

Ćwiczenie 7

Temat:

Telefonia IP

7.1 Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest przedstawienie rozwiązań sprzętowych i programowych wykorzystywanych w telefonii IP. Do wykonania ćwiczenia użyty zostanie router Cisco serii 2600 pracujący w trybie bramki H.323 oraz klienci H.323 — program NetMeeting firmy Microsoft oraz SunForum firmy Sun Microsystems.

7.2 Wprowadzenie do tematyki ćwiczenia

Routery Cisco serii m.in. 2600, 3600 oraz 5300 mogą zostać wyposażone w moduł dźwiękowy (Voice Network Module — VNM) oraz karty interfejsu dźwiękowego (Voice Interface Card — VIC). Moduły VNM dokonują konwersji sygnałów pochodzących z sieci telefonicznej do postaci, która może zostać przesłana siecią IP i odwrotnie, konwertują pakiety dźwiękowe z sieci IP do postaci, która może zostać wysłana do sieci telefonicznej. Karty VIC umożliwiają natomiast podłączenie do routera urządzeń telefonicznych m.in.: telefonu, faksu, centrali telefonicznej, a ponadto pozwalają przyłączyć router do sieci publicznej. W rozwiązaniach Cisco wyróżnić można trzy rodzaje kart VIC:

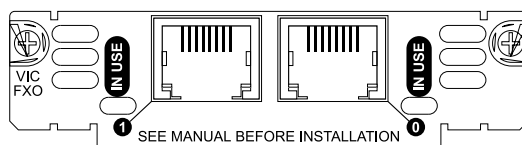
FXS Foreign exchange station — karta pozwalająca przyłączyć telefon, fax lub podobne urządzenia. Zapewnia napięcie, ton zgłoszenia oraz dzwonek. Do podłączenia używana jest

wtyczka RJ11 (6 pinów).

FXO Foreign exchange office — karta pozwalająca na przyłączenie centrali telefonicznej (PBX — Private Branch Exchange) lub sieci publicznej (PSTN — Public Switched Telephony Network) za pomocą wtyczki RJ11.

E&M Ear and mouth — karta pozwalająca przyłączyć centralę lub telefon z sygnalizacją typu E&M za pomocą wtyczki RJ48.

Wygląd przykładowego interfejsu VIC typu FXO pokazany został na rysunku 7.1.



Rysunek 7.1: Panel czołowy karty interfejsu dźwiękowego typu FXO

Karty interfejsu dźwiękowego oraz moduły dźwiękowe instalowane są w jedno- lub dwuslotowych szufladach.

Router wyposażony w co najmniej jeden moduł dźwiękowy oraz kartę interfejsu VIC może pracować jako bramka (gateway) pomiędzy siecią telefoniczną a siecią IP.

7.3 Ogólne pojęcia związane z telefonią IP w ujęciu Cisco

Firma Cisco w swoich rozwiązaniach w zakresie telefonii IP operuje pewnymi podstawowymi pojęciami takimi jak *dial peer* i *voice port*.

7.3.1 Dial Peer

Dial peer to struktura opisująca urządzenie biorące udział w zestawianiu połączenia. Typowe połączenie w telefonii IP składa się z czterech urządzeń opisywanych przez struktury dial peer: dwóch skrajnych stacji (np. telefonów) oraz dwóch pośredniczących bramek IP–PSTN. Oprogramowanie routera pozwala na ustawienie pewnych atrybutów dial peer, są to m.in.: Quality of Service — parametry jakości połączenia, CODEC — rodzaj kodowania dźwięku, Voice Activation Detection — usuwanie ciszy z przesyłanego pasma dźwięku.

Ponieważ router pracuje jako bramka IP–PSTN, musi współpracować zarówno z urządzeniami tradycyjnej telefonii jak i urządzeniami dołączonymi do sieci IP. Z tego względu wyróżnić można dwa rodzaje struktur dial peer:

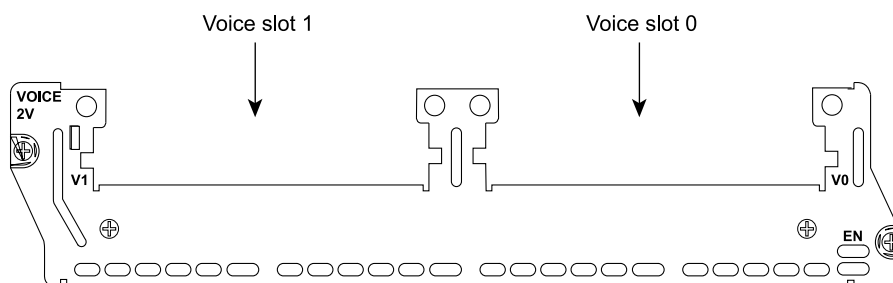
POTS — (ang. Plain Old Telephony Service) charakteryzująca połączenie z siecią telefoniczną. Konfiguracja tej struktury wymaga podania m.in.: pełnego numeru portu dźwiękowego, np. 1/0/0 oraz numeru telefonu skojarzonego z tym portem.

Voice Network — charakteryzująca połączenie z siecią pakietową (w szczególności z siecią IP). Najistotniejszymi parametrami tej struktury są: adres IP urządzenia docelowego np. bramki IP-PSTN oraz numer telefonu skojarzony z podanym adresem.

Szczegółowe informacje dotyczące parametrów konfiguracyjnych struktury dial peer znaleźć można w pozycji [3].

7.3.2 Voice Port

Routery dźwiękowe obsługują trzy rodzaje urządzeń telefonicznych: FXO, FXS oraz E&M. Do identyfikacji urządzeń stosowana jest ogólnie przyjęta numeracja trójstopniowa: *slot-number/subunit-number/port*, gdzie *slot-number* jest numerem półki zawierającej urządzenia dźwiękowe¹, *subunit-number* jest numerem karty interfejsu VIC (rys. 7.2), *port* jest numerem portu na karcie VIC (rys. 7.1).



Rysunek 7.2: Moduł dźwiękowy z miejscem na dwie karty VIC

Parametry konfiguracyjne portów dźwiękowych obejmują m.in.: czas pomiędzy kolejnymi cyframi DTMF (*inter digit delay*), wykrywanie ciszy (*voice activation detection*), usuwanie echa (*echo cancellation*). Szczegółowe informacje o parametrach konfiguracyjnych portów znaleźć można w pozycji [7].

7.4 Przesyłanie dźwięku w sieci IP

Technologia przesyłania dźwięku oprócz enkapsulacji IP obejmuje także enkapsulację ATM, Frame Relay oraz HDLC. Routery Cisco wyposażone zostały w oprogramowanie do obsługi zarówno Voice over IP, Voice over Frame Relay, Voice over ATM jak i Voice over HDLC. Ćwiczenie swoim zakresem obejmuje jedynie technologię VoIP.

Transmisja dźwięku przez bramkę IP-PSTN następuje w kilku etapach. Dźwięk z sieci telefonicznej jest konwertowany do postaci cyfrowej przez procesor sygnałowy umieszczony w module dźwiękowym bramki. Postać cyfrowa jest następnie dzielona na segmenty, które parami

¹Routery serii 2600 mają możliwość zamontowania tylko jednej półki z urządzeniami dźwiękowymi. Półka ta ma zawsze numer 1.

umieszczane są w pakietach. Pakiety przy użyciu protokołu np. RTP/RTCP przesyłane są do bramki końcowej, gdzie proces ten przebiega w odwrotnym kierunku.

