

Michał SAWICKI
Politechnika Śląska, Instytut Informatyki

ANALIZA TRANSFERU DANYCH Z PAMIĘCI MASOWEJ DO KOMPUTERA DLA PORTÓW USB 2.0 I FIREWIRE 400

Streszczenie. W niniejszym artykule przedstawiono i omówiono wyniki pomiarów czasu realizacji transferu danych z pamięci masowej do komputera dla dwóch portów USB i FireWire. Zmierzone wartości czasów skonfrontowano z wynikami uzyskanymi na podstawie analizy teoretycznej z artykułu [1]. Porównanie wyznaczonych i zmierzonych wartości czasów umożliwiło wyraźne uwypuklenie zalet i wad portów USB i FireWire.

Słowa kluczowe: interfejs szeregowy, pamięć masowa, transfer danych

ANALYSIS OF DATA TRANSFER FROM MASS STORAGE TO COMPUTER FOR USB 2.0 AND FIREWIRE 400

Summary. This article presents and discusses the results of measurements of time of the data transfer from mass storage to a computer for USB and FireWire ports. The measured values of the times were confronted with the results estimated in the theoretical analysis in the article [1]. Comparison of estimated and measured values of the times allowed to show the advantages and disadvantages of USB and FireWire ports.

Keywords: serial interface, mass storage, data transfer

1. Wprowadzenie

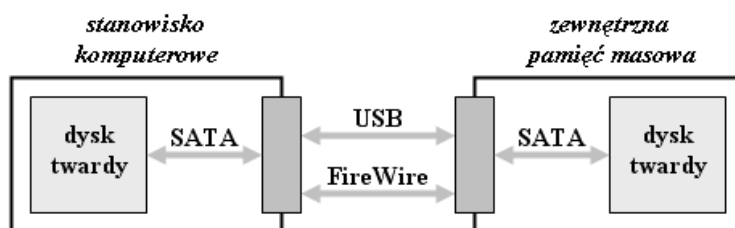
W tym artykule zostały porównane dwa interfejsy komunikacyjne: USB i FireWire na podstawie zmierzonych czasów realizacji transferu danych z pamięci masowej do komputera.

W artykule [1] przeprowadzono analizę asynchronicznego transferu danych, w ramach której zdefiniowano modele systemów komunikacyjnych USB i FireWire oraz oszacowano

czasu realizacji transferu danych z pamięci masowej do komputera. Wykorzystując zmierzone i wyznaczone na podstawie analizy wartości czasów realizacji transferu danych porównano zdefiniowane modele z rzeczywistymi systemami komunikacyjnymi. Pozwoliło to ocenić przyjęte modele oraz dokonać porównania portów USB i FireWire.

2. Pomiar czasu realizacji transferu danych w rzeczywistym systemie komunikacyjnym

W celu pomiaru czasu trwania operacji odczytu w rzeczywistym systemie komunikacyjnym zestawiono stanowisko badawcze (rys. 1) złożone z komputera (tabela 1) i zewnętrznej pamięci masowej (zewnętrznego dysku twardego). Pamięć masowa była podłączona do komputera za pomocą dwóch interfejsów USB i FireWire. Komunikacja pomiędzy komputerem a zewnętrznym dyskiem odbywała się z maksymalną szybkością dla każdego interfejsu (USB 480 Mb/s, FireWire 400 Mb/s).



Rys. 1. Schemat stanowiska pomiarowego

Fig. 1. Scheme of computer system with the USB and FireWire communication systems

Zewnętrzna pamięć masowa występowała pod postacią zewnętrznej obudowy (Welland ME-740T) i dysku (Seagate ST380817AS) zainstalowanego w obudowie. Obudowa była wyposażona w zewnętrzne porty USB 2.0 i FireWire 400, natomiast wewnątrz obudowy dysk był podłączony za pośrednictwem interfejsu SATA. Taki sam interfejs występował również wewnątrz stanowiska komputerowego. Dzięki temu segmenty złożone z zewnętrznego dysku i obudowy oraz kontrolera na płycie głównej i dysku wewnątrz komputera nie pełniły roli tzw. wąskiego gardła w komunikacji, która była ograniczona w tej sytuacji tylko przez zewnętrzne interfejsy USB i FireWire.

