STUDIA INFORMATICA 2000
Volume 21 Number 1 (39)

Bartłomiej ZIELIŃSKI, Krzysztof TOKARZ
Politechnika Śląska, Instytut Informatyki

WPŁYW MOCY OBLICZENIOWEJ KONWERTERA PROTOKOŁÓW NA WYDAJNOŚĆ TRANSMISJI

Streszczenie. Opisano zastosowanie kontrolera TNC jako konwertera protokołów. Zbudowano doświadczalną sieć bezprzewodową. Zbadano wpływ mocy obliczeniowej takiego konwertera na wydajność transmisji w sieci.

PROTOCOL CONVERTER'S COMPUTING POWER INFLUENCE UPON TRANSMISSION EFFICIENCY

Summary. Application of TNC controller as a protocol converter has been described. Experimental wireless network has been built. Computing power influence of such a converter upon network efficiency has been tested.

1. Wprowadzenie

Integracja sieci przewodowej i bezprzewodowej może zapewnić dobre ich dopasowanie, jeżeli połączenie dokonane jest na poziomie warstwy liniowej modelu odniesienia OSI/ISO [1]. Wymaga to jednak zastosowania urządzeń, mogących zmieniać nie tylko parametry elektryczne sygnałów (konwersja na poziomie warstwy fizycznej), lecz również potrafiących ingerować w format przesyłanych danych. Przykładem takiego urządzenia jest konwerter protokołów [1].

Ponieważ konwerter protokołów jest urządzeniem mikroprocesorowym, interesującym zagadnieniem jest ocena wpływu jego mocy obliczeniowej na efektywność transmisji. Moc obliczeniowa jest uzależniona m. in. od parametrów konstrukcyjnych urządzenia, takich jak częstotliwość taktowania procesora i pojemność pamięci operacyjnej.

2. Doświadczalna sieć bezprzewodowa

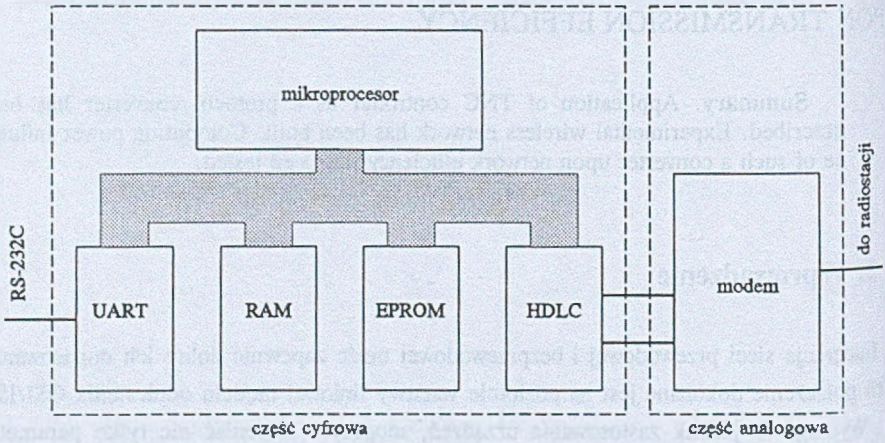
W celu oceny wpływu mocy obliczeniowej konwertera na efektywność transmisji skonfigurowano doświadczalną sieć bezprzewodową, zawierającą cztery stacje. Każda stacja składała się z komputera klasy IBM PC oraz konwertera protokołów. W roli konwertera wykorzystano kontrolery TNC-2, ponieważ pozwalają one na dobór parametrów w stosunkowo szerokim zakresie.

2.1. Charakterystyka kontrolera TNC

Kontroler TNC [3] jest układem zbudowanym w oparciu o mikroprocesor Z-80 i zawiera:

- pamięć RAM, służącą do buforowania przesyłanych danych,
- port szeregowy RS-232C, przeznaczony do współpracy z komputerem,
- synchroniczny interfejs szeregowy, pracujący zgodnie z protokołem AX.25 i przeznaczony do współpracy z radiostacją za pośrednictwem modemu.

Strukturę kontrolera TNC ilustruje rys. 1.



