

Technologie ethernetowe w elektronice

Ethernet stanowi obecnie najbardziej popularny zbiór technik stosowanych do komunikacji pomiędzy wieloma urządzeniami elektronicznymi. Jego duża szybkość przyczyniła się do popularyzacji tego sposobu wymiany informacji w urządzeniach multimedialnych, a uniwersalność pozwoliła mu zdobyć także rynek automatyki.

Coraz więcej systemów ma zaimplementowaną także obsługę Ethernetu bezprzewodowego, czyli tzw. Wi-Fi. W artykule omawiamy zarówno komunikację przewodową, jak i radiową.

Ethernet to zbiór technik komunikacyjnych, który już dość dawno temu zdominował sieci komputerowe. Prowadząc stopniowy rozwój i zachowując kompatybilność wsteczną, organizacja IEEE która opiekuje się omawianym standardem sprawiła, że obecnie wydaje się, iż Ethernet będzie wiecznie stosowany. Jego kolejne odmiany dostosowywane są do rosnących możliwości transceiverów i układów przetwarzania sygnałów oraz postępującej technologii produkcji przewodów miedzianych i światłowodowych. W efekcie pomimo wielokrotnego wzrostu ilości danych przesyłanych między komputerami, nowoczesny Ethernet wciąż wydaje się bardzo szybki.

Z użyciem miedzi

Zmiany w technologii przesyłu danych przewodami przez Ethernet prowadzone są równolegle dla medium miedzianego i dla światłowodów. Te pierwsze, choć charakteryzują się gorszymi parametrami niż przewody do transmisji optycznej są tańsze w produkcji i obsłudze, dzięki czemu cieszą się znacznie większą popularnością w zastosowaniach konsumenckich.

Trudno jednoznacznie powiedzieć, który ze standardów wykorzystujących miedzianą skrętkę jest bardziej popularny, czy 100-megabitowy 100BASE-TX, czy gigabitowy 1000BASE-T. Stosowane do nich złącza 8P8C potocznie zwane RJ-45 oraz przewody wyglądają identycznie, a do tego urządzenia zgodne z 1000BASE-T obsługują też 100BASE-TX, dzięki czemu mogą komunikować

się ze starszymi routerami i modułami sieciowymi. W efekcie wielu użytkowników może nawet nie zdawać sobie sprawy z tego, czy korzystają z urządzeń z interfejsami gigabitowymi, czy tylko 100-megabitowymi. W praktyce istotną różnicę dostrzeżemy dopiero przy transmisji dużych ilości danych – np. multimediów. Producenci świadomi tego faktu często w tańszych urządzeniach montują 100-megabitowe interfejsy, licząc na to że klienci nie będą przywiązywać wagi do tego faktu. Tymczasem w przypadku urządzeń automatyki domowej i innych prostych akcesoriów elektronicznych sięganie po sieć gigabitową nie ma praktycznie żadnego uzasadnienia. Zdecydowana większość dostępnych obecnie na rynku ethernetowych modułów elektronicznych przeznaczonych do wbudowywania w urządzenia to modele pracujące w trybie 10/100 Mb/s. Pod względem szybkości transmisji różnią się między sobą głównie tym, czy wspierają tryb *full duplex*, czy tylko *half duplex* oraz ewentualną obsługą autonegociacji trybu komunikacji. W sytuacji, gdy interfejs sieciowy ma posłużyć tylko do prezentacji i obsługi webowego interfejsu użytkownika, do przekazywania ustawień lub wymiany zgromadzonych danych pomiarowych, zastosowanie sieci 100BASE-TX będzie w pełni wystarczające.

Pomimo faktu, że sieć gigabitowa jest wciąż wystarczająca do większości zastosowań konsumenckich i związanych z automatyką, organizacja IEEE zdążyła już opracować standardy 10-, 40- i 100-gigabitowe. 10GBASE-T został zaprezentowany w 2006 roku i wymaga stosowania kabli typu skrętka kategorii 6A, aby móc prowadzić transmisję na odległość do 100 m. Nieco mniej precyzyjnie wykonane kable kategorii 6 stosowane powszechnie w sieciach gigabitowych nie są w stanie przenosić sygnału o paśmie do 500 MHz na tak dużą odległość i w praktyce umożliwiają komunikację na mniej więcej o połowę krótszym dystansie. Warto przy tym

