ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Αξιολόγηση Μεθοδολογίας Μετρήσεων Ποιότητας Υπηρεσιών

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ Ι. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Επιβλέπων: Μ. Ε. Θεολόγου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Αύγουστος 2006

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Αξιολόγηση Μεθοδολογίας Μετρήσεων Ποιότητας Υπηρεσιών

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ Ι. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Επιβλέπων: Μ. Ε. Θεολόγου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την ..… Αυγούστου 2006.

(Υπογραφή)	*(Υπογραφή)*	*(Υπογραφή)*
.....	.....	.....
Μ. Θεολόγου Καθηγητής Ε.Μ.Π.	Ε. Συκάς Καθηγητής Ε.Μ.Π.	Γ. Στασινόπουλος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Αύγουστος 2006

.....
Κωνσταντίνος Ι. Χρονόπουλος
Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Κωνσταντίνος Ι. Χρονόπουλος, 2006

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο κεντρικός άξονας της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η αξιολόγηση της μεθοδολογίας μετρήσεων της ποιότητας του δικτύου ενός τηλεπικοινωνιακού οργανισμού. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, η εργασία εκπονήθηκε σε συνεργασία με την εταιρεία Vodafone-Panafon.

Η διπλωματική αποτελείται από τρία μέρη. Το πρώτο μέρος περιλαμβάνει μια εισαγωγή στα συστήματα κινητών επικοινωνιών. Εξετάζονται οι αρχές των κυψελωτών συστημάτων και η αρχιτεκτονική των συστημάτων $2^{ης}$ και $3^{ης}$ γενιάς.

Σημαντικό τμήμα της εργασίας αποτελεί το δεύτερο μέρος, το οποίο αποτελείται από τα τρία επόμενα κεφάλαια. Παρουσιάζονται θέματα που σχετίζονται με τον κύκλο ποιότητας, τις κατηγορίες ποιότητας υπηρεσιών και τα χαρακτηριστικά τους. Επιπλέον, μελετώνται θέματα όπως η απόδοση του δικτύου και οι βασικές απαιτήσεις ανά υπηρεσία.

Το τρίτο μέρος απαρτίζεται από τα δυο τελευταία κεφάλαια. Παρόλο που η αξιολόγηση αναφέρεται στην υπηρεσία ομιλίας, παρουσιάζονται για λόγους πληρότητας στο πέμπτο κεφάλαιο οι δείκτες επίδοσης και οι παράμετροι μετρήσεων ανά υπηρεσία.

Η παρούσα εργασία ολοκληρώνεται με την αξιολόγηση της μεθοδολογίας μετρήσεων της ποιότητας του δικτύου ενός τηλεπικοινωνιακού οργανισμού. Ειδικότερα, αξιολογήθηκε και ενισχύθηκε η υπάρχουσα μεθοδολογία και τέλος αναπτύχθηκε ένα μοντέλο που χρησιμεύει στην πιο πελατοκεντρική εξαγωγή αποτελεσμάτων, σε συνδυασμό με τον πληθυσμιακό παράγοντα.

Λέξεις Κλειδιά

GSM, UMTS, ποιότητα υπηρεσιών, μεταφερόμενη ποιότητα, απαιτήσεις χρήστη, προσφερόμενη ποιότητα, αντιλαμβανόμενη ποιότητα, απόδοση δικτύου, δείκτες επίδοσης

Abstract

The main scope of the present diploma thesis is the evaluation of QoS measurement methodology of a telecommunication network. In the particular case, the work was worked out in collaboration with Vodafone-Panafon.

The diploma thesis consists of three parts. The first part includes an introduction to mobile telecommunication systems. The principles of cellular systems and the architecture of 2nd and 3rd generation systems are outlined.

A substantial part of this work concerns the second part, which includes three chapters. Subjects that are related to the quality circle, the categories of quality of service and their characteristics are presented. Moreover, issues such as the network performance and the basic requirements per service are described.

The two last chapters constitute the third part. Despite the fact that the evaluation is referred to the speech service, for reasons of completeness the performance indicators and the parameters of measurement per service are presented on the fifth chapter.

The present diploma thesis is completed with the evaluation of QoS measurement methodology of a telecommunication network. Specifically, the existing methodology was evaluated and strengthened and a model was developed in order to produce more customer-centric results, based on the population factor.

Keywords

GSM, UMTS, quality of service, delivered quality, user's requirements, offered quality, perceived quality, network performance, performance indicators

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία σηματοδοτεί την ολοκλήρωση των σπουδών μου στο τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Αποτελεί αναμφισβήτητα το σημαντικότερο σημείο της μέχρι τώρα πορείας μου, αφού οι εμπειρίες που αποκόμισα μέσα από αυτή ήταν πραγματικά πολύτιμες. Αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω αρχικά το καθηγητή μου κύριο Μιχαήλ Θεολόγου για την ανάθεση σε μένα του θέματος αυτού, δίνοντας μου ταυτόχρονα τη δυνατότητα να έρθω σε επαφή με το χώρο των τηλεπικοινωνιών, όπως αυτός λειτουργεί στη πράξη.

Μεγάλο μέρος της εργασίας πραγματοποιήθηκε στην εταιρεία κινητής τηλεφωνίας Vodafone σε συνεργασία με το τμήμα Ποιότητας Δικτύου και Υπηρεσιών. Θερμά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υπεύθυνο της διπλωματικής μου εργασίας κύριο Δημήτρη Χρυσακόπουλο καθώς και το κύριο Σίμο Πετρόπουλο, οι οποίοι με βοήθησαν οποτεδήποτε τους χρειάστηκα, παρόλο το φορτωμένο πρόγραμμα εργασίας τους, συμβάλλοντας έτσι στην επιτυχή διεκπεραίωση της διπλωματικής μου. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω στο σύνολο τους τα στελέχη του τμήματος Ποιότητας Δικτύου και Υπηρεσιών, όπως και το κύριο Χρήστο Δεσσινιώτη για την άψογη συνεργασία και την υλικοτεχνική υποστήριξη που μου παρείχαν.

Κωνσταντίνος Ι. Χρονόπουλος

Αθήνα, 2006

Αφιερώνεται στους γονείς μου,

Ιωάννη και Παρασκευή

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : Ασύρματα Συστήματα Επικοινωνιών
1.1 Συστήματα 1ης γενιάς 15
1.2 Ψηφιακά κυψελωτά συστήματα 15
1.3 Συστήματα 2ης γενιάς 16
1.4 Αρχιτεκτονική δικτύου κινητών επικοινωνιών 17
1.5 Τύποι κυψελών 18
1.6 Δίαυλοι επικοινωνίας 19
1.7 Βασικές λειτουργίες κυψελωτών συστημάτων 20
1.8 Πολλαπλή προσπέλαση 21
1.8.1 Πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης συχνότητας (FDMA) 22
1.8.2 Πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης χρόνου (TDMA) 22
1.8.3 Πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης κώδικα (CDMA) 23
1.8.4 Πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης χώρου (SDMA) 23
1.9 Τηλεπικοινωνιακή κίνηση 24
1.10 Αρχιτεκτονική GSM 25
1.10.1 Base station subsystem 27
1.10.2 Network and switching subsystem 27
1.10.3 Operation and support subsystem 28
1.11 Συστήματα 3ης γενιάς 28
1.12 Συστήματα 4ης γενιάς 31
Βιβλιογραφία Κεφαλαίου 32

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : Εισαγωγή στην Ποιότητα Υπηρεσιών
2.1 Εισαγωγή 33
2.2 Κύκλος ποιότητας 35
2.2.1 Απαιτήσεις QoS 36
2.2.2 Προσφερόμενη QoS 37
2.2.3 Μεταφερόμενη QoS 37
2.2.4 Λαμβανόμενη QoS 37
2.3 Καθορισμός QoS κριτηρίων 37
2.4 Διαχείριση υπηρεσίας 40
2.5 Ποιότητα σύνδεσης 40
2.6 Διαχείριση ποιότητας 41
Βιβλιογραφία Κεφαλαίου 43

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : QoS – Μελέτη και κατηγορίες
3.1 Χαρακτηριστικά QoS απαιτήσεων του χρήστη 44
3.2 Εφαρμογή των QoS απαιτήσεων του χρήστη 46
3.3 Διαχείριση των QoS απαιτήσεων του χρήστη 46
3.4 Χαρακτηριστικά προσφερόμενης ποιότητας 50
3.5 Εφαρμογές προσφερόμενης ποιότητας 51
3.6 Παράμετροι προσφερόμενης ποιότητας 52
3.7 Διαχείριση προσφερόμενης ποιότητας 54
3.8 Χαρακτηριστικά μεταφερόμενης ποιότητας 58
3.9 Εφαρμογή στοιχείων μεταφερόμενης ποιότητας 60
3.10 Διαχείριση μεταφερόμενης ποιότητας 61
3.11 Χαρακτηριστικά αντιλαμβανόμενης ποιότητας 66
3.12 Διαχείριση της αντιλαμβανόμενης ποιότητας 69
Βιβλιογραφία Κεφαλαίου 70

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : Απόδοση Δικτύου
4.1 Εισαγωγή 71
4.2 Βασικές απαιτήσεις 73
4.2.1 Παράμετροι ποιότητας υπηρεσιών 74
4.2.2 Παράμετροι απόδοσης δικτύου 74
4.2.3 Υπηρεσίες ομιλίας 74
4.2.4 Υπηρεσίες μετάδοσης δεδομένων 74
4.2.5 Υπηρεσίες σύντομων μηνυμάτων (SMS) 75
4.2.6 Υπηρεσίες μηνυμάτων πολυμέσων (MMS) 75
4.2.7 Υπηρεσίες τηλεειδοποίησης 76
4.3 Διαχείριση απόδοσης 76
4.4 Διαχείριση δικτύου 77
Βιβλιογραφία Κεφαλαίου 77

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : Δείκτες Επίδοσης
5.1 Εισαγωγή 78
5.2 Ταξινόμηση περιβάλλοντος μετρήσεων 78
5.3 Παράμετροι μετρήσεων 79
5.3.1 Μετρήσεις τηλεφωνίας 79
5.3.2 Μετρήσεις βίντεο – τηλεφωνίας 79
5.3.3 Μετρήσεις SMS 79
5.3.4 Μετρήσεις MMS 80
5.3.5 Μετρήσεις δεδομένων 80
5.4 Δείκτες επίδοσης υπηρεσιών 80
5.4.1 Ανεξαρτήτου υπηρεσίας 81
5.4.2 Τηλεφωνία 81
5.4.3 Βίντεο – τηλεφωνία 82
5.4.4 Υπηρεσία σύντομων μηνυμάτων 84
5.4.5 Υπηρεσία μηνυμάτων πολυμέσων 85
5.4.6 Υπηρεσία δεδομένων μεταγωγής κυκλώματος 86
Βιβλιογραφία Κεφαλαίου 87

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : Αξιολόγηση Δικτύου
6.1 Εισαγωγή 88
6.2 Κατηγοριοποίηση περιοχών 89
6.3 Περιγραφή μοντέλου αξιολόγησης 93
6.4 Αξιολόγηση με βάση το μετρούμενο πληθυσμό 93
6.5 Εισαγωγή στοιχείων τουριστικής κίνησης 101
6.6 Συμπεράσματα – παρατηρήσεις 102

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 103

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 115

ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ 117

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1
1.1 Αρχιτεκτονική δικτύου επικοινωνιών 17
1.2 Τύποι κυψελών 19
1.3 Λειτουργία FDD 20
1.4 Λειτουργία TDD 20
1.5 Είδη πολλαπλής πρόσβασης 23
1.6 Πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης χώρου 24
1.7 Αρχιτεκτονική GSM συστήματος 26
1.8 Αρχιτεκτονική UMTS συστήματος 30

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2
2.1 Μοντέλο ικανοποίησης χρήστη 33
2.2 Σχέση ποιότητας – κύκλου ζωής υπηρεσιών 34
2.3 Κύκλος ποιότητας 36
2.4 Δομικά μέρη τηλεπικοινωνιακής υπηρεσίας 38
2.5 Πίνακας QoS κριτηρίων 39
2.6 Βήματα διαχείρισης QoS 41

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3
3.1 Αλυσίδα QoS απαιτήσεων 45
3.2 Στάδια διαχείρισης QoS απαιτήσεων του χρήστη 49
3.3 Εφαρμογές της προσφερόμενης ποιότητας 52
3.4 Διαδικασία προσδιορισμού προσφερόμενης ποιότητας 54
3.5 Διαδικασία σχεδιασμού προσφερόμενης ποιότητας 58
3.6 Κύκλος ποιότητας – μεταφερόμενη ποιότητα 59
3.7 Διαδικασία προσδιορισμού συστημάτων παρακολούθησης 61
3.8 Κύκλος ποιότητας – λαμβανόμενη ποιότητα 66
3.9 Παράγοντες που επηρεάζουν τη γνώση του χρήστη 67
3.10 Προσδοκώμενη και αντιλαμβανόμενη ποιότητα 69

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4
4.1 Παράγοντες επηρεασμού ποιότητας και απόδοσης 72

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3
3.1 Ποσοτικά QoS κριτήρια 50
3.2 Αντιστοιχία απαιτήσεων ποιότητας και παραμέτρων προσφερόμενης ποιότητας 53
3.3 Τυπικό σύνολο παραμέτρων απόδοσης για τη δημοσίευση της μεταφερόμενης ποιότητας 62

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4
4.1 Πίνακας παραμέτρων απόδοσης 71

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5
5.1 Περιβάλλον μετρήσεων 78

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6
6.1 Γεωγραφικά διαμερίσματα και στοιχεία πληθυσμού 90
6.2 Γεωγραφικό διαμέρισμα 1 – αποτελέσματα αξιολόγησης 93
6.3 Γεωγραφικό διαμέρισμα 2 – αποτελέσματα αξιολόγησης 94
6.4 Γεωγραφικό διαμέρισμα 3 – αποτελέσματα αξιολόγησης 94
6.5 Γεωγραφικό διαμέρισμα 4 – αποτελέσματα αξιολόγησης 95
6.6 Γεωγραφικό διαμέρισμα 5 – αποτελέσματα αξιολόγησης 95
6.7 Γεωγραφικό διαμέρισμα 6 – αποτελέσματα αξιολόγησης 96
6.8 Γεωγραφικό διαμέρισμα 7 – αποτελέσματα αξιολόγησης 96
6.9 Γεωγραφικό διαμέρισμα 8 – αποτελέσματα αξιολόγησης 97
6.10 Γεωγραφικό διαμέρισμα 9 – αποτελέσματα αξιολόγησης 97
6.11 Γεωγραφικό διαμέρισμα 10 – αποτελέσματα αξιολόγησης 98
6.12 Γεωγραφικό διαμέρισμα 11 – αποτελέσματα αξιολόγησης 98
6.13 Γεωγραφικό διαμέρισμα 12 – αποτελέσματα αξιολόγησης 99
6.14 Γεωγραφικό διαμέρισμα 13 – αποτελέσματα αξιολόγησης 99
6.15 Γεωγραφικό διαμέρισμα 14 – αποτελέσματα αξιολόγησης 99
6.16 Γεωγραφικό διαμέρισμα 15 – αποτελέσματα αξιολόγησης 100
6.17 Γεωγραφικό διαμέρισμα 16 – αποτελέσματα αξιολόγησης 100
6.18 Πανελλαδικό ποσοστό επιτυχημένων κλήσεων 102

Κεφάλαιο 1°
"Ασύρματα Συστήματα Επικοινωνιών"

1.1 Συστήματα 1ης γενιάς

Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής τη δεκαετία του 1960, η AT&T Bell Laboratories σε συνεργασία με άλλες εταιρίες τηλεπικοινωνιών ανέπτυξαν τις βασικές αρχές πάνω στις οποίες βασίζονται τα κυψελωτά συστήματα. Τη βασική ιδέα αποτελούσε ο χωρισμός μιας περιοχής κάλυψης σε μικρές κυψέλες, όπου κάθε μια από αυτές επαναχρησιμοποιεί διαύλους προκειμένου να αυξήσει τη χωρητικότητα του συστήματος. Από την άλλη πλευρά όμως, η τεχνολογία δεν ήταν ακόμη έτοιμη να υποστηρίξει τέτοιου είδους συστήματα και επομένως, μέχρι το 1970 η κινητή τηλεφωνία ανήκε στο χώρο της αναλογικής συμβατικής ασύρματης επικοινωνίας. Τα συστήματα που υπήρχαν για την εξυπηρέτηση συγκεκριμένων γεωγραφικών περιοχών ήταν απλής μορφής χωρίς μεγάλες δυνατότητες, ελαχιστοποίησης των παρεμβολών, δυναμικής αυξήσεως της χωρητικότητας τους και μείωσης της πιθανότητας ολικής κατάληψης των ράδιο – διαύλων (blocking probability) σε ώρες αιχμής .

Από το 1970 μέχρι το έτος 1990, μελετήθηκαν, υλοποιήθηκαν και λειτούργησαν τα συστήματα κινητής τηλεφωνίας πρώτης γενιάς (1st generation - 1G). Σε πρώτη φάση, κάθε χώρα ανέπτυξε το δικό της σύστημα, το οποίο δεν ήταν συμβατό με τα υπόλοιπα στον εξοπλισμό και στην λειτουργία, γεγονός το οποίο αποτελούσε μια μη επιθυμητή κατάσταση, για το λόγο ότι ο εξοπλισμός είχε τη δυνατότητα να λειτουργεί αποκλειστικά σε εθνικό επίπεδο. Τα NTT, NMT450, NMT900, AMPS, ETACS, JTACS και C – 450 αποτελούν τα κυριότερα κυψελωτά συστήματα 1ης γενιάς, που χρησιμοποιούσαν διαμόρφωση κατά συχνότητα (FM) για επικοινωνία φωνής και πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης συχνότητας (Frequency Division Multiple Access - FDMA), ως τεχνική πρόσβασης.

1.2 Ψηφιακά κυψελωτά συστήματα

Σε αντίθεση με τα ενσύρματα συστήματα επικοινωνιών όπου οι ψηφιακές τεχνικές υιοθετήθηκαν γρήγορα, έπρεπε να προηγηθεί η ραγδαία εξέλιξη στη μικροηλεκτρονική τεχνολογία μέχρι οι τεχνικές αυτές να βρουν εφαρμογή στα ασύρματα συστήματα. Τα ψηφιακά συστήματα παρουσιάζουν αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα αντίστοιχα αναλογικά. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα είναι :

- η καλύτερη συμπεριφορά στο θόρυβο
- οι περισσότερο αποδοτικές τεχνικές μετάδοσης και η καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών, παρέχοντας ταυτόχρονα υπηρεσίες φωνής και δεδομένων
- η μεγαλύτερη ασφάλεια στη μετάδοση λόγω της δυνατότητας εφαρμογής τεχνικών κρυπτογράφησης
- η δυνατότητα επεξεργασίας του σήματος
- η χαμηλότερη κατανάλωση ισχύος
- η δυνατότητα για περαιτέρω τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

Ωστόσο, υπάρχουν και μερικά μειονεκτήματα των ψηφιακών συστημάτων έναντι των αναλογικών, τα οποία εστιάζονται στην αυξημένη πολυπλοκότητα των αλγορίθμων και των διαδικασιών ελέγχου, στην ανάγκη για συγχρονισμό και

ισοστάθμιση, ώστε να μη παρατηρείται το φαινόμενο της διασυμβολικής παρεμβολής.

Στη δεκαετία του 1980 είχε γίνει πλέον προφανής η αδυναμία των αναλογικών κυψελωτών συστημάτων να καλύψουν τις αυξημένες ανάγκες για τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες των επερχόμενων χρόνων, λόγω :

- του εξαιρετικά περιορισμένου φάσματος προς απόδοση με άμεση συνέπεια τη χαμηλή χωρητικότητα των συστημάτων
- της αδυναμίας στη μείωση του κόστους των τερματικών και της υποδομής των δικτύων
- της ασυμβατότητας μεταξύ των διαφόρων αναλογικών συστημάτων

Για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των παραπάνω προβλημάτων, ιδρύθηκε το 1982 μια ομάδα για να αναπτύξει ένα κοινό σε πανευρωπαϊκό επίπεδο, σύστημα κινητών επικοινωνιών. Η ομάδα αυτή ονομάστηκε Groupe Speciale Mobile, από όπου προήλθαν και τα αρχικά GSM.

1.3 Συστήματα 2ης γενιάς

Από το έτος 1990 μέχρι το 2000, αναβαθμίστηκε η τεχνολογία των συστημάτων πρώτης γενιάς, με αποτέλεσμα να λειτουργήσουν πλέον τα κυψελωτά συστήματα δεύτερης γενιάς (cellular mobile radio communication systems). Τα κυψελωτά δίκτυα 2ης γενιάς βασίζονται όλα σε ψηφιακές τεχνικές, εκμεταλλευόμενα τα πολλαπλά και εμφανή πλεονεκτήματα. Στις ημέρες μας, η 2η γενιά εκπροσωπείται από τα συστήματα GSM, TDMA, IS-136, PDC και CDMAOne.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά των συστημάτων δεύτερης γενιάς (2G) είναι η πολύ ιεραρχική λειτουργική τους δομή, η υψηλή χωρητικότητα τους, η δυναμική διαχείριση του ραδιοφάσματος των συχνοτήτων, το κυψελωτό πρότυπο επαναχρησιμοποίησης των συχνοτήτων (frequency re-use pattern), καθώς και το σαφέστατα χαμηλότερο κόστος των κινητών τερματικών και των σταθμών βάσης. Τα συστήματα της δεύτερης γενιάς λειτουργούν σε συχνότητες υψηλότερες από αυτές των συστημάτων πρώτης γενιάς και προσφέρουν σαφώς καλύτερη ποιότητα φωνής και περισσότερο αποδοτική χρησιμοποίηση του φάσματος.

Το πιο διαδεδομένο από τα παραπάνω συστήματα είναι το GSM το οποίο και στηρίζεται σε TDMA τεχνική, οποία και παρουσιάζεται παρακάτω. Οι συχνότητες λειτουργίας είναι οι 890 – 915 MHz / 935 – 960 MHz για την άνω και κάτω ζεύξη αντίστοιχα. Υποστηρίζει υπηρεσίες φωνής (13 kbps) και δεδομένων μέχρι 9,6 kbps. Οι κυριότερες νέες υπηρεσίες που προσφέρει το GSM, σε σχέση με αυτές των αναλογικών συστημάτων είναι οι ακόλουθες :

- *Διεθνής περιαγωγή*. Ο κινητός συνδρομητής μπορεί να χρησιμοποιεί την κινητή συσκευή του σε όλες τις περιοχές της Ευρώπης, όπου παρέχεται κάλυψη, όπως και τη συσκευή κάποιου άλλου συνδρομητή, χρησιμοποιώντας την ειδική κάρτα του SIM (Subscriber Identification Module – Κάρτα Αναγνώρισης Συνδρομητή).
- *Δυνατότητα υποστήριξης συμπληρωματικών υπηρεσιών*. Οι βασικές υπηρεσίες του GSM συμπληρώνονται από την παροχή μιας ευρύτατης ποικιλίας συμπληρωματικών υπηρεσιών, παρόμοιας με αυτή που προσφέρεται από το Ψηφιακό Δίκτυο Ενοποιημένων Υπηρεσιών (ISDN).
- *Ασφάλεια του δικτύου*. Εξαιρετικά βελτιωμένη παρουσιάζεται η προστασία του χρήστη σε σχέση με τα προηγούμενα συστήματα τόσο όσον αφορά τη χρήση της συσκευής, όσο και την ευκολότερη πρόσβαση στο δίκτυο.

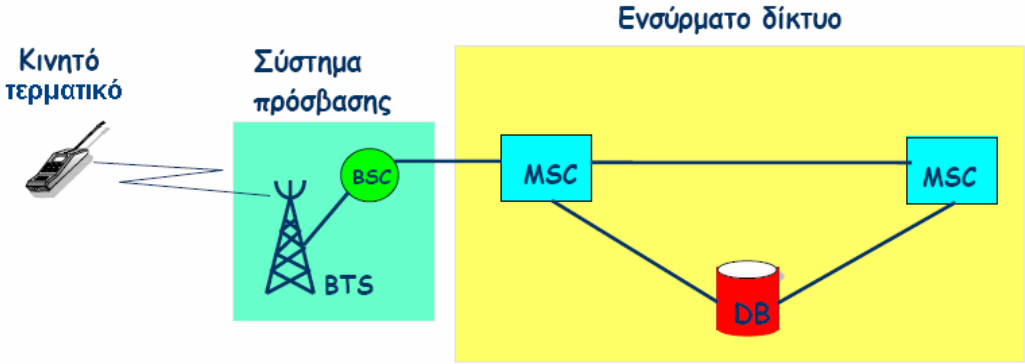
- *Παροχή τηλεματικών υπηρεσιών*. Το πρότυπο GSM προσφέρει ένα μεγάλο φάσμα τηλεματικών υπηρεσιών, καθώς και μετάδοση δεδομένων διαφόρων ρυθμών.

Μια τροποποίηση του GSM 900 αποτελεί το GSM 1800 ή DCS 1800, το οποίο λειτουργεί στις ζώνες συχνοτήτων 1710 - 1785 MHz / 1805 – 1880 MHz για την άνω και κάτω ζεύξη αντίστοιχα. Το DCS 1800 (Digital Cellular System 1800) είναι ένα σύστημα προσωπικών επικοινωνιών (Personal Communication Network, PCN) που βασίζεται στις τεχνικές προδιαγραφές του GSM, με την προσθήκη παραλλαγών ή τροποποιήσεων, οι οποίες απαιτούνται για να υλοποιήσουν τις απαιτήσεις του PCN. Η σχεδίαση των συστημάτων PCN είναι μικροκυψελοειδούς μορφής, ώστε να εξασφαλίζουν υψηλή ποιότητα επικοινωνίας και ακόμη μεγαλύτερη χωρητικότητα.

1.4 Αρχιτεκτονική δικτύου κινητών επικοινωνιών

Η φυσική αρχιτεκτονική του δικτύου κινητών επικοινωνιών αφορά κυρίως την ομαδοποίηση των λειτουργιών του δικτύου σε φυσικές οντότητες. Το δίκτυο διαιρείται σε τρία επιμέρους τμήματα, όπως φαίνεται και από το σχήμα 1.1 :

- το κινητό τερματικό (Mobile Terminal, MT)
- το σύστημα πρόσβασης και
- το ενσύρματο δίκτυο



Σχήμα 1.1 : Αρχιτεκτονική δικτύου επικοινωνιών

Το κινητό τερματικό επικοινωνεί με το σταθμό βάσης (BTS) χρησιμοποιώντας τους διαθέσιμους ραδιοδιαύλους και την αντίστοιχη ραδιοεπαφή. Για όλα τα στοιχεία του συστήματος που επικοινωνούν μεταξύ τους, υπάρχουν συγκεκριμένες διεπαφές (interfaces). Με τον όρο κινητό τερματικό εννοούμε τη φυσική συσκευή που χρησιμοποιεί ο κινούμενος χρήστης, προκειμένου να αποκτήσει πρόσβαση στο δίκτυο.

Το σύστημα πρόσβασης είναι ένα σύστημα σταθμών βάσης (Base Station System, BSS) που παρέχει τη δυνατότητα στα τερματικά να επικοινωνούν με το ενσύρματο δίκτυο. Το BSS αποτελείται από ένα BSC (Base Station Controller) και από τους σταθμούς βάσης. Ο BSC επικοινωνεί άμεσα με κάποιο κέντρο μεταγωγής κινητών επικοινωνιών, ενώ παράλληλα ελέγχει και ένα αριθμό από σταθμούς βάσης. Οι σταθμοί βάσης (BTS – Base Transceiver Station) αποτελούν τους σταθερούς σταθμούς του δικτύου που χρησιμοποιούνται για την ραδιοεπικοινωνία με τα κινητά τερματικά. Ένας σταθμός βάσης είναι εγκατεστημένος είτε στο κέντρο είτε στα όρια μιας περιοχής κάλυψης και αποτελείται από κεραίες λήψης και εκπομπής, από

μικροκυματικά πιάτα καθώς και από τον εξοπλισμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και τροφοδοσίας των κεραιών.

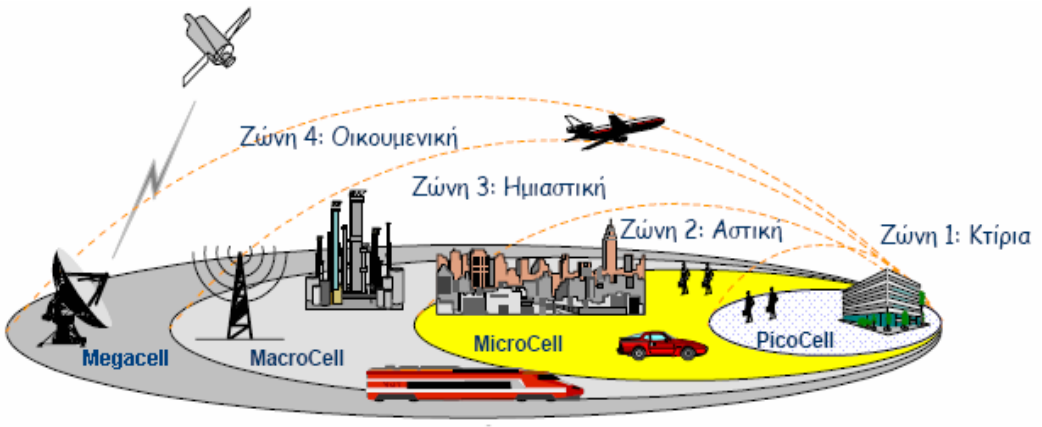
Κάθε BTS συνδέεται και με το δίκτυο κορμού (backbone network) του παρόχου μέσω των BSC ελεγκτών. Πλήθος BSC συνδέονται σε ένα κέντρο μεταγωγής (MSC – Mobile Switching Centre) που διαχειρίζεται και δρομολογεί τις κλήσεις. Η οντότητα DB (Data Base) παριστάνει τη βάση δεδομένων του δικτύου, όπου και φυλάσσονται πληροφορίες σχετικά με τα τερματικά και τη θέση τους.

Με την υιοθέτηση των κυψελωτών συστημάτων, τα δίκτυα επικοινωνιών παρέχουν υψηλής ποιότητας υπηρεσίες σε μεγάλο αριθμό χρηστών με περιορισμένο διαθέσιμο εύρος ζώνης συχνοτήτων. Η βασική ιδέα των κυψελωτών συστημάτων είναι ο περιορισμός της εκπεμπόμενης ισχύος από τους σταθμούς βάσης, ώστε να περιοριστεί η έκταση κάλυψης σε μια μικρή γεωγραφική περιοχή, που ονομάζεται κυψέλη, και η επαναχρησιμοποίηση των ραδιοδιαύλων του BTS από άλλο BTS που βρίσκεται σε κάποια απόσταση. Στα αναλογικά κυψελωτά συστήματα, όπως και σε ορισμένα ψηφιακά, κάθε κυψέλη χρησιμοποιεί ένα μόνο τμήμα του διαθέσιμου φάσματος και κυψέλες που απέχουν αρκετά μεταξύ τους μπορούν να επαναχρησιμοποιούν το ίδιο τμήμα του φάσματος. Συνήθως κάθε κυψέλη εξυπηρετείται από ένα BTS και κατά τη μετάβαση ενός χρήστη από μια κυψέλη σε μια άλλη, το σύστημα φροντίζει τη σύνδεση του κινητού τερματικού με το νέο BTS. Αν το κινητό τερματικό βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής, τότε συνήθως ανταλλάσσονται μηνύματα ελέγχου μεταξύ κινητού τερματικού και δικτύου ώστε να είναι πάντα γνωστή η κυψέλη στην οποία εντοπίζεται ο χρήστης. Η προαναφερόμενη διαδικασία καλείται και περιαγωγή (roaming) και καλύπτει επίσης την περίπτωση που το MT βρίσκεται σε περιοχή που εξυπηρετείται από διαφορετικό δίκτυο από εκείνο στο οποίο είναι συνδρομητής. Αν κατά τη μετάβαση του MT από μια κυψέλη σε μια άλλη υπάρχει κλήση σε εξέλιξη, τότε το δίκτυο συνήθως φροντίζει για την απρόσκοπτη συνέχιση της κλήσης, συνδέοντας το MT στο νέο BTS. Η συγκεκριμένη διαδικασία ονομάζεται μεταπομπή (handover) και μπορεί να συμβεί ακόμη και μέσα στην ίδια κυψέλη, μεταφέροντας τη κλήση σε ραδιοδίαυλο που παρουσιάζει καλύτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά σε σχέση με το δίαυλο που ήδη εξυπηρετεί.

1.5 Τύποι κυψελών

Γενικά τα δίκτυα κινητών επικοινωνιών παρέχουν κάλυψη σε περιοχές, οι οποίες χαρακτηρίζονται από διαφορετική συγκέντρωση χρηστών (αστικές, ημιαστικές, αγροτικές) και κατά συνέπεια εμφανίζουν διαφορετικές απαιτήσεις τηλεπικοινωνιακής κίνησης. Για την ικανοποίηση των απαιτήσεων της κάθε περιοχής, τα δίκτυα χρησιμοποιούν διαφορετικούς τύπους κυψελών, το σχήμα και το μέγεθος των οποίων καθορίζεται από τις απαιτήσεις σε χωρητικότητα.

Κυψέλες με αρκετά μεγάλη ακτίνα της τάξης μερικών δεκάδων χιλιομέτρων, καλούνται μακροκυψέλες (macrocells). Με τις παρούσες τεχνολογίες ραδιοεπαφών και δεδομένου του περιορισμένου αριθμού των ραδιοδιαύλων, ο αριθμός των χρηστών που μπορούν να εξυπηρετηθούν είναι περιορισμένος. Έτσι, για την υποστήριξη μεγαλύτερης χωρητικότητας, επαναχρησιμοποιούνται οι ραδιοδίαυλοι μειώνοντας ταυτόχρονα την ισχύ εκπομπής από τους σταθμούς βάσης. Προκύπτουν κατά αυτό τον τρόπο λοιπόν, μικρότερες σε έκταση κυψέλες που ονομάζονται μικροκυψέλες (microcells) και έχουν μέγιστη ακτίνα 1 Km. Τα συστήματα δεύτερης γενιάς χρησιμοποιούν και μικρότερες κυψέλες με ακτίνα της τάξεως των 100 m, που ονομάζονται πικοκυψέλες (picocells), οι οποίες χρησιμοποιούνται κυρίως σε εσωτερικούς χώρους, όπως και σε περιοχές υψηλής πυκνότητας τηλεπικοινωνιακής κίνησης (hot - spots).



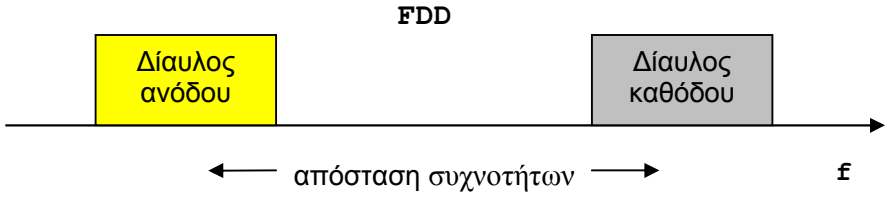
Σχήμα 1.2 : Τύποι κυψελών

Με τη μείωση της ακτίνας των κυψελών επιτυγχάνεται εξυπηρέτηση υψηλής τηλεπικοινωνιακής κίνησης, αλλά απαιτείται παράλληλα μεγαλύτερος αριθμός BTS για τη κάλυψη μιας συγκεκριμένης γεωγραφικής περιοχής, γεγονός που συνεπάγεται αύξηση του κόστους ανάπτυξης του δικτύου. Συνακόλουθα, ακτίνες μικρής ακτίνας έχουν σαν αποτέλεσμα την αύξηση του αριθμού των απαιτούμενων μεταπομπών για χρήστες που κινούνται με μεγάλη ταχύτητα.

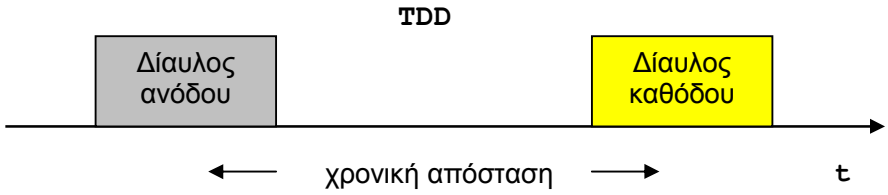
Οι μακροκυψέλες, λόγω της μεγάλης έκτασης κάλυψης και των φαινομένων διάδοσης, προορίζονται κυρίως για παροχή υπηρεσιών στενής ζώνης σε ημιαστικές ή αγροτικές περιοχές, όπου η παρεμπόδιση της διάδοσης του σήματος λόγω κτιρίων είναι μικρή. Τέλος αξίζει να σημειωθεί στο σημείο αυτό, πως μια τελευταία κατηγορία κυψελών είναι αυτή των δορυφορικών συστημάτων που καλούνται megacells και καλύπτουν μεγάλες γεωγραφικές περιοχές .

1.6 Δίαυλοι επικοινωνίας

Τα ασύρματα συστήματα ραδιομετάδοσης χωρίζονται σε τρεις επιμέρους κατηγορίες ανάλογα με τον τύπο του διαύλου επικοινωνίας. Έτσι, προκύπτουν τα simplex, half – duplex και full – duplex συστήματα. Στα simplex συστήματα, η επικοινωνία είναι δυνατή μονάχα προς τη μία κατεύθυνση. Από την άλλη πλευρά, στα half – duplex συστήματα έχουμε αμφίδρομη αλλά όχι ταυτόχρονη επικοινωνία, χρησιμοποιώντας ένα δίαυλο και για τις δυο κατευθύνσεις. Κατά αυτό τον τρόπο, σε μια δεδομένη χρονική στιγμή, ο χρήστης μπορεί είτε μόνο να εκπέμπει είτε μόνο να λαμβάνει. Στα full – duplex συστήματα έχουμε ταυτόχρονη εκπομπή και μετάδοση μεταξύ χρηστών και σταθμών βάσης. Το σύστημα παρέχει δυο ταυτόχρονους διαύλους για την επικοινωνία προς τις δυο κατευθύνσεις. Η κατεύθυνση από το σταθμό βάσης προς το κινητό τερματικό καλείται ευθεία (forward) ή κάτω ζεύξη (downlink), ενώ από το κινητό τερματικό προς το σταθμό βάσης καλείται αντίστροφη (reverse) ή άνω ζεύξη (uplink). Οι δυο δίαυλοι είτε χρησιμοποιούν διαφορετική συχνότητα για την άνω και κάτω ζεύξη, οπότε προκύπτει σύστημα FDD (Frequency Division Duplex), είτε χρησιμοποιούν την ίδια φέρουσα συχνότητα αλλά γειτονικές χρονοσχισμές (slots), οπότε προκύπτει σύστημα TDD (Time Division Duplex). Στα FDD συστήματα οι πομποδέκτες χρησιμοποιούν την ίδια κεραία για εκπομπή και λήψη, οπότε απαιτείται η χρήση διπλέκτη. Για την επαρκή απομόνωση εκπομπής και λήψης καθώς και για την ελαχιστοποίηση του κόστους του διπλέκτη, απαιτείται αρκετή φασματική απόσταση μεταξύ των δυο διαύλων επικοινωνίας και φίλτρα με μικρή ζώνη διέλευσης. Στα TDD συστήματα υπάρχει ανάγκη για ακριβή συγχρονισμό.



Σχήμα 1.3 : Λειτουργία FDD



Σχήμα 1.4 : Λειτουργία TDD

Η υλοποίηση των TDD συστημάτων καθίσταται δυνατή μόνο με χρήση ψηφιακών τεχνικών. Γενικά, τα FDD συστήματα χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου είναι επιθυμητή η κάλυψη μεγάλων αποστάσεων με υψηλή ισχύ εκπομπής, ενώ τα TDD συστήματα σε περιπτώσεις όπου παρατηρείται πυκνή δομή επαναχρησιμοποίησης και περιορισμένο εύρος ζώνης.

1.7 Βασικές λειτουργίες κυψελωτών συστημάτων

Ένα κυψελωτό σύστημα βασίζεται τόσο στη τεχνολογία της ραδιομετάδοσης, όσο και στη τεχνολογία των υπολογιστών. Οι δυο βασικότερες λειτουργίες ενός κυψελωτού συστήματος εστιάζονται αφενός στον εντοπισμό και την παρακολούθηση του κινητού τερματικού και αφετέρου στη προσπάθεια του συστήματος να συνδέσει το κινητό τερματικό με το βέλτιστα διαθέσιμο σταθμό βάσης. Η τελευταία λειτουργία απαιτεί τη συνεχή αξιολόγηση της ποιότητας της ραδιοζεύξης με το σταθμό βάσης που εξυπηρετεί το κινητό τερματικό, αλλά και με εναλλακτικούς σταθμούς βάσης. Η συνεχής αυτή παρακολούθηση εκτελείται με τη βοήθεια ενός υπολογιστικού συστήματος, το οποίο με βάση τη γνώση των αξιολογήσεων της ποιότητας των ραδιοζεύξεων και σε συνδυασμό με τη γνωστή τοπολογία του συστήματος και τη ροή της τηλεπικοινωνιακής κίνησης, αποφασίζει για το βέλτιστο σταθμό βάσης με τον οποίο και θα συνδεθεί το κινητό τερματικό.

Για να διατηρείται η ποιότητα σε ανεκτά επίπεδα, απαιτείται η συστηματική παρακολούθηση και ο έλεγχος της, για το λόγο ότι η μετατόπιση του κινητού τερματικού, φέρει ως αποτέλεσμα τη συνεχή μεταβολή της ποιότητας της ραδιοζεύξης. Η εκτίμηση της ποιότητας της ραδιοζεύξης στηρίζεται σε μια στατιστική διαδικασία, η οποία με τη σειρά της βασίζεται στην εκ των προτέρων γνώση των αναμενόμενων χαρακτηριστικών του ραδιοδιαύλου. Ο χρόνος που απαιτείται για τη μέτρηση της ποιότητας καθώς και η ακρίβεια της μέτρησης, εξαρτώνται από τα τοπικά χαρακτηριστικά της ραδιοδιάδοσης. Οι μετρήσεις ποιότητας που απαιτούν αρκετό χρόνο, έχουν σαν αποτέλεσμα το περιορισμό της δυνατότητας του συστήματος να αντιδράσει σε υποβιβασμούς της ποιότητας της ζεύξης, μέσω κατάλληλης μεταβολής των διαθέσιμων πόρων (εύρος ζώνης και ισχύς).

Από την άλλη πλευρά, για τις περιπτώσεις όπου οι μετρήσεις ποιότητας διεξάγονται σε μικρό χρονικό διάστημα, ο χρόνος που απαιτείται για την επεξεργασία των μετρήσεων, τη λήψη αποφάσεων και τη μετάδοση των επιθυμητών αλλαγών στα στοιχεία του δικτύου, περιορίζει την προσαρμοστικότητα του κυψελωτού συστήματος. Οι περιορισμοί στην ταχύτητα παρακολούθησης και του ελέγχου, καθορίζουν ουσιαστικά την ολική ποιότητα της ζεύξης, αλλά και το μέγεθος και την κατανομή των κυψελών. Το μέγεθος των κυψελών, η δυνατότητα των ραδιοζεύξεων στο να αντεπεξέρχονται σε φαινόμενα παρεμβολών, και η δυνατότητα του συστήματος να αντιδρά σε μεταβολές της κίνησης, αποτελούν τους βασικούς παράγοντες που καθορίζουν τη φασματική απόδοση των κυψελωτών συστημάτων.

1.8 Πολλαπλή προσπέλαση

Εξαιτίας του μικρού εύρους φάσματος που έχει αποδοθεί στα ασύρματα συστήματα επικοινωνιών, καθίσταται αναγκαία η ανάπτυξη αποδοτικών τεχνικών κατανομής του φάσματος σε πολλούς ετερογενείς χρήστες. Εφαρμογές όπως η φωνή που απαιτούν συνεχή μετάδοση, αποδίδουν γενικά αποκλειστικούς διαύλους για τη διάρκεια της κλήσης. Η κατανομή του εύρους ζώνης με απόδοση αποκλειστικών διαύλων, καλείται πολλαπλή πρόσβαση. Σε αντίθεση με τη φωνή, η μετάδοση δεδομένων συμβαίνει σε ριπές. Η κατανομή του εύρους ζώνης για χρήστες με μετάδοση σε ριπές, γίνεται με τυχαία απόδοση διαύλου η οποία δεν εξασφαλίζει τη πρόσβαση στο δίαυλο και καλείται τυχαία πρόσβαση. Η επιλογή της πολλαπλής ή της τυχαίας πρόσβασης καθώς επίσης και της τεχνικής που θα χρησιμοποιηθεί για κάθε μια, εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της τηλεπικοινωνιακής κίνησης του συστήματος και τη συμβατότητα με άλλα συστήματα. Η επιλογή γίνεται σαφώς πιο πολύπλοκη, στη περίπτωση όπου οι συχνότητες επαναχρησιμοποιούνται για να αυξηθεί η φασματική απόδοση του συστήματος.

Ένα θεμελιώδες αποτέλεσμα της θεωρίας των τηλεπικοινωνιών είναι ότι διαφορετικοί χρήστες μπορούν να μοιράζονται το ίδιο μέσο μετάδοσης, υπό την προϋπόθεση ότι τα σήματα τους είναι ορθογώνια μεταξύ τους, δηλαδή η ετεροσυσχέτιση τους που δίνει το μέτρο της ομοιότητας τους είναι μηδενική. Οι τεχνικές πολλαπλής προσπέλασης αποτελούν τους τρόπους, μέσω των οποίων οι δυνατότητες ενός τηλεπικοινωνιακού δικτύου κατανέμονται με συστηματικό και αποτελεσματικό τρόπο σε πολλούς χρήστες. Υπάρχουν τέσσερις σημαντικές κατηγορίες τεχνικών πρόσβασης σε φυσικούς διαύλους και αυτές είναι η πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης συχνότητας (FDMA) την οποία και χρησιμοποιούσαν τα 1G συστήματα, η πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης χρόνου (TDMA) που εφαρμόζεται στα 2G συστήματα, η πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης κώδικα (CDMA), η οποία και χρησιμοποιείται στα 3G συστήματα και τέλος η πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης χώρου (SDMA). Στην FDMA τεχνική, το ολικό εύρος ζώνης του συστήματος χωρίζεται σε ορθογώνιους διαύλους μη επικαλυπτόμενους στη συχνότητα, που αποδίδονται σε διαφορετικούς χρήστες. Στη τεχνική TDMA, ο χρόνος χωρίζεται σε μη επικαλυπτόμενα χρονικά πλαίσια (χρονοσχισμές), τα οποία και αποδίδονται σε διαφορετικούς χρήστες. Στη CDMA τεχνική, το εύρος ζώνης και ο χρόνος χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα από διαφορετικούς χρήστες που διαμορφώνονται από ορθογώνιους ή ημι – ορθογώνιους κώδικες διασποράς. Τέλος, στη τεχνική SDMA χρησιμοποιούνται ειδικές κεραίες που δίνουν τη δυνατότητα χωρικού διαχωρισμού των χρηστών από τους σταθμούς βάσης, και έτσι καθίσταται δυνατή η χρήση των ίδιων πόρων του συστήματος για χωρικά διασκορπισμένους χρήστες.

1.8.1 Πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης συχνότητας (FDMA)

Στην πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης συχνότητας (FDMA), κατόπιν αιτήσεως του χρήστη, εκχωρείται σε αυτόν μια μοναδική συχνότητα (ραδιοδίαυλος) που προορίζεται για αποκλειστική χρήση και επομένως, κανένας άλλος χρήστης δε μπορεί να χρησιμοποιήσει τη συγκεκριμένη συχνότητα. Σε συστήματα με αμφιδρόμηση συχνότητας (FDD), εκχωρείται στους χρήστες ζεύγος συχνοτήτων, μια συχνότητα για κάθε ζεύξη. Με αυτή τη σταθερή εκχώρηση, η λογική του ελέγχου καθίσταται απλή, με αντάλλαγμα όμως τη χαμηλή απόδοση και χωρητικότητα του συστήματος. Όσον αφορά την ορθογωνιότητα των σημάτων, αυτή εξασφαλίζεται με την εισαγωγή συχνοτικών διαστημάτων φύλαξης μεταξύ των διαύλων. Συνήθως η πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης συχνότητας συνδυάζεται με TDD τεχνική, έτσι ώστε να αποφεύγεται η ταυτόχρονη εκπομπή και λήψη και επιπλέον, να είναι δυνατή η χρήση τεχνικών διαφορισιμότητας στο σταθμό βάσης, τόσο για την ευθεία όσο και για την αντίστροφη ζεύξη, λόγω της ομοιότητας των διαύλων στις δυο κατευθύνσεις. Άμεση συνέπεια του τελευταίου είναι η μεταφορά της πολυπλοκότητας της επεξεργασίας του σήματος στο σταθμό βάσης, δηλαδή η απλοποίηση των φορητών συσκευών γεγονός που συνεπάγεται με τη σειρά του μειωμένο κόστος και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της μπαταρίας.

