



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΗΠΕΙΡΟΥ

TECHNOLOGICAL EDUCATIONAL INSTITUTE OF EPIRUS

ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ

Τμήμα: Τηλεπληροφορικής και Διοίκησης

ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ΚΟΚΚΑΛΗ

«Η Τεχνολογία Voice over IP»

Νοέμβριος – 2006

«Η Τεχνολογία Voice over IP»

ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ΚΟΚΚΑΛΗ

13/11/2006

Υπεύθυνος Καθηγητής:

Αγγέλης Κωνσταντίνος

Πτυχιακή Εργασία μέρος των απαιτήσεων
Του τμήματος Τηλεπληροφορικής και Διοίκησης

Αφιέρωση

Την πτυχιακή μου την αφιερώνω στους γονείς μου γιατί είναι αυτοί που μου έδωσαν την ευκαιρία να σπουδάσω πάνω στο αντικείμενο που ήθελα. Επίσης την αφιερώνω και στους καθηγητές μου που χάρη σε αυτούς έμαθα πολλά πράγματα τα οποία θα μου χρειαστούν στο μέλλον.

Abstract

Το Voice over IP είναι μια σχετικά καινούργια τεχνολογία η οποία προσφέρει φωνητική συνομιλία σε πραγματικό χρόνο με σχετικά καλή ποιότητα και μειωμένο κόστος. Αυτή η τεχνολογία βασίζεται στις βασικές αρχές της τηλεφωνίας και είναι σαφώς ανώτερη από παλαιότερες, όπως τα αναλογικά τηλέφωνα, αλλά και από σύγχρονες τεχνολογίες, όπως η PSTN και η ISDN.

Το VoIP χρησιμοποιεί ως υπόβαθρο τηλεπικοινωνιακά δίκτυα παρέχοντας τη δυνατότητα σύγκλισης δεδομένων και φωνής, δηλαδή την κωδικοποίηση ή ψηφιοποίηση του σήματος της φωνής. Η σύγκλιση της μεταφοράς των δεδομένων μαζί με τη φωνή, γίνεται με τη βοήθεια συγκεκριμένων πρωτοκόλλων. Μερικά πρωτόκολλα αναλαμβάνουν την έναρξη της συνομιλίας, την ψηφιοποίηση της φωνής, τη μεταφορά της, και τη λήξη της συνομιλίας. Άλλα πρωτόκολλα εξασφαλίζουν την ποιότητα της φωνής κατά τη συνδιάλεξη, ώστε να φτάνει ή να ξεπερνά την ποιότητα των παραδοσιακών τηλεφωνικών δικτύων.

Η υλοποίηση του VoIP δεν περιορίζεται σε συγκεκριμένους τύπους δικτύων, όπως τα δίκτυα IP, αλλά μπορεί να χρησιμοποιήσει ως υπόβαθρο διάφορους τύπους δικτύων (όπως είναι το frame relay) και μέσα μετάδοσης (δορυφόρους, οπτικές ίνες, κ.α.), χρησιμοποιώντας διαφορετικά πρωτόκολλα και πύλες διασύνδεσης σε κάθε περίπτωση.

Με βάση το γεγονός ότι το VoIP προσφέρει χαμηλότερο κόστος επικοινωνίας, πολλές άλλες τεχνολογίες βασίστηκαν στον τρόπο λειτουργίας του για να προσφέρουν παραδοσιακές υπηρεσίες με λιγότερο κόστος. Μια από αυτές είναι το Fax over IP, που προσφέρει υπηρεσίες τηλεομοιοτυπίας μέσω του Internet ή άλλων δικτύων.

Μια κλήση VoIP, γίνεται είτε από PC σε PC, είτε με κάποια από τις ειδικές τηλεφωνικές συσκευές USB VoIP, οι οποίες καθιστούν τις κλήσεις, κυρίως μέσω του Internet, πιο λειτουργικές. Το κόστος του VoIP είναι πολύ χαμηλό και στο μέλλον αναμένεται χαμηλότερο, άρα τα οφέλη από τη χρήση του θα μεγαλώνουν συνεχώς.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Voice over IP	1
1. Εισαγωγή.....	1
2. Βασικές Έννοιες Τηλεφωνίας.....	2
3. Χρησιμοποιώντας το Δημόσιο Τηλεφωνικό Δίκτυο Μεταγωγής (PSTN)	4
4. Εισαγωγή στις Επικοινωνίες Δεδομένων.....	8
4.1. Τοπικά Δίκτυα.....	9
4.2. Δίκτυα Ευρείας Περιοχής	11
5. Σημαντικές Έννοιες στο VoIP	13
6. Σύγκλιση Δεδομένων και Φωνής.....	15
6.1. Καλώντας μέσω VoIP	17
7. Πρότυπα Κωδικοποίησης Φωνής	22
8. Γιατί να χρησιμοποιήσουμε Συνδυασμό Δεδομένων και Φωνής;	30
8.1. Μεταγωγή Κυκλώματος Έναντι Μεταγωγής Πακέτου	32
8.2. Πλεονεκτήματα του VoIP	33
9. Δεδομένα Αγοράς για το VoIP	37
9.1. Στοιχεία για την Αγορά του VoIP.....	37
9.2. Τμήματα Αγοράς στο VoIP	38
10. Στρατηγικές για υλοποίηση VoIP δικτύων	39
11. Προκλήσεις στο σχεδιασμό Συστημάτων Φωνής βασισμένων σε IP	44
12. Ποιότητα Υπηρεσιών.....	45
13. Τεχνολογίες Πυλών VoIP	49
14. Επεξεργασία Φωνής με VoIP	50
15. Θέματα καθυστερήσεων και Ηχώ στο VoIP.....	51
16. Τηλεφωνική Σηματοδότηση του VoIP	53
17. Παραλλαγές του VoIP	55
17.1 Τηλεομοιοτυπία μέσω IP (FoIP).....	56
17.2 Τηλεφωνία μέσω DSL (VoDSL)	56
17.3 Τηλεφωνία μέσω καλωδιακής τηλεόρασης (VoCable)	58
17.4 Τηλεφωνία μέσω Frame Relay	60
18. Δικτυοτηλέφωνα	63
19. Συμπέρασμα.....	64

ΛΙΣΤΑ ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ

ACELP	Algebraic Code Excited Linear Predictive
ADPCM	Adaptive Differential Pulse Code Modulation
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
AEDPCM	Adaptive Embedded Differential Pulse Code Modulation
AFE	Analog Front End
ANSI	American National Standards Institute
ARP	Address Resolution Protocol
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BSD	Berkeley Software Distribution
CATV	Cable TV
CELP	Codebook Excited Linear Prediction
CLEC	Competitive Local Exchange Carrier
CMTS	Cable Modem Termination Station
CNG	Comfort Noise Generation
CO	Central Office
CODEC	από τις λέξεις <u>C</u> oder, <u>D</u> ecoder
COPS	Common Open Policy Service
CPE	Customer Premise Equipment
CS-ACELP	Conjugate Structure Algebraic Code Excited Linear Predictive
DAVC	Digital Audio Video Council
DNS	Domain Name System
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification
DSL	Digital Subscriber Line
DTMF	Dual Tone Multi Frequency
ETSI	European Telecommunication Standards Institute
FIR	Finite Impulse Response
FoIP	Fax over Internet Protocol
FTP	File Transfer Protocol
GCP	Gateway Control Protocol
HTTP	HyperText Transfer Protocol
IAD	Integrated Access Device
ICC	Interstate Commerce Commission
IECs	InterExchange Carriers
IETF	Internet Engineering Task Force
IP	Internet Protocol
IPDC	Internet Protocol Device Control
IPv6	Internet Protocol version 6
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISP	Internet Services Provider
ISUP	Integrated Services Digital Network User Part
ITU	International Telecommunications Union
Kbps	Kilobits per second
Kbyte	Kilo Byte
KHz	Kilohertz
LAN	Local Area Network

LD-CELP	Low Delay - Code Excited Linear Prediction
LECs	Local Exchange Carriers
MAC address	Media Access Control address
MG	Media Gateway
MGCP	Multimedia Gateway Control Protocol
MPE	Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics
MSOs	Multiple Service Operators
NIC	Network Interface Card
OS	Ordnance Survey
OSI	Open Source Initiative
PBX	Private Branch Exchange
PC	Personal Computer
PCM	Pulse Code Modulation
POTS	Plain Old Telephone Service
PSTN	Public Switched Telephone Network
QoS	Quality of Service
RAP	Resource Allocation Protocol
RAS	Royal Astronomical Society
RFCs	Request for Comments
RSVP	Resource Reservation Protocol
RTCP	Real - time Transport Control Protocol
RTOS	Real Time Operating Systems
RTP	Real - time Transport Protocol
RTSP	Real Time Streaming Protocol
SAP	Session Announcement Protocol
SCPs	Service Control Points
SDP	Session Description Protocol
SG	Signaling Gateway
SGCP	Simple Gateway Control Protocol
SIP	Session Initiation Protocol
SS7	Signaling System 7
STPs	Signal Transfer Points
TCP	Transmission Control Protocol
TDM	Time Division Multiplexing
TOS	Type of Service
TSG	Telephony Signaling Gateway
TV	Tele Vision
UDP	User Datagram Protocol
USB	Universal Serial Bus
UTP	Unshielded Twisted Pair
VAD	Voice Activation Detection
VoCable	Voice over Cable
VoDSL	Voice over Digital Subscriber Line
VoIP	Voice over Internet Protocol
WAN	Wide Area Network

ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΜΗ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ

Όλες οι προτάσεις οι οποίες παρουσιάζονται σ' αυτό το κείμενο και οι οποίες ανήκουν σε άλλους αναγνωρίζονται από τα εισαγωγικά και υπάρχει η σαφής δήλωση του συγγραφέα. Τα υπόλοιπα γραφόμενα είναι επινόηση του γράφοντος ο οποίος φέρει και την καθολική ευθύνη γι' αυτό το κείμενο, και δηλώνω υπεύθυνα ότι δεν υπάρχει λογοκλοπή γι' αυτό το κείμενο.

Όνοματεπώνυμο:

Υπογραφή Ημερομηνία

Voice over IP

1. Εισαγωγή

Το Voice over IP (VoIP) είναι μια σχετικά καινούρια τεχνολογία η οποία προσφέρει φωνητική συνομιλία σε πραγματικό χρόνο με σχετικά καλή ποιότητα και στην ουσία χωρίς κόστος. Για την υλοποίησή της ευθύνονται ορισμένες σύγχρονες τεχνολογίες που επιτρέπουν τη σύγκλιση δεδομένων και φωνής. Βασική λειτουργία του VoIP είναι να κωδικοποιεί τη φωνή και να την στέλνει σαν να ήταν δεδομένα, ή μαζί με δεδομένα. Υπάρχουν κάποια συγκεκριμένα διεθνή πρότυπα μέσω των οποίων κωδικοποιείται η φωνή, ώστε να επιτυγχάνεται και η αποστολή της φωνής με τη μορφή δεδομένων αλλά και καλύτερη ποιότητα σήματος και φωνής. Κυρίως όμως, μέσω των προτύπων αυτών, είναι δυνατή η χρήση διαφόρων εφαρμογών και συσκευών. Επιπλέον, η υλοποίηση της δεν περιορίζεται σε IP δίκτυα, αλλά μπορεί να χρησιμοποιήσει ως υπόβαθρο διάφορους τύπους δικτύων (όπως είναι το frame relay). Λόγω της ύπαρξης διαφορετικών μέσων μετάδοσης, χρειάζονται κανόνες μεταφοράς και ελέγχου των συσκευών διακλάδωσης (πυλών).

Παλαιότερα υπήρχε απλά το τηλέφωνο. Σήμερα υπάρχουν πολλές τεχνολογίες που μπορούν να ονομαστούν «το τηλέφωνο». Για παράδειγμα, προγράμματα ή συσκευές μπορούν να χρησιμοποιήσουν το Voice over IP μέσα από το Δημόσιο Τηλεφωνικό Δίκτυο Μεταγωγής (PSTN) το οποίο είναι αμιγώς αναλογικό, μετατρέποντας το αναλογικό σε ψηφιακό σήμα και το αντίθετο. Στην αρχή αυτό γίνονταν μόνο από PC σε PC, όπου κάποιο από αυτά αναλάμβανε το ρόλο του εξυπηρετητή (server), ενώ τα υπόλοιπα ήταν σε κατάσταση πελάτη (client), μέσω κάποιου ειδικού software. Στην αγορά αυτή τη στιγμή είναι διαθέσιμα πολλά προϊόντα VoIP που επιτυγχάνουν καλύτερο ήχο και λιγότερη καθυστέρηση από ότι πριν μερικά χρόνια, δηλαδή καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών. Υπάρχουν επίσης ειδικές τηλεφωνικές συσκευές USB VoIP, οι οποίες καθιστούν τις κλήσεις μέσω Internet πιο λειτουργικές. Υπάρχουν εταιρίες σταθερής τηλεφωνίας που, εκμεταλλευόμενες το

VoIP, επιτυγχάνουν μειωμένες τιμές σε αστικές, και κυρίως σε υπεραστικές κλήσεις. Φυσικά, η τεχνολογία δεν τελειώνει εδώ. Κι άλλες τεχνολογίες χρησιμοποιούν σαν βάση το VoIP για να μεταφέρουν φαξ, ή βίντεο μέσω υπαρχόντων δικτύων.

2. Βασικές Έννοιες Τηλεφωνίας

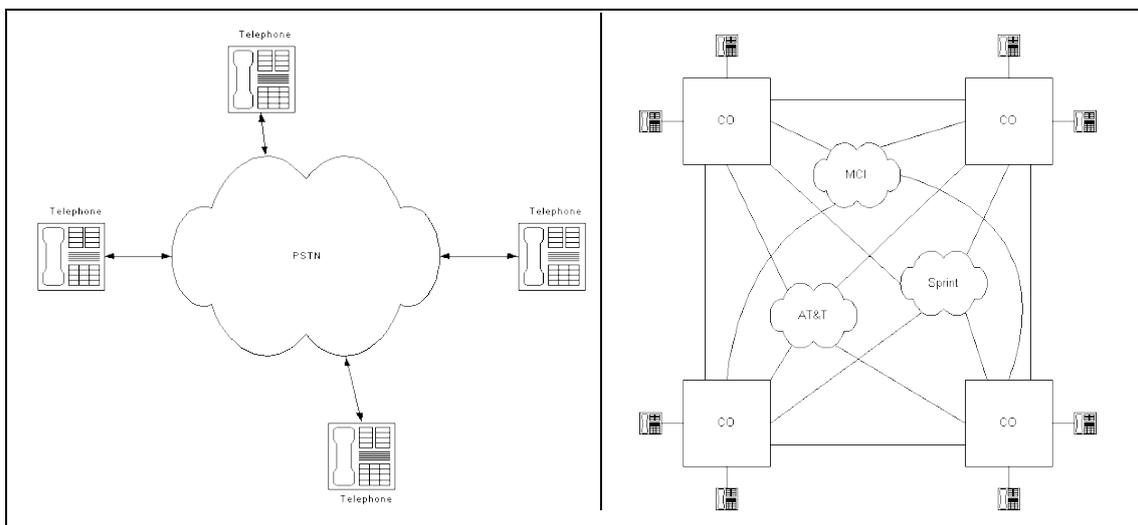
Η τηλεφωνία είναι μια αρκετά παλιά ανακάλυψη. Ανακαλύφθηκε από τον Alexander Graham Bell το 1876. Μέχρι το 1894 η μόνη εταιρία που μπορούσε να προσφέρει τηλεφωνία ήταν η εταιρία Bell, λόγω των πατεντών που κρατούσε. Μετά τη λήξη των πατεντών 6,000 εταιρίες ανταγωνίζονταν στον τομέα των τηλεπικοινωνιών στην Αμερική μόνο. Οι συνδρομητές της κάθε εταιρίας δεν μπορούσαν να συνομιλήσουν με συνδρομητές άλλων εταιριών, γιατί δεν υπήρχαν σύνδεσμοι μεταξύ τους. Έτσι, λόγω του μεγέθους της, και της εξαγοράς μικρότερων εταιριών, η AT&T (όπως μετονομάστηκε η εταιρία του Bell) έγινε ουσιαστικά ο μοναδικός φορέας τηλεπικοινωνιών, και ρύθμιζε τους κανόνες της τηλεφωνίας σε ολόκληρη την Αμερική.

Το 1910 η Επιτροπή Διαπολιτειακού Εμπορίου (Interstate Commerce Commission – ICC) ανέλαβε να θέτει τους κανόνες των τηλεπικοινωνιών, τυποποιώντας για πρώτη φορά την τηλεφωνία. Όμως, μέχρι τη δεκαετία του 80 λίγες εταιρίες ασχολούνταν με την τηλεφωνία, καθώς η AT&T ήταν ακόμα μονοπώλιο. Όταν η Αμερικανική κυβέρνηση διαίρεσε την AT&T, το 1984, επήλθε ουσιαστικά η πραγματική τυποποίηση της τηλεφωνίας όπως τη γνωρίζουμε.

Το ίδιο έγινε στην Ελλάδα πριν από λίγα χρόνια, όταν δημιουργήθηκε η Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων (ΕΕΤΤ) η Εθνική Ρυθμιστική Αρχή η οποία ιδρύθηκε το 1992 και λειτούργησε το 1995 με σκοπό να επιβλέπει και να ρυθμίζει την τηλεπικοινωνιακή αγορά, και την αγορά των ταχυδρομείων. Μετά από την ίδρυση της επιτροπής, ο ΟΤΕ έπαψε να είναι ο μοναδικός κρατικός φορέας τηλεπικοινωνιών και τηλεφωνίας, και τα κυκλώματά του μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και από άλλες εταιρίες. Έτσι, στην Αμερική του 1985 και στην Ελλάδα του 2004 άρχισαν να υπάρχουν πραγματικά πολλές εταιρίες που προσέφεραν τηλεφωνία και κατ' επέκταση τηλεπικοινωνίες και μερικές χρησιμοποιούν νέες

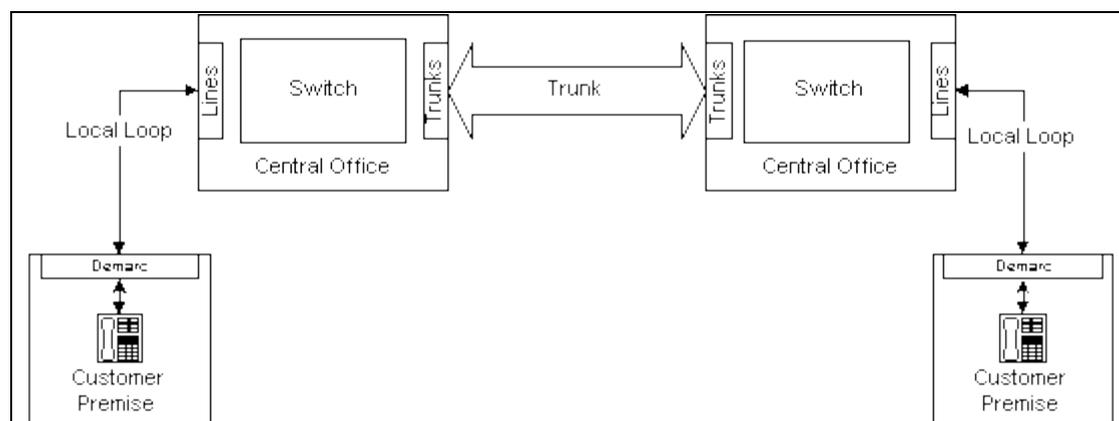
τεχνολογίες, όπως VoIP. Επίσης, τα παλιά εντελώς αναλογικά δίκτυα που ονομάζονται «POTS» (από το «Plain Old Telephone Service») έπαψαν να υπάρχουν στην Ελλάδα μετά την αντικατάσταση των παλιών κέντρων με ψηφιακά (PSTN).

Αυτό που στις μέρες μας ονομάζουμε «το τηλεφωνικό δίκτυο» ή το «Δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο» έχει την τεχνική ονομασία «PSTN», από το «Public Switched Telephone Network». Ο επίσημος ορισμός του είναι «Η πρόσβαση μέσω κλήσης (dial-up) που παρέχεται από έναν φορέα τηλεπικοινωνιών». Οι φορείς μπορεί να είναι υπεραστικοί ή τοπικοί. Οι Υπεραστικοί ή Διαμεταγωγικοί φορείς (InterExchange Carriers - IECs) συνδέουν τους Τοπικούς φορείς (Local Exchange Carriers - LECs), περίπου όπως ο ΟΤΕ συνδέει τις μικρότερες εταιρίες. Το κεντρικό γραφείο (Central Office ή CO) είναι το άκρο στο οποίο συνδέονται οι συνδρομητές της κάθε πόλης ή περιοχής.



Σχ. 1: Το PSTN όπως το «βλέπουμε»

Σχ.2: Το PSTN με λεπτομέρεια (ΗΠΑ)



Σχ.3: Λεπτομέρεια λειτουργίας των τοπικών φορέων (κόμβων) ή LEC. Συνδέουν τα τοπικά τηλέφωνα στα διάφορα κεντρικά γραφεία σε ένα τηλεφωνικό κορμό, που συνδέεται σε κάποιον Υπεραστικό φορέα ή IEC.

Πέρα από το PSTN, υπάρχουν και πολλά «ιδιωτικά» τηλεφωνικά δίκτυα (π.χ. στις μεγάλες εταιρίες) τα οποία ενώνονται με διάφορα ιδιωτικά τηλεφωνικά κέντρα (Private Branch Exchanges – PBXs). Ιδιωτικό θεωρείται ένα δίκτυο που δεν επιτρέπει (σε ορισμένους ανθρώπους) την πρόσβαση σε τηλέφωνα εκτός εταιρίας. Παράδειγμα, σε μια μεγάλη εταιρία που έχει δικό της τηλεφωνικό δίκτυο, μόνο τα υψηλόβαθμα στελέχη μπορούν να καλούν από το τηλέφωνό τους τηλέφωνα εκτός εταιρίας, ενώ τα υπόλοιπα μπορούν να καλούν μόνο τηλέφωνα μέσα στην εταιρία.

Η λέξη «τηλεπικοινωνίες» αρχικά αναφέρονταν στην επιστήμη που ασχολείται με την μετατροπή ήχων σε ηλεκτρικά σήματα και τη μεταφορά τους μέσω ενός δικτύου. Ο ορισμός της έχει διευρυνθεί τα τελευταία χρόνια. Τώρα οι τηλεπικοινωνίες περιλαμβάνουν και επικοινωνία ψηφιακών δεδομένων που δεν είναι ήχοι, καθώς και μέσα μετάδοσης όπως ηλεκτρομαγνητικά κύματα ή οπτικές ίνες, και πολύπλοκους τρόπους δικτύωσης μεταξύ τους. Έτσι, τώρα η λέξη «τηλεπικοινωνίες» αναφέρεται στη μετάδοση οποιουδήποτε σήματος μέσω οποιουδήποτε μέσου, πιθανώς μέσω διακλαδωτών, χρησιμοποιώντας την τεχνολογία που τυπικά ήταν συνδεδεμένη με τις επικοινωνίες φωνής. Αυτός ο όρος, όπως είναι φυσικό δεν περιλαμβάνει τα τοπικά δίκτυα, καθώς αυτά δεν χρησιμοποιούν το υπάρχον τηλεφωνικό δίκτυο.

3. Χρησιμοποιώντας το Δημόσιο Τηλεφωνικό Δίκτυο Μεταγωγής (PSTN)

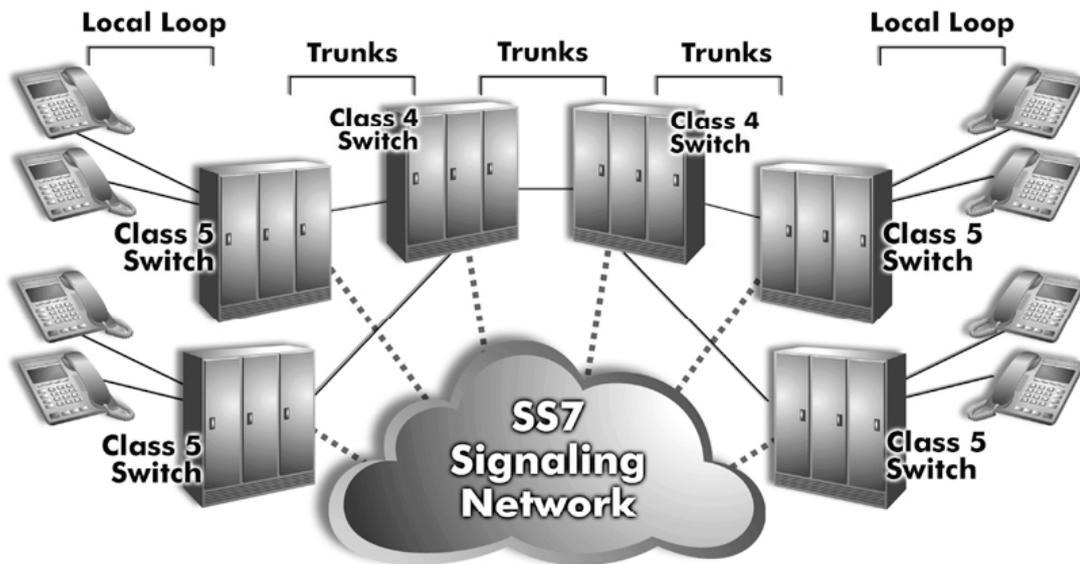
Ενώ όλοι μας είμαστε εξοικειωμένοι με τα βήματα που περιλαμβάνονται στην διαδικασία ενός τηλεφωνήματος, πρώτου να συζητήσουμε για τις τεχνολογίες σύγκλισης είναι σημαντικό να καταλάβουμε τη σημασία της βασικής υποδομής που χρησιμοποιείται για να γίνει μια τηλεφωνική κλήση σήμερα.

