

Michał SAWICKI  
Politechnika Śląska, Instytut Informatyki

## **BADANIE SZYBKOŚCI PRZESYŁU DANYCH POMIĘDZY DWOMA WĘZŁAMI W SIECI KOMPUTEROWEJ OPARTEJ NA INTERFEJSACH FAST ETHERNET, USB 2.0, IEEE 1394A**

**Streszczenie.** W niniejszej publikacji przedstawiono rezultaty badań szybkości przesyłu danych w interfejsach USB 2.0 i FireWire 400 wykorzystywanych jako porty sieciowe, w odniesieniu do szybkości przesyłu danych w interfejsie Fast Ethernet. Badanie zostało przeprowadzone w celu ułatwienia wyboru standardu komunikacji w przypadku sieci komputerowej, składającej się z niewielkiej liczby węzłów.

**Słowa kluczowe:** interfejs szeregowy, sieć komputerowa

## **RESEARCH ON THE RATE OF DATA TRANSFER FOR USB 2.0, IEEE 1394A AND FAST ETHERNET INTERFACE IN THE NETWORK CONSISTING OF TWO NODES**

**Summary.** This publication presents the results of research on the rate of data transfer for USB 2.0 and FireWire 400 interfaces used as network ports in comparison with the speed of data transfer in the Fast Ethernet interface. The research was conducted in order to facilitate the selection of a standard for the communication network consisting of a small number of nodes.

**Keywords:** serial interface, network

### **1. Wprowadzenie**

Obecnie większość interfejsów zewnętrznych w systemach komputerowych wykorzystuje transmisję szeregową. Początkowo dominował standard RS-232, którego rozwoju zaprzestano ze względu na trudności przystosowania go do nowych wymagań, jak np. możliwość podłączenia do komputera wielu urządzeń, wymieniających z nim duże ilości danych. W tej

sytuacji zaistniała potrzeba zdefiniowania nowych standardów, które zapewniałyby szybszy przesył danych i umożliwiały podłączenie wielu urządzeń do jednego systemu. Postawione założenia spełniają standardy IEEE 1394a (nazywane również FireWire) oraz USB 2.0. Oba interfejsy mają zbliżone maksymalne prędkości transmisji danych (400 Mb/s dla IEEE 1394a, 480 Mb/s dla USB w wersji 2.0), różnią się natomiast modelami komunikacyjnymi. W przypadku USB obowiązującym modelem jest Master-Slave, a w standardzie FireWire Peer-to-Peer.

Jednym z ważniejszych etapów projektowania sieci komputerowej jest wybór standardu komunikacji pomiędzy węzłami. Głównym zastosowaniem interfejsów USB i FireWire jest komunikacja pomiędzy komputerem a urządzeniami peryferyjnymi; nietypowym zastosowaniem może być jednak sieć komputerowa, oparta na wymienionych standardach. W niniejszej publikacji przedstawiono wyniki badań szybkości przesyłu danych w interfejsach USB 2.0 i FireWire 400 wykorzystywanych jako porty sieciowe, w odniesieniu do szybkości przesyłu danych w porcie Fast Ethernet. Celem wymienionych badań jest ułatwienie wyboru standardu komunikacji w przypadku sieci komputerowych ograniczonych do kilku węzłów.

## 2. Stanowisko pomiarowe

W celu wykonania pomiaru zestawiono trzy sieci oparte na następujących interfejsach: Fast Ethernet, USB 2.0, IEEE 1394a. Każda z sieci składała się z dwóch węzłów. Rolę węzła spełniało stanowisko komputerowe. W tabeli 1 zostały podane parametry węzłów.

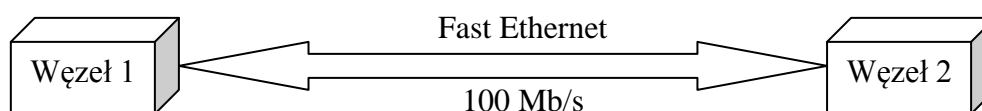
Tabela 1

Parametry stanowisk komputerowych

Parametr	Węzeł 1	Węzeł 2
Procesor	Intel Celeron 2,8 GHz	Intel Pentium 4 3,0 GHz
Pamięć operacyjna	1024 MB	512 MB
Dysk twardy	Dysk 80 GB SATA	
System operacyjny	Windows XP Professional SP2	
Karta sieciowa	Realtek RTL 8139 Family PCI Fast Ethernet NIC	Marvell Yukon 88E8001/8003/8010 PCI Gigabit Ethernet Controller
Kontroler FireWire	4world sterownik 4 porty (3+1) FireWire/1394 na PCI (Chipset: VIA)	

