφής όταν λάβει ένα νέο και επιτυχές μήνυμα πιστοποίησης του χρήστη από το S-CSCF.

Όταν όλα τα PDP πλαίσια είναι απενεργοποιημένα, το GGSN στέλνει ένα μήνυμα που καλείται Accounting – request STOP στο HSS. Το τελευταίο ελέγχει τις IP διευθύνσεις που περιλαμβάνονται στο παραπάνω μήνυμα με εκείνες που βρίσκονται αποθηκευμένες στο HSS. Αν είναι ίδιες, το HSS διαγράφει όλες τις IP διευθύνσεις και ξεκινάει μια διαδικασία εγγραφής και διαγραφής στο HSS. Αν είναι διαφορετικές τότε αγνοεί το μήνυμα.

Στο παρακάτω σχήμα (εικόνα 5-8) , απεικονίζεται το διάγραμμα ροής των μηνυμάτων προκειμένου να γίνει μια επιτυχημένη εγγραφή στο IMS, σύμφωνα με τα παραπάνω:

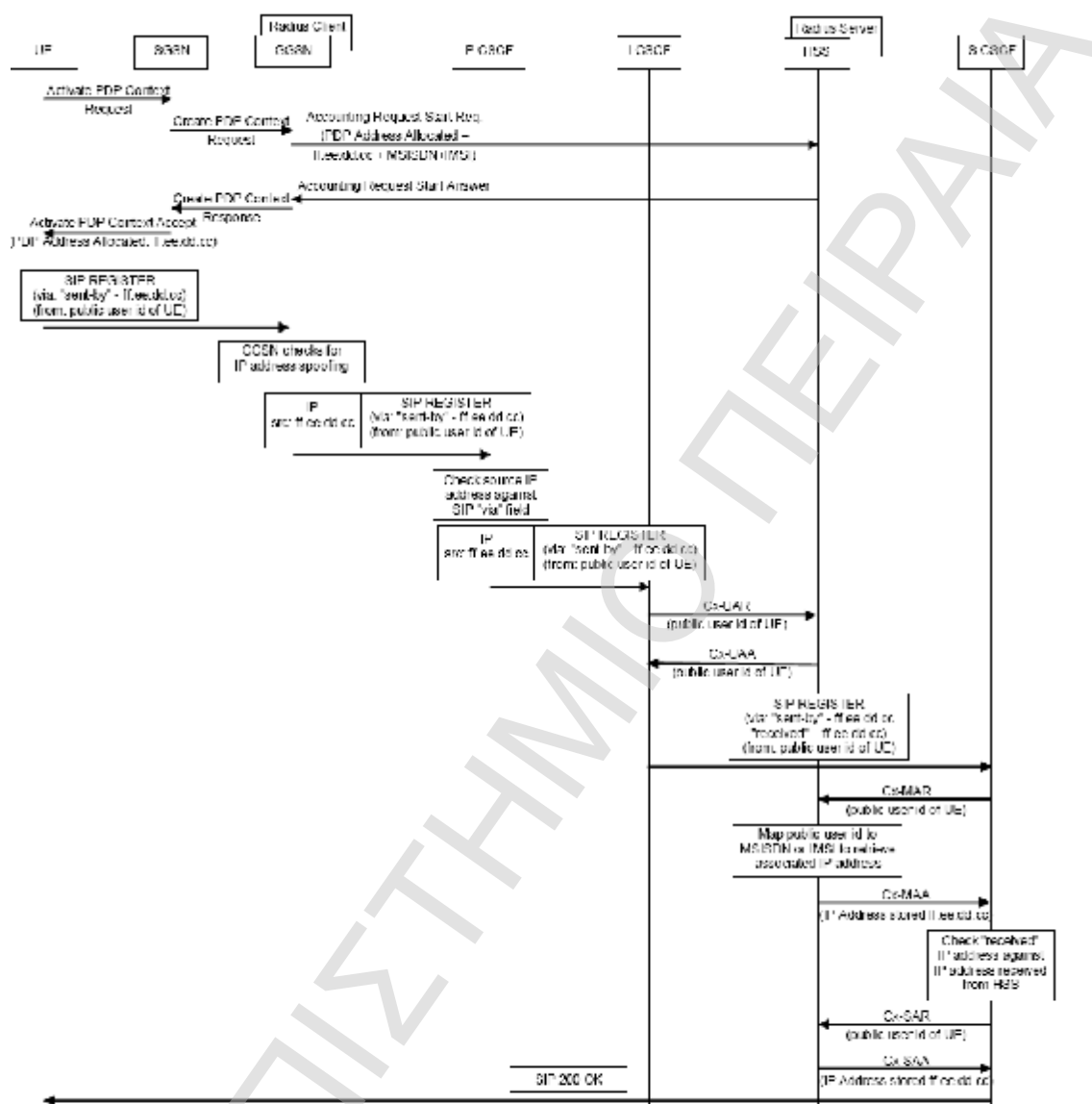


Figure 1: Message sequence for early IMS security showing a successful registration

Εικόνα 5-8: Επιτυχημένη εγγραφή στο IMS [38], [39]

Στο παρακάτω σχήμα (εικόνα 5-9), απεικονίζεται η ροή μηνυμάτων για την ανεπιτυχή προσπάθεια ενός επιτιθεμένου που προσπαθεί να εξαπατήσει την IMS ταυτότητα ενός έγκυρου χρήστη

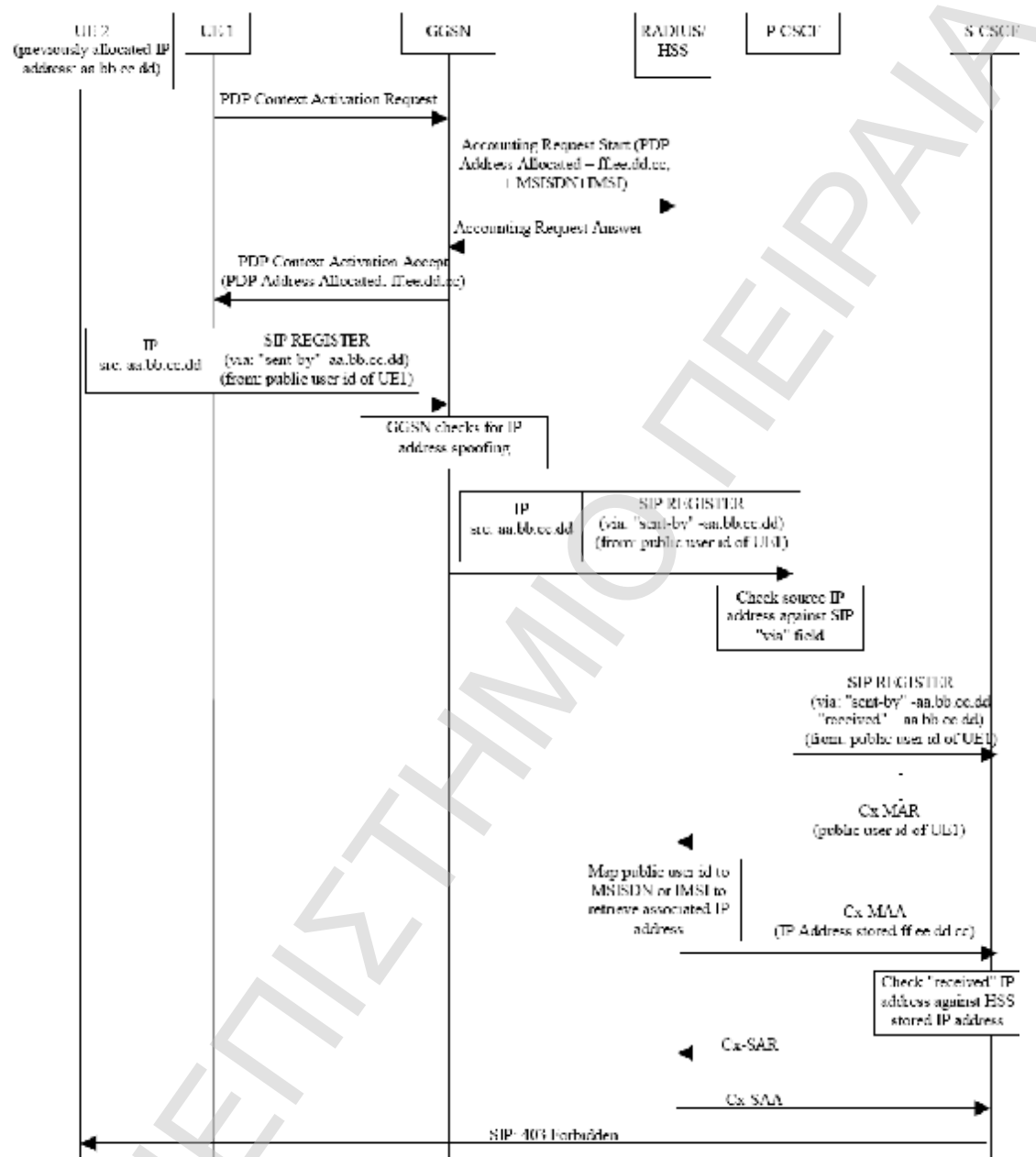


Figure 2: Message sequence for early IMS security showing an unsuccessful identity theft

Εικόνα 6-9: Μη επιτυχημένη εγγραφή στο IMS [38], [39]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

Voice over IP και IMS

1 Εισαγωγή

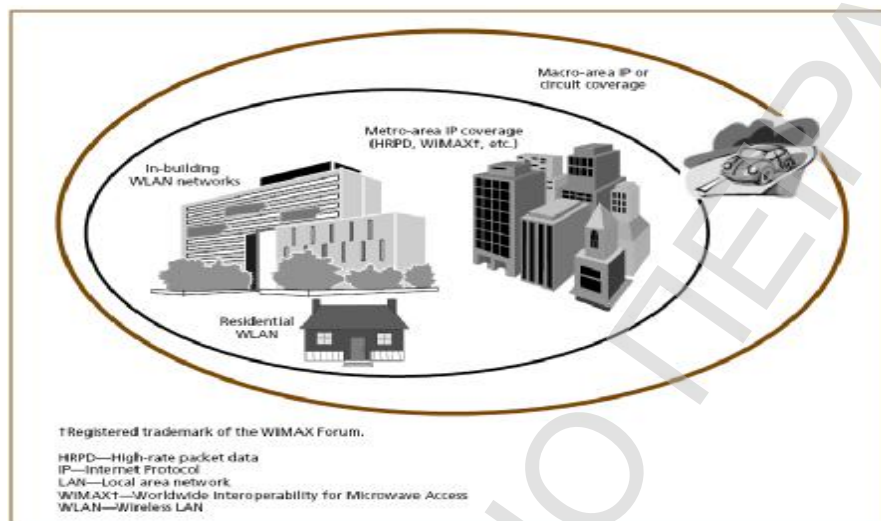
Η συμμετοχή της VoIP υπηρεσίας σε IMS πρωτόκολλα, αποτελεί μια τεχνολογία αιχμής για τις κινητές συσκευές του μέλλοντος, με σκοπό να προσφέρει τόσο στους τελικούς χρήστες, όσο και στους φορείς παροχής υπηρεσιών (service providers) μεγαλύτερο εύρος ζώνης μετάδοσης, πολλαπλά ασύρματα δίκτυα και πιο ισχυρές εφαρμογές, με χαμηλότερο κόστος όταν χρησιμοποιούνται υπηρεσίες φωνής, όπως πχ μια απλή τηλεφωνική κλήση. Παράλληλα, η τεχνολογία αυτή θα λαμβάνει χώρα, όταν μια VoIP υπηρεσία, παρέχεται μέσω μιας ασύρματης πρόσβασης σε ένα IP δίκτυο, όπως ένα δίκτυο WLAN, Wi – Fi, ένα κυψελοειδές IP δίκτυο δεδομένων (3G, CDMA, UMTS, HSDPA). Επειδή οι συσκευές αυτές που χρησιμοποιούν τις τεχνολογίες CDMA και HSDPA, εισέρχονται στο δίκτυο μέσω ασύρματης πρόσβασης και με δεδομένη τη μη διαθεσιμότητα της υπηρεσίας QoS για την VoIP, θα πρέπει να δημιουργηθούν κατάλληλες διατάξεις, dual mode , οι οποίες θα πρέπει να υποστηρίζουν τόσο VoIP υπηρεσίες, όσο και απλής τηλεφωνικής συνδιάλεξης. [46] – [50]

Σήμερα οι υπηρεσίες VoIP μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες αναφορικά με την σχέση τους με το IMS:

- ✓ **VoIP ως συμπληρωματική υπηρεσία:** Στην περίπτωση αυτή, η υπηρεσία VoIP over IMS, δρα ως συμπληρωματική υπηρεσία στο ασύρματο δίκτυο, το οποίο αναπτύσσεται σε ένα μικρό οικιακό περιβάλλον. Στην περίπτωση αυτή η χρήση της υπηρεσίας VoIP over IMS, παρέχεται είτε από τον παροχέα του ασύρματου δικτύου, είτε ο χρήστης IMS, μπορεί να έρθει σε συμφωνία για περιαγωγή με έναν ή περισσότερους και διαφορετικούς παροχείς ασύρματου δικτύου. Το δίκτυο που προκύπτει ονομάζεται μικρό-δίκτυο.
- ✓ **VoIP ως πρωταρχική υπηρεσία:** Στην περίπτωση αυτή, η υπηρεσία VoIP over IMS είναι η άμεσα προσφερόμενη και το ασύρματο δίκτυο πρόσβασης αντιμετωπίζεται ως μια επέκταση της μακρο-περιοχής που καλύπτει. Αυτό παρατηρείται σε ασύρματα δίκτυα διαφορετικών τεχνολογιών πρόσβασης. Οι dual mode διατάξεις που λειτουργούν στο δημόσιο ασύρματο δίκτυο, παίζουν το ρόλο της επέκτασης του IMS συστήματος.

Στην εικόνα 6-1 , εμφανίζεται ένα πιθανό σενάριο για την εισαγωγή των υπηρεσιών VoIP σε ένα WLAN δίκτυο , το οποίο γενικά θεωρείται ένα μικρό – δίκτυο το οποίο χρησιμοποιεί μη αδειοδοτημένο φάσμα. Τα δίκτυα WLAN's και WAN's χρησιμοποιούνται ως οικιακά δίκτυα, αντίθετα με τα δίκτυα UMTS HSDPA τα οποία θεωρούνται ως μακρό-δίκτυα σε αδειοδοτημένο φάσμα. Επειδή το WLAN δίκτυο βρίσκεται σε μη αδειοδοτημένο φάσμα, το εύρος ζώνης σε αυτό μπορεί να είναι μικρότερο από ότι σε ένα μακρό-δίκτυο. Από την άλλη,

ένα μακρό-δίκτυο είναι πιθανό να έχει λιγότερο «νεκρά» σημεία, δηλ σημεία χωρίς δυνατότητα πρόσβασης, από ότι ένα μικρό-δίκτυο. Κατά συνέπεια οι VoIP χρήστες, μπορούν να χρησιμοποιούν κατά το δοκούν και τα δύο δίκτυα, ανάλογα με την περιοχή που βρίσκονται, την κάλυψη του δικτύου και άλλες παραμέτρους. Δίκτυα σαν το WLAN προσφέρει, χαμηλού κόστους VoIP υπηρεσίες σε μια περιοχή κάλυψης που χρησιμοποιεί τόσο το μικρό-δίκτυο όσο και το μακρό-δίκτυο.

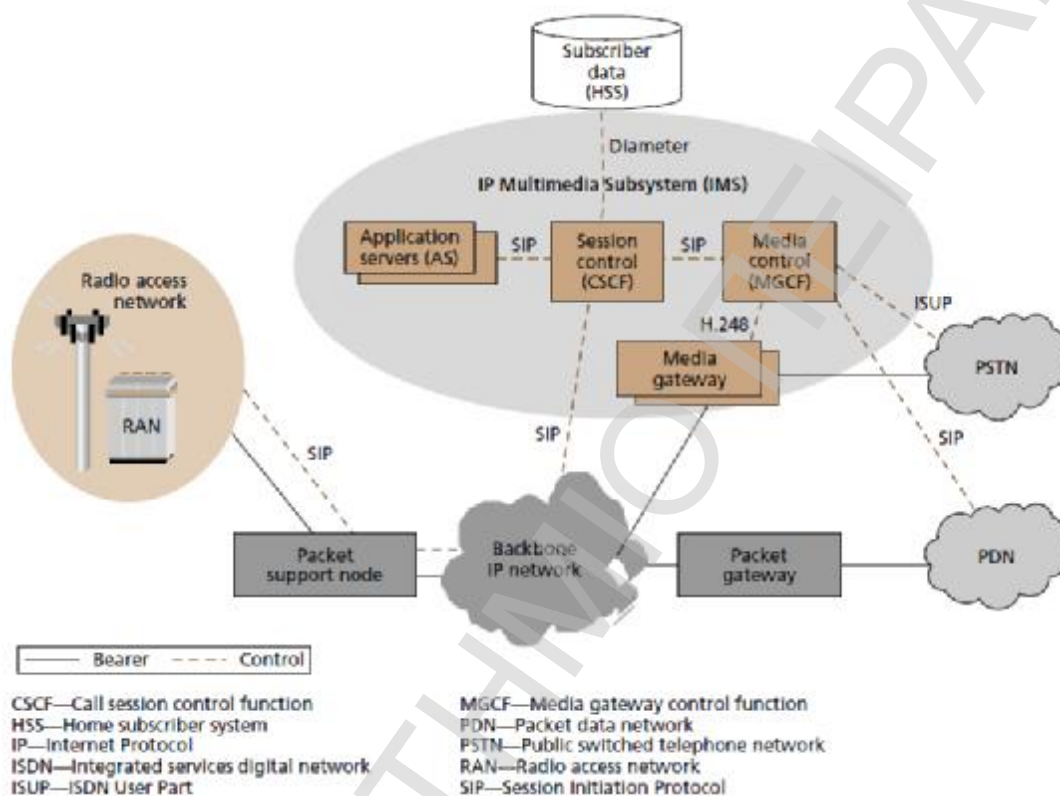


Εικόνα 6-1: Micro-networks versus macro-networks

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα μελετήσουμε την ανάγκη κινητικότητας των χρηστών καθώς μετακινούνται από ένα VoIP/IMS δίκτυο σε ένα circuit δίκτυο και αντίστροφα. Θα μελετήσουμε διάφορα χαρακτηριστικά, όπως για παράδειγμα πώς παραδίδεται μια κλήση από το ένα δίκτυο στο άλλο, βασισμένο στην τεχνολογία του χρήστη, την handoff ή handover, η οποία επιτρέπει μια εν εξελίξει κλήση να μεταπηδήσει σε άλλη περιοχή κάλυψης χωρίς να διακοπεί.

2 Το IMS ως πλατφόρμα σύγκλισης

Στο σχήμα 6-2 παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική του IMS. Το CSCF (Call Session Control Function), έχει το ρόλο του SIP proxy, παρέχοντας διάφορες εγγραφές, υπηρεσίες δρομολόγησης και λειτουργίες ασφαλείας για την εγκαθίδρυση και τον έλεγχο των συνόδων πολυμέσων.[51] – [57]



Εικόνα 6-2: Αρχιτεκτονική IMS Δικτύου.

Ο HSS (Home Subscriber Server) εξυπηρετητής, χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των στοιχείων των συνδρομητών. Κατά την διάρκεια μιας συνόδου, ένας ή περισσότεροι διακομιστές εφαρμογών, μπορούν να ενεργοποιηθούν από την πλευρά των συνδρομητών προκειμένου να παρέχουν στους τελευταίους διάφορες υπηρεσίες. Η πύλη MGCF (Media Gateway Control Function) αλληλεπιδρά μεταξύ του SIP & ISDN – ISUP προκειμένου να παρέχουν παραδόσεις κλήσεων μεταξύ του IMS δικτύου και του PSTN αντίστοιχα.

Σε όλα τα υπάρχοντα circuit δίκτυα, το πρωτόκολλο σηματοδότησης χρησιμοποιείται από τις συσκευές των τελικών χρηστών και αποτελεί ένα μοναδιαίο πρωτόκολλο για την τεχνολογία πρόσβασης. Για παράδειγμα, στο CDMA, το πρωτόκολλο σηματοδότησης, χρησιμοποιούν ανώτερου επιπέδου πρωτόκολλα τα οποία καθορίζονται από το CDMA-2000, στο UMTS το πρωτόκολλο σηματοδότησης καθορίζεται από την 3GPP-TS 24.008, στην κλασική τηλεφωνία από την ITU-T Q.931. Η ύπαρξη όλων αυτών των πρωτοκόλλων, προϋποθέτει τα δίκτυα να παρέχουν στους τελικούς χρήστες υπηρεσίες, που μπορούν να

στηρίζονται σε όλα αυτά τα πρωτόκολλα για κάθε τεχνολογία πρόσβασης. Ωστόσο αυτό κάνει δυσκολότερο την παροχή όμοιων υπηρεσιών στους ίδιους συνδρομητές σε όλο το δίκτυο.

Το IMS αποφεύγει τα προβλήματα αυτά εισάγοντας έναν νέο όρο, ο οποίος καλείται home control. Ο διακομιστής εφαρμογών (server application) σε ένα οικιακό δίκτυο, παρέχει υπηρεσίες απευθείας στον τελικό χρήστη, χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο σηματοδότησης. Αυτό κάνει το IMS μια ιδανική πλατφόρμα, προσφέροντας ένα δίκτυο με κοινές υπηρεσίες σε όλους τους χρήστες που χρησιμοποιούν VoIP υπηρεσίες σε διαφορετικά δίκτυα πρόσβασης. Με άλλα λόγια το IMS δεν ασχολείται με το μέσο πρόσβασης των χρηστών σε κάποιο δίκτυο.

Ωστόσο, δεν είναι όλα τα δίκτυα πλήρως ανεπτυγμένα για να παρέχουν πολυμεσικές εφαρμογές υψηλής ποιότητας. Ένα πρώτο βήμα που πρέπει να γίνει είναι να γίνουν διαθέσιμες στους κινητούς χρήστες, οι IMS υπηρεσίες προκειμένου να προσφέρουν συνεχή κινητικότητα μεταξύ IMS και υπάρχοντος δικτύου.

3 Στρατηγικές Σύγκλισης

Η εξέλιξη του VoIP/IMS παρέχει πολλές προκλήσεις για τον παροχέα ενός κυψελωτού circuit δικτύου. Το IMS είναι μια ιδανική πλατφόρμα για την σύγκλιση των δύο αυτών τεχνολογιών (VoIP & IMS). Υπάρχουν τρεις στρατηγικές που παρέχουν αδιάλειπτη κινητικότητα μεταξύ IMS και circuit κινητού δικτύου σύγκλισης:

- ✓ Παροχή νέων μηχανισμών εγγενείς στο IMS, χρησιμοποιώντας πρωτόκολλα όπως το SIP. Τα τερματικά που υποστηρίζουν IP υπηρεσίες, διαθέτουν αυξημένες ικανότητες, και καθιστούν πιο εύκολη την διεπαφή χρηστών, προσφέροντας νέες δυνατότητες στους χρήστες.
- ✓ Παροχή ενός τμήματος του mobile switching center (MSC) στο IMS δίκτυο. Με τον τρόπο αυτό, το IMS παρέχει τις βασικές λειτουργίες του MSC καθώς και τις διεπαφές αυτού. Στην ουσία το IMS δημιουργεί ένα δεύτερο, ιδεατό MSC.
- ✓ Παροχή μιας υβριδικής λύσης. Η μεταπήδηση από circuit δίκτυο σε δίκτυο δεδομένων, δημιουργεί μια μεταβατική περίοδο κατά την διάρκεια της οποίας τα δύο αυτά δίκτυα αλληλοσυνεργάζονται.

4 Handoff

Το handoff είναι ένα βασικό στοιχείο στα ασύρματα κυψελωτά δίκτυα προκειμένου να παρέχεται QoS στους χρήστες καθώς και να υποστηρίζεται η κινητικότητα των χρηστών. Η αποτυχία του handoff έχει ως τελικό αποτέλεσμα τον βίαιο τερματισμό της εξερχόμενης κλήσης. Από την πλευρά του χρήστη, η εξυπηρέτηση ενός αιτήματος handoff είναι σημαντικότερη, δεδομένου ότι ο βίαιος τερματισμός μιας τρέχουσας κλήσης είναι πιο ενοχλητική από το φράξιμο νέων κλήσεων. Επομένως, προκειμένου να υποστηριχθεί QoS στους χρήστες και για να παρέχει την πανταχού παρούσα κάλυψη, η διαδικασία handoff οφείλει να ερευνηθεί περαιτέρω. Αυτό το έγγραφο παρέχει μια περιεκτική έρευνα για τα βασικά στοιχεία, τους διαφορετικούς τύπους και τις φάσεις της διαδικασίας handoff. Επιπλέον, το ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει δοθεί στην οριζόντια φάση εκτέλεσης handoff με τη συζήτηση και την ταξινόμηση των πιο πρόσφατων σχεδίων καθορισμού προτεραιοτήτων handoff στις κατηγορίες βασισμένες στις έννοιες που αυτές οι διατάξεις υιοθετούν, όπως Channel Reservation, Handoff Queueing, Channel Transferred, SubRating, Genetic and Hybrid Schemes και στην κάθετη φάση απόφασης handoff με την παρουσίαση των διαφορετικών αλγορίθμων απόφασης.

Όπως ειπώθηκε παραπάνω, το handoff ή η παράδοση κλήσης, παρέχει την δυνατότητα της μετάβασης μεταξύ των δικτύων μιας εν εξελίξει κλήσης. Για να επιτρέψει την αδιάλειπτη παρουσία υπηρεσιών, μια κλήση πρέπει να είναι σε θέση να διαχειρίζεται μεταξύ των σημείων πρόσβασης WLAN και μεταξύ του WLAN και του γειτονικού μακρό-δικτύου. Είναι προτιμητέο η διατήρηση της κλήσης σε κατάσταση VoIP, κατά την διάρκεια της μετάβασης από ένα σημείο σε ένα άλλο. Ο τρόπος αυτός καλείται VoIP to VoIP handoff. Τέτοιες περιπτώσεις εμφανίζονται μεταξύ δικτύων WLAN & HRPD, WLAN & UMTS-HSDPA. Η αδιάκοπη αυτή handoff κρύβεται κάτω από τους μηχανισμούς IP Handoff. [54] – [57]

Η κυψελωτή μετάδοση είναι η ταχύτερη ανάπτυξη και πιο απαιτητική στη βιομηχανία των τηλεπικοινωνιών. Νέα συστήματα κυψελοειδής κινητής μεταδοσης προσφέρουν την πρακτικότητα και τη μεταβλητότητα και τα νέα κινητά μικροτηλέφωνα που υποστηρίζουν μια σειρά καινοτόμων υπηρεσιών και πρόσβαση στους κινητούς χρήστες, είναι οι στόχοι και τα κύρια συμφέροντα όχι μόνο των εταιρειών τηλεπικοινωνιών, των χειριστών και των προμηθευτών, αλλά και της ερευνητικής κοινότητας. Οι όροι «παντού» και «πάντα» όσο αφορά την επικοινωνία, είναι πιο εφικτοί από ποτέ.

