

SUMOREK Andrzej

ZASTOSOWANIE URZĄDZEŃ BLUETOOTH W KOMUNIKACJI PRZEMYSŁOWEJ

Streszczenie

Bezprzewodowa komunikacja urządzeń komputerowych jest stosowana powszechnie. Praktycznie każdy komputer przenośny i smartfon posiada moduł komunikacyjny zgodny z jednym ze standardów IEEE 802.11. Podobne rozwiązanie może być zastosowane do komunikowania się urządzeń przemysłowych.

W artykule zaprezentowano rozwiązanie polegające na integracji urządzeń biurowych i przemysłowych w ramach jednej sieci komunikacyjnej. Do komunikacji zastosowano urządzenia w standardzie Bluetooth. Zamieszczono wyniki testów przepustowości łącz.

WSTĘP

Sieci bezprzewodowe pozwalają użytkownikom utrzymywać dostęp do danych magazynowanych w dowolnym miejscu sieci będąc w pracy, w domu i miejscach publicznych. Bezprzewodowe systemy komunikacji mogą wspomagać pracę „zwykłych” użytkowników jak i komunikację urządzeń przemysłowych. W zależności od typu zastosowania (odległość pomiędzy urządzeniami, wymagana przepustowość łącza, wymagane bezpieczeństwo) dostępne są zróżnicowane rozwiązania komunikacyjne począwszy od komunikacji przez sieć telefonii komórkowej, kończąc na przemysłowych standardach komputerowych sieci bezprzewodowych [3, 5].

Dla typowego użytkownika najistotniejsze są różnice w prędkości transmisji danych, zasięgu oraz energii potrzebnej do pracy (rozumianej jako czas pracy urządzenia zasilanego bateryjnie). Praktycznie wszystkie znane technologie mogą być stosowane do monitorowania lub sterowania urządzeniami na odległość. W praktyce dominują rozwiązania popularnie zwane WiFi w zastosowaniach do przesyłania danych i obrazu. Ogólna nazwa WiFi odnosi się do jednego ze standardów IEEE 802.11. Najpopularniejsza obecnie wersja sieci Wi-Fi (802.11n) w zależności od rozwiązania (np. liczba zastosowanych anten) pozwala na przesyłanie danych z teoretyczną prędkością 150÷600 Mb/s [16].

Mimo zapewnienia dużej przepustowości, popularne sieci WiFi charakteryzują się wysokim zapotrzebowaniem na energię. Mniejsze wymagania energetyczne będą miały sieci w technologii Bluetooth. Jeszcze mniejsze wymagania w zakresie zasilania ma standard ZibBee. Urządzenia ZibBee ze względu na bardzo małe zużycie energii nadają się do tworzenia tanich sieci sensorów, liczących nawet wiele tysięcy węzłów. ZibBee sprawdza się w przypadkach, gdy nie jest wymagana transmisja dużej ilości danych. Dodatkowo zawsze istnieje możliwość zwiększania zasięgu lub przepustowości sieci powyżej wartości przewidzianych standardem poprzez wprowadzenie do sieci urządzeń innego standardu.

1. KOMUNIKACJA BEZPRZEWODOWA

Już w latach 90 powstały pierwsze karty bezprzewodowe. Cena i dostępność skutecznie blokowały rozwój sieci radiowych. W 1997 roku Institute of Electrical and Electronics Engineers stworzył standard sieciowy oparty na częstotliwości radiowej 2,4 GHz oznaczony **IEEE 802.11**. Urządzenia pracowały z przepustowością rzędu 1 Mb/s i 2 Mb/s. Standard 802.11b pozwolił na zwiększenie przepustowości do 11 Mb/s. Nowsze urządzenia zgodne ze standardem 802.11a pracowały z częstotliwością 5 GHz i przepustowością 54 Mb/s. W roku 2002 wprowadzono nowe urządzenia pracujące w standardzie IEEE 802.11g. Urządzenia zgodne z IEEE 802.11g znalazły się w ofercie większości producentów [2]. W najpopularniejszym obecnie standardzie 802.11n możliwe jest przesyłanie plików z prędkością rzędu 150-600 Mb/s (w zmodyfikowanych realizacjach).

