

TECHNOLOGIA HYPER-THREADING

Krzysztof Bederski

Instytut Fizyki, Wydział Matematyki Fizyki i Informatyki, UMCS w Lublinie
Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Chelmie

Streszczenie

Technologia hiperwątkowości (ang. *Hyper-Threading*, *HT*) jest nową technologią zastosowaną w najnowszych procesorach, pozwalającą zwiększyć wydajność komputerów na dwa sposoby [1, 2]:

- poprzez korzystanie z aplikacji wielowątkowych,
- przez pracę w środowisku wielozadaniowym.

14 listopada 2002 roku Intel wprowadził nowy procesor Pentium 4 z zegarem 3,06 GHz, w którym zastosowano technologię hiperwątkowości [3-5]. Hiperwątkowość może zwiększyć wydajność komputera nawet o 25% w dziedzinach wielozadaniowych oraz aplikacjach, które zostały zaprojektowane pod kątem technologii HT.

Abstract

HT technology brings increased performance to computer users in two ways: using multithreaded software or using software in a multitasking environment [1, 2]. November 14, 2002 Intel Corporation introduced its innovative Hyper-Threading HT technology for the new Intel Pentium 4 processor at 3.06 GHz. HT technology enables a new class of high-performance desktop PCs that can work quickly among several computing applications at the same time, or provide extra performance for individual software programs that are multithreaded. HT technology can boost PC performance by up to 25 percent [3-5].

Wydajność komputera

Bardzo często wydajność komputera jest określana na podstawie częstotliwości zegara procesora, a to jest zbyt daleko idące uproszczenie. Pewnym postępowaniem jest przedstawianie wydajności procesora w postaci iloczynu częstotliwości zegara i liczby wykonanych instrukcji w czasie jednego cyklu [6]. Liczbę instrukcji wykonanych w czasie jednego cyklu określa współczynnik IPC (ang. *Instruction Per Cycle*) [7].

Wydajność procesora można zwiększyć niezależnie od zastosowanej częstotliwości zegara, przez zastosowanie tzw. architektury superskalarnej. Taka architektura pozwala na wykonanie co najmniej dwóch instrukcji programu jednocześnie, a uzyskuje się to poprzez wielokrotnienie jednostek wykonawczych [8].

Dla przykładu, Pentium 4 ma pięć jednostek wykonawczych, a współczynnik IPC wynosi nieco ponad trzy. Athlon XP posiada dziewięć jednostek wykonawczych i współczynnik IPC równy sześciu, co oznacza, że może przetworzyć 6 rozkazów na jeden cykl [4].

Na wzrost wydajności procesora ma również wpływ zastosowanie przetwarzania potokowego. W przetwarzaniu potokowym (ang. *pipelining*) wykonywanie pojedynczej instrukcji zostaje rozbite na kilka następujących po sobie faz (np. pobieranie, dekodowanie, wykonanie). Przetwarzanie potokowe polega na równoległym wykonywaniu przez procesor poszczególnych faz cyklu rozkazowego. Przykładowo jeden z układów procesora wykonuje rozkaz, a w tym samym czasie drugi, niezależny układ pobiera następny rozkaz z pamięci [8].

A tak naprawdę wydajność komputera jest problemem bardziej złożonym i odpowiadają za nią między innymi [9]:

- procesor i jego architektura,
- układ pamięci,
- dyski,
- kompilator i biblioteki,
- algorytm (dostosowany do architektury),
- konfiguracja systemu.

Pomiar wydajności komputera jest często przedstawiany niejednoznacznie. Potrzebne są programy, które w sposób obiektywny mierzyłyby wydajność komputera. Takich programów jednak nie ma. Pojawiło się szereg różnych benchmarków. Benchmark jest tu rozumiany, jako wzorcowy program testowy służący do w miarę obiektywnej oceny wydajności podzespołów komputera. Często są one przygotowane pod kątem określonego producenta, bo producenci chcą wykazać, że to właśnie ich produkty są najlepsze. Jeśli kod programu testującego jest

zoptymalizowany pod kątem określonego rozwiązania sprzętowego jednego producenta, to wyniki uzyskane przy innym rozwiązaniu (konkurencji) mogą wprowadzać w błąd. Bardzo ważną rzeczą jest dostęp do kodu źródłowego tych programów. Benchmarki powstające i rozwijane na zasadzie licencji *OpenSource* pozwalają analizować kod źródłowy, co umożliwia później ocenę wiarygodności zastosowanej procedury [10].