### 2.1. Połączenie węzłów za pomocą interfejsu Fast Ethernet

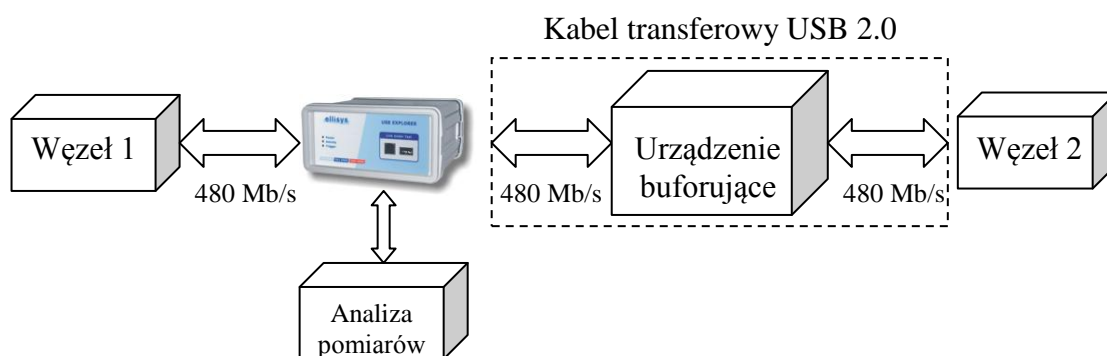
Pierwsza sieć została zestawiona przy wykorzystaniu interfejsu Fast Ethernet (rys. 1). Węzły połączono ze sobą za pomocą skrosowanego kabla UTP kat. 5e (1,5 m), a karty sieciowe ustawiono na prędkość transmisji równą 100 Mb/s.



Rys. 1. Sieć oparta na interfejsie Fast Ethernet  
Fig. 1. Network based on Fast Ethernet interface

## 2.2. Połączenie węzłów za pomocą interfejsu USB 2.0

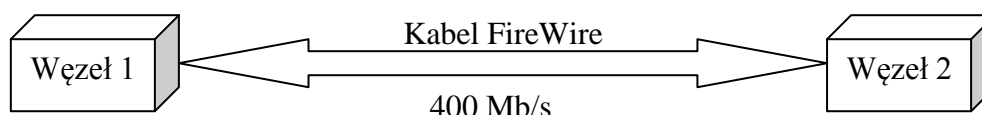
Druga sieć została zestawiona przy wykorzystaniu interfejsu USB 2.0. Węzły połączone ze sobą za pomocą kabla transferowego USB (USB 2.0 Easy Link/Network Cable 1,8 m), zawierającego urządzenie buforujące, które spełnia rolę bufora danych oraz separatora dwóch hostów USB w sieci. Urządzenie buforujące jest wymagane w tego typu komunikacji, ponieważ na magistrali USB jedynie host może zapoczątkowywać komunikację z urządzeniami. Oprócz kabla transferowego, do magistrali USB (w obu komputerach) nie było podłączone żadne inne urządzenie. Kabel transferowy pracował w trybie HighSpeed (480 Mb/s). Pomiedzy pierwszym węzłem a kablem transferowym został podłączony analizator USB (Ellisys USB Explorer 200), dzięki któremu było możliwe rejestrowanie komunikacji pomiędzy hostem w pierwszym komputerze a urządzeniem buforującym. Do analizatora został również podłączony komputer, umożliwiający przetwarzanie i wyświetlanie zebranych pomiarów. Na rysunku 2 przedstawiono schemat stanowiska pomiarowego.



Rys. 2. Sieć oparta na interfejsie USB 2.0  
Fig. 2. Network based on USB 2.0 interface

## 2.3. Połączenie węzłów za pomocą interfejsu IEEE 1394a

Ostatnia sieć została zestawiona przy wykorzystaniu standardu komunikacyjnego IEEE 1394a (rys. 3). Węzły połączone ze sobą za pomocą kabla FireWire o długości 0,5 m i ustawiono prędkość transmisji 400 Mb/s.



Rys. 3. Sieć oparta na interfejsie IEEE 1394a  
 Fig. 3. Network based on IEEE 1394a interface

### 3. Przeprowadzone badania

Wykorzystując zestawione sieci komputerowe oparte na badanych interfejsach, została zmierzona szybkość przesyłu danych. Dodatkowo, została zmierzona szybkość przesyłu pliku pomiędzy dwoma stanowiskami komputerowymi, wykorzystując tryb transferowy udostępniony przez oprogramowanie dołączone do kabla transferowego USB.

