

UNIWERSYTET GDAŃSKI – WYDZIAŁ ZARZĄDZANIA

**Tomasz Felchner**

nr albumu: \*\*\* wstaw numer albumu \*\*\*

## **Zastosowania technologii VOIP w organizacjach gospodarczych**

Praca magisterska na kierunku:  
INFORMATYKA EKONOMICZNA

Promotor:

**\*\*\* wstaw promotora \*\*\***

Sopot 12-05-2004

## **Streszczenie**

\*\*\*

## **Słowa kluczowe**

\*\*\*

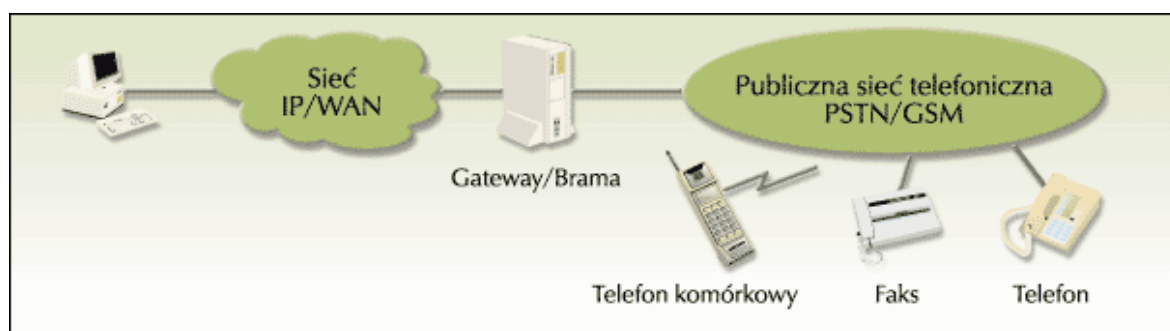
# Spis treści

<b>1. Początki i rozwój technologii przesyłania głosu w sieciach pakietowych . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>2. Problemy dotyczące przesyłania głosu w sieciach pakietowych . . . . .</b>	<b>6</b>
2.1. Opóźnienia i utraty pakietów . . . . .	6
2.2. Retransmisje pakietów . . . . .	7
2.3. Kompresja . . . . .	7
2.4. Szyfrowanie . . . . .	8
<b>3. Charakterystyka podstawowych protokołów wykorzystywanych w technologii VoIP . . . . .</b>	<b>10</b>
3.1. Protokół H.323 . . . . .	10
3.2. Protokół SIP . . . . .	13
3.3. Porównanie protokołów H.323 i SIP . . . . .	15
3.4. Protokół Megaco/H.248 . . . . .	16
<b>4. Zastosowania technologii VoIP w organizacjach gospodarczych . . . . .</b>	<b>19</b>
<b>Zakończenie . . . . .</b>	<b>22</b>
<b>Spis tabel . . . . .</b>	<b>24</b>
<b>Spis rysunków . . . . .</b>	<b>25</b>

## ROZDZIAŁ 1

# Początki i rozwój technologii przesyłania głosu w sieciach pakietowych

Do niedawna wewnątrz firmy istniały dwie niezależne sieci. Sieć telefoniczna służąca do transmisji głosu oraz sieć LAN do transmisji danych. Rozwiązanie to zdało egzamin i przez długi czas wydawało się jedynym możliwym. Nie jest jednak pozbawione wad. Podstawową jest konieczność podwójnego okablowania i zwiększone inwestowanie w sprzęt. Alternatywną propozycją, promowaną przede wszystkim przez producentów sprzętu dla sieci LAN, jest integracja tych sieci, czyli budowa wewnątrzfirmowego rozwiązania typu VoIP<sup>1</sup>. W tym przypadku istnieje tylko jedna infrastruktura kablowa, nie jest też potrzebna centrala telefoniczna, jej funkcję pełni odpowiedni router. Telefony IP wpina się bezpośrednio do gniazdek sieciowych. Integrację sieci komputerowej z siecią publiczną PSTN<sup>2</sup> zapewniają odpowiednie urządzenia zwane Gateway-ami (ang. Gateway – brama). Na rysunku 1.1 widzimy ogólny schemat typowego połączenia sieci komputerowej z siecią telefoniczną.



**Rysunek 1.1.** Schemat połączenia sieci komputerowej z siecią telefoniczną przy wykorzystaniu technologii VoIP

Źródło: [6]

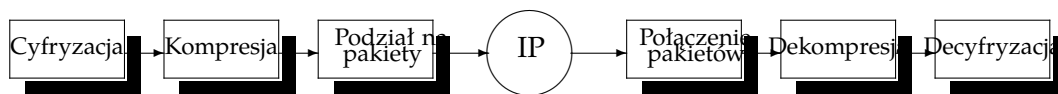
Usługa VoIP polega na stworzeniu cyfrowej reprezentacji sygnału mowy, poddaniu go odpowiedniej kompresji i podzieleniu na pakiety. Taki strumień pakietów jest następnie przesyłany za pomocą sieci pakietowej wraz z innymi danymi pochodzącymi na przykład od komputerów. W węzle odbiorczym cały proces jest odtwarzany w odwrotnym kierunku, dzięki czemu otrzymujemy normalny sygnał głosu. Procesy te widoczne są na rysunku 1.2.

W przeciągu ostatnich kilku lat technologia VoIP zdobyła bardzo duże zainteresowanie wśród operatorów producentów sprzętu i użytkowników końcowych. Dotychczasowe doświadczenie pokazują, że istnieje szereg rozwiązań opartych na transmisji głosu przez sieć IP<sup>3</sup>, wyznaczających trendy rozwojowe sieci telefonicznych. Szybki rozwój Internetu,

<sup>1</sup>VoIP (ang. Voice over IP) protokół przesyłania mowy przez sieć komputerową przy wykorzystaniu protokołów internetowych

<sup>2</sup>PSTN (ang. Public Standard Telephony Network) publiczna standardowa sieć telefoniczna

<sup>3</sup>IP (ang. Internet Protocol) internetowe protokoły transmisji danych



**Rysunek 1.2.** Droga głosu w technologii VoIP

Źródło: [8]

ciągłe rosnąca liczba użytkowników związane jest z rozwojem aplikacji. VoIP jest jedną z takich aplikacji, umożliwiającą swobodną komunikacją głosową, a nawet m. in. połączenia wideofoniczne. Zainteresowanie usługami opartymi na technice VoIP jest bardzo duże z następujących powodów:

- Efektywniejsze wykorzystanie pasma transmisyjnego w zależności od zastosowanych protokołów transmisyjnych oraz algorytmów kodowania mowy połączenie VoIP wymaga kilka razy mniej pasma niż połączenie komutowane. Obecnie, gdy ceny pasma transmisyjnego znacznie spadły, może to mieć mniejsze znaczenie.
- Koszty zestawiania połączeń przez sieć VoIP są niższe niż w tradycyjnej sieci głosowej.
- Obniżenie kosztów jest szansą dla nowych operatorów telefonicznych i internetowych.
- Możliwość oferowania podstawowych usług (transmisja głosu, faks) co w telefonii tradycyjnej o porównywalnej jakości.

