Przewodnik w zakresie usług dostępu do Internetu

Warszawa, 2007r.

Spis treści

1. WSTĘP ... 5

1.1. GENEZA PRZEWODNIKA ... 5
1.2. PRZEZNACZENIE PRZEWODNIKA ... 5
1.3. DOSTĘP DO INTERNETU ... 6
1.3.1. Internet ... 6
1.3.2. Usługa dostępu do internetu ... 7
1.3.3. Użytkownik internetu ... 8

2. OFERTA USŁUG DOSTĘPU DO INTERNETU ... 8

2.1. WSTĘP ... 8
2.2. UŻYTKOWNICY INDYWIDUALNI ... 8
2.3. UŻYTKOWNICY BIZNESOWI ... 9

3. PARAMETRY USŁUGI DOSTĘPU DO INTERNETU ... 13

3.1. DEFINICJE ... 13
3.2. ODPOWIEDZIALNOŚĆ DOSTAWCY ... 15
3.3. PRAKTYCZNE ZNACZENIE WSKAŹNIKÓW JAKOŚCIOWYCH ... 17
3.3.1. Przepływność ... 17
3.3.2. Opóźnienie, zmienność opóźnienia i utrata pakietów ... 20
3.4. PARAMETRY NIEZAWODNOŚCIOWE ... 22

4. WYMAGANIA APLIKACJI ... 23

4.1. KOMFORT UŻYTKOWANIA USŁUG ... 23
4.2. WWW ... 23
4.3. POCZTA ELEKTRONICZNA ... 24
4.4. TELEFONIA INTERNETOWA ... 24
4.5. WYMIANA PLIKÓW (FTP I SIECI P2P) ... 26
4.6. GRY SIECIOWE ... 27
4.7. INSTANT MESSAGING ... 28
4.8. USŁUGI STRUMIENIOWE (INTERNETOWE RADIO I TELEWIZJA) ... 29

5. BEZPIECZEŃSTWO UŻYTKOWANIA INTERNETU ... 30

5.1. WSTĘP ... 30
5.2. OCHRONA ANTYWIRUSOWA I ANTYSPYWARE'OWA ... 31
5.3. OCHRONA ZASOBÓW UŻYTKOWNIKA ... 32
5.4. BEZPIECZEŃSTWO KOMUNIKACJI W INTERNECIE ... 32
5.5. BEZPIECZEŃSTWO SIECI WI-FI ... 33

6. PRZEGLĄD TECHNOLOGII DOSTĘPOWYCH ... 34

7. OPCJE USŁUGI W OFERTACH DOSTAWCÓW ... 38

7.1. ADRESACJA IP ... 38
7.2. PAKIETY HOSTINGOWE ... 39
7.3. MOŻLIWOŚĆ REJESTRACJI DOMEN ... 40
7.4. BLOKADA WYBRANYCH PORTÓW ... 40
7.5. OGRANICZENIA ILOŚCIOWE I CZASOWE TRANSFERU DANYCH ... 40

8. PRAWA I OBOWIĄZKI UŻYTKOWNIKA ... 42

8.1. DOKUMENTY REGULUJĄCE PRAWA I OBOWIĄZKI UŻYTKOWNIKA ... 42
8.2. UMOWA O ŚWIADCZENIE USŁUG DOSTĘPU DO SIECI INTERNET ... 43

9. OCHRONA TAJEMNICY TELEKOMUNIKACYJNEJ ... 46

10. PODSUMOWANIE ... 47

11. BIBLIOGRAFIA 49

11.1. DOKUMENTY PRAWNE I NORMALIZACYJNE 49
11.2. INNE MATERIAŁY 49

12. SPIS SKRÓTÓW 50

ZAŁĄCZNIK I. OPIS TECHNOLOGII DOSTĘPOWYCH 52

TECHNOLOGIE USŁUG DOSTĘPU DO INTERNETU 53

PODSTAWOWE INFORMACJE Z ZAKRESU TRANSMISJI DANYCH 53
DIAL UP 54
Charakterystyka systemu dostępowego dial-up 54
Ograniczenia technologii dial-up 55
DOSTĘP REALIZOWANY ZA POMOCĄ SYSTEMÓW XDSL 55
Charakterystyka systemu dostępowego xDSL 55
Ograniczenia związane z technologią i systemem sieci dostępowych xDSL 56
DOSTĘP REALIZOWANY POPRZEZ SIECI TELEWIZJI KABLOWEJ (CATV) 57
Charakterystyka usługi dostępu CATV 57
Ograniczenia technologii wpływające na jakość usługi 57
TECHNIKA DOSTĘPU DO INTERNETU POPRZEZ SIECI GPRS/EDGE/UMTS/CDMA 58
Charakterystyka i architektura systemów dostępowych GPRS/EDGE/UMTS/CDMA. 58
Ograniczenia technologiczne systemów GPRS/EDGE/UMTS/CDMA 60
SYSTEM DOSTĘPOWY WI-FI 61
Charakterystyka systemów Wi-Fi jako sieci złożonych z punktów dostępowych 61
Ograniczenia technologiczne sieci Wi-Fi 62
Charakterystyka dostępu radiowego Wi-Fi jako sieci zbudowanych z radiolinii 62
Ograniczenia sieci radiowych Wi-Fi 62
TECHNIKA DOSTĘPU SATELITARNEGO. 63
Charakterystyka satelitarnego dostępu jednokierunkowego 63
Charakterystyka satelitarnego dostępu dwukierunkowego 64
Ograniczenia technologii satelitarnej 65
SYSTEM WIMAX 65
Charakterystyka systemu dostępowego WiMAX. 65
TECHNIKA DOSTĘPU DO INTERNETU NA BAZIE TECHNOLOGII ETHERNET 66
Charakterystyka usług dostępu w technologii Ethernet 66
Ograniczenia w technologii Ethernet 69
DOSTĘP REALIZOWANY ZA POŚREDNICTWEM SYSTEMU LMDS 70
Charakterystyka systemów LMDS 70
Ograniczenia systemów LMDS 71

1. Wstęp

1.1. *Geneza przewodnika*

Internet otwiera przed użytkownikami znacznie szersze niż dotychczas możliwości dostępu do usług, rozrywki czy informacji stając się również obok telefonii i usług pocztowych kolejnym powszechnym środkiem komunikacji. Na przestrzeni ostatnich lat obserwowany jest w Polsce dynamiczny wzrost liczby użytkowników, związany z rosnącą świadomością społeczeństwa w zakresie korzyści wynikających z posiadania dostępu do sieci internetowej.

Rosnąca w szybkim tempie liczba użytkowników usług szerokopasmowego dostępu do internetu skutkuje zwiększeniem konkurencji wśród podmiotów oferujących tą usługę. Dostawcy ogólnokrajowi i lokalni prześcigają się w propozycjach oferując przepływności, które mają szansę zaspokoić oczekiwania coraz bardziej wymagających użytkowników indywidualnych oraz klientów biznesowych. Do zaostrzenia się walki konkurencyjnej przyczyniła się również decyzja Prezesa Urzędu Komunikacji Elektronicznej wprowadzająca ofertę ramową BSA[1] (ang. *Bitstream Access*), która umożliwia świadczenie usługi dostępu do internetu operatorom alternatywnym za pośrednictwem infrastruktury kablowej należącej do Telekomunikacji Polskiej, w wyniku czego, na początku 2007 roku możliwości w zakresie nabywania dostępu do internetu znacznie się zwiększyły. Dotychczasowy model dostępu użytkownika, polegający na świadczeniu przez operatora tej usługi za pośrednictwem jedynie własnej sieci dostępowej przestał obowiązywać.

Potencjalny nabywca usługi dostępu do internetu staje przed wyborem dostawcy usługi oraz konkretnego produktu z jego oferty. W praktyce często okazuje się, że nie ma on wiedzy wystarczającej na świadome podjęcie decyzji. Do świadomego podjęcia decyzji powinien on posiadać informacje o ograniczeniach technologii, w jakiej realizowany jest dostęp do internetu oraz wymagań aplikacji na parametry jakościowe transmisji danych.

W obliczu tych zmian na rynku usług dostępu do internetu, Urząd Komunikacji Elektronicznej udostępnia zainteresowanym przewodnik opracowany przez zespół autorów z Instytutu Łączności, który przybliży użytkownikowi zagadnienia związane z dostępem do internetu i usługami świadczonymi w internecie.

1.2. *Przeznaczenie przewodnika*

Przewodnik przeznaczony jest dla osób i organizacji będących nabywcami usługi dostępu do internetu oraz planujących zakup tej usługi lub zmianę dotychczasowych warunków jej świadczenia.

Celem przewodnika jest:

- wyjaśnienie terminologii stosowanej do opisu usług i technologii związanych z internetem.
- omówienie typowych parametrów usługi dostępu do internetu, które są deklarowane przez dostawców,
- omówienie możliwości i ograniczeń związanych z różnymi typami technologii dostępowych do internetu,

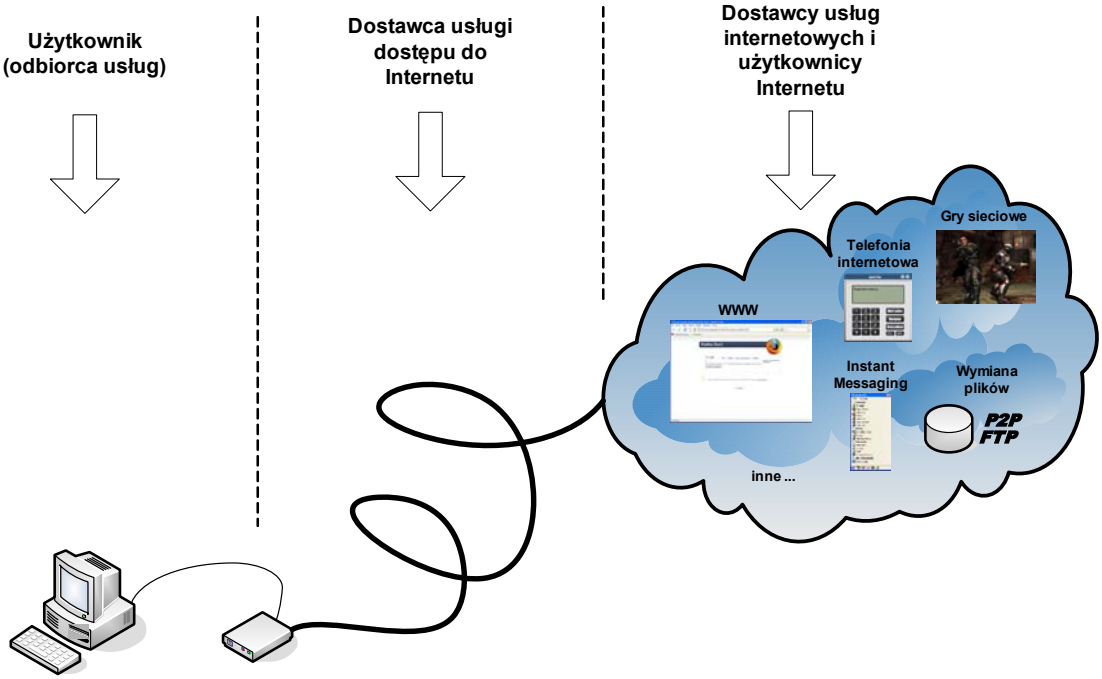
[1] Oferta określająca ramowe warunki dostępu do lokalnej pętli abonenckiej poprzez dostęp do węzłów sieci telekomunikacyjnej TP na potrzeby sprzedaży usług szerokopasmowej transmisji danych.

- omówienie usług oferowanych wraz z usługą dostępu do internetu z uwzględnieniem konsekwencji wynikających z zachowania tajemnicy telekomunikacyjnej w oferowanych usługach,
- określenie wymagań typowych aplikacji użytkownika, które wykorzystują sieć internet (np. porty, adresacja NAT, inne).

1.3. *Dostęp do internetu*

1.3.1. Internet

Internet oznacza ogólnoświatową sieć wykorzystującą do wymiany danych pomiędzy użytkownikami sieci wielu przedsiębiorców telekomunikacyjnych. Oprócz sieci telekomunikacyjnych, internet tworzą również urządzenia dołączone do tych sieci i wykorzystywane do świadczenia określonych usług za pośrednictwem internetu, jak np. serwery WWW czy serwery poczty elektronicznej. Dane wysyłane i odbierane przez użytkownika mogą być przesyłane nie tylko w sieci dostawcy internetowego, lecz również poprzez sieci innych operatorów zarówno w kraju jak i za granicą. Sieci eksploatowane przez operatorów i służące do wymiany ruchu internetowego są ze sobą połączone bezpośrednio lub pośrednio (poprzez sieci innych operatorów telekomunikacyjnych). W ten sposób powstaje globalna sieć złożona z fragmentów sieci poszczególnych operatorów wraz z dołączonymi do nich użytkownikami oraz usługodawcami, dla których internet stanowi środek wykorzystywany do świadczenia swoich usług klientom (Rys. 1).



Rys. 1. Obszary działania dostawców usługi dostępu do internetu oraz dostawców usług świadczonych za pośrednictwem internetu

Utworzona w ten sposób globalna sieć posiadała początkowo strukturę hierarchiczną, która jeszcze nie tak dawno pokrywała się z obszarami działania poszczególnych przedsiębiorców. Jednak obecnie coraz częściej granice te powoli się zacierają, ponieważ

przedsiębiorcy telekomunikacyjni kierują swoją ofertę do różnych grup odbiorców, wśród których można wyróżnić zarówno dostawców usługowych jak i odbiorców końcowych. Jednak formalnie nadal można wyróżnić trzy poziomy dostawców internetu.

Najniższą warstwę (tzw. *Tier 3*) tworzą lokalni przedsiębiorcy telekomunikacyjni, świadczący usługi użytkownikom końcowym. Do grupy tej zaliczają się zarówno sieci osiedlowe, jak i lokalni przedsiębiorcy telekomunikacyjni dostarczający usługę dostępu do internetu na obszarze dzielnic, miast lub większych regionów. Do tej grupy należą również przedsiębiorcy posiadający znacznie większy udział w krajowym rynku usług. Usługi oferowane przez te podmioty często obejmują prócz dostępu do internetu również inne usługi telekomunikacyjne.

Operatorzy ci, aby zapewnić swoim klientom dostęp do sieci internet często muszą dzierżawić łącza u co najmniej jednego operatora regionalnego (tzw. *Tier 2*). Przedsiębiorcy ci (należący do Tier 2) dysponują własną infrastrukturą sieciową lub dzierżawią fragmenty tworzące sieć szkieletową na obszarze danego regionu lub nawet całego kraju. Dzięki temu możliwe jest przesyłanie danych na znaczne odległości w obrębie kraju.

Operatorzy ci świadczą usługi nie tylko lokalnym dostawcom, lecz również średnim i dużym przedsiębiorstwom oraz instytucjom wymagającym łączy o znacznej przepustowości. Oferują też zazwyczaj usługi dodatkowe, takie jak kolokacja (przechowywanie serwerów klienta we własnej serwerowni). Operatorzy ci wymieniają również ruch pomiędzy własnymi sieciami. Dostawcy regionalni (*Tier 2*) są z kolei najczęściej klientami firm oferujących połączenia międzynarodowe (*Tier 1*).

Z biegiem czasu granice pomiędzy dostawcami internetu poszczególnych poziomów zaczęły się zacierać i przedstawiona trzypoziomowa struktura uległa spłaszczeniu, co objawia się m.in. tym, że usługę dostępu do internetu oferują nie tylko lokalni dostawcy, lecz również dostawcy regionalni, co przekłada się na wzrost liczby konkurencyjnych ofert na rynku.

1.3.2. Usługa dostępu do internetu

Usługa dostępu do internetu polega na zapewnieniu użytkownikowi końcowemu dostępu do usług świadczonych w sieci internet za pomocą infrastruktury telekomunikacyjnej niezbędnej do jej świadczenia. Usługa ta charakteryzowana jest przepływnością dla transmisji danych w kierunku od i do abonenta. Wymagane jest wskazanie urządzenia w sieci przedsiębiorcy telekomunikacyjnego obsługującego ruch użytkownika, do którego transmisja danych z wykorzystaniem protokołu IP ma miejsce z deklarowaną przez dostawcę przepływnością. Ponadto, usługa ta jest charakteryzowana również parametrami zależnymi od technologii dostępu tzn. rodzajem interfejsu na styku użytkownik - sieć i wynikającymi stąd konsekwencjami (np. w odniesieniu do trybu transmisji)[2].

Świadczenie tej usługi wiąże się również z koniecznością zapewnienia:

- uwierzytelnienia i autoryzacji użytkownika,
- adresu IP (czasowego lub na stałe),
- usług serwera DNS.

Dostawca usługi dostępu do internetu to przedsiębiorca telekomunikacyjny uprawniony do świadczenia usług telekomunikacyjnych i świadczący usługi dostępu do internetu.

[2] Patrz: Załącznik I. Opis technologii dostępowych

1.3.3. Użytkownik internetu

Użytkownik nabywając usługę dostępu do internetu, uzyskuje możliwość korzystania z usług świadczonych w sieci internet przez wszystkich dostawców nie związanych z aktualnym dostawcą. W tym celu użytkownik powinien dysponować zestawem odpowiednich aplikacji, dzięki którym może korzystać ze wspomnianych usług (np. przeglądarka internetowa, komunikator, itd.).

Najpopularniejszymi usługami świadczonymi za pośrednictwem internetu są m.in.:

- dostęp do stron WWW i innych usług świadczonych za pośrednictwem protokołu HTTP i HTTPS (w tym handlu elektronicznego i bankowości internetowej),
- poczta elektroniczna,
- wymiana plików (pomiędzy użytkownikami lub pobieranie plików z dedykowanych serwerów FTP),
- gry sieciowe (on-line),
- Instant Messaging,
- telefonia internetowa (wraz z telefonią video),
- usługi strumieniowe (np. radio lub telewizja internetowa).

Należy podkreślić, że każdy użytkownik internetu może być również dostawcą usługi w sieci internet (np. publikując treści na stronie WWW lub udostępniając pliki), jeśli tylko dysponuje odpowiednimi środkami sprzętowymi, oprogramowaniem oraz wiedzą (Rys. 1).

W ten właśnie sposób realizowana jest idea globalnej i powszechnej sieci internet.

2. Oferta usług dostępu do internetu

2.1. *Wstęp*

Oferta usług dostępu do internetu jest zróżnicowana pod kątem grup nabywców: klientów indywidualnych oraz klientów biznesowych. Atrakcyjność oferty dostępu do internetu przeznaczonej dla pierwszej z wymienionych grup w znacznym stopniu związana jest z ceną za usługę. W stosunku do tej grupy użytkowników, dostawcy są również mniej skłonni do zagwarantowania czasu usunięcia awarii czy też zaoferowania dodatkowych opcji usługi (jak np. możliwość przypisania tzw. publicznego adresu IP, patrz również rozdział 7).

O ile istotnym kryterium wyboru dostawcy dla pierwszej grupy odbiorców jest cena usługi, o tyle druga z grup jest znacznie bardziej wymagająca, ponieważ od wydajnej i niezawodnej usługi dostępu do internetu często zależą istotne interesy tych użytkowników. W tym przypadku np. przerwa w świadczeniu usługi może oznaczać wymierne straty finansowe. W związku z tym oferta przeznaczona dla użytkowników firmowych zazwyczaj uwzględnia możliwość posiadania wyższej dostępności usługi, czy nawet gwarantowanego maksymalnego opóźnienia pakietów pomiędzy urządzeniami dołączonymi do sieci internet przez tego samego dostawcę.

2.2. *Użytkownicy indywidualni*

Dzięki konkurencji na rynku dostawców internetowych użytkownicy indywidualni mają do dyspozycji wiele sposobów na dołączenie się do „światowej pajęczyny”. Od pewnego czasu atrakcyjną alternatywą dla dostępu kablowego jest dostęp bezprzewodowy (radiowy), przy czym wykorzystywana jest zarówno transmisja w oparciu o systemy naziemne jak i satelitarne. W większości przypadków, niezależnie od sposobu dostarczenia usługi do abonenta (przewodowo lub bezprzewodowo), wymagane jest umieszczenie u abonenta

urządzenia odpowiedzialnego za konwersję sygnału do postaci, w której może być on dostarczony do komputera użytkownika. Urządzenie to określa się jako wyposażenie użytkownika CPE (ang. *Customer Premises Equipment*) lub modem – wyposażone jest w interfejs[3] umożliwiający dołączenie do komputera (oznaczany dodatkowo nazwą LAN (Local Area Network) oraz interfejs umożliwiający dołączenie do sieci obejmujących swoim zasięgiem duży obszar (WAN łączy najczęściej sieci miejskie lub mniejsze sieci rozległe).

Nazwa modem jest obecnie często wykorzystywana w odniesieniu do wszystkich urządzeń pełniących funkcję konwersji sygnału na potrzeby transmisji danych bez względu na rodzaj technologii dostępowej. Wciąż jednak dla modemów kablowych istotny jest podział na:

- modemy przeznaczone do transmisji danych w sieci PSTN/ISDN (coraz rzadziej wykorzystywane ze względu na niską przepływność),
- modemy szerokopasmowe realizujące tę samą funkcje w odniesieniu do dostępu szerokopasmowego.

Ze względu na sposób połączenia modemu z komputerem można wyróżnić dwa rodzaje modemów, wewnętrzne i zewnętrzne. Modemy wewnętrzne mogą być instalowane w komputerze z wykorzystaniem złączy (slotów) ISA, PCI lub PCMCIA. W przypadku modemów zewnętrznych, do połączenia komputera z modemem najczęściej wykorzystywane są interfejsy: USB (ang. *Universal Serial Bus*) i Ethernet oraz w starszych rozwiązaniach interfejsy RS-232.

Użytkownicy indywidualni zazwyczaj wykorzystują dostęp do sieci internet na pojedynczym komputerze, natomiast potrzeba zapewnienia tej usługi na kilku komputerach wymaga rozdzielenia dostępu do internetu na kilka stanowisk. W tym celu wykorzystywane są urządzenia określane mianem routerów. Nie zawsze jednak dostawcy usług zezwalają indywidualnym użytkownikom na podział łącza (powinno być to wyraźnie zaznaczone w regulaminie świadczenia usługi), w szczególności dotyczy to udostępniania sygnału poza lokal usługobiorcy. Na rynku dostępne są również oferty dostawców, którzy w ramach usługi dostarczają również router z funkcją bezprzewodowego dostępu. Dzięki niemu z dostępu do internetu w obrębie danego lokalu użytkownika może korzystać jednocześnie wiele osób dysponujących urządzeniami wyposażonymi w karty Wi-Fi (np. laptopy, PDA, telefony IP i inne).

2.3. *Użytkownicy biznesowi*

Użytkownicy biznesowi stawiają zazwyczaj wyższe wymagania usłudze dostępu do internetu, ponieważ w wielu przypadkach stanowi on podstawowe narzędzie komunikacji z klientami, kontrahentami i petentami. Internet może również stanowić narzędzie do komunikacji pomiędzy oddziałami tej samej firmy w odległych geograficznie lokalizacjach. W ten sposób może stanowić także narzędzie komunikacji z pracownikiem, który został oddelegowany lub pracuje w domu (telepraca). Sieć utworzoną pomiędzy poszczególnymi oddziałami w oparciu o internet określa się również mianem prywatnej sieci wirtualnej, VPN (ang. *Virtual Provate Network*).

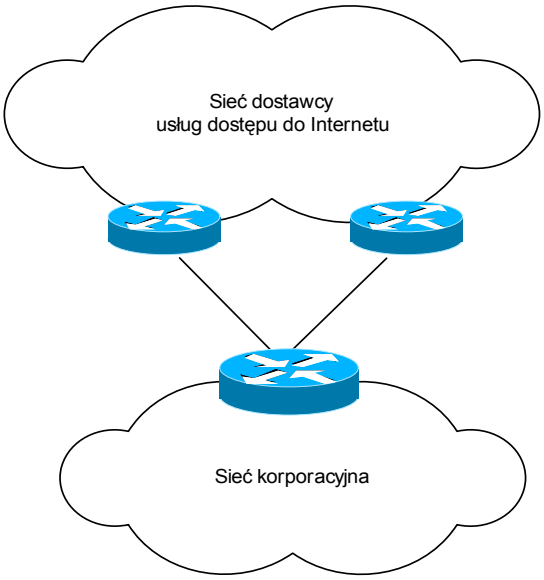
Taka sieć rozległa jest rozwiązaniem efektywnym kosztowo, lecz jednocześnie nie gwarantującym określonego poziomu usług w relacji pomiędzy danymi lokalizacjami, szczególnie w przypadku usługi dostępu do internetu realizowanej za pośrednictwem różnych dostawców usługowych. Oznacza to, że dostawca usługowy nie gwarantuje jakości usług w realizacji punkt-punkt, co również może prowadzić do ograniczenia dostępności

[3] Interfejs oznacza punkt połączenia, zwykle pomiędzy elementami sprzętowymi.

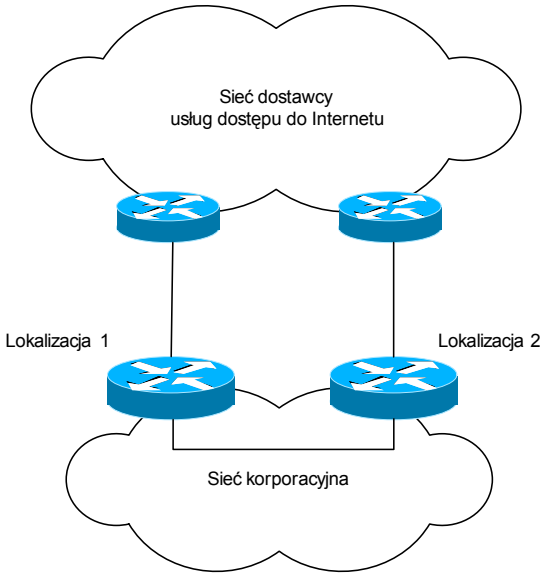
poszczególnych lokalizacji w przypadku drastycznego obniżenia poziomu jakości usług dostępu do internetu. W celu minimalizacji skutków tego zjawiska wykorzystywane są topologie sieci uwzględniające nadmiarowość (tzw. redundancję) łączy do internetu. Zapewnienie redundancji łączy internetowych może być realizowane następującymi metodami:

- podmiot eksploatujący sieć rozległą udostępnia jeden punkt dostępu do internetu (w postaci bramy) dla użytkowników swojej sieci, co wymaga alternatywnego zapewnienia: wielu łączy do jednego dostawcy internetowego (wariant 1) lub łączy do wielu dostawców internetowych jednocześnie (wariant 2),
- podmiot eksploatujący sieć rozległą udostępnia wiele punktów dostępu do internetu (wiele bram) dla użytkowników swojej sieci, co daje możliwość dołączenia każdej bramy do jednego (wariant 3) lub wielu dostawców internetowych wariant 4 (zapewnienie łącza w obrębie sieci korporacyjnej realizowanej w oparciu o własne zasoby podnosi niezawodność dostępu do usług internetowych).

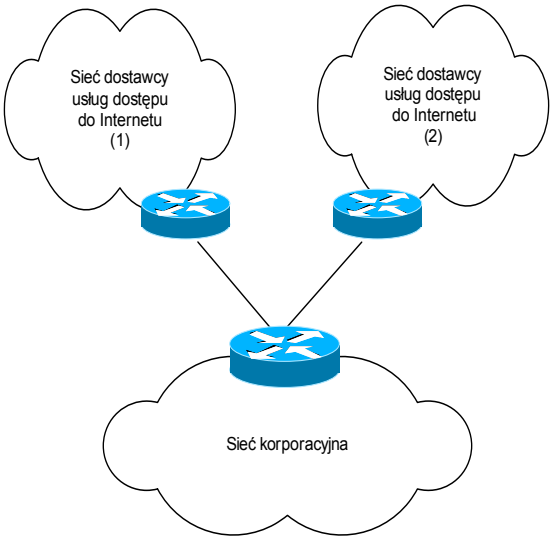
Topologie sieciowe obrazujące obie metody zapewniania redundancji wraz z rozwiązaniami wariantowymi przedstawiono na rysunkach Rys. 2- Rys. 5.



