

Tytuł pracy

Technologia xDSL.

Autor: Paweł Połoszynowicz IVFDS

STRESZCZENIE

W projekcie znajdują się informacje dotyczące nowoczesnej technologii cyfrowego dostępu abonenckiego DSL (Digital Subscriber Line). W Europie jest ona jedna z najbardziej dynamicznie rozwijających się technologii dostępu szerokopasmowego na najniższym poziomie sieci telekomunikacyjnych.

xDSL to kilka odrębnych technologii zróżnicowanych pod względem szybkości działania w bezpośrednim otoczeniu abonenta:

- o podwyższonej przepływności HDSL (*High Digital Subscriber Line*)
- zintegrowaną IDSL
- asymetryczną ADSL (*Asymmetric DSL*)
- symetryczną SDSL (*Symmetric DSL*)
- adaptacyjną RADSL (*Rate Adaptive DSL*)
- o wysokiej przepływności VDSL (*Very High Speed DSL*)

SPIS TREŚCI

| | |
|---|----|
| Tytuł pracy..... | 0 |
| Technologia xDSL..... | 0 |
| Streszczenie | 1 |
| 1. ogólna cHARAKTERYSTYKA technologii xdsl..... | 3 |
| 1. ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)..... | 4 |
| 1.1. Zarys technologii..... | 4 |
| 1.2. Usługa POTS a ADSL..... | 5 |
| 1.3. Prędkość transmisji..... | 6 |
| 1.4. Kodowanie sygnału w skętce miedzianej..... | 7 |
| 1.5. RADSL | 7 |
| 1.6. CDSL..... | 8 |
| 2. VDSL (<i>Very High speed Digital Subscriber Line</i>)..... | 8 |
| 2.1. System VDSL | 8 |
| 2.2. Zabezpieczenie przed błędami..... | 9 |
| 2.3. Podsumowanie..... | 9 |
| 3. HDSL (<i>high bitrate digital subscriber line</i>)..... | 10 |
| 3.1. Technologia HDSL..... | 10 |
| 3.2. Zasady transmisji..... | 10 |
| Literatura | 10 |

1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA TECHNOLOGII XDSL

| Nazwa | Opis | Prędkość transmisji | Tryb | Zastosowanie |
|-------|-------------------------|---|-------------------------|---|
| DSL | Digital Subscriber Line | 160 kbit/s | Dupleks | Usługi ISDN |
| HDSL | High data rate DSL | 1,544 Mbit/s 2,048 Mbit/s | Dupleks Dupleks | T1/E1, dostęp LAN, WAN |
| SDSL | Single Line DSL | 1,544 Mbit/s 2,048 Mbit/s | Dupleks Dupleks | T1/E1, dostęp LAN, WAN |
| ADSL | Asymetric DSL | od 1,5 do 9 Mbit/s od 16 do 640 kbit/s | Do abonenta Do sieci | Dostęp do internetu, VOD, zdalny dostęp do LAN |
| VDSL | Very high data rate DSL | 13 do 52 Mbit/s 1,5 do 2,3 Mbit/s | Do abonenta Do sieci | Tak jak ADSL plus HDTV |

Tabela 1. [2]