Pojawienie się telefonów IP w systemach komputerowych wprowadza istotne oszczędności w firmach posiadających sieć placówek w sieci rozległej, gdzie usługa (głosowa) może być w całości realizowana w technologii VoIP. Oznacza to, że rozmowy telefoniczne wewnątrz firmy są prowadzone za darmo, komunikacja ze światem zewnętrznym w ramach strefy telefonicznej osiąga zwykle koszt rozmowy lokalnej, a połączenia w relacjach międzymiastowych mogą być kilkakrotnie niższe.

W nowoczesnych oddziałach przedsiębiorstw praktycznie nie ma potrzeby instalowania centralek telefonicznych ani odrębnej instalacji sieci telefonicznej. Z niewielkimi wyjątkami telefonia IP korzysta z już zainstalowanej sieci komputerowej i współużytkuje dostępne pasmo komunikacyjne. Telefon internetowy zastępuje wtedy tradycyjny aparat telefoniczny, korzystając bądź z aplikacji zainstalowanych na współpracujących z nim centralkach IP PABX, bądź z aplikacji sieciowych serwerów komunikacyjnych.

Do nawiązania połączenia głosowego w sieci komputerowej LAN<sup>4</sup> używa się zwykle serwera komunikacyjnego, jednak samo prowadzenie rozmowy przebiega już bezpośrednio między terminalami – czyli bez angażowania serwera. Pierwsze rozwiązania komputerowej komunikacji głosowej VoIP zawierały ograniczenia związane z koniecznością używania takiego samego oprogramowania i sposobów kompresji głosowej w czasie rzeczywistym po obydwu stronach współdziałających urządzeń. Spośród wielu istniejących rodzajów oprogramowania stosowanego w pierwszych rozwiązaniach (Internet Phone, WebPhone, Net2Phone, PGP Phone, ICQ, Net Meeting) największym powodzeniem nadal cieszą się aplikacje hybrydowe – łączące w całość zarówno wcześniejsze rozwiązania głosowe, jak i nowe opracowania.

<sup>4</sup>LAN (ang. Local Area Network) lokalna sieć komputerowa

# Problemy dotyczące przesyłania głosu w sieciach pakietowych

Sukces realizacji usług opartych na technologii VoIP zależy od dobrego zrozumienia użytej technologii, postawionych wymagań oraz zakresu stosowania. Typowe sieci działające w oparciu o protokół IP muszą być wzbogacone o dodatkowe mechanizmy mogące sprostać stawianym wymaganiom. A najważniejsze wymagania są następujące:

- opóźnienia przekazu nie większe niż 150 ms – obecne systemy nie zawsze gwarantują takie opóźnienia;
- straty pakietów na poziomie  $10^{-3}$  – zbyt duże straty powodują wyraźną degradację jakości mowy.

Przeprowadzana w telefonach IP transmisja głosu zamienionego na postać cyfrową jest dość skomplikowanym procesem. Samo wysłanie do odbiorcy pakietu zawierającego próbkowany głos nie gwarantuje jego dostarczenia. Na drodze transmisji może się bowiem znajdować wiele urządzeń sieciowych, które przy dużym obciążeniu sieci mogą pominąć jeden lub wiele pakietów lub też zmienić ich kolejność. Dlatego też wszyscy producenci telefonów IP wyposażają swoje urządzenia w zaawansowane mechanizmy kontrolne – począwszy od numerowania pakietów i sprawdzania ich spójności (sumy kontrolne CRC), poprzez buforowanie i zamianę kolejności przestawionych porcji danych, aż po algorytmy sterowania przepływem i żądania retransmisji. Oprócz tego często są stosowane mechanizmy kompresji i szyfrowania danych zapewniające większą funkcjonalność telefonów IP.

## 2.1. Opóźnienia i utraty pakietów

Proces transmisji danych zajmuje pewien czas. W celu zapewnienia nieprzerwanego strumienia danych z zamienionym na postać cyfrową głosem, po stronie odbiorczej telefonu IP umieszczony jest bufor mogący pomieścić od kilkudziesięciu do kilkuset milisekund próbkowanego sygnału mowy. Na początku połączenia ten bufor jest wypełniany danymi z odbieranych pakietów, a dopiero potem następuje jego równomierne opróżnianie – kolejne próbki kierowane są do przetwornika cyfrowo-analogowego i zamieniane na analogowy sygnał mowy, który zostaje wzmocniony i przesłany do słuchawki telefonu.

Kontrola regularności odbierania pakietów zawierających mowę w postaci cyfrowej wymaga ich numerowania, a często też opatrzenia każdego pakietu informacją o chwili jego wysłania (ang. timestamp). Mechanizmy zaawansowanej kontroli regularności transmisji pakietów w czasie rzeczywistym w sieciach IP opisują protokoły: RTP<sup>1</sup> i RTCP<sup>2</sup>. Zbyt długie czasy transmisji głosu pomiędzy nadawcą a odbiorcą powodują niemiłe uczucie rozmawiania na bardzo dużą odległość (podobnie do sygnału telefonii przesyłanej przez satelitę) aż do problemów z rozmową, kiedy to odbiorca mówi jednocześnie z drugim rozmówcą, co tworzy kłopoty ze zrozumieniem drugiej strony. Wprowadzane przez telefon

<sup>1</sup>RTP (ang. Real Time Protocol) protokół transmisji w czasie rzeczywistym

<sup>2</sup>RTCP (Real Time Control Protocol) protokół kontrolny czasu rzeczywistego

czasy opóźnienia poniżej 50 ms są dopuszczalne i niewyczuwalne. Opóźnienia rzędu kilkuset milisekund stanowią natomiast znaczący problem w komunikacji i powinny zostać wyeliminowane.

Dostatecznie długa przerwa między przychodzącymi pakietami powoduje całkowite opróżnienie bufora. Następuje cisza, tym dłuższa, im dłużej telefon musi czekać na kolejny blok z próbkami mowy nadawcy. Przerwanie odtwarzania z powodu braku danych w buforze, powoduje u odbiorcy odczucie zerwania połączenia. Kiedy podobne przerwy pojawiają się częściej, prowadzenie rozmowy staje się nieprzyjemne. Opracowano szereg metod niwelacji takich przerw w transmisji. Najprostszym rozwiązaniem jest powtórzenie odtwarzania ostatniego, dostatecznie krótkiego (do 50 ms) bloku próbek. Jeżeli taka sytuacja zdarza się rzadko, otrzymany efekt nie przeszkadza w rozmowie i zwykle nie jest zauważany przez odbiorcę.

## 2.2. Retransmisje pakietów

Wyjątkiem od zasady zachowania krótkiego czasu transmisji do maksimum 50 ms są systemy telefonii IP udostępniające usługi polegające na transmisji dźwięku głównie w jednym kierunku, takie jak systemy audiotekstowe czy też serwery radia – w tym przypadku czasy transmisji nawet rzędu paru sekund nie stanowią problemu o ile zachowana jest ciągłość przekazu. Pozwala to na zastosowanie odpowiednio dużego bufora, mieszczącego od kilkuset milisekund aż do paru sekund spróbkowanego głosu, możliwa jest predykcja czasu opróżnienia tego bufora i odpowiednio wcześniejsze powiadomienie nadawcy o potrzebie retransmisji zagubionego lub zbyt opóźnionego fragmentu przekazu. W tym celu należy wprowadzić również po stronie nadawczej bufor, w którym zatrzymywane są przez pewien czas pakiety już wysłane do odbiorcy. Po odebraniu żądania retransmisji po stronie nadawczej, pakiet, który jeszcze nie opuścił bufora ze względu na jego przedawnienie, może zostać ponownie przesłany do odbiorcy.

