INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

ANALIZA SYSTEMOWA W FINANSACH I ZARZĄDZANIU

Wybrane problemy
Tom 11

Pod redakcją
Jerzego HOŁUBCA

Warszawa 2009

INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

ANALIZA SYSTEMOWA W FINANSACH I ZARZĄDZANIU

Wybrane problemy
Tom 11

Pod redakcją
Jerzego HOŁUBCA

Warszawa 2009

Wykaz opiniodawców artykułów zamieszczonych w niniejszym tomie:

prof. dr hab. inż. Jerzy HOŁUBIEC
dr inż. Lech KRUŚ
doc. dr hab. inż. Wiesław KRAJEWSKI
doc. dr hab. Jacek MALINOWSKI
dr inż. Edward MICHALEWSKI
prof. dr Adam SKOREK
dr hab. Ryszard SMARZEWSKI
prof. dr hab. inż. Andrzej STRASZAK
dr Dominik ŚLĘZAK
prof. dr hab. inż. Stanisław WALUKIEWICZ
doc. dr hab. Sławomir ZADROŻNY

© Instytut Badań Systemowych PAN
Warszawa 2009

ISBN 9788389475220

Druk: Zakład Poligraficzny Jerzy Kosiński, Warszawa

WYBRANE PROBLEMY VOIP

Piotr Biegus
Studia Doktoranckie IBS PAN

A VoIP is a very hot topic today. Telecommunication always has been a very hermetic industry controlled by huge corporations. It is hard to imagine that a well known bank will buy PBX from an unknown or a small company. A couple years ago an open-source software had very little to do with telecommunication systems at all. Right now we are witnesses of a revolution in a telecommunication industry, because huge revolution in the world Internet network is a fact. Today real time media like voice and video can be transported by a packet network like Internet and appear to be real and serious competitors for a traditional telecommunication industry. An important thing is QoS (Quality of Service), which cause so many problems with Voice over IP. Even so there are many enthusiastic people who create open source VoIP software. Most famous Open Source PBX project is Asterisk project.

1. VoIP - wprowadzenie

VoIP to skrót od "Voice over Internet Protocol" lub "Phone service over Internet".

Technologia VoIP wymaga przede wszystkim odpowiednich parametrów łącza internetowego. Dysponując łączem o odpowiedniej przepustowości, można skorzystać z telefonii internetowej, zamiast korzystać z usług zwykle znacznie droższego operatora tradycyjnego PSTN (Public Switched Telephone Network).

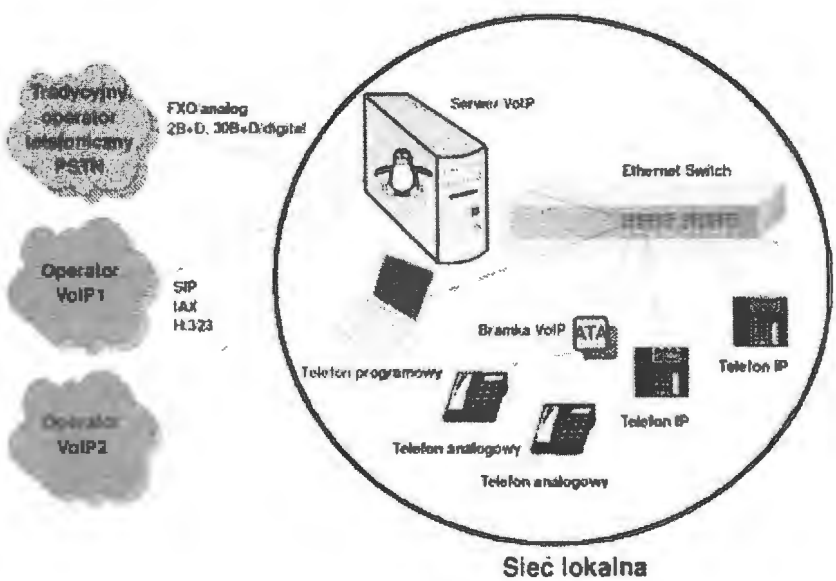
Z powodu braku dostępu VoIP do serwisów alarmowych (np. Straż Pożarna, Pogotowie, Policja), często spotyka się użycie rozwiązań VoIP jako dodatku do telefonii tradycyjnej.

Można powiedzieć, że technologia VoIP jest sposobem konwersji analogowego sygnału fonicznego na postać cyfrową, która może być przesyłana przez sieć Internet. Wyżej wymieniona funkcjonalność może być wbudowana w telefon (telefon VoIP), można też użyć tradycyjnego telefonu połączonego z bramką ATA lub można skorzystać z softwarowego telefonu (na przykład Kiax) zainstalowanego na komputerze.

