

Zygmunt KUBIAK

Instytut Informatyki
Politechnika Poznańska

ZDALNY ODCZYT LICZNIKÓW WODY

REMOTE READING WATER METERS

The paper presents briefly the current structure of water meters. In this case, the electronic readout requires special adapter, which convert the movement of one of the axes associated with a mechanical counter to the sequence of electrical impulses. These signals can be counted in the electronic meters, creating a mapping of indications of mechanical counters. Water meters do not have electrical power and therefore electronic solutions for the remote readings must comply with the conditions energy-saving. It is assumed that the electronic system should work without changing the battery a few years. For the realization of remote measurements are used special methods of signal transmission using wired and wireless (radio) channels. Wired network of this kind are classified as a fieldbus groups and these radio networks can be classified as wireless sensor networks (WSN). The paper discusses the solutions chosen transmission.

1. Wprowadzenie

Postęp technologiczny wymusza zmiany w metodach odczytu liczników mediów. Metoda „inkasenta” jest kosztowna ale również kłopotliwa dla odbiorców mediów. Ponadto wyniki pomiarów odczytywane są sporadycznie. W przypadku wody są to okresy kilkumiesięczne a odczyty stanowią wyłącznie podstawę do rozliczeń kosztów, natomiast nie dostarczają informacji o bieżącym rozkładzie poboru wody. Aktualnie w ramach Unii Europejskiej tworzona jest koncepcja *pomiarów inteligentnych* (ang. *Smart Metering*). Dotyczy ona wszystkich mediów dostarczanych do gospodarstw domowych, jak energia elektryczna, gaz, woda, ciepło [5]. Powstało specjalne konsorcjum ESMIG (ang. *European Smart Metering Industry Group*), które ma czuwać nad spójnym rozwojem inteligentnych systemów pomiarowych we wszystkich państwach członkowskich UE [11].

W opracowaniu przedstawiono krótko aktualne rozwiązania przepływomierzy wody. Nadal dominują konstrukcje mechaniczne wodomierzy. W takim przypadku odczyt elektroniczny wymaga specjalnych przystawek, które zamieniają ruch jednej z osi związanej z liczydłem mechanicznym na ciąg impulsów elektrycznych. Impulsy te mogą być zliczane w licznikach elektronicznych, stanowiąc odwzorowanie wskazań liczników mechanicznych. Ponieważ wodomierze nie posiadają zasilania elektrycznego stąd

rozwiązania elektroniczne dla potrzeb zdalnych odczytów muszą spełniać warunki energooszczędności – zakłada się, układ elektroniczny powinien pracować bez wymiany baterii kilkanaście lat. Dla realizacji zdalnych pomiarów stosowane są specjalne standardy transmisji sygnałów na odległość przewodowe i bezprzewodowe. Sieci przewodowe tego rodzaju zaliczane są do grupy sieci miejscowych (ang. *Fieldbus*). Rozwiązania bezprzewodowe można zaliczyć do sieci sensorowych WSN (ang. *Wireless Sensor Network*). W referacie omówiono wybrane rozwiązania transmisyjne.