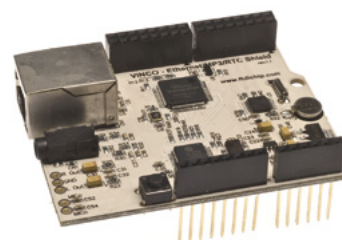
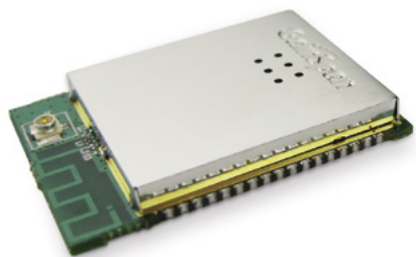


zaznaczyć, że w standardzie 100BASE-TX do transmisji używano tylko dwóch z czterech par skrętki, co niekiedy wykorzystywano (niezgodnie z przeznaczeniem) do prowadzenia równoczesnej komunikacji pomiędzy dwiema parami interfejsów za pomocą jednego kabla. Począwszy od 1000BASE-T, do uzyskania pełnej przepustowości konieczne jest użycie wszystkich czterech par skrętki. Wraz ze wzrostem przepustowości maleją czasy opóźnień transmisji. Dla 1000BASE-T wynosiły one od 1 do 12 μ s, a dla 10GBASE-T wynoszą od 2 do 4 μ s.

Pomimo, że pierwsze układy scalone wspierające standard 10GBASE-T pojawiły się dopiero w 2010 roku, a urządzenia z takimi interfejsami stosowane są jak na razie prawie tylko w przypadku sieci szkieletowych i połączeń pomiędzy routerami, IEEE w latach 2010 i 2011 zaprezentowało finalne wersje standardów 40GBASE-CR4 i 100GBASE-CR10. Trudno jest jednak oceniać, kiedy pojawią się pierwsze komponenty wspierające te standardy.

Z użyciem światła

Równolegle do metod transmisji z użyciem przewodów miedzianych rozwijały się techniki pozwalające na użycie światłowodów. W praktyce to właśnie to drugie medium jest szybciej dostosowywane do wymagań najnowszych standardów. Wynika to z faktu, że choć wykorzystanie światłowodów jest droższe, to mają one lepsze parametry w zakresie transmisji, co pozwala



ZESTAWY STARTOWE



AVT701 Rezystory
Rezystory przewlekane 0,125 - 0,25 W



AVT702 Kondensatory
Kondensatory przewlekane ceramiczne i styrofkosowe



AVT703 Elektrolity
Kondensatory elektrolityczne przewlekane



AVT705 Elementy mechaniczne
Śruby, nakrętki i podkładki w rozmiarze 2,5...4 mm



AVT719 Diody LED
Różne kolory i rozmiary

www.sklep.avt.pl

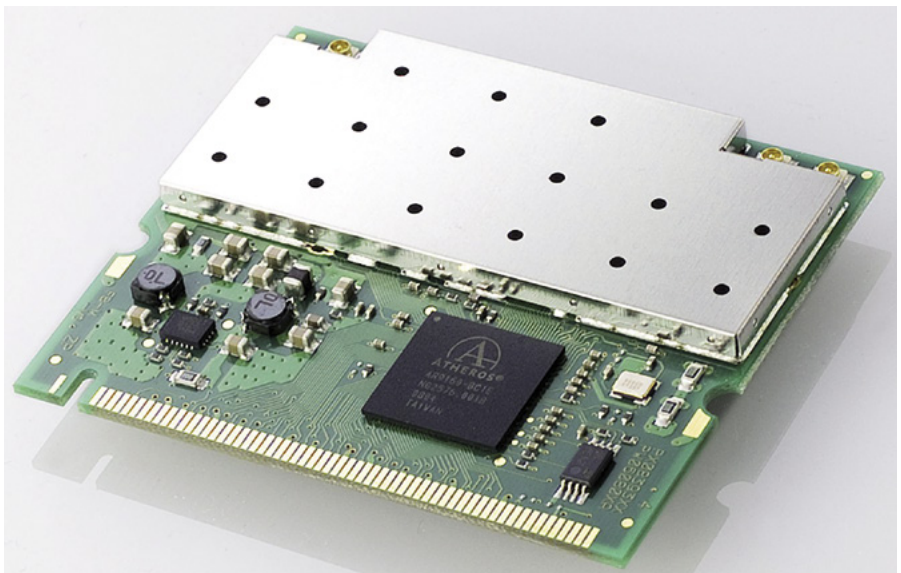
AVT-Korporacja Sp. z o.o., 03-197 Warszawa, ul. Leszczyńska 11,
tel.: 22 257 84 50, fax: 22 257 84 55, e-mail: handlowy@avt.pl

Tabela 1. Tryby transmisji Wi-Fi 802.11n. Wpływ na szybkość przesyłu danych ma m.in. czas odstępu pomiędzy nadawaniem kolejnych symboli (Guard Interval)

