STUDIA INFORMATICA 2002
Volume 23 Number 2A (48)

Andrzej GRZYWAK
Politechnika Śląska, Instytut Informatyki

MEDIA TRANSMISYJNE W SIECIACH KOMPUTEROWYCH

Streszczenie. W referacie przedstawiono zagadnienie doboru mediów transmisyjnych, takich jak kabel koncentryczny, skrętka, światłowód, transmisja bezprzewodowa czy też transmisja danych po sieciach energetycznych [PLC] dla różnych zastosowań, zwłaszcza sieci lokalnych. Dobór właściwego medium transmisyjnego uzależniony jest w zasadniczym stopniu od jego parametrów fizycznych, zależy również od stosowanych protokołów komunikacyjnych,zwłaszcza protokołów warstw niższych.

TRANSMISSION MEDIA IN COMPUTER NETWORK

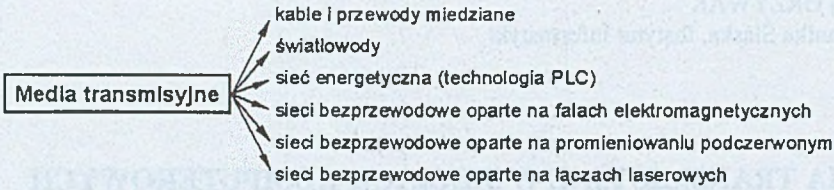
Summary. The paper presents matters of transmission media such as: coaxial cable, twisted pair, optical fibers, wireless transmission and exchanging data through power network [PLC] for various purposes, especially for local networks. The proper selection of transmission media depends mainly on its physical parameters, used transmission protocols particularly those in lower layers.

1. Media transmisyjne sieci komputerowych

Media transmisyjne stanowią podstawę budowy sieci komputerowych, jak również wszystkich systemów telekomunikacyjnych. Parametry mediów transmisyjnych w zasadniczy sposób wpływają na parametry wymiany informacji. Rozwój metod wymiany informacji na odległość wiąże się nierozerwalnie z rozwojem parametrów mediów transmisyjnych, jak również z udoskonaleniem metod kodowania informacji i sposobem jej przesyłania.

Przepustowość sieci komputerowej, która uzależnia rodzaje usług sieciowych, zależy praktycznie od wszystkich funkcji sieciowych zrealizowanych w warstwach modelu logicznego sieci (architektura warstwowa sieci). Pierwszym czynnikiem, warunkującym

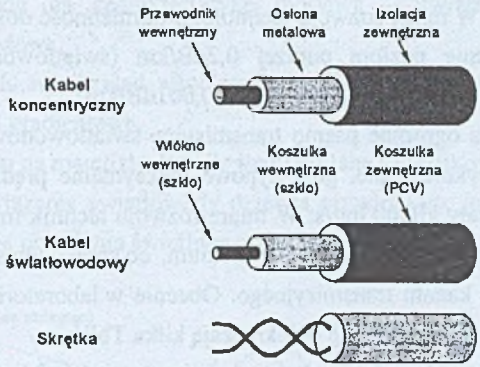
praktycznie w zasadniczym stopniu przepustowość parametrów sieci, jest medium transmisyjne i jego parametry. Na rysunku 1 przedstawiono stosowane obecnie media transmisyjne. Rysunek 2 przedstawia podstawowe parametry mediów transmisyjnych.



Rys. 1. Media transmisyjne stosowane w sieciach komputerowych
Fig. 1. Transmission media that can be applied in computer networks

Media te są stosowane zarówno w sieciach rozległych, jak i lokalnych. Istotny rozwój mediów bezprzewodowych dotyczy sieci lokalnych. Główne typy kabli używanych w sieci to skrętka, kabel koncentryczny i kabel światłowodowy. Pokazane są one na rysunku 3. Skrętka i kabel koncentryczny przesyłają sygnały elektryczne, podczas gdy kabel światłowodowy przesyła impulsy świetlne. Skrętki nie są osłonięte, przez co mogą być zakłócane przez inne, blisko położone kable. Linie telefonii publicznej wykorzystują zazwyczaj skrętki. W sieciach LAN skrętki używane są przeważnie przy szybkości transmisji do 10 Mb/s na długości 100 m

Rys. 2. Parametry mediów transmisyjnych
Fig. 2. Transmission media parameters



Rys. 3. Typowe kable sieciowe
Fig. 3. Typical network cables

Spośród wymienionych kabli najlepszymi parametrami cechuje się kabel światłowodowy. Ten typ kabla pozwala na bardzo dużą szybkość transmisji przy dużej długości. Kable światłowodowe nie powodują wzajemnych zakłóceń, zapewniają duże bezpieczeństwo informacji, są odporniejsze na uszkodzenia elektryczne spowodowane wyposażeniem zewnętrznym, są odporniejsze na zaostrzone warunki środowiskowe oraz bezpieczniejsze w różnych niebezpiecznych środowiskach.

Typowa szybkość transmisji w sieci LAN wykorzystującej kable światłowodowe wynosi 100 Mb/s, a w przypadku innych aplikacji może ona osiągnąć kilka Gb/s.

Największy rozwój parametrów mediów transmisyjnych obserwuje się w sieciach światłowodowych.

W sieciach bezprzewodowych obserwuje się szereg bardzo interesujących rozwiązań, związanych zwłaszcza z sieciami lokalnymi. Rozwiązania oparte na transmisji danych po kablach energetycznych stanowią również „konkurencję" dla rozwiązań sieci bezprzewodowych.

2. Technika światłowodowa

Pierwsze badania teoretyczne nad światłowodami prowadzone były na początku XX wieku przez angielskiego fizyka Johna Rayleigha. Niestety pierwsze światłowody miały tłumienność rzędu 1000dB/km i z tego powodu nie nadawały się do celów telekomunikacyjnych. Pod koniec lat pięćdziesiątych nie było jeszcze wiadomo, czy światłowody zdołają zastąpić w transmisji przewody miedziane. Przełom nastąpił w roku 1970, gdy firma Corning Glass Company ogłosiła wyprodukowanie światłowodu o

tłumienności 20dB/km. W miarę rozwoju technologii tłumienność dostępnych światłowodów malała, osiągając obecnie poziom poniżej 0,2dB/km (światłowody ze szkieł ZBLAN teoretycznie mogą mieć tłumienie dochodzące do 0,001dB/km).