Może się zdarzyć, iż po przeprowadzonej retransmisji pakiet dochodzi do odbiorcy w dwóch kopiach. Taka sytuacja jest łatwa do wyeliminowania przez wprowadzenie u nadawcy numerowania kolejnych porcji danych wysyłanych do sieci, a u odbiorcy odrzucania pakietów powtórzonych. Przy odpowiednio długim buforze (jak w sytuacji opisywanej powyżej), daje to możliwość zmiany kolejności pakietów, które doszły do odbiorcy przestawione, i odtworzenia bloków z głosem we właściwym porządku.

## 2.3. Kompresja

Prawdopodobieństwo wystąpienia znacznego opóźnienia w transmisji pakietu w sieci komputerowej jest zależne w znacznym stopniu od obciążenia sieci. Przesyłanie mniejszych ilości danych pozwala zmniejszyć obciążenie sieci oraz transmitować więcej rozmów prowadzonych jednocześnie. W tym celu dane zawierające głos poddaje się kompresji stratnej czyli usunięciu informacji nadmiarowych, przy akceptowalnych stratach jakości przekazu.

Istnieje wiele bardzo zaawansowanych algorytmów kompresji mowy. Pozwalają one, wymagając przy tym znacznej mocy obliczeniowej procesora, zmniejszyć strumień danych z głosem nawet dziesięciokrotnie, utrzymując przy tym dobrą zrozumiałość mowy ludzkiej. Oznacza to, iż może zostać prowadzonych dziesięć razy więcej rozmów przy zachowaniu tego samego stopnia obciążenia sieci, niż w przypadku przesyłania mowy nie skompresowanej. W tabeli 2.1 zostały opisane stosowane w telefonii IP standaryzo-

wane przez ITU-T<sup>3</sup> algorytmy kompresji mowy wraz z generowanymi przepływnościami bitowymi i wymaganą do realizacji algorytmów mocą obliczeniową procesora.

**Tabela 2.1.** Standardy kompresji mowy ustanowione przez ITU-T

Standard	Algorytm	Przepływność [kb/s]	Wymagana moc obliczeniowa [MIPS]
G.711	PCM	64	0,34
G.726	ADPCM	32	14
G.728	LD-CELP	16	33
G.729	CS-ACELP	8	20
G.729	x2 Encodings	8	20
G.729	x3 Encodings	8	20
G.729a	CS-ACELP	8	10,5
G.723.1	MP-MLQ	6,3	16
G.723.1	ACELP	5,3	16

Źródło: [8]

## 2.4. Szyfrowanie

W sieci lokalnej każdy komputer lub inne urządzenie podłączone do koncentratora, ma możliwość odebrania pakietów skierowanych do wszystkich innych odbiorców. W sieciach rozległych, takich jak Internet, pakiety kierowane od nadawcy do odbiorcy mogą wędrować wieloma różnymi trasami, wyznaczanymi dynamicznie przez routery w celu minimalizacji czasu transmisji oraz jednakowego rozłożenia obciążenia łącz telekomunikacyjnych. Dlatego też przesyłanie w postaci jawnej rozmowy telefonicznej jest niedopuszczalne dla wszystkich służb i organów, którym zależy na zachowaniu poufności rozmowy. Także zwykły użytkownik na pewno nie chciałby być podsłuchiwany przez hacker-a, mającego dostęp do komputera umieszczonego na drodze przesyłanych informacji. W celu przeciwdziałania takiemu niebezpieczeństwu do nielicznych telefonów IP wprowadzono mechanizmy szyfrowania (kodowania) danych.

Szyfrowanie (kodowanie) głosu w telefonach IP polega na zamianie danych zawierających spróbkowany głos rozmówcy na taką samą ilość danych, z których nieuprawniony odbiorca nie będzie mógł odtworzyć rozmowy. Jest to realizowane przy użyciu skomplikowanych algorytmów bazujących na matematycznych przekształceniach w skończonym ciele liczb. Procedury szyfrowania dokonują częściowego wybielenia widma mocy w celu ukrycia charakterystycznych wartości występujących w danych wejściowych oraz usunięcia korelacji pomiędzy próbkami.

Oczywiście każdy zaszyfrowany przekaz można przekształcić do oryginalnej postaci, jednakże nieznanie pewnych dodatkowych informacji (tzw. klucza) powoduje bardzo duży wzrost zapotrzebowania na moc obliczeniową i niemożność pomyślnego zakończenia deszyfrowania w krótkim czasie. Najpewniejsze obecnie stosowane algorytmy kodowania (tzw. niesymetryczne) opierają się na parze kluczy publiczny – prywatny. Klucz prywatny,

<sup>3</sup>ITU-T (ang. International Telecommunications Union) Międzynarodowy Związek Telekomunikacji

który stanowi ciąg bitów (zwykle od 40 do 1024), jest znany jedynie nadawcy przekazu. Klucz publiczny natomiast (o tej samej długości), generowany zawsze łącznie z kluczem prywatnym, jest udostępniony wszystkim potencjalnym rozmówcom.

W celu przekazania odbiorcy bloku danych, jest on szyfrowany przy użyciu klucza publicznego odbiorcy. Jedynie właściwy odbiorca wiadomości może ją odszyfrować używając swojego klucza prywatnego.

Aby potwierdzić tożsamość nadawcy, stosowany jest dodatkowy krok algorytmu polegający na wstępnym szyfrowaniu danych kluczem prywatnym nadawcy. Dopiero potem dane są szyfrowane ponownie, tym razem kluczem publicznym odbiorcy. Po przyjęciu pakietu przez odbiorcę, może on odszyfrować go swoim kluczem prywatnym a następnie kluczem publicznym nadawcy. To daje pewność, że nadawcą informacji był konkretny rozmówca, a informacja trafiła tylko do konkretnego odbiorcy.

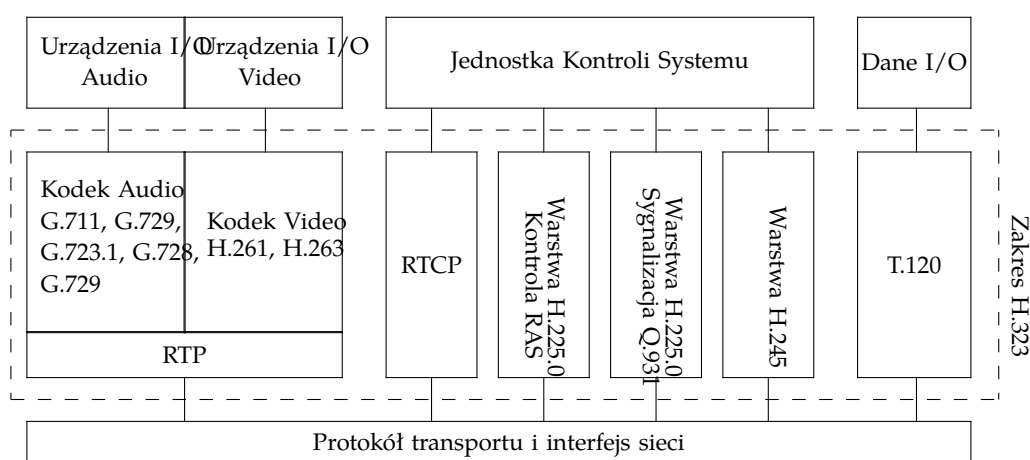
W praktyce jednakże, ze względu na dużą czasochłonność obliczeń przy algorytmach z parą kluczy, stosowane są symetryczne algorytmy szyfrowania, bazujące na kluczu wspólnym dla nadawcy i odbiorcy. Klucz ten jest ustalany jednorazowo przy nawiązywaniu połączenia (wykorzystuje się algorytmy z parą kluczy) a potem zmieniany co jakiś czas w sposób wyznaczony między nadawcą a odbiorcą.

