

Bartłomiej ZIELIŃSKI, Krzysztof TOKARZ
Politechnika Śląska, Instytut Informatyki

TRANSMISJA BEZPRZEWODOWA Z UŻYCIEM PODCZERWIENI

Streszczenie. Opisano możliwości zastosowania fal z zakresu podczerwieni w sieciach komputerowych. Scharakteryzowano właściwości fal optycznych jako medium transmisyjnego. Dokonano przeglądu dostępnych urządzeń transmisyjnych. Zaproponowano kierunki dalszych badań.

WIRELESS TRANSMISSION USING INFRARED WAVES

Summary. Application possibilities of infrared waves in computer networks have been described. Properties of optical waves as a transmission medium have been characterized. An overview of available transmission devices has been made. Further research directions have been proposed.

1. Wprowadzenie

Szybko postępująca komputeryzacja instytucji i przedsiębiorstw stawia przed projektantami sprzętu 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 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 [1]. Klasycznym przykładem mogą być stacje robocze rozmieszczone na dużym obszarze ubogim w środki łączności przewodowej, czy też poruszające się wzglę-

dem siebie, które mogą się komunikować dzięki łączności drogą radiową lub satelitarną [2]. 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 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. Z powodzeniem pracują w systemach telefonii komórkowej [3] czy sieci Packet Radio [4]. 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 [5]. 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) [6]. Nie jest natomiast poruszany aktualny i istotny problem współpracy łączy optycznych z sieciami przewodowymi.

2. 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

zakłócają się wzajemnie. W chwili obecnej najczęściej wykorzystywane są fale z zakresu bliskiej podczerwieni, w tym również światło laserowe.

2.1. Fale z zakresu podczerwieni

Fale elektromagnetyczne z zakresu podczerwieni [3] ulegają podobnym zjawiskom jak światło widzialne i dość istotnie różnią się od fal radiowych.

Istotną cechą propagacji wolnoprzestrzennego 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.

Moc sygnału optycznego, docierającego do odbiornika w odległości l km od nadajnika można określić następującą zależnością [7]:

$$P(l) \text{ [W]} = P_N 10^{-\alpha l/10}, \quad (1)$$

gdzie P_N oznacza moc nadajnika [W], zaś α – tłumienność [dB/km].

Maksymalna odległość, na jaką można przesłać sygnał optyczny, wynosi zatem

$$L_{\max} \text{ [km]} = \frac{10}{\alpha} \log \frac{P_N}{P_O}, \quad (2)$$

gdzie P_N, P_O – odpowiednio moc nadana i odebrana [W] (moc odebrana nie może być mniejsza od czułości odbiornika). W przeciwieństwie zatem do transmisji radiowej, w której zasięg zależy głównie od mocy nadajnika, w mniejszym zaś stopniu od tłumienności trasy, w systemach optycznych tłumienność trasy ma dużo większe znaczenie niż moc nadajnika, co nakłada znaczne ograniczenia na zasięg transmisji.

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. Tym niemniej wielodrogo-

wość jest przyczyną interferencji międzysymbolowych, utrudniających odbiór sygnałów o dużych przepływnościach.

Innym problemem jest promieniowanie świetlne występujące w środowisku pracy łącza wykorzystującego podczerwień. Moc takiego promieniowania może przekraczać nawet o 25 dB moc sygnału użytecznego. Rozwiązaniem tego problemu jest użycie do łączności światła monochromatycznego i filtrów pasmowo-przepustowych, a także zastosowanie koncentratorów (wzmacniaczy) optycznych [3].

