



Od początku roku trwa na łamach naszych „Listów“ dyskusja poświęcona budowie bezprzewodowego łącza umożliwiającego połączenie ze sobą komputerów. Wykonane przez nas analizy wykazały, że podjęcie prób samodzielnej budowy urządzeń do systemów tego typu nie są uzasadnione ekonomicznie i nie gwarantują uzyskania dobrych efektów. W artykule przedstawiamy alternatywne, sprawdzone przez nas rozwiązanie, które charakteryzuje się dużą szybkością transmisji danych, stosunkowo dużym zasięgiem, łatwością stosowania i konkurencyjną - w stosunku do rozwiązań samodzielnych - ceną.

Sposób na sieć

Na rynku cyfrowej łączności bezprzewodowej panuje duża konkurencja. Producenci oferują wiele systemów teletransmisyjnych (m. in. Bluetooth, DECT, HiperLAN, HiperLAN2, IEEE802.11x, a także niedostępny jeszcze w Europie HomeRF), różniących się między sobą szybkością, maksymalnym zasięgiem, a także podstawowym obszarem aplikacyjnym. Zestawienie podstawowych parametrów najbardziej popularnych i stosunkowo najłatwiej dostępnych w naszym kraju wariantów sieci cyfrowych znajduje się w **tab. 1**. W tablicy tej, w celach porównawczych, przedstawiono także parametry dwóch bezprzewodowych systemów sieciowych, które nie są dostępne w Europie.

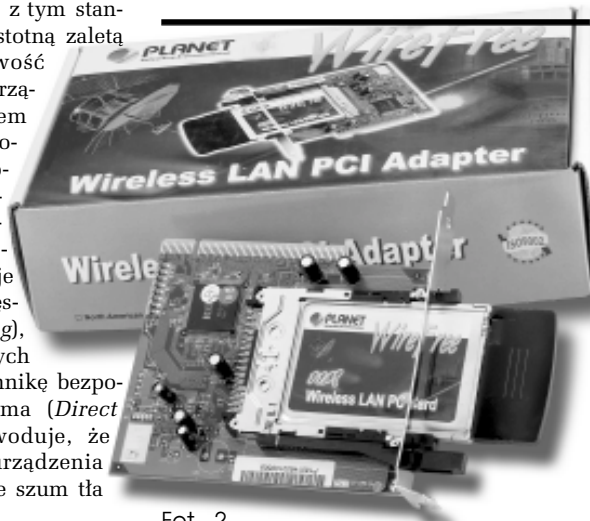
Biorąc pod uwagę deklarowane w odbieranych przez nas listach podstawowe zastosowanie cyfrowego łącza transmisyjnego - ma to być przede wszystkim dystrybucja dostępu internetowego w obrębie bloku lub osiedla - postanowiliśmy skupić się na systemie najtańszym spośród obecnie dostępnych, zapewniającym jednocześnie dobre parametry użytkowe -

IEEE802.11b. Jego podstawową zaletą jest znaczne rozpowszechnienie się w naszym kraju - w bardzo wielu internetowych sklepach oferujących podzespoły komputerowe karty sieciowe zgodne z tym standardem są dostępne. Drugą istotną zaletą tego standardu jest możliwość pracy w tej samej okolicy urządzeń z radiowym interfejsem Bluetooth (coraz częściej stosowany w telefonach komórkowych i palmtopach). Zastosowanie w tych systemach zaawansowanych sposobów modulacji - w Bluetooth stosuje się technikę przeskoków częstotliwości (*Frequency Hopping*), natomiast w sieciach zgodnych z IEEE802.11b stosuje się technikę bezpośredniego rozpraszania widma (*Direct Sequence Spreading*) - powoduje, że sygnały emitowane przez urządzenia stanowią dla siebie wzajemnie szum tła i nie zakłócają się.

Nie brakuje także informacji na temat sieci WLAN (*Wireless LAN*): przeglądarka portalu Onet w odpowiedzi na pytanie o „sieci bezprzewodowe“ podała 1042 odniesienia, z których wiele zawierało bardzo sensowne informacje.