Przed pomiarem przygotowano dziesięć wzorcowych plików, które zostały zapisane na zewnętrznym dysku twardym. Pliki różniły się tylko rozmiarem. Najmniejszy plik miał rozmiar 100 MB, największy 1 GB. Krok, z jakim był zwiększany rozmiar pliku wynosił 100 MB. Przygotowano również prostą aplikację, która po uruchomieniu rejestrowała czas w systemie komputerowym, wykonywała operację odczytu jednego ze wskazanych plików (pobierała plik z zewnętrznego dysku na komputer) i rejestrowała po zakończeniu tego odczytu

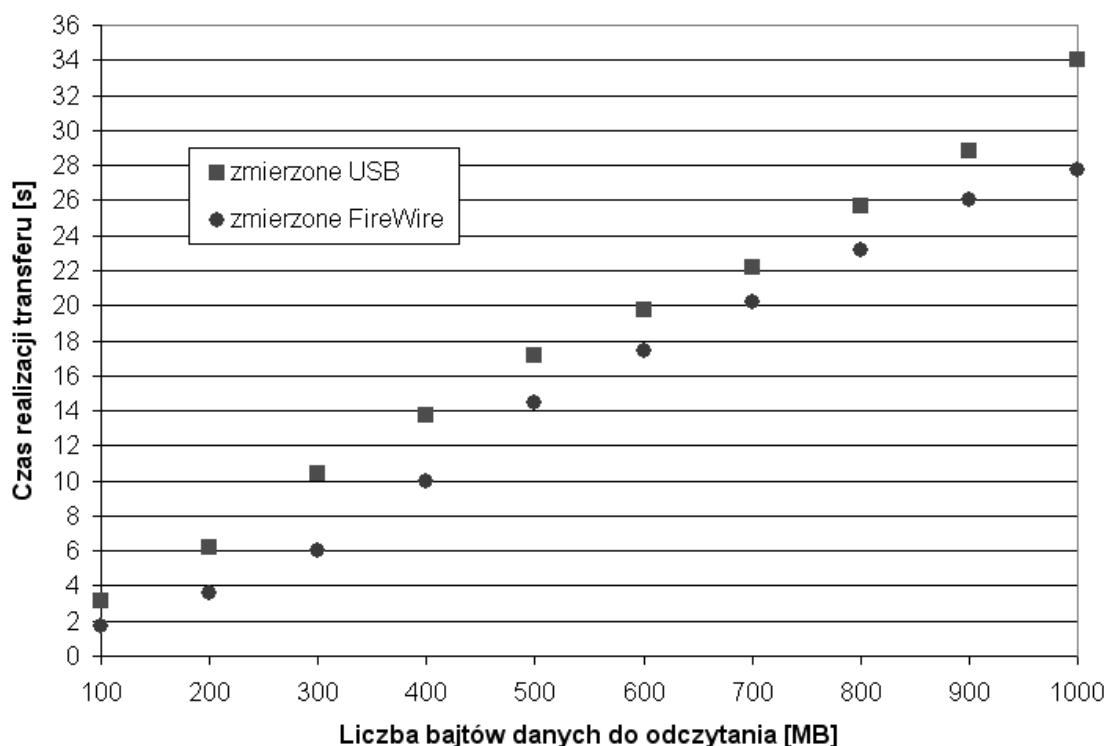
ponownie czas w systemie. Na podstawie tych dwóch wartości czasów był wyliczany czas trwania operacji odczytu z zewnętrznej pamięci masowej.