Η σημερινή φωνητική τηλεφωνία είναι βασισμένη σε μια υποδομή διακλάδωσης κυκλωμάτων (circuit-switched). Αυτό σημαίνει ότι όταν γίνεται η κλήση, το PSTN αφιερώνει για τη σύνδεση 64 Kbps, με ένα διατηρημένο εύρος ζώνης (bandwidth) σε όλη τη διαδρομή (end-to-end). Αυτό το εύρος ζώνης διατίθεται για όλη τη διάρκεια της κλήσης σε μια σταθερή πορεία ή ένα κανάλι. Αυτός ο τρόπος λειτουργίας αναφέρεται ως «προσανατολισμένη στη σύνδεση», και υπάρχει ένα σύνολο μηχανισμών που απαιτείται για να δημιουργήσει αυτές τις συνδέσεις. Ενώ εμείς δεν το γνωρίζουμε, σηκώνοντας ένα τηλέφωνο, η δημιουργία μιας κλήσης περιλαμβάνει σημαντική δραστηριότητα μέσα στο τηλεφωνικό σύστημα. Αυτές οι δραστηριότητες μπορούν να γίνουν με τον ακόλουθο τρόπο:

- Ο χρήστης σηκώνει το τηλέφωνο: Το τοπικό κεντρικό γραφείο (CO) ανιχνεύει και ελέγχει ότι οι ικανοποιητικοί πόροι (π.χ. γραμμές) είναι διαθέσιμοι μέσα στο διακόπτη συνδρομητών και δίνει έπειτα τον πίνακα χρηστών.

- Ο χρήστης σχηματίζει τον αριθμό: Αφού ο σχηματισμός είναι πλήρης ο διακόπτης συνδρομητών δημιουργεί μια σύνδεση ζητώντας να γίνεται διαβίβαση μέσω του δικτύου πακέτων που χρησιμοποιείται για τη διαχείριση συνδέσεων. Αυτή η διαδικασία αναφέρεται ως τη σηματοδότηση, και οι πόροι διατίθενται ως σύνδεση όπου το αίτημα διαδίδεται μέσω του δικτύου.

- Ο χρήστης περιμένει το συμβαλλόμενο μέρος που απαντά: Εάν οι πόροι μέχρι το άλλο άκρο είναι διαθέσιμοι ο χρήστης θα ακούσει τον ενδεικτικό ήχο. Εάν υπάρχει συμφόρηση στο δίκτυο ο χρήστης θα ακούσει ένα γρήγορο σήμα απασχολημένης γραμμής ή κάποιο άλλο ήχο. Από την τηλεφωνική συσκευή στο τοπικό κεντρικό γραφείο (CO) η φωνή διαβιβάζεται ως αναλογικά σήματα μέσα από τη σύνδεση (η σύνδεση έχει συνήθως δύο καλώδια). Το τοπικό κεντρικό γραφείο μετατρέπει τη σύνδεση από δύο σε τεσσάρων καλωδίων και μπορεί να ενεργοποιήσει «ακύρωση ηχώ» ιδιαίτερα σε κλήσεις μεγάλης απόστασης. Στο τοπικό κεντρικό γραφείο, η φωνή ψηφιοποιείται στα 8 KHz. Η ψηφιοποιημένη φωνή φθάνει στο τοπικό κεντρικό γραφείο του προορισμού μέσα από γέφυρες και διακλαδωτές. Η φωνή μετατρέπεται έπειτα σε αναλογικά σήματα και στέλνεται στο τηλέφωνο του αποδέκτη. Η διαδικασία είναι η ίδια και για την αποστολή φωνής από την τηλεφωνική συσκευή του αποδέκτη στον αρχικό χρήστη.



Σχ. 4: Το PSTN, λειτουργία, πρωτόκολλα και τρόποι διακλάδωσης.

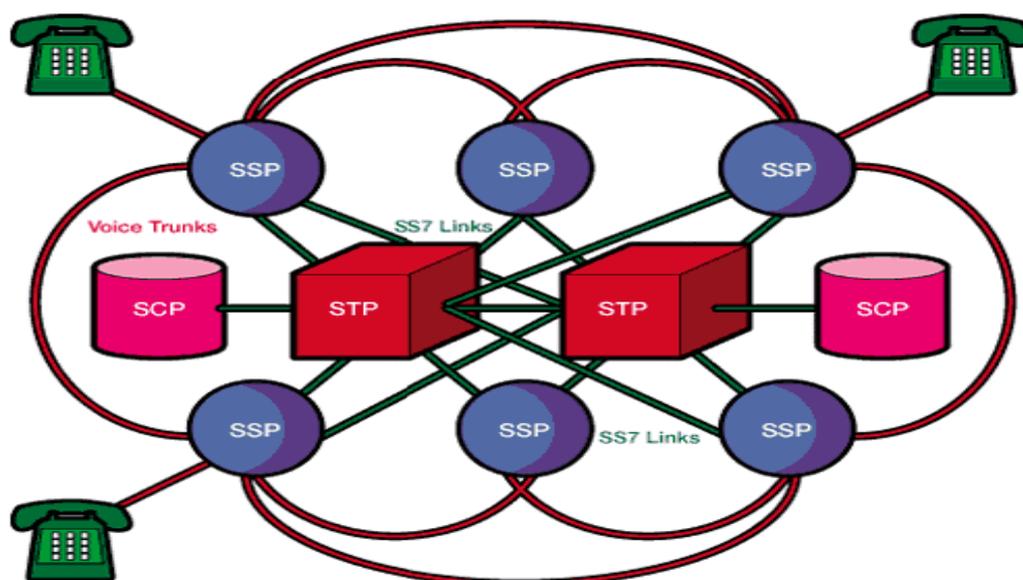
Το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο μεταγωγής (Public Switched Telephone Network - PSTN), προσφέρει δυνατότητα αμφίδρομης μετάδοσης φωνής, με μικρές καθυστερήσεις, αλλά με την εγγύηση ότι η κλήση θα εγκατασταθεί και θα ολοκληρωθεί. Η επίτευξη αυτής της ποιότητας υπηρεσιών γίνεται με τη δέσμευση ενός απ' άκρου σ' άκρο φυσικού κυκλώματος ανάμεσα στην πηγή και τον προορισμό της τηλεφωνικής κλήσης, για όσο χρόνο αυτή διαρκεί. Ο καλών χρησιμοποιεί το τηλέφωνό του για να συνδεθεί - με τη βοήθεια ενός αριθμού ιδιωτικών και δημοσίων μεταγωγέων ή διακλαδωτών (switches) - με την τηλεφωνική συσκευή του ατόμου με το οποίο θέλει να συνομιλήσει. Τα σήματα φωνής μεταφέρονται με την ίδια σειρά με την οποία δημιουργούνται, έτσι ώστε ο καλούμενος να μπορεί να κατανοήσει όσα λέγονται. Με την ολοκλήρωση της κλήσης, το μονοπάτι διαμέσου των μεταγωγέων που είχε προηγουμένως δημιουργηθεί, αποδεσμεύει όσους πόρους (γραμμές, διακλαδωτές, κτλ.) χρησιμοποίησε. Το PSTN θεωρείται "έξυπνο" δίκτυο υπό την έννοια ότι έχει τη δυνατότητα πρόσβασης σε πραγματικό χρόνο σε βάσεις δεδομένων προκειμένου να ελέγξει τη δρομολόγηση των τηλεφωνικών κλήσεων. Πολλές από τις πλέον γνωστές υπηρεσίες που προσφέρει σήμερα βασίζονται σ' αυτήν ακριβώς τη δυνατότητα. Παρακάτω αναφέρονται οι γνωστότερες:

1. Τηλεφωνικές υπηρεσίες χωρίς χρέωση (νούμερα που ξεκινούν με το 800). Για τη δρομολόγηση κλήσεων που αφορούν τέτοια νούμερα, θα πρέπει πρώτα να εντοπιστεί η κατάλληλη βάση δεδομένων και μετά να ερευνηθεί το τελικό τηλεφωνικό νούμερο που θα χρησιμοποιηθεί.

2. Ασύρματη περιαγωγή. Σ' αυτή την υπηρεσία, το δίκτυο χρησιμοποιεί μια σύνθετη σειρά από μηνύματα σήμανσης για να καταστήσει δυνατές εισερχόμενες και εξερχόμενες κλήσεις. Οι βάσεις δεδομένων των συνδρομητών ερευνώνται για να καθοριστούν τα δικαιώματα που υπάρχουν για περιαγωγή σε νέες περιοχές.

3. Τηλεφωνικές κάρτες. Όταν γίνεται μια κλήση με τηλεφωνική κάρτα, γίνεται προσπέλαση σε βάση δεδομένων για να προσδιοριστεί η εγκυρότητα της κάρτας και να γίνει η κατάλληλη χρέωση. Τέτοιου είδους υπηρεσίες προσδίδουν στο PSTN το χαρακτηρισμό «Έξυπνο Δίκτυο» ή Intelligent Network (IN). Οι υπηρεσίες «έξυπνου δικτύου» (IN) ελέγχονται από το πρωτόκολλο SS7.

Ένα απλό διάγραμμα των συστατικών του δικτύου φαίνεται στη συνέχεια. Τα Signal Service Points (SSPs) (σημεία σήμανσης των υπηρεσιών) είναι τηλεφωνικοί μεταγωγείς που εκκινούν και τερματίζουν μηνύματα SS7. Τα Signal Transfer Points (STPs) (σημεία μεταφοράς σήματος) είναι συσκευές που δρομολογούν μηνύματα SS7 μέσα στο δίκτυο. Τα Service Control Points (SCPs) (σημεία ελέγχου των υπηρεσιών) είναι εξυπηρετητές βάσεων δεδομένων.



Σχ. 5: Τα συστατικά του δικτύου PSTN.

4. Εισαγωγή στις Επικοινωνίες Δεδομένων

Οι επικοινωνίες δεδομένων είναι ένας κλάδος της επιστήμης των υπολογιστών ο οποίος παρουσιάζει μεγάλη εξέλιξη τα τελευταία χρόνια, καθώς το ενδιαφέρον για τις επικοινωνίες αυξάνεται ραγδαία. Ως ορισμό θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι επικοινωνίες δεδομένων ασχολούνται με τη μεταφορά δεδομένων ή πληροφοριών μεταξύ ενός πομπού και ενός δέκτη, όπου ο πομπός διαβιβάζει τα στοιχεία και ο δέκτης τα λαμβάνει. Η παραγωγή των πληροφοριών δεν είναι μέρος των επικοινωνιών δεδομένων όπως επίσης δεν είναι και η κατανάλωσή τους, ή η χρήση τους. Οι επικοινωνίες δεδομένων ενδιαφέρονται για τη μεταφορά των στοιχείων, καθώς επίσης και για τη μέθοδο μεταφοράς και διατήρησης των δεδομένων κατά τη διάρκεια της διαδικασίας μεταφοράς. Ο σκοπός των επικοινωνιών δεδομένων είναι να διαμορφώνουν τους κανόνες και τους κανονισμούς που επιτρέπουν σε υπολογιστές με διαφορετικά λειτουργικά συστήματα, γλώσσες, καλωδίωση και θέσεις να μοιραστούν πόρους και δεδομένα, που μπορούν να είναι εκτυπωτές, σαρωτές, δίσκοι και αρχεία. Οι κανόνες και οι κανονισμοί ονομάζονται πρωτόκολλα και πρότυπα και είναι πάρα πολλοί, μιας που υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι και μέσα μετάδοσης. Ως επί το πλείστον, όταν αναφερόμαστε στις επικοινωνίες δεδομένων, αναφερόμαστε σε Δίκτυα Υπολογιστών ή απλώς Δίκτυα.

Ένα δίκτυο αποτελείται από δύο ή περισσότερους υπολογιστές που συνδέονται μεταξύ τους. Μπορεί να είναι ένα τοπικό δίκτυο (σε περιορισμένο χώρο) ή να αποτελείται από πολλά τοπικά δίκτυα (LANs) που, συνδεδεμένα, να διαμορφώνουν ένα δίκτυο ευρείας περιοχής (WAN), το οποίο μπορεί να εκτείνεται ακόμα και πέρα από τα όρια μιας ηπείρου. Τα Δίκτυα, λοιπόν, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: τα τοπικά δίκτυα LAN (Local Area Network) και τα δίκτυα ευρείας περιοχής WAN (Wide Area Network).

4.1. Τοπικά Δίκτυα

Καθώς άρχισε να αναπτύσσεται το Internet σε πανεπιστήμια και σε ερευνητικά κέντρα, άρχισε να σχηματίζεται και μια άλλη ιδέα δικτύωσης, το τοπικό δίκτυο (Local Area Network – LAN). Τα LAN αναπτύχθηκαν μαζί με τη βιομηχανία των υπολογιστών και ήταν μια απάντηση στην ανάγκη που είχαν πολλά γραφεία να μοιράζονται μεταξύ τους πόρους υπολογιστών.

Τα πρώτα πρωτόκολλα LAN δεν παρείχαν πρόσβαση στο Internet και σχεδιάστηκαν με βάση συστήματα πρωτοκόλλων τρίτων κατασκευαστών. Μερικά δεν υποστήριζαν δρομολόγηση, δηλαδή σύνδεση μεταξύ διαφορετικών δικτύων. Τελικά, μερικές εταιρίες άρχισαν να χρειάζονται ένα πρωτόκολλο που θα μπορούσε να συνδέει μη συμβατά, μη συνεχόμενα LAN και άρχισαν να εξετάζουν το TCP/IP. Καθώς το Internet, το οποίο βασίζεται στο πρωτόκολλο TCP/IP, έγινε πιο δημοφιλές, οι χρήστες των LAN άρχισαν να ζητούν πρόσβαση στο Internet και άρχισαν να αναπτύσσονται διάφορες λύσεις για να μπορούν να συνδεθούν στο Internet οι χρήστες των LAN.

Δημιουργήθηκαν εξειδικευμένοι «έξοδοι», δηλαδή συσκευές και προγράμματα που παρείχαν την απαραίτητη μετάφραση στο πρωτόκολλο ώστε αυτά τα τοπικά δίκτυα να μπορούν να βγουν στο Internet. Σταδιακά, οι προμηθευτές λογισμικού LAN άρχισαν να παρέχουν πιο πλήρη υποστήριξη για το TCP/IP. Οι πρόσφατες εκδόσεις των NetWare, Mac OS και Windows έχουν συνεχίσει να επεκτείνουν το ρόλο του TCP/IP σε τοπικά δίκτυα. Το TCP/IP αναπτύχθηκε γύρω από το Unix και όλες οι ποικιλίες του Unix είναι συμβατές με TCP/IP. Η πρόσφατη δημοτικότητα των συστημάτων που βασίζονται στο Unix, όπως τα Linux, BSD, Solaris και Apple OS X, έχει αυξήσει την κυριαρχία του TCP/IP στα δίκτυα.

Το TCP/IP είναι ένα σύνολο πρωτοκόλλων δικτύου που χρησιμοποιούνται στο Internet και επίσης σε πολλά άλλα δίκτυα σε όλο τον κόσμο. Σε αυτό στηρίζεται ως επί το πλείστον και το VoIP, καθώς είναι πολύ επεκτάσιμο, σταθερό και παρέχει τους ελέγχους που απαιτούνται. Το TCP/IP περιλαμβάνει πολλές σημαντικές λειτουργίες όπως λογική διευθυνσιοδότηση, δρομολόγηση, υπηρεσία επίλυσης ονομάτων, έλεγχο λαθών και έλεγχο ροής, υποστήριξη εφαρμογών. Το TCP/IP

σχεδιάστηκε για να παρέχει αποκεντρωμένη δικτύωση σε ένα περιβάλλον με διαφορετικούς υπολογιστές.

Τα επίπεδα πρωτοκόλλου του μοντέλου TCP/IP είναι:

Επίπεδο Πρόσβασης Δικτύου (Network Access) – Παρέχει διασύνδεση με το δίκτυο. Μορφοποιεί τα δεδομένα ανάλογα με το υλικό μετάδοσης των δεδομένων και οι διευθύνσεις των δεδομένων του υποδικτύου, βασίζονται στις φυσικές διευθύνσεις του υλικού (hardware). Παρέχει έλεγχο λαθών για τα δεδομένα που παραδίδονται στο φυσικό δίκτυο.

Επίπεδο Internet – Παρέχει λογική διευθυνσιοδότηση, που είναι ανεξάρτητη από υλικό, έτσι ώστε τα δεδομένα να μπορούν να περνούν σε υποδίκτυα που έχουν διαφορετικές αρχιτεκτονικές. Παρέχει δρομολόγηση προκειμένου να περιοριστεί η κίνηση και υποστηρίζει παράδοση σε όλο το μήκος του διαδικτύου. Συσχετίζει φυσικές διευθύνσεις με λογικές διευθύνσεις.

Επίπεδο Μεταφοράς (Transport layer) – Παρέχει έλεγχο ροής, έλεγχο λαθών και υπηρεσίες γνωστοποίησης για το διαδίκτυο.

Επίπεδο Εφαρμογής (Application layer) – Παρέχει εφαρμογές για αντιμετώπιση προβλημάτων δικτύου, μεταφορά αρχείων, απομακρυσμένο έλεγχο και δραστηριότητες Internet.

Το πρωτόκολλο TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol), είναι αυτό που κατά κανόνα χρησιμοποιείται ως η προσημωμένη μέθοδος επικοινωνίας και διαμεταγωγής δεδομένων στο Internet. Βασίζεται στη λογική του «πακέτου» : στον κόμβο του αποστολέα το μήνυμα μετάδοσης τεμαχίζεται σε μικρά τμήματα σταθερού μεγέθους τα οποία μεταδίδονται ανεξάρτητα μέσω του δικτύου. Κάθε πακέτο μεταφέρει ζωτικά στοιχεία για τη δρομολόγησή του όπως (π.χ. η διεύθυνση προορισμού του) και ακολουθεί τη δική του διαδρομή μέσα στο δίκτυο. Στον κόμβο του παραλήπτη τα πακέτα συναρμολογούνται για να σχηματιστεί το αρχικό μήνυμα. Φυσικά, η όλη διαδικασία προϋποθέτει ότι κάθε υπολογιστής στο διαδίκτυο έχει τη δική του διεύθυνση επικοινωνίας (IP address). Με τον τρόπο αυτό, επιτεύχθηκε η δημιουργία κατακεντρωμένων δικτύων (distributed networks), τα οποία δεν εξαρτώνται από ένα κέντρο οργάνωσης / ελέγχου και άρα δεν χρειάζεται να στηρίζουν τη λειτουργία τους σε κάποιο κεντρικό υπολογιστή.

Το TCP προσφέρει ένα αξιόπιστο πρωτόκολλο πάνω από το IP. Εγγυάται ότι τα πακέτα θα παραδοθούν στον προορισμό τους, ότι θα φτάσουν με τη σειρά με την οποία στάλθηκαν και ότι τα περιεχόμενα των πακέτων θα φτάσουν αναλλοίωτα (δηλ. όπως στάλθηκαν). Το TCP δουλεύει ως εξής: το κάθε πακέτο δεδομένων αριθμείται. Ο υπολογιστής - παραλήπτης και ο υπολογιστής - αποστολέας, αλλά όχι οι ενδιάμεσοι υπολογιστές, παρακολουθούν τους αριθμούς των πακέτων και ανταλλάσσουν μεταξύ τους πληροφορίες. Ο παραλήπτης λαμβάνει το πρώτο πακέτο, το δεύτερο, κλπ. Σε περίπτωση που παρουσιαστεί κάποιο πρόβλημα στο δίκτυο είτε χαθεί κάποιο πακέτο κατά τη διάρκεια της μετάδοσης, το ξαναζητάει και ο αποστολέας είναι υπεύθυνος για την αναμετάδοση του. Ο παραλήπτης ελέγχει επίσης αν το περιεχόμενο των πακέτων φτάνει σωστά.

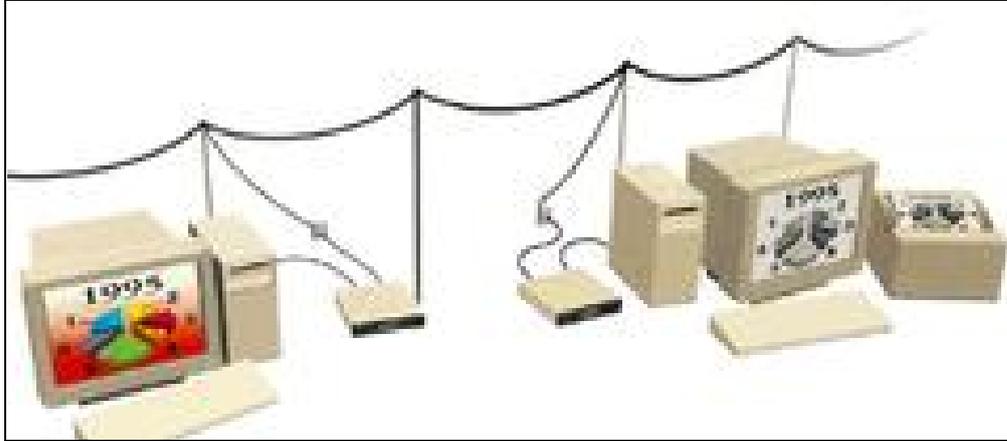
Το πρωτόκολλο TCP/IP, αν και βασίζεται στο Unix και ξεκίνησε να χρησιμοποιείται σε τοπικά δίκτυα, χρησιμοποιήθηκε επίσης, λόγω της σχεδιάσής του και των δυνατοτήτων που προσέφερε, για σύνδεση υπολογιστών σε μεγάλες αποστάσεις. Έτσι, μετά τα τοπικά δίκτυα, δημιουργήθηκαν τα δίκτυα ευρείας περιοχής, τα οποία αποτέλεσαν μαζί με το TCP/IP, τον κορμό στον οποίο βασίστηκε το Internet.

4.2. Δίκτυα Ευρείας Περιοχής

Τα Δίκτυα Ευρείας Περιοχής (Wide Area Network - WAN) συνδέουν υπολογιστές που βρίσκονται σε γεωγραφικά απομακρυσμένους χώρους. Έτσι, μέσω του WAN συνδέονται ακόμα και υπολογιστές από διάφορες χώρες μεταξύ τους. Επίσης, επιχειρήσεις με πολλά υποκαταστήματα μπορούν με τη βοήθεια ενός δικού τους WAN να ανταλλάσσουν μεταξύ τους πληροφορίες.

Ένα WAN αποτελείται σχεδόν πάντα από τοπικά δίκτυα (LAN) που συνδέονται μέσω ψηφιακών τηλεφωνικών δικτύων ή τηλεφωνικών γραμμών αποκλειστικής σύνδεσης (μισθωμένες γραμμές), άλλοτε με ενσύρματο και άλλοτε με ασύρματο τρόπο. Η ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων σε ένα δίκτυο εξαρτάται

άμεσα από τον τρόπο σύνδεσης και την "ταχύτητα" των γραμμών των επιμέρους LAN. Το μεγαλύτερο WAN είναι το πασίγνωστο πλέον "Internet".



Σχ. 6: Ένα Δίκτυο Ευρείας περιοχής (WAN)

Αναλυτικότερα, το WAN περιλαμβάνει μια συλλογή από υπολογιστές που προορίζονται να τρέχουν εφαρμογές χρηστών, καθώς και μηχανές υποστήριξης, όπως εκτυπωτές, σαρωτές, κτλ. Στα περισσότερα δίκτυα ευρείας περιοχής, το υποδίκτυο απαρτίζεται από δύο διακριτά στοιχεία : τις γραμμές μετάδοσης και τα στοιχεία μεταγωγής. Οι γραμμές μετάδοσης μεταφέρουν τα bit μεταξύ των μηχανών. Τα στοιχεία μεταγωγής είναι εξειδικευμένοι υπολογιστές που συνδέουν δύο ή περισσότερες γραμμές μετάδοσης. Όταν τα δεδομένα φθάνουν σε μια εισερχόμενη γραμμή, το στοιχείο μεταγωγής πρέπει να επιλέξει μία εξερχόμενη γραμμή για να τα προωθήσει. Ως γενικό όρο για τους υπολογιστές μεταγωγής, χρησιμοποιείται η λέξη δρομολογητής.

