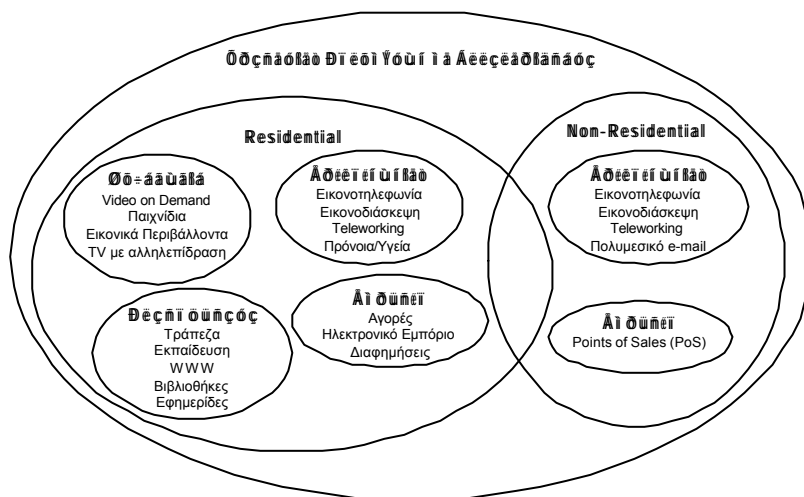


8. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ

Ο εν γένει σκοπός των επικοινωνιακών δικτύων είναι η παροχή δικτυακών υπηρεσιών ώστε να καθίσταται εφικτή η υποστήριξη εφαρμογών. Επομένως, βλέποντας τη δικτυακή τεχνολογία υπό το πρίσμα των εφαρμογών, γίνονται αντιληπτοί οι λόγοι για τους οποίους απαιτείται η συνεχής μετεξέλιξη του, η οποία μάλιστα δεν περιορίζεται στην αύξηση της χωρητικότητας του, αλλά προχωρά και στον εμπλουτισμό της λειτουργικότητάς του. Στο παρόν κεφάλαιο οι τεχνολογίες του διαδικτύου συμπληρώνονται όσον αφορά την υποστήριξη υπηρεσιών πολυμέσων και τηλεφωνίας πάνω από IP (Voice over IP, VoIP).

8.1 Πολυμέσα στο Διαδίκτυο

Ας προσπαθήσουμε πρώτα να ορίσουμε τα πολυμέσα και τις υπηρεσίες που εισάγουν. Πολυμέσα είναι ο συνδυασμός δύο ή περισσότερων από τα ακόλουθα στοιχεία: κείμενο, ήχος, εικόνα στατική και κινούμενη (video) αποθηκευμένα σε ψηφιακή μορφή και τα οποία προβάλλονται στο χρήστη με τον κατάλληλο συγχρονισμό. Από την πλευρά των τηλεπικοινωνιών, ιδιαίτερη σημασία και αξία έχουν τα πολυμέσα με αλληλεπίδραση (Interactive Multimedia, IMM), δηλαδή η παράδοση στη συσκευή πελάτη πλούσιου ψηφιακού περιεχομένου μέσα από το δίκτυο, συμπεριλαμβανομένου ήχου και video, συχνά σαν ένα κομμάτι μίας εφαρμογής με αλληλεπίδραση ελεγχόμενη από το χρήστη. Οι υπηρεσίες που προκύπτουν από τα πολυμέσα με αλληλεπίδραση φαίνονται στο Σχήμα 8.1.



Σχήμα 8.1
Υπηρεσίες Πολυμέσων με Αλληλεπίδραση

Από το Σχήμα 8.1 φαίνεται ότι αυτές οι υπηρεσίες δεν περιορίζονται μόνο σε οικιακούς χρήστες, στους οποίους απευθύνονταν κατά κόρον μέχρι σήμερα, αλλά καλύπτουν και άλλες κατηγορίες χρηστών όπως οι επιχειρήσεις και τα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα.

8.1.1 Χαρακτηριστικά υπηρεσιών πολυμέσων

Οι εφαρμογές δικτύου μπορούν να χαρακτηριστούν με όρους που δηλώνουν πόσο αναμενόμενος είναι ο ρυθμός παράδοσης /μεταφοράς των δεδομένων και πόσο μεγάλη ή μικρή ανοχή στις καθυστερήσεις παρουσιάζει η εφαρμογή, όπως φαίνεται στους Πίνακες 8.1 και 8.2, αντίστοιχα.

Πίνακας 8.1

Ρυθμός Μεταφοράς Δεδομένων Εφαρμογών και Τύπος Παράδοσης

Τύπος Ρυθμού	Περιγραφή
Ρεύμα stream)	Αναμενόμενη παράδοση με σχετικά σταθερό ρυθμό (Constant Bit Rate, CBR). Για παράδειγμα, αν οι ρυθμοί τους αυξομειώνονται, τα ρεύματα δεδομένων ήχου και κινούμενης εικόνας θεωρούνται CBR, επειδή έχουν ένα ποσοτικά προσδιορισμένο άνω όριο.
Έκρηξη – Ριπή (burst)	Μη αναμενόμενη παράδοση δεδομένων σε «δέσμες» με μεταβλητό ρυθμό (Variable Bit Rate, VBR). Εφαρμογές, όπως η μεταφορά αρχείων, μεταδίδουν πακέτα σε δέσμες, με ρυθμό μετάδοσης που αλλάζει και μπορεί να φτάσει να χρησιμοποιεί ολόκληρο το διαθέσιμο εύρος ζώνης (δεν έχουν άνω όριο).

Πίνακας 8.2

Ευαισθησία Εφαρμογών και Καθυστέρηση Μεταφοράς

Ανοχή Καθυστέρησης	Τύπος Μεταφοράς	Περιγραφή
Υψηλή	Ασύγχρονος	Κανένας περιορισμός στο χρόνο παράδοσης («ελαστικές»)
	Σύγχρονος	Τα δεδομένα είναι ευαίσθητα στο χρόνο, αλλά είναι προσαρμοστικά
Χαμηλή	Με αλληλεπίδραση	Οι καθυστερήσεις μπορεί να είναι εμφανείς στους χρήστες /εφαρμογές, αλλά δεν επηρεάζουν δυσμενώς τη χρήση ή λειτουργία τους
	Ισόχρονος	Ευαίσθητα στο χρόνο ώστε να επηρεάζουν δυσμενώς τη χρήση τους

	Κρίσιμη-αποστολής	Οι καθυστερήσεις παράδοσης δεδομένων σταματούν τη λειτουργία τους
--	-------------------	---

Γενικά, οι αμφίδρομες εφαρμογές είναι περισσότερο ευαίσθητες από τις μονόδρομες όσον αφορά τις καθυστερήσεις, όπως περιγράφεται στην συνέχεια και απεικονίζεται στο Σχήμα 8.2.

1. Ασύγχρονη Επεξεργασία	Ασύγχρονη Εξέταση	Ασύγχρονο Ρεύμα	Ε-mail	Εξέταση με Αλληλεπίδραση	Συνομιλία Κειμένου	Ρεύμα με Αλληλεπίδραση	Χ-Windows	Ρεύμα με Αλληλεπίδραση	Παιχνίδια Πολλών Παικτών
			FTP		Συναλλαγές POS		Ελαφρύς Πελάτης		Μάθηση Από Απόσταση
			...		WWW		...		...
		
2. Ασύγχρονη Επεξεργασία	Ασύγχρονη Εξέταση	Σύγχρονο Ρεύμα	Συλλογή Δεδομένων Μέσα Ρεύματος	Ρεύμα με Αλληλεπίδραση	Ενημέρωση Dbase	Ισύγχρονο Ρεύμα	Τηλέφωνο	Ισύγχρονο Ρεύμα	Μοντέλα Πραγμ. Χρόνου
			...		...		...		Κατανεμημένη Εξομίωση
			...		...		...		Τηλεδιάσκεψη Ήχου/Video
		
3. Ασύγχρονη Επεξεργασία	Ασύγχρονη Εξέταση	Ισύγχρονο Ρεύμα	Συλλογή Δεδομένων	Εξέταση Κρίσιμης Αποστολής	Οικονομικές ενέργειες X-Windows	Εξέταση Κρίσιμης Αποστολής	Δημοπρασία	Εξέταση Κρίσιμης Αποστολής	Διανεμημένη Επεξεργασία
			Καταγραφή Διαδικασίας		...		...		...
		
		
4. Ασύγχρονη Επεξεργασία	Ασύγχρονη Εξέταση	Ρεύμα Κρίσιμης Αποστολής	Απομακρυσμένος Έλεγχος	Ρεύμα Κρίσιμης Αποστολής	Απομακρυσμένος Έλεγχος	Ρεύμα Κρίσιμης Αποστολής	Τηλε-ιατρική	Ρεύμα Κρίσιμης Αποστολής	...
			Καταγραφή Διαδικασίας		...		...		...
		
		

Αίσιμ-άσπυτιό

Άγι-άσπυτι

Θι έεπί-άσπυτι

Σχήμα 8.2
Ταξινόμηση Δικτυακών Εφαρμογών Πολυμέσων

Ο Πίνακας 8.3 παρουσιάζει τις απαιτήσεις εφαρμογών πολυμέσων όσον αφορά το εύρος ζώνης, το χρόνο απόκρισης και την Ποιότητα Υπηρεσίας.

Πίνακας 8.3
Απαιτήσεις Ποιότητας Υπηρεσίας Νέων Εφαρμογών Πολυμέσων

Τύπος	Εύρος Ζώνης (Mbps)	Καθυστέρηση (msec)	Ποιότητα Υπηρεσίας
Κατανεμημένη Βάση	> 10	< 100	Υψηλή
Ψηφιακές Βιβλιοθήκες	10	< 150	Μέτρια
Κατανεμημένη Εξομοίωση	15	< 30	Υψηλή
Έρευνα Μεταυπολογισμών (metacomputing)	15	< 30	Υψηλή
Εικονοδιάσκεψη Ποιότητας Υπηρεσίας	15	< 50	Υψηλή
Υγεία (collaborative health care)	20	< 30	Υψηλή
Μοριακή Μοντελοποίηση με Αλληλεπίδραση	15	< 50	Υψηλή
Ψυχαγωγία	10	< 100	Υψηλή
Μάθηση (shared)	30	< 50	Υψηλή

Ο συγχρονισμός των πολλαπλών πηγών και ροών πληροφορίας κατά τη διάρκεια μιας συνόδου υπηρεσίας πολυμέσων είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπίσει ένα δίκτυο. Για παράδειγμα, σε μια υπηρεσία πολυμέσων όπου υπάρχει τόσο μετάδοση video όσο και μετάδοση φωνής (π.χ. υπηρεσία τηλεδιάσκεψης, εικονοτηλεφωνία), θα πρέπει αυτές οι δυο ροές να παραμένουν πάντα συγχρονισμένες. Για αυτό το λόγο το δίκτυο θα πρέπει να εξασφαλίζει ότι οι δυο συγκεκριμένες ροές ακολουθούν την ίδια διαδρομή (και άρα υπόκεινται τις ίδιες καθυστερήσεις) από το πομπό προς το δέκτη. Ένα άλλο θέμα συγχρονισμού που προκύπτει είναι αυτό της δυναμικής προσθήκης και διαγραφής μελών σε μια σύνοδο υπηρεσίας πολυμέσων. Για παράδειγμα, σε μία υπηρεσία τηλεδιάσκεψης όπου λαμβάνουν μέρος περισσότερα από δύο μέλη, η προσθήκη ενός νέου μέλους πρέπει να γίνεται μόνο εφόσον το επιθυμούν οι υπόλοιποι. Το ίδιο και κατά την αποχώρηση ενός μέλους όπου αφενός μεν τα υπόλοιπα μέλη πρέπει να ενημερώνονται από το δίκτυο και αφετέρου ο αποχωρών πρέπει να σταματήσει να χρεώνεται.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η τηλεφωνία πάνω από IP είναι μία εφαρμογή με τεράστιο ενδιαφέρον. Η πίεση που έχει ασκήσει η αγορά για την εισαγωγή της στο Διαδίκτυο, ήταν καταλυτική όσον αφορά την έκθεση των αδυναμιών της υπηρεσίας IP και έπαιξε σημαντικό ρόλο στο δρόμο προς τον ορισμό προτύπων και την ανάπτυξη τεχνολογιών διαχείρισης του εύρους ζώνης στο Διαδίκτυο. Αν και πρόκειται για μία εφαρμογή πολυμέσων, οι απαιτήσεις της σε εύρος ζώνης είναι πολύ ταπεινές (μόλις 8kbps ανά κατεύθυνση), που σημαίνει ότι η χωρητικότητα δεν αποτελεί το πρόβλημα. Δεν ισχύει όμως το ίδιο και για την καθυστέρηση. Οι χρονικές απαιτήσεις είναι σημαντικές για αυτήν την εφαρμογή (όπως και για κάποιες άλλες), αφού υπάρχουν δύο τουλάχιστον ομιλητές, ένας σε κάθε άκρη της σύνδεσης, οι οποίοι έχουν άμεση αντίληψη της ποιότητας της κλήσης (ή εν γένει της έλλειψης ποιότητας). Απορρίψεις πακέτων και καθυστερήσεις παρατηρούνται εύκολα με αποτέλεσμα ο χρήστης να δυσανεχτείται. Οι καθυστερήσεις δρομολόγησης και τα χαμένα πακέτα λόγω συμφόρησης, συμπράττουν σε ένα δίκτυο χωρίς την απαραίτητη υποδομή για μία υπηρεσία όπως είναι η τηλεφωνία. “Η βιομηχανία τηλεπικοινωνιών ξεκίνησε με μία συγκεκριμένη εφαρμογή, την τηλεφωνία, και έχτισε ένα δίκτυο που να την εξυπηρετεί. Από την άλλη, το Διαδίκτυο ξεκίνησε ανάποδα: ξεκίνησε σαν μία νέα τεχνολογία δικτύου και εξερεύνησε με επιτυχία νέες εφαρμογές που ήταν σε θέση να χρησιμοποιούν την υπηρεσία μεγίστης προσπάθειας” [LLSZ96]. Αυξάνοντας τη χωρητικότητα θα βελτιωθεί η ποιότητα υπηρεσίας του IP, αλλά παραμένει μόνο ένα πρώτο βήμα προς την αντιμετώπιση των αυξημένων απαιτήσεων που παρουσιάζουν οι σύγχρονες εφαρμογές.

Συμπερασματικά, μπορούμε να ισχυριστούμε ότι τόσο το IP όσο και το επαρκές εύρος ζώνης είναι απαραίτητα, αλλά κανένα από τα δύο δεν εξασφαλίζει την απρόσκοπτη και ποιοτικά αποδεκτή υποστήριξη όλων των εφαρμογών, κάτω από όλες τις συνθήκες. Η υπηρεσία βέλτιστης προσπάθειας δεν μπορεί πάντοτε να παρέχει μία χρήσιμη ή αποδεκτή υπηρεσία. Ακόμα και σε ένα δίκτυο με χαμηλή κίνηση, οι καθυστερήσεις πακέτων μπορούν να κυμαίνονται αρκετά ώστε να καθιστούν κάποιες εφαρμογές με απαιτήσεις πραγματικού χρόνου, απαράδεκτες και σε ορισμένες περιπτώσεις άχρηστες. Για την εξασφάλιση εγγυήσεων για την προσφερόμενη υπηρεσία – κάποιο επίπεδο ποσοτικής αξιοπιστίας – οι υπηρεσίες του IP πρέπει να συμπληρωθούν και να ενισχυθούν. Αυτό σημαίνει πως πρέπει να προστεθεί λίγη ευφυΐα εκτός από τα άκρα και στον πυρήνα του δικτύου, ώστε να είναι δυνατή η διαφοροποίηση της κίνησης και η παροχή διαφορετικών επιπέδων υπηρεσίας για διαφορετικούς χρήστες και εφαρμογές.

8.2 Τηλεφωνία πάνω από IP (Voice over IP, VoIP)

Η τεχνολογία Voice-over-IP (VoIP) χρησιμοποιεί το Internet Protocol (IP) ώστε να μεταδώσει φωνητικά σήματα σε μορφή πακέτων πάνω από το διαδίκτυο. Με αυτόν τον τρόπο, το VoIP μπορεί να επιτευχθεί σε οποιοδήποτε δίκτυο το οποίο χρησιμοποιεί IP, όπως το Internet, Intranet

και τα Τοπικά Δίκτυα (Local Area Networks, LANs). Το φωνητικό σήμα σε αυτή τη τεχνολογία μετατρέπεται σε ψηφιακό, συμπιέζεται, μετατρέπεται σε πακέτα IP και στη συνέχεια εκπέμπεται πάνω από το δίκτυο IP. Πρωτόκολλα σηματοδότησης χρησιμοποιούνται για να εγκαταστήσουν και να τερματίσουν μια κλήση, να μεταφέρουν πληροφορίες ώστε να βρεθεί η θέση του χρήστη και να διαπραγματευθούν οι δυνατότητες του δικτύου. Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας της Διαδικτυακής Τηλεφωνίας (Internet Telephony) είναι η πολύ χαμηλή χρέωση των κλήσεων. Άλλα πλεονεκτήματα είναι η κάλυψη των συνεχώς αυξανόμενων απαιτήσεων για επικοινωνίες πολυμέσων καθώς και των απαιτήσεων για ενοποίηση των δικτύων φωνής και δεδομένων (voice and data networks).

