

Bartłomiej ZIELIŃSKI  
Politechnika Śląska, Instytut Informatyki

## BEZPRZEWODOWA TRANSMISJA DANYCH POPRZEZ ŁĄCZE RS-232C<sup>1</sup>

**Streszczenie.** Dokonano wprowadzenia w problematykę współpracy przewodowych i bezprzewodowych sieci komputerowych. Opisano skonstruowane urządzenie do transmisji bezprzewodowej poprzez łącze RS-232C, zastosowany protokół transmisyjny oraz zasady konwersji protokołów. Zbadano wpływ wybranych parametrów łącza na efektywność transmisji. Opisano możliwości modyfikacji wykonanego konwertera protokołów.

## WIRELESS DATA TRANSMISSION THROUGH RS-232C LINK

**Summary.** An introduction to the problems of cooperation of wired and wireless computer networks has been made. A constructed device for wireless data transmission through RS-232C link, applied transmission protocol and protocol conversion rules have been described. Selected link parameters influence upon transmission efficiency have been tested. Modification possibility of the protocol converter has been described.

### 1. Wprowadzenie

Transmisja danych cyfrowych wykorzystująca bezprzewodowe media transmisyjne jest w ostatnich latach coraz popularniejszą alternatywą dla tradycyjnej transmisji przewodowej. Decydują o tym zarówno walory użytkowe urządzeń do transmisji bezprzewodowej, jak

---

<sup>1</sup>Publikacja jest wynikiem prac w ramach projektu badawczego nr 8 T11C 024 08 pt. "Analiza możliwości zastosowania bezprzewodowych mediów transmisyjnych do szeregowego transferu danych", finansowanego ze środków KBN.

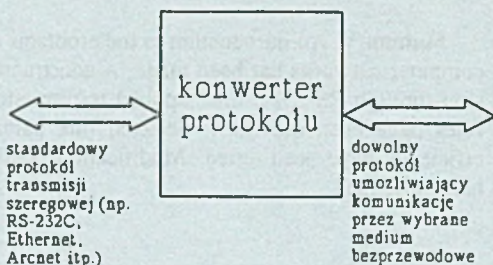
i coraz lepsze ich parametry techniczne [1]. Zastosowanie transmisji bezprzewodowej umożliwia bowiem znaczne skrócenie czasu instalacji i konfiguracji sieci, a także utrzymanie łączności pomiędzy stacjami mobilnymi. Sieci bezprzewodowe oferują szybkość transmisji porównywalną z sieciami kablowymi, istnieje także możliwość, szczególnie w przypadku sieci lokalnych, zwiększenia odległości pomiędzy stacjami, a zatem pokrycia jedną siecią większego obszaru.

Interesującym zagadnieniem jest możliwość współpracy urządzeń do transmisji bezprzewodowej z siecią kablową [2]. Istotne jest, aby fakt wprowadzenia bezprzewodowych mediów transmisyjnych w części lub całości sieci pozostał nie tylko niewidoczny dla użytkownika, lecz także, by niezmieniony pozostał sposób pracy sieci. Niezbędne jest zatem wprowadzenie inteligentnych rozwiązań sprzętowo-programowych, umożliwiających współpracę przewodowej i bezprzewodowej fragmentu sieci.

Poniżej przedstawiono opis wykonanego urządzenia do transmisji bezprzewodowej poprzez łącze RS-232C oraz wyniki badań efektywności przyjętego rozwiązania.

## 2. Urządzenie do transmisji bezprzewodowej

Wprowadzenie bezprzewodowych mediów transmisyjnych zamiast standardowych połączeń kablowych powinno się odbyć w taki sposób, aby dochowany został standard fizyczny i logiczny sieci. Ponieważ komunikacja pomiędzy stacjami odbywa się zazwyczaj według ustalonego protokołu komunikacyjnego przy założeniu pewnych parametrów elektrycznych i czasowych, konieczne jest, aby urządzenie pośredniczące w transmisji spełniało te wymagania. Z kolei korzystanie z bezprzewodowego medium transmisyjnego narzuca pewne warunki, które muszą być spełnione przez wszystkie stacje uczestniczące w transmisji. Można więc powiedzieć, że urządzenie zapewniające współpracę sieci przewodowej i bezprzewodowej dokonuje konwersji protokołów komunikacyjnych. Ideę konwertera protokołów komunikacyjnych ilustruje rys. 1.



Rys. 1. Idea konwertera protokołów transmisyjnych  
Fig. 1. The idea of transmission protocol converter

Konwersja protokołów komunikacyjnych powoduje wydłużenie czasu transmisji danych. Jest to spowodowane koniecznością przetworzenia formatu danych oraz ich buforowania.

Konwersja protokołu zachodzi w warstwie fizycznej i liniowej modelu odniesienia OSI/ISO. Można jednak zrezygnować z konwersji warstwy liniowej, jeżeli segment przewodowy wykorzystuje protokół transmisyjny, który w środowisku sieci zapewnia poprawną pracę segmentu bezprzewodowego.

## 2.1. Założenia

W trakcie wstępnych prac przyjęto następujące założenia [3]:

- jako protokół transmisji przewodowej został wybrany standard RS-232C [4]; wybór ten podyktowany został popularnością, niskim kosztem i dostępnością urządzeń oraz elementów elektronicznych realizujących ten protokół;
- jako protokół transmisji bezprzewodowej zaproponowano własny protokół transmisyjny, zaimplementowany programowo.