Jeszcze do niedawna ogromne pasmo transmisyjne światłowodów (rzędu 200-300 THz) praktycznie nie było wykorzystane, gdyż typowe maksymalne prędkości eksploatowanych systemów nie przekraczały kilku Gbit/s. W miarę rozwoju technik multimedialnych wzrosło zapotrzebowanie na większą przepustowość medium, co spowodowało stosowanie różnych metod zwielokrotnienia kanału transmisyjnego. Obecnie w laboratoriach uzyskuje się coraz większe przepływności, które znacznie przekraczają kilka Tbit/s.

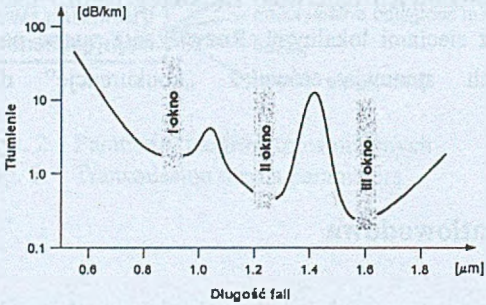
Rzeczywisty światłowód cechuje się pewną tłumiennością. Jest ona bardzo ważnym parametrem, w zasadniczym stopniu określającym zasięg transmisji. Zależy od wielu czynników związanych przede wszystkim z właściwościami szkła kwarcowego.

Bardzo istotnym osiągnięciem związanym z techniką światłowodową było wyznaczenie tak zwanych „okien", tj. obszarów długości fali świetlnej, gdzie tłumienność jest najmniejsza (rys. 4).

Na charakterystyce tłumienności można zaobserwować dwa obszary małej tłumienności (okno II i okno III).

W początkowym etapie rozwoju techniki światłowodowej transmisja prowadzona była wyłącznie wokół długości fali 0,85 μm ze względu m.in. na dostępność źródeł i detektorów światła (pierwsze okno transmisyjne).

Typowe wartości tłumienia światłowodu w oknach transmisyjnych wynoszą odpowiednio 3 dB/km (dla 0,85 μm), 0,4 dB/km (dla 1,31 μm) i 0,2 dB/km (dla 1,55 μm).



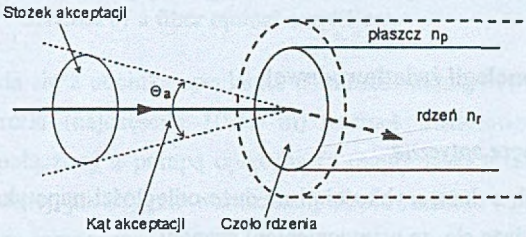
Rys. 4. Zależność tłumienia od długości fali
Fig. 4. Rejection dependence on wave length

Światłowody możemy podzielić na kilka grup:

- ze względu na strukturę – światłowody włókniste i planarne,

- ze względu na charakterystykę modową – światłowody jednomodowe i wielomodowe,
- ze względu na rozkład współczynnika załamania w rdzeniu – światłowody skokowe i gradientowe,
- ze względu na materiał - światłowody szklane i plastikowe.

Niezależnie od rozwiązania światłowody działają prawidłowo, jeżeli występuje w nich pełne wewnętrzne odbicie promienia świetlnego (rys. 5).



Rys. 5. Stożek akceptacji światłowodu
Fig. 5. Fiber approval cone

Kąt Θ_a wyznacza stożek promieni (stożek akceptacji), które padając na czoło rdzenia załamują się pod pewnym kątem (zgodnie z prawem Snella) i biegną w rdzeniu ulegając na granicy rdzeń – płaszcz całkowitemu odbiciu wewnętrznemu.

Wielkość kąta tego stożka zależy od różnicy współczynników załamania światła rdzenia n_r i płaszcza *np*. Stosunek tej różnicy do współczynnika załamania światła w rdzeniu jest określony jako *względny współczynnik załamania światła* Δ w światłowodzie.

$$\Delta = \frac{n_r - n_p}{n_r}$$

Współczynnik załamania promienia świetlnego zależy od składu chemicznego światłowodu. Od składu chemicznego światłowodu zależy wiele jego parametrów, np. tłumienność (tabela 1).

Z uwagi na skład (rdzenia i płaszcza – pomijając warstwy ochronne) światłowody można podzielić na kilka typów:

- rdzeń oraz płaszcz wykonany ze szkła (domieszkowanego),
- rdzeń wykonany ze szkła, płaszcz z plastiku,
- rdzeń oraz płaszcz wykonany z plastiku (PMMA),
- światłowody z grupy ciężkich szkieł fluorkowych,

Tabela 1

Średnice rdzeni i apertury numeryczne światłowodów

Materiał	Modalność	Średnica rdzenia [μm]	Apertura numeryczna
Szkło	jednomodowy	od 4 do 15	ok. 0,2
	wielomodowy	od 25 do 62,5	od 0,2 do 0,3
Plastik	wielomodowy	powyżej	powyżej 0,4

Tłumienność 0,001dB/km pozwala budować linie światłowodowe transkontynentalne. Dane przedstawione w tabeli 1 wskazują na zasadniczy rozwój tej technologii transmisji danych.

2.1. Rozwój technologii światłowodowej

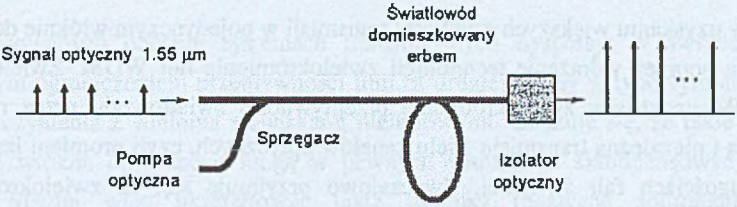
2.1.1. Wzmacniacze optyczne

Transmisja danych z dużą szybkością i na duże odległości napotyka na szereg trudności. Jeden z problemów wiąże się ze wzmocnieniem sygnału.