Στα κυψελοειδή κινητά δίκτυα, η περιοχή κάλυψης διαιρείται σε μικρές περιοχές υπηρεσιών, γνωστές ως κύτταρα (cell). Κάθε κύτταρο, καλύπτεται από τον σταθμό βάσης (Base Station), ο οποίος εξυπηρετεί τα κινητά τερματικά (Mobile Terminals), μέσα στην περιοχή κάλυψης αυτού. Προτού ένας κινητός χρήστης επικοινωνήσει με κάποιον άλλον, θα πρέπει να ανατεθούν σε αυτόν μια ζώνη συχνοτήτων ή καναλιών. Όταν ο κινητός χρήστης κινείται στα όρια της κάλυψης του κυττάρου, ή όταν η ποιότητα της ασύρματης σύνδεσης δεν είναι ικανοποιητική, τότε λαμβάνει χώρα η διαδικασία του Handoff.

Το Handoff είναι μια διαδικασία αλλαγής του καναλιού (συχνότητα, χρονοθυρίδα, κώδικας διασπορας) που συνδέεται με την τρέχουσα σύνδεση, ενώ η κλήση είναι σε εξέλιξη. Το Handoff, αναφέρεται και ως Handover και ως Αυτόματη Μεταφορά Συνδέσεων (ALT Automatic Link Transfer).

Με τη διεύθυνση των ασύρματων κινητών δικτύων επόμενης γενεάς και των προσωπικών συστημάτων επικοινωνιών και την εκμετάλλευση του μικρο-κυττάρου, του pico-κυττάρου και των υβριδικών αρχιτεκτονικών κυττάρων ένας νέος τύπος του handoff έχει εμφανιστεί, το κάθετο handoff.

Το κάθετο handoff είναι η διαδικασία αλλαγής της κινητής ενεργού σύνδεσης μεταξύ των διαφορετικών ασύρματων τεχνολογιών. Εντούτοις, δεδομένου ότι αυτές οι τεχνολογίες έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά, από την άποψη της κάλυψης, του εύρους ζώνης και της καθυστέρησης, το handoff είναι μια κρίσιμη διαδικασία και πρέπει να ληφθεί κάτω από προσεκτική εξέταση προκειμένου να εξασφαλιστούν η συνοχή των συνδέσεων και το QoS που γίνεται αντιληπτό από τους χρήστες.

Το Handoff μπορεί να ταξινομηθεί βασισμένος σε διάφορους παράγοντες, όπως τον τύπο του δικτύου, τα περιληφθέντα στοιχεία δικτύων ή τον αριθμό ενεργών συνδέσεων και τον τύπο κυκλοφορίας που το δίκτυο υποστηρίζει. Μια τέτοια ταξινόμηση απεικονίζεται στον πίνακα 6-1.

Αρχικά, τα handoffs μπορούν να διακριθούν σε οριζόντια και κάθετα, ανάλογα με εάν ένα handoff εμφανίζεται μεταξύ ενός ενιαίου τύπου διεπαφής δικτύων (ομοιογενή δίκτυα) ή ποικίλων διαφορετικών διεπαφών δικτύων (ετερογενή δίκτυα). [58] – [70]

TABLE I
HANDOFF TYPES CLASSIFICATION

Types	Classification	
<i>Horizontal</i>	Intracell	Intercell
	Soft	Hard
<i>Vertical</i>	Downward	Upward
	Soft	Hard

Πίνακας 6-1: Τύποι Handoff

Τα οριζόντια handoffs σε ένα κυψελοειδές δίκτυο μπορούν να ταξινομηθούν στο intracell και intercell handoff. Στην πιο βασική μορφή handover η σύνδεση ενός κόμβου σε ένα κανάλι ανακατευθύνεται από την τρέχουσα κυψέλη (καλούμενη *αφετηρία*) σε μία άλλη (καλούμενη *προορισμός*) σε ένα νέο κανάλι. Η αφετηρία και ο προορισμός μπορούν είτε να είναι διαφορετικές, είτε να ταυτίζονται. Ένα handover στο οποίο η αφετηρία και ο προορισμός είναι διαφορετικές κυψέλες (ακόμα κι αν είναι στην ίδια περιοχή κυττάρων) καλείται inter-cell

handover. Ο σκοπός του inter-cell handover είναι να διατηρήσει την σύνδεση δεδομένου ότι ο κόμβος κινείται κατά μήκος περιοχών κάλυψης διαφορετικών κυψελών. Στην περίπτωση όπου η αφετηρία και ο προορισμός συμπίπτουν τότε αλλάζει μόνο το χρησιμοποιημένο κανάλι. Ένα τέτοιο handover καλείται intra-cell handover. Ο σκοπός του intra-cell handover είναι να αλλάξει ένα κανάλι, το οποίο μπορεί να προκαλεί παρεμβολές σε ένα άλλο κανάλι .

Τα κάθετα handoffs μπορούν να διακριθούν περαιτέρω σε καθοδικό κάθετο Handoff (Downward Vertical Handoff) και ανοδικό κάθετο Handoff (Upward Vertical Handoff).

Στο DVH, το handoff εκτελείται όταν ο κινητός χρήστης μεταβαίνει σε ένα δίκτυο που έχει υψηλότερο εύρος ζώνης και περιορισμένη κάλυψη, ενώ στο UVH ο κινητός χρήστης μεταφέρει τη σύνδεσή του στο δίκτυο με το χαμηλότερο εύρος ζώνης και την ευρύτερη κάλυψη.

Το handoff διακρίνεται επίσης σε μαλακό (soft) και σκληρό (hard), ανάλογα με το ποιος BS εξυπηρετεί το MT στην κρίσιμη περίοδο που εκτελείται το handoff όταν υπάρχει μια επικοινωνία μεταξύ του εν λόγω χρήστη με περισσότερα από ένα BSs.

Στην περίπτωση του hard handoff , ένα MT εξυπηρετείται από ένα μόνο BS (ή από ένα μόνο δίκτυο πρόσβασης σε περίπτωση κάθετου handoff). Αυτό επικοινωνεί με το νέο BS ή με το νέο δίκτυο μόνο μετά από την διακοπή της σύνδεσής του με το BS που εξυπηρετεί. Αυτό αναφέρεται ως «break before make».

Στα σκληρά handoffs, τα δεδομένα δεν είναι απαραίτητο να αναπαραχθούν και επομένως, η επικάλυψη των δεδομένων ελαχιστοποιείται. Εντούτοις, οι υπερβολικές διακοπές υπηρεσιών θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε ένα αυξανόμενο ποσοστό απόρριψης κλήσης. Το σκληρό handoff χρησιμοποιείται στα δίκτυα GPRS & GSM, όπου συναντά κανείς τις τεχνολογίες FDMA & TDMA αντίστοιχα. Παράλληλα αποτελεί την βασική μέθοδο για Handoff στα δίκτυα WiMax .

Σε ένα δίκτυο GSM, το σκληρό handoff, απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 6-3):

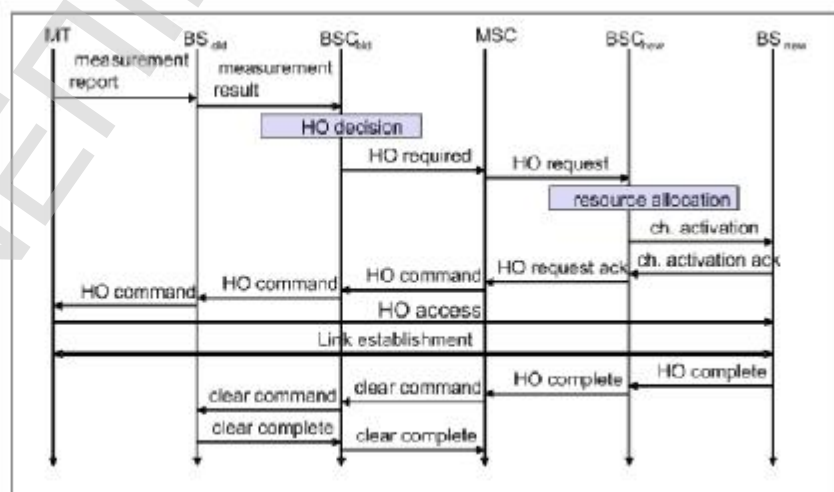


Fig. 1. Hard Handoff Process (redrawn from [8])

Εικόνα 6-3: Hard Handoff [64]

Το MT πρέπει να ζητήσει πληροφορίες για το δίκτυο, προκειμένου να εκτελέσει το handoff. Εν συνεχεία, το μήνυμα σηματοδότησης του handoff, ανταλλάσσεται μεταξύ του MT, του BS από το οποίο εξυπηρετείται (BSold), το νέο BS (BSnew) και το κέντρο κινητής μεταγωγής (Mobile Switching Center).

Στο soft handoff ένα MT μπορεί να εξυπηρετείται από περισσότερα από ένα BS. Το soft handoff μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρατείνει το χρόνο που απαιτείται για να πάρει μια απόφαση handoff χωρίς οποιαδήποτε απώλεια QoS. Το κυψελοειδές CDMA χρησιμοποιεί τις τεχνικές μαλακού handoff, εξαιτίας του γεγονότος ότι σε αυτά τα συστήματα ένας κινητός κόμβος μπορεί να επικοινωνήσει με περισσότερα του ενός κανάλια, τα οποία του επιτρέπουν να επικοινωνήσουν με περισσότερα από ένα BSs.

Το μαλακό handoff μεταξύ MT & BSs, απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα (εικόνα 6-4) :

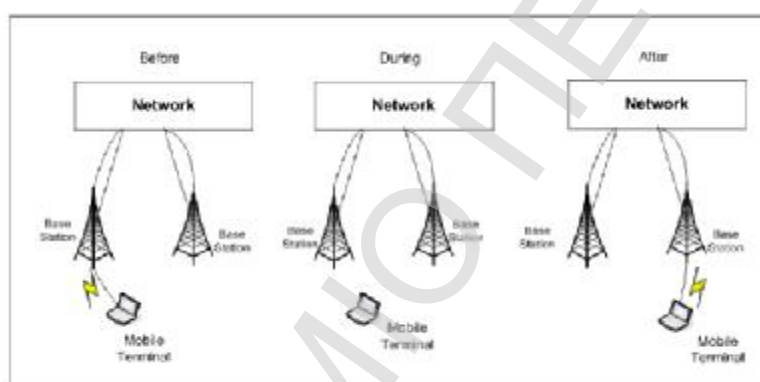


Fig. 2. The Soft Handoff Process

Εικόνα 6-4: Soft Handoff [64]

Το οριζόντιο handoff, μπορεί να ταξινομηθεί σε 4 φάσεις:

- **Measurement:** Κατά την διάρκεια αυτής της φάσης, στοιχεία όπως Received Signal Strength, Signal to Interference Ratio, Bit Error Rate, χωρίζονται σε δύο μέρη: BS & MT.

- **Initiation :** Σκοπός αυτής της φάσης, είναι να αποφασιστεί αν το handoff είναι απαραίτητο και αν ναι, να ξεκινήσει η διαδικασία. Η διαδικασία του handoff θα πρέπει να ολοκληρωθεί ακόμα και αν η λαμβανόμενη ποιότητα σήματος επιδεινώνεται μέσα σε ένα κύτταρο, ή μεταξύ δύο παρακείμενων κυττάρων, ή όταν κινείται το MT κατά μήκος του κοινού ορίου δύο κυττάρων.

- **Decision :** Σκοπός της φάσης αυτής είναι η επιλογή του νέου καναλιού, λαμβάνοντας υπόψη τον φόρτο του δικτύου

Κατά την διαδικασία της παραπάνω φάσης, μπορούν να διακριθούν τουλάχιστον τρεις διαφορετικοί τύποι επιλογής handoff:

Mobile – Controlled HandOff (MCHO) : Το MT επιτηρεί συνέχεια τα σήματα που περιβάλλει τα BSs και τα επίπεδα παρέμβασης σε όλα τα κανάλια. Ένα handoff μπορεί να αρχίσει εάν η στάθμη των σημάτων των εξυπηρετώντας BS είναι κάτω από ένα κατώτατο όριο, όπου η κλήση μπορεί να εξυπηρετηθεί από άλλες BS. Η MT ζητά από το τελικό BS ένα κανάλι με τη χαμηλότερη παρέμβαση. Αυτός ο τύπος handoff έχει έναν σύντομο χρόνο αντίδρασης (της τάξης του 0.1 του δεύτερου).

Network – Controlled HandOff (NCHO) : Τα περιβάλλοντα BSs μετρούν το σήμα από το MT. Το δίκτυο, κινεί την διαδικασία του handoff όταν ικανοποιούνται μερικά κριτήρια του handoff, όπως το επίπεδο του SIR κτλ.

Mobile – Assisted HandOff (MAHO) : Το δίκτυο ζητά από το MT να μετρήσει το σήμα από τα περιβάλλοντα BSs. Ανάλογα με τα αποτελέσματα που θα του γνωστοποιήσει το MT, το δίκτυο θα επιλέξει αν θα ξεκινήσει την διαδικασία του Handoff.

- **Execution:** Σε αυτή την φάση το δίκτυο επιτρέπει στο MT καθώς επικοινωνεί με το BS, να μεταφέρει την επικοινωνία σε άλλο κανάλι ή σε άλλο κύτταρο.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η έννοια του κάθετου handoff εισήχθη με την εμφάνιση του πρώτου ετερογενούς δικτύου, όπου ένα MT χρειάζεται να εκτελέσει το handoff μεταξύ των διαφορετικών τεχνολογιών δικτύων. Εντούτοις, η χρήση των διαφορετικών τεχνολογιών δικτύων δημιουργεί νέες προκλήσεις στις τεχνολογίες δικτύου, καθώς επίσης και στη διαχείριση handoff, ειδικά στην απόφαση για το πότε το handoff είναι απαραίτητο και ποια τεχνολογία δικτύων πρέπει να επιλεγεί.

Το κάθετο handoff, μπορεί να ταξινομηθεί σε 3 φάσεις:

1. System Discovery: Το MT καθορίζει ποιο δίκτυο θα χρησιμοποιήσει καθώς και τις υπηρεσίες που κάθε δίκτυο παρέχει. Το δίκτυο γνωστοποιεί τον υποστηριζόμενο ρυθμό δεδομένων για διάφορες υπηρεσίες καθώς και τις παραμέτρους για το QoS.

2. Handoff Decision: Κατά την διάρκεια αυτής της φάσης, η κινητή συσκευή καθορίζει το δίκτυο στο οποίο θα συνδεθεί.

3. Handoff Execution: Οι συνδέσεις, σε αυτήν την φάση, από το υπάρχον δίκτυο επαναδρομολογούνται, στο τελικό δίκτυο. Η φάση αυτή, περιέχει την αυθεντικοποίηση, την επικύρωση, την έγκριση, και τη μεταφορά των πληροφοριών πλαισίου του χρήστη.

Το λογισμικό του κινητού ενός χρήστη, πρέπει να είναι σε θέση να καθορίσει ότι μια αλλαγή τεχνολογίας είναι απαραίτητη και να αρχίσει το handoff με τη δημιουργία μιας νέας κλήσης στο τελικό δίκτυο. (Αυτό είναι γνωστό ως πρότυπο μεταφοράς κλήσης.) Όταν ένα handoff προκαλείται, το κινητό πρέπει να είναι σε θέση να αρχίσει μια νέα φωνητική κλήση σε έναν διακομιστή IMS εφαρμογών (δηλ., έναν διακομιστή handoff εφαρμογών) στο IMS δίκτυο.

Εκτός από την handoff μεταφορά κλήσης, υπάρχει και η handoff τερματισμού κλήσης και η handoff βασισμένη σε MSC. Η handoff τερματισμού κλήσης, περιέχει το αίτημα του κινητού χρήστη προκειμένου να τερματιστεί μια κλήση, όταν αυτός μετακινείται από μια υπηρεσία VoIP σε ένα circuit δίκτυο. Αυτή η διαδικασία είναι παρόμοια με την διαδικασία μεταφοράς κλήσης, αλλά αναμένονται πιο μακροχρόνιες καθυστερήσεις, επειδή απαιτείται πρόσθετη σηματοδότηση κατά τον τερματισμό.

Η handoff βασισμένη σε MSC, χρησιμοποιεί τα ANSI-41 / GSM μηνύματα και τα μηνύματα από τις SIP εφαρμογές, προκειμένου να συντονιστεί η handoff.

5 Συμπεράσματα

Είναι ευρέως γνωστό πως όταν εισέρχεται μια νέα τεχνολογία στην βιομηχανία των τηλεπικοινωνιών, είναι αδύνατο να επεκταθεί παντού συγχρόνως. Κατά συνέπεια, οι φορείς παροχής υπηρεσιών απαιτούν να επικοινωνήσουν χωρίς διακοπή τα νέας τεχνολογίας IMS δίκτυα και τα ασύρματα circuit δίκτυα. Έχουμε καθορίσει και συζητήσει τρεις κύριες πτυχές της αδιάκοπης κινητικότητας: παράδοση κλήσης/περιαγωγή, handoff, και ισότητα χαρακτηριστικών γνωρισμάτων στα ανόμοια δίκτυα. Το δίκτυο IMS πρέπει να εξετάσει κάθε μια από αυτές τις πτυχές της αδιάλειπτης κινητικότητας ώστε να μην αναστατώσει τη λειτουργία του υπάρχοντος ασύρματου δικτύου κυκλωμάτων και να επιτρέψει στον χρήστη να εκμεταλλευθεί πλήρως και τα δύο δίκτυα. Έχουμε περιγράψει τις εναλλακτικές στρατηγικές για να εξετάσουν αυτές τις απαιτήσεις και έχουν καταδείξει ότι το IMS έχει τα χαρακτηριστικά που θα διαθέτουν τα δίκτυα του μέλλοντος για όλους τους τύπους πρόσβασης. Τέλος, έχουμε επιδείξει πως αυτές οι εναλλακτικές στρατηγικές μπορούν να καλύψουν τις ποικίλες ανάγκες των τομέων.

Οι λύσεις που έχουμε συστήσει στα ζητήματα αυτά, εκμεταλλεύονται μια βασική ικανότητα του δικτύου IMS, του διακομιστή εφαρμογών. Η δύναμη του διακομιστή εφαρμογών στην αρχιτεκτονική του IMS δικτύου, προέρχεται από την εγγενή χρήση του SIP μεταξύ όλων των κόμβων σηματοδότησης στην αρχιτεκτονική, συμπεριλαμβανομένου κινητών, CSCFs, και των διακομιστών εφαρμογών. Η χρησιμοποίηση του πρωτοκόλλου SIP για όλες αυτές τις διεπαφές έχει το πλεονέκτημα της πολυπλοκότητας της εκτέλεσης του πρωτοκόλλου που αλληλεπιδρά μεταξύ αυτών των συσκευών, η οποία είναι απαραίτητη στα υπάρχοντα δίκτυα κυκλωμάτων.

Χρήστες και πάροχοι υπηρεσιών απαιτούν αδιάλειπτη κινητικότητα μεταξύ των δικτύων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

Mobility & Mobility Management

1 Εισαγωγή

Διάφορες κινητές συσκευές, μεγαλύτερο εύρος ζώνης μετάδοσης, πολλαπλά ασύρματα δίκτυα και πιο ισχυρές εφαρμογές, μαζί με τις προόδους στην τεχνολογία των υπολογιστών, έχουν φέρει όλο και περισσότερες διαφορετικές υπηρεσίες να παραδίδονται στον τελικό χρήστη με άριστη ποιότητα.

Οι κινητές επικοινωνίες και τα ασύρματα δίκτυα υπολογιστών συγκλίνουν στην ερχόμενη νέα γενιά της κινητής επικοινωνίας. Αυτή τη στιγμή, τα 3G κινητά αρχίζουν να επεκτείνονται, ενώ η έρευνα για τα κινητά τέταρτης γενιάς 4G ήδη έχει προετοιμάσει το δρόμο για το μέλλον. Στο εγγύς μέλλον, όλο και περισσότερες υπηρεσίες Διαδικτύου θα μπορούν να προσεγγιστούν ομαλά με τις διάφορες κινητές συσκευές μέσω των ευρέως επεκταμένων ασύρματων δικτύων. Τα κινητά συστήματα επόμενης γενιάς χρειάζονται την υποστήριξη όλων των προόδων στις νέες θεωρίες, τους αλγορίθμους, τις αρχιτεκτονικές, τα πρότυπα, και τα πρωτόκολλα.

Η διαχείριση κινητικότητας έχει αναγνωριστεί ευρέως ως ένα από τα σημαντικότερα και προκλητικά προβλήματα για μια συνεχή πρόσβαση στα ασύρματα δίκτυα και τις κινητές υπηρεσίες. Είναι η θεμελιώδης τεχνολογία που χρησιμοποιείται για να υποστηρίξει αυτόματα τα κινητά τερματικά απολαμβάνοντας τις υπηρεσίες τους με ταυτόχρονα και ελεύθερη πλοήγηση χωρίς τη διάσπαση των επικοινωνιών. Δύο βασικές πτυχές πρέπει να εξεταστούν στη διαχείριση κινητικότητας, η διαχείριση θέσης και η handoff διαχείριση. Τα μελλοντικά συστήματα κινητής επικοινωνίας εξελίσσονται με την τάση της σφαιρικής συνδετικότητας μέσω της σύνδεσης μέσω δικτύων και της διαλειτουργικότητας των ετερογενών ασύρματων δικτύων. Η περιπλάνηση σε τέτοιες δικτυακές αρχιτεκτονικές είναι μια πολύ σύνθετη κατάσταση και προκαλεί πολλά νέα προβλήματα. Η απαίτηση της ομαλής και προσαρμοστικής παράδοσης των εφαρμογών πραγματικού χρόνου και πολυμέσων καθιστά τον σχεδιασμό του mobility management μια πρόκληση η οποία πρέπει προσεκτικά και τέλεια να λυθεί με τις εντατικότερες προσπάθειες.

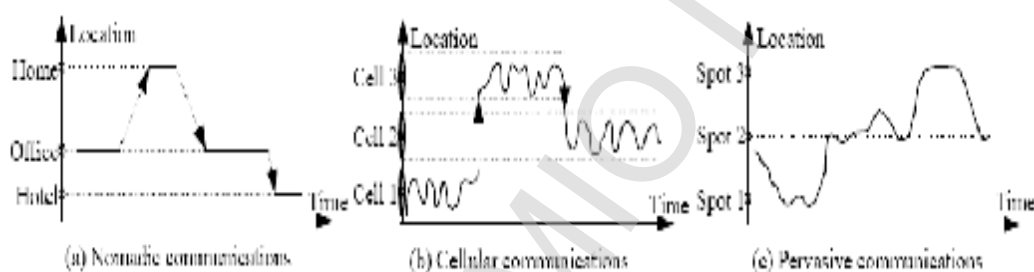
Ο στόχος αυτού του κεφαλαίου είναι να μελετηθούν οι βασικές έννοιες της κινητικότητας και της διαχείρισης κινητικότητας, με την έμφαση στα βασικά ερευνητικά ζητήματα που περιλαμβάνονται στην προσπάθεια ενός ευρύτερου σχεδίου προκειμένου να υπάρχει τόσο σύγκλιση τεχνολογιών, όσο και ένα ενοποιημένο σχέδιο διαχείρισης της κινητικότητας. Παρουσιάζεται δε, μια ακαδημαϊκή ανάλυση των αποτελεσμάτων της κινητικότητας στις δικτυακές αρχιτεκτονικές και τα πρωτόκολλα. Η ποικιλομορφία είναι το κύριο χαρακτηριστικό των μελλοντικών κινητών συστημάτων, τα οποία οδηγούν στους ορισμούς της κινητικότητας.

2 Η κινητικότητα στις επικοινωνίες

2.1 Η επίδραση της κινητικότητας στα δίκτυα

Η κινητικότητα έχει επιπτώσεις στην κινητή επικοινωνία για όλα τα συστατικά, συμπεριλαμβανομένων των συσκευών, των δικτύων, και των υπηρεσιών. Σε μια κινητή συσκευή, υπάρχουν μερικές απαιτήσεις κατάλληλες στο σενάριο κινητικότητας, π.χ. βάρος, μέγεθος, δύναμη, παρουσίαση, μορφή, ενδιάμεσο με τον χρήστη, κ.λπ.... Σε μια κινητή υπηρεσία, η σημαντικότερη απαίτηση είναι η προσαρμογή. Μια κινητή υπηρεσία πρέπει να είναι προσαρμοστική στις διαφορετικές συνδέσεις μετάδοσης, στις διαφορετικές κινητές συσκευές χρηστών.

Οι διαφορετικοί τρόποι κινητικότητας είναι διακριτοί και αυτό οδηγεί στην διάκριση των διαφορετικών δικτυακών αρχιτεκτονικών. Οι τρόποι κινητικότητας μπορούν να διαιρεθούν σε τρεις κατηγορίες, όπως φαίνεται και το σχήμα 7-1 [71]:



Εικόνα 7-1: Communications of three mobility modes [71]

- § **Οι νομαδικές ή φορητές επικοινωνίες** (Nomadic or portable communications), (εικόνα 8-1(a)), στις οποίες καμία σύνδεση δικτύων δεν απαιτείται κατά τη διάρκεια της μετακίνησης. Μια νέα σύνδεση θα επανεγκαθιδρυθεί μόνο αφότου έχει φθάσει ο κινητός κόμβος στη νέα θέση του. Οι νομαδικές επικοινωνίες δεν είναι απαραίτητως βασισμένες στα ασύρματα δίκτυα.
- § **Οι κυψελοειδείς επικοινωνίες** (Cellular communications), (εικόνα 8-1(b)), στις οποίες το ασύρματο δίκτυο οργανώνεται ως κυψελοειδής δομή. Κάθε κύτταρο καλύπτει μια ορισμένη απόσταση. Η συνεχής συνδετικότητα πρέπει να παρασχεθεί όταν κινείται ένας κινητός κόμβος από ένα κύτταρο σε άλλο (ίσως είτε γειτονικό, είτε επικαλυπτόμενο κύτταρο).
- § **Οι κυρίαρχες επικοινωνίες** (Pervasive communications), (εικόνα 8-1(c)) στις οποίες οι επικοινωνίες μεταξύ των κινητών κόμβων είναι πανταχού παρούσες και αόρατες. Το σενάριο είναι βασισμένο σε μια δυναμική οργάνωση on the fly χωρίς χρησιμοποίηση οποιασδήποτε προϋπάρχουσας υποδομής δικτύων, γνωστής ως κινητή ειδική δικτύωση.

