ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2000
Seria: INFORMATYKA z. 38 Nr kol. 1451

Dariusz CABAN
Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej, PAN

ORGANIZACJA WSPÓŁPRACY WĘZŁÓW SIECI POLOWEJ Z BEZPRZEWODOWYMI KONTROLERAMI PAKIETOWYMI

Streszczenie. W artykule przedstawiono zagadnienia związane z organizacją współdziałania węzłów sieci polowej z urządzeniami transmisji bezprzewodowej. Opisano metody rozpoznawania końców ramek sieci polowej oraz ich praktyczną realizację. Dokonano również porównania metod.

ORGANIZATION OF CO-OPERATION BETWEEN FIELDBUS NODES AND WIRELESS PACKET CONTROLLERS

Summary. In this article problems related to co-operation between fieldbus nodes and wireless transmission equipment were presented. Methods of recognizing of frame end delimiters and their practical implementation were described. Comparing of the methods was also done.

1. Wprowadzenie

Zmiana realizacji segmentu sieci polowej z przewodowej na bezprzewodową przy użyciu zewnętrznych, w stosunku do węzłów sieci, urządzeń transmisji bezprzewodowej ma tę zaletę, że nie pociąga za sobą konieczności zmian w części sprzętowej i oprogramowaniu komunikacyjnym węzłów (najczęściej niemożliwych do przeprowadzenia). Tym samym spełnione jest jedno z założeń siedmiowarstwowego modelu OSI/ISO - zmiana w technicznej realizacji warstwy fizycznej pozostaje niewidoczna dla bezpośrednio z nią sąsiadującej warstwy liniowej węzłów [1]. Dokonaną w taki sposób bezprzewodową implementację bezprzewodowych segmentów sieci polowej Modbus przedstawiono w pracach [9,10].

Za stosunkowo „łagodne" przejście z realizacji przewodowej na bezprzewodową segmentów sieci polowej płaci się jednak pewną cenę. Jest nią pogorszenie efektywności transmisji informacji w segmentach. W przypadku sieci polowej Modbus efektywność ta jest wyrażona przez czas trwania transakcji [4], równoważny czasowi odpowiedzi [5]. Wydłużenie czasu trwania transakcji to skutek wprowadzenia do łącza fizycznego urządzeń transmisji bezprzewodowej. Wielkość wnoszonych przez te urządzenia opóźnień zależy od rodzaju usług, udostępnianych przez nie węzłom sieci, oraz od technicznej realizacji tych usług. Na przykład kontroler pakietowy przesyła przez łącze bezprzewodowe informację w postaci bloków, nazywanych pakietami, zawierających l ($0 < l \leq l_{max}$) odebranych z węzła sieci znaków [9,10]. Stąd oprócz takich parametrów jak: prędkość transmisji w łączu bezprzewodowym, sposób kodowania informacji w tym łączu, wpływ na wielkość opóźnień ma również sposób, w jaki kontroler dokonuje grupowania znaków w bloki przed rozpoczęciem transmisji przez łącze bezprzewodowe. W niniejszym artykule poruszane są zagadnienia związane z problemem organizacji współpracy węzła sieci z kontrolerem pakietowym.