Rys. 1. Schemat blokowy kontrolera TNC
Fig. 1. Block diagram of TNC controller

Do badań zastosowano kontrolery, różniące się między sobą niektórymi parametrami układu mikroprocesorowego, oznaczone symbolami I oraz M (tabela 1). Początkowe testy prowadzono z użyciem dwóch kontrolerów typu I oraz dwóch typu M. Okazało się jednak, że układy typu I mogą pracować z dwukrotnie większą częstotliwością zegara. Taki kontroler oznaczono symbolem I'.

Tabela 1

Parametry użytych kontrolerów TNC

Parametr	Typ kontrolera		
	I	I'	M
Pojemność pamięci RAM [KB]	16	16	32
Częstotliwość zegara [MHz]	2.5	5.0	5.0
Zakres prędkości łącza przewodowego [kb/s]	0.3 ÷ 9.6	0.3 ÷ 9.6	0.3 ÷ 19.2
Zakres prędkości łącza bezprzewodowego [kb/s]	0.3 ÷ 1.2	0.3 ÷ 1.2	0.3, 1.2, 9.6

Ważną cechą kontrolerów TNC jest możliwość doboru wielu parametrów transmisji. Ponieważ stosowany na łączu radiowym protokół AX.25 [4] stanowi modyfikację protokołu HDLC, można dobrać między innymi następujące parametry:

- długość pola danych w ramce (zakres 1 ÷ 256 B),
- maksymalną liczbę ramek wysyłanych i potwierdzanych wspólnie (zakres 1 ÷ 7).

Istnieje także możliwość doboru prędkości łączy:

- przewodowego – najczęściej w zakresie 0.3 ÷ 9.6 kb/s (niekiedy do 19.2 kb/s),
- bezprzewodowego – są to trzy prędkości: 0.3, 1.2 i 9.6 kb/s.

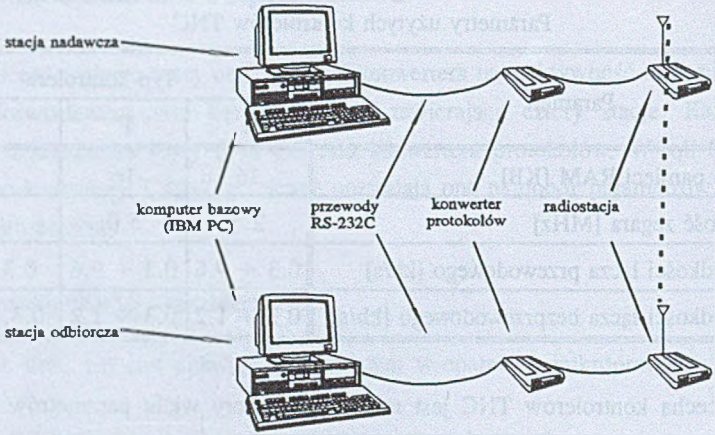
Ze względu na dopuszczalne zakresy parametrów kontrolerów typu I i M wszystkie testy wykonywane były dla prędkości łącza bezprzewodowego 1.2 kb/s oraz prędkości komunikacji z komputerem 9.6 kb/s.

2.2. Opis stanowiska badawczego

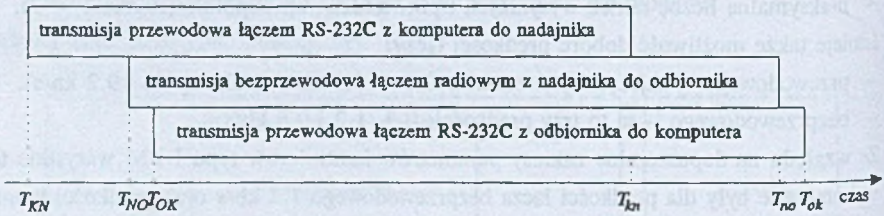
Badania przeprowadzono w doświadczalnej sieci bezprzewodowej, analogicznej jak opisana i wykorzystana w pracach [1, 2]. Konwertery (nadajnik i odbiornik) zostały podłączone do dwóch komputerów typu IBM PC poprzez łącze szeregowe zgodne ze standardem RS-232C. Do testów wykorzystywano programy emulujące terminal, znajdujące się w pakiecie Norton Commander 5.0 oraz Windows 3.11. Schemat stanowiska laboratoryjnego przedstawiony jest na rys. 2.

