



Άρθρο του **Χριστόφορου Λόη**
Network Engineer
 Professional Services
 email: cl@profser.gr

και του **Αριστεΐδη Καλομοίρη**
Network Engineer
 Professional Services
 email: ak@profser.gr

Η πλέον σύγχρονη καθώς και πολύ ανεπτυγμένη μέθοδος τηλεφωνικής επικοινωνίας είναι η μετάδοση φωνής μέσω διαδικτύου (Voice over IP), η οποία παρέχεται συνήθως στο πλαίσιο της ενοποιημένης παροχής broadband Internet και τηλεφωνικών υπηρεσιών (double-play). Η υπηρεσία VoIP μετατρέπει τη φωνή σε πακέτα δεδομένων και χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο IP για να μεταφέρει τηλεφωνικές συνομιλίες. Έτσι, πραγματοποιείται ενοποίηση των υπηρεσιών τηλεφωνίας και διαδικτύου, ενώ η συμβατική τηλεφωνική τεχνολογία τείνει να αντικατασταθεί, αλλάζοντας τα δεδομένα στη λειτουργία και στα κόστη των τηλεφωνικών υπηρεσιών. Η VoIP τεχνολογία κερδίζει διαρκώς έδαφος, σε μικρές και μεγάλες εταιρίες.

Η αξιοποίηση της τεχνολογίας VoIP επιτρέπει τη χρήση μιας μεγάλης γκάμας από νέες και παλαιότερες δυνατότητες, με βασικότερη την ενοποίηση των υπηρεσιών επικοινωνίας. Υπηρεσίες τηλεφωνητή με δυνατότητα προώθησης voicemail, ομαδικές τηλεφωνικές συνδιασκέψεις, καταγραφή κλήσεων, υπηρεσία λίστας τηλεφωνικών αριθμών, fax, φραγή ή προώθηση κλήσεων, IVR (Interactive Voice Response Menu), ουρές (Queues), ομάδες κλήσεων (Ring

Groups) βρίσκουν ενιαία εφαρμογή, με τη βοήθεια μίας και μόνο υποδομής. Πολύ χρήσιμη εφαρμογή είναι η προώθηση κλήσης σε πολλούς αποδέκτες ενώ δυνατή είναι η αποστολή - λήψη fax ακόμα και από συσκευές κινητής τηλεφωνίας. Ιδιαίτερο δε και βασικότερο χαρακτηριστικό της VoIP τεχνολογίας αποτελεί η φορητότητα του τηλεφωνικού αριθμού, αφού οι κάτοχοι ενός τηλεφωνικών αριθμών VoIP μπορούν να διατηρούν τους αριθμούς αυτούς

ανεξάρτητα της τοποθεσίας ή και της χώρας όπου βρίσκονται. Ο συνδυασμός του χαρακτηριστικού αυτού με τεχνολογία VPN επιτρέπει την εξ αποστάσεως παροχή υπηρεσιών οι οποίες μέχρι σήμερα απαιτούσαν φυσική παρουσία σε συγκεκριμένο χώρο.

Ένα τυπικό VoIP δίκτυο συνήθως αποτελείται από τα ακόλουθα πέντε τμήματα:

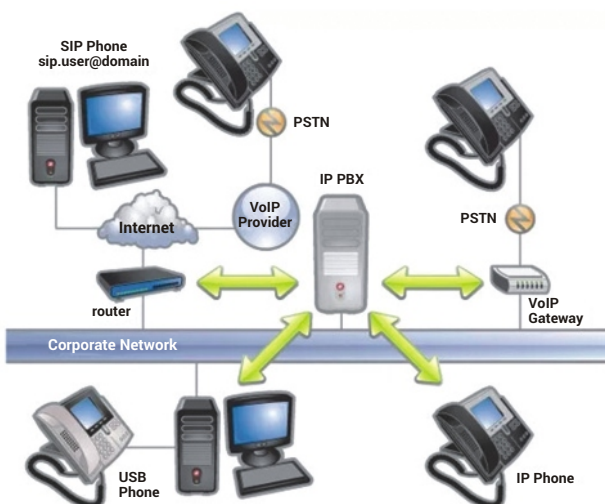
VoIP τηλέφωνα, κονσόλες και άλλες συσκευές, που οι τελικοί χρήστες χρησιμοποιούν για τις εισερχόμενες και εξερχόμενες VoIP κλήσεις.