## Charakterystyka podstawowych protokołów wykorzystywanych w technologii VoIP

Jak już wspomniano wcześniej w Internecie występują dość duże opóźnienia, na które nie można sobie pozwolić podczas transmisji głosu. Dlatego do przenoszenia głosu przez sieć IP zaprojektowano specjalne protokoły: ITU H.323 i SIP<sup>1</sup>.

### 3.1. Protokół H.323

Początki standaryzacji H.323 sięgają roku 1996. H.323 jest zaleceniem opracowanym przez ITU-T, które w rzeczywistości stanowi zbiór zaleceń, umożliwiających realizację usług multimedialnych czasu rzeczywistego w infrastrukturze sieci pakietowych oraz zapewniających współdziałanie aplikacji i urządzeń pochodzących od różnych producentów. Zalecenie H.323 definiuje architekturę, która umożliwia realizację połączeń. Rysunek 3.1 przedstawia rekomendacje H.323.



Rysunek 3.1. Architektura protokołu H.323

Źródło: [8]

Jak widać na H.323 składa się kilka standardów ITU. Definiuje on system, procedury kontrolne, opis medium i sygnalizację zgłoszeń. Standard H.323 wyszczególnia serię koderów/dekoderów audio o zakresie szybkości transmisji 5.3-64 kb/s. Obowiązkowym koderem/dekoderem jest G.711, który używa modulacji kodowo-impulsowej do uzyskania szybkości transmisji na poziomie 56-64 kb/s. Jest to popularny koder/dekoder zaprojektowany dla sieci telefonicznych. Jednakże jest mniej odpowiedni dla komunikacji poprzez Internet, ze względu na mniejszą szerokość pasma. Obecnie większość terminali H.323

<sup>1</sup>SIP (ang. Session Initiation Protocol) protokół inicjujący sesję (połączenie)

wykorzystuje koder/dekoder G.723.1, który jest bardziej wydajny i zapewnia dobrą jakość dźwięku, przy szybkości 5.3 i 6.3 kb/s. Kodery/dekodery G.728 i G.729 wykorzystują zaawansowane liniowe predykcyjne kodowanie cyfrowego dźwięku zapewniając wysoką jakość dźwięku, przy szybkości odpowiednio 16 kb/s i 8 kb/s. Rekomendacja H.323 określa dwa kodery/dekodery video: H.261 i H.263. H.261 jest przeznaczony do transmisji obrazu w kanałach o przepustowości 64 – 1920 kb/s. Wspiera format obrazu: CIF (352 x 288 pixels) i QCIF (176 x 144 pixels). Z kolei H.263 jest przeznaczony dla wolniejszych transmisji bez utraty jakości. H.323 używa trzech protokołów kontroli i sygnalizacji, tj: H.225.0/RAS, H.225/Q.931, H.245. Wiadomości H.225.0 RAS wyznaczają komunikację pomiędzy punktami końcowymi a strażnikiem (gatekeeper).

Sieć zgodna z zaleceniem H.323 może posiadać cztery rodzaje elementów przedstawione na rysunku 3.2. Są to:

- Terminale, które mogą generować i odbierać zgłoszenia. Dane między nimi są transmitowane w dwukierunkowych strumieniach. Podstawową funkcją terminali jest obsługa rozmów telefonicznych. Terminal może służyć do transmisji wideo czy danych. Patrząc od strony protokołu, nie ma znaczenia kształt, forma i sposób realizacji terminala. Może on mieć budowę typowego telefonu, formę oprogramowania lub jeszcze inną.
- Strażnicy odgrywający podobną rolę jak centralka PABX<sup>2</sup>. Sieć H.323 dzieli się na strefy, którymi zarządza strażnik. Jego funkcje to: kontrola pasma, routing zgłoszeń oraz przyjmowanie i odrzucanie zgłoszeń w strefie. Gatekeeper jest także interfejsem do innych sieci H.323. Chociaż podobnie jak centralka obsługuje całą sygnalizację, ruch już nie musi przechodzić przez strażnika. Strażnik nie jest elementem koniecznym, jeżeli jednak istnieje, wszystkie terminale w strefie muszą z niego korzystać. Dzięki temu ma on aktualne informacje o połączeniach realizowanych w strefie.
- Bramki ułatwiające dołączanie sieci H.323 do innych rodzajów sieci: SIP, PSTN, ISDN<sup>3</sup>. Są interfejsem czasu rzeczywistego pomiędzy różnymi formatami transmisji i procedurami komunikacyjnymi. Ich zadaniem jest również nawiązywanie i zrywanie połączeń pomiędzy sieciami.
- Mostki konferencyjne MCU<sup>4</sup> jest potrzebny wyłącznie wtedy, gdy sieć ma realizować scentralizowane lub hybrydowe telekonferencje. Służy do rozdzielania strumieni i przekazywania ich do określonych terminali.

Protokoły wchodzące w skład H.323 stanowią kompleksowe rozwiązanie dla transmisji aplikacji czasu rzeczywistego w sieciach pakietowych. Seria standardów H.32x została stworzona przez ITU-T. Standardy te opisują różne typy protokołów dla różnych sieci. Tabela 3.1 przedstawia szczegółowy opis protokołów dla poszczególnych sieci wraz z zestawem wspierających je koderów/dekoderów audio i video, data akceptacji standardu i wymagana prędkością łącza (audio rates).

Do najważniejszych protokołów związanych z H.323 należą:

- H.225 – protokół ten definiuje funkcje rejestracji, przyjmowania zgłoszeń i statusu RAS<sup>5</sup>,

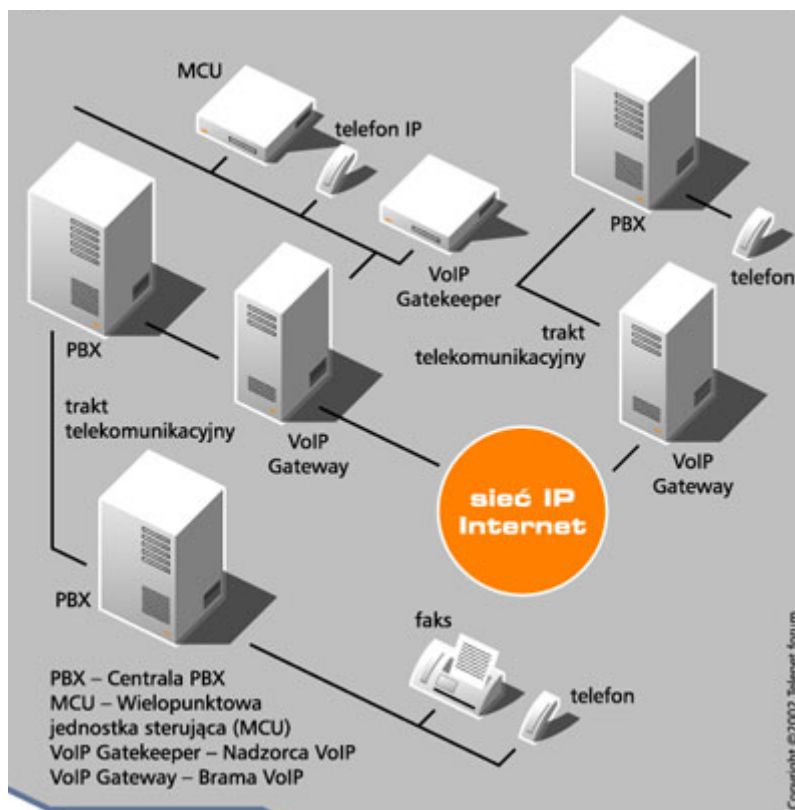
---

<sup>2</sup>PABX (ang. PrivAte Branch Exchange) prywatna abonencka centrala telefoniczna

