

Zygmunt STRZYŻAKOWSKI¹
Katarzyna KWIECIEN²

SYSTEMY RADIOWEGO GROMADZENIA INFORMACJI DLA FIRM LOGISTYCZNYCH

Artykuł przedstawia wybrane rozwiązania radiowych systemów gromadzenia informacji dla potrzeb firm logistycznych. Omówiono w nim standardy bezprzewodowych sieci lokalnych IEEE 802.11 oraz HiPeRLAN oraz technologie Narrow Band, Spread Spectrum oraz RFID.

RADIO SYSTEMS COLLECTION OF INFORMATION FOR LOGISTICS

This article presents selected solutions for radio systems for collecting information for logistics. Discussed in the wireless local area network standards IEEE 802.11 and HiperLAN and Narrow Band technology, Spread spectrum and RFID.

1. WSTĘP

Systemy radiowego gromadzenia danych umożliwiają zbieranie informacji o procesach zachodzących w przedsiębiorstwie i pośredniczą w dostarczaniu danych do systemu informacyjnego firmy. Posługując się radiowymi terminalami komputerowymi pracownicy przedsiębiorstwa są na bieżąco informowani o zadaniach do wykonania i mogą potwierdzić ich realizację bezpośrednio po zakończeniu pracy. Dzięki takiemu sposobowi funkcjonowania następuje likwidacja luki informacyjnej występującej często w przedsiębiorstwach.

Przedstawione w pracy wybrane rozwiązania radiowych systemów gromadzenia danych wspierają prace przy tworzeniu sieci transmisji danych w obiektach magazynowych oraz zbierania informacji o procesach zachodzących w firmach logistycznych. Standardy bezprzewodowych sieci lokalnych IEEE 802.11 oraz HiPeRLAN o wyższych prędkościach transmisji w porównaniu do bezprzewodowych sieci rozległych GSM i Tetra omówiono w niniejszej pracy. Dodatkowo przedstawiono wspierający system radiowego gromadzenia danych technologię system kodów kreskowych. Wdrożenie systemu RF/DC w przedsiębiorstwie oraz współpraca z systemami klasy ERP/MRP II korzystnie wpływa na efektywność funkcjonowania systemu zarządzania przedsiębiorstwem.

¹ Politechnika Radomska, z.strzyzakowski@pr.radom.pl

² Politechnika Radomska, kgkwieciem@wp.pl

2. RADIOWY SYSTEM TRANSMISYJNY

W celu wykorzystania fal radiowych do transmisji danych cyfrowych konieczne jest przetworzenie tych danych na postać akceptowalną przez odpowiednie systemy transmisyjne z wykorzystaniem techniki modulacji. Modulacja polega na modyfikacji przebiegu nośnego wielkiej częstotliwości za pomocą sygnału informacyjnego małej częstotliwości. Falę nośną opisuje równanie:

$$S(t) = A(t) \sin[2\pi f(t) + \Phi(t)] \quad (1)$$

gdzie: $S(t)$ - modulowany sygnał nośny,

$A(t)$ - amplituda,

$f(t)$ - częstotliwość,

$\Phi(t)$ - faza.

W zależności od tego, który z parametrów przebiegu nośnego jest modyfikowany sygnałem informacyjnym, wyróżnia się modulacje amplitudy (AM), częstotliwości (FM) i fazy (PM).

Do transmisji danych cyfrowych wykorzystuje się najczęściej fale radiowe z zakresów VHF (30 - 300 MHz), UHF (300 - 3000 MHz) oraz z zakresu SHF (3 - 30 GHz - rzadziej wykorzystywane). Fale z zakresu UHF nadają się znacznie lepiej niż VHF do realizacji transmisji radiowej w budynkach fabrycznych, ponieważ zakłócenia elektromagnetyczne, charakterystyczne dla tego środowiska, o wiele bardziej wpływają na częstotliwości poniżej 1 GHz. W zależności od posiadanego sprzętu do transmisji radiowej, można uzyskać prędkości od kilku kb/s do kilkunastu Mb/s.

Projektując cyfrowy system radiokomunikacyjny należy dokonać wyboru:

- częstotliwości nośnej określonej wzorem:

$$f[\text{Hz}] = \frac{R}{V_m} \quad (2)$$

gdzie: $R[\text{b/s}]$ - żądana szybkość transmisji,

V_m - względna szybkość wybranej metody modulacji,

- szerokości pasma:

$$w[\text{Hz}] = \frac{R}{2} \quad (3)$$

Ze względu na przyjęte w radiofonii założenie nie jest możliwy swobodny dobór częstotliwości nośnej oraz pasma transmisji. Przydziałem pasm zajmuje się w Polsce Państwowa Agencja Radiokomunikacyjna (PAR).