Jak i czym się to robi

Zacniemy od krótkiego wprowadzenia teoretycznego, w którym ogólnie przedstawimy standard IEEE802.11b



Fot. 2.

i możliwości urządzeń z nim zgodnych.

Z punktu widzenia użytkownika podczas korzystania z sieci komputerowej najważniejsze jest, aby komunikacja była szybka, niezawodna oraz łatwa w serwisowaniu i konfiguracji. Wszystkie te wymogi spełniają urządzenia (radiomodemy i punkty dostępowe) zgodne z IEEE802.11b. Standard ten jest czasami nazywany także WiFi



Fot. 1.

Tab. 1. Podstawowe parametry wybranych bezprzewodowych systemów sieciowych (za Xcell journal, issue 41, Fall/Winter 2001).

Parametr	DECT	Bluetooth	HomeRF	IEEE802.11b	HiperLAN	IEEE802.11a	HiperLAN2
Częstotliwość	1,9GHz	2,4GHz	2,4GHz	2,4GHz	2,4GHz	5GHz	5GHz
Szybkość bitowa	0,552Mb/s	0,72Mb/s	1,6Mb/s	11Mb/s	23Mb/s	50Mb/s	50Mb/s
Typowy zasięg	30 m	do 10 m	50 m	150 m	150 m	50 m	50 m

Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)

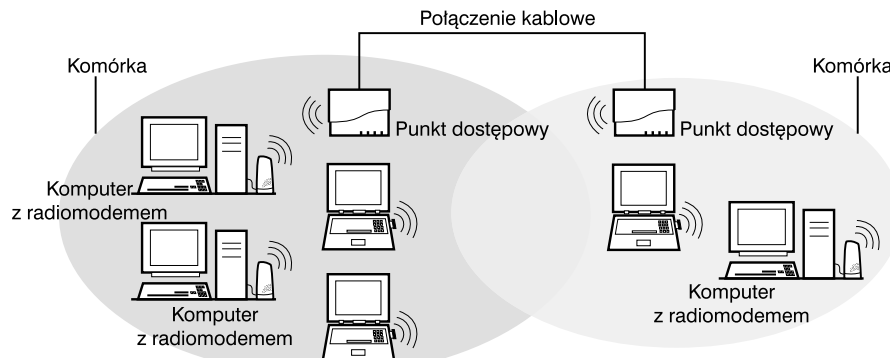
Zgodnie ze standardem OpenAir częstotliwość nośna transmisji danych zmienia się, co 100, 200 lub 400 ms. Stąd mówi się popularnie o „skakaniu po częstotliwościach”. Pasma 2,4 GHz podzielone jest na 83 kanały o szerokości 1 MHz. Oznacza to, że w danym momencie z całego pasma wykorzystuje się tylko 1 MHz do transmisji danych. Ze względu na bardzo małą szerokość pojedynczego kanału można na jednym obszarze stosować do 15 niezależnie pracujących urządzeń, które nie będą zakłócać się wzajemnie. Oznacza to, że systemy FHSS mogą być stosowane nawet w miejscach o dużym zaludnieniu (bloki mieszkalne, blisko siebie położone biura, itd. W niektórych krajach europejskich i w Japonii liczba wykorzystywanych kanałów jest mniejsza. W przypadku kilku współpracujących urządzeń zmiany częstotliwości wyznacza urządzenie „master”. Pozostałe komputery - „slave” - dostosowują się do niego, śledząc kolejno zmieniające kanały.

Organizacja HomeRF Working Group promuje system FHSS określając nowy standard nazywany Shared Access Wireless Protocol - SWAP przeznaczony dla sieci domowych oraz małych biur. Dzięki zmiennej częstotliwości system jest odporny na zjawisko interferencji, czyli nakładania się sygnałów docierających do odbiornika różnymi drogami - np.: bezpośrednio i przez wielokrotne odbicia od powierzchni ścian lub innych przedmiotów. Odporność systemów FHSS na zakłócenia zdecydowała o ich wojskowych i przemysłowych zastosowaniach.