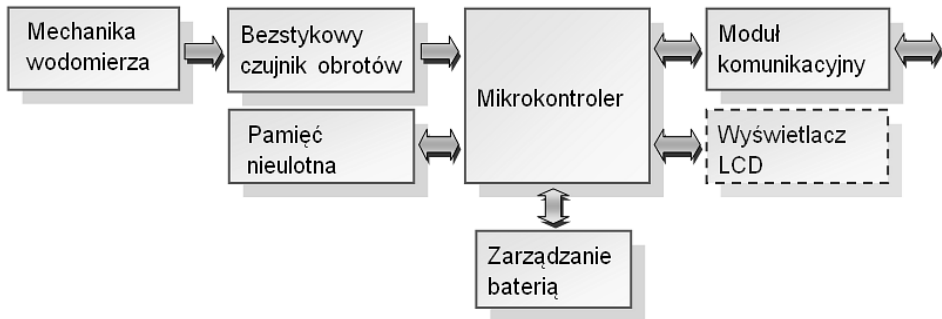
2. Liczniki wody

Liczniki wody z reguły są układami mechanicznymi. Produkowane są wodomierze wirnikowe (skrzydełkowe, turbinkowe), śrubowe (dla większych przepływów) i rzadziej objętościowe (tłokowo obrotowe). Pierwsze z nich montowane są w domach jednorodzinnych i w mieszkaniach jako wodomierze główne. Natomiast wodomierze śrubowe używane są w budynkach wielorodzinnych do pomiarów zbiorczych. W tych rozwiązaniach ruch wody napędza wirnik, śrubę lub tłok obrotowy. Obroty części pomiarowej przenoszone są na kółka zębate połączone z licznikiem mechanicznym wyskalowanym w jednostkach przepływu. Wodomierze dzielą się na mokrobieżne, w których mechanizm liczydła zanurzony jest w wodzie lub cieczy separującej (glicerynie) oraz suchobieżne, w których licznik mechaniczny oddzielony jest od mierzonego medium a napęd od wirnika (turbinki) przekazywany jest do licznika zazwyczaj za pomocą sprzęgła magnetycznego. Wodomierze wirnikowe wytwarzane są jako jednostrumieniowe (JS) i wielostrumieniowe (WS). W typie JS woda dopływa do wodomierza jednym zwartym strumieniem, a w przypadku WS kilkoma strumieniami rozmieszczonymi symetrycznie wokół wirnika. Wodomierze WS są dokładniejsze.

Systemy zdalnych odczytów wymagają sygnału elektrycznego na wyjściu urządzeń pomiarowych. Nowe rozwiązania wodomierzy przystosowane są do montażu przystawek elektronicznych. W niektórych wykonaniach przystawka stanowi moduł konstrukcyjny wodomierza. Ruch obrotowy wybranych elementów licznika, proporcjonalny do przepływu, zamieniany jest na ciąg impulsów za pomocą układów magnetycznych (kontaktrony - w starszych wersjach), indukcyjnych albo optoelektronicznych. Producenci wycofują się z impulsatorów kontaktronowych ze względów na dużą zawodność i łatwość zakłóceń przy pomocy zewnętrznych magnesów. W nowszych rozwiązaniach rozpoznawany jest kierunek przepływu co umożliwi kompensowanie przepływu wstecznego i w rezultacie zapewni zgodność pomiaru elektronicznego z licznikiem mechanicznym. Moduły elektroniczne wyposażone są zazwyczaj w jeden z czterech typów wyjść: impulsowe, RS232/RS485, M-BUS i radiowe. Najprostszym i jednocześnie najbardziej uniwersalnym rozwiązaniem jest wyjście impulsowe – łatwo można dostosować do każdego systemu pomiarowego. Wymaga zewnętrznego układu przetwarzania, pamiętania i konwersji wyników pomiarów do postaci wymaganej przez system zbierania pomiarów. Rozwiązania z interfejsem szeregowym RS232 lub RS485 są to z reguły nietypowe (niestandardowe) rozwiązania producentów liczników. Większość wodomierzy może być wyposażona w moduły komunikacyjne z magistralą asynchroniczną M-BUS (ang. *Meter Bus*), pozwalające na wymianę danych zorganizowanych w pakiety. Moduły tego typu przetwarzają i mogą archiwizować wyniki pomiarów. Moduł zarządzający transmisją (Master) ma dostęp do danych pomiarowych bieżących

jak i archiwizowanych zaopatrzonych w „pieczęć” czasową oraz danych serwisowych jak numer urządzenia pomiarowego, alarmy, stan baterii.

Aktualnie zdecydowana większość rozwiązań wodomierzy z funkcją zdalnego odczytu polega na uzupełnieniu tradycyjnego, mechanicznego urządzenia pomiarowego w zewnętrzną przystawkę elektroniczną, rejestrującą obroty jednego z elementów liczydła oraz wykonującą niezbędne przetwarzanie danych pomiarowych i obsługującą moduł komunikacyjny (rys. 1).



Rys. 1. Schemat blokowy wodomierza przystosowanego do zdalnych pomiarów

Fig. 1. Block diagram of the water meter, adapted for remote measurements

Rozwój w kierunku inteligentnych pomiarów spowoduje uproszczenie układu mechanicznego wodomierza do postaci pierwotnego elementu pomiarowego, tzn. wirnika, śruby lub tłka obrotowego i przetwarzaniu jego obrotów. Obniży to koszt całego urządzenia. W takiej konstrukcji część elektroniczna zawiera również wyświetlacz LCD (rys. 1), który umożliwi przekazanie użytkownikowi pełniejszej informacji, np. dodatkowo podanie ceny zużytej wody.

