

# Rozproszony system pomiarowy z transmisją bezprzewodową Wi-Fi i GSM z wykorzystaniem modułu FieldPoint

Robert Łukaszewski,  
Arkadiusz Prus,  
Wiesław Winiecki\*

Przedmiotem rozważań jest projekt rozproszonego systemu pomiarowego z transmisją bezprzewodową Wi-Fi i GSM wykorzystujący moduły FieldPoint. Przedstawiono wykorzystane w projekcie technologie komunikacyjne, programowe i sprzętowe. Zamieszczono przyjęte założenia projektowe, a następnie opisano strukturę, konfigurację i realizację zaprojektowanego systemu. Przedstawiono wyniki przeprowadzonych badań właściwości oraz możliwości wykorzystania transmisji radiowej Wi-Fi w rozproszonych systemach pomiarowych. Zamieszczono wnioski z przeprowadzonych pomiarów i badań.

## Wstęp

Obecnie dostępne na rynku urządzenia i narzędzia programowe bardzo ułatwiają budowę Rozproszonych Systemów Pomiarowych (ozn. **RSP**) [1]. Zastosowanie transmisji radiowej umożliwia stosowanie RSP tam, gdzie występują trudności w wykorzystaniu sieci przewodowych, natomiast zastosowanie telefonii komórkowej zwiększa zasięg sterowania systemem pomiarowym. Transmisja bezprzewodowa eliminuje konieczność bezpośredniego dostępu modułów pomiarowych do sieci przewodowej np. Internet. Wykorzystanie systemów baz danych umożliwia gromadzenie wyników działania systemu pomiarowego, ich późniejsze udostępnianie użytkownikom systemu, a także przechowywanie i dostęp do danych konfiguracyjnych systemu. Dostęp do systemu pomiarowego może się odbywać z dowolnego miejsca w świecie poprzez komputer osobisty dołączony do sieci Internet oraz za pomocą telefonu komórkowego lub innego terminala GSM wyposażonego w przeglądarkę internetową.

Przedmiotem niniejszego artykułu jest rozproszony system pomiarowy z transmisją bezprzewodową zgodną ze standardem IEEE 802.11b (handlowa nazwa Wi-Fi – *Wireless Fidelity*) i GSM wykorzystujący moduły FieldPoint. Celem pracy było zbadanie właściwości RSP wykorzystującego standardy radiowej transmisji bezprzewodowej IEEE 802.11b i GSM oraz moduły pomiarowe FieldPoint z wbudowanym systemem operacyjnym czasu rzeczywistego.

## Przegląd zastosowanych technologii

**Transmisja bezprzewodowa IEEE 802.11** – oryginalny standard zatwierdzony przez Instytut Inżynierii Elektrycznej i Elektronicznej w 1997 r. jako IEEE 802.11. Po nim, we wrześniu 1999 r. zostały przyjęte: IEEE 802.11a oraz IEEE 802.11b. Standard „a” pracuje na częstotliwości 5.725 – 5.850 GHz i pozwala na transmisję z szybkością do 54 Mbit/s, natomiast standard „b” pracuje na częstotliwości 2.4 – 2.4835 GHz i pozwala osiągnąć szybkość 11 Mbit/s.

Systemów w standardzie IEEE 802.11a nie można stosować w Europie, w której pasmo 5 GHz zostało zarezerwowane dla systemu HiperLAN – europejskiego standardu transmisji w bezprzewodowych sieciach lokalnych. Został on opracowany przez ETSI (*European Telecommunication Standards Institute*), głównie dla sieci multimedialnych. Dla innych zastosowań opracowano standard IEEE 802.11g. Wykorzystano w nim dwa rodzaje modulacji: PBCC-22 (Packet Binary Convolutional Coding – 22 Mbit/s / 8.5 db) i CCK-OFDM (*Complimentary Code Keying/Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), pozwalające na uzyskanie prędkości odpowiednio 22 i 54 Mbit/s, natomiast w modulacji OFDM, osiągnięta prędkość transmisji dochodzi do 54 Mbit/s (dla standardu IEEE 802.11a).

Obecnie trwają prace nad nowym standardem „n”, który będzie oferował prędkość przesyłu danych przekraczającą 100 Mbit/s. Ma on być następcą wersji „a” i pracować również na tej samej częstotliwości (5 GHz). Prace nad tym standardem mają się zakończyć pod koniec 2005 lub na początku 2006 roku, wtedy też po-

\* Mgr inż. Robert Łukaszewski, inż. Arkadiusz Prus; dr hab. inż. Wiesław Winiecki – Politechnika Warszawska, Instytut Radioelektroniki

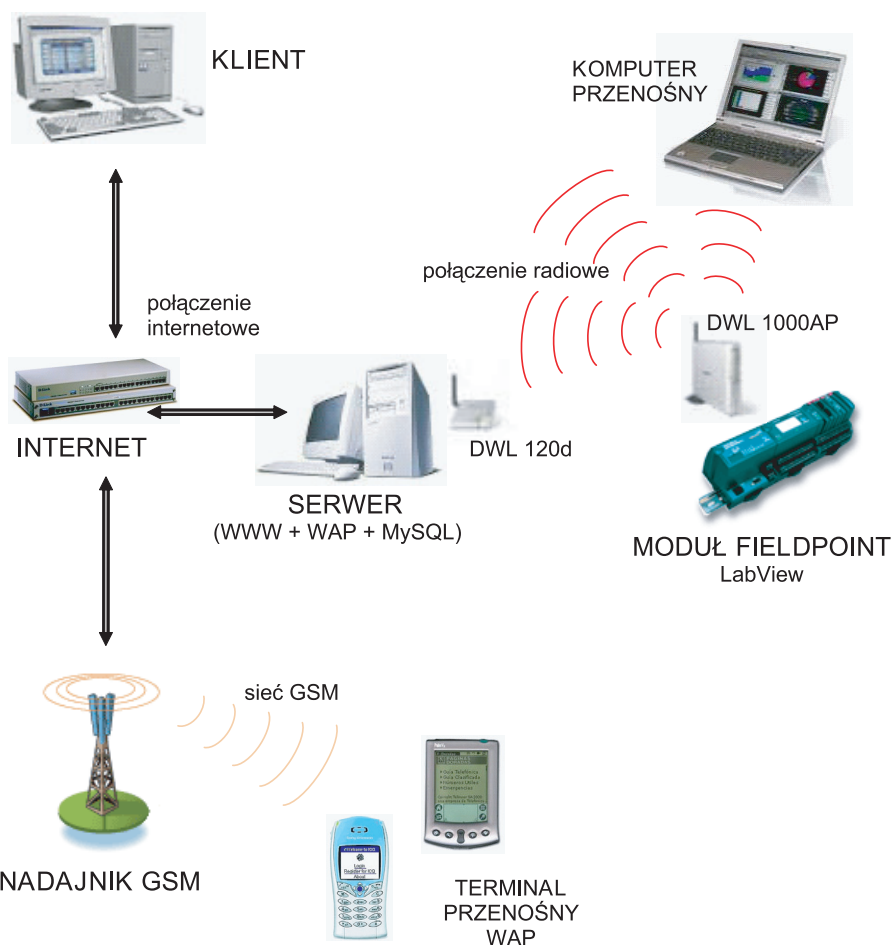
jawią się pierwsze urządzenia pracujące w standardzie IEEE 802.11n.

**Sieć GSM** działa na częstotliwości 900 oraz 1800 MHz. Technologia ta gwarantuje wysoką jakość połączeń, szybkość dostępu, niezawodność, bezpieczeństwo i odporność na zakłócenia, kompatybilność globalną. Ogromna popularność sieci GSM spowodowała duże zainteresowanie modyfikacjami, które pozwoliłyby, przy wykorzystaniu obecnej struktury, przyspieszyć przesyłanie danych. Metodami takimi są: HSCDS (*High Speed Cable Data Services*), GPRS (*General Packet Radio Service*) i EDGE (*Enhanced Data rates for Global/GSM Evolution*). Prowadzi to również do rozwoju warstwy programowej np. WAP (*Wireless Application Protocol*), czy JAVA.

**FieldPoint.** Do pomiarów parametrów sygnałów wolnozmiennych mogą być wykorzystywane moduły pracujące w standardzie FieldPoint. Konstrukcja elementów jest zgodna z warunkami stawianymi przez zastosowania przemysłowe [2]. W urządzeniach FieldPoint rozdzielono płaszczyznę projektowania systemu od płaszczyzny działania zaprojektowanego systemu. Etap projektowania odbywa się na komputerze, a następnie gotowy program jest przenoszony do urządzenia z wbudowanym systemem operacyjnym czasu rzeczywistego, gdzie jest wykonywany. Od strony programowej system jest obsługiwany przez środowiska: LabVIEW, LabWindows/CVI, Lookout [3] i wszystkie programy z zaimplementowanym mechanizmem OPC (OLE - *Object Linking and Embedding for Process Control Server*).

## Złożenia projektowanego systemu:

- możliwość sterowania i kontroli całego systemu pomiarowego oraz obserwacji wyników pomiarów w sposób zdalny, np. przez komputer przenośny podłączony drogą radiową lub za pomocą sieci Internet oraz za pomocą telefonu komórkowego poprzez sieć GSM
- możliwość łatwej rozbudowy o następne moduły pomiarowe bez konieczności budowy sieci przewodowej LAN (*Local Area Network*)
- dostępność do wyników pomiarów bez potrzeby posiadania specjalistycznego oprogramowania do jego obsługi

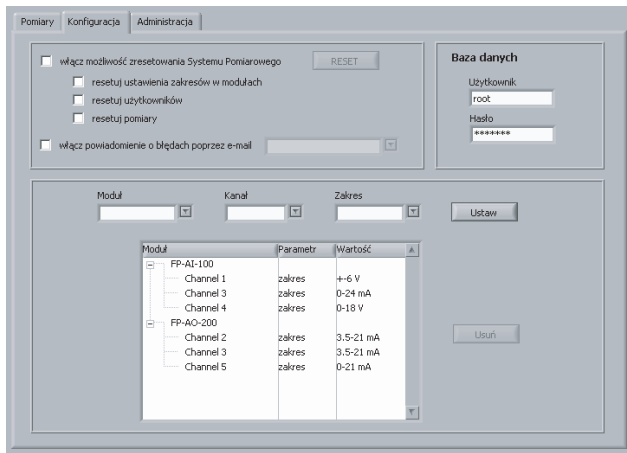


Rys. 1. Struktura rozproszonego systemu pomiarowego

- przechowywanie wszystkich wyników pomiarów oraz parametrów konfiguracyjnych systemu w bazie danych
- dostęp do bieżących i archiwalnych wyników pomiarów.

## Realizacja

Opisywany system zaprojektowano z wykorzystaniem modułów FieldPoint. Składa się on z modułu zawierającego 8 wejść analogowych FP-AO-100 i modułu zawierającego 8 wyjść FP-AO-200 oraz modułu sieciowego FP-2000. System umożliwia zbieranie 1000 próbek napięcia na sekundę z rozdzielczością do 16 bitów. Wykorzystane środowisko LabView 7 Express umożliwia zarządzanie modułami pomiarowymi FieldPoint z wbudowanym systemem operacyjnym czasu rzeczywistego. Środowisko to zawiera biblioteki umożliwiające łatwy dostęp do baz danych (np. MySQL) oraz mechanizmy wspomagające dostęp do systemu pomiarowego poprzez sieć z poziomu przeglądarki internetowej [4]. Do połączenia modułu pomiarowego FieldPoint z siecią Internet oraz do komunikacji z innymi urządzeniami sterującymi systemem (np. komputer przenośny), została użyta transmisja radiowa standardu IEEE 802.11b z wykorzystaniem urządzeń firmy D-Link: punktu do-



Rys. 2. Panel sterujący systemu pomiarowego.

stępowego (ang. *Access Point*) typu DWL-1000AP i karty USB (*Universal Serial Bus*) typu DWL-120d. Wyniki pomiarów są przechowywane w bazie danych MySQL na serwerze podłączonym do sieci Internet. Dostęp do danych w bazie jest możliwy z poziomu przeglądarki internetowej oraz terminalu GSM z obsługą protokołu WAP. Odpowiednią stroną internetową napisano z wykorzystaniem języka PHP (*Hypertext Preprocessor*), natomiast dla terminali WAP stworzono odpowiedni zestaw kart WML (*Wireless Markup Language*). Dostęp do systemu wymaga autoryzacji użytkowników, którym są przypisane różne prawa, np. do konfiguracji modułu pomiarowego, administracji systemem pomiarowym lub jedynie do przeglądania wyników pomiarów. Sposób transmisji danych oraz strukturę całego systemu rozproszonego przedstawiono na rys. 1.

Konfiguracja systemu jest możliwa po połączeniu poprzez lokalną sieć radiową ze stroną umieszczoną na serwerze WWW wbudowanym w moduł FieldPoint. Strona ta zawiera panel sterujący całym systemem stworzony w LabView. Jego widok przedstawiono na rys. 2.

Zakładka „konfiguracja” umożliwia: podanie nazwy użytkownika oraz jego hasła dostępu do bazy danych MySQL umieszczonej na serwerze; skonfigurowanie kanałów pomiarowych w module FieldPoint, a także włączenie powiadamiania o błędach w systemie za pomocą poczty elektronicznej – e-mail. Zakładka „administracja” pozwala na: dodawanie i usuwanie użytkowników systemu, a także edycję ich danych. Wszelkie ustawienia pomiarów oraz odczyt ich wyników są dostępne w zakładce „pomiar”.

Po przeprowadzeniu konfiguracji systemu dostęp do sterowania całym systemem jest możliwy z dowolnego komputera dołączonego do sieci Internet lub terminala GSM/WAP z wykorzystaniem



Rys. 3. Konfiguracja zakresu pomiarowego poprzez stronę WAP

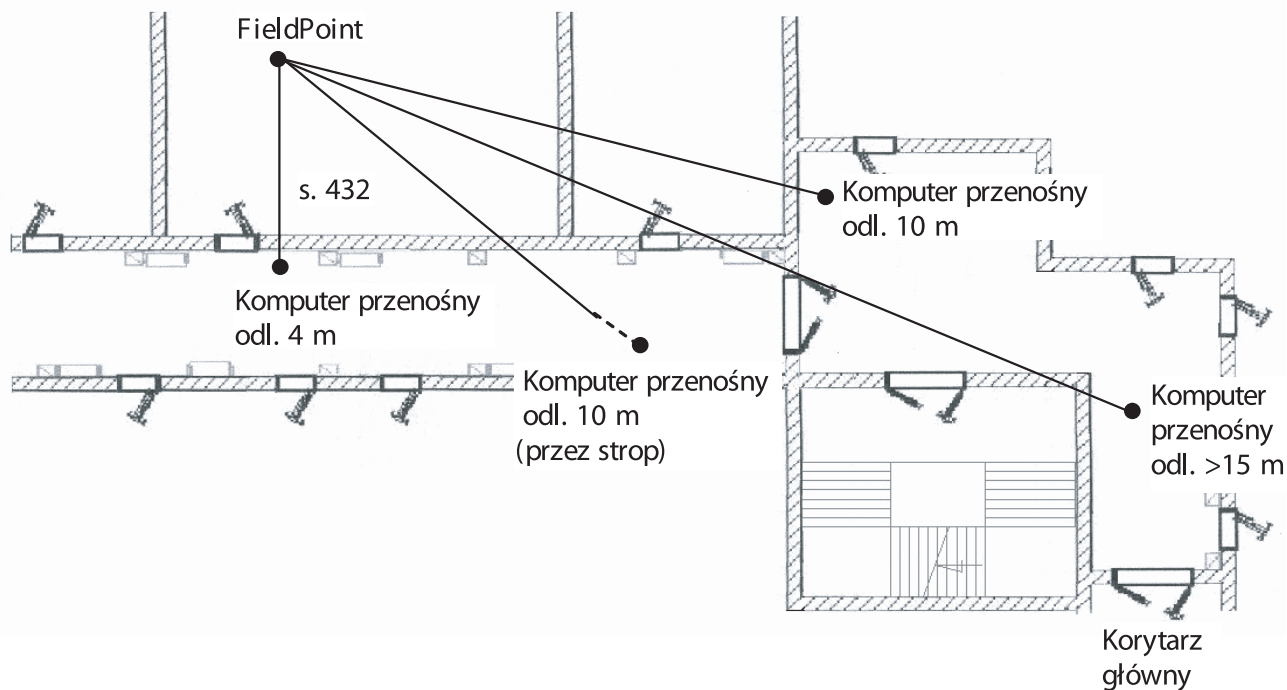
przeglądarki internetowej. Stworzona strona internetowa i zestaw kart WML po pomyślnej autoryzacji użytkownika systemu umożliwiają: konfigurację pomiarów, ustawianie zakresów, aktywowanie i usuwanie poszczególnych kanałów, ustalanie sposobu wyświetlania danych na wyświetlaczu (dot. WAP), wykonanie skonfigurowanego pomiaru, odczytanie wyniku bieżących pomiarów, odczytanie archiwalnych wyników, a także usuwanie i edycję danych o użytkownikach. Przykład konfiguracji zakresu pomiarowego w systemie poprzez stronę WAP przedstawiono na rys. 3, a wygląd panelu pomiarowego dostępnego z przeglądarki internetowej na rys. 4.

## Badania systemu

Badania właściwości połączenia radiowego w zaprojektowanym rozproszonym systemie kontrolno-pomiarowym dotyczyły jakości połączenia radiowego w zależności od rodzaju występującej przeszkody, zasięgu transmisji w otwartej przestrzeni oraz przepływności połączenia radiowego. Poniżej przedstawiono najważniejsze wyniki z przeprowadzonych badań oraz wnioski z wszystkich przeprowadzonych pomiarów. Do testów wykorzystano moduł FieldPoint FP-2000, komputer



Rys. 4. Wygląd panelu pomiarowego dostępnego z przeglądarki internetowej.



Rys. 5. Schemat pomieszczeń, gdzie dokonywane były badania

przenośny Toshiba Tecra 9000 oraz bezprzewodowy punkt dostępowy DWL-1000AP służący do komunikacji modułu FP poprzez łącze radiowe z komputerem.

**Pomiar czasu nawiązywania połączenia.** Badanie polegało na pomiarze czasu potrzebnego do komunikacji urządzeń poprzez łącze radiowe w przestrzeni zamkniętej bez przeszkód. Wykonywana była seria pomiarów czasów komunikacji dla poszczególnych odległości od punktu dostępowego. Na podstawie wyników stwierdzono, że zwiększenie odległości między terminalami nie wprowadza opóźnień w transmisji. Niezależnie od dystansu między terminalami czas komunikacji wahał się w zakresie 8-10 ms. Niestety nie udało się zbadać maksymalnego zasięgu z powodu ograniczeń konstrukcyjnych budynku w miejscu prowadzenia badań. Maksymalną odległość jaką udało się uzyskać przy zachowaniu warunku widoczności terminali to 150 m. Wprowadzenie przeszkody na drodze pomię-

dzy terminalami, w postaci ściany betonowej, przy odległości ok. 150 m powodowało zerwanie połączenia. Według producenta maksymalny zasięg punktu dostępowego wynosi ok. 100 m w terenie zamkniętym i ok. 300 w terenie otwartym.

**Badanie jakości połączenia** polegało na pomiarze czasu komunikacji w systemie poprzez typowe przeszkody, takie jak: ściany, stropy, urządzenia elektryczne, czy przebywający w pomieszczeniu ludzie. Pomiary wykazały, że przy odległościach rzędu kilku metrów przeszkody z materiałów budowlanych nie wprowadzają dużych opóźnień w komunikacji radiowej Wi-Fi, znacząco zmniejsza się natomiast zasięg transmisji. Przy przeszkodach występujących w budynkach (np. ściany, stropy) zasięg pracy połączenia radiowego może zmniejszać się do około 15 m.

**Badanie przepływności połączenia radiowego Wi-Fi** polegało na wielokrotnym pomiarze czasu i szyb-

Tabela 1. Pomiar przepływności łącza WiFi w zależności od środowiska pracy

Przeszkody	Odległość (m)	KP -> FP		FP -> KP	
		Czas (s)	Prędkość (kB/s)	Czas (s)	Prędkość (kB/s)
Brak	0,30	5,86	85,26	12,16	41,3
Brak	4	5,52	90,36	10,24	48,86
Ściana z szybą i metalową kratą	4	5,61	88,77	11,09	47,27
Brak	10	5,35	93,42	10,12	49,43
Kilka ścian	10	5,51	90,72	10,78	46,57
Strop	10	5,73	87,31	11,60	43,72

kości przesyłu danych z modułu pomiarowego do komputera oraz z komputera do modułu pomiarowego przy różnych warunkach pracy urządzeń. Pomiary wykonano w środowiskach wolnym od zakłóceń oraz z zakłóceniami wynikającymi z tłumienia sygnału przez przeszkody terenowe. Przeprowadzone zostały również pomiary czasu przesyłu plików o różnych rozmiarach przy stałej odległości między terminalami i stałych warunkach pracy. Uzyskane wyniki **badan wykonanych w środowisku wolnym od zakłóceń** pokazują, że szybkość transmisji nieznacznie maleje wraz ze wzrostem wielkości pliku. Spowodowane jest to tym, że większy plik potrzebuje więcej czasu na przesłanie, a przez to może wystąpić więcej chwilowych zakłóceń transmisji. Ponadto szybkość transmisji między komputerami jest większa od szybkości między komputerem a modulem FieldPoint, jest to spowodowane różnicą w budowie i działaniu obu urządzeń. Moduł FP nie jest przystosowany do szybkiego przesyłania dużej ilości danych (ilość dostępnej pamięci jest znacznie mniejsza – 16 MB oraz znacznie wolniejsza jednostka centralna). Uzyskane szybkości komunikacji radiowej między FP a komputerem są wystarczające w zastosowaniach typowych dla RSP. Pomiary **przepływności połączenia radiowego w zależności od środowiska pracy** polegały na wielokrotnym pomiarze czasu i prędkości przesyłu danych za pomocą protokołu FTP (*File Transfer Protocol*). W tabeli 1 przedstawiono wartości średnie poszczególnych eksperymentów. Dane wysyłane były zarówno z komputera przenośnego do modułu, jak i z modułu pomiarowego do komputera. Badania przeprowadzone były według planu przedstawionego na rys. 5. Zwiększanie odległości, przy przeszkodach typu cienkie ściany, powodowało zmniejszenie jakości połączenia, jednak nie było ono przerywane. Pojawienie się kolejnych przeszkód (strop) powodowało dalsze zmniejszanie zasięgu, a przy odległości ponad 15 m zaczynały się pojawiać przerwy w transmisji. Przeprowadzone badania wykazały, że zbyt mała odległość między urządzeniami Wi-Fi powoduje zmniejszenie ich wydajności.

Kolejne eksperymenty polegały na zbadaniu **zależności przepływności połączenia radiowego od odległości** terminali radiowych w środowisku wolnym od zakłóceń. Pomiary przeprowadzono analogicznie jak przy pomiarze zasięgu, przy czym mierzony był czas oraz szybkość przesyłu danych. Badania wykazały, iż wzrost odległości nieznacznie zmniejsza szybkość transmisji przy połączeniu radiowym. Początkowe wahania szybkości transmisji przy odległości ponad 100 m przeradzają się w niewielki spadek.

## Wnioski

Przeprowadzone badania wykazały dużą funkcjonalność bezprzewodowego łącza radiowego standardu IEEE 802.11b w odniesieniu do RSP. Dobry zasięg w budynku oraz w przestrzeni otwartej umożliwia wyko-

rzystanie urządzeń stosujących tę transmisję w rozległych systemach pomiarowych, w których istotna jest szybka transmisja dużej ilości danych. Otrzymane wartości parametrów transmisji są niższe niż parametry podane przez producenta, co wynika z większej tłumienności materiałów budowlanych używanych w Polsce w stosunku do USA. Sposób transmisji wykorzystywany w łączach Wi-Fi, polegający na kontroli przesyłanych pakietów, pozwala na pracę w środowisku charakteryzującym się wysokimi zakłóceniami bez znacznej utraty zasięgu połączenia. Zakłócenia, wynikające z pracy w pobliżu urządzeń elektrycznych dużej mocy oraz urządzeń pracujących w paśmie ISM (*Industry, Science & Medicine*), powodują jedynie niewielkie zmniejszenie szybkości transmisji. Przy występowaniu przeszkód o bardzo dużej tłumienności, takich jak ściany, czy ludzie, następuje zmniejszenie się zasięgu użytecznego transmisji radiowej, bez znaczącej utraty jakości połączenia.

## Podsumowanie

Przedstawiona praca miała na celu zbadanie właściwości RSP wykorzystujących standard radiowej transmisji bezprzewodowej IEEE 802.11b oraz moduły pomiarowe FieldPoint. Przeprowadzone badania pokazują właściwości oraz możliwości zastosowania sieci Wi-Fi w RSP. Badania wykazały, że sieć taka może zastępować przewodowe sieci wszędzie tam, gdzie ułożenie kabli może być kłopotliwe lub często zmienia się konfiguracja sieci. Główne zalety stosowania łącz WiFi w RSP to: duża przepustowość (dla standardów IEEE 802.11a i g powyżej 50 Mbit/s), łatwość łączenia sieci WLAN (*Wireless LAN*) i LAN, niski koszt urządzeń, odporność na zakłócenia. Właściwości standardu IEEE 802.11b sprawiają, że wypada on korzystniej w zastosowaniach typowych dla RSP w porównaniu z innymi standardami transmisji radiowej, np. Bluetooth.

## Bibliografia

- [1] Coulouris G., Dollimore J., Kindberg T.: *Systemy rozproszone podstawy i projektowanie*, WNT, 1997.
- [2] *FieldPoint – Rugged Intelligent and Distributed I/O Systems*, National Instruments, 2002.
- [3] Winiecki W., Nowak J., Stanik S.: *Graficzne zintegrowane środowiska programowe do projektowania komputerowych systemów pomiarowo-kontrolnych*, MIKOM, 2001.
- [4] *LabView – Software for Measurement and Automation*, National Instruments, 2001.