

## Лекція №4

# **Класифікація паралельних обчислювальних систем**

З матеріалу попередніх лекцій зрозуміло, що існує багато різних способів організації паралельних обчислювальних систем. Серед найбільш розповсюдженої архітектури можна вказати

- векторно-конвеєрні
- масивно-паралельні
- матричні системи
- спецпроцесори
- кластери,
- комп'ютери із багатопотоковою архітектурою.

У зв'язку з різноплановістю розроблених систем виникла потреба класифікувати паралельні системи.

## Класифікація Флінна

Ця класифікація архітектур була запропонована в 1966 р. М. Флінном і вважається першою і найбільш розповсюдженою класифікацією. Класифікація Флінна заснована на понятті потоку, під яким мається на увазі послідовність команд або даних, які опрацьовує процесор. На основі кількості потоків команд та даних Флінн вирізняє чотири класи архітектури.

SISD (Single Instruction stream/Single Data stream) — одиничний потік команд та одиничний потік даних, наведений на рис. 1 (ПР — процесор, ПД — пам'ять даних, УУ — управляючий пристрій).

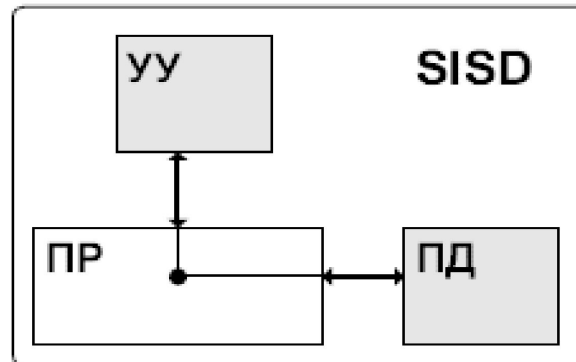


Рис. 1. Клас SISD класифікації  
Флінна

До класу SISD належать, перед усім, класичні послідовні машини із архітектурою фон Неймана, наприклад, PDP-11 або VAX 11/780.

В таких машинах:

- є тільки один потік команд
- усі команди обробляються послідовно одна за одною
- кожна з команд породжує одну скалярну операцію.

При цьому неважливо, що для збільшення швидкості обробки команд і швидкості арифметичних операцій може бути застосована конвеєрна обробка даних.

## Технології розподілених систем та паралельних обчислень

SIMD (Single Instruction stream/Multiple Data stream) — одиничний потік команд та множинний потік даних (рис. 2).

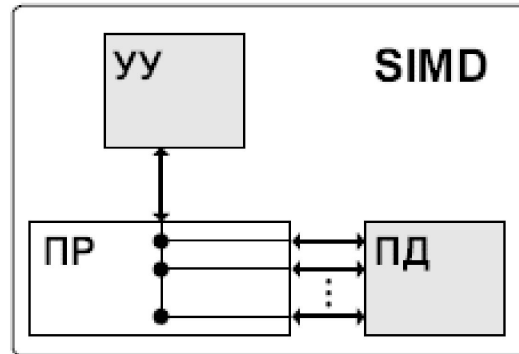


Рис. 2. Клас SIMD класифікації Флінна

У подібній архітектурі зберігається один потік команд, який включає, на відміну від попереднього класу, векторні команди. Це дає змогу виконувати арифметичні операції відразу з багатьма даними, наприклад елементами вектора. Спосіб виконання строго не фіксується. Він може бути реалізований або з використанням процесорної матриці, як у ILLIAC IV, або за допомогою конвеєра, як у машині Cray-1.

## Технології розподілених систем та паралельних обчислень

MISD (Multiple Instruction stream/Single Data stream) — множинний потік команд і одиночний потік даних (рис. 3).

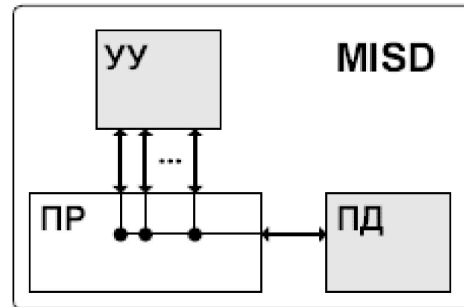


Рис. 3. Клас MISD класифікації Флінна

У визначенні мають на увазі, що наявність у архітектурі багатьох процесорів, які опрацьовують один і той самий потік даних. У [1] наведено аргументацію того, що даний клас потрібно вважати порожнім.