Mniej rozpowszechnione i znane modyfikacje standardów 802.11 to wersja 802.11i z 2004 roku. Poprawiono w niej bezpieczeństwo. Dane chronione są dzięki wykorzystaniu nowych algorytmów i technik pozyskiwania kluczy. Standard 802.11e ułatwia przesyłanie danych strumieniowych w sieciach bezprzewodowych. Ratyfikowany w 2008 roku standard 802.11r definiuje szybkie przełączanie określane skrótem FBSST (Fast Basic Service Set Transition). Standard pozwala na efektywne wykorzystanie usługi bezpieczeństwa z 802.11i oraz funkcje Quality of Service ze standardu 802.11e.

Industrial Wireless Local Area Network (IWLAN) to rozwinięcie bezprzewodowego dostępu do sieci LAN do celów przemysłowych. Standard wspierany przez firmę Siemens. Różnicą w porównaniu z sektorem prywatnym jest transmisja z dokładną kontrolą i dokumentacją, która może być wymagana w przemyśle. Wykorzystuje się ją do komunikacji maszynami. Fizycznie urządzenia są odporne na większy zakres temperatur, co oznacza możliwość pracy modułów komunikacyjnych od -40 °C do +70 °C. Sieć wprowadza szyfrowanie, w celu zapobiegania manipulacjom [9]. Jednocześnie od razu dopuszcza się wymianę danych z innymi standardami np. urządzeniami magistrali Profibus.

ZigBee jest teoretycznie przemysłową technologią bezprzewodową o największym potencjale. Zasięg urządzeń w tej technologii jest ograniczony do 10-100 m. Standard definiuje warstwę fizyczną (PHY) i warstwę kontroli dostępu do medium (MAC). Występuje w trzech wersjach. Europejska pracuje na częstotliwości 868 MHz z prędkością transmisji na poziomie 20 kbps. Wersja 915 MHz używa 10 kanałów w celu osiągnięcia prędkości na poziomie 40 kbps. Istnieje wersja pracująca na częstotliwości 2,4 GHz, wykorzystująca 16 kanałów i osiągająca prędkość transmisji na poziomie 250 kbps. ZigBee kwalifikuje się do sieci PAN (Personal Area Network), które często automatycznie ustanawiają połączenie z najbliższym węzłem. Taka sieć może zostać skonfigurowana w topologii gwiazdy, drzewa lub sieci kratowej. Podstawową zaletą urządzeń ZigBee jest bardzo niskie zużycie energii i prostota konfiguracji, która znacznie obniża koszty rozwiązania. Projektanci sieci przemysłowych mogą teraz wbudowywać bezprzewodowe sensory w większość wymagających tego elementów. Niskie zapotrzebowanie na energię pozwala pracować na jednej baterii w niektórych przypadkach nawet przez kilka lat. Urządzenia ZigBee można podzielić na 3 typy. Koordynator to urządzenie, które służy jako węzeł bazowy, do którego mogą się przyłączać pozostałe urządzenia (zazwyczaj pełni rolę urządzenia zbierającego dane). Router przekazuje pakiety w sieci. Urządzenie końcowe zbiera i przesyła dane do routera, do którego jest przyłączone, a dzięki funkcjom ZigBee może być czasowo usypiane w celu zmniejszenia zużycia energii. Typowymi zastosowaniami są sieci sensorowe, bezprzewodowe sieci personalne (WPAN), automatyka, systemy alarmowe, monitoring [13].

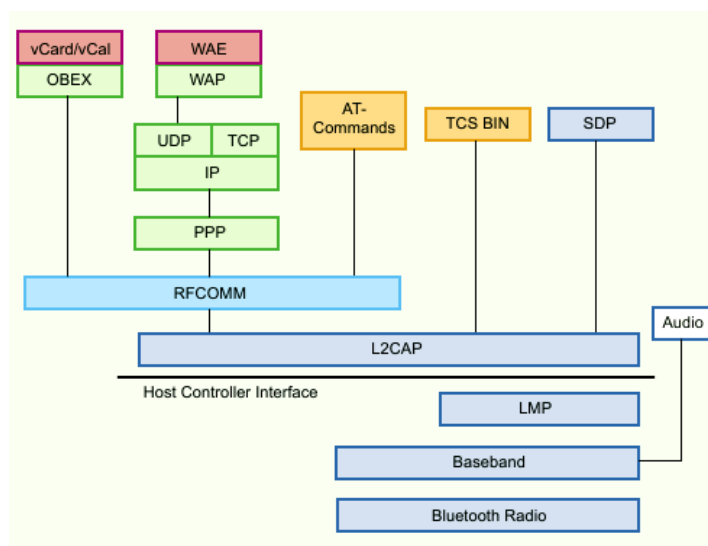
Jeśli użytkownik poszukuje globalnej łączności innej niż zapewniana przez Internet, to może zdecydować o wykorzystaniu urządzeń **telefonii komórkowej** GSM. Struktura sieci ciągle ewoluje. Wśród technologii pozwalających na przesyłanie danych w sieciach GSM należy zwrócić uwagę na GPRS (ang. General Packet Radio Service). Pakietowe przesyłanie