Na rynku pojawiły się również pierwsze dla pomiarów domowych w pełni elektroniczne wodomierze, wykorzystujące ultradźwiękową metodę pomiaru prędkości cieczy. Urządzenie pomiarowe o zwiększonej niezawodności, zintegrowane z modułem komunikacyjnym, zapewniające na jednym komplecie baterii kilkunastoletni okres pracy stanowi idealne rozwiązanie dla systemów pomiarów inteligentnych. W chwili obecnej konstrukcje tego typu dla masowych zastosowań są dość drogie. Można jednak przewidywać, że ze względu na szybki postęp technologiczny w elektronice, w tym również w dziedzinie sensorów, najbliższe lata przyniosą konkurencyjne cenowo mierniki wody pozbawione elementów mechanicznych.

3. Rozwiązania komunikacyjne

Jak wyżej wspomniano, aktualnie najczęściej stosowane są dwa rozwiązania umożliwiające elektroniczny odczyt wyników pomiarów z wodomierzy: wyjście impulsowe

oraz przewodową transmisję cyfrową w standardzie M-BUS. Rozwiązania te przyjmują z reguły postać przystawek do klasycznych konstrukcji mierników.

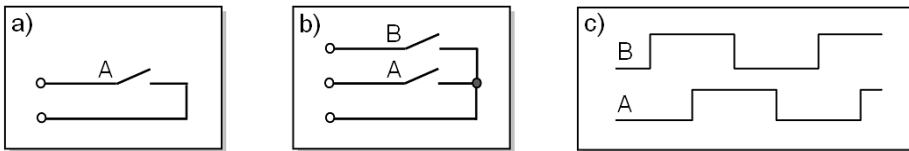
Zaletą wyjścia impulsowego jest możliwość łatwej współpracy z różnymi systemami pozyskiwania i przetwarzania wyników pomiarowych.

M-BUS jest w tej chwili dominującym standardem przewodowej transmisji cyfrowej, stosowanym dla automatycznego, zdalnego odczytu wskazań liczników.

Biorąc pod uwagę postęp technologiczny w dziedzinie pomiarów można śmiało stwierdzić, że zdalne odczyty liczników będą w coraz większym stopniu realizowane metodami radiowymi.

3.1. Wyjście impulsowe

Aby przekształcić ruch obrotowy któregoś z elementów ruchomych wodomierza na sygnał elektryczny można stosować różne konstrukcje impulsatorów. Wykorzystywane są dwa ogólne rozwiązania: z jednym kluczem (rys. 2a) i z dwoma kluczami (rys. 2b). Pierwsze stosowane jest w prostych miernikach, drugie w urządzeniach pomiarowych, które uwzględniają przepływ wsteczny. W impulsatorach z dwoma kluczami w czasie obrotu elementu pomiarowego zależnie od kierunku ruchu przebieg z klucza *B* wyprzedza przebieg z klucza *A* lub się opóźnia (rys. 2c), a to umożliwia wykrywanie kierunku przepływu.



Rys. 2. Wyjście impulsowe a) z jednym kluczem, b) z dwoma kluczami, c) przebiegi czasowe dla impulsatora z dwoma kluczami

Fig. 2. A pulse output a) with a single key, b) with two keys, c) the timing for the pulse generator with two keys

Najprostszym wykonaniem impulsatora jest układ mechaniczny: krzywka oraz zestyk. Nie jest ono stosowane ze względu na spore opory mechaniczne oraz dużą zawodność zestyku. Udoskonaleniem tej prostej idei jest kontaktron (lub dwa kontaktrony dla rozwiązania z rys. 2b) przełączany ruchomym magnesem trwałym.

Zdecydowanie większą niezawodność można uzyskać stosując klucze elektroniczne w postaci: elementów sterowanych polem magnetycznym (gaussotrony, hallotrony lub czujniki magnetorezystancyjne), sensorów pojemnościowych lub układów optronicznych. Czujniki magnetyczne powinny być ekranowane przed oddziaływaniem magnesów neodymowych.

