

Krzysztof TOKARZ, Bartłomiej ZIELIŃSKI
Politechnika Śląska, Instytut Informatyki

BADANIE EFEKTYWNOŚCI TRANSMISJI BEZPRZEWODOWEJ W STANDARDZIE IrDA

Streszczenie. W artykule przedstawiono przebieg badań efektywności transmisji łączem szeregowym w standardzie RS-232 oraz łączem pracującym w podczerwieni zgodnie ze standardem IrDA. Opis badań został poprzedzony teoretycznym oszacowaniem efektywności obu rodzajów transmisji. W końcowej części dokonano porównania otrzymanych wyników i przedstawiono nasuwające się wnioski.

PERFORMANCE EVALUATION OF IrDA WIRELESS TRANSMISSION

Summary. This paper describes theoretical analysis of the transmission performances of RS-232 connection and infrared IrDA connection. Article presents practical evaluation of such transmission performance. At the end compares the results and presents some conclusions.

1. Cel badań

Celem przeprowadzonej analizy porównawczej oraz testów efektywności transmisji łączem szeregowym RS-232 oraz łączem bezprzewodowym pracującym w podczerwieni – IrDA [1] było określenie różnic efektywności osiąganych przez te sposoby transmisji danych. Aby porównywać zbliżone do siebie pod względem parametrów protokoły transmisyjne w standardzie IrDA, badania przeprowadzono wykorzystując emulację portu szeregowego IrCOMM [6]. Podczas badań dokonano wielu pomiarów wykorzystując różne zestawy sprzętowe i programowe.

2. Efektywność protokołu

Każdy protokół transmisyjny charakteryzuje się istnieniem w strumieniu przesyłanych danych użytkowych dodatkowej informacji niezbędnej do jego działania. Taką informacją mogą być bajty oznaczające początek i koniec ramki, bajty kontroli poprawności transmisji, a także ramki potwierdzeń. Dla łącza szeregowego rozpatrywanego na poziomie bitowym będą to bity startu, stopu i kontroli parzystości. Ta nadmiarowa z punktu widzenia transmisji danych informacja wpływa na efektywność protokołu transmisyjnego zgodnie ze wzorem:

$$E = \frac{n}{n + m} \quad (1)$$

gdzie:

E jest efektywnością protokołu transmisyjnego,

n jest liczbą transmitowanych bajtów (bitów),

m jest liczbą bajtów (bitów) dodatkowych.

W warunkach rzeczywistych efektywność może jeszcze zmaleć ze względu na występujące błędy transmisji, a co za tym idzie konieczność powtórnej transmisji błędnych pakietów.

2.1. Efektywność kanału RS-232

Dla kanału szeregowego przewodowego efektywność transmisji można obliczyć przyjmując następujące dane wejściowe.

$n = 8$ (bitów),

$m = 2$ (bit startu i bit stopu, brak kontroli parzystości).

Po podstawieniu do wzoru (1) efektywność wynosi:

$E = 80\%$

2.2. Efektywność kanału bezprzewodowego

Obliczenie efektywności kanału transmitującego dane w standardzie IrDA, a ściślej wykorzystującego emulację portu szeregowego IrCOMM, jest znacznie bardziej skomplikowane. Zgodnie z warstwową strukturą standardu IrDA [2] protokół IrCOMM wykorzystuje trzy niższe warstwy IrLAP [3], IrLMP [4] oraz TinyTP [5]. Każda z warstw pośredniczących dodaje swoją informację do transmitowanych danych. Protokół dostępu do łącza IrLAP wymaga dwóch bajtów startowych STA, bajtu adresu urządzenia A i bajtu sterującego C na początku każdej transmitowanej ramki. Ramka IrLAP jest zakończona

dwoma bajtami kontroli transmisji FCS i jednym bajtem stopu STO. Wewnątrz ramki IrLAP protokół zarządzania łączem IrLMP dodaje dwa bajty oznaczone DLSAP-SEL i SLAP-SEL adresujące nadawcę i odbiorcę w kanale logicznym używanym przez komunikujące się aplikacje. Kolejny bajt CR jest dodawany przez protokół transportowy TinyTP i jest niezbędny do poprawnego złożenia po stronie odbiorczej danych dzielonych po stronie nadawczej. Również warstwa IrCOMM dodaje jeden bajt CLength niosący informacje o mogących po nim wystąpić znakach sterujących. Ponieważ długość ramki IrLAP mieści się w zakresie 64-2044 bajty, to na transmitowane dane pozostaje 60-2440 bajtów.

