

Ryszard BOGACZ, Beata KRUPANEKPOLITECHNIKA ŚLĄSKA, INSTYTUT METROLOGII, ELEKTRONIKI I AUTOMATYKI,
ul. Akademicka 10, 44-100 Gliwice**Porównanie wybranych metod bezprzewodowego odczytu liczników energii elektrycznej****Mgr inż. Ryszard BOGACZ**

Współautor jest wykładowcą w Instytucie Metrologii, Elektroniki i Automatyki Wydziału Elektrycznego. Zajmuje się zagadnieniami związanymi z techniką cyfrową i mikroprocesorową oraz programowaniem układów mikroprocesorowych. Obszar zainteresowań obejmuje także systemy bezprzewodowej transmisji danych oraz zdalnego odczytu liczników energii elektrycznej.



e-mail: ryszard.bogacz@polsl.pl

Dr inż. Beata KRUPANEK

Autorka jest pracownikiem Instytutu Metrologii Elektroniki i Automatyki Wydziału Elektrycznego. Zajmuje się zagadnieniami z zakresu sieci komputerowych a zwłaszcza sieci i systemów bezprzewodowych. Prowadzi badania związane z opóźnieniami komunikacyjnymi spowodowanymi różnymi zaburzeniami. Działalność dydaktyczna obejmuje zajęcia z techniki cyfrowej, sieci komputerowych i programowania mikrokontrolerów.



e-mail: beata.krupanek@polsl.pl

Streszczenie

Publikacja zawiera opis najczęściej obecnie stosowanych bezprzewodowych metod zdalnego odczytu liczników energii elektrycznej, a także sposoby wdrożenia wybranych metod w praktyce. Przedstawiono standardy ZigBee, WiFi i GSM uwzględniając ich wady i zalety predysponujące do współpracy z licznikami i serwerem przechowującym odczytane dane pomiarowe. W drugiej części pracy pokazano zrealizowane praktycznie urządzenia modułów komunikacyjnych wykorzystywane w zdalnym odczycie liczników i protokoły transmisyjne umożliwiające współpracę z wieloma licznikami. W podsumowaniu porównano wybrane metody bezprzewodowego odczytu liczników energii elektrycznej, a także zaprezentowano jakie są obszary zastosowania i możliwości użycia poszczególnych rozwiązań zdalnego odczytu.

Słowa kluczowe: zdalny odczyt, komunikacja bezprzewodowa, ZigBee, WiFi, GSM.

Comparison of selected methods of wireless remote electricity meter reading**Abstract**

The paper presents a description of methods currently used for wireless remote meter reading of electricity and ways to implement the chosen methods in practice. There are described ZigBee, WiFi and GSM standards with their advantages and disadvantages for cooperation with meters and a server that stores the read out measurement data. The second part shows practically realized devices and communication protocols for the cooperation with many meters. The summary contains comparison of the methods chosen for wireless electricity meter reading, and information about the areas of using the presented methods. Application and various solutions for remote reading are presented in Table 1. Basing on the study results, it can be concluded that the transmission by the GSM standard has much more reliable data transfer than the WiFi and ZigBee standards. Solutions based on the WiFi and ZigBee standards, despite a small range compared to GSM, do not require additional operator charges and are energy efficient. In practice hybrid solutions and those dependent on the location of a measurement object are the best ones.

Keywords: remote meter reading, wireless communication, ZigBee, WiFi, GSM.

1. Wprowadzenie

Zdalny odczyt to nowoczesne i praktyczne rozwiązanie pozwalające na automatyczne pobieranie danych z liczników i szybkie ich przesyłanie do zarządcy budynku bądź operatora mediów. Dzięki temu proces rozliczania mieszkańców, firm i instytucji oraz analizy danych staje się dużo łatwiejszy i szybszy.