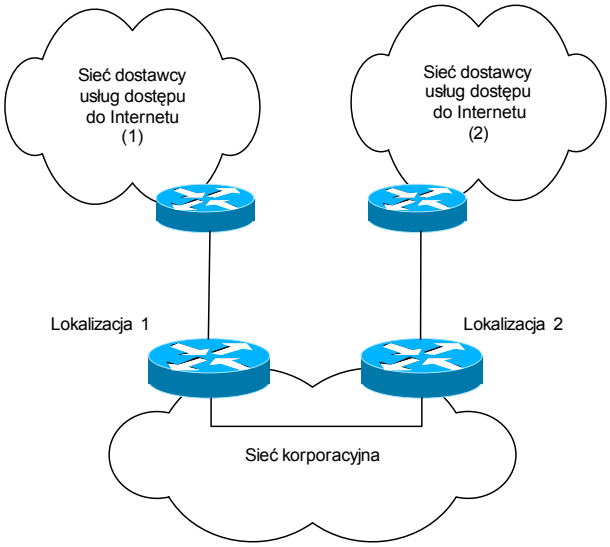
Rys. 2. Wariant 1. Dostęp do sieci internet realizowany za pośrednictwem jednego węzła sieci korporacyjnej



Rys. 3. Wariant 2. Dostęp do sieci internet realizowany za pośrednictwem dwóch węzłów sieci korporacyjnej

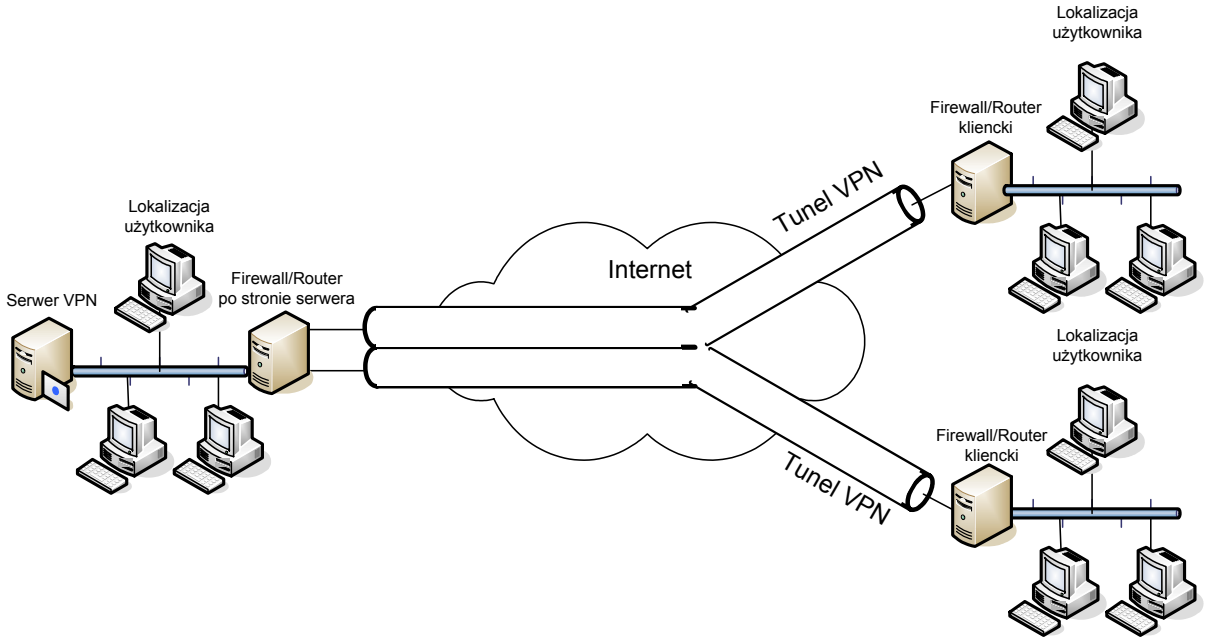


Rys. 4. Wariant 3. Dostęp do sieci internet zapewniany przez dwóch dostawców i realizowany za pośrednictwem jednego węzła sieci korporacyjnej



Rys. 5. Wariant 4. Dostęp do sieci internet zapewniany przez dwóch dostawców i realizowany za pośrednictwem dwóch węzłów sieci korporacyjnej

W przypadku wykorzystania sieci internet do realizacji sieci VPN wykorzystywane są szyfrowane tunele, mające na celu zapewnienie poufności i integralności przesyłanych danych pomiędzy połączonymi lokalizacjami. Przykładowy schemat połączeń w tego typu sieci VPN przedstawiono na Rys. 6. Wiele korporacji daje również możliwość dołączania do własnej sieci korporacyjnej także zdalnych pracowników (np. na potrzeby telepracy). Oznacza to, że bezpieczny kanał wymiany informacji łączy stację roboczą, wykorzystywaną przez zdalnego pracownika oraz macierzystą sieć (a ściślej koncentrator VPN).



Rys. 6. Przykładowy schemat sieci VPN opartej na sieci internet

Pod względem złożoności i rodzaju ruchu wymienianego pomiędzy węzłami, sieci VPN dzielą się na sieci zapewniające:

- połączenie pomiędzy lokalizacjami w ramach sieci korporacyjnej, gdzie usytuowane są sieci lokalne danej korporacji,
- dołączenie pojedynczego użytkownika (co jest wykorzystywane np. w celu zapewnienia zdalnego dostępu pojedynczych użytkowników do zasobów informatycznych przedsiębiorstwa).

Zapewnienie łączy pomiędzy rozproszonymi geograficznie lokalizacjami korporacji w ramach sieci VPN może być oparte o usługi transmisji danych dostawcy lub w oparciu o sieć internet. W porównaniu do sieci WAN tworzonych samodzielnie przez korporację w oparciu o dedykowane zasoby przedsiębiorcy telekomunikacyjnego (np. łącza dzierżawione) sieci VPN stanowią rozwiązanie bardziej efektywne kosztowo przy elastycznym dopasowaniu do potrzeb korporacji.

Sieci VPN mogą również zapewniać zdalny dostęp użytkowników do zasobów informatycznych firmy. Ten typ dostępu może być oferowany zarówno pracownikom zdalnym jak i mobilnym oraz tym, którzy dostęp do wspomnianych zasobów chcą mieć zapewniony na żądanie (np. stali kontrahenci, biura usługowe, itp.). Zakładając, że nie jest konieczne zapewnienie stałego łącza (o określonej dostępności) pomiędzy zdalnym użytkownikiem a węzłem sieci korporacyjnej, użytkownik może wykorzystać każdy typ dostępu do sieci internet, jaki jest mu oferowany przez dostawcę usługowego, w celu dołączenia do sieci teleinformatycznej przedsiębiorstwa.

3. Parametry usługi dostępu do internetu

3.1. *Definicje*

Ocena jakości usługi dostępu do internetu możliwa jest z wykorzystaniem wskaźników, które przyjmowane są do oceny jakości w sieciach transmisji danych. Podstawowy zbiór parametrów jakościowych usługi obejmuje parametry, które wpływają na wydajność usługi transmisji danych, ocenianą przez użytkowników głównie pod kątem komfortu korzystania z serwisów internetowych. Jednocześnie, z punktu widzenia użytkownika komfort ten oznacza również brak awarii, które uniemożliwiają korzystanie z usługi, stąd istotne są również parametry związane z niezawodnością infrastruktury, za pomocą której dostarczają ją odbiorcom. Pierwszą grupę wskaźników tworzą typowe parametry oceny jakości usług transmisji danych, które zostały zestawione poniżej:

Przepływność (przepustowość)

Z ang. *Troughput*, oznacza zdolność kanału do przenoszenia informacji binarnej, wyrażona liczbowo określa, ile bitów danych można przesłać w ciągu jednej sekundy przez medium transmisyjne. Przepływność jest wyrażana w bitach na sekundę (b/s, kb/s, Mb/s, Gb/s).

W przypadku dostępu do internetu, przepływność należy rozumieć jako ilość danych przenoszonych za pomocą protokołu IP w ciągu jednej sekundy. Przepływność ta może być mniejsza od przepływności binarnej łącza dostępowego.

W odniesieniu do możliwości transmisyjnych dostępnego medium często stosowanym terminem jest również pasmo (ang. *Bandwidth*). Pomimo, że telekomunikacyjne korzenie tego terminu odnoszą się do zakresu częstotliwości, w których odbywa się przesyłanie sygnału, to w odniesieniu do sieci transmisji danych terminy przepływność, przepustowość i pasmo (szerokość pasma) są ze sobą utożsamiane.

Opóźnienie pakietu

Czas niezbędny na przesłanie pakietu z punktu A do punktu B w sieci. Przyczyną opóźnienia może być np. przebywanie pakietu w buforach urządzeń sieciowych jak i przetwarzanie informacji zawartych w pakiecie. Należy pamiętać, że opóźnienia, jakim ulega pakiet w związku z tymi zjawiskami sumują się i mogą w rezultacie negatywnie wpływać na jakość usług świadczonych za pośrednictwem internetu, a co za tym idzie na komfort korzystania z nich. Efekt ten w szczególny sposób dotyczy aplikacji interaktywnych, takich jak VoIP, wideokonferencja czy gry sieciowe.

Definicja oraz sposób wyznaczania wartości opóźnienia pakietu został opisany w dokumencie IETF RFC 2679.

Niekiedy parametr ten bywa mylony z innym parametrem – czasem odpowiedzi (RTD, *Round Trip Delay*), będącym wskaźnikiem, którego wartość jest dostarczana m.in. przez narzędzia systemowe, takie jak np. program *ping*. Czas odpowiedzi to z kolei łączny czas niezbędny na przesłanie tzw. pakietu żądania z punktu A do punktu B, a następnie tzw. pakietu odpowiedzi w przeciwnym kierunku, czyli z punktu B do punktu A. Należy tutaj podkreślić różnicę pomiędzy dwoma omówionymi wskaźnikami, ponieważ opóźnienie pakietu uwzględnia czas „podróży” pakietu tylko w jedną stronę (stąd często spotykane określenie anglojęzyczne *One-way Delay*), natomiast czas odpowiedzi (określany anglojęzycznym terminem *Round Trip Time*) uwzględnia łącznie dwa etapy „podróży”.

Zmienność opóźnienia pakietu, (określana też jako jitter lub wariancja opóźnienia pakietu)	Wskaźnik ten określany również jako rozrzut opóźnień jest pochodną opóźnienia pakietu. Jego wartość jest związana ze zjawiskiem przybywania pakietów w nierównych odstępach czasowych, co związane jest m.in. z możliwością transmitowania pakietów różnymi drogami w sieci czy też przetrzymywaniem pakietów w kolejkach na poszczególnych urządzeniach sieciowych. Jedynie w idealnych warunkach pakiety przybywają do odbiornika w równych odstępach czasu i wówczas wartość omawianego parametru wynosi 0 ms, w przeciwnym wypadku odstępy te nie są równe (wartość większa od 0 ms). Podobnie jak w przypadku opóźnień, również jitter wywiera niekorzystny wpływ na jakość usług interaktywnych i multimedialnych. Definicja tego parametru jest zawarta w dokumencie IETF RFC 3393.
Współczynnik utraty pakietów	Wskaźnik ten jest wyrażony procentowo liczbą utraconych pakietów w odniesieniu do całkowitej liczby pakietów transmitowanych w jednym kierunku pomiędzy punktem A i punktem B. Jako pakiety utracone uznawane są nie tylko pakiety, które nigdy nie dotarły do punktu B, lecz również pakiety uszkodzone lub takie, które w wyniku fragmentacji w punkcie A, nie mogły zostać poprawnie odtworzone w punkcie B, a nawet te, których czas transmisji znacznie przekroczył średni czas transmisji obserwowany pomiędzy tymi punktami. Parametr ten został zdefiniowany w dokumencie IETF RFC 2680.

Obok grupy parametrów opisujących jakość usługi, wpływ na komfort z jej korzystania ma również niezawodność jej dostarczania. Jest ona opisywana przez szereg parametrów, które podobnie jak w poprzednim przypadku nie zawsze znajdują zastosowanie przy ocenie jakości dostępu do internetu. Jak wspomniano, czynniki niezawodnościowe odgrywają szczególną rolę w przypadku usług świadczonych przez przedsiębiorcę na rzecz odbiorców komercyjnych. W dalszym ciągu opracowania zamieszczono zestawienie typowych wskaźników wykorzystywanych do definiowania gwarancji jakości usług w sieciach transmisji danych:

Czas pomiędzy awariami	Odstęp czasu pomiędzy wystąpieniem kolejnych awarii
Czas powiadomienia o planowanym wyłączeniu łącza z obsługi	Odstęp czasu pomiędzy zgłoszeniem do nabywcy usług planowanego wstrzymania świadczenia usługi na łączu WAN (spowodowanego przerwą techniczną) a zaprzestaniem jej świadczenia. Dostawca usługi jest zobowiązany powiadomić komórkę odpowiedzialną za obsługę sieci WAN po stronie nabywcy usług o planowanym wstrzymaniu świadczenia usługi (5 dni roboczych).
Czas reakcji	Odstęp czasu pomiędzy zgłoszeniem awarii przez uprawnionego przedstawiciela nabywcy a odpowiedzią służb utrzymania sieci dostawcy równoznaczną z rozpoczęciem procedury naprawczej lub wyjaśniającej. Zgłoszenie awarii jest równoznaczne z utworzeniem karty problemu dla tej awarii.
Czas usunięcia awarii	Odstęp czasu pomiędzy chwilą zgłoszenia wystąpienia awarii do chwili przywrócenia funkcjonowania usługi do stanu sprzed wystąpienia awarii. Stosowane są również terminy: maksymalny i średni czas usunięcia awarii odnoszące się odpowiednio do najdłuższego zadeklarowanego (nieprzekraczalnego) czasu, w którym awaria powinna zostać usunięta oraz wartości średniej arytmetycznej czasów usunięcia awarii.

Dostępność usługi

Wartość tego wskaźnika to wyrażona procentowo suma godzin w ciągu okresu rozliczeniowego, podczas których usługa działała bez wystąpienia awarii.
Dostępność usługi definiowana jest jako 100% pomniejszone o wyrażony w procentach stosunek sumarycznego czasu liczonego w minutach, w którym usługa nie była dostępna w danym okresie do całkowitej liczby minut w okresie, w którym parametr ten jest mierzony (np. 1 rok = 365 dni, 1 miesiąc = 720 godzin). Zależność tę określa wzór:

$$D = 100\% * (1 - \frac{t}{T})$$

gdzie:
D – dostępność usługi,
T – liczba godzin w monitorowanym przedziale czasowym,
t – skumulowana liczba minut niedostępności usługi w monitorowanym przedziale czasowym.
W przypadku klientów biznesowych znacznie bardziej użytecznym parametrem jest **dostępność usługi w godzinach służbowych**, która stanowi wyrażoną procentowo dostępność eksploatowanych usług w trakcie wykonywania przez obsługę dostawcy usług lub upoważniony przez niego podmiot czynności utrzymaniowych polegających na rekonfiguracji łączy dostępowych w trakcie jej funkcjonowania w godzinach służbowych (tj. np. pon. pt. w godz. 8.00 - 18.00).

3.2. *Odpowiedzialność dostawcy*

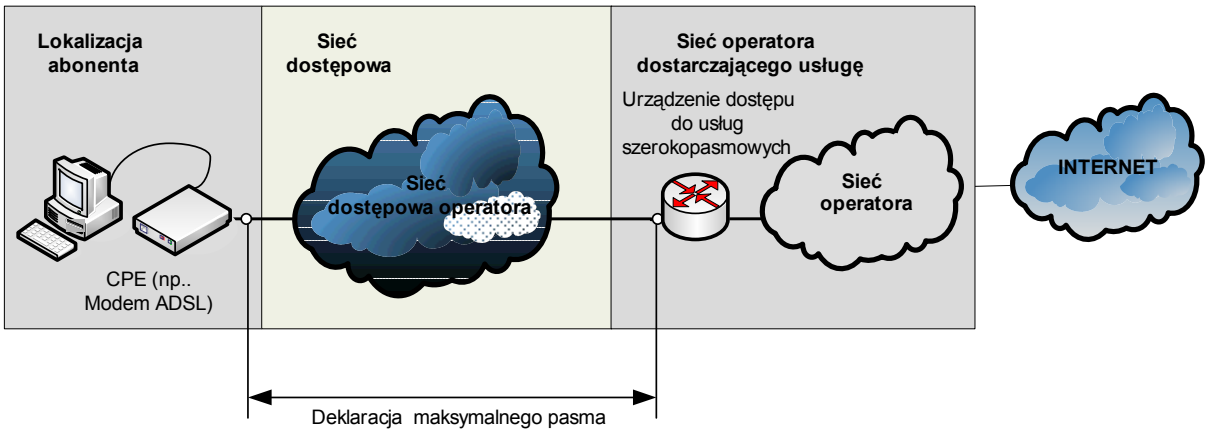
Obie grupy wskaźników, zarówno jakościowych jak i niezawodnościowych, są stosowane do opisu jakości usług transmisji danych, natomiast dostęp do internetu jest szczególnym przypadkiem takiej usługi, która umożliwia wymianę danych pomiędzy komputerami dołączonymi do „sieci" utworzonej w oparciu o infrastrukturę wielu operatorów. W związku z tym nie jest możliwe zagwarantowanie przez operatora priorytetowego traktowania danych wymienianych przez określone aplikacje (np. telefonię internetową) na całej drodze, którą pokonują pakiety, ponieważ wymagałoby to wymuszenia stosowana tych samych reguł na wszystkich dostawcach internetu świecie. W rezultacie dla użytkownika oznacza to, że w sieci internet nie są stosowane mechanizmy gwarantowania jakości usług.

Każdy z dostawców usługi może natomiast zagwarantować tylko te parametry, na które ma wpływ. Do podstawowych parametrów w tym przypadku należy najczęściej przepływność dla dostępu do sieci oraz parametry związane z utrzymaniem infrastruktury zapewniającej dostęp do internetu (m.in. ciągłość dostarczania usługi - dostępność usługi). Dostawca może zapewnić również określoną maksymalną wartość innych parametrów jakościowych (np. opóźnienia czy współczynnika utraty pakietów), lecz jedynie w obrębie zarządzanej przez siebie infrastruktury sieciowej. Podsumowując, użytkownik musi mieć świadomość, że dostawca usług dostępu do internetu nie bierze na siebie odpowiedzialności za zapewnienie parametrów jakościowych w ramach sieci internet, ponieważ zagwarantowanie określonych wartości parametrów jakościowych na całej drodze, jaką przebywają pakiety danych, nie jest możliwe.

Użyteczność wskaźników takich jak opóźnienie, zmienność (wariancja) opóźnienia oraz współczynnik utraty pakietów w przypadku całej sieci internet pozostaje istotna ze względu na ocenę jakości internetu jako warstwy transportu danych na potrzeby aplikacji. Wskaźniki te można traktować jako punkt odniesienia dla pomiarów na własne potrzeby, np. po to, aby porównać aktualne warunki w sieci z warunkami, które miały miejsce w innym czasie. Również przepływność mierzona za pomocą narzędzi dostępnych w internecie może różnić

się od wartości widniejącej na umowie o świadczenie usługi ze względu na fakt, że serwery biorące udział w tych pomiarach często dołączone są za pośrednictwem sieci innych operatorów.

Jak wspomniano, podstawowym parametrem wydajnościowym usługi dostępu do internetu jest przepływność łącza dostępowego. Jeśli nie zaznaczono inaczej, parametr ten odnosi się do możliwości przesyłania danych protokołu IP na łączu pomiędzy modemem (na Rys. 7 oznaczonym jako CPE), do którego dołączony jest komputer użytkownika oraz routerem szerokopasmowym dostawcy internetowego. Podstawową jednostką przepływności na łączu jest bit na sekundę (oznaczany jak *b/s*), jednak jednostka ta jest na tyle mała, że oferowane usługi dostępu szerokopasmowego do internetu są opisywane z wykorzystaniem jednostek odpowiednio tysiąc lub nawet milion razy większych, czyli przepływność wyrażana jest odpowiednio w kilobitach lub megabitach na sekundę (odpowiednio *kbit/s* lub *kb/s* i Mbit/s lub *Mb/s*).



Rys. 7. Zakres odpowiedzialności dostawcy dostępu do internetu za parametry oferowanej usługi

Innymi słowy parametr ten oznacza maksymalną możliwą do osiągnięcia „szybkość" przesyłania danych protokołu IP na łączu dostępowym. Szybkość ta przekłada się na czas pobierania strony WWW, załącznika do wiadomości poczty elektronicznej, pobierania pliku, itp. Należy pamiętać, że dostawca internetowy dla poszczególnych opcji usługi określa zawsze dwie wartości przepływności: z sieci do komputera użytkownika (określany też kierunkiem „w dół sieci" lub angielskim terminem *downlink*) oraz w przeciwnym kierunku, czyli od komputera użytkownika do sieci internet (określany odpowiednio kierunkiem „w górę sieci" lub anglojęzycznym terminem *uplink*). Rozróżnienie dwóch kierunków transmisji ma w przypadku szerokopasmowego dostępu do internetu znaczenie, ponieważ charakterystyka eksploatacji tej usługi pokazuje, że większe porcje danych są pobierane z sieci, niż do niej transmitowane. Reguła ta dotyczy przede wszystkim użytkowników indywidualnych, natomiast w przypadku użytkowników biznesowych jest to uzależnione od celu, w którym wykorzystywany jest dostęp do internetu. W większości przypadków oferowane na rynku usługi dostępu do internetu wspierają taki profil ruchu zapewniając asymetryczny podział przepływności tj. większą przepływność do użytkownika oraz mniejsza w kierunku przeciwnym, czyli od użytkownika do sieci internet. Zazwyczaj przepływność „w górę" jest ok. czterokrotnie większa od przepływności „w dół" sieci.

Ze względu na wydajność sieci oraz optymalizację kosztów, dostawca usługi decyduje się na zapewnienie deklarowanej przepływności na omawianym odcinku sieci, wiedząc, że zasoby sieci są współdzielone pomiędzy wielu użytkowników. Tym samym dopuszcza on sytuację, w których wielu jednocześnie korzystających z internetu użytkowników będzie korzystało z dostępu do internetu z niepełną przepływnością (przypadające na użytkownika pasmo będzie mniejsze niż zadeklarowana przez dostawcę maksymalna wartość). Oznacza to również, że w sytuacji, gdy liczba korzystających z internetu i dołączonych do jednego urządzenia dostępu do usług szerokopasmowych spadnie do poziomu zapewniającego uzyskanie maksymalnej przepływności, użytkownik powinien mieć zapewnioną transmisję danych z maksymalną gwarantowaną przez dostawcę przepływnością.

Praktyka polegająca na zapewnieniu sumarycznie mniejszej przepływności w sieci szkieletowej (i na łączach do innych operatorów) niż wynikałoby to z liczby użytkowników stosowana jest powszechnie przez wszystkich operatorów i nosi nazwę agregacji ruchu. Agregacja sprawdza się jednak tylko wówczas, gdy operator ma wiedzę dotyczącą aktywności swoich abonentów i potrafi ocenić, z jaką intensywnością oraz z jakich usług korzystają oni najczęściej. Dzięki tej wiedzy powinien on odpowiednio kierować ruchem internetowym w swojej sieci. W dosyć trudnej sytuacji są tutaj operatorzy małych sieci, którzy będąc zależni często od jednego operatora, zazwyczaj nie mają dużego wpływu na kierowanie ruchu użytkowników zapewniające optymalne wykorzystanie przepływności łącza dostępowego.

Bez względu na wielkość obszaru działania dostawcy, nabywca usługi nie powinien być pozbawiany dostępu do tego typu informacji, gdyż wpływa to na dokonywany przez niego wybór dostawcy. Dostawca usługowy powinien natomiast udostępnić użytkownikowi oraz nabywcy usługi podstawowe informacje o środkach, które wykorzystuje, aby zapewnić prawidłowe działanie usługi swoim abonentom. Podstawowy zakres informacji dostarczany przez dostawcę usługi dostępu do internetu powinien dotyczyć:

- posiadanych punktów styku sieci transmisji danych, którą wykorzystuje do transportu ruchu internetowego, z sieciami innych operatorów wraz z określeniem przepływności dla tych punktów,
- możliwości sieci, którą dostawca usługowy wykorzystuje do obsługi ruchu internetowego w zakresie przepływności pomiędzy węzłami sieci szkieletowej oraz technologii, w jakiej ta transmisja ma miejsce.

Powyższy zakres informacji dotyczy zasobów sieciowych, z których korzysta dostawca usługi, ponieważ jego odpowiedzialność za jakość świadczonej usługi rozciąga się na całą zarządzaną przez niego sieć IP włączając w to punkty styku z sieciami innych operatorów. Odpowiedzialność ta przekłada się na zapewnienie takich przepływności na łączach pomiędzy węzłami sieci szkieletowej i w punktach styku z innymi sieciami oraz zapewnienie takiego kierowania ruchu, aby ta sieć wraz z siecią dostępową nie stanowiły bariery w korzystaniu z aplikacji.

3.3. *Praktyczne znaczenie wskaźników jakościowych*

3.3.1. Przepływność

Uwzględniając specyfikę sieci internet, należy mieć na uwadze, że przepływność nie oznacza jednocześnie szybkości, z jaką dane z dowolnej lokalizacji w sieci internet będą pobierane na komputer użytkownika. Wpływ na tę szybkość ma bowiem wiele innych

czynników, np. takich jak przepływność łącza dostępowego, za pomocą którego dołączony jest drugi z użytkowników lub serwer, aktualne warunki w sieci, itp.
W tabeli (Tabl. 1) zamieszczono przykładowe czasy pobierania z sieci internet różnego typu danych, przy założeniu, że w danej chwili użytkownik dysponuje pełną przepływnością łącza.

Tabl. 1. Przykładowe czasy pobierania różnego typu danych w zależności od przepływności łącza dostępowego

Czas pobierania …	*Dostęp za pośrednictwem modemu analogowego (przepływność 56 kb/s)*	*Dostęp szerokopasmowy (512 kb/s)*	*Dostęp szerokopasmowy (przepływność 2Mb/s)*	*Dostęp szerokopasmowy (przepływność 8Mb/s)*
przykładowej strony WWW (100 kB)	15 sekund	1,5 sekundy	0,5 sekundy	0,5 sekundy
zdjęcia 1MB (np. jako załącznika poczty elektronicznej)	3 minuty	16 sekund	4 sekundy	1 sekunda
utworu muzycznego (3 MB) ze strony internetowej	9 minut	1 minuta	15 sekund	4 sekundy
filmu (600 MB)	30 godzin	200 minut	50 minut	12 minut

Należy jednak podkreślić, że definicja przepływności ma ogólny charakter i nie zależy od technologii, w jakiej wykonana jest infrastruktura sieci dostępowej operatora. Każdy może zatem sprawdzić jaka jest w danej chwili przepływność łącza dostępowego. Przystępując do pomiaru należy mieć świadomość, że pomiar ten jest realizowany przez aplikację użytkownika i polega na wymianie pakietów z wykorzystaniem określonego protokołu pomiędzy komputerem użytkownika a określonym komputerem w sieci internet i wynika stąd szereg konsekwencji, a mianowicie:

- drugi z komputerów biorący udział w tym pomiarze powinien być dołączony do internetu za pośrednictwem sieci tego samego dostawcy a jednocześnie parametry tego dołączenia w postaci przepływności nie powinny wpływać na wynik pomiaru tzn. przepływność („w górę” oraz „w dół” sieci) powinna być większa niż przepływność badanego łącza dostępowego,
- pomiar przepływności powinien odbywać się z wykorzystaniem określonego protokołu, co jest związane z faktem, że przepływność definiowana jest dla przekazywania pojedynczych bitów informacji, natomiast aplikacje wykorzystywane przez użytkownika mierzą przepływność zliczając porcje informacji przenoszone wewnątrz pakietów (określonego protokołu). Często takie „opakowanie” przenosi dodatkowe informacje nieuwzględniane przez aplikacje mierzące przepływność. Do poprawnej interpretacji wyniku niezbędna jest zatem informacja na temat protokołu („opakowania”), które zostało wykorzystane w trakcie pomiaru (najczęściej TCP lub UDP).
- dostawcy zazwyczaj nie gwarantują przepływności w sieci internet nawet w obrębie własnej sieci szkieletowej. Takiej gwarancji powinni jednak udzielać w obrębie własnej sieci dostępowej (patrz Rys. 7), stąd idealnym rozwiązaniem byłby pomiar przepływności pomiędzy komputerem użytkownika a szerokopasmowym routerem dostępowym.
- przepływność deklarowana przez dostawcę usługi dostępu do internetu jest deklarowaną wartością maksymalną i może nie być osiągana w 100% w trakcie eksploatacji usługi (przedsiębiorcy telekomunikacyjni przyjmują w tym przypadku

założenie, że nie wszyscy użytkownicy będą korzystać z usługi w tym samym czasie),

- wynik pomiaru przepływności może być zafałszowany przez aplikacje, które działając „w tle" na komputerze użytkownika" korzystają również z wymiany danych przez internet (np. komunikatory, programy wymiany plików P2P). Istotnym warunkiem wiarygodności jest więc również wyłączenie tego typu aplikacji przed rozpoczęciem pomiaru.
- wynik pomiaru ma charakter szacunkowy i powinien służyć jedynie ocenie stanu łącza dostępowego. Należy przy tym pamiętać, że transmisja w internecie często jest realizowana z wykorzystaniem kompresji danych (np. strony WWW) W niektórych przypadkach wynik pomiaru wskazujący na przepływność wyższą niż zakontraktowana może zatem okazać się zaskoczeniem dla użytkownika.