<sup>3</sup>ISDN (Integrated Services Digital Network) cyfrowa sieć zintegrowana usługowo

<sup>4</sup>MCU (ang. Multipoint Control Unit) wielopunktowa jednostka kontrolna

<sup>5</sup>RAS (ang. Registration Admission and Status) rejestracja, przyjęcie i status



Rysunek 3.2. Architektura sieci zgodna z zaleceniami protokołu H.323.

Źródło: [2]

- H.245 – protokół ten opisuje funkcje służące do sterowania, negocjowania przepływności połączenia, otwierania i zamykania kanałów logicznych, a także wymiany informacji o właściwościach terminala,
- H.235 – usługi związane z bezpieczeństwem, takie jak autentyzacja i utajnianie danych (privacy),
- H.450.x – definicje multimedialnych usług dodatkowych obejmujących funkcje: wspomagania usług dodatkowych w terminalach głosowych H.323, przekazywanie, parkowanie, zawieszanie połączeń, identyfikacja połączeń oczekujących i inne.

Oprócz wyżej wymienionych protokołów sygnalizacyjnych głównymi mechanizmami H.323 służącymi do transportu pakietów głosowych są: RTP (ang. Real Time Protocol) oraz RTCP (Real Time Control Protocol). RTP gwarantuje odpowiednią kolejność wysyłania pakietów IP i dodaje do każdego znaczniki czasu, które są wykorzystywane do określania opóźnień w dostarczaniu poszczególnych ramek do odbiorcy. RTCP zapewnia kontrolę nad połączeniami punkt-wielopunkt. Wykorzystywany jest głównie do zestawiania połączeń w celu prowadzenia konferencji. Dodatkową zaletą protokołu H323 są bardzo dobre algorytmy do kompresji głosu.

Tabela 3.1. Standardy ITU z serii H.32x

Rodzaj sieci	ISDN	ATM	PSTN	IP	POTS
Standard	H.320	H.321	H.322	H.323v.1/2/3/4	H.324
Data akceptacji	1990	1995	1995	96/98/99/2000	1996
Koder/dekoder audio	G.711, G.722, G.728	G.711, G.722, G.728	G.711, G.722, G.728	G.711, G.722, G.723, G.728, G.729	G.723.1, G.729
Audio rates (kbps)	64, 48-64	64, 48-64, 16	64, 48-64, 16	64, 48-64, 16, 8, 5.3/6.3	8, 5.3/6.3
Koder/dekoder video	H.261	H.261, H.263	H.261, H.263	H.261, H.263	H.261, H.263
Podział danych	T.120	T.120	T.120	T.120	T.120
Kontrola	H.230,H.242	H.242	H.230,H.242	H.245	H.245
Multipleksowanie	H.221	H.221	H.221	H.225.0	H.223
Sygnalizowanie	Q.931	Q.931	Q.931	Q.931	-

Źródło: [8]

### 3.2. Protokół SIP

Opracowywany przez zespół IETF<sup>6</sup> protokół SIP początkowo miał służyć do zestawiania dużych konferencji w trybie rozgłoszeniowym w sieciach szkieletowych, jednak dzięki modułowej budowie szybko wyrósł na poważną alternatywę wobec H.323. SIP działa na podobnych zasadach jak HTML<sup>7</sup>(polecenia wysyłane są zwykłym tekstem ) i ma proste funkcje sterujące. SIP może współpracować z innymi protokołami obsługującymi telefonię IP i zawiera elastyczne mechanizmy negocjacji funkcji. Protokół ten nie jest jednak zaprojektowany tylko w celu przesyłania głosu, lecz dzięki obsłudze typów MIME nadaje się do przesyłania wszelkiego rodzaju danych multimedialnych. Dokument RFC 2543 definiuje trzy podstawowe zadania protokołu SIP: tworzenie, zamykanie i modyfikację sesji. Składniki protokołu SIP to:

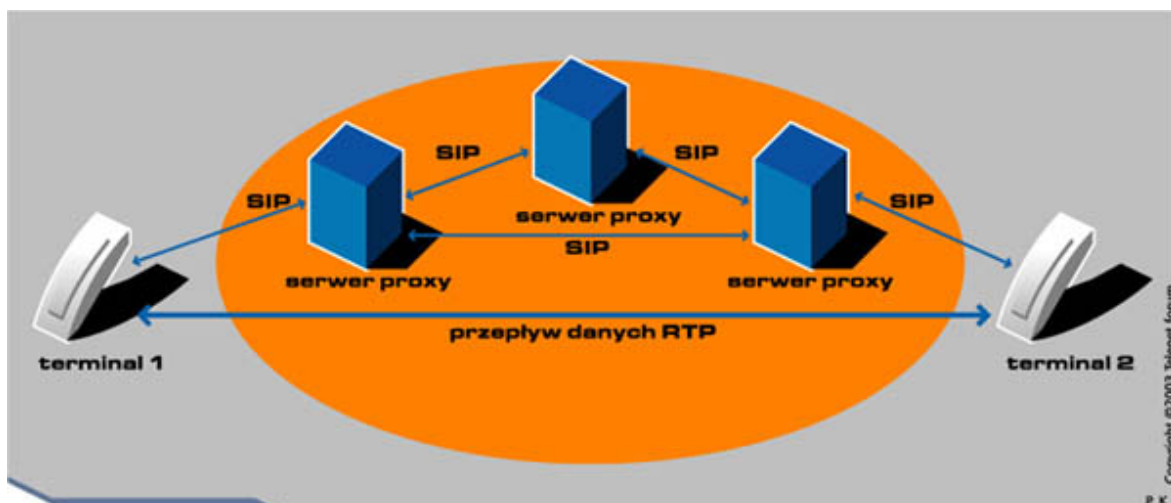
- RSVP (ang. Resource ReSerVation Protocol) – służący do rezerwacji zasobów sieciowych, określonym przez IETF w RFC 2205,
- RTP (ang. Real Time Protocol) – służący do przesyłania danych w trybie czasu rzeczywistego, określonym przez IETF w RFC 1889,
- SDP (ang. Session Description Protocol) – służący do opisu sesji multimedialnych, określony przez IETF w RFC 2327,
- TSP (ang. Real Time Streaming Protocol) – służący do sterowania dostarczaniem strumienia multimedialnego, określonym przez IETF w RFC 2326.

