ZDALNY ODCZYT LICZNIKÓW ENERGII ELEKTRYCZNEJ Z WYKORZYSTANIEM TRANSMISJI RADIOWEJ

AUTOMATIC ELECTRICITY METERS READING BY USING RADIO FREQUENCY OR ZIGBEE PROTOCOL

Ryszard Bogacz, *Politechnika Śląska w Gliwicach*
(**1996**, prof. dr inż. Jerzy Jakubiec, Politechnika Śląska)
Beata Krupanek, *Politechnika Śląska w Gliwicach*

Abstract

Automatic meter reading, or AMR, is the technology of automatically collecting consumption, diagnostic, and status data from water meter or energy metering devices (water, gas, electric) and transferring that data to a central database for billing, troubleshooting, and analyzing. This advance mainly saves utility providers the expense of periodic trips to each physical location to read a meter. Another advantage is billing can be based on near real time consumption rather than on estimates based on previous or predicted consumption. This timely information coupled with analysis, can help both utility providers and customers better control the use and production of electric energy, gas usage, or water consumption.

In this article show a one-way continuous broadcast type system, the transmitter broadcasts readings continuously every few seconds. This means the reading device can be a receiver only, and the meter AMR device a transmitter only. Data goes one way, from the meter AMR transmitter to the meter reading receiver. In some networks using ZigBee protocol where meters themselves act as repeaters passing the data to nearby meters until it makes it to a main collector.

The main device in this project names KDO. It has been designed for energy metering devices and energy metering networks. It's main part is microchip ARM9 working with Linux operating system. For communication there are four serial ports and Ethernet port. KDO communicates with meters by using radio frequency or ZigBee protocol and sends data to main server using Ethernet cables. The central server specially designed software and hardware for transmitted meter data reception, allocation, analysis and automatic billing.

Streszczenie

Wychodząc naprzeciw potrzebom użytkowników energii elektrycznej w poniższej pracy opisano system umożliwiający zdalny odczyt liczników energii elektrycznej AMR. System umożliwia także równoczesny odczyt liczników zużycia innego medium np. wody czy gazu. System zdalnego odczytu obsługuje liczniki różnych typów i różnych producentów, a odczytywane dane pomiarowe gromadzone są w bazie danych MySQL skąd mogą być pobierane i przetwarzane przez odpowiednie oprogramowanie klienckie.

Dane na poszczególnych poziomach mogą być przesyłane za pomocą różnego rodzaju medium transmisyjnego.

1. Wiadomości wstępne

Rozproszone systemy pomiarowe, zbierające okresowe wartości energii z wielu miejsc, w literaturze bywają różnie nazywane. Przyjęło się używanie uproszczonej nazwy: systemy AMR.

Koncepcja technicznego rozwiązania systemu zdalnego odczytu danych pomiarowych przewiduje strukturę hybrydową.

Dla całego systemu automatycznego pozyskiwania danych pomiarowych, kluczowym do rozwiązania problemem, jest zastosowanie technologii transmisji danych (medium transmisyjne). Obecnie znanych jest kilka następujących rozwiązań: transmisja danych z wykorzystaniem elektro-energetycznych sieci zasilających PLC/PLD (Power Line Communication), transmisja danych z wykorzystaniem łączy przewodowych, takich jak łącza telefoniczne, dedykowane łącza teletechniczne (w tym Ethernet), radiowa transmisja danych.

Transmisja danych z wykorzystaniem linii zasilających w energię elektryczną (PLC) jest jedną z najbardziej obecnie obiecujących technologii.