Transmisja danych w użytej konfiguracji składa się z trzech procesów (rys. 3):

- transmisja poprzez łącze RS-232C z komputera do nadajnika (początek w chwili T_{KN}, koniec w chwili T_{kn}),
- transmisja łączem bezprzewodowym z nadajnika do odbiornika (początek w chwili T_{NO}, koniec w chwili T_{no}),



Rys. 2. Konfiguracja stanowiska badawczego
Fig. 2. Research stand configuration



Rys. 3. Momenty charakterystyczne transmisji przy użyciu konwertera protokołów
Fig. 3. Characteristic moments of transmission through protocol converter

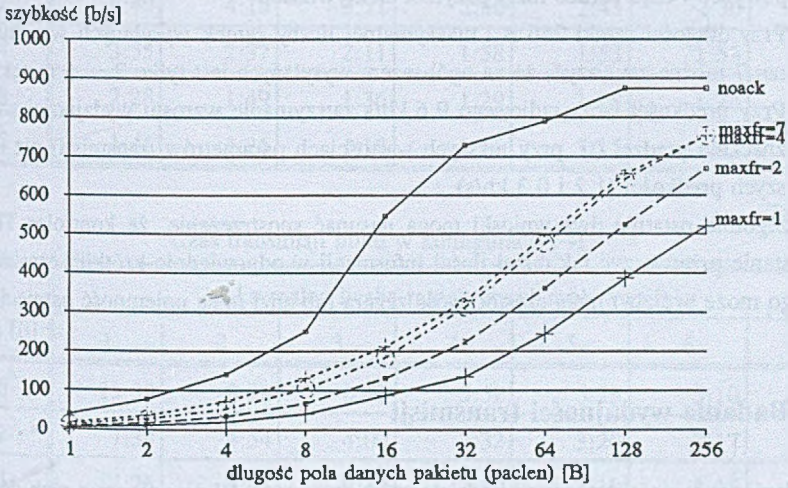
– transmisja poprzez łącze RS-232C z odbiornika do komputera (początek w chwili T_{OK}, koniec w chwili T_{ok}).

Ze względu na buforowanie informacji w pamięci danych konwertera te trzy procesy przebiegają w dużym stopniu równolegle. Różnice w czasie ich rozpoczęcia i zakończenia wynikają właśnie z konieczności dokonania konwersji protokołów, a w szczególności przygotowywania pakietów do wysłania i odzyskiwania informacji z pakietów odebranych. Na rys. 3 widać, że konwersja protokołów opóźnia chwilę otrzymania danych przez odbiornik, a więc wpływa na zmniejszenie szybkości transmisji.

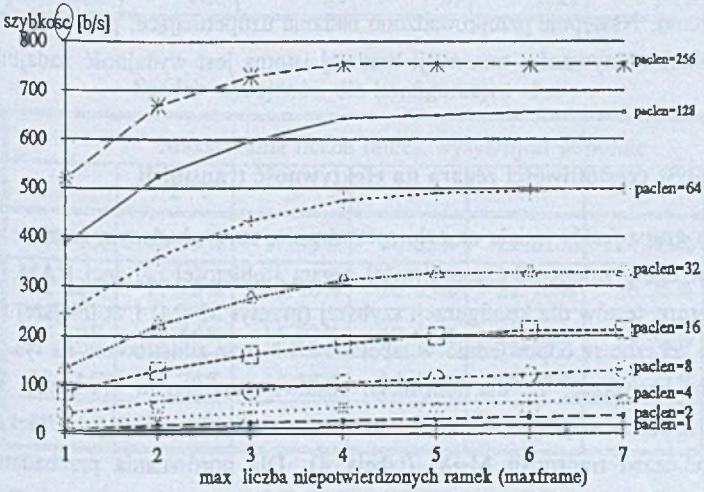
Za miarę efektywności systemu przyjęto czas transmisji pliku o stałej długości. W ramach testów przebadano wpływ długości ramki, liczby wspólnie potwierdzanych ramek, częstotliwości zegara kontrolera TNC oraz pojemności pamięci RAM na wydajność transmisji.