Praktyczny pomiar przepływności przez użytkownika może być przeprowadzony za pomocą dedykowanych aplikacji (do pobrania z internetu) lub za pośrednictwem wybranych witryn internetowych. Z przykładowymi aplikacjami można zapoznać się pobierając je z witryn:

- http://sourceforge.net/projects/tptest/ (program tptest opracowany na zlecenie szwedzkiego urzędu ochrony konsumentów, licencja Freeware),
- http://www.netlimiter.com/ (Program NetLimiter w wersji Monitor dostarcza informacji statystycznych związanych z transferem danych na łączu dostępowym),

Wiele serwisów internetowych (zazwyczaj dostawców usługowych) oferuje na swoich stronach możliwość przeprowadzenia testów przepływności. Przykładowe strony są umieszczone pod adresami:

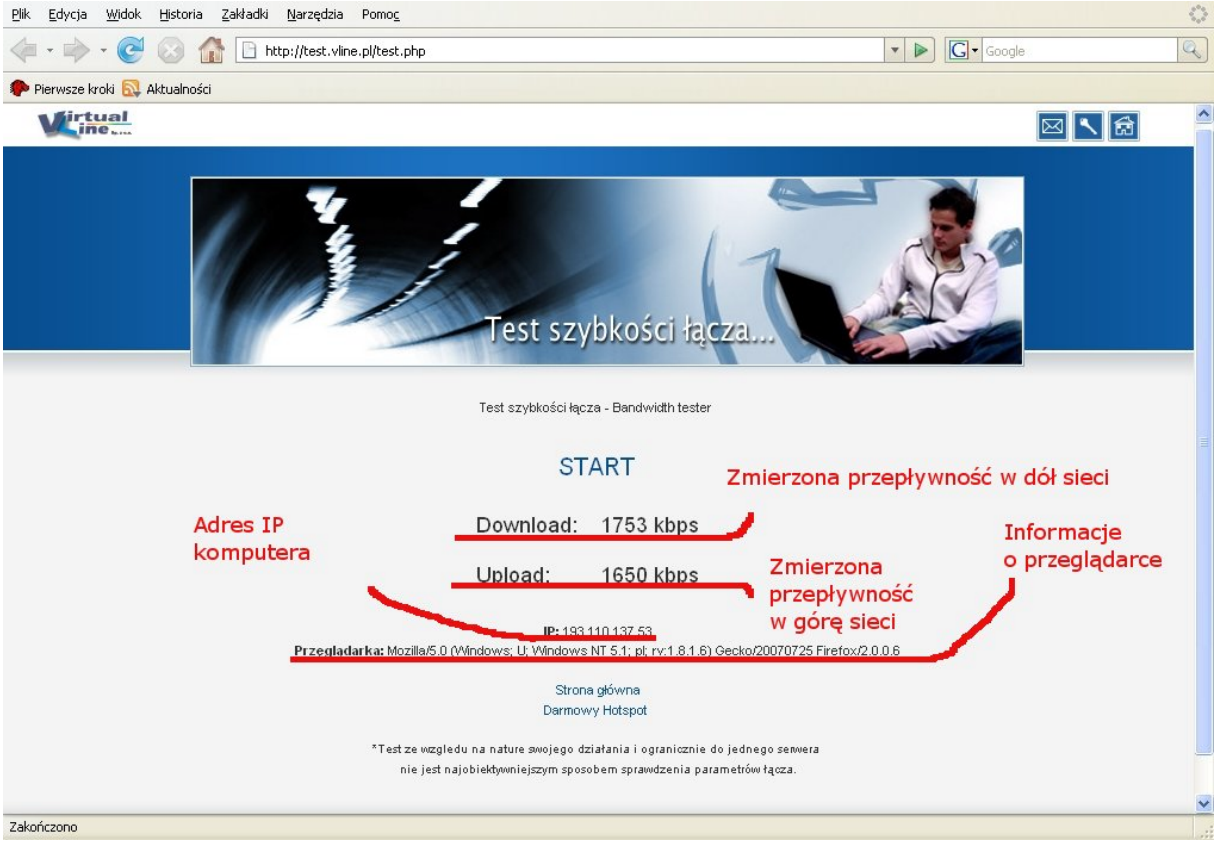
Strony polskojęzyczne:

- http://noc.gts.pl/
- http://test.vline.pl/test.php
- http://www.ip.wp.pl
- http://test.sopee.net/
- http://test.kk.com.pl/licz.php

Strony zagraniczne:

- http://www.bandwidthplace.com/speedtest/
- http://myspeed.visualware.com/
- http://www.speakeasy.net/speedtest/
- http://resources.zdnet.co.uk/speedtest/
- http://www.continuum.com.pl/speedtest
- http://www.dsl.cz/
- http://www.numion.com/YourSpeed/
- http://www.abeltronica.com/velocimetro/pt/?idioma=uk&newlang=uk
- http://www.adslguide.org.uk/tools/speedtest.asp
- http://promos.mcafee.com/speedometer/test_0150.asp
- http://www.speedtest.gtelnet.net/
- http://www.speedmeter.nl/speedmeter.de/

Przykładowy wynik pomiaru wykonanego z wykorzystaniem serwisu pod adresem (http://test.vline.pl/test.php) został zobrazowany na rysunku (Rys. 8).

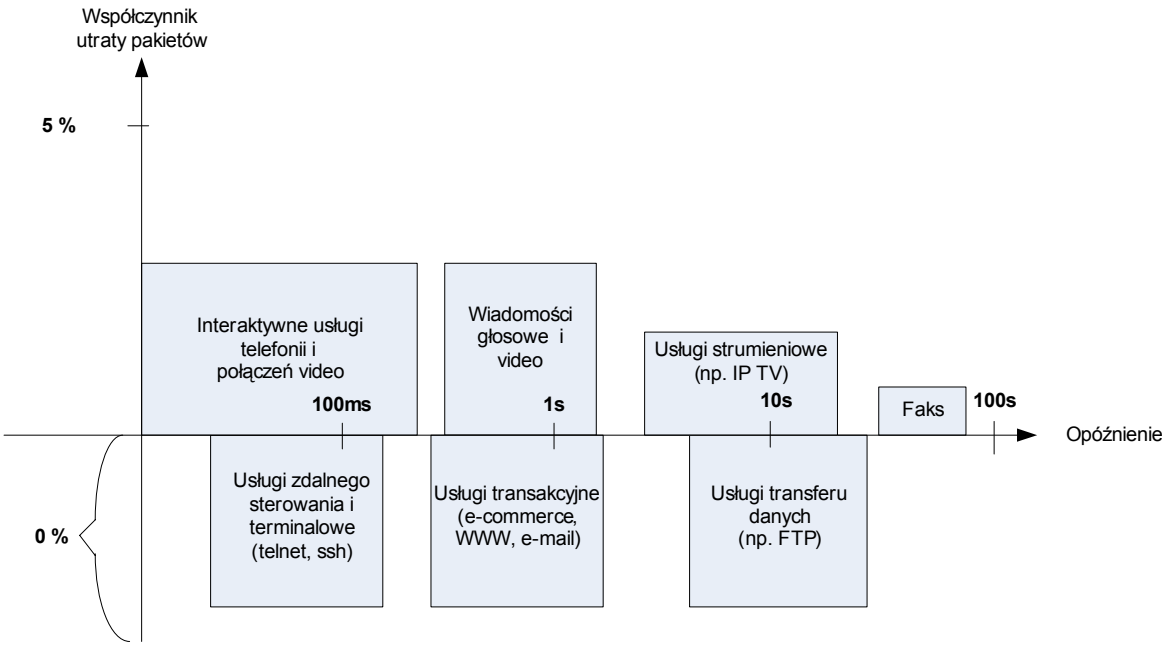


Rys. 8. Wynik pomiaru przepływności łącza dostępowego (na stronie http://test.vline.pl/test.php)

3.3.2. Opóźnienie, zmienność opóźnienia i utrata pakietów

Z punktu widzenia usług realizowanych poprzez sieć internet, poza definiowaną przez dostawcę usług dostępu do internetu przepływnością, bardzo istotne są parametry takie jak opóźnienie, zmienność opóźnienia oraz utrata pakietów. Parametry te ściśle związane są z technologią, w jakiej realizowany jest dostęp do internetu. Przykładem jest dostęp satelitarny charakteryzujący się dużymi opóźnieniami. Pomimo, że dostawcy usług dostępu do internetu nie gwarantują spełnienia określonych wartości tych parametrów, to dla niektórych usług w sieci internet (np. telefonia internetowa) parametry te należy traktować jako krytyczne.

Na rysunku pokazano zakres akceptowalnych opóźnień (oś pozioma) oraz poziom akceptowalnej utraty pakietów (oś pionowa) dla poszczególnych typów aplikacji (Rys. 9).



Rys. 9. Podział usług wg kryterium opóźnienia i strat (na podstawie Zalecenia ITU-T G.1010)

Przekroczenie granicznych wartości nie spowoduje zaprzestania funkcjonowania aplikacji, jednak wpłynie (niekiedy nawet znaczne) na obniżenie komfortu z jej korzystania. W tabeli poniżej (Tabl. 2) zamieszczono informacje na temat wrażliwości różnych typów aplikacji na wskaźniki jakościowe typowe dla usług transmisji danych

Tabl. 2. Wrażliwość różnych typów aplikacji na parametry jakościowe łączy dostępowych

	Wrażliwość aplikacji na:		
Typ aplikacji	**Ograniczoną przepływność**	**Utratę pakietów**	**Opóźnienia**
Głos	Niska (przy zastosowaniu odpowiedniej kompresji)	Średnia	Duża
Transakcje w internecie	Niska	Duża	Duża
e-mail	Niska	Duża	Niska
telnet, ssh	Niska	Duża	Średnia
Przeglądanie stron WWW	Średnia	Średnia	Średnia
Wymiana plików	Duża	Duża	Niska
Komunikacja video	Duża	Średnia	Duża
Telewizja IP	Duża	Średnia	Średnia

Dla oszacowania wartości opóźnienia i jittera użytkownik może wykorzystać szereg programów, z których najbardziej popularnym narzędziem jest program *ping*, który wchodzi w skład systemów operacyjnych instalowanych obecnie w komputerach. Jest to program wysyłający do urządzenia w sieci pakiet protokołu ICMP (ang. *Internet Control Message Protocol*) *Echo Request* i odbierający w odpowiedzi pakiet *Echo Reply*. Na tej podstawie wyznaczany jest czas odpowiedzi (będący sumą czasu transmisji i odpowiedzi) oraz zliczane są pakiety, na które program ten uzyskał odpowiedź od zdalnego komputera. Najprostsze

wywołanie[4] programu wymaga wpisania komendy: `ping nazwa_hosta`[5]" w oknie terminala (przykład: `ping www.onet.pl`).

Choć większość publicznie dostępnych serwerów obsługuje pakiety protokołu ICMP, co pozwala na sprawdzenie łączności pomiędzy komputerem i siecią internet, to aplikacja ta nie jest narzędziem idealnym, ponieważ niektóre urządzenia sieciowe mogą filtrować pakiety protokołu ICMP aby uniemożliwić sprawdzenie dostępności w sieci poszczególnych routerów lub serwerów. W takim przypadku użytkownik wykonujący polecenie *„ping"* na swoim komputerze uzyskuje wynik w postaci całkowitej utraty pakietów odpowiedzi, nie oznacza to jednak, że zdalny komputer jest niedostępny.

3.4. *Parametry niezawodnościowe*

Zasadniczo wszystkie omówione wskaźniki mogą być zastosowane do oceny jakości usługi dostępu internetowego, jednak w większości są uwzględniane (i zarazem gwarantowane) głównie abonentom biznesowym, dla których prawidłowe funkcjonowanie dostępu do internetu stanowi istotny warunek funkcjonowania firmy. Możliwe jest również udzielenie gwarancji utrzymania tych wskaźników przez operatora na określonym poziomie. Wówczas pomiędzy dostawcą usługi i jej odbiorcą podpisywana jest tzw. umowa o poziomie świadczenia usług (*SLA*, ang. *Service Level Agreement*), w której dostawca zobowiązuje się do utrzymywania wskaźników jakościowych (zarówno tych związanych z jakością transmisji danych jak i tych związanych z jakością łącza dostępowego) na określonym poziomie. Deklaracja określonych wartości parametrów jakościowych ma wówczas wpływ na ostateczną cenę produktu, którym jest usługa dostępu do sieci internet.

Niestety, nie zawsze klienci nabywający tę usługę mają możliwość wyboru opcji powiązanych z różnymi wartościami tych parametrów i zazwyczaj jest to przywilej klientów biznesowych nabywających większą liczbę produktów od danego przedsiębiorcy telekomunikacyjnego. Niemniej jednak należy zwrócić uwagę na parametry jakościowe określane przez dostawcę, których przestrzeganie powinno być udokumentowane zapisem w regulaminie świadczenia usługi.

Najczęściej jedynym parametrem niezawodnościowym, którego wybór jest pozostawiony indywidualnemu nabywcy usługi jest oferowana przez dostawcę **dostępność usługi**, która niekiedy jest wyrażana za pomocą innego wskaźnika, a mianowicie braku dostępności (przerwy w świadczeniu usługi), czyli stanu, w którym do lokalizacji abonenta nie jest dostarczany sygnał zapewniający transmisję danych do/z sieci internet.

O ile nie zdefiniowano inaczej, za okres przerwy w świadczeniu usług użytkownikowi przysługuje rekompensata. Tryb uznania przerwy w świadczeniu usług regulują zazwyczaj przepisy regulaminu świadczenia usługi lub umowy o świadczenie usługi dostępu do internetu. W związku z tym oczekując rekompensaty za czas awarii łącza, należy upewnić się, czy tryb składania reklamacji i żądania rekompensaty wymaga, aby użytkownik samodzielnie powiadomił dostawcę usługi o zaistniałej awarii (taka informacja powinna być zawarta w regulaminie świadczenia usług). Jeśli tak właśnie jest, dostawca będzie oczekiwał na reklamację i jeśli jej nie otrzyma, nie naliczy również należnej rekompensaty.

[4] Polecenie „ping" posiada wiele opcji umożliwiających m.in. ustalenie wielkości pakietu testowego ICMP, liczbę pakietów wysłanych w jednej serii, itp. Aby uzyskać informację o pozostałych opcjach należy wpisać komendę „ping" bez nazwy hosta.

[5] nazwa_hosta oznacza adres (w postaci domenowej lub numeru IP) serwera, komputera lub urządzenia w sieci, do którego ma zostać wysłany pakiet kontrolny

4. Wymagania aplikacji

4.1. *Komfort użytkowania usług*

O ile ocena jakości usługi dostępu do internetu jest przeprowadzana z wykorzystaniem określonych wskaźników takich jak przepływność na łączu dostępowym oraz dostępność usługi, o tyle znacznie trudniej ocenić jakość usług świadczonych za pośrednictwem internetu. Przyczyn należy upatrywać przede wszystkim w braku obiektywnych wskaźników, których wartość podawana w bezwzględnej skali mogłaby stanowić odpowiedź na pytanie o poziom jakości usługi. Przyjmując z kolei założenie, że podstawą oceny powinny być subiektywne odczucia użytkowników usług, trudno jest je przełożyć na wymagania stawiane usługom transmisji danych.

W dalszej części materiału zamieszczono krótką charakterystykę aplikacji wraz z wymaganiami, które są przez nie stawiane dla usług transmisji danych (w tym dostępowi internetowemu).

4.2. *WWW*

Wspierający działanie usługi WWW (ang. *World Wide Web*) protokół HTTP (ang. *HyperText Markup Language*) należy do najbardziej popularnych protokołów sieci internet. HTTP daje możliwość uzyskania dostępu do serwerów zawierających strony WWW tworzone z wykorzystaniem języka HTML. Strona WEB identyfikowana jest jednoznacznie przez swój adres HTTP określany także mianem URL (ang. *Uniform Resource Locator*). Wiadomości HTTP korzystają z formatu podobnego do stosowanego w wiadomościach poczty elektronicznej.

Idea funkcjonowania usługi HTTP polega na przesyłaniu przez klienta HTTP (przeglądarka na komputerze użytkownika) żądania do serwera HTTP. Żądanie obsługi zawiera identyfikator URI (ang. *Universal Resource Identifier*), identyfikator wersji protokołu, oraz część użytkową. Odpowiedź udzielana przez serwer informuje o pozytywnym bądź negatywnym przetworzeniu żądania obsługi. W sytuacji, gdy żądanie zostało obsłużone, wówczas odpowiedź z serwera zawiera także część użytkową stanowiącą najczęściej zawartość strony WWW. Przy negatywnej odpowiedzi odpowiedź zawiera wskaźnik błędu, który również prezentowany jest w oknie przeglądarki.

Protokół HTTP współpracuje w warstwie transportowej z TCP, co wskazuje na określony sposób obsługi żądań przez sieć IP. Wynikają stąd m.in. opóźnienia związane z przesyłaniem wiadomości HTTP oraz opóźnienie związane z buforowaniem w węzłach pośrednich sieci. Interfejs WWW daje możliwość nie tylko oglądania treści stron, lecz również dostępu do poczty elektronicznej, umieszczania wypowiedzi na forach dyskusyjnych, blogach, itp. Szyfrowana wersja protokołu HTTP (czyli HTTPS) wykorzystywana jest z kolei do realizacji transakcji dokonywanych w wirtualnych sklepach i bankach.

Wymagania nakładane na sieci transmisji danych, które służą do przesyłania danych zwierających strony WWW ograniczają się do przepływności łącza dostępowego. Ma ona bowiem kluczowy wpływ na czas przesyłania strony z serwera WWW do przeglądarki w komputerze użytkownika (patrz Tabl. 1). Należy pamiętać, że dużą rolę odgrywa nie tylko przepływność na łączu dostępowym użytkownika lecz również łączu dostępowym, którym dołączony jest do sieci internet serwer WWW. Warto przy tej okazji wspomnieć, ze profesjonalne serwery internetowe, na które codziennie zaglądają setki czy tysiące ludzi muszą być dołączone do internetu za pomocą łączy ze znacznie większą przepływnością (np. kilkudziesięciu Mb/s), przy czym istotna jest przepływność do użytkownika (uplink).

4.3. *Poczta elektroniczna*

Poczta elektroniczna (*electronic mail - E-mail*) jest jedną z powszechniejszych usług służącą do przesyłania wiadomości tekstowych wraz załączonymi plikami (listów elektronicznych). W większości instytucji jest najczęściej wykorzystywaną usługą internetową, szczególnie w zakresie wymiany informacji z klientami i partnerami oraz innymi uczestnikami procesu wymiany informacji. Usługa ta różni się w znaczny sposób od typowych usług informatycznych, ponieważ zakłada opóźnienie w przesyłaniu informacji. Opóźnienie to spowodowane jest stosowaniem techniki magazynowania, która umożliwia dostarczenie wiadomości do użytkowników w sytuacji, gdy lokalne urządzenia odbiorcze pozostają niedostępne. W momencie wysyłania wiadomości przez użytkownika system umieszcza jej kopię w przechowalni na serwerze źródłowym, z którego korzysta nadawca (wraz z informacjami dotyczącymi nadawcy, odbiorcy, komputera docelowego oraz czasem maksymalnym przechowywania). Następnie serwer ten inicjuje przesyłanie wiadomości do odległego serwera docelowego bez potrzeby angażowania użytkownika. Proces przesyłający pocztę w tle wykorzystuje usługi DNS do pozyskania adresu IP komputera odbiorcy, a następnie korzystając z protokołu TCP zestawia połączenie z serwerem pocztowym stacji docelowej. W wyniku pozytywnej realizacji procesu następuje przekazanie kopii wiadomości. Odbiór wiadomości jest potwierdzany przez serwer, dzięki czemu klient może dokonać zniszczenia miejscowej kopii wiadomości. Jeżeli połączenie TCP nie może być zestawione lub zostanie zerwane, wówczas proces zapisuje czas wykonania próby i kończy pracę. Wiadomość może być zwrócona do nadawcy po upływie czasu jej ważności (czas życia wiadomości), który definiowany jest przez oprogramowanie pocztowe (użytkownika). Jak wynika z charakteru usługi pocztowej najważniejszym kryterium jakościowym jest w tym przypadku nie opóźnienie, lecz sam fakt dostarczenia wiadomości do miejsca przeznaczenia. Z kolei dla łącza dostępowego do internetu, z którego korzysta użytkownik istotnym parametrem jest przepływność. Jest ona tym ważniejsza, im większe wiadomości pocztowe (załączniki) przesyła użytkownik.

4.4. *Telefonia internetowa*

Telefonia internetowa jest usługą, która umożliwia użytkownikom komunikację głosową za pośrednictwem sieci internet. Zasoby niezbędne do skorzystania przez użytkownika z ww. usługi obejmują:

- zasoby sprzętowe, przy czym możliwe jest wykorzystanie alternatywnie:
    - komputera PC wraz z urządzeniami peryferyjnymi, umożliwiającym prowadzenie rozmów (mikrofon, głośniki lub słuchawki),
    - telefonu IP,
    - tzw. bramy VoIP (ang. *Voice over IP*), która zapewnia zarówno dołączenie do sieci internet oraz umożliwia prowadzenie rozmów za pomocą tradycyjnego aparatu telefonicznego dołączonego,
- oprogramowanie w postaci aplikacji uruchamianej przez użytkownika na komputerze, niezbędnej do prowadzenia rozmów przy wykorzystaniu telefonii internetowej. Oprogramowanie to jest niezbędne, tylko wówczas gdy użytkownik nie dysponuje innymi zasobami sprzętowymi, tj. telefonem IP lub bramą VoIP.

Z punktu widzenia użytkownika, usługi telefonii internetowej są realizowane dwoma metodami. Pierwsza z nich zakłada zestawianie bezpośrednich połączeń głosowych pomiędzy urządzeniami końcowymi lub aplikacjami użytkownika (komunikacja typu *peer-to-peer*). Oznacza to, że proces zestawiania, utrzymania i rozłączania połączenia przebiega bez

pośrednictwa serwerów telefonii internetowej. Druga z metod zakłada wykorzystanie dedykowanych serwerów telefonii internetowej, za pomocą których przedsiębiorcy telekomunikacyjni świadczą swoje usługi użytkownikom.

W obecnie stosowanych rozwiązaniach telefonii VoIP można dokonać podziału na:

- rozwiązania otwarte, bazujące na standardowych protokołach, takich jak np.: H.323, SIP i inne, których specyfikacja została zawarta w opublikowanych dokumentach standaryzacyjnych,
- rozwiązania zamknięte, takie jak np. Skype, których specyfikacja nie została opisana w opublikowanych dokumentach standaryzacyjnych.

Konsekwencją stosowania przez operatorów zamkniętych rozwiązań jest również konieczność wykorzystywania przez użytkowników określonego typu urządzeń lub oprogramowania, które są wytwarzane przez grupę dostawców będących w posiadaniu specyfikacji protokołu.

Transmisja mowy w sieciach IP wiąże się ściśle z zapewnieniem wymaganego poziomu jakości usługi. W przekazach związanych z transmisją mowy i obrazu realizowanych w czasie rzeczywistym, dane muszą dotrzeć do miejsca przeznaczenia w określonym czasie (opóźnienie transmisji), co wymaga odpowiedniej przepustowości oraz priorytetowego traktowania danych głosowych w sieci transmisyjnej. Jeśli przepustowość jest zbyt mała, tracona jest część informacji, co prowadzi do pogorszenia jakości przekazu. Sieć transmisyjna musi, więc zapewnić minimalną wymaganą przepływność dla usług VoIP lub zapewnić priorytety ruchu dla tych usług (tzw. polityka QoS).

W odniesieniu do aplikacji VoIP istotny jest także wpływ procesów związanych z przekształceniem sygnału mowy na postać dogodną do transmisji w sieci IP. Obejmują one kolejno: konwersję sygnału do postaci cyfrowej, kompresję, pakietyzację i kolejkowanie w nadajniku, oraz buforowanie, depakietyzację, dekompresję i konwersję do postaci analogowej w odbiorniku. Procesy te charakteryzują się wprowadzaniem określonego opóźnienia, które wraz z opisanym wcześniej opóźnieniem transmisyjnym określa opóźnienie całkowite w zbiorze parametrów jakościowych dla aplikacji VoIP. Sygnał mowy poddawany może być dodatkowym zabiegom związanym z eliminowaniem echa oraz eliminacją ciszy VAD (ang. *Voice Activation Detection*), które służą podniesieniu jakości połączenia głosowego a przy okazji oszczędzają dostępną przepustowość.

W telefonii IP postrzegana jakość przez użytkownika jest, więc zależna od dwóch rzeczy: jakości odbieranego głosu i opóźnienia w dwustronnej konwersacji. Te dwa parametry są blisko ze sobą powiązane, gdyż lepsza jakość głosu wymaga większego strumienia bitów, a większy strumień bitów wprowadza większe opóźnienie. Z punktu widzenia opóźnienia transmisja winna odbywać się z wykorzystaniem pakietów o jak najmniejszym rozmiarze, co związane jest z szybkością obsługi pakietów w routerach. W przypadku połączeń głosowych wykorzystujących eliminację echa opóźnienia sygnału mowy związane są ze stopniem interaktywności danej aplikacji. W przypadku rozmów telefonicznych opóźnienie w transmisji głosu od końca do końca nie powinno być większe od 100 ms. Jako graniczną wartość opóźnienia dla transmisji jednokierunkowej zgodnie z tym zaleceniem przyjmuje się wartość 150 ms, która jest wartością akceptowalną dla większości aplikacji interaktywnej komunikacji głosowej. Większe wartości opóźnienia prowadzą do obniżenia jakości połączenia głosowego, a komunikacja przybiera charakter komunikacji naprzemiennej (patrz Tabl. 3).

Tabl. 3. Wpływ opóźnienia na postrzeganą przez użytkownika jakość połączenia

Opóźnienie	Postrzegana jakość połączenia
< 100-150 ms	Opóźnienie nie ma wpływu na jakość
150-250 ms	Akceptowalna jakość połączenia, ale wyczuwalne jest opóźnienie
> 250-300 ms	Opóźnienie zbyt duże

Całkowite opóźnienie, jak już wspomniano, zależne jest od przyjętego sposobu kodowania mowy. Najczęściej wykorzystywane układy kodowania mowy wprowadzają opóźnienie przetwarzania na poziomie od kilku do kilkudziesięciu milisekund. Najmniejszym opóźnieniem charakteryzuje się kodek G.711, gdzie z uwagi na brak kompresji wprowadzane opóźnienie jest poniżej 1 ms. W przypadku kodeka G.723.1 opóźnienie przetwarzania równe jest około 30 ms. Właściwy dobór schematu kodowania może, więc skutecznie poprawić jakość realizowanego przekazu fonicznego.

Zmienność opóźnienia (jitter) jest kolejnym istotnym parametrem charakteryzującym jakość usług w odniesieniu do telefonii internetowej. Jitter wprowadzany jest w trakcie transmisji danych w internecie. Parametr ten charakteryzuje tę cechę sieci IP, która związana jest z możliwością kierowania pakietów należących do jednego połączenia różnymi drogami. Oczywistym jest, że w takiej sytuacji pakiety docierać mogą do odbiorcy w różnych odstępach czasu, a co więcej w różnej kolejności. Eliminacja tego niekorzystnego zjawiska wymaga zastosowania buforowania po stronie odbiorczej i jest konieczna dla zapewnienia odpowiedniego komfortu rozmowy (patrz Tabl. 4). Wprowadzenie bufora umożliwia przekazywanie pakietów do warstwy aplikacji we właściwej kolejności i we właściwych odstępach czasu. Wielkość bufora powinna uwzględniać zarówno charakterystyki sieci (zróżnicowany czas docierania pakietów), jak również charakterystyki aplikacji (zbyt długi czas oczekiwania wprowadza utratę interaktywności aplikacji).

Tabl. 4. Wpływ zmienności opóźnienia (jittera) na postrzeganą przez użytkownika jakość połączenia

Jitter	Postrzegana jakość połączenia
< 40 ms	Jitter nie jest odczuwany
40-75 ms	Dobra jakość, zdarzają się zakłócenia
> 75 ms	Jakość nieakceptowana

Wymagania nakładane przez telefonię internetową na usługi dostępu do internetu dotyczyć mogą jedynie przepływności, która teoretycznie powinna być większa niż 64 kb/s w górę oraz w dół sieci. Chcąc korzystać również z innych usług internetowych należy zapewnić odpowiednio większą przepływność, wobec czego najczęściej stawia się warunek minimalnej przepływności na poziomie 256 kb/s (w dół sieci), przy czym wielu dostawców sugeruje dostęp 512 kb/s (dla którego przepływność *uplink* wynosi zazwyczaj 128kb/s, co pozwala na poprawną wymianę danych głosowych).

4.5. *Wymiana plików (FTP i sieci P2P)*

Przesyłanie plików jest jedną usług i odpowiada za większość ruchu w sieci. Najbardziej rozpowszechniona usługa wymiany plików wykorzystuje protokół FTP (ang. *File Transfer Protocol*), który funkcjonuje wspólnie z protokołem TCP/IP. FTP został zaprojektowany do pracy interakcyjnej, która umożliwia użytkownikowi pracę na odległym serwerze. Umożliwia on również klientowi określenie typu i formatu przechowywanych danych. Cechą charakterystyczną usługi jest to, że wymaga od klienta uwierzytelnienia przez przesłanie

identyfikatora użytkownika i hasła przed wykonaniem jakichkolwiek operacji przesyłania plików. Serwer odmawia usługi klientom, którzy nie podadzą poprawnego identyfikatora i hasła. Z kolei część serwerów w internecie akceptuje również anonimowego użytkownika (*anonymous*) i w takim przypadku wymaga jedynie podania jako hasła adresu poczty elektronicznej.