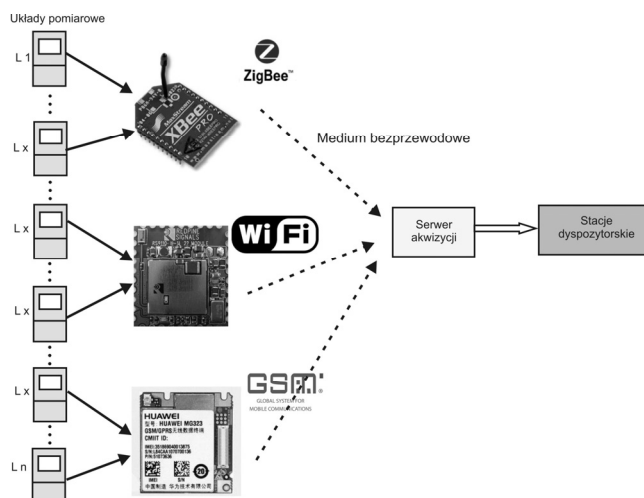
Obecnie rośnie zapotrzebowanie na liczniki typu „smart meter”, czyli elektroniczne liczniki energii elektrycznej lub innego medium, posiadające możliwość rejestracji bardziej szczegółowych informacji o zużyciu i parametrach tego medium. Zazwyczaj licznik taki pozwala na transport zgromadzonych danych w sposób zdalny

(telemetryczny). Dane te powinny zawierać m.in.: profil obciążenia, moce maksymalne i w strefach, zdarzenia takie jak zaniki napięcia oraz jego faz, parametry jakościowe [1].

Dla całego systemu automatycznego pozyskiwania danych pomiarowych (AMR - Automatic Meter Reading), kluczowym do rozwiązania problemem, jest zastosowanie właściwej technologii transmisji danych (medium transmisyjnego). Obecnie znane rozwiązania można podzielić na przewodowe i bezprzewodowe [2]. W pracy opisano przetestowane rozwiązania bezprzewodowe.

2. Bezprzewodowe metody zdalnego odczytu

Bezprzewodowy odczyt liczników energii elektrycznej zapewnia m.in.: szybki odczyt wyników pomiarów, uproszczenie i skrócenie czasochłonności odczytów, prostą instalację urządzeń transmisyjnych w pokrywach liczników bądź na szynie DIN, eliminację błędów spowodowanych czynnikiem ludzkim, automatyczną transmisję danych w dowolnie wybranych okresach rozliczeniowych i natychmiastową sygnalizację stanu awaryjnego, ułatwiony odczyt przyrządów, odczyt w dowolnej chwili bez absorbowania konsumenta.



Rys. 1. Bezprzewodowy system AMR

Fig. 1. Wireless AMR system

Obecnie coraz częściej stosuje się nowe techniki transmisji bezprzewodowej takie jak ZigBee, WiFi czy też GSM. Wybierając sposób transmisji trzeba uwzględnić dostępność modemów radiowych, koszt, zasięg i funkcjonalność urządzenia. W dalszej części opisano trzy wybrane standardy transmisji, które autorzy wykorzystali do komunikacji z licznikami i bazą danych gromadzącą informacje pochodzące z odczytów. Prosty system AMR wykorzystujący bezprzewodową transmisję danych składa się z liczni-

ków połączonych przewodowo za pomocą interfejsu RS485 lub RS232 z odpowiednim modułem komunikacyjnym, który następnie przesyła dane bezprzewodowo do serwera akwizycyjnego, gdzie aplikacja kliencka zapisuje dane w bazie, sortuje je i sporządza profile mocy (rys. 1).

Komercyjne systemy łączności radiowej (GSM) są kosztowne, jednakże rozwój technik cyfrowych oraz udostępnienie niektórych pasm częstotliwości w pasmach otwartych sprawił, że łączność radiowa jest obecnie szeroko stosowana i powszechnie dostępna. Wadą rozwiązań bazujących na transmisji w pasmach otwartych jest mały zasięg – od kilkudziesięciu do kilkuset metrów w terenie zabudowanym, wynikający z ograniczeń prawnych i technicznych.