Call Processing Servers/PBXs, που διαχειρίζονται και ελέγχουν τις VoIP κλήσεις.

Media/PSTN-to-VoIP Gateways, για την συνεργασία του Δημόσιου Τηλεφωνικού Δικτύου (PSTN) και ενός δικτύου VoIP. Κάτι τέτοιο πρακτικά σημαίνει ότι με τη βοήθεια ενός Media/PSTN-to-VoIP Gateway είναι δυνατόν να πραγματοποιούνται κλήσεις μεταξύ χρηστών που ανήκουν σε δύο διαφορετικά επικοινωνιακά δίκτυα.

Δίκτυο IP, για την μεταφορά της audio πληροφορίας.

Session Border Controllers (SBCs), τα οποία ελέγχουν σε πραγματικό χρόνο τη συμφόρηση του δικτύου κατά την ανταλλαγή μηνυμάτων σηματοδότησης.

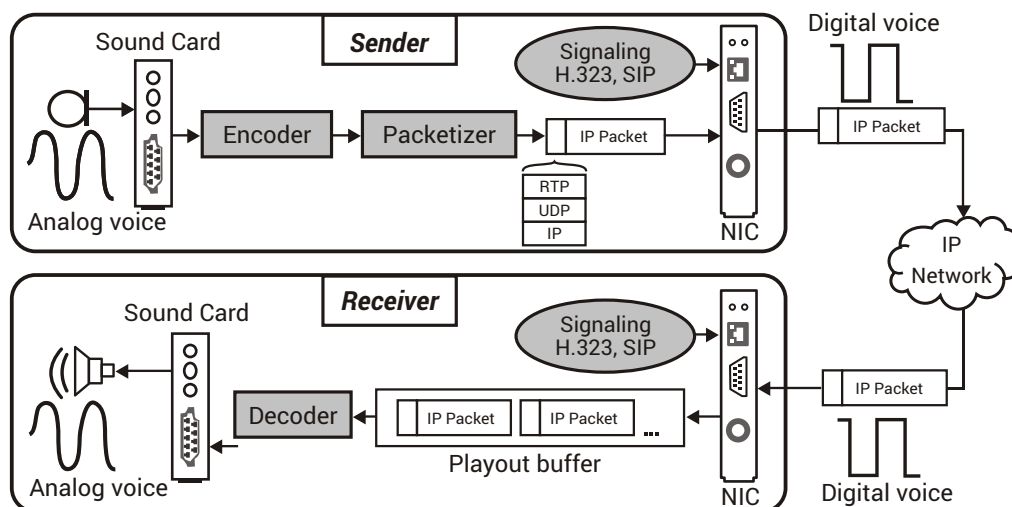


Σχήμα 1.