Poniższy schemat obrazuje możliwości podłączenia:

- klientów VoIP do serwera VoIP,

- serwera VoIP do tradycyjnego operatora (PSTN),
- serwera VoIP do operatorów VoIP.



Rys.1.1 Budowa sieci VoIP

2. Dlaczego VoIP?

Są co najmniej dwa powody, dla których warto przyjrzeć się rozwiązaniom VoIP:

- Obniżka kosztów rozmów telefonicznych.
  Rozmowa telefoniczna przy użyciu technologii VoIP jest tańsza niż analogiczna rozmowa zestawiona przez tradycyjnych operatorów stacjonarnych lub komórkowych. Pomimo promocji, upustów i innych zachęt skierowanych do klienta usługi świadczone przez firmy telekomunikacyjne stacjonarne i mobilne są drogie.
  Dodatkowa korzyścią jest jedno okablowanie. Do transferu głosu (również video) nie trzeba ciągnąć kabli osobno dla telefonów i Internetu.
- Zwiększenie funkcjonalności (np. IVR, voice mail, video mail, video rozmowa, wirtualne biuro, integracja ze starym PBX).

  Przy użyciu VoIP znacznie łatwiej zrealizować funkcjonalności, które były trudne lub niemożliwe dla telefonii analogowej (PSTN) np:

- Przekierowanie (routing) rozmów przychodzących. Rozmowy są automatycznie przekierowywane do telefonu VoIP odbiorcy, niezależnie od tego gdzie się znajduje. Telefon VoIP można podłączyć w dowolnym miejscu do sieci Internet, odbierać rozmowy przychodzące i dzwonić „na zewnątrz".
- Agenci call center używając telefonów VoIP mogą pracować z dowolnego miejsca, np. ze swojego domu, jeśli tylko będą posiadali odpowiednie parametry łącza internetowego.

3. Protokoły sieciowe używane przez VoIP

Internet pierwotnie nie był projektowany do przesyłania danych typu "real time streaming", to jest danych audio, video. Odbiornik danych oczekiwał na pakiet danych dłużej (timeout) lub żądał retransmisji, gdy pakiet danych zgubił się w czasie transmisji. Przy przesyłaniu obrazu lub dźwięku zakłada się, że wysłany pakiet z danymi nie zgubi się i zostanie dostarczony z nadajnika do odbiornika w czasie nie dłuższym niż 300ms.

W przypadku, gdy pakiet zostanie zgubiony lub dostarczony w czasie dłuższym niż 300ms, występuje pogorszenie jakości rozmowy lub transmisji video. Należy zaznaczyć, że tradycyjne sieci PSTN były zaprojektowane do przesyłania rozmów telefonicznych, więc upakowanie strumienia danych audio (jakim jest mowa ludzka) do pakietowej struktury sieci Internet jest trudne.

Protokoły internetowe są projektowane tak, aby podzielić porcje danych na wiele mniejszych pakietów i przesłać je wtedy, kiedy jest to możliwe.
Aby uzyskać połączenie za pomocą VoIP potrzebne są dwa typy protokołów:

- Sygnalizacyjne, służące do nawiązania połączenia (invite), jak również jego zakończenia (tear down) - SIP, H.323,
- real time streaming, służące do transmisji głosu lub video w czasie rzeczywistym - protokół RTP.

3.1 Protokoły sygnalizacyjne

3.1.1 SIP (Session Initiation Protocol)

SIP jest protokołem, który stał się „numerem jeden" w świecie protokołów VoIP. Protokół ten wyeliminował z użycia znacznie starszy i bardziej skomplikowany protokół H.323. SIP jest zdefiniowany w dokumencie RFC 3261. Jego podstawową cechą jest prostota. SIP podobnie jak protokół HTTP jest protokołem typu żądanie / odpowiedź. Każde żądanie (request) wywołuje odpowiednia metodę lub funkcje na serwerze. Podstawowe komendy (żądania) to:

- *INVITE* - zaproszenie do wzięcia udziału w sesji (rozmowie telefonicznej),
- *ACK* – potwierdzenie,
- *CANCEL* - zakończenie rozpoczętego żądania,
- *OPTIONS* - zapytanie serwera o dostępne opcje,
- *BYE* - zakończenie sesji (rozmowy telefonicznej). Komenda może być wysłana przez strony uczestniczące w rozmowie.
- *REFER* - prośba do abonenta, aby wysłał żądanie SIP, np. przeniesienie rozmowy telefonicznej,
- *SUBSCRIBE* - prośba dodania abonenta,
- *NOTIFY* - zawiadamia abonenta o zdarzeniu.

