

# HDSL

Autor: Administrator  
15.08.2007.  
Zmieniony 15.08.2007.

## 3.4 HDSL

### 3.4.1 Technologia HDSL

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.

Zapotrzebowanie na coraz większą liczbę linii telefonicznych i stały wzrost ich przepływności dały się zauważyć od czasu zainstalowania pierwszego telefonu przez Aleksandra Grahama Bella. Stosowany od samego początku miedziany kabel telefoniczny, pomimo że jest stopniowo zastępowany mediami o wyższych parametrach transmisyjnych (koncentryk, łącze radiowe, światłowód), stanowi podstawową infrastrukturę komunikacyjną w bezpośrednim otoczeniu abonenta. Ulepszanie techniki transmisji przez już istniejące telefoniczne kable miedziane nadal jest najtańszym sposobem szybkiego wzrostu abonenckiego dostępu szerokopasmowego do sieci telekomunikacyjnej.

### 3.4.2 Kierunki rozwoju.

Rozwój zintegrowanych sieci cyfrowych ISDN zwiększył zapotrzebowanie na duplexową transmisję danych cyfrowych przez pojedynczą linię telefoniczną z szybkością użytkową 144 kb/s (2B+D) dla najprostszego podstawo go dostępu abonenckiego BRA (Basic Rate Access). Wymagana przepływność takiego kanału cyfrowego, po uwzględnieniu sygnałów utrzymania i ramkowania, wynosi 160

kb/s, a zapewnienie dwukierunkowości transmisji przez jedną linię podnosi całkowitą przepływność pojedynczego kanału transmisyjnego do 192 kb/s. Kanał o tej przepływności może być realizowany dla systemów ISDN w zasięgu około 6 km przez telefoniczne żyły miedziane o średnicy 0,5 mm. Dla dostępu podstawowego PRA (Primary Rate Access) na szybkość kanału ISDN wynosi już 1984 kb/s (30B+D) i wymaga stosowania bardziej zaawansowanej techniki transmisji, z użyciem kompensacji echa w odbiorniku oraz wielopoziomowych kodów transmisyjnych podczas nadawania. W rezultacie uzyskuje się zmniejszenie szerokości pasma częstotliwości niezbędnego do przesłania wymaganego sygnału cyfrowego przez niekomutowany tor kablowy do szerokości możliwej do transmitowania przez zwykłą linię telefoniczną. Typowym rozwiązaniem jest w tym przypadku zastosowanie metody akceptowanej do tej pory wyłącznie w łączach międzycentralowych, a polegającej na transmisji przez dwie pary symetryczne z fizycznym rozdzieleniem kierunków transmisji (oddzielna para dla każdego kierunku) z wykorzystaniem kodu liniowego HDB-3 wraz z zastosowaniem regeneratorów do przesyłania na większe odległości bądź zastosowanie cyfrowej technologii HDSL (High bit rate Digital Subscriber Line). W obu przypadkach zasięg transmisji jest ograniczony tłumiennością torów kablowych (rys. 1), zmieniającą się w zależności od średnicy żył miedzianych (około 1 - 14 dB/km przy częstotliwości 1 MHz), oraz zjawiskiem przesłuchu od sąsiednich par przewodów wewnątrz jednej wiązki kablowej.

#### Rysunek 1

Wzrost zapotrzebowania na usługi szerokopasmowe dostarczane przez miedziane linie telefoniczne wymusza stosowanie coraz bardziej wyrafinowanych technik kodowania sygnału cyfrowego, kompensacji echa sygnału w dwukierunkowym torze komunikacyjnym i korekcji zniekształceń interferencyjnych. Dla komutowanych linii telefonicznych - ograniczonych pasmem 4 kHz i maksymalną szybkością modulacji 2400 bodów - najwyższe osiągnięte przepływności bitowe nie przekraczają 56 kb/s. Ograniczenia te nie występują w łączach dedykowanych (bez komutacji) lub kablach wydzielonych z miedzianymi parami linii symetrycznych typu UTP (Unshielded Twisted Pair), w których jest obecnie możliwa transmisja cyfrowa z szybkością wielu megabitów na sekundę na odległość kilku kilometrów. Oznacza to, że stosowanie światłowodów na najniższym poziomie infrastruktury telekomunikacyjnej (bezpośrednio u abonenta) nie zawsze jest konieczne, a wykorzystanie istniejącej struktury kablowej jest najtańszym sposobem realizacji usług szerokopasmowych. Przynajmniej tymczasowo.