Tabela 1

Parametry stanowiska komputerowego

Parametr	Stanowisko komputerowe
Procesor	Intel Celeron 2,8 GHz
Pamięć operacyjna	1024 MB
Dysk twardy	Dysk 80 GB SATA
System operacyjny	Microsoft Windows XP Professional SP2
Kontroler USB	Intel 82801EB
Kontroler FireWire	4world sterownik 4 porty (3+1) FireWire/1394 na PCI

Na tak przygotowanym stanowisku badawczym wykonano pomiar czasu realizacji transferu danych z zewnętrznego dysku twardego na komputer dla dwóch portów USB i FireWire. Pomiary były kilkakrotnie powtórzone (pięć prób dla każdego rozmiaru pliku). Na podstawie prób zostały wyznaczone średnie wartości pomiarów. Na rys. 2 przedstawiono wyliczone średnie pomiarów dla portów USB i FireWire.



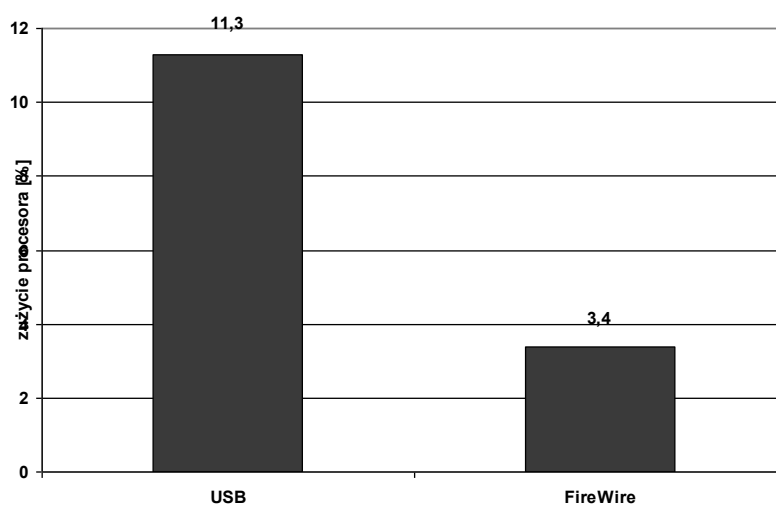
Rys. 2. Średnie wartości czasów realizacji transferu danych w rzeczywistych systemach USB i FireWire

Fig. 2. Mean values of execution time of data transfer in the USB and FireWire communication systems

Realizacja transferów danych w systemach komunikacyjnych USB i FireWire obciąża w różnym stopniu procesor CPU, ponieważ przed transmisją danych musi wystąpić etap

przygotowania informacji do wysłania, a po odebraniu danych z magistrali musi wystąpić etap przetworzenia odebranych informacji.

Obciążenie procesora CPU podczas realizacji transferu danych zostało zbadane przy wykorzystaniu aplikacji HD Tune. Aplikacja HD Tune dokonuje pomiaru czasu odczytu z dysku twardego, wyznaczając dodatkowo obciążenie procesora realizowanym transferem. Zmierzone zostało wykorzystanie (procentowe) procesora CPU dla operacji odczytu danych z zewnętrznej pamięci masowej dla dwóch systemów komunikacyjnych USB i FireWire. Histogram na rys. 3 prezentuje zmierzone wartości obciążenia CPU.