7.4.1 Sposoby kodowania dźwięku

Dźwięk, który ma zostać przesłany w sieci IP, poddany musi być konwersji z postaci analogowej do cyfrowej, po czym dodatkowo może zostać skompresowany. Techniki kodowania i kompresji dźwięku opisane są w dokumentach ITU-T serii G (stąd nazwy kodeków rozpoczynają się od litery G). Najpopularniejsze kodeki wykorzystywane w telefonii IP przedstawione zostały w tabeli 7.1.

Ocena jakości (Mean Opinion Score) zakodowanego dźwięku jest średnią ocen z zakresu 1 do 5, uzyskanych w wyniku badań na grupie użytkowników. Mimo, iż wydaje się zasadne używanie kodeków o niewielkiej zajętości pasma i dobrej jakości dźwięku (np. G.729, G.723.1), nie zawsze jest to wskazane. W przypadku, gdy dźwięk zostaje kompresowany i dekompresowany kilkakrotnie może dojść do spadku jakości do poziomu nieakceptowalnego. Tabela 7.1 pokazuje, że trzykrotna kompresja kodekiem G.729 gwarantuje jakość na poziomie 2.68 (nieakceptowalna).

Kodowanie o wysokim stopniu kompresji generuje ponadto dodatkowy narzut czasowy. Przy doborze kodeków należy więc wziąć pod uwagę rozległość tworzonej sieci, w tym ilość przejść z sieci PSTN do IP, szybkość połączenia IP pomiędzy bramkami oraz wymagania co do jakości dźwięku. Jeśli pomiędzy dwoma punktami końcowymi znajdują się trzy lub więcej przejść PSTN-IP to przynajmniej w jednej bramce należy zastosować kodowanie bez kompresji. Typowe rozwiązania telefonii IP, takie jak przedstawione na rysunku 7.3, opierają się jednak prawie całkowicie na sieci IP, sieć PSTN jest jedynie zabezpieczeniem na wypadek utraty połączenia IP, a przejście PSTN-IP występuje jednokrotnie. W takim przypadku rodzaj wykorzystywanego kodeka zależy od wymaganej jakości dźwięku oraz od przepustowości łącza IP.

7.4.2 Opóźnienie

Bardzo istotnym czynnikiem wpływającym na jakość połączenia telefonicznego jest oprócz jakości przesyłanego dźwięku, także opóźnienie. Maksymalne akceptowalne przez użytkownika opóźnienie nie powinno przekroczyć wartości 200 ms.

Na wielkość opóźnienia mają wpływ dwa podstawowe czynniki: czas potrzebny na przesłanie sygnału oraz czas związany z obsługą strumienia. Pierwszy rodzaj opóźnienia wywołany jest przez skończoną prędkość rozchodzenia się sygnału w medium transmisyjnym. Drugi rodzaj powstaje podczas obróbki dźwięku przez urządzenia transmisyjne (np. kompresja/dekompresja, pakietyzacja dźwięku).

Na opóźnienia związane z obsługą strumienia wpływ ma kilka czynników:

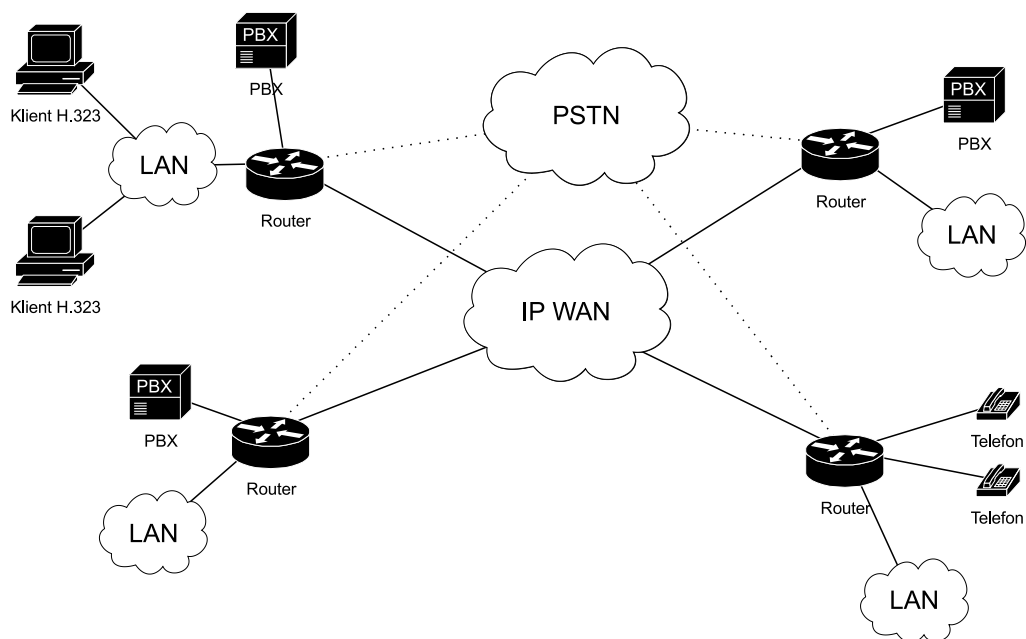
- Kodowanie/dekodowanie dźwięku. Jest to krok nieunikniony przy cyfrowej transmisji dźwięku.
- Zastosowanie kompresji przy przesyłaniu dźwięku może znacząco wydłużyć czas jego dostarczenia. Tabela 7.2 pokazuje zależność opóźnienia powstałego przy kodowaniu od użytego kodeka.

Sposób kodowania	Opis	Zajętość pasma [kb/s]	Jakość (MOS)
G.711	Technika kodowania PCM bez kompresji z częstotliwością próbkowania 8 kHz. Format nadaje się do transmisji przez PBX i PSTN	64	4.1
G.726	Technika kodowania ADPCM bez kompresji z częstotliwością próbkowania 8 kHz o rozmiarze strumienia 40, 32, 24 lub 16 kb/s. Format może służyć do przesyłania dźwięku pomiędzy siecią pakietową a PSTN lub PBX	32	3.85
G.728	Technika kodowania LD-CELP (low delay) z kompresją. Format musi zostać przekonwertowany do postaci wymaganej przez sieć PSTN	16	3.61
G.729	Technika kodowania CS-ACELP z kompresją. Jakość dźwięku zbliżona jest do ADPCM 32 kb/s	8	3.92 / 3.72 / 2.68 ¹
G.729a	Odmiana kodowania CS-ACELP, która różni się od G.729 głównie złożonością obliczeniową. Jakość dźwięku zbliżona jest do ADPCM 32 kb/s	8	3.7
G.723.1	Technika kodowania MP-MLQ stosowana do kompresji mowy i dźwięku o bardzo niewielkim rozmiarze generowanego strumienia. Zapewnia nieco lepszą jakość dźwięku niż G.723.1 5.3	6.3	3.9
G.723.1	Technika kodowania ACELP stosowana do kompresji mowy i dźwięku o bardzo niewielkim rozmiarze generowanego strumienia	5.3	3.65

¹ Odpowiednio po jednym, dwóch i trzech zastosowaniach kodeka

Tabela 7.1: Zestawienie kodeków używanych w telefonii IP

- W przypadku transmisji VoIP dodatkowym źródłem opóźnienia jest pakietyzacja. Procesor sygnałowy generuje 10 milisekundowe ramki. Na pakiet składają się dwie ramki, zatem opóźnienie generowane przez pakietyzację wynosi 20 milisekund.
- Dodatkowy czas zużywany jest na kolejkowanie pakietów. Protokół IP może zapewnić parametry QoS tylko w ograniczonym zakresie, stąd oprogramowanie systemowe routera musi samo dokonać odpowiedniego kolejkowania przed wysłaniem pakietu do miejsca przeznaczenia (naruszenia na zapewnienie QoS nie przekraczają 10 milisekund).



