

### **Transmisja bezprzewodowa z użyciem podczerwieni.**

Szybko postępująca komputeryzacja stawia przed projektantami coraz większe wymagania dotyczące prostoty obsługi i łatwego dostępu do informacji.

Aby uzyskać łączność pomiędzy komputerem, na którym żądana informacja jest przechowywana, a użytkownikiem odległym nieraz o wiele kilometrów, niezbędne jest wykorzystanie sieci komputerowych. Przez łatwy dostęp można rozumieć możliwość transmisji danych bez konieczności fizycznego podłączenia komputera do klasycznej przewodowej infrastruktury sieci komputerowej. Rozwiązanie takie można osiągnąć dzięki zastosowaniu bezprzewodowych mediów transmisyjnych. Istnieje wiele przypadków, w których zastosowanie mediów bezprzewodowych w zastępstwie klasycznej komunikacji przewodowej jest korzystniejsze, a nawet konieczne.

Najprostszym przykładem może być rozmieszczenie stacji roboczych na dużym obszarze ubogim w środki łączności przewodowej, czy też poruszające się względem siebie, które mogą się komunikować dzięki łączności drogą radiową lub satelitarną.

Innym przykładem jest sieć komputerowa, pracująca w obszarze silnych zakłóceń elektromagnetycznych lub zestawiana tymczasowo na niewielkim obszarze z kilku komputerów przenośnych, dla której najkorzystniejszym medium transmisyjnym jest podczerwień. W silnie zurbanizowanym terenie (np. w centrum miasta) bardzo trudne technicznie i kosztowne może okazać się połączenie przewodem stacji umieszczonych w kilku różnych budynkach. W tym przypadku również bardzo korzystne jest zastosowanie mediów bezprzewodowych, jak np. łącze radiowe czy laserowe.

Wybór medium transmisyjnego jest silnie uzależniony od wymagań stawianych w konkretnym zastosowaniu, przy czym istotną rolę odgrywa zasięg transmisji. Fale radiowe doskonale spisują się jako medium o dużym zasięgu obejmującym miasto, region czy kraj. Bez zarzutu pracują w systemach telefonii komórkowej czy sieci Packet Radio. Ze względu na silną interferencję sygnałów pochodzących z różnych nadajników, wrażliwość na zakłócenia elektromagnetyczne, a przede wszystkim konieczność uzyskania przydziału częstotliwości pracy, do zastosowań lokalnych lepiej nadają się fale z zakresu podczerwieni. Niestety i tutaj pojawiają się istotne ograniczenia. Pierwszym jest większa moc potrzebna do przeprowadzenia transmisji, drugim jest interferencja ze sztucznymi i naturalnymi źródłami światła i wreszcie podstawowym ograniczony zasięg transmisji, uzależniony od wzajemnego

położenia nadajnika i odbiornika oraz warunków atmosferycznych. Jako zaletę można przedstawić nieprzenikalność przez ściany, co zapewnia poufność przesyłanych danych w ramach jednego pomieszczenia oraz brak zakłóceń pomiędzy systemami zainstalowanymi w pomieszczeniach sąsiadujących.

Prowadzone na świecie badania koncentrują się wokół problemu uzyskania łącza optycznego o jak najlepszych parametrach użytkowych (zasięg, prędkość transmisji, mobilność, stacji). W badaniach tych kluczowym zagadnieniem jest dobór odpowiednich elementów elektronicznych oraz sposobów przetwarzania sygnałów (np. metody modulacji). Nie jest natomiast poruszany aktualny i istotny problem współpracy łączy optycznych z sieciami przewodowymi.

## **CHARAKTERYSTYKA FAL OPTYCZNYCH JAKO MEDIUM TRANSMISYJNEGO**

Fale optyczne, czyli fale elektromagnetyczne z zakresów bliskich zakresowi światła widzialnego, mogą być alternatywą dla fal radiowych. Zaletą fal optycznych jest np. możliwość bardzo dokładnego skierowania wiązki na odbiornik, dzięki czemu sieci znajdujące się na wspólnym obszarze i korzystające z tych samych zakresów fal elektromagnetycznych nie transmisja bezprzewodowa z użyciem podczerwieni zakłócają się wzajemnie. W chwili obecnej najczęściej wykorzystywane są fale z zakresu bliskiej podczerwieni, w tym również światło laserowe.