Το χαρακτηριστικό γνώρισμα της κινητικότητας έχει επιπτώσεις επίσης σε ολόκληρη τη λίστα πρωτοκόλλου:

- § **Στο φυσικό επίπεδο** (physical layer) , οι επιρροές κινητικότητας είναι αξιοπρόσεκτες δεδομένου ότι η περισσότερη κινητή επικοινωνία είναι βασισμένη στα ασύρματα μέσα. Η επαναχρησιμοποίηση των στοιχείων συμπεριφοράς και η αποφυγή παρέμβασης είναι δύο σημαντικά προβλήματα.
- § **Στο επίπεδο σύνδεσης δεδομένων** (data link layer), η κινητικότητα βασισμένη στα ασύρματα δίκτυα φέρνει τα προβλήματα του εύρους ζώνης, της ασφάλειας, και της αξιοπιστίας. Άλλα προβλήματα περιλαμβάνουν τους σταθερούς ή δυναμικούς αλγορίθμους κατανομής καναλιών, την ανίχνευση σύγκρουσης και τα μέτρα αποφυγής, τη διαχείριση των στοιχείων συμπεριφοράς QoS, κ.λπ.
- § **Στο επίπεδο δικτύου** (network layer), η κινητικότητα των κινητών κόμβων σημαίνει ότι οι νέοι αλγόριθμοι δρομολόγησης απαιτούνται για να αλλάξουν τη δρομολόγηση πακέτων. Ο έλεγχος της κίνησης ενός κόμβου και η διατήρηση της συνδετικότητας μεταξύ κινούμενων κόμβων, είναι δύο βασικά ζητήματα. Αυτό διαμορφώνει στη συνέχεια τις δύο βασικές διαδικασίες της διαχείρισης κινητικότητας.
- § **Στο επίπεδο μεταφοράς** (transport layer) , μια end-to-end σύνδεση μπορεί να αναμίξει τόσο τα ενσύρματα όσο και τα ασύρματα links. Αυτό κάνει τον έλεγχο συμφόρησης μια σύνθετη εργασία λόγω των διαφορετικών χαρακτηριστικών των δικτύων.
- § **Στο επίπεδο ενδιάμεσου λογισμικού** (middleware layer) και εφαρμογής (application layer), η κινητικότητα φέρνει νέες απαιτήσεις και νέες ευκαιρίες στα 2 αυτά επίπεδα.

2.2 Η κινητικότητα σε μελλοντικά κινητά δίκτυα

Τα μελλοντικά συστήματα κινητής επικοινωνίας θα βασίζονται στη συνεχή ολοκλήρωση των τερματικών, των δικτύων, και των εφαρμογών που υιοθετούν την προσαρμοστική διαχείριση. Η ποικιλομορφία μπορεί να υπάρξει στις υπηρεσίες, τα δίκτυα κορμού, τα δίκτυα πρόσβασης, και τα τερματικά.

Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της μελλοντικής κινητής επικοινωνίας είναι ότι τα ασύρματα δίκτυα κατευθύνονται προς μια αρχιτεκτονική όπου όλο το δίκτυο θα υποστηρίζει υπηρεσίες IP (all-IP Networks). Τα περισσότερα κινητά ad hoc δίκτυα, διασυνδέονται και συνεργάζονται με άλλες υποδομές όπως το Διαδίκτυο'.

Τα μελλοντικά κινητά συστήματα, θα μπορούν να καταταγούν σε κάποια από τις κατηγορίες που εμφανίζονται στον πίνακα 7-1.[72]

Cell name	Place	Coverage	Speed	Techniques
mega-cell	global	global coverage	>200km/h airplane	satellite
macro-cell	suburban, rural	1km-10km	20-200km/h vehicle/train	2G/3G PCS
micro-cell	urban	100m-1km	10-50km/h vehicle	PCS, WLAN, HiperLAN
pico-cell	in- building	10m-100m	<10km/h walk	WLAN, HomeRF, Bluetooth
nano-cell	personal area	1m-10m	nearly stationary	Bluetooth, IrDA

Πίνακας 7-1 : Cellular coverage division [72]

Η βασική ιδέα πίσω από αυτό είναι να ενσωματωθούν δύο κατηγορίες ασύρματων τεχνολογιών δικτύων μαζί, δηλ. εκείνες που μπορούν να παρέχουν χαμηλό εύρος ζώνης πέρα από μια ευρεία γεωγραφική περιοχή και εκείνες που μπορούν να παρέχουν ένα υψηλό εύρος ζώνης πέρα από μια στενή γεωγραφική περιοχή.

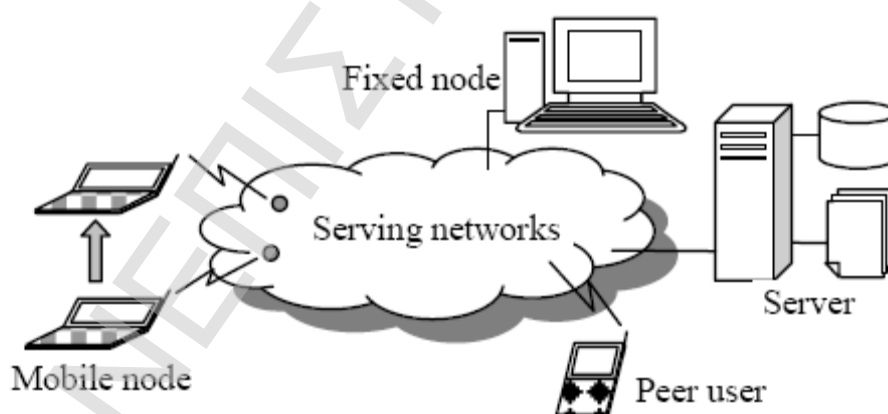
Οι κινητές συσκευές πρέπει να είναι σε θέση να περιπλανηθούν μέσα σε ολόκληρο το κινητό σύστημα ή μεταξύ των διαφορετικών συστημάτων εφ' όσον διασυνδέονται τα δίκτυά τους. Τα δίκτυα μπορούν αρχικά να ταξινομηθούν σύμφωνα με τους διαφορετικούς προμηθευτές και τις τεχνολογίες. Κατόπιν ένα συμμετρικό δίκτυο μπορεί να διαιρεθεί περαιτέρω σε δικτυακές γειτονιές, περιοχές θέσης, περιοχές σημείου πρόσβασης, ζώνες των σημείων πρόσβασης, και λογικά κανάλια μέσα σε ένα σημείο πρόσβασης.

Τα διαφορετικές επίπεδα κινητικότητας μπορούν έπειτα να καθοριστούν αναλόγως, ως εξής:

- § **Η μέγα-κινητικότητα** (mega – mobility) είναι η κινητικότητα μεταξύ των δικτύων των διαφορετικών προμηθευτών ή των τεχνολογιών, π.χ. δορυφόρος στο UMTS σε WLAN σε Bluetooth, κ.λπ....
- § **Η μακρο-κινητικότητα** (macro – mobility) είναι η κινητικότητα μεταξύ των διαφορετικών δικτυακών γειτονιών μέσα σε ένα δίκτυο.
- § **Η μικρο-κινητικότητα** (micro – mobility) είναι η κινητικότητα μεταξύ των διαφορετικών περιοχών θέσης που έχουν ήδη επισκεφτεί μέσα στο δίκτυο.
- § **Η μίνι-κινητικότητα** (mini – mobility) είναι η κινητικότητα μεταξύ των διαφορετικών περιοχών σημείου πρόσβασης αλλά ακόμα μέσα σε μια περιοχή θέσης.
- § **Η pico-κινητικότητα** (pico – mobility) είναι η κινητικότητα μεταξύ των διαφορετικών σημείων πρόσβασης αλλά ακόμα μέσα σε μια περιοχή σημείου πρόσβασης.
- § **Η νανο-κινητικότητα** (nano – mobility) είναι η κινητικότητα μέσα στη ζώνη που καλύπτεται από ένα σημείο πρόσβασης, όπου η ζώνη κυττάρων μπορεί να ποικίλει από την μέγα-κυψέλη έως την νανο-κυψέλη, σύμφωνα με τον πίνακα 7-1. Ένα σημείο πρόσβασης μπορεί να χρησιμοποιήσει διάφορα λογικά κανάλια.

3 Διαχείριση Κινητικότητας

Η διαχείριση κινητικότητας είναι η ουσιαστική τεχνολογία που υποστηρίζει τους κινούμενους χρήστες με τα κινητά τερματικά, προκειμένου να χρησιμοποιήσουν τις υπηρεσίες τους μέσω των ασύρματων δικτύων όταν κινούνται σε μια νέα περιοχή υπηρεσιών. Η εικόνα 7-2 εμφανίζει ένα απλό μοντέλο για να επεξηγήσει το βασικό σενάριο της κινητής επικοινωνίας.[73] – [75]



Εικόνα 7-2: Basic model for mobile communications

Τα δίκτυα μπορούν να είναι οποιοδήποτε τύπου, π.χ. το Διαδίκτυο (internet) ή το εσωτερικό δίκτυο (intranet) , κινητά δίκτυα ή ad hoc δίκτυα, προσωπικά συστήματα επικοινωνιών (PCS / Personal Communication Systems), ή μίγμα αυτών των δικτύων. Ο κινητός κόμβος μπορεί ελεύθερα να αλλάξει το σημείο σύνδεσής του στα δίκτυα. Η βασική

λειτουργία της διαχείρισης κινητικότητας είναι έπειτα να υποστηριχθεί αποτελεσματικά η απρόσκοπτη περιπλάνηση των κινητών χρηστών ή / και των συσκευών μέσα σε ολόκληρα τα δίκτυα. Από άποψη λειτουργικότητας, η διαχείριση κινητικότητας επιτρέπει κυρίως τα δίκτυα επικοινωνίας να εκτελούν τις παρακάτω εργασίες:

- § Εντοπισμός των τερματικών περιπλάνησης προκειμένου να παραδοθούν τα πακέτα δεδομένων, δηλ. λειτουργία για το στατικό σενάριο.
- § Διατήρηση των συνδέσεων με τα τερματικά που κινούνται στις νέες περιοχές, δηλ. λειτουργία για το δυναμικό σενάριο.

Η διαχείριση κινητικότητας περιέχει δύο ευδιάκριτα αλλά σχετικά συστατικά:

- § Διαχείριση θέσης και
- § Handoff διαχείριση

Το πρώτο αφορά το πώς να εντοπίσει έναν κινητό κόμβο, να ακολουθήσει τη μετακίνησή του, και να ενημερώσει τις πληροφορίες θέσης, ενώ το τελευταίο εστιάζει συνήθως στον έλεγχο της αλλαγής ενός κινητού σημείου πρόσβασης κόμβων κατά τη διάρκεια της ενεργού μετάδοσης στοιχείων. Υπάρχουν ακόμα πολλές άλλες πτυχές σχετικά με τη διαχείριση της κινητικότητας δικτύων, π.χ. κινητή διαχείριση QoS και των στοιχείων συμπεριφοράς, κινητή ασφάλεια και μυστικότητα, τιμολόγηση, κλπ....

4 Διαχείριση κινητικότητας σε επίπεδο δικτύου

Το επίπεδο δικτύου παρέχει τη δρομολόγηση για τα πακέτα από ένα δίκτυο σε άλλο, μέσω των ανεξάρτητων συνδέσεων, σύμφωνα με τη διεύθυνση προορισμού. Η φυσική θέση μιας κινητής μονάδας δεν μπορεί πλέον να αποφασίσει τη διεύθυνσή της σε ένα δίκτυο. Από την στιγμή που η κινητικότητα, είναι ουσιαστικά ένα πρόβλημα μεταφράσεων διευθύνσεων, η καλύτερη λύση θα είναι με την αλλαγή της δρομολόγησης των διαγραμμάτων δεδομένων που προορίζονται για τον κινητό κόμβο προκειμένου να φθάσουν στο νέο σημείο της σύνδεσης.

Για να εφαρμόσει τη διαχείριση κινητικότητας στο επίπεδο δικτύου, θα πρέπει να προστατεύσει τα upper-level πρωτόκολλα από τη φύση του φυσικού μέσου και να καταστήσει την κινητικότητα διαφανή στις εφαρμογές και στα πρωτόκολλα υψηλότερου επιπέδου. Αυτήν την περίοδο η διαχείριση κινητικότητας στο επίπεδο δικτύου εξετάζεται κυρίως σε δύο διαφορετικές κοινότητες:

- § Η Κοινότητα PCS και
- § Η Κοινότητα Διαδικτύου

Οι εργασίες στην Κοινότητα PCS, εστιάζονται στην προσπάθεια εντοπισμού της θέσης και της handoff διαχείρισης ενός κινητού τηλεφώνου. Επίσης πολλές εργασίες έχουν γίνει στον τομέα του ασύρματου ATM. [76], [77]

Οι εργασίες στην Κοινότητα Διαδικτύου, εστιάζονται στην τυποποίηση του Mobile - IP που στοχεύει προς την επέκταση της IP με τις ικανότητες της εξέτασης της κινητικότητας. Εκτός αυτού, πολλές προσπάθειες έχουν καταβληθεί επίσης για τις στρατηγικές δρομολόγησης των ad hoc δικτύων στην Κοινότητα Διαδικτύου.

Γενικά, η Κοινότητα PCS ασχολείται κυρίως με την εύρεση της θέσης, ενώ η Κοινότητα Διαδικτύου εστιάζει συνήθως στην εύρεση του handoff. Ο λόγος αυτής της διαφοράς είναι ότι το handoff είναι σημαντικότερο στην υπηρεσία δεδομένων απ' ό,τι στην υπηρεσία φωνής. Υπάρχουν επίσης άλλες εργασίες που εστιάζουν στη διαχείριση κινητικότητας στο επίπεδο μεταφοράς.

5. Διαδικασίες Διαχείρισης Κινητικότητας

Είδαμε παραπάνω ότι, η λειτουργία της διαχείρισης κινητικότητας διαιρείται σε δύο μέρη: την διαχείριση θέσης και την handoff διαχείριση. Σε αυτό το τμήμα, θα αναπτύξουμε τις βασικές διαδικασίες και τα βασικά ερευνητικά ζητήματα που περιλαμβάνονται στις δύο τεχνικές. Θα αναφερθούμε σε τεχνολογίες όπως PLMN (Public Land Mobile Network / PCS), ασύρματο ATM, ασύρματο Διαδίκτυο (Mobile IP), και δορυφορικά δίκτυα . [78] – [86]

A. Διαχείριση θέσης

Η διαχείριση θέσης, ως διαδικασία ισούται με αυτή που κάνουν τα τερματικά περιπλάνησης, προκειμένου να παραδώσουν τα πακέτα δεδομένων σε αυτά, παρά το γεγονός ότι οι θέσεις τους μπορούν να αλλάξουν κατά διαστήματα. Η ουσία της διαχείρισης θέσης αποτελείται από τους μηχανισμούς για την απεικόνιση του ονόματος ενός κινητού κόμβου στη διεύθυνσή της.

Οι διαδικασίες της διαχείρισης θέσης περιλαμβάνουν τις παρακάτω λειτουργίες:

- § **Εγγραφή θέσης** (Location Registration), γνωστή και ως αναπροσαρμογή. Πρόκειται για την διαδικασία κατά την οποία ο κινητός κόμβος ενημερώνει το δίκτυο και άλλους κόμβους για τη νέα θέση του μέσω των ειδικών μηνυμάτων με την ενημέρωση των αντίστοιχων καταχωρήσεων πληροφοριών θέσης που καταχωρούνται σε μερικές βάσεις δεδομένων στα δίκτυα.
- § **Σελιδοποίηση θέσης** (Location Paging), γνωστή και ως εντοπισμός. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι πληροφορίες θέσης που καταχωρούνται στις βάσεις δεδομένων είναι μόνο η κατά προσέγγιση θέση μιας κινητής συσκευής. Η σελιδοποίηση θέσης είναι έπειτα η διαδικασία που, όταν πρέπει οι κλήσεις ή τα πακέτα να παραδοθούν στα κινητά τερματικά, το δίκτυο προσπαθεί να βρεί την ακριβή τοποθεσία αυτών.

Μερικά βασικά ερευνητικά ζητήματα για τη διαχείριση θέσης περιλαμβάνουν:

- § **Διευθυνσιοδότηση** (Addressing), εξετάζει, δηλ. πώς να αντιπροσωπεύσει και να αναθέσει τις πληροφορίες διευθύνσεων στους κινητούς κόμβους. Το πρόβλημα γίνεται σοβαρότερο δεδομένου ότι τα μελλοντικά συστήματα κινητής επικοινωνίας θα βασιστούν στη σύνδεση μέσω δικτύων και τη διαλειτουργικότητα των διαφορετικών και ετερογενών δικτύων των διαφορετικών χειριστών ή/και των τεχνολογιών. Ένα σφαιρικό σχέδιο εξέτασης απαιτείται, π.χ. διεύθυνση IPv6, για να εντοπίσει τους κόμβους περιπλάνησης.

- § **Δομή βάσης δεδομένων** (Database Structure), εξετάζει δηλ. πώς να οργανώσει την αποθήκευση και τη διανομή των πληροφοριών θέσης των κινητών κόμβων. Η δομή βάσεων δεδομένων μπορεί είτε να συγκεντρωθεί, είτε να διανεμηθεί, είτε και τα δύο.
- § **Χρόνος αναπροσαρμογής θέσης** (Location Update Time), εξετάζει δηλ. όταν πρέπει ένας κινητός κόμβος να ενημερώσει τις πληροφορίες θέσης του με την ανανέωση των καταχωρήσεών του στις αντίστοιχες βάσεις δεδομένων. Τα σχέδια για την αναπροσαρμογή θέσης μπορούν να είναι είτε στατικά, είτε δυναμικά. Σε μια στατική θέση σχεδίου η αναπροσαρμογή προκαλείται από μερικούς σταθερούς όρους όπως την αλλαγή τοπολογίας δικτύων. Ένα δυναμικό σχέδιο είναι προσωποποιημένο και προσαρμοστικό, και βασισμένο σε μερικές καταστάσεις όπως η απόσταση μεταξύ κινούμενων σταθμών.
- § **Σχέδιο σελιδοποίησης** (Paging Scheme), εξετάζει , δηλ. πώς να καθορίσει την ακριβή θέση ενός κινητού κόμβου μέσα σε έναν περιορισμένο χρόνο. Προφανώς μια επαρκής ανταλλαγή απαιτείται μεταξύ του χρόνου επικάλυψης και του επικαλυπτόμενου εύρους ζώνης. Υπάρχουν επίσης και στατικά και δυναμικά σχέδια για τη σελιδοποίηση θέσης. Σε στατικές περιπτώσεις η σελιδοποίηση γίνεται απλά στο σύνολο ορισμένης περιοχής όπου ο κινητός κόμβος πρέπει να βρίσκεται. Για μια δυναμική μέθοδο, το βασικό πρόβλημα είναι αρχικά να οργανωθούν οι περιοχές σελιδοποίησης σε ομάδες και να αναγνωριστεί έπειτα η καλύτερη ακολουθία των χωρισμένων περιοχών για τη σελιδοποίηση, βασισμένη στις πληροφορίες όπως την απόσταση, την πιθανότητα, την κινούμενη ταχύτητα, κ.λπ....

B. Handoff **Διαχείριση**

Η διαχείριση Handoff ασχολείται με τον έλεγχο της αλλαγής ενός κινητού σημείου σύνδεσης κόμβων σε ένα δίκτυο προκειμένου να διατηρηθεί η σύνδεση με τον κινούμενο κόμβο κατά τη διάρκεια της ενεργούς μετάδοσης στοιχείων. Οι διαδικασίες της διαχείρισης handoff περιλαμβάνουν:

- § **Handoff triggering**, δηλ. για να κινήσει τη handoff διαδικασία με μερικούς όρους. Οι πιθανοί όροι μπορούν να περιλάβουν π.χ. η εξασθένηση σημάτων, η μείωση ή η ανεπάρκεια εύρους ζώνης, η νέα καλύτερη διαθέσιμη σύνδεση, η ανταλλαγή ποιότητας, η αλλαγή τοπολογίας δικτύων, κλπ.
- § **Επαναγκαθίδρυση σύνδεσης** (Connection Re-establishment), δηλ. η διαδικασία η οποία παράγει νέες συνδέσεις μεταξύ του κινητού κόμβου και του νέου σημείου πρόσβασης. Η βασική στοιχειώδης εργασία της λειτουργίας αυτής, αφορά την ανακάλυψη και την ανάθεση της νέας σύνδεσης.
- § **Δρομολόγηση πακέτων** (Packet Routing), δηλ. να αλλάξει τη διαδρομή παράδοσης των επιτυχόντων δεδομένων στο νέο μονοπάτι σύνδεσης αφότου έχει καθιερωθεί επιτυχώς η νέα σύνδεση.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, το χαρακτηριστικό γνώρισμα των μελλοντικών συστημάτων κινητής επικοινωνίας, ειδικά αυτό των διάφορων ασύρματων τεχνολογιών δικτύων, προκαλεί τις νέες προκλήσεις στη διαχείριση handoff. Τα ασύρματα δίκτυα ποικίλουν ευρέως και στις υπηρεσίες και στις τεχνολογικές πτυχές, έτσι ούτε μια ασύρματη τεχνολογία δικτύων δεν μπορεί να ικανοποιήσει τις διαφορετικές απαιτήσεις. Στα ομοιογενή περιβάλλοντα, το παραδοσιακό οριζόντιο handoff μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την intra-technology κινητικότητα. Στα ετερογενή περιβάλλοντα, το κάθετο handoff πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την inter-technology κινητικότητα. Το κάθετο handoff μπορεί να είναι εμφανίζεται είτε προς τα πάνω (δηλ. σε ένα μεγαλύτερο μέγεθος κυττάρων και ένα χαμηλότερο εύρος ζώνης) είτε προς τα κάτω (δηλ. σε ένα μικρότερο μέγεθος κυττάρων και ένα υψηλότερο εύρος ζώνης), και η κινητή συσκευή δεν κινείται απαραίτητα από την περιοχή κάλυψης του αρχικού κυττάρου.

Μερικές QoS παράμετροι γίνονται σημαντικότερες σε πραγματικό χρόνο υπηρεσίες πολυμέσων, όπως ποσοστό απώλειας πακέτων, ρυθμοαπόδοση, που επισημαίνει και την κατανάλωση ισχύος συσκευών.

Εκτός από τις βασικές λειτουργίες που εφαρμόζουν την διαχείριση handoff, υπάρχουν πολλές άλλες απαιτήσεις στην απόδοση του QoS που πρέπει να ληφθούν υπόψη προσεκτικά κατά την προσπάθεια να σχεδιαστεί ή να επιλεχτεί ένα σχέδιο handoff, οι οποίες είναι :

- § **Fast Handoff**, οι διαδικασίες handoff πρέπει να είναι αρκετά γρήγορες προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι ο κινητός κόμβος μπορεί να λάβει τα πακέτα δεδομένων στη νέα του θέση μέσα σε ένα λογικό χρονικό διάστημα και να μειώσει έτσι την καθυστέρηση πακέτων όσο το δυνατόν περισσότερο. Αυτό είναι εξαιρετικά σημαντικό στις υπηρεσίες πραγματικού χρόνου.

§ **Seamless Handoff**, δηλ. ο αλγόριθμος handoff πρέπει να ελαχιστοποιήσει το ποσοστό απώλειας πακέτων σε μηδέν ή να πλησιάσει σε μηδέν. Το γρήγορο handoff και το seamless handoff μαζί αναφέρονται μερικές φορές ως ομαλό handoff. Ενώ το πρώτο αφορά κυρίως την καθυστέρηση πακέτων, το τελευταίο εστιάζει περισσότερο στην απώλεια πακέτων.

§ **Routing efficiency** (Αποδοτικότητα δρομολόγησης): Η αποδοτικότητα δρομολόγησης, δηλ. το μονοπάτι δρομολόγησης μεταξύ του αντίστοιχου κόμβου και του κινητού κόμβου πρέπει να βελτιστοποιηθεί προκειμένου να αποκλειστεί η πιθανή περιττή μεταφορά ή να παρακαμφθεί το μονοπάτι.

Μερικές ευδιάκριτες αλλά συμπληρωματικές τεχνικές υπάρχουν για τη διαχείριση handoff για να επιτύχουν την απόδοση και τις απαιτήσεις QoS της ανωτέρω, που περιλαμβάνουν:

§ **Αποθήκευση και Προώθηση** (Buffering & Forwarding) δηλ. το παλαιό σημείο σύνδεσης μπορεί να εναποθηκεύσει τα πακέτα κατά τη διάρκεια του MN στη διαδικασία handoff, και να διαβιβάσει έπειτα στη νέα σύνδεση το σημείο μετά από τη λειτουργία της επανεγκαθίδρυσης σύνδεσης του κινητού κόμβου handoff.

§ **Η ανίχνευση και η πρόβλεψη μετακίνησης** (Movement detection and prediction), δηλ. κινητή μετακίνηση κόμβων μεταξύ των διαφορετικών σημείων πρόσβασης μπορούν να ανιχνευθούν και να προβλεφθούν έτσι ώστε το επόμενο δίκτυο που θα επισκεφτεί σύντομα να είναι σε θέση να προετοιμαστεί εκ των προτέρων και τα πακέτα να μπορούν ακόμη και να παραδοθούν εκεί πριν από ή/και κατά τη διάρκεια του handoff ταυτόχρονα στο παλαιό σημείο σύνδεσης.

