



Wrocław
University
of Science
and Technology

Przetwarzanie danych masowych

Wykład 2 – Taksonomia metod przetwarzania danych masowych

dr hab. inż. Tomasz Kajdanowicz, Piotr Bielak, Roman Bartusiak

October 12, 2021



HR EXCELLENCE IN RESEARCH



Overview

Typy przetwarzania danych

Taksonomia Flynn'a

Kompilatory



Plan wykładu

Typy przetwarzania danych

Taksonomia Flynn'a

Kompilatory



Typy przetwarzania danych

- ▶ sekwencyjne
- ▶ rozproszone
- ▶ równoległe
- ▶ współbieżne



Przetwarzanie sekwencyjne

Typy przetwarzania danych

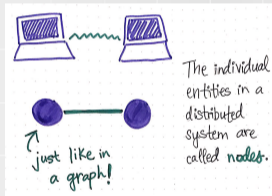
- ▶ przetwarzanie, które odbywa się w kolejności, w jakiej jest otrzymywane do wykonania
- ▶ procesor wykonuje ten sam program



Przetwarzanie rozproszone

Typy przetwarzania danych

- ▶ przetwarza więcej niż jeden komputer (lub procesor)
- ▶ pamięć jest rozproszona!
- ▶ obejmuje przetwarzanie równoległe, w którym jeden komputer wykorzystuje więcej niż jeden procesor do wykonywania programów



- ▶ węzły wykonują operacje, które dekomponują oryginalny duży problem na mniejsze przetwarzanie
- ▶ operacje w węźle są szybkie; komunikacja między węzłami jest powolna
- ▶ węzły działają na własnych zegarach



Przetwarzanie równoległe

Typy przetwarzania danych

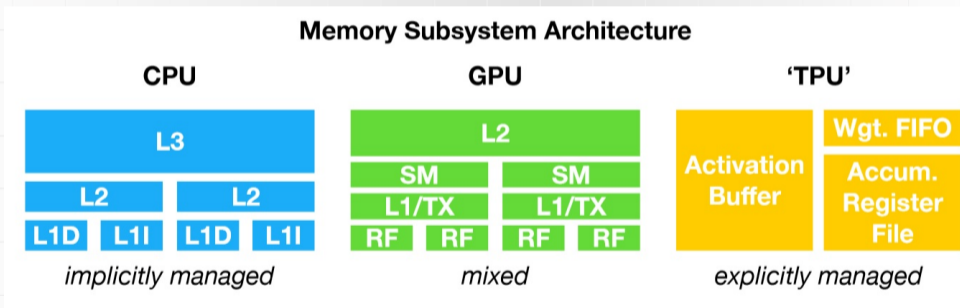
- ▶ Programy wykorzystują sprzęt równoległy do szybszego wykonywania obliczeń
- ▶ Możliwy sprzęt:
 - ▶ procesory wielordzeniowe
 - ▶ symetryczne multiprocesory
 - ▶ procesory graficzne (GPU)
 - ▶ programowalne macierze bramek (field-programmable gate arrays - FPGAs)
 - ▶ klastry obliczeniowe
- ▶ Programowanie równoległe wymaga przemyślenia:
 - ▶ Jak kod dzieli oryginalny duży problem na mniejsze podproblemy?
 - ▶ Jakie jest optymalne wykorzystanie sprzętu równoległego?