### 2.1.1. Standard RS-232C

Standard RS-232C definiuje zasadniczo jedynie warstwę fizyczną modelu OSI/ISO [5] i określa sposób współpracy między urządzeniem końcowym dla danych (DTE, ang. *Data Terminal Equipment*) i urządzeniem komunikacyjnym dla danych (DCE, ang. *Data Communication Equipment*); tym niemniej standard ten wykorzystywany jest także do transmisji danych pomiędzy urządzeniami DTE.

Standard określa dwa sposoby transmisji szeregowej:

- asynchroniczna transmisja znakowa,
- transmisja synchroniczna.

W przypadku transmisji asynchronicznej jednostkę informacji stanowi znak, zaopatrzony w dodatkowe bity sterujące: bit startu, bit parzystości i bity stopu. Format znaku przedstawiony jest na rys. 2.

Start	Dane	Parzystość	Stop
1 b	5 ÷ 8 b	1 b	1 ÷ 2 b

Rys. 2. Format znaku dla transmisji asynchronicznej  
Fig. 2. Character format in asynchronous transmission

Sygnały logiczne reprezentowane są przez odpowiednie poziomy napięcia:

- '1' logiczna – napięcia z zakresu  $-3 \div -15$  V (typowo  $-12$  V),
- '0' logiczne – napięcia z zakresu  $+3 \div +15$  V (typowo  $+12$  V).

Dla transmisji asynchronicznej określono następujące prędkości transmisji: 50, 75, 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200 b/s.

Długość przewodów łączących komunikujące się ze sobą urządzenia nie może przekraczać 15 m.

### 2.1.2. Protokół transmisyjny

Dla potrzeb transmisji poprzez łącze bezprzewodowe zaproponowano własny protokół transmisyjny. Umożliwia on komunikację pomiędzy wieloma stacjami sieci na łączu pseudodwukierunkowym (*half-duplex*). Oznacza to możliwość wymiany danych w obu kierunkach, jednak w danej chwili transmisja może być prowadzona tylko w jednym kierunku. Wymiana informacji sterującej i użytkowej odbywa się za pośrednictwem ramek, składających się z nagłówka oraz ewentualnie pola danych. Format nagłówka ramki przedstawiony jest na rys. 3, natomiast format pola danych przedstawiony jest na rys. 4.

Długość ramki	Adres odbiorcy	Adres nadawcy	Pole sterujące	–	Numer ramki	Suma kontrolna
1 B	1 B	1 B	1 B	1 B	1 B	2 B

Rys. 3. Format nagłówka ramki

Fig. 3. Frame header format

Długość danych	Dane użytkownika	Suma kontrolna
1 B	1 ÷ 246 B	2 B

Rys. 4. Format pola danych ramki

Fig. 4. Frame data field format

W protokole przewidziano następujące typy ramek, rozpoznawane na podstawie zawartości pola sterującego:

- ramki nadajnika:
  - \* połączenie,
  - \* zajęcie łącza,
  - \* przesyłanie danych,
  - \* zwolnienie łącza,
  - \* rozłączenie;
- ramki odbiornika:
  - \* akceptacja,
  - \* odrzucenie,
  - \* błąd transmisji.

Oprócz ramki danych, wszystkie pozostałe ramki są ramkami sterującymi i zawierają jedynie nagłówki.

### 2.1.3. Zasady konwersji protokołów

Zasadę działania konwertera protokołów można podzielić na algorytm nadajnika i algorytm odbiornika.

#### 2.1.3.1. Algorytm nadajnika

Algorytm nadajnika działa następująco:

- znaki przychodzące z komputera są buforowane w pamięci konwertera,
- sterowanie przepływem informacji między konwerterem a komputerem, zapobiegające przepełnieniu pamięci konwertera, odbywa się według protokołu XON/XOFF,
- po zebraniu odpowiedniej liczby znaków lub odebrania znaku powrotu karetki (CR, ang. *Carriage Return*) następuje skompletowanie ramki, wyliczenie sum kontrolnych i wysłanie ramki łączem bezprzewodowym,
- po wysłaniu ramki nadajnik czeka na potwierdzenie odbioru:
  - \* jeżeli w zadanym czasie potwierdzenie nie przyjdzie, ramka jest retransmitowana,
  - \* retransmisja następuje także po odebraniu komunikatu o błędzie transmisji;
- po odebraniu potwierdzenia poprawnego odbioru nadajnik może przygotować następną ramkę.

#### 2.1.3.2. Algorytm odbiornika

Algorytm odbiornika działa następująco:

- ramki przychodzące łączem bezprzewodowym są buforowane w pamięci konwertera i sprawdzane pod kątem poprawności transmisji,
  - \* w przypadku wykrycia błędów wysyłana jest ramka z komunikatem o błędzie,
  - \* w przypadku poprawnego odbioru wysyłana jest ramka z potwierdzeniem poprawnego odbioru;
- jeżeli ramka była odebrana poprawnie, to przesłane w niej dane są wysyłane do komputera.