2.3. Analiza wyników uzyskanych poprzednio

Badania wykonane w ramach niniejszej pracy stanowią rozwinięcie i uzupełnienie wyników, opisanych w pracach [1, 2]. Na rys. 4 i 5 pokazano przykładową zależność efektywności transmisji od długości ramki i liczby ramek potwierdzanych wspólnie. Analiza tych wyników może prowadzić do następujących wniosków:



Rys. 4. Wpływ długości pakietu na użyteczną szybkość transmisji
Fig. 4. Packet length influence upon useful transmission speed



Rys. 5. Wpływ liczby potwierdzeń na użyteczną szybkość transmisji
Fig. 5. Acknowledgement number influence upon useful transmission speed

1. Zarówno wzrost długości pola danych ramki, jak i wzrost liczby ramek wysyłanych wspólnie sprzyja wzrostowi efektywności transmisji.
2. Dla małych długości ramki (do 32 ÷ 64 B) dwukrotny wzrost tej długości powoduje około dwukrotny wzrost efektywności. Dalsze zwiększanie długości ramki nie powoduje już tak dużego zwiększenia efektywności transmisji.
3. Dla długości ramki powyżej 16 B zwiększanie liczby wspólnie wysyłanych ramek powyżej 4 daje bardzo mały przyrost efektywności.
4. Przy długości ramki 256 B i maksymalnej liczby ramek wysyłanych wspólnie równej 7 można zauważyć, że na ogół razem wysyłanych jest tylko 2 ÷ 5 ramek.
5. Przy prędkości łącza radiowego 9.6 kb/s zatrzymanie wzrostu wydajności następuje znacznie prędzej (tj. przy niższych wartościach parametrów transmisji) niż dla niższych prędkości (1.2 i 0.3 kb/s).

Szczególnie ostatnie dwa wnioski mogą nasunąć spostrzeżenie, że kontroler TNC nie jest w stanie przetworzyć tak dużej ilości informacji w odpowiednio krótkim czasie. Powodem tego może być zbyt mała częstotliwość zegara lub zbyt mała pojemność pamięci RAM.

3. Badanie wydajności transmisji

Badanie wydajności transmisji podzielono na dwa etapy. W pierwszym z nich dokonano pomiarów, pozwalających stwierdzić, czy zmiana parametrów systemowych konwertera w zakresie dopuszczalnym przez posiadane kontrolery TNC ma jakikolwiek wpływ na wydajność systemu. Następnie przeprowadzono badania uzupełniające, pozwalające stwierdzić, czy dla ogólnej efektywności transmisji bardziej istotna jest wydajność nadajnika, czy odbiornika.

3.1. Wpływ częstotliwości zegara na efektywność transmisji

Pierwsza grupa testów miała na celu sprawdzenie, czy w badanym zakresie parametrów wydajność w ogóle zależy od częstotliwości zegara i objętości pamięci RAM. Dlatego też wykonano grupę testów dla konfiguracji szybszej (przesył M→M) i wolniejszej (I→I). Uzyskane wyniki zebrane są odpowiednio w tabelach 2 i 3 oraz zilustrowane na rys. 6 i 7.

Nietrudno zauważyć, że dla dowolnego zestawu parametrów transmisji konfiguracja M→M jest znacznie szybsza niż I→I. Czas transmisji pliku I→I jest większy o około 8 ÷ 28% od czasu transmisji M→M (tabela 4). Dla porównania przebadano też konfigurację I'→I', a wyniki zebrano w tabeli 5. Okazało się, że różnice między I'→I' a M→M są dużo mniejsze, niż między I→I a M→M – spadek wydajności wynosi tylko około

Tabela 2

Czas transmisji pliku w konfiguracji M→M

Pole danych [B]	Maksymalna liczba ramek wysyłanych wspólnie						
	1	2	3	4	5	6	7
16	12:39	7:28	5:43	4:52	4:23	4:10	3:49
32	6:49	4:15	3:21	2:56	2:43	2:36	2:35
64	3:55	2:37	2:11	1:58	1:53	1:53	1:54
128	2:28	1:49	1:36	1:29	1:28	1:28	1:28
256	1:46	1:26	1:18	1:16	1:15	1:15	1:14