Na częstotliwość nośnej oraz szerokość pasma wpływ ma rodzaj modulacji. Każda metoda modulacji charakteryzuje się efektywnością widmową (max liczbą bitów przesyłanych w jednostce czasu przy określonej szerokości pasma). Tabela 1 podaje wartość tego parametru dla najczęściej używanych metod modulacji.

Tab. 1. Względne szybkości wybranych metod modulacji[7]

| Typ | Metoda modulacji | Szybkość [b/s/Hz] |
|-------|--|-------------------|
| AM | OOK (kluczowanie amplitudy) - detekcja koherentna | 0,80 |
| | QAM (4- wartościowa modulacja amplitudy) | 1,70 |
| | QPR (4-wartościowa modulacja o częściowej odpowiedzi) | 2,25 |
| FM | FSK (kluczowanie z przesuwem częstotliwości) – detekcja niekoherentna | 0,80 |
| | CP-FSK (kluczowanie z przesuwem częstotliwości o ciągłej fazie) - detekcja niekoherentna | 1,00 |
| | MSK (szybkie kluczowanie z przesuwem częstotliwości) | 1,90 |
| | DE-MSK (szybkie kluczowanie z przesuwem częstotliwości kodowane różnicowe) | 1,90 |
| PM | BPSK (binarne kluczowanie z przesuwem fazy) - detekcja koherentna | 0,80 |
| | DE-BPSK (binarne kluczowanie z przesuwem fazy kodowane różnicowo) | 0,80 |
| | DPSK (różnicowe kluczowanie z przesuwem fazy) | 0,80 |
| | QPSK (4-wartościowe kluczowanie z przesuwem fazy) | 1,90 |
| | DQPSK (różnicowe 4-wartościowe kluczowanie z przesuwem fazy) | 1,80 |
| | 8-F PSK (8-wartościowe kluczowanie z przesuwem fazy) - detekcja koherentna | 2,60 |
| | 16-F PSK (16- wartościowe kluczowanie z przesuwem fazy) - detekcja koherentna | 2,90 |
| AM/PM | 16-F APK (16-wartościowe kluczowanie z przesuwem amplitudy i fazy) | 3,10 |

Kolejnym istotnym parametrem jest moc nadajnika, która zależy przede wszystkim od pożądanego zasięgu transmisji, lecz także od ukształtowania terenu, na którym planuje się rozmieszczenie sieci radiowej oraz parametrów stosowanych anten.

3. PORÓWNANIE STANDARDÓW TRANSMISJI RADIOWEJ IEEE 802.11 ORAZ HIPERLAN

Bezprzewodowe sieci lokalne oferują znacznie wyższe prędkości transmisji (rzędu 1-20 Mb/s) niż sieci rozległe, jednak zasięg ich działania jest dość ograniczony. IEEE 802.11 i HiPeLAN stanowią standardy bezprzewodowych sieci lokalnych.

Standard IEEE 802.11 określa zasady pracy urządzeń do transmisji bezprzewodowej w sieciach lokalnych. Standard HiPeLAN zapewnia dużą prędkość transmisji, umożliwiającą zastosowanie ich w aplikacjach multimedialnych. Podobnie jak standard

IEEE 802.11, także HiPeRLAN przewiduje możliwość tworzenia zarówno sieci stałych, będących rozszerzeniem sieci przewodowej, jak i sieci tymczasowych.

W standardzie IEEE 802.11 przewidziano możliwość tworzenia dwóch konfiguracji sieci bezprzewodowych: tymczasowej i stacjonarnej.

Do zestawienia połączenia tymczasowego (ad-hoc) pomiędzy nawet kilkoma komputerami wystarczy wyposażenie ich w bezprzewodowe karty sieciowe. Aktywacji trybu pracy ad-hoc można dokonać na dwa sposoby: bezpośrednio w sterowniku karty sieciowej bądź też poprzez aplikację zarządzającą. Niestety, wraz ze wzrostem odległości między punktami sieci ad-hoc maleje transfer danych, gdyż większość modeli kart sieciowych (zwłaszcza PCMCIA) jest wyposażona w zbyt słabe nadajniki anteny. Zdarza się, że utrzymanie nieprzerwanego połączenia pomiędzy komputerami znajdującymi się nawet w sąsiednich pokojach jest niemożliwe. Innym problemem jest pojemność sieci ad-hoc. W zależności od rodzaju użytych kart sieciowych może się ona składać ze 156 lub 256 stacji roboczych, choć w praktyce nie powinno ich być więcej niż 25-30.