#### 3.1. Transfer danych przez połączenie sieciowe

W przypadku portów Fast Ethernet i FireWire systemy operacyjne obecne na obu węzłach udostępniają użytkownikowi wymienione interfejsy w postaci połączenia sieciowego, natomiast w przypadku portu USB trzeba w tym celu skorzystać z oprogramowania dołączonego do kabla transferowego. Dla każdego połączenia został zainstalowany protokół TCP/IP oraz zostały skonfigurowane parametry sieci (m.in. numery IP i maska). W celu wygenerowania ruchu w sieci podczas każdego pomiaru był przesyłany jeden plik o rozmiarze 2 375 066 kB z pierwszego węzła do katalogu udostępnionego przez drugi węzeł. Podczas przesyłania, za pomocą zainstalowanej na drugim komputerze aplikacji *Wydajność* (składnik systemu Windows), była mierzona szybkość, z jaką odbierane są bajty przez kartę sieciową z uwzględnieniem informacji nadmiarowych.

#### 3.2. Transfer danych w przypadku interfejsu USB

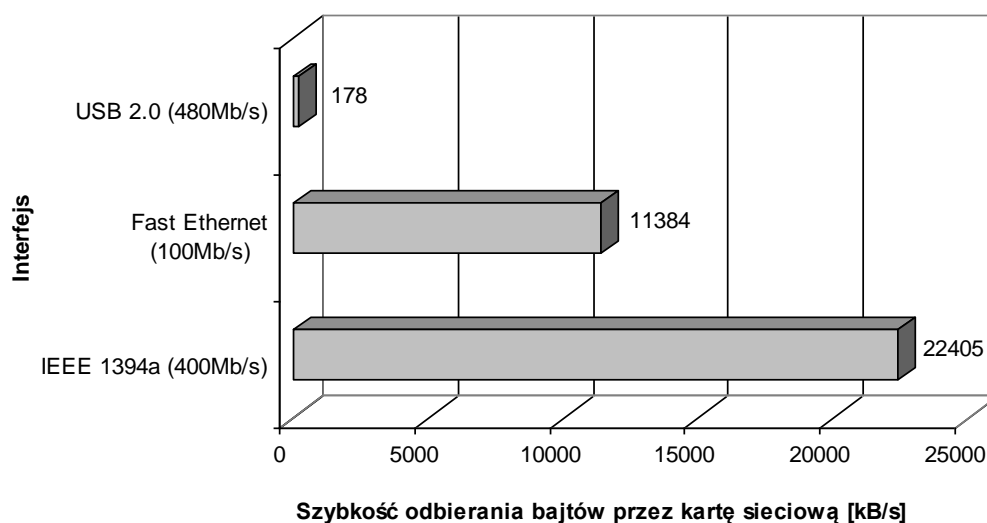
Oprogramowanie dołączone przez producenta do kabla transferowego USB umożliwia pracę interfejsu w dwóch trybach: sieciowym oraz transferowym. W przypadku trybu sieciowego interfejs USB jest udostępniany jako połączenie sieciowe, natomiast w przypadku trybu transferowego przesył danych jest możliwy jedynie za pomocą aplikacji (EasyCopy-Net) dostarczonej przez producenta. Aplikacja ta podaje jedynie informację o czasie, w jakim został przesłany plik, dlatego szybkość przesyłu danych została obliczona wg następującego wzoru:

$$\bar{V}_{transferu} = \frac{\text{rozmiar\_pliku}}{\text{czas\_transferu\_pliku}} \quad (1)$$

Należy mieć na uwadze, że obliczona w ten sposób szybkość nie uwzględnia informacji nadmiarowych przesyłanych w konkretnych interfejsach (np. znaczniki startu, stopu itd.). Dodatkowo, podczas każdego pomiaru były zbierane dane za pomocą analizatora zainstalowanego na stanowisku badawczym. Zarejestrowano m.in.: transakcje, kierunek transmisji, wielkość pakietów oraz ich zawartość, adres urządzenia docelowego, numer punktu końcowego, prędkość transmisji, czas w odniesieniu do zdefiniowanego punktu referencyjnego. Oprogramowanie dołączone przez producenta analizatora umożliwiało proste filtrowanie i grupowanie uzyskanych wyników.