Η δυνατότητα να επιτευχθούν φωνητικές επικοινωνίες χρησιμοποιώντας το Internet αντί του Δημοσίου Τηλεφωνικού Δικτύου με Μεταγωγή (Public Switched Telephone Network, PSTN) εμφανίστηκε το 1995 όταν η εταιρία Vocaltec Inc. παρουσίασε το λογισμικό για τηλέφωνο διαδικτύου. Το λογισμικό ήταν σχεδιασμένο να τρέχει σε έναν Προσωπικό Υπολογιστή (PC) 486/33 MHz, ο οποίος ήταν εφοδιασμένος με μια κάρτα ήχου, ηχεία, μικρόφωνο και ένα modem. Το λογισμικό συμπιέζε το φωνητικό σήμα και το μετέτρεπε σε πακέτα IP για μετάδοση πάνω από το Internet. Μετά από δύο χρόνια, η τεχνολογία αναπτύχθηκε τόσο ώστε οι συνομιλίες να είναι αρκετά εφικτές. Δεκάδες εταιριών άρχισαν να προβάλλουν εμπορικά προϊόντα και τεχνολογίες και οι περισσότερες τηλεπικοινωνιακές εταιρίες ξεκίνησαν έρευνες για μια καλύτερη αντίληψη της νέας αυτής απειλής κατά των αγορών τους. Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να τονιστεί πως παρόλο που χρησιμοποιείται ο όρος Internet Telephony για να προσδιορίσουμε αυτή τη τεχνολογία, στις δυνατότητες της μπορούν να προστεθούν και άλλα μέσα, όπως video και δικτυακές εφαρμογές. .

Ως νέα τεχνολογία, κατά την εμφάνιση της προκάλεσε πλήθος ερωτημάτων και αμφιβολιών σε σχέση με το αν θα μπορούσε να αντικαταστήσει την κλασική τηλεφωνική επικοινωνία μέσω του PSTN. Τέτοια βασικά θέματα είναι:

Ποιότητα Φωνής: Επειδή το πρωτόκολλο IP είχε αρχικά σχεδιαστεί για μεταφορά δεδομένων, δεν είναι σε θέση να παρέχει εγγυήσεις για εφαρμογές πραγματικού χρόνου, αλλά παρέχει μόνο υπηρεσίες βέλτιστης προσπάθειας. Για να γίνουν εφικτές επικοινωνίες φωνής πάνω από το IP, η καθυστέρηση πρέπει να είναι μικρότερη από μια οριακή τιμή και το IETF (Internet Engineering Task Force) εργάζεται πάνω σε αυτό το θέμα. Για να υπάρξει εγγύηση ως προς την ποιότητα της φωνής, μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες τεχνικές, όπως ακύρωση ηχούς (echo cancellation), προτεραιότητες πακέτων (packet prioritization) (δίνοντας υψηλότερη προτεραιότητα σε πακέτα φωνής) ή διόρθωση λαθών (forward error correction).

Διαλειτουργικότητα (Interoperability): Σε ένα περιβάλλον δημόσιου δικτύου απαιτείται η διαλειτουργικότητα προϊόντων που προέρχονται από διαφορετικούς κατασκευαστές. Για να επιτευχθεί η διαλειτουργικότητα,

αναπτύσσονται διάφορα πρότυπα (standards) με το πιο διαδεδομένο για το VoIP να είναι το H.323, το οποίο θα παρουσιαστεί στη συνέχεια.

Ασφάλεια: Το πρόβλημα της ασφάλειας υπάρχει γιατί στο Internet ο οποιοσδήποτε μπορεί να έχει πρόσβαση σε πακέτα τα οποία προορίζονταν για κάποιον άλλο. Κάποιο είδος ασφάλειας μπορεί να υπάρξει χρησιμοποιώντας μεθόδους όπως encryption και tunneling. Το πιο γνωστό πρωτόκολλο tunneling είναι το πρωτόκολλο tunneling στρώματος 2 και ο πιο γνωστός μηχανισμός encryption είναι το Secure Sockets Layer (SSL) (βλέπε επίσης και το Κεφάλαιο 3).

Ενοποίηση με το PSTN: Μολονότι η τεχνολογία Internet Telephony είναι πλέον πολύ διαδεδομένη και πολλά υποσχόμενη, είναι ανάγκη να μπορεί να συνυπάρξει με το PSTN για κάποια τουλάχιστον ακόμη χρόνια και συνεπώς πρέπει το PSTN και η τηλεφωνία IP να εμφανίζονται ως ένα δίκτυο στους χρήστες.

Κλιμάκωση: Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται έντονη ερευνητική δραστηριότητα ώστε να παρέχεται η ίδια ποιότητα πάνω από IP όπως και στις κλασικές τηλεφωνικές κλήσεις, αλλά με πολύ χαμηλότερη χρέωση. Την ίδια στιγμή όμως υπάρχει η ανάγκη για συνεχώς αυξανόμενους ρυθμούς μετάδοσης στα συστήματα VoIP. Τα συστήματα αυτά πρέπει να είναι αρκετά προσαρμόσιμα στη μεγάλη αγορά των χρηστών και να επιτρέπουν την ύπαρξη μικτών προσωπικών και δημόσιων υπηρεσιών.

8.2.1 Η τεχνολογία Voice over IP (VoIP)

8.2.1.1 Διαφορές μεταξύ Internet telephony και PSTN

Η τεχνολογία Internet Telephony διαφέρει σε πολλά σημεία από το PSTN και σε θέματα αρχιτεκτονικής και σε επίπεδο πρωτοκόλλων. Οι διαφορές αυτές επηρεάζουν το σχεδιασμό των τηλεφωνικών υπηρεσιών.

Βασικά, η τηλεφωνία IP βασίζεται στην φιλοσοφία της μεταξύ των άκρων (end-to-end) διανομής υπηρεσιών. Πρωτόκολλα σηματοδότησης υπάρχουν μόνο μεταξύ των τελικών συστημάτων που παίρνουν μέρος στην κλήση, ενώ στο παρεμβαλλόμενο δίκτυο τα πακέτα σηματοδότησης τυγχάνουν χειρισμού αναλόγου με τα πακέτα δεδομένων από τους δρομολογητές. Αξίζει να σημειωθεί πως στη τηλεφωνία IP μπορεί να χρησιμοποιούνται δρομολογητές σηματοδότησης (signaling routers), δηλαδή proxies, οι οποίοι βοηθούν σε λειτουργίες όπως η αναγνώριση της θέσης του χρήστη. Σε αυτή την περίπτωση, οι proxies χρησιμοποιούνται για τη δρομολόγηση μόνο των αρχικών μηνυμάτων σηματοδότησης. Τα περαιτέρω μηνύματα ανταλλάσσονται μεταξύ των επικοινωνούντων άκρων.

Το Internet είναι εγγενώς και φορέας πολλαπλών υπηρεσιών αλλά και ανεξάρτητο της υπηρεσίας, αφού παρέχει μεταφορά επιπέδου πακέτου απ' άκρο σ' άκρο για οποιαδήποτε υπηρεσία αναπτύσσεται στα τελικά συστήματα μέσω πρωτοκόλλων υψηλότερων στρωμάτων και λογισμικού. Το γεγονός αυτό οδηγεί σε μεγάλη ελαστικότητα και επεκτασιμότητα. Νέες

υπηρεσίες όπως το web, το e-mail και τώρα η τηλεφωνία IP μπορούν να δημιουργηθούν και να επεκταθούν από οποιονδήποτε έχει πρόσβαση στο δίκτυο.

Η τηλεφωνία IP διαχωρίζει την εγκατάσταση μιας κλήσης από την δέσμευση των πόρων του δικτύου. Στο Internet για τη δέσμευση πόρων του δικτύου χρησιμοποιούνται πρωτόκολλα όπως το RSVP που αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 5. Αυτά τα πρωτόκολλα είναι ανεξάρτητα των εφαρμογών και οι κρατήσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν πριν ή μετά την έναρξη ροής της πραγματικής πληροφορίας. Επίσης, στο σημερινό τηλεφωνικό σύστημα οι πόροι δικτύου που απαιτούνται για μία κλήση είναι γνωστοί από πριν. Τέτοια περίπτωση δεν υπάρχει στις κλήσεις μέσω τηλεφωνίας IP, όπου ο καλούμενος μπορεί να διαλέξει την επικοινωνία μόνο από ένα υποσύνολο του μέσου που προσφέρεται από αυτόν που πραγματοποιεί την κλήση.

Επειδή οι δυνατότητες σηματοδότησης στα τερματικά του PSTN είναι περιορισμένες, οι διευθύνσεις του PSTN (αριθμοί τηλεφώνου) υπερφορτώνονται με τουλάχιστον τέσσερις λειτουργίες: αναγνώριση του τελικού σημείου, ένδειξη υπηρεσίας, ένδειξη του ποιος χρεώνεται την κλήση και επιλογή του φορέα. Το σύστημα PSTN δίνει την έναρξη της κλήσης με χρέωση, εκτός κάποιων συγκεκριμένων αριθμών κλήσης (0-800, toll free). Οι διευθύνσεις στην τηλεφωνία IP χρησιμοποιούνται κατά το μεγαλύτερο μέρος για αναγνώριση του τελικού σημείου και για την βασική αναγνώριση υπηρεσίας. Οι υπόλοιπες λειτουργίες, όπως χρέωση και επιλογή φορέα, πραγματοποιούνται από πρωτόκολλα όπως το RSVP και το RTSP (Real-time Streaming Protocol), τα οποία μεταφέρουν τις διευθύνσεις (URLs).

Η τηλεφωνία IP προσφέρει ένα μεγάλο βαθμό ελευθερίας για να κατανεμηθούν οι λειτουργίες μεταξύ των εξυπηρετητών (servers) του δικτύου, των χρηστών και των τελικών λειτουργικών συστημάτων. Για παράδειγμα, εξαιτίας της σηματοδότησης end-to-end, τηλεφωνικές υπηρεσίες όπως ειδικό κουδούνισμα για επείγοντα τηλεφωνήματα, επιλογή του τελικού σημείου βάσει του μέσου και αναγνώριση κλήσεως μπορούν να πραγματοποιηθούν ακόμα και από τα ίδια τα τηλέφωνα IP.

Το σημερινό τηλεφωνικό σύστημα χρησιμοποιεί διαφορετικά πρωτόκολλα σηματοδότησης μεταξύ του χρήστη και του δικτύου (σημείο προσαρμογής User-to-Network / UNI) συγκρίνοντας τα με αυτά μεταξύ των στοιχείων του δικτύου (σημείο προσαρμογής Network-to-Network / NNI). Το γεγονός αυτό κάνει κάποια χαρακτηριστικά να μην είναι προσβάσιμα στους τελικούς χρήστες. Ο διαχωρισμός UNI/NNI δεν υφίσταται στο Internet, ούτε σε επίπεδο μεταφοράς δεδομένων ούτε σε επίπεδο σηματοδότησης.

Η ανοιχτή, πολλαπλών υπηρεσιών και από άκρο σε άκρο φύση του Internet σημαίνει επίσης ότι διάφορα συστατικά των τηλεφωνικών υπηρεσιών μπορούν να προσφερθούν από εντελώς διαφορετικούς παροχείς υπηρεσιών. Για παράδειγμα, ένας παροχέας μπορεί να παρέχει ένα όνομα αντιστοίχισης διευθύνσεων IP, κάποιος άλλος να παρέχει voice-mail, κάποιος άλλος να παρέχει υπηρεσίες κινητικότητας και κάποιος

άλλος υπηρεσίες διάσκεψης. Επιπλέον, η από άκρο σε άκρο φύση του Internet σημαίνει ότι οποιοσδήποτε με μια σύνδεση Internet μπορεί να τρέξει και να λειτουργήσει μια τέτοια υπηρεσία. Αυτό οδηγεί σε μια εύκολα προσβάσιμη, υψηλής ανταγωνιστικότητας αγορά για όλες τις υπηρεσίες Internet, όπως η τηλεφωνία IP.

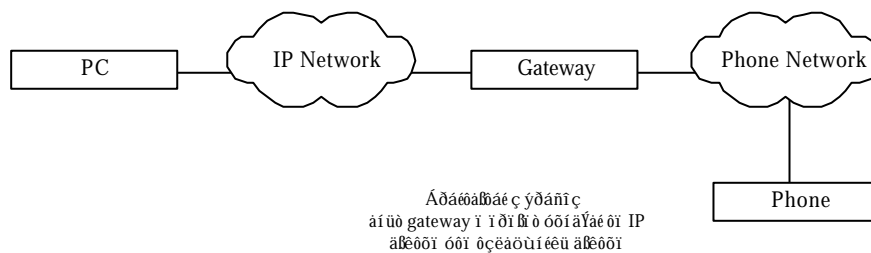
8.2.1.2 Αρχιτεκτονικές Συστημάτων VoIP

Η πρώτη γενιά συστημάτων VoIP παρουσιάστηκε για να δώσει τη δυνατότητα φωνητικών συνομιλιών μεταξύ χρηστών με υπολογιστές, οι οποίοι ήταν εξοπλισμένοι με τηλεφωνικό λογισμικό. Το λογισμικό αυτό παρείχε τις λειτουργίες συμπίεσης της φωνής και μετατροπής της σε πακέτα IP, τα οποία έστειλε πάνω από το Internet στον προοριζόμενο υπολογιστή, στον οποίο η παραπάνω διαδικασία αντιστρεφόταν. Αυτό παρουσιάζεται στο Σχήμα 8.3.



Σχήμα 8.3
Πρώτη Γενιά (PC-to-PC)

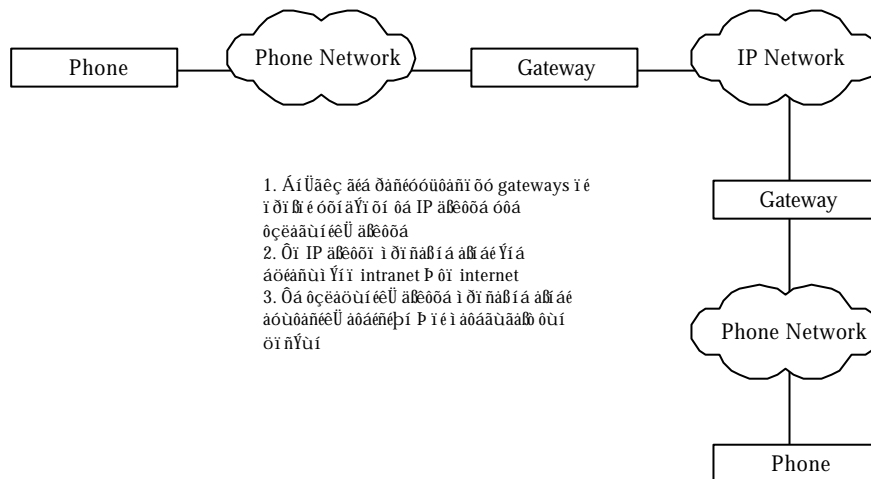
Η δεύτερη γενιά συστημάτων παρουσιάστηκε έπειτα από την ανάπτυξη τεχνολογιών οι οποίες ξεπερνούσαν τη δυσκολία διεπαφής με τα πρωτόκολλα PSTN και την αντιστοίχιση των διευθύνσεων IP σε διευθύνσεις E.164 (τηλεφωνικούς αριθμούς). Χρησιμοποιώντας εξυπηρετητές στα κτίρια των Παροχών Υπηρεσιών Διαδικτύου (Internet Service Providers, ISPs), τα συστήματα αυτά προσέφεραν τη δυνατότητα σε ένα χρήστη με υπολογιστή και μια σύνδεση Internet να πραγματοποιεί κλήσεις σε οποιοδήποτε αριθμό στο PSTN. Αυτό παρουσιάζεται στο Σχήμα 8.4.



Σχήμα 8.4
Δεύτερη Γενιά (PC-to-Phone)

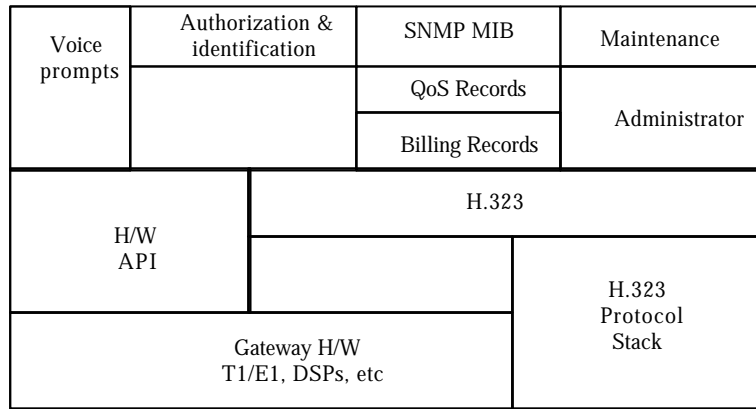
Η τρίτη γενιά συστημάτων χρησιμοποιεί πύλες (gateways) με κάρτες επεξεργασίας φωνής, οι οποίες προσφέρουν μια αμφίδρομη διεπαφή

μεταξύ του PSTN και του Internet και επιτρέπουν φωνητικές συνομιλίες μεταξύ των χρηστών με κανονικά τηλέφωνα, χωρίς να είναι απαραίτητη η ύπαρξη υπολογιστών ή η πρόσβαση στο Internet. Οι πύλες αποτελούν σημαντικό παράγοντα ώστε να επιτευχθεί η γρήγορη διάδοση της τηλεφωνίας IP, μέχρι την πλευρά του χρήστη. Με τη γεφύρωση της καθιερωμένης τηλεφωνίας με μεταγωγή κυκλώματος με το Internet, οι πύλες προσφέρουν τα πλεονεκτήματα της τηλεφωνίας Internet στο πιο κοινό, πιο φθηνό και πιο εύκολα χρησιμοποιήσιμο τερματικό του κόσμου: το τηλέφωνο. Οι πύλες υπερπηδούν επίσης ένα άλλο πρόβλημα της τηλεφωνίας Internet, αυτό που αφορά τις διευθύνσεις. Για να αποδοθεί μια διεύθυνση σε έναν απομακρυσμένο χρήστη σε έναν υπολογιστή πολυμέσων, απαιτείται η γνώση της διεύθυνσης IP του χρήστη. Για να αποδοθεί μια διεύθυνση σε έναν χρήστη με ένα προϊόν gateway, χρειάζεται μόνο η γνώση του τηλεφωνικού αριθμού του χρήστη. Στα σχήματα 8.5, 8.6, 8.7 και 8.8 παρουσιάζονται αυτά τα συστήματα.