Λειτουργία του VoIP

Κάνοντας χρήση του πρωτοκόλλου IP, το VoIP μεταδίδει τη φωνή με τη μορφή πακέτων δεδομένων μέσω του δικτύου. Κατά τη διαδικασία αυτή, η φωνή των συμμετεχόντων ψηφιοποιείται, τα σήματα θορύβου απομονώνονται και πραγματοποιείται συμπίεση του φωνητικού σήματος, βάση αλγορίθμων/κωδικοποιητών συμπίεσης. Μετά τη συμπίεση, η φωνή πακετοποιείται για να αποσταλεί μέσω ενός δικτύου IP. Σε κάθε πακέτο ενσωματώνεται μια κεφαλίδα, η οποία περιέχει τη διεύθυνση προορισμού, έναν αριθμό ακολουθίας και δεδομένα για τον έλεγχο σφαλμάτων. Τα πρωτόκολλα σηματοδότησης προστίθενται σε αυτό το στάδιο, για να επιτευχθούν αυτές οι απαιτήσεις μαζί με όλες τις υπόλοιπες απαιτήσεις διαχείρισης κλήσεων. Όταν ένα πακέτο φωνής φτάνει στον προορισμό, ο αριθμός ακολουθίας επιτρέπει στα πακέτα να τοποθετηθούν και πάλι με τη σωστή σειρά και στη συνέχεια η εφαρμογή των αλγορίθμων αποσυμπίεσης οδηγεί στην ανάκτηση των δεδομένων από τα πακέτα. Στο σημείο αυτό πραγματοποιείται διαχείριση συγχρονισμού και καθυστέρησης ώστε να διασφαλιστεί η ορθότητα του λαμβανόμενου σήματος. Το jitter buffer χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των πακέτων που φθάνουν μέσω διαφόρων δρομολογίων, αποθηκεύοντας έτσι τα πακέτα που φτάνουν αργά. Όλη αυτή η λειτουργική διεργασία του VoIP περιλαμβάνει πολλές ενδιαμέσες διατάξεις, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.

Η λειτουργία του VoIP υπόκειται κατά βάση σε δύο πρωτόκολλα: ένα για μεταφορά και ένα για σηματοδότηση. Η μεταφορά καθορίζεται από το πρωτόκολλο UDP μέσω IP για πακέτα δεδομένων φωνής και η σηματοδότηση από τα πρωτόκολλα είτε UDP είτε TCP μέσω του IP. Οι εντολές σηματοδότησης που είναι υπεύθυνες για την δημιουργία και τον τερματισμό ενός τηλεφωνήματος, όπως επίσης και για την παροχή επιπρόσθετων χαρακτηριστικών (όπως η προ-



Σχήμα 2.

ώθηση κλήσης, η αναμονή κλήσης και η δημιουργία συνδιάσκεψης κλήσεων) καθορίζονται σε επιμέρους πρωτόκολλα σηματοδότησης, όπως τα H.323 και SIP, τα οποία αναλύονται παρακάτω.

Ανάλυση SIP

Το πρωτόκολλο SIP (Session Initiation Protocol), που περιγράφεται στο RFC 3261, είναι ένα πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής, μέσω του οποίου μπορεί να εγκατασταθεί, να τροποποιηθεί και να τερματιστεί μια VoIP επικοινωνία. Το SIP είναι ένα text-based πρωτόκολλο που μοιάζει με το πρωτόκολλο μεταφοράς υπερκειμένων (HTTP) και το απλό πρωτόκολλο μεταφοράς ταχυδρομείου (SMTP). Όπως αυτά τα πρωτόκολλα, έτσι και το SIP είναι ένα πρωτόκολλο βασισμένο στο μοντέλο πελατών εξυπηρετητών (client-server model) κατά το οποίο από μια οντότητα χρήστη (client) παράγονται αιτήματα (requests) και αποστέλλονται σε μια οντότητα εξυπηρετητή (server), η οποία στη συνέχεια αποκρίνεται σε αυτά τα αιτήματα. Δυο πρωτόκολλα τα οποία χρησιμοποιούνται συχνά με το SIP είναι τα RTP και SDP. Το RTP χρησιμοποιείται για την μεταφορά δεδομένων πραγματικού χρόνου όπως ήχος, εικόνα και βίντεο ενώ κωδικοποιεί και χωρίζει τα δεδομένα σε πακέτα ώστε να μπορούν να σταλούν μέσω

του Internet. Το SDP χρησιμοποιείται για την περιγραφή των ικανοτήτων κωδικοποίησης των συσκευών των συμμετεχόντων.

Βασικές οντότητες SIP και η λειτουργία τους

Οι τέσσερις βασικές οντότητες του πρωτοκόλλου SIP είναι οι εξής:

SIP User Agents (SIP clients), SIP Registrar Servers, SIP Proxy Servers και SIP Redirect Servers. Όλες οι παραπάνω οντότητες μπορούν να παραλαμβάνουν και να στέλνουν SIP messages, για την εγκατάσταση μιας VoIP κλήσης.