W klasycznych rozwiązaniach stosowane były wzmacniacze elektroniczne, co wiązało się z koniecznością zmiany sygnału optycznego na elektroniczny i odwrotnie. Powodowało to dodatkowe opóźnienia i ograniczało maksymalną prędkość transmisji do parametrów układów elektronicznych (w praktyce stosuje się elementy o częstotliwości granicznej nie przekraczającej 50 GHz). Większą rolę zaczynają odgrywać wzmacniacze optyczne, które umożliwiają bezpośrednie wzmocnienie światła i wykorzystują do tego minimalną liczbę elementów elektronicznych, eliminując skomplikowane układy stosowane w regeneratorach.

Wzmacniacze optyczne można podzielić na dwie grupy. Są to wzmacniacze półprzewodnikowe, które wykorzystują istniejące struktury laserów półprzewodnikowych, oraz wzmacniacze światłowodowe.

Druga grupa wzmacniaczy działa na takiej zasadzie, że jako ośrodek wzmacniający światło używane jest odpowiednio domieszkowany światłowód zasilany osobnym źródłem światła (tzw. pompa optyczna). Parametry takiego wzmacniacza, np. długość fali, na jakiej pracuje, lub jego wzmocnienie, są wyznaczane przez rodzaj i sposób domieszkowania. Wykorzystywane tu są głównie pierwiastki ziem rzadkich, takie jak erb, prazeodym, neodym, holm itd. Najlepiej rozwinięta jest technologia wytwarzania wzmacniaczy światłowodowych domieszkowanych erbem (tzw. wzmacniacze EDFA), które pracują w pobliżu długości fali 1,55 μm i dlatego są dobrze dopasowane do użycia w trzecim oknie transmisyjnym światłowodu. Wzmacniacze światłowodowe mają tę szczególną przewagę nad półprzewodnikami, że dają się włączyć do linii transmisyjnej z bardzo małymi stratami na sprzężenie. Typowa konfiguracja przedstawiona jest na rys. 6.



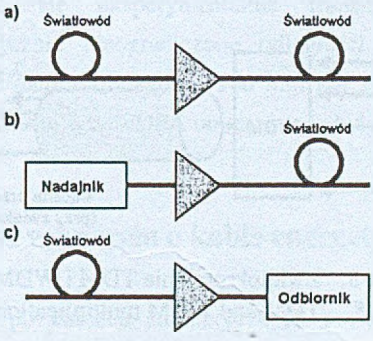
Rys. 6. Schemat optycznego wzmacniacza światłowodowego
Fig. 6. Schema of a fiber optical amplifier

Wzmacniacz składa się z odcinka specjalnie domieszkowanego światłowodu; w naszym przypadku jest to krótki (najczęściej 10-50 m) odcinek światłowodu jednomodowego. Światłowód ten jest połączony z pompą optyczną (z reguły laser o dużej mocy). Zarówno światło z pompy optycznej, jak i sygnał wzmacniany doprowadzone są do domieszkowanego światłowodu za pomocą sprzęgacza.

Aby osiągnąć efekt wzmocnienia, konieczne jest, aby jony erbu zostały wzbudzone do wyższego poziomu energetycznego (jest to stan metastabilny); w tym celu wykorzystuje się właśnie pompę optyczną.

Wzmacniacz optyczny może być wykorzystany do zwiększenia transmitowanej mocy przez umieszczenie go bezpośrednio za nadajnikiem. Pracuje on wtedy jako wzmacniacz mocy i umożliwia zwiększenie odległości transmisji.

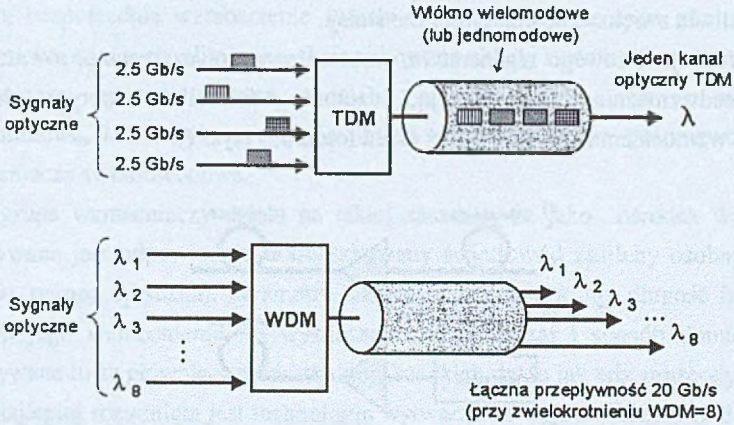
Oprócz funkcji liniowego regeneratora, wzmacniacze optyczne mogą również spełniać zadanie przedwzmacniaczy zwiększając czułość odbiorników optycznych poprzez dostarczenie wzmocnienia optycznego tuż przed fotodiodą (rys. 7).



