

# **Łącze satelitarne**

Autorzy: Justyna Kiernicka, Dariusz Husak IVFDS

## **STRESZCZENIE**

W niniejszej pracy zaprezentowano opis usługi dostępu do internetu za pomocą łącza satelitarne. Przedstawiono krótki rys historyczny powstania usługi przesyłania danych komputerowych i dostępu do internetu drogą satelitarną, opisano zarówno same satelity telekomunikacyjne, ich orbity jak i urządzenia na nich się znajdujące i możliwości ich wykorzystania do przesyłania danych do stacji naziemnych, scharakteryzowano krótko protokoły transmisji jak i sam mechanizm działania sieci oraz sposoby dostępu do internetu za pomocą łącza satelitarne.

## SPIS TREŚCI

Łącze satelitarne.....	0
Streszczenie.....	1
1. Wstęp .....	3
2. Początki i ustalenie standardu przesyłu danych drogą satelitarną: .....	4
3. Bezpieczeństwo transmisji danych .....	4
I. Korekcja błędów .....	4
a) Kodowanie Reeda-Solomona oraz kodowanie Viterbiego. ....	4
b) Kwadraturowa modulacja z przesunięciem fazy (Quadrature Phase Shift Keying):....	5
c) Multipleksowanie statystyczne: .....	5
4. Wykorzystanie jednego transpondera do realizacji wielu zadań .....	6
5. Rozpoznawanie użytkowników, do których mają być przekazywane dane: .....	6
6. Systemy satelitarne .....	7
7. Stosowane protokoły oraz platformy transmisyjne.....	9
a) Platforma DVB-S.....	10
b) Protokół TCP/IP .....	10
c) Protokół ATM.....	10
8. Sposoby dostępu do Internetu za pomocą łącza satelitarnego: .....	11
I. Dostęp do internetu bez kanału zwrotnego:.....	11
a) Metoda rozsiewcza.....	11
II. Dostęp do internetu z kanałem zwrotnym .....	11
a) Kanał zwrotny poprzez inne łącze (modem, ISDN, HIS itp.).....	12
b) Kanał zwrotny realizowany przez samą satelitę. ....	12
9. Przykłady wyżej opisanej technologii oferowane na rynku .....	13
I. Systemy rozsiewcze .....	13
a) INTEL INTERCAST .....	13
b) NET ON AIR .....	13
II. Kanał zwrotny poprzez inne łącze (modem, ISDN, HIS itp.).....	14
a) SAT_SPEED+.....	14
b) OPENSKY .....	15
III. Kanał zwrotny realizowany przez samą satelitę. ....	15
a) TACHYON.NET .....	15
LITERATURA .....	19

## 1. WSTĘP

O tym, że dostęp do Internetu za pomocą modemu jest dziś anachronizmem nie trzeba nikogo przekonywać. Nie tak dawno, bo na początku lat dziewięćdziesiątych, produkowano modemy o "zawrotnej" prędkości 9600 kbps. Oznaczało to, że w jednej sekundzie można było przesłać niecały jeden kilobajt danych. Nikt wtedy nie zdawał sobie sprawy z przyszłości Sieci; nie istniało WWW, nikt nie marzył o przesyłaniu w czasie rzeczywistym obrazów wideo, muzyki czy słuchanie stacji radiowych. Jednak już w roku 1994 liczba stron umieszczonych na różnych serwerach wynosiła grubo ponad dwieście milionów; dostępne były modemy 28 800, a zapotrzebowanie na tanie technologie szybszego przesyłania danych coraz bardziej rosło. Także stale rosnąca liczba użytkowników Internetu spowodowała, że przepustowość tradycyjnych łączy, obliczona na setki tysięcy, a obsługująca dziś miliony komputerów, znacznie się pogorszyła.

Pojawienie się telefonii ISDN (jednakże nie w Polsce; u nas takie usługi telekomunikacyjne jak dostęp do Internetu były zawsze nieco "do tyłu" w porównaniu ze standardami światowymi) nie rozwiązało problemu coraz większej objętości danych pobieranych przez użytkowników z Sieci. Gwałtowny rozwój WWW oraz usług multimedialnych i sieciowego handlu wymagał coraz większej przepustowości łączy, którą ledwo mogły zapewnić istniejące rozwiązania dla tzw. klientów masowych. Korporacjom czy uczelniom, wymagającym szybkich łączy, oferowano światłowody i łącza dzierżawione, oparte na technologiach frame-relay oraz ATM (Asynchronous Transfer Mode). Były one jednak (ze względu na koszty) poza zasięgiem tych, którzy Internet tworzą - użytkowników indywidualnych. Nawet dzisiaj problemem jest wydzierżawienie od naszego monopolisty – Telekomunikacji Polskiej – łącza stałego, a jeżeli nawet to się uda to i tak transfer danych jest dla wielu użytkowników, zwłaszcza współdzielących łącze, zbyt mały. Istnieją wprawdzie jeszcze inne możliwości, takie jak choćby łącza radiowe, ale i one mają swoje wady, nie da się np. stosować ich na terenach zalesionych czy górzystych, lub jest to bardzo ograniczone. Wszystko jednak wskazuje na to, że użytkownicy Internetu otrzymali wsparcie prosto z kosmosu. Pod koniec lat dziewięćdziesiątych operatorzy sieci satelitarnych (Astra, Eutelsat) rozpoczęli badania mające na celu zagwarantowanie wykorzystania ich satelitów do zapewnienia użytkownikom indywidualnym dostępu do Internetu. Początkowo oczywiście nie miał być on tani, ale zakładano spadek ceny po pewnym czasie. Do pokonania było wiele problemów, poza oczywiście finansowym aspektem tej działalności - sam protokół, na którym oparty jest Internet, czyli TCP/IP, zawiera kilka niedogodności, utrudniających jego wykorzystanie w łączności satelitarnej. Na szczęście co człowiek stworzył, inny może dostosować do swoich potrzeb. Tak powstał zarys sieci satelitarnej dostosowanej do przesyłania danych internetowych. Powodów powstania kosmicznej sieci było kilka. Pierwszy z nich to szybkość transmisji. Systemy satelitarne są przystosowane do przekazów szerokopasmowych. Drugim powodem jest to, że na ziemi są miejsca, gdzie infrastruktura sieci jest albo bardzo słaba, albo w ogóle nie istnieje. Jest zatem wiele miejsc, do których dotrzeć jest w praktyce nie sposób. Trzecim powodem jest umożliwienie powszechnej transmisji do terminali przenośnych. Komunikacja satelitarna ma usprawnić działanie sieci Internet. Szybkie sieci naziemne nadal będą stanowiły podstawowy szkielet Internetu, gdyż koszt budowy i eksploatacji systemów naziemnych wciąż pozostaje znacznie mniejszy niż satelitarnych, choć w niektórych miejscach na świecie, łącza satelitarne mogą całkowicie wyprzeć tworzenie linii naziemnych ze względów czysto ekonomicznych (obszary pustynne, górzyste, słabo zaludnienie).

## 2. POCZĄTKI I USTALENIE STANDARDU PRZESYŁU DANYCH DROGĄ SATELITARNĄ:

Na początku lat dziewięćdziesiątych, w celu opracowania standardów dotyczących cyfrowych transmisji satelitarnych, Europejska Unia Nadawców (EBU - European Broadcasting Union) powołała zespół roboczy Digital Video Broadcasting (DVB). W wyniku podjętych działań w styczniu 1995 roku opublikowany został zestaw norm określających sposoby przekazu obrazu telewizyjnego, dźwięku i danych komputerowych przez satelity oraz sieci kablowe. W ciągu kolejnych lat opracowano wytyczne dotyczące przekazywania danych przez naziemne nadajniki telewizyjne oraz szeregu usług dodatkowych, takich jak szyfrowanie informacji (telewizja kodowana) czy teletekst. Programy telewizyjne nadawane w standardzie DVB docierają do odbiorców na niemal całym świecie. Do wyjątków należą rynki północnoamerykański i japoński, na których lansowane są indywidualne rozwiązania.

W celu zdefiniowania zasad transmisji danych drogą satelitarną opracowano specyfikację DVB-S. Uściśla ona m.in. sposoby kodowania, struktury danych oraz mechanizmy korekcji błędów. Informacje przesyłane są w tzw. paśmie Ku, czyli za pomocą fal elektromagnetycznych o częstotliwości około 12 GHz. Satelita nadaje jednocześnie dane za pomocą fal o kilkudziesięciu różnych częstotliwościach, a sygnał transmitowany jest w postaci sinusoidalnej fali elektromagnetycznej, zmodulowanej z wykorzystaniem kluczowania fazy.