2. Bezprzewodowa realizacja segmentów sieci polowej przy użyciu kontrolerów pakietowych

Kontroler pakietowy oprócz przesyłu informacji przez łącze bezprzewodowe w postaci pakietów realizuje ponadto protokół dostępu do łącza bezprzewodowego. Pozwala to na współużytkowanie jednego pasma częstotliwości przez kilka, niezależnie od siebie pracujących, bezprzewodowych segmentów sieci polowej zestawionych przy użyciu takich urządzeń transmisyjnych. Nie należy jednak realizowanego przez kontroler pakietowy protokołu dostępu traktować jako elementu zmian w warstwie liniowej węzłów sieci, ale jako jej uzupełnienie. Brak takiego protokołu przy n niezależnie pracujących segmentach sieci polowej mógłby w skrajnym przypadku uniemożliwić działanie łącza bezprzewodowego. W większości rozwiązań warstwy liniowej sieci polowych stosowany jest protokół dostępu z grupy protokołów przydziału na żądanie - przepytywania bądź przekazywania uprawnienia; do nielicznych przypadków, w których stosowane są protokoły dostępu swobodnego, należą sieci LonWorks oraz CAN (ang. *Controller Area Network*) [7]. Protokół przydziału na żądanie gwarantuje przydział łącza tylko jednemu użytkownikowi, przesłanie informacji zarówno sterującej, jak i użytecznej odbywa się w sposób bezkonfliktowy [2]. Wprowadzenie informacji do łącza nie jest poprzedzane sprawdzaniem jego stanu przed rozpoczęciem nadawania. Po zmianie łączy w segmentach z przewodowych na bezprzewodowe węzły segmentów realizują dostęp do medium transmisyjnego na tych samych zasadach co poprzednio. Ponieważ przy n niezależnie pracujących segmentach sieci polowej mamy n niezależnie realizowanych protokołów

przydziału medium węzłom poszczególnych segmentów, brak sprawdzania stanu łącza bezprzewodowego przed rozpoczęciem transmisji (co ma miejsce w przypadku użycia radiomodemów) może prowadzić do konfliktów przy dostępie. Właśnie dlatego, w przypadku gdy planuje się bezprzewodową implementację kilku niezależnie pracujących segmentów sieci polowej i dysponuje tylko jednym pasmem częstotliwości, należy do tego celu wykorzystać kontrolery pakietowe.

Przedstawioną w pracach [9,10] modelową implementację bezprzewodowych segmentów sieci polowej Modbus oparto na kontrolerach pakietowych typu RPC-433, produkowanych przez brytyjską firmę Radiometrix Ltd [11]. Parametry tych kontrolerów - częstotliwość nośna 433.92 MHz, moc nadawanego sygnału równa 0.25 mW - umożliwiły przeprowadzenie prac badawczych bez konieczności starań o odpowiednie zezwolenie od Państwowej Agencji Radiokomunikacyjnej [15]. Użytkownik ma do wyboru jeden z czterech protokołów dostępu do tego łącza. Oferowana przez te kontrolery prędkość transmisji w łączu bezprzewodowym wynosi 40000 b/s. Nie mogą one jednak współpracować bezpośrednio z węzłami sieci Modbus. Węzeł tej sieci jest wyposażony w łącze RS232C, natomiast kontroler RPC-433 komunikuje się z urządzeniem końcowym dla danych (DTE, ang. *Data Terminal Equipment* [6]) poprzez łącze równoległe. Ponadto w tych łączach są stosowane odmienne protokoły transmisji - w RS232C asynchroniczna transmisja znakowa, w łączu równoległym wymiana z potwierdzeniem [11]. Stąd niezbędne stało się wprowadzenie pomiędzy węzeł sieci a kontroler pakietowy układu pośredniczącego dokonującego konwersji sygnałów elektrycznych oraz protokołów obu łączy. Dla realizacji układu pośredniczącego zastosowano rozwiązanie sprzętowo - programowe na bazie mikrokomputera jednoukładowego (mikrosterownika) z rodziny MCS-51 [17]. Przyjęte rozwiązanie cechuje się znaczną elastycznością - zmiana typu układu radiowego wymusi zmiany tylko w oprogramowaniu, a nie w części sprzętowej układu pośredniczącego. Poza tym umożliwiło ono zbadanie kilku metod organizacji współpracy węzła sieci z kontrolerem pakietowym.

3. Formowanie pakietu przez kontroler

Jednym z pól pakietu tworzonego przez kontroler przed podjęciem próby nadawania przez łącze bezprzewodowe jest pole danych o maksymalnej długości l_{max} znaków. W polu tym kontroler umieszcza znaki odbierane z węzła sieci. Jako warunek rozpoczęcia formowania pakietu może być wykorzystany fakt odebrania przez kontroler l_{max} znaków. Ponieważ nie można oczekiwać, że wszystkie ramki transmitowane przez węzły sieci polowej będą miały taką długość, w praktyce stosuje się alternatywę warunków: *odebrano l_{max} znaków* LUB *upłynął pewien zadany czas od chwili odebrania ostatniego znaku* [12]. Inną stosowaną w prakty-