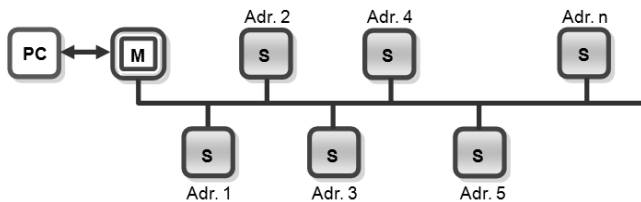
3.2. Protokół transmisji przewodowej M-BUS

M-BUS [12] jest protokołem komunikacyjnym dedykowanym urządzeniom pomiarowym, szczególnie dla potrzeb gospodarki mieszkaniowej i przemysłu. Dzięki wprowadzeniu tego europejskiego standardu możliwe jest tworzenie przewodowych sieci liczników (różnych producentów) w celu zdalnego odczytu pomiarów. Podstawowe założenia, które przyjęto dla magistrali M-BUS to:

- możliwość podłączenia dużej liczby urządzeń pomiarowych (max. 250),
- możliwość rozbudowy sieci, duża rozpiętość (do kilku kilometrów),
- bezpieczeństwo sieci (galwaniczna izolacja węzłów od magistrali),
- możliwie małe koszty,
- minimalny pobór energii z urządzenia pomiarowego,
- ustalone prędkości transmisji (300 do 38400 Bod).

Sieć M-BUS o topologii magistrali tworzy organizację logiczną typu master – slave (rys. 3). Liczniki pomiarowe są węzłami typu slave. Każdy z nich ma przypisany indywidualny numer (adres) od 1 do 250. Siecią zarządza węzeł master co oznacza, że tylko on może zainicjować transmisję. Numer 255 stanowi adres rozgłoszeniowy; master korzysta z tego adresu w celu przekazania jednakowego polecenia dla wszystkich węzłów slave. Węzły slave nie wysyłają odpowiedzi na to polecenie. Adres 0 jest zarezerwowany dla nieskonfigurowanych węzłów.

Węzeł master realizuje również funkcje bramy do sieci nadrzędnej, np. Ethernet, sieci bezprzewodowej i za ich pośrednictwem zapewnia dostęp do urządzeń pomiarowych z systemu pozyskiwania zdalnych pomiarowych lub w najprostszym przypadku z komputera PC, laptopa czy palmtopa.



Rys. 3. Topologia sieci M-BUS

Fig. 3. Topology of the network M-BUS

Model warstwowy sieci M-BUS jest zgodny z podstawową organizacją sieci miejscowych, tzn. zawiera warstwę fizyczną, warstwę łącza danych (zgodną ze standardem IEC 870-5), oraz warstwę aplikacyjną (zgodną z EN1434-3). Opcjonalnie może występować również warstwa sieciowa udostępniająca rozszerzone adresowanie.

Magistrala jest dwuprzewodowa. Transmisja bitowa od węzła master do slave realizowana jest napięciowo. Sygnał logiczny „1” (Mark) odpowiada nominalnej wartości napięcia +36V a sygnał „0” (Space) – nominalnej wartości napięcia +24V. Dla kierunku nadawania od węzła slave do master stosowana jest modulacja prądowa. Sygnał logiczny

„1” reprezentowany jest przez wartość prądu poniżej 1,5 mA a sygnał „0” wartością prądu większą o 11-20 mA. W stanie spoczynkowym (brak transmisji) magistrala jest w stanie „1” (Mark), co odpowiada napięciu na wyjściu modułu master +36V a każdy z modułów slave wymaga prądu spoczynkowego poniżej 1,5 mA. W danym przedziale czasu transmisja może być realizowana tylko w jednym kierunku. Tak zdefiniowane warunki przesyłania sygnałów gwarantują wysoką odporność na zewnętrzne zakłócenia.

Protokół warstwy łącza danych (EN 13757-2) oparty jest na normie IEC 870-5 ale nie wykorzystuje wszystkich zaleceń. Realizowana jest asynchroniczna transmisja znakowa, tzn. poszczególne telegramy (polecenia i odpowiedzi) dzielone są na porcje 8-bitowe (znaki), które przesyłane są start-stopowo.

Zdefiniowano cztery typy telegramów:

- pojedynczy znak E5h – potwierdzenie odbioru,
- ramka krótka (5 znaków),
- ramka długa (10..262 znaki),
- ramka sterująca (9 znaków).