#### 3.4.3 Podstawowe idee techniki HDSL.

Technologia cyfrowego łącza abonenckiego o dużej przepływności HDSL (High

bit rate Digital Subscriber Line) umożliwia przesłanie danych linią dedykowaną (bez komutacji) z szybkością 2 Mb/s (2048 kb/s) lub udostępnienie 30 kanałów telefonicznych, każdy o przepływności 64 kb/s, początkowo za pomocą trzech, następnie dwóch, a ostatnio już tylko jednej pary skręconych przewodów miedzianych. Zwykły kabel telefoniczny do tej pory stosowany do przyłączenia jednego lub dwóch pojedynczych abonentów telefonicznych lub połączenia lokalnej centrali abonenckiej PABX (Private Automated Branch Exchange) z centralą miejską może być teraz wykorzystywany w technologii HDSL na dystansie od kilku do kilkunastu kilometrów, bez konieczności używania wzmacniaczy pośrednich (regeneratorów sygnału).

Minimalna konfiguracja systemu transmisji w technologii HDSL obejmuje dwa identyczne pod względem funkcji urządzenia, z których jedno jest instalowane po stronie użytkownika, a drugie u operatora sieci. Rozwiązania konstrukcyjne obydwu urządzeń są zwykle odmienne: centralowe - obsługujące zwykle wielu użytkowników od strony systemu komutacji i zdalne - dla niewielkiej grupy lub pojedynczego abonenta.

#### 3.4.4 Zasady transmisji.

Pierwsze instalacje urządzeń wykonanych w technologii HDSL wymagały jeszcze trzech par linii symetrycznych niezbędnych do transmisji sygnałów z pełną przepływnością 2 Mb/s, jednak największą popularność uzyskały systemy działające na dwóch parach linii telefonicznej. Niezależnie od tego, ile par przewodów jest wykorzystanych do transmisji informacji o przepływności 2 Mb/s - co związane jest z wdrażaniem coraz nowszych rozwiązań technicznych - zasada działania łącza w technologii HDSL jest podobna (rys. 7).

#### Rysunek 7

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 równolegle 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.

W układzie formatowania (rys.7) dla każdej pary przewodów jest tworzona własna ramka, zawierająca oprócz transmitowanej informacji użytkownika również dodatkową przepływność sygnalizacyjną (128 kb/s lub 144 kb/s), pozwalającą na monitorowanie transmisji w trakcie normalnej pracy oraz utworzenie dodatkowego kanału do utrzymania i lokalizacji uszkodzeń. W związku z tym łączna przepływność bitowa pojedynczej linii symetrycznej wynosi  $1024+144=1168$  kb/s, z możliwością wykorzystania tego kanału do szybkości 1152 kb/s (sygnalizacja 128 kb/s). W trybie pracy z ramkowaniem (G.704) sygnały są przesyłane na każdej z dwóch par przewodów w 15 kanałach, każdy po 64 kb/s danych, jak również szczeliny czasowe o numerach 0 i 16 (nadmiarowa) oraz tworzy się kanał sterujący EQC o pojemności 16 kb/s. Niezależnie od pracy z ramkowaniem możliwy jest tryb pracy bez ramkowania (G.703).

W starszych modelach urządzeń HDSL, transmitujących dane przez trzy linie symetryczne, łączna przepływność bitowa każdego toru transmisyjnego jest (lub była) odpowiednio niższa i wynosi 784 kb/s.

#### 3.4.5 Technika kodowania.

Rozwój urządzeń HDSL został oparty na dwu różnych sposobach kodowania sygnału cyfrowego w linii: typu 2B1Q stosowanego w pierwszych konstrukcjach urządzeń oraz typu CAP 64, CAP 128 (Carrierless Amplitude Phase Modulation) zapewniających bardziej wydajne charakterystyki widmowe transmitowanego sygnału w linii.

