

**ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITÀ DI BOLOGNA**

---

**SECONDA FACOLTÀ DI INGEGNERIA**

**Corso Di Laurea In Ingegneria Elettronica**

**INTEGRAZIONE DI SOLUZIONI VOIP STANDARD  
NELLA RETE TELEFONICA DI ATENEO**

Elaborato in: RETI DI TELECOMUNICAZIONI

Relatore:  
**Ing. Walter Cerroni**

Presentata da:  
**Alessia Milanesi**

Correlatore:  
**Ing. Aldo Campi**

---

ANNO ACCADEMICO 2011/2012  
SESSIONE III



*Dedicato a  
mio marito Massimiliano  
e alla mia meravigliosa bimba Noemi*



## Indice

Introduzione .....	1
CAPITOLO 1 Reti telefoniche e tecnologie VOIP .....	5
1.1 Reti a commutazione di circuito .....	5
1.2 Reti a commutazione di pacchetto .....	6
1.3 VoIP .....	7
CAPITOLO 2 Scenario attuale della rete telefonica dell'Ateneo di Bologna.....	11
2.1 Rete di Ateneo .....	12
2.2 L'IP Centralization .....	13
2.3 Tecnologie e servizi implementati .....	18
2.4 Ridondanza e Sicurezza .....	19
2.5 Nuovi orizzonti .....	20
CAPITOLO 3 Soluzioni VoIP di tipo Open Source.....	23
3.1 Protocollo SIP .....	23
3.2 OpenSips .....	26
3.3 Asterisk .....	28
CAPITOLO 4 Problematiche di migrazione della rete di telefonia fissa di Ateneo verso una soluzione Open Source .....	33
4.1 Analisi prerequisiti.....	34
4.2 Architettura VoIP.....	35
4.3 Integrazione ai sistemi informativi esistenti .....	40
4.4 Sicurezza .....	42
4.5 Alta affidabilità .....	43
4.6 Gestione addebiti e statistiche.....	43
4.7 Rete dati .....	44

4.8	Provisioning dei telefoni .....	48
4.9	Servizi telefonici speciali.....	48
CAPITOLO 5 Progetto di sperimentazione della piattaforma VoIP .....		51
5.1	Progetto di sperimentazione.....	52
5.2	Road Map.....	54
CAPITOLO 6 Conclusioni .....		57
Elenco delle figure.....		59
Bibliografia e Bibliografia elettronica.....		61
Ringraziamenti .....		63

## **Introduzione**

Il settore delle telecomunicazioni sin dalla sua origine è stato caratterizzato da un dinamico e progressivo sviluppo mirato alla diffusione dei servizi voce consolidati e contestualmente all'offerta di nuovi servizi e canali di comunicazione in linea con la sempre maggiore necessità di comunicazione della società e delle aziende.

Negli ultimi anni si è osservato un orientamento chiaro verso l'integrazione dei servizi. A livello infrastrutturale vi è stata una spinta a favore della convergenza dei servizi voce, intrinsecamente legati a reti a commutazione di circuito, su reti a commutazione di pacchetto, che ha dato vita alla tecnologia VoIP (Voice over Internet Protocol).

Tale evoluzione tecnologica ha inoltre introdotto come elemento innovativo l'integrazione, sulla medesima rete IP, di diversi canali di comunicazione, che interconnessi tra loro offrono servizi aggiuntivi quali la rilevazione della presenza e lo sviluppo di applicazioni di tipo Unified Communication. tramite l'iterazione dei servizi telefonici con altri sistemi di comunicazione come email, instant messaging e conference.

La tecnologia VoIP è risultata una scelta vincente per gli operatori che vi hanno scommesso poiché, oltre alla possibilità di implementare servizi innovativi, ha reso

possibile ottenere i servizi voce con costi infrastrutturali notevolmente inferiori, e solitamente mirati al consolidamento dell'infrastruttura di rete di trasmissione dati.

L'Ateneo di Bologna università multicampus con numerose sedi dislocate nella città di Bologna e in Romagna, nel corso degli anni ha gestito i propri servizi telefonici in evoluzione con le tecnologie del momento, realizzando una rete telefonica omogenea di circa 11.000 terminali telefonici, estremamente performante, completamente instradata sulla propria rete IP per i collegamenti tra centrali telefoniche e con innumerevoli vantaggi in termini di risparmi e di servizi distribuiti: un piano di numerazione interno univoco e modalità di accesso ai servizi trasparente.

Oggi l'Ateneo si prepara a compiere un ulteriore passo verso l'implementazione di servizi di presenza, instant messaging, conference e unified communication attraverso l'integrazione con gli strumenti di posta elettronica di Ateneo, volendo affrontare contestualmente la migrazione verso soluzioni VOIP di tipo Open Source.

L'obiettivo della tesi è di elaborare una soluzione VoIP attraverso una macroanalisi delle tecnologie, delle piattaforme Open Source disponibili e delle esigenze di Ateneo, e di evidenziare aspetti che, seppur di dettaglio a livello tecnico, possano risultare di impatto rilevante in fase di migrazione. I risultati ottenuti si contestualizzano in un progetto pilota che sarà implementato dall'Ateneo in fase sperimentale.

Nel contesto descritto si analizzano, nel primo capitolo, gli elementi che caratterizzano le tecnologie di riferimento per le telecomunicazioni e le principali caratteristiche della tecnologia VoIP.

Il secondo capitolo rappresenta una panoramica della piattaforma di rete telefonica attualmente in servizio all'Università, che pur implementando ampiamente la tecnologia VoIP presenta aspetti di tipo proprietario dal quale l'Ateneo desidera slegarsi.

Individuata l'esigenza di direzionare i propri investimenti verso tecnologia Open Source, il terzo capitolo è dedicato all'analisi dei protocolli e dei sistemi maggiormente consolidati e performanti per l'implementazione di soluzioni aperte e integrate con le diverse applicazioni di telecomunicazione. In questo ambito si introduce il protocollo SIP e sistemi che implementano efficacemente l'architettura SIP quali OpenSIPS e Asterisk.

Nel quarto capitolo, si contestualizzano gli argomenti trattati per individuare un'architettura che risponda alle esigenze cui l'Ateneo potrebbe migrare. L'obiettivo che si persegue è di analizzare preventivamente aspetti implementativi e infrastrutturali relativi ad una migrazione di larga scala. L'analisi evidenzia la necessità di attivare una fase di sperimentazione mirata a verificare le soluzioni che si propongono.

Il progetto di sperimentazione, descritto nel 5 capitolo al momento di stesura della tesi si trova nella fase iniziale di installazione dei server. La sperimentazione avrà una durata di almeno un anno e consentirà di testare approfonditamente le soluzioni proposte per aspetti di provisioning e di gestione dei servizi telefonici, di documentazione addebiti e l'impatto sull'infrastruttura di rete. Al termine della sperimentazione sarà possibile valutare se la piattaforma implementata potrà essere estesa a tutta la rete in produzione, eventualmente con opportune modifiche o integrazioni.



# **CAPITOLO 1**

## **Reti telefoniche e tecnologie VOIP**

In questo capitolo si riepilogano brevemente le tecnologie consolidate per la realizzazione delle reti telefoniche e delle reti dati, per proseguire con una introduzione alla tecnologia VoIP definita appositamente per integrare i vantaggi di entrambe le tipologie di comunicazione in una soluzione innovativa che si è velocemente sviluppata e contraddistinta quale elemento trainante nel settore delle telecomunicazioni.

Nell'ambito della tecnologia VoIP si analizzano i parametri che caratterizzano le trasmissioni multimediali in tempo reale e influenzano la qualità della comunicazione.

### **1.1 Reti a commutazione di circuito**

La tecnologia a commutazione di circuito, consente la comunicazione tra due interlocutori, attraverso l'impegno di un canale fisico dedicato per tutta la durata della conversazione.

L'esempio più comune di rete a commutazione di circuito è la rete telefonica. Al momento della chiamata, durante la fase detta di segnalazione, la rete si occupa di instaurare il collegamento tra mittente e ricevente impegnando canali anche attraverso nodi intermedi e diversi mezzi trasmissivi fino a realizzare un circuito completo e diretto. Una volta impegnato il circuito ne viene garantito l'accesso esclusivo ai due interlocutori sia in fase di conversazione che di silenzio, fino a quando un terminale telefonico non termina la comunicazione rilasciando così il circuito.

Il collegamento diretto e dedicato consente di avere trasmissione a banda costante e ritardo certo determinato unicamente dal tempo di propagazione del segnale elettromagnetico, garantendo ottima qualità per tutta la durata della comunicazione. [1]

La commutazione di circuito può rivelarsi inefficiente in quanto indipendentemente dalla presenza o meno di dati da trasmettere, la capacità del canale trasmissivo del circuito è interamente impegnato; tanto che statisticamente, nelle reti a commutazione di circuito, si può osservare uno spreco di circa la metà della banda disponibile. Inoltre visto che le tecnologie di trasporto standard (SONET/SDH) stabiliscono quale unità minima di canale trasportabile a 64 kbps, l'utilizzo di nuovi codec più efficienti rispetto allo standard (PCM64) non potrebbe essere utile implementato senza un completo aggiornamento della rete.

La principale rete a commutazione di circuito esistente è la rete PSTN (*Public Switched Telephone Network*) cioè la rete telefonica pubblica commutata che si può definire come concatenazione a livello mondiale delle reti telefoniche pubbliche a commutazione di circuito di proprietà delle varie aziende pubbliche o private che in qualità di gestori di telecomunicazioni offrono il servizio telefonico a chiunque vuole accedervi. [9]

## **1.2 Reti a commutazione di pacchetto**

La tecnologia a commutazione di pacchetto prevede la suddivisione dell'informazione in frammenti denominati "pacchetti", trasmessi singolarmente verso il destinatario, che possono viaggiare in maniera più o meno autonoma sulla rete anche percorrendo tratte diverse e attraversando diversi nodi di interconnessione. L'instradamento dei dati avviene tramite un meccanismo di intestazione contenente informazioni su mittente e destinatario che viene aggiunto al messaggio e diventa parte integrante di ogni

pacchetto. La possibilità che ogni pacchetto sia instradato su percorsi alternativi in base alla disponibilità o alla velocità del canale, rende incerto l'ordine di arrivo dei pacchetti, lasciando al terminale destinatario il compito di riordinare l'informazione. Il processo di suddivisione in pacchetti, spedizione, instradamento e riordino, anche in assenza di errori, introduce necessariamente un ritardo aleatorio tra il momento di invio e di ricezione dell'informazione. Le reti a commutazione di pacchetto pertanto sono storicamente utilizzate per la trasmissione dati, ossia per servizi tipicamente fruibili in maniera differita dal momento in cui l'informazione è generata. (web, mail, ftp ecc.) e i terminali della rete sono tipicamente PC. [1]

Nelle reti a commutazione di pacchetto, non vi è alcun meccanismo che riservi un circuito dedicato alla comunicazione, pertanto nel canale trasmissivo viaggiano autonomamente e contemporaneamente informazioni appartenenti a diverse comunicazioni ottimizzando l'utilizzo della banda disponibile.

La concatenazione a livello mondiale delle reti di computer pubbliche a commutazione di pacchetto è Internet basata sul protocollo IP che identifica il destinatario attraverso un indirizzo IP univoco. [9]

### **1.3 VoIP**

La tecnologia VoIP (Voice over IP) si sviluppa con l'intenzione di implementare il servizio voce su reti a commutazione di circuito al fine di ottimizzare l'utilizzo di banda e permette allo stesso tempo di integrare il servizio voce e il servizio di trasmissione dati sullo stesso mezzo trasmissivo. Ad esempio nell'ambito delle reti private con collegamenti dedicati di tipo geografico, l'utilizzo della tecnologia VoIP consente di attivare per ogni tratta una sola linea dati con immediati risparmi sui canoni periodici.

La tecnologia VOIP è realizzata mediante l'implementazione di alcuni protocolli di comunicazione a livello applicativo che si occupano di instaurare la conversazione e parallelamente di trasmettere il flusso voce su IP. Nello scenario VoIP esistono sia implementazioni proprietarie dei produttori che richiedono l'acquisizione di licenze sia implementazioni Open che prevedono l'utilizzo di protocolli standard.

Per quanto riguarda la segnalazione, scambio di dati necessario ad instaurare la comunicazione, esistono principalmente due protocolli che si stanno diffondendo come

standard VoIP, entrambi elaborati in ambito ITU (International Telecommunications Union) e IETF (Internet Engineering Task Force): il protocollo H323 e il protocollo SIP (Session Intiation Protocol). [9]

H323 si presenta come suite di protocolli completa per lo svolgimento di conferenze multimediali, dalla definizione dei formati di codifica a livello applicativo alla definizione di protocolli per la segnalazione e il controllo, per il trasporto dei flussi audio, video e dati e per la gestione degli aspetti di sicurezza, pensato per una generica rete a pacchetto, con particolare riferimento ad architetture di rete locali.

