



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΠΜΣ: ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΤΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Διπλωματική εργασία

**«Μελέτη και υλοποίηση IP τηλεφωνικής υποδομής του
Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής με χρήση τεχνολογιών VoIP
βασισμένο σε λογισμικό ανοικτού κώδικα»**

Κοψαύτης Αντώνιος

ΑΜ: 18012

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Σκουρλάς Χρήστος, Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ 2021

Πρόλογος

Τα τελευταία 20 χρόνια η τεχνολογία του VoIP (Voice Over Internet Protocol) εμφανίζει ταχύτατη ανάπτυξη και χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο στο κομμάτι της τηλεφωνίας(που πλέον αποκαλείται IP Τηλεφωνία). Προσωπικά ασχολούμαι με τον τομέα αυτό από το μακρινό 2003 εγκαθιστώντας στο σπίτι μου σε ένα μικρό linux PC της εποχής την 1^η έκδοση του open source τηλεφωνικού κέντρου asterisk και κάνοντας δοκιμές χρησιμοποιώντας softphones. Σήμερα η πλειοψηφία των τηλεφωνικών κέντρων σε παγκόσμιο επίπεδο βασίζεται στην τεχνολογία του VoIP.

Πριν την παρουσίαση της διπλωματικής μου εργασίας στα πλαίσια του ΠΜΣ «Επιστήμη και Τεχνολογία της Πληροφορικής και των Υπολογιστών» θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που με βοήθησαν στην συγγραφή της παρούσας διπλωματικής, με την οποία ολοκληρώνω τις σπουδές μου στο συγκεκριμένο ΠΜΣ.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Χρήστο Σκουρλά, Καθηγητή του Τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής και Υπολογιστών, ο οποίος ήταν αυτός που με παρότρυνε εξ αρχής να συμμετάσχω στο εν λόγω ΠΜΣ, και ο οποίος με βοήθησε σημαντικά στην ολοκλήρωση του ως επιβλέπων καθηγητής στην διπλωματική αυτή.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την σύζυγο μου Φωτεινή και τις κόρες μου Ειρήνη και Ευαγγελία, για την ψυχολογική τους υποστήριξη σε όλη την προσπάθεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου.

Περίληψη

Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας είναι η αναλυτική παρουσίαση της IP τηλεφωνικής υποδομής που έχει αναπτυχθεί στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής και βασίζεται σε τεχνολογίες VOIP και λογισμικό ανοιχτού κώδικα. Μελετήθηκαν και παρουσιάζονται οι σημαντικότερες τεχνολογίες της VOIP τηλεφωνίας, π.χ., το λογισμικό asterisk. Στη συνέχεια, γίνεται αναλυτική παρουσίαση της αρχιτεκτονικής της τηλεφωνικής υποδομής του Πανεπιστημίου. Περιγράφονται ο custom clustering μηχανισμός σε κάθε Πανεπιστημιούπολη, ο μηχανισμός δρομολόγησης των κλήσεων μεταξύ των Πανεπιστημιούπολεων κ.λπ. Τέλος, παρουσιάζονται οι δυνατότητες των VOIP τηλεφωνικών συσκευών της Grandstream και η δυνατότητα που έχουν να συνεργαστούν με Directory Services (LDAP).

Λέξεις Κλειδιά: Τεχνολογίες VoIP, Πρωτόκολλο SIP, Πρωτόκολλο IAX, Open Source Τηλεφωνικό Κέντρο, Asterisk PBX, Τηλεφωνική Υποδομή Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, Issabel, Elastix, Ring Group, IVR, MySQL Replication, Floating IP Address, Call Routing, Cosmote Business Flexible Voice, GUNET, GrandStream

Abstract

The dissertation describes in detail the IP telephone infrastructure that has been developed at the University of West Attica and is based on VOIP technologies and open source software. The most important technologies of VOIP telephony were studied and presented, for example, the asterisk software. Then, a detailed presentation of the architecture of the telephone infrastructure of the University is made. The custom clustering mechanism in each campus, the mechanism for routing calls between campuses, etc. are described. Finally, the capabilities of Grandstream VOIP telephones and their ability to work with Directory Services (LDAP) are presented.

Keywords: VoIP Technologies, SIP Protocol, IAX Protocol, Open Source Private Branch Exchange, Asterisk PBX, University of West Attica Telephone Infrastructure, Issabel, Elastix, Ring Group, IVR, MySQL Replication, Floating IP Address, Call Routing, Cosmote Business Flexible Voice, Gunet, GrandStream

«Δηλώνω υπεύθυνα ότι το παρόν κείμενο αποτελεί προϊόν προσωπικής μελέτης και εργασίας και πως όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν για την συγγραφή του περιλαμβάνονται στο κεφάλαιο Αναφορές-Βιβλιογραφίας καθώς επίσης και ότι υπάρχει ρητή αναφορά σε αυτές μέσα στο κείμενο όπου έχουν χρησιμοποιηθεί.»

Κοψαύτης Αντώνης

Σημειώνεται ότι σε κάποια σημεία της διπλωματικής έχει γίνει για λόγους ασφαλείας απόκρυψη κάποιων πληροφοριών που αφορούν την τηλεφωνική υποδομή του Πανεπιστημίου. Τα σημεία αυτά είναι είτε σημειωμένα με κίτρινο χρώμα (XX), είτε έχει προστεθεί ένα **μαύρο** πλαίσιο.

Πίνακας περιεχομένων

Κατάλογος Εικόνων	2
Κατάλογος Πινάκων	4
Κεφάλαιο 1 – Τεχνολογίες VoIP & Asterisk.....	5
1.1 Εισαγωγή	5
1.2 Τεχνολογίες VoIP	6
1.2.1 Εισαγωγή	6
1.2.2 VoIP Network.....	6
1.2.3 Πρωτόκολλα VoIP	7
1.2.4 Codecs	13
1.3 Open Source Τηλεφωνικά Κέντρα (PBX)	14
1.3.1 Εισαγωγή	14
1.3.2 Asterisk	14
1.3.3 Εγκατάσταση Asterisk	15
1.4 Advanced Χαρακτηριστικά Asterisk/ISSABEL.....	22
1.4.1 Ring Groups	22
1.4.2 Conferences Rooms.....	23
1.4.3 IVR.....	24
Κεφάλαιο 2 – Τηλεφωνική Υποδομή Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής	30
2.1 Ιστορική Αναδρομή	30
2.2 Η τηλεφωνία σήμερα στο ΠΑΔΑ	31
2.3 Υψηλή διαθεσιμότητα σε επίπεδο τηλεφωνικού κέντρου	34
2.3.1 Ανεξαρτησία σε επίπεδο hardware & network	35
2.3.2 MySQL Replication.....	35
2.3.3 Floating IP Address	40
2.4 Call routing	45
2.5 Υπηρεσία Cosmote Business Flexible Voice	54
2.6 GUNET	60
2.6.1 Γενικά.....	60
2.6.2 Διασύνδεση Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.....	63
Κεφάλαιο 3 – Διαχείριση Τηλεφωνικών Συσκευών	68
3.1 Μαζική διαμόρφωση συσκευών.....	68
3.2 Μαζική αναβάθμιση firmware συσκευών	71
3.3 Ενεργοποίηση LDAP τηλεφωνικού καταλόγου σε συσκευές της GrandStream.....	73
Αναφορές – Βιβλιογραφία	77

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1- Operator Τηλεφωνικού Κέντρου το 1930	5
Εικόνα 2- VoIP network with PSTN.....	7
Εικόνα 3- VoIP Service Provider	7
Εικόνα 4 - H323 Network	9
Εικόνα 5 - SIP Protocol Stack	10
Εικόνα 6 - RTP Packet	13
Εικόνα 7 - Issabel Installation - Βήμα 1	16
Εικόνα 8 - Issabel Installation - Βήμα 2	17
Εικόνα 9 - Issabel Installation - Βήμα 3	17
Εικόνα 10 - Issabel Installation - Βήμα 4	17
Εικόνα 11 - Issabel Installation - Βήμα 5	18
Εικόνα 12 - Issabel Installation - Βήμα 6	18
Εικόνα 13 - Issabel Installation - Βήμα 7	18
Εικόνα 14 - Issabel Installation - Βήμα 8	19
Εικόνα 15 - Issabel Installation - Βήμα 9	19
Εικόνα 16 - Issabel Installation - Βήμα 10	19
Εικόνα 17 - Issabel Installation - Βήμα 11	20
Εικόνα 18 - Issabel Installation - Βήμα 12	20
Εικόνα 19 - Issabel Installation - Βήμα 13	20
Εικόνα 20 - Issabel Installation - Βήμα 14	21
Εικόνα 21 - Issabel Installation - Βήμα 15	21
Εικόνα 22 - Ring Group.....	22
Εικόνα 23 - Conference Room	23
Εικόνα 24 - Δομή IVR ΠΑΔΑ.....	25
Εικόνα 25 - System Recordings	26
Εικόνα 26 - Misc Destination.....	27
Εικόνα 27 - IVR Σχολής Εφαρμοσμένων Τεχνών & Πολιτισμού	28
Εικόνα 28 - Βασικό IVR μενού	29
Εικόνα 29 - TEIA Telephone Network (2016)	31
Εικόνα 30 - UNIWA Telephone Network (2019).....	32
Εικόνα 31 - UNIWA Asterisk Cluster per Campus.....	34
Εικόνα 32 - VMware High Availability Cluster	35
Εικόνα 33 - MySQL(5.0.x) Replication Status	38
Εικόνα 34 - MySQL(5.5.x) Replication Status	40
Εικόνα 35 - Heartbeat hb_gui program.....	42
Εικόνα 36 - Campus 2 call routing to OTE	45
Εικόνα 37 - Campus 2 call routing after failure of OTE GW	46
Εικόνα 38 - Campus 2 call routing after failure of both OTE GWs	47
Εικόνα 39 - Campus 2 call routing after failure of elastix1 and OTE GW	48
Εικόνα 40 - Issabel1 Trunks	49
Εικόνα 41 - Issabel Add IAX2 Trunk Βήμα 1	49
Εικόνα 42 - Issabel Add IAX2 Trunk Βήμα 2	49
Εικόνα 43 - Issabel Add IAX2 Trunk Βήμα 3	50

Εικόνα 44 - Issabel Add IAX2 Trunk Βήμα 4	50
Εικόνα 45 - Elastix Add IAX2 Trunk Βήμα 1	51
Εικόνα 46 - Elastix Add IAX2 Trunk Βήμα 2	51
Εικόνα 47 - Elastix Add IAX2 Trunk Βήμα 3	52
Εικόνα 48 - Elastix Add IAX2 Trunk Βήμα 4	52
Εικόνα 49 - Issabel OutBound Routes	53
Εικόνα 50 - Issabel International Route	53
Εικόνα 51 - Τοπολογία OTE IMS Network.....	54
Εικόνα 52 - Αρχιτεκτονική OTE IMS Network.....	55
Εικόνα 53 - Campus 1 OTE GW Sip Trunks	57
Εικόνα 54 - OTE Sip Trunk Options 1.....	57
Εικόνα 55 - OTE Sip Trunk Options 2.....	58
Εικόνα 56 - OTE Sip Trunk Options 3.....	58
Εικόνα 57 - OTE Sip Trunk Options 4.....	58
Εικόνα 58 - OTE GW Routing	59
Εικόνα 59 - Gunet VoIP Network Map	61
Εικόνα 60 - Gunet Call Routing.....	62
Εικόνα 61 - Gunet VoIP Statistics	63
Εικόνα 62 - Elastix OutBound Route for Gunet	66
Εικόνα 63 - Elastix Automatic Route to Gunet	66
Εικόνα 64 - Issabel OutBound Route to Gunet.....	67
Εικόνα 65 - Campus 2 call routing to Gunet.....	67
Εικόνα 66 - GrandStream CSV	70
Εικόνα 67 - GrandStream XML Βήμα 1.....	70
Εικόνα 68 - GrandStream XML Βήμα 2.....	71
Εικόνα 69 - GrandStream Phone Reboot	72
Εικόνα 70 - GXP1625 CallerID.....	73
Εικόνα 71 - GXP1625 LDAP Search	73
Εικόνα 72 - GPX Phone Login.....	74
Εικόνα 73 - GXP Phone Menu.....	74
Εικόνα 74 - GXP Phone LDAP Settings.....	75

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 - Δομή Καταλόγων Asterisk.....	16
Πίνακας 2 - Primary MySQL(5.0.x) cnf file.....	36
Πίνακας 3 - MySQL(5.0.x) Replication User.....	36
Πίνακας 4 - MySQL(5.0.x) Firewall.....	36
Πίνακας 5 - Standby MySQL(5.0.x) cnf file	36
Πίνακας 6 - Standby MySQL(5.0.x) Replication Initialization	37
Πίνακας 7 - Primary MySQL(5.5.x) cnf file.....	38
Πίνακας 8 - MySQL(5.50.x) Replication User.....	39
Πίνακας 9 - MySQL(5.5.x) Firewall.....	39
Πίνακας 10 - Standby MySQL(5.5.x) cnf file	39
Πίνακας 11 - Standby MySQL(5.5.x) Replication Initialization	39
Πίνακας 12 - Heartbeat Package Installation	41
Πίνακας 13 - Heartbeat Hosts file	41
Πίνακας 14 - Heartbeat ha.cf file	41
Πίνακας 15 - Heartbeat Private Key	41
Πίνακας 16 - Heartbeat Firewall.....	42
Πίνακας 17 - Heartbeat Gui(Start).....	42
Πίνακας 18 - Keepalived Package Installation.....	42
Πίνακας 19 - Check Asterisk process script	43
Πίνακας 20 - Keepalived configuration file	44
Πίνακας 21 - Keepalived Firewall	44
Πίνακας 22 - Ενεργοποίηση Keepalived.....	44
Πίνακας 23 - AS5400 Configuration	64
Πίνακας 24 - Gatekeeper Configuration.....	65
Πίνακας 25 - GrandStream template configuration changes.....	69
Πίνακας 26 - one_phone_reboot script	72
Πίνακας 27 - reboot_all_phones script	73
Πίνακας 28 - GXP LDAP Settings.....	75
Πίνακας 29 - GrandStream template configuration for LDAP	76

Κεφάλαιο 1 – Τεχνολογίες VoIP & Asterisk

1.1 Εισαγωγή

Η τηλεφωνία με την κλασική της μορφή πρωτοεκίνησε την δεκαετία του 1870 με την ανακάλυψη του αναλογικού τηλεφώνου από τον Alexander Graham Bell [8]. Ως συνέπεια της ανακάλυψης του Bell, το 1877 γεννήθηκε η Bell Telephone Company, η πρώτη εταιρία παροχής τηλεφωνικών υπηρεσιών. Αργότερα εμφανίστηκαν και άλλες εταιρίες όπως πχ η AT&T (American Telephone & Telegraph Company), κτλ.

Μέσω των εταιριών αυτών δημιουργήθηκε αυτό που αποκαλούμε εδώ και χρόνια το «δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος» (PSTN: Public Switched Telephone System). Το δημόσιο αυτό δίκτυο, που λειτουργεί για πάνω από 100 χρόνια, είναι αυτό που μας επιτρέπει θεωρητικά μέχρι και σήμερα να μπορούμε να επικοινωνούμε με οποιονδήποτε στην άλλη άκρη του κόσμου αρκεί α) να διαθέτουμε μια τηλεφωνική συσκευή (συνδεδεμένη στο δίκτυο) και β) να γνωρίζουμε το τηλεφωνικό νούμερο αυτού με τον οποίο θέλουμε να επικοινωνήσουμε.

Η βασική ιδέα πίσω από το PSTN δίκτυο είναι ότι κάθε τηλέφωνο είναι συνδεδεμένο «φυσικά» με ένα τοπικό τηλεφωνικό κέντρο. Το τηλεφωνικό αυτό κέντρο αρχικά το χειριζόντουσαν άνθρωποι (χειριστές). Ο χειριστής άκουγε το αίτημα ενός χρήστη Α ότι επιθυμούσε να μιλήσει με έναν χρήστη Β και συνέδεε με ένα καλώδιο το τερματικό σημείο του κυκλώματος του χρήστη Α με το αντίστοιχο του χρήστη Β πραγματοποιώντας έτσι σύνδεση μεταξύ των δύο χρηστών. Αρκετά αργότερα, την δεκαετία του 1950 επινοήθηκε το σύστημα των τηλεφωνικών αριθμών και πλέον η «φυσική» αυτή σύνδεση μεταξύ δύο χρηστών γινόταν αυτόματα από το ίδιο το τηλεφωνικό κέντρο χωρίς την παρεμβολή κάποιου χειριστή.



Εικόνα 1- Operator Τηλεφωνικού Κέντρου το 1930 [1]

Την δεκαετία του 1990, η ανάπτυξη δικτύων μεταγωγής πακέτων και κυρίως του internet για μεταφορά δεδομένων οδήγησε στην δημιουργία ενός νέου τύπου τηλεφωνίας, της IP

τηλεφωνίας. Αξιοποιώντας τα πλεονεκτήματα των δικτύων μεταγωγής πακέτων, η IP τηλεφωνία είχε χαρακτηριστικά, όπως η υψηλή διαθεσιμότητα, η υψηλή αξιοπιστία αλλά και το χαμηλό κόστος στην δρομολόγηση των κλήσεων.

1.2 Τεχνολογίες VoIP

1.2.1 Εισαγωγή

Η μεγάλη ανάπτυξη των IP δικτύων και του Internet τα τελευταία είκοσι χρόνια, έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη της IP τηλεφωνίας. Η τεχνολογία Voice over Internet Protocol (VoIP) είναι αυτή που επέτρεψε την μετάδοση φωνής πάνω από IP δίκτυα (όπως το Internet).

1.2.2 VoIP Network

Ένα δίκτυο VoIP [15] μπορεί να λειτουργήσει πάνω από οποιοδήποτε IP δίκτυο, είτε αυτό είναι LAN, WAN, WLAN, κτλ. Η βασική λειτουργία ενός VoIP δικτύου είναι η μετατροπή της αναλογικής φωνής σε ψηφιακό σήμα από την μια μεριά του δικτύου (ομιλητής), η μεταφορά των ψηφιακών σημάτων πάνω από το IP δίκτυο σε κάποιον παραλήπτη και εντέλει η μετατροπή των σημάτων αυτών σε ήχο. Τα βασικά είδη εξοπλισμού που συναντάμε σε ένα VoIP δίκτυο είναι τα παρακάτω:

Voice ή VoIP gateway: πρόκειται για συσκευή πάνω στην οποία συνδέουμε μία παραδοσιακή γραμμή τηλεφώνου (PSTN) και η οποία μετατρέπει το αναλογικό σήμα σε ψηφιακό. Η θύρα της συσκευής πάνω στην οποία συνδέουμε την γραμμή του τηλεφώνου αποκαλείται «FXO». Στην ουσία η συσκευή αυτή μας επιτρέπει να συνδέουμε παραδοσιακά αναλογικά δίκτυα τηλεφωνίας(PSTN) με VoIP δίκτυα.

VoIP phones: πρόκειται για τηλεφωνικές συσκευές που μπορούν να συνδεθούν απευθείας σε ένα VoIP δίκτυο. Οι συσκευές αυτές μπορεί να είναι είτε «κανονικές», να έχουν δηλαδή την μορφή μιας παραδοσιακής συσκευής τηλεφώνου, είτε να είναι σε μορφή λογισμικού «softphones» εγκατεστημένες στον υπολογιστή μας. Προφανώς όταν είναι σε μορφή «softphone» είναι απαραίτητο ο υπολογιστής μας να διαθέτει μικρόφωνο και ακουστικά/ηχεία. Τα VoIP τηλέφωνα υποστηρίζουν advanced λειτουργίες όπως : υποστήριξη πολλών γραμμών τηλεφωνίας, conference, μηχανισμό DND(Do not disturb), κτλ που δεν είχαμε στις παραδοσιακές συσκευές.

ATA (Analog Telephone Adapter): πρόκειται για συσκευή πάνω στην οποία συνδέουμε ένα παραδοσιακό αναλογικό τηλέφωνο και η οποία μετατρέπει το αναλογικό σήμα του τηλεφώνου σε ψηφιακό. Η θύρα της συσκευής πάνω στην οποία συνδέουμε το αναλογικό τηλέφωνο αποκαλείται «FXS».

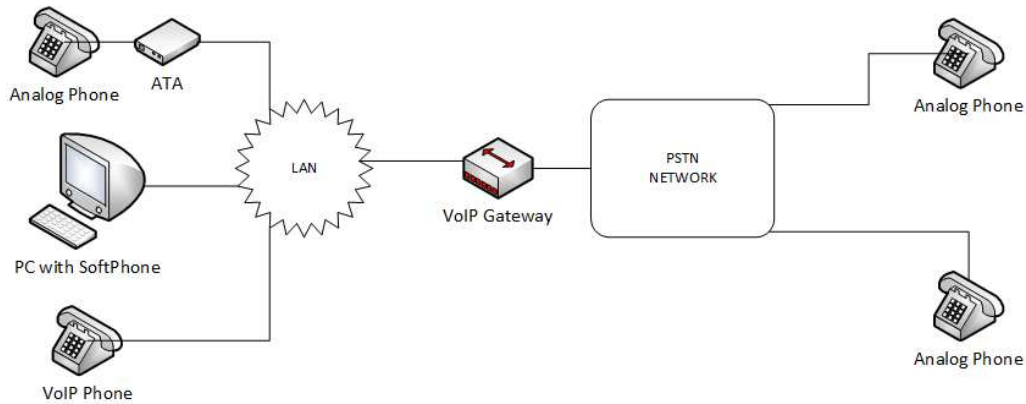
VoIP Gatekeeper: Πρόκειται για συσκευές που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά στα VoIP δίκτυα που βασίζονται στο πρωτόκολλο H.323. Παρέχουν υπηρεσίες που σχετίζονται με την δρομολόγηση των κλήσεων και τον έλεγχο πρόσβασης.

VoIP PBX: Πρόκειται για ιδιωτικό τηλεφωνικό κέντρο (Private Branch eXchange) που βασίζεται στην τεχνολογία VoIP. Συνήθως τα κέντρα αυτά υποστηρίζουν ένα περιορισμένο αριθμό τηλεφωνικών συσκευών (πχ 50, 500, 1000, κτλ) και χρησιμοποιούνται σε επιχειρήσεις ή σε μεγάλους οργανισμούς(πχ Πανεπιστήμια). Τα VoIP PBX πλέον έρχονται σε μορφή λογισμικού (εγκατεστημένα σε έναν ή περισσότερους εξυπηρετητές), διαθέτουν πολλές

advanced λειτουργίες (πχ IVR menu, conference κτλ) ενώ σε αρκετές περιπτώσεις το λογισμικό αυτό είναι ανοικτού κώδικά(open source), πχ asterisk.

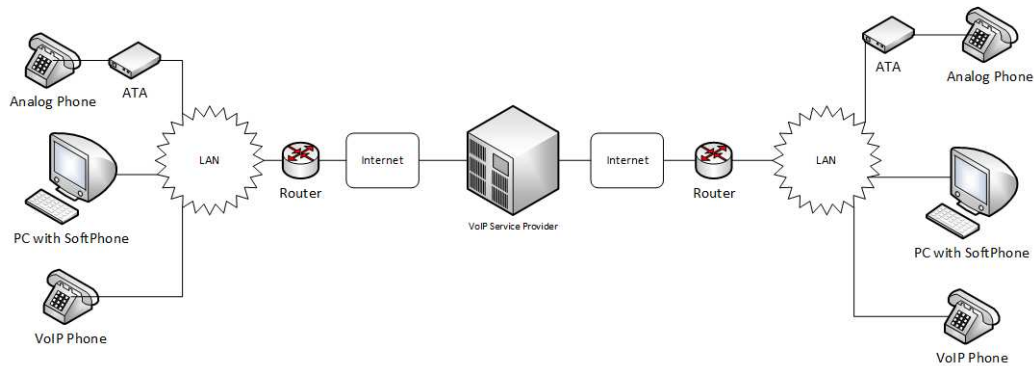
Παρακάτω παραθέτουμε μερικά παραδείγματα VoIP δικτύων τηλεφωνίας.

Μικρό VoIP δίκτυο διασυνδεδεμένο με ένα παραδοσιακό δίκτυο τηλεφωνίας(PSTN) με χρήση ενός VoIP Gateway



Εικόνα 2- VoIP network with PSTN

Επικοινωνία δύο χρηστών VoIP χωρίς την παρεμβολή PSTN δικτύου, αλλά με χρήση παρόχου/εταιρίας που παρέχει υπηρεσίες VoIP τηλεφωνίας(VoIP Service Provider).



Εικόνα 3- VoIP Service Provider

1.2.3 Πρωτόκολλα VoIP

Σε ένα VoIP δίκτυο το βασικό μέσο μετάδοσης σε επίπεδο δικτύου είναι το πρωτόκολλο IP. Σε χαμηλότερο επίπεδο μπορούμε να έχουμε οποιοδήποτε άλλο πρωτόκολλο, όπως πχ ethernet, wifi, κτλ. Στα πιο πάνω επίπεδα (βάση OSI), μεταφοράς και εφαρμογής έχουμε διάφορα πρωτόκολλα ανάλογα την υλοποίηση.

Να σημειωθεί ότι η επικοινωνία στα VoIP δίκτυα χωρίζεται σε δύο βασικά κομμάτια. Το ένα κομμάτι αφορά στην δημιουργία και μετάδοση των δεδομένων της φωνής και το άλλο κομμάτι αφορά την διαχείριση/έλεγχο της VoIP κλήσης.

Για την διαχείριση της VoIP κλήσης έχουμε πρωτόκολλα επιπέδου συνόδου(session layer) τα οποία έχουν την ευθύνη έναρξης και τερματισμού της κλήσης. Πλέον το πιο διαδεδομένο πρωτόκολλο επιπέδου συνόδου είναι το SIP, ενώ μέχρι και πριν λίγο χρόνια ήταν το H.323. Εξίσου γνωστό πρωτόκολλο αυτής της κατηγορίας είναι και το IAX. Και τα τρία παραπάνω πρωτόκολλα επιπέδου συνόδου χρησιμοποιούν το TCP/UDP σε επίπεδο μεταφοράς. Τα πρωτόκολλα αυτά αποκαλούνται και πρωτόκολλα σηματοδότησης. Τα πρωτόκολλα επιπέδου συνόδου συνεργάζονται με τα πρωτόκολλα τα οποία είναι υπεύθυνα για την δημιουργία και μετάδοση των δεδομένων της φωνής. Γνωστά πρωτόκολλα αυτής της κατηγορίας είναι τα RTP, MGCP, κτλ, με το πιο διαδεδομένο να είναι το RTP. Παρακάτω θα παρουσιαστούν περισσότερες λεπτομέρειες για τα πρωτόκολλα που αναφέρθηκαν.

1.2.3.1 H323

Το H.323 [7] πρωτόκολλο επιπέδου συνόδου στην ουσία αποτελεί μια οδηγία από την ITU Telecommunication Standardization Sector (ITU-T) και ορίζει ένα σύνολο πρωτοκόλλων για την παροχή συνόδων επικοινωνίας (communication sessions) πάνω από κάθε packet based δίκτυο. Το H.323 standard καθορίζει κομμάτια της επικοινωνίας, όπως το call signaling, το multimedia transport αλλά και bandwidth control. Η πρώτη έκδοση του H.323 εμφανίστηκε το 1996 με στόχο την παροχή υπηρεσιών videoconference σε επίπεδο LAN δικτύου. Γρήγορα όμως υιοθετήθηκε από την βιομηχανία για παροχή υπηρεσιών φωνής πάνω από μεγαλύτερα IP δίκτυα (wan, internet).

Τα επιμέρους πρωτόκολλα που αποτελούν τον κορμό ενός H.323 συστήματος είναι:

- Το H.225.0 Registration, Admission, and Status (RAS) πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται μεταξύ μίας H.323 τερματικής συσκευής και ενός Gatekeeper για την αναζήτηση των διευθύνσεων (address resolution).
- Το H.225.0 Call Signaling, που χρησιμοποιείται μεταξύ δυο H.323 οντοτήτων για την υλοποίηση της επικοινωνίας.
- Το H.245 πρωτόκολλο που διαχειρίζεται τα λογικά κανάλια εικόνας και ήχου.
- Το RTP (Real-time Transport Protocol) που περιέχει την multimedia πληροφορία (εικόνα, ήχο).

Αλλά συμπληρωματικά πρωτόκολλα είναι τα:

- Το H.235 που καθορίζει θέματα ασφάλειας μέσα στο H.323
- Το H.239 που επιτρέπει την δημιουργία διπλών ροών σε ένα videoconference, κτλ

Βασικά συστατικά ενός H.323 συστήματος

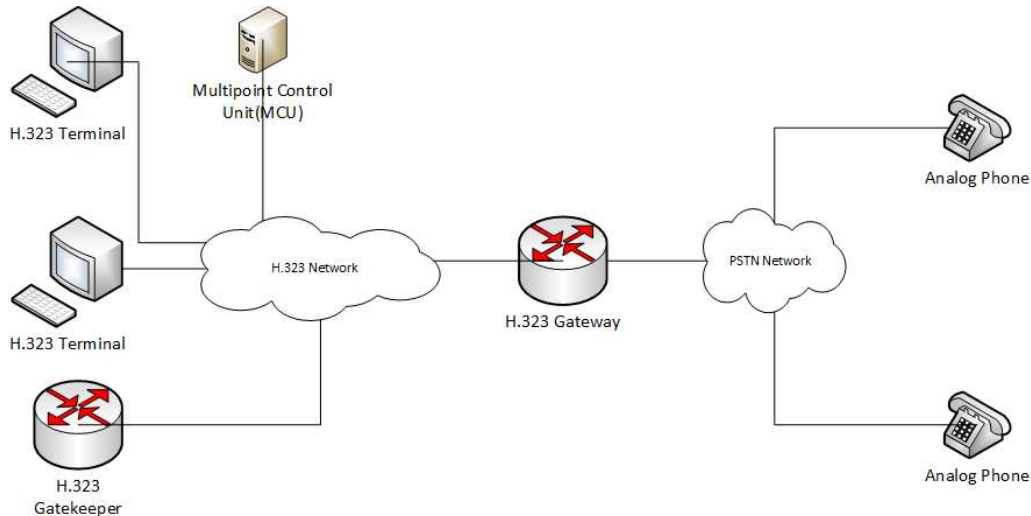
Terminals: πρόκειται για τις τερματικές συσκευές επικοινωνίας σε ένα H.323 δίκτυο που χρησιμοποιούνται από τους χρήστες (πχ τηλέφωνα).