ce metodą wyznaczania chwili rozpoczęcia formowania pakietu jest odbiór określonego znaku lub sekwencji znaków o ustalonej postaci [13]. Na przykład w sieci Modbus przy ustawionym trybie ASCII specjalne znaczenie ma sekwencja CR LF (kody 0DH i 0AH) używana do oznaczania końca ramki [4]. W kolejnej metodzie wyznaczania chwili rozpoczęcia formowania pakietu wykorzystywany jest tylko pomiar czasu, jaki upłynął od odebrania ostatniego znaku [14]. Czas ten nazywany jest ciszą w łączu, stosowaną w niektórych typach sieci polowych jako znacznik końca ramki (np. w sieci Modbus przy ustawionym trybie RTU [4]).

Wykorzystanie pierwszej z metod, tj. rozpoczęcie formowania pakietu po odebraniu od węzła sieci polowej l_{max} znaków, prowadzi do fragmentacji tych ramek, których długość przekracza l_{max}. Jeżeli kontroler pakietowy po odebraniu pakietu z łącza bezprzewodowego rozpoczyna natychmiast transmisję zawartości pola danych pakietu do węzła sieci, to w przypadku, gdy pakiet zawiera tylko fragment ramki, może to spowodować naruszenie uzależnień czasowych, mających w niektórych sieciach specjalne znaczenie (np. Modbus w trybie RTU). Sytuacja taka nie wystąpi, gdy dobierze się taką długość pola danych pakietu, aby w pojedynczym pakiecie przesłać kompletną ramkę sieci polowej. Sygnałem do rozpoczęcia formowania pakietu będzie wówczas wykrycie końca ramki. Na przykład w przypadku sieci Modbus wybór metody rozpoznawania granic ramki przez kontroler pakietowy zależy od ustawionego trybu transmisji: w trybie ASCII można stosować drugą z wyżej wymienionych metod, natomiast w trybie RTU - pierwszą lub trzecią.

Zasadę przesyłania w pakiecie kompletnej ramki przyjęto podczas projektowania protokołu łącza bezprzewodowego dla modelowej implementacji bezprzewodowych segmentów sieci polowej Modbus, w której zakres usług transmisyjnych węzłów ograniczono do trybu RTU [9,10].

4. Wykrywanie końca ramki sieci polowej Modbus przez kontroler pakietowy

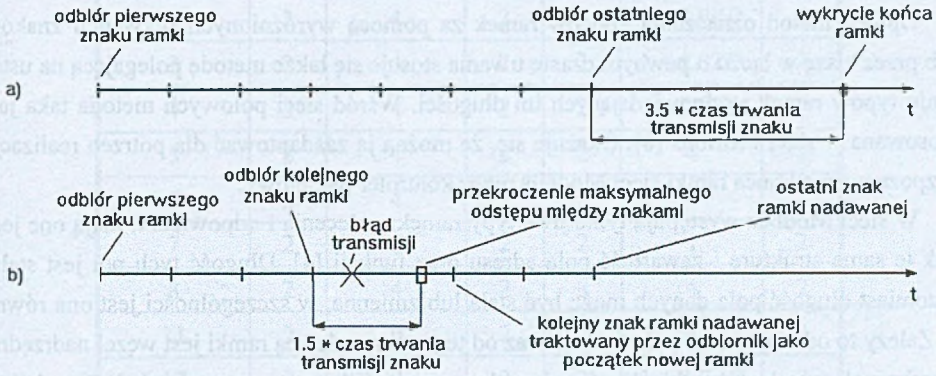
4.1. Pomiar czasu trwania ciszy w łączu

W trybie przesłania RTU sieci Modbus jako znacznik końca ramki traktowana jest cisza w łączu trwająca co najmniej t_{mr} = *3.5 * czas trwania transmisji znaku* [4]. Jak wspomniano w rozdziale 2, organizacja współpracy pomiędzy węzłem sieci a kontrolerem pakietowym RPC-433 należy do zadań układu pośredniczącego, zrealizowanego na bazie mikrosterownika DS80C320 należącego do rodziny MCS-51. Zasada pomiaru czasu trwania ciszy jest w tym przypadku bardzo prosta. Mikrosterownik jest wyposażony w trzy 16-bitowe liczniki, które mogą być ustawiane w trybie zliczania wewnętrznych impulsów zegarowych o częstotliwości