### **FALE Z ZAKRESU PODCZERWIENI**

Fale elektromagnetyczne z zakresu podczerwieni ulegają podobnym zjawiskom jak światło widzialne i dość istotnie różnią się od fal radiowych.

Istotną cechą propagacji wolno przestrzennego promieniowania podczerwonego jest duża tłumienność jednostkowa, wynosząca  $1 \div 10$  dB/km. Jest ona spowodowana wysoką częstotliwością fal świetlnych. Fale świetlne ulegają silnej absorpcji przez parę wodną i dwutlenek węgla, rozproszeniu na cząsteczkach kurzu i załamaniu przy przenikaniu warstw powietrza o różnej temperaturze.

Łączność między nadajnikiem a odbiornikiem może być zrealizowana bezpośrednio lub poprzez promieniowanie dyfuzyjne. Łączność bezpośrednia wymaga ciągłej bezpośredniej widoczności (ang. *line-of-sight*) pomiędzy nadajnikiem a odbiornikiem, podczas gdy w łączności dyfuzyjnej wykorzystuje się promieniowanie odbite od np. ścian i

mebli. Jest to możliwe dzięki temu, że większość powierzchni odbija  $40 \div 90\%$  promieniowania z zakresu podczerwieni i sygnał, nawet po kilku odbiciach, zachowuje wystarczającą moc, aby zostać poprawnie odebrany. Podobnie jak fale radiowe również podczerwień ulega zjawisku propagacji wielodrogowej. Detektory promieniowania w podczerwieni mają jednak wymiary znacznie większe od długości fali, toteż nie występuje tu, znane z łączności radiowej, zjawisko zaniku, spowodowanego nałożeniem się sygnałów o przeciwnych fazach.

## **ŚWIATŁO LASEROWE**

Światło laserowe jest szczególnym przypadkiem fal elektromagnetycznych z zakresu światła widzialnego i zakresów sąsiednich. Cechą charakterystyczną laserów jest możliwość uzyskania wiązki światła o bardzo małej rozbieżności (rzędu 1 sekundy). Układ kolimacyjny lasera można traktować jako antenę nadawczą o bardzo dużej kierunkowości i wysokim zyskiem energetycznym. Dzięki małej długości emitowanych fal rozmiary takiej anteny są małe w porównaniu z antenami radiowymi. Ponadto światło laserowe pozwala na transmisję z dużymi szybkościami dzięki dużej szerokości pasma sygnału. Zasięg transmisji może sięgać nawet kilku lat świetlnych przy mocy nadajnika 10 kW. Mała szerokość wiązki pozwala także na eliminację zakłóceń zewnętrznych oraz ochronę danych przed niepożądanym dostępem.

Wadą światła laserowego jest konieczność dokładnego nacelowania wiązki światła na odbiornik; wynikające stąd trudności rosną przy wzroście odległości transmisji. W przypadku łączności z obiektami ruchomymi konieczne jest śledzenie ich toru. Komunikacja laserowa naziemna jest utrudniona wskutek pochłaniania, rozpraszania i załamywania się promieni w atmosferze pod wpływem czynników atmosferycznych (mgła, deszcz, śnieg, ruchy mas powietrza, zanieczyszczenia). Również przeszkody naziemne, jak np. drzewa czy budynki, utrudniają stosowanie laserów.

Tłumienie promieni laserowych w atmosferze jest zawsze wynikiem ich pochłaniania i rozpraszania, przy czym w zależności od stanu atmosfery i długości fali elektromagnetycznej udział poszczególnych zjawisk jest różny.

Należy zaznaczyć, że w laserowej komunikacji bezprzewodowej stosowane są fale z tych samych zakresów co w transmisji światłowodowej. Tłumienie maleje wraz ze wzrostem wysokości i w odległości 70 km od Ziemi jest już pomijalnie małe. Pochłanianie fal elektromagnetycznych spowodowane jest głównie przez cząsteczki pary wodnej i dwutlenku węgla, jak również, szczególnie w niższych partiach atmosfery, przez zawiesiny w powietrzu

bardzo drobnych ciał ciekłych (mgła, chmury) i stałych (dym, pył). Rozpraszanie z kolei spowodowane jest oddziaływaniem fotonów fali świetlnej z cząsteczkami znajdującymi się w atmosferze; w zależności od ich rozmiaru, mówi się o *rozpraszaniu molekularnym, dyfrakcyjnym* lub *geometrycznym (aerozolowym)*. Rozpraszanie geometryczne ma wpływ na tłumienie w całym zakresie częstotliwości optycznych, natomiast współczynnik rozpraszania molekularnego jest odwrotnie proporcjonalny do czwartej potęgi długości fali, spośród fal optycznych zatem najmniejszemu tłumieniu ulegają fale z zakresu podczerwieni.