Istotny parametr urządzeń w technologii HDSL - jakim jest zasięg poprawnego działania - wynika głównie z charakterystyk widmowych transmitowanych sygnałów uzyskiwanych przy różnych technikach kodowania (rys. 8). Z porównania charakterystyk wynika, że najlepsze efekty uzyskuje się podczas modulacji z kodowaniem fazowo-amplitudowym CAP (bez fali nośnej) o wąskiej charakterystyce widmowej, korzystnej ze względu na tłumienie i opóźnienie grupowe toru transmisyjnego.

## Rysunek 8

Dodatkową zaletą tego sposobu kodowania jest brak w widmie najniższych częstotliwości, co automatycznie eliminuje najczęściej występujące zakłócenia w linii abonenckiej (sygnały dzwonienia, wybierania i komutacji). Brak składowej stałej w transmitowanym paśmie o częstotliwości 6-259 kHz (rys. 9) powoduje, że transmisja jest prawie niewrażliwa na zakłócenia impulsowe na niższych i przesłuchy na wyższych częstotliwościach, a przez to bardziej stabilna.

## Rysunek 9

Najnowocześniejszą techniką kodowania sygnałów w technologii HDSL jest metoda CAP 128 (zastępująca stopniowo dotychczas stosowaną CAP 64) - zrealizowana na układach VLSI przez AT&T Paradyne i Laboratoria Bella. W najbardziej popularnym schemacie modulacji CAP 64, zawierającym 64 symbole kodowe (punkty konstelacji) reprezentowane w przestrzeni ortogonalnych wektorów nośnych przez macierz  $8 \times 8$ , następuje sześciokrotne zawężenie pasma częstotliwości sygnału przesyłanego linią, a w układach z kodowaniem CAP 128 wykorzystanie pasma jest jeszcze bardziej efektywne. Implementowane coraz częściej w tych układach scalonych samokorekcyjne kodowanie Trellisa dodatkowo uodparnia przekaz na zakłócenia, pozwalając na uzyskanie niskiej stopy błędów BER porównywalnej z systemami światłowodowymi.

### 3.4.6 Aplikacje urządzeń HDSL.

Najczęściej stosowane systemy HDSL działają za pomocą , dwóch par przewodów symetrycznych i wykorzystują technikę kodowania 2B1Q lub bardziej nowoczesną - CAP64 - zgodną ze standardem ETSI (CAP Annex). Systemy w tym standardzie zapewniają dwukierunkową transmisję FDX (Full Duplex) z przepływnością 2048 kb/s na potrzeby telefonii lub sieci cyfrowej ISDN, a także przekaz sygnału o regulowanej przepływności  $n \times 64$  kb/s (gdzie  $n = 1, \dots, 30$ ). Potwierdzona praktycznie, łatwa, szybka i prosta instalacja tych urządzeń przyniosła największe korzyści przy implementacji systemów transmisyjnych HDSL w następujących zastosowaniach:

- tworzenie łączy  $n \times 64$  kb/s (do pełnych 2 Mb/s) w łączach bezpośrednich i dzierżawionych;
- dostęp do grupy pierwotnej PRA ISDN;
- zwiększenie (koncentracja) liczby abonentów przyłączonych za pomocą multiplekserów i linii telefonicznej;
- realizacja połączeń pomiędzy mobilnymi stacjami bazowymi (stacjami bazowymi sieci komórkowych), a także połączeń pomiędzy sieciami lokalnymi transmisji danych (LAN-LAN Connection);
- realizacja połączeń sieci i systemów lokalnych (telefonicznych, PABX, LAN) z sieciami rozległymi i publicznymi (WAN, Internet, PSTN);
- zastępowanie uciążliwych w utrzymaniu (i wymagających regeneratorów) międzycentralowych traktów cyfrowych PCM zrealizowanych w technologii HDB3;
- tworzenie rezerwowych dróg obejściowych dla narażonych na uszkodzenia łączy i odcinków kabli światłowodowych (backup).

W przeciwieństwie do światłowodów i kabli koncentrycznych, zwykle stosowanych na krótkich odcinkach, czas instalacji systemów HDSL liczy się w godzinach - przy znacznie niższych nakładach.