Ramka informacyjna IrCOMM ma ostateczną postać:

Warstwa	LAP			LMP		TTP	COMM	LAP			
	STA	A	C	SEL	CR	CLength	Dane	FCS	STO		
Ilość bajtów	1	1	1	1	1	1	1	60 – 2040	1	1	1

Na efektywność ma wpływ również określona przez warstwę IrLAP na siedem maksymalna liczba ramek, które mogą być przesłane bez potwierdzenia. Ramka potwierdzenia ma długość 7 bajtów. Dodatkowe bity są wprowadzane przez warstwę fizyczną. Każdy bajt, podobnie jak w przewodowej transmisji szeregowej, jest otoczony bitem startu i bitem stopu.

Na podstawie tych danych można obliczyć, że w przypadku najkorzystniejszym (ramka o długości 2044 bajty, potwierdzenie co 7 ramek) na każde 14280 bajtów danych zostaną wysłane 84 bajty dodatkowe, co daje po uwzględnieniu 10-bitowego słowa transmitowanego łączem efektywność na poziomie 79,5%. W przypadku najmniej korzystnym (64-bajtowa ramka, potwierdzenia co ramkę), w którym na każde 60 bajtów zostanie przesłanych 18 dodatkowych bajtów, efektywność spada do poziomu 61,5%.

3. Przebieg badań i wyniki pomiarów

Do przeprowadzenia badań wykorzystano dwa zestawy komputerów. Zestaw pierwszy to dwa równorzędne komputery Pentium MMX 133 MHz wyposażone w zewnętrzne porty podczerwieni firmy Adaptec AirPort 2000. Zestaw drugi składał się z komputera Celeron 400 MHz i notebooka Pentium 60 MHz. Komputer Celeron wyposażono w transceiver IrDA podłączając go do płyty głównej, notebook posiadał wbudowany port podczerwieni. Komputery klasy Pentium pracowały pod kontrolą systemu operacyjnego Windows 95, natomiast Celeron posiadał zainstalowany system Windows 98. Pomiary dokonywano w normalnych warunkach pracy łącza IrDA (odległość poniżej 1 metra, oświetlenie światłem

dziennym lub jarzeniowym). W celu określenia efektywnej prędkości transmisji łączem IrDA przeprowadzono wiele pomiarów czasu przesyłu pliku za pomocą standardowej aplikacji systemu Windows - Bezpośrednie połączenie kablowe. Przesyłano plik tekstowy o rozmiarze 256, 512 i 1024 kB. W tabeli 1 przedstawiono wyniki pomiarów dla pierwszego zestawu komputerów podczas przesyłu pliku tekstowego wraz z obliczoną rzeczywistą prędkością transmisji. Prędkość rzeczywistą obliczono dzieląc liczbę bajtów pliku przez czas transmisji pliku. Nie brano pod uwagę ilości faktycznie transmitowanych bitów na bajt oraz innych narzutów związanych ze specyfiką protokołu.

Tabela 1
Transmisja pliku tekstowego łączem IrDA z wykorzystaniem programu Bezpośrednie
połączenie kablowe

Rozmiar pliku	Prędkość transmisji [b/s]				
	9 600	19 200	38 400	57 600	115 200
	Czas transmisji [s]				
256 kB	14	7	4	3	3
512 kB	25	13	7	5	4
1024 kB	49	25	13	10	6
	Średnia rzeczywista prędkość transmisji [b/s]				
	162 921	319 258	589 583	792 256	1 048 575

Obliczona prędkość transmisji, uśredniona dla trzech pomiarów przy różnym rozmiarze pliku, jest co najmniej o rząd większa niż ustawiona w parametrach transmisji. W takiej sytuacji można wnioskować, iż podczas transmisji jest dokonywana "w locie" kompresja i dekompresja danych. Wniosek ten potwierdził się w kolejnej serii pomiarów, podczas której przesyłano plik skompresowany jednym z popularnych programów kompresujących, tak aby utrudnić jego dalszą kompresję w trakcie transmisji. Tabela 2 przedstawia wyniki pomiarów dla pierwszego zestawu komputerów podczas przesyłu pliku skompresowanego. Podano również obliczoną rzeczywistą prędkość transmisji.