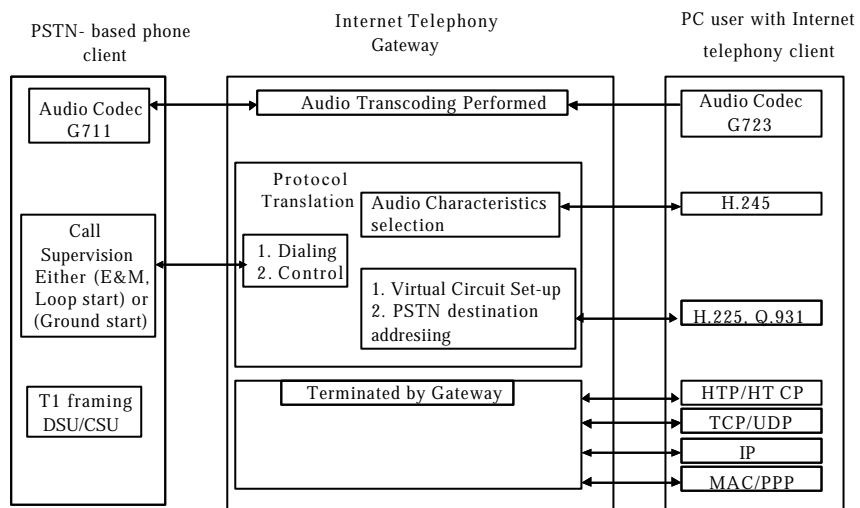


1. Αίτιας αέ δαηόούάηι όό gateways ιέ ι δι η e οσί αΥι οι όα IP αθεόά όα όα ααααί έέΥ αθεόά
2. Οι IP αθεόσι ι δι ηαβίά αβι άέ Υία αόεαηι Υί ι intranet η οι internet
3. Όα όαααούι έέΥ αθεόά ι δι ηαβίά αβι άέ αούαηέέΥ αααηέρι η ι έ ι ααααααβι ούι οι ηΥι

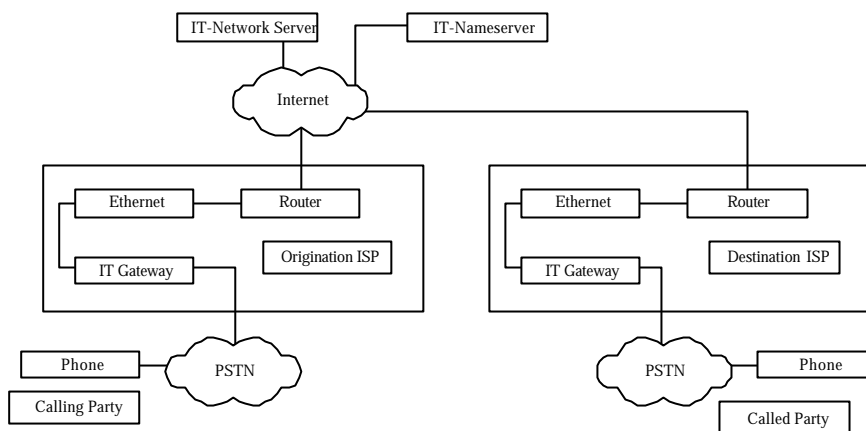
Σχήμα 8.5
Τρίτη Γενιά (Phone-to-Phone)



Σχήμα 8.6
IP telephony gateway



Σχήμα 8.7
Internet Telephony Gateway



Σχήμα 8.8
Internet-PSTN

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 8.7 και στο Σχήμα 8.8 μια κλήση ταξιδεύει πάνω από το τοπικό PSTN στον κοντινότερο εξυπηρετητή πύλης (gateway server), ο οποίος μετατρέπει το αναλογικό φωνητικό σήμα σε ψηφιακό, το συμπιέζει σε πακέτα IP και το κατευθύνει στο Internet για μεταφορά σε έναν εξυπηρετητή πύλης στο σημείο προορισμού.

Γίνεται λοιπόν σαφές ότι με την υποστήριξη κλήσεων από υπολογιστή-σε-τηλέφωνο, από τηλέφωνο-σε-υπολογιστή και από τηλέφωνο-σε-τηλέφωνο η τηλεφωνία Internet αποτελεί μια σημαντική προσέγγιση στο πρόβλημα της ενοποίησης δικτύων φωνής και δεδομένων.

8.2.1.3 Χαρακτηριστικά της Τηλεφωνίας Διαδικτύου

Πέραν του γεγονότος ότι η τηλεφωνία Internet προσφέρει κλήσεις με χαμηλότερο κόστος, υπάρχουν και άλλα πλεονεκτήματα από πλευράς χρήστη όσο και από πλευράς φορέα. Τα πλεονεκτήματα αυτά είναι συνοψίζονται παρακάτω:

Ρυθμιζόμενη ποιότητα: Επειδή το Internet δεν είναι δίκτυο συγκεκριμένων υπηρεσιών, η ανταλλαγή μέσων (media) επιλέγεται εξ ολοκλήρου από τα τερματικά συστήματα. Επομένως, τα τερματικά συστήματα μπορούν να επιλέξουν το μέγεθος συμπίεσης βασισμένα στο εύρος ζώνης του δικτύου ή και το περιεχόμενο που πρόκειται να μεταδοθεί.

Ασφάλεια: Το Internet έχει τη φήμη πως δεν είναι αρκετά ασφαλές ακόμα και αν στην πραγματικότητα είναι πιο εύκολο να παγιδευτεί ένα τηλεφωνικό κέντρο παρά ένας δρομολογητής. Το πρωτόκολλο SIP μπορεί να κρυπτογραφήσει και να κρίνει την αυθεντικότητα των μηνυμάτων σηματοδότησης. Το πρωτόκολλο RTP υποστηρίζει την κρυπτογράφηση των μέσων. Αυτά τα πρωτόκολλα μαζί παρέχουν κρυπτογραφημένες και ασφαλείς επικοινωνίες.

Αναγνώριση Χρήστη: Οι τυποποιημένες τηλεφωνικές υπηρεσίες (POTS, ISDN) παρέχουν τη δυνατότητα για αναγνώριση της ταυτότητας του

καλούντος δείχνοντας τον αριθμό του, αλλά κατά τη διάρκεια μιας τηλεφωνικής συνδιάσκεψης πολλών μελών, δεν υπάρχει καμία ένδειξη για το ποιος μιλάει. Το πρωτόκολλο Real-Time-Transport (RTP) που χρησιμοποιείται από το Internet υποστηρίζει με ευκολία την ένδειξη του ποιος μιλάει και μπορεί να προσφέρει και άλλες πληροφορίες αν εκείνος που πραγματοποιεί την κλήση το επιθυμεί.

Σημείο προσαρμογής χρήστη: Τα περισσότερα τηλέφωνα POTS και ISDN έχουν μια σχετικά περιορισμένη διεπαφή χρήστη με μια οθόνη υγρών κρυστάλλων, δύο γραμμών. Εξελιγμένες δυνατότητες του PSTN, όπως προώθηση κλήσεων, χρησιμοποιούνται αραιά ή κατανεμημένα λόγω του ότι τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν για αυτό τον σκοπό δεν είναι βολικά για το χρήστη. Αυτό δικαιολογείται από τις περιορισμένες δυνατότητες σηματοδότησης των τελικών συστημάτων και λόγω του ότι έχει επικρατήσει η φιλοσοφία των «ευφυών δικτύων» παρά των «ευφυών τερματικών». Επειδή τα τερματικά στην τηλεφωνία IP έχουν πολύ περισσότερες δυνατότητες σηματοδότησης, η γραφική διεπαφή χρήστη (Graphical User Interface) που προσφέρεται από την τηλεφωνία Internet μπορεί να προσφέρει περισσότερες ενδείξεις των χαρακτηριστικών των διαδικασιών και της προόδου.

Ενοποίηση υπολογιστή-τηλεφώνου: Λόγω του ξεκάθਾਰου διαχωρισμού διαδρομών δεδομένων και ελέγχου και του διαχωρισμού του τηλεφωνικού εξοπλισμού από τα PCs που τα ελέγχουν, η ενοποίηση υπολογιστή-τηλεφώνου είναι αρκετά πολύπλοκη. Μεγάλο μέρος της λειτουργίας χειρισμού των κλήσεων μπορεί να πραγματοποιηθεί από τη στιγμή που οι διαδρομές δεδομένων και ελέγχου περάσουν μέσω ευφυών τερματικών, συνδεδεμένων σε δίκτυα.

Ομοιομορφία Χαρακτηριστικών: Το σημερινό τηλεφωνικό σύστημα προσφέρει πολύ διαφορετικά χαρακτηριστικά βάσει του αν τα δύο μέρη που παίρνουν μέρος στην κλήση είναι συνδεδεμένα στο ίδιο PBX (Private Branch Exchange), βρίσκονται στην ίδια τοπική περιοχή κλήσεων ή είναι συνδεδεμένα από έναν φορέα μεγάλων αποστάσεων. Ακόμα και αναγκαίες λειτουργίες, όπως η αναγνώριση της ταυτότητας του καλούντος, παρέχονται μόνο για ένα μικρό τμήμα των διεθνών κλήσεων. Ένα PBX μπορεί να μην επιτρέπει σε μια κλήση να προωθείται έξω από αυτό ή και να προκαλεί την παραμονή της προωθημένης κλήσης έξω από το PBX. Η τηλεφωνία Internet δεν υποφέρει από τέτοιου είδους προβλήματα, αφού τα πρωτόκολλα Internet χρησιμοποιούνται διεθνώς και οι υπηρεσίες ορίζονται κατά το μεγαλύτερο μέρος τους από τα τερματικά συστήματα.

Πολυμέσα: Η προσθήκη και άλλων μέσων, όπως video, shared whiteboards ή διαμοιραζόμενων εφαρμογών είναι πολύ πιο εύκολη στο περιβάλλον του Internet, παρά στο POTS και στο ISDN, επειδή η πολυπλεξία είναι χαρακτηριστικό γνώρισμα των δικτύων πακέτου. Το γεγονός αυτό καθιστά επίσης πιο εύκολα τα πρωτόκολλα σηματοδότησης μιας και θέματα όπως η κατανομή του καναλιού-B και συγχρονισμού δεν υφίστανται στο Internet.

Καταστολή και Συμπίεση Σιγής: Η αποστολή ήχου με πακέτα καθιστά ευκολότερη την καταστολή περιόδων σιγής, μειώνοντας έτσι την

κατανάλωση του διαθέσιμου εύρους ζώνης, ειδικά σε μια συνδιάλεξη πολλαπλών μερών. Αντίθετα με το PSTN, το οποίο γενικά πραγματοποιεί τέτοια καταστολή σιγής δια μέσου υπερατλαντικών συνδέσεων, η τηλεφωνία IP πραγματοποιεί καταστολή σιγής στα τελικά σημεία. Επιπλέον, μιας και τα δίκτυα πακέτου είναι καταλληλότερα για πολυπλεξία, δεν απαιτείται υποστήριξη δικτύου για να χρησιμοποιηθούν τα πλεονεκτήματα από την καταστολή σιγής στα τερματικά σημεία. Αυτό οδηγεί σε μείωση του κόστους. Επιπλέον, η συμπίεση μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα τερματικά συστήματα για να μειωθεί η κατανάλωση του εύρους ζώνης σε ολόκληρο το δίκτυο. Δυστυχώς, η συμπίεση βρίσκεται σε αντίθεση με την ποιότητα της φωνής. Παρόλα αυτά, υπάρχουν codecs οι οποίοι συμπιέζουν τη φωνή ευρείας ζώνης σε 16Kbps προσφέροντας έτσι εξαιρετική ποιότητα φωνής και μειωμένο εύρος συχνοτήτων σε σύγκριση με το PSTN. Πρέπει επίσης να τονιστεί πως η καταστολή και η συμπίεση της σιγής αντισταθμίζουν τη μειωμένη αποδοτικότητα της μεταγωγής κυκλώματος.

Προηγμένες Υπηρεσίες: Από τις πρώτες εμπειρίες και επικοινωνιακά πρωτόκολλα, έγινε σαφές πως οι προηγμένες υπηρεσίες αναπτύσσονται και διαδίδονται ευκολότερα σε περιβάλλον μεταγωγής κυκλώματος παρά στο PSTN. Τα πρωτόκολλα Internet, όπως το SIP τα οποία υποστηρίζουν πρότυπα CLASS (Custom Local Area Signaling Services) χαρακτηριστικά (όπως το Call Forward no Answer) παίρνουν μόνο προδιαγραφές μερικών δεκάδων σελίδων. Μπορούν να πραγματοποιήσουν τις λειτουργίες τόσο των πρωτοκόλλων σηματοδοσίας χρήστη-δικτύου όσο και της σηματοδοσίας δικτύου (ISUP, Signaling System 7).

Διαχωρισμός της ροής φωνής και ελέγχου: Στην τηλεφωνία, η ροή σηματοδοσίας πρέπει να περάσει από όλους τους ενδιάμεσους μεταγωγείς για να εγκαταστήσει ένα κύκλωμα. Από τη στιγμή που η προώθηση των πακέτων στο Internet δεν προϋποθέτει καμία εγκατάσταση, ο έλεγχος της κλήσης Internet μπορεί να επικεντρωθεί στην λειτουργικότητα της κλήσης, παρά στη σύνδεση. Για παράδειγμα, είναι πολύ εύκολο να αποφευχθεί η τριγωνική δρομολόγηση όταν προωθούνται ή μεταφέρονται κλήσεις.

8.2.2 Υπάρχοντα Προβλήματα & Λύσεις

Ο κύριος στόχος της τηλεφωνίας Internet είναι η αξιόπιστη, υψηλής ποιότητας φωνητική υπηρεσία. Δυστυχώς όμως, πολλά είναι τα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν ώστε να καθιερωθεί η τηλεφωνία Internet.

8.2.2.1 Προβλήματα

Συστάσεις: Η μεγαλύτερη δυσκολία που αντιμετωπίζει η τεχνολογία VoIP είναι η συμβατότητα ανάμεσα στα προϊόντα τηλεφωνίας Internet και τη συνεργασία με τα συστήματα και τις υπηρεσίες του PSTN. Σήμερα δεν υπάρχουν προϊόντα τα οποία να είναι συμβατά. Οι χρήστες που

επιθυμούν να πραγματοποιήσουν μια τηλεφωνική κλήση μέσω Internet πρέπει να διαθέτουν το ίδιο είδος λογισμικού. Η ανάπτυξη μιας σύστασης και η υιοθέτηση της αποτελεί τη μόνη διέξοδο για συμβατότητα. Χρειάζονται προδιαγραφές για το είδος των codec, των πρωτοκόλλων μεταφοράς και των υπηρεσιών διευθυνσιοδότησης.

Ποιότητα: Η απόδοση της φωνής μετριέται με τη καθυστέρηση. Κλήσεις στο PSTN επιδεικνύουν μια καθυστέρηση της τάξης των 50 ως 70 msec. Η καθυστέρηση αυτή αυξάνεται δραματικά στο Internet, όπου τυπικά ξεκινά από τα 500 msec που είναι απαγορευτικά υψηλή όταν αναφερόμαστε σε κίνηση φωνής. Η καθυστέρηση αυτή επηρεάζει τη διαδικασία της συνομιλίας. Οι άνθρωποι μπορούν να ανεχθούν περίπου 250 msec καθυστέρησης πριν αυτή γίνει πολύ εμφανής. Τα σημερινά προϊόντα της τηλεφωνίας Internet ξεπερνούν το όριο αυτό.