Odmienne jednostki funkcjonalne tworzą schemat telefonii internetowej według protokołu SIP widoczny na rysunku 3.3.

Wyodrębnione są trzy jednostki:

<sup>6</sup>IETF (ang. Internet Engineering Task Force) stowarzyszenie inżynierów Internetu

<sup>7</sup>HTML (ang. HyperText Markup Language) hipertekstowy język znaczników używany w Internecie dla opisu zawartości stron WWW



Rysunek 3.3. Architektura protokołu SIP

Źródło: [3]

- Terminale odgrywają dokładnie tę samą rolę, co terminal H.323. Ponieważ w protokole SIP nie istnieje pojęcie strefy, właśnie terminal spełnia równocześnie te funkcje, które w H.323 spełniała bramka.
- Serwer proxy odgrywa rolę podobną do roli strażnika H.323. Po otrzymaniu zgłoszenia przekazuje je dalej do następnego serwera i musi cały czas monitorować stan połączenia.
- Serwer przekierowań działa podobnie jak serwer proxy, tylko że zamiast przekazywać połączenie, informuje klienta, z kim ma je nawiązać. Po udzieleniu takiej informacji nie uczestniczy już w połączeniu.

SIP potrafi zidentyfikować użytkownika (potencjalnego uczestnika konferencji), a także jednoznacznie określić jego atrybuty, w tym:

- lokalizację (uczestnik konferencji może używać urządzenia przenośnego, a nawet kilku urządzeń jednocześnie),
- dostępność,
- cechy urządzenia, z którego korzysta.

Protokół umożliwia automatyczną konfigurację urządzeń na podstawie negocjacji parametrów połączenia. Nawiązywanie łączności odbywa się podobnie jak w telefonii tradycyjnej. Programista piszący aplikację wykorzystującą SIP nie musi martwić się o to, jakie urządzenie będzie odbierało połączenia – wystarczy, że obsługuje ono SIP. Nadzędnym celem projektantów protokołu była możliwość zmiany lokalizacji użytkownika. Wcześniejsze systemy wymagały statycznego przypisania użytkownika do konkretnego aparatu, podobnie jak w telefonii stacjonarnej. SIP pozwala na błyskawiczne „namierzenie” użytkownika w dowolnym miejscu i o dowolnej porze.

### 3.3. Porównanie protokołów H.323 i SIP

Protokoły H.323 i SIP mają wiele podobnych cech. Wynika to również z korzystania z rozwiązań konkurencji.

Pod względem funkcjonalnym oba protokoły są w stanie realizować podstawowe typy połączeń. Oba mają również zaimplementowane funkcje sterujące i zarządzające przepływnością jaka jest wykorzystywana do połączenia. Funkcje realizowane przez każdy z protokołów są bardzo podobne.

Procedura ustalania przepływności jest wymagana do zapewnienia poprawnej transmisji strumieni danych od nadajnika do odbiornika. Procedura ta ma ustalić maksymalną przepływność pomiędzy wyposażeniem użytkowników. Protokół H.323 do tego celu używa protokołu zgodnego z zaleceniem H.245, natomiast protokół SIP używa protokołu SDP (Session Description Protocol).

W celu zapewnienia jakości obsługi QoS, oba protokoły używają do rezerwacji zasobów sieciowych, protokołu RSVP (Resource ReSerVation? Protocol).

Niezawodność transmisji w protokole SIP jest realizowana poprzez retransmisję wiadomości co 0,5s aż do czasu otrzymania końcowego lub częściowego potwierdzenia. Protokół H.323 zapewnia szerszą gamę metod wykrywania i korekcji błędów. Opierają się one na licznikach czasu. Po wysłaniu wiadomości „SETUP„ uruchamiany jest odpowiedni licznik. Jeśli w odpowiednim czasie nadawca nie otrzyma potwierdzenia to licznik zostaje wyzerowany i rozpoczyna retransmisję. W przypadku powtarzania się zjawiska, zostawiane jest połączenie niezawodne TCP.

Dużą zaletą protokołu H.323 jest kompatybilność najnowszych wersji ze starszymi. Natomiast kolejne wersje protokołu SIP są pozbawiane niektórych funkcji, które nie będą wykorzystywane w przyszłości. Takie podejście podyktowane jest chęcią zmniejszenia rozmiaru kodu oraz redukcją złożoności protokołu. Powoduje to jednak utratę kompatybilności pomiędzy poszczególnymi wersjami protokołu.

Największym jednak problemem jest współdziałanie obu protokołów. Protokoły posiadają szereg, niezwykle subtelnych – i wydawałoby się nieznaczących – różnic, które w praktyce utrudniają międzysieciową współpracę różnych urządzeń używających tych protokołów, zwłaszcza pochodzących od różnych dostawców sprzętu.

W praktyce producenci instalują w swoich urządzeniach podwójne zestawy protokołów, zarówno H.323, jak też SIP.

Tabela 3.2 wyraźnie pokazuje przewagę technologiczną standardu SIP nad H.323. SIP jest protokołem prostszym i łatwiejszym do stosowania.

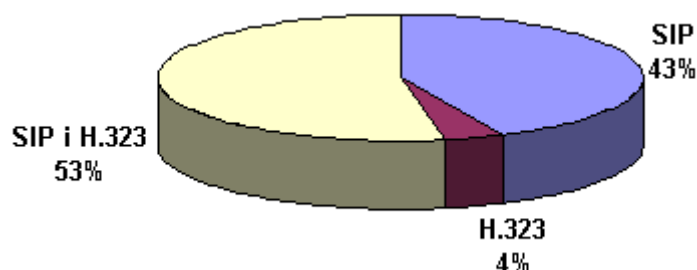
W roku 2000 większość produktów dostępnych na rynku opartych było na standardzie H.323, ale rynkowy udział standardu SIP gwałtownie wzrastał. Według badań przeprowadzonych wśród dostawców VoIP przez Network World w styczniu 2001r., aż 75% z nich oferowało produkty oparte na jednej z czterech wersji standardu H.323. Zbliżony procent dostawców VoIP planował już w czerwcu oferować produkty oparte na SIP'ie. Bardziej wymowną statystyką było to, że tylko 25% dostawców zamierzało zastąpić drugą wersję H.323 nowszymi wersjami: 3 i 4. Większość dostawców uważało, że standard H.323 stanie się standardem przestarzałym. W raporcie, z końca ubiegłego roku, firmy Wind River na podstawie 77 produktów wykorzystujących VoIP wyraźnie widać wzrost znaczenia standardu SIP na rynku, w ciągu jednego roku. Ogromna większość produktów (96%) oparta jest na protokole SIP przy ponad połowie opartych na H.323 (57%). Gwałtownie wzrosła przede wszystkim liczba produktów oferująca współdziałanie (ang. interoperability) standardów H.323 i SIP, co widoczne jest na rysunku 3.4.