Modemy DSL - Dwukierunkowe w większości asymetryczne końcowe urządzenia komunikacyjne – dzięki nim możliwa jest transmisja w zakresie częstotliwości od 640 kb/s do kilkudziesięciu Mb/s do abonenta, najczęściej przez jedną parę przewodów miedzianych. Wśród tych technologii najbardziej dojrzałym rozwiązaniem jest przekaz HDSL, powszechnie stosowany już w wielu krajach europejskich i zapewniający dostęp do sieci z szybkością 2 Mb/s w obydwu kierunkach, zwykle za pomocą dwóch par skrętek miedzianych. Najprostszą formą tej technologii - zwaną pojedynczym HDSL - jest przekaz symetryczny SDSL, umożliwiający transport informacji z szybkością 768 kb/s w obydwu kierunkach przez jedną dwuprzewodową skrętkę miedzianą. Nie należy zapominać, że technologia ADSL należy do większej "rodziny" pokrewnych metod szybkiej transmisji danych przez zwykłe linie telefoniczne, określanych wspólną nazwą xDSL. Protoplastą całej tej "rodziny" jest po prostu DSL (bez żadnego przedrostka) Digital Subscriber Line, czyli inaczej...ISDN. Dokładnie rzecz biorąc, nazwą DSL określa się zwykle linie dzierżawione, wykorzystujące technologię identyczną z wykorzystywaną przez ISDN (128 Kb/s), podczas gdy ta ostatnia nazwa zarezerwowana jest na ogół dla połączeń komutowanych. Najnowsza, adaptacyjna wersja asymetrycznego dostępu ADSL (nazwa RADSL) pozwala na automatyczne dopasowanie się współpracujących modemów do przepływności aktualnie oferowanych przez dostawcę usług. Jest to najbardziej efektywna forma przekazu przez istniejące kanały informacyjne z przepływnością zmieniającą się dynamicznie, nawet w trakcie korzystania z konkretnej usługi telekomunikacyjnej. Mała popularność adaptacyjnej metody przekazu RADSL jest związana z niewielką ofertą produktów wykonanych w tej nowej, jeszcze dobrze nie sprawdzonej na rynku technologii. Rozpowszechnianie technologii szybkiego dostępu abonenta do sieci telekomunikacyjnych jest szczególnie widoczne na kontynencie amerykańskim, gdzie sieć cyfrowa z integracją usług ISDN nie cieszy się większym zainteresowaniem. W Europie rynek modemów DSL nie ma jeszcze ugruntowanej pozycji, chociaż niewątpliwie jest to technologia przyszłości. [2]

1. ADSL (ASYMMETRIC DIGITAL SUBSCRIBER LINE).

1.1. Zarys technologii.

Ogólne informacje na temat ADSL

Modem ADSL można sobie wyobrazić jako zespół wielu klasycznych modemów naraz, równocześnie transmitujących dane co daje większą odporność na zakłócenia. W wypadku występowania silnych zakłóceń w określonych pasmach częstotliwości transmisja jest spowalniana (bądź nawet całkowicie wyłączana!) jedynie w kanałach odpowiadających tym częstotliwościom, pozostałe kanały natomiast pracują bez zmian. Sumaryczne spowolnienie transmisji jest zatem o wiele mniejsze, niż gdyby odnosiło się ono do całego pojedynczego kanału. Ponieważ modem ADSL nie używa pasma 0-4 kHz, równocześnie z transmisją danych możliwe jest całkowicie niezależne wykorzystywanie na tej samej linii telefonu (dla zwykłego modemu jest to oczywiście niemożliwe, a w przypadku ISDN wymaga przeznaczenia na transmisję danych tylko jednego z dostępnych użytkownikowi dwu kanałów, czyli ograniczenia się do przepustowości 64 kb/s). [2]

Przyłączenie do linii modemu ADSL i telefony odbywa się za pośrednictwem tzw. splitter. Jest to filtr odpowiedzialny za rozdzielanie pasma częstotliwości odbieranego sygnału: sygnał o częstotliwości poniżej 4 kHz trafia do telefonu, powyżej 4 kHz do modemu. Na wejściu centrali, analogiczny splitter niskie częstotliwości kieruje do jej części telefonicznej wysokie natomiast do modemu ADSL, a następnie do multipleksera (tzw. DSLAM), który to umożliwia dołączenie modemów do sieci transmisji danych.

Korzystanie z ADSL wymaga od operatora telekomunikacyjnego działań w postaci doprowadzenia sieci transmisji danych centrali, a także wyposażenie linii w splitter i modem od strony centrali. Inwestycje wynikające z wdrożenia nowych technologii to główny powód ograniczający i hamujący rozwój tych, że technologii. W przeciwieństwie do zwykłego modemu, ADSL nie może połączyć się z innym komputerem wyposażonym w modem analogowy, można to zrobić jedynie z sieci transmisji danych, do której przyłączona jest centrala i dostępne w niej serwery.

Przekaz asymetryczny.

