

IDŹ DO

PRZYKŁADOWY ROZDZIAŁ



SPIS TREŚCI

KATALOG KSIĄŻEK

KATALOG ONLINE

ZAMÓW DRUKOWANY KATALOG

TWÓJ KOSZYK

DODAJ DO KOSZYKA

CENNIK I INFORMACJE

ZAMÓW INFORMACJE
O NOWOŚCIACH

ZAMÓW CENNIK

CZYTELNIA

FRAGMENTY KSIĄŻEK ONLINE

VoIP. Praktyczny przewodnik po telefonii internetowej

Autor: Theodore Wallingford

Tłumaczenie: Marek Marczak, Ewa Muszyńska

ISBN: 978-83-246-0289-6

Tytuł oryginału: [Switching to VoIP](#)

Format: B5, stron: 448



Technologia Voice over IP (VoIP) ma wystarczająco wiele zalet, aby zrewolucjonizować rynek telekomunikacji. Jest tańsza od tradycyjnej telefonii, umożliwia łatwą integrację z oprogramowaniem, pozwala na zarządzanie siecią telefoniczną, jest bardziej odporna na zakłócenia, a bazujące na niej sieci lepiej się skalują. Dlaczego więc tak wiele firm wciąż korzysta z szybko starzejących się rozwiązań? Przejście na VoIP to niewątpliwie wyzwanie, jednak dzięki odpowiedniej wiedzy można mu sprostać i cieszyć się korzyściami, jakie zapewnia ta technologia.

„VoIP. Praktyczny przewodnik po telefonii internetowej” to książka, w której opisano świat nowoczesnej telefonii; pozwoli Ci ona zrozumieć funkcjonowanie VoIP oraz warstw i protokołów, na jakich bazuje. Poznasz wady i zalety tej technologii, a także różnice w porównaniu z tradycyjnymi rozwiązaniami. Przeczytasz o problemach najczęściej pojawiających się przy wdrażaniu VoIP, a dzięki gotowym projektom dowiesz się, jak szybko i sprawnie zbudować we własnej firmie system bazujący na tej technologii.

- Wady i zalety technologii VoIP oraz telefonii tradycyjnej
- Warstwy i budowa systemów VoIP
- Wprowadzenie do standardów i protokołów używanych w VoIP
- Tworzenie infrastruktury sieci dla VoIP
- Przegląd aplikacji telekomunikacyjnych
- Zabezpieczanie i monitorowanie sieci
- Korzystanie z serwera Asterisk
- Współpraca z dystrybutorami VoIP
- Przegląd często spotykanych problemów wdrożeniowych
- Gotowe projekty elementów systemów VoIP

**Nie czekaj dłużej z zastosowaniem najnowszych technologii
telekomunikacyjnych – czas VoIP nadszedł już dziś**

Wydawnictwo Helion
ul. Kościuszki 1c
44-100 Gliwice
tel. 032 230 98 63
e-mail: helion@helion.pl



Spis treści

Słowo wstępne	9
Wstęp	11
1. Głos i dane: dwa odrębne światy?	17
Telefonia tradycyjna (analogowa)	18
Key systems i PBX	19
Ograniczenia tradycyjnej telefonii	21
VoIP w domu	23
VoIP dla biznesu	24
Zmieniająca się reputacja VoIP	24
Kluczowe zagadnienia: głos i dane — dwa odrębne światy	25
2. Głos na danych: wiele rozmów, jedna sieć	27
VoIP czy telefonia IP?	28
Rozproszenie kontra scentralizowanie	40
Główne zagadnienia: głos na danych — wiele konwersacji, jedna sieć	45
3. Linux jako sieć PBX	47
Darmowe programy telefonii	47
Instalacja kart interfejsowych	49
Kompilacja i instalacja Asteriska	53
Monitorowanie Asteriska	64
Kluczowe zagadnienia: Linux jako sieć PBX	67
4. Telefonia komutowana	69
Regulacje i organizacja PSTN	69
Komponenty sieci PSTN	72
Wyposażenie w siedzibie klienta	78
Multipleksowanie z podziałem czasu	82

Łączenie dwupunktowe (punkt-punkt)	85
Istniejące terminale	87
Dial-plan i plan PBX	95
Główne zagadnienia: telefonia komutowana	99
5. Aplikacje telefonii komercyjnej	101
Terminologia aplikacji	101
Obsługa połączeń podstawowych	102
Aplikacje administracyjne	104
Aplikacje dostarczania wiadomości	108
Zaawansowane aplikacje obsługi połączeń	109
Aplikacje CTI	113
Główne zagadnienia: aplikacje telefonii	114
6. Zastąpienie telefonii komutowanej przez VoIP	115
Nieinteligentny transport	115
Kanały głosowe	116
Główne zagadnienia: zastąpienie telefonii komutowanej przez VoIP	131
7. Zamiana sygnalizowania wywoławczego na VoIP	133
Protokoły sygnalizacyjne VoIP	133
H.323	136
SIP	149
IAX	157
MGCP	158
Cisco SCCP	159
Sygnalizowanie niejednorodne	160
Kluczowe zagadnienia: zamiana sygnalizowania wywoławczego na VoIP	162
8. Gotowość VoIP	165
Ocena gotowości VoIP	165
Środowisko biznesowe	166
Środowisko sieci	173
Plan implementacji	179
Kluczowe zagadnienia: gotowość VoIP	183
9. Jakość usług przesyłania danych (QoS)	185
QoS dawniej i dziś	185
Opóźnienia, straty pakietów i rozsynchronizowanie	190
CoS	193
802.1q VLAN	199
Jakość usług przesyłania danych (QoS)	202
Prywatne QoS	207

Audio QoS pod Windowsem	208
Najlepsze praktyki dla zapewnienia QoS	211
Kluczowe zagadnienia: QoS	213
10. Bezpieczeństwo i monitoring	215
Bezpieczeństwo w telefonii tradycyjnej	215
Bezpieczeństwo telefonii IP	217
Kontrola dostępu	218
Utrzymanie i wzmacnianie oprogramowania	222
Zapobieganie włamaniom i monitoring	230
Główne zagadnienia: bezpieczeństwo i monitoring	237
11. Narzędzia usuwania błędów z programu	239
Narzędzia usuwania błędów w VoIP	239
Trzy rzeczy, które będziesz wyszukiwać i zwalczać	240
Inspekcja pakietów SIP	240
Współoperatywność	249
Kiedy, a nie jeśli, masz problemy...	253
Symulacja ładunków mediów	254
Kluczowe zagadnienia: narzędzia usuwania błędów z programu	254
12. Łąca zbiorcze PSTN	257
Łąca dial-tone	258
Routowanie połączeń PSTN na punktach połączeniowych	272
Planowanie odpowiedniego czasu dla przeniesień łączy	277
Kluczowe zagadnienia: łąca dalekosiężne PSTN	278
13. Infrastruktura sieci dla VoIP	279
Tradycyjne łąca dalekosiężne	280
Łąca dalekosiężne VoIP	281
Schemat WAN	294
Przeżywalność awarii	299
Łąca Metro-Area	303
Zagadnienia dotyczące zapór	304
Wybór kodeków	307
Kluczowe zagadnienia: infrastruktura sieci dla VoIP	313
14. Tradycyjne aplikacje w sieci konwergentnej	315
Faks i modemy	315
Systemy przeciwpożarowe i antywłamaniowe	323
Systemy monitoringu i wideokonferencje	324
Poczta głosowa i IVR	325
Numer ratunkowy 911	331
Kluczowe zagadnienia: tradycyjne aplikacje w sieci konwergentnej	337

15. Co może się nie udać?	339
Typowe sytuacje problemowe	339
Kluczowe zagadnienia: co może się nie udać?	349
16. Dystrybutorzy VoIP i ich usługi	351
Telefony programowe i programy do wymiany wiadomości tekstowych	351
Skype	353
Inne oprogramowanie telefoniczne	354
Narzędzia deweloperskie i systemy SoftPBX	355
Dostawcy usługi VoIP	358
Producenci sprzętu telefonicznego	360
17. Asterisk dla użytkowników zaawansowanych	363
Wsparcie dla Asteriska	363
Pliki konfiguracyjne Asteriska	364
Schematy połączeń (ang. dial-plan) Asteriska	365
Kanały Asteriska	390
CLI Asteriska	398
Łączenie Asteriska z innymi programami	408
Kluczowe zagadnienia: odniesienia Asteriska	410
A Metody i odpowiedzi w protokole SIP	411
B Polecenia AGI	413
C Składnia API Asterisk Manager Socket	417
Słowniczek	419
Skorowidz	425

Głos na danych: wiele rozmów, jedna sieć

Podstawą komunikacji jest rozmowa — werbalna, pisemna lub wyrażona gestami. Rozmowa może być nawet jednostronna, np. wtedy, gdy trener wrzeszczy na swoją drużynę.

Istnieje kilka typów rozmowy: „jeden do wielu” (nadawcą jest na przykład kandydat polityczny wygłaszający przemowę) lub „wielu do jednego” (sytuacja taka ma miejsce na przykład wtedy, gdy wyborcy lobbują danego kandydata po jego powrocie do biura). Konwersacje nie są jedynie analogią sieci — dosłownie są współczesnymi sieciami.

Podwaliny sieci biznesowych także są rozmową. Sieci danych IP działają na protokołach, które wykorzystują podejście konwersacyjne przy wymianie danych. Najpowszechniejsze protokoły dla przeglądania sieci (HTTP) i e-maili (SMTP) wykorzystują w celu porozumienia dwustronną „konwersację danych”. Proces jest prosty: host klienta wysyła pytanie do hosta serwera lub równorzędnego hosta (ang. *peer*), a następnie serwer lub host równorzędny wysyła odpowiedź do klienta.