Łączność bezprzewodowa stacjonarna za pośrednictwem punktu dostępowego (stacji bazowej) jest najczęściej wykorzystywanym trybem komunikacji. Punkty dostępu pośredniczą w transmisji między siecią przewodową i bezprzewodową; są połączone przewodem sieciowym i pełnią w przybliżeniu funkcje stacji bazowych telefonii komórkowej. Punkt dostępowy ma lepsze parametry techniczne (m.in. zapewnia większy zasięg) niż karta sieciowa, ponieważ wyposażony jest w anteny nadawczo-odbiorcze większej mocy. Stacje bazowe teoretycznie umożliwiają połączenie do 255 komputerów. Producenci zalecają jednak ograniczenie ich maksymalnej liczby do co najwyżej 25 sztuk.

W warstwie fizycznej standardu IEEE 802.11 rozróżnia się dwie podwarstwy:

- niezależną od medium - PLCP (*Physical Layer Convergence Protocol*), zapewniającą realizację mechanizmów typowych dla warstwy fizycznej,
- zależną od medium - PMD (*Physical Medium Dependent*), obejmującą zagadnienia takie jak modulacja czy kodowanie.

W standardzie IEEE 802.11 przewidziano trzy warianty warstwy fizycznej :

- fale radiowe z rozpraszaniem widma metodą kluczkowania bezpośredniego,
- fale radiowe z rozpraszaniem widma metodą przeskoków częstotliwości,
- fale optyczne z zakresu bliskiej podczerwieni.

Natomiast w ramach standardu HiPeRLAN zdefiniowano:

- warstwę fizyczną, w której określono m.in. pasma częstotliwości oraz sposób transmisji danych,
- podwarstwę MAC, obejmującą m.in.: dostęp stacji do łącza, realizację funkcji mostu, transmisję wieloetapową, specyfikację jednostek danych;
- podwarstwę CAC, obejmującą m.in.: specyfikację protokołu dostępu do łącza, opis typów ramek przesyłanych na poziomie podwarstwy.

Podwarstwy MAC oraz CAC stanowią dolną część warstwy liniowej modelu OSI/ISO i mogą współpracować z rozwiązaniami zgodnymi ze standardem IEEE 802.2 (ISO 8802.2). Ponadto standard zapewnia obsługę zgłoszeń asynchronicznych oraz z ograniczeniami czasowymi we wspólnym kanale.

Dla każdego rodzaju medium w standardzie IEEE 802.11 stosowane są prędkości 1 Mb/s oraz 2 Mb/s, przy czym większa prędkość transmisji stosowana jest opcjonalnie podczas przesyłania danych użytkowych. Informacje sterujące, w tym nagłówki ramek danych, przesyłane są zawsze z prędkością 1 Mb/s. Na potrzeby standardu HiPeRLAN

zarezerwowano w Europie pasma 5,15 - 5,3 GHz oraz 17,1 - 17,3 GHz. Oba pasma podzielono na kanały o szerokości 25 MHz, a na granicach pasm znajdują się przedziały ochronne o szerokości 12,5 MHz. W niższym zakresie częstotliwości dostępnych jest zatem pięć kanałów, z których trzy (o numerach 0, 1 i 2) są dostępne do transmisji, pozostałe zaś wykorzystywane są opcjonalnie. Transmisja ramek odbywa się z dwiema prędkościami:

- małą LBR (*ang. Low Bit Rate*), równą $1,4706 \text{ Mb/s} \pm 15 \text{ b/s}$,
- dużą HBR (*ang. High Bit Rate*), równą $23,5294 \text{ Mb/s} \pm 235 \text{ b/s}$.

Maksymalny zasięg transmisji wynosi 50 m przy większej prędkości i 800 m przy mniejszej. Dopuszcza się przemieszczanie stacji z prędkością do 10 m/s bez konieczności przerwania połączenia. Maksymalna moc nadajnika wynosi 1 W w paśmie 5,15 - 5,30 GHz i 100 mW w paśmie 17,1 - 17,3 GHz.

Omówiony powyżej standard IEEE 802.11 ze względu na ograniczenia szybkości transmisji (2Mb/s) uniemożliwia stosowanie go w aplikacjach multimedialnych. Grupa IEEE ogłosiła kolejne standardy, m.in.: 802.11a (kanał o częstotliwości 5 GHz) o szybkości transmisji do 54 Mb/s; standard 802.11b (kanał o częstotliwości 2,4 GHz) o szybkości transmisji 5,5 Mb/s oraz 11 Mb/s; standard 802.11g (kanał o częstotliwości 2,4 GHz) – szybkość transmisji 54 Mb/s czy standard 802.11n o szybkości transmisji 100 Mb/s oraz 250 Mb/s.

Ramka w standardzie IEEE 802.11 może składać się z ciągu ramek. Każda ramka zawiera następujące pola:

- nagłówek dopasowujący do wymagań warstwy fizycznej,
- typ ramki określający, czy w ramce stosowano kompresję bądź szyfrowanie oraz sposób dostępu do medium,
- sterujące,
- identyfikator protokolarnej jednostki danych,
- adres odbiorcy i ewentualnie nadawcy wraz z identyfikatorem sieci,
- elementy sterujące i zależne od typu ramki,
- dane podwarstwy LLC (tylko w ramach danych),
- sumę kontrolną CRC 8- lub 32-bitową, zależnie od typu ramki.