$f/12$, gdzie f - częstotliwość taktowania mikrosterownika, lub zliczania zdarzeń zewnętrznych. Dokonanie pomiaru umożliwia pierwszy z wymienionych trybów. Minimalny czas trwania ciszy w łączu, wyrażony liczbą wewnętrznych impulsów zegarowych, wynosi:

$$\frac{11*3.5}{V_p}*\frac{f}{12}, \qquad (1)$$

gdzie V_p jest prędkością transmisji, a 11 jest liczbą bitów w znaku. Odbiór pierwszego znaku ramki uruchamia, a każdego następnego znaku wznawia odliczanie od wartości początkowej określonej powyższą zależnością.



Rys. 1. Zależności czasowe w sieci Modbus: a) przy poprawnym odbiorze ramki, b) przy przekroczeniu maksymalnego odstępu między znakami wskutek błędu transmisji
Fig. 1. Timings in Modbus network: a) when frame was successfully received, b) when timeout occured because of transmission error

Specyfikacja protokołu warstwy liniowej sieci polowej Modbus określa również maksymalny odstęp pomiędzy kolejnymi znakami ramki - wynosi on t_{mb} = *1.5 * czas trwania transmisji znaku*. Znak odebrany po upływie tego czasu jest traktowany jako pierwszy znak następnej ramki. Przy poprawnie zaprojektowanym i zaimplementowanym oprogramowaniu realizującym protokół upływ ten wynika tylko z błędów transmisji (rysunek 1). Ponieważ stopa błędów medium przewodowego stosowanego na styku węzeł sieci ⇔ kontroler pakietowy jest bardzo niska (rzędu 10^{-9} [3]), można z dużym prawdopodobieństwem przyjąć, że upływ czasu t_{mz} od chwili odebrania ostatniego znaku jest częścią znacznika końca ramki t_{mr}, tym samym zmniejszając opóźnienie od chwili skompletowania ramki do podjęcia próby nadawania przez łącze bezprzewodowe. Zasada pomiaru tego czasu jest taka sama jak poprzednio.

Pojemność licznika mikrosterownika okazuje się jednak niewystarczająca dla odliczania wymaganych odcinków czasu przy transmisji w pełnym zakresie stosowanych w sieci Mod-

bus prędkości (50, 75, 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 i 19200 b/s). Dlatego odliczany odcinek jest dzielony na przedziały o długościach mniejszych lub równych pojemności licznika sprzętowego, uzupełnionego przez licznik programowy zawierający liczbę przedziałów. Zawartość licznika sprzętowego zwiększa się w takt impulsów zegarowych, jego przepełnienie powoduje wygenerowanie sygnału żądania przerwania. W podprogramie obsługi tego przerwania zostaje zmniejszona zawartość licznika przedziałów, a z chwilą jego wyzerowania następuje sygnalizacja skompletowania ramki.

4.2. Określanie całkowitej długości ramki na podstawie informacji sterującej

Oprócz metod oznaczania końców ramek za pomocą wyróżnionych sekwencji znaków lub przez ciszę w łączu o pewnym czasie trwania stosuje się także metodę polegającą na ustalaniu typów ramek i odpowiadających im długości. Wśród sieci polowych metoda taka jest stosowana w sieci Profibus [8]. Okazuje się, że można ją zaadaptować dla potrzeb realizacji rozpoznawania końca ramki sieci Modbus przez kontroler pakietowy.