Większość implementacji serwerów FTP umożliwia równoczesny dostęp wielu klientów. Klienci łączą się z serwerem przy użyciu TCP, co ma istotny wpływ na jakość realizowanej usługi. Usługę charakteryzuje wykorzystywanie dwóch rodzajów połączeń: połączenia sterującego od klienta i połączenia do przesyłania danych. W zależności od mocy obliczeniowej systemu może to prowadzić do powstawania opóźnień związanych z obsługą żądań klienta. Na usługę wpływ maja także chwilowe przeciążenia sieci, które wprowadzać mogą dodatkowe opóźnienie związane z transmisją lub błędy/straty informacji.

W odróżnieniu od metody przesyłania plików pomiędzy użytkownikiem a serwerem FTP, sieci P2P (*peer-to-peer*) nie wykorzystują do swojego działania centralnych serwerów. Sieć tego typu składa się bowiem z dołączonych do internetu komputerów wraz z zainstalowaną aplikacją, która umożliwia łączenie się z pozostałymi komputerami w celu wymiany plików. Początki jej sięgają 1999 roku, kiedy powstała pierwsza aplikacja P2P – *Napster* – stworzona przez Shawna Fanning'a W przeciwieństwie do obecnych programów P2P, używał on centralnego serwera do zarządzania zasobami dostępnymi w sieci komputerów. Kolejna generacja programów powstała po oficjalnym zamknięciu serwisu *Napster* wykorzystuje już pełną decentralizację wymiany plików.

Podstawowym wymaganiem nakładanym przez aplikacje wymiany plików jest konieczność zapewnienia dużej przepływności (również „w górę" sieci, jeśli użytkownik ma zamiar udostępniać dane). Natomiast znikomy jest tutaj wpływ opóźnień oraz zmienności opóźnień.

4.6. *Gry sieciowe*

Gry sieciowe stanowią typową usługę rozrywkową, opartą na komunikacji pomiędzy użytkownikami (graczami) z wykorzystaniem serwera (serwerów) lub bez jego (ich) udziału. Do gier sieciowych wykorzystywany jest komputer lub konsola dołączone do internetu wraz z zainstalowanym oprogramowaniem. Kolejną cechą wyróżniającą ten rodzaj aplikacji jest zaangażowanie co najmniej dwóch graczy dołączonych do sieci internet. Gry komputerowe stanowią młodą i niezwykle prężnie rozwijającą się gałąź rozrywki, stąd ich systematyka jest umowna (np. na podstawie [11]) i najczęściej w odniesieniu do gier sieciowych obejmuje podział na:

- gry akcji, utrzymane w tzw. konwencji. *First Person Shooter* (FPS), czyli dające możliwość sterowania postacią na podstawie widoku, jaki widzi wirtualna postać,
- strategiczne gry czasu rzeczywistego, *Real Time Strategy (RTS)*,
- gry wieloosobowe, *Massive Multiplayer On-line* (MMO) a szczególnie gry fabularne rozgrywane w tej konwencji – MMORPG (*Massive Multiplayer On-line Role Playing Game*), w których udział bierze jednocześnie duża liczba graczy,
- gry wykorzystujące motywy rywalizacji sportowej,
- inne gry nie wykorzystujące trybu czasu rzeczywistego (*Non-Real Time Games,* NRTG),

Interaktywne gry sieciowe są wrażliwe na zjawiska w sieci transmisji danych wpływające na opóźnienie oraz utratę pakietów. Szczególne znaczenie ma w tym przypadku opóźnienie, które w przypadku dużych wartości uniemożliwia praktycznie współuczestnictwo w rozgrywkach w trybie on-line, ponieważ wskaźnik ten w przypadku tego typu aplikacji, mówi z jaką szybkością informacje o zmianach akcji gry (w tym o decyzjach jej uczestników) docierają do graczy, ograniczając w ten sposób możliwości ich reagowania na zaistniałe w wirtualnym świecie sytuacje. Z kolei jitter może znacznie utrudnić kompensację średniego opóźnienia, która dokonywana jest przez oprogramowanie gier sieciowych, stąd właśnie wymaganie, aby wskaźnik ten dla sieci transmisji danych był na najniższym możliwym poziomie, podobnie jak współczynnik utraty pakietów. Niezerowe wartości tego ostatniego współczynnika powodują, że dane wymieniane pomiędzy aplikacjami graczy wykorzystujących do komunikacji sieć internet mogą zostać utracone, a w przypadku wykorzystania mechanizmów retransmisji, powtórzone z dodatkowym opóźnieniem.

Należy uwzględnić oczywiście fakt, że gry sieciowe charakteryzują się różnym poziomem wrażliwości na warunki panujące w sieci, nie jest więc możliwe postawienie granicznych warunków na wartości omawianych wskaźników jakościowych. Podobnie, jak w przypadku usług telefonii internetowej, użytkownicy są w stanie zaakceptować np. określony poziom opóźnień rekompensując to sobie satysfakcją z samej możliwości wspólnej rozgrywki. Podsumowując, wymagania na podstawowe parametry jakościowe połączenia sieciowego (opóźnienie, jitter, utrata pakietów) można uznać za zbliżone do wymagań, jakie sieciom transmisji danych stawia telefonia IP.

4.7. *Instant Messaging*

Usługa bezpośredniej komunikacji, znana szerzej pod anglojęzyczną nazwą *Instant Messaging* (w skrócie IM), jest usługą, która pozwala na natychmiastową wymianę wiadomości pomiędzy użytkownikami. W tym celu użytkownicy muszą być wyposażeni w zainstalowane odpowiednie oprogramowanie – tzw. komunikatory. Umożliwiają one po zalogowaniu się do serwerów dostępnych w internecie, na szybką wymianę różnego typu danych pomiędzy użytkownikami. Właśnie dzięki szybkości przesyłanych informacji oraz prostocie obsługi, taka forma komunikacji zyskała dużą popularność, skutecznie konkurując z pocztą elektroniczną. Typową zawartość przesyłanych wiadomości mogą stanowić

- wiadomości tekstowe wysyłane do użytkowników, którzy są aktualnie dostępni, linki do stron,
- informacje wymieniane w grupie użytkowników (ang. *Chat*) z możliwością tworzenia kolejnych tzw. pokoi (ang. C*hatrooms*),
- udostępniane obrazów,
- odtwarzanie plików dźwiękowych dla użytkownika będącego w dialogu,
- pliki,
- połączenie głosowe z aktualnie dostępnym użytkownikiem,
- dane przesyłane do dostępnych użytkowników w sposób rozsiewczy (np. newsy, notowania giełdowe i inne).

Komunikatory wykorzystywane przez użytkowników usług IM są aplikacjami, które zostały opracowane do pracy w jednej sieci (np. Gadu-Gadu) z wykorzystaniem specyficznych protokołów komunikacji lub wykorzystują standardowe protokoły komunikacji (np. XMPP). Dostępne są również komunikatory pozwalające na jednoczesne korzystanie z wielu sieci, tzw. multikomunikatory (np. Miranda).

Wymagania czasowe ze względu na obsługę aplikacji przez użytkownika nie są wysokie i można je porównać z wymaganiami stawianymi przez serwisy WWW w zakresie opóźnień pakietów. Natomiast zmienność opóźnienia (jitter) w znikomym stopniu wpływa na komfort użytkowania usługi.

Pasmo niezbędne do przesyłania wiadomości tekstowych również nie jest duże, jednak wiele aplikacji wysyła stosunkowo często informacje dotyczące statusu użytkownika, odbierając jednocześnie informacje o zmianie statusu innych użytkowników, stąd istotną cechą łącza internetowego powinna być jego stabilność rozumiana w kategoriach dostępności. Pomimo, że aplikacje te radzą sobie na ogół z krótkimi przerwami w transmisji danych, spowodowanymi np. chwilowym natłokiem w sieci, to dłuższe przerwy mogą spowodować konieczność ponownego zalogowania do serwera IM.

4.8. *Usługi strumieniowe (internetowe radio i telewizja)*

Na polskim rynku multimediów usługi strumieniowe są obecne od niedawna. Do najpopularniejszych usług strumieniowych świadczonych za pośrednictwem internetu należą transmisje radiowe oraz telewizyjne, a więc przekazy, których dane są u odbiorcy odtwarzane na bieżąco, w miarę napływania kolejnych pakietów od dostawcy usługowego. Dzięki temu możliwa jest transmisja dźwięku i obrazu w „czasie rzeczywistym". Rosnąca popularność tych usług idzie w parze ze wzrostem przepływności dla usług szerokopasmowego dostępu do internetu. Jeszcze do niedawna usługi te na łączach abonenckich pozwalały zaledwie na słuchanie audycji radiowych, a obecnie coraz chętniej i częściej oglądane są audycje telewizyjne.

Oferta audycji radiowych i telewizyjnych w sieci internet jest bardzo duża, wymagane jest jedynie posiadanie odpowiedniego oprogramowania, które w przypadku internetowego radia zazwyczaj wyręcza użytkownika w wyszukaniu listy dostępnych w internecie stacji radiowych. Z kolei telewizja dostarczana z wykorzystaniem protokołu IP jest usługą, która funkcjonuje w dwóch wariantach, jako:

- telewizja IP (*IP TV*), która jest usługą dostarczania do abonenta sygnału telewizyjnego przez operatora szerokopasmowego, będącego właścicielem infrastruktury telekomunikacyjnej, kontrolującego dystrybucje tego sygnału za pośrednictwem swojej sieci w celu dostarczenia zgodnie z zadeklarowanym standardem jakościowym (TV/IP STB), przykładem jest usługa Videostrada oferowana przez Telekomunikację Polską;
- telewizja internetowa, będąca (podobnie jak stacje radiowe) zazwyczaj inicjatywą zrzeszeń producentów telewizyjnych (niekiedy zaangażowane są w to przedsięwzięcie również stacje telewizyjne), które udostępniają swoje materiały filmowe w sieci internet, nie ponosząc jednocześnie odpowiedzialności za jakość dostarczenia ich do użytkownika (materiały te pobierane są przez użytkownika poprzez sieć internet).

O ile audycje dostępne w internecie wymagają wygospodarowania odpowiedniej przepływności konkurując z innymi usługami, z których korzysta użytkownik internetu, o tyle telewizja IP będąc usługą o gwarantowanej przez usługodawcę jakości ma zazwyczaj wydzielony kanał nie współdzielony z innymi usługami. Warto również wiedzieć, że telewizja IP posiada również swoje dwie odmiany:

- tzw. telewizja rozsiewcza (BTV, ang. *Broadcast TV*), która polega na jednoczesnym odbiorze przez wielu użytkowników programu tradycyjnej telewizji

(programy ogólnodostępne oraz kodowane) za pośrednictwem sieci transmisji danych z protokołem IP,

- video na żądanie/życzenie (VoD, ang. *Video On Demand*), która to usługa polega na odbiorze wybranych audycji telewizyjnych z listy udostępnionych przez dostawcę („dostarczanie" takiej audycji odbywa się na życzenie użytkownika).

Usługi telewizji IP oraz video na żądanie wymagają przewidywalnego poziomu opóźnienia pakietów danych i stałego dostępu do określonego pasma, które dzięki zastosowaniu kompresji obrazu oraz dźwięku jest również możliwe do uzyskania w typowych technologiach szerokopasmowego dostępu do internetu. Wykorzystując np., kodowanie zgodne ze schematem H.264 (MPEG-4 part 10) konieczne jest użycie strumienia danych o przepływności 2 Mbit/s do oglądania jednego kanału telewizyjnego w standardowej rozdzielczości. Odpowiednio oglądanie audycji w rozdzielczości HD (High Definition) przy zastosowaniu tego samego schematu kodowania wymaga zarezerwowania przez operatora przepływności rzędu 8-12Mbit/s.

Jak wspomniano wcześniej, zapewnienie odpowiedniego poziomu jakości dla usług telewizji IP leży zazwyczaj po stronie dostawcy, w przeciwieństwie do dystrybucji radia internetowego oraz telewizji internetowej, gdzie wymagane jest uwzględnienie parametrów jakościowych dostępu internetowego. W tym zakresie najczęściej dla usług strumieniowych obok wspomnianych przepływności zależnych od standardów kodowania i rozdzielczości obrazu, wymaga się również wartości współczynnika utraty pakietów na poziomie 2%. Z kolei niewygórowane wymagania w zakresie opóźnienia (nawet do kilku sekund) wynikają z możliwości aplikacji dotyczących buforowania napływających danych. Dzięki zastosowaniu buforowania możliwe jest również zniwelowanie wpływu zmienności opóźnienia na jakość oglądanego obrazu.

Mając na uwadze wysokie wartości transferów danych (np. 2 Mbit/s w przypadku omawianego kodowania MPEG-4) warunkiem koniecznym do efektywnego korzystania z usług internetowej telewizji jest brak limitów dla ilości danych pobieranych z sieci internet. W przypadku istnienia tego typu limitów dla danego dostępu do internetu, użytkownikowi grozi szybkie ich wyczerpanie w trakcie oglądania tego typu przekazów.

5. Bezpieczeństwo użytkowania internetu

5.1. *Wstęp*

Komputer (użytkownika domowego lub biznesowego) wykorzystujący dostęp do sieci internet, jest narażony na ataki, których źródłem jest oprogramowanie oraz człowiek. Zapobieganie tym atakom jest możliwe pod warunkiem zastosowania podstawowych zasad bezpieczeństwa, na które składają się:

- stosowanie zapory sieciowej (firewalla),
- stosowanie oprogramowania antywirusowego i antyspyware,
- aktualizacja oprogramowania antywirusowego i spyware,
- wykonywanie kopii bezpieczeństwa istotnych danych przechowywanych na komputerze,
- stosowanie silnych haseł,
- ochrona danych osobowych.

Zasady te mogą być w pewnym zakresie wdrażane z pomocą dostawcy usług dostępu do internetu, który w dostępnych opcjach usługi może oferować filtrację pakietów (funkcja firewalla) oraz ochronę antywirusową. Takie pakiety bezpieczeństwa oferowane są zazwyczaj odbiorcom biznesowym, zaś w przypadku użytkowników indywidualnych ciężar ochrony własnego komputera (komputerów) spoczywa na nich samych, choć często oprogramowanie firewalla lub antywirusowe dostępne jest jako dodatkowy produkt w cenie usługi. Niekiedy dostawca usługi chcąc zneutralizować potencjalne zagrożenie uniemożliwia komunikację pomiędzy komputerem użytkownika blokując niektóre porty usługowe. Poszczególne opcje zabezpieczeń, stosowane odpłatnie lub nieodpłatnie przez dostawców usług dostępu do internetu przedstawiono w dalszej części przewodnika.

5.2. *Ochrona antywirusowa i antyspyware'owa*

Wraz z wykorzystywaniem przez użytkownika różnorodnych aplikacji komunikujących się z serwerami lub innymi komputerami w internecie rośnie zagrożenie infekcją wirusa. Może być ona spowodowana zarówno poprzez odczytanie wiadomości poczty elektronicznej jak i pobranie z sieci, a w konsekwencji „zarazić" nie tylko komputer użytkownika, lecz stanowi zagrożenie również dla komputerów innych użytkowników korzystających z tych usług i komunikujących się z „zarażonym" komputerem. Stąd konieczność ochrony komputera użytkownika przed tego typu szkodliwym oprogramowaniem. Należy jednak pamiętać, ze szkodliwe oprogramowanie to nie tylko wirusy rozpowszechniane po to, by destrukcyjnie oddziaływać na komputery użytkowników lecz również oprogramowanie typu *spyware* rejestrujące aktywność użytkownika szczególnie dotyczącą wpisywanych haseł (tzw. *keyloggers*) i przekazujące te informacje osobom bezprawnie je wykorzystującym.

Oprogramowanie antywirusowe jest oferowane zazwyczaj niezależnie od usługi dostępu do internetu, choć dostawca może jednocześnie być dystrybutorem tego produktu dodając go do sprzedawanej przez siebie usługi. W przypadku użytkowników biznesowych ochrona wirusowa jest znacznie poważniejszym zadaniem i osoby odpowiedzialne za bezpieczeństwo zasobów informatycznych firmy decydują się zazwyczaj na zakup pakietu licencji oprogramowania niezależnie od usługi dostępu do internetu.

Użytkownikom indywidualnym, którzy nie mają możliwości uzyskania płatnej wersji od swojego dostawcy pozostaje nabycie i instalacja oprogramowania antywirusowego we własnym zakresie. Oprogramowanie to można pobrać też ze stron producentów, a bezpłatna licencja zazwyczaj dotyczy zastosowań domowych i jest ograniczona czasowo, np. 1 rok. Przykładowe aplikacje to:

- AVG Anti-Virus Free Edition (http://www.grisoft.com/)
- avast! Home Edition (http://www.avast.com/)
- BitDefender Free Edition (http://www.bitdefender.com/)
- F-Secure Anti-Virus 2006 (http://www.f-secure.pl/)
- Avira AntiVir PersonalEdition (http://www.avira.com/)

Jak wspomniano istotnym elementem bezpieczeństwa zasobów komputerowych jest również stosowanie oprogramowania zapobiegającego nieświadomemu uruchamianiu złośliwego oprogramowania, w tym również oprogramowania pozwalającego na przechwytywanie przez niepowołane osoby informacji z komputera użytkownika, tzw. oprogramowania szpiegującego (*spyware*). Przykładowe aplikacje (bezpłatne) usuwające z komputera tego typu oprogramowanie można pobrać m.in. z następujących witryn:

- Ad-aware SE Personal (http://www.lavasoft.com/)
- Spybot Search & Destroy (http://www.safer-networking.org/)

- Windows Defender (http://www.microsoft.com/)
- Advanced Spyware Remover (http://www.evonsoft.com/)

5.3. *Ochrona zasobów użytkownika*

Zapora sieciowa jest aplikacją działającą w tle w trakcie komunikacji z internetem. Zadaniem firewalla jest kontrola pakietów wychodzących do sieci internet oraz w kierunku przeciwnym. W ten sposób kontrolowana jest komunikacja aplikacji z internetem, co daje możliwość użytkownikowi przepuszczania przez zaporę pakietów tylko tych aplikacji, których działanie jest akceptowane przez użytkownika. Ponadto, zapory sieciowe posiadają zazwyczaj umiejętność „uczenia się" profilu ruchu użytkownika (dzięki częstemu korzystaniu przez niego z typowych aplikacji sieciowych), co pozwala wykryć „podejrzany" ruch sieciowy mogący być w istocie wynikiem działania oprogramowania szpiegującego lub włamywacza komputerowego.

W przypadku usług dostępu do internetu nabywanych przez klientów biznesowych zastosowanie zapory sieciowej jest ze względów bezpieczeństwa koniecznością i może być opcją tej usługi. Oznacza to, że odpowiedzialność za kontrolę i filtrację ruchu do/od klienta biznesowego bierze na siebie dostawca usługowy. W tym wypadku powinien on również wziąć na siebie odpowiedzialność za poprawną konfigurację tej opcji usługowej, co jest zadaniem niełatwym, ponieważ użytkownicy klienta biznesowego mogą wykorzystywać różnego typu aplikacje. W związku z tym klienci biznesowi często zaporę sieciową instalują na styku z siecią dostawcy usługowego i samodzielnie ją konfigurując i zarządzając nią.

Indywidualny użytkownik, przy założeniu, że dostawca nie ingeruje w przesyłany przez własną sieć ruch internetowy (np. poprzez blokadę portów), musi liczyć na własne siły. W tym jednak z pomocą przychodzą mu producenci dedykowanego oprogramowania. Wiele aplikacji realizujących funkcje zapory sieciowej jest dostępnych bezpłatnie lub wręcz stanowi część oprogramowania systemu operacyjnego (np. ma to miejsce w przypadku systemu Windows począwszy od edycji XP). Przykładowe zapory sieciowe można również pobrać bezpłatnie (do zastosowań niekomercyjnych) ze stron producentów, np.:

- Comodo Firewall Pro (http://www.comodo.com/)
- Sygate Personal Firewall (http://www.sygate.com/)
- ZoneAlarm (http://www.zonelabs.com/)
- Ashampoo FireWall (http://www.ashampoo.com/)

Podobnie jak w przypadku programów antywirusowych możliwe jest nabycie komercyjnego oprogramowania realizującego funkcje zapory sieciowej. W takim przypadku mogą być one wykorzystywane nie tylko w zastosowaniach domowych.

5.4. *Bezpieczeństwo komunikacji w internecie*

Obok bezpieczeństwa zasobów dyskowych użytkownika, istotne jest również bezpieczeństwo transakcji realizowanych za pośrednictwem internetu. Dotyczy ono przede wszystkim operacji bankowych, płatności w sklepach internetowych a wkrótce obejmie również zapewne komunikację na styku urząd-petent. Bezpieczeństwo tych transakcji jest oparte z jednej strony o możliwości przeglądarki oraz serwera w zakresie szyfrowania, z drugiej strony bezpieczeństwo to jest zależne od przyjętej przez daną instytucję (np. banku) metody uwierzytelniania (np. system haseł, kody jednorazowe, tokeny generujące hasła i inne). Najistotniejszą rolę odgrywa tutaj jednak sposób przechowywania i wykorzystywania poufnych danych (takich jak hasła) przez użytkownika

Do szyfrowania komunikacji pomiędzy przeglądarką na komputerze użytkownika a serwerem powszechnie wykorzystuje się wersję protokołu HTTP szyfrowaną za pomocą technologii SSL (ang. *Secure Socket Layer*). Zapobiega to przechwytywaniu, odczytaniu i ingerencji przez osoby niepowołane w treść przesyłanych danych. Zainicjowanie połączenia z wykorzystaniem protokołu HTTPS jest widoczne dla użytkownika w postaci pojawiającej się na pasku stanu przeglądarki ikony kłódki (ewentualnie wraz z komunikatem o rozpoczęciu połączenia szyfrowanego). Połączenie to rozpoczyna się po przekierowaniu na stronę o adresie rozpoczynającym się sekwencją https://

Do szyfrowania informacji przesyłanych pomiędzy chronioną witryną https a przeglądarką użytkownika stosowany jest wspomniany mechanizm SSL, którego zadaniem jest szyfrowanie (oraz odszyfrowanie otrzymanych) danych z wykorzystaniem dwóch kluczy kryptograficznych: klucza publicznego (znanego wszystkim, którzy komunikują się z danym serwerem) oraz klucza prywatnego, znanego tylko użytkownikowi przeglądarki i przechowywanego lokalnie na komputerze użytkownika.

5.5. *Bezpieczeństwo sieci Wi-Fi*

Technologie bezprzewodowe wykorzystywane są nie tylko w sieciach dostępowych lecz coraz częściej stanowią fragment infrastruktury w budynku użytkownika. Wygodę korzystania z dostępu bezprzewodowego do internetu doceniają nie tylko użytkownicy indywidualni, lecz również użytkownicy biznesowi, szczególnie tam, gdzie ważna jest mobilność pracowników wewnątrz budynków oraz brak jest możliwości instalacji dodatkowych gniazd sieciowych. W obu jednak przypadkach słabością technologii bezprzewodowej jest podatność na włamanie oraz zagłuszanie sieci bezprzewodowej. Podstawowe elementy bezpieczeństwa sieci w standardzie Wi-Fi uwzględnione przez administratora (zarówno domowego jak i sieci firmowej) powinny obejmować:

- ograniczenie zasięgu sieci do niezbędnego minimum,
- ustawienie ukrywania identyfikatora sieci tzw. SSID (ang. *Service Set Identifier*),
- stosowanie protokołów zabezpieczeń na poziomie WPA (obecnie coraz częściej spotykana jest najnowsza wersja tego protokołu – WPA2),
- zastosowanie filtracji użytkowników upoważnionych do korzystania z sieci bezprzewodowej (z wykorzystaniem adresów sprzętowych MAC),
- monitorowanie sieci np. poprzez przeglądanie listy urządzeń zarejestrowanych w punkcie dostępowym,

Istotny wpływ na bezpieczeństwo korzystania z sieci bezprzewodowej ma również edukacja użytkowników mająca na celu uświadomienie im, że do transmisji danych w obrębie sieci dostępowej (tzn. między komputerem użytkownika a punktem dostępowym) wykorzystywane są fale radiowe.

6. Przegląd technologii dostępowych

W tabeli (Tabl. 5) zamieszczono krótką charakterystykę technologii dostępowych wykorzystywanych na potrzeby świadczenia usług dostępu do internetu. Dla każdej z wymienionych technologii dostępowych określono maksymalne przepływności oferowane przez krajowych dostawców dostępu internetowego, orientacyjne opóźnienia transmisji pakietów oraz uwagi dotyczące przydatności danej technologii do wykorzystania usług multimedialnych świadczonych za pośrednictwem internetu. Ze względu na zróżnicowanie ofert pod względem oferowanych przepływności, w zestawieniu zamieszczono również przekładowych dostawców oferujących daną opcję przepływności.

Tabl. 5. Zestawienie informacji o technologiach dostępu do internetu

	Technologia dostępowa	Medium fizyczne	Maksymalne przepływności	Orientacyjne opóźnienia	Uwagi
1.	**Dial-up** **Zał. I. 0**	Para miedziana (telefonii stacjonarnej)	56Kbit/s *downlink* 33Kbit/s *uplink* 64Kbit/s *downlink (lub 128 Kbit/s przy wykorzystaniu dwóch kanałów dostępu podstawowego ISDN)* 64Kbit/s *downlink (ISDN)*	Rzędu kilkudziesięciu milisekund w obrębie sieci dostępowej	W praktyce w przypadku telefonii analogowej (PSTN) maksymalne przepływności osiągane są rzadko. Występuje duża zmienność prędkości. Małe przepływności praktycznie dyskwalifikują tę technologię do wykorzystania w aplikacjach multimedialnych.
2.	**xDSL** **Zał. I. 0**	Para miedziana (telefonii stacjonarnej)	15Mbit/ - *downlink* 800 Kbit/s – *uplink*	Około 10ms	Przepływność w tej technologii jest uzależniona od odległości użytkownika od centrali (gdzie znajduje się zazwyczaj multiplekser DSLAM). Jeśli linia telefoniczna spełnia warunki techniczne (m.in. warunek odległości abonenta od DSLAM) osiągane na łączu dostępowym przepływności pozwalają na korzystanie z usług multimedialnych.
3.	**CATV** **Zał. I. 0**	Przewód koncentryczny	20Mbit/s – *downlink* 1Mbit/s – *uplink*	Około 10ms	Oferta usług świadczonych z wykorzystaniem tej technologii jest ograniczona do obszarów, gdzie istnieje infrastruktura operatorów CATV. Niskie opóźnienia i możliwość uzyskania dużych przepływności już na poziomie sieci dostępowej pozwala korzystać z różnorodnych usług.

4.	**GPRS** **Zał. I. 0**	Radio, system GSM	85,6Kbit/s *Downlink* 21,4 Kbit/s *Uplink (w przypadku pracy w trybie 4+1)* 64,2 Kbit/s *downlink* *42,8Kbit/s uplink (w przypadku pracy w trybie 3+2)*	Około 400ms	Małe przepływności i stosunkowo duże opóźnienia praktycznie dyskwalifikują tę usługę z zastosowań multimedialnych. Zaletą jest natomiast duży zasięg usługi. Popularny w dostępie za pomocą telefonów komórkowych, w których prędkość zależna jest od możliwości telefonu komórkowego (tzw. klasa GPRS). W praktyce prędkości są niższe od zaprezentowanych. Operatorzy komórkowi stosują limity ograniczające sumaryczną wielkość danych na użytkownika w okresie rozliczeniowym
5.	**EDGE** **Zał. I. 0**	Radio, system GSM	296,0Kbit/s - *downlink* 59,2 Kbit/s – *uplink* (rzadko spotykane w niektórych urządzeniach Nokia pracujących w trybie 5+1) 236,8Kbit/s – *downlink* 59,2 Kbit/s – *uplink(najbardziej typowe rozwiązanie 4+1)*	Około 350ms	Mniejszy zasięg w stosunku do GPRS. Osiągane przepływności są średnio trzykrotnie większe. Podobnie jak w przypadku GPRS operatorzy komórkowi stosują limity ograniczające sumaryczną wielkość danych. Stosunkowo duże opóźnienia utrudniają korzystanie z aplikacji interaktywnych, natomiast osiągane przepływności nie pozwalają na korzystanie z pełnej oferty aplikacji strumieniowych.
6.	**UMTS** **Zał. I. 0**	Radio, system UMTS	2 Mbps *downlink* (UMTS) 384Kbit/s *uplink* 7,2Mbit/s – *downlink* 384Kbit/s – uplink (w technologii HSDPA ,która jest rozwinięciem UMTS)	Około 75ms	Bardzo mały zasięg ograniczony praktycznie do dużych miast. W modyfikacji UMTS - HSDPA przeznaczono więcej kanałów na łącze *downlink*, dzięki czemu uzyskano większe przepływności. Parametry transmisji umożliwiają korzystanie z aplikacji strumieniowych oraz interaktywnych.
7.	**CDMA** **Zał. I. 0**	Radio, Zakres: 450 MHz - 1,9 GHz	2,4 Mbit/s – *downlink* 153 Kbit/s – *uplink*	Około 100 ms	Zasięg ograniczony do 5 km, stosunkowo duże opóźnienia sygnału utrudniają działanie interaktywnych aplikacji (głównie VoIP i konferencje video). Ponadto, dostępną przepływność zmniejsza się wraz ze wzrostem liczby użytkowników obsługiwanych przez tę samą stację bazową.