Liczniki energii elektrycznej są podłączone do linii zasilających. Okazuje się jednak, że w polskich realiach przesył danych w tej technologii jest często utrudniony, bądź nawet niemożliwy. Istnieje w prawdzie ulepszenie tej technologii (PLD) jednakże nie znaleziono jej wdrożeń na szeroką skalę w polskich warunkach. Rozwiązanie to obecnie bardzo dobrze sprawdza się jedynie w centrach handlowych, bądź wewnątrz budynków mieszkalnych, gdzie są nowe instalacje lub transmisja odbywa się na małych dystansach. Istotny jest również fakt, że urządzenia do transmisji danych są produkowane przez producentów liczników energii elektrycznej i wykorzystywanie ich do transmisji danych z liczników innych producentów wiąże się z wieloma komplikacjami, a ponadto powoduje uzależnienie się od konkretnego producenta czy dostawcy urządzeń.

Transmisja danych z wykorzystaniem łączy przewodowych ma wiele oczywistych zalet. Technologia ta jest zaliczana do najbardziej niezawodnych. Nie jest jednak uzasadnione budowanie własnej sieci łączy teletechnicznych, a wykorzystywanie komercyjnych łączy telekomunikacyjnych będzie związane z dużymi kosztami za ich użytkowanie.

Radiowa transmisja danych wydaje się najkorzystniejsza. Istnieje obecnie wiele rozwiązań opartych o medium radiowe. W zależności od potrzeb i możliwości inwestora są budowane prywatne sieci łączności bezprzewodowej (agencje rządowe, duże firmy, np. z sektora energetyki), komercyjne sieci telefonii komórkowych, czy choćby dla domowych, bądź osiedlowych potrzeb sieci internetowych, które wykorzystują otwarte pasma częstotliwości.

Wadą rozwiązań bazujących na transmisji w pasmach otwartych jest mały zasięg – kilkaset metrów w terenie otwartym, wynikający z ograniczeń prawnych i technicznych. Rozwiązania bazujące na komercyjnych sieciach komórkowych są dobrymi i skutecznymi rozwiązaniami, jednakże stosowanie ich na szeroką skalę wiąże się z dużymi opłatami abonamentowymi i uzależnieniem funkcjonowania systemu od zewnętrznego operatora. Niewątpliwą zaletą systemów transmisji danych, opartych o technologie radiowe, jest stosunkowo duża swoboda w lokalizacji urządzeń transmisyjnych, a wadą – wrażliwość na warunki atmosferyczne i uzależnienie od ukształtowania terenu.

2. Koncepcje odczytu liczników energii elektrycznej

2.1 Transmisja danych po łączach elektroenergetycznych

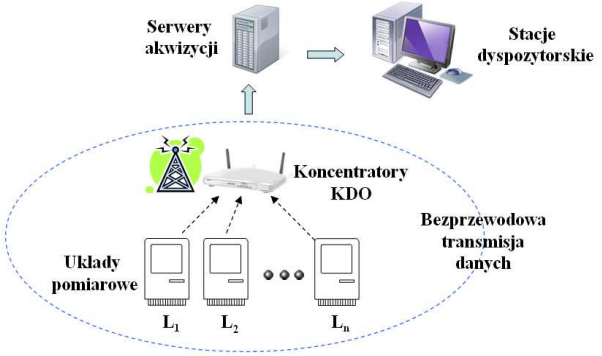
Koncepcja ta zakłada, że w stacjach elektroenergetycznych zasilających sieć 400 V zostaną zainstalowane koncentratory komunikujące się z urządzeniami u odbiorców za pośrednictwem sieci zasilającej. Łączność z tych koncentratorów, do serwera z bazą danych wartości pomiarowych, również odbywałaby się za pośrednictwem analogicznych urządzeń do najbliższej stacji energetycznej, w której jest dostęp do innego medium łączności, np. Internet.

Należy pamiętać, że zadanie to wiąże się z poniesieniem dużych nakładów finansowych na zbudowanie sieci strukturalnej do komunikowania się po elektroenergetycznych sieciach zasilających, jednakże w momencie podjęcia decyzji o podłączeniu do systemu innych podmiotów, czy odbiorców komunalnych, dodatkowe inwestycje w strukturę sieci transmisji danych będą niewielkie. Innym istotnym faktem jest to, że w przypadku podłączania do systemu urządzeń odczytowych dla innych mediów (woda, gaz), będzie konieczne zapewnienie łączności tych urządzeń z urządzeniami transmisyjnymi po sieci zasilającej.