SIP User Agents (UAs)

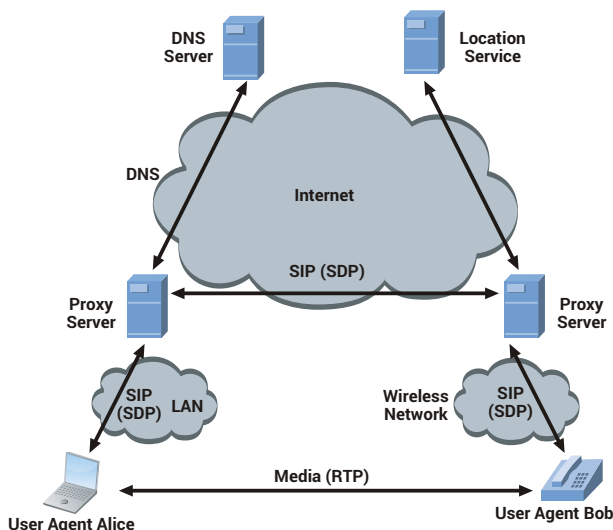
Οι SIP User Agents (UAs) είναι το λογισμικό που εκτελείται από τις συσκευές των τελικών χρηστών, όπως τα cell phones, οι μικροσυσκευές πολυμέσων, τα PCs και τα PDAs, κατά την διάρκεια εγκατάστασης μιας VoIP κλήσης. Ένας SIP user agent μπορεί να λειτουργήσει ως User Agent Client (UAC) ή ως User Agent Server (UAS). Ο ρόλος του UAC ενεργοποιείται όταν ο τελικός χρήστης πραγματοποιεί μια κλήση, στέλνοντας ένα INVITE SIP request, ενώ ο ρόλος του UAS ενεργοποιείται όταν ο τελικός χρήστης δέχεται μια εισερχόμενη κλήση και απαντά σε αυτή στέλνοντας ένα SIP response.

Redirect Server

Είναι μια ενδιάμεση οντότητα που ενεργεί τόσο ως διακομιστής για τους πράκτορες χρηστών μέσω διαβίβασης αιτημάτων SIP, όσο και ως πελάτης σε άλλους διακομιστές SIP, υποβάλλοντας τα αιτήματα που τους διαβιβάστηκαν εξ ονόματος των πρακτόρων χρηστών ή των διακομιστών μεσολάβησης.

SIP Proxy Servers

Οι SIP Proxy Servers είναι το λογισμικό που εκτελείται από τους κεντρικούς κόμβους ενός VoIP δικτύου και αποδέχεται τα requests που υποβάλλονται από τους SIP UAs (UAC) για εγκατάσταση επικοινωνίας. Όταν οι SIP Proxy Servers λαμβάνουν ένα τέτοιο SIP request από ένα χρήστη, αρχικά επικοινωνούν με τον SIP Registrar Server για να λάβουν πληροφορία για την τρέχουσα θέση του χρήστη που καλείται. Στην περίπτωση που ο χρήστης αυτός εντοπιστεί τότε το SIP request προωθείται στον UAS του χρήστη, αλλιώς το SIP request προωθείται στον επόμενο κόμβο SIP Proxy Server. Εάν ο χρήστης που καλείται δεν βρεθεί μετά από έναν αριθμό προσπαθειών να εντοπιστεί, τότε ο SIP Proxy Server απαντά κατάλληλα, αποστέλλοντας ένα SIP response, στον αρχικό χρήστη που έστειλε το αίτημα για επικοινωνία.



Σχήμα 3.

Ένας SIP Proxy Server ερμηνεύει και εάν είναι απαραίτητο, τροποποιεί ένα SIP request πριν το αποστείλει στον αντίστοιχο SIP UA ή σε άλλον SIP Proxy Server.

