

Scopriamo come realizzare un centralino telefonico, dotato di tutte le funzionalità più avanzate, utilizzando Raspberry Pi come hardware e Asterisk come software. Prima puntata.

# MINI CENTRALINO VoIP SU RASPBERRY Pi

dell' Ing. GIUSEPPE MAZZUCATO

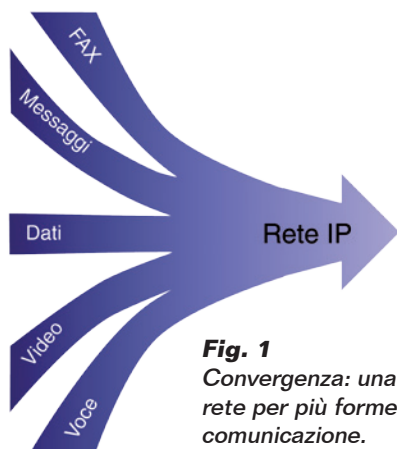
L'acronimo VoIP, che significa "Voice over Internet Protocol", indica un insieme di tecnologie che sono utilizzate per trasportare la voce sfruttando come veicolo il protocollo IP, caratteristico di Internet. In realtà tali tecnologie non sono limitate al trasporto della sola voce, ma possono essere utilizzate anche per trasferire altri "media" quali video, messaggi di testo e fax. Non si tratta di una tecnologia nuova, visto che nasce praticamente con la nascita di Internet, tuttavia, mentre inizialmente era confinata solo ad alcune isole e alla parte centrale delle reti di comunicazione, negli ultimi anni si è estesa fino a raggiungere anche gli angoli più remoti della Rete. Basti pensare che ormai tutti gli operatori telefonici utilizzano il VoIP per la telefonia dell'utenza privata e che anche nella rete radiomobile 4G tutte le comunicazioni sono trasportate sotto forma

di pacchetti di dati. Il vantaggio principale che spinge verso questa transizione è la cosiddetta "convergenza", cioè la possibilità di utilizzare una sola rete a pacchetto per trasportare ogni tipo di informazione, che si tratti di dati o di altri contenuti multimediali (Fig. 1).

La voce, convertita in segnali digitali, viene raggruppata in pacchetti che sono poi trasmessi utilizzando il protocollo IP. A differenza del trasferimento di contenuti off-line come musica e filmati in streaming, nel caso di una comunicazione in real-time tra due o più interlocutori non possono essere introdotti ritardi superiori a poche decine di millisecondi, per cui la dimensione dei pacchetti non può essere troppo grande.

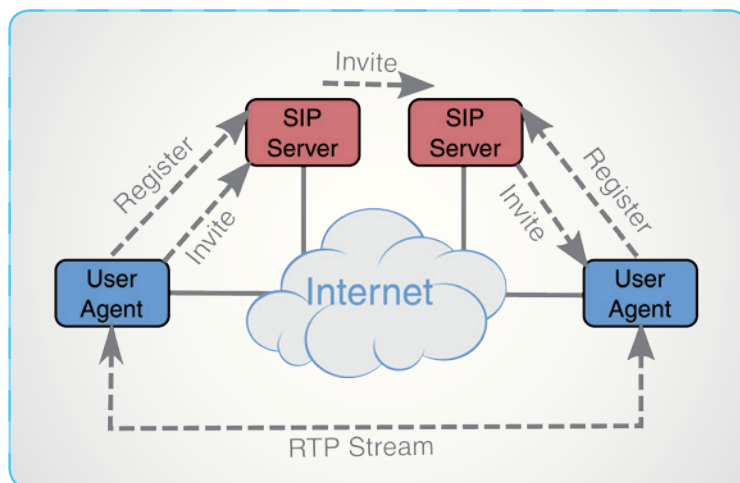
## PROTOCOLLI UTILIZZATI

Per la comunicazione VoIP sono stati sviluppati



**Fig. 1**  
Convergenza: una sola rete per più forme di comunicazione.

**Fig. 2**  
Architettura SIP.



numerosi protocolli, di tipo sia libero (open) che proprietario. In questa sede ci concentreremo sui protocolli SIP ed RTP, che sono i più utilizzati perché hanno il pregio di essere completamente aperti. I due protocolli operano in coppia: il SIP (*Session Initiation Protocol*) si occupa di instaurare la connessione tra i due interlocutori dialogando con gli elementi di rete, mentre l'RTP (*Real-time Transport Protocol*) si occupa di trasportare il contenuto multimediale tra i due endpoint.

Nel protocollo SIP (Fig. 2) sono definite due tipologie di elementi: gli endpoint o User Agent che sono i terminali da cui originano o verso cui terminano le connessioni e i SIP server che sono gli elementi di rete attraverso cui transitano.

Una delle funzioni del SIP server è quella di "Register" che consente di localizzare gli User Agent. Periodicamente ogni User Agent si registra sul proprio SIP Server comunicandogli a quale indirizzo e porta IP è raggiungibile, in modo che il server possa contattarlo in caso di una chiamata in arrivo. Un'altra delle funzioni del SIP Server è quella di "Proxy" che permette il trasferimento dei messaggi da un user agent all'altro attraverso uno o più SIP Server. Il trasferimento RTP può essere diretto tra gli User Agent

oppure il SIP Server può agire da "Media gateway", cioè entrare nella catena di trasferimento in modo da effettuare, ad esempio, delle conversioni di formato.

### LA CODIFICA DELLA VOCE

La voce per poter essere trasmessa deve essere trasformata in un flusso di bit attraverso un processo detto di "codifica", mentre viene poi ricomposta dal processo complementare, che è quello di "decodifica"; tali processi sono effettuati da dispositivi CODificatori/DECodificatori chiamati per semplicità CODEC.

Esistono molti tipi di CODEC, ognuno dei quali rappresenta un compromesso tra la qualità del segnale e la banda necessaria per il trasporto ed è adatto ad uno specifico ambito di utilizzazione. Nella **Tabella 1** vediamo i codec più comunemente impiegati per le comunicazioni VoIP.

Il codec G.711 è stato il primo realizzato ed è quello con l'algoritmo più semplice, infatti la voce viene semplicemente campionata ad una frequenza di 8 kHz e

quantizzata su 8 bit tramite una legge non lineare (*alaw* in Europa e *ulaw* in Nord America e Giappone) per ottenere un flusso di 64 kbit/s.

Per la trasmissione su internet, allo scopo di ottenere la minor occupazione di banda possibile, vengono impiegati codec compressi che consentono una notevole riduzione del bit-rate senza penalizzare troppo la qualità percepita dagli interlocutori. Tra i codec compressi, il più popolare è sicuramente il G.729, anche se il suo utilizzo richiede il pagamento di una licenza perché l'algoritmo è brevettato.

Nelle comunicazioni locali in cui la banda utilizzata non è un problema, si possono utilizzare dei codec ad alta fedeltà o HD, come ad esempio G.722 che permettono di ottenere una elevata qualità dell'audio.

### SICUREZZA DELLE COMUNICAZIONI VOIP

Normalmente le comunicazioni che utilizzano i protocolli SIP e RTP sono trasmesse in chiaro;

**Tabella 1 - Codec più utilizzati.**

Codec	Banda Netta	Banda Lorda	Qualità
G.711	64 Kbit/s	90 Kbit/s	Buona
GSM	13 Kbit/s	45 Kbit/s	Sufficiente-
G.729	8 Kbit/s	35 Kbit/s	Sufficiente+
G.722	64 Kbit/s	90 Kbit/s	Molto Buona

questo significa che è possibile “intercettare” le chiamate con un qualsiasi “sniffer” in grado di catturare i pacchetti trasmessi. Per chi avesse esigenze di privacy è possibile crittografare il canale audio utilizzando il protocollo SRTP, che, come indica la lettera S dell’acronimo, non è altro che la versione sicura del protocollo RTP.

Analogamente, per proteggere anche la segnalazione, cioè le informazioni sul numero chiamante e chiamato e l’istante e durata della conversazione, è possibile crittografare i messaggi con il protocollo TLS (Transport Layer Security). Il grado di protezione ottenuto impiegando questi accorgimenti è elevatissimo, infatti è lo stesso offerto dai browser

quando utilizzano il protocollo HTTPS, il quale fa uso degli stessi algoritmi. Sempre a proposito di sicurezza è importante sottolineare l’importanza, per evitare intrusioni nel nostro sistema di comunicazione da parte di chi cerca di effettuare telefonate a nostro carico, dell’utilizzo di password sufficientemente complesse in

## Scambio messaggi

Le sequenze possibili dello scambio di messaggi sono molto numerose e variano a seconda di come evolve la chiamata: vedremo qui due esempi semplici che ci consentono di spiegare gli aspetti fondamentali. Gli esempi illustrati sono stati catturati con lo strumento libero “wireshark” molto utile anche per debugging. Ogni User Agent, per poter essere rintracciato dal SIP Server e poter quindi ricevere delle chiamate in arrivo, si deve “registrare” comunicando al SIP Server la propria identità e indirizzo. Nel diagramma si nota che, per esigenze di sicurezza, il server con indirizzo 192.168.88.100 non accetta il primo tentativo di registrazione dell’agent con indirizzo 192.168.88.253 replicando con un messaggio “401 Unauthorized”. Questo messaggio contiene il “challenge” che viene utilizzato assieme alle credenziali per comporre il secondo tentativo di registrazione con autenticazione, che in questo caso va a buon fine. La registrazione resta valida per un periodo di tempo limitato e quindi deve essere periodicamente

“rinfrescata” ripetendo la procedura ad intervalli regolari. Vediamo qui il caso di una chiamata tra due interni: l’interno 200 all’indirizzo 192.168.88.253 che chiama l’interno 201 all’indirizzo 192.168.88.254. Il processo inizia con il messaggio di “INVITE” che una volta autenticato viene trasferito dal sip server verso l’user agent destinatario. Il messaggio contiene le identità del chiamante (from: 200@192.168.88.100) e del chiamato (to: 201@192.168.88.100) in un formato analogo ad un indirizzo email *nomeutente@nome\_server* e numerose altre informazioni che non andremo qui a dettagliare. In attesa che il chiamato risponda vengono scambiati messaggi sull’avanzamento come “Trying” e “Ringing” che vengono presentati al chiamante sotto forma di indicazioni visive o toni sonori. Quando accetta la chiamata viene inviato il messaggio di OK che attiva il flusso audio trasportato dal protocollo RTP. La chiamata termina quando uno dei due interlocutori “riaggancia” e vengono visualizzati i messaggi “BYE” che liberano le risorse che erano

state impegnate su ogni tratta della comunicazione.