Konwersacje pomiędzy hostami w sieci IP są podobne do tych, które zachodzą między ludźmi. Różnica polega tylko na tym, że zamiast słów do przekazywania informacji w sieciach wykorzystywane są jednostki zwane datagramami. *Datagram* jest jak list w kopercie. Gdy jest odpowiednio oznaczony (ma adres odbiorcy i adres zwrotny oraz znaczek), może być dostarczony przez pocztę. Oznaczenia datagramu nazywa się *nagłówkami*, ponieważ zawierają informacje o miejscu przeznaczenia, tak jak listy pocztowe. Zamiast jednak adresu pocztowego datagramy wykorzystują tak zwane adresy hostów. Różne technologie sieciowe różnie określają datagramy, na przykład jako komórki, ramki lub pakiety. Dobre zrozumienie działania sieci IP jest istotne dla pomyślnej współpracy z Voice over IP. Godną polecenia książką na ten temat jest *Administracja sieci TCP/IP dla każdego* wydawnictwa Helion (Gliwice 2000).

Podczas transmisji głosu przy użyciu datagramów w sieci IP telefonia nabiera tych samych cech co sieć danych. Podobnie jak aplikacje współdzielenia plików czy możliwości drukowania przez sieć, można stworzyć oprogramowanie, które będzie wykonywać zadania (połączenia konferencyjne i poczta głosowa), wykorzystując datagramy strumieni głosowych i sygnałów. Te zadania są *aplikacjami* VoIP.

VoIP, podobnie jak sieć, na której się znajduje, nie jest aplikacją, lecz metodą budowania aplikacji z wykorzystaniem tysięcy narzędzi programowych i urządzeń. Tymi elementami budującymi mogą być: wyspecjalizowany serwer VoIP lub serwery z dużymi możliwościami programowania,

takie jak te, które wykonują prace PBX. Wszystkie komponenty VoIP muszą uczestniczyć w porozumieniu protokołów, które umożliwiają słyszalne rozmowy telefoniczne. To oznacza, że wszystkie komponenty VoIP muszą porozumiewać się tym samym językiem.

Ludzie mówią wieloma różnymi językami. Dialekty tego samego języka mogą okazać się bardzo trudne w zrozumieniu — akcent bostończyka i Teksańczyka brzmi równie obco jak Kanadyjczyka czy Australijczyka, chociaż wszyscy mówią po angielsku. Niestety, standardy telefoniczne stają przed podobnymi wyzwaniem.

Światem VoIP rządzi wiele standardów, a wiele z nich ma problemy z międzyoperacyjnością — podobnie nie może się ze sobą porozumieć wiele osób mówiących z różnym akcentem. Jednym z tych problemów jest określenie definicji samego słowa *VoIP*.

VoIP czy telefonia IP?

Czy „VoIP” i „telefonia IP” to dwie różne technologie, czy też dotyczą tego samego? Zależy, kogo o to zapytamy. Niektórzy producenci wolą używać określenia „telefonia IP”, gdy mówią o swojej ofercie głosowej opartej na IP, utrzymując, że VoIP to określenie transmisji danych głosowych przetworzonych cyfrowo w sieci IP, a telefonia IP określa całą rodzinę technologii. Inni opisują VoIP szerszą definicją, uznając, że obejmuje ona telefonię IP, i mówią o tej ostatniej jedynie w kontekście naśladowania aplikacji tradycyjnej telefonii.

Dla celów niniejszej książki przyjmijmy tę drugą definicję: VoIP określa całą rodzinę technologii, podczas gdy telefonia IP oznacza konkretne funkcje aplikacji, takie jak wywoływanie i poczta głosowa. Zatem gdy mówimy o połączeniach konferencyjnych, można określić je nazwą „telefonia”, a gdy mowa jest o połączeniach konferencyjnych, połączeniach oczekujących i kodowaniu głosu, będziemy określać je mianem VoIP. W rozmowie jednak określenia „VoIP” i „telefonia IP” mogą być używane wymiennie.

Wady i zalety VoIP

VoIP z całą pewnością ma pewne niedogodności w porównaniu ze „starą szkołą” telefonii. Ciężiej jest zagwarantować obsługę przy dużych przeciążeniach niż w staromodnej PBX. Te same możliwości skalowania, które przekonują ludzi do VoIP, mogą być powodem niepowodzenia implementacji: sieć VoIP może być tak bardzo rozbudowana, że niełatwo zagwarantować poziom obsługi, podczas gdy tradycyjna komutowana sieć głosowa ma sztywne ograniczenia przepustowości, w granicach której zagwarantowany jest poziom usług. Niektóre aplikacje transmisji audio, jak na przykład wysyłanie informacji na pager, mogą być także trudne przy wykorzystywaniu VoIP.

Jednak korzyści, jakie przynosi VoIP, w dużej mierze przekraczają tych kilka niedogodności, które mogą się pojawić. Nie istnieje coś takiego, co może zrobić PBX, a czego nie potrafi system VoIP, nawet jeśli są rzeczy, które VoIP robi gorzej.

VoIP jest mniej wymagający sprzętowo. Podczas gdy PBX wymaga sieci elektrycznych (zwykle miedzianych), przewodów i pętli, VoIP potrzebuje jedynie sieci IP. Ponieważ sieci IP są obecnie podstawą każdego biznesu, logistyka tworzenia sieci dla głosu jest znacznie uproszczona, gdyż wymagane elementy już istnieją dla obsługi innych aplikacji biznesowych: bazy danych, komunikatory, dostęp do internetu i inne. VoIP korzysta z sieci w taki sam sposób.

Jeśli jesteś użytkownikiem internetu (a kto dzisiaj nie jest), to wiesz, że protokół TCP/IP jest podstawowym protokołem określającym architekturę internetu. W większości organizacji, a na-

wet w większości domów, lokalna sieć TCP/IP jest istotnym, międzypersonalnym narzędziem komunikacji, służącym do wysyłania poczty elektronicznej, surfowania po sieci i korzystania z komunikatorów. Gdy VoIP zastępuje tradycyjną telefonię, lokalna sieć staje się kluczowym elementem infrastruktury telekomunikacyjnej.

Gdy tylko ten element zostanie zestandaryzowany w biznesie, administratorzy VoIP będą musieli opiekować się wyłącznie jedną siecią. Oznacza to obsługę pojedynczego systemu przewodów sieciowych, a nie oddzielnych, dla głosu i danych. Jeśli korzystasz z bezprzewodowego Ethernetu, wcale nie potrzebujesz lokalnych przewodów — VoIP mimo to będzie działać. Tymczasem administratorzy starej szkoły PBX wciąż muszą utrzymywać oddzielne okablowanie, które będzie obsługiwało jedynie system PBX.

Niestety, ten kluczowy element telekomu może się też stać główną przyczyną porażki. Gdy sieci przesyłu głosu i danych są oddzielone, tak jak w tradycyjnej telefonii, są one także rozdzielone fizycznie, co chroni system głosowy przed błędami sieci przesyłu danych i odwrotnie.

Jednak te ścieżki integrują się z VoIP. Gdy ścieżka jest przerywana z powodu uszkodzenia sprzętowego, przerwy w dopływie prądu czy z powodu fizycznego uszkodzenia przewodu, sieć przepływu danych pada. Gdy do sieci dostanie się wirus, wykonywanie połączeń poprzez VoIP nie będzie możliwe. Gdy zawodzi przepływ danych, zawodzi także przepływ głosu.

Nawet w domu, gdzie można polegać na stałym łączu lub połączeniu DSL, połączenia VoIP nie będą możliwe, jeśli zawiedzie dostawca internetu lub nastąpi przerwa w dostawie prądu.

Podstawy sieci VoIP

Do niewielkich eksperymentów z VoIP wystarczy jakakolwiek ethernetowa sieć LAN, nawet bezprzewodowa czy oparta na hubie. Jednak dla dużych i znaczących implementacji VoIP wybór sieci będzie bardzo istotny. Wykorzystywanie szerokopasmowych urządzeń ethernetowych, takich jak huby, lub korzystanie z ethernetowych switchy wcześniejszej generacji, które nie spełniają wymogów jakości obsługi, nie jest najlepszym rozwiązaniem dla starterów. Urządzenia sieci rozległych, takie jak routery, także będą musiały obsługiwać te cechy. (Zagadnienia jakości obsługi opisane są szczegółowo w rozdziale 9.).

Mówiąc wprost — im szybsze switchy, routery i łącza sieciowe, tym lepiej działa sieć VoIP. Nic nie zapewnia takiego polepszenia jakości dużej sieci, jak prędkość, choć czasami wolne połączenie sieciowe jest koniecznością ekonomiczną czy geograficzną. Jak będzie można się przekonać, VoIP zależy od prędkości.

Warstwy sieci VoIP

Podobnie jak inne sieci, VoIP może być opisana przy wykorzystaniu modelu referencyjnego Open Systems Interconnect (OSI — RM), standardu określającego różne części procesu komunikacji danych. Model OSI ma siedem warstw, które reprezentują każdą część: fizyczną, łącza danych, sieci, transportu, sesji, prezentacji oraz aplikacji. Model OSI ma uprościć połączenia pomiędzy różnymi sieciami oraz umożliwić inżynierom projektującym aplikacje sieciowe założenie zestandaryzowanej platformy, na której można rozpocząć budowę.

Warstwa fizyczna

Fizyczna warstwa OSI jest najbardziej fundamentalną częścią procesu komunikacji danych. Ta warstwa zapewnia elektryczne, mechaniczne, emisyjne lub optyczne wywoływanie ścieżek, które są wymagane do przenoszenia danych w każdej sieci danych. W sieci IP warstwa

fizyczna może zawierać skrętki sieci LAN (ang. *twisted-pair LAN cabling*), wtyczki, przełącznice i panele krosujące, źródła zasilania, przewody V.35, jak te często wykorzystywane z łączami szeregowymi na routerach, i inne.

Chociaż warstwa fizyczna jest z założenia stała i stabilna, elementy jej technologii (miedziane przewody czy światłowody) są podatne na zakłócenia i hałas — dwa czynniki, które przyczyniają się do błędów w transmisji danych. Warstwa fizyczna nie może poradzić sobie z tym problemem. Dlatego istnieje tak wiele wytycznych dotyczących odległości i zakłóceń w tej warstwie. Na przykład połączenie ethernetowe typu 100BaseT na miedzianym przewodzie nie może być dłuższe niż 100 metrów.

Warstwa łączy danych

Ponieważ warstwa fizyczna jest nieodporna na prawa fizyki i degradację sygnału, które powstają z ich powodu, warstwa łączy danych zapewnia środek do wychwytywania błędów w transmisji danych. Wykrywanie błędów na poziomie warstwy łączy danych działa dzięki pojedynczemu fizycznemu łączu, takiemu jak segment ethernetowy lub pojedynczy obwód E1.