Multipoint control units: συσκευές που παρέχουν την δυνατότητα συνομιλιών μεταξύ πολλών ταυτόχρονων χρηστών (multipoint conference).

Gateways: είναι συσκευές που επιτρέπουν την επικοινωνία μεταξύ H.323 δικτύων και παραδοσιακών δικτύων τηλεφωνίας (PSTN)

Gatekeepers: πρόκειται για συσκευές που βλέπουμε σε μεγάλα H.323 δίκτυα και παρέχουν υπηρεσίες που σχετίζονται με την δρομολόγηση των κλήσεων, τον έλεγχο πρόσβασης, το address resolution, κτλ.

Στην παρακάτω φωτογραφία βλέπουμε τα βασικά συστατικά ενός H.323 συστήματος και την διασύνδεση του με το PSTN δίκτυο.



Εικόνα 4 - H323 Network

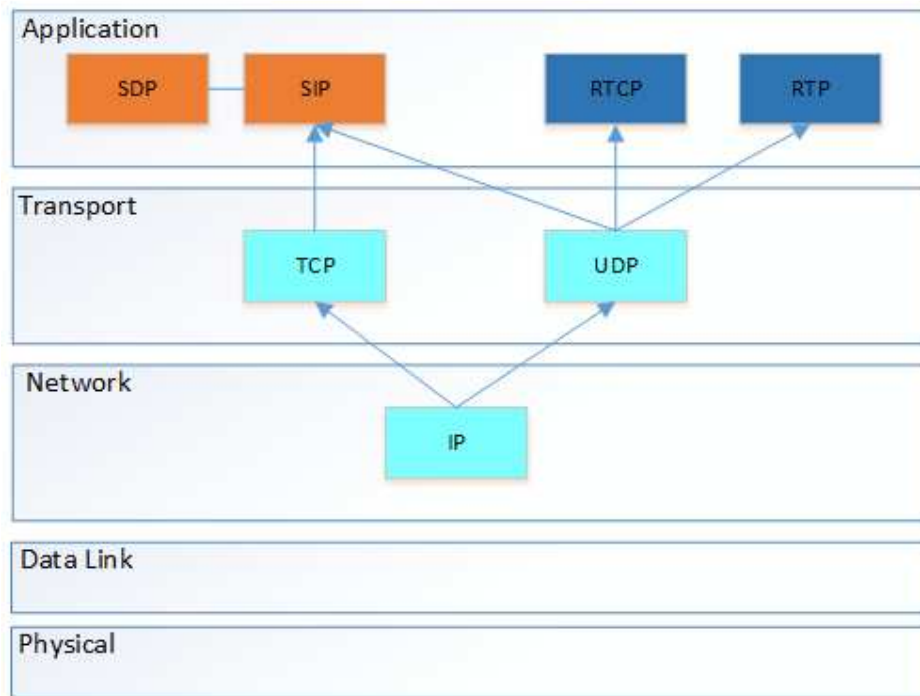
1.2.3.2 SIP

Το Session Initiation Protocol (SIP) [4] είναι ένα πρωτόκολλο σηματοδότησης (signaling) που χρησιμοποιείται για την έναρξη, διατήρηση και τερματισμό συνόδων πραγματικού χρόνου (real-time sessions) που περιέχουν ήχο και εικόνα. Το πρωτόκολλο έγινε standard από την IETF (Internet Engineering Task Force) το 1999 ως RFC 2543 ενώ μια βελτιωμένη έκδοσή του κυκλοφόρησε το 2002 ως RFC 3261. Πρόκειται για ένα πολύ πιο ισχυρό πρωτόκολλο σε σχέση με το H.323 και είναι ειδικά σχεδιασμένο για IP τηλεφωνία.

Το SIP είναι σχεδιασμένο για συνόδους πολυμέσων και διασκέψεις πάνω από το Internet και WAN συνδέσεις. Το SIP λειτουργεί σε συνδυασμό με διάφορα άλλα πρωτόκολλα τα οποία καθορίζουν την δομή των δεδομένων αλλά και τα μεταφέρουν όταν μια κλήση/σύνοδος οριστικοποιηθεί. Κατά την εγκαθίδρυση μια κλήσης το σώμα ενός SIP μηνύματος περιέχει ένα Session Description Protocol (SDP) πακέτο, το οποίο καθορίζει τις παραμέτρους της κλήσης (media format, codec, κτλ.). Οι ροές δεδομένων ήχου (και εικόνας) μεταφέρονται χρησιμοποιώντας το Real-time Transport Protocol (RTP) πάνω από UDP συνδέσεις.

Κάθε πόρος σε ένα SIP δίκτυο ξεχωρίζει βάση ενός ονόματος σε μορφή Uniform Resource Identifier (URI). Η URI σύνταξη είναι παρόμοια με αυτή που χρησιμοποιείται στις web υπηρεσίες και στο email. Έτσι ένα SIP URI έχει την μορφή «sip:username:password:@host:port» ή «sip:username@host:port».

Αξίζει να σημειωθεί ότι το SIP μπορεί να μεταφερθεί από κάθε είδους πρωτόκολλα μεταφοράς (transport layer), όπως το TCP, το UDP αλλά και το SCTP. Τα SIP τερματικά συνήθως χρησιμοποιούν TCP ή UDP και κάνουν χρήση των θυρών 5060 ή 5061.



Εικόνα 5 - SIP Protocol Stack

Σε ένα SIP δίκτυο συναντάμε τις παρακάτω τέσσερις βασικές οντότητες:

- **User Agent:** είναι η λογική τερματική οντότητα που στέλνει ή παραλαμβάνει SIP μηνύματα και διαχειρίζεται SIP συνεδρίες. Κάθε User Agent μπορεί να έχει είτε τον ρόλο του client (User Agent Client – UAC) όταν στέλνει SIP μηνύματα (πχ όταν ξεκινάει μια κλήση), είτε τον ρόλο του server (User Agent Server – UAS), όταν παραλαμβάνει SIP μηνύματα (πχ όταν δέχεται μια εισερχόμενη κλήση). Ένα SIP τηλέφωνο είναι ένα IP τηλέφωνο που ενσωματώνει τις λειτουργίες client & server ενός User Agent και παρέχει τις παραδοσιακές λειτουργίες ενός τηλεφώνου (πχ υλοποίηση εξερχόμενης κλήσης, απάντηση κλήσης, απόρριψη κλήσης, μεταφορά κλήσης, κτλ).
- **Proxy Server:** πρόκειται για δικτυακούς εξυπηρετητές που παρέχουν UAC & UAS λειτουργίες με σκοπό την υλοποίηση αιτημάτων εκ μέρους άλλων δικτυακών οντοτήτων.
- **Redirect Server:** πρόκειται για User Agent Server που δέχεται SIP αιτήματα και ανακατευθύνει τους Clients σε εναλλακτικές URI διευθύνσεις.
- **Registrar Server:** ένας registrar server παρέχει υπηρεσίες τύπου location. Ο server αυτός δέχεται SIP αιτήματα, και δημιουργεί εγγραφές που αντιστοιχούν τις λογικές διευθύνσεις των χρηστών ενός δικτύου σε φυσικές διευθύνσεις.

Να σημειωθεί ότι πέρα των παραπάνω οντοτήτων, συναντάμε και άλλες οντότητες, όπως τα SIP gateways που χρησιμοποιούνται για την διασύνδεση SIP δικτύων με άλλους είδους δίκτυα όπως PSTN, H.323, κτλ.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω τα UAC & UAS επικοινωνούν με SIP μηνύματα. Τα μηνύματα αυτά τα διακρίνουμε σε δύο κατηγορίες, τα requests και τα responses. Τα requests είναι αυτά που στέλνονται από έναν SIP UAC σε ένα UAS και στην ουσία εκκινούν την λειτουργία του πρωτοκόλλου. Τα σημαντικότερα SIP requests είναι:

- REGISTER: καταχωρεί σε έναν registrar server πληροφορίες για τον UAC.
- INVITE: εκκινεί την διαδικασία για την εγκαθίδρυση μιας κλήσης. Μπορεί να σταλεί και κατά την διάρκεια μια κλήσης(reinvite) για να κάνει αλλαγές στην κλήση (πχ να βάλει την κλήση σε αναμονή).
- ACK: επιβεβαιώνει όταν μια οντότητα έχει λάβει ένα INVITE request.
- BYE: αποστέλλεται κατά τον τερματισμό μίας κλήσης.
- CANCEL: ακυρώνει ένα αίτημα που βρίσκεται σε αναμονή.
- OPTIONS: αίτηση για να μάθει τις δυνατότητες του UAS.

Τα SIP requests παραλαμβάνονται από SIP UAS. Στην συνέχεια ο SIP UAS ανταποκρίνεται στο SIP request με ένα SIP response. Τα SIP responses χωρίζονται σε 6 κατηγορίες και κάθε response αποτελείται από τρία ακέραια ψηφία. Το πρώτο ψηφίο καθορίζει το είδος της απάντησης και τα υπόλοιπα δύο περιέχουν πληροφορίες για την κατηγορία του response. Οι 6 κατηγορίες response είναι:

- 1xx: Ενημερωτικά responses που υποδεικνύουν την εγκυρότητα ενός request.
- 2xx: Response που υποδεικνύει την επιτυχή εξυπηρέτηση ενός request. Το ποιο συνηθισμένο response αυτής της κατηγορίας είναι το 200.
- 3xx: Υποδεικνύει την ανάγκη για ανακατεύθυνση της κλήσης. Το request πρέπει να επαναληφθεί με άλλο προορισμό.
- 4xx: Το response αυτό προκύπτει όταν το request δεν μπορεί να εξυπηρετηθεί λόγω σφάλματος του client.
- 5xx: Το response αυτό προκύπτει όταν το request δεν μπορεί να εξυπηρετηθεί λόγω σφάλματος του server.
- 6xx: Σε αυτή την περίπτωση και πάλι το request δεν μπορεί να εξυπηρετηθεί, όμως η αποτυχία θεωρείται ολική.

Ένα θέμα που δεν έχει αναφερθεί παραπάνω είναι το κομμάτι της ασφάλειας. Το πρωτόκολλο SIP υποστηρίζει κρυπτογράφηση μέσω του Transport Layer Security (TLS) ενώ έχει προβλεφθεί και αντίστοιχο URI (<sips:user@host:port>). Όμως κρυπτογράφηση από άκρη σε άκρη (end-to-end encryption) μπορούμε να έχουμε μόνο σε απευθείας SIP συνδέσεις. Όταν έχουμε ενδιάμεσα hops (που ισχύει στην πλειονότητα των περιπτώσεων), τότε το encrypted SIP μπορεί να ασφαλίσει μόνο το 1^ο hop της επικοινωνίας. Επίσης υπάρχει δυνατότητα κρυπτογράφησης και των ροών ήχου και εικόνας με χρήση του πρωτοκόλλου SRTP. Στην πράξη όμως λόγω ελλιπούς υποστήριξης των παραπάνω secure πρωτοκόλλων από τις τερματικές συσκευών (SIP Phones), βλέπουμε ελάχιστες υλοποιήσεις να χρησιμοποιούν κρυπτογράφηση.

1.2.3.3 IAX

Το IAX (Inter-Asterisk eXchange) [6] πρωτόκολλο είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας που προήλθε από το open source λογισμικό Asterisk PBX. Πλέον υποστηρίζεται και από άλλα PBX συστήματα καθώς και από ένα μικρό αριθμό από softphones. Αν και δεν θεωρείται standard η 2^η έκδοση του, (IAX2) έχει λάβει το RFC 5456. Χρησιμοποιείται κυρίως για την διασύνδεση Asterisk PBX συστημάτων.

Το IAX κάνει χρήση UDP ροών μεταξύ των συσκευών που εγκαθιστούν μια IAX διασύνδεση τόσο για την μεταφορά των δεδομένων σηματοδοσίας όσο και για τα δεδομένα ήχου και εικόνας. Χρησιμοποιεί μόνο μία UDP θύρα(4569) ενώ το σημαντικό όφελος του είναι ότι η χρήση του διευκολύνει σε δίκτυα που έχουμε μηχανισμούς NAT και firewalls.

Το IAX επιτρέπει το trunking, δηλαδή την δυνατότητα δεδομένα από διαφορετικά sessions (κλήσεις) να ενσωματώνονται σε μια ροή δεδομένων, γεγονός που μειώνει το IP overhead και κατά συνέπεια το latency (καθυστέρηση) στην επικοινωνία.

Επίσης υποστηρίζει και κρυπτογράφηση χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο AES-128.

1.2.3.4 RTP

Το (Real-time Transport Protocol) RTP [5] είναι το πιο διαδεδομένο πρωτόκολλο μεταφοράς δεδομένων πραγματικού χρόνου, δηλαδή ήχου και εικόνας. Αναπτύχθηκε από το Audio/Video Transport Working Group του οργανισμού IETF και χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με πρωτόκολλα σηματοδοσίας όπως το H.323, το SIP, κτλ.

Το RTP χρησιμοποιεί για την μεταφορά των δεδομένων το πρωτόκολλο UDP. Το πρωτόκολλο διαθέτει μηχανισμούς για την αντιμετώπιση του jitter, για την απώλεια πακέτων (packet loss) αλλά και για την εκτός σειράς παράδοση των πακέτων (out of order delivery) που συναντάμε συχνά σε μεταδόσεις βασισμένες στο UDP.

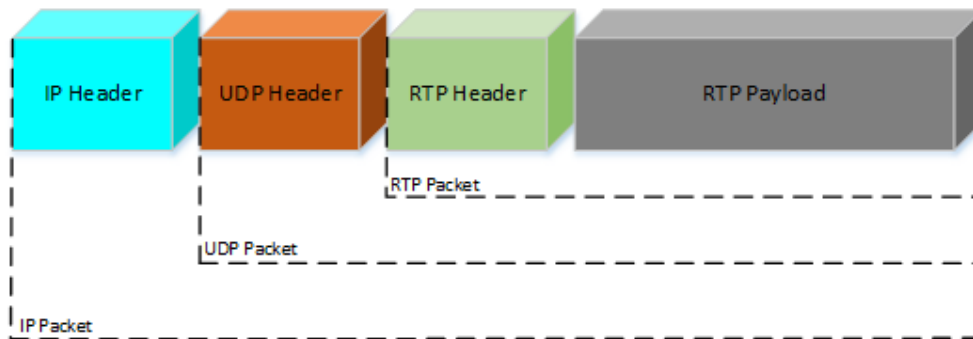
Το RTP specification περιλαμβάνει ουσιαστικά δύο πρωτόκολλα, το RTP και το RTCP (RTP Control Protocol). Το RTP είναι αυτό που μεταφέρει τα δεδομένα πραγματικού χρόνου (ήχος/εικόνας). Περιέχει πληροφορίες σχετικές με:

- a. χρονοσήμανση (timestamp) για τον συγχρονισμό της μετάδοσης,
- b. αλληλουχία αριθμών(sequence numbers) για την αντιμετώπιση της απώλειας πακέτων και ανίχνευσης ανακολουθιών
- c. το format των δεδομένων(payload format) που μεταφέρει.

Το RTCP πρωτόκολλο χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση της ποιότητας της υπηρεσίας (Quality of Service – Qos) και για τον συγχρονισμό των ροών δεδομένων πραγματικού χρόνου(media stream). Συνήθως το RTCP καταλαμβάνει ένα μόλις 5% του bandwidth μιας μετάδοσης σε σχέση με το RTP.

Να σημειωθεί ότι ένα RTP session εγκαθίσταται για κάθε ξεχωριστή ροή δεδομένων. Για κάθε session το RTP χρησιμοποιεί συνήθως random UDP θύρες στο διάστημα 1024 έως 65535.

Ένα RTP πακέτο έχει την παρακάτω μορφή:



Εικόνα 6 - RTP Packet

1.2.4 Codecs

Με το όρο codec, που προκύπτει από τις λέξεις coder-decoder αποκαλούμε το λογισμικό που μετατρέπει (compress) ένα ηχητικό σήμα (φωνή) σε συμπιεσμένη ψηφιακή μορφή κατάλληλη για μετάδοση (VoIP), και στην συνέχεια την επαναφέρει (uncompress) στην αρχική της μορφή (ηχητικό σήμα). Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί codecs, οι οποίοι διαφοροποιούνται σε σχέση με την ποιότητα του ήχου, το bandwidth που απαιτούν, αλλά και τις υπολογιστικές τους ανάγκες.

Κάθε συσκευή σε ένα VoIP δίκτυο (τηλέφωνο, gateway, PBX, κτλ) συνήθως υποστηρίζει πολλούς διαφορετικούς codecs. Όταν επικοινωνούν δύο VoIP συσκευές, είναι απαραίτητο εξ αρχής να συμφωνήσουν στην χρήση ενός κοινού codec. Χωρίς την ύπαρξη κοινού codec δεν είναι εφικτή η επικοινωνία.

Οι codecs που συναντάμε πιο συχνά σε ένα VoIP δίκτυο είναι οι παρακάτω:

- G.711: ο codec αυτός [9] παρουσιάστηκε από την ITU το 1972. Υπάρχουν δύο παραλλαγές του (A-law & U-law) και καταναλώνει 64kbps bandwidth κατ'ελάχιστο που μαζί με τα overheads των πρωτοκόλλων UDP/IP φτάνει τα 84kbps [3]. Ανήκει στην κατηγορία των waveform speech coders και λειτουργεί με δειγματοληψία (sampling frequency) 8 kHz. Θεωρείται από τους codecs με πολύ καλή ποιότητα ήχου (ισάξια της αναλογικής τηλεφωνίας) αλλά και με μεγάλες ανάγκες σε bandwidth. Είναι royalty free codec αφού η χρήση του δεν απαιτεί κάποιου είδους license.
- G.729: πρόκειται για τον codec με τις χαμηλότερες απαιτήσεις σε bandwidth μιας και θεωρητικά απαιτεί μόνο 8kbps. Ανήκει στην κατηγορία των hybrid speech coders και λειτουργεί με δειγματοληψία (sampling frequency) 8 kHz. Έχει αρκετά καλή ποιότητα ήχου αλλά δεν υποστηρίζει DTMF τόνους και FAX. Επίσης η χρήση του σε κάποια συσκευή απαιτεί την προμήθεια license.
- G.722: είναι ένας υψηλού bit rate (48/56/64Kbps) [2] codec με πολύ καλή ποιότητα ήχου (ανώτερη της αναλογικής τηλεφωνίας). Υποστηρίζει πολλές διαφορετικές εφαρμογές όπως: VoIP, video conference, teleconference και internet streaming. Λειτουργεί με δειγματοληψία (sampling frequency) 16 kHz.

1.3 Open Source Τηλεφωνικά Κέντρα (PBX)

1.3.1 Εισαγωγή

Ένα open source PBX (ή καλύτερα IP PBX) είναι ένα τηλεφωνικό κέντρο που είναι διαθέσιμο χωρίς κόστος αγοράς κάτω από το GNU license. Ένα τέτοιο κέντρο συνήθως αποτελείται από ένα βασικό Linux λειτουργικό σύστημα και το PBX λογισμικό. Με την χρήση του ενός λογισμικού αυτού του είδους, ένας χρήστης (με τεχνικές γνώσεις) μπορεί να μεταμορφώσει έναν απλό υπολογιστή σε ένα πλήρες σύστημα επικοινωνίας.

Ένα open source PBX είναι ιδιαίτερα ευέλικτο και πλήρως παραμετροποιήσιμο ώστε να καλύπτει όλες σχεδόν τις τηλεπικοινωνιακές ανάγκες ενός οργανισμού ή επιχείρησης. Διαθέτει όλα τα χαρακτηριστικά ενός παραδοσιακού PBX όπως: voicemail, IVR, rule-based call routing, conferences , κτλ.

Βασικός εκπρόσωπος των open source PBX είναι το λογισμικό Asterisk, ενώ λιγότερο γνωστά είναι το FreeSWITCH και το SIPfoundry. Παρακάτω θα δούμε αναλυτικά το λογισμικό Asterisk και τις δυνατότητες του.

1.3.2 Asterisk

Το Asterisk είναι το πιο δημοφιλές open source PBX – ιδιωτικό τηλεφωνικό κέντρο. Είναι υλοποιημένο ως λογισμικό και υποστηρίζει τις πιο συνήθεις τεχνολογίες VoIP. Παράλληλα είναι συμβατό με μεγάλο πλήθος από τηλεφωνικές hardware διεπαφές (telephone hardware interfaces). Λόγω της μεγάλης ευελιξίας του μπορεί να λειτουργήσει τόσο με VoIP δίκτυα όσο και με παραδοσιακά δίκτυα τηλεφωνίας (PSTN).

Το Asterisk αρχικά δημιουργήθηκε το 1999 από τον Mark Spencer, ιδρυτή της εταιρίας Digium. Εκτοτε η Digium αποτελεί τον κύριο υποστηρικτή-χορηγό του Asterisk. Συμπληρωματικά η Digium είναι ένας και από τους μεγαλύτερους κατασκευαστές hardware τηλεφωνικών καρτών. Στην γκάμα της περιλαμβάνονται κάρτες με υποστήριξη πολλών αναλογικών γραμμών αλλά και κάρτες διασύνδεσης με πολλαπλές ψηφιακές γραμμές E1/T1.

Εδώ είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι το Zapata telephony project [20] του Jim Dixon (ιδρυθέν το 1985) είναι αυτό που προσέφερε στο Asterisk την δυνατότητα να λειτουργεί με τις διάφορες hardware διεπαφές. Το project αυτό αργότερα μετονομάστηκε σε Digium Asterisk Hardware Device Interface (DAHDI).

Η ονομασία του «Asterisk» προήλθε από το σύμβολο του αστερίσκου «*» που στα περισσότερα λειτουργικά συστήματα (Unix, Linux, DOS) έχει την έννοια του μπαλαντέρ. Αντίστοιχα το Asterisk έχει σχεδιαστεί ώστε να είναι συμβατό με κάθε είδους συσκευή, πρωτόκολλα επικοινωνίας και λογισμικά που έχουν κάνουν με παροχή τηλεφωνικών υπηρεσιών.

Μερικά από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά που διαθέτει το Asterisk [10] είναι:

- Υποστήριξη των περισσότερων VoIP πρωτοκόλλων (sip, h323, mgcp, iax, SCCP, κτλ)
- Υποστήριξη μεγάλου αριθμού ψηφιακών καρτών (πχ PRI, BIR, FXO, κτλ) για σύνδεση με PSTN δίκτυα.
- Δυνατότητα χρήσης όλων των γνωστών codecs όπως πχ G.711, G.729, GSM, κτλ.

- Παροχή όλων των γνωστών μηχανισμών διαχείρισης κλήσεων όπως πχ call forwarding, blind transfer, DND, Conference, Music on Hold, Remote call Pickup, και δεκάδες άλλα.
- Παροχή advanced μηχανισμών κλήσεων όπως πχ SMS, Streaming Hold Music, Voicemail, Voicemail web interface, Trunking, Transcoding, IVR
- Δυνατότητα διασύνδεσης με άλλα συστήματα μέσω API :
 - Asterisk Gateway Interface (AGI)
 - Asterisk Manager Interface (AMI)
 - Asterisk REST Interface (ARI)
- Υποστήριξη «θεωρητικά» απεριόριστων αριθμού τηλεφωνικών συσκευών (Phone Endpoints). Ουσιαστικά τους όποιους περιορισμούς υπάρχουν τους θέτει το Hardware.
- Διατίθεται ως ελεύθερο λογισμικό (GPLv2 license) και κατ' επέκταση δεν απαιτείται κόστος για την προμήθεια του.

Το μεγάλο πλεονέκτημα του Asterisk, είναι ότι ο ένας χρήστης με βασικές γνώσεις περί υπολογιστών & τηλεφωνίας, μπορεί να πάρει ένα απλό υπολογιστή(PC), να προμηθευτεί και μερικές PSTN κάρτες και να στήσει ένα μικρό τηλεφωνικό κέντρο, για το σπίτι του, την επιχείρησή του, κτλ.

Ιδιαίτερα από τότε που εμφανίστηκαν οι έτοιμες διανομές Linux που περιέχουν ενσωματωμένο το Asterisk μαζί με το ιδιαίτερα δημοφιλές web περιβάλλον διαχείρισης «FreePBX» [16], η εγκατάσταση ενός τηλεφωνικού κέντρου έγινε ακόμα πιο απλή.

Τέτοιες έτοιμες διανομές, είναι το ELASTIX 2.5, το ISSABEL 4.x [17], το FREEPBX Distro , ενώ παλαιότερα υπήρχε το εξίσου δημοφιλές TRIBOX (πλέον έχει καταργηθεί).

1.3.3 Εγκατάσταση Asterisk

Όταν πρωτοβγήκε το Asterisk το 1999, για να στήσει κάποιος ένα σύστημα με Asterisk, έπρεπε:

1. να εγκαταστήσει πρώτα μια Linux διανομή(πχ centos, debian, κτλ)
2. να κατεβάσει τον source κώδικά του Zapata project και του Asterisk
3. να εγκαταστήσει τις απαραίτητες βιβλιοθήκες που χρειαζόταν το κάθε λογισμικό
4. να κάνει compile και εγκατάσταση του Zapata & του Asterisk
5. να ρυθμίσει το asterisk τροποποιώντας δεκάδες text configuration αρχεία.

Εδώ να προσθέσουμε ότι η βασική δομή καταλόγων του asterisk, που διατηρείται έως και σήμερα είναι η παρακάτω [14] .

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
/etc/asterisk	Αρχεία ρυθμίσεων
/usr/sbin/	Εκτελέσιμα προγράμματα και scripts
/usr/lib64/asterisk/modules	Modules για όλες τις λειτουργίες του asterisk(πχ codecs, music on hold, κτλ)
/var/lib/asterisk	Διάφορα αρχεία
/var/lib/asterisk/agi-bin	AGI Scripts
/var/lib/asterisk/sounds	Αρχεία ήχου

/var/lib/asterisk/mohmp3	Αρχεία ήχου
/var/spool/asterisk	Προσωρινά αρχεία για την λειτουργία του Asterisk.

Πίνακας 1 - Δομή Καταλόγων Asterisk

Όλα τα παραπάνω έρχονται πλέον έτοιμα και προεγκατεστημένα μαζί με web interface διαχείρισης με τις έτοιμες διανομές Asterisk (που αναφέραμε πιο πάνω).

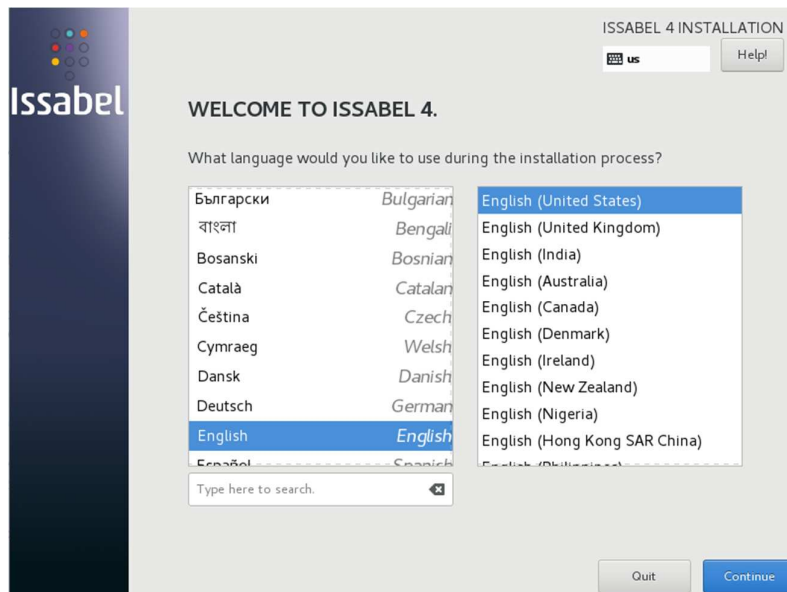
Συνοπτικά τα βήματα μιας βασικής εγκατάστασης της διανομής ISSABEL 4.x είναι:

1. Κατεβάζουμε το αρχείο εγκατάστασης(ISO) από την ιστοσελίδα: <https://sourceforge.net/projects/issabelpbx/files/Issabel%204/>. Την ώρα που γράφεται το παρόν κείμενο η τελευταία έκδοση είναι η : issabel4-USB-DVD-x86_64-20200102.iso
2. Γράφουμε το ISO σε κάποιο DVD και κάνουμε boot τον υπολογιστή στον οποίο θα εγκαταστήσουμε το ISSABEL με το DVD αυτό.
3. Στην 1^η οθόνη εγκατάστασης του ISSABEL επιλέγουμε το «Install».



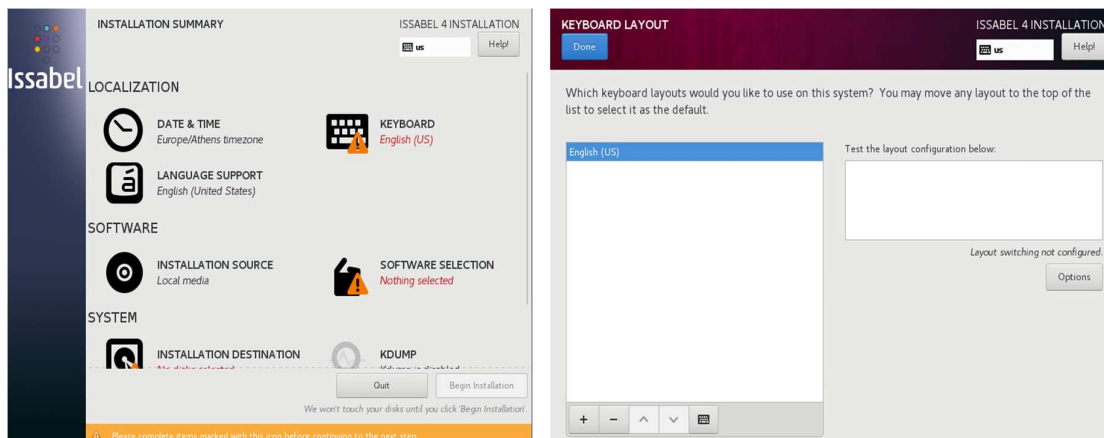
Εικόνα 7 - Issabel Installation - Βήμα 1

4. Επιλέγουμε την γλώσσα εγκατάστασης.