Ramka krótka stosowana jest np. do inicjowania węzłów slave. Ramka długa służy np. do transferu danych z węzła slave w odpowiedzi na zapytanie węzła master.

W ramce długiej pole danych może zawierać maksymalnie 252 bajty. Suma kontrolna, stanowiąca zabezpieczenie integracyjne ramek, jest tworzona jako zwykła suma arytmetyczna bez uwzględniania przeniesienia.

W warstwie aplikacyjnej protokołu M-BUS (EN 13757-3) wykorzystano zalecenia normy EN1434-3. Warstwa ta opisuje struktury i typy danych; definiuje kody poleceń i odpowiedzi wykorzystywane w sieci; określa konfiguracje danych wyjściowych; definiuje kody i typy błędów.

3.3. Rozwiązania bezprzewodowe

W niniejszym podrozdziale przedstawiono bezprzewodową wersję system M-BUS oraz standard ZigBee, który prawdopodobnie w najbliższych latach zdominuje rynek pomiarów inteligentnych. Najważniejsze wymagania, które powinny spełniać sieci bezprzewodowe małej mocy dla realizacji zadań w ramach systemów automatycznego zbierania pomiarów (AMR) można określić następująco: energooszczędność węzłów sieci, bezpieczeństwo transmisji danych pomiarowych (integralność i poufność, niezawodność sprzętowa i programowa), niski koszt, topologia sieci – głównie gwiazda.

3.3.1. Wireless M-BUS

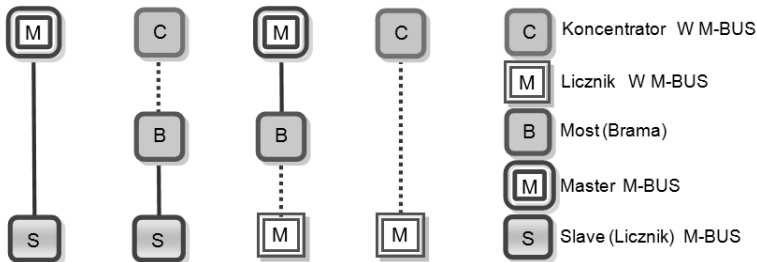
Prace nad przeniesieniem koncepcji M-BUS do rozwiązań bezprzewodowych rozpoczęto w roku 1998 [9]. Dla potrzeb transmisji danych pomiarowych proponowane jest pasmo ISM 868,0-868,6 MHz (<25 mW) ponieważ jest stosunkowo mało obciążone a układy transmisyjne są tanie. Dla celów ręcznej i automatycznej sygnalizacji wykorzystującej krótkie telegramy rzadko przesyłane, preferuje się pasmo 868,7-869,2 MHz (<25 mW). Dla zadań komunikacji bezprzewodowej w obrębie lub między budynkami wymagających sporadycznej transmisji większej ilości danych zaleca się pasmo 869,4-869,65 MHz (<500 mW). Kolejne założenia są następujące: licznik nie powinien zajmować dłużej niż łącznie 0,5 s w ciągu każdego dnia ze względu na dopuszczalne

obciążenie pasma. Proponowana jest prędkość transmisji sygnału wynosi 19200 Bod. Integralność telegramów zapewnia słowo kontrolne CRC16. Telegramy powinny być oparte na zaleceniach IEC870-5-1 oraz EN1334-3. Transmisja radiowa danych pomiarowych wymaga poufności stąd potrzeba ich szyfrowania.

Pierwsza wersja specyfikacji Wireless M-BUS została opublikowana w 2003 roku [EN 13757-4]. Kolejne pojawiły się w następnych latach. Standard określa komunikację między licznikami wody, gazu, ciepła oraz energii elektrycznej a koncentratorami. Wireless M-BUS może być stosowany w kilku trybach (S, T i R) związanych z transmisją jednokierunkową (S1, S1-m, T1) lub dwukierunkową (S2, T2, R2) w systemach stacjonarnych i mobilnych (S1-m).