8.	**LMDS** **Zał. I. 0**	Radio, Zakres: 26GHz, 29GHz, 31,0-31,3 GHz	3 Mbit/s – *downlink* 512 Kbit/s – *uplink* 155Mbit/s *downlink* dla systemu LMDS pracującego jako radiolinia Technologia umożliwia osiąganie prędkości 1,25 Gb/s w kierunku abonenta (w sumie dla wszystkich sektorów stacji bazowej)	Rzędu kilkudziesięciu milisekund w obrębie sieci dostępowej	Zasięg ograniczony do 5 km; duża wrażliwość parametrów transmisji na warunki atmosferyczne. Konieczność zapewnienia bezpośredniej widoczności anten. Jeśli nie występują utrudnienia w transmisji radiowej, parametry transmisyjne umożliwiają bezproblemowe korzystanie z aplikacji strumieniowych oraz interaktywnych.
9.	**WiMax** **Zał. I. 0**	Radio, Zakres: 2-11 GHz 10-66 GHz	2Mbit/s *downlink* 256Kbit/s *uplink* (oferowana przez Netia) 75Mbit/s *downlink+uplink* (maksymalna prędkość wynikająca z technologii pomiędzy stacją bazową a stacją kliencką).	30ms-50ms	Poprawione parametry związane z jakością transmisji oraz bezpieczeństwem w stosunku do sieci Wi -Fi. Jeśli nie występują utrudnienia w transmisji radiowej, parametry transmisyjne umożliwiają bezproblemowe korzystanie z aplikacji strumieniowych oraz interaktywnych.
10	**Dostęp satelitarny jednokierunkowy** **Zał. I. 0**	Łącze satelitarne + inna technologia (dial-up, GPRS)	1024Kbit/s-*downlink*	Powyżej 0,5s	Konieczne jest posiadanie przez abonenta kanału zwrotnego *uplink* w innej technologii dostępowej (najczęściej GPRS, Dial-up) Duże opóźnienia eliminują praktycznie tę technologię z zastosowań interaktywnych. Dostępne przepływności kanału *downlink* ograniczają również możliwość wykorzystania aplikacji strumieniowych (za wyjątkiem radia). Dodatkowo parametry kanału *uplink* wpływają w znacznym stopniu na komfort korzystania z takich usług, jak WWW.
	Dostęp satelitarny dwukierunkowy **Zał. I. 0**	Łącze satelitarne	2Mbit/s - *downlink* 1 Mbit/s - *uplink*	Minimum 200ms - 250ms (zakres opóźnień wynikający z propagacji sygnału radiowego)	Duże opóźnienia znacznie utrudniają wykorzystanie tej technologii do zastosowań interaktywnych. Dostępne przepływności kanału *downlink* ograniczają również możliwość wykorzystania niektórych aplikacji strumieniowych (np. TV).

11	**Ethernet – sieć dostępowa Zał. I. 0**	Kabel, skrętka miedziana	1Gbit/s - *downlink* 1Gbit/s - *uplink*	Rzędu kilku milisekund	Duże przepływności. W obrębie sieci dostępowej możliwe jest zapewnienie ustalonych wartości parametrów jakościowych takich, jak opóźnienie, jitter, współczynnik utraty pakietów. Brak przeciwwskazań do korzystania z aplikacji interaktywnych i strumieniowych pod warunkiem zapewnienia odpowiedniej przepływności.
12	**Wi-Fi w zastosowaniach jako łącza radiowe Zał. I. 0**	Radio, Zakres 2,4 GHz 5 GHz	54Mbit/s - *downlink* 54Mbit/s – *uplink (maksymalne teoretyczne przepływności w standardach 802.11 a/g, wartości osiągane zależą od lokalnych warunków)*	5ms-20ms (w zależności od warunków propagacji)	Możliwość występowania utraty pakietów a niekiedy dłuższych przerw w transmisji dla dużych odległości; w wielu przypadkach brak dostatecznego zabezpieczenia sieci. Przy zapewnieniu dobrych warunków propagacji sygnału radiowego (bezpośrednia widoczność anten, odległości rzędu do kilkuset metrów) technologia ta sprawdza się także w przypadku usług interaktywnych i strumieniowych.
	Wi-Fi jako sieć LAN w obrębie hotspotu Zał. I. 0	Radio, Zakres 2,4 GHz	J.w. Maksymalna przepływność (przydzielana pojedynczemu użytkownikowi) zazwyczaj jest ograniczana przez administratora punktu dostępowego.	10ms – 30ms (w zależności od warunków propagacji, liczby użytk.)	Niewielki zasięg transmisji, duża zmienność przepływności zależna od liczby użytkowników korzystających z punktu dostępowego. W zależności od warunków propagacji (ściany budynków, drzewa, itp.) możliwe są trudności w korzystaniu z aplikacji interaktywnych. O ile zapewniona jest natomiast odpowiednia przepływność, możliwe jest korzystanie z aplikacji strumieniowych.

7. Opcje usługi w ofertach dostawców

Oferta usług szerokopasmowego dostępu do internetu obecna na krajowym rynku jest kierowana oddzielnie do nabywców indywidualnych i biznesowych. Ci pierwsi posiadają zazwyczaj stosunkowo niewielkie wymagania, przedkładając koszt nad jakość usług świadczonych za pośrednictwem internetu. Druga grupa odbiorców to klienci biznesowi, wśród których występuje znaczne zróżnicowanie w zakresie wymagań na parametry tej usługi, co wynika z celów stawianych tej usłudze. Zróżnicowanie oferty daje przede wszystkim możliwość klientom biznesowym wykorzystania internetu do świadczenia usług oraz wymiany informacji pomiędzy firmą i klientami jak również do zapewnienia komunikacji pomiędzy oddziałami firmy. W dalszym ciągu przewodnika scharakteryzowano dodatkowe opcje usługi atrakcyjne z punktu widzenia przedsiębiorców.

7.1. *Adresacja IP*

Każdy komputer, aby był rozpoznawalny w środowisku sieciowym, musi posiadać niepowtarzalny adres. Komputer dołączony do sieci internet może mieć stały (niezmienny) adres IP lub adres dynamiczny przydzielany każdorazowo np. w trakcie każdego połączenia modemowego. Adresy IP wykorzystywane do adresowania urządzeń dołączonych do sieci dzielą na adresy IP, które są widoczne w Internecie (tzw. adresy publiczne) oraz adresy prywatne (niepubliczne) - adresy stosowane w sieciach lokalnych podłączonych do internetu za pomocą jednego wspólnego komputera lub routera. Wykorzystanie łącza do internetu do dołączenia wielu użytkowników lokalnej sieci do internetu oznacza konieczność inteligentnego kierowania przesyłanych danych do/z komputerów wewnątrz firmy. Uwzględniając fakt, ze komputery w sieci lokalnej wykorzystują przy tym adresację prywatną, zachodzi konieczność wykorzystania mechanizmu, który „tłumaczy” adresy prywatne na publiczne i odwrotnie – adresy publiczne na prywatne. Za taką translację odpowiada mechanizm określany jako NAT (ang. *Network Address Translation*). Wykorzystuje on fakt, że każde połączenie internetowe odbywa się z wykorzystaniem portów. Komputer pełniący w sieci funkcje bramy udostępnia na żądanie komputera z sieci lokalnej własne porty TCP/IP, modyfikując odpowiednio nagłówki pakietów wysyłanych przez te komputery. Porty TCP/IP są z kolei powiązane z usługami, które mogą być wykorzystywane przez użytkowników sieci (np. WWW, FTP, VoIP, itp.).

Adres IP (v.4) stanowi sekwencję składającą się z czterech bajtów zapisanych w postaci dziesiętnej i oddzielonych od siebie kropkami, np. 72.169.205.81. Taki format zapisu adresu wynika z faktu, że adresy IP są dzielone na numer sieci zawarty w pierwszej części adresu oraz numer komputera zawarty w pozostałej jego części. Rozmiar części sieciowej zależy od wielkości sieci W celu uwzględnienia różnych potrzeb, zdefiniowano kilka klas sieci dzielących adresy IP w różnych miejscach, gdzie:

- klasa A obejmuje sieci od 1.0.0.0 do 127.0.0.0, w której numer sieci jest zapisany w pierwszej części (pierwszym bajcie), klasa ta zapewniając w ten sposób adres komputera o długości 24 bitów, co w rezultacie daje możliwość zaadresowania ok. 1,6 mln komputerów w sieci,
- klasa B obejmuje sieci od 128.0.0.0 do 191.255.0.0, w której numer sieci jest zapisany w dwóch pierwszych bajtach (w ten sposób istnieje możliwość zaadresowania 16 320 sieci z 65 024 komputerami w każdej z nich),

- klasa C obejmuje sieci od 192.0.0.0 do 223.255.255.0 w której numer sieci jest zapisany w trzech pierwszych bajtach (wiąże się to z możliwością zaadresowania prawie 2 mln sieci z 254 komputerami w każdej z nich),
- klasy D, E i F zawierające adresy z zakresu 224.0.0.0 do 254.0.0.0 zostały przeznaczone na cele eksperymentalne i specjalne, nie określają więc żadnej sieci.

Jak widać z powyższego zestawienia, nie wszystkie możliwe wartości są dozwolone dla każdego bajtu w części opisującej komputer. Wynika to stąd, że oktety 0 i 255 są zarezerwowane do specjalnych zastosowań. Adres, w którym wszystkie bity w części opisującej adres komputera mają wartość 0 jest adresem sieci. Z kolei adres, w którym wszystkie bity w części opisującej określony komputer mają wartość 1 (zatem bajt ma wartość dziesiętną 255), jest nazywany adresem rozgłoszeniowym (ang. *broadcast address*). Taki adres odnosi się do wszystkich komputerów w danej sieci jednocześnie (np. adres 147.71.255.255 nie jest poprawnym adresem komputera, ale określa wszystkie komputery w sieci 147.71.0.0.).

Niektóre adresy zostały zarezerwowane do szczególnych celów, czego przykładem są adresy: 0.0.0.0 i 127.0.0.0. Pierwszy określany jest jako tzw. domyślny routing (ang. *default route*), a drugi jest tzw. adresem pętli zwrotnej (ang. *loopback address*). Domyślny routing jest związany ze sposobem kierowania pakietów IP, natomiast sieć o adresie 127.0.0.0 jest zarezerwowana dla ruchu IP lokalnego względem komputera użytkownika. Adres 127.0.0.1 jest zwykle przypisany specjalnemu interfejsowi każdego komputera – tzw. interfejsowi pętli zwrotnej. Działa on jak obwód zamknięty, tzn. dowolny pakiet IP skierowany na ten interfejs zostanie mu przekazany tak, jakby przyszedł z sieci. Dzięki temu można testować oprogramowanie sieciowe bez wykorzystywania „rzeczywistej" sieci. Sieć pętli zwrotnej pozwala także na używanie oprogramowania sieciowego na pojedynczym komputerze.

W każdej klasie sieci pewne zakresy adresów zostały określone jako „prywatne" zakresy adresów. Adresy te są przeznaczone do użytku w sieciach prywatnych i nie są kierowane do internetu. Są one wykorzystywane przez firmy tworzące własne podsieci, ale też niekiedy są przyznawane np. użytkownikom w sieciach osiedlowych. Zakresy adresów zebrano w tabeli (Tabl. 6).

Tabl. 6. Zakresy adresów IP zarezerwowane do użytku prywatnego

Klasa sieci	Zakres adresów
A	10.0.0.0 do 10.255.255.255
B	172.16.0.0 do 172.31.0.0
C	192.168.0.0 do 192.168.255.0

By sprawdzić adres IP przypisany do interfejsu sieciowego (karty sieciowej w komputerze użytkownika) należy w oknie terminala wydać komendę `ipconfig` (systemy z rodziny Windows) lub np. `ifconfig` w systemach Linux.

7.2. *Pakiety hostingowe*

Klienci korporacyjni nabywający usługę dostępu do internetu często są jednocześnie dostawcami różnego typu usług i towarów. Świadczenie tych usług oraz prezentacja oferty wymaga z ich strony uruchomienia portalu WWW często wraz dodatkami, takimi jak wirtualny sklep, forum użytkowników, nazwy zastępcze (tzw. aliasy lub nazwy aliasowe) do kont poczty elektronicznej itp. Odpowiedzialność za przestrzeń dyskową na dane

użytkownika oraz poprawne funkcjonowanie ww. elementów oprogramowania bierze na siebie dostawca usługi w ramach opcji tzw. pakietu hostingowego. Zazwyczaj oferta pakietów hostingowych występuje w kilku opcjach różniących się parametrami poszczególnych usług (np. wielkością przestrzeni dyskowej przeznaczoną na dane użytkownika, itp.). Warto podkreślić, że pakiety hostingowe stanowią nie tylko opcję usługi dostępu do internetu (jako dodatek), lecz mogą być również sprzedawane oddzielnie przez firmy hostingowe. Daje to szansę nabycia usługi utrzymania (hostingu) stron WWW danej firmy, dzięki czemu firma ta może skupić się na prowadzeniu swojej działalności dbając jedynie o aktualizację serwisu internetowego.

7.3. *Możliwość rejestracji domen*

Posiadanie własnego aktualnego serwisu internetowego ma stanowić dla przedsiębiorstwa kanał kontaktu z klientem lub kontrahentem. W związku z tym konieczne jest zapewnienie dla nazwy rozpoznawalnej nazwy domenowej. Jej rejestracja często bywa oferowana jako opcja dla biznesowych nabywców usługi dostępu do internetu, którzy zamierzają świadczyć usługi poprzez internet z wykorzystaniem własnych zasobów (własnego dostępu internetowego i serwerów) lub dzierżawionych i utrzymywanych przez inny podmiot (hosting).

7.4. *Blokada wybranych portów*

Oferta dostawców internetu z punktu widzenia użytkownika powinna obejmować nieograniczony dostęp do usług, co jest równoznaczne z udostępnianiem do celów komunikacji wszystkich portów TCP/IP. Z kolei przedsiębiorca telekomunikacyjny dbając o prawidłowe działanie własnej sieci może zdecydować się na zablokowanie komunikacji z wykorzystaniem niektórych portów. Skutkuje to tym, że nie jest wówczas możliwe korzystanie z aplikacji wykorzystujących te porty. Najczęściej sytuacja ta dotyczy portów wykorzystywanych przez aplikacje służące do wymiany plików P2P.

Należy jednak pamiętać, ze w przypadku przeciętnego użytkownika internetu, nie zamierzającego świadczyć usług za pośrednictwem sieci (np. uruchomienie własnego serwera WWW), wykorzystywany przez niego zbiór aplikacji nie będzie wykorzystywał znacznej liczby portów komunikacyjnych. Tymczasem część z nich jest wykorzystywana jedynie przez określone aplikacje. Porty te w systemach operacyjnych komputerów nieświadomych użytkowników mogą stać się „furtką” dla potencjalnych włamywaczy komputerowych lub narzędziem do przejęcia kontroli nad zainfekowanym systemem i prowadzenia działalności niezgodnej z prawem. Dlatego podmiot, który świadczy usługę dostępu do internetu powinien oferować również możliwość blokowania wybranych portów komunikacyjnych z możliwością zniesienia blokady na życzenie użytkownika. Pełna lista tzw. dobrze znanych portów (ang. *The Well Known Ports*) znajduje się pod adresem http://www.iana.org/assignments/port-numbers.

7.5. *Ograniczenia ilościowe i czasowe transferu danych*

Zróżnicowanie oferty dostawców usług dostępu do internetu wynika zarówno z potrzeby jej dostosowania do wymagań użytkownika, ale jest również związana z technologią i możliwościami przenoszenia ruchu, jaką dysponuje operator sieci. Istnienie do niedawna limitów ilości (wolumenu) danych, które mogą być pobrane z internetu było elementem ochrony zasobów sieciowych operatorów. Obecnie limitowanie wolumenu danych dotyczy głównie sieci radiowych (opartych na infrastrukturze operatorów komórkowych), gdzie

przekroczenie określonej w regulaminie świadczenia usług wielkości pobranych lub wysłanych danych przez określonego użytkownika skutkuje ograniczeniem dostępnej przepływności. W takim przypadku operator może też odpłatnie powiększać wolumen ilości danych, które mogą być przesyłane ze standardową przepływnością (np. pakiet dodatkowych 100MB).Opłaty mogą być naliczane niezależnie za dane pobrane i wysłane lub opłata jest uzależniona od łącznej ilości pobranych i wysłanych danych. Opłaty te są naliczane za każdą porcję danych o określonej wielkości (np. 10KB, 50KB, 100KB). Dokładne zasady naliczania opłat za transmisję pakietowa GPRS/EDGE operator zamieszcza w regulaminie świadczenia usługi.

Jednocześnie, w ofercie niektórych operatorów dostępna jest też opcja usługi dostępu do internetu w oparciu o łącze stałe ale wykorzystywane tylko przez określony czas, przy czym opłata za usługę dostępu do internetu jest proporcjonalna od czasu użytkowania łącza szerokopasmowego. Obok części opłaty proporcjonalnej do czasu korzystania z dostępu szerokopasmowego, niektórzy dostawcy (Telekomunikacja Polska) również naliczają stałą comiesięczną opłatę abonamentową za udostępnienie usługi. Warto w takim przypadku przed podjęciem decyzji o wyborze opcji, porównać opłatę za czas spędzany na korzystaniu z internetu oraz zryczałtowaną opłatę za dostęp szerokopasmowy o tych samych parametrach.

8. Prawa i obowiązki użytkownika

8.1. Dokumenty regulujące prawa i obowiązki użytkownika

Dokonując zapoznania się z ofertą dostawcy usługi dostępu do internetu, użytkownik styka się z listą dokumentów opisujących zasady świadczenia usługi. Podstawowe dokumenty w tym zakresie to:

- regulamin (świadczenia), który zgodnie z art.60 ustawy Prawo Telekomunikacyjne [1] (PT) powinien zawierać
    - nazwę, adres i siedzibę dostawcy usług,
    - zakres świadczonych publicznie dostępnych usług,
    - zasady wypłaty kar umownych,
    - zakres obsługi serwisowej,
    - standardowe warunki umowy, w tym wskazanie minimalnego czasu trwania umowy, jaki został określony,
    - tryb postępowania reklamacyjnego,
        - ponadto, regulamin może zawierać również:niezbędne definicje wykorzystane w regulaminie,
        - prawa i obowiązki stron umowy,
        - warunki zawierania i rozwiązywania umowy o świadczenie usługi,
        - zasady wprowadzania zmian w warunkach świadczenia usługi (zmiana regulaminu, zasad rozliczania, parametrów usługi, itp.),
        - zakresy odpowiedzialności dostawcy i odbiorcy usług,
        - zasady wzajemnych rozliczeń za świadczone usługi.
- cennik, zawierający informację o kosztach jednorazowych (związanych z uruchomieniem usługi) oraz abonamentowych (ponoszonych cyklicznie w związku ze świadczeniem usługi na rzecz nabywcy),
- oraz (w przypadku nabywania usługi w promocji) regulamin promocji, zawierający opis warunków na których nabywa się usługę korzystając z określonych upustów, dodatkowych udogodnień itp.

Potwierdzeniem akceptacji obu stron dla warunków świadczenia usługi jest umowa, o świadczenie usługi dostępu do sieci internet, która powinna zawierać następujące składniki:

- określenie nazwy, adresu i siedziby dostawcy usług,
- określenie świadczonej usługi, dane o jakości (określenie przepływności oraz dostępności), w tym dane o terminie rozpoczęcia świadczenia usług,
- zakres obsługi serwisowej,
- dane szczegółowe o dotyczące cen, w tym pakietów cenowych oraz sposoby uzyskania informacji o aktualnym cenniku,
- określenie czasu trwania umowy oraz warunki przedłużenia i rozwiązania umowy,
- określenie wysokości kar umownych w przypadku niewykonania lub nienależytego wykonania usługi,
- określenie trybu postępowania reklamacyjnego,
- informację o możliwości rozwiązania sporu w drodze mediacji lub poddania go pod rozstrzygniecie sądu polubownego.

Warunki zawierania umów o świadczenie usług telekomunikacyjnych są regulowane przepisami art. 56 ust. 3 PT [1].

8.2. Umowa o świadczenie usług dostępu do sieci internet

Wspomniana umowa jest zawierana na czas określony lub nieokreślony. Wybór pierwszego z wariantów oznacza, że nabywca usługi zawiera umowę na zadeklarowany okres świadczenia usługi, bez możliwości jej zawieszenia, natomiast jej zerwanie wiąże się z uiszczeniem określonej w regulaminie opłaty. Typowy okres trwania umowy w tym przypadku wynosi 12, 24, lub 36 miesięcy. W umowie powinny być zawarte warunki wygaśnięcia umowy na czas określony oraz zawarcia nowej umowy (mogą być one dodatkowo określone w regulaminie świadczenia usługi). Wcześniejsze, niż wynika to z okresu obowiązywania, zerwanie umowy przez abonenta wiąże się najczęściej z koniecznością uiszczenia określonej kary na rzecz dostawcy, co jest również ujęte w podpisywanej przez abonenta umowie. Należy jednak zaznaczyć, że o ile abonentowi została przyznana ulga, to zgodnie z art. 56 ust. 6 PT [1] roszczenie z tytułu zerwania umowy nie może być wyższe niż wysokość przyznanej abonentowi ulgi.

Drugi z wariantów przewiduje zawarcie umowy, której rozwiązanie jest możliwe w dowolnym okresie jej trwania z zachowaniem odpowiednich warunków – np. złożenie pisemnego wypowiedzenia skutkuje wstrzymaniem świadczenia usługi po określonym czasie (np. z końcem miesiąca następującego po miesiącu, w którym złożono wypowiedzenie). Należy pamiętać, że za okres świadczenia usługi w okresie trwania wypowiedzenia nabywca wnosi opłaty zgodnie z regulaminem świadczenia usługi. Warunki wypowiedzenia umowy, a w szczególności sposób składania wypowiedzenia i związane z tą procedurą terminy, muszą być zdefiniowane w umowie, a ponadto mogą być również zawarte w regulaminie świadczenia usługi.

Dokonując wyboru dostawcy usługowego i zawierając z nim umowę o świadczenie usługi dostępu do sieci internet, przyszły abonent powinien uprzednio zapoznać się ze wzorcem umowy oraz regulaminem świadczenia usługi. Dokumenty te powinny określać przedmiot umowy, a więc usługę wraz z opisem jej parametrów i sposobem jej świadczenia. W interesie użytkownika jest również zapoznanie się z informacjami dotyczącymi sieci transmisji danych, którą dostawca wykorzystuje do transportu ruchu internetowego, w tym m.in. dotyczącymi liczby oraz parametrów punktów styku z sieciami innych operatorów.

Wzorzec umowy o świadczenie usług stanowi dla dostawcy oraz odbiorcy usługi punkt wyjścia do określenia ostatecznego kształtu umowy podpisywanej przez obie strony. Choć negocjowanie zapisów umowy jest możliwe, często taką możliwość dostawcy usługowi rezerwują dla wybranych klientów (kluczowych), tj. takich którzy ze względu na szczególną ilość (np. dostęp do internetu w kilku lokalizacjach) lub parametry nabywanych usług wyróżniają się spośród pozostałych klientów.

Niezależnie od możliwości negocjowania zapisów umowy, należy dokumenty te starannie przeanalizować pod kątem postanowień mogących w przyszłości być szczególnie dolegliwymi dla użytkownika. Jednym z takich postanowień, jest zapis mówiący, że w przypadku braku uiszczenia opłaty abonamentowej dostawca może rozwiązać umowę bez wypowiedzenia, a to spowoduje natychmiastowe wstrzymanie usługi. Opóźnienie opłaty za usługę powinno być obwarowane naliczeniem odsetek za czas opóźnienia i wyznaczeniem terminu na uregulowanie należności wobec dostawcy. Takiego zapisu ma prawo żądać przyszły abonent w umowie o świadczenie usługi dostępu do internetu.

Innym postanowieniem umowy, które może okazać się niekorzystne dla odbiorcy usługi, jest zastrzeżenie sobie przez dostawcę prawa do zmiany wysokości opłat w trakcie świadczenia usługi. Pozwala to dostawcom na ustalanie podwyżek cen nawet bez ekonomicznego uzasadnienia, należy zwrócić uwagę na to, czy umowa daje prawo do rezygnacji ze świadczonych usług w przypadku podwyżek cen. W podobny sposób należy traktować wszelkie zmiany w regulaminie świadczenia usługi w trakcie obowiązywania umowy. Dokonywanie takich zmian przez dostawcę powinno gwarantować możliwość rozwiązania umowy, co wynika z przepisów Prawa telekomunikacyjnego (art. 59 ust. 2 oraz art. 61 ust. 6). Taka gwarancja powinna być jednym z postanowień umowy, jednak brak takich zapisów nie skutkuje brakiem uprawnień po stronie abonenta. Dostawca usług jest zobowiązany każdorazowo przy zmianie regulaminu lub podwyższenia cen usług poinformować abonenta o prawie do wypowiedzenia umowy bez roszczenia odszkodowawczego po stronie dostawcy.

Jeśli ww. klauzule znalazły się w podpisanej umowie, to abonent ma prawo renegocjować warunki umowy z dostawcą oraz zwrócić się do Prezesa Urzędu Ochrony Konkurencji i Konsumentów lub lokalnego rzecznika konsumentów o zbadanie czy dane postanowienie umowy można uznać za klauzulę niedozwoloną. Jeśli zapis okaże się niedozwolony, abonent powinien wystąpić do dostawcy o usunięcie ich z umowy. W przypadku odmowy ze strony dostawcy, nabywca usługi może wystąpić z pozwem przeciwko dostawcy do sądu cywilnego.

Doświadczenie wielu użytkowników pokazuje, że zapisy regulaminu mogą być również interpretowane w odmienny sposób przez nabywcę oraz dostawcę usługi. Pierwszym krokiem po stwierdzeniu przez użytkownika nieprawidłowości w świadczeniu usługi powinno być złożenie reklamacji. Składanie reklamacji określone jest w regulaminie świadczenia usługi wraz z dopuszczalnymi terminami, do których dotrzymania zobowiązują się obie strony (m.in. tryb postępowania reklamacyjnego art 60 p.6 i art.106 PT - odpowiedzi dostawcy).

Typowym rozwiązaniem kwestii spornych po wyczerpaniu ścieżki reklamacyjnej (zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 1 października 2004 r. w sprawie trybu postępowania reklamacyjnego oraz warunków, jakim powinna odpowiadać reklamacja usługi telekomunikacyjnej [2]) jest wniesienie sprawy do sądu powszechnego, właściwego dla miejsca podpisania umowy. W przypadku wyczerpania możliwości ścieżki reklamacyjnej istnieje również możliwość zwrócenia się do Prezesa Urzędu Komunikacji Elektronicznej z wnioskiem o mediacje w sporze z operatorem, jednak warunkiem zgoda obu stron na rozwiązaniu sporu w postępowaniu mediacyjnym. W trakcie tego postępowania Prezes UKE zapoznaje dostawcę usług z roszczeniem konsumenta oraz przedstawia stronom sporu przepisy prawa mające zastosowanie w sprawie oraz ewentualne propozycje polubownego zakończenia sporu. Postępowanie mediacyjne prowadzone jest korespondencyjnie. Szczegółowe informacje dotyczące procedury składania wniosku oraz postępowania mediacyjnego znajdują się na stronach UKE (http://www.uke.gov.pl/)[6].

Zanim abonent wytoczy proces dostawcy przed sądem powszechnym może również rozważyć możliwość rozstrzygnięcia sporu przed Stałym Polubownym Sądem Konsumenckim działającym przy Prezesie UKE. Wyrok i ugoda zawarta przed SPSK mają moc równą wyrokowi sądu powszechnego i ugodzie zawartej przed tym sądem. Jednak ich wykonalność musi stwierdzić sąd powszechny, przez nadanie klauzuli wykonalności. Od

[6] Informacje te zostały zamieszczone w dziale zawierającym poradniki (Strona główna->Poradnik->Jak reklamować usługi). Informacje na ten temat udzielane są również telefonicznie (022 53 49 493), z wykorzystaniem faksu (022 53 49 195). Złożenie skargi możliwe jest również pocztą elektroniczną (formularz na stronie UKE).

wyroku sądu polubownego służy stronom skarga do sądu powszechnego (w ciągu miesiąca od jego doręczenia). Podstawą do wszczęcia postępowania w sprawie jest skierowanie przez konsumenta, przedsiębiorcę telekomunikacyjnego lub operatora pocztowego wniosku do Sądu Polubownego, natomiast rozpoznanie sprawy jest warunkowane zgodą obu stron na rozwiązanie problemu. Zgodnie z art. 110 ust. 3 pkt 1 ustawy Prawo telekomunikacyjne zadaniem sądu polubownego jest rozpatrywanie spraw o prawa majątkowe wynikłe z umów o świadczenie usług telekomunikacyjnych, zawartych pomiędzy konsumentami i przedsiębiorcami telekomunikacyjnymi. Szczegółowe informacje związane z procedurą składania wniosku do Stałego Polubownego Sądu Konsumenckiego przy Prezesie UKE, postępowaniem oraz związanymi z tym opłatami zostały zamieszczone na stronach internetowych UKE.