Technologia ADSL jest jedną z propozycji cyfrowych technologii DSL umożliwiających szerokopasmowy dostęp abonentów do publicznych sieci telekomunikacyjnych i Internetu. Stanowi etap przejściowy w sytuacjach, gdzie już istnieje tradycyjna abonencka sieć miedziana (skrętka linii telefonicznej), a budowa od podstaw nowoczesnych światłowodowych linii opartych na technologiach FTTL - przy braku sieci hybrydowej HFC (*Hybrid Fiber Coax*) - nie jest uzasadniona ekonomicznie. Podstawową cechą ADSL jest zróżnicowanie przepływności łącza w zależności od kierunku transmisji. W kierunku dokołowym do abonenta (*downstream*) pasmo jest zwykle dziesięciokrotnie szersze niż w przeciwnym kierunku - "w górę" (*upstream*), w stronę sieci. Jest to spowodowane dominacją usług o charakterze rozsiwczym (telewizja, telewizja interaktywna, wideo).[1]

Postęp w technologiach telekomunikacyjnych doprowadził do powstania wielu wersji sieci ADSL – różniących się zasięgiem i przepływnością informacji.

Chronologicznie pierwszą wersją sieci w tej technologii, nazwaną później ADSL-I, była sieć abonencka o przepływności 1,536 Mb/s (T1) lub 2,048 Mb/s (E1), z kanałem zwrotnym 16 kb/s i działająca w zasięgu 4,8 km. Odmianą tej wersji jest symetryczne łącze SDSL (*Symmetric DSL*) o dwukierunkowej (duplex) przepływności 384 kb/s, o maksymalnym zasięgu 5,4 km, zastępowane coraz częściej sieciami cyfrowymi o większej szybkości. Transmisja cyfrowa w tych sieciach umożliwiała przekaz głosu, dźwięku i obrazów z kompresją uzyskiwaną w standardzie MPEG-1 (filmy, obrazy wideo, przeglądanie, przewijanie, cofanie, stop klatka), o jakości porównywalnej z obrazami uzyskiwanymi z magnetowidu. W 1992 r. pojawiła się technologia drugiej generacji ADSL-2, umożliwiająca przekazy w kierunku abonenta z szybkością 3,072 Mb/s lub 3,096 Mb/s i kanałem zwrotnym 64 kb/s w stronę sieci. Jednak nie wzbudziła ona szerszego zainteresowania abonentów. Rozwinięciem tej wersji jest współczesna jej odmiana, ADSL-3, działająca z maksymalną przepływnością w kierunku dosyłowym 6,144 Mb/s (wersja europejska 8,448 Mb/s) i kanałem powrotnym o szybkości do 576 kb/s. W sieciach ADSL-3 są stosowane zarówno standardy MPEG-1 (1,5 Mb/s), jak też strumienie MPEG-2, umożliwiające uzyskiwanie obrazów o telewizyjnej jakości. Zasięg poprawnego odbioru sygnału w sieci jest ściśle związany z przepływnością uzyskiwaną w poszczególnych odcinkach dwuprzewodowej skrętki miedzianej (przekrój przewodów) i w zależności od producenta urządzeń DSL zawiera się w granicach od 2,5 km do 4,5 km (typowo 3,6 km), przy zmianach przepływności od 1,5 Mb/s do 8 Mb/s. [2]