Ciekawe, że pierwszy patent dotyczący FHSS przyznano już w 1924 (Alfred N. Goldsmith), a pierwsze praktyczne zastosowanie tego systemu miało miejsce w 1940, kiedy dwaj przywódcy alianccy Roosevelt i Churchill rozmawiali ze sobą w czasie Drugiej Wojny Światowej, aby uniknąć podsłuchu przez stacje niemieckie. Dzięki technologii widma rozproszonego transmisja nie mogła być ani wykryta ani zagłuszona. Jednak dopiero pod koniec XX wieku rozwój technologii układów scalonych pozwolił na wykorzystanie tego pomysłu do budowy nowoczesnych sieci bezprzewodowych.

Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)

DSSS (*Direct-Sequence Spread-Spectrum*) to metoda modulacji oparta na widmie rozproszonym, w której do każdego transmitowanego bitu tworzony jest nadmiarowy, wzorcowy ciąg bitów. Wzorzec ten, tak zwany *chip* (żeton) lub kod chipowy (*chipping code*), umożliwia odbiornikom odfiltrowanie sygnałów, które nie używają tego samego wzorca, w tym szumu i zakłóceń. Kod ten spełnia dwie podstawowe funkcje: identyfikuje dane, dzięki czemu odbiornik może rozpoznać je jako pochodzące z określonego nadajnika - nadajnik generuje kod chipowy, w związku z czym dane mogą być rozszyfrowane tylko przez odbiornik, który



Rys. 3.



Rys. 4.

(*Wireless Fidelity*), ale w rzeczywistości znak WiFi jest świadectwem certyfikacji produktu pod kątem pełnej zgodności z zaleceniami standardu IEEE802.11b. Certyfikacja ma za zadanie umożliwić pracę urządzenia pochodzącego od dowolnego producenta w dowolnym miejscu świata, bo właśnie jednym z najważniejszych pierwotnych założeń twórców prezentowanego standardu było stworzenie ogólnoświatowego systemu bezprzewodowej dystrybucji dostępu do sieci teleinformatycznych, opartych na popularnym Ethernetie.

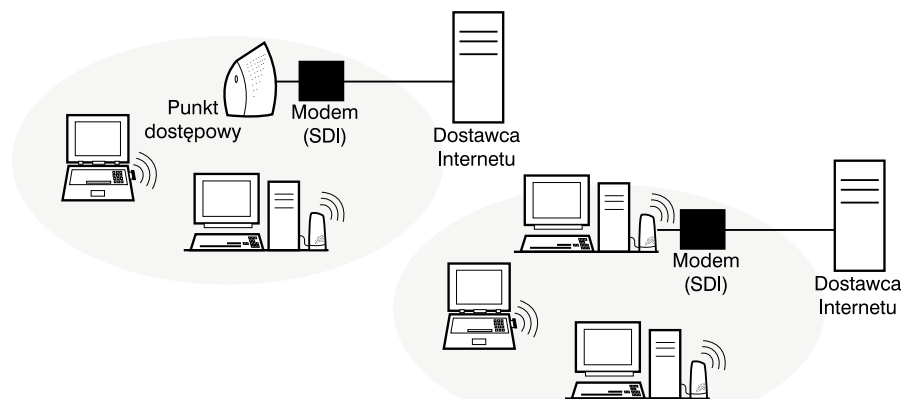
Dzięki przyjęciu takiego założenia umożliwiono dynamiczne dołączanie się do lokalnych sieci Ethernet użytkownikom sprzętu przenośnego, które są (a raczej będą) dystrybuowane np. na lotniskach, sklepach, czy też na stadionach sportowych. Ze względu na „mobilne” podłoże standardu, poszczególne specyfikacje tworzące IEEE802.11b zoptymalizowano pod kątem sprzętu przenośnego, w związku z czym jako pierwsze (obecnie są naj-

tańsze) na rynku pojawiły się radiomodem w postaci kart PCMCIA (fot. 1, fot. 2). W tych niewielkich obudowach (105 x 54 x 5 mm) zintegrowano kompletny radiomodem wraz z dookólnymi antenami, za pomocą których można uzyskać zasięg wewnątrz pomieszczeń do 50 metrów przy transferze z szybkością 11Mb/s, 80 metrów przy szybkości transmisji wynoszącej 5,5Mb/s, 120 metrów przy szybkości 2Mb/s i 150 metrów przy 1Mb/s. Podobne parametry mają coraz łatwiej dostępne urządzenia z interfejsami USB.

