

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ,  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**



**ΒΕΣ 04: ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ**  
Ακαδημαϊκό Έτος 2005 – 2006, Χειμερινό Εξάμηνο  
**Μελέτη για το πρωτόκολλο SIP (VoIP)**



**Δημητρακόπουλος Νικόλαος**

**A.M.:2024200200010**

**e-mail: [nikosd@uop.gr](mailto:nikosd@uop.gr)**

**Παναγιώτου Γεώργιος**

**A.M.:2024200200017**

**e-mail: [georgep@uop.gr](mailto:georgep@uop.gr)**

# Εισαγωγή (Τηλεφωνία πάνω από IP δίκτυα)

## 1.1 Γενικά

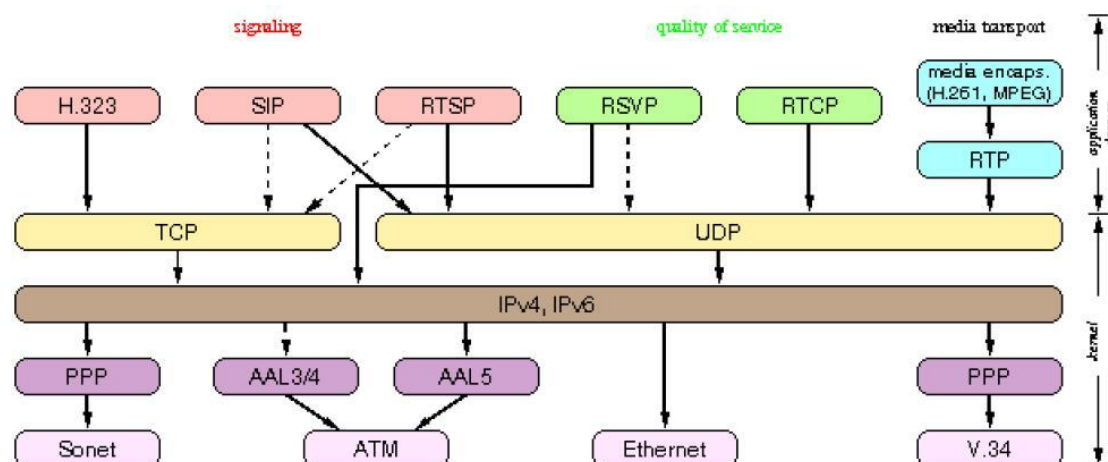
Η βασική ιδέα του VoIP είναι, όπως λέει και το όνομά του (Voice over IP), η μετάδοση φωνής σε δίκτυα που βασίζονται στο πρωτόκολλο IP, όπως το internet, τα τοπικά δίκτυα (lans), τα ασύρματα δίκτυα (802.11) κ.λ.π. . Σκοπός του δεν είναι να εξελίξει το ήδη υπάρχον τηλεφωνικό δίκτυο (PSTN) αλλά η δημιουργία ενός που ταυτόχρονα θα μπορεί να συνεργαστεί με τα υπάρχοντα.

Σύμφωνα με αυτήν την λογική είναι δυνατές οι τηλεφωνικές συνδιαλέξεις μεταξύ ηλεκτρονικών υπολογιστών, μεταξύ ειδικών τηλεφωνικών συσκευών για VoIP δίκτυα αλλά και μεταξύ των προαναφερθέντων με τα υπάρχοντα σταθερά τηλέφωνα.

## 1.2 Πρωτόκολλα που απαιτούνται

Για να υλοποιηθεί και να λειτουργήσει ένα VoIP σύστημα χρειάζεται ένα σύνολο από πρωτόκολλα ώστε να είναι δυνατή η επικοινωνία μεταξύ των χρηστών αλλά και για να καλυφθούν οι διαχειριστικές ανάγκες του συστήματος.

Καταρχάς θεωρούμε δεδομένο ότι υπάρχουν όλα τα στρώματα μέχρι και το IP. Ύστερα, ακριβώς μετά υπάρχει το στρώμα για την μετάδοση/μεταφορά δεδομένων. Σε αυτό το στρώμα τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται είναι τα UDP και το TCP. Στο κυρίως κομμάτι του VoIP τώρα, τα πρωτόκολλα που είναι απαραίτητα χωρίζονται σε πρωτόκολλα σηματοδosis, σε πρωτόκολλα μεταφοράς του ήχου/video καθώς και σε διάφορα άλλα συνοδευτικά πρωτόκολλα υποστήριξης όπως QoS (Quality of Service), AAA (Authentication, Authorization, Accounting), address translation κ.λ.π. .



Πιο συγκεκριμένα, στο κομμάτι της σηματοδότησης τα δύο κυρίως χρησιμοποιούμενα πρωτόκολλα είναι τα SIP/SDP (IETF) και H.323 (ITU-T). Το SIP/SDP (IETF) είναι το νεότερο από τα δύο και είναι αυτό που κερδίζει συνεχώς όλο και μεγαλύτερο μερίδιο στην συγκεκριμένη τεχνολογία. Ο τρόπος λειτουργίας καθώς και τα πλεονεκτήματά του θα αναλυθούν σε αυτήν τη μελέτη. Από την άλλη το H.323 είναι ένα αρκετά ώριμο και σταθερό πρωτόκολλο αλλά υστερεί σε χαρακτηριστικά σε σχέση με το SIP, η παρουσίαση του όμως ξεφεύγει από τα πλαίσια της μελέτης αυτής.

Για το κομμάτι της μεταφοράς των πακέτων ήχου/video χρησιμοποιούνται κυρίως τα RTP (IETF's, adopted by ITU-T) και SCTP (Stream Control Transmission Protocol – RFC 2960).

Τέλος χρησιμοποιούνται πρωτόκολλα υποστήριξης όπως το γνωστό DNS, το TRIP (Telephony Routing Over IP) ανταλλαγή των routing tables μεταξύ των gatekeepers, το RSVP (Resource Reservation Setup Protocol), το COPS (Common Open Policy Service) που είναι υπεύθυνο για την πολιτική ελέγχου του QoS, το Diameter (Authentication, Accounting, Authorization) κ.α.

## 1. Το πρωτόκολλο SIP (Session Initiation Protocol)

### 2.1 Γενικά χαρακτηριστικά / πλεονεκτήματα

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως το SIP είναι ένα πρωτόκολλο σηματοδότησης για συστήματα VoIP. Αυτό σημαίνει ότι η κύρια λειτουργία του είναι η αρχικοποίηση, τροποποίηση και λήξη των περιόδων επικοινωνίας με έναν ή περισσότερους συμμετέχοντες.

Το SIP δεν χρησιμοποιείται μόνο για τηλεφωνικές κλήσεις μέσα σε δίκτυα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης σε τηλε-διασκέψεις καθώς και σε διανομή πολυμέσων (όπως μουσική-ήχο, video, instant messaging, gaming κ.λ.π.) μέσα στα δίκτυα αυτά. Σε αυτό βοηθάει ότι το πρωτόκολλο αυτό είναι βασισμένο στο γνωστό http και ουσιαστικά χρησιμοποιεί URI (Uniform Resource Indicators) και tags ώστε να προσδιορίσει το περιεχόμενο του. Έτσι υπάρχει ανεξαρτησία από το τι θα περιέχει η επικοινωνία των χρηστών καθώς και σε τι μορφή θα είναι αυτή κωδικοποιημένη. Αυτό σε συνδυασμό με το ότι μπορεί να συνεργαστεί με πληθώρα πρωτοκόλλων μεταφοράς δεδομένων (όπως TCP, UDP, TLS, SCTP κλπ) του δίνει μεγάλη ευελξία και είναι από τα σημαντικά του πλεονεκτήματα.

Η δομή που ακολουθεί το SIP είναι παρόμοια με το IP. Έτσι απλουστεύονται οι λειτουργίες που εκτελεί το «δίκτυο» και μεταφέρονται στις τερματικές συσκευές. Ο πυρήνας του δικτύου είναι υπεύθυνος μόνο για τις ανταλλαγές των μηνυμάτων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την χαμηλή δέσμευση πόρων (όπως μνήμη και επεξεργαστική ισχύ) και την υψηλή αξιοπιστία λόγω της κλιμακωτής μορφής του.

Στα πλεονεκτήματά του συγκαταλέγεται το γεγονός ότι (όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως) το SIP υποστηρίζει το πρωτόκολλο UDP για

την μεταφορά της σηματοδότησης, έτσι ο χρόνος που απαιτείται για την εγκατάσταση της επικοινωνίας μεταξύ των χρηστών είναι αρκετά μικρός.

Τέλος αξίζει να αναφερθεί ότι υποστηρίζονται όλες οι λειτουργίες/δυνατότητες των σύγχρονων τηλεφωνικών δικτύων όπως αναμονή κλήσεων, προώθηση κλήσεων, διάσκεψη πολλών χρηστών κ.λ.π. .

## 2.2 Δομή της επικεφαλίδας ενός SIP μηνύματος

- **From:** Αποστολέας, δημιουργός μηνύματος
- **To:** Τελικός αποδέκτης
- **Request-URI:** Προορισμός τρέχων - μπορεί να αλλάξει κατά τη διάρκεια της κλήσης
- **Contact:** Εμφανίζεται στα αιτήματα INVITE / OPTIONS / ACK / REGISTER και στις απαντήσεις αυτών. Εμφανίζει την διεύθυνση των ενδιαμέσων παραληπτών μέχρι τον τελικό αποδέκτη.

## 2.3 Μηνύματα & Απαντήσεις των SIP μηνυμάτων

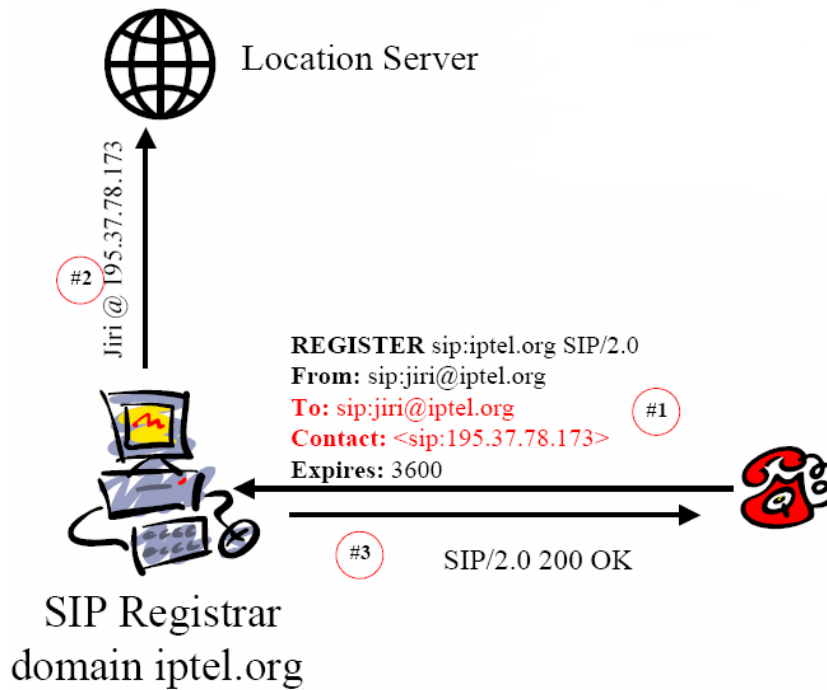
### **Μηνύματα:**

- INVITE(αρχίζει την περίοδο επικοινωνίας)
- ACK(επιβεβαιώνει την εγκαθίδρυση της περιόδου)
- OPTIONS (ζητά πληροφορίες για τις δυνατότητες του server)
- CANCEL (τερματίζει ένα αίτημα ή μια αναζήτηση ενός χρήστη)
- BYE (είτε τερματίζει μια σύνδεση είτε απορρίπτει μια κλήση)
- REGISTER (εγγράφει την τρέχουσα τοποθεσία του χρήστη)
- INFO Used for mid-session signalling

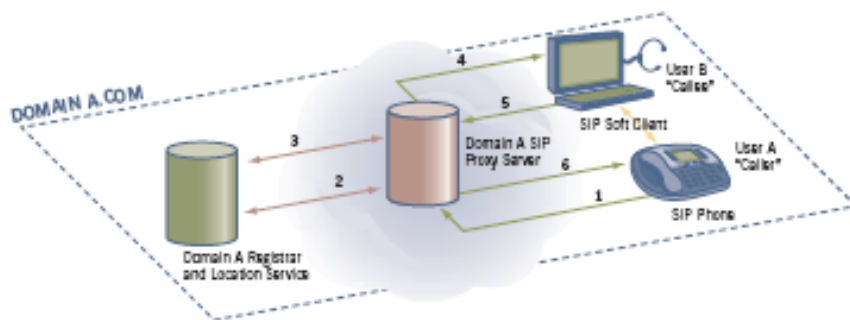
### **Απαντήσεις:**

- · 1xx Informational (e.g. 100 Trying, 180 Ringing)
- · 2xx Successful (e.g. 200 OK, 202 Accepted)
- · 3xx Redirection (e.g. 302 Moved Temporarily)
- · 4xx Request Failure (e.g. 404 Not Found, 482 Loop Detected)
- · 5xx Server Failure (e.g. 501 Not Implemented)
- · 6xx Global Failure (e.g. 603 Decline)

## 2.4 Παράδειγμα εγγραφής ενός χρήστη (REGISTER)



## 2.5 Παράδειγμα δημιουργίας κλήσης



1. Call User B
2. Query "Where is User B?"
3. Response "User B SIP Address"
4. 'Proxied' Call
5. Response
6. Response
7. Multimedia Chanel Established

- Non-SIP Queried (i.e. Database Lookup)
- SIP Signaling
- RTP

### 3. Συσχετιζόμενα με το SIP πρωτόκολλα

Όπως ήδη έχουμε δει μέχρι τώρα, το SIP δεν είναι παρά ένα πρωτόκολλο το οποίο φροντίζει για την διαχείριση μιας επικοινωνίας μέσω δικτύου. Έτσι το SIP συνεργάζεται με ένα πλήθος άλλων πρωτοκόλλων για την εξασφάλιση μιας επιτυχημένης δικτυακής επικοινωνίας. Ένα πρωτόκολλο με το οποίο συνεργάζεται το SIP , είναι και το TLS.

Με το TLS μπορούμε να προσθέσουμε την απαραίτητη ασφάλεια στις κλήσεις μας, μιας και είναι το πρωτόκολλο το οποίο φροντίζει έτσι ώστε να έχουμε μια κρυπτογραφημένη συνδιάλεξη. Αξίζει να τονίσουμε πως το TLS δεν είναι κάτι καινούργιο στον χώρο των δικτύων IP, μιας και πρόκειται για την ραχοκοκαλιά του IPsec , δηλαδή της στοίβας πρωτοκόλλων η οποία προσφέρει υπηρεσίες κρυπτογράφησης και ακεραιότητας δεδομένων σε IP δίκτυα. Επίσης να σημειώσουμε πως το απόρρητο των επικοινωνιών που εξασφαλίζεται μέσω του TLS είναι σε μεγάλο βαθμό απαραβίαστο.

Ένα δεύτερο πρωτόκολλο με το οποίο συνεργάζεται το SIP και αξίζει να αναφέρουμε είναι το SCTP (Stream Control Transport Protocol), το οποίο αντικαθιστά το TCP για την μετάδοση των πακέτων δεδομένων, τα οποία μεταφέρουν οποιαδήποτε συνδιάλεξη μέσω SIP. Το πλεονέκτημα του SCTP σε σχέση με το TCP είναι ή εξασφάλιση της λήψης των πακέτων στον δέκτη, με την σειρά με την οποία εστάλησαν από τον πομπό. Κάτι τέτοιο είναι πάρα πολύ σημαντικό για μια τηλεφωνική επικοινωνία, μιας και εάν ένα πακέτο φωνής φθάσει καθυστερημένα στον δέκτη τότε έχουμε αλλοίωση της επικοινωνίας. Επιπλέον με τα παραπάνω το SCTP εξασφαλίζει και έλεγχο συμφόρησης (κάτι το οποίο κάνει και το TCP), έτσι ώστε να έχουμε εξασφάλιση μίας όσο το δυνατόν περισσότερο αξιόπιστης μετάδοσης.

Στην συνέχεια εξετάζουμε το RTP (Real Time Protocol), το οποίο έχει σχεδιαστεί για την μεταφορά ήχου και εικόνας μέσω δικτύου. Το RTP χρησιμοποιεί UDP , έτσι μπορούμε να συμπεράνουμε πως δεν έχουμε αξιόπιστη μετάδοση. Κάτι τέτοιο όμως δεν μας ενοχλεί ιδιαίτερα μιας και σε επικοινωνία πραγματικού χρόνου η οποία χρησιμοποιεί φωνή η εικόνα, η λήψη ενός σωστού πακέτου το οποίο έχει φτάσει εκπρόθεσμα στον δέκτη ισοδυναμεί με την απώλεια του πακέτου αυτού. Έτσι εφόσον η χρονική σειρά στην οποία θα έπρεπε να γίνει η παράδοση του πακέτου στον δέκτη έχει περάσει, ο συνομιλητής θα έχει αισθανθεί την απώλεια.

Τέλος εξετάζουμε το SDP (Session Description Protocol). Μέσω του SDP το SIP ελέγχει τις παραμέτρους επικοινωνίας, η οποία πρόκειται να πραγματοποιηθεί. Τέτοιες παράμετροι είναι η IP καλούντος και καλούμενου, οι πόρτες επικοινωνίας που θα χρησιμοποιηθούν από το TCP και από το UDP, ο τύπος της επικοινωνίας που θα λάβει χώρα (ήχος, εικόνα), καθώς επίσης και η διαπραγμάτευση του codec που θα χρησιμοποιήσουν οι δύο πλευρές της συνδιάλεξης. Εδώ αξίζει να τονίσουμε πως η χρήση κατάλληλου codec είναι ένας πάρα πολύ σημαντικός παράγοντας για μια διαδικτυακή επικοινωνία. Και αυτό γιατί με τον codec καθορίζεται και η τελική ροή δεδομένων (bit rate) με την οποία θα πραγματοποιηθεί η συνδιάλεξη.

## 4 SIP και codec (COmpression DECompression)

Αναφέραμε προηγουμένως την σημαντικότητα που παίζει η επιλογή κατάλληλου codec στην επικοινωνία μέσω διαδικτύου, σε αυτή την ενότητα θα εξηγήσουμε για ποιο λόγο συμβαίνει κάτι τέτοιο.

Τα δίκτυα που βασίζονται στο IP και ειδικότερα το internet , βασίζονται στην φιλοσοφία "best effort" και ως εκ τούτου δεν σχεδιάστηκαν για να παρέχουν κάποιου είδους ποιότητας υπηρεσίας, σε αντίθεση με άλλα ποιο πολύπλοκα δίκτυα (πχ ATM). Γι αυτό τον λόγω η VoIP τηλεφωνία έχει να αντιμετωπίσει πλήθος προβλημάτων, τα οποία δημιουργούνται απο μία «ιντερνετική» επικοινωνία. Jittering σε routers και switches, traffic bursts σε links, connection less φιλοσοφία είναι μόνο μερικά από τα προβλήματα. Σε αυτό το σημείο αν αναλογιστούμε και το όριο των 150 ms για την μέγιστη καθυστέρηση των πακέτων IP το οποίο εισάγει μια τηλεφωνική συνδιάλεξη έτσι ώστε να μην «σπάει» η φωνή – εικόνα διαπιστώνουμε το πλήθος των προβλημάτων που πρέπει να επιλύσει ένα πρωτόκολλο για τηλεφωνία μέσω διαδικτύου.

Για τους παραπάνω λόγους είναι κρίσιμη η απόφαση για το τι codec θα χρησιμοποιηθεί στην επικοινωνία. Ο codec είναι υπεύθυνος για την τμηματοποίηση του σήματος φωνής-video και για την απο-συμπίεση του. Ειδικά το τελευταίο καθορίζει και τον ρυθμό δεδομένων που θα έχουν τα πακέτα IP σε μία συνδιάλεξη.

Από τα ποιο δημοφιλή codec που υπάρχουν στην επιστήμη των τηλεπικοινωνιών είναι το G.711 (a law – u law), το οποίο είναι αρκετά παλιό και έχει προτυποποιηθεί από την ITU. Το G.711 codec χρησιμοποιεί PCM και μη γραμμική κβάντιση η οποία μπορεί να ακολουθεί τον νόμο u ή τον νόμο a. Το bit rate που επιτυγχάνεται από τον G.711 είναι αυτό της παραδοσιακής τηλεφωνίας ISDN (primary channel 64Kbps).

Σε αντίθεση με το G.711 έχουμε και το G.729 codec, το οποίο χρησιμοποιώντας καλύτερες τεχνικές συμπίεσης καταφέρνει να ρίξει το μέσο bit-rate στα 8Kbps.

Διαπιστώνουμε έτσι μια συμπίεση της τάξεως του 8:1 συγκρίνοντας τα 2 αυτά codec μεταξύ τους. Επιλέγοντας codec που επιτυγχάνουν υψηλή συμπίεση, αποφεύγουμε την επίδραση φαινομένων Jittering (καθυστέρηση στους buffers) σε router και switch, καθώς επίσης μετριάζουμε και την επίδραση φαινομένων traffic burst , αλλά παράλληλα χάνουμε και σε ποιότητα επικοινωνίας. Αντίθετα η επιλογή codec που επιτυγχάνει χαμηλή συμπίεση προσφέρει υψηλή ποιότητα επικοινωνίας (συγκρίνεται με αυτήν τηλεφωνική επικοινωνίας ISDN), αλλά ενδείκνυται για χρήση σε τοπικά δίκτυα (LAN) τα οποία προσφέρουν μεγάλο εύρος ζώνης.

## 4 Συμπεράσματα

Κλείνοντας την παρούσα μελέτη, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι το SIP, παρότι δεν εφαρμόζει κάποια καινοτόμα πρωτοπορία έχει καταφέρει να πετύχει στον χώρο των VoIP πρωτοκόλλων μιας και λύνει τα περισσότερα προβλήματα τα οποία αντιμετωπίζουν οι ανταγωνιστές του.

Ήδη το SIP έχει αρχίσει να αντικαθιστά σαν πρωτόκολλο, το παλιό H323 το οποίο έχει αποδείξει τις αδυναμίες του. Ακόμα και εταιρείες κολοσσοί στον χώρο του IP, όπως η Cisco η οποία αναπτύσσει και προωθεί το δικό της VoIP protocol (SCCP), έχει παραδεχθεί την ανωτερότητα και καθολικότητα που έχει επιτύχει το SIP στην αγορά των τηλεπικοινωνιών.

## 5 Βιβλιογραφία

- RFC 3261
- Understanding SIP  
[http://www.ubiquitysoftware.com/solutions/SIP\\_Tutorial.php](http://www.ubiquitysoftware.com/solutions/SIP_Tutorial.php)  
[http://www.sipcenter.com/sip.nsf/html/WEBB5YNVK8/\\$FILE/Ubiquity\\_SIP\\_Overview.pdf](http://www.sipcenter.com/sip.nsf/html/WEBB5YNVK8/$FILE/Ubiquity_SIP_Overview.pdf)
- SIP: Understanding the Session Initiation Protocol, Second Edition
- Understanding SIP <http://www.iptel.org/sip/>
- The Session Initialization Protocol (SIP) [Henning Schulzrinne]  
[http://www.ee.oulu.fi/~skidi/teaching/internet\\_multimedia/sip\\_long\\_4.pdf](http://www.ee.oulu.fi/~skidi/teaching/internet_multimedia/sip_long_4.pdf)