Protokół ten ma więcej podobieństw do protokołu http, a mianowicie SIP i HTTP można analizować czytając je.

Podstawowe funkcjonalności SIP to:

- lokalizacja abonentów (end-point),
- sygnalizacja żądanie komunikacji (invite),
- negocjacja parametrów niezbędnych do zainicjowania sesji,
- zakończenie sesji (teardown).

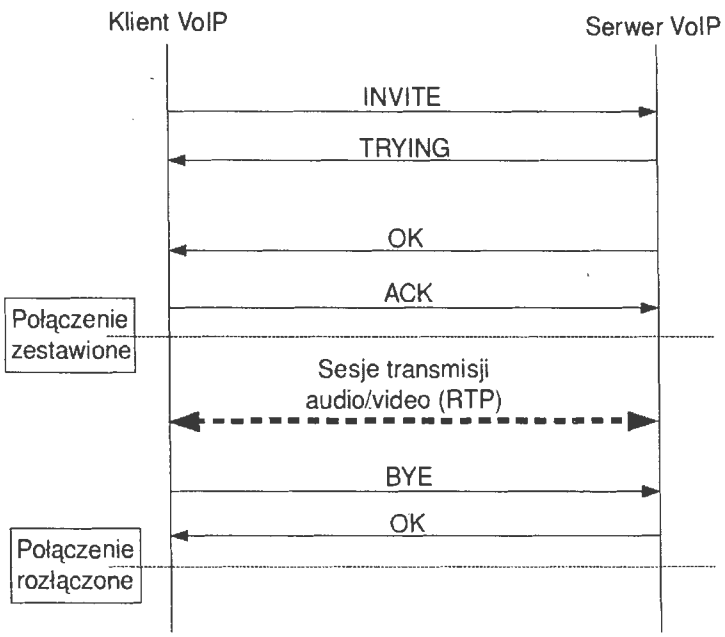
Abonenci są identyfikowani przez SIP URI, który ma bardzo podobną składnię do adresu email, np. sip:piotr@jakasdomena.pl.
Protokół SIP jest umieszczony w warstwie aplikacji modelu warstwowego TCP/IP. Jako transport dla protokołu SIP jest wykorzystywany protokół UDP, choć może być użyty TCP. Najczęściej używany jest protokół UDP jako warstwa transportowa dla protokołu SIP i port 5060.
Sesje nawiązania połączenia można przeanalizować korzystając z programu Wireshark (dawniej Ethereal).

3.1.1.1 Przykłady sesji

1. VoIP telefon rozpoczyna sesję za pomocą żądania INVITE.

   W żądaniu tym zdefiniowane jest wiele parametrów dotyczących połączenia. Parametry połączenia zdefiniowane są za pomocą protokołu SDP (Session Description Protocol). Pakiety są stosunkowo duże - w analizowanej sesji długość żądania INVITE wynosi 838 bajtów.

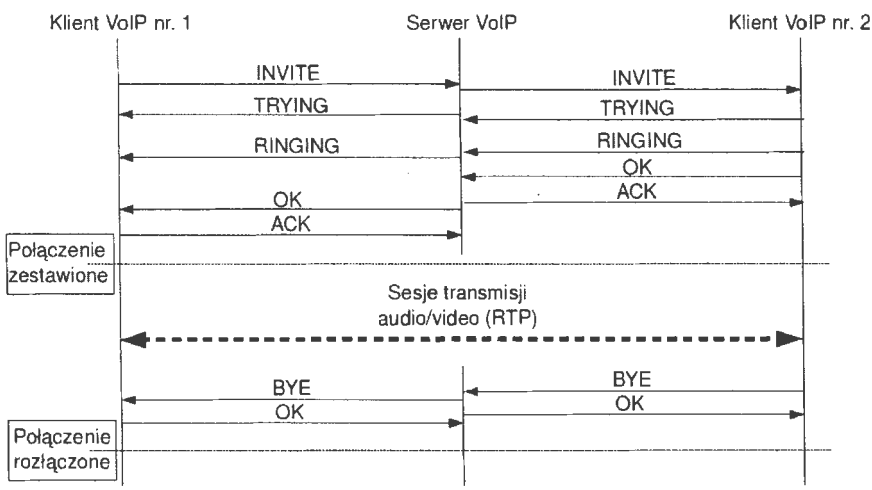
2. Serwer odpowiada statusem TRYING.
   W odpowiedzi zawarta jest też lista żądań, jakie może spełnić serwer w stosunku do klienta.