1.8.2 Πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης χρόνου (TDMA)

Στα συστήματα που χρησιμοποιούν πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης χρόνου, το διατιθέμενο φάσμα χωρίζεται σε χρονοσχισμές, κατά τη διάρκεια των οποίων επιτρέπεται μονάχα σε ένα χρήστη είτε να εκπέμψει είτε να λάβει. Στο χρήστη που επιθυμεί να επικοινωνήσει, εκχωρείται μια μοναδική χρονοσχισμή στο πλαίσιο TDMA, μέσω του διαύλου ελέγχου. Ο χρήστης μπορεί να διατηρήσει αυτή τη σχισμή μέχρι το τέλος της επικοινωνίας του. Στα συστήματα TDMA χρησιμοποιούνται ψηφιακή διαμόρφωση και ψηφιακά δεδομένα, ενώ οι μεταδιδόμενες πληροφορίες από διαφορετικούς χρήστες πολυπλέκονται σε ένα επαναλαμβανόμενο πλαίσιο. Ειδικότερα, στα συστήματα TDMA / TDD οι μισές από τις χρονοσχισμές του μηνύματος πληροφορίας χρησιμοποιούνται για διαύλους ανόδου και οι υπόλοιπες μισές για διαύλους καθόδου. Από την άλλη πλευρά, στα συστήματα TDMA / FDD χρησιμοποιείται η ίδια ή παρόμοια δομή προς τη κάθε κατεύθυνση, με τη διαφορά όμως ότι οι φέρουσες συχνότητες είναι πλέον διαφορετικές για τη ζεύξη κάθε κατεύθυνσης.

Η μετάδοση των δεδομένων δεν είναι συνεχής, αλλά αντίθετα εμφανίζεται με ριπές. Το γεγονός αυτό, έχει σαν αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη διάρκεια της μπαταρίας, για το λόγο ότι ο πομπός μπορεί να κλείνει για το χρονικό διάστημα στο οποίο αυτός δεν μεταδίδει. Όπως λογικά προκύπτει, στη συγκεκριμένη τεχνική πολλαπλής πρόσβασης, απαιτείται ακριβής συγχρονισμός μεταξύ όλων των χρηστών. Επίσης, εξαιτίας της μη συνεχούς μετάδοσης στην TDMA, η διαδικασία της διαπομπής είναι ευκολότερη για το κινητό τερματικό, για το λόγο ότι μπορεί αυτό να ακούει άλλους σταθμούς βάσης κατά τη διάρκεια των αδρανών χρονοσχισμών.

Να σημειωθεί στο σημείο αυτό, πως η ορθογωνιότητα μεταξύ των χρηστών επηρεάζεται σημαντικά από το φαινόμενο της διασυμβολικής παρεμβολής που προκαλεί ένα σήμα από μια χρονοσχισμή σε επόμενες χρονοσχισμές. Τέλος σε σχέση με την FDMA, στη TDMA τεχνική ο ρυθμός μετάδοσης είναι πολλαπλάσιος κατά ένα παράγοντα ίσο με τον αριθμό των χρηστών που μοιράζονται το συχνοτικό δίαυλο και έτσι η διάρκεια του συμβόλου είναι μικρότερη κατά τον ίδιο παράγοντα, καθιστώντας την TDMA τεχνική ευάλωτη σε σημαντική διασυμβολική παρεμβολή.

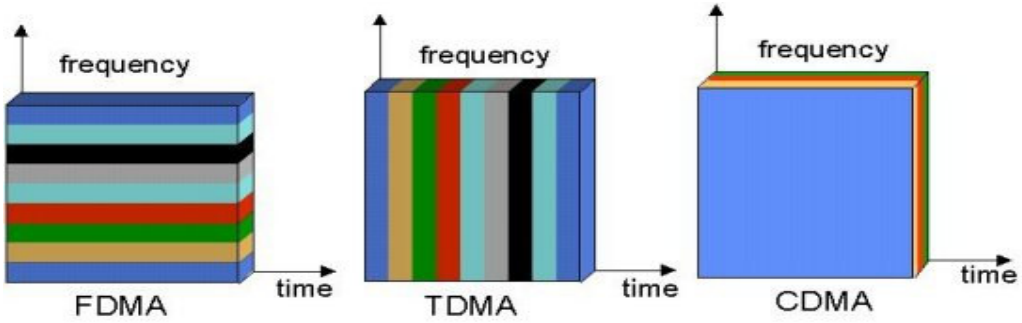
1.8.3 Πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης κώδικα (CDMA)

Στα συστήματα πολλαπλής διαίρεσης κώδικα, όλοι οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν τον τηλεπικοινωνιακό δίαυλο ταυτοχρόνως χωρίς διαχωρισμό χρόνου ή συχνότητας. Προς τούτο, το σήμα πληροφορίας του κάθε χρήστη διαμορφώνεται από μια μοναδική κωδική ακολουθία, η οποία ονομάζεται ακολουθία υπογραφής, για το λόγο ότι με βάση αυτή την ακολουθία είναι εφικτή η διάκριση των σημάτων των χρηστών.

Στο δέκτη, γίνεται χρήση μιας κωδικής ακολουθίας προσαρμογής προκειμένου να επανασυμπιεστεί το εύρος ζώνης και να ληφθούν τα αρχικά δεδομένα. Χάρη σε αυτή τη διαδικασία εξάπλωσης και επανασυμπίεσης, όλες οι άλλες ταυτόχρονες μεταδόσεις στο δίαυλο θα συμπεριφέρονται ως πρόσθετη παρεμβολή στο επιθυμητό σήμα και μπορούν να απομακρυνθούν υπό την προϋπόθεση ότι οι κώδικες είναι ορθογώνιοι. Η CDMA τεχνική έχει ήδη υιοθετηθεί για επικοινωνία φωνής, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να υποστηρίξει και μετάδοση δεδομένων.

Όπως έχει ήδη προαναφερθεί, η CDMA τεχνική μπορεί να υλοποιηθεί τόσο με ορθογώνιους κώδικες όσο και με ημι – ορθογώνιους. Βέβαια, υπάρχει ένας περιορισμένος αριθμός ορθογώνιων κωδικών για κάθε δεδομένο εύρος ζώνης συχνοτήτων. Με τους ημι – ορθογώνιους κώδικες ο δέκτης δεν έχει τη δυνατότητα να ξεχωρίσει τελείως το επιθυμητό σήμα από τους άλλους χρήστες, και επομένως απομένει μια παρεμβολή μεταξύ των χρηστών. Το πλεονέκτημα τους όμως, έχει να κάνει με το γεγονός ότι δεν υπάρχει περιορισμός στο πλήθος των κωδικών σε δεδομένο εύρος ζώνης συχνοτήτων.

Το ημι – ορθογώνιο CDMA αποτελεί τη πολυπλοκότερη τεχνική, η οποία απαιτεί και αυστηρό έλεγχο ισχύος για την ισοστάθμιση της λαμβανόμενης ισχύος όλων των κινητών τερματικών, ανεξαρτήτως της απόστασης τους από το σταθμό βάσης. Ωστόσο, σε περιβάλλον διαλείψεων καθίσταται δύσκολη η διατήρηση ισοσταθμισμένης ισχύος, γεγονός το οποίο αποτελεί ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα του ημι – ορθογώνιου CDMA.



Σχήμα 1.5 : Είδη πολλαπλής πρόσβασης

1.8.4 Πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης χώρου (SDMA)

Με την SDMA τεχνική γίνεται ουσιαστικά έλεγχος, με χρήση έξυπνων προσαρμοστικών κεραιών, της ακτινοβολούμενης ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας για κάθε χρήστη που εντοπίζεται στη περιοχή κάλυψης. Σε κάθε περιοχή που εξυπηρετείται από ένα κύριο λοβό, εφαρμόζονται τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης FDMA, TDMA ή CDMA.

Η ζεύξη ανόδου στα κυψελωτά συστήματα επικοινωνιών, εμφανίζει τις μεγαλύτερες δυσκολίες. Πάρα το γεγονός ότι ο σταθμός βάσης ελέγχει πλήρως την ισχύ όλων των μεταδιδόμενων σημάτων στη ζεύξη καθόδου, οι διαφορετικές διαδρομές διάδοσης μεταξύ των κινητών τερματικών και του σταθμού βάσης υπαγορεύουν το δυναμικό

έλεγχο της εκπεμπόμενης από κάθε κινητό τερματικό ισχύος, προκειμένου να αποφευχθούν οι παρεμβολές στη ζεύξη ανόδου. Η ισχύς που εκπέμπουν τα κινητά τερματικά περιορίζεται από τη διάρκεια ζωής των μπαταριών, οπότε υπάρχουν όρια στο βαθμό κατά τον οποίο η ισχύς στη ζεύξη ανόδου μπορεί να ελεγχθεί. Στη περίπτωση που η κεραία του σταθμού βάσης κατασκευασθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να φιλτράρει χωρικά κάθε επιθυμητό κινητό τερματικό, και επομένως να ανιχνεύεται περισσότερη ενέργεια από το τερματικό, τότε για κάθε κινητό τερματικό η ζεύξη ανόδου βελτιώνεται, απαιτώντας έτσι μικρότερα ποσά ισχύος.

Σχήμα 1.6 : Πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης χώρου

1.9 Τηλεπικοινωνιακή κίνηση

Η δυνατότητα εξυπηρέτησης της τηλεπικοινωνιακής κίνησης, αποτελεί έναν από τους βασικότερους παράγοντες στη σχεδίαση κυψελωτών συστημάτων. Γενικά, με τον όρο τηλεπικοινωνιακή κίνηση εννοούμε το φορτίο ενός συστήματος εξυπηρετητών. Ειδικότερα, στα κυψελωτά συστήματα η κίνηση ορίζεται ως το σύνολο, όσον αφορά το πλήθος και τη διάρκεια, των κλήσεων από και προς τα κινητά τερματικά που πραγματοποιούνται μέσω ενός αριθμού διαύλων. Η κίνηση αποτελεί ένα καθαρό αριθμό χωρίς φυσική μονάδα, αν και λόγω της μεγάλης σπουδαιότητας που έχει στη σχεδίαση των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων, της έχει αποδοθεί η μονάδα Erlang. Αξίζει να σημειωθεί στο σημείο αυτό, πως το ένα Erlang αντιπροσωπεύει τη κίνηση που μεταφέρεται από έναν δίαυλο, ο οποίος είναι πλήρως κατειλημμένος.

Οι σημαντικότεροι παράγοντες για την εξυπηρέτηση της κίνησης είναι :

- ο ρυθμός άφιξης των κλήσεων
- οι χρονικές διάρκειες κατάληψης των διαύλων, στις περιπτώσεις επιτυχημένων κλήσεων
- ο συνολικός αριθμός των διαθέσιμων διαύλων
- η πιθανότητα αποκλεισμού, και
- ο τρόπος αντιμετώπισης των κλήσεων που αποκλείονται

Στα κυψελωτά συστήματα κινητών επικοινωνιών, σε κάθε κυψέλη αποδίδεται ένας συγκεκριμένος αριθμός διαύλων και όλοι οι χρήστες, οι οποίοι είναι πολύ περισσότεροι από τους διαύλους, πρέπει να εξυπηρετηθούν από τους διαύλους αυτούς. Η κατανομή των διαθέσιμων διαύλων στις κυψέλες, γίνεται με βάση την πυκνότητα των χρηστών σε κάθε κυψέλη, την απόσταση επαναχρησιμοποίησης των συχνοτήτων και τέλος, το διαθέσιμο φάσμα.

Οι κλήσεις δημιουργούνται από τους χρήστες σε εντελώς τυχαίες χρονικές στιγμές. Στη περίπτωση που ένας χρήστης επιθυμεί να επικοινωνήσει με έναν άλλο χρήστη, τα πιθανά αποτελέσματα θα είναι είτε η αποκατάσταση της μεταξύ τους επικοινωνίας, είτε η εγκατάλειψη της προσπάθειας επικοινωνίας από τον χρήστη που αιτεί την

επικοινωνία. Σε ένα σταθμό βάσης ο ρυθμός κλήσεων, δηλαδή το πλήθος των προσφερόμενων κλήσεων ανά μονάδα χρόνου, δεν είναι σταθερός αλλά αντίθετα ποικίλλει. Η άφιξη των κλήσεων αποτελεί συνεπώς ένα τυχαίο φαινόμενο, το οποίο χαρακτηρίζεται αφενός από νόμους των πιθανοτήτων οι οποίοι ελέγχουν τους χρόνους μεταξύ δυο διαδοχικών κλήσεων και αφετέρου από τον αριθμό των κλήσεων που καταφθάνουν μέσα σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Από την άλλη, η διάρκεια μιας κλήσης ή ο χρόνος κατάληψης ενός διαύλου καθορίζεται και αυτός από νόμους των πιθανοτήτων, για το λόγο ότι οι τερματισμοί των κλήσεων συμβαίνουν σε τυχαίες χρονικές στιγμές και επηρεάζονται πολύ από τη λειτουργία του συστήματος.

Η προσφερόμενη κίνηση (offered traffic) δημιουργείται από τις κλήσεις που φθάνουν στο σύστημα, ανεξάρτητα από τη μετέπειτα τύχη τους. Η ένταση της προσφερόμενης κίνησης ορίζεται ως ο μέσος αριθμός αφίξεων στο σύστημα κατά τη διάρκεια του μέσου χρόνου κατάληψης, και είναι ίση με το γινόμενο του μέσου αριθμού προσπαθειών κατάληψης των διαύλων, δηλαδή του ρυθμού άφιξης των κλήσεων λ, επί το μέσο χρονικό διάστημα κατάληψης των διαύλων, δηλαδή τη μέση διάρκεια των κλήσεων Η. Με βάση τα παραπάνω λοιπόν, κάθε χρήστης παράγει κίνηση :

$$A = \lambda \cdot \mathrm{H}$$

ενώ στο σύνολο τους, οι N χρήστες παράγουν :

$$A = N \cdot \lambda \cdot \mathrm{H}$$

Η αδιάστατη ποσότητα της προσφερόμενης κίνησης εκφράζεται επίσης σε Erlang. Η κίνηση που χάνεται ή η αποκλειόμενη κίνηση είναι προφανώς η διαφορά μεταξύ της προσφερόμενης και της μεταφερόμενης κίνησης. Η διαφορά μεταξύ προσφερόμενης και μεταφερόμενης κίνησης εξαρτάται από το βαθμό εξυπηρέτησης (Grade of Service, GoS), ο οποίος αποτελεί το μέτρο της μέγιστης αποδεκτής πιθανότητας, μια κλήση είτε να χαθεί είτε να βρίσκεται σε ουρά αναμονής για περισσότερο από ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Εναπόκειται στο σχεδιαστή του συστήματος να αποφασίσει για τον αριθμό των διαθέσιμων διαύλων, κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ικανοποιείται ένα προκαθορισμένο GoS, με δεδομένο το μέγιστο τηλεπικοινωνιακό προσφερόμενο φορτίο.

1.10 Αρχιτεκτονική GSM

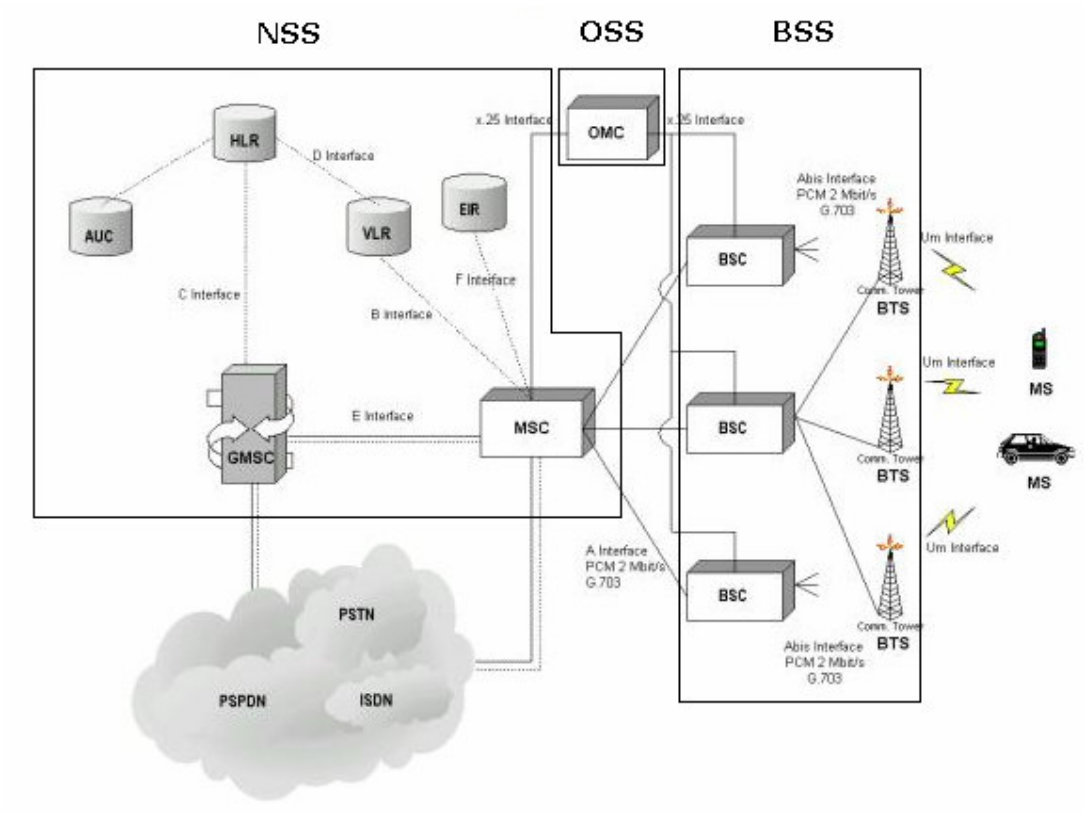
Η αρχιτεκτονική δομή του GSM συστήματος αποτελείται από τρία αλληλοσυνδεόμενα υποσυστήματα, τα οποία αλληλεπιδρούν και ανά μεταξύ τους, και με τους χρήστες μέσω κάποιων διεπαφών. Τα παραπάνω υποσυστήματα είναι το υποσύστημα σταθμών βάσης (Base Station Subsystem, BSS), το υποσύστημα δικτύου και μεταγωγής (Network and Switching Subsystem, NSS) και τέλος το υποσύστημα λειτουργίας και υποστήριξης (Operation Support Subsystem, OSS). Ο κινητός σταθμός - τερματικό αποτελεί και αυτό με τη σειρά του ένα υποσύστημα, αλλά στη παρούσα ανάλυση το θεωρούμε ως μέρος του BSS υποσυστήματος. Το μπλοκ διάγραμμα αρχιτεκτονικής του GSM συστήματος απεικονίζεται στο σχήμα 1.7, στο οποίο επισημαίνονται και τα επιμέρους interfaces.

Το BSS υποσύστημα, επίσης γνωστό και ως ράδιο υποσύστημα, παρέχει και διαχειρίζεται τη σύνδεση του κινητού τερματικού με το κέντρο μεταγωγής (MSC). Ο κινητός σταθμός (MS) και το υποσύστημα σταθμών βάσης (BSS) επικοινωνούν μέσω της διεπαφής Um (Um interface), επίσης γνωστή ως air interface ή radio link. Κάθε BSS υποσύστημα αποτελείται από πολλούς BSCs ελεγκτές, οι οποίοι συνδέουν το κινητό τερματικό (MS) με το NSS υποσύστημα διαμέσου των MSCs.

Το υποσύστημα NSS, το κύριο μέρος του οποίου είναι το κέντρο μεταγωγής κινητών υπηρεσιών (MSC**),** διαχειρίζεται τις λειτουργίες μεταγωγής του συστήματος, και συνάμα επιτρέπει στα MSCs να επικοινωνούν με άλλα δίκτυα όπως το PSTN, το ISDN και το PSPDN. Το OSS υποσύστημα υποστηρίζει τη λειτουργία και τη συντήρηση του GSM συστήματος, δίνοντας παράλληλα τη δυνατότητα στους μηχανικούς του συστήματος να παρακολουθούν το GSM σύστημα στην ολότητα του, και να επιλύουν τυχόν προβλήματα που προκύπτουν.

Η διεπαφή που συνδέει ένα σταθμό βάσης BTS με έναν ελεγκτή BSC ονομάζεται Abis interface. Το Abis interface μεταφέρει δεδομένα κίνησης και συντήρησης, και προδιαγράφεται από το GSM ώστε να είναι τυποποιημένο για όλους τους κατασκευαστές. Στη πράξη όμως, το Abis interface για κάθε κατασκευαστή GSM σταθμών βάσης παρουσιάζει κάποιες διακριτικές διαφορές, εξαναγκάζοντας με αυτό τον τρόπο τους παρόχους υπηρεσιών να προμηθεύονται τον BTS και BSC εξοπλισμό τους από τον ίδιο κατασκευαστή.

Τα BSCs είναι φυσικά συνδεδεμένα μέσω μικροκυματικής ζεύξης με το MSC. Η διεπαφή μεταξύ ενός BSC και ενός MSC ονομάζεται A interface. Το A interface χρησιμοποιεί ένα SS7 πρωτόκολλο με την ονομασία Signaling Correction Control Part (SCCP), το οποίο υποστηρίζει την επικοινωνία μεταξύ MSC και BSS. Τέλος, το A interface δίνει τη δυνατότητα στο πάροχο υπηρεσιών να χρησιμοποιεί σταθμούς βάσης και εξοπλισμό μεταγωγής διαφορετικού κατασκευαστή.



Σχήμα 1.7 : Αρχιτεκτονική GSM συστήματος

1.10.1 Base station subsystem

Το υποσύστημα σταθμών βάσης αποτελείται από τους πομποδέκτες σταθμού βάσης (Base Transceiver Station, BTS) και από τους ελεγκτές σταθμού βάσης (Base Station Controller, BSC). Τα BTS αποτελούν τους σταθερούς σταθμούς του δικτύου, οι οποίοι μέσω της Um διεπαφής χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία με τους MS. Ένας BTS μπορεί να είναι εγκατεστημένος είτε στο κέντρο είτε στα όρια μιας περιοχής κάλυψης, και αποτελείται από πομποδέκτες, καθένας από τους οποίους αντιπροσωπεύει ένα ξεχωριστό RF κανάλι. Το πλήθος των πομποδεκτών που θα έχει ο σταθμός εξαρτάται από την πυκνότητα των χρηστών στη περιοχή κάλυψης.

Το BSC διαχειρίζεται ένα αρκετά μεγάλο πλήθος BTS, ενώ παράλληλα ελέγχει θέματα όπως η σύνδεση MS και BTS, η ανάθεση - κατανομή των ραδιοσυχνοτήτων, και η κινητικότητα.

1.10.2 Network and switching subsystem

Το υποσύστημα δικτύου και μεταγωγής αποτελείται με τη σειρά του από το κέντρο μεταγωγής (Mobile services Switching Center, MSC), από το διαβιβαστικό κέντρο μεταγωγής κινητών υπηρεσιών (Gateway Mobile services Switching Center, GMSC), από τον οικείο καταχωρητή θέσης (Home Location Register, HLR), από τον καταχωρητή θέσης επισκεπτών (Visitor Location Register, VLR), από το κέντρο πιστοποίησης (Authentication Center, AUC) και τέλος από τον καταχωρητή ταυτότητας εξοπλισμού (Equipment Identity Register, EIR).

Η κύρια λειτουργία του MSC είναι η αποκατάσταση της κλήσης του κινητού τερματικού, εντός της περιοχής που καλύπτει το MSC και η παροχή της κατάλληλης ζεύξης με το κατάλληλο δίκτυο (σταθερής ή κινητής τηλεφωνίας) ή με άλλο κέντρο MSC του ίδιου παρόχου. Όσον αφορά το GMSC, αυτό αποτελεί το κέντρο μεταγωγής μέσω του οποίου γίνεται η διασύνδεση ενός χρήστη GSM με τα δίκτυα σταθερής τηλεφωνίας.

Η HLR αποτελεί μια βάση δεδομένων, στην οποία αποθηκεύονται και στατικά και δυναμικά δεδομένα. Τα στατικά δεδομένα περιλαμβάνουν πληροφορίες που αφορούν το συνδρομητή, όπως το κλειδί αυθεντικότητας, οι επιπρόσθετες υπηρεσίες στις οποίες έχει πρόσβαση ο συνδρομητής, καθώς και το IMSI (International Mobile Subscriber Identity), με το οποίο συμβάλλει στη διεθνή αναγνώριση του συνδρομητή.

Τα δυναμικά δεδομένα περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με τη θέση του κινητού τερματικού, όπως η διεύθυνση του VLR που εξυπηρετεί τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή τον συνδρομητή, επιτρέποντας έτσι τη δρομολόγηση των εισερχόμενων κλήσεων.

Κάθε MSC έχει το δικό του VLR. Η VLR είναι μια βάση δεδομένων που αποθηκεύει προσωρινά το IMSI και τις πληροφορίες των χρηστών για κάθε συνδρομητή που επισκέπτεται τη περιοχή κάλυψης ενός συγκεκριμένου MSC. Η VLR συνδέεται διαμέσου των MSCs σε μια ιδιαίτερη αγορά ή γεωγραφική περιοχή, και περιέχει τις πληροφορίες συνδρομής κάθε επισκεπτόμενου χρήστη στη περιοχή. Ειδικότερα, μόλις το κινητό τερματικό μεταφερθεί σε μια νέα MSC περιοχή, η VLR του νέου MSC θα ζητήσει δεδομένα για το κινητό από την HLR. Στη περίπτωση που το κινητό θελήσει να πραγματοποιήσει μια κλήση, ο VLR έχει όλα τα απαραίτητα δεδομένα για τη πραγματοποίηση της κλήσης, χωρίς να είναι απαραίτητη η ενημέρωση από την HLR, γεγονός το οποίο έχει ως επακόλουθο τη μείωση της κίνησης δεδομένων (data traffic) στην HLR.

Ο ρόλος του AUC έγκειται στον έλεγχο των χαρακτηριστικών που σχετίζονται με την ασφάλεια προσπέλασης του συστήματος και την πιστοποίηση της ταυτότητας. Η εξακρίβωση της ταυτότητας αποσκοπεί στη προστασία τόσο του παρόχου, όσο και του συνδρομητή. Τέλος, το EIR αναγνωρίζει εκείνους τους τερματικούς σταθμούς που μεταδίδουν μη έγκυρα στοιχεία αναγνώρισης, δηλαδή στοιχεία τα οποία δεν ταιριάζουν με τις πληροφορίες που υπάρχουν στις βάσεις δεδομένων των HLR και VLR , και εν συνεχεία μπλοκάρει την εξυπηρέτηση τους.

1.10.3 Operation and support subsystem

Το υποσύστημα λειτουργίας και υποστήριξης υποστηρίζει ένα ή περισσότερα κέντρα λειτουργίας και συντήρησης (Operation Maintenance Centers, OMC), τα οποία χρησιμοποιούνται προκειμένου να παρακολουθείται και να διατηρείται η απόδοση κάθε MS, BST, BSC, και MSC σε ένα GSM σύστημα. Το OSS έχει τρεις κύριες λειτουργίες, οι οποίες είναι :

- η συντήρηση όλου του τηλεπικοινωνιακού hardware και των λειτουργιών του δικτύου σε μια συγκεκριμένη αγορά
- η διαχείριση των διαδικασιών χρέωσης και τιμολόγησης
- διαχείριση όλου του κινητού εξοπλισμού του συστήματος

Σε κάθε GSM σύστημα, ένα OMC είναι αφιερωμένο για κάθε μια από τις παραπάνω λειτουργίες και παρέχει τις ρυθμίσεις των παραμέτρων όλων των σταθμών βάσης και των διαδικασιών τιμολόγησης. Τέλος, το OMC παρέχει τη δυνατότητα στους χειριστές του συστήματος να καθορίζουν την απόδοση και την ακεραιότητα κάθε επιμέρους τμήματος του εξοπλισμού των συνδρομητών στο σύστημα.

1.11 Συστήματα 3ης γενιάς

Η ιδέα για το παγκόσμιο σύστημα κινητών τηλεπικοινωνιών (Universal Mobile Telecommunication System, UMTS) γεννήθηκε στον ETSI (European Telecommunications Standards Institute) με την πρόθεση να παρέχει προηγμένες υπηρεσίες κινητών τηλεπικοινωνιών με παγκόσμια κάλυψη. Η ολοκλήρωση των υπηρεσιών των σταθερών δικτύων στα δίκτυα κινητών επικοινωνιών με επιτρεπτή ποιότητα υπηρεσιών, υπαγορεύει την παροχή διαφορετικών προφίλ κινητικότητας και υπηρεσιών από το δίκτυο. Ο σκοπός της μετάβασης προς τα συστήματα 3ης γενιάς (3G) ήταν η ανάπτυξη ενός διεθνούς προτύπου που συνδυάζει και αντικαθιστά σταδιακά τα κυψελωτά συστήματα 2ης γενιάς (2G). Ταυτόχρονα, τα 3G συστήματα αναμένεται να βελτιώσουν την ποιότητα της ομιλίας, να αυξήσουν την χωρητικότητα των δικτύων καθώς και τους ρυθμούς μετάδοσης στις κινητές υπηρεσίες δεδομένων.

Η Παγκόσμια Επιτροπή Ραδιοεπικοινωνιών έχει διαθέσει για το συγκεκριμένο σύστημα φάσμα 230 MHz στην περιοχή των 2000 MHz. Η Ευρώπη και η Ιαπωνία έχουν αποφασίσει να υλοποιήσουν το επίγειο τμήμα του UMTS στη ζευγαρωμένη (paired) ζώνη των 1920-1980 MHz (άνω ζεύξη) και των 2110-2170 MHz (κάτω ζεύξη), καθώς επίσης και στις δύο μη ζευγαρωμένες ζώνες 1900-1920 και 2010-2025 MHz .

Η μέθοδος αμφίδρομης επικοινωνίας που χρησιμοποιείται στη ζευγαρωμένη μπάντα είναι η Frequency Division Duplex (FDD) και η μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να προσφέρει είναι 384 kbps, ενώ για τη μη ζευγαρωμένη μπάντα είναι η Time Division Duplex (TDD) και η μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να προσφέρει είναι αυτή των 2 Mbps.

Η πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης κώδικα (Code Division Multiple Access, CDMA) έχει επιλεχθεί ως η βασική τεχνολογία για τα 3G συστήματα. Ειδικότερα, η ευρείας ζώνης πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης κώδικα (Wideband CDMA, WCDMA), η οποία αποτελεί μια εξέλιξη του CDMA ευθείας ακολουθίας (Direct Sequence CDMA, DS/CDMA), προτάθηκε ως το 3G ασύρματο πρότυπο. Από την πλευρά των Η.Π.Α., η αντίπαλη πρόταση είναι το cdmaOne (IS-95), το οποίο χρησιμοποιεί CDMA πολλαπλών φερόντων (Multi Carrier CDMA, MC/CDMA).

Το βασικό χαρακτηριστικό των 3G συστημάτων αποτελεί η υποστήριξη εφαρμογών πολυμέσων και η δυνατότητα πρόσβασης σε πληροφορίες και υπηρεσίες από δημόσια ή ιδιωτικά δίκτυα, με υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης. Οι βασικές απαιτήσεις που τίθενται από τα 3^{ης} γενιάς συστήματα είναι οι εξής :

- Παροχή εγγυημένης ποιότητας υπηρεσιών
- Ρυθμοί μετάδοσης μέχρι και 2 Mbps
- Μεταβαλλόμενος ρυθμός μετάδοσης για δυνατότητα προσφοράς εύρους ζώνης κατά απαίτηση
- Πολυπλεξία υπηρεσιών με διαφορετικές απαιτήσεις ως προς την ποιότητα, στην ίδια σύνδεση
- Μεταβαλλόμενες απαιτήσεις ως προς την καθυστέρηση, ανάλογα με την ευαισθησία της υπηρεσίας ως προς την καθυστέρηση
- Μεταβαλλόμενες απαιτήσεις ποιότητας, ανάλογα με την υπηρεσία
- Συνύπαρξη 2^{ης} και 3^{ης} γενιάς συστημάτων, και υποστήριξη μεταπομπής μεταξύ των συστημάτων για βελτίωση της κάλυψης και εξισορρόπηση του τηλεπικοινωνιακού φορτίου
- Υποστήριξη ασύμμετρης τηλεπικοινωνιακής κίνησης στην άνω και κάτω ζεύξη
- Συνύπαρξη FDD καιTDD συστημάτων
- Μεγάλη φασματική απόδοση
- Διεθνής περιαγωγή

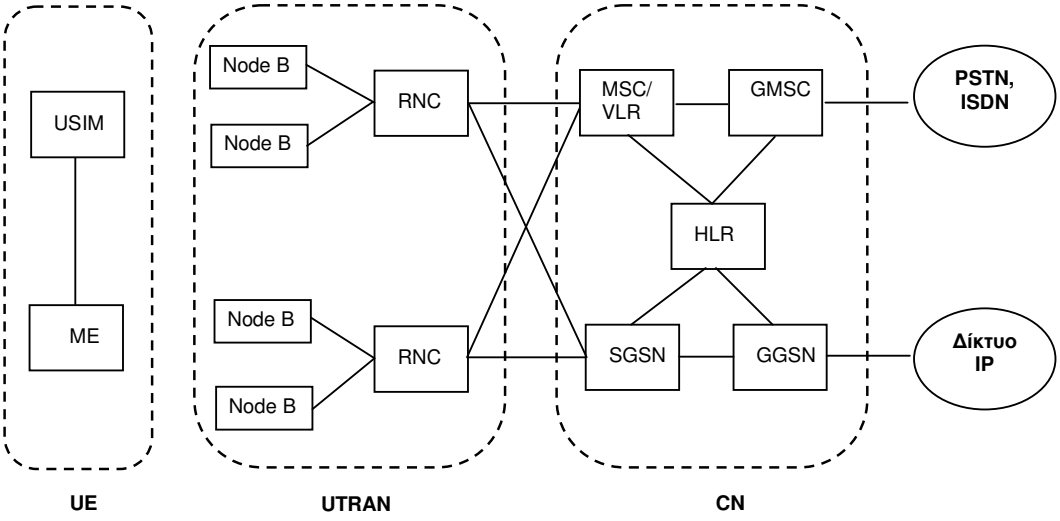
Για να μπορούν να υποστηρίζουν προηγμένες κινητές υπηρεσίες, οι νέες ασύρματες τεχνολογίες έχουν στόχο την επίτευξη υψηλών ρυθμών μετάδοσης για μεγάλη ποικιλία από κινητά τερματικά, συγκεκριμένα 144 kbps για οχήματα κινούμενα με ταχύτητα μέχρι 50 km/h, 384 kbps για πεζούς και 2 Mbps για εσωτερικούς χώρους. Το άλλο κύριο πρόβλημα είναι να ξεπεραστεί ο περιορισμός της περιοχικής κάλυψης που παρέχουν τα ασύρματα συστήματα κινητών επικοινωνιών 2^{ης} γενιάς, με συστήματα τρίτης γενιάς που παρέχουν παγκόσμια κάλυψη.

Για την επίτευξη της σωστής κατανομής του εύρους ζώνης, χρησιμοποιείται η μεταγωγή των πακέτων, με βάση την οποία οι διαθέσιμοι πόροι του δικτύου διανέμονται αποδοτικά στους συνδεδεμένους χρήστες. Έτσι, σε αυτού του είδους τις συνδέσεις διατίθεται όσο ακριβώς εύρος ζώνης απαιτείται, γεγονός το οποίο συνεπάγεται υψηλότερες ταχύτητες μετάδοσης. Στην αντίθετη περίπτωση, στις συνδέσεις με μεταγωγή κυκλώματος το κανάλι παραμένει ανοικτό ακόμα και όταν δε γίνεται μεταφορά δεδομένων, γεγονός το οποίο οδηγεί στην πλειονότητα των περιπτώσεων σε αυξημένο κόστος για το χρήστη και κατασπατάληση πόρων του δικτύου.

Σε αντίθεση με τα συστήματα δεύτερης γενιάς τα οποία επιτρέπουν μόνο τη μεταγωγή κυκλώματος, τα συστήματα τρίτης γενιάς επιτρέπουν τόσο τη μεταγωγή κυκλώματος, όσο και τη μεταγωγή πακέτων. Εξαιτίας της δυνατότητας αυτής που έχουν, τα 3G συστήματα παρέχουν προηγμένη και ευέλικτη υποστήριξη της ποιότητας υπηρεσιών. Υπηρεσίες όπως η φωνή, που είναι ευαίσθητες στη χρονική καθυστέρηση, παρέχονται με μεταγωγή κυκλώματος ενώ αντίθετα, η κίνηση δεδομένων η οποία αντέχει σε σχετικά μεγάλες καθυστερήσεις μπορεί να παρασχεθεί με μεταγωγή πακέτου, προκειμένου να επιτευχθεί αποδοτικότερη χρήση των πόρων του συστήματος.

Από λειτουργικής απόψεως, τα δομικά συστατικά ενός UMTS δικτύου αποτελούν το ασύρματο δίκτυο πρόσβασης (UMTS Radio Access Network, UTRAN), το δίκτυο κορμού (Core Network, CN) καθώς και ο τερματικός εξοπλισμός του χρήστη (User Equipment, UE). Ο εξοπλισμός του χρήστη (UE) αποτελεί τη διεπαφή μεταξύ χρήστη και ασυρμάτου δικτύου πρόσβασης, και αποτελείται αφενός από το τερματικό που χρησιμοποιείται για την επικοινωνία (Mobile Equipment, ME), και αφετέρου από την έξυπνη κάρτα USIM (UMTS Subscriber Identity Module) που περιέχει πληροφορίες σχετικές κυρίως με την ταυτότητα του χρήστη.

Η σχεδίαση των πρωτοκόλλων τόσο για το UE όσο και για το UTRAN, βασίζεται στις ανάγκες της νέας ασύρματης τεχνολογίας WCDMA. Όσον αφορά το CN, το οποίο είναι υπεύθυνο για τη μεταγωγή και δρομολόγηση των κλήσεων και των συνδέσεων δεδομένων προς τα εξωτερικά δίκτυα, αυτό υιοθετήθηκε από το GSM, γεγονός το οποίο προσδίδει στο σύστημα με τη νέα ασύρματη τεχνολογία μια παγκόσμια βάση γνωστής τεχνολογίας σταθερού δικτύου, επιταχύνοντας και διευκολύνοντας έτσι την εισαγωγή του ενώ παράλληλα εξασφαλίζεται το πλεονέκτημα της παγκόσμιας περιαγωγής.



Σχήμα 1.8 : Αρχιτεκτονική UMTS συστήματος

Ο ρόλος του UTRAN έγκειται στο χειρισμό των σχετικών λειτουργιών με το ραδιοδίκτυο, ενώ αποτελείται από δύο στοιχεία, το Node B και το RNC. Το Node B μετατρέπει τις ροές δεδομένων μεταξύ των UE και RNC και παράλληλα συμμετέχει στη διαχείριση των ασυρμάτων πόρων. Ο ελεγκτής ασυρμάτου δικτύου (Radio Network Controller, RNC) αποτελεί το σημείο πρόσβασης υπηρεσίας για όλες τις υπηρεσίες που παρέχει το UTRAN στο CN, και έχει τον έλεγχο και τη δικαιοδοσία των ασύρματων πόρων της περιοχής του.

Στο δίκτυο κορμού , τα στοιχεία HLR και MSC / VLR είναι τα γνωστά του GSM. Το GMSC στοιχείο αποτελεί το μεταγωγέα μέσω του οποίου το UMTS συνδέεται σε εξωτερικά δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος. Παρόμοια λειτουργία με το GMSC έχει και το GGSN, με τη μόνη διαφορά ότι το GGSN σχετίζεται με τις υπηρεσίες μεταγωγής πακέτου. Τέλος, η λειτουργία του SGSN είναι παρόμοια με του MSC / VLR, αλλά χρησιμοποιείται για υπηρεσίες μεταγωγής πακέτου. Το τμήμα του δικτύου στο οποίο η πρόσβαση επιτυγχάνεται μέσω του SGSN αναφέρεται συνήθως ως επικράτεια μεταγωγής πακέτου.

1.12 Συστήματα 4ης γενιάς

Στα σημερινά ασύρματα δίκτυα κινητών επικοινωνιών, ένα μεγάλο και συνεχώς αυξανόμενο μέρος της κίνησης αφορά σε κίνηση δεδομένων και τα πρώτα σημάδια του κινητού διαδικτύου στις ασύρματες επικοινωνίες έχουν ήδη φανεί, με την ανάπτυξη νέων εφαρμογών που εκμεταλλεύονται το πλεονέκτημα από τον συνδυασμό υψηλών ρυθμών μετάδοσης και κινητικότητας. Στα δίκτυα 3ης γενιάς ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης περιορίζεται στα 2 Mbps, ενώ επειδή τα συστήματα αυτά χαρακτηρίζονται από την ανομοιογένεια των προτύπων πρόσβασης, περιορίζουν την κινητικότητα των χρηστών καθώς δυσκολεύεται η διαπομπή μεταξύ διαφορετικών δικτύων.

Πέραν από την ανάπτυξη των 3ης γενιάς συστημάτων είναι τα συστήματα κινητών επικοινωνιών 4ης γενιάς (4G). Η σχεδίαση των 4G συστημάτων έχει ήδη ξεκινήσει, και αναμένεται τα συστήματα αυτά να ολοκληρωθούν και να αντικαταστήσουν τα 3ης γενιάς συστήματα εντός της επόμενης δεκαετίας. Βασική επιδίωξη των συστημάτων αυτών είναι η ενοποίηση των διαφόρων κινητών και ασύρματων δικτύων σε ένα ενιαίο δίκτυο, ενώ ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης που τα χαρακτηρίζει ανέρχεται στα 200 Mbps.

Η ενοποίηση των δυνατοτήτων 4G με τις ήδη υπάρχουσες τεχνολογίες και τις εξελιγμένες εκδοχές αυτών, θα χαρακτηρίζει τα δίκτυα 4ης γενιάς από μεγαλύτερο εύρος ζώνης, υψηλότερο ρυθμό δεδομένων και από γρηγορότερες διαπομπές. Τα βασικότερα χαρακτηριστικά των δικτύων 4G είναι :

- Η υψηλή συχνότητα χρησιμοποίησης
- Η υποστήριξη υπηρεσιών πολυμέσων και το χαμηλό κόστος μετάδοσης τους
- Παροχή προσωποποιημένων και ολοκληρωμένων υπηρεσιών

Οι μελλοντικές υποδομές 4G θα αποτελούνται από διάφορα δίκτυα που θα έχουν ως κοινό πρωτόκολλο το IP (Internet Protocol), προκειμένου οι χρήστες να έχουν τη δυνατότητα να επιλέγουν κάθε εφαρμογή και περιβάλλον οποτεδήποτε και οπουδήποτε. Συνακόλουθα, τα 4G δίκτυα εκτός από τις τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες παρέχουν υπηρεσίες δεδομένων και πολυμέσων. Για την υποστήριξη των εφαρμογών πολυμέσων, παρέχονται υπηρεσίες με υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης και με καλή αξιοπιστία, ενώ επιδιώκεται ταυτόχρονα η διατήρηση του χαμηλού κόστους μετάδοσης. Σε επίπεδο χρήστη, προκειμένου να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις τους, οι πάροχοι υπηρεσιών θα πρέπει να σχεδιάσουν προσωπικές υπηρεσίες προσαρμοσμένες σε αυτούς (προσωποποιημένες υπηρεσίες).

Τα συστήματα 4G παρέχουν επίσης υποδομή για ολοκληρωμένες υπηρεσίες. Οι χρήστες θα μπορούν να χρησιμοποιούν πολλαπλές υπηρεσίες από οποιονδήποτε πάροχο υπηρεσίας ταυτόχρονα. Στη πραγματικότητα, ο χρήστης θα έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιεί πολλαπλές ασύρματες υπηρεσίες, οι οποίες θα διαφέρουν όμως ως προς την παρεχόμενη ποιότητα υπηρεσιών, τις πολιτικές ασφαλείας, τις ρυθμίσεις στο τερματικό, τις μεθόδους χρέωσης και τις εφαρμογές. Για την εξέλιξη των τωρινών συστημάτων σε 4G συστήματα με τα χαρακτηριστικά που προαναφέρθηκαν, πρέπει να αντιμετωπιστούν θέματα τα οποία αφορούν :

i. Τα κινητά τερματικά
   - Χρήση τερματικών πολλαπλών τρόπων λειτουργίας (multimode)
   - Ανακάλυψη διατιθέμενων ασύρματων συστημάτων
   - Επιλογή ασύρματου συστήματος

ii. Το σύστημα
   - Κινητικότητα τερματικού
   - Υποδομή δικτύου και υποστήριξη ποιότητας υπηρεσιών
   - Ασφάλεια και απόρρητο
   - Ανοχή σε σφάλματα

iii. Τις υπηρεσίες
   - Προσωπική κινητικότητα
   - Πολλαπλοί πάροχοι και σύστημα χρέωσης

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου

1. Jawad Ibrahim, "*4G Features*" (Bechtel Telecommunications Technical Journal, December 2002)

2. M. Mouly and M.B. Pautet, "*The GSM System for Mobile Communications*" (France, 1992)

3. Theodore S. Rappaport, "*Wireless Communications*" (Prentice Hall, 1996)

4. M.K.Redl, S.M. Weber and M.W. Oliphant, "*An Introduction to GSM*" (Artech House Inc., 1995)

5. John Walker, "*Advances in Mobile Information Systems*" (Walker Edition, 1999)

6. Μ.Ε. Θεολόγου, "*Δίκτυα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών*" (Εκδόσεις Ε.Μ.Π., 2004)

7. Κανάτας Αθανάσιος, Κωνσταντίνου Φίλιππος, "*Συστήματα Κινητών Ραδιοεπικοινωνιών*" (Εργαστήριο Κινητών Ραδιοεπικοινωνιών Ε.Μ.Π., 2001)

8. Παναγιώτης Γ. Κωττής, "*Διαμόρφωση και Μετάδοση Σημάτων*" (Εκδόσεις Τζιόλα, 2003)

Κεφάλαιο 2°
"Εισαγωγή στην Ποιότητα Υπηρεσιών"

2.1 Εισαγωγή

Η ποιότητα μολονότι είναι μία έννοια που δύσκολα μπορεί να καθοριστεί, η σπουδαιότητα της τόσο σε βιομηχανικό επίπεδο όσο και σε επίπεδο χρήστη / καταναλωτή είναι καθοριστική. Η ποιότητα των υπηρεσιών αποτελεί ένα κεφάλαιο πρωταρχικής σημασίας στην οργάνωση και λειτουργία μιας επιχείρησης, αφού κατά γενικό κανόνα, μία εταιρία που εστιάζεται σε θέματα ποιότητας μπορεί να αυξήσει το μερίδιο της στην αγορά. Ειδικότερα, μια προσέγγιση της ποιότητας βασισμένη στις ανάγκες του χρήστη, μπορεί να αποφέρει σε μία εταιρία τη κατάκτηση μιας δεσπόζουσας θέσης απέναντι στον ανταγωνισμό, γεγονός το οποίο αποτελεί τη βάση για την αύξηση του μεριδίου της στην αγορά, ενώ παράλληλα έχει και θετικό αντίκτυπο στα έσοδα και στη κερδοφορία της εν λόγω επιχείρησης.

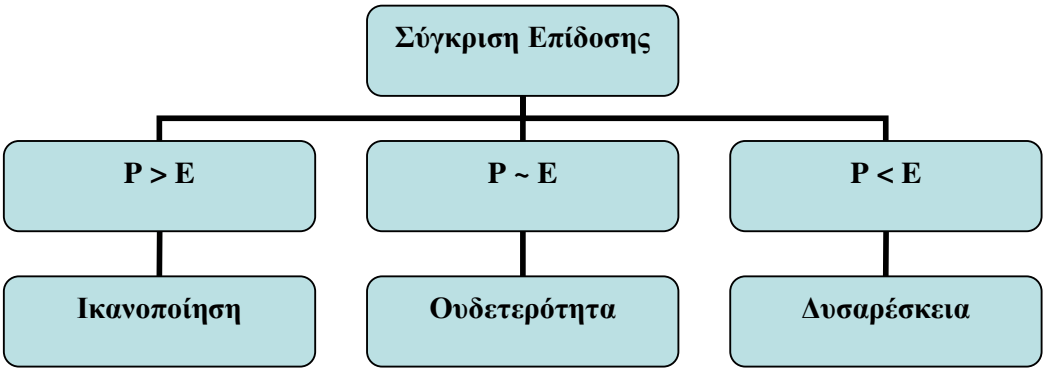
Η αντίληψη της ποιότητας από τη σκοπιά ενός κατασκευαστή ή ενός παρόχου υπηρεσιών είναι άμεσα συσχετισμένη με τη προσφερόμενη υπηρεσία, ωστόσο η πιο σημαντική εκτίμηση της ποιότητας πηγάζει από την αντίληψη της ποιότητας από τη πλευρά του χρήστη. Σε γενικές γραμμές, καθίσταται δύσκολη η κατανόηση του τρόπου με τον οποίον ο χρήστης αντιλαμβάνεται τη προσφερόμενη υπηρεσία καθώς και του πώς αυτός εκτιμά τη συγκεκριμένη υπηρεσία.