SIP Requests και Responses

Τα requests είναι μηνύματα που αποστέλλονται από ένα SIP UAC και λαμβάνονται από έναν SIP UAS, ενώ τα responses είναι μηνύματα που αποστέλλονται από έναν SIP UAS και λαμβάνονται από έναν SIP UAC. Τα requests και τα responses περιλαμβάνουν έναν ελάχιστο αριθμό από διαφορετικές επικεφαλίδες (headers) για την περιγραφή των λεπτομερειών της επικοινωνίας.

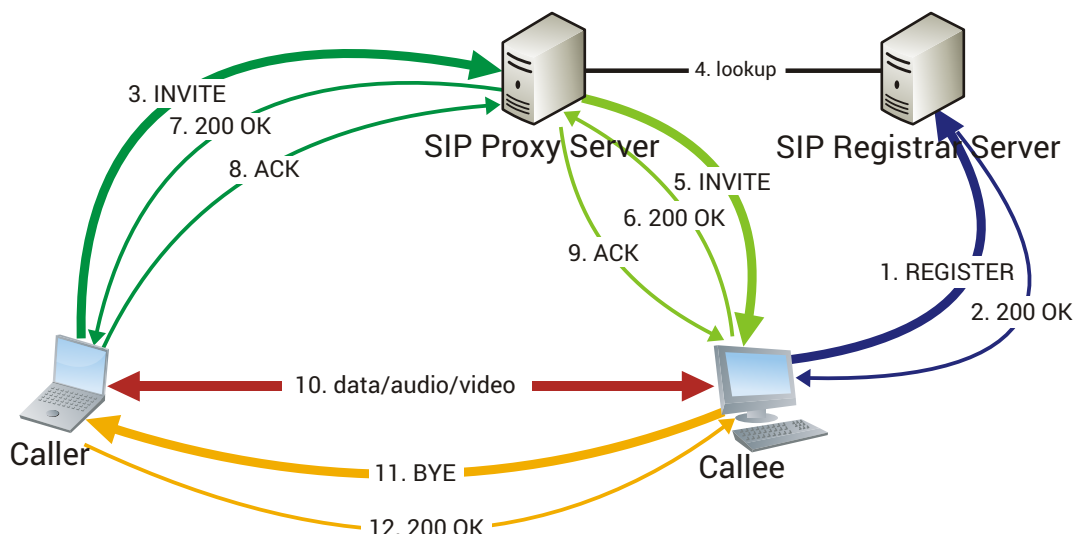
Τα βασικά SIP Requests που είναι απαραίτητο να υποστηρίζονται από οποιαδήποτε SIP υλοποίηση είναι τα ακόλουθα:

REGISTER: Αποστέλλεται από το SIP UACs ενός χρήστη, με σκοπό να ενημερωθεί ο SIP Registrar Server για την είσοδό του στο domain που ελέγχει ο server.

INVITE: Αποστέλλεται από το SIP UACs ενός χρήστη για να καλέσει σε επικοινωνία έναν ή περισσότερους άλλους χρήστες. Το σώμα του μηνύματος μπορεί να περιέχει την περιγραφή των παραμέτρων της επικοινωνίας, περιλαμβάνοντας ένα SIP body message, όπως για παράδειγμα ένα SDP message.

ACK: Το SIP request ACK αποστέλλεται από το SIP UACs ενός χρήστη για να επιβεβαιώσει ότι ο χρήστης έχει λάβει μια τελική απάντηση για ένα INVITE request που έστειλε προηγουμένως. Να σημειωθεί ότι το ACK request χρησιμοποιείται για να επιβεβαιώσει την λήψη τελικής απάντησης μόνο για INVITE requests.

OPTIONS: Αποστέλλεται από το SIP UACs ενός χρήστη για να εξακριβώσει τις media ικανότητες ενός απομακρυσμένου χρήστη, όπως για παράδειγμα τον αριθμό και το είδος των audio codecs που υποστηρίζει ο απομακρυσμένος χρήστης.



Σχήμα 4.

BYE: Αποστέλλεται από το SIP UACs ενός χρήστη για να τερματίσει την επικοινωνία.