Wyróżnia się kilka grup benchmarków [10] pozwalających przetestować podzespoły komputera:

- benchmarki systemowe (np. SYS Mark 2002),
- benchmarki procesorów (np. CPU Bench 2002},
- benchmarki pamięci (np. Cache Burst 32),
- benchmarki kart dźwiękowych (np. Right Mark Audio Analyser),
- benchmarki kart graficznych (np. Quake III Arena – gra wykorzystywana w testach z nakładką Q3 Bench),
- benchmarki do testowania napędów (np. HD Tach – brak uaktualnienia),
- benchmarki do testowania monitorów (np. Nokia Monitor Test).

Rozwój technologii Hyper-Threading

Pierwsze próby, które doprowadziły później do powstania technologii hiperwątkowości zostały podjęte w firmie Digital. Zwrócono uwagę na fakt, że zasoby procesorów często nie są w pełni wykorzystane. Pracowano wówczas nad technologią, która nazywała się wielowątkowością współbieżną (ang. *Simultaneous Multi Threading, SMT*) [7]. Wielowątkowość może być rozumiana, jako właściwość nowoczesnych systemów operacyjnych, w których poszczególne procesy mogą być wykonywane wielotorowo w postaci wątków (wątek jest to wydzielona sekwencja przewidzianych do wykonania instrukcji). Po przejęciu Digitala przez firmę Compaq, prace badawcze zostały wstrzymane.

Do prac nad wielowątkowością współbieżną włączył się Intel (w 1996 roku [7], materiały firmy Intel podają rok 1993 [3]), nadając tym badaniom roboczą nazwę Jackson's Technology. Później wielowątkowość współbieżna (SMT) nazwana została technologią Hyper-Threading. Najpierw technologię HT zintegrowano z układem Willamette, który stał się rdzeniem procesorów Pentium 4 i Xeon. Po pomyślnych próbach w lutym 2002 roku technologia hiperwątkowości pojawiła się w serwerach opartych na procesorze Intel Xeon.

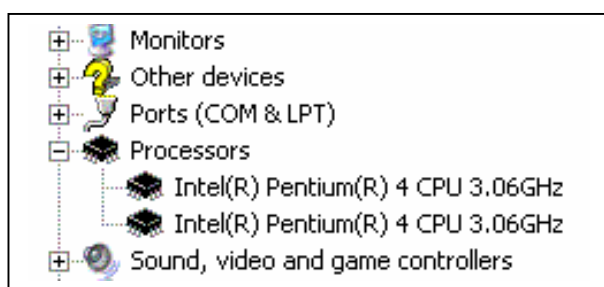
W listopadzie 2002 roku pojawia się (wymieniany już wcześniej) procesor Intel Pentium 4 z zegarem 3,06 GHz, w którym zastosowano technologię HT [3].

Hyper-Threading, czyli technologia hiperwątkowości

Jak już wcześniej wspomniano hiperwątkowość jest technologią, która pozwala zwiększać wydajność komputerów na dwa sposoby [1, 11-23]:

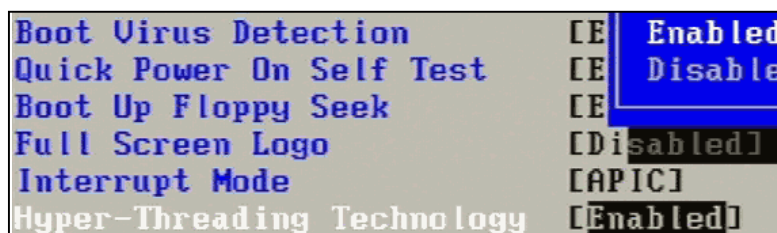
1. przez korzystanie z aplikacji wielowątkowych,
2. poprzez pracę w środowisku wielozadaniowym.

