

Michał MAĆKOWSKI

POLITECHNIKA POZNAŃSKA, INSTYTUT ELEKTRONIKI I TELEKOMUNIKACJI

Pomiar czasów transmisji w rozproszonych systemach pomiarowych z łączem GSM/GPRS/EDGE

Mgr inż. Michał MAĆKOWSKI

Ukończył studia magisterskie na Wydziale Elektrycznym Politechniki Poznańskiej w 2000 roku. Aktualnie jest asystentem w Zakładzie Elektronicznych Systemów Pomiarowych na Wydziale Elektrycznym Politechniki Poznańskiej. Główne zainteresowania związane są z projektowaniem, programowaniem i badaniem systemów pomiarowych, szczególnie systemów rozproszonych z bezprzewodową transmisją danych.



e-mail: mmackow@ET.PUT.Poznan.PL

Streszczenie

W artykule opisano metodę pomiaru odcinków czasu w systemach komputerowych wykorzystującą zewnętrzny układ zegarowy oraz znaczniki czasu generowane w postaci impulsów na liniach sterujących portu RS232C. Opisana metoda może być stosowana do pomiaru czasu trwania dowolnych zadań w systemie oraz do pomiaru czasów transmisji. Metoda ta umożliwia niezależny pomiar czasów wysyłania i odbierania danych. Przedstawiono wyniki pomiarów czasów transmisji danych w rozproszonych systemach pomiarowych z transmisją danych za pomocą łącz GSM/GPRS/EDGE.

Measurement of transmission time in decentralized measuring systems with GSM/GPRS/EDGE connection

Abstract

The following article describes method of measuring the periods of time in computer systems, which uses an external timing system and markers of time generated as impulses on the modem lines of RS232C interface. The described method can be used for measuring time of any task in the system and for measuring transmission time. It also enables independent measurement of the time of sending and receiving data. There are presented results of measuring data transmission time in the decentralized measuring systems with data transmission through GSM/GPRS/EDGE connection.

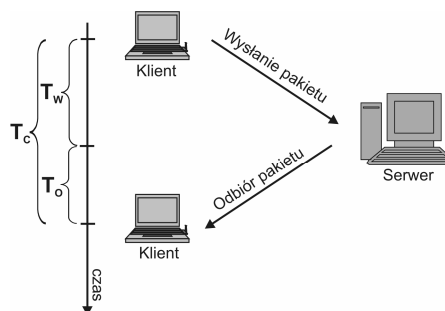
1. Wprowadzenie

W systemach kontrolno – pomiarowych, przeznaczonych do pracy z sygnałami zmiennymi w czasie, istotne znaczenie ma określenie i zachowanie zależności czasowych pomiędzy kolejnymi zdarzeniami w systemie. W wyniku przetwarzania i transmisji danych w systemie powstają opóźnienia. W komputerowych systemach pomiarowych, pracujących w środowiskach sieciowych, wartości opóźnień mogą być zmienne. Przyczyną zmian opóźnień mogą być: zmienne obciążenie medium transmisyjnego oraz wielozadaniowość systemów operacyjnych. Duże i często nieprzewidywalne zmiany czasu transmisji występują w systemach transmitujących dane za pomocą publicznych sieci teleinformatycznych oraz Internetu.

Niestołość opóźnień może powodować błędne działanie systemu. Stąd istnieje konieczność mierzenia i szacowania wartości opóźnień oraz zakresu ich zmian.

Czas transmisji danych w systemach pomiarowych często mierzy się wykorzystując metodę retransmisji pakietów danych o zadanej wielkości. [1]. Metoda ta polega na wysyłaniu pakietów danych przez komputer klienta do serwera (rys. 1), który bezwzględnie odsyła otrzymane dane do klienta. Komputer klienta mierzy całkowity czas T_C tej operacji. Jako czas transmisji pakietu danych w systemie przyjmuje się połowę czasu T_C . Metoda ta sprawdza się w przypadku pomiarów czasów transmisji w systemach o symetrycznej przepływności w obu kierunkach przesyła-

nia danych. Ograniczeniem tej metody jest brak możliwości niezależnych pomiarów czasów nadawania T_W i odbioru T_O danych. Ma to istotne znaczenie w systemach o różnych przepływnościach dla danych wysyłanych i odbieranych, np. w systemach z transmisją danych w sieci GSM.