Wiele systemów komunikacyjnych transmitujących analogowe programy telewizyjne koduje informacje, zmieniając w niewielkim stopniu częstotliwość nadawanej fali (modulacja częstotliwości). Do satelitarnego przekazywania danych cyfrowych wykorzystywany jest inny rodzaj modulacji, zwany modulacją (kluczowaniem) fazy. W technice tej informacje reprezentowane są przez skokowo zmieniającą się fazę sygnału nośnego. Określonym przesunięciom fazowym fali nośnej przypisywane są jednoznaczne kody, np. przesunięcie o 180 stopni oznacza logiczną jedynkę, a jego brak - logiczne zero. W systemie DVB fali elektromagnetycznej nadawane jest jedno z czterech możliwych przesunięć fazowych. Technika ta zwana jest kwadraturową modulacją z przesunięciem fazy (Quadrature Phase Shift Keying). Każdy ze stanów, w jakim znaleźć się może modulowany sygnał nośny, to symbol. Liczba zdefiniowanych symboli wraz z szybkością ich nadawania definiuje prędkość transmisji danych.<sup>[1]</sup>

## 3. BEZPIECZEŃSTWO TRANSMISJI DANYCH

Poważnym problemem podczas przekazywania informacji za pośrednictwem fal radiowych są zakłócenia wywoływane czynnikami atmosferycznymi. W celu zapobieżenia temu zjawisku trzeba stosować mechanizmy korekcji danych polegające na dodaniu do użytecznego sygnału dodatkowych informacji, umożliwiających poprawienie zniekształconych fragmentów. Ponieważ użytkownik nie ma możliwości zażądania powtórnego przysłania uszkodzonych danych, jak ma to miejsce np. podczas połączenia modemowego, konieczne jest stałe przekazywanie nadmiarowych danych, pozwalających na wykrycie faktu uszkodzenia informacji i poprawienie ich w dowolnym momencie.

### I. Korekcja błędów

#### a) Kodowanie Reeda-Solomona oraz kodowanie Viterbiego.

W systemie DVB wykorzystywane są trzy mechanizmy umożliwiające efektywną korekcję błędów: kodowanie Reeda-Solomona, przeplatanie danych i

kodowanie Viterbiego. Pierwszą, zawsze wykonywaną przez nadawcę czynnością jest obliczenie na podstawie pakietu 187 bajtów użytecznych informacji kodu Reeda-Solomona o długości 16 bajtów. Algorytm ten jest powszechnie wykorzystywany w wielu technologiach

przekazu i gromadzenia informacji, takich jak płyty CD-ROM czy dyski twarde. W wyniku tych działań generowane są pakiety danych o długości 204 bajtów (187 bajtów użytecznych danych, 16 bajtów zabezpieczających i jeden bajt synchronizacji). Drugim krokiem, wykonywanym przed nadaniem przekazu, jest przeplatanie (interleaving) serii pakietów. Dzięki temu procesowi zapobiega się trudnemu do naprawy uszkodzeniu kilku sąsiednich bitów w razie wystąpienia błędu transmisji. Ostatnim etapem przygotowania danych jest ich ponowne kodowanie za pomocą algorytmu Viterbiego. Ten złożony matematycznie proces pozwala na efektywną rekonstrukcję danych zniekształconych szumem białym, czyli zakłóceniami w tle sygnału.

Jednym z parametrów algorytmu Viterbiego jest stosunek ilości danych użytecznych do całości przekazywanych informacji. Np. wartość  $5/6$  (stosowana w sieci Internet via the Sky) oznacza, że spośród każdego sześciu bitów pięć zawiera użyteczne informacje, a jeden służy do ich ewentualnej korekcji. Specyfikacja DVB przewiduje możliwość doboru współczynnika przez operatora w zakresie od  $1/2$  do  $7/8$ . Cyfrowy odbiornik każdego abonenta przeprowadza dekodowanie i korekcję danych w kolejności odwrotnej do wyżej opisanej.

W pierwszym etapie odebrany sygnał jest demodulowany, a za pomocą algorytmów Viterbiego i Reeda-Solomona koryguje się ewentualne błędy. Następnie dane przekazywane są do modułu deszyfrującego lub bezpośrednio do demultipleksera. Otrzymane w ten sposób przekazy zostają wreszcie skierowane do dekodera MPEG-2 (programy telewizyjne i radiowe) albo na wyjście dekodera DVB (dane z sieci Internet).

## **b) Kwadraturowa modulacja z przesunięciem fazy (Quadrature Phase Shift Keying):**

W systemie DVB informacje kodowane są z wykorzystaniem kwadraturowej modulacji z przesunięciem fazy (Quadrature Phase Shift Keying). Sygnałowi nośnemu nadawane jest jedno z czterech możliwych przesunięć fazowych, zwanych symbolami. Wybór symboli o wartościach 45, 135, 225 i 315 stopni oraz rezygnacja z pozornie prostszego systemu 0, 90, 180, 270 stopni wynikają z chęci uniknięcia transmisji niezmodulowanego sygnału nośnego, powodującego wiele dodatkowych problemów podczas procesu demodulacji.

## **c) Multipleksowanie statystyczne:**

Stosunkowo nowym rozwiązaniem jest tzw. multipleksowanie statystyczne, stosowane tylko podczas przekazywania obrazu telewizyjnego. Technika ta polega na nieustannych zmianach szerokości pasma przydzielanego każdemu programowi. W tym celu kodery MPEG-2 znajdujące się u nadawcy (jeden dla każdego programu) są dodatkowo wyposażone w układy analizujące zawartość obrazu oraz mikrokontroler zapewniający

komunikację pomiędzy nimi. Jeżeli któryś program zawiera fragment o większej dynamice, chwilowo przydziela się mu szersze pasmo. Stosowanie multipleksowania statystycznego wpływa na poprawienie jakości przekazów telewizyjnych.

Z procesem multipleksowania związane jest pojęcie identyfikatora pakietu PID (Packet ID). Ponieważ przez każdy transponder satelitarny nadawane są jednocześnie różnego rodzaju przekazy, dekodery odbiorcy musi przeprowadzać proces filtracji i wybierać ze strumienia danych tylko te, których żąda użytkownik. Aby możliwe było odróżnienie

pakietów, każdy z nich ma nagłówek zawierający liczbę (identyfikator) informującą o jego zawartości oraz przynależności do określonej stacji telewizyjnej lub systemu przekazu danych komputerowych. Oprócz pakietów zawierających dane i przekazy wideo w systemie DVB istnieje także dodatkowa ich grupa o numerach od 0 do 20, za pomocą których rozsyłane są informacje systemowe SI (System Information). Zawierają one m.in. dane o nazwach transmitowanych stacji, przypisanym im identyfikatorach, częstotliwościach innych transponderów należących do tego samego pakietu cyfrowego (jak np. Cyfra+) oraz wiele innych informacji służących dekodowaniu do poprawnego odbioru sygnału.<sup>[1]</sup>

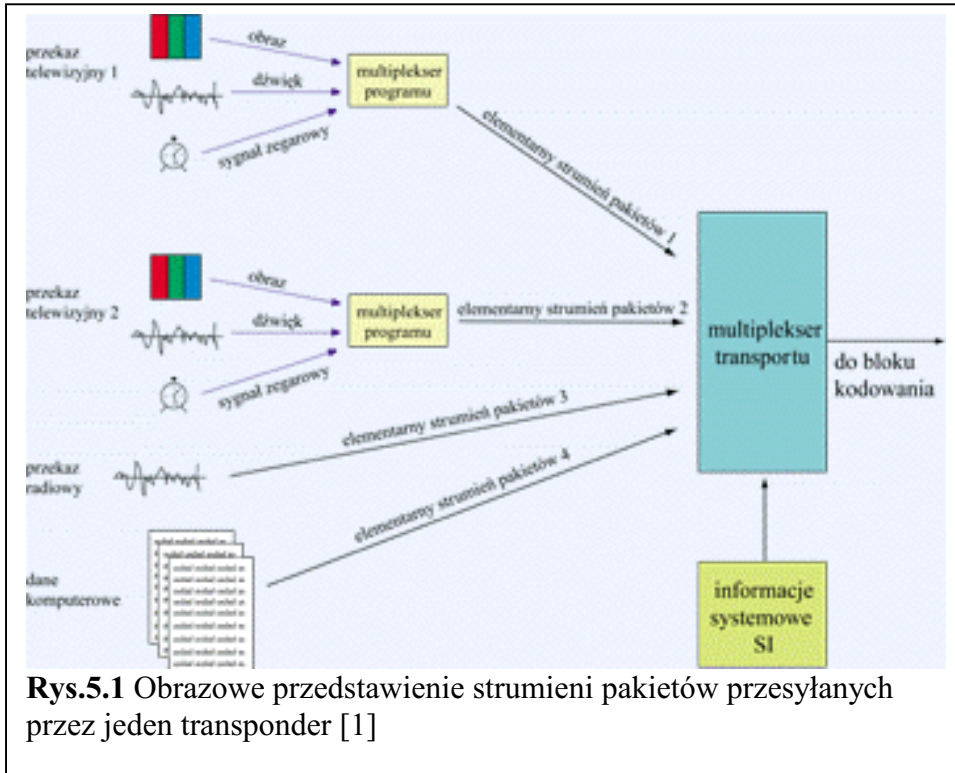
#### **4. WYKORZYSTANIE JEDNEGO TRANSPONDERA DO REALIZACJI WIELU ZADAŃ**