ADRES KORESPONDENCYJNY:

Urząd Komunikacji Elektronicznej
Stały Polubowny Sąd Konsumencki przy Prezesie UKE
ul. Kasprzaka 18/20, 01 – 211 Warszawa
tel. 0 22 53 49 178
fax. 022 53 49 276
e-mail: sadpolubowny@uke.gov.pl

9. Ochrona tajemnicy telekomunikacyjnej

Użytkownicy usługi dostępu do internetu, podobnie jak użytkownicy innych usług telekomunikacyjnych, mają prawo do ochrony danych związanych ze świadczeniem tej usługi przez dostawcę. Zgodnie z ustawą Prawo telekomunikacyjne (art. 161 i 165 PT) ochronie podlegają informacje przesyłane w sieciach telekomunikacyjnych i dotyczące użytkownika jak również treści komunikatów. Dokument ten definiuje następujący zbiór danych podlegających ochronie:

- dane dotyczące użytkownika,
- zawartość przesyłanych danych użytkownika,
- dane niezbędne do przesyłania informacji użytkownika wraz z danymi wykorzystywanymi przez dostawców usługowych na potrzeby naliczania opłaty za świadczone usługi, w tym usługi dostępu do internetu,
- dane o lokalizacji, wykraczające poza dane niezbędne do prawidłowego przesyłania danych lub wystawienia rachunku za usługi,

Dostęp do tego zbioru danych posiada przede wszystkim dostawca usługi dostępu do internetu, ponieważ podpisując umowę o świadczenie usług, użytkownik udostępnia usługodawcy szereg informacji. Zakres informacji, do których przetwarzania (tj. rejestrowania, przechowywania, modyfikowania i wykorzystywania) jest upoważniony dostawca publicznie dostępnych usług telekomunikacyjnych, został również zdefiniowany w Prawie telekomunikacyjnym i obejmuje w przypadku danych dotyczących osób fizycznych:

- nazwiska i imiona;
- imiona rodziców;
- miejsca i daty urodzenia;
- adresy miejsca zameldowania na pobyt stały;
- numery ewidencyjne PESEL - w przypadku obywateli Rzeczypospolitej Polskiej;
- nazwy, serie i numery dokumentów potwierdzających tożsamość, a w przypadku cudzoziemców, którzy są obywatelami państw nie będącego członkiem Unii Europejskiej lub Europejskiego Obszaru Gospodarczego - numery paszportu lub karty pobytu;
- zawarte w dokumentach potwierdzających możliwość wykonania zobowiązania wobec dostawcy publicznie dostępnych usług telekomunikacyjnych wynikającego z umowy o świadczenie usług telekomunikacyjnych."

W tracie podpisywania umowy przedsiębiorca telekomunikacyjny jest zobowiązany do poinformowania nabywcy usługi, w jakim celu oraz w jakim zakresie będzie on przetwarzał dane podlegające ochronie. Powinien on ponadto poinformować nabywcę o możliwościach wpływu na zakres przetwarzania.

Okres, w jakim dostawca usługi może przetwarzać dane podlegające ochronie, pokrywa się z okresem obowiązywania umowy, jednak może być dłuższy, jeśli zaistnieje konieczność dochodzenia roszczeń lub wykonania innych zadań przewidzianych w ustawie Prawo telekomunikacyjne (lub odrębnych przepisach).

Warto również podkreślić, że dane podlegające ochronie rejestrowane przez dostawcę usługi lub operatora telekomunikacyjnego (właściciela infrastruktury, za pośrednictwem którego ta usługa jest świadczona) muszą być przechowywane i udostępniane na żądanie uprawnionych, podmiotów właściwych w sprawach obronności, bezpieczeństwa państwa oraz bezpieczeństwa i porządku publicznego. Przykładem tego typu danych jest np. numer IP

komputera użytkownika, który może być nie tylko celem ale i źródłem potencjalnego ataku na inne komputery za pośrednictwem sieci internet.

10. Podsumowanie

Wybór dostawcy usługi dostępu do internetu oraz określonej pozycji z jego oferty powinien być dokonany świadomie, aby był dla nabywcy rozwiązaniem optymalnym ze względu na jego potrzeby, jak i koszty użytkowania. Z punktu widzenia użytkownika na wybór określonej oferty mają wpływ przede wszystkim jego potrzeby w zakresie usług świadczonych za pośrednictwem sieci Internet. Oczekując wysokiego komfortu użytkowania usług interaktywnych (np. VoIP, połączenia video, gry on-line) należy zwrócić swoją uwagę w kierunku ofert tych dostawców usługi dostępu do internetu, którzy zapewniają realizację tej usługi z wykorzystaniem technik przewodowych, pamiętając o odpowiednim poziomie przepływności łącza. Z kolei dla usług strumieniowych (np. radio oraz telewizja internetowa) najistotniejszym parametrem jest przepływność oraz zagwarantowanie braku limitów, którymi może być objęta liczba pobieranych z internetu danych.

Obok tych wymagań, niebagatelną rolę w wyborze dostawcy odgrywa również sposób użytkowania usługi dostępu do internetu. Dla osób preferujących dostęp mobilny atrakcyjna może być oferta dostawców wykorzystujących technologię bezprzewodową. Również w tej grupie przedsiębiorców telekomunikacyjnych konkurencja i wzrost przepływności usług dostępu do globalnej sieci działają na korzyść abonentów. Sposób użytkowania dotyczy również intensywności korzystania z internetu, a więc czasu spędzanego przez użytkowników oraz rodzaju aplikacji, z których oni korzystają. W tym przypadku istotnym elementem rozważanej oferty powinien być brak limitów czasowych lub ilościowych (dotyczących ilości danych pobranych lub wysłanych do sieci internet).

Kolejnym istotnym czynnikiem kształtującym świadomy wybór dostawcy i opcji usługi są koszty, które będzie musiał ponosić użytkownik. Muszą tutaj zostać uwzględnione łączne koszty ponoszone przez nabywcę usługi – zarówno jednostkowe (np. instalacyjne lub pomocy technicznej w przypadku występujących problemów), jak również okresowe (takie jak np. opłaty abonamentowe). Informacje te dostępne są przede wszystkim w cennikach i regulaminach świadczenia usług, które dostawca usługowy jest zobowiązany udostępniać nabywcom.

Obok informacji związanych z kosztem usługi, czynnikiem mającym wpływ na decyzje nabywców jest również rzetelna informacja o zakresie odpowiedzialności, jaką ponosi przedsiębiorca usługowy oraz informacja o zasobach sieci transmisji danych, które będą wykorzystywane na potrzeby obsługi ruchu internetowego. Odpowiedzialność za jakość świadczonych usług rozciąga się bowiem nie tylko na obszar łącza dostępowego lecz również na obszar sieci operatora, która jest wykorzystywana do przenoszenia ruchu internetowego. Dokonując wymiany ruchu internetowego z innymi operatorami przedsiębiorca telekomunikacyjny dostarczający usługę dostępu do internetu powinien zapewnić takie parametry punktów styku, aby jego abonenci bez przeszkód mogli korzystać z usług świadczonych za pośrednictwem sieci internet. Przed wyborem usługodawcy zaleca się, by użytkownik dokonał również analizy informacji opisujących liczbę i parametry (przepływność) punktów styku z innymi operatorami oraz informacji dotyczących przepływności sieci szkieletowej operatora. Należy przy tym pamiętać, że istotna jest również liczba abonentów, która już obecnie korzysta z usług dostępu do internetu danego dostawcy,

gdyż to właśnie ta grupa użytkowników współdzieli między sobą zasoby sieciowe, jakimi dysponuje przedsiębiorca telekomunikacyjny.

Decydując się na zakup usługi u jednego z dostawców, nabywca akceptuje również warunki, na których jest ona dostarczana, a w szczególności deklarowaną niezawodność. W tym zakresie deklaracje dotyczące tak dopuszczalnych przerw jak i sposobu składania reklamacji zawarte są w regulaminie świadczenia usługi. Ocena niezawodności świadczonych przez dostawcę usług wyrażana jest również opiniami użytkowników. Po dokonaniu analizy oferty i zapisów regulaminu warto więc zasięgnąć opinii dotychczasowych klientów dostawcy internetowego.

11. Bibliografia

11.1. *Dokumenty prawne i normalizacyjne*

[1] Ustawa z dnia 16 lipca 2004 r. Prawo telekomunikacyjne (Dz. U. Nr 171, poz. 1800), wraz z późniejszymi zmianami.

[2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 1 października 2004 r. (Dz. U. Nr 226, poz. 2291) w sprawie trybu postępowania reklamacyjnego oraz warunków, jakim powinna odpowiadać reklamacja usługi telekomunikacyjnej

[3] ITU-T G.114 (05-2003) One-way transmission time

[4] ITU-T G.1010 (11-2001) End-user multimedia QoS categories

[5] RFC 792 (09-1981) Internet Control Message Protocol

[6] RFC 1701 (10-1994) Generic Routing Encapsulation

[7] RFC 2330 (05-1998) Framework for IP Performance Metrics

[8] RFC 2679 (08-1999) A One-way Delay Metric for IPPM

[9] RFC 3357 (08-2002) One-way Loss Pattern Sample Metrics

[10] RFC 3393 (11-2002) IP Packet Delay Variation Metric for IP Performance Metrics (IPPM)

11.2. *Inne materiały*

[11] Peter Burns, “The Beginner’s Guide to Broadband and Wireless Internet”, Summersdale Publishers Ltd, West Sussex 2006

[12] Grenville Armitage, Mark Claypool, Philip Branch, “Networking and on-line games. Understanding and engineering multiplayer internet games”, John Willey & Sons Ltd, London 2006

[13] Wikipedia (http://pl.wikipedia.org/)

12. Spis skrótów

AAA	-	Authentication, Authorization, Accounting
ATM	-	Asynchronous Transfer Mode
BER	-	Bit Error Ratio
BGP	-	Border Gateway Protocol
BSA	-	Bitstream Access
BSC	-	Base Station Controller
BTS	-	Base Transceiver Station
BTV	-	Broadcast TV
CATV	-	Cable TV
CB	-	Citizen-Band
CBR	-	Constant Bit Rate
CDMA	-	Code Division Multiple Access
CIR	-	Commited Information Rate
CMTS	-	Cable Modem Termination System
CPE	-	Customer Premises Equipment
CSMA/CA	-	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
CSU/DSU	-	Channel Service Unit /Data Service Unit
DHCP	-	Dynamic Host Configuration Protocol
DNS	-	Domain Name System
DSL	-	Digital Subscriber Line
DTE	-	Data Terminal Equipment
DVB	-	Digital Video Broadcasting
EDGE	-	Enhanced Data rates for GSM Evolution
EIR	-	Excess Information Rate
FDM(A)	-	Frequency Division Multiplexing (Access)
FITL	-	Fiber In The Loop
FPS	-	First Person Shooter
FTP	-	File Transfer Protocol
GPRS	-	General Packet Radio Service
GRE	-	Generic Routing Encapsulation
HSDPA	-	High-Speed Downlink Packet Access
HTML	-	HyperText Markup Language
HTTP(S)	-	Hypertext Transfer Protocol (Secure)
ICMP	-	Internet Control Message Protocol
IEEE	-	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IETF	-	Internet Engineering Task Force
IM	-	Instant Messaging
IP	-	Internet Protocol
IPSec	-	IP Security Protocol
IPTD	-	IP Packet Transfer Delay
IPv6	-	Internet Protocol Version 6
ISA	-	Industry Standard Architecture
ISDN	-	Integrated Services Digital Network
ISO/OSI	-	International Standards Organization/Open Systems Interconnections
ISP	-	Internet Service Provider
ITU	-	International Telecommunication Union
LAN	-	Local Area Network
LMDS	-	Local Multipoint Distribution Services
LNB	-	low-noise block converter
MAC	-	Media Access Control
MAN	-	Metropolitan Area Network
MMO	-	Massive Multiplayer On-line

MMORPG	-	Massive Multiplayer On-line Role Playing Game
MSC	-	Mobile Switching Centre
NAS	-	Network Access Server
NAT	-	Network Address Translation
NRTG	-	Non-Real Time Game
P2P	-	Peer to Peer
PCI	-	Peripheral Component Interconnect
PCMCIA	-	Personal Computer Memory Card International Association
PDA	-	Personal Digital Assistant
PKI	-	Public Key Infrastructure
PPTP	-	Point-To-Point Tunneling Protocol
PSTN	-	Public Switched Telephone Network
QoS	-	Quality Of Service
RTD	-	Round Trip Delay
RTS	-	Real Time Strategy
SIP	-	Session Initiation Protocol
SLA	-	Service Level Agreement
SSL	-	Secure Sockets Layer
STB	-	set-top box
TCP	-	Transmission Control Protocol
TDM(A)	-	Time Division Multiplexing (Access)
UDP	-	User Datagram Protocol
UMTS	-	Universal Mobile Telecommunications System
USB	-	Universal Serial Bus
UTRAN	-	UMTS Terrestrial Radio Access Network
VAD	-	Voice Activation Detection
VoD	-	Video On Demand
VoIP	-	Voice over IP
VPN	-	Virtual Private Network
VSAT	-	Very Small Aperture Terminal
WAN	-	Wide Area Network
WDM(A)	-	Wavelength Division Multiplexing (Access)
WWW	-	World Wide Web
XMPP	-	Extensible Messaging and Presence Protocol

Załącznik I. Opis technologii dostępowych

Technologie usług dostępu do internetu

Podstawowe informacje z zakresu transmisji danych

Omawiając technologie, w których dostarczana jest usługa dostępu do internetu, konieczne jest przedstawienie podstawowego podziału, dokonywanego od wielu lat w telekomunikacji. Istnieje wiele kryteriów takiego podziału w odniesieniu do łączy telekomunikacyjnych. Zasadniczy podział może być dokonywany w zależności od:

- sposobu zestawiania łącza, gdzie wyróżnia się łącza zestawiane każdorazowo na żądanie użytkownika (przykładem są tutaj tzw. łącza komutowane, których reprezentantem jest dostęp typu Dial-up) lub na stałe (przykładem są łącza dzierżawione pomiędzy dwoma lokalizacjami abonenta),
- szybkości transmisji z utartym w ciągu ostatnich lat podziałem na łącza wąsko- (do przepływności 144kbit/s) i szerokopasmowe (powyżej wspomnianej przepływności).
- rodzaju medium transmisyjnego, przy czym podział przebiega zgodnie ze schematem:
    - kablowe, wśród których rozróżnia się sieci:
        - przewodowe,
        - światłowodowe,
        - hybrydowe (częściowo światłowodowe częściowo zaś przewodowe, wykonane za pomocą kabli miedzianych, przykładem są tutaj sieci operatorów telewizji kablowej),
    - bezprzewodowe, wśród których rozróżnia się sieci:
        - radiowe naziemne (stałe i komórkowe),
        - satelitarne.

Na potrzeby niniejszego przewodnika przyjęto podział bazujący na rodzaju medium wykorzystywanego do transmisji danych na styku pomiędzy dostawcą usługi a jej nabywcą. Z punktu widzenia użytkownika istotne jest nie tylko medium wykorzystywane do transmisji, lecz również sposób transmisji sygnałów w tym medium. Pod tym względem technologie dostępu do sieci internet wykorzystują transmisję szeregową, tzn. „bit po bicie". Z kolei wzajemna komunikacja dwóch urządzeń w sieci możliwa jest w trzech trybach (wykorzystywane nie tylko do komunikacji w internecie):

- simpleks (SX), oznaczający jednokierunkową transmisję, w której odbiornik nie może przesłać odpowiedzi ani potwierdzenia (transmisje rozsiewcze, np. TV, przekazy radiofoniczne), a urządzenie odbiorcze nie wymaga żadnej obsługi przez użytkownika,
- półdupleks (HDX), oznaczający dwukierunkową, ale nie jednoczesną, naprzemienną transmisję – w danym momencie jest ustalony tylko jeden kierunek transmisji. Dla odwrócenia kierunku transmisji potrzebny jest system sygnalizacji, wskazujący, że urządzenie ukończyło nadawanie i możliwy jest dostęp do łącza (typowym przykładem jest transmisja krótkofalowa lub komunikacja za pomocą urządzeń pracujących w paśmie CB),
- dupleks, (FDX), oznaczający jednoczesną transmisję z pełną szybkością w obydwu kierunkach. W sieciach cyfrowych potrzebne są zwykle dwie pary przewodów do utworzenia takiego połączenia. Połączenie analogowe wykorzystujące klasyczne modemy analogowe do dostępu typu dial-up potrzebują tylko jednej pary przewodów, ponieważ szerokość pasma transmisji podzielona jest bowiem na dwie (często nierówne) części co pozwala na jednoczesny przepływ danych w obu kierunkach. Aby uzyskać transmisję dwukierunkową, wykorzystuje się różne sposoby na jej

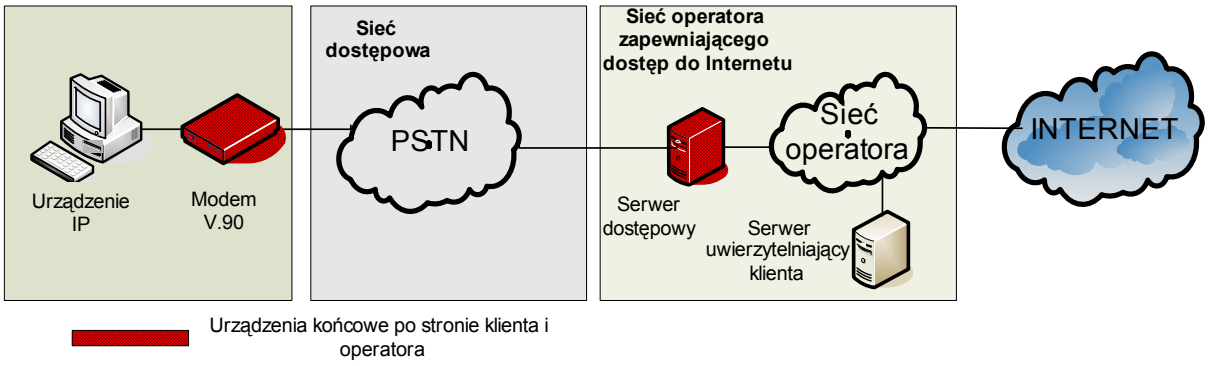
zapewnienie, m.in.: podział dostępnego pasma (całego zakresu częstotliwości) tak, aby każdy kierunek wykorzystywał osobną częstotliwość nośnej (*Frequency Division Duplex*) lub wykorzystanie jednego kanału nośnej ale z podziałem na chwile czasowe, w których transmisja ma miejsce w jednym oraz w przeciwnym kierunku (*Time Division Duplex*).

Zaprezentowany powyżej podział łączy i trybów transmisyjnych znajduje swoje odbicie również w metodach dostępu do sieci internet. Wykorzystując informacje zawarte w tym punkcie dalszym ciągu przewodnika scharakteryzowano najczęściej spotykane w Polsce i na świecie metody dostępu do internetu, prezentując ich zalety i wady w kontekście usług świadczonych za pośrednictwem sieci internet. Podsumowanie dostępnych technologii zamieszczono w tabeli (Tabl. 5).

Dial up

Charakterystyka systemu dostępowego dial-up

Dial-up to rodzaj usługi dostępu do internetu zakładający zestawienie połączenia komutowanego pomiędzy użytkownikiem a węzłem dostępowym dostawcy internetowego za pomocą modemu. W celu skorzystania z dostępu do internetu komputer musi być wyposażony w modem, za pomocą którego wybierany jest numer dostępowy serwera dostawcy. Serwer ten pośredniczy w identyfikacji użytkownika, a następnie dołączeniu do zasobów sieci internet. Mimo, iż system ten nie pozwala na osiąganie dużych prędkości przesyłu i jest kosztowny w eksploatacji (opłaty dotyczą czasu zestawionego połączenia do serwera dostępowego) to nadal pozostaje jednym ze sposobów korzystania z sieci, co wynika z faktu, że nie wymaga drogich instalacji u klienta oraz ponoszenia stałych comiesięcznych opłat ryczałtowych. Dostęp dial-up realizowalny jest zarówno w telefonii analogowej jak i cyfrowej - ISDN. W przypadku dostępu ISDN usługa internetowa, o ile wykorzystuje jeden z dwóch istniejących kanałów w dostępie abonenckim, nie blokuje linii telefonicznej, co ma miejsce w systemach telefonii analogowej.



Rys. 10. Architektura systemu dostępowego Dial – up

Urządzeniami po stronie klienta inicjującymi połączenie dial-up są najczęściej komputer lub laptop, które są wyposażone w modem podłączony do linii telefonicznej. Abonent posiada modem (z interfejsem w standardzie V.90), który w momencie nawiązania połączenia zajmuje analogową linię abonencką (Rys. 10). Sygnał pomiędzy modemem abonenta a serwerem dostępowym operatora jest sygnałem analogowym, dopiero modemy znajdujące się po stronie nadawcy i odbiorcy zamieniają te sygnały na postać cyfrową. Użytkownik nawiązując połączenie zobowiązany jest do odpowiedniego skonfigurowania

programu klienckiego dostępnego w systemie operacyjnym. Jedną z opcji tego programu jest wybór numeru telefonu, z którym identyfikowany jest serwer dostępowy - NAS (ang. *Network Access Server*). W momencie, gdy serwer NAS „odbierze" połączenie od klienta końcowego, zestawiane zostaje połączenie oparte na protokole PPP (ang. *Point to Point Protocol)*. Po zestawieniu tego połączenia serwer NAS przesyła żądanie do użytkownika w celu jego identyfikacji. Po otrzymaniu niezbędnych danych wysyłane jest żądanie do serwera AAA (ang. *Authentication, Authorization, Accounting*) w celu uwierzytelnienia otrzymanych od użytkownika danych. Po dokonaniu uwierzytelnienia serwer AAA wykonuje proces autoryzacji, czyli sprawdzenia, czy dany użytkownik ma odpowiednie prawa dostępu. Jeżeli autoryzacja powiedzie się serwer AAA dostarcza serwerowi NAS adres IP, który zostaje następnie przypisany użytkownikowi. Naliczanie opłat za korzystanie z internetu jest określone czasem trwania połączenia. Możliwy jest także wykupienie usługi w oparciu o stały dostęp abonamentowy

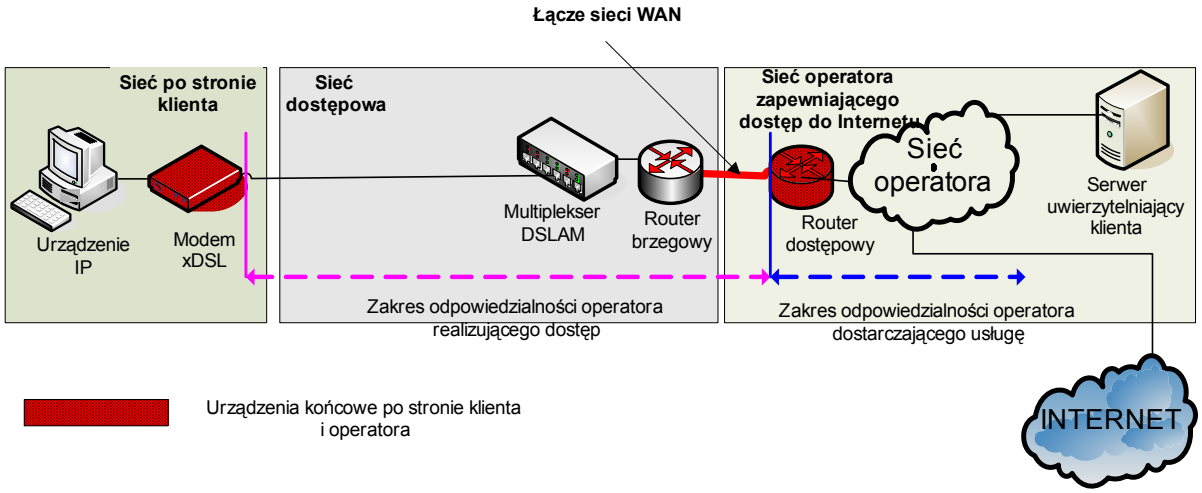
Ograniczenia technologii dial-up

Głównym ograniczeniem technologii jest niska prędkość transmisji danych. W przypadku dostępu za pośrednictwem łączy analogowych wynosi ona 56kbit/s. W stronę od klienta do operatora prędkość ta jest niższa i wynosi 33kbit/s od klienta W praktyce często zdarza się, ze prędkości te są niższe. Korzystanie z internetu za pomocą tej techniki dostępowej ogranicza więc możliwość zastosowania aplikacji multimedialnych. W przypadku dostępu za pośrednictwem technologii ISDN prędkość w obu kierunkach wynosi 128kbit/s lub 64kbit/s, gdy wykorzystywany jest do transmisji tylko jeden kanał.

Dostęp realizowany za pomocą systemów xDSL

Charakterystyka systemu dostępowego xDSL

Dostęp internetowy realizowany za pomocą technologii xDSL jest jednym z najpopularniejszych sposobów dostarczania internetu w Polsce. Do głównych zalet tej technologii należy wysoka skalowalność, a co za tym idzie możliwość zwiększania prędkości przesyłania danych oraz możliwość docierania do szerokiej grupy abonentów ze względu na wykorzystanie istniejącej infrastruktury telefonicznej. Podstawową odmianą DSL wykorzystywaną w zakresie dostępu do internetu dla użytkowników domowych jest łącze asymetryczne – ADSL lub jego rozwinięte implementacje - ADSL2/2+. Maksymalna przepływność w łącza *downlink* oferowana przez operatorów w Polsce wynosi 15Mbit/s.



Rys. 11. Architektura systemu dostępowego zrealizowanego w technologii xDSL

W infrastrukturze sieci dostępowej ADSL wykorzystywane są telefoniczne kable miedziane. W architekturze widocznej na rysunku (Rys. 11) sygnał w systemie DSL jest przesyłany pomiędzy modemem abonenta a tzw. multiplekserem DSLAM. Multiplekser DSLAM, (zlokalizowany w budynku centrali końcowej) łączy się z kolei z routerem brzegowym z wykorzystaniem standardu Ethernet. Router brzegowy z kolei komunikuje się za pomocą najczęściej łącza światłowodowego WAN z szerokopasmowym routerem dostępowym należącym do operatora udostępniającego usługę dostępu do internetu. Przedstawiona tu konfiguracja jest typowa dla systemu dostępu opartego na technologii ADSL, należy jednak pamiętać że praktyce występuje szereg rozwiązań, w których szczególnie odcinek sieci WAN może być zrealizowany w oparciu o różne protokoły sieciowe i różne kablowe media transmisyjne. W technologii ADSL sygnał po obu stronach ma postać cyfrową i dlatego, aby możliwa była wymiana danych, zarówno abonent jak i operator (ISP), muszą umieścić na obu końcach linii telefonicznej modemy ADSL. Abonent, który chce skorzystać z tej usługi musi posiadać urządzenie rozdzielające sygnał telefoniczny od sygnału DSL – *splitter* a także modem DSL.W niektórych rozwiązaniach urządzeniem abonenckim jest router/modem ADSL czyli urządzenie integrujące w sobie funkcje modemu oraz routera, dzięki czemu możliwy jest dostęp do internetu za pomocą wielu urządzeń końcowych.

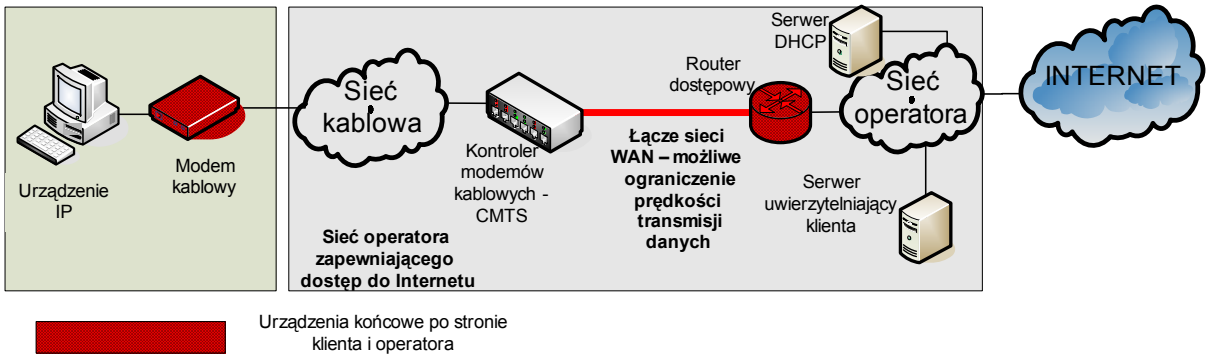
Ograniczenia związane z technologią i systemem sieci dostępowych xDSL

Głównym mankamentem tej technologii jest spadek przepływności wraz z odległością lokalizacji użytkownika od multipleksera DSLAM. Wynika to z ograniczeń związanych z transmisją danych w kablu miedzianym. W przypadku transmisji z zastosowaniem wysokiego pasma częstotliwości poziom mocy transmitowanego sygnału maleje bardzo szybko wraz z odległością. W przypadku zastosowania systemów z rozwiązaniami ADSL2/2+ możliwe jest osiąganie przepływności 12 Mbit/s w odległości do 5 km, zaś powyżej tej odległości przepływność jest odpowiednio niższa. Nabycie usługi dostępu do internetu w technologii xDSL wymaga więc sprawdzenia warunków technicznych obejmujących m.in. sprawdzenie możliwości uzyskania określonej przepływności na odcinku pomiędzy lokalizacją abonenta oraz multiplekserem DSLAM.