Programy napisane w taki sposób, by mogły korzystać z wielu fragmentów kodu zwanych wątkami widzą procesor Pentium 4 HT 3,06 GHz, jak dwie wirtualne jednostki. System operacyjny (Windows XP, lub Linux) rozpoznaje te jednostki, jako konfigurację wieloprocesorową (rys. 1) [11,12].



Rys. 1. Fragment Okna Menadżera Urządzeń [24].

Wymagania co do hiperwątkowości są umieszczone w BIOSie (rys. 2).



Rys. 2. Wymagania dotyczące hiperwątkowości – zmodyfikowany BIOS [1].

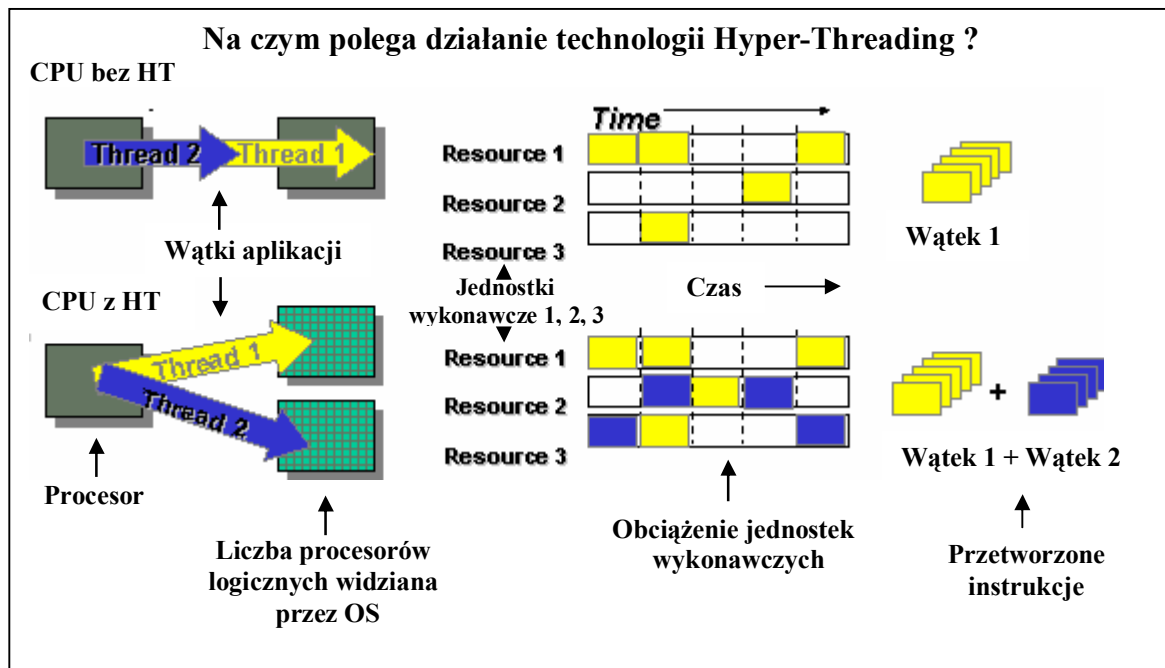
Technologia wielowątkowa sprawia, że procesor może pracować z dwoma niezależnymi wątkami w tym samym czasie, a nie najpierw z jednym wątkiem, a później z drugim.

W środowisku wielozadaniowym, w którym działa jednocześnie kilka programów obserwuje się wzrost wydajności aplikacji.

Hiperwątkowość udostępnia więc drugi logiczny procesor w tej samej obudowie tak, że mamy dwie niezależne logiczne struktury, współdzielące jeden zestaw fizycznych zasobów wykonawczych. Z punktu widzenia programu, czy też architektury oznacza to, że system ope-

racyjny i aplikacje mogą przydzielać procesy czy wątki do procesorów logicznych, tak, jakby to były fizyczne procesory w wieloprocessorowym środowisku. Instrukcje z procesorów logicznych zostaną zebrane i wykonane jednocześnie we współdzielonym środowisku wykonawczym [1].