§ **Handoff Έλεγχος**, για να υιοθετήσει τους διαφορετικούς μηχανισμούς για τον έλεγχο handoff.

§ **Domain based mobility management**, δηλ. για να διαιρέσουν την κινητικότητα σε κινητικότητα εντός της ίδιας διαδικτυακής γειτονιάς και κινητικότητα διαφορετικών διαδικτυακών γειτονιών σύμφωνα με το εάν η μετακίνηση συμβαίνει μέσα σε μια δικτυακή γειτονιά ή μεταξύ των διαφορετικών δικτυακών γειτονιών.

6. Συμπεράσματα

Η διαχείριση κινητικότητας έχει αναγνωριστεί ευρέως ως ένα από τα σημαντικότερα και προκλητικά προβλήματα για μια συνεχή πρόσβαση στα ασύρματα δίκτυα και τις κινητές υπηρεσίες.

Αυτό το κεφάλαιο κάνει ένα γενικό πλαίσιο για τη μελέτη των βασικών εννοιών της κινητικότητας και της διαχείρισης κινητικότητας, ενώ αναλύονται οι επιδράσεις της κινητικότητας στα δίκτυα. Εισάγονται τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των μελλοντικών κινητών συστημάτων.

Δύο βασικές διαδικασίες της διαχείρισης κινητικότητας ορίζονται ως η διαχείριση θέσης και handoff διαχείρισης και τα στάδια επεξεργασίας των δύο διαδικασιών εισάγονται αντίστοιχα, μαζί με τις συζητήσεις των βασικών ερευνητικών ζητημάτων και τις πιθανές λύσεις. Μερικά σημαντικά ζητήματα που περιλαμβάνονται στην αξιολόγηση απόδοσης του διοικητικού σχεδίου κινητικότητας συζητούνται.

Το εννοιολογικό πλαίσιο που κατασκευάζεται διαμορφώνει ένα σαφές σχεδιάγραμμα για να περιγράψει τον ερευνητικό τομέα της διαχείρισης κινητικότητας για την κινητή επικοινωνία και μπορεί να κατευθύνει τη συστηματική έρευνα για τα διοικητικά ζητήματα κινητικότητας για τα μελλοντικά κινητά συστήματα.

¹ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο

Μαθηματική Επίλυση του Προβλήματος της Κινητικότητας σε Ετερογενή Περιβάλλοντα Κινητών Επικοινωνιών

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. Εισαγωγή

Η επιλογή του σημείου πρόσβασης στο δίκτυο για την εξυπηρέτηση μιας ή περισσοτέρων υπηρεσιών ενός τερματικού είναι πολύ σημαντική υπόθεση, γιατί αφενός θα πρέπει να εξασφαλίζεται ένα κατώτατο όριο ποιότητας υπηρεσίας QoS (Quality of Service) και αφετέρου θα πρέπει να εξετάζεται η παρουσία επαρκών πόρων στο σημείο αυτό. Σε περιπτώσεις δικτύων και τερματικών μιας τεχνολογίας η διαδικασία είναι απλή, καθώς το μόνο κριτήριο για την επιλογή είναι η ποιότητα / ισχύς του σήματος. Η απόφαση για διαπομπή λαμβάνεται όταν υπάρχει σημείο πρόσβασης με μεγαλύτερη ισχύ από το τρέχον για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο ενός κατάλληλου κατωφλίου.

Στα ετερογενή δίκτυα ασύρματων επικοινωνιών, η διαδικασία είναι αρκετά πολύπλοκη, αφού υπεισέρχονται πολλές παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη, τόσο στην αρχική επιλογή του σημείου πρόσβασης όσο και στην ανίχνευση της ανάγκης για διαπομπή αλλά και του νέου σημείου εξυπηρέτησης. Ακόμη, υπεισέρχεται και το θέμα επιλογής της διεπαφής του τερματικού, μέσω της οποίας θα γίνει η σύνδεση με το σημείο πρόσβασης. Για το λόγο αυτό κρίνεται αναγκαία η εισαγωγή αλγορίθμου που θα επιτελεί τις λειτουργίες αυτές, βάσει όλων των απαραίτητων στοιχείων και με στόχο την παροχή της καλύτερης δυνατής ποιότητας υπηρεσίας στο χρήστη, αλλά και την όσο το δυνατόν αποτελεσματικότερη χρήση δικτυακών πόρων.

Οι αλγόριθμοι που αναπτύχθηκαν για αυτό το σκοπό συνυπολογίζουν τη διαθεσιμότητα των ασύρματων πόρων, τη συμβατότητα των υπηρεσιών με τις υποψήφιες τεχνολογίες, τα κόστη λόγω διαφορετικών τεχνολογιών και παρόχων, τις αντιστοιχίες ανάμεσα σε κλάσεις χρηστών και επίπεδα ποιότητας καθώς και τις προτιμήσεις (το προφίλ δηλαδή) του χρήστη. Στόχος τους είναι να παρέχουν σε κάθε χρήστη την καλύτερη δυνατή σύνδεση ανά πάσα στιγμή, οπότε η ενεργοποίησή τους (trigger) γίνεται κάθε φορά που υπάρχει

¹ Το κεφάλαιο αυτό, αποτελεί κομμάτι διδακτορικής διατριβής, που εκπονήθηκε από τον κ. Γεώργιο Κουντουράκη, στα πλαίσια της εργασίας του με τίτλο «Τεχνικές Διαχείρισης Κινητικότητας Χρηστών και Επιλογής Πρόσβασης σε Ετερογενή Περιβάλλοντα Κινητών Επικοινωνιών». Το παράρτημα αυτό εξετάζει τον αλγόριθμο επιλογής για τις παραπάνω τεχνικές

μεταβολή καταστάσεων (π.χ. εμφάνιση νέου σημείου πρόσβασης ή διεπαφής, ξεκίνημα νέας υπηρεσίας, τερματισμός υπηρεσίας, κτλ).

Παρακάτω αναλύεται η πρόταση της εργασίας για το πρόβλημα της επιλογής πρόσβασης και διεπαφής, AIS (Access and Interface Selection). Τα σημεία διαφοροποίησης με τις υπόλοιπες λύσεις αναλύονται στη συνέχεια και αφορούν την εισαγωγή του multihoming, την εξέταση όλων των δικτυακών πόρων (ασύρματων και ενσύρματων), τη δυνατότητα προσαρμογής στις εκάστοτε συνθήκες και την προσπάθεια για αποφυγή των διαπομπών όπου δεν είναι απαραίτητες.

Παράλληλα, θεωρείται απλοποιημένο το θέμα των κλάσεων χρηστών (όλοι οι χρήστες ανήκουν σε μία κατηγορία), όπως και το θέμα του προφίλ του χρήστη (κυρίως αντικείμενο μελέτης λύσεων βασισμένων στο τερματικό). Η συμβολή του χρήστη στην όλη διαδικασία είναι ο καθορισμός των κατωφλίων ποιότητας υπηρεσίας, δηλαδή των ορίων κάτω από τα οποία δεν είναι αποδεκτή η προσφερόμενη ποιότητα.

Με λίγα λόγια, στόχος είναι η εξέταση περισσότερων παραμέτρων για λήψη ορθότερης απόφασης και η ελαχιστοποίηση των ενεργοποιήσεων του αλγορίθμου, ώστε να διατηρείται χαμηλά ο αριθμός των διαπομπών. Δεν είναι αυτοσκοπός η συνεχής προσαρμογή στη βέλτιστη λύση, αρκεί η τελευταία να προσεγγίζεται και να μην υποβιβάζεται σε μεγάλο βαθμό η λαμβανόμενη ποιότητα υπηρεσίας, όταν υπάρχει εναλλακτική.

2. Γενική Περιγραφή του Προβλήματος

Όπως τα περισσότερα προβλήματα βελτιστοποίησης, έτσι και το συγκεκριμένο δέχεται ορισμένα δεδομένα εισόδου και παράγει δεδομένα εξόδου με βάση κάποιους περιορισμούς, ενώ παράλληλα καθορίζονται και οι συνθήκες κάτω από τις οποίες θα ενεργοποιείται.

Τα δεδομένα εισόδου του αλγορίθμου χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με την πηγή προέλευσής τους.

Η πρώτη αφορά πληροφορίες του τερματικού, δηλαδή το σύνολο των σημείων πρόσβασης κάθε τεχνολογίας, που είναι ορατά μέσω των διεπαφών αυτού με την αντίστοιχη ποιότητα σήματος, το σύνολο των υπηρεσιών που επιθυμεί ο χρήστης σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή, καθώς και ο τύπος του τερματικού. Στο σύνολο των υπηρεσιών περιλαμβάνονται νέες υπηρεσίες που επιθυμεί να ξεκινήσει ο χρήστης καθώς και ήδη τρέχουσες αλλά σε χαμηλά επίπεδα ποιότητας. Δεν συμπεριλαμβάνονται τρέχουσες υπηρεσίες που εξυπηρετούνται σε αποδεκτά επίπεδα ποιότητας.

Η δεύτερη κατηγορία αφορά τους πόρους όλων των εμπλεκόμενων δικτύων, δηλαδή το διαθέσιμο εύρος ζώνης των ορατών στο τερματικό σημείων πρόσβασης και τις καθυστερήσεις στις πύλες εξόδου (gateways) κάθε υποδικτύου. Πηγή όλων αυτών των πληροφοριών είναι οι μονάδες παρακολούθησης & συλλογής δεδομένων (MDCUs) των πυλών κάθε υποδικτύου με ένα τουλάχιστον εμπλεκόμενο σημείο πρόσβασης.

Η τρίτη κατηγορία σχετίζεται με την πολιτική διαχείρισης που ακολουθείται και τα μοντέλα συνεργασίας μεταξύ παρόχων. Με αυτά τα δεδομένα καθορίζεται ο βαθμός βαρύτητας κάθε παράγοντα στη λήψη της τελικής απόφασης, αλλά και το κόστος επιλογής κάθε παρόχου. Οι πληροφορίες αυτές είναι διαθέσιμες στις μονάδες των δικτύων και δε μεταβάλλονται συχνά.

Η λύση του προβλήματος AIS είναι μια διαδικασία βελτιστοποίησης με στόχο την ανάθεση των υπηρεσιών σε σημεία πρόσβασης. Για κάθε εκτέλεση του αλγορίθμου παράγονται τόσα αποτελέσματα, όσες είναι και οι ζητούμενες υπηρεσίες, λόγω του multihoming. Οι αναθέσεις αυτές θα πρέπει να μεγιστοποιούν μια αντικειμενική συνάρτηση (objective function), η οποία σχετίζεται με όλες τις παραμέτρους που αναφέρθηκαν στα δεδομένα εισόδου. Με βάση τη βέλτιστη ανάθεση, θα υπολογίζεται με πιο απλές μεθόδους και μια δεύτερη επιλογή σημείου πρόσβασης (αν υπάρχει) για κάθε υπηρεσία, έτσι ώστε το τερματικό να έχει μια άμεση εναλλακτική σε περίπτωση απότομης απώλειας σήματος του τρέχοντος σημείου.

Η μεγιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης είναι ανάγκη να γίνει χωρίς να καταπατηθούν ορισμένοι περιορισμοί που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Οι περιορισμοί αυτοί εμπίπτουν στις εξής κατηγορίες:

- § Κάθε υπηρεσία θα πρέπει να ανατίθεται σε αποδεκτό επίπεδο ποιότητας. Ο καθορισμός του επιπέδου αυτού πραγματοποιείται αφενός από τα χαρακτηριστικά της (εύρος ζώνης, καθυστέρηση, κτλ) και αφετέρου από τον ίδιο το χρήστη.

- § Κάθε υπηρεσία θα πρέπει να ανατίθεται σε σημείο πρόσβασης και διεπαφή με τεχνολογία που να είναι συμβατή με τον τύπο της, καθώς δεν είναι δυνατοί όλοι οι συνδυασμοί.
- § Οι επιλεγμένοι πάροχοι δικτύων και υπηρεσιών θα πρέπει να συνεργάζονται με τον οικείο πάροχο του χρήστη.

2.1 **Ενεργοποίηση (triggering) του αλγορίθμου**

Οι περιπτώσεις στις οποίες ενεργοποιείται ο αλγόριθμος επίλυσης του προβλήματος AIS, είναι οι ακόλουθες:

- § Όταν ο χρήστης εκφράζει ένα αίτημα εξυπηρέτησης που απoσκοπεί στην έναρξη κάποιων υπηρεσιών.
- § Όταν παρατηρείται σοβαρή υποβάθμιση της ποιότητας κάποιας τρέχουσας υπηρεσίας (λόγω εξασθένησης σήματος ή συμφόρησης στο δίκτυο εξυπηρέτησης) για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο ενός κατωφλίου. Να σημειωθεί ότι τυχόν άλλες υπηρεσίες που χρησιμοποιεί ο χρήστης και που δεν αντιμετωπίζουν πρόβλημα, δεν περιλαμβάνονται στο αίτημα βελτίωσης.
- § Όταν εμφανίζεται νέο σημείο πρόσβασης, διαφορετικής τεχνολογίας από το αντίστοιχο που εξυπηρετεί μια εφαρμογή, η οποία αντιμετωπίζει χαμηλή ποιότητα για διάστημα μεγαλύτερο ενός (άλλου) κατωφλίου, αλλά μέχρι πριν δεν είχε άλλη εναλλακτική επιλογή.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η επίλυση περιπτώσεων υποβάθμισης ποιότητας επιχειρείται αρχικά με άλλο σημείο του ίδιου δικτύου πρόσβασης (αν υπάρχει), δηλαδή με τις κλασικές μεθόδους διαπομπής εντός της ίδιας δικτυακής τεχνολογίας. Αν δεν επιλυθεί το πρόβλημα με τον τρόπο αυτό, τότε εκτελείται ο αλγόριθμος. Έτσι, αποφεύγεται η εκκίνηση της όλης διαδικασίας, όταν το τερματικό αλλάζει σημεία πρόσβασης του ίδιου υποδικτύου, λόγω της κίνησης του χρήστη.

Ακόμη, η ενεργοποίηση του αλγορίθμου δεν πραγματοποιείται, αν σταματήσει μια τρέχουσα υπηρεσία (αυτό συμβαίνει μόνο σε περίπτωση απουσίας του multihoming), ενώ στο αίτημα βελτίωσης ή έναρξης υπηρεσιών δεν περιλαμβάνονται ποτέ τρέχουσες υπηρεσίες σε αποδεκτά επίπεδα ποιότητας. Τέλος, η πλήρης απώλεια σήματος αντιμετωπίζεται με τη δεύτερη επιλογή του αλγορίθμου και αν αυτή δεν υπάρχει, με βάση την ποιότητα σήματος των υπολοίπων διαθέσιμων σημείων πρόσβασης. Σε όλες τις περιπτώσεις, αν δε βρίσκεται καμιά λύση, ο χρήστης οδηγείται σε τερματισμό (drop) ή αποκλεισμό (block) των εμπλεκόμενων υπηρεσιών.

3. Συμβολική περιγραφή

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται συμβολικά τα δεδομένα εισόδου και εξόδου του προβλήματος AIS.

Το σύνολο των υπηρεσιών οι οποίες περιλαμβάνονται στο αίτημα έναρξης ή βελτίωσης, συμβολίζεται ως $S = \{s_1, s_2, \dots, s_k\}$. Κάθε στοιχείο s_j του συνόλου χαρακτηρίζεται από το γενικότερο τύπο υπηρεσίας στον οποίο ανήκει $S_Type(s_j)$, καθώς και από ενδεικτικές τιμές απαιτήσεων σε ρυθμό μετάδοσης $S_BR(s_j)$ (Bit Rate) και ανοχή καθυστέρησης $S_D(s_j)$ (Delay Tolerance), τα οποία επηρεάζονται και από τον τύπο της υπηρεσίας.

Όσον αφορά τις ενδεικτικές τιμές των απαιτήσεων των υπηρεσιών, αυτές προσδιορίζονται από τις ανάγκες τους και έχουν μονάδα μέτρησης τα Kbps για το ρυθμό μετάδοσης και τα msec για την ανοχή καθυστέρησης. Στη συνέχεια αναφέρονται οι τύποι υπηρεσιών που θα χρησιμοποιηθούν:

- § Υπηρεσίες Πλοήγησης S_WB (Web Browsing)
- § Ασφαλείς Υπηρεσίες Πλοήγησης ή Απομακρυσμένης Πρόσβασης S_SA (Secure Applications).
- § Υπηρεσίες Ηλεκτρονικού Ταχυδρομείου ή Μεταφοράς Αρχείων S_FT (E-Mail, FileTransfer)
- § Υπηρεσίες Τηλεδιάσκεψης ή Βιντεο-Κλήσης S_VC (Video Conference, Video Call)
- § Υπηρεσίες Ροής Δεδομένων Εικόνας S_VS (Video Streaming)
- § Υπηρεσίες Ροής Δεδομένων Ήχου S_AS (Audio Streaming)

Το σύνολο των χρησιμοποιούμενων τεχνολογιών συμβολίζεται με T και κάθε στοιχείο του t ανήκει σε μια από τις GPRS, UMTS, WLAN και DVB-T.

Το σύνολο των τύπων τερματικών (terminal type) συμβολίζεται με TT και κάθε στοιχείο του tt ανήκει σε μια από τις ακόλουθες κατηγορίες:

- ∅ Laptop / PC. Η κατηγορία αυτή τερματικών χαρακτηρίζεται από μεγάλη υπολογιστική ισχύ και από μικρή έως μηδενική κινητικότητα.
- ∅ PDA / Κινητό Τηλέφωνο. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν συσκευές με χρήστες μικρής έως μεσαίας τάξης κινητικότητας (κίνηση με μικρές ταχύτητες).
- ∅ Car PC. Εδώ ανήκουν τερματικά με υψηλές ταχύτητες, κάτι που πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη, αφού είναι πολύ πιθανό να αλλάζουν συχνά σημεία πρόσβασης λόγω κίνησης. Έτσι, είναι καλό να αποφεύγεται η επιλογή σημείων πρόσβασης με μικρή ακτίνα κάλυψης για την εξυπηρέτησή τους.

Το σύνολο των παρόχων δικτύων που εμπλέκονται συμβολίζεται με NP και κάθε στοιχείο του np χαρακτηρίζεται από την τεχνολογία $NP_T(np)$ στην οποία ανήκει.

Το σύνολο των διαθέσιμων στο τερματικό σημείων πρόσβασης, τα οποία είναι και υποψήφια να εξυπηρετήσουν μια εφαρμογή, συμβολίζεται ως $AP = \{ap_1, ap_2, \dots, ap_n\}$.

Κάθε στοιχείο ap_i του συνόλου χαρακτηρίζεται από την τεχνολογία του $AP_T(ap_i)$, τον πάροχο δικτύου στον οποίο ανήκει $AP_NP(ap_i)$, την ποιότητα σήματος (signal quality) με την οποία είναι ορατό από το τερματικό $AP_SQ(ap_i)$, το διαθέσιμο σε αυτό εύρος ζώνης

$AP_BR(api)$, καθώς και την τρέχουσα καθυστέρηση στην πύλη εξόδου του υποδικτύου του $AP_D(api)$.

Η πολιτική διαχείρισης δεν μπορεί να αναπαρασταθεί με ποσοτικά μεγέθη. Για το λόγο αυτό θα εισαχθούν στη συνέχεια παράμετροι, που να επηρεάζουν την τελική απόφαση με βάση τις σχετικές λεπτομέρειες διαχείρισης.

Ο σκοπός του προβλήματος AIS είναι η ανάθεση κάθε στοιχείου του συνόλου S των υπηρεσιών σε ένα στοιχείο του συνόλου AP των διαθέσιμων σημείων πρόσβασης, $AS-AP = \{ap(s), \forall s \in S\}$

Κάθε στοιχείο της ανάθεσης $AS-AP$ ανήκει στο σύνολο AP , ενώ όλες οι επιμέρους αναθέσεις θα πρέπει αθροιστικά να βελτιστοποιούν μια αντικειμενική συνάρτηση (objective function), $OF(AS-AP)$

Η αντικειμενική συνάρτηση λαμβάνει υπόψη όλες τις παραμέτρους του προβλήματος AIS με τέτοιο τρόπο, ώστε να αποτιμά την ωφέλεια που απορρέει για τους παρόχους του ετερογενούς δικτύου από τη συγκεκριμένη ανάθεση των υπηρεσιών σε σημεία πρόσβασης. Με άλλα λόγια, εκφράζει το βαθμό ικανοποίησης των παρόχων με βάση, όμως, κάποιες ελάχιστες απαιτήσεις για ποιότητα υπηρεσίας στο χρήστη. Η αντικειμενική συνάρτηση, όπως θα φανεί στη συνέχεια, χρησιμοποιεί μεγέθη ανηγμένα στην ίδια κλίμακα, οπότε δεν έχει μονάδες (είναι καθαρός αριθμός), ενώ, όσο μεγαλύτερη τιμή παίρνει, τόσο αυξάνεται ο βαθμός ικανοποίησης που αντιπροσωπεύει.

4. Μαθηματική διατύπωση

Όπως τονίστηκε στην προηγούμενη παράγραφο, η επίλυση του προβλήματος AIS επιτυγχάνεται με την εύρεση των αναθέσεων που μεγιστοποιούν την αντικειμενική συνάρτηση, η οποία δίνεται από την παρακάτω αναδρομική σχέση:

$$OF(\forall s \in S, \forall ap \in AP) = F(s, ap) + OF(\forall s' \in S, s' \neq s, \forall ap \in AP) \quad (1)$$

Όπου $F(s, ap) = wq Q + wpt PT \quad (2)$

Από τη σχέση (1) φαίνεται ότι η αντικειμενική συνάρτηση είναι το άθροισμα μιας αποτίμησης της ωφέλειας (συνάρτηση F) από την ανάθεση μιας υπηρεσίας και της τιμής της για την ανάθεση των υπολοίπων υπηρεσιών, δεδομένης της συγκεκριμένης ανάθεσης.

Με άλλα λόγια, η αντικειμενική συνάρτηση είναι στην ουσία το άθροισμα των επιμέρους αποτιμήσεων ωφέλειας για καθεμιά από τις ζητούμενες υπηρεσίες, με δεδομένη την ανάθεση όλων των προηγούμενων. Έχει σημασία με ποια σειρά γίνεται ο υπολογισμός των τιμών των συναρτήσεων F , γιατί η ανάθεση μιας υπηρεσίας σε ένα σημείο πρόσβασης αλλάζει τα δεδομένα εισόδου του, κάτι που πρέπει να ληφθεί υπόψη, όταν θα ανατεθεί μια νέα υπηρεσία στο ίδιο σημείο.

Η σχέση (2) δίνει τις επιμέρους συναρτήσεις από τις οποίες αποτελείται η συνάρτηση αποτίμησης ωφέλειας για μια συγκεκριμένη ανάθεση. Η συνάρτηση Q εκφράζει το τμήμα που σχετίζεται με την ποιότητα υπηρεσίας, ενώ η συνάρτηση PT το τμήμα που αναφέρεται στις συνεργασίες παρόχων, την πολιτική διαχείρισης, τα κόστη και τις συμβατότητες. Τα wq και

wpt είναι τα αντίστοιχα βάρη (weights) των συναρτήσεων, τα οποία πρέπει να ικανοποιούν τη σχέση ($wq + wpt = 1$).

Αναλυτικότερα:

$$Q = wsqi\ SQI + wdi\ DI + wbi\ BI \quad (3)$$

$$PT = wnpri\ NPI + wtti\ TTI + wcci\ CCI \quad (4)$$

Οι σχέσεις (3) και (4) αναλύουν ακόμη περισσότερο τις συναρτήσεις Q και PT , δίνοντας τις παραμέτρους από τις οποίες αποτελούνται. Οι παράμετροι αυτές είναι δείκτες των μεγεθών που επηρεάζουν το αποτέλεσμα και είναι ανηγμένοι σε κοινή κλίμακα (0-3), ώστε να μπορούν να αθροιστούν. Κάθε δείκτης συνοδεύεται και από ένα βάρος, με τις αντίστοιχες τιμές να ικανοποιούν τις σχέσεις ($wsqi + wdi + wbi = 100$) και ($wnpri + wtti + wcci = 100$).

Στη συνέχεια ακολουθεί λεπτομερής παρουσίαση όλων των δεικτών, καθώς και της λογικής με την οποία ανάγονται στην κλίμακα (0-3), με το 0 να είναι η χειρότερη τιμή και το 3 η καλύτερη.

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι εφόσον ένας τουλάχιστον δείκτης έχει τιμή 0, που σημαίνει μη αποδεκτή λύση ως προς το δείκτη αυτό, η συγκεκριμένη ανάθεση μηδενίζεται. Αυτό γίνεται για να μην επιλέγεται ανάθεση που μπορεί να υπερτερεί στους υπόλοιπους δείκτες σε σχέση με τις υπόλοιπες, αλλά καταπατεί κάποιον περιορισμό. Αν τύχει μια ανάθεση να έχει τιμή 0, αλλά να επιλεγεί γιατί ανήκει σε συνδυασμό που να μεγιστοποιεί συνολικά την αντικειμενική συνάρτηση, τότε η υπηρεσία που αντιστοιχεί σε αυτήν τερματίζεται ή αποκλείεται.

4.1 Δείκτης ποιότητας σήματος SQI (Signal Quality Indicator)

Ο δείκτης SQI ενός σημείου πρόσβασης *ap* αντιπροσωπεύει την ισχύ του σήματος από το σημείο αυτό σε σύγκριση με τυπικές τιμές ισχύος για APs του ίδιου τύπου.

Προφανώς εξαρτάται από την υποκείμενη τεχνολογία, αφού οι τιμές ισχύος σήματος είναι διαφορετικές. Με βάση, λοιπόν, το αποτέλεσμα της σύγκρισης, αξιολογείται το λαμβανόμενο σήμα και ανάλογα παίρνει τιμές ο δείκτης SQI (πίνακας 8-1).

SQI (<i>ap</i>)	Περιγραφή
0	Μηδενικό Σήμα
1	Ασθενές Σήμα
2	Επαρκές Σήμα
3	Ισχυρό Σήμα

Πίνακας 8-1: Δείκτης ποιότητας σήματος SQI

4.2. Δείκτης καθυστέρησης DI (Delay Indicator)

Ο δείκτης *DI* εκφράζει το αποτέλεσμα της σύγκρισης της καθυστέρησης, που παρατηρείται στην πύλη εξόδου του υποδικτύου ενός σημείου πρόσβασης *ap*, με την ενδεικτική τιμή ανοχής καθυστέρησης της υπό εξέταση υπηρεσίας *s*. Είναι στην ουσία μια εκτίμηση της επίπτωσης, που έχει πιθανή συμφόρηση στην πύλη εξόδου πάνω στην ποιότητα της συγκεκριμένης υπηρεσίας.