Rys. 1.2 Sesja SIP pomiędzy telefonem VoIP a serwerem VoIP

3. Serwer odpowiada statusem OK, czyli akceptuje parametry połączenia. W pakiecie OK dołączony jest pakiet SDP (Session Description Protocol).
4. VoIP telefon wysyła żądanie ACK, oznacza to, że klient odebrał ostateczną odpowiedź od serwera na żądanie INVITE.
5. Od momentu potwierdzenia otwarte zostają kanały do transmisji audio lub audio/video w obydwie strony. Do transmisji audio/video służy protokół RTP (Real-Time Transport Protocol). Połączenie telefoniczne jest zestawione.
6. Jedna ze stron zgłasza żądanie BYE, np. VoIP serwer.
7. VoIP telefon odpowiada statusem OK. Od tej pory kanały komunikacyjne zostają zamknięte. Połączenie telefoniczne jest zakończone.

Poniżej przedstawiono komunikację SIP pomiędzy dwoma telefonami VoIP i serwerem VoIP.



Rys. 1.3 Sesja SIP pomiędzy dwoma klientami VoIP a serwerem

Powyższy rysunek przedstawia wymianę komunikatów podczas sesji SIP.

Klient VoIP nr 1 komunikuje się z serwerem VoIP, aby uzyskać połączenie z klientem VoIP nr 2. Serwer VoIP komunikuje się z klientem VoIP nr 2.
Po nawiązaniu połączenia klienci komunikują się bezpośrednio używając protokołu RTP.

Szczegółowe informacje dotyczące sesji, takie jak użyte kodeki, próbkowanie, parametry dźwięku, obrazu, porty na których będzie się odbywał streaming są przekazywane za pomocą protokołu SDP. Protokół SDP (RFC2327) jest „wkładany" do protokołu SIP. Do zakończenia połączenia używany jest protokół SIP.

3.1.2 H.323

H.323 to system stworzony przez ITU (International Telecomunication Union) pierwotnie do obsługi telekonferencji i wideokonferencji. H.323 nie jest jednym protokołem lecz całą grupą protokołów np.

- H.225 - funkcje rejestracyjne, administracyjne, sygnalizacja
- H.245 - funkcje sterujące dla obsługi multimediów.

Protokół ten używa protokołu RTP do transportu audio/video.

Klient ms NetMeeting używa H.323 i jest chyba najbardziej popularnym klientem H.323.

3.1.3 MGCP

Protokół MGCP (Media Gateway Control Protocol - RFC 3435) podobnie jak SIP używa SDP do opisu transmisji i RTP do transferu mediów.

Protokół MGCP został zaprojektowany tak, aby urządzenia końcowe, jak na przykład VoIP telefony, były jak najprostsze, zrzucając jak najwięcej na media gateway (VoIP serwer). Popularność MGCP zanika.

3.1.4 IAX (Inter Asterisk eXchange)

IAX (RFC5456) jest protokołem zwykle używanym do łączenia central, zdobywa jednak popularność jako protokół służący do połączenia telefonów. Stosowany jest coraz częściej w telefonach sprzętowych i programowych. IAX. Jest protokołem binarnym, w przeciwieństwie do najpopularniejszego aktualnie tekstowego SIP. Zoptymalizowany pod kątem przesyłu jak najmniejszej ilości danych IAX charakteryzuje się lepszą współpracą z routerami NAT, dzięki używaniu tego samego portu UDP dla pakietów sygnalizacyjnych oraz danych. Zwykle jest to port 4569. Użycie jednego portu UDP ma wiele korzyści, na przykład bardzo ułatwia połączenie, jeśli abonent jest za "firewall", czy ma dodaną do połączenia "security". IAX łączy w sobie protokół sygnalizacyjny i protokół transportowy.

Unikalną cechą protokołu jest możliwość łączenia kilku sesji telefonicznych pomiędzy dwiema centralami (np. pomiędzy różnymi oddziałami firmy) w jeden strumień UDP, gdzie w jednym pakiecie przesyłane są dane dla kilku rozmów. Dzięki temu wymagana jest jeszcze mniejsza przepustowość łącza.

Pomimo wielu zalet protokół IAX jest krytykowany za słabą obsługę streamu video.