1.2. Usługa POTS a ADSL.

Zasadniczą cechą technologii ADSL jest dostawa cyfrowych usług szerokopasmowych przez istniejącą abonencką linię telefoniczną (skrętkę miedzianą), z zachowaniem ciągłości dotychczasowych analogowych usług telefonicznych klasy POTS. Ta popularna i najstarsza usługa zajmuje naturalne pasmo przenoszenia w kanale o szerokości około 4 kHz (dokładniej pasmów zakresie częstotliwości 300-3400 Hz), natomiast najniższa częstotliwość cyfrowych przekazów ADSL w paśmie przenoszenia "w górę" zaczyna się od około 25 kHz. Pasma ochronne o szerokości ponad 20 kHz, rozdzielające usługi analogowe od cyfrowych, stanowi od strony technicznej wystarczającą zaporę przed wzajemną interferencją różnych technologii przenoszenia. [1] Rozdzielanie i łączenie sygnałów analogowych i cyfrowych dokonuje się w sprzęgaczach (*splitter*) umieszczanych po obydwu stronach łącza ADSL i wyposażonych w aktywne filtry pasmowe o odpowiednich charakterystykach przenoszenia. Funkcje tego zespołu sprzęgającego są rozbudowane. Dwa urządzenia sprzęgające tworzą inteligentny filtr krzyżowy, który oprócz funkcji separujących umożliwia wyrównywanie poziomów sygnałów, testowanie, rozpraszenie mocy, wzmocnienie odporności na szумы kanałowe i zapobieganie interferencji międzykanałowej. Szczególnie ciężkie warunki pracy sprzęgaczy (przesłuchy do kanału cyfrowego) powstają w czasie dekadowego wybierania numerów i generowania sygnałów dzwonięcia - nieraz o znacznej mocy widmowej sygnału transmitowanego w torze analogowym. Dodatkowym utrudnieniem jest rygorystycznie wymagana stabilna praca toru analogowego POTS, nawet w przypadku awaryjnego odłączenia lub uszkodzenia modemu szerokopasmowego, a także w przypadku odcięcia zasilania tych urządzeń. U abonenta urządzenie sprzęgające jest instalowane alternatywnie: bądź wewnątrz modemu ADSL, bądź - ze względu na bezpieczeństwo i w celu podwyższenia dyspozycyjności toru analogowego - jako wolno stojące. W centrali systemu komutacyjnego z powodu ograniczonej przestrzeni montażowej sprzęgacze są zwykle integrowane z modemem lub multiplekserem ADSL, tworząc jedną strukturę fizyczną obsługującą pojedynczego abonenta lub grupę abonentów. [2]

1.3. Prędkość transmisji.

ADSL to skrót od *Asymmetric Digital Subscriber Line* czyli asymetryczna cyfrowa linia dostępu. W przypadku ADSL mamy do czynienia z dwoma modemami podłączonymi do linii telefonicznej, czyli do pary miedzianych przewodów. Dane przesyłane są asymetrycznie z prędkościami zależnymi od kierunków transmisji: do użytkownika z maksymalną prędkością 9 Mb/s do providera z prędkością do 800 kb/s. W ten sposób informacje transmitowane są prawie 140 razy szybciej niż w sieci ISDN i niemal tak szybko jak w lokalnej sieci Ethernet. Przez bardzo długi okres sieć telefoniczna uznawana była za nieprzystosowaną do komunikacji szerokopasmowej i przesyłania dużych strumieni danych. Nowe modemy 56k transmitują po drucie telefonicznym 56 kilobitów na sekundę (przynajmniej w kierunku do użytkownika), a nie jest to bynajmniej granica możliwości sieci telefonicznej. Kanał telefoniczny przenosi pasmo od 300 do 3300 Hz i tylko taki zakres częstotliwości ma do swojej dyspozycji modem. Całe pasmo leżące powyżej tego zakresu jest niewykorzystywane i zostaje wytłumione. Pasma telefonicznego nie ograniczają zatem cienkie, niedostatecznie ekranowane przewody miedziane, ale urządzenia teletransmisyjne działające w centralach telefonicznych. [2]