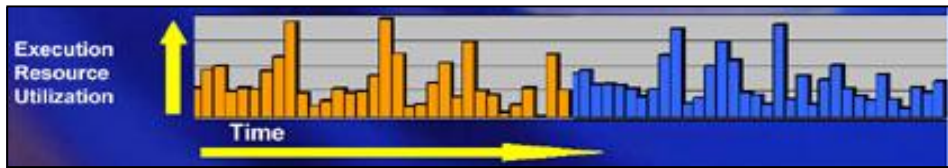
Na rysunku 3 przedstawiono porównanie działania procesora bez hiperwątkowości z procesorem, w którym zastosowano technologię hiperwątkowości.



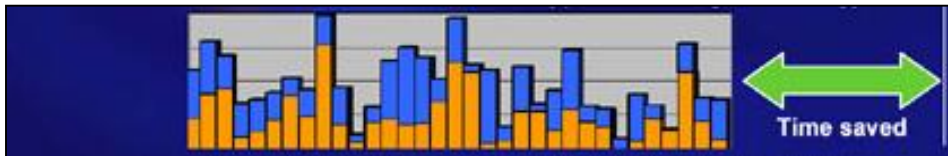
Rys. 3. Ilustracja przedstawiająca technologię Hyper-Threading [1].

Jeśli kilka aplikacji lub aplikacja wielowątkowa wysyła żądanie do procesora bez hiperwątkowości, to zostaną one ustawione kolejną (np. wątek 1 aplikacji, wątek 2 aplikacji itd.). Dopóki nie zostanie zrealizowane do końca żądanie pierwszej aplikacji, wątek drugiej aplikacji czeka w kolejce bezużytecznie. Jednostki wykonawcze procesora nie są w pełni wykorzystane. W przypadku zastosowania procesora z hiperwątkowością sytuacja jest inna. Procesor i system operacyjny przyjmują jednocześnie żądania od aplikacji. Dwa żądania są przesłane do równoległego wykonania. Dzięki temu wykorzystanie jednostek wykonawczych jest lepsze i żądania zostaną zrealizowane szybciej [17, 25]. Zatem w procesorze z HT system operacyjny uruchamia dwa równoległe wątki programu, dzięki temu są lepiej zagospodarowane niewykorzystane możliwości jednostek wykonawczych.

Technologia HT sprawia, że jest to wewnątrz procesora jest jakby dodatkowy mechanizm, który pozwala komputerowi wykonywać więcej operacji w danym przedziale czasu (rys. 4 i 5 [12]).

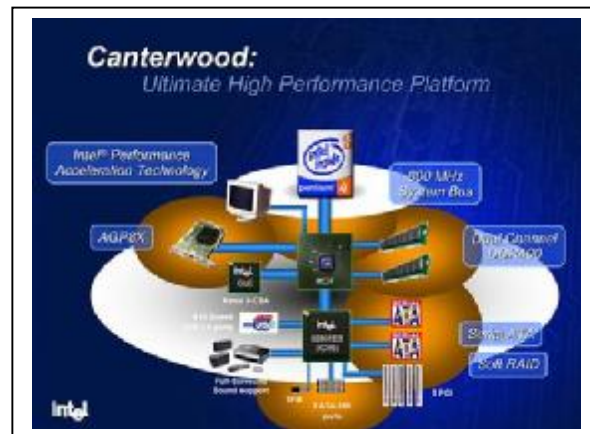
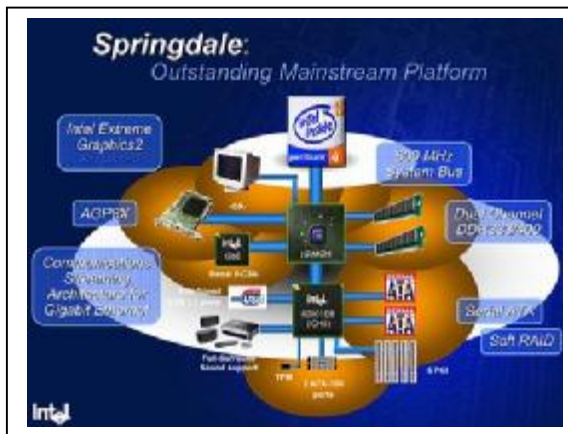


Rys. 4. Wykorzystanie jednostek wykonawczych w zależności od czasu wykonywania zadania dla procesora bez HT.