3. Praktyczne aplikacje standardów bezprzewodowych

W rozdziale przedstawiono praktyczne rozwiązania zrealizowanych modułów komunikacyjnych liczników, wykorzystujących transmisję danych w trzech standardach bezprzewodowej transmisji danych: IEEE 802.15.4 (ZigBee), IEEE 802.11 (WiFi) oraz GSM oraz ich możliwości i przykłady zastosowania.

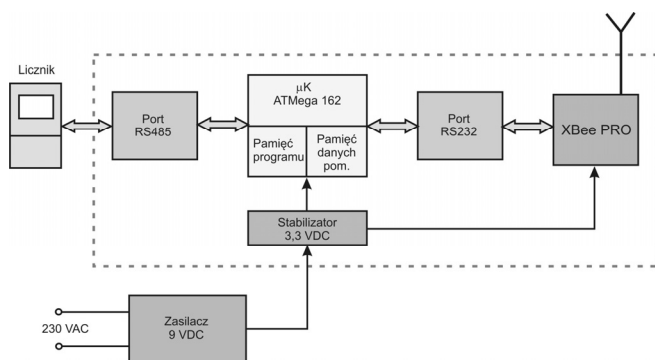
3.1. Moduł komunikacyjny oparty o standard ZigBee

Moduł komunikacyjny oparty o standard ZigBee został wykonany przy użyciu modemów XBee firmy Digi International. Zapewniają one automatyczną detekcję fali nośnej, możliwość adresacji urządzenia, detekcję błędów oraz retransmisję zagubionych lub uszkodzonych pakietów. Każdy moduł zapewnia efektywną wymianę danych w sieci przy zużyciu minimum energii, która wydatkowana jest jedynie w czasie nadawania i odbierania danych. XBee pracuje na częstotliwości 2.4GHz, posiada porty do transmisji danych łączem szeregowym RS-232 lub RS-485, wejścia analogowe i dodatkowe cyfrowe wejścia/wyjścia danych. Do wykonania prototypowego urządzenia wykorzystano moduły XBee-PRO (rys. 2) o podwyższonej mocy wyjściowej nadajnika, zapewniającej większy zasięg transmisji.



Rys. 2. Moduł XBee-PRO
Fig. 2. XBee-PRO module

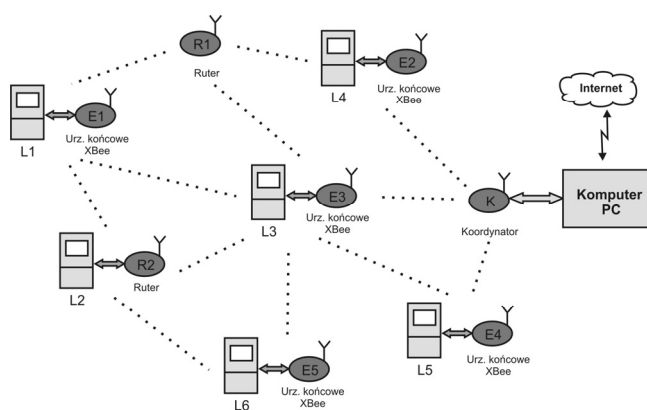
Właściwości konkretnej sieci ZigBee określane są przez użytkownika sieci przez szereg parametrów [4], które wpisywane są do rejestrów konfiguracyjnych modułów tworzących sieć. Układy XBee zapewnia przezroczystą transmisję danych ze stacji dyspozytorskiej do licznika i odwrotnie. Otrzymane dane modem wysyła do mikrokontrolera ATmega162 (rys. 3).