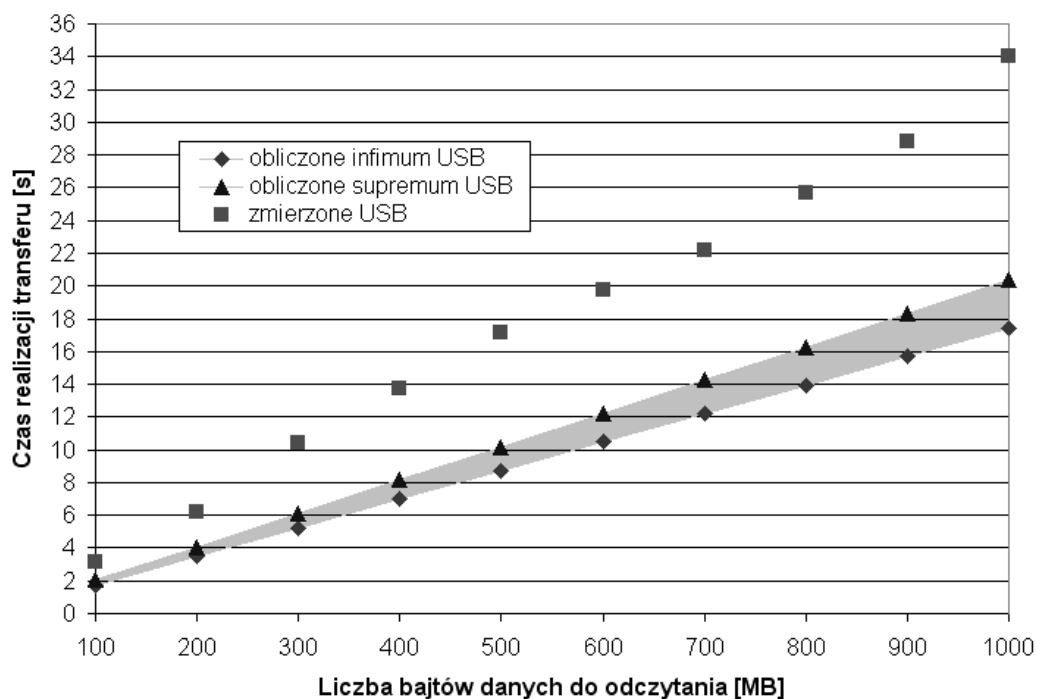
Rys. 3. Obciążenie CPU dla systemu USB i FireWire

Fig. 3. CPU load for the USB and FireWire communication systems

Realizacja transferu danych w systemie komunikacyjnym USB wymaga większej dostępności procesora CPU niż w systemie FireWire. Z tego względu czas realizacji transferu będzie różnił się znacząco od wartości wyznaczonej analitycznie, ponieważ w obliczeniach nie zostały uwzględnione warunki panujące w systemie operacyjnym, tzn. dostępność procesora i liczba współdziałających wątków. Transfer danych w systemie FireWire w mniejszym stopniu obciąża procesor CPU, ponieważ kontrolerem FireWire jest dodatkowy komponent systemu komputerowego, który jest dedykowany do realizacji transferów w porcie FireWire, co sprawia, że większość operacji przygotowania i przetwarzania danych jest wykonywana sprzętowo za pośrednictwem kontrolera FireWire.

3. Konfrontacja uzyskanych wyników pomiarów z wynikami analizy asynchronicznego transferu danych

W celu lepszego zobrazowania różnic pomiędzy systemami USB i FireWire zestawiono w postaci wykresów (rys. 4,5) oszacowane wartości czasów realizacji operacji odczytu [1], w odniesieniu do średnich wartości uzyskanych na podstawie przeprowadzonych pomiarów.



Rys. 4. Porównanie obliczonych wartości czasów realizacji operacji odczytu ze zmierzonymi wartościami dla systemu komunikacyjnego USB

