

Dariusz CABAN

Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej, PAN

Bartłomiej ZIELIŃSKI

Politechnika Śląska, Instytut Informatyki

ŁĄCZA BEZPRZEWODOWE W SIECIACH POLOWYCH

Streszczenie. Dokonano klasyfikacji stosowanych urządzeń do transmisji bezprzewodowej. Krótko opisano wybrane rozwiązania. Omówiono możliwości zastosowania transmisji bezprzewodowej w sieciach przemysłowych oraz prowadzone w świecie prace standaryzacyjne w tym zakresie.

WIRELESS LINKS IN FIELDBUS NETWORKS

Summary. A classification of wireless data transmission devices has been made. Selected solutions have been shortly described. Wireless transmission application possibilities in fieldbus networks and standarization works have been discussed.

1. Wprowadzenie

Stosowana w klasycznych rozwiązaniach systemów pomiarowo-kontrolnych architektura multiplekserowa praktycznie straciła już znaczenie na rzecz architektury sieciowej. Do wad architektury multiplekserowej zaliczano między innymi wysoki koszt okablowania sprzęgającego urządzenia wejścia/wyjścia z centralną jednostką sterującą oraz trudności w rozbudowie czy modyfikacji systemu. Dla zmniejszenia kosztów okablowania oraz zwiększenia elastyczności systemu opracowano szeregowo łącza komunikacyjne, umożliwiające połączenie wspólnym nośnikiem transmisyjnym wielu urządzeń. W początkowej fazie rozwoju architektury sieciowej przetwarzanie informacji dla realizacji zadań pomiarowo-kontrolnych systemu pozostawało jednak dalej skupione w jednym punkcie, jak to miało miejsce w architekturze multiplekserowej. Wzrastająca moc obliczeniowa mikroprocesorów, przy jednoczesnym

zmniejszaniu się ich ceny, pozwoliła to przetwarzanie rozproszyć, zwiększając zarazem wydajność i niezawodność systemu.

Szeregowe łącza komunikacyjne przeznaczone do zastosowań w systemach pomiarowo-kontrolnych noszą nazwę sieci polowych. Istnieje szereg rozwiązań takich sieci, jednak większość producentów opracowała własne standardy komunikacyjne. Niektóre z nich zyskały dużą popularność, stając się z biegiem czasu standardami krajowymi (PROFIBUS, Interbus, WorldFIP, P-NET), międzynarodowymi standardami *de facto* (MODBUS, Arcnet, od 1992 roku standard ANSI 878.1) czy też międzynarodowymi standardami *de iure* (Bitbus, CAN). Tak duża różnorodność rozwiązań sieci polowych stanowi jednak, paradoksalnie, wadę architektury sieciowej. Brak jednolitego standardu komunikacyjnego utrudnia łączenie w sieci urządzeń pochodzących od różnych producentów. Prowadzone prace nad takim standardem (IEC Fieldbus) dalekie są jeszcze do ukończenia.

Informacje na temat sieci polowych można znaleźć w wielu pozycjach literaturowych (np. [1, 2, 3]), jak również w sieci Internet. Istniejące rozwiązania sieci polowych wykorzystują w warstwie fizycznej przewodowe nośniki transmisyjne. W ostatnich latach obserwuje się jednak dynamiczny rozwój środków transmisji bezprzewodowej. W artykule zostaną wskazane możliwości ich zastosowań w sieciach polowych.

2. Urządzenia transmisji bezprzewodowej

Jednym z kryteriów podziału dostępnych na rynku urządzeń transmisji bezprzewodowej jest ich przeznaczenie [4]. Zgodnie z tym kryterium wyróżniamy urządzenia:

- służące do realizacji węzłów sieci bezprzewodowej, czyli urządzenia transmisji danych DCE, współpracujące z urządzeniami końcowymi dla danych DTE,
- służące do organizacji współpracy segmentów przewodowych i bezprzewodowych sieci – tzw. punkty dostępu,
- służące do połączenia odległych segmentów sieci przewodowych – tzw. mosty.