danych w sieciach GSM pozwala osiągnąć praktyczną prędkość transmisji rzędu 30-80 kb/s. GPRS nazywane jest często technologią 2.5G, ponieważ stanowi element ewolucji GSM. Rozszerzeniem technologii GPRS jest EDGE (ang. Enhanced Data rates for GSM Evolution). Poprawiono w niej interfejs radiowy, dzięki czemu uzyskano około trzykrotne polepszenie przepływności (teoretycznie do 296 kbit/s) oraz możliwość dynamicznej zmiany szybkości nadawania pakietów w zależności od warunków transmisji. Jednocześnie należy pamiętać o standardzie LTE (ang. Long Term Evolution) pozwalającego na ładowanie danych z szybkością 100 Mbps i wysyłaniu danych z szybkością 50 Mbps. Patrząc od strony użytkownika, wadą korzystania z sieci komórkowych jest brak możliwości oddziaływania na infrastrukturę, a co za tym idzie wpływania na bezpieczeństwo i przepustowość transmisji.

1.1. Bluetooth

Pomysł opracowania nowego standardu łączności bezprzewodowej pozwalający na łączenie telefonów komórkowych z innymi urządzeniami bez użycia kabla powstał w 1994 roku w firmie Ericsson. Celem nowego standardu technologii bezprzewodowej miał być wytworzenie interfejsu komunikacyjnego o niewielkim zasięgu, małym poborze energii, niskim poziomem wypromieniowanej mocy oraz przystępnej cenie. W roku 1999 Bluetooth SIG opublikował 1500-stronicową specyfikację pierwszej wersji technologii i powstało pierwsze prototypowe urządzenie, wykorzystujące Bluetooth. Siódma specyfikacja z 2010 roku to specyfikację najnowszej czwartej generacji.

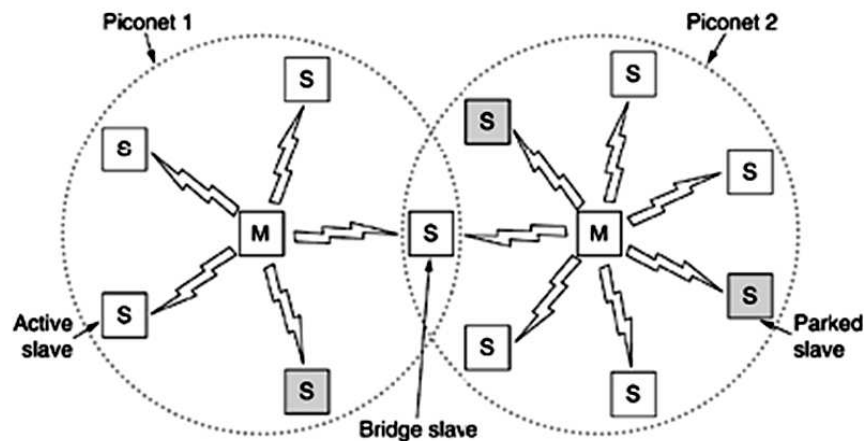
Wersja 4.0 (Bluetooth LE, Low Energy) charakteryzuje się tym, że przy zachowaniu tej samej przepustowości (24 Mb/s) wymaga mniejszej ilości energii. Dzięki temu istnieje możliwość stosowania tego interfejsu w urządzeniach, w których kwestia zasilania jest kluczowa (zegarki, mierniki glukozy, ...) [7]. W wersji 4.0 poprawiono bezpieczeństwo przez wprowadzenie 128-bitowego szyfrowania AES. Możliwa jest komunikacja urządzeń oddalonych o ponad 100 metrów. Dzięki warstwowej budowie protokołu spełniającej założenia standardu ISO/OSI możliwe jest implementowanie funkcjonalności bez naruszania całej struktury standardu (rys. 1).