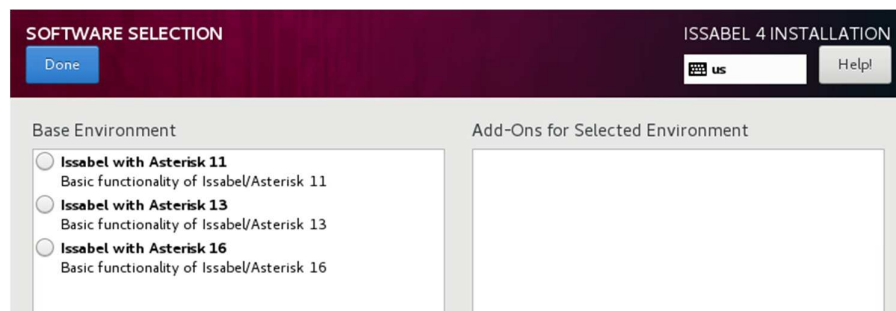
Εικόνα 8 - Issabel Installation - Βήμα 2

5. Επιλέγουμε την διαμόρφωση του πληκτρολογίου



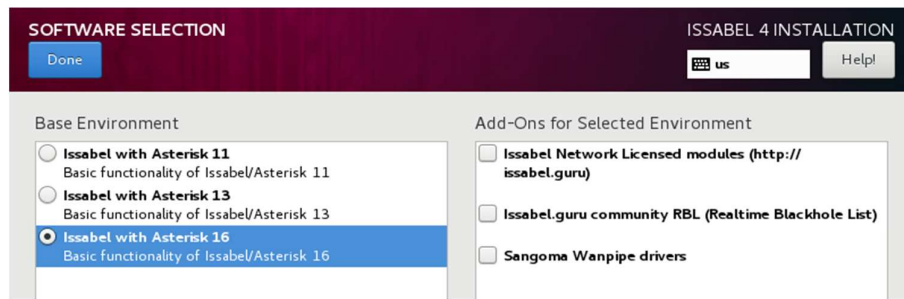
Εικόνα 9 - Issabel Installation - Βήμα 3

6. Επιλέγουμε πια έκδοση Asterisk θέλουμε να εγκατασταθεί.



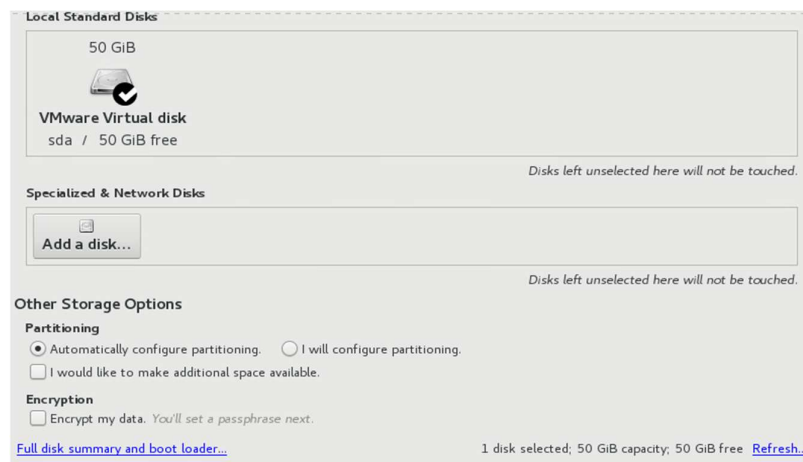
Εικόνα 10 - Issabel Installation - Βήμα 4

7. Επιλέγουμε αν θέλουμε κάποια από τα επιπρόσθετα (εμπορικά κατά κύριο λόγο) πακέτα.



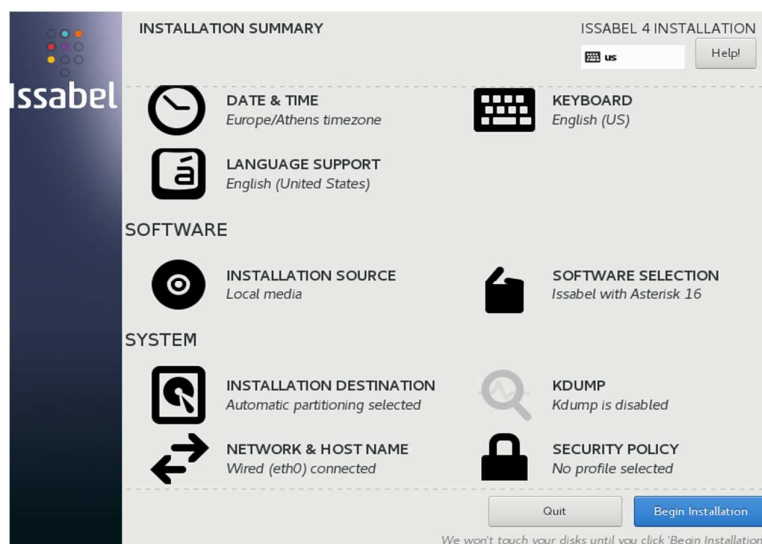
Εικόνα 11 - Issabel Installation - Βήμα 5

8. Επιλέγουμε την κατανομή (partitioning) του δίσκου (Προτείνεται το automatic partitioning).



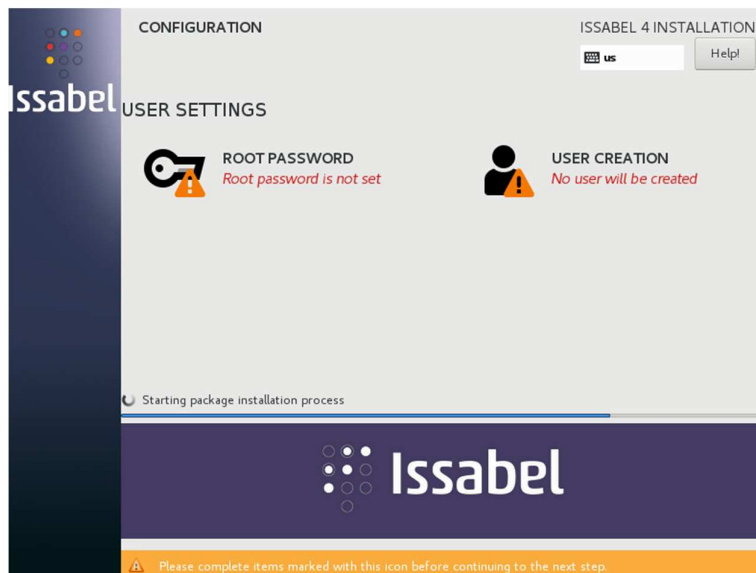
Εικόνα 12 - Issabel Installation - Βήμα 6

9. Αφού έχουμε ολοκληρώσει τις ρυθμίσεις, επιλέγουμε να ξεκινήσει η εγκατάσταση.



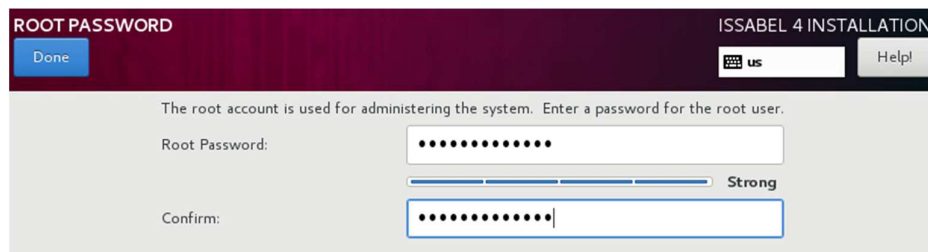
Εικόνα 13 - Issabel Installation - Βήμα 7

10. Όσο προχωράει η εγκατάσταση ρυθμίζουμε τις παραμέτρους που έχουν μείνει. (Σημειώνεται ότι η επιλογή δημιουργίας επιπλέον χρήστη είναι προαιρετική)



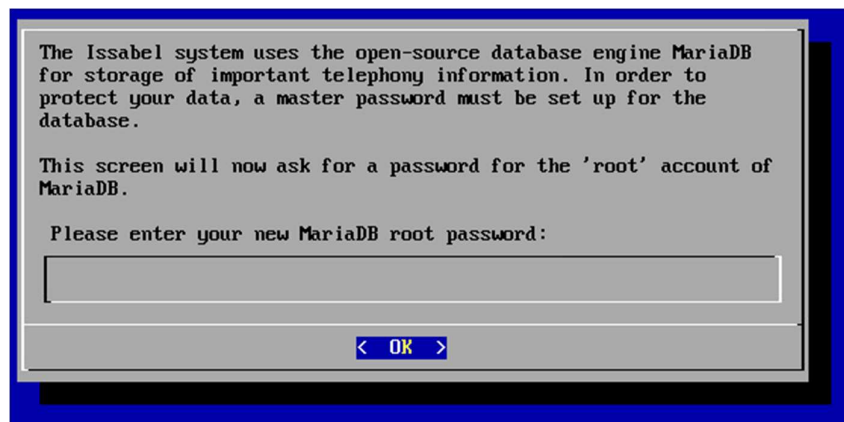
Εικόνα 14 - Issabel Installation - Βήμα 8

11. Ορίζουμε τον κωδικό του διαχειριστή του λειτουργικού(root).



Εικόνα 15 - Issabel Installation - Βήμα 9

12. Αφού ολοκληρωθεί η εγκατάσταση και γίνει επανεκκίνηση του μηχανήματος, ζητείται να ορίσουμε τον κωδικό του διαχειριστή για την MySQL Database.



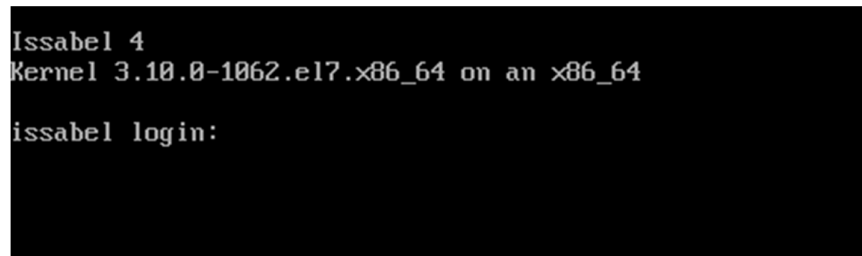
Εικόνα 16 - Issabel Installation - Βήμα 10

13. Ορίζουμε τον κωδικό για τον διαχειριστή του web περιβάλλοντος διαχείρισης(admin)



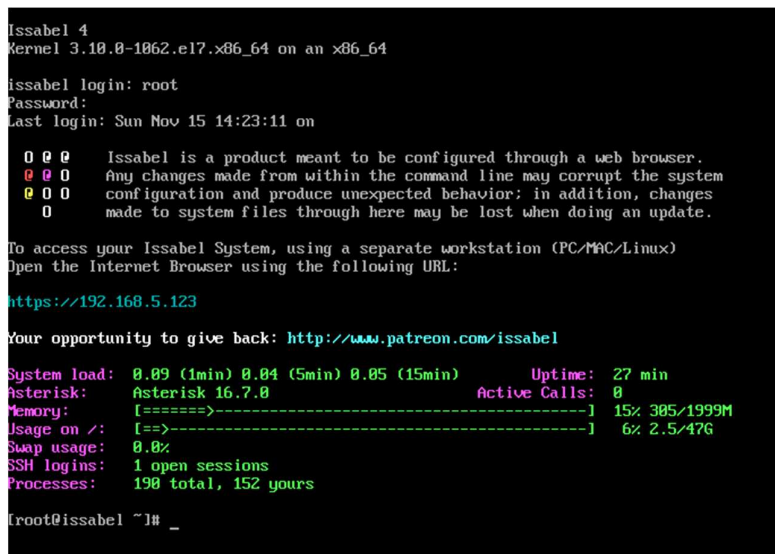
Εικόνα 17 - Issabel Installation - Βήμα 11

14. Με την ολοκλήρωση της εγκατάστασης εμφανίζεται το γνωστό command prompt του Linux.



Εικόνα 18 - Issabel Installation - Βήμα 12

15. Κάνουμε login, ώστε να δούμε την IP που έχει πάρει η εγκατάσταση μας.



Εικόνα 19 - Issabel Installation - Βήμα 13

16. Τέλος γράφουμε σε έναν browser την IP διεύθυνση της εγκατάστασης μας και πλέον μπορούμε να διαχειριστούμε το κέντρο μας από το web περιβάλλον διαχείρισής του. Ως στοιχεία σύνδεσης χρησιμοποιούμε το username «admin» και το password που δηλώσαμε νωρίτερα.



Εικόνα 20 - Issabel Installation - Βήμα 14

17. Αφού κάνουμε Login, μπαίνουμε σε ένα περιβάλλον σαν το παρακάτω.

System Resources

Resource	Usage
CPU	4%
RAM	21%
SWAP	0%

System Info:

- CPU Info: Intel(R) Xeon(R) Gold 6230 CPU @ 2.10GHz
- Uptime: 31 minute(s)
- CPU Speed: 2,095.08 MHz
- Memory usage: RAM: 1,999.21 Mb SWAP: 2,049.00 Mb

Hard Drives

Usage	Availability
5%	95%

Hard Disk Capacity: 46.83GB
Mount Point: /
Manufacturer: N/A

Processes Status

Service	Status
Telephony Service	RUNNING
Instant Messaging Service	NOT INSTALLED
Fax Service	RUNNING
Email Service	RUNNING
Database Service	RUNNING
Web Server	RUNNING
Issabel Call Center Service	NOT INSTALLED

Performance Graphic

Click below to fetch directory report. WARNING: this operation may take a long time AND impact system performance.

Fetch directory report

Εικόνα 21 - Issabel Installation - Βήμα 15

1.4 Advanced Χαρακτηριστικά Asterisk/ISSABEL

Παρακάτω θα περιγράψουμε την λειτουργία μερικών από των advanced χαρακτηριστικών του Asterisk μέσω της διανομής ISSABEL 4, όπως Ring Groups, IVR και Conference.

1.4.1 Ring Groups

Καταρχάς να αναφέρουμε ότι σε ένα Asterisk/ISSABEL τηλεφωνικό κέντρο κάθε συνδεδεμένη τηλεφωνική συσκευή αποκαλείται extension και έχει ένα μοναδικό νούμερο με βάση το οποίο γίνεται η κλήση προς αυτή.

Ως Ring Group αποκαλούμε ένα ειδικό extension με την διαφορά ότι όταν το καλούμε η κλήση καταλήγει σε μια ομάδα από extensions (που έχουμε ρυθμίσει νωρίτερα). Αν για παράδειγμα έχουμε ορίσει ένα Ring Group με το νούμερο 5100 και μέσα σε αυτό έχουμε ορίσει να περιέχονται τα extensions 5200 & 5300, τότε όταν κάποιος καλεί το 5100 η κλήση θα δρομολογείται (θα υπάρχει κουδούνισμα δηλαδή) και στα δύο νούμερα (5200 & 5300). Τα Ring Groups χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα σε γραφεία/γραμματείες όπου θέλουμε πολλοί χρήστες να εξυπηρετούν εξωτερικές κλήσεις. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι οι γραμματείες των ακαδημαϊκών τμημάτων του ΠΑΔΑ.

Οι σημαντικότερες ρυθμίσεις που πρέπει να κάνουμε κατά την δημιουργία ενός Ring Group είναι οι παρακάτω:

- Ring-Group Number: ο μοναδικός αριθμός κλήσης του Ring Group.
- Group Description: μία σύντομη περιγραφή του Ring Group.
- Ring Strategy: καθορίζει το πώς θα χτυπάνε τα εσωτερικά τηλέφωνα. Μερικές από τις διαθέσιμες επιλογές είναι:
 - ringall: όλα τα τηλέφωνα χτυπάνε ταυτόχρονα (default)
 - hunt: χτυπάει το ένα πίσω από το άλλο
 - firstavailable: χτυπάει το 1^ο διαθέσιμο μόνο.
- Ring Time: καθορίζει το διάστημα που θα χτυπάει κάθε τηλέφωνο, πχ 20sec.
- Extension List: περιέχει τα εσωτερικά τηλέφωνα, ενώ υπάρχει η δυνατότητα να οριστεί και εξωτερικό τηλέφωνο (πχ 210538730).
- Announcement: αν θα παίζει ένα ηχογραφημένο μήνυμα πριν την δρομολόγηση της κλήσης στα τηλέφωνα του ring group.

Add Ring Group

Add Ring Group

Ring-Group Number:	<input type="text" value="5100"/>
Group Description:	<input type="text"/>
Ring Strategy:	<input type="text" value="ringall"/>
Ring Time (max 300 sec):	<input type="text" value="20"/>
Extension List:	<input type="text" value="5200"/> <input type="text" value="5300"/>
Extension Quick Pick:	<input type="text" value="(pick extension)"/>
Announcement:	<input type="text" value="None"/>
Play Music On Hold?:	<input type="text" value="Ring"/>
CID Name Prefix:	<input type="text"/>
Alert Info:	<input type="text"/>
Ignore CF Settings:	<input type="checkbox"/>
Skip Busy Agent:	<input type="checkbox"/>
Enable Call Pickup:	<input type="checkbox"/>
Confirm Calls:	<input type="checkbox"/>
Remote Announce:	<input type="text" value="Default"/>
Too-Late Announce:	<input type="text" value="Default"/>

[Change External CID Configuration](#)

Εικόνα 22 - Ring Group

1.4.2 Conferences Rooms

Τα conferences rooms είναι ένα ειδικού τύπου extension το οποίο όταν το καλεί κάποιος χρήστης, εισάγεται σε ένα κοινόχρηστο χώρο συνομιλιών. Στο χώρο αυτό μπορούν να συμμετάσχουν ταυτόχρονα πολλοί χρήστες (είτε εσωτερικοί, είτε εξωτερικοί). Σε ένα Asterisk σύστημα μπορούμε να δημιουργήσουμε πολλά διαφορετικά conferences rooms ανάλογα τις ανάγκες μας. Έτσι, μπορούμε να φτιάξουμε ένα conference room για τις ανάγκες του οικονομικού τμήματος της εταιρίας, άλλο για το τεχνικό τμήμα, για το διοικητικό συμβούλιο, κτλ.

Οι σημαντικότερες ρυθμίσεις που πρέπει να κάνουμε κατά την δημιουργία ενός conference room είναι οι παρακάτω:

- Conference Number: ο μοναδικός αριθμός κλήσης του conference.
- Conference Name: ένα περιγραφικό όνομα για το conference.
- User PIN: ένα κλειδί/password για την πρόσβαση στο conference (προαιρετικό).
- Admin PIN: ένα κλειδί/password για τον Leader χρήστη.
- Join Message: αν θα παίζει ένα ηχογραφημένο μήνυμα κατά την είσοδο στο Conference.
- Leader Wait: Ορίζει αν το τρέχον Conference θα έχει έναν χρήστη Leader (καθορίζεται από το Admin PIN). Στην περίπτωση αυτή, απαιτείται να έχει συνδεθεί στο Conference ο συγκεκριμένος χρήσης για να μπορεί να ξεκινήσει η ομαδική συνομιλία.
- Allow Menu: Επιτρέπει την εισαγωγή PIN αφού έχει ξεκινήσει η συνομιλία.

Add Conference

Add Conference

Conference Number:	<input type="text" value="8004"/>
Conference Name:	<input type="text" value="Financial Department"/>
User PIN:	<input type="text"/>
Admin PIN:	<input type="text"/>

Conference Options

Join Message:	<input type="text" value="None"/>
Leader Wait:	<input type="text" value="No"/>
Talker Optimization:	<input type="text" value="No"/>
Talker Detection:	<input type="text" value="No"/>
Quiet Mode:	<input type="text" value="No"/>
User Count:	<input type="text" value="No"/>
User join/leave:	<input type="text" value="No"/>
Music on Hold:	<input type="text" value="No"/>
Music on Hold Class:	<input type="text" value="inherit"/>
Allow Menu:	<input type="text" value="No"/>
Record Conference:	<input type="text" value="No"/>
Maximum Participants:	<input type="text" value="No Limit"/>
Mute on Join:	<input type="text" value="No"/>

Εικόνα 23 - Conference Room

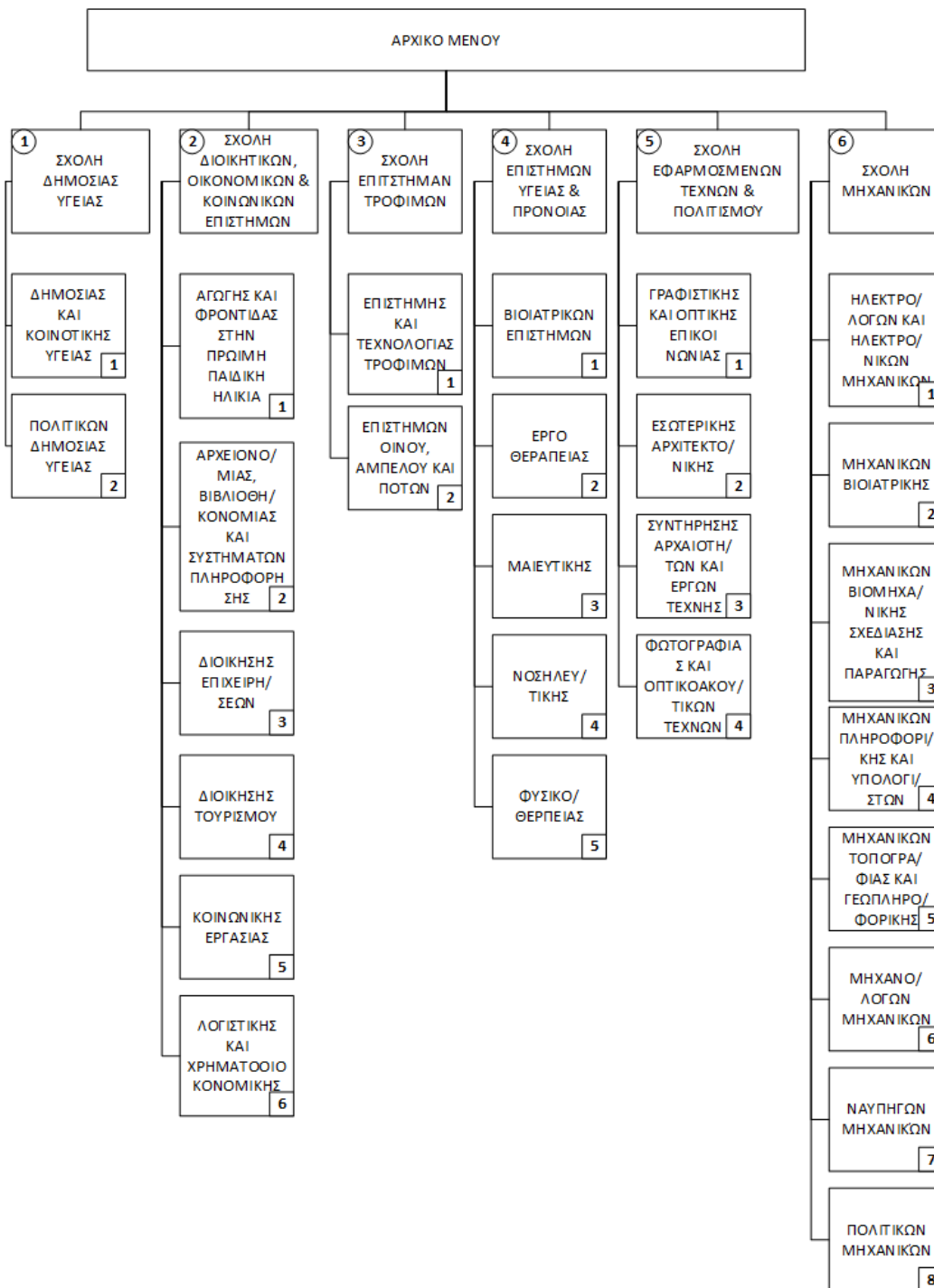
1.4.3 IVR

Η λέξη IVR προκύπτει από το λεκτικό «Interactive Voice Response» και είναι μια τεχνολογία που αυτοματοποιεί την επικοινωνία με τους εξωτερικούς χρήστες ενός τηλεφωνικού κέντρου (πχ τους πελάτες μιας εταιρίας). Το IVR δίνει την δυνατότητα στον εξωτερικό χρήστη μέσω την πλήκτρων που διαθέτει η τηλεφωνική του συσκευή, να επιλέξει μέσα από ένα μενού επιλογών (πχ τα τμήματα μιας εταιρίας) το τηλέφωνο/τμήμα που θέλει να επικοινωνήσει. Ουσιαστικά σε ένα τηλεφωνικό κέντρο το IVR είναι αυτό που υλοποιεί τις υπηρεσίες που παλαιότερα παρείχαν οι τηλεφωνήτριες.

Τα IVR ιστορικά θεωρούνταν από τα πιο premium χαρακτηριστικά στα παραδοσιακά τηλεφωνικά κέντρα και κόστιζαν πάρα πολλά χρήματα.

Το Asterisk ενσωματώνει ένα ιδιαίτερα εξελιγμένο σε χαρακτηριστικά IVR μηχανισμό που μπορεί να καλύψει τις ανάγκες των περισσότερων εταιριών/οργανισμών.

Παρακάτω θα δούμε ως παράδειγμα το IVR που έχει υλοποιηθεί σε ένα από τα ISSABEL κέντρα του Πανεπιστημίου Δυτικής. Ο λογικός σχεδιασμός του συγκεκριμένου IVR φαίνεται στο παρακάτω σχεδιάγραμμα. Το Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής έχει έξι σχολές και κάθε σχολή έχει έναν αριθμό από ακαδημαϊκά τμήματα.



Εικόνα 24 - Δομή IVR ΠΑΔΑ

Κάθε χρήστης που θα καλέσει το κεντρικό νούμερο του τηλεφωνικού κέντρου του ιδρύματος, η κλήση του θα απαντηθεί από το αρχικό μενού. Στο μενού αυτό θα ακούσει ένα ηχογραφημένο μήνυμα καλωσορίσματος, που του απαριθμεί τις σχολές και τον ενημερώνει ότι επιλέγοντας τα νούμερα ένα έως έξι μπορεί να επιλέξει μια σχολή (οι αριθμοί σε κύκλο πάνω αριστερά στο παραπάνω σχήμα). Στην συνέχεια αφού επιλέξει μια σχολή, θα ακούσει ένα νέο ηχογραφημένο μήνυμα καλωσορίσματος, που θα του απαριθμήσει τα τμήματα της

σχολής και επιλέγοντας τα αντίστοιχα νούμερα (οι αριθμοί σε τετράγωνο πλαίσιο κάτω δεξιά) η κλήση του θα προωθηθεί προς το τηλέφωνο της γραμματείας του τμήματος που επέλεξε.

Αν κατά την διάρκεια που παίζεται το ηχογραφημένο μήνυμα, δεν πατήσει κάποιο νούμερο ή πατήσει κάποιο μη έγκυρο νούμερο(πχ το 9), τότε το ηχογραφημένο μήνυμα απλά επαναληφθεί.

Για την δημιουργία του παραπάνω IVR η διαδικασία που απαιτείται περιγράφεται συνοπτικά παρακάτω.

Αρχικά, να επισημάνουμε ότι αυτό που πρακτικά χρειάζεται να κάνουμε είναι να φτιάξουμε επτά (7) IVR menus, δηλαδή ένα για κάθε σχολή και ένα κεντρικό. Τα IVR menus των σχολών θα μπου σαν φύλλα κάτω από κεντρικό μενού. Σε κάθε IVR menu θα ορίσουμε το ηχογραφημένο μήνυμα που θα παίζει, καθώς και τις αριθμητικές επιλογές που θα έχει ο χρήστης μέσα σε αυτό. Στο χαμηλότερο σημείο του δέντρου των IVR menus είναι τα τμήματα.

Τα βήματα που θα ακολουθήσουμε είναι:

1. Μέσα από την επιλογή System Recordings του ISSABEL κέντρου μας ηχογραφούμε το μήνυμα που θέλουμε να ακούγεται σε κάθε IVR menu και του δίνουμε ένα περιγραφικό όνομα. Για παράδειγμα η ηχογράφηση για την σχολή μηχανικών έχει το όνομα «feng-ivr». Να προσθέσουμε ότι έχουμε τρεις επιλογές για να ηχογραφήσουμε τα μηνύματα μας:
 - a. Ηχογράφηση μέσω τηλεφωνικής συσκευής(Record using phone)
 - b. Ηχογράφηση μέσω του browser(Record using browser). Στην πράξη ηχογραφούμε μέσω του μικροφώνου του υπολογιστή μας.
 - c. Ανέβασμα ηχογράφησης(Upload recording). Μπορούμε να ανεβάσουμε ένα αρχείο ήχου που έχουμε έτοιμο. Σημειώνεται ότι γίνονται αποδεκτά μόνο αρχεία wav με encoding signed 16bit PCM.

System Recordings

Add Recording

Step 1: Record or upload

The screenshot shows a web interface for adding recordings. At the top, there are three tabs: 'Record using phone', 'Record using browser' (which is selected and highlighted with a black border), and 'Upload recording'. Below the tabs, there are three buttons: 'Record', 'Pause', and 'Stop'. Underneath these buttons, it says 'Format: start recording to see sample rate'. At the bottom of the interface, the word 'Recordings' is displayed in a large font.

Εικόνα 25 - System Recordings

2. Στην συνέχεια για λόγους ευελιξίας και καλύτερης οργάνωσης θα καταχωρήσουμε ως ξεχωριστά «Destinations» το εσωτερικό ή εξωτερικό τηλέφωνο κάθε γραμματείας. Αυτό γίνεται από την επιλογή «Misc Destinations». Για κάθε γραμματεία καταχωρούμε το νούμερο και το επίσημο λεκτικό του τμήματος. πχ για την γραμματεία του τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής και Υπολογιστών καταχωρούμε ως «Description» το ice με τηλέφωνο το 5312.