Rys. 1. Pomiar czasu transmisji pakietu w systemie
Fig. 1. Measuring of the time transmission of packets in a system

W celu niezależnych pomiarów czasów wysyłania i odbioru danych zaproponowano i sprawdzono metodę polegającą na pomiarze czasów transmisji za pomocą zewnętrznego układu zegarowego mierzącego czas pomiędzy znacznikami czasu generowanymi na liniach sterujących portu RS232 w chwilach wysłania i odbioru pakietu danych.

2. Pomiar odcinków czasu za pomocą impulsów na liniach sterujących portu RS232

Wykorzystanie linii sterujących portu RS232 do generowania znaczników czasowych, umożliwia pomiar czasu trwania zadań realizowanych w systemie pomiarowym równoległe na kilku komputerach. Impulsy generowane na liniach sterujących np. RTS (*ang. Request To Send*) czy DTR (*ang. Data Terminal Ready*) mogą bezpośrednio lub przez określone funkcje logiczne sterować zliczaniem impulsów zegarowych. Pomiar czasu jest realizowany cyfrowo za pomocą zewnętrznego urządzenia pomiarowego wyposażonego w generator częstotliwości wzorcowej, układy licznikowe oraz układ bramkujący. Mierzony czas T_X stanowi iloczyn liczby zarejestrowanych impulsów n oraz ich okresu T_W (zależność 1) [2]. Impulsy są zliczane w okresie otwarcia bramki T_B sterującej układem liczników.

$$T_X = n \cdot T_W \quad (1)$$

Względny błąd pomiaru czasu metodą cyfrową wyznacza się z zależności 2:

$$\frac{\Delta T_X}{T_X} = \frac{1}{n} + \frac{\Delta T_W}{T_W} + \frac{\Delta T_B}{T_B} \quad (2)$$

gdzie: $1/n = T_W/T_X$ – względny błąd zliczania ($\Delta n = \pm 1$), ΔT_W – bezwzględny błąd okresu generatora częstotliwości wzorcowej, ΔT_B – bezwzględny błąd bramkowania wynikający z różnych czasów otwierania i zamykania bramki.

W przypadku mierzenia odcinków czasu odmierzanych przez impulsy na liniach sterujących RS232 błąd bramkowania jest kilka rzędów razy większy od pozostałych składowych błędów pomiaru. Błąd ten wynika z różnicy czasów generowania impulsów w chwilach "START" i "STOP", czyli w chwilach otwierania

i zamykania bramki. Ponieważ impulsy bramkujące są generowane w wyniku realizacji programu, czas ich wygenerowania zależy od wyposażenia sprzętowego i programowego komputerów, oraz od ich bieżącego obciążenia.

Wykonano pomiary czasów ustawiania linii sterujących RTS i DTR na komputerach o różnej konfiguracji sprzętowej i programowej. W tabeli 1 przedstawiono wyniki tych pomiarów: wartości minimalną, średnią i maksymalną z serii 1000 pomiarów dla każdej konfiguracji.

Tab. 1. Porównanie czasów ustawiania sygnałów na liniach sterujących portu RS232

Tab. 1. The comparison of the setting times modem line in the interface RS232

Zestaw komputerowy	System operacyjny, oprogramowanie		RTS		DTR	
			0 → 1	1 → 0	0 → 1	1 → 0
Celeron 466 MHz, RAM: 384 MB SDRAM	Windows XP SP2, LabView 7.1, VISA 3.1	min [us]	40	34	41	35
		mean [us]	58	53	65	52
		max [us]	494	379	466	389
Celeron 2 GHz, RAM: 256 MB DDRAM	Windows 2000 SP4, LabView 6.0, VISA 2.5	min [us]	23	29	27	22,2
		mean [us]	35	38,5	35,5	31
		max [us]	37	85	38	36
Pentium 4 2.8 GHz HT, RAM: 1 GB Dual DDRAM	Linux Mandrake 10.1 (Kernel: 2.6.8), LabView 7.1, VISA3.1	min [us]	13,25	16,5	13,3	19,8
		mean [us]	14,3	17,5	14,3	22,9
		max [us]	16,1	18,6	27,3	53,4
	Windows XP SP2, LabView 6.0, VISA 2.5	min [us]	16,1	14,6	16,35	15,5
		mean [us]	18	21,3	19,3	27,3
		max [us]	42	72,5	59,1	170
	Windows XP SP2, LabView 7.1, VISA 3.1	min [us]	19,6	18,25	20,5	19,15
		mean [us]	21,9	24,2	22,3	29
		max [us]	30,3	36,6	31,9	54