Ponieważ przepustowość transpondera satelitarnego jest stosunkowo duża, wykorzystanie go do transmisji tylko jednego programu telewizyjnego byłoby nieekonomiczne. W celu jednoczesnego nadawania kilku różnych przekazów stosowana jest technika multipleksowania, polegająca na nadawaniu przez krótki czas pojedynczego przekazu z maksymalną prędkością transpondera. Po chwili wysyłanie pierwszego programu zostaje wstrzymane i zaczyna się przekaz drugiego. Specyfikacja DVB nie nakłada ograniczeń liczby programów przekazywanych przez jeden transponder, ale wzrost liczby stacji powoduje zmniejszenie przepustowości danego pasma. W praktyce przez jeden transponder przesyła się kilka audycji telewizyjnych i radiowych. Ponieważ obraz w standardzie DVB rozpowszechniany jest w postaci skompresowanego strumienia MPEG-2, nadawca sam reguluje stopień upakowania, wpływając tym samym na ilość danych powstających w procesie kompresji. Różne programy mogą być przesyłane z odmienną prędkością i charakteryzować się różną jakością. Przekazom zawierającym wiele dynamicznych fragmentów (np. transmisje sportowe, filmy akcji) przydzielane jest szersze pasmo (ok. 8-9 Mbit/s) niż np. programom typu talk-show (4-6 Mbit/s).

Do transmisji danych komputerowych na ogół nie stosuje się multipleksowania, dążąc do uzyskania maksymalnej prędkości działania systemu. Nic nie stoi jednak na przeszkodzie, aby ten sam transponder wykorzystywać do przesyłania zarówno danych, jak i programów telewizyjnych lub radiowych.<sup>[1]</sup>

#### **5. ROZPOZNAWANIE UŻYTKOWNIKÓW, DO KTÓRYCH MAJĄ BYĆ PRZEKAZYWANE DANE:**

Ponieważ przez jeden transponder satelitarny dane rozsyłane są do wielu użytkowników jednocześnie, dekodery muszą wybrać tylko przekazy adresowane do konkretnego odbiorcy. W tym celu operator dodaje do każdego pakietu danych informacje pozwalające na ustalenie właściwego adresata. Powszechnym sposobem jest używanie w tym celu unikatowych w skali świata numerów identyfikacyjnych MAC, przypisanych na stałe przez producentów, kartom sieciowym i dekodery DVB. W celu poprawnego nadania pakietów operator musi znać identyfikator MAC karty zamontowanej w komputerze użytkownika. W protokole TCP/IP używanym do przesyłania danych w sieci Internet numer ten nie jest dołączany do wysyłanych pakietów danych. Operator nie uzyskuje go więc, odbierając zapytania od użytkownika. Aby poinformować nadawcę o adresie MAC dekodera, stosuje się zazwyczaj dodatkowe, rezydentne programy, uruchomione na komputerze odbiorcy. Ich zadaniem jest wysyłanie do operatora niezbędnego numeru, a często także autoryzacja użytkowników (np. wysłanie hasła dostępowego).



**Rys.5.1** Obrazowe przedstawienie strumieni pakietów przesyłanych przez jeden transponder [1]

Przez jeden transponder satelitarny może być jednocześnie przesyłanych wiele programów telewizyjnych, radiowych i danych komputerowych. Spakowany algorytmem MPEG-2 obraz wideo wraz z towarzyszącym mu dźwiękiem i sygnałem zegarowym (służącym do synchronizacji obrazu z głosem) tworzy elementarny strumień pakietów PES (Packet Elementary Stream). Strumienie pakietów mogą zawierać także przekazy radiowe oraz dane komputerowe. Kilka strumieni elementarnych jest łączonych (multipleksowanych) z pakietami informacji systemowych SI (System Information), tworząc końcowy strumień danych DVB. Jest on następnie poddawany przeplataniu (interleaving), kodowaniu Viterbiego i kierowany do anteny nadawczej. Dekoder odbiorcy na podstawie identyfikatorów pakietów (PID) przenoszonych w strumieniu SI może określić zawartość poszczególnych pakietów i np. połączyć właściwe strumienie obrazu z dźwiękiem.

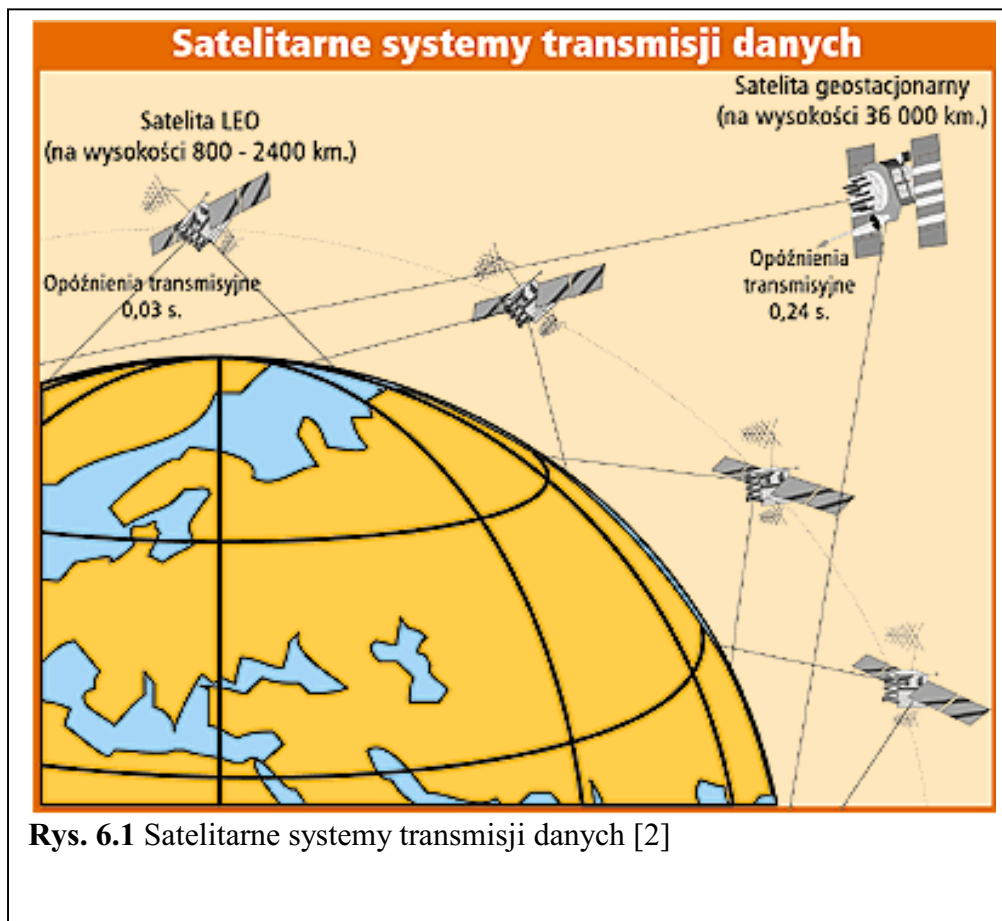
Nowszym rozwiązaniem, służącym do filtracji nadchodzących danych, jest ich rozpoznawanie tylko na podstawie numeru IP użytkownika. W takim przypadku stosuje się programy autoryzujące - wszystkie dane niezbędne do poprawnego zaadresowania pakietów znajdują się w wysyłanych operatorowi zapytaniach.