Misc Destination: ice

Delete Misc Destination ice
Used as Destination by 1 Object:
Edit Misc Destination

Description: ice
Dial: 5312

Submit Changes

Add Misc Destination
accfin
alis
ba
bisc
bme
civ
cons
ecec
eee
fst
gd
geo

Εικόνα 26 - Misc Destination

3. Έπειτα θα φτιάξουμε ένα IVR menu για κάθε μία από τις 6 σχολές και θα τα βαφτίσουμε με βάση το επίσημο λεκτικό της σχολής (πχ aas για την Σχολή Εφαρμοσμένων τεχνών & πολιτισμού). Στην παρακάτω φωτογραφία βλέπουμε τις επιλογές για το IVR menu της Σχολής αυτής. Οι σημαντικότερες παράμετροι που πρέπει να οριστούν είναι:
- Announcement: επιλέγουμε το ηχογραφημένο μήνυμα που θα παίζεται.
 - Timeout: Στα πόσα δευτερόλεπτα θα είναι η αναμονή input από τον χρήστη.
 - Invalid Retry Recording: το ηχογραφημένο μήνυμα που θα παίζεται σε περίπτωση λάθος εισαγωγής του χρήστη.
 - Invalid Recording: το ηχογραφημένο μήνυμα που θα παίζεται σε περίπτωση που ο χρήστης πατήσει το μηδέν ή κάνει λάθος εισαγωγή πάνω από το όριο που έχει οριστεί.
 - Invalid Destination: που προωθείται η κλήση μετά από λάθος εισαγωγή.
 - Timeout Retry Recording: το ηχογραφημένο μήνυμα που θα παίζεται σε περίπτωση που περάσει ο timeout χρόνος.
 - Ext: εδώ καταχωρούμε τις επιλογές του χρήστη και που θα προωθείται η κλήση του με βάση το νούμερο που επιλέγει. Εδώ για κάθε τμήμα θα χρησιμοποιήσουμε τα «Misc Destinations» που δημιουργήσαμε παραπάνω.

IVR Name [?]
 IVR Description [?]

- IVR Options (DTMF)

Announcement [?]
 Direct Dial [?]
 Timeout [?]
 Invalid Retries [?]
 Invalid Retry Recording [?]
 Append Announcement on Invalid [?]
 Return on Invalid [?]
 Invalid Recording [?]
 Invalid Destination [?]
 Timeout Retries [?]
 Timeout Retry Recording [?]
 Append Announcement on Timeout [?]
 Return on Timeout [?]
 Timeout Recording [?]
 Timeout Destination [?]
 Return to IVR after VM [?]

- IVR Entries

Ext [?]	Destination		Return [?]	Delete
4	Misc Destinations <input type="button" value="v"/>	phaa <input type="button" value="v"/>	<input type="checkbox"/> [?]	
3	Misc Destinations <input type="button" value="v"/>	cons <input type="button" value="v"/>	<input type="checkbox"/> [?]	
2	Misc Destinations <input type="button" value="v"/>	ia <input type="button" value="v"/>	<input type="checkbox"/> [?]	
1	Misc Destinations <input type="button" value="v"/>	gd <input type="button" value="v"/>	<input type="checkbox"/> [?]	
digits pressed	== choose one == <input type="button" value="v"/>		<input type="checkbox"/> [?]	

Εικόνα 27 - IVR Σχολής Εφαρμοσμένων Τεχνών & Πολιτισμού

4. Αφού ολοκληρώσουμε το παραπάνω βήμα (3) για κάθε μια σχολή (έξι στο σύνολο), θα πρέπει να φτιάξουμε το αρχικό IVR menu. Στο menu αυτό, θα βάλουμε έξι επιλογές και η κλήση θα προωθείται στο αντίστοιχο IVR menu της σχολής.

IVR Name [?]

IVR Description [?]

- IVR Options (DTMF)

Announcement [?]

Direct Dial [?]

Timeout [?]

Invalid Retries [?]

Invalid Retry Recording [?]

Append Announcement on Invalid [?]

Return on Invalid [?]

Invalid Recording [?]

Invalid Destination [?]

Timeout Retries [?]

Timeout Retry Recording [?]

Append Announcement on Timeout [?]

Return on Timeout [?]

Timeout Recording [?]

Timeout Destination [?]

Return to IVR after VM [?]

- IVR Entries

Ext [?]	Destination		Return [?]	Delete
6	IVR	feng	<input type="checkbox"/>	
5	IVR	aac	<input type="checkbox"/>	
4	IVR	seyp	<input type="checkbox"/>	
3	IVR	ffs	<input type="checkbox"/>	
2	IVR	sdoke	<input type="checkbox"/>	
1	IVR	sph	<input type="checkbox"/>	

Εικόνα 28 - Βασικό IVR μενού

Κεφάλαιο 2 – Τηλεφωνική Υποδομή Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής

2.1 Ιστορική Αναδρομή

Το Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής είναι ένα ίδρυμα που διαθέτει τρεις Πανεπιστημιούπολεις και μεγάλο αριθμό ακαδημαϊκού και διοικητικού προσωπικού. Το ίδρυμα αυτό δημιουργήθηκε το 2018 ως αποτέλεσμα της συνένωσης του ΤΕΙ Αθήνας με το ΤΕΙ Πειραιά και λίγο αργότερα της απορρόφησης της Εθνικής Σχολής Δημόσιας Υγείας(ΕΣΔΥ).

Το ΤΕΙ Αθήνας ήδη από το 2011 λόγω του ότι αρκετά ακαδημαϊκά τμήματα φιλοξενούνταν σε κτήρια εκτός του κύριου campus, είχε προχωρήσει σε υλοποίηση μια τηλεφωνικής υποδομής η οποία συνδύαζε το παλιό παραδοσιακό τηλεφωνικό κέντρο(Alcatel PBX) με ένα σύγχρονο τηλεφωνικό κέντρο βασισμένο σε Asterisk. Βασικός στόχος εκείνης της περιόδου ήταν η σημαντική μείωση του κόστους, αφού για την τηλεφωνική διασύνδεση του παραδοσιακού τηλεφωνικού κέντρου(ALCATEL PBX) με τα απομακρυσμένα κτήρια απαιτούνταν υψηλού κόστους γραμμές PRI από τον ΟΤΕ.

Έτσι το 2011 ξεκίνησε μια προσπάθεια, η οποία συνοπτικά περιλάμβανε:

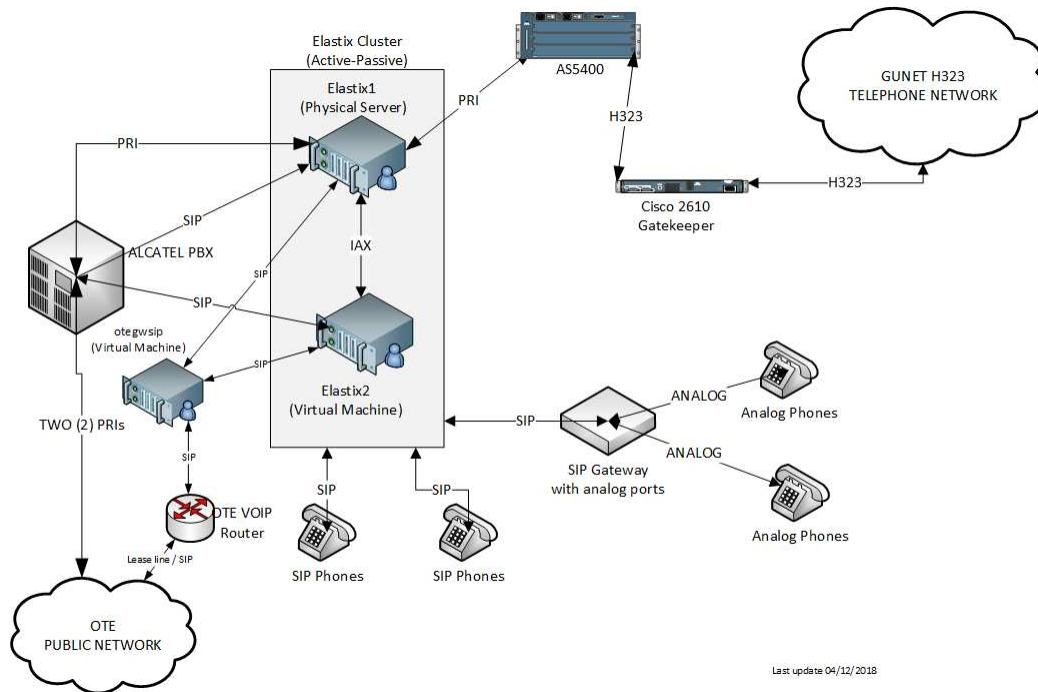
- a) την εγκατάσταση ενός open source τηλεφωνικού κέντρου βασισμένου στην διανομή Elastix 2.x
- b) την διασύνδεση του κέντρου αυτού με το παραδοσιακό κέντρο (ALCATEL PBX) μέσω PRI διασύνδεσης.
- c) Την εγκατάσταση στα απομακρυσμένα κτήρια sip voip gateway συσκευών, οι οποίες διαθέτουν 24 FXS πόρτες (δηλαδή μπορούν να συνδεθούν 24 αναλογικά τηλέφωνα) και συνδέονται πάνω από το υπάρχον IP δίκτυο και μέσω του πρωτοκόλλου SIP με το Elastix τηλεφωνικό κέντρο.

Αργότερα, το 2016 το Elastix τηλεφωνικό κέντρο διασυνδέθηκε απευθείας με τον ΟΤΕ μέσω της υπηρεσίας Flexible Voice.

Αντίστοιχα και μέχρι το 2019 το ΤΕΙ Πειραιά είχε ένα παραδοσιακό τηλεφωνικό κέντρο της Siemens, το οποίο πέρα του ότι ήταν τεχνολογικά ξεπερασμένο, είχε φθάσει και στα όρια της χωρητικότητας του.

Η υλοποίηση μια σύγχρονης τηλεφωνικής υποδομής που θα επέτρεπε την απρόσκοπτη και ταυτόχρονα χαμηλού κόστους επικοινωνίας μεταξύ των μελών του ιδρύματος, ήταν κάτι απαραίτητο για την λειτουργία του Πανεπιστημίου.

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η τηλεφωνική υποδομή του ΤΕΙ Αθήνας στα μέσα του 2016.

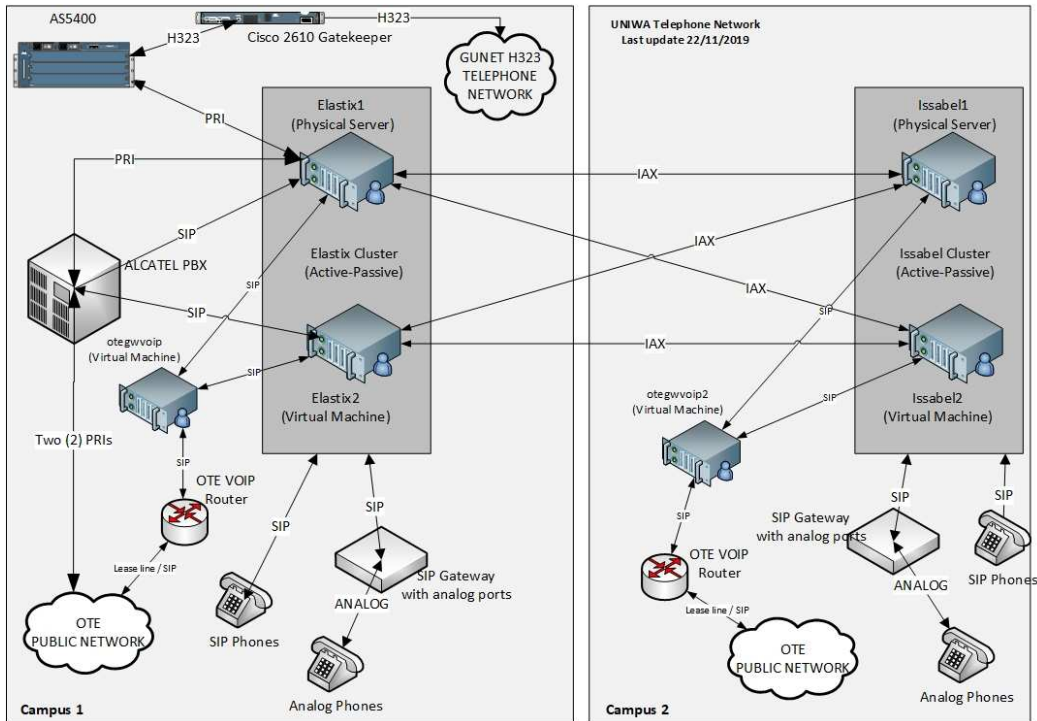


Εικόνα 29 - TEIA Telephone Network (2016)

2.2 Η τηλεφωνία σήμερα στο ΠΑΔΑ

Από την στιγμή που ξεκίνησε να λειτουργεί το Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής το 2018, φάνηκε η αναγκαιότητα αναβάθμισης και διασύνδεσης των υπαρχόντων τηλεφωνικών υποδομών που είχαν οι δύο μεγάλες Πανεπιστημιούπολεις του (πρώην ΤΕΙ Αθήνας & πρώην ΤΕΙ Πειραιά).

Ως συνέπεια των εργασιών που ανέλαβαν να σχεδιάζουν και να υλοποιήσουν οι μηχανικοί του Τμήματος Υποστήριξης Δικτύων του Πανεπιστημίου, προέκυψε στα τέλη του 2019 η παρακάτω τηλεφωνική υποδομή.



Εικόνα 30 - UNIWA Telephone Network (2019)

Περιγραφικά η υπάρχουσα τηλεφωνική υποδομή του ιδρύματος περιλαμβάνει:

- Δύο κύρια τηλεφωνικά κέντρα VoIP στις Πανεπιστημιούπολεις 1 και 2, καθώς και ένα παραδοσιακό τηλεφωνικό κέντρο (Alcatel PBX) στην Πανεπιστημιούπολη 1.
- Από ένα «βοηθητικό» τηλεφωνικό κέντρο VoIP στις Πανεπιστημιούπολεις 1 και 2 για την VoIP διασύνδεση με το OTE.
- Ξεχωριστές & αυτόνομες συνδέσεις με τον OTE σε κάθε Πανεπιστημιούπολη. Οι συνδέσεις αυτές είναι είτε μέσω του πρωτοκόλλου SIP είτε μέσω PRI γραμμών. Συγκεκριμένα:
 - το παραδοσιακό τηλεφωνικό κέντρο (Alcatel PBX) στην Πανεπιστημιούπολη 1 συνδέεται με XX PRI γραμμές (XXx30 κανάλια) με τον OTE.
 - Το τηλεφωνικό κέντρο VoIP στην Πανεπιστημιούπολη 1 συνδέεται με XX SIP κανάλια με τον OTE.
 - Το τηλεφωνικό κέντρο VoIP στην Πανεπιστημιούπολη 2 συνδέεται με XX SIP κανάλια με τον OTE.
- Τηλεφωνικές συσκευές VoIP στο XX% των χώρων της Πανεπιστημιούπολης 2. Μικρός αριθμός τηλεφωνικών συσκευών VoIP υπάρχουν και στην Πανεπιστημιούπολη 1.
- Αναλογικές τηλεφωνικές συσκευές (συμπεριλαμβανομένου και συσκευές Fax) που καταλήγουν σε SIP gateways στο XX% των χώρων της Πανεπιστημιούπολης 2 και στο XX% των χώρων της Πανεπιστημιούπολης 1.
- Αναλογικές τηλεφωνικές συσκευές που καταλήγουν στο παραδοσιακό τηλεφωνικό κέντρο (Alcatel PBX) στο XX% των χώρων της Πανεπιστημιούπολης 1.
- Έναν cisco AS5400 VoIP gateway, οποίος είναι διασυνδεδεμένος με PRI γραμμή με το κύριο τηλεφωνικό κέντρο της Πανεπιστημιούπολης 1. Ο gateway αυτός υποστηρίζει το πρωτόκολλο H323 που απαιτείται για την διασύνδεση με το VoIP δίκτυο της GUNET.

- Έναν cisco 2610 router, ο οποίος έχει τον ρόλο του H323 gatekeeper και χρησιμοποιείται για την διασύνδεση με το VoIP δίκτυο της GUNET.
- Διασύνδεση των κύριων τηλεφωνικών κέντρων VoIP μεταξύ των Πανεπιστημιούπολεων με χρήση του πρωτοκόλλου IAX.
- Διασύνδεση με το «βοηθητικό» τηλεφωνικό κέντρο VoIP κάθε Πανεπιστημιούπολης με χρήση του πρωτοκόλλου SIP.
- Διασύνδεση του παραδοσιακού τηλεφωνικού κέντρου (Alcatel PBX) της Πανεπιστημιούπολης 1 μέσω PRI γραμμής και μέσω του πρωτοκόλλου SIP με το κύριο τηλεφωνικό κέντρο VoIP της Πανεπιστημιούπολης 1 (το Alcatel PBX αν και θεωρείται παραδοσιακό τηλεφωνικό κέντρο, περιλαμβάνει κάποιες τεχνολογίες VoIP, υποστηρίζοντας custom πρωτόκολλα της Alcatel αλλά και ανοικτά πρωτόκολλα όπως το SIP).
- Έναν router ιδιοκτησίας του ΟΤΕ σε κάθε Πανεπιστημιούπολη που αποτελεί το SIP gateway για την διασύνδεση με το VoIP δίκτυο του ΟΤΕ (υπηρεσία Cosmote Flexible Voice).

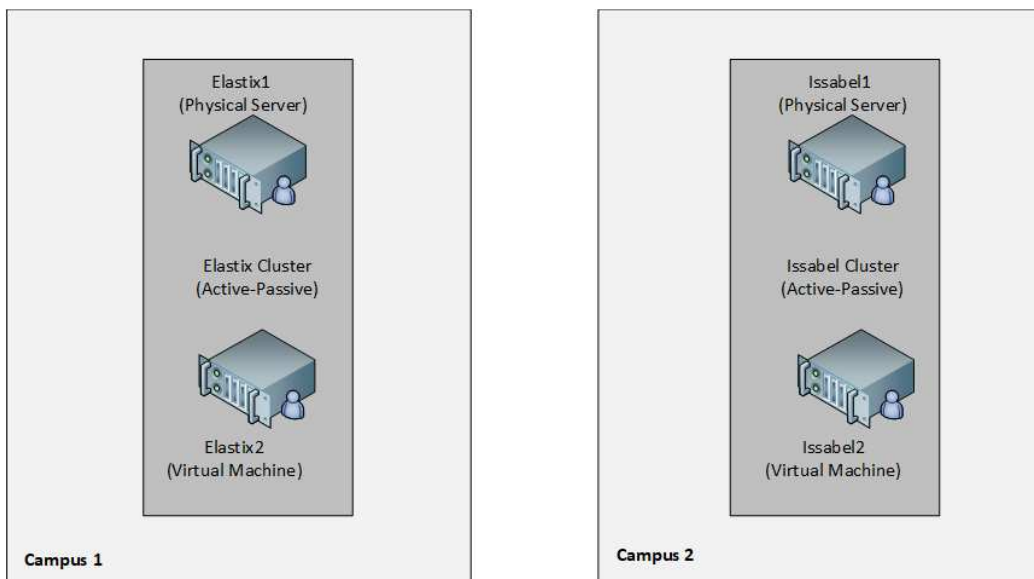
Τα βασικά χαρακτηριστικά της παραπάνω υλοποίησης είναι:

- Διαθέτει χαρακτηριστικά υψηλής διαθεσιμότητας σε επίπεδο τηλεφωνικού κέντρου.
- Μέσω της ύπαρξης πολλαπλών διαδρομών και κατάλληλου προγραμματισμού (call routing), είναι εφικτό οι εξερχόμενες τηλεφωνικές κλήσεις (προς ΟΤΕ) να «βγαίνουν» από εναλλακτικές διαδρομές σε περίπτωση βλάβης στα κυκλώματα διασύνδεσης με τον ΟΤΕ.
- Επιτρέπει την δωρεάν τηλεφωνική επικοινωνία μεταξύ των μελών του ιδρύματος.
- Υποστηρίζει θεωρητικά απεριόριστο αριθμών VoIP τηλεφωνικών συσκευών.
- Παρέχει την δυνατότητα χρήσης των υπαρχόντων αναλογικών τηλεφωνικών συσκευών.
- Υποστηρίζει την λειτουργία FAX συσκευών.
- Υποστηρίζει την εύκολη και γρήγορη αναβάθμιση της διασύνδεσης με το δίκτυο του ΟΤΕ.
- Είναι διασυνδεδεμένη με το VOIP δίκτυο της Gunet, και κατ' επέκταση επιτρέπει την δωρεάν τηλεφωνική επικοινωνία με τα υπόλοιπα ακαδημαϊκά ιδρύματα που συμμετέχουν στο δίκτυο αυτό.
- Βασίζεται σε λογισμικό ανοικτού κώδικά, οπότε δεν απαιτήθηκε κόστος για την προμήθεια αλλά και στην συντήρηση του λογισμικού.
- Διαθέτει εύχρηστο περιβάλλον web διαχείρισης.
- Το λογισμικό που χρησιμοποιείται υποστηρίζει advanced χαρακτηριστικά όπως Ring Groups, IVR, conference rooms κτλ.

2.3 Υψηλή διαθεσιμότητα σε επίπεδο τηλεφωνικού κέντρου

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά της υπάρχουσας τηλεφωνικής υποδομής είναι η υψηλή διαθεσιμότητα σε επίπεδο τηλεφωνικού κέντρου. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι, σε οποιαδήποτε από τις δύο Πανεπιστημιούπολεις, αν κάποιο από τα επιμέρους Asterisk τηλεφωνικά κέντρα σταματήσει να δουλεύει (πχ βλάβη σε τροφοδοτικό, πρόβλημα στο δίκτυο, κτλ) η τηλεφωνία θα συνεχίσει να δουλεύει.

Αυτό επιτυγχάνεται χάρη στο γεγονός ότι σε κάθε Πανεπιστημιούπολη έχει υλοποιηθεί όχι ένα μόνο τηλεφωνικό κέντρο, αλλά μια διπλή συστοιχία εξυπηρετητών (Asterisk cluster). Το Asterisk Cluster αυτό (που ανάλογα την διανομή Linux που έχει χρησιμοποιηθεί ονομάζεται Elastix cluster ή Issabel cluster) δουλεύει σε Active-Passive mode, που πρακτικά σημαίνει ότι ένα κέντρο είναι πάντα σε λειτουργία ενώ το δεύτερο είναι σε standby mode.



Εικόνα 31 - UNIWA Asterisk Cluster per Campus

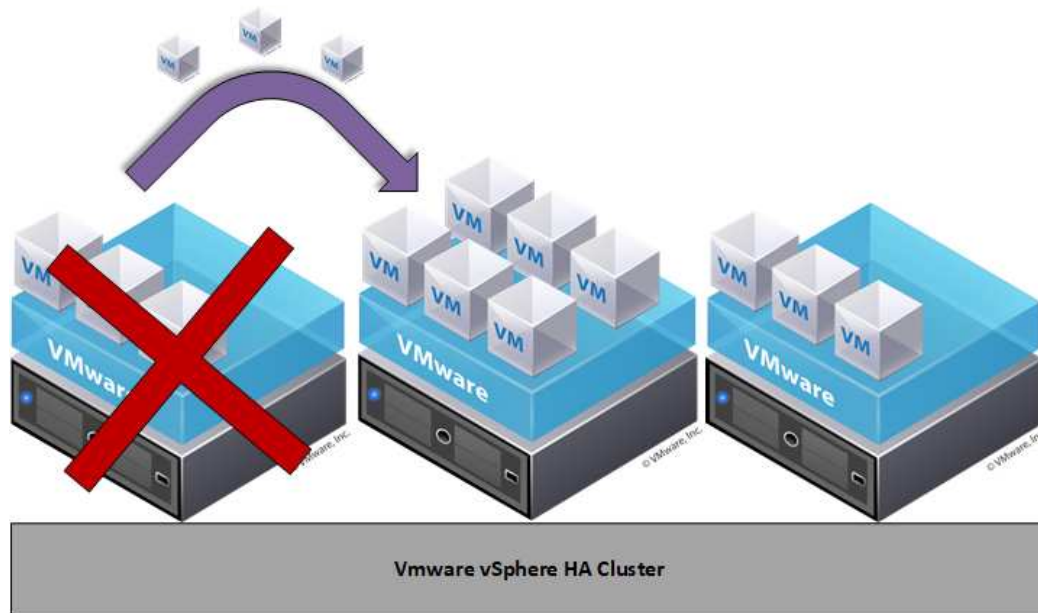
Η υλοποίηση του Asterisk cluster έχει γίνει με χρήση custom μηχανισμών, αφού το ίδιο το λογισμικό Asterisk αλλά και οι επιμέρους διανομές Linux (Elastix/Issabel) δεν παρέχουν κάποιο έτοιμο μηχανισμό clustering. Στην τρέχουσα υλοποίηση έχουν αποφασιστεί και υλοποιηθεί τα παρακάτω:

- Κάθε επιμέρους τηλεφωνικό κέντρο (Elastix/Issabel) είναι ανεξάρτητο το ένα από το άλλο σε επίπεδο hardware και δικτυακών διασυνδέσεων (network).
- Για τον συγχρονισμό του configuration μεταξύ των δύο μελών σε κάθε cluster αξιοποιείται ο μηχανισμός MySQL Replication.
- Για να μπορούν οι SIP τερματικές συσκευές (τηλέφωνα, VoIP gateways) να κάνουν μετάπτωση στο standby κέντρο (σε περίπτωση βλάβης του κύριου), αξιοποιείται ο μηχανισμός της floating IP διεύθυνσης.

2.3.1 Ανεξαρτησία σε επίπεδο hardware & network

Σε σχέση με το (a), για να μπορεί κάθε τηλεφωνικό κέντρο(Elastix/Issabel) να είναι ανεξάρτητο σε επίπεδο hardware & network έχουν γίνει οι παρακάτω επιλογές:

- Το κύριο τηλεφωνικό κέντρο σε κάθε Πανεπιστημιούπολη, το οποίο στην τρέχουσα υλοποίηση είναι φυσικός εξυπηρετητής διαθέτει:
 - δύο τροφοδοτικά που είναι συνδεδεμένα σε διαφορετικές παροχές ρεύματος(UPS).
 - πολλαπλές συνδέσεις δικτύου σε διαφορετικά switches (με χρήση του μηχανισμού Linux NIC Bonding).
- Το standby τηλεφωνικό κέντρο που είναι εικονική μηχανή, φιλοξενείται σε ένα VMware cluster με ενεργοποιημένο το χαρακτηριστικό VMware High Availability (αυτό πρακτικά σημαίνει ότι σε περίπτωση που ο φυσικός εξυπηρετητής στον οποίο τρέχει η εικονική μηχανή παρουσιάσει πρόβλημα, η εικονική μηχανή θα επανεκκινηθεί αυτόματα σε άλλο φυσικό εξυπηρετητή).



Εικόνα 32 - VMware High Availability Cluster

2.3.2 MySQL Replication

Όσο αφορά το (b), για τον συγχρονισμό του configuration μεταξύ των δύο μελών(εξυπηρετητών) σε κάθε cluster έχει υλοποιηθεί ο μηχανισμός MySQL Replication. Ανάλογα την διανομή Linux που έχει χρησιμοποιηθεί σε κάθε Asterisk cluster, αλλά κυρίως λόγω της διαφορετικής έκδοσης του λογισμικού MySQL Database που διαθέτουν, η ενεργοποίηση του Replication μηχανισμού γίνεται με διαφορετικό τρόπο.

2.3.2.1 MySQL Database 5.0.x

Στην περίπτωση της διανομής Elastix 2.x όπου η MySQL Database που χρησιμοποιείται είναι της έκδοσης 5.0.x, τα βήματα που απαιτούνται για την ενεργοποίηση του Replication μηχανισμού μεταξύ του κύριου & standby εξυπηρετητή είναι τα παρακάτω:

1. Ρυθμίζουμε στον κύριο εξυπηρετητή και στο configuration αρχείο της MySQL(/etc/my.cnf) τις παρακάτω παραμέτρους.

```
[mysqld]
server-id=1
log-bin=mysql-bin
binlog-do-db=asterisk
```

Πίνακας 2 - Primary MySQL(5.0.x) cnf file

Επεξηγήσεις:

- Η παράμετρος «server-id» ορίζει μια ταυτότητα για την τρέχουσα MySQL Database και πρέπει να είναι διαφορετική από αυτού του standby εξυπηρετητή.
 - Η παράμετρος «log-bin» ενεργοποιεί τον μηχανισμό Binary logging (που είναι απαραίτητος για το replication).
 - Η παράμετρος «binlog-do-db» καθορίζει την συγκεκριμένη Database για την οποία θα λειτουργεί ο μηχανισμός Binary logging.
2. Δημιουργούμε στην MySQL Database του κύριου εξυπηρετητή έναν χρήστη με replication δικαιώματα(replication rights). Αυτό γίνεται με τις παρακάτω SQL εντολές:

```
mysql> GRANT REPLICATION SLAVE,RELOAD,SUPER,REPLICATION CLIENT ON *.* TO 'repluser'@'slave_ip' IDENTIFIED BY 'pass';

mysql> GRANT SELECT privileges on example1.* to 'repluser'@'slave_ip' IDENTIFIED BY 'pass';
```

Πίνακας 3 - MySQL(5.0.x) Replication User

Επεξηγήσεις:

- Ως slave_ip είναι η IP διεύθυνση του standby εξυπηρετητή.
 - Ως pass ορίζουμε κάποιο κωδικό(password) για τον replication χρήστη.
3. Αν υπάρχει κάποιο τοπικό firewall στον κύριο εξυπηρετητή, φροντίζουμε να επιτρέπονται συνδέσεις στο TCP Port 3306 από τον standby εξυπηρετητή.

```
vi /etc/sysconfig/iptables
-----
-A RH-Firewall-1-INPUT -m state --state NEW -m tcp -p tcp -s slave_ip --dport 3306 -j ACCEPT
-----
/etc/init.d/iptables
```

Πίνακας 4 - MySQL(5.0.x) Firewall

4. Ρυθμίζουμε το αρχείο /etc/my.cnf στον standby εξυπηρετητή:

```
[mysqld]
server-id=2
master-host = master_ip
master-user = repluser
master-password = pass
master-port = 3306
replicate-do-table=asterisk.users
replicate-do-table=asterisk.sip
replicate-do-table=asterisk.devices
```

Πίνακας 5 - Standby MySQL(5.0.x) cnf file

Επεξηγήσεις:

- Η παράμετρος «server-id» ορίζει μια ταυτότητα για την τρέχουσα MySQL Database και πρέπει να είναι διαφορετική από αυτού του κύριου εξυπηρετητή.
- Η παράμετρος «master-host» ορίζει την IP του εξυπηρετητή από τον οποίο θα αντλούνται δεδομένα.
- Οι παράμετροι «master-user» και «master-password» περιέχουν τα στοιχεία σύνδεσης του replication χρήστη που ορίστηκαν παραπάνω.
- Η παράμετρος «master-port» ορίζει το TCP Port στο οποίο ακούει η κύρια MySQL Database.
- Η παράμετρος «replicate-do-table» καθορίζει τους πίνακες της βάσης που θέλουμε να αντιγράφονται στον standby εξυπηρετητή, και μπορεί να πάρει πολλές τιμές (multi-value). Στην συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε επιλέξει να μεταφέρονται οι πίνακες: users, sip & devices που περιέχουν πληροφορίες για τα τηλέφωνα που έχουν φτιαχτεί σε κάθε κέντρο.