Rys. 3. Schemat modułu komunikacyjnego XBee
Fig. 3. Schematic of a communication module with Xbee

Procesor przesyła dane do licznika używając standardu RS-485. W celu wysłania danych z licznika do stacji dyspozytorskiej, licznik odsyła dane do XBee, które są wysyłane natychmiast po skompletowaniu ramki danych lub upływie czasu ustalonego przez producenta [8].

Wadą rozwiązania jest niewielki zasięg zwłaszcza w budynkach. Do działania systemu konieczne jest użycie drugiego modułu przy nadajniku (stacji dyspozytorskiej) oraz/lub zaimplementowanie sieci mesh gdy zasięg pojedynczego urządzenia nie jest wystarczający. W związku z czym zaproponowano dla sieci rozproszonych liczników strukturę Digi Mesh. W tym rozwiązaniu do każdego z liczników podłączony jest osobny moduł komunikacyjny XBee. Moduł komunikacyjny może pracować jako urządzenie końcowe lub ruter. Głównym urządzeniem w sieci jest koordynator (K), który steruje transmisją i jest podłączony do komputera PC. Komputer poprzez koordynator wysyła pytania do liczników i zbiera dane otrzymane z sieci, a następnie wysyła je poprzez Internet do serwera akwizycyjnego (rys. 4).

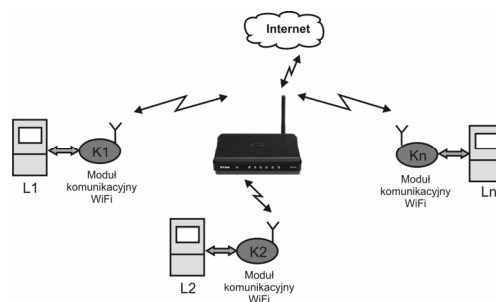


Rys. 4. Sieć liczników zrealizowana w oparciu o standard ZigBee
Fig. 4. Meters network based on the ZigBee standard

W trakcie testów urządzenia zauważono znaczny wpływ przeszkód architektonicznych (np. ściany budynków) na transmisję danych – powstawanie znacznych opóźnień, zrywanie połączenia radiowego, co można wyeliminować poprzez umieszczenie dużej liczby ruterów ZigBee [5].

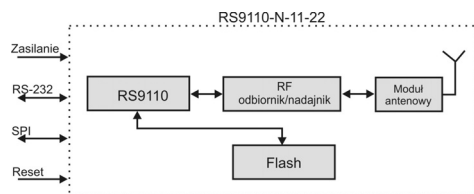
3.2. Moduł komunikacyjny oparty o standard WiFi

W celu połączenia różnych liczników w systemie AMR przy użyciu standardu WiFi korzysta się głównie z zalet topologii gwiazdy, która jest obecnie najszerzej stosowana. Wykorzystuje ona centralną stację bazową zwaną punktem dostępowym, którą może być np. dowolny ruter bezprzewodowy (rys. 5). Punkt dostępowy kieruje informację do poszczególnych elementów w sieci lub do następnego węzła. Sieci budowane w tej technologii są bardzo wydajne i łatwe w rozbudowie. Rozbudowę można przeprowadzić poprzez dodawanie kolejnych punktów dostępu.



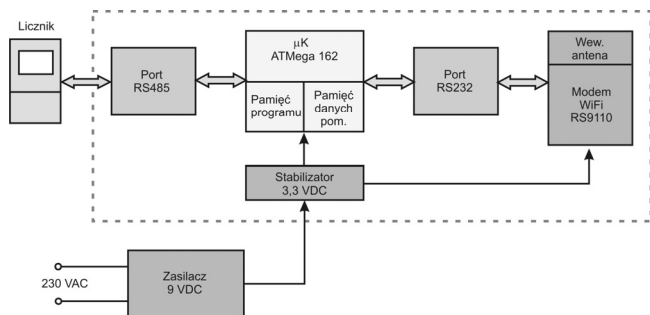
Rys. 5. Sieć WiFi w konfiguracji gwiazdowej
Fig. 5. WiFi star configuration

Aby móc zastosować w sieci topologię gwiazdy należy ustawić kartę bezprzewodową (modem) w tryb infrastruktury. Wszystkie urządzenia sieci muszą używać tego samego identyfikatora SSID (Service Set Identifier).