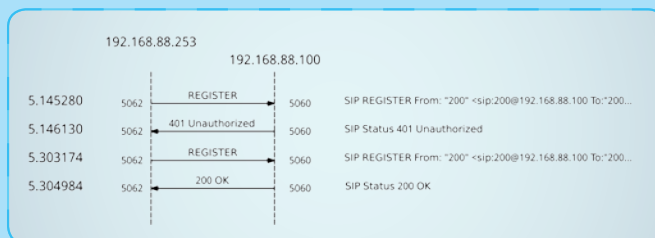


Fig. 3 - Processo di registrazione.

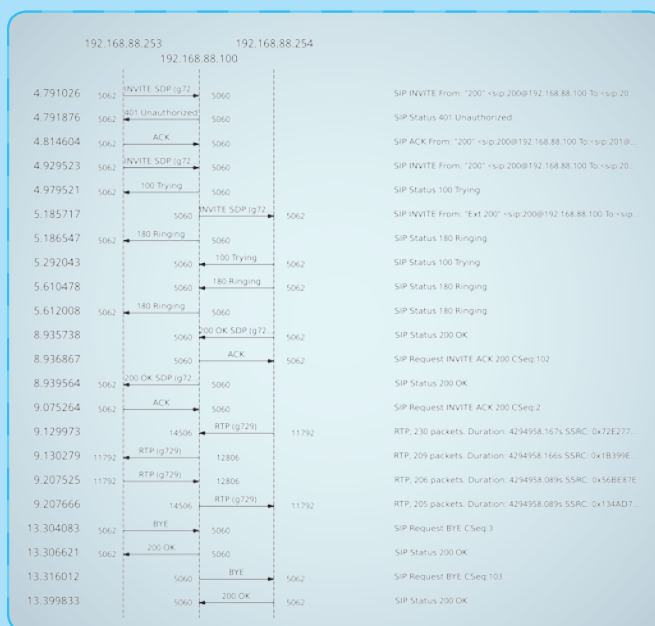


Fig. 4 - Chiamata tipo.



# NAT

Quando è stato definito lo standard IPv4 nel lontano 1981, si definì per gli indirizzi un campo a 16 bit in grado di assumere più di 4 miliardi di valori differenti. All'epoca sembrava un numero più che sufficiente a identificare tutti i computer del globo, ma da tempo tale limite è stato ampiamente superato. È stata quindi introdotta la tecnica NAT (Network Address Translation) che consente a diversi computer di condividere un unico indirizzo pubblico in attesa che il nuovo standard IPv6 prenda piede con i suoi indirizzi a 128 bit. Ai computer di una rete interna vengono assegnati indirizzi privati identificati dal classico 192.168.x.y (ma anche 10.x.y.z o 172.16.x.y) che utilizzano per comunicare direttamente tra loro, mentre per comunicare verso l'esterno utilizzano tutti lo stesso indirizzo IP

pubblico. Il router situato tra la rete privata e la rete pubblica, trasforma gli indirizzi e le porte dei messaggi e mantiene una tabella di conversione che gli permette di mantenere le connessioni tra gli interlocutori esterni e i corrispondenti sulla rete interna. La tecnica NAT può creare problemi al VoIP perché viene a mancare la corrispondenza tra gli indirizzi inseriti nei messaggi SIP (quelli privati) e quelli inseriti negli header IP (quelli pubblici). Per evitare tali problemi esistono varie tecniche, che comunque consistono tutte essenzialmente nel far conoscere alle macchine nella rete privata quale sarà il loro indirizzo pubblico, ad esempio attraverso un server STUN, e configurare le macchine sulla rete pubblica in modo da tenere conto che un certo interlocutore è nascosto dietro NAT.

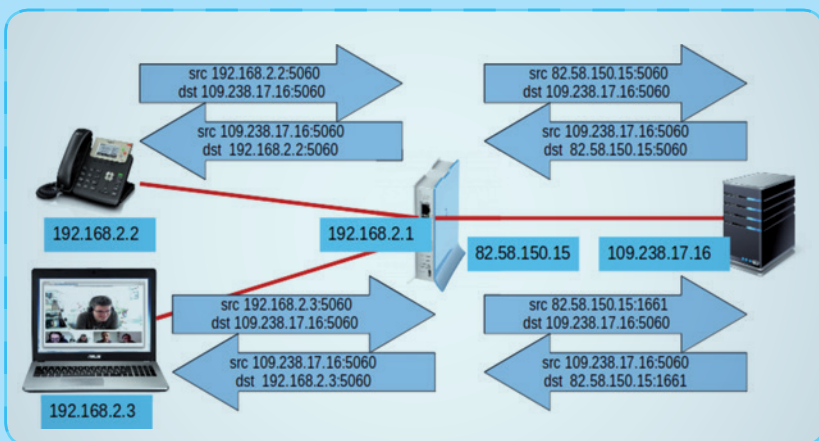


Fig. 5 - NAT.

modo che non possano essere indovinate. In qualsiasi sistema VoIP esposto sulla rete pubblica si notano più tentativi di intrusione al giorno in cui lo schema è provare alcune centinaia tra le coppie user e password più comuni prima di abbandonare il tentativo.

## ARCHITETTURA DI UN SISTEMA DI COMUNICAZIONE

Il sistema di comunicazione per un piccolo ufficio può essere molto semplice: basta infatti connettere un mini server come Raspberry Pi, alla rete locale a cui sono connessi anche i dispositivi

telefonici utilizzati dagli utenti (Fig. 6).

Come terminali telefonici è possibile utilizzare telefoni hardware realizzati unicamente per questo scopo,



Fig. 6 - Piccolo ufficio.

oppure dei telefoni software (softphone) da installare sul PC o sullo smartphone o tablet. Per la connessione alla rete telefonica, la soluzione più semplice è effettuarla tramite uno dei tanti operatori VoIP che forniscono i numeri telefonici e trasportano il traffico da e verso la rete telefonica pubblica.

Ovviamente si possono costruire anche soluzioni molto complesse in grado di soddisfare le esigenze di grosse organizzazioni. Nel caso siano distribuite su più sedi geografiche, si può realizzare un sistema integrato in cui possono essere collocati diversi server nelle sedi principali che si suddividono il carico. Le sedi più piccole, invece, possono essere configurate come satelliti di un'altra sede ed utilizzarne i servizi da remoto; si può arrivare al caso estremo dei "telelavoratori", che possono agevolmente lavorare da casa o in movimento (Fig. 7).

## PANORAMICA SUI DISPOSITIVI DI COMUNICAZIONE

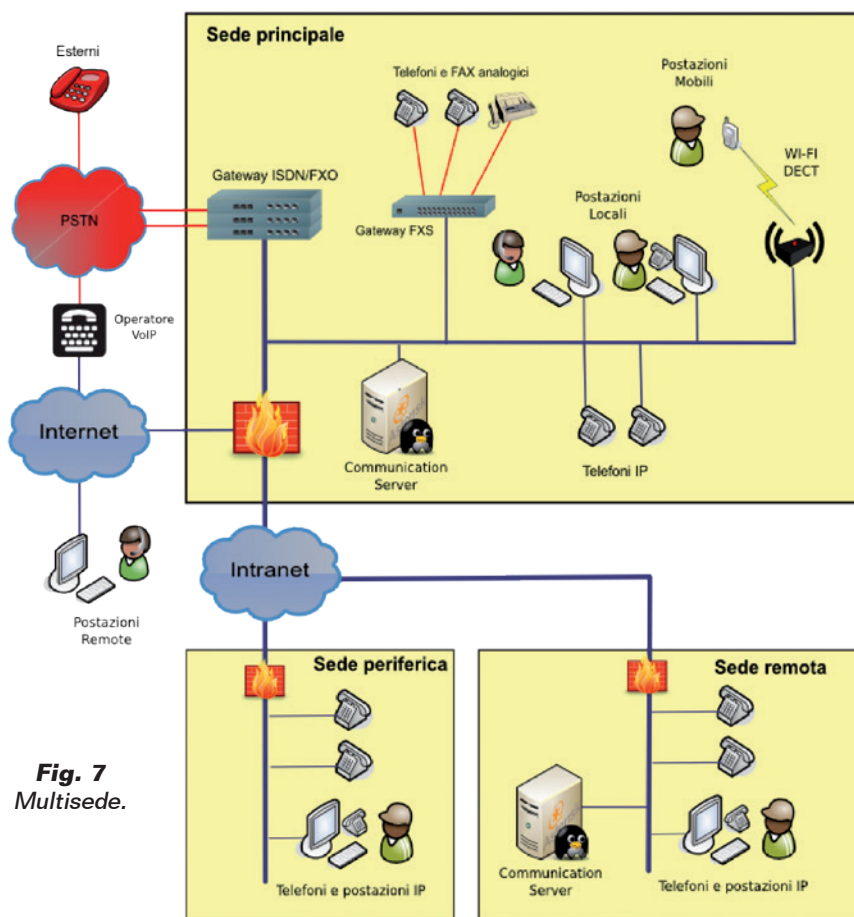
Il mercato offre una ampia gamma di dispositivi che possono essere utilizzati come componenti di una soluzione VoIP. I produttori dei dispositivi certificano le piattaforme di comunicazione con cui i loro dispositivi sono

compatibili, privilegiando, ovviamente, le piattaforme aperte e più popolari.