3.2 Protokoły transmisji audio / video

3.2.1 Protokół RTP

Real Time Transport Protocol (RTP) (RFC 1889/RFC 3550) definiuje format pakietu do przesyłania "streamu" audio i video przez sieć Internet. RTP komunikuje się używając UDP jako warstwy transportowej.
Nie posiada standardowych numerów portów (UDP), na których jest realizowana komunikacja. Zwykle wybierane są numery portów z przedziału 16384-32767. Specyfikacja mówi, że komunikacja po UDP powinna odbywać się na portach parzystych. Fakt, że RTP używa portów dynamicznie, może powodować problemy na "firewalls". W celu rozwiązania ww. problemu wykorzystuje się czasami STUN serwer.
Pierwotnie RTP był projektowany jako protokół multicast. Później okazało się, że jest on powszechnie wykorzystywany w aplikacjach typu unicast, np. w powią-

zaniu z H.323 lub SIP. RTP jest wrażliwy na wszelkie opóźnienia powstałe w sieci, z tego też względu UDP jako transport jest lepszym rozwiązaniem niż TCP. Analizując ramkę za pomocą programu Ethereal widoczne są następujące pola:

- *Payload Type* - identyfikacja danych, jakie są niesione przez pakiet,
- *Timestamp* – 32 bitowe pole - liczba "tików" zegara od rozpoczęcia transmisji,
- *Sequence Number* - pole to jest zwiększane o 1 przy każdym wysłaniu pakietu RTP.

Na podstawie powyższych pól odbiornik ma możliwość oceny, czy dany pakiet przyszedł za późno jak również, czy przyszedł w odpowiedniej kolejności.

Protokół RTP nie ma wbudowanego mechanizmu QoS (Qality of Service). Nie może też zapewnić, że ramka dojdzie na czas. Nie posiada CRC, czy sumy kontrolnej.

Ciekawostką jest, że przy użyciu łącza internetu mobilnego firmy PlusGSM, połączenie za pomocą protokołu SIP jest niemożliwe. Opóźnienia na w/w łączu sięgają nawet do kilkunastu sekund. Dzięki protokołowi IAX połączenie jest możliwe mimo, że jakość rozmowy jest fatalna. Nie można wykluczyć celowego blokowania ruchu VoIP przez operatora.

4. Kodeki (codec) używane w VoIP

Oryginalnie termin CODEC odnosi się do terminu COder/DECoder, urządzenie lub program, który konwertuje dane pomiędzy formatem cyfrowym a analogowym. Obecnie termin bardziej pasuje do COmpresion/DECompresion.

Z każdym kodekiem związane jest pasmo (przepustowość), które jest wymagane (bitrate), czyli ilość bitów/s (kbps). Podobnie jak protokoły, cześć kodeków może być używana nieodpłatnie (free of charge), cześć z nich jest licencjonowana.

4.1 Kodeki audio

Jest kilka metod konwersji audio z postaci analogowej na postać cyfrową. Najbardziej popularną w telefonii metodą konwersji jest PCM.

4.1.1 PCM (Pulse Code Modulation)

Modulacja kodowo - impulsowa (PCM), polega na tym, że amplituda fali dźwiękowej jest próbkowana w ścisłe określonych odstępach czasowych, w taki

sposób, żeby możliwe było jej odtworzenie. Jakość próbkowania jest zależna od dwóch czynników:

- *bit-resolution,* czyli rozmiar bitowy słowa, do którego próbki będą wkładane (w telefonii jest to słowo 8-bitowe). Im większe słowo tym większa dokładność, ale większe pasmo będzie potrzebne do transmisji większej ilości danych,
- *częstotliwości,* z jaką próbki będą pobierane. Im częściej próbki będą pobierane tym większa będzie dokładność, ale i większe pasmo potrzebne do transmisji danych.

Pojawia się pytanie: Jak częste próbkowanie jest wystarczające? Odpowiedział na nie Harry Nyquist formułując kryterium Nyquista. Mówi ono, że aby moc później odtworzyć w odbiorniku sygnał, próbkowanie sygnału powinno być dwa razy większe niż najwyższa częstotliwość w paśmie próbkowanego sygnału.