Typowe sposoby zorganizowania sieci

W standardzie IEEE802.11b przewidziano wiele możliwych trybów współpracy komputerów, np.:

- Tryb rozproszony *point-to-multi-point*, w którym centralnym urządzeniem komunikacyjnym są punkty. Punkt dostępowy łączy sieć bezprzewodową z siecią przewodową, umożliwiając przesyłanie danych między klientami sieci bezprzewodowej i sieci stacjonarnej. Każdy punkt dostępowy zwiększa także ogólną wydajność i zasięg systemu. Ten tryb pracy jest wykorzystywany do łączenia drogą radiową kilku lokalnych sieci kablowych. Punkty dostępowe są niezbędne do uzyskania dostępu do sieci, ale nie są potrzebne do nawiązywania połączeń dwupunktowych (*peer-to-peer*). W sieci bezprzewodowej punkty dostępowe służą tylko



Rys. 5.

Tab. 2. Zasięgi możliwe do uzyskania za pomocą anten o podanej skuteczności przy bitowej szybkości transmisji wynoszącej 1Mb/s (za edn 12/01).

Zysk anteny	2dB	5 dB	6 dB	7,9 dB	9 dB	12 dB	14 dB	21 dB	24 dB
2dB	200m	250m	250m	300m	350m	450m	600m	1000m	1800m
5 dB	250m	550m	600m	650m	800m	1200m	1500m	1700m	2200m
6 dB	250m	600m	650m	700m	900m	1300m	1600m	3500m	5000m
7,9 dB	300m	650m	700m	900m	1000m	1500m	1900m	4000m	5000m
9 dB	350m	900m	900m	1000m	1350m	1800m	2400m	5000m	7000m
12 dB	450m	1200m	1300m	1500m	1800m	2700m	3400m	7500m	9500m
14 dB	600m	1500m	1600m	1900m	2400m	3400m	4300m	9000m	10000m
21 dB	1000m	1700m	3500m	4000m	5000m	7500m	9000m	11000m	13000m
24 dB	1800m	2200m	5000m	5000m	7000m	9500m	10000m	13000m	15000m

do łączenia komputerów przenośnych lub komputerów stacjonarnych z siecią przewodową.

- Tryb rozproszony *point-to-point*, w którym drogą radiową są łączone ze sobą dwie lokalne sieci kablowe.
- Tryb nazwany *infrastructure mode*, który służy do dołączania wielu urządzeń wyposażonych w radiomodemy do lokalnej sieci kablowej, oczywiście także za pomocą punktu dostępowego (rys. 3).
- Tryb *ad-hoc*, w którym urządzenia wyposażone w radiomodemy mogą łączyć się ze sobą, bez konieczności stosowania punktu dostępowego (rys. 4). Ten ostatni tryb jest dla nas najbardziej interesujący, przede wszystkim ze względu na możliwość istotnego ograniczenia kosztów instalacji.

Niezależnie od konfiguracji sieci, liczba jej użytkowników jest praktycznie nieograniczona. W dowolnej chwili można ją zwiększać, dodając nowe punkty dostępowe. Instalując punkty dostępowe o nakładającym się pokryciu i różnych częstotliwościach (kanałach), można tak rozbudować sieć bezprzewodową, aby obsługiwała ona na tym samym terenie wielu użytkowników jednocześnie. Bez powodowania wzajemnych zakłóceń można jednocześnie używać trzech kanałów o nakładającym się pokryciu, co pozwala potroić liczbę obsługiwanych użytkowników sieci. W podobny sposób można zwiększyć liczbę użytkowników in-

stalując dodatkowe punkty dostępowe w różnych miejscach budynku. Zwiększa to całkowitą liczbę użytkowników oraz umożliwia poruszanie się ich wewnątrz budynku lub na całym terenie firmy lub osiedla.