Na poziomie warstwy fizycznej telegramy modulowane są kodem Manchester lub kodem „3 z 6”. Podstawową topologią sieci Wireless M-BUS jest gwiazda. Taka konfiguracja złożona jest z węzłów-liczników oraz koncentratora, tzn. węzła który zbiera pomiary. Podstawową zasadą obowiązującą w sieci jest autonomiczna praca liczników. W trybach jednokierunkowych liczniki są wyłącznie nadajnikami a koncentrator jest tylko odbiornikiem. W trybach dwukierunkowych nadajniki okresowo generują żądanie dostępu a koncentrator może rozpocząć transmisję z danym licznikiem wysyłając do niego potwierdzenie (ACK).

Wspólne podstawy sieci M-BUS i Wireless M-BUS oznaczają łatwość konwersji protokołów obu sieci [1]. Na rys. 4 przedstawiono możliwości łączenia węzłów.



Rys. 4. Możliwości łączenia węzłów sieci M-BUS i Wireless M-BUS

Fig. 4. Opportunities to combine nodes M-BUS and Wireless M-BUS

Transmisja w sieci Wireless M-BUS jest realizowana przy pomocy telegramów, które mogą być złożone z kilku bloków. W najprostszym przypadku jest to pojedyncza ramka (pierwszy blok). Jeżeli zachodzi potrzeba przesłania danych (liczba danych ≤ 255) wtedy pełen telegram składa się z ciągu wielu ramek – dane dzielone są na bloki o długości 15 bajtów. Ostatni blok może zawierać maksymalnie 16 bajtów danych. Każda z ramek w zależności od trybu transmisji jest poprzedzona (w warstwie fizycznej) odpowiedniej długości preambułą i słowem synchronizacyjnym. W Wireless M-BUS ramka jest tworzona z ciągu bitów i dlatego stosuje się silniejsze zabezpieczenie integralności (tylko cała ramka) w postaci słowa kontrolnego CRC16.

W specyfikacji EN 13757-3, dotyczącej warstwy aplikacyjnej przedstawiono również propozycję zapewnienia poufności transmisji. W standardzie przyjęto metodę szyfrowania DES (ang. Data Encryption Standard) w trybie kodowania CBC (ang. Cipher Block Chaining). Obecnie algorytm szyfrowania DES uznawany jest za niebezpieczny.

Ograniczona normą moc nadawania sygnałów radiowych limituje maksymalną odległość między węzłem licznika a węzłem zbierającym dane, przy której można zrealizować poprawną transmisję. Zasięg zależy od bardzo wielu czynników. Jednym z nich jest miejsce rozmieszczenia węzłów. Największy zasięg można uzyskać w terenie otwartym. W budynkach występuje znaczące tłumienie sygnałów radiowych zależne od technologii wykonania zabudowy. Z wyżej zasygnalizowanych powodów często zachodzi potrzeba retransmisji telegramów. Dla sieci Wireless M-BUS taką możliwość uwzględniono w specyfikacji EN 13757-5. Proponowane są dwie metody. Pierwsza polega na rozgłaszaniu pakietów za pośrednictwem węzłów retransmisyjnych. Węzeł retransmisyjny, który odbierze pakiet z licznika przesyła go dalej. Kolejne węzły, które znajdują się w zasięgu poprzednika kontynuują retransmisję. Na jakimś etapie rozsyłania pakiet trafia do węzła przeznaczenia. W drugiej metodzie przyjęto rozszerzenie formatu każdej ramki o pole trasy pakietu. Ustalenie trasy wymaga realizacji specjalnej procedury.

3.3.2. IEEE 802.15.4/ZigBee

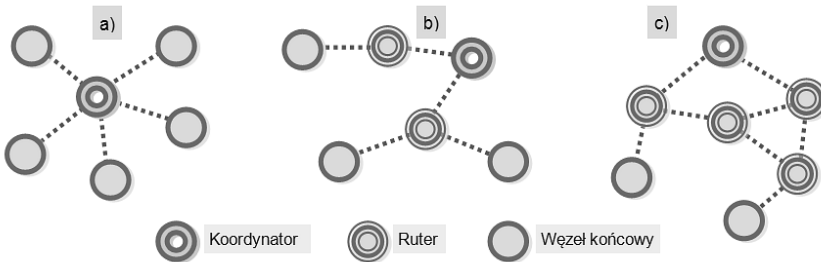
Szczególne znaczenie dla rozwoju sieci WSN miała standaryzacja w grupie tzw. sieci WPAN (ang. Wireless Personal Area Networks) a dokładniej opracowanie protokołów IEEE 802.15.4 dla sieci WPAN Low Rate. Standaryzacja nadała właściwy kierunek rozwojowi technologicznemu w dziedzinie radiowych sieci małej mocy. Prace normalizacyjne rozpoczęła grupa ZigBee Alliance w roku 1998. ZigBee Alliance jest stowarzyszeniem firm działających dla opracowania i rozwijania otwartego standardu dotyczącego transmisji bezprzewodowej małej prędkości i niskiej mocy, efektywnej pod względem kosztów. Zatwierdzony w roku 2003 standard IEEE 802.15.4 (obecnie obowiązująca wersja z 2006 r.), opisuje warstwę fizyczną (PHY – ang. Physical Layer) oraz warstwę dostępu do medium (MAC – ang. Medium Access Control Layer) [4]. Standard ten definiuje prosty lecz silny protokół pakietowy o następujących właściwościach:

- wysoka niezawodność poprzez potwierdzanie odbioru,
- mechanizmy zapewniające integralność oraz poufność transmisji,
- transmisja z rozpraszaniem widma metodą sekwencji bezpośredniej,
- łączność oparta na priorytetach,
- możliwość zmiany częstotliwości dla uniknięcia interferencji.

W protokole IEEE 802.15.4 zdefiniowano dwa typy węzłów: węzeł o zmniejszonej funkcjonalności RFD (ang. *Reduced Functionality Device*) oraz węzeł o pełnej funkcjonalności FFD (ang. *Full Functionality Device*). Węzeł końcowy zawierający układy wejścia-wyjścia (np. sensory) może być typu FFD ale bardzo często wystarcza ograniczona struktura sprzętowa i programowa RFD – tańsze rozwiązanie z mniejszym zapotrzebowaniem na energię. Węzeł, który zarządza pracą sieci (koordynator) musi być typu FFD. W 802.15.4 dostępne są dwie konfiguracje sieci: *star* i *peer-to-peer*. RFD może realizować połączenia tylko z koordynatorem. Dla FFD nie ma ograniczeń, może występować w topologii, gdzie realizowana jest komunikacja również między dowolnymi węzłami.

W 2005 roku dostępna była pierwsza wersja standardu ZigBee (rozszerzenia 2006 i 2007 r.), opartego na IEEE 802.15.4. ZigBee rozszerza możliwości protokołu IEEE 802.15.4 w zakresie realizacji różnych struktur sieciowych, bezpieczeństwa transmisji oraz organizuje interfejs z warstwą aplikacyjną [10]. ZigBee uważany jest za standard, który ma szansę stać się globalnym rozwiązaniem dla wszechstronnych zastosowań. W ZigBee występują trzy podstawowe konfiguracje (rys. 5):

- topologia gwiazdy (ang. *Star Topology*) – jest to najprostsza konfiguracja sieci ZigBee, wszystkie węzły końcowe muszą znajdować się w zasięgu koordynatora; koordynator może pełnić rolę rutera ;
- topologia drzewa (ang. *Tree Topology*) – umożliwia korzystanie z rutera ale nie pozwala na zmianę ścieżki transmisji danych;
- topologia siatki (ang. *Mesh Topology*) – zapewnia pełne możliwości komunikacyjne; koordynator i routery mogą wymieniać dane między sobą; możliwe są alternatywne ścieżki wymiany danych.



Rys. 5. Konfiguracje a) gwiazdy, b) drzewa oraz c) siatki w protokole ZigBee

Fig. 5. Configurations a) star, b) tree, c) mesh, in the ZigBee protocol

W warstwie fizycznej standardu IEEE zdefiniowano trzy pasma częstotliwości: 2,4GHz, 915MHz (USA) i 868MHz. W Europie dostępne są dwa pasma – 868 MHz (tylko jeden kanał) i 2,4GHz (16 kanałów). Dla celów przemysłowych, zdecydowanie lepszym pasmem jest 2,4GHz – duża liczba kanałów, większa szybkość transmisji oraz skuteczniejsza modulacja. Stosowana jest złożona modulacja fazowa z rozpraszaniem widma metodą sekwencji bezpośredniej DSSS (ang. *direct sequence spread spectrum*). W przypadku modulacji O-QPSK (ang. *offset quadrature phase-shift keying*) cztery kolejne bity informacyjne, tworzące tzw. symbol zastępowane są odpowiednio dobraną (1 z 16) sekwencją 32 bitów (ang. chips). Daje to możliwość pracy przy słabym współczynniku S/N (ang. signal to ratio, stosunek sygnału do szumu), wynikającym albo z powodu zakłóceń albo niskiej mocy nadajnika.

Ramka transmisyjna na poziomie warstwy fizycznej sieci IEEE 802.15.4/ZigBee zawiera trzy zasadnicze pola: nagłówek synchronizacyjny (odpowiada za właściwą synchronizację bitową i słowową całej ramki), nagłówek ramki warstwy fizycznej (określa długość ramki) oraz ładunek tworzony w wyższych warstwach protokołu.

Protokół ZigBee umożliwia tworzenie bardzo rozległych, złożonych struktur sieciowych uwzględniających problematykę wyszukiwania trasy transmisji pakietów (rutingu). Trzeba jednak zaznaczyć, że ZigBee stanowi rozwiązanie wymagające większych zasobów w porównaniu z IEEE 802.15.4, jest więc bardziej kosztowne, a ponadto ma wyższe wymagania energetyczne z powodu konieczności obsługi dodatkowych warstw protokołu.

4. Podsumowanie

Z dużym prawdopodobieństwem można wnioskować, że protokoły IEEE 802.15.4 /ZigBee zdominują obszary zastosowań bezprzewodowej transmisji małej mocy. Wynika to z rosnącego zainteresowania producentów – wszyscy znani producenci mikrokontrolerów w swoich ciągle rozszerzanych ofertach mają układy radiowe ZigBee oraz tzw. SoC (ang. *System on Chip*) zawierające mikrokontrolery zintegrowane z układami radiowymi. Dostarczają również gotowe stosy protokołów IEEE 802.15.4 oraz ZigBee co zdecydowanie ułatwia tworzenie aplikacji takich sieci. Mankamentem jest natomiast fakt, że stosy programowe obsługujące te same protokoły patrząc od strony warstwy aplikacyjnej nie są ze sobą kompatybilne. Przykładowo firma Atmel dostarcza stos o nazwie BitCloud, Firma Texas Instruments – Z-Stack, firma Freescale - RF4CE Protocol, firma Microchip – ZigBee-2006 Stack [3]. Protokół IEEE 802.15.4 stał się również podstawą innych protokołów jak np. 6LoWPAN [7], SMAC [8], MiWi [2].

Wsparciem postawionej wyżej tezy o przyszłości protokołów ZigBee/IEEE 802.15.4 jest m.in. współpraca ESMIG z ZigBee Alliance w celu opracowania standardu komunikacji dla potrzeb inteligentnych systemów pomiarowych w Unii Europejskiej.

Bibliografia

- [1] AN010, Wireless M-Bus to Wired M-Bus with RC1180-MBUS, 1.0, Radiocrafts AS, 2008
- [2] AN1066, MiWi™ Wireless Networking Protocol Stack, Microchip Technology Inc., 2007
- [3] AN123, Microchip ZigBee-2006 Residential Stack Protocol, Microchip Technology Inc., 2008
- [4] IEEE Std 802.15.4™, Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs). New York, IEEE, 2003
- [5] Kubiak Z., Urbaniak A. Systemy monitorowania zużycia mediów w budynkach. *Rynek Energii*, 2009, 85 (5) 22-31
- [6] prEN 13757-4. Communication systems for meters and remote reading of meters - Part 4: Wireless meter readout (Radio Meter reading for operation in the 868-870 MHz SRD band), CEN, Brussels 2003

- [7] Shelby Z., Bormann C. 6LoWPAN: The Wireless Embedded Internet, John Wiley & Sons, Inc., 2009
- [8] Simple Media Access Controller (SMAC), User's Guide, Document Number: SMACRM Rev. 1.5, Freescale Semiconductor, 2008
- [9] Ziegler H.: M-BUS WG4, Proposal for a future 868 MHz communication standard, University of Paderborn, 1998
- [10] ZigBee Specification. ZigBee Document 053474r13. ZigBee Standards Organization, 2006
- [11] <http://www.esmig.eu>
- [12] <http://www.m-bus.com>