Tabela 1.1 Porównanie niektórych kodeków audio używanych w VoIP

	G.711	G.726	G.723.1	G.729A	GSM	ILBC (Internet Low Bitrate Codec)	Speex
Bitrate [kbps]	64	16, 24, 32(2)	5.3, 6.3	8	13	13.3, 15.2	2.15 – 22.4
Kompresja	nie	tak	tak	tak	tak	tak	tak
Licencja	nie	nie	tak	tak	nie	nie(1)	nie
Zużycie CPU	małe	małe		duże	umiarkowane	duże	
Informacje dodatkowe		Przesyła różnicę pomiędzy próbkami poprzednią i obecną. Używa Adaptive Differential Pulse-Code Modulation.	Podstawowy kodek dla systemu H323.	Używa CS-ACELP (Algebraic-Code-Excited-Linear-Prediction). Bardzo popularny.	Bardzo dobra jakość dźwięku przy dość dużej kompresji.	Dobrze radzi sobie na łączach o dużej stratności. Duże wymagania co do mocy CPU.	(3)

(1) Opatentowany przez GIPS (Global IP Sound). Organizacja chce wiedzieć o użyciu kodeka w aplikacjach komercyjnych. Procedura informowania właściciela o użyciu kodeka polega na pobraniu ze strony kopii licencji, podpisaniu i odesłaniu. Więcej informacji na temat tego interesującego kodeka można znaleźć na stronie internetowej http://www.ilbcfreeware.org

(2) Obecnie Asterisk obsługuje jeden bitrate 32kbps.

(3) Więcej informacji na stronie internetowej http://speex.org

Telefonia używa częstotliwości pomiędzy 300Hz a 4000Hz. Częstotliwość próbkowania powinna zatem wynosić 2 * 4000Hz=8000 próbek/sekundę, aby odtworzyć pełne pasmo używane w telefonii.

Powyższa tabela przedstawia różnicę pomiędzy kodekami używanymi w telefonii VoIP.

5. Asterisk PBX

Asterisk jest programową implementacją centrali telefonicznej PBX (Private Branch eXchange). Jest to oprogramowanie napisane w języku C na licencji GNU, pierwotnie dla komputerów PC działających pod systemem Linux. Później został on przeportowany na inne platformy sprzętowe. Głównie są to platformy, na których działa embedded Linux jak np. Blackfin.

Asterisk daje możliwość stworzenia analogowej centrali telefonicznej, centrali (serwera) VoIP lub centrali mającej funkcjonalności centrali analogowej i cyfrowej (VoIP).

Asterisk to oprogramowanie bardzo elastyczne, na co wskazuje nazwa Asterisk (*), która w świecie UNIX może oznaczać wszystko. Jest to oprogramowanie niezmiernie rozwojowe, można je modyfikować w bardzo szerokim zakresie, na przykład dodawać swoje moduły, lub rozszerzać funkcjonalności istniejących. Strona, z której można pobrać kod źródłowy Asteriska to http://www.asterisk.org.

Możliwości oferowane przez Asterisk nie ustępują komercyjne dostępnym centralom znanych producentów, na przykład:

- poczta głosowa (voice mail),
- prowadzenie telekonferencji (conference halling),
- IVR (Interactive Voice Response).

Asterisk posiada własny język skryptowy, w którym można tworzyć skrypty do obsługi połączeń tzw. "Dial Plan".

Dial plan znajduje się w pliku extensions.conf w standardowej instalacji systemu Linux w katalogu /etc/asterisk/.

Język dial planu jest bardzo prosty. Poniżej przykładowy skrypt:

/etc/asterisk/extension.conf

```
exten => s,1,Answer()
exten => s,2,Echo()
```

/etc/asterisk/extension.conf

Wszystko co zostanie odebrane, zostanie odbite echem do dzwoniącego.

Jądro (core) Asteriska jest stosunkowo małe. Funkcjonalność centrali jest ładowana w postaci bibliotek dynamicznych (w systemie Linux pliki *.so), znajdują się w katalogu /usr/lib/asterisk/modules). Biblioteki Asteriska udostępniają rożne funkcjonalności np.

- poczta głosowa: app_voicemail.so,
- obsługa telekonferencji: app_meetme.so.

Należy zauważyć, że biblioteki z funkcjonalnościami typu aplikacji rozpoczynają się zawsze przedrostkiem app_.

W postaci bibliotek znajdują się także omówione powyżej protokoły VoIP (SIP, IAX), które nazywają się kanałami (channels).

Implementacja protokołu SIP znajduje się w bibliotece chan_sip.so, protokołu IAX (obecna wersja tego protokołu nosi nazwę IAX2) znajduje się w bibliotece chan_iax2.so.