Χωρητικότητα: Το Internet είναι ένα ανοιχτό δίκτυο που αποτελείται από πολλά δίκτυα ISP. Επομένως, δεν υπάρχει κανένας τρόπος για να εξασφαλισθεί σταθερό εύρος ζώνης στο δίκτυο, σωστή διαδοχή των πακέτων και ορισμένη διάρκεια καθυστέρησης. Ένας από τους κυριότερους παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των υπηρεσιών στο Internet είναι η απώλεια πακέτων. Το πρόβλημα αυτό είναι τεράστιο, ειδικότερα με τη συνεχόμενη εξάπλωση και επομένως τη μεγαλύτερη φόρτωση του Internet. Απώλεια πακέτων μπορεί να προκληθεί για πολλούς λόγους. Κύριος λόγος είναι η συμφόρηση του δικτύου εξαιτίας του περιορισμένου εύρους ζώνης και η υπερφόρτωση της κίνησης. Η υπερφόρτωση του δικτύου με τη σειρά της προκαλεί καθυστερήσεις στη μεταφορά πακέτων, με πακέτα να φτάνουν τόσο αργά στον παραλήπτη όπου τελικά να απορρίπτονται. Η συμφόρηση των δρομολογητών και των πυλών οδηγεί επίσης στην απόρριψη πακέτων. Η εκδήλωση λάθους σε κύρια δρομολόγια μεταφοράς είναι ένας ακόμα παράγοντας για απώλεια πακέτων, ιδιαίτερα όταν στο δρομολόγιο υπάρχουν πολλοί τοπικοί ISPs και τοπικά δίκτυα με αυξημένο ρυθμό λάθους. Τέλος, ένας ακόμα λόγος για απώλεια πακέτων είναι το βαρύ φόρτωμα των εξυπηρετητών που οδηγεί σε δυσκολίες προγραμματισμού σε λειτουργικά συστήματα multi-tasking. Οι σημερινές εφαρμογές τηλεφωνίας Internet αντικαθιστούν τα χαμένα πακέτα με σιγή, που οδηγεί σε ηχητικά κενά, μια συνέπεια στην οποία υπόκεινται πολλοί χρήστες της τηλεφωνίας Internet. Επειδή ακριβώς χρησιμοποιούνται αρκετά μεγάλα πακέτα, το χάσιμο κάποιων από αυτά έχει σοβαρές συνέπειες στην κατανόηση του λόγου.

8.2.2.2 Λύσεις

Συστάσεις: Η πρόταση της ITU-T γνωστή ως H.323 καθορίζει την τεχνολογία του πυρήνα για εφαρμογές VoIP. Το H.323 βασίζεται στο πρωτόκολλο πραγματικού χρόνου (RTP/RTCP) και είναι μια επέκταση του H.320 για να συμπεριλάβει δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος. Το H.323 αποτελείται από μια σειρά προτάσεων συμπεριλαμβανομένης της προδιαγραφής G.729 για audio codecs. Ο αρχικός σκοπός της πρότασης ήταν να αναγνωρίσει έναν αλγόριθμο συμπίεσης της φωνής, ο οποίος θα μπορούσε να μεταφέρει τη φωνή με ποιότητα ίδια με αυτή των 32 Kbps

του ADPCM χρησιμοποιώντας το ένα τέταρτο του αντίστοιχου εύρους. Η σύσταση συμπιέζει τα σήματα στα 8Kbps, ενώ προσφέρει 4 KHz εύρος. Το H323 καλεί επίσης το T.120 για συνδιάλεξη δεδομένων. Το T.120 επιτρέπει σε προϊόντα από διαφορετικούς κατασκευαστές να συνεργάζονται χωρίς τερματικά, υποθέτοντας προηγούμενη γνώση των άλλων συστημάτων. Καθορίζει τα σημεία προσαρμογής του δικτύου και το είδος της καλωδίωσης. Όσον αφορά το πρωτόκολλο μεταφοράς, το RTP υιοθετείται ως πρότυπο για τη μεταφορά εφαρμογών που έχουν σχέση με πραγματικό χρόνο πάνω από το διαδίκτυο. Το RTP έχει εισαχθεί ως ένα καινούργιο πρωτόκολλο που παρέχει υποστήριξη σε εφαρμογές με ιδιότητες πραγματικού χρόνου συμπεριλαμβανομένων της ανακατασκευής χρονισμού, της ανίχνευσης λάθους, της ασφάλειας και του προσδιορισμού περιεχομένου. Επειδή το RTP δεν αναφέρεται στο θέμα δέσμευσης πόρων ή ελέγχου ποιότητας υπηρεσίας (QoS), για αυτό βασίζεται στο πρωτόκολλο δέσμευσης πόρων RSVP για να προσφέρει αυτές τις δυνατότητες (βλέπε Κεφάλαιο 5).

Ποιότητα: Διάφοροι τρόποι υπάρχουν προκειμένου να βελτιωθεί η ποιότητα υπηρεσίας, όπως η βελτίωση των πρωτοκόλλων (π.χ. RSVP), η υιοθέτηση αφιερωμένων γραμμών υπηρεσιών, η κατασκευή μεγαλύτερων δρομολογητών και η ανάπτυξη νέων αρχιτεκτονικών δικτύων

Χωρητικότητα: Σήμερα, ο μέσος αριθμός διατρεχόμενων δρομολογητών για μια υπερατλαντική κλήση είναι 20-30. Επειδή η καθυστέρηση αυξάνεται με κάθε διατρεχόμενο δρομολογητή, μια λύση είναι να αυξηθεί η ταχύτητα δρομολόγησης παρά να προστεθούν και άλλοι δρομολογητές. Υπάρχει μια προτίμηση για μεγαλύτερους δρομολογητές ως λύση στο πρόβλημα της χωρητικότητας. Ένας giga-δρομολογητής μπορεί να μεταχειριστεί τουλάχιστον 10 φορές περισσότερη κίνηση από έναν συνηθισμένο δρομολογητή.

8.2.3 Τυποποιήσεις και πρωτόκολλα

8.2.3.1 Πρότυπο H.323

Αυτό είναι το πρότυπο της ITU-T, το οποίο πρέπει να ακολουθείται από τους κατασκευαστές προκειμένου να παρέχουν υπηρεσίες VoIP. Το H.323 ικανοποιεί τις τεχνικές απαιτήσεις για επικοινωνίες φωνής πάνω από LANs, ενώ υποθέτει ότι δεν παρέχεται QoS από τα LANs. Αρχικά ξεκίνησε για συνδιαλέξεις πολυμέσων στα LANs, αλλά σύντομα αναβαθμίστηκε για να καλύψει και το VoIP. Η πρώτη έκδοση δημοσιεύτηκε το 1996 ενώ η δεύτερη έκδοση το 1998. Το πρότυπο υποστηρίζει τόσο επικοινωνίες σημείου προς σημείο όσο και συνδιαλέξεις πολλαπλών σημείων.

Το H.323 ορίζει τέσσερα λογικές συνιστώσες: τερματικά, πύλες, gatekeepers και Μονάδες Ελέγχου Πολλαπλών Σημείων (Multipoint Control Units, MCUs). Τα τερματικά, οι πύλες και οι MCUs είναι γνωστά ως τερματικά σημεία.

Τερματικά

Τα τερματικά είναι τα τελικά σημεία του LAN client, τα οποία παρέχουν αμφίδρομες επικοινωνίες, πραγματικού χρόνου. Όλα τα τερματικά H323 πρέπει να υποστηρίζουν τα H.245, Q.931, Registration Admission Status (RAS) και το Real Time Transport Protocol (RTP). Το H.245 χρησιμοποιείται για να επιτρέψει τη χρήση των καναλιών, το Q.931 είναι απαραίτητο για σηματοδότηση κλήσης και εγκατάστασης κλήσης, το RTP είναι το πρωτόκολλο μεταφοράς πραγματικού χρόνου το οποίο μεταφέρει πακέτα φωνής, ενώ το RAS χρησιμοποιείται ως διεπαφή με το gatekeeper. Τα τερματικά H.323 πιθανόν να περιλαμβάνουν τα πρωτόκολλα συνδιάλεξης πληροφοριών T.120, video codecs και υποστήριξη για MCU. Ένα τερματικό H.323 μπορεί να επικοινωνεί με ένα άλλο τερματικό H.323, μία πύλη H.323 ή μία MCU.

Πύλες

Μια πύλη H.323 είναι το τερματικό σε ένα δίκτυο το οποίο παρέχει αμφίδρομες επικοινωνίες πραγματικού χρόνου ανάμεσα σε τερματικά H.323 στο δίκτυο IP και άλλα ITU τερματικά σε ένα δίκτυο με μεταγωγή, ή σε μία άλλη πύλη H.323. Οι πύλες H323 εκτελούν τη λειτουργία του “μεταφραστή”, δηλαδή εκτελούν τη μετάφραση /μετατροπή μεταξύ διαφορετικών ειδών εκπομπής, για παράδειγμα από H.225 σε H.221. Είναι επίσης ικανές για μετατροπή μεταξύ ήχου και κωδικοποιητών εικόνας. Η πύλη είναι η διεπαφή μεταξύ του PSTN και του Internet. Λαμβάνει φωνή από το PSTN που υποστηρίζει μεταγωγή κυκλώματος και την τοποθετεί στο δημόσιο Internet και αντιστρόφως. Όταν τα τερματικά ενός δικτύου χρειάζεται να επικοινωνούν με ένα τελικό σημείο ενός άλλου δικτύου, τότε μπορούν να επικοινωνήσουν μέσω μιας πύλης χρησιμοποιώντας τα πρωτόκολλα H.245 και Q.931. Στην περίπτωση ενός απλού δικτύου, τα τερματικά του μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους απευθείας, οπότε οι πύλες είναι προαιρετικές.

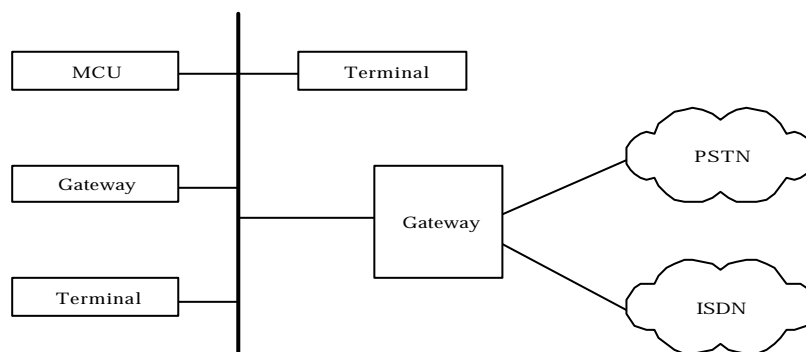
Gatekeepers

Είναι οι πιο σημαντικές συνιστώσες του H323 και παίζουν το ρόλο του διαχειριστή. Ενεργούν στο κεντρικό σημείο για όλες τις κλήσεις μέσα στις ζώνες τους (ζώνη είναι το σύνολο που αποτελείται από τον gatekeeper και τα τελικά σημεία που είναι καταγεγραμμένα με αυτόν), και παρέχουν υπηρεσίες στα καταγεγραμμένα τερματικά. Οι κυριότερες από τις λειτουργίες των gatekeepers παρουσιάζονται παρακάτω:

- **Μετάφραση Διεύθυνσης:** Μετάφραση μιας διεύθυνσης «ψευδωνύμου» σε διεύθυνση μεταφοράς. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας τον πίνακα μετάφρασης (translation table) ο οποίος ενημερώνεται χρησιμοποιώντας τα μηνύματα καταχώρησης.
- **Έλεγχος Εισαγωγής:** Οι gatekeepers μπορούν είτε να χορηγήσουν ή να αρνηθούν την πρόσβαση βασιζόμενοι στην έγκριση της κλήσης, τις διευθύνσεις της πηγής και του προορισμού ή κάποια άλλα κριτήρια.

- Σηματοδοσία Κλήσης: Ο gatekeeper μπορεί να επιλέξει να ολοκληρώσει τη σηματοδοσία της κλήσης με τα τερματικά και μπορεί ο ίδιος να επεξεργαστεί τη σηματοδοσία κλήσης. Από την άλλη μεριά, ο gatekeeper μπορεί να καθοδηγήσει τα τελικά σημεία να συνδέσουν το call signaling channel απευθείας το ένα στο άλλο.
- Έγκριση Κλήσης: Ο gatekeeper μπορεί να αποκλείσει τις κλήσεις από ένα τερματικό λόγω της αποτυχημένης έγκρισης μέσω της χρήσης της σηματοδοσίας H.225. Οι λόγοι αποκλεισμού μπορεί να είναι η περιορισμένη πρόσβαση κατά τη διάρκεια κάποιων χρονικών περιόδων ή η περιορισμένη πρόσβαση προς /από συγκεκριμένα τερματικά ή πύλες.
- Διαχείριση Εύρους Συχνότητων: Έλεγχος του αριθμού των H.323 τερματικών που επιτρέπεται να έχουν ταυτόχρονα πρόσβαση στο δίκτυο. Μέσω της χρήσης της σηματοδοσίας H.225, ο gatekeeper μπορεί να αποκλείσει κλήσεις από ένα τερματικό λόγω περιορισμού του εύρους συχνοτήτων.
- Διαχείριση Κλήσης: Ο gatekeeper μπορεί να διατηρεί μια λίστα από κλήσεις H.323 που έχουν πραγματοποιηθεί. Αυτή η πληροφορία μπορεί να είναι απαραίτητη ώστε να γίνει σαφές ότι ένα καλούμενο τερματικό είναι απασχολημένο.

Μονάδες Ελέγχου Πολλαπλών Σημείων (Multipoint Control Units, MCUs)
 Η MCU είναι ένα τελικό σημείο του δικτύου που παρέχει τη δυνατότητα σε τρία ή περισσότερα τερματικά και πύλες να πάρουν μέρος σε μια συνδιάλεξη πολλαπλών σημείων. Η MCU αποτελείται υποχρεωτικά από τον ελεγκτή πολλαπλών σημείων (Multipoint Controller, MC) και προαιρετικά από τους επεξεργαστές πολλαπλών σημείων (Multipoint Processors, MP). Ο MC καθορίζει τις κοινές δυνατότητες των τερματικών χρησιμοποιώντας το H.245 αλλά δεν πραγματοποιεί την πολυπλεξία φωνής, κινούμενης εικόνας και ήχου. Η πολυπλεξία του ρεύματος μέσω των (media streams) γίνεται από τον MP κάτω από τον έλεγχο του MC. Το Σχήμα 8.9 παρουσιάζει ενοποιημένες τις συνιστώσες του H.323.



Σχήμα 8.9
 Συνιστώσες του H.323

Στοιβα Πρωτοκόλλων H.323

Το Σχήμα 8.10 παρουσιάζει τη στοιβα πρωτοκόλλων του H323. Τα πακέτα ήχου, κινούμενης εικόνας και καταχώρησης (registration) χρησιμοποιούν το αναξιόπιστο UDP, ενώ τα πακέτα εφαρμογών δεδομένων, ελέγχου και σηματοδοσίας χρησιμοποιούν το αξιόπιστο TCP ως το πρωτόκολλο μεταφοράς (βλέπε Κεφάλαιο 1).

Data	Control & Signaling		Audio/Video	Registration
T.120	H.225.0 call signaling	H.245 conference control	RTP/RTCP	H.225.9 RAS
TCP			UDP	
Network Layer				
Data Link Layer				
Physical Layer				

Σχήμα 8.10

Στοιβα πρωτοκόλλων H.323

Έλεγχος και σηματοδοσία στο H.323

Το H.323 παρέχει τρία πρωτόκολλα ελέγχου: το H.225.0/Q.921 σηματοδοσίας κλήσης (call signalling), το H.225.0 RAS και το H.245 ελέγχου μέσου (media control). Το H.225/Q.931 χρησιμοποιείται μαζί με το H.323 και παρέχει τη σηματοδοσία για τον έλεγχο κλήσης. Για να εγκατασταθεί μια κλήση από μια πηγή σε έναν προορισμό, χρησιμοποιείται ο δίαυλος H.225 RAS (Registration, Admission και Signaling). Μετά την εγκατάσταση της κλήσης το H245 χρησιμοποιείται για την διαπραγμάτευση του ρεύματος μέσων.

A. H.225.0: RAS

Ο δίαυλος RAS χρησιμοποιείται για την επικοινωνία μεταξύ των τερματικών σημείων και του gatekeeper. Επειδή τα μηνύματα RAS στέλνονται πάνω από το UDP, το οποίο είναι αναξιόπιστο, το πρότυπο προτείνει timeouts και μετρήσεις επαναλήψεων για τα μηνύματα. Οι διαδικασίες που ορίζονται από τον δίαυλο RAS είναι:

1. Εύρεση Gatekeeper: Αυτή είναι η διαδικασία που χρησιμοποιείται από ένα τερματικό σημείο για να προσδιοριστεί ο gatekeeper μέσω του οποίου θα έπρεπε να δηλωθεί. Το τερματικό σημείο φυσιολογικά στέλνει παντού ένα μήνυμα Gatekeeper ReQuest (GRQ) αναζητώντας τον gatekeeper του. Ένας ή περισσότεροι gatekeepers μπορεί να

ανταποκριθούν με το μήνυμα Gatekeeper ConFirmation (GCF), υποδεικνύοντας επομένως την επιθυμία να είναι ο gatekeeper για αυτό το τερματικό σημείο. Η ανταπόκριση περιλαμβάνει τη διεύθυνση μεταφοράς του καναλιού RAS του gatekeeper. Οι gatekeepers που δεν επιθυμούν να καταχωρήσουν το τερματικό σημείο, στέλνουν ένα μήνυμα Gatekeeper ReJect (GRJ). Εάν ανταποκριθούν περισσότεροι του ενός gatekeeper αποστέλλοντας μηνύματα GCF, τότε το τερματικό σημείο μπορεί να επιλέξει τον gatekeeper στον οποίο θα καταχωρηθεί. Εάν κανένας gatekeeper δεν ανταποκριθεί μέσα σε ένα χρονικό περιθώριο, τότε το τερματικό σημείο μπορεί να επαναμεταδώσει το μήνυμα GRQ.