## 2.2. Projekt konwertera protokołów

Konwerter protokołów został zaprojektowany i wykonany jako układ bazujący na mikrokomputerze jednoukładowym 8032 [6], posiadającym wbudowane porty równoległe i asynchroniczne łącze szeregowo. Układ ten wzbogacono o układ asynchronicznej lub synchronicznej transmisji szeregowo (8251) [7] oraz pamięć programu i danych. Schemat blokowy konwertera przedstawiony jest na rys. 5.

Układ transmisji szeregowo mikrokomputera 8032 pozwala na transmisję asynchroniczną z szybkościami  $5.72 \div 375000$  b/s (przy częstotliwości taktowania procesora 12 MHz).

Do sterowania szybkością transmisji można wykorzystać wewnętrzne liczniki mikrokomputera. Między bitem startu i bitem stopu można przesłać 8 lub 9 bitów informacyjnych, tak więc istnieje możliwość przesyłu znaków 7- lub 8-bitowych z bitem parzystości. Jest zatem możliwe wykorzystanie portu szeregowego do realizacji łącza zgodnego ze standardem RS-232C.

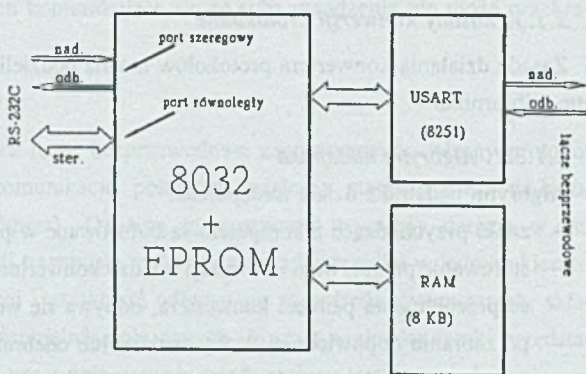
Układ transmisji szeregowej 8251 pozwala na synchroniczną lub asynchroniczną transmisję danych z szybkościami  $0 + 64000$  b/s (zastosowana wersja  $\mu$ PD71051 firmy NEC umożliwiła uzyskanie szybkości do 256000 b/s [8]). Sterowanie szybkością transmisji wymaga zewnętrznego generatora częstotliwości. Układ ten przesyła znaki o długości  $5 + 8$  bitów, które mogą być automatycznie uzupełnione bitem parzystości. Również i ten układ może służyć do realizacji łącza szeregowego standardu RS-232C.

Przyjęto, że komunikacja z komputerem, poprzez łącze zgodne ze standardem RS-232C, będzie wykorzystywać wewnętrzny port szeregowy mikroprocesora (linie danych) oraz jeden z portów równoległych (linie sterujące). Transmisja na łączu bezprzewodowym natomiast jest sterowana poprzez zewnętrzny układ transmisji szeregowej. Struktura taka umożliwia bowiem zmianę typu tego układu bez konieczności ingerencji we fragment oprogramowania komunikującego się z komputerem, zgodnie z przyjętymi zasadami.

Konwerter protokołów został wykonany jako autonomiczne urządzenie zewnętrzne, łączące się z komputerem poprzez standardowe łącze szeregowo. Istnieje także możliwość wykonania go jako np. karty dla IBM PC. W tym przypadku, aby korzystać z istniejącego oprogramowania komunikacyjnego, na karcie umieścić także należy układ transmisji szeregowej w pełni zgodny z układami stosowanymi w danym typie komputera.

Wykorzystanie konwertera protokołów do transmisji danych wymaga dołączenia dodatkowych urządzeń po stronie łącza bezprzewodowego. Jako przykładowe można wymienić:

- układ nadajnika-odbiornika radiowego z interfejsem cyfrowym,
- radiomodem lub modem z radiostacją,
- układ nadajnika-odbiornika podczerwieni.



Rys. 5. Schemat blokowy konwertera protokołów  
Fig. 5. Block diagram of protocol converter

### 3. Badanie własności konwertera

W celu oceny właściwości zaproponowanego rozwiązania stworzono stanowisko laboratoryjne, umożliwiające przeprowadzenie badań. Ze względu na możliwość wykorzystania kontrolerów TNC (ang. *Terminal Node Controller*) [9], używanych w amatorskiej łączności w systemie Packet Radio, przyjęto identyczne parametry konwertera. Uzyskane wyniki testów konwertera porównano z analogicznymi wynikami dla TNC oraz wzbogacono o testy, które nie mogły zostać przeprowadzone za pomocą konwertera ze względu na ograniczenia protokołu transmisyjnego.

Konwertery (nadajnik i odbiornik) zostały podłączone do dwóch komputerów typu IBM PC poprzez łącze szeregowo zgodne ze standardem RS-232C. Do testów wykorzystywano programy emulujące terminal, znajdujące się w pakiecie Norton Commander 5.0 oraz Windows 3.11. Do realizacji łącza bezprzewodowego wykorzystano:

- modemy radiowe z układem Am7911 [9, 10] o maksymalnej prędkości transmisji 1200 b/s oraz
- radiostacje pracujące w zakresie 150 MHz o szerokości pasma 25 kHz i mocy nadajnika 2 W, wyposażone w rezystor obciążający zamiast anteny.

