

13.2 КЛАСИФІКАЦІЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Під обчислювальною системою розуміють сукупність взаємопов'язаних і взаємодіючих процесорів або ЕОМ, периферійного обладнання та програмного забезпечення, призначену для збору, зберігання, обробки і розподілу інформації. Термін «обчислювальна система» з'явився в середині 60-х років з появою

ЕОМ третього покоління. Його часто використовують стосовно однопроцесорних комп'ютерів. Однак загальним тут є підкреслення можливості побудови паралельних гілок в обчисленнях, що не передбачалося класичною структурою ЕОМ.

Відмінною особливістю обчислювальних систем по відношенню до ЕОМ є наявність в них декількох обчислювачів, що реалізують паралельну обробку. Паралелізм – основа високопродуктивної роботи всіх підсистем обчислювальних машин. Організація пам'яті будь-якого рівня ієрархії, організація системного введення-виведення, організація мультиплексування шин базуються на принципах паралельної обробки запитів. Сучасні операційні системи є багатозадачними і розрахованими на багато користувачів, імітуючи паралельне виконання програм за допомогою механізму переривань.

Створення обчислювальних систем переслідує наступні основні цілі: підвищення продуктивності системи за рахунок прискорення процесів обробки даних, підвищення надійності та достовірності обчислень, надання користувачам додаткових сервісних послуг тощо [37].

Існує велика кількість ознак, за якими **класифікують** обчислювальні системи: за цільовим призначенням і виконуваних функцій, за типами і кількістю ЕОМ або процесорів, з архітектури системи та інші. Проте основними з них є ознаки структурної і функціональної організації обчислювальної системи.

За призначенням обчислювальні системи ділять на універсальні і спеціалізовані. Універсальні обчислювальні системи призначаються для розв'язання найрізноманітніших задач. Спеціалізовані системи орієнтовані на розв'язання вузького класу задач.

За типом обчислювальні системи поділяються на багатомашинні і багатопроцесорні обчислювальні системи. Багатомашинні обчислювальні системи

(БМС) з'явилися історично першими. Основні відмінності БМС полягають, як правило, в організації зв'язку та обмін інформацією між ЕОМ комплексу. Кожна з них зберігає можливість автономної роботи і управляється власною ОС. Будь-яка інша підключена ЕОМ комплексу розглядається як периферійне спеціальне обладнання. Залежно від територіальної роз'єднаності ЕОМ і використовуваних засобів сполучення забезпечується різна оперативність їх інформаційної взаємодії.

Багатопроцесорні системи (БПС) будуються при об'єднанні кількох процесорів. В якості єдиного ресурсу вони мають загальну оперативну пам'ять (ЗОП). Паралельна робота процесорів і використання ЗОП забезпечується під управлінням єдиної операційної системи. Багато дослідників вважають, що використання БПС є основним магістральним шляхом розвитку обчислювальної техніки нових поколінь [25; 28].

Однак БПС мають і суттєві недоліки. Вони, в першу чергу, пов'язані з ресурсами ЗОП. При великій кількості процесорів комплексу можливе виникнення конфліктних ситуацій, коли кілька процесорів звертаються з операціями типу «читання» і «запис» до одних і тих же областей пам'яті.

Крім процесорів до ЗОП також підключаються всі канали (процесори введення-виведення), засоби вимірювання часу тощо. Тому другим серйозним недоліком БПС є проблема комутації абонентів і доступу їх до ЗОП. Від того, наскільки вдало вирішуються ці проблеми, і залежить ефективність застосування БПС. Це рішення повинно забезпечуватися апаратно-програмними засобами. Процедури взаємодії дуже ускладнюють структуру ОС БПС. Накопичений досвід побудови подібних систем показав, що вони ефективні при невеликому числі процесорів.