Dostęp realizowany poprzez sieci telewizji kablowej (CATV)

Charakterystyka usługi dostępu CATV

Dostęp do internetu realizowany za pomocą mediów służących również do przesyłania telewizji kablowej jest popularny w Polsce głównie na terenie miast. Do dystrybucji sygnałów na najniższym poziomie hierarchii sieciowej wykorzystuje się instalacje telewizji kablowej CATV, której cechą jest analogowy charakter transmisji związany z przekazem sygnałów telewizyjnych. Przekaz informacji cyfrowych (telefonia, dane) przez wspólne medium transmisyjne z TV wymaga konwersji sygnałów cyfrowych do postaci analogowej, w standardzie i paśmie akceptowalnym w sieciach CATV. W architekturze widocznej na rysunku (Rys. 12) można wyróżnić dwie zasadnicze części. Pierwszą z nich jest sieć kablowa, która w praktyce obejmuje obszar kilku bądź kilkunastu budynków. Infrastruktura kablowa z jednej strony jest zakończona modemem abonenta, zaś z drugiej strony kontrolerem CMTS (ang. *Cable Modem Termination System*). Drugą część infrastruktury stanowi sieć WAN, której początkiem jest interfejs WAN kontrolera CMTS. Kontroler, który od strony sieci WAN pracuje w trybie routera łączy się z routerem dostępowym operatora za pomocą łącza światłowodowego.



Rys. 12. Ogólna architektura systemu dostępowego do internetu opartego na technologii CATV

Urządzeniem, które rejestruje modem użytkownika jest CMTS. Sprawuje on funkcje kontroli nad modemami oraz dostępem do usługi, przeprowadza proces rejestracji, który odbywa się najczęściej na podstawie adresów MAC modemów kablowych. Po zarejestrowaniu modemu urządzenie podłączone do modemu kablowego za pomocą interfejsu Ethernet lub USB może pobrać adres publiczny IP z serwera DHCP. Adres MAC karty sieciowej, z której klient pobrał adres IP jest zapamiętywany w serwerze DHCP i tylko z tego interfejsu możliwe są kolejne „połączenia z Internetem". Typowy użytkownik systemu CATV oprócz modemu kablowego posiada router IP, dzięki czemu użytkownik ma możliwość korzystania z internetu za pomocą kilku urządzeń o ile uzyska on na to zgodę operatora.

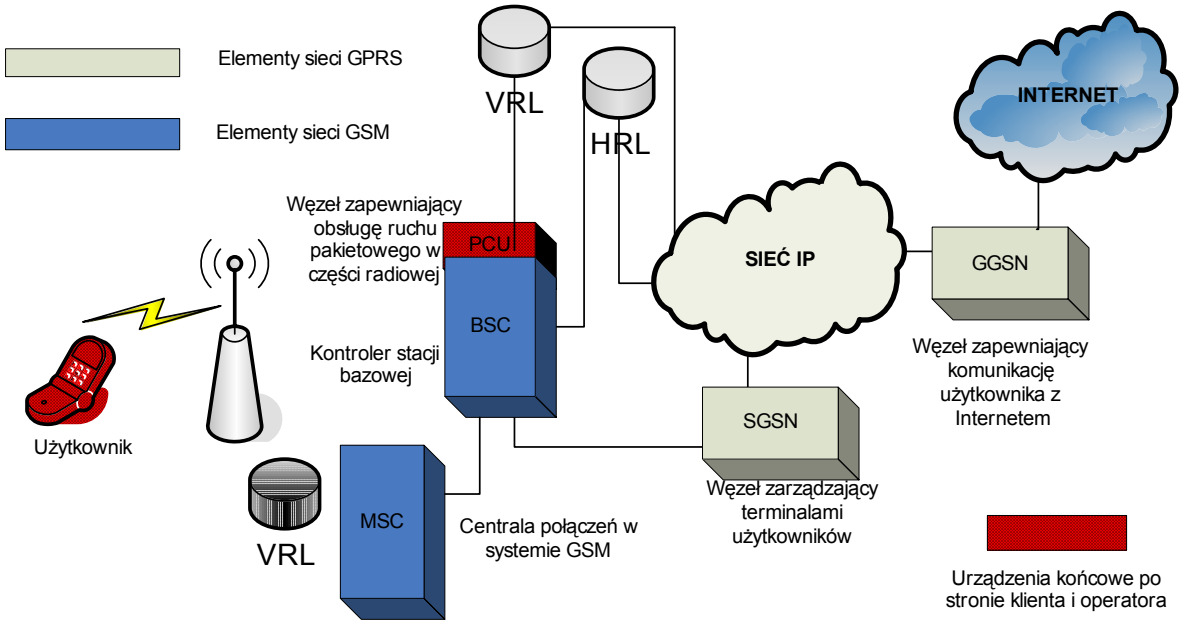
Ograniczenia technologii wpływające na jakość usługi

Istotnym elementem infrastruktury sieci dostępowej w systemach CATV jest kabel współosiowy. Transmisja za pomocą kabla współosiowego umożliwia uzyskiwanie wysokich przepływności, jednak zasięg transmisji jest niewielki (wynosi on kilkaset metrów). W związku z tym sieć kablowa ma ograniczony zasięg i obejmuje najczęściej obejmuje najczęściej jedynie kilka budynków. Konieczne jest tu zastosowanie wzmacniaczy sygnałów.

Technika dostępu do internetu poprzez sieci GPRS/EDGE/UMTS/CDMA

Charakterystyka i architektura systemów dostępowych GPRS/EDGE/UMTS/CDMA.

Dostęp do internetu realizowany w technikach GPRS/EDGE/UMTS/CDMA można traktować wspólnie, ponieważ w każdym z tych przypadków architektura systemu korzysta z interfejsu radiowego, wykorzystywanego na potrzeby usług głosowych świadczonych przez operatorów. Różnice widoczne są natomiast w infrastrukturze sieciowej, którą angażuje do świadczenia usług na rzecz abonentów operator. I tak w skład infrastruktury sieci GPRS/EDGE wchodzą węzły, takie jak: stacje bazowe używane w klasycznej sieci GSM do transmisji głosu oraz niezależnie rozbudowana sieć szkieletowa, łącząca sieć radiową z zewnętrznymi sieciami IP. Standard EDGE wzbogacony został w stosunku do GPRS o zaawansowane techniki modulacji, dzięki którym możliwe jest osiąganie wyższych przepływności danych. W technologii UMTS, która posiada bardziej efektywne parametry transmisji danych niż GSM, prędkość transmisji może sięgać do 2Mbit/s dla niewielkich odległości od stacji bazowej. Oferującym najwyższe przepływności jest jednak system bazujący na UMT system HSDPA (ang. *High-Speed Downlink Packet Access*) oferujący przepływności do 14.4 Mbit/s (polscy operatorzy oferują usługi dostępu do internetu z maksymalną przepływnością 7,2 Mbit/s).



Rys. 13. Architektura systemu dostępowego opartego na technologii GPRS/EDGE

Technologia GPRS/EDGE posiada częściowo wspólną infrastrukturę sieciową (Rys. 13) z systemem GSM. Wykorzystywane są również wspólne elementy odpowiedzialne za przechowywanie danych o użytkownikach. Wewnątrz sieci GSM, centrale MSC używane do realizacji połączeń głosowych nie są angażowane w przesyłanie danych. Wykorzystywana jest natomiast sieć transmisyjna operatora, której elementy są odpowiedzialne za komutację pakietów oraz wymianę danych z zewnętrznymi sieciami (w tym z internetem). Cechą wyróżniającą tę technologię dostepową spośród innych technik dostępu do internetu jest

sposób naliczania opłat W technologii tej naliczanie opłat za dostęp do internetu uzależnione jest od ilości wysłanych oraz odebranych przez użytkownika danych (patrz p. 7.5).

Sieci GSM i GPRS korzystają ze wspólnej sieci radiowej. System stacji bazowych i połączonych z nimi kontrolerów stacji bazowych obsługuje oba rodzaje transmisji (w przypadku GPRS, używane jest dodatkowe wyposażenia (tzw. PCU, ang. *Package Control Unit*). Cyfrowy sygnał wysyłany z telefonów dociera poprzez stacje bazowe do ich kontrolera, gdzie jest rozdzielany: sygnał związany z połączeniami głosowymi jest przesyłany do sieci szkieletowej stworzonej na bazie central MSC, a ruch pakietowy przesyłany jest do sieci szkieletowej GPRS

System UMTS są naturalnym następcą systemu GSM. Centrale MSC, które służą do zestawiania połączeń głosowych w GSM, są też wykorzystywane do tego celu w sieciach UMTS. Sieć szkieletowa zbudowana dla obsługi ruchu pakietowego generowanego przez zaimplementowane w GSM technologie GPRS/EDGE używana jest również w sieci UMTS. Gdy operator rozbudowuje równocześnie oba rodzaje sieci, wykorzystuje jednej wspólnej sieci wspomagającej komutacje pakietów. Interfejs radiowy UMTS w literaturze określany jako UTRAN (ang. UMTS *Terrestial Radio Access Network*) oparty jest na technologii szerokopasmowego wielodostępu do kanału w dziedzinie kodowej (WCDMA).

Dostęp GPRS/EDGE/UMTS stanowi interesującą alternatywę dla dostępu do internetu realizowanego w technologiach kablowych. Użytkownicy korzystają z transmisji danych za pomocą dedykowanych modemów lub telefonów komórkowych np. z łączem bluetooth umożliwiającym wymianę pomiędzy komputerem a telefonem. Z uwagi na ograniczone przepływności w porównaniu do maksymalnych osiągów technologii ADSL oraz istniejące limity na transfer danych pobieranych za pośrednictwem systemów GPRS/EDGE, oferta jest mniej atrakcyjna dla użytkowników korzystających z usług strumieniowych oraz usług transferu plików.

W dostępie UMTS z kolei mniej palącym problemem staje się przepływność. Jednak dostęp do sieci UMTS w Polsce jest jak na razie bardzo ograniczony. Zasięg tego typu dostępu ogranicza się obecnie najczęściej do terenów dużych miast.

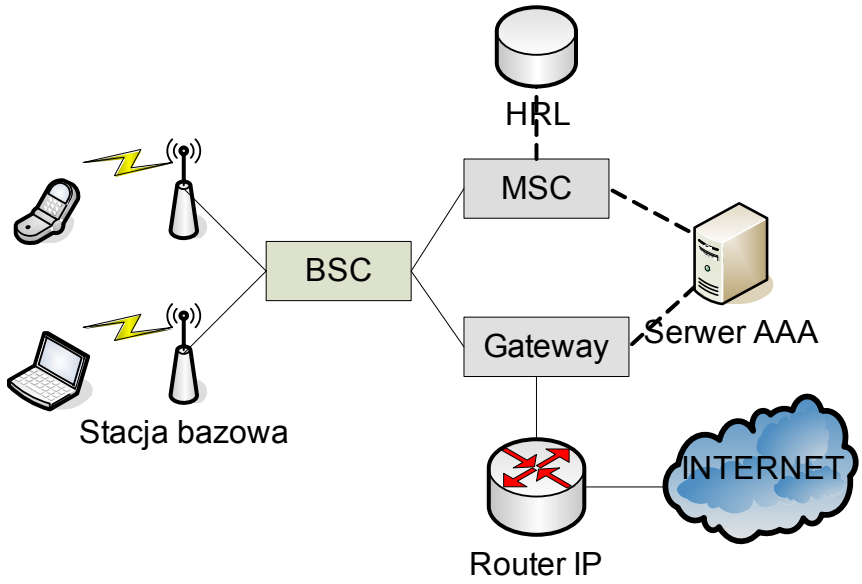
Tabl. 7. Czasy pobierania różnego typu danych w poszczególnych technologiach bezprzewodowych

	Czas w technologii GPRS	Czas transakcji w technologii EDGE	Czas transakcji w technologii UMTS
Przesyłanie pliku tekstowego (300KB)	30sekund	10 sekund	1,2 sekundy
Przesyłanie pliku muzycznego (5MB)	9 minut	3 minuty	20 sekund
Ściąganie filmu video (15MB)	27 minut	9minut	60 sekund

Aby skorzystać z usługi GPRS/EDGE terminal danego abonenta, który jest identyfikowany odpowiednim numerem IMSI musi posiadać ważną subskrypcję na korzystanie z usługi. GPRS/EDGE. Jeżeli warunek ten jest spełniony, wówczas węzeł SGSN sieci otrzymuje informacje z bazy danych o możliwości logowania się danego terminala do sieci internet zgodnie z warunkami zapisanymi w subskrypcji. Węzeł SGSN, który w danej chwili obsługuje określony terminal przesyła informacje do węzła GGSN, ten zaś bezpośrednio odpowiedzialny jest za połączenie abonenta z siecią internet to znaczy dostarczenie mu adresu IP. W momencie zmiany lokalizacji abonenta przekazywane są

odpowiednie informacje pomiędzy węzłami SGSN i GGSN, dzięki czemu użytkownik nie traci połączenia z siecią internet

W technologii radiowej CDMA wprowadzono inny sposób transmisji danych, różny od technik TDMA i FDMA używanych GSM. Metoda zastosowana w CDMA pozwala na równoczesne prowadzenie transmisji danych przez wiele osób za pośrednictwem tej samej częstotliwości, gdyż dane przesyłane przez każdego użytkownika są odpowiednio zakodowane. Na etapie sygnału wyjściowego każdemu abonentowi przypisywany jest jego unikalny kod. Ten sam kod wykorzystywany jest po stronie odbiorczej do „odfiltrowania" nadawanego sygnału. Bezprzewodowa szerokopasmowa transmisja sprawia, ze technologia doskonale się sprawdza nawet na gęsto zaludnionych obszarach. Sygnały takie są zarazem znacznie bardziej odporne na wszelkiego rodzaju zakłócenia i interferencje, zarówno naturalne jak i będące wynikiem działalności człowieka (zakłócenia przemysłowe, celowe zagłuszanie transmisji). Wśród innych, istotnych zalet systemów CDMA wymieniane są często: zwiększona jakość połączeń głosowych i niezawodność sieci, wyrażająca się mniejszą wartością współczynnika połączeń zerwanych oraz dużo prostsze od tradycyjnych systemów komórkowych planowanie radiowe sieci. Zasięg technologii CDMA wynosi 5 km, jednak warunkach dobrej propagacji sygnału może on być wyższy.



Rys. 14. Architektura systemu dostępowego w technologii CDMA

W architekturze systemu CDMA (Rys. 14) jako systemu dostępu do internetu wyróżniamy elementy związane z siecią radiową jak również siecią pakietową. Główne elementy sieci radiowej stanowią stacje bazowe (BTS), kontrolery stacji bazowych (BSC), centrale radiowe (MSC). Do elementów sieci pakietowej można zaliczyć router IP, gateway oraz serwer AAA.

Ograniczenia technologiczne systemów GPRS/EDGE/UMTS/CDMA

Prędkość transmisji danych w dostępie do internetu za pomocą technologii GPRS/EDGE jest niewielka. Maksymalna prędkość transmisji danych w standardzie GPRS wynosi około 80kbit/s, zaś w standardzie EDGE – do 230kbit/s. Szybkość transmisji może ulegać

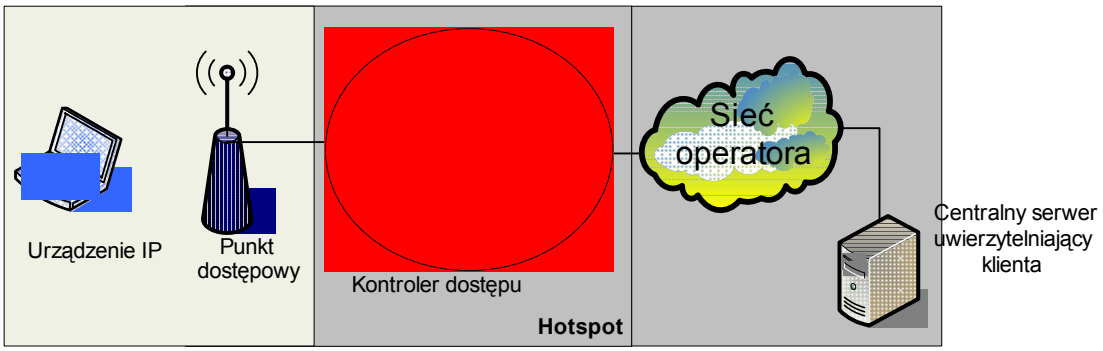
zmniejszeniu ze względu na warunki propagacji sygnału, na które składają się m.in.: warunki atmosferyczne, ukształtowanie terenu, zakłócenia związane z wysoką zabudową, odległość od stacji bazowej oraz szybkość poruszania się abonenta. Istotnym ograniczeniem mogącym zniechęcić osoby korzystające z usług interaktywnych (telefonia VoIP) są dość znaczne opóźnienia w transmisji pakietów w porównaniu z technologiami kablowymi, które wynikają m.in. z charakteru interfejsu radiowego uwzględniającego wielodrogowość transmitowanego sygnału. W sieciach dostępowych realizowanych za pomocą technologii CDMA do ograniczeń można również zaliczyć natomiast spadek prędkości transmisji wraz ze wzrostem ilości użytkowników korzystających z sieci.

System dostępowy Wi-Fi

Charakterystyka systemów Wi-Fi jako sieci złożonych z punktów dostępowych

Bezprzewodowe sieci dostępowe Wi-Fi zdefiniowane są przez grupę standardów z rodziny 802.11, z których najpopularniejsze to: 802.11a, 802.11b oraz 802.11g. Sieci te pracują w dwóch pasmach częstotliwości – 2,4GHz (standardy 802.11b, 802.11g 802.11n) oraz 5 GHz (802.11a, 802.11n). Teoretyczne maksymalne prędkości transmisji danych w tych technologiach wynoszą: 11Mbit/s w standardzie 802.11b, 54 Mbit/s w standardach 802.11a , 802.11g oraz 540 Mbit/s dla standardu 802.11g.

Metoda dostępu do internetu oparta o technologię Wi-Fi cieszy się w Polsce rosnącą popularnością Jednym ze sposobów wykorzystania tej techniki do budowy sieci dostępowych jest tworzenie sieci złożonych z wielu publicznych punktów dostępowych. Publiczny punkt dostępu do sieci internet realizowany w technologii Wi-Fi określany jako hotspot składa się z routera WLAN, do którego z jednej strony dołączony jest punkt dostępu radiowej sieci lokalnej AP (ang. *Access Point*), a z drugiej szerokopasmowe łącze sieci dostawcy usług internetowych (Rys. 15). Obok środków technicznych zapewniających dostęp do internetu router może być wyposażony w moduł AAA służący do autoryzacji użytkowników. Dostęp do internetu może być darmowy lub podlegać opłacie. W przypadku usług płatnych, dostawca usługi wymaga zazwyczaj podania nazwy użytkownika i hasła dostępu, które w zależności od polityki przyjętej przez usługodawcę mogą obowiązywać tylko dla jednego hotspota i na określony czas lub w całej sieci hotspotów obsługiwanej przez danego dostawcę usługowego.



Rys. 15. Architektura systemu dostępowego sieci w technologii Wi-Fi

Pojedynczy hotspot może stanowić autonomiczny system dostępu do internetu. Często mamy jednak do czynienia z bardziej złożoną architekturą bezprzewodowej sieci dostępowej.

Centralną częścią tej architektury jest serwer AAA, który połączony jest z bazą danych o wszystkich użytkownikach systemu oraz systemem bilingowym. W implementacji takiej sieci występuje kilka lokalnych sieci bezprzewodowych, które złożone są z co najmniej jednego punktu dostępowego. Lokalna sieć wyposażona jest we własny serwer AAA. Serwer ten prowadzi uwierzytelnianie użytkowników lokalnych. W momencie, gdy otrzyma on od stacji bezprzewodowej nazwę oraz hasło, które nie identyfikuje użytkownika lokalnego przekazuje go do centralnego serwera, który także prowadzi proces uwierzytelniania na bazie nazwy użytkownika oraz hasła. Realizowane jest więc w tej architekturze uwierzytelnianie użytkowników oraz zapewnianie dostępu do internetu na zasadzie roamingu. Użytkownik na czas sesji otrzymuje adres IP z puli prywatnej, AP pracuje w trybie routera z funkcją translacji adresów NAT.

Ograniczenia technologiczne sieci Wi-Fi

Głównym ograniczeniem standardu Wi-Fi jest niewielki zasięg, jaki posiadają punkty dostępowe. Praktycznie zasięg ten nie przekracza na ogół 50 metrów. Prędkość przepływu danych jest zależna od ilości użytkowników w sieci bezprzewodowej oraz od odległości od punktu dostępowego. Większość punktów dostępowych wykorzystuje do transmisji danych standard 802.11b lub 802.11g, który działa w paśmie 2,4GHz. Sygnał może być zagłuszany, ponieważ w tym także paśmie działają inne urządzenia bezprzewodowe (np. bluetooth, telefony bezprzewodowe, kuchenki mikrofalowe, radary). Inną niedogodnością jest możliwość podsłuchu, jeżeli sieć nie jest dostatecznie zabezpieczona (patrz p. 5.5).

Ponadto użytkownicy korzystający z dostępu w obrębie jednego punktu dostępowego tworzą sieć lokalną korzystającą ze wspólnego medium. Jeżeli liczba użytkowników jest duża może dość do sytuacji, gdy w sieci będą występowały częste retransmisje pakietów, które w ostateczności mogą spowodować krótkie przerwania w transmisji danych. retransmisje zgodnie z zasadą protokołu CSMA/CA zaimplementowanego w sieciach WLAN.

Charakterystyka dostępu radiowego Wi-Fi jako sieci zbudowanych z radiolinii

Jako dostęp do internetu z wykorzystaniem technologii Wi-Fi należy wskazać także sieci radiowe budowane przez lokalnych dostawców internetu na obszarach małych miast. Są to zazwyczaj lokalne sieci (np. osiedlowe) złożone z mniejszych rozproszonych sieci (np. obejmujących określone budynki) i połączonych w jedną sieć za pomocą łączy radiowych. Źródłem sygnału jest antena dookolna lub sektorowa pracująca z dużą mocą. Sygnał odbierany jest przez anteny abonenckie zainstalowane najczęściej w miejscach o nieograniczonej widoczności (najczęściej na dachach budynków). Odbierany sygnał jest transmitowany drogą kablową do poszczególnych mieszkań abonentów. Taka sieć pracuje w architekturze punkt-wielopunkt. Możliwe są także konfiguracje pracy w architekturze punkt-punkt, w której konieczne jest zastosowanie kierunkowych anten: nadawczej i odbiorczej. Taka konfiguracja stosowana jest przez operatorów, którzy chcą przesyłać sygnał tylko do jednej określonej lokalizacji.

Ograniczenia sieci radiowych Wi-Fi

Dostęp do internetu realizowany za pomocą radiolinii Wi-Fi ma szereg ograniczeń w porównaniu z technikami kablowymi. Najważniejsze z nich to:

- uzależnienie transmisji danych od warunków pogodowych i przeszkód terenowych,

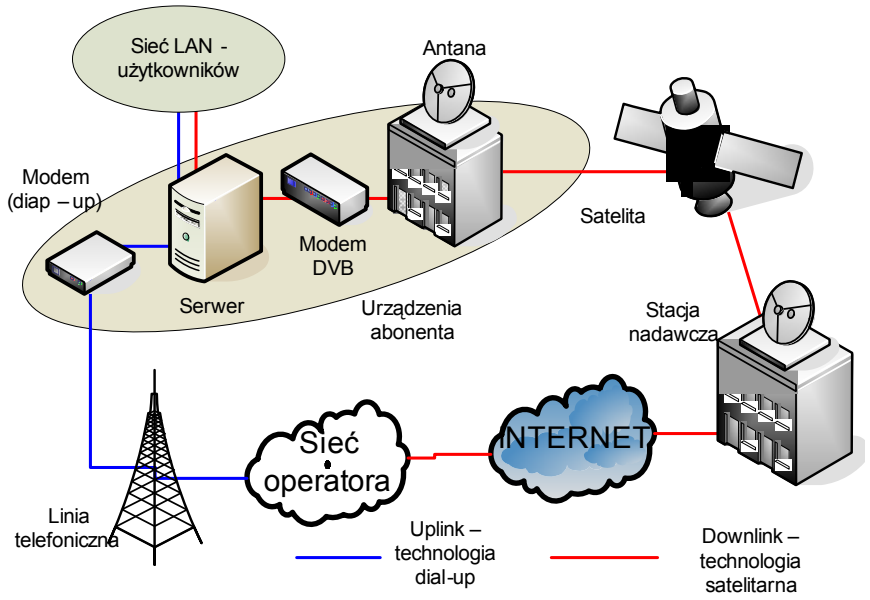
- duże opóźnienia, szczególnie gdy w systemie transmisji danych pośredniczy wiele łączy radiowych.

Technika dostępu satelitarnego.

Charakterystyka satelitarnego dostępu jednokierunkowego

Usługi dostępu do internetu wykorzystujące technikę satelitarną nie są nowością na rynku polskim, niemniej w ostatnim czasie obserwuje się wzrost zainteresowania tą formą dostępu do sieci. Oferowane na rynku usługi różnią się, m.in. parametrami transmisyjnymi, dlatego wybierając konkretne rozwiązanie należy z jednej strony ocenić potrzeby, z drugiej - możliwości technicznej realizacji przy akceptowalnej cenie. Jedną z podstawowych zalet „satelitarnego internetu" jest jego dostępność niezależnie od położenia geograficznego użytkownika.

Satelitarne systemy dostępowe można podzielić na systemy jednokierunkowe oraz systemy dwukierunkowe. W przypadku tych pierwszych technika satelitarna jest stosowana tylko w kanale *downlink* (Rys. 16). Użytkownik musi zatem dysponować dowolnym naziemnym łączem zwrotnym kablowym lub radiowym (np. GPRS), przez które będzie mógł przesyłać swoje „żądania" do operatora satelitarnego. Do odbioru danych z satelity potrzebne są: odpowiednia karta DVB (ang. *Digital Video Broadcasting*), antena satelitarna i uniwersalny konwerter (LNB). Użytkownik wykupuje abonament, w ramach którego płaci operatorowi satelitarnemu za usługę dostępu do internetu, dla której operator określa najczęściej maksymalną wartość przepływności w stronę abonenta. Łącze *uplink* w zależności od technologii jest dostarczane za pośrednictwem innego operatora. Aby więc skorzystać z kompletnej usługi abonent musi nabyć usługę u dwóch operatorów. Niektórzy operatorzy satelitarni zapewniający dostęp do internetu biorą na siebie ciężar udostępnienia w innej technologii również kanał *uplink*, za co użytkownik ponosi opłatę w ramach jednej opłaty abonamentowej.