Punkty dostępu oraz mosty, oferowane na rynku, są z reguły urządzeniami specjalizowanymi, dostosowanymi do współpracy z sieciami lokalnymi typu Ethernet (najczęściej) bądź Token Ring. Wyjątek od tej reguły stanowi WaveCAN – most sprzęgający odległe segmenty sieci CAN. W przypadku gdy istnieje potrzeba realizacji punktu dostępu czy też mostu w sieci innego typu, użytkownik może sam zestawić takie urządzenie, korzystając z urządzeń DCE, układów antenowych i odpowiedniego oprogramowania. Dlatego też w dalszej części artykułu zostaną uwzględnione jedynie urządzenia DCE.

Urządzenie końcowe DTE może komunikować się z urządzeniem DCE poprzez łącze szeregowe, łącze równoległe lub za pośrednictwem swojej wewnętrznej magistrali systemo-

wej; najczęściej stosowany jest interfejs RS-232C. Innym kryterium podziału urządzeń DCE jest zakres usług przez nie świadczonych na rzecz DTE, czyli liczba zaimplementowanych w urządzeniu warstw modelu odniesienia OSI/ISO. Według tego kryterium można podzielić je na realizujące:

- protokół warstwy fizycznej,
- protokół warstwy fizycznej i pełny lub niepełny protokół warstwy liniowej.

Do pierwszej grupy należą modemy, w torach transmisyjnych tych urządzeń stosowane są fale radiowe i podczerwone. Do drugiej grupy urządzeń należą kontrolery pakietowe oraz karty sieciowe LAN. Dostępne na rynku kontrolery pakietowe to urządzenia radiowe, natomiast do realizacji bezprzewodowych LAN wykorzystuje się zarówno fale radiowe, jak i podczerwone.

Modem zatem zamienia tylko dane cyfrowe napływające z DTE na postać dostosowaną do właściwości nośnika bezprzewodowego i na odwrót. Kontroler pakietowy zestawia z tych danych pakiety przed rozpoczęciem transmisji przez tor bezprzewodowy, natomiast karty sieciowe LAN transmitują pakiety już przez DTE przygotowane.

Prędkość transmisji w torze bezprzewodowym zależy od szerokości kanału częstotliwościowego. W wąskopasmowych systemach radiowych szerokość ta jest regulowana odpowiednimi przepisami i wynosi typowo 12.5 lub 25 kHz. Wynika z tego maksymalna prędkość transmisji przy danej szerokości kanału – wynosi ona odpowiednio 9.6 lub 19.2 kb/s. W systemach radiowych z widmem rozproszonym wykorzystuje się kanały o szerokości znacznie większej niż wymagana prędkość transmisji, dochodząca w tych systemach do kilku Mb/s. Szerokość kanału w systemach stosujących podczerwień nie podlega żadnym ograniczeniom prawnym, wyznacza ją przyjęta prędkość transmisji.

Przepisy określają również pasma częstotliwościowe, z których mogą zostać wydzielone kanały dla systemów radiowych. Planując użytkowanie urządzeń transmisji radiowej należy najpierw uzyskać przydział kanału (kanałów) od agencji rządowej odpowiedzialnej za gospodarkę widmem elektromagnetycznym – w Polsce jest to Państwowa Agencja Radiokomunikacyjna, dopiero później przystąpić do zakupu sprzętu. Bez zezwolenia PAR można do transmisji danych cyfrowych użytkować urządzenia nadawczo-odbiorcze o mocy do 20 mW i częstotliwości do 800 MHz [5]. Należy pamiętać również o tym, że urządzenie powinno posiadać homologację Ministerstwa Łączności.

W niektórych krajach dostępne są pasma częstotliwości radiowych, przeznaczone do swobodnego wykorzystania dla celów transmisji danych w zastosowaniach przemysłowych, naukowych i medycznych. Pracujące w tych pasmach urządzenia muszą stosować widmo rozproszone [6]. Pasma te oznaczane są jako ISM (ang. *Industrial, Scientific & Medical*), a ich granice są następujące:

- 902 ÷ 928 MHz (USA),
- 2.4 ÷ 2.4835 GHz (USA, Europa Zachodna, Japonia),
- 5.725 ÷ 5.85 GHz (USA).