I telefoni IP sono a tutti gli effetti dei minicomputer specializzati per la funzione telefonica con una struttura fisica simile a quella dei telefoni tradizionali. Ne esistono di molti modelli e prezzi, con caratteristiche variabili in termini di dimensione e caratteristiche del display, numero di tasti funzione, numero di linee, design e qualità dei materiali. Per gli utenti che non sono fissi alla scrivania, sono disponibili anche telefoni cordless che possono utilizzare come parte radio la rete WiFi, oppure lo standard DECT che è più performante dal punto di vista della portata e della durata della batteria.

Oltre ai telefoni hardware sono disponibili softphone, per ogni sistema operativo, da installare su PC, smartphone o tablet e connessi tramite la rete WiFi. Questi terminali dispongono solitamente di funzioni più evolute rispetto ai telefoni fisici come la presenza, l'instant messaging e la videocomunicazione.

Esistono poi telefoni IP per usi particolari, come citofoni completi di attuatori per apricancello, interfacce per impianti di annuncio, telefoni resistenti ad agenti chimici e progettati per un uso pesante o utilizzando guanti. Una rilevante parte dei dispositivi è rappresentata dai gateway, che convertono le comunicazioni VoIP negli altri formati tradizionali di comunicazione. Abbiamo quindi Gateway per linee analogiche, per linee ISDN e per interfacciare le reti mobili GSM/UMTS/LTE. Negli ultimi anni stanno prendendo piede anche diversi operatori telefonici VoIP, che forniscono accesso alla rete telefonica pubblica direttamente tramite il protocollo SIP.

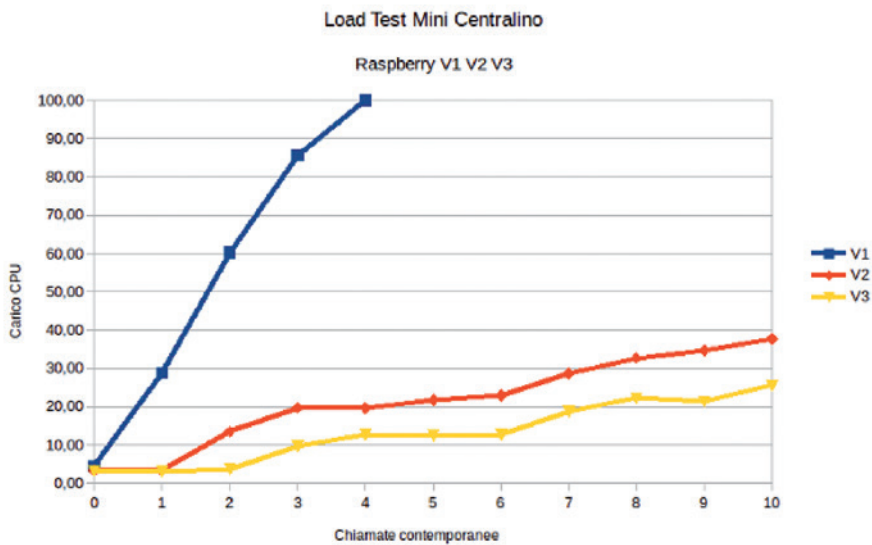


**Fig. 7**  
Multisede.

### ED ORA LA PRATICA!

Finora abbiamo trattato i fondamenti della tecnologia VoIP su cui si basa il mini centralino che andremo a realizzare e che sarà l'occasione per applicare in pratica tali concetti. Il centralino che vi proponiamo di realizzare sarà completo di tutte le funzioni più avanzate e basato sulla Raspberry Pi come piattaforma hardware. Conoscete ormai la Raspberry Pi perché l'avrete vista impiegata molte volte nelle pagine di Elettronica In; una delle sue applicazioni più frequenti è come server basato sul sistema operativo Linux. In questo progetto la utilizziamo così, installandole il software open source Asterisk per realizzare la nostra applicazione target: un piccolo ma funzionale centralino telefonico VoIP. Il progetto Asterisk, diventato negli

anni il centralino più utilizzato in ambito professionale, fornisce tutte le funzioni telefoniche che si possono immaginare ed è anche molto "leggero" in termini di fabbisogno di risorse. Il centralino software funziona regolarmente anche con la prima versione della Raspberry Pi, supportando però al massimo 2-3 chiamate contemporanee, limite che renderebbe quindi il nostro centralino adatto solo a piccoli uffici. L'aumento delle prestazioni introdotto con le versioni 2 e 3 consente invece di superare agevolmente la decina di chiamate contemporanee, rendendo il sistema in grado di soddisfare anche le esigenze delle piccole e medie utenze (Fig. 8). Nel pacchetto distribuito per Raspberry Pi, oltre al sistema operativo Raspbian e al motore di comunicazione Asterisk, è stata inclusa l'interfaccia grafica



**Fig. 8 - Load test.**

FreePBX, che consente di configurare il centralino semplicemente dal browser, senza bisogno di avventurarsi nei complessi file di configurazione.

Sono stati poi aggiunti alcuni pacchetti accessori come i messaggi audio in lingua italiana, il pannello operatore per il centralinista e una semplice rubrica web.

### MUOVIAMO I PRIMI PASSI

L'immagine del software per il mini-centralino è scaricabile liberamente dall'area riservata del sito [www.beppo.it](http://www.beppo.it); per velocizzare lo scaricamento è stata

alleggerita rispetto alla versione standard di Raspian eliminando tutti i pacchetti, come ad esempio l'interfaccia grafica, non necessari per un uso come server. Il risultato è un'immagine compressa in formato ZIP da 1 Gbyte, che una volta espansa può essere caricata su una scheda SD da almeno 8 Gbyte. La velocità della scheda SD è importante per le prestazioni del sistema, quindi consigliamo di impiegare un modello

almeno di classe 10.

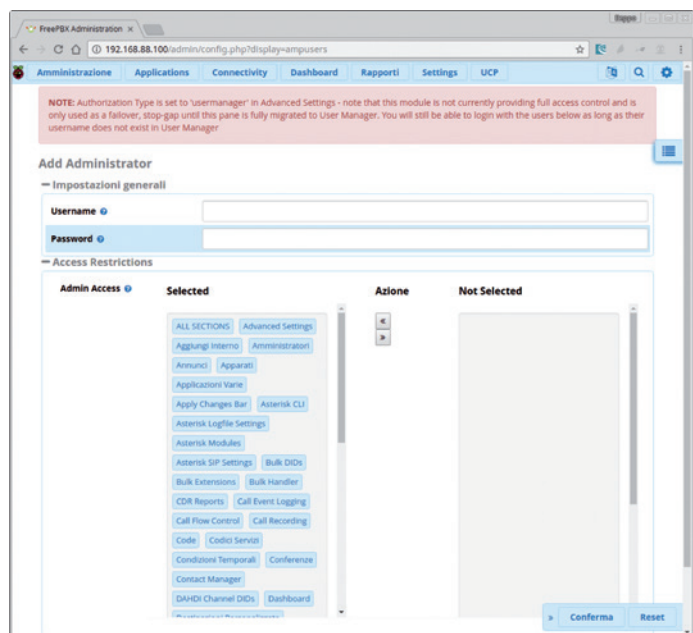
Una volta caricata l'immagine sulla scheda SD, utilizzando la solita procedura descritta più volte nella rivista e reperibile anche sul sito della comunità Raspberry Pi, bisogna impostare l'indirizzo IP statico a cui sarà raggiungibile il centralino. L'impostazione dell'indirizzo IP si effettua editando le ultime righe nel file `/etc/dhcpd.conf` ed inserendo i parametri della propria rete. Negli esempi di questo articolo utilizzeremo l'indirizzo predefinito 192.168.88.100, che dovrà essere sostituito dall'indirizzo reale impostato nella vostra rete.

Di seguito potete vedere le ultime righe del file `/etc/dhcpd.conf`:

```
interface eth0
static ip_address=192.168.88.100/24
static routers=192.168.88.1
static domain_name_servers=192.168.88.1
```



**Fig. 9 - Interfaccia web del centralino.**



**Fig. 10 - Modulo Amministratori.**



Il file può essere editato direttamente nella scheda SD, se si dispone di un computer in grado di montare il file system ext4, oppure dalla shell di Raspberry Pi connettendo monitor e tastiera al dispositivo.