Format ramki w standardzie IEEE 802.11 przedstawiono poniżej.

| Dopasowanie | Stały nagłówek | | | Rdzeń ramki | | CRC |
|-------------|----------------|------------|---------------|-------------|----------|------|
| | Typ ramki | Sterowanie | Identyfikator | Adresy | Dane | |
| | 1b | 2b | 2b | 0-15 b | zmiennie | 0-4b |

W standardzie HiPeRLAN na poziomie podwarstwy CAC (*ang. Channel Access Control sublayer*) używane są ramki danych, potwierdzeń i przydziału dodatkowych kanałów. Ramki potwierdzeń zawierają jedynie część LBR, a więc cała ramka przesyłana jest z niższą prędkością. Pozostałe ramki składają się zarówno z części LBR, jak i HBR.

Format części LBR ramki danych w standardzie HiPeRLAN pokazano na rys. 4.6. Składa się ona z 35 bitów. Adres docelowy i wskaźnik długości chronione są indywidualnymi, 4-bitowymi sumami CRC. Przekłamanie mogą być ignorowane, jeżeli ramka ma część HBR, a błąd wystąpił we fragmencie, który jest w tej części powtórzony. Struktura części LBR ramki danych ma postać:

| Znacznik początku | Wskaźnik obecności | Adres docelowy | CRC adresu | Wskaźnik długości | CRC wskaźnika | - |
|-------------------|--------------------|----------------|------------|-------------------|---------------|----|
| 10 b | 1 b | 8 b | 4 b | 6 b | 4 b | 1b |

Struktura części HBR ramki danych ma postać:

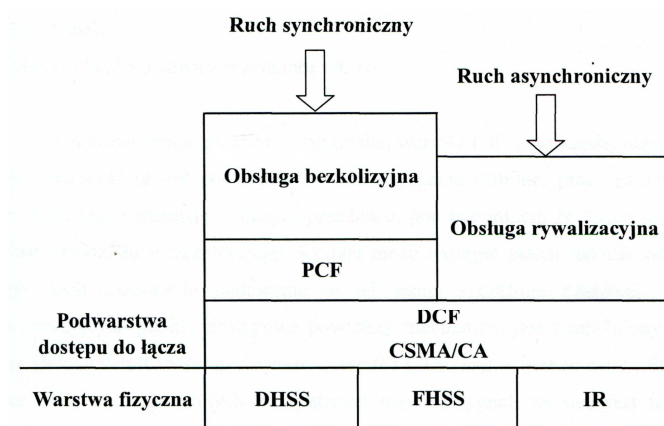
| Wskaźnik obecności danych | Wskaźnik długości bloku | Wskaźnik długości pola dodatkowego | Identyf. sieci HiPeRLAN | Adres docelowy | Adres źródłowy | Dane użytk. | CRC | Pole dodatk. |
|---------------------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|----------------|----------------|-----------------|-----|-----------------|
| 1b | 1b | 1b | 4b | 6b | 6b | zmienna długość | 4b | zmienna długość |

Część HBR chroniona jest 32-bitową sumą CRC.

Ramka potwierdzenia składa się z 23 bitów i ma strukturę zbliżoną do części ramki danych:

| Znacznik początku | Flaga HBR | Identyfikator potwierdzenia | CRC identyfikatora |
|-------------------|-----------|-----------------------------|--------------------|
| 10 b | 1 b | 8 b | 4 b |

Interesującą cechą standardu IEEE 802.11 jest niezależność podwarstwy dostępu łącza od sposobu realizacji warstwy fizycznej - dla każdego wariantu medium bezprzewodowego obowiązują te same zasady dostępu do łącza zgodne z protokołem DFWMAC (*Distributed Foundation Wireless Medium Access Control*), będącym częścią standardu IEEE 802.11. Strukturę protokołu DFWMAC ilustruje rysunek 1.



Rys. 1. Struktura protokołu DFWMAC standardu IEEE 802.11 [7]

Protokół DFWMAC określa dwa tryby pracy sieci:

- tryb z rozproszoną funkcją koordynacji - DCF (*Distributed Coordination Function*), będący algorytmem podstawowym,
- tryb z punktową funkcją koordynacji - PCF (*Point Coordination Function*), przeznaczony wyłącznie dla sieci stałych, wyposażonych w punkty dostępu.