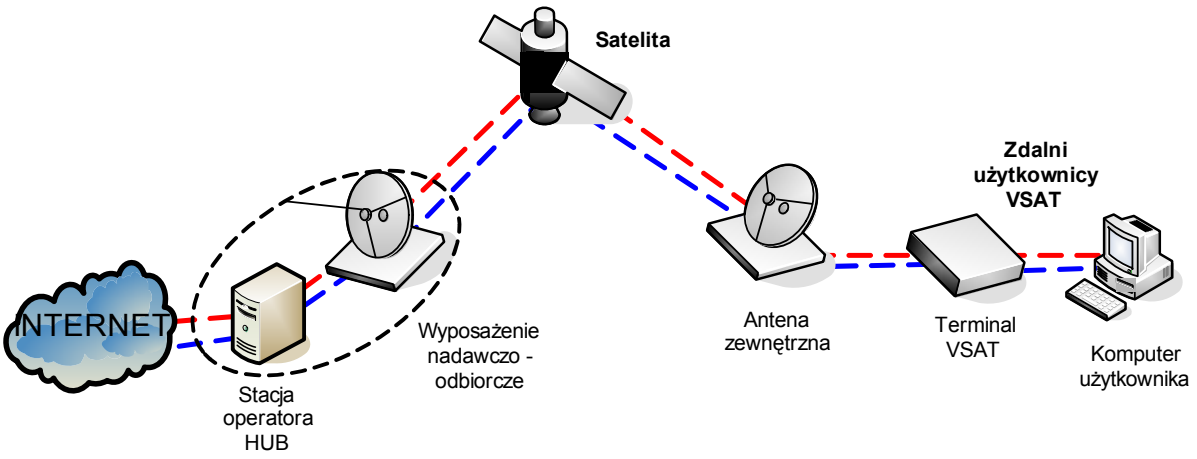


Rys. 16. Architektura jednokierunkowego systemu satelitarnego (kanał uplink zrealizowany jest w technologii dial-up)

Działanie systemu z jednokierunkowym kanałem satelitarnym jest następujące: wygenerowane przez użytkownika zapytanie jest przesyłane do centrum satelitarnego. W technologii tej połączenie w stronę operatora nosi nazwę kanału zwrotnego. Głównymi technikami za pomocą których połączenie to się odbywa są: dial-up oraz GPRS. Użytkownik na pomocą tych technik generuje odwołanie do serwera dostępowego, pracującego w trybie proxy. Serwer ten ma za zadanie w pierwszej kolejności uwierzytelnić użytkownika, i udostępnić mu kanał dosyłowy. Użytkownik otrzymuje w momencie połączenia publiczny adres IP, który może być stały lub dynamiczny. Następnie użytkownik jako klient serwera proxy przesyła żądania uzyskania odpowiednich treści internetowych. Użytkownik za pomocą przeglądarki internetowej tworzy pakiet TCP/IP, zawierający zlecenie przysłania jakiejś strony WWW z wybranego serwera w Internecie i zawierający adres IP wskazanego serwera jako adresata. Serwer proxy gromadzi w swojej pamięci treści „zamówione" przez użytkownika, a następnie przesyła je drogą satelitarną pod adres IP użytkownika z określoną prędkością. Informacja zwrotna może być również wysłana kanałem dial-up (lub innym, którym użytkownik wysyła zapytania), co maksymalizuje dostępną przepustowość. Wysłana treść jest odbierana przez antenę użytkownika, a następnie demodulowana oraz dekodowana przez modem DVB. Z uwagi na to, iż pojedyncza antena satelitarna obsługuje wiele użytkowników wyposażonych w modemy DVB, są oni identyfikowani za pomocą adresów sprzętowych MAC kart DVB. Antena satelitarna wysyła żądaną przez użytkownika treść do określonego przez adres MAC modemu DVB.

Charakterystyka satelitarnego dostępu dwukierunkowego

Oferta systemów wykorzystujących satelitarną transmisje w obu kierunkach jest skierowana głównie do odbiorców biznesowych, rzadziej zaś użytkowników indywidualnych, ponieważ instalacja systemu oraz abonament wiążą się ze stosunkowo wysokimi kosztami np. w porównaniu do usług świadczonych z wykorzystaniem technologii ADSL. W związku z tym oferta operatorów realizujących ten typ dostępu skierowana jest przede wszystkich do małych i średnich firm oraz administracji i społeczności lokalnych, które nie dysponują żadną infrastrukturą telekomunikacyjną. W dalszej kolejności znajdują się także regionalni dostawcy usług internetowych .



Rys. 17. Architektura satelitarnego systemu dostępowego VSAT

Na rysunku (Rys. 17) przedstawiona została architektura dwukierunkowego satelitarnego systemu dostępowego VSAT. Rozwiązanie opiera się na wykorzystaniu technologii VSAT (ang. *Very Small Aperture Terminal*), zakładającej stosowanie niedużych terminali satelitarnych. Cechą odróżniającą sieci VSAT od innych technologii satelitarnych są małe rozmiary anten (średnica najmniejszych nie przekracza 1m, największe mają 3 m).

Podstawową topologią stosowaną przy budowie sieci satelitarnych jest gwiazda. Poszczególne terminale komunikują się za pośrednictwem stacji nadzorczej (HUB). Jej zadaniem jest zarządzanie systemem, monitorowanie pracy terminali oraz wykonywanie billingu. W systemie VSAT wspólne pasmo częstotliwości jest wykorzystywane zarówno przez HUB, jak i terminale. W związku z tym pełne pasmo transmisyjne jest dostępne dla każdego użytkownika w ściśle określonych przedziałach czasowych. W kanale wejściowym (HUB-VSAT) stosuje się najczęściej zwielokrotnienie z podziałem czasu TDM. W kanale wyjściowym natomiast - dostęp wielokrotny z podziałem czasu TDMA. W takim układzie każdy użytkownik ma zapewniony dostęp w dowolnym czasie, niezależnie od prowadzonych już transmisji.

Szybkość transmisji zależy od natężenia ruchu w kanałach oraz liczby użytkowników. Oba te parametry są nadzorowane przez HUB, co umożliwia określenie zapotrzebowania na zwiększenie liczby kanałów transmisyjnych. System jest w stanie zagwarantować minimalną przepustowość między dwoma terminalami, po wcześniejszej rezerwacji odpowiedniej przepustowości dla danego portu.

Ograniczenia technologii satelitarnej

Największym mankamentem łączy satelitarnych jest duże opóźnienie sygnału, które w praktyce może osiągać nawet czas przekraczający 1 sekundę. Jest ono spowodowane dużą liczbą urządzeń pośrednich i odległością, jaką sygnał ma do pokonania od komputera użytkownika do operatora i w kierunku powrotnym poprzez satelitę telekomunikacyjnego (oddalonego od powierzchni Ziemi o ok. 36 tys. km). Ponadto należy jeszcze uwzględnić czas przetwarzania pakietów w centrum satelitarnym operatora. Dla użytkownika oznacza to, że korzystanie z aplikacji interaktywnych poprzez internet za pomocą łączy satelitarnych (gry sieciowe, telefonia IP) jest znacznie utrudnione. Duża wartość opóźnienia stanowi także niedogodność nawet podczas przeglądania stron WWW. Trzeba również pamiętać, że na jakość sygnału mogą wpływać warunki atmosferyczne. Przy silnym wietrze czy obfitych opadach połączenie bywa mniej stabilne.

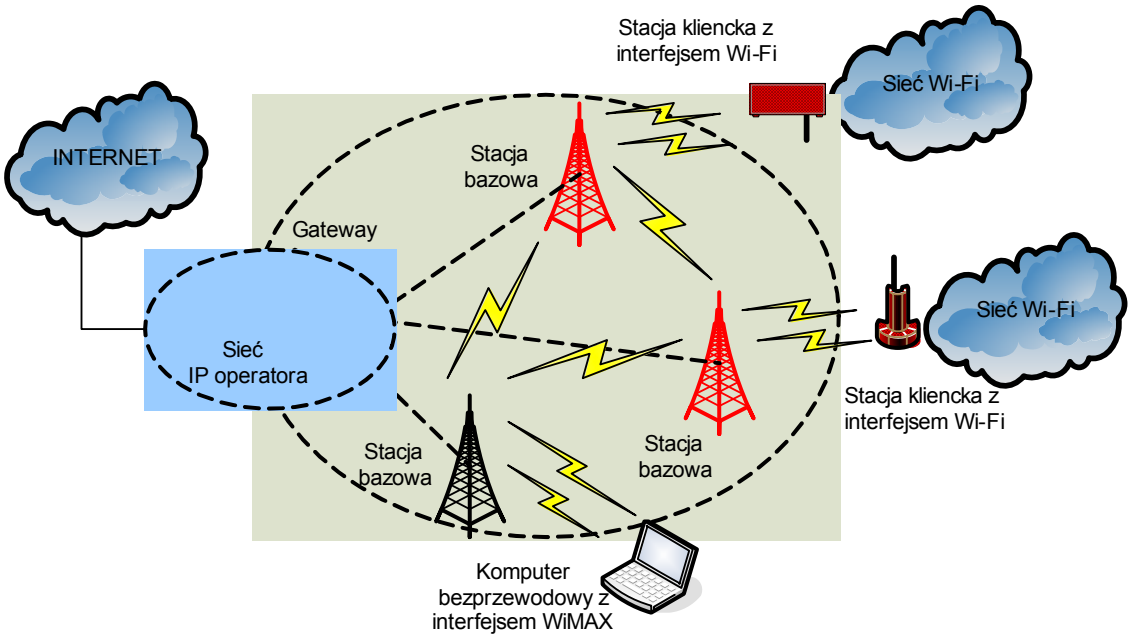
System WiMAX

Charakterystyka systemu dostępowego WiMAX.

WiMAX jest technologią bezprzewodową, stworzoną i rozwijaną wg standardów IEEE 802.16, w celu umożliwienia dostępu do szerokopasmowych usług na dużym obszarze (np. obszar miasta). Ze względu na skalę zasięgu WiMAX jest klasyfikowany jako sieć zasięgu metropolitalnego (MAN). Dostęp do internetu realizowany za pomocą tej technologii stanowi alternatywę dla przewodowych sieci dostępowych, szczególnie na obszarach o słabo rozbudowanej sieci telekomunikacyjnej.

System WiMAX jest techniką bezprzewodową, w której wyeliminowano bariery związane z zasięgiem i bezpieczeństwem występujące w standardzie Wi-Fi. Standard WiMAX jest rozwijany od 2001 roku. W kolejnych implementacjach wyeliminowano problem ograniczenia pola widzenia pomiędzy stacją bazową a stacją kliencką 802.16a,

dokonano podziału całkowitego pasma na podkanały - 802.16d. W systemie WiMAX wprowadzane są także zaawansowane techniki w zakresie bezpieczeństwa przesyłania danych. Ograniczeniem technologicznym standardu WiMAX jest prędkość 75MBit/s oraz zasięg do 50km. W praktyce jednak zasięg nie przekracza 10km, zaś prędkość transmisji 40Mbit/s.



Rys. 18. Architektura dostępowej sieci WiMAX

W zakresie topologii sieci (Rys. 18), system w podstawowej wersji pracuje w architekturze punkt-wielopunkt gdzie centralnie umieszczona jest stacja bazowa, a wokół niej rozlokowane są terminale łączące się z nią drogą radiową. Do zapewnienia prawidłowego i bezpiecznego działania urządzeń w sieci WiMAX producenci oraz operatorzy sieci wykorzystują infrastrukturę klucza publicznego (ang. *Public Key Infrastructure-PKI*). W sieciach standardu WiMAX PKI służy do zarządzania certyfikatami dla każdego urządzenia działającego w sieci. Na podstawie klucza publicznego zawartego w certyfikacie, przesyłanego od stacji abonenckiej, stacja bazowa jest w stanie w sposób pewny i bezpieczny uwierzytelnić stację abonencką i przekazać klucze służące do zabezpieczenia dalszej transmisji.

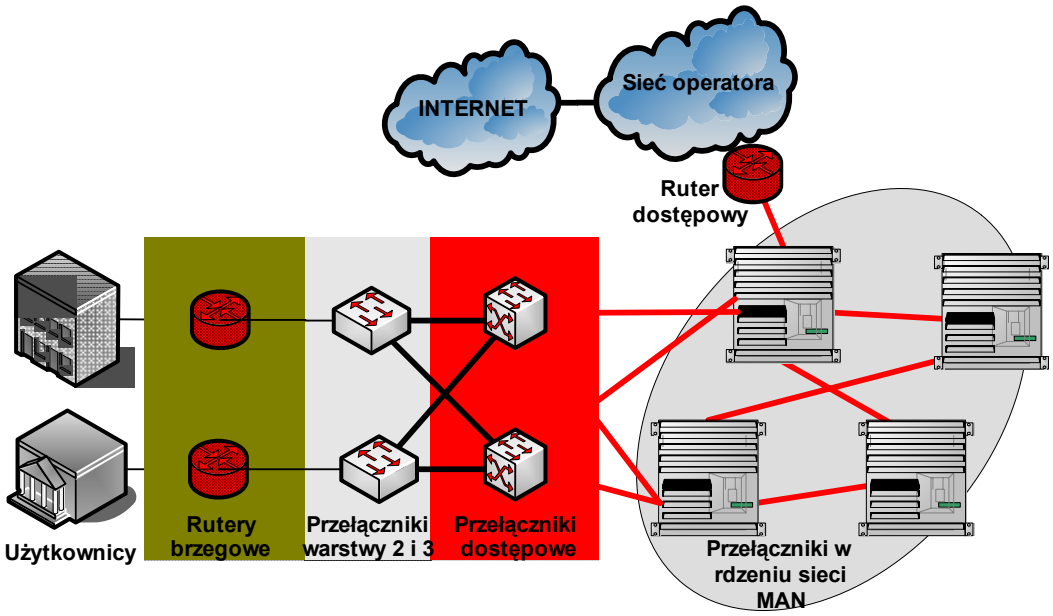
W Polsce dostęp w technologii WiMAX jest realizowany przez kilku operatorów. Pierwsza komercyjna sieć bezprzewodowa WiMAX została uruchomiona w Bielsku-Białej. Rozwiązanie zapewniło bezprzewodowy dostęp do internetu w promieniu 30 kilometrów od nadajnika. Opracowane także zostały urządzenia, które wspierają WiMAX mobilny w standardzie 802.16e, jednak w Polsce ten typ dostępu jest dopiero w fazie wdrażania.

Technika dostępu do internetu na bazie technologii Ethernet

Charakterystyka usług dostępu w technologii Ethernet

Sieci dostępowe realizowane w technologii Ethernet można podzielić ze względu na skalę i możliwości w zakresie gwarantowania jakości usługi dostępu. Wyróżniamy tu następujące typy dostępu:

- sieci miejskie MAN (ang. *Metropolitan Area Network*) dużych operatorów,
- osiedlowe sieci lokalnych operatorów.



Rys. 19. Architektura systemu dostępowego opartego na technologii Ethernet

Wykorzystywane są również architektury (Rys. 19), w których siecią dostępową jest sieć MAN zrealizowana w całości w technologii Ethernet. W infrastrukturze tej stosowane są kablowe łącza miedziane oraz światłowodowe, w których standardem przepływu danych jest Gigabit Ethernet. Sieć wyposażona jest w bardzo wydajne urządzenia – przełączniki i routery, które zapewniają gwarancje wysokiej jakość usługi dostępu. W sieci takiej występują elementy redundantne, które eliminują problem niedostępności usługi w przypadku wystąpienia awarii. Oferując łącza dostępowe w technologii Ethernet operator gwarantuje zazwyczaj użytkownikowi minimalne parametry jakościowe (przepływność, opóźnienia, jitter oraz współczynnik utraty pakietów) w obrębie infrastruktury sieciowej, którą zarządza (w obrębie sieci miejskiej). Najchętniej operatorzy zapewniają dostęp do internetu za pośrednictwem takiej sieci budynkom ulokowanym na obszarach dużych miast kierując tę ofertę dostępu głównie do instytucji i firm.

Dużą grupę dostawców dostępu do internetu przy użyciu technologii Ethernet stanowią również dostawcy działający w oparciu o infrastrukturę sieci osiedlowych. Sieci takie są zarządzane przez operatorów, którzy nabywają usługę dostępu do internetu od większych operatorów. Sieć LAN warstwy budynkowej najczęściej wykonana jest z wykorzystaniem technologii Fast Ethernet 100Base-T (100 Mb/s), która oferuje znane i sprawdzone techniki instalacyjne, oparte na okablowaniu miedzianym. W architekturze tych sieci stosowane są topologie szyny lub gwiazdy. Dostawcy internetu projektują sieć oferując użytkownikom stałe lub zmienne adresy IP; najczęściej z puli adresów prywatnych.

Klient, który chce uzyskać dostęp do internetu za pośrednictwem takiej sieci musi otrzymać od jej administratora zestaw parametrów niezbędnych do skonfigurowania połączenia sieciowego za pomocą karty sieciowej w swoim komputerze. Do grupy tych

parametrów należą: adres IP z klasy prywatnej, maska sieci oraz adresy serwerów DNS. Operator może także zapewnić dostarczenie prywatnego adresu IP za pośrednictwem serwera DHCP. Zazwyczaj połączenie to konfiguruje sam użytkownik otrzymawszy uprzednio instrukcje od operatora lub czynności w ramach opłaty instalacyjnej są wykonywane przez operatora.

Opłaty za dostęp do internetu w sieciach osiedlowych są najczęściej zryczałtowane. W sieciach osiedlowych operator gwarantuje zazwyczaj zachowanie parametrów jakościowych transmisji tylko w obrębie zarządzanej przez siebie sieci obejmującej warstwę dostępu użytkowników, natomiast nie zawsze operator lokalny jest w stanie zagwarantować przepływności dla dostępu do sieci internet. Operatorzy sieci osiedlowi udostępniają często swoim użytkownikom również administrowane przez siebie usługi, takie jak np. FTP, WWW czy poczta elektroniczna. W architekturze sieci osiedlowych można wyróżnić podział na dwie warstwy:

- warstwa infrastruktury budynku – realizowana w miedzianej technologii Ethernet
- warstwa infrastruktury osiedla – realizowana w technologiach Ethernet miedzianej i światłowodowej lub za pomocą sieci bezprzewodowych.

Sieć na obszarze domów wielorodzinnych to w większości przypadków sieć LAN zbudowana z wykorzystaniem technik Ethernet 10BaseT (skrętka nieekranowana pozwalająca na połączenie stacji końcowych na odległość 100 metrów) lub FastEthernet 100BaseT. Pojawiają się rozwiązania, szczególnie przy realizacji szkieletu sieci, z wykorzystaniem Gigabit Ethernetu 1000BaseT. Prostota działania, łatwa budowa oraz niskie koszty kabli i sprzętu aktywnego sprawiają, że Ethernet jest dominującą techniką w tej warstwie sieci. Okablowanie z użyciem skrętki miedzianej narzuca jednocześnie architekturę sieci, która ma postać gwiazdy (lub wielokrotnej gwiazdy). Taka architektura przewiduje zastosowanie węzła aktywnego, do którego przyłączane są komputery poszczególnych użytkowników.

W okresie budowy pierwszych sieci osiedlowych, jako elementy aktywne sieci stosowane były koncentratory (huby). Z czasem zaś zastąpione one zostały są równie niedrogimi, ale bardziej inteligentnymi urządzeniami – przełącznikami (switchami) LAN. Zapewniło to właściwe zagospodarowanie dostępnej w sieci przepływności oraz wyeliminowało efekt rozsyłania pakietów do stacji roboczych – komputerów, do których nie są one adresowane. Przełącznik odróżnia od koncentratora przede wszystkim fakt, że analizuje on każdy odebrany pakiet, który następnie przesyła wyłącznie do portu, do którego jest podłączony adresat tego pakietu. Popularność przełączników w sieciach osiedlowych wzrosła właśnie dzięki funkcjonalności i wydajności. Dodatkowym argumentem, przemawiającym za stosowaniem przełączników w warstwie infrastruktury budynku, jest bezpieczeństwo danych w sieci osiedlowej. Wydzielenie odrębnej domeny kolizyjnej dla każdego użytkownika z osobna znacznie utrudnia potencjalnym hakerom dostęp do transmitowanych danych użytkowników. Proces „podsłuchiwania sieci" (ang. *sniffing*) polega na włączeniu w komputerze podłączonym do sieci aplikacji, która powoduje odbieranie i akceptowanie przez kartę sieciową wszystkich pakietów przesyłanych w sieci LAN, niezależnie od tego, do której stacji roboczej są one adresowane. W normalnym trybie działania karta sieciowa odbiera, a następnie – po sprawdzeniu adresu odbiorcy – odrzuca pakiety, które nie są do niej adresowane. Stosowanie przełączników zamiast koncentratorów utrudnia proces podsłuchiwania. W przypadku, gdy każdy użytkownik ma odrębny port na przełączniku, dedykowany wyłącznie dla niego, na jego interfejsie sieciowym pojawiają się tylko pakiety adresowane od tej i właśnie do tej stacji. Aby ten warunek był spełniony,

powinno się konsekwentnie, w całej sieci, stosować wyłącznie przełączniki, bez rozdzielania sygnału za pomocą koncentratorów.

Typowym rozwiązaniem w zakresie warstwy sieci budynkowej jest zbudowanie segmentu sieci LAN opartej na przełącznikach oraz okablowaniu strukturalnym w technice Ethernet 10/100. Wówczas każdy użytkownik posiada odrębny port na przełączniku i odpowiadające mu gniazdko Ethernet w mieszkaniu do podłączenia komputera PC lub małej lokalnej sieci domowej. W przypadku kilku przełączników połączenie pomiędzy nimi powinno być wykonane w technice nieco wydajniejszej, np. 1000BaseT. Zapewnia to zachowanie pomiędzy użytkownikami przepływności o odpowiednio dużej wartości. Jest to korzystne z uwagi na to, iż sieć międzybudynkowa służy do wymiany dużej liczby mega- i gigabajtowych plików między użytkownikami.

Aby zwiększyć zasięg udostępniania internetu w obrębie osiedla stosowana jest również technika radiowa. Technologia bezprzewodowa używana jest tutaj do tworzenia połączeń (radiolinii) pomiędzy określonymi lokalizacjami. W tym celu operatorzy osiedlowi projektujący sieć zestawiają łącza punkt-punkt pomiędzy antenami umieszczonymi na dachach budynków. Stosowana jest także architektura punkt – wielopunkt. W tym przypadku jedna antena bazowa komunikuje się z wieloma antenami zlokalizowanymi na dachach poszczególnych budynków. Sygnał radiowy, który dociera do anteny abonenckiej jest najczęściej rozprowadzany w budynku już drogą kablową do użytkowników. Sygnał ten musi być transmitowany z odpowiednią mocą, przez co bardzo istotny jest wybór urządzeń transmisyjnych. W przypadku połączeń punkt-wielopunkt zastosowana antena centralna powinna transmitować sygnał z określoną mocą w określonych kierunkach, w których znajdują się anteny kierunkowe. Rolę anteny centralnej pełni najczęściej antena dookólna lub sektorowa. W przypadku połączeń punkt–punkt anteny powinny transmitować sygnał z określoną mocą tylko we wzajemnych kierunkach, ograniczając przy tym transmisję w pozostałych kierunkach. Sygnał radiowy dociera poprzez interfejs radiowy do routera, który jest odpowiedzialny za kierowanie pakietów danych do/od użytkowników w obrębie części sieci zlokalizowanej w tym budynku. Sieć ta na ogół zrealizowana jest w technologii Ethernet.

Do transmisji sygnału pomiędzy budynkami wykorzystywane są najczęściej technologie sieci Wi-Fi 802.11a oraz 802.11b/g. Najczęściej wykorzystywanym standardem przy tworzeniu sieci osiedlowych jest 802.11a. Transmisja danych odbywa się w paśmie 5GHz. Duża liczba dostępnych kanałów i mniejsza liczba urządzeń (w stosunku do pasma 2,4 GHz) powoduje, że w paśmie 5 GHz dużo mniej dotkliwy jest problem zakłóceń. Dostępne urządzenia umożliwiają zestawiane połączeń punkt-punkt oraz punkt-wielopunkt.

Ograniczenia w technologii Ethernet

Podstawowym ograniczeniem technologii Ethernet jest ograniczony zasięg połączenia kablowego. Dlatego w przypadku operatorów oferujących swoje usługi klientom biznesowym, transmisja danych i dostęp do sieci internet oferowane są w oparciu o łącza światłowodowe. Z kolei w przypadku sieci osiedlowych, które posiadają jedynie infrastrukturę złożoną z okablowania miedzianego, na sprawność działania wpływ może mieć jakość montażu kabli zewnątrz- i wewnątrz-budynkowych oraz zakłócenia elektromagnetyczne.

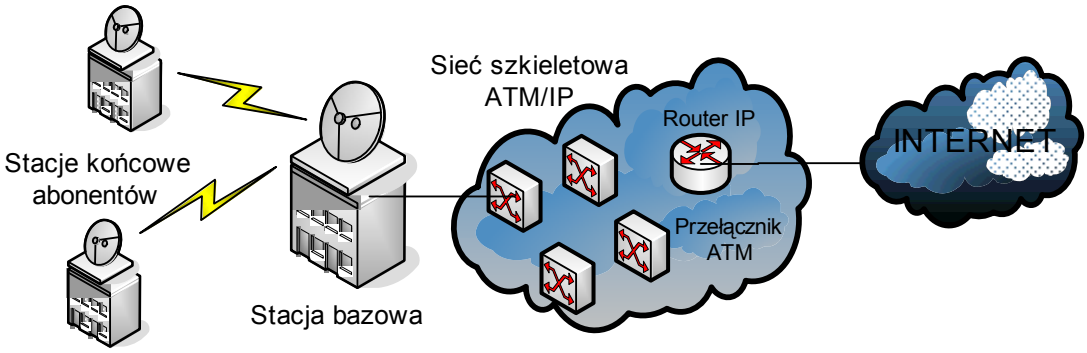
Kolejnym problemem, który może mieć miejsc w sieci lokalnej opartej na technologii Ethernet, są kolizje ramek, co ma miejsce w przypadku, gdy sieć ta zbudowana jest z wykorzystaniem koncentratorów (wówczas mamy do czynienia ze wspólną szyną danych dla wszystkich użytkowników w sieci). Oznacza to, iż interfejs karty sieciowej użytkownika

dołączonego do koncentratora w sieci LAN otrzymuje również pakiety adresowane do innych użytkowników dołączonych do tego samego koncentratora. Choć interfejs karty sieciowej akceptuje tylko te pakiety, które są do niego adresowane, to i tak jest on obciążany analizą dużej ich ilości. Taka sytuacja powoduje wzrost ruchu w sieci LAN, który często powoduje powstawanie kolizji pakietów. Z punktu widzenia aplikacji użytkownika końcowego efekt ten objawia się występowaniem znacznych opóźnień, jittera oraz utratą pakietów danych. Jeżeli sieć LAN zbudowana jest z przełączników, wówczas urządzenia te kierują pakiety IP bezpośrednio do portu, do którego dołączony jest komputer użytkownika, a nie do wszystkich portów, jak to ma miejsce w przypadku koncentratorów.

Dostęp realizowany za pośrednictwem systemu LMDS

Charakterystyka systemów LMDS

LMDS (ang. *Local Multipoint Distribution Services*) jest szerokopasmową techniką bezprzewodowej transmisji, umożliwiającą również dostęp do internetu. Technika ta wykorzystuje transmisję radiową w paśmie wysokich częstotliwości (26-29 GHz). Zasięg stacji bazowych sieci LMDS nie przekracza pięciu kilometrów. Technologia ta umożliwia dobrej jakości transmisję o wysokiej przepustowości nawet do 155 Mb/s. Transmisja w paśmie 26-28 GHz nie powoduje żadnych zakłóceń w pracy urządzeń nadawczo-odbiorczych innych operatorów.



Rys. 20. Przykładowa architektura sieci dostępowej LMDS

Ogólna architektura systemu dostępowego (Rys. 20) jest zbliżona do architektur w innych sieciach bezprzewodowych. Z uwagi na to, iż funkcją systemu LMDS jest często przyłączanie lokalizacji klientów do sieci szkieletowej, system ten jest wspierany przez technikę ATM, która pozwala na pełną gwarancję parametrów usługi zarówno w sieci szkieletowej, jak i dostępowej. Istotną zaletę, podobnie jak w przypadku innych systemów radiowych, jest szybka instalacja i uruchomienie usługi, o ile lokalizacja stacji końcowej abonenta mieści się w zasięgu stacji bazowej.

W technologii LMDS wykorzystywana jest konfiguracja punkt-wielopunkt, dla której sygnał w obrębie pojedynczego sektora stacji bazowej LMDS dociera jednocześnie do wielu lokalizacji abonentów. Maksymalna przepływność w sektorze systemu LMDS jest więc dzielona pomiędzy wielu abonentów końcowych. Transmisja danych w kierunku abonentów realizowana jest w technice TDM. Oznacza to, że wielu abonentów dzieli ten sam kanał

transmisyjny. Liczba abonentów w obrębie jednej stacji bazowej zależy od wykupionego przez nich gwarantowanego pasma CIR (ang. *Committed Information Rate*). Wolne zasoby radiowe mogą być przydzielane poszczególnym odbiorcom w razie potrzeby, aż do wykupionej przepływności maksymalnej EIR (ang. *Excess Information Rate*). Transmisja od klienta w kierunku stacji bazowej realizowana jest za pomocą technik TDMA i FDMA. Dla typowych systemów LMDS oferowane przepływności łączy mieszczą się w przedziale od 64 kb/s do 3 Mb/s.

Ograniczenia systemów LMDS

Wykorzystywany zakres częstotliwości w systemach LMDS stawia określone wymagania na warunki propagacyjne dla sygnału. Najistotniejsze cechy tego typu systemów w tym zakresie mające wpływ na użytkowanie to konieczność zapewnienia wzajemnej widoczności anten odbiornika i nadajnika. Wymaga to takiego umieszczenia anteny odbiorczej, aby wykluczyć jej „przesłanianie" na drodze fal radiowych pochodzących ze stacji bazowej, a takie zadanie w zabudowie miejskiej może okazać się dosyć skomplikowane.

Inną cechą systemu wynikającą również ze stosowanego zakresu częstotliwości jest wrażliwość systemów LMDS na warunki pogodowe, a szczególności intensywne opady deszczu, które skutecznie zwiększają tłumienie sygnału na drodze pomiędzy stacją bazową oraz stacją końcową abonenta. W takich przypadkach w stacjach abonenckich położonych na granicy zasięgu systemu może znacznie spaść wydajność transmisji danych.

Autorzy przewodnika: Mariusz Gajewski, Konrad Sienkiewicz, Waldemar Latoszek - Instytut Łączności-PIB