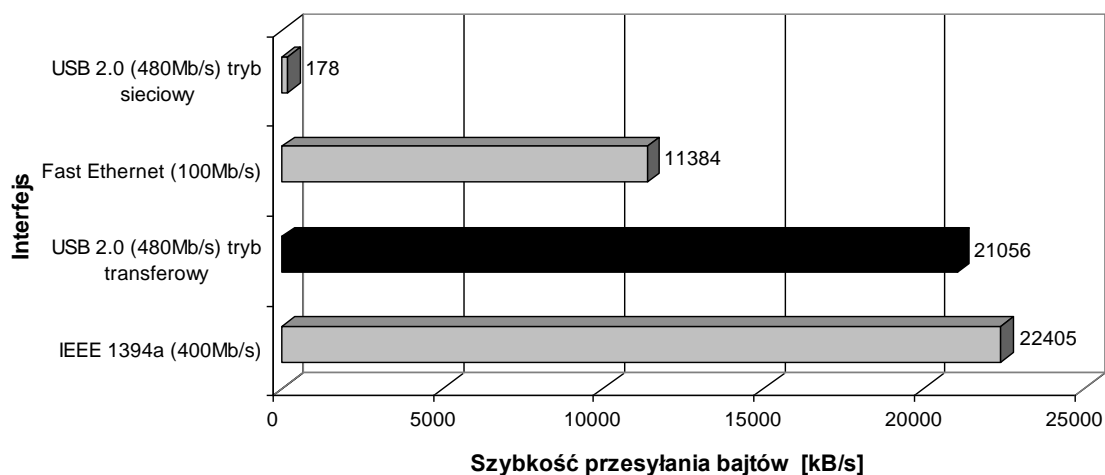
#### 4. Wyniki pomiarów

Zgromadzone wyniki pomiarów pozwalają na porównanie uzyskanych szybkości przesyłania danych pomiędzy dwoma węzłami w sieciach opartych na badanych interfejsach. Na rysunku 4 przedstawiono wyniki pomiarów szybkości przesyłu danych dla interfejsów pracujących w trybie połączeń sieciowych.



Rys. 4. Porównanie szybkości przesyłu danych w sieciach opartych na szeregowych interfejsach  
Fig. 4. Data transfer rate comparison in 3 considered network interfaces (USB in network mode)

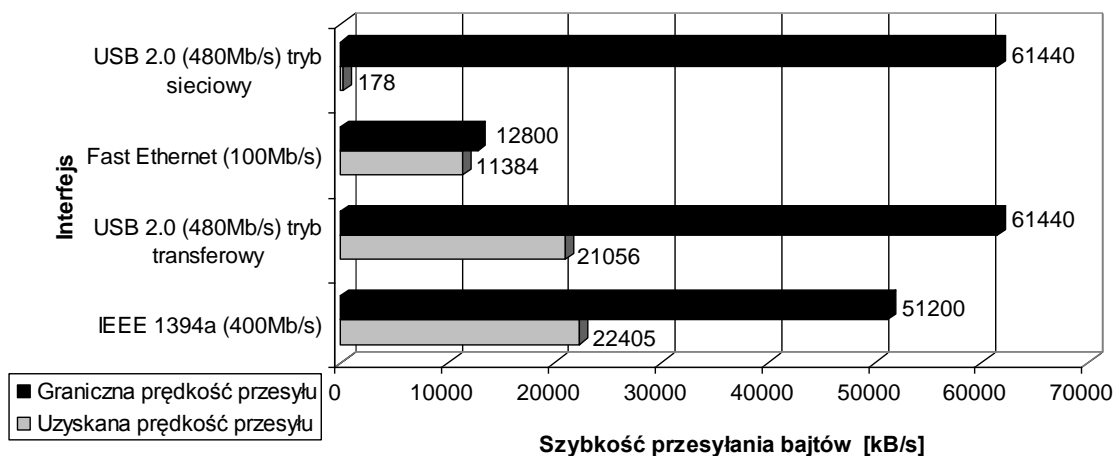
Na rys. 5 do wyników pomiarów szybkości przesyłu danych dla portów, pracujących jako połączenie sieciowe, dodano rezultat pomiaru szybkości przesyłu dla portu USB, pracującego w trybie transferowym.