Mając jednak na uwadze zagrożenia wymienione w opisie tej technologii, należy dokładnie przeanalizować możliwości techniczne przy aktualnym stanie technicznym sieci zasilającej.

2.2 Bezprzewodowa transmisja danych

Liczniki energii elektrycznej, znajdujące się w ośrodkach użyteczności publicznej, są skupione w grupach. Założenie tej koncepcji jest takie, że w każdym takim „skupisku" liczników, będzie instalowany koncentrator danych pomiarowych KDO, komunikujący się z licznikami w paśmie otwartym, za pośrednictwem radia, bądź w technologii PLC/PLD. W większości tych „skupisk" znajdują się ośrodki z dostępem do Internetu, za pomocą, którego koncentratory danych będą komunikowały się z serwerem przechowującym wartości pomiarowe (rys.2.1). W przypadku braku dostępu do Internetu możliwe jest komunikowanie się tych urządzeń za pomocą innych środków technicznych – najlepiej poprzez GSM.



Rys.2.1 Techniczna koncepcja zdalnego odczytu mediów
Fig.2.1 Wireless automatic meter reading

Założeniem tej koncepcji jest to, że w przypadku rozbudowy systemu AMR o jednostki gospodarcze oraz odbiorców komunalnych można dokładać koncentratory danych wg bieżących potrzeb.

Budowanie systemu transmisji radiowej w paśmie otwartym wiąże się z zagrożeniami wynikającymi z tego, że w pasmach tych może występować wiele zakłóceń generowanych przez innych użytkowników tych pasm. Zakłócenia te są obecnie najbardziej uciążliwe w paśmie otwartym. W pozostałych pasmach nie obserwuje się zbyt dużych zakłóceń, gdyż pasma te zostały niedawno udostępnione oraz urządzenia pracujące w tych pasmach są wyposażane w bardziej złożone algorytmy zabezpieczające transmisję danych.

Niewątpliwą zaletą tej koncepcji jest jej duża elastyczność, niezależność od jednego dostawcy urządzeń oraz możliwość prostego wprowadzania urządzeń pomiarowych różnych mediów. Ponadto nie wymaga ona na wstępnego ponoszenia dużych kosztów w budowę struktury telekomunikacyjnej, jak w przypadku wariantu 1.

2.3 Transmisja danych w standardzie ZigBee

Pod pojęciem bezprzewodowej sieci czujnikowej (*Wireless Sensor Network*) rozumie się sieć złożoną z rozproszonych autonomicznych urządzeń wykorzystujących czujniki do kooperatywnego monitorowania wybranych parametrów w różnych punktach danego obszaru.

Typowy pojedynczy element systemu zbudowany jest z układu radiowego, mikrokontrolera i źródła energii (bateria). Z tego powodu korzystna jest minimalizacja pobieranej mocy. Sieć czujnikowa z reguły stanowi system typu ad-hoc oferujący funkcjonalność routingu, co pozwala np. na wyznaczanie nowych tras przesyłu pakietów w przypadku awarii jednego z elementów systemu.

Obecnie dostępnych jest wiele standardów transmisji bezprzewodowej, jednak najbardziej przyszłościowym rozwiązaniem wydaje się być transmisja oparta na standardzie ZigBee.

Standard IEEE 802.15.4 (warstwa fizyczna i MAC) i uzupełniająca go specyfikacja ZigBee (rozwijana przez stowarzyszenie największych firm z branży elektronicznej, definiuje warstwy sieci oraz aplikacji, w tym bezpieczeństwa transmisji) stanowią odpowiedź na wymagania stawiane przez bezprzewodowe systemy rozproszone, w szczególności projektowane do zastosowań na gruncie czujników pomiarowych i kontrolerów.

Standard zakłada niski koszt wytworzenia urządzeń, prosty montaż oraz bardzo niski pobór mocy dla urządzeń łączności bezprzewodowej w różnorodnych środowiskach pracy.