L'architettura complessa dell'H323 rende spesso difficile l'interoperabilità dei prodotti di differenti produttori.

Il protocollo SIP è stato creato come protocollo per la comunicazione voce in tempo reale su IP, e attraverso una ridotta segnalazione e una completa integrazione con gli altri protocolli della suite TCP/IP, consente funzioni base di controllo di una chiamata.

Il flusso voce viene generato dal segnale vocale analogico che convertito e codificato in formato digitale ed eventualmente compresso tramite l'uso di codec audio, viene infine trasmesso direttamente dal telefono (ip-phone) o dalla centrale telefonica (ip trunk). Per il trasporto del flusso voce SIP adotta il protocollo RTP (Real-time Transport Protocol) su UDP (User Datagram Protocol) su IP (Internet Protocol). [9]

Perché la tecnologia VoIP possa garantire un servizio di qualità è importante analizzare alcune proprietà della rete di trasmissione dati, in particolare Banda, Ritardi e Perdite.

### **Banda**

La voce umana ha uno spettro di circa 2,7 kHz che campionato ad 8 bit corrisponde ad un segnale digitale di 64 kbit/s di banda. Tuttavia, con i formati di compressione diventa possibile ridurre drasticamente la banda richiesta intervenendo dopo la digitalizzazione della voce e prima del suo invio. La controindicazione è che la perdita di un pacchetto con compressione maggiore corrisponde ad un vuoto maggiore di audio, con scadenza della qualità della telefonata, pertanto è preferibile l'utilizzo di un codec non compresso (G711). In generale una larghezza di banda sufficientemente ampia, garantisce la riduzione del tempo di latenza e di perdita di dati. [17]

### **Perdite**

La perdita di alcuni pacchetti, quando si trasporta voce, è considerata tollerabile fino ad una soglia del 5%, grazie alla capacità umana di ricostruire l'informazione anche se non perfettamente completa, pertanto per il trasporto del flusso voce viene spesso implementato il protocollo RTP su UDP che non prevede l'invio della conferma di ricezione del pacchetto non introducendo ulteriori ritardi dovuti alla ritrasmissione di eventuali pacchetti persi. [17]

### **Ritardi**

Per le comunicazioni voce il ritardo è particolarmente dannoso, infatti per garantire una conversazione confortevole agli utenti è necessario mantenere ritardi entro i 150 ms, oltre 200 ms il dialogo diventa intollerabile. Mantenere il tempo di latenza dei pacchetti sufficientemente basso è particolarmente importante, purtroppo tutti i diversi processi cui è sottoposta l'informazione dal momento in cui è generata, introducono ritardi, spesso non prevedibili. Va infatti considerato che oltre alla codifica del segnale analogico in segnale digitale e alla suddivisione in pacchetti, vi è il tempo di propagazione del segnale che varia da tratta a tratta anche sensibilmente nel caso di pacchetti che percorrono tratte diverse, rendendo necessaria una bufferizzazione per il riordino dei pacchetti. Infine si aggiunge il tempo di decodifica e riproduzione dell'informazione. Qualora un pacchetto superi un livello accettabile di ritardo si preferisce quindi scartarlo operando un'interpolazione nel flusso audio non avvertibile all'orecchio umano. La variazione del ritardo, definita Jitter, si genera nella fase di attraversamento della rete e per mantenere questo parametro a livelli accettabili vi sono degli accorgimenti, da adottare nei vari nodi della rete, come l'utilizzo di priorità per i pacchetti voce, introduzione di buffer ecc.. L'implementazione di tali strategie nella rete si definisce "Qualità del Servizio (QoS)" ed è supportata dalla maggior parte degli apparati di rete in commercio negli ultimi anni. [17]



## **CAPITOLO 2**

### **Scenario attuale della rete telefonica dell'Ateneo di Bologna**

Una panoramica sull'evoluzione e sullo stato dell'arte della rete telefonica dell'Ateneo di Bologna, sui servizi telefonici e le tecnologie già implementati, rappresenta il punto di partenza dello sviluppo del progetto e consente di valutare le esigenze di Ateneo e quali requisiti devono essere garantiti, oltre a delineare i servizi a valore aggiunto di una soluzione VoIP Open Source.

La configurazione attuale della rete telefonica di Ateneo è stata ottenuta attraverso un progetto di centralizzazione su IP, illustrato in questo capitolo con l'intenzione di evidenziare principi e caratteristiche di una soluzione VoIP oggetto di precedenti analisi. Tuttavia l'analisi degli indirizzi dati alla Pubblica Amministrazione Italiana in materia di Telecomunicazioni dagli organi di competenza avvalorava la necessità di implementazione di piattaforme Open Source e individua le motivazioni alla base del progetto

## **2.1 Rete di Ateneo**

L'Università di Bologna dispone di una rete di circa 11.000 interni, altamente affidabile e performante, distribuita sul territorio regionale dove l'Ateneo è presente con numerose sedi.

La prima rete telefonica nasce nel 1987 formata dall'interconnessione di 8 centrali Office 1000 installate a Bologna. Successivamente tramite gara di appalto, le centrali telefoniche sono state sostituite da centrali Alcatel 4400, collegate in rete. Nel corso degli ultimi 10 anni la rete si è sviluppata con un numero di centrali sempre maggiore e un'architettura di rete sempre più complessa. Alla rete iniziale che utilizzava interconnessioni urbane dedicate per la segnalazione e il flusso fonia (CDN 2 MB), si sono aggiunte centrali telefoniche nelle varie città della Romagna interconnesse localmente tra loro tramite linee di segnalazione(CDN 19 KB). L'implementazione di una rete dati sempre più affidabile e con disponibilità di banda garantita dalle interconnessioni in fibra ha consentito la realizzazione di progetti successivi che prevedevano link voip tra le centrali delle stesse città configurando 5 reti isolate nei territori di Bologna, Cesena, Forlì, Ravenna e Rimini, con gestione omogenea dei servizi. Il passo successivo è stato l'integrazione a livello regionale delle 5 reti su IP, reso possibile dall'aggiornamento infrastrutturale della rete Almanet nelle dorsali regionali su fibra ottica Lepida e dell'elevata disponibilità di banda. Questo intervento è stato di particolare rilevanza economica poiché ha trasferito intere direttrici di traffico esterno (chiamate interurbane tra sedi dislocate in territori diversi) sul traffico interno non tariffato. Contestualmente, la progettazione di un piano di numerazione uniforme per l'accesso agli interni dei vari Poli ha consentito di mantenere trasparenza di servizi.

La realizzazione di un'unica rete e il successivo ulteriore ampliamento del numero di sedi ha portato ad una rete ad architettura complessa composta da 57 PABX Alcatel con diverse release software e numerosi ripiani remoti distribuiti su sedi minori.

Consolidatosi l'utilizzo della tecnologia VoIP che svincola dalla necessità di realizzare collegamenti dedicati per l'interconnessione dei nodi tramite l'attivazione di link internodali tra centrali collegate ad Almanet, risulta logico ridurre la complessità della rete di Ateneo e aprire la piattaforma a nuovi servizi. E' stato quindi ideato il progetto IP centralization che, riducendo il numero dei nodi e aggiornando le centrali rimanenti

alla release software *Alcatel OmniPCX Enterprise R9.1*, delinea lo stato attuale della rete di Ateneo.

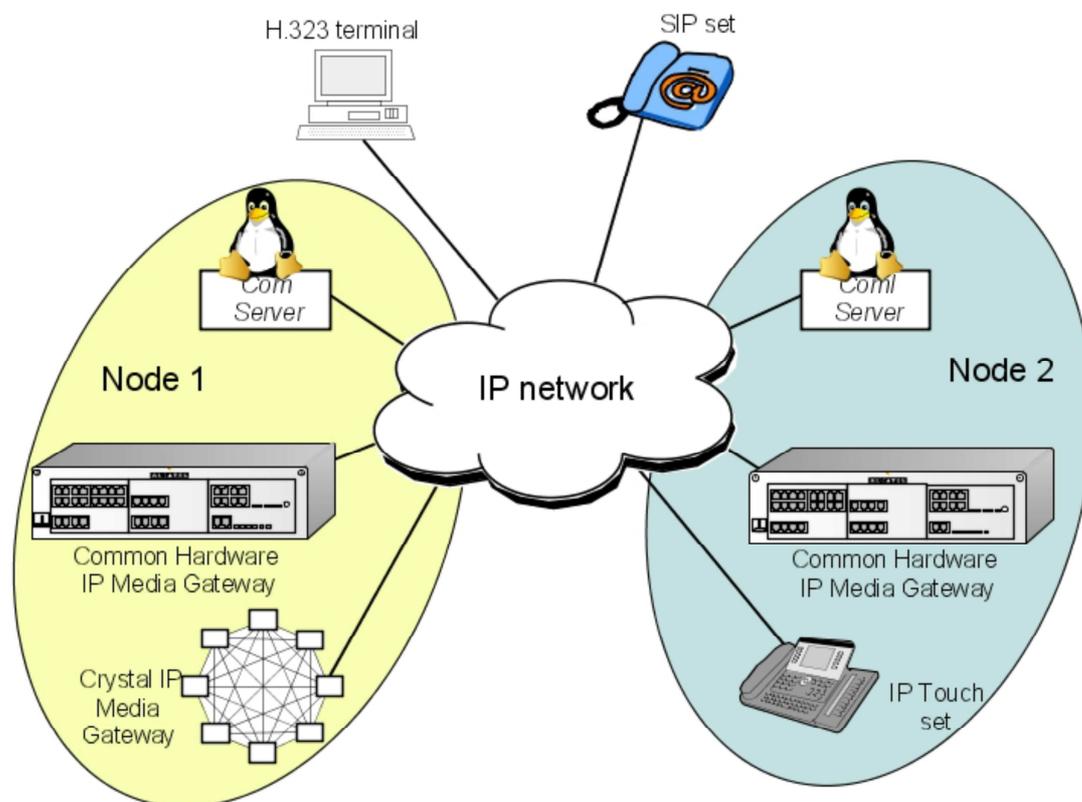


Figura 2.1 Schema logico strutturale Piattaforma OmniPCX Enterprise R9 [10]

## 2.2 L'IP Centralization

Il progetto IP centralization di Ateneo prevede una nuova configurazione della rete costituita da 16 nodi di cui 8 a Bologna e 8 in Romagna e il downgrade dei nodi rimanenti a IP Media Gateway (IPMG) quali ripiani remoti dei nodi di rete.

La topologia è di una rete di segnalazione con percorsi alternativi tra i 16 nodi, ciascuno dei quali è centro stella di diversi ripiani remoti. Tale configurazione (rappresentata in figura 2.2, dove per semplicità di lettura sono stati indicati solo i ripiani remoti delle sedi in Romagna) consente, anche in caso di guasto che isola un nodo, di raggiungere tutti gli altri nodi.



I nodi di backbone, centrali intelligenti in grado di instradare il traffico attraverso più percorsi interni e attraverso rete pubblica, garantiscono una maggiore tolleranza ai guasti e complessivamente una maggiore affidabilità del servizio per gli interni collegati direttamente ad essi, pertanto il primo step della fase di progettazione ha interessato la definizione di quali centrali mantenere nodo.

I criteri adottati sono stati i seguenti:

- centrali a servizio di strutture per cui il servizio telefonico è di strategica importanza (quali segreterie studenti, uffici urp e rettorato)
- centrali ad elevato numero di interni ed elevata affidabilità, o con presenza di servizi centralizzati (messagerie vocali, server per telefoni IP o Call center)
- centrali in sedi con maggior ridondanza di connettività dati, al fine di garantire la sopravvivenza della rete telefonica ad eventuali guasti della rete Almanet. Questo aspetto è di particolare importanza poiché l'interruzione della connettività dati, nella nuova configurazione pregiudica in maniera rilevante il funzionamento della rete telefonica per le sedi interessate.