Rys. 5. Porównanie szybkości przesyłu danych w szeregowych interfejsach z uwzględnieniem trybu transferowego

Fig. 5. Data transfer rate in various interfaces comparison with respect to USB 2.0 transfer mode

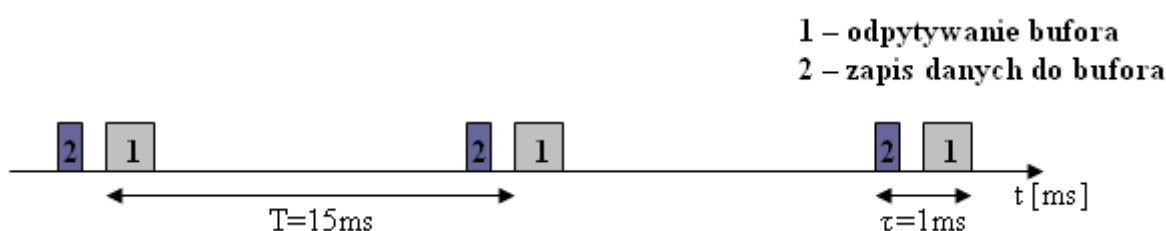
Na rysunku 6 wyniki pomiarów szybkości przesyłu danych uzupełniono o szybkości graniczne zadeklarowane przez producentów.



Rys. 6. Porównanie prędkości granicznych z prędkościami zmierzonymi

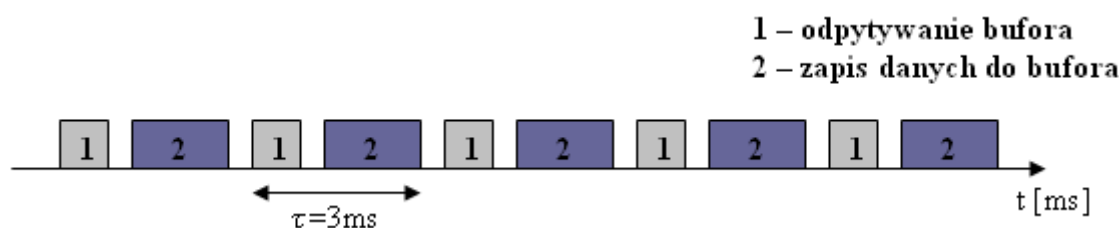
Fig. 6. Measured transfer rate (grey color) against upper limit rates (black color) for considered interfaces

Na rysunku 7 został przedstawiony przebieg czasowy prezentujący fragment komunikacji hosta z urządzeniem buforującym w trybie sieciowym dla interfejsu USB. Dla trybu transferowego przebieg czasowy został przedstawiony na rys. 8. Prezentowane przebiegi są graficznymi interpretacjami uzyskanych wyników monitorowania ruchu na magistrali za pomocą analizatora.



Rys. 7. Przebieg czasowy zapisu danych do urządzenia buforującego w trybie sieciowym  
Fig. 7. Writing data to the buffer for USB 2.0 network mode

Operacja odpytywania bufora polegała na wykonaniu operacji zapisu do urządzenia oraz operacji odczytu z urządzenia.



Rys. 8. Przebieg czasowy zapisu danych do urządzenia buforującego w trybie transferowym  
Fig. 8. Writing data to the buffer for USB 2.0 transfer mode

## 5. Analiza otrzymanych wyników

Wyniki pomiarów potwierdziły przewagę interfejsu IEEE 1394a (400 Mb/s) nad Fast Ethernetem (100 Mb/s), łatwą do przewidzenia ze względu na znaczącą różnicę prędkości granicznych. Zaskoczeniem okazał się natomiast wynik dla USB 2.0 w przypadku trybu sieciowego. Analizując uzyskane wyniki monitorowania komunikacji pomiędzy hostem a buforem, można było zauważyć, że plik został podzielony na fragmenty, po czym każdy fragment został opakowany w informacje nadmiarowe i przesłany w ramach ośmiu transakcji masowych w ciągu niecałej 1 ms do urządzenia buforującego. Przesyłanie fragmentów pliku odbywało się cyklicznie z okresem  $T=15$  ms. Brak wykorzystania magistrali w ciągu 14 ms, pomiędzy zakończeniem przesyłania poprzedniego fragmentu pliku a rozpoczęciem przesyłu kolejnego, skutkowało uzyskaniem małej szybkości transferu pliku, mimo że transmisja pomiędzy hostem a buforem odbywała się w trybie HighSpeed (480 Mb/s).