Warstwa łączy danych „ramkuje” ciągły strumień sygnałów przepływających przez łącze. *Ramkowanie* oznacza ograniczanie tego sygnału do łatwych w obsłudze kawałków, zwanych ramkami. Aby wykryć błąd, każda ramka może być poddana testowi *cyklicznej kontroli nadmiarowej* (ang. *Cyclic Redundancy Check* — CRC). Przy niektórych rodzajach połączeń można oczekiwać korekty błędów.

Warstwa łączy danych i warstwa fizyczna często są postrzegane jako to samo i w wielu podłożach sieciowych, takich jak Ethernet, ich funkcje zdają się nierozłączne. Innymi słowy — nie można zbudować fizycznej warstwy ethernetowej, nie tworząc jednocześnie warstwy łączy danych. Obie działają dzięki temu samemu urządzeniu, którym zwykle jest interfejs lub switch ethernetowy, hub albo ethernetowe magistrale koncentryczne (ang. *Ethernet coax bus*). Warstwa łączy danych jest najniższą warstwą, do której mogą odnosić się aplikacje VoIP i to zwykle jedynie w sposób bezpośredni (tylko funkcje obsługi jakości współdziałają z warstwą łączy danych — więcej na ten temat w rozdziale 9.).

Warstwa sieci

Warstwa łączy danych zapewnia ramkowanie danych na pojedynczym fizycznym połączeniu, takim jak segment ethernetowy. Natomiast warstwa sieci dostarcza inteligencję logistyczną niezbędną do tego, aby pojedyncza sieć mogła zaistnieć pomiędzy innymi połączeniami fizycznymi. Na przykład tak, jak dwa segmenty ethernetowe połączone są w sieci WLAN. Warstwa sieci jest bardziej widoczna dla aplikacji niż warstwa łączy danych czy warstwa fizyczna. Do jej zadań należy zapewnienie:

- schematu routowania danych na łączach WAN,
- schematu adresowania, tak aby usługi wyższych warstw mogły odnieść się do oddzielnych fizycznych połączeń, a te z kolei mogły odwoływać się do siebie nawzajem,
- definicji zorientowanych na połączenia oraz bezpołączeniowych struktur datagramów.

Warstwa sieciowa nie jest najniższą warstwą, która jest istotna dla VoIP, ale jest najniższą warstwą, do której muszą odwołać się aplikacje VoIP, aby mogły funkcjonować. Na przykład — datagramy i adresy — implementowane w warstwie sieci — są niezbędne dla funkcjonowania aplikacji VoIP.

Schemat adresowania wykorzystywany przez VoIP jest odziedziczony po IP. Każde urządzenie w sieci IP posiada adres IP, zatem każde zakończenie VoIP także. Adres IP składa się z 32 bitów, zwykle przedstawianych przez cztery ośmiobitowe cyfry oddzielone punktami:

10.1.1.2004

Każda cyfra w adresie ma 256 wartości, zatem całość adresu (32 bity) schematu adresowania IP tworzy około 4,3 miliarda adresów. Nowsza wersja IP, Version 6, zezwala na 128-bitową przestrzeń adresową, jednak wdrażanie IP Version 6 jest powolne, dlatego niniejsza książka zajmuje się wyłącznie 32-bitowym schematem IP Version 4 — protokołem, na którym działa dzisiejszy internet. W kontekście sieci internetowej i sieci IP warstwę sieciową określa się czasem jako *warstwę internetową*.

Wykorzystując adresy IP, warstwa sieci może ułatwić wykorzystanie w sieci WAN setek, tysięcy czy milionów połączeń fizycznych (na przykład internet, który wykorzystuje IP do łączenia milionów oddzielnych sieci). Indywidualnie każda z tych sieci dąży do dzielenia grupy powiązanych adresów. Każda taka grupa jest nazywana przez IP *podsiecią* (ang. *subnet*).

Każdy datagram wysłany w sieci IP ma port źródłowy i port docelowy, zatem urządzenia odpowiedzialne za utrzymanie warstwy sieci wiedzą, gdzie przesłać dany datagram. Jednak warstwa sieci nie jest odpowiedzialna za żadną formę kontroli błędów — to jest zadanie warstwy wyższej.

Warstwa transportu

Pomimo tego, że warstwa łączy danych zapewnia wyszukiwanie błędów na indywidualnym łączy sieciowym, nie wystarcza to, aby zagwarantować potrzeby dużej sieci z wieloma aplikacjami. Dlatego warstwa transportu gwarantuje kontrolę błędów w całej sieci — od nadawcy do odbiorcy — bez względu na liczbę fizycznych połączeń pomiędzy nimi. Kontrola błędów warstwy transportu działa niezależnie od środków warstwy łączy danych, które są przypisane do rodzaju łączy, za które są odpowiedzialne.

W warstwie transportu protokoły zostały zaprojektowane dla dwóch rodzajów usługi:

- dostarczenie datagramów jest niezawodne, kompleksowe i szybkie,
- dostarczenie datagramów jest w mniejszym stopniu niezawodne, jest niekompleksowe i wolniejsze.

Rodzaj wybranej usługi zależy od potrzeb aplikacji. Niektóre aplikacje nie potrzebują wysokiego stopnia niezawodności (na przykład gry wideo), podczas gdy inne wymagają bezwzględnej (transakcje bankowe). W warstwie transportu IP dostarcza protokoły — UDP i TCP — które zajmują się oboma rodzajami usługi.

Łączyć czy nie łączyć

W sieci IP host wysyłający datagram może nie dostać informacji, czy został otrzymany przez odbiorcę. Ta metoda, zwana także siecią bezpołączeniową (ang. *connectionless networking*), wykorzystywana jest przez User Datagram Protocol (UDP).

Jeśli kiedykolwiek grałeś w Quake’a w sieci, wykorzystywałeś wówczas protokół UDP. UDP świetnie sprawdza się w sytuacjach, gdy wymogiem jest szybki przesył danych, natomiast wszystkie elementy zapewnienia niezawodności przesyłu — jak na przykład potwierdzenie, że dane zostały dostarczone — są zbędne. W grach sieciowych — takich jak Quake — w których bierze udział wielu graczy, każdy uczestnik dowodzi uzbrojoną postacią, która próbuje zabić

pozostałych w wirtualnym świecie. Istotne tu jest przesłanie informacji o lokalizacji i przemieszczaniu się postaci w czasie rzeczywistym. Nawet nieznaczne opóźnienie w dostarczeniu tych datagramów jest sprawą życia i śmierci dla bohatera Quake’a. Gwarancje dostarczenia pochłoną zbyt dużo czasu — Quake może wykorzystywać dziesiątki datagramów UDP na sekundę.

To samo dotyczy ruchu sieciowego przenoszonego w czasie połączeń VoIP. Ten ruch to od 30 do 50 datagramów na sekundę. Potwierdzenie dostarczenia każdego z nich doprowadziłoby do zatoru niedopuszczalnego w aplikacjach głosowych. Dlatego prawie wszystkie dane głosowe przesyłane w sieci są uznawane za bezpołączeniowe i przenoszone przez UDP.

Bardziej niezawodnym protokołem do transmisji danych w sieci IP jest Transmission Control Protocol (TCP). Tak jak UDP, TCP jest zawarty w sieci IP. TCP wyróżnia się tym, że przekazniki, które z niego korzystają, muszą ustalić kanał transmisji lub połączenie, zanim wyślą dane do odbiorców. Z tego powodu TCP uważa się za protokół zorientowany na połączenie.

W czasie transmisji TCP ma miejsce kontrola błędów. Na koniec transmisji wysyłający i odbierający zgadzają się zakończyć swoją konwersację, i połączenie zostaje zamknięte. TCP gwarantuje także, że pakiety dotrą w odpowiedniej kolejności. Ponieważ w porównaniu z UDP, TCP jest tak ostrożny, zwykle nie wykorzystuje się go do przesyłu danych głosowych. Może być jednak użyty do przenoszenia danych wywołujących połączenie: te fragmenty informacji, które sieć VoIP wykorzystuje do ustalenia, monitorowania i zakończenia połączeń. Datagramy TCP nazywane są pakietami, chociaż często słyszy się to określenie także w odniesieniu do datagramów UDP.

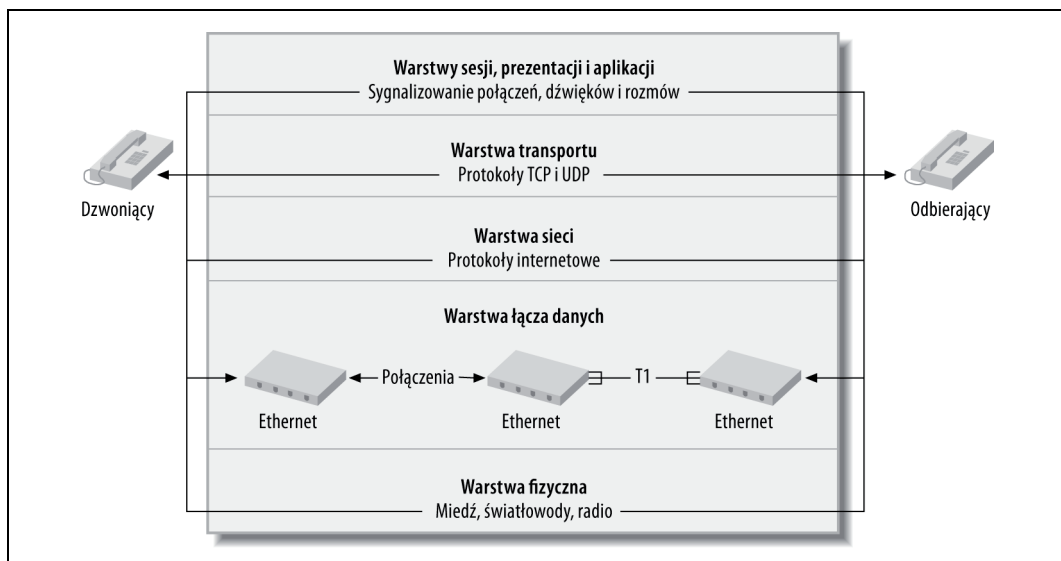
W warstwie transportu IP zapewnia zarówno protokół zorientowany na połączenia (TCP), jak i bezpołączeniowy (UDP), które pozwalają na zastąpienie obu funkcji PSTN: transmisji głosu i sygnalizowania połączeń.