2.2. Światło laserowe

Światło laserowe [8] 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 zysku 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 [9]. Mała szerokość wiązki pozwala także na eliminację zakłóceń zewnętrznych oraz ochronę danych przed niepowołanym 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. Rozchodzenie się światła w atmosferze można opisać zależnością [8]:

$$I [Ix] = I_0 e^{-l(\alpha_p + \alpha_r)}, \quad (3)$$

gdzie I_0 - natężenie promieniowania na początku drogi [Ix], i - natężenie promieniowania na końcu drogi [Ix], l - długość przebytej drogi w atmosferze [km], α_p i α_r - współczynnik odpowiednio pochłaniania i rozpraszania atmosfery [dB/km].

Wartość współczynnika tłumienia $\alpha = \alpha_p + \alpha_r$ zależy od długości fali. Zależność ta jest bardzo nieregularna, można jednak wyróżnić pewne zakresy długości fal elektromagnetycznych, dla których sumaryczne tłumienie α jest znacznie niższe niż dla pozostałych długości. Są to zakresy: $0.5 \div 0.9 \mu\text{m}$, $1.0 \div 1.1 \mu\text{m}$, $1.2 \div 1.3 \mu\text{m}$, $1.55 \div 1.75 \mu\text{m}$, $2.1 \div 2.4 \mu\text{m}$, $3.4 \div 4.1 \mu\text{m}$ i $8 \div 12 \mu\text{m}$ [8]. 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 [8].

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 [8].

2.3. Struktura optycznego systemu transmisyjnego

Struktura optycznego systemu transmisyjnego jest w zasadzie zbliżona do struktury systemów radiowych [3]. Oczywiście zamiast anten radiowych są tu wykorzystywane układy nadawczo-odbiorcze promieniowania świetlnego, kolejna różnica dotyczy też metod modulacji sygnałów.

2.3.1. 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. Typowe parametry nadajników promieniowania świetlnego zawiera tabela 1 [3, 10].

Jako odbiorniki (detektory) promieniowania stosuje się zwykle fotodiody PIN (ang. *P-Intrinsic-N*) lub fotodiody lawinowe (APD, ang. *Avalanche Photo Diode*). Fotodiody lawi-

Tabela 1

Typowe parametry nadajników promieniowania świetlnego

Parametr	Dioda LED	Dioda laserowa
Moc optyczna	1 mW	5 ÷ 10 mW
Moc wprowadzana	0.02 ÷ 0.1 mW	2 ÷ 4 mW
Prąd modulacji	100 mA	20 ÷ 40 mA
Widmo optyczne	40 ÷ 120 nm	0.3 ÷ 2 nm
Szybkość modulacji	10 ÷ 200 MHz	> 1 GHz
Wrażliwość na zmiany temperatury	mała	duża
Cena	2 ÷ 200 \$	15 ÷ 5000 \$

nowe charakteryzują się 1000-krotnie większą skutecznością przetwarzania strumienia fotonów na strumień elektronów, jednak w praktycznych zastosowaniach, w celu uniknięcia wzmacniania szumów, stosuje się diody o mniejszych współczynnikach powielania. Diody PIN stosowane są najczęściej przy przepływnościach do 100 Mb/s, zaś APD – powyżej 1 Gb/s [7]. Typowe parametry fotodiod zawiera tabela 2 [10].

Tabela 2

Wybrane parametry odbiorników promieniowania świetlnego

Typ	Współczynnik powielania	Czas odpowiedzi	Napięcie zasilania
fotoprzewodnik	10^5	10^{-3} (ok. 1 ms)	
fotodioda P-N	1	10^{-6} (ok. 1 μ s)	
dioda PIN	1	10^{-9} (ok. 1 ns)	5 ÷ 10 V
fototranzystor	10^2	10^{-5} (ok. 10 μ s)	
fotodioda lawinowa APD	10^3	10^{-9} (ok. 1 ns)	100 ÷ 200 V
tranzystor polowy	10^2	10^{-7} (ok. 100 ns)	

2.3.2. 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 [3]. Tak więc w optycznych systemach transmisyjnych stosowana jest detekcja

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 wyłączania 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 [7, 6]:

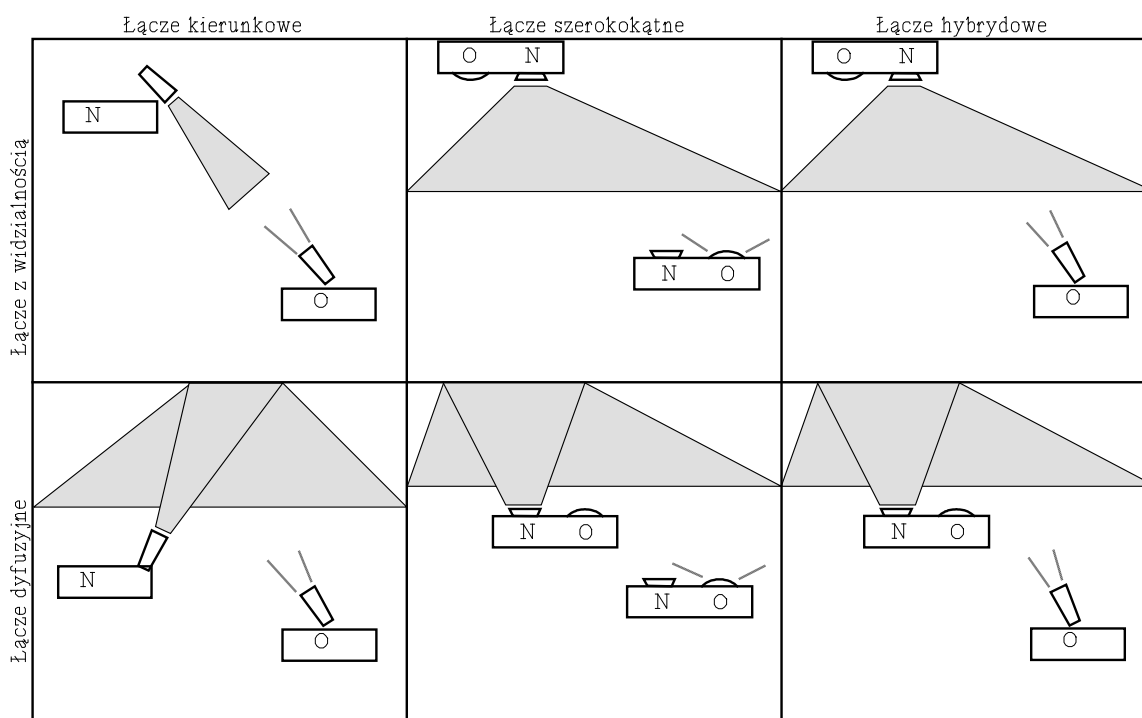
- modulację amplitudy impulsów (PAM, ang. *Pulse Amplitude Modulation*),
- modulację położenia impulsów (PPM, ang. *Pulse Position Modulation*),
- modulację szerokości impulsów (PWM, ang. *Pulse Width Modulation*),
- modulację częstotliwości impulsów (PFM, ang. *Pulse Frequency Modulation*).

Wymienione metody modulacji impulsowej są również używane w połączeniu z modulacją intensywności promieniowania.

2.3.3. 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, przedstawionych na rys. 1 [3, 6] (rysunek zamieszczony w [3] różni się nieco od rysunku w [6]).

Łącze 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 łączy takim nie występuje także propagacja wielodrogowa. Szybkość transmisji sięga 125 Mb/s przy zasięgu około 30 m. Nie można jednak używać takiego łączy do transmisji rozsiewczej. Łącze kierunkowe dyfuzyjne eliminuje to ograniczenie, jednak prędkość transmisji nie przekracza 200 kb/s, a zasięg – 20 m.