Numer MCS	Liczba strumieni	Typ modulacji	Sposób kodowania	Maksymalna przepustowość [Mb/s]			
				Kanał 20 MHz		Kanał 40 MHz	
				GI: 800 ns	GI: 400 ns	GI: 800 ns	GI: 400 ns
0	1	BPSK	1/2	6,5	7,2	13,5	15
1	1	QPSK	1/2	13	14,4	27	30
2	1	QPSK	3/4	19,5	21,7	40,5	45
3	1	16-QAM	1/2	26	28,9	54	60
4	1	16-QAM	3/4	39	43,3	81	90
5	1	64-QAM	2/3	52	57,8	108	120
6	1	64-QAM	3/4	58,5	65	121,5	135
7	1	64-QAM	5/6	65	72,2	135	150
8	2	BPSK	1/2	13	14,4	27	30
9	2	QPSK	1/2	26	28,9	54	60
10	2	QPSK	3/4	39	43,3	81	90
11	2	16-QAM	1/2	52	57,8	108	120
12	2	16-QAM	3/4	78	86,7	162	180
13	2	64-QAM	2/3	104	115,6	216	240
14	2	64-QAM	3/4	117	130	243	270
15	2	64-QAM	5/6	130	144,4	270	300
16	3	BPSK	1/2	19,5	21,7	40,5	45
17	3	QPSK	1/2	39	43,3	81	90
18	3	QPSK	3/4	58,5	65	121,5	135
19	3	16-QAM	1/2	78	86,7	162	180
20	3	16-QAM	3/4	117	130	243	270
21	3	64-QAM	2/3	156	173,3	324	360
22	3	64-QAM	3/4	175,5	195	364,5	405
23	3	64-QAM	5/6	195	216,7	405	450
24	4	BPSK	1/2	26	28,8	54	60
25	4	QPSK	1/2	52	57,6	108	120
26	4	QPSK	3/4	78	86,8	162	180
27	4	16-QAM	1/2	104	115,6	216	240
28	4	16-QAM	3/4	156	173,2	324	360
29	4	64-QAM	2/3	208	231,2	432	480
30	4	64-QAM	3/4	234	260	486	540
31	4	64-QAM	5/6	260	288,8	540	600

łatwiej uzyskiwać wysokie przepustowości lub prowadzić komunikację na duże dystanse. Przykładowo, opracowano wiele odmian gigabitowego Ethernetu przystosowanego do różnego rodzaju światłowodów: wielomodowych i poszczególnych rodzajów włókien

jednomodowych. Umożliwiają one transmisję ethernetową z szybkością 1000 Mb/s na odległość nawet do 70 km (w zależności od wersji). Podobnie ma się sytuacja z Ethernetem o przepustowości 10 Gb/s, którego praktyczne realizacje za pomocą światłowodów



REKLAMA



pozwalają na transmisję nawet na odległość 80 km (w przypadku 10GBASE-ZR. W przypadku Ethernetu 100-gigabitowego największą odległość transmisji ma zapewniać 100GBASE-ER4, który poprzez jednomodowy przewód ma pozwolić na przesył sygnału nawet na 40 km. Obecnie praktyczne implementacje tych technologii są jednak dopiero w fazie testów.

Bezprzewodowo

Nieco inaczej przebiega implementacja standardów bezprzewodowej komunikacji ethernetowej. Tu zapotrzebowanie na gotowe urządzenia przez pewien okres wyprzedzało prace nad standardami. Dobrym przykładem jest dominujący obecnie standard IEEE 802.11n, który oficjalnie został zatwierdzony pod koniec 2009 roku, ale urządzenia zgodne z jego kolejnymi szkicami pojawiały się już kilka lat wcześniej. Standard IEEE 802.11n cieszy się dużą popularnością zarówno w przypadku typowych aplikacji konsumenckich, jak i w sieciach automatyki. Urządzenia zgodne ze starszym standardem: 802.11g, praktycznie nie są już produkowane gdyż nieoptymalnie wykorzystują cenne pasmo transmisyjne, pozwalając teoretycznie na uzyskanie prze-