Rysunek 7.3: Typowe rozwiązanie telefonii IP

Kodek	Zajętość pasma [kb/s]	Opóźnienie kodowania [ms]
G.711 PCM	64	0.75
G.726 ADPCM	32	1
G.728 LD-CELP	16	3 do 5
G.729 CS-ACELP	8	10
G.729a CS-ACELP	8	10
G.723.1 MP-MLQ	6.3	30
G.723.1 ACELP	5.3	30

Tabela 7.2: Opóźnienia generowane podczas kodowania i dekodowania dźwięku

- Opóźnienie związane z usuwaniem efektu *jitter*. Jitter jest zjawiskiem powstającym na skutek nadchodzenia pakietów dźwiękowych w różnych odstępach czasowych. Powoduje to nieciągłości w strumieniu dźwiękowym, które muszą zostać wyeliminowane jeśli dźwięk

ma być odtwarzany płynnie. Urządzenia Cisco likwidują jitter przez buforowanie nadchodzących pakietów i odtwarzanie sekwencji z bufora.

7.5 Charakterystyka standardu H.323

Standard H.323 opracowany przez ITU-T opisuje sposoby przesyłania w czasie rzeczywistym dźwięku, obrazu oraz danych w sieciach pakietowych w szczególności w sieciach IP czy IPX. Jednym z głównych zadań standardu jest umożliwienie współpracy z sieciami multimedialnymi innych typów H.324 (dla SCN — switched circuit network), H.320 (dla ISDN — integrated services digital networks), H.321 i H.310 (dla B-ISDN — broadband ISDN), H.322 (dla sieci gwarantujących QoS).

7.5.1 Komponenty sieci H.323

H.323 przewiduje następujące rodzaje węzłów w sieci:

Gatekeeper — dostarcza elementy bezpieczeństwa, kontroli obciążenia sieci oraz translację nazw na adresy IP; roztacza wokół siebie strefę, którą zarządza,

Terminal — umożliwia dwukierunkowe przesyłanie mediów w czasie rzeczywistym,

Mostek konferencyjny (ang. Multipoint Control Unit — MCU) — zarządza połączeniami konferencyjnymi typu 1-N oraz M-N,

Bramka (ang. gateway) — pośredniczy w dostępie do innych niż H.323 typów sieci,

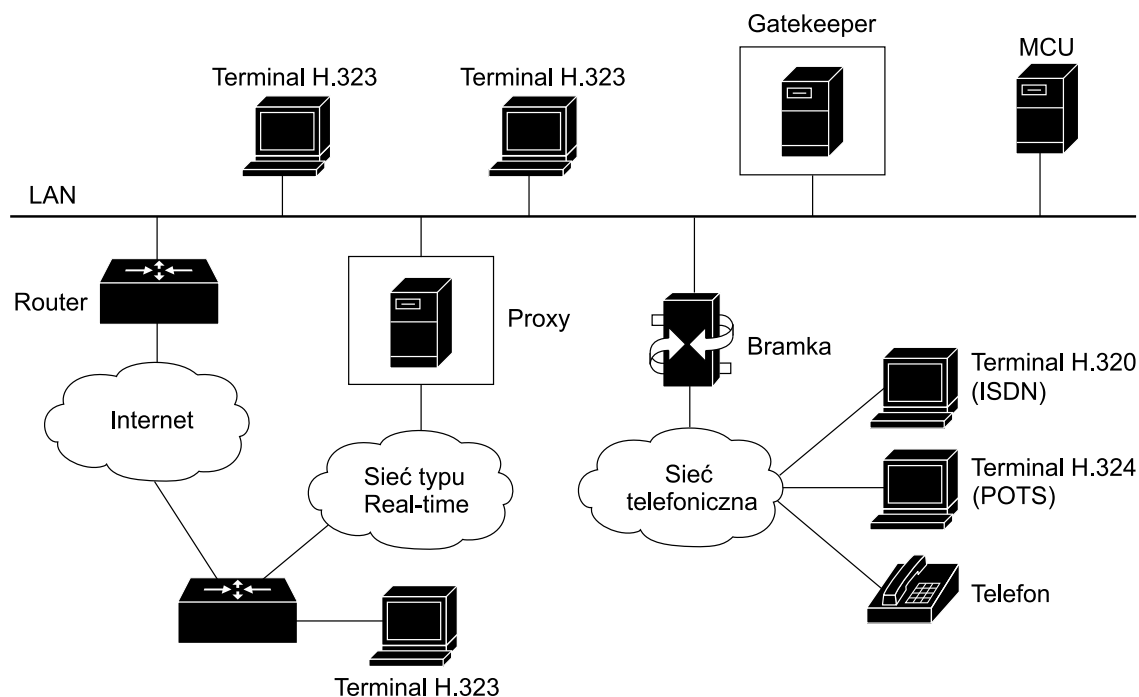
Proxy H.323 — chroni sieć H.323 przed niepożądanym dostępem z sieci zewnętrznej.

Rysunek 7.4 przedstawia typową konfigurację strefy systemu H.323.

Routery Cisco mogą pracować jako bramki standardu H.323. Pozwala to na wykorzystanie terminali (klientów) H.323 takich jak np. program NetMeeting do łączenia ze skonfigurowaną wcześniej siecią VoIP. Ponadto odpowiednia konfiguracja pozwala na zestawianie połączeń z siecią IP inicjowanych ze strony sieci PSTN. Dzięki temu możliwe staje się połączenie z komputerem za pomocą telefonu, co znacznie rozszerza zastosowanie telefonii IP w pełni integrując sieć IP z siecią PSTN.

Gatekeeper

Gatekeeper jest komponentem zarządzającym połączeniami w sieci H.323. Zakres jego funkcji obejmuje: kontrolę dostępu do sieci (ang. admission control), translację nazw na adresy IP lub IPX (ang. address translation) oraz kontrolę obciążenia sieci (ang. bandwidth control) dla wszystkich elementów znajdujących się w strefie gatekeepera. Wymienione funkcje zdefiniowane są przez protokół RAS (ang. Registration, Admission and Status) i odnoszą się do komponentów zarejestrowanych w gatekeeperze. Wszystkie zarejestrowane węzły tworzą wokół gatekeepera tzw. strefę H.323 (ang. H.323 zone).