Ο βαθμός ικανοποίησης του χρήστη εξαρτάται από το αποτέλεσμα της σύγκρισης μεταξύ της αντιλαμβανόμενης (**P** – Perceived) και της προσδοκώμενης (**E** – Expected) απόδοσης μιας συγκεκριμένης υπηρεσίας. Τα τρία πιθανά αποτελέσματα μιας τέτοιας σύγκρισης είναι τα ακόλουθα :

- *Ικανοποίηση* : περίπτωση όπου η αντιλαμβανόμενη απόδοση της υπηρεσίας υπερέχει της προσδοκώμενης **(P > E)**

- *Ουδετερότητα* : προκύπτει στη περίπτωση ισότητας μεταξύ προσδοκώμενης και αντιλαμβανόμενης απόδοσης **(P ~ E)**

- *Δυσαρέσκεια* : περίπτωση όπου η αντιλαμβανόμενη υπολείπεται της προσδοκώμενης **(P < E)**

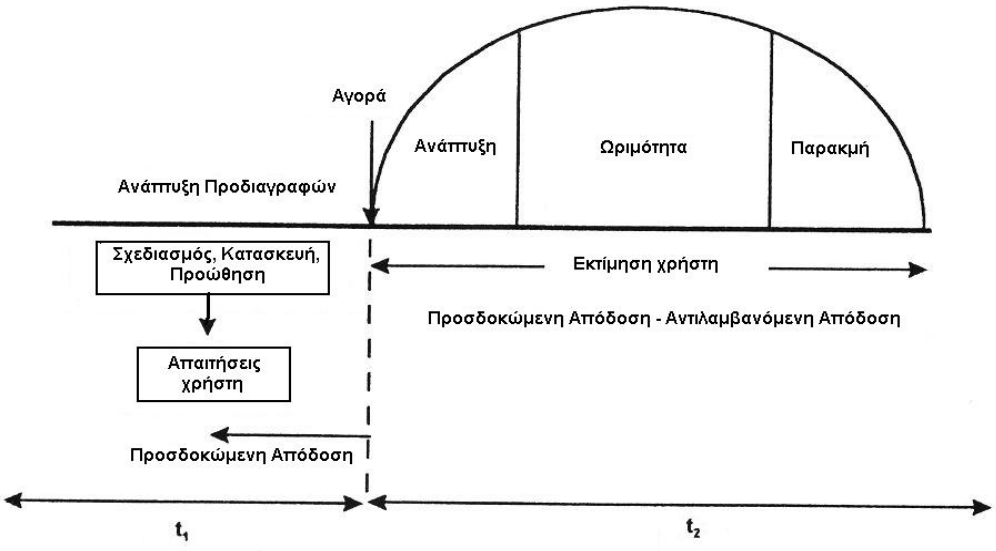


Σχήμα 2.1 : Μοντέλο Ικανοποίησης χρήστη

Η ποιότητα την οποία αντιλαμβάνεται ο χρήστης προέρχεται από τη σύγκριση εκείνων των χαρακτηριστικών, που ο ίδιος ο χρήστης πιστεύει ότι η συγκεκριμένη υπηρεσία πρέπει να προσφέρει, με τα χαρακτηριστικά που πραγματικά προσφέρονται στη πράξη. Γενικά, ένας χρήστης / πελάτης όταν "αγοράζει" μια υπηρεσία / προϊόν έχει εκ των προτέρων κάποιες προσδοκίες, σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο η υπηρεσία πρέπει να λειτουργεί, και οι οποίες έχουν να κάνουν με :

- την ικανοποίηση κάποιων σχετικών προδιαγραφών
- την απόδοση
- την αξιοπιστία (πιθανότητα αποτυχίας της υπηρεσίας)
- τη διαθεσιμότητα
- την απλότητα (ευκολία χρήσης της υπηρεσίας)
- τη διάρκεια ζωής
- την εξυπηρέτηση και
- την αισθητική

Οι παραπάνω προσδοκίες – κριτήρια μπορούν να θεωρηθούν σαν προβλέψεις τις οποίες και κάνει ο χρήστης, σχετικά με το τι μπορεί να προκύψει κατά τη διάρκεια χρήσης μιας υπηρεσίας. Η ποιότητα των υπηρεσιών ενδέχεται να αλλάξει με τη πάροδο του χρόνου, όπως χαρακτηριστικά απεικονίζεται στο σχήμα 2.2 .



Σχήμα 2.2 : Σχέση ποιότητας - κύκλου ζωής υπηρεσίας

Αρχικά κατά τη διάρκεια t_1 , η ποιότητα των υπηρεσιών καθοδηγείται από την ανάπτυξη και την οριοθέτηση των προδιαγραφών, οι οποίες για μια νέα υπηρεσία βασίζονται στις υποθέσεις του χρήστη / πελάτη για την ποιότητα, χωρίς απαραίτητα ο χρήστης να έχει κάποια προηγούμενη εμπειρία με την υπό εξέταση υπηρεσία. Κατά τη διάρκεια t_2 , αυτό μπορεί να αλλάξει ύστερα από τη χρήση και εξοικείωση της υπηρεσίας .

Η ποιότητα επηρεάζει το χρήστη κατά δύο τρόπους. Σε πρώτη φάση, η ποιότητα επηρεάζει τις αρχικές προθέσεις αγοράς του χρήστη. Παράγοντες όπως η εικόνα της εταιρείας, η διαφήμιση / δημοσιότητα των χαρακτηριστικών μιας υπηρεσίας /

προϊόντος, καθώς και η προηγούμενη εμπειρία της εταιρείας σε παρόμοιου είδους υπηρεσίες μπορούν να επηρεάσουν τις προθέσεις του μελλοντικού χρήστη / αγοραστή.

Σε δεύτερη φάση κατά τη διάρκεια χρήσης της υπηρεσίας, η ποιότητα θα επηρεάζεται ολοένα και περισσότερο από την απόδοση της υπηρεσίας, όπως επίσης και από την τεχνική υποστήριξη που θα παρέχεται στο χρήστη. Η ικανοποίηση του χρήστη μπορεί να είναι θετική, ουδέτερη ή αρνητική και θα είναι άμεσα σχετιζόμενη με την απόδοση της υπηρεσίας μέσα από τη συστηματική χρήση. Όπως λογικά προκύπτει λοιπόν, η έννοια της ποιότητας υπηρεσιών πρέπει να εξετάζεται λαμβάνοντας υπόψη και το κύκλο ζωής της υπηρεσίας.

Η ITU-T ορίζει την ποιότητα των υπηρεσιών ως "*τη συλλογική προσπάθεια για απόδοση της υπηρεσίας που καθορίζει το βαθμό ικανοποίησης του χρήστη για όλες τις υπηρεσίες*". Ωστόσο λαμβάνοντας υπόψη και τα παραπάνω, μπορούμε να ισχυριστούμε ότι η ποιότητα των υπηρεσιών ορίζεται τόσο από τη σκοπιά του χρήστη / πελάτη όσο και από τη σκοπιά του παρόχου υπηρεσιών. Από τη πλευρά του χρήστη, η ποιότητα των υπηρεσιών ορίζεται μέσω εκείνων των χαρακτηριστικών ή κριτηρίων τα οποία θεωρούνται απαραίτητα στη χρήση της υπηρεσίας, ενώ από τη πλευρά του παρόχου υπηρεσιών ορίζεται μέσω εκείνων των παραμέτρων οι οποίες συμβάλλουν προς την από άκρο σε άκρο απόδοση της υπηρεσίας, όπου στην από άκρο σε άκρο απόδοση "καθρεφτίζονται " και οι απαιτήσεις των χρηστών. Η ποιότητα αντιλαμβάνεται από το χρήστη και ο χρήστης είναι εκείνος που δηλώνει αφενός τι επίπεδα απόδοσης απαιτούνται από την υπηρεσία και αφετέρου τι επίπεδα απόδοσης αντιλαμβάνεται ο ίδιος ο χρήστης για την εκάστοτε παρεχόμενη υπηρεσία.

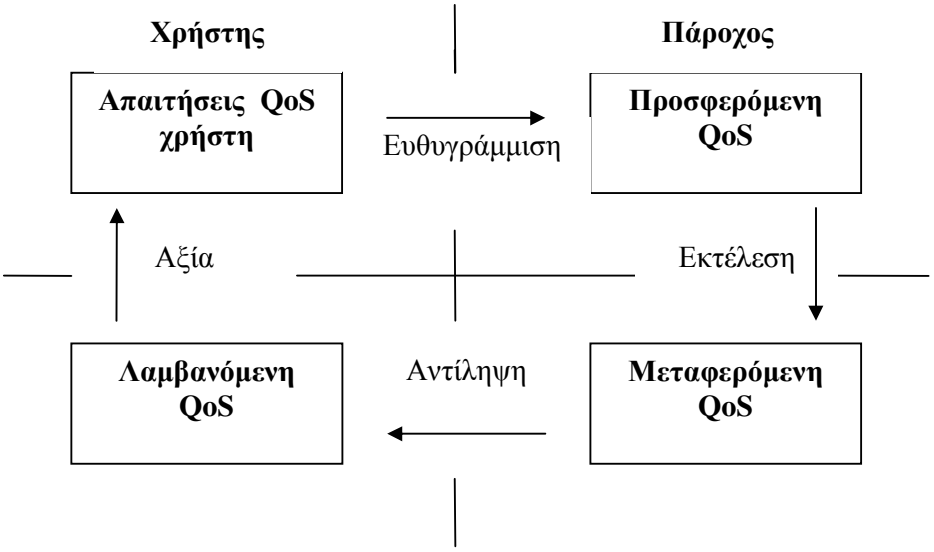
Αξίζει να σημειωθεί, πως στη παρούσα εργασία το χρησιμοποιούμενο πλαίσιο στο οποίο βασίζεται η μελέτη των θεμάτων της ποιότητας υπηρεσιών στις τηλεπικοινωνίες είναι αυτό που αναπτύχθηκε από το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Προτύπων Τηλεπικοινωνιών (ETSI). Τα δομικά συστατικά αυτού του πλαισίου είναι :

i. ο κύκλος ποιότητας
ii. ο πίνακας που διευκολύνει τον καθορισμό των παραμέτρων της ποιότητας των υπηρεσιών, και
iii. η μεθοδολογία για τη μελέτη και διαχείριση της ποιότητας των υπηρεσιών.

Ο κύκλος ποιότητας περιγράφει τις τέσσερις εκφάνσεις της ποιότητας των υπηρεσιών καθώς και τις μεταξύ τους σχέσεις. Από την άλλη πλευρά, ο πίνακας που διευκολύνει τον καθορισμό των παραμέτρων της ποιότητας των υπηρεσιών συγκροτεί τη δομή μιας εκ των τεσσάρων εκφάνσεων της ποιότητας των υπηρεσιών, και πιο συγκεκριμένα των απαιτήσεων του χρήστη σε θέματα ποιότητας υπηρεσιών (customer`s QoS requirements). Τέλος, η μεθοδολογία διαχείρισης περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο εφαρμόζεται η διαχείριση της ποιότητας των υπηρεσιών.

2.2 Κύκλος ποιότητας

Στο κύκλο ποιότητας υπάρχουν δύο βασικές υποδιαιρέσεις που αφορούν τόσο τον χρήστη όσο και τον πάροχο υπηρεσιών, όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.3 . Οι απαιτήσεις του χρήστη μπορούν να θεωρηθούν ως το λογικό σημείο έναρξης του διαγράμματος, αφού αποτελούν την είσοδο την οποία και λαμβάνει ο πάροχος υπηρεσιών, προκειμένου να καθορίσει την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών.



Σχήμα 2.3 : Κύκλος ποιότητας

Ο πάροχος των υπηρεσιών μπορεί να μην είναι πάντοτε σε θέση να προσφέρει στους πελάτες / χρήστες το επίπεδο της ποιότητας που αυτοί απαιτούν, και για αυτό το λόγο παρατηρείται ένα κενό (Alignment gap) μεταξύ των απαιτήσεων του χρήστη και της προσφερόμενης από το πάροχο ποιότητας υπηρεσιών. Παράγοντες όπως το κόστος της ποιότητας και θέματα στρατηγικής σημασίας του παρόχου, μπορούν να επηρεάσουν το επίπεδο της προσφερόμενης ποιότητας. Επίσης, οι απαιτήσεις του χρήστη μπορεί να επηρεάσουν και το είδος των συστημάτων παρακολούθησης και ελέγχου που θα χρησιμοποιήσει ο πάροχος για τη σύνταξη τακτικών αναφορών της μεταφερόμενης ποιότητας.

Οι αντιλήψεις των χρηστών σχετικά με τη μεταφερόμενη ποιότητα εκφράζονται μέσω δεικτών ικανοποίησης, οι οποίοι λαμβάνονται κατόπιν διεξαγωγής ερευνών / επιθεωρήσεων (surveys). Τα κενά μεταξύ μεταφερόμενης και προσφερόμενης (execution gap) και μεταξύ λαμβανόμενης και μεταφερόμενης ποιότητας (perception gap) αποτελούν σημεία στα οποία πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή, από πλευράς παρόχου υπηρεσιών. Επιπρόσθετα, υπάρχει και άλλο ένα κενό (value gap) μεταξύ των απαιτήσεων του χρήστη και της λαμβανόμενης ποιότητας υπηρεσιών. Ο παραπάνω συνδυασμός των αλληλεξαρτήσεων και του κύκλου ποιότητας αποτελούν τη βάση, για τη πρακτική και αποτελεσματική διαχείριση της ποιότητας των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών.

2.2.1 Απαιτήσεις QoS

Οι απαιτήσεις του χρήστη σε θέματα ποιότητας υπηρεσιών (customer`s QoS requirements) αποτελούν τη δήλωση των παραμέτρων και του επιπέδου της ποιότητας μιας συγκεκριμένης υπηρεσίας. Ο χρήστης μπορεί να εκφράσει το επίπεδο ποιότητας με τεχνικούς και με μη τεχνικούς όρους. Ένας τυπικός χρήστης δεν ενδιαφέρεται ούτε για τον τρόπο με τον οποίο παρέχεται μια συγκεκριμένη υπηρεσία, ούτε για θέματα σχεδιασμού του δικτύου. Αυτό που αποκλειστικά τον ενδιαφέρει είναι η προκύπτουσα από άκρο σε άκρο ποιότητα της υπηρεσίας. Υπό την οπτική γωνία του χρήστη λοιπόν, η ποιότητα υπηρεσιών πρέπει να εκφράζεται μέσω παραμέτρων οι οποίες :

- εστιάζονται στο αποτέλεσμα που αντιλαμβάνεται ο χρήστης

- δεν εξαρτώνται με θέματα εσωτερικού σχεδιασμού του δικτύου
- λαμβάνουν υπόψη όλες τις πτυχές της υπηρεσίας, πάντα υπό την οπτική του χρήστη
- μπορεί να είναι εγγυημένες στο χρήστη από τον πάροχο των υπηρεσιών
- περιγράφονται σε γλώσσα ανεξάρτητη από όρους του δικτύου, η οποία θα είναι ταυτόχρονα κατανοητή τόσο στο χρήστη όσο και στο πάροχο .

2.2.2 Προσφερόμενη QoS

Η προσφερόμενη από τον πάροχο υπηρεσιών ποιότητα (QoS offered) αποτελεί τη δήλωση του επιπέδου της ποιότητας που αναμένει ο πάροχος να προσφερθεί στο χρήστη. Το επίπεδο της ποιότητας εκφράζεται με τιμές που εκχωρούνται στις QoS παραμέτρους. Να σημειωθεί στο σημείο αυτό, ότι κάθε υπηρεσία μπορεί να έχει το δικό της σύνολο QoS παραμέτρων, ενώ ο πάροχος των υπηρεσιών μπορεί να εκφράσει τη παρεχόμενη ποιότητα υπηρεσιών σε μη τεχνικούς όρους, όπου αυτό κρίνεται αναγκαίο, προς όφελος πάντα των χρηστών.

2.2.3 Μεταφερόμενη QoS

Η μεταφερόμενη από τον πάροχο ποιότητα υπηρεσιών (QoS delivered / achieved) αποτελεί τη δήλωση του επιπέδου της ποιότητας που παρέχεται στη πράξη, στο χρήστη. Η μεταφερόμενη ποιότητα μπορεί να εκφρασθεί με τιμές που εκχωρούνται σε παραμέτρους, οι οποίες μπορεί να είναι οι ίδιες με τις αντίστοιχες της προσφερόμενης (offered QoS) και επομένως, καθίσταται δυνατή η μεταξύ τους σύγκριση.

2.2.4 Λαμβανόμενη QoS

Η ποιότητα των υπηρεσιών που αντιλαμβάνεται ο χρήστης (QoS perceived) αποτελεί τη δήλωση του επιπέδου της ποιότητας που ο ίδιος ο χρήστης πιστεύει πως έχει αισθανθεί. Η λαμβανόμενη ποιότητα συνήθως εκφράζεται υπό τη σκοπιά του βαθμού ικανοποίησης και όχι υπό τεχνικούς όρους, ενώ η αξιολόγηση της προκύπτει μέσω των παρατηρήσεων των χρηστών για τα επίπεδα της υπηρεσίας, καθώς και μέσω ερευνών / επιθεωρήσεων των χρηστών (customer surveys).

2.3 Καθορισμός QoS κριτηρίων

Μια τηλεπικοινωνιακή υπηρεσία μπορεί να υποδιαιρεθεί σε μοναδικά αναγνωρίσιμες “υπό - υπηρεσίες ” (δομικά μέρη), των οποίων το άθροισμα συγκροτεί την υπηρεσία στην ολότητα της. Η επιλογή και ομαδοποίηση αυτών των υπό – υπηρεσιών επηρεάζεται από τη σειρά με την οποία αυτές συνεισφέρουν στην υπηρεσία. Οι υπό – υπηρεσίες παρουσιάζονται στο σχήμα 2.4 και ομαδοποιούνται σε υπό – υπηρεσίες τεχνικού περιεχομένου, διαχείρισης του δικτύου / υπηρεσίας και χρέωσης.

Διαχείριση Υπηρεσίας

1. *Πώληση*
2. *Παροχή*
3. *Τροποποίηση*
4. *Υποστήριξη*
5. *Επισκευή*
6. *Διακοπή*

Ποιότητα Σύνδεσης

7. *Εγκατάσταση σύνδεσης*
8. *Μεταφορά πληροφορίας*
9. *Διακοπή σύνδεσης*

10. *Χρέωση*
11. *Διαχείριση δικτύου / υπηρεσίας από το χρήστη*

Σχήμα 2.4 : Δομικά μέρη τηλεπικοινωνιακής υπηρεσίας

Τα κριτήρια ενδιαφέροντος του χρήστη, σε θέματα ποιότητας τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών μπορούν να κατηγοριοποιηθούν όπως παρακάτω, προκειμένου να καλύπτουν αν όχι όλες, τη πλειονότητα των εκφάνσεων μιας τηλεπικοινωνιακής υπηρεσίας :

- *ταχύτητα* : πρόκειται για τη ταχύτητα με την οποία πραγματοποιείται μια ή και περισσότερες από τις υπό – υπηρεσίες της υπηρεσίας

- *ακρίβεια* : αναφέρεται στη πιστότητα και πληρότητα κατά την πραγματοποίηση της υπό – υπηρεσίας, σε σχέση πάντα με ένα επίπεδο αναφοράς

- *διαθεσιμότητα* : αποτελεί τη πιθανότητα με την οποία τα συστατικά μέρη μιας υπηρεσίας μπορούν να προσπελαστούν, προς όφελος του χρήστη, τη στιγμή της ζήτησης τους

- *αξιοπιστία* : η πιθανότητα η υπό – υπηρεσία να πραγματοποιείται με τη ταχύτητα, την ακρίβεια και τη διαθεσιμότητα να υπόκεινται σε καθορισμένα όρια, για μια δεδομένη περίοδο

- *ασφάλεια* : πρόκειται για την εμπιστευτικότητα με την οποία πρέπει να πραγματοποιείται μια υπηρεσία

- *απλότητα* : πρόκειται για την ευκολία εφαρμογής μιας υπό – υπηρεσίας. Αυτό το κριτήριο ποιότητας αναφέρεται στην εργονομική πλευρά του τρόπου με τον οποίο μεταφέρονται στο χρήστη τα χαρακτηριστικά της υπηρεσίας

- *ευελιξία* : το κριτήριο αυτό συνδυάζεται με τις προαιρετικές απαιτήσεις του χρήστη για την υπηρεσία. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η επιλογή συγκεκριμένης ημερομηνίας κατά την οποία θα αποστέλλεται ο μηνιαίος λογαριασμός στο πελάτη / χρήστη

Με βάση το παραπάνω σύνολο κριτηρίων καθώς και την υποδιαίρεση μιας υπηρεσίας σε υπό – υπηρεσίες, μπορεί να σχηματισθεί ο πίνακας του σχήματος 2.5, τα κελιά του οποίου υποδηλώνουν τα κριτήρια QoS για μια τηλεπικοινωνιακή υπηρεσία.

Κριτήρια / "Υπο - υπηρεσίες"		Ταχύτητα 1	Ακρίβεια 2	Διαθεσιμότητα 3	Αξιοπιστία 4	Ασφάλεια 5	Απλότητα 6	Ευελιξία 7
Διαχείριση Υπηρεσίας	Πώληση							
	Παροχή							
	Τροποποίηση							
	Υποστήριξη							
	Επισκευή							
	Διακοπή							
Ποιότητα σύνδεσης	Εγκατάσταση σύνδεσης							
	Μεταφορά πληροφορίας							
	Διακοπή σύνδεσης							
Χρέωση								
Διαχείριση Δικτύου / Υπηρεσίας από το χρήστη								

Σχήμα 2.5 : Πίνακας QoS κριτηρίων

Να σημειωθεί πως ο παραπάνω πίνακας εκτός από την περίπτωση προσδιορισμού των κριτηρίων QoS του χρήστη, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό των παραμέτρων τόσο της προσφερόμενης ποιότητας υπηρεσιών, όσο και της πραγματικής απόδοσης της υπηρεσίας υπό τη σκοπιά του προσδιορισμού των συστημάτων παρακολούθησης και ελέγχου.

2.4 Διαχείριση υπηρεσίας

Οι πρώτες έξι υπό – υπηρεσίες του σχήματος 2.4 ομαδοποιούνται στην επονομαζόμενη κατηγορία "διαχείριση υπηρεσίας" και μπορούν να περιγραφούν ως εξής:

1. Πώληση : στην εμπορική σχέση μεταξύ πελάτη / χρήστη και παρόχου υπηρεσιών για παροχή και διατήρηση μιας υπηρεσίας, το πρώτο βήμα είναι η πώληση της υπηρεσίας. Σε αυτό το στάδιο, ο χρήστης ενημερώνεται σχετικά με τα χαρακτηριστικά της υπηρεσίας, τους περιορισμούς, τις ενδεχόμενες μελλοντικές αλλαγές στα χαρακτηριστικά και στις δυνατότητες της υπηρεσίας, το κόστος παροχής καθώς, και το προσδοκώμενο επίπεδο ποιότητας.

2. *Παροχή* : αναφέρεται στην εγκατάσταση, εκ μέρους του παρόχου υπηρεσιών, όλων εκείνων των συστατικών που απαιτούνται για τη λειτουργία και διατήρηση της υπηρεσίας, όπως καθορίζεται στις προδιαγραφές της υπηρεσίας.

3.*Τροποποίηση χαρακτηριστικών* : πρόκειται για τις ενδεχόμενες τροποποιήσεις κάποιων χαρακτηριστικών της υπηρεσίας που μπορεί να ζητήσει ο χρήστης, κατά τη διάρκεια της εμπορικής σχέσης χρήστη – παρόχου που προβλέπεται από το συμβόλαιο.

4. *(Τεχνική) Υποστήριξη* : περιλαμβάνει ενέργειες όπως η έρευνα και οι τεκμηριώσεις σε θέματα άμεσα σχετιζόμενα με τη λειτουργία της υπηρεσίας, διαδικασίες κατασκευής και προώθησης παραπόνων καθώς και ενέργειες προληπτικής συντήρησης.

5. *Επισκευή* : η συγκεκριμένη υπό – υπηρεσία περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες ενέργειες που σχετίζονται με την επισκευή, από τη χρονική στιγμή που μια υπηρεσία δεν προσφέρει τα προκαθορισμένα χαρακτηριστικά μέχρι τη στιγμή που αυτά επαναφέρονται προς χρήση.

6. *Διακοπή* : αποτελεί το λογικό σημείο λήξης τόσο της υπηρεσίας όσο και της εμπορικής σχέσης χρήστη – παρόχου. Η βασικότερη ενέργεια που σχετίζεται με αυτή την υπό – υπηρεσία είναι η απομάκρυνση του εξοπλισμού από την κατοχή του χρήστη.

2.5 Ποιότητα σύνδεσης

Οι επόμενες τρεις υπό – υπηρεσίες ανήκουν στη κατηγορία της "ποιότητας σύνδεσης" και καλύπτουν την ποιότητα από τη τεχνική της σκοπιά :

7. *Δημιουργία σύνδεσης* : όλες οι ενέργειες που σχετίζονται με τη δημιουργία μιας τηλεπικοινωνιακής υπηρεσίας συμπεριλαμβάνονται σε αυτή την υπό – υπηρεσία. Πρόκειται για το χρονικό διάστημα που περνά από τη στιγμή που ο χρήστης ζητάει μια υπηρεσία μέχρι τη στιγμή που ο χρήστης λαμβάνει το "σήμα" που υποδηλώνει

είτε την έναρξη παροχής της υπηρεσίας, είτε τη προσωρινή αδυναμία πραγματοποίησης της.

8. Μεταφορά πληροφορίας : πρόκειται για την υπό - υπηρεσία, πιθανόν τη πιο ευαίσθητη προς το χρήστη, που συγκεντρώνει όλες τις παραμέτρους ποιότητας που επηρεάζουν την απρόσκοπτη μεταφορά της πληροφορίας, καλύπτοντας τη χρονική περίοδο από τη στιγμή που η σύνδεση εγκαθίσταται μέχρι τη στιγμή που ο χρήστης ζητάει τη διακοπή της.

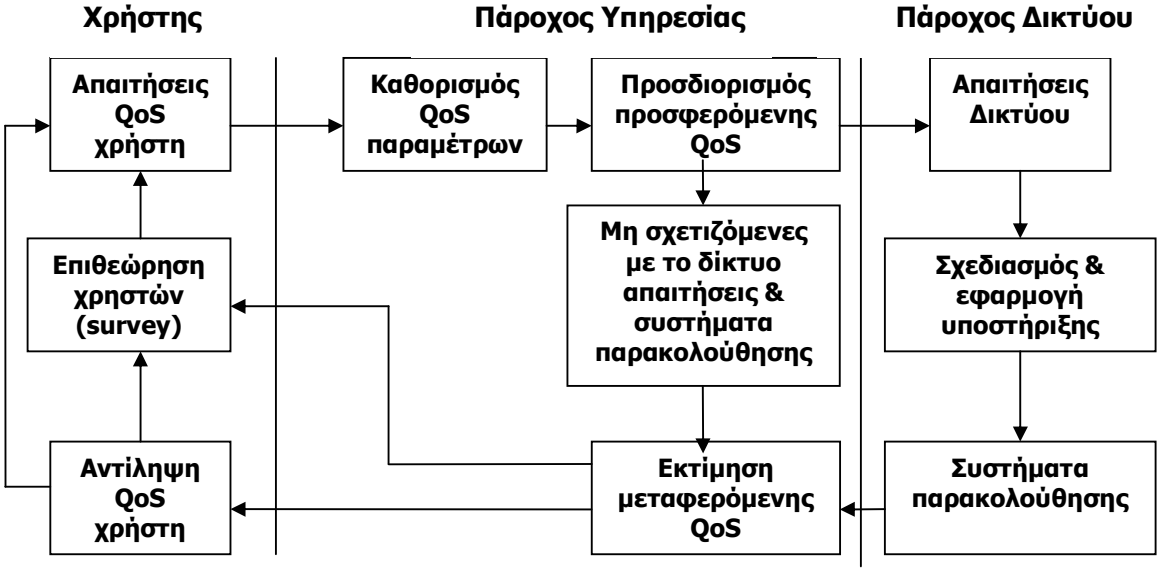
9. *Διακοπή σύνδεσης* : αναφέρεται σε όλες τις ενέργειες που σχετίζονται με τη παύση της σύνδεσης, από τη στιγμή που ο χρήστης ζητάει τη διακοπή της μέχρι τη στιγμή που η σύνδεση μεταβαίνει σε μη ενεργή κατάσταση.

10. *Χρέωση* : πρόκειται για ζητήματα που έχουν σχέση με θέματα χρέωσης και έκδοσης λογαριασμών. Τέτοια ζητήματα αποτελούν η ακρίβεια χρέωσης, η δυνατότητα ανάκτησης πληροφοριών χρέωσης, η μορφή των λογαριασμών καθώς και συγκεκριμένες απαιτήσεις του χρήστη τόσο στη δομή των λογαριασμών, όσο και στους τρόπους πληρωμής.

11. *Διαχείριση δικτύου / υπηρεσίας από το χρήστη* : αναφέρεται στις ενέργειες εκείνες, που με ολοένα και περισσότερη πολυπλοκότητα, δίνουν τη δυνατότητα στο χρήστη να ελέγχει εν μέρει τόσο την εκάστοτε τηλεπικοινωνιακή υπηρεσία όσο και τη διαμόρφωση του δικτύου.

2.6 Διαχείριση ποιότητας

Το τρίτο και τελευταίο μέρος του πλαισίου για τη μελέτη και διαχείριση της ποιότητας υπηρεσιών αποτελεί η μεθοδολογία διαχείρισης της. Η βέλτιστη δυνατή διαχείριση QoS προκύπτει στις περιπτώσεις όπου οι αρχές TQM (**T**otal **Q**uality **M**anagement) εφαρμόζεται στη πράξη μέσα από την οργάνωση και λειτουργία του παρόχου υπηρεσιών. Το σχήμα 2.6 παρουσιάζει τα βασικά βήματα που απαιτούνται για την αποτελεσματική διαχείριση ποιότητας :



Σχήμα 2.6 : Βήματα διαχείρισης QoS

Βήμα 1 : αυτό το βήμα έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιηθεί σε μια ευρύτερη βάση υπηρεσιών, ανάλογα με την έκταση των πληροφοριών που απαιτούνται, ενώ η κατηγοριοποίηση των χρηστών καθίσταται δυνατή από τότε που "διαφορετικοί" χρήστες έχουν διαφορετικές απαιτήσεις QoS.

Βήμα 2 : ο πάροχος υπηρεσιών ή του δικτύου "μεταφράζει" τις απαιτήσεις του χρήστη σε μια πιο τεχνική γλώσσα, χρησιμοποιώντας ωστόσο ορολογίες κατανοητές προς το χρήστη.

Βήμα 3 : ο πάροχος υπηρεσιών καθορίζει το επίπεδο της ποιότητας που πρόκειται να προσφέρει στο χρήστη, λαμβάνοντας σοβαρά υπόψη παραμέτρους όπως, το κόστος εφαρμογής της υπηρεσίας, ο ανταγωνισμός και το μέλλον της υπό εξέταση υπηρεσίας, από την εμπορική της πλευρά.

Βήμα 4 - 7 : η προσφερόμενη QoS ερμηνεύεται με βάση εσωτερικών προδιαγραφών ενώ παράλληλα προκύπτει σχετικός σχεδιασμός και εφαρμογή υποστήριξης. Τα σχετιζόμενα και μη – σχετιζόμενα με το δίκτυο θέματα ποιότητας διακρίνονται μεταξύ τους, ενώ στις περιπτώσεις όπου πάροχος υπηρεσιών και πάροχος δικτύου ταυτίζονται, η υποστήριξη μπορεί να διεξαχθεί από την ίδια πηγή. Στην αντίθετη περίπτωση όπου οι δυο παραπάνω οντότητες διαφέρουν, τα σχετιζόμενα με το δίκτυο θέματα μεταβιβάζονται από το πάροχο υπηρεσιών στο πάροχο του δικτύου για τη σωστότερη λήψη αποφάσεων και εκτέλεση των κατάλληλων ενεργειών. Τα συστήματα παρακολούθησης του δικτύου μπορούν να συμπεριλάβουν χαρακτηριστικά όπως, ο έλεγχος του εξοπλισμού, η συχνότητα διεξαγωγής μετρήσεων και το μέγεθος του λαμβανόμενου δείγματος μέτρησης.

Βήμα 8 : τα δεδομένα από τα συστήματα παρακολούθησης δεσμεύονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα, για επεξεργασία και εξαγωγή στατιστικών δεικτών που προορίζονται για περαιτέρω μελέτη της απόδοσης της υπηρεσίας.

Βήμα 9 – 10 : ο πάροχος υπηρεσιών ή ένας συνεργαζόμενος με αυτόν φορέας, μπορεί να διενεργήσει έρευνες / επιθεωρήσεις (customer surveys), προκειμένου να προσδιοριστεί το μέγεθος της ικανοποίησης του χρήστη από τη διαθέσιμη υπηρεσία.

Η εκτέλεση των δέκα παραπάνω βημάτων μπορεί να εξασφαλίσει τη στενή επίβλεψη και έλεγχο της διαδικασίας διαχείρισης της ποιότητας. Η ποιότητα, δύσκολα μπορεί να αποτελέσει ζήτημα έντονης διαμάχης μεταξύ των παρόχων υπηρεσιών, με την προϋπόθεση διεξαγωγής σε τακτική βάση, επιθεωρήσεων του κύκλου ποιότητας.

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου

1. ETR 003, "*Network aspects (NAs); general aspects of quality of service (QoS) and network performance*" (European Telecommunications Standard Institute, 1994, 2nd edition)

2. ITU - T Recommendation E.430, "*Quality of Service framework*" (International Telecommunications Union, 1992)

3. A. P. Oodan, K. E. Ward and A. W. Mullee, "*Quality of Service in Telecommunications* " (The Institute of Electrical Engineers, 1997)

4. Richters, J. S., and Dvorak, C. A., "*A framework for defining the quality of communications services*" (IEEE Comm. Mag., Oct 1988)

5. US National Regulatory Research Institute, "*Telecommunications service quality*" (March 1996)

6. WALKER, J. L, "*Service encounter satisfaction: conceptualized*" (J. Services Marketing, 1995)

Κεφάλαιο 3°
"QoS – Μελέτη και κατηγορίες"

3.1 Χαρακτηριστικά QoS απαιτήσεων του χρήστη

Το λογικό σημείο έναρξης για τη μελέτη της διαχείρισης της ποιότητας υπηρεσιών αποτελεί ο προσδιορισμός των απαιτήσεων του χρήστη, προσδιορισμός ο οποίος κρίνεται αναγκαίος, ειδικά αν ο πάροχος υπηρεσιών επιθυμεί να παρέχει την ποιότητα που θα ικανοποιεί τις ανάγκες του χρήστη. Οι απαιτήσεις QoS του χρήστη έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά :

1. εκφράζονται σε γλώσσα κατανοητή προς το χρήστη, και όχι προς το πάροχο
2. η ποιότητα εκφράζεται σε όλο το εύρος, εφόσον δε προβλέπεται από το χρήστη να έχει τη δυνατότητα να μπορεί να εκτιμήσει τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά των απαρτιζόμενων συστατικών μιας από άκρο σε άκρο υπηρεσίας, αλλά μπορεί μονάχα να εκτιμήσει την υπηρεσία βασιζόμενος σε πραγματική χρήση.
3. η ποιότητα εκφράζεται ξεχωριστά, και ανά υπηρεσία για τις κυριότερα προσφερόμενες υπηρεσίες. Τα κριτήρια ποιότητας ενδέχεται να διαφέρουν για διαφορετικές υπηρεσίες. Ακόμα και στις περιπτώσεις που τα κριτήρια ή οι παράμετροι ποιότητας παραμένουν ίδια για διαφορετικές υπηρεσίες, οι στόχοι είναι διαφορετικοί για κάθε υπηρεσία. Για την αποτελεσματικότερη διαχείριση της ποιότητας υπηρεσιών κρίνεται απαραίτητη για κάθε σημαντική υπηρεσία, η ύπαρξη ενός συνόλου με συγκεκριμένες παραμέτρους QoS και στόχους.
4. οι παράγοντες που επηρεάζουν τις απαιτήσεις είναι :

   - η αντίληψη του χρήστη για τα χαρακτηριστικά της υπηρεσίας και οι γνώσεις του για την τεχνολογία των τηλεπικοινωνιών
   - η σχέση μεταξύ τιμής και ποιότητας υπηρεσιών
   - η μεταβολή με το χρόνο των απαιτήσεων ποιότητας
   - η μεταβολή των επιπέδων ποιότητας με το επίπεδο της αντιλαμβανόμενης ποιότητας
   - η αξία των τηλεπικοινωνιών τόσο στη προσωπική όσο και στην επαγγελματική ζωή των χρηστών.

Οι παραπάνω παράγοντες μπορούν να ομαδοποιηθούν στις παρακάτω κατηγορίες :

i. τύπος εφαρμογής
ii. ανταγωνισμός
iii. τεχνολογία
iv. οικονομικά

Τύπος εφαρμογής : το σχήμα 3.1 δείχνει την αλυσίδα QoS που συνδέει τον πάροχο και το χρήστη, Ο πάροχος δικτύου παρέχει το δίκτυο στο πάροχο υπηρεσιών, ο οποίος και απαιτεί ένα επίπεδο QoS από το πάροχο δικτύου. Ο χρήστης εξυπηρετείται από τον πάροχο υπηρεσιών, απαιτώντας και αυτός με τη σειρά του ένα επίπεδο QoS από τον πάροχο υπηρεσιών.

Σχήμα 3.1 : Αλυσίδα QoS απαιτήσεων

Οι ιδιαίτερες απαιτήσεις ποιότητας για τις QoS παραμέτρους διαφέρουν κατά βάση από χρήστη σε χρήστη, εξαρτώμενες από την εφαρμογή της υπηρεσίας και τη σπουδαιότητα της. Η αναγνώριση του παραπάνω παράγοντα μπορεί να βοηθήσει το πάροχο των υπηρεσιών στην αναγνώριση των ιδιαίτερων απαιτήσεων ποιότητας του χρήστη σε διάφορους τομείς της αγοράς. Επομένως, η γνώση τόσο της αγοράς όσο και των ιδιαίτερων απαιτήσεων του χρήστη, συμβάλλουν στην αναγνώριση των ιδιαίτερων απαιτήσεων του χρήστη σε θέματα ποιότητας.

Ανταγωνισμός : το επίπεδο της ποιότητας που επιδιώκει ο χρήστης επηρεάζεται από την ύπαρξη ανταγωνισμού. Ειδικότερα, ο χρήστης αναζητά εκείνον τον πάροχο υπηρεσιών που θα του παρέχει υπηρεσίες με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά, τα οποία και θα αντικατοπτρίζουν τις QoS απαιτήσεις του. Τέτοιοι παράγοντες έχουν σημαντική επιρροή στη βιομηχανία των τηλεπικοινωνιών κατά τη διάρκεια της συνεχώς αναπτυσσόμενης φύσης της τεχνολογίας. Στις περιπτώσεις όπου ο χρήστης είναι ικανοποιημένος τόσο, ώστε μια παράμετρος απόδοσης να έχει φτάσει σε ένα αποδεκτό επίπεδο, μια άλλη παράμετρος απόδοσης γίνεται πλέον πρωταρχικής σημασίας για αυτόν. Έτσι, οι απαιτήσεις ποιότητας μπορούν να επηρεαστούν από τις βελτιωμένες εκδοχές υπηρεσιών που παρέχουν οι ανταγωνιστές καθώς και από το τι μπορεί να επιτευχθεί μέσω της τεχνολογικής εξέλιξης.

Τεχνολογική εξέλιξη : οι προσδοκίες του χρήστη για την ποιότητα επηρεάζονται από την αντίληψη του για τα πιθανά οφέλη που μπορεί να του αποφέρει η τεχνολογική πρόοδος. Η παραπάνω αντίληψη πηγάζει τόσο από τον συνεχή εκσυγχρονισμό των προτάσεων εξοπλισμού (π.χ κινητά τερματικά), όσο και από τη διαθεσιμότητα νέων υπηρεσιών βασισμένων σε ενισχυμένες πλατφόρμες επικοινωνίας. Μια σημαντική μερίδα χρηστών είναι υπό συνεχή αναζήτηση βελτιωμένων μέσων επικοινωνίας, προκειμένου να βελτιώσουν την αποδοτικότητα των τηλεπικοινωνιακών τους εφαρμογών και επομένως, να γίνουν πιο ανταγωνιστικοί στο επαγγελματικό τους περιβάλλον.

Οικονομικά : ο μέσος χρήστης που παραδοσιακά πραγματοποιεί λίγες κλήσεις, δεν ενδιαφέρεται τόσο για τα υψηλά επίπεδα της παρεχόμενης ποιότητας, όσο για το κόστος χρήσης. Από την άλλη πλευρά, χρήστες των οποίων η επαγγελματική τους δραστηριότητα καθιστά απαραίτητη τη χρήση τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών απαιτούν υπηρεσίες, υψηλής ποιότητας με μηδενικές απώλειες και χωρίς λάθη

μετάδοση, οποτεδήποτε χρειαστεί, θέτοντας το κόστος σε δεύτερη μοίρα. Όπως λογικά προκύπτει λοιπόν, ο πάροχος υπηρεσιών πρέπει να είναι γνώστης των παραπάνω διαφορετικών διαστάσεων των QoS απαιτήσεων του χρήστη και των παραγόντων που τις επηρεάζουν. Η παραπάνω γνώση θα διαφοροποιήσει τη προσέγγιση του παρόχου υπηρεσιών σε θέματα ποιότητας.

Η σχέση μεταξύ κόστους (από πλευράς χρήστη) και ποιότητας αποτελεί ένα σύνθετο θέμα για το οποίο πρέπει να διεξαχθεί περαιτέρω έρευνα, προκειμένου να προσδιοριστεί η σχέση μεταξύ της ποιότητας και του οικονομικού τιμήματος που είναι διατεθειμένος ο χρήστης να αποδώσει για χρήση διαφορετικών τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών.

3.2 Εφαρμογή των QoS απαιτήσεων του χρήστη

Οι απαιτήσεις ποιότητας υπηρεσιών του χρήστη έχουν τις ακόλουθες εφαρμογές :

i. εκτός από το ότι αποτελούν την είσοδο στο κύκλο ποιότητας και στη διαχείριση της ποιότητας των υπηρεσιών, συγκροτούν επίσης και τη βάση για τον καθορισμό του επιπέδου της προσφερόμενης ποιότητας από τον πάροχο υπηρεσιών. Στις μονοπωλιακές εποχές, ο προμηθευτής ήταν αυτός που καθόριζε τι ήταν “καλό” για το χρήστη. Ωστόσο, καθώς το περιβάλλον γινόταν όλο και πιο ανταγωνιστικό. ο χρήστης είχε ολοένα και περισσότερο πρωταγωνιστικό ρόλο, στη διαπραγμάτευση με το πάροχο υπηρεσιών, προκειμένου να επιτευχθεί μια ισορροπία μεταξύ ποιότητας και τιμής.

   Οι συμφωνίες στάθμης παρεχόμενων υπηρεσιών (**S**ervice **L**evel **A**greements – SLAs) πραγματοποιούνται μεταξύ προμηθευτή και χρήστη. Πρόκειται για δεσμεύσεις μέσω συμβολαίου με οικονομικές κυρώσεις σε περιπτώσεις μη συμμόρφωσης. Συμφωνίες τέτοιου είδους (SLAs) καλύπτουν θέματα σχετικά με, τη διαφύλαξη της υπηρεσίας, τη τιμολόγηση και με ο,τιδήποτε θεωρεί ο χρήστης τόσο σημαντικό ώστε να επιθυμεί κάποια μορφή εξασφάλισης. Οι παραπάνω συμφωνίες, είναι επίσης δυνατό να υπάρξουν μεταξύ παρόχου δικτύου και παρόχου υπηρεσιών, καθώς και μεταξύ προμηθευτών ακόμα και σε διεθνές επίπεδο.

ii. αποτελούν τη βάση για τη δημιουργία των παραμέτρων ποιότητας, μέσω των οποίων θα εκδοθούν στοιχεία σχετικά με το επίπεδο της μεταφερόμενης ποιότητας. Η εφαρμογή αυτή κρίνεται ιδιαίτερα σημαντική καθώς ένα σημαντικό ποσοστό των χρηστών απαιτεί τη δημοσίευση τέτοιων στοιχείων επίδοσης.

iii. επηρεάζουν τους κατασκευαστές ειδικού εξοπλισμού μετρήσεων, μιας και η πλειοψηφία αυτών λαμβάνει υπόψη της, τις απαιτήσεις των χρηστών στο σχεδιασμό του εξοπλισμού μετρήσεων. Όσον αφορά τη θεώρηση των απαιτήσεων QoS του χρήστη στο σχεδιασμό τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού μετάδοσης, κρίνεται οριακή και όχι αναγκαία καθώς ο εν λόγω σχεδιασμός καθοδηγείται από το σύνολο των απαιτήσεων τόσο του παρόχου υπηρεσιών, όσο και του παρόχου του δικτύου.

3.3 Διαχείριση των QoS απαιτήσεων του χρήστη

Πριν τη μελέτη των θεμάτων που σχετίζονται με τη διαχείριση της ποιότητας των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών, κρίνεται αναγκαία η παρουσίαση των φορέων που εμπλέκονται σε αυτή. Πιο συγκεκριμένα, οι συμμετέχοντες στη διαχείριση της ποιότητας των υπηρεσιών είναι :

1. *ο πάροχος των υπηρεσιών*, ο οποίος είναι και ο κυριότερος παράγοντας. Οι "μεγάλοι" πάροχοι υπηρεσιών έχουν τα δικά τους δίκτυα τα οποία και διαχειρίζονται, σε αντίθεση με τους "μικρούς" παρόχους υπηρεσιών που μισθώνουν δικτυακές υποδομές από ένα κύριο πάροχο υπηρεσιών. Ο χρήστης διαπραγματεύεται πάντα με τον πάροχο των υπηρεσιών, του οποίου ευθύνη αποτελεί η εξασφάλιση του επιθυμητού επιπέδου ποιότητας.

2. *ο πάροχος του δικτύου*, που είναι και υπεύθυνος για τη παροχή στο πάροχο των υπηρεσιών, των σχετιζόμενων με το δίκτυο κριτηρίων ποιότητας. Επιπλέον ο πάροχος του δικτύου οφείλει να αποστέλλει στο πάροχο υπηρεσιών, όταν ο τελευταίος το απαιτήσει, στοιχεία ενδεικτικά της ποιότητας του δικτύου, πιθανόν για διαφορετικά επίπεδα ποιότητας. Στις περιπτώσεις όπου ο πάροχος δικτύου δεν είναι ταυτόχρονα και πάροχος υπηρεσιών, πραγματοποιούνται συνήθως συμφωνίες (SLAs) μεταξύ των δυο πλευρών, για τα προσφερόμενα επίπεδα ποιότητας. Τέτοιου είδους συμφωνίες είναι επίσης δυνατό να υπάρξουν μεταξύ ενός παρόχου δικτύου και αρκετών (όχι απαραίτητα ενός) παρόχων υπηρεσιών.

3. *οι διεθνείς οργανισμοί τυποποίησης,* οι οποίοι καθορίζουν τη τεχνική απόδοση των τηλεπικοινωνιακών δικτύων και υπηρεσιών. Οι παραπάνω κανονισμοί μπορούν να επηρεάσουν θετικά το προσχεδιασμένο επίπεδο της από άκρο σε άκρο ποιότητας, όταν ενσωματώνονται στη διαχείριση του δικτύου και των υπηρεσιών. Μέχρι και σήμερα, οι κανονισμοί προσαρμόζονται κυρίως στις ανάγκες του παρόχου του δικτύου και όχι τόσο σε αυτές του χρήστη. Ωστόσο, αυτή η κατάσταση αναμένεται να διαφοροποιηθεί κυρίως λόγω του έντονου ανταγωνισμού και έτσι περισσότεροι κανονισμοί θα είναι πιο κοντά στις ανάγκες και τις απαιτήσεις του χρήστη.

4. *οι ομάδες χρηστών,* για το λόγο ότι ασκούν σημαντική επιρροή μέσω της δήλωσης των παραμέτρων επίδοσης, που αυτοί προτιμούν, για τη δημοσίευση στοιχείων σχετικά με τη μεταφερόμενη ποιότητα. Οι πάροχοι των υπηρεσιών μερικές φορές επιλέγουν για δημοσίευση εκείνες τις QoS παραμέτρους που θα δώσουν τη καλύτερη δυνατή εντύπωση για τη λειτουργία και απόδοση της υπό εξέταση υπηρεσίας.