2. Καταχώρηση τερματικού σημείου: Αυτή είναι η διαδικασία με την οποία ένα τερματικό σημείο συμμετέχει σε μια ζώνη και πληροφορεί τον gatekeeper για τις διευθύνσεις μεταφοράς και ψευδωνύμου. Όλα τα τερματικά σημεία συνήθως καταχωρούνται στον gatekeeper, ο οποίος τελικά επιλέχτηκε μέσω της διαδικασίας ανακάλυψης gatekeeper (βλέπε Κεφάλαιο 1). Ένα τερματικό σημείο πρέπει να στείλει ένα Registration ReQuest (RRQ) στον gatekeeper. Το RRQ στέλνεται στη διεύθυνση μεταφοράς καναλιού RAS του gatekeeper. Το τελικό σημείο έχει τη διεύθυνση δικτύου του gatekeeper από τη διαδικασία ανακάλυψης του gatekeeper και χρησιμοποιεί το γνωστό TSAP ενδείκτη του καναλιού RAS. Ο gatekeeper πρέπει να ανταποκριθεί είτε με Registration ConFirmation (RCF) ή με Registration ReJect (RRJ). Ο gatekeeper πρέπει να διασφαλίσει ότι κάθε διεύθυνση ψευδωνύμου μεταφράζεται μοναδικά σε μια διεύθυνση μεταφοράς. Ένα τερματικό σημείο μπορεί να ματαιώσει την καταχώρησή του στέλνοντας ένα μήνυμα Unregister ReQuest (URQ) στον gatekeeper. Ο gatekeeper πρέπει να ανταποκριθεί με ένα μήνυμα Unregister ConFirmation (UCF). Ένας gatekeeper μπορεί να ματαιώσει την καταχώρηση ενός τελικού σημείου στέλνοντας ένα μήνυμα URQ στο τελικό σημείο. Το τελικό σημείο πρέπει να ανταποκριθεί με ένα μήνυμα UCF.
3. Εντοπισμός τερματικού: Ένα τερματικό σημείο ή gatekeeper που διαθέτει μια διεύθυνση ψευδωνύμου για ένα τερματικό σημείο και θα επιθυμούσε να καθορίσει την πληροφορία επικοινωνίας μπορεί να εκδώσει ένα μήνυμα Location ReQuest (LRQ). Ο gatekeeper με τον οποίο το αιτούμενο τερματικό σημείο είναι καταγεγραμμένο πρέπει να ανταποκριθεί με ένα μήνυμα Location ConFirmation (LCF) το οποίο περιέχει την πληροφορία επικοινωνίας του τερματικού σημείου ή του gatekeeper του. Όλοι οι gatekeeper με τους οποίους το τερματικό σημείο δεν είναι καταχωρημένο πρέπει να επιστρέψουν το Location ReJect (LRJ) αν έλαβαν το LRQ στο δίαυλο RAS.
4. Αποδοχή κλήσεων, Αλλαγή Εύρους Ζώνης, Κατάσταση και Αποδέσμευση: Ο δίαυλος RAS επίσης χρησιμοποιείται για τη μετάδοση μηνυμάτων Αποδοχής Κλήσεων, Αλλαγή Εύρους Ζώνης, Κατάστασης και Αποδέσμευσης. Τα μηνύματα αυτά ανταλλάσσονται μεταξύ του τερματικού και του gatekeeper και χρησιμοποιούνται ώστε

να παρέχουν έλεγχο αποδοχής και λειτουργίες διαχείρισης του εύρους ζώνης. Το μήνυμα Admissions ReQuest (ARQ) προδιαγράφει το απαιτούμενο εύρος ζώνης της κλήσης. Ο gatekeeper μπορεί να μειώσει αυτό το απαιτούμενο από την κλήση εύρος ζώνης κατά τη διάρκεια μιας κλήσης χρησιμοποιώντας το μήνυμα Bandwidth change ReQuest (BRQ).

Β. Σηματοδοσίας Κλήσης H.225.0

Ο διάυλος σηματοδοσίας κλήσης χρησιμοποιείται για να μεταφέρει τα μηνύματα ελέγχου H.225. Σε δίκτυα τα οποία δεν περιέχουν έναν gatekeeper, τα μηνύματα σηματοδοσίας κλήσης περνούν απευθείας μεταξύ των τερματικών σημείων του καλούμενου και του καλούντος χρησιμοποιώντας τις διευθύνσεις μεταφοράς σηματοδοσίας κλήσης (call signaling transport addresses). Υποτίθεται ότι το τερματικό σημείο του καλούντος γνωρίζει τη διεύθυνση μεταφοράς σηματοδοσίας κλήσης του καλούμενου τερματικού σημείου, επομένως μπορούν να επικοινωνήσουν απευθείας. Σε δίκτυα τα οποία περιέχουν έναν gatekeeper, η αρχική ανταλλαγή μηνυμάτων αποδοχής λαμβάνει χώρα μεταξύ του τερματικού σημείου του καλούντος και του gatekeeper χρησιμοποιώντας τη διεύθυνση μεταφοράς του καναλιού RAS του gatekeeper. Η σηματοδοσία κλήσης γίνεται πάνω από το TCP.

Δρομολόγηση Διαύλου Σηματοδοσίας Κλήσης: Τα μηνύματα σηματοδοσίας κλήσης μπορούν να δρομολογηθούν με δύο τρόπους. Ο πρώτος είναι το gatekeeper routed call signalling όπου τα μηνύματα σηματοδοσίας κλήσης δρομολογούνται μέσω του Gatekeeper μεταξύ των τερματικών σημείων. Η εναλλακτική λύση είναι το direct endpoint call signalling, όπου τα μηνύματα σηματοδοσίας κλήσης περνούν απευθείας στα τερματικά σημεία. Μηνύματα αποδοχής ανταλλάσσονται με τον gatekeeper πάνω στο διάυλο RAS. Στη συνέχεια γίνεται ανταλλαγή μηνυμάτων σηματοδοσίας κλήσης πάνω σε ένα διάυλο σηματοδοσίας κλήσης (call signalling channel) για να ακολουθήσει η εγκατάσταση ενός διαύλου ελέγχου H.245.

Δρομολόγηση Διαύλου Ελέγχου: Όταν χρησιμοποιείται gatekeeper routed call signaling, υπάρχουν δύο μέθοδοι για να δρομολογηθεί ο διάυλος ελέγχου H.245. Στην πρώτη ο διάυλος ελέγχου H.245 εγκαθίσταται απευθείας μεταξύ των τερματικών σημείων, ενώ στη δεύτερη η εγκατάσταση του διαύλου ελέγχου H.245 γίνεται μέσω του gatekeeper.

Γ. Ελεγχος Μέσου και συνδιάσκεψης H.245

Το H.245 είναι το πρωτόκολλο ελέγχου των μέσων, το οποίο χρησιμοποιούν τα συστήματα H.323 μετά την ολοκλήρωση της εγκατάστασης μιας κλήσης. Το H.245 χρησιμοποιείται για τη διαπραγμάτευση και εγκατάσταση όλων των διαύλων μέσων, τα οποία μεταφέρονται από RTP/RTCP. Η λειτουργικότητα που προσφέρεται από το H.245 είναι:

- Ορισμός Master and Slave: Το H.245 διορίζει έναν ελεγκτή πολλαπλών σημείων (MC), ο οποίος είναι υπεύθυνος για τον κεντρικό έλεγχο σε περιπτώσεις που μια κλήση επεκτείνεται σε συνδιάλεξη.
- Διαπραγμάτευση δυνατοτήτων: Το H.245 χρησιμοποιείται για την διαπραγμάτευση των δυνατοτήτων όταν μια κλήση εγκαθίσταται. Αλλαγή δυνατοτήτων μπορεί να συμβεί σε οποιαδήποτε στιγμή κατά τη διάρκεια μιας κλήσης.
- Δίαυλος ελέγχου μέσου: Από τη στιγμή που τα τερματικά σημεία μιας συνδιάλεξης έχουν ανταλλάξει τις δυνατότητες τους, μπορούν να ανοίξουν και να κλείσουν λογικοί δίαυλοι πάνω στο μέσο. Στο H.245, οι δίαυλοι των μέσων θεωρούνται λογικοί δίαυλοι.

Δ. Εγκατάσταση κλήσης στο H.323

Ας δούμε τώρα πως συνυπάρχουν αυτά τα πρωτόκολλα και οι λειτουργικές οντότητες ενός H.323 δικτύου κατά τη διάρκεια μιας κλήσης.

1. Αρχικά ένα τερματικό H323 πρέπει να έχει καταχωρηθεί (register) στον τοπικό gatekeeper χρησιμοποιώντας το RAS.
2. Στη συνέχεια το τερματικό χρησιμοποιώντας πάλι το RAS επικοινωνεί με το GK προκειμένου να ζητήσει την άδεια να πραγματοποιήσει / δεχτεί κλήσεις. Στο τέλος αυτής της διαδικασίας ο καλών λαμβάνει τη διεύθυνση Q.931 του καλούμενου τερματικού
3. Με χρήση του Q.931 γίνεται η εγκατάσταση της κλήσης. Στο τέλος αυτής της φάσης ο καλών λαμβάνει τη διεύθυνση H.245 του καλούμενου τερματικού.
4. Ακολουθεί η διαδικασία της ανταλλαγής πληροφοριών, μεταξύ των δύο τερματικών, που σχετίζονται με τις ικανότητες τους στην υποστήριξη πολυμέσων. Αποφασίζονται το είδος πολυμέσου που θα μεταδοθεί, η ανεκτή ταχύτητα μετάδοσης και ποιο από τα δύο τερματικά καθορίζει αυτά τα στοιχεία (σχέση master-slave). Επίσης ανοίγονται οι απαραίτητοι για την επιτυχή επικοινωνία λογικοί δίαυλοι. Όλες αυτές οι διαδικασίες γίνονται με μηνύματα H.245. Στο τέλος αυτής την φάσης και τα δύο τερματικά γνωρίζουν τη διεύθυνση RTP/RTCP του άλλου. Οι φάσεις 2, 3 και 4 είναι οι βασικές φάσεις εγκατάστασης επικοινωνίας κατά H.323 μεταξύ δύο τερματικών.
5. Με τη βοήθεια των RTP/RTCP γίνεται η ανταλλαγή δεδομένων. Η κλήση ήδη εξελίσσεται.
6. Αφού αποφασιστεί το τέλος της κλήσης, ξεκινάει η διαδικασία απόλυσης της. Αρχικά με μηνύματα H.245 απελευθερώνονται οι λογικοί δίαυλοι επικοινωνίας.
7. Στη συνέχεια με μηνύματα Q.931 γίνεται η απόλυση της κλήσης.
8. Τέλος, τα τερματικά σε συνεννόηση με το gatekeeper (RAS) απελευθερώνουν όλους τους δεσμευμένους πόρους του συστήματος που χρησιμοποιήθηκαν για την κλήση.

8.2.3.2 Πρωτόκολλο έναρξης συνόδου (Signaling Initiation Protocol, SIP)

Εισαγωγή

Το Πρωτόκολλο Έναρξης Συνόδου (Session Initiation Protocol - SIP) είναι ένα πρωτόκολλο ελέγχου του επιπέδου εφαρμογής για τη δημιουργία, τροποποίηση και τερματισμό συνόδων πολυμέσων ή κλήσεων με έναν ή περισσότερους συμμετέχοντες. Το SIP είναι προς το παρόν υπό ανάπτυξη από την IETF. Η IETF έχει βασίσει το SIP πάνω σε άλλα πρωτόκολλα και συγκεκριμένα στο SNMP και στο HTTP. Όπως αυτά, το SIP είναι ένα πρωτόκολλο βασισμένο σε κείμενο και επίσης βασισμένο στο μοντέλο πελάτη – εξυπηρετητή. Το SIP επαναχρησιμοποιεί αρκετά από την σύνταξη και τη σημασιολογία του HTTP, συμπεριλαμβανομένου πολλών επικεφαλίδων μηνυμάτων και της ολικής του λειτουργίας. Επίσης όπως το HTTP, κάθε αίτηση SIP προκαλεί την ενεργοποίηση μιας μεθόδου στον εξυπηρετητή. Η πιο σημαντική μέθοδος του SIP είναι η μέθοδος INVITE που χρησιμοποιείται για την αρχικοποίηση μιας κλήσης μεταξύ του πελάτη και του εξυπηρετητή.

Αντίθετα όμως με το HTTP και το SNMP το SIP μπορεί να τρέξει πάνω από το TCP ή το UDP. Το SIP παρέχει τους δικούς του μηχανισμούς αξιοπιστίας και το UDP δίνει τη δυνατότητα στα μηνύματα SIP να στέλνονται σε πολλαπλούς προορισμούς (multicast). Η υπηρεσία πολλαπλών προορισμών επιτρέπει, μεταξύ άλλων, βασικές λειτουργίες αυτόματης διανομής κλήσεων και αποστολή μηνυμάτων INVITE σε μια ομάδα χρηστών, χωρίς να απαιτεί τη χρήση ενός εξυπηρετητή διανομής (distribution server).

Κύρια Χαρακτηριστικά του SIP

Τα βασικά χαρακτηριστικά του SIP είναι τα ακόλουθα: Το SIP είναι σχεδιασμένο να είναι ανεξάρτητο από το πρωτόκολλο του στρώματος μεταφοράς, μπορεί να καλέσει όχι μόνο χρήστες, αλλά και υπηρεσίες, όπως μια υπηρεσία αποθήκευσης μέσων. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αρχικοποιήσει συνόδους, καθώς και να προσκαλέσει χρήστες σε ήδη υπάρχοντες συνόδους. Υποστηρίζει διαφανώς υπηρεσίες αντιστοίχισης ονομάτων και επανακατεύθυνσης, επιτρέποντας την υλοποίηση υπηρεσιών χρήστη του ISDN και των ευφυών δικτύων, επιτρέποντας έτσι την κινητικότητα χρηστών (personal mobility¹). Υποστηρίζει πέντε τρόπους εγκατάστασης και τερματισμού επικοινωνιών πολυμέσων:

- Τοποθεσία Χρήστη (User Location). Προσδιορισμός του τελικού συστήματος που θα χρησιμοποιηθεί για την επικοινωνία.
- Δυνατότητες Χρήστη (User Capabilities). Προσδιορισμός των μέσων και των παραμέτρων των μέσων που θα χρησιμοποιηθούν.

¹ Η κινητικότητα χρήστη ορίζεται ως η ικανότητα των τελικών χρηστών να δημιουργούν και να λαμβάνουν κλήσεις, και να έχουν πρόσβαση σε τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες σε οποιοδήποτε τερματικό σε οποιαδήποτε τοποθεσία, καθώς και την ικανότητα του δικτύου να αναγνωρίζει τους τελικούς χρήστες καθώς αυτοί κινούνται.

- Εγκατάσταση Κλήσης (Call Setup). Προσδιορισμός της προθυμίας του κληθέντος να λάβει μέρος στην επικοινωνία.
- Χειρισμός της κλήσης (Call Handling). Συμπεριλαμβανομένου μεταφοράς και τερματισμού των κλήσεων.

Επίσης το SIP μπορεί να αρχικοποιήσει κλήσεις πολλαπλών χρηστών με τη χρήση μιας Μονάδας Ελέγχου Πολλαπλών Σημείων (Multipoint Control Unit) ή με τη διασύνδεση πλήρη γράφου, εκτός του multicast. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί παράλληλα με άλλα πρωτόκολλα σηματοδότησης και εγκατάστασης κλήσης και να χρησιμοποιηθεί με ή χωρίς δέσμευση πόρων. Επειδή είναι βασισμένο σε κείμενο επιτρέπει εύκολη υλοποίηση και εκσφαλμάτωση και επομένως είναι ευέλικτο και επεκτάσιμο. Τέλος είναι μέρος της ολοκληρωμένης αρχιτεκτονικής από την IETF σχετικά με δεδομένα και έλεγχο πολυμέσων.

Τα μέρη του SIP

Υπάρχουν δυο βασικά μέρη σε ένα σύστημα SIP: ένας Αντιπρόσωπος Χρήστη (User Agent, UA) και ένας Εξυπηρετητής Δικτύου.

Ένας Αντιπρόσωπος Χρήστη είναι ένα τερματικό σύστημα που λειτουργεί εκ μέρους του χρήστη. Συνήθως αποτελείται από δυο μέρη, ένα πελάτη (UAC) και έναν εξυπηρετητή (UAS), καθώς ο χρήστης επιθυμεί και να μπορεί να καλέσει αλλά και να κληθεί. Ο UAC χρησιμοποιείται για την αρχικοποίηση μιας αίτησης SIP, ενώ ο UAS δέχεται αιτήσεις και επιστρέφει απαντήσεις εκ μέρους του χρήστη.

Υπάρχουν δυο είδη εξυπηρετητών δικτύου: ο εξυπηρετητής proxy και ο εξυπηρετητής επανακατεύθυνσης. Ένας εξυπηρετητής proxy προωθεί αιτήσεις στον επόμενο εξυπηρετητή αφού πρώτα αποφασίσει ποιος θα είναι ο επόμενος. Ο επόμενος εξυπηρετητής μπορεί να είναι οποιοδήποτε είδος εξυπηρετητή SIP. Πριν μια αίτηση φτάσει στον UAS μπορεί να έχει διασχίσει πολλούς εξυπηρετητές SIP. Η απάντηση θα διατρέξει τους εξυπηρετητές με την αντίθετη φορά. Ο εξυπηρετητής proxy SIP μπορεί να αποθηκεύει την πληροφορία κατάστασης ή όχι. Ο Πίνακας 8.4 παρουσιάζει τις διαφορές των δυο αυτών μοντέλων. Όταν ο proxy αποθηκεύει την κατάσταση, θυμάται τις εισερχόμενες αιτήσεις που προκάλεσαν εξερχόμενες αιτήσεις. Για αυτό το σκοπό ένας τέτοιος proxy δημιουργεί καινούργιες διεργασίες για την εξυπηρέτηση νέων εισερχόμενων αιτήσεων. Αντίθετα ένα proxy που δεν αποθηκεύει την κατάσταση εξυπηρετεί διαδοχικά κάθε νέα αίτηση και δεν κρατάει την αντίστοιχη πληροφορία. Ένας τέτοιος proxy έχει το πλεονέκτημα ότι απαιτεί λιγότερη επεξεργασία και μνήμη.