W Polsce, jak do tej pory, pasm takich nie wydzielono, poza tym stosowanie urządzeń z widmem rozproszonym jest niedozwolone.

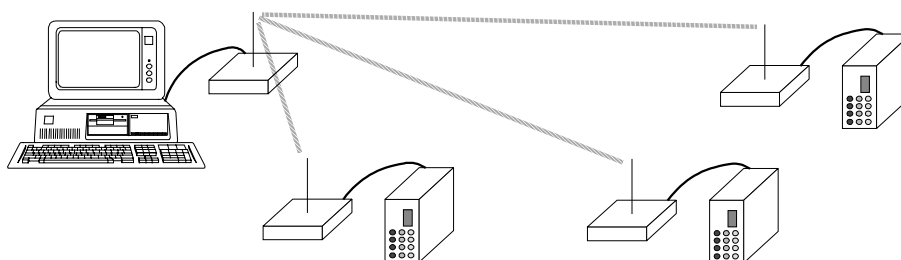
Charakterystyki modemów i kontrolerów pakietowych można znaleźć w [4]. Dostępne urządzenia dla realizacji warstwy fizycznej bezprzewodowych sieci lokalnych wykorzystują fale radiowe z dwóch pierwszych spośród wymienionych pasm ISM (tj. 902 ÷ 928 MHz i 2.4 ÷ 2.4835 GHz) oraz pasmo 18 ÷ 19 GHz, a także promieniowanie optyczne z zakresu bliskiej podczerwieni (około 800 ÷ 900 nm). Zasięg transmisji jest bardzo zróżnicowany i wynosi od kilkunastu metrów w przestrzeni zamkniętej (np. wewnątrz budynków) do kilkuset metrów w terenie otwartym. Prędkości transmisji są duże i wynoszą 1 ÷ 16 Mb/s. Karty bezprzewodowych sieci lokalnych produkowane są jako moduły rozszerzeń dla komputerów, wyposażonych w magistrale ISA, PCMCIA lub MicroChannel. Szersze omówienie tych rozwiązań można znaleźć w pracach [6, 7].

3. Zastosowanie łącz bezprzewodowych w sieciach polowych

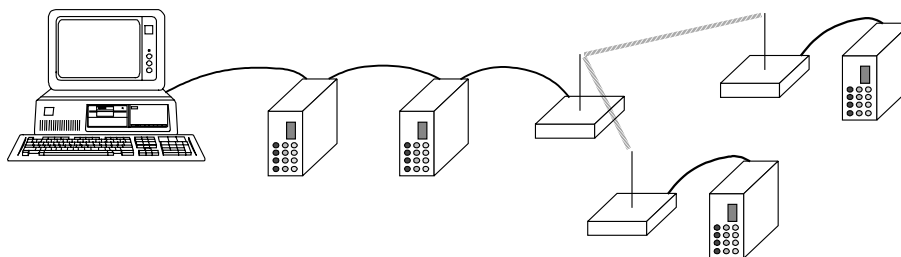
Najprostsze sieci polowe wykorzystują asynchroniczną transmisję znakową zgodną ze standardem RS-232C. Do grupy tej można zaliczyć sieci, w których warstwa fizyczna jest także zgodna z tym standardem (np. Modbus), a także sieci, realizowane w oparciu o inne standardy, najczęściej RS-485 (np. Profibus, P-NET). W sieciach takich można stosunkowo łatwo zrealizować:

- sieć w pełni bezprzewodową,
- punkt dostępu dla stacji wyposażonych jedynie w łącze bezprzewodowe,
- most bezprzewodowy, sprzęgający przewodowe segmenty sieci.