## **STRUKTURA OPTYCZNEGO SYSTEMU TRANSMISYJNEGO**

Struktura optycznego systemu transmisyjnego jest w zasadzie zbliżona do struktury systemów radiowych. Oczywiście zamiast anten radiowych są tu wykorzystywane układy nadawczo-odbiorcze promieniowania świetlnego, kolejna różnica dotyczy też metod modulacji sygnałów.

### ***Nadajniki i odbiorniki promieniowania świetlnego***

Jako nadajniki promieniowania świetlnego stosuje się obecnie diody elektroluminescencyjne (LED, ang. *light emitting diode*) lub diody laserowe. Ich zaletą jest możliwość sterowania wielkością promieniowanej mocy optycznej za pośrednictwem prądu wejściowego. Różnice wynikają z odmiennych zasad działania: w diodzie LED świecenie spowodowane jest spontaniczną rekombinacją nadmiarowych par elektron-dziura, w diodzie laserowej natomiast rekombinacja występuje synchronicznie wskutek wprowadzania do złącza promieniowania zewnętrznego.

### ***Modulacja w optycznych systemach transmisyjnych***

W chwili obecnej technologia realizacji nadajników i odbiorników promieniowania świetlnego pozwala na realizację detekcji koherentnej, jest ona jednak skomplikowana i kosztowna. Tak więc w optycznych systemach transmisyjnych stosowana jest detekcja transmisja bezprzewodowa z uszyciem podczerwieni niekoherentna, zaś najczęściej stosowane metody modulacji to bezpośrednia detekcja sygnału oraz modulacja intensywności strumienia świetlnego.

Modulacja intensywności strumienia świetlnego (IM, ang. *Intensity Modulation*) uzyskiwana jest poprzez zmianę natężenia prądu sterującego nadajnikiem promieni świetlnych. Z kolei odbiornik wytwarza prąd optyczny o natężeniu proporcjonalnym do mocy padającego

promieniowania. Jeżeli przesyłany sygnał jest cyfrowy, proces modulacji ogranicza się do włączania i wyłączenia diody w zależności od wartości kolejnych bitów danych. Dla transmisji dwupunktowej jedynym ograniczeniem dla prędkości transmisji jest bezwładność nadajnika. Dla transmisji przez łącze dyfuzyjne dodatkowe ograniczenia spowodowane są interferencją międzysymbolową będącą wynikiem propagacji wielodrogowej. Modulacja intensywności promieniowania może być także połączona z innymi typami modulacji, najczęściej z kluczowaniem częstotliwości. System ten, zwany FSK-IM, wymaga wprowadzenia dodatkowego modulatora przed nadajnikiem i demodulatora za odbiornikiem, zapewnia jednak wyższą jakość transmisji niż tylko modulacja intensywności promieniowania. Oprócz wymienionych, w optycznych systemach transmisyjnych stosuje się także modulacje impulsowe

### ***Rodzaje łączy optycznych***

Łącza optyczne można podzielić na łącza z widzialnością bezpośrednią i łącza dyfuzyjne. Innym kryterium podziału może być szerokość kąta widzenia nadajnika i odbiornika. Można wyróżnić sześć rodzajów łączy.

Łącza kierunkowe z widzialnością bezpośrednią charakteryzuje się dobrym wykorzystaniem mocy promieniowania, ponieważ wysłany sygnał z bardzo niewielkimi stratami dociera do odbiornika, którego kierunkowa charakterystyka pozwala uzyskać wysokie wartości stosunku sygnału do szumu. W łączu takim nie występuje także propagacja wielodrogowa. Szybkość transmisji sięga 125 Mb/s przy zasięgu około 30 m. Nie można jednak używać takiego łącza do transmisji rozsiewacze. Łącza kierunkowe dyfuzyjne eliminuje to ograniczenie, jednak prędkość transmisji nie przekracza 200 kb/s, a zasięg 20 m.