## 6. SYSTEMY SATELITARNE

Komunikacja satelitarna korzysta z dużych satelitów geostacjonarnych. Obecnie drogą satelitarną można transmitować programy telewizyjne, radiowe jak i dane komputerowe. Do transmisji danych wykorzystywane są satelity geostacjonarne. Są one umieszczane na specjalnej orbicie geostacjonarnej na wysokości 35,8 tys. km. Obiegają one ziemię w ciągu 24 godzin, co w rezultacie daje złudzenie utrzymywania się satelity nad określonym punktem globu. Jednak ze względu na odległość, opóźnienia transmisyjne są w nich stosunkowo duże i wynoszą około 0,24 sekundy. Do tego dochodzą także wszelkie opóźnienia przy konwersjach i przetwarzaniu danych. W związku z tym systemy takie praktycznie nie nadają się np. do bieżącej obsługi transakcji. Satelity GEO stosuje się do transmisji rozsiewczej oraz komunikacji punkt-punkt. Ich wady to: cena oraz ograniczona liczba miejsc na jednej orbicie.



Alternatywą do satelitów GEO są satelity niskoorbitowe LEO (Low Earth Orbit) i średnioorbitowe MEO (Medium Earth Orbit). Pierwsze to satelity zawieszane na orbitach blisko nad ziemią: 600-2500 km, drugie - na wysokości 10-20 tys. km. Przy takiej odległości od ziemi opóźnienia transmisyjne są bardzo małe, ok. 0,03 sekundy, porównywalne do opóźnień w liniach naziemnych. Z drugiej strony, bliskość ziemi powoduje, że mają one ograniczony zasięg działania.



Rys. 6.1 Satelitarne systemy transmisji danych [2]

Aby więc zapewnić komunikację na całym globie, potrzeba kilkunastu satelitów typu MEO lub kilkudziesięciu typu LEO - pojawia się tu problem olbrzymich kosztów stworzenia takiego systemu i trudność w synchronizacji ich lotu. Budowa satelitów, koszty ich wyniesienia na orbitę oraz stworzenie centrum kontroli lotów, to inwestycje rzędu miliardów dolarów. Pomimo tak dużych kosztów, chętnych jest wielu. Wynika to z przewidywań zapotrzebowania na tego rodzaju usługi telekomunikacyjne. Koszty połączeń satelitarnych nie będą tak duże jak by to wynikało z wielkości ponoszonych inwestycji. Można też powiedzieć, że koszty linii naziemnych w niektórych niedostępnych lub odludnych miejscach byłyby dużo większe i prawdopodobnie nikt nigdy nie zdecyduje się ich zrealizować. Właśnie tam jedynym rozwiązaniem będzie komunikacja satelitarna. Technologia geostacjonarna jest łatwiejsza do realizacji. Wynika to stąd, że satelity te są nieruchomo "zawieszane" nad ziemią mając w swoim zasięgu cały czas ten sam obszar. Natomiast satelity niskoorbitowe, aby nie spaść na ziemię, muszą się poruszać z większą szybkością niż prędkość kątowna ziemi. Teoretycznie satelity te są widoczne tylko przez około 20-30 minut zanim znikną za horyzontem. Pojawia się więc problem z wyłapywaniem sygnału z takiego satelity i z utrzymywaniem aktywności połączenia. Stąd też potrzebna jest dla nich specjalna technologia umożliwiająca przejmowanie sygnałów. Ponieważ jednak satelity LEO i MEO orbitują bliżej ziemi to dochodzący z nich sygnał jest silniejszy i słabiej zakłócony. Zatem do jego odbioru na ziemi potrzebne są

mniejsze anteny. Również same satelity mogą być mniejsze, gdyż mogą wykorzystywać słabsze nadajniki. Satelity LEO dzielą się na kilka kategorii, których podstawą jest częstotliwość sygnału wykorzystywanego przez nie do transmisji danych. Są to: małe LEO (poniżej 1 GHz), duże LEO (około 2 GHz) oraz szerokopasmowe LEO (20-30 GHz). Im wyższa częstotliwość, tym krótsza jest długość nadawanej fali. W związku z tym terminal naziemny może mieć mniejsze rozmiary. Satelity LEO znajdując się tak blisko ziemi będą powoli "spalały" się w jej atmosferze. Konstruując takie systemy bierze się pod uwagę wymianę pracujących satelitów. Przyjmuje się, że czas życia satelity LEO na orbicie będzie wynosił około 10-12 lat.

Systemy GEO i LEO mogą ze sobą współistnieć. Systemy LEO przeznaczone do obsługi szybkich połączeń, telekonferencji i tym podobnych interaktywnych zastosowań. Natomiast systemy oparte na satelitach GEO będą wykorzystywane do ściągania informacji, dystrybucji wideo oraz transmisji rozsiewczych multi- i broadcastowych. Powstają zatem koncepcje systemów hybrydowych. Niektóre firmy myślą o "mieszanym" rozwiązaniu, w skład którego będzie wchodziło kilkadziesiąt satelitów LEO oraz jeden lub kilka satelitów GEO. Dla takiego systemu zostanie opracowany specjalny protokół do bezpośredniej komunikacji satelity z satelitą, czyli coś w rodzaju międzysatelitarnego routingu. Zatem na orbicie zostanie stworzona złożona sieć satelitarna. Dzięki temu połączy się zalety dwóch rozwiązań: niewielkie opóźnienia LEO, które są szczególnie ważne przy interakcji z użytkownikiem oraz siłę GEO na polu transmisji rozsiewczych.<sup>[2]</sup>

„System satelitarny może pełnić rolę sieci dostępowej lub rolę sieci dostępowej i szkieletowej.

W pierwszym przypadku sygnał nadawany z terminala abonenckiego jest odbierany przez satelitę, który transmituje go do naziemnej stacji satelitarnej. Poprzez połączenia tej stacji z naziemną infrastrukturą telekomunikacyjną, pełniącą rolę sieci szkieletowej, następuje przesłanie sygnału do adresata, np. serwera WWW lub w pobliże adresata i dalej poprzez naziemną lub satelitarną sieć dostępową do terminala adresata.”

W drugim przypadku sygnał nadany z terminala i odebrany przez satelitę jest przesyłany łącznie międzysatelitarnymi ISL (Inter Satellite Links), poprzez satelity sieci, przetwarzające sygnał (on board processing) i komutujące połączenie do satelity obsługującego adresata lub poprzez tzw. bramę (gateway) do naziemnej sieci szkieletowej.

„Większość dotychczas stosowanych satelitów działa jak stacje retransmisyjne. Jednak wraz z rozwojem technik przetwarzania i komutacji sygnałów pojawiły się rozwiązania realizujące te funkcje na pokładzie satelity. Uzyskuje się w ten sposób możliwość budowy w przestrzeni kosmicznej sieci transmisyjnych, komutowanych lub pakietowych, z satelitami wyposażonymi w anteny z dynamicznie sterowanymi wiązkami. Anteny terminali i/lub nadawane moce mogą być mniejsze, gdyż na pokładzie satelity sygnał jest regenerowany. Ma to szczególne znaczenie w przypadku terminali przenośnych i ruchomych. W tym przypadku łącze nie jest jednak przezroczyste. Dostosowane jest ono do określonego typu protokołu. Znacznie komplikuje się również budowa modułu telekomunikacyjnego satelity. Problemem staje się również zapewnienie odpowiedniej niezawodności systemu, gdyż naprawa satelity w przestrzeni kosmicznej raczej nie jest brana pod uwagę”<sup>[4]</sup>

## 7. STOSOWANE PROTOKOŁY ORAZ PLATFORMY TRANSMISYJNE

W satelitarnych systemach multimedialnych przewiduje się zastosowanie następujących typów protokołów i platform cyfrowych:

- platformy cyfrowej DVB-S – w projekcie omówionej najszerzej;
- protokołu TCP/IP;
- protokołu ATM.

## a) Platforma DVB-S

„(Digital Video Broadcasting-Satellite) wyznacza nowe standardy radiodifuzji satelitarnej i świadczenia usług multimedialnych. Platforma cyfrowa obejmuje, oprócz specyfikacji stosowanych protokołów, również: metody kodowania, sposób dołączenia dodatkowych informacji, rozsiewczą transmisję danych, metody zabezpieczenia sygnału.