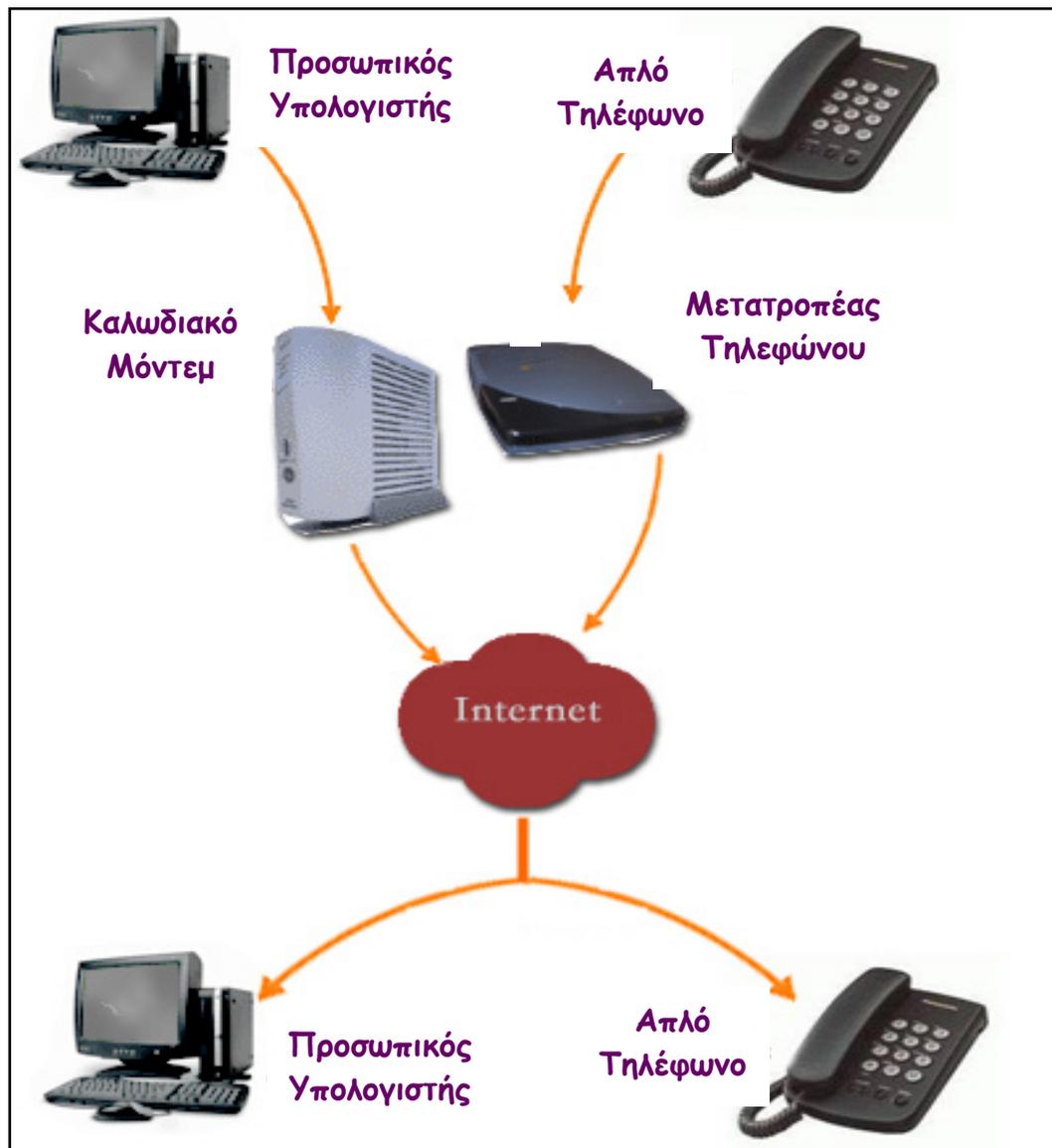
Στα περισσότερα δίκτυα ευρείας περιοχής, το δίκτυο συμπεριλαμβάνει πολυάριθμα καλώδια ή τηλεφωνικές γραμμές, καθένα από τα οποία συνδέει δύο δρομολογητές. Αν δύο δρομολογητές που δεν μοιράζονται ένα καλώδιο επιθυμούν να επικοινωνήσουν, πρέπει να το κάνουν εμμέσως, μέσω άλλων δρομολογητών. Όταν ένα πακέτο στέλνεται από έναν δρομολογητή σε άλλον μέσω ενός ή περισσότερων ενδιάμεσων δρομολογητών, το πακέτο παραλαμβάνεται ολόκληρο από κάθε ενδιάμεσο δρομολογητή, αποθηκεύεται εκεί μέχρις ότου ελευθερωθεί η απαιτούμενη εξερχόμενη γραμμή, οπότε και προωθείται. Ένα υποδίκτυο που χρησιμοποιεί αυτήν

την αρχή ονομάζεται υποδίκτυο σημείου προς σημείο ή αποθήκευσης και προώθησης ή μεταγωγής πακέτου. Μία ακόμα δυνατότητα για ένα μητροπολιτικό δίκτυο είναι να αποτελεί ένα δορυφορικό ή ένα επίγειο ασύρματο σύστημα. Κάθε δρομολογητής διαθέτει μια κεραία μέσω της οποίας μπορεί να στέλνει και να λαμβάνει. Όλοι οι δρομολογητές μπορούν να ακούσουν την έξοδο από τον δορυφόρο και σε μερικές περιπτώσεις ακόμη και τις μεταδόσεις γειτονικών δρομολογητών προς τον δορυφόρο. Μερικές φορές, οι δρομολογητές συνδέονται σε υποδίκτυο σημείου προς σημείο, με μερικούς απ' αυτούς να διαθέτουν δορυφορική κεραία. Τα δορυφορικά δίκτυα είναι από τη φύση τους δίκτυα εκπομπής και είναι πολύ χρήσιμα όταν η ιδιότητα εκπομπής καθίσταται σημαντική.

Η χρησιμότητα των δικτύων ευρείας περιοχής στην εφαρμογή του VoIP είναι καταλυτική. Η ικανότητα των δικτύων ευρείας περιοχής να συνδέουν υπολογιστές σε μεγάλες αποστάσεις καθιστά το VoIP δυνατό, και η δυνατότητα να «κρύβουν» τα μέσα μεταφοράς και διακλάδωσης κατά τη μεταφορά των πακέτων διευκολύνει σημαντικά την μετάδοση των πληροφοριών (πακέτων) που μεταφέρουν τη φωνή.

5. Σημαντικές Έννοιες στο VoIP

Η υπηρεσία Voice over IP (VoIP) χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο του Διαδικτύου (Internet Protocol) για να μεταφέρει τηλεφωνικές συνομιλίες, μετατρέποντας τη φωνή σε πακέτα δεδομένων. Το υπάρχον μοντέλο τηλεπικοινωνιών επικεντρώνεται στη φωνή και την παροχή σχετικών υπηρεσιών, στην ασύρματη και ενσύρματη τηλεφωνία. Η υπηρεσία VoIP αποτελεί μέρος των υπηρεσιών μετάδοσης σε πραγματικό χρόνο, η οποία τείνει να αντικαταστήσει τη συμβατική τεχνολογία του τηλεφώνου ανατρέποντας τα δεδομένα και τις τιμές των τηλεφωνικών υπηρεσιών παγκοσμίως.



Σχ. 7: Μια εγκατάσταση VoIP

Η Υπηρεσία VoIP στηρίζεται στις τεχνολογίες σύγκλισης δεδομένων και φωνής (Voice Data Convergence) και στην υπάρχουσα υποδομή των τοπικών δικτύων και των δικτύων ευρείας περιοχής, είτε ιδιωτικών είτε ελεύθερων, όπως το Διαδίκτυο.

Σημαντικές έννοιες που χρησιμοποιούνται στο VoIP είναι:

Η Σηματοδοσία: Τα σήματα που ακούγονται στο σήκωμα του τηλεφώνου, οι συχνότητές τους και η μορφή τους, καθώς και η ανάγκη τα σήματα αυτά να είναι «διαφανή» στη λειτουργία τους είναι ένα σημαντικό τμήμα του VoIP.

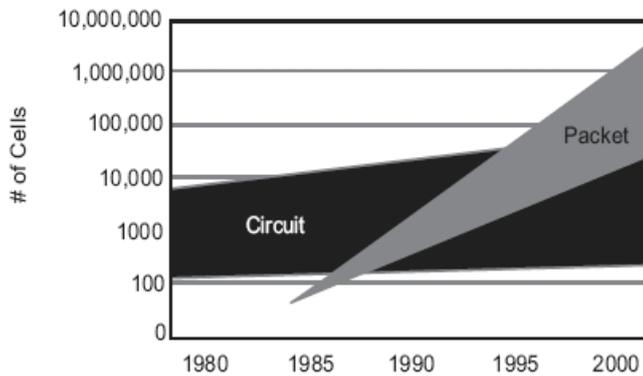
Η Κωδικοποίηση: Η διαδικασία μετατροπής της φωνής σε δεδομένα και οι κανόνες που διέπουν αυτή την μετατροπή είναι άλλη μια σημαντική έννοια.

Η Μεταφορά: Ο τρόπος που θα γίνει η μεταφορά των «πακέτων» από το ένα άκρο της συνομιλίας στο άλλο, οι καθυστερήσεις και το πέρασμα από διάφορους διακλαδωτές

Ο Έλεγχος των Πυλών: Καθώς η μεταφορά γίνεται μέσω πολύ διαφορετικών δικτύων, η χρήση πυλών είναι απαραίτητη. Οι πύλες μετατρέπουν τα σήματα από «πακέτα» ενός δικτύου σε πακέτα άλλου, και ο τρόπος που γίνεται αυτό είναι ένα σημαντικό θέμα της όλης διαδικασίας.

6. Σύγκλιση Δεδομένων και Φωνής

Η σύγκλιση, όταν χρησιμοποιείται στα πλαίσια της δικτύωσης, αναφέρεται στη δυνατότητα να μεταφερθούν δεδομένα, φωνή και/ή οπτικά δεδομένα (βίντεο) σε ένα ενιαίο δίκτυο. Το VoIP (φωνή μέσω του πρωτοκόλλου Διαδικτύου) είναι ουσιαστικά η μετάδοση της φωνής σαν πακέτα ψηφιακών δεδομένων. Είναι επίσης γνωστό ως τηλεφωνία Διαδικτύου, τηλεφωνία IP, φωνή-πακέτο και πακεταρισμένη φωνή. Με το πέρασμα του χρόνου, η χρήση της αυξάνεται, και, σύμφωνα με τις τελευταίες στατιστικές, έχει ξεπεράσει την «απλή» τηλεφωνία σε αριθμό κλήσεων (βλέπε σχήμα).



Σχήμα 8: Η αύξηση στον αριθμό των κλήσεων που πραγματοποιήθηκαν από δίκτυα μετάδοσης πακέτων (VoIP) και δίκτυα διακλάδωσης γραμμών (απλής τηλεφωνίας).

Στα δίκτυα VoIP, το πακετάρισμα της φωνής συμβαίνει σε πραγματικό χρόνο. Το VoIP μειώνει επίσης σημαντικά το εύρος ζώνης που χρησιμοποιείται, δεδομένου ότι πολλαπλά πακέτα μπορούν να διαβιβαστούν ταυτόχρονα. Τα δίκτυα SS7 (τηλεφωνικό) και TCP/IP (Διαδικτυακό) χρησιμοποιούνται μαζί για να εγκαθιστούν και να δημιουργούν τις κλήσεις. Το πρωτόκολλο ARP (Address Resolution Protocol) χρησιμοποιείται επίσης σε αυτήν την διαδικασία για να κάνει τη διαχείριση των διευθύνσεων.

Η διαδικασία δημιουργίας πακέτων IP είναι:

- Βήμα 1:** Ένα αναλογικό σήμα φωνής μετατρέπεται σε ένα ψηφιακό κανάλι παλμοκωδικής διαμόρφωσης σήματος (Pulse Code Modulation – PCM) (16 bits κάθε 125 μs).
- Βήμα 2:** Η ηχώ της γραμμής αφαιρείται από το κανάλι PCM. Αναλύεται περαιτέρω για την καταστολή της σιωπής (ώστε να μην στέλνονται άδεια πακέτα) και την ανίχνευση τόνου.
- Βήμα 3:** Τα προκύπτοντα δείγματα PCM μετατρέπονται σε «πλαίσια» (τμήματα) φωνής και ένας μετατροπέας φωνής σε σήμα συμπιέζει τα πλαίσια. Για παράδειγμα, το πρωτόκολλο G.729a δημιουργεί ένα πλαίσιο 10ms με 10 bytes ομιλίας. Αυτό συμπιέζει το γραμμικό PCM κανάλι των 128 Kbps σε 8 Kbps.
- Βήμα 4:** Τα πλαίσια φωνής ενσωματώνονται σε πακέτα φωνής. Πρώτα ένα πακέτο RTP με μια κεφαλίδα 12-byte δημιουργείται. Κατόπιν προστίθεται ένα πακέτο UDP (User Datagram Protocol) 8-byte με την διεύθυνση της αφετηρίας και του προορισμού. Τέλος προστίθεται μια κεφαλίδα IP μεγέθους 20-byte που περιέχει τις διευθύνσεις IP της αφετηρίας και της πύλης προορισμού.

•**Βήμα 5:** Το πακέτο στέλνεται μέσω του Διαδικτύου όπου οι δρομολογητές και οι διακόπτες εξετάζουν τη διεύθυνση προορισμού και έπειτα μεταφέρουν και παραδίδουν το πακέτο κατάλληλα στον προορισμό. Η δρομολόγηση IP μπορεί να απαιτήσει να περάσει από δίκτυο σε δίκτυο και ίσως να περάσει μέσα από αρκετούς κόμβους πριν φτάσει στον προορισμό.

•**Βήμα 6:** Όταν ο προορισμός λαμβάνει το πακέτο, αυτό περνά από την αντίστροφη διαδικασία για την αναπαραγωγή ήχου. Τα πακέτα IP αριθμούνται την στιγμή που δημιουργούνται και στέλνονται στη διεύθυνση προορισμού. Ο προορισμός πρέπει να συγκεντρώσει όλα τα πακέτα στη σωστή σειρά (όταν φθάνουν ανακατεμένα) για να δημιουργήσει τη φωνή. Οι διευθύνσεις IP και οι αριθμοί τηλεφώνου πρέπει να χαρτογραφηθούν κατάλληλα, ώστε το σύστημα να ξέρει ποιό τηλέφωνο να καλέσει.

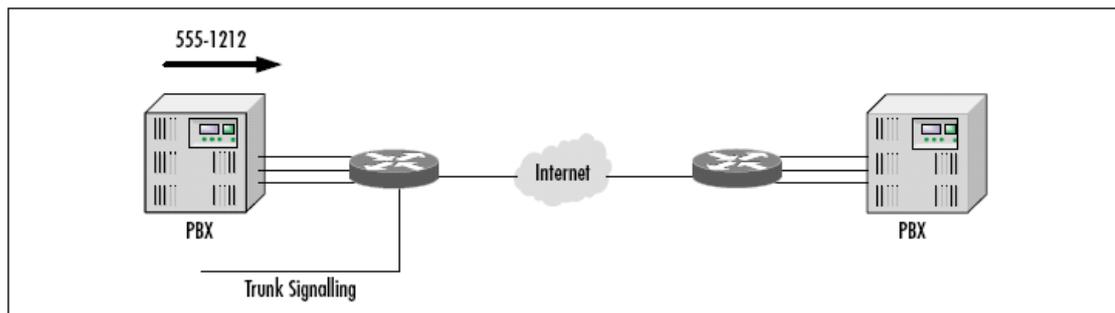
6.1. Καλώντας μέσω VoIP

Η μεταφορά τηλεφωνικών κλήσεων μέσω δικτύων δεδομένων βασισμένων στο πρωτόκολλο IP έχει εξελιχθεί σ' ένα μεγάλο δικτυακό, και όχι μόνο, θέμα. Σύμφωνα δε με πολλούς, πρόκειται για μια επανάσταση που θα επηρεάσει εκτενώς το τηλεπικοινωνιακό τοπίο σήμερα και πολύ περισσότερο στο μέλλον. Για να δρέψει κανείς τους καρπούς αυτής της τεχνολογίας, θα χρειαστεί φυσικά έναν υπολογιστή που να διαθέτει μικρόφωνο, ηχεία και το κατάλληλο λογισμικό που προσφέρει λειτουργίες παρόμοιες με του τηλεφώνου. Θα μπορούσε, ωστόσο, να χρησιμοποιηθεί ένα παραδοσιακό αναλογικό τηλέφωνο συνδεδεμένο σε ένα τηλεφωνικό κέντρο (PBX) με δυνατότητες IP (iPBX αποκαλείται συνήθως) ή ένα τηλέφωνο που να συνδέεται στη θύρα δεδομένων USB και να υποστηρίζει το ίδιο ιντερνετική τηλεφωνία (IP τηλέφωνο). Ανεξάρτητα από την επιλογή της συσκευής, ο βασικός μηχανισμός μιας ιντερνετικής τηλεφωνικής κλήσης λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο.

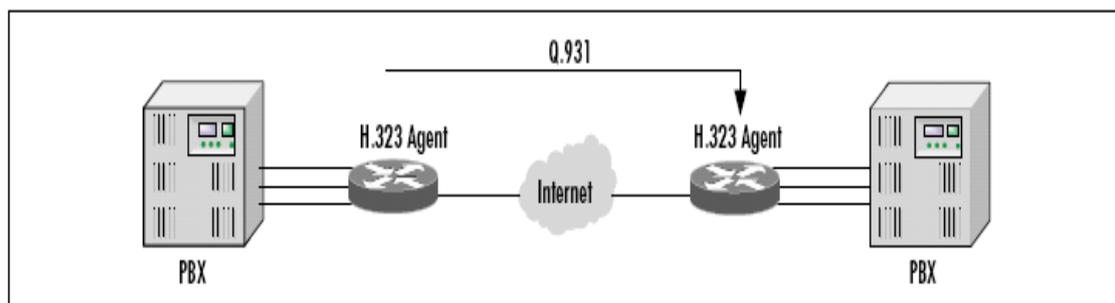
6.1.1. Α. Σηματοδοσία

Όταν σχηματίσει κανείς το νούμερο ή επιλέξει ένα όνομα, απαιτείται η ύπαρξη της κατάλληλης σηματοδοσίας (signaling) προκειμένου να καθοριστεί το αν το καλούμενο μέρος είναι απασχολημένο ή διαθέσιμο, καθώς και για να πραγματοποιηθεί η κλήση. Δηλαδή, τα σήματα που ακούμε όταν σηκώνουμε το τηλέφωνο είναι συγκεκριμένα και για να ακούσουμε το ένα ή το άλλο σήμα, πρέπει να έχουν ανταλλάξει πληροφορίες όλες οι συσκευές που συμμετέχουν στην ένωση των δύο μερών της κλήσης.

Η VoIP σηματοδοσία χρησιμοποιείται σε τρεις ευδιάκριτες περιοχές: σηματοδοσία από PBX σε δρομολογητή, σηματοδοσία μεταξύ δρομολογητών, και σηματοδοσία από δρομολογητή σε PBX.



Σχήμα 9: Σηματοδοσία από τηλεφωνικό κέντρο (PBX) -σε- Δρομολογητή (Router)



Σχήμα 10: Σηματοδοσία από Δρομολογητή -σε- Δρομολογητή (Router)

χρησιμοποιήσει ενσωματωμένες και διαφοροποιημένες υπηρεσίες του Διαδικτύου καθώς και τα πρωτόκολλα κατάληψης πόρων.

6.1.2. Β. Κωδικοποίηση

Όταν η συνομιλία ξεκινά, το αναλογικό ηλεκτρικό σήμα που παράγεται από το μικρόφωνο, κωδικοποιείται σε ψηφιακή μορφή προκειμένου να μεταφερθεί μέσω ενός IP δικτύου. Η κωδικοποίηση αυτού του ηλεκτρικού σήματος είναι πολύ σημαντική, γιατί από τον τρόπο που θα γίνει εξαρτάται η ποιότητα της φωνής στον προορισμό και το εύρος δικτύου που χρειάζεται η μεταφορά, δηλαδή πόσα bytes/sec.

Ο αλγόριθμος (το πρόγραμμα) που αναλαμβάνει κάθε φορά την κωδικοποίηση και την αποκωδικοποίηση της φωνής, ονομάζεται CODEC (από τις λέξεις Coder, Decoder). Τα προγράμματα CODEC κάνουν την ψηφιοποίηση, την συμπίεση και το «πακετάρισμα» της φωνής. Βασικές παράμετροι ή χαρακτηριστικά αυτών των προγραμμάτων είναι ο ρυθμός δειγματοσμού (sampling rate) και ο βαθμός συμπίεσης (compression rate). Με βάση αυτές τις δύο παραμέτρους μπορεί κάποιος να επιλέξει το CODEC που χρειάζεται και που θα κάνει καλύτερα την κωδικοποίηση για τις ανάγκες της επικοινωνίας.

Ο ρυθμός δειγματοσμού (sampling rate) είναι μια από τις παραμέτρους αυτών των προγραμμάτων, και αναφέρεται στον αριθμό των «δειγμάτων» από τη φωνή που καταγράφουν σε ένα δευτερόλεπτο. Για παράδειγμα, ένα πρόγραμμα σύμφωνο με το πρωτόκολλο G.711 κάνει 8000 δειγματοσμούς το δευτερόλεπτο.

Ο βαθμός συμπίεσης είναι η δεύτερη παράμετρος των προγραμμάτων, και αναφέρεται στο μέγεθος που καταλαμβάνει ένα δευτερόλεπτο φωνής. Παράδειγμα, το G.711 συμπιέζει τη φωνή ενός δευτερολέπτου σε 8 Kilobyte, οπότε χρειάζεται μια γραμμή μεταφοράς που να έχει ελάχιστη ταχύτητα μετάδοσης τα 8 Kbyte / sec.

6.1.3. Γ. Μεταφορά

Το IP δίκτυο θα πρέπει να διασφαλίσει ότι η συνομιλία που διεξάγεται σε πραγματικό χρόνο, μεταφέρεται με τη χρήση των διαθέσιμων μέσων με τρόπο ώστε να παράγεται αποδεκτή ποιότητα φωνής. Αυτό το αναλαμβάνουν τα πρωτόκολλα RTP, RTCP και RTSP.

Το πρωτόκολλο RTP (Real-time Transport Protocol – Πρωτόκολλο Μεταφοράς σε Πραγματικό Χρόνο) προσδιορίζει τον τύπο του «πακέτου», το αριθμεί, βάζει μια «σφραγίδα» με την ημερομηνία και την ώρα που πέρασε και ελέγχει αν έγινε η παράδοση. Το RTCP (Real-time Transport Control Protocol – Πρωτόκολλο Ελέγχου Μεταφοράς σε Πραγματικό Χρόνο) ελέγχει αν το RTP έκανε αποδεκτά τη δουλειά του, δηλαδή επιστρέφει πληροφορίες για την ποιότητα της μεταφοράς. Αυτό γίνεται γιατί η παραγωγή αποδεκτής ποιότητας φωνής κατά τη μεταφορά δεν είναι πάντοτε εφικτή. Καθώς στο IP δίκτυο συμμετέχουν όλο και περισσότεροι χρήστες, καθένας θα μείνει μεν συνδεδεμένος, αλλά θα έχει υποβιβασμό στην απόδοση. Αυτό ακριβώς ελέγχει και αναφέρει το RTCP.

Το RTSP (Real Time Streaming Protocol – Πρωτόκολλο Ροής σε Πραγματικό Χρόνο) χρησιμοποιείται σε συστήματα Streaming, δηλαδή προβολής ακουστικού ή οπτικοακουστικού υλικού σε πραγματικό χρόνο. Επιτρέπει στον πελάτη να χρησιμοποιήσει εντολές τύπου βίντεο (παύση, πίσω, μπροστά) για το περιεχόμενο που βλέπει (κατεβάζει) σε πραγματικό χρόνο.

6.1.4. Δ. Έλεγχος Πυλών

Τέλος, ίσως χρειαστεί η ροή των πληροφοριών να μετατραπεί σε άλλη μορφή, λειτουργία που επιτελείται από μια πύλη (Gateway). Η μετατροπή αυτή γίνεται είτε για να επιτευχθεί η διαλειτουργικότητα (interoperability) μεταξύ δικτύων IP με διαφορετική μορφή (π.χ. από τοπικό δίκτυο σε frame relay ή ATM) είτε επειδή η κλήση απευθύνεται στο δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο (PSTN). Οι πύλες μπορούν να επεξεργαστούν ήχο, βίντεο και δεδομένα σε οποιοδήποτε συνδυασμό και μπορούν να

εκτελέσουν full-duplex μετάφραση σε αυτά. Οι πύλες μπορούν επίσης να αναπαράγουν μηνύματα ήχου ή βίντεο καθώς και να εκτελέσουν άλλες λειτουργίες «αυτόματου τηλεφωνητή».

Τα πρωτόκολλα που συμμετέχουν σε αυτή τη διαδικασία κάνουν μόνο την διακλάδωση των πληροφοριών, δηλαδή στέλνουν τα δεδομένα στην επόμενη πύλη. Αυτή μπορεί να είναι είτε μία πύλη μέσων (Media Gateway – MG), δηλαδή μια πύλη που αλλάζει από το ένα μέσο στο άλλο, (π.χ. από ATM σε Frame Relay) είτε μία πύλη σημάτων (Signaling Gateway – SG) που αλλάζει από μεταφορά πακέτων σε μεταφορά σημάτων, δηλαδή συνδέεται στο PSTN.

7. Πρότυπα Κωδικοποίησης Φωνής

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι οι τεχνολογικές απαιτήσεις της τηλεφωνίας μέσω VoIP αφορούν τέσσερις κύριες περιοχές: τη σηματοδοσία, την κωδικοποίηση, τη μεταφορά και τον έλεγχο των πυλών. Για κάθε μία από τις περιοχές αυτές έχουν δημιουργηθεί κάποια πρότυπα, τα οποία λέγονται πρωτόκολλα και τα περισσότερα είναι κατοχυρωμένα και αναγνωρισμένα από όλους τους κατασκευαστές.

Το δυστύχημα όμως είναι, ότι στον κρίσιμο τομέα της σηματοδοσίας υπάρχουν δύο ανταγωνιστικές ομάδες προτύπων. Πρόκειται για το H.323 (πρότυπο του Διεθνούς Οργανισμού Τηλεπικοινωνιών – International Telecommunications Union - ITU) και το SIP (Session Initiation Protocol - Πρωτόκολλο έναρξης συνόδου από τον Internet Engineering Task Force - IETF). Πρέπει, πάντως, να επισημανθεί ότι ούτε το H.323 ούτε το SIP συνιστούν το πλήρες σύνολο των προτύπων που είναι απαραίτητα για την ιντερνετική τηλεφωνία. Απλώς είναι ανταγωνιστικά πρότυπα στη σηματοδοσία.

Μέχρι και πρόσφατα, η ίδια εικόνα επικρατούσε και στο κομμάτι του ελέγχου των πυλών, καθώς υπάρχει το IPDC (IP Device Control) και το SGCP (Simple Gateway Control Protocol), που ήταν ανταγωνιστικά μεταξύ τους. Πάντως, σήμερα

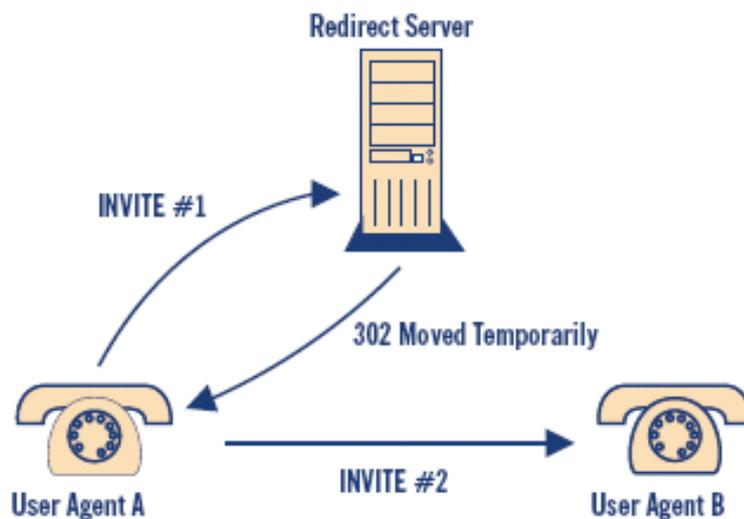
φαίνεται πως επικρατεί ένα πρότυπο που λέγεται MGCP (Media Gateway Control Protocol) και το οποίο συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των δύο προηγούμενων.