L'analisi delle strutture e delle sedi coinvolte ha portato alla definizione dei 16 nodi di backbone elencati in tabella:

<b>SEDE</b>	<b>NODO</b>	<b>SEDE</b>	<b>COLLEGAMENTO ALMANET DELLA SEDE</b>
BOLOGNA	1	Rettorato	MAN LEPIDA
BOLOGNA	3	Belmeloro	PAL LEPIDA
BOLOGNA	5	Risorgimento	MAN LEPIDA
BOLOGNA	8	Pal. Hercolani	MAN LEPIDA
BOLOGNA	10	S.Giovanni in Monte	MAN LEPIDA
BOLOGNA	13	Morassutti	PAL LEPIDA
BOLOGNA	14	Fisica Irnerio	MAN LEPIDA
BOLOGNA	16	Lazzaretto	MAN LEPIDA
FORLI'	51	CAMPUS DI FORLI'	Collegamento di backup TDM TELECOM
FORLI'	55	FACOLTA' SSLMIT	PAL LEPIDA
RAVENNA	61*	POLO DI RAVENNA	PAL LEPIDA
RAVENNA	62*	LAB SC.AMBIENTALI	MAN LEPIDA
C\ESENA	71	PAL.MAZZINI MARINELLI	PAL LEPIDA
CESENA	77	PAL URBINATI	Collegamento di backup TDM TELECOM
RIMINI	91*	COMP.ALBERTI	PAL LEPIDA
RIMINI	92*	SEDE ANGHERA'	NO ALMANET

Al fine di garantire una buona affidabilità della rete a fronte della riduzione del numero dei nodi, è stato previsto ove necessario il potenziamento dei 16 nodi di backbone, con ridondanza di CPU, flussi urbani e schede VOIP, stazioni di energia.

Per le centrali non appartenenti alla dorsale, il progetto prevede la trasformazione in ripiano remoto e la centralizzazione degli interni e delle linee telefoniche su un nodo di backbone che ne gestisce il traffico.

Il ripiano remoto si configura, di fatto, come una parte di centrale (schede analogiche e digitali per il collegamento di interni) situata in altra sede, che necessita per il proprio funzionamento di un collegamento costante al nodo di appartenenza. Il progetto IP centralization prevede che tale collegamento sia realizzato in VoIP sulla rete Almanet utilizzando le schede IP già presenti nella configurazione di rete esistente, per le comunicazioni tra centrali.

La centralizzazione delle linee sui nodi di backbone, comporta l'aumento di traffico voip che deve convogliare dal backbone verso i ripiani remoti, è quindi necessario l'aumento hardware (compressori) e software (licenze) dei canali voip:

Di fatto, la trasformazione in ripiano remoto di una centrale della rete esistente, ha comportato un intervento hardware per la rimozione delle schede non più necessarie (CPU e schede di gestione delle linee ISDN, guide vocali ecc.) e un intervento software per la migrazione delle licenze sul nodo di appartenenza.

I criteri adottati per la ripartizione dei ripiani remoti tra i diversi nodi sono stati nel rispetto di:

- appartenenza alla stessa area geografica (e di conseguenza alla stessa MAN cittadina) al fine di limitare il traffico VoIP su Almanet dovuto a chiamate interne;
- rispetto dell'arco di numerazione degli interni del ripiano remoto al fine di limitare il traffico VoIP su Almanet dovuto a chiamate esterne;
- bilanciamento del numero di ripiani e del numero di interni gestiti da ciascun nodo;
- bilanciamento dei canali VOIP

L'affidabilità della rete telefonica di Ateneo è determinata dalla capacità di mantenere in funzione il maggior numero di servizi telefonici in caso di guasto. Un'attenta analisi delle tipologie di guasto e relative conseguenze ha consentito di adottare opportuni accorgimenti nella progettazione di una rete centralizzata su IP ad elevata affidabilità per le sedi più strategiche e a bassa tolleranza guasti.

In occasione della revisione della rete è stato effettuato un aggiornamento delle diverse release software installate sulle centrali che non garantivano più totale compatibilità dei servizi. Attualmente è quindi installata la piattaforma *Alcatel OmniPCX Enterprise R9.1*

che implementa il protocollo SIP rendendo possibile l'attivazione di dispositivi SIP che rispettano tale standard, o di fasci SIP di collegamento verso altre realtà VoIP.

### **2.3 Tecnologie e servizi implementati**

La rete telefonica Alcatel Lucent OmniPCX Enterprise fornisce soluzioni di comunicazione tradizionali e IP, grazie all'integrazione di tecnologie Linux, XML, VXML e agli standard aperti come QSIG, H.323, CSTA e SIP. Offre scalabilità da 10 a 100.000 utenti che possono essere distribuiti in più sedi geografiche.

La rete è caratterizzata da una architettura flessibile che permette la realizzazione di configurazioni IP e TDM assicurando piena interoperabilità grazie al supporto degli standard aperti.

Alla base delle capacità di networking della rete è il protocollo ABC (Alcatel Business Communication), un protocollo proprietario sicuro basato su QSIG che fornisce una gamma completa di funzioni utente avanzate e servizi di gestione di rete e routing. Il protocollo è supportato su qualsiasi tipo di rete (IP, ATM, frame relay, PSTN, ISDN o linea dedicata).

L'instradamento avviene attraverso selezione automatica (ARS) le cui regole risiedono su database distribuito su ciascun nodo di rete e costantemente aggiornato tramite meccanismi di audit e di broadcast dei dati di configurazione

Su ogni nodo sono configurati diversi link verso altri nodi, che permettono a ciascuna centrale di conoscere la rete adiacente e delineare così la mappa logica complessiva. Le centrali si scambiano informazioni di segnalazione attraverso i link in modo da monitorare costantemente lo stato della rete e di instradare le comunicazioni, direttamente in VoIP, in modo dinamico, attraverso la rotta più conveniente. Ogni nodo è poi collegato alla rete pubblica che rappresenta a tutti gli effetti una rotta di instradamento alternativo in caso di indisponibilità delle proprie linee (trabocco di backup) o di irraggiungibilità via IP di un nodo (trabocco di rete privata su rete pubblica). [10]

Sulla rete di Ateneo sono implementati oltre ai servizi telefonici standard e servizi di rete privata su protocollo ABC, servizi di directory, servizi di call center, servizi di

messaggistica, servizi di multiconferenza, servizi hotel per le foresterie oltre a servizi di tassazione, analisi del traffico e di reporting.

La piattaforma è progettata per garantire piena trasparenza e interoperabilità dei servizi distribuiti indipendentemente dall'infrastruttura locale sottostante.

## **2.4 Ridondanza e Sicurezza**

Alcatel OmniPCX Enterprise fornisce un meccanismo di ridondanza unico ed esclusivo per i casi in cui le applicazioni critiche richiedono un alto livello di affidabilità. La ridondanza del server di comunicazione (duplicazione) consente di scambiare tale server con il relativo server di mirroring mediante un link IP.

La centrale può esistere su diverse piattaforme hardware ma il servizio offerto è lo stesso. Negli Appliance Server (nodo 1, nodo 3, nodo 10, nodo 61) i due server si possono trovare fisicamente in luoghi differenti e su sottoreti IP diverse. Nei ripiani Crystal (nodi 5,8,13,14,16,51,55,62,71,77,91,92) , il call server risiede su piastra CPU e per la duplicazione sono necessarie due CPU sullo stesso ripiano.

In entrambi i casi, in condizioni operative normali, tra il server principale e quello di standby viene stabilito e mantenuto un processo di polling. L'interruzione del dialogo in caso di guasto, indica al server in standby che il server principale è scomparso portandolo ad assumere il ruolo di server principale.

Quando si verifica questa transizione, le chiamate attive vengono mantenute, mentre quelle in corso di impostazione vanno perse.

I dati coinvolti nell'aggiornamento sono:

stato dei diversi elementi (piastre, terminali e così via);

informazioni di configurazione;

ticket contabili (Call Detail Record);

dati CCD.

Qualora vi sia un'interruzione del collegamento Almanet che comporta la caduta di link tra nodi, le centrali telefoniche sono in grado di compiere decisioni di conversioni tra rete privata e rete pubblica facilitando chiamate interne alla rete.

In questa condizione i numeri interni selezionati vengono convertiti automaticamente in numeri estesi e le chiamate vengono instradate su rete pubblica, garantendo comunque un numero minimo di servizi di telefonia nelle comunicazioni tra interni appartenenti a diversi nodi. [10]

## **2.5 Nuovi orizzonti**

La rete telefonica esistente, per quanto notevolmente semplificata con la centralizzazione su IP è fortemente caratterizzata dall'enorme quantità di hardware distribuito nelle numerose sedi di Ateneo, necessario per la gestione dei flussi, dei servizi, ma soprattutto delle schede utente cui sono collegati tramite circuito fisico i telefoni analogici e digitali. In tale contesto è attivo un contratto di manutenzione che prevede interventi tempestivi anche su ripiani remoti dove non vi è ridondanza e dove non sarebbe possibile garantire la sopravvivenza del servizio telefonico in caso di guasto hardware. Inoltre pur con l'utilizzo intensivo della tecnologia VoIP e l'apertura al protocollo SIP, la rete Alcatel OmniPCX Enterprise può essere definita di tipo *Legacy* ovvero basata sulla politica commerciale del produttore che spesso oltre alla vendita dell'hardware richiede l'acquisizione di licenze software per ogni servizio in quantità corrispondente ad ogni interno abilitato al suo utilizzo. In particolare per quanto riguarda l'ampliamento di servizi VoIP, acquisiti i compressori voce disponibili su apposite piastre, l'apertura di canali IP proprietari o SIP richiede l'acquisto di onerose licenze.

Queste ultime due ragioni spingono l'Ateneo alla ricerca di soluzioni che possano introdurre nuovi servizi a costi contenuti. In tal senso anche il legislatore ha manifestato espressamente la volontà che la Pubblica Amministrazione Italiana privilegi, ove possibile, soluzioni Open Source robuste ed affidabili. In particolare per le Università è stata attivata una iniziativa denominata ICT4University che oltre ad aver incaricato un apposito Tavolo Tecnico di redigere linee guida per l'implementazione di soluzioni VoIP standard all'interno della Pubblica Amministrazione Italiana, ha finanziato il progetto VoIP4U, per la realizzazione di una soluzione completamente Open source basata sul software Asterisk PBX.[8]

Il progetto è già stato completato e la soluzione VoIP4U è stata pubblicata sotto licenza GPLv2, e installato in alcune Università (Università degli Studi di Ferrara e Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo") [9]

Le linee guida indicano quale ulteriore obiettivo la pubblicazione del proprio spazio di numerazione telefonica IP attraverso un servizio gestito dal GARR, per permettere di veicolare in VoIP le chiamate inter ateneo azzerando i costi delle chiamate esterne tra Atenei (Progetto ENum). [8]

L'utilizzo del VoIp standard è stato anche ribadito nella realizzazione della rete UNI22 tra Ateneo di Bologna, Università di Trento e Università di Verona, quale strumento idoneo a fornire servizi per studenti in mobilità. [8]

Le nuove opportunità dell'Università Digitale hanno spinto l'Ateneo di Bologna allo sviluppo di un proprio progetto VoIP, illustrato in questa tesi, che presta particolare attenzione all'integrazione con i servizi informativi già utilizzati in Ateneo.

Data l'importanza e la complessità della rete esistente, è stata prevista una fase di sperimentazione del progetto, che consentirà di testare l'implementazione dei servizi esistenti, dei nuovi servizi e l'effettiva affidabilità della soluzione scelta, su una struttura pilota. La sperimentazione agevolerà la progettazione di una graduale migrazione della rete esistente verso la nuova piattaforma.



## CAPITOLO 3

### Soluzioni VoIP di tipo Open Source

La tecnologia VoIP permette di realizzare una integrazione completa tra le varie modalità di comunicazione, voce, video, dati, servizi di rete e applicazioni attraverso la standardizzazione di procedure e protocolli.

Per rispondere all'esigenza di far comunicare tra loro sistemi eterogenei e di produttori differenti gli enti di standardizzazione si concentrano sulla definizione di soluzioni aperte e tendono a scoraggiare l'utilizzo di soluzioni chiuse (Legacy) e lo sviluppo di protocolli proprietari.

In questo capitolo si espongono le caratteristiche del principale protocollo aperto per le comunicazioni VoIP: il protocollo SIP, implementato ad oggi nella quasi totalità dei sistemi Open Voice e dei terminali telefonici. Si prosegue con l'analisi di due sistemi, OpenSips e Asterisk, che realizzano l'architettura Sip e che l'Ateneo ha scelto di utilizzare nel proprio progetto.