Ανάλυση H.323

Το πρότυπο H.323 αναπτύχθηκε από τον οργανισμό ITU-T και εμπλέκει αρκετές διαφορετικές οντότητες και πρωτόκολλα, τα οποία συνεργάζονται για την παροχή επικοινωνιών πολυμέσων, όπως το VoIP, μέσω τοπικών δικτύων (LANs). Η χρήση του προτύπου H.323 ενδεικνύεται στην περίπτωση που το τοπικό δίκτυο στο οποίο θα εκτελείται μια τέτοια εφαρμογή, δεν παρέχει Quality of Service (QoS). Οι τέσσερις βασικές οντότητες που συμμετέχουν στο πρότυπο H.323 είναι οι εξής: Terminals, Gateways, Gatekeepers και Multipoint Control Units (MCUs).

Μεταξύ των παραπάνω οντοτήτων εκτελούνται συγκεκριμένα πρωτόκολλα που συνεργάζονται με σκοπό την εγκατάσταση, τον έλεγχο, την μεταφορά δεδομένων φωνής και τον τερματισμό μιας κλήσης. Το H.323 αξίζει να σημειωθεί ότι είναι ανεξάρτητο από τα χαμηλότερου επιπέδου δικτυακά πρωτόκολλα, την πλατφόρμα που εκτελείται, καθώς και την εφαρμογή που το χρησιμοποιεί. Επιπλέον, παρέχει υποστήριξη για multicasting, multipoint support και inter-

network conferencing. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά προσδίδουν μεγάλη ευελιξία στο πρότυπο H.323 και για το λόγο αυτό το καθιστούν ένα από τα δύο σημαντικότερα πρωτόκολλα-πρότυπα σηματοδosisας.

Το πρότυπο H.323 αποτελείται από τα ακόλουθα συστατικά μέρη:

Τερματικά: Ένα τερματικό H.323 μπορεί να έχει αμφίδρομη επικοινωνία πραγματικού χρόνου με άλλο τερματικό H.323, πύλη, ή μονάδες MCU. Αυτή η επικοινωνία περιλαμβάνει διεργασίες ελέγχου, αποστολή μηνυμάτων καθώς και μεταφορά ήχου, εικόνας, βίντεο ή και απλών δεδομένων μεταξύ δύο τερματικών.

Πύλες (Gateways - GW): Οι πύλες GW αποτελούν εξοπλισμό H.323 του δικτύου που επιτρέπει την ενδοεπικοινωνία μεταξύ δικτύων IP και παλαιότερων δικτύων μεταγωγής κυκλωμάτων, όπως το ISDN και το PSTN. Παρέχουν, επίσης, τη χαρτογράφηση σηματοδosisας καθώς και δυνατότητες αλλαγής κωδικοποίησης (transcoding).

Gatekeeper (GK): Το gatekeeper (GK) παίζει το ρόλο του κεντρικού διαχειριστή υπηρεσιών VoIP στα άκρα της επικοινωνίας, μεταφράζει τις διευθύνσεις IP και ελέγχει την πρόσβαση στο δίκτυο για H.323 τερματικά, GW και μονά-

δες MCU. Μπορεί, επίσης, να παρέχει στις συσκευές αυτές υπηρεσίες όπως διαχείριση του εύρους ζώνης και εντοπισμό πυλών.

Μονάδες ελέγχου πολλαπλών σημείων (Multi-point Control Units - MCU): Οι μονάδες MCU είναι εξοπλισμός H.323 που παρέχει την ικανότητα σε τρία ή περισσότερα τερματικά και GW να συμμετέχουν σε διασκέψεις πολλών σημείων. Στην απλούστερη περίπτωση, μια μονάδα MCU μπορεί να αποτελείται μόνο από έναν ελεγκτή πολλαπλών σημείων (Multipoint Controller - MC) ενώ ενδέχεται να περιλαμβάνει και έναν επεξεργαστή πολλαπλών σημείων (Multipoint Processor - MP).