Rysunek 7.4: Typowa konfiguracja strefy systemu H.323

Kontrola dostępu polega na zezwoleniu lub zabronieniu na zestawienie połączenia na podstawie pewnego kryterium. Kryterium to może być ustalone np. na podstawie autoryzacji lub obciążenia sieci.

Translacja adresów umożliwia pobranie adresu IP lub IPX węzła o ustalonej wcześniej nazwie (ang. alias). Każdy węzeł rejestrując się w gatekeeperze przekazuje mu swoją nazwę, która go jednoznacznie identyfikuje. Funkcjonalność translacji adresów odpowiada usłudze DNS w sieci IP.

Kontrola obciążenia umożliwia ograniczenie ruchu generowanego w sieci przez węzły H.323. Administrator może ustalić maksymalną dostępną przepustowość dla danych H.323, a gatekeeper korzystając z protokołu RAS nie będzie zezwalał na przekroczenie wskazanego progu. Dzięki temu pozostałe pasmo sieci może być dostępne dla innych usług np. e-mail, transfer plików itp.

Do zestawiania połączeń **nie wymaga się** gatekeepera, choć jego brak pozbawia sieć H.323 ww. funkcji (istnienie gatekeepera jest niezbędne jeśli sieć korzysta z węzła typu proxy).

Terminal H.323

Terminal jest węzłem sieci umożliwiającym dwustronną komunikację z innymi elementami H.323. Komunikacja obejmuje przesyłanie sygnałów sterujących oraz dźwięku, obrazu i danych, przy czym terminal musi zapewniać co najmniej przesyłanie dźwięku.

Do współpracy z gatekeeperem terminale H.323 muszą obsługiwać protokół RAS.

Mostek konferencyjny

Mostek konferencyjny (ang. Multipoint Control Unit) jest węzłem sieci H.323, umożliwiającym jednoczesny udział w konferencji trzech lub więcej terminali i bramek. Zadaniem MCU jest sterowanie sesją konferencyjną oraz miksowanie obrazu, dźwięku i danych z terminali, co pozwala utworzyć wydajną wideokonferencję.

Bramka

Bramka (ang. gateway) jest elementem sieci H.323 pozwalającym na komunikację terminalom H.323 z terminalami używającymi innych protokołów komunikacyjnych. Przykładem bramek są np. routery Cisco serii 2600 konwertujące informacje pochodzące z sieci telefonicznej do standardu H.323 i odwrotnie.

Proxy

Proxy umożliwia zabezpieczenie strefy H.323 przed niepowołanym dostępem z zewnątrz. Węzeł ten jest łącznikiem pomiędzy elementami strefy gatekeepera oraz elementami zewnętrznymi dla tej strefy. Zezwala na ustalenie, którzy użytkownicy mogą przyjmować, a którzy odbierać połączenia, które adresy docelowe są zabronione, a które dozwolone. Umożliwia także ustalenie czy użytkownik może używać transmisji wideo lub danych.

7.5.2 Nawiązywanie połączenia

Wprowadzone w tym rozdziale sposoby nawiązywania połączeń nie wyczerpują wszystkich przewidzianych przez standard H.323 możliwości. Wybrane zostały tylko te scenariusze, które są interesujące z punktu widzenia telefonii IP.

Zakłada się, że:

- GK1, GK2 są gatekeeperami H.323,
- TA1 i TB1 są terminalami H.323 umieszczonymi w strefie Zone 1 gatekeepera GK1,
- GW1 jest bramką H.323 umieszczoną w strefie Zone 1,
- TA2 jest terminalem H.323 umieszczonym w strefie Zone 2 gatekeepera GK2,
- TA3 jest terminalem H.320, który dostępny jest w strefie Zone1 poprzez bramkę GW1.

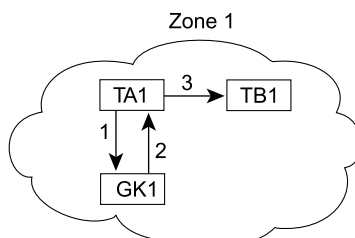
Połączenia wewnątrzstrefowe

Połączenie takie (ang. intrazone call) następuje jeśli terminal TA1 chce nawiązać połączenie z terminalem TB1 w strefie Zone 1. Podejmowane są wtedy następujące działania:

1. TA1 prosi GK1 o zezwolenie na połączenie z TB1.
2. GK1 zwraca TA1 adres terminala TB1.

3. TA1 zestawia połączenie z TB1.

Rysunek 7.5 przedstawia poszczególne kroki działania.



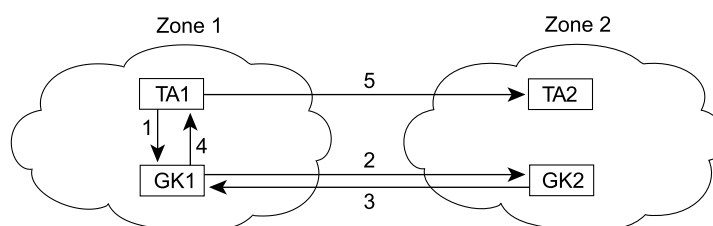
Rysunek 7.5: Kolejne kroki podczas nawiązywania połączenia wewnątrzstrefowego

Połączenie międzystrefowe

Jeśli terminal TA1 w strefie Zone 1 chce nawiązać połączenie z terminalem TA2 w strefie Zone 2 (jest to tzw. interzone call), podejmowane są następujące kroki:

1. TA1 prosi GK1 o zezwolenie na połączenie z TA2.
2. TA2 nie znajduje się w strefie GK1, zatem GK1 lokalizuje GK2 będący gatekeeperem TA2 i prosi go o adres terminala TA2.
3. GK2 zwraca adres TA2 gatekeeperowi GK1.
4. GK1 zwraca otrzymany adres terminalowi TA1.
5. TA1 zestawia połączenie z TA2.

Rysunek 7.6 prezentuje opisany scenariusz.



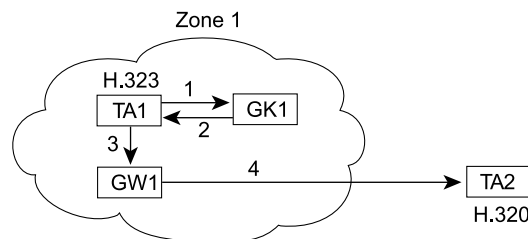
Rysunek 7.6: Kolejne kroki podczas nawiązywania połączenia pomiędzy strefami

Połączenie wewnątrzstrefowe poprzez bramkę

Jeśli terminal TA1 standardu H.323 chce nawiązać połączenie z terminalem TA3 standardu H.320, podejmowane są następujące kroki:

1. TA1 prosi GK1 o zezwolenie na połączenie z adresem E.164 terminala TA3.
2. GK1 przeszukuje zarejestrowane terminale nie znajdując żadnego terminala H.323 zarejestrowanego z podanym numerem E.164. Przyjmuje więc, że jest to terminal H.320 spoza strefy H.323. GK1 przekazuje TA1 adres IP bramki GW1.
3. TA1 łączy się z GW1
4. GW1 zestawia połączenie z TA3.

Sposób nawiązywania połączenia pokazany został na rysunku 7.7.



