

1. Вступ.
2. Масивно-паралельні системи.
3. Симетричні мультипроцесорні системи.
4. Системи з неоднорідним доступом до пам'яті.
5. Паралельні векторні процесори.
6. Кластерні системи.

### 1. Вступ.

Основним параметром класифікації паралельних комп'ютерів є наявність спільної (SMP) чи розподіленої пам'яті (MPP). Щось середнє між SMP і MPP являють собою NUMA - архітектури, де пам'ять фізично розподілена, але на логічному рівні загальнодоступна. Кластерні системи є дешевшим варіантом MPP. За підтримкою команд обробки векторних даних говорять про векторно - конвексні процесори, які, у свою чергу можуть об'єднуватися в RVP - системи з використанням загальної чи розподіленої пам'яті. Усе більшу популярність дістають ідеї комбінування різних архітектур в одній системі і побудови неоднорідних систем.

При організації розподілених обчислень у глобальних мережах, наприклад, Інтернет говорять про мета - комп'ютери, які, строго кажучи, не є паралельними архітектурами. Розглянемо основні типи комп'ютерів за такими ознаками: *особливості архітектури, приклади конкретних комп'ютерів, перспективи масштабованості, типові особливості побудови операційних систем, найхарактерніша модель програмування.*

### 2. Масивно - паралельні системи (MPP)

Блок-схема MPP наведена на рис.6.1, характеристики – в табл.6.1.

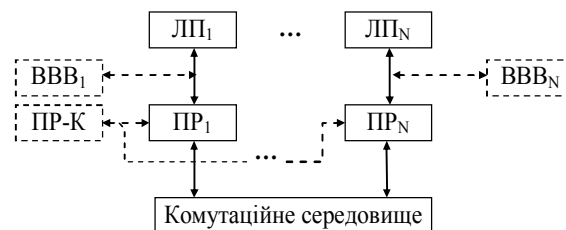


Рис.6.1. Блок-схема MPP

На рис.6