Rys. 1. Stos protokołów Bluetooth [18]
Źródło: [18]

Urządzenia Bluetooth podzielono na 3 klasy o różnej mocy sygnału (i zasięgu): klasę 1 o zasięgu do 100 m (moc 1-100 mW), klasę 2 o zasięgu do 10 m (2,5 mW), klasę 3 o zasięgu do 1 m (1 mW). Szybkość transmisji zmienia się w zależności od specyfikacji od 721 kb/s (Bluetooth 1.0), poprzez 3,0 Mb/s (Bluetooth 2.0 +EDR) po 24 Mb/s (Bluetooth 4.0).

W zakresie topologii działa w oparciu o architekturę master-slave. Kiedy dwa urządzenia zestawiają połączenie, jedno z nich przyjmuje rolę urządzenia nadrzędnego (ang. master), a drugie pełni rolę urządzenia podrzędnego (ang. slave). W danej podsieci może być jedno urządzenie typu master pełniące funkcje zarządcy i co najwyżej siedem urządzeń typu slave. Topologia typu master-slave ma znaczenie tylko dla protokołów niższych warstw. Dla protokołów warstw wyższych komunikacja przebiega na zasadzie punkt-punkt [6]. Sieć, w której występuje jedno urządzenie zarządzające master i co najwyżej siedem urządzeń aktywnych typu slave, nazywa się pikosiecią. Wszystkie urządzenia pikosieci są ze sobą zsynchronizowane i wszystkie jednocześnie zmieniają częstotliwość pracy. Równolegle może pracować wiele pikosieci. Mogą być ze sobą połączone przy pomocy węzła typu bridge. Połączone ze sobą pikosieci określa się mianem sieci scatternet (rys. 2). Oprócz siedmiu węzłów typu slave, w jednej pikosieci może pracować do 255 węzłów, pozostających w stanie synchronizacji z urządzeniem typu master (tryb wyczekiwania i niskiego poboru energii). Prowadzone są badania poprawiające funkcjonowanie struktury scatternet polegające na wprowadzeniu protokołów przenoszących informację o konfiguracji sieci i wspierających routing, konfiguracji poprawiających przekazywanie danych multimedialnych oraz bezpieczeństwo transmisji [8, 11, 14].



Rys. 2. Sieci piconet połączone w strukturę scatternet [12]
Źródło: [12]

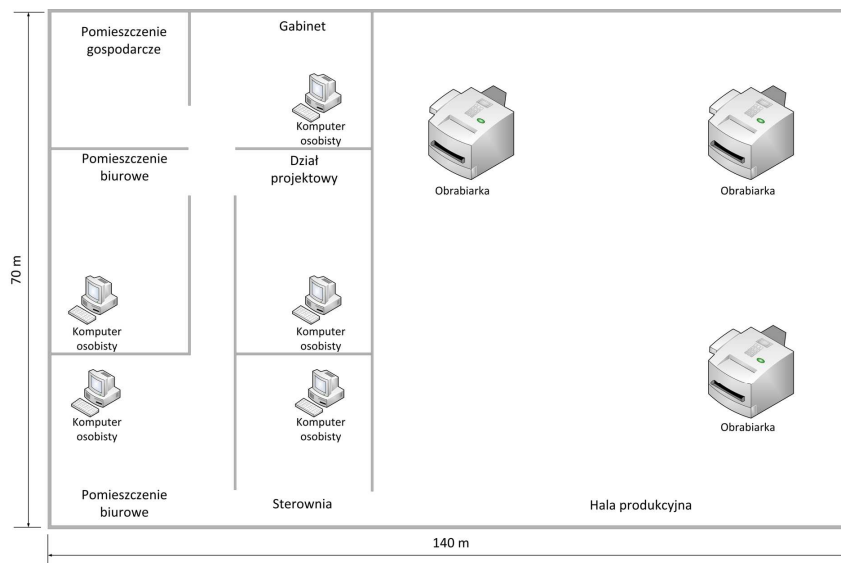
Komunikacja pomiędzy urządzeniami posiada elementy zapewniające bezpieczeństwo. Są o proces „parowania” urządzeń (Bluetooth pairing) przed rozpoczęciem transmisji oparty o kod PIN (4-16 cyfr), stosowanie mechanizmu uwierzytelniania (np. algorytm SAFER+), szyfrowanie połączeń, praca w trybie „ukrycia” urządzenia (tryb pracy non-discoverable mode), stosunkowo mały zasięg oraz częste przeskok międzykanałowe. Z drugiej strony można odnaleźć słabe strony zabezpieczeń polegające na niskiej jakości klucza połączenia (zależy bezpośrednio od użytego PINu, który często przyjmuje wartość „0000” lub „1234”), istnieniu od 2005 roku mechanizmu łamania PINu wykorzystującego cechy algorytmu SAFER+. W trakcie badań metod użytkowania urządzeń wspierających standard Bluetooth przeprowadzonych w 4 amerykańskich uczelniach okazało się, że tylko od 25 do 38 % użytkowników jest świadomych zagrożeń i stosuje praktyki ograniczające atak z zewnątrz [15].