За типом ЕОМ або процесорів, які використовуються для побудови обчислювальних систем, розрізняють однорідні і неоднорідні системи. Однорідні системи припускають об'єднання однотипних ЕОМ (процесорів), неоднорідні – різнотипних. В однорідних системах значно спрощується розробка і обслуговування технічних і програмних (в основному ОС) коштів. У них забезпечується можливість стандартизації та уніфікації з'єднань і процедур взаємодії елементів системи.

За ступенем територіальної роз'єднаності обчислювальних модулів обчислювальні системи діляться на системи суміщеного (зосередженого) і розподіленого (роз'єданого) типів. Зазвичай такий розподіл стосується лише БМС.

Багатопроцесорні системи відносяться до систем суміщеного типу. Більш того, з огляду на успіхи мікроелектроніки, це поєднання може бути дуже глибоким.

За методами управління елементами обчислювальні системи розрізняють централізовані, децентралізовані і зі змішаним керуванням. Крім паралельних обчислень, вироблених елементами системи, необхідно виділяти ресурси на забезпечення управління цими обчисленнями. У централізованих обчислювальних системах за це відповідає головна, або диспетчерська ЕОМ (процесор). Її завданням є розподіл навантаження між елементами, виділення ресурсів, контроль стану ресурсів, координація взаємодії. Централізований орган управління в системі може бути жорстко фіксований або ці функції можуть передаватися іншій ЕОМ (процесору), що сприяє підвищенню надійності системи. Централізовані системи мають більш прості ОС.

У децентралізованих системах функції управління розподілені між її елементами. Кожна ЕОМ (процесор) системи зберігає відому автономію, а необхідна взаємодія між елементами встановлюється за спеціальними наборами сигналів. З розвитком обчислювальних систем і, зокрема, мереж ЕОМ, інтерес до децентралізованих систем стає дедалі більше.

У системах зі змішаним керуванням поєднуються процедури централізованого та децентралізованого управління. Перерозподіл функцій здійснюється в ході обчислювального процесу, виходячи з ситуації, що склалася. За архітектурою системи. Оскільки обчислювальні системи з'явилися як паралельні системи, то розглянемо ще раз класифікацію архітектур, запропоновану М. Флінном на початку 60-х років, з цієї точки зору (рис. 13.1). В її основу закладено два можливих види паралелізму: незалежність потоків завдань (команд), які існують в системі, і незалежність даних, які обробляються в кожному потоці. Згідно з цією класифікацією існує чотири основних архітектури обчислювальних систем.

Архітектура ОКОД (одиначний потік команд – одиначний потік даних, SISD) охоплює всі однопроцесорні і одномашинні варіанти систем, тобто системи з одним обчислювачем. Всі ЕОМ класичної структури потрапляють в цей клас. Тут паралелізм обчислень забезпечується шляхом поєднання виконання операцій окремими блоками АЛП, а також паралельною роботою пристроїв введення-виведення інформації та

процесора. Закономірності організації обчислювального процесу в цих структурах досить добре вивчені.