Tabela 2

Transmisja pliku skompresowanego łączem IrDA z wykorzystaniem programu Bezpośrednie połączenie kablowe

Rozmiar pliku	Prędkość transmisji [b/s]				
	9 600	19 200	38 400	57 600	115 200
Czas transmisji [s]					
627660 B	794	403	190	127	65
Rzeczywista prędkość transmisji [b/s]					
	6 324	13 008	26 428	39 538	77 250

Ponieważ celem badań było porównanie rzeczywistych prędkości osiąganych przez protokół IrDA z klasyczną transmisją przewodową, kolejnym etapem miało być powtórzenie badań dla zestawionego pomiędzy komputerami łącza przewodowego. Ze względu na specyfikę systemu Windows niemożliwa okazała się jednak zmiana parametrów transmisji przewodowej przy wykorzystaniu programu Bezpośrednie połączenie kablowe. Przeprowadzono jednak kilka pomiarów w celu określenia poziomu, na którym dokonywana jest kompresja i dekompresja transmitowanych plików. Z wyników pomiarów można wnioskować, iż dokonuje tego aplikacja Bezpośrednie połączenie kablowe transmitując plik tekstowy w czasie kilkakrotnie krótszym niż plik poddany wstępnej kompresji niezależnie od wybranego medium transmisyjnego.

Kolejnych pomiarów dokonano za pomocą specjalnie do tego celu napisanej aplikacji umożliwiającej ustalenie parametrów przewodowego łącza szeregowego. Przy próbie uruchomienia aplikacji na zestawie komputerów wyposażonych w zewnętrzne transceivery podczerwieni nieoczekiwanie wystąpił błąd zapisu danych do emulowanego przez protokół IrCOMM portu szeregowego. Ponieważ drugi zestaw komputerów wykorzystujący porty wbudowane w płytę główną działał poprawnie, pomiary przeprowadzono na tym zestawie. Parametry łącza bezprzewodowego ustalano wykorzystując standardowe mechanizmy systemu Windows. Przesyłany plik był plikiem tekstowym o długości 30330 bajtów. Tabela 3 przedstawia wyniki pomiarów dla łącza bezprzewodowego i przewodowego dla danych transmitowanych bez buforowania - transmisja odbywała się bajt po bajcie.

Tabela 3

Transmisja pliku tekstowego łączem IrDA i łączem przewodowym bez buforowania danych

	Prędkość transmisji [b/s]					
Rozmiar pliku 30330 B	2 400	9 600	19 200	38 400	57 600	115 200
	Czas transmisji [s]					
IrDA	160	46	42	27	19	17
RS-232	126	32	16	9	6	4
	Rzeczywista prędkość transmisji [b/s]					
Prędkość IrDA	1 516	5 274	5 777	8 665	12 770	14 272
Prędkość RS-232	1 926	7 582	15 165	26 960	40 440	60 660

Kolejne pomiary przeprowadzono wykorzystując buforowanie danych po stronie nadawczej, a następnie po stronie nadawczej jak i odbiorczej. Rozmiar bufora wynosił 2 kB. Wyniki zamieszczono w tabeli 4.