5. Το τελευταίο βήμα είναι η ενεργοποίηση του replication στον standby εξυπηρετητή, το οποίο πραγματοποιείται με τις παρακάτω SQL εντολές:

```
mysql> CHANGE MASTER TO MASTER_HOST='master-ip', MASTER_USER='repluser',
MASTER_PASSWORD='pass', MASTER_PORT=3306, MASTER_CONNECT_RETRY=10;

mysql> LOAD DATA FROM MASTER;

mysql> start slave;

mysql> show slave status \G;
```

Πίνακας 6 - Standby MySQL(5.0.x) Replication Initialization

Επεξηγήσεις:

- Η 1^η εντολή ορίζει δυναμικά τις παραμέτρους που καταχωρήσαμε νωρίτερα στο my.cnf αρχείο.
- Η 2^η εντολή «LOAD DATA FROM MASTER» αρχικοποιεί τα δεδομένα στους πίνακες με βάση τις τιμές από τον κύριο εξυπηρετητή.
- Η 3^η εντολή ξεκινάει το replication ενώ η τελευταία εντολή δείχνει την κατάσταση του.

Παρακάτω επισυνάπτεται screenshot από το αποτέλεσμα της εντολής «show slave status \G;» στον standby Elastix εξυπηρετητή του cluster που βρίσκεται στην Πανεπιστημιούπολη 1.

```

mysql> show slave status \G;
***** 1. row *****
      Slave_IO_State: Waiting for master to send event
      Master_Host: ██████████
      Master_User: repluser
      Master_Port: 3306
      Connect_Retry: 60
      Master_Log_File: mysql-bin.000020
      Read_Master_Log_Pos: 426997539
      Relay_Log_File: mysqld-relay-bin.000019
      Relay_Log_Pos: 34240800
      Relay_Master_Log_File: mysql-bin.000020
      Slave_IO_Running: Yes
      Slave_SQL_Running: Yes
      Replicate_Do_DB:
      Replicate_Ignore_DB:
      Replicate_Do_Table: asterisk.sip, asterisk.users, asterisk.devices
      Replicate_Ignore_Table:
      Replicate_Wild_Do_Table:
      Replicate_Wild_Ignore_Table:
      Last_Errno: 0
      Last_Error:
      Skip_Counter: 0
      Exec_Master_Log_Pos: 426997539
      Relay_Log_Space: 34240800
      Until_Condition: None
      Until_Log_File:
      Until_Log_Pos: 0
      Master_SSL_Allowed: No
      Master_SSL_CA_File:
      Master_SSL_CA_Path:
      Master_SSL_Cert:
      Master_SSL_Cipher:
      Master_SSL_Key:
      Seconds_Behind_Master: 0

```

Εικόνα 33 - MySQL(5.0.x) Replication Status

2.3.2.2 MySQL Database 5.5.x

Στην περίπτωση της διανομής Issabel όπου η MySQL Database που χρησιμοποιείται είναι της έκδοσης MariaDB 5.5.x, η διαδικασία για την ενεργοποίηση του Replication μηχανισμού διαφέρει σχετικά. Τα βήματα που απαιτούνται είναι τα παρακάτω:

1. Ρυθμίζουμε στον κύριο εξυπηρετητή και στο configuration αρχείο της MySQL(/etc/my.cnf) τις παρακάτω παραμέτρους.

```

[mysqld]
server-id=1
log-bin
binlog-do-db=asterisk

```

Πίνακας 7 - Primary MySQL(5.5.x) cnf file

Επεξηγήσεις:

- Σε γενικές γραμμές ισχύουν τα ίδια με την mysql 5.0.x
 - Η παράμετρος «log-bin» που ενεργοποιεί τον μηχανισμό Binary logging έχει λίγο διαφορετική σύνταξη.
2. Δημιουργούμε στην MySQL Database του κύριου εξυπηρετητή έναν χρήστη με replication δικαιώματα(replication rights). Αυτό γίνεται με τις παρακάτω SQL εντολές:

```
mysql> CREATE USER 'repluser'@'slave_ip' IDENTIFIED BY 'pass';
mysql> GRANT REPLICATION SLAVE ON *.* TO 'repluser'@'slave_ip';
```

Πίνακας 8 - MySQL(5.50.x) Replication User

Επεξηγήσεις:

- Ως slave_ip είναι η IP διεύθυνση του standby εξυπηρετητή.
 - Ως pass ορίζουμε κάποιο κωδικό(password) για τον replication χρήστη.
3. Αν υπάρχει κάποιο τοπικό firewall στον κύριο εξυπηρετητή, φροντίζουμε να επιτρέπονται συνδέσεις στο TCP Port 3306 από τον standby εξυπηρετητή.

```
vi /etc/sysconfig/iptables
-----
-A RH-Firewall-1-INPUT -m state --state NEW -m tcp -p tcp -s slave_ip --dport 3306 -j ACCEPT
-----
systemctl restart iptables
```

Πίνακας 9 - MySQL(5.5.x) Firewall

4. Ρυθμίζουμε το αρχείο /etc/my.cnf στον standby εξυπηρετητή:

```
[mysqld]
server-id=2
replicate-do-table=asterisk.pinsets
replicate-do-table=asterisk.users
replicate-do-table=asterisk.sip
replicate-do-table=asterisk.devices
replicate-do-table=asterisk.recordings
replicate-do-table=asterisk.ringgroups
replicate-do-table=asterisk.announcement
replicate-do-table=asterisk.miscdests
```

Πίνακας 10 - Standby MySQL(5.5.x) cnf file

- Η παράμετρος «replicate-do-table», όπως έχει ήδη αναφερθεί, καθορίζει τους πίνακες της βάσης που θέλουμε να αντιγράφονται στον standby εξυπηρετητή. Στην συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε επιλέξει να μεταφέρονται οι πίνακες: pinsets, users, sip, devices, recordings, ringgroups, announcement & miscdests που περιέχουν πληροφορίες για τα τηλέφωνα, τα ring groups, τα recordings αλλά και άλλα στοιχεία που έχουν φτιαχτεί σε κάθε κέντρο.
5. Το τελευταίο βήμα είναι η ενεργοποίηση του replication στον standby εξυπηρετητή, το οποίο πραγματοποιείται με τις παρακάτω SQL εντολές:

```
mysql> CHANGE MASTER TO MASTER_HOST='master_ip', MASTER_USER='repluser',
MASTER_PASSWORD='pass', MASTER_LOG_FILE='master1-bin.000001', MASTER_LOG_POS=245;

mysql> start slave;

mysql> show slave status \G;
```

Πίνακας 11 - Standby MySQL(5.5.x) Replication Initialization

Επεξηγήσεις:

- Η 1^η εντολή ορίζει δυναμικά τις παραμέτρους σύνδεσης με τον master εξυπηρετητή. Τις τιμές για τα MASTER_LOG_FILE και MASTER_LOG_POS τις βρίσκουμε τρέχοντας στην MySQL Database του κύριου εξυπηρετητή την εντολή «show master status;»

- Η 2^η εντολή ξεκινάει το replication ενώ η τελευταία εντολή δείχνει την κατάσταση του.
- Παρακάτω επισυνάπτεται screenshot από το αποτέλεσμα της εντολής «show slave status \G;» στον standby issabel εξυπηρετητή του cluster που βρίσκεται στην Πανεπιστημιούπολη 2.

```

MariaDB [(none)]> show slave status\G;
***** 1. row *****
Slave_IO_State: Waiting for master to send event
Master_Host: ██████████
Master_User: repluser
Master_Port: 3306
Connect_Retry: 60
Master_Log_File: master1-bin.000003
Read_Master_Log_Pos: 2513987
Relay_Log_File: mariadb-relay-bin.000013
Relay_Log_Pos: 2451081
Relay_Master_Log_File: master1-bin.000003
Slave_IO_Running: Yes
Slave_SQL_Running: Yes
Replicate_Do_DB:
Replicate_Ignore_DB:
Replicate_Do_Table: asterisk.ringgroups,asterisk.pinsets,asterisk.devices,asterisk.recordings,asterisk.ann
ouncement,asterisk.sip,asterisk.miscodests,asterisk.users
Replicate_Ignore_Table:
Replicate_Wild_Do_Table:
Replicate_Wild_Ignore_Table:
Last_Errno: 0
Last_Error:
Skip_Counter: 0
Exec_Master_Log_Pos: 2513987
Relay_Log_Space: 2451377
Until_Condition: None
Until_Log_File:
Until_Log_Pos: 0
Master_SSL_Allowed: No
Master_SSL_CA_File:
Master_SSL_CA_Path:
Master_SSL_Cert:
Master_SSL_Cipher:
Master_SSL_Key:
Seconds_Behind_Master: 0
Master_SSL_Verify_Server_Cert: No
Last_IO_Errno: 0
Last_IO_Error:
Last_SQL_Errno: 0
Last_SQL_Error:
Replicate_Ignore_Server_Ids:
Master_Server_Id: 1

```

Εικόνα 34 - MySQL(5.5.x) Replication Status

Πλέον, με ενεργοποιημένο το MySQL replication, όποια αλλαγή γίνεται στον κύριο τηλεφωνικό κέντρο(elastix1/issabel1) σε κάθε cluster και αφορά τις ρυθμίσεις των τηλεφώνων, μεταφέρεται και στο standby κέντρο. Μάλιστα, στην περίπτωση του issabel cluster μεταφέρονται επιπλέον ρυθμίσεις που αφορούν ring groups, recordings, κτλ.

2.3.3 Floating IP Address

Όσο αφορά το (c) και την χρήση floating IP διεύθυνσης, ο μηχανισμός που παρέχει την λειτουργία αυτή είναι εντελώς διαφορετικός ανάλογα την έκδοση της διανομής Linux που χρησιμοποιείται. Έτσι, στην περίπτωση του elastix 2.x (το οποίο βασίζεται στο Centos 5.x), ο μηχανισμός που χρησιμοποιείται είναι ο heartbeat 2.1.x [19]. Στις νεότερες διανομές Linux, όπως είναι το Issabel (το οποίο βασίζεται στο Centos 7.x), ο προτεινόμενος μηχανισμός είναι ο keepalived [18].

2.3.3.1 Heartbeat

Τα βήματα που απαιτούνται για την δημιουργία ενός heartbeat cluster είναι τα παρακάτω:

1. Εγκατάσταση του πακέτου heartbeat από το stock centos repository.

```
yum install heartbeat heartbeat-gui
```

Πίνακας 12 - Heartbeat Package Installation

2. Ρύθμιση σε κάθε εξυπηρετητή του αντίστοιχου host αρχείου:

```
vi /etc/hosts
-----
192.x.x.x elastix1.domain elastix1
192.x.x.y elastix2.domain elastix2
-----
```

Πίνακας 13 - Heartbeat Hosts file

3. Ρύθμιση σε κάθε εξυπηρετητή του αρχείου παραμέτρων του heartbeat (/etc/ha.d/ha.cf)

```
vi /etc/ha.d/ha.cf
-----
logfile /var/log/heartbeat
udpport 694
ucast eth0 192.x.x.x
ucast eth0 192.x.x.y
auto_failback on
node elastix1.domain elastix2.domain
deadtime 30
keepalive 2
initdead 80
crm on
-----
```

Πίνακας 14 - Heartbeat ha.cf file

Επεξηγήσεις:

- Η παράμετρος «logfile» ορίζει το αρχείο που θα αποθηκεύονται τα logs της εφαρμογής heartbeat.
 - Η παράμετρος «udpport» ορίζει το UDP Port που θα χρησιμοποιείται για την επικοινωνία.
 - Η παράμετρος «ucast» ορίσει την κάρτα δικτύου και την IP των δύο μελών του heartbeat cluster μέσω το οποίων θα ανταλλάσσεται IP κίνηση.
 - Η παράμετρος «node» ορίζει τα δύο μέλη του heartbeat cluster.
 - Οι παράμετροι «deadtime», «keepalived» & «initdead» είναι διάφοροι timers για την λειτουργία του heartbeat.
4. Ρύθμιση σε κάθε εξυπηρετητή ενός private κλειδιού για την επικοινωνία των δύο heartbeat μελών.

```
vi /etc/ha.d/authkeys
-----
auth 1
1 sha1 sdkljfklhdfksldfhdsk
-----
```

Πίνακας 15 - Heartbeat Private Key

5. Αν υπάρχει κάποιο τοπικό firewall σε κάθε εξυπηρετητή, φροντίζουμε να επιτρέπονται συνδέσεις στο UDP Port 694 από τον απέναντι εξυπηρετητή.

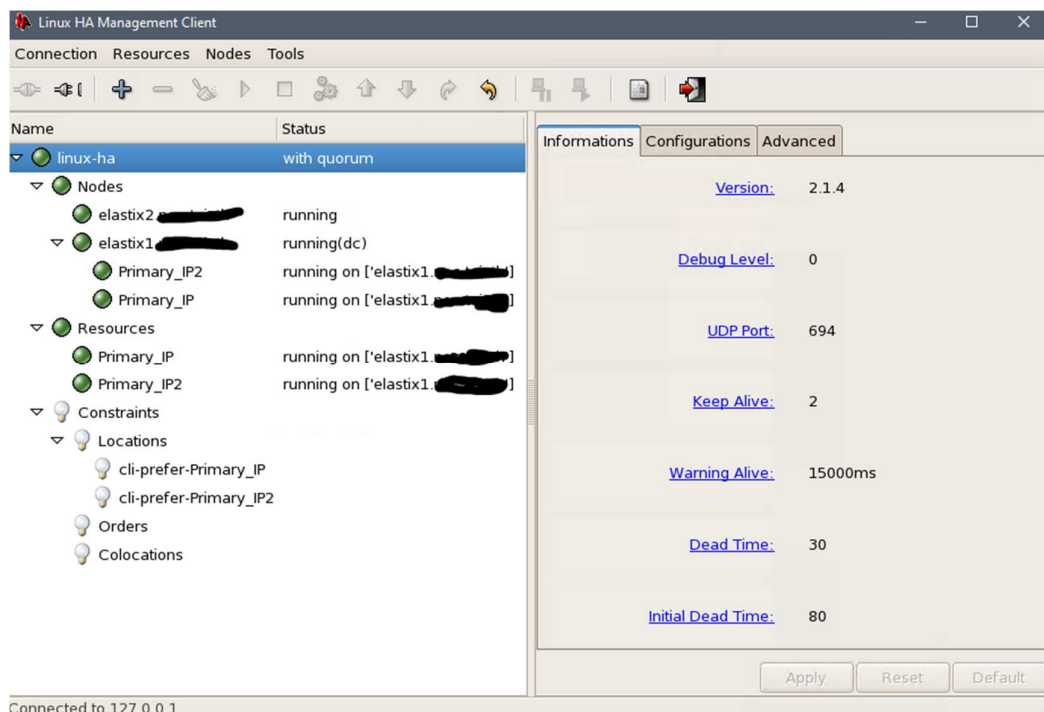
```
vi /etc/sysconfig/iptables
-----
-A RH-Firewall-1-INPUT -m udp -p udp -s slave_ip/master_ip --dport 694 -j ACCEPT
-----
/etc/init.d/iptables
```

Πίνακας 16 - Heartbeat Firewall

6. Εκκινούμε σε κάθε εξυπηρετητή τον heartbeat daemon και εκτελούμε το γραφικό πρόγραμμα hb_gui για την ρύθμιση της floating IP.

```
/etc/init.d/heartbeat
hb_gui
```

Πίνακας 17 - Heartbeat Gui(Start)



Εικόνα 35 - Heartbeat hb_gui program

2.3.3.2 Keepalived

Τα βήματα που απαιτούνται για την δημιουργία ενός keepalived cluster είναι τα παρακάτω:

1. Εγκατάσταση του πακέτου keepalived από το stock centos repository.

```
yum install keepalived
```

Πίνακας 18 - Keepalived Package Installation

2. Δημιουργία ενός script που ελέγχει την λειτουργία του asterisk process:

```
vi /etc/keepalived/ascheck.sh
-----
#!/bin/bash
# Check if asterisk is running, return 1 if not.
```

```

# Used by keepalived to initiate a failover in case asterisk is down

ASTERISK_STATUS=$(/bin/ps ax | grep -v safe | grep -w [a]sterisk)

if [ "$ASTERISK_STATUS" != "" ]
then
  exit 0
else
  logger "asterisk is NOT running. Setting keepalived state to FAULT."
  exit 1
fi
-----

```

Πίνακας 19 - Check Asterisk process script

3. Ρύθμιση, σε κάθε εξυπηρετητή, του αρχείου παραμέτρων του keepalived (/etc/keepalived/keepalived.conf)

```

vi /etc/keepalived/keepalived.conf
-----
! Configuration File for keepalived

global_defs {
  notification_email {
    user@domain.com
  }
  notification_email_from user@domain.com
  smtp_server localhost
  smtp_connect_timeout 30
  router_id clustername
  vrrp_skip_check_adv_addr
}

vrrp_script checkasterisk {
  script "/etc/keepalived/ascheck.sh"
  interval 5
  fall 2
  rise 2
}

vrrp_instance VI_1 {
  state MASTER
  interface bond0.XYZ
  virtual_router_id 50
  garp_master_refresh 60
  priority 101
  unicast_src_ip 192.x.x.1    # My IP
  unicast_peer {
    192.x.x.2                # Peer IP
  }
  advert_int 1
  authentication {
    auth_type PASS
    auth_pass kodikos
  }
  virtual_ipaddress {
    192.x.x.3
  }

  track_script {
    checkasterisk
  }
}
-----

```


Επεξηγήσεις:

- Η παράμετρος «vrrp_script» ορίζει το script που καλείται για την πραγματοποίηση του ελέγχου καλής λειτουργίας ενός μέλους του cluster.
 - Η παράμετρος «interface» ορίζει την κάρτα δικτύου στην οποία ακούει ο keepalived daemon. (Στο παραπάνω παράδειγμα τυχαίνει να είναι Linux Bond interface σε συγκεκριμένο vlan).
 - Η παράμετρος «priority» ορίζει ποιο από τα δύο συστήματα του cluster θα είναι το master σύστημα(επιλέγεται αυτό με την μεγαλύτερη τιμή στο πεδίο αυτό).
 - Η παράμετρος «unicast_src_ip» ορίζει την IP του ίδιου συστήματος.
 - Η παράμετρος «unicast_peer» ορίζει την IP του απέναντι συστήματος.
 - Τα «auth_type» & «auth_pass» ορίζουν το είδος της αυθεντικοποίησης μεταξύ των μελών του cluster.
 - Η παράμετρος «virtual_ipaddress» ορίζει την floating IP του keepalived cluster.
4. Αν υπάρχει κάποιο τοπικό firewall σε κάθε εξυπηρετητή, φροντίζουμε να επιτρέπεται το vrrp πρωτόκολλο.

```
vi /etc/sysconfig/iptables
-----
-A RH-Firewall-1-INPUT -d 224.0.0.0/8 -j ACCEPT
-A RH-Firewall-1-INPUT -p vrrp -j ACCEPT
-----
```

Πίνακας 21 - Keepalived Firewall

5. Ενεργοποιούμε και εκκινούμε σε κάθε εξυπηρετητή τον keepalived daemon.

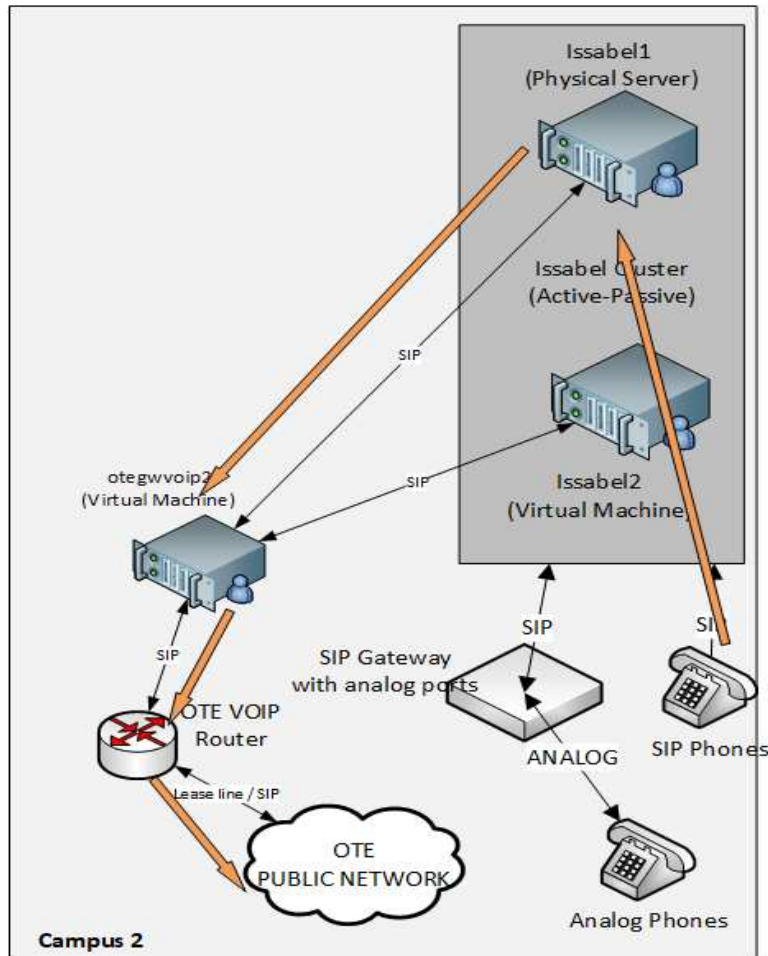
```
systemctl enable keepalived
systemctl start keepalived
```

Πίνακας 22 - Ενεργοποίηση Keepalived

2.4 Call routing

Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά της υπάρχουσας τηλεφωνικής υποδομής είναι η ύπαρξη πολλαπλών διαδρομών μεταξύ των τηλεφωνικών κέντρων, ώστε οι εξερχόμενες τηλεφωνικές κλήσεις (κλήσεις προς ΟΤΕ) να «βγαίνουν» από εναλλακτικές διαδρομές σε περίπτωση βλάβης στα κυκλώματα διασύνδεσης του κάθε κέντρου με τον ΟΤΕ.

Παρακάτω βλέπουμε την διαδρομή που υπό κανονικές συνθήκες ακολουθεί μια εξερχόμενη κλήση προς ΟΤΕ, στο τηλεφωνικό κέντρο της Πανεπιστημιούπολης 2.



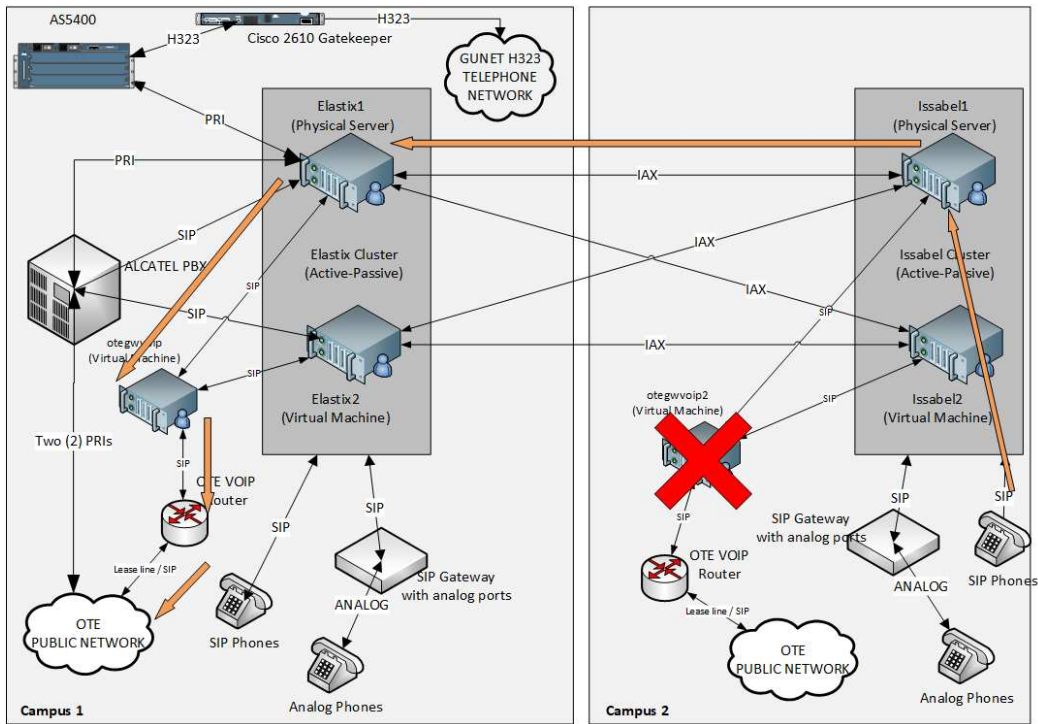
Εικόνα 36 - Campus 2 call routing to OTE

Στο σχήμα αυτό φαίνεται:

- Η εκκίνηση της κλήσης από ένα VoIP τηλέφωνο.
- Η παραλαβή της κλήσης από το κύριο τηλεφωνικό κέντρο (Issabel1).
- Η δρομολόγηση της κλήσης προς το «βοηθητικό» τηλεφωνικό κέντρο (otegwvoip2).
- Η προώθηση της κλήσης προς το router του ΟΤΕ και από εκεί στο υπόλοιπο τηλεφωνικό δίκτυο του ΟΤΕ.

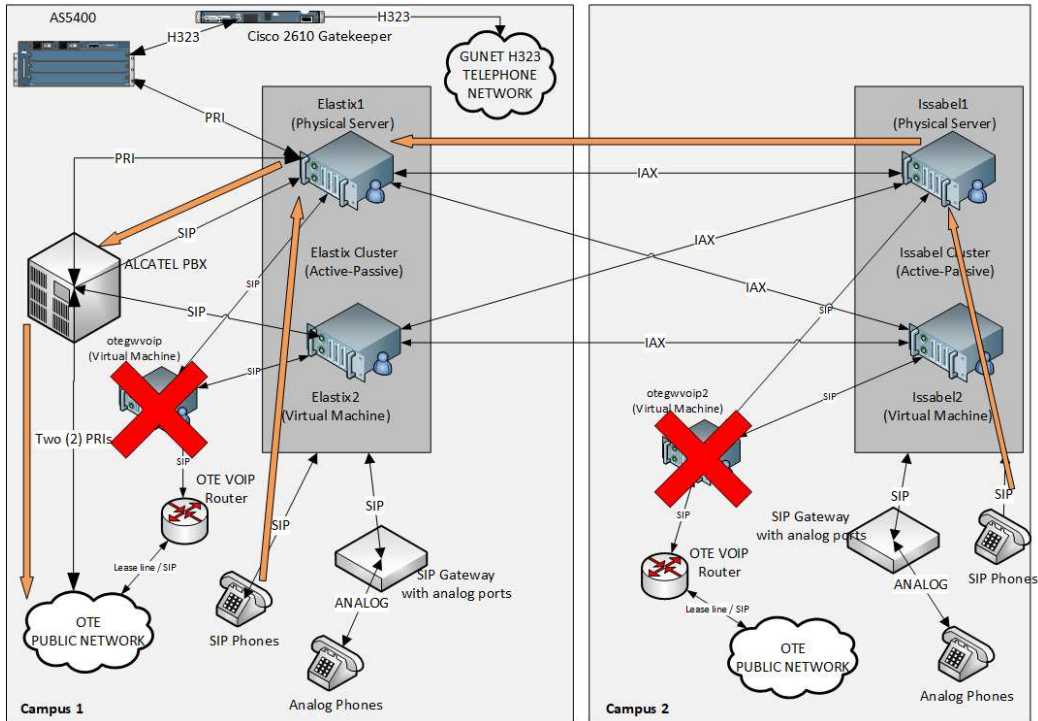
Σε περίπτωση βλάβης του «βοηθητικού» τηλεφωνικού κέντρου (otegwvoip2) της Πανεπιστημιούπολης 2, η κλήση θα δρομολογηθεί προς το ΟΤΕ μέσω του τηλεφωνικού

κέντρου της Πανεπιστημιούπολης 1. Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε την δρομολόγηση της κλήσης σε αυτή την περίπτωση βλάβης.



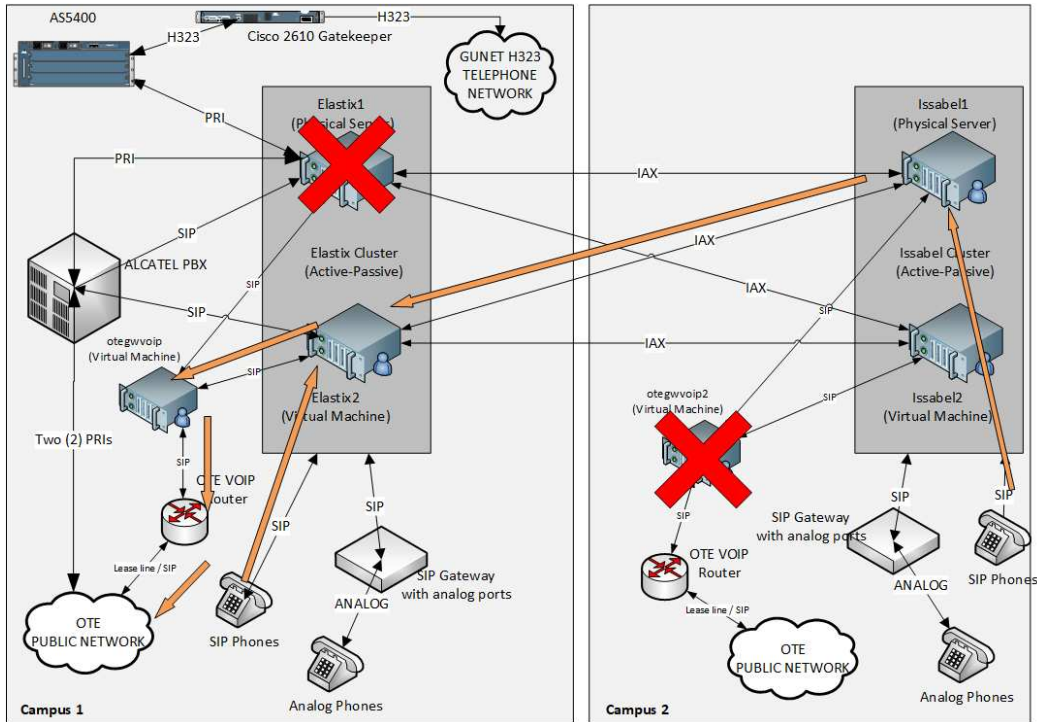
Εικόνα 37 - Campus 2 call routing after failure of OTE GW

Παρακάτω βλέπουμε την δρομολόγηση της κλήσης σε περίπτωση βλάβης του «βοηθητικού» τηλεφωνικού κέντρου (οτεγωννοir1) της Πανεπιστημιούπολης 1, ενώ παράλληλα έχει παρουσιάσει βλάβη και το αντίστοιχο κέντρο (οτεγωννοir2) της Πανεπιστημιούπολης 2. Σε αυτή την περίπτωση η κλήση θα δρομολογηθεί στο παραδοσιακό τηλεφωνικό (Alcatel PBX) και από εκεί μέσω των PRI γραμμών στο δίκτυο του ΟΤΕ.