Tabela 3

Czas transmisji pliku w konfiguracji I→I

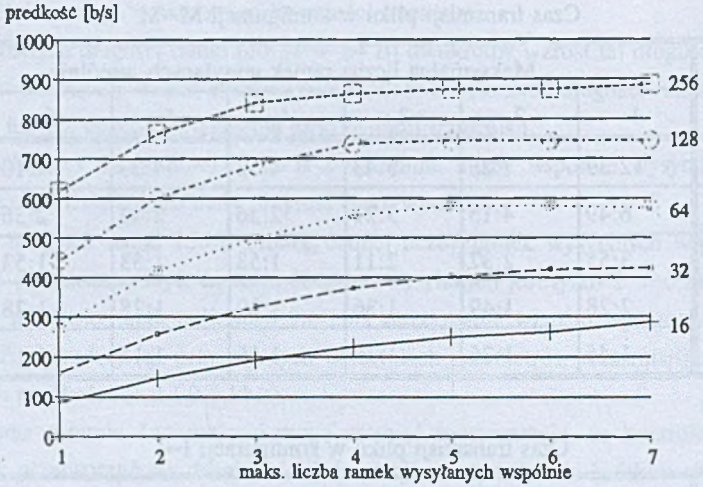
Pole danych [B]	Maksymalna liczba ramek wysyłanych wspólnie						
	1	2	3	4	5	6	7
16	13:39	8:28	6:43	5:52	5:23	5:10	4:49
32	7:39	4:54	4:00	3:32	3:20	3:17	3:19
64	4:26	3:03	2:32	2:19	2:19	2:15	2:15
128	2:48	2:04	1:50	1:42	1:42	1:41	1:41
256	2:05	1:39	1:33	1:29	1:29	1:28	1:28

Tabela 4

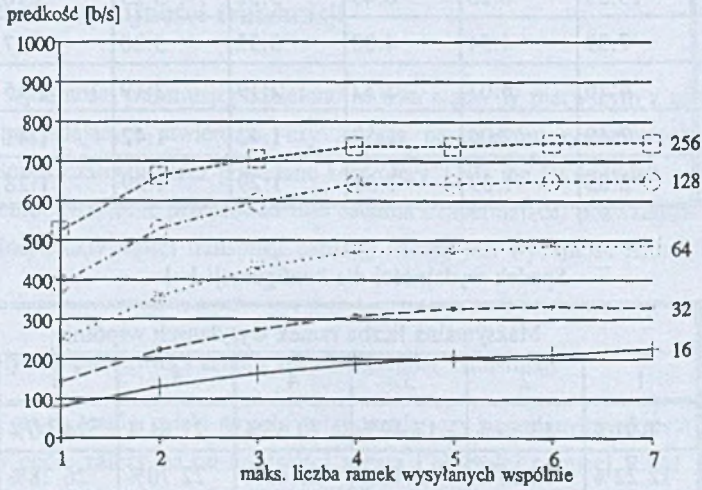
Spadek wydajności dla konfiguracji I→I

Pole danych [B]	Maksymalna liczba ramek wysyłanych wspólnie						
	1	2	3	4	5	6	7
16	7.91%	13.39%	17.49%	20.55%	22.81%	24.00%	26.20%
32	12.22%	15.29%	19.40%	20.45%	22.70%	26.28%	28.39%
64	13.19%	16.56%	16.03%	17.80%	23.01%	19.47%	18.42%
128	13.51%	13.76%	14.58%	14.61%	15.91%	14.77%	14.77%
256	17.92%	15.12%	19.23%	17.11%	18.67%	17.33%	18.92%

2 ÷ 14% (tabela 6). Prowadzi to do wniosku, że, mimo stosowania małych prędkości transmisji, częstotliwość zegara ma kluczowe znaczenie dla wydajności kontrolera TNC.



Rys. 6. Efektywna prędkość transmisji w konfiguracji M→M
Fig. 6. Effective transmission speed in M→M configuration



Rys. 7. Efektywna prędkość transmisji w konfiguracji I→I
Fig. 7. Effective transmission speed in I→I configuration

Zwiększenie tej częstotliwości w konfiguracji I'→I' nie spowodowało jednak wzrostu wydaj ności do poziomu zmierzonego w konfiguracji M→M. Może to wynikać z różnic w pojem ności pamięci RAM, jak również ze szczegółów implementacji wynikających ze struktur sprzętowo-programowej kontrolerów TNC typu I oraz M.