Aplikacja

Niezależnie od sposobu dostępu do Internetu są możliwe dwa sposoby udostępniania go innym użytkownikom (rys. 5):

- droższy, wymagający zastosowania punktu dostępowego, który jest zalecany przy dystrybucji dostępu dla większej (powyżej 4..6) liczby użytkowników,
- tańszy, w którym rolę punktu dostępowego spełnia komputer do którego dołączono modem telefoniczny, SDI, ISDN itp. Komputer ten musi być wyposażony w jeden radiomodem, podobnie jak komputery pozostałych użytkowników, którzy mogą być rozproszeni w odległości zależnej od zastosowanych anten. Jak pokazały prowadzone przez nas eksperymenty w popularnym w Polsce budownictwie żelbetonowym nie można polegać na miniaturowych ante-

zna ten kod. Kod chipowy rozprasza dane na całe dostępne pasmo. Dłuższe chipy wymagają szerszego pasma, lecz zwiększają prawdopodobieństwo odtworzenia danych oryginalnych. Nawet jeśli niektóre bity w chipie zostaną zniekształcone, rozwiązania sprzętowe zastosowane w odbiorniku pozwalają odzyskać dane oryginalne za pomocą analizy statystycznej - bez potrzeby ponownego przesłania danych.

Wired Equivalent Privacy (WEP)

Jest to opcjonalna funkcja zawarta w standardzie IEEE 802.11, służąca do zapewnienia ochrony danych na poziomie równorzędnym z ochroną w przewodowych sieciach LAN bez stosowania technik szyfrowania zwiększających bezpieczeństwo. WEP zapewnia taki sam poziom ochrony w łączy bezprzewodowym, jaki oferuje łączy przewodowe.

Zgodnie ze standardem 802.11 szyfrowanie danych WEP ma na celu uniemożliwienie dostępu do sieci intruzom, którzy używają podobnych urządzeń WLAN oraz uniemożliwienie przechwytywania ruchu w sieci WLAN za pomocą podsłuchu. WEP pozwala administratorowi określić zestaw odpowiednich kluczy dla wszystkich użytkowników sieci bezprzewodowej na podstawie łańcucha kluczy utworzonego przez algorytm szyfrowania WEP. Każdego, kto nie dysponuje odpowiednim kluczem, spotyka odmowa dostępu. Zgodnie ze standardem, WEP używa algorytmu RC4 z szyfrowaniem 40-bitowym lub 128-bitowym.

Punkt dostępowy

W typowej konfiguracji sieci bezprzewodowej urządzenie nadawczo/odbiorcze, zwane punktem dostępowym, łączy się z siecią kablową z użyciem standardowego okablowania. W najprostszym przypadku, punkt dostępowy odbiera, buforuje i transmituje dane pomiędzy siecią bezprzewodową i siecią kablową. Pojedynczy punkt dostępowy może obsługiwać małą grupę użytkowników i może funkcjonować w zasięgu od 50 do 30000 metrów. Użytkownicy korzystają z sieci bezprzewodowej za pomocą bezprzewodowych kart sieciowych, które występują jako karty PC Card w komputerach przenośnych i podręcznych, lub jako karty w komputerach biurkowych, lub też jako zintegrowane urządzenia w komputerach podręcznych. Połączenie radiowe jest przezroczyste dla systemu operacyjnego.

IEEE802.11b

Sieci o przepustowości 11 Mb/s pracują w standardzie IEEE 802.11b. Został on ustanowiony w 1999 roku przez stowarzyszenie producentów pod nazwą Wireless Ethernet Compatibility Alliance - WECA (www.wirelessethernet.org), w którego skład wchodzi obecnie 50 firm-członków i założycieli. Standard 802.11b jest rozwinięciem poprzednio stosowanego standardu IEEE 802.11, który umożliwiał transmisję z przepustowością maksymalnie 2 Mb/s.