Αρχικά υπολογίζεται ο λόγος:

$$AP_D(ap) / S_D(s)$$

Η τιμή που παίρνει αυτός ο λόγος ανάγεται στην κλίμακα (0-3) ανάλογα με το διάστημα στο οποίο ανήκει. Στον πίνακα 8-2 φαίνονται τα σχετικά διαστήματα και οι τιμές του δείκτη *DI*.

$AP_D(ap) / S_D(s)$	DI (<i>s</i> , <i>ap</i>)	Περιγραφή
> 0.9	0	Μη Αποδεκτή Καθυστέρηση
0.4 – 0.9	1	Σημαντική Καθυστέρηση
0.1 – 0.4	2	Αποδεκτή Καθυστέρηση
< 0.1	3	Πρακτικά Μηδενική Καθυστέρηση

Πίνακας 8-2: Δείκτης καθυστέρησης DI

4.3. Δείκτης εύρους ζώνης BI (Bandwidth Indicator)

Ο δείκτης BI δίνει μια εκτίμηση της επάρκειας ασύρματων πόρων σε ένα σημείο πρόσβασης ap . Προκύπτει από τη σύγκριση του διαθέσιμου εύρους ζώνης του ap με την ενδεικτική τιμή της απαίτησης της υπό εξέταση υπηρεσίας s σε ρυθμό μετάδοσης. Με τον τρόπο αυτό παρέχει το βαθμό ικανότητας του σημείου πρόσβασης να εξυπηρετήσει το χρήστη στο αιτούμενο επίπεδο ποιότητας.

Αρχικά υπολογίζεται ο λόγος: $AP_BR(ap) / S_BR(s)$

Το διάστημα στο οποίο ανήκει η τιμή του λόγου αυτού, δίνει και την τιμή στο δείκτη (πίνακας 8-3).

$AP_BR(ap) / S_BR(s)$	$BI(s, ap)$	Περιγραφή
< 0.5	0	Ανεπάρκεια Ασύρματων Πόρων
$0.5 - 1.5$	1	Περιορισμένοι Ασύρματοι Πόροι
$1.5 - 5$	2	Επαρκείς Ασύρματοι Πόροι
> 5	3	Υπερεπάρκεια Ασύρματων Πόρων

Πίνακας 8-3: Δείκτης εύρους ζώνης BI

4.4. Δείκτης παρόχου δικτύου NPI (Network Provider Indicator)

Ο δείκτης NPI ενός σημείου πρόσβασης ap αντιπροσωπεύει το βαθμό εμπιστοσύνης του οικείου παρόχου προς τον πάροχο np του ap , καθώς και μια εκτίμηση του κόστους ανάθεσης στον πάροχο αυτό. Προφανώς εξαρτάται από το μοντέλο συνεργασίας μεταξύ των παρόχων.

Ο πίνακας 8-4 δίνει τις τιμές του NPI με βάση την αναγωγή της σχετικής αξιολόγησης στην κλίμακα (0-3).

$NPI(ap)$	Περιγραφή
0	Μη Συνεργαζόμενος Πάροχος
1	Συνεργαζόμενος Πάροχος (Λιγότερο Επιθυμητός)
2	Άμεσα Συνεργαζόμενος Πάροχος (Χαμηλό Κόστος)
3	Τρέχων Πάροχος (Περισσότερο Επιθυμητός)

Πίνακας 8-4: Δείκτης παρόχου δικτύου NPI

4.5. Δείκτης τύπου τερματικού TTI (Terminal Type Indicator)

Ο δείκτης TTI εκφράζει το βαθμό ικανότητας παροχής υπηρεσίας από μια συγκεκριμένη τεχνολογία t αναλογικά προς τον τύπο του τερματικού tt (δηλαδή την κατηγορία κινητικότητας). Δίνει στην ουσία μια εκτίμηση της δυνατότητας κάλυψης ενός δικτύου σε σχέση με την κίνηση του χρήστη.

Ο πίνακας 8-5 παρέχει τις τιμές του δείκτη στην κλίμακα (0-3), ενώ ο πίνακας 8-6 δίνει αντιπροσωπευτικές τιμές του δείκτη σε όλους τους συνδυασμούς τεχνολογίας και τύπου τερματικού. Είναι λογικό δίκτυα με μικρές κυψέλες να μην μπορούν να εξυπηρετήσουν εύκολα χρήστες με μεγάλες ταχύτητες, αφού θα οδηγούσαν σε πολλαπλές διαπομπές λόγω κίνησης.

TTI (t, tt)	Περιγραφή
0	Αδυναμία Κάλυψης / Εξυπηρέτησης
1	Προβληματική Κάλυψη
2	Αποδεκτή Κάλυψη
3	Ελάχιστη Πιθανότητα Διαπομπής λόγω Κινητικότητας

Πίνακας 8-5: Δείκτης τύπου τερματικού TTI

	GPRS	UMTS	WLAN	DVB-T
Laptop / PC	3	3	3	3
PDA / Cellular	3	3	2	3
Car PC	2	2	1	3

Πίνακας 8-6: Τιμές του δείκτη TTI ανά τεχνολογία και τύπο τερματικού

4.6 Δείκτης συμβατότητας & κόστους CCI (Compatibility-Cost Indicator)

Ο δείκτης CCI παρέχει ένα μέτρο της συμβατότητας της τεχνολογίας t που είναι υποψήφια για την ανάθεση με τον τύπο της υπηρεσίας s , καθώς και μια εκτίμηση του κόστους ανάθεσης με βάση τις δυνατότητες εκχώρησης πόρων κάθε δικτύου. Έτσι, δίνει μια αρχική προτίμηση της δικτυακής τεχνολογίας με βάση τη φύση κάθε δικτύου. Στον πίνακα 8-7 φαίνονται οι ανηγμένες τιμές του δείκτη CCI, ενώ ο πίνακας 8-8 παρέχει ενδεικτικές τιμές ανά τύπο υπηρεσίας και τεχνολογία κάλυψης. Είναι προφανές ότι το DVB-T αδυνατεί να εξυπηρετήσει όλους τους τύπους λόγω της μονόδρομης φύσης του, ενώ δίκτυα με περιορισμένες δυνατότητες, όπως το GPRS, χαρακτηρίζονται από αυξημένο κόστος ανάθεσης, δηλαδή μειωμένο CCI.

CCI (t, s)	Περιγραφή
0	Ασυμβατότητα
1	Υψηλό Κόστος, Πιθανές Δυσκολίες στην Παροχή Υπηρεσίας
2	Παροχή Υπηρεσίας σε Αποδεκτά Επίπεδα και Κόστη
3	Χαμηλό Κόστος, Παροχή Υπηρεσίας σε Υψηλά Επίπεδα

Πίνακας 8-7: Δείκτης συμβατότητας & κόστους CCI

	GPRS	UMTS	WLAN	DVB-T
S_WB	2	3	3	0
S_SA	2	3	3	0
S_FT	1	2	3	0
S_VC	2	2	3	0
S_VS	0	1	3	3
S_AS	0	2	3	3

Πίνακας 8-8: Τιμές του δείκτη CCI ανά τεχνολογία και τύπο υπηρεσίας

5. Επίλυση του προβλήματος

Στην παράγραφο αυτή εξετάζονται οι τρόποι επίλυσης του προβλήματος AIS, δηλαδή η επιλογή του κατάλληλου αλγορίθμου βελτιστοποίησης. Ο υπολογισμός της συνολικά βέλτιστης λύσης με εξαντλητικό αλγόριθμο ενδέχεται να είναι χρονοβόρος, αφού η αναζήτηση όλων των δυνατών συνδυασμών μπορεί να οδηγήσει σε πολλούς επαναληπτικούς βρόχους (loops). Λόγω της ανάγκης για μια γρήγορη λύση σε πραγματικό χρόνο (real time), κρίνεται πιο αποτελεσματική μια μέθοδος που οδηγεί σε μια σχεδόν βέλτιστη (near optimal) λύση, αλλά σε λογικά χρονικά πλαίσια.

Μια μέθοδος επίλυσης τέτοιας φύσης προβλημάτων είναι η simulated annealing. Αφορά τη δοκιμή παραλλαγών της προσωρινής λύσης με σκοπό την ανεύρεση της βέλτιστης. Η πιθανότητα να γίνει αποδεκτή μια λύση χειρότερη της προηγούμενης μειώνεται όσο εξελίσσεται ο υπολογισμός. Η μέθοδος taboo search προσφέρει άλλη μια δυνατότητα επίλυσης.

Συγκεκριμένα, χρησιμοποιεί διάφορες δομές μνήμης προς βελτίωση μιας τοπικής αναζήτησης.

Οι γενετικοί (genetic) αλγόριθμοι διασταυρώνουν διαφορετικές μεταξύ τους λύσεις, με σκοπό τη δημιουργία νέων παραλλαγών με καλύτερες επιδόσεις. Τέλος, υπάρχουν και οι άπληστοι (greedy) αλγόριθμοι, οι οποίοι επιλέγουν τη βέλτιστη λύση σε διάφορα στάδια του προβλήματος, θεωρώντας ότι ο συνδυασμός των τοπικών αυτών βέλτιστων θα οδηγήσει στην καταλληλότερη συνολικά λύση με αυξημένη πιθανότητα.

Στη συνέχεια ακολουθεί η επίλυση του προβλήματος AIS με χρήση ενός άπληστου αλγορίθμου.

5.1 Βήματα εξέλιξης του αλγορίθμου

Η εξέλιξη του αλγορίθμου περιλαμβάνει συνολικά 12 βήματα:

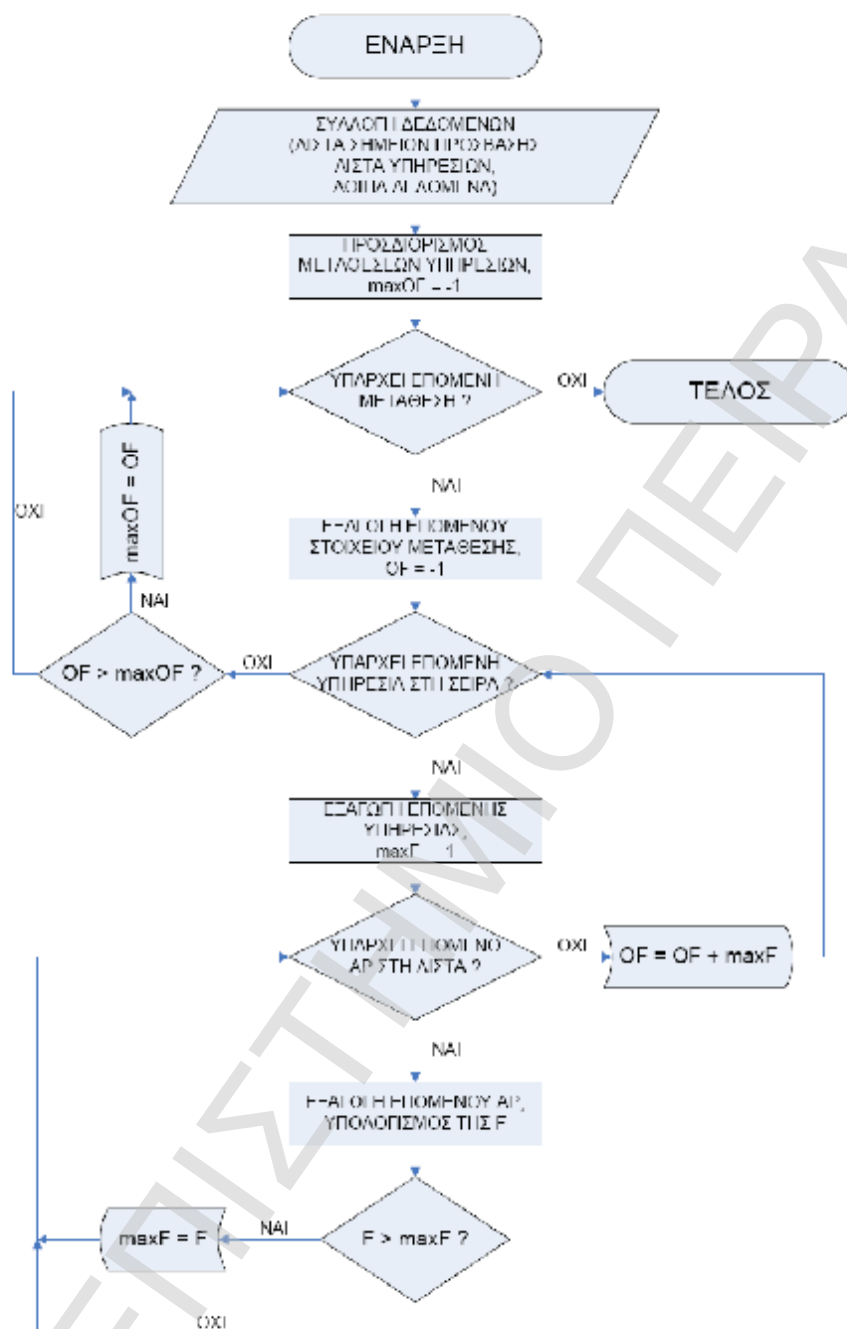
- **Βήμα 1:** Συντάσσεται η λίστα των διαθέσιμων σημείων πρόσβασης. Κάθε στοιχείο της λίστας *api* περιλαμβάνει όλες τις τιμές των παραμέτρων που το συνοδεύουν, (AP_NP , AP_T , AP_SQ , AP_BR , AP_D), καθώς και το αναγνωριστικό του ίδιου του στοιχείου.
- **Βήμα 2:** Συντάσσεται η λίστα των αιτούμενων υπηρεσιών. Κάθε στοιχείο της λίστας *sj* περιλαμβάνει τις τιμές των παραμέτρων S_Type , S_BR και S_D καθώς και το αναγνωριστικό της συγκεκριμένης υπηρεσίας.
- **Βήμα 3:** Συγκεντρώνονται τα υπόλοιπα στοιχεία για τον υπολογισμό των δεικτών, δηλαδή οι πίνακες αντιστοίχισης οι τυπικές τιμές ποιότητας σήματος ανά τεχνολογία, οι λίστες των συνεργαζόμενων παρόχων, ο τύπος του τερματικού καθώς και τα βάρη όλων των δεικτών και συναρτήσεων, που απαρτίζουν την αντικειμενική συνάρτηση.
- **Βήμα 4:** Προσδιορίζονται όλες οι δυνατές μεταθέσεις του συνόλου S των υπηρεσιών.
- **Βήμα 5:** Εξάγεται το πρώτο στοιχείο της μετάθεσης, δηλαδή μια συγκεκριμένη σειρά των υπηρεσιών.
- **Βήμα 6:** Εξάγεται η πρώτη υπηρεσία της σειράς.
- **Βήμα 7:** Για κάθε στοιχείο *api* της λίστας σημείων πρόσβασης και με δεδομένη την υπό εξέταση υπηρεσία *sj*, υπολογίζονται οι τιμές των δεικτών και κατ' επέκταση της συνάρτησης $F(sj, api)$. Το στοιχείο *api*, που μεγιστοποιεί τη συνάρτηση, ανατίθεται προσωρινά στην υπηρεσία *sj* και η τιμή της συνάρτησης προστίθεται επίσης προσωρινά στο γενικότερο άθροισμα της συγκεκριμένης μετάθεσης, δηλαδή στην τρέχουσα τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης.
- **Βήμα 8:** Η τιμή $AP_BR(api)$ μειώνεται κατά την τιμή $S_BR(sj)$, δηλαδή το διαθέσιμο εύρος ζώνης του σημείου πρόσβασης που επιλέχθηκε μειώνεται κατά την ενδεικτική τιμή της προς εξέταση υπηρεσίας.
- **Βήμα 9:** Εξάγεται η επόμενη υπηρεσία της σειράς και η διαδικασία επίλυσης επιστρέφει στο βήμα 7 με προσαρμοσμένες τιμές των παραμέτρων λόγω των προηγούμενων (προσωρινών) αναθέσεων. Αν δεν υπάρχει επόμενη υπηρεσία στη σειρά, ο αλγόριθμος προχωράει στο βήμα 10.
- **Βήμα 10:** Στο σημείο αυτό έχει ολοκληρωθεί ο υπολογισμός μιας ανάθεσης όλων των υπηρεσιών (με βάση τη σειρά) σε σημεία πρόσβασης, δηλαδή έχει προσδιοριστεί μια τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης. Η τιμή της OF συγκρίνεται με τη μέχρι εκείνη τη στιγμή βέλτιστη. Σε περίπτωση που είναι μεγαλύτερη, η νέα τιμή και η νέα ανάθεση αποθηκεύονται ως προσωρινές βέλτιστες λύσεις. Αλλιώς, παραμένουν προσωρινά βέλτιστες οι παλιές.
- **Βήμα 11:** Το διαθέσιμο εύρος ζώνης των σημείων πρόσβασης επανέρχεται στην αρχική του τιμή (του βήματος 1), εξάγεται το επόμενο στοιχείο της μετάθεσης και τα βήματα 6 έως 11 επαναλαμβάνονται. Αν δεν υπάρχει άλλο στοιχείο μετάθεσης, ο αλγόριθμος προχωράει στο βήμα 12.

- ο **Βήμα 12:** Στο σημείο αυτό έχει ολοκληρωθεί ο υπολογισμός της μεγαλύτερης τιμής της OF και της βέλτιστης ανάθεσης, αφού έχουν εξεταστεί όλες οι δυνατές μεταθέσεις των υπηρεσιών.

Τα βήματα του αλγορίθμου, που μόλις περιγράφηκαν, μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρεις φάσεις ανάλογα με τις επιμέρους λειτουργίες που επιτελούν.

Έτσι, διακρίνεται η φάση συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων εισόδου (βήματα 1-3), η φάση υπολογισμού αναθέσεων (βήματα 6-9) και η φάση επιλογής της συνολικής λύσης (βήματα 4-5 και 10-11).

Στην εικόνα 8-1 απεικονίζεται αναλυτικά το διάγραμμα ροής για την εκτέλεση του αλγορίθμου. Με $maxOF$ συμβολίζεται η προσωρινή βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης, ενώ με OF η τρέχουσα τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης. Αντίστοιχα, με $maxF$ συμβολίζεται η προσωρινή μέγιστη τιμή της συνάρτησης F της τρέχουσας υπηρεσίας. Όλες αυτές οι παράμετροι αρχικοποιούνται στην τιμή -1 , έτσι ώστε να βρεθεί τουλάχιστον μία ανάθεση, έστω και με μηδενική τιμή OF .



Εικόνα 8-1: Διάγραμμα ροής αλγορίθμου για επίλυση του AIS προβλήματος

Μια παραλλαγή του αλγορίθμου θα μπορούσε να ορίσει ένα κατώφλιο στην τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης και μόλις βρεθεί ανάθεση που να το υπερβαίνει, να επιλέγεται αυτή ως βέλτιστη, χωρίς να εκτελούνται οι υπολογισμοί για τις υπόλοιπες μεταθέσεις. Αυτός ο τρόπος όμως ενδέχεται να απομακρύνει την επιλεγμένη λύση πολύ μακριά από την πραγματική βέλτιστη και γι' αυτό δε θα υιοθετηθεί.

Όσο αφορά την εξεύρεση δεύτερης επιλογής (για περιπτώσεις ανάγκης) για κάθε υπηρεσία, ακολουθείται μια πολύ πιο απλοποιημένη διαδικασία. Επιλέγεται μεμονωμένα για

κάθε υπηρεσία ένα σημείο πρόσβασης, διαφορετικής τεχνολογίας από αυτό που αντιστοιχεί στη βέλτιστη ανάθεση αυτής, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι υπόλοιπες δευτερεύουσες αναθέσεις (χωρίς μετάθεση δηλαδή), αλλά με τις παραμέτρους εύρους ζώνης των σημείων πρόσβασης προσαρμοσμένες με βάση την κύρια ανάθεση. Ο λόγος που επιλέγεται μια τόσο απλή λύση είναι ότι η δεύτερη επιλογή έχει μικρή σχετικά πιθανότητα να χρειαστεί, ενώ, αν χρειαστεί, θα είναι για ένα υποσύνολο των υπηρεσιών.

Επιπλέον, αν υιοθετηθεί μια παρόμοια διαδικασία, το πρόβλημα γίνεται ακόμη πιο πολύπλοκο, αφού στην ανεύρεση μιας δευτερεύουσας ανάθεσης θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη εκτός από τις κύριες αναθέσεις από τη βέλτιστη επιλογή και οι υπόλοιπες δευτερεύουσες.

5.2 Πολυπλοκότητα του αλγορίθμου

Ο βαθμός πολυπλοκότητας του αλγορίθμου υπολογίζεται με βάση των αριθμό των επαναληπτικών βρόχων (loops) επεξεργασίας που είναι απαραίτητο να εκτελεστούν, ώστε να εξαχθεί η βέλτιστη ανάθεση. Η αξιολόγηση του άπληστου αλγορίθμου, που αναλύεται στην προηγούμενη παράγραφο, θα γίνει σε σύγκριση με τον αντίστοιχο εξαντλητικό αλγόριθμο.

Έστω ότι το προς επίλυση πρόβλημα αφορά k υπηρεσίες και τα διαθέσιμα σημεία πρόσβασης είναι n στον αριθμό. Ο αριθμός των διαφορετικών μεταθέσεων των υπηρεσιών είναι $k!$, ενώ καθεμιά από αυτές περιλαμβάνει k στοιχεία – υπηρεσίες. Για κάθε στοιχείο μιας μετάθεσης, ο αλγόριθμος κάνει n μπλοκ υπολογισμών, όσα είναι δηλαδή τα σημεία πρόσβασης. Αφού υπολογιστεί το τοπικό αυτό βέλτιστο, λαμβάνεται υπόψη ως δεδομένο για τους υπολογισμούς του επόμενου στοιχείου της μετάθεσης. Με τον τρόπο αυτό, για κάθε μετάθεση γίνονται n μπλοκ υπολογισμών για καθεμιά από τις k υπηρεσίες της μετάθεσης. Έτσι, οι βρόχοι που απαιτούνται για όλες τις μεταθέσεις είναι $k!$ μεταθέσεις επί k υπηρεσίες ανά μετάθεση επί n βρόχους ανά υπηρεσία:

$$k \times n \times k!$$

Με χρήση εξαντλητικού αλγορίθμου η διαδικασία διαφοροποιείται στο βήμα 7.

Δεδομένης μιας μετάθεσης, για την πρώτη υπηρεσία εκτελούνται n βρόχοι. Για τη δεύτερη, όμως, υπηρεσία εκτελούνται n βρόχοι για καθέναν από τους n βρόχους της πρώτης, δηλαδή n^2 βρόχοι. Λαμβάνονται υπόψη δηλαδή όλοι δυνατοί συνδυασμοί και όχι μόνο αυτοί που προκύπτουν από τοπικά μέγιστα. Ομοίως, για την τρίτη υπηρεσία εκτελούνται n^3 βρόχοι, για την k -στη n^k . Έτσι, οι απαιτούμενοι βρόχοι για την εξαντλητική μέθοδο είναι:

$$(n + n^2 + n^3 + \dots + n^k) \times k!$$

Όπως είναι φανερό από τη σύγκριση των δύο μεθόδων, ο άπληστος αλγόριθμος έχει πολυπλοκότητα $O(k \times n \times k!)$, ενώ ο εξαντλητικός $O(nk \times k!)$. Ο πίνακας 8-9 δίνει ορισμένα αριθμητικά παραδείγματα για αντιπαράθεση των δύο μεθόδων. Αξιοσημείωτη είναι η διαφορά στον αριθμό των απαιτούμενων επαναλήψεων, αλλά και ο ρυθμός με τον οποίο αυτή αυξάνεται, ειδικά όταν μεγαλώνει ο αριθμός των υπηρεσιών.

k	n	Άπληστος	Εξαντλητικός
2	6	24	84
2	10	40	220
3	6	108	1548
3	8	144	3504

Πίνακας 8-9: Παραδείγματα σύγκρισης εξαντλητικού και άπληστου αλγορίθμου

Η πολυπλοκότητα που εισάγεται για την εξεύρεση της δεύτερης λύσης ανά υπηρεσία είναι πολύ μικρότερη από αυτήν της κύριας, δεδομένου του απλού τρόπου υπολογισμού.