Rys. 1. Rodzaje łączy optycznych
Fig. 1. Types of optical links

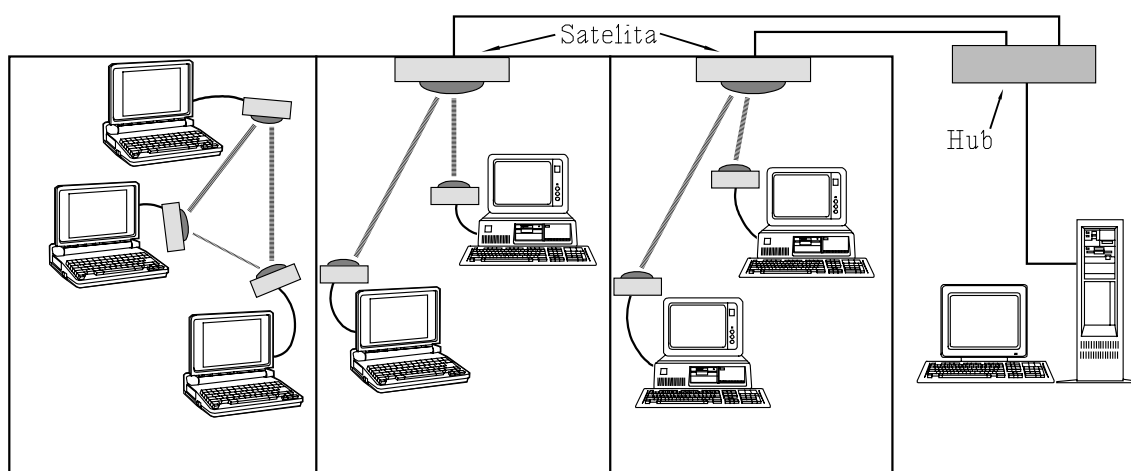
Łącza kierunkowe posiadają jeszcze jedną wadę – nie można ich używać do transmisji między stacjami ruchomymi, ponieważ wymagają odpowiedniego nastawienia odbiornika względem nadajnika. Wadę tę eliminuje łącze szerokokątne, umożliwiające transmisję z szybkością do 50 Mb/s przy zasięgu kilku metrów. Zasięg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

3. Przegląd urządzeń transmisyjnych

Urządzenia, wykorzystujące podczerwień jako medium transmisyjne, budowane są najczęściej jako [11]:

- 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.

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. Przykład konfiguracji sieci bezprzewodowej [12], zainstalowanej w kilku pomieszczeniach, przedstawiono na rys. 2. System ten składa się z serwera, koncentratora



Rys. 2. Lokalna sieć bezprzewodowa
Fig. 2. Wireless LAN

oraz umieszczonych w każdym pomieszczeniu urządzeń nadawczo-odbiorczych zwanych satelitami. Stąd dane bezprzewodowo są przesyłane do węzłów (ang. *node*), przyłączonych do poszczególnych stacji roboczych. Urządzenie typu węzeł umożliwia bezpośrednią komunikację między dwiema stacjami bez pośrednictwa satelity. Większość tego typu systemów jako nadajniki wykorzystuje diody LED, a jako odbiorniki fotodiody PIN. Zestawienie produktów tego rodzaju przedstawiono w tabeli 3.