Αφού υπάρχουν δύο κυρίαρχα πρότυπα στη σηματοδότηση, με βάση ποια κριτήρια μπορεί να γίνει η επιλογή; Το ευχάριστο είναι ότι οι δύο αυτές ομάδες ή - όπως αλλιώς λέγονται - σουίτες (suites) πρωτοκόλλων δείχνουν να συγκλίνουν παίρνοντας και δίνοντας καλές ιδέες η μία στην άλλη. Ειδικότερα, η τρίτη και τελευταία έκδοση του H.323 (H.323 v3) έχει αντιμετωπίσει ορισμένα καίρια ζητήματα απόδοσης, όπως είναι η καθυστέρηση στην εγκατάσταση της κλήσης, που αρχικώς συγκαταλέγονταν στα πλεονεκτήματα του SIP. Κάθε σουίτα υποστηρίζει το ίδιο καλά την πλειοψηφία των απαιτούμενων από τον τελικό χρήστη λειτουργιών, όπως είναι η εγκατάσταση και ο τερματισμός κλήσεων, η μεταφορά, προώθηση και αναμονή κλήσης, αλλά και η διάσκεψη. Οι μόνες λειτουργικές διαφορές είναι η ένδειξη αναμονής μηνύματος (που υποστηρίζει μόνο το H.323), ο έλεγχος από τρίτο (π.χ. η γραμματέας να μπορεί να τοποθετεί μια κλήση για λογαριασμό του manager, κάτι που υποστηρίζει μόνο το SIP) και συγκεκριμένες λειτουργίες σχετικές με διάσκεψη. Η σουίτα (ομάδα) πρωτοκόλλων H.323 v3 παρέχει έναν πιο σταθερό σε σχέση με το SIP μηχανισμό για "ανταλλαγή δυνατοτήτων" (capabilities exchange), διαδικασία η οποία καθορίζει αν ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό υποστηρίζεται και από τις δύο συμμετέχουσες οντότητες.

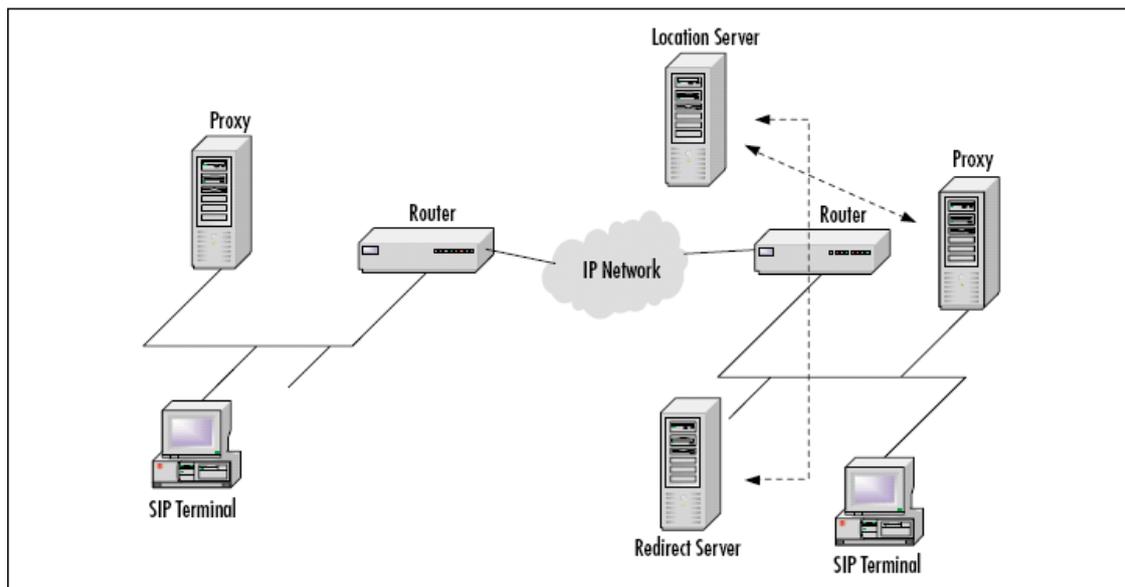
Εκεί όμως που H.323 και SIP διαφέρουν σημαντικά είναι στην ποιότητα υπηρεσιών, τη διεύρυνση / ευελιξία, καθώς και στη διαλειτουργικότητα. Το SIP θεωρείται καλύτερο όσον αφορά τη διεύρυνση, λόγω της μικρότερης πολυπλοκότητας που το διακρίνει. Ένα θέμα αρκετά σημαντικό, αν ληφθεί υπόψη ότι το Internet θα φτάσει στο σημείο να υποστηρίζει 500 εκατομμύρια VoIP τηλέφωνα. Ωστόσο, το πλεονέκτημα αυτό ίσως να μην μπορεί να αντισταθμίσει τις αδυναμίες του SIP στην ποιότητα υπηρεσιών (δεν υποστηρίζει την προσέγγιση των διαφοροποιημένων υπηρεσιών και της διαχείρισης) και τη διαλειτουργικότητα. Στον πίνακα που ακολουθεί αναφέρονται οι ομοιότητες μεταξύ H.323 και SIP, καθώς και τα ισχυρά τους σημεία.

Τομέας	Ομοιότητες	Καλύτερο το H.323	Καλύτερο το SIP
Ποιότητα υπηρεσιών	Καθυστέρηση εγκατάστασης κλήσης, ανάκτηση χαμένων πακέτων, έλλειψη της δυνατότητας παρακράτησης πόρων	Ανοχή στα λάθη, Admission Control (έλεγχος εισόδου), Policy Control (το H.323 έχει περιορισμένη υποστήριξη για διαφοροποιημένες υπηρεσίες ενώ το SIP δεν έχει καμία υποστήριξη)	ανίχνευση βρόγχου (ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται είναι ανώτερος)
Διεύρυνση και ευελιξία	υποστήριξη UDP, επικοινωνίες μεταξύ εξυπηρετητών για εντοπισμό του τελικού σημείου	εντοπισμός τελικών σημείων σε άλλες διαχειριστικές περιοχές (το SIP δεν καθορίζει μέθοδο, απλώς προτείνει τη χρήση DNS)	λιγότερη πολυπλοκότητα, επεκτασιμότητα, ευκολία στην τυποποίηση (customization)
Διαλειτουργικότητα		διαλειτουργικότητα με τη σηματοδότηση του PSTN (χρησιμοποιεί μηνύματα παρόμοια με το Q.931 που είναι συμβατά με το SS7, μόνο που είναι υποσύνολο των μηνυμάτων ISUP), διαλειτουργικότητα μεταξύ των κατασκευαστών	

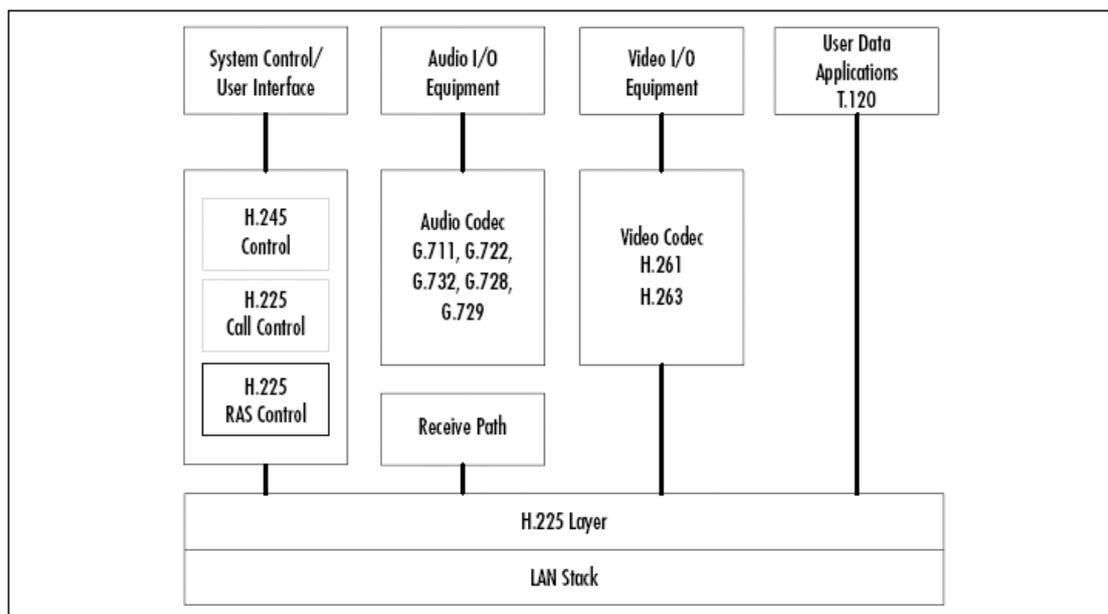
Το SIP είναι βασισμένο στο πρωτόκολλο HTTP, το οποίο είναι το πιο επιτυχημένο και ευρέως χρησιμοποιούμενο πρωτόκολλο στο Διαδίκτυο. Το SIP προσπαθεί να συνδυάσει τα καλύτερα των δύο κόσμων, του Internet και της τηλεφωνίας. Στην πραγματικότητα, το HTTP μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα πρωτόκολλο σηματοδότησης, επειδή οι υπολογιστές - πελάτες χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο HTTP για να πουν σε κάποιο κεντρικό υπολογιστή για ποιά έγγραφα ενδιαφέρονται. Το SIP χρησιμοποιείται για να μεταφέρει την περιγραφή των παραμέτρων της συνομιλίας. Η περιγραφή κωδικοποιείται σε κάποιο έγγραφο χρησιμοποιώντας το Πρωτόκολλο Περιγραφής Συνόδου (Session Description Protocol - SDP). Και τα δύο πρωτόκολλα (HTTP και SIP) έχουν κληρονομήσει την κωδικοποίηση των κεφαλίδων των μηνυμάτων από το RFC822, που ορίζει τη γενική μορφή των κεφαλίδων στο πρωτόκολλο HTTP. Η κωδικοποίηση αυτή έχει αποδειχθεί σταθερή και προσαρμόσιμη κατά τη διάρκεια των ετών.



Σχήμα 12: Αλλαγή Κατεύθυνσης SIP (Redirection)



Σχήμα 13: Τα Συστατικά από τα οποία αποτελείται το SIP



Σχήμα 14: Η αρχιτεκτονική του πρωτοκόλλου H.323

7.1.1. Α. Σηματοδοσία

Σουίτα πρωτοκόλλων H.323

Πρότυπο	Οργανισμός πιστοποίησης	Σύντομη περιγραφή
H.323 V2	ITU	Πολυμεσικά επικοινωνιακά συστήματα βασισμένα σε πακέτα
H.225.0	ITU	Πρωτόκολλα σηματοδοσίας κλήσεων και δημιουργίας πακέτων για πολυμεσική πληροφοριακή ροή
H.225.0 Annex G	ITU	Επικοινωνίες Gatekeeper προς Gatekeeper
H.245	ITU	Πρωτόκολλο ελέγχου για επικοινωνίες πολυμέσων
H.235	ITU	Ασφάλεια και κρυπτογράφηση για τη σειρά H των πολυμεσικών τερματικών
H.450.x	ITU	Συμπληρωματικές υπηρεσίες για πολυμέσα (μεταφορά κλήσης, εκτροπή, αναμονή κλήσης, αναμονή μηνύματος)
H.323 Annex D	ITU	Fax σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας T.38
H.323 Annex E	ITU	Σύνδεση κλήσης πάνω από UDP (User Datagram Protocol)
H.323 Annex F	ITU	Single - use device
T.38	ITU	Διαδικασίες για επικοινωνίες τηλεομοιοτυπίας ομάδας 3 πάνω από δίκτυα IP
T.120 Series	ITU	Πρωτόκολλα δεδομένων για διάσκεψη με χρήση πολυμέσων

Σουίτα πρωτοκόλλων SIP

Πρότυπο	Οργανισμός πιστοποίησης	Σύντομη περιγραφή
SIP (RFC2 2543)	IETF	Session Initiation Protocol – Πρωτόκολλο έναρξης συνόδου
SDP (RFC 2327)	IETF	Session Description Protocol – Πρωτόκολλο περιγραφής συνόδου
SAP (Internet Draft)	IETF	Session Announcement Protocol - Πρωτόκολλο ανακοίνωσης συνόδου

7.1.2. Β. Κωδικοποίηση

Παραλλαγές της Παλμοκωδικής διαμόρφωσης - Pulse Code Modulation (PCM)

Πρότυπο	Οργανισμός πιστοποίησης	Σύντομη περιγραφή
G.711	ITU	PCM 48 έως 64 kbps
G.722	ITU	Sub - band ADPCM (Adaptive Differential PCM - υποζωνική προσαρμοστική διαφορική PCM)
G.726	ITU	ADPCM 16 έως 40 kbps
G.727	ITU	AEDPCM

Παραλλαγές του CELP (Codebook Excited Linear Prediction)

Πρότυπο	Οργανισμός πιστοποίησης	Σύντομη περιγραφή
G.723.1	ITU	MPE/ACELP
H.728	ITU	LD – CELP
G.729	ITU	CS – ACELP

7.1.3. Γ. Μεταφορά

Πρότυπο	Οργανισμός πιστοποίησης	Σύντομη περιγραφή
RTP (RFC 1889)	IETF	RTP: Real - time Transport Protocol (Πρωτόκολλο μεταφοράς πραγματικού χρόνου)
RTCP (RFC 1889)	IETF	RTCP: Real - time Transport Control Protocol (Πρωτόκολλο ελέγχου μεταφοράς σε πραγματικό χρόνο)
RTSP (RFC 2324)	IETF	RTSP: Real Time Streaming Protocol (Πρωτόκολλο Ροής σε Πραγματικό Χρόνο)

7.1.4. Δ. Έλεγχος Πυλών

Πρότυπο	Οργανισμός πιστοποίησης	Σύντομη περιγραφή
MGCP	IETF	Media Gateway Control Protocol
SGCP	IETF	Simple Gateway Control Protocol
IPDC	IETF	IP Device Control
H.GCP	ITU	Προτεινόμενες συστάσεις για πρωτόκολλο ελέγχου πύλης

8. Γιατί να χρησιμοποιήσουμε Συνδυασμό Δεδομένων και Φωνής;

Σήμερα βλέπουμε την συνύπαρξη φωνής, βίντεο και δεδομένων σε ένα μεγάλο αριθμό εφαρμογών. Η χρησιμοποίηση ενοποιημένων δικτύων πακέτων (unified packet networks) βοήθησε στη μείωση της κατανάλωσης εύρους ζώνης (bandwidth) κατά 8:1 υπέρ των δικτύων πακέτων. Το κίνητρο για την ανάπτυξη των τεχνολογιών σύγκλισης είναι η μείωση στο κόστος της φωνητικής επικοινωνίας και οι περισσότερες και καλύτερες υπηρεσίες που προσφέρονται. Αυτές οι μειώσεις δαπανών έχουν διάφορες μορφές.

Με την κατάργηση της υποδομής των δικτύων φωνής, οι δαπάνες για τη διατήρηση ξεχωριστών δικτύων για φωνή και για δεδομένα παύουν να υπάρχουν. Οι τεχνολογίες σύγκλισης παρέχουν επίσης αποδοτικά μέσα συνύπαρξης της φωνής και της κυκλοφορίας δεδομένων μέσα από ιδιωτικά δίκτυα δεδομένων ευρείας περιοχής. Άτομα και επιχειρήσεις χωρίς ιδιωτικά δίκτυα δεδομένων ευρείας περιοχής (WAN)

μπορούν να έχουν παρόμοια οφέλη μέσω διαφόρων προμηθευτών που προσφέρουν χαμηλότερες τιμές στα τηλεφωνήματα μεγάλων αποστάσεων (υπεραστικές, υπερατλαντικές) χρησιμοποιώντας την τεχνολογία VoIP.

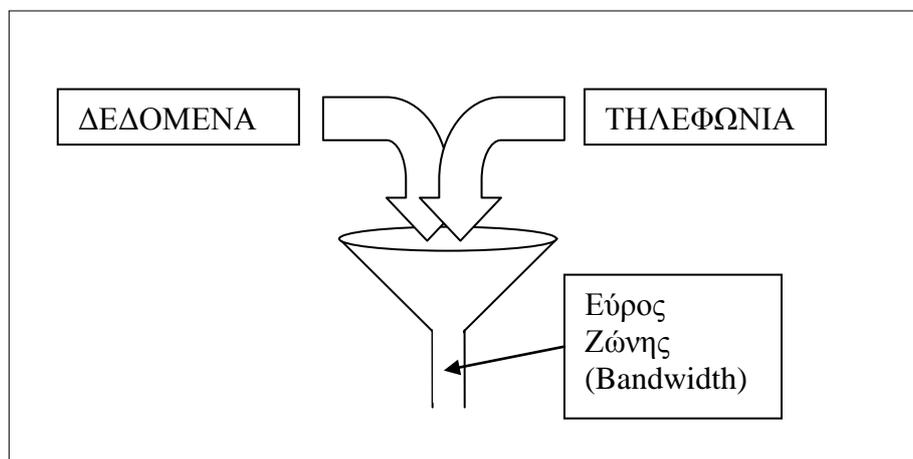
Το VoIP επίσης παρέχει καλύτερα χαρακτηριστικά γνωρίσματα τα οποία έχουν την μορφή της εύκαμπτης δρομολόγησης κλήσης, που απαιτείται για τις ενοποιημένες εφαρμογές τηλεφωνικών κέντρων για μηνύματα και κλήσεις. Ένα άλλο χαρακτηριστικό γνώρισμα, το οποίο ήταν υπό συζήτηση για χρόνια αλλά αρχίζει να εφαρμόζεται, είναι οι δικτυακές εφαρμογές πολυμέσων (π.χ. Flash). Η εμφάνιση της τηλεφωνίας Διαδικτύου έχει προέλθει από τους καταναλωτές και τους ταξιδιώτες επιχειρηματίες που έψαχναν για φτηνές διεθνείς και υπεραστικές κλήσεις. Από χρήστες του Παγκόσμιου Ιστού (Web) που απαιτούσαν δωρεάν επικοινωνίες φωνής και εικόνας. Η φωνή είναι επίσης το επόμενο λογικό βήμα από τις πανταχού παρούσες υπηρεσίες ηλεκτρονικού ταχυδρομείου και των εφαρμογών άμεσης αποστολής γραπτών μηνυμάτων (Instant Messaging).

Επιπλέον, πρωτοβουλίες V-commerce (εμπόριο βίντεο και φωνής) έρχονται στην αγορά. Η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί η φωνή και βίντεο ως τμήμα ενός δικτυακού τόπου, βοηθάει στις πωλήσεις και την υποστήριξη των καταναλωτών. Αυτό βοηθά τους δικτυακούς τόπους να επεκτείνουν την παραμονή των χρηστών σε περιοχές των πυλών (portals), σε κοινότητες, σε καταλόγους και ηχητικές αγγελίες, και γενικά στη δημιουργία μιας πύλης επικοινωνίας (portal). Ακόμα και μικρές εταιρίες έχουν επωφεληθεί από τη δυνατότητα άμεσης συνομιλίας με τους πελάτες που βλέπουν τη σελίδα τους μέσω VoIP, είτε για πωλήσεις είτε για υποστήριξη.

Οι εταιρίες μπορούν να μειώσουν το κόστος και να βελτιώσουν τις υπηρεσίες που προσφέρουν, μέσω της χρησιμοποίησης του VoIP για την διδασκαλία (εκμάθηση) από απόσταση, την υποστήριξη πελατών και τις παρουσιάσεις πωλήσεων από απόσταση. Με την αυξανόμενη ζήτηση για υπολογιστές στα σημερινά σπίτια υπάρχει μια αυξανόμενη ανάγκη για πρόσβαση σε χαμηλού κόστους υπηρεσίες ενσωμάτωσης φωνής και δεδομένων από τις καταναλωτικές συσκευές που συνδέονται με το Διαδίκτυο.

Όμως, υπάρχουν διάφορα εμπόδια που πρέπει να υπερπηδηθούν πριν υπάρξει πλήρης σύγκλιση δεδομένων και φωνής. Η πρόκληση περιλαμβάνει τη δημιουργία ενός ενιαίου δικτύου υποδομής που μπορεί αποτελεσματικά να χειριστεί τις

απαιτήσεις των δύο κατηγοριών κυκλοφορίας που έχουν πλήρως διαφορετικά χαρακτηριστικά. Τα ρεύματα φωνής και βίντεο (ή πολυμέσων) απαιτούν ένα σχεδόν σταθερό ποσό από το εύρος ζώνης και είναι ευαίσθητα στις διακυμάνσεις και τις καθυστερήσεις του δικτύου. Η κυκλοφορία δεδομένων, από την άλλη πλευρά, διαβιβάζεται σε τμήματα και καταλαμβάνει όλο το διαθέσιμο εύρος δικτύου, γι' αυτό και είναι σχετικά αδιάφορη στις διακυμάνσεις και τις καθυστερήσεις του δικτύου. Και επειδή η φύση των δικτύων δεδομένων, είναι χωρίς σύνδεση (connectionless) η κυκλοφορία ανταγωνίζεται για το εύρος ζώνης σε πραγματικό χρόνο.



Σχ. 15: Ανταγωνισμός της μεταφοράς δεδομένων και φωνής (σε πακέτα) για το εύρος ζώνης (bandwidth)

8.1. Μεταγωγή Κυκλώματος Έναντι Μεταγωγής Πακέτου

Για να καταλάβουμε καλύτερα την διαφορά μεταξύ της μεταγωγής κυκλώματος και της μεταγωγής πακέτου, θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε ως παράδειγμα τη διαφορά που έχει το δίκτυο του σιδηρόδρομου έναντι των δικτύων του δρόμου. Ο σιδηρόδρομος μοιάζει με δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος, επειδή το μονοπάτι ουσιαστικά καθορίζεται εκ των προτέρων και το τρένο ταξιδεύει μέσω

αυτού. Αντίθετα, ένας δρόμος μοιράζεται ανάμεσα σε πολλές μικρότερες μονάδες, που η κάθε μία πρέπει να διαθέτει "εξυπνάδα" για να πάει στον προορισμό της.

Τα πλεονεκτήματα των δικτύων μεταγωγής κυκλώματος είναι ότι παρέχουν συγκεκριμένο εύρος ζώνης ανάμεσα στα επικοινωνούντα σημεία και επομένως, μπορούν να εγγυηθούν μία σταθερή ποιότητα υπηρεσιών, όπως είναι η ποιότητα των δεδομένων ή της φωνής, η μέγιστη καθυστέρηση κ.ά. Στα μειονεκτήματα συγκαταλέγεται η κακή χρησιμοποίηση των δικτυακών πόρων.

Από την άλλη μεριά, τα δίκτυα μεταγωγής πακέτου έχουν το πλεονέκτημα της ασυγκρίτως οικονομικότερης χρήσης των πόρων. Τα μειονεκτήματά τους σχετίζονται με τις επικοινωνίες σε πραγματικό χρόνο, μιας και παρέχουν μεταβλητή κι όχι εγγυημένη ποιότητα υπηρεσιών εξαιτίας της συμφόρησης που είναι δυνατόν να προκύψει σε δρομολογητές και διαμοιραζόμενα κυκλώματα. Επίσης, μειονέκτημα αποτελεί και η καθυστέρηση που δημιουργείται από τη συμπίεση, την αποσυμπίεση και την επεξεργασία των πληροφοριών που περιέχονται στην επικεφαλίδα των πακέτων για τη δρομολόγησή τους.

8.2. Πλεονεκτήματα του VoIP

Από την σκοπιά των ιδιωτών, το όφελος από την αξιοποίηση της τεχνολογίας των IP τηλεφωνικών κλήσεων είναι εμφανές. Για παράδειγμα, μπορεί κανείς με χρέωση αστικής κλήσης (κόστος σύνδεσης με το φορέα υπηρεσιών Internet - ISP) να πραγματοποιήσει κλήση σε σταθερό τηλέφωνο σε ορισμένες, προς το παρόν, περιοχές του κόσμου. Αλλά το μέλλον - και μάλιστα το κοντινό - διαγράφει ευόιωνες προοπτικές για την επέκταση της τεχνολογίας αυτής. Με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα, πάντως, μπορούμε να έχουμε στην ίδια τηλεφωνική γραμμή, ταυτόχρονη πρόσβαση στο Internet και τόνο κλήσης. Αυτό σημαίνει ότι αν κάποιος μας τηλεφωνήσει ενώ σερφάρουμε στο διαδίκτυο, η κλήση θα μπορέσει να περάσει τη σύνδεση του δικτύου δεδομένων και να κάνει το PC να με ειδοποιήσει για το εισερχόμενο τηλεφώνημα.

Η πληθώρα των δυνατοτήτων της τεχνολογίας μετάδοσης φωνής μέσω IP δικτύων δεν άφησε ασυγκίνητο και τον κόσμο των κινητών τηλεφώνων, που επίσης

δοκιμάζει μια άνευ προηγουμένου άνθιση. Έτσι, πολλές είναι οι εφαρμογές που αξιοποιούν το πρωτόκολλο IP για να στείλουν δεδομένα στους χρήστες της WAP κινητής τηλεφωνίας. Ενδεικτικά, αναφέρουμε ένα πρόγραμμα με το οποίο μεταφέρονται σε μορφή downloads ηχογραφήσεις βιβλίων, περιοδικών και εφημερίδων σε κινητά. Η ακόμη λογισμικό που δίνει τη δυνατότητα μετατροπής πληροφοριών που είναι κατά βάση οπτικές, όπως είναι ένα λογιστικό φύλλο, σε φωνητική παρουσίαση.