Dodatkowo, można było zaobserwować, w jaki sposób urządzenie buforujące powiadamia hosta o nowych porcjach danych. Do tego celu został wykorzystany mechanizm odpytywania (ang. *polling*). Host dokonywał cyklicznego pobierania statusu urządzenia buforującego. Mechanizm ten miał miejsce zarówno w przypadku trybu sieciowego, jak i transferowego.

Dla trybu transferowego plik nie był dzielony na fragmenty, jak to miało miejsce dla trybu sieciowego. W tym przypadku plik był przesyłany bez znaczących przerw w ramach kolejnych transakcji masowych (przy rozmiarze pakietu danych 512 bajtów), dlatego została

uzyskana znacznie większa szybkość transferu niż w przypadku trybu sieciowego. Należy również zauważyć, że przesył w trybie transferowym dla USB 2.0 jest wolniejszy od przesyłu za pośrednictwem interfejsu FireWire, mimo że komunikacja USB 2.0 miała większą prędkość graniczną od IEEE 1394a (aż o 80 Mb/s), a także, że w pomiarach szybkości dla USB nie zostały uwzględnione informacje nadmiarowe.

## 6. Podsumowanie

Uzyskane rezultaty badania jednoznacznie wskazały interfejs FireWire jako ten, który powinien zostać wybrany podczas projektowania sieci komputerowej, składającej się z dwóch węzłów. Należy mieć jednak na uwadze, że w przeciwieństwie do Fast Ethernetu, który standardowo jest instalowany w najnowszych płytach głównych komputera, FireWire najczęściej wymaga zainstalowania dodatkowych kart rozszerzeń, co podwyższa koszty całej instalacji. Po drugie, jeżeli w przyszłości będzie planowana rozbudowa sieci o kolejne węzły, to należałoby zastanowić się już na wstępnym etapie projektowania nad wykorzystaniem jednak Fast Ethernetu, dzięki któremu przyszła rozbudowa sieci będzie bezproblemowa.

Sieć komputerowa oparta na FireWire znalazła praktyczne zastosowanie w redundancji serwera plików. Ze względu na bezpieczeństwo danych przechowywanych na serwerze został podłączony do sieci drugi serwer, stanowiący alternatywę dla głównego serwera plików. Do synchronizacji danych pomiędzy serwerami została wykorzystana sieć oparta na interfejsie FireWire, dzięki której proces synchronizacji nie obciążał podstawowej sieci komputerowej.

## BIBLIOGRAFIA

1. Mielczarek W.: Szeregowy interfejs cyfrowy FireWire. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010.
2. Mielczarek W.: USB. Uniwersalny interfejs szeregowy. Helion, Gliwice 2005.

Recenzent: Dr inż. Wojciech Mielczarek

Wpłynęło do Redakcji 26 listopada 2010 r.



**Abstract**

Currently the predominant standards of serial data transmission in computer systems are USB 2.0 and IEEE 1394a. The main use of these interfaces is the communication between the computer and peripherals, while a computer network, based on these standards, may be an unusual application. This paper presents the results of data transmission speed for USB 2.0 and FireWire 400 and Ethernet, which are used as network ports. For the purposes of the research three networks (Fig. 1,2,3) consisting of two nodes were built. In addition, an USB analyzer was connected into USB 2.0 network. When transferring data from one node to another, the byte reception rate on the second node was measured. For the USB interface, the software supplied by the transfer cable manufacturer allowed the data transmission in two modes: transfer and networking. The Figure 4 shows a comparison of the measured data transmission speed in the network based on tested interfaces. What is more, the graph in Figure 5 accounts for the USB transfer mode and presents the data transmission speed in the tested interfaces. Measured speeds were compared (Fig. 6) to upper limit rates as declared by the manufacturers. The measurement results confirmed the superiority of the IEEE 1394a interface over the Fast Ethernet, what was easy to predict due to the significant difference in the speed limit. The result for USB 2.0, in the case of network mode, turned out to be a surprise, though. Monitoring bus activity between the host and the buffer it can be noted that, in contrast to the transfer mode, in the network mode the file was split into fragments, and these fragments were sent for 1 ms in cycles every 15 ms. The fact that the bus was not used for 14 ms resulted in a poor data rate. The obtained results clearly showed that it is the FireWire interface, which should be selected when designing a computer network consisting of two nodes. If, however, a future expansion of the network with new nodes is planned, one should consider using the Fast Ethernet as a less problematic and cheaper solution.

**Adres**

Michał SAWICKI: Politechnika Śląska, Instytut Informatyki, ul. Akademicka 16,  
44-100 Gliwice, Polska, sawicki@zso10.gliwice.pl.