Rys. 5. Wykorzystanie jednostek wykonawczych w zależności od czasu wykonywania zadania dla procesora z HT.

Jeżeli chcemy wykorzystać zalety procesora z technologią hiperwątkowości, to musimy zastosować nowe chipsety obsługujące te procesory. Intel oferuje tu następujące chipsety: i845GE, i845PE, i845GV oraz i850E [26, 7]. Z innych firm wymienić należy chipsety VIA P4X400 i VIA P4X600 oraz SiS 648 i SiS 655 [7]. W przygotowaniu są nowe chipsety Intela: Springdale (i865) i Canterwood (i875) [27].



Rys. 6. Schematy najnowszych chipsetów Intela.

W tym miejscu trzeba dodać, że Intel produkuje obecnie procesory w technologii 0,13 mikrona z płytek krzemu o średnicy 300 mm. Pozwoliło to na obniżenie kosztu jednego procesora o ok. 30% w porównaniu do wcześniej produkowanych układów z płytek o średnicy 200 mm. [28].

Wnioski

- Procesory, w których zastosowano technologię HT pozwalają na:
 - Zmniejszenie strat czasu na przełączanie zadań. Dwa logiczne procesory powodują zmniejszenie liczby koniecznych przełączeń, a co za tym idzie dwukrotnie skracają czas niezbędny do wykonania tej czynności.
 - Zwiększenie ich wydajności, co widać przy równoległej pracy wielu programów.
- Dzięki technologii HT stopień wykorzystania jednostek wykonawczych w procesorze Pentium 4 wzrósł do ok. 50%, natomiast wartość współczynnika IPC wzrosła z trzech do pięciu [4].
- W przypadku aplikacji biurowych włączenie hiperwątkowości nic nie dawało.
- Dla programu Adobe Photoshop 6.0 wzrost wydajności wyniósł ok. 13%.

Podsumowaniem zalet tej technologii niech będzie niżej zamieszczona tabela:

Hyper-Threading wg CHIP-a (test dla Windows XP Professional SP1)			
	P4 3,06 Hyper-Threading włączony	P4 3,06 Hyper-Threading wyłączony	Wzrost wydajności
CHIP Benchmark32			
Dhrystone	2 794 032	2 831 096	-1,3%
Whetstones	14 939	10 287	45,2%
Sandra 2001			
CPU Benchmark			
CPU	7 235 MIPS	6 096 MIPS	18,7%
FPU	2 514 MFlops	1 680 MFlops	49,6%
SSE2	6 009 MFlops	3 889 MFlops	54,5%
CPU Multi-Media Benchmark			
CPU Integer (SSE2)	14 538	12 373	17,5%
CPU FPU (SSE2)	220 630	154 460	42,8%
3DMark 2001	6 416	6 432	-0,2%
3D Studio MAX 4.2	25 s	27 s	7,4%
Adobe Photoshop 6.0	110 s	126 s	12,7%
Kompresja MP3 (ejay)	42 s	57 s	26,3%
VirtualDub	59 s	68 s	13,2%
SYSmark 2001	279	257	8,6%
Internet Content Creation	409	392	4,3%
Office Productivity	191	168	13,7%

Hyper-Threading jest nową technologią nie w pełni poznaną i na pewno będzie się jeszcze bardzo dynamicznie rozwijać.

Literatura

1. Intel wprowadza technologię Hyper-Threading w nowym procesorze Pentium 4 z zegarem 3,06 GHz, <http://www.intel.com/pl/pressroom/archive/2002/111402epl.htm>
2. Co można robić dzięki procesorowi Intel Pentium 4 z technologią hiperwątkowości? <http://www.intel.com/pl/pressroom/archive/2002/111402cpl.htm>
3. Technologia Hyper-Threading: fakty, <http://www.intel.com/pl/pressroom/archive/2002/111402dpl.htm>
4. R. Sobkowski, Prawie dwa w jednym, czyli 3,06 GHz, *Enter*, 01, 2003, s. 38. http://www.enter.pl/szukaj/wyniki.asp?plik=/ent2003/01/technologie_prawie.asp