Αλλά και οι επιχειρήσεις και οι οργανισμοί ευεργετούνται από την ιντερνετική τηλεφωνία. Για παράδειγμα, οι εργαζόμενοι μιας επιχείρησης μπορούν - όσο μακριά και αν βρίσκονται - να λαμβάνουν μέρος σε ακουστική διάσκεψη, συμβάλλοντας στην αύξηση της παραγωγικότητας, ενώ τα κόστη των υπεραστικών κλήσεων συγκατατούνται. Η πιο δελεαστική, ωστόσο, δυνατότητα του VoIP για περικοπή των δαπανών στις επιχειρήσεις αφορά στα κόστη διαχείρισης των δικτύων. Με απλά λόγια, οι περισσότερες επιχειρήσεις έχουν συνήθως ξεχωριστά τηλεφωνικά δίκτυα και δίκτυα δεδομένων. Η χρήση της ιντερνετικής τηλεφωνίας κάνει εφικτή την ενοποίηση αυτών των δύο και την διαχείρισή τους με τρόπο ενιαίο.

Καλύτερα, όμως, να "μιλήσουν" οι ίδιες οι εταιρείες και άλλοι μεγάλοι φορείς που υλοποίησαν μεθόδους VoIP. Ο αμερικάνικος σταθμός Amundsen-Scott South Pole στην Ανταρκτική αντιμετώπιζε σημαντικά προβλήματα και περιορισμούς στην επικοινωνία του με τον υπόλοιπο κόσμο. Δεν υπάρχουν δρόμοι που να οδηγούν στο σταθμό, αλλά και εξαιτίας των εξαιρετικά δυσμενών καιρικών συνθηκών, καθίσταται αδύνατη η για μακρό χρόνο εργασία κατασκευής μιας τηλεπικοινωνιακής υποδομής. Επιπλέον, απαιτείται ειδικός εξοπλισμός που να αντέχει στις ακραίες συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή.

Η λύση που προτάθηκε και που τελικώς υλοποιήθηκε, ήταν η μεταφορά των τηλεφωνικών κλήσεων μέσω IP, λύση που επέτρεψε σημαντική σμίκρυνση του κόστους. Πιο συγκεκριμένα, το κλειδί στην εγκατάσταση του VoIP δικτύου ήταν η άφιξη στον πόλο τριών δορυφόρων για επικοινωνίες δεδομένων. Ο ένας απ' αυτούς μπορούσε να διαχειριστεί εύκολα Voice over IP πληροφοριακή κίνηση με την αμφίδρομη 1024Kbit/sec αρτηρία δεδομένων (data link). Ο μεταδότης του δορυφόρου (με υποστήριξη 6Mbit/sec) μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη μετάδοση μεγάλων αρχείων γραφικών και δεδομένων από τους αστρονόμους, τους φυσικούς και τους

κλιματολόγους που δουλεύουν στο νότιο πόλο. Και ένας ακόμη δορυφόρος επιφορτίστηκε με τη μεταφορά φωνής πάνω από δίκτυα IP.

Τα πράγματα έδειξαν ότι αυτής της μορφής η τηλεφωνία είναι εξαιρετικά αποδοτική. Παλαιότερα, εάν συνέβαινε κάποιο έκτακτο περιστατικό και οι επιστήμονες του σταθμού χρειαζόταν να μιλήσουν με συνάδελφο στις Η.Π.Α ή την Ευρώπη, θα έπρεπε να περπατήσουν περίπου 1 Km σε σημείο όπου υπήρχε τηλέφωνο. Συνήθως, μετά έπρεπε να περιμένουν για κάποιο χρονικό διάστημα για να πάρουν είτε σήμα κατειλημμένου είτε καθόλου απάντηση. Αντίθετα τώρα, τα τηλεφωνήματα μπορούν να γίνουν από το κτίριο στο οποίο εργάζεται ο καθένας. Και εάν ο καλούμενος απουσιάζει, μπορεί να σταλεί ένα μήνυμα για να τηλεφωνήσει εκείνος.

Γενικά, οι επικοινωνίες φωνής αποκτούν ζωτική σημασία όταν υπάρχει ένα τέτοιο επίπεδο ευκολίας. Ζωτικής σημασίας θεωρείται ο ρόλος των τηλεπικοινωνιών και στην περίπτωση της πολιτείας της Αλάσκα, μιας και είναι μια περιοχή απομακρυσμένη και χωρίς δρόμους. Η πολιτεία αυτή βρήκε το Internet ως το μοναδικό αποτελεσματικό μέσο να φέρει τις κυβερνητικές υπηρεσίες on-line στον πληθυσμό των 630.000 κατοίκων της. Ο τελικός σκοπός είναι να δημιουργηθεί ένα ενιαίο IP δίκτυο δεδομένων και φωνής που θα συνδέει όλα τα κυβερνητικά γραφεία. Από τη στιγμή που φωνή και δεδομένα θα μεταδίδονται στην ίδια γραμμή, θα μειωθούν στο μισό οι τηλεφωνικές συνδέσεις με τα απομακρυσμένα κυβερνητικά γραφεία, γεγονός που συνεπάγεται ευκολότερη διαχείριση και επιδιόρθωση, ακόμη και όταν ο καιρός είναι πραγματικά άσχημος. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι άνεμοι που επικρατούν στην περιοχή φτάνουν και τα 100mph (μίλια την ώρα), προκαλώντας καταρρεύσεις γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος. Η προσδοκία των υπευθύνων είναι ότι ο εξοπλισμός της ιντερνετικής τηλεφωνίας θα μπορεί να διευρύνεται ώστε να χειρίζεται χιλιάδες εισερχομένων και εξερχομένων τηλεφωνικών κλήσεων, αξιόπιστα ή και καλύτερα ακόμη, από το παραδοσιακό σύστημα μεταγωγής κυκλώματος του τηλεφωνικού δικτύου.

Αν και η μείωση του κόστους των υπεραστικών τηλεφωνημάτων παραμένει ένα δημοφιλές θέμα και θα παρείχε έναν καλό λόγο για τη χρήση της τεχνολογίας VoIP, τα τυχόν μακροπρόθεσμα κέρδη από την επένδυση αποτελούν ακόμα ένα καυτό θέμα συζήτησης στον κόσμο των επιχειρήσεων. Η σταθερή τιμολόγηση είναι διαθέσιμη για τις συνδέσεις με το Διαδίκτυο και έτσι μπορεί να επιτευχθεί ιδιαίτερη

αποταμίευση και για τη φωνή (VoIP) και για το fax (FoIP). Έχει υπολογιστεί ότι το 70% όλων των κλήσεων από την Αμερική προς την Ασία είναι κλήσεις για αποστολή fax, τα περισσότερα από τα οποία θα μπορούσαν να αντικατασταθούν από Fax over IP. Αυτός ο υπολογισμός είναι βασισμένος απλά στην κατάργηση των δαπανών της συμβατικής τηλεφωνίας παρά στην ύπαρξη μιας γενικευμένης μείωσης της δαπάνης για τη χρήση των πόρων (συσκευές, γραμμές, κτλ). Η κατανομή του κόστους του εξοπλισμού ανάμεσα σε χρήσεις μεταφοράς δεδομένων και χρήσεις μεταφοράς φωνής μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την αποδοτικότητα των δικτύων. Πολύ απλά, το περίσσειμα του εύρους ζώνης σε ένα δίκτυο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για άλλους σκοπούς, δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο οικονομίες κλίμακας για φωνητική χρήση, μέσω της ύπαρξης μεγάλου διαθέσιμου εύρους ζώνης λόγω των δικτύων δεδομένων.

Πέραν αυτού, η κοινή αυτή χρήση μπορεί να συμβάλλει και στην απλοποίηση των υποδομών, μιας που η ίδια υποδομή (γραμμές, δίκτυα, τηλεφωνικά κέντρα, κτλ.) μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τις δύο περιπτώσεις. Μια ενιαία υποδομή που υποστηρίζει όλες τις μορφές επικοινωνίας επιτρέπει περισσότερο την τυποποίηση και μειώνει το κόστος για τον συνολικό εξοπλισμό. Αυτή η συνδυασμένη υποδομή μπορεί να υποστηρίζει δυναμική βελτιστοποίηση εύρους ζώνης (dynamic bandwidth) και να είναι σχεδιασμένη για την εναλλακτική αντιμετώπιση βλαβών (fault tolerant). Παράδειγμα, αν προκύψει κάποια βλάβη στα κυκλώματα Α, όλες οι κλήσεις δρομολογούνται αυτόματα από τα κυκλώματα Β στον προορισμό τους, χωρίς να χρειαστεί επέμβαση τεχνικών.

Δεδομένου ότι οι άνθρωποι είναι τα πιο «ακριβά» στοιχεία σε ένα δίκτυο, οποιαδήποτε ευκαιρία να συγχωνευτούν οι διαδικασίες, για να μειωθούν τυχόν σημεία λαθών, και για να ομαδοποιηθούν τα λογιστικά συστήματα θα ήταν ευεργετική. Στις επιχειρήσεις, μπορεί να υπάρξουν και άλλες υπηρεσίες πέραν της απλής συγχώνευσης φωνής και δικτύου ή διαδικτύου. Η χρήση των πρωτοκόλλων IP υπόσχεται μειωμένη πολυπλοκότητα και περισσότερη ευελιξία για όλες τις εφαρμογές. Σχετικές εγκαταστάσεις όπως υπηρεσίες καταλόγου και οι υπηρεσίες ασφάλειας μπορούν να είναι ευκολότερα κοινόχρηστες. Δηλαδή, εκτός από τη δυνατότητα κλήσεων μέσω IP, να μπορούν οι εργαζόμενοι να χρησιμοποιούν τον υπολογιστή τους ως «αυτόματο» τηλεφωνικό κατάλογο, και η κλήση να γίνεται από το IP τηλέφωνο.

9. Δεδομένα Αγοράς για το VoIP

9.1. Στοιχεία για την Αγορά του VoIP

Τα προϊόντα ιντερνετικής τηλεφωνίας που είναι αυτή τη στιγμή διαθέσιμα στην αγορά, παρουσιάζουν μια ανάμικτη εικόνα. Πολλά είναι ακόμη εξαρτημένα από το συγκεκριμένο κατασκευαστή, αρκετά υποστηρίζουν το H.323 v1, μερικά υποστηρίζουν το H.323 v2 και πολύ λίγα υποστηρίζουν είτε το SIP είτε το H.323 v3. Αυτό που θεωρείται πιθανότερο είναι οι μεγάλοι κατασκευαστές να παρέχουν υποστήριξη και για το SIP και για το H.323 μέχρις ότου το τοπίο των προτύπων ξεκαθαρίσει και είτε κάποιο "πεθάνει" είτε αυτά συγχωνευτούν. Ήδη, γίνονται δημόσιες συζητήσεις ανάμεσα σε ενδιαφερόμενες εταιρίες, που προσπαθούν να ξεδιαλύνουν την κατάσταση με τις ανταγωνιστικές τεχνολογίες και τα διαφορετικά πρωτόκολλα και να συμβάλλουν στη διαλειτουργικότητα ανάμεσα στον εξοπλισμό διαφόρων κατασκευαστών.

Στην παρούσα φάση, πάντως, εάν κάποιος ενδιαφέρεται για μεγάλη διαθεσιμότητα και διαλειτουργικότητα, τότε ίσως μια λύση με SIP θα ήταν παρακινδυνευμένη αυτή τη στιγμή. Διαφορετικά, και οι δύο προσεγγίσεις προσφέρουν ίδιες λειτουργίες, με εξαίρεση τη δυνατότητα διάσκεψης. Στο SIP μπορεί να γίνει εκκίνηση κλήσεων διάσκεψης χωρίς απαίτηση για εξυπηρετητή διάσκεψης. Αντίθετα, το H.323 απαιτεί να υπάρχει ένας τέτοιος εξειδικευμένος εξυπηρετητής. Σε κάθε περίπτωση, πάντως, το αν απαιτείται ή όχι εξειδικευμένος εξυπηρετητής εξαρτάται από τη συνολική κατασκευαστική προσέγγιση και όχι τόσο από τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται.

9.2. Τμήματα Αγοράς στο VoIP

Αν και έχουμε αναφερθεί στην τεχνολογία VoIP ως ένα αντικείμενο, στην πραγματικότητα αποτελείται από πολλά τμήματα, στο καθένα από τα οποία δραστηριοποιούνται αρκετές επιχειρήσεις. Υπάρχουν αυτήν την περίοδο πέντε τμήματα αγοράς για την τεχνολογία VoIP.

- **Επιχειρηματικές VoIP πύλες:** Αυτές οι συσκευές είναι συσκευές που βρίσκονται στο χώρο του πελάτη (CPE–Customer Premise Equipment) και είναι εγκατεστημένες μεταξύ ενός τηλεφωνικού κέντρου (PBX) και μιας συσκευής πρόσβασης στο WAN (π.χ. δρομολογητή) για να παρέχουν την δυνατότητα κλήσεων, τη δρομολόγηση κλήσεων και για να μετατρέψουν τη φωνή σε πακέτα IP.
- **Πύλες φορέων παροχής υπηρεσιών VoIP:** Αυτές οι συσκευές χρησιμοποιούνται για να συγχωνεύσουν την εισερχόμενη κυκλοφορία VoIP και να την καθοδηγήσουν αναλόγως. Ο ρόλος είναι ανάλογος με έναν παραδοσιακό τοπικό τηλεφωνικό διακλαδωτή (CO Class 5).
- **VoIP δρομολογητές:** Αυτά τα προϊόντα είναι τυπικοί δρομολογητές (routers) με ενσωματωμένες κάρτες φωνής. Οι κάρτες φωνής εκτελούν λειτουργίες πακετοποίησης και συμπίεσης, και έπειτα ο δρομολογητής κατευθύνει τα πακέτα στον τελικό προορισμό τους.
- **VoIP κεντρικοί υπολογιστές με δυνατότητες πρόσβασης εξ' αποστάσεως:** Αυτά τα προϊόντα είναι νεότερες εκδόσεις των συστημάτων που χρησιμοποιούνται για να παρέχουν dial-up πρόσβαση για τους συνδρομητές των ISP. Σε ένα VoIP σύστημα χρησιμοποιούνται ως πύλες μεταφοράς κλήσεων προς το PSTN.
- **VoIP τερματικοί σταθμοί:** Αυτές οι συσκευές είναι τηλέφωνα που περιλαμβάνουν μια VoIP πύλη και μια διασύνδεση με το τοπικό LAN.

Ενώ ο κάθε ένας από αυτούς τους τομείς αγοράς έχει διαφορετικές διαμορφώσεις προϊόντων, όλοι έχουν κοινή την τεχνολογία πυλών VoIP. Τα συστατικά του VoIP είναι:

- Τμήματα Υλικού (Hardware components):
 - Επεξεργαστής Ψηφιακών Σημάτων (Digital Signal Processor)
 - Ελεγκτής (Controller)
 - Κωδικοποιητής-Αποκωδικοποιητής (CODEC)
 - Αναλογική Έξοδος (Analog Front End – AFE)
 - Διασύνδεση με Δίκτυο Ευρείας Περιοχής (WAN Interface)
- Τμήματα Λογισμικού (Software Components):
 - Στοιχεία επεξεργασίας φωνής: Λεκτικοί κωδικοποιητές, ακυρωτές ηχούς, ανίχνευση δραστηριότητας φωνής (Voice Activation Detection – VAD), γεννήτρια θορύβου (Comfort Noise Generation – CNG), τηλεφωνία
 - Στοιχεία σχετικά με λίστες πρωτοκόλλων: Λίστα πρωτοκόλλων H.323 και TCP/IP
 - Διαχείριση διασύνδεσης της φωνής και των συνδέσεων με LAN / WAN
 - Λειτουργικά Συστήματα Πραγματικού Χρόνου (Real Time Operating Systems – RTOS).

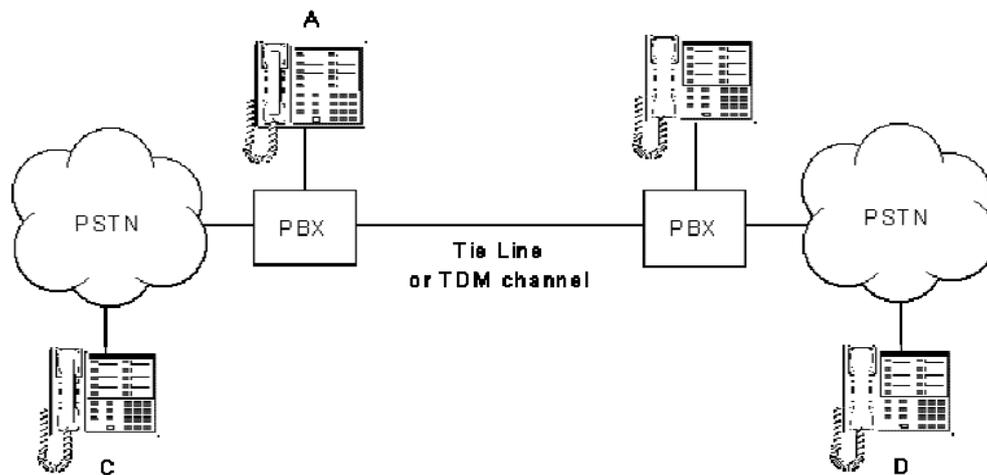
10. Στρατηγικές για υλοποίηση VoIP δικτύων

Για να μπορέσει κάποιος να "χτίσει" ένα δίκτυο για VoIP, υπάρχουν τρεις διαφορετικές στρατηγικές που μπορεί να ακολουθήσει:

1) Simple toll bypass. Η λύση αυτή ενδείκνυται όταν θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε ένα δίκτυο IP για να μεταφέρουμε κλήσεις μεταξύ διαφορετικών γραφείων σε ένα εταιρικό δίκτυο. Επειδή δεν απαιτεί αλλαγή τηλεφωνικού κέντρου (PBX), καλωδίωσης και συσκευών, είναι εύκολο να υλοποιηθεί. Επιπλέον, έχει το πλεονέκτημα ότι δε χρειάζεται να ασχοληθούμε με θέματα ενοποίησης με το PSTN.

2) Total IP telephony. Σ' αυτή την περίπτωση θα πρέπει να αντικαταστήσουμε τις τηλεφωνικές συσκευές με IP τηλέφωνα που συνδέονται κατευθείαν σε θύρες τοπικού δικτύου (10BASE-T) και χρησιμοποιούν διακομιστές (servers) στο τοπικό δίκτυο ώστε να παρέχονται οι περισσότερες λειτουργίες ενός PBX.

3) PBX με δυνατότητες IP. Πρόκειται για τη μέση οδό. Δηλαδή δεν απαιτείται αλλαγή της καλωδίωσης ή των συσκευών, αλλά αναβάθμιση των PBXs ώστε να υποστηρίζουν, να "μιλούν" δηλαδή, πρωτόκολλα ιντερνετικής τηλεφωνίας. Αυτό σημαίνει ότι τα PBXs θα βασίζονται σε διαδικτυακές τηλεφωνικές πύλες για να επικοινωνούν με τον έξω κόσμο, εκτός και αν έχουν ενσωματωμένη και αυτή τη δυνατότητα. Η βασική λειτουργία ενός PBX με δυνατότητες IP είναι να συνδέει εισερχόμενες από το PSTN τηλεφωνικές κλήσεις σε συγκεκριμένη επέκταση που συνδέεται με τον καλούμενο (και παρόμοια για τις εξερχόμενες κλήσεις).



Σχ. 16: Σύνδεση μεταξύ δύο PBX με μισθωμένο κύκλωμα (tie line).

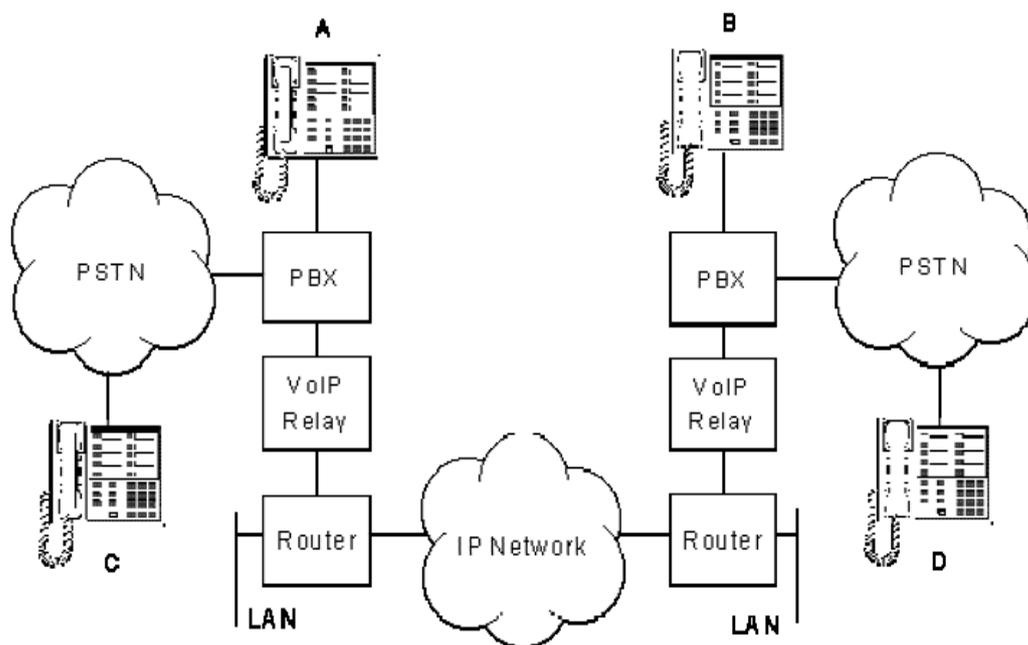
Επίσης, το PBX επιφορτίζεται με τη μεταγωγή κλήσεων σε επεκτάσεις άλλων συνδεδεμένων PBXs. Οι διασυνδέσεις ανάμεσα στα PBXs πραγματοποιούνται είτε με μισθωμένα αναλογικά κυκλώματα (tie line) είτε - και αυτή είναι η συνηθέστερη μέθοδος - με κανάλια που παραχωρούνται σε κάποια κεντρική γραμμή τηλεπικοινωνιών (backbone) με πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου (Time Division Multiplexing - TDM). Με την τεχνική αυτή το εύρος ζώνης μοιράζεται ανάμεσα στη φωνή και στα άλλα δεδομένα. Το μειονέκτημα, τόσο με τις tie lines όσο και με την TDM, είναι ότι εύρος ζώνης θα πρέπει μονίμως να παραχωρείται (άρα, και να πληρώνεται) για κάθε κύκλωμα φωνής, ανεξάρτητα από το αν τα κυκλώματα αυτά χρησιμοποιούνται ή όχι όλη την ώρα. Μια λύση είναι να μοιράσουμε την κίνηση σε

πακέτα (ή "κελιά-cells" ή "πλαίσια-frames", ανάλογα με το δίκτυο), έτσι ώστε όλοι οι τύποι κίνησης να εξυπηρετούνται με τον πιο αποδοτικό τρόπο.

Ας δούμε, λοιπόν, ποια προσέγγιση ακολουθεί η πρώτη στρατηγική.

Simple toll bypass

Εδώ απλώς το PBX αντί να συνδέεται με τις tie lines, συνδέεται με μια ξεχωριστή μονάδα που μετατρέπει τα σήματα φωνής σε μορφή IP. Οι μονάδες αυτές ονομάζονται πύλες (gateways ή relays) και συνδέονται απευθείας με έναν δρομολογητή για μεταφορά φωνής μέσα από το δίκτυο IP.



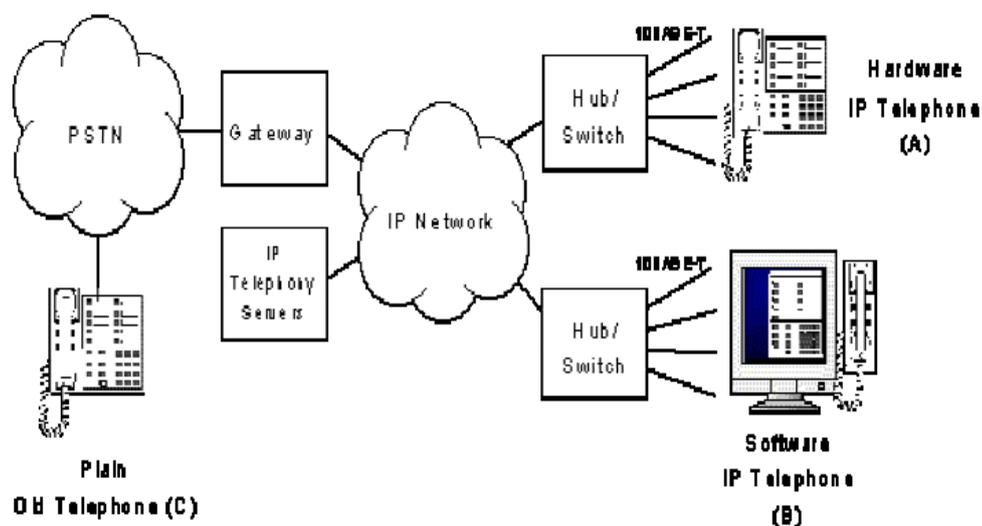
Σχ. 17: Υλοποίηση Simple toll bypass

Είναι δυνατόν η λειτουργικότητα που προσφέρει μία VoIP πύλη να ενσωματωθεί σε ένα PBX ή στο δρομολογητή τον ίδιο. Να μην έχουμε δηλαδή μια ξεχωριστή πύλη.

Total IP telephony

Σ' αυτή τη λύση, όλες οι συσκευές του τελικού χρήστη – είτε πρόκειται για προσωπικούς υπολογιστές είτε για τηλέφωνα – συνδέονται στο δίκτυο μέσω συνδέσεων LAN (κυρίως Ethernet). Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι συσκευών του τελικού χρήστη: τα IP τηλέφωνα που υλοποιούνται με λογισμικό (προγράμματα τηλεφώνων) και τα IP τηλέφωνα που είναι ξεχωριστές συσκευές. Ειδικά, όσον αφορά το βασισμένο σε λογισμικό IP τηλέφωνο, πρέπει να επισημανθεί ότι μπορεί να είναι είτε συγκεκριμένου σκοπού τηλέφωνο που συνδέεται σε μια σειριακή θύρα είτε ένα παραδοσιακό αναλογικό τηλέφωνο που θα τοποθετηθεί σε κάρτα PC ή έναν εξωτερικό υποδοχέα (εννοείται βέβαια ότι θα πρέπει να υπάρχει εγκατεστημένο στη μεριά του πελάτη κατάλληλο λογισμικό που θα υποστηρίζει ιντερνετική τηλεφωνία).