Технології розподілених систем та паралельних  
обчислень

MIMD (Multiple Instruction stream/Multiple  
Data stream) — множинний потік команд та  
множинний потік даних (див. рис. 4).

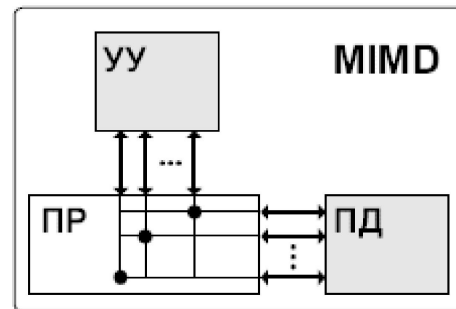


Рис. 4. Клас DISD класифікації  
Флінна

Цей клас містить обчислювальні системи, які мають кілька пристроїв обробки даних. Він є надзвичайно широким і, зокрема, містить різноманітні мультипроцесорні системи: Cm\*, C.mmp, Cray Y-MP, Intel Paragon та багато інших. Якщо конвеєрну обробку розглядати як виконання послідовності різних команд (стадій конвеєра) не над одиночним векторним потоком даних, а над множинним скалярним потоком, то усі векторно-конвеєрні комп'ютери можна віднести до класу MIMD.

Недоліком класифікації Флінна є те, що деякі важливі системи, наприклад dataflow та векторно-конвеєрні машини, чітко не вписуються у дану класифікацію. Інший недолік — надмірна наповненість останнього класу MIMD. Цей недолік подолано у класифікації Р. Хокні, який провів більш ретельну класифікацію машин класу MIMD [1].



## Класифікація Фенга

Принципові інший підхід до класифікації був запропонований Т. Фенгом у 1972 році. Згідно до цього підходу класифікація проводиться по двом простим характеристикам. Перша — число  $n$  бітів у машинному слові, які опрацьовуються паралельно при виконанні машинних інструкцій. Майже для усіх сучасних машин це число співпадає із довжиною машинного слова. Друга характеристика рівна числу слів  $m$ , які одночасно обробляє дана обчислювальна система.

Кожну обчислювальну систему можна описати парою чисел  $(n, m)$ . Добуток  $P = n \times m$  визначає інтегральну характеристику потенціалу обчислювальної системи, яку Фенг назвав максимальною ступеню паралелізму обчислювальної системи. По сутті, це не що інше, як пікова продуктивність, виражена у інших одиницях.

Покажемо обчислення характеристик Фенга на прикладі комп'ютера Advanced Scientific Computer фірми Texas Instruments (TI ASC). У основному режимі він обробляє 64-розрядне слово, причому усі розряди опрацьовуються паралельно. Арифметично-логічний пристрій має чотири одночасно працюючих 8-стадійних конвеєрів. При такій

$$4 \times 8 = 32$$

організації слова можуть оброблятися одночасно, і отже комп'ютер TI ASC може бути поданий у вигляді  $(64, 32)$ .

Технології розподілених систем та паралельних обчислень  
На основі запропонованої Фенгом класифікації можна виокремити чотири класи комп'ютерів:

1. Розрядно-послідовні, послівно-послідовні  $(n=1, m=1)$ . У кожний момент часу на таких машинах обробляється тільки один двійковий розряд.
2. Розрядно-паралельні, послівно-послідовні  $(n>1, m=1)$ . Більшість класичних послівних комп'ютерів, так само як багато обчислювальних систем з описами  $(16, 1)$  або  $(32, 1)$ , які існували до ери багатоядерних машин.
3. Розрядно-послідовні, послівно-паралельні  $(n=1, m>1)$ . Обчислювальні системи цього класу складаються із великої кількості однорозрядних процесорних елементів, кожний з яких працює незалежно від інших. Типовим прикладом є ICL DAP  $(1, 4096)$ .
4. Розрядно-паралельні, послівно-паралельні  $(n>1, m>1)$ . Переважна більшість паралельних обчислювальних систем, які опрацьовують одночасно  $n \times m$  двійкових розрядів, відноситься до цього класу: ILLIAC IV  $(64, 64)$ , TI ASC  $(64, 32)$  та багато інших.

Недолік класифікації пов'язані зі способом обчислення числа  $m$ . При цьому Фенг ігнорує відмінність між процесорними матрицями, векторно-конвеєрними та багатопроцесор-ними системами.

Слід зазначити, що запропоновано значне число інших способів класифікації: Хендлера, Шнайдера, Скіллкорна [1] і т. д.

Технології розподілених систем та паралельних  
обчислень

**Дякую за увагу!**