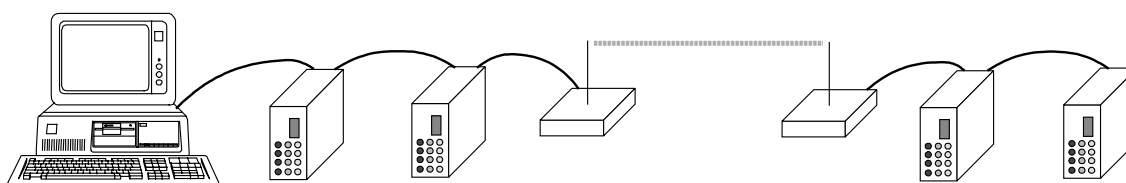
Wymienione konfiguracje przedstawione są odpowiednio na rys. 1, 2 i 3 [7].



Rys. 1. Sieć w pełni bezprzewodowa
Fig. 1. A wireless network



Rys. 2. Punkt dostępu dla stacji bezprzewodowych
Fig. 2. An access point for wireless stations



Rys. 3. Most bezprzewodowy łączący dwa segmenty sieci
Fig. 3. Wireless bridge connecting two network segments

Jako urządzenia do transmisji bezprzewodowej można w tym przypadku zastosować radiomodemy oraz kontrolery pakietowe. Dla sieci, w których warstwa fizyczna oparta jest na standardzie RS-485, można wykorzystać urządzenia pracujące zgodnie z tym standardem. Można też wykorzystać urządzenia, zgodne elektrycznie ze standardem RS-232C; w tym przypadku konieczne jest połączenie ich z siecią za pośrednictwem konwertera poziomów napięć RS-232C/RS-485. Przykład rozwiązania transmisji bezprzewodowej dla tej grupy sieci opisany został w [9, 10, 11].

Należy podkreślić, że w rozważanych sieciach stosowane są z reguły niskie prędkości transmisji (najczęściej kilkanaście do kilkudziesięciu kb/s), co uzasadnia użycie łączy bezprzewodowych o niskiej prędkości transmisji, a tylko takie można uzyskać w przypadku radiomodemów i kontrolerów pakietowych. Do tej grupy sieci polowych zalicza się także projektowana w Instytucie Informatyki Politechniki śląskiej hierarchiczna sieć polowa sterowana rozkazami języka SCPI, sprzęgająca urządzenia pomiarowo-kontrolne wyposażone w interfejs RS-232C i programowane w tym języku. Zastosowanie urządzeń transmisji bezprzewodowej dla realizacji segmentów i mostów w tej sieci zostało omówione w pracy [4].

W sieci Modbus Plus istnieje możliwość dołączenia urządzeń, wyposażonych jedynie w interfejs RS-232C. Urządzenia te mogą posługiwać się protokołem transmisyjnym sieci Modbus lub dowolnym innym protokołem. W sieci Modbus Plus można zatem zrealizować łącza bezprzewodowe na podobnych zasadach jak dla sieci Modbus. Należy jednak zaznaczyć, iż będzie ono charakteryzować się niższą prędkością transmisji.

Pozostałe sieci polowe charakteryzują się znacznie większymi prędkościami transmisji bądź też większą złożonością protokołu transmisyjnego, czy złożonymi algorytmami kodowania. Do grupy tej można zaliczyć takie sieci, jak np. Modbus Plus, Bitbus, CAN, Arcnet, FIP, Token Bus czy Fieldbus. Realizacja interfejsu współpracującego z taką siecią, w przeciwieństwie do interfejsu zgodnego ze standardem RS-232C, jest trudna i czasochłonna, charakteryzuje się też wysokim kosztem. Ponadto wskazane jest zastosowanie łącza bezprzewodowego o prędkości transmisji zbliżonej do prędkości wykorzystywanej w łączy przewodowym. Dlatego też wprowadzenie segmentu bezprzewodowego do takiej sieci powinno się opierać na dostępnych w handlu kartach interfejsu sieci przemysłowej oraz kartach transmisji bezprzewodowej. Jako bazę sprzętową można wykorzystać komputer klasy IBM PC, dla którego istnieje wiele kart rozszerzeń, realizujących wspomniane interfejsy.