Rys. 7. Zastosowanie wzmacniaczy optycznych jako: a) regeneratora, b) wzmacniacza mocy, c) przedwzmacniacza
Fig. 7. Usage of optical amplifier as: a) regenerator, b) power amplifier, c) preamplifier

2.1.2. Zwielokrotnienia fali WDM

Postęp w uzyskaniu większych szybkości transmisji w pojedynczym włóknie dokonuje się od niedawna poprzez wdrażanie technologii zwielokrotnienia fali WDM. Zwielokrotnienie falowe WDM umożliwia zwielokrotnienie przepływności światłowodu przez równoległą, równoczesną i niezależną transmisję wielu kanałów optycznych, czyli promieni laserowych o różnych długościach fali świetlnej. Zwyczajowo przyjmuje się, że zwielokrotnienia do kilkunastu fal określa się mianem WDM, natomiast zwielokrotnienia o większej liczbie kanałów (do 80) i większej gęstości (odstęp międzyfalowy 0,8 nm) określa się jako DWDM (dense WDM), albo też jaku UWDM przy odstępach falowych 0,4 nm lub mniejszych (obecnie uzyskuje się odstępy poniżej 0,1 nm). Uzyskiwana w ten sposób łączna i jednokierunkowa przepływność w pojedynczym włóknie może wielokrotnie przekraczać umowną wielkość 10 Gb/s. Istniejące rozwiązania komercyjne pozwalają na transmisję z szybkością 3,2 lub 6,4 Tb/s, a w warunkach laboratoryjnych uzyskuje się szybkości ponad 10 Tb/s. Warto też wspomnieć, że pierwszy - najprostszy, system zwielokrotnienia fali wykorzystywały dwa oddzielne kanały optyczne usytuowane oddzielnie w drugim i trzecim oknie transmisyjnym. Obecne systemy WDM pracują w trzecim oknie transmisyjnym, a wszystkie kanały transmisyjne muszą mieścić się wewnątrz pasma przenoszenia klasycznych wzmacniaczy optycznych EDFA (rys. 8).

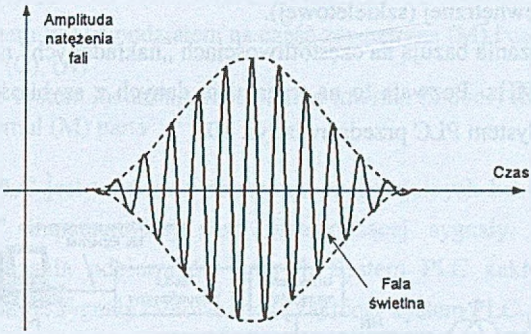


Rys. 8. Zwielokrotnienie TDM i WDM
Fig. 8. TDM and WDM multiplication

Zastosowanie zwielokrotnienia fali pozwala również na transmisję dwukierunkową za pomocą pojedynczego włókna światłowodowego.

2.2. Transmisja solitonowa

W stosowanych obecnie systemach transmisyjnych dyspersja w światłowodzie jest zasadniczym ograniczeniem przepływności linii. Z drugiej strony w typowym światłowodzie mamy do czynienia z wieloma zjawiskami nieliniowymi. Okazuje się, że takie właściwości nieliniowe włókna optycznego mogą w pewnych warunkach skompensować poszerzanie impulsu. Można więc ukształtować takie impulsy (nazwane solitonami), aby po wprowadzeniu do bezstratnego światłowodu mogły się rozchodzić bez zmiany kształtu na dowolnie dużej odległości. Na rys. 9 przedstawiony został taki impuls; jego obwiednia jest podobna do krzywej Gaussa, a czas trwania rzędu 10-50 ps.



Rys. 9. Kształt solitonu podstawowego
Fig. 9. Shape of a basic soliton

Pierwszą demonstrację rozchodzenia się solitonów w światłowodzie przeprowadzono w 1980 roku. Od tego czasu jest ona przedmiotem intensywnych badań. W połowie lat dziewięćdziesiątych udało się eksperymentalnie transmitować solitony w pętli światłowodowej na praktycznie nieograniczone odległości. W tym eksperymentalnym systemie udało się przesłać dane na odległość 180 mln km z szybkością 10 Gb/s (długość pętli wynosiła 500 km, a wzmacniacze EDFA umieszczone były co 50 km).

3. Sieci realizowane w oparciu o kable energetyczne

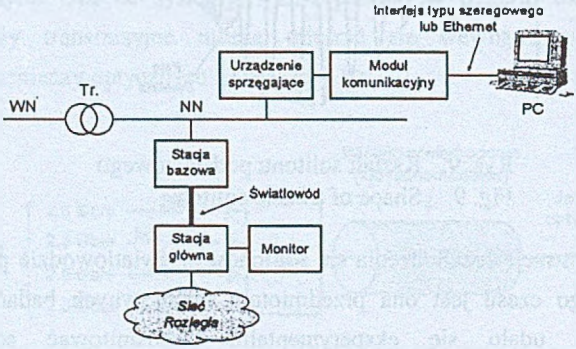
Przesyłanie informacji po kablach energetycznych posiada dość długą historię. Już w latach trzydziestych firma Siemens opracowała system przekazywania sygnałów sterujących i sygnałów telemetrycznych po żyłach kabli energetycznych. Zasada pracy takiego systemu polegała na „nałożeniu" na kabel energetyczny sygnału o znacznie wyższej

częstotliwości niż 50 Hz. W Polsce w latach siedemdziesiątych próbowano zastosować takie rozwiązania dla systemów dyspozytorskich w kopalniach węgla kamiennego.

W ostatnich latach ta metoda przesyłania informacji została zastosowana w technologii Power Line Communication (PLC).

Przy wykorzystaniu najnowszej technologii dostęp do usług telekomunikacyjnych przez klientów jest bardzo prosty. Urządzenie dostępowe, które posiada wyjście telefoniczne i komputerowe, jest podłączone do dowolnego gniazdka w mieszkaniu. Nie jest konieczna żadna ingerencja w systemie, gdyż urządzenia funkcjonują zgodnie z zasadą Plug and Play (włącz i działa), tzn. urządzenia samoistnie dokonują konfiguracji. Urządzenia dostępowe u klientów stanowią jednak tylko część systemu PLC, którego pozostałe elementy muszą być podłączone do sieci zewnętrznej (szkieletowej).