Warstwy sesji, prezentacji i aplikacji

Systemy operacyjne, aplikacje użytkownika, usługi aplikacji (jak DNS) i interfejsy użytkowników znajdują się w najwyższych warstwach modelu OSI. Na działania z systemem komputerowym czy siecią największy wpływ mają systemy działające w warstwie aplikacji. Zadaniem warstwy aplikacji jest odebranie danych i pociągnięcie funkcjonalności przez pozostałe sześć warstw bez potrzeby angażowania użytkownika w przebieg tego działania.

W sieci VoIP interfejs użytkownika do funkcji telefonii — często jest to po prostu słuchawka telefoniczna z 12-klawiszową klawiaturą — zapewniający jest w warstwie aplikacji. Przystosowany do sieci VoIP model OSI jest pokazany na rysunku 2.1.

Sieć VoIP jest zbiorem aplikacji i zakończeń sieciowych (agentów pozwalających na korzystanie z aplikacji), podobnie jak World Wide Web jest zbiorem połączonych aplikacji i zakończeń sieciowych. W tym przypadku aplikacjami są strony WWW, a zakończeniami — przeglądarki, które wyszukują i wyświetlają strony internetowe. W przypadku sieci VoIP aplikacjami są połączenia telefoniczne, rozmowy konferencyjne, poczta głosowa, automatyczne sekretarki, a nawet wideokonferencje czy komunikatory, podczas gdy zakończeniami są tradycyjne telefony, telefony IP czy telefony oparte na oprogramowaniu (ang. *softphones*), które pracują na komputerach.



Rysunek 2.1. Warstwy referencyjnego modelu OSI

W sieci WWW strony internetowe są zamieszczane przy wykorzystaniu takiego oprogramowania, jak Apache — serwer sieciowy. Ten program komunikuje się z zakończeniami (przeglądarki), aby ułatwić użytkownikowi kontakt z aplikacją (strona WWW).

Ten model w ten sam sposób pracuje z VoIP. W sieci VoIP wyspecjalizowane serwery, które na razie będą określane jako serwery VoIP, komunikują się z IP lub tradycyjnymi telefonami w celu ułatwienia wykonania połączenia (aplikacja).

Serwery VoIP

Serwery VoIP — urządzenia kierujące lub uczestniczące w konwersacjach danych w VoIP w celu umożliwienia połączeń i inne aplikacje VoIP — są zwykle połączone z siecią przy wykorzystaniu Ethernetu.

Użytkownicy korporacyjni VoIP mają powody, by podłączyć serwery VoIP do różnego rodzaju łączy danych, takich jak ATM (ang. *asynchronous transfer mode* — tryb przesyłania asynchronicznego), choć większość użyje jedynie Ethernetu.

Serwery VoIP pełnią wiele funkcji telefonii:

- Przełączanie połączeń i zarządzanie nimi, tak jak tradycyjny PBX. Serwer VoIP pełniący tę funkcję zwykle nazywany jest *softPBX*.
- Nagrywanie połączenia i funkcje automatycznej sekretarki, takie jak tradycyjna poczta głosowa.
- Połączenia konferencyjne, takie jak tradycyjna usługa telekonferencyjna.
- Umożliwianie dostępności — po to, aby tradycyjne telefony i sieci PBX mogły uczestniczyć w sieci VoIP dzięki konwersji mediów.
- Tłumaczenie kodujących standardów audio (kodeków) w czasie rzeczywistym w celu ułatwienia połączeń pomiędzy zakończeniami, które mają różne możliwości audio lub pomiędzy zakończeniami analogowymi, cyfrowymi i IP.

Gdy zakończenia VoIP i serwerów są połączone w tej samej sieci IP, VoIP staje się mechanizmem przełączającym rozmowy i transmitującym głos, zastępującym tradycyjną PBX.

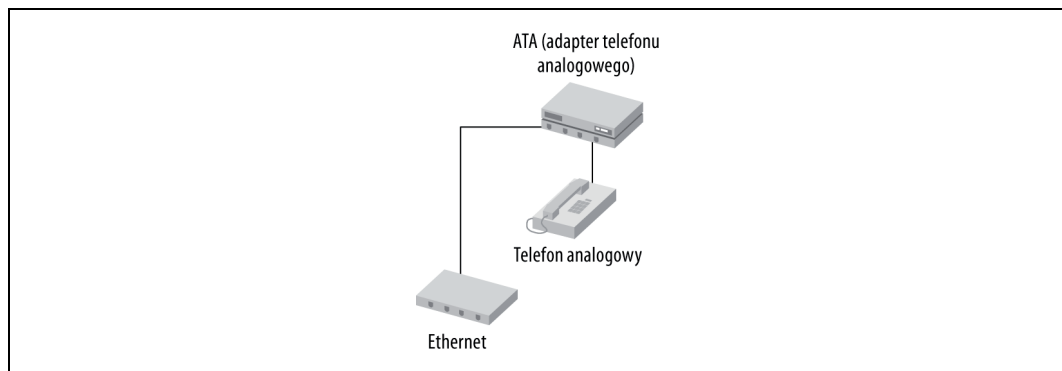
To, co odróżnia serwery VoIP od zakończeń głosowych, to dostarczanie interfejsu użytkownika dla aplikacji telefonicznych. Telefony to robią, dlatego są zakończeniami. Switchy, interfejsy ATA, urządzenia bramkowe PSTN i inne wyspecjalizowane urządzenia VoIP — nie, zatem są serwerami VoIP. Kolejnym elementem odróżniającym zakończenia i serwery jest ich ilość w sieci. Podobnie jak w przypadku stron WWW, w systemie VoIP istnieje więcej zakończeń niż serwerów, czasami nawet w stosunku tysiąca do jednego.

Zakończenia głosowe

Zakończenia, które działają (i łączą się bezpośrednio z użyciem sieci IP zwykle nazywane są telefonami IP lub bramkami VoIP. *Telefony* te i bramki, mają podobne możliwości jak telefony tradycyjne, różnią się natomiast tym, że zwykle mają połączenie ethernetowe typu RJ45, a nie analogowe czy cyfrową pętlę. Telefony IP mogą być podłączone bezpośrednio przez wpięcie do huba ethernetowego, switcha wykorzystującego ethernetowy kabel krosujący lub poprzez sieć przewodów wykorzystywaną w większości biur. Zwykle telefony IP mają interfejs 10/100BaseT, podobnie jak komputerowa karta sieciowa.

Aplikacje głosowe działające na telefonie IP umożliwiają połączenia podobnie jak telefonia tradycyjna, lecz mechanizmy wywoływania połączeń i transmisji głosu są zupełnie inne.

Pomimo że tradycyjne telefony nie wykorzystują skrętek typu RJ45, mogą być używane do Ethernetu dzięki możliwości podłączenia ich do bramki VoIP (adapter ATA). Adaptery, bramki VoIP są urządzeniami, które przetwarzają pojedyncze analogowe połączenie typu RJ11 do czteroparowego ethernetowego interfejsu 10/100BaseT, jak przedstawiono na rysunku 2.2. Urządzenia ATA są tańsze niż telefony IP. Mają też mniej możliwości — w końcu stary telefon analogowy nie może obsługiwać skomplikowanych aplikacji VoIP, nawet z wykorzystaniem ATA, ponieważ nie ma zintegrowanych obwodów czy komponentów, które można zaprogramować. W niektórych przypadkach ograniczone możliwości tradycyjnego telefonu analogowego są wystarczające.



Rysunek 2.2. Telefony analogowe są zakończeniami i mogą być wykorzystywane w sieciach VoIP razem z urządzeniami ATA

Telefony IP i ATA są hostami w sieci IP. Podobnie jak inne hosty w sieciach, muszą posiadać swój własny adres IP i współpracować z pozostałą siecią.

Telefony IP czy tradycyjne?

Wybór telefonów często zależy od budżetu projektu — tradycyjne telefony najczęściej już są na miejscu, więc jest to jedynie kwestia zaadaptowania ich do systemu VoIP. To oznacza mniejszy wkład kapitału w momencie przechodzenia na VoIP. Na wybór zakończyć ma także wpływ zakres wymaganych możliwości: telefony IP mają ich znacznie więcej niż tradycyjne telefony.

Kolejną zaletą telefonów IP jest ich całkowita zależność od oprogramowania, zatem mogą działać jako aplikacja TCP/IP w systemie Windows, Mac czy Linux. To brzmi zachęcająco dla użytkowników telefonów komórkowych, którzy chcieliby zachować spersonalizowane ustawienia. Tak długo jak użytkownik ma dostęp do internetu, „softphone” może działać dokładnie tak samo jak telefon IP.

W przypadku integracji już istniejących tradycyjnych telefonów z siecią VoIP należy kontynuować utrzymanie okablowania niezbędnego dla tych telefonów. Często nie jest ono skomplikowane, jak na przykład pojedyncze miedziane przewody wykorzystywane do zasilania pojedynczego telefonu analogowego, choć nie jest to regułą. Większość tradycyjnych systemów typu PBX wykorzystuje telefony, które wymagają dwóch par przewodów miedzianych oraz magistrali cyfrowej — te nazywa się telefonami cyfrowymi.

Bezprzewodowe telefony IP mogą rozwiązać problem okablowania, chociaż same wprowadzają inne wyzwania. Ponieważ bezprzewodowy Ethernet nie oferuje jeszcze mechanizmów jakości usługi ani dużych możliwości wykorzystania symultanicznego, stopień wykorzystania bezprzewodowych telefonów IP jest dużo niższy niż telefonów stacjonarnych. Wykorzystanie tradycyjnych telefonów bezprzewodowych jest jednym ze środków na utrzymanie mobilności bez poddawania się ograniczeniom bezprzewodowego Ethernetu.