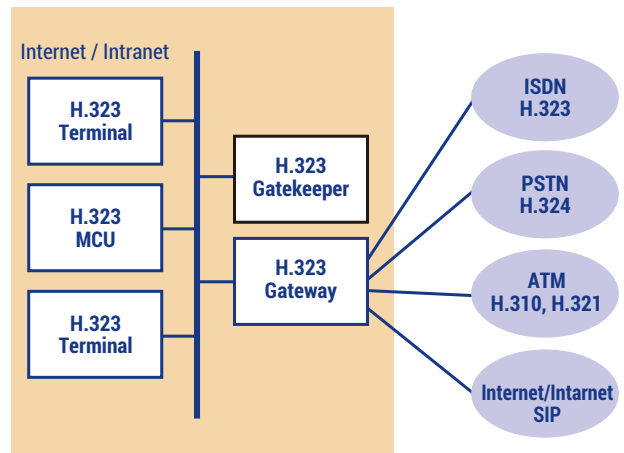
Ελεγκτές πολλαπλών σημείων (MC): Οι MC είναι συσκευές H.323 που ελέγχουν τρεις ή περισσότερους τερματικούς σταθμούς που συμμετέχουν σε διάσκεψη πολλαπλών σημείων. Οι MC παρέχουν τη δυνατότητα διαπραγμάτευσης όλων των τερματικών σταθμών για την επίτευξη κοινού επιπέδου επικοινωνιών. Μπορούν επίσης να ελέγξουν τις πηγές μίας διάσκεψης, αλλά δεν πραγματοποιούν μίξεις ή μεταγωγές ήχου, βίντεο και δεδομένων.

Επεξεργαστές πολλαπλών σημείων (MP): Οι MP είναι εξοπλισμός H.323 που παρέχει την κεντρική επεξεργασία των ροών ήχου, βίντεο και δεδομένων των διασκέψεων πολλαπλών σημείων. Παρέχουν τη δυνατότητα μιξαρίσματος, μεταγωγής ή άλλης επεξεργασίας των ροών των μέσων που ελέγχονται από τον MC. Οι MP μπορούν να επεξεργαστούν μια μεμονωμένη ροή μέσων ή πολλές ροές μέσων ανάλογα με τον τύπο της διάσκεψης.

Οφέλη του VoIP

Σημαντική εξοικονόμηση πόρων και υλικού: Λόγω της μεταφοράς της φωνής σαν δεδομένα, η τηλεφωνία και η δικτυακή/διαδικτυακή σύνδεση επιτυγχάνεται με χρήση της ίδιας υποδομής.

Φορητότητα επικοινωνίας: Με τη χρήση της



Σχήμα 5.

τεχνολογίας VoIP οι χρήστες δεν περιορίζονται από γεωγραφικά όρια. Αρκεί να διαθέτουν ευρυζωνική σύνδεση και κάποια VoIP τηλεφωνική συσκευή ή λογισμικό (softphone) εγκατεστημένο στον υπολογιστή ή στο κινητό τους τηλέφωνο.

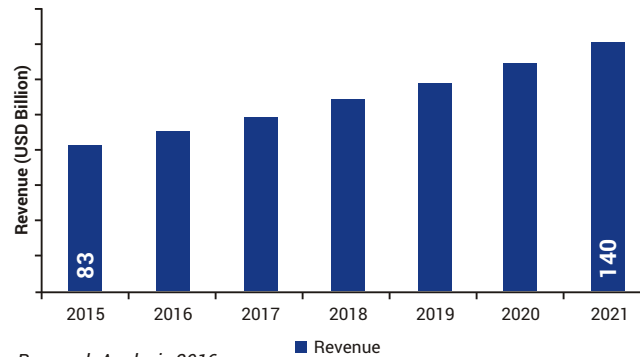
Μικρότερο κόστος: Κάνοντας χρήση του διαδικτύου, το VoIP καθιστά διαθέσιμη την επικοινωνία δύο endpoints που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση μεταξύ τους, παρακάμπτοντας με αυτό τον τρόπο το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο και τις χρεώσεις του για κλήσεις σε μεγάλες αποστάσεις.