Szybkość transmisji ADSL zależy jednak bardzo mocno od odległości pomiędzy modemami. Dla przykładu, jeden pełny kanał telewizji cyfrowej wymaga strumienia danych o przepustowości 6 Mb/s, a najbliższy węzeł sieci nie może być oddalony od mieszkania abonenta o więcej niż 1,5 km. Do realizacji usług typu wideo na żądanie ("video-on-demand") wystarcza już sieć o przepustowości 1,5 megabitów na sekundę. Odległość od najbliższego węzła takiej sieci może wynosić w tym przypadku nawet 5,5 km. Mniejsze znaczenie mają odległości pomiędzy poszczególnymi węzłami sieci, ponieważ łączy między nimi posiadają znacznie większą przepustowość. Najważniejszym plusem tego rozwiązania jest to iż dwudrutowe linie doprowadzone są do każdego z 700 milionów abonentów telefonicznych na całym świecie. Tak więc ADSL potrafi zmienić dotychczasową sieć dostępu ograniczoną do głosu tekstu i grafiki niskiej rozdzielczości w ścieżkę komunikacyjną dla prawdziwie interaktywnych multimedii. Możliwe zatem staje się podłączenie tych abonentów do wielu nowych usług, takich jak szybki dostęp do internetu, wideo na żądanie, zakupy domowe czy zdalny dostęp LAN, co stanowi wyzwanie dla firm telekomunikacyjnych. [2]

Zgodnie z obowiązującymi normami modem ADSL powinien mieć możliwość pracy z prędkościami wyszczególnionymi w tabeli 2.

| Norma amerykańska ANSI | | Norma europejska ETSI | |
|------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| Do abonenta (Mb/s) | Od abonenta (kb/s) | Do abonenta (Mb/s) | Od abonenta (kb/s) |
| 6,144 | 640 | 8,192 | 640 |
| 4,608 | 384 | 6,144 | 384 |
| 3,072 | 160 | 4,096 | 160 |
| 1,536 | 64 | 2,048 | 16-176 |

Tabela 2. Normy przepływności w technologii ADSL. [2]

Jednakże prędkość przesyłania danych nie zależy wyłącznie od możliwości samego modemu. Trzeba bowiem wziąć pod uwagę, że sygnał jest przesyłany po dwużyłowym kablu miedzianym, którego tłumienność dla częstotliwości 300 kHz może dochodzić do 90 dB, co decyduje, że maksymalna przepływność systemu jest determinowana przez rodzaj i stan techniczny kabla. Obrazuje to tabela 3.

| Przepływność (Mb/s) | Średnica przewodów (mm) | Długość linii (km) |
|---------------------|-------------------------|--------------------|
| 2 | 0,5 | 5,5 |
| 2 | 0,4 | 4,6 |
| 6.1 | 0,5 | 3,7 |
| 6.1 | 0,4 | 2,7 |
| 8.1 | 0,5 | 2,7 |

Tabela 3. Przepływność w zależności od średnicy i długości kabla. [2]

Bardzo istotną cechą modemów ADSL jest rozpoznanie linii i decyzja o doborze optymalnej prędkości transmisji w momencie inicjacji połączenia.

Duża asymetria prędkości transmisji (od i do abonenta) jest wynikiem budowy i specyfikacji sieci dostępowych. Kabel prowadzony od abonenta zbiega się, w miarę odległości, w coraz większe wiązki przewodów. Sytuacja taka sprzyja sprzęganiom sygnałów, które to zwiększają się w miarę odległości i wzrostu widma częstotliwości przesyłanego sygnału (ADSL wykorzystuje widmo do 1,1 MHz). Sytuację taką próbuje się poprawić przez odpowiednie splecenie par miedzianych, w praktyce jednak przenikanie sygnału pomiędzy kablami zawsze istnieje. Okazuje się, że sprzężenia są dużo mniejsze jeżeli prześlemy sygnały niesymetryczne. W tym przypadku jest to cecha nie przeszkadzająca w istnieniu systemu, który stworzony został w celu dostarczenia usług wymagających dużych przepływności w kierunku abonenta natomiast małych w kierunku odwrotnym. Dotyczy to zarówno usług takich jak wideo na żądanie, zakupy domowe jak i również szybkiego dostępu do Internetu. W każdym z wymienionych przypadków kanałem zwrotnym abonent wprowadza swoje żądania i kontroluje tylko strumień danych płynących w kanale do użytkownika. [2]