#### 3.1 Protocollo SIP

SIP acronimo di *Session Initiation Protocol* è un protocollo che si colloca a livello applicativo dello standard ISO/OSI ed è utilizzato per instaurare sessioni multimediali tra utenti. Il cardine su cui è basato il protocollo è l'astrazione tra l'attivazione della

sessione e la sessione dati vera e propri. Sip gestisce infatti l'inizializzazione, la modifica e la terminazione delle sessioni, mentre il trasporto dei dati è demandato ad altri protocolli: tipicamente *Real-time Transport Protocol* (RTP) per il trasporto dati in tempo reale e la gestione del Quality of Service e il *Real-time streaming protocol*(RTSP) per il controllo del flusso streaming. [9]

SIP ha come principali funzioni quelle di:

- Invitare gli utenti a partecipare ad una sessione
- Localizzare gli utenti e determinare i formati e le risorse che può supportare
- Acquisire le preferenze degli utenti
- Trasportare una descrizione della sessione
- Instaurare la connessione
- Modificare i parametri di chiamata
- Rilasciare la sessione

Nell'architettura Sip lo scambio delle comunicazioni avviene tramite un modello di transazione richiesta/risposta che si può definire "HTTP-like". Ciascuna transazione consiste in una richiesta che invoca un metodo particolare, o funzione, su un server e riceve almeno una risposta impostando la negoziazione già nel primo contatto. Il chiamante infatti invia una richiesta INVITE con i tipi di media supportati nel corpo del messaggio. [5]

Sip supporta nativamente anche la mobilità degli utenti, prevedendo l'autenticazione dell'utente sul terminale che utilizza, svincolando l'associazione tra l'interno telefonico e il circuito fisico come accadeva nella telefonia tradizionale. Le entità SIP vengono identificate attraverso SIP URI (Uniform Resource Identifier). Un SIP URI si presenta nella forma *sip:username@domain*. E' quindi possibile utilizzare lo stesso URI per l'email e le comunicazioni SIP, favorendo l'integrazione tra i due servizi.

La natura riservata delle conversazioni richiede particolare attenzione agli aspetti di sicurezza informatica. Il SIP fornisce una suite di servizi relativi alla sicurezza, che includono il "denial-of-service prevention", autenticazione (da utente a utente e da proxy a utente), protezione dell'integrità, encryption e servizi per la privacy. Il SIP lavora sia con Ipv4 che Ipv6.

In una tipica rete SIP sono definite ed utilizzate le seguenti entità:

- *UA (User Agent)*: SIP network terminal (telefono SIP, oppure gateway verso altre reti), si possono distinguere *UAC (User agent client)*: client terminale che inizia la segnalazione SIP e *UAS (User agent server)*: server terminale che risponde alla segnalazione SIP proveniente dallo UAC
- *Registrar server*: riceve le richieste di registrazione degli UA che comunicano l'indirizzo di rete dove essere localizzati
- *Proxy server*: riceve le richieste di connessione dallo UA e le trasferisce ad un altro proxy server se la particolare destinazione non è di sua competenza
- *Redirect server* : riceve le richieste di connessione e le rinvia indietro al richiedente includendovi informazioni sulla destinazione anziché inoltrarli direttamente.
- *Location Server*: database che contiene informazioni sull'utente, profilo, indirizzo, URL

Tali elementi sono spesso solamente entità di tipo logico e le applicazioni server (Proxy, Redirect, Location) possono essere disponibili su di una singola macchina fisica chiamata genericamente proxy server, la quale risulta responsabile della gestione del database dei clients, dell'avvio, della gestione e terminazione delle connessioni, e dell'instradamento delle chiamate. [5]

Nell'infrastruttura SIP i proxy hanno il compito di gestire il routing di un invito a stabilire una sessione coerentemente con la posizione attuale del chiamato, l'autenticazione, l'accounting.

Gli elementi del messaggio SIP sono [9]:

- *Request line* o *Response line* che contengono informazioni quali il tipo di richiesta (Metodo), l'indirizzo del destinatario (URI) e la versione del protocollo. Il metodo caratterizza il tipo di comunicazione in atto.  
I metodi previsti consentono di registrarsi (Register) per inviare l'indirizzo IP dove ricevere le comunicazioni, di richiedere l'attivazione di sessioni (Invite), di notificare la ricezione di messaggi (Ack), di cancellare richieste( cancel), di terminare sessioni (Bye) e di richiedere informazioni sulle opzioni disponibili del terminale dell'utente chiamato (Option)  
Esempio di request line atta ad instaurare una sessione:  
INVITE sip:alice@unibo.it SIP/2.0
- *Headers* che forniscono informazioni aggiuntive alla richiesta, quali mittente, destinatario e parametri identificativi degli utenti. Alcuni dei principali Headers utilizzati sono To (nome del destinatario), From(nome del mittente), Call-

ID(identificativo del messaggio), Cseq (num. di sequenza tra domande e risposte), Via (per instradare le risposte seguendo il percorso della richiesta). MaxForward (numero massimo di nodi che è consentito attraversare), Contact(indirizzo SIP del mittente)

- *Corpo del messaggio* può contenere qualsiasi informazione che dipende dal tipo di richiesta o risposta che il messaggio stesso deve fornire. Ad esempio è possibile inserire nel corpo del messaggio informazioni relative alla presenza.

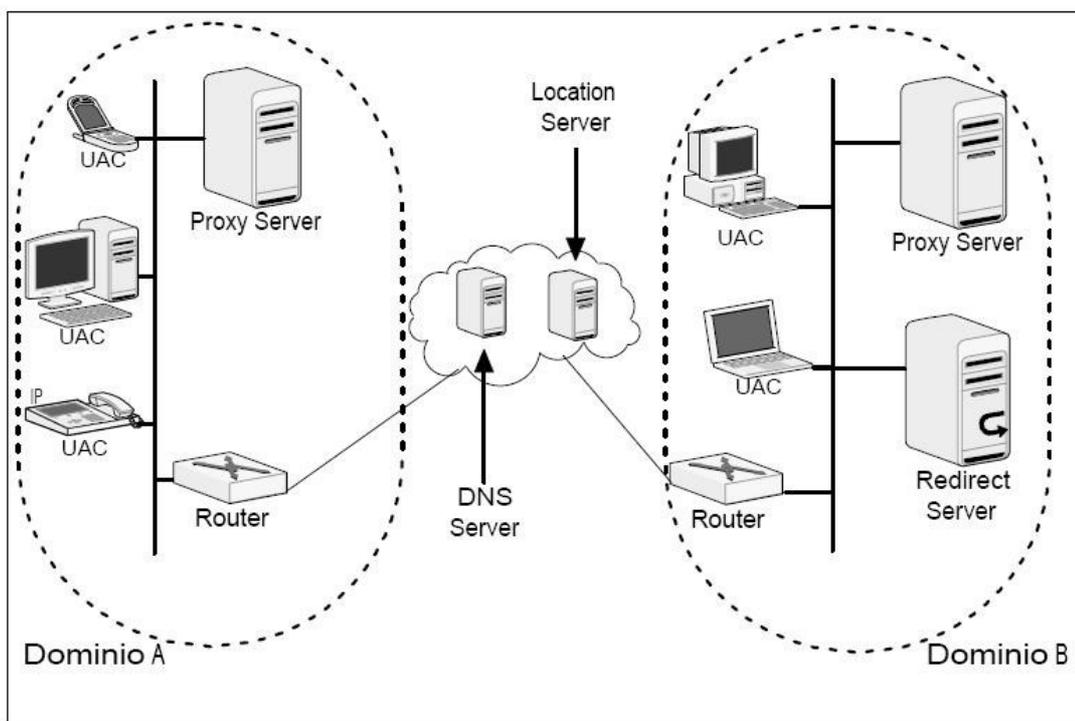


Figura 3.1 –Architettura logica di SIP [5]

### 3.2 OpenSips

OpenSips è una implementazione open source di server SIP che prosegue e consolida il progetto OpenSer, scritto in linguaggio C e destinato principalmente ad essere installato su sistemi operativi Linux like. [14]

Ricopre principalmente due ruoli:

- quello di registrar server, che si occupa di registrare gli utenti che si autenticano secondo le regole del protocollo SIP, memorizzando i dati su database tipicamente MySQL. L'autenticazione può essere gestita in collaborazione con server dedicati a memorizzare utenti e relative password.

- quello di proxy server con la funzione di gestire il routing, ossia di inoltrare le comunicazioni SIP all'indirizzo dell'utente destinatario prendendo le dovute decisioni di instradamento e a modificare i messaggi SIP request prima di effettuarne l'invio, instradare i messaggi SIP di response sullo stesso percorso del messaggio SIP di request in senso opposto. Opensips è in grado di gestire l'instradamento sia in Internet tramite il SIPURI, sia nella rete PSTN tradizionale con identificativo numerico. L'instradamento avviene attraverso un gateway SIP (dispositivo autonomo).

Opensips è in grado di gestire la chiamata tra due utenti registrati, ma non supporta particolari servizi telefonici tipici di una rete aziendale, per questo viene frequentemente affiancato a centrali telefoniche IP, cui il server instrada le chiamate. Come proxy server supporta sia la modalità stateless che statefull (in base alla capacità di poter discriminare il contenuto informativo dei messaggi).

E' in grado di gestire il NAT trasversale per creare connessioni end-to-end (tra utenti di sistemi autonomi diversi che adoperano NAT) senza modificare l'header del pacchetto.

Altra caratteristica di OpenSips è una buona gestione del Load Balancing attraverso algoritmi specializzati di hash, che possono essere configurati per effettuare il bilanciamento di carico su campi, come l'username e il callid, ed altre proprietà differenti. Tale progetto permette la gestione del failover ed affronta il problema del bilanciamento con soluzioni che si distinguono in base al controllo o meno del carico dei vari nodi a runtime. [4]

OpenSIPS ha un'architettura modulare, la cui configurazione può essere effettuata in modalità script, che gli consente di essere flessibile e altamente scalabile anche nel supportare efficientemente servizi di Unified Communication per voce, video, Istant Messaging, e servizi di presenza. Risulta pertanto indicato per soluzioni VoIP aperte anche per aziende di grandi dimensioni.

Utilizzando load balancing in modalità stateless, OpenSips è in grado di gestire circa 5000 sessioni al secondo e in sistemi con 4 GB di memoria può supportare fino a 300.000 utenti registrati. [14]

### **3.3 Asterisk**

Asterisk è un software Open Source, che implementa una centrale telefonica VOIP. Il progetto, sviluppato da Digium e rilasciato sotto licenza GNU-GPL dai contenuti facilmente consultabili, modificabili e riutilizzabili, ha consentito un continuo accrescimento della multiplatforma sviluppata in linguaggio C e supportata per sistemi Linux, Unix, Windows e Mac OS

Presenta un'architettura modulare, dove ogni componente è indipendente e lavora su un core stabile e performante che gli permette di integrarsi con i diversi ambienti di produttori telefonici tradizionali presenti sul mercato e di interfacciarsi con la totalità delle schede e degli applicativi esistenti. [12]

Il core offre i servizi basilari al sistema quali [4]:

- Gestore delle chiamate - permette la comunicazione tra gli utenti; Asterisk si limita a gestire soltanto il flusso dati astraendosi dalla gestione della comunicazione, fase designata esclusivamente ai vari protocolli (H.323, SIP).
- Gestore delle applicazioni - completa il canale comunicativo utilizzando applicazioni come front-end, voicemail, applicazioni di interfacciamento tra il sistema ed un modem remoto oppure mette in comunicazione più canali tra loro.
- Traduttore di codec – si occupa dell'interfacciamento tra utenti di reti differenti; traduce i codec audio richiamando i componenti esterni adeguati.
- Gestore dell' I/O e dello scheduling - è il componente adibito alla comunicazione che il core deve avere con l'esterno. Affinché il core comunichi con l'esterno deve interagire con una serie di API, che ne permettono la comunicazione adeguata.
- DML (Dynamic Module Loader) - è il modulo che permette l'espansione del sistema, in quanto effettua il caricamento di nuove funzionalità; tale processo di loading viene effettuato in maniera dinamica, adoperando le API che ne permettono la comunicazione del core con l'esterno.

A contorno del core si affiancano diverse API e librerie con cui è possibile creare nuovi moduli, hanno il compito di gestire principalmente quattro ambiti:

- Canali di comunicazione di varie tecnologie (ISDN, VoIP ecc.);
- Applicazioni affinché i moduli esterni al core possano attenersi a determinate regole ed istruzioni

- Codec: affinché ogni singolo codec possa attenersi a determinate regole;
- File: affinché vengano gestite le operazioni di scrittura e lettura fatte sul filesystem da Asterisk.