Μεγαλύτερη απόδοση: Σε αντίθεση με την κλασική τεχνολογία μεταγωγής κυκλώματος του PSTN δικτύου που απαιτεί την εγκατάσταση και διατήρηση ενός συγκεκριμένου φυσικού κυκλώματος μεταξύ των διαλεγόμενων endpoints, στα IP δίκτυα η πληροφορία μεταφέρεται χωρίς να είναι απαραίτητη η δρομολόγησή της από τον ίδιο φυσικό δρόμο.

Μεγαλύτερη αξιοπιστία: Σε μερικές περιπτώσεις τα δίκτυα IP προσφέρουν υψηλή αξιοπιστία σε σχέση με τα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος, διότι επαναδρομολογούν πακέτα που δεν έφθασαν στον προορισμό, λόγω διαφόρων προβλημάτων (βλάβη στο router ή στις γραμμές μετάδοσης).

Μειωμένη πολυπλοκότητα και αυξημένη ευελιξία: Το VoIP είναι μια ευκαιρία να ενοποιη-

Global VoIP Market, 2015 - 2021 (USD Billion)



Σχήμα 6.

θούν υπηρεσίες δεδομένων και υπηρεσίες φωνής, χωρίς όμως να αυξάνεται η πολυπλοκότητα του backbone δικτύου. Έτσι, οι απαιτήσεις σε εξοπλισμό και σε διαχείριση του δικτύου είναι μειωμένες, ενώ παρέχεται ευελιξία στις τροποποιήσεις του δικτύου, όπως η προσθήκη, η τροποποίηση και η διαγραφή κόμβων. Πλέον όλο και περισσότερες επιχειρήσεις στρέφονται προς το VoIP, καθώς είναι μια τεχνολογία που προσφέρει καλής ποιότητας φωνητική επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο, προσαρμοστικότητα στις ανάγκες ιδιωτών και επιχειρήσεων και το πιο σημαντικό, χαμηλό κόστος των κλήσεων.

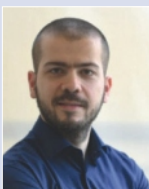
Η Professional Services είναι αποκλειστικός αντιπρόσωπος του οίκου Planet, που έχει παράδοση σε λύσεις VoIP τηλεφωνίας, με μεγάλη γκάμα σε IP PBX Systems, VoIP Phones & Gateways.

Η Professional Services είναι αποκλειστικός αντιπρόσωπος του οίκου Planet, που έχει παράδοση σε λύσεις VoIP τηλεφωνίας, με μεγάλη γκάμα σε IP PBX Systems, VoIP Phones & Gateways.

Λίγα λόγια για τους αρθρογράφους



Ο κ. **Χριστόφορος Λόης** εργάζεται στην εταιρεία Professional Services ως μηχανικός δικτύων. Είναι πτυχιούχος Τηλεπικοινωνιακών Συστημάτων και Δικτύων του Ανώτατου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Μεσολογίου. Διαθέτει εμπειρία στην υλοποίηση και την διαχείριση δικτύων, καθώς και στην αντιμετώπιση προβλημάτων. Είναι κάτοχος των πιστοποιήσεων, CCNA: Routing & Switching και ECSA (Endian Certified Security Administrator).



Ο κ. **Αριστείδης Καλομοίρης** εργάζεται στην εταιρεία Professional Services ως μηχανικός δικτύων. Είναι πτυχιούχος Μηχανικός Πληροφορικής του Ανώτατου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Αθηνών. Διαθέτει εμπειρία στην εγκατάσταση και διαχείριση δικτυακών και υπολογιστικών συστημάτων. Είναι κάτοχος των πιστοποιήσεων, CCNA (Cisco), ECSA (Endian), MTCNA/MTCRE/MTCSE/MTCWE/MTCTCE/MTCUME (Mikrotik).

Εάν επιθυμείτε το COMMUNICATION SOLUTIONS να δημοσιεύσει περισσότερα άρθρα για το **VoIP** επικοινωνήστε μαζί μας στο: info@comsol.gr