2. KOMUNIKACJA BEZPRZEWODOWA W ZAKŁADZIE PRZEMYSŁOWYM

2.1. Założenia projektowe

Głównym problemem było opracowanie sieci lokalnej dla firmy z branży metalowej. Sieć miała połączyć pomieszczenia znajdujące się w jednym budynku. Zakład zajmuje produkcją elementów za pomocą obrabiarek CNC. Budynek jest obiektem jednopoziomowym. Pomieszczenia biurowe i produkcyjne przylegają do siebie, co stwarza dobre warunki do stworzenia sieci (rys. 3). Pracownicy biurowi wykonują pracę w wydzielonej części budynku. Potrzebują dostępu do sieci, aby wymieniać informacje między sobą, wysyłać okresowe sprawozdania oraz przysyłać zadania do hali produkcyjnej. Pracownicy produkcji wykonują swoją pracę w jednym pomieszczeniu.

Głównym problemem do rozwiązania jest komunikowanie urządzeń CNC z urządzeniami w części biurowej. Komunikacja powinna polegać, w większości przypadków, na przesyłaniu niewielkich ilości danych pomiędzy stacjami roboczymi a systemami obsługującymi obrabiarki. Zastosowanie bezprzewodowej komunikacji z obrabiarkami jest dużym ułatwieniem, ponieważ pozwala zwiększyć bezpieczeństwo osób obsługujących urządzenia. W celu zadania obrabiarce wystarczy uzyskać połączenie za pomocą sieci i przesłać dane. Dzięki temu unika się konieczności zgrywania danych na dyski zewnętrzne oraz indywidualnego wgrywania danych bezpośrednio do każdej obrabiarki. Poza tym oczekiwane jest zapewnienie typowej łączności sieci lokalnej wystarczającej do współdzielenia drukarek i plików.



Rys. 3. Plan pomieszczeń zakładu

Źródło: opracowanie własne

2.2. Urządzenia sieciowe

W części biurowej występują ściany działowe oraz nośne o grubości 12 i 24 cm z gazobetonu. Ściana pomiędzy halą produkcyjną a częścią biurową jest wykonana z cegły ceramicznej i ma grubość 24 cm.

W związku z:

- brakiem poważnych przeszkód na drodze transmisji sygnału,
- przeciętnymi odległościami pomiędzy urządzeniami (w odniesieniu do urządzeń Bluetooth klasy 1), które potencjalnie mają się komunikować,
- małymi porcjami danych wymaganych przez obrabiarki CNC,
- zaletami płynącymi ze standardu Bluetooth,

podjęto decyzję o zastosowaniu interfejsów Bluetooth w projektowanej sieci. O ile w części „przemysłowej” taka decyzja była uzasadniona, to projektanci mieli wątpliwości, co do efektywności tego standardu w części biurowej.

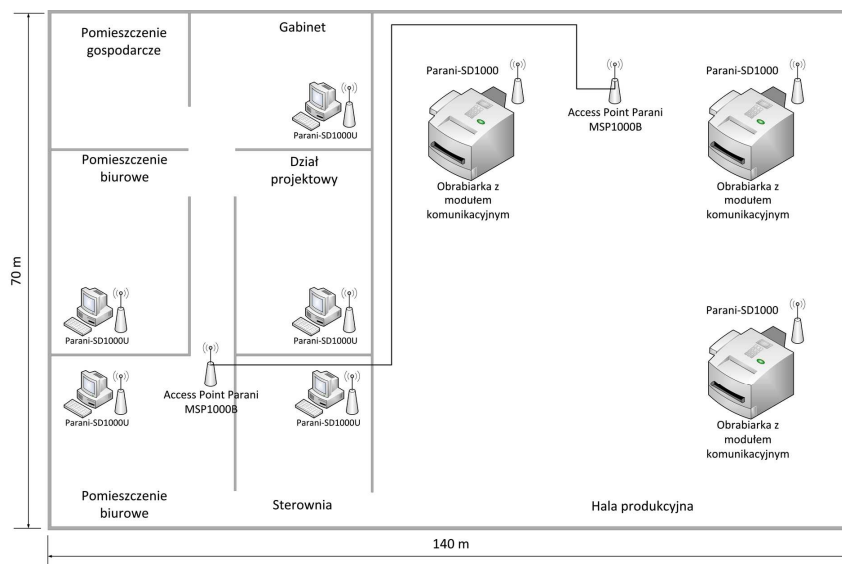
Komputery w części biurowej zostały wyposażone w moduły USB Parani-SD1000U. Drukarki łączą się z siecią za pomocą wbudowanych modułów Bluetooth. Urządzenia z części produkcyjnej budynku wyposażone są w złącze RS-232. Zostały do nich podłączone moduły Parani-SD1000.

Ze względu na rozległość pomieszczenia i lokalizację ścian zostały zastosowane dwa punkty dostępowe (Parani-MSP1000B) - jeden w części biurowej budynku, drugi w hali produkcyjnej. Połączono je przewodem sieciowym kategorii 5e. Dzięki takiej konfiguracji urządzeń cały budynek został objęty zasięgiem sieci Bluetooth (rys. 4).

Tab. 2. Wybrane parametry urządzeń komunikacyjnych [10]

Parametr	Moduł BT Parani-SD1000U	Moduł BT Parani-SD1000	Access Point BT Parani-MSP1000B
Standard	Bluetooth 2.0 + EDR Class 1	Bluetooth 2.0 + EDR Class 1	Bluetooth 2.0 + EDR Class 1
Maksymalny transfer [Mbps]	3 (EDR)	3 (EDR)	3 (EDR)
Zakres częstotliwości [GHz]	2,402 - 2,480	2,402 - 2,480	2,402 - 2,480
Moc nadajnika [DBm]	+18	+18	+17
Maksymalny zasięg [m] (w terenie otwartym)	do 1000	do 1000	do 1000
Interfejs	USB	RS-232	2x 10/100 Base-T Ethernet z RJ45

Źródło: [10]



Rys. 4. Plan pomieszczeń zakładu z uwzględnieniem urządzeń sieciowych

Źródło: opracowanie własne

Punkt dostępowy z rys. 4 - Parani-MSP1000B w wersji 1000A - umożliwia zestawienie do 14 połączeń Bluetooth oraz połączenie z siecią Ethernet 10/100 Base-T. Access Point jest zgodny z Bluetooth 2.0 (EDR), co oznacza przepływność 3 Mbps. Dodatkowo Access Point pozwala na transmisję pomiędzy terminalami Bluetooth z komputerami z protokołem TCP/IP.

2.3. Testy przepływności

Dane przesyłane w części biurowej takie jak wymiana dokumentów pomiędzy poszczególnymi działami firmy, czy wysyłanie zadań wydruku do drukarki, to zadania, które wymagają dużej przepustowości łącza. Największe ilości danych przesyłane są w trakcie wykonywania kopii danych (dochodzą do 500 MB dla komputera). Pliki danych wysyłane do obrabiarek numerycznych są dużo mniejsze i mają przeciętną objętość rzędu 1MB.

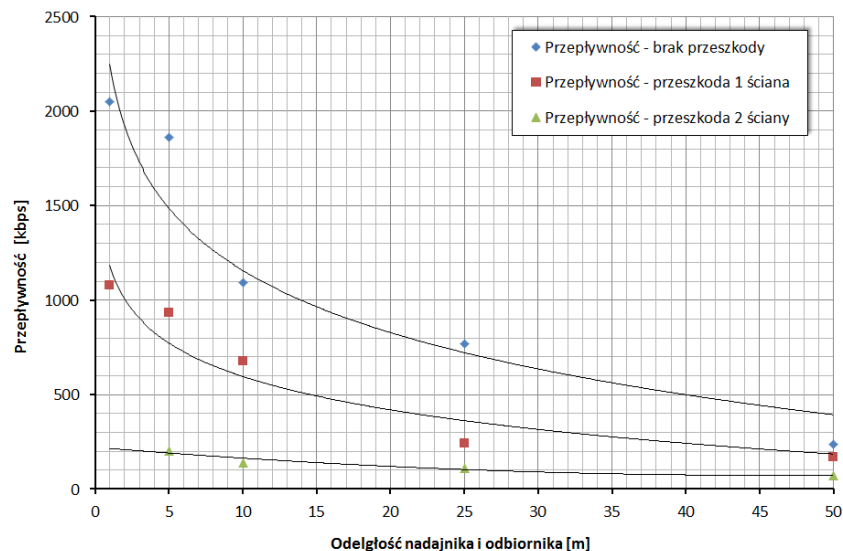
Do testów wykorzystano 3 pliki o wielkości 100 kB, 1MB oraz 50 MB. Symbolizują one 100 kB małe projekty dla urzędzeń z hali przemysłowej, 1 MB duże projekty oraz 50 MB duże pliki drukarek i duże pliki dokumentów projektów. Dokonywano transferu pliku, mierzono czas operacji i dokonywano obliczenia średniej przepływności kanału komunikacyjnego. Wyniki dla testowanych odległości zamieszczono w tab. 2 i na rys. 5.