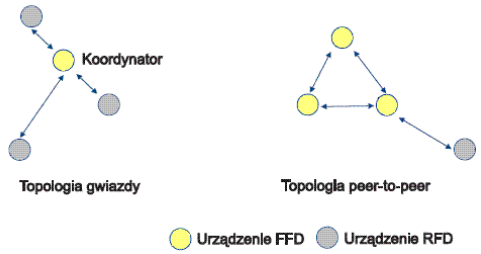
Aby czujnik był w pełni bezprzewodowy, konieczna jest eliminacja nie tylko kabla sygnałowego, ale i zasilającego. Z tego powodu większość czujników ZigBee będzie zasilana bateryjnie. Czujniki i ich podzespoły komunikacyjne muszą oszczędnie korzystać z energii. Jednym ze sposobów jest zmniejszenie czasu, w jakim urządzenie pobiera energię. Gdy sensor nie przesyła wyników pomiarów znajduje się w trybie uśpionym.

Większość urządzeń tego typu, które komunikują się w oparciu o standard 801.15.4 w paśmie od 2,4 do 2,48GHz przesyła informację w czasie kilku milisekund. Ponieważ przejście z trybu oszczędnego do trybu transmisji zajmuje około 15ms czujnik, który przeciętnie przesyła jeden komunikat na sekundę zazwyczaj pracuje przez nie więcej niż 2% cyklu pracy.

Specyfikacja ZigBee obejmuje sieć, elementy bezpieczeństwa oraz strukturę aplikacji, a także warstwę fizyczną i warstwę MAC (Media Access Control). Standard 802.15.4 pracuje w nielicencjonowanym paśmie 2,4GHz, przy użyciu modulacji O-QPSK (Offset Quadrature Phase Shift Keing). W związku z szerokością kanału równą 5MHz w paśmie 2,4GHz przewiduje się podział na 16 kanałów.

We wszystkich trzech pasmach standardu 802.15.4 w warstwie MAC stosowany jest dostęp CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance). Urządzenie, które chce rozpocząć nadawanie najpierw bada stan zajętości kanału i jeżeli jest on zajęty ponownie przechodzi w stan oczekiwanie, który trwa przez losowo określony okres. Następnie ponownie testuje kanał i w razie możliwości rozpoczyna transmisję. W metodzie tej możliwa jest sytuacja, w której dwa urządzenia (lub ich większa liczba) badają zajętość kanału jednocześnie i w tym samym czasie przygotowują się do transmisji. W związku z tym, kilka urządzeń jednocześnie może rozpocząć nadawanie.

W standardzie ZigBee zdefiniowano dwa typy urządzeń: urządzenia o pełnej funkcjonalności (*Full Function Device* – FFD) oraz urządzenia o ograniczonej funkcjonalności (*Reduced Function Device* – RFD). Urządzenia typu RFD mogą pracować tylko w topologii gwiazdy, gdzie komunikują się z koordynatorem, ale dzięki temu możliwa jest prosta implementacja i zmniejszenie zużycia energii. Opierając się na dwóch podstawowych topologiach sieci (rys.2.2), możliwe jest zdefiniowanie dowolnych zależności połączeń. Przestrzeń adresowa obejmuje 64-bitowy adres urządzenia i 16-bitowy adres sieci.



Rys.2.2 Urządzenia w sieci ZigBee
Fig.2.2 Devices in ZigBee network

ZigBee ze względu na parametry radiowe jak i założenia pozwalające na redukcję mocy pobieranej przez urządzenia, szczególnie nadaje się do

wykorzystania w bezprzewodowych sieciach czujnikowych. Jeżeli chodzi o aplikacje przemysłowe, zaobserwować można dwie tendencje: zastosowanie ZigBee w systemach kontrolujących zużycie energii (zarządzanie oświetleniem, ogrzewaniem itp.) lub w systemach zapewniających bezpieczeństwo (monitoring) [9].