Attraverso l'utilizzo delle API il progetto Asterisk raggiunge una completa astrazione tra le funzioni del suo nucleo come server PBX e le varie tecnologie esistenti (o in via di sviluppo) nel mondo della telefonia

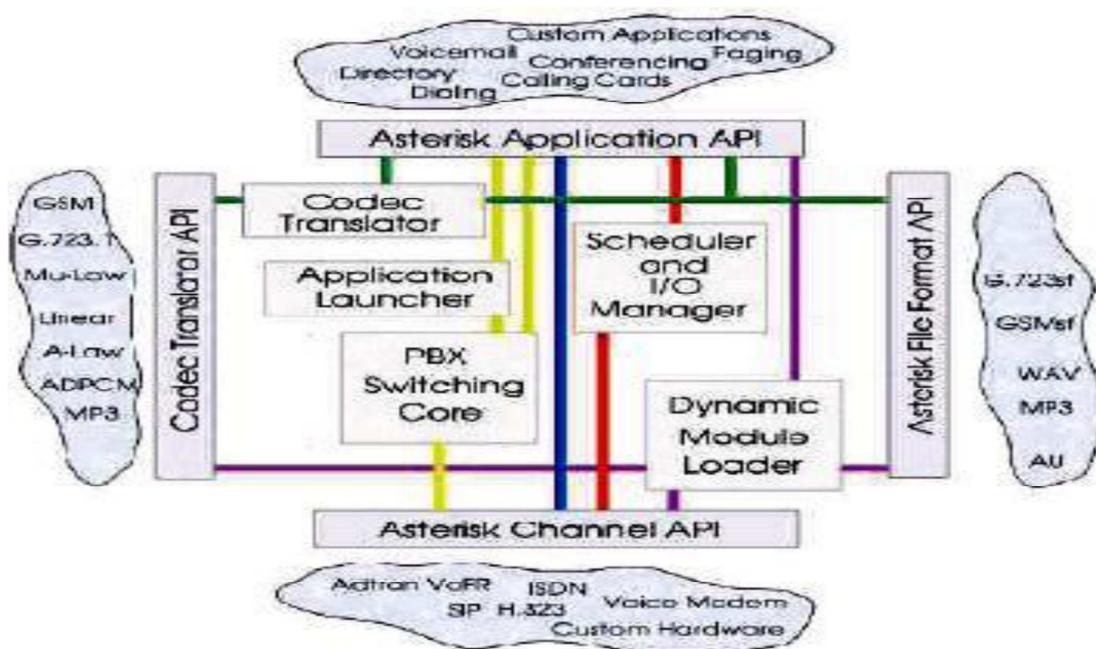


Figura 3.3-Architettura Modulare Asterisk [4]

Asterisk è in grado di fornire una vasta gamma di servizi telefonici tradizionali e di documentazione addebiti, al tempo stesso implementa soluzioni a favore della mobilità di utenti con identificazione su telefoni diversi, l'instradamento automatico sulla PSTN anche geograficamente distribuito basato su indisponibilità di risorse; piena interoperabilità con sistemi esterni Gatekeeper, gestione di terminali per videoconferenza, riconoscimento chiamate in black list. A questi si affiancano servizi a valore aggiunto come rubrica telefonica e servizi di chiamata attraverso portale voice con interfaccia web, Interfacciamento con Applicazioni esterne di Instant Messaging e di presence, sistemi per l'erogazione di servizi di IVR e ACD a supporto di contact center. [13]

Il componente fondamentale del PBX Asterisk è il dial plan che definisce come vengono gestite le chiamate in ingresso e in uscita dal sistema e dove è possibile associare a ogni chiamata una serie di istruzioni da eseguire, in modo simile a un linguaggio di scripting. [4]

Il *dialplan* è contenuto nel file *extensions.conf* e si avvale principalmente di 4 elementi *Contesti* sono un modo di suddividere diversi ambiti su cui adottare comportamenti comuni, ogni chiamata da una particolare utenza verrà gestita dalle istruzioni del relativo contesto. I Contesti possono includere altri contesti.

*Estensioni*: azioni da eseguire in risposta alla chiamata ad un determinato numero composto. Le azioni definiscono quali applicazioni richiamare e che parametri passare.

*Applicazioni*: sono la parte principale di ogni estensione cioè il codice eseguito quando un numero viene digitato. Sono applicazioni ad esempio le operazioni necessarie per la risposta *Answer ()* e per la chiamata *Dial()*

*Priorità* serve per stabilire un ordine di esecuzione delle applicazioni dove più applicazioni possono essere associate a una medesima destinazione.

Un PBX Asterisk può supportare, se adeguatamente equipaggiato, il traffico telefonico di qualche migliaio di interni. [12]

I terminali telefonici supportati possono essere di diverso genere: Hardphone SIP, telefoni dotati di scheda di rete che dialogano tramite protocollo SIP, softphone ossia software telefonici installati su PC, smartphone dotati di client SIP, ma anche telefoni analogici tradizionali se il server è equipaggiato con apposite interfacce e circuiti dedicati ai flussi voce analogici (FXS ed FXO). Asterisk si occupa dell'interoperabilità tra le diverse tecnologie.

Eventuali espansioni possono essere realizzata installando più centralini Asterisk interconnessi attraverso trunk VOIP gestiti con protocollo IAX.(Internet Asterisk eXchange) ideato appositamente per gestire in maniera efficiente elevate quantità di traffico tra centralini interconnessi. [9]

Il protocollo IAX permette di ottimizzare l'utilizzo di banda attraverso la miscela di canali differenti su singoli flussi dati indipendentemente dalle caratteristiche e dai codec utilizzati in ciascun canale.

Le interconnessioni tramite trunk VoIP risultano utili anche dove vi è la necessità di collegare su infrastruttura IP centralini tradizionali stand alone per realizzare una rete telefonica di tipo privato, senza intervenire sulla infrastruttura telefonica locale. Questa soluzione si può ottenere installando in ogni sede un server, configurato a centralino Asterisk collegato al PBX tradizionale e interconnesso a ciascun iPBX Asterisk con trunk IAX.



## **CAPITOLO 4**

### **Problematiche di migrazione della rete di telefonia fissa di Ateneo verso una soluzione Open Source**

La progettazione di una piattaforma VoIP che secondo gli indirizzi trattati nel capitolo 2.5 possa sostituire l'attuale rete telefonica, include tra i suoi elementi quelle implementazioni mature performanti e scalabili descritte nel terzo capitolo, cui andrà affiancato una soluzione di servizi di comunicazione unificata (presence, instant messaging, audio/video conference, ecc) per tutto il personale docente e tecnico-amministrativo.

Per gli studenti, considerata la numerosità degli stessi, l'Ateneo ritiene opportuno offrire il servizio solamente a chi si reca all'estero all'interno di programmi di mobilità internazionale (stimati mediamente in 2000 all'anno) e consentire loro di comunicare gratuitamente con docenti, uffici amministrativi, colleghi o con chiunque altro purché venga esclusa l'interconnessione alla rete telefonica pubblica in uscita.

A completamento del progetto è necessario implementare sistemi e procedure che possano agevolare una gestione efficiente della rete a regime, con particolare riguardo ad aspetti di provisioning, di alta affidabilità, di sicurezza e di rendicontazione.

La rete di trasmissione dati, quale naturale ambiente di convergenza di tutta la piattaforma, è oggetto di analisi in diversi ambiti, con particolare attenzione al cablaggio che qualora dovesse risultare carente, richiede interventi di adeguamento onerosi, sia in termini di costi sia di tempi, da valutare con sufficiente anticipo rispetto alla migrazione

In questo capitolo si compie un'analisi preliminare di tutto il progetto che, a partire dai requisiti da soddisfare, individua le possibili soluzioni e delinea un'architettura completa della piattaforma. Nel trattare i diversi argomenti emergono aspetti di dettaglio che sul grande numero di interni di Ateneo possono comportare problematiche difficilmente gestibili in fase di migrazione. In questi casi si evidenzia la necessità di sperimentazione all'interno del progetto pilota dove si ritiene possano essere individuate le soluzioni più adeguate.

#### **4.1 Analisi prerequisiti**

La progettazione di una nuova rete telefonica di Ateneo, orientata all'utilizzo di soluzioni OpenSource nell'ambito del progetto Università Digitale deve necessariamente tener conto di alcuni presupposti basilari:

- Supporto di identificativi di numerazione standard (E.164) e di piani di numerazione provati (standard ISO/IEC 11571)
- Necessità di garantire il funzionamento dei servizi telefonici già disponibili e ampiamente utilizzati su diversi terminali telefonici (SIP, softphone, smartphone, ecc.);
- Implementare servizi di telefonia innovativi quali teleconferenza, presence, instant messaging, unific communication e mobilità;
- Possibilità di sviluppare nuove funzionalità;
- Garantire disservizi limitati in fase di migrazione;
- Garantire la sicurezza dei dati;

- Integrazioni con i sistemi informativi di Ateneo;
- Garantire la rendicontazione degli addebiti di traffico;
- Garantire alta affidabilità (HA) del servizio in modalità attivo passivo per tutti i server virtuali;
- Limitare i costi di investimento e di manutenzione per future espansioni;

## **4.2 Architettura VoIP**

Per quanto riguarda i servizi telefonici una soluzione Asterisk, con centralini interconnessi con trunk IAX, come trattato in precedenza, può rispondere adeguatamente ai primi quattro requisiti. L'Ateneo deve supportare il servizio di telefonia per circa 11.000 interni migrati dalla rete esistente più gli utenti in mobilità, 2000 studenti a cui si aggiunge il personale docente e TA. Complessivamente si può ipotizzare un numero di utenti che dovranno essere autenticati nell'ordine di grandezza di 15.000.

### **Sip e OpenSips**

Per gestire l'autenticazione di un numero elevato di utenti è opportuno affiancare al PBX VOIP un proxy SIP che effettua le registrazioni SIP e si occupa del routing senza gravare sui centralini telefonici. Come descritto nel capitolo 3 un server OpenSips, adeguatamente equipaggiato e configurato, può farsi carico della registrazione di tutti gli utenti.

In particolare si vuole che il sistema agevoli la mobilità degli utenti consentendo la registrazione anche su terminali telefonici diversi attraverso autenticazione con utente e PIN. A tale scopo sono state analizzate due modalità di autenticazione

- Tutti i telefoni sono registrati come terminali generici sul proxy SIP ed ogniqualvolta un utente specifico si autentica digitando il pin, il terminale generico viene automaticamente associato all'utente stesso e si comporta come il suo telefono interno. Il pin specifico per questa funzionalità può risiedere sul database degli utenti ma non coincidere con la password dell'utente.

- La registrazione SIP è richiesta ogni volta che un utente arriva in ufficio e desidera utilizzare il terminale telefonico trovato. Questa modalità permette di scegliere se utilizzare per l'accesso la password di "dominio" oppure un PIN di autenticazione appositamente definito, ed è implementabile in via generica utilizzando un qualunque terminale telefonico SIP.

La sperimentazione di entrambe le modalità servirà a definire quale adottare o ad adottarle entrambe a seconda delle diverse esigenze dell'utente.

Per quanto riguarda il Sip URI si prevede di associare ad ogni utente l'identificativo univoco Dsa del tipo *sip:nome.cognome@unibo.it* e un numero telefonico E164 costituito da radicale e interno. L'utente potrà essere raggiunto attraverso entrambi gli identificativi, ma potranno registrarsi anche utenti che dispongono solamente di Uri del tipo *sip:nome.cognome@unibo.it* senza alcun numero telefonico associato.

### **Centrali Asterisk**

Per quanto riguarda i PBX, è necessario implementare diversi centralini Asterisk su cui ripartire l'elevato numero di interni. La scalabilità della soluzione Asterisk consente di aumentare il numero dei PBX interconnessi con estrema semplicità, pertanto in questa fase del progetto si è ritenuto di valutare la rispondenza della piattaforma in termini di servizi offerti e di interoperabilità con gli altri sistemi informativi, rimandando il dimensionamento dettagliato dei sistemi ad un'eventuale progetto definitivo dove le soluzioni proposte andranno affiancate da una puntuale analisi dei costi.

In prima analisi è possibile affermare che il numero delle centrali può variare in base all'equipaggiamento e le performance dei server, alla scelta della topologia della rete, delle statistiche della quantità e intensità di traffico telefonico da smaltire. A titolo esemplificativo si introduce una tabella che riassume le statistiche di traffico di Ateneo, estratte dall'attuale rete telefonica nel 1° bimestre 2013.

<b>Totale chiamate entranti</b>	<b>Totale chiamate uscenti</b>	<b>Totale chiamate fasci IP</b>	<b>Totale chiamate fasci non IP</b>	<b>Durata media uscenti</b>
514844	538692	218104	93426	02 m 13 s

Si evidenzia che le chiamate interne sono tracciate sui fasci e non rappresentano il totale delle chiamate interne di Ateneo (ad esempio non sono comprese le chiamate tra interni allocati su uno stesso ripiano di centrale). In una soluzione totalmente VoIP tutte le chiamate tra interni VoIP transitano sulla rete provocando aumento di traffico dati.

Per quanto riguarda la scelta dell'hardware, i sistemi informativi di Ateneo fanno ampio utilizzo di macchine virtuali collocate nel data center del Cesia, e si ritiene strategico adottare la stessa soluzione anche per i server della piattaforma VoIP.