CPU - GPU - TPU

Typy przetwarzania danych

- ▶ Architektura podsystemu pamięci



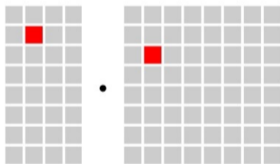


CPU vs GPU vs TPU

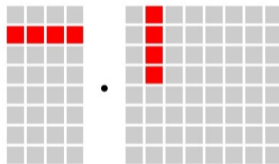
Typy przetwarzania danych

► Obliczanie prymitywów

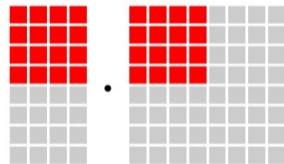
Compute Primitive



scalar



vector



tensor



CPU - GPU - TPU

Typy przetwarzania danych

- ▶ Wymiar danych:
 - ▶ CPU: 1 X 1
 - ▶ GPU: 1 X N
 - ▶ TPU: N X N
- ▶ Wydajność
 - ▶ CPU - dziesiątki operacji na cykl
 - ▶ GPU - dziesiątki tysięcy operacji na cykl
 - ▶ TPU - obecnie* do 128000 operacji na cykl
- ▶ Cel
 - ▶ CPU - programowanie ogólnego przeznaczenia
 - ▶ GPU - rendrowanie grafiki
 - ▶ TPU - przyspieszenie uczenia głębokiego (TensorFlow)



Przetwarzanie współbieżne

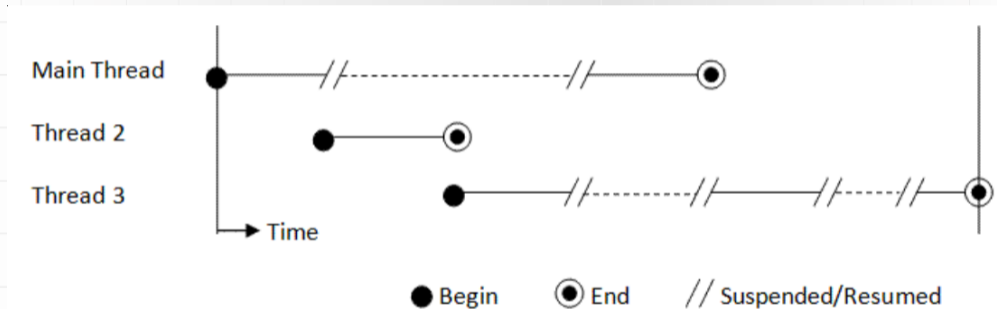
Typy przetwarzania danych

- ▶ współbieżność ma miejsce, gdy wiele sekwencji operacji jest uruchamianych w nakładających się okresach czasu
- ▶ zadanie A i zadanie B muszą zachodzić niezależnie od siebie, A zaczyna działać, a następnie B rozpoczyna się przed zakończeniem A
- ▶ rozwiązuje problem ograniczonych zasobów
- ▶ taksonomia:
 - ▶ wielozadaniowość (multitasking)
 - ▶ wieloprosesowość (multiprocessing)