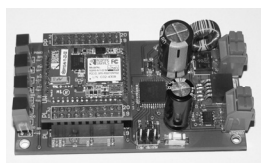
Rys. 6. Budowa wewnętrzna modemu WiFi
Fig. 6. Internal structure of a WiFi modem

Moduł komunikacyjny oparty na standardzie WiFi został wyposażony w wielofunkcyjny modem WiFi firmy Redpine Signals - RS9110-N-11-22 (rys.6). Modem umożliwia współpracę z sieciami bezprzewodowymi działającymi w standardzie 802.11 b, g oraz n oraz z innymi urządzeniami za pomocą interfejsu SPI lub RS-232. Modem wyposażony został również w zintegrowaną antenę, port szeregowy i mechanizmy oszczędzania energii. Modem sterowany jest poprzez mikrokontroler ATmega162 (rys.7, 8), który połączony jest zarówno z modemem jak i z licznikiem poprzez układ konwertujący interfejs RS-232 procesora na interfejs RS-485 licznika. Po włączeniu zasilania procesor automatycznie resetuje modem i czeka na jego uruchomienie [6].



Rys. 7. Schemat modemu komunikacyjnego WiFi
Fig. 7. Schematic of the communication module with WiFi modem

W celu zalogowania się do wskazanej sieci bezprzewodowej do modemu WiFi należy wprowadzić komendy wyboru pasma częstotliwości, inicjacji modemu radiowego, wyszukiwania wolnego kanału transmisyjnego, wyboru typu sieci, ustawienia hasła dostępu do sieci, połączenia do wybranej sieci, konfiguracji IP i maski sieci oraz otwarcia lokalnego portu do nasłuchu danych.



Rys. 8. Widok prototypowego modemu komunikacyjnego z modemem WiFi
Fig. 8. Prototype of the communication module with WiFi modem

Modem WiFi został skonfigurowany do pracy w paśmie 2.4 GHz, a wybór wolnego kanału odbywa się automatycznie. Po odszukaniu przez modem wszystkich dostępnych połączeń należy wprowadzić klucz dostępu do sieci, do której ma się on zalogować. W celu zalogowania się do sieci trzeba podać jej nazwę, adres IP modemu, maskę podsieci i bramę domyślną. Odbiór danych przychodzących drogą bezprzewodową odbywa się poprzez ich nasłuchiwanie na wybranym porcie, natomiast wysyłanie danych jest realizowane przez wydanie komendy otwarcia portu i podanie docelowego adresu IP.

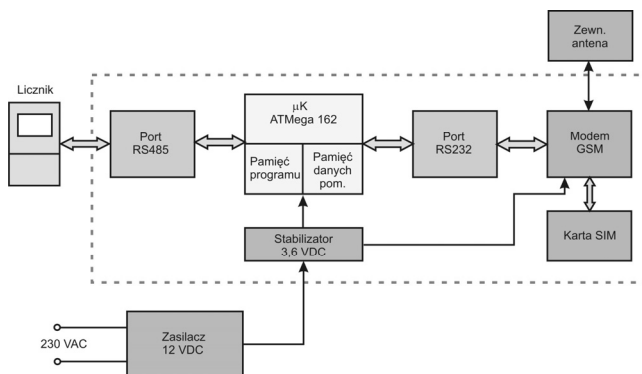
Po zalogowaniu do sieci układ przesyła komunikaty przychodzące ze zdalnego komputera i przesyła je do licznika. Licznik

odsyła dane do procesora poprzez interfejs RS-485. Następnie po opatrzeniu danych odpowiednią komendą AT do wysyłania danych, są one przesyłane do modemu, który następnie wysyła je do punktu dostępowego. Dzięki takiej konfiguracji komunikacja serwera z licznikiem odbywa się w sposób przezroczysty.