Όσον αφορά τα θέματα, των οποίων η μελέτη είναι απαραίτητη για τη διαχείριση των QoS απαιτήσεων του χρήστη, μπορούν να ταξινομηθούν όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.2 στις παρακάτω κατηγορίες :

- δημιουργία συγκεκριμένων QoS κριτηρίων. Με τη βοήθεια του πίνακα 2.5 προκύπτει, όπως απεικονίζεται και στο πίνακα 3.1, ένα σύνολο ποσοτικών QoS κριτηρίων. Οι παρενθέσεις αναφέρονται στην αντιστοίχιση των παραμέτρων επίδοσης με τα κελιά του πίνακα 2.5 . Να σημειωθεί πως το σύνολο - έκταση των QoS κριτηρίων καθορίζεται από το πάροχο των υπηρεσιών, ώστε να συμβαδίζει με τις δικές του απαιτήσεις.

- κατανόηση των QoS απαιτήσεων του χρήστη. Η σύλληψη αυτών των παραμέτρων μπορεί να γίνει με συνδυασμό των παρακάτω μεθόδων :

  i. συμπλήρωση ερωτηματολογίου
  ii. προσωπικές συνεντεύξεις χρηστών
  iii. τηλεφωνικές συνεντεύξεις
  iv. πρόχειρες μελέτες

- προσδιορισμός των ομαδοποιήσεων των χρηστών. Δεδομένης μιας τηλεπικοινωνιακής υπηρεσίας, διαφορετικοί χρήστες μπορεί να έχουν διαφορετικές απαιτήσεις. Ομάδες χρηστών με παρόμοιες απαιτήσεις μπορούν να αναγνωριστούν και οι κοινές απαιτήσεις, όπου τέτοιες ομάδες υπάρχουν, μπορούν να εξακριβωθούν.

- μέγεθος λαμβανόμενου δείγματος. Το μέγεθος του δείγματος αποτελεί ένα θέμα ιδιαίτερα σημαντικό αφού παρέχει μια έκφραση για το ελάχιστο όριο των δειγμάτων που πρέπει να ληφθούν στις μετρήσεις ποιότητας δικτύου, όσο και στις περιπτώσεις χορήγησης ερωτηματολογίων για την εξακρίβωση των QoS απαιτήσεων μιας συγκεκριμένης ομάδας χρηστών. Το μέγεθος του δείγματος εξαρτάται από το επίπεδο της απαιτούμενης ακρίβειας, η οποία με τη σειρά της εξαρτάται από τη φύση των λαμβανόμενων δειγμάτων και από τη κατανομή αυτών στο πληθυσμό. Εξαιτίας της σπουδαιότητας των ζητημάτων αυτών, παρουσιάζονται στο παράρτημα τα χαρακτηριστικά των κατανομών που εμφανίζονται στη πράξη, οι τρόποι υπολογισμού των διαστημάτων εμπιστοσύνης (ακρίβεια αποτελεσμάτων), καθώς και ο τρόπος υπολογισμού του ελάχιστου δείγματος. Κρίνεται αναγκαίο ο πάροχος υπηρεσιών να εξακριβώσει εάν το λαμβανόμενο μέγεθος είναι αντιπροσωπευτικό της ομάδας των χρηστών που εξετάζεται. Στις περιπτώσεις όπου δεν υπάρχουν διαθέσιμες πληροφορίες, οι απαιτήσεις του πληθυσμού ικανοποιούν, από υπόθεση, τη κανονική κατανομή. Στη πράξη, η απόφαση είναι επίσης πιθανόν να ληφθεί ταυτόχρονα σε μαθηματική και ποιοτική βάση. Αυτό εξαρτάται από τον πάροχο των υπηρεσιών, ο οποίος και εν τέλει θα εκτιμήσει αν το δείγμα είναι αντιπροσωπευτικό. Στη περίπτωση προσδιορισμού των απαιτήσεων μιας ομάδας χρηστών, η παραπάνω μέθοδος ενδείκνυται σε σχέση με μια μαθηματική μέθοδο που εμπεριέχει και το υποκειμενικό στοιχείο, που σε ορισμένες περιπτώσεις είναι ιδιαίτερα καθοριστικό.

- σχεδιασμός ερωτηματολογίου για τις απαιτήσεις των χρηστών. Γενικά ένα ερωτηματολόγιο παρέχει σημαντικές πληροφορίες, υπό την προϋπόθεση να είναι καλά σχεδιασμένο, διαφορετικά ενδέχεται να δώσει αποπροσανατολιστικά στοιχεία και να αποτελέσει έτσι η όλη διαδικασία σπατάλη χρόνου και χρήματος. Σχετικά με τις QoS απαιτήσεις των χρηστών, τέσσερις κατηγορίες απαντήσεων μπορούν να παρατηρηθούν. Αυτές είναι :

    i. τα επίπεδα της ποιότητας για τις ποσοτικές παραμέτρους επίδοσης
    ii. οι απαιτήσεις για τις ποιοτικές παραμέτρους επίδοσης
    iii. η προτεραιότητα των παραπάνω παραμέτρων
    iv. οποιοδήποτε άλλο θέμα ποιότητας σχετικό με τη μελέτη, το οποίο όμως δεν συμπεριλαμβάνεται στο ερωτηματολόγιο

- επεξεργασία λαμβανόμενων δεδομένων. Από την ανάλυση των απαντήσεων ένα σύνολο χαρακτηριστικών μπορούν να υπολογιστούν, τα οποία και αντικατοπτρίζουν τα απαιτούμενα από πλευράς χρήστη επίπεδα απόδοσης. Ωστόσο, κάποια QoS κριτήρια χρειάζεται να “μεταφραστούν” στη γλώσσα του παρόχου υπηρεσιών. Για παράδειγμα, εάν μια μερίδα χρηστών ρωτηθεί για το πόσες κλήσεις στις εκατό, είναι προετοιμασμένοι να ανεχτούν δυσκολία στη κατανόηση κατά τη συνολική διάρκεια της ομιλίας, αυτό θα πρέπει να μεταφρασθεί σε σημαντικές τεχνικές παραμέτρους για το πάροχο των υπηρεσιών. Η μετατροπή των απαιτήσεων του χρήστη στη γλώσσα του παρόχου των υπηρεσιών συνεπάγεται εξοικείωση με τις ορολογίες του παρόχου υπηρεσιών και για αυτό το λόγο, είναι προτιμότερο η διαδικασία

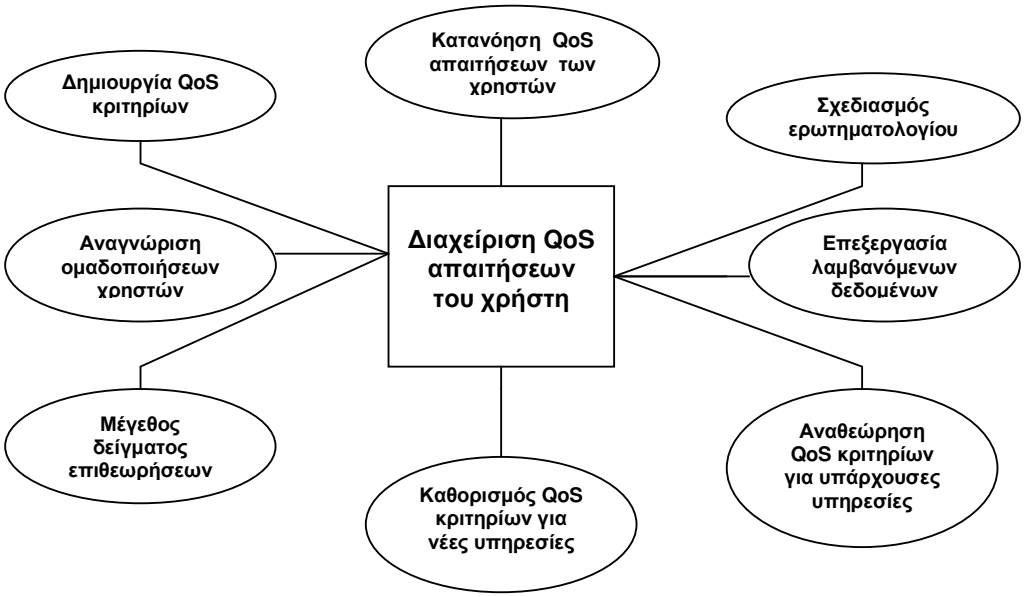
αυτή να γίνεται από τον ίδιο τον πάροχο παρά έναν οποιοδήποτε μη τηλεπικοινωνιακό φορέα.

- καθορισμός QoS κριτηρίων για νέες υπηρεσίες. Η σύλληψη των QoS απαιτήσεων των χρηστών για νέες υπηρεσίες είναι περίπλοκη, εξαιτίας της απουσίας οποιασδήποτε προγενέστερης εμπειρίας. Οι χρήστες έχουν κατά νου ένα γενικό διάγραμμα μιας νέας υπηρεσίας και αυτό δεν είναι επαρκές ώστε να αποδώσει ουσιαστική πληροφορία για το απαιτούμενο επίπεδο ποιότητας. Οι παρακάτω κατευθυντήριες γραμμές μπορούν να βοηθήσουν στο καθορισμό των QoS παραμέτρων μιας νέας υπηρεσίας :

    i. ο πάροχος υπηρεσιών έχει τη δυνατότητα όπου αυτό είναι εφικτό, να αναλύσει τα στοιχεία της υπηρεσίας, όπως αυτά αντιλαμβάνονται από το χρήστη, σε απλουστευμένα χαρακτηριστικά υπηρεσίας .
    ii. έχοντας σχηματίσει μια δοκιμαστική λίστα παραμέτρων, μπορεί να διεξαχθεί πλέον ένας διάλογος με υποψήφιους και έτσι η λίστα παραμέτρων θα τροποποιηθεί όπου κριθεί αυτό αναγκαίο.
    iii. μια δοκιμή της υπηρεσίας μπορεί να δώσει την ευκαιρία για αναγνώριση ενός μεγαλύτερης ακρίβειας συνόλου παραμέτρων.

- αναθεώρηση των QoS κριτηρίων για τις υπάρχουσες υπηρεσίες. Οι απαιτήσεις ποιότητας των χρηστών αναπόφευκτα γίνονται ολοένα και πιο απαιτητικές με το χρόνο. Όταν οι προσδοκίες τους ικανοποιούνται τότε οι χρήστες ψάχνουν για τυχόν βελτιώσεις. Έτσι, κρίνεται αναγκαίο ο πάροχος των υπηρεσιών να :

    i. αναγνωρίσει το πότε απαιτούνται αναθεωρήσεις – βελτιώσεις
    ii. αναγνωρίσει τη φύση των αλλαγών, και
    iii. εξακριβώσει τη προτεραιότητα των αναγκαίων αλλαγών



Σχήμα 3.2 : Στάδια διαχείρισης QoS απαιτήσεων του χρήστη

Κριτήριο / Παράμετρος	QoS κριτήρια ή παράμετροι επίδοσης
1	Ταχύτητα παροχής πληροφοριών σχετικά με την υπηρεσία από το πάροχο (**Πώληση** / **Ταχύτητα**)
2	Επαγγελματισμός παρόχου στην αντιμετώπιση του χρήστη (**Πώληση** / **Αξιοπιστία**)
3	Ταχύτητα αντιμετώπισης παραπόνων (**Υποστήριξη** / **Ταχύτητα**)
4	Ταχύτητα επισκευής (**Επισκευή** / **Ταχύτητα**)
5	Έγκαιρη και σωστή πραγματοποίηση επισκευής (**Επισκευή** / **Ακρίβεια**)
6	Ακρίβεια στην επιλογή του σωστού προορισμού - κινητού τερματικού (**Εγκατάσταση Σύνδεσης** / **Ακρίβεια**)
7	Διαθεσιμότητα πόρων του δικτύου όταν απαιτείται η πραγματοποίηση κλήσης (**Εγκατάσταση Σύνδεσης** / **Διαθεσιμότητα**)
8	Καθυστέρηση στη πραγματοποίηση κλήσεων (**Εγκατάσταση Σύνδεσης** / **Ταχύτητα**)
9	Καθυστέρηση Μετάδοσης ειδικά σε διεθνείς κλήσεις (**Μεταφορά Πληροφορίας** / **Ταχύτητα**)
10	Ποιότητα κλήσης (**Μεταφορά Πληροφορίας** / **Ακρίβεια**)
11	Διαθεσιμότητα δικτυακών πόρων στη διατήρηση κλήσεων για την απαιτούμενη από το χρήστη χρονική διάρκεια (**Μεταφορά Πληροφορίας** / **Διαθεσιμότητα**)
12	Διακοπή σύνδεσης όπως προβλέπεται από το πάροχο (**Διακοπή σύνδεσης** / **Ακρίβεια**)
13	Ακρίβεια κοστολόγησης και χρέωσης των παρεχόμενων υπηρεσιών (**Χρέωση** / **Ακρίβεια**)

Πίνακας 3.1 : Ποσοτικά QoS κριτήρια

3.4 Χαρακτηριστικά προσφερόμενης ποιότητας

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά της προσφερόμενης ποιότητας είναι τα εξής :

- συνήθως εκφράζεται στη τηλεπικοινωνιακή γλώσσα των παρόχων υπηρεσιών και δικτύου και όχι σε αυτή των χρηστών. Ορολογίες υπάρχουν μέσα στη δομή και οργάνωση των παρόχων που εκφράζουν τα χαρακτηριστικά και την απόδοση μιας υπηρεσίας. Αυτές οι ορολογίες έχουν αναπτυχθεί με τον καιρό, ωστόσο υπάρχει μια μερίδα παρόχων υπηρεσιών, που δεν έχει κανένα προσυμφωνημένο σύνολο ορισμών για την έκφραση της ποιότητας των υπηρεσιών ή της απόδοσης της υπηρεσίας. Σε διεθνές επίπεδο λοιπόν, οι χρήστες έρχονται αντιμέτωποι με την αναγκαιότητα "μετάφρασης" των ποικίλλων μορφών της παρεχόμενης υπηρεσίας από διαφορετικούς παρόχους υπηρεσιών, γεγονός που καθιστά αδύνατη τη σύγκριση των προσφερόμενων υπηρεσιών με τις απαιτούμενες ή τον υπολογισμό της πραγματικής από άκρο σε άκρο απόδοσης της υπηρεσίας. Όπως λογικά προκύπτει λοιπόν, είναι καθοριστικής σημασίας η ύπαρξη ενός διεθνώς προσυμφωνημένου συνόλου ορισμών της ποιότητας υπηρεσιών.

- εκφράζεται ανά υπηρεσία. Για τη πώληση μιας υπηρεσίας, το επίπεδο της ποιότητας πρέπει να είναι προκαθορισμένο έτσι ώστε να γνωρίζει ο χρήστης τι ακριβώς αγοράζει και να μπορεί να συγκρίνει τα προσφερόμενα από ένα σύνολο παρόχων υπηρεσιών. Έτσι, τα επίπεδα απόδοσης κάθε υπηρεσίας ξεχωριστά, πρέπει να είναι λεπτομερώς προδιαγεγραμμένα.

Διαφορετικές υπηρεσίες είναι δυνατό να έχουν τις δικές τους μοναδικές παραμέτρους απόδοσης, ενώ οι διάφορες παράμετροι της ποιότητας μπορεί να επιφέρουν διαφορετικό αντίκτυπο σε διαφορετικές υπηρεσίες. Για παράδειγμα, ο ρυθμός λαθών έχει σημαντική επίδραση στις υπηρεσίες δεδομένων, αλλά οι υπηρεσίες φωνής αντέχουν σε σχετικά υψηλά επίπεδα λαθών χωρίς εμφανή προβλήματα στους δυο ομιλητές.

- μπορούν να υπάρξουν διαφορετικά επίπεδα απόδοσης για κάθε υπηρεσία. Επειδή διαφορετικές ομάδες χρηστών έχουν διαφορετικές απαιτήσεις για τα επίπεδα της απόδοσης, είναι αναγκαίο οι πάροχοι των υπηρεσιών να παρέχουν αντίστοιχα διαφορετικά επίπεδα υπηρεσίας για την ίδια υπηρεσία, για διαφορετικούς όμως χρήστες. Έτσι, τα επίπεδα υπηρεσίας δεν είναι απαραίτητο να είναι τα ίδια για όλους τους χρήστες, αλλά να προσαρμόζονται στα μέτρα και στις απαιτήσεις αυτών. Οι μεταβολές στην απόδοση δεν οφείλονται μόνο στην απόδοση του δικτύου αλλά και στα διαφορετικά επίπεδα της τεχνικής υποστήριξης και σε άλλες παραμέτρους μη σχετιζόμενες με το δίκτυο. Ωστόσο, καθίσταται υπερβολικά δύσκολο για τον πάροχο των υπηρεσιών να διαφοροποιήσει τα επίπεδα της υπηρεσίας για παραμέτρους σχετιζόμενες με το δίκτυο, ειδικά αν οι υπηρεσίες παρέχονται από ένα αποκλειστικά δίκτυο. Αντίθετα, ο πάροχος υπηρεσιών μπορεί σχετικά εύκολα να προσφέρει διαφορετικά επίπεδα ποιότητας για παραμέτρους απόδοσης μη σχετιζόμενες με το δίκτυο.

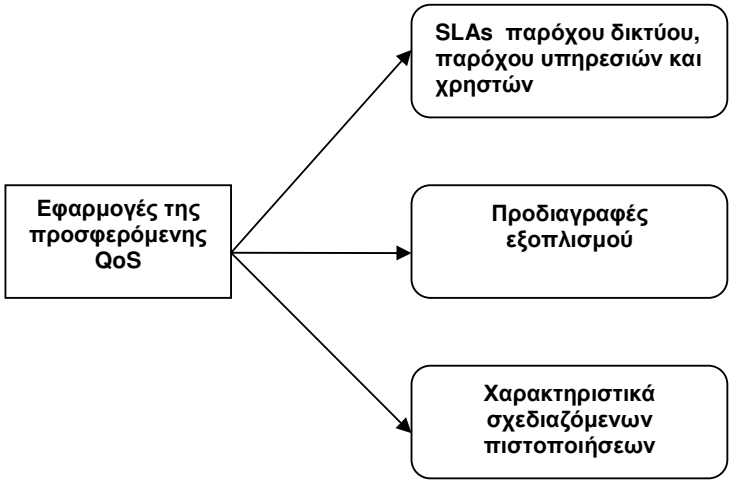
- η σχέση της με τις απαιτήσεις ποιότητας των χρηστών. Στις περιπτώσεις που απουσιάζει μια τέτοια σχέση, είναι προφανές ότι ο πάροχος υπηρεσιών έχει αποφασίσει – καθορίσει το επίπεδο ποιότητας των χρηστών, πιθανόν βασιζόμενος στις ικανότητες και στο τι μπορεί αυτός να προσφέρει και όχι βασιζόμενος στις απαιτήσεις των χρηστών. Η σχέση με τις απαιτήσεις του χρήστη έχει δυο χαρακτηριστικά :

  i. Η προσφερόμενη ποιότητα πρέπει να προέρχεται από τις απαιτήσεις των χρηστών καθώς κάθε προσπάθεια γίνεται ώστε να ικανοποιούνται όσο το δυνατό περισσότερες απαιτήσεις τους. Η σχέση θα μπορούσε να είναι ο βαθμός ή το ποσοστό στο οποίο ικανοποιούνται οι παραπάνω απαιτήσεις.

  ii. Οι παράμετροι με τις οποίες περιγράφεται η προσφερόμενη ποιότητα θα μπορούσα να έχουν μια ομοιότητα με τις παραμέτρους που εκφράζονται από τους χρήστες. Η αντιστοίχιση ενδέχεται να είναι είτε άμεση είτε έμμεση. Για παράδειγμα, οι χρήστες είναι πιθανό να εκφράσουν τη ποιότητα των κλήσεων ποσοτικά και ο πάροχος των υπηρεσιών έχει τη δυνατότητα να την εκφράσει είτε μέσω τεχνικών παραμέτρων (έμμεση αντιστοίχιση), είτε με έναν αντίστοιχο τρόπο (άμεση αντιστοίχιση).

3.5 Εφαρμογές προσφερόμενης ποιότητας

Οι κυριότερες εφαρμογές της προσφερόμενης ποιότητας παρουσιάζονται συνοπτικά στο σχήμα 3.3 :



Σχήμα 3.3 : Εφαρμογές της προσφερόμενης ποιότητας

Συμφωνίες στάθμης παρεχόμενων υπηρεσιών (SLAs) : Μια από τις σημαντικότερες εφαρμογές της προσφερόμενης ποιότητας έχει να κάνει με τον προσδιορισμό των SLAs μεταξύ παρόχου δικτύου ή υπηρεσιών και χρήστη, υπαγορεύοντας έτσι τα συγκεκριμένα επίπεδα υπηρεσιών. Τα SLAs περιλαμβάνουν SLOs (Service Level Objectives) με σκοπό την αποτύπωση συγκεκριμένων απαιτήσεων ανά υπηρεσία και ανά δείκτη.

Προδιαγραφές εξοπλισμού : Η προσφερόμενη απόδοση υπηρεσίας είναι άμεσα εξαρτώμενη από την απόδοση του εξοπλισμού που απαιτείται για να παρέχει τη συγκεκριμένη υπηρεσία. Ο προδιαγραφές απόδοσης του εξοπλισμού και υπηρεσίας αποτελούν ένα υποσύνολο προδιαγραφών της ποιότητας υπηρεσιών και παρέχουν συνάμα στο κατασκευαστή την απαραίτητη πληροφορία για το σχεδιασμό και κατασκευή του εξοπλισμού που θα ανταποκρίνεται στις επιθυμητές παραμέτρους και στους σχετικούς στόχους.

Σχεδιασμός στις εταιρείες τηλεπικοινωνιών : Στη πράξη, η πληροφορία που εμπεριέχεται στη "προσφερόμενη ποιότητα" χρησιμοποιείται από τους παρόχους δικτύου και υπηρεσιών στο σχεδιασμό και την εφαρμογή μιας υπηρεσίας. Η προσφερόμενη ποιότητα αποτελεί τη βάση για :

- τη διαχείριση λειτουργίας, συμπεριλαμβανομένων και θεμάτων όπως η ταχύτητα παροχής, η ταχύτητα επισκευής, ο χρόνος ανάλυσης των παραπόνων, οι στόχοι, το κόστος και άλλα.
- το σχεδιασμό και τη διαστασιολόγηση του δικτύου
- τη ποσοτικοποίηση της απόδοσης των στοιχείων του δικτύου και
- την εγκατάσταση συστημάτων παρακολούθησης και μέτρησης των επιπέδων ποιότητας που επιτυγχάνονται στη πράξη.

3.6 Παράμετροι προσφερόμενης ποιότητας

Το πλήθος των καθορισμένων παραμέτρων από τον πάροχο των υπηρεσιών συνήθως υπερβαίνει το πλήθος των καθορισμένων από το χρήστη παραμέτρων. Οι χρήστες σπάνια αναφέρουν όλες τις πιθανές παραμέτρους ποιότητας για μια υπηρεσία, για το λόγο ότι εστιάζονται σε εκείνες τις παραμέτρους που θεωρούν αυτοί

σημαντικές και που μάλιστα διαφέρουν από χρήστη σε χρήστη και από υπηρεσία σε υπηρεσία. Ωστόσο για αποδοτικότερη χρήση των διαθέσιμων πόρων, είναι από λειτουργικής πλευράς απαραίτητο ο πάροχος των υπηρεσιών να προσδιορίσει όλες ή όσο το δυνατό περισσότερες παραμέτρους, ώστε να ικανοποιήσει τη πλειοψηφία των χρηστών / πελατών του και έπειτα να προβεί σε επιμέρους παραλλαγές για συγκεκριμένους χρήστες.

Σε διεθνές επίπεδο δεν υπάρχει κανένα προσυμφωνημένο σύνολο παραμέτρων για την έκφραση της προσφερόμενης ποιότητας. Για το λόγο αυτό, κάθε πάροχος υπηρεσιών προτείνει το δικό του σύνολο παραμέτρων ποιότητας, με βάση το οποίο θα καθορίσει στη συνέχεια τα σχετιζόμενα και μη με το δίκτυο κριτήρια απόδοσης. Μοναδική εξαίρεση αποτελούν οι σχετιζόμενες με τη ποιότητα τεχνικές παράμετροι απόδοσης που ορίζονται από τις συστάσεις – υποδείξεις των ETSI και ITU-T.

Στο πίνακα 3.2 παρουσιάζεται η αντιστοιχία μεταξύ των απαιτήσεων ποιότητας του χρήστη και της προσφερόμενης από τον πάροχο υπηρεσιών ποιότητας.

Απαιτήσεις ποιότητας χρήστη		**Προσφερόμενη ποιότητα από το πάροχο υπηρεσιών**
1	Ταχύτητα παροχής πληροφοριών σχετικά με την υπηρεσία από το πάροχο	Μέγιστος χρόνος παροχής των απαραίτητων πληροφοριών
2	Επαγγελματισμός παρόχου στην αντιμετώπιση του χρήστη	Κριτήρια ικανοποίησης που υποδηλώνουν τον επαγγελματισμό και μετρώνται σε τακτική βάση
3	Ταχύτητα αντιμετώπισης παραπόνων	Μέγιστος χρόνος αντιμετώπισης των παραπόνων των χρηστών
4	Ταχύτητα επισκευής	Μέγιστος χρόνος αποκατάστασης δυσλειτουργιών της υπηρεσίας
5	Έγκαιρη και σωστή πραγματοποίηση επισκευής	Ελάχιστο όριο στο πλήθος των επισκευών που πραγματοποιούνται με επιτυχία τη πρώτη φορά
6	Ακρίβεια στην επιλογή του σωστού προορισμού - κινητού τερματικού	Πιθανότητα λάθους εκφρασμένη σε ποσοστό
7	Διαθεσιμότητα πόρων του δικτύου όταν απαιτείται η πραγματοποίηση κλήσης	Μέγιστο πλήθος παρατηρούμενων απωλειών σήματος και μέγιστη διάρκεια αυτών
8	Καθυστέρηση στη πραγματοποίηση κλήσεων	Μέγιστος χρόνος εγκατάστασης κλήσης
9	Καθυστέρηση Μετάδοσης ειδικά σε διεθνείς κλήσεις	Μέγιστη καθυστέρηση για διαφορετικές υπηρεσίες, εκφρασμένη στη μονάδα του χρόνου
10	Ποιότητα κλήσης	Στοχοθέτηση των παραμέτρων απόδοσης που συμβάλλουν στη ποιότητα των κλήσεων
11	Διαθεσιμότητα δικτυακών πόρων στη διατήρηση κλήσεων για την απαιτούμενη από το χρήστη χρονική διάρκεια	Διαθεσιμότητα της από άκρο σε άκρο υπηρεσίας για την απαιτούμενη διάρκεια χρήσης εκφρασμένη σε ποσοστό
12	Διακοπή σύνδεσης όπως προβλέπεται από το πάροχο	Ευελιξία – δυνατότητα πραγματοποίησης επιλογών του χρήστη
13	Ακρίβεια κοστολόγησης και χρέωσης των παρεχόμενων υπηρεσιών	Η ακρίβεια καθορίζεται από την άποψη : i. του μέγιστου πλήθους λαθών ii. της σπουδαιότητας των λαθών

Πίνακας 3.2 : Αντιστοιχία απαιτήσεων ποιότητας και παραμέτρων προσφερόμενης ποιότητας

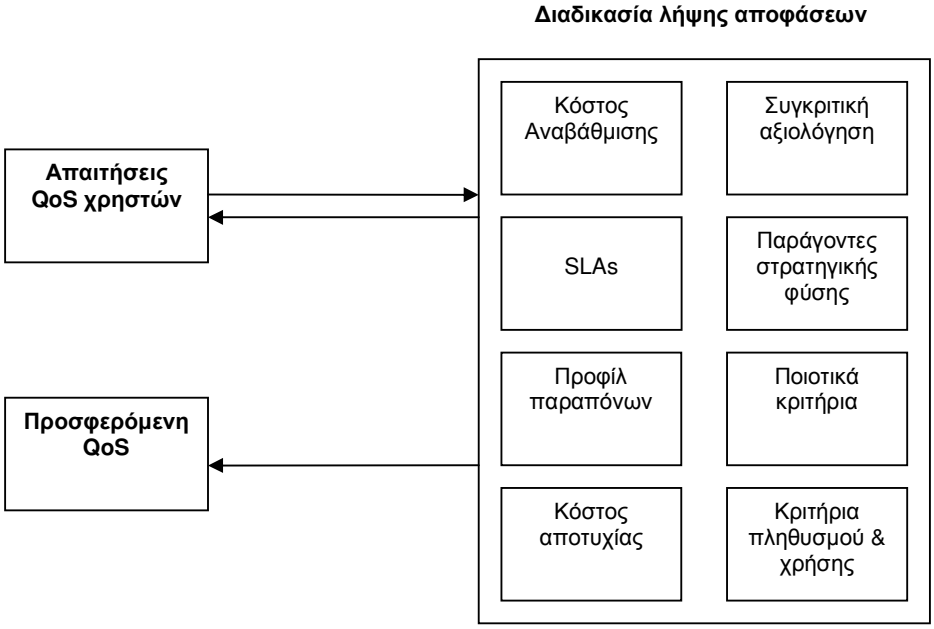
3.7 Διαχείριση προσφερόμενης ποιότητας

Η διαχείριση της προσφερόμενης ποιότητας από το πάροχο υπηρεσιών είναι καθοριστικής σημασίας για τη συνολικά επιτυχημένη διαχείριση της ποιότητας. Τα κυριότερα θέματα που πρέπει να εξεταστούν κατά τη διαδικασία διαχείρισης της προσφερόμενης ποιότητας είναι :

- ο προσδιορισμός της προσφερόμενης ποιότητας
- τα χαρακτηριστικά προβλεπόμενης υποστήριξης από το πάροχο δικτύου και το πάροχο υπηρεσιών
- οι προδιαγραφές των συστημάτων παρακολούθησης και μέτρησης

1. Προσδιορισμός της προσφερόμενης ποιότητας

Οι πάροχοι δικτύου και υπηρεσιών εξετάζουν τις απαιτήσεις των χρηστών λαμβάνοντας υπόψη εσωτερικούς και εξωτερικούς παράγοντες, προκειμένου να καθοριστούν τα βέλτιστα πρακτικά επίπεδα ποιότητας. Στο σχήμα 3.4 παρουσιάζεται συνοπτικά η διαδικασία προσδιορισμού της προσφερόμενης ποιότητας με βάση τις απαιτήσεις του χρήστη.



Σχήμα 3.4 : Διαδικασία προσδιορισμού προσφερόμενης ποιότητας

Κατά τη διαδικασία αξιολόγησης των δυνατοτήτων του παρόχου υπηρεσιών, θα μπορούσε να διεξαχθεί ένας διάλογος μεταξύ χρηστών και παρόχου υπηρεσιών, προκειμένου να μελετηθεί ένας συγκεκριμένος αριθμός επιλογών με ποικίλα επίπεδα ποιότητας και κόστη. Στη πράξη, ο παραπάνω διάλογος θα πρέπει κανονικά να διεξάγεται μεταξύ παρόχου υπηρεσιών και πλήθους χρηστών που αντιπροσωπεύουν τις κατηγορίες της αγοράς, όπου και απευθύνεται η υπηρεσία. Με το πέρας της αξιολόγησης των εσωτερικών δυνατοτήτων, ο πάροχος θα είναι σε θέση να επιλέξει τα επίπεδα προσφερόμενης ποιότητας. Τα επιλεγμένα επίπεδα προσφερόμενης ποιότητας ίσως να μη καλύπτουν όλες τις αρχικές απαιτήσεις των χρηστών, ωστόσο θα αποτελούν τη καταλληλότερη προσαρμογή μεταξύ απαιτήσεων χρήστη, κόστους και δυνατοτήτων του παρόχου υπηρεσιών.

(α) Κόστος ποιοτικής βελτίωσης

Για την ικανοποίηση των απαιτήσεων του χρήστη, είναι πιθανό να απαιτείται ενίσχυση της ποιότητας. Στη σπάνια περίπτωση της μείωσης των επιπέδων της προσφερόμενης ποιότητας, πρέπει να γίνει αντιληπτό πως θα προκύψουν οικονομικές επιπτώσεις λόγω απώλειας μεριδίου της αγοράς. Γενικά καθίσταται δύσκολος ο υπολογισμός της σχέσης μεταξύ ποιότητας, κόστους και οικονομικού οφέλους. Ωστόσο, κάποιες φορές είναι πιθανό να προκύψει μια σχέση μεταξύ αύξησης της ποιότητας και κόστους βελτίωσης. Για τη δίκαιη τιμολόγηση της ποιότητας στους χρήστες, οι πάροχοι δικτύου και υπηρεσιών έχουν την ευθύνη για την ανάπτυξη ενός μοντέλου - σχέσης μεταξύ ποιότητας και κόστους.

(β) *Συγκριτική αξιολόγηση (Benchmarking)*

Πρόκειται ουσιαστικά για τη σύγκριση της απόδοσης μιας εταιρείας με την αντίστοιχη απόδοση των ανταγωνιστριών εταιρειών, όπου τα στοιχεία της σύγκρισης καταλήγουν σε ένα πίνακα παραμέτρων. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί, ώστε να εξασφαλιστεί ότι οι επιμέρους συγκρίσεις μεταξύ των παρόχων υπηρεσιών είναι έγκυρες για κάθε παράμετρο.

Με το πέρας των συγκρίσεων των επιμέρους παραμέτρων, ο πάροχος υπηρεσιών θέτει σε εφαρμογή όλες εκείνες τις ενέργειες που απαιτούνται, προκειμένου να γεφυρώσει το κενό μεταξύ της δικής του απόδοσης και εκείνης των ανταγωνιστών. Τα παραπάνω φυσικά συμβαίνουν στη περίπτωση όπου η απόδοση μιας ή περισσότερων παραμέτρων είναι χαμηλότερες από τις αντίστοιχες των άλλων εταιρειών. Εξαιτίας της αυξανόμενης πίεσης των παρόχων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών να αποδίδουν καλύτερα με ολοένα και λιγότερο διαθέσιμους πόρους, η "συγκριτική αξιολόγηση (benchmarking) αποτελεί πλέον ένα σήμα εισόδου στα επιχειρησιακά πλάνα και στις διαδικασίες αξιολόγησης της απόδοσης. Να σημειωθεί στο σημείο αυτό πως η συγκριτική αξιολόγηση δεν είναι σταθερή και αμετάβλητη, αλλά αντίθετα μεταβάλλεται με το χρόνο, αφού όλοι οι πάροχοι υπηρεσιών και δικτύου στοχεύουν στη βελτίωση της ποιότητας των υπηρεσιών τους.

Για τη συγκριτική αξιολόγηση παρόμοιων υπηρεσιών, στατιστικά στοιχεία απόδοσης πρέπει να εξεταστούν σε μια συγκρίσιμη βάση. Στη πράξη υπάρχουν τρεις σημαντικές δυσκολίες, αφού τα χαρακτηριστικά των υπηρεσιών δεν είναι πάντα όμοια, οι ορισμοί απόδοσης ενδέχεται να διαφέρουν μεταξύ τους και τέλος, τα στατιστικά στοιχεία απόδοσης δεν συνταιριάζουν με οποιαδήποτε κοινά συμφωνημένη μέθοδο σύλληψης και παρουσίασης. Με βάση τα παραπάνω λοιπόν, κάθε πάροχος δικτύου ή υπηρεσιών θα πρέπει να αναπτύξει ένα συγκριτικό πλαίσιο, ώστε να δίνει τις κατάλληλες βαρύτητες για τα επιμέρους θέματα, καθιστώντας έτσι πιο έγκυρη τη σύγκριση των υπό εξέταση παραμέτρων.

(γ) *Συμφωνίες στάθμης παρεχόμενων υπηρεσιών (SLAs)*

Τα SLAs είναι χρήσιμα για τους παρόχους στη διαμόρφωση των σχέσεων με :

i. άλλους παρόχους δικτύου του εξωτερικού
ii. άλλους παρόχους δικτύου και υπηρεσιών στην ίδια χώρα, με τους οποίους υπάρχουν ήδη αλληλοσυνδέσεις
iii. μεμονωμένους χρήστες
iv. εταιρικούς πελάτες

Τα σπουδαιότερα θέματα διαχείρισης για κάθε μια από τις παραπάνω κατηγορίες εξετάζονται παρακάτω.

i. SLAs με άλλους παρόχους δικτύου και υπηρεσιών του εξωτερικού : Καθώς οι τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες παρέχονται σε παγκόσμια βάση, είναι αναγκαίο για το πάροχο δικτύου ή υπηρεσιών να διασυνδέεται με παρόχους άλλων χωρών, είτε για να παρέχει μια υπηρεσία σε εκείνη τη χώρα, είτε για να μεταφέρει μια υπηρεσία σε μια τρίτη χώρα. Έτσι, οι υπηρεσίες μπορούν να καλύπτουν περισσότερες από μια χώρες και περισσότερους από έναν παρόχους υπηρεσιών ή δικτύου.

Υπάρχουν δυο σημαντικοί τύποι θεμάτων που έχουν να κάνουν με τη ποιότητα σε παγκόσμια και σε από άκρο σε άκρο βάση. Πρόκειται για τη διασυνεργασία και το επίπεδο της ποιότητας υπηρεσίας το οποίο και σχεδιάζουν να προσφέρουν στους χρήστες τους και οι δυο πλευρές που μετέχουν στη συμφωνία (SLA).

Διασυνεργασία μεταξύ δυο δικτύων : Στη περίπτωση όπου ένα δίκτυο σε μια χώρα συνδέεται με ένα δίκτυο μιας άλλης χώρας πρέπει να συμμορφώνεται σε κάποιους κανονισμούς προκειμένου να διασυνεργαστούν. Συστάσεις και υποδείξεις έχουν διατυπωθεί και στην ITU – T για όλες τις απαραίτητες απαιτήσεις διασύνδεσης. Αυτό το οποίο απουσιάζει είναι ένας κατανοητός κατάλογος με όλες τις από άκρο σε άκρο παραμέτρους ποιότητας υπηρεσιών.

Προτιμήσεις απόδοσης μεταξύ δυο διαχειριστών : Σε κάποιες περιπτώσεις, ένας πάροχος υπηρεσιών / δικτύου προβαίνει σε συνεργασία με έναν άλλο πάροχο υπηρεσιών / δικτύου προκειμένου να βελτιώσουν την από άκρο σε άκρο απόδοση των υπηρεσιών τους σε όλο το εύρος. Ωστόσο, προκύπτουν προβλήματα στην ανάπτυξη μιας τέτοιας συνεργασίας και στις δυο πλευρές. Οι δυσκολίες προέρχονται κυρίως από την έλλειψη διεθνώς συμφωνημένων ορισμών που καλύπτουν τα κριτήρια ποιότητας. Για τη βελτίωση της ποιότητας, οι πάροχοι υπηρεσιών θα πρέπει πρώτα να συμφωνήσουν σε ένα κοινό σύνολο ορισμών της ποιότητας για τα απαιτούμενα κριτήρια ποιότητας που χρειάζονται βελτίωση. Έτσι, η επίτευξη της βελτίωσης των επιπέδων ποιότητας που καθορίζονται από τις δυνάμεις της αγοράς, προτρέπουν τους συμμετέχοντες παρόχους υπηρεσιών στη σύναψη επισήμων SLAs μεταξύ τους με συμφωνημένους ορισμούς, ώστε να καλύψουν το επιθυμητό επίπεδο ποιότητας .

Οι αντικειμενικοί στόχοι κάθε παρόχου υπηρεσιών είναι πολύ πιθανό να διαφέρουν. Ειδικότερα, ένας πάροχος υπηρεσιών μπορεί να είναι ικανοποιημένος με το να παρέχει το βασικό επίπεδο υπηρεσιών στους πελάτες του. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται στην έλλειψη ανταγωνισμού, στη περιορισμένη διαθεσιμότητα πόρων του παρόχου υπηρεσιών και στην ωριμότητα της αγοράς. Για παράδειγμα, σε μια αναπτυσσόμενη χώρα όπου η διείσδυση στην αγορά είναι μικρή, προτεραιότητες του παρόχου υπηρεσιών αποτελούν η παροχή αρχικά της υπηρεσίας και η αύξηση στη συνέχεια της διείσδυσης στην αγορά, εις βάρος της ποιότητας. Σε αυτή τη περίπτωση λοιπόν, καθίσταται υπερβολικά δύσκολη η σύναψη SLAs με έναν άλλο πάροχο υπηρεσιών που απαιτεί αυστηρότερα κριτήρια ποιότητας για μια υπηρεσία. Αντίθετα, είναι πιθανότερο οι δυο πάροχοι να συμβιβαστούν με το ελάχιστα αποδεκτό επίπεδο ποιότητας που προβλέπεται στις υποδείξεις της ITU – T.

Για την επιτυχημένη διαχείριση των SLAs μεταξύ δυο παρόχων υπηρεσιών από διαφορετικές χώρες, είναι αναγκαίο να προδιαγραφούν τα επίπεδα ποιότητας χρησιμοποιώντας τις ίδιες παραμέτρους απόδοσης. Η σύναψη της συμφωνίας πρέπει να βασιστεί στην από κοινού πλήρη κατανόηση των παραμέτρων απόδοσης και στην αναγνώριση των ρόλων και ευθυνών και των δυο πλευρών. Στη περίπτωση ύπαρξης διαφορετικών προδιαγραφών και μεθόδων μέτρησης, η συμφωνία πρέπει να ακολουθείται αφενός από τους ορισμούς απόδοσης που είναι κοινώς αποδεκτοί και αφετέρου από τον τρόπο με τον οποίο αυτοί οι ορισμοί θα “μεταφρασθούν ” σε κατανοητά επίπεδα ποιότητας και από τους δυο παρόχους υπηρεσιών.

ii. SLAs με άλλους παρόχους δικτύου ή υπηρεσιών της ίδιας χώρας : Οι πάροχοι υπηρεσιών μιας χώρας ενδέχεται να χρειαστεί να χρησιμοποιήσουν τις δυνατότητες άλλων παρόχων, δηλαδή να αλληλοσυνδεθούν. Η απόδοση σε όλο το εύρος εξαρτάται από τις δυνατότητες των παρόχων υπηρεσιών, ενώ η προσφερόμενη στους χρήστες ποιότητα αποτελεί και πάλι για τη σύναψη συμφωνίας (SLA) μεταξύ των δυο παρόχων, ανάλογα με τις δυνατότητες τους. Κατά τη διαχείριση αυτού του τύπου συμφωνίας, πρέπει να ληφθούν υπόψη τα παρακάτω :

- οι εμπλεκόμενοι πάροχοι υπηρεσιών πρέπει να καθορίσουν και να συμφωνήσουν για την απόδοση τους στις επιμέρους διασυνδέσεις, ανά υπηρεσία
- οι κυρώσεις σε περίπτωση μη συμμόρφωσης με τα SLAs πρέπει να είναι αντιληπτές και πλήρως κατανοητές και από τις δυο πλευρές.

iii. Μεμονωμένοι χρήστες : Πρόκειται για τους χρήστες που λαμβάνουν ένα εντελώς βασικό επίπεδο ποιότητας σε σχέση με τη τιμή. Το γεγονός αυτό εκμεταλλεύονται οι πάροχοι των υπηρεσιών, από τότε που η τιμή έγινε ο σημαντικότερος παράγων και που λίγοι πραγματικά χρήστες μπαίνουν στη διαδικασία αλλαγής παρόχου λόγω πιο συμφέρουσας ονομαστικής τιμολόγησης των υπηρεσιών.

iv. Εταιρικοί πελάτες : Αναφέρεται στη περίπτωση των χρηστών όπου η αξιοπιστία και η διαθεσιμότητα είναι υψίστης σημασίας και που διατίθενται να πληρώσουν, για υψηλότερα επίπεδα ποιότητας, τις υπηρεσίες πάνω από τον ονομαστική τους τιμή. Στον έντονα ανταγωνιστικό χώρο των τηλεπικοινωνιών, οι πάροχοι υπηρεσιών συνάπτουν συμφωνίες (SLAs) με τους σημαντικότερους πελάτες, οι οποίοι τιμολογούνται με βάση συμβολαίου και αποζημιώνονται από το πάροχο σε περιπτώσεις μη συμμόρφωσης του παρόχου σε θέματα αξιοπιστίας και διαθεσιμότητας. Ωστόσο, οι εν λόγω χρήστες δεν αντιλαμβάνονται την αποζημίωση τόσο ως επιστροφή χρημάτων, όσο σαν ένδειξη της αξιοπιστίας του παρόχου υπηρεσιών.

(δ) *Παράγοντες στρατηγικής φύσης*

Κατά τη διαδικασία καθορισμού της προσφερόμενης ποιότητας, ο πάροχος υπηρεσιών πρέπει να λάβει υπόψη του και θέματα στρατηγικής φύσεως, όπως ο κύκλος ζωής της υπηρεσίας, την απήχηση της υπηρεσίας στον ανταγωνισμό αλλά και στην αγορά. Εάν μια υπηρεσία πλησιάζει το τέλος του κύκλου ζωής της, δεν αξίζει πλέον να βελτιωθεί η ποιότητα. Ωστόσο για νέες υπηρεσίες, η ποιότητα αποτελεί ένα παράγοντα που συμβάλλει σημαντικά στη προώθηση της υπηρεσίας στην αγορά. Ο μοναδικός τρόπος για την αύξηση του μεριδίου αγοράς μιας υπηρεσίας, είναι η διάκριση στη ποιότητα, προσφέροντας παράλληλα ισάξια λειτουργικότητα και συγκρίσιμες τιμές με τον ανταγωνισμό.

(ε) *Κόστος αποτυχίας*

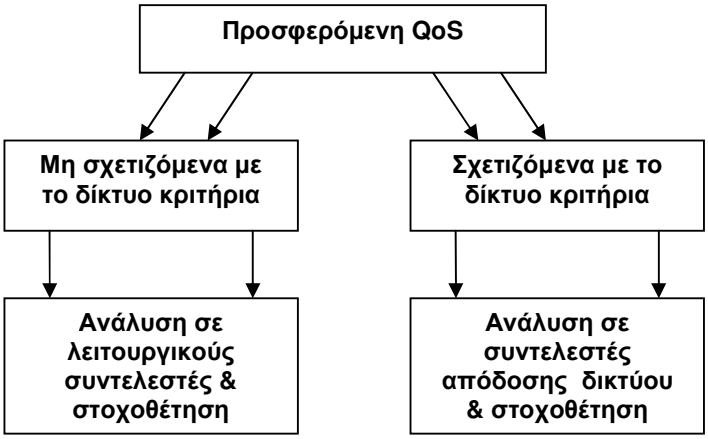
Όπως προβλέπεται από τα SLAs, γίνεται επιστροφή χρημάτων σε εκείνους τους χρήστες που βρήκαν τουλάχιστο μια παράμερο ποιότητας να μη συμμορφώνεται με τα προσυμφωνημένα επίπεδα. Σε περίπτωση μη ικανοποίησης με το προσφερόμενο επίπεδο ποιότητας λοιπόν, η επιστροφή χρημάτων και η απειλή από τον ανταγωνισμό θα έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στο μερίδιο αγοράς της εταιρείας. Στην ακόμα χειρότερη περίπτωση όπου συνεχίζεται η μη ικανοποίηση με τη προσφερόμενη ποιότητα, η αξιοπιστία του παρόχου υπηρεσιών θα χαθεί και ως εκ τούτου, θα μειωθεί δραματικά το μερίδιο του στην αγορά.

(στ) *Κριτήρια πληθυσμού και χρήσης*

Η απόδοση του δικτύου/υπηρεσίας επηρεάζεται συχνά από τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιείται. Κρίνεται λοιπόν αναγκαία η εκτίμηση του προβλεπόμενου πληθυσμού χρηστών και του πως αυτοί χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες. Για παράδειγμα, ένα προφίλ χρήσης που κορυφώνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας, προκαλεί υπερφόρτωση η οποία με τη σειρά της μειώνει σημαντικά την απόδοση και ως εκ τούτου την ποιότητα της υπηρεσίας. Επίσης, ένα μη συνηθισμένο πρότυπο χρήσης, το οποίο συνδυάζει διαφορετικές υπηρεσίες ενδέχεται να προκαλέσει ανεπιθύμητα χαρακτηριστικά αλληλεπίδρασης, τα οποία μειώνουν την απόδοση πλήθους υπηρεσιών.

2. Χαρακτηριστικά προβλεπόμενης υποστήριξης

Ο σχεδιασμός της υποστήριξης και των λειτουργικών διαδικασιών που θα καλύπτουν τα στοχοθετημένα επίπεδα ποιότητας σχετίζεται κατά βάση με τη προσφερόμενη ποιότητα. Η διαδικασία σχεδιασμού της προσφερόμενης ποιότητας απεικονίζεται στο σχήμα 3.5 .