Jeśli wybór padnie na przewodowe telefony IP, to ethernetowy system musi być wystarczający, aby je obsłużyć. 100BaseT Ethernet i okablowanie typu Category 5e uważane są za minimum przy połączeniach telefonów IP. Z tego powodu używanie wyłącznie IP nie zawsze jest możliwe. Nie wszystkie lokalizacje, gdzie trzeba użyć telefonu IP, mają okablowanie ethernetowe.

Stary ethernetowy segment 10Base2 nie może być podłączony do telefonu IP, ponieważ żaden z dostępnych na rynku telefonów IP nie obsługuje interfejsów warstwy fizycznej (złączy BNC) wymaganych przez 10Base2 Ethernet. Ponadto jedynie 100BaseT umożliwia odpowiednią jakość wymaganą dla obsługi dużej grupy telefonów IP.

Projekt 2.1. Konfiguracja telefonu IP i sieci testowej VoIP



Do przeprowadzenia tego projektu niezbędny jest zestaw telefoniczny IP. W tym przykładzie wykorzystamy model Grandstream Budgetone 100.

Do projektu potrzebny jest:

- aparat Grandstream IP,
- LAN.

Telefony IP są jedynie aplikacjami programowymi, które wykorzystują protokoły VoIP: SIP, SCCP, H.323 czy MGCP dla sygnalizowania połączeń; RTP dla transmisji audio i czasami LDAP dla zintegrowania połączeń. Mogą one zawierać także usługi XML lub Java, aby ich

wyświetlacze i klawisze były atrakcyjne dla użytkownika telefonu. Taki zestaw programów protokołu składa się na telefon IP, który może działać zarówno na komputerze (softphone), jak i na wyspecjalizowanej podstawie, której obudowa wygląda jak tradycyjny telefon, co nazywamy aparatem (więcej na ten temat w poprzedniej części).

Wszystkie telefony IP wymagają fizycznego połączenia z siecią. W przypadku softphone jest to zapewnione przez system operacyjny komputera i sprzęt sieciowy. W aparacie telefonicznym te elementy są znacznie ściślej w sobie osadzone i mniej widoczne dla użytkownika.

Podobnie jak komputer z interfejsem ethernetowym, aparat IP ma gniazdko kompatybilne z RJ45, zatem pierwszym krokiem, aby podłączyć aparat online — bez względu na to, jaki model telefonu IP wykorzystamy — jest podłączenie kabla krosującego pomiędzy tym gniazdkiem i switchem ethernetowym.

Telefon IP musi następnie otrzymać konfigurację działającą w sieci, do której jest podpięty. Aby skonfigurować telefon IP dla sieci, potrzebne są:

- adres IP stały lub przypisany przez DHCP,
- maska podsieci przypisana przez DHCP lub administratora,
- adres bramy (opcjonalnie przypisany przez DHCP),
- adres serwera DNS (ang. *domain name service*) obsługującego tę sieć.

Adres IP wykorzystywany przez telefon może być stały lub dynamicznie przypisany przez DHCP (ang. *Dynamic Host Configuration Protocol*), jeśli serwer DHCP działa na tym segmencie Ethernetu. DHCP nie jest konieczny w niewielkim środowisku z kilkoma telefonami IP. Staje się niezbędny wtedy, gdy administrator może omyłkowo przypisać ten sam adres do dwóch telefonów, powodując zakłócenia — podobnie jak w sieci komputerowej. W tym przykładzie wykorzystamy stałe adresy.

Konfiguracja każdego telefonu IP będzie różnić się w zależności od ich funkcji i wbudowanego oprogramowania. Większość dopuszcza podstawową konfigurację sieciową, którą można wykonać przy pomocy klawiszy z samego telefonu. Telefon Grandstream Budgetone 101 jest podstawowym telefonem IP opartym na protokole SIP, a jego początkową konfigurację można przeprowadzić w ten sposób.



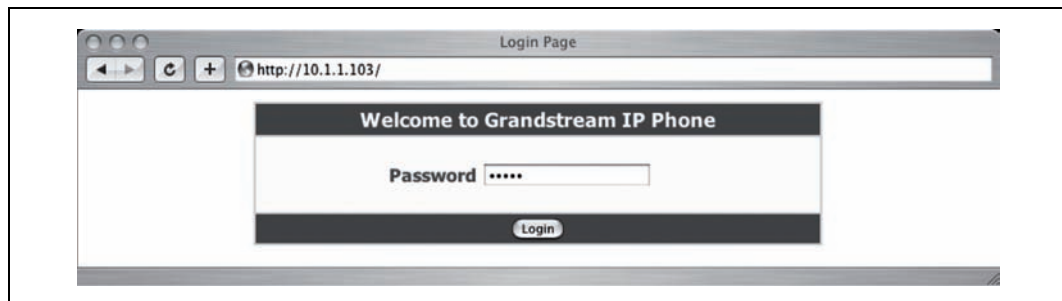
SIP to protokół inicjowania sesji (ang. *Session Initiation Protocol*), standard służący do sygnalizowania połączeń i negocjowania zdolności. Zostanie omówiony szerzej w rozdziale 7.

Konfiguracja telefonu IP Grandstream Budgetone 101

Telefon Budgetone 101 posiada klawisz Menu, dwa klawisze ze strzałkami oraz wyświetlacz LCD, które służą do nawigacji w opcjach konfiguracji menu: DHCP, adres IP, maska podsieci, adres routera, adres serwera DNS, adres serwera TFTP, polecenie wyboru kodeków, adres serwera SIP oraz wersje oprogramowania wbudowanego (na wyświetlaczu pojawiające się pod nazwą *Code Rel*). Po znalezieniu interesującej opcji należy wcisnąć klawisz *Menu*, aby potwierdzić wybór, a następnie z klawiatury wprowadzić dane numeryczne wymagane dla każdej opcji. Menu należy wykorzystać jedynie do ustalenia adresu IP, maski podsieci i adresu routera (bramy wyjściowej).

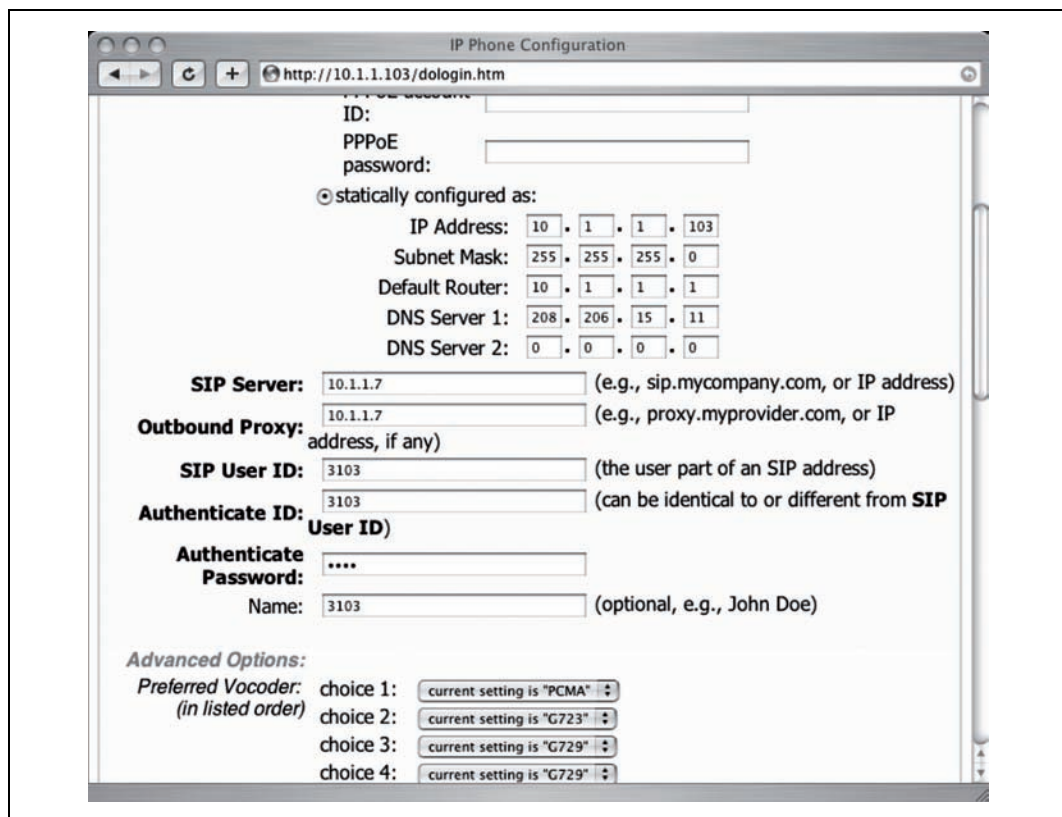
Następnie należy wyłączyć DHCP i przypisać adres IP, maskę podsieci oraz adres routera.

Bardziej zaawansowaną konfigurację można przeprowadzić, wykorzystując wbudowane narzędzie do konfiguracji sieciowej. Gdy osiągniesz przypisany do telefonu adres IP przy użyciu przeglądarki, zostaniesz poproszony o zalogowanie się do telefonu, jak na rysunku 2.3. Domyślne hasło to admin.



Rysunek 2.3. Strona logowania do konfiguracji sieciowej telefonu Budgetone

Następnie pojawi się strona z wieloma opcjami konfiguracji, jak ta na rysunku 2.4. Wiele z tych opcji jest dostępnych jedynie przez ten interfejs, a nie z klawiatury telefonu. Do tego projektu potrzebne będą jedynie ustawienia wyboru kodeków. Pierwszy z nich (najwyższy priorytet) należy skonfigurować na „PCMU” (Ameryka Północna) lub „PCMA” (reszta świata). Po wprowadzeniu wszelkich zmian w konfiguracji telefon należy wyłączyć i ponownie włączyć.