Εικόνα 38 - Campus 2 call routing after failure of both OTE GWs

Εδώ να σημειωθεί ότι παρόμοια διαδρομή στην δρομολόγηση της κλήσης θα ακολουθηθεί και στην περίπτωση που έχουμε απώλεια του κύριου τηλεφωνικό κέντρου σε κάθε Πανεπιστημιούπολη (Issabel1 / Elastix1), αφού τις ίδιες συνδέσεις και δυνατότητες δρομολόγησης έχουν τα εφεδρικά τηλεφωνικά κέντρα(Issabel2 / Elastix2).



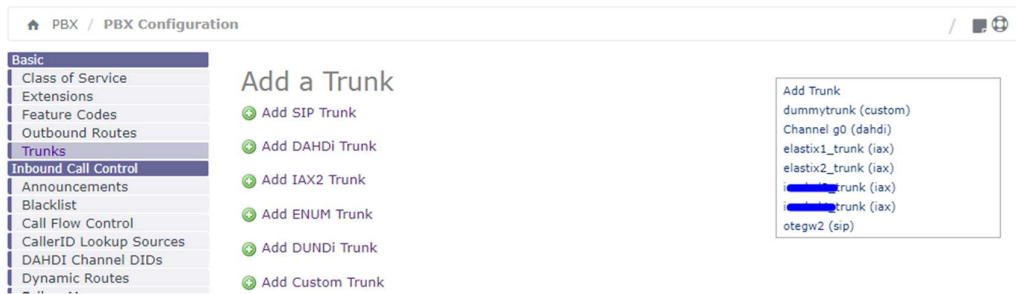
Εικόνα 39 - Campus 2 call routing after failure of elastix1 and OTE GW

Για την υλοποίηση των παραπάνω εναλλακτικών διαδρομών και την δρομολόγηση των κλήσεων έχουν αξιοποιηθεί δύο μηχανισμοί του asterisk.

Ο πρώτος και κύριος μηχανισμός προκύπτει από το γεγονός ότι το asterisk μας δίνει την δυνατότητα για δημιουργία καναλιών (trunks) μεταξύ δύο τηλεφωνικών κέντρων, που υποστηρίζουν κοινά πρωτόκολλα επικοινωνίας. Τα κανάλια αυτά πρακτικά επιτρέπουν απεριόριστο αριθμό ταυτόχρονων τηλεφωνικών κλήσεων πάνω από αυτά.

Για την σύνδεση μεταξύ δύο τηλεφωνικών κέντρων asterisk ο πιο συνηθής τρόπος διασύνδεσης είναι με χρήση IAX2 trunks. Επίσης αρκετά συχνά χρησιμοποιούνται και SIP trunks.

Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε τα υπάρχοντα ενεργά trunks στο τηλεφωνικό κέντρο της Πανεπιστημιούπολης 2(Issabel1).

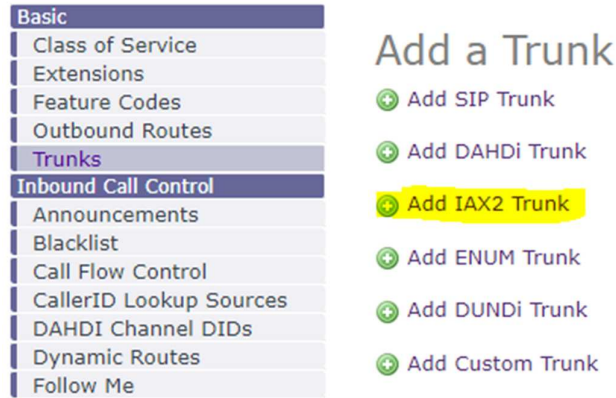


Εικόνα 40 - Issabel1 Trunks

Παρακάτω βλέπουμε τα βήματα και τις ρυθμίσεις που απαιτούνται για την υλοποίηση ενός IAX2 trunk μεταξύ των τηλεφωνικών κέντρων Issabel1 και Elastix1.

A) Δημιουργία του trunk από την μεριά του Issabel1.

1. Στο web περιβάλλον διαχείρισης του Issabel1, επιλέγουμε το μενού «Trunks» και το «Add IAX2 Trunk».



Εικόνα 41 - Issabel Add IAX2 Trunk Βήμα 1

2. Στο νέο παράθυρο που θα εμφανιστεί, στις γενικές ρυθμίσεις δηλώνουμε το όνομα του trunk, όπου συνήθως βάζουμε ένα όνομα που υποδηλώνει το κέντρο με το οποίο θα γίνεται το trunk.

General Settings

Trunk Name [?] :	<input type="text" value="elastix1_trunk"/>
Outbound CallerID [?] :	<input type="text"/>
CID Options [?] :	Allow Any CID <input type="button" value="v"/>
Maximum Channels [?] :	<input type="text"/>
Asterisk Trunk Dial Options [?] :	Tt <input type="checkbox"/> Override
Continue if Busy [?] :	<input type="checkbox"/> Check to always try next trunk
Disable Trunk [?] :	<input type="checkbox"/> Disable

Εικόνα 42 - Issabel Add IAX2 Trunk Βήμα 2

3. Στις εξερχόμενες ρυθμίσεις θα πρέπει να εισάγουμε, επίσης, το όνομα του trunk (φροντίζοντας να βάλουμε το ίδιο όνομα με παραπάνω), την IP διεύθυνση του απέναντι κέντρου καθώς και κάποια στοιχεία σύνδεσης(username/secret). Επίσης είναι σημαντικό να ορίζεται το είδος του απέναντι κέντρου (type=peer).

Outgoing Settings

Trunk Name [?]:

PEER Details [?]:

```
host=[REDACTED]
username=[REDACTED]
secret=[REDACTED]
type=peer
qualify=yes
canreinvite=yes
insecure=very
```

Εικόνα 43 - Issabel Add IAX2 Trunk Βήμα 3

4. Στις εισερχόμενες ρυθμίσεις φροντίζουμε ως USER Context να βάλουμε το username που χρησιμοποιούμε, καθώς και να δηλώσουμε το «context» στο οποίο θα καταλήγουν οι εισερχόμενες κλήσεις. Εδώ να προσθέσουμε ότι τα «contexts» είναι εικονικά τμήματα των εσωτερικών τηλεφώνων ενός asterisk κέντρου. Επιλέγοντας πχ κάποιο από τα υπάρχοντα contexts του asterisk, μπορούμε να καθορίσουμε το τι δυνατότητες δρομολόγησης θα έχει μια εισερχόμενη κλήση.

Incoming Settings

USER Context [?]:

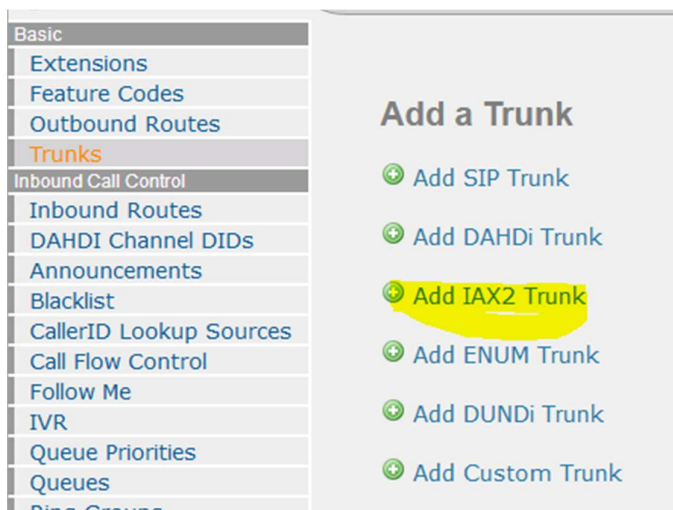
USER Details [?]:

```
secret=[REDACTED]
type=user
context=from-trunk
qualify=yes
canreinvite=yes
host=[REDACTED]
```

Εικόνα 44 - Issabel Add IAX2 Trunk Βήμα 4

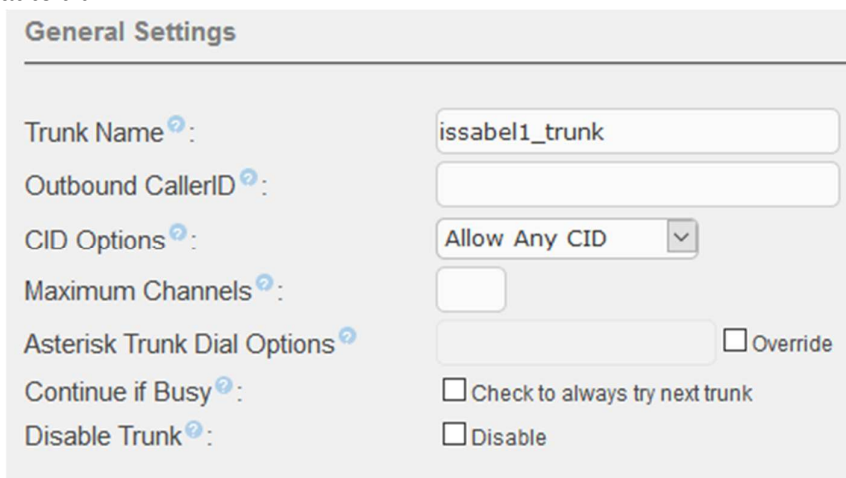
B) Δημιουργία του trunk από την μεριά του Elastix1

1. Στο web περιβάλλον διαχείρισης του Elastix1, επιλέγουμε το μενού «Trunks» και το «Add IAX2 Trunk».



Εικόνα 45 - Elastix Add IAX2 Trunk Βήμα 1

2. Στο νέο παράθυρο που θα εμφανιστεί, στις γενικές ρυθμίσεις δηλώνουμε το όνομα του trunk, όπου συνήθως βάζουμε ένα όνομα που υποδηλώνει το κέντρο με το οποίο θα γίνεται το trunk.

The image shows a screenshot of the 'General Settings' form for adding a trunk. The form has several fields and checkboxes. The 'Trunk Name' field is filled with 'issabel1_trunk'. The 'Outbound CallerID' field is empty. The 'CID Options' dropdown is set to 'Allow Any CID'. The 'Maximum Channels' field is empty. The 'Asterisk Trunk Dial Options' field is empty with an 'Override' checkbox. The 'Continue if Busy' checkbox is unchecked, with the text 'Check to always try next trunk' next to it. The 'Disable Trunk' checkbox is unchecked, with the text 'Disable' next to it.

Εικόνα 46 - Elastix Add IAX2 Trunk Βήμα 2

3. Στις εξερχόμενες ρυθμίσεις θα πρέπει να εισάγουμε, επίσης, το όνομα του trunk (φροντίζοντας να βάλουμε το ίδιο όνομα με παραπάνω), την IP διεύθυνση του απέναντι κέντρου καθώς και τα ίδια στοιχεία σύνδεσης(username/secret) που δηλώσαμε στο απέναντι κέντρο. Επίσης είναι σημαντικό να ορίζεται το είδος του απέναντι κέντρου (type=peer).

Outgoing Settings

Trunk Name [?]:

PEER Details [?]:

```

host=1[REDACTED]
username=1[REDACTED]
secret=1[REDACTED]
type=peer
qualify=yes
canreinvite=yes
insecure=very

```

Εικόνα 47 - Elastix Add IAX2 Trunk Βήμα 3

4. Στις εισερχόμενες ρυθμίσεις φροντίζουμε ως USER Context να βάλουμε το username που χρησιμοποιούμε, καθώς και να δηλώσουμε το «context» στο οποίο θα καταλήγουν οι εισερχόμενες κλήσεις.

Incoming Settings

USER Context [?]:

USER Details [?]:

```

secret=1[REDACTED]
type=user
qualify=yes
canreinvite=yes
host=1[REDACTED]
context=from-internal

```

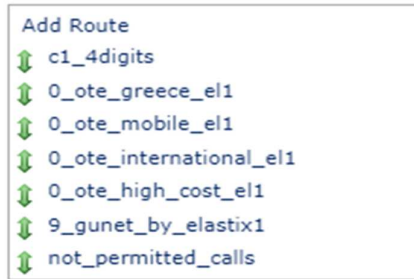
Εικόνα 48 - Elastix Add IAX2 Trunk Βήμα 4

Αν και δεν αναφέρθηκε εξαρχής, σημειώνεται ότι θα πρέπει να έχουμε φροντίσει τα δύο κέντρα να έχουν IP connectivity μεταξύ τους, ενώ τυχόν ενδιάμεσα firewall να επιτρέπουν την επικοινωνία στο UDP Port 4569.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, για την υλοποίηση των εναλλακτικών διαδρομών και την δρομολόγηση των κλήσεων έχουν αξιοποιηθεί δύο μηχανισμοί του asterisk. Ο πρώτος μηχανισμός, τα trunks, μας παρέχει την διαδρομές. Ο δεύτερος μηχανισμός, ο οποίος μας παρέχει την δυνατότητα δρομολόγησης των κλήσεων πάνω από τις υπάρχουσες διαδρομές (trunks), είναι ο μηχανισμός των «OutBound Routes».

Ο μηχανισμός των «OutBound Routes είναι αυτός που σε ένα asterisk τηλεφωνικό κέντρο καθορίζει την δρομολόγηση των εξωτερικών κλήσεων. Κάτι σαν τον πίνακα δρομολόγησης σε έναν δικτυακό router.

Στο τηλεφωνικό κέντρο Issabel1 έχουν φτιαχτεί μια σειρά από routes με βάση της κατηγορίες κλήσεων (πχ ένα route για τις αστικές κλήσεις, ένα για κινητά, για διεθνείς κλήσεις, κτλ).

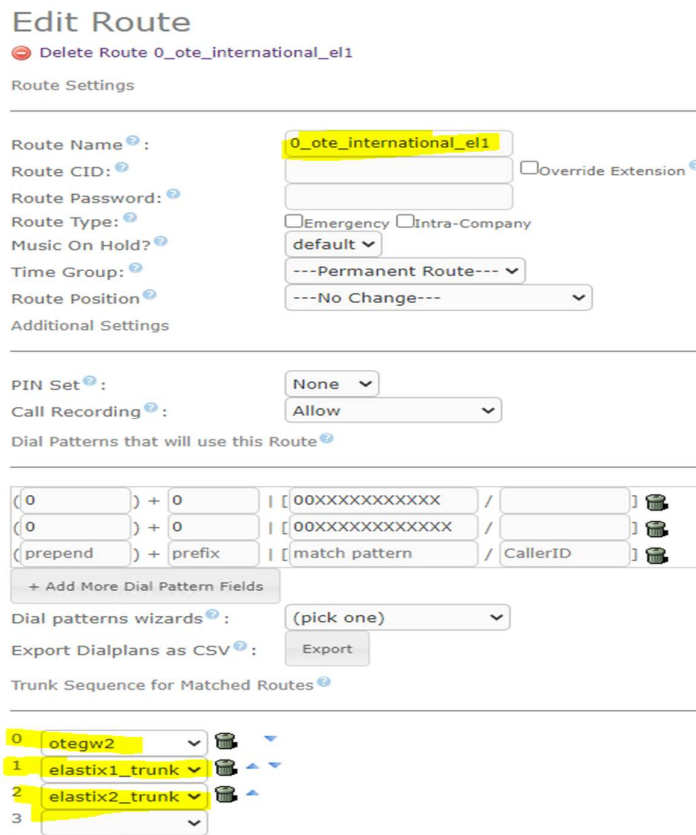


Εικόνα 49 - Issabel OutBound Routes

Σε κάθε ένα από αυτά τα routes και ανάλογα το που θέλουμε να προωθούνται οι κλήσεις, έχουν προστεθεί σε σειρά προτεραιότητας τα κατάλληλα trunks. Σε όλα τα routes λοιπόν που αφορούν κλήσεις προς ΟΤΕ, έχουν επιλεγεί:

1. Πρώτο το trunk προς το otegw2 κέντρο.
2. Έπειτα το trunk προς το Elastix1 κέντρο.
3. Τελευταίο το trunk προς το Elastix2 κέντρο.

Στην παρακάτω φωτογραφία φαίνονται οι ρυθμίσεις και το route που αφορούν τις διεθνείς κλήσεις. Με αυτό τον τρόπο όταν πχ το 1^ο trunk παρουσιάζει βλάβη, η κλήση θα προσπαθήσει να βγει από το επόμενο trunk. Αν αποτύχει και αυτό, θα γίνει νέα προσπάθεια από το 3^ο.



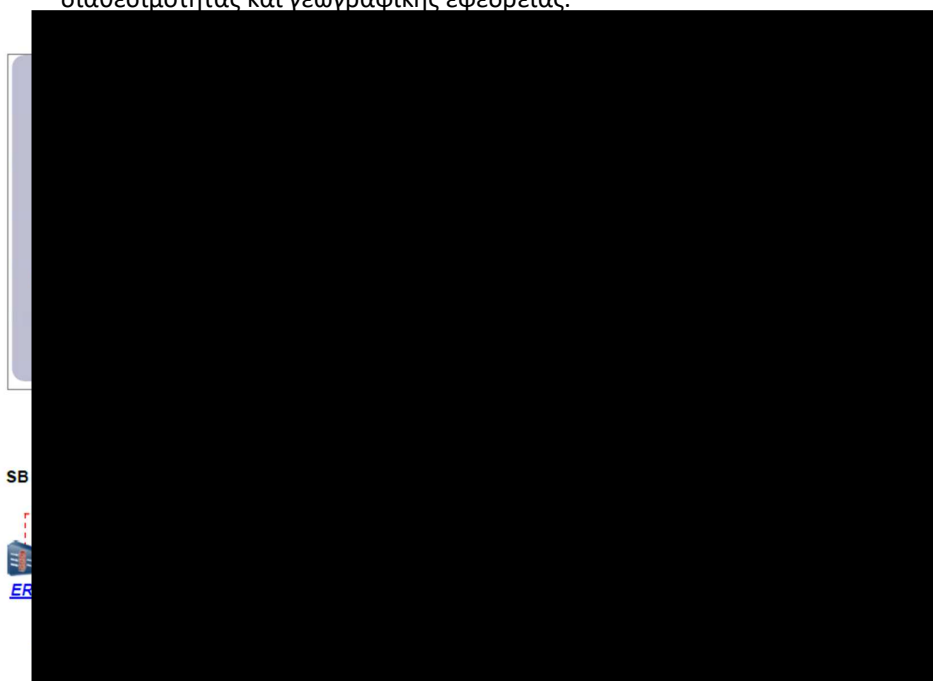
Εικόνα 50 - Issabel International Route

2.5 Υπηρεσία Cosmote Business Flexible Voice

Το Πανεπιστήμιο έχει επιλέξει για την διασύνδεση των VoIP τηλεφωνικών κέντρων του με τον ΟΤΕ την υπηρεσία Cosmote Business Flexible Voice [11]. Μέσω της υπηρεσίας αυτής, ο ΟΤΕ διασυνδέει του εταιρικούς πελάτες του με το δίκτυο του, κάνοντας χρήση τεχνολογιών VoIP.

Ο ΟΤΕ έχει υλοποιήσει ένα εθνικό δίκτυο επόμενης γενιάς NGN αρχιτεκτονικής IMS (IP Multimedia Subsystem), που τα επόμενα χρόνια θα αντικαταστήσει το δημόσιο δίκτυο PSTN τηλεφωνίας και το οποίο είναι σχεδιασμένο να παρέχει αδιάλειπτες υπηρεσίες σε επίπεδο διαθεσιμότητας 99,999%. Η τοπολογία του IMS δικτύου του ΟΤΕ περιλαμβάνει:

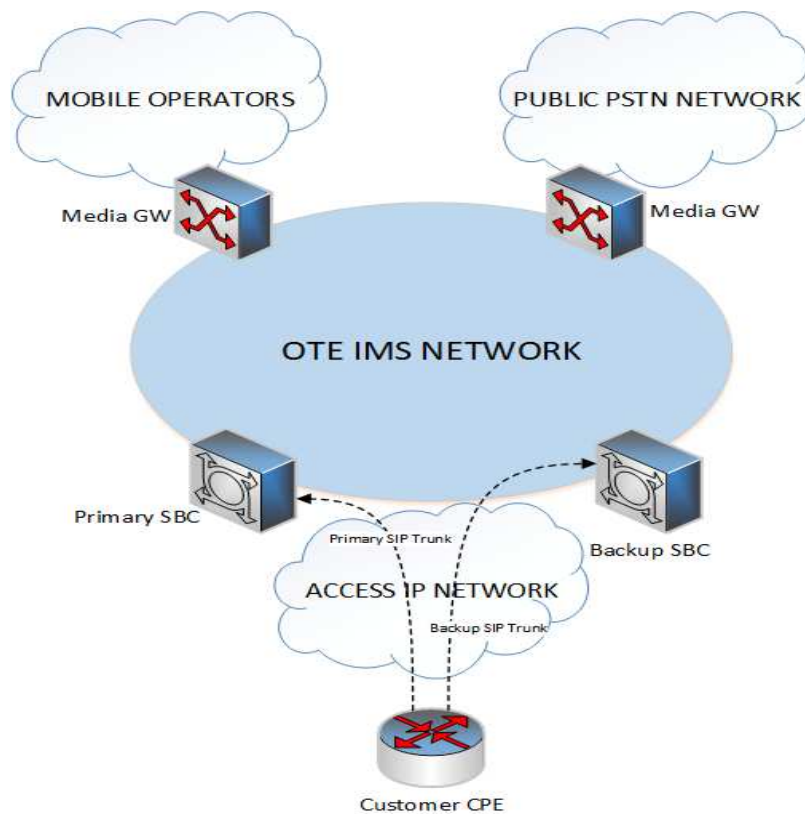
- Δύο ισοδύναμους κόμβους IMS Core σε Αθήνας(Δ. Μέγαρο) και Θεσσαλονίκη(Ερμού) με δυνατότητα εξυπηρέτησης του συνόλου της τηλεφωνικής κίνησης.
- Υψηλή διαθεσιμότητα και γεωγραφική εφεδρεία μεταξύ όλων των στοιχείων IMS Core στους κόμβους Δ. Μεγάρου και Ερμού.
- 15 SBC (Session Border Controllers) σε διαφορετικούς κόμβους του IP Core δικτύου για την διασύνδεση των άκρων των πελατών .
- 14 Media GWs για την διασύνδεση του IMS με το PSTN δίκτυο με υλοποίηση υψηλής διαθεσιμότητας και γεωγραφικής εφεδρείας.



Εικόνα 51 - Τοπολογία ΟΤΕ IMS Network

Η διασύνδεση των εταιρικών πελατών στο IMS δίκτυο του ΟΤΕ και συγκεκριμένα στους SBC (Session Border Controllers) γίνεται μέσω του πρωτοκόλλου SIP. Μάλιστα, για λόγους υψηλής διαθεσιμότητας, το SIP Registration γίνεται δυναμικά χρησιμοποιώντας τον μηχανισμό DNS SRV. Έτσι, σε περίπτωση βλάβης σε έναν κόμβο SBC του ΟΤΕ, η τηλεφωνική κίνηση θα δρομολογηθεί αυτόματα σε standby SBC.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η γενικότερη αρχιτεκτονική της υπηρεσίας αυτής του ΟΤΕ.



Εικόνα 52 - Αρχιτεκτονική OTE IMS Network

Όσο αφορά τα άκρα των πελατών του, ο ΟΤΕ παρέχει μια voice gateway συσκευή η οποία διασυνδέει το δίκτυο των πελατών του με το IMS δίκτυο του ΟΤΕ. Αν ο πελάτης του δεν διαθέτει σύγχρονο τηλεφωνικό κέντρο (με υποστήριξη SIP), τότε η voice gateway συσκευή υλοποιεί η ίδια το SIP registration με το IMS δίκτυο και από την άλλη μεριά, μέσω ενός ή περισσότερων φυσικών interface τύπου PRI, παρέχεται η υπηρεσία της τηλεφωνίας στον πελάτη του.

Αν τώρα ο πελάτης του διαθέτει σύγχρονο τηλεφωνικό κέντρο που υποστηρίζει το πρωτόκολλο SIP, όπως στην περίπτωση του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, τότε το SIP Registration γίνεται από το τηλεφωνικό κέντρο του πελάτη του.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι, με την παραπάνω μέθοδο παροχής της υπηρεσίας, ο εκάστοτε πελάτης του ΟΤΕ μπορεί και καθορίζει εύκολα και γρήγορα τον ακριβή αριθμό των τηλεφωνικών γραμμών που χρειάζεται. Για παράδειγμα, αν κάποια στιγμή διαπιστωθεί ότι τα **XX** κανάλια που έχουν επιλεγεί στην διασύνδεση της Πανεπιστημιούπολης 2 δεν επαρκούν για τις ανάγκες της Πανεπιστημιούπολης, υπάρχει η δυνατότητα με ένα απλό αίτημα στο ΟΤΕ και χωρίς την ανάγκη προμήθειας και εγκατάστασης επιπλέον hardware, της αύξησής τους (πχ στα 40, 50, 60, κτλ κανάλια). Παλαιότερα, για μια αντίστοιχη αύξηση γραμμών θα έπρεπε, αν δεν υπήρχε διαθέσιμη γραμμή χαλκού, ο ΟΤΕ να κατασκευάσει νέα μέχρι την Πανεπιστημιούπολη και το ίδιο το ίδρυμα α) να διαμορφώσει την εσωτερική καλωδίωση από το σημείο που καταλήγουν οι γραμμές του ΟΤΕ μέχρι το τηλεφωνικό κέντρο, καθώς και β) να προμηθευτεί κατάλληλη PRI κάρτα για το τηλεφωνικό κέντρο (αν αυτό είχε την δυνατότητα να δεχθεί επιπλέον αντίστοιχη κάρτα).

Όπως φαίνεται από το σχεδιάγραμμα της τηλεφωνικής υποδομής του Πανεπιστημίου και στις δυο Πανεπιστημιούπολεις (1 και 2), η SIP διασύνδεση με το δίκτυο του ΟΤΕ δεν πραγματοποιείται από τα κύρια τηλεφωνικά κέντρα (πχ Issabel1, Elastix1, κτλ), αλλά από ξεχωριστά «βοηθητικά» τηλεφωνικά κέντρα asterisk. Έτσι στην πανεπιστημιούπολη 1 έχουμε το κέντρο «otegwnoip» και στην πανεπιστημιούπολη 2 το κέντρο «otegwnoip2».

Η επιλογή αυτή έγινε για δύο λόγους:

1. Πρώτον για λόγους ασφαλείας, αφού με αυτό τρόπο τα κύρια κέντρα (Issabel/Elastix) δεν είναι απευθείας προσβάσιμα από το δίκτυο του ΟΤΕ. Θεωρητικά το δίκτυο του ΟΤΕ υποτίθεται ότι είναι ένα ασφαλές δίκτυο, αυτό όμως δεν σημαίνει ότι και οι τελικοί χρήστες δεν πρέπει να λαμβάνουν τα δικά τους μέτρα ασφαλείας.
2. Ο δεύτερος και σημαντικότερος λόγος έχει να κάνει με το γεγονός ότι για την διασύνδεση ενός κέντρου με το δίκτυο του ΟΤΕ, απαιτείται από τον πελάτη του να ορίσει στο τηλεφωνικό του κέντρο τα IP στοιχεία διασύνδεσης(IP/Netmask/Gateway) και τους DNS Servers του ΟΤΕ. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το κέντρο του πελάτη του ΟΤΕ να περιορίζεται όσο αφορά τις IP διασυνδέσεις που μπορεί να επιθυμεί με άλλα δίκτυα. Με την χρήση λοιπόν ενός ενδιάμεσου «βοηθητικού» κέντρου το πρόβλημα αυτό ξεπερνιέται.

Να προστεθεί επίσης ότι τα δυο «βοηθητικά» τηλεφωνικά κέντρα «otegwnoip» και «otegwnoip2», δεδομένου ότι:

- a. έχουν χαμηλές ανάγκες σε υπολογιστικούς πόρους,
- b. πρέπει να διαθέτουν χαρακτηριστικά υψηλής διαθεσιμότητας

έχουν υλοποιηθεί ως εικονικές μηχανικές και φιλοξενούνται στο VMware cluster κάθε Πανεπιστημιούπολης, με ενεργοποιημένο το χαρακτηριστικό VMware High Availability (αυτό πρακτικά σημαίνει ότι, σε περίπτωση που ο φυσικός εξυπηρετητής στον οποίο τρέχει η εικονική μηχανή παρουσιάσει πρόβλημα, η εικονική μηχανή θα επανεκκινήθει αυτόματα σε άλλο φυσικό εξυπηρετητή).

Όσο αφορά το κομμάτι της διασύνδεσης κάθε βοηθητικού κέντρου έχουν υλοποιηθεί:

- a. πολλαπλά SIP Trunks με τους SBC του ΟΤΕ και
- b. ένα SIP Trunk με το κύριο & backup κέντρο κάθε Πανεπιστημιούπολης.

Κύριο χαρακτηριστικό της διασύνδεσης με τον ΟΤΕ, είναι ότι χωρίζει τα τηλεφωνικά νούμερα του κάθε φορέα/πελάτη σε 100στάδες και υλοποιείται ξεχωριστό SIP registration για κάθε 100 νούμερα. Για παράδειγμα στο «otegwnoip» κέντρο της Πανεπιστημιούπολης 1, όπου τα τηλέφωνα είναι από το 21053XXXXX έως το 21053XXXXXX, έχουν δημιουργήσει 6 SIP Trunks με τον ΟΤΕ.

Στην παρακάτω φωτογραφία, φαίνονται στα δεξιά τα 6 SIP Trunks με τον ΟΤΕ και επίσης τα δύο SIP trunks για την εσωτερική διασύνδεση με τα κέντρα Elastix1 & Elastix2.



Εικόνα 53 - Campus 1 OTE GW Sip Trunks

Στις παρακάτω φωτογραφίες φαίνονται αναλυτικά και οι ρυθμίσεις που απαιτούνται σε ένα από τα SIP Trunk για την διασύνδεση με το δίκτυο του OTE.