Wdrożone systemy monitorowania zużycia energii elektrycznej to:

- Intu, przeznaczony do nadzorowania oświetlenia, gdzie podstawowym elementem systemu jest kontroler sieci ZigBee, połączony z serwerem pomiarowym. Kontroler sieci ZigBee połączony jest z siecią zewnętrzną. Serwer zarządzany przez producenta pozwala na automatyczne zapisywanie kopii zapasowych wszystkich danych i wydawanych poleceń;
- Utilinet, dedykowany do zarządzania przepływem energii elektrycznej. System docelowo umożliwia pomiar, pobieranie i analizę danych dotyczących zużycia energii uzyskiwanych od inteligentnych mierników energii elektrycznej, wody czy gazu.

3. Koncentrator danych pomiarowych – KDO

Podstawowym elementem wykorzystywanym w systemach zdalnego odczytu energii elektrycznej jest koncentrator danych odczytowych nazywany w skrócie KDO. Urządzenie to ma za zadanie komunikowanie się z licznikiem w celu akwizycji danych pomiarowych oraz buforowanie pobranych danych do czasu ich wysłania do centralnego serwera akwizycyjnego.

Koncentrator zbudowany jest w oparciu o mikrokontroler ARM9 pracujący pod kontrolą systemu operacyjnego Linux. KDO posiada cztery porty szeregowe pracujące w standardzie RS232/RS485, złącze Ethernet, gniazda USB, złącze kart SD, gniazdo zasilania oraz zespół diod sygnalizacyjnych i syrenę alarmową. Porty szeregowe umożliwiają komunikację z licznikami energii elektrycznej po łączu przewodowym, przy czym do każdego portu można podłączyć jeden licznik, gdy port pracuje w standardzie RS232 lub więcej liczników dla standardu RS485, maksymalnie do 32 liczników.

Oprogramowanie KDO umożliwia odczyt licznika w każdym porcie jednocześnie (wykorzystano cztery osobne układy UART mikrokontrolera). Odczyty mogą być realizowane z dowolną częstotliwością, jednak nie większą niż jeden odczyt na minutę. Dane z liczników mogą być transmitowane ze standardową szybkością w zakresie od 300 do 115200 b/s. Do portu szeregowego można podłączyć też przystawkę impulsową, która umożliwia podłączenie liczników nieposiadających wyjścia szeregowego, a jedynie impulsowe. Do portu szeregowego można również podłączyć modem GSM (zarówno zewnętrzny jak i wewnętrzny). Złącze Ethernet umożliwia komunikację KDO z Internetem.

Gniazda USB oraz SD umożliwiają powiększenie bufora danych odczytowych za pomocą pamięci typu Pendrive lub kart SD. Bez rozszerzania wewnętrzna pamięć urządzenia umożliwia buforowanie danych (w zależności od ilości liczników i częstotliwości odczytu) przez minimum kilka godzin.

Do zasilania urządzenia można wykorzystać dowolny zasilacz AC lub DC o napięciu nieprzekraczającym 40V. Diody sygnalizują stan pracy urządzenia, min. włączenie zasilania, gotowość systemu operacyjnego, aktywność Ethernetu, transmisję danych do i z liczników, przekroczenie mocy umownej. W razie potrzeby można wykorzystać sygnalizację dźwiękową wewnętrzną lub podłączyć przez odpowiednie złącze w dowolnym miejscu na zewnątrz.

KDO umożliwia też sterowanie innymi urządzeniami za pomocą izolowanych wyjść cyfrowych jak również ma możliwość pobierania informacji cyfrowej z zewnątrz poprzez wejścia z optoizolacją.