A livello implementativo gli iPBX devono prevedere un instradamento verso la rete PSTN, per consentire le comunicazioni da e verso la rete pubblica. A tale scopo si prevede l'utilizzo di gateway che effettuano la conversione VoIP e che dialogano con i PBX mediante il protocollo SIP. Il Gateway deve essere collocato fisicamente dove sono disponibili le linee PSTN ma non necessariamente in prossimità del centralino Asterisk.

### **Terminali telefonici**

L'Ateneo intende adottare telefoni SIP per la sostituzione dei terminali esistenti e favorire l'utilizzo di softphone, e di cellulari con client SIP quale servizio aggiuntivo. Tale ipotesi comporta un investimento iniziale di particolare impatto sui costi, considerato il numero di interni pari a 11.000. Sul mercato sono infatti disponibili diversi modelli di telefoni con costi anche molto differenti tra loro, ma per ragioni che verranno affrontate nel paragrafo 4.7, ci si deve indirizzare verso telefoni con determinate caratteristiche. L'investimento indicativo che l'Ateneo dovrebbe affrontare per la sostituzione dei telefoni risulta

COSTO MEDIO UNITARIO TELEFONI SNOM 300 DI 100€ × N. TELEFONI 11.000 = 1.100.000€

Come illustrato in precedenza Asterisk supporta il collegamento di telefoni tradizionali, tuttavia l'installazione di interfacce analogiche, oltre a non favorire l'utilizzo delle potenzialità della piattaforma VoIP, comporta i costi delle schede e torna a vincolare la collocazione fisica delle centrali alle sedi dove sono installati i telefoni, riconducendo ad un'architettura del tutto simile a quella esistente con la presenza di hardware distribuito nelle diverse sedi di Ateneo e la necessità di attivare nuovi contratti di manutenzione.

In questo scenario, si possono ipotizzare due proposte:

- Migrazione graduale alla nuova piattaforma, in base alla capacità dell'Ateneo di sostenere finanziariamente l'investimento, che presuppone sia possibile una elevata interoperabilità tra la piattaforma VoIP e la piattaforma tradizionale Alcatel;
- Riduzione del numero di hardphone, in favore di softphone di licenza gratuita o meno onerosa, purché la sperimentazione individui softphone che riescano pienamente a soddisfare le esigenze di comunicazione in ambito professionale

### **Piano di numerazione**

La migrazione verso la nuova piattaforma deve avvenire garantendo, per quanto possibile, continuità al servizio e limitare l'impatto negativo del cambiamento rispetto alle capacità acquisite e alle abitudini consolidate degli utenti. La predisposizione di un piano di numerazione equivalente al piano in uso non può che favorire l'impatto al nuovo sistema. Il piano di numerazione Unibo prevede una numerazione a 5 cifre destinata agli interni telefonici, e da 1 a 3 cifre per i servizi. La numerazione interna corrisponde alle ultime 5 cifre della numerazione esterna (formato E164).

Il piano è stato progettato appositamente per integrare archi di numerazione con radicali sensibilmente differenti perché attivati su territori con prefissi diversi. L'Ateneo ha infatti attivato le seguenti numerazioni esterne:

- Bologna: 2 decamigliai 051-208nnnn e 051-209nnnn
- Cesena: 2 migliaia 0547-338nnn e 0547-339nnn
- Forlì: 1 migliaio 0543-374nnn
- Ravenna: 2 migliaia 0544-936nnn e 0544-937nnn
- Rimini: 1 migliaio 0541-434nnn

Dove il carattere *n* identifica una cifra da 0 a 9. Alle numerazioni riservate agli interni si aggiungono i numeri riservati ai codici di accesso ai servizi. Il piano di numerazione logico è sintetizzato in tabella.

**Piano di numerazione logico**

<b>Arco</b>	<b>Funzione</b>
0	Linea esterna
1	Servizi di emergenza (112, 113, ecc.)
20000 - 29999	Libero
30000 - 33999	Libero
34000 - 34999	<b>Rimini</b>
35000 - 35999	Libero
36000 - 37999	<b>Ravenna</b>
38000 - 39999	<b>Cesena</b>
40000 - 46499	Libero
46500 - 46699	<b>Bertinoro</b>
46700 - 46999	Libero
50000 - 59999	Servizi
60000 - 69999	Servizi
70000 - 73999	Servizi/Libero
74000 - 74999	<b>Forlì</b>
75000 - 79999	Servizi/Libero
80000 - 81999	Servizi
82000 - 82999	<b>Bologna</b> Trunk SIP Lync
83000 - 84999	<b>Bologna</b>
85000 - 85999	<b>Bologna</b> Trunk SIP Asterisk
86000 - 86999	<b>Bologna</b> Trunk SIP Fax Server
87000 - 88999	<b>Bologna</b>
89000 - 89999	Servizi/Libero
90000 - 99999	<b>Bologna</b>

Nella configurazione del dialplan Asterisk si può sostanzialmente riproporre lo stesso piano con ripartizione degli archi di numerazione interna tra i vari centralini gestiti attraverso *rotte di instradamento e contesti*.

L'attività vera e propria di migrazione potrà quindi essere impostata per archi di numerazione e può essere esemplificata nelle seguenti attività:

- predisposizione dei telefoni nelle postazioni e preconfigurazione degli interni nel PBX Asterisk;
- migrazione delle linee pubbliche di un arco di numerazione da centrale Alcatel a gateway Patton;
- attivazione delle rotte di instradamento sul server OpenSIPS;
- eliminazione delle numerazione dalla rete Alcatel e instradamento delle stesse sul trunk SIP verso Asterisk;

### **Database di configurazione**

Parte integrante della piattaforma è il database che contiene i dati di configurazione in linea del server OpenSIPS, dei centralini Asterisk e i ticket di tassazione (Cdr). Potenzialmente potrebbe essere utilizzato un unico RDMBS MySQL, ma la presenza di diversi server dislocati geograficamente comporterebbe un aumento notevole del traffico di rete dovuto alle interrogazioni, pertanto risulta più efficiente l'implementazione di un RDBMS MySql su ciascun server.

Oltre al database di runtime è necessaria l'implementazione di adeguati backup e di procedure di ripristino in caso di perdita del database in linea, per ripristinare il servizio nella configurazione precedente. Per il database di backup si è valutata una soluzione RDBMS Oracle, per le motivazioni evidenziate nel paragrafo successivo.

Per quanto riguarda i Cdr la perdita di dati potrebbe compromettere l'attendibilità della rendicontazione: l'esportazione su database di backup dei ticket di tassazione, seppur eseguita con regolarità non garantisce la totale consistenza dei dati, infatti in caso di fail over del database in linea si perdono i Cdr salvati su MySQL dall'ultimo backup al momento del guasto. D'altronde il salvataggio in linea dei Cdr su un database che non risiede sul server richiede una garanzia di affidabilità e accessibilità persistente, in casi di indisponibilità infatti i dati di tassazione sarebbero persi.

### **4.3 Integrazione ai sistemi informativi esistenti**

All'interno dei sistemi informativi utilizzati dall'Ateneo vi sono servizi già implementati che si ritiene opportuno integrare alla piattaforma delineata evitando la duplicazione di dati e servizi e rendendo efficiente e strategico l'intero sistema

proposto. Di particolare rilievo sono l'utilizzo del database degli utenti di Ateneo, l'autenticazione tramite server Radius e l'utilizzo dell'infrastruttura dati Oracle.

Il servizio di Identity Management di Ateneo, che accredita Docenti, Personale e Studenti è basato su Active Directory. Per il corretto funzionamento della piattaforma VoIP può essere attivato un apposito ADAM (Active Directory Application Mode) dedicato a mantenere i dati di autenticazione degli utenti.

Per l'autenticazione vera e propria, ossia la verifica della corrispondenza dell'utente alla password indicata e del diritto ad utilizzare il servizio richiesto, l'Ateneo utilizza server Radius (Remote Authentication Dial-In User Service). Nella piattaforma Voip, il server Radius può essere interposto tra l'ADAM del database degli utenti e il proxy OpenSips e autenticare gli utenti SIP tramite protocollo AAA.

La corretta funzionalità della catena di autenticazione sarà oggetto di particolare attenzione della fase esecutiva della sperimentazione.

Come anticipato nel paragrafo precedente, si ritiene opportuno che i backup dei database in linea utilizzati dai server VoIP, necessari al ripristino di tutte le configurazioni della piattaforma in caso di guasto rilevante, sia effettuato sul database Oracle di Ateneo.

Per quanto riguarda i Cdr va garantito il salvataggio di tutti i ticket anche in caso di guasto. Per questo si potrebbero interfacciare i PBX in modo che i Cdr vengano salvati runtime direttamente su RDBMS Oracle. In fase di sperimentazione possono essere testate entrambe le modalità.

In Ateneo è stato avviato un servizio pilota di Unified Communication basato su Microsoft Lync Server 2010 che dispone delle funzionalità di Messaggistica Istantanea e di informazioni sulla presenza, servizio di conferenza audio, servizio di videoconferenza, condivisione di applicazioni e documenti.

Il server è integrato con i Directory Service di Ateneo e il server Exchange dove risiede il servizio di posta elettronica aziendale. Gli utenti autorizzati possono collegarsi al servizio attraverso le proprie credenziali istituzionali e la disponibilità dell'utente sul sistema è segnalata dal client di posta elettronica. Inoltre è stato realizzato un collegamento attraverso trunk SIP alla rete telefonica Alcatel. Attraverso il client Lync è

possibile contattare un utente registrato e disponibile sul client Lync o attivare una chiamata all'utente sull'interno telefonico tradizionale.

Nella fase di sperimentazione della piattaforma VoIP sarà configurato un trunk SIP per l'interfacciamento Asterisk-Lync.

Altra implementazione di sistema di Unified Communication è OpenFire particolarmente interessante perché rilasciato su Licenza GNU/GPL e perché utilizza per la messaggistica istantanea il protocollo XMPP *Extensible Messaging and Presence Protocol* particolarmente diffuso che permette di dialogare con svariati client di messaggistica. [14] [15]

La soluzione Open Fire non rientra al momento nel progetto di sperimentazione tuttavia come per tutte le implementazioni VoIP, potrà essere facilmente introdotta in seguito.

#### **4.4 Sicurezza**

Nell'analisi della sicurezza si evidenziano due problematiche: da un lato è necessario impedire che utenti non autorizzati possano accedere da internet alla rete telefonica di Ateneo ed effettuare chiamate esterne a carico dell'amministrazione, inoltre vi è la necessità di garantire che le comunicazioni non possano essere intercettate e manipolate.

Relativamente al primo aspetto, vanno implementate delle politiche di assegnazioni di utenti e password difficilmente intercettabili, quindi non banali. Questa modalità di accesso può essere facilmente proposta all'utenza "mobile" che si autentica da remoto tramite softphone o smartphone, a fronte del servizio innovativo offerto. Difficilmente la stessa soluzione è proponibile a un utente di telefonia tradizionale, tipicamente le postazioni fisse di studi e uffici di Ateneo, abituato ad avere immediata disponibilità del servizio telefonico.

Una possibile soluzione è quella di attivare due server OpenSIPS, uno visibile in Internet, implementato con le politiche di sicurezza più stringenti, da utilizzarsi per gli utenti in mobilità ed un secondo Registrar server, su rete privata, dedicato ai terminali telefonici interni che possono registrarsi attraverso la coppia numero interno e pin numerico.

Inoltre è necessario che eventuali tentativi di attacco automatici al proxy server siano bloccati. La soluzione OpenSips supporta il modulo Pike che prima della registrazione controlla l'IP di provenienza su un elenco di indirizzi già bloccati (black list) e successivamente verifica che le richieste di INVITE provenienti dall'indirizzo IP non superino certe soglie di SPAM, le cui politiche sono stabilite dall'amministratore.

Per quanto riguarda la sicurezza delle conversazioni Asterisk è in grado di soddisfare a questa esigenza poiché supporta la crittografia tramite il protocollo TLS (Transport Layer Security) che permette una comunicazione sicura dal sorgente al destinatario (end-to-end) su reti TCP/IP fornendo autenticazione, integrità dei dati e cifratura ed operando al di sopra del livello di trasporto.

#### **4.5 Alta affidabilità**

L'architettura nel suo complesso deve garantire che a seguito di guasti delle singole componenti strutturali non ci siano interruzioni di servizio. L'Ateneo dispone di una piattaforma di macchine virtuali VMWare ESX nel proprio data center su hardware di elevate performance e di una piattaforma clone nel data center di Telecom Italia.