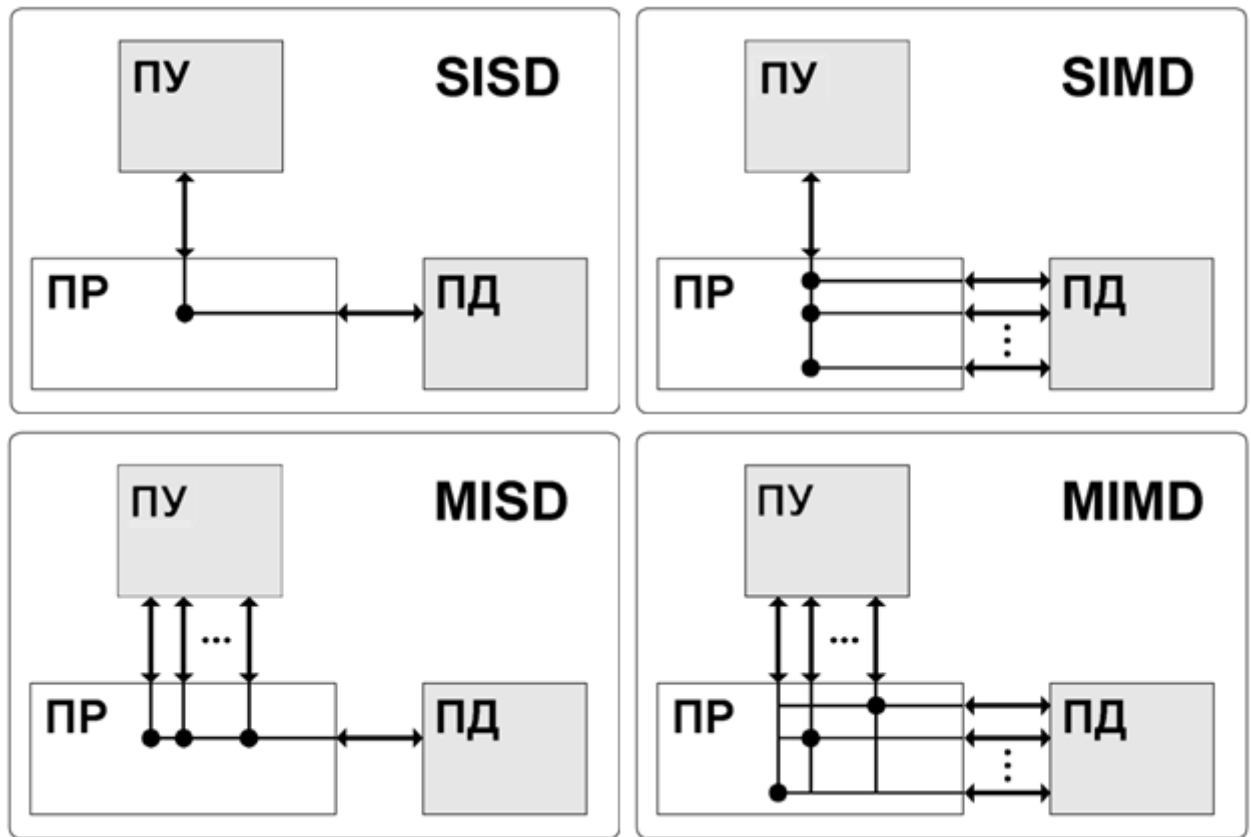


Рисунок 13.1 – Класифікація архітектур обчислювальних систем Флінна

Архітектура ОКМД (одиначний потік команд – множинний потік даних, SIMD) передбачає створення структур векторної або матричної обробки. Системи цього типу зазвичай будуються як однорідні. Процесорні елементи, що входять в систему, ідентичні, і всі вони підкоряються одній і тій же послідовності команд. Однак кожен процесор обробляє свій потік даних.

Під цю схему добре підходять задачі обробки матриць або векторів (масивів), задачі розв'язання систем лінійних і нелінійних, алгебраїчних і диференціальних рівнянь. У структурах даної архітектури бажано забезпечувати з'єднання між процесорами, які б нагадували матрицю, де кожен процесорний елемент пов'язаний з сусідніми. Векторний або матричний тип обчислень є необхідним атрибутом будь-якої супер-ЕОМ.

Архітектура МКОД (множинний потік команд – одиначний потік даних, MISD) передбачає побудову своєрідного процесорного конвеєра, в якому результати

обробки передаються від одного процесора до іншого по ланцюжку. Вигоди такого виду обробки зрозумілі. Однак у більшості алгоритмів дуже важко виявити подібний, регулярний характер в обчисленнях. Крім того, на практиці не можна забезпечити і «велику довжину» такого конвеєра, при якій досягається найвищий ефект. Разом з тим конвеєрна схема знайшла застосування в так званих скалярних процесорах супер-ЕОМ, в яких вони застосовуються як спеціальні процесори для підтримки векторної обробки.