W sieci Modbus występują tylko dwa typy ramek: polecenia i odpowiedzi, mają one jednak tę samą strukturę i zawartość pola adresu oraz funkcji [4]. Długość tych pól jest stała, natomiast długość pola danych może być stała lub zmienna, w szczególności jest ona równa 0. Zależy to od zawartości pola funkcji oraz od tego, czy nadawcą ramki jest węzeł nadrzędny (ramka polecenia) czy podrzędny (ramka odpowiedzi). Zilustrowano to w tabeli 1, w której podano długości poszczególnych składników ramki sieci Modbus w zależności od realizowanej funkcji. Składniki: l_{af} oraz l_{sk} mają zawsze stałą wartość. Składnik l_{pd} reprezentuje długość pola danych ramki. Przy zmiennej długości tego pola jest on podany w postaci sumy, której pierwszy składnik określa, ile początkowych znaków pola danych należy odebrać, aby następnie wyznaczyć liczbę *LPZD* znaków potrzebnych do jego skompletowania. Oprogramowanie kontrolera pakietowego może więc obliczyć całkowitą długość odbieranej ramki już po odebraniu jej części, oczywiście uwzględniając przy tym typ węzła sieci współpracującego z kontrolerem. Przyczyni się do wcześniejszego wykrycia końca ramki niż w przypadku stosowania metody pomiaru czasu trwania ciszy w łączu. Typ współpracującego z kontrolerem pakietowym węzła sieci jest w tym przypadku jednym z parametrów transmisji, obok prędkości i formatu znaku.

Techniczna realizacja przedstawionej metody wykrywania końca ramki opiera się na cyklicznej analizie zawartości bufora, w którym gromadzone są odbierane z węzła sieci znaki. Chwile kolejnych analiz wyznaczają przerwania od licznika mikrosterownika. Czas cyklu ustalono na wartość równą *1.1 * czas trwania transmisji znaku* przy maksymalnej, stosowanej w sieci Modbus, prędkości tj. 19200 b/s. Jednak zagubienie chociaż jednego znaku spowoduje błędy w komunikacji. Stąd dla zabezpieczenia przed skutkami wystąpienia takiego zda-

Tabela 1

Długość poszczególnych elementów składowych ramki w zależności od funkcji i typu nadawcy ramki: l_{af} - łączna długość pól: adresu i funkcji, l_{pd} - długość pola danych, l_{sk} - długość pola sumy kontrolnej, *LPZD* - liczba znaków potrzebnych do skompletowania pola danych (całkowita długość ramki = $l_{af} + l_{pd} + l_{sk}$)

Kod funkcji	Ramka polecenia			Ramka odpowiedzi		
	l_{af}	l_{pd}	l_{sk}	l_{af}	l_{pd}	l_{sk}
1	2	4	2	2	1 + *LPZD*	2
2	2	4	2	2	1 + *LPZD*	2
3	2	4	2	2	1 + *LPZD*	2
4	2	4	2	2	1 + *LPZD*	2
5	2	4	2	2	4	2
6	2	4	2	2	4	2
7	2	0	2	2	1	2
8	2	4	2	2	4	2
11	2	0	2	2	4	2
12	2	0	2	2	1 + *LPZD*	2
15	2	5 + *LPZD*	2	2	4	2
16	2	5 + *LPZD*	2	2	4	2
17	2	0	2	2	1 + *LPZD*	2
20	2	1 + *LPZD*	2	2	1 + *LPZD*	2
21	2	1 + *LPZD*	2	2	1 + *LPZD*	2
22	2	6	2	2	6	2
23	2	9 + *LPZD*	2	2	1 + *LPZD*	2
24	2	2	2	2	2 + *LPZD*	2

rzenia mierzony jest upływ czasu od chwili odebrania znaku. Jeżeli kontroler pakietowy zgromadzi wymaganą liczbę znaków (zgodnie z tabelą 1), co oznacza, że ramka jest kompletna, odliczanie czasu zostaje wstrzymane. Upłynięcie tego czasu wskazuje na niekompletność ramki, czego konsekwencją jest jej odrzucenie.