L'alta affidabilità del servizio telefonico è logicamente demandata all'infrastruttura pre-esistente dove verrà attivata una coppia di macchina virtuale in modalità attivo-passivo per ogni elemento della piattaforma VoIP.

#### **4.6 Gestione addebiti e statistiche**

La gestione della documentazione addebiti deve considerare principalmente 3 aspetti

- La possibilità da parte del PBX di associare a qualunque utente abilitato a compiere traffico esterno, un centro di costo in linea con l'organizzazione di Ateneo
- La registrazione da parte del PBX dei ticket delle chiamate effettuate (Cdr) e il mantenimento dei dati in Alta Affidabilità
- L'elaborazione dei Cdr mediante reportistica che consenta l'analisi e la ripartizione dei costi di traffico telefonico a consumo, per centro di costo, per

interno, per sede e per periodo.. Tale elaborazione deve consentire l'applicazione dei costi del piano tariffario attivo..

Come già trattato la piattaforma consente la registrazione dei Cdr, conservati nel database Oracle di Ateneo. Garantita la consistenza dei dati di tassazione, sul mercato sono disponibili diversi sistemi che ne consentono l'elaborazione. Per la fase di sperimentazione si prevede di attivare il software Blue's Enterprise licenziato per 250 utenti telefonici. Il server si adatta a qualsiasi tipologia di esigenza ed è in grado di operare anche in network di sistemi telefonici distribuiti, permettendone un controllo centralizzato. [15]

Per la piattaforma definitiva, a seguito di una precisa analisi dei costi, potrebbero essere implementati altri sistemi o sviluppato un sistema in autonomia.

Sono inoltre di interesse le statistiche di traffico generate dal PBX, che devono consentire l'elaborazione secondo:

- durata chiamate entranti, uscenti per direttrice, interne; sia per singolo interno, sia per sede e centro di costo
- utilizzo dei canali;
- tipologia di traffico esterno per utenza;
- guasti e malfunzionamenti;

## **4.7 Rete dati**

La piattaforma VoIP utilizza quale substrato naturale la rete di trasmissione dati, che è oggetto di attenta analisi per evidenziare la necessità di interventi di adeguamento.

### **4.7.1 Infrastruttura di rete**

I PBX Asterisk e i telefoni VoIP possono essere collegati alle sottoreti private già riservate alla telefonia e già instradate tramite VLAN sugli apparati Almannet. La sostituzione dei telefoni tradizionali con telefoni IP richiede un elevato numero di indirizzi IP nuovi, pertanto come prima attività di predisposizione è necessario dedicare

ulteriori sottoreti, programmare gli instradamenti sui router e definire le relative Vlan sugli switch.

Per garantire la mobilità degli utenti e necessario che possano compiere la registrazione SIP anche dall'esterno alla rete di Ateneo, di conseguenza il proxy SIP deve essere visibile in Internet, tramite indirizzo IP pubblico. Questo aspetto impone l'implementazione di politiche di sicurezza che possano intercettare e bloccare eventuali tentativi di attacco al SIP server su rete pubblica

La migrazione di tutti i telefoni a tecnologia VoIP comporta un aumento del traffico dati sulla rete, considerato che tutte le chiamate interne ed esterne saranno chiamate VoIP, a differenza della configurazione attuale dove solamente le chiamate tra interni di centralini differenti transitano su trunk IP. Per evitare che in alcune tratte si verifichino picchi di traffico tali da deteriorare la qualità delle conversazioni, si è ritenuto opportuno impostare politiche di priorità di livello 2 (priority sugli switch) e di livello 3 (QoS sui router), altresì il telefono deve impostare i parametri di QoS e deve poter azzerare eventuali impostazioni QoS dei frame provenienti dal PC. Gli apparati di rete di dorsale utilizzati della rete supportano entrambi i livelli di priorità.

L'analisi di statistiche di traffico Almanet potrà evidenziare se vi sono collegamenti critici ove la disponibilità media di banda residua possa risultare insufficiente a supportare il traffico VoIP aggiuntivo e sia opportuno un intervento di ampliamento della banda.

Come anticipato la rete dati è coinvolta in numerosi aspetti di rilievo e uno di questi è l'alta affidabilità dell'intera piattaforma, che richiede la costante disponibilità della rete stessa per l'erogazione del servizio. Nell'architettura delineata, è importante evidenziare che l'implementazione di un solo Registrar Server, in caso di interruzione di rete che impedisce la connettività verso il server SIP di un gruppo di utenti, comporta l'impossibilità degli stessi utenti alla registrazione e quindi all'accesso al servizio telefonico, indipendentemente dalla raggiungibilità del PBX. Nelle realtà remote, quali i Campus, dove Almanet dispone di un collegamento principale e un collegamento di backup su infrastruttura di due diversi gestori (Lepida e Telecom), il verificarsi di un incidente di questo tipo, per quanto improbabile, genererebbe un disservizio elevato e

percepito come un peggioramento rispetto alla gestione attuale, dove lo stesso evento non provoca interruzioni per gli utenti grazie all'instradamento su rete pubblica.

A soluzione di questo aspetto sono state valutate due proposte:

- replicare i SIP server in ogni campus, con un'architettura che presenta 5 registrar server, aumentando così costi di investimento, di gestione e di manutenzione
- definire un gruppo di utenti abilitati alla registrazione SIP in modalità di backup supportata dal gateway voip Patton. Tali utenti potrebbero rappresentare una sorta di telefoni "privilegiati" a garanzia della sicurezza di ciascuna sede.

Anche in questo caso in fase sperimentale potrà essere implementata la seconda ipotesi per valutarne l'effettiva funzionalità.

Altro punto di attenzione dell'analisi sull'impatto della sostituzione dei telefoni riguarda l'alimentazione elettrica: i telefoni tradizionali sono autoalimentati in bassa tensione direttamente dalla centrale telefonica, dotata di gruppo di energia che garantisce continuità al servizio anche in caso di interruzioni di corrente. I telefoni VoIP possono essere alimentati tramite POE (*Power over Ethernet*) se supportato dalla switch di riferimento o possono essere alimentati direttamente dalla rete elettrica con alimentatore dedicato. Utilizzare la soluzione POE comporta la sostituzione di gran parte degli apparati di rete, l'adeguamento dei gruppi di continuità degli armadi TD e porta a concentrare i consumi elettrici sugli armadi dati, con conseguente impatto sul locale tecnico (surriscaldamento). Tuttavia la soluzione tramite alimentatore locale al telefono non dà garanzie di continuità del servizio telefonico in caso di interruzione dell'energia elettrica in sedi non servite da linea privilegiata di corrente.

Quest'ultimo aspetto è di impatto rilevante sull'infrastruttura di rete di Ateneo, con riscontri anche nell'ambito della sicurezza del luogo di lavoro, infatti in caso di emergenza deve sempre essere possibile effettuare chiamate di soccorso.

Nelle sedi di nuova realizzazione è opportuno si tenga conto di queste problematiche sin dalla fase di progettazione impiantistica. Sulle sedi esistenti, in prima istanza si può ipotizzare l'implementazione di accorgimenti mirati a garantire la continuità del servizio telefonico solamente per alcuni interni di ciascun edificio, dislocati in posizioni strategiche e disponibili a personale e utenza.

In questa ipotesi, si può pensare ad una soluzione che alimenti tramite Power Injector attivati sullo switch solamente le porte di rete utilizzate dai telefoni privilegiati, limitando gli effetti prima descritti.

Dall'aggregazione dei risultati di questa analisi, degli aspetti legati alla registrazione SIP "locale" su dispositivo Patton, e alla problematica dei costi di acquisto dei terminali telefonici SIP, si potrebbe delineare uno scenario che preveda l'implementazione di un numero ridotto di postazioni telefoniche "privilegiate" e la larga diffusione di Softphone per le esigenze standard di ufficio.

#### **4.7.2 Cablaggi**

La rete telefonica tradizionale distribuisce il servizio di telefonia attraverso cablaggio dedicato a ciascun telefono. Il cavo di collegamento della presa telefonica può essere di tipo tradizionale (doppino telefonico) o cavo di rete (UTP di cat. 5/5E/6) se il cablaggio fonìa/dati è integrato.

Il doppino telefonico non può essere utilizzato per la rete Ethernet, pertanto ove non vi fossero prese disponibili è necessario effettuare interventi di cablaggio con evidente impatto sui costi e sui tempi di realizzazione.

Il cavo di rete UTP può essere riutilizzato semplicemente modificando il collegamento (permuta) presente nell'armadio dati. Collegando la presa ad una porta dello switch che propaga la Vlan giusta, è possibile attivare un telefono VoIP sulla postazione. In questa modalità è necessaria una sostanziale duplicazione degli apparati di rete presenti in armadio, con impatto notevole sui locali tecnici dove sono collocati gli armadi sia in termini di spazio, sia di consumi elettrici, di dissipazione di potenza e in ultimo di necessità di condizionamento.

Considerato che, nella quasi totalità dei casi, nelle postazione di lavoro è presente sia il telefono sia il PC collegato alla rete Almannet, a soluzione dei problemi appena evidenziati si è valutato di optare per l'acquisto di telefoni VoIP dotati di una scheda di rete che prevede il collegamento in cascata del PC. A livello di rete è sufficiente propagare sulla porta utilizzata sia la Vlan Dati in modalità "untagged" sia la Vlan Fonia in modalità "tagged". Nella configurazione del telefono è necessario impostare i parametri della Vlan per consentire il tag dei pacchetti.

## **4.8 Provisioning dei telefoni**

Nella fase di migrazione all'infrastruttura VoIP, l'attivazione di una grande quantità di telefoni VoIP non può prescindere dall'implementare procedure di configurazione automatica per ridurre al minimo l'intervento tecnico.

La configurazione di ciascun modello di terminale telefonico, può essere preimpostata e salvata in un file di configurazione depositato su TFTP server.

Si intende attivare sulle Vlan di telefonia un servizio DHCP che si occupi dell'assegnazione automatica dell'indirizzo IP al telefono, e che fornisca nell'opzione 66 gli URL http dove è possibile scaricare l'aggiornamento software e l'URL del TFTP server. Eseguito l'aggiornamento il telefono si riavvia con i dati di configurazione e il provisioning termina con la richiesta di inserimento di utente e password.

Per l'assegnazione della corretta Vlan è necessario attivare sugli apparati di rete il protocollo LLDP-MED (*Link layer discovery protocol - Media endpoint discovery*) che consente al telefono di riconoscere automaticamente la vlan di telefonia e attestarsi su quella con ID più basso.

La sperimentazione della piattaforma consentirà di valutare la corretta modalità di preconfigurazione per alcune tipologie di telefono.

## **4.9 Servizi telefonici speciali**

In Ateneo sono presenti alcuni servizi, implementati sull'infrastruttura del servizio telefonico esistente.

Sono di particolare diffusione i combinatori telefonici per l'invio di messaggi di allarmistica di impianti speciali, tipicamente allarmi antincendio, ascensori, allarmi antintrusione, ma anche allarmi ad eventi di emergenza su particolari attrezzature di laboratorio. I combinatori analogici richiedono la disponibilità di linee analogiche che la piattaforma VoIP andrà ad eliminare.

Come visto in precedenza un'adeguata progettazione degli impianti, ad esempio utilizzando combinatori GSM, può prevenire la problematica per le sedi future, mentre per gli impianti in essere è indispensabile trovare una soluzione. E' possibile:

- migrare il servizio su linea VoIP o su linea GSM ma richiede interventi sull'impianto per la sostituzione del combinatore telefonico con problematiche di costi e di competenza di intervento;
- attivare linee urbane esterne alla rete ma con elevati costi in termini di canoni;
- introdurre a monte della linea analogica un dispositivo ATA (Analog Telephone Adapter) che effettua la conversione da segnale IP a segnale analogico, ma che introduce ulteriore hardware da acquistare e da mantenere.

Un altro servizio diffuso in maniera distribuita negli edifici di Ateneo è l'impianto di "Apriporta telefonico" realizzato su linea analogica. Il servizio prevede che gli utenti, attraverso un terminale telefonico posizionato esternamente al varco, possano chiamare un utente della sede il quale ha la possibilità di dare l'impulso di apertura della porta attraverso un codice digitato sul telefono. Anche in questo caso, l'eliminazione delle linee analogiche impone la ricerca di soluzioni alternative:

- Se il telefono è collegato su cavo di rete, è possibile sostituire il telefono esterno con citotелефono VoIP che dispone di un apposito modulo di apertura da collegare elettricamente alla porta. I citotелефoni, indicati in particolare per soluzioni esterne e disponibili anche in versione corazzata anti atti vandalici, hanno costi elevati e l'installazione deve essere eseguita da imprese certificate per impianti elettrici;
- Se il telefono è collegato su doppino telefonico è possibile anche in questo caso adottare la soluzione di un dispositivo ATA, con i relativi effetti negativi valutati in precedenza;

Un'alternativa che può essere oggetto di studio, è la possibilità di interconnessione del centralino telefonico Asterisk con il sistema Controllo Accessi di Ateneo. Qualora fosse possibile implementare sul server CIP un client SIP che riceva una chiamata attivi la procedura di apertura porta esattamente come avviene all'atto di identificazione del badge e autorizzazione dell'utente, la soluzione consentirebbe, per i casi dove il varco è servito anche da impianto (CIP), di sostituire il telefono esterno al varco con telefono VoIP di categoria economica, e realizzare l'apertura tramite CIP senza necessità di interventi sull'impianto.