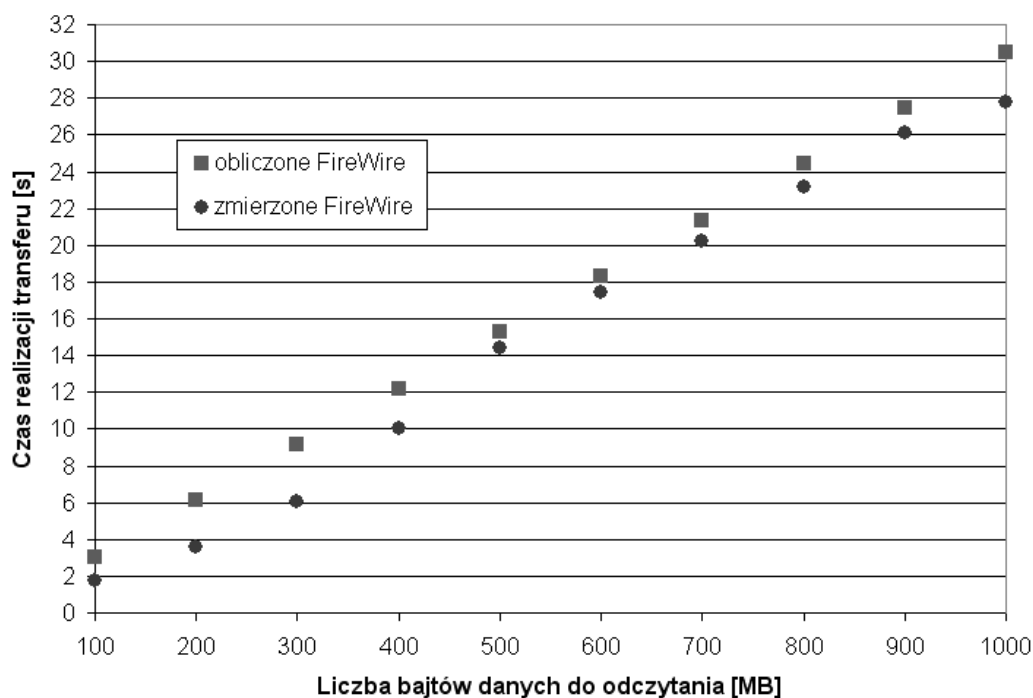
Fig. 4. Comparison of calculated and measured values of execution time of data transfer in the USB communication system

Zmierzone wartości czasu realizacji transferu danych w USB nie zawierają się w wyznaczonym analitycznie obszarze możliwych wartości i znajdują się powyżej kresu górnego obszaru. Wynika to z nieuwzględnienia w obliczeniach: warunków panujących w systemie operacyjnym, rzeczywistego charakteru systemu komunikacyjnego oraz transferu komend sterujących i statusów.

Różnica pomiędzy oszacowanymi a zmierzonymi wartościami czasów jest spowodowana tym, że większa część przygotowania i przetworzenia danych przypadła procesorowi CPU (przygotowanie zleconego transferu jest realizowane programowo). Wskazują na to wyniki pomiaru wykorzystania procesora CPU podczas realizacji zleconego transferu danych. Przygotowanie i przetwarzanie danych musi współdziałać z pozostałymi aktywnymi wątkami w systemie operacyjnym i musi współdzielić z nimi dostępny procesor CPU.

W obliczeniach dla systemu USB nie zostały uwzględnione ewentualne retransmisje danych, ponieważ przyjęto model idealnego systemu komunikacyjnego. W rzeczywistym sys-

temie, na skutek działania zewnętrznych zakłóceń, występują uszkodzenia przesyłanych danych, co prowadzi do retransmisji i skutkuje dłuższym czasem realizacji zleconego transferu. Pomiary czasów realizacji transferu danych uwzględniają transmisje komend sterujących i statusów, przez co zmierzone wartości są większe od oszacowanych.



Rys. 5. Porównanie obliczonych wartości czasów realizacji operacji odczytu ze zmierzonymi wartościami dla systemu komunikacyjnego FireWire
 Fig. 5. Comparison of calculated and measured values of execution time of data transfer in the FireWire communication system

Wyznaczone wartości czasów realizacji transferu danych w systemie FireWire w dużym stopniu pokrywają się z uzyskanymi wartościami na drodze pomiarów w rzeczywistym systemie komunikacyjnym. Uzyskanie lepszych wyników w rzeczywistym systemie niż w przyjętym modelu jest związane z lepszym wykorzystaniem pasma przez transakcje asynchroniczne. W obliczeniach przyjęto, że cała transakcja musi zostać zrealizowana w ramach jednego cyklu, co skutkuje nieefektywnym wykorzystaniem pasma. W takiej sytuacji w każdym cyklu pozostaje czas, w którym występuje brak aktywności na magistrali FireWire. W rzeczywistym systemie w ramach tego wolnego czasu są transmitowane pakiety z kolejnej transakcji, co w ostateczności prowadzi do lepszego wykorzystania pasma (występują mniejsze przerwy w transmisji na magistrali).