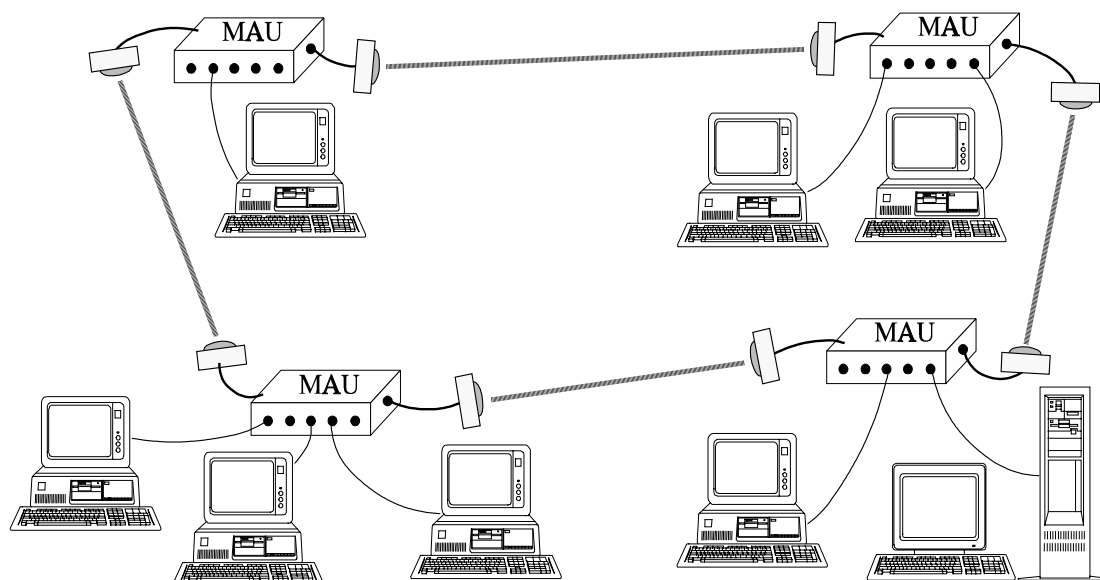
Spotykane są również urządzenia, specjalnie zaprojektowane do współpracy z sieciami typu Token Ring [13]. Składają się one z modułów MAU (ang. *Multistation Access Unit*), które zapewniają komputerom dostęp do sieci z wykorzystaniem typowych kart Token Ring. Komunikacja między MAU natomiast odbywa się bezprzewodowo przy użyciu podczerwieni skupionej. Przykład takiej sieci ilustruje rys. 3.

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

Tabela 3

Zestawienie parametrów wybranych urządzeń na podczerwień

Producent	Produkt	Współpraca z sieciami przewodowymi	Prędkość [Mb/s]	Zasięg [m]	Cena [\$]
Firlan	EH360	Ethernet	10	46	3950
	EH361	Ethernet, Token Ring	10 16	76	1600
Spectrix	SpectrixLite	Ethernet	4	20	3000
Photonics	Cooperative Colaborative	Local Talk	0.23	7.5	200
		Ethernet	1		800
IBM	Infrared LAN Adapter	Ethernet	1	7.5	300
InfraLAN	InfraLAN	Ethernet	10	25	800
		Token Ring	4		1200
		Token Ring	16		2000
Tekram	IRnet IR-610	Ethernet	4	1	85



Rys. 3. Przykład bezprzewodowej sieci Token Ring

Fig. 3. An example of wireless Token Ring network

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. W tabeli 4 zawarto parametry takich urządzeń.

Tabela 4

Zestawienie parametrów wybranych mostów na podczerwień

Producent	Produkt	Współpraca z sieciami przewodowymi	Prędkość [Mb/s]	Zasięg [m]	Cena [\$]
Laser Comm.	OmniBeam 2000	Ethernet	10	1200	14000
	OmniBeam 2036	T-1	1.544	1200	12500
	OmniBeam 4000	FDDI, ATM itp.	34 155	1200 275	18000
	LOO-38	Ethernet	10	1000	7500
Tadiran	IRIS	Ethernet, FDDI, Token Ring	125	2500	20000
Firlan	ET350E	Ethernet Token Ring	10 16	500	6000
Silcom	FreeSpace	Ethernet, Token Ring	10 16	300	14000
	FreeSpace Turbo	jw. + ATM	155	300	18000
JOLT	UWIN 800	Ethernet, Token Ring	10 16	300	9200
	UWIN 802	Ethernet, Token Ring	10 16	850	11000
	UWIN 807	Ethernet, Token Ring	10 16	1600	14000
	UWIN 1304	FDDI	100	500	19200
	UWIN 2107	ATM	155	500	20000
GoC mbH	MonoLink I	Ethernet, Token Ring, FDDI, ATM i inne	20	200	
	MonoLink II		20	600	
	MonoLink 155		155	300	
	MultiLink 20		20	4000	
	MultiLink 155		155	2000	