Gli impianti di apertura porta, richiedono di impostare regole che limitano la possibilità di generare chiamate dal telefono esterno al varco alle sole chiamate interne e regole che limitino l'utilizzo del codice di apertura del varco ai soli interni della sede di riferimento.

Altro servizio ampiamente diffuso su linea analogica è il servizio Fax. In questo caso non si analizzano soluzioni mirate al mantenimento dei dispositivi fax, poiché l'Ateneo dispone anche di un servizio Fax Server che dialoga con la rete esistente tramite protocollo SIP. Il servizio fax server, già installato nel Datacenter Cesia su macchine virtuali, sarà interconnesso al sistema quale parte integrante della piattaforma.

## **CAPITOLO 5**

### **Progetto di sperimentazione della piattaforma VoIP**

Le valutazioni affrontate nel capitolo precedente hanno consentito di mettere a punto un primo progetto sperimentale che disegna l'architettura di una piattaforma Open Source attraverso un VoIP Core System inserito all'interno dei servizi informativi di Ateneo ad erogare il servizio telefonico. Il progetto prevede l'implementazione della piattaforma da attivare in una sede pilota (Cesia) affiancata al servizio telefonico tradizionale ed interoperabile con esso. La sperimentazione è mirata a verificare in ambiente non di produzione l'effettiva integrazione con i diversi sistemi informativi presenti in Ateneo e la rispondenza del sistema telefonico alle esigenze. Parallelamente consentirà di valutare l'insorgere di problematiche legate alla fornitura del servizio, che potranno essere risolte in ambiente di test.

## **5.1 Progetto di sperimentazione**

Il progetto prevede una piattaforma VoIP Open Source realizzata con tre principali elementi che delincono il VoIP Core System:

- un SIP proxy server implementato con OpenSips basato su tecnologia Open Voice®SIP Server;
- un PBX server implementato con Asterisk basato su tecnologia Open Voice®iPBX;
- un RDBMS server implementato con MySQL basato su tecnologia Open Voice®RDBMS per il mantenimento dei dati in linea dei server OpenSips e Asterisk

La configurazione del PBX Server prevede l'impostazione di un dial plan conforme al piano di numerazione implementato sulla rete Alcatel, in accordo con quanto analizzato nel capitolo precedente. Gli interni attivati in fase sperimentale utilizzeranno la numerazione a 5 cifre di linee entranti dalla rete telefonica esistente attraverso il fascio SIP. In uscita saranno configurati instradamenti diretti sulle linee attestato sul Gateway Patton e instradamenti verso il fascio SIP.

Il VoIP core system è affiancato dai seguenti sistemi

- RDBMS Oracle di Ateneo per l'archiviazione dei dettagli delle chiamate (Call Detail Record) necessari alle elaborazioni di rendicontazione e per l'archiviazione di tutte le informazioni di configurazione della piattaforma ;
- Patton Media gateway SIP per il collegamento alla rete PSTN, dove si è attivato un flusso primario per testare le configurazioni di entrata e uscita attraverso la rete pubblica
- Server Radius per sistema di autenticazione tramite protocollo AAA
- Piattaforma di Identity Management con Active Directory Application Mode(ADAM) dedicato alla piattaforma VoIP per il mantenimento dei dati di autenticazione
- IM&Presence Server basato su tecnologia OpenVoice ® Real Time Collaboration (Open fire) per la sperimentazione di un sistema di rilevamento della presenza
- Blue's Enterprise Server per la sperimentazione di un sistema di documentazione addebiti che consenta attraverso l'elaborazione dei CDR di rendicontare le spese telefoniche e di analizzare il traffico telefonico sia a fini statistici sia ai fini di valutare l'adeguatezza della piattaforma implementata



Il progetto di sperimentazione prevede l'attivazione iniziale di 200 terminali telefonici SIP di cui 170 Snom 300 e 30 Snom 821

I terminali telefonici Snom 300 appartengono ad una categoria base di apparati SIP destinati a telefoni aziendali, ciononostante sono in grado di supportare tutti i servizi telefonici erogati dal centralino a favore della produttività giornaliera.

I terminali telefonici Snom 821 appartengono ad una categoria più avanzata e aggiungono funzionalità quali display TFT a colori offrendo la visualizzazione della rubrica e delle informazioni del chiamante e delle liste di chiamate intercorse e la possibilità di realizzare conferenze a cinque.

## **5.2 Road Map**

Il progetto, in fase di esecuzione, prevede le seguenti attività di installazione:

- Installazione server Asterisk e Opensips sulle macchine virtuali
- Configurazione del PBX Asterisk
- Aggiornamento SIP Proxy all'ultima versione stabile di Opensips (v. 1.8.2)
- Attivazione catena di autenticazione SIP OpenSips -----> Radius server ---> Active Directory
- Configurazione Patton
- Configurazione trunk SIP verso Alcatel
- Configurazione interfacciamento Asterisk e db Oracle per il salvataggio dei CdR
- Installazione server Blue's e configurazione reportistica di tassazione
- Provisioning dei telefoni SIP
- Deploy dei telefoni SIP
- Configurazioni di routing delle chiamate
- Configurazione dei servizi telefonici

Terminata l'installazione si avvia la fase di sperimentazione vera propria mirata a testare la compatibilità del progetto con le esigenze di Ateneo.

- Test del funzionamento dei servizi telefonici standard e avanzati sui telefoni SIP

- Test di funzionamento dei servizi telefonici innovativi (conference, instant messaging, ecc)
- Test di funzionamento di Softphone Open
- Test sulla rete mirati a rilevare eventuali banchi di sicurezza
- Test sulla correttezza e congruità dei dati degli addebiti
- Test di verifica Alta Affidabilità e di ripristino del sistema in caso di fail over
- Test di stress del sistema per la verifica del numero di sessioni Open SIPS e di flussi contemporanei supportati

Quest'ultima verifica è di particolare importanza per il dimensionamento del numero degli iPBX da inserire nel progetto di migrazione dell'intera rete di Ateneo.



## **CAPITOLO 6**

### **Conclusioni**

La migrazione verso una piattaforma VoIP consente di offrire servizi innovativi quali presenza, mobilità, Instant Messaging, unified Communication, conference call ecc. rispondendo ai più moderni bisogni di comunicazione della comunità universitaria.

Nella redazione del progetto di realizzazione della piattaforma VoIP Open Source, sono state scelte soluzioni aperte che si basano sugli standard maggiormente diffusi nel mercato e su implementazioni di sistemi robusti ed affidabili e ad elevata scalabilità

La realizzazione del progetto di sperimentazione, quale primo passo verso l'implementazione di una piattaforma estesa a tutto l'Ateneo, consente di approfondire e affrontare la corrispondenza di quanto proposto con le esigenze dell'Ateneo e certamente sarà in grado di far emergere eventuali criticità e problematiche, che potranno essere affrontate e risolte in ambiente di test.

La sperimentazione ha anche lo scopo di “formare sul campo” il personale che si troverà a gestire il servizio telefonico e, se darà esito positivo, potranno essere sicuramente

limitati i disservizi legati alla migrazione dell'attuale rete telefonica verso il nuovo sistema.

Superato l'impatto iniziale l'Ateneo potrà dedicarsi ad offrire i servizi innovativi introdotti dalla tecnologia VoIP e realizzare il collegamento della rete ad altre reti telefoniche su tecnologia Open, attraverso la rete Garr., aprendo ulteriori nuovi orizzonti di sviluppo per l'interazione delle comunicazioni e l'integrazione dei servizi telefonici tra Università.

La soluzione proposta, pur richiedendo un investimento iniziale significativo per quanto riguarda la sostituzione dei terminali telefonici analogici e digitali, favorisce nel medio e lungo termine la riduzione dei costi di manutenzione e di traffico verso altre piattaforme interconnesse.

Inoltre beneficiando delle estensioni rilasciate da diverse comunità di sviluppatori, il sistema apre la possibilità di aggiornamenti e implementazioni di nuove funzionalità, senza sostenere costi di tipo Legacy come accadeva nella telefonia tradizionale.

Infine si evidenzia che l'introduzione delle tecnologie VoIP su piattaforme OpenSource è opportuno sia affiancata da una rivisitazione dei processi e dell'organizzazione che mirino a una gestione unificata dei servizi. Il VoIP è un servizio della rete e come tale richiede competenze informatiche per un corretto ed efficace inserimento e utilizzo nell'organizzazione. In questo scenario l'Ateneo ha affidato ai propri servizi informativi (Cesia) la competenza in materia di telefonia.

## **Elenco delle figure**

Figura 2.1 Schema logico strutturale Piattaforma OmniPCX Enterprise R9 .....	11
Figura 2.2 Rete IP Centralization .....	12
Figura 3.1 –Architettura logica di SIP .....	23
Figura 3.1-Architettura Modulare Asterisk .....	26
Figura 5.1 Architettura progetto sperimentale.....	50



## **Bibliografia e Bibliografia elettronica**

- [1] Tanenbaum A.S. – Computer Networks –Prentice Hall International
- [2] RFC 3261 – SIP: Session Initiation Protocol
- [3] RFC 5456 – IAX: Internet Asterisk protocol
- [4] Riccardo Galletti – Configurazione di un servizio VoIP con Asterisk (Tesi di Laurea triennale in Ingegneria delle Telecomunicazioni Università di Cassino)
- [5] Roberto Santin – Convergenza dei media digitali (Tesi di Laurea in Informatica Università di Trento)
- [6] Telecom Italia – Progetto IP Centralization Rete Alcatel-Lucent Università di Bologna
- [7] Ats Advanced Telecom System - Progetto di sviluppo piattaforma Open Source VoIP per Università di Bologna
- [8] <http://www.ict4university.gov.it>
- [9] <http://en.wikipedia.org/wiki>
- [10] <http://www.alcatel-lucent.com> (Alcatel OmniPCX)
- [11] <http://www.voip-info.org> (Asterisk)
- [12] <http://www.digium.com>
- [13] <http://www.asterisk.org>
- [14] <http://www.opensips.org>
- [15] <http://www.igniterealtime.org>
- [16] <http://www.imagicle.com>
- [17] <http://voip.html.it>



## Ringraziamenti

Al termine di questo percorso di studi mi rendo conto che le persone da ringraziare sono davvero tante.

In primis ringrazio sinceramente l'ing. Walter Cerroni e l'Ing. Aldo Campi per avermi guidato nella stesura di questa tesi con preziosi consigli e grande disponibilità e desidero estendere il ringraziamento a tutta la Seconda Facoltà di Ingegneria, i docenti e i colleghi del personale, per la qualità dei corsi di studio e per l'attenzione nei confronti degli studenti. Questa esperienza mi ha permesso di apprezzare, anche dal punto di vista dello studente, il valore del servizio offerto dall'Ateneo per cui lavoro.

Un particolare ringraziamento a Valerio, Andrea e Claudia dell'ufficio Telefonia, con cui in questi anni abbiamo realizzato parte di quanto descritto nella tesi in un ottimo clima di lavoro, nonostante la distanza non è mai mancato lo spirito di collaborazione e di fiducia.

Ringrazio i colleghi del gruppo Voip del Cesia, per avermi coinvolta nel progetto di sperimentazione da cui è partita l'iniziativa di realizzare questa tesi che spero possa essere utile per le attività future.

Ringrazio con molto affetto tutti gli amici e i colleghi, che hanno saputo ascoltarmi nei momenti di sconforto, ogni parola di incoraggiamento è stata un vero e proprio dono.

Non posso mancare di ringraziare tutti i compagni del Corso di Elettronica e Telecomunicazioni per l'ottima compagnia e per l'aiuto "materiale" e le spiegazioni quando mi era impossibile frequentare le lezioni.

Infine, il ringraziamento più importante a Massimiliano, mio marito e Noemi, mia figlia, cui dedico questa tesi, per avermi supportata e per aver tollerato le mie "assenze" durante la preparazione degli esami.

Grazie a tutte le persone che hanno creduto in me!