Transmisja w standardzie WiFi również jest wrażliwa na zakłócenia powodowane przez elementy architektoniczne budynków. Ograniczają one zasięg i wiarygodność transmisji. W celu wyeliminowania takiego zjawiska należy zadbać o odpowiednią ilość Access Pointów i dobrą widoczność modułu i punktu centralnego.

3.3. Moduł komunikacyjny oparty o standard GSM

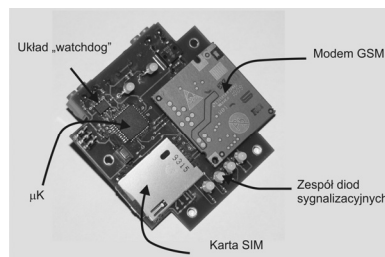
W rozwiązaniu wykorzystującym transmisję danych przez GSM liczniki energii elektrycznej są podłączone do koncentratora danych pomiarowych, który poprzez modem GSM/GPRS, łączy się z punktem dostępowym do Internetu, udostępnionym przez operatora sieci, a następnie przez Internet z serwerem akwizycyjnym. Moduł odczytujący po nawiązaniu połączenia wysyła dane z licznika energii elektrycznej. Dane mogą być wysyłane w czasie rzeczywistym lub buforowane i wysyłane pakietowo.



Rys. 9. Schemat modemu komunikacyjnego GSM
Fig. 9. Diagram of the GSM module

W zaprojektowanym systemie przewidziano możliwość komunikacji modemu odczytującego z serwerem akwizycyjnym wykorzystując różne możliwości transmisji danych przez sieć GSM takie jak: SMS, GPRS oraz APN. W tym celu zostało opracowane urządzenie – koncentrator danych pomiarowych, którego głównym celem jest pobieranie danych z licznika energii elektrycznej i wysyłanie ich do bazy danych [7].

Głównym elementem koncentratora (rys.9) jest mikrokontroler ATmega162 pełniący rolę układu sterującego transmisją danych oraz buforującego dane odczytane. Koncentrator zawiera modem GSM Huawei MG323 z anteną zewnętrzną i gniazdem karty SIM i zespół diod sygnalizacyjnych.



Rys. 10. Widok modemu komunikacyjnego GSM
Fig. 10. View of the GSM module

Koncentrator został wyposażony w port szeregowy RS-485 służący do podłączenia liczników. Odczytuje on wymagane przez użytkownika dane z rejestrów licznika, a następnie przechowuje w swojej pamięci. Koncentrator zapewnia konwersję protokołów transmisji, zabezpieczenie przed dostępem z nieautoryzowanych

źródeł (wymaga podania hasła), samodzielne logowanie do sieci GPRS i podtrzymanie sesji, autodiagnostykę oraz zdalną konfigurację. Koncentrator danych odczytowych przewidziany jest do montażu wewnątrz pokrywy licznika co zapewnia szczelność obudowy i zabezpieczenie urządzenia przed dostępem osób postronnych. Zdjęcie koncentratora przedstawia rysunek 10.

Po podłączeniu zasilania modem loguje się automatycznie do sieci operatora komórkowego. Do prawidłowej pracy konieczna jest zainstalowana karta SIM oraz zewnętrzna antena GSM/GPRS. Koncentrator może pracować w trzech różnych trybach: programowania, SMS, GPRS.

Trybu programowania używa się jedynie po podłączeniu przez łącze szeregowe do komputera PC w celu konfigurowania, aktualizowania i serwisowania urządzenia, nie jest on dostępny z zewnątrz.

W trybie SMS istnieje możliwość komunikacji z urządzeniem za pomocą SMSa. Urządzenie pozostaje w stanie uśpienia ze względu na konieczność oszczędzania energii. Użytkownik wysyła SMSa na podany numer telefonu. Wiadomość ta „budzi” urządzenie, które następnie inicjuje modem GSM, odczytuje aktualny stan licznika energii elektrycznej i odsyła SMSem na podany numer telefonu informację z odczytem, bieżącą datą i czasem odczytu oraz numerem i typem licznika. Istnieje również możliwość transmisji SMSów alarmowych.

Tryb GPRS przeznaczony do przezroczystej transmisji danych przez wydzielony kanał transmisyjny APN (ang. Access Point Name). Konfiguracja w tym trybie umożliwia automatyczne zbieranie danych przez koncentrator pracujący zarówno w trybie okresowego odpytywania poszczególnych liczników (co 1 minutę), jak i manualnym. System zapewnia otrzymywanie aktualnych informacji o stanach alarmowych i zmianach stanu wejść bezpośrednio po ich zaistnieniu, bez czekania na cykl odpytywania. Takie rozwiązanie znacznie obniża koszty przy zapewnieniu krótkiego czasu reakcji systemu. Ponadto systemy wykorzystujące technologię GSM/GPRS z definicji działają w trybie sieciowym w dalszym ciągu zapewniając możliwość wysyłania wiadomości tekstowych SMS. Bezpieczeństwo przesyłanych danych realizowane jest dzięki udostępnianemu przez operatora sieci telefonii komórkowej GSM adresu APN. Aby skonfigurować połączenie przez dedykowany kanał należy ustawić nazwę APN, i nazwę użytkownika, hasła dostępowego, prędkości i formatu transmisji oraz kodu PIN. Z parametrów sieciowych należy ustalić adres serwera i portu TCP do transmisji oraz lokalny adres IP modemu.

4. Podsumowanie

Po przetestowaniu wszystkich omówionych metod zdalnego odczytu liczników energii elektrycznej można porównać (tab. 1) wymienione standardy transmisji właśnie pod kątem wykorzystania do współpracy z sieciami liczników.

Porównując zastosowane rozwiązania modułów komunikacyjnych można stwierdzić, że cechują się one dużą różnorodnością. Na rynku istnieje bardzo wiele dostępnych modemów ZigBee oraz GSM, których parametry mogą się znacząco różnić od wyżej wymienionych. Oferta modemów WiFi jest, zwłaszcza w Polsce, znacznie bardziej ograniczona. Przy projektowaniu systemów AMR warto zwrócić uwagę na bardzo duży zasięg modemów GSM i ich odporność na zakłócenia, zarówno aktywne jak i pasywne. Niemniej jednak dużo większą szybkość transmisji oferuje standard WiFi, a w przypadku konieczności pracy na baterii najlepsze okazują się moduły XBee o ultra niskim poborze prądu zwłaszcza w czasie uśpienia. Największą wadą modemów XBee oraz WiFi jest ich niewielki zasięg i konieczność stosowania urządzeń pośrednich w postaci Access Pointów i ruterów.

Należy także wspomnieć, że transmisja danych w standardzie WiFi czy ZigBee nie wymaga dodatkowych kosztów w postaci opłat dokonywanych u operatora za przesłane dane. Korzystając z usług oferowanych przez GSM (GPRS, SMS) uiszcza się opłatę u operatora sieci za każdy przesłany pakiet lub też wykupuje się czasowy abonament. W przypadku WiFi koszty zależne są również od gotowej infrastruktury sieciowej w obiekcie. Wykonanie

sieci w standardzie ZigBee jest najbardziej czasochłonne i może okazać się kosztowne gdy odległości między licznikami są bardzo duże (duża ilość ruterów powiększających zasięg).