Όλες, πάντως, οι προαναφερθείσες συσκευές μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω μιας IP σύνδεσης, ενώ απαραίτητη κρίνεται η παρουσία μιας πύλης ώστε να μπορούν να πραγματοποιηθούν τηλεφωνικές κλήσεις από και προς το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο. Ειδική αναφορά πρέπει να γίνει για τους εξυπηρετητές που υποστηρίζουν ιντερνετική τηλεφωνία και παρέχουν λειτουργίες εγκατάστασης, ελέγχου των κλήσεων, καθώς και λογιστική παρακολούθηση (billing). Πρόκειται για τους IP telephony servers, οι οποίοι κάτω από το πρωτόκολλο H.323 ονομάζονται gatekeepers.

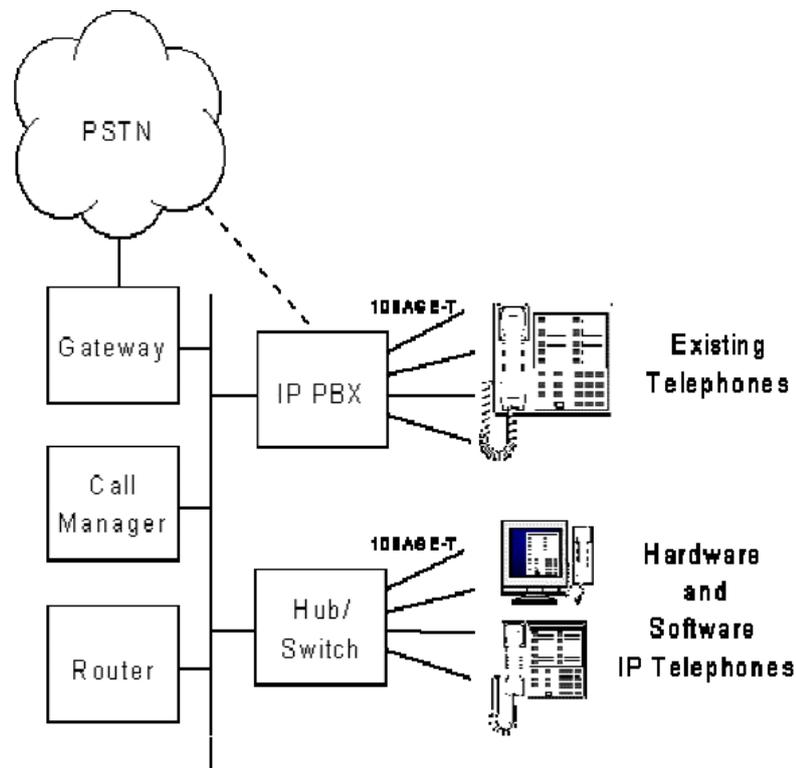


Σχ. 18: Πλήρης τηλεφωνία μέσω IP (Total IP Telephony)

PBX με δυνατότητες IP

Αντί να αντικαταστήσουμε την υπάρχουσα υποδομή σε καλωδίωση και συσκευές, μπορούμε απλώς να αναβαθμίσουμε το PBX ώστε να υποστηρίζει IP τηλεφωνία με τον έξω κόσμο. Μια άλλη λύση είναι να αντικαταστήσουμε το PBX με κάποιο που θα ενσωματώνει IP δυνατότητες. Τότε μιλάμε για IP PBX ή συντομογραφικά "iPBX", προσέγγιση που χρησιμοποιείται συνήθως σε μικρότερα εργασιακά περιβάλλοντα. Συνήθως τα IP PBX είναι NT servers με λογισμικό για τηλεφωνία και κάρτες φωνής. Η ομορφιά ενός τέτοιου συστήματος έγκειται στη δυνατότητα δημιουργίας ενός κατακευματισμένου συστήματος. Δηλαδή, τα τηλέφωνα ενός οργανισμού μπορεί να είναι διεσπαρμένα σε μια μεγάλη γεωγραφική περιοχή, αλλά με τη βοήθεια των iPBX να παρέχουν την αίσθηση ότι είναι συνδεδεμένα στο τοπικό PBX.

Στο σχήμα παρουσιάζεται η τρίτη στρατηγική υλοποίησης VoIP δικτύων.



Σχ. 19: PBX με δυνατότητες IP

11. Προκλήσεις στο σχεδιασμό Συστημάτων Φωνής βασισμένων σε IP

Υπάρχει μια μετατόπιση του ενδιαφέροντος των εταιριών αλλά και των καταναλωτών γενικότερα σε αρχιτεκτονικές βασισμένες σε συγκεκριμένα διεθνή πρότυπα. Ενώ η εταιρική τηλεφωνία (PBX) έχει βασιστεί σε εταιρικά πρότυπα σχεδίασης, τα προϊόντα της τεχνολογίας VoIP είναι όλα σχεδιασμένα και υλοποιημένα με βάση την ανοιχτής αρχιτεκτονικής τεχνολογία IP και τις τεχνολογίες που στηρίζουν το Διαδίκτυο, οι οποίες είναι πλήρως ανεξάρτητες από κατασκευαστές, και βασισμένες σε διεθνή πρότυπα. Η πρόκληση, λοιπόν για τους σχεδιαστές είναι ότι πρέπει να εμμείνουν στα πρότυπα, και γι' αυτό ο σχεδιασμός νέων συστημάτων αλλά και η δοκιμή τους δυσκολεύουν αρκετά. Επίσης, τα πρότυπα IP εξελίσσονται συνεχώς και προστίθεται νέες δυνατότητες, τις οποίες οι κατασκευαστές συστημάτων VoIP θα πρέπει να ακολουθήσουν για να μείνουν μέσα στις εξελίξεις.

Η επόμενη πρόκληση των σχεδιαστών συστημάτων VoIP αφορά την ποιότητα της φωνής που ακούνε τα μέλη που συμμετέχουν στην κλήση. Η ποιότητα φωνής για τα προϊόντα VoIP πρέπει να ταιριάζει με την ποιότητα των αντίστοιχων συστημάτων που βασίζονται σε τηλεφωνικά κυκλώματα (circuit-based). Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα φωνής είναι ο θόρυβος των γραμμών, η ηχώ, οι κωδικοποιητές φωνής (CODECs) και η καθυστέρηση των δικτύων. Όλα αυτά είναι δύσκολο να προβλεφθούν καθώς οι περιορισμοί του εύρους δικτύου είναι απρόβλεπτοι, και εξαρτώνται πρωτίστως από την κίνηση των δεδομένων.

Επίσης, οι επί πλέον δυνατότητες και λειτουργίες που παρέχει ένα δίκτυο μεταφοράς πακέτων (packet-switched) πρέπει να είναι παρόμοιες με αυτές του παλιού τηλεφωνικού δικτύου το οποίο χρησιμοποιείται εδώ και αρκετά χρόνια. Χαρακτηριστικά γνωρίσματα όπως αναμονή κλήσης, ατελείς αριθμοί, τιμολόγηση πίστωση-καρτών, ταυτότητα επισκεπτών, και τρεις τρόποι κλήσης πρέπει να υποστηρίζονται από την υποδομή των νέων δικτύων. Αυτό κάνει την σχεδίαση αυτών των συστημάτων δυσκολότερη, αλλά παρουσιάζει και όλα τα πλεονεκτήματα της νέας τεχνολογίας (VoIP) που έχουμε αναφέρει.

12. Ποιότητα Υπηρεσιών

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό γνώρισμα των συγκλιμένων (converged) δικτύων είναι ότι υποστηρίζουν δυνατότητες ελέγχου της ποιότητας υπηρεσιών (QoS) για τη μεταφορά φωνής αλλά και κινούμενης εικόνας (βίντεο). Το QoS αναφέρεται στη δυνατότητα ενός δικτύου να παραδίδει εγγυημένο επίπεδο υπηρεσίας σε έναν χρήστη. Το επίπεδο υπηρεσιών περιλαμβάνει χαρακτηριστικά τις παραμέτρους όπως ελάχιστο εύρος ζώνης, μέγιστη καθυστέρηση, και jitter (παραλλαγή καθυστέρησης). Πριν η μεταφορά των δεδομένων φωνής αρχίσει, ξεκινά μια διαδικασία που ονομάζεται σηματοδότηση. Ο σκοπός αυτής της διαδικασίας διαπραγμάτευσης είναι να δώσει στον εξοπλισμό δικτύων που είναι αρμόδιος για την παροχή QoS μια ευκαιρία για να καθορίσουν εάν οι απαραίτητοι πόροι δικτύων είναι διαθέσιμοι και, στις περισσότερες περιπτώσεις, να δεσμεύσουν τους απαραίτητους πόρους πριν την χορήγηση μιας εγγύησης QoS στον πελάτη. Η γενική διαδικασία αποτελείται από τα ακόλουθα βήματα:

- Ο πελάτης ζητά τον πόρο
- Το δίκτυο καθορίζει εάν το αίτημα μπορεί να εκπληρωθεί
- Σήματα δικτύων ναι ή όχι για αίτηση
- Εάν ναι διατηρεί τους πόρους για να ικανοποιήσει την ανάγκη
- Ο πελάτης αρχίζει να μεταφέρει τα στοιχεία

Ένα άλλο αμφισβητούμενο ζήτημα στα συγκλιμένα δίκτυα είναι ποιο είναι το κατάλληλο στρώμα από τη λίστα του πρωτοκόλλου IP για να συγχωνεύσει την κυκλοφορία. Ο παλιός τρόπος να συνδυαστεί η κυκλοφορία ήταν στο στρώμα I που χρησιμοποιεί τα χωριστά κυκλώματα Time Division Multiplexing (TDM) για την κυκλοφορία φωνής και δεδομένων. Το πρόβλημα με αυτήν την προσέγγιση είναι ότι είναι δύσκολο να ρυθμιστεί και δεν χρησιμοποιεί επαρκώς το εύρος ζώνης μιας που δεν υπάρχει κανένας τρόπος να γνωρίζει εκ των προτέρων την μελλοντική κίνηση στο δίκτυο.

Μέχρι σήμερα, το όραμα για τη σύγκλιση στοιχείων φωνής ήταν μέσω της χρήσης ασύγχρονου τρόπου μεταφοράς (ATM) στο στρώμα II. Η σύγκλιση της φωνής και των στοιχείων ήταν ο λόγος που αναπτύχθηκε το ATM πάνω από μια δεκαετία πριν. Το ATM ενσωματώνει δυνατότητες ελέγχου της ποιότητας που δημιουργήθηκαν ακριβώς για την εφαρμογή τους στη σύγκλιση δεδομένων και φωνής. Εντούτοις, το ATM έχει ένα σταθερό μήκος κυττάρων και αυτό οδηγεί σε παραπάνω δεδομένα από ότι χρειάζονται. Επίσης, κάποιος πρέπει να διαχειριστεί τα δίκτυα ATM και IP. Η πιο πρόσφατη τάση είναι να συγχωνευθεί η κυκλοφορία φωνής και δεδομένων στο στρώμα III των δικτύων IP. Αυτή η προσέγγιση εκμεταλλεύεται τις νέες δυνατότητες QoS που έχουν τα IP δίκτυα, όπως το πρωτόκολλο εξασφάλισης πόρων (RSVP) και την τεχνολογία διαφοροποιημένων υπηρεσιών (DiffServ). Αυτές οι τεχνολογίες μπορούν επίσης να εκμεταλλευτούν τις υπηρεσίες QoS του δεύτερου IP στρώματος.

Η ομάδα εταιριών και επιστημόνων Internet Engineering Task Force (IETF) έχει αναπτύξει διάφορες τεχνολογίες που αναπτύσσονται για να προστεθούν δυνατότητες ελέγχου της ποιότητας υπηρεσιών στα δίκτυα IP. Μερικές από αυτές είναι:

- Resource Reservation Protocol (RSVP): Καθορίζεται στο RFC 2205 και χρησιμοποιείται από έναν υπολογιστή για να αιτηθεί συγκεκριμένες υπηρεσίες ελέγχου ποιότητας από το δίκτυο για χρήση με συγκεκριμένες εφαρμογές που στέλνουν δεδομένα σε μορφή ρεύματος ή ροής (stream ή flow), δηλαδή συνεχόμενα. Το RSVP χρησιμοποιείται επίσης από τους δρομολογητές για να διαβιβάσει τις αιτήσεις QoS σε όλους τους κόμβους (ενδιάμεσους υπολογιστές και δρομολογητές) κατά μήκος της πορείας της ροής και για να ξεκινήσει και να διατηρήσει το εύρος στην ίδια κατάσταση. Οι αιτήσεις RSVP έχουν ως αποτέλεσμα τη διατήρηση πόρων σε κάθε κόμβο κατά μήκος της πορείας των δεδομένων.
- Το Resource Allocation Protocol (RAP) είναι ένα πρωτόκολλο που καθορίζεται από το IETF. Το RAP χρησιμοποιείται από δρομολογητές που υποστηρίζουν RSVP για να επικοινωνήσει με τους κεντρικούς υπολογιστές στρατηγικής (policy servers) μέσα στο δίκτυο. Οι κεντρικοί υπολογιστές στρατηγικής χρησιμοποιούνται για να

καθορίσουν σε ποιούς θα χορηγήσουν τους πόρους των δικτύων σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν ανεπαρκείς πόροι δικτύων και δεν είναι δυνατό να ικανοποιηθούν όλα τα αιτήματα.

- Το Common Open Policy Service (COPS) είναι το βασικό πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για την ανταλλαγή πληροφοριών στρατηγικής στα πλαίσια του πρωτοκόλλου RAP. Το COPS καθορίζεται στο RFC 2748.
- Το Differentiated Services (DiffServ) καθορίζεται στα RFC 2474, 2475, 2597, και 2598 και χρησιμοποιεί το πεδίο «Type of Service (TOS)» στο πρωτόκολλο IP για να καθορίσει την προτεραιότητα στην κυκλοφορία. Το DiffServ καθορίζει τον τρόπο που θα γίνεται η χρήση και η ερμηνεία αυτού του πεδίου.
- Το Real-time Transport Protocol (RTP) χρησιμοποιείται για τη μεταφορά δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, συμπεριλαμβανομένων των δεδομένων ήχου και βίντεο. Χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο User Datagram Protocol (UDP) για τη μεταφορά, και χρησιμοποιείται και για διαδικτυακές εφαρμογές πολυμέσων (media-on-demand) και για εφαρμογές VoIP τηλεφωνίας. Το RTP αποτελείται από δεδομένα και ένα τμήμα ελέγχου που ονομάζεται Real Time Control Protocol (RTCP). Το RTP είναι ένα πρωτόκολλο που παρέχει την συγχρονισμένη αναδημιουργία του περιεχομένου (ξαναφτιάχνει τη φωνή από τα πακέτα όχι όπως έφτασαν αλλά με τη σειρά που ξεκίνησαν), την ανίχνευση απώλειας, την ασφάλεια και τον προσδιορισμό του περιεχομένου.
- Το Real Time Streaming Protocol (RTSP) καθορίζεται στο RFC 2326, και είναι μια επέκταση ελέγχου στο RTP, που χρησιμοποιείται σε εφαρμογές πολυμέσων μέσω του διαδικτύου, με σκοπό την υποστήριξη λειτουργιών τύπου βίντεο (παύση, πίσω-μπροστά και σταμάτημα).

Οι περισσότεροι τηλεφωνικοί χρήστες απαιτούν μια ποιότητα της υπηρεσίας (QoS) τουλάχιστον τόσο υψηλή όσο η ποιότητα φωνής στο δίκτυο PSTN. Εν τω μεταξύ, τα περισσότερα σύγχρονα δίκτυα πακέτων βελτιστοποιούνται για την κυκλοφορία ροής πληροφοριών και όχι φωνής, τα οποία παρουσιάζουν τις τεχνικές δυσκολίες που πρέπει να λυθούν προκειμένου να επιτευχθεί ποιότητα φωνής (QoS) ισοδύναμη (ή καλύτερη) του PSTN.

Στα δίκτυα πακέτων που σχεδιάζονται για την κυκλοφορία δεδομένων, όπως το Διαδίκτυο, το να υπάρχουν καθυστερήσεις στη ροή των πακέτων, ή το να φθάσουν τα πακέτα στον προορισμό τους με διαφορετική σειρά από ότι ξεκίνησαν, είναι απόλυτα αποδεκτό. Όμως στην περίπτωση της κυκλοφορίας φωνής, συνολικές καθυστερήσεις μεγαλύτερες από 100ms σε ένα ρεύμα φωνής (voice stream) οδηγούν σε μια αισθητή μείωση στην ποιότητα της φωνής λόγω της ευαισθησίας του ανθρώπινου αυτιού σε ανεπαίσθητες ανακολουθίες της φωνής.

Μερικά πρότυπα μεταφοράς πακέτων όπως το ATM και μια νέα έκδοση του πρωτοκόλλου IP (η έκδοση IPv6 που είναι αυτήν την περίοδο υπό συζήτηση από το IETF) επιτρέπει τον καθορισμό προτεραιοτήτων στα μεμονωμένα πακέτα. Αυτός ο καθορισμός προτεραιοτήτων επιτρέπει την κυκλοφορία σε πραγματικό χρόνο κρίσιμων δεδομένων όπως η φωνή και το βίντεο ορίζοντας τους υψηλές προτεραιότητες ώστε να περάσουν μέσω των δικτύων πριν από την κυκλοφορία δεδομένων ελαχιστοποιώντας τις καθυστερήσεις. Τέτοια δίκτυα τείνουν να προσφέρουν υψηλότερο QoS για την κυκλοφορία φωνής από τα δίκτυα που δεν υποστηρίζουν προτεραιότητες πακέτων.

Επίσης, η συμπίεση του ρεύματος φωνής μπορεί να μειώσει την ποιότητα της φωνής, η οποία μπορεί να οδηγήσει στην εξισορρόπηση μεταξύ της ποιότητας υπηρεσιών και της χρήσης του εύρους ζώνης. Η χρήση των σύγχρονων αλγορίθμων επεξεργασίας φωνής, τα δίκτυα με υποστήριξη προτεραιοτήτων, ο καλύτερος εξοπλισμός, και άλλες καινοτομίες έχουν λύσει πολλά από τα ζητήματα QoS, στο βαθμό που η χρήση VoIP σε πολλά δίκτυα γίνεται χωρίς ο χρήστης να το καταλαβαίνει.

Η ποιότητα υπηρεσίας QoS δεν είναι κάποιο είδος τεχνολογίας, ούτε είναι ένα πρωτόκολλο. Είναι ένα σύνολο ιδεών, διαδικασιών, πρακτικών, και πολυάριθμων πρωτοκόλλων που διασφαλίζουν την αξιόπιστη και αποδοτική μεταφορά φωνής στα δίκτυα δεδομένων. Η ποιότητα υπηρεσίας είναι ένα σύνολο εργαλείων και μηχανισμών διαθέσιμων στο δίκτυο και παρέχει προβλέψιμα επίπεδα υπηρεσιών σε IP πακέτα όπως αυτά διασχίζουν ένα IP δίκτυο. Πολλά πρωτόκολλα και εφαρμογές δεν είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στη συμφόρηση δικτύων. Το πρωτόκολλο FTP (File Transfer Protocol), παραδείγματος χάριν, έχει μια μάλλον μεγάλη ανοχή στην

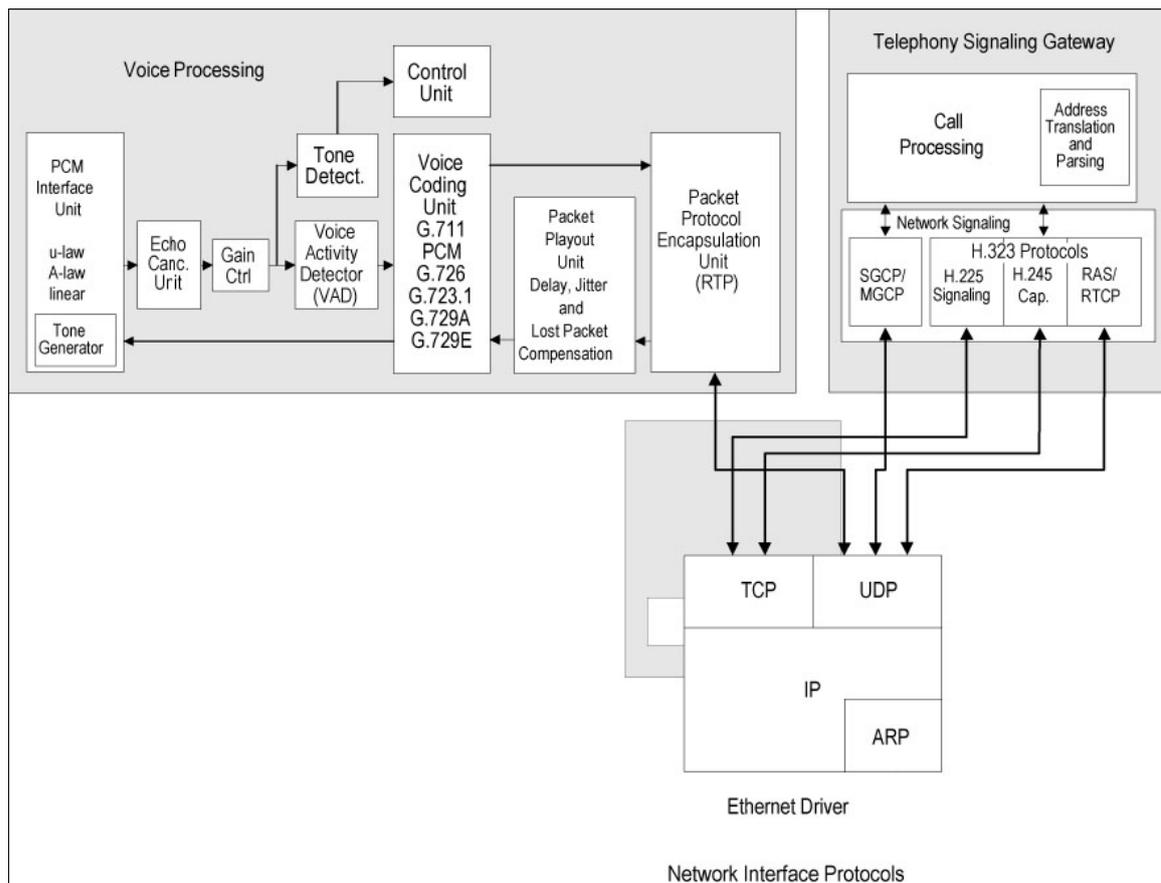
καθυστερήση δικτύων ή το περιορισμένο εύρος ζώνης. Για τον χρήστη, το FTP απλά αργεί να κατεβάσει ένα αρχείο στο σύστημα του. Αν και είναι ενοχλητικό στο χρήστη, αυτή η βραδύτητα δεν εμποδίζει την κανονική λειτουργία της εφαρμογής.

Από την άλλη πλευρά, οι εφαρμογές όπως η φωνή και το βίντεο είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες στις καθυστερήσεις των δικτύων. Εάν τα πακέτα φωνής αργήσουν πολύ να φθάσουν στους προορισμούς τους, η φωνή ακούγεται διακεκομμένη ή ακόμα και διαστρεβλωμένη. Το QoS μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αυτή την περίπτωση για να παρέχει προβλέψιμα επίπεδα υπηρεσιών σε αυτές τις εφαρμογές. Διάφορες κρίσιμες επιχειρησιακές εφαρμογές μπορούν επίσης να χρησιμοποιούν QoS, όπως εφαρμογές μετρήσεων (από δορυφόρους ή άλλες συσκευές) που χρειάζεται να μεταφέρουν δεδομένα μέσα από ένα δίκτυο IP σε πραγματικό χρόνο, και με τη σωστή σειρά.

13. Τεχνολογίες Πυλών VoIP

Το σχήμα 20 επεξηγεί τη λειτουργική αρχιτεκτονική μιας πύλης VoIP και των τριών κύριων τμημάτων της.

- Επεξεργασία φωνής (Voice Processing): Αυτό περιλαμβάνει όλες τις λειτουργίες που απαιτούνται για να κωδικοποιηθούν τα τμήματα (δείγματα) δεδομένων φωνής και να μετατραπούν σε πακέτα έτοιμα για μετάδοση.
- Πύλη τηλεφωνικής σηματοδοσίας (Telephony Signaling Gateway): Το TSG εκτελεί τις λειτουργίες για το ξεκίνημα, τη διατήρηση, και τη λήξη μιας κλήσης.
- Πρωτόκολλα διασύνδεσης δικτύων (Network Interface Protocols): Η ομάδα πρωτοκόλλων του TCP/IP παρέχει τη δομή μετάδοσης για το VoIP. Κάτω από το TCP/IP μπορεί να βρίσκεται οποιοδήποτε πρωτόκολλο του στρώματος II (OSI layer II), όπως το ATM, το Frame Relay, ή το Ethernet. Δηλαδή το TCP/IP μπορεί να μεταφέρει τη φωνή με οποιοδήποτε μέσο (δηλαδή πρωτόκολλο).



Σχ. 20: VoIP Gateway Architecture

14. Επεξεργασία Φωνής με VoIP

Οι λειτουργίες επεξεργασίας φωνής περιλαμβάνουν τα εξής:

- **Διεπαφή PCM (Pulse Code Modulation):** Ρυθμίζει τα σήματα από το PCM (π.χ. το ακουστικό) και τα στέλνει στο VoIP για επεξεργασία. Το PCM περιλαμβάνει λειτουργίες όπως η συμπίεση και η λήψη δείγματος. Αυτό το τμήμα περιλαμβάνει επίσης τη γεννήτρια τόνου, η οποία παράγει τους τόνους DTMF και τόνους προόδου κλήσης.
- **Μονάδα ακύρωσης ηχούς:** Διαγράφει την ηχώ στα τμήματα του ήχου που λαμβάνει ή στέλνει, σύμφωνα με τα πρότυπα G.165 ή G.168 του ITU.
- **Ανιχνευτής δραστηριότητας φωνής:** Σταματά τη μετάδοση πακέτων όταν παύουν να υπάρχουν σήματα φωνής. Εάν καμία δραστηριότητα (φωνή) δεν ανιχνεύεται για μια χρονική περίοδο, τα δεδομένα του κωδικοποιητή φωνής δεν θα μεταφέρονται μέσα από το δίκτυο.