Tabela 5

Czas transmisji pliku w konfiguracji I'→I'

Pole danych [B]	Maksymalna liczba ramek wysyłanych wspólnie						
	1	2	3	4	5	6	7
16	10:17	8:02	6:17	5:26	4:58	4:39	4:22
32	7:08	4:31	3:39	3:13	2:59	2:48	2:48
64	4:05	2:46	2:20	2:07	2:03	2:03	2:03
128	2:33	1:53	1:40	1:33	1:33	1:33	1:33
256	1:49	1:29	1:20	1:18	1:17	1:17	1:17

Tabela 6

Spadek wydajności dla konfiguracji I'→I'

Pole danych [B]	Maksymalna liczba ramek potwierdzanych wspólnie						
	1	2	3	4	5	6	7
16	5.01%	7.59%	9.91%	11.64%	13.31%	11.60%	14.41%
32	4.65%	6.27%	8.96%	9.66%	9.82%	7.69%	8.39%
64	4.26%	5.73%	6.87%	7.63%	8.85%	8.85%	7.89%
128	3.38%	3.67%	4.17%	4.49%	5.68%	5.68%	5.68%
256	2.83%	3.49%	2.56%	2.63%	2.67%	2.67%	4.05%

3.2. Wpływ wydajności nadajnika i odbiornika na efektywność transmisji

Ze względu na to, że w sieci mogą występować nadajniki i odbiorniki o różnej mocy obliczeniowej, celowe jest sprawdzenie, czy dla efektywności całej sieci ważniejsza jest wysoka wydajność nadajnika, czy odbiornika. Dlatego też wyniki badań uzupełniono o pomiary czasów transmisji między nadajnikami i odbiornikami o różnej mocy obliczeniowej (konfiguracje I→I', I→M, I'→M, I'→I, M→I oraz M→I'). Uzyskane wyniki zebrano odpowiednio w tabelach 7 ÷ 12. Wyliczone na ich podstawie spadki wydajności poszczególnych konfiguracji w stosunku do konfiguracji M→M zebrano w tabelach 14 ÷ 18.

Uzyskane wyniki wskazują na to, że wysoka moc obliczeniowa nadajnika jest ważniejsza niż moc odbiornika. Przykładowo, dla nadajnika I czasy transmisji są dłuższe niż dla nadajnika I', a najkrótsze czasy transmisji uzyskuje się z nadajnikiem M. Oczywiście zwiększenie mocy obliczeniowej odbiornika także wpływa dodatnio na efektywność transmisji, jednak w mniejszym stopniu.

Tabela 7

Czasy transmisji pliku w konfiguracji I→I'

Pole danych [B]	Maksymalna liczba ramek wysyłanych wspólnie						
	1	2	3	4	5	6	7
16	13:46	8:29	6:40	5:51	5:25	5:06	5:05
32	7:25	4:48	3:54	3:28	3:17	3:16	3:16
64	4:17	2:57	2:29	2:16	2:12	2:13	2:14
128	2:41	2:01	1:47	1:40	1:41	1:39	1:39
256	1:55	1:34	1:33	1:26	1:26	1:26	1:26

Tabela 8

Czasy transmisji pliku w konfiguracji I→M

Pole danych [B]	Maksymalna liczba ramek wysyłanych wspólnie						
	1	2	3	4	5	6	7
16	13:24	8:18	6:35	5:50	5:19	5:03	5:03
32	7:16	4:42	3:50	3:25	3:16	3:17	3:16
64	4:12	2:54	2:27	2:15	2:14	2:14	2:14
128	2:38	1:59	1:48	1:40	1:39	1:38	1:38
256	1:53	1:33	1:27	1:26	1:26	1:26	1:25

Tabela 9

Czasy transmisji pliku w konfiguracji I'→M

Pole danych [B]	Maksymalna liczba ramek wysyłanych wspólnie						
	1	2	3	4	5	6	7
16	13:26	8:18	6:34	5:45	5:19	5:03	5:01
32	7:15	4:43	3:50	3:26	3:17	3:16	3:16
64	4:12	2:55	2:26	2:15	2:14	2:14	2:13
128	2:27	2:00	1:47	1:40	1:39	1:38	1:38
256	1:53	1:33	1:28	1:27	1:26	1:25	1:25

Interesujące jest także to, że największe spadki wydajności uzyskuje się z reguły dużej liczby wspólnie potwierdzanych ramek (6, 7) o małej długości (16, 32 B). Przesyłana infor-