1.4. Kodowanie sygnału w skrętce miedzianej.

Uzyskanie wysokich przepływności bitowych nie jest możliwe za pomocą "zwykłych" metod kodowania sygnału cyfrowego - do tej pory używanych w transmisji danych. Nawet powszechnie stosowane w przekazach cyfrowych HDSL kodowanie 2B1Q, o dobrej skuteczności widmowej $2b/s \cdot Hz$, daje przepływność bitową tylko 2 Mb/s, przy szerokości pasma 1 MHz. Ponieważ zwiększanie szerokości pasma w skrętce powyżej 1 MHz nie jest wskazane ze względów technicznych (tłumienie, rozproszenie, radiacja), jedynym sposobem uzyskania wyższych przepływności jest zastosowanie bardziej efektywnych metod kodowania sygnałów cyfrowych. Obecnie znanych jest kilka wysoko wydajnych technik kodowania cyfrowego: QAM, CAP i DMT, wśród których głównie dwie ostatnie znalazły szersze zastosowanie w asymetrycznej technologii przekazu ADSL. [2]

1.5. RADSL

RADSL (Rate Adaptive DSL) jest to adaptacyjna wersja dostępu asymetrycznego, umożliwia automatyczne dopasowanie się współpracujących modemów do przepływności aktualnie dostępnych w torze transmisyjnym. Jest to najbardziej efektywna przekazu przez istniejące kanały informacyjne z przepływnością zmieniającą się dynamicznie, nawet w trakcie korzystania z konkretnej usługi telekomunikacyjnej. W modemach wykonanych w technologii CAP programowa zmiana liczby bitów informacyjnych przypadających na jeden zakodowany symbol (od 3 do 8 bitów), w połączeniu ze zmienną szybkością modulacji symboli (360, 656, 952 Bd), umożliwia dostrojenie szybkości transmisji – dyskretnymi krokami co 320 kb/s – do optymalnej przepływności kanału. Dla pasma dosyłowego „w dół” – w zakresie szybkości od

680 kb/s do maksymalnej 7,616 Mb/s, natomiast dla pasma interakcyjnego „w górę” – również krokami w granicach od 136 kb/s do 1,088 Mb/s. Procedura adaptacyjna przepływności w modemach wykonanych w technologii DMT umożliwia dostosowanie szybkości użytkowej w każdym podkanale oddzielnie.[1]

1.6. CDSL

Najnowszą formą powszechnego asymetrycznego dostępu CDSL (Consumer DSL), lansowana od niedawna przez Rockwella jako technologia Lite DSL, jest przewidywana dla klientów o umiarkowanych potrzebach komunikacyjnych. W technologii CDSL maksymalna szybkość transmisji „w dół” do abonenta wynosi 1 Mb/s, natomiast interakcja użytkownika nie przekracza 128 kb/s. W odróżnieniu od innych technologii DSL, integrujących głos z przekazem danych, modemy wykonane w technologii Lite DSL nie potrzebują wydzielonej przystawki abonenckiej (set-top-box) do jednoczesnej transmisji mowy i danych, co upodabnia je do stosowanych do tej pory klasycznych modemów analogowych.[1]

2. VDSL (VERY HIGH SPEED DIGITAL SUBSCRIBER LINE)

Technologia VDSL (*Very High speed Digital Subscriber Line*) jest stosowana w cyfrowych pętach abonenckich o bardzo dużej prędkości transmisji (10 Mbit/s i więcej). W systemach VDSL łącze światłowodowe doprowadza strumień danych do wyniesionego układu komutacyjnego, z którego, przy wykorzystaniu skrętki i kabli koncentrycznych, dane w postaci cyfrowej rozprowadzane są w promieniu do kilkuset metrów. Prędkość transmisji umożliwia realizację usług multimedialnych.[1]

2.1. System VDSL

System VDSL służy do transmisji sygnałów cyfrowych o przepustowości kilkudziesięciu Mbit/s przez parę telefoniczną. Umożliwia transmisję dwukierunkową, w trybie symetrycznym lub asymetrycznym. Prędkości transmisji wynikają z podziału prędkości kanonicznej SDH 155.52 Mbit/s. Tabela przedstawia te wartości wraz z odpowiadającymi im długościami linii.

| Kierunek transmisji | Przepustowość [Mbit/s] | Zasięg [m] |
|---------------------|------------------------|------------|
| w dół | 12,96 - 13,8 | 1500 |
| | 25,92 - 27,6 | 1000 |
| | 51,84 - 55,2 | 300 |
| w górę | 1,6 - 2,3 | |
| | 19,2 | |
| | 25,92 | |

Tabela 4 [2]

Szybkość transmisji w dół ogranicza zasięg systemu. Spowodowane jest to tym iż transmisja w tym kierunku odbywa się w wyższych pasmach częstotliwości oraz odznacza się dużymi przepływnościami. Wraz z wzrostem długości łącza zmniejsza się szybkość transmisji.