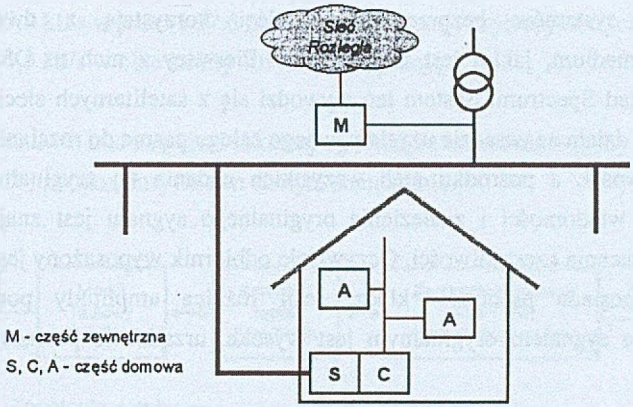
Testowane rozwiązania bazują na częstotliwościach „nakładanych" na kabel energetyczny rzędu 1 MHz – 3,5 MHz. Pozwala to na transmisje danych z szybkością rzędu 1 Mb/s na odległość do 500 m. System PLC przedstawia rys. 10.



Rys. 10. Elementy składowe systemu PLC
Fig. 10. Components of PLC system

Urządzenie sprzęgające separuje sygnały w oparciu o filtry, dopasowuje impedancje toru transmisji oraz tłumi zakłócenia.

Stacja bazowa to generatory wysokiej częstotliwości, urządzenia modulujące sygnały i interfejsy dopasowujące. W systemach PLC bardzo często wydziela się tak zwaną część zewnętrzną i część domową (rys. 11).



Rys. 11. System PLC z podziałem na część zewnętrzną (M) i część domową (S), (C), (A)
Fig. 11. PLC system including division into internal (indoor) (S), (C), (A) and external (M) parts

Zaletą systemu PLC jest to, że nie potrzebuje on specjalnych kabli. Wadą systemu jest fakt „niestabilności" impedancyjnej sieci przewodzącej sygnały, wynikający z faktu dołączania lub wyłączania odbiorników energii. System PLC zakłóca sygnały radiowe krótkofalowe i odwrotnie, sygnały radiowe mogą zakłócać system PLC.

4. Sieci bezprzewodowe

Sieci bezprzewodowe (ang. Wireless LAN) są nową, dynamicznie rozwijającą się dziedziną technologii sieciowych. Mówiąc o technologiach sieci bezprzewodowych myśli się często o sieciach WLAN (Wireless Lan Area Networks). W rzeczywistości pojęcie to jest znacznie szersze, gdyż obejmuje zarówno bezprzewodowe sieci lokalne, jak i rozległe. I tak spotyka się sieci: Wireless WAN – zapewniające dostęp do korporacyjnej sieci za pośrednictwem telefonu komórkowego, Wireless MAN oraz Wireless LAN-LAN Bridges – stosowane głównie w sieciach kampusowych. Atutem systemów bezprzewodowych jest szybka i łatwa instalacja oraz skalowalność.

WLAN zaczęły się upowszechniać dopiero pod koniec 1994 roku i od samego początku zakładano, że nie mogą tworzyć własnego, zamkniętego świata. Sieć radiowa miała być przedłużeniem klasycznej sieci przewodowej nawet wtedy, gdy sieć bezprzewodowa pozwalała na rezygnację ze wsparcia przewodowego. Od tego czasu minęło zaledwie 8 lat, a już twórcy sieci bezprzewodowych myślą o wyeliminowaniu w przyszłości całego okablowania.

Producenci systemów bezprzewodowej sieci korzystają z dwóch technologii wykorzystania medium, jakim jest fala radiowa. Pierwszy z nich to DSSS, czyli Direct Sequence Sporead Spectrum. System ten wywodzi się z satelitarnych sieci transmisyjnych. Nadajnik DSSS działa na zasadzie użycia pewnego całego pasma do rozsiania w nim (spread) kilku częstotliwości, a pośrodku nich wszystkich nadania tej oryginalnej. Kluczem do rozszyfrowania wiadomości i znalezienia oryginalnego sygnału jest znajomość działania algorytmu rozrzucania częstotliwości. Oczywiście odbiornik wyposażony jest w odpowiednie urządzenie i posiada pseudo - klucz. Jeśli różnica amplitudy pomiędzy pasmem zagłuszającym a sygnałem oryginalnym jest wysoka, urządzenia posiadają odporność na zakłócenia.

Innym rozwiązaniem jest FHSS, czyli Frequency Hopping Spread Spectrum. Przesył danych polega na wykorzystaniu pewnej częstotliwości, która co upływ określonego czasu zostaje zmieniona. Wygląda to tak, jakby częstotliwości nadawania były losowe, jednak tak nie jest; czuwa nad tym algorytm-klucz. Ponieważ transmisja danych odbywa się na różnych częstotliwościach, można w prosty sposób odróżnić szum od oryginału (oczywiście, znając klucz algorytmu). Jedną z największych zalet technologii FHSS jest redundancyjne pokrycie wielu punktów dostępu. W praktyce przekłada się to na wyeliminowanie problemów związanych z przeciążeniem zawsze tego samego punktu dostępu i – dodatkowo – na podwyższenie odporności na zakłócenia radioelektryczne. Systemy te są bardziej odporne na zakłócenia niż DSSS.

Innym podstawowym parametrem opisującym urządzenia sieci WLAN jest zasięg. W zależności od systemu i ukształtowania terenu – przestrzeń zamknięta, otwarta – zasięg takich systemów charakteryzuje się dużą rozpiętością: od100 m do 30 km. Innym ważnym parametrem jest częstotliwość. W większości współczesnych systemów wynosi ona 2,4 GHz.

Z punktu widzenia liczby zastosowań najbardziej interesujące są sieci bezprzewodowe pracujące na niewielkiej odległości.