Rysunek 7.7: Kolejne kroki podczas nawiązywania połączenia poprzez bramkę

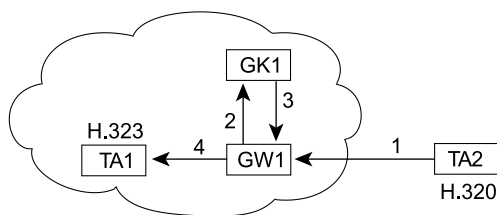
Nawiązywanie połączenia przebiega inaczej jeśli to terminal TA3 chce nawiązać połączenie z TA1. W tej sytuacji podejmowane są następujące kroki:

1. TA3 łączy się z GW1 przekazując adres docelowy w postaci numeru E.164.
2. GW1 wysyła komunikat do GK1 prosząc o połączenie z otrzymanym adresem.
3. GK1 zwraca GW1 adres terminala TA1.
4. GW1 łączy się z TA1.

Rysunek 7.8 przedstawia opisany scenariusz.

7.6 Konfiguracja routerów Cisco do pracy w trybie bramki PSTN–IP

Poniżej opisane zostaną sposoby konfiguracji routerów Cisco pozwalające na uruchomienie systemów telefonii IP takich jak pokazany na rysunku 7.3. Systemy takie umożliwiają przede

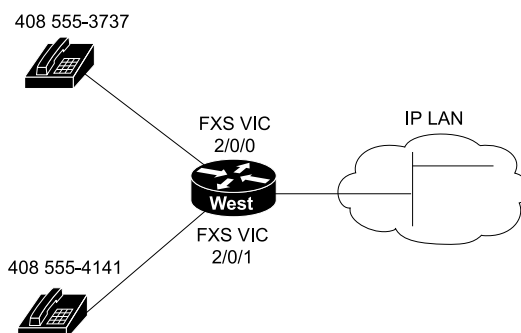


Rysunek 7.8: Połączenie poprzez bramkę inicjowane spoza sieci H.323

wszystkim zastąpienie sieci PSTN przez sieć IP co pozwala znacząco obniżyć koszty eksploatacji. Przykładowo połączenia wewnątrzfirmowe realizowane są w takim systemie bezpłatnie, natomiast połączenia z zewnętrzną siecią telefoniczną po kosztach rozmowy lokalnej, niezależnie od odległości pomiędzy poszczególnymi oddziałami firmy.

7.6.1 Konfiguracja interfejsu FXS

Rysunek 7.9 posłuży jako ilustracja konfiguracji przykładowej sieci telefonicznej, która ma zostać zbudowana w oparciu o router Cisco serii 2600.



Rysunek 7.9: Przykładowa sieć telefoniczna

Do działania pokazanej sieci potrzebne jest nadanie portom 2/0/0 i 2/0/1 odpowiadających im numerów telefonu. Informacje te przechowywane są przez oprogramowanie systemowe routera w strukturach *dial peer*. Dial peer kojarzy ze sobą m.in. numer telefonu i numer portu. Konfiguracja tej struktury podobna jest do konfiguracji statycznego routingu IP (dla zadanego numeru należy wprowadzić do routera informacje o ścieżce po której zostanie przesłany dźwięk).

Do identyfikacji struktury dial peer używane jest pole *tag* o wartości nadawanej przez konfiguratora. Tag jest liczbą całkowitą z przedziału $1 \div 2^{31} - 1$ i musi być unikalny w obrębie jednego routera (dopuszczalne jest natomiast powtórzenie tagów w różnych routerach).

Tabela 7.3 przedstawia dwie struktury dial peer kojarzące numery telefonów z numerami portów oraz numerami tag.

Tag	Numer telefonu	Port
401	408 555-3737	2/0/0
402	408 555-4141	2/0/1

Tabela 7.3: Tabela struktur dial peer dla routera West

Dane z tej tabeli mogą zostać wprowadzone do routera za pomocą następujących komend:

```
West(config)# dial-peer voice 401 pots
West(config-dial-peer)# dest-pat +14085553737
West(config-dial-peer)# port 2/0/0
West(config-dial-peer)# exit
West(config)# dial-peer voice 402 pots
West(config-dial-peer)# dest-pat +14085554141
West(config-dial-peer)# port 2/0/1
West(config-dial-peer)# exit
West(config)#
```

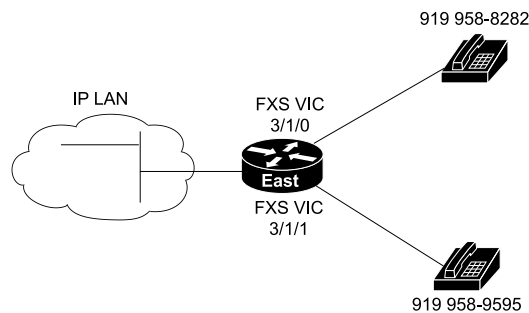
Pierwszym argumentem komendy `dial-peer` jest zawsze słowo `voice`. Kolejnym numer tag, a na końcu znajduje się rodzaj konfigurowanej struktury (`pots` lub `voip`). Wartość tego parametru ustawiona na `pots` (z ang. Plain Old Telephone Service) oznacza konfigurację portów karty VIC, ustawiona zaś na `voip` oznacza konfigurację interfejsu sieci IP.

Oprogramowanie routera odwołuje się do numerów telefonów poprzez wzorce przeznaczenia (ang. destination pattern). Komenda `destination-pattern` (w skrócie `dest-pat`) ustala numer telefonu, pod którym widziany będzie konfigurowany dial peer. Jako wzorec podany może zostać ciąg znaków składający się z cyfr, znaku gwiazdki *, znaku plus +, znaku hash #, oraz przecinka i kropki. Nie mogą natomiast być wykorzystane znaki nawiasów, znak minus, slash oraz spacja, których używa się w numeracji telefonów dla zapewnienia przejrzystości. W konfiguracji numery telefonu poprzedzono przedrostkiem `+1`, który określa numer kierunkowy państwa (np. 1 — Stany Zjednoczone, 48 — Polska). Ustawienie takie jest zgodne ze sposobem numeracji przedstawionym przez ITU-T w dokumencie E.164. Do określenia numeru telefonu wykorzystuje się numer państwa, numer regionu, numer centrali oraz numer telefonu. W rozwiązaniach lokalnych nie podłączonych bezpośrednio do sieci PSTN nie ma potrzeby konfiguracji tak złożonych numerów. W zależności od rozmiarów konfigurowanej sieci numeracja może ograniczać się nawet do jednej cyfry.

Dokładny opis komend użytych do konfiguracji znaleźć można w dokumencie [3].

W analogiczny sposób skonfigurowana zostanie druga część sieci telefonicznej, przedstawiona na rysunku 7.10. Do występującego tu routera *East* podłączone zostały dwa telefony o numerach 919 985-8282 oraz 919 958-9595.

Tabela 7.4 przedstawia wszystkie informacje potrzebne do konfiguracji przedstawionej sieci. Dane z tabeli powinny zostać wprowadzone do routera East za pomocą przedstawionych wcześniej



Rysunek 7.10: Przykładowa sieć telefoniczna

komend.