Urządzenia typu most są w szczególności narażone na wpływ warunków atmosferycznych na ich działanie, w szczególności na osiągnięty zasięg transmisji. Podane w tabeli odległości osiągnięte przez urządzenia ulegają znacznemu zmniejszeniu w przypadku wystąpienia niekorzystnych zjawisk atmosferycznych ograniczających widoczność, jak opady czy

gęsta mgła. Większość z nich posiada wbudowane mechanizmy ochrony przed osiadaniami pary wodnej na elementach optycznych (podgrzewanie urządzenia przy niższych temperaturach powietrza).

W tabeli 5 przedstawiono parametry urządzeń pracujących w standardzie IrDA. Są to urządzenia, służące do połączenia między sobą dwóch lub więcej komputerów, komputera i drukarki lub komputera przenośnego z segmentem sieci za pomocą podczerwieni. Standard IrDA [14] powstał przy porozumieniu ponad 75 wytwórców sprzętu komputerowego, którzy opracowali zasady bezprzewodowej transmisji szeregowej z użyciem fal podczerwonych. Podstawowa (1.0) wersja tego standardu cechuje się prędkością transmisji 115.2 kb/s na odległość 1 m. Urządzenia spełniające wymagania wersji rozszerzonej (1.1) zapewniają transmisję z prędkościami 576 kb/s, 1.152 Mb/s i 4 Mb/s. Niektóre z nich poza obsługą samego standardu IrDA zapewniają kompatybilność z innymi standardami transmisji w zakresie podczerwieni, jak np. standard zdalnego sterowania urządzeń RTV ASK/37kHz, standardy firmowe Sharp ASK (ang. *Amplitude Shift Keying*), Hewlett-Packard SIR (ang. *Serial Infrared*).

Tabela 5

Zestawienie parametrów urządzeń pracujących w standardzie IrDA

Producent	Produkt	Przeznaczenie	Prędkość [kb/s]	Zasięg [m]	Cena [\$]
Tekram	IR-210	PC - Notebook	115.2	1	18
Adaptec	AIRPort	PC - Notebook	115.2	2	100
Hewlett-Packard	HSDL-1000	moduł scalony	115.2	1	5
IBM	Serial Adapter	PC - PC	1152	3	150
AMP	Serial Adapter	PC - PC (drukarka)	4000	1	
Extended Systems	Jet Eye Net	PC - LAN	4000	1	
	Jet Eye Printer	PC - drukarka	115.2		
	Jet Eye PC	PC - Notebook	115.2		
ACTiSYS	ACT-IR200L	PC - Notebook	115.2	2	70
	ACT-IR210L	moduł do płyty głównej	4000		60
	ACT-IR100X	PC - drukarka	115.2		90
Parallax	LitePrint	PC - PC (drukarka)	115.2	1	129
	PLX 1000	moduł scalony	115.2		
Oplink	OPM115	akwizycja danych	115.2	70	

4. Podsumowanie, kierunki dalszych badań

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 [15]:

- 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.

Prace badawcze nad transmisją danych w podczerwieni można przeprowadzić według następującej kolejności:

- dokładne poznanie standardu IrDA jako najpowszechniej wykorzystywanego w urządzeniach dostępnych na rynku,
- przebadanie możliwości transmisyjnych (szybkość, zasięg, odporność na zakłócenia) kilku urządzeń wykorzystujących ten standard,
- określenie wpływu szybkości komputerów i zastosowanego oprogramowania, obsługującego urządzenie IrDA, na osiąganą prędkość transmisji,
- przebadanie możliwości poszerzenia możliwości funkcjonalnych urządzeń (zwiększenie zasięgu, szybkości pracy, zastosowanie zamiast podczerwieni światła laserowego),
- porównanie parametrów transmisji szeregowej przewodowej i bezprzewodowej,
- skonstruowanie urządzenia typu konwerter protokołów [15, 16], w sposób sprzętowy realizującego założenia standardu IrDA.