Tabela 10

Czasy transmisji pliku w konfiguracji I'→I

Pole danych [B]	Maksymalna liczba ramek wysyłanych wspólnie						
	1	2	3	4	5	6	7
16	13:39	8:14	6:25	5:31	5:02	4:44	4:27
32	7:23	4:55	3:59	3:16	3:02	2:52	2:52
64	4:14	3:01	2:32	2:10	2:06	2:06	2:04
128	2:50	1:57	1:49	1:35	1:34	1:35	1:35
256	1:58	1:33	1:33	1:21	1:20	1:19	1:19

Tabela 11

Czasy transmisji pliku w konfiguracji M→I

Pole danych [B]	Maksymalna liczba ramek wysyłanych wspólnie						
	1	2	3	4	5	6	7
16	13:20	7:50	5:57	5:00	4:30	4:16	3:55
32	7:13	4:26	3:30	3:02	2:50	2:37	2:37
64	4:10	2:45	2:16	2:02	1:58	1:57	1:57
128	2:38	1:54	1:39	1:32	1:30	1:29	1:28
256	1:58	1:32	1:23	1:19	1:18	1:17	1:17

Tabela 12

Czasy transmisji pliku w konfiguracji M→I'

Pole danych [B]	Maksymalna liczba ramek wysyłanych wspólnie						
	1	2	3	4	5	6	7
16	13:20	7:48	6:44	5:32	4:34	4:33	4:43
32	7:14	4:26	3:42	3:12	3:03	2:46	2:55
64	4:09	2:44	2:21	2:08	2:01	1:58	1:57
128	2:38	1:56	1:40	1:39	1:35	1:31	1:31
256	1:58	1:32	1:23	1:19	1:17	1:15	1:15

macja jest wówczas dzielona na więcej ramek niż przy długości np. 128 czy 256 B. Dlatego też konwerter musi przetworzyć więcej ramek, a przy mniejszej mocy obliczeniowej

Tabela 13

Spadek wydajności dla konfiguracji I→M

Pole danych [B]	Maksymalna liczba wspólnie potwierdzanych ramek						
	1	2	3	4	5	6	7
16	6.06%	11.16%	15.16%	19.86%	21.29%	21.20%	32.31%
32	6.60%	10.59%	14.43%	16.48%	20.25%	26.28%	26.45%
64	7.23%	10.83%	12.21%	14.41%	18.58%	18.58%	17.54%
128	6.76%	9.17%	12.50%	12.36%	12.50%	11.36%	11.36%
256	6.60%	8.14%	11.54%	13.16%	13.33%	14.67%	16.22%

Tabela 14

Spadek wydajności dla konfiguracji I→I'

Pole danych [B]	Maksymalna liczba wspólnie potwierdzanych ramek						
	1	2	3	4	5	6	7
16	8.83%	13.62%	16.62%	20.21%	23.57%	22.40%	33.19%
32	8.80%	12.94%	16.42%	18.18%	20.86%	25.64%	26.45%
64	9.36%	12.74%	13.74%	15.25%	16.81%	17.70%	17.54%
128	8.78%	11.01%	11.46%	12.36%	14.77%	12.50%	12.50%
256	8.49%	9.30%	19.23%	13.16%	14.67%	14.67%	16.22%

Tabela 15

Spadek wydajności dla konfiguracji I'→M

Pole danych [B]	Maksymalna liczba wspólnie potwierdzanych ramek						
	1	2	3	4	5	6	7
16	6.19%	11.16%	14.87%	18.15%	21.29%	21.20%	31.44%
32	6.36%	10.98%	14.43%	17.05%	20.86%	25.64%	26.45%
64	7.23%	11.46%	11.45%	14.41%	18.58%	18.58%	16.67%
128	-0.68%	10.09%	11.46%	12.36%	12.50%	11.36%	11.36%
256	6.60%	8.14%	12.82%	14.47%	14.67%	13.33%	14.86%

liczba przetworzonych ramek w jednostce czasu będzie oczywiście mniejsza. Z tego też powodu konwerter rzadziej wykorzystuje możliwość przesłania maksymalnej ustalonej

Tabela 16

Spadek wydajności dla konfiguracji I'→I

Pole danych [B]	Maksymalna liczba wspólnie potwierdzanych ramek						
	1	2	3	4	5	6	7
16	7.91%	10.27%	12.24%	13.36%	14.83%	13.60%	16.59%
32	8.31%	15.69%	18.91%	11.36%	11.66%	10.26%	10.97%
64	8.09%	15.29%	16.03%	10.17%	11.50%	11.50%	8.77%
128	14.86%	7.34%	13.54%	6.74%	6.82%	7.95%	7.95%
256	11.32%	8.14%	19.23%	6.58%	6.67%	5.33%	6.76%