Zauważono, że zmiany czasu ustawiania linii sterujących nie przekraczały 1 ms, co umożliwiło przyjęcie maksymalnej wartości błędu bramkowania ΔT_B na poziomie 1 ms. Ponieważ błędy pomiaru powodowane przez fluktuacje częstotliwości wzorcowej w przyrządach pomiarowych, przeznaczonych do pomiaru czasu i częstotliwości, są kilka rzędów razy mniejsze, jako całkowity błąd pomiaru czasu omawianą metodą można przyjąć błąd bramkowania.

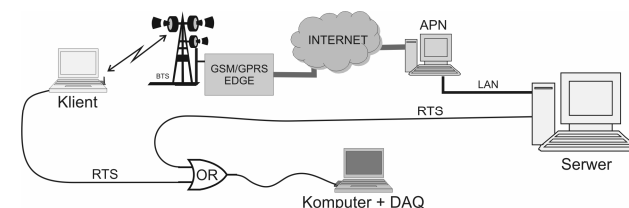
3. Pomiar czasów transmisji danych w systemach pomiarowych z łączem GPRS/EDGE

W rozproszonych systemach pomiarowych, szczególnie w systemach z mobilnymi stacjami pomiarowymi do transmisji danych pomiędzy poszczególnymi elementami systemu można wykorzystać Internet oraz sieć telefonii komórkowej GSM [3]. Sieci GSM oferują wiele usług przeznaczonych do transmisji danych, które można wykorzystać w systemach pomiarowych: od wymiany komunikatów SMS, MMS do transmisji komutowanej HSCSD (ang. *High Speed Circuit Switched Data*) oraz pakietowej w technologiach GPRS (ang. *General Packet Radio Services*) i EDGE (ang. *Enhanced Data GSM Evolution*). O wyborze konkretnej z nich decydują: wymagania systemu dotyczące ilości, prędkości i częstości transmitowanych danych oraz ich dostępność u wybranego operatora sieci na danym obszarze. Obecnie najpopularniejszą usługą transmisji danych w GSM jest transmisja pakietowa GPRS oraz jej rozwinięcie EDGE. Transmisja pakietowa charakteryzuje się maksymalnymi przepływnościami: w technologii GPRS 26,8 kbits/s dla danych wysyłanych (ang. *uplink*) i 53,6 kbits/s dla danych odbieranych (ang. *downlink*) oraz w technologii EDGE odpowiednio 123 kbits/s dla danych nada-

wanych i 247 kbits/s dla odbieranych. Są to przepływności oferowane przez polskich operatorów sieci komórkowych [4].

Zastosowanie, do transmisji danych w systemie pomiarowym, publicznej sieci GSM powoduje korzystanie ze współdzielonych łączy radiowych sieci GSM oraz jej zasobów teleinformatycznych z pozostałymi użytkownikami sieci. W wyniku ciągłych zmian trafiku mogą pojawiać się chwilowe zmiany prędkości transmisji skutkujące zmiennymi czasami transmisji. Z analogiczną sytuacją spotykamy się wykorzystując do transmisji danych Internet.

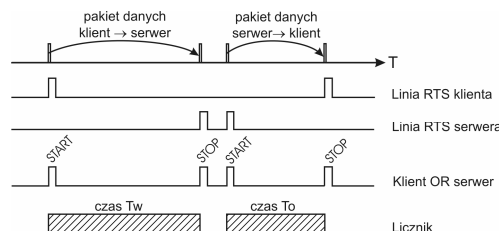
W celu pomiaru czasów wysyłania i odbioru danych transmitowanych przez sieć GSM oraz Internet zbudowano i oprogramowano specjalny system pomiarowy (rys. 2).