W standardzie HiPeRLAN zdefiniowano natomiast protokół niewymuszonego, priorytetowego dostępu do łącza - EY-NMPA (*ang. Elimination Yield - Non-preemptive Priority Multiple Access*). Protokół ten jest połączeniem mechanizmów wykrywania nośnej z algorytmami eliminacji i rozwiązywania konfliktów. W protokole wyodrębniono mechanizmy dostępu do kanału wolnego i zajętego oraz w przypadku tzw. ukrytej eliminacji.

Dostęp do kanału wolnego ma miejsce wówczas, gdy stacja stwierdza brak transmisji w kanale przez czas odpowiadający czasowi transmisji co najmniej 1800 bitów HBR, tj. około 76 ms. W takim przypadku stacja może natychmiast rozpocząć transmisję.

Dostęp do kanału zajętego ma miejsce wówczas, gdy stacja stwierdza realizację transmisji lub przygotowania do niej. W takim przypadku stacja musi zsynchronizować swe działania z końcem tzw. cyklu transmisyjnego.

Dostęp do kanału w przypadku ukrytej eliminacji jest stosowany, jeśli nie wszystkie stacje słyszą się wzajemnie. Ma ona miejsce, gdy stacja przegrywa rywalizację w dowolnej fazie, ale nie wykrywa transmisji. Zakłada ona wówczas, że proces rywalizacji został wygrany przez stację znajdującą się poza jej zasięgiem. W takiej sytuacji stacja przechodzi w stan „ukrytej eliminacji”, trwający 500 ms.

Podział cyklu transmisyjnego pokazany jest na rysunku 2.

| | |
|-------------------------------|--|
| Faza transmisji | Transmisja ramki |
| | Synchronizacja pracy stacji |
| Faza zgłaszania priorytetów | Badanie stanu kanału, detekcja priorytetów |
| | Deklarowanie priorytetów |
| Faza eliminacji | Transmisja ciągu eliminacji |
| Faza rywalizacji | Weryfikacja „przeżycia” stacji |
| Faza rozstrzygania konfliktów | Opóźnienie transmisji ramki |
| Faza transmisji | Transmisja ramki |

Rys. 2. Cykl transmisyjny protokołu EY-NPMA [7]

4. TECHNOLOGIE TRANSMISJI RADIOWEJ

Obecnie dla celów transmisji danych wykorzystuje się dwie techniki: wąskiego pasma (Narrow Band) i szerokiego widma (Spread Spectrum).

Technologia wąskiego pasma Narrow Band informację nadawane i odbierane są na określonej częstotliwości radiowej. Utrzymywana jest częstotliwość sygnału radiowego w jak najwęższym paśmie wystarczającym do przekazu informacji. Niepożądane przesłuchy pomiędzy kanałami komunikacyjnymi są eliminowane poprzez przydzielanie użytkownikom określonych pasm częstotliwości. W systemie radiowym prywatność i brak nakładania się sygnałów osiąga się przy użyciu oddzielnych częstotliwości radiowych. Odbiornik radiowy odfiltrowuje wszystkie sygnały radiowe oprócz sygnału o określonej dla

niego częstotliwości. Technikę Narrow Band charakteryzuje przesyłanie danych w kanale radiowym o szerokości 12,5 kHz w paśmie 435-451 MHz z mocą 1 W. Jest to transmisja typu „simpleks” (kanał wykorzystywany jest naprzemiennie do nadawania i odbioru informacji pomiędzy stacją bazową i ruchomymi terminalami).

Technologia szerokiego widma Spread Spectrum została opracowana na potrzeby wojska do użycia w stabilnych i bezpiecznych systemach komunikacyjnych o krytycznym znaczeniu. Technologia Spread Spectrum jest zaprojektowana tak, by poświęcić prędkość transmisji (wydajność) na rzecz niezawodności, integralności i bezpieczeństwa. Większa część całkowitej przepustowości jest używana w porównaniu z transmisją wąskopasmową, lecz dzięki temu sygnał jest w efekcie „głośniejszy” i łatwiejszy do odbioru, jeśli odbiornik zna parametry nadawanego sygnału. Jeśli odbiornik nie jest dostrojony do właściwej częstotliwości, sygnał szerokiego widma wygląda dla niego jak szum tła. Przesyłanie danych odbywa się w paśmie 2,4 GHz w kanale o szerokości kilku MHz. Nadajnik pracuje z mocą ok. 100 mW.

O zastosowaniu jednej z rozważanych technologii powinno zdecydować przeznaczenie systemu.

W celu transmisji sygnału o poszerzonym widmie wykorzystuje się szerokopasmowy, pseudolosowy przebieg rozpraszający. Istnieje kilka metod rozpraszania sygnału:

- bezpośrednio kluczkowanie sygnału pseudolosowym przebiegiem szerokopasmowym DSSS (*Direct-Sequence Spread Spectrum Technology*),
- przeskoki częstotliwości nośnej FHSS (*Frequency-Hopping Spread Spectrum Technology*),
- przeskoki w czasie THSS (*Time Hopping Spread Spectrum*),
- szerokopasmowa liniowa modulacja częstotliwości LFM (*Linear Frequency Modulation*) zwana także metodą CHIRP (nie wykorzystuje się tu ciągów pseudolosowych).