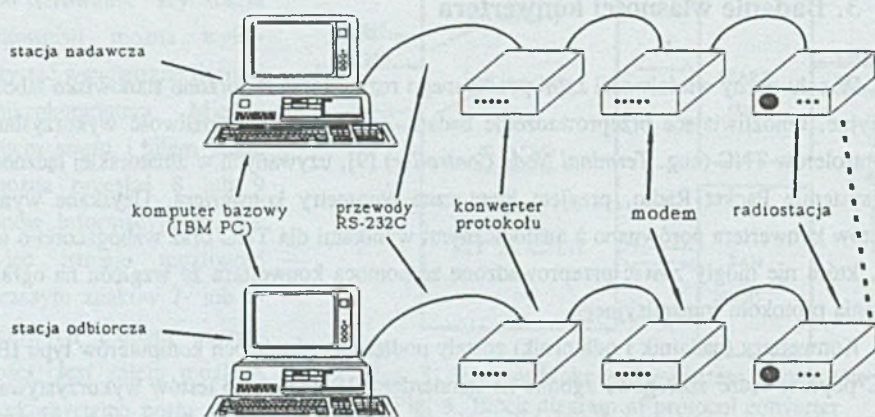
Identycznej konfiguracji użyto do testowania kontrolerów TNC. Schemat stanowiska laboratoryjnego przedstawiony jest na rys. 6.

Transmisja danych w użytej konfiguracji składa się z trzech procesów (rys. 7):

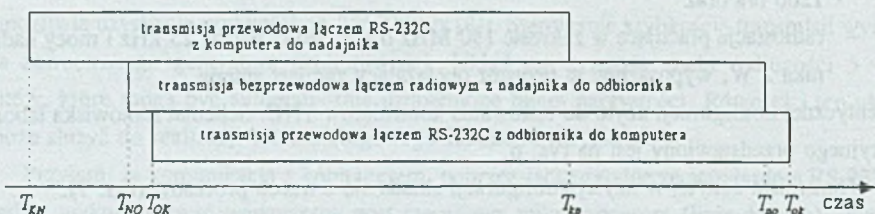
- transmisja poprzez łącze RS-232C z komputera do nadajnika (początek w chwili  $T_{KN}$ , koniec w chwili  $T_{kn}$ ),
- transmisja łączem bezprzewodowym z nadajnika do odbiornika (początek w chwili  $T_{NO}$ , koniec w chwili  $T_{no}$ ),
- transmisja poprzez łącze RS-232C z odbiornika do komputera (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. 7 widać, że konwersja protokołów opóźnia chwilę otrzymania danych przez odbiornik, a więc wpływa na zmniejszenie szybkości transmisji.

Za miarę efektywności systemu przyjęto użyteczną szybkość transmisji. Szybkość tę wyliczano jako stosunek długości przesyłanej informacji do sumarycznego czasu transmisji pomiędzy komputerami według poniższego wzoru:



Rys. 6. Konfiguracja stanowiska badawczego  
Fig. 6. Research stand configuration



Rys. 7. Momenty charakterystyczne transmisji przy użyciu konwertera protokołów  
Fig. 7. Characteristic moments of transmission through protocol converter

$$\text{prędkość [b/s]} = 8 \cdot \frac{\text{długość danych [B]}}{T_{ok} - T_{KN} \text{ [s]}} \quad (1)$$

W ramach testów przebadano wpływ długości pakietu, liczby wspólnie potwierdzanych pakietów, szybkości komunikacji z komputerem oraz długości przesyłanej informacji na użyteczną prędkość transmisji. Podjęto także próbę określenia wpływu zakłóceń na pracę systemu.

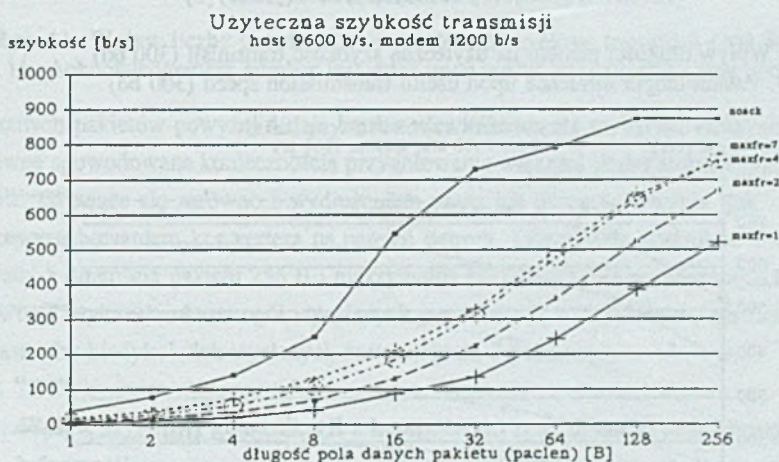
### 3.1. Wpływ długości pakietu oraz liczby potwierdzeń

Ponieważ dane przesyłane łączem bezprzewodowym dzielone są na pakiety zaopatrzone w informacje sterujące, celowe jest określenie wpływu długości pakietu danych oraz liczby potwierdzeń na użyteczną prędkość transmisji. Ze względu na to, że zmniejszenie liczby pakietów, poprzez zwiększenie ich długości, zmniejsza ilość przesyłanej informacji sterującej, oczekiwano wzrostu użytecznej szybkości transmisji wraz ze wzrostem długości pakie-



tu. Podobnie wzrost liczby pakietów potwierdzanych wspólnie powoduje nie tylko zmniejszenie ilości przesyłanej informacji, lecz również zmniejszenie liczby przełączeń odbiornika; czas takiego przełączenia wynosi około kilkudziesięciu milisekund i jest porównywalny z czasem transmisji pakietu.