Una volta connessa alla rete e all'alimentazione, trascorse le poche decine di secondi necessari per il boot, la Raspberry Pi diventa raggiungibile tramite shell ssh utilizzando come credenziali l'utente *root* e la password *raspi*. Inutile sottolineare che una delle prime cose da fare è sostituire la password con una personale e sicura.

Per la connessione ssh gli utenti Windows che non dispongono di un client ssh nativo possono utilizzare il client gratuito PuTTY. La sequenza delle operazioni è:

```
Prompt $ ssh root@192.168.88.100
root@192.168.88.100's password:
*****
```

```
.....
root@raspberrypi:~# passwd
Immettere nuova password UNIX:
*****
```

```
Reimmettere la nuova password
UNIX. *****
passwd: password aggiornata
correttamente
root@raspberrypi:~#
```

Quasi certamente la scheda SD impiegata sarà di capacità superiore agli 8 Gbyte dell'immagine quindi per poter utilizzare tutto lo spazio disponibile è opportuno espandere la partizione utilizzando il comando *raspi-config*, scegliendo la prima opzione del menu ed eseguendo il reboot quando proposto. Compilate queste semplici operazioni iniziali, tutto il resto della configurazione del centralino viene effettuata dall'interfaccia web (Fig. 9) cui si accede con un qualsiasi browser all'indirizzo

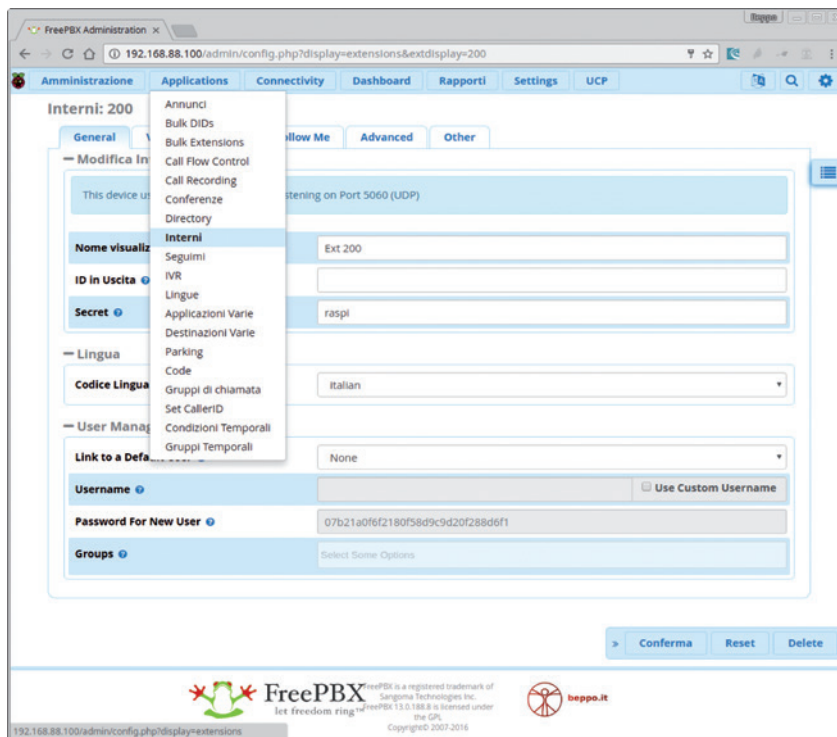


Fig. 11 - Configurazione interni (General).

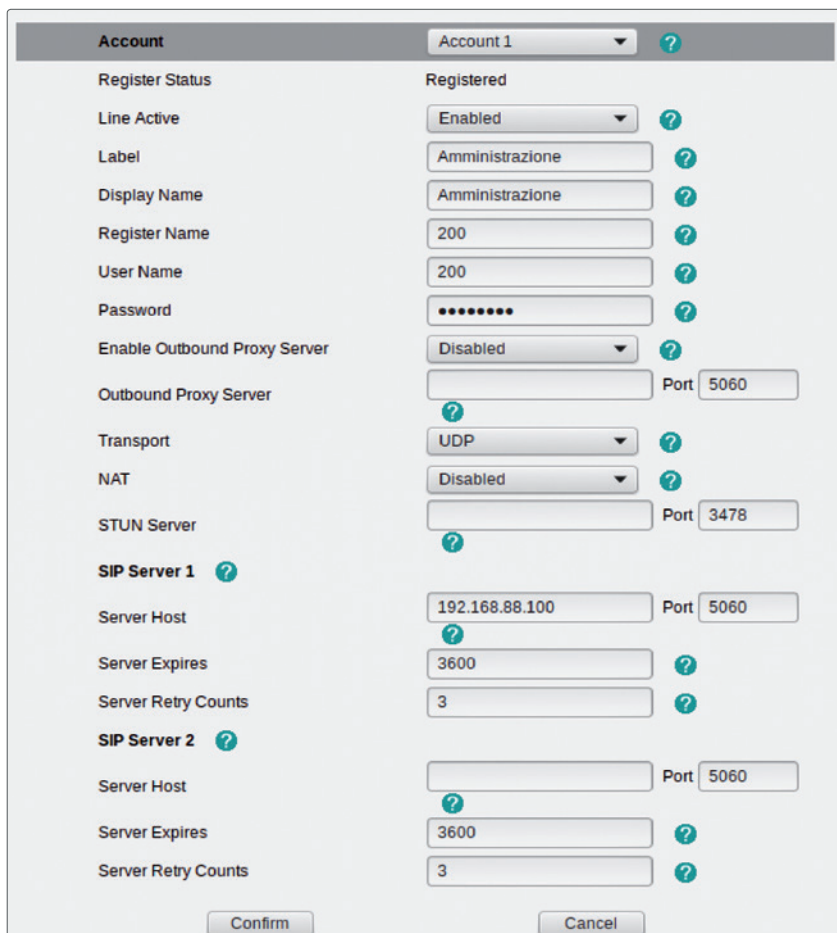


Fig. 12 - SIP Phone.

# FreePBX e Asterisk

Il motore telefonico Asterisk basa il suo funzionamento su una serie di file di configurazione testuali contenuti nella directory /etc/asterisk.

La sintassi di questi file non è semplice e si presta a facili errori se questi vengono impostati manualmente.

Per questo motivo è diventata molto popolare l'interfaccia web FreePBX che consente di impostare tutti i parametri di funzionamento tramite una comoda interfaccia web e di generare i file di configurazione di Asterisk in maniera automatica.

Quando si effettua una modifica ad un qualsiasi parametro tramite Freepbx, la configurazione non viene aggiornata immediatamente, ma appare il tasto rosso Apply Config sulla parte alta dell'interfaccia, cliccando su questo tasto verranno aggiornati i file di configurazione e richiesto ad Asterisk il loro caricamento.

In questo modo è possibile applicare più modifiche in un'unica soluzione anche quando il sistema è in esercizio senza impattare sul funzionamento del centralino.

del server: <http://192.168.88.100>. Dalla pagina principale è possibile accedere a quattro applicazioni che coprono diverse esigenze:

- Amministrazione FreePBX; è l'area di configurazione del centralino da cui è possibile modificare tutte le impostazioni; le possibilità di configurazione sono moltissime, vedremo in questo articolo solo le principali e nel prossimo alcune tra le più importanti per le altre si rimanda alla documentazione disponibile nel sito del progetto FreePBX e all'help in linea presente nell'interfaccia;
- Pannello Utente; è l'area di lavoro che ogni singolo utente ha

a disposizione per personalizzare gli interni che gli sono stati assegnati dall'amministratore;

- Rubrica Telefonica; è l'applicazione che consente di memorizzare i numeri telefonici contattati con maggiore frequenza e di chiamarli con un clic;
- Pannello Operatore; è l'applicazione che consente di visualizzare lo stato libero/occupato degli interni, utile per centralinisti ed assistenti che devono smistare le telefonate ai colleghi.

L'accesso alla sezione di amministrazione è protetto tramite autenticazione le cui credenziali

iniziali sono username admin e password admin. Anche per queste credenziali si consiglia la sostituzione della password con una personale tramite il menu *Amministrazione > Amministratori* subito dopo aver fatto il primo accesso (Fig. 10).

Il modulo amministratore consente inoltre di creare ulteriori utenti con profili di accesso personalizzati alle sole funzioni di amministrazione che si vuole abilitare.

## CONFIGURAZIONE INTERNI

Il mini centralino ha già configurati 10 interni corrispondenti alle estensioni da 200 a 209. La configurazione di questi interni può essere visualizzata e modificata dal menu *Applicazioni > Interni* (Fig. 11).

I parametri di configurazione di ogni interno sono molteplici, ci limiteremo qui a descrivere i principali. Nella sezione *General* sono contenute le informazioni più importanti tra cui il Nome che viene visualizzato e il Secret con cui i dispositivi telefonici si autenticano sul centralino.

Come per le altre password, si raccomanda di sostituire quella impostata (raspi) con una privata e sicura, soprattutto se il centralino è accessibile da rete internet. Nella sezione *VoiceMail* è possibile attivare la segreteria telefonica per l'interno ed impostarne i parametri tra cui la password e l'indirizzo email a cui inviare i messaggi.

Nella sezione *Find Me/Follow Me* si può impostare un elenco di numeri da contattare in caso non si risponda all'interno, come ad esempio il numero di cellulare, l'assistente o un collega.