Dzieje się tak za sprawą tego, że twórcy produktów opartych na H.323 coraz częściej

Tabela 3.2. Porównanie protokołów H.323 i SIP

	H.323	SIP
Model Architektury	Peer-to-peer	Peer-to-peer
Typy przesyłanych mediów	Dźwięk, video i ograniczone dane	Dźwięk, video i dane
Rodzaj sieci	(Intra/Extra)Net i Internet	(Intra/Extra)Net i Internet
Skalowalność	Średnia	Wysoka
Łatwość rozmieszczenia	Mała	Duża
Podział danych	T.120	T.120
Modularność	Niska	Wysoka
Ilość elementów	Setki	37 nagłówków
Sygnalizacja	Złożona	Prosta
Postać wiadomości	Binarna	Tekstowa
Udział na rynku	Duży, malejący	Mały, gwałtownie rosnący

Źródło: [8]



Rysunek 3.4. Wsparcie standardu przez produkty

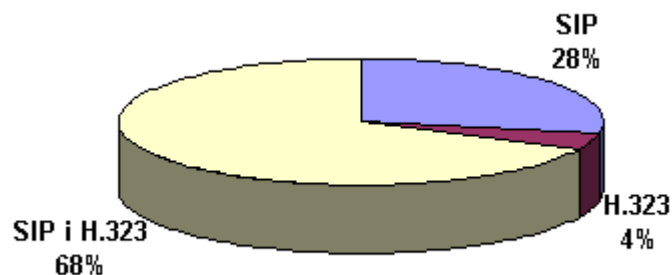
Źródło: [8]

dołączają standard SIP do swych produktów (53%). Nie rezygnują jednak z H.323 bo wiedzą, że dopóki nie pojawił się SIP istniał tylko H.323 i większość firm korzystało i wciąż korzysta tylko z tego standardu. H.323 ma silną pozycję na rynku, ale gwałtownie traci ją na rzecz SIP, który jest głównie wdrażany w nowo powstających firmach.

Wind River uważa, że skoro zaledwie 4% dostawców usług VoIP (patrz rysunek 3.5) wykorzystuje tylko standard H.323 to rynek pójdzie w kierunku współdziałania obu standardów, a z czasem przerodzi się to w dominację protokołu SIP.

### 3.4. Protokół Megaco/H.248

Struktura Megaco/H.248, została opracowywana wspólnie przez ITU-T i IETF. Zalecenie H.248 opracowane przez ITU-T zostało opublikowane w czerwcu 2000 r., natomiast RFC 3015 definiujący protokół Megaco wersja 1.0 został opublikowany w listopadzie 2000 r.



**Rysunek 3.5.** Wykorzystanie standardu przez dostawce usług VoIP

Źródło: [8]

Protokół ten został zaadaptowany także przez ETSI<sup>8</sup> do swojego modelu sieci konwergentnych. Efektem jest zalecenie ETSI TS 101 885.

Protokół ten jest stosowany do komunikacji między bramami dostępowymi a serwerem połączeń w modelu fizycznym. Megaco/H.248 jest protokołem typu master/slave, czyli jedna jednostka (serwer połączeń) jest jednostką nadrzędną w stosunku do drugiej (brama dostępowy).

Megaco/H.248 został zaprojektowany w celu zastąpienia wielu protokołów firmowych na styku pomiędzy bramą dostępową a serwerem połączeń. Protokół ten eliminuje również problemy ze współdziałaniem elementów pochodzących od różnych producentów.

Protokół ten zapewnia:

- kontrolę nad różnymi typami zakończeń (terminations),
- połączenia między kilkoma użytkownikami,
- QoS (ang. Quality of Service – gwarantowaną jakość usług) i pomiary ruchu w sieci,
- informacje o błędach w protokole, w połączeniu, użytych funkcjach usługowych, uszkodzeniu sieci.

Protokół Megaco/H.248 jest zorganizowany wokół zakończeń (ang. terminations). Przykładowe zakończenia to: zakończenie analogowej linii telefonicznej, zakończenie linii cyfrowej, punkt dostępu do mostka konferencyjnego lub serwer rozgłoszeniowy. Jako zakończenie należy rozumieć punkt wejścia lub wyjścia strumieni danych. Część zakończeń jest reprezentowanych przez porty znajduje się wewnątrz bramy dostępowej. Zakończenia są dwójakiego rodzaju:

- stałe (ang. persistent) – zazwyczaj umieszczone w bramach dostępowych,
- ulotne (ang. ephemeral) – tworzone na określone potrzeby, reprezentują strumienie w sieci pakietowej.

<sup>8</sup>ETSI (ang. European Telecommunications Standard Institute) Europejski Instytut Standaryzacji Telekomunikacji

Brama dostępowa przyporządkowuje danemu zakończeniu nazwę, tzw. TerminationID. Protokół Megaco/H.248 pośrednio wyznacza trasę strumieniom między zakończeniami, dołączając je do wspólnego kontekstu. Kontekst stanowi połączenie wszystkich urządzeń na drodze między połączonymi zakończeniami. Kontekst jest tworzony kiedy dwa zakończenia lub więcej zostają połączone. Mogą to być zarówno stałe jak i ulotne zakończenia. Procesem kreowania i usuwania kontekstu zajmuje się brama dostępowa sterowana przez serwer połączeń. Protokół posiada komendy pozwalające na dodanie lub usunięcie zakończenia z istniejącego kontekstu. Można również, przesuwać zakończenia między kontekstami.

# Zastosowania technologii VoIP w organizacjach gospodarczych

Najprostszym sposobem na wykonywanie połączeń VoIP jest wykorzystanie komputera PC, podłączone do sieci IP i wyposażonego w kartę głosową. Połączenia są wywoływane za pomocą adresów IP. Ze względów praktycznych zastosowanie tego typu rozwiązań ma ograniczony charakter i może być traktowane jako pewnego rodzaju eksperyment. Obecnie z hasłem VoIP kojarzonych jest wiele rozwiązań, nie zawsze w jasny sposób prezentowanych. Technologia VoIP wykorzystywana jest przede wszystkim w następujących celach:

- Budowanie biurowych sieci telefonicznych o zastosowaniu lokalnym, gdzie instalacja typu VoIP zastępuje centralki PBX. Zaletą tego rozwiązania jest wykorzystanie jednej infrastruktury transmisyjnej, z reguły sieci LAN opartej o protokół Ethernet, do łączenia komputerów oraz telefonów IP. Wadą jest nadal duży koszt urządzeń.
- Budowanie korporacyjnych sieci głosowych opartych na dzierżawionych łączach transmisji danych lub wirtualnych sieciach prywatnych. W najbardziej popularnych rozwiązaniach technologia VoIP jest wykorzystywana do łączenia biurowych sieci telefonicznych poprzez sieć IP za pomocą bramek VoIP podłączanych do central abonenckich PBX. Rozmowy telefoniczne są automatycznie kierowane przez sieć IP z pominięciem publicznych sieci telefonicznych. W tym przypadku można zapewnić dobrą jakość połączenia, a przy odpowiednio dużym natężeniu ruchu koszt wynajmu łącza jest niższy od opłat za impulsy.
- Świadczenie publicznych usług głosowych. Wymaga budowy systemu VoIP składającego się z wielu elementów, zapewniających współpracę z siecią tradycyjną (Gateway<sup>1</sup> – bramka łącząca tradycyjną sieć telekomunikacyjną z siecią IP), serwerów przyjmowania i kierowania zgłoszeń, systemu billingowego. Wykorzystanie technologii VoIP przez operatora umożliwia oferowanie połączeń głosowych we wszystkich relacjach. Głównym celem jest świadczenie tańszych połączeń telefonicznych, głównie międzymiastowych i międzynarodowych. Decydując się na zastosowanie służących do tego urządzeń abonent rezygnuje z jakości połączenia, wybiera niższą cenę. Do podobnych celów można wykorzystać programy pozwalające na komunikację głosową pomiędzy dwoma lub więcej komputerami w sieci, lub też pomiędzy komputerem i telefonem w sieci publicznej.