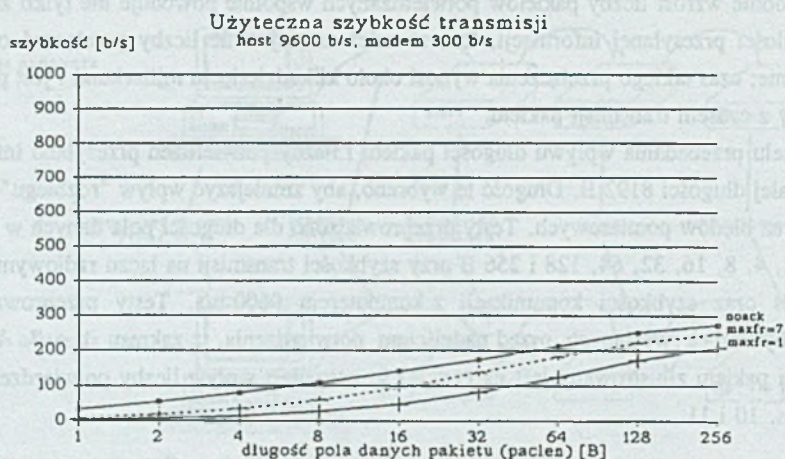
W celu przebadania wpływu długości pakietu i liczby potwierdzeń przesyłano informację o stałej długości 8192 B. Długość tę wybrano, aby zmniejszyć wpływ "rozbiegu" transmisji oraz błędów pomiarowych. Testy przeprowadzono dla długości pola danych w pakiecie 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 i 256 B przy szybkości transmisji na łączu radiowym 300 i 1200 b/s oraz szybkości komunikacji z komputerem 9600 b/s. Testy przeprowadzono dla liczby ramek wysłanych przed nadejściem potwierdzenia, z zakresu 1 ÷ 7. Wpływ długości pakietu zilustrowany jest na rys. 8 i 9, natomiast wpływ liczby potwierdzeń ilustrują rys. 10 i 11.



Rys. 8. Wpływ długości pakietu na użyteczną szybkość transmisji (1200 bd)

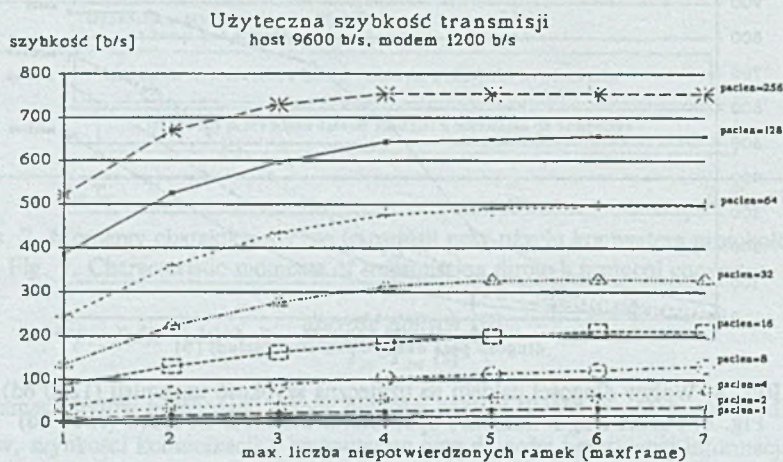
Fig. 8. Packet length influence upon useful transmission speed (1200 bd)

Zgodnie z oczekiwaniami otrzymano wzrost użytecznej szybkości transmisji wraz ze wzrostem długości pakietu oraz wzrostem maksymalnej liczby pakietów, które można wysłać przed otrzymaniem potwierdzenia. Dla szybkości łącza radiowego 1200 b/s uzyskano efektywną szybkość transmisji około 750 b/s przy transmisji z potwierdzeniem poprawnego otrzymania danych i 875 b/s przy transmisji bez potwierdzenia. Dla szybkości łącza radiowego 300 b/s uzyskano szybkości odpowiednio 248 b/s i 273 b/s. Niższa wartość szybkości efektywnej w porównaniu z szybkością bitową wynika z konieczności organizacji odpowiedniego protokołu komunikacyjnego. Szybkość efektywna dla asynchronicznej transmisji znakowej przez łącze RS-232C jest również niższa od szybkości bitowej, ponieważ



Rys. 9. Wpływ długości pakietu na użyteczną szybkość transmisji (300 bd)

Fig. 9. Packet length influence upon useful transmission speed (300 bd)