Σύγκριση Proxy που αποθηκεύει κατάσταση και Proxy που δεν αποθηκεύει κατάσταση

Proxy που αποθηκεύει κατάσταση	Proxy που δεν αποθηκεύει κατάσταση
διατηρεί τα δεδομένα της κλήσης	δεν διατηρεί τα δεδομένα της κλήσης
αντιγράφει UAS/UAC για να επεξεργαστεί αιτήσεις /απαντήσεις	η απάντηση δεν βασίζεται στην αντιγραφή του UA
διατηρεί κατάσταση της κλήσης και της συναλλαγής	παρέχει ανωνυμία πελάτη
οι proxy που χρησιμοποιούν TCP πρέπει να αποθηκεύουν την κατάσταση για λόγους αξιοπιστίας	δυνατότητα γρήγορης επεξεργασίας
οι εμπλουτισμένες υπηρεσίες απαιτούν την αποθήκευση της κατάστασης	περιορισμένη πρόσβαση πυλών (gateway)

Ο εξυπηρετητής επανακατεύθυνσης δεν προωθεί αιτήσεις στον επόμενο εξυπηρετητή, αντιθέτως στέλνει μια απάντηση επανακατεύθυνσης στον πελάτη που περιέχει την διεύθυνση του επόμενου εξυπηρετητή με τον οποίο πρέπει να μιλήσει.

Το μήνυμα SIP

Υπάρχουν δυο είδη μηνυμάτων, αιτήσεις και απαντήσεις μεταξύ του εξυπηρετητή και του πελάτη. Τα μηνύματα SIP περιλαμβάνουν διαφορετικές επικεφαλίδες για να περιγράψουν τις λεπτομέρειες μιας συνόδου.

A. Το μήνυμα REQUEST

Μια αίτηση SIP (REQUEST) αποτελείται από μια Request-Line, διάφορα πεδία επικεφαλίδας και το κύριο μήνυμα. Τα πεδία επικεφαλίδας περιέχουν πληροφορίες σχετικά με υπηρεσίες κλήσης, διευθύνσεις και στοιχεία των πρωτοκόλλων. Οι επικεφαλίδες μπορεί να είναι General-headers, Request-headers ή Entity-headers. Το κυρίως σώμα που είναι αδιαφανές στο SIP μπορεί να περιέχει οτιδήποτε. Το κύριο μήνυμα είναι πάντοτε μια περιγραφή της συνόδου και εάν υπάρχει σε αυτό υποδεικνύεται ο τύπος των μέσων μέσω του Content-Type πεδίου. Η διάταξη της Request Line είναι η εξής:

Μέθοδος κενό Αίτησης-URI κενό Έκδοση-SIP CRLF

Η Έκδοση-SIP είναι η έκδοση του πρωτοκόλλου που χρησιμοποιείται από το μήνυμα της αίτησης (π.χ. SIP/2.0). Η URI της Αίτησης είναι SIP URL ή μια γενική URI. Αυτή υποδεικνύει τον χρήστη ή την υπηρεσία στην οποία απευθύνεται η αίτηση. Το SIP ορίζει διάφορες μεθόδους, όπως INVITE, BYE, OPTIONS, ACK, REGISTER και CANCEL.

Οι λειτουργίες των μεθόδων αυτών περιγράφονται παρακάτω.

- INVITE. Η μέθοδος αυτή υποδεικνύει ότι ένας χρήστης ή μια υπηρεσία καλούνται να πάρουν μέρος σε μια σύνοδο. Το κύριο μήνυμα περιέχει μια περιγραφή της συνόδου στην οποία προσκαλείται ο καλούμενος. Η μέθοδος αυτή θα πρέπει να υποστηρίζεται από ένα SIP proxy, έναν εξυπηρετητή επανακατεύθυνσης, καθώς και από έναν Αντιπρόσωπο Χρήστη πελάτη και εξυπηρετητή. Για μια κλήση μεταξύ δυο χρηστών ο καλών υποδεικνύει τον τύπο του μέσου που μπορεί να δεχτεί καθώς και κάποιες σχετικές παραμέτρους. Μια θετική απάντηση υποδεικνύει το μέσο που ο καλούμενος επιθυμεί να χρησιμοποιήσει.
- ACK. Ένα τέτοιο μήνυμα επιβεβαιώνει ότι ο πελάτης έχει λάβει μια τελική απάντηση σε μια αίτηση INVITE. Το κύριο μήνυμα μπορεί να περιέχει την τελική περιγραφή της συνόδου που θα χρησιμοποιηθεί. Αν το κύριο μήνυμα είναι άδειο τότε ο καλούμενος χρησιμοποιεί την περιγραφή της συνόδου στην αίτηση INVITE. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται μόνο σαν μια απάντηση σε μια αίτηση INVITE. Η μέθοδος αυτή θα πρέπει να υποστηρίζεται από ένα SIP proxy, έναν εξυπηρετητή επανακατεύθυνσης, καθώς και από έναν Αντιπρόσωπο Χρήστη πελάτη και εξυπηρετητή.
- BYE. Ένας Αντιπρόσωπος Χρήστη πελάτη χρησιμοποιεί αυτή την μέθοδο για να υποδείξει στον εξυπηρετητή ότι επιθυμεί να τερματίσει την κλήση. Το μήνυμα BYE θα πρέπει να προωθηθεί σαν το INVITE και μπορεί να εκπεμφθεί και από τον καλούντα και από τον καλούμενο.
- OPTIONS. Με αυτή την μέθοδο ένας εξυπηρετητής ερωτάται σχετικά με τις δυνατότητές του.
- CANCEL. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για να ακυρώσει μια αίτηση που εκκρεμεί. Δεν επηρεάζει μια ολοκληρωμένη αίτηση, μια αίτηση που έχει επεξεργαστεί ή μια απάντηση που έχει αποσταλεί.
- REGISTER. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται από έναν πελάτη για να καταγράψει την διεύθυνσή του σε κάποιο εξυπηρετητή SIP. Επιπλέον ο πελάτης υποδεικνύει για πόσο θα ισχύει αυτή η εγγραφή.
Ένα παράδειγμα αίτησης δίνεται στον Πίνακα 8.5.

Πίνακας 8.5

Παράδειγμα αίτησης SIP

<pre> INVITE sip:pgn@example.se SIP/2.0 Via: SIP/2.0/UDP science.fiction.com From: Fingal <sip:ffl@fiction.com> To: Patrik <sip:pgn@example.se> Call-ID: 1234567890@science.fiction.com CSeq: 1 INVITE Subject: lunch at La Empenada? Content-Type: application/sdp Content-Length: ... v=0 </pre>	<p>Μια αίτηση INVITE request από το Ffl@fiction.com στο pgn@example.se. Όπως δείχνει το Content-Type το κύριο μήνυμα περιέχει μια SDP περιγραφή της συνόδου. Η περιγραφή της συνόδου δείχνει ότι ο ffl θέλει να λάβει RTP audio στη θύρα 5004 με payload format 0 (PCMU),</p>
---	---

o=ffl 53655765 2353687637 IN IP4 123.4.5.6 s=Chorizo c=IN IP4 science.fiction.com m=audio 5004 RTP/AVP 0 3 5	3 (GSM) ή 5 (DV14). Και αυτό θα ληφθεί στο science.fiction.com.
--	---

B. Το μήνυμα RESPONSE

Το μήνυμα RESPONSE αρχίζει με μια Status-Line που ακολουθείται από μερικές επικεφαλίδες. Οι επικεφαλίδες μπορεί να είναι General-headers, Response-headers ή Entity-headers και μετά από μια κενή γραμμή πηγαίνει το κύριο μήνυμα, εάν είναι απαραίτητο. Η διάταξη της Status-Line είναι η εξής:

Έκδοση-SIP κενό Status-Code κενό Reason-Phrase CRLF

Το Reason-Phrase έχει σκοπό να δώσει μια μικρή περιγραφή του Status-Code. Το Status-Code είναι ένας τριψήφιος ακέραιος που υποδεικνύει την έκβαση της προσπάθειας ως προς το να καταλάβει και να ικανοποιήσει την αίτηση. Το πρώτο ψηφίο του Status-Code ορίζει την τάξη της απάντησης. Στο SIP υπάρχουν έξι τύποι απάντησης λόγω των έξι δυνατών τιμών του πρώτου ψηφίου του Status-Code και είναι οι πιο κάτω:

1xx: Πληροφοριακή – η αίτηση έχει ληφθεί και πρόκειται να επεξεργαστεί.

2xx: Επιτυχής – η αίτηση έχει ληφθεί, έγινε κατανοητή και δεκτή.

3xx: Επανακατεύθυνση – επιπλέον ενέργειες πρέπει να γίνουν ώστε να ολοκληρωθεί η αίτηση.

4xx: Λάθος πελάτη – η αίτηση έχει λάθος σύνταξη ή δεν μπορεί να εκπληρωθεί από αυτόν τον εξυπηρετητή.

5xx: Λάθος εξυπηρετητή – ο εξυπηρετητής απέτυχε να εκπληρώσει μια έγκυρη αίτηση.

6xx: Γενική αποτυχία – η αίτηση δεν μπορεί να εκπληρωθεί από οποιοδήποτε εξυπηρετητή.

Οι εφαρμογές SIP δεν είναι απαραίτητο να καταλαβαίνουν το νόημα όλων των καταχωρημένων κωδικών απάντησης, ωστόσο είναι επιθυμητό. Παρόλο αυτά, οι εφαρμογές πρέπει να είναι σε θέση να αναγνωρίζουν την κλάση της απάντησης και να μεταχειρίζονται οποιαδήποτε μη αναγνωρίσιμη απάντηση σαν να ήταν ο κωδικός x00 απάντησης.

Ένα παράδειγμα απάντησης SIP δίνεται στον Πίνακα 8.6.

Πίνακας 8.6

Παράδειγμα απάντησης SIP

SIP/2.0 200 OK Via: SIP/2.0/UDP sippo.example.se Via: SIP/2.0/UDP science.fiction.com From: Fingal <sip:ffl@fiction.com> To: Patrik <sip:pgn@example.se> ,tag=25443232 Call-ID: 1234567890@science.fiction.com	Μια απάντηση στέλνεται από τον pepperoni.example.se στον sippo.example.se. Αυτό το μήνυμα στέλνεται σε απάντηση του INVITE. Ο status code, 200, στην Start-Line δείχνει επιτυχία.
---	---

CSeq: 1 INVITE Content-Type: application/sdp Content-Length: ... v=0 o=pgn 4858949 4858949 IN IP4 198.7.6.5 s=Ok c=IN IP4 pepperoni.example.se m=audio 5004 RTP/AVP 0 3	Όταν αυτό φτάνει στο sipro.example.se, ο τοπικός proxy server, θα αφαιρέσει το πρώτο Via field και θα προωθήσει το μήνυμα στο science.fiction.com, που δείχνεται από το επόμενο Via field.
---	--

Γ. Τα πεδία της επικεφαλίδας

Η διάταξη των πεδίων της επικεφαλίδας δεν είναι γενικά σημαντική. Η μόνη απαίτηση είναι ότι τα πεδία επικεφαλίδας, τα οποία είναι τοπικά (μεταξύ δυο κόμβων), πρέπει να προηγούνται από τα πεδία επικεφαλίδας που είναι για την από άκρο σε άκρο επικοινωνία. Άλλα πεδία μπορεί να προστεθούν μετά από απαίτηση και ο εξυπηρετητής θα πρέπει να αγνοεί τις επικεφαλίδες που δεν καταλαβαίνει. Ένας proxy εξυπηρετητής μπορεί να προσθέσει ένα πεδίο Via αλλά δεν μπορεί να αλλάξει τη σειρά των επικεφαλίδων που υπάρχουν.

Πίνακας 8.7

Οι επικεφαλίδες του SIP

General-headers	Entity-headers	Request-headers	Response-headers	
Call-ID	Content-Encoding	Accept	Allow	
Contact	Content-Length	Accept-Encoding	Proxy-Authenticate	
Cseq	Content-Type	Accept-Language	Retry-After	
Date		Authorization	Server	
Encryption		Contact	Unsupported	
Expires		Hide	Warning	
From		Max-Forwards	WWW-Authenticate	
Record-Route		Organization		
		Priority		
		Proxy-Authorization		
		Route		

		Require	
		Response-Key	
		Subject	
		User-Agent	

Υπάρχουν 37 διαφορετικές επικεφαλίδες (Πίνακας 8.7) οι οποίες μπορεί να χωριστούν σε 4 ομάδες, οι οποίες δίνονται στη συνέχεια.

- General Headers Field: Υπάρχει και στο μήνυμα αίτησης και στο μήνυμα απάντησης. Τα πεδία αυτά μπορεί να επεκταθούν αξιόπιστα μόνο σε συνδυασμό με την κατάλληλη αλλαγή έκδοσης πρωτοκόλλου. Μη αναγνωρίσιμα πεδία επικεφαλίδας αυτού του τύπου μεταχειρίζονται ως πεδία Entity-headers.
- Entity Headers field: Αυτά τα πεδία ορίζουν την πληροφορία σχετικά με το κύριο μήνυμα ή σχετικά με τους πόρους που καθορίζονται από την αίτηση.
- Request Headers field: Αυτά τα πεδία επιτρέπουν στον πελάτη να περάσει επιπρόσθετη πληροφορία σχετικά με την απάντηση, η οποία δεν μπορεί να τοποθετηθεί στη Status-Line. Μπορεί να επεκταθούν αξιόπιστα μόνο σε συνδυασμό με την κατάλληλη αλλαγή έκδοσης πρωτοκόλλου. Μη αναγνωρίσιμα πεδία επικεφαλίδας μεταχειρίζονται ως πεδία Entity-headers.
- Response Headers field: Αυτά επιτρέπουν στον εξυπηρετητή να περάσει επιπρόσθετη πληροφορία σχετικά με την απάντηση, η οποία δεν μπορεί να τοποθετηθεί στη Status-Line. Αυτά τα πεδία δίνουν πληροφορίες για τον εξυπηρετητή και για την απώτερη πρόσβαση στους πόρους που καθορίζονται από το Request-URI.

Ο Πίνακας 8.8 δίνει μερικές θεμελιώδεις επικεφαλίδες με μια μικρή επεξήγηση.

Πίνακας 8.8

Μερικές βασικές επικεφαλίδες

Call-ID	Μοναδικά προσδιορίζει μια invitation ή όλες της εγγραφές ενός πελάτη
Contact	Περιέχει τοποθεσίες
Content-Length	Μήκος κυρίου μηνύματος
Content-Type	Τύπος μέσου του κυρίου μηνύματος
Cseq	Μοναδικά προσδιορίζει μια αίτηση μέσα σε ένα Call-ID
From	Προσδιορίζει αυτόν που ξεκίνησε την αίτηση

Require	Χρησιμοποιείται από πελάτες για να πουν στον user agent server σχετικά με options που ο εξυπηρετητής περιμένει να υποστηρίξει ο εξυπηρετητής ώστε να επεξεργαστεί κανονικά την αίτηση
Subject	Προσδιορίζει την φύση της κλήσης
To	Προσδιορίζει παραλήπτη της αίτησης
Via	Προσδιορίζει το δρόμο που ακολουθείται από την αίτηση

Δ. Το σώμα του μηνύματος SIP

Όλες οι αιτήσεις μπορεί να έχουν ένα κύριο σώμα, εκτός από την αίτηση BYE. Για τις αιτήσεις INVITE, ACK και OPTIONS το κύριο σώμα είναι πάντοτε μια περιγραφή της συνόδου. Στις περισσότερες περιπτώσεις θα ακολουθεί το Πρωτόκολλο Περιγραφής Συνόδου (Session Description Protocol, SDP) εφόσον το SIP και το SDP ανήκουν στην ίδια οικογένεια πρωτοκόλλων.

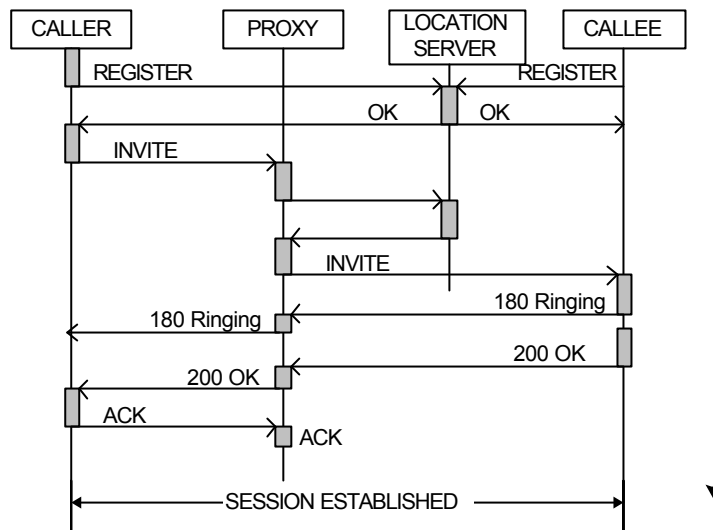
Το μήκος του κύριου μηνύματος SIP πρέπει να δίνεται στο πεδίο επικεφαλίδας Content-Length. Και το πεδίο επικεφαλίδας Content-Type πρέπει να δίνει τον τύπο του μηνύματος. Εάν ένα μήνυμα είναι κωδικοποιημένο, πρέπει αυτό να υποδεικνύεται στο πεδίο επικεφαλίδας Content-Encoding.