Fot. 6.

nach wbudowanych w radiomodemy, znacznie lepszym wyjściem jest zastosowanie dodatkowych anten o znacznie większej skuteczności. W tab. 2 zestawiono możliwe do osiągnięcia maksymalne zasięgi transmisji danych. Dane zawarte w tabeli są prawdziwe, gdy anteny widzą się nawzajem.

Sprzęt

Teraz najważniejszy punkt: dostępność i ceny sprzętu do bezprzewodowych systemów sieciowych. W testach laboratoryjnych korzystaliśmy z radiomodemów i osprzętu firmy Agere (dawniej Lucent), LG Electronics oraz Planet.

Zestaw dostarczony przez Agere (fot. 6) zawierał wszystkie elementy niezbędne do zbudowania sieci z punktem dostępowym. Z oferty firmy Planet wybraliśmy elementy umożliwiające budowanie sieci na duże odległości, w praktyce udało się uzyskać połączenie na odległość 3500 metrów, do czego były niezbędne paraboliczne anteny kierunkowe o średnicy czaszy 60 cm (fot. 7) i zysku 20dB. Zasięg możliwy do uzyskania za pomocą pary takich anten jest znacznie większy, ale nie mieliśmy możliwości fizycznego wykonania takiej instalacji. Planet oferuje także szereg anten o większym zysku, za pomocą których można budować cyfrowe radiolinie o długości do ok. 30 km, przy szybkości transmisji do 1 Mb/s. Wadą anten parabolicznych są ich duże wymiary, co wiąże się ze sporymi niewygodami podczas montażu i eksploatacji.

W wielu przypadkach w zupełności wystarczają kierunkowe anteny przypominające kształtem rurę (fot. 7), których zysk energetyczny może wynosić nawet 18dB.

Podczas prób okazało się, że oprócz skuteczności anteny, istotne dla prawidłowego działania systemu jest ograniczenie długości kabla łączącego antenę z radiomodemem lub punktem dostępowym, a także wykorzystanie kabla o możliwie małych stratach.

Podstawowe urządzenia zgodne z standardem IEEE802.11b są dostępne w większości internetowych sklepów, szczególnie polecamy firmy Action, Agere oraz LG Electronics - ich produkty testowaliśmy. Przy wyszukiwaniu potencjalnego dostawcy pomocne mogą okazać się także internetowe adresy podane na końcu artykułu.

Przybliżone ceny kart radiomodemowych (także w wersjach USB) mieszczą się w przedziale 450...900 zł (w zależności od producenta i wyposażenia karty), punkty dostępowe można kupić za ok. 1200...2300 zł, a testowane przez nas anteny zewnętrzne za ok. 210...700 zł. Dobór konfiguracji zestawu zależy od indywidualnych warunków, w związku z czym nie podajemy w artykule uniwersalnego rozwiązania, które będzie pasowało do wszystkich konfiguracji sieci. Pomoc w doborze elementów można znaleźć na stronie internetowej <http://www.siecibezprzewodowe.a.pl/>.

Andrzej Gawryluk, AVT



Fot. 7.

Dodatkowe informacje

Autor dziękuje firmom **Lucent** oraz **Action** za udostępnienie do testów urządzeń WiFi.

W Warszawie na osiedlu Winnica działa sieć oparta na IEEE802.11b, którą zainstalowała i wdrożyła firma DTS (www.dts.pl).

W artykule wykorzystano m.in. materiały pochodzące ze stron internetowych, których adresy podajemy poniżej.

Dodatkowe informacje można znaleźć w Internecie pod adresami:

- <http://www.idealn.com.pl/>,
- <http://www.elmat.pl/>,
- <http://standards.ieee.org/getieee802/>,
- <http://www.siecibezprzewodowe.a.pl/>.