Infine nella sezione *Advanced* sono presenti numerosi parametri tra i quali citeremo solo "Nat Mode" che deve essere impostato su No se il dispositivo è in rete

The screenshot shows a web browser window titled "Effettua login" with a subtitle "Configura i tuoi protocolli preferiti in un click." Below the subtitle are four login panels arranged in a 2x2 grid:

- SIP SIP:** Username field contains "202@192.168.88.100" with a hint "E.g: john@voipphone.net or simply 'john' for no server". Password field contains "\*\*\*\*\*".
- XMPP:** Username and Password fields are empty. Hint: "E.g: johnsmith@jabber.org".
- Facebook:** Username and Password fields are empty. Hint: "E.g: username".
- Google Talk:** Username and Password fields are empty. Hint: "E.g: johnsmith@gmail.com or johnsmith".

At the bottom right of the grid is a link "Non ancora registrato?". At the bottom of the window are two buttons: "Effettua login" and "Annulla". A link "Usa il provisioning di rete" is at the bottom left.

Fig. 13 - Jitsi Login.



con il centralino è su Yes in caso sia mascherato dietro un NAT.

## LA PRIMA TELEFONATA

Una volta configurati gli interni è possibile connettere al centralino i dispositivi telefonici e cominciare ad effettuare le prime chiamate interne. Come dispositivi possiamo utilizzare telefoni IP hardware oppure softphone da installare su PC o smartphone: ne esistono svariati modelli; l'unica cosa importante è che supportino il protocollo SIP. La configurazione di un "end point" SIP dipende ovviamente dal produttore e dal modello ma i parametri fondamentali da configurare sono sempre e comunque tre (Fig. 12):

- il nome utente, a volte indicato anche come "register name" che coincide con il numero di interno (ad esempio 200, 201, 202 ecc.);
- l'indirizzo del SIP server che coincide con l'indirizzo IP del centralino (di default 192.168.88.100);
- la password, a volte indicata come "secret" impostata nella sezione Interni.

In questo articolo illustreremo come configurare il softphone Jitsi, programma open source scritto in Java che quindi può essere utilizzato su diversi sistemi operativi, questo softphone comprende oltre che le "normali" funzioni telefoniche anche numerose funzioni avanzate come chat, videocomunicazione e condivisione dello schermo.

Il programma può essere scaricato liberamente dal sito del progetto <https://jitsi.org/Main/Download> dove sono disponibili, oltre ai sorgenti, i pacchetti di installazione per i sistemi operativi più diffusi.

La prima volta che viene eseguito dopo l'installazione, il programma richiede le credenziali di

Quando si crea un nuovo interno o un nuovo Trunk si nota che sono disponibili due diverse tipologie di canali SIP, come mai e quando usare uno o l'altro? Chan\_sip è il driver storico per i canali SIP che è presente in asterisk fino dai suoi inizi, a partire dalla release 12 è stato affiancato dal driver chan\_pjsip basato sulla libreria libera pjsip utilizzata anche da molti altri progetti.

I vantaggi di pjsip sono essenzialmente per gli sviluppatori che si trovano un ambiente più modulare e più facile da estendere, per cui è molto proba-

bile che in futuro le nuove funzioni saranno supportate solo dal nuovo channel driver. Dal punto di vista dell'utilizzatore, in questo periodo di transizione, i due driver sono essenzialmente equivalenti: chan\_sip è consigliato a chi vuole privilegiare la stabilità del driver più maturo e collaudato mentre chan\_pjsip è consigliato a chi vuole avere a disposizione tutte le ultime novità. Nella realizzazione del mini centralino i due driver sono stati assegnati a porte diverse: chan\_sip alla porta standard 5060 mentre chan\_pjsip alla porta 5061.

accesso a un servizio di comunicazione (Fig. 13). Nella parte SIP vanno inserite le credenziali impostate per il mini centralino:

- come nome utente inserite il numero di interno seguito dal simbolo @ e dall'indirizzo IP del mini centralino;
- come password inserite quella impostata nella sezione di configurazione degli interni.

Immediatamente dopo la configurazione iniziale il softphone è pronto per effettuare la prima chiamata interna (Fig. 14). Chiamando l'interno \*43 si accede al servizio "echo test" interno al centralino che recita un messag-

gio di istruzioni e poi replica in uscita il segnale che riceve in ingresso. Questo servizio è molto utile per verificare il funzionamento della connessione tra il telefono e il centralino, consigliamo quindi di utilizzarlo sempre come prima chiamata di test ogni volta che si installa un nuovo dispositivo telefonico. Installando più telefoni potrete effettuare le chiamate tra interni ed esercitarvi su trasferimenti di chiamata, messe in attesa e sugli altri servizi telefonici.

## CHIAMATE ESTERNE

Dopo essere riusciti ad effettuare le chiamate interne, il passo

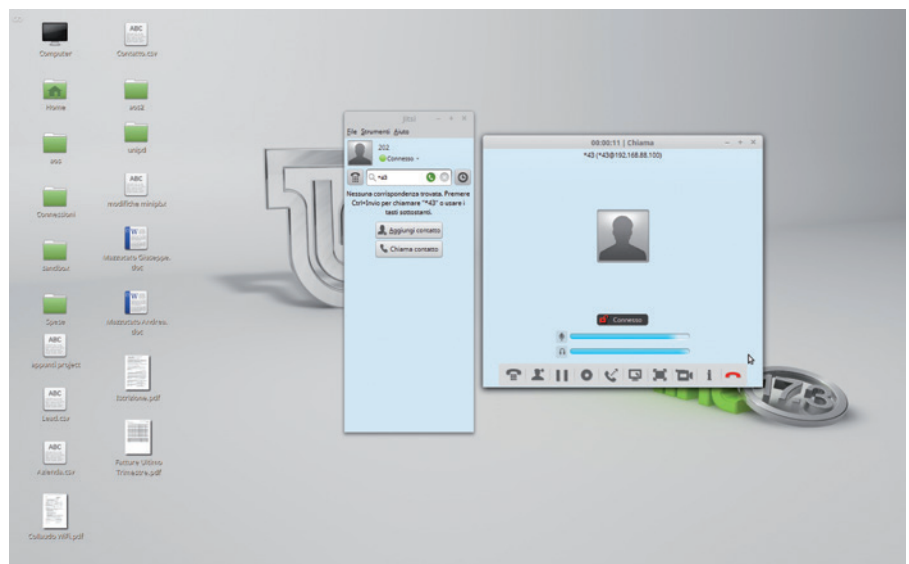


Fig. 14 - Chiamata con Jitsi.

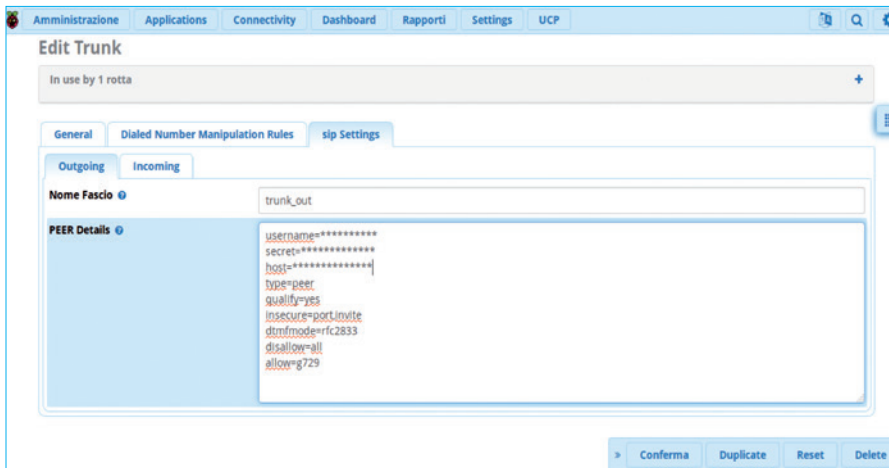


Fig. 15 - Gestione dei Trunk.

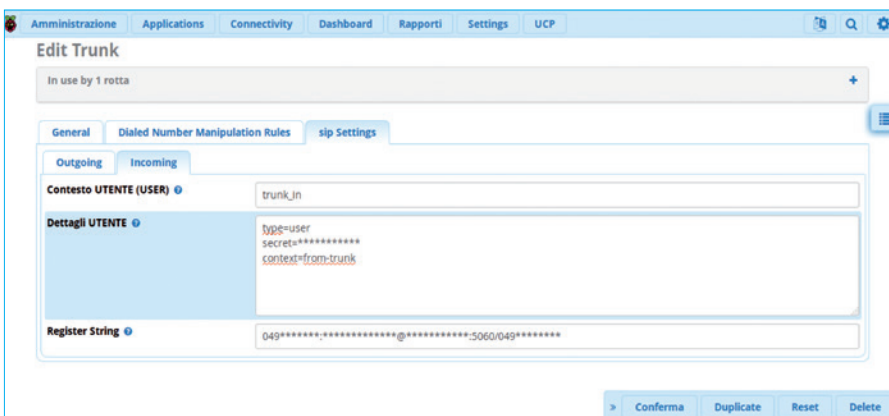


Fig. 16 - Impostazioni Trunk in.

naturalmente successivo è connettere il nostro centralino alla rete telefonica pubblica per poter effettuare e ricevere chiamate

dall'esterno. Il modo più semplice e che non richiede alcun hardware è quello di utilizzare i servizi offerti da uno dei tanti