Tab. 2. Przepływność kanału komunikacyjnego (plik 50 MB) [17]

Lp.	Odległość [m]	Przepływność dla pliku 50 MB [kbps]		
		Brak przeszkody	Przeszkoda 1 ściana	Przeszkoda 2 ściany
1	1	2048	1078	
2	5	1861	931	205
3	10	1095	679	142
4	25	767	241	112
5	50	239	171	72

Źródło: [17]

W pomieszczeniu produkcyjnym odległość nadajnika od odbiorników nie przekracza 15 m oraz nie ma przeszkód, które powodowałyby tłumienie sygnału. Komputer w sterowni oddalony jest od urządzeń produkcyjnych na odległość od 45 m oraz ma na drodze przeszkodę w postaci ściany z cegły ceramicznej. W części biurowej komputery oddalone są od siebie o odległość mniejszą niż 50 m z przeszkodami w postaci maksymalnie 2 ścian działowych wykonanych z gazobetonu.



Rys. 5. Wyniki testów przepływności

Źródło: opracowanie własne

Połączenie pomiędzy komputerem w sterowni a obrabiarkami numerycznymi osiągało przepływność na poziomie 1 Mbps Uzyskano zadowalający wynik. Pliki przesyłane ze sterowni do obrabiarek numerycznych są mniejsze niż 1 MB, więc czas oczekiwania na załadowanie zadania przy takiej przepływności jest czasem akceptowalnym. Problemy

zaobserwowano podczas prób w części biurowej. Przepływność spadała do poziomu 72 kbps. Spowodowane to było dużą odległością (50 m) oraz przeszkodami (2 ściany). Przy tej przepływności czas przesyłania plików pomiędzy pracownikami biura oraz innymi urządzeniami jest zbyt duży, aby można było zachować płynność pracy. Zgodnie z oczekiwaniami przepływność spada wraz ze wzrostem odległości oraz wraz ze wzrostem liczby przeszkód. W części przemysłowej sieć Bluetooth zapewnia przepływność na akceptowalnym poziomie. W części biurowej przepływność jest zbyt niska.

PODSUMOWANIE

Sieci komunikacyjne oparte na standardzie Bluetooth są rozwiązaniem, które sprawdza się w sieciach PAN (ang. Personal Area Network). Doskonale sprawdza się w przypadku wymiany danych pomiędzy urządzeniami mobilnymi. Możliwe jest nawet prowadzenie akcji reklamowych za pośrednictwem interfejsów Bluetooth [1].

Zastosowanie interfejsów Bluetooth w sieci łączącej urządzenia przemysłowe jest możliwe. Na podstawie przeprowadzonych prób można stwierdzić, że:

- Konfiguracja niewielkiej liczby urządzeń nie sprawia problemów niezawodnemu administratorowi.
- Sieć zapewniała przepływność satysfakcjonującą do przesyłania niewielkich zbiorów danych do urządzeń przemysłowych (a analizowanym przypadku do 1 MB).
- Przepływność obniżała się wraz z pojawieniem się przeszkód w postaci ścian. Przeszkoda w postaci 2 ścian o grubości 12 cm z gazobetonu umieszczonym pomiędzy dwoma urządzeniami oddalonymi o 50 m spowoduje obniżenie transferu do 70 kbps, który może zostać zaakceptowany tylko w krytycznych przypadkach.
- Homogeniczna sieć oparta na jednym standardzie Bluetooth nie spełnia oczekiwań stawianych równocześnie komunikacji biurowej jak i przemysłowej.