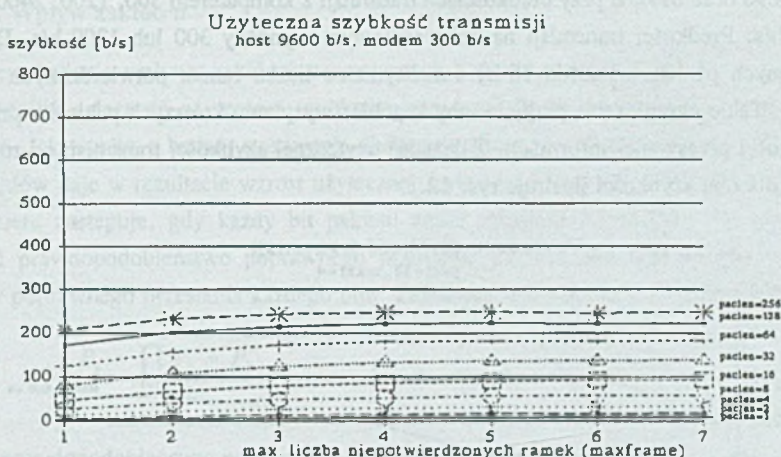


Rys. 10. Wpływ liczby potwierdzeń na użyteczną szybkość transmisji (1200 bd)

Fig. 10. Acknowledgement number influence upon useful transmission speed (1200 bd)

każdy przesyłany znak zaopatrywany jest w bit startu, stopu i ewentualnie parzystości. Zmierzone szybkości efektywne dla transmisji przewodowej z szybkością 300, 1200 oraz 9600 b/s wynoszą odpowiednio 218, 873 i 6980 b/s.

Dla małych długości pakietu (do 32 ÷ 64 B) dwukrotny wzrost jego długości powoduje około dwukrotny wzrost szybkości efektywnej. Dalsze zwiększanie długości pakietu nie powoduje już tak dużego przyrostu szybkości, prawdopodobnie ze względu na dłuższy czas składania pakietów. Dla długości pakietu powyżej 16 B zwiększanie liczby wspólnie po-



Rys. 11. Wpływ liczby potwierżeń na użyteczną szybkość transmisji (300 bd)  
Fig. 11. Acknowledgement number influence upon useful transmission speed (300 bd)

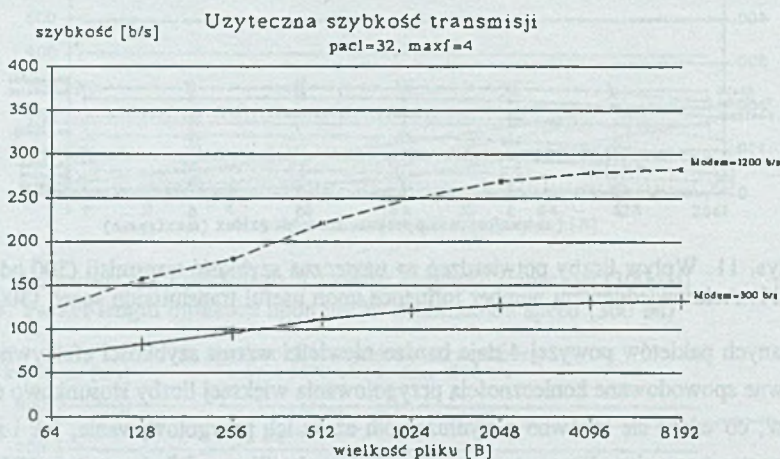
twierdzonych pakietów powyżej 4 daje bardzo niewielki wzrost szybkości efektywnej. Jest to zapewne spowodowane koniecznością przygotowania większej liczby stosunkowo długich pakietów, co wiąże się zarówno z wydłużeniem czasu ich przygotowywania, jak i z większym zapotrzebowaniem konwertera na pamięć danych. Obserwacja kontrolera TNC podczas pracy z długością pakietu 256 B i maksymalną liczbą wspólnie potwierdzanych pakietów równą 7 wykazała, że na ogół wysyłanych jest razem 2 + 5 pakietów, nie zauważono natomiast, aby kiedykolwiek wysyłanych zostało razem 7 pakietów.

### 3.2. Wpływ szybkości komunikacji z komputerem oraz długości przesyłanej informacji

W przypadku stosowania mikroprocesorowego układu konwertera protokołów szybkość transmisji na łączu radiowym nie musi być równa szybkości komunikacji z komputerem nadrzędnym i dlatego celowe jest określenie wpływu drugiej z nich na użyteczną prędkość transmisji. Oczekiwano, że wzrost tej szybkości powinien spowodować wzrost efektywnej szybkości transmisji. Z kolei wieloetapowość transmisji oraz różnice w czasie rozpoczęcia poszczególnych etapów powodują, że wzrost długości przesyłanej informacji powinien także spowodować wzrost użytecznej szybkości transmisji, ponieważ dla dłuższej porcji informacji maleje wpływ opóźnienia  $T_{NO}-T_{KN}$  (rys. 7).

W celu zbadania wpływu szybkości komunikacji z komputerem oraz długości informacji na użyteczną prędkość transmisji przesyłano pliki o długościach 64, 128, 256, 512, 1024,

2048, 4096 oraz 8192 B przy prędkościach transmisji z komputerem 300, 1200, 2400, 4800 i 9600 b/s. Prędkości transmisji na łączu radiowym wynosiły 300 lub 1200 b/s. Długość pola danych pakietu wynosiła 16 B, a maksymalna liczba ramek potwierdzanych wspólnie – 4. Takie ograniczenia przyjęto, aby zapobiec wysyłaniu krótszych pakietów przy małej długości przesyłanej informacji. Zależność użytecznej szybkości transmisji od rozmiaru danych dla obu szybkości ilustruje rys. 12.