Έτσι, απαιτούνται στη χειρότερη περίπτωση $k \times (n-1)$ υπολογισμοί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο

Αλγόριθμοι Handover Για την Κυβελωτή Επικοινωνία

1. Εισαγωγή

Τα κυβελωτά συστήματα θα πρέπει να έχουν την δυνατότητα να διατηρούν μια κλήση καθώς ο συνδρομητής κινείται σε μια κυβελωτή περιοχή εξυπηρέτησης. Αυτό επιτυγχάνεται μεταφέροντας τον κινητό σταθμό από ένα σταθμό βάσης ή κανάλι, σε άλλο χωρίς επιπτώσεις στην ποιότητα του σήματος. Η μεταπομπή γίνεται σε τρία στάδια:

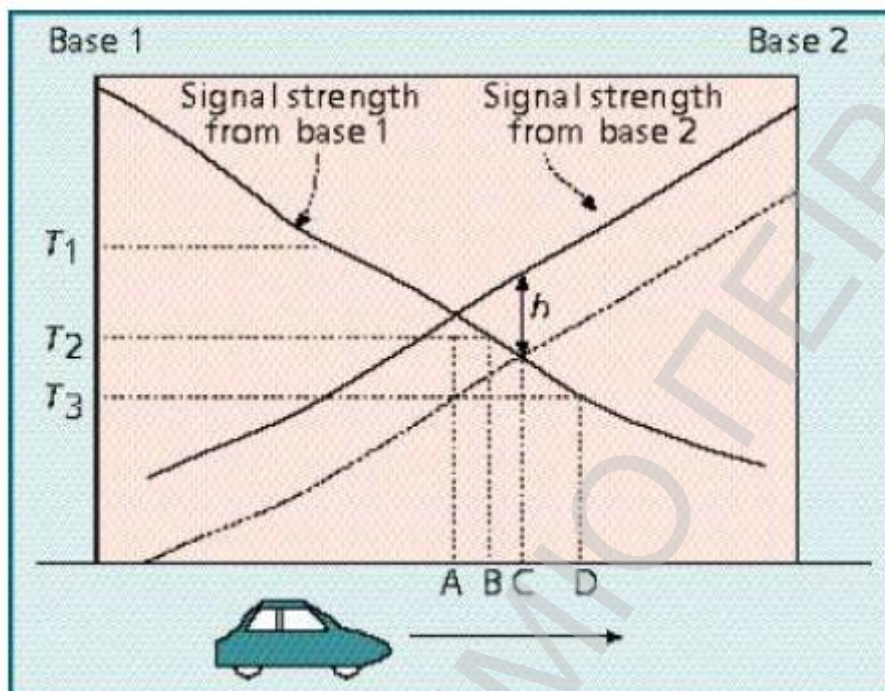
- Στάδιο απόφασης (Decision Stage): Η απόφαση για handover λαμβάνεται από το δίκτυο ή τον κινητό σταθμό βάσης, βάσει κάποιων μετρήσεων, όπως RSS (Received Signal Strength ή λαμβανόμενη ισχύς), BER (Bit Error Rate ή ρυθμός λανθασμένων bit). Οι αλγόριθμοι που προκύπτουν από αυτό το στάδιο είναι γνωστοί ως RSS με κατώφλι (RSS with threshold), RSS με υστέρηση (RSS with hysteresis), πολυκριτηριακός αλγόριθμος μεταγωγής, ή κάποιος αλγόριθμος μεταπομπής βασισμένος στην αναγνώριση patterns σε μεθόδους τεχνητής νοημοσύνης, Fuzzy Logic κτλ.
- Στάδιο σχεδιασμού (Planning Stage): Επιλέγεται το κανάλι εκείνο, το οποίο είναι ελεύθερο και έχει την μικρότερη παρεμβολή από τον υποψήφιο σταθμό βάσης και αν χρειαστεί θα αναπτυχθούν και τα κατάλληλα πρωτόκολλα επιβεβαίωσης.
- Στάδιο εκτέλεσης (Execution Stage): Η μεταπομπή δημιουργείται και αναπτύσσεται ένας αλγόριθμος επαναδρομολόγησης για την εδραίωση της νέας σύνδεσης με τον κινητό σταθμό.

Η αποδοτικότητα του αλγορίθμου φαίνεται χρησιμοποιώντας κάποια performance measurements που ορίζουν το σχετικό QoS. Πέρα από τους αλγόριθμους που είδαμε στο στάδιο της απόφασης, υπάρχουν και αλγόριθμοι που βασίζονται στην διατήρηση προτεραιότητας (Priority Reservation Handover Algorithm).

Στο κεφάλαιο αυτό θα ασχοληθούμε με κάποιους από αυτούς τους αλγόριθμους, δίνοντας παράλληλα και κάποια στοιχεία ανάλυσης και τρόπους υλοποίησης αυτών.

2. Αλγόριθμοι βασισμένοι στην λαμβανόμενη ισχύ

Στην βέλτιστη περίπτωση περιμένουμε το κινητό να κάνει μεταγωγή από τον έναν σταθμό βάσης, στον άλλον στην μέση της απόστασης των δύο σταθμών, όπως φαίνεται στην εικόνα 9-1.



Εικόνα 9-1: Παράδειγμα Αλγορίθμου

Αυτό μπορεί να αποφασιστεί όταν η λαμβανόμενη ισχύ από τον σταθμό βάσης 2, ξεπερνά την αντίστοιχη του 1. Το σήμα που γίνεται αντιληπτό από τον σταθμό βάσης, μειώνεται καθώς το κινητό απομακρύνεται από τον σταθμό βάσης. Όμως η μείωση αυτή ακολουθεί τυχαία κατανομή λόγω των συνθηκών στο περιβάλλον διάδοσης. Έτσι στο σημείο A, η λαμβανόμενη ισχύ από τους δύο σταθμούς ταλαντεύεται και το κινητό κάνει handover μερικές φορές μεταξύ των σταθμών 1 και 2. Το φαινόμενο αυτό καλείται ping pong.

3. Αλγόριθμοι με χρήση κατωφλίου (threshold)

Αν έχουμε εισάγει ένα επίπεδο κατωφλίου στον αλγόριθμο, ο κινητός σταθμός βάσης, δεν προβαίνει σε handover όσο η λαμβανόμενη ισχύς από τον τρέχοντα σταθμό βάσης δεν πέσει κάτω από το προκαθορισμένο επίπεδο κατωφλίου.

Αυτό σημαίνει ότι το handover θα γίνει στον νέο σταθμό βάσης αν ισχύει η παρακάτω συνθήκη :

$$(RSS_{current} < \text{Threshold}) \text{ and } (RSS_{new} > RSS_{current})$$

Όπου:

$RSS_{current}$, είναι η λαμβανόμενη ισχύς από τον τρέχοντα σταθμό βάσης και

RSS_{new} , είναι η λαμβανόμενη ισχύς από τον υποψήφιο για μεταγωγή σταθμό βάσης.

Αν στον αλγόριθμο της εικόνας 9-1 χρησιμοποιήσουμε την λαμβανόμενη ισχύ με threshold T_3 3dB και το κινητό πάει από τον σταθμό 1 στο 2, τότε θα κάνει handover στο σημείο D. Για threshold T_1 1dB, τότε θα κάνει handover στο σημείο A, όπου η ισχύς από τον σταθμό 2 είναι μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού 1. Για threshold T_2 2dB, τότε θα κάνει handover στο σημείο B.

4. Αλγόριθμοι με υστέρηση (hysteresis)

Μια άλλη τεχνική είναι να εισάγουμε κάποια υστέρηση. Αυτό σημαίνει ότι το κινητό δεν θα κάνει μεταπομπή αν η λαμβανόμενη ισχύς από τον υποψήφιο για μεταγωγή σταθμό βάσης δεν είναι καλύτερη κατά κάποια προκαθορισμένη τιμή υστέρησης από την λαμβανόμενη ισχύ του τρέχοντα σταθμού.

Αυτό σημαίνει ότι το handover θα γίνει στον νέο σταθμό βάσης αν ισχύει η παρακάτω συνθήκη :

$$(RSS_{current} < RSS_{new} - \text{hysteresis})$$

Όπου:

$RSS_{current}$, είναι η λαμβανόμενη ισχύς από τον τρέχοντα σταθμό βάσης

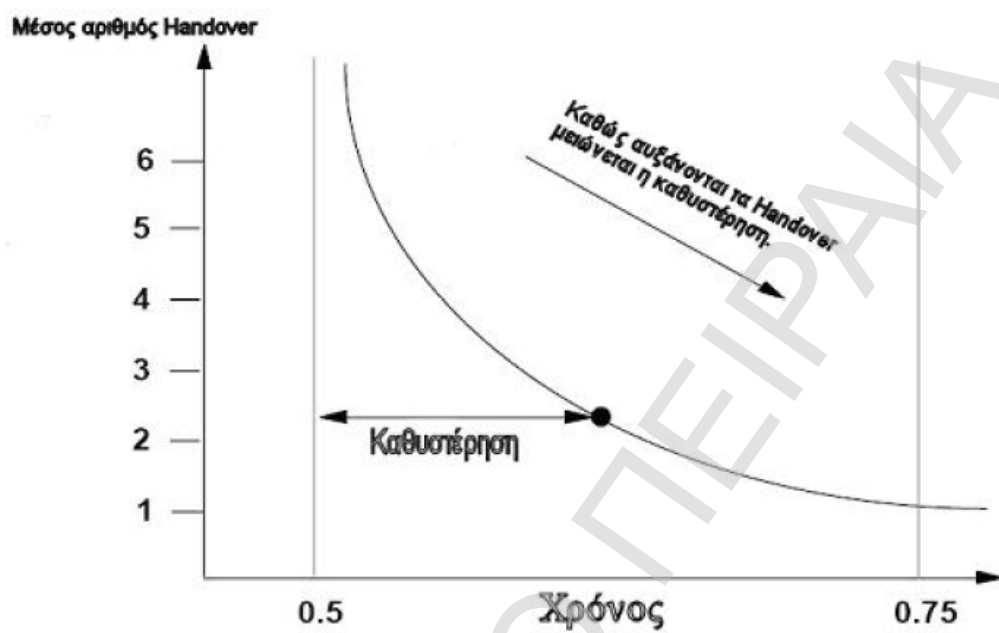
RSS_{new} , είναι η λαμβανόμενη ισχύς από τον υποψήφιο για μεταγωγή σταθμό βάσης και

Hysteresis, είναι η τιμή που πρέπει να είναι μεγαλύτερη η λαμβανόμενη ισχύς RSS_{new} από την ισχύ $RSS_{current}$

Αν στον αλγόριθμο της εικόνας 10-1 χρησιμοποιήσουμε την λαμβανόμενη ισχύ με h dB hysteresis , το κινητό θα κάνει handover, από τον σταθμό 1 στον σταθμό 2 στο σημείο C, όπου η λαμβανόμενη ισχύς από τον σταθμό 2 θα είναι καλύτερη από την αντίστοιχη του 1 κατά h dB .

Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και συνδυασμό threshold & hysteresis για να έχουμε καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με το φαινόμενο ping pong. Όμως όποιον αλγόριθμο και να χρησιμοποιήσουμε για την εξάλειψη του φαινομένου εισάγουμε μια καθυστέρηση στην εκτέλεση της μεταπομπής, η οποία καθυστερεί να γίνει και έχει σαν

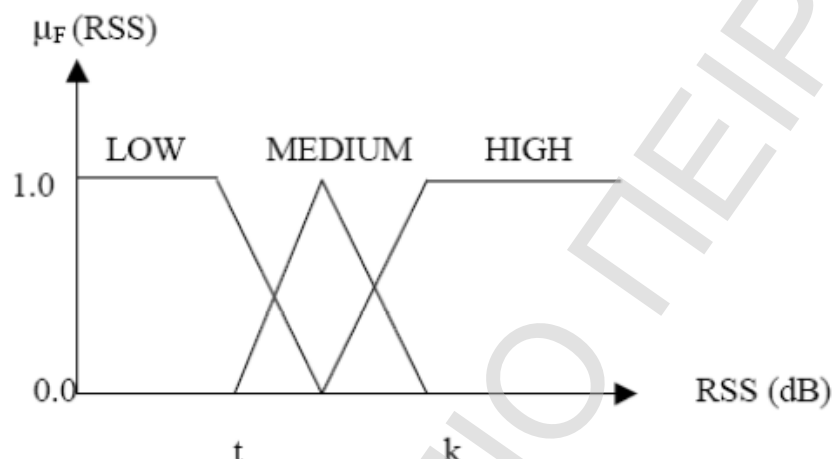
αποτέλεσμα αυξημένη παρεμβολή και κατά συνέπεια χαμηλή ποιότητα επικοινωνίας όπως φαίνεται και στην εικόνα 9-2.



Εικόνα 9-2: Ανταλλαγή καθυστέρησης handover για μειωμένο αριθμό handovers.

5. Αλγόριθμοι βασιζόμενοι σε Fuzzy Logic

Ο αλγόριθμος αυτής της κατηγορίας χρησιμοποιεί θεμελιώδεις αρχές της fuzzy logic. Πρόκειται για έναν πολυκριτηριακό αλγόριθμο για την απόφαση handover. Στην εικόνα 9-3, βλέπουμε το block διάγραμμα του αλγόριθμου και ακολουθεί μια επεξήγηση των στοιχείων αυτού.



Εικόνα 9-3: Συνάρτηση membership των τριών fuzzy sets για το RSS.

Το PV_C είναι ένας πίνακας τεσσάρων διαστάσεων για το τρέχον σημείο πρόσβασης

$$PV_C = [RSS_C; SCU_C; \Delta\theta_C; \Delta V_C]$$

και PV_N είναι ένας πίνακας τεσσάρων διαστάσεων για το υποψήφιο σημείο πρόσβασης

$$PV_N = [RSS_N; SCU_N; \Delta\theta_N; \Delta V_N], \text{ όπου}$$

RSS_C = Λαμβανόμενη ισχύς από το τρέχον σημείο πρόσβασης

RSS_N = Λαμβανόμενη ισχύς από το υποψήφιο σημείο πρόσβασης

SCU_C = Χρησιμοποιημένη soft χωρητικότητα του τρέχοντος σημείου πρόσβασης

SCU_N = Χρησιμοποιημένη soft χωρητικότητα του υποψήφιου σημείου πρόσβασης

$\Delta\theta_C$ = Διαφορά κατεύθυνσης μεταξύ κινητού και τρέχοντος σημείου πρόσβασης

$\Delta\theta_N$ = Διαφορά κατεύθυνσης μεταξύ κινητού και υποψήφιου σημείου πρόσβασης

ΔV_C = Διαφορά ταχύτητας μεταξύ κινητού και τρέχοντος σημείου πρόσβασης

ΔV_N = Διαφορά ταχύτητας μεταξύ κινητού και υποψήφιου σημείου πρόσβασης

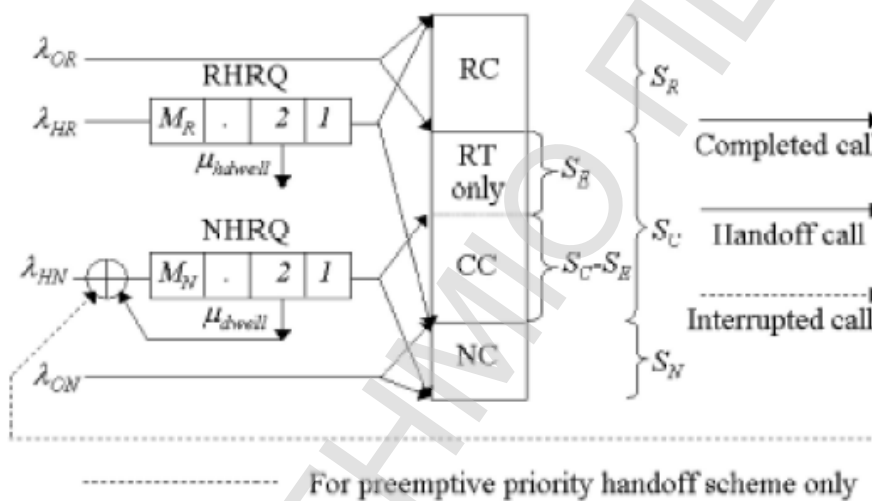
Η περαιτέρω μελέτη του αλγόριθμου αυτού απαιτεί ειδικές γνώσεις fuzzy logic και ανώτερα μαθηματικά και δεν αποτελεί σκοπό αυτής της εργασίας.

6. Αλγόριθμοι handover βασισμένος στην διατήρηση προτεραιότητας

Ο πιο απλός τρόπος για την διατήρηση προτεραιότητας σε αιτήματα μεταπομπής είναι να κρατηθεί συγκεκριμένος αριθμός καναλιών για τα αιτήματα αυτά. Τα κανάλια αυτά, ονομάζονται guard channels. Παράλληλα χρησιμοποιούν queue lines FIFO (First in First Out) για να τοποθετούνται εκεί τα αιτήματα για handover.

Σε αυτόν τον αλγόριθμο, χρησιμοποιούνται δύο queue lines μία για τις Real time υπηρεσίες (π.χ. τηλεφωνικές κλήσεις) και μια για τις μη Real time υπηρεσίες (π.χ. δεδομένα).

Στην εικόνα 9-4 φαίνεται το μοντέλο αυτού του αλγόριθμου.



Εικόνα 9-4: Μοντέλο συστήματος αλγόριθμου βασιζόμενου στην διατήρηση προτεραιότητας.

Ο συνολικός αριθμός καναλιών S χωρίζεται σε τρεις ομάδες:

- Ομάδα καναλιών real time RC με χωρητικότητα S_R . Εδώ τοποθετούνται οι real time κλήσεις με ρυθμό άφιξης λ_{OR} και οι αιτήσεις handover για κλήσεις με ρυθμό λ_{HR} .
- Ομάδα κοινών καναλιών handover με χωρητικότητα S_C . Εδώ τοποθετούνται οι αιτήσεις handover που υπερχειλίζουν (Overflow) στα κανάλια RC & NC. Το S_E είναι αποκλειστικά για τις real time αιτήσεις handover.
- Ομάδα καναλιών μη real time NC με χωρητικότητα S_N . Εδώ τοποθετούνται οι μη real time κλήσεις με ρυθμό άφιξης λ_{ON} και οι αιτήσεις για handover data υπηρεσιών με ρυθμό άφιξης λ_{HN} .

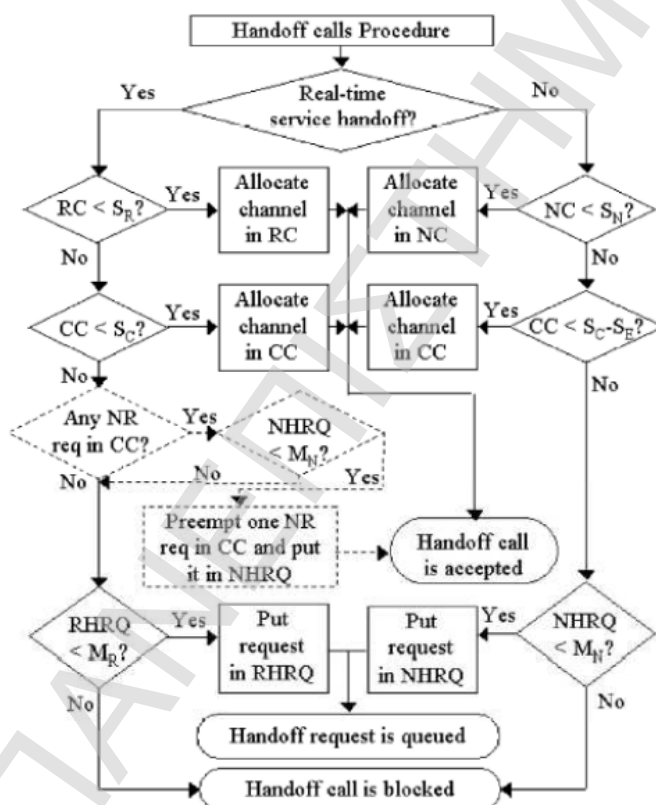
Έχουμε δύο queue lines, την RHRQ (Real – Time Handover Request Queue) για τις real time αιτήσεις handover και την NHRQ (Non Real – Time Handover Request Queue), για τις μη real time αιτήσεις handover. Τα queue lines, έχουν χωρητικότητα M_R για την RHRQ και M_N για την NRHRQ. Ο μέγιστος χρόνος αναμονής της αίτησης στο RHRQ είναι ο dwell time

μιας real time υπηρεσίας στην περιοχή handover της κυπέλης αναφοράς. Ο αντίστοιχος χρόνος στην NHRQ είναι ο dwell time μιας μη real time υπηρεσίας της κυπέλης αναφοράς.

Στις εικόνες 9-5 και 9-6 βλέπουμε αντίστοιχα τα διαγράμματα ροής για την διαχείριση κλήσεων και για την διαχείριση των αιτήσεων handover.



Εικόνα 9-5: Διάγραμμα ροής για την διαχείριση κλήσεων.



Εικόνα 9-6: Διάγραμμα ροής για την διαχείριση των αιτήσεων handover.

Το μοντέλο κίνησης (traffic model) αποτελείται από τρία χαρακτηριστικά:

- Call arrival process (διαδικασία άφιξης κλήσεων)
- Call holding time (χρόνος κράτησης κλήσεων)
- Call dwell time (dwell χρόνος κελιού).

Για την διαδικασία άφιξης κλήσεων, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την Poisson κατανομή. Για το call holding time & cell dwell time, χρησιμοποιούμε την εκθετική κατανομή, βασισμένη στην κινητικότητα του χρήστη και το μέγεθος της κυψέλης.

Ο ρυθμός μ_{dwell} ενός κινητού στην κυψέλη δίνεται από τον τύπο :

$$\mu_{\text{dwell}} = E[V]L / (\pi A)$$

όπου

$E[V]$ = η μέση ταχύτητα του κινητού

L = η περίμετρος της κυψέλης με κυκλικό σχήμα

A = το εμβαδόν αυτής.

Υποθέτοντας ότι ο μέσος χρόνος cell dwell ακολουθεί εκθετική κατανομή με μέσο $1/\mu_{\text{dwell}}$, ο μέσος χρόνος cell dwell είναι :

$$E[T_{\text{dwell}}] = (\pi A) / (E[V]L)$$

Ο handover area dwell time ακολουθεί την εκθετική κατανομή με μέσο:

$$E[T_h] = 1/\mu_{\text{dwell}} = E[D] / E[V],$$

όπου $E[D]$ = η μέση απόσταση στην handover περιοχή.

Ο call holding time T_{CR} και T_{CN} των real time και μη real time υπηρεσιών ακολουθούν εκθετική κατανομή με μέσο $1/\mu_{\text{CR}}$ και $1/\mu_{\text{CN}}$ αντίστοιχα. Επομένως ο channel holding time T_R και T_N μιας κλήσης ισούται με την ελάχιστη τιμή του T_{dwell} και T_{CR} ή T_{CN} .

Έχουμε λοιπόν :

$$E[T_R] = 1/\mu_R = 1/(\mu_{\text{CR}} + \mu_{\text{dwell}})$$

$$E[T_N] = 1/\mu_N = 1/(\mu_{\text{CN}} + \mu_{\text{dwell}})$$

με τους channel holding time να ακολουθούν εκθετική κατανομή με μέση τιμή $E[T_R]$ και $E[T_N]$, αντίστοιχα

7. Αλγόριθμοι οριζόντιου Handoff

Το γενετικό σχέδιο αλγορίθμου (GAS - Genetic Algorithm Scheme) εισήχθη από τους Yener και Rose [87]. Αυτός χρησιμοποιεί τους γενετικούς αλγορίθμους [88], προκειμένου να οριστούν τα κανάλια. Σε αυτήν την περίπτωση, ένας BS παρακολουθεί μόνο έναν μικρό αριθμό κυττάρων. Οι Yener και Rose επίσης απέδειξαν ότι το GAS βρίσκει τις καλύτερες πολιτικές αποδοχής έναντι άλλων γνωστών μεθόδων του handoff και για τα μονοδιάστατα (1D) και δισδιάστατα (2D) (πρότυπο του Μανχάταν) κυψελοειδή δίκτυα. Εντούτοις, ο χρόνος που χρειάζεται για να οριστούν τα κανάλια για το σχέδιο GAS είναι το κύριο μειονέκτημα αυτού του σχεδίου. [89]

Ο Hybrid Handoff Schemes (HSS) είναι ένας συνδυασμός των, διατήρηση καναλιού (channel reservation), handoff αναμονής (handoff queueing), και μεταφοράς καναλιού (channel transferred) [90] – [100]. Η βασική ιδέα είναι να συνδυάσει τις διαφορετικές πολιτικές καθορισμού προτεραιοτήτων προκειμένου να μειωθούν περαιτέρω οι πιθανότητες φραξίματος ή για να βελτιώσουν τη χρησιμοποίηση καναλιών.

Ένας άλλος αλγόριθμος είναι ο CBGD (Channel Borrowing Genetic algorithm & Channel Degradation), ο οποίος χρησιμοποιεί γενετικούς αλγορίθμους και συνδυάζει τον δανεισμό καναλιών και την υποβάθμιση αυτού. Πιο συγκεκριμένα, ο δανεισμός καναλιών βασίζεται σε έναν αλγόριθμο που χρησιμοποιεί τους γενετικούς αλγορίθμους για να βελτιστοποιήσει τους πόρους δικτύων, διατηρώντας τις απαιτήσεις ποιότητας εξυπηρέτησης των χρηστών. Ο αλγόριθμος είναι επίσης προσαρμοστικός υπό την έννοια ότι αναδιανέμει τα κανάλια που διατίθενται στα διαφορετικά κύτταρα. Τα αποτελέσματα προσομοίωσης που έγιναν [101], αποδεικνύουν ότι με την εφαρμογή αυτού του αλγορίθμου, η αποδοτικότητα των δικτύων αυξάνεται, περισσότερες κλήσεις μπορούν να γίνουν και ότι ο αλγόριθμος δανεισμού καναλιών ενισχύει το επίπεδο QoS που προσφέρεται στις κλήσεις.

Στην κατηγορία των αλγορίθμων οριζόντιου handoff, ανήκει και ο Queueing Party Channel Reservation (QPCRS), ο οποίος χρησιμοποιείται για ολοκληρωμένες real time και μη real time υπηρεσίες σε ένα ασύρματο δίκτυο και βασίζεται στην πολιτική του [91]. Για να μειώσουν τις πιθανότητες φραξίματος handoff, εξετάζονται δύο χωριστές σειρές αναμονής (μια για το αίτημα handoff κλήσεων κάθε κατηγορίας υπηρεσιών). Επιπλέον, δεδομένου ότι οι σε πραγματικό χρόνο κλήσεις handoff έχουν πιο υψηλή προτεραιότητα από τις κλήσεις μη-πραγματικού χρόνου handoff και τις κλήσεις handoff να έχει την πιο υψηλή προτεραιότητα από τις υπάρχουσες κλήσεις, τίθενται διαφορετικά κατώτατα όρια, βασισμένα στη στατική πολιτική επιφύλαξης καναλιών.

8. Αλγόριθμοι κάθετου Handoff

Δεδομένου ότι η φάση απόφασης είναι η σημαντικότερη φάση στα κάθετα handoffs, διάφοροι αλγόριθμοι, που χρησιμοποιούν διάφορες διαφορετικές παραμέτρους, μπορούν να βρεθούν, σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα [101].

TABLE VIII
VERTICAL HANDOFF DECISION SCHEMES CRITERIA

Vertical Handoff Decision Scheme	Criteria
MADM-based	Price, bandwidth, SNR, sojourn time, seamlessness, battery consumption and user preference
Combination of AHP and GRA	Throughput, delay, response time, and jitter, BER, burst error, average number of retransmissions per packet, and packet loss ratio, security, cost, received signal strength (RSS) and coverage area
CVHDS	Traffic load, RSS and VRSS
MDP	Bandwidth, delay, switching and signaling Cost, QoS, type of Service etc
VHO _{hyst}	RSS _{hysteresis} , number of active users, speed of the user and type of service
AMVO	Number and velocity of users, bandwidth
QoSVHD	SINR, bandwidth, traffic load and the users mobility
SINRV _{DH}	SINR
IVHA	Speed of users, RSS
CVHDF	Monetary Cost, QoS, Power Requirements, User Preference, etc.