3.1 Obsługa łącza bezprzewodowego

Do komunikacji pomiędzy rozproszoną siecią liczników a koncentratorem danych KDO wykorzystano komunikację bezprzewodową. W opisywanym projekcie użyto modułów radiowych firmy HOPE typu RFM12B, które posiadają wbudowany wzmacniacz sygnału radiowego o mocy 0,5 W, posiadają one zasięg do 3km w otwartej przestrzeni. Moduły te zostały wybrane głównie ze względu na osiągany zasięg podczas transmisji danych. Programowa obsługa modułu polega na odpowiednim zapisaniu rejestrów sterujących pracą układu. Wpisów do rejestrów dokonuje się ściśle według przyjętych reguł komunikacji układu z mikrokontrolerem. Układ daje możliwość wyboru kanału transmisji, odpowiedniego sposobu kodowania jak i możliwość regulacji zasięgu poprzez programowe ustawianie mocy sygnału.

Opisany system wykorzystuje topologię typu gwiazdy, czyli jedno urządzenie rozgłaszające - KDO i wiele odbiorników – liczniki energii. KDO wysyła do wszystkich modułów radiowych znajdujących się w jego zasięgu (odpowiednio zaadresowanych) sygnał zezwalający na rozpoczęcie odczytu licznika tzw. „pytanie". Jego zadaniem jest synchroniczny odbiór wyników pomiaru z poszczególnych liczników. Wymiana danych między licznikami a modułem radiowym oraz modułem radiowym a KDO odbywa się według ściśle określonych reguł ujętych w protokole transmisji danych.

Transmisja danych szeregowych za pośrednictwem elementu RFM12B może odbywać

się tylko w trybie dwukierunkowym niejednoczesnym (half-duplex). Oprogramowanie obsługi łącza bezprzewodowego musi w odpowiednich chwilach dokonywać przełączenia tego elementu z odbioru na nadawanie i odwrotnie. Moduł radiowy znajdujący się przy liczniku w określonych oknach czasowych prowadzi nasłuch łącza radiowego. Przełączenie na nadawanie następuje w momencie otrzymania zapytania z KDO, a następnie jest wysyłana zwrotnie paczka danych odczytana wcześniej z licznika i przechowywana w buforze danych mikrokontrolera sterującego. Po wysłaniu danych do KDO moduł oczekuje na potwierdzenie pozytywne, bądź negatywne odbioru danych i wysyła ponownie dane lub powraca do stanu uśpienia zakończonego ponownym nasłuchem łącza. Dane odbierane drogą radiową gromadzone są w buforze danych KDO. Analiza zawartości bufora odbywa się cyklicznie poprzez odpowiednią procedurę. W przypadku, gdy dane znajdujące się w buforze będą miały rozmiar poprawnego pakietu zostaną wstępnie przetworzone i następnie wysłane na serwer akwizycyjny. Każdy moduł radiowy znajdujący się przy liczniku przez dłuższy czas znajduje się w trybie obniżonego poboru mocy, w ten sposób zapewnione jest małe zużycie baterii, z których moduł jest zasilany. W przypadku zasilania modułu bezpośrednio z sieci elektrycznej unikamy zużycia energii elektrycznej za którą ma dodatkowo płacić klient.

Należy także zwrócić uwagę na fakt, iż ilość liczników które można „odpytać" w określonym czasie determinuje nam maksymalną częstotliwość pobierania danych z licznika. Jednak w przypadku kiedy nie mamy do czynienia z użytkownikami komercyjnymi, odczyty godzinowe lub dobowe okazują się wystarczające, co pozwala na „odpytanie" ogromnych ilości liczników.

Preambuła	Sygnatura	Identyfikator	Długość danych	Dane	Suma LRC
3 B (AAh)	2 B (2DD4h)	2B	XB	≤X B	2 B

Rys.3.1 Struktura pakietu łącza bezprzewodowego
Fig.3.1 Wireless link packet structure

Przyjęto następujące parametry łącza radiowego:

- prędkość transmisji 4800 b/s;
- transmisja asynchroniczna;
- format znaku: 8 bitów danych, 1 bit stopu.