Rys. 12. Wpływ wielkości przesyłanej informacji na użyteczną szybkość transmisji  
Fig. 12. Transmitted information size influence upon useful transmission speed

Badania wykazały, że szybkość transmisji między konwerterem protokołu a komputerem bazowym ma bardzo niewielki wpływ na użyteczną szybkość transmisji. Ogólnie jednak, zgodnie z przypuszczeniami, stwierdzono, że wzrost szybkości komunikacji z komputerem powoduje nieznaczny wzrost efektywnej szybkości transmisji. Wyjątkiem od tej reguły są wyniki dla szybkości łącza radiowego 300 b/s, dla których szybkość komunikacji z komputerem 1200 b/s okazała się mniej efektywna niż 300 b/s.

Zwiększenie długości przesyłanej informacji powoduje wzrost efektywnej szybkości transmisji. Przyrost ten w zakresie wielkości danych 64 ÷ 1024 B jest dwukrotny. Dalsze zwiększanie przesyłanej informacji nie powoduje już tak znacznego zwiększenia szybkości efektywnej, zaś powyżej 4096 B wzrost szybkości jest praktycznie niewidoczny. Dzieje się tak dlatego, że czas "rozpędzania" transmisji  $T_{OK} - T_{KN}$  jest wówczas znacznie mniejszy od sumarycznego czasu transmisji  $T_{OK} - T_{KN}$  (rys. 7).

### 3.3. Wpływ zakłóceń

Celem badania wpływu zakłóceń zewnętrznych było otrzymanie wyników, pozwalających określić zależność użytecznej szybkości transmisji od długości pakietu w obecności zakłóceń. Jak wynika z badań, stosowanie dłuższych pakietów w środowisku nie powodującym błędów daje w rezultacie wzrost użytecznej szybkości transmisji. Prawdówne przesłanie pakietu następuje, gdy każdy bit pakietu został przesłany bezbłędnie. Można zatem wyrazić prawdopodobieństwo poprawnego przesłania pakietu jako iloczyn prawdopodobieństw poprawnego przesłania każdego bitu. Zależność tę można wyrazić wzorem:

$$P_p = \prod_{i=1}^n P_b = P_b^n \quad (2)$$

gdzie:

$P_p$  – prawdopodobieństwo poprawnego przesłania pakietu,

$P_b$  – prawdopodobieństwo poprawnego przesłania bitu,

$n$  – liczba bitów w pakiecie.

Prawdopodobieństwo poprawnego przesłania bitu można wyznaczyć zgodnie z poniższą zależnością:

$$P_b = \frac{n_{popr}}{n_{całk}} \quad (3)$$

gdzie:

$n_{popr}$  – liczba bitów przesłanych poprawnie,

$n_{całk}$  – całkowita liczba przesłanych bitów.

Różnica  $1 - P_b$  jest równa *elementowej (bitowej) stopie błędu*.

Z powyższej zależności wynika, że zwiększanie długości pakietu zwiększa ryzyko błędnego przesłania pakietu. Jeżeli protokół transmisyjny zapewnia jedynie kontrolę poprawności transmisji, nie zapewnia zaś korekcji błędów, konieczna jest retransmisja przekłamanego pakietu. Wzrost długości pakietów powoduje zatem spadek użytecznej szybkości transmisji.

Z powyższych powodów oczekiwano, że wyniki badań pozwolą na dobranie optymalnej długości pakietu, tzn. takiej, przy której, w danym środowisku, użyteczna szybkość transmisji jest największa. Niestety, nie udało się znaleźć sposobu zakłócania, który charakteryzowałby się stałym prawdopodobieństwem przekłamywania. Próby osłabienia sygnału polegały na umieszczeniu stacji w oddzielnych pomieszczeniach, wykorzystywano także metalowy pojemnik w roli ekranu. Żadna z powyższych prób nie doprowadziła jednak do pożądanego rezultatu.

W trakcie badań okazało się, że zastosowane układy radiowe są bardzo czułe na zakłócenia pochodzące od komputerowych zasilaczy impulsowych. Umieszczenie stacji w po-

blizu niektórych komputerów całkowicie uniemożliwiało nawiązanie łączności, ponieważ demodulator odbierał zakłócenia jako fałę podnośną pochodzącą z odbiornika radiowego. Wskutek tego konwerter protokołu otrzymywał z modemu ciąg przypadkowych bitów. Oczywiście, nie były one przesyłane do komputera dzięki sposobowi wykrywania błędów. Istotne jest natomiast, że w czasie trwania tych zakłóceń niemożliwe było odebranie jakiegokolwiek poprawnej informacji. Niemożliwe było także wysłanie informacji, ponieważ układ wstrzymuje nadawanie do momentu zwolnienia łącza.

Obserwacja zachowania się układów radiowych pozwala stwierdzić, że na ogół albo możliwa jest transmisja bezbłędna bądź praktycznie bezbłędna, albo też uzyskanie łączności między stacjami jest niemożliwe.

Jako źródła zakłócające użyte zostały także:

- modelarski silniczek elektryczny, powodujący słyszalne zakłócenia na falach UKF w radiodbiorniku,
- lutownica, której włączanie i wyłączanie powoduje zakłócenia podobne jak silnik elektryczny.