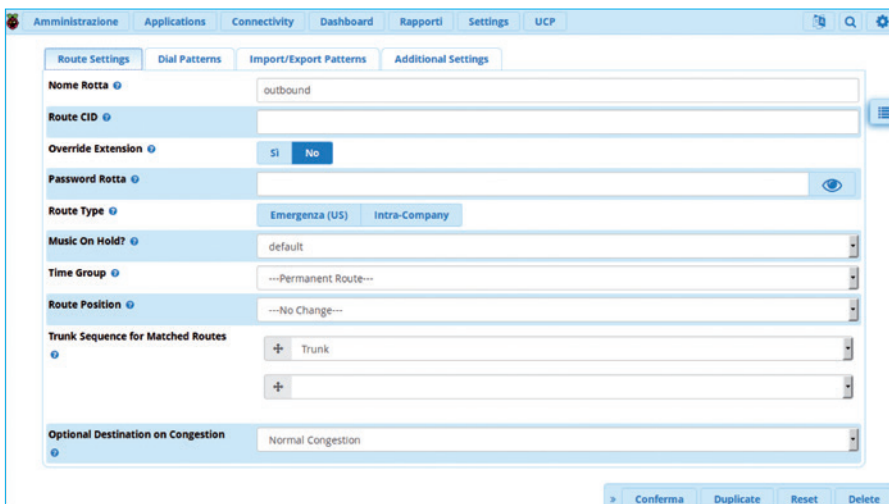


Fig. 17 - Out Route Settings.

operatori telefonici VoIP.

Ogni operatore ha le proprie peculiarità, ma tutti, dopo la stipula del contratto, forniscono le credenziali per la connessione attraverso il protocollo SIP ed assegnano alla connessione almeno un numero telefonico. La connessione tra il centralino e l'operatore prende il nome di "Fascio" o "Trunk" perché permette il passaggio di un certo numero di chiamate contemporanee (Fig. 15).

La configurazione dei Trunk viene effettuata dal menu *Connectivity>Faschi*, in cui la parte più importante è la configurazione delle impostazioni del protocollo SIP (scheda *sip Settings*). Normalmente gli operatori forniscono istruzioni dettagliate su come configurare i Trunk sul software freePBX, incluse eventuali particolarità; in questo articolo riportiamo una configurazione generale che è valida per la maggior parte degli operatori. Nella sezione *Outgoing* si impostano i diversi parametri illustrati in figura tra cui i più importanti sono:

- *username* e *secret*, che sono le credenziali di autenticazione del Trunk;
- *host*, che è l'indirizzo del SIP server del provider VoIP;
- *dtmfmode*, che specifica la modalità di trasporto dei toni della tastiera;
- *disallow* e *allow*, che, rispettivamente, disabilitano e abilitano l'uso di specifici codec.

Nella sezione *Incoming* (Fig. 16), oltre ai parametri analoghi a quelli della sezione precedente bisogna specificare la stringa di registrazione che ha il seguente formato:

`<username>:<secret>@<host>:<port>/<extension>`

dove `<username>` e `<secret>`

sono le solite credenziali di autenticazione, <host> e <port> sono l'indirizzo e la porta (standard 5060) del SIP server ed <extension> è l'estensione alla quale inviare le chiamate in ingresso, che normalmente è uguale allo username.

Una volta che è stato configurato almeno un Trunk possiamo definire una "rotta di uscita", cioè una regola che indica al centralino di inviare verso il Trunk le chiamate che soddisfano certi requisiti.

Nella scheda corrispondente (*Route Settings*, Fig. 17) andate nella sezione generale e date un nome alla rotta; per farlo dovete indicare la lista dei Trunk da utilizzare in sequenza nel caso una chiamata corrisponda alle condizioni della rotta (route). I Trunk vengono utilizzati uno dopo l'altro fino a che non se ne trova uno che accetta la chiamata, questo meccanismo permette di specificare il Trunk da utilizzare preferenzialmente e quelli di riserva. Nella sezione *Patterns* (*Out route patterns*, Fig. 18) andiamo a specificare le condizioni a cui deve corrispondere il numero chiamato per entrare nella rotta. La condizione [038]. che viene

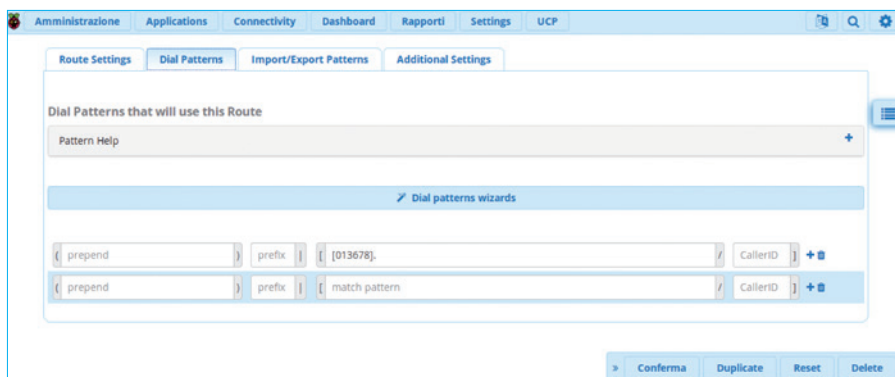


Fig. 18 - Out Route pattern.

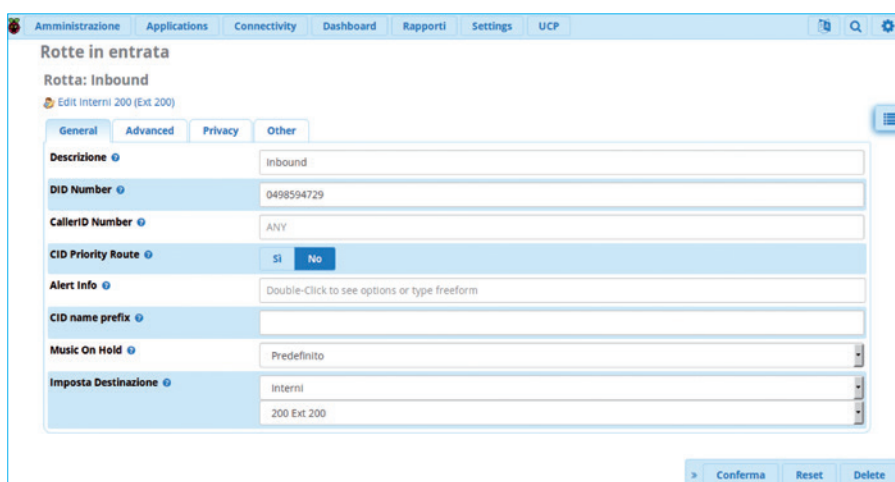


Fig. 19 - Configurazione In Route

normalmente impiegata per le chiamate uscenti, indica tutti numeri che iniziano per 0 oppure 3 oppure 8 e seguita da un qualsiasi altro numero di cifre (il simbolo . ossia il punto, rappresenta la wildcard).

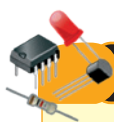
Nelle condizioni possiamo anche specificare sequenze da anteporre alle cifre digitate, prefissi da rimuovere prima di inoltrare la chiamata e regole anche sull'interno chiamante.

A questo punto dovremmo essere in grado di effettuare le chiamate in uscita, ma per gestire quelle in ingresso dobbiamo aggiungere almeno una rotta di ingresso. Nell'esempio proposto nella Fig. 19 (*In Route*) vediamo una rotta molto semplice che invia tutte le chiamate dirette ad un particolare numero verso l'interno 200.

## CONCLUSIONI

In questo articolo abbiamo appreso le nozioni di base della telefonia su IP (VoIP) e spiegato come, utilizzando la popolare scheda Raspberry Pi (nella quale va installato un opportuno software) possiamo realizzare un semplice ma utile e versatile centralino VoIP.

Descritto il software che installiamo, abbiamo visto la configurazione di base del mini centralino, che per quanto essenziale consente comunque di iniziare ad utilizzare il nostro centralino VoIP in buona parte delle situazioni incontrabili in pratica. Nella prossima ed ultima puntata vedremo come estendere la configurazione in modo da realizzare funzionalità più avanzate.



## per il MATERIALE

La board Raspberry Pi3 (cod. 8968660RS) è disponibile presso Futura Elettronica al prezzo di Euro 44,00. Il prezzo si intende IVA compresa. Il software utilizzato per gestire il mini centralino è scaricabile dal sito della rivista.

Il materiale va richiesto a:  
Futura Elettronica, Via Adige 11,  
21013 Gallarate (VA)  
Tel: 0331-799775  
<http://www.futurashop.it>



Mettiamo in pratica le nozioni sulla telefonia IP realizzando il nostro centralino, completo di tutte le funzioni più avanzate. Seconda e ultima puntata.