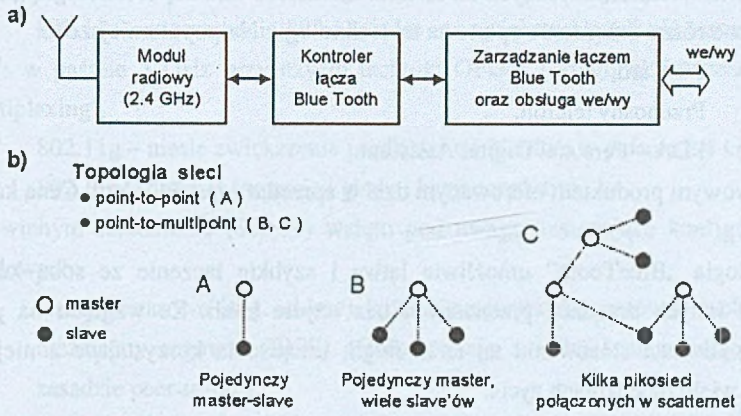
W dalszej części referatu przedstawione zostaną rozwiązania, które rozwijają się najszybciej.

4.1. Sieci bezprzewodowe pracujące zgodnie ze standardem Blue Tooth („siny ząb")

„Siny ząb" jest technologią przeznaczoną do radiowej transmisji danych oraz głosu na małe odległości. Według standardu maksymalny zasięg wynosi 10 m. W praktyce można go powiększyć do ok. 100 m, zwiększając moc nadajników. „Siny ząb" pracuje w paśmie 2,4 GHz. Wykorzystuje modulacje FM, co upraszcza budowę transceiverów. Transmisja głosu odbywa się z prędkością 64 kb/s w obie strony. Przy transmisji danych maksymalna prędkość wynosi:

- 723,2 kb/s w jedną i 57,6 kb/s w drugą stronę – tryb asymetryczny,
- 433,9 kb/s w obie strony – tryb symetryczny,

Rys. 12 przedstawia budowę sieci lokalnej zgodnie ze standardem „siny ząb" (12a) oraz topologie sieci (12b) zbudowanej na tym samym standardzie.



Rys. 12. Sieć lokalna bezprzewodowa pracująca zgodnie ze standardem „Siny ząb": a) schemat blokowy sieci, b) topologia sieci

Fig. 12. Local wireless network conforming "Blue Tooth" standard: a) network schema, b) network topology

Moduły dzielące ten sam kanał transmisyjny tworzą piconet (B). W każdym piconecie jedna ze stacji pełni rolę mastera. Piconet może liczyć do 8 stacji.

Z kilku piconetów może powstać scatternet (C). Piconety w ramach scatternetu nie są ze sobą w żaden sposób zsynchronizowane. Każdy piconet używa własnego kanału transmisji.

Do zrealizowania bezprzewodowej transmisji danych wykorzystuje się fale radiowe o częstotliwości ok. 2,4 GHz. Szerokość pasma wynosi 83,5 MHz. Pasmo podzielone jest na 79 kanałów rozmieszczonych co 1 MHz. Stosowane łącze radiowe jest łączem z widmem rozproszonym, co zapobiega wzajemnemu zakłócaniu się sieci pracujących w pobliżu. Cechą charakterystyczną takiego łącza jest to, że wykorzystywana szerokość pasma jest znacznie większa od szerokości wymaganej do przesłania danych. Do rozpraszania widma w systemie „siny ząb" stosowana jest metoda przeskoków częstotliwości (FH – Frequency Hopping). 1600 razy na sekundę częstotliwość fali nośnej zmieniana jest z jednego kanału na inny. Sekwencja kolejnych kanałów generowana jest w sposób pseudolosowy i zależna od adresu urządzenia master w danym piconecie. W ramach piconetu wszystkie stacje są zsynchronizowane pod względem czasowym i częstotliwościowym. Powoduje to,

że w jednym kanale czasowo-częstotliwościowym może pracować wiele sieci typu „siny ząb" i nie będą się one wzajemnie zakłócały.

Jeśli stacje master i slave nadają jednocześnie, w kanale transmisji stosuje się podział czasu. Kanał jest podzielony na szczeliny o czasie trwania 625 μs, numerowane od 0 do $2^{27}-1$. Stacja master nadaje pakiety w szczelinach parzystych, a slave w nieparzystych.

Wiele firm teleinformatycznych na świecie zainteresowało się technologią „BlueTooth". Produkują one różne urządzenia oparte na tej technologii. Najpopularniejsze to:

- PC Card,
- Przenośny telefon,
- PDA – Personal Digital Assistant.

Podstawowym produktem oferowanym dziś w sprzedaży jest PC Card. Cena karty wynosi około $200.

Technologia „BlueTooth" umożliwia łatwe i szybkie łączenie ze sobą komputerów, telefonów i innych urządzeń przenośnych bez użycia kabli. Ze względu na potencjalne szerokie możliwości stosowania tej technologii, urządzenia korzystające z niej mogą się pojawiać w wielu dziedzinach życia.

4.2. Sieci bezprzewodowe pracujące zgodnie ze standardem 802.11

Bardzo istotnym krokiem związanym z realizacją sieci bezprzewodowych lokalnych było przyjęcie rodziny standardów 802, w tym standardu 802.11 dotyczącego warstwy fizycznej i warstwy dostępu do łącza.

Wersja 802.11 tej rodziny standardów definiuje mianowicie parametry różnych wariantów warstwy fizycznej oraz podwarstwy dostępu do łącza niezależnej od typu medium bezprzewodowego. W tym przypadku istotnym wyróżnikiem było dodanie tych warstw do „inteligencji" przyśpieszającej współdziałanie między nimi podczas krytycznych zadań, jak inicjowanie i utrzymywanie komunikacji. Jako metodę dostępu do łącza przyjęto metodę CSMA z zapobieganiem kolizji.

Wspomnianymi wariantami warstwy fizycznej były systemy radiowe z widmem rozproszonym przy użyciu technik DSSS (direct sequence spread spectrum) i FHSS (frequency hopping spread spectrum) w paśmie 2.4 GHz oraz podczerwień. W pierwotnej wersji standard 802.11 dawał możliwość pracy z przepustowością rzędu 1-2 Mb/s. Przepustowość na większych odległościach spadała do 1 Mb/s. Przeciętnie odległość na jakiej mogły pracować urządzenia zgodne z tym standardem wynosiła, 30-60 m w pomieszczeniach zamkniętych oraz do kilkuset metrów na otwartej przestrzeni. Jeśli użyć punktów dostępu zgodnych z tym standardem, można zwiększyć promień pokrycia dwukrotnie.