2.2. Zabezpieczenie przed błędami.

W razie wystąpienia błędów transmisji odrzucana zostaje cała przekłamana komórka, a system VDSL nie realizuje retransmisji, pozostawiając te funkcje protokołom wyższych warstw. Dla aplikacji audio czasu rzeczywistego wartość CER (*Cell Error Rate*) powinna być niższa od 10^{-5} natomiast dla aplikacji wideo niższa od 10^{-8} . Warunkom tym odpowiada bitowa stopa błędów $BER < 10^{-7}$ przy zachowaniu marginesu szumów 6 dB. System ATM tworzony był do pracy w środowisku optycznym o bardzo dużej przepustowości i minimalnej stopie błędów, natomiast VDSL wykorzystuje kable miedziane, nie spełniające tych warunków. Konieczne było zatem wykorzystanie dodatkowych mechanizmów zabezpieczających przed błędami transmisji. Są to nadmiarowy kod korekcyjny FEC (*Forward Error Corection*) oraz przeplot danych, których zastosowanie daje dobre efekty przy korekcji błędów spowodowanych szumem impulsowym. Stosowanie przeplotu danych powoduje wprowadzanie opóźnień, zazwyczaj równych 40-krotnej długości czasu trwania impulsu zakłócającego. [2]

2.3. Podsumowanie

VDSL jest rozszerzoną technicznie wersją ADSL, która umożliwia transmisję z przepustowością 10-krotnie większą, jednak przy mniejszej długości linii. Pomimo tego, ADSL jest bardziej złożony technologicznie, ponieważ pracuje w dużo większym zakresie zmian parametrów transmisji niż VDSL. ADSL wykorzystuje zaawansowaną technikę transmisyjną oraz kodowanie FEC, dzięki czemu może transmitować strumień danych o przepustowości 1.5 - 9 Mbit/s przez skrętkę o długości 5.5 km (dla 1.5 Mbit/s). System VDSL wykorzystuje podobne techniki oraz FEC, co umożliwia uzyskanie prędkości transmisji od 13 do 55 Mbit/s na odległość do 1.3 km (dla 13 Mbit/s). [2]

ADSL i VDSL nie powinny być postrzegane jako konkurujące ze sobą, ale jako zespół dwóch technologii stosowanych w odmiennych warunkach i uzupełniających się wzajemnie. Tam, gdzie odległości są znaczne, a wymagania szybkości transmisji nie są bardzo wygórowane można instalować modemy ADSL. Jeżeli światłowód dochodzi do budynku abonenta, który chce korzystać z takich usług jak wideo na żądanie i HDTV, jego wymaganiom sprostą system VDSL. Można uważać, że system VDSL jest krokiem od ADSL w kierunku docelowej topologii FTTH. Długość wykorzystywanej pętli abonenckiej jest mniejsza, światłowód sięga dalej w kierunku abonenta, możliwe jest zwiększenie szybkości transmisji. System VDSL może być uważany za kolejny krok w kierunku sieci pełnosługowych FSAN (*Full Services Access Network*). Jego główną przewagą nad ADSL jest zwiększenie przepustowości, która umożliwia równoczesną transmisję dwóch kanałów HDTV. Jednak o wiele bliższe w czasie wydaje się być wykorzystanie systemów ADSL, jeżeli wziąć pod uwagę jakość dostępnych łączy telefonicznych, długość pętli abonenckich, a także zapotrzebowanie abonentów na przepustowość powyżej 8 Mbit/s. Wiele wprowadzanych obecnie usług (VOD z jakością VHS, wideokonferencje, zdalny dostęp do sieci LAN) z powodzeniem może być świadczonych w oparciu o strumień 2 Mbit/s, a to zapewnia system ADSL przy stosunkowo dużej długości linii (ok. 5 km). Przy mniejszych odległościach może być transmitowanych kilka strumieni 2 Mbit/s, co umożliwia świadczenie usług bardziej wymagających (np. transmisja skompresowanego obrazu jakości telewizyjnej). [2]