W praktyce najlepsze okazują się rozwiązania hybrydowe, w zależności od ilości przesyłanych danych, częstości odczytów liczników i ich ilości oraz lokalizacji w istniejącej infrastrukturze. Mając do czynienia z rozproszoną siecią liczników warto wykonać transmisję w standardzie GSM. Przy dużym zagęszczeniu liczników na stosunkowo niewielkim obszarze lepszy okazuje się standard ZigBee, ewentualnie WiFi kiedy trzeba przesyłać duże ilości danych. Rozwiązania oparte o GSM i WiFi zapewniają względnie dużą elastyczność i łatwość rozbudowy systemu o kolejne liczniki.

Tab. 1. Porównanie metod bezprzewodowej transmisji danych
Tab. 1. Comparison of wireless communication methods

	XBee	WiFi	GSM
Częstotliwość pracy	2,4 GHz	2,4 GHz	900 MHz / 1,8 GHz
Zasięg w otwartej przestrzeni	ok. 1,6 km	ok. 150 m	kilkanaście km
Zasięg w pomieszczeniach	ok. 60-90m	ok. 30m	-
Maks. szybkość transmisji radiowej	250kbps	65Mbps	zależny od technologii
Maks. szybkość transmisji UART	250kbps	3,686Mbps	230kbps
Maks. pobór prądu przy nadawaniu	250mA	152mA	460mA
Maks. pobór prądu przy odbieraniu	55mA	136mA	460mA
Maks. pobór prądu w czasie uśpienia	<10µA	1,2mA	50µA
Konfiguracja	Komendy AT	Komendy AT	Komendy AT
Zalety	- mały pobór prądu; - łatwość implementacji; - łatwość konfiguracji; - budowa sieci mesh; - małe koszty transmisji;	- duża szybkość transmisji; - małe koszty transmisji; - budowa sieci mesh; - łatwość implementacji; - bezpieczeństwo danych;	- duży zasięg; - duża odporność na zakłócenia; - bezpieczeństwo danych; - różne rozwiązania transmisji danych; - proste tworzenie rozległych sieci;
Wady	- mały zasięg; - wrażliwość na zakłócenia; - małe bezpieczeństwo danych; - konieczność ręcznej konfiguracji sieci;	- bardzo mały zasięg; - wrażliwość na zakłócenia; - duży pobór prądu w czasie uśpienia; - mała kompatybilność sprzętu różnych producentów;	- duży pobór prądu; - duże koszty przesyłu danych; - uzależnienie się od operatora;

5. Literatura

- [1] Niwiński S., Ostrowski W.: Inteligentne pomiary – fakty i mity, Rynek Energii, 1/2010.
- [2] Plich A.: Metody zdalnego dostępu do liczników energii, Wiadomości Elektro-techniczne, 7/2009.
- [3] FARAHANI S.: ZigBee Wireless Network and Transceivers, Elsevier Ltd., Oxford 2008.
- [4] Tokarski J., Bogacz R., Krupanek B.: Badania wpływu odległości pomiędzy urządzeniami w sieci ZigBee na efektywny czas transmisji. Materiały konferencyjne PPM 2012, Krynica-Zdrój
- [5] Tokarski J., Bogacz R., Krupanek B.: Mikroprocesorowy system do pomiaru parametrów transmisji sieci bezprzewodowych zbudowanych w oparciu o moduły XBee, rozdział w monografii Metrologia dziś i jutro, Konferencja MKM 2011 Białystok.
- [6] Bogacz R., Krupanek B.: Przezroczysty konwerter Wi-Fi – RS-485 do komunikacji z licznikiem energii elektrycznej, Pomiary Automatyka Robotyka 2/2012.
- [7] Bogacz R., Krupanek B.: Technologia GSM w metodach zdalnego odczytu liczników energii elektrycznej, Pomiary Automatyka Robotyka 2/2011.
- [8] Bogacz R.: Zdalny odczyt liczników energii elektrycznej z wykorzystaniem transmisji radiowej a w szczególności standardu ZigBee, materiały konferencyjne SP 2010, Łągow.