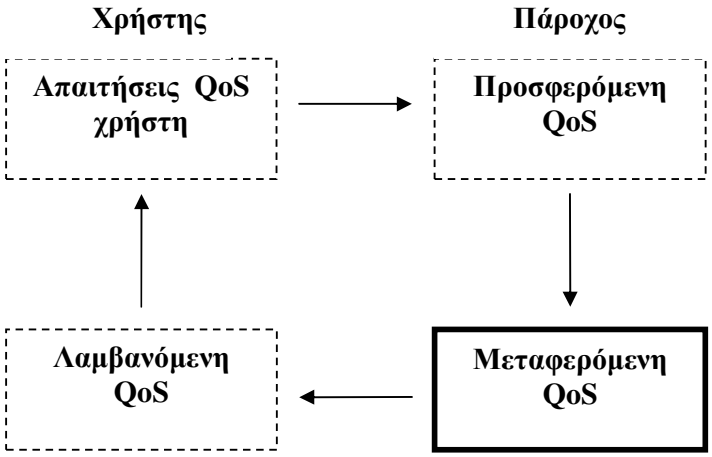
Σχήμα 3.5 : Διαδικασία σχεδιασμού προσφερόμενης ποιότητας

Τα κριτήρια προσφερόμενης απόδοσης διακρίνονται σε σχετιζόμενα και μη με το δίκτυο κριτήρια. Τα σχετιζόμενα με το δίκτυο κριτήρια αναλύονται σε συντελεστές απόδοσης, ενώ τα μη σχετιζόμενα αναλύονται σε μοναδικούς και εύχρηστους λειτουργικούς συντελεστές.

3.8 Χαρακτηριστικά μεταφερόμενης ποιότητας

Η μεταφερόμενη ποιότητα είναι από τις τέσσερις υποδιαιρέσεις του κύκλου ποιότητας, η καλύτερα διαχειριζόμενη από τους παρόχους, αν και όχι τόσο επαγγελματικά όσο απαιτούν οι χρήστες. Ωστόσο, αυτό που ήταν εξ αρχής κατανοητό από τη πλειοψηφία των χρηστών ήταν η τεχνική απόδοση και όχι οι παράμετροι ποιότητας. Η τεχνική απόδοση αποτελεί τη τεχνική εκτίμηση για το πώς μια υπηρεσία λειτουργεί κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της. Μετρήσεις τεχνικών παραμέτρων της μεταφερόμενης απόδοσης όπως το επίπεδο μετάδοσης ή το επίπεδο θορύβου πραγματοποιούνται εδώ και αρκετό χρονικό διάστημα. Ωστόσο με

τη πάροδο του χρόνου και τη παράλληλη πρόοδο στις δυνατότητες μετάδοσης, προστέθηκαν και άλλες παράμετροι και έτσι αναπτύχθηκε ένα περιεκτικό σύνολο παραμέτρων απόδοσης, το οποίο βασιζόταν σε αντικειμενικές μετρήσεις και σχετιζόταν κυρίως με την υποδομή της υπηρεσίας.



Σχήμα 3.6 : Κύκλος ποιότητας – μεταφερόμενη ποιότητα

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά της μεταφερόμενης ποιότητας έχουν να κάνουν με το γεγονός :

- ότι είναι αντικειμενική και μη αμφισβητούμενη εφόσον πρόκειται για μια εκτίμηση της πραγματικά μεταφερόμενης απόδοσης μέσω μετρήσεων
- μπορεί να εκφρασθεί με δυο μορφές, είτε ως από άκρο σε άκρο απόδοση είτε ως συντελεστής απόδοσης

Η μεταφερόμενη απόδοση συνήθως υπολογίζεται μέσω μετρήσεων που διεξάγονται στο δίκτυο που υποστηρίζει την υπηρεσία και στις σχετικές λειτουργίες υποστήριξης. Μερικές παράμετροι απόδοσης του δικτύου όπως η απόδοση μετάδοσης, παρακολουθούνται με λαμβανόμενα σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές δείγματα της παραμέτρου απόδοσης. Η δειγματοληψία που πραγματοποιείται σε τέτοιου είδους παραμέτρους εμπεριέχει πάντα το κίνδυνο να μην παρέχεται στο χρήστη η σωστή και ακριβής εικόνα της μεταφερόμενης απόδοσης. Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται είτε από το πάροχο δικτύου είτε από το πάροχο υπηρεσιών ενώ οι παράμεροι που επιλέγονται να μετρηθούν πρέπει να έχουν άμεση σχέση με τις παραμέτρους που περιγράφουν τη μεταφερόμενη ποιότητα και έτσι να μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους.

Τα δεδομένα της μετρούμενης απόδοσης μπορούν να παρουσιαστούν με τους δυο ακόλουθους τρόπους :

i. η μεταφερόμενη απόδοση μπορεί να εκφρασθεί με βάση το συντελεστή απόδοσης, μέσω του οποίου ο πάροχος δικτύου ή υπηρεσιών ελέγχει και παρακολουθεί τη μεταφερόμενη απόδοση σε σχέση με τη προσχεδιασμένη. Ο συντελεστής απόδοσης αποτελεί ένα θέμα περιορισμένου ενδιαφέροντος του χρήστη, σε αντίθεση με το πάροχο που λαμβάνει σοβαρά υπόψη του το συντελεστή και λαμβάνει τα απαραίτητα διορθωτικά μέτρα, όπου αυτό κρίνεται αναγκαίο.

ii. η μεταφερόμενη απόδοση μπορεί επίσης να εκφρασθεί σε μια από άκρο σε άκρο βάση. Αυτή η μορφή έκφρασης ενδιαφέρει κυρίως το χρήστη, ο οποίος δεν ενδιαφέρεται για το συντελεστή απόδοσης του δικτύου. Από την άλλη πλευρά, για το πάροχο υπηρεσιών η από άκρο σε άκρο απόδοση αποτελεί μια ένδειξη για το πόσο καλά ή όχι η απόδοση της υπηρεσίας μεταφέρεται στο χρήστη.

3.9 Εφαρμογή στοιχείων μεταφερόμενης ποιότητας

Οι σημαντικότερες εφαρμογές των στοιχείων μεταφερόμενης ποιότητας έχουν να κάνουν με :

α. τη παρακολούθηση της απόδοσης των στοιχείων του δικτύου και των λειτουργικών δυνατοτήτων του παρόχου υπηρεσιών. Τα δεδομένα – στοιχεία της μεταφερόμενης ποιότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το πάροχο δικτύου ή υπηρεσιών για περαιτέρω ανάλυση. Αρμοδιότητα του παρόχου υπηρεσιών αποτελεί η μελέτη της μεταφερόμενης απόδοσης των λειτουργιών που σχετίζονται με μια υπηρεσία. Εάν για παράδειγμα, η από άκρο σε άκρο ποιότητα μετάδοσης έχει σχεδιαστεί ώστε να ικανοποιεί κάποιες προδιαγραφές κατά τη πραγματοποίηση μιας κλήσης και οι παραπάνω προδιαγραφές δεν πληρούνται, τότε περαιτέρω έρευνα πρέπει να διεξαχθεί από τον πάροχο υπηρεσιών μέσω του παρόχου του δικτύου προκειμένου να αναγνωριστούν τα αίτια της παραπάνω απόκλισης. Αντίστοιχα, εάν η μέγιστη τιμή του χρόνου επισκευής είναι 4 ώρες για το 99% των προβλημάτων στις μισθωμένες συνδέσεις και μόνο το 70% των προβλημάτων αντιμετωπίζονται στο μέγιστο προκαθορισμένο χρονικό διάστημα, τότε οι αιτίες πρέπει να ερευνηθούν και να μελετηθούν από το πάροχο υπηρεσιών, χωρίς απαραίτητα τη βοήθεια από το πάροχο του δικτύου. Η ανάλυση για την απόδοση βασίζεται στη μεταφερόμενη απόδοση και πρέπει να αποτελεί μια πάγια καθιερωμένη ενέργεια των παρόχων δικτύου και υπηρεσιών.

β. τον έλεγχο – σύγκριση της μεταφερόμενης ποιότητας με τα SLAs. Η μεταφερόμενη απόδοση αποτελεί τη βάση για την εφαρμογή ενός SLA μεταξύ χρήστη και παρόχου υπηρεσιών. Τα υπό παρακολούθηση στοιχεία απόδοσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις αποζημιώσεις που δικαιούνται οι χρήστες στις περιπτώσεις μη συμμόρφωσης του παρόχου με τα συμφωνημένα στα SLAs επίπεδα απόδοσης.

γ. τον έλεγχο ικανοποίησης των απαιτήσεων, αφού συνήθως απαιτείται από το πάροχο υπηρεσιών να δημοσιεύσει στοιχεία σχετικά με τη μεταφερόμενη ποιότητα .

δ. τη χρήση ως διαφημιστικό υλικό στις ακόλουθες περιπτώσεις :

- για τους χρήστες σε εθνικό επίπεδο
- για συγκρίσεις της απόδοσης σε διεθνές επίπεδο
- ενάντια στον ανταγωνισμό

Οι χρήστες φυσικά και επιθυμούν να γνωρίζουν το πόσο καλά αποδίδει μια υπηρεσία, ενώ με βάση τα στοιχεία αυτά επιλέγουν το πάροχο που προσφέρει τη καλύτερη ποιότητα, με βάση πάντα τις δικές τους ανάγκες επικοινωνίας. Από την άλλη πλευρά, πάροχοι υπηρεσιών που δείχνουν απροθυμία στη δημοσίευση στοιχείων ποιότητας ενδέχεται να θεωρηθούν από τον κόσμο της αγοράς ότι προσπαθούν να αποκρύψουν τα χαμηλά, σε σχέση με τον ανταγωνισμό, επίπεδα παρεχόμενης ποιότητας.

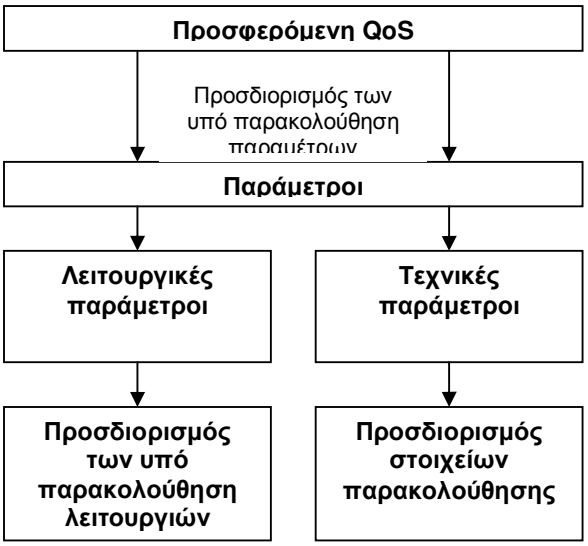
ε. τη χρήση ως σημείου αναφοράς με βάση το οποίο θα αξιολογηθεί η αντίληψη των χρηστών για τη ποιότητα. Για το πάροχο υπηρεσιών η μεταφερόμενη ποιότητα αποτελεί τη βάση για την εκτίμηση της ποιότητας που αντιλαμβάνεται ο χρήστης. Από τότε που τα επίπεδα μεταφερόμενης ποιότητας είναι μη αμφισβητούμενα, εφόσον ελέγχονται και παρακολουθούνται με σωστό και συνάμα επαγγελματικό τρόπο, οι μη αναμενόμενες εκτιμήσεις των χρηστών σχετικά με την αντιλαμβανόμενη ποιότητα μπορούν πλέον να μελετηθούν.

στ. συγκριτική αξιολόγηση(benchmarking). Στις περιπτώσεις που ένας πάροχος επιθυμεί να εξακριβώσει το παγκόσμια καλύτερο επίπεδο απόδοσης (benchmark), τα δεδομένα μεταφερόμενης ποιότητας είναι αυτά που συνήθως παρατηρούνται. Τα δεδομένα αυτά συγκρίνονται με τα αντίστοιχα του παρόχου προκειμένου να προσδιοριστεί το κενό που ενδεχομένως πρέπει να εξαλειφτεί.

3.10 Διαχείριση μεταφερόμενης ποιότητας

Η διαχείριση της μεταφερόμενης ποιότητας, αν και αποτελεί την επικρατέστερη μορφή διαχείρισης της ποιότητας ανάμεσα στους παρόχους υπηρεσιών, απαιτεί καλύτερο επαγγελματισμό για τη βέλτιστη δυνατή αποδοτικότητα. Ο υπολογισμός του κατάλληλου μεγέθους των σχετικών δειγμάτων, οι σωστές παράμετροι και ο προσδιορισμός των αποδοτικότερων συστημάτων παρακολούθησης αποτελούν μέρη αυτής διαδικασίας.

Η ευθύνη για τη διαχείριση της ποιότητας εναπόκειται στο πάροχο υπηρεσιών, ο οποίος εκτελεί χρέη συνδέσμου με το πάροχο του δικτύου για τη σχετιζόμενη με το δίκτυο απόδοση. Ο προσδιορισμός των συστημάτων παρακολούθησης προαπαιτεί αφενός το καθορισμό των υπό παρακολούθηση παραμέτρων και αφετέρου το προσδιορισμό των συστημάτων παρακολούθησης για κάθε παράμετρο. Η διαδικασία προσδιορισμού των συστημάτων παρακολούθησης παρουσιάζεται στο σχήμα 3.7 .



Σχήμα 3.7 : Διαδικασία προσδιορισμού συστημάτων παρακολούθησης

Οι κυριότερες ενέργειες κατά τη διαχείριση της μεταφερόμενης ποιότητας είναι οι ακόλουθες :

1. ο προσδιορισμός των συστημάτων παρακολούθησης
2. ο καθορισμός μέσω μετρήσεων της από άκρο σε άκρο απόδοσης
3. ο έλεγχος των δεδομένων μεταφερόμενης ποιότητας
4. η αναθεώρηση της μεταφερόμενης ποιότητας και
5. οι ρόλοι – σχέσεις μεταξύ παρόχου δικτύου και παρόχου υπηρεσιών

(α) *Καθορισμός των υπό παρακολούθηση παραμέτρων*

Ο καθορισμός των παραμέτρων που πρόκειται να τεθούν υπό παρακολούθηση εξαρτάται από το εάν κατά βάση οι παράμετροι προορίζονται για χρήση εσωτερική ή εξωτερική από την οργάνωση και λειτουργία του παρόχου υπηρεσιών.

Ένας παράγοντας που επηρεάζει την επιλογή των παραμέτρων απόδοσης για εξωτερική χρήση είναι οι υποχρεώσεις – δεσμεύσεις του παρόχου υπηρεσιών απέναντι σε οργανισμούς όπως οι ETNO (**E**uropean **t**elecommunications – **n**etwork **o**perators), OECD (**O**rganisation for **E**conomic **C**o – operation and **D**evelopment), οι οποίοι επιδιώκουν τη δημοσίευση συγκριτικών δεδομένων απόδοσης από τις χώρες μέλη. Συνακόλουθα, οι χρήστες προτιμούν τις παραμέτρους εκείνες με τις οποίες δημοσιεύονται ανά χρονικά διαστήματα τα στοιχεία της μεταφερόμενης ποιότητας. Οι προτιμώμενες από πλευράς χρήστη QoS παράμετροι για τακτική δημοσίευση, εντοπίζονται ευκολότερα κατά τη διαδικασία καθορισμού των απαιτήσεων του χρήστη σε θέματα ποιότητας. Ένα τυπικό σύνολο τέτοιων παραμέτρων απεικονίζεται στο πίνακα 3.3 .

Αριθμός	**Παράμετρος**
1	Χρόνος Επισκευής
2	Ακριβής χρέωση
3	Ταχύτητα παροχής
4	Ρυθμός εμφάνισης προβλημάτων
5	Διαθεσιμότητα υπηρεσίας
6	Χρόνος αντιμετώπισης παραπόνων
7	Ικανοποίηση απαιτήσεων
8	Πλήθος παραπόνων
9	Ποιότητα σύνδεσης
10	Επαγγελματισμός

Πίνακας 3.3 : Τυπικό σύνολο παραμέτρων απόδοσης για τη δημοσίευση της μεταφερόμενης ποιότητας

(β) *Συστήματα παρακολούθησης*

Μετά το καθορισμό εκείνων των παραμέτρων απόδοσης, με βάση τις οποίες θα κοινοποιηθεί η μεταφερόμενη απόδοση, πρέπει στη συνέχεια οι παράμετροι να διαχωριστούν σε σχετιζόμενες και μη με το δίκτυο κατηγορίες. Ορισμένες παράμετροι είναι πιθανό να συνδυάζουν στοιχεία και των δυο κατηγοριών.

Από το πίνακα 3.3 οι μη σχετιζόμενες με το δίκτυο παράμετροι είναι οι ακόλουθες, εκ των οποίων οι πέντε πρώτες αποτελούν ένα συνδυασμό σχετιζόμενων και μη με το δίκτυο παραμέτρων :

- Χρόνος επισκευής – επίλυσης προβλήματος
- Ακριβής χρέωση
- Ταχύτητα παροχής
- Ρυθμός εμφάνισης προβλημάτων
- Ικανοποίηση απαιτήσεων
- Χρόνος αντιμετώπισης παραπόνων
- Πλήθος παραπόνων
- Επαγγελματισμός

Τα βήματα για την αναγνώριση των συστημάτων παρακολούθησης των λειτουργικών παραμέτρων είναι σχετικά απλά. Για παράδειγμα, για τη δημιουργία των στατιστικών στοιχείων που σχετίζονται με το χρόνο επισκευής χρειάζονται τα ακόλουθα δεδομένα :

- καταγραφή της χρονικής στιγμής που αναφέρθηκε ένα πρόβλημα
- καταγραφή της χρονικής στιγμής επίλυσης του προβλήματος
- γεωγραφικός προσδιορισμός του προβλήματος που προέκυψε

Με βάση τις παραπάνω καταγραφές πλήθος στατιστικών μπορεί να προκύψει, όπως :

- ο μέσος χρόνος επισκευής
- ποσοστό επισκευών – επιλύσεων προβλημάτων, που διεξάχθηκαν σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα
- τυπική απόκλιση της κατανομής των χρόνων επισκευής
- απόδοση σε εθνικό επίπεδο και για επιλεγμένες περιοχές
- περιοχές όπου παρατηρούνται μεγάλοι χρόνοι επίλυσης προβλημάτων – επισκευής

Κατά τη διαδικασία προσδιορισμού των συστημάτων παρακολούθησης, πρέπει να ληφθούν υπόψη, η μέθοδος των μετρήσεων, ο υπολογισμός αφενός του μεγέθους των δειγμάτων και αφετέρου της συχνότητας των μετρήσεων. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί στο σημείο αυτό πως για τα παραπάνω προαπαιτείται η αναγνώριση των στοιχείων εκείνων που οι αποδόσεις τους πρέπει να τεθούν υπό έλεγχο.

1. *Καθορισμός μέσω μετρήσεων της απόδοσης σε όλο το εύρος*

Κατά τη δημοσίευση της μεταφερόμενης ποιότητας, οι στατιστικοί δείκτες απόδοσης καλύτερα να εκφράζονται, προς όφελος του χρήστη – πελάτη, σε μια από άκρο σε άκρο βάση. Ο υπολογισμός της από άκρο σε άκρο απόδοσης των λειτουργικών ή των μη σχετιζόμενων με το δίκτυο παραμέτρων είναι απλός, σε αντίθεση με τον υπολογισμό των τεχνικών ή των σχετιζόμενων με το δίκτυο παραμέτρων που είναι αρκετά πιο περίπλοκος. Η διαθεσιμότητα της υπηρεσίας επηρεάζεται από μια βλάβη που μπορεί να προκύψει σε ένα από τα στοιχεία του δικτύου. Η χρονική εξέλιξη της βλάβης ενός στοιχείου που χρησιμοποιείται κατά την εκτίμηση της από άκρο σε άκρο απόδοσης είναι πρωταρχικής σημασίας για το πάροχο, σε αντίθεση με το χρήστη, όπου το μόνο που έχει σημασία για αυτόν είναι η διαθεσιμότητα της υπηρεσίας.

Εάν οι πτώσεις ισχύος, εκφρασμένες σε ώρες, συμβολίζονται με O_1, O_2 . . . O_m, όπου m είναι οι συνολικά παρατηρούμενες πτώσεις ισχύος, τότε η συνολική από άκρο σε άκρο πτώση ισχύος υπολογίζεται σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση :

Συνολική Πτώση Ισχύος (O_T) = $O_1 + O_2 + ... + O_m$

$$= \sum_{n=1}^{m} O_n$$

Για τη χρονική περίοδο ενός έτους, το ποσοστό διαθεσιμότητας είναι :

$$\textbf{Ποσοστό Διαθεσιμότητας} = \left(1 - \frac{O_T}{365 \times 24}\right) \times 100$$

Ο παραπάνω υπολογισμός της συνολικής πτώσης ισχύος βασίζεται στην υπόθεση ότι οι επιμέρους πτώσεις ισχύος των διακριτών στοιχείων του δικτύου είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους. Στη πράξη, τα πράγματα είναι πιο περίπλοκα για το λόγο ότι οι πτώσεις ισχύος αφενός δεν είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους και αφετέρου οι πτώσεις ισχύος ενδέχεται να αποκαθίστανται αυτόματα μέσω συστημάτων προστασίας μετάδοσης και διαχείρισης της κίνησης, πριν επηρεάσουν το χρήστη.

Κατά τον υπολογισμό μέσω μετρήσεων των από άκρο σε άκρο τεχνικών παραμέτρων απόδοσης κρίνεται σκόπιμος ο υπολογισμός της αβεβαιότητας (uncertainty) που υπεισέρχεται και του μέγιστου συστηματικού σφάλματος (maximum systematic error). Τα όρια της αβεβαιότητας (uncertainty bounds) αποτελούν το εύρος τιμών μέσα στο οποίο η πραγματική τιμή του μετρούμενου μεγέθους πιθανολογείται ότι βρίσκεται. Το πρωταρχικό βήμα για την εκτίμηση της αβεβαιότητας ενός μεγέθους αποτελεί η εύρεση των παραγόντων εκείνων που εισάγουν σφάλμα στη μέτρηση του, είτε αυτοί είναι εξωτερικοί , είτε εσωτερικοί σε σχέση με το σύστημα μέτρησης.

Μία πρώτη κατηγοριοποίηση των αβεβαιοτήτων, τις διαχωρίζει σε συστηματικές και τυχαίες. Οι συστηματικές (systematic) είναι εγγενείς του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται στις μετρήσεις και της μεθόδου μέτρησης, ενώ η τιμή τους δεν αλλάζει εάν η μέτρηση επαναληφθεί υπό τις ίδιες ακριβώς συνθήκες. Οι τυχαίες (random) οφείλονται σε τυχαία γεγονότα και η τιμή τους αλλάζει με την επανάληψη των μετρήσεων, ακόμα και υπό τις ίδιες ακριβώς συνθήκες.

Για το λόγο ότι ενδέχεται κάποια συστηματική συνιστώσα αβεβαιότητας να είναι τυχαία σε μία άλλη μέτρηση, προτείνεται ένας εναλλακτικός τρόπος κατηγοριοποίησης της αβεβαιότητας που βασίζεται στον τρόπο υπολογισμού των συνιστωσών και όχι στη φύση τους. Σύμφωνα λοιπόν με τη κατηγοριοποίηση αυτή, οι αβεβαιότητες διακρίνονται σε τύπου A (type A) που υπολογίζονται με στατιστικές μεθόδους και σε τύπου B (type B) που υπολογίζονται με άλλους τρόπους, όπως μέσω των δεδομένων προδιαγραφών του κατασκευαστή (datasheets). Να σημειωθεί ότι στις τύπου B αβεβαιότητες περιλαμβάνονται και εκείνες οι αβεβαιότητες που αφορούν παραμέτρους οι οποίες επιδρούν στα μετρούμενα μεγέθη μέσω κάποιας μαθηματικής σχέσης,

Συνακόλουθα, πλήθος μετρήσεων υπόκεινται σε σφάλμα και το τελικό αποτέλεσμα εκφράζεται συναρτήσει του μεγίστου συστηματικού σφάλματος. Οι παράγοντες που συμβάλλουν στην εμφάνιση συστηματικών σφαλμάτων είναι τα σφάλματα ή οι ανοχές των διατάξεων μέτρησης, σφάλματα αβεβαιότητας και σφάλματα λόγω αλλαγών στις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν.

Εάν η ονομαστική τιμή μιας παραμέτρου, έστω της y, είναι ίση με $y = u + \upsilon$ και τα σφάλματα μέτρησης είναι αντίστοιχα du και dυ αντίστοιχα, το προκύπτον μέγιστο σφάλμα της y είναι $\pm$ (du + dυ). Εάν η ονομαστική τιμή είναι $y = u \times \upsilon$ και τα σχετικά σφάλματα είναι du και dυ αντίστοιχα, το μέγιστο σφάλμα dy / y εκφράζεται ως $\pm$ [(du / u) + (dυ / υ)] . Τέλος, στη περίπτωση όπου η ονομαστική τιμή της y είναι ίση με $y = u / \upsilon$ και τα σφάλματα είναι du και dυ, το μέγιστο συστηματικό σφάλμα δίνεται πάλι από την ακόλουθη σχέση $\pm$ [(du / u) + (dυ / υ)].

2. *Έλεγχος δεδομένων μεταφερόμενης ποιότητας*

Συνολικά απαιτούνται τρία στάδια ελέγχου. Σε πρώτη φάση, πραγματοποιείται έλεγχος των συστημάτων, δηλαδή μια εξέταση για την ύπαρξη αναλυτικής υποστήριξης και προσαρμογή αυτής στις απαιτήσεις των μετρούμενων παραμέτρων. Στη συνέχεια, ακολουθεί ο έλεγχος συμμόρφωσης, ο οποίος αποτελεί την εξέταση εφαρμογής, ικανοποίησης και αποδοτικότητας του συστήματος. Στο τρίτο στάδιο, γίνεται ο τελικός έλεγχος, που ουσιαστικά πρόκειται για τη διόρθωση των ελαττωμάτων που αναγνωρίστηκαν στο στάδιο ελέγχου. Επίσης, στο στάδιο αυτό καθορίζεται εάν έχουν ολοκληρωθεί οι απαιτούμενες διορθωτικές ενέργειες. Η συχνότητα των ελέγχων εξαρτάται από το πόσο καλά το σύστημα υποστηρίζεται και εφαρμόζεται στη πράξη.

3. *Αναθεώρηση μεταφερόμενης ποιότητας*

Η μεταφερόμενη απόδοση πρέπει να αναθεωρηθεί στη περίπτωση όπου η σύγκριση της με την αντίληψη του χρήστη για τη ποιότητα υποδηλώνει την έλλειψη συσχετισμού μεταξύ χρήστη και μεταφερόμενης ποιότητας και, στη περίπτωση όπου η αξιολόγηση της δείχνει μια απόκλιση από τα προγραμματιζόμενα προς παροχή επίπεδα ποιότητας. Για τη τελευταία περίπτωση, η περαιτέρω ανάλυση οδηγεί σε δυο πιθανά αίτια της παραπάνω απόκλισης. Το πρώτο αίτιο υποδηλώνει ότι τα προγραμματιζόμενα προς παροχή επίπεδα είναι ανεπαρκή, ενώ με βάση το δεύτερο αίτιο οι μέθοδοι μέτρησης είναι μη κατάλληλες. Η μεταφερόμενη απόδοση κανονικά παρακολουθείται από το πάροχο είτε του δικτύου είτε των υπηρεσιών. Τα δεδομένα που λαμβάνονται συγκρίνονται με τα προγραμματιζόμενα προς παροχή επίπεδα ποιότητας. Στις περιπτώσεις όπου παρατηρούνται σημαντικές αποκλίσεις μεταξύ μεταφερόμενης και προγραμματιζόμενης προς παροχή ποιότητας, πρέπει να διεξαχθεί έρευνα προκειμένου να αναγνωριστούν τα αίτια. Στη πλειονότητα των περιπτώσεων τα αίτια έχουν να κάνουν με, την ύπαρξη ελαττωματικού εξοπλισμού μετρήσεων, τις αντίξοες επικρατούσες συνθήκες και τέλος με τις “αισιόδοξες” υποθέσεις που έγιναν στη φάση του σχεδιασμού.

Η αναγνώριση των αιτιών της απόκλισης είναι πρωταρχικής σημασίας, προκειμένου να γίνουν οι απαραίτητες διορθωτικές κινήσεις και να αποκατασταθεί η μεταφερόμενη απόδοση στα προγραμματιζόμενα για αυτή επίπεδα.

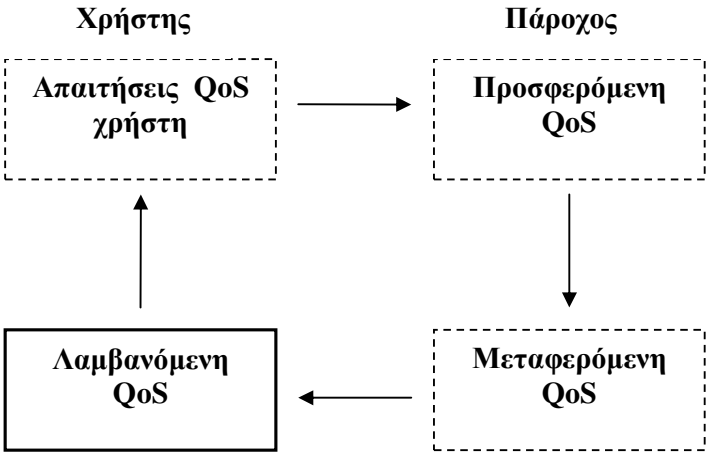
4. *Ρόλοι – σχέσεις μεταξύ παρόχου δικτύου και παρόχου υπηρεσιών*

Στις περιπτώσεις όπου ο πάροχος υπηρεσιών δεν είναι ταυτόχρονα και πάροχος δικτύου κρίνεται απαραίτητος ο προσδιορισμός των ρόλων και η κατανομή ευθυνών, για καθεμία από τις δυο πλευρές. Ο πάροχος υπηρεσιών έχει να κάνει με όλες εκείνες τις πτυχές της ποιότητας που αφορούν το χρήστη. Επιπρόσθετα, ο πάροχος υπηρεσιών είναι υπεύθυνος για τη σύναψη συμφωνίας με το πάροχο δικτύου, ώστε ο τελευταίος να παρακολουθεί συγκεκριμένες παραμέτρους απόδοσης του δικτύου και να εξασφαλίζει συνάμα τη διατήρηση της σωστής από άκρο σε άκρο ποιότητας υπηρεσιών. Το πλήθος των παραμέτρων και των στοιχείων που τελικά θα τεθούν υπό παρακολούθηση, πρέπει να συμφωνηθεί από κοινού, για την αποτελεσματική διαχείριση της μεταφερόμενης απόδοσης. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως ο προσδιορισμός των ρόλων και η κατανομή των ευθυνών πρέπει να πραγματοποιείται και σε διεθνές επίπεδο, εφόσον η εκάστοτε υπηρεσία παρέχεται όχι μόνο σε εθνικό, αλλά και σε διεθνές επίπεδο.

3.11 Χαρακτηριστικά αντιλαμβανόμενης ποιότητας

Η αντίληψη της ποιότητας από τη σκοπιά του χρήστη, αποτελεί αφενός την εκτίμηση του χρήστη για τη συνολική απόδοση μιας υπηρεσίας και αφετέρου έναν απαραίτητο παράγοντα για την επιτυχημένη διαχείριση της υπηρεσίας. Ο αντικειμενικός σκοπός της διαχείρισης των αντιλήψεων των χρηστών είναι η εκτίμηση των υποκειμενικών τους απόψεων, η αναγνώριση των αρνητικών αντιλήψεων και η προσπάθεια διόρθωσης αυτών προς το κοινό όφελος των χρηστών και του παρόχου υπηρεσιών.

Η αντίληψη ειδικότερα του χρήστη είναι το σημαντικότερο κριτήριο μέσω του οποίου ο πάροχος υπηρεσιών μπορεί να εκτιμήσει και να μετρήσει τη μεταφερόμενη ποιότητα, και για αυτό το λόγο διεξάγονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα, έρευνες προκειμένου να εκτιμηθεί το πόσο καλά ή όχι αντιλαμβάνεται ο χρήστης την εκάστοτε υπηρεσία. Ωστόσο, η πληροφορία που αντλείται μέσω των ερευνών για την αντίληψη του χρήστη είναι συνήθως πολύ υποκειμενική και επιπλέον διαφοροποιείται στη πάροδο του χρόνου, λόγω της ανάπτυξης της τεχνολογίας, λόγω του ανταγωνισμού ή ακόμα και από τη καλή – κακή διαφημιστική προώθηση της υπηρεσίας.



Σχήμα 3.8 : Κύκλος ποιότητας – λαμβανόμενη ποιότητα

Είναι προφανές λοιπόν, ότι ο πάροχος υπηρεσιών πρέπει να παρακολουθεί συνεχώς τις αντιλήψεις των χρηστών και να λαμβάνει όλα τα απαραίτητα διορθωτικά μέτρα ώστε να βελτιώσει ή να διορθώσει τις επικρατούσες αντιλήψεις των χρηστών.

Υποκειμενικά στοιχεία : Η αντίληψη του χρήστη μπορεί να επηρεαστεί από πλήθος παραγόντων, οι οποίοι και τελικά επιδρούν στη τελική κρίση του χρήστη για τη ποιότητα. Τέτοιοι παράγοντες είναι :

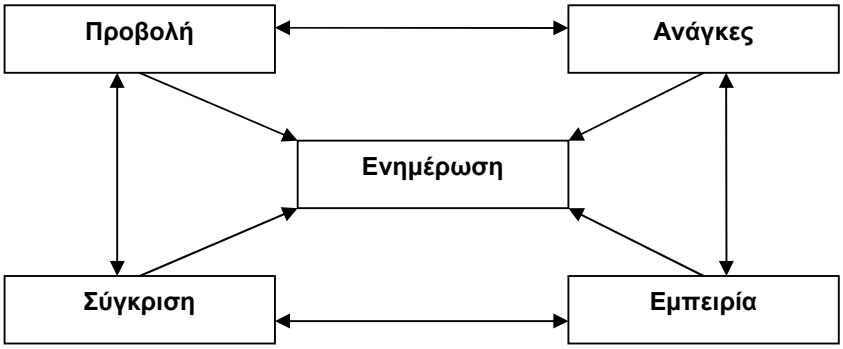
a) η ενημέρωση του χρήστη σχετικά με τις τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες
b) οι προσδοκίες του χρήστη
c) η αίσθηση ποιότητας
d) η προηγούμενη εμπειρία χρήσης. Η αντίληψη ενός χρήστη επηρεάζεται από τη προηγούμενη του εμπειρία με το πάροχο. Ειδικότερα, μια “κακή” εμπειρία συνήθως υποβιβάζει την εμπιστοσύνη του χρήστη στο πάροχο υπηρεσιών, ενώ μια “καλή” εμπειρία μπορεί ακόμη και να μετριάσει τη προηγούμενη κακή εικόνα του παρόχου, λόγω παροχής υπηρεσιών με μη ικανοποιητικά επίπεδα ποιότητας.

e) η διαφήμιση, η οποία έχει αναμφισβήτητα αντίκτυπο στην αντίληψη του χρήστη. Εξαιτίας του γεγονότος ότι τα διαφημιστικά μηνύματα είναι πλήρως ελεγχόμενα από το πάροχο υπηρεσιών, η διαφήμιση αποτελεί ένα δυνατό εργαλείο που επηρεάζει τις αντιλήψεις των χρηστών. Οι συστάσεις από τρίτους και η προηγούμενη εμπειρία του χρήστη είναι μερικώς ελεγχόμενες από το πάροχο υπηρεσιών, επειδή αυτές βασίζονται σε προηγούμενη χρονικά, απόδοση της υπηρεσίας.
f) η γνώμη της πλειοψηφίας του κοινού

1. *Ενημέρωση χρήστη για τις τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες*

Οι εταιρικοί πελάτες – χρήστες έχοντας προσδιορίσει με σαφή τρόπο τις ανάγκες τους, επιλέγουν εκείνο το πάροχο υπηρεσιών που παρουσιάζεται ως ο πιο αξιόπιστος, προκειμένου να υποστηρίζει τις επιχειρηματικές τους δραστηριότητες. Από την άλλη πλευρά, οι προσωπικοί πελάτες – μεμονωμένοι χρήστες αρκούνται στις πιο βασικές αλλά συνάμα αξιόπιστες υπηρεσίες επικοινωνίας, ενώ επηρεάζονται κυρίως από θέματα που πλαισιώνουν την υπηρεσία, όπως η αποτελεσματική και αποδοτική τεχνική υποστήριξη.

Το κόστος – τιμή αποτελεί ένα θέμα που σαφώς τους ενδιαφέρει, αλλά πραγματικά λίγοι είναι αυτοί που θα υποστούν τη ταλαιπωρία αλλαγής παρόχου, για χαμηλότερες ονομαστικές τιμές χρέωσης. Οποιουδήποτε τέτοιου είδους κίνηση κρίνεται είτε ευκαιριακή είτε είναι επακόλουθο της αρνητικής και μη ικανοποιητικής αίσθησης του χρήστη για τα παρεχόμενα επίπεδα ποιότητας υπηρεσιών.
Στο σχήμα 3.9 παρουσιάζονται οι παράγοντες που συνδυαζόμενοι αποτελούν την ενημέρωση του χρήστη.



Σχήμα 3.9 : Παράγοντες που επηρεάζουν τη γνώση του χρήστη

Προβολή : Ο χρήστης – πελάτης έρχεται αντιμέτωπος με πλήθος διαφημιστικών, διάφορου είδους, κυρίως από τα μέσα μαζικής ενημέρωσης, όπου οι πάροχοι των υπηρεσιών προβάλλονται και διαφημίζονται. Οι διαφημίσεις που παρουσιάζονται με κακό τρόπο και που περιέχουν ασήμαντη και χωρίς νόημα πληροφορία προδιαθέτουν αρνητικά το χρήστη. Έτσι, οι πάροχοι υπηρεσιών πρέπει να δίνουν ιδιαίτερη σημασία και προσοχή σε τέτοιου είδους θέματα, κατά τη διαδικασία δημιουργίας και προώθησης των διαφημιστικών μηνυμάτων, ώστε να αποκτήσουν ένα δυνατό εργαλείο στα χέρια τους, μέσω του οποίου μπορούν να, επηρεάσουν, κερδίσουν και διατηρήσουν τους χρήστες – πελάτες, σε ένα έντονα ανταγωνιστικό περιβάλλον.

Σύγκριση : Τα κριτήρια μέσω των οποίων ένας πάροχος συγκρίνεται με έναν άλλο διαφοροποιούνται με το χρόνο και τις ανάγκες των χρηστών. Όσο αυξάνεται ο ανταγωνισμός, οι συγκρίσεις έχουν ολοένα και μεγαλύτερο αντίκτυπο στην αντίληψη του χρήστη. Η τιμή και η ποιότητα αποτελούν τις δυο πιο επιθυμητές για σύγκριση, από πλευράς χρήστη, παραμέτρους.

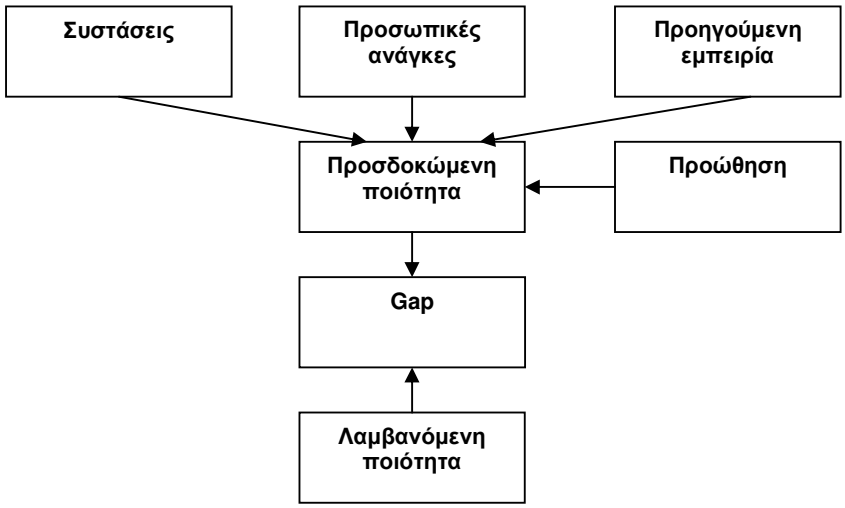
Ανάγκες : Οι συγκεκριμένες ανάγκες ενός χρήστη έχουν αντίκτυπο στην αντίληψη του. Στη περίπτωση των προσωπικών πελατών / μεμονωμένων χρηστών, οι ανάγκες τους είναι άμεσα συσχετισμένες με τις επικρατούσες συνθήκες στη προσωπική και επαγγελματική τους ζωή. Έτσι, είναι πιθανό σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους, σημαντικότερο όλων για αυτούς να αποτελεί η 100% διαθεσιμότητα της υπηρεσίας. Από την άλλη πλευρά, οι ανάγκες ενός εταιρικού πελάτη ενδέχεται να απαιτούν υπηρεσίες ή συνδυασμό υπηρεσιών που είναι εκτός των δυνατοτήτων του παρόχου.

Εμπειρία : Η πιο άμεση και επομένως η ισχυρότερη μορφή επίδρασης της αντίληψης του χρήστη, αποτελεί η προσωπική εμπειρία. Έρευνες επιδεικνύουν ότι η διάθεση του χρήστη, δεδομένου του επιπέδου και της ποιότητας της εμπειρίας με έναν πάροχο υπηρεσιών, έχει σημαντικές επιπτώσεις στις μελλοντικές προθέσεις αγοράς του χρήστη. Έτσι, ένας “καλοδιάθετος” χρήστης τείνει να αποτιμά τη καλή εμπειρία ως ακόμα καλύτερη, ενώ αντίθετα ένας “κακοδιάθετος” χρήστης τείνει να αποτιμά την εμπειρία ως ακόμη χειρότερη. Κάθε χρήστης έχει κάποιες προσδοκίες για τη ποιότητα της εμπειρίας με μια υπηρεσία και έτσι, εάν ο πάροχος υπηρεσιών δεν προσαρμοστεί επαρκώς σε αυτές τις προσδοκίες, τότε αναπόφευκτα η ποιότητα της εμπειρίας του χρήστη θα είναι χαμηλή.

2. *Προσδοκίες χρήστη*

Με βάση το μοντέλο του σχήματος 3.10, η αντιλαμβανόμενη από το χρήστη ποιότητα σχετίζεται με τη προσδοκώμενη. Οι καθοριστικής σημασίας παράγοντες που διαμορφώνουν τη προσδοκώμενη από το χρήστη ποιότητα εστιάζονται, σε συστάσεις που έχουν να κάνουν με ο,τιδήποτε μεταφέρεται από στόμα σε στόμα μεταξύ των χρηστών, στις προσωπικές ανάγκες οι οποίες περιλαμβάνουν πλήθος κριτηρίων που βασίζονται στα προσωπικά χαρακτηριστικά των χρηστών, στη προώθηση της υπηρεσίας στην αγορά από τον πάροχο υπηρεσιών και σε προηγούμενη εμπειρία της υπηρεσίας.

Η προώθηση μιας υπηρεσίας στην αγορά αναφέρεται στις δραστηριότητες εκείνες που διεξάγονται, υπό το πλήρη έλεγχο του παρόχου υπηρεσιών, και έχουν ως σκοπό τη διαφήμιση της υπηρεσίας στο ευρύτερο κοινό. Από την άλλη πλευρά, η προηγούμενη εμπειρία μιας υπηρεσίας αποτελεί στη πραγματικότητα το σημείο έναρξης για όλες τις ενδεχόμενες μελλοντικές συμφωνίες παροχής υπηρεσιών, μεταξύ χρήστη και παρόχου. Αξίζει να σημειωθεί πως στο ακόλουθο σχήμα, μεταξύ προσδοκώμενης και αντιλαμβανόμενης ποιότητας παρατηρείται ένα κενό (gap), το οποίο μειώνεται μέσω της σωστής διαχείρισης των παραπάνω καθοριστικών παραγόντων, από το πάροχο των υπηρεσιών.



Σχήμα 3.10 : Προσδοκώμενη και αντιλαμβανόμενη ποιότητα

3.12 Διαχείριση της αντιλαμβανόμενης ποιότητας

Τα θέματα που πρέπει να εξεταστούν κατά τη διαδικασία διαχείρισης της λαμβανόμενης ποιότητας είναι αρχικά, η εκτίμηση και μετά η ανάλυση της ποιότητας που αντιλαμβάνεται ο χρήστης. Στη συνέχεια, στο τελευταίο στάδιο πραγματοποιούνται τυχόν μετατροπές που απαιτούνται για τη βελτίωση της ποιότητας.

Τα βήματα για την εκτίμηση της αντίληψης του χρήστη μπορούν να είναι τα παρακάτω :

a) επιλογή υπηρεσίας ή ομάδας υπηρεσιών που θα εξεταστούν. Συνήθως η αξιολόγηση των υπηρεσιών είναι αναγκαία, προκειμένου να εξεταστούν οι κατηγοριοποιήσεις των χρηστών. Οι παραπάνω αξιολογήσεις (surveys) σχεδιάζονται έτσι ώστε να εστιάζονται σε συγκεκριμένα θέματα ποιότητας, συγκεκριμένων υπηρεσιών και ως εκ τούτου επιδρούν ελάχιστα στη γενικότερη αντίληψη του χρήστη για το πάροχο υπηρεσιών. Επίσης, ο πάροχος υπηρεσιών είναι πολύ πιθανό να διεξάγει surveys προκειμένου να εκτιμήσει την αντίληψη των χρηστών για τις ανταγωνίστριες εταιρείες.

b) επιλογή των κριτηρίων απόδοσης που θα χρησιμοποιηθούν. Η επιλογή των κριτηρίων απόδοσης, με βάση τα οποία θα εκτιμηθεί η αντίληψη του χρήστη εξαρτάται από το σκοπό της έρευνας. Εάν μια γενική εικόνα του παρόχου υπηρεσιών είναι το ζητούμενο, τότε η έρευνα θα πρέπει να εστιαστεί στην εικόνα της εταιρείας. Από την άλλη πλευρά, αν ο σκοπός είναι η βελτίωση της απόδοσης της υπηρεσίας, τότε τα κριτήρια ή οι επιλεγμένες παράμετροι σαφώς και θα διαφέρουν.

c) μέγεθος λαμβανόμενων δειγμάτων. Το πλήθος των χρηστών-μέγεθος δείγματος οποιουδήποτε survey εξαρτάται από την ομάδα χρηστών που επιλέγεται να μελετηθεί. Εάν τα αποτελέσματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους, τότε αναγκαστικά το μέγεθος του δείγματος πρέπει να αυξηθεί ώστε να προκύψουν αποτελέσματα στατιστικά αξιόπιστα.

d) σχεδιασμός και εφαρμογή ερωτηματολογίου. Το ερωτηματολόγιο πρέπει να περιέχει ερωτήσεις, οι οποίες αντανακλούν τους αντικειμενικούς σκοπούς της έρευνας. Η δομή και ο σχεδιασμός των ερωτήσεων είναι καθοριστικής σημασίας για την αποτελεσματική διαχείριση της ποιότητας που αντιλαμβάνεται ο χρήστης.

e) ανακοίνωση αποτελεσμάτων

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου

1. ISO 10011, "*Guidelines for auditing quality systems*" (International Standards Organisation, 1993)

2. ITU - T Recommendation G.114, "*One way transmission time*" (International Telecommunications Union, 2000)

3. Mullee A. W. and Faulkner R, "*Planning for a customer responsive network*" (Sixth international network planning symposium, September 1994)

4. A. P. Oodan, K. E. Ward and A. W. Mullee, "*Quality of Service in Telecommunications* " (The Institute of Electrical Engineers, 1997)

5. Rogers D., and Hand D, "*Network measurement and performance*" (Br. Telecomm. Eng., 1995)

6. Zeithaml V. A, Parasuraman A. and Berry L. L, "*Delivering quality service*" (Free Press, 1990)

Κεφάλαιο 4°
"Απόδοση Δικτύου"

4.1 Εισαγωγή

Η απόδοση του δικτύου αποτελεί τη τεχνική απόδοση των στοιχείων του δικτύου ή ολόκληρου του δικτύου, που εμπλέκονται στη διαδικασία παροχής υπηρεσιών. Ο τρόπος μέτρησης της είναι μέσω σημαντικών για το διαχειριστή του δικτύου παραμέτρων. Σύμφωνα με την ITU – T, η απόδοση δικτύου ορίζεται ως "*η ικανότητα του δικτύου να παρέχει υπηρεσίες για την επικοινωνία μεταξύ χρηστών*". Επιπρόσθετα, η απόδοση δικτύου πρέπει να μετριέται μέσω παραμέτρων που έχουν ιδιαίτερο νόημα για το πάροχο του δικτύου και συνάμα οι παράμετροι αυτοί, είναι πλήρως ανεξάρτητες από την απόδοση και τη θέση του τερματικού. Κατά τη πραγματοποίηση μιας κλήσης, παρουσιάζονται κατά χρονολογική σειρά εμφάνισης, η φάση πρόσβασης, η μεταφορά της πληροφορίας του χρήστη και τέλος η φάση της αποσύνδεσης (τερματισμός κλήσης). Οι τρεις παραπάνω φάσεις συνδέονται με τα κριτήρια της ταχύτητας, της ακρίβειας και της αξιοπιστίας.