Dla transmisji danych przygotowano cztery profile:

- Danociąg (Data Pipe) - prosty transport danych pomiędzy użytkownikami końcowymi (end-to-end);
- Transport strumieni danych (Data Streaming) - transmisja asynchronicznych, synchronicznych lub synchronizowanych strumieni danych pomiędzy użytkownikami końcowymi;
- Wieloprotokołowe kapsułkowanie (Multiprotocol Encapsulation) - zastosowanie mechanizmów transportowych DVB do różnych usług transmisji danych;
- Karuzela danych (Data Carousel) - polega na periodycznej transmisji zbiorów danych.

Platforma DVB-S została zastosowana do świadczenia usług internetowych. Kanał zwrotny można realizować na dwa sposoby:

- wykorzystując naziemne sieci transmisji danych;
- wykorzystując łącze satelitarne.

W pierwszym przypadku rozwiązanie zwane jest „Turbo-Internet”. Rozsiewcza transmisja danych (Data-casting) i usługi internetowe są transmitowane zazwyczaj przez wolne pojemności transponderów satelitów geostacjonarnych i odbierane za pomocą typowych odbiorczych anten parabolicznych o średnicy 45 cm. Odebrany sygnał jest przesyłany przewodem współosiowym do komputera wyposażonego w kartę DVB. Karta ta dekoduje informacje i prezentuje je na przeglądarce.

Kanał zwrotny jest realizowany za pomocą sieci publicznej. W fazie realizacji znajduje się inne rozwiązanie, realizujące kanał zwrotny przez satelitę.”

## b) Protokół TCP/IP

„Protokół TCP/IP nie był przygotowany z myślą o stosowaniu go w łączach satelitarnych. Ze względu na szczególne uwarunkowania tego typu łącz opracowuje się obecnie standardy niezawodnego protokołu IP, dostarczającego informację do grupy odbiorców (multicast) oraz nowych protokołów do obsługi usług multimedialnych świadczonych w czasie rzeczywistym i z odpowiednią jakością QoS (Quality of Service).”

## c) Protokół ATM

„W wielu rozwiązaniach systemów satelitarnych planuje się zastosowanie protokołu ATM (Asynchronous Transfer Mode). Protokół ten transmituje dane umieszczone w komórkach (Cell) o stałej długości 53 bajtów. ATM wspiera transmisję danych przebiegającą z szybkością od 2 Mb/s do 2,4 Gb/s i gwarantuje użytkownikowi różny poziomy jakości świadczonych usług QoS.”<sup>[4]</sup>

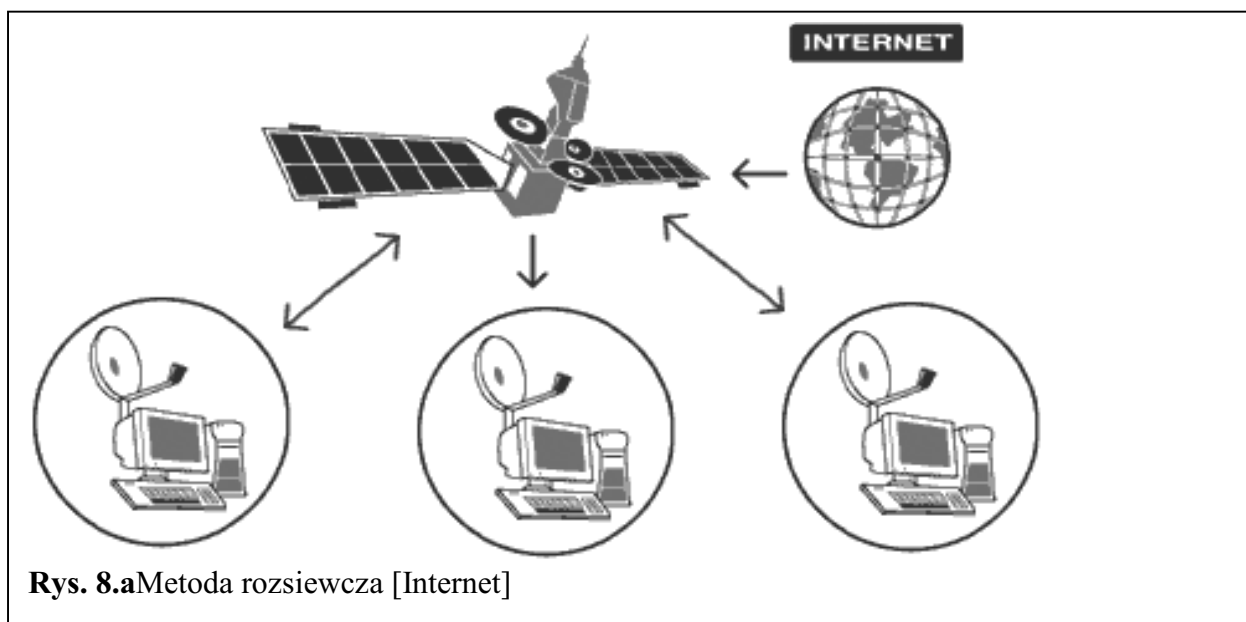
## 8. SPOSOBY DOSTĘPU DO INTERNETU ZA POMOCĄ ŁĄCZA SATELITARNEGO:

Istnieją generalnie dwa sposoby dostępu do internetu, które dzielą się na dalsze podgrupy:

### I. Dostęp do internetu bez kanału zwrotnego:

#### a) Metoda rozsiewcza

Pierwszy z omawianych poniżej opiera się na transmisji informacji metodą rozsiewczą. Taki sposób transmisji danych jest rozpowszechniony w systemach, które rozsyłają zawartość serwisów WWW do dużej grupy odbiorców. Choć przekaz danych komputerowych przez satelity jest stosunkowo tani i szybki, usługi tego rodzaju świadczone indywidualnym użytkownikom są obciążone poważną wadą – dostawca sam określa, które strony będą dostępne. W pewnym stopniu wadę tę rekompensują duże szybkości transmisji oraz małe koszty, ograniczające się do zakupu niezbędnego sprzętu oraz niewielkich opłat abonamentowych. W celu obniżenia kosztów dane nie są wysyłane z osobnego transpondera, ale za pośrednictwem cyfrowych kanałów dźwiękowych towarzyszących przekazowi telewizyjnemu. Niedogodność ta jest wynikiem stosowania do transmisji danych sieci satelitarnych projektowanych z myślą o przekazywaniu programów telewizyjnych nie wymagających przesyłania informacji zwrotnych.

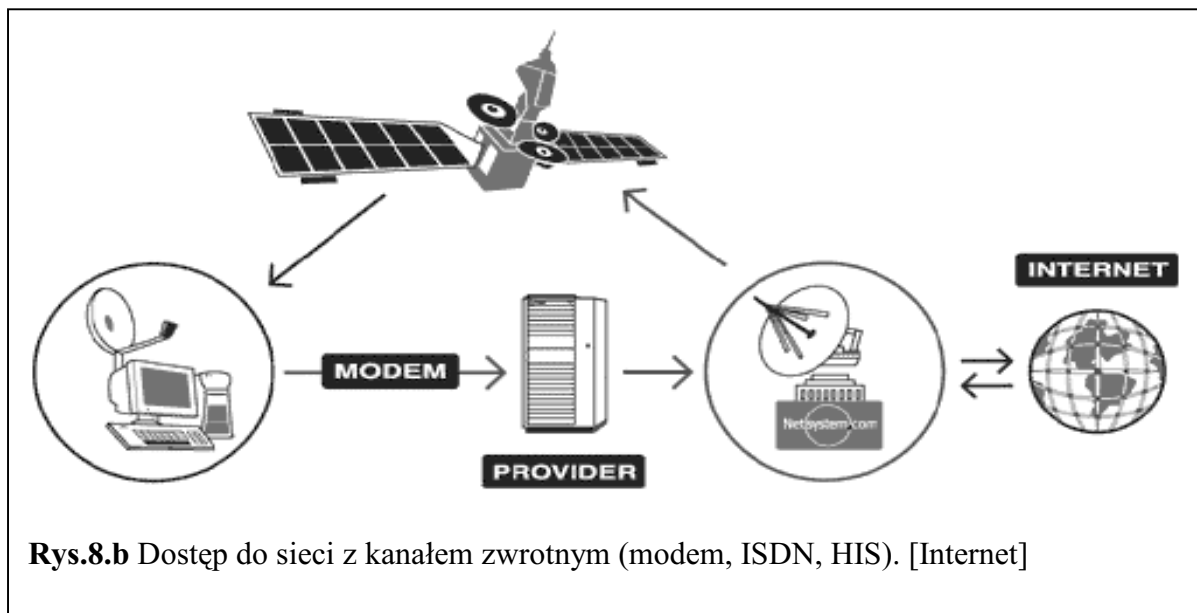


### II. Dostęp do internetu z kanałem zwrotnym

Druga metoda pozwalająca korzystać użytkownikowi z internetu w sposób taki jak przez zwykłe, naziemne łącze, czyli odbierać i wysyłać dane. Realizacja kanału zwrotnego możliwa jest na dwa sposoby:

### a) Kanał zwrotny poprzez inne łącze (modem, ISDN, HIS itp.)

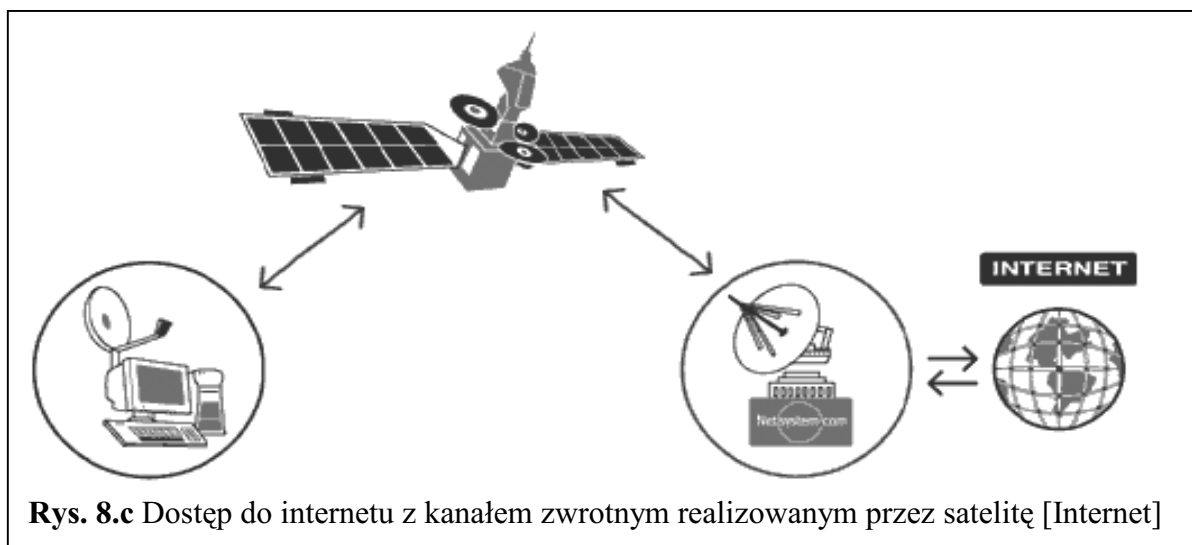
Przekazywanie zapytań, czyli żądań dostarczenia określonych materiałów (strony WWW, pliki) realizowane jest tradycyjną drogą naziemną odbywa się przy wykorzystaniu modemu i linii telefonicznej lub łącza stałego przez co użytkownik ponosi dodatkowe koszty związane z zakupem i utrzymaniem kanału zwrotnego. Odpowiadając na nadchodzące zapytania, operator wysyła użytkownikowi zamawiane dane kanałem satelitarnym.



Rys.8.b Dostęp do sieci z kanałem zwrotnym (modem, ISDN, HIS). [Internet]

### b) Kanał zwrotny realizowany przez samą satelitę.

Opracowana została metoda przesyłania informacji zwrotnych kanałem satelitarnym (DVB-RCCS), i choć jest to technika droga, powoli zaczyna ona być wykorzystywana przez użytkowników połączonych w sieć. W ten sposób zlikwidowano konieczność wykorzystania łącza zwrotnego, co znacznie poprawia prędkość połączenia oraz uniezależnia użytkownika od infrastruktury naziemnej, ale jednocześnie bardzo podnosząc koszty instalacji gdyż ten rodzaj łączności wymaga zastosowania specjalnej anteny nadawczej.



Rys. 8.c Dostęp do internetu z kanałem zwrotnym realizowanym przez satelitę [Internet]

## 9. PRZYKŁADY WYŻEJ OPISANEJ TECHNOLOGII OFEROWANE NA RYNKU

### I. Systemy rozsiewcze

#### a) INTEL INTERCAST

Pierwsze z przedstawionych rozwiązań zostało zaprezentowane przez Intela oraz firmę ZDF. System o nazwie Intercast stanowi pewnego rodzaju pomost łączący Internet z telewizją. Po zainstalowaniu oprogramowania Intercast oraz odpowiedniej karty tunera TV użytkownik może odbierać wiele informacji uzupełniających program telewizyjny. Dane te mogą być przeglądane na bieżąco w czasie nadawania audycji lub zapisywane na dysku. Po zakończeniu programu telewizyjnego widz może przeglądać offline do 1000 stron o objętości ok. 20 MB. Użytkownik może też określić maksymalną objętość danych pobieranych do przeglądania.

Intercast wykorzystuje do przesyłania danych niewidoczne na ekranie pierwsze linie obrazu telewizyjnego (te, które służą do przenoszenia sygnałów telegazety). W stacji telewizyjnej redakcja przygotowuje materiał tekstowy, który dział multimedialny przekształca do postaci stron HTML. Elektroniczny zapis dokumentów jest następnie dodawany do sygnału telewizyjnego i razem z nim wysyłany do odbiorców. Pojawiają się jednak wątpliwości co do zalet systemu Intercast w porównaniu z telewizją i Internetem. Po pierwsze, użytkownik otrzymuje tylko te informacje, które zostały wcześniej przygotowane przez nadawcę, a dostęp do innych danych wymaga skorzystania z modemu. Poza tym szybkość przesyłania danych dla wielu okazuje się niezadowalająca - Intercast zapewnia maksymalną przepustowość na poziomie 20 kb/s, a więc mniejszą od przeciętnego modemu, nawet jeśli podłączony jest do nie najlepszej linii telefonicznej. Biorąc pod uwagę rozmiary tworzonych obecnie dokumentów HTML, okazuje się, że transmisja rozbudowanego serwisu WWW może trwać długo. Na przesłanie 20 MB danych Intercast potrzebuje około 2,5 godziny, bez uwzględnienia powtórzeń. Tymczasem często są one konieczne, szczególnie przy zakłóceniach transmisji. Jedyną przewagą tego systemu nad połączeniem modemowym jest to, że użytkownik nie musi ponosić kosztów dostępu do sieci.

#### b) NET ON AIR

Kolejnym systemem rozsiewczym (tzn. przesyłającym dane tylko w jednym kierunku) jest Net On Air firmy MediaNet. W przeciwieństwie do systemu Intercast Net On Air transmituje dane pochodzące bezpośrednio z Internetu, które są wstępnie sortowane przez zespół redakcyjny. Oznacza to, że każdego dnia transmitowane są ogromne zbiory danych, których znaczną część stanowią zdjęcia i grafiki. Aby ograniczyć strumień danych spływających do komputera, każdy użytkownik może wybrać rodzaj interesujących go informacji. Netsat oferuje między innymi takie działy, jak media (czyli gazety i czasopisma) programy telewizyjne czy prognozę pogody. Ponadto przekazywane są informacje związane z gospodarką i pracą, nauką i edukacją, rozrywką oraz zakupami.

Dane przesyłane tym systemem są "dołączane" w centrum nadawczym do sygnału telewizyjnego, który może być nadawany via satelita, z nadajników naziemnych lub przez telewizję kablową. Do swojego komputera użytkownik musi podłączyć specjalne urządzenie, które odfiltruje transmitowane informacje. Oprogramowanie dostarczone

przez producenta systemu zapisuje przesyłane dokumenty na dysku. Prędkość transmisji jest spora i w ciągu jednego dnia można zgromadzić do dwóch gigabajtów danych. Ponieważ rodzaj rozsyłanych informacji nie ma znaczenia, możliwe jest transmitowanie wszystkich rodzajów danych: tekstów, grafik, zdjęć, dźwięków i filmów wideo.