Miarą jakości systemów z widmem rozproszonym jest zysk przetwarzania, określany jako różnica między stosunkiem sygnału do szumu na wyjściu i na wejściu układu. W systemie z rozpraszaniem widma zysk przetwarzania jest równy stosunkowi szerokości pasma sygnału w kanale radiowym B_{SS} [Hz] do szerokości pasma sygnału informacyjnego B [Hz]:

$$G[dB] = \frac{B_{SS}}{B} \quad (4)$$

Zysk przetwarzania dla poszczególnych metod rozpraszania sygnału określają podane zależności:

- kluczkowanie sygnału pseudolosowym przebiegiem szerokopasmowym DSSS:

$$G[dB] = \frac{T_b}{T_c} \quad (5)$$

gdzie: T_b - czas trwania bitu dwójkowego bipolarnego ciągu pseudolosowego $k(t)$,

T_c - czas trwania bitu ciągu danych,

- przeskoki częstotliwości nośnej FHSS:

$$G[dB] = \frac{J \cdot T_b}{2 \cdot T_h} \quad (6)$$

gdzie: J - częstotliwość nośna,

T_h - odstęp czasu między zmianami (przeskokami) częstotliwości,

- przeskoki w czasie THSS:

$$G[dB] = \frac{2/T_0}{2/T_b} = J \quad (7)$$

gdzie: $T_0 = \frac{T_b}{J}$ - czas trwania bitu w kanale transmisyjnym.

W klasycznych (wąskopasmowych) systemach radiokomunikacyjnych wykorzystywane są dwie metody uzyskiwania wielodostępu:

- wielodostęp czasowy (TDMA - *Time Division Multiple Access*), w którym poszczególne stacje nadają na jednej częstotliwości, ale niejednocześnie,
- wielodostęp częstotliwościowy (FDMA - *Frequency Division Multiple Access*), w którym stacje nadają jednocześnie na różnych częstotliwościach.

W systemach z widmem rozproszonym istnieje możliwość wprowadzenia trzeciej metody, tzw. wielodostępu kodowego (CDMA, ang. *Code Division Multiple Access*), w której każda stacja wykorzystuje całe pasmo częstotliwości przez cały czas. Jest to możliwe, jeżeli różnym stacjom nadane są różne, wzajemnie ortogonalne, sekwencje rozpraszające.

Za stosowaniem techniki Narrow Band przemawiają:

- zasięg systemu - przynajmniej 10 razy większy niż systemu pracującego w technice Spread Spectrum. Radia Spread Spectrum mają moc maksymalną nie większą niż 0,1 W dla częstotliwości 2,4 GHz (zgodnie z normą ETS 300 328), gdy moc radia Narrow Band wynosi 0,5 do 1 W, co oznacza niższe koszty instalacji pracującej w technice Narrow Band z uwagi na mniejszą ilość stacji bazowych,
- uzyskanie przydziału częstotliwości, wymagane do legalnego uruchomienia instalacji RF/DC, gwarantujące użytkownikowi ochronę kanałów radiowych używanych przez jego urządzenia oraz brak zakłóceń radiowych w torze transmisji danych,
- prędkość transmisji danych na poziomie 9600 bitów/s, dzięki zastosowaniu specjalnych protokołów optymalizujących ruch w sieci radiowej, gwarantuje osiągnięcie czasu transmisji danych poniżej 1 sekundy w instalacjach do 50 terminali radiowych.

Zaletami techniki Spread Spectrum są natomiast:

- wysoka prędkość transmisji gwarantująca czas transmisji danych krótszy niż 1 sekunda, nawet dla dużej liczby terminali pracujących w zasięgu jednej stacji bazowej (powyżej 50 terminali radiowych),
- dzięki dużej prędkości transmisji danych technika ta doskonale nadaje się do instalacji pracujących na niewielkich powierzchniach, lecz wymagających obsłużenia dużych ilości transakcji lub dużej ilości terminali pracujących na tym samym obszarze,

- systemy tego typu posiadają pewien poziom odporności na zakłócenia pochodzące od innych urządzeń pracujących na tej samej częstotliwości (np. zakłócenia spowodowane przez system RF/DC pracujący w magazynie sąsiedniego przedsiębiorstwa).