Архітектура МКМД (множинний потік команд – множинний потік даних, MIMD) передбачає, що всі процесори системи працюють з різними програмами і з індивідуальним набором даних. У найпростішому випадку вони можуть бути автономні і незалежні. Така схема використання обчислювальних систем часто застосовується на багатьох великих обчислювальних центрах для збільшення пропускної спроможності центру. Такі системи зазвичай називають багатопроцесорними. Цей клас поділяється на два великих підкласи:

1. З загальною для всіх процесорів пам'яттю. Це спрощує обладнання, але кількість процесорів обмежена пропускною здатністю пам'яті.
2. З індивідуальною пам'яттю для кожного процесора. Число процесорів не обмежується, але міжпроцесорний обмін даними знижує потенційне прискорення.

З плином часу з'явилася різновид цієї технології, яка називається SPMD (Single Program – Multiple Data), яка використовується в багатопроцесорних системах з загальною пам'яттю SMP (Symmetric Multiprocessing).

Побудова обчислювальної системи будь-якого типу передбачає, що модулі, що об'єднуються в систему, повинні бути сумісні. Поняття сумісності включає три аспекти: апаратний, або технічний, програмний та інформаційний. Технічна (HardWare) сумісність передбачає виконання наступних умов:

- підключена один до одного апаратура повинна мати єдині стандартні, уніфіковані засоби з'єднання: кабелі, число проводів в них, єдине призначення проводів, роз'єми, заглушки, адаптери, плати тощо;
- параметри електричних сигналів, якими обмінюються технічні пристрої, повинні відповідати один одному: амплітуди імпульсів, полярність, тривалість тощо;
- алгоритми взаємодії (послідовності сигналів по окремим проводам) не повинні вступати в протиріччя один з одним.

Останній пункт тісно пов'язаний з програмною сумісністю. Програмна сумісність (SoftWare) вимагає, щоб програми, що передаються з одного технічного засобу в інший (між ЕОМ, процесорами, між процесорами і зовнішніми пристроями) були правильно зрозумілі і виконані іншим пристроєм.

Якщо обмінюються пристрої ідентичні один одному, то проблем зазвичай не виникає. Якщо взаємодіючі пристрої відносяться до одного і того ж сімейства ЕОМ, але стикаються різні моделі, то сумісність забезпечується «знизу-вгору», тобто раніше створені програми повинні виконуватися і на новітніх моделях, але не навпаки. Якщо ж стикається апаратура, яка має абсолютно різну систему команд, то слід обмінюватися вихідними модулями програм з подальшою їх трансляцією.

Інформаційна сумісність передбачає, що інформаційні масиви, які передаються, будуть однаково інтерпретуватися модулями обчислювальної системи. Повинні бути стандартизовані алфавіти, розрядність, формати, структура і розмітка файлів тощо.

Серед розглянутих структур обчислювальних систем МКМД-структури є найбільш цікавим класом структур обчислювальних систем для досягнення найкращого паралелізму. Уже з назви МКМД-структур видно, що в даних системах можна знайти всі перераховані види паралелізму. Цей клас дає велику різноманітність структур, які сильно відрізняються один від одного своїми характеристиками (рис. 13.2).

Важливу роль в обчислювальних системах відіграють способи взаємодії комп'ютерів або процесорів у системі. У сильнозв'язаних системах досягається висока оперативність взаємодії процесорів за допомогою загальної оперативної пам'яті. При цьому користувач має справу з багатопроцесорною організацією.