## II. Kanał zwrotny poprzez inne łącze (modem, ISDN, HIS itp.)

Poniższe rozwiązanie wydaje się póki co najatrakcyjniejszym z przedstawionych pod względem finansowym. Użytkownik dostaje te dane, które akurat mu są potrzebne (pliki tekstowe, muzyczne, wideo, strony WWW, gry on-line), nie są wprowadzane żadne ograniczenia co do rodzaju danych, a ilość ściągniętych danych zależy od wykupienia usługi u określonego dostawcy internetowego. Na polskim rynku istnieje szereg firm oferujących wiele rozwiązań. Zastrzec trzeba jednak, że w wielu ofertach istnieją ograniczenia co do ilości ściąganych danych, transferów danych w zależności od wykupionej usługi, godziny dnia, dnia tygodnia itp. Przykłady można mnożyć, ale ograniczymy się do kilku rozwiązań oferowanych na naszym rynku. <sup>[1]</sup>

### a) SAT\_SPEED+

Sat\_speed+ jest jednokierunkowym, satelitarnym połączeniem internetowym umożliwiającym bardzo szybkie połączenia z siecią (2Mbit/s) z wykorzystaniem standardowego połączenia modemowego (lub SDI, ISDN). W systemie zostały zastosowane najnowsze rozwiązania techniczne m.in. platforma, technologia GEN2. Kolejnym atrybutem jest współpraca z doświadczonym przedsiębiorstwem w zakresie uplink'u zapewniająca znakomity routing sieciowy. Dzięki temu dane docierają do użytkownika z taką samą, dużą prędkością niezależnie od miejsca ich fizycznego umiejscowienia w sieci. System stanowi otwartą platformę przesyłu danych, co umożliwi wdrożenie wielu przyszłościowych rozwiązań multimedialnych. Nowa technologia oferuje dynamiczne, szerokie pasmo dla wszystkich użytkowników korzystających ze sat\_speed+. Oznacza to, że pomiędzy użytkowników zostanie podzielona całkowita pojemność transpondera, przez co możliwe będzie osiągnięcie maksymalnej szybkości transferu do 2 Mbit/s. Kolejną zaletą to jedyna w swoim rodzaju kombinacja konwencjonalnych naziemnych połączeń telefonicznych z techniką satelitarną, gwarantująca stabilną i stałą prędkość "surfowania" oraz pobierania danych z Internetu.

Korzystanie z systemu z punktu użytkownika wygląda tak jak dotychczas ale dzięki olbrzymim prędkościom transmisji danych staje się dużo bardziej komfortowe i efektywne. Strony internetowe (zarówno polskie jak i serwisy zagraniczne) ładują się natychmiast a pliki pobierane są z prędkością 250-300KB/s (kilobajtów). Każdy użytkownik otrzymuje oprogramowanie, pracujące pod kontrolą systemów Win9x/2000//ME/XP/Linux, które działa jako lokalny klient Socks 4/5 lub HTTP/FTP-Proxy, umożliwiając korzystanie z większości usług sieciowych (HTTP (WWW), FTP, Napster, KaZaA, ICQ, IRC, telnet itp..).

Usługa oferuje pobieranie plików off-line poprzez podawanie linków do plików oraz odbieranie poczty w trybie offline. Każdy użytkownik ma prawo do dokonania 10 wyborów dziennie. System jest tak zaprojektowany, że każdej nocy przesyła ok. 15 GB danych. Pierwsze odnośniki, których łączna objętość wyniesie 15 GB są będą przesyłane tej samej nocy. Prędkość przesyłania plików w trybie offline dochodzi do 4 Mbit/s. Zaletą jest to, że można odebrać wiele interesujących danych bez wykorzystywania połączenia telefonicznego. W sumie każdy użytkownik może odebrać 15 GB danych co noc. <sup>[5]</sup>

## b) OPENSKY

Usługa OpenSky to nowoczesny szerokopasmowy system przeznaczony dla aplikacji multimedialnych. Usługa dostarczana jest przez wiodącego europejskiego operatora satelitarnego - firmę Eutelsat. Serwis bazuje na transmisji danych bezpośrednio z satelity do komputera. Wykorzystanie satelity umożliwia dostarczanie danych z bardzo dużą szybkością. Usługa umożliwia automatyczną aktualizację stron internetowych, bez konieczności nawiązywania połączenia modemowego, zamawianie zarówno wybranych plików jak i stron www. Istnieje możliwość takiej konfiguracji, aby wybrane strony strony były przesyłane np. codziennie bez konieczności ich ponownego zamawiania. Serwis umożliwia odbiór lokalnych i międzynarodowych stacji telewizyjnych nawet na kartach DVB nie posiadających tunera satelitarnego.

Wszystkie usługi umożliwiają pobieranie danych z gwarantowaną szybkością 400 kbit/s dla jednego połączenia. Szybkości te mogą być większe w zależności od obciążenia sieci lub przy wykorzystaniu programów wspomagających. Szybkością gwarantowaną objęta jest pierwsza połowa limitu danych w wybranej usłudze. Po przekroczeniu połowy dostępnego limitu serwis pozostaje nadal dostępny a prędkości uzależnione są od aktualnego obciążenia łącza.

Wymagania:

### 1. Komputer (PC)

Minimalne wymagania:

Procesor 400 MHz Intel Pentium MMX lub odpowiednik AMD

64 MB RAM

Karta dźwiękowa i napęd CD

Microsoft Windows 98/Me/NT/2000/XP

wolny slot PCI (do karty DVB)

Odbiornik DVB-IP

Antena satelitarna (zalecana średnica anteny - min. 75cm. Antena powinna być wyposażona w typowy konwerter typu "fullband" (szerokopasmowy).

Dowolne łącze z Internetem (służące jako kanał zwrotny (do wysyłania zapytań), minimalna prędkość połączenia to 19 Kbps). Warunkiem jest posiadanie publicznego adresu IP.<sup>[5]</sup>

## III. Kanał zwrotny realizowany przez samą satelitę.

### a) TACHYON.NET

Tachyon.net to sposób na uzyskanie szybkiego i (co najważniejsze) *dwukierunkowego* połączenia z Internetem za pośrednictwem satelity geostacjonarnej. Ponieważ zastosowano technologię pozwalającą na wysyłanie danych "w górę" (czyli od użytkownika do satelity) za pośrednictwem kanału mikrofalowego, nie ma potrzeby nawiązywania łączności z dostawcą usług internetowych poprzez modem. Poza uniezależnieniem od łącza kablowego abonent otrzymuje jednocześnie znacznie większą przepustowość kanału transmisyjnego.

Sieć Tachyon.net zapewnia szybką komunikację na tzw. ostatniej mili, czyli pomiędzy użytkownikiem i jego dostawcą usług internetowych (ISP). Najważniejszą jej



częścią jest satelita, który pośredniczy pomiędzy bramką (Tachyon Gateway) podłączoną do szkieletu Internetu a urządzeniem abonenckim Tachyon Access Point, zlokalizowanym w sieci wewnętrznej (np. intranecie) klienta. Bramka, zlokalizowana w Amsterdamie, podłączona jest do najważniejszego w Europie punktu styku sieci szkieletowych różnych operatorów. Pakiety pobrane z sieci bramka przesyła do satelity, a ten - do klienta. Urządzenie abonenckie TAP odbiera je... i to wszystko. Żądane informacje pojawiają się u abonenta. Ale mała "czarna skrzynka" wraz z talerzem satelitarnym (o średnicy jednego metra, czyli porównywalnej z "tradycyjnymi" antenami TV SAT) to nie tylko router, czyli przekaźnik pakietów TCP/IP. W środku znajduje się ponad trzygigabajtowy dysk twardy oraz procesor wraz z oprogramowaniem, pełniące funkcję pamięci podręcznej (cache). Dzięki temu jeśli użytkownik żąda informacji, które były już pobierane z Internetu, zostają one wysłane z bufora dyskowego bez konieczności ponownego ich ściągania, kanał komunikacyjny pozostaje zaś wolny dla innych użytkowników z tej samej sieci. Moduł TAP podłączany jest do sieci lokalnej poprzez standardowe złącze Ethernet, dzięki czemu jest łatwy do zainstalowania i zarządzania (obsługuje protokół SNMP - Simple Network Management Protocol). Moc sygnału emitowanego przez urządzenie abonenckie jest niewielka - maksymalnie dwa waty, precyzyjnie ukierunkowane przez talerz satelitarny.

Aby było możliwe zapewnienie satelitarnego dostępu do Internetu, niezbędne było - jak wspomniano wcześniej - dostosowanie protokołu TCP/IP do przesyłania go przez satelitę. Transmisja satelitarna wprowadza do przekazu sygnału pewne opóźnienia. Sygnał trasę Ziemia-satelita-Ziemia przemierza w czasie ponad pół sekundy. Takie opóźnienia, jeśli zdarzają się w przeciążonej sieci naziemnej, powodują uznanie pakietu za zagubiony i jego retransmisję. Problem w tym, że pakiet nie zginął, tylko cały czas był w drodze - jego następca przemierzy ten odcinek w podobnym czasie (i też zostanie uznany za utracony). Aby sieć mogła działać, niezbędne było "oszukanie" protokołu TCP/IP w celu ukrycia rzeczywistego czasu obiegu pakietów danych.