5. WYBÓR RADIOWEGO SYSTEMU GROMADZENIA DANYCH

Przed wdrożeniem terminali radiowych należy zdecydować jaki standard komunikacyjny będzie zastosowany w projektowanym systemie. Wybór ten wpływa na wygodę użytkownika systemu terminali, jego zasięg, elastyczność oraz koszty wdrożenia. Wybór technologii dla firmy logistycznej zdefiniowany jest przede wszystkim powierzchnią firmy, którą system radiowy ma obsłużyć. Standard komunikacji odpowiedni dla małego magazynu z pewnością nie jest optymalny gdy mamy do czynienia z otwartym placem składowym o powierzchni kilkudziesięciu hektarów. W przypadku dużej firmy logistycznej lub centrum logistycznego, praktycznym rozwiązaniem jest zastosowanie technologii Narrow Band. Typowym zastosowaniem dla technologii Narrow Band są magazyny o dużej powierzchni (min. 20000 m²) bądź otwarte przestrzenie takie jak place kontenerowe, tereny portowe bądź otwarte tereny przemysłowe, gdzie stosunkowo duży obszar może być obsługiwany przez niewielką ilość stacji bazowych. Z reguły na rozległych terenach ilość terminali obsługiwanych przez pojedynczą stację bazową jest niewielka dzięki czemu stosunkowo nieduża prędkość transmisji nie powoduje wydłużenia czasu odpowiedzi systemu.

Zasadność użycia technologii Narrow Band należy rozważyć w przypadku, jeśli system terminali radiowych ma pracować na otwartym terenie lub w bardzo rozległej hali o powierzchni ponad 20 000 m². Główną zaletą tej technologii jest duży zasięg wynoszący ponad kilometr od stacji nadawczej. Dzięki temu objęcie zasięgiem systemu dużego placu lub hali wiąże się z instalacją jedynie jednej, dwóch stacji bazowych, co zdecydowanie redukuje koszty wdrożenia. Narrow Band sprawdza się również gdy konieczne jest objęcie zasięgiem kilku mniejszych budynków znajdujących się na terenie przedsiębiorstwa - sygnał radiowy pochodzący z jednej stacji nadawczej będzie wnikał do budynków, co eliminuje konieczność kablowania każdego z nich. Ze względu na niższą przepustowość łącza, systemy terminali radiowych wykorzystujące technologię Narrow Band powinny pracować w trybie terminalowym.

Mniejsze przedsiębiorstwa mogą skorzystać z technologii Spread Spectrum. Najkorzystniejszym zastosowaniem są bądź pomieszczenia magazynowe o niewielkiej powierzchni bądź magazyny lub linie kompletacyjne przy których pracuje stosunkowo duża liczba pracowników wyposażonych w terminale przenośne.

W przypadku instalacji terminali radiowych w dużych magazynach i na halach produkcyjnych najbardziej efektywne wydaje się zastosowanie urządzeń pracujących w technologii Spread Spectrum 802.11. Duża przepustowość łącza radiowego, możliwość elastycznego kształtowania zasięgu systemu, brak konieczności uzyskania zezwoleń oraz popularność urządzeń to zalety tej technologii. Należy jednak liczyć się z koniecznością zabezpieczenia sieci bezprzewodowej przed włamaniami oraz możliwością interferencji z innymi podobnymi systemami pracującymi w sąsiednich budynkach (ze względu na popularność tego standardu).

Poniżej zamieszczono graficzne porównanie zasięgów w technologiach Narrow Band oraz Spread Spectrum na przykładzie placu składowego.



Zasięg w technologii Narrow Band

Zasięg w technologii Spread Spectrum

Rys. 3. Porównanie zasięgów w technologiach Narrow Band oraz Spread Spectrum na przykładzie placu składowego [4]

Coraz popularniejsza staje się ostatnio technologia automatycznej identyfikacji obiektów RFID (ang. *Radio Frequency Identification*), która stwarza nieznanne wcześniej możliwości ulepszeń w przedsiębiorstwach logistycznych. Technologia ta wykorzystuje sygnały radiowe do bezprzewodowej wymiany informacji pomiędzy etykietą a czytnikiem (nie jest potrzebna bezpośrednia widoczność tych dwóch elementów). Kontrolę nad obiektami umożliwiają tagi, czyli miniaturowe układy scalone umieszczane w formie metek na produktach, opakowaniach lub urządzeniach. Tagi zawierają adres do bazy danych producenta/ dystrybutora. System informatyczny przechowuje i uaktualnia wszelkie informacje o „zametkowanym” obiekcie. Tagi umożliwiają śledzenie obiektów przez cały ich cykl życia (nawet w kolejnych ogniwach łańcucha dostaw).

Technologia RFID wykorzystuje sygnały radiowe niskiej mocy do wymiany danych pomiędzy transponderem (etykietą RFID) a dekoderem (czytnikiem). Czytniki RFID mogą jednocześnie czytać i przetwarzać dziesiątki etykiet znajdujących się w ich zasięgu. Prędkość transmisji i zasięg zależą od wykorzystywanej częstotliwości, wielkości anteny etykiety, mocy promieniowania i stopnia zakłóceń sygnału.