Istnieją także rozwiązania dedykowane dla konkretnego typu sieci. Jako przykładowe można wymienić:

- most bezprzewodowy dla sieci CAN (WaveCAN) [12],
- układ radiowego nadajnika-odbiornika dla sieci LonWorks [13],
- bezprzewodowe rozszerzenie dla sieci FIP [14].

4. Prace standaryzacyjne w zakresie łączy bezprzewodowych dla sieci polowych

Od kilku lat prowadzone są przez grupę roboczą nr 6 komitetu IEC/65C prace nad rozszerzeniem standardu IEC 1158-2 pt. *"Fieldbus standard for use in industrial control systems. Part 2. Physical layer specification and service definition"* o łącza bezprzewodowe. W opublikowanym w styczniu 1996 roku dokumencie *"Fieldbus: Draft Amendment No 3 to IEC 1158-2"* zamieszczono specyfikację warstwy fizycznej radiowej sieci polowej małej szybkości. Docelowo dokument ten będzie częścią drugiego wydania normy IEC 1158-2.

Przy formułowaniu zaleceń dla warstwy poczyniono następujące założenia:

- prędkość transmisji – 4800 b/s;
- mała moc nadawania;
- kanały o szerokości 12.5 kHz z pasm VHF/UHF;
- rozsiewczy charakter transmisji;
- architektura radiowych sieci polowych:
 - * sieć całkowicie bezprzewodowa; pojedyncza taka sieć stanowi komórkę (ang. *cell*), sieci w sąsiadujących komórkach powinny pracować na różnych częstotliwościach; wyróżniono trzy rozmiary komórek: 40 m, 400 m oraz 4000 m,

- * most bezprzewodowy dla połączenia dwóch przewodowych segmentów sieci polowych.

Warstwa fizyczna udostępnia warstwie liniowej usługę przesłania pakietu danych o długości $24 \div 300$ bajtów. Przed rozpoczęciem transmisji przez łącze bezprzewodowe pakiet dzielony jest na bloki po 5 bajtów; jeśli długość pakietu nie jest całkowitą wielokrotnością rozmiaru bloku, ostatni blok pakietu zostaje uzupełniony do wymaganej długości tzw. pustymi bajtami. Blok, rozszerzony o ciąg synchronizacyjny, informację organizacyjną i sumę kontrolną CRC, stanowi ramkę kodową. Po stronie odbiorczej następuje odtworzenie pakietu z odebranych ramek kodowych i przekazanie go warstwie liniowej.

Transmisja odbywa się z użyciem modulacji GMSK (ang. *Gaussian Minimum Shift Keying*). Założono również, że prędkość na styku DTE-DCE musi być równa prędkości w łączu bezprzewodowym.

Dalsze prace standaryzacyjne będą zmierzać w kierunku zwiększenia prędkości transmisji do wartości 31.25 kb/s, 1 Mb/s oraz 2.5 Mb/s, a więc prędkości stosowanych w przewodowych sieciach polowych. Dla realizacji sieci radiowej pracującej z prędkością 31.25 kb/s planuje się wykorzystanie kanałów o szerokości 12.5 kHz z pasm VHF/UHF, natomiast dla prędkości wyższych – pasm ISM i technologii rozproszonego widma (ang. *spread spectrum*).

5. Zakończenie

Transmisja bezprzewodowa może być stosowana w sieciach polowych w pewnych przypadkach, np. wtedy, gdy użycie łącza przewodowego nie jest możliwe z powodów technicznych bądź też jako alternatywa dla łączy przewodowych. Integracja przewodowego i bezprzewodowego segmentu sieci stanowi interesujące zagadnienie badawcze [9], istnieje także szereg ciekawych zastosowań dla łączności bezprzewodowej, także w systemach pomiarowo-kontrolnych [7, 15].

Należy jednak podkreślić, że obowiązujące w Polsce przepisy uniemożliwiają stosowanie sieci bezprzewodowych na szeroką skalę. Przykładowo, uzyskanie prędkości transmisji 1 Mb/s i 2.5 Mb/s zgodnie z wymogami standardu Fieldbus jest niezgodne z polskimi przepisami, dotyczącymi gospodarki częstotliwościami.