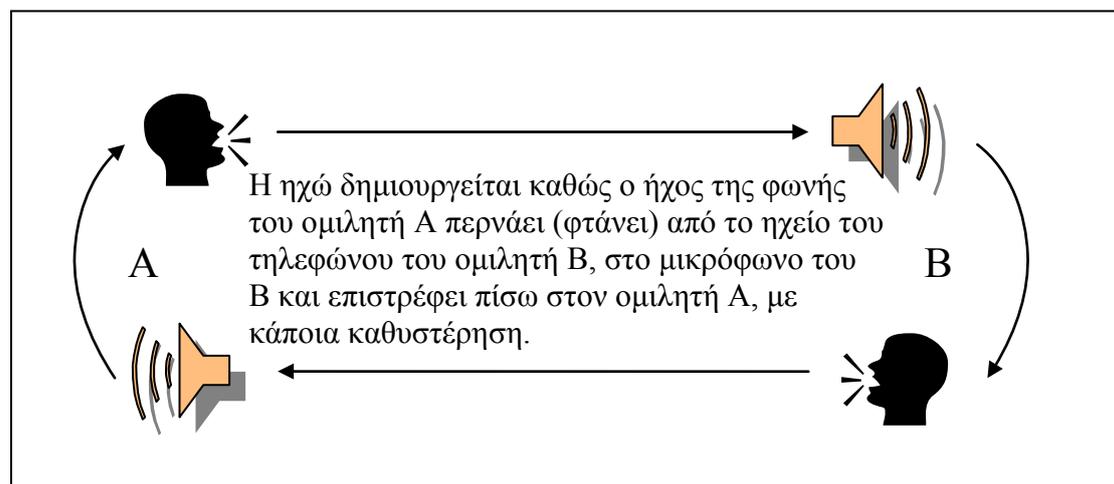
- Ανιχνευτής τόνου: Ανιχνεύει την υποδοχή των τόνων DTMF και κάνει διακρίσεις μεταξύ σημάτων φωνής και σημάτων φαξ (δηλαδή πότε κάποιος μας καλεί και πότε κάποιος μας στέλνει φαξ).
- Μονάδα κωδικοποίησης φωνής: Συμπιέζει τα ρεύματα στοιχείων φωνής πριν τη μετάδοση. Υπάρχουν διάφορα CODECs που χρησιμοποιούνται να συμπιέσουν τα ρεύματα φωνής στις εφαρμογές VoIP. Κάθε ένα έχει ένα διαφορετικό τρόπο εκμετάλλευσης της ταχύτητας δεδομένων (αναλογία συμπίεσης), διαφορετικές απαιτήσεις επεξεργασίας, διαφορετική καθυστέρηση επεξεργασίας, και διαφορετική ποιότητα φωνής.
- Έξοδος Φωνής: Αποθηκεύει τα πακέτα και τα δίνει στους αποκωδικοποιητές για να τα «παίξουν». Αυτή η ενότητα περιλαμβάνει έναν μεταβλητό απομονωτή jitter και ένα μηχανισμό μέτρησης που επιτρέπει την προσαρμογή του buffer (του μηχανισμού καθυστέρησης ώστε να έρθουν τα επόμενα πακέτα φωνής) στην απόδοση και τις καθυστερήσεις του δικτύου.
- Πρωτόκολλο πακέτων φωνής: Πακετοποιεί τα συμπιεσμένα δεδομένα φωνής και fax για μετάδοση στο δίκτυο δεδομένων. Κάθε πακέτο περιλαμβάνει έναν αύξοντα αριθμό που επιτρέπει τα πακέτα να παραδίδονται στη σωστή σειρά. Επίσης, η αύξουσα αρίθμηση επιτρέπει την αναπαραγωγή των διαστημάτων σιωπής και την ανίχνευση των χαμένων ή αργοπορημένων πακέτων.

15. Θέματα καθυστερήσεων και Ηχώ στο VoIP

Η καθυστέρηση απ' άκρου σ' άκρο είναι ένα σημαντικό ζήτημα στη μεταφορά φωνής μέσα από δίκτυα IP. Η καθυστέρηση μπορεί να προκαλέσει δύο τύπους προβλημάτων: την ηχώ (echo), και την επικάλυψη των ομιλητών (speaker overlap). Η ηχώ γίνεται πρόβλημα εάν η καθυστέρηση υπερβαίνει τα 50 ms. Η καθυστέρηση επηρεάζει την ηχώ αλλά μπορεί να εξουδετερωθεί με την χρήση της τεχνολογίας ακύρωσης (εξουδετέρωσης) ηχούς. Η επικάλυψη ομιλητών, δηλαδή όταν η φωνή του ενός ομιλητή που ακούγεται ταυτόχρονα με τη φωνή του άλλου ομιλητή, γίνεται πρόβλημα εάν η καθυστέρηση υπερβαίνει τα 250 ms και δεν μπορεί να διορθωθεί.

Η καθυστέρηση εισάγεται από διάφορα μέρη της αλυσίδας σημάτων και έχει τρία σημαντικά συστατικά: την αλγοριθμική καθυστέρηση (ή καθυστέρηση συσσώρευσης), την καθυστέρηση στην επεξεργασία, και την καθυστέρηση λόγω δικτύου. Η αλγοριθμική καθυστέρηση, που προέρχεται κυρίως από τους αλγορίθμους κωδικοποίησης της φωνής ξεκινά από τα 125 μ s και μπορεί να φτάσει τα 30 ms. Η καθυστέρηση στην επεξεργασία οφείλεται στην πακετοποίηση και μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 30 ms. Η καθυστέρηση δικτύων έχει τρία συστατικά που περιλαμβάνουν το χρόνο μετάδοσης λόγω της διάδοσης των σημάτων (παραδείγματος χάριν 15 ms από τη Νέα Υόρκη ως το Λος Άντζελες), καθυστερήσεις μέσω των δρομολογητών (της τάξης των 10 μ s για τον καθένα), και στον μηχανισμό καθυστέρησης (buffer) και εξουδετέρωσης jitter που λαμβάνει χώρα στην άλλη άκρη (70 έως 100 ms).

Η ηχώ προκαλείται από τις αντανάκλασεις σημάτων από τις αναλογικές συσκευές που χρησιμοποιούνται για να μετατρέψουν τα τέσσερα καλώδια σε δύο (αντανάκλασεις σημάτων της φωνής του ομιλητή από το τηλέφωνο της άλλης άκρης πίσω στο αυτί του ομιλητή). Αυτή η ηχώ μπορεί να γίνει απαράδεκτη εάν η καθυστέρηση του βρόχου (loop delay) είναι μεγαλύτερη από 50 ms. Από το βρόχο οι καθυστερήσεις θα είναι μεγαλύτερες από αυτό γιατί όλες οι συνδέσεις είναι VoIP και όλες οι πύλες VoIP περιλαμβάνουν μια λειτουργία ακύρωσης ηχούς.



Σχήμα 21: Η δημιουργία της ηχούς (echo)

Η απόδοση της ακύρωσης ηχούς καθορίζεται στην προδιαγραφή ITU G.165. Ένας ακυρωτής ηχούς αποτελείται από τα ακόλουθα κύρια τμήματα:

- Correlator: Χρησιμοποιείται για να υπολογίσει την καθυστέρηση βρόχων.

- Φίλτρο FIR (Finite Impulse Response filter): Χρησιμοποιείται για να φιλτράρει τα τμήματα της ηχούς από το λαμβανόμενο σήμα.
- Λεκτικός ανιχνευτής: Χρησιμοποιείται για να αναστείλει την αποστολή σημάτων όταν δεν υπάρχει καμία ομιλία.

Το Jitter είναι ένας μεταβλητός συγχρονισμός μεταξύ των πακέτων που προκαλείται από το δίκτυο. Το Jitter μπορεί να εξαλειφθεί μαζεύοντας μερικά πακέτα, και κρατώντας τα για ένα μικρό διάστημα. Αυτό επιτρέπει το πιο καθυστερημένο πακέτο να φθάσει εγκαίρως για να «παιχτεί» στη σωστή ακολουθία - αλλά αυτό είναι που προκαλεί τις καθυστερήσεις. Για να είναι το VoIP επιτυχές, ένα σύστημα πρέπει να ελαχιστοποιήσει την καθυστέρηση και να αφαιρέσει το jitter.

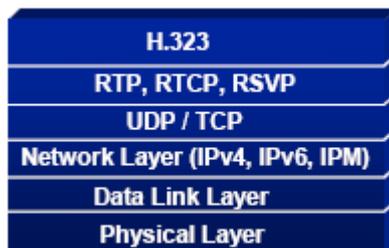
Η απώλεια πακέτων είναι ένα άλλο ζήτημα ποιότητας (QoS) της φωνής. Τα δίκτυα IP δεν μπορούν να παρέχουν μια εγγύηση ότι τα πακέτα θα παραδοθούν με τη σειρά. Μπορεί κάποιο πακέτο να χαθεί λόγω συμφόρησης δικτύου.

Οι απώλειες περισσότερων από δέκα πακέτων δεν είναι γενικά αποδεκτές, δεδομένου ότι τα πακέτα θα χαθούν σε περιπτώσεις υπερφόρτωσης ή σε περιόδους συμφόρησης (congestion) του δικτύου.

Μερικές προσεγγίσεις για την αντιστάθμιση της απώλειας πακέτων είναι η παρεμβολή ομιλίας μέσω της επανάληψης του τελευταίου πακέτου και γενικότερα μέσω της αποστολής επί πλέον πληροφοριών.

16. Τηλεφωνική Σηματοδοσία του VoIP

Οι λειτουργίες τηλεφωνικής σηματοδοσίας περιλαμβάνουν τα εξής:



Σχήμα 21: VoIP Protocol Structure

- Call processing: Εκτελεί την επεξεργασία των καταστάσεων του ξεκινήματος κλήσης, της διατήρησης της κλήσης και του τελειώματος της κλήσης. Αυτό περιλαμβάνει επίσης τη μετάφραση διευθύνσεων και την ανάλυση του αριθμού, η οποία καθορίζει πότε έχει σχηματιστεί ένας πλήρης αριθμός και καθιστά τον σχηματισμένο αριθμό διαθέσιμο για τη μετάφραση διεύθυνσης.
- Network signaling: Εκτελεί τις ενέργειες σηματοδοσίας για την καθιέρωση, τη συντήρηση και τη λήξη των κλήσεων μέσα από το δίκτυο IP. Υπάρχουν δύο ευρέως χρησιμοποιημένα πρότυπα: το H.323 και το SGCP/MGCP.
 - H.323: Τα πρωτόκολλα H.323 είναι πρότυπα καθορισμένα από τον ITU (σχήμα 21) που περιγράφουν πώς γίνονται οι επικοινωνίες μεταξύ των τερματικών των χρηστών, των συσκευών των δικτύων, και διαφόρων υπηρεσιών στα τοπικά αλλά και στα δίκτυα ευρείας περιοχής που βασίζονται στο πρωτόκολλο IP. Τα ακόλουθα πρότυπα H.323 χρησιμοποιούνται στις πύλες VoIP:
 - H.225: Πρωτόκολλο σηματοδοσίας. Εκτελεί τη σηματοδότηση για την καθιέρωση και τη λήξη συνδέσεων με βάση το πρωτόκολλο σηματοδοσίας Q.931.
 - H.245: Πρωτόκολλο ελέγχου. Παρέχει τη διαπραγμάτευση ικανοτήτων μεταξύ των δύο σημείων, όπως ποιος αλγόριθμος συμπίεσης της φωνής να χρησιμοποιηθεί, τυχόν αιτήματα σύσκεψης, κ.λπ.
 - RAS: Πρωτόκολλο εγγραφής (Registration), άδειας εισόδου (Admission), και κατάστασης (Status). Χρησιμοποιείται για να μεταβιβάσει την εγγραφή, την άδεια εισόδου, αλλαγή εύρους ζώνης, και μηνύματα κατάστασης μεταξύ τηλεφωνικών συσκευών IP και κεντρικών υπολογιστών που λέγονται Gatekeepers, οι οποίοι παρέχουν τη μετάφραση διευθύνσεων και τον έλεγχο πρόσβασης στις τηλεφωνικές συσκευές IP.
 - RTCP (Real-time Transport Control Protocol): Παρέχει στατιστικές πληροφορίες για τον έλεγχο της υπηρεσίας ποιότητας (QoS) της κλήσης.
 - Πρωτόκολλα SGCP/MGCP: Το απλό πρωτόκολλο ελέγχου πυλών (SGCP) περιγράφει ένα πρωτόκολλο για την καθιέρωση των κλήσεων VoIP.
 - Πρωτόκολλα SGCP/MGCP: Το απλό πρωτόκολλο ελέγχου πυλών (Simple Gateway Control Protocol - SGCP) είναι ένα πρότυπο που περιγράφει ένα

πρωτόκολλο τύπου διακομιστή/πελάτη (master/slave – «αφέντη/σκλάβου») για την καθιέρωση των κλήσεων VoIP. Η πλευρά «σκλάβος» ή πελάτης βρίσκεται στην πύλη (τηλέφωνο IP) και η πλευρά «αφέντης» ή διακομιστής κατοικεί σε μια οντότητα που ονομάζεται πράκτορας κλήσης (Call Agent). Το πρωτόκολλο SGCP έχει υιοθετηθεί από τη βιομηχανία καλωδιακών διαποδιαμορφωτών (Cable Modems) ως τμήμα των προτύπων DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification). Το SGCP εξελίσσεται στο Πρωτόκολλο Ελέγχου Πυλών Πολυμέσων (Multimedia Gateway Control Protocol - MGCP).

17. Παραλλαγές του VoIP

Το πρωτόκολλο Διαδικτύου (IP) είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο πρωτόκολλο σήμερα και είναι πανταχού παρόν σε τοπικά δίκτυα, δίκτυα πανεπιστημίων, ενδοδίκτυα εταιριών και στο Διαδίκτυο. Η δημοτικότητά του, κάνει το πρωτόκολλο IP να χρησιμοποιείται ως υπόβαθρο και συνδετικό «μέσο» σε λύσεις δικτυακής τηλεφωνίας. Οι λύσεις ξεκινούν από δικτυακά τηλεφωνικά συστήματα για επιχειρήσεις που έχουν ένα απλό τοπικό δίκτυο, και φτάνουν σε εταιρίες που χρησιμοποιούν δίκτυα IP ευρείας περιοχής. Είναι φυσικό λοιπόν, το VoIP να χρησιμοποιείται μέσα από διαφορετικούς τρόπους μετάδοσης και να έχει περισσότερες εφαρμογές από τη φωνή.

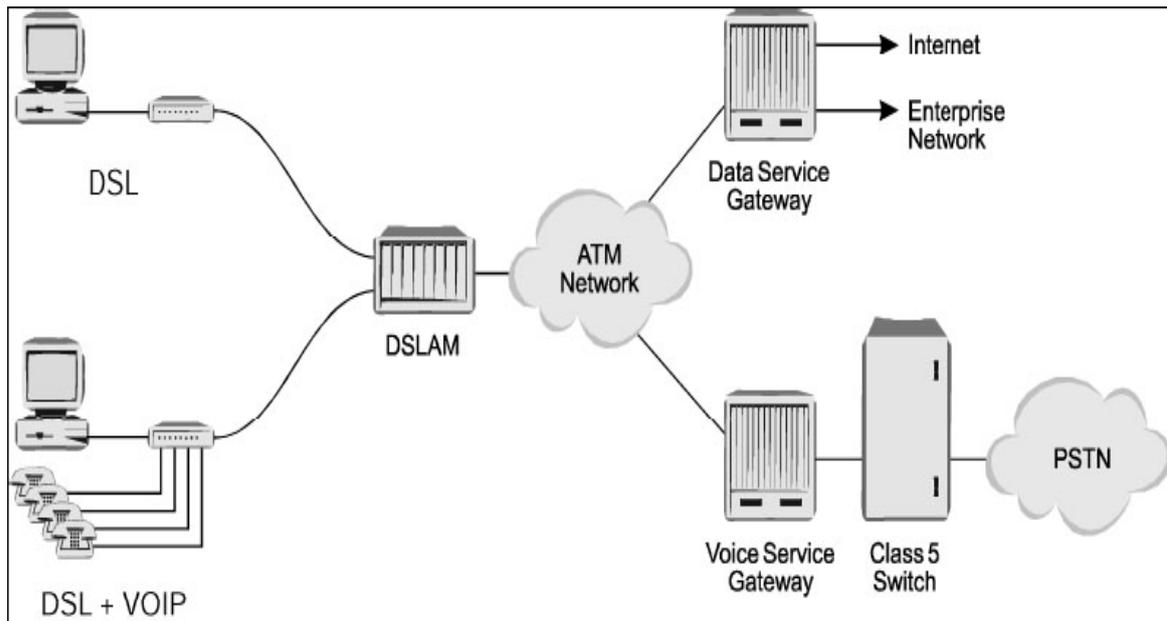
Μία από τις εφαρμογές που αποτελούν «παραλλαγή» του VoIP είναι το FoIP ή Fax over IP, δηλαδή η αποστολή τηλεομοιοτυπίας μέσω του δικτύου IP. Άλλες παρόμοιες εφαρμογές ή παραλλαγές του VoIP είναι η τηλεφωνία μέσω DSL (VoDSL), η τηλεφωνία μέσω καλωδιακής τηλεόρασης (VoCable) και η τηλεφωνία μέσω γραμμών Frame Relay. Αναμένονται και άλλες τεχνολογίες που θα χρησιμοποιήσουν την τεχνολογία σύγκλισης δεδομένων και φωνής για να επιτύχουν διαφορετικούς στόχους και σκοπούς.

17.1 Τηλεομοιοτυπία μέσω IP (FoIP)

Το FoIP είναι μια υπηρεσία που συνήθως σχετίζεται με το Ψηφιακό Δίκτυο Ενοποιημένων Υπηρεσιών (ISDN). Το FoIP χρησιμοποιεί τις ίδιες τεχνολογίες που χρησιμοποιεί το VoIP. Η βασική διαφορά είναι ότι αντίθετα από τις συνομιλίες φωνής, οι μεταδόσεις fax μπορούν να διανεμηθούν σε «μη πραγματικό χρόνο» μέσω των πυλών Διαδικτύου σε τηλεομοιοτυπία (Internet to fax) από όπου μεταφέρονται σε πραγματικό χρόνο, τηλεφωνικά, σε απλές, παραδοσιακές συσκευές fax. Οι προμηθευτές υπηρεσιών FoIP παρέχουν τους κεντρικούς υπολογιστές για την αποθήκευση της κυκλοφορίας fax. Παρέχουν επίσης υπηρεσία διανομής συμπεριλαμβανομένης της διανομής σε πολλαπλούς προορισμούς, και ένα δίκτυο πυλών FoIP που βρίσκονται σε στρατηγικά σημεία της χώρας, ώστε να μειώνεται το κόστος (να υπάρχουν λίγες πιθανότητες υπεραστικών τηλεφωνημάτων).

17.2 Τηλεφωνία μέσω DSL (VoDSL)

Το VoDSL είναι μια τεχνολογία μεταφοράς της κυκλοφορίας VoIP μέσω μιας σύνδεσης DSL σε μια εξειδικευμένη VoIP πύλη που διατηρείται από έναν ανταγωνιστικό τοπικό μεταφορέα ανταλλαγής (Competitive Local Exchange Carrier-CLEC). Στο σχήμα 22 βλέπουμε πως η πύλη υπηρεσιών φωνής συνδέει την κυκλοφορία VoIP μέσω ενός διακόπτη κατηγορίας 5 με το PSTN. Οι συνδρομητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν είτε τα τηλέφωνα VoIP είτε τις εξειδικευμένες πύλες VoDSL και απλά τηλέφωνα για πρόσβαση σε τηλεφωνικές υπηρεσίες είτε σε τοπικό επίπεδο, είτε σε απομακρυσμένο δίκτυο μέσω του PSTN (σχήμα 22).



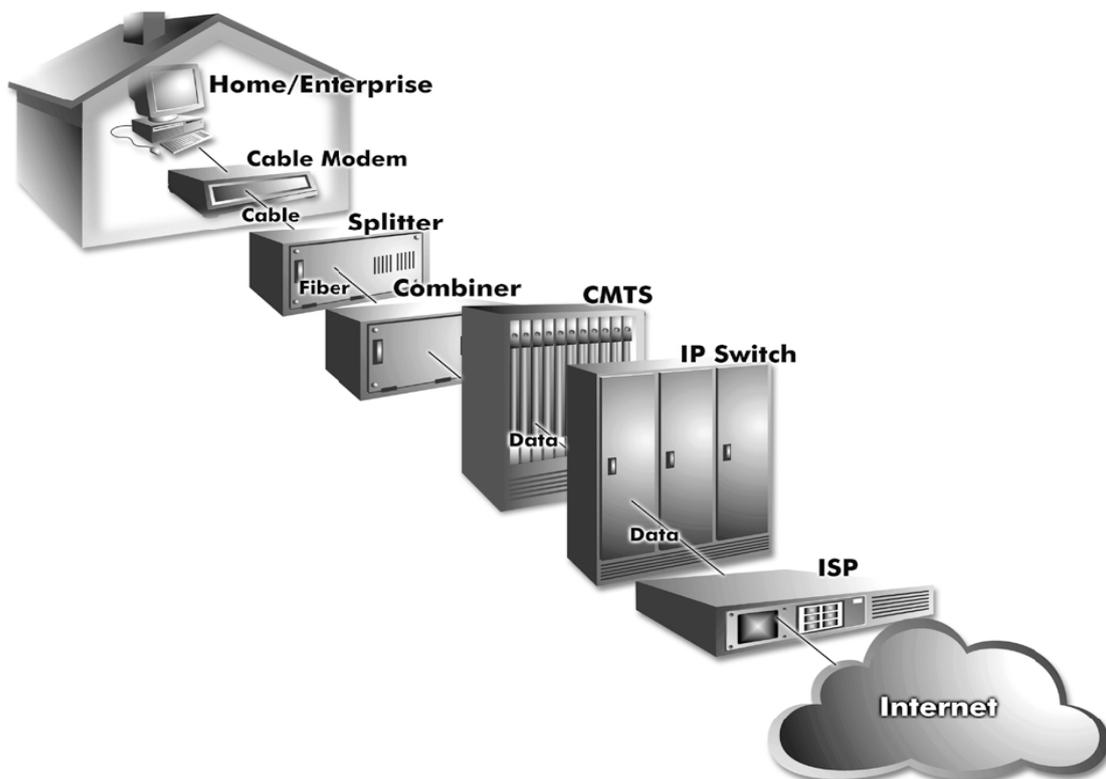
Σχήμα 22: VoDSL Network Topology

Το VoDSL έχει δύο βασικά συστατικά:

1. Πύλη φωνής: Τα πακέτα φωνής «ξεπακετάρονται» και μετατρέπονται σε κάποια μορφή ήχου (βάσει κάποιου από τα πρωτόκολλα GR- 303, TR- 08, V5.X) για την παράδοση σε έναν διακόπτη φωνής κατηγορίας 5 (Class-5 voice switch).
2. Ενσωματωμένη Συσκευή Πρόσβασης / εγκατεστημένη στο χώρο του πελάτη (Integrated Access Device - IAD/CPE): Αυτή η συσκευή λειτουργεί ως DSL modem και ως διεπαφή μεταξύ του δικτύου DSL και του εξοπλισμού φωνής (τηλεφώνων) και δεδομένων (υπολογιστών) του πελάτη. Το πακετάρισμα της φωνής πραγματοποιείται σε αυτήν την συσκευή χρησιμοποιώντας τεχνολογία βασισμένη σε κάποια πρωτόκολλα. Η CPE δίνει προτεραιότητα στη φωνή παρά στη μεταφορά δεδομένων εξασφαλίζοντας ποιοτική παράδοση φωνής και στέλνει έπειτα το πακέτο μέσα από τη γραμμή DSL. Υπάρχουν διάφορες ομάδες προτύπων που ασχολούνται με το VoDSL όπως ANSI (American National Standards Institute), ETSI (European Telecommunication Standards Institute), DAVC (Digital Audio Video Council), ATM Forum, ITU, και ADSL Forum.