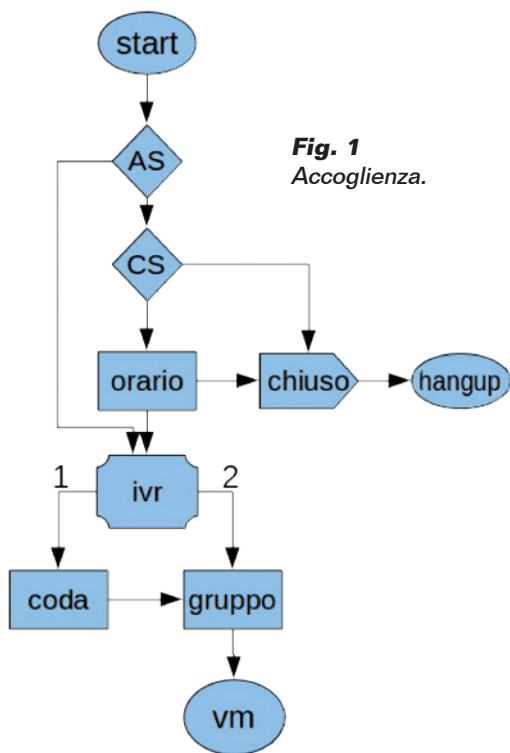


## MINI CENTRALINO VoIP SU RASPBERRY PI

dell' Ing. GIUSEPPE MAZZUCATO

**R**aspberry PI è un single board computer che abbiamo già avuto modo di utilizzare nelle più disparate applicazioni. Sfruttando la sua predisposizione a funzionare da piccolo server Linux, ne abbiamo fatto un centralino per telefonia IP, che abbiamo iniziato a descrivere e a configurare nella scorsa puntata, che abbiamo aperto con i fondamenti della telefonia IP a beneficio di quanti non hanno conoscenza sufficiente in materia. Nella stessa occasione abbiamo spiegato come realizzare il centralino, ovvero quale hardware è richiesto e quale software, precisando, a riguardo, che ci siamo avvalsi del software Asterisk, che è una soluzione open source.

Finora abbiamo visto la configurazione di base del nostro mini centralino, che consente comunque di iniziare ad utilizzarlo in pratica. In questa seconda ed ultima puntata vediamo come estendere la configurazione in modo da realizzare funzioni più avanzate con cui, ad esempio, realizzeremo un servizio di smistamento delle chiamate in ingresso. Uno dei servizi più utili di un centralino telefonico è quello che permette lo smistamento verso gli interni delle chiamate entranti; tale servizio ha l'obiettivo di mettere in contatto rapidamente ed economicamente chi ci chiama con l'interlocutore più adatto all'interno dell'organizzazione.



**Fig. 1**  
Accoglienza.

### SERVIZIO DI ACCOGLIENZA E SMISTAMENTO CHIAMATE

Illustreremo le varie funzioni utilizzando un esempio, meglio descritto dal diagramma di flusso visibile in Fig. 1, che può essere facilmente adattato alle esigenze di una qualsiasi piccola o media azienda.

La parte centrale dell'esempio è costituita da un IVR (*Interactive Voice Response*) che smista le chiamate su aree diverse a seconda della scelta del chiamante, secondo il classico, "digi 1 per assistenza, 2 per commerciale" e via di seguito.

L'accesso all'IVR è limitato dal controllo che -leggendo l'ora attuale- capisce quando si è fuori dell'orario di lavoro impostato recita un messaggio di cortesia, oltre che da due controlli che permettono di bypassare il controllo temporale.

Quando si realizza un servizio di smistamento chiamate, consigliamo di disegnare sempre uno schema di flusso che servirà da

guida per configurare il centralino. È inoltre conveniente creare la configurazione partendo dalla fine, infatti ogni volta che configuriamo un blocco deve essere indicato il blocco che lo segue nel diagramma di flusso.

### CREAZIONE FILE AUDIO

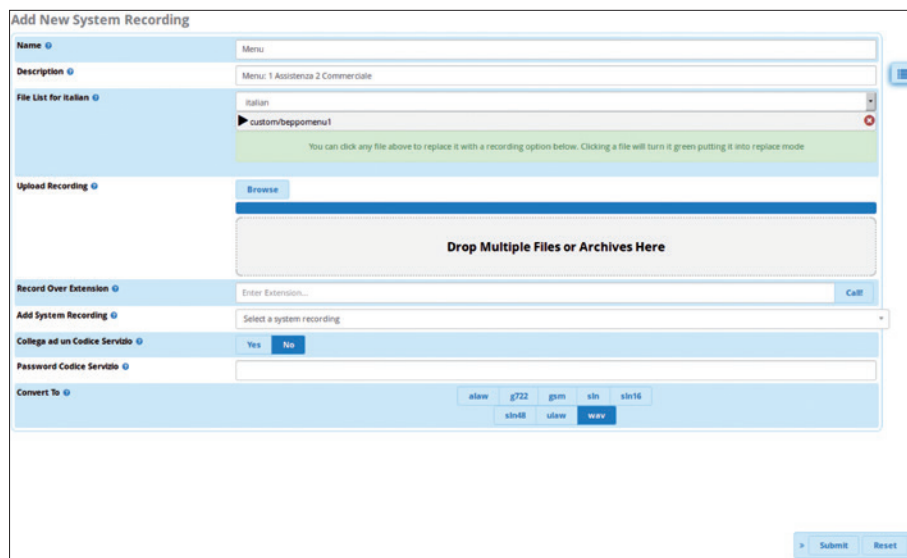
In ogni servizio di accoglienza sono necessari dei messaggi vocali che vengono recitati per guidare il chiamante nella navigazione dei menu, informare sugli orari di apertura e fornire vari tipi di informazioni di supporto. I messaggi vengono creati dal menu **Amministrazione** → **Registrazioni di Sistema**, dal quale è possibile registrare i messaggi utilizzando un telefono interno oppure caricare dei file audio preparati in precedenza (Fig. 2) ad esempio registrati con un PC dotato di microfono.

La qualità della registrazione è molto importante affinché del lavoro svolto, l'utente telefonico che chiama abbia un'impressione positiva; consigliamo quindi di utilizzare una voce chiara e priva di inflessioni, se non addirittura di rivolgersi a speaker profes-

sionisti per registrare i messaggi. Un'alternativa a costo zero può essere quella di utilizzare la voce sintetica di uno dei tanti servizi disponibili su internet (per esempio quello di traduzione e dizione di Google), soluzione utilizzata anche per realizzare i messaggi di sistema. Infatti le voci sintetiche hanno raggiunto -negli ultimi anni- una qualità che, se pur non paragonabile a quella di uno speaker professionista, può essere migliore di quella di molti speaker "improvvisati".

### GRUPPI DI CHIAMATA

Tramite il modulo accessibile dal menu **Applications** → **Gruppi di Chiamata** è possibile definire dei gruppi di interni verso cui indirizzare le chiamate (Fig. 3). Oltre che l'elenco degli interni che fanno parte del gruppo, è possibile definire la strategia con cui farli squillare; esistono varie strategie ma le più utilizzate sono la *ringall*, che fa squillare assieme tutti gli interni del gruppo, nonché la *hunt*, che fa squillare uno dopo l'altro a rotazione gli interni disponibili. È anche possibile definire un



**Fig. 2 - Registrazioni.**

# GNR e selezione passante

tempo massimo di squillo della suoneria, in modo che se nessuno risponde entro il limite fissato la gestione della chiamata evolva verso un passo successivo. Nell'esempio abbiamo utilizzato questa funzione per dirottare la chiamata ad una segreteria telefonica.

## CODE DI ATTESA

Le code di attesa, configurabili dal menu **Applications** → **Code**, possono essere considerate delle estensioni dei gruppi di chiamata, cui aggiungono numerose funzioni che troviamo solitamente nei call-center professionali (Fig. 4).

La differenza fondamentale rispetto al gruppo è che la coda trattiene le chiamate in arrivo in attesa di un operatore libero, garantendo che il primo in ordine cronologico ad aver chiamato sia inviato al primo operatore che si rende disponibile. Inoltre è possibile avere anche agenti dinamici ai quali vengono dirottate le chiamate solo quando questi ne danno disponibilità effettuando il "login" sulla coda.

Ci sono poi numerosi altri parametri di configurazione che permettono di scegliere il comportamento desiderato in caso di sovraccarico della coda: ad esempio, non accettando più chiamate o dirottandole ad altri servizi. Tra le funzioni più sofisticate presenti nel modulo citiamo la possibilità di comunicare la posizione in coda ed il tempo stimato di attesa agli utenti che attendono in coda.

## IVR (INTERACTIVE VOICE RESPONSE)

Questo blocco funzionale dotato di uscite multiple, permette la scelta fra diversi percorsi nel flusso di accoglienza (Fig. 5). Le impostazioni più importanti

I centralini sono spesso connessi a linee dette Gruppi a Numerazione Ri-dotta (GNR), che sono identificate da un numero breve seguito da ulteriori cifre per identificare i singoli interni. Esistono GNR da 10 numeri dove c'è una sola cifra di estensione, GNR da 100 con due cifre e GNR da 1000 con tre cifre.

In questi casi si ha la funzione detta "selezione passante" in cui il

singolo interno può essere raggiunto dall'esterno digitando il numero della "radice" del centralino seguito dal numero di interno.

La selezione passante è molto utile perché velocizza l'accesso alle persone di cui si conosce il numero di interno e può essere simulata anche in assenza di GNR, utilizzando un IVR che richiede di digitare il numero di interno se lo si conosce.

Fig. 3 - Gruppo.

Fig. 4 - Coda.