Przykład przetwarzania współbieżnego

Typy przetwarzania danych

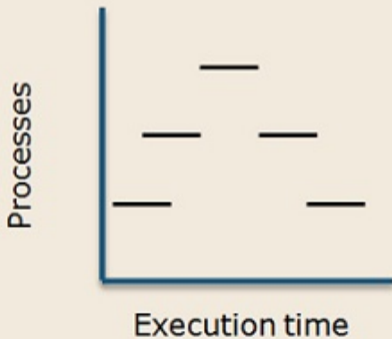




Przetwarzanie współbieżne a równoległe

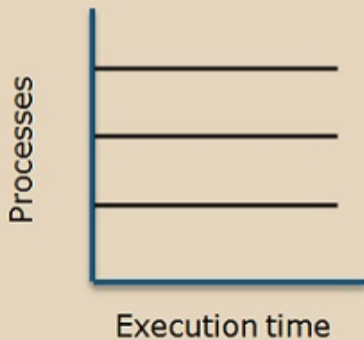
Typy przetwarzania danych

CONCURRENCY



VS

PARALLELISM





Plan wykładu

Typy przetwarzania danych

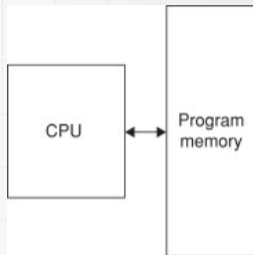
Taksonomia Flynn'a

Kompilatory

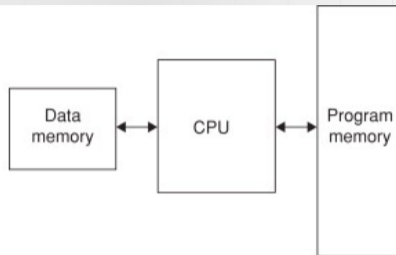


Przypomnienie architektury komputerów

Taksonomia Flynn'a



(a) Von Neumann architecture



(b) Harvard architecture

| Kryterium | Architektura | |
|------------------------------|-----------------|----------------------|
| | (a) | (b) |
| <i>Pamięć/Szyna danych</i> | jedna | dwie |
| <i>Złożoność</i> | niska | wysoka |
| <i>Pojedyncza instrukcja</i> | cykle 2-taktowe | cykle 1-taktowe |
| <i>Wydajność</i> | niska | wysoka (potokowanie) |
| <i>Koszt</i> | niski | wysoki |



Przesyła danych i instrukcji

Taksonomia Flynn'a

W taksonomii Flynna używamy następujących kryteriów do zdefiniowania architektury systemu:

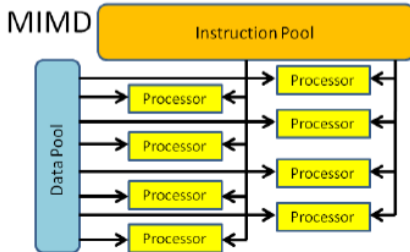
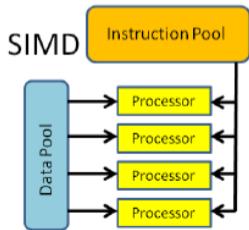
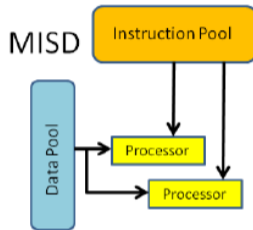
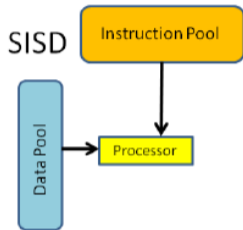
- ▶ ilość **instrukcji** - pojedyncze (single) lub wielokrotne (multiple),
- ▶ ilość strumieni **danych** - pojedyncze (single) lub wielokrotne (multiple),

Akronimy: **(S/M) I (S/M) D**



Architektury

Taksonomia Flynn'a





Przykłady

Taksonomia Flynn'a

- ▶ SISD – komputer sekwencyjny; architektura von Neumanna; wiele komputerów PC przed 2010 r. i komputerów mainframe
- ▶ SIMD – GPU; nowe CPUs z wektoryzacją
- ▶ MISD – komputer systoliczny; systemy odporne na awarie
- ▶ MIMD – klaster, w którym każdy procesor jest programowany osobno; wielordzeniowe procesory superskalarne; systemy rozproszone