4.3. Porównanie metod

Przy wykorzystaniu metody pomiaru czasu trwania ciszy w łączu fakt odebrania całej ramki sieci Modbus zostanie stwierdzony po upływie czasu równego l_c * *czas trwania transmisji znaku*, gdzie l_c = 3.5 lub 1.5, po odebraniu ostatniego znaku ramki. Przy wykorzystaniu metody polegającej na określaniu całkowitej długości ramki na podstawie zawartej w niej informacji sterującej w najgorszym przypadku nastąpi to po upływie czasu równego czasowi cyklu od chwili odebrania ostatniego znaku ramki (rysunek 2). Przy komunikacji kontrolera pakietowego z węzłem sieci z prędkością 19200 b/s wykrycie końca ramki nastąpi, w porównaniu z metodą pomiaru czasu trwania ciszy w łączu, wcześniej o odcinek czasu równy

$$\Delta t = l_c \frac{11}{19200} - 1.1\frac{11}{19200} = (l_c - 1.1)\frac{11}{19200} \quad [s], \tag{2}$$

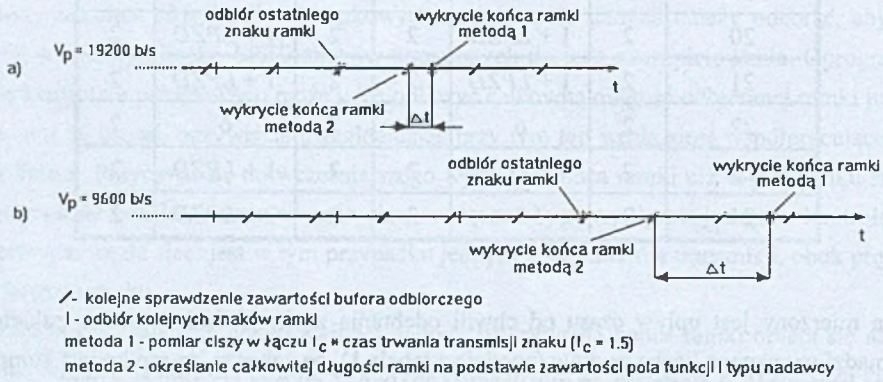
gdzie:

11 / 19200 - czas trwania transmisji znaku o rozmiarze 11 bitów (rozmiar określony przez specyfikację protokołu sieci Modbus) przy prędkości 19200 b/s,

l_c - współczynnik dla wyznaczenia czasu trwania ciszy w łączu (3.5 lub 1.5).

W sieci Modbus ramki są transmitowane z prędkością V_p z zakresu: 50, 75, 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 i 19200 b/s, co można zapisać jako

$$V_p = \begin{cases} 50 \\ 110 \\ 19200/2^n & n = 8, 7, \ldots, 0 \quad \textit{dla pozostałych wartości} \end{cases} \quad [s] \tag{3}$$



Rys. 2. Odstęp czasu między odebraniem ostatniego znaku ramki a wykryciem końca ramki przez oprogramowanie komunikacyjne kontrolera pakietowego przy użyciu różnych metod

Fig. 2. Time interval between receiving of last character of frame and detection of end of frame by communication software of packet controller using different methods

Wartość Δt w zależności od stosowanej prędkości V_p można wyrazić wzorem

$$\Delta t(V_p) = l_c \frac{11}{V_p} - 1.1\frac{11}{19200} \quad [s], \tag{4}$$

gdzie:

$11 / V_p$ - czas trwania transmisji znaku o rozmiarze 11 bitów przy prędkości V_p,

$11 / 19200$, l_c - jw.

Dla prędkości V_p = 75, 150, ... , 19200 b/s powyższy wzór można uogólnić uwzględniając fakt, że są one całkowitymi podwielokrotnościami prędkości 19200 b/s (zależność 3). Zależność określająca wartość czasu Δt przybierze wówczas postać

$$\Delta t(V_p) = l_c \frac{11}{V_p} - 1.1\frac{11}{19200} = l_c \frac{11*2^n}{19200} - 1.1\frac{11}{19200} = (2^n l_c - 1.1)\frac{11}{19200} \quad [s], \tag{5}$$

gdzie:

$n = 8, 7, \ldots, 0$,

$11 / V_p$, $11 / 19200$, l_c - jw.