W modelu systemu komunikacyjnego FireWire przyjęto mechanizmy arbitrażowe dla wersji interfejsu z roku 1995 (IEEE 1394). Na stanowisku badawczym był zainstalowany system komunikacyjny IEEE 1394a. Standard IEEE 1394a wprowadza m.in. dwa nowe rozszerzenia procedury arbitrażowej [5]: arbitraż z przyśpieszonym potwierdzeniem i arbitraż

w locie. Arbitraż w locie (ang. *fly-by*) polega na dołączaniu pakietu do innego pakietu bez oczekiwania na przerwę międzyfazową. Taka sytuacja ma miejsce w badanym systemie komunikacyjnym, złożonym tylko z dwóch węzłów (komputer i pamięć masowa). Zewnętrzna pamięć masowa może dołączyć pakiet odpowiedzi do wysyłanego przez siebie pakietu potwierdzenia żądania, nie czekając na przerwę międzyfazową. Redukuje to opóźnienia w systemie i prowadzi do lepszego wykorzystania pasma, co skutkuje uzyskaniem mniejszych wartości czasów realizacji transferu w stosunku do oszacowanych czasów w przyjętym modelu systemu FireWire.

4. Podsumowanie

Przeprowadzone pomiary czasu realizacji transferu danych z zewnętrzną pamięcią masową wykazały, że krótszy czas uzyskano nie w systemie USB („faworyt analizy teoretycznej”), a w systemie FireWire. Nie oznacza to jednak, że USB przegrywa z kretesem w tym zastosowaniu, ponieważ w komputerach typu PC łatwiej będzie wykorzystać już zintegrowany port USB, niż wyposażać swój komputer w dodatkowy kontroler FireWire, tracąc niewiele na osiągnięciach szybkości transferu danych.

BIBLIOGRAFIA

1. Sawicki M.: Analiza asynchronicznego transferu danych w modelach systemów komunikacyjnych USB i FireWire. Konferencja Sieci Komputerowe 2012 (SK 12), Studia Informatica, vol. 33, no. 3A (107), Gliwice 2012.
2. Specyfikacja Universal Serial Bus 2.0
3. Specyfikacja Universal Serial Bus Mass Storage Class, Revision 1.3
4. IEEE Std 1394-1995: IEEE Standard for High Performance Serial Bus
5. Mielczarek W.: Szeregowy interfejs cyfrowy FireWire. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010.
6. Mielczarek W.: USB. Uniwersalny interfejs szeregowy. Helion, Gliwice 2005.
7. Anderson D.: Universal Serial Bus System Architecture. Mindshare, Inc., Addison-Wesley Developers Press, 1997.
8. Anderson D.: FireWire System Architecture, Mindshare. Inc., Addison-Wesley Developers Press, 2000.
9. Dokumentacja aplikacji HD Tune.

Wpłynęło do Redakcji 13 marca 2012 r.

Abstract

In this article, two interfaces: USB and FireWire were compared due to measured execution time of data transfer from mass storage to the computer.

In the article [1] analysis of asynchronous data transfer was shown and execution time of data transfer from mass storage to the computer was estimated. Using this estimated time and measured time of data transfer it is possible to compare defined communication system models for USB and FireWire. This allowed the comparison of USB and FireWire ports.

The measurements pointed to a FireWire interface (in contrast to the results of the analysis in the article [1]) as the one that should be used to transfer data from mass storage to your computer.

Adres

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