Numer	Destination Pattern	Port	Tag
919 958-8282	+19199588282	3/1/0	901
919 958-9595	+19199589595	3/1/1	902

Tabela 7.4: Tabela struktur dial peer dla routera *East*

Po skonfigurowaniu routerów zgodnie z danymi z tabel 7.3 i 7.4, możliwe jest zestawianie połączeń pomiędzy telefonami w obrębie routera *West* oraz pomiędzy telefonami w obrębie routera *East*, ale bez możliwości zestawiania połączeń pomiędzy sieciami.

Numery wewnętrzne

Numery przedstawione w powyższej konfiguracji składają się z numeru państwa (1), numeru regionu (408 lub 919) oraz numeru lokalnego (555.... lub 958....). Oprogramowanie routera pozwala uprościć wprowadzanie numerów. Przykładowo zadanie komend

```
West(config)# num-exp .... +1408555....
```

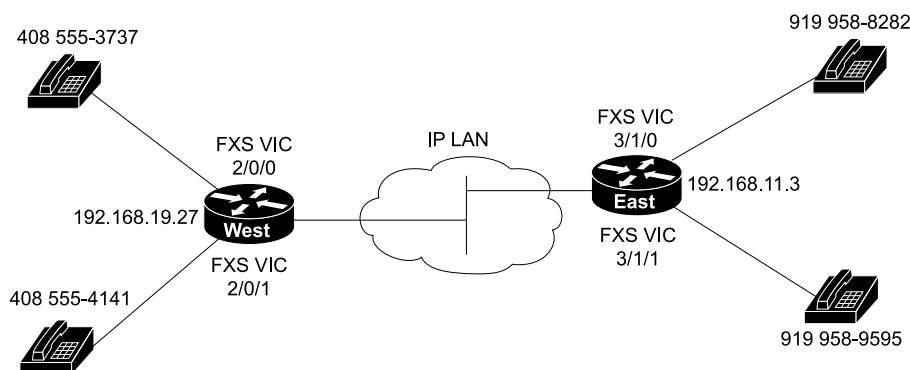
oraz

```
East(config)# num-exp .... +1919958....
```

pozwoли posługiwać się użytkownikom sieci numerami czterocyfrowymi, mimo że telefony mają numery jedenastocyfrowe. Po wybraniu numeru czterocyfrowego, router *West* rozszerzy go o ciąg znaków +1408555 natomiast router *East* o ciąg +1919958 (kropka w komendzie **num-exp** oznacza dowolną cyfrę).

7.6.2 Konfiguracja połączenia z siecią IP

Pokazane w rozdziale 7.6.1 dwie sieci telefoniczne można ze sobą połączyć poprzez sieć IP. Dzięki temu telefony przyłączone do routera *West* będą miały kontakt z telefonami przyłączonymi do routera *East* i odwrotnie. Konfigurację taką przedstawia rysunek 7.11.



Rysunek 7.11: Połączenie między dwoma routerami

Połączenie pomiędzy routerami zestawione jest za pośrednictwem sieci IP. Router potrafi znaleźć host w sieci dzięki adresowi IP tego hosta, nie może jednak zestawzić połączenia korzystając z numeru telefonicznego. Potrzebne jest zatem skojarzenie numeru telefonu z odpowiadającym mu adresem IP (skojarzenie to nazywane jest *remote dial peer*). Adres powinien wskazywać na router, do którego przyłączony jest telefon o zadanym numerze.

Tabela 7.5 zawiera informacje, które należy wprowadzić do routera *West*, aby ten potrafił odszukać telefony przyłączone do routera zdalnego *East*.

Tag	Router zdalny	Numer telefonu	Destination Pattern	adres IP
501	East	919 958-8282	+19199588282	192.168.11.3
502	East	919 958-9595	+19199589595	192.168.11.3

Tabela 7.5: Tabela struktur remote dial peer dla routera West

Poniższe komendy służą do ustalenia konfiguracji routera zgodnej z podaną w tabeli 7.5.

```
West(config)# dial-peer voice 501 voip
West(config-dial-peer)\# dest-pat +19199588282
West(config-dial-peer)\# session-target ipv4:192.168.11.3
West(config-dial-peer)\# exit
West(config)# dial-peer voice 502 voip
```

```
West(config-dial-peer)\# dest-pat +19199589595
West(config-dial-peer)\# session-target ipv4:192.168.11.3
```

W przypadku większej ilości telefonów zdalnych (tj. przyłączonych do routera *East*) bardzo uciążliwym byłoby kojarzenie z każdym numerem telefonu znajdującym się po drugiej stronie połączenia IP tego samego adresu. Możliwe jest zastąpienie numeru stacji przez kropki (kropka oznacza dowolną cyfrę), co pozwoli za pomocą jednej komendy skojarzyć wszystkie telefony zdalne z zadany adresem IP.

Tag	Router zdalny	Numer telefonu	Destination Pattern	adres IP
501	East	919 958-xxxx	+1919958....	192.168.11.3

Tabela 7.6: Uproszczona tabela struktur remote dial peer dla routera West

Do wprowadzenia informacji z tabeli 7.6 należy użyć komend:

```
West(config)# dial-peer voice 501 voip
West(config-dial-peer)\# dest-pat +1919958....
West(config-dial-peer)\# session-target ipv4:192.168.11.3
```

W konfiguracji pojawia się nowa komenda: **session-target**. Pozwala ona wprowadzić adres routera zdalnego, do którego kierowane będą zgłoszenia zgodne z określonym komendą **dest-pat** numerem telefonu. Zamiast adresu IP wersji 4, można ponadto podać adres DNS routera zdalnego lub opcję **ras**, która nakazuje routerowi ustalić docelowy adres IP wykorzystując gatekeeper H.323.

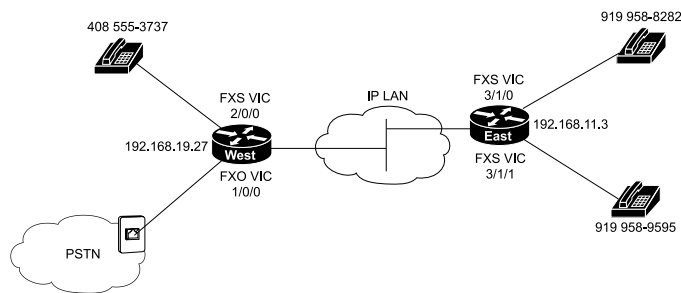
Dokładny opis komendy **session-target** zamieszczony jest w dokumencie [3].

7.6.3 Konfiguracja połączenia z siecią telefoniczną

Interfejs FXO zapewnia przejście z sieci VoIP do sieci PSTN lub PBX. Rysunek 7.12 przedstawia typowe zastosowanie routera Cisco jako bramki PSTN-IP. Przedstawiona na rysunku sytuacja zakłada, że dokonano wcześniejszej konfiguracji routerów zgodnej z punktem 7.6.1 oraz 7.6.2.

Konfiguracja interfejsu FXO przebiega podobnie jak w przypadku interfejsu FXS. Jedyna różnica odnosi się do ustawienia numeru telefonu (za pomocą komendy **dest-pat**). Dla interfejsu FXO numer należy ustawić jako szablon np. **+9.....**. Jest to wymagane jeśli dalszym przełączaniem numerów ma zająć się sieć PSTN (lub PBX).