Wykorzystanie VoIP w świadczeniu publicznych usług głosowych daje największe korzyści. Dostęp do publicznych usług głosowych VoIP możliwy jest na wiele sposobów:

- Dostęp poprzez systemy dodzwaniania. Abonent dzwoni pod określony numer poprzez sieć tradycyjną ponosząc koszt połączenia lokalnego. Następnie po zestawieniu połączenie z wybranym numerem abonent autoryzuje się podając kod PIN, a następnie wprowadza numer docelowy. Obecnie proces to można automatyzować,

---

<sup>1</sup>(

np.: poprzez specjalne dialery. Zaletą tego rozwiązania jest bardzo łatwa dostępność usługi. Jest to, na chwilę obecną, najbardziej popularna metoda dostępu do usług VoIP.

- Dostęp poprzez bezpośrednio do sieci VoIP rozwiązanie stosowane przez firmy posiadające łącze IP. Rozwiązanie to umożliwia integrację centrali abonenckiej poprzez bramkę VoIP z siecią IP. Funkcjonalnie dostęp do usług VoIP, jest zupełnie przezroczysty dla abonentów. W przypadku abonentów biznesowych jest to istotne, ze względu na łatwość wprowadzenia tej usługi w biurze. W takim rozwiązaniu abonent nie ponosi kosztu połączeń lokalnych.
- Poprzez wykorzystanie specjalnych prefixów dostępu do usługi, oferowanej przez lokalnych operatorów telefonicznych.

Obecnie istnieją dwa sposoby rozliczania usług VoIP:

- Płatności z góry (pre-paid) system przewiduje, że każdy abonent posiada konto z limitem kosztu do wykorzystania na połączenia, rozliczane automatycznie w trakcie trwania połączenia. Ma zastosowanie w przypadku abonentów prywatnych.
- Płatność z dołu (post-paid) model stosowany w przypadku abonentów biznesowych. W kolejnych okresach operator usługi wystawia fakturę za wykonane połączenia i bardzo często udostępnia szczegółowy wykaz połączeń.

W przypadku publicznych usług VoIP korzyści są bardzo wyraźne, w szczególności w kierunkach międzynarodowych. Oszczędności sięgają nawet 40 do 60%. W przypadku korporacyjnych sieci VoIP, może to być mniej odczuwalne, ze względu na znaczne obniżenie cen połączeń międzymiastowych. Budowa takich sieci wymaga poniesienia wydatków na sprzęt, wdrożenie i późniejsze utrzymanie infrastruktury. Obecnie dostępne są rynku usługi wirtualnych sieci korporacyjnych VoIP, w ramach których abonent płaci miesięczny abonament, zaś operator usługi zapewnia uruchomienie usługi, administrację i nadzór.

Oprócz w/w zastosowań telefonia VoIP, będąc w istocie systemem komputerowym, umożliwia tworzenie aplikacji rozszerzających jej funkcjonalność. Poza podstawowymi funkcjami telefonicznymi takimi jak np.: identyfikacja numeru rozmowy przychodzącej lub wychodzącej, przeniesienie rozmowy, zawieszenie jej, czy choćby konferencje zestawiane zarówno na żądanie jak i aranżowane, system VoIP pozwala na realizację daleko bardziej złożonych aplikacji. Niektóre z nich to:

- zunifikowany system komunikacji (ang. Unified Messaging) integrujący pocztę głosową z pocztą elektroniczną i faksem,
- elektronicznego asystenta (ang. Personal Assistant) – system do kierowania rozmów współpracujący z kalendarzem Exchange,
- system IP IVR<sup>2</sup> do obsługi audiotekstu oraz tworzenia interfejsów głosowych do relacyjnych baz danych,
- system nagrywania rozmów,
- serwer konferencji głosowych,

---

<sup>2</sup>IVR (ang. Interactive Voice Response) interaktywny głosowy sytem odpowiedzi

- funkcjonalność Call Center<sup>3</sup>,
- inne.

---

<sup>3</sup>Call Center – centrum telefoniczne

## Zakończenie

Technologia VoIP przeżywa swój olbrzymi rozwój. Liczba dostawców usług VoIP jest obecnie bardzo duża. Ceny połączeń są bardzo zbliżone w najważniejszych kierunkach. Operatorzy usług konkurują więc jakością i dostępnością usług.

Można zaobserwować, że w cieniu bardzo zaawansowanej technologii telefonii tradycyjnej dynamicznie rozwija się nowa technologia nie zawsze oferująca lepszą jakość, lepsze i nowocześniejsze aplikacje. Na chwilę obecną nie można przesądzić o dalszym losie technologii VoIP. Prawdopodobne jest, że obie technologie będą się rozwijały i będą wykorzystywane.

Z punktu widzenia użytkownika końcowego ważna jest sama istota usługi, nie technologia. Skoro usługa zapewnia swobodną komunikację na akceptowalnym poziomie, jest tańsza to znaczy, że może nie warto się zastanawiać nad technicznym aspektem jej świadczenia. Z tego powodu liczba instalowanych systemów telefonii IP stale wzrasta, także w Polsce. Według badań IDC wartość rynku usług VoIP ma w 2004 r. osiągnąć 20 miliardów USD.

## Spis literatury

- [1] Praca zbiorowa *Vademecum Teleinformatyka t.2*, IDG, Warszawa 2002r.
- [2] Andrzej Nowodworski *VoIP dla praktyków*, Telenet Forum 6/2003, <http://www.telenetforum.pl>.
- [3] Tomasz Mroziński *SIP, czy H.323*, Telenet Forum 1/2003, <http://www.telenetforum.pl>.
- [4] Marcin Kotlarski *Technika VoIP – głos w Internecie*, <http://www.cdp.com.pl>.
- [5] Adam Urbanek *Telefony IP – przegląd oferty rynkowej*, NetWorld 8/2002, <http://www.idg.pl>.
- [6] Tadeusz Rogowski *Głos w sieciach danych*, PCkurier 19/2002, <http://www.pckurier.pl>.
- [7] *Telefonia IP – przegląd nowości* opracowanie na podstawie materiałów firmy Cisco, Integrator 7-8/2003, <http://integrator.solidex.pl>.
- [8] <http://akson.agh.waw.pl/~lp21443/old>

## Spis tabel

2.1. Standardy kompresji mowy ustanowione przez ITU-T . . . . .	8
3.1. Standardy ITU z serii H.32x . . . . .	13
3.2. Porównanie protokołów H.323 i SIP . . . . .	16

## Spis rysunków

1.1. Schemat połączenia sieci komputerowej z siecią telefoniczną przy wykorzystaniu technologii VoIP . . . . .	4
1.2. Droga głosu w technologii VoIP . . . . .	5
3.1. Architektura protokołu H.323 . . . . .	10
3.2. Architektura sieci zgodna z zaleceniami protokołu H.323. . . . .	12
3.3. Architektura protokołu SIP . . . . .	14
3.4. Wsparcie standardu przez produkty . . . . .	16
3.5. Wykorzystanie standardu przez dostawce usług VoIP . . . . .	17