Rys. 2. Testowy system pomiarowy
Fig. 2. The measuring system tested

Serwer był połączony z Internetem za pośrednictwem sieci lokalnej i posiadał stały, publiczny adres IP. Klient łączył się z serwerem za pośrednictwem Internetu oraz sieci telefonii komórkowej GSM, wykorzystując technologie GPRS oraz EDGE. Do transmisji GPRS wykorzystywano modem Option GlobeTrotter GPRS PC Card pracujący w sieci Plus GSM, transmisję EDGE realizowano przez modem Sony Ericsson GC89 pracujący w sieci Orange (Idea). Z przyczyn technicznych (min. blokada SimLock, automatyczny wybór technologii GPRS/EDGE w GC89) nie udało się sprawdzić GPRS w Orange (Idea) i EDGE w sieci Plus GSM.

W komputerach klienta i serwera umieszczono specjalne oprogramowanie, które umożliwiło cykliczne przesyłanie pakietów danych o zadanej długości. W chwilach wysyłania i odbioru pakietu na linii RTS był generowany znacznik czasu (rys. 3).



Rys. 3. Impulsy sterujące bramką licznika
Fig. 3. Gate's counter impulses

Do pomiaru czasu pomiędzy znacznikami czasu zastosowano uniwersalną kartę pomiarową NI DAQCard-6024E. Karta ta posiada wbudowane dwa 24-bitowe liczniki oraz generator częstotliwości wzorcowej o częstotliwościach 20 MHz lub 100kHz. Wykorzystując jeden licznik oraz generator o częstotliwości 100 kHz uzyskano możliwość pomiaru odcinków czasu nieprzekraczających 167,7 sekundy z rozdzielczością 0,01 ms.

Wyniki przeprowadzonych pomiarów przedstawiono w tabeli 2 (transmisja GPRS) oraz w tabeli 3 (transmisja EDGE). Każdorazowo przeprowadzano serię 100 pomiarów. W tabelach są prezentowane wartości: minimalna, średnia, maksymalna oraz odchylenie standardowe dla każdej serii.

Porównując uzyskane wyniki pomiarów zauważono, że najkrótsze czasy transmisji w każdej serii pomiarowej zwiększają się wraz z długością przesyłanego pakietu. Podobnie zachowują się wartości średnie (rys. 4). Najdłuższe czasy w każdej serii są znacznie dłuższe od wartości średnich i mają charakter losowy, niezależnie od wielkości transmitowanego pakietu oraz technolo-

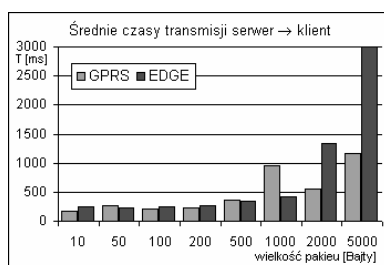
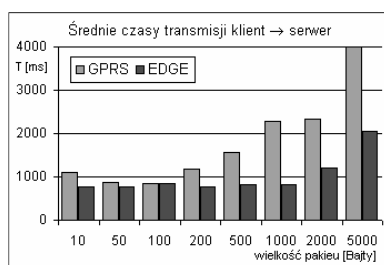
gii transmisji (rys. 5). Czasy wysyłania danych, w każdej technologii transmisji, były znacznie dłuższe niż czasy odbioru danych. Wynika to z asymetrii toru transmisyjnego, optymalizowanego pod względem dostępu do zasobów Internetu.