Kanał do obsługi telefonów tradycyjnych (FXS/FXO) nosi nazwę chan_zap.so. Kanały to połączenie aplikacji Asterisk ze światem zewnętrznym. Za pomaca kanału SIP (chan_sip) Asterisk komunikuje się na przykład z telefonami IP poprzez sieć Ethernet. Za pomocą kanału IAX (chan_iax2) może się skomunikować z innym serwerem typu Asterisk oddalonym o tysiące kilometrów. Za pomocą kanału (chan_zap), poprzez odpowiednią kartę rozszerzeń, można połączyć zwykły analogowy telefon (FXS), lub dołączyć się do łącza centrali miejskiej (FXO).

Chcąc podłączyć inne urządzenie do Asterisk, należy napisać do niego obsługę (protokół komunikacji), czyli stworzyć odpowiedni kanał, za pomocą którego Asterisk będzie komunikować się z urządzeniem.

W postaci bibliotek znajdują się również kodeki audo:

- codec_g726.so – kodek G.726,
- codec_gsm.so – kodek GSM,
- codec_alaw.so,
- codec_ulaw.so – kodeki G.711

Pozostałe funkcjonalności, takie jak algorytmy haszujące, też znajdują się w bibliotekach, na przykład:

- func_md5.so,
- func_sha1.so.

Kanały (channels) to nie jedyna forma komunikacji, ze światem zewnętrznym, jaką posiada Asterisk.

5.1 AGI (Asterisk Gateway Interface)

AGI można porównać do CGI. Podobnie jak w CGI można tworzyć skrypty w popularnych językach skryptowych takich jak PERL, PHP, lub PHYTON. Skrypty te mogą być wywoływane przez Asterisk np. z poziomu Dialplan. Można w ten sposób stworzyć zaawansowany IVR (Interactive Voice Response) na indywidualne potrzeby.

Może być to system, który poinformuje telefonicznie abonenta o pogodzie, poda kursy walut, ceny akcji na giełdzie, lub poinformuje administratora budynku o stanie czujników alarmowych.

Takie funkcjonalności można łatwo zrealizować za pomocą skryptów AGI, korzystając z języka PHP, ponieważ oferuje on gotowe procedury i klasy na przykład do parsowania XML, co bardzo ułatwia wydobywanie danych ze stron internetowych. Skrypty AGI komunikują się z Asteriskiem przez standardowe uchwyty STDIN, STDOUT, STDERR.

Skrypt AGI czyta z STDIN, aby pobrać informacje z Asteriska. Pisze do STDOUT, aby wysłać informacje do Asteriska, natomiast pisząc do STDERR można wysłać informacje o błędach do konsoli Asterisk.

W standardowej instalacji w systemie Linux skrypty AGI umieszczone są w katalogu /var/lib/asterisk/agi-bin/.

Skrypt AGI wywoływany jest przez Dial Plan w następujący sposób:

/etc/asterisk/extension.conf

```
exten => 17,1,Answer()
exten => 17,2,AGI(moj_agi_skrypt.agi)
```

/etc/asterisk/extension.conf

5.2 Manager

„Manager" to funkcjonalność, która daje zewnętrznym programom możliwość monitorowania i zarządzania serwerem Asterisk. Manager oferuje zestaw komend dla zewnętrznych programów, za pomocą których mogą zarządzać serwerem. Domyślnie jest to port TCP 5038, ale może on być zmieniony w pliku konfiguracyjnym /etc/asterisk/manager.conf.

Istnieje możliwość współpracy serwera Asterisk ze znanym oprogramowaniem GNU do generacji mowy ludzkiej o nazwie Festival. Festival generuje mowę ludzką tylko w wersji angielskojęzycznej (wersje US i UK).

Asterisk współpracuje z bazami danych Open Source, takimi jak Postgress, mySql, na przykład do zapisu CDR (Call Detail Recording).

Asterisk wyposażony jest w CLI (Command Line Interface). Jest to bardzo wygodne narzędzie dla administratora systemu. Jedyną komendą, jaką powinien pamiętać administrator jest help. Po wydaniu komendy "help" wyświetli się pełna lista komend. Uruchomienie CLI na działającym systemie jest bardzo proste - wystarczy wydać polecenie "asterisk -r", oczywiście potrzebne są uprawnienia administratora.

5.3. Konfiguracja serwera

Wszystkie pliki konfiguracyjne mieszczą się w katalogu /etc/asterisk. Każdy z plików służy do konfiguracji rożnych funkcjonalności na przykład:

- sip.conf - konfiguracja użytkowników SIP,
- iax.conf - konfiguracja użytkowników IAX,
- rtp.conf - plik konfiguracyjny do konfiguracji parametrów RTP,
- zapata.conf - konfiguracja kanału telefonii tradycyjnej FXO/FXS,
- extensions.conf – definicja dialplanu.