LITERATURA

- [1] Jordan J. R.: Serial networked field instrumentation. John Wiley & Sons, 1995.
- [2] Mielczarek W.: Szeregowe interfejsy cyfrowe. Helion, Gliwice 1993.
- [3] Pimentel J. R.: Communication architectures for fieldbus networks. Control Engineering, October 1989.
- [4] Caban D.: Łącze bezprzewodowe dla rozproszonego węzła hierarchicznej sieci polowej sterowanej rozkazami języka SCPI. ZN Pol. Śl. s. Informatyka z. 34, Gliwice 1998.
- [5] Rozporządzenie Ministra Łączności z 26 września 1995 roku w sprawie zwolnienia z obowiązku uzyskiwania koncesji oraz zezwoleń telekomunikacyjnych, Dziennik Ustaw nr 118, poz. 571, 18 października 1995.
- [6] Caban D., Małysiak H., Zieliński B.: Możliwości realizacji bezprzewodowych segmentów sieci komputerowych. ZN Pol. Śl. s. Informatyka z. 30, Gliwice 1996, http://zeus.polsl.gliwice.pl/~bmw/archive/wl_segm.zip.
- [7] Małysiak H., Caban D., Zieliński B.: Bezprzewodowe media komunikacyjne. Etap 2: Zasady stosowania transmisji bezprzewodowej w systemach CIM. PBZ-31-05. IITiS PAN, Gliwice 1996.
- [8] Nemzow M.: Implementing wireless networks, McGraw-Hill, 1995.
- [9] 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>.
- [10] Caban D., Fojcik M., Małysiak H., Zieliński B.: System transmisji radiowej dla sieci przemysłowych. ZN Pol. Śl. s. Informatyka z. 32, Gliwice 1997. http://zeus.polsl.gliwice.pl/~bmw/archive/wl_modb.zip.
- [11] Małysiak H., Caban D., Zieliński B., Fojcik M.: Bezprzewodowe media komunikacyjne. Etap 5: Realizacja i badanie współpracy segmentów przewodowych i bezprzewodowych sieci CIM. PBZ-31-05. IITiS PAN, Gliwice 1996.
- [12] WaveCAN - the CAN radio link. <http://www.kvaser.se/products/own/wavecan.htm>.
- [13] RFT433 – Radio Frequency Transceivers for Lonworks. Fraunhofer Institute IIS-A, <http://www.iis.fhg.de/departs/telekom/products/rft433.html>.
- [14] Morel P., Muralt R., Decotignie J.-D.: A Wireless Extension for Fieldbus. Proceedings of the AIAI'95, Nancy, France, 7-9.06.1995, <http://litwww.epfl.ch/~morel/paper/aiai'95.pdf>.

- [15] 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.

Recenzent: Dr inż. Andrzej Błonarowicz

Wpłynęło do Redakcji 17 grudnia 1997 r.

Abstract

Multiplexer structure applied in classical control systems is being nowadays replaced by network structure. Increasing processing power allows to distribute the tasks. Several field-bus standards exist to connect between the processing units, however, standarization works are in progress.

There are many types of wireless transmission devices. The most popular are wireless LAN adapters, radiomodems and packet controllers. The difference between them is in the way how data is processed between and during transmission.

Wireless transmission devices may be used to create a wireless network or to create a wireless segment of wired network. Possible configurations are shown on Fig. 1 to 3. In the simple fieldbuses which are based on RS-232C standard (eg. Modbus) any of these configurations can be easily realized with use of radiomodems or packet controllers. If the network is more complicated or the required transmission speed is higher, LAN cards and more powerful processors should be used instead. There are few solutions for wireless transmission in the networks like LonWorks, CAN or FIP.

A possibility of wireless transmission is also included in the FieldBus international standard. Nowadays, only the low speed radio network is standarized, however, it is planned to include higher speed solutions as well.