17.3 Τηλεφωνία μέσω καλωδιακής τηλεόρασης (VoCable)

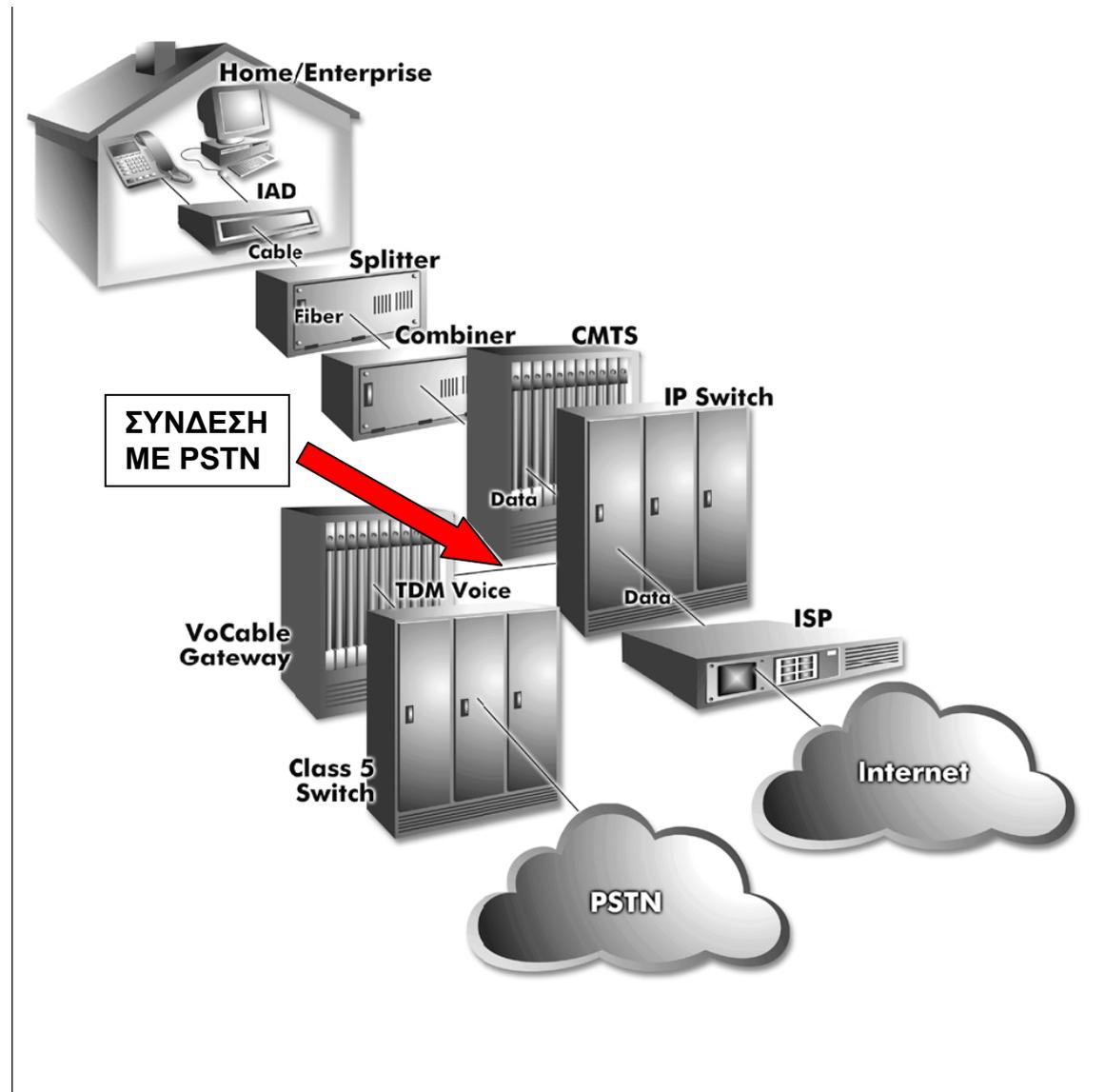
Στα γρήγορα καλωδιακά δίκτυα, δεδομένα, όπως του Διαδικτύου, κινούνται μέσα σε ομοαξονικά καλώδια, που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για υπηρεσίες καλωδιακής τηλεόρασης (Cable TV ή CATV). Το καλώδιο ξεκινάει από τον Cable Modem Termination Station (CMTS) και καταλήγει σε ένα καλωδιακό modem στο χώρο του πελάτη. Το CMTS συγκεντρώνει πολλές καλωδιακές γραμμές και περνάει τα δεδομένα σε έναν διακόπτη πρόσβασης. Ο διακόπτης είναι συνδεδεμένος σε ένα υψηλής ταχύτητας δίκτυο δεδομένων (backbone) το οποίο συνδέεται με τον ISP.



Σχ. 23: Αρχιτεκτονική της καλωδιακής (Cable) πρόσβασης στο Internet.

Με την προσθήκη δυνατοτήτων Voice over Cable (VoCable), ο διακόπτης πρόσβασης μπορεί να περάσει την κυκλοφορία φωνής σε μια πύλη VoCable που μετατρέπει την φωνή από μορφή πακεταρισμένου ήχου σε κανάλι μορφής ήχου TDM (σαν του τηλεφώνου). Αυτή η VoCable πύλη είναι μερικές φορές ενσωματωμένη

στον διακόπτη πρόσβασης. Το κανάλι ήχου TDM είναι συνδεδεμένο σε ένα διακλαδωτή κατηγορίας 5 όπου διανέμονται οι κλήσεις φωνής στο PSTN.



Σχήμα 24: Αρχιτεκτονική της υλοποίησης Voice over Cable

Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία VoCable, οι Εταιρίες Πολλαπλών Υπηρεσιών (Multiple Service Operators - MSOs) (επίσης γνωστές ως επιχειρήσεις καλωδιακής τηλεόρασης) που παραδοσιακά μεταδίδουν τηλεόραση και πιο πρόσφατα υψηλή ταχύτητα πρόσβασης στο Internet, μπορούν να παρέχουν πρόσθετες και αρκετά επικερδείς υπηρεσίες φωνής στους πελάτες τους. Διάφορα πρότυπα υπάρχουν που προάγουν τη μετάδοση φωνής και δεδομένων μέσω καλωδιακής τηλεόρασης. Το πρότυπο που καθορίζει τον τρόπο μετάδοσης δεδομένων και φωνής μέσα από

καλωδιακά δίκτυα είναι γνωστό ως Data Over Cable Service Interface Specification (DOCSIS 1.1), και είναι εγκεκριμένο από το ITU. Μια άλλη τεχνολογία, το PacketCable είναι μια προσπάθεια της εταιρίας CableLabs και των συνεργατών της, στην ανάπτυξη μιας προδιαγραφής για την υποστήριξη της μετάδοσης φωνής αλλά και fax μέσα από καλωδιακά δίκτυα.

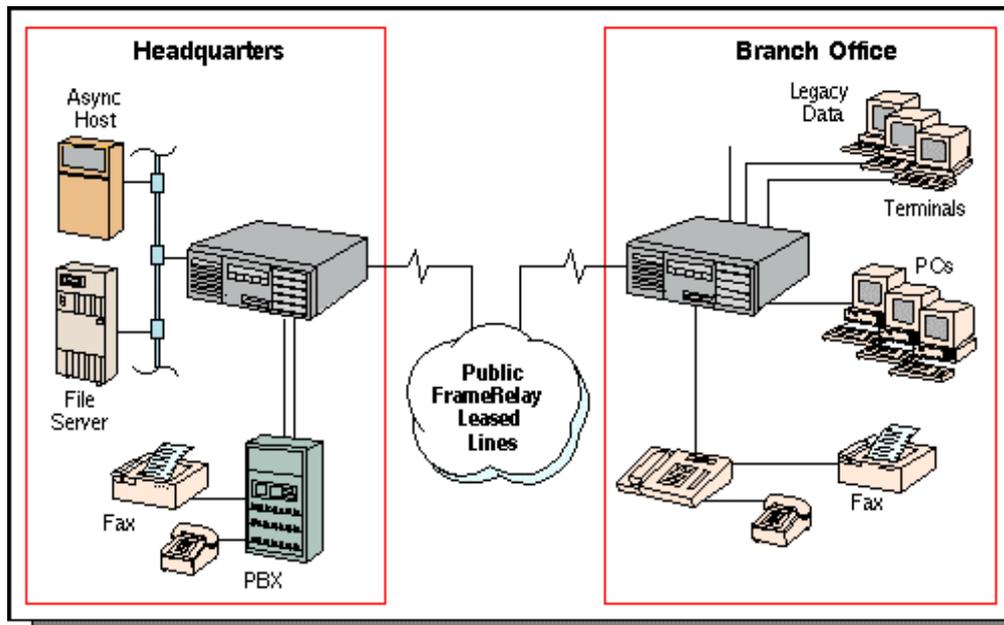
17.4 Τηλεφωνία μέσω Frame Relay

Το frame relay είναι μια μέθοδος μετάδοσης που επιτρέπει την αποστολή δεδομένων σε δίκτυα ευρείας περιοχής. Είναι κατάλληλο για εφαρμογές απαιτητικές σε δεδομένα, συμπεριλαμβανομένης της σύνδεσης απομακρυσμένων τοπικών δικτύων. Επίσης, γίνεται δημοφιλές λόγω του ότι αποτελεί μία μέθοδο πρόσβασης στα υψηλών ταχυτήτων ATM δίκτυα. Αυτό που κάνει είναι να διαιρεί τη ροή των δυαδικών δεδομένων (data bit stream) σε μεταβλητού μεγέθους τμήματα που ονομάζονται πλαίσια (frames) και να τα στέλνει στους μεταγωγείς των (carriers) για να επιτευχθεί η σύνδεση διαφορετικών εταιρικών τόπων (sites).

Οι παροχείς υπηρεσιών frame relay εκμεταλλεύονται το γεγονός ότι δε θα χρησιμοποιήσουν όλοι οι πελάτες το εύρος ζώνης την ίδια χρονική στιγμή. Έτσι, εγγράφουν ως συνδρομητές περισσότερους πελάτες από αυτούς που οι μεταγωγείς μπορούν να υποστηρίξουν. Το εύρος ζώνης παραχωρείται στο μονοπάτι που συνδέει τα επικοινωνούντα μέρη, μόνο όταν οι συσκευές το χρειαστούν. Με αυτόν τον τρόπο τα κόστη για τους carriers συγκρατούνται και οι τιμές παραμένουν χαμηλές για τους πελάτες. Φαίνεται δε ότι τις περισσότερες φορές η μέθοδος δουλεύει καλά. Η πληροφοριακή ροή πηγαίνει στον προορισμό της, αν και μπορεί να σημειώνονται καθυστερήσεις και μερικά πλαίσια να χάνονται εξαιτίας της υπερφόρτωσης των μεταγωγέων.

Μεταφορά φωνής

Το frame relay είναι σε θέση να υποστηρίξει φωνή, μεταφέροντάς τη μαζί με fax, δεδομένα και κίνηση από LAN, στο ίδιο ενιαίο δίκτυο.

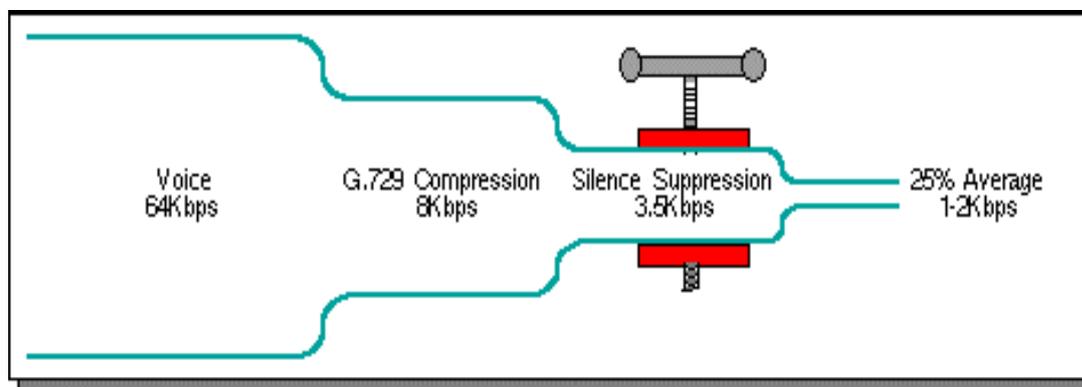


Σχ. 25: Αρχιτεκτονική Voice over Frame Relay

Η αποδοτική μεταφορά φωνής απαιτεί τη διευθέτηση ζητημάτων που σχετίζονται με την καθυστέρηση, τη διαχείριση του εύρους ζώνης, τον έλεγχο συμφόρησης, τον καθορισμό προτεραιοτήτων κ.ά. Η φωνή θα πρέπει να εντάσσεται σε μια διαφορετική κλάση υπηρεσιών ώστε να διασφαλίζεται υψηλή ποιότητα ήχου στις τηλεφωνικές συζητήσεις. Έτσι, δεν είναι αναγκαίο να υπάρχουν διαδικασίες για την ανάνηψη από σφάλματα που παρουσιάζονται κατά τη μεταφορά τηλεφωνικών κλήσεων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να εξοικονομούνται κύκλοι επεξεργασίας και εύρος ζώνης, λόγω της μη ύπαρξης αναμεταδόσεων των εσφαλμένων πακέτων.

Αν και η φωνή είναι περισσότερο ανεκτική σε χάσιμο πακέτων σε σχέση με άλλους τύπους δεδομένων, εντούτοις δεν επιδεικνύει παρόμοια ανοχή και στην καθυστέρηση, η οποία πρέπει να κυμαίνεται σε επίπεδα κάτω των 400msec για αποδεκτή ποιότητα. Για να μειωθεί η καθυστέρηση, εφαρμόζονται αλγόριθμοι συμπίεσης της φωνής. Το τρέχον πρότυπο για συμπίεση φωνής είναι το G.729. Το πλήρες όνομα του αλγορίθμου που υλοποιείται σ' αυτό το πρότυπο του ITU είναι Conjugate Structure Algebraic Code Excited Linear Predictive (CSACELP). Παρέχει εξαιρετικά υψηλού επιπέδου ποιότητα φωνής και χρησιμοποιεί μόνο 8Kbps εύρους ζώνης. Η φωνή έχει το χαρακτηριστικό ότι δεν είναι συνεχής, όπως συμβαίνει με τα

δεδομένα. Παρουσιάζει χρονικές περιόδους έκρηξης κατά τη διάρκεια που κάποιος μιλά και σημαντικές περιόδους παύσης. Μάλιστα, σύμφωνα με έρευνες, οι περίοδοι παύσης μπορεί να συνιστούν το 60% της συνομιλίας. Αυτό επιτρέπει στη φωνή να υποβληθεί σε περαιτέρω διαδικασίες συμπίεσης και η ποιότητα να αυξηθεί με *silence suppression* (καταστολή ησυχίας) και *background noise regeneration* (δημιουργία θορύβου βάθους). Με την πρώτη μέθοδο, δεν ψηφιοποιούνται οι παύσεις, ελευθερώνοντας εύρος ζώνης για το κανάλι της φωνής. Με αυτόν τον τρόπο, το κανάλι φωνής καταναλώνει κατά μέσο όρο 1-2Kbps του εύρους ζώνης, αφήνοντας το υπόλοιπο για την υποστήριξη της κίνησης άλλων τύπων δεδομένων.



Σχ. 26: Συμπίεση των δεδομένων φωνής πριν την αποστολή τους.

Βέβαια, η σημαντική μείωση που επιτυγχάνεται με την καταστολή ησυχίας, αντισταθμίζεται απ' το ότι υπάρχει μια αφύσικη παύση ανάμεσα στις εκρήξεις ομιλίας, που γίνεται αντιληπτή από τον ακροατή. Για να εξοικονομήσουμε εύρος ζώνης και να διασφαλίσουμε τη μέγιστη δυνατή ποιότητα φωνής, χρησιμοποιούμε την τεχνική *background noise regeneration*. Ένα μέρος των παύσεων του ομιλητή στέλνεται κατά μήκος της σύνδεσης και αποθηκεύεται στην εκάστοτε οντότητα που λειτουργεί ως δέκτης. Από εκεί, όταν ανιχνεύεται παύση, αναδημιουργείται το μέρος της παύσης που είναι αποθηκευμένη στο τοπικό σύστημα, για να μη δοθεί η εντύπωση λόγω της ησυχίας ότι έπεσε ή έκλεισε η γραμμή. Έτσι, δεν χρησιμοποιείται καθόλου εύρος ζώνης για τις παύσεις.

Ένα άλλο σημαντικό θέμα αφορά στον καθορισμό προτεραιοτήτων στα πλαίσια φωνής ώστε να μεταδίδονται χωρίς καθυστέρηση, έναντι άλλων μη

ευαίσθητων σε καθυστερήσεις πλαισίων. Η βέλτιστη διαδικασία καθορισμού προτεραιοτήτων θα μπορούσε να είναι:

1. Φωνή (μεγαλύτερη προτεραιότητα)
2. Protocol - sensitive sync (μεσαία -II-)
3. Asynch, LAN (μικρή -II-)

Όταν πολυπλέκουμε διαφορετικούς τύπους δεδομένων, η καθυστέρηση στην ουρά μπορεί να επηρεάσει την ποιότητα φωνής. Επομένως, είναι σημαντικό να μειώσουμε το χρόνο που τα πακέτα φωνής περνούν στην ουρά για μετάδοση. Και αυτό γίνεται, όταν ελέγχουμε το μέγεθος των χαμηλής προτεραιότητας πακέτων, ώστε να μην υπάρχουν ποτέ πολλά τέτοια δεδομένα στην ουρά πριν από τη φωνή.

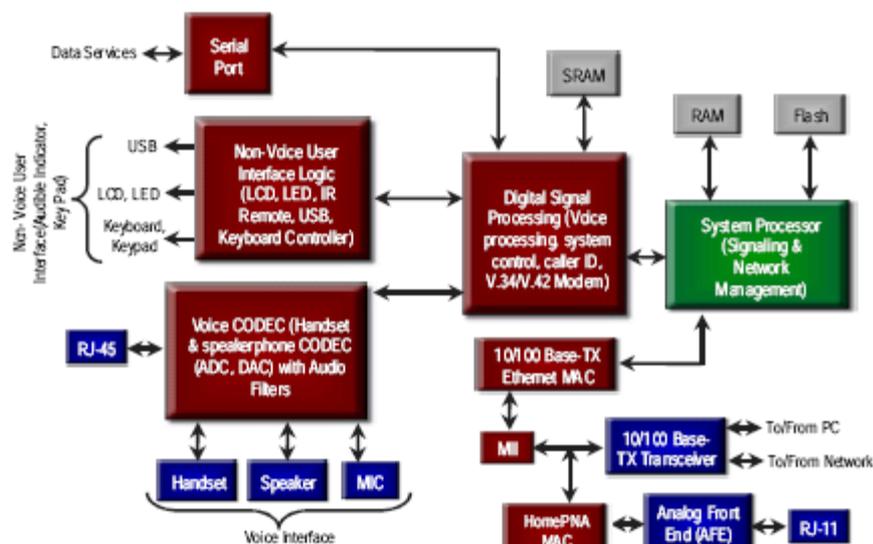
18. Δικτυοτηλέφωνα

Το Δικτυοτηλέφωνο, ή τηλέφωνο IP είναι μια νέα συσκευή που προκαλεί κάποια σύγχυση μεταξύ των ανθρώπων που έχουν συνηθίσει να χρησιμοποιούν τα παραδοσιακά τηλέφωνα. Αν και η συσκευή μοιάζει με ένα κανονικό τηλέφωνο που συνδέεται παραδοσιακά με ένα τηλεφωνικό κέντρο, το τηλέφωνο IP συνδέεται με το τοπικό LAN Ethernet με τον ίδιο τρόπο όπως ένας προσωπικός υπολογιστής γραφείου. Δεδομένου ότι τα τηλέφωνα IP έχουν μια μοναδική διεύθυνση της MAC Ethernet (ακριβώς όπως μια τυπική κάρτα δικτύου (Network Interface Card - NIC) σε έναν προσωπικό υπολογιστή γραφείου), μετά από την αρχική διαμόρφωση και ρύθμιση, μπορούν να συνδεθούν και να χρησιμοποιηθούν οπουδήποτε στο τοπικό LAN. Μερικά τηλέφωνα IP έχουν ένα ενσωματωμένο διακλαδωτή (hub) που επιτρέπει τη σύνδεση του καλωδίου του τοπικού LAN στο τηλέφωνο, και της σύνδεσης του τηλεφώνου με τον υπολογιστή μέσω ενός ειδικού καλωδίου.

Τα δικτυοτηλέφωνα που κυκλοφορούν απαιτούν συνήθως μια εξωτερική παροχή ηλεκτρικού ρεύματος για να λειτουργήσουν. Μερικοί προμηθευτές όμως, αντιμετωπίζουν αυτό το ζήτημα αναπτύσσοντας ειδικούς διακόπτες τοπικού δικτύου (LAN switches) που επιτρέπουν την παροχή συνεχούς τάσης μέσω των υπαρχόντων (αχρησιμοποίητων) καλωδίων στα καλώδια Ethernet UTP. Με αυτόν τον τρόπο

αφαιρείται την ανάγκη να υπάρξει μια εξωτερική συσκευή τροφοδοσίας (power supply) που θα έπιανε κάποιο χώρο στο γραφείο.

Βεβαίως δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει ένα τυπικό «φυσικό» τηλέφωνο για να επικοινωνήσουμε με VoIP. Το Softphone είναι μια προσομοίωση λογισμικού του τηλεφώνου που τρέχει στο PC χρηστών. Με μια κάρτα και ένα συνδεδεμένο μικρόφωνο το PC μπορεί να παρέχει όλη τη λειτουργία ενός πραγματικού τηλεφώνου επιτρέποντας την επικοινωνία πολυμέσων.



Σχήμα 27: Διάγραμμα Εσωτερικής Λειτουργίας ενός Δικτυοτηλεφώνου (IP Phone)

19. Συμπέρασμα

Είδαμε πως μια σχετικά καινούρια τεχνολογία, το Voice over IP (VoIP), προσφέρει φωνητική συνομιλία καλής ποιότητας και χαμηλού κόστους. Ξεκίνησε όταν ανακαλύφθηκαν οι πρώτες τεχνολογίες που επιτρέπουν τη σύγκλιση δεδομένων και φωνής. Βασικά, αυτό που κάνει ένα σύστημα VoIP είναι να κωδικοποιεί τη φωνή και να την στέλνει ως δεδομένο (data), μέσα από κάποιο δίκτυο δεδομένων. Φυσικά, η φωνή κωδικοποιείται, στέλνεται και παραλαμβάνεται χρησιμοποιώντας αλγορίθμους και τεχνικές που αποτελούν διεθνή πρότυπα. Χάρη στα ίδια πρότυπα επιτυγχάνεται αποστολή της φωνής με τη μορφή δεδομένων αλλά και η μέγιστη δυνατή ποιότητα φωνής. Τα πρότυπα αυτά επέτρεψαν τη χρήση διαφόρων

εφαρμογών και συσκευών αλλά και την μεγάλη προσαρμοστικότητα του συστήματος VoIP, που δεν «περνάει» μόνο μέσα από δίκτυα IP, αλλά να μπορεί να μεταφερθεί μέσα από διάφορους τύπους δικτύων (όπως είναι το frame relay, ή το ATM και το cable). Τα διάφορα προβλήματα που αντιμετωπίζει το VoIP και προκύπτουν από τη χρήση δικτύων που σχεδιάστηκαν για μετακίνηση δεδομένων, ξεπερνιούνται με τη χρήση εξελιγμένων αλγορίθμων και συσκευών αλλά και την προσαρμογή των υπαρχόντων προτύπων και πρωτοκόλλων επικοινωνίας.

Γενικότερα, το VoIP δεν είναι μια τεχνολογία απλά για τη μεταφορά φωνής αλλά μια καινοτόμος τεχνολογία συνύπαρξης διαφορετικών δεδομένων στο ίδιο δίκτυο ή στην ίδια υποδομή. Στη διαδρομή της, από τη σύλληψη έως την εφαρμογή, κατάφερε να επηρεάσει πολλά από τα υπάρχοντα πρωτόκολλα επικοινωνίας επιβάλλοντας αλλαγές που έκαναν τα πρωτόκολλα πιο ευέλικτα και πιο αποδοτικά, και απέκτησαν υποστήριξη για περισσότερες εφαρμογές. Επίσης, κατάφερε να κάνει τον πλανήτη μικρότερο, μηδενίζοντας ή ελαχιστοποιώντας το κόστος των αστικών, υπεραστικών, και υπερατλαντικών τηλεφωνημάτων.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Casad, Joe (2004). Μάθετε το TCP/IP σε 24 Ώρες. Γκιούρδας Μ., ISBN: 9605124130
2. Κάτσικας, Σωκράτης Κ., Γκρίτζαλης, Δημήτρης Α., Γκρίτζαλης, Στέφανος. Ασφάλεια δικτύων υπολογιστών. Παπασωτηρίου, ISBN: 9607530454
3. Fong, Paul J.; Knipp, Eric; Sinclair, Jason(ed.) ; Flannagan, Michael E.(ed.) ; et al. (2000). Configuring Cisco Voice over IP, Second Edition. Syngress, ISBN: 1931836647
4. Daniel Lois Thierry Scelles (ATDI Ibérica) (2005). WiMAX network quality of service. http://www.atdi.com/docs/WP_WiMAX-traffic-analysis_eng.pdf
5. Amit Dhir (2001). Voice-Data Convergence—Voice over IP. <http://direct.xilinx.com/bvdocs/whitepapers/wp138.pdf>
6. η-Επιχειρείν:Γλωσσάρι:Όροι από W. <http://www.go-online.gr/ebusiness/glossary/show.html?ltr=W>
7. Κέντρο Διάδοσης Επιστημών: Δίκτυα Ευρείας Περιοχής (WAN) (2006). http://www.tmth.edu.gr/el/kiosks/computers/technology/comp_t21.html
8. η-Επιχειρείν:Η ραγδαία ανάπτυξη της τηλεφωνίας VoIP. http://www.go-online.gr/ebusiness/specials/article.html?article_id=1493
9. Wikipedia: Real Time Control Protocol. <http://en.wikipedia.org/wiki/RTCP>
10. Wikipedia: Real Time Streaming Protocol. http://en.wikipedia.org/wiki/Real_Time_Streaming_Protocol

11. Trans European Research and Education Networking Association (TERENA).
IP Telephony Cookbook (2004).

<http://www.terena.nl/activities/iptel/chapters/Chapter2.pdf>

12. Go4B Corporate: Go4B Telephone

<http://www.go4b.net.pk/newgo4b/corporate%20go4b/telephone.htm>

13. A Primer on the H.323 Series Standard (2002).

<http://www.packetizer.com/voip/h323/papers/primer/>

14. Data Over Cable Service Interface Specifications (1997).

<http://www.cablemodem.com/public/pubtechspec/ossi/sp-ossi.PDF>

ΗΜΕΡΟΛΟΓΙΟ ΠΟΡΕΙΑΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ημερομηνία	Δραστηριότητα
10-1-2006	Συνάντηση με τον υπεύθυνο καθηγητή και ανάληψη θέματος
23-02-2006	Δήλωση πτυχιακής εργασίας
31-3-2006	Σχεδιάγραμμα πτυχιακής
2-4-2006	Χώρισμα ενοτήτων
27-4-2006	Ψάξιμο στο Internet
15-5-2006	Κατέβασμα στοιχείων από Internet
31-5-2006	Ψάξιμο στη βιβλιοθήκη
9-6-2006	Μετάφραση κειμένων
14-6-2006	Αποστολή μέσω e-mail το σχεδιάγραμμα στον καθηγητή
22-7-2006	Μετάφραση κειμένων
15-8-2006	Ένωση ενοτήτων
22-9-2006	Αποστολή 20 σελίδων στον καθηγητή μέσω e-mail
12-10-2006	Αφιέρωση, abstract, εξώφυλλο, βιβλιογραφία
22-10-2006	Power Point (διαφάνειες)
13-11-2006	Αποστολή όλης της πτυχιακής στον καθηγητή