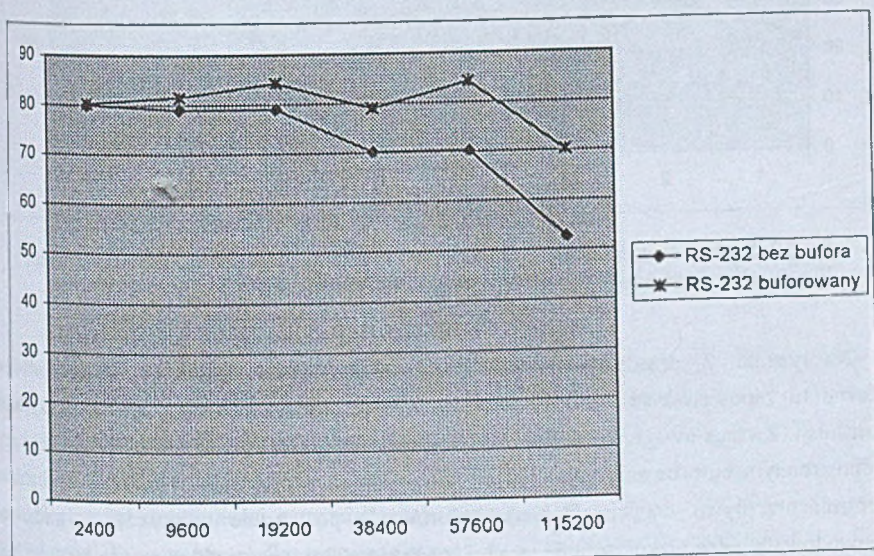
Tabela 4

Transmisja pliku tekstowego łączem IrDA i łączem przewodowym z buforowaniem danych

	Prędkość transmisji [b/s]					
Rozmiar pliku 30330 B	2 400	9 600	19 200	38 400	57 600	115 200
	Czas transmisji [s]					
IrDA buf. nad.	160	36	31	22	18	14
IrDA buf. nad/odb.	160	33	15	7	4,5	2,5
RS-232	126	31	15	8	5	3
	Rzeczywista prędkość transmisji [b/s]					
pr IrDA buf. nad.	1 516	6 740	7 827	11 029	13 480	17 331
pr IrDA buf. n/o.	1 516	7 352	16 176	34 662	53 920	97 056
Prędkość RS-232	1 926	7 827	16 176	30 330	48 528	80 880

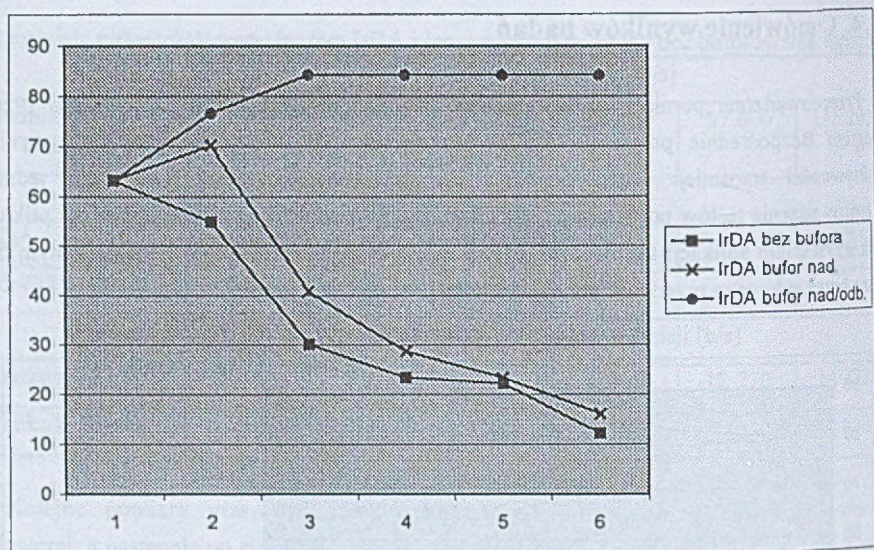
4. Omówienie wyników badań

Przeprowadzone pomiary czasów transmisji pliku wstępnie skompresowanego przez program Bezpośrednie połączenie kablowe zawarty w systemie Windows dają wyniki efektywności transmisji rzędu 66-70%. Dla tej aplikacji niemożliwe było jednak przeprowadzenie testów porównawczych. Graficzne porównanie wyników transmisji pliku z wykorzystaniem aplikacji testowej pracującej w trybie nie buforowanym i buforowanym dla łącza przewodowego przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Porównanie efektywności transmisji dla łącza przewodowego
Fig. 1. Comparison of wired transmission performance