Plan wykładu

Typy przetwarzania danych

Taksonomia Flynn'a

Kompilatory



Proces kompilacji, optymalizacja

Kompilatory

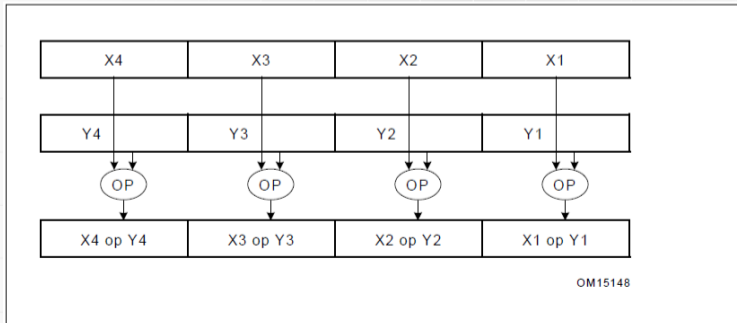
- ▶ nie rozważamy szczegółów kompilacji,
- ▶ języki programowania:
 - ▶ interpretowane (np. Python, JavaScript),
 - ▶ kompilowane (np. C, C++, Rust),
 - ▶ mieszane (np. Java - Bytecode+JVM, Python w niektórych przypadkach),
- ▶ interpretowane języki są generalnie wolniejsze niż skompilowane
- ▶ jest to spowodowane dużymi optymalizacjami, które są stosowane w procesie kompilacji, m.in.
 - ▶ *usunięcie nieużywanego kodu* – jeśli kompilator wykryje, że jakaś zmienna, funkcja itp. jest zadeklarowana, ale nigdy nie jest używana, to wszystkie instrukcje dotyczące tej zmiennej są usuwane (może to być problematyczne w niektórych przypadkach, np. w systemach wbudowanych; patrz: *volatile* w C/C++)
 - ▶ *rozwijanie pętli w operacje wektorowe* – ...



Wektoryzacja

Kompilatory

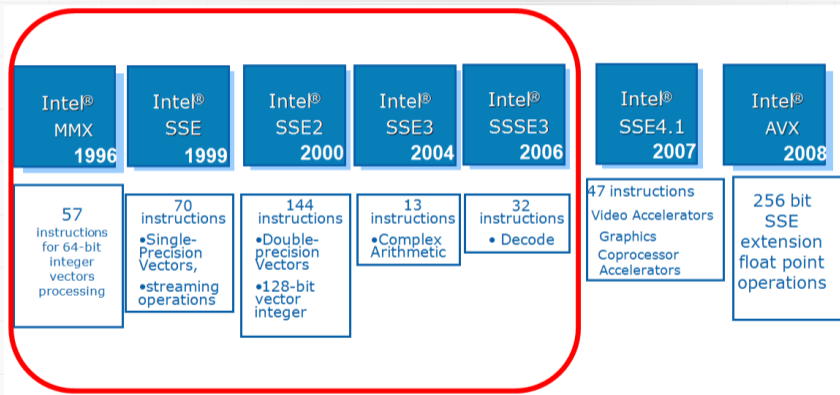
- ▶ 32/64-bit CPUs używa rejestry ogólnego przeznaczenia o pojemności 32/64 bitów każdy,
- ▶ istnieją pewne *specjalne rejestry* o rozmiarze równym wielokrotności rozmiaru architektury (wielokrotność 32/64 bitów),
- ▶ operacje na tych rejestrach zajmują jeden cykl CPU,
- ▶ dzięki temu możemy przyspieszyć obliczenia





Rejstry wektorowe

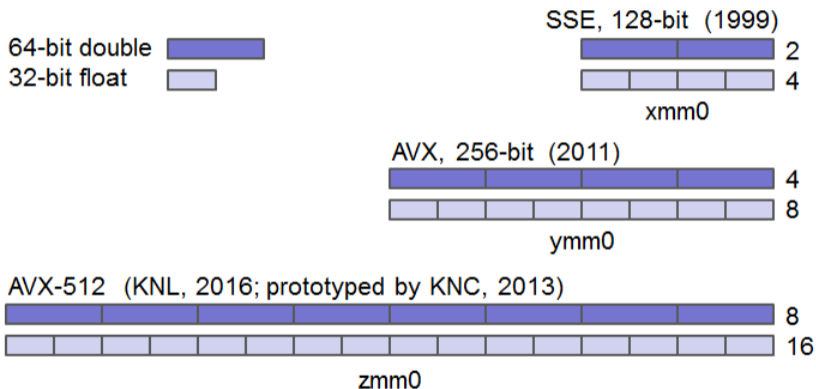
Kompilatory





Rejestry wektorowe

Kompilatory





Przetwarzanie danych masowych

Wykład 2 – Taksonomia metod przetwarzania danych masowych

dr hab. inż. Tomasz Kajdanowicz, Piotr Bielak, Roman Bartusiak

October 12, 2021