Πίνακας 9-1: Αλγόριθμοι κάθετου Handoff [101]

Οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται για το κάθετο handoff, συμπεριφέρονται ως ένα πρόβλημα fuzzy απόφασης πολλαπλών επιλογών (Multiple Attribute Decision Making - MADM).

Πιο συγκεκριμένα, προκειμένου να εκτελεστεί το handoff, αρχικά όλα τα δεδομένα πρέπει να μετατραπούν σε πραγματικά δεδομένα, και έπειτα, το MADM πρέπει να εφαρμοστεί προκειμένου να ταξινομηθούν τα δύο δίκτυα. Υπάρχουν δύο διαφορετικές μεθόδους MADM: η μέθοδος Simple Additive Weighting – S.A.W. και η μέθοδος Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution – TOPSIS.

Επίσης έχουν αναπτυχθεί οι μέθοδοι Analytic Hierarchy Process – AHP και Grey Relational Analysis – GRA, προκειμένου να επιλεγεί το καλύτερο δυνατό δίκτυο για τον χρήστη. Η πρώτη μέθοδος χρησιμοποιείται για να σταθμίσει τον παράγοντα απόφασης, βασιζόμενη στα χαρακτηριστικά του δικτύου όπως BER, jitter, κτλ, ενώ η δεύτερη μέθοδος,

για να ταξινομήσει τα δίκτυα , ανάλογα την απόδοσή τους, δηλαδή να επιλέξει το καλύτερο δίκτυο.

Από όλες τις μεθόδους παραπάνω, οι ειδικοί κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η μέθοδος SAW και η μέθοδος TOPSIS, παρέχουν παρόμοια απόδοση στις διαφορετικές κατηγορίες κυκλοφορίας και το GRA παρέχει ένα ελαφρώς υψηλότερο εύρος ζώνης και μια χαμηλότερη καθυστέρηση.

Μια στρατηγική απόφασης κάθετου handoff στα επικαλυπτόμενα δίκτυα, ονομάζεται CVHDS (Cost Function Based Vertical Handoff Decision Strategy). Πιο συγκεκριμένα σε ένα CVHDS το σύστημα αποφασίζει εάν θα εκτελέσει το handoff μέσα σε μια διαφορετική ασύρματη τεχνολογία, που βασίζεται σε μια συνάρτηση κόστους που εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως το φορτίο κυκλοφορίας, την παραλλαγή της λαμβανόμενης δύναμης σημάτων (Variation of Received Signal Strength – VRSS).

Ένας άλλος αλγόριθμος κάθετου handoff, στηρίζεται στην αντιμετώπιση του προβλήματος ως Μαρκωβιανή διαδικασία απόφασης (Markov Decision Process). Ο στόχος του είναι να μεγιστοποιηθεί η αναμενόμενη συνολική ανταμοιβή μιας σύνδεσης. Επομένως, δύο λειτουργίες εξετάζονται: μια λειτουργία ανταμοιβής συνδέσεων που συνδέουν το handoff με το QoS της σύνδεσης και μια λειτουργία ανταμοιβής της συνάρτησης κόστους που συνδέεται με το φορτίο επεξεργασίας όταν εκτελείται το κάθετο handoff.

Ένας άλλος αλγόριθμος κάθετου handoff, είναι ο Vertical Handoff Hysteresis (VHOHyst). Ο αλγόριθμος αυτός, παρέχει αποδεκτά όρια QoS και απορρίπτει handoff τα οποία είναι περιττά.

Ο αλγόριθμος Adaptive Multi Criteria Vertical Handoff (AMCVHO), χρησιμοποιείται όταν χρειάζεται να εκτελεστεί το handoff μεταξύ δικτύων UMTS & WLAN. Η λειτουργία του αλγόριθμου στηρίζεται στην μαθηματική διατύπωση προβλήματος fuzzy logic. Ο αλγόριθμος αυτός αποτελείται από 2 τμήματα: το Modified Elman Neural Network (MENN), το οποίο προβλέπει τον αριθμό των χρηστών και το Fuzzy Inference System (FIS), το οποίο αναλύει τα δεδομένα και κάνει την τελική επιλογή του δικτύου, ανάλογα με τις τιμές των δεδομένων εισόδου.

Ένας άλλος αλγόριθμος κάθετου handoff , είναι ο QoS-based Vertical Handoff Decision (QoSVHD). Χρησιμοποιείται μόνο για τα ακόλουθα ετερογενή δίκτυα : CDMA, WLAN και WiBro, βασισμένο στο 802.16e. Πιο συγκεκριμένα, η απόφαση για κάθετο handoff είναι βασισμένη σε μια λειτουργία που υπολογίζει την απόδοση του δικτύου, λαμβάνοντας υπόψη παραμέτρους όπως το SINR (Signal to Interference plus Noise Ratio), το εύρος ζώνης, το φόρτο δικτύου και την κινητικότητα χρηστών. Ένας κινητός χρήστης υπολογίζει τις αποδόσεις όλων των υποψηφίων συστημάτων περιοδικά, και αποφασίζει ένα τελικό σύστημα, η απόδοση του οποίου είναι η μέγιστη.

Ένας άλλος αλγόριθμος για κάθετο handoff, στηρίζεται στο λαμβανόμενο SINR από τα δίκτυα WLAN & WCDMA και ονομάζεται SINR-based Vertical Handoff Decision (SINRVHD). Ο αλγόριθμος αυτός, είναι σε θέση να προσφέρει με συνέπεια στον τελικό

χρήστης τις μέγιστες διαθέσιμες ρυθμοαποδόσεις κατά τη διάρκεια του κάθετου handoff, κάτω από οποιοδήποτε επίπεδο θορύβου και μέγεθος φορτίου.

Για τα δίκτυα επόμενης γενιάς έχει αναπτυχθεί ο αλγόριθμος Intelligent Vertical Handoff (IVHA). Κύριο χαρακτηριστικό του είναι η μείωση του φαινομένου του ping-pong κατά 90%

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο

Συμπεράσματα

Φτάνοντας στο τέλος της διαδρομής θα θέλαμε να αποτυπώσουμε τα συμπεράσματα και τις γενικές παρατηρήσεις που κάναμε κατά τη διάρκεια της εκπόνησης αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Αρχικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι το Πρωτόκολλο Έναρξης Συνόδου αποτελεί έναν αξιόπιστο μηχανισμό υποστήριξης κινητικότητας στο επίπεδο εφαρμογής, ο οποίος συγκρινόμενος με το Mobile IP παρουσιάζει καλύτερες επιδόσεις όσον αφορά στην καθυστέρηση μετάδοσης πακέτων και τη διακύμανση της καθυστέρησης από άκρο σε άκρο.

Από την άλλη, το Mobile IP προσφέρεται για υπηρεσίες που απαιτούν τη διατήρηση ενεργών συνδέσεων (πάνω από το αξιόπιστο πρωτόκολλο TCP) καθ' όλη τη διάρκεια της κίνησης ενός χρήστη διαμέσου διαφορετικών δικτύων όπως είναι η μεταφορά αρχείων (FTP).

Μελετήσαμε το υποσύστημα IMS, την αρχιτεκτονική ενός IMS δικτύου, ενώ δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση σε θέματα ασφάλειας και αυθεντικοποίησης – πιστοποίησης χρήστη.

Τα ετερογενή ασύρματα δίκτυα φαίνονται να είναι το μέλλον των ασύρματων επικοινωνιών και τα χαρακτηριστικά γνωρίσματά τους θα είναι πολύ κατάλληλα στους κινητούς χρήστες, αλλά απαιτούν ακόμα πολλή έρευνα προτού να μπορέσουν να επεκταθούν επιτυχώς στη βιομηχανία.

Το Handoff είναι ένα κρίσιμο ζήτημα στα ετερογενή ασύρματα δίκτυα, δεδομένου ότι εάν η κινητικότητα δεν είναι απρόσκοπτη, ολόκληρη η προσπάθεια δεν θα είναι λειτουργική και χρήσιμη στους κινητούς χρήστες, όταν επικοινωνούν δύο κινητοί σταθμοί που συνδέονται με ένα ομοιογενές δίκτυο UMTS.

Μελετήσαμε τα διάφορα είδη Handoff, οριζόντιο και κάθετο καθώς και την μαθηματική διατύπωση του προβλήματος της κινητικότητας σε ετερογενή δίκτυα. Είδαμε διάφορα σενάρια κινητικότητας και μελετήσαμε αρκετούς αλγόριθμους σχετικά με το handoff.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. C. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4", RFC 3344, August 2002
2. D. Johnson, C. Perkins, "Mobility Support in IPv6", RFC 3775, June 2004
3. K. El Maki, "Low Latency Handoffs in Mobile IPv4", June 2004
4. C. Perkins and D. Johnson, "Route Optimization in Mobile IP", Nov. 1997
5. R. Koodli, "Fast Handovers for Mobile IPv6", January 2004
6. P. Calhoun and C. Perkins, "Mobile IP Network Access Identifier Extension for IPv4", RFC 2794, March 2000
7. Sudha Sudanthi, "Mobile IPv6" GSEC Version 1.4b, January 2003
URL: http://www.giac.org/practical/GSEC/Sudha_Sudanthi_GSEC.pdf
8. Charles Perkins, David Johnson, "Mobility Support for IPv6" IETF Mobile IP Working Group, November 2000
URL: <http://www.ietf.org/proceedings/01mar/I-D/mobileip-ipv6-13.txt>
9. Comparison of IPv4 and IPv6
<http://www.electronicletters.com/papers/0015/paper.html>
10. IEEE 802.16 Backgrounder, May 2002
<http://ieee802.org/16/pub/backgrounder.html>
11. NetworkDictionary.com: IEEE 802.16: Broadband Wireless MAN Standard (WiMAX)
<http://www.networkdictionary.com/protocols/80216.php>
12. Dorgham Sisalem – Jiri Cuthan, "Understanding SIP" URL: <http://www.iptel.org/sip/siptutorial.pdf>
13. Anna Hac', "Mobile Telecommunications Networks for Data Networks", John Wiley and Sons Ltd, ISBN 0-470-85056-6, 2003
14. Regis J. Bates, "Broadband Telecommunications Handbook, Second Edition", McGraw – Hill, ISBN 0-07-139851-1, 2002
15. Tom Sheldon, "Encyclopedia of Networking and Telecommunications", McGraw – Hill, Electronic Edition

16. H. Jonathan Chao – Cheuk H. Lam – Eiji Oki, “Broadband Packet Switching Technologies”, John Wiley and Sons Ltd, ISBN 0-471-22440-5, 2001
17. Andrew Tanenbaum, “Computer Networks, Fourth Edition”, Prentice Hall, ISBN 0-13-038488-7, 2003
18. Eric Horlait, “Mobile Agents for Telecommunication Applications”, Hermes Penton, ISBN 1-9039-9628-7, 2002
19. Eli M. Noam, “ Interconnecting the Network of Networks”, The MIT Press, ISBN 0-262-14072-1, 2001
20. Sharon Evans, “Telecommunications Network Modeling, Planning and Design”, IEE, ISBN 0863413234, 2003
21. Chun-Hsin Wu, Ann-Tzung Cheng, Shao-Ting Lee, Jan-Ming Ho and D. T. Lee, “Bi-directional Route Optimization in Mobile IP over Wireless LAN”, Institute of Information Science, Academia Sinica, Taipei, Taiwan
22. International Telecommunications Union, “Deployment of IMT-2000 Systems”, ITU, 2003, URL: http://www.itu.int/ITU-D/imt-2000/documents/IMT-2000%20Handbook_Web_1.pdf

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1]: Ian F. Akyildiz, Janise Mcnair, Joseph S. M. Ho, Huseyin Uzunalio Glu, and Wenye Wang, "Mobility Management in Next-Generation Wireless Systems", Proceedings of the IEEE, Vol. 87, No. 8, August 1999
- [2]: Jun-Zhao Sun, Douglas Howie, and Jaakko Sauvola, "Mobility management techniques for the next generation wireless networks", MediaTeam, Machine Vision and Media Processing Unit, Infotech Oulu, University of Oulu, Finland, URL: <http://www.mediateam.oulu.fi/publications/pdf/85.pdf>
- [3]: C. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4", RFC 3344, August 2002
- [4]: Ahmed Al-Hadeedi, Suhardi Hamid, Ian Brunton, Ian Green, "Mobile IP", Group Project, MIT University, March 2005
- [5]: R. Droms, "Dynamic Host Configuration Protocol", RFC 2131, URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2131.txt>, March 1997
- [6]: J. Postel, "Internet Control Message Protocol", RFC 792, URL: <http://www.faqs.org/rfcs/rfc792.html>, September 1981
- [7]: Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M. Handley and E. Schooler, "SIP: Session Initiation Protocol", RFC 3261, June 2002
- [8]: Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M. Handley and E. Schooler, "SIP: Session Initiation Protocol", RFC 3261, June 2002
- [9]: IEEE 802.11 WG, IEEE Std 802.11-2007 (Revision of IEEE Std 802.11-1999), International Standard [for] Information Technology - Telecommunications and information exchange between systems-Local and metropolitan area networks-Specific Requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications, 2007
- [10]: Mathew Gast, 802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide, O'Reilly, April 2002
- [11]: OPNET software tutorial: Wireless LAN Model User Guide
- [12]: Web ProForum Tutorials: UMTS Protocols and Protocol Testing, the International Engineering Consortium
- [13]: H. Kaaranen, A. Ahtiainen, L. Laitinen, S. Naghian, V. Niemi, "UMTS Networks, Architecture, Mobility and Services", J. Wiley & Sons, second edition 2005.
- [14]: European Telecommunications Standards Institute (ETSI) web site, www.etsi.org.
- [15]: 3rd Generation Partnership Project (3GPP) web site, www.3gpp.org.
- [16]: UMTS Network and Radio Access Technology S. Castro
- [17]: John.Wiley.and.Sons.GSM.GPRS.and.EDGE.Performance.Evolution.Towards.3G.U
MTS.eBook-KB
- [18]: UTRAN_overview 1998 Siemens AG
- [19]: Spread Spectrum Methods for Wireless Communications_IEEE_ComMag
- [20]: UTRAN_overview 2002 Siemens AG

- [21]: Mobility management in 4G wireless systems, September 2009 / URL:
<http://users.ece.gatech.edu/~jxie/4G/work.html>
- [22]: <http://computer.howstuffworks.com/wimax.htm/printable>, September 2009
- [23]: <http://en.wikipedia.org/wiki/Wimax>, September 2009
- [24]: Mobile IPv6 URL:
<http://searchnetworking.techtarget.com/searchNetworking/Downloads/mobileIPv6.pdf>,
September 2009
- [25]: 3G Americas – IP Multimedia Subsystem (IMS) overview and applications white paper
- [26]: 3GPP TS22.228, Service requirements for the Internet Protocol (IP) multimedia core network subsystem (IMS); Stage 1
- [27]: 3GPP TS23.228, IP Multimedia Subsystem (IMS); Stage 2
- [28]: IMS – IP Multimedia Subsystem, Revision A, October 2004
- [29]: Gonzalo Camarillo and Miguel a. Garcia-Martin – The 3G IP Multimedia Subsystem, Merging the Internet and the cellular worlds (2006)
- [30]: Introduction to IMS March 2007 White Paper, Ericsson
- [31]: Cuevas, M. (2005). Admission control and resource reservation for session-based applications in next generation networks. *Kluwer BT Technology Journal*, 23(2), 130–145.
- [32]: 3G TS 33.102: "3rd Generation Partnership Project (3GPP); Technical Specification Group (TSG) SA; 3G Security; Security Architecture".
- [33]: 3G TS 22.228: "3rd Generation Partnership Project (3GPP); Technical Specification Group (TSG) SA; Service Requirements for the IP Multimedia Core Network".
- [34]: 3G TS 23.228: "3rd Generation Partnership Project (3GPP); Technical Specification Group (TSG) SA; IP Multimedia (IM) Subsystem".
- [35]: 3G TS 21.133: "3rd Generation Partnership Project (3GPP); Technical Specification Group (TSG) SA; Security Threats and Requirements".
- [36]: 3G TS 33.200: "3rd Generation Partnership Project (3GPP); Technical Specification Group (TSG) SA; 3G Security; Network domain security".
- [37]: IETF RFC 2543bis-02 (2000) "SIP: Session Initiation Protocol"
- [38]: 3GPP TS 23.221: "3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Architectural requirements".
- [39]: 3GPP TS 33.203: "3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; 3G security; Access security for IP-based services".
- [40]: 3GPP. March 2007. (Arib website). 3GPP TS 22.173, Multimedia Telephony Service and Supplementary Services; Stage 1. Available at: http://www.arib.or.jp/IMT-2000/V620May07/5_Appendix/Rel7/22/22173-730.pdf [Accessed 23 October 2008].
- [41]: 3GPP. September 2008. (www.3gpp.org). 3GPP TS 24.173, IMS Multimedia Telephony Service and Supplementary Services; Stage 3. Available at: <http://www.3gpp.org/ftp/specs/html-info/24173.htm> [Accessed 23 October 2008].

- [42]: 3GPP. September 2008. (www.3gpp.org). 3GPP TS 26.114, Multimedia telephony; Media Handling and Interaction. Available at: <http://www.3gpp.org/ftp/specs/html-info/26114.htm> [Accessed 23 October 2008].
- [43]: Chakraborty, S. Peisa, J. Frankkila, T. & Synnergren, P. January 2007. IMS Multimedia Telephony over Cellular Systems: VoIP Evolution in a Converged Telecommunications World. Wiley.
- [44]: Ericsson. Ericsson Review, No 1, 2008. Communication Services – The Key to IMS Service Growth. Available at: http://www.ericsson.com/ericsson/corpinfo/publications/review/2008_01/ [Accessed 23 October 2008].
- [45]: ETSI. March 2008. (www.etsi.org). ETSI TS 181 002, Multimedia Telephony with PSTN/ISDN Simulation Services. Available at: http://portal.etsi.org/docbox/TISPAN/Open/NGN_LATEST_DRAFTS/RELEASE_INDEPENDENT/06043-2-ngnv011.pdf [Accessed 23 October 2008].
- [46]: 3rd Generation Partnership Project, “Service Requirements for the Internet Protocol (IP) Multimedia Core Network Subsystem (IMS); Stage 1, Stage 3 (release 5),” 3GPP TS 22.228 v5.4.0, Mar. 2003, <<http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/22228.htm>>.
- [47]: 3rd Generation Partnership Project, “Service Requirements for the Internet Protocol (IP) Multimedia Core Network Subsystem (IMS); Stage 1, Stage 3 (release 5),” 3GPP TS 23.228 v5.4.0, Mar. 2003, <<http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/23228.htm>>.
- [48]: 3rd Generation Partnership Project, “IP Multimedia Call Control Protocol Based on SIP and SDP, Stage 3 (release 5),” 3GPP TS 24.229 v5.4.0, Mar. 2003, <<http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/24229.htm>>.
- [49]: 3rd Generation Partnership Project, “Mobile Radio Interface Layer 3 Specification,” 3GPP TS 24.008 (release 6), Dec. 2004, <<http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/24008.htm>>.
- [50]: 3rd Generation Partnership Project, “UTRA High Speed Downlink Packet Access (HSDPA); Overall Description,” 3GPP TS 25.308 v 6.3.0, Dec. 2004, <<http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/25308.htm>>.
- [51]: 3rd Generation Partnership Project 2, “IP Network Architecture Model for cdma2000 Spread Spectrum Systems,” 3GPP2 R0037–0 v3.0, Aug. 2003, <http://www.3gpp2.org/public_html/specs/S.R0037–0_v3.0_111303.pdf>.
- [52]: 3rd Generation Partnership Project 2, “cdma2000 High Rate Packet Data Air Interface Specification,” 3GPP2 C.S0024–0 v4.0, Oct., 2003, <http://www.3gpp2.org/Public_html/specs/S.R0037–0_v3.0_111303.pdf>.
- [53]: 3rd Generation Partnership Project 2, “Upper Layer (Layer 3) Signaling Standard for cdma2000 Spread Spectrum Systems—Release B,” 3GPP2 C.S0005-C v2.0, July 2004, <http://www.3gpp2.org/public_html/specs/C.S0005-C_v2.0_040729.pdf>.
- [54]: R. P. Ejzak, H. A. Lassers, S. D. Olmstead, and R. J. Wilson, “Flexent IMS—The Convergence of Circuit and Packet Core Networks,” Bell Labs Tech. J. 7:2 (2002), 105–124.
- [55]: International Telecommunication Union, Telecommunication Standardization Sector,

"ISDN User-Network Interface Layer 3 Specification for Basic Call Control," ITU-T Rec. Q.931, May 1998, <<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=items&lang=E&parent=T-REC-Q.931-199805-I>>.

[56]: Telecommunications Industry Association, TIA Standard 41, "Wireless Radiotelecommunications Intersystem Operations—Release E," TIA Standard 41, Apr. 2004.

[57]: Telecordia, "LSSGR Signaling for Analog Line Interfaces," GR 506, Nov. 1996, <http://telecom-info.telcordia.com/ido/AUX/GR_506_TOC.i01.pdf>.

[58] J. Schiller, "Mobile Communications," Addison-Wesley, London, 2003. ISBN: 0 321 12381 6.

[59] I. Martin-Escalona, F. Barcelo and J. Casademont, "Teletraffic Simulation Of Cellular Networks: Modeling The Handoff Arrivals And The Handoff Delay," Proc. 13th IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC 02), vol. 5, Lisboa, Portugal, September 2002, pp. 2209–2213.

[60] D. Wong and T. J. Lim, "Soft Handoffs in CDMA Mobile Systems," IEEE Personal Commun., vol. 4, no. 6, December 1997, pp. 6-17.

[61] R. Verdone, and A. Zanella, "Performance of Received Power and Traffic-Driven handover algorithms in Urban Cellular Networks," IEEE Wireless Commun., vol. 9, no. 1, 2002, pp. 60-71.

[62] M. Gudmundson, "Analysis of Handover Algorithms," In the Proc. IEEE Vehicular Technology Conference (VTC-91), St. Louis, MO, USA, May 1991, pp. 537-542.

[63] K. Pahlavan, P. Krishnamurthy, A. Hatami, M. Ylianttila, J. Makela, R. Pichna, and J. Vallstron, "Handoff in Hybrid Mobile Data Networks," IEEE Personal Commun. Magazine, vol. 7, no. 2, 2000, pp. 34-47.

[64] P. Marichamy, S. Chakrabati, and S. L. Maskara, "Overview of Handoff Schemes in Cellular Mobile Networks and Their Comparative Performance Evaluation," In the Proc. IEEE Vehicular Technology Conference (VTC-99), vol. 3, Houston, TX, May 1999, pp. 1486-1490.

[65] N. D. Tripathi, J. H. Reed, and H. F. VanLandingham, "Handoff in Cellular Systems," IEEE Personal Communications, vol. 5, no. 6, 1998, pp. 26-37.

[16] Y.B. Lin, S. Mohan, and A. Noerpel, "Queueing priority channel assignment strategies for PCS handoff and initial access," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 43, no. 3, 1994, pp. 704–712.

[67] M. Sidi, D. Starobinski, "New call blocking vs handoff blocking in cellular networks," ACM J. Wireless Networks, vol. 3, no. 1, 1997, pp. 15–27.

[68] N. Shinagawa, T. Kobayashi, K. Nakano, M. Sengoku, "Teletraffic characteristics in prioritized handoff control method considering reattempt calls," IEICE Trans. Commun., vol. E83-B, no. 8, 2000, pp. 1810–1818.

[69] J. Diederich, and M. Zitterbart, "Handoff Prioritization Schemes Using Early Blocking," IEEE Communications Surveys and Tutorials, vol. 7, no. 2, 2005, pp. 26-45.