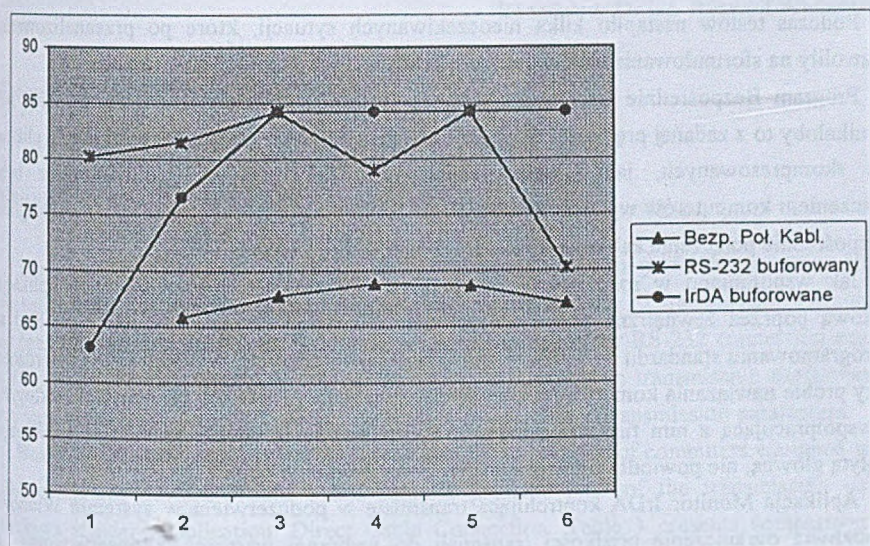
Jak widać, efektywność transmisji buforowanej nieznacznie odbiega od obliczonej teoretycznie wartości 80%. Buforowanie po stronie odbiorczej nie miało wpływu na efektywność transmisji. Odchylenia wynikają prawdopodobnie z niedokładności pomiarów. Transmisja nie buforowana przebiega wolniej ze względu na konieczność obsługi pojedynczych bajtów.



Rys. 2. Porównanie efektywności transmisji dla łącza pracującego w podczerwieni
Fig. 2. Comparison of infrared transmission performance

Na rysunku 2. przedstawiono porównanie efektywności transmisji w podczerwieni. Można tu zaobserwować znacznie większy wpływ buforowania danych na efektywność transmisji. Zwraca uwagę niewielka różnica efektywności transmisji nie buforowanej i przy jednostronnym buforowaniu wynikająca z działającego w protokole IrCOMM mechanizmu kontroli przepływu danych. Dopiero buforowanie po stronie odbiorczej i nadawczej spowodowało pełne wykorzystanie łącza. Uzyskanie efektywności zbliżonej do 80% pozwala przyjąć, że podczas transmisji jest wykorzystywany korzystniejszy wariant protokołu transmisyjnego IrLAP (długie ramki, rzadkie potwierdzenia).

Kolejny wykres obrazuje porównanie efektywności transmisji przewodowej i bezprzewodowej z uwzględnieniem transmisji łączem podczerwonym z wykorzystaniem programu Bezpośrednie połączenie kablowe dla pliku wstępnie skompresowanego.



Rys. 3. Porównanie efektywności transmisji buforowanej
Fig. 3. Comparison of buffered transmission performance

Porównanie transmisji pokazuje, że efektywność protokołu IrDA realizowanego w sposób programowy przez system Windows 95 nie odbiega od efektywności transmisji przewodowej. Nieco niższa efektywność transmisji programem Bezpośrednie połączenie kablowe wynika prawdopodobnie z konieczności transmisji dodatkowej informacji (nazwa pliku, kontrola poprawności transmisji), jak również z prowadzonej w locie kompresji i dekompresji, która w przypadku testowym nie przynosiła korzystnych rezultatów.

5. Wnioski i obserwacje

Jak wynika z przeprowadzonych badań, transmisja bezprzewodowa może w niektórych przypadkach doskonale zastąpić klasyczną transmisję przewodową, oferując podobną efektywność przy znacznie większej wygodzie użytkowania.

Nie zaobserwowano zmniejszenia efektywności przy obniżeniu jakości łącza, dostępne transceivery albo pracowały poprawnie, albo transmisja była przerywana.