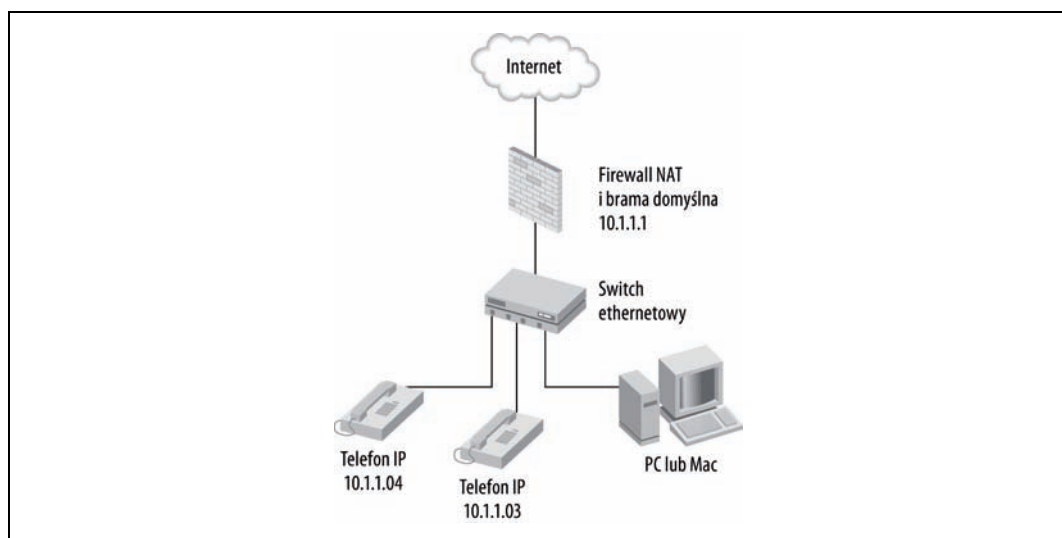
Rysunek 2.4. Strona główna konfiguracji Budgetone

Niektóre telefony IP oferują interfejs Telnetu, a nie ten oparty na sieci. Aby skorzystać z tych narzędzi, należy połączyć się z telefonem przez klienta Telnetu, a nie przez przeglądarkę sieciową. W każdym przypadku, po ustawieniu konfiguracji sieciowej telefonu upewnij się, wysyłając polecenie ping z innego hosta z tej samej podsieci, że telefon reaguje poprawnie na wysłany pakiet.

Test prostej sieci VoIP

W niniejszej książce sieć TCP/IP jest wykorzystana do zilustrowania założeń VoIP w projektach. Struktura tej sieci, przedstawiona na rysunku 2.5, wygląda następująco:

- Telefon IP posiada adres IP 10.1.1.100-150.
- Telefony softphone i urządzenia ATA posiadają adres IP 10.1.1.200-250.
- Telefony softphone IP i niezakończeniowe urządzenia, takie jak proxy, mają zakres adresów 10.1.1.10-29. Serwer Asterisk, z którego korzystamy, zawsze będzie mieć adres 10.1.1.10.
- Adres routera to 10.1.1.1.
- Maską podsieci dla wszystkich urządzeń to 255.255.255.0, co zapewnia sieci testowej maksymalną liczbę 254 wszystkich urządzeń lub 8-bitową podsieć.
- DHCP nie będzie wykorzystany, z wyjątkiem niektórych projektów.
- Sieć testowa zawsze będzie wykorzystywać przewodowy Ethernet, chyba że zostanie zaznaczone inaczej.
- Będzie się ona składać z jednego segmentu lub jednej ethernetowej sieci LAN, chyba że zostanie zaznaczone inaczej.
- Ta sieć testowa wymaga dostępu do internetu dla wielu projektów. W tym celu należy wykorzystać firewall NAT lub urządzenie umożliwiające dostęp do sieci.



Rysunek 2.5. Sieć testowa VoIP po zakończeniu projektu 2.1

Wiele urządzeń VoIP wymaga dostępu do zegara. Serwer NTP (ang. *network time protocol*), jaki wybraliśmy, to `time.nist.gov`. Więcej serwerów NTP jest dostępnych na liście na <http://www.nist.gov>.

Projekt 2.2. Połączenie telefoniczne IP-IP



Do tego projektu potrzebne są dwa telefony IP. My wykorzystamy dwa telefony typu Grandstream Budgetone 100 skonfigurowane jak w projekcie 2.1. Większość telefonów IP umożliwia połączenia IP-IP, podobne do tego opisanego tutaj, zatem można wykorzystać do takiego połączenia telefony IP innego producenta.

Do projektu potrzebne są:

- Dwa telefony IP typu Grandstream,
- LAN.

Podłączając dwa telefony IP do tego samego switcha ethernetowego lub łącząc je bezpośrednio ze sobą przy korzystaniu z krzyżowego kabla skrośnego, należy zapisać adresy IP, które zostały ustalone dla obu telefonów. W tym przykładzie wykorzystamy 10.1.1.103 dla dzwoniącego i 10.1.1.104 dla odbierającego połączenie. Jeśli telefony zostały skonfigurowane do DHCP, pozostaw statyczną konfigurację.

Telefon Budgetone umożliwia bezpośrednie połączenia z jednego telefonu IP do drugiego bez konieczności użycia serwera VoIP zarządzającego połączeniami. Określa się to jako *połączenia IP-IP*. Ponieważ każdy telefon IP posiada przypisany adres IP — wyróżniający go w sieci — telefon może wykonać połączenie, dzwoniąc na adres IP tak, jakby to był zwykły numer telefoniczny.

Aby to zrobić, należy się przede wszystkim upewnić, że nic nie jest przypisane do nazwy użytkownika albo użytkownika SIP na stronie konfiguracyjnej telefonu. Obie funkcje powinny pozostać „puste”. Po wprowadzeniu zmian wyłącz i ponownie włącz telefon.

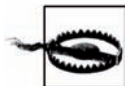
Wszystkie adresy IP mają dwanaście dziesiętnych cyfr, nawet jeśli wprowadzające zera nie są zapisane. Kropek, które zwykle są zawarte w adresie IP, nie wybiera się przy wybieraniu połączenia. Zatem w telefonie Budgetone adres 10.1.1.103 wybiera się jako:

010 001 001 103

Aby zadzwonić, należy podnieść słuchawkę. Następnie trzeba wcisnąć klawisz *Menu*, wybrać adres drugiego telefonu zgodnie z konwencją opisaną wcześniej i nacisnąć klawisz *Send* lub *Redial*. Ponieważ wybieranie za każdym razem dwunastocyfrowego adresu nie jest wygodne, serwery zarządzające połączeniami — jak rejestratory SIP — zapewniają wygodniejsze metody wybierania. Dzwonienie poprzez adres IP pozwala na obejście funkcji zarządzania połączeniem i wykonanie bezpośredniego połączenia między zakończeniami w sieci VoIP.

Jeśli po odebraniu telefonu, na który skierowano połączenie, w słuchawce telefonu IP można usłyszeć głos rozmówcy, oznacza to, że właśnie udało Ci się dokonać pierwszego połączenia w sieci VoIP. Wyczyn na miarę pierwszego połączenia Bella i Watsona z 1876 roku.

Jeśli telefon nie zadzwoni, należy sprawdzić, czy wybrany adres IP był prawidłowy, czy telefon został odpowiednio skonfigurowany i czy korzysta z domyślnego portu SIP (5060) oraz upewnić się, czy rejestracja SIP jest wyłączona. Wszystkie te opcje dostępne są na stronie konfiguracyjnej telefonu Budgetone i będą szerzej omówione w dalszej części książki.



Dzwonienie przez adres IP nie jest łatwe, a w środowisku DHCP nie jest wcale praktyczne — nie wspominając nawet o domowym czy biznesowym systemie telefonicznym. Będziesz je wykorzystywać jedynie do testowania i usuwania błędów w programie.

Rozproszenie kontra scentralizowanie

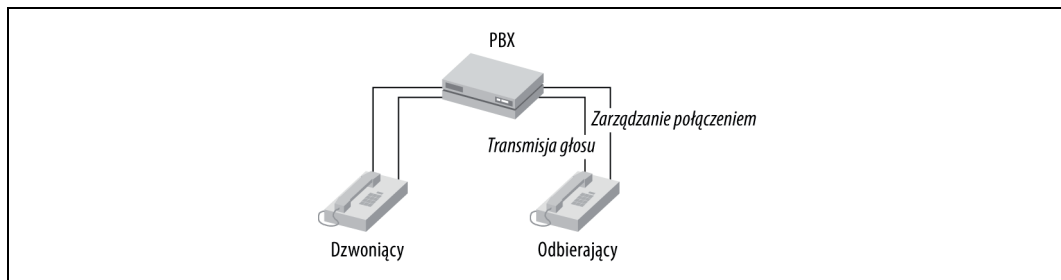
W tradycyjnej telefonii zakończenia i sieci PBX współpracują na zasadzie podobnej jak terminale i duży system komputerowy. Oznacza to, że sieć PBX (lub główny system) ma wbudowane wszystkie możliwości aplikacji i że interfejs zakończeń (terminali) użytkownika działa tak, jak mu na to pozwala PBX.

W telefonii IP zakończenia głosowe można zaprogramować, zmniejszając konieczność centralizacji. Funkcje zakończeń VoIP nie zawsze są narzucane przez serwer VoIP. Zakończenia VoIP mogą współpracować z wieloma usługami na różnych serwerach. DNS, LDAP, SIP oraz RTP są powiązane z VoIP protokołami aplikacji, które mogą działać na oddzielnych serwerach lub wręcz bez serwerów (niektóre pracują bezpośrednio między zakończeniami i nie potrzebują pośrednictwa serwera). Dobrym przykładem będzie tu połączenie IP-IP z projektu 2.2.