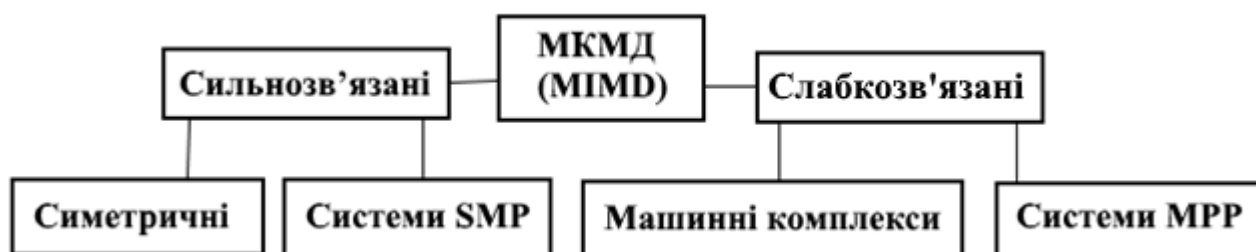


Рисунок 13.2 – Типові структури обчислювальних систем в МКМД-класі

Найбільш простими за будовою і організацією функціонування є однорідні, симетричні структури. Вони забезпечують простоту підключення процесорів і не

вимагають дуже складних централізованих операційних систем, що розміщуються на одному з процесорів.

Однак при побудові таких систем виникає багато проблем з використанням загальної оперативної пам'яті. Число об'єднаних процесорів не може бути велике, воно не перевищує 16. Для зменшення числа звернень до пам'яті і конфліктних ситуацій може використовуватися багатоблокова побудова ОП, функціональне закріплення окремих блоків за процесорами, постачання процесорів з власною пам'яттю типу кеш. Але всі ці методи не вирішують проблеми підвищення продуктивності обчислювальних систем в цілому. Апаратурні витрати при цьому істотно зростають, а продуктивність систем збільшується незначно.

Поява потужних мікропроцесорів типу Pentium призвело до експериментів зі створення багатопроцесорних систем на їх основі. Так, для включення потужних серверів в локальні мережі персональних комп'ютерів була запропонована дещо змінена структура використання ЗОП – SMP (Shared Memory multiProcessing – мультипроцесування з розподілом пам'яті). На загальній шині оперативної пам'яті можна об'єднати кілька мікропроцесорів.

Слабкозв'язані МКМД-системи можуть будуватися як багатомашинні комплекси або використовувати в якості засобів передачі інформації загальне поле зовнішньої пам'яті на дискових накопичувачах великої ємності.

Невисока оперативність взаємодії заздалегідь визначає ситуації, в яких число міжпроцесорних конфліктів при зверненні до загальних даних і один до одного було б мінімальним. Для цього необхідно, щоб комп'ютери комплексу обмінювалися один з одним з невеликою частотою, забезпечуючи автономність процесів (програми і дані до них) і паралелізм їх виконання. Тільки в цьому випадку забезпечується належний ефект. Ці проблеми вирішуються в комп'ютерних мережах.

Успіхи мікроінтегральної технології дозволяють розширити межі і цього напрямку. Можна побудувати системи з десятками, сотнями і навіть тисячами процесорних елементів, розміщуючи їх у безпосередній близькості. Якщо кожен процесор системи має власну пам'ять, то він також буде зберігати відому автономію в обчисленнях. Вважається, що саме такі системи займуть домінуюче становище у світі комп'ютерів найближчі 10-15 років. Подібні обчислювальні системи отримали назву систем з масовим паралелізмом (Mass-Parallel Processing, MPP).

Всі процесорні елементи в таких системах повинні бути пов'язані єдиним комутаційним середовищем. Але тут виникають проблеми, аналогічні ОКМД системам, але на новій технологічній основі.

Передача даних в MPP-системах передбачає обмін не окремими даними під централізованим управлінням, а підготовленими процесами (програмами разом з даними). Цей принцип побудови обчислень вже не відповідає принципам програмного управління класичної ЕОМ. Передача даних процесу за його готовністю більше відповідає принципам побудови «потоків машин» (машин, керованих потоками даних). Подібний підхід дозволяє будувати системи з величезною продуктивністю і реалізовувати проекти з будь-якими видами паралелізму, наприклад, перейти до «SIMD обчислень» з довільним паралелізмом. Однак, для цього необхідно вирішити цілий ряд проблем, пов'язаних з описом і програмуванням комутацій процесів і управління ними. Математична база цієї науки в даний час практично відсутня.