- [70]: I. Katzela, and M. Naghshineh, "Channel assignment schemes for cellular mobile telecommunication systems: a comprehensive survey," IEEE Personal Commun., vol. 3, no. 3, 1996, pp. 10–31.
- [71]: J.Z. Sun, D. Howie, and J. Sauvola, "Features in future: 4G visions from a technical perspective," In Proc. IEEE Global Communications Conference, San Antonio, TX, Nov. 2001, Vol. 6, pp. 3533–3537.
- [72]: P. Bhagwat, C. Perkins, and S. Tripathi. "Network layer mobility: an architecture and survey," IEEE Personal Communications, Vol. 3, No. 3, pp. 54-64, June 1996.
- [73]: 3GPP, <http://www.3gpp.org>.
- [74]: 3GPP2, <http://www.3gpp2.org>.
- [75]: T.X. Brown and S. Mohan, "Mobility management for personal communications systems," IEEE Trans. Vehicular Technology, Vol. 46, No. 2, pp. 269–278, May 1997.
- [76]: The ATM forum, <http://www.atmforum.com>.
- [77]: A. Acharya, J. Li, b. Rajagopalan, and D. Raychaudhuri, "Mobility management in wireless ATM networks," IEEE Communications Magazine, Vol 35, No. 11, pp. 100–109, Nov. 1997.
- [78]: IETF Mobile IP Working Group (mobileip), <http://www.ietf.org/html.charters/mobileip-charter.html>.
- [79]: IETF Working Group: Mobile Adhoc Networks (manet). [http://www.ietf.org/html.charters/manet charter.html](http://www.ietf.org/html.charters/manet%20charter.html).
- [80]: H. Balakrishnan et al., "A Comparison of Mechanisms for Improving TCP Performance over Wireless Links" IEEE/ACM Trans. Networking, Vol. 5, No. 6, pp. 756-769, Dec. 1997.
- [81]: F. Akyildiz, J. S. Ho, and W. Wang, "Mobility management in next-generation wireless systems," Proceedings of the IEEE, Vol. 87, No. 8, pp. 1347–1384, Aug. 1999.
- [82]: T. Liu, P. Bahl, and I. Chlamtac, "Mobility modeling, location tracking, and trajectory prediction in wireless ATM networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 16, No. 6, pp. 922-936, Aug. 1998.
- [83]: J.G. Markoulidakis, G.L. Lyberopoulos, D.F. Tsirkas, and E.D. Sykas, "Mobility modeling in third-generation mobile telecommunications systems," IEEE Personal Communication, Vol. 4, pp. 41-56, Aug. 1997.
- [84]: D. Lam, D.C. Cox, and J. Widom, "Teletraffic modeling for personal communications services," IEEE Communications Magazine, pp. 79-87, Feb. 1997.
- [85]: M.M. Zonoozi and P. Dassanayake, "User mobility modeling and characterization of mobility patterns," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 15, No. 7, pp. 1239-1252 Sep. 1997.
- [86]: T.S. Kim, M.Y. Chung, D.K. Sung, M. Sengoku, "Mobility modeling and traffic analysis in three-dimensional indoor environments," IEEE Trans. Vehicular Technology, Vol. 47, No. 2, pp.546-557, May 1998

- [87]: A. Yener, and C. Rose, "Genetic Algorithm Applied to Cellular Call Admission: Local Policies," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 46, no. 1, 1997, pp. 72-79.
- [88]: D.A. Goldberg, "Genetic Algorithms in search, optimization and machine learning," Addison-Wesley, Reading, MA, 1989.
- [89]: C.-J. Huang, W. K. Lai, C.-C. Wang, Y.-J. Jin, and H. W. Chen, "A ratioed channel assignment scheme for initial and handoff calls in mobile cellular systems," *Computer Communications*, vol. 24, no. 3, 2001, pp. 308-318
- [90]: F. Barcelo, "Performance Analysis of Handoff Resource Allocation Strategies through the State-Dependent Rejection Scheme," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 3, no. 3, 2004, pp. 900-909.
- [91]: Q.-A. Zeng, and D. P. Agrawal, "Modeling and Efficient Handling of Handoffs in Integrated Wireless Mobile Networks," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 51, no.6, 2002, pp. 1469-1478.
- [92]: J. Wang, Q.-A. Zeng, and D. P. Agrawal, "Performance Analysis of a Preemptive and Priority Reservation Handoff Scheme for Integrated Service-Based Wireless Mobile Networks," *IEEE Trans. Mobile Computing*, vol. 2, no. 1, 2003, pp. 65-75.
- [93]: W. Li, H. Chen, and D. P. Agrawal, "Performance Analysis of Handoff Schemes With Preemptive and Nonpreemptive Channel Borrowing in Integrated Wireless Cellular Networks," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 4, no. 3, 2005, pp. 1222-1233.
- [94]: K.-W. Jang and K. -J. Han, "A Channel Assignment Scheme for Handoff in Wireless Mobile Networks," *ICOIN 2002, LNCS 2343*, pp. 609-617, 2002.
- [95]: W. Li, Y. Fang and R. R. Henry, "Actual Call Connection Time Characterization for Wireless Mobile Networks Under a General Channel Allocation Scheme," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 1, no. 4, 2002, pp. 682-691.
- [96]: D. D. Vergados and A. Sgora, "Modeling and Efficient Handling of Handoffs for Multi Service Wireless Networks," *Proc. 10th Panhellenic Conference On Informatics (PCI'05)*, Volos, Greece, November 2005, pp. 363-372.
- [97]: D. D. Vergados and A. Sgora, "Performance Analysis of a Preemptive Handoff Scheme for Multi-traffic Wireless Mobile Networks," *Proc. 10th IFIP International Conference on Personal Wireless Communications (PWC'05)*, Colmar, France, August 2005, pp. 295-302.
- [98]: M. Wu, W. E. Wong and J. J. Li, "Performance Evaluation of Predictive Handoff Scheme with Channel Borrowing," *Proc. 22nd International Performance, Computing, and Communications Conference (IPCCC 2003)*, Phoenix, Arizona, USA, 9-11 April 2003, pp. 531-536.
- [99]: S. Yamanaka and K. Shimohara, "Performance analysis of CDMA cellular networks with channel sub-rating," *International J. Commun. Systems*, vol. 19, no. 3, 2006, pp. 317-333.

- [100]: A. Banerjee and I. S. Misra, "Designing an efficient preemptive priority based handoff queuing algorithm for wireless networks," Proc. 2006 IFIP International Conference on Wireless and Optical Communications Networks (WOCN 06), Bangalore, India, April 2006
- [101]: I. Habib, M. Sherif, M. Naghshineh and P. Kermani, "An Adaptive QoS Channel Borrowing Algorithm for Cellular Networks," *International J. Communication Systems*, vol. 16, 2003, pp. 759-777.
- [102]: Handoff Prioritization and Decision Schemes in Wireless Cellular Networks: a Survey

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. C. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4", RFC 3344, August 2002
2. D. Johnson, C. Perkins, "Mobility Support in IPv6", RFC 3775, June 2004
3. K. El Maki, "Low Latency Handoffs in Mobile IPv4", June 2004
4. C. Perkins and D. Johnson, "Route Optimization in Mobile IP", Nov. 1997
5. R. Koodli, "Fast Handovers for Mobile IPv6", January 2004
6. P. Calhoun and C. Perkins, "Mobile IP Network Access Identifier Extension for IPv4", RFC 2794, March 2000
7. Sudha Sudanthi, "Mobile IPv6" GSEC Version 1.4b, January 2003
URL: http://www.giac.org/practical/GSEC/Sudha_Sudanthi_GSEC.pdf
8. Charles Perkins, David Johnson, "Mobility Support for IPv6" IETF Mobile IP Working Group, November 2000
URL: <http://www.ietf.org/proceedings/01mar/I-D/mobileip-ipv6-13.txt>
9. Comparison of IPv4 and IPv6
<http://www.electronicletters.com/papers/0015/paper.html>
10. IEEE 802.16 Backgrounder, May 2002
<http://ieee802.org/16/pub/backgrounder.html>
11. NetworkDictionary.com: IEEE 802.16: Broadband Wireless MAN Standard (WiMAX)
<http://www.networkdictionary.com/protocols/80216.php>
12. Dorgham Sisalem – Jiri Cuthan, "Understanding SIP" URL:
<http://www.iptel.org/sip/siptutorial.pdf>
13. Anna Hac', "Mobile Telecommunications Networks for Data Networks", John Wiley and Sons Ltd, ISBN 0-470-85056-6, 2003
14. Regis J. Bates, "Broadband Telecommunications Handbook, Second Edition", McGraw – Hill, ISBN 0-07-139851-1, 2002
15. Tom Sheldon, "Encyclopedia of Networking and Telecommunications", McGraw – Hill, Electronic Edition

16. H. Jonathan Chao – Cheuk H. Lam – Eiji Oki, “Broadband Packet Switching Technologies”, John Wiley and Sons Ltd, ISBN 0-471-22440-5, 2001
17. Andrew Tanenbaum, “Computer Networks, Fourth Edition”, Prentice Hall, ISBN 0-13-038488-7, 2003
18. Eric Horlait, “Mobile Agents for Telecommunication Applications”, Hermes Penton, ISBN 1-9039-9628-7, 2002
19. Eli M. Noam, “ Interconnecting the Network of Networks”, The MIT Press, ISBN 0-262-14072-1, 2001
20. Sharon Evans, “Telecommunications Network Modeling, Planning and Design”, IEE, ISBN 0863413234, 2003
21. Chun-Hsin Wu, Ann-Tzung Cheng, Shao-Ting Lee, Jan-Ming Ho and D. T. Lee, “Bi-directional Route Optimization in Mobile IP over Wireless LAN”, Institute of Information Science, Academia Sinica, Taipei, Taiwan
22. International Telecommunications Union, “Deployment of IMT-2000 Systems”, ITU, 2003, URL: http://www.itu.int/ITU-D/imt-2000/documents/IMT-2000%20Handbook_Web_1.pdf

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1]: Ian F. Akyildiz, Janise Mcnair, Joseph S. M. Ho, Huseyin Uzunlio Glu, and Wenye Wang, "Mobility Management in Next-Generation Wireless Systems", Proceedings of the IEEE, Vol. 87, No. 8, August 1999
- [2]: Jun-Zhao Sun, Douglas Howie, and Jaakko Sauvola, "Mobility management techniques for the next generation wireless networks", MediaTeam, Machine Vision and Media Processing Unit, Infotech Oulu, University of Oulu, Finland, URL: <http://www.mediateam.oulu.fi/publications/pdf/85.pdf>
- [3]: C. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4", RFC 3344, August 2002
- [4]: Ahmed Al-Hadeedi, Suhardi Hamid, Ian Brunton, Ian Green, "Mobile IP", Group Project, MIT University, March 2005
- [5]: R. Droms, "Dynamic Host Configuration Protocol", RFC 2131, URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2131.txt>, March 1997
- [6]: J. Postel, "Internet Control Message Protocol", RFC 792, URL: <http://www.faqs.org/rfcs/rfc792.html>, September 1981
- [7]: Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M. Handley and E. Schooler, "SIP: Session Initiation Protocol", RFC 3261, June 2002
- [8]: Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M. Handley and E. Schooler, "SIP: Session Initiation Protocol", RFC 3261, June 2002
- [9]: IEEE 802.11 WG, IEEE Std 802.11-2007 (Revision of IEEE Std 802.11-1999), International Standard [for] Information Technology - Telecommunications and information exchange between systems-Local and metropolitan area networks-Specific Requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications, 2007
- [10]: Mathew Gast, 802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide, O'Reilly, April 2002
- [11]: OPNET software tutorial: Wireless LAN Model User Guide
- [12]: Web ProForum Tutorials: UMTS Protocols and Protocol Testing, the International Engineering Consortium
- [13]: H. Kaaranen, A. Ahtainen, L. Laitinen, S. Naghian, V. Niemi, "UMTS Networks, Architecture, Mobility and Services", J. Wiley & Sons, second edition 2005.
- [14]: European Telecommunications Standards Institute (ETSI) web site, www.etsi.org.
- [15]: 3rd Generation Partnership Project (3GPP) web site, www.3gpp.org.
- [16]: UMTS Network and Radio Access Technology S. Castro
- [17]: John.Wiley.and.Sons.GSM.GPRS.and.EDGE.Performance.Evolution.Towards.3G.U
MTS.eBook-KB
- [18]: UTRAN_overview 1998 Siemens AG
- [19]: Spread Spectrum Methods for Wireless Communications_IEEE_ComMag
- [20]: UTRAN_overview 2002 Siemens AG

- [21]: Mobility management in 4G wireless systems, September 2009 / URL:
<http://users.ece.gatech.edu/~jxie/4G/work.html>
- [22]: <http://computer.howstuffworks.com/wimax.htm/printable>, September 2009
- [23]: <http://en.wikipedia.org/wiki/Wimax>, September 2009
- [24]: Mobile IPv6 URL:
<http://searchnetworking.techtarget.com/searchNetworking/Downloads/mobileIPv6.pdf>,
September 2009
- [25]: 3G Americas – IP Multimedia Subsystem (IMS) overview and applications white paper
- [26]: 3GPP TS22.228, Service requirements for the Internet Protocol (IP) multimedia core network subsystem (IMS); Stage 1
- [27]: 3GPP TS23.228, IP Multimedia Subsystem (IMS); Stage 2
- [28]: IMS – IP Multimedia Subsystem, Revision A, October 2004
- [29]: Gonzalo Camarillo and Miguel a. Garcia-Martin – The 3G IP Multimedia Subsystem, Merging the Internet and the cellular worlds (2006)
- [30]: Introduction to IMS March 2007 White Paper, Ericsson
- [31]: Cuevas, M. (2005). Admission control and resource reservation for session-based applications in next generation networks. *Kluwer BT Technology Journal*, 23(2), 130–145.
- [32]: 3G TS 33.102: "3rd Generation Partnership Project (3GPP); Technical Specification Group (TSG) SA; 3G Security; Security Architecture".
- [33]: 3G TS 22.228: "3rd Generation Partnership Project (3GPP); Technical Specification Group (TSG) SA; Service Requirements for the IP Multimedia Core Network".
- [34]: 3G TS 23.228: "3rd Generation Partnership Project (3GPP); Technical Specification Group (TSG) SA; IP Multimedia (IM) Subsystem".
- [35]: 3G TS 21.133: "3rd Generation Partnership Project (3GPP); Technical Specification Group (TSG) SA; Security Threats and Requirements".
- [36]: 3G TS 33.200: "3rd Generation Partnership Project (3GPP); Technical Specification Group (TSG) SA; 3G Security; Network domain security".
- [37]: IETF RFC 2543bis-02 (2000) "SIP: Session Initiation Protocol"
- [38]: 3GPP TS 23.221: "3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Architectural requirements".
- [39]: 3GPP TS 33.203: "3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; 3G security; Access security for IP-based services".
- [40]: 3GPP. March 2007. (Arib website). 3GPP TS 22.173, Multimedia Telephony Service and Supplementary Services; Stage 1. Available at: [http://www.arib.or.jp/IMT-2000/V620May07/5_Appendix/ Rel7/22/22173-730.pdf](http://www.arib.or.jp/IMT-2000/V620May07/5_Appendix/Rel7/22/22173-730.pdf) [Accessed 23 October 2008].
- [41]: 3GPP. September 2008. (www.3gpp.org). 3GPP TS 24.173, IMS Multimedia Telephony Service and Supplementary Services; Stage 3. Available at: <http://www.3gpp.org/ftp/specs/html-info/24173.htm> [Accessed 23 October 2008].

- [42]: 3GPP. September 2008. (www.3gpp.org). 3GPP TS 26.114, Multimedia telephony; Media Handling and Interaction. Available at: <http://www.3gpp.org/ftp/specs/html-info/26114.htm> [Accessed 23 October 2008].
- [43]: Chakraborty, S. Peisa, J. Frankkila, T. & Synnergren, P. January 2007. IMS Multimedia Telephony over Cellular Systems: VoIP Evolution in a Converged Telecommunications World. Wiley.
- [44]: Ericsson. Ericsson Review, No 1, 2008. Communication Services – The Key to IMS Service Growth. Available at: http://www.ericsson.com/ericsson/corpinfo/publications/review/2008_01/ [Accessed 23 October 2008].
- [45]: ETSI. March 2008. (www.etsi.org). ETSI TS 181 002, Multimedia Telephony with PSTN/ISDN Simulation Services. Available at: http://portal.etsi.org/docbox/TISPAN/Open/NGN_LATEST_DRAFTS/RELEASE_INDEPENDENT/06043-2-ngnv011.pdf [Accessed 23 October 2008].
- [46]: 3rd Generation Partnership Project, "Service Requirements for the Internet Protocol (IP) Multimedia Core Network Subsystem (IMS); Stage 1, Stage 3 (release 5)," 3GPP TS 22.228 v5.4.0, Mar. 2003, <<http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/22228.htm>>.
- [47]: 3rd Generation Partnership Project, "Service Requirements for the Internet Protocol (IP) Multimedia Core Network Subsystem (IMS); Stage 1, Stage 3 (release 5)," 3GPP TS 23.228 v5.4.0, Mar. 2003, <<http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/23228.htm>>.
- [48]: 3rd Generation Partnership Project, "IP Multimedia Call Control Protocol Based on SIP and SDP, Stage 3 (release 5)," 3GPP TS 24.229 v5.4.0, Mar. 2003, <<http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/24229.htm>>.
- [49]: 3rd Generation Partnership Project, "Mobile Radio Interface Layer 3 Specification," 3GPP TS 24.008 (release 6), Dec. 2004, <<http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/24008.htm>>.
- [50]: 3rd Generation Partnership Project, "UTRA High Speed Downlink Packet Access (HSDPA); Overall Description," 3GPP TS 25.308 v 6.3.0, Dec. 2004, <<http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/25308.htm>>.
- [51]: 3rd Generation Partnership Project 2, "IP Network Architecture Model for cdma2000 Spread Spectrum Systems," 3GPP2 R0037-0 v3.0, Aug. 2003, <http://www.3gpp2.org/public_html/specs/S.R0037-0_v3.0_111303.pdf>.
- [52]: 3rd Generation Partnership Project 2, "cdma2000 High Rate Packet Data Air Interface Specification," 3GPP2 C.S0024-0 v4.0, Oct., 2003, <http://www.3gpp2.org/Public_html/specs/S.R0037-0_v3.0_111303.pdf>.
- [53]: 3rd Generation Partnership Project 2, "Upper Layer (Layer 3) Signaling Standard for cdma2000 Spread Spectrum Systems—Release B," 3GPP2 C.S0005-C v2.0, July 2004, <http://www.3gpp2.org/public_html/specs/C.S0005-C_v2.0_040729.pdf>.
- [54]: R. P. Ejzak, H. A. Lassers, S. D. Olmstead, and R. J. Wilson, "Flexent IMS—The Convergence of Circuit and Packet Core Networks," Bell Labs Tech. J. 7:2 (2002), 105–124.
- [55]: International Telecommunication Union, Telecommunication Standardization Sector,

"ISDN User-Network Interface Layer 3 Specification for Basic Call Control," ITU-T Rec. Q.931, May 1998, <<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=items&lang=E&parent=T-REC-Q.931-199805-I>>.

[56]: Telecommunications Industry Association, TIA Standard 41, "Wireless Radiotelecommunications Intersystem Operations—Release E," TIA Standard 41, Apr. 2004.

[57]: Telecordia, "LSSGR Signaling for Analog Line Interfaces," GR 506, Nov. 1996, <http://telecom-info.telcordia.com/ido/AUX/GR_506_TOC.i01.pdf>.

[58] J. Schiller, "Mobile Communications," Addison-Wesley, London, 2003. ISBN: 0 321 12381 6.

[59] I. Martin-Escalona, F. Barcelo and J. Casademont, "Teletraffic Simulation Of Cellular Networks: Modeling The Handoff Arrivals And The Handoff Delay," Proc. 13th IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC 02), vol. 5, Lisboa, Portugal, September 2002, pp. 2209–2213.

[60] D. Wong and T. J. Lim, "Soft Handoffs in CDMA Mobile Systems," IEEE Personal Commun., vol. 4, no. 6, December 1997, pp. 6-17.

[61] R. Verdone, and A. Zanella, "Performance of Received Power and Traffic-Driven handover algorithms in Urban Cellular Networks," IEEE Wireless Commun., vol. 9, no. 1, 2002, pp. 60-71.

[62] M. Gudmundson, "Analysis of Handover Algorithms," In the Proc. IEEE Vehicular Technology Conference (VTC-91), St. Louis, MO, USA, May 1991, pp. 537-542.

[63] K. Pahlavan, P. Krishnamurthy, A. Hatami, M. Ylianttila, J. Makela, R. Pichna, and J. Vallstron, "Handoff in Hybrid Mobile Data Networks," IEEE Personal Commun. Magazine, vol. 7, no. 2, 2000, pp. 34-47.

[64] P. Marichamy, S. Chakrabati, and S. L. Maskara, "Overview of Handoff Schemes in Cellular Mobile Networks and Their Comparative Performance Evaluation," In the Proc. IEEE Vehicular Technology Conference (VTC-99), vol. 3, Houston, TX, May 1999, pp. 1486-1490.

[65] N. D. Tripathi, J. H. Reed, and H. F. VanLandingham, "Handoff in Cellular Systems," IEEE Personal Communications, vol. 5, no. 6, 1998, pp. 26-37.

[16] Y.B. Lin, S. Mohan, and A. Noerpel, "Queueing priority channel assignment strategies for PCS handoff and initial access," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 43, no. 3, 1994, pp. 704–712.

[67] M. Sidi, D. Starobinski, "New call blocking vs handoff blocking in cellular networks," ACM J. Wireless Networks, vol. 3, no. 1, 1997, pp. 15–27.

[68] N. Shinagawa, T. Kobayashi, K. Nakano, M. Sengoku, "Teletraffic characteristics in prioritized handoff control method considering reattempt calls," IEICE Trans. Commun., vol. E83-B, no. 8, 2000, pp. 1810–1818.

[69] J. Diederich, and M. Zitterbart, "Handoff Prioritization Schemes Using Early Blocking," IEEE Communications Surveys and Tutorials, vol. 7, no. 2, 2005, pp. 26-45.

- [70]: I. Katzela, and M. Naghshineh, "Channel assignment schemes for cellular mobile telecommunication systems: a comprehensive survey," IEEE Personal Commun., vol. 3, no. 3, 1996, pp. 10–31.
- [71]: J.Z. Sun, D. Howie, and J. Sauvola, "Features in future: 4G visions from a technical perspective," In Proc. IEEE Global Communications Conference, San Antonio, TX, Nov. 2001, Vol. 6, pp. 3533–3537.
- [72]: P. Bhagwat, C. Perkins, and S. Tripathi. "Network layer mobility: an architecture and survey," IEEE Personal Communications, Vol. 3, No. 3, pp. 54-64, June 1996.
- [73]: 3GPP, <http://www.3gpp.org>.
- [74]: 3GPP2, <http://www.3gpp2.org>.
- [75]: T.X. Brown and S. Mohan, "Mobility management for personal communications systems," IEEE Trans. Vehicular Technology, Vol. 46, No. 2, pp. 269–278, May 1997.
- [76]: The ATM forum, <http://www.atmforum.com>.
- [77]: A. Acharya, J. Li, b. Rajagopalan, and D. Raychaudhuri, "Mobility management in wireless ATM networks," IEEE Communications Magazine, Vol 35, No. 11, pp. 100–109, Nov. 1997.
- [78]: IETF Mobile IP Working Group (mobileip), <http://www.ietf.org/html.charters/mobileip-charter.html>.
- [79]: IETF Working Group: Mobile Adhoc Networks (manet). <http://www.ietf.org/html.charters/manet charter.html>.
- [80]: H. Balakrishnan et al., "A Comparison of Mechanisms for Improving TCP Performance over Wireless Links" IEEE/ACM Trans. Networking, Vol. 5, No. 6, pp. 756-769, Dec. 1997.
- [81]: F. Akyildiz, J. S. Ho, and W. Wang, "Mobility management in next-generation wireless systems," Proceedings of the IEEE, Vol. 87, No. 8, pp. 1347–1384, Aug. 1999.
- [82]: T. Liu, P. Bahl, and I. Chlamtac, "Mobility modeling, location tracking, and trajectory prediction in wireless ATM networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 16, No. 6, pp. 922-936, Aug. 1998.
- [83]: J.G. Markoulidakis, G.L. Lyberopoulos, D.F. Tsirkas, and E.D. Sykas, "Mobility modeling in third-generation mobile telecommunications systems," IEEE Personal Communication, Vol. 4, pp. 41-56, Aug. 1997.
- [84]: D. Lam, D.C. Cox, and J. Widom, "Teletraffic modeling for personal communications services," IEEE Communications Magazine, pp. 79-87, Feb. 1997.
- [85]: M.M. Zonoozi and P. Dassanayake, "User mobility modeling and characterization of mobility patterns," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 15, No. 7, pp. 1239-1252 Sep. 1997.
- [86]: T.S. Kim, M.Y. Chung, D.K. Sung, M. Sengoku, "Mobility modeling and traffic analysis in three-dimensional indoor environments," IEEE Trans. Vehicular Technology, Vol. 47, No. 2, pp.546-557, May 1998

- [87]: A. Yener, and C. Rose, "Genetic Algorithm Applied to Cellular Call Admission: Local Policies," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 46, no. 1, 1997, pp. 72-79.
- [88]: D.A. Goldberg, "Genetic Algorithms in search, optimization and machine learning," Addison-Wesley, Reading, MA, 1989.
- [89]: C.-J. Huang, W. K. Lai, C.-C. Wang, Y.-J. Jin, and H. W. Chen, "A ratioed channel assignment scheme for initial and handoff calls in mobile cellular systems," *Computer Communications*, vol. 24, no. 3, 2001, pp. 308-318
- [90]: F. Barcelo, "Performance Analysis of Handoff Resource Allocation Strategies through the State-Dependent Rejection Scheme," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 3, no. 3, 2004, pp. 900-909.
- [91]: Q.-A. Zeng, and D. P. Agrawal, "Modeling and Efficient Handling of Handoffs in Integrated Wireless Mobile Networks," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 51, no.6, 2002, pp. 1469-1478.
- [92]: J. Wang, Q.-A. Zeng, and D. P. Agrawal, "Performance Analysis of a Preemptive and Priority Reservation Handoff Scheme for Integrated Service-Based Wireless Mobile Networks," *IEEE Trans. Mobile Computing*, vol. 2, no. 1, 2003, pp. 65-75.
- [93]: W. Li, H. Chen, and D. P. Agrawal, "Performance Analysis of Handoff Schemes With Preemptive and Nonpreemptive Channel Borrowing in Integrated Wireless Cellular Networks," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 4, no. 3, 2005, pp. 1222-1233.
- [94]: K.-W. Jang and K. -J. Han, "A Channel Assignment Scheme for Handoff in Wireless Mobile Networks," *ICOIN 2002, LNCS 2343*, pp. 609-617, 2002.
- [95]: W. Li, Y. Fang and R. R. Henry, "Actual Call Connection Time Characterization for Wireless Mobile Networks Under a General Channel Allocation Scheme," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 1, no. 4, 2002, pp. 682-691.
- [96]: D. D. Vergados and A. Sgora, "Modeling and Efficient Handling of Handoffs for Multi Service Wireless Networks," *Proc. 10th Panhellenic Conference On Informatics (PCI'05)*, Volos, Greece, November 2005, pp. 363-372.
- [97]: D. D. Vergados and A. Sgora, "Performance Analysis of a Preemptive Handoff Scheme for Multi-traffic Wireless Mobile Networks," *Proc. 10th IFIP International Conference on Personal Wireless Communications (PWC'05)*, Colmar, France, August 2005, pp. 295-302.
- [98]: M. Wu, W. E. Wong and J. J. Li, "Performance Evaluation of Predictive Handoff Scheme with Channel Borrowing," *Proc. 22nd International Performance, Computing, and Communications Conference (IPCCC 2003)*, Phoenix, Arizona, USA, 9-11 April 2003, pp. 531-536.
- [99]: S. Yamanaka and K. Shimohara, "Performance analysis of CDMA cellular networks with channel sub-rating," *International J. Commun. Systems*, vol. 19, no. 3, 2006, pp. 317-333.

[100]: A. Banerjee and I. S. Misra, "Designing an efficient preemptive priority based handoff queuing algorithm for wireless networks," Proc. 2006 IFIP International Conference on Wireless and Optical Communications Networks (WOCN 06), Bangalore, India, April 2006

[101]: I. Habib, M. Sherif, M. Naghshineh and P. Kermani, "An Adaptive QoS Channel Borrowing Algorithm for Cellular Networks," *International J. Communication Systems*, vol. 16, 2003, pp. 759-777.

[102]: Handoff Prioritization and Decision Schemes in Wireless Cellular Networks: a Survey

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΑΣ