



ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ Η/Υ, ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΔΙΚΤΥΩΝ  
*Εργ. Τεχνολογίας Λογισμικού & Υπηρεσιών*  
S<sup>2</sup>E Lab

# ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σπουδάστρια:

ΑΠΟΣΤΟΛΙΔΟΥ ΕΙΡΗΝΗ

Θέμα:

**“Voice over IPv6 ”**



**Εισηγητής:**

Δ. Ν. Καλλέργης, MSc.  
Εργ. Συνεργάτης

## **Ευχαριστίες**

Σύμβουλος καθηγητής για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας ήταν ο κ. Δ. Ν. Καλλέργης. Θα ήθελα να τον ευχαριστήσω θερμά για την ανάθεση της διπλωματικής, για την υποστήριξη και καθοδήγησή του κατά την διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ</b> .....	6
<b>ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ</b> .....	9
<b>ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ</b> .....	9
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	11
<b>Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή στο VoIP</b> .....	12
1.1 Τι είναι το VoIP .....	12
1.2 VoIP γενική επισκόπηση.....	12
1.3 Επισκόπηση IPv6 .....	15
1.3.1 Ιστορική αναδρομή IPv6 .....	15
1.3.2 Πλεονεκτήματα IPv6 .....	16
1.4 Πρωτόκολλα VoIP.....	18
<b>Κεφάλαιο 2 H.323</b> .....	21
2.1 Το πρότυπο H.323 .....	21
2.2 Ιστορική αναδρομή H.323.....	21
2.3 Αρχιτεκτονική H.323 .....	22
2.4 H.323 οντότητες.....	23
2.4.1 Οντότητα terminal.....	23
2.4.2 Οντότητα GATEWAY.....	24
2.4.3 Οντότητα GATEKEEPER .....	24
2.4.4 Οντότητα MCU (MULTIPOINT CONTROL UNIT-ΠΟΛΥΣΗΜΕΙΑΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ) .....	26
2.4.5 H.323 Proxy.....	26
2.5 Πρωτόκολλα που καθορίζει το H.323 .....	27
2.5.1 H.225.....	27
2.5.2 H.245.....	29
2.5.2.1 Δομή πρωτοκόλλου H.245.....	30
2.6 Μετάδοση ήχου .....	31
2.7 Παράδειγμα κλήσης H.323 .....	31
<b>Κεφάλαιο 3 SIP</b> .....	34
3.1 Λίγα λόγια για το SIP .....	34
3.2 Δομή πρωτόκολλου SIP .....	35

3.3 Στοιχεία του SIP .....	36
3.3.1 Συναλλαγές πελάτη/διακομιστή-CLIENT/SERVER .....	36
3.4 Αποστολή μηνυμάτων SIP .....	39
3.4.1 Δομή μηνυμάτων .....	39
3.5 Αιτήσεις.....	40
3.5.1 Δομή αιτήσεων .....	40
3.5.2 Μέθοδοι Αιτήσεων .....	41
3.5.2.1 Μέθοδος INVITE.....	41
3.5.2.2 Μέθοδος BYE .....	43
3.5.2.3 Μέθοδος CANCEL.....	44
3.5.2.5 Μέθοδος OPTION .....	49
3.6 HEADER FIELDS-Πεδία επικεφαλίδας .....	52
3.6.1 Μορφή των πεδίων επικεφαλίδας.....	52
3.6.2 Ταξινόμηση των πεδίων επικεφαλίδας.....	53
3.7 Απαντήσεις .....	57
3.7.1 Δομή απαντήσεων.....	57
3.8 Μελέτη συμπεριφοράς PROXY .....	62
3.8.1 STATEFUL PROXY.....	63
3.8.2 Διανομή των Proxy .....	65
3.9 Παράδειγμα κλήσης.....	65
3.10 Ροές των IPv6 πακέτων σε ένα VoIPv6 .....	74
<b>Κεφάλαιο 4 Megaco/H.248 .....</b>	<b>75</b>
4.1 Εισαγωγή MEGACO .....	75
4.2 Αναδρομή .....	75
4.3 Αρχιτεκτονική MEGACO .....	76
4.3.1 MEDIA GATEWAY CONTROLLER .....	77
4.3.2 MEDIA GATEWAY .....	78
4.4 Δομή MEGACO .....	80
4.4.1 Εισαγωγή στα terminations και contexts .....	80
4.4.2 Αναφορά στο CONTEXT .....	81
4.4.2.1 Η χρήση του WILDCARD CONTEXTID .....	83
4.4.3 TERMINATIONS .....	83
4.4.3.1 Ιδιότητες Termination και Descriptors .....	85
4.4.4 ROOT TERMINATION .....	87

4.5	Σύνολο εντολών MEGACO/H.248 .....	88
4.6	Πακέτα-PACKAGES .....	88
4.7	Μηνύματα .....	89
4.8	Πρωτόκολλα μεταφοράς .....	90
4.9	Συναλλαγές.....	91
4.9.1	Δομή TRANSACTION .....	91
4.9.2	Αίτηση συναλλαγής/TransactionRequest .....	93
4.9.3	Απάντηση στην αίτηση συναλλαγής/TransactionReply .....	93
4.9.4	Αναμονή συναλλαγής/TRANSACTION PENDING .....	95
4.10	Τρόπος διευθέτησης των εντολών .....	96
4.11	Καταχώρηση του MG στον MGC(REGISTER) .....	98
4.12	Εγκατάσταση κλήσης στο MEGACO .....	100
4.13	Τερματισμός κλήσης.....	101
	<b>Κεφάλαιο 5 Πρωτόκολλα RTP-RTCP για τη μετάδοση των ροών.....</b>	<b>103</b>
5.1	Το πρωτόκολλο RTP .....	103
5.2	Το πρωτόκολλο RTCP.....	105
	<b>Κεφάλαιο 6 Ποιότητα υπηρεσιών VoIP .....</b>	<b>107</b>
6.1	Τι σημαίνει ποιότητα υπηρεσιών στο VoIP .....	107
6.2	Ζητήματα που αφορούν την ποιότητα υπηρεσιών(QoS) .....	107
6.2.1	Latency.....	108
6.2.2	JITTER/Αστάθεια καθυστέρησης .....	109
6.2.3	Απώλεια πακέτων.....	111
6.2.4	Εύρος ζώνης .....	112
6.3	Η ανάγκη για ταχύτητα.....	115
6.4	Οι συνέπειες της ποιότητας υπηρεσιών στην ασφάλεια .....	115
	<b>Κεφάλαιο 7 Μετάβαση από το IPv4 στο IPv6.....</b>	<b>117</b>
7.1	IPv6 και εφαρμογές πραγματικού χρόνου.....	117
7.2	Διαδικασίες μετάβασης στο IPv6 .....	119
7.3	Η τεχνική 6TO4.....	121
7.3.1	Τρόπος λειτουργίας της 6TO4 .....	122
7.3.2	Βασικά στοιχεία για τη δημιουργία ενός 6to4 tunnel .....	123
7.3.3	Δημιουργία των διευθύνσεων 6to4 .....	125

7.3.4 Λειτουργία RELAY ROUTER.....	126
7.4 Manual Tunnels.....	127
7.5 Διαφορά MANUAL και 6TO4 AUTOMATIC TUNNEL.....	128
7.6 Παράδειγμα εφαρμογής της υπηρεσίας VoIP (IP τηλεφωνία) πάνω στην έκδοση 6 του διαδικτυακού πρωτοκόλλου(IPv6).....	128
7.6.1 Περιγραφή των σεναρίων.....	128
7.6.2 Σενάριο Α.....	129
7.6.3 Σενάριο Β.....	138
7.6.4 Σενάριο Γ.....	147
7.6.5 Συμπεράσματα-Παρατηρήσεις.....	159
7.7 Μελλοντική εργασία.....	162
<b>ΑΝΑΦΟΡΕΣ</b> .....	<b>164</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	<b>166</b>

## ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2-1:Πρωτόκολλο σηματοδότησης H.323 .....	21
Εικόνα 2-2:Περιβάλλον του H.323 .....	23
Εικόνα 2-3:Τερματικό H.323 .....	24
Εικόνα 2-4:Εγκατάσταση κλήσης H.323 .....	31
Εικόνα 3-1: Ένα περιβάλλον SIP .....	37
Εικόνα 3-2: Παράδειγμα Καταχώρησης .....	49
Εικόνα 3-3: Μοντέλο stateful proxy .....	64
Εικόνα 3-4: Παράδειγμα εγκατάστασης μιας συνεδρίας SIP .....	74
Εικόνα 3-5: Ροές των IPν6 πακέτων σε ένα περιβάλλον VoIP[14].....	74
Εικόνα 4-1: Η ανάπτυξη του MEGACO .....	75
Εικόνα 4-2: Αρχιτεκτονική Gateway .....	76
Εικόνα 4-3: Σχέδιο Αρχιτεκτονικής MGC .....	78
Εικόνα 4-4: Σχεδιασμός αρχιτεκτονικής MG .....	79
Εικόνα 4-5 : Απεικόνιση context και terminations .....	81
Εικόνα 4-6: Συναλλαγές, ενέργειες και εντολές.....	92
Εικόνα 4-7: Σενάριο εγκατάστασης κλήσης χρησιμοποιώντας το MEGACO .....	100
Εικόνα 6-1 : Δείγμα του προϋπολογισμού για το ποσό του χρόνου που χρειάζεται για την εκπομπή των πακέτων φωνής από τη πηγή στον προορισμό τους / Sample Latency Budget.....	109
Εικόνα 7-1 : Αρχές του 6to4 tunnel και του 6to4 relay .....	125
Εικόνα 7-2: 6to4 διεύθυνση .....	125
Εικόνα 7-3: Σενάριο A.....	129
Εικόνα 7-4: profile εφαρμογών χρηστών(caller) .....	130
Εικόνα 7-5: profile χρηστών (called).....	131
Εικόνα 7-6 : Απεικόνιση των host interfaces.....	131

Εικόνα 7-7 : interfaces των routers .....	132
Εικόνα 7-8: Απεικόνιση των ρυθμίσεων του tunnel .....	132
Εικόνα 7-9: Απεικόνιση των διευθύνσεων και του tunnel του δικτύου .....	132
Εικόνα 7-10: Ρυθμίσεις της εφαρμογής Voice_IP_telephony.....	133
Εικόνα 7-11: Ενεργοποίηση του UAC.....	133
Εικόνα 7-12: Διαμόρφωση SIP proxy .....	134
Εικόνα 7-13: Εγκαθίδρυση κλήσης του pc1 .....	134
Εικόνα 7-14: Εγκαθίδρυση κλήσης του pc4 .....	134
Εικόνα 7-15: Εγκαθίδρυση κλήσης του pc5.....	135
Εικόνα 7-16: Αποτελέσματα αποδοχής κλήσης για τον pc2 .....	135
Εικόνα 7-17: Αποτελέσματα αποδοχής κλήσης για τον pc3 .....	135
Εικόνα 7-18: Αποτελέσματα αποδοχής κλήσης για τον pc6 .....	136
Εικόνα 7-19: Καταγραφή των συμβάντων κλήσης από τον sip proxy .....	136
Εικόνα 7-20: Τοπολογία Σεναρίου B.....	138
Εικόνα 7-21: profile εφαρμογών χρηστών .....	139
Εικόνα 7-22: profile εφαρμογών χρηστών .....	139
Εικόνα 7-23: profile εφαρμογών χρηστών .....	140
Εικόνα 7-24: Απεικόνιση των host interfaces.....	140
Εικόνα 7-25 : Απεικόνιση routers interfaces .....	141
Εικόνα 7-26 : Δημιουργία 6to4 tunnel.....	141
Εικόνα 7-27 : ipv6 παράμετροι του tunnel .....	141
Εικόνα 7-28: Στατική δρομολόγηση για τον relay router .....	142
Εικόνα 7-29: Απεικόνιση των διευθύνσεων και του tunnel του δικτύου .....	142
Εικόνα 7-30: Ρυθμίσεις της εφαρμογής Voice_IP .....	143
Εικόνα 7-31: Διαμόρφωση UAC .....	143
Εικόνα 7-32: Διαμόρφωση SIP proxy server .....	143



Εικόνα 7-33: Εγκαθίδρυση κλήσης wkst_1 .....	144
Εικόνα 7-34: Εγκαθίδρυση κλήσης wkst_4 .....	144
Εικόνα 7-35: Εγκαθίδρυση κλήσης wkst6_1 .....	145
Εικόνα 7-36:(a) Αποδοχή κλήσεων από τον wkst_2 (b) Αποδοχή κλήσεων από τον wkst_3 .....	146
Εικόνα 7-37: Αποδοχή κλήσεων από τον wkst_6_2 .....	146
Εικόνα 7-38: Καταγραφή των συμβάντων κλήσης από τον sip proxy .....	147
Εικόνα 7-39: Σενάριο Γ .....	148
Εικόνα 7-40: οι διευθύνσεις των hosts .....	149
Εικόνα 7-41: Τα interfaces των routers.....	149
Εικόνα 7-42: Δημιουργία 6to4 tunnel .....	150
Εικόνα 7-43:IPv6 παράμετροι(global address) του tunnel .....	150
Εικόνα 7-44: Στατική δρομολόγηση στον relay router.....	151
Εικόνα 7-45: Απεικόνιση των διευθύνσεων και του tunnel του δικτύου .....	151
Εικόνα 7-46: Ρυθμίσεις της εφαρμογής VoicelP .....	151
Εικόνα 7-47: Διαμόρφωση UAC .....	152
Εικόνα 7-48: Διαμόρφωση SIP proxy server .....	152
Εικόνα 7-49: Εγκαθίδρυση κλήσης pc_1 .....	153
Εικόνα 7-50: Εγκαθίδρυση κλήσης pc_4 .....	153
Εικόνα 7-51: Εγκαθίδρυση κλήσης pc6_2 .....	154
Εικόνα 7-52(a)αποδοχή κλήσεων του χρήστη pc2 και (b) αποδοχή κλήσεων του χρήστη pc3 .....	155
Εικόνα 7-53: κατάσταση του χρήστη pc6_3.....	155
Εικόνα 7-54: Καταγραφή των συμβάντων κλήσης από τον sip proxy .....	156

## ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2-1: Μήνυμα key-RAS.....	29
Πίνακας 2-2: Μηνύματα του H.245 .....	31
Πίνακας 3-1 : Μέθοδοι στο SIP.....	41
Πίνακας 3-2:Απαντήσεις SIP .....	57
Πίνακας 3-3: κωδικοί απαντήσεων .....	58
Πίνακας 4-1: Υπευθυνότητες στοιχείων στον MGC .....	78
Πίνακας 4-2: Υπευθυνότητες στοιχείων στον MG .....	80
Πίνακας 4-3: Πίνακας των descriptors .....	87
Πίνακας 7-1: Ζώνες διατεμαστικής καθυστέρησης.....	137

## ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 7-1: Διατεμαστική καθυστέρηση σεναρίου Α.....	137
Σχήμα 7-2: Διατεμαστική καθυστέρηση σεναρίου Β.....	147
Σχήμα 7-3: Διατεμαστική καθυστέρηση σεναρίου Γ .....	156
Σχήμα 7-4: Μέσος χρόνος για την εγκαθίδρυση κλήσης και μέσος όρος των πακέτων που απορρίφθηκαν στο σενάριο Α .....	157
Σχήμα 7-5: Μέσος χρόνος για την εγκαθίδρυση κλήσης και μέσος όρος των πακέτων που απορρίφθηκαν στο σενάριο Β .....	157
Σχήμα 7-6: Μέσος χρόνος για την εγκαθίδρυση κλήσης και μέσος όρος των πακέτων που απορρίφθηκαν στο σενάριο Γ.....	158
Σχήμα 7-7 : jitter όπως καταγράφηκε στο σενάριο Α.....	158
Σχήμα 7-8 : jitter όπως καταγράφηκε στο σενάριο Β .....	158

Σχήμα 7-9: jitter όπως καταγράφηκε στο σενάριο Γ.....	159
Σχήμα 7-10: (α)voice traffic που λήφθηκε και στάλθηκε στο σενάριο Α, (β) voice traffic που λήφθηκε και στάλθηκε στο σενάριο Β, (γ) voice traffic που λήφθηκε και στάλθηκε στο σενάριο Γ.....	160
Σχήμα 7-11: Χρόνος εγκαθίδρυσης κλήσης μετά τις αλλαγές στο profile των call workstations.....	162

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το VoIP (Voice Over IP) αναφέρεται στη μετάδοση φωνής πάνω από IP δίκτυα, όπως είναι το διαδίκτυο. Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας ήταν η μελέτη των χαρακτηριστικών των πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούνται για τη σηματοδότηση των κλήσεων, καθώς και η μελέτη των μηχανισμών για τη μετάδοση των πακέτων φωνής στην έκδοση έξι του διαδικτυακού πρωτοκόλλου (VoIPv6). Ακόμα, περιλαμβάνεται μια συνοπτική περιγραφή των προβλημάτων που αντιμετωπίζονται στα σύγχρονα VoIP δίκτυα και πώς αυτά επηρεάζουν την ποιότητα υπηρεσιών του VoIP.

Στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας γίνεται αρχικά μια σύντομη αναφορά στα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται στο VoIP και παραθέτονται παραδείγματα εγκατάστασης μιας κλήσης για κάθε ένα πρωτόκολλο.

Ακολουθεί μια εκτενής αναφορά στις τεχνικές αυτόματου και χειροκίνητα διαμορφωμένου tunneling με σκοπό τη μετάβαση του VoIP από το IPv4 στο IPv6.

Έπειτα, παρουσιάζονται τα προβλήματα που επηρεάζουν την ποιότητα υπηρεσιών του VoIP.

Τέλος, γίνεται παρουσίαση ενός παραδείγματος εφαρμογής της υπηρεσίας VoIP πάνω από την έκδοση 6 του διαδικτυακού πρωτοκόλλου. Για την υλοποίηση αυτού του παραδείγματος χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα προσομοίωσης OPNET 14.0, ενώ συλλέχθηκαν αποτελέσματα σχετικά με τη συμπεριφορά του πρωτοκόλλου SIP και της υπηρεσίας VoIP σε περιβάλλον IPv6. Επίσης συλλέχθηκαν αποτελέσματα που αφορούν τις τεχνικές μετάβασης ώστε να διαπιστωθούν τα οφέλη καθώς και τα μειονεκτήματα της κάθε τεχνικής.