Tab. 2. Czas transmisji pojedynczych pakietów w technologii GPRS
Tab. 2. Transmission time of single packets in GPRS technology

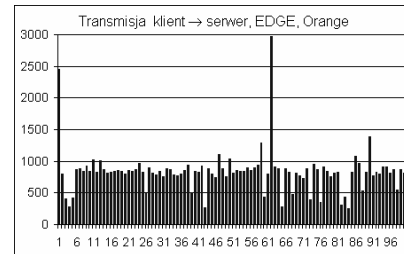
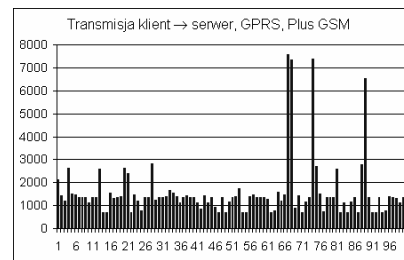
Kierunek transmisji	Klient → serwer				Serwer → klient			
	min [ms]	mean [ms]	max [ms]	σ [ms]	min [ms]	mean [ms]	max [ms]	σ [ms]
Wielkość pakietu [Bajt]								
10	302	1101	13334	1870	126	181	1754	205
50	388	877	8077	783	154	273	4275	495
100	374	856	2028	352	152	204	1085	91
200	481	1187	10250	1363	179	237	3378	318
500	681	1561	7564	1259	223	366	1723	283
1000	1148	2275	10638	1725	353	952	2794	561
2000	1750	2345	4772	441	521	554	681	25
5000	2953	3995	6684	588	1044	1161	1760	133

Tab. 3. Czas transmisji pojedynczych pakietów w technologii EDGE
Tab. 3. Transmission time of single packets in EDGE technology

Kierunek transmisji	Klient → serwer				Serwer → klient			
	min [ms]	mean [ms]	max [ms]	σ [ms]	min [ms]	mean [ms]	max [ms]	σ [ms]
Wielkość pakietu [Bajt]								
10	175	764	3672	416	112	247	2968	410
50	181	763	3177	354	116	223	2529	302
100	291	839	3318	396	134	247	1781	202
200	223	761	2889	286	139	263	2090	201
500	259	833	2977	339	189	339	3032	383
1000	365	816	4999	525	218	422	3302	453
2000	637	1204	8202	1014	264	1335	7527	1847
5000	967	2042	15085	1988	556	2994	11684	2030



Rys. 4. Zestawienie średnich czasów transmisji w GPRS i EDGE
Fig. 4. Comparison of averages transmission times in GPRS and EDGE



Rys. 5. Przykładowe serie pomiarów czasów transmisji
Fig. 5. The examples of measurements series of transmissions times

Próbując porównać zastosowane technologie transmisji GPRS i EDGE zauważono, że najkrótsze czasy wysyłania i odbioru danych są znacznie krótsze w technologii. Zakładano, że podobnie średnie czasy transmisji w EDGE będą znacznie krótsze niż w GPRS. Uzyskane wyniki nie potwierdziły tych założeń. Przyczyną uzyskania takich wyników może być fakt, że transmisje w różnych technologiach były realizowane przez różnych operatorów sieci GSM. Uzyskane wartości w równym stopniu mogą informować o jakości tych usług realizowanych przez różnych operatorów oraz o bieżącym trafiku w wykorzystywanej sieci GSM.

4. Podsumowanie

Przedstawiona w artykule metoda pomiarów czasu transmisji w systemie komputerowym umożliwia niezależne pomiary czasów wysyłania i odbierania danych. Metoda ta umożliwia pomiary odcinków czasu z błędem nieprzekraczającym 1 ms. Jej niewątpliwą zaletą jest łatwa implementacja zarówno sprzętowa, jak i programowa. Podstawową wadą tej metody jest ograniczenie odległości pomiędzy komputerami wymieniającymi dane do zasięgu linii RS232.

Zarejestrowane czasy transmisji pakietów zarówno w technologii GPRS, jak i EDGE charakteryzują się dużym rozrzutem, co uniemożliwia stosowanie tej transmisji w systemach pomiarowych czasu rzeczywistego, czyli w systemach o ściśle określonych zależnościach czasowych.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2005/2006 jako projekt badawczy.

5. Literatura

- [1] D. Świsulski, D. Kazana: Stanowisko do badania transmisji danych w sieciach komputerowych. Pomiary Automatyka Robotyka, nr 7-8, 2004, str. 159-163
- [2] D. Turzeniecka: Laboratorium z metrologii elektrycznej i elektronicznej. Wyd. PP, Poznań 1996.
- [3] W. Nawrocki: Rozproszone systemy pomiarowe. WKŁ, Warszawa 2006.
- [4] www.plusgsm.pl; www.idea.pl