Podczas przełączania router zachowuje się **inaczej** dla interfejsu FXO niż dla pozostałych (FXS, E&M czy Ethernet). Z otrzymanego numeru telefonu (czy to z sieci IP czy PSTN) usuwane są cyfry zgodne z cyframi ustalonymi komendą **dest-pat**. Tak okrojony numer telefoniczny jest następnie przesyłany do interfejsu FXO. Na jego podstawie sieć zestawia połączenie. Zatem ustawienie pełnego numeru telefonicznego dla interfejsu FXO spowoduje, że po jego otrzymaniu



Rysunek 7.12: Router Cisco jako bramka PSTN-IP

router zestawia połączenie z interfejsem FXO, nie prześle jednak do sieci, żadnych dodatkowych cyfr. Sieć wyemituje więc sygnał zgłoszenia w oczekiwaniu na dalszy wybór numeru. W przypadku, gdy `dest-pat` ustalony jest na szablon numeru np. `+9.....`, to po wybraniu np. `+912345678901` router usunie ciąg `+9` i przekaże numer `12345678901` do sieci PSTN, która zajmie się dalszym zestawianiem połączenia.

Interfejs FXO konfigurowany jest w analogiczny sposób jak interfejs FXS:

```
West(config)# dial-peer voice 201 pots
West(config-dial-peer)# dest-pat +9.....
West(config-dial-peer)# port 1/0/0
```

Aby umożliwić dostęp do sieci PSTN przyłączonej do routera *West*, w routerze *East* należy wprowadzić następujące komendy:

```
East(config)# dial-peer voice 701 voip
East(config-dial-peer)# dest-pat +7.....
East(config-dial-peer)# session-target ipv4:192.168.19.27
```

natomiast w routerze *West*:

```
West(config)# dial-peer voice 601 pots
West(config-dial-peer)# dest-pat +7.....
West(config-dial-peer)# port 1/0/0
```

Router *East* przesyła do routera *West* przez sieć IP cały numer wraz z przedrostkiem `+7`. Natomiast router *West* usuwa `+7` i przesyła pozostały numer przez interfejs FXO.

W przykładzie port `1/0/0` routera *West* skonfigurowany jest na dwa sposoby. Pierwsza konfiguracja o numerze tag `201` obsługuje zgłoszenia rozpoczynające się cyfrą `9` pochodzące z urządzeń przyłączonych do routera *West*. Druga o numerze `601` obsługuje numery rozpoczynające się od cyfry `7` pochodzące z routera *East*.

7.7 Konfiguracja routera Cisco jako bramki H.323

Przedstawione w tym rozdziale kroki konfiguracyjne będą zawierały jedynie elementy interesujące z punktu widzenia przebiegu ćwiczenia. Tematyka konfiguracji routerów Cisco do pracy w trybie bramki sieci H.323 zawiera ponadto szereg pozycji nie wykorzystanych w ćwiczeniu.

Konfiguracja routera jako bramki H.323 przebiega dwuetapowo. Pierwszy etap za pomocą komendy `gateway` inicjuje bramkę. Drugi służy do konfiguracji interfejsu Ethernet i dostarcza routerowi informacji na temat gatekeepera oraz aliasu bramki.

Poniżej przedstawione zostały komendy pozwalające na uruchomienie routera w trybie bramki H.323:

<code>router(config)# gateway</code>	Inicjuje bramkę i wchodzi do trybu konfiguracji bramki
<code>router(config-gateway)# exit</code>	Wychodzi z trybu konfiguracji bramki
<code>router(config)# interface <i>interfejs</i></code>	Wchodzi do trybu konfiguracji zadanego interfejsu sieciowego
<code>router(config-if)# h323-gateway voip interface</code>	Włącza interfejs jako voip
<code>router(config-if)# h323-gateway voip id <i>id-gatekeepera</i> {ipaddr <i>adres-IP</i> [<i>numer-portu</i>] multicast}</code>	Definiuje nazwę i adres gatekeepera, z którym współpracuje bramka. Pole <i>id-gatekeepera</i> jest aliasem gatekeepera ustalonym podczas jego konfiguracji.
<code>router(config-if)# h323-gateway voip h323-id <i>id-interfejsu</i></code>	Definiuje alias bramki, który zostanie przekazany do gatekeepera podczas rejestracji.
<code>router(config-if)# exit</code>	Wychodzi z trybu konfiguracji interfejsu sieciowego.

Do podanych kroków należy dołączyć ponadto konfigurację interfejsów typu POTS oraz VoIP pamiętając, aby ustawić parametr `session-target` interfejsu typu VoIP na `ras`. Pozwoli to na zestawianie połączenia z wykorzystaniem gatekeepera sieci H.323.

7.8 Opis wykorzystywanego sprzętu i oprogramowania

Tabele 7.7 oraz 7.8 przedstawiają zestaw urządzeń i oprogramowania wykorzystywany podczas przeprowadzania ćwiczeń.

Ćwiczenie swoim zakresem nie obejmuje konfiguracji gatekeepera OpenH323. Należy założyć, że gatekeeper będzie uruchomiony na komputerze wskazanym przez prowadzącego. Nazwę gatekeepera należy ustalić jako: `OpenH323GK.ics.agh.edu.pl`

Lp.	Typ urządzenia	Ilość
1	Router <i>Cisco 2621</i> z interfejsami FXS, FXO oraz FastEthernet	1
2	Centrala telefoniczna <i>DCT 12 mini</i>	1
3	Aparat telefoniczny	3
4	Komputer PC lub stacja robocza <i>Sun</i>	2 lub więcej

Tabela 7.7: Wykaz urządzeń wykorzystywanych w doświadczeniach

Lp.	Nazwa programu	Platforma sprzętowa
1	NetMeeting	komputer PC
2	Sunforum	stacja robocza <i>Sun/Solaris</i>
3	OpenH323 gatekeeper	komputer PC lub stacja robocza <i>Sun/Solaris</i>

Tabela 7.8: Wykaz oprogramowania wykorzystywanego w doświadczeniach

7.9 Przebieg ćwiczenia

Opis wszystkich komend używanych podczas konfiguracji routera znajduje się w pozycji [3].

7.9.1 Zadanie A

Celem zadania jest skonfigurowanie sieci telefonicznej w oparciu o router Cisco 2621 oraz ocena jakości połączeń oferowanych przez router.

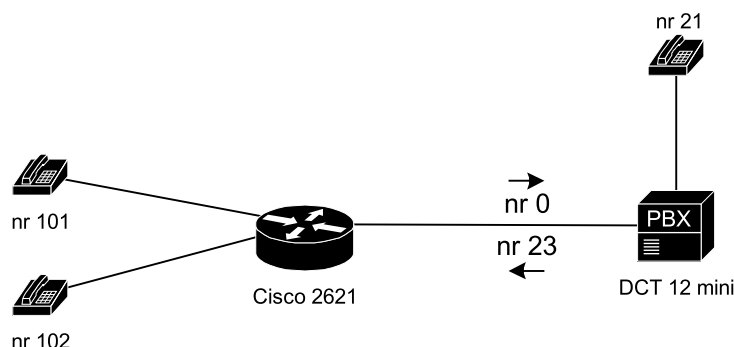
Podłączenie urządzeń i konfiguracja

Ćwiczenie wymaga przyłączenia dwóch aparatów telefonicznych do interfejsów FXS oraz centrali telefonicznej DCT 12 MINI do interfejsu FXO routera. Sposób podłączenia i oczekiwaną konfigurację przedstawia rysunek 7.13. Połączenie pomiędzy centralą i routerem powinno być tak skonfigurowane, aby numer dostępu do centrali od strony routera miał wartość 0, a numer dostępowy routera od strony centrali wartość 23.