Lepszym rozwiązaniem pod kątem zapewnienia wyższych przepływności byłoby wprowadzenie w całym zakładzie jednolitej komunikacji opartej o komputerowy standard WiFi np. 802.11 (a, b, g, n). Praktyczne testy przeprowadzone dla standardu 802.11b potwierdziły, że dla odległości rzędu 15 m, nawet w przypadku występowania przeszkód w postaci ścian kartonowo-gipsowych (1 ściana) i metalowych (2 ściana razem z kartonowo-gipsową) możliwe jest przesyłanie danych z prędkością dochodzącą do 5 MBps [4].

Droższym, wymagającym bardziej złożonej administracji, lecz bardziej niezawodnym rozwiązaniem byłoby wprowadzenie tradycyjnej najszybszej w danym momencie implementacji sieci WiFi w części biurowej oraz urządzeń standardu Industrial WiFi w części przemysłowej.

BIBLIOGRAFIA

1. Al-Salman A., M. S., *Broadcasting commercial advertising using Bluetooth technology*. International Journal of Web Information Systems 2006, nr 2 (vol. 2).
2. Bradford R., *Podstawy sieci komputerowych*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2009.
3. Duntemann J., *Przewodnik po sieciach Wi-Fi*. Wydawnictwo Nakom, Poznań 2008.
4. Eljasz D., Powroźnik P., *Wykorzystanie bezprzewodowych sieci komputerowych do przesyłania danych pomiarowych*, *Pomiary Automatyka Robotyka* 2006, nr 7-8.
5. Engst A., Fleishman G., *Sieci bezprzewodowe. Praktyczny przewodnik*. Helion, Gliwice 2005.
6. Gajewski P., *Technologie bezprzewodowe sieci teleinformatycznych*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2008.

7. Gontarczyk P., *Specyfikacja Bluetooth 4.0 gotowa*. Pclab.pl/news41643.html, 20 IV 2010.
8. Huang L., Chen H., Sivakumar T.V.L.N., Kashima T., Sezaki K., *Impact of topology on Bluetooth Scatternet*. International Journal of Pervasive Computing and Communications 2005, nr 2 (vol. 1).
9. Jonathan L., Roshan P., *Bezprzewodowe sieci LAN 802.11*. Mikom, Warszawa 2004.
10. Kesineni S., *SENA Parani USB Adapters*. www.sena.com/images/partner_resource/Sena_Blueooth_USB_Adapters.pdf, Sena 27 VII 2011.
11. Kwan T.M., *Design and analysis of Bluetooth scatternet for mobile multimedia applications*. Electronic Library 2005, nr 5 (vol. 23).
12. Ludwin W. (red.), *Bluetooth. Nowoczesny system łączności bezprzewodowej*. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo--Dydaktyczne AGH, Kraków 2003.
13. Olszyna J., Winiecki W., *Bezprzewodowy rozproszony system pomiarowy z wykorzystaniem technologii ZigBee*. Pomiary Automatyka Robotyka 2008, nr 2
14. Persson K., Manivannan D., *A fault-tolerant distributed formation protocol for Bluetooth scatternets*. International Journal of Pervasive Computing and Communications 2006, nr 2 (vol. 2).
15. Tan M., Aguilar K.S., *An investigation of students' perception of Bluetooth security*. Information Management & Computer Security 2012, nr 2 (vol. 20).
16. Tanenbaum A. S., *Sieci komputerowe*. Helion, Gliwice 2004.
17. Tarnowski M., *Możliwości komunikacji bezprzewodowej w sieciach przemysłowych*. Rozprawa dyplomowa. Politechnika Lubelska, Lublin 2013.
18. Ugo L., *Hakowanie Bluetooth*. Hakin9 2007, nr 03.

APPLICATION OF BLUETOOTH EQUIPMENT IN INDUSTRIAL COMMUNICATION

Abstract

A wireless communication between computer devices is commonly used. Practically every mobile computer and smartphone has a communication module compliant with IEEE 802.11. A similar solution can be used for communication between industrial devices.

This paper presents the solution of integration of industrial and office devices within the one communication network. The devices in Bluetooth standard were used for communication. The results of connection bandwidth tests are described.

Autorzy:

dr inż. **Andrzej Sumorek** – Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki,
a.sumorek@pollub.pl