Jeśli użytkownik zażyczy sobie pobrania np. strony WWW, to terminal TAP przesyła owo żądanie do satelity. Sieć abonencka nie wie, że pakiet musi przebyć długą drogę, zanim znajdzie się u celu, więc TAP... "udaje", iż paczka danych do celu dotarła. Sieć użytkownika uznaje, że "jej rola została spełniona", choć pakiet wcale nie dotarł do miejsca przeznaczenia, lecz... znalazł się na początku drogi satelitarnej. Dzięki takiemu "oszustwu" pakiety nie są powtarzane, a terminal TAP troszczy się o ewentualną retransmisję w przypadku ich zagubienia po drodze (na przykład na skutek warunków atmosferycznych). Podobnie rzecz się ma z transmisją w drugą stronę - Tachyon Gateway informuje serwer, który wysłał informację, że dotarła ona do adresata, mimo iż jest ona przez cały czas w drodze. W przeciwieństwie do "klasycznych" rozwiązań satelitarnego dostępu do Sieci, Tachyon nie wymaga stosowania naziemnego kanału zwrotnego, gdyż komunikacja w obie strony odbywa się za pośrednictwem satelity.

Protokół TCP/IP ma mechanizm nazywany "wolnym startem" (slow-start). Stosowany jest on przy inicjowaniu kanału transmisyjnego i służy sprawdzeniu maksymalnej przepustowości kanału. Slow-start wysyła pakiet do kanału komunikacyjnego i czeka na jego powrót. Jeśli zadanie zostanie wykonane z powodzeniem, nadawany jest kolejny pakiet, nieco szybciej. Ta procedura jest powtarzana do momentu, aż wyczerpie się możliwość kolejnego przyśpieszenia - i w ten sposób sprawdzana jest przepustowość kanału. Ponieważ, jak już wspomniano, istnieje opóźnienie rzędu sekundy pomiędzy wysłaniem paczki i jej powrotem, ustalana w ten sposób prędkość kanału byłaby znacznie niższa niż rzeczywista. Opisana wcześniej procedura zapewnia wykorzystanie maksymalnej dostępnej przepustowości łącza, gdyż terminal TAP "zna" prędkość przydzielonego mu kanału satelitarnego i zwraca odpowiednio szybko pakiety testowe. Z tego powodu w sieci Tachyon dane wysyłane są od razu z pełną szybkością, bez sprawdzania prędkości łącza.

Kolejnym problemem, który musiał zostać pokonany, jest ustalenie tzw. szerokości ramki. Protokół TCP/IP posiada wbudowany mechanizm, którego celem jest osiągnięcie jak najmniejszej liczby powtórek wysłania pakietu po jego zagubieniu. Aby to zilustrować, wyobraźmy sobie przesyłkę składającą się z kilkunastu części, przeznaczoną do kraju o nie najlepiej działającej poczcie. Ponieważ w kraju tym przesyłki giną często, należy zastosować paczki o takiej wielkości, żeby z jednej strony miały one użyteczną objętość, a z drugiej - by w przypadku jej zaginięcia straty nie były zbyt wielkie (ponieważ jej zawartość trzeba będzie wysłać ponownie). Pakiety z danymi powinny być w podobny sposób zorganizowane, tak aby w przypadku straty pakietu nie trzeba było wysłać zbyt wielkiej ilości danych ponownie (gdyż zajmuje to łącze), a z drugiej strony - aby jak najwięcej paczek przeszło nieuszkodzonych (im są one mniejsze, tym większe mają na to szanse).

Przy wykorzystaniu transmisji satelitarnej wielki wpływ na gubienie owych paczek z danymi ma pogoda. W Tachyon.net rozwiązano to w prosty sposób: TAP wraz z satelitą co jakiś czas nawiązują transmisję "treningową", dzięki czemu znają mniej więcej ilość traconych pakietów (która jest tym większa, im gorsze są warunki atmosferyczne) i odpowiednio do tego ustalają rozmiar paczki z danymi. Jeśli niebo jest czyste, stopień transmisji błędnych bitów (BER - Bit Error Rate) wynosi 10. Im większe są pakiety, tym mniej ich odbiorca musi wysłać potwierdzeń otrzymania - co także ma wpływ na szerokość "zmarowanego" pasma. Im bardziej "zapchany" jest kanał satelitarny, tym większa liczba pakietów jest tracona. Sieć Tachyon automatycznie dostosowuje wielkość paczek danych, tak aby zbalansować ryzyko zagubienia oraz obciążenie sieci związane z odsyłaniem potwierdzeń. Przy okazji satelitarny system transmisji, jakim jest Tachyon, jest znacznie odporniejszy na pogorszenie warunków transmisji niż systemy kablowe (np. wpływ szumów na linii na przepustowość linii kablowej jest mniejszy niż zachmurzenia i burzy na wydajność kanału satelitarnego).

Jak widać najwięcej problemów sprawił protokół internetowy (jakim jest TCP/IP). Wynika to z założenia, że sieć Tachyon.net służy głównie do transmisji tego typu danych. Jeśli jednak klient życzy sobie wykorzystania satelity do przesyłania innego typu pakietów czy danych, może je... "zapakować" w pakiety IP (nazywa się to "tunelowaniem poprzez TCP/IP" albo "enkapsulacją") Oznacza to, iż na przykład pakiety Frame Relay będą "opakowywane" w ramki klasycznego IP i w ten sposób przekazywane na drugi koniec, gdzie z tych ramek zostaną "wyłuskane" i wrócą do zwykłej postaci. Dzięki temu Tachyon.net może służyć do łączenia sieci lokalnych w Wirtualne Sieci Prywatne (VPN) na przykład pomiędzy oddziałami firmy w wielu krajach. Nie ma jednak nic za darmo: w tej chwili koszty są na tyle wysokie, że na tego typu "luksusowy" dostęp do Sieci stać tylko firmy co najmniej średniej wielkości. Połączenia przez Tachyon.net kosztują "już" od 3000 dolarów miesięcznie. Cena usługi według zapewnień firmy ma systematycznie maleć.

Obecnie oferowane są trzy rodzaje dostępu, w zależności od przepustowości kanałów "w górę" i "w dół". Łącze od satelity do odbiorców naziemnych może mieć przepustowość od 300 kbps do 2 mbps, natomiast od TAP do satelity - maksymalnie 256 kbps. Taka prędkość pozwala już na wykorzystanie Tachyon.net na przykład do transmitowania telewizji czy łączenia sieci intranet oraz extranet z Internetem.

Sieć Tachyon obejmuje zasięgiem całą Europę, część Azji oraz mały fragment Libii, Egiptu i północnych państw afrykańskich. W planach znajduje się zwiększenie zasięgu, tak aby objąć cały świat.

Użytkownik indywidualny nie potrzebuje takich parametrów pracy, jakie daje Tachyon. Przepustowość kanału jest zdecydowanie zbyt duża dla pojedynczego "surfera" i byłaby po prostu marnowana w przypadku wykorzystania takiej metody połączenia z Internetem do użytku domowego. Natomiast może się stać ciekawą alternatywą dla łączy oferowanych przez Telekomunikację Polską czy innych lokalnych dostawców internetowych dla zastosowania w sieciach LAN. <sup>[5]</sup>

Jak widać najatrakcyjniejsze wydaje się łącze satelitarne dwukierunkowe. Posiada szereg zalet, takich jak: uniezależnienie od sieci naziemnej i co za tym idzie opłacanie tylko jednego łącza zamiast dwóch (łącze zwrotne + łącze satelitarne jednokierunkowe), zmniejsza się również konieczność kładzenia dodatkowego okablowania. Poważną wadą jest jednak cena powyżej opisywanego urządzenia i mimo oczywistych zalet stanowi poważną barierę finansową dla pojedynczych użytkowników, a nawet dla użytkowników połączonych w sieci lokalnej.

## LITERATURA

- [1] Magazyn komputerowy „CHIP” – różne numery
- [2] Magazyn komputerowy „Enter” – różne numery
- [3] Nowicki Kzysztof, Woźniak Jozef, "Sieci LAN, MAN i WAN - protokoły komunikacji"
- [4] Beata Kowal, Ewa Paszek „Wybrane tendencje rozwojowe w systemach telekomunikacyjnych” Praca Magisterska PRz.
- [5] Strony firm oferujących opisywane usługi, m. in. Yansat, Sat@Once