Η φάση της πρόσβασης περιλαμβάνει την αίτηση του χρήστη για την απαιτούμενη υπηρεσία, το προορισμό της κλήσης και οποιαδήποτε άλλη απαιτούμενη παράμετρο υπηρεσίας. Η απόδοση μπορεί να μετρηθεί από τη σκοπιά, της ταχύτητας με την οποία εγκαθίσταται μια κλήση, της ακρίβειας και της αξιοπιστίας.

Η μεταφορά πληροφορίας καλύπτει τη χρονική περίοδο μεταξύ της εγκατάστασης – έναρξης και τερματισμού της κλήσης. Η ταχύτητα μετριέται μέσω του ρυθμού μετάδοσης της πληροφορίας. Από την άλλη πλευρά η ακρίβεια υπολογίζεται μέσω του ρυθμού λαθών, της παραμόρφωσης της μεταφερόμενης πληροφορίας και τέλος της αξιοπιστίας.

Η αποσύνδεση ακολουθεί τη μεταφορά της πληροφορίας της πληροφορίας και δηλώνει το τερματισμό της κλήσης. Ως εκ τούτου, η ταχύτητα διακοπής της κλήσης, η ακρίβεια χρέωσης και η αξιοπιστία από τη σκοπιά της μη πρόωρης αποδέσμευσης ή αποτυχίας στη διακοπή της κλήσης αποτελούν τις παραμέτρους απόδοσης.

	Ταχύτητα	**Ακρίβεια**	**Αξιοπιστία**
Πρόσβαση			
Μεταφορά Πληροφορίας			
Αποσύνδεση			

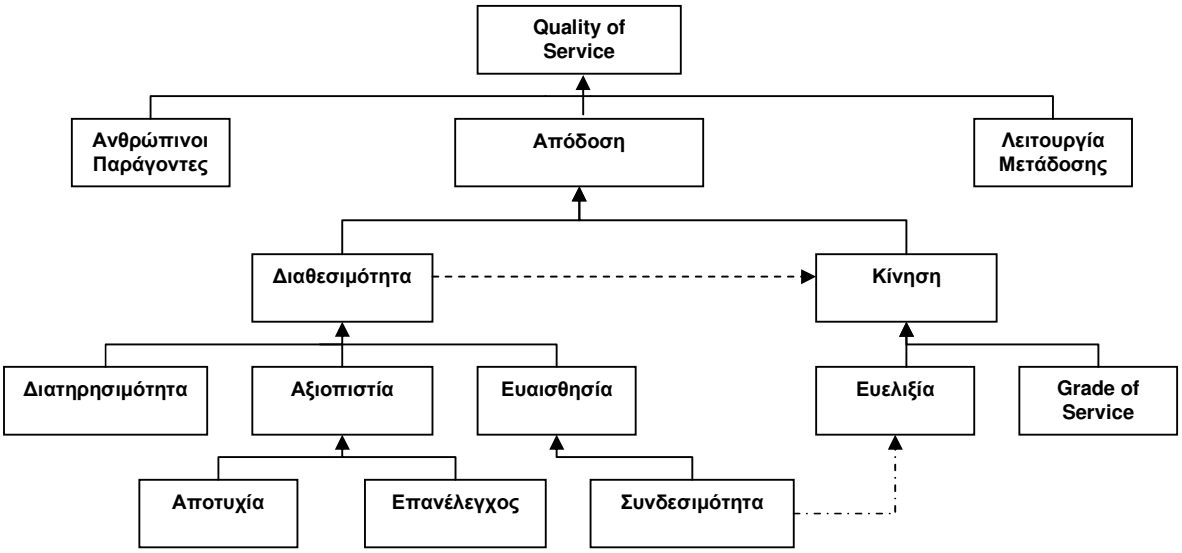
Πίνακας 4.1 : Πίνακας παραμέτρων απόδοσης

Στο πίνακα 4.1 παρουσιάζονται οι τρεις προαναφερθείσες φάσεις καθώς και οι QoS παράμετροι. Η ταχύτητα αποτελεί το σχετιζόμενο με το χρόνο κριτήριο που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη λειτουργία της απόδοσης. Όσον αφορά την ακρίβεια, αυτή αποτελεί το κριτήριο που περιγράφει το βαθμό ορθότητας με την οποία πραγματοποιείται μια λειτουργία. Τέλος, η αξιοπιστία είναι το κριτήριο απόδοσης που περιγράφει το βαθμό βεβαιότητας και σιγουριάς με τον οποίο μια λειτουργία εκτελείται, ασχέτως της ταχύτητας ή της ακρίβειας.

Εξαιτίας της ύπαρξης περιορισμένων στοιχείων, όσον αφορά αφενός τις διαστάσεις της ποιότητας υπηρεσιών όπως αυτή αντιλαμβάνεται από το χρήστη και αφετέρου της σχετικής για τους χρήστες σπουδαιότητας, οι στόχοι ποιότητας υπηρεσιών τίθενται με βάση κυρίως τη προηγούμενη εμπειρία και όχι τόσο με βάση τη θεωρητική προσέγγιση. Στο σχήμα 4.1 παρουσιάζονται υπό τη μορφή δένδρου οι παράγοντες που επηρεάζουν τη ποιότητα μιας υπηρεσίας και την απόδοση της. Οι πιο σημαντικοί παράγοντες εξ αυτών είναι :

i. η διαθεσιμότητα (availability), δηλαδή η ικανότητα ενός στοιχείου να εκτελεί τις απαιτούμενες ενέργειες οποιαδήποτε στιγμή, και
ii. η κινητικότητα (trafficability), δηλαδή η ικανότητα ενός στοιχείου να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις κίνησης υπό καθορισμένες συνθήκες χρήσης.

Ο βαθμός εξυπηρέτησης (**G**rade **o**f **S**ervice - GoS) ορίζεται ως ο λόγος του αριθμού των ανεπιτυχών κλήσεων προς το συνολικό αριθμό κλήσεων την ώρα αιχμής. Η ώρα αιχμής βασίζεται στη μέγιστη ζήτηση των χρηστών που παρατηρείται κατά τη διάρκεια μιας ώρας και μπορεί να χαρακτηρίζει την ώρα αιχμής για χρονική διάρκεια μιας εβδομάδας, ενός μήνα ή ενός έτους. Ο βαθμός εξυπηρέτησης αποτελεί ένα δείκτη που προσδιορίζει την επίδοση ενός συστήματος με συγκέντρωση, και καθορίζει την επιθυμητή πιθανότητα να αποκτήσει κάποιος δίαυλο πρόσβασης. Η σχεδίαση των κυψελωτών συστημάτων συνήθως βασίζεται σε GoS=0.02, τιμή η οποία υποδηλώνει πως κατά μέσο όρο, ένας χρήστης θα βρίσκει διαθέσιμο δίαυλο το 98% του χρόνου κατά τη διάρκεια της ώρας αιχμής στο σύστημα. Μια από τις σημαντικότερες ευθύνες του σχεδιαστή ενός ασύρματου δικτύου είναι να εκτιμήσει τη μέγιστη απαιτούμενη χωρητικότητα και να διαθέσει τον κατάλληλο αριθμό διαύλων ώστε να επιτυγχάνει το σύστημα τον επιθυμητό GoS.



Σχήμα 4.1 : Παράγοντες επηρεασμού ποιότητας και απόδοσης

Οι παράμετροι απόδοσης του δικτύου, προκύπτουν λαμβάνοντας γενικά υπόψη τις υποδείξεις της ITU – T και οικονομικά κριτήρια. Οι παράμετροι αυτοί χρησιμοποιούνται για το σχεδιασμό του συστήματος, τη μελέτη του δικτύου, το προσδιορισμό και την απόκτηση του απαραίτητου εξοπλισμού, τη λειτουργία του δικτύου καθώς και το καθορισμό των υπηρεσιών.

Γενικά οι συνολικές παράμετροι απόδοσης του δικτύου προκύπτουν εμπειρικά και πρέπει να κατανέμονται με προσοχή στα στοιχεία που απαρτίζουν το δίκτυο, προκειμένου να δώσουν τα επιθυμητά αποτελέσματα. Η κατανομή επηρεάζεται από οικονομικούς κυρίως παράγοντες, καθώς και από την απαίτηση να παρέχεται στο χρήστη η σχετική από άκρο σε άκρο ποιότητα υπηρεσιών.

Στην επόμενη ενότητα παρουσιάζονται για διάφορες υπηρεσίες, οι παράμετροι ποιότητας υπηρεσιών και απόδοσης δικτύου, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως κατευθυντήριες γραμμές για τη παροχή υπηρεσιών και το σχεδιασμό του δικτύου από τους παρόχους υπηρεσιών και δικτύου. Αξίζει να σημειωθεί στο σημείο αυτό, πως οι παρακάτω παράμετροι είναι έγκυρες μονάχα για συστήματα τρίτης γενιάς, καθώς αυτές αντανακλούν τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά των συστημάτων αυτών. Ειδικότερα, οι εν λόγω παράμετροι αντανακλούν εκείνα τα χαρακτηριστικά των συστημάτων τρίτης γενιάς με τα οποία καθίσταται δυνατή η διάκριση των συστημάτων τρίτης γενιάς από άλλα προγενέστερα συστήματα, όπως για παράδειγμα αυτό της δεύτερης γενιάς. Οι QoS παράμετροι επικεντρώνονται στην απήχηση, όπως την αντιλαμβάνεται ο χρήστης, που έχει μια υπηρεσία και επομένως δίνει το πλαίσιο για τη σχεδίαση του δικτύου. Τέλος, οι NP παράμετροι περιγράφουν την απόδοση συγκεκριμένων στοιχείων και ως εκ τούτου καθορίζουν τη ποιότητα των υπηρεσιών.

4.2 Βασικές απαιτήσεις

Κατά την άποψη του χρήστη, το σύστημα τρίτης γενιάς χαρακτηρίζεται από τα ακόλουθα βασικά χαρακτηριστικά :

i. οι υπηρεσίες παρέχονται από πάροχο πολλαπλών υπηρεσιών και από πάροχο πολλαπλών δικτύων, με διαφορετικά επίπεδα ποιότητας υπηρεσιών
ii. το εξατομικευμένο προφίλ υπηρεσίας καθορίζεται συναινετικά από το χρήστη και το πάροχο υπηρεσιών
iii. ο χρήστης έχει το ίδιο περιβάλλον υπηρεσιών, ανεξαρτήτως του δικτύου που τον υποστηρίζει
iv. η υπηρεσία παρέχεται αδιάλειπτα σε περιπτώσεις περιαγωγής του χρήστη σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά των UMTS συστημάτων οδηγούν σε κάποιες γενικές απαιτήσεις για τις παραμέτρους ποιότητας υπηρεσιών και απόδοσης δικτύου.

i. ο χρήστης πρέπει να έχει τη δυνατότητα να επιλέγει το “πακέτο” ποιότητας υπηρεσιών που ταιριάζει καλύτερα στις προσωπικές του ανάγκες
ii. πληροφόρηση του χρήστη σχετικά με την ποιότητα της μεταφερόμενης υπηρεσίας. Στη περίπτωση που το επίπεδο ποιότητας, όπως το αντιλαμβάνεται ο χρήστης, αναμένεται να υποβιβασθεί, τότε θα πρέπει ο χρήστης να είναι σχετικά ενήμερος
iii. ο χρήστης έχει τη δυνατότητα επιλογής σχετικά με τη ποιότητα υπηρεσιών, καθώς οι QoS παράμετροι μπορούν να προκαθοριστούν κατά την απαίτηση, από πλευράς χρήστη, μιας υπηρεσίας από το πάροχο υπηρεσιών
iv. η διαπραγμάτευση της ποιότητας υπηρεσιών μεταξύ κινητού τερματικού και δικτύου, πριν την απαίτηση μιας υπηρεσίας, είναι πιθανή.

4.2.1 Παράμετροι ποιότητας υπηρεσιών

Οι παράμετροι που περιγράφουν τις παραπάνω αναφερόμενες απαιτήσεις (ταχύτητα, ακρίβεια, αξιοπιστία) είναι οι ακόλουθες :

i. *ο χρόνος πρόσβασης στο δίκτυο (χρόνος σύνδεσης) :* αναφέρεται στο χρονικό διάστημα μεταξύ της ενέργειας του χρήστη να αποκτήσει πρόσβαση στο δίκτυο μέχρι τη λήψη από το χρήστη της σχετικής επιβεβαίωσης. Σε αυτή τη χρονική περίοδο, περιλαμβάνονται όλες οι απαραίτητες διαδικασίες που επιτελούνται
ii. *ο χρόνος απαίτησης της υπηρεσίας*
iii. *ο χρόνος αλλαγής του προφίλ υπηρεσίας*
iv. *ο χρόνος λήψης πληροφοριών ποιότητας υπηρεσιών*
v. *η αδιάκοπη παροχή – υποστήριξη της υπηρεσίας σε περίπτωση περιαγωγής*

4.2.2 Παράμετροι απόδοσης δικτύου

i. *χρόνος σύνδεσης (αποδοχή κλήσης από το προοριζόμενο κινητό τερματικό)*
ii. *χρόνος απόλυσης σύνδεσης*
iii. *διακοπή υπηρεσιών*

4.2.3 Υπηρεσίες ομιλίας

Οι παράμεροι ποιότητας υπηρεσιών και απόδοσης δικτύου για τη συγκεκριμένη μορφή επικοινωνίας μεταξύ των δυο άκρων, είναι αντίστοιχα οι εξής :

a. Παράμετροι ποιότητας υπηρεσιών

- *υποκειμενική ποιότητα (subjective quality)*
- *αναγνώριση καλούντος (speaker recognition)*
- *ποιότητα ομιλίας (natural speech quality)*
- *ευκολία συνομιλίας (ease of conversation)*
- *αντίληψη ηχούς (perception of echo)*
- *διακοπή υπηρεσίας (interruption of service)*

b. Παράμετροι απόδοσης δικτύου

- *απώλεια αλληλεπίδρασης (loss of interactivity), λόγω είτε της ύπαρξης θορύβου, είτε της καθυστέρησης στη συνομιλία μεταξύ των δυο πλευρών*

4.2.4 Υπηρεσίες μετάδοσης δεδομένων

Η ποιότητα μιας υπηρεσίας που αντιλαμβάνεται ο χρήστης επηρεάζεται από το δίκτυο, καθώς επίσης και από το τερματικό εξοπλισμό. Με την αύξηση της πολυπλοκότητας μιας εφαρμογής που χρησιμοποιείται στα συστήματα τρίτης γενιάς, η απόδοση της εφαρμογής γίνεται ένας ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας για το προσδιορισμό της αντιλαμβανόμενης από πλευράς χρήστη ποιότητας. Οι ακόλουθες παράμετροι για τη μετάδοση των δεδομένων δεν περιλαμβάνουν την επίδραση ούτε του τερματικού εξοπλισμού, αλλά ούτε και της χρησιμοποιούμενης εφαρμογής.

a. Παράμετροι ποιότητας υπηρεσιών

- *καθυστέρηση (delay)*
- *διάρκεια μεταφοράς δεδομένων (duration)*
- *ρυθμοαπόδοση (throughput)*
- *ποσοστό σφαλμάτων μετάδοσης (percentage of transmission errors)*

b. Παράμετροι απόδοσης δικτύου

- *ρυθμός λαθών (bit error rate, BER)*
- *ρυθμός μετάδοσης πληροφορίας (information transfer rate)*
- *καθυστέρηση μετάδοσης (transfer delay)*
- *διακύμανση της καθυστέρησης (delay variation)*
- *πιθανότητα απώλειας δεδομένων (probability of loss)*

4.2.5 Υπηρεσίες σύντομων μηνυμάτων (SMS)

Για τη συγκεκριμένη περίπτωση, υποθέτουμε ότι οι υπηρεσίες μηνυμάτων μπορούν να παρασχεθούν μέσω μιας εφαρμογής αποθήκευσης και προώθησης των μηνυμάτων και επομένως, τα "δομικά" μέρη που συνιστούν ένα μήνυμα ενδέχεται να υποστούν καθυστέρηση κατά τη μετάδοση τους. Οι αντίστοιχες παράμεροι είναι οι ακόλουθες :

a. Παράμετροι ποιότητας υπηρεσιών

- *καθυστέρηση μετάδοσης (delivery delay)*
- *πιθανότητα λάθους στο μήνυμα (probability of error)*
- *πιθανότητα αποστολής σε λάθος προορισμό (probability of delivery)*
- *ρυθμοαπόδοση (throughput)*
- *πιθανότητα απώλειας μηνύματος (probability of loss)*

b. Παράμετροι απόδοσης δικτύου

- *ακρίβεια μετάδοσης (delivery accuracy)*
- *ρυθμός λαθών (BER)*
- *ρυθμός μετάδοσης πληροφορίας (information transfer rate)*
- *καθυστέρηση μετάδοσης (transfer delay)*
- *διακύμανση της καθυστέρησης (delay variation)*
- *πιθανότητα απώλειας (probability of loss)*

4.2.6 Υπηρεσίες μηνυμάτων πολυμέσων (MMS)

Για αυτή τη κατηγορία υπηρεσιών, ένα μήνυμα που αποστέλλεται μεταξύ δυο χρηστών μπορεί να συνδυάζει κείμενο, εικόνα, ήχο αλλά και βίντεο. Οι παράμεροι ποιότητας υπηρεσιών και απόδοσης δικτύου για τη συγκεκριμένη μορφή επικοινωνίας, είναι οι εξής :

a. Παράμετροι ποιότητας υπηρεσιών

- *συγχρονισμός (synchronization)*

b. Παράμετροι απόδοσης δικτύου

- *ρυθμός λαθών (BER)*
- *ρυθμός μετάδοσης πληροφορίας (information transfer rate)*
- *καθυστέρηση μετάδοσης (transfer delay)*
- *διακύμανση της καθυστέρησης (delay variation)*
- *πιθανότητα απώλειας (probability of loss)*

4.2.7 Υπηρεσίες τηλεειδοποίησης

Σε αυτή τη περίπτωση, οι παράμεροι ποιότητας υπηρεσιών και απόδοσης δικτύου είναι οι ακόλουθοι :

a. Παράμετροι ποιότητας υπηρεσιών

- *καθυστέρηση μετάδοσης (transfer delay)*
- *ρυθμοαπόδοση (throughput)*
- *ανάλυση (resolution)*

b. Παράμετροι απόδοσης δικτύου

- *ρυθμός λαθών (BER)*
- *καθυστέρηση μετάδοσης (transmission delay)*
- *διακύμανση καθυστέρησης (delay variation)*

4.3 Διαχείριση απόδοσης

Η διαχείριση απόδοσης (performance management) αποτελεί ένα από τα βασικότερα στοιχεία της διαδικασίας λειτουργίας του δικτύου. Κρίνεται αναγκαίο, να εξασφαλιστεί ότι η σχεδιαζόμενη απόδοση του δικτύου επιτυγχάνεται και έτσι, σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον, η κυρίαρχη εταιρεία τηλεπικοινωνιών μπορεί να διατηρήσει ή ακόμη και να αυξήσει το μερίδιο της στην αγορά.

Κατά τη διαχείριση της απόδοσης πρέπει να :

a) υπολογίζεται η μεταφερόμενη QoS στους χρήστες για κάθε παρεχόμενη υπηρεσία. Να σημειωθεί πως η μεταφερόμενη ποιότητα είναι μόλις η μια από τις τέσσερις διαστάσεις της ποιότητας υπηρεσιών (μεταφερόμενη ποιότητα, προσφερόμενη ποιότητα, απαιτούμενη ποιότητα και αντιλαμβανόμενη ποιότητα). Η μετρούμενη απόδοση αναπαριστά μονάχα εκείνες τις παραμέτρους που μπορούν να εξαχθούν από το δίκτυο και τη λειτουργία του.
b) παρέχεται ένας γενικός έλεγχος της συνολικής κατάστασης του δικτύου με δεδομένα που θα βοηθούν στη διαδικασία σχεδιασμού και λειτουργίας.
c) επιθεωρούνται οι γενικές κατευθύνσεις απόδοσης του εξοπλισμού, ώστε να διευκολύνεται η λήψη αποφάσεων για θέματα σχεδιασμού και αγοράς.
d) εκτιμάται η ικανότητα και η αποδοτικότητα
e) παρακολουθείται στενά η μεταφερόμενη QoS σε άλλους παρόχους που συνδέονται με το δίκτυο

4.4 Διαχείριση δικτύου

Η διαχείριση του δικτύου αποτελεί τη διαδικασία επίβλεψης του δικτύου και της λήψης των απαραίτητων μέτρων, όποτε κρίνεται αυτό αναγκαίο, για τον έλεγχο της ροής της κίνησης. Η διαχείριση του δικτύου απαιτεί αφενός την παρακολούθηση – μέτρηση σε πραγματικό χρόνο της κατάστασης του δικτύου και της απόδοσης του και αφετέρου, τη δυνατότητα λήψης άμεσων μέτρων. Ο αντικειμενικός σκοπός της διαχείρισης του δικτύου έγκειται στο να καταστήσει όσο το δυνατό περισσότερες κλήσεις να τερματιστούν με επιτυχία. Ο σκοπός αυτός επιτυγχάνεται με τη μεγιστοποίηση της χρήσης όλου του διαθέσιμου εξοπλισμού και των δυνατοτήτων του. Οι ενέργειες διαχείρισης του δικτύου κατηγοριοποιούνται σε "επεκτατικές" (expansive) οι οποίες σχεδιάζονται ώστε να καθιστούν διαθέσιμα εκείνα τα τμήματα του δικτύου που χαρακτηρίζονται από χαμηλή κίνηση σε περιπτώσεις συμφόρησης και σε "προστατευτικές" (protective) ενέργειες, οι οποίες σχεδιάζονται ώστε να αποδεσμεύουν κίνηση από το δίκτυο σε περιπτώσεις συμφόρησης. Υπό κανονικές συνθήκες, το πρώτο βήμα που πραγματοποιείται σε περίπτωση προβλήματος του δικτύου είναι η εφαρμογή επεκτατικών ενεργειών. Οι ενέργειες προστασίας χρησιμοποιούνται στις περιπτώσεις όπου οι επεκτατικές ενέργειες είναι μη διαθέσιμες ή μη αποτελεσματικές.

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου

1. ETR 22.25, "*Universal Mobile Telecommunication System (UMTS); Quality of Service and Network Performance*" (UMTS 22.25 version 3.1.0, European Telecommunications Standard Institute)

2. ITU - T Recommendation E.410, "*International network management*" (International Telecommunications Union, 1998)

3. ITU - T Recommendation E.411, "*International network management – Operational guidance*" (International Telecommunications Union, 2000)

4. ITU - T Recommendation E.800, "*Terms and definitions related to quality of service and network performance including dependability*" (International Telecommunications Union, 1994)

5. A. P. Oodan, K. E. Ward and A. W. Mullee, "*Quality of Service in Telecommunications* " (The Institute of Electrical Engineers, 1997)

Κεφάλαιο 5°
"Δείκτες Επίδοσης"

5.1 Εισαγωγή

Για κάθε μορφή ποιότητας υπηρεσιών καθώς και για κάθε είδος υπηρεσίας κρίνεται αναγκαίος ο ορισμός διαφορετικών δεικτών απόδοσης. Οι δείκτες απόδοσης (Key Performance Indicators, KPIs) είναι ενδεικτικοί του τρόπου με τον οποίον λειτουργεί το δίκτυο σύμφωνα με κάποιες παραμέτρους. Από την άλλη πλευρά, οι δείκτες ποιότητας (Key Quality Indicators, KQIs) αποτελούν ένα τυπικό συνδυασμό ορισμένων KPIs, οι οποίοι μπορούν να παράσχουν στους παρόχους χρήσιμη πληροφορία σχετικά με την εμπειρία που αποκομίζει ο χρήστης. Οι δείκτες ποιότητας βασίζονται πάνω στους δείκτες απόδοσης προκειμένου να παρέχουν εκτός από μια εικόνα της ικανοποίησης του χρήστη, και μια εικόνα του τρόπου με τον οποίον αυτή η ικανοποίηση μπορεί να συσχετισθεί με το δίκτυο.

Από τη σκοπιά του χρήστη, κατά τη διαδικασία χρήσης μιας υπηρεσίας διακρίνονται τέσσερα στάδια – φάσεις, όπου κάθε στάδιο αποτελεί και μια διαφορετική μορφή της ποιότητας υπηρεσιών. Τα στάδια είναι τα εξής :

1. Πρόσβαση δικτύου (Network access) : αποτελεί την ένδειξη στο κινητό τερματικό της διαθεσιμότητας του δικτύου
2. Πρόσβαση υπηρεσίας (Service access) : η ικανότητα του χρήστη για γρήγορη πρόσβαση στην υπηρεσία της αρεσκείας του
3. Πληρότητα υπηρεσίας (Service Integrity) : περιγράφει την ποιότητα υπηρεσιών κατά τη διάρκεια χρήσης της υπηρεσίας
4. Διατήρηση υπηρεσίας (Service Retainability) : αναφέρεται στην ικανότητα διατήρησης της υπηρεσίας, ανάλογα με την επιθυμία ή όχι του χρήστη.

5.2 Ταξινόμηση περιβάλλοντος μετρήσεων

Ιδιαίτερα σημαντική κρίνεται η αναγνώριση του περιβάλλοντος στο οποίο πραγματοποιούνται οι εκάστοτε μετρήσεις, για την ανάλυση και τη συμβατότητα των αποτελεσμάτων. Γενικά, οι μετρήσεις είναι δυνατό να πραγματοποιηθούν σε κλειστό (indoor) ή ανοικτό (outdoor) χώρο, με ταχύτητα περιπάτου (walk test) ή αυτοκινήτου (drive test). Αξίζει να σημειωθεί, πως στα drive tests χρησιμοποιείται εξωτερική κεραία με κατάλληλη εξασθένιση. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι δυνατοί τρόποι μετρήσεως, σε άμεση σχέση με τον τύπο του περιβάλλοντος.

Κατηγορία	Τύπος Περιβάλλοντος	Τύπος μετρήσεων
S1O	Αεροδρόμια, Σιδηροδρομικοί σταθμοί, εμπορικά κέντρα, εκθεσιακά κέντρα	outdoor
S1I		indoor
D1	Τρένο	Drive test
D2	Αστική περιοχή (urban)	Drive test
D3	Αυτοκινητόδρομοι (Highways)	Drive test
D4	Αγροτικές περιοχές (rural)	Drive test
D5	Μεγάλες πόλεις	Drive test
W1	walk test	indoor
W2	walk test	outdoor

Πίνακας 5.1 : Περιβάλλον μετρήσεων

5.3 Παράμετροι μετρήσεων

Για τη διεξαγωγή των μετρήσεων θεωρούμε ότι η υπηρεσία είναι διαθέσιμη στο χρήστη και ότι η δρομολόγηση πραγματοποιείται με επιτυχία. Επίσης, για κάθε είδος υπηρεσίας θεωρούμε ότι επαναλαμβάνονται "συναλλαγές" υπό τις ίδιες ακριβώς συνθήκες, γεγονός το οποίο υποδηλώνει την ύπαρξη κατάλληλων χρονικών διαστημάτων παύσης μεταξύ δυο διαδοχικών "συναλλαγών".

5.3.1 Μετρήσεις τηλεφωνίας

Για αυτή τη κατηγορία υπηρεσιών, ως συναλλαγή θεωρείται μια κλήση, ενώ ο υπολογισμός της ποιότητας μιας κλήσης, βασίζεται στις μετρήσεις μονάχα των επιτυχώς περατωμένων κλήσεων. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, θα πρέπει να διατηρούνται σταθερές, για την εξασφάλιση συμβατότητας και στατιστικής ορθότητας, κάποιες συγκεκριμένες συνθήκες. Οι συνθήκες αυτές έχουν να κάνουν με την ύπαρξη, αφενός μιας μονάδας που απαντάει αυτόματα σε κάθε κλήση με ένα ηχογραφημένο μήνυμα, και αφετέρου ενός χρονισμού κλήσεων. Ο χρονισμός κλήσεων υποδηλώνει ότι όλες οι κλήσεις ακολουθούν ένα αυστηρά σχεδιασμένο χρονοδιάγραμμα.

5.3.2 Μετρήσεις βίντεο – τηλεφωνίας

Ως συναλλαγή θεωρείται και σε αυτή τη περίπτωση μια κλήση. Παράλληλα θεωρούμαι ότι στα κινητά τερματικά και των δυο πλευρών, τα οποία λειτουργούν ως μόντεμ, γίνεται χρησιμοποίηση πρωτοκόλλων βίντεο τα οποία και βασίζονται σε υπολογιστή.

5.3.3 Μετρήσεις SMS

Συναλλαγή σε αυτή τη περίπτωση αποτελεί η μετάδοση ενός SMS. Οι μετρήσεις αφορούν την μετάδοση, είτε από σταθερό δίκτυο προς κινητό (SMS – MT) είτε από κινητό προς κινητό (SMS – MO). Για τη πραγματοποίηση των μετρήσεων υπάρχουν δύο δυνατοί τρόποι. Ο πρώτος έχει να κάνει με τη χρήση ενός κινητού τερματικού ως προορισμού σε μια σταθερή τοποθεσία, ενώ ο δεύτερος τρόπος αναφέρεται στη χρησιμοποίηση ενός σταθερού δικτύου ως προορισμού.

Κατά την SMS – MT περίπτωση, ο σταθμός παράγει με σταθερό ρυθμό μηνύματα. Το κινητό, μόλις λάβει τα παραπάνω μηνύματα ειδοποιεί τον υπολογιστή με τον οποίο είναι συνδεδεμένο. Αν τα μηνύματα που λαμβάνει το κινητό δεν προέρχονται από το συγκεκριμένο σταθμό, τότε αυτά απορρίπτονται. Από την άλλη πλευρά κατά την SMS – MO περίπτωση, το κινητό τερματικό παράγει μηνύματα με σταθερό ρυθμό καθώς και επιπλέον μηνύματα σε περίπτωση μη επιτυχημένης παράδοσης. Να σημειωθεί στο σημείο αυτό, πως για την εξασφάλιση συμβατότητας και στατιστικής ορθότητας κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης των μετρήσεων, πρέπει να μη μεταβάλλονται οι ακόλουθες εξωτερικές συνθήκες :

i. Ρυθμός SMS
ii. Ανταπόκριση κλήσεων
iii. Χρήση SMSC
iv. Χρονισμός κλήσεων

5.3.4 Μετρήσεις MMS

Στη περίπτωση των MMS, διακρίνουμε τη μετάδοση από κινητό σε σταθερό δίκτυο (MOF) και τη μετάδοση από κινητό σε κινητό (MOM). Τα MMS που στέλνονται πρέπει να περιέχουν πληροφορίες που να επιτρέπουν τον έλεγχο εγκυρότητας τους. Η ελάχιστη πληροφορία που μπορεί να περιλαμβάνουν είναι μια υπογραφή, η οποία βεβαιώνει ότι λαμβάνονται υπόψη μόνο τα MMS του πειράματος, καθώς και ένας αριθμός ακολουθίας για το χρονισμό της παράδοσης των MMS. Στη περίπτωση που κριθεί αναγκαίο ενδέχεται να προστεθούν επιπλέον πληροφορίες, προκειμένου το MMS να αποκτήσει το τυπικό μέγεθος και δομή. Για τη πραγματοποίηση των μετρήσεων διατίθενται δυο δυνατοί τρόποι. Ο πρώτος έχει να κάνει με τη χρήση ενός κινητού ως προορισμού σε μια σταθερή τοποθεσία, ενώ ο δεύτερος τρόπος αναφέρεται στη χρησιμοποίηση ενός e–mail ως προορισμού.

Για την εξασφάλιση κατά τη διάρκεια των μετρήσεων στατιστικής ορθότητας και συμβατότητας, οι ακόλουθες εξωτερικές συνθήκες πρέπει να παραμένουν αμετάβλητες :

i. Περιεχόμενο των MMS
ii. Ανταπόκριση κλήσεων
iii. Χρήση MMS proxy
iv. Χρονισμός αποστολών συμπεριλαμβανομένης της συμπεριφοράς σε περίπτωση αποτυχίας

5.3.5 Μετρήσεις δεδομένων

Για αυτή τη κατηγορία υπηρεσιών ως συναλλαγή ορίζεται η σύνδεση με ένα server. Υποθέτουμε ότι για υπηρεσίες στις οποίες απαιτείται έλεγχος ταυτότητας (login), ο έλεγχος είναι επιτυχής προκειμένου να παρασχεθεί πλήρης πρόσβαση. Ιδιαίτερη σημασία έχει η αναγνώριση και εξαίρεση τυχόν εξωτερικών επιρροών, στις περιπτώσεις που οι υπηρεσίες αφορούν το internet.

Για την εξασφάλιση συμβατότητας και στατιστικής ορθότητας, κατά τη διάρκεια μετρήσεων των υπηρεσιών δεδομένων, πρέπει να διατηρούνται αμετάβλητες οι ακόλουθες συνθήκες :

i. Χρονισμός πρόσβασης συμπεριλαμβανομένης της συμπεριφοράς σε περίπτωση αποτυχίας στην απόκτηση IP διεύθυνσης
ii. Τύπος και έκδοση λειτουργικού συστήματος
iii. Μέγεθος MTU
iv. Μέγιστη ρυθμοαπόδοση (throughput) του server
v. Θέση server όσον αφορά τις πιθανές επιδράσεις που δημιουργούνται από άλλη κίνηση

5.4 Δείκτες επίδοσης υπηρεσιών

Παρατίθενται στη συνέχεια κατηγοριοποιημένοι ανά υπηρεσία, οι δείκτες επίδοσης των σημαντικότερων υπηρεσιών.

5.4.1 Ανεξαρτήτου υπηρεσίας

- *Προσβασιμότητα ραδιοδικτύου (Radio Network Accessibility,RNAv) [%]* : αναφέρεται στη πιθανότητα να προσφερθούν οι υπηρεσίες στο χρήστη.

- *Προσβασιμότητα δικτύου (Network Accessibility,NAc) [%]* : ορίζεται ως η πιθανότητα ο χρήστης να εγγραφεί με επιτυχία στο PLMN (Public Land Mobile Network).

- *Προσβασιμότητα δικτύου με μεταγωγή κυκλώματος (Network Accessibility Circuit Switched, NA - CS)* : εκφράζει τη πιθανότητα να προσφερθούν οι υπηρεσίες στο χρήστη, με βάση την ένδειξη στο τερματικό εξοπλισμό της διαθεσιμότητας του δικτύου.

- *Προσβασιμότητα δικτύου με μεταγωγή πακέτου (Network Accessibility Packet Switched, NA - PS)* : αποτελεί τη πιθανότητα παροχής υπηρεσιών στο χρήστη, με βάση την ένδειξη στο τερματικό εξοπλισμό της διαθεσιμότητας του δικτύου ενώ είναι σε κατάσταση αναμονής.

5.4.2 Υπηρεσία φωνής

- *Προσβασιμότητα υπηρεσίας (Service Accessibility Telephony, SA – T) [%}* : αναφέρεται στη πιθανότητα κατά την οποία ο χρήστης μπορεί να αποκτήσει πρόσβαση στην υπηρεσία, όταν αυτός το επιθυμεί, εφόσον η ένδειξη του δικτύου δηλώνει ότι αυτό είναι εφικτό.

$$\text{Προσβασιμότητα υπηρεσίας κλήσης } [\%] = \frac{\text{Πλήθος επιτυχημένων κλήσεων}}{\text{Πλήθος κλήσεων}} \cdot 100\%$$

- *Χρόνος εγκατάστασης (Setup Time Telephony, ST – T) [s]* : πρόκειται για το χρονικό διάστημα μεταξύ της αποστολής των πληροφοριών για την κλήση μέχρι τη λήψη του σήματος ειδοποίησης για την εγκατάσταση της κλήσης.

$$\text{Χρόνος εγκατάστασης κλήσης } [\text{s}] = t_2 - t_1$$

όπου :

t_2 : το χρονικό σημείο εγκατάστασης της σύνδεσης

t_1 : η χρονική στιγμή που ο χρήστης πατάει το πλήκτρο αποστολής

- *Ποιότητα ομιλίας (Speech Quality, SpQ)* : πρόκειται για την ποιότητα της από άκρο σε άκρο μεταδιδόμενης ομιλίας. Η παράμετρος αυτή εκτιμά τη ποιότητα ομιλίας με βάση τις περατωμένες κλήσεις. Η εκτίμηση της από άκρο σε άκρο ποιότητας γίνεται με τη βοήθεια της κλίμακας MOS_{LQO}, η οποία εκφράζει την άποψη των πελατών για τη μετάδοση φωνής και τα προβλήματα της.

$$\text{Speech Quality on Call Basis (received A - side)} = f(MOS_{LQO})$$
$$\text{Speech Quality on Call Basis (received B - side)} = f(MOS_{LQO})$$

- *Ποσοστό περατωμένων κλήσεων με μεταγωγή κυκλώματος (Call Completion Rate Circuit Switched Telephony, CCR – CS – T)* : αναφέρεται στη πιθανότητα μια επιτυχής προσπάθεια κλήσης να διατηρηθεί για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, μέχρι η κλήση να τερματιστεί από κάποιον εκ των δυο χρηστών.

5.4.3 Βίντεο – τηλεφωνία

- *Μη προσβασιμότητα υπηρεσίας (VT Service Non – Accessibility) [%]* : ορίζεται ως η πιθανότητα ο χρήστης να μην μπορεί να αποκτήσει πρόσβαση στην υπηρεσία, όποτε αυτός το επιθυμήσει, ενώ η ένδειξη στο κινητό τερματικό δηλώνει ότι η εν λόγω υπηρεσία είναι διαθέσιμη.

$$\text{Μη προσβασιμότητα υπηρεσίας VT}[\%] = \frac{\text{Πλήθος μη επιτυχημένων προσπαθειών πρόσβασης στην VT υπηρεσία}}{\text{Πλήθος συνολικών προσπαθειών πρόσβασης στην VT υπηρεσία}} \cdot 100\,\%$$

- *Χρόνος πρόσβασης υπηρεσίας (VT Service Access Time) [s]* : αποτελεί το χρονικό διάστημα μεταξύ της αποστολή των πληροφοριών για την κλήση μέχρι τη στιγμή λήψης ειδοποίησης για την εγκατάσταση VT κλήσης.

$$\text{Χρόνος πρόσβασης VT υπηρεσίας } [s] = t_2 - t_1$$

όπου :

t_2 : το χρονικό σημείο εγκατάστασης της VT σύνδεσης

t_1 : η χρονική στιγμή που ο χρήστης πατάει το πλήκτρο αποστολής

- *Ποσοστό αποτυχίας εγκατάστασης ήχου / εικόνας (VT Audio / Video Setup Failure Ratio) [%]* : εκφράζει τη πιθανότητα αποτυχίας της audio / video εγκατάστασης μετά τη πρόσβαση στην υπηρεσία.

- *Χρόνος εγκατάστασης ήχου / εικόνας(VT Audio / Video Setup Time) [s]* : αποτελεί το χρονικό διάστημα μεταξύ της αποδοχής της κλήσης από το κινητό τερματικό και της χρονικής στιγμής που ξεκινά η αμφίπλευρη έξοδος εικόνα και ήχου.

- *Ποιότητα ομιλίας με βάση τις κλήσεις (VT Speech Quality on Call Basis) [MOS - LQO]* : πρόκειται για την ποσοτικοποίηση της από άκρο σε άκρο ποιότητας της μεταδιδόμενης ομιλίας, για την υπηρεσία της βίντεο τηλεφωνίας. Και σε αυτή τη περίπτωση, όπως και στην φωνή, η εκτίμηση της ποιότητας πραγματοποιείται με χρήση της κλίμακας MOS_{LQO} .

- *Ποιότητα ομιλίας με βάση δείγματα (VT Speech Quality on Sample Basis) [MOS - LQO]* : αποτελεί ένδειξη της από άκρο σε άκρο ποιότητας της μεταδιδόμενης ομιλίας, για την υπηρεσία της video τηλεφωνίας. Η εκτίμηση της ποιότητας γίνεται με βάση δείγματα και με χρήση της MOS_{LQO} κλίμακας.

- *Ποιότητα βίντεο (VT Video Quality)* : αναφέρεται στην ποιότητα του σήματος video σε όλο της το εύρος, όπως την αντιλαμβάνεται ο χρήστης.

- *Μέσος χρόνος μονόδρομης μετάδοσης (VT End – To – End Mean One – Way Transmission Time) [s]* : εκφράζει τη χρονική καθυστέρηση μεταξύ της εισόδου και της εξόδου του σήματος.

- *Συγχρονισμός ήχου / εικόνας (VT Audio / Video Synchronization) [%]* : αποτελεί έκφραση του ποσοστού των περιπτώσεων όπου η χρονική διαφορά ανάμεσα στα σήματα ήχου και εικόνας υπερβαίνει ένα προκαθορισμένο κατώφλι.

- *Ποσοστό αποκοπής κλήσεων (VT Cut – off Call Ratio) [%]* : αναφέρεται στη πιθανότητα μια υπηρεσία, κατόπιν επιτυχούς εκκίνησης της, να τερματιστεί ξαφνικά πάρα τη θέληση του χρήστη.

$$\text{VT Cut - off Call Ratio}[\%] = \frac{\text{Number of VT Dropped Calls}}{\text{All successful VT Call Access Attempt}} \cdot 100\,\%$$

5.4.4 Υπηρεσία σύντομων μηνυμάτων

- *Προσβασιμότητα υπηρεσίας (Service Accessibility SMS MO, SA SMS MO)* : εκφράζει την πιθανότητα ο χρήστης να μπορεί να έχει πρόσβαση στην υπηρεσία σύντομων μηνυμάτων, όποτε αυτός το επιθυμεί, και εφόσον η ένδειξη του δικτύου υποδηλώνει ότι αυτό είναι εφικτό.

- *Καθυστέρηση πρόσβασης (Access Delay SMS MO,AD SMS – MO)* : πρόκειται για το χρονικό διάστημα μεταξύ της αποστολής ενός μηνύματος στο SMC (Short Message Centre) και της άφιξης της σχετικής επιβεβαίωσης.

$$\text{Access Delay SMS MO [s]} = t_2 - t_1$$

όπου :

t_2 : το χρονικό σημείο λήψης της επιβεβαίωσης από το SMC

t_1 : η χρονική στιγμή αποστολής του SMS, από το χρήστη

- *Χρόνος μετάδοσης (End – to - End Delivery Time SMS, DT SMS*) : εκφράζει το χρονικό διάστημα μεταξύ της άφιξης ενός μηνύματος στο SMC και της παράδοσης του στον επιθυμητό προορισμό.

$$\text{End - to - End Delivery Time SMS [s]} = t_2 - t_1$$

όπου :

t_2 : το χρονικό σημείο λήψης του SMS από τον παραλήπτη

t_1 : η χρονική στιγμή αποστολής του SMS, από το χρήστη / αποστολέα

- *Ποσοστό περάτωσης με μεταγωγή κυκλώματος (Completion Rate SMS Circuit Switched, CR SMS CS*) : αναφέρεται στην αναλογία λαμβανόμενων και αποσταλμένων SMS από ένα κινητό τερματικό σε ένα άλλο. Για τους σκοπούς των μετρήσεων και ελέγχου, ένα μήνυμα θεωρείται έγκυρο εάν διανέμεται μέσα σε ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Από την άλλη πλευρά, ένα μήνυμα θεωρείται αλλοιωμένο όταν προκύψει κατά τη μετάδοση τουλάχιστον ένα λανθασμένο bit.

5.4.5 Υπηρεσία μηνυμάτων πολυμέσων

- *Ποσοστό αποτυχημένης αποστολής (MMS send failure ratio) [%]* : ορίζεται ως η πιθανότητα να μην αποσταλεί ένα MMS, παρόλο που ο χρήστης έχει δώσει τη σχετική εντολή αποστολής.

- *Ποσοστό αποτυχημένης ανάκτησης (MMS retrieval failure ratio) [%]* : εκφράζει τη πιθανότητα ένα κινητό τερματικό να μην είναι σε θέση να λάβει ένα MMS, παρόλο που προηγουμένως είχε λάβει σχετική ειδοποίηση.

- *Χρόνος αποστολής (MMS send time) [s]* : αναφέρεται στο χρονικό διάστημα από τη στιγμή που ο χρήστης δίνει εντολή αποστολής μέχρι τη στιγμή ολοκλήρωσης της μετάδοσης.

$$\text{MMS Send Time } [\text{s}] = t_2 - t_1$$

όπου :

t_2 : η στιγμή που το MMS καταφθάνει στο MMS Centre

t_1 : η χρονική στιγμή που ο χρήστης στέλνει το MMS

- *Χρόνος ανάκτησης (MMS retrieval time) [s]* : εκφράζει το χρονικό διάστημα από τη στιγμή που εγκαθίσταται σύνδεση WAP για τη λήψη του μηνύματος, μέχρι τη στιγμή που ολοκληρώνεται η παραπάνω λήψη.

$$\text{MMS Delivery Time MT } [\text{s}] = t_2 - t_1$$

όπου :

t_2 : η χρονική στιγμή ολοκλήρωσης της λήψης του MMS

t_1 : η χρονική στιγμή που ο χρήστης αιτεί την εγκατάσταση WAP σύνδεσης

- *Ποσοστό αποτυχημένης ειδοποίησης (MMS notification failure ratio) [%]* : η συγκεκριμένη παράμετρος ορίζεται ως η πιθανότητα να μη λάβει ειδοποίηση το κινητό τερματικό – προορισμός.

$$\text{MMS Notification failure ratio}[\%] = \frac{\text{No of failed MMS - Notifications}}{\text{No of successful submitted MMS (MO)}} \cdot 100\%$$

- *Χρόνος ειδοποίησης (MMS notification time) [s]* : ορίζεται ως το χρονικό διάστημα από τη στιγμή που το MMS φτάνει στο MMS Centre μέχρι τη στιγμή που το κινητό τερματικό του χρήστη (προορισμού) λαμβάνει τη σχετική ειδοποίηση.

$$\text{MMS Notification Time MO/MT [s]} = t_2 - t_1$$

όπου :

t_2 : η χρονική στιγμή ειδοποίησης της λήψης MMS

t_1 : η χρονική στιγμή που το MMS μεταδίδεται επιτυχώς

- *Ποσοστό αποτυχίας (MMS end-to-end failure ratio) [%]* : αποτελεί τη πιθανότητα είτε αδυναμίας στην αποστολή MMS είτε να μην έχει σταλεί μήνυμα επιβεβαίωσης από το MMS Centre στο χρήστη (αποστολέα).

$$\text{MMS end-to-end failure ratio}[\%] = \frac{\text{No of successful delivered MMS-messages}}{\text{No of all MMS send attempts}} \cdot 100\%$$

- *Χρόνος παράδοσης (MMS end-to-end delivery time) [s]* : αποτελεί το χρόνο από τη στιγμή που ο χρήστης στέλνει ένα MMS μέχρι αυτό να φτάσει στον προορισμό του.

$$\text{MMS end-to-end delivery time (MO/MT) [s]} = t_2 - t_1$$

όπου :

t_2 : η χρονική στιγμή άφιξης του MMS στον επιθυμητό προορισμό

t_1 : η χρονική στιγμή αποστολής του MMS

5.4.6 Υπηρεσία δεδομένων μεταγωγής κυκλώματος

- *Προσβασιμότητα υπηρεσίας (Service Accessibility Circuit Switched Data, SA-CSD) [%]* : εκφράζει την πιθανότητα επιτυχούς πρόσβασης στην υπηρεσία δεδομένων, όποτε αυτό ζητηθεί από πλευράς χρήστη.

- *Χρόνος εγκατάστασης (Set-up Time, ST-CSD) [s]* :αποτελεί το χρονικό διάστημα από τη στιγμή αποστολής πληροφοριών, μέσω της εντολής ATDT, μέχρι τη στιγμή που λαμβάνεται έγκυρη απάντηση από τον εξυπηρετητή δεδομένων (data server).

$$\text{Set - up Time Circuit Switched Data [s]} = t_2 - t_1$$

όπου :

t_2 : η χρονική στιγμή εγκατάστασης της σύνδεσης

t_1 : η χρονική στιγμή αποστολής της εντολής ATDT

- *Ποσοστό ολοκλήρωσης (Completion Rate Circuit Switched Data, CR-CSD)* : εκφράζει την πιθανότητα μη τερματισμού μιας επιτυχημένης κλήσης, εκτός και αν αυτό ζητηθεί από τους χρήστες.

$$\text{Call completion Ratio CSD}[\%] = \frac{\text{No of calls terminated by end users}}{\text{No of successful data call attempts}} \cdot 100\%$$

Αντίστοιχα, ορίζονται και οι δείκτες για τις υπηρεσίες δεδομένων μεταγωγής πακέτου.