Podczas testów nastąpiło kilka nieoczekiwanych sytuacji, które po przeanalizowaniu pozwoliły na sformułowanie ciekawych wniosków.

Program Bezpośrednie połączenie kablowe transmitował dane znacznie szybciej, niż wynikałoby to z zadanej prędkości transmisji na łączu RS-232. Dotyczyło to zarówno plików nie skompresowanych, jak i skompresowanych. Taka sytuacja spowodowana była włączeniem komputerów wykorzystywanych do testów do segmentu sieci lokalnej. Program Bezpośrednie połączenie kablowe wybierał szybszą drogę transmisji danych.

Jak wspomniano w rozdziale 3, niemożliwe okazało się wysłanie danych aplikacją testową poprzez zewnętrzne porty podczerwieni. Prawdopodobną przyczyną jest błąd w oprogramowaniu standardu IrCOMM dla urządzeń zewnętrznych. Wniosek ten potwierdzono przy próbie nawiązania komunikacji z wyposażonym w łącze IrDA telefonem komórkowym, a współpracującą z nim firmową aplikacją. Próba powiodła się dla portu zintegrowanego z płytą główną, nie powiodła się w przypadku portu zewnętrznego.

Aplikacja Monitor IrDA kontrolująca transmisję w podczerwieni w systemie Windows umożliwia ograniczenie prędkości transmisji do wybranej wartości. Zaobserwowano, że transmisja przebiega szybciej dla prędkości ograniczonej do 115200 b/s w porównaniu z transmisją przy wyłączonym ograniczeniu. W obu przypadkach połączenie jest nawiązywane z maksymalną prędkością 115200 b/s. Wynika to najprawdopodobniej z faktu, iż przy prędkości ustalonej na 115200 b/s nie następuje negocjacja parametrów łącza, co daje znaczne korzyści czasowe.

LITERATURA

1. Zieliński B., Tokarz K.: Transmisja bezprzewodowa w standardzie IrDA. ZN Pol. Śl. s. Informatyka z. 36, Gliwice 1999.
2. Standards. <http://www.irda.org/standards/standards.html>.
3. Serial Infrared Link Access Protocol (IrLAP). Version 1.1. Infrared Data Association, 16.06.1996. <http://www.irda.org/standards/pubs/IrLAP11.pdf>
4. Serial Infrared Link Management Protocol. Version 1.1. Infrared Data Association, 23.01.1996. <http://www.irda.org/standards/pubs/IrLMP11.pdf>
5. 'TinyTP': A Flow-Control Mechanism for use with IrLMP. Version 1.1. Infrared Data Association, 20.10.1996. <http://www.irda.org/standards/pubs/TinyTP11.pdf>
6. 'IrCOMM': Serial and Parallel Port Emulation over IR (Wire Replacement). Version 1.0. Infrared Data Association, 7.11.1996. <http://www.irda.org/standards/pubs/IrCOMM10.pdf>

Recenzent: Dr inż. Ryszard Winiarczyk

Wpłynęło do Redakcji 5 kwietnia 2000 r.

Abstract

The scope of this paper is comparison of data transmission performance using IrDA wireless connection and RS-232 connection. Theoretical analysis of transmission efficiency has been presented in chapter 2. Such performance calculated for RS-232 connection equals to 80 percent. For IrCOMM which is an IrDA RS-232 emulation transmission performance may vary between 61.5 to 79.5 percent depending on negotiated transmission parameters.

Next chapter presents results of the tests made using two sets of computers equipped with IrDA compliant devices. Table 1 and table 2 presents time of the transmission using Windows standard application: Direct Cable Connection. Table 3 presents comparison of unbuffered transmission speed for RS-232 and IrDA connections while Table 4 presents such results for buffered transmission. Graphical presentation of the results has been made in chapter 4. As shown on Fig 3. wireless transmission performance using IrDA standard is almost the same as using wired RS-232 connection.

During tests the following observations has been made. IrCOMM part of IrDA standard in Windows 98 doesn't work properly with external IrDA devices. Transmission goes faster when IrDA transmission speed is set to 115200 bps than the speed is set automatically by the system.