Prawidłowość powyższego oszacowania została potwierdzona doświadczalnie. W trakcie badań dokonano pomiarów czasu trwania transakcji przy bezprzewodowej realizacji pojedynczego segmentu sieci Modbus dla obu metod wykrywania końca ramki. W tabeli 2 zamieszczono wartości średnich różnic czasów $\overline{\Delta t}$ potrzebnych na wykrycie końca metodą pomiaru ciszy w łączu i metodą określania długości ramki na podstawie zawartości pola kodu funkcji i informacji o typie nadawcy ramki; wartości maksymalne tych różnic Δt_{max} wyznaczono z zależności 4. Należy zaznaczyć, że korzyści płynące z zastosowania metody określania długości ramki są widoczne w przypadku, gdy łącze bezprzewodowe współużytkują węzły tylko jednego segmentu sieci Modbus. Rozpoczęcie transmisji pakietu zawierającego ramkę rozpoczyna się wówczas z opóźnieniem wynikającym tylko z czasu po-

Tabela 2

Wartości różnic czasów wykrycia końca ramki sieci Modbus metodą pomiaru ciszy w łączu i metodą określania długości ramki na podstawie kodu funkcji i typu nadawcy dla różnych prędkości transmisji w łączu między węzłem sieci a kontrolerem pakietowym

	2400 b/s	4800 b/s	9600 b/s	19200 b/s
Δt_{max}	15.41	7.39	3.38	1.37
$\overline{\Delta t}$	15.41	7.35	3.29	0.94

trzebnego na jego przygotowanie. Kiedy w sposób bezprzewodowy zostanie zrealizowanych kilka segmentów, dochodzi jeszcze czas realizacji protokołu dostępu do łącza bezprzewodowego, zależny od typu protokołu i obciążenia łącza.

Przedstawiona metoda określania końca ramki na podstawie zawartej w niej informacji sterującej ogranicza jednak zakres stosowalności wykorzystujących ją kontrolerów pakietowych tylko do sieci Modbus. Metoda pomiaru czasu trwania ciszy w łączu daje kontrolerowi cechę pewnej uniwersalności - może on wówczas współpracować z węzłem sieci polowej, której protokół warstwy liniowej wykorzystuje ciszę w łączu jako ograniczniki ramki. Ponieważ współpraca kontrolera pakietowego z węzłem sieci jest realizowana w sposób programowy, przystosowanie kontrolera do rozpoznawania ramek protokołu innej niż Modbus sieci polowej już po odebraniu początkowych ich fragmentów nie powinna nastręczać trudności.

5. Podsumowanie

Zmiana charakteru warstwy fizycznej segmentów sieci polowej z przewodowej na bezprzewodową, dokonana przy użyciu kontrolerów pakietowych, jest dla węzłów segmentów sieci niewidoczna. Taka „przeźroczystość" wprowadzanych zmian jest jednym z założeń modelu odniesienia dla systemów otwartych. W tym przypadku osiąga się ją jednak kosztem zmniejszenia efektywności transmisji informacji w segmentach. Stopień pogorszenia efektywności zależy od wielu czynników, m.in. od prędkości transmisji w łączu bezprzewodowym, sposobu kodowania i formatu jednostek informacji przesyłanych w tym łączu; jeżeli jedno pasmo częstotliwości współużytkują węzły kilku segmentów, dochodzą jeszcze obciążenia wnoszane przez węzły poszczególnych segmentów oraz typ realizowanego przez kontrolery protokołu dostępu do łącza bezprzewodowego. Kontroler pakietowy przesyła informację w postaci pakietów. Jak wspomniano w rozdziale 3, z punktu widzenia zachowania zależności czasowych występujących w protokołach warstwy liniowej niektórych typów sieci polowych najkorzystniejsza jest sytuacja, kiedy w pakiecie zawarta jest kompletna ramka sieci polowej. Stąd znaczenia nabiera również sposób rozpoznawania granic ramki, tak aby odstęp czasu pomiędzy odebraniem ostatniego znaku ramki a utworzeniem pakietu i podjęciem próby transmisji przez łącze bezprzewodowe był możliwie jak najmniejszy. W artykule przedstawiono dwie metody rozpoznawania granic ramki sieci polowej Modbus - metodę pomiaru czasu trwania ciszy w łączu (w trybie RTU wykorzystywanej jako ograniczniki ramki) oraz metodę polegającą na określaniu całkowitej długości ramki na podstawie zawartości pola kodu funkcji oraz informacji o typie nadawcy ramki, dokonano także porównania obu metod. Pokazano, że zastosowanie drugiej z wymienionych metod może w pewnych

przypadkach przynieść zmniejszenie stopnia pogorszenia efektywności transmisji przez łącze bezprzewodowe.