W technologii RFID wykorzystywany jest standard EPC (Electronic Product Code) nazywany „radiowym kodem kreskowym”. Standard EPC określa protokół kodowania i przesyłania danych dla oznakowania pojedynczych produktów w procesie produkcyjnym i logistycznym.

Technologia RFID sprawdza się w dużych firmach o złożonych procesach logistycznych. Opłacalność wdrożenia tej technologii wzrasta, gdy firma posiada szeroki asortyment towarów, ma rozproszoną lokalizację i dużo miejsc składowania, występują w niej częste ruchy magazynowe, posiada towary o dużej wartości jednostkowej, istnieją poziomy ewidencjonowanych produktów (np. paczka, paleta, sztuka), przywiązywana jest duża waga do kontroli jakości produktów, często przeprowadza się inwentaryzacje oraz konieczne są dodatkowe wymagania i potrzeby informacyjne (np. termin przydatności do spożycia).

6. WNIOSKI

Sieć bezprzewodowa stanowi elastyczny system komunikacji zastępujący lub uzupełniający tradycyjną sieć kablową. Wykorzystując częstotliwości radiowe w pasmach rzędu GHz umożliwia połączenie bezprzewodowej transmisji danych z mobilnością użytkownika i uniezależnieniem go od istniejącego okablowania.

Sieć radiowa znajduje zastosowanie przy wszelkich operacjach magazynowych (inventaryzacja, wydawanie, kompletowanie wysyłki, przyjęcie, przesunięcie towaru w magazynie). Przeprowadzenie inventaryzacji z terminalami radiowymi skraca operację do minimum. Terminale radiowe na bieżąco przesyłają drogą radiową dane do komputera centralnego. Zaletą takiego rozwiązania jest możliwość otrzymywania informacji zwrotnej z komputera centralnego (np. o ilości danego towaru, która powinna znajdować się w magazynie według danych zgromadzonych w programie magazynowym).

Systemy radiowego gromadzenia danych sprzyjają także automatyzacji operacji wydawania i przyjmowania towarów do magazynu (kompletowanie transportu towarów do wysyłki). Zamówienie od odbiorcy towaru jest wysyłane w formie elektronicznej drogą radiową do terminala pracującego w magazynie. Osoba kompletująca zamówienie odczytuje kody kreskowe z kolejnych produktów wchodzących w skład zamówienia. Terminal na bieżąco kontroluje czy przygotowywany do wysyłki transport jest zgodny z zamówieniem. Na koniec terminal może np. wysłać do komputera centralnego potwierdzenie realizacji zamówienia.

Nie da się nie zauważyć, że systemy radiowego gromadzenia danych (RF/DC) i spełniane przez nie zadania bardzo silnie przyczyniają się do łatwości organizacji pracy, skrócenia czasu realizacji zadań i zbierania informacji o procesach zachodzących w przedsiębiorstwie

Technologię Narrow Band należy wybrać np. w przypadku magazynów o dużej powierzchni bądź otwartych przestrzeni (plac kontenerowe, tereny portowe, otwarte tereny przemysłowe). W przypadku technologii Spread Spectrum najkorzystniejszym zastosowaniem są np. pomieszczenia magazynowe o niewielkiej powierzchni bądź magazyny i linie kompletacyjne, przy których pracuje stosunkowo duża liczba pracowników wyposażonych w terminale przenośne. Technologia RFID sprawdza się w dużych firmach, które posiadają szeroki asortyment towarów i rozproszoną lokalizację.

Przenośność, skalowalność, możliwość budowy sieci mobilnej na dużym obszarze, redukcja kosztów eksploatacji oraz zapewnienie identycznej funkcjonalności jak w przypadku sieci kablowych sprawia, że sieci bezprzewodowe oraz związane z nimi gromadzenie danych jest rozwiązaniem przyszłościowym i opłacalnym.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] *Biuletyn Urzędu Regulacji Telekomunikacji i Poczty*, URTiP, Warszawa 2003.
- [2] Gast M. S.: *802.11 Sieci bezprzewodowe*, tłum. A. Romanek, W. Ziolo, Helion, Gliwice 2003.
- [3] Hołubowicz W., Płóciennik, Różański A., *Systemy łączności bezprzewodowej*, Poznań 1997.
- [4] <http://www.cds.pl/nbvss.html>
- [5] Kula S.: *Systemy teletransmisyjne*, WKiŁ, Warszawa 2004.
- [6] Wesołowski K.: *Systemy radiokomunikacji ruchomej*, WKiŁ, Warszawa 2003.
- [7] Zieliński B.: *Bezprzewodowe sieci komputerowe*, Helion, Gliwice 2000.