Należy także zwrócić uwagę, że systemy ADSL i VDSL umożliwiają efektywną transmisję komórek ATM, która to technika uważana jest dzisiaj za docelową i za jedyną zdolną do reali-

zacji usług o różnych klasach generowanego ruchu zintegrowanych w jednym systemie transmisyjnym. Prawdopodobnie w najbliższej przyszłości szybkie cyfrowe łącza abonenckie będą wykorzystywały system ADSL. W miarę upływu czasu i zwiększania się zapotrzebowania na szybsze usługi wprowadzane będą stopniowo systemy VDSL, po których nastąpi przejście (być może bezpośrednio) do topologii FTTH i pasywnych sieci optycznych ATM (ATM PON - *ATM Passive Optical Network*).

3. HDSL (*HIGH BITRATE DIGITAL SUBSCRIBER LINE*)

3.1. Technologia HDSL

HDSL to technika symetrycznego cyfrowego łącza abonenckiego - umożliwia dwukierunkowe przesyłanie strumieni 2,048 Mbit/s na jednej, dwóch lub trzech parach przewodów miedzianych. Jednoparowe łącze HDSL jest często wyróżniane jako technika transmisyjna SDSL (Single - pair Digital Subscriber Line). Charakteryzuje się ona mniejszym zasięgiem transmisji niż HDSL kilkuparowy, lecz jej podstawową zaletą jest to, że wykorzystuje jedną parę przewodów miedzianych, którą zawsze dysponuje abonent. Stosowana coraz częściej w telekomunikacji technologia HDSL umożliwia uzyskanie przepływności 2 Mb/s za pomocą zwykłej dwuprzewodowej linii telefonicznej. Dedykowany odcinek symetrycznej linii telefonicznej może być wykorzystany jako szerokopasmowy trakt cyfrowy 2 Mb/s bądź traktowany jako medium transmisyjne do jednoczesnego przekazu 30 zwykłych rozmów telefonicznych za pomocą jednej pary przewodów miedzianych. [2]

Już od czasu zainstalowania przez Aleksandra Bella pierwszego telefonu można zaobserwować zapotrzebowanie na coraz większą liczbę linii telefonicznych i wzrost ich przepływności. Pomimo stopniowego wypierania miedzianego kabla telefonicznego przez nowe szybsze media transmisyjne (koncentryk, łącza radiowe, światłowód), nadal stanowi on podstawę infrastruktury komunikacyjnej. Transmisja przez telefoniczne kable miedziane jest najtańszym sposobem szybkiego wzrostu abonenckiego dostępu szerokopasmowego do sieci telekomunikacyjnych.

3.2. Zasady transmisji.

Początkowo do instalacji urządzeń wykonanych w technologii HDSL niezbędne były trzy pary linii symetrycznych, obecnie największą popularność uzyskały systemy wykorzystujące dwie pary linii telefonicznych.

W systemie opartym na dwóch symetrycznych liniach strumień informacji cyfrowej o przepływności 2,048 Mb/s jest dzielony dla każdego z kierunków na dwa strumienie - zawierające po 1024 kb/s informacji użytkownika - przesyłane równoległe i równocześnie w obu kierunkach przy użyciu dwóch par przewodów. Zastosowana po obydwu stronach łącza technika kompensacji echa umożliwia prowadzenie w pełni duplexową transmisję cyfrową dla każdej z par oddzielnie. [1]

LITERATURA

[1] „Vademecum teleinformatyka” wydanie uzupełnione i poprawione

[2] INTERNET: <http://xdsl.w.interia.pl/>