Problem postawiony w niniejszej pracy dotyczy między innymi utworzenia optymalnego protokołu transmisji, obsługującego wiele liczników oraz umożliwiającego korektę pojawiających się przekłamań transmisji. Komunikacja między poszczególnymi urządzeniami systemu opiera się na wzajemnej synchronizacji. KDO pracujący początkowo jako nadajnik wysyła „pytanie" do wszystkich liczników, które po odczycie danych w określonych szczelinach czasowych odsyłają wynik pomiaru w pakiecie danych o strukturze jak na rysunku 3.1.

Preambuła, czyli naprzemienny ciąg zer i jedynek transmitowana jest trzykrotnie, następnie po niej transmitowana jest dwubajtowa sygnatura oraz identyfikator licznika, z którego przesyłane są dane pomiarowe. Kolejno transmitowane są dane pomiarowe z licznika energii elektrycznej oraz jego numer i na końcu transmitowana jest suma kontrolna.

Do transmisji danych można wykorzystać również zespół modułów opartych na standardzie ZigBee. Koncentrator Danych Pomiarowych będzie posiadał funkcje urządzenia FFD natomiast każdy z pozostałych modułów komunikacyjnych będzie urządzeniem typu RFD. Jako topologie wykorzystano strukturę gwiazdy. Koordynator inicjuje sieć oraz odpowiada za jej utrzymanie. Wszystkie inne urządzenia są elementami końcowymi, które komunikują się bezpośrednio z koordynatorem.

Zasięg typowej sieci wynosi od 10m do 100m w zależności od ukształtowania terenu i pasma, w którym pracuje sieć.

3.2 Serwer akwizycyjny i aplikacja kliencka

Przetworzone dane z pomiarów energii transmitowane są z KDO za pośrednictwem protokołu TCP / IP na serwer telemetryczny. Połączenie to może być realizowane w technologii GSM lub Ethernet. Zadaniem serwera jest cykliczne „sprawdzanie" koncentratorów KDO. Serwer ten wykorzystywany jest również do diagnostyki sieci. Jego zadaniem jest informowanie administratora systemu o przebiegu procesu odczytowego, ewentualnych błędach oraz ich lokalizacji. Odczyty pozyskane z liczników energii przez serwer akwizycyjny zapisywane są w bazie danych MySQL.

Głównym problemem systemów AMR jest duża ilość gromadzonych danych. Wyświetlenie tak olbrzymiej ilości danych okazuje się niemożliwe i często nie jest konieczne, dlatego stworzona aplikacja użytkownika końcowego została wyposażona w możliwości stabelaryzowanej prezentacji wyników, raportów, wyliczeń oraz wykresów.

Aplikacja końcowa napisana została w języku Turbo Delphi, który jest wyposażony w komponent ułatwiający komunikację z serwerem MySQL. Oprogramowanie to instalowane jest u każdego użytkownika końcowego.

3.4 Testy systemu AMR w warunkach rzeczywistych

Podczas projektowania systemu łączności bezprzewodowej położono duży nacisk na niezawodność jego działania. Zweryfikowano testy prowadzone w warunkach laboratoryjnych próbami

przeprowadzonymi w warunkach rzeczywistych w miejscu zainstalowania systemu AMR. W wyniku przeprowadzonych prób potwierdzono wcześniejsze przypuszczenia. Moc nadajników wynosząca 0,5 W okazała się wystarczająca i nawet w stosunkowo gęstej zabudowie uzyskano poprawną transmisję w promieniu kilkuset metrów (w zależności o szczególnych warunków zabudowy i występujących zakłóceń). Protokół transmisji pozwala eliminować sporadycznie występujące błędy. Protokół transmisji pozwala wyeliminować sporadycznie występujące błędy. Niepoprawne dane są rozpoznawane, dzięki zastosowanemu protokołowi z sumami kontrolnymi, a preambuła już na wstępie eliminuje niepoprawne dane, i wówczas jest powtarzane ponowne pobieranie danych odczytanych z licznika. Dwukierunkowa transmisja pozwala na retransmisję pakietów danych. W celu zapewnienia poufności danych odczytowych transmitowane dane będą kodowane (kodowanie zmienne) oraz przewiduje się niewykorzystanie pasma otwartego. Koncentratory danych odczytowych przeszły testy na kompatybilność elektromagnetyczną i wiadomo, że same nie generują zakłóceń, jak również są odporne na zakłócenia zewnętrzne. Zakłócenia nie wpływają na poprawność danych, a po ustaniu zakłóceń urządzenia samoczynnie powracają do pracy i kontynuują transmisję danych.

4. Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały, że transmisja radiowa może stanowić konkurencje dla systemów przewodowych. Opisywany koncentrator KDO spełnia założenia projektu systemu AMR. Transmisja radiowa doskonale sprawdza się w terenie o rozproszonej zabudowie, np. w terenach wiejskich. Bez problemu można ją wykorzystać tam gdzie nie ma potrzeby transmitowania dużej ilości danych w sposób ciągły. System oparty na transmisji radiowej jest tani i prosty w utrzymaniu, a ponadto bardzo elastyczny i umożliwiający łatwą rozbudowę.

W przyszłości należałoby jednak poprawić zasięg np. poprzez transmisję łańcuchową, poprzez kolejne moduły radiowe. Zasięg transmisji można polepszyć także poprzez zmianę układu antenowego, np. zastosować antenę o większych gabarytach bądź antenę kierunkową. Innym sposobem na polepszenie zasięgu jest wykupienie licencjonowanego pasma transmisji i zastosowanie nadajnika o większej mocy i/lub w mniej zakłóconym paśmie.

Opisywany system ma wiele zalet i daje spore korzyści finansowe. Zdalny odczyt daje spore korzyści, a transmisja radiowa wydaje się tanią i prostą alternatywą na upowszechnienie systemu AMR w środowiskach słabo zurbanizowanych, w których komunikacja radiowa wydaje się jedynym sensownym na dzień dzisiejszy rozwiązaniem.

Istnieje również możliwość wykorzystania transmisji w standardzie ZigBee dającym wiele możliwości rozbudowy sieci jak również zmniejszenia zużycia energii każdego z czujników.

2. Literatura i dane autorów

1. Billewicz K.: *System automatycznego odczytu liczników energii elektrycznej AMR*., Pomiary Automatyka Robotyka 7-8/2007.
2. Zieliński B.: *Wybrane zagadnienia bezprzewodowej transmisji danych*, ZN Pol. Śl.
3. Piaskowy A., Bogacz R.: *Bezprzewodowy system monitorowania rozkładu temperatur pomieszczeń,* Pomiary Automatyka Kontrola 9/2008.
4. Bogacz R., Piaskowy A.: *Zdalny odczyt liczników energii elektrycznej*, Metrologia dziś i jutro, 2009
5. Turek M.: *materiały własne*, ENERGO-MOC WZORCOWNIA Niezależny Operator Pomiarowy Mediów.
6. Wolisz A.: *Podstawy lokalnych sieci komputerowych,* WNT, Warszawa 1992.
7. Otomański P., Odon A.: *Wpływ czynników zakłócających na dokładność pomiaru energii elektrycznej Zdalny odczyt liczników energii elektrycznej*, PAK 2008 nr 12, s. 842-844.
8. Noty katalogowe: Atmel ARM9, Hope RFM12BP
9. Informatyka z. 31, Gliwice 1996, s. 55-79.d
10. Olszyna Jakub: Technologie bezprzewodowe przemyśle na przykładzie standardu ZigBee, PAR 12/2008.

Adres służbowy Autorów:

Mgr inż. Ryszard Bogacz
Politechnika Śląska
Ul. Akademicka 10
44-100 Gliwice
tel. (032) 123 45 67
fax (032) 123 45 67
email:
ryszard.bogacz@polsl.pl

Mgr inż. Beata Krupanek
Politechnika Śląska
ul. Akademicka 10
44-100 Gliwice
tel. (032) 123 45 67
fax (032) 123 45 67
email:
beata.krupanek@polsl.pl