Βασική λειτουργία του SIP

Για την καλύτερη κατανόηση της βασικής λειτουργίας του πρωτοκόλλου SIP, δίνονται κάποιες εικόνες που δείχνουν τις βασικές συναλλαγές και πώς οι διαφορετικοί εξυπηρετητές παίρνουν μέρος στην εγκατάσταση της επιθυμητής επικοινωνίας μεταξύ του καλούντος και του καλούμενου.

A. SIP INVITATION

Μια επιτυχημένη πρόσκληση SIP αποτελείται από δύο αιτήσεις. Η πρώτη είναι πάντοτε μια INVITE και ακολουθείται από μια ACK. Η αίτηση INVITE ρωτάει τον καλούμενο να συμμετάσχει σε μια ιδιαίτερη σύσκεψη ή να εγκαταστήσει μια συνομιλία δυο μελών (two-party). Αφού ο καλούμενος έχει συμφωνήσει να συμμετάσχει στην κλήση, ο καλών επιβεβαιώνει ότι έχει λάβει την απάντησης στέλνοντας μια αίτηση ACK. Το Σχήμα 8.11 δείχνει τις βασικές συναλλαγές για την εγκατάσταση της κλήσης.

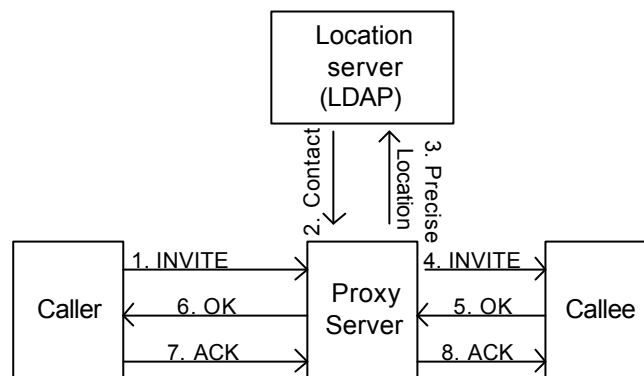


Σχήμα 8.11
Εγκατάσταση της κλήσης

Η αίτηση INVITE τυπικά περιέχει μια περιγραφή της συνόδου που παρέχει ο καλούμενος με την απαιτούμενη πληροφορία για να είναι σε θέση να συμμετάσχει στην κλήση. Υπάρχουν δυο διαφορετικοί τρόποι για την εγκατάσταση της επικοινωνίας ανάλογα με τον εξυπηρετητή (proxy ή επανακατεύθυνσης) τον οποίο συναντάμε στο δρόμο από τον καλούντα στον καλούμενο.

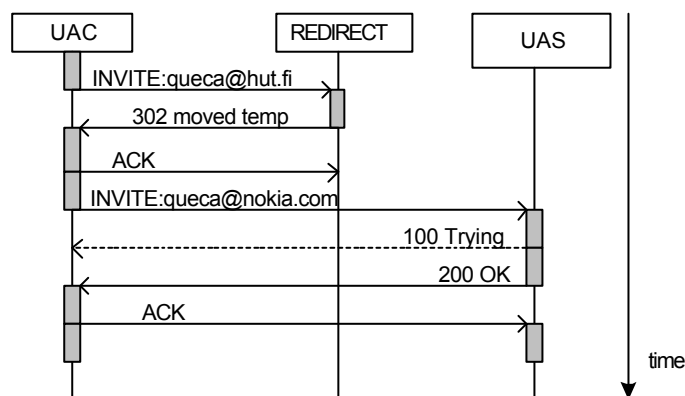
- Εάν ο εξυπηρετητής είναι proxy, η εγκατάσταση της επικοινωνίας μεταξύ των δυο μερών φαίνεται στο Σχήμα 8.12:
 1. Ο καλών στέλνει μια αίτηση SIP INVITE στον εξυπηρετητή proxy. Ο proxy εξυπηρετητής την δέχεται.
 2. Ο εξυπηρετητής proxy έρχεται σε επικοινωνία με την υπηρεσία τοποθεσίας με όλη την διεύθυνση ή μέρος αυτής. Ο εξυπηρετητής SIP, σύμφωνα με το πεδίο To, συμβουλευείται την δική του βάση δεδομένων για να ελέγξει εάν η εγγραφή του χρήστη υπάρχει ήδη. Στην συνέχεια, ο εξυπηρετητής προσπαθεί να βρει άλλες πιθανές τοποθεσίες του χρήστη. Για αυτό τον σκοπό, ο SIP εξυπηρετητής στέλνει μια ερώτηση σε έναν απομακρυσμένο εξυπηρετητή LDAP συμπεριλαμβανομένου της SIP URL που έχει ληφθεί από την αίτηση. Οι τοποθεσίες που επιστρέφονται από τον εξυπηρετητή LDAP συμπεριλαμβάνονται στο πεδίο Contact των ακολούθων μηνυμάτων.
 3. Ο εξυπηρετητής proxy αποκτά μια πιο ακριβή τοποθεσία.
 4. Ο εξυπηρετητής proxy εκδίδει μια αίτηση SIP INVITE στην διεύθυνση / στις διευθύνσεις που επιστράφηκαν από την υπηρεσία τοποθεσίας.

5. Ο Αντιπρόσωπος Χρήστη εξυπηρετητή προειδοποιεί τον χρήστη και επιστρέφει μια επιτυχημένη ένδειξη στον εξυπηρετητή proxy.
6. Ο εξυπηρετητής proxy επιστρέφει το αποτέλεσμα επιτυχίας (OK) στον αρχικό καλούντα.
7. Ο καλών χρησιμοποιώντας μια αίτηση ACK επιβεβαιώνει την λήψη του μηνύματος.
8. Η αίτηση ACK προωθείται στον καλούμενο και μπορεί επίσης να σταλθεί απευθείας περνώντας τον proxy.



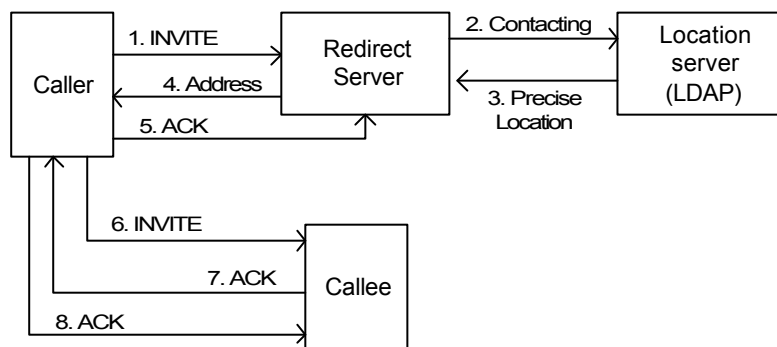
Σχήμα 8.12
Επικοινωνία μέσω εξυπηρετητή proxy

- Εάν ο εξυπηρετητής είναι επανακατεύθυνσης, η επικοινωνία τότε ολοκληρώνεται με έναν διαφορετικό τρόπο, που φαίνεται στο Σχήμα 8.13 και 8.14.



Σχήμα 8.13
Λειτουργία SIP στην κατάσταση επανακατεύθυνσης

1. Ο καλών στέλνει μια αίτηση SIP INVITE στον εξυπηρετητή επανακατεύθυνσης. Ο εξυπηρετητής επανακατεύθυνσης την δέχεται.
2. Ο εξυπηρετητής επανακατεύθυνσης επικοινωνεί με την υπηρεσία τοποθεσίας με όλη την διεύθυνση ή μέρος αυτής όπως εξηγήθηκε στον εξυπηρετητή proxy.
3. Ο εξυπηρετητής επανακατεύθυνσης αποκτά μια πιο ακριβή τοποθεσία.
4. Ο εξυπηρετητής επανακατεύθυνσης επιστρέφει την διεύθυνση στον καλούντα.
5. Η διεύθυνση αναγνωρίζεται από τον καλούντα μέσω μιας αίτησης ACK.
6. Ο καλών εκδίδει μια νέα αίτηση, με το ίδιο call-ID αλλά με μεγαλύτερο CSeq στην διεύθυνση που έχει επιστραφεί από τον πρώτο εξυπηρετητή.
7. Η κλήση επιτυγχάνει (OK).
8. Ο καλών και ο καλούμενος ολοκληρώνουν το 'handshake' με μια ACK.



Σχήμα 8.14

Εγκατάσταση κλήσης με τον εξυπηρετητή επανακατεύθυνσης

B. Σύγκριση PROXY SERVER και REDIRECT SERVER

Μετά την περιγραφή των διαφορετικών τρόπων εγκατάστασης της επικοινωνίας, επικεντρωνόμαστε στη σύγκριση μεταξύ των δυο ειδών εξυπηρετητών που αναφέρθηκαν (βλέπε Πίνακα 8.9). Ο εξυπηρετητής επανακατεύθυνσης απαιτεί μια ελάχιστη υλοποίηση για να επεξεργαστεί τις εισερχόμενες αιτήσεις και επιστρέφει την διεύθυνση του επόμενου εξυπηρετητή που πρέπει να έρθει κανείς σε επαφή με. Αντιθέτως, ο εξυπηρετητής proxy χρειάζεται περισσότερους υπολογιστικούς πόρους για να επεξεργαστεί τις αιτήσεις και να επιστρέψει μια απάντηση σύμφωνα με το περιεχόμενο της αίτησης. Το πλεονέκτημα του proxy είναι η ευελιξία

που παρέχεται για υλοποιήσεις υπηρεσίας μέσα στην αίτηση διαχείρισης εξυπηρετητή σύμφωνα με τις απαιτήσεις του χρήστη.

Πίνακας 8.9

Σύγκριση PROXY SERVER και REDIRECT SERVER

Εξυπηρετητής Proxy	Εξυπηρετητής Επανακατεύθυνσης
Μπορεί να αποθηκεύει ή όχι την κατάσταση κλήσης	Μεγάλη χωρητικότητα
Ευέλικτος, υλοποιήσεις υπηρεσιών δικτύου.	Ελάχιστο overhead κατάστασης
Αξιοπιστία επιτυγχάνεται μέσω αντιγραφής	Εκτέλεση υπηρεσίας προωθείται στον πελάτη
Επεκτασιμότητα επιτυγχάνεται μέσω διαχωρισμού	
Υπερφόρτωση δυνατή, ένα όχι σωστά επεκταθεί	

Γ. Εντοπισμός ενός χρήστη

Όταν ένας εξυπηρετητής proxy ή επανακατεύθυνσης επικοινωνήσει με έναν εξυπηρετητή τοποθεσίας, αυτός μπορεί να απαντήσει με μια λίστα από καμία έως πολλές διευθύνσεις στις οποίες ο χρήστης μπορεί να βρεθεί. Αυτό γιατί ο χρήστης μπορεί να έχει κάνει log από παραπάνω από ένα host, ή επειδή ο εξυπηρετητής τοποθεσίας έχει ανακριβείς πληροφορίες. Η ενέργεια που παίρνεται κατά την λήψη μιας λίστας από τοποθεσίες ποικίλει με τον τύπο του εξυπηρετητή SIP.

Ένας εξυπηρετητής επανακατεύθυνσης θα πει στον καλούντα όλες τις διευθύνσεις στις οποίες μπορεί να εντοπιστεί ο καλούμενος και είναι ο καλών που αποφασίζει τι να κάνει.

Ένας εξυπηρετητής proxy θα δοκιμάσει τις διευθύνσεις που δόθηκαν από τον εξυπηρετητή τοποθεσίας διαδοχικά μέχρι η κλήση να είναι επιτυχής ή ο καλούμενος να επιτρέψει την κλήση προς τα πίσω.

Για να ακολουθήσει τον δρόμο που πήρε ένα μήνυμα, όταν ο εξυπηρετητής proxy προωθεί μια αίτηση SIP προσθέτει έναν VIA-header στο μήνυμα με την διεύθυνσή του. Έτσι γίνεται η απάντηση να μπορεί να ακολουθήσει τον ίδιο δρόμο πίσω. Η σειρά των VIA-headers είναι σημαντική: ένα νέο πεδίο VIA-header πρέπει να προστεθεί στο τέλος της λίστας των VIA-headers του μηνύματος. Αυτό είναι επίσης χρήσιμο για την αποφυγή βρόχων. Ένας εξυπηρετητής proxy δεν πρέπει να προωθήσει μια αίτηση σε έναν εξυπηρετητή που είναι ήδη στην λίστα VIA-header.

Δ. Οι διευθύνσεις στο SIP

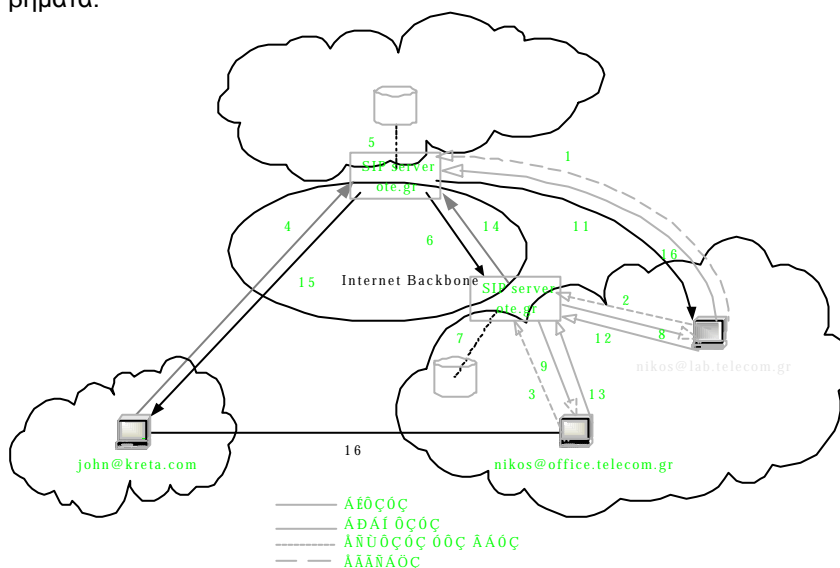
Τα αντικείμενα στα οποία απευθύνεται το SIP είναι χρήστες σε hosts που αναγνωρίζονται από μια SIP URL. Η μορφή της SIP URL είναι η εξής: user@host.

- Το μέρος user είναι ένα όνομα χρήστη, ένα πραγματικό όνομα ή ένας τηλεφωνικός αριθμός.
- Το μέρος host είναι είτε ένα όνομα μιας domain, έχοντας π.χ. μια αριθμητική διεύθυνση δικτύου.

Μια διεύθυνση SIP μπορεί να καθορίσει ένα πρόσωπο, το πρώτο διαθέσιμο άτομο από μια ομάδα από πρόσωπα ή μια ολόκληρη ομάδα. Οι SIP URLs χρησιμοποιούνται στα μηνύματα SIP για να υποδείξουν τον δημιουργό, τον τρέχον προορισμό και τον τελικό παραλήπτη μιας αίτησης SIP. Επίσης χρησιμοποιούνται για να προσδιορίσουν διευθύνσεις επανακατεύθυνσης, αν και αυτό δεν είναι πάντοτε ακριβές, επειδή μερικές από τις προαναφερθείσες διευθύνσεις μπορεί να μην είναι SIP URLs. Οι SIP URLs μπορεί επίσης να περιέχονται (embedded) σε web pages ή άλλα hyperlinks υποδεικνύοντας την χρήση της μεθόδου INVITE.

Ε. Παράδειγμα κινητικότητας στο SIP

Σε αυτή την ενότητα θα αναφερθούμε σε ένα από τα πιο δελεαστικά χαρακτηριστικά του SIP. Υποστηρίζει προχωρημένες υπηρεσίες κινητικότητας χρήστη. Στη συνέχεια περιγράφεται ένα πιθανό πραγματικό σενάριο για να παρουσιαστεί ο τρόπος λειτουργίας της υπηρεσίας προώθησης της κλήσης. Χρησιμοποιείται το Σχήμα 8.15 για να διευκρινίστουν τα διακεκριμένα βήματα.



Σχήμα 8.15

Ένα παράδειγμα της υπηρεσίας κινητικότητας του SIP

Ένας χρήστης του συστήματος ο Νίκος διατηρεί γραφείο στον ΟΤΕ και παράλληλα είναι βοηθός καθηγητή στο Ε.Μ.Π στο εργαστήριο Telecom, όπου έχει άλλο ένα γραφείο και ένα εργαστήριο. Ο Νίκος κοινοποιεί μια μοναδική διεύθυνση τηλεφωνίας IP, η οποία είναι: `nikos@ote.gr`. Όταν ο

Νίκος είναι στο telecom, στέλνει ένα μήνυμα REGISTER στον εξυπηρετητή SIP του ΟΤΕ (1), δίνοντάς του τη διεύθυνσή του στο telecom (nikos@telecom.ntua.gr) σαν τη διεύθυνση για προώθηση. Όταν είναι στο telecom ο Νίκος εγγράφει και το μηχάνημά του στο εργαστήριο (2) και το μηχάνημα στο γραφείο στον εξυπηρετητή εγγραφής του telecom (3). Την τελευταία φορά που ο Νίκος ήταν στο telecom έστησε το μηχάνημά του στο εργαστήριο να προωθεί αυτόματα τις κλήσεις στη διεύθυνσή του στον ΟΤΕ.