W roku 1999 wprowadzono modyfikację standardu 802.11b (także nazywaną 802.11 High Rate lub Wi-F). Pozwala ona już na transmisję z prędkością do 11 Mb/s przy użyciu specjalnej techniki kodowania w połączeniu ze standardem DSSS. Przy większych odległościach szybkość transmisji spada do 5 Mb/s.

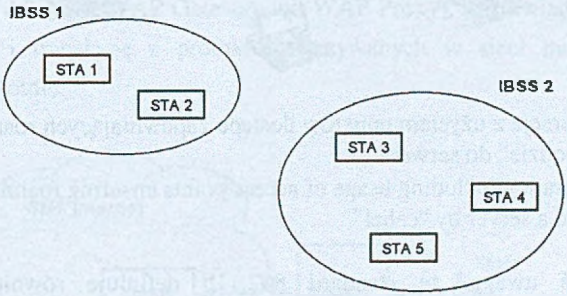
Sukcesywnie opracowano kolejne rozszerzenia standardu. W chwili obecnej opracowywana rodzina standardów 802.11 oprócz wymienionych obejmuje:

- 802.11a – rozszerzenie 802.11, które ma zwiększyć prędkość transmisji do 54 Mb/s w paśmie 5 GHz przy użyciu techniki OFDM (ortogonal frequency division multiplexing),
- 802.11g – niesie zwiększenie prędkości do 20 Mb/s w paśmie 2.4 GHz,
- 802.11e – dotyczy transmisji głosu i bezpieczeństwa.

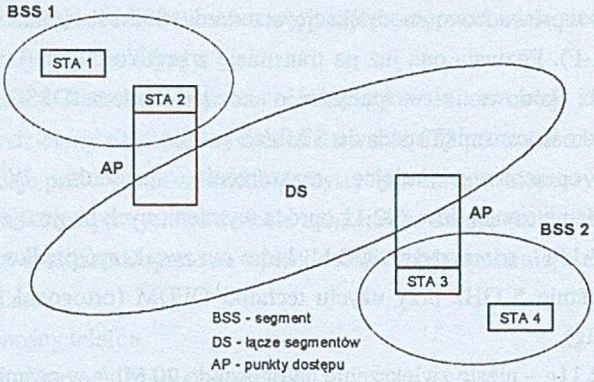
W omawianym standardzie (802.11) wzięto pod uwagę następujące konfiguracje sieci bezprzewodowych:

- sieć tymczasowa (ang. ad-hoc), która nie zawiera elementów stałych; tworzy ją niezależny segment (IBSS) składający się z kilku komunikujących się na zasadzie peer-to-peer,
- sieć zawierająca stałe elementy, takie jak punkty dostepu (ang access point), w celu zwiększenia zasięgu w ramach segmentu (BSS) lub poszerzania o inne segmenty i umożliwiające do tych segmentów dostęp,
- sieć złożona, składająca się z kilku segmentów, z punktami dostępowymi, umożliwiająca roaming pomiędzy segmentami oraz dostęp do przewodowych sieci LAN.

Istnieją różne możliwości konfigurowania sieci w standardzie 802.11 (rys. 13 i 14).

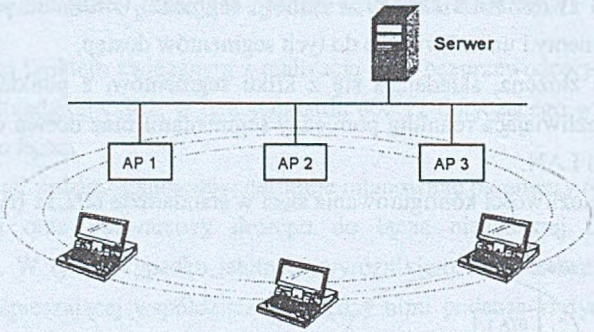


Rys. 13. Dwa niezależne segmenty sieci typu BSS
Fig. 13. Two independent segments of BSS type network



Rys. 14. Sieć z punktami dostępowymi
Fig. 14. Network with access points

Łączenie segmentów (BSS) umożliwia tworzenie sieci złożonej (ESS). W przedstawionym systemie mogą ze sobą współpracować sieci bezprzewodowe i sieci przewodowe. Rysunek 15 przedstawia najczęściej stosowane konfiguracje sieci LAN oparte na mediach przewodowych i bezprzewodowych.



Rys. 15. Konfiguracja z użyciem punktów dostępu zapewniających roaming i dostęp po „przewodzie" do serwera
Fig. 15. Configuration including usage of access points ensuring roaming and the access to a server by "cabel"

Należy zwrócić uwagę, że standard 802.11b definiuje również tzw. poziomy bezpieczeństwa. Te poziomy bezpieczeństwa to przede wszystkim autentyfikacja użytkownika i szyfrowanie wiadomości.

4.3. Sieci bezprzewodowe oparte na telefonach komórkowych

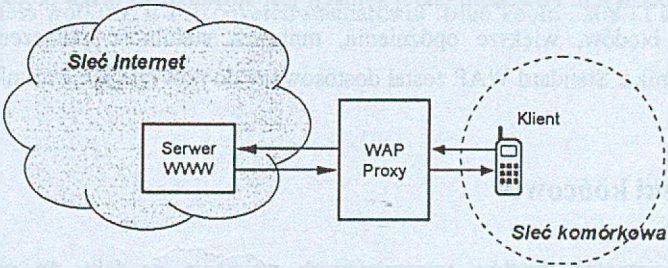
W roku 1995 firma Ericsson zainicjowała prace nad nowym protokołem przesyłu dla sieci mobilnych. Został on nazwany ITTP (Intelligent Terminal Transfer Protocol) i obsługiwał komunikację między węzłem usługowym, na którym zaimplementowano aplikację usługową, a inteligentnym przenośnym telefonem. Miał on zostać standardem dla sieci mobilnych.