Wykorzystując drugi interfejs FXO zestawić drugą linię z centralą telefoniczną.

Testy i doświadczenia

Zestawić połączenie telefoniczne pomiędzy telefonami przyłączonymi do routera oraz pomiędzy telefonami przyłączonym do routera i do centrali. W drugim przypadku połączenie zainicjować



Rysunek 7.13: Konfiguracja sieci telefonicznej do zadania A

zarówno od strony routera jak i centrali.

Ustalić konfigurację interfejsu FXO na numer o zmiennej długości, ustawić znak zakończenia wprowadzania cyfr oraz zmienić czas *inter digit delay*. Dla powyższej konfiguracji zestawień połączenie z centralą telefoniczną.

Zbadać możliwości zestawiania kilku połączeń jednocześnie. Zaobserwować wyniki dla konfiguracji z jedną oraz dwiema liniami FXO–centrala telefoniczna.

Dodatkowe komendy

Aby wykonać zadanie A należy dodatkowo zapoznać się z komendami: `dial-peer terminator` oraz `timeouts interdigit`.

7.9.2 Zadanie B

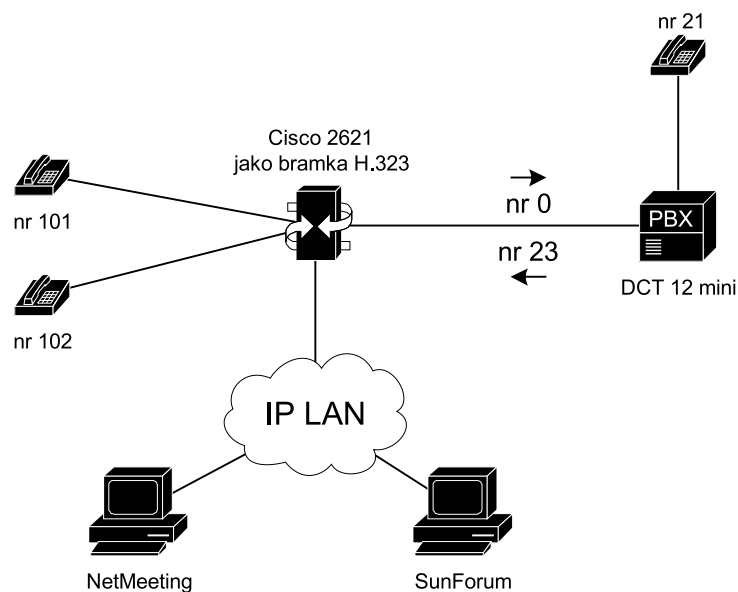
Celem zadania jest konfiguracja routera do pracy w trybie bramki H.323 oraz porównanie jakości połączeń oferowanych przez router pomiędzy interfejsami dźwiękowymi i siecią IP.

Podłączenie urządzeń i konfiguracja

Należy przyłączyć router do sieci lokalnej i dokonać konfiguracji interfejsu typu VoIP. Ponadto należy skonfigurować program NetMeeting do współpracy z bramką H.323. Oczekiwana konfiguracja przedstawiona została na rysunku 7.14.

Testy i doświadczenia

Wykonać połączenia telefoniczne pomiędzy telefonami i komputerem oraz pomiędzy centralą i komputerem. Zaobserwować opóźnienia w nadawanym sygnale i jakość przesyłanego dźwięku.



Rysunek 7.14: Konfiguracja sieci telefonicznej do zadania B

7.9.3 Zadanie C

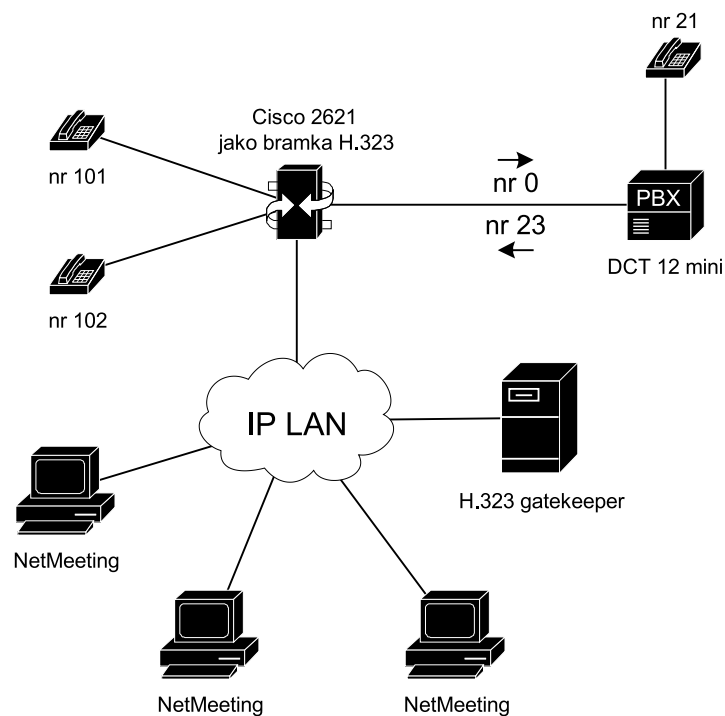
Celem zadania jest przedstawienie działania sieci H.323 z uruchomionym gatekeeperem.

Podłączenie urządzeń i konfiguracja

Do istniejącej konfiguracji podłączyć komputer z uruchomionym gatekeeperem H.323. Skonfigurować router i program NetMeeting do współpracy z przyłączonym gatekeeperem. Rysunek 7.15 przedstawia oczekiwaną konfigurację.

Testy i doświadczenia

Zestawić połączenia telefoniczne pomiędzy komputerem i telefonami oraz centralą i telefonami. Porównać szybkość wybierania przy inicjacji rozmowy z komputera dla konfiguracji sieci H.323 z gatekeeperem i bez gatekeepera.



Rysunek 7.15: Konfiguracja sieci telefonicznej do zadania C

7.10 Literatura

- [1] *Voice Network Module and Voice Interface Card Configuration Note*, Cisco Systems Inc., 1998.
- [2] *Voice, Video and Home Applications Overview*, Cisco Systems Inc., 1998.
- [3] *Voice-Related Commands*, Cisco Systems Inc.
- [4] *Voice over IP Quick Start Guide*, Cisco Systems Inc.
- [5] *Configuring Gatekeepers (Multimedia Conference Manager)*, Cisco Systems Inc.
- [6] *Configuring Voice over IP*, Cisco Systems Inc.
- [7] *Voice Port Commands*, Cisco Systems Inc.
- [8] Bob Edgar. *PC Telephony. The Complete Guide to Designing Building and Programming Systems Using Dialogic and Related Hardware*, Parity Software Development Corporation, wydanie 4 rozszerzone 1997.
- [9] *Primer on the H.323 Series Standard*, DataBeam.

[10] www.iec.org/tutorials/h323. *H.323 tutorial*, Trillium.