

Rafał OZIĘBŁO, Marcin WIERZCHANOWSKI  
Politechnika Śląska, Instytut Informatyki

## SYSTEM BEZPRZEWODOWEJ TRANSMISJI DANYCH POMIĘDZY MIKROKOMPUTERAMI JEDNOUKŁADOWYMI O NIEWIELKIEJ MOCY OBLICZENIOWEJ

**Streszczenie.** Artykuł prezentuje możliwości zastosowania sieci telemetrycznych oraz opisuje problematykę bezprzewodowej transmisji danych pomiędzy mikrokomputerami jednocukładowymi o niewielkiej mocy obliczeniowej. Przedstawiony został cykl pracy sensora i modułu radiowego. Zaprezentowano porównanie układu teoretycznego z rzeczywistym w badaniu czasu życia układu przy zmiennych parametrach wejściowych dla protokołu Aloha.

**Słowa kluczowe:** sieci sensorowe, sensor, telemetria, topologia sieci, protokół Aloha

## WIRELESS DATA TRANSMISSION SYSTEM BETWEEN SINGLE- CHIP MICROCOMPUTERS WITH LOW PROCESSING POWER

**Summary.** The paper presents possible applications of telemetry networks and aims to describe the problem of wireless data transmission between single-chip microcomputers with low processing power. The work describes the duty cycles of sensors and wireless module. It also delivers a comparison of the theoretical and real-life approaches in a study of their lifespan with variable input parameters for the Aloha protocol.

**Keywords:** sensor networks, sensor, telemetry, network topology, Aloha protocol

### 1. Wstęp

Coraz częściej obserwuje się ogromne zainteresowanie automatyzacją procesu odczytu danych w zastosowaniach domowych, a także automatyzacją pomiarów pochodzących

z dużego obszaru. Jest to spowodowane nie tylko dużą wygodą, lecz także koniecznością. Przykładem jest wzrost popularności tzw. inteligentnych budynków, czyli takich, w których jednostka centrala między innymi monitoruje temperaturę, wilgotność oraz steruje oświetleniem, klimatyzacją czy też ogrzewaniem, zapewniając mieszkańcom optymalne warunki w każdym pomieszczeniu. Z takiego miejsca, gdzie Internet jest dostępny, istnieje możliwość monitorowania pomiarów. Ważną rolę w życiu codziennym odgrywa komunikacja radiowa, umożliwiająca połączenie elementów sieci. W tym celu stosuje się bezprzewodowe sieci sensorowe (ang. WSN – *Wireless Sensor Network*). Węzły tej sieci są zwane „sensorami”, które mogą być wyposażone w czujniki mierzące np. ciśnienie i temperaturę. Mogą także być podłączone do profesjonalnych urządzeń pomiarowych i służyć jako przekaźniki informacji. Zasięg radiowy takich urządzeń jest stosunkowo niewielki (zależny od zastosowanego urządzenia i jego specyfikacji sprzętowej), przekazywanie komunikatów odbywa się przez wymianę danych pomiędzy sąsiadującymi węzłami. Węzeł może być wykorzystany do samego odczytu pomiarów, wstępnego przetworzenia danych oraz przekazania ich do kolejnych elementów systemu, jakimi mogą być inne sensory czy też koncentratory, a także do zastosowania jako przekaźnik wysyłający dane z profesjonalnych urządzeń pomiarowych. Koncentratorem może być urządzenie podłączone na stałe do zasilania i bez przerwy kompletujące pomiary, które mogą być archiwizowane bądź wysyłane do bazy danych innym medium, np. siecią GSM.

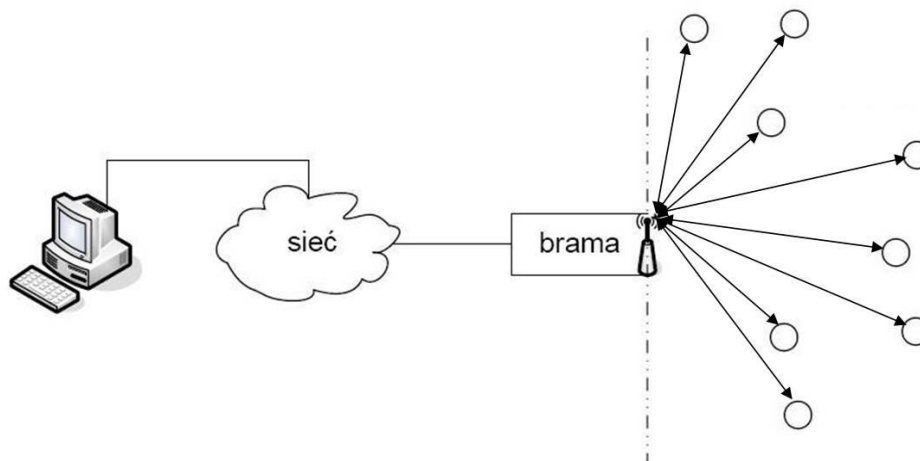
## 2. Bezprzewodowe sieci telemetryczne

Telemetria to dziedzina telekomunikacji zajmująca się technikami przesyłu wartości pomiarowych na odległość. Metoda przesyłu polega na umieszczeniu na danym obszarze pewnych układów, których celem jest dokonanie pomiarów danych wielkości oraz przesłanie ich do koncentratorów. Układy mogą także dokonać wstępnej analizy zmierzonych wartości, a w niektórych przypadkach skompresować dane. Przykładem zastosowania takiej sieci może być system pomiaru zużycia gazu ziemnego. Dostawca gazu, którego odbiorcami są klienci indywidualni podłączeni na stałe za pomocą sieci gazowej, nie musi wysyłać inkasenta do każdego klienta. Wystarczy, że na licznikach gazu zamontuje odpowiednie układy wysyłające pomiary do koncentratora, który dokona archiwizacji lub też prześle pomiary do centrum rozliczeniowego. Innym przykładem może być monitorowanie zjawiska, jakim są lawiny śnieżne. Siatką sensorów można pokryć całe zbocze zagrożone lawiną i monitorować wielkości mające wpływ na zejście lawiny. Pozwala to w pewnym stopniu przewidzieć zagrożenie.

Bezprzewodowe sieci telemetryczne są szczególnym przypadkiem bezprzewodowych sieci sensorowych z pewnymi założeniami. Można przyjąć, iż sensory takiej sieci nie są mobilne (np. czujniki do pomiaru zużycia gazu na gazomierzach), ewentualne zmiany w topologii sieci mogą wynikać jedynie z dodania lub usunięcia nowego węzła. Węzły komunikują się ze sobą drogą radiową, zazwyczaj w pasmach nielicencjonowanych ISM (*Industrial, Scientific, Medical*). Układy, podobnie jak w sieciach sensorowych, muszą cechować się energooszczędnością, gdyż są zasilane bateryjnie. Sieci te stosuje się np.: do automatycznego zbierania danych potrzebnych do dystrybucji i sprzedaży rozmaitych towarów masowych (gaz, prąd elektryczny itp.), do zbierania danych o ruchu drogowym, morskim i lotniczym lub do zbierania danych naukowych – np. danych sejsmologicznych czy klimatycznych.

### 3. Topologia bezprzewodowego systemu transmisji danych

Bezprzewodowe sieci telemetryczne występują najczęściej w konfiguracji gwiazdowej (ang. *single point-to-multipoint*) lub kratowej (ang. *mesh network*). W topologii gwiazdy sensory są bezpośrednio połączone z koncentratorem (ang. *hub*), do którego kierowane są wszystkie pomiary i żądania. Koncentrator może zajmować się dalszą obróbką danych, archiwizacją oraz przesyłem pomiarów dalej za pomocą innych mediów. W przedstawionym przypadku sensory nie komunikują się ze sobą. Najczęściej stosowanym algorytmem dostępu do łącza jest protokół Aloha z potwierdzeniami lub bez [8].

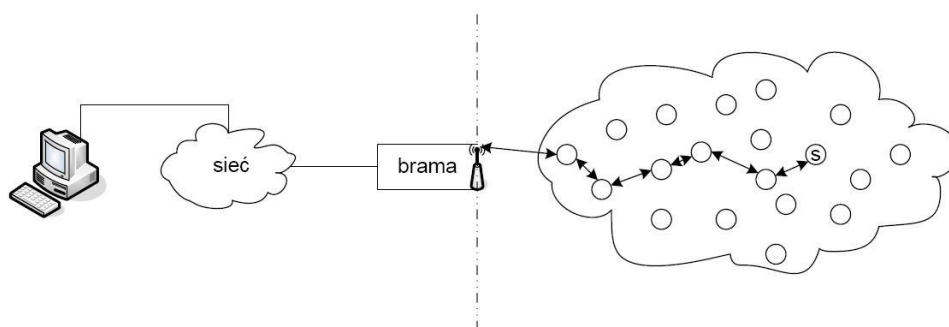


Rys. 1. Topologia gwiazdy  
Fig. 1. Network topology

Jednym z prostszych rozwiązań sieci telemetrycznej w topologii gwiazdy jest system pomiaru, w którym sensory przez większą część czasu są w trybie obniżonego poboru energii

(„uśpiania”), wybudzają się w ustalonych chwilach, dokonują pomiaru i wysyłają dane do koncentratora. Dla wielkości wolnozmiennych, takich jak pomiar zużytej energii cieplnej, nie potrzeba potwierdzenia otrzymania wyniku pomiaru przez koncentrator, dopuszcza się możliwość zagubienia kilku ramek z danymi.

Kolejną często spotykaną topologią są sieci kratowe (typu *mesh*). W sieciach tych nie wszystkie sensory znajdują się w zasięgu koncentratora. Żeby pomiary dotarły do bramy z sensorów, które nie mają z nią bezpośredniego połączenia, muszą zostać przesłane przez stacje pośrednie. Układy same potrafią wyznaczyć ścieżki routingu, znajdując te najbardziej optymalne ze względu na czas oraz zużycie energii.



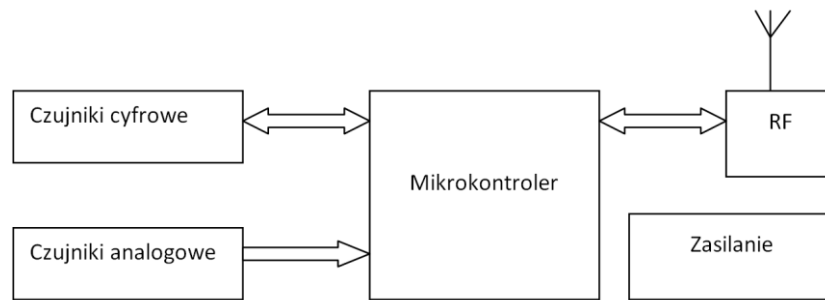
Rys. 2. Topologia kratowa

Fig. 2. Mesh topology

Zaletą takich rozwiązań jest możliwość zastosowania sensorów na znacznie większym obszarze, w którym są dokonywane pomiary. Protokoły routingu w takich sieciach są jednak zazwyczaj skomplikowane, a same sensory zużywają znacznie więcej energii.

#### 4. Sensor

Sensor to urządzenie, którego zadaniem jest: pomiar danej wielkości, ewentualna wstępna obróbka lub kompresja oraz przesłanie tak przygotowanych danych do koncentratora (bezpośrednio lub przez układy pośredniczące w transmisji). Podstawową zasadą podczas projektowania sensora jest jego duża bezawaryjność. Zakłada się, iż sensor powinien pracować przez jak najdłuższy czas (np. 4 lata) bez usterki, dotyczy to także wyczerpania baterii. Wyczerpanie się źródła zasilania jest główną przyczyną awarii sensorów. Zazwyczaj układy te są umieszczane w miejscach niedostępnych, dlatego powinny być jak najrzadziej serwisowane.



Rys. 3. Schemat blokowy sensora

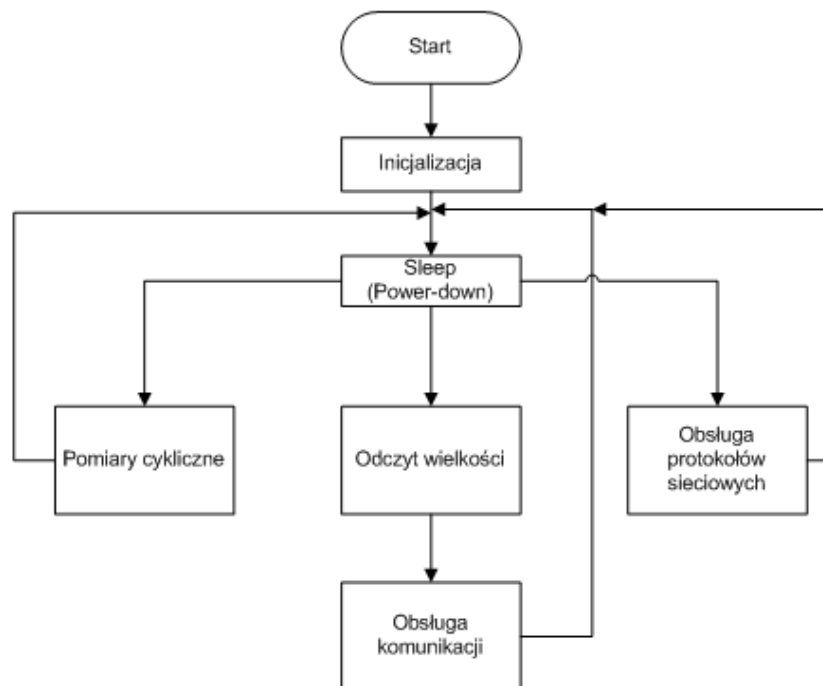
Fig. 3. Block diagram of the sensor

Najprostszy sensor składa się z:

- jednostki zarządzającej (mikrokontrolera), której zadaniem jest: nadzór nad wszystkimi peryferiami, zarządzanie protokołami komunikacyjnymi, obróbka danych, zarządzanie energią,
- czujników pomiarowych, którymi mogą być czujniki cyfrowe, komunikujące się z mikrokontrolerem przez różne protokoły komunikacyjne, bądź też czujniki analogowe podłączone do przetwornika analogowo-cyfrowego w celu dyskretyzacji oraz kwantyzacji wyników pomiarów,
- układu radiowego, którego celem jest transmisja odpowiednich ramek cyfrowych do innych układów, może mieć także możliwość komunikacji dwustronnej z pozostałymi sensorami lub koncentratorem,
- zasilania. Zazwyczaj są to ogniwa o dużej pojemności lub też akumulatory, gdyż w znacznej większości przypadków nie ma możliwości dostarczenia stałego źródła zasilania z zewnętrznej sieci elektrycznej.

## 5. Cykl pracy sensora

Znaczna część cyklu pracy sensora to tryb „uśpienia”, czyli działanie z obniżonym poborem energii. W zależności od mierzonych wielkości czas „uśpienia” sensora może być bardzo długi, mierzony w minutach, czy nawet w godzinach, lub bardzo krótki, kilkusekundowy czy też milisekundowy. Układ może być „wybudzany” cyklicznie lub też na skutek zajścia jakiegoś zdarzenia.

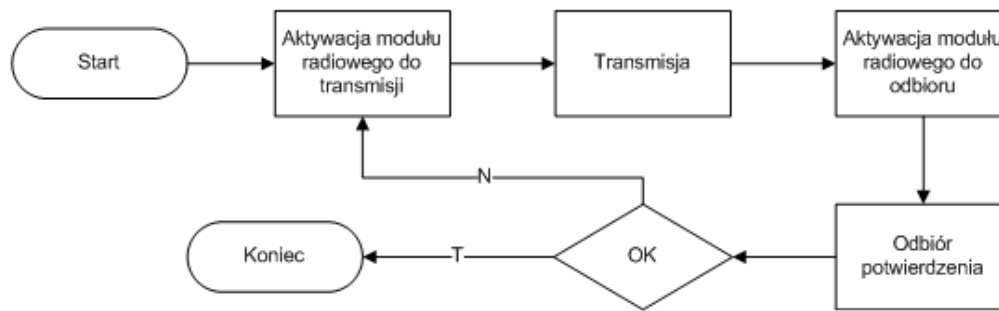


Rys. 4. Cykl pracy sensora  
Fig. 4. Duty cycle of sensor

Po wyjściu z trybu „uśpienia” sensor może wykonać jedną z trzech podstawowych czynności: dokonanie pomiaru cyklicznego (np. próbkowanie stanu kontaktronów co pewien określony interwał), obsługa protokołów sieciowych lub też odczyt mierzonych wielkości i przesyłanie do innych układów (patrz rys. 4).

## 6. Cykl pracy modułu radiowego

Wysyłanie i odbieranie ramek radiowych wiąże się również z pewnym powtarzającym się cyklem. W stanie „uśpienia” układ radiowy musi być wyłączony lub znajdować się w stanie bezczynności w celu minimalizacji poboru energii. W trakcie obsługi komunikacji mikrokontroler musi aktywować moduł radiowy najpierw do trybu transmisji, następnie przekazać dane do wysłania. Po udanej transmisji należy przełączyć układ radiowy w tryb odbioru, co również zajmuje odpowiednią ilość czasu (i energii). Mikrokontroler czeka określony czas na dane przychodzące. W przypadku poprawnej wymiany informacji układ zostaje ponownie wyłączony. Jeżeli pojawią się jakieś błędy, układ sterujący może zdecydować o ponownej transmisji.



Rys. 5. Cykl pracy modułu radiowego  
Fig. 5. Duty cycle of the radio module

## 7. Protokół Aloha z potwierdzeniem

W najprostszym przypadku wymiana informacji za pomocą tego protokołu polega na wysłaniu danych przez sensor i oczekiwaniu (określony czas) na sygnał potwierdzenia odebrania danych przez układ docelowy. Cykl pracy przedstawia się następująco (z każdym krokiem jest związany odpowiedni pobór prądu w czasie):

1. tryb „uśpienia” ( $I_s, t_s$ ),
2. pomiar ( $I_m, t_m$ ),
3. aktywacja nadajnika ( $I_{TXact}, t_{TXact}$ ),
4. nadawanie ( $I_{TX}, t_{TX}$ ),
5. aktywacja odbiornika ( $I_{RXact}, t_{RXact}$ ),
6. odbiór danych ( $I_{RX}, t_{RX}$ ).

Kroki od 3 do 6 mogą występować kilkakrotnie w zależności od tego, czy układ dostanie potwierdzenie odebrania danych przez adresata czy też nie.

Projektanci systemu, przy założeniu iż dysponują gotowym sprzętem, mają wpływ tylko na długość trybu „uśpienia” oraz na czas trwania trybu nadawania i odbierania przez manipulację długością ramek i szybkością transmisji. Mogą także wpływać na moc nadajnika.

Średnie natężenie prądu pobieranego podczas jednego takiego cyklu można wyrazić następującym wzorem:

$$I = \frac{t_s \cdot I_s + t_m \cdot I_m + (t_{TXact} \cdot I_{TXact} + t_{TX} \cdot I_{TX} + t_{RXact} \cdot I_{RXact}) \cdot (k+1) + (t_{out} \cdot I_{RX}) \cdot k + t_{RX} \cdot I_{RX}}{t_s + t_m + (t_{TXact} + t_{TX} + t_{RXact}) \cdot (k+1) + t_{out} \cdot k + t_{RX}} \quad (1)$$

gdzie:

$t_s$  – czas „uśpienia” (ang. *sleep, power-down*),

$t_m$  – czas odczytu czujników (ewentualna analiza pomiarów),

$t_{TXact}$  – czas ustawienia układu radiowego w tryb nadawania,

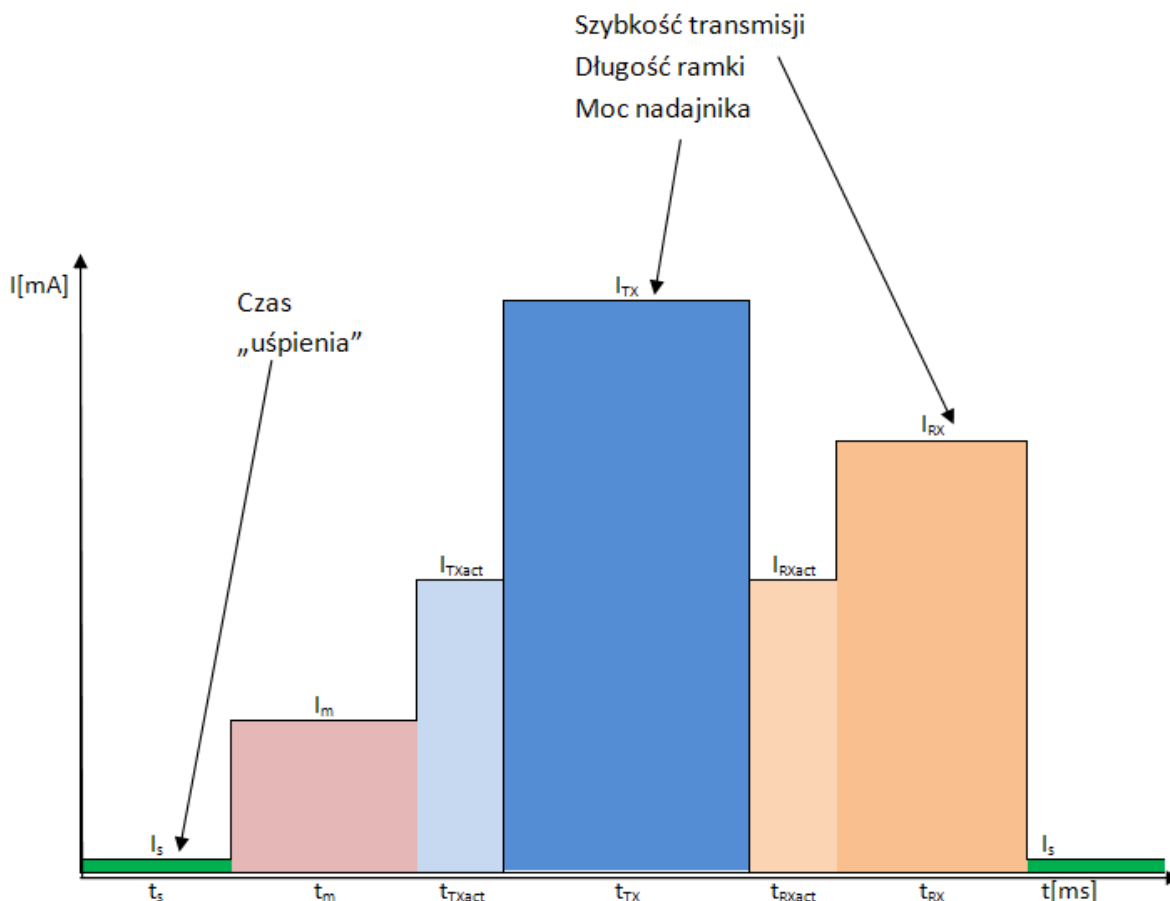
$t_{TX}$  – czas wysłania ramki,

$t_{RXact}$  – czas ustawienia RF w tryb odbioru,

$t_{RX}$  – czas odbioru ramki,

$t_{out}$  – maksymalny czas oczekiwania na odbierane ramki,

$k$  – współczynnik związany z prawdopodobieństwem wystąpienia retransmisji danych w jednym cyklu, oznacza średnią liczbę retransmisji.



Rys. 6. Cykl pracy sensora, pobierany prąd w funkcji czasu

Fig. 6. Duty cycle of sensor, changed current in time function

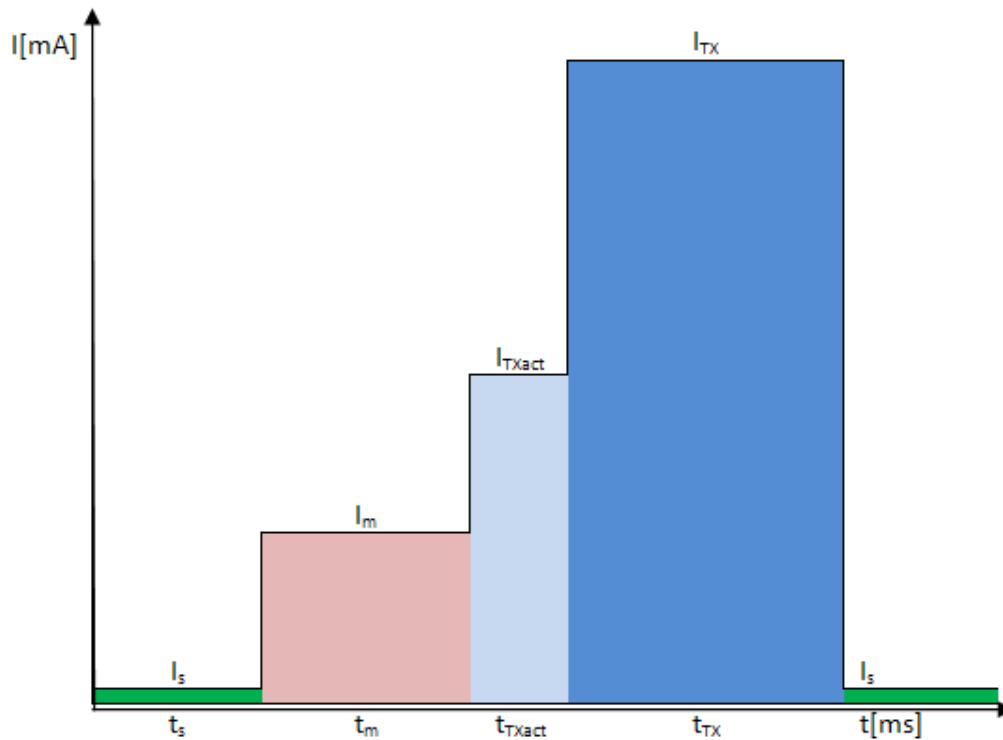
## 8. Protokół Aloha bez potwierdzeń

Jest to uproszczona wersja poprzedniego protokołu polegająca na wysłaniu danych z sensorów bez oczekiwania na potwierdzenie odbioru. Takie rozwiązanie pozwala zaoszczędzić energię, jednak należy liczyć się z utratą niektórych ramek. Cykl pracy przedstawia się następująco (z każdym krokiem jest związany odpowiedni pobór prądu w czasie):



1. tryb „uśpienia” ( $I_s, t_s$ ),
2. pomiar ( $I_m, t_m$ ),
3. aktywacja nadajnika ( $I_{TXact}, t_{TXact}$ ),
4. nadawanie ( $I_{TX}, t_{TX}$ ),

Przyjmuje się, że wszystkie kroki występują tylko raz w każdym cyklu, nie ma retransmisji pakietów.



Rys. 7. Cykl pracy sensora, pobierany prąd w funkcji czasu

Fig. 7. Duty cycle of sensor, changed current in time function

Średnie natężenie prądu pobieranego podczas jednego takiego cyklu można wyrazić następującym wzorem:

$$I = \frac{t_s \cdot I_s + t_m \cdot I_m + t_{TXact} \cdot I_{TXact} + t_{TX} \cdot I_{TX}}{t_s + t_m + t_{TXact} + t_{TX}} \quad (2)$$

gdzie:

$t_s$  – czas „uśpienia” (ang. *sleep, power-down*),

$t_m$  – czas odczytu czujników (ewentualna analiza pomiarów),

$t_{TXact}$  – czas ustawienia układu radiowego w tryb nadawania,

$t_{TX}$  – czas wysłania ramki.

## 9. Układ teoretyczny

Rozważmy układ pracujący z protokołem Aloha z potwierdzeniem. Spróbujmy oszacować czas życia takiego układu w zależności od parametrów, na które możemy wpływać. Pod uwagę bierzemy awarię związaną z wyczerpaniem się źródła zasilania, pomijamy wszystkie inne sytuacje losowe, jak np. uszkodzenie któregoś z podzespołów, gdyż na to wpływu nie mamy. Zakładamy, że zawsze dojdzie potwierdzenie odebrania ramki (system idealny).

Przykładowy układ mógłby transmitować mierzone wielkości za pomocą następujących ramek:

Preamble – preambuła potrzebna do synchronizacji układów radiowych, zazwyczaj ciąg jednakowych bajtów, w naszym przykładzie ma długość 20 B;

SOF – początek nadawanej ramki (ang. *Start Of Frame*), znacznik początku danych o długości 2 B;

DST.ADDR. – czterobajtowy adres odbiorcy, to pole może zostać pominięte, w przypadku gdy zawsze nadajemy do koncentratora;

SRC.ADDR. – czterobajtowy znacznik naszego układu;

TYPE – rodzaj nadawanej ramki, np. pomiarowa, kontrolna, informacyjna, 2 B;

SEQ – numer kolejnej sekwencji, 2 B;

LENGTH – długość pola danych, 1 B;

DATA – dane o długości podanej w poprzednim polu;

SUM – jednobajtowa suma kontrolna, nadawana w celu weryfikacji poprawności danych odebranych przez odbiornik.

Preamble	SOF	DST.ADDR.	SRC.ADDR.	TYPE	SEQ	LENGTH	DATA	SUM
20 B	2 B	4 B	4 B	2 B	2 B	1 B	LENGTH B	1 B

Rys. 8. Transmitowana ramka

Fig. 8. Transmitted frame

Przy założeniu, że pole danych ma 50 bajtów, cała nadawana ramka jest długości 87 bajtów. Ramka potwierdzająca odbiór jest trochę krótsza, nie musimy transmitować w niej żadnych danych, co daje całkowitą długość 35 bajtów.

Pozostałe parametry naszego teoretycznego układu są następujące:

$$t_m = 50 \text{ ms}$$

$$t_{TXact} = 1 \text{ ms}$$

$$t_{RXact} = 1 \text{ ms}$$

$$Power = 16500 \text{ mAh}$$

$$I_s = 0,01 \text{ mA}$$

$$I_m = 15 \text{ mA}$$
$$I_{TXact} = 10 \text{ mA}$$
$$I_{TX} = 20 \text{ mA}$$
$$I_{RXact} = 10 \text{ mA}$$
$$I_{RX} = 17 \text{ mA}$$

Czasy transmisji dla przyjętych długości ramek, w zależności od szybkości nadawania, zebrano w tabeli 1.

Tabela 1  
Czasy transmisji  
w zależności od szybkości transmisji

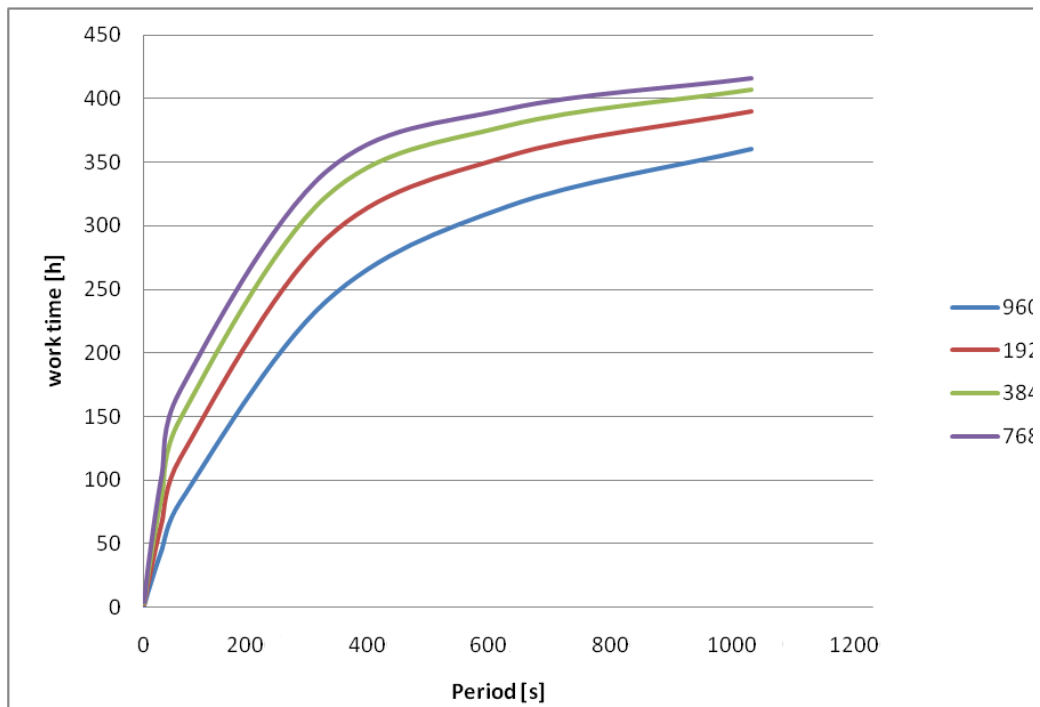
Baudrate [b/s]	t <sub>TX</sub> [ms]	t <sub>RX</sub> [ms]
9600	72,5	29,17
19200	36,25	14,58
38400	18,16	7,29
76800	9,06	3,65

Zacznijmy najpierw zmieniać czas „uśpienia”, co wpływa tym samym na długość cyklu pracy sensora (przy stałych prędkościach transmisji).

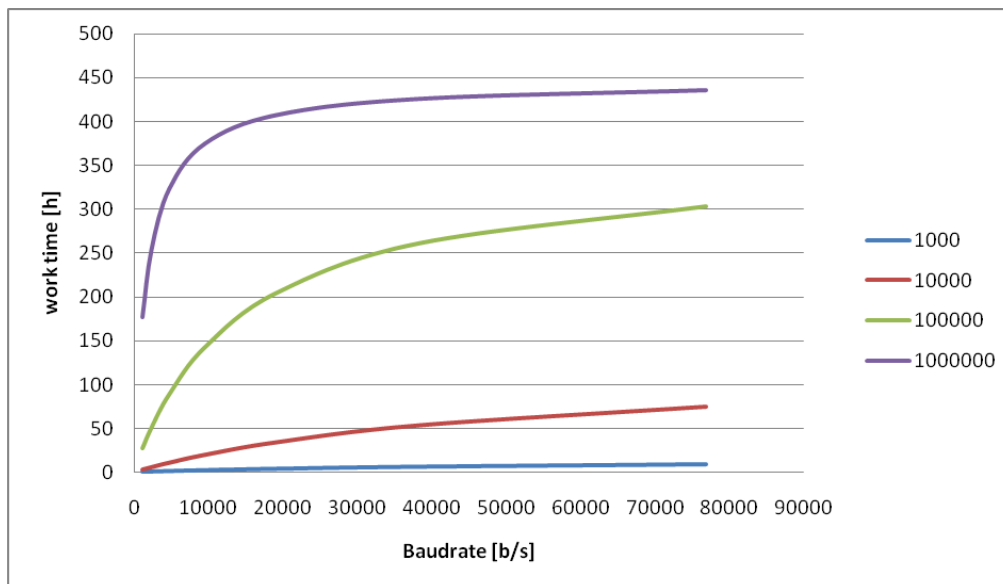
Na wykresie (patrz rys. 3) można zauważyć, iż dla pewnych okresów (powyżej 400 ms, czyli około 6,6 min) zyskujemy nieznaczne zwiększenie żywotności układu w porównaniu z krótszymi cyklami pracy.

Sprawdźmy teraz, jak na długość czasu pracy sensora mogą wpłynąć różne prędkości transmisji (dla czterech stałych czasów cyklu).

Przy krótkich cyklach (1000 ms oraz 10000 ms) zmiany prędkości transmisji dają znikomy efekt – patrz rys. 4. W przypadku wydłużenia cyklu pracy można zauważyć znaczny wzrost żywotności układu przy niewielkim wzroście szybkości transmisji (zakres do około 20 000 b/s). Dalsze zwiększanie szybkości transmisji nie powoduje żadnych zmian (lub są one znikome).



Rys. 9. Czas życia układu w funkcji długości cyklu pracy  
Fig. 9. The lifetime of the system in function of cycle length



Rys. 10. Czas życia układu w funkcji szybkości transmisji  
Fig. 10. The lifetime of the system in function of rate

## 10. Układ rzeczywisty

### 10.1. Protokół Aloha z potwierdzeniem

Spróbujmy teraz porównać nasze rozważania teoretyczne z rzeczywistymi pomiarami. Badany sensor składa się z następujących układów:

- układ radiowy CC1000 firmy Chipcon,
- mikrokontroler jednoukładowy ATmega32L firmy Atmel o obniżonym napięciu zasilania,
- czujnik temperatury DS18B20 firmy Dallas Semiconductor,
- bateria litowa LS33600 firmy Saft.

Zmierzone parametry naszego układu przedstawiają się następująco:

$$t_m = 26 \text{ ms}$$

$$t_{TXact} = 7,5 \text{ ms}$$

$$t_{RXact} = 1,1 \text{ ms}$$

$$Power = 15000 \text{ mAh}$$

$$I_s = 0,0005 \text{ mA}$$

$$I_m = 30 \text{ mA}$$

$$I_{TXact} = 9 \text{ mA}$$

$$I_{TX} = 35,5 \text{ mA}$$

$$I_{RXact} = 19 \text{ mA}$$

$$I_{RX} = 15,5 \text{ mA}$$

Układ rzeczywisty transmituje podobną ramkę jak układ teoretyczny, z tym że niektóre pola różnią się długością.

Preamble	SOF	DST.ADDR.	SRC.ADDR.	TYPE	SEQ	LENGTH	DATA	SUM
20 B	2 B	2 B	2 B	1 B	2 B	1 B	LENGTH B	1 B

Rys. 11. Transmitowana ramka

Fig. 11. Transmitted frame

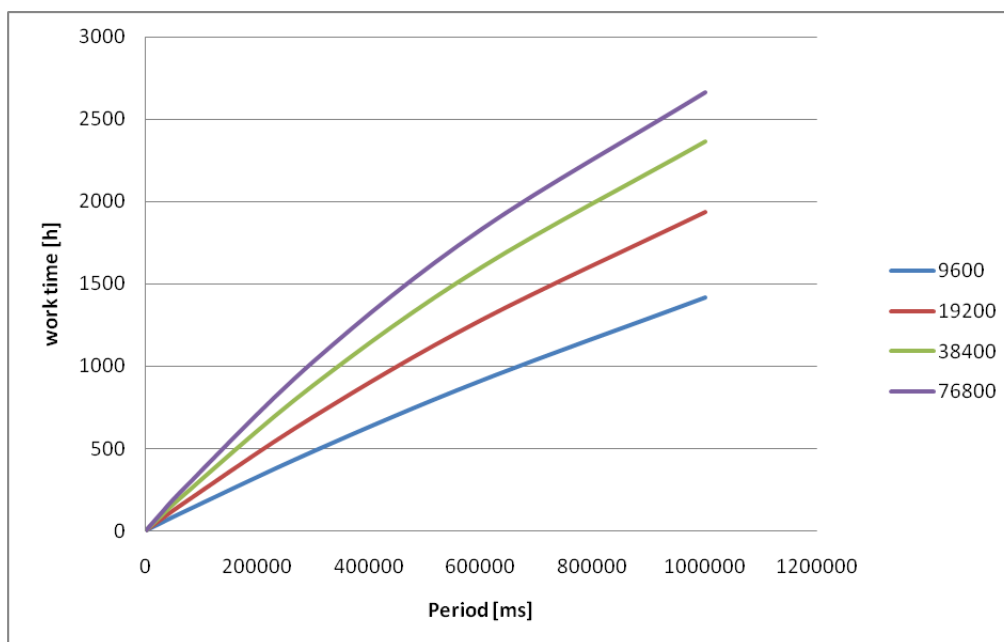
W rzeczywistym układzie adresy czterobajtowe nie są wymagane, zazwyczaj nie adresuje się tak dużej ilości układów, typ ramki również może być zakodowany na krótszym polu. Załóżmy także, że transmitujemy 9 bajtów danych. W sumie ramka nadawana ma długość 40 bajtów, a odbierana – 30 bajtów.

Czasy transmisji przy założonych długościach ramek w zależności od szybkości nadawania zebrano w tabeli 2.

Tabela 2  
Czasy transmisji  
w zależności od szybkości transmisji

Baudrate [b/s]	$t_{TX}$ [ms]	$t_{RX}$ [ms]
9600	33,33	25
19200	16,67	12,5
38400	8,33	6,25
76800	4,17	3,13

Na rys. 12 przedstawiono wykres czasu pracy układu w funkcji długości cyklu dla stałych szybkości transmisji.

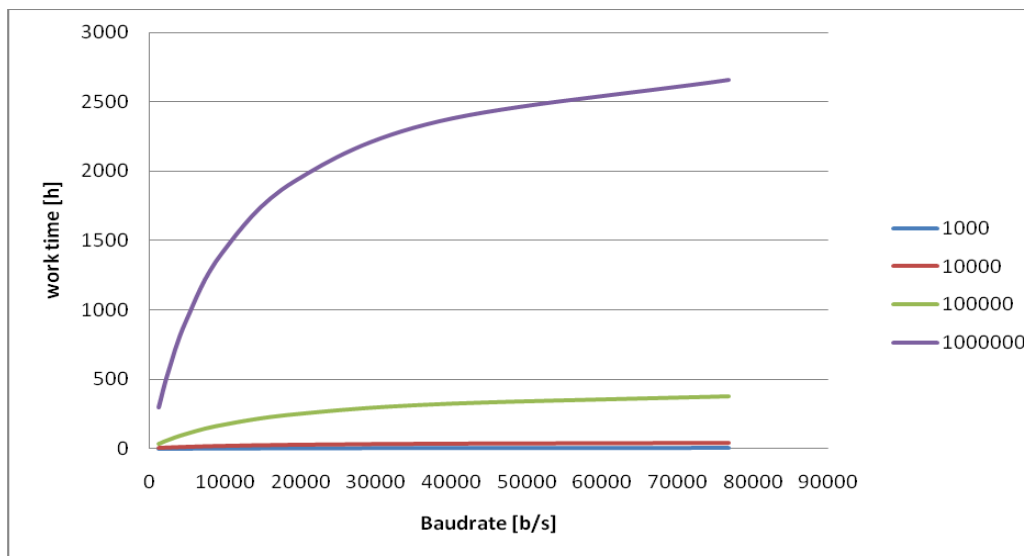


Rys. 12. Czas życia układu w funkcji długości cyklu pracy

Fig. 12. The lifetime of the system in function of cycle length

Z wykresu wynika, że czas życia układu rzeczywistego, który został przetestowany, jest wprost proporcjonalny do długości cyklu pracy.

Zbadajmy teraz zachowanie się układu przy zmiennej szybkości transmisji danych (dla stałych cykli pracy):



Rys. 13. Czas życia układu w funkcji szybkości transmisji

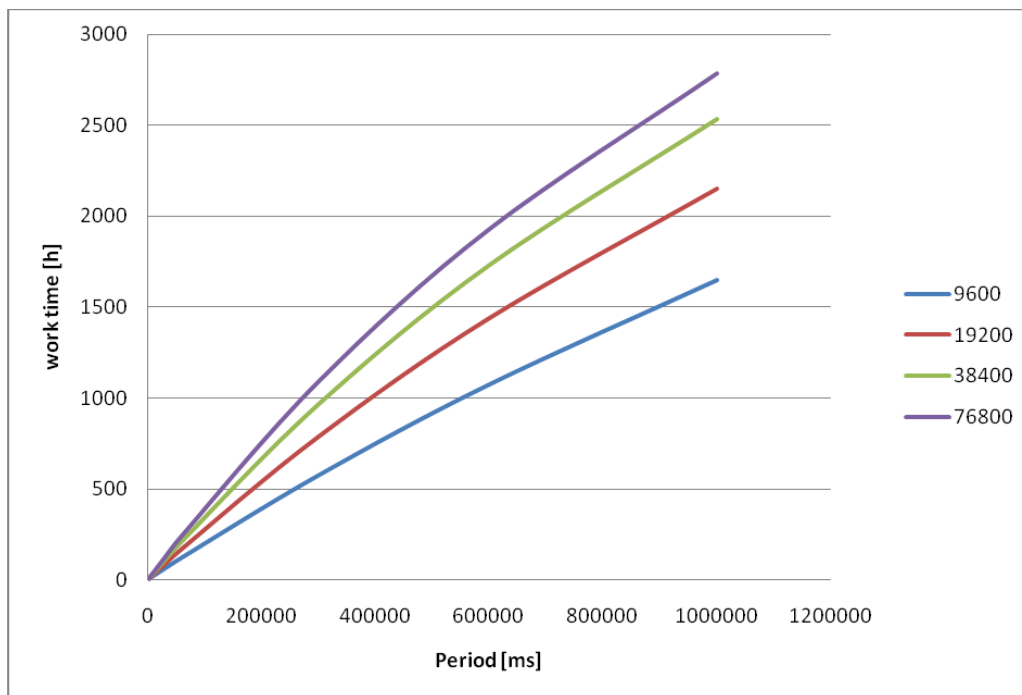
Fig. 13. The lifetime of the system in function of rate

Z powyższego wykresu (rys. 6) wynika jednoznacznie, iż manipulowanie szybkością transmisji przy krótszych cyklach pracy nie wpływa na czas życia naszego układu. Przy dłuższych cyklach również powyżej pewnej wartości (około 40 kb/s) dalsze zwiększanie szybkości transmisji nie spowoduje większych zmian.

## 10.2. Protokół Aloha bez potwierdzeń

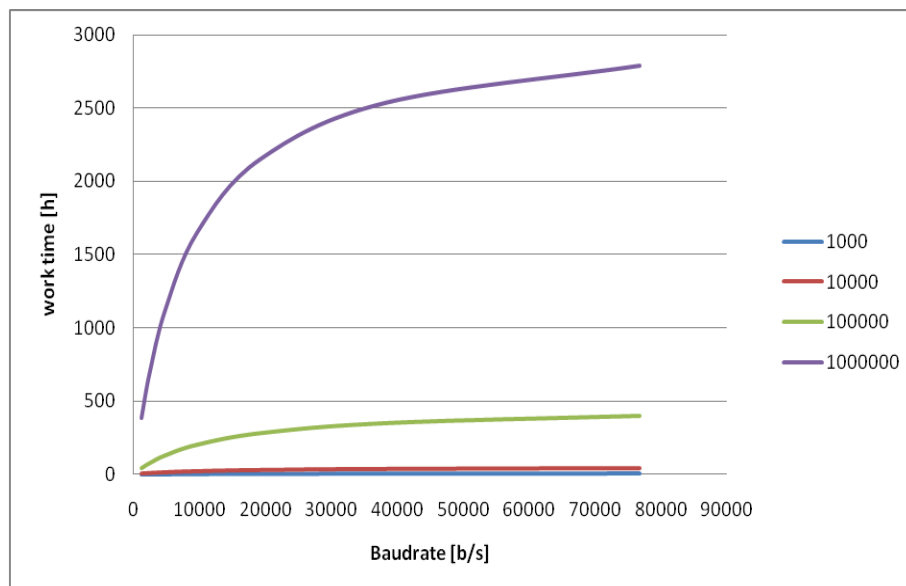
Sprawdźmy jeszcze, jak zachowa się nasz rzeczywisty sensor w przypadku wyeliminowania części odpowiedzialnej za odbiór potwierdzenia. Z założenia układ nadaje jedynie 40-bajtowe ramki i przechodzi od razu w stan obniżonego poboru mocy.

W przypadku protokołu Aloha bez potwierdzeń czas życia układu jest praktycznie taki sam jak w przypadku protokołu z potwierdzeniem (patrz rys. 7 oraz rys. 8). Oczywiście dzieje się tak przy założeniu warunków idealnych, gdy każde potwierdzenie zostanie odebrane za pierwszym razem. Niemniej jednak, jako że transmisja z potwierdzeniami jest dużo pewniejsza, należy zawsze brać ją pod uwagę w projektowanych systemach telemetrycznych.



Rys. 14. Czas życia układu w funkcji długości cyklu pracy

Fig. 14. The lifetime of the system in function of cycle length



Rys. 15. Czas życia układu w funkcji szybkości transmisji

Fig. 15. The lifetime of the system in function of rate



## 11. Wnioski

Proponowane rozwiązania systemu bezprzewodowej transmisji danych pomiędzy mikrokomputerami jednoukładowymi nadają się do monitorowania wolnozmiennych wielkości na niewielkim obszarze. Przykładem jest monitoring zużycia gazu na małym osiedlu. Z powyższych badań można dobrać optymalne parametry dla dedykowanego systemu telemetrycznego. Można wysunąć wniosek, iż skoro szybkość transmisji nie ma znaczącego wpływu na żywotność układu, to także długość transmitowanych ramek nie będzie na to wpływać. Dzięki temu można bez obaw zwiększyć w pewnych granicach rozmiar ramek, aby przetransportować więcej danych, a co za tym idzie, jest wskazane, aby spakować do jednej dużej ramki kilka mniejszych ramek. Wydłuża to cykl pracy, zwiększając przy tym żywotność sensora. Badane układy to tylko część systemu telemetrycznego i nie mogą one działać bez pozostałych części, czyli np. koncentratora czy stacji bazowej.

## BIBLIOGRAFIA

1. Praca zbiorowa pod redakcją Stefana Węgrzyna, Jerzego Klamki, Stanisława Kozielskiego, Tadeusza Czachórskiego, Lecha Znamirońskiego: Sieci komputerowe. Tom 1. Nowe technologie. WKŁ, Warszawa 2007.
2. Hadam P.: Projektowanie systemów mikroprocesorowych, BTC, Warszawa 2004.
3. Praca zbiorowa pod redakcją Andrzeja Kwietnia, Józefa Obera, Bolesława Pochopienia, Piotra Gaja: Sieci komputerowe. Tom 2. Aplikacje i zastosowania. WKŁ, Warszawa 2007.
4. Jeznach J., Niepsuj P.: Analiza protokołów routingu w sieciach sensorowych, 2007.
5. Zieliński B.: Bezprzewodowe sieci komputerowe, Helion, Gliwice 2000.
6. Tanenbaum A. S.: Sieci komputerowe, Helion, Gliwice 2004.
7. CC1000 – Single Chip Very Low Power RF Transceiver, SWRS048A.
8. Nowicki K., Woźniak J.: Przewodowe i bezprzewodowe sieci LAN, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2002.

## Abstract

This paper describes the use of wireless sensor networks and the influence of the method of data transmission between single-chip microcomputers with low computing power for the lifespan of the system for both, theoretical and real-life approaches. Analytical research

has been carried out on the presented solutions using Aloha protocol in two versions, with and without confirmations. The offered solutions are suitable for monitoring the volumes that change slowly in a small area. The research gives an opportunity to select the optimum parameters for a dedicated telemetry system. The study involved comparing the lifespan of the system for both protocols and the variable input parameters, which involved the duty cycle and the speed of data communication. It can be concluded that if the transmission speed has no significant influence on the lifespan of the system, then the length of transmitted frames will also have no influence on its lifespan. In this case the size of the frames may be safely increased to some extent in order to transmit more data, and what is more, to pack smaller frames to one of a bigger size what may affect and elongate the lifespan of a sensor. The tested systems are only a part of telemetric system and they cannot work without the remaining parts like hub or base station.

### **Adresy**

Rafał OZIEBŁO: Politechnika Śląska, Instytut Informatyki, ul. Akademicka 16,  
44-100 Gliwice, Polska, rafal.ozieblo@polsl.pl

Marcin WIERZCHANOWSKI: Politechnika Śląska, Instytut Informatyki, ul. Akademicka 16,  
44-100 Gliwice, Polska, marcin.wierzchanowski@polsl.pl