Te rozwiązania rozwijano i optymalizowano. Optymalizacja polegała na przystosowaniu języka HTML do współpracy z przenośnymi urządzeniami o małych wyświetlaczach i wąskim paśmie przenoszenia. Zoptymalizowany protokół HTTP został nazwany HDTP. Te rozwiązania także miały się stać standardami.

W marcu 1997 roku Nokia oficjalnie zaprezentowała rozwiązanie pod nazwą Smart Messaging (technologię dostępu do Internetu z przenośnych urządzeń GSM). W tym momencie na rynku były obecne trzy standardy przemysłowe, definiujące w podobny sposób podobne rozwiązania podobnych problemów.

W obliczu zagrożenia rynku mnogością standardów firmowych zgodzono się na ujednolicenie rozwiązań. Tak narodziło się WAP Forum, dnia 26 czerwca 1997 roku. Specyfikacja WAP w wersji 1.0 ujrzała światło dzienne w kwietniu 1998 roku. Opracowane rozwiązania mają być niezależne od standardów sieci bezprzewodowych, dostępnych dla wszystkich, i łatwo skalowane. WAP Forum nadal kontynuuje prace nad standardem, wprowadzając coraz to nowe specyfikacje i zalecenia. WAP pozostał standardem otwartym i w chwili obecnej jest dostępny dla każdego.

Model zastosowany w rozwiązaniu WAP bazuje na sprawdzonym i powszechnie używanym modelu Internetu (rys.16). Mamy więc serwer, na którym pracuje aplikacja, mamy też klienta WAP – odpowiednik przeglądarki. Pomiędzy nimi jest jednak dodatkowa warstwa nazwana bramą WAP (ang. WAP Geteway lub WAP Proxy). Odpowiada ona za kodowanie lub dekodowanie i translację z protokołów używanych w sieci mobilnej na używane w Internecie i odwrotnie.



Rys. 16. Rozwiązanie sieci opartej na protokole WAP i telefonach komórkowych
Fig. 16. Network solution basing on WAP protocol and cellular phones

Połączenie pomiędzy klientem a WAP Proxy jest zestawiane z użyciem WSP – Wireless Session Protocol – czyli binarnej wersji HTTP, natomiast połączenie WAP Proxy z serwerem aplikacji wykorzystuje już protokoły internetowe. Podobnie jak w modelu stosowanym w Internecie, klient WAP wysyła żądania dostarczania określonego dokumentu przechowywanego na serwerze, jednak kieruje je nie bezpośrednio do serwera aplikacji, lecz do bramy WAP. Ta zajmuje się wyżej wspomnianą translacją protokołów i komunikuje z serwerem aplikacji, otrzymując od niego żądany dokument.

WAP został zaimplementowany w warstwach – podobnych do warstw modelu sieci ISO/OSI. Warstwy te to w kolejności od najwyższej (najbardziej użytkownikowi), wraz z odpowiednikami w Internecie:

- Application Layer, czyli Wireless Application Environment (WAE) – odpowiednikami w Internecie są HTML i języki skryptowe,
- Session Layer, czyli Wireless Session Protocol (WSP) – odpowiada usługom udostępnianym przez HTTP,
- Transaction Layer, czyli Wireless Transaction Protocol (WTP),
- Security Layer, czyliWireless Transport Layer Security (WTLS),
- Transport Layer, czyli Wireless Datagram Protocol (WDP) – odpowiednik TCP/IP, UDP/IP. W tej warstwie zawierają się także dostarczyciele usług sieci mobilnych wraz ze swymi protokołami – nie są oni jednak częścią specyfikacji WAP ze względu na różnice w implementacji oraz konieczność uniezależniania standardu od konkretnych rozwiązań.

Podobnie jak w modelu ISO/OSI niższe warstwy mają dobrze zdefiniowane interfejsy dla warstw wyższych, dzięki czemu są one przeźroczyste i łatwe w dostosowaniu do konkretnych rozwiązań. Tak samo jak w modelu ISO/OSI implementacja niższych warstw nie ma znaczenia dla warstw wyższych, a interfejsy poszczególnych warstw są niezależne od ich fizycznej implementacji.

Sieci bezprzewodowe, generalnie rzecz biorąc, oferują gorszą jakość usług w porównaniu do sieci przewodowych. Powodem takiej sytuacji jest stosunkowo niska prędkość transmisji, wyższa stopa błędów, większe opóźnienia, mniejsza stabilność połączenia i zmienna dostępność nośnika. Standard WAP został dostosowany do powyższych warunków.

4. Wnioski końcowe

Dokonany przegląd mediów transmisyjnych wskazuje na fakt, że projektant sieci komputerowej może „dobierać" media transmisyjne w zależności od określonych „lokalnych" wymagań i przeznaczenia projektowanej sieci. Ze względu na rozwój aplikacji sieciowych

(aplikacje multimedialne) coraz ostrzejsze wymagania dotyczą szybkości transakcji w sieciach komputerowych.

Można też spodziewać się, że w obszarze sieci lokalnych rozwiązania bezprzewodowe będą coraz szerzej stosowane.

LITERATURA

1. Simmonds A.: Wprowadzenie do transmisji danych, WkiŁ, 2000.
2. NetWorld 3/2001.
3. Zieliński B.: Bezprzewodowe sieci komputerowe, Helion 2000.
4. Specyfikacje standardów 802.11 i „Siny ząb".

Recenzent: Prof. dr inż. Stefan Węgrzyn

Wpłynęło do Redakcji 8 kwietnia 2002 r.

Abstract

The paper presents matters of media transmission such as: Coaxial cable, twisted pair, optical fibers, wireless transmission and exchanging data through power network [PLC] for various purpose, especially for local networks. The proper selection of transmission media Depends mainly on its physical parameters, used transmission protocols particularly those in lower layers.

This paper presents problem of media transmission media. All parameters of these media are showed here. This paper compared different kinds of networks and gives you principle of networks wireless working. It also covered standards of 'Blue Tooth', 802.11 and WAP.