Βιβλιογραφία Κεφαλαίου

1. ETSI TS 102 250-1 V1.1.1, "*Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); QoS aspects for popular services in GSM and 3G networks; Part 1: Identification of Quality of Service aspects*" (October 2003)

2. ETSI TS 102 250-2 V1.3.1, "*Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); QoS aspects for popular services in GSM and 3G networks; Part 2: Definition of Quality of Service parameters and their computation*" **(**July 2005)

3. ETSI TS 102 250-3 V2.1.1, "*Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); QoS aspects for popular services in GSM and 3G networks; Part 3: Typical procedures for Quality of Service measurement equipment*" **(**February 2005)

4. GSM Association Classifications, "*Definition of Quality of Service parameters and their computation*" (Version 3.2.1, February 2003)

Κεφάλαιο 6°
"Αξιολόγηση Δικτύου"

6.1 Εισαγωγή

Η Vodafone-Panafon στο πλαίσιο ανάπτυξης υπηρεσιών που ανταποκρίνονται στις ανάγκες των πελατών, έχει υιοθετήσει συγκεκριμένες μεθόδους συστηματικής μέτρησης της ποιότητας σε όλα τα στάδια του κύκλου των υπηρεσιών (end-to-end), από το σχεδιασμό τους μέχρι και την διάθεση τους στην αγορά. Μία από τις βασικές μεθόδους στοχοθέτησης και προτεραιοποίησης της ανάπτυξης του δικτύου αποτελεί η προσομοίωση της αντίληψης των πελατών κατά τη χρήση των δικτύων κινητής τηλεφωνίας. Οι βασικοί δείκτες αξιολόγησης της Ποιότητας του δικτύου της Vodafone-Panafon είναι το ποσοστό των Επιτυχημένων Κλήσεων (Call Success Rate (CSR)) το οποίο ο πελάτης αντιλαμβάνεται ως την σωστή εγκατάσταση, διατήρηση και αποπεράτωση της κλήσης, το ποσοστό Χαμηλής Ποιότητας Φωνής (Poor Voice Quality), που αξιολογεί την ποιότητα συνδιάλεξης και το ποσοστό Ασθενούς Σήματος (Weak Signal percentage) που αξιολογεί τα επίπεδα στάθμης του σήματος. Η αξιολόγηση ποιότητας δικτύου (GSM, GPRS, UMTS) και υπηρεσιών που προσφέρονται μέσω αυτού πραγματοποιείται τόσο για την Vodafone-Panafon, όσο και για τον ανταγωνισμό.

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η αξιολόγηση του δικτύου ενός τηλεπικοινωνιακού οργανισμού με βάση ένα μοντέλο υπολογισμού του ποσοστού επιτυχημένων κλήσεων (CSR), στο οποίο συνυπολογίζονται στοιχεία πληθυσμού και τουριστικής κίνησης. Για τη δημιουργία του παραπάνω μοντέλου, έχει προηγηθεί η αξιολόγηση όλων των διαδρομών που πραγματοποιούνται στην επικράτεια της χώρας. Ειδικότερα, αξιολογήθηκαν οι διαδρομές ως προς το πληθυσμό που καλύπτουν, τροποποιήθηκαν κατάλληλα κάποιες από αυτές ώστε να αποφεύγονται επικαλύψεις με άλλες διαδρομές και τέλος υπολογίστηκε η σημαντικότητα – βαρύτητα της κάθε διαδρομής.

Οι διαδρομές πραγματοποιούνται με οχήματα που φέρουν ειδικό εξοπλισμό μετρήσεων, ενώ κατά τη διάρκεια των διαδρομών πραγματοποιείται ένα ελάχιστο πλήθος κλήσεων. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό, οι διαδρομές να ξεκινούν και να τελειώνουν την ίδια μέρα, διαφορετικά θα πρέπει να συσχετισθούν τα λαμβανόμενα δεδομένα με τη κατάσταση της απόδοσης του δικτύου. Το ελάχιστο πλήθος των κλήσεων που πραγματοποιούνται είναι άμεση συνάρτηση της κατηγοριοποίησης της υπό εξέταση περιοχής και υπολογίζεται με βάση τη στατιστική θεωρία, έτσι ώστε το διάστημα εμπιστοσύνης των μετρήσεων να είναι της τάξεως του 95%. Στο παράρτημα παρουσιάζεται το μαθηματικό υπόβαθρο με βάση το οποίο προσδιορίζεται το ελάχιστο μέγεθος των δειγμάτων, για δεδομένο βαθμό εμπιστοσύνης.

Η σχεδίαση των επιμέρους διαδρομών έχει γίνει έτσι ώστε να καλύπτονται κατά βάση, σημεία ιδιαίτερου ενδιαφέροντος (hot spots). Τέτοια σημεία αποτελούν :

- οι αυτοκινητόδρομοι
- οι πλατείες πόλεων
- τα νοσοκομεία
- οι δημόσιες υπηρεσίες
- τα δημαρχεία και τα δημοτικά κτίρια
- τα λιμάνια και τα αεροδρόμια
- τα εμπορικά κέντρα
- οι σιδηροδρομικοί σταθμοί

- οι δρόμοι υψηλής κυκλοφορίας
- τα ξενοδοχεία
- οι βιομηχανικές περιοχές
- τα μουσεία και οι αρχαιολογικοί χώροι
- οι χώροι διασκέδασης
- τα πανεπιστήμια, τα εκπαιδευτικά ιδρύματα και ινστιτούτα
- οι αθλητικές εγκαταστάσεις
- οι σταθμοί δημόσιων συγκοινωνιών
- τα χιονοδρομικά κέντρα
- οι παραλίες και οι κατασκηνώσεις

Μια κλήση, πραγματοποιείται με τη χρήση εξοπλισμού παραγωγής αυτόματων κλήσεων (Automatic Call Generator, ACG). Ο παραπάνω εξοπλισμός περιλαμβάνει μια σταθερή μονάδα συνδεδεμένη με το PSTN δίκτυο και μια κινητή μονάδα, η οποία με τη σειρά της απαρτίζεται από τρία dual band κινητά τηλέφωνα και από ένα τηλέφωνο που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση των ράδιο συχνοτήτων. Επιπλέον, για τη γεωγραφική παρουσίαση της παρεχόμενης κάλυψης χρησιμοποιείται και σύστημα GPS (General Positioning System).

Η κινητή μονάδα πραγματοποιεί μια εξερχόμενη κλήση και λαμβάνει μια εισερχόμενη από τη σταθερή μονάδα. Η πραγματική διάρκεια της κλήσης είναι 90 δευτερόλεπτα, ενώ το συνολικό παράθυρο κλήσης ανέρχεται στα 120 δευτερόλεπτα. Κατά τη διάρκεια της κλήσης, δείγματα ομιλίας ανταλλάσσονται μεταξύ των δυο μονάδων προκειμένου να εκτιμηθεί η ποιότητα της φωνής μέσω ειδικού αλγορίθμου. Η συνολική ποιότητα της κλήσης δεν μπορεί να εκτιμηθεί αποκλειστικά μέσω της επιτυχημένης ενεργοποίησης και παύσης της κλήσης, αλλά στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό και από τη ποιότητα της φωνής.

Ο χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός τίθεται να μετρήσει τη GSM τάξης IV κάλυψη εντός αυτοκινήτου (GSM class IV In car). Για τη προσομοίωση της εντός αυτοκινήτου κάλυψης, χρησιμοποιούνται εξασθενητές σήματος όπως και μια εξωτερική κεραία, που τοποθετούνται στην οροφή του οχήματος μετρήσεων.

6.2 Κατηγοριοποίηση περιοχών

Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας, υιοθετήθηκε ο διαχωρισμός της Ελληνικής επικράτειας που χρησιμοποιείται από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος. Με βάση τον παραπάνω διαχωρισμό, υπάρχουν 14 επιμέρους γεωγραφικά διαμερίσματα που απαρτίζουν τον Ελληνικό χώρο. Αξίζει να σημειωθεί, πως εξαιτίας της πολύ μεγάλης πληθυσμιακής πυκνότητας των νομών Αττικής και Θεσσαλονίκης, οι πόλεις των Αθηνών και Θεσσαλονίκης μελετώνται στη παρούσα εργασία ξεχωριστά από τους αντίστοιχους νομούς στους οποίους και ανήκουν.

Οι περιοχές γενικά κατηγοριοποιούνται ανάλογα με το μέγεθος τους σε, αστικές (urban), ημιαστικές (suburban) και αγροτικές (rural). Το μέγεθος μιας περιοχής δεν καθορίζεται από τον πληθυσμό της, αλλά αντίθετα από την πυκνότητα πληθυσμού (άτομα / Km^2).

Στο πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται ο τρόπος διαχωρισμού της Ελληνικής επικράτειας σε επιμέρους γεωγραφικά διαμερίσματα, οι νομοί που απαρτίζουν κάθε διαμέρισμα και οι μεγαλύτερες πόλεις των παραπάνω νομών. Επιπλέον παρατίθενται στοιχεία πληθυσμού καθώς και τα ποσοστά των επιμέρους πληθυσμών τόσο σε επίπεδο νομού όσο και σε πανελλαδικό.

	Πόλη	Πληθυσμός	Ποσοστό επί του πληθυσμού του νομού	Ποσοστό επί πανελλαδικού πληθυσμού
	Ελλάδα	**10.964.020**	**-**	**100 %**
	Βόρεια Ελλάδα		**-**	
	Ανατολική Μακεδονία, Θράκη	**611.067**	**-**	**5,57 %**
Ν. Έβρου	Αλεξανδρούπολη	48.885	32,73 %	0,45 %
	Ορεστιάδα	15.246	10,21 %	0,14 %
	Διδυμότειχο	8.799	5,89 %	0,08 %
Ν. Ξάνθης	Ξάνθη	45.111	44,29 %	0,41 %
Ν. Ροδόπης	Κομοτηνή	43.326	39,09 %	0,40 %
Ν. Δράμας	Δράμα	42.501	40,88 %	0,39 %
Ν. Καβάλας	Καβάλα	58.663	40,44 %	0,54 %
	Χρυσούπολη	8.004	5,52 %	0,07 %
	Κεντρική Μακεδονία	**1.874.214**	**-**	**17,09 %**
Ν. Ημαθίας	Βέροια	42.974	29,92 %	0,39 %
	Νάουσα	19.870	13,84 %	0,18 %
	Αλεξάνδρεια	13.229	9,21 %	0,12 %
Ν.Θεσσαλονίκης	Θεσσαλονίκη	1.000.000	94,53 %	9,12 %
Ν. Κιλκίς	Κιλκίς	17.430	19,57 %	0,16 %
Ν. Πέλλας	Έδεσσα	18.253	12,52 %	0,17 %
	Γιαννιτσά	26.296	18,04 %	0,24 %
Ν. Πιερίας	Κατερίνη	50.510	38,9 %	0,46 %
	Λιτόχωρο	6.697	5,16 %	0,06 %
Ν. Σερρών	Σέρρες	54.266	27,01 %	0,50 %
Ν. Χαλκιδικής	Πολύγυρος	10.721	10,22%	0,10%
	Δυτική Μακεδονία	**301.522**	**-**	**2,75 %**
Ν. Γρεβενών	Γρεβενά	10.177	26,82 %	0,09 %
Ν. Καστοριάς	Καστοριά	14.813	27,7 %	0,14 %
Ν. Κοζάνης	Κοζάνη	35.242	22,69 %	0,32 %
	Πτολεμαϊδα	28.679	18,46 %	0,26 %
Ν. Φλωρίνης	Φλώρινα	14.279	26,07 %	0,13 %
	Θεσσαλία	**753.888**	**-**	**6,88 %**
Ν. Καρδίτσας	Καρδίτσα	32.031	24,73 %	0,29 %
Ν. Λαρίσης	Λάρισα	124.394	44,54 %	1,13 %
	Τύρναβος	11.116	3,98 %	0,10 %
	Φάρσαλα	9.801	3,51 %	0,09 %
Ν. Μαγνησίας	Βόλος, Ν. Ιωνία	113.243	54,71 %	1,03 %
Ν. Τρικάλων	Τρίκαλα	48.686	35,27 %	0,44 %
	Κεντρική Ελλάδα		**-**	
	Ήπειρος	**353.820**	**-**	**3,23 %**
Ν. Άρτας	Άρτα	19.435	24,87 %	0,18 %
Ν. Θεσπρωτίας	Ηγουμενίτσα	8.722	18,92 %	0,08 %
Ν. Ιωαννίνων	Ιωάννινα	70.137	41,2 %	0,64 %
Ν. Πρεβέζης	Πρέβεζα	16.321	27,5 %	0,15 %

	Πόλη	Πληθυσμός	Ποσοστό επί του πληθυσμού του νομού	Ποσοστό επί πανελλαδικού πληθυσμού
	Ιόνια Νησιά	**212.984**	**-**	**1,94 %**
Ν. Ζακύνθου	Ζάκυνθος	11.196	28,7 %	0,10 %
Ν. Κέρκυρας	Κέρκυρα	28.185	25,17 %	0,26 %
Ν. Κεφαλληνίας	Αργοστόλι	9.037	22,89 %	0,08 %
Ν. Λευκάδας	Λευκάδα	6.903	30,67 %	0,06 %
	Δυτική Ελλάδα	**740.506**	**-**	**6,75 %**
Ν.Αιτωλοακαρνανίας	Μεσολόγγι	12.225	5,45 %	0,11 %
	Ναύπακτος	12.924	5,76 %	0,12 %
	Αγρίνιο, Αγ. Κων/νος	48.006	21,39 %	0,44 %
Ν. Αχαΐας	Πάτρα	179.269	55,54 %	1,64 %
	Αίγιο	21.061	6,52 %	0,19 %
Ν. Ηλείας	Πύργος	23.274	12,04 %	0,21 %
	Αμαλιάδα	18.261	9,45 %	0,17 %
	Στερεά Ελλάδα	**605.329**	**-**	**5,52 %**
Ν. Βοιωτίας	Λειβαδιά	20.061	15,3 %	0,18 %
	Θήβα	21.211	16,18 %	0,19 %
Ν. Ευβοίας	Χαλκίδα, Ν. Αρτάκη	62.230	28,93 %	0,57 %
	Ν. Αρτάκη	8.646	4,02 %	0,08 %
Ν. Ευρυτανίας	Καρπενήσι	6.592	20,57 %	0,06 %
Ν. Φθιώτιδος	Λαμία	46.406	25,96 %	0,42 %
Ν. Φωκίδος	Άμφισσα	6.946	14,39 %	0,06 %
	Πελοπόννησος	**638.942**	**-**	**5,83 %**
Ν. Αργολίδος	Ναύπλιο	13.822	13,07 %	0,13 %
	Άργος	24.239	22,92 %	0,22 %
Ν. Αρκαδίας	Τρίπολη	25.520	25,01 %	0,23 %
Ν. Κορινθίας	Κόρινθος	29.789	19,27 %	0,27 %
	Ξυλόκαστρο	5.390	3,49 %	0,05 %
	Κιάτο	9.743	6,3 %	0,09 %
Ν. Λακωνίας	Σπάρτη	14.817	14,87 %	0,14 %
Ν. Μεσσηνίας	Καλαμάτα	49.988	28,26 %	0,46 %
	Μεσσήνη	6.694	3,78 %	0,06 %
	Αττική	**3.761.810**	**-**	**34,31 %**
Ν. Αττικής	Αθήνα	3.295.540	87,61 %	30,06 %
	Ελευσίνα	25.863	0,69 %	0,24 %
	Ασπρόπυργος	27.741	0,74 %	0,25 %
	Μέγαρα	23.032	0,61 %	0,21 %
	Σαλαμίνα	25.730	0,68 %	0,23 %
	Κορωπί	15.860	0,42 %	0,14 %
	Άρτεμις (Λούτσα)	17.391	0,46 %	0,16 %
	Παλλήνη, Λεοντάρι	16.679	0,44 %	0,15 %
	Νέα Μάκρη	13.986	0,37 %	0,13 %
	Παιανία	12.855	0,34 %	0,12 %
	Καλύβια Θορικού	12.202	0,32 %	0,11 %

	Πόλη	Πληθυσμός	Ποσοστό επί του πληθυσμού του νομού	Ποσοστό επί πανελλαδικού πληθυσμού
	Λουτράκι	11.383	0,3 %	0,10 %
	Ραφήνα	11.352	0,3 %	0,10 %
	Μάνδρα	10.947	0,29 %	0,10 %
	Αγ. Στέφανος	9.271	0,25 %	0,08 %
	Ανάβυσσος	7.189	0,19 %	0,07 %
	Γλυκά Νερά	12.855	0,34 %	0,12 %
	Σπάτα	7.738	0,21 %	0,07 %
	Μαρκόπουλο	7.614	0,2 %	0,07 %
	Πόρτο Ράφτη (Λιμάνι)	7.131	0,19 %	0,07 %
	Αίγινα	7.410	0,2 %	0,07 %
	Κερατέα	7.430	0,2 %	0,07 %
	Λαύριο	8.558	0,23 %	0,08 %
	Νησιά Αιγαίου, Κρήτη		**-**	
	Βόρειο Αιγαίο	**206.121**	**-**	**1,88 %**
Ν. Λέσβου	Μυτιλήνη	27.247	24,97 %	0,25 %
Ν. Σάμου, Ν. Ικαρίας	Σάμος, Βαθύ	8.261	18,95 %	0,08 %
Ν. Χίου	Χίος, Βροντάδος	28.333	53,05 %	0,26 %
	Νότιο Αιγαίο		**-**	
	Δωδεκάνησος	**190.071**	**-**	**1,73 %**
Ν. Κως	Κως	17.890		0,16 %
Ν. Καλύμνου	Κάλυμνος	13.460		0,12 %
Ν. Ρόδου	Ρόδος	52.318		0,48 %
	Κυκλάδες	**112.615**	**-**	**1,03 %**
Ν. Σύρου	Άνω Σύρος, Ερμούπολη	12.908		0,12 %
	Κρήτη	**601.131**	**-**	**5,48 %**
Ν. Ηρακλείου	Ηράκλειο	150.483	51,45 %	1,37 %
Ν. Λασιθίου	Αγ. Νικόλαος	10.080	13,21 %	0,09 %
	Ιεράπετρα	11.678	15,3 %	0,11 %
	Σητεία	8.238	10,79 %	0,08 %
Ν. Ρεθύμνου	Ρέθυμνο	27.868	34,01 %	0,25 %
Ν. Χανίων	Χανιά	53.373	35,49 %	0,49 %
Σύνολο πληθυσμού πόλεων	**-**	**6.828.186**	**-**	**62,28 %**

Πίνακας 6.1 : Γεωγραφικά διαμερίσματα και στοιχεία πληθυσμού

Η τιμή των 6.828.186 κατοίκων αποτελεί το συνολικό πληθυσμό όλων των μεγάλων πόλεων που παρουσιάζονται στον παραπάνω πίνακα, ενώ το μέγεθος αυτό αποτελεί το 62,29% του συνολικού πανελλαδικού πληθυσμού (10.961.758).

6.3 Περιγραφή μοντέλου αξιολόγησης

Για την ανάπτυξη του μοντέλου υπολογισμού του ποσοστού επιτυχημένων κλήσεων, λαμβάνοντας υπόψη σε πρώτη φάση το πληθυσμό που καλύπτει η κάθε διαδρομή, είναι απαραίτητος ο υπολογισμός κάποιων δεικτών σημαντικότητας – βαρύτητας. Έτσι, για κάθε διαδρομή προσδιορίστηκαν αρχικά δυο επιμέρους δείκτες. Ο πρώτος δείκτης (regional weight factor) αποτελεί τη βαρύτητα της διαδρομής σε επίπεδο γεωγραφικού διαμερίσματος και προκύπτει από το λόγο του μετρούμενου από τη διαδρομή πληθυσμού του γεωγραφικού διαμερίσματος ως προς το συνολικό πληθυσμό του διαμερίσματος. Από την άλλη πλευρά, ο δεύτερος δείκτης (Pan-Hellenic weight factor) αποτελεί την αντίστοιχη βαρύτητα σε πανελλαδικό επίπεδο, και υπολογίζεται από το λόγο του μετρούμενου από τη διαδρομή πληθυσμού ως προς το πανελλαδικό αυτή τη φορά πληθυσμό. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί πως ο πληθυσμός χρησιμοποιείται γιατί είναι ο μόνος αντικειμενικός παράγοντας.

Πολλαπλασιάζοντας στη συνέχεια τις παραπάνω βαρύτητες με το μετρούμενο από τον ειδικό εξοπλισμό, ποσοστό επιτυχημένων κλήσεων της κάθε διαδρομής (CSR Δοκιμής), προκύπτουν οι συνεισφορές κάθε διαδρομής τόσο στο ποσοστό επιτυχημένων κλήσεων του γεωγραφικού διαμερίσματος, όσο και στο αντίστοιχο πανελλαδικό ποσοστό. Το μετρούμενο από τον ειδικό εξοπλισμό ποσοστό επιτυχημένων κλήσεων αναφέρεται στο λόγο των συνολικά επιτυχημένων κλήσεων (επιτυχημένη εγκατάσταση κλήσης και διατήρηση αυτής) προς το συνολικό πλήθος των κλήσεων που πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια της διαδρομής.

Σημειώνεται στο σημείο αυτό, πως για λόγους εμπιστευτικότητας δεδομένων της εταιρείας Vodafone, τα στοιχεία που παρουσιάζονται παρακάτω είναι αναληθή και χρησιμοποιούνται για την κατανόηση του τρόπου δημιουργίας και λειτουργίας του προαναφερόμενου μοντέλου. Για τον ίδιο ακριβώς λόγο, οι ονομασίες των διαδρομών και των γεωγραφικών διαμερισμάτων που ακολουθούν, δεν είναι οι πραγματικές αλλά κωδικές ονομασίες αυτών.

6.4 Αξιολόγηση με βάση το μετρούμενο πληθυσμό

Για κάθε γεωγραφικό διαμέρισμα πραγματοποιείται ένα πλήθος διαδρομών. Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται για κάθε διαδρομή οι συντελεστές βαρύτητας, το μετρούμενο ποσοστό επιτυχημένων κλήσεων της διαδρομής (CSR Δοκιμής), καθώς και οι επιμέρους συνεισφορές των διαδρομών τόσο σε επίπεδο γεωγραφικού διαμερίσματος, όσο και σε πανελλαδικό.

Γεωγραφικό διαμέρισμα 1					
Διαδρομή	Συντελεστής βαρύτητας		CSR (%)		
	Διαμερίσματος	Πανελλαδικός	Διαδρομής	Διαμερίσματος	Πανελλαδικό 1
Διαδρομή 1	22,71	8,02	97,2	22,07	7,8
Διαδρομή 2	5,35	1,89	86,4	4,62	1,63
Διαδρομή 3	9,3	3,28	93,5	8,7	3,07
Διαδρομή 4	7,14	2,52	89,1	6,36	2,25
Διαδρομή 5	5,52	1,95	94,8	5,23	1,85
Διαδρομή 6	10,17	3,59	92,8	9,44	3,33
Διαδρομή 7	4,27	1,51	98,4	4,2	1,49
Διαδρομή 8	8,27	2,92	95,5	7,9	2,79
Διαδρομή 9	9,39	3,31	97	9,11	3,21
Διαδρομή 10	9,08	3,21	96,6	8,77	3,1
Διαδρομή 11	8,8	3,11	93,3	8,21	2,9
Σύνολο	**100**	**35,31**	**93,7**	**94,61**	**33,42**

Πίνακας 6.2 : Γεωγραφικό διαμέρισμα 1 - αποτελέσματα αξιολόγησης

Με βάση το παραπάνω πίνακα, το ποσοστό επιτυχημένων κλήσεων για το παραπάνω γεωγραφικό διαμέρισμα, λαμβάνοντας υπόψη τον πληθυσμιακό παράγοντα. είναι ίσο με 94,61%. Το μέγεθος αυτό, προκύπτει από την άθροιση των επιμέρους γινομένων του CSR Διαδρομής με τον αντίστοιχο συντελεστή βαρύτητας του διαμερίσματος. Η τιμή 93,7% του CSR του συνόλου των διαδρομών, διαφέρει κατά 0,91% από την παραπάνω ευρισκόμενη τιμή - που είναι προσαυξημένη λόγω πληθυσμιακού παράγοντα - και αντιπροσωπεύει το ποσοστό επιτυχημένων κλήσεων του γεωγραφικού διαμερίσματος, όπως καταγράφεται από τον ειδικό εξοπλισμό και προκύπτει κατόπιν ολοκλήρωσης όλων των διαδρομών του εκάστοτε διαμερίσματος. Αυτό αποδεικνύει πως οι επιδόσεις σε διαδρομές με μεγάλο συντελεστή βαρύτητας, επηρεάζουν το συνολικό αποτέλεσμα του διαμερίσματος. Συνεπώς οι αστικές διαδρομές έχουν μεγαλύτερη βαρύτητα από τις ημιαστικές και τις αγροτικές αντίστοιχα. Στη συνέχεια παρατίθενται οι πίνακες και για τα υπόλοιπα γεωγραφικά διαμερίσματα.

Γεωγραφικό διαμέρισμα 2					
Διαδρομή	**Συντελεστής βαρύτητας**		**CSR (%)**		
	Διαμερίσματος	**Πανελλαδικός**	**Διαδρομής**	**Διαμερίσματος**	**Πανελλαδικό 2**
Διαδρομή 1	6,21	0,28	100	6,21	0,28
Διαδρομή 2	5,53	0,25	98,8	5,46	0,25
Διαδρομή 3	6,67	0,3	97,7	6,52	0,29
Διαδρομή 4	3,21	0,14	72,6	2,33	0,1
Διαδρομή 5	8,84	0,4	95,5	8,44	0,38
Διαδρομή 6	8,12	0,36	99,3	8,06	0,36
Διαδρομή 7	10,99	0,49	93,3	10,25	0,46
Διαδρομή 8	16,05	0,72	94,8	15,22	0,68
Διαδρομή 9	8,17	0,37	98,5	8,05	0,36
Διαδρομή 10	13,03	0,58	98,3	12,81	0,57
Διαδρομή 11	11,24	0,5	92,5	10,4	0,46
Διαδρομή 12	0,99	0,04	96,7	0,96	0,04
Διαδρομή 13	0,94	0,04	71,8	0,67	0,03
Σύνολο	**100**	**4,47**	**93,5**	**95,38**	**4,26**

Πίνακας 6.3 : Γεωγραφικό διαμέρισμα 2 - αποτελέσματα αξιολόγησης

Γεωγραφικό διαμέρισμα 3					
Διαδρομή	**Συντελεστής βαρύτητας**		**CSR (%)**		
	Διαμερίσματος	**Πανελλαδικός**	**Διαδρομής**	**Διαμερίσματος**	**Πανελλαδικό 3**
Διαδρομή 1	42,59	3,91	98,3	41,87	3,84
Διαδρομή 2	2,74	0,25	100	2,74	0,25
Διαδρομή 3	10,02	0,92	92,3	9,25	0,85
Διαδρομή 4	18,36	1,69	98	17,99	1,66
Διαδρομή 5	4,92	0,45	89,9	4,42	0,4
Διαδρομή 6	10,21	0,94	96,8	9,88	0,91
Διαδρομή 7	3,82	0,35	97,9	3,74	0,34
Διαδρομή 8	7,34	0,67	84,7	6,22	0,57
Σύνολο	**100**	**9,18**	**94,5**	**96,11**	**8,82**

Πίνακας 6.4 : Γεωγραφικό διαμέρισμα 3 - αποτελέσματα αξιολόγησης

Γεωγραφικό διαμέρισμα 4					
Διαδρομή	Συντελεστής βαρύτητας		CSR (%)		
	Διαμερίσματος	Πανελλαδικός	Διαδρομής	Διαμερίσματος	Πανελλαδικό 4
Διαδρομή 1	5,89	0,46	100	5,89	0,46
Διαδρομή 2	7,43	0,58	100	7,43	0,58
Διαδρομή 3	2,72	0,21	94	2,56	0,2
Διαδρομή 4	3,6	0,28	98,3	3,54	0,28
Διαδρομή 5	7,48	0,59	95,5	7,14	0,56
Διαδρομή 6	2,5	0,2	100	2,5	0,2
Διαδρομή 7	4,8	0,38	96,9	4,65	0,37
Διαδρομή 8	5,63	0,44	92,5	5,21	0,41
Διαδρομή 9	6,19	0,49	93,5	5,79	0,46
Διαδρομή 10	4,33	0,34	96,5	4,18	0,33
Διαδρομή 11	3,51	0,28	90,8	3,19	0,25
Διαδρομή 12	5,9	0,46	92,5	5,46	0,43
Διαδρομή 13	3,33	0,26	92,5	3,08	0,24
Διαδρομή 14	7,59	0,6	97,7	7,42	0,59
Διαδρομή 15	3,6	0,28	94,9	3,42	0,27
Διαδρομή 16	3,2	0,25	78,5	2,51	0,2
Διαδρομή 17	2,49	0,2	89,3	2,22	0,18
Διαδρομή 18	1,44	0,11	85,2	1,23	0,09
Διαδρομή 19	3,64	0,29	95,2	3,47	0,28
Διαδρομή 20	3,03	0,24	94,6	2,87	0,23
Διαδρομή 21	2,92	0,23	92,5	2,7	0,21
Διαδρομή 22	2,9	0,23	92,5	2,68	0,21
Διαδρομή 23	1,94	0,15	72,6	1,41	0,11
Διαδρομή 24	3,97	0,31	92,5	3,67	0,29
Σύνολο	**100**	**7,86**	**92,5**	**94,22**	**7,43**

Πίνακας 6.5 : Γεωγραφικό διαμέρισμα 4 - αποτελέσματα αξιολόγησης

Γεωγραφικό διαμέρισμα 5					
Διαδρομή	Συντελεστής βαρύτητας		CSR (%)		
	Διαμερίσματος	Πανελλαδικός	Διαδρομής	Διαμερίσματος	Πανελλαδικό 5
Διαδρομή 1	16,49	0,38	100	16,49	0,38
Διαδρομή 2	13,42	0,31	98,9	13,27	0,31
Διαδρομή 3	4,49	0,1	95,2	4,27	0,1
Διαδρομή 4	17,14	0,39	97,7	16,75	0,38
Διαδρομή 5	5,59	0,13	92,4	5,17	0,12
Διαδρομή 6	8,58	0,2	96	8,24	0,19
Διαδρομή 7	8,09	0,19	91,6	7,41	0,17
Διαδρομή 8	8,81	0,2	88,7	7,81	0,18
Διαδρομή 9	2,31	0,05	93,7	2,16	0,05
Διαδρομή 10	8,33	0,19	87,8	7,31	0,17
Διαδρομή 11	6,75	0,16	93,7	6,32	0,15
Σύνολο	**100**	**2,3**	**93,7**	**95,2**	**2,2**

Πίνακας 6.6 : Γεωγραφικό διαμέρισμα 5 - αποτελέσματα αξιολόγησης

Γεωγραφικό διαμέρισμα 6					
Διαδρομή	Συντελεστής βαρύτητας		CSR (%)		
	Διαμερίσματος	Πανελλαδικός	Διαδρομής	Διαμερίσματος	Πανελλαδικό 6
Διαδρομή 1	10,2	0,53	98,3	10,03	0,52
Διαδρομή 2	8,93	0,47	100	8,93	0,47
Διαδρομή 3	9,3	0,49	99,2	9,23	0,49
Διαδρομή 4	8,76	0,46	100	8,76	0,46
Διαδρομή 5	12,09	0,63	100	12,09	0,63
Διαδρομή 6	6,4	0,33	90	5,76	0,3
Διαδρομή 7	11,53	0,6	90	10,38	0,54
Διαδρομή 8	7	0,37	90	6,3	0,33
Διαδρομή 9	4,69	0,24	90	4,22	0,22
Διαδρομή 10	2,63	0,14	72,4	1,9	0,1
Διαδρομή 11	2,56	0,13	85	2,18	0,11
Διαδρομή 12	6,48	0,34	95,9	6,21	0,33
Διαδρομή 13	1,53	0,08	71,7	1,1	0,06
Διαδρομή 14	0,47	0,02	80,6	0,38	0,02
Διαδρομή 15	7,45	0,39	100	7,45	0,39
Σύνολο	**100**	**5,22**	**90**	**94,92**	**4,97**

Πίνακας 6.7 : Γεωγραφικό διαμέρισμα 6 - αποτελέσματα αξιολόγησης

Γεωγραφικό διαμέρισμα 7					
Διαδρομή	Συντελεστής βαρύτητας		CSR (%)		
	Διαμερίσματος	Πανελλαδικός	Διαδρομής	Διαμερίσματος	Πανελλαδικό 7
Διαδρομή 1	30,04	0,84	100	30,04	0,84
Διαδρομή 2	8,62	0,24	100	8,62	0,24
Διαδρομή 3	9,44	0,26	92,4	8,72	0,24
Διαδρομή 4	11,61	0,32	91,9	10,67	0,29
Διαδρομή 5	1,62	0,05	84,1	1,36	0,04
Διαδρομή 6	2,86	0,08	84,1	2,41	0,07
Διαδρομή 7	3,99	0,11	90,3	3,6	0,1
Διαδρομή 8	6,42	0,18	82,4	5,29	0,15
Διαδρομή 9	3,8	0,11	84,1	3,2	0,09
Διαδρομή 10	1,7	0,05	67,3	1,14	0,03
Διαδρομή 11	6,85	0,19	91,1	6,24	0,17
Διαδρομή 12	5,8	0,16	91,7	5,32	0,15
Διαδρομή 13	0,8	0,02	67	0,54	0,01
Διαδρομή 14	2,97	0,08	92,2	2,74	0,07
Διαδρομή 15	3,45	0,1	84,1	2,9	0,08
Σύνολο	**100**	**2,79**	**84,1**	**92,79**	**2,57**

Πίνακας 6.8 : Γεωγραφικό διαμέρισμα 7 - αποτελέσματα αξιολόγησης

Γεωγραφικό διαμέρισμα 8					
Διαδρομή	Συντελεστής βαρύτητας		CSR (%)		
	Διαμερίσματος	Πανελλαδικός	Διαδρομής	Διαμερίσματος	Πανελλαδικό 8
Διαδρομή 1	22,48	1,37	100	22,48	1,37
Διαδρομή 2	20,72	1,26	95,6	19,81	1,2
Διαδρομή 3	6,04	0,37	100	6,04	0,37
Διαδρομή 4	8,73	0,53	98,8	8,63	0,52
Διαδρομή 5	7,13	0,43	91	6,49	0,39
Διαδρομή 6	1,72	0,1	85	1,46	0,09
Διαδρομή 7	8,13	0,5	83,2	6,76	0,42
Διαδρομή 8	4,35	0,27	92,6	4,03	0,25
Διαδρομή 9	1,41	0,09	94,8	1,34	0,09
Διαδρομή 10	3,22	0,2	98,2	3,16	0,2
Διαδρομή 11	2,88	0,18	88,7	2,55	0,16
Διαδρομή 12	2,66	0,16	79,6	2,12	0,13
Διαδρομή 13	1,09	0,07	100	1,09	0,07
Διαδρομή 14	0,83	0,05	97,6	0,81	0,05
Διαδρομή 15	0,48	0,03	66,7	0,32	0,02
Διαδρομή 16	1,51	0,09	94	1,42	0,08
Διαδρομή 17	2,35	0,14	79,1	1,86	0,11
Διαδρομή 18	1,63	0,1	92,4	1,51	0,09
Διαδρομή 19	2,66	0,16	91	2,42	0,15
Σύνολο	**100**	**6,1**	**91**	**94,3**	**5,76**

Πίνακας 6.9 : Γεωγραφικό διαμέρισμα 8 - αποτελέσματα αξιολόγησης

Γεωγραφικό διαμέρισμα 9					
Διαδρομή	Συντελεστής βαρύτητας		CSR (%)		
	Διαμερίσματος	Πανελλαδικός	Διαδρομής	Διαμερίσματος	Πανελλαδικό 9
Διαδρομή 1	11,16	0,53	100	11,16	0,53
Διαδρομή 2	4,57	0,22	97,5	4,46	0,21
Διαδρομή 3	4,83	0,23	100	4,83	0,23
Διαδρομή 4	12,2	0,58	94,9	11,58	0,55
Διαδρομή 5	6,34	0,3	89,7	5,69	0,27
Διαδρομή 6	2,44	0,12	97,8	2,39	0,12
Διαδρομή 7	4,56	0,22	97	4,42	0,21
Διαδρομή 8	6,7	0,32	92,4	6,19	0,3
Διαδρομή 9	9,22	0,44	99,2	9,15	0,44
Διαδρομή 10	2,64	0,12	86,9	2,29	0,1
Διαδρομή 11	5,84	0,28	92,4	5,4	0,26
Διαδρομή 12	5,22	0,25	92,4	4,82	0,23
Διαδρομή 13	10,45	0,49	92,4	9,66	0,45
Διαδρομή 14	4,18	0,2	92,4	3,86	0,18
Διαδρομή 15	5,61	0,26	96,4	5,41	0,25
Διαδρομή 16	1,08	0,05	91,4	0,99	0,05
Διαδρομή 17	0,59	0,03	65,6	0,39	0,02
Διαδρομή 18	0,87	0,04	92,1	0,8	0,04
Διαδρομή 19	1,5	0,07	98,6	1,48	0,07
Σύνολο	**100**	**4,75**	**92,4**	**94,97**	**4,51**

Πίνακας 6.10 : Γεωγραφικό διαμέρισμα 9 - αποτελέσματα αξιολόγησης

Γεωγραφικό διαμέρισμα 10					
Διαδρομή	Συντελεστής βαρύτητας		CSR (%)		
	Διαμερίσματος	Πανελλαδικός	Διαδρομής	Διαμερίσματος	Πανελλαδικό 10
Διαδρομή 1	32,75	1,94	94,7	31,01	1,84
Διαδρομή 2	4,22	0,25	100	4,22	0,25
Διαδρομή 3	3,81	0,23	98,6	3,76	0,23
Διαδρομή 4	8,69	0,52	100	8,69	0,52
Διαδρομή 5	3,45	0,2	100	3,45	0,2
Διαδρομή 6	7,53	0,45	90,3	6,8	0,41
Διαδρομή 7	3,12	0,19	88,5	2,76	0,17
Διαδρομή 8	5,69	0,34	92	5,23	0,31
Διαδρομή 9	6,02	0,36	87,9	5,29	0,32
Διαδρομή 10	4,47	0,27	93,2	4,17	0,25
Διαδρομή 11	3,67	0,22	90,3	3,31	0,2
Διαδρομή 12	2,19	0,13	90,3	1,98	0,12
Διαδρομή 13	1,78	0,11	84,8	1,51	0,09
Διαδρομή 14	2,64	0,16	87,7	2,32	0,14
Διαδρομή 15	5,42	0,32	89,8	4,87	0,29
Διαδρομή 16	2,02	0,12	90,3	1,82	0,11
Διαδρομή 17	0,74	0,04	90,3	0,67	0,04
Διαδρομή 18	1,79	0,11	90,8	1,63	0,1
Σύνολο	**100**	**5,96**	**90,3**	**93,49**	**5,59**

Πίνακας 6.11 : Γεωγραφικό διαμέρισμα 10 - αποτελέσματα αξιολόγησης

Γεωγραφικό διαμέρισμα 11					
Διαδρομή	Συντελεστής βαρύτητας		CSR (%)		
	Διαμερίσματος	Πανελλαδικός	Διαδρομής	Διαμερίσματος	Πανελλαδικό 11
Διαδρομή 1	11,26	0,55	87,3	9,83	0,48
Διαδρομή 2	5,92	0,29	100	5,92	0,29
Διαδρομή 3	6,56	0,32	87,3	5,73	0,28
Διαδρομή 4	6,14	0,3	100	6,14	0,3
Διαδρομή 5	4,7	0,23	87,7	4,12	0,2
Διαδρομή 6	4,12	0,2	88,2	3,63	0,18
Διαδρομή 7	6,38	0,31	80,6	5,14	0,25
Διαδρομή 8	4,33	0,21	94,2	4,08	0,2
Διαδρομή 9	9,11	0,44	100	9,11	0,44
Διαδρομή 10	0,48	0,02	75,9	0,36	0,02
Διαδρομή 11	2,82	0,14	87,3	2,46	0,12
Διαδρομή 12	3,39	0,17	87,3	2,96	0,15
Διαδρομή 13	1,24	0,06	80,9	1	0,05
Διαδρομή 14	4,9	0,24	84,9	4,16	0,2
Διαδρομή 15	2,03	0,1	82,9	1,68	0,08
Διαδρομή 16	1,51	0,07	90	1,36	0,06
Διαδρομή 17	4,13	0,2	86	3,55	0,17
Διαδρομή 18	2,57	0,13	79,3	2,04	0,1
Διαδρομή 19	4,91	0,24	87,3	4,29	0,21
Διαδρομή 20	1,59	0,08	90,2	1,43	0,07
Διαδρομή 21	5,91	0,29	87,3	5,16	0,25
Διαδρομή 22	1,5	0,07	87,3	1,31	0,06
Διαδρομή 23	4,49	0,22	87,3	3,92	0,19
Σύνολο	**100**	**4,88**	**87,3**	**89,38**	**4,35**

Πίνακας 6.12 : Γεωγραφικό διαμέρισμα 11 - αποτελέσματα αξιολόγησης

Γεωγραφικό διαμέρισμα 12					
Διαδρομή	Συντελεστής βαρύτητας		CSR (%)		
	Διαμερίσματος	Πανελλαδικός	Διαδρομής	Διαμερίσματος	Πανελλαδικό 12
Διαδρομή 1	17,4	0,3	95,2	16,56	0,29
Διαδρομή 2	16,3	0,28	90,1	14,69	0,25
Διαδρομή 3	14,27	0,25	90,6	12,93	0,23
Διαδρομή 4	11,08	0,19	82,4	9,13	0,16
Διαδρομή 5	6,71	0,12	85,1	5,71	0,1
Διαδρομή 6	11,36	0,2	90,7	10,3	0,18
Διαδρομή 7	1,9	0,03	84,4	1,6	0,03
Διαδρομή 8	13,64	0,24	84,3	11,5	0,2
Διαδρομή 9	5,71	0,1	80,6	4,6	0,08
Διαδρομή 10	1,62	0,03	0	0	0
Σύνολο	**100**	**1,74**	**86,8**	**87,02**	**1,52**

Πίνακας 6.13 : Γεωγραφικό διαμέρισμα 12 - αποτελέσματα αξιολόγησης

Γεωγραφικό διαμέρισμα 13					
Διαδρομή	Συντελεστής βαρύτητας		CSR (%)		
	Διαμερίσματος	Πανελλαδικός	Διαδρομής	Διαμερίσματος	Πανελλαδικό 13
Διαδρομή 1	10,23	0,1	99	10,13	0,1
Διαδρομή 2	7,77	0,08	91,7	7,13	0,07
Διαδρομή 3	20,36	0,2	92,8	18,89	0,19
Διαδρομή 4	11,29	0,11	94	10,61	0,1
Διαδρομή 5	12,87	0,13	93	11,97	0,12
Διαδρομή 6	15,36	0,15	84,2	12,93	0,13
Διαδρομή 7	6,63	0,06	93,3	6,19	0,06
Διαδρομή 8	4,97	0,05	87,6	4,35	0,04
Διαδρομή 9	1,75	0,02	73,6	1,29	0,01
Διαδρομή 10	1,99	0,02	82,3	1,64	0,02
Διαδρομή 11	1,74	0,02	54,8	0,95	0,01
Διαδρομή 12	2,02	0,02	67,1	1,36	0,01
Διαδρομή 13	1,52	0,01	73,7	1,12	0,01
Διαδρομή 14	1,49	0,01	63,1	0,94	0,01
Σύνολο	**100**	**0,98**	**81,9**	**89,5**	**0,88**

Πίνακας 6.14 : Γεωγραφικό διαμέρισμα 13 - αποτελέσματα αξιολόγησης

Γεωγραφικό διαμέρισμα 14					
Διαδρομή	Συντελεστής βαρύτητας		CSR (%)		
	Διαμερίσματος	Πανελλαδικός	Διαδρομής	Διαμερίσματος	Πανελλαδικό 14
Διαδρομή 1	18,08	0,32	98,8	17,86	0,32
Διαδρομή 2	3,15	0,06	76,8	2,42	0,05
Διαδρομή 3	15,78	0,28	95,8	15,12	0,27
Διαδρομή 4	10,73	0,19	88,6	9,51	0,17
Διαδρομή 5	10,25	0,18	83,6	8,57	0,15
Διαδρομή 6	5,29	0,09	69,5	3,68	0,06
Διαδρομή 7	9,34	0,16	86,9	8,12	0,14
Διαδρομή 8	17,33	0,3	100	17,33	0,3
Διαδρομή 9	2,71	0,05	69,6	1,89	0,03
Διαδρομή 10	7,35	0,13	70,5	5,18	0,09
Σύνολο	**100**	**1,76**	**83,8**	**89,68**	**1,58**

Πίνακας 6.15 : Γεωγραφικό διαμέρισμα 14 - αποτελέσματα αξιολόγησης

Γεωγραφικό διαμέρισμα 15					
Διαδρομή	**Συντελεστής βαρύτητας**		**CSR (%)**		
	Διαμερίσματος	**Πανελλαδικός**	**Διαδρομής**	**Διαμερίσματος**	**Πανελλαδικό 15**
Διαδρομή 1	29,7	0,56	100	29,7	0,56
Διαδρομή 2	21,8	0,41	86,4	18,84	0,35
Διαδρομή 3	12,01	0,23	75,4	9,06	0,17
Διαδρομή 4	17,69	0,34	97,5	17,25	0,33
Διαδρομή 5	9	0,17	97,3	8,76	0,17
Διαδρομή 6	4,53	0,09	98,7	4,47	0,09
Διαδρομή 7	1,69	0,03	88,5	1,5	0,03
Διαδρομή 8	3,58	0,07	70,9	2,54	0,05
Σύνολο	**100**	**1,9**	**86,4**	**92,12**	**1,75**

Πίνακας 6.16 : Γεωγραφικό διαμέρισμα 15 - αποτελέσματα αξιολόγησης

Γεωγραφικό διαμέρισμα 16					
Διαδρομή	**Συντελεστής βαρύτητας**		**CSR (%)**		
	Διαμερίσματος	**Πανελλαδικός**	**Διαδρομής**	**Διαμερίσματος**	**Πανελλαδικό 16**
Διαδρομή 1	33,22	1,62	96,2	31,96	1,56
Διαδρομή 2	14,27	0,69	99,3	14,17	0,69
Διαδρομή 3	6,74	0,33	99	6,67	0,33
Διαδρομή 4	4,07	0,2	89,7	3,65	0,18
Διαδρομή 5	6,04	0,29	92,3	5,57	0,27
Διαδρομή 6	5,63	0,27	90,6	5,1	0,24
Διαδρομή 7	2,03	0,1	94,2	1,91	0,09
Διαδρομή 8	6,17	0,3	86,9	5,36	0,26
Διαδρομή 9	1,5	0,07	90,7	1,36	0,06
Διαδρομή 10	1,46	0,07	74,4	1,09	0,05
Διαδρομή 11	3,68	0,18	89,6	3,3	0,16
Διαδρομή 12	4,39	0,21	76,4	3,35	0,16
Διαδρομή 13	3,76	0,18	97	3,65	0,17
Διαδρομή 14	4,12	0,2	93,3	3,84	0,19
Διαδρομή 15	1,89	0,09	92	1,74	0,08
Διαδρομή 16	1,03	0,05	79,4	0,82	0,04
Σύνολο	**100**	**4,85**	**90,6**	**93,54**	**4,53**

Πίνακας 6.17 : Γεωγραφικό διαμέρισμα 16 - αποτελέσματα αξιολόγησης

Το πανελλαδικό ποσοστό επιτυχημένων κλήσεων (Πανελλαδικό CSR), υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη το μετρούμενο από τις διαδρομές πληθυσμό και προκύπτει από την άθροιση των συνεισφορών όλων των διαδρομών (στήλη «Πανελλαδικό» των παραπάνω πινάκων), από όλα τα γεωγραφικά διαμερίσματα. Η συνεισφορά μιας διαδρομής στο παραπάνω μέγεθος προκύπτει από το γινόμενο του CSR Διαδρομής με τον αντίστοιχο Πανελλαδικό συντελεστή βαρύτητας.