1. Αρχικά έχουμε ορίσει στις γενικές ρυθμίσεις ένα όνομα για το Trunk (πχ otecall7200 μιας και αφορά τα νούμερα XXXX ως YYYY). Προαιρετικά μπορούμε να δηλώσουμε και μέγιστο αριθμό καναλιών που θα υποστηρίζει το Trunk μας.

General Settings

Trunk Name [?] :	<input type="text" value="otecall7200"/>
Outbound CallerID [?] :	<input type="text"/>
CID Options [?] :	Allow Any CID <input type="button" value="v"/>
Maximum Channels [?] :	<input type="text" value="60"/>
Asterisk Trunk Dial Options [?] :	<input type="text"/> <input type="checkbox"/> Override
Continue if Busy [?] :	<input type="checkbox"/> Check to always try next trunk
Disable Trunk [?] :	<input type="checkbox"/> Disable

Εικόνα 54 - OTE Sip Trunk Options 1

2. Έπειτά, στις εξερχόμενες ρυθμίσεις ορίζουμε ένα όνομα για το Trunk (διαφορετικό με παραπάνω, πχ otecall7200_out) και καταχωρούμε τις ρυθμίσεις που μας έχει δώσει ο OTE. Είναι σημαντικό σε αυτές τις ρυθμίσεις, πέρα του username/password να δηλώσουμε σωστά το codec που θα χρησιμοποιείται(πχ alaw) και το dtmfmode (ώστε να δουλεύουν σωστά οι διεπιλογες/DTMF όταν καλούμε IVR συστήματα).

Trunk Name [?] : otecall7200_out

PEER Details [?] :

```

host=ims.otenet.gr
username=+302105387200@ims.otenet.gr
secret=
realm=ims.otenet.gr
type=peer
qualify=yes
fromdomain=ims.otenet.gr
nat=no
disallow=all
allow=alaw
dtmfmode=inband

```

Εικόνα 55 - OTE Sip Trunk Options 2

3. Ανάλογα ρυθμίζουμε και τις εισερχόμενες ρυθμίσεις. Και εδώ είναι σημαντικό να ρυθμίσουμε το dtmfmode, διαφορετικά δεν θα μπορούν οι εξωτερικοί χρήστες να χρησιμοποιήσουν το IVR του κέντρου μας.

USER Context [?] : otecall7200_in

USER Details [?] :

```

username=+302105387200@ims.otenet.gr
secret=
realm=ims.otenet.gr
type=peer
qualify=yes
insecure=very
fromdomain=ims.otenet.gr
nat=no
host=ims.otenet.gr
dtmfmode=inband

```

Εικόνα 56 - OTE Sip Trunk Options 3

4. Τελευταίο σημείο που θέλει ρύθμιση είναι το registration των εισερχόμενων κλήσεων που έχει μια αρκετά «περίεργη» και μακροσκελή μορφή.

Registration

Register String [?] :

+302105387200@ims.otenet.gr: +302105387200@ims.otenet.gr@ims.otenet.gr:5060/+30210

Εικόνα 57 - OTE Sip Trunk Options 4

Τέλος όσον αφορά την δρομολόγηση των κλήσεων στα δύο βοηθητικά κέντρα «otegwnoir» και «otegwnoir2», η υλοποίηση είναι αρκετά απλή. Στα «outBound Routes» κάθε κέντρου υπάρχουν δύο routes:

1. Το 1^ο Route που ονομάζεται «callote», είναι απλό στην υλοποίηση του και προωθεί όλες τις κλήσεις προς τα SIP Trunks με το OTE.
2. Το 2^ο Route που ονομάζεται «calltei», στον «otegwnoir» προωθεί τις κλήσεις για τα νούμερα 21053XXXXX έως 2105XXXXX προς τα κέντρα Elastix1/Elastix2. Αντίστοιχα

το 2^ο Route στον «otegwvoip2» προωθεί τις κλήσεις για τα νούμερα 21053XXXXX έως 21053XXXXX προς τα κέντρα Issabel1/Issabel2.

Στις παρακάτω φωτογραφίες βλέπουμε το 2^ο Route στους «otegwvoip» & «otegwvoip2».

<p>Route Name [?] : calltei</p> <p>Route CID: [?] <input type="text"/></p> <p>Route Password: [?] <input type="text"/></p> <p>Route Type: [?] <input type="checkbox"/>Emergency</p> <p>Music On Hold?: [?] default</p> <p>Time Group: [?] ---Perm</p> <p>Route Position [?] ---No C</p> <p>Additional Settings</p> <hr/> <p>PIN Set [?] : None ^v</p> <p>Call Recording [?] : Allow</p> <p>Dial Patterns that will use this Route [?]</p> <hr/> <table border="1"> <tr><td>(<input type="text"/>) + <input type="text"/> [7XXX</td></tr> <tr><td>(<input type="text"/>) + +3021053 [7XXX</td></tr> <tr><td>(<input type="text"/>) + 210538 [7XXX</td></tr> <tr><td>(prepend) + prefix [match p</td></tr> </table> <p>+ Add More Dial Pattern Fields</p> <p>Dial patterns wizards [?] : (pick or</p> <p>Export Dialplans as CSV [?] : Export</p> <p>Trunk Sequence for Matched Routes [?]</p> <hr/> <table border="0"> <tr><td>0</td><td><input type="text" value="otegwelastix"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>1</td><td><input type="text" value="otegwelastix2"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>2</td><td><input type="text"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table> <p>«otegwvoip»</p>	(<input type="text"/>) + <input type="text"/> [7XXX	(<input type="text"/>) + +3021053 [7XXX	(<input type="text"/>) + 210538 [7XXX	(prepend) + prefix [match p	0	<input type="text" value="otegwelastix"/>	<input type="checkbox"/>	1	<input type="text" value="otegwelastix2"/>	<input type="checkbox"/>	2	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<p>Route Name [?] : calltei</p> <p>Route CID: [?] <input type="text"/></p> <p>Route Password: [?] <input type="text"/></p> <p>Route Type: [?] <input type="checkbox"/>Emergency</p> <p>Music On Hold?: [?] default ^v</p> <p>Time Group: [?] ---Permanen</p> <p>Route Position [?] ---No Chang</p> <p>Additional Settings</p> <hr/> <p>PIN Set [?] : None ^v</p> <p>Call Recording [?] : Allow</p> <p>Dial Patterns that will use this Route [?]</p> <hr/> <table border="1"> <tr><td>(<input type="text"/>) + <input type="text"/> [1XXX</td></tr> <tr><td>(<input type="text"/>) + +3021053 [1XXX</td></tr> <tr><td>(<input type="text"/>) + 210538 [1XXX</td></tr> <tr><td>(prepend) + prefix [match patter</td></tr> </table> <p>+ Add More Dial Pattern Fields</p> <p>Dial patterns wizards [?] : (pick one)</p> <p>Export Dialplans as CSV [?] : Export</p> <p>Trunk Sequence for Matched Routes [?]</p> <hr/> <table border="0"> <tr><td>0</td><td><input type="text" value="otegwissabel1"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>1</td><td><input type="text" value="otegwissabel2"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>2</td><td><input type="text"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table> <p>«otegwvoip2»</p>	(<input type="text"/>) + <input type="text"/> [1XXX	(<input type="text"/>) + +3021053 [1XXX	(<input type="text"/>) + 210538 [1XXX	(prepend) + prefix [match patter	0	<input type="text" value="otegwissabel1"/>	<input type="checkbox"/>	1	<input type="text" value="otegwissabel2"/>	<input type="checkbox"/>	2	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
(<input type="text"/>) + <input type="text"/> [7XXX																											
(<input type="text"/>) + +3021053 [7XXX																											
(<input type="text"/>) + 210538 [7XXX																											
(prepend) + prefix [match p																											
0	<input type="text" value="otegwelastix"/>	<input type="checkbox"/>																									
1	<input type="text" value="otegwelastix2"/>	<input type="checkbox"/>																									
2	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>																									
(<input type="text"/>) + <input type="text"/> [1XXX																											
(<input type="text"/>) + +3021053 [1XXX																											
(<input type="text"/>) + 210538 [1XXX																											
(prepend) + prefix [match patter																											
0	<input type="text" value="otegwissabel1"/>	<input type="checkbox"/>																									
1	<input type="text" value="otegwissabel2"/>	<input type="checkbox"/>																									
2	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>																									

Εικόνα 58 - OTE GW Routing

2.6 Gunet

2.6.1 Γενικά

Το Ακαδημαϊκό Διαδίκτυο (Gunet) [12] αποτελεί εδώ και πολλά χρόνια έναν οργανισμό με μέλη όλα τα ακαδημαϊκά ιδρύματα της χώρας. Είναι ένα δίκτυο συνεργασίας όλων των ΑΕΙ της Ελλάδας, προκείμενου να καταγράφονται οι κοινές ανάγκες, να σχεδιάζονται και να υλοποιούνται από κοινού τεχνικές λύσεις, ώστε να προκύπτει οικονομία κλίμακας αλλά και να γίνεται διάχυση τεχνογνωσίας.

Το Ακαδημαϊκό Διαδίκτυο (Gunet) διαθέτει στα μέλη του, αλλά και στο ευρύ κοινό μια πλειάδα από ηλεκτρονικές υπηρεσίες. Μερικές από τις πιο σημαντικές υπηρεσίες είναι οι παρακάτω:

Υπηρεσίες προ κοινό

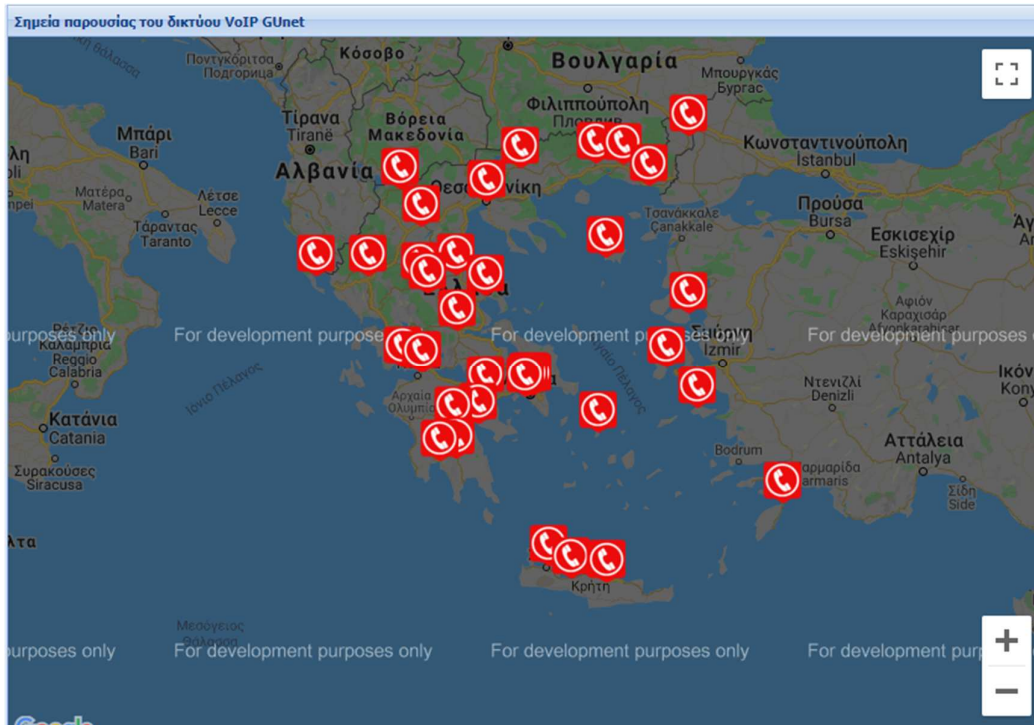
- Πύλη Αναζήτησης Ανοικτών Μαθημάτων
- Ελεύθερη φιλοξενία Μαθημάτων
- Ανοικτά Μαθήματα της Gunet, κτλ

Υπηρεσίες προς ιδρύματα & ακαδημαϊκούς χρήστες

- Τηλεδιάσκεψη με Webconf/BBB
- Φιλοξενία Μαθημάτων Gunet eClass
- Σύστημα Διαχείρισης Ηλεκτρονικών Ταυτοτήτων(IDM)
- Καταχωρητής Domain .gr
- Υπηρεσίες Αποστολής και Λήξης Σύντομων Μηνυμάτων(SMS)
- Αρχή Πιστοποίησης των Ακαδημαϊκών ιδρυμάτων - HARICA
- Τηλεφωνία μέσω Διαδικτύου – VoIP, κτλ

Μια από τις πιο σημαντικές αλλά και παλιές υπηρεσίες της Gunet προς τα μέλη της είναι η υπηρεσία της τηλεφωνίας μέσω του Διαδικτύου(VoIP). Το Gunet από το μακρινό 2003 έχει υλοποιήσει ένα πανελλαδικό δίκτυο VoIP τηλεφωνίας, διασυνδέοντας τα περισσότερα ιδρύματα της χώρας και επιτρέποντας την τηλεφωνική επικοινωνία μεταξύ τους με μηδενικό κόστος.

Στην παρακάτω φωτογραφία(η οποία προέρχεται από την ιστοσελίδα της υπηρεσίας – voip.gunet.gr) απεικονίζονται τα σημεία παρουσίας του VoIP δικτύου της Gunet.



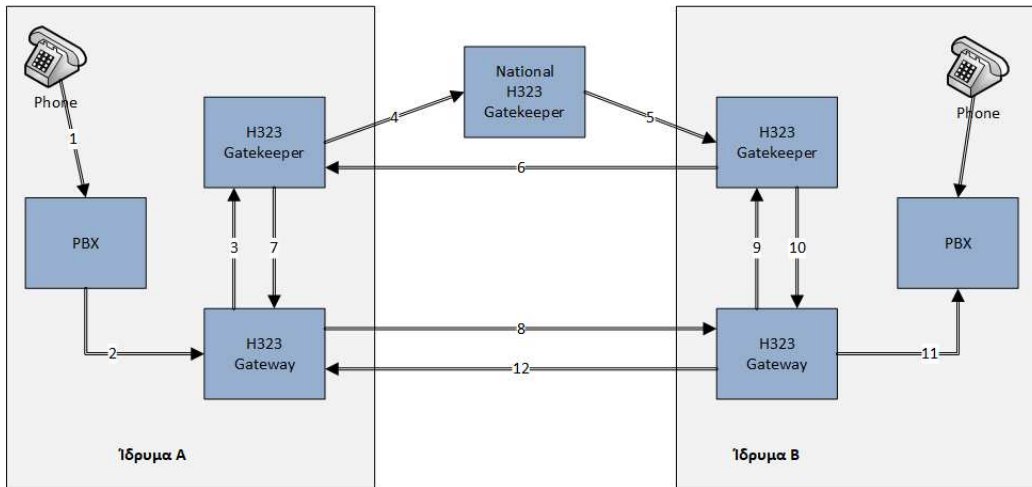
Εικόνα 59 - GUnet VoIP Network Map

Η υπηρεσία αυτή της GUnet έχει βασιστεί στο διεθνές πρότυπο H.323. Υπάρχει ένας κεντρικός/εθνικός Gatekeeper, ο οποίος υποστηρίζει τα εθνικά και διεθνή προθέματα των ιδρυμάτων και μέσω του οποίου υλοποιείται το H.323 δίκτυο κορμού. Ταυτόχρονα, για λόγους υψηλής διαθεσιμότητας, υπάρχει ένας εφεδρικός Gatekeeper, ο οποίος δέχεται τα αιτήματα από τον εξοπλισμό των ιδρυμάτων όταν ο κύριος Gatekeeper δεν λειτουργεί. Συμπληρωματικά να αναφερθεί ότι ο κύριος Gatekeeper βρίσκεται στην Αθήνα και ο εφεδρικός στην Θεσσαλονίκη.

Κάθε ίδρυμα που επιθυμεί να συνδεθεί στο δίκτυο αυτό πρέπει να διαθέτει κατ'ελάχιστον τον παρακάτω εξοπλισμό:

- έναν H.323 Gatekeeper
- έναν ή περισσότερους H.323 gateways
- ένα τηλεφωνικό κέντρο, είτε παραδοσιακό, είτε VoIP που να εξυπηρετεί την τηλεφωνία του ιδρύματος.

Η γενική ιδέα λειτουργίας του δικτύου αυτού [13] φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

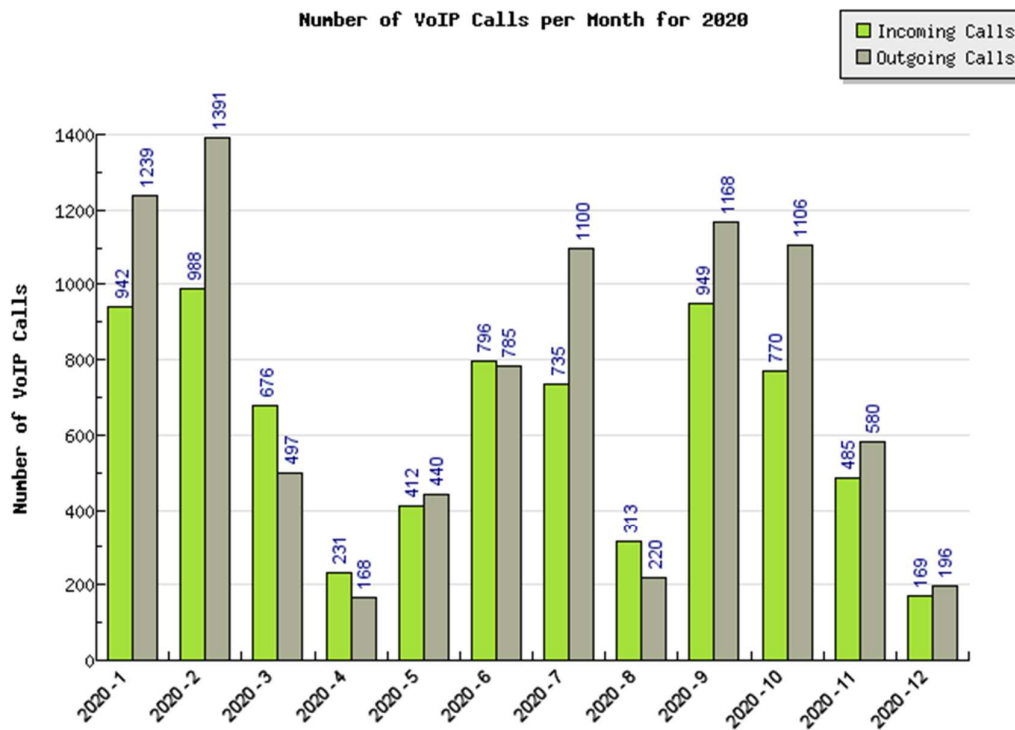


Εικόνα 60 - Gnet Call Routing

Τα βήματα που βλέπουμε παραπάνω αναλύονται ως εξής:

1. Ο χρήστης του ιδρύματος Α καλεί ένα νούμερο του ιδρύματος Β.
2. Το τηλεφωνικό κέντρο του Α (βάσει του προγραμματισμού που έχει) προωθεί την κλήση (είτε VoIP, είτε σε άλλη μορφή, πχ BRI/PRI) προς το H.323 gateway του ιδρύματος Α.
3. Το H.323 gateway μετατρέπει την κλήση βάσει του H.323 πρωτοκόλλου και στέλνει το κατάλληλο αίτημα προς τον τοπικό (του ιδρύματος Α) Gatekeeper ώστε να μάθει με ποιον H.323 gateway πρέπει να επικοινωνήσει.
4. Ο H.323 Gatekeeper του Α με την σειρά του θα επικοινωνήσει με τον εθνικό Gatekeeper, ώστε να μάθει ποιος H.323 gateway εξυπηρετεί το σχετικό νούμερο.
5. Ο Εθνικός Gatekeeper, ο οποίος γνωρίζει ποιος Gatekeeper εξυπηρετεί κάθε πρόθεμα, θα επικοινωνήσει με τον H.323 Gatekeeper του ιδρύματος Β.
6. Στην συνέχεια ο H.323 Gatekeeper του Β θα στείλει στον H.323 Gatekeeper του Α την πληροφορία για το H.323 gateway του.
7. Η πληροφορία αυτή θα προωθηθεί στον H.323 gateway του Α.
8. Έπειτα, ο H.323 gateway του Α θα προσπαθήσει να δημιουργήσει ένα κανάλι επικοινωνίας με τον H.323 gateway του Β.
9. Ο H.323 gateway του Β θα δεχθεί το αίτημα κλήσης και θα αιτηθεί έγκριση από τον H.323 Gatekeeper του.
10. Ο H.323 Gatekeeper του Β θα απαντήσει στον H.323 gateway του, δίνοντας την σχετική έγκριση.
11. Ο H.323 gateway του Β θα κάνει τηλεφωνική κλήση προς το τηλεφωνικό κέντρο, καλώντας το σχετικό νούμερο.
12. Αφού ο χρήστης του ιδρύματος Β απαντήσει, τότε ο H.323 gateway του Β θα απαντήσει στον H.323 gateway του Α και θα δημιουργήσει ένα κανάλι φωνής.

Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε κάποια στατιστικά χρήσης της συγκεκριμένης υπηρεσίας για το έτος 2020.



Εικόνα 61 - GUNET VoIP Statistics

2.6.2 Διασύνδεση Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής

Όσον αφορά την διασύνδεση του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής με το VoIP δίκτυο της GUNET, το πρώην ΤΕΙ Αθήνας έχει συνδεθεί στο δίκτυο αυτό από το 2008. Μέχρι και τα τέλη του 2019 πρόσβαση στο τηλεφωνικό αυτό δίκτυο είχαν μόνο τα μέλη της Πανεπιστημιούπολης 1. Από το καλοκαίρι του 2020 και αφού ολοκληρώθηκε η μετάβαση/αναβάθμιση της τηλεφωνίας της Πανεπιστημιούπολης 2 στο σημερινό Issabel τηλεφωνικό κέντρο, κατέστη εφικτό και το κέντρο αυτό να συνδεθεί στο VoIP δίκτυο της GUNET (μέσω του κέντρου της Πανεπιστημιούπολης 1).

Από τεχνικής πλευράς, για την διασύνδεση του κυρίου τηλεφωνικού κέντρου (Elastix1) της Πανεπιστημιούπολης 1 έχει εγκατασταθεί και κατάλληλα διαμορφωθεί ο παρακάτω εξοπλισμός:

- a. Ένα Cisco AS5400 H.323 Gateway. Η συσκευή αυτή διασυνδέεται μέσω ενός φυσικού PRI interface (30 κανάλια) με το τηλεφωνικό κέντρο Elastix1.
- b. Ένα Cisco Router της σειράς 2600 (συγκεκριμένα 2610) ως H.323 Gatekeeper.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται τμήμα των εντολών που έχουν περαστεί στον Cisco AS5400 H.323 Gateway βάσει των οδηγιών που διαθέτει η Gunet στην ιστοσελίδα της (voip.gunet.gr):

```
voice service pots
fax protocol t38 ls-redundancy 0 hs-redundancy 0 fallback cisco
!
voice service voip
fax protocol t38 ls-redundancy 0 hs-redundancy 0 fallback cisco
h323
!
voice class codec 1
codec preference 1 g711ulaw
codec preference 2 g711alaw
codec preference 3 g729r8

interface FastEthernet0/0
ip address 195.130.xxx.yyy 255.255.255.xxx
ip access-group voiptraffic in
ip route-cache flow
duplex auto
speed auto
h323-gateway voip interface
h323-gateway voip id gk.teiath.gr ipaddr 195.130.xxx.zzz 1719
h323-gateway voip h323-id h323gateway@xyz.gr
h323-gateway voip tech-prefix 1#
h323-gateway voip bind srcaddr 195.130.hhh.fff
!
call rsvp-sync
!
voice-port 1/0:D
cptone GR
!
!
mgcp profile default
!
dial-peer cor custom
!
!
!
dial-peer voice 1 voip
destination-pattern 2T
voice-class codec 1
session target ras
no vad
!
dial-peer voice 2 pots
destination-pattern 210538....
direct-inward-dial
port 1/0:D
!
dial-peer voice 100 pots
incoming called-number .
direct-inward-dial
port 1/0:D
!
dial-peer voice 200 voip
incoming called-number .
voice-class codec 1
no vad
```

Πίνακας 23 - AS5400 Configuration

Στο παραπάνω configuration συνοπτικά βλέπουμε:

- a. Στο Ethernet interface της συσκευής(FastEthernet0/0) να έχει οριστεί ο Gatekeeper με τον οποίο διασυνδέεται (gk.teiath.gr)
- b. Να έχουν ρυθμιστεί τα κατάλληλα dial-peers για τις εισερχόμενες (*destination-pattern 210538...*) κλήσεις αλλά και τις εξερχόμενες (*destination-pattern 2T*).

Αντίστοιχα παρακάτω βλέπουμε τμήμα των εντολών που έχει περαστεί στον H.323 Gatekeeper, επίσης βάσει τον οδηγιών που διαθέτει η GUNet.

```
gatekeeper
zone local gk.teiath.gr teiath.gr
zone remote gk.gunet.gr gunet.gr 194.177.210.39 1719
zone subnet gk.teiath.gr 195.130.xxx.yyy/32 enable
zone subnet gk.teiath.gr 195.130.yyy.zzzz/32 enable
zone subnet gk.teiath.gr 195.130.xxxx.zzzz/32 enable
zone subnet gk.teiath.gr 195.130.vvv.zzzz/26 enable
zone prefix gk.teiath.gr
zone prefix gk.gunet.gr
zone prefix gk.teiath.gr
zone prefix gk.teiath.gr
zone prefix gk.teiath.gr
zone prefix gk.teiath.gr
zone prefix gk.teiath.gr
zone prefix gk.teiath.gr
zone prefix gk.teiath.gr
zone prefix gk.teiath.gr
zone prefix gk.teiath.gr
zone prefix gk.gunet.gr
zone prefix gk.gunet.gr
accounting
gw-type-prefix 1#* default-technology
lrq forward-queries
no use-proxy gk.teiath.gr default inbound-to terminal
no use-proxy gk.teiath.gr default outbound-from terminal
no shutdown
server registration-port 1719
```

Πίνακας 24 - Gatekeeper Configuration

Στην ουσία παραπάνω βλέπουμε:

- a. Να έχει οριστεί μια «remote» ζώνη με το όνομα gk.gunet.gr, που είναι ο εθνικός Gatekeeper και στον οποίο προωθούνται όλες οι κλήσεις από 00 ή 2.
- b. Να υπάρχει και μια «τοπική» ζώνη με το όνομα του ίδιου του Gatekeeper (gk.teiath.gr), η οποία αναλαμβάνει τα προθέματα του ιδρύματος.

Όσον αφορά την δρομολόγηση των κλήσεων σε επίπεδο τηλεφωνικού κέντρο, σε κάθε ένα από τα τηλεφωνικά κέντρα(Asterisk & Alcatel PBX) του Πανεπιστημίου έχουν φτιαχτεί οι απαραίτητοι κανόνες δρομολόγησης, ώστε μέσω του κέντρου Elastix1 οι κλήσεις να δρομολογούνται στο VoIP δίκτυο της GUNet.

Ειδικότερα, στο κέντρο Elastix1 έχει φτιαχτεί ένα Outbound Route με το όνομα 9_gunet, βάσει του οποίου, όταν το καλούμενο νούμερο ξεκινάει από 9 και ακολουθεί το 2, η κλήση προωθείται στην PRI σύνδεση με το Cisco AS5400 H.323 Gateway.

The screenshot shows the 'Route Settings' configuration page for an Elastix system. The main configuration area includes:

- Route Name:** 9_gunet
- Route CID:** (empty field) with an 'Override Extension' checkbox.
- Route Password:** (empty field)
- Route Type:** Radio buttons for 'Emergency' and 'Intra-Company' are unchecked.
- Music On Hold?:** default
- Time Group:** ---Permanent Route---
- Route Position:** ---No Change---

The 'Additional Settings' section includes:

- Call Recording:** Allow
- PIN Set:** None

The 'Dial Patterns that will use this Route' section shows a list of patterns with fields for '() + 9', '() + prefix', and 'match pattern / CallerID'. Below this is a '+ Add More Dial Pattern Fields' button.

The 'Dial patterns wizards' dropdown is set to '(pick one)'. There is an 'Export' button for 'Export Dialplans as CSV'.

The 'Trunk Sequence for Matched Routes' section shows a list with one entry: '0 ZAP-g2-gunet'.

Εικόνα 62 - Elastix OutBound Route for Gunet

Επίσης έχει δημιουργηθεί και ένα 2^ο Outbound Route με το όνομα «autogunet», στο οποίο έχουν καταχωρηθεί όλα τα προθέματα των ιδρυμάτων που συμμετέχουν στο VoIP δίκτυο της Gunet και μπορούν να κληθούν μέσω αυτού. Βάσει του Outbound Route αυτού οι συγκεκριμένες κλήσεις αρχικά προωθούνται μέσω Gunet, και αν υπάρξει πρόβλημα υπάρχει εναλλακτική δρομολόγηση μέσω ΟΤΕ. Το Outbound Route αυτό παρέχει ένα μηχανισμό αυτόματης δρομολόγησης της κλήσης μέσω Gunet, χωρίς να χρειάζεται να βάλει ο χρήστης μπροστά το 9.

The screenshot shows the 'Route Settings' configuration page for an Elastix system, specifically for an automatic route named 'autogunet'. The main configuration area includes:

- Route Name:** autogunet
- Route CID:** (empty field) with an 'Override Extension' checkbox.
- Route Password:** (empty field)
- Route Type:** Radio buttons for 'Emergency' and 'Intra-Company' are unchecked.
- Music On Hold?:** default
- Time Group:** ---Permanent Route---
- Route Position:** ---No Change---

The 'Additional Settings' section includes:

- Call Recording:** Allow
- PIN Set:** None

The 'Dial Patterns that will use this Route' section shows a list of patterns with fields for '() +', '() + prefix', and 'match pattern / CallerID'. The list includes several entries with specific match patterns like [21034900XX], [21034901XX], [2103688XXX], [2103689XXX], [2104142[01234567]X], [2106492[01234]XX], and [2107274XXX]. Below this is a '+ Add More Dial Pattern Fields' button.

The 'Dial patterns wizards' dropdown is set to '(pick one)'. There is an 'Export' button for 'Export Dialplans as CSV'.

The 'Trunk Sequence for Matched Routes' section shows a list with two entries: '0 ZAP-g2-gunet' and '1 otegw_with_elastix'.