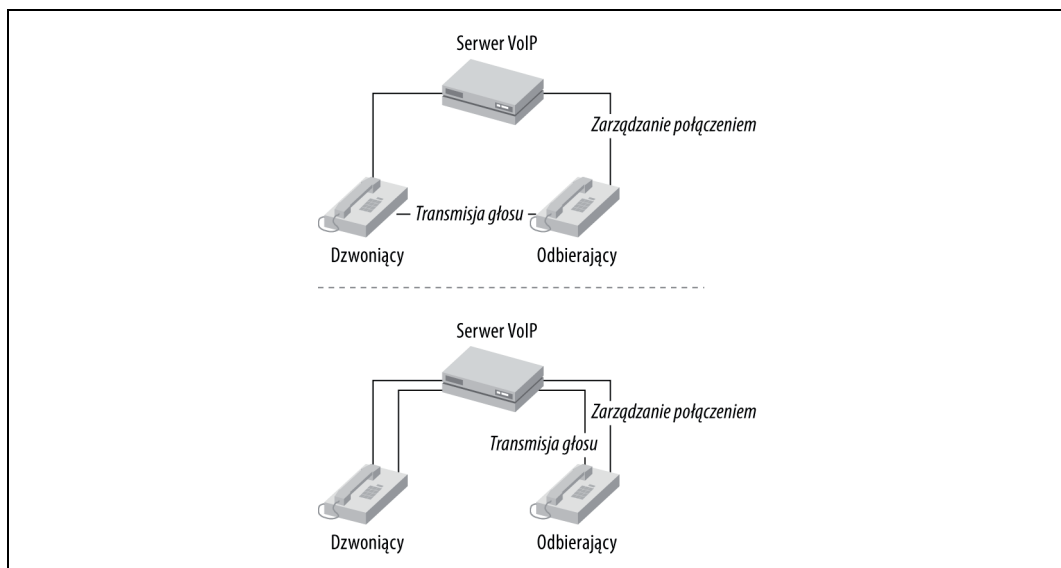
W porównaniu z połączeniem w tradycyjnej telefonii, które zawsze musi być skierowane przez centralę telefoniczną, taką jak PBX, widać tu znaczną różnicę. Tradycyjne połączenie jest ustanowione, obsłużone i rozliczone przez to samo urządzenie — sieć PBX. Co więcej, dźwięki rozmowy są skierowane przez PBX, ponieważ jest to mechanizm komutujący, który tworzy pętlę głosową pomiędzy dzwoniącym i odbierającym. Przedstawia to rysunek 2.6.

W sieci VoIP funkcje zarządzania połączeniem są oddzielone od funkcji transmisji głosu. Pozwala to na uruchomienie każdej funkcji z różnych zasobów sieci — jak przedstawiono na rysunku 2.7. Połączenie może być zarządzane poprzez WLAN, a transmisja głosu może mieć miejsce bezpośrednio między dwoma zakończeniami LAN po to, aby oszczędzić wydajność sieci WLAN. W efekcie pojedynczy serwer zarządzający połączeniami może pracować dla wielu terminali, zwiększając wartość sieci WAN i prawdopodobnie oszczędzając pieniądze, które trzeba by było wydać na utrzymanie systemów PBX.

Rozproszenie aplikacji VoIP powoduje, że dla sieci WAN jest to lepsze rozwiązanie niż tradycyjna telefonia. Kolejną zaletą VoIP — zwłaszcza w ograniczonej szerokości pasma WAN — jest kompresja.



Rysunek 2.6. W tradycyjnej sieci PBX transmisja głosu i zarządzanie połączeniem zależne są od centrali głosowej, przez którą muszą przejść



Rysunek 2.7. W telefonii IP zarządzanie połączeniem i sygnalizowanie mogą być oddzielone od transmisji głosu

Jądro i brzeg

W sercu sieci znajduje się *jądro* lub szkielet sieci. W nowoczesnych sieciach IP jądro służy do przenoszenia dużych ilości skumulowanego ruchu pomiędzy węzłami, które nie są prawdopodobnie zakończeniami — to znaczy nie są hostami, na których ruch został zapoczątkowany czy do których jest przeznaczony, lecz raczej takimi, których zadaniem jest przesłanie ruchu wzdłuż jądra sieci aż do punktu przeznaczenia.

Jądro jest jak dziesięciopasmowa autostrada międzystanowa: wielu ludzi nią jeździ, ale nikt nie uznaje za drogę rampy wjazdowej na autostradę. Miliardy hostów może wysyłać i odbierać dane, które przechodzą przez jądro internetu (szkielet), ale prawie żaden z tych hostów nie jest bezpośrednio połączony z jądrem.

Zakończenia sieci IP łączą się z różnymi sieciami, które wspólnie dzielą wysokoprzepustowe łącza do jądra. Te łącza określane są wspólną nazwą *brzegu*. Brzeg jest jak ulice, które otaczają autostradę. Większość ruchu, który kończy się na autostradzie, rozpoczyna się na tych ulicach.

Główna różnica pomiędzy rozproszonym a scentralizowanym systemem komputerowym jest analogiczna: w środowisku dużej sieci, jak PSTN, wszystkie zakończenia posiadają bezpośrednie połączenie z jądrem — główną magistralą. Podobnie jest w systemie PBX — wszystkie zakończenia mają bezpośrednie połączenie z centralą PBX. Zatem wszystkie drogi w tym „mieście” są w rzeczywistości rampami wjazdowymi na autostradę.

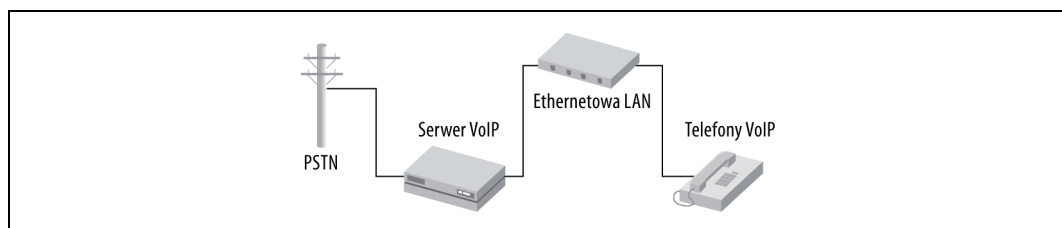
VoIP umożliwia tworzenie sieciowych gadżetów, które zwykle istnieją w jądrze tradycyjnej telefonii, po to, aby funkcjonalność aplikacji zbliżała się coraz bardziej do brzegu sieci. Podobnie rozproszone aplikacje komputerowe zastępowały scentralizowane aplikacje klienta (serwera) przez ponad ostatnich dwadzieścia lat.

W sieci VoIP sieć podstawowa wciąż istnieje i jest niezbędna, choć służy innym celom niż w PSTN. W środowisku VoIP jądro służy głównie do przesyłu danych, a programowe funkcjonalności aplikacji głosowych istnieją w rozproszonym modelu stacji równoprawnych, serwerów i zakończeń VoIP. Mogą one znajdować się gdziekolwiek na brzegu, oferując nowe i zmieniające się możliwości, bez wymogu zmian w jądrze.

W tradycyjnej telefonii wygląda to inaczej. Jądro sieci PSTN jest odpowiedzialne za wszystkie usługi udostępnione klientom firmy telefonicznej lub użytkownikom korporacyjnej sieci PBX, zatem wprowadzenie nowych cech może pociągać za sobą zmiany w sieci podstawowej.

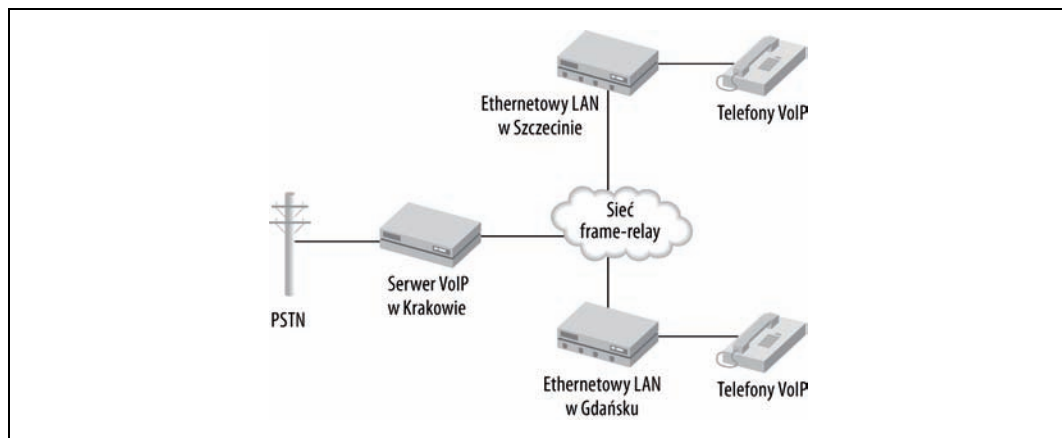
VoIP w sieciach korporacyjnych

VoIP może być wykorzystywany do łączenia telefonów IP z segmentu ethernetowego z serwerem VoIP, zarządzającym połączeniami. Serwer ten z kolei może łączyć telefony z siecią PSTN, jak przedstawiono na rysunku 2.8.



Rysunek 2.8. Serwer VoIP może być bramą PSTN dla telefonów IP połączonych przez Ethernet

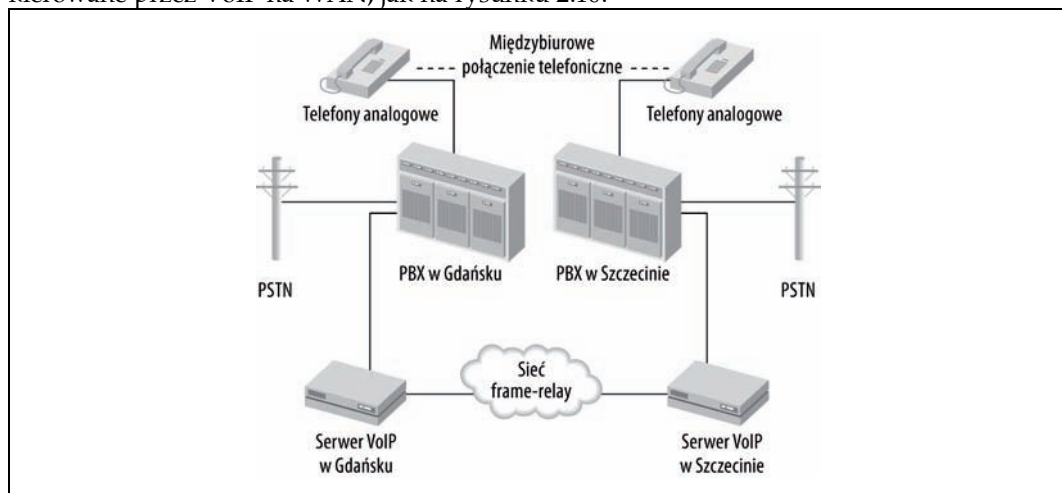
Pojedynczy serwer VoIP może pracować jako brama PSTN dla telefonów IP w segmentach ethernetowych zlokalizowanych w zewnętrznych biurach, tak długo jak długo istnieje pomiędzy nimi połączenie WAN. Dzięki temu telefony IP mogą łączyć się między sobą, a serwer VoIP kieruje połączeniami pomiędzy biurami i PSTN. Przedstawia to rysunek 2.9.



Rysunek 2.9. Serwer VoIP może być bramą PSTN dla telefonów IP w sieci WAN

Jeśli firma korzysta z konwencjonalnej sieci PBX w całym kraju, to wszystkie biura można połączyć, wykorzystując VoIP w sieci WAN. W ten sposób każda sieć PBX może łączyć zarówno rozmowy wewnątrz swojej lokalnej sieci telefonicznej, jak i połączenia pomiędzy nią i siecią

PSTN. Połączenia ustanowione pomiędzy telefonami w przeciwnych sieciach PBX mogą być kierowane przez VoIP na WAN, jak na rysunku 2.10.



Rysunek 2.10. Serwery VoIP mogą wykorzystywać WAN do ustanawiania połączeń pomiędzy sieciami PBX w różnych biurach (przełączanie międzymiastowe centrala-centrala)

Wszystkie rozwiązania VoIP wymagają co najmniej dwóch urządzeń VoIP (na przykład telefonu IP i serwera VoIP lub dwóch serwerów VoIP) oraz co najmniej jednej formy łączności.

VoIP, podobnie jak sieć, jest technologią zorientowaną na komunikację. Jej protokoły to zestaw reguł, którym podporządkowują się urządzenia i programy po to, aby mogły zadziałać aplikacje VoIP. Każda grupa protokołów VoIP (dwa największe to H.323 oraz SIP) ma swoje własne reguły, które wymuszają odpowiednią konwersację. Najważniejszą regułą jest definicja minimalnych wymagań VoIP: co najmniej dwa hosty TCP/IP korzystające ze wspólnego protokołu i połączonych łączy danych.

Konwergencja sieci

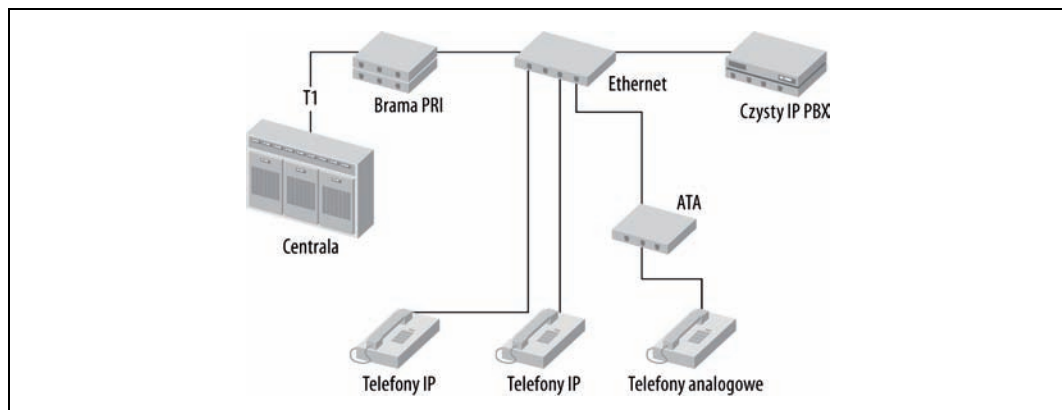
Kompletna konwergencja sieci ma miejsce wtedy, gdy utrzymuje się jeden środek transportu dla wszystkich aplikacji sieciowych (w przypadku VoIP — sieci IP), włączając w to telekomunikację. Im więcej aplikacji głosowych i multimedialnych jest obsługiwanych przez sieci IP, tym większa jest konwergencja sieci. Z teoretycznego punktu widzenia konwergencja zwiększa produktywność administratora, w praktyce widać, że im większe połączenie sieci głosowych i danych, tym bardziej spadają koszty utrzymania sieci.

Konwergencja nie musi być szybkim procesem. A czasem wręcz istnieją argumenty przeciwko całkowitej konwergencji: kapitał zamrożony w dobrym dotychczasowym sprzęcie albo gotowość sieci. Podobnie jak bywało z wieloma zmianami paradygmatów w sieci, istnieją ścieżki migracji, które pozwalają na przejście od częściowej do całkowitej konwergencji. Jedną z takich ścieżek jest hybrydowa centrala głosowa.

„Czysty IP” czy „obsługujące IP”?

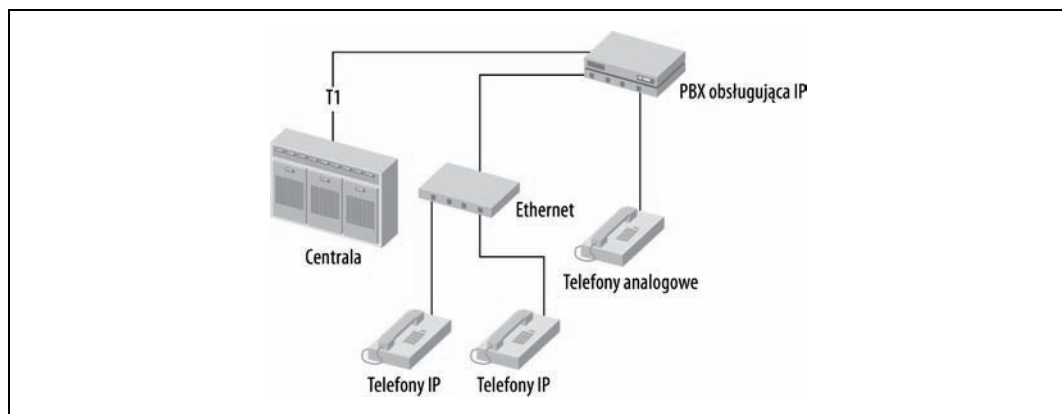
Centrale głosowe typu „czysty IP” nie mogą bezpośrednio korzystać z tradycyjnych komutowanych telefonów i przełączy dalekosiężnych. Producenci, którzy określają rozwiązania

VoIP jako *pure IP* (czysty IP), mają na myśli to, że i telefony, i przełączniki podłączone do ich centrali są całkowicie oparte na pakietach. Połączenia do zewnętrznych systemów, na przykład do PSTN, są realizowane przez dodatkowy sprzęt, który umożliwia transmisję sygnałów do serwera przełączającego wykorzystującego IP. Dlatego producenci, których serwery obsługują jedynie zakończenia IP, wybierają określenie „czysty IP”. Dobrym przykładem „czystego IP” jest CallManager 4.0 systemu Cisco — jest to oparty wyłącznie na oprogramowaniu switch, który potrzebuje zewnętrznego sprzętu i bramy dla mediów do obsługi zakończeń innych niż IP. Na rysunku 2.11. widać, że wszystkie urządzenia komunikujące się z siecią czysty IP PBX posługują się protokołem TCP/IP w Ethernetie.



Rysunek 2.11. Switch typu „czysty IP” posiada jedynie przełączniki oparte na IP; wszystkie łącza zasilające ten sam switch są w TCP/IP

Centrale głosowe „obsługujące IP” (*IP enabled*), inaczej niż systemy oparte wyłącznie na IP, zapewniają obsługę wszystkich rodzajów zakończeń, także do telefonów analogowych i przełączników z sieci PSTN. Wszystkie urządzenia — IP, analogowe czy cyfrowe — mogą się łączyć, jak przedstawia to rysunek 2.12.



Rysunek 2.12. Centrala głosowa obsługująca protokół IP umożliwia połączenia cyfrowe oparte na IP — jak T1 — oraz połączenia analogowe

Medialny interfejs niezbędny do korzystania z tradycyjnych urządzeń telefonicznych wraz z centralą obsługującą IP często jest pojedynczą cyfrową magistralą i mikroprocesorem, w dużej mierze podobnie jak konwencjonalna sieć PBX. Przykładami central obsługujących IP są Com-

munication Manager 2.0 firmy Avaya oraz Asterisk firmy Digium (rozwiązanie typu open source), oba działające w systemie Linux. Czasami centrale obsługujące IP określane są nazwą *hybrydowe*.

Główne zagadnienia:

głos na danych — wiele konwersacji, jedna sieć

- System VoIP może zastąpić tradycyjną telefonię, lecz należy stosować środki jakości obsługi, aby VoIP był takiej jakości, jak urządzenia tradycyjnej telefonii.
- Model OSI dzieli VoIP na warstwy. Niższe warstwy obsługują sieć, a wyższe — aplikacje.
- Strumienie medialne VoIP przenoszone są przez bezpołączeniowe datagramy UDP, a nie pakiety TCP. W telefonii i innych aplikacjach w czasie rzeczywistym nie ma bowiem potrzeby korygowania błędów. Administratorzy VoIP będą raczej dążyli do likwidacji błędów. Oznacza to zaprojektowanie sieci IP przenoszącej głos, a nie tylko dane.
- Większość telefonów IP dopuszcza wykonywanie bezpośrednich połączeń między sobą, wybieranych poprzez adres IP, bez konieczności pośrednictwa serwera PBX. Zadaniem serwera jest między innymi stworzenie nieskomplikowanego schematu adresowania oraz udostępnienia innych możliwości, które nie są osiągalne z telefonu.
- Tradycyjna sieć telefoniczna charakteryzuje się zależnościami klient (serwer) lub centralizacją. Sieci VoIP cechuje rozproszenie.
- Większość zakończeń IP umieszczona jest na przysłowiowym „brzegu” sieci, tam gdzie znajdują się także komputery i drukarki.
- Systemy głosowe typu „pure IP” nie wykorzystują dotychczasowych połączeń czy protokołów — takich jak POTS czy T1. Wspomagają raczej protokoły VoIP i przenoszą konwersję mediów niezbędną dla takich połączeń na inne urządzenia.
- Systemy „obsługujące IP” (hybrydowe systemy IP) oferują połączenia przez serwer dla dotychczasowych łączy, a jednocześnie obsługują sygnalizowanie VoIP — zwykle w obrębie tego samego serwera.