zostawiając jedynie do 54 Mb/s w kanale o szerokości 20 MHz. Wersja „n” standardu obejmuje jednak bardzo wiele różnych grup szybkości transmisji. Są one najczęściej dynamicznie dobierane do aktualnie panujących warunków. Interfejsy zgodne z IEEE 802.11n mogą pracować w dwóch różnych pasmach częstotliwości: 2,4 GHz i 5 GHz. To pierwsze traktowane jest jako główne i obsługują je wszystkie urządzenia tego typu. Drugie wspierane jest częściej przez nowsze produkty, choć było też implementowane w droższych ze starszych modułów i urządzeń. W praktyce, szczególnie w miastach, w paśmie 2,4 GHz nadaje bardzo wiele różnych urządzeń, w związku z czym taka transmisja napotyka liczne trudności i staje się coraz mniej efektywna. Pasma 5 GHz jest natomiast w znacznie mniejszym stopniu wykorzystane. Wynika to m.in. z faktu, że użytkownicy często nie orientują się w możliwości uruchomienia transmisji na dwóch kanałach jednocześnie lub z racji chęci zapewnienia kompatybilności ze starszym lub tańszym sprzętem, ograniczają się do komunikacji jedynie w paśmie 2,4 GHz.

Większą maksymalną szybkość transmisji niż w przypadku standardu 802.11g uzyskano m.in. poprzez dopuszczenie korzystania z kanałów o szerokości 40 MHz. Ich użycie zmniejsza znacząco liczbę różnych sieci Wi-Fi, które mogą koegzystować w tej samej



przestrzeni. W praktyce routery i punkty dostępowe wyposażone są w funkcję automatycznego dostosowywania szerokości pasma do panujących warunków i mogą dynamicznie określać, czy transmisja będzie odbywać się w kanale 20-, czy 40-megahercowym. W tym drugim przypadku zastosowana modulacja OFDM teoretycznie pozwala na komunikację z szybkością do 150 Mb/s za pomocą jednego strumienia danych.

Twórcy standardu 802.11n świadomi różnorodnych warunków, w jakich przyjdzie pracować urządzeniom bezprzewodowym dopuścili ponadto możliwość trans-

REKLAMA

Smarter wireless. Simply.

Get your household under control

Smart Grids
AMR
WSN
Street lighting
Smart House

Przyjazne bezprzewodowe sieci MESH

- Pierwszy projekt gotowy w kilka chwil
- Aplikacja gotowa w kilka tygodni
- Pobór mocy zaledwie **35 µA w trybie RX**
- iCWP™** – łatwe programowanie przez RF
- Do 65 000 węzłów w sieci, 240 przeskoków
- Wiarygodny, certyfikowany, sprawdzony
- Żadnych opłat licencyjnych

Wszystkie produkty IQRF są dostępne poprzez lokalnych dystrybutorów w Polsce
Ich pełna lista jest dostępna na stronie www.iqrf.org (zakładka Sales).

Projekt "Intelligent House" jest współfinansowany przez Ministerstwo Handlu i Przemysłu Republiki Czeskiej.

MICRORISC s.r.o.
Delnicka 222, 506 01 Jicin, Republika Czeska, UE
tel.: +420 493 538 125
sales@iqrf.org
www.iqrf.org

misji wielu strumieni danych jednocześnie. W tym celu konieczne jest zastosowanie większej liczby anten, tak by sygnał mógł być transmitowany i odbierany wielotorowo (MIMO – Multiple Input, Multiple Output). Teoretycznie dopuszczalne jest tworzenie urządzeń emitujących i odbierających nawet 4 niezależne strumienie danych, co pozwala zwielokrotnić szybkość transmisji nawet do 600 Mb/s. W praktyce jednak tego typu urządzenia nie są jeszcze produkowane, a ponadto skuteczność tego typu rozwiązań jest mała. Najszybsze obecnie produkowane routery, punkty dostępowe i moduły sieciowe mają po trzy anteny, a więc mogą korzystać z transmisji 3-torowej, teoretycznie ograniczając przepustowość do 450 Mb/s. W praktyce jednak taka szybkość komunikacji nie jest uzyskiwana i nawet na krótkich odległościach nie przekracza 150 Mb/s a najczęściej ledwo dochodzi do 80 Mb/s, już przy zastosowaniu równoległych strumieni danych.

Mechanizm transmisji wielu strumieni danych jest o tyle wygodny, że pozwala twórcom sprzętu łatwo pozycjonować swoje produkty tworząc mniej i bardziej zaawansowane ich wersje poprzez wyposażanie ich w dodatkowe anteny. Początkowo dominowały rozwiązania takie jak np. 2T3R, które pozwalały na dwustronną komunika-

cję z teoretyczną szybkością do 300 Mb/s, ale następnie na rynku zaczęły pojawiać się tańsze, często mniejsze moduły i karty sieciowe wyposażone w pojedynczą antenę nadawczo-odbiorczą, a ostatnio także dosyć drogie urządzenia 3T3R (do 450 Mb/s).