Łącza kierunkowe posiadają jeszcze jedną wadę nie można ich używać do transmisji między stacjami ruchomymi, ponieważ wymagają odpowiedniego nastawienia odbiornika względem nadajnika. Wadę tą eliminuje łącze szerokokątne, umożliwiające transmisję z szybkością do 50 Mb/s przy zasięgu kilku metrów. Zasięg ten można zwiększyć przez zastosowanie łącza szerokokątnego z bezpośrednią widzialnością, pod warunkiem jednak, że droga sygnałów nie jest przesłonięta. Można także zastosować łącza hybrydowe, w którym nadajnik jest szerokokątny, odbiornik zaś ma charakterystykę kierunkową.

## PRZEGLĄD URZĄDZEŃ TRANSMISYJNYCH

Urządzenia, wykorzystujące podczerwień jako medium transmisyjne, budowane są najczęściej jako karty rozszerzeń dla IBM PC, współpracujące z magistralą typu ISA lub PCMCIA, urządzenia, dołączane bezpośrednio do segmentów przewodowych sieci, urządzenia, pracujące w standardzie IrDA, dołączane do portów równoległych lub szeregowych komputerów PC.

Transmisja bezprzewodowa z uszyciem podczerwieni. Najczęściej spotykane urządzenia, działające jako bezprzewodowe lokalne sieci komputerowe, wykorzystują podczerwień rozproszoną, ponieważ eliminuje to konieczność zapewnienia bezpośredniej widoczności stacji sieci i umożliwia poruszanie się stacji w pewnym zakresie. Urządzenia te służą do podłączania do sieci pojedynczych stacji roboczych (tzw. punkty dostępu, ang. *access point*) lub zestawiania segmentów sieci w jednym pomieszczeniu.

Połączenia pomiędzy segmentami działającymi w kilku pomieszczeniach realizowane są przewodowo.

Spotykane są również urządzenia, specjalnie zaprojektowane do współpracy z sieciami typu Token Ring. Składają się one z modułów MAU (ang. *Multistation Access Unit*), które zapewniają komputerom dostęp do sieci z wykorzystaniem typowych kart Token Ring. Komunikacja między MAU natomiast odbywa się bezprzewodowo przy użyciu podczerwieni skupionej.

Urządzenia pozwalające na uzyskanie bezprzewodowego połączenia pomiędzy dwoma punktami odległymi nawet o kilka kilometrów, tzw. mosty (ang. *bridge*), wykorzystują widzialność bezpośrednią z nadajnikami i odbiornikami kierunkowymi. Jako nadajniki w tego typu urządzeniach pracują zarówno diody LED, jak i diody laserowe emitujące fale podczerwone.

Odbiornikami mogą być fotodiody PIN i fotodiody lawinowe APD. Poza możliwością połączenia segmentów sieci komputerowych pozwalają, również na uzyskanie stałego łącza telekomunikacyjnego. Tego typu urządzenia mają szczególne znaczenie w przypadku silnie zurbanizowanych terenów, na których uzyskanie stałego łącza przewodowego jest bardzo utrudnione. Urządzenia typu most są w szczególny sposób narażone na wpływ warunków atmosferycznych na ich działanie, w szczególności na osiągnięty zasięg transmisji.

## PODSUMOWANIE

Dzięki szybko rozwijającej się technologii bezprzewodowej transmisji danych urządzenia wykorzystujące jako medium fale radiowe lub podczerwień dorównują parametrami i coraz częściej ceną łączności przewodowej. Jednocześnie można zaobserwować rozszerzanie obszaru wykorzystania mediów bezprzewodowych na takie przypadki, w których ich zastosowanie nie jest niezbędne, lecz wygodniejsze z punktu widzenia użytkownika. Niestety malejące koszty są i tak zbyt duże z punktu widzenia przeciętnego polskiego użytkownika.

Ograniczenie stanowią także obowiązujące w Polsce przepisy dotyczące przydziału pasma radiowego.

W takiej sytuacji możliwości wykorzystania urządzeń bezprzewodowych ograniczają się do zastosowania:

- urządzeń radiowych o małej szybkości (do 19.2 kb/s) i dużym zasięgu (kilkadziesiąt kilometrów),
- urządzeń na podczerwień o szybkościach 115.2 kb/s ÷ 4 Mb/s i małym zasięgu (kilka metrów), pracujących zwykle w standardzie IrDA.
- konwerter protokołów, w sposób sprzętowy realizującego założenia standardu IrDA.