Tabela 17

Spadek wydajności dla konfiguracji M→I

Pole danych [B]	Maksymalna liczba wspólnie potwierdzanych ramek						
	1	2	3	4	5	6	7
16	5.40%	4.91%	4.08%	2.74%	2.66%	2.40%	2.62%
32	5.87%	4.31%	4.48%	3.41%	4.29%	0.64%	1.29%
64	6.38%	5.10%	3.82%	3.39%	4.42%	3.54%	2.63%
128	6.76%	4.59%	3.13%	3.37%	2.27%	1.14%	0.00%
256	11.32%	6.98%	6.41%	3.95%	4.00%	2.67%	4.05%

Tabela 18

Spadek wydajności dla konfiguracji M→I'

Pole danych [B]	Maksymalna liczba wspólnie potwierdzanych ramek						
	1	2	3	4	5	6	7
16	5.40%	4.46%	17.78%	13.70%	4.18%	9.20%	23.58%
32	6.11%	4.31%	10.45%	9.09%	12.27%	6.41%	12.90%
64	5.96%	4.46%	7.63%	8.47%	7.08%	4.42%	2.63%
128	6.76%	6.42%	4.17%	11.24%	7.95%	3.41%	3.41%
256	11.32%	6.98%	6.41%	3.95%	2.67%	0.00%	1.35%

liczby wspólnie potwierdzanych ramek.

4. Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały, że moc obliczeniowa konwertera protokołów ma kluczowe znaczenie dla efektywności transmisji nawet przy małych jej prędkościach. W badanych układach moc obliczeniowa zależy bardziej od częstotliwości taktowania procesora niż od pojemności pamięci RAM.

Uzyskane wyniki są interesujące i powinny być kontynuowane dla innych typów konwerterów protokołów, zbudowanych w oparciu o inne mikroprocesory.

LITERATURA

1. Zieliński B.: Bezprzewodowe sieci komputerowe wykorzystujące konwersję protokołów. Rozprawa doktorska, Instytut Informatyki Politechniki Śląskiej, Gliwice 1997.
2. Zieliński B.: Bezprzewodowa transmisja danych przez łącze RS-232C. ZN Pol. Śl. s. Informatyka z. 32, Gliwice 1997.
3. Dąbrowski K.: Amatorska komunikacja cyfrowa. PWN, Warszawa 1994.
4. Fox T. L.: AX.25 Amateur Packet-Radio Link-Layer Protocol. American Radio Relay Leangue, Inc., 1984.

Recenzent: Dr inż. Ryszard Winiarczyk

Wpłynęło do Redakcji 6 kwietnia 2000 r.

Abstract

As shown before, integration of wired and wireless networks lets them work efficiently if the conversion between them is done on data link layer level. However, it requires application of intelligent devices which can change the data format, such as protocol converter. Because the converter is a microprocessor-based device, it is interesting how its computing power influences the transmission efficiency.

To do the tests, an experimental wireless network was created. It consisted of four stations, each of which comprised of personal computer and TNC controller which acted as a protocol converter. The controllers used had different parameters such as system clock and installed RAM capacity (table 1). They also have several transmission parameters

which can be adjusted to user's needs. The network structure is shown on Fig. 2. In such a configuration, because of buffering and delays, transmission runs in three stages, as shown on Fig. 3. The stages may run concurrently.

In the first group of tests it was checked whether the TNC system parameters have any influence upon network efficiency. The results collected (tables 2 and 3) show that faster clock results in faster transmission. Next, the clock frequency in the slower pair of TNC's was doubled so it was equal to the one in the faster pair of TNC's. The results obtained (table 5) show that clock frequency is the key parameter. However, there was still some difference which might be caused by RAM different capacity or implementation details.

In the second group of tests it was checked whether the clock should be faster in receiver or in the transmitter. The results obtained (tables 7 to 12) show that the transmitter clock is more important than the receiver one.

It would be interesting to repeat the tests for other types of converters, possibly based on different microprocessors, and compare the results.