5. Intel Delivers Hyper-Threading Technology with Pentium® 4 Processor 3 GHz Milestone, <http://www.intel.com/pressroom/archive/releases/20021114comp.htm>
6. F. Völkel, B. Töpelt, Athlon XP kontra P4: Porównanie wszystkich procesorów, <http://www.tomshardware.pl/cpu/20011031/xpvsp4-15.html>
7. M. Bienkowski, Schizofrenia procesora, *Chip*, 03, 2003, s. 72.
8. M. Bienkowski, Czarna magia procesora, *Chip*, 02, 2003, s. 62.
9. T. Wolniewicz, Duże moce obliczeniowe, http://www.hpc.uni.torun.pl/lsw/twoln/Dydaktyka/HPC_2000/w1/tsld001.htm
10. M. Lejman, Wszystko da się zmierzyć, *PC World Komputer*, 10, 2002.
11. B. Gain, Wydajność intelowskich procesorów zależy od hiperwątkowości, <http://www.pl.tomshardware.com/cpu/20021202/hyperthreading-05.html>
12. F. Völkel, B. Töpelt, U. Scheffel, Pojedynczy procesor - Podwójne działanie: P4 3.06 GHz z technologią hiperwątkowości, <http://www.tomshardware.pl/cpu/20021114/index.html>
13. Hyper-Threading Technology, *Intel Technology Journal*, 06, 01, February 14, 2002, p. 1. <http://www.intel.com/technology/itj/2002/volume06issue01/index.htm>
14. D. T. Marr, F. Binns, D. L. Hill, G. Hinton, D. A. Koufaty, J. A. Miller, M. Upton, Hyper-Threading Technology Architecture and Microarchitecture, *Intel Technology Journal*, 06, 01, February 14, 2002, art. 01. http://www.intel.com/technology/itj/2002/volume06issue01/art01_hyper/p01_abstract.htm
15. D. Burns, Pre-Silicon Validation of Hyper-Threading Technology, *Intel Technology Journal*, 96, 01, February 14, 2002, art. 02. http://www.intel.com/technology/itj/2002/volume06issue01/art02_presilicon/p01_abstract.htm
16. Presentation Outline, Introduction to Next Generation Multiprocessing: Hyper-Threading Technology, http://developer.intel.com/technology/hyperthread/intro_nexgen/
17. T. Mainelli, The latest Pentium 4 chip reaches 3 GHz and promises you a virtual second processor via Intel's hyperthreading technology, *PC World*, 01, 2003.
18. Intel Pentium 4 3.06GHz with Hyper-Threading Technology in 3ds max 5, <http://www.xbitlabs.com/articles/cpu/display/3dmax5-p4-ht.html>
19. Hyper-Threading Technology for the desktop, http://www.intel.com/homepage/land/hyperthreading_more.htm
20. Hyper-Threading Technology Animation, <http://www.intel.com/ebusiness/products/server/benefits/ar020902.htm>
21. Komputer z technologią Hyper-Threading warto było czekać! <http://www.nss.pl/index.php/article/articleview/363/1/27/>
22. M. Budny, Pentium 4 z dopalaczem, *Chip*, 12, 2002, s. 16.
23. Introduction to Multithreading, Superthreading and Hyperthreading, <http://arstechnica.com/paedia/h/hyperthreading/hyperthreading-2.html>
24. Intel Pentium 4 3.06GHz CPU with Hyper-Threading Technology: Killing Two Birds with a Stone, <http://www.xbitlabs.com/articles/cpu/display/pentium4-3066.html>
25. T. Mainelli, Dwa procesory w jednym, *PC World Komputer*, 02, 2003, s. 44.
26. <http://www.intel.com/pl/pressroom/archive/2002/100702pl.htm>
27. I. Gavrichenkov, Intel's Nearest Plans: FSB 800MHz and Springdale. Details and First Benchmarks <http://www.xbitlabs.com/articles/chipsets/display/springdale.html> <http://www.theinquirer.net/>
28. <http://www.intel.com/pl/pressroom/archive/2002/022602plb.htm>