Τελικά για το υπό εξέταση δίκτυο του τηλεπικοινωνιακού οργανισμού, το Πανελλαδικό CSR προκύπτει ίσο με :

$$\text{Πανελλαδικό CSR} = \text{Πανελλαδικό}_1\ \text{CSR} + \ldots + \text{Πανελλαδικό}_{16}\ \text{CSR} =$$
$$33{,}42+4{,}26+8{,}82+7{,}43+2{,}2+4{,}97+2{,}57+5{,}76+4{,}51+$$
$$+5{,}59+4{,}35+1{,}52+0{,}88+1{,}58+1{,}75+4{,}53 \Rightarrow$$

Πανελλαδικό CSR = 94,14%

Το αντίστοιχο Πανελλαδικό CSR που προκύπτει από τις συνολικές μετρήσεις στην επικράτεια είναι 89,68%. Αυτό καταδεικνύει την σημαντικότητα του πληθυσμιακού παράγοντα στα συνολικά αποτελέσματα και συνεπώς και της κατηγοριοποίησης των διαδρομών σε αστικές, ημιαστικές και αγροτικές. Όπως τονίσθηκε και παραπάνω, οι αστικές διαδρομές έχουν πολύ μεγαλύτερη σημαντικότητα από τις ημιαστικές και αγροτικές.

6.5 Εισαγωγή στοιχείων τουριστικής κίνησης

Τα παραπάνω αποτελέσματα αφορούν την αξιολόγηση, λαμβάνοντας υπόψη μόνο το μετρούμενο πληθυσμό. Οι μετακινήσεις των πληθυσμών όμως κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες αποτελούν έναν επιπρόσθετο παράγοντα που είναι καλό να εκτιμηθεί. Για να συμπεριλάβουμε στην αξιολόγηση και στοιχεία τουριστικής κίνησης, πρέπει να προσδιοριστούν νέοι δείκτες βαρύτητας. Επειδή τα διαθέσιμα, από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος, στοιχεία τουριστικής κίνησης αναφέρονται σε επίπεδο νομού και όχι πόλεως και δεδομένου ότι υπάρχουν διαδρομές που είναι σχεδιασμένες ώστε να καλύπτουν περιοχές που να μην ανήκουν αποκλειστικά στον ίδιο νομό αλλά ανήκουν απαραίτητα στο υπό εξέταση γεωγραφικό διαμέρισμα, καθίσταται αδύνατος ο υπολογισμός της μετρούμενης τουριστικής κίνησης ανά διαδρομή. Για αυτό το λόγο, λαμβάνοντας υπόψη στοιχεία τουριστικής κίνησης μπορούμε μονάχα να εκτιμήσουμε το ποσοστό επιτυχημένων κλήσεων σε πανελλαδικό επίπεδο, βασιζόμενοι στα αποτελέσματα της παραπάνω αξιολόγησης.

Οι νέοι συντελεστές βαρύτητας αναφέρονται πλέον στα επιμέρους γεωγραφικά διαμερίσματα και όχι σε διαδρομές. Η τιμή των εν λόγω παραμέτρων προκύπτει από τον παρακάτω λόγο :

$$\Sigma\upsilon\nu\tau\varepsilon\lambda\varepsilon\sigma\tau\acute{\eta}\varsigma \quad \beta\alpha\rho\acute{\upsilon}\tau\eta\tau\alpha\varsigma_i = \frac{TMRP_i + TRTM_i}{TMPHP + TPHTM} \qquad (6.1)$$

όπου :

$TMRP_i$: ο συνολικά μετρούμενος πληθυσμός του γεωγραφικού διαμερίσματος
$TRTM_i$: η συνολική τουριστική κίνηση του γεωγραφικού διαμερίσματος
TMPHP : ο πανελλαδικά μετρούμενος πληθυσμός
TPHTM : η πανελλαδική τουριστική κίνηση

Παρουσιάζονται στη συνέχεια οι τιμές των παραπάνω συντελεστών ανά γεωγραφικό διαμέρισμα, καθώς και οι συνεισφορές τους στον υπολογισμό του νέου πανελλαδικού ποσοστού επιτυχημένων κλήσεων (Pan-Hellenic CSR), που προκύπτει λαμβάνοντας υπόψη τόσο στοιχεία μετρούμενου πληθυσμού όσο και στοιχεία τουριστικής κίνησης.

Πανελλαδικά αποτελέσματα			
Γεωγραφικό διαμέρισμα	**Συντελεστής βαρύτητας (%)**	**CSR (%)**	
		Διαμερίσματος	**Πανελλαδικό**
Διαμέρισμα 1 & 2	28,86	93,6	27,01
Διαμέρισμα 3	7,67	96,11	7,37
Διαμέρισμα 4	5,72	94,22	5,39
Διαμέρισμα 5	1,9	95,2	1,81
Διαμέρισμα 6	4,85	94,92	4,6
Διαμέρισμα 7	2,53	92,79	2,35
Διαμέρισμα 8	5,63	94,3	5,31
Διαμέρισμα 9	4,41	94,97	4,19
Διαμέρισμα 10	5,38	93,49	5,03
Διαμέρισμα 11	6,01	89,38	5,37
Διαμέρισμα 12	3,77	87,02	3,28
Διαμέρισμα 13	1,95	89,5	1,75
Διαμέρισμα 14	2,15	89,68	1,93
Διαμέρισμα 15	8,18	92,12	7,54
Διαμέρισμα 16	11	93,54	10,29
Σύνολο	**100**	**94,14**	**93,22**

Πίνακας 6.18 : Πανελλαδικό ποσοστό επιτυχημένων κλήσεων

Στο παραπάνω πίνακα, τη στήλη του CSR Διαμερίσματος αποτελούν τα αποτελέσματα της προηγούμενης ενότητας και προκύπτουν όπως έχει ειπωθεί από τις μετρήσεις προσαυξημένες κατά τον πληθυσμιακό παράγοντα . Συνυπολογίζοντας στοιχεία μετρούμενου πληθυσμού και τουριστικής κίνησης, το νέο Πανελλαδικό CSR προκύπτει από την άθροιση των συνεισφορών των επιμέρους γεωγραφικών διαμερισμάτων. Η συνεισφορά κάθε διαμερίσματος είναι ίση με το γινόμενο του συντελεστή βαρύτητας του διαμερίσματος με το αντίστοιχο CSR του διαμερίσματος.

6.6 Συμπεράσματα – παρατηρήσεις

Με βάση τα όσα έχουν προηγηθεί, διαπιστώνουμε ότι λαμβάνοντας μονάχα υπόψη στοιχεία μετρούμενου πληθυσμού, τα αποτελέσματα του ποσοστού επιτυχημένων κλήσεων (CSR) είναι τα καλύτερα δυνατά σε όλες τις περιπτώσεις, τόσο σε επίπεδο γεωγραφικού διαμερίσματος όσο και σε πανελλαδικό, συγκρίνοντας τα με τα αντίστοιχα αποτελέσματα που μας δίνονται απευθείας από τα όργανα μέτρησης. Το παραπάνω γεγονός οφείλεται στην προσαύξηση όλων των επιμέρους δεικτών, λόγω του πληθυσμιακού παράγοντα.

Συνυπολογίζοντας και στοιχεία τουριστικής κίνησης, μπορούμε να εκτιμήσουμε μονάχα τη τιμή του πανελλαδικού CSR, για λόγους που έχουν προαναφερθεί. Η τιμή που προκύπτει (93,22%) υπολείπεται αυτής της προηγούμενης περίπτωσης, αλλά είναι πάλι μεγαλύτερη από το πανελλαδικό CSR των διαδρομών, η τιμή του οποίου ανέρχεται στο 89,68%. Η παραπάνω τιμή παριστάνει το λόγο των συνολικά επιτυχημένων κλήσεων που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια όλων των διαδρομών, όλων των γεωγραφικών διαμερισμάτων προς τις αντίστοιχες συνολικές απόπειρες κλήσεων. Τέλος, σημειώνεται πως η τουριστική κίνηση ως παράγοντας περιλαμβάνει και τον παράγοντα της εποχικότητας και συνεπώς μπορεί να βοηθήσει σε πιο χρήσιμα συμπεράσματα.

Παράρτημα
"Κατανομές – Διαστήματα Εμπιστοσύνης"

Εισαγωγή

Μια συνάρτηση της οποίας το πεδίο ορισμού είναι ένας χώρος δειγμάτων και της οποίας το πεδίο τιμών είναι κάποιο σύνολο πραγματικών αριθμών ονομάζεται τυχαία μεταβλητή. Μία τυχαία μεταβλητή μπορεί να είναι είτε διακριτή είτε συνεχής. Πιο συγκεκριμένα, η τυχαία μεταβλητή X είναι διακριτή (discrete random variable) εάν η X μπορεί να πάρει μόνο ένα πεπερασμένο αριθμό τιμών σε οποιοδήποτε πεπερασμένο διάστημα παρατήρησης. Στην περίπτωση που η τυχαία μεταβλητή X μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή σε ένα διάστημα παρατήρησης, τότε η X ονομάζεται συνεχής τυχαία μεταβλητή (continuous random variable) .

Οι τιμές των τυχαίων μεταβλητών και οι σχετιζόμενες πιθανότητες τους οργανώνονται σε κατανομές. Υπάρχουν δύο τύποι κατανομών, οι διακριτές κατανομές οι οποίες βασίζονται στις διακριτές τυχαίες μεταβλητές και οι συνεχείς, οι οποίες βασίζονται στις αντίστοιχες συνεχείς .

Διωνυμική Κατανομή

Πρόκειται για την πιο διαδεδομένη διακριτή κατανομή πιθανοτήτων, η οποία χαρακτηρίζεται από τις ακόλουθες ιδιότητες :

- Οι πιθανές παρατηρήσεις μπορούν να ληφθούν μέσω δύο διαφορετικών μεθόδων δειγματοληψίας. Κάθε παρατήρηση μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει επιλεχθεί είτε από έναν απεριόριστο πληθυσμό χωρίς επανατοποθέτηση είτε από έναν περιορισμένο πληθυσμό με επανατοποθέτηση των στοιχείων.
- Κάθε παρατήρηση έχει μονάχα δύο πιθανά αποτελέσματα, τα οποία καλούνται επιτυχία και αποτυχία αντίστοιχα.
- Το αποτέλεσμα μιας παρατήρησης (επιτυχία, αποτυχία) είναι ανεξάρτητο από το αποτέλεσμα οποιασδήποτε άλλης προγενέστερης παρατήρησης.
- Οι παράμετροι p και q παραμένουν σταθερές, με τη παράμετρο p να παριστάνει τη πιθανότητα λήψης επιτυχούς αποτελέσματος και τη q τη πιθανότητα λήψης μη επιτυχούς αποτελέσματος.

Η διακριτή τυχαία μεταβλητή X, η οποία ακολουθεί διωνυμική κατανομή, [X~b(n,p)], παριστάνει τον αριθμό των επιτυχιών που παρατηρούνται σε n το πλήθος παρατηρήσεις. Η πιθανότητα X επιτυχιών, **P(X)**, με δοσμένες τις τιμές των μεταβλητών n και p δίνεται από την ακόλουθη εξίσωση :

$$\boxed{P(X) = \binom{n}{X} p^{x} (1-p)^{n-X}} \qquad (1.1)$$

όπου :

n = μέγεθος του δείγματος
p = πιθανότητα επιτυχίας
$1-p=q$ = πιθανότητα αποτυχίας
X = πλήθος επιτυχιών στο δείγμα

Αξίζει να σημειωθεί στο σημείο αυτό, πως για $n=1$ η Διωνυμική κατανομή ονομάζεται κατανομή Bernoulli.Τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται στη πράξη, προκειμένου ένα πρόβλημα διωνυμικής να μετατραπεί σε πρόβλημα κανονικής κατανομής , είναι η μέση τιμή (μ) καθώς και η τυπική απόκλιση (σ).
Η μέση τιμή **μ** είναι ίση με το γινόμενο του μεγέθους του δείγματος (n) και της πιθανότητας επιτυχίας (p), δηλαδή ισχύει :

$$\boxed{E(X)=\mu=n\cdot p} \qquad (1.2)$$

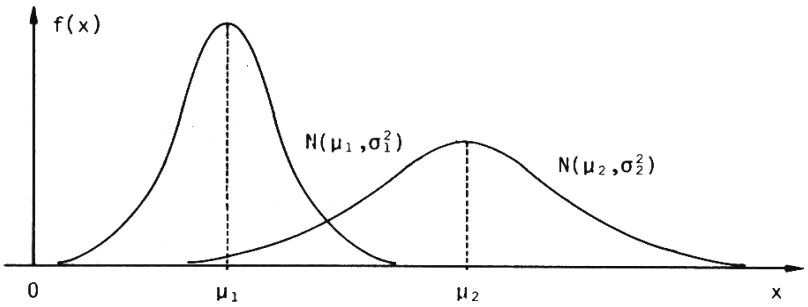
Τέλος, όσον αφορά την τυπική απόκλιση, σε περίπτωση διωνυμικής κατανομής, αυτή δίνεται από την ακόλουθη σχέση :

$$\boxed{\sigma=\sqrt{\sigma^2}=\sqrt{\mathrm{Var(X)}}=\sqrt{n\cdot p\cdot q}} \qquad (1.3)$$

Κανονική Κατανομή

Μία από τις πλέον χρήσιμες συνεχείς κατανομές στη θεωρία Πιθανοτήτων αλλά και στη Στατιστική είναι η κανονική κατανομή. Η κατανομή αυτή είναι επίσης γνωστή και ως Γκαουσιανή , για το λόγο ότι ο Gauss ήταν αυτός που διαπίστωσε πως τα τυχαία σφάλματα στις μετρήσεις μιας ποσότητας ακολουθούν κανονική κατανομή. Η κανονική κατανομή έχει τα παρακάτω βασικά χαρακτηριστικά :

- πρόκειται για συνεχή κατανομή.
- η κατανομή είναι συμμετρική γύρω από τη μέση τιμή της.
- είναι ασυμπτωτική ως προς τον οριζόντιο άξονα.
- το εμβαδόν της περιοχής που βρίσκεται κάτω από την καμπύλη είναι ίσο με 1.



Σχήμα 2.1 Κανονικές κατανομές ($\sigma_1<\sigma_2$, $\mu_1<\mu_2$)

Η έκφραση η οποία αναπαριστά τη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας, συμβολίζεται με $f(X)$ και δίνεται από την παρακάτω σχέση :

$$f(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \cdot e^{-(\frac{1}{2})\cdot(\frac{X-\mu}{\sigma})^2} \qquad (1.4)$$

όπου :

π = η μαθηματική σταθερά με τιμή 3.14159
μ = ο μέσος πληθυσμός
σ = η τυπική απόκλιση του πληθυσμού
e = η μαθηματική σταθερά με τιμή 2.71828

Με βάση τα παραπάνω, επειδή οι παράμετροι e και π είναι σταθερές, οι πιθανότητες της τυχαίας μεταβλητής X εξαρτώνται αποκλειστικά από τις παραμέτρους της κανονικής κατανομής – τη μέση τιμή του πληθυσμού, **μ** και την τυπική απόκλιση του πληθυσμού, **σ**.

Έτσι, για κάθε συνδυασμό των μεταβλητών μ και σ, μια διαφορετική πιθανότητα κανονικής κατανομής δημιουργείται. Στη πράξη, για χάριν της διευκόλυνσης των πράξεων χρησιμοποιείται μια μέθοδος μετασχηματισμού, με βάση την οποία οποιαδήποτε κανονική τυχαία μεταβλητή X, $[X \sim N(\mu, \sigma^2)]$ μετατρέπεται σε μια κανονικοποιημένη κανονική τυχαία μεταβλητή Z. Ο χρησιμοποιούμενος μετασχηματισμός από την τυχαία μεταβλητή X στη τυχαία μεταβλητή Z είναι ο ακόλουθος :

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \qquad (1.5)$$

Με εφαρμογή λοιπόν της παραπάνω εξίσωσης, λαμβάνουμε την κανονικοποιημένη κανονική κατανομή (standardized normal distribution).

Εμπειρικός Κανόνας

Ο εμπειρικός κανόνας (empirical rule) αποτελεί μία εμπειρική μέθοδο προκειμένου να καθοριστεί, για ένα σύνολο δεδομένων, το κατά προσέγγιση ποσοστό των τιμών που απέχουν ένα συγκεκριμένο αριθμό τυπικών αποκλίσεων από τη μέση τιμή. Έτσι, εάν τα δεδομένα είναι κανονικά κατανεμημένα (ή έχουν κατανομή καμπανοειδούς μορφής) το 68% των τιμών αυτών εντοπίζονται σε απόσταση μίας τυπικής απόκλισης από τη μέση τιμή, το 95% των τιμών σε απόσταση δύο τυπικών αποκλίσεων και σχεδόν όλες οι τιμές σε απόσταση τριών τυπικών αποκλίσεων από τη μέση τιμή. Με βάση τα παραπάνω ισχύουν τα εξής :

Απόσταση από τη μέση τιμή	Τιμές εντός διαστήματος
$\mu \pm 1\sigma$	68%
$\mu \pm 2\sigma$	95%
$\mu \pm 3\sigma$	99.7%

Κανονική Προσέγγιση Διωνυμικής Κατανομής

Για ορισμένα προβλήματα διωνυμικής κατανομής, η κανονική κατανομή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να προσεγγίσουμε τις τιμές των πιθανοτήτων. Ειδικότερα, καθώς το μέγεθος του δείγματος μεγαλώνει, η διωνυμική κατανομή προσεγγίζει σχηματικά την κανονική κατανομή, ανεξαρτήτως της τιμής της πιθανότητας p .Το φαινόμενο αυτό συντελείται με γρηγορότερο ρυθμό (για μικρές τιμές του n), καθώς η πιθανότητα p λαμβάνει τιμές κοντινές της τιμής 0.5 .

Η κανονική κατανομή είναι μία καλή προσέγγιση για προβλήματα διωνυμικής κατανομής για μεγάλες τιμές του n. Ωστόσο, για να μπορέσουμε να εφαρμόσουμε τη κανονική κατανομή σε προβλήματα διωνυμικής, απαιτείται πριν η εφαρμογή μίας διαδικασίας.

Το πρώτο μέρος της διαδικασίας αυτής στοχεύει στο να μετατραπούν οι δύο παράμετροι της διωνυμικής κατανομής, n και p, στις δύο παραμέτρους της κανονικής κατανομής, μ και σ .

Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή των παρακάτω τύπων :

$$\mu = n \cdot p \qquad (1.6)$$

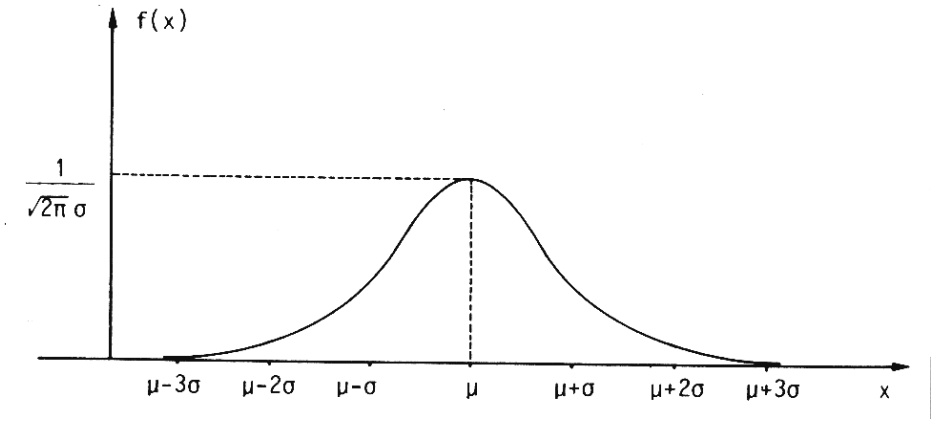
και

$$\sigma = \sqrt{n \cdot p \cdot q} \qquad (1.7)$$

Μετά τον υπολογισμό των παραπάνω μεγεθών, πρέπει να διεξαχθεί ένας έλεγχος, προκειμένου να καθοριστεί εάν η κανονική κατανομή αποτελεί μια καλή προσέγγιση της αντίστοιχης διωνυμικής .

Σύμφωνα με τον εμπειρικό κανόνα (empirical rule), το 99.7%, ή σχεδόν όλες οι τιμές της κανονικής καμπύλης, βρίσκονται σε διάστημα τριών τυπικών αποκλίσεων από τη μέση τιμή.

Για να είναι αποδεκτή η προσέγγιση της διωνυμικής κατανομής με τη κανονική, θα πρέπει όλες οι πιθανές τιμές της μεταβλητής x να είναι μεταξύ του μηδενός και της τιμής n ,τιμές οι οποίες παριστάνουν το ελάχιστο και το ανώτερο όριο τιμών αντίστοιχα, της διωνυμικής κατανομής. Συμπερασματικά λοιπόν, εάν το $\mu \pm 3\sigma$ δεν εντοπίζεται στο διάστημα μεταξύ του μηδενός και του n, δεν μπορούμε τότε να χρησιμοποιούμε την κανονική κατανομή σε προβλήματα διωνυμικής ,για το λόγο ότι η προσέγγιση δεν είναι αρκετά καλή.



Σχήμα 2.2 Κανονική κατανομή $N(\mu, \sigma^2)$

Εκτός από τον παραπάνω τρόπο ελέγχου, υπάρχει και ένας εναλλακτικός κανόνας για το εάν η διωνυμική κατανομή μπορεί να προσεγγιστεί με την κανονική, σύμφωνα με τον οποίο η προσέγγιση είναι αρκετά καλή εάν ικανοποιούνται και οι δύο ακόλουθες εξισώσεις :

$$n \cdot p > 5 \qquad (1.8)$$

και

$$n \cdot q > 5 \qquad (1.9)$$

όπου :

n = μέγεθος του δείγματος
p = πιθανότητα επιτυχίας
$1 - p = q$ = πιθανότητα αποτυχίας

Αξίζει να σημειωθεί στο σημείο αυτό, πως γενικά η μετάβαση από μία διακριτή κατανομή σε μία κανονική δεν είναι εντελώς σωστή, με την έννοια ότι απαιτείται, ανάλογα με το είδος του προβλήματος, μία διόρθωση (διόρθωση συνέχειας) της τάξης του $+0.50$ ή -0.50 ή ± 0.50 .Αυτή η διόρθωση εξασφαλίζει πως η περισσότερη πληροφορία των διωνυμικών προβλημάτων μεταφέρεται σωστά στην κανονική καμπύλη. Τέλος, όσον αφορά την απόφαση για τη τιμή της διόρθωσης συνέχειας ,αυτή εξαρτάται από το σύμβολο της ισότητας καθώς επίσης και από το επιθυμητό αποτέλεσμα της διωνυμικής κατανομής.

Παρακάτω παρουσιάζεται ένας πίνακας, με βάση τον οποίον καθορίζεται το μέγεθος της διόρθωσης (διόρθωση συνέχειας) :

Υπολογιζόμενες τιμές	Διόρθωση
x >	+ 0.50
x ≥	- 0.50
x <	- 0.50
x ≤	+ 0.50
≤ **x** ≤	- 0.50 και + 0.50
< **x** <	+ 0.50 και - 0.50
x =	- 0.50 και + 0.50

Κεντρικό Οριακό Θεώρημα

Το κεντρικό οριακό θεώρημα (central limit theorem) μας παρέχει τη δυνατότητα εφαρμογής της κανονικής κατανομής σε προβλήματα όπου το μέγεθος του δείγματος είναι αρκούντως μεγάλο. Οι μέσες τιμές των δειγμάτων, που έχουν υπολογισθεί από τυχαία δειγματοληψία κανονικά κατανεμημένου πληθυσμού, είναι επίσης κανονικά κατανεμημένες τυχαίες μεταβλητές.

Το κυριότερο πλεονέκτημα του θεωρήματος αυτού, εστιάζεται στη δυνατότητα χρήσης της κανονικής κατανομής, ακόμα και σε περιπτώσεις όπου οι πληθυσμοί δεν υπόκεινται σε κανονική κατανομή, ή οι κατανομές των πληθυσμών είναι αγνώστων

στοιχείων. Η παραπάνω προσέγγιση είναι επιτρεπτή, για το λόγο ότι οι μέσες τιμές των δειγμάτων είναι κανονικά κατανεμημένες για αρκετά μεγάλου μεγέθους δείγματα.

Ειδικότερα, εάν n είναι το μέγεθος του τυχαίου δείγματος από πληθυσμό μέσης τιμής μ και τυπικής απόκλισης σ, η μέση τιμή του δείγματος $\bar{x}$, είναι κατά προσέγγιση κανονικά κατανεμημένη τυχαία μεταβλητή για δείγματα μεγέθους $n \geq 30$, ασχέτως της μορφής της κατανομής του αρχικού πληθυσμού. Εάν ο πληθυσμός είναι κανονικά κατανεμημένος, η μέση τιμή του δείγματος είναι κανονικά κατανεμημένη για οποιοδήποτε μέγεθος n του δείγματος.

Αποδεικνύεται, ότι η μέση τιμή του $\bar{x}$ ισούται με τη μέση τιμή του πληθυσμού μ, δηλαδή ισχύει :

$$\boxed{\mu_{\bar{x}} = \mu} \qquad (1.10)$$

ενώ η τυπική απόκλιση του $\bar{x}$ είναι ίση με την τυπική απόκλιση του πληθυσμού σ, διαιρούμενη με την τετραγωνική ρίζα του μεγέθους του δείγματος n, δηλαδή :

$$\boxed{\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \qquad (1.11)$$

Διαστήματα Εμπιστοσύνης

Για τον υπολογισμό των χαρακτηριστικών ενός πληθυσμού, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι δεδομένου ενός στατιστικού δείγματος, η τυχαία μεταβλητή X ποικίλλει από δείγμα σε δείγμα αφού εξαρτάται από τα επιλεγόμενα αντικείμενα του δείγματος. Όσον αφορά τον υπολογισμό ενός διαστήματος, μέσα στο οποίο εντοπίζεται η μέση τιμή του πληθυσμού μ, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η κατανομή της μέσης τιμής του δείγματος.

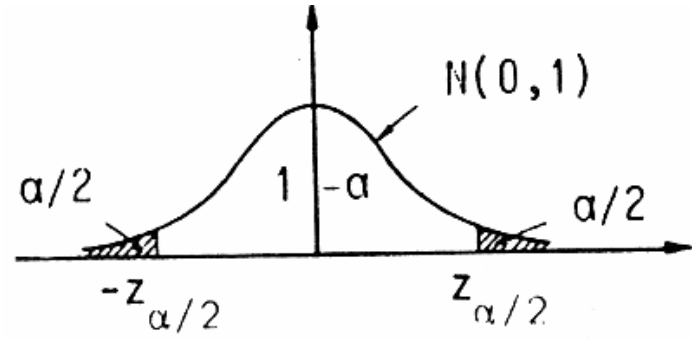
Το διάστημα αυτό θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από ένα συγκεκριμένο βαθμό εμπιστοσύνης ή μία συγκεκριμένη πιθανότητα σωστού υπολογισμού της πραγματικής τιμής της παραμέτρου μ του πληθυσμού. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται όλες οι δυνατές περιπτώσεις υπολογισμού των διαστημάτων εμπιστοσύνης της μέσης τιμής μ του πληθυσμού, με βάση ένα δείγμα από το συνολικό πληθυσμό.

Ωστόσο, θα πρέπει να επισημανθεί ότι ιδιαίτερο πρακτικό ενδιαφέρον έχει η περίπτωση υπολογισμού διαστήματος εμπιστοσύνης της μέσης τιμής μ του πληθυσμού, για άγνωστη τυπική απόκλιση του πληθυσμού, σ.

Διάστημα Εμπιστοσύνης μέσης τιμής (σ γνωστό)

Στη πράξη, επειδή επιλέγεται μονάχα ένα δείγμα και το μ είναι άγνωστο, δεν είμαστε ποτέ απόλυτα σίγουροι για το εάν ένα συγκεκριμένο διάστημα εμπεριέχει τη μέση τιμή μ. Ωστόσο, για διαστήματα εμπιστοσύνης 95% και πάνω, μπορούμε να ισχυριστούμε ότι έχουμε επιλέξει ένα δείγμα, του οποίου το διάστημα εμπεριέχει τη μέση τιμή μ .

Ο βαθμός εμπιστοσύνης συμβολίζεται με $(1-a)\cdot 100\%$, όπου a είναι το τμήμα κάτω από την κανονική καμπύλη που δεν συμπεριλαμβάνεται στο διάστημα εμπιστοσύνης.



Σχήμα 2.3 Διάστημα Εμπιστοσύνης (σ γνωστό)

Η έκφραση η οποία μας δίνει το ζητούμενο διάστημα εμπιστοσύνης, στην περίπτωση όπου είναι γνωστή η τυπική απόκλιση του πληθυσμού, είναι η ακόλουθη :

$$\bar{x} \pm z_{a/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \qquad (1.12)$$

ή

$$\bar{x} - z_{a/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \le \mu \le \bar{x} + z_{a/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \qquad (1.13)$$

Γενικά, ο υπολογισμός ενός 95% διαστήματος εμπιστοσύνης, ερμηνεύεται ως εξής : εάν ληφθούν όλα τα πιθανά δείγματα του ίδιου μεγέθους n και υπολογιστούν οι μέσες τιμές των δειγμάτων $\bar{x}$, τότε το 95% αυτών περιέχουν την πραγματική μέση τιμή του πληθυσμού μ, κάπου μέσα στο διάστημα γύρω από τις μέσες τιμές των δειγμάτων τους , και το υπόλοιπο 5% αυτών, δεν την περιέχουν.

Αξίζει να σημειωθεί στο σημείο αυτό, πως η τιμή της μεταβλητής Z λαμβάνεται από τον πίνακα τιμών της κανονικοποιημένης κανονικής κατανομής, ανάλογα με το επιθυμητό επίπεδο της εμπιστοσύνης. Τα επίπεδα εμπιστοσύνης που χρησιμοποιούνται συνήθως στην πράξη, είναι 90%, 95%, 98% και 99%.

Μεγαλύτερα επίπεδα εμπιστοσύνης από το 99% δεν χρησιμοποιούνται, για το λόγο ότι οποιαδήποτε αύξηση του επιπέδου εμπιστοσύνης επιτυγχάνεται μονάχα με ταυτόχρονη διαπλάτυνση του διαστήματος εμπιστοσύνης, γεγονός που συνεπάγεται με τη σειρά του μείωση στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων .

Διάστημα Εμπιστοσύνης μέσης τιμής (σ άγνωστο)

Σε τέτοιες περιπτώσεις, όπου δηλαδή η τυπική απόκλιση του πληθυσμού σ είναι άγνωστη, για να υπολογίσουμε ένα διάστημα εμπιστοσύνης βασιζόμαστε στην κατανομή Student (t-distribution). Έτσι, εάν η τυχαία μεταβλητή x είναι κανονικά κατανεμημένη, τότε η παρακάτω ποσότητα -σχέση (1.14) ακολουθεί την t κατανομή με $n-1$ βαθμούς ελευθερίας :

$$\boxed{t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}} \qquad (1.14)$$

όπου στην παραπάνω εξίσωση, η μεταβλητή s παριστάνει την τυπική απόκλιση του δείγματος. Η t κατανομή, όπως και η κανονική, είναι συμμετρικές ως προς τον κάθετο άξονα ενώ έχουν και οι δύο μορφή καμπάνας. Ωστόσο, η t κατανομή έχει μεγαλύτερη επιφάνεια στις δύο πλευρικές ουρές και λιγότερη στο κέντρο, σε σχέση με την κανονική κατανομή, επειδή η τυπική απόκλιση του πληθυσμού σ είναι άγνωστη και χρησιμοποιείται η τυπική απόκλιση του δείγματος, s .

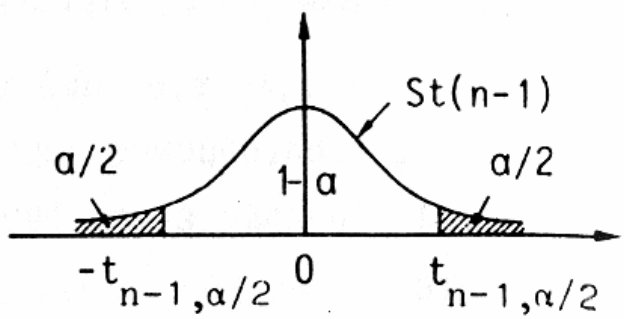
Ο υπολογισμός του $(1-a)\cdot 100\%$ διαστήματος εμπιστοσύνης, για τη μέση τιμή του πληθυσμού μ, με άγνωστη τυπική απόκλιση σ και μικρό μέγεθος δείγματος, δίνεται από τους παρακάτω τύπους :

$$\bar{x} \pm t_{n-1}\frac{s}{\sqrt{n}} \qquad (1.15)$$

ή

$$\bar{x} - t_{n-1}\frac{s}{\sqrt{n}} \le \mu \le \bar{x} + t_{n-1}\frac{s}{\sqrt{n}} \qquad (1.16)$$

όπου t_{n-1} είναι η τιμή που λαμβάνεται από τον πίνακα της t κατανομής με $n-1$ βαθμούς ελευθερίας, για την περιοχή $a/2$ της δεξιάς ουράς .



Σχήμα 2.3 Διάστημα Εμπιστοσύνης (σ άγνωστο)

Καθώς ο αριθμός των βαθμών ελευθερίας αυξάνεται, η t κατανομή προσεγγίζει σταδιακά την κανονική κατανομή μέχρι αυτές να ταυτιστούν. Αυτό συμβαίνει επειδή η τυπική απόκλιση του δείγματος s, προσεγγίζει καλύτερα την τυπική απόκλιση του πληθυσμού σ, καθώς το μέγεθος του δείγματος αυξάνεται. Έτσι, για μέγεθος δείγματος $n \ge 30$ οι διαφορές μεταξύ της t κατανομής και της κανονικής είναι πολύ μικρές, οπότε, σε αυτή τη περίπτωση χρησιμοποιούνται οι παρακάτω τύποι για τον υπολογισμό του επιθυμητού διαστήματος εμπιστοσύνης :

$$\bar{x} \pm z_{a/2}\frac{s}{\sqrt{n}} \qquad (1.17)$$

ή

$$\bar{x} - z_{a/2}\frac{s}{\sqrt{n}} \le \mu \le \bar{x} + z_{a/2}\frac{s}{\sqrt{n}} \qquad (1.18)$$

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως οι παραπάνω τύποι (1.17, 1.18) δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μικρά δείγματα $n \prec 30$, ακόμα και αν ο πληθυσμός είναι κανονικά κατανεμημένος.

Διάστημα Εμπιστοσύνης Αναλογίας Πληθυσμού

Σκοπός της ενότητας αυτής αποτελεί η παρουσίαση της έννοιας του διαστήματος εμπιστοσύνης για τον υπολογισμό της αναλογίας του πληθυσμού p, από την αναλογία του δείγματος $p_s = X / n$. Θεωρητικά, η διωνυμική κατανομή είναι η καταλληλότερη κατανομή για την κατασκευή του εν λόγω διαστήματος εμπιστοσύνης. Όπως έχει ήδη επισημανθεί ,η διωνυμική κατανομή μπορεί να προσεγγιστεί από την αντίστοιχη κανονική, εφόσον ισχύουν οι παρακάτω ανισότητες (σχέσεις 1.8 , 1.9) :

$$n \cdot p > 5$$

και

$$n \cdot q > 5$$

Το $(1-a)\cdot 100\%$ διάστημα εμπιστοσύνης για τον υπολογισμό της πληθυσμιακής αναλογίας p ,δίνεται από τους παρακάτω τύπους :

$$p_s \pm z_{a/2}\sqrt{\frac{p_s(1-p_s)}{n}} \qquad (1.19)$$

ή

$$p_s - z_{a/2}\sqrt{\frac{p_s(1-p_s)}{n}} \le p \le p_s + z_{a/2}\sqrt{\frac{p_s(1-p_s)}{n}} \qquad (1.20)$$

όπου :

p = αναλογία πληθυσμού

p_s = αναλογία δείγματος

n = μέγεθος δείγματος

$q_s = 1 - p_s$

Στις περιπτώσεις όπου το μέγεθος του δείγματος n είναι μικρό ή τα ποσοστά επιτυχίας είναι πολύ χαμηλά, οι παραπάνω τύποι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν, αφού η κανονική κατανομή δεν μπορεί να προσεγγίσει την αντίστοιχη διωνυμική .

Προσδιορισμός μεγέθους δείγματος

Συχνά καθίσταται αναγκαίος ο υπολογισμός του μεγέθους των δειγμάτων (sample size) που πρέπει να ληφθούν, προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι μιας έρευνας πριν δεσμευθούν τα απαραίτητα δεδομένα. Ειδικά στις μετρήσεις ποιότητας δικτύου που αποτελούν και το αντικείμενο της εργασίας αυτής, ο υπολογισμός του ελάχιστου δείγματος ανά διαδρομή είναι πολύ σημαντικός. Οι δυο περιπτώσεις που αναλύονται στη συνέχεια καλύπτουν το προσδιορισμό του μεγέθους των δειγμάτων **n** τόσο στη

περίπτωση όπου η μέση τιμή **μ** είναι άγνωστη και επομένως υπολογίζεται, όσο και στη περίπτωση όπου υπολογίζεται η πληθυσμιακή αναλογία **p** .

Περίπτωση 1

Σε αυτή τη πρώτη περίπτωση όπου η μέση τιμή **μ** είναι υπό υπολογισμό, το μέγεθος του δείγματος μπορεί να προσδιοριστεί χρησιμοποιώντας το μετασχηματσμό z για τις μέσες τιμές του δείγματος. Θεωρούμε,

$$z = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \qquad (1.21)$$

Η διαφορά μεταξύ $\bar{x}$ και μ αποτελεί το σφάλμα (error of estimation) που προκύπτει από τη διαδικασία δειγματοληψίας. Το σφάλμα μπορεί να είναι και στις δυο κατευθύνσεις, δηλαδή είτε πάνω είτε κάτω από τη τιμή της παραμέτρου. Για αυτό το λόγο, το σφάλμα είναι $\pm E$.
Θεωρώντας ότι,

$$E = \bar{x} - \mu \qquad (1.22)$$

η σχέση (1.21) γίνεται :

$$z = \frac{E}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \qquad (1.23)$$

Λύνοντας ως προς **n** τη σχέση (1.23), προκύπτει ο ζητούμενος τύπος με βάση τον οποίο υπολογίζεται το μέγεθος του δείγματος. Προκύπτει λοιπόν,

$$\boxed{n = \frac{z_{a/2}^2 \cdot \sigma^2}{E^2} = \left(\frac{z_{a/2} \cdot \sigma}{E}\right)^2 \qquad (1.24)}$$

Σε κάποιες περιπτώσεις, κατά τον υπολογισμό του μεγέθους του δείγματος η απόκλιση του πληθυσμού είναι γνωστή ή τουλάχιστον μπορεί να υπολογιστεί με βάση προηγούμενες μελέτες. Από την άλλη πλευρά, ενδέχεται η πληθυσμιακή απόκλιση να είναι άγνωστη και να είναι απαραίτητο να υπολογιστεί. Σε τέτοιες περιπτώσεις, δεχόμαστε ότι

$$\sigma = \frac{1}{4} \text{ (εύρος)}$$

Περίπτωση 2

Σε αυτή τη περίπτωση, η διαδικασία υπολογισμού ξεκινά με το μετασχηματισμό z για τις αναλογίες του δείγματος.

$$z = \frac{\hat{p} - p}{\sqrt{\frac{p \cdot q}{n}}} \qquad (1.25)$$

Με τη λήψη των δειγμάτων, η μεταβλητή $\hat{p}$ πολύ σπάνια να γίνει ίση με την αναλογία του πληθυσμού, p, οπότε αυτόματα προκύπτει ένα σφάλμα. Η διαφορά μεταξύ $\hat{p}$ και p αποτελεί το σφάλμα (error of estimation) **E** , δηλαδή :

$$E = \hat{p} - p \qquad (1.26)$$

Με βάση τη παραπάνω σχέση, η (1.25) καταλήγει στην ακόλουθη μορφή :

$$z = \frac{E}{\sqrt{\frac{p \cdot q}{n}}} \qquad (1.27)$$

Λύνοντας ως προς n, προκύπτει ο τελικός τύπος με βάση τον οποίο υπολογίζεται το μέγεθος του δείγματος.

$$n = \frac{z^2 \cdot p \cdot q}{E^2} \qquad (1.28)$$

όπου

p = αναλογία πληθυσμού

$q = 1 - p$

n = μέγεθος δείγματος

E = σφάλμα υπολογισμού - error of estimation

Επειδή η πραγματική τιμή της παραμέτρου p δεν είναι συνήθως γνωστή εκ των προτέρων, χρησιμοποιούνται οι τιμές του p που παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα. Να σημειωθεί στο σημείο αυτό, πως επειδή το γινόμενο $p \cdot q$ είναι στον αριθμητή της σχέσης (1.28), για τη τιμή p=0,5 προκύπτει το μέγιστο μέγεθος των δειγμάτων.

p	pq
0.5	0.25
0.4	0.24
0.3	0.21
0.2	0.16
0.1	0.09

Βιβλιογραφία Παραρτήματος

1. Amir D. Aczel, Jayavel Sounderpandian, "*Complete Business Statistics*"

2. Mark L. Berenson, David M. Levine, "*Basic Business Statistics – 7th Edition*"

3. Ken Black, "*Business Statistics for Contemporary Decision Making – 4th Edition*"

4. Richard I.Levin, David S.Rubin, "*Statistics for Management – 7th Edition* "

5. Γ. Κοκολάκης , Ι. Σπηλιώτης, "*Εισαγωγή στη Θεωρία Πιθανοτήτων και Στατιστική* " (Εκδόσεις Συμεών, 3η Έκδοση)

6. Γ. Κοκολάκης , Ι. Σπηλιώτης, " *Εισαγωγή στις Πιθανότητες* " (Εκδόσεις Συμεών, 1η Έκδοση)

Βιβλιογραφία

1. Amir D. Aczel, Jayavel Sounderpandian, "*Complete Business Statistics*"

2. Mark L. Berenson, David M. Levine, "*Basic Business Statistics – 7th Edition*"

3. Ken Black, "*Business Statistics for Contemporary Decision Making – 4th Edition*"

4. ETR 003, "*Network aspects (NAs); general aspects of quality of service (QoS) and network performance*" (European Telecommunications Standard Institute, 1994, 2nd edition)

5. ETR 22.25, "*Universal Mobile Telecommunication System (UMTS); Quality of Service and Network Performance*" (UMTS 22.25 version 3.1.0, European Telecommunications Standard Institute)

6. ETSI TS 102 250-1 V1.1.1, "*Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); QoS aspects for popular services in GSM and 3G networks; Part 1: Identification of Quality of Service aspects*" (October 2003)

7. ETSI TS 102 250-2 V1.3.1, "*Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); QoS aspects for popular services in GSM and 3G networks; Part 2: Definition of Quality of Service parameters and their computation*" **(**July 2005)

8. ETSI TS 102 250-3 V2.1.1, "*Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); QoS aspects for popular services in GSM and 3G networks; Part 3: Typical procedures for Quality of Service measurement equipment*" **(**February 2005)

9. GSM Association Classifications, "*Definition of Quality of Service parameters and their computation*" (Version 3.2.1, February 2003)

10. Jawad Ibrahim, "*4G Features*" (Bechtel Telecommunications Technical Journal, December 2002)

11. ISO 10011, "*Guidelines for auditing quality systems*" (International Standards Organisation, 1993)

12. ITU - T Recommendation E.410, "*International network management*" (International Telecommunications Union, 1998)

13. ITU - T Recommendation E.411, "*International network management – Operational guidance*" (International Telecommunications Union, 2000)

14. ITU - T Recommendation E.430, "*Quality of Service framework*" (International Telecommunications Union, 1992)

15. ITU - T Recommendation E.800, "*Terms and definitions related to quality of service and network performance including dependability*" (International Telecommunications Union, 1994)

16. ITU - T Recommendation G.114, "*One way transmission time*" (International Telecommunications Union, 2000)

17. Richard I.Levin, David S.Rubin, "*Statistics for Management – 7th Edition* "

18. M. Mouly and M.B. Pautet, "*The GSM System for Mobile Communications*" (France, 1992)

19. Mullee A. W. and Faulkner R, "*Planning for a customer responsive network*" (Sixth international network planning symposium, September 1994)

20. A. P. Oodan, K. E. Ward and A. W. Mullee, "*Quality of Service in Telecommunications* " (The Institute of Electrical Engineers, 1997)

21. Theodore S. Rappaport, "*Wireless Communications*" (Prentice Hall, 1996)

22. M.K.Redl, S.M. Weber and M.W. Oliphant, "*An Introduction to GSM*" (Artech House Inc., 1995)

23. Richters, J. S., and Dvorak, C. A., "*A framework for defining the quality of communications services*" (IEEE Comm. Mag., Oct 1988)

24. Rogers D., and Hand D, "*Network measurement and performance*" (Br. Telecomm. Eng., 1995)

25. US National Regulatory Research Institute, "*Telecommunications service quality*" (March 1996)

26. John Walker, "*Advances in Mobile Information Systems*" (Walker Edition, 1999)

27. WALKER, J. L, "*Service encounter satisfaction: conceptualized*" (J. Services Marketing, 1995)

28. Zeithaml V. A, Parasuraman A. and Berry L. L, "*Delivering quality service*" (Free Press, 1990)

29. Μ.Ε. Θεολόγου, "*Δίκτυα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών*" (Εκδόσεις Ε.Μ.Π., 2004)

30. Κανάτας Αθανάσιος, Κωνσταντίνου Φίλιππος, "*Συστήματα Κινητών Ραδιοεπικοινωνιών*" (Εργαστήριο Κινητών Ραδιοεπικοινωνιών Ε.Μ.Π., 2001)

31. Γ. Κοκολάκης , Ι. Σπηλιώτης, "*Εισαγωγή στη Θεωρία Πιθανοτήτων και Στατιστική* " (Εκδόσεις Συμεών, 3η Έκδοση)

32. Γ. Κοκολάκης , Ι. Σπηλιώτης, " *Εισαγωγή στις Πιθανότητες* " (Εκδόσεις Συμεών, 1η Έκδοση)

33. Παναγιώτης Γ. Κωττής, "*Διαμόρφωση και Μετάδοση Σημάτων*" (Εκδόσεις Τζιόλα, 2003)

Συντμήσεις

ACG	Automatic Call Generator
AMPS	Advanced Mobile Phone System
AT&T	American Telephone and Telegraph Co
AUC	Authentication Center
BER	Bit Error Rate
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station System
BTS	Base Tranceiver Station
CCR	Call Completion Rate
CDMA	Code Division Multiple Access
CN	Core Network
CoSeR	Completed Session Ratio
CR	Completion Rate
CS	Circuit Switched
CSD	Circuit Switched Data
CSR	Call Success Rate
CSSR	Call Set-up Success Rate
DB	Data Base
DCS	Digital Cellular System
DS/CDMA	Direct Sequence Code Division Multiple Access
EIR	Equipment Identity Register
ETACS	European Total Access Cellular System
ETNO	European Telecommunications Network Operators
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FDD	Frequency Division Duplex
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FM	Frequency Modulation
FTP	File Transfer Protocol
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMSC	Gateway Mobile Services Switching Center
GoS	Grade of Service
GPRS	General Packet Radio System
GPS	General Positioning System
GSM	Groupe Special Mobile
HLR	Home Location Register
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
IP	Internet Protocol
IPSA	IP – Service Access Ratio
IPST	IP – Service Set-up
IS	International System
ISDN	Integrated Services Digital Network
ITU	International Telecommunications Union
ITU-T	ITU – Telecommunications Standardising Sector
JTACS	Japanese Total Access Cellular System

KPIs	Key Performance Indicators
KQIs	Key Quality Indicators
MC/CDMA	Multi Carrier Code Division Multiple Access
MDR	Mean Data Rate
ME	Mobile Equipment
MMS	Multimedia Messaging Service
MS	Mobile Station
MSC	Mobile Switching Centre
MT	Mobile Terminal
NA	Network Accessibility
NMT	Nordic Mobile Telephone
NP	Network Performance
NSS	Network and Switching Subsystem
NTT	Nippon Telephone and Telegraph
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OMC	Operation Maintenance Centers
OSS	Operation Support Subsystem
PCN	Personal Communications System
PDC	Personal Digital Cellular
PDP	Packet Data Protocol
PLMN	Public Land Mobile Network
POP3	Post Office Protocol 3
PS	Packet Switched
PSPDN	Packet Switched Public Data Network
PSTN	Public Switched Telephony Network
QoS	Quality of Service
RF	Radio Frequency
RNA	Radio Network Accessibility
RNC	Radio Network Controller
SA	Service Accessibility
SCCP	Signalling Correction Control Part
SDMA	Space Division Multiple Access
SGSN	Serving GPRS Support Node
SIM	Subscriber Identification Module
SLA	Service Level Agreement
SLO	Service Level Objective
SMS	Short Message Service
SMSC	Short Message Service Center
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SpQ	Speech Quality
TDD	Time Division Duplex
TDMA	Time Division Multiple Access
TQM	Total Quality Management
UE	User Equipment
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
USIM	UMTS Subscriber Identity Module
UTRAN	UMTS Radio Access Network

VLR	Visitor Location Register
VQ	Voice Quality
WAP	Wireless Application Protocol
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access