Κάποια στιγμή ο John (john@kreta.com) καλεί το nikos@ote.gr, και ο εξυπηρετητής SIP στον ΟΤΕ που δέχεται την κλήση (4), ελέγχει τις κατάλληλες βάσεις δεδομένων (5), και αποφασίζει να προωθήσει την αίτηση στο nikos@telecom.ntua.gr (6). Στη συνέχεια ο εξυπηρετητής του telecom ψάχνει το nikos@telecom.ntua.gr στις κατάλληλες βάσεις δεδομένων (7) και αποφασίζει ότι έχει δύο δυνατούς τρόπους επικοινωνίας. Ο εξυπηρετητής στέλνει αίτηση κλήσης στο γραφείο και στο εργαστήριο ταυτόχρονα (8, 9), με αποτέλεσμα να χτυπήσει το τηλέφωνο στο γραφείο. Το τηλέφωνο στο εργαστήριο λαμβάνει την αίτηση και σύμφωνα με τη ρύθμισή του προωθεί την κλήση στον ΟΤΕ (10). Με τη χρήση δυνατοτήτων ανίχνευσης βρόγχων του SIP ο εξυπηρετητής του ΟΤΕ αποφασίζει ότι έχει συμβεί κάποιο λάθος και επιστρέφει μια απάντηση λάθους στο μηχάνημα του εργαστηρίου (11). Αυτό με τη σειρά του επιστρέφει έναν κωδικό λάθους στον εξυπηρετητή του telecom (12).

Εντωμεταξύ ο Νίκος απαντά το τηλέφωνο στο γραφείο στέλνοντας μία απάντηση αποδοχής πίσω στον εξυπηρετητή του telecom (13). Έχοντας αυτός λάβει δύο απαντήσεις προωθεί την αποδοχή της κλήσης πίσω στον εξυπηρετητή του ΟΤΕ (14), ο οποίος προωθεί την αίτηση πίσω στον αρχικό καλούντα (15). Σε αυτό το σημείο ο εξυπηρετητής του ΟΤΕ και του telecom μπορούν να καταστρέψουν όλες τις καταστάσεις της κλήσης αν το επιλέξουν. Μελλοντικές συναλλαγές κλήσεων μπορούν να γίνουν απευθείας μεταξύ του Γιάννη και του Νίκου χωρίς τη διαμεσολάβηση των ενδιάμεσων εξυπηρετητών (16).

Το παραπάνω λοιπόν παράδειγμα επεξηγεί έναν αριθμό σημαντικών στοιχείων του SIP. Πρώτον δείχνει πώς μια αίτηση κλήσης μπορεί να ξεκινήσει την ανακάλυψη της θέσης ενός χρήστη. Δεύτερον δείχνει τα στοιχεία ανίχνευσης βρόγχων του SIP και τρίτον πώς ένας εξυπηρετητής μπορεί να κάνει ταυτόχρονα αιτήσεις για να επιταχύνει τη διαδικασία επικοινωνίας με τον επιθυμητό χρήστη. Τέλος δείχνει ότι ένας εξυπηρετητής SIP χρησιμοποιείται συνήθως μόνο για την αρχικοποίηση της εγκατάστασης της κλήσης.

Σύγκριση SIP και H.323

Με σκοπό την παροχή χρήσιμων υπηρεσιών, η τηλεφωνία Internet απαιτεί ένα σύνολο από πρωτόκολλα ελέγχου για την εγκατάσταση της σύνδεσης, δυνατότητες συναλλαγών, και έλεγχος σύσκεψης. Δυο πρότυπα εμφανίστηκαν για να ικανοποιήσουν αυτή την ανάγκη. Το ένα είναι μια σύσταση της ITU το H.323. και το άλλο είναι της IETF το πρωτόκολλο έναρξης συνόδου. Αυτά τα δυο πρωτόκολλα

αντιπροσωπεύουν πολύ διαφορετικές προσεγγίσεις του ίδιου προβλήματος. Το H.323 αγκαλιάζει την πιο παραδοσιακή προσέγγιση σηματοδοσίας μεταγωγής κυκλώματος βασισμένη στο πρωτόκολλο ISDN Q.931 και των νωρίτερων συστάσεων της σειράς H. Από την άλλη πλευρά, το SIP ευνοεί την πιο ελαφριά προσέγγιση του Internet βασισμένη στο HTTP επαναχρησιμοποιώντας αρκετά πεδία της επικεφαλίδας, κανόνες κωδικοποίησης, κανόνες λαθών και μηχανισμούς εξακρίβωσης ταυτότητας.

Και στις δυο περιπτώσεις, δεδομένα πολυμέσων πιθανόν να ανταλλάχτουν μέσω RTP, έτσι ώστε η επιλογή της σουίτας πρωτοκόλλων να μην επηρεάζει την ποιότητα υπηρεσίας της τηλεφωνίας IP. Στην συνέχεια τα δυο πρωτόκολλα συγκρίνονται όσον αφορά τους όρους της πολυπλοκότητας, της προσαρμοστικότητας, της ουδετερότητας ως προς το πρωτόκολλο του στρώματος μεταφοράς, της επεκτασιμότητας και των υπηρεσιών.

Πολυπλοκότητα: Το H.323 είναι ένα μάλλον πολύπλοκο πρωτόκολλο. Η πολυπλοκότητά του απορρέει από τα εκατοντάδες στοιχεία που ορίζει και από την χρήση αρκετών συστατικών του πρωτοκόλλου. Δεν υπάρχει ακριβής διαχωρισμός αυτών των συστατικών και μερικές υπηρεσίες συνήθως απαιτούν αλληλεπίδραση μεταξύ μερικών για να επιτύχουν μια απλή ενέργεια. Επιπλέον, το H.323 χρησιμοποιεί μια δυαδική αναπαράσταση για τα μηνύματά του βασισμένη στην ASN.1 που συνήθως απαιτεί να αναλύσει ειδικές γεννήτριες κωδικών. Από την άλλη πλευρά το SIP έχει μόνο 37 επικεφαλίδες με έναν μικρό αριθμό τιμών και παραμέτρων που περιέχουν περισσότερες πληροφορίες. Το SIP κωδικοποιεί τα μηνύματά του ως κείμενο, παρόμοια με το HTTP και το Real Time Streaming Protocol. Αυτό οδηγεί σε απλή ανάλυση και γέννηση, ειδικά όταν γίνεται με ισχυρές γλώσσες επεξεργασίας κειμένου όπως η XML, Perl και άλλες.

Προσαρμοστικότητα: Το SIP είναι ένα αρκετά προσαρμοστικό πρωτόκολλο. Εμπρικλείει βασική σηματοδοσία κλήσης, τοποθεσία χρήστη και εγγραφή. Ποιότητα υπηρεσίας, πρόσβαση σε καταλόγους, υπηρεσίες καταλόγου, περιγραφή του περιεχομένου της κλήσης και έλεγχο σύσκεψης είναι όλα ορθογώνια και ανήκουν σε ξεχωριστά πρωτόκολλα. Επιπλέον, η προσαρμοστικότητα του SIP του επιτρέπει να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το H.323. Το H.323 είναι λιγότερο προσαρμοστικό από το SIP. Ορίζει μια κάθετα ολοκληρωμένη σουίτα πρωτοκόλλων για μια μόνο εφαρμογή. Η ανάμειξη υπηρεσιών που παρέχεται από τα συστατικά του H.323 περικλείουν δυνατότητες συναλλαγής, ελέγχου σύσκεψης, λειτουργίες συντήρησης, βασική σηματοδοσία, ποιότητα υπηρεσιών, εγγραφή και ανακάλυψη υπηρεσίας. Πέραν αυτού, αυτά πλέκονται μέσα στα διάφορα υπό πρωτόκολλα μέσα στο H.323. Καθώς αυτά ενοποιούνται σε ένα μόνο πρωτόκολλο, η αφαίρεση οπουδήποτε από αυτά και η χρήση ενός νέου ή ξεχωριστού πρωτοκόλλου για αυτή την λειτουργικότητα είναι πολύ δύσκολο.

Ουδετερότητα ως προς το πρωτόκολλο του στρώματος μεταφοράς: Το SIP μπορεί να μεταφέρεται πάνω από TCP ή UDP. Εάν είναι επιθυμητό,

το SIP μπορεί να τρέξει απευθείας στη κορυφή οποιουδήποτε πρωτοκόλλου προσφέροντας αξιόπιστο ή αναξιόπιστο ρεύμα οκτάδων ή υπηρεσίες datagram, συμπεριλαμβανομένου του ATM AAL5, IPX, X.25, χωρίς αλλαγές στο πρωτόκολλο. Δυστυχώς, το H.323 απαιτεί την χρήση ενός αξιόπιστου πρωτοκόλλου του στρώματος μεταφοράς.

Επεκτασιμότητα: Καθώς το Internet είναι ανοικτό, κατανομημένο και μια οντότητα που αναπτύσσεται, κανείς μπορεί να περιμένει επεκτάσεις στα πρωτόκολλα τηλεφωνίας Internet ώστε να είναι γενικά και μη συντονισμένα. Και το H.323 και το SIP παρέχουν μηχανισμούς επεκτασιμότητας αλλά το κρίσιμο θέμα για αυτό είναι τα codecs για τον ήχο και το βίντεο. Το SIP χρησιμοποιεί το Session Description Protocol για την μεταφορά των codecs που υποστηρίζονται από ένα τελικό σημείο σε μια σύνοδο. Τα Codecs αναγνωρίζονται από ονόματα, έτσι ώστε το SIP να μπορεί να δουλέψει με οποιοδήποτε codec. Στο H.323, κάθε codec πρέπει να καταγραφεί κεντρικά και να τυποποιηθεί. Επί του παρόντος, μόνο η ITU έχει αναπτύξει codecs που έχουν κωδικούς. Καθώς πολλά από αυτά μεταφέρουν σημαντική πνευματική ιδιοκτησία, δεν υπάρχει ελεύθερο υπό-28.8kbb/s codec, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο σύστημα H.323. Γενικά, αυτό παρουσιάζει έναν μεγάλο ύφαλο στην είσοδο των μικρών χρηστών.

Υπηρεσίες:Μια σύγκριση στις διαστάσεις είναι κάπως δύσκολο, καθώς το SIP και το H.323 προσφέρουν ισοδύναμες υπηρεσίες. Και τα δυο πρωτόκολλα υποστηρίζουν υπηρεσίες ελέγχου και παρέχουν υπηρεσίες δυνατότητας συναλλαγών. Σε αυτή την τελευταία θεώρηση, το H.323 έχει ένα πιο πλούσιο σύνολο λειτουργικότητας. Τα τερματικά μπορούν να εκφράσουν την ικανότητά τους να εκτελούν διάφορες κωδικοποιήσεις βασισμένα σε παραμέτρους των codecs, και βασισμένα σε ποια άλλα codecs χρησιμοποιούνται. Ωστόσο, οι περισσότερες υλοποιήσεις δεν τα απαιτούν, και η βασική ικανότητα ένδειξης του παραλήπτη που υποστηρίζεται από το SIP φαίνεται επαρκής. Στην περιοχή των υπηρεσιών προσωπικής κινητικότητας, το SIP παρέχει σημαντική υποστήριξη για αυτές, ενώ η υποστήριξη του H.323 είναι πιο περιορισμένη. Το H.323 δεν σχεδιάστηκε για λειτουργία σε ευρεία κλίμακα. Δεν έχει μηχανισμούς εντοπισμού βρόχων, προτιμήσεις δεν μπορούν να εκφραστούν και δεν επιτρέπει σε μια πύλη να διαπεράσει μια αίτηση σε πολλαπλούς εξυπηρετητές.

Και το H.323 και το SIP υποστηρίζουν συσκέψεις πολλαπλών συμμετεχόντων με multicast διανομή δεδομένων. Το πρόβλημα είναι ότι το H.323 απαιτεί ένα κεντρικό σημείο ελέγχου, που ονομάζεται MC, για την επεξεργασία της σηματοδότησης και επίσης άλλοι μηχανισμοί εξαρτώνται από το μέγεθος της σύσκεψης. Από την άλλη πλευρά, το SIP κλιμακώνεται καλά σε διαφορετικά μεγέθη συσκέψεων, δεν απαιτεί ένα MC, και ο συντονισμός των συσκέψεων είναι πλήρως κατανομημένος. Το H.323 υποστηρίζει υπηρεσία ελέγχου συσκέψεως ενώ το SIP δεν υποστηρίζει. Το SIP βασίζεται αντίθετα σε άλλα πρωτόκολλα για αυτή την υπηρεσία.(π.χ. RTCP).

Συμπεράσματα

Συγκρίναμε το SIP και το H.323 ως προς τους όρους της πολυπλοκότητας, της προσαρμοστικότητας, της ουδετερότητας ως προ το πρωτόκολλο του στρώματος μεταφοράς, την επεκτασιμότητα και τις υπηρεσίες. Βρήκαμε ότι το SIP παρέχει χαμηλότερη πολυπλοκότητα, λογική προσαρμοστικότητα και σημαντική επεκτασιμότητα. Περίπου και τα δυο πρωτόκολλα παρέχουν μια παρόμοια σειρά από υπηρεσίες αλλά υπάρχουν κάποιες διαφορές στους απαιτούμενους μηχανισμούς.

Περισσότερο από πριν από ένα χρόνο, όταν το SIP φάνηκε ότι ήταν ένα ισχυρό αλλά αρκετά άγνωστο πρωτόκολλο, το πρωτόκολλο H.323 κυριαρχούσε στην τηλεφωνία IP. Ωστόσο, όλες οι μεγάλες εταιρείες άρχιζαν γρήγορα να υποστηρίζουν το SIP και δημιούργησαν τεχνικές ομάδες για την ανάπτυξη εφαρμογών που να χρησιμοποιούν το SIP. Το H.323 συνεχίζει αλλά το SIP αναπτύσσεται πολύ γρήγορα και όλο και περισσότερα προοδευμένα στοιχεία υλοποιούνται κάθε μήνα.

Αναμφίβολα ο καθένας που θέλει να χρησιμοποιήσει ενοποιημένα μεγάλα δίκτυα φωνής και δεδομένων πρέπει επίσης να εξασφαλίσει ότι ο εξοπλισμός που χρησιμοποιεί μπορεί να αναβαθμιστεί για να υποστηρίξει το SIP. Για να ενσωματωθεί μια προοδευμένη υποστήριξη φωνής στα δίκτυα δεδομένων, τα πρωτόκολλα θα πρέπει να στοχεύουν κατευθείαν στις υπηρεσίες χρήστη. Τα προϊόντα θα πρέπει εύκολα να ενσωματώνονται σε ένα πραγματικό δίκτυο με μικρή τροποποίηση στην θεμελιώδη υποδομή του. Τα πρωτόκολλα θα πρέπει να είναι εύκολα επεκτάσιμα χωρίς να καταστρέφουν υπάρχοντες υλοποιήσεις. Βασισμένο σε αυτά τα κριτήρια το SIP φαίνεται να είναι ο νικητής στον αγώνα δημιουργίας υπηρεσίας φωνής πάνω από πακέτα. Ο Πίνακας 8.10 δίνει μια περίληψη των δυνατοτήτων του H.323 και του SIP.

Πίνακας 8.10

Περίληψη σύγκρισης πρωτοκόλλων

	H.323v3	SIP
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ		
Υπηρεσίες Ελέγχου της κλήσης:		
Αναμονή κλήσης	√	√
Μεταφορά κλήσης	√	√
Προώθηση κλήσης	√	√
Προχωρημένα στοιχεία:		
Έλεγχος από τρίτο μέρος	×	√
Σύσκεψη	√	√
Κλικ για τηλεφώνημα	√	√
Δυνατότητες Διαπραγμάτευσης	√ καλύτερη	√
ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ		
Καθυστέρηση Εγκατάσταση κλήσης	2~3 RTT	2~3 RTT
Αξιοπιστία:		
Ανάκαμψη μετά από απώλεια πακέτου	√	√

	Ανίχνευση λαθών	√	√
	Ανθεκτικότητα σε λάθη	καλύτερη	καλή
ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ			
	Έλεγχος αποδοχής	√	×
	Έλεγχος αστυνόμευσης	√	×
	Δέσμευση πόρων	×	×
ΚΛΙΜΑΚΩΣΗ			
	Πολυπλοκότητα	περισσότερη	λιγότερη
	Επεξεργασία εξυπηρετητή	με/χωρίς αποθήκευση κατάστασης	με/χωρίς αποθήκευση κατάστασης
	Επικοινωνία μεταξύ εξυπηρετητών	√	√
ΕΥΕΛΙΞΙΑ			
	Ουδετερότητα ως πρωτόκολλο στρώματος μεταφοράς	TCP/UDP	TCP/UDP
	Επεκτασιμότητα λειτουργικότητας	καθορισμένη από κατασκευαστή ή	√, IANA
	Ευκολία προσαρμογής ως προς απαιτήσεις του χρήστη	δυσκολότερη	ευκολότερη
ΔΙΑΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ			
	Συμβατό ως προς τις εκδόσεις	√	άγνωστο
	Διαλειτουργικότητα με τη σηματοδασία SCN	καλύτερη	χειρότερη
ΕΥΚΟΛΗ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ			
	Κωδικοποίηση πρωτοκόλλου	δυναμική	κείμενο