Εικόνα 63 - Elastix Automatic Route to Gunet

Αντίστοιχα, στα Issabel κέντρα της Πανεπιστημιούπολης 2 έχει δημιουργηθεί ένα Outbound Route με το όνομα 9_gunet_by_elastix1. Βάσει του Route αυτού, όταν το καλούμενο νούμερο ξεκινάει από 9 και ακολουθεί το 2, προστίθεται ένα επιπλέον 9 μπροστά και η κλήση στέλνεται μέσω του σχετικού trunk στο Elastix1 κέντρο.

Route Settings

Route Name:

Route CID: Override Extension

Route Password:

Route Type: Emergency Intra-Company

Music On Hold?:

Time Group:

Route Position:

Additional Settings

PIN Set:

Call Recording:

Dial Patterns that will use this Route

() + | []

() + | [] /

+ Add More Dial Pattern Fields

Dial patterns wizards:

Export Dialplans as CSV:

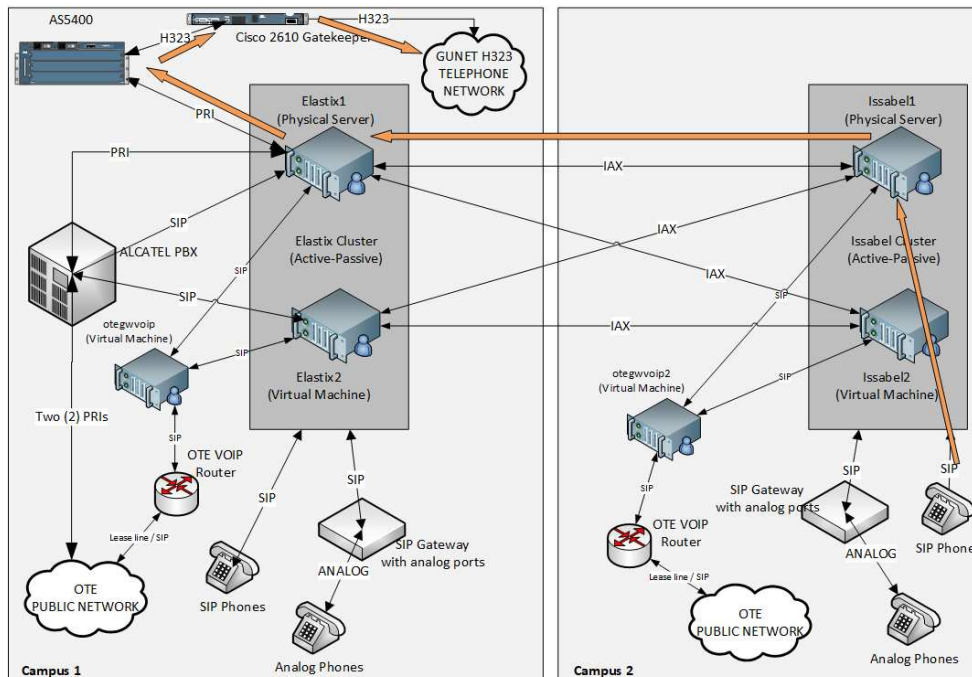
Trunk Sequence for Matched Routes

0

1

Εικόνα 64 - Issabel OutBound Route to Gunet

Στο παρακάτω σχήμα, φαίνεται η πορεία που ακολουθεί μια κλήση που γίνεται από ένα τηλέφωνο στην Πανεπιστημιούπολη 2 και δρομολογείται προς VoIP δίκτυο της Gunet.



Εικόνα 65 - Campus 2 call routing to Gunet

Κεφάλαιο 3 – Διαχείριση Τηλεφωνικών Συσκευών

3.1 Μαζική διαμόρφωση συσκευών

Ένα από τα θέματα που κλήθηκε να αντιμετωπίσει το ίδρυμα το 2019 με την εγκατάσταση του νέου VoIP τηλεφωνικού κέντρου στην Πανεπιστημιούπολη 2, ήταν η μαζική διαμόρφωση και εγκατάσταση των VoIP τηλεφωνικών συσκευών, δεδομένου ότι ο αριθμός που έπρεπε να τοποθετηθούν ήταν πολύ μεγάλος.

Ο κλασικός τρόπος διαμόρφωσης μιας VoIP συσκευής μέσω του web interface που διαθέτει, έχει νόημα αν οι συσκευές είναι λίγες (πχ 5, 10, 30, κτλ). Όταν ο αριθμός είναι πολύ μεγάλος ο κλασικός τρόπος διαμόρφωσης δεν είναι πρακτικός.

Η λύση σε αυτό το πρόβλημα δόθηκε μέσω των εργαλείων που διαθέτει ο κατασκευαστής των VoIP συσκευών, η εταιρία GrandStream, αφού όλα τα VoIP τηλέφωνα που προμηθεύτηκε το ίδρυμα ήταν δικά της (μοντέλο GXP 1625)

Η βασική ιδέα πίσω από τον μηχανισμό για αυτόματη διαμόρφωση των συσκευών που υποστηρίζουν οι συσκευές της GrandStream συνοψίζεται στα παρακάτω:

- Χρησιμοποιώντας το κατάλληλο λογισμικό που παρέχει η GrandStream, παράγεται ένα xml αρχείο με το πλήρες configuration για κάθε συσκευή. Το xml αρχείο είναι της μορφής phonemacaddress.xml, όπου phonemacaddress είναι η MAC Address κάθε συσκευής που έχουμε. Το κάθε xml αρχείο περιέχει πληροφορίες όπως:
 - Την IP διεύθυνση του SIP τηλεφωνικού κέντρου.
 - Τα στοιχεία σύνδεσης της συσκευής στο SIP τηλεφωνικό κέντρο(username/password).
 - Το timezone για την ώρα που θα εμφανίζει η συσκευή.
 - Τον ntp server του δικτύου.
 - Ρυθμίσεις στο dialplan της συσκευής, κτλ
- Το xml αρχείο για κάθε συσκευή τοποθετείται σε έναν tftp server, ο οποίος είναι εγκατεστημένος στο ίδιο τοπικό δίκτυο στο οποίο βρίσκονται το SIP τηλεφωνικό κέντρο(asterisk) και τα VoIP τηλέφωνα. Δεδομένου ότι οι διανομές Issabel & Elastix ενσωματώνουν tftp server στην Linux διανομή, χρησιμοποιείται ο συγκεκριμένος.
- Παράλληλα, στο ίδιο τοπικό δίκτυο έχει ενεργοποιηθεί DHCP Server, οποίος παρέχει τις εξής πληροφορίες στα τηλέφωνα:
 - Την IP διεύθυνση τους
 - Τους DNS Servers του δικτύου(αν υπάρχουν)
 - Τον tftp server του δικτύου.
- Κάθε GrandStream συσκευή είναι προρυθμισμένη κατά την εκκίνηση της να συνδέεται στον tftp server του δικτύου που βρίσκεται και να ψάχνει για xml αρχείο με configuration. Κάθε συσκευή ψάχνει να βρει αρχείο xml με όνομα σύμφωνα με την MAC Address της. Αν βρει τέτοιο αρχείο, τότε το τραβάει μέσω του tftp πρωτοκόλλου και περνάει το configuration στον τηλέφωνο.

Το βασικότερο κομμάτι της παραπάνω διαδικασίας είναι η παραγωγή του xml αρχείου για κάθε VoIP τηλεφωνική συσκευή. Αυτό γίνεται χρησιμοποιώντας το εργαλείο «XML Configuration File Generator». Το εργαλείο αυτό είναι δωρεάν διαθέσιμο στην σελίδα <http://grandstream.com/support/tools> και διατίθεται τόσο για Windows όσο και για Linux.

Για την λειτουργία του εργαλείου αυτού θα χρειαστούμε δύο πράγματα:

- Ένα πρότυπο configuration αρχείο, το οποίο περιέχει τις κοινές ρυθμίσεις για όλα τα τηλέφωνα.
- Ένα csv αρχείο (με συγκεκριμένο format), που περιέχει τις mac addresses των συσκευών μας καθώς και το αντίστοιχο username & password (με το οποίο θα κάνει registration η κάθε συσκευή στο SIP τηλεφωνικό κέντρο).

Αναλυτικά τα βήματα που απαιτούνται για την μαζική ρύθμιση πχ 3 συσκευών είναι τα παρακάτω:

- Κατεβάζουμε από την διεύθυνση <http://grandstream.com/support/tools> το αρχείο `template.zip`. Το αρχείο αυτό περιέχει πρότυπα configurations αρχεία για όλες τις συσκευές της GrandStream. Επειδή οι συσκευές που έχει το ίδρυμα είναι το μοντέλο GXP1625, παίρνουμε από το zip το αρχείο `gxp16xx_config_x.y.z.txt`. Το «x.y.z» εξαρτάται από την έκδοση firmware που έχουν συσκευές μας. Θα πρέπει να έχουν εγκατεστημένο το αντίστοιχο firmware.
- Τροποποιούμε το αρχείο `gxp16xx_config_x.y.z.txt` με τις ρυθμίσεις που επιθυμούμε να έχουν όλες τις συσκευές. Μερικές από τις σημαντικότερες ρυθμίσεις είναι οι παρακάτω:

ΡΥΘΜΙΣΗ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
P32 = 10	Register expiration(σε λεπτά)
P1357 = 2	Περιορίζει την πρόσβαση στο system μενού της συσκευής
P1565 = 2	Απενεργοποιεί το DND κουμπί της συσκευής
P290 = {<=0>[2-9]xxxxxxxx x+ *x+ *xx*x+ }	Προσθέτει το 0 όταν το καλούμενο νούμερο ξεκινάει από 2 έως 9 και είναι δεκαψήφιο
P30 = xxx.xxx.xxx.xxx	NTP server
P47 = yyy.yyy.yyy.yyy	SIP server
P51 = xyz	Vlan ID (εφόσον το τηλέφωνο θα συνδεθεί σε θύρα switch που είναι τύπου trunk)
P64 = EET-2EEST-3,M3.5.0/03:00:00,M10.5.0/04:00:00	TimeZone
P2 = pass	Admin Password

Πίνακας 25 - GrandStream template configuration changes

- Δημιουργούμε ένα csv αρχείο που περιέχει τις παρακάτω τρεις βασικές πληροφορίες:
 - Το τηλεφωνικό νούμερο που θέλουμε να πάρει η κάθε συσκευή μας. Το νούμερο (που παίζει και το ρόλο του username) θα πρέπει να το έχουμε ήδη καταχωρήσει στο τηλεφωνικό μας κέντρο.
 - Το κωδικό(password) για το παραπάνω τηλεφωνικό νούμερο/username.
 - Την mac address της κάθε συσκευής που θέλουμε να ρυθμίσουμε.

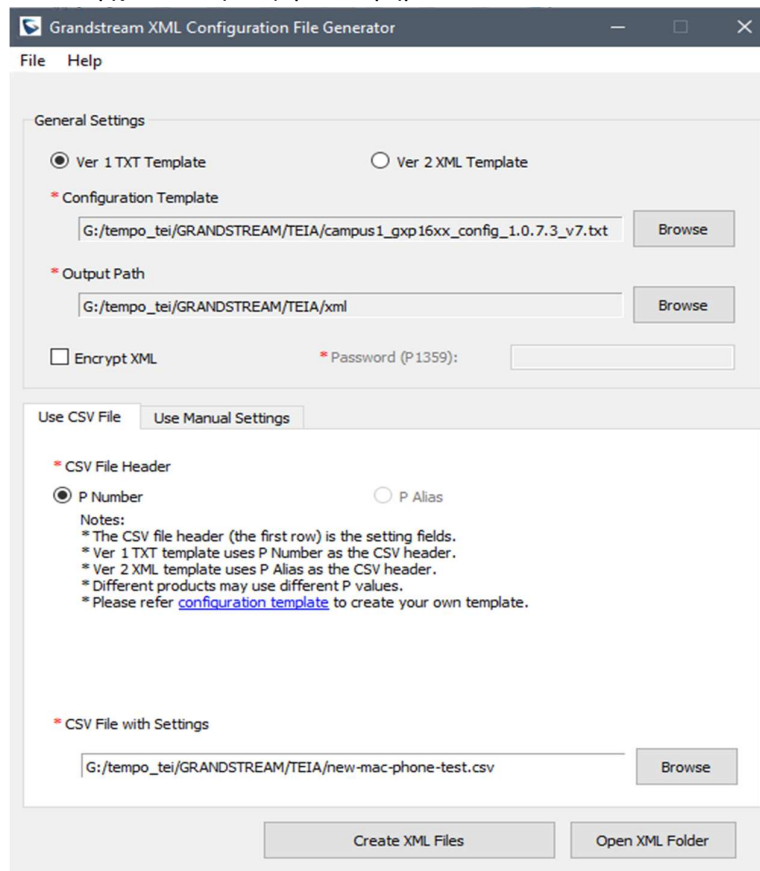
Στην παρακάτω φωτογραφία βλέπουμε ένα δοκιμαστικό csv αρχείο για τρεις συγκεκριμένες τηλεφωνικές συσκευές. Η κάθε mac address αναγράφεται στην συσκευασία κάθε συσκευής (αλλά και πάνω στην συσκευή), ενώ τα τηλεφωνικά

νούμερα τα καθορίζουμε οι ίδιοι. Η γραμμογράφηση του csv αρχείου είναι συγκεκριμένη βάσει της τεκμηρίωσης της εφαρμογής «XML Configuration File Generator».

```
mac, P35, P34, P36, P270, P404, P406, P405, P417, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20  
000b82fea901, 7001, password1, 7001, 7001, , , , , , ,  
000b82fea902, 7002, password2, 7002, 7002, , , , , , ,  
000b82fea903, 7003, password3, 7003, 7003, , , , , , ,
```

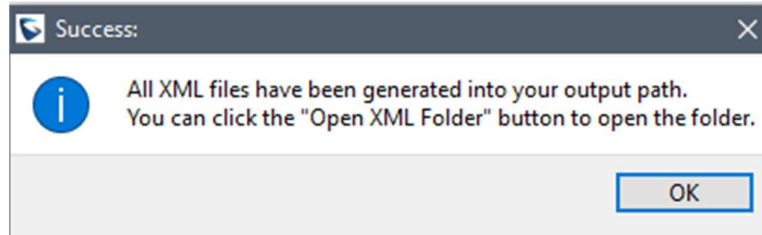
Εικόνα 66 - GrandStream CSV

4. Εκτελούμε το πρόγραμμα «XML Configuration File Generator» και συμπληρώνουμε στις αντίστοιχες επιλογές:
 - a. Το πρότυπο configuration (Configuration Template) που έχουμε διαμορφώσει.
 - b. Τον κατάλογο(Output Path) στον οποίο θα δημιουργηθούν τα xml αρχεία.
 - c. Το csv αρχείο που φτιάξαμε στο βήμα 3.



Εικόνα 67 - GrandStream XML Βήμα 1

5. Αφού συμπληρώσουμε τα σχετικά πεδία στην εφαρμογή, πατάμε το κουμπί «Create XML Files» και εφόσον δεν παρουσιαστεί κάποιο πρόβλημα, θα εμφανιστεί το παρακάτω μήνυμα επιβεβαίωσης και τα xml αρχεία θα είναι στον κατάλογο που επιλέξαμε.



Εικόνα 68 - GrandStream XML Βήμα 2

6. Πλέον τα xml αρχεία είναι στον κατάλογο που επιλέξαμε νωρίτερα. Πρέπει στην συνέχεια να τα διαθέσουμε προς τις τηλεφωνικές συσκευές μέσω κάποιου tftp προγράμματος. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, οι διανομές issabel & elastix διαθέτουν ενσωματωμένο tftp πρόγραμμα. Συνεπώς τα βήματα που πρέπει να κάνουμε είναι:
 - a. Με κάποιο sftp πρόγραμμα (πχ WINSCP) αντιγράφουμε τα xml αρχεία στον κατάλογο /tftpboot πχ στο εξυπηρετητή issabel1.
 - b. Ενεργοποιούμε το tftp service τροποποιώντας το αρχείο /etc/xinetd./tftp και εκτελώντας την εντολή «systemctl enable xinetd»
7. Το τελευταίο βήμα είναι να περάσουμε στον dhcp server του δικτύου μας, την IP του tftp server μας, δηλαδή την IP του κέντρου μας. Η διαδικασία αυτή εξαρτάται από το λογισμικό που χρησιμοποιούμε για dhcp server.

3.2 Μαζική αναβάθμιση firmware συσκευών

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι τα τηλέφωνα της GrandStream κατά την εκκίνηση τους και εφόσον έχουν λάβει μέσω dhcp της πληροφορία για ύπαρξη tftp server στο δίκτυο, ψάχνουν όχι μόνο για xml αρχείο με configuration, αλλά και για νέο firmware.

Τα firmware αρχεία για τις συσκευές της GrandStream είναι διαθέσιμα στην ιστοσελίδα <http://grandstream.com/support/firmware>. Μπορούμε λοιπόν να κατεβάσουμε το firmware για τις συσκευές που διαθέτουμε και να το αντιγράψουμε μέσα στον κατάλογο /tftpboot του εξυπηρετητή μας. Το αρχείο πχ για τις συσκευές GXP 1625 έχει την μορφή: «gxp1600fw.bin». Μέσω λοιπόν του tftp server της διανομής μας μπορούμε εύκολα να αναβαθμίζουμε firmware στις συσκευές του δικτύου μας.

Επειδή απαραίτητο στοιχείο για την αναβάθμιση μια συσκευής είναι η επανεκκίνησή της (ώστε κατά το boot να τραβήξει το νέο firmware από τον tftp server μας), είναι σημαντικό να υπάρχει ένας εύκολος τρόπος μαζικής επανεκκίνηση των συσκευών του δικτύου μας. Φυσικά αν έχουμε ένα μικρό αριθμό συσκευών μπορούμε, χρησιμοποιώντας έναν browser και προσπελώνοντας το web interface κάθε συσκευής, να την κάνουμε επανεκκίνηση απομακρυσμένα.

Grandstream GXP1625 Admin Logout | **Reboot** | Factory Reset | English

GRANDSTREAM
CONNECTING THE WORLD

STATUS ACCOUNTS SETTINGS NETWORK MAINTENANCE CONTACTS

Version 1.0.4.140

Status **Account Status**

Account Status
Network Status
System Info

Account	SIP User ID	SIP Server	SIP Registration
Account 1	[REDACTED]	[REDACTED]	YES

Εικόνα 69 - GrandStream Phone Reboot

Όταν όμως θέλουμε να επανεκκινήσουμε πολλές συσκευές, η παραπάνω μέθοδος μέσω browser δεν είναι πρακτική.

Για το λόγο αυτό έχουν δημιουργήσει δυο shell scripts:

Το 1^ο script που ονομάζεται «one_phone_reboot.sh» εκτελείται με παράμετρο την IP ενός τηλεφώνου και χρησιμοποιώντας την εντολή curl, καλεί απομακρυσμένα το μηχανισμό επανεκκίνησης αυτής.

```
one_phone_reboot.sh
if test "$1" = ""
then
echo "No IP specified - exit script"
exit
fi

curl -d "passcode=ADMINPASS&request=REBOOT" -X POST http://$1/cgi-bin/api-sys_operation
```

Πίνακας 26 - one_phone_reboot script

Το 2^ο script ονομάζεται «reboot_all_phones.sh» και εκτελείται με παράμετρο το λεκτικό «reboot». Η παράμετρος αυτή έχει μπει ώστε να αποφύγουμε την εκ παραδρομής επανεκκίνηση όλων των συσκευών μας. Το script αυτό πρακτικά:

- a. Σώζει σε ένα προσωρινό αρχείο (/tmp/activephones.txt) τις IPs των συσκευών που είναι registered στο τηλεφωνικό μας κέντρο.
- b. Με βάση το αρχείο αυτό καλεί το παραπάνω script «one_phone_reboot.sh» και σειριακά επανεκκινεί κάθε συσκευή.
- c. Στο τέλος «καθαρίζει» το αρχείο (/tmp/activephones.txt).

```
reboot_all_phones.sh
DOO=$1

if test "$DOO" = "reboot"
then
asterisk -rx "sip show peers" | grep OK | grep -v ote | awk '{print $2}' > /tmp/activephones.txt
input=/tmp/activephones.txt
[ ! -f $input ] && { echo "uids path is invalid "; exit 1; }
while read -r line
do
IFS="", read -r f1 <<<"$line"
# quote fields if needed
[[ $line = \#* ]] && continue
echo Reboot phone: $f1
./one_phone_reboot.sh $f1 &
done <"$input"
```

```
else
echo "To perform the reboot, run the command as: ./reboot_all_phones.sh reboot"
echo "" > /tmp/activephones.txt
fi
```

Πίνακας 27 - reboot_all_phones script

3.3 Ενεργοποίηση LDAP τηλεφωνικού καταλόγου σε συσκευές της GrandStream

Οι τηλεφωνικές συσκευές της GrandStream υποστηρίζουν την δυνατότητα χρήσης LDAP εξωτερικού τηλεφωνικού καταλόγου. Ο μηχανισμός αυτός έχει διπλή χρησιμότητα:

- Παρέχει την δυνατότητα στον χρήστη, μέσω της LCD οθόνης της συσκευής, να αναζητήσει το τηλέφωνο ενός χρήστη με βάση το ονοματεπώνυμο του, και
- Στις εισερχόμενες εσωτερικές κλήσεις εμφανίζει το ονοματεπώνυμο του χρήστη στον οποίο έχει καταχωρηθεί το νούμερο που κάνει την κλήση.

Στην παρακάτω φωτογραφία βλέπουμε το ονοματεπώνυμο ενός χρήστη σε μια εισερχόμενη κλήση.



Εικόνα 70 - GXP1625 CallerID

Εδώ βλέπουμε την αναζήτηση ενός τηλεφώνου στον LDAP τηλεφωνικό κατάλογο

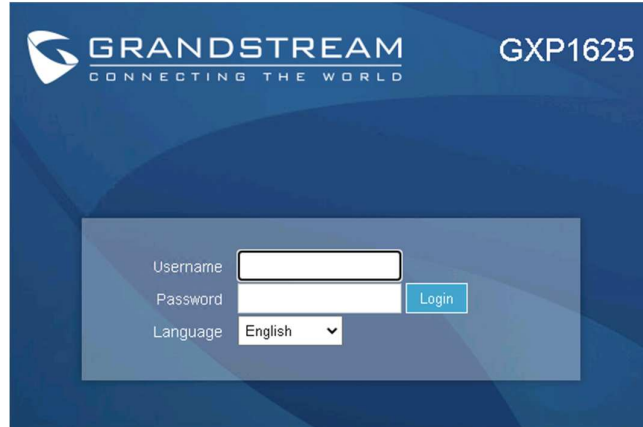


Εικόνα 71 - GXP1625 LDAP Search

Να σημειωθεί ότι το τρέχον firmware των τηλεφωνικών συσκευών GXP1625, δεν υποστηρίζει πλήρως ελληνικούς χαρακτήρες. Συνεπώς τα στοιχεία των χρηστών στον LDAP τηλεφωνικό κατάλογο προτείνεται να είναι στα λατινικά.

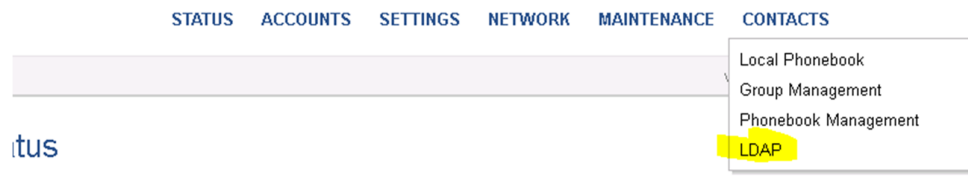
Για να ενεργοποιήσουμε τον μηχανισμό αυτό σε μια συσκευή GXP1625 έχουμε δύο τρόπους. Ο 1^{ος} τρόπος είναι να ρυθμίσουμε την συσκευή μέσα από το web interface της. Τα βήματα που απαιτούνται για την διαδικασία αυτή είναι:

1. Χρησιμοποιώντας έναν browser συνδεόμαστε στο web interface της συσκευής με τα διαχειριστικά μας στοιχεία(username/pass).



Εικόνα 72 - GPX Phone Login

2. Από το βασικό μενού της συσκευής, επιλέγουμε «CONTACTS» και στην συνέχεια «LDAP».



Εικόνα 73 - GXP Phone Menu

3. Στην καρτέλα «LDAP» συμπληρώνουμε τουλάχιστον τα παρακάτω πεδία:

ΡΥΘΜΙΣΗ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
LDAP protocol	Επιλογή του είδους του πρωτοκόλλου (LDAP\LDAPS). Εφόσον η σύνδεση θα είναι ανώνυμη δεν απαιτείται κάποια ασφάλεια και επιλέγουμε: LDAP
Server Address	Η IP διεύθυνση του LDAP server που φιλοξενεί τον τηλεφωνικό κατάλογο.
Port	Το default port είναι συνήθως το 389.
Base	Το Base DN του τηλεφωνικού LDAP(πχ ou=people,dc=phonebook,dc=uniwa)
LDAP Number Filter	Το LDAP φίλτρο για την αναζήτηση, πχ (telephoneNumber=%)
LDAP Version	Η έκδοση του LDAP πρωτοκόλλου
LDAP Name Attributes	Το LDAP πεδίο που περιέχει το ονοματεπώνυμο πχ cn;lang-en
LDAP Number Attributes	Το LDAP πεδίο που περιέχει το τηλέφωνο πχ telephoneNumber

Max. Hits	Ο μέγιστος αριθμός επιστροφών σε μια αναζήτηση.
LDAP Lookup	Καθορίζει το αν θα γίνεται LDAP αναζήτηση στις εισερχόμενες & εξερχόμενες κλήσεις.
Lookup Display Name	Τα LDAP πεδία που θα εμφανίζει στην LDAP οθόνη, πχ cn;lang-en telephoneNumber

Πίνακας 28 - GXP LDAP Settings

4. Τέλος επιλέγουμε το «Save and Apply» και έχουμε ολοκληρώσει την διαδικασία.

Παρακάτω βλέπουμε τις ρυθμίσεις από μια συσκευή με ενεργοποιημένο τον μηχανισμό LDAP στην Πανεπιστημιούπολη 1.

LDAP

LDAP protocol	LDAP
Server Address	[Redacted]
Port	389
Base	ou=people,dc=[Redacted]
User Name	
Password	
LDAP Number Filter	(telephoneNumber=%)
LDAP Name Filter	
LDAP Version	<input type="radio"/> Version 2 <input checked="" type="radio"/> Version 3
LDAP Name Attributes	cn;lang-en
LDAP Number Attributes	telephoneNumber
LDAP Display Name	
Max. Hits	50
Search Timeout	30
Sort Results	<input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Yes
LDAP Lookup	<input checked="" type="checkbox"/> Incoming Calls <input checked="" type="checkbox"/> Outgoing Calls
Lookup Display Name	cn;lang-en telephoneNur
	Save Save and Apply Reset

Εικόνα 74 - GXP Phone LDAP Settings

Ο 2^{ος} τρόπος ενεργοποίησης του LDAP τηλεφωνικού καταλόγου σε συσκευές GXP1625 είναι μέσω του προγράμματος «XML Configuration File Generator» και συγκεκριμένα μέσω των «configuration» xml αρχείων που παράγει.

Εφόσον επιλέξουμε αυτή την μέθοδο θα πρέπει, κατά την φάση που τροποποιούμε το πρότυπο αρχείο της συσκευής μας (πχ gxp16xx_config_x.y.z.txt) πέρα από τις ρυθμίσεις που έχουμε αναφέρει παραπάνω, να περάσουμε και τις παρακάτω:

ΡΥΘΜΙΣΗ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
P8020	Η IP διεύθυνση του LDAP server που φιλοξενεί τον τηλεφωνικό κατάλογο.
P8022	Το Base DN του τηλεφωνικού LDAP(πχ ou=people,dc=phonebook,dc=uniwa)
P8025	Το LDAP φίλτρο για την αναζήτηση, πχ (telephoneNumber=%)
P8028	Το LDAP πεδίο που περιέχει το ονοματεπώνυμο πχ cn;lang-en
P8029	Το LDAP πεδίο που περιέχει το τηλέφωνο πχ telephoneNumber
P8035	Το πεδίο αυτό παίρνει τις τιμές 1 ή 0. Η τιμή «1» ενεργοποιεί την LDAP αναζήτηση στις εισερχόμενες κλήσεις.
P8034	Το πεδίο αυτό παίρνει τις τιμές 1 ή 0. Η τιμή «1» ενεργοποιεί την LDAP αναζήτηση στις εξερχόμενες κλήσεις.
P8036	Τα LDAP πεδία που θα εμφανίζει στην LDAP οθόνη, πχ cn;lang-en telephoneNumber

Πίνακας 29 - GrandStream template configuration for LDAP

Αναφορές – Βιβλιογραφία

- [1] <https://clickamericana.com/topics/money-work/what-its-really-like-to-be-a-telephone-operator-1899>
- [2] <https://teledynamic.com/2013/05/sip-trunking-for-dummies-which-codec-should-you-use/>
- [3] <https://getvoip.com/blog/2013/05/31/voip-codecs-bandwidth-your-call-quality/>
- [4] https://en.wikipedia.org/wiki/Session_Initiation_Protocol
- [5] https://en.wikipedia.org/wiki/Real-time_Transport_Protocol
- [6] https://en.wikipedia.org/wiki/Inter-Asterisk_eXchange
- [7] <https://en.wikipedia.org/wiki/H.323>
- [8] https://en.wikipedia.org/wiki/Public_switched_telephone_network
- [9] http://www.voip-sip-sdk.com/p_214-g711-alaw-codec-voip.html
- [10] <https://www.asterisk.org/get-started/features/>
- [11] Φυλλάδιο Cosmote Business Flexible Voice
- [12] <http://voip.gunet.gr>
- [13] <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/voice/h323/5244-understand-gatekeepers.html#h225rassiggate>
- [14] The Asterisk Handbook Version 2, Mark Spencer, MackAllison, Christopher Rhodes (2003)
- [15] Πτυχιακή Εργασία «Μελέτη και υλοποίηση συστήματος τηλεφωνίας μέσω διαδικτύου (VoIP)», Αγιωτάκης Δήμητριος, ΤΕΙ Κρήτης (2011)
- [16] <http://www.freepbx.org>
- [17] <http://www.issabel.com>
- [18] <https://keepalived.readthedocs.io/en/latest/index.html>
- [19] <http://www.linux-ha.org/wiki/Heartbeat>
- [20] <http://www.zapatatelephony.org/>