Nie stwierdzono istotnego wpływu wymienionych źródeł zakłóceń na pracę układów radiowych – liczba przekłamanych pakietów była pomijalna.

#### 4. Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały, że transmisja radiowa może być alternatywą dla łączy przewodowych. Uzyskane szybkości transmisji nie są duże; zwiększenie szybkości łącza radiowego do 19.2 kb/s jest możliwe z zastosowaniem modemu o lepszych parametrach, natomiast większe szybkości wymagają zastosowania innego typu nadajnika-odbiornika radiowego. Mimo małej szybkości transmisji przyjęte rozwiązanie może stanowić model dla prostych urządzeń stosowanych np. w telemetrii czy systemach zdalnego sterowania.

Konstrukcja konwertera protokołów umożliwia jego modyfikacje. Przykładowo, istnieje możliwość zastosowania scalonego sterownika protokołu łącza radiowego, np. układu realizującego protokół SDLC lub HDLC [7, 8, 11, 12]. Łącze radiowe można zastąpić układami nadajników-odbiorników podczerwieni lub łączem 2-przewodowym (skrętka, pętla prądowa). Modyfikacje te nie wymagają zmiany układu od strony komputera bazowego, konieczne są jedynie zmiany w najniższej warstwie oprogramowania łącza bezprzewodowego. Należy podkreślić, że wprowadzenie bezprzewodowego medium transmisyjnego nie spowodowało zmiany sposobu pracy łącza RS-232C. Stosowanie użytych konwerterów protokołu jest możliwe zawsze wtedy, gdy program komunikacyjny wykorzystuje sygnały sterujące interfejsu (DTR, DSR, RTS, CTS) w sposób standardowy.

Ograniczenie liczby stacji do dwóch istotnie zmniejszyło możliwości badań układów. Interesujący jest wpływ na zachowanie się systemu takich czynników, jak np.:

- zwiększenie liczby stacji,
- łączność pomiędzy stacjami za pośrednictwem przekaźników,
- umieszczenie stacji w taki sposób, że nie wszystkie stacje mają wzajemną łączność.

## LITERATURA

- [1] Caban D., Małysiak H., Zieliński B.: Możliwości realizacji bezprzewodowych segmentów sieci komputerowych. ZN Pol. Śl. s. Informatyka z. 30, Gliwice 1996, s. 405-419.
- [2] Zieliński B.: Wybrane zagadnienia bezprzewodowej transmisji danych. ZN Pol. Śl. s. Informatyka z. 31, Gliwice 1996, s. 55-79.
- [3] Zieliński B.: Wykonanie i badanie modemu radiowego. Sprawozdanie z badań własnych, Instytut Informatyki Politechniki Śląskiej, Gliwice 1995.
- [4] Mielczarek W.: Szeregowe interfejsy cyfrowe. Helion, Gliwice 1993.
- [5] Tannenbaum A. S.: Sieci komputerowe. WNT, Warszawa 1988.
- [6] Rydzewski A.: Mikrokomputery jednoukładowe rodziny MCS-51. WNT, Warszawa 1992.
- [7] Microsystem Components Handbook: Microprocessors and Peripherals. Intel, Santa Clara 1985.
- [8] Microprocessors and Peripherals Data Book. NEC, 1991.
- [9] Dąbrowski K.: Amatorska komunikacja cyfrowa. PWN, Warszawa 1994.
- [10] Modem Technical Manual. AMD, Sunnyvale, 1988.
- [11] Personal Computer Products Data Book. AMD, Sunnyvale 1989.
- [12] Components Data Book. Zilog, 1983.

Recenzent: Dr hab.inż. Adam Mrózek  
Prof.nadzw. Politechniki Śląskiej

Wpłynęło do Redakcji 12 listopada 1996 r.

## Abstract

Wireless data transmission is nowadays a very popular alternative to wired networks. It is an interesting problem how to connect wired and wireless network segments. Such a connection should be invisible neither for users nor for the network. This condition is satisfied when transmission protocol converter is applied. An idea of protocol converter is shown on figure 1. RS-232C standard has been chosen for practical realisation of protocol converter. Wireless transmission is based on a proposed protocol which uses frames. Formats of control and data frames are shown on figures 3 and 4, respectively. Characters received from wired link are being collected in frames and sent with control information and CRC sum. Frames received from wireless link are checked against transmission errors and if no error occurs, data is sent to the wired link.

Protocol converter has been made as a microprocessor-based device. It consists of 80C32 microcontroller, additional serial interface, RAM and ROM (fig. 5). Its design allows to use several kinds of wireless transmission equipment, such as radiomodem or infrared transceiver.

Efficiency of the solution has been tested using radio modems and transceivers (fig. 6). Transmission in such a configuration can be viewed as three concurrent processes (fig. 7). As a measure of the efficiency useful transmission speed has been accepted; it was computed according to (1). Transmission parameters like packet (frame) length, number of maximum unconfirmed sent frames, wired link transmission speed and data length have been checked for their influence upon useful transmission speed. The results are shown on figures 8, 9, 10, 11 and 12. Some tests of distortions influence has also been led. Probability of correct frame and bit transmission can be computed using (2) and (3), respectively.

It is interesting how the results would change if more than two stations were used, especially if some of them do not have direct communication.