The screenshot displays the IVR configuration interface, organized into three main sections:

- IVR General Options:**
  - IVR Name: Menu
  - IVR Description: Menu principale
- IVR DTMF Options:**
  - Annuncio: Menu
  - Attiva Chiamata Diretta: Disattivato
  - Timeout: 10
  - Alert Info: Double-Click to see options or type freeform
  - Invalid Retries: 3
  - Invalid Retry Recording: Default
  - Append Announcement to Invalid: Yes/No (No selected)
  - Return on Invalid: Yes/No (No selected)
  - Invalid Recording: Default
  - Invalid Destination: Code (401 Assistenza)
  - Timeout Retries: 3
  - Timeout Retry Recording: Default
  - Append Announcement on Timeout: Yes/No (No selected)
  - Return on Timeout: Yes/No (No selected)
  - Timeout Recording: Default
  - Timeout Destination: Code (401 Assistenza)
  - Return to IVR after VM: Yes/No (No selected)
- IVR Entries:**

Digits	Destination	Return	Elimina
1	Code (401 Assistenza)	Yes/No (No selected)	[Elimina]
2	Gruppi di chiamata (400 Gruppo Commerciale)	Yes/No (No selected)	[Elimina]
digits pressed	== choose one ==	Yes/No (No selected)	[Submit] [Reset] [Elimina]

Fig. 5 - IVR.

sono il messaggio audio che viene riprodotto, contenente le istruzioni all'utente (il cosiddetto menu vocale, ossia il classico "digi 1 per..., digi 2 per..." ecc.) e le destinazioni dove far proseguire il flusso in base alle cifre digitate.

Sono da prevedere anche i comportamenti da tenere, sia in caso di errore nella scelta, che nel caso in cui non venga digitato alcunché nel periodo temporale specificato. Una funzione interessante è quella che permette di attivare la

chiamata diretta verso gli interni, la quale simula la selezione passante dei centralini per telefonia tradizionale (cioè si imposta a quale interno debba arrivare una chiamata fatta aggiungendo il numero dell'interno).

### ANNUNCI

Il modulo annunci è uno dei più semplici e consente di riprodurre un file audio prima di procedere con il passo successivo (Fig. 6). Per la sua configurazione è sufficiente scegliere il file audio da riprodurre e definire a quale blocco passare al termine della riproduzione. Nel nostro esempio viene utilizzato in caso di chiusura dell'ufficio o esercizio in cui il centralino è installato,

The screenshot shows the 'Announcement: Edit' configuration form with the following fields:

- Descrizione: Chiusura
- Registrazione: Chiusura
- Ripeti: Disattivato
- Permetti Salta: Yes/No (No selected)
- Ritorna all'IVR: Yes/No (No selected)
- Non Rispondere al Canale: Yes/No (No selected)
- Destination after Playback: Termina Chiamata / Hangup

Fig. 6 - Annuncio.

per fornire a chi chiama informazioni sugli orari degli uffici prima di riagganciare.

### CONDIZIONI TEMPORALI

Le condizioni temporali sono blocchi con due uscite che permettono di far evolvere il flusso delle chiamate in maniera diversa a seconda dell'ora e del giorno. L'applicazione più diffusa è quella che permette di regolare la chiusura e l'apertura degli uffici ma può essere utile anche in molti altri casi (Fig. 7). Per prima cosa dobbiamo definire il periodo temporale utilizzando il menu **Applications** → **Gruppi Temporali** definendo il periodo come l'unione di un insieme di fasce orarie e giornaliere. Il sistema permette di definire, oltre che gli orari, anche i giorni della settimana e del mese, permettendo quindi di descrivere non solo l'orario lavorativo, ma anche periodi di chiusura per ferie o festività.

Dopo aver definito le fasce orarie, possiamo creare il blocco funzionale accedendo dal menu **Applications** → **Condizioni Temporali** (Fig. 8).

A questo blocco bisogna assegnare un gruppo temporale ed impostare le destinazioni delle due uscite: una nel caso l'ora sia all'interno del periodo e l'altra quando è fuori.

I controlli temporali sono molto comodi perché modificano il percorso delle chiamate automaticamente senza bisogno di nessun intervento umano. In alcuni casi, però, bisogna gestire delle eccezioni per cui è utile modificare manualmente il flusso tramite un modulo che vedremo di seguito.

### CONTROLLI DI FLUSSO

Possiamo immaginare i controlli di flusso come i deviatori dell'impianto elettrico di casa,

Fig. 7 - Gruppo temporale.

che hanno un'entrata, due uscite e un comando che permette di connettere l'entrata ad una delle due uscite. Nel caso del centralino, il comando viene dato tramite un codice di funzione che viene digitato in un qualsiasi telefono interno.

Nel nostro esempio abbiamo utilizzato due controlli di flusso che abbiamo chiamato Apertura Speciale (AS) e Chiusura Speciale (CS) e che ci servono per poter forzare lo stato di Apertura e chiusura bypassando il controllo temporale (Fig. 9). Questi controlli sono utili per gestire le eccezioni ai periodi di apertura o

chiusura automatica.

I controlli di flusso possono essere creati e modificati dal menu **Applications** → **Call Flow Control** impostando le destinazioni delle due uscite ed il valore del codice funzione oltre che lo stato iniziale. Il codice funzione può anche essere accompagnato da una password per evitare l'azionamento del controllo da parte di personale non autorizzato. Per completare l'esempio non dimentichiamo di modificare la **rotta di ingresso** creata come spiegato nella prima puntata (cui rimandiamo) in modo da far gestire le chiamate in ingresso dal

Fig. 8 - Condizione Temporale.

# Il patentino delle **Telecomunicazioni**

Fino a qualche anno fa era in vigore una normativa che vietava le “attività di installazione, allacciamento, collaudo o manutenzione di qualsiasi apparecchiatura di comunicazione interfacciata alla rete pubblica in assenza del titolo abilitativo” comunemente denominato “patentino delle Telecomunicazioni”. Fortunatamente questa norma protezionistica, che favoriva le

grosse aziende iscritte ad albi o associazioni di categoria e penalizzava gli altri soggetti è stata abrogata con il D.L. 69 del 21 Giugno 2013. Da allora chiunque può realizzare un impianto di telecomunicazioni senza timore di incorrere in alcun tipo di sanzione, fermo restando il rispetto delle norme e prescrizioni tecniche riguardanti gli impianti telefonici.

servizio di accoglienza appena creato.

## **ALTRI MODULI UTILI DI FREEPBX**

Nella costruzione del nostro esempio abbiamo inserito i moduli di FreePBX più utilizzati; ce ne sono tuttavia molti altri, sia liberi che a pagamento, che potrebbero risultare interessanti. Vediamo qui di seguito una lista parziale di moduli che riteniamo degni di nota.

Il modulo “**Rubrica**” consente di memorizzare i numeri telefonici utilizzati più di frequente e di assegnare dei codici di chiamata rapida (speed dial).

Nel modulo “**Codici Servizi**” è possibile vedere ed eventualmente modificare i codici numerici che consentono di ottenere le funzioni dal centralino

Tramite “**Module Admin**” è

possibile aggiornare, installare e rimuovere i moduli di freepbx caricandoli dalle liste di quelli liberi e a pagamento.

Il modulo “**Conferenze**” permette di creare delle sale virtuali di audio conferenza utili per riunioni con partecipanti distribuiti in più luoghi.

Con il modulo “**Seguimi**” è possibile impostare la gestione delle chiamate quando non possiamo rispondere, come ad esempio inoltrare la chiamata al cellulare. Il modulo “**Dashboard**” che appare per impostazione predefinita al login dell’amministratore contiene informazioni sullo stato del centralino ed eventuali notifiche.

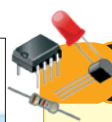
Con i moduli “**CDR Reports**” è possibile analizzare il database delle chiamate effettuate sia in ingresso che in uscita.

## **CONCLUSIONI**

In questa serie di articoli abbiamo illustrato come realizzare un centralino telefonico utilizzando strumenti liberi a disposizione di chiunque voglia cimentarsi in questa attività. L’argomento è complesso e nello spazio a nostra disposizione in questo fascicolo abbiamo potuto illustrarne solo gli aspetti principali, tuttavia quanto abbiamo esposto dovrebbe esservi sufficiente per poter gestire le situazioni più comuni. Fino a pochi anni fa la realizzazione di un centralino telefonico era riservata a specialisti che utilizzavano apparati dedicati realizzati appositamente per questo scopo e quindi molto costosi. La situazione è completamente cambiata con la disponibilità di centralini software su licenza libera che consente oggi di realizzarli su hardware di uso generale ad una frazione del costo. Ma il vantaggio principale è quello dell’apertura del progetto, che ci rende liberi dai vincoli spesso imposti dai costruttori dei prodotti proprietari e ci fornisce la possibilità di sviluppare il progetto più adatto alle nostre esigenze. ■

Call Flow Toggle Control: Edit	
Call Flow Toggle Feature Code Index	1
Descrizione	Chiusura Speciale
Current Mode	Normal (Green/BLF off)   Override (Red/BLF on)
Recording for Normal Mode	Default
Recording for Override Mode	Default
Password Opzionale	
Normal Flow (Green/BLF off)	Condizioni Temporali   Orario Ufficio
Override Flow (Red/BLF on)	Annunci   Chiusura

**Fig. 9 - Call flow.**



## **per il MATERIALE**

La board Raspberry Pi3 (cod. 8968660RS) è disponibile presso Futura Elettronica al prezzo di Euro 44,00. Il prezzo si intende IVA compresa. Il software utilizzato per gestire il mini centralino è scaricabile dal sito della rivista.

Il materiale va richiesto a:  
Futura Elettronica, Via Adige 11,  
21013 Gallarate (VA)  
Tel: 0331-799775  
<http://www.futurashop.it>