LITERATURA

- [1] Zieliński B.: Wybrane zagadnienia bezprzewodowej transmisji danych. ZN Pol. Śl. s. Informatyka z. 31, Gliwice 1996. http://zeus.polsl.gliwice.pl/~bmw/archive/wl_probl.zip.

- [2] Tannenbaum A. S.: Sieci komputerowe. WNT, Warszawa 1988.
- [3] Hołubowicz W., Płóciennik P., Różański A.: Systemy łączności bezprzewodowej. Wydawnictwa EFP, Poznań 1996.
- [4] Dąbrowski K.: Amatorska komunikacja cyfrowa. PWN, Warszawa 1994.
- [5] Lessard A., Gerla M.: Wireless Communications in the Automated Factory Environment. IEEE Network, Vol. 2, No. 3, May 1988.
- [6] Kahn M. J., Barry J. R.: Wireless Infrared Communications. Proceeding of the IEEE, Vol. 85, No. 2, Feb. 1997.
- [7] Killen H. B.: Transmisja cyfrowa w systemach światłowodowych i satelitarnych. WKiŁ, Warszawa 1992.
- [8] Bem D. J.: Anteny i rozchodzenie się fal radiowych, WNT, Warszawa 1973.
- [9] Klejman H., Dzieciołowski K., Rzewuski M.: Lasery w telekomunikacji, WNT, Warszawa 1970.
- [10] Grzywak A. (red.): Rozproszone systemy komputerowe. PRO-net, Gliwice 1994.
- [11] Materiały firmowe dotyczące urządzeń do transmisji optycznej.
- [12] Gfeller F. R., Bapst U.: Wireless In-House Data Communication via Diffuse Infrared Radiation. Proceedings of the IEEE, Vol. 67, No. 11, Nov. 1979.
- [13] Berline G., Perratore E.: Wireless LANs. PC Magazine, 11.02.1992.
- [14] Opis standardu IrDA. Infrared Data Association, <http://www.irda.org/>.
- [15] Zieliński B.: Bezprzewodowe sieci komputerowe wykorzystujące konwersję protokołów. Rozprawa doktorska, Instytut Informatyki Politechniki Śląskiej, Gliwice 1997. <http://zeus.polsl.gliwice.pl/~bmw/archive/doct.zip>.
- [16] Zieliński B.: Konwertery protokołów dla sieci bezprzewodowych. ZN Pol. Śl. s. Informatyka z. 34, Gliwice 1998.

Recenzent: Dr inż. Ryszard Winiarczyk

Wpłynęło do Redakcji 5 grudnia 1997 r.

Abstract

Wireless data communication can be used instead of wired connections when it is impossible, or not convenient, to use wires. Examples are mobile networks and networks that work in the presence of noise or on large non-wired areas.

Optical waves are an example of wireless transmission medium. Examples of optical waves are infrared light and laser beams. Power requirements of the optical link can be computed using Equations (1) to (3). Structure of optical data transmission system is similar to the radio one, however, different receivers, transmitters and modulation techniques are used; their selected properties are contained in Tables 1 and 2. Depending on these properties, several link types can be obtained as shown on Fig. 1.

Nowadays, there are many devices which make it available to transmit via optical waves. When using them, several link configurations are possible, few of which are shown on Fig. 2 and 3. Technical parameters of infrared LAN devices, infrared and laser bridges and IrDA-compatible devices are collected in Tables 3 to 5.

Because of cost and law limitations, IrDA-compatible devices are expected to be the most popular ones in Poland. They also allow to make some scientific research like determining influence on network parameters.