Asterisk jest oprogramowaniem bardzo stabilnym.

5.4 Dodawanie użytkowników

Dodanie użytkowników posługujących się protokołem SIP polega na modyfikacji (dodaniu pozycji w pliku sip.conf). Dodanie abonenta o numerze 12 wygląda następująco:

/etc/asterisk/sip.conf

```
[12]
type=friend
secret=1234
qualify=yes
nat=no
host=dynamic
canreinvite=no
context=internal
```

/etc/asterisk/sip.conf

Dodanie użytkowników posługujących się protokołem IAX polega na dodaniu pozycji w pliku iax.conf, natomiast użytkowników pracujących w systemie H.323, w pliku h323.conf.

5.5 Współpraca ze starymi PBX

Asterisk może współdziałać z tradycyjnymi systemami (PSTN) i jednocześnie może działać jako serwer VoIP. Daje możliwość na budowy systemów teleinformatycznych lub stopniowego rozbudowywania starych systemów dodając nowe funkcjonalności, takie jak poczta głosowa, IVR, redukcja kosztów rozmów, dzięki przesyłaniu dźwięku przez sieć Internet. Asterisk może bez problemu współpracować z centralami telefonicznymi starego typu. Może stać się on pomostem pomiędzy tradycyjną telefonią a telefonią internetową VoIP.
Na rynku dostępne są karty rozszerzeń typu PCI, które oferują popularne interfejsy elektryczne, takie jak FXS, FXO, T1/E1, dzięki którym można połączyć serwer Asterisk do dowolnej centrali telefonicznej.

5.6 Połączenia video

Standardem transmisji video przez sieć Ethernet stał się format H.264 (MPEG-4), tak samo dla video telefonii jak i dla IPTV. Kompresja H.264 jest dużo większa niż w przypadku MPEG-2.
W celu uzyskania video połączenia potrzebne są dwa aparaty obsługujące stream video (IP video telefony), w tym samym formacie. Asterisk zestawi dokładnie tak samo połączenie dla dwóch IP video telefonów jak i dla IP telefonów obsługujących tylko stream audio. Po zestawieniu połączenia stream audio, jak i video będzie przesyłany pomiędzy IP video telefonami. Podczas video połączenia przesyłane będą dwa strumienie audio (od rozmówcy do rozmówcy) i dwa strumienie video (od rozmówcy do rozmówcy). Z reguły IP video telefony transmitują video z bitrate 128kbps. Przy 128kbps jakość video połączenia jest już w miarę satysfakcjonująca.
Problemem jest przepustowość i parametry łącza Internetowego, które mogą skutecznie utrudniać video połączenie.

Asterisk obsługuje video połączenie na zasadzie "pass-through", czyli nie ma możliwości transkodowania z jednego formatu na inny. Obydwa aparaty muszą być ze sobą kompatybilne. Jeśli chodzi o dodatkowe usługi związane z video połączeniem, to Asterisk umożliwia:

- pocztę głosową z video,
- nagrywanie rozmów z video,
- odtwarzanie rozmów z video.

Podsumowanie

VoIP jest technologią dającą niespotykane dotąd możliwości za bardzo niską cenę, jednak słabo rozwinięta sieć internetowa, a przede wszystkim mała gwarancja przepustowości łączy oraz ich cena w naszym kraju i w innych krajach Europy zmniejsza szanse wykorzystania wszystkich możliwości VoIP. Bardzo agresywna polityka marketingowa operatorów komórkowych nie wpływa również korzystnie na rozwój systemów VoIP.

Niemniej należy podkreślić, że VoIP wnosi nowe rozwiązania w zakresie takich opcji jak: praca zdalna, video połączenia, video konferencje.

Wyżej wymienione opcje stanowią szanse rozwoju technologii VoIP.

Jednocześnie bardzo dynamicznie rozwijające się oprogramowanie GNU, którego przykładem jest pokrótce opisany Asterisk, pozwala na stwierdzenie, że technologia VoIP, będzie podlegać dalszemu rozwojowi.

Literatura

[1]. Asterisk: The Future of Telephony, 2nd Edition by Jim Van Meggelen O'Reilly Media.

[2]. SIP RFC 2543.

[3]. MGCP RFC 3435.

[4]. IAX RFC 5456.

[5]. RTP RFC 3550.

[6]. SDP RFC 2327.

[7]. ILBC - http://www.ilbcfreeware.org.

[8]. http://www.voip-info.org.

ISBN 9788389475220