Przewagą standardu 802.11n nad starszymi odmianami Wi-Fi miał być też większy zasięg transmisji ale w praktyce trudno to potwierdzić. Wydaje się bowiem, że producenci sprzętu koncentrują się na zapewnieniu jak najszybszej transmisji na obszarze typowego mieszkania, a ewentualne wydłużenie zasięgu komunikacji musi odbywać się z użyciem dodatkowych anten kierunkowych. Dostępne tryby transmisji zebrano w tabeli 1.

IEEE 802.11ac

Jesienią ubiegłego roku organizacja IEEE zaprezentowała szkic rozwinięcia starego i mało popularnego standardu 802.11a, nazywanego 802.11ac. Opisuje on jedynie transmisję na częstotliwości 5 GHz ale w kanałach o szerokości 20, 40, 80 i 160 MHz. Przy zastosowaniu 160-megahercowych kanałów i modulacji 256QAM, IEEE 802.11ac ma pozwolić na transmisję z szybkością do 867 Mb/s na strumień, a maksymalna liczba jednoczesnych strumieni ma wynosić nawet 8. Obsługa 160-megahercowych kanałów ma być jednak opcjonalna, a obecnie na rynku pojawiają się dopiero pierwsze urządzenia konsumenckie zdolne do transmisji z szybkością do 867 Mb/s lub 1,73 Gb/s. Dostępne tryby transmisji pojedynczego strumienia zebrano w tabeli 2.



do Internetu. IPv6 rozwiązuje ten problem poprzez zwiększenie długości adresu z 32 bitów do 128 bitów. Ponadto zawiera uproszczony nagłówek oraz ułatwia wprowadzanie ewentualnych rozszerzeń oraz obsługę klas usług i QoS.

IPv6 nie jest kompatybilny z IPv4, ale ze względu na dużą liczbę urządzeń starszego typu opracowano mechanizm automatycznych tuneli 6to4, które pozwalają na podłączenie urządzeń z adresem IPv4 do sieci IPv6. Tunelowanie to polega na pakowaniu pakietów IPv6 w pakietu IPv4, które następnie są rozpakowywane przez urządzenia obsługujące oba standardy i przesyłane w sieci IPv6 już bez „opakowania”. Ze względów praktycznych zaleca się jednak, by nowoprojektowane urządzenia ethernetowe, które mają być bezpośrednio podłączone do Internetu natywnie obsługiwały już protokół IPv6.

Marcin Karbowiczek, EP



Nowe IPv6

Zmiany w technikach ethernetowych obejmują nie tylko warstwę fizyczną, ale też warstwę sieciową. W ostatnim czasie odświeżono protokół IP zastępując go wersją IPv6. Było to konieczne ze względu na szybki rozrost Internetu. Dostępna numeracja IPv4 uniemożliwiała dalszy rozwój sieci, gdyż po prostu zaczęły się kończyć dostępne numery IP, które można było przydzielać urządzeniom bezpośrednio podłączonym

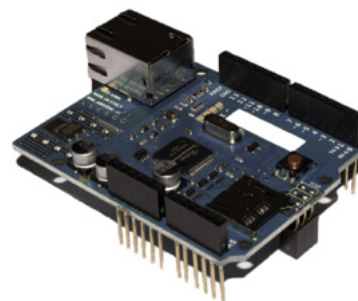


Tabela 2. Jednotorowe tryby transmisji nowego szkicu standardu Wi-Fi 802.11ac

Teoretyczna maksymalna przepustowość pojedynczego strumienia [Mb/s]										
Numer MCS	Typ modulacji	Sposób kodowania	Kanał 20 MHz		Kanał 40 MHz		Kanał 80 MHz		Kanał 160 MHz	
			GI: 800 ns	GI: 400 ns	GI: 800 ns	GI: 400 ns	GI: 800 ns	GI: 400 ns	GI: 800 ns	GI: 400 ns
0	BPSK	1/2	6,5	7,2	13,5	15	29,3	32,5	58,5	65
1	QPSK	1/2	13	14,4	27	30	58,5	65	117	130
2	QPSK	3/4	19,5	21,7	40,5	45	87,8	97,5	175,5	195
3	16-QAM	1/2	26	28,9	54	60	117	130	234	260
4	16-QAM	3/4	39	43,3	81	90	175,5	195	351	390
5	64-QAM	2/3	52	57,8	108	120	234	260	468	520
6	64-QAM	3/4	58,5	65	121,5	135	263,3	292,5	526,5	585
7	64-QAM	5/6	65	72,2	135	150	292,5	325	585	650
8	256-QAM	3/4	78	86,7	162	180	351	390	702	780
9	256-QAM	5/6	n.d.	n.d.	180	200	390	433,3	780	866,7