LITERATURA

1. Tanenbaum A.: Sieci komputerowe. WNT, Warszawa 1988.
2. Tobagi F. A.: Multiaccess Link Control. [w:] Green P. E., Jr.: Computer Network Architectures and Protocols, Plenum Press, New York 1982.
3. Wolisz A.: Podstawy lokalnych sieci komputerowych. Sprzęt sieciowy. WNT, Warszawa 1990.
4. AEG Schneider Automation: Modicon Modbus Protocol. Reference Guide. PI-MBUS-300 Rev. D.
5. Hammond J. L., O'Reilly P. J. P.: Performance Analysis of Local Computer Networks. Addison-Wesley, 1986.
6. Mielczarek W.: Szeregowe interfejsy cyfrowe. Helion, Gliwice 1993.
7. Jordan J. R.: Serial Networked Field Instrumentation. John Wiley & Sons, 1995.
8. Sacha K.: Sieci miejscowe Profibus. MIKOM, Warszawa 1998.
9. Caban D.: Bezprzewodowa realizacja segmentów sieci polowej. ZN Pol. Śl. s. Informatyka z. 36, Gliwice 1999.
10. Caban D.: Protokoły komunikacyjne sieci komputerowych wykorzystujących wielopunktowe łącza bezprzewodowe pracujące w jednym paśmie częstotliwości. Rozprawa doktorska w recenzji.
11. Radiometrix Ltd: Radio Packet Controller. Materiały informacyjne dostępne w sieci Internet na stronie http://www.radiometrix.co.uk/products/rpc.html.
12. RF Solutions: FM-MDM1. RS232 Low Cost RF Modem. Materiały informacyjne dostępne w sieci Internet na stronie http://www.rfsolutions.co.uk/.
13. MUEL: Instrukcja obsługi kontrolera TNC-12. Warszawa 1994.
14. Radio Data Technology Ltd: RM9600 Radio Modem Series. Materiały informacyjne dostępne w sieci Internet na stronie http://www.radiodata.co.uk/.
15. Rozporządzenie Ministra Łączności z dnia 26 września 1995 roku w sprawie zwolnienia z obowiązku uzyskiwania koncesji oraz zezwoleń telekomunikacyjnych. Dziennik Ustaw nr 118 z dnia 18 października 1995 r. Poz. 571.
16. Coffron J. W., Long W. E.: Technika sprzęgania układów w systemach mikroprocesorowych. WNT, Warszawa 1988.
17. Starecki T.: Mikrokontrolery jednoukładowe rodziny 51. NOZOMI, Warszawa 1996.

Recenzent: Dr inż. Wojciech Mielczarek

Wpłynęło do Redakcji 8 września 1999 r.

Abstract

Most often used transmission medium in fieldbusses are wires. But in some cases installation of wires connections is impossible, too expensive or too difficult to accomplish. At that time wireless media can be used.

In some previous publications [9] wireless implementation of fieldbus segments was presented. As a transmission devices in this implementation wireless packet controllers were used. Their application is transparent to network nodes, but decreases efficiency of transmission in segments. The scale of decreasing depends on many factors. Packet controller sends information over wireless link in form of packets. One of such factors is method which controller uses to detect end of frame - as shown in chapter 3 in some wirelessly implemented fieldbusses encapsulation of whole frame in single packet is the best solution. In chapter 4 two methods were described, comparing of the methods was also done. In the first method measuring of idle time is used, in the second one determining of total frame length on the base of function code and type of sending node. Rule 5 and table 2 show that the second method is better - time interval between moments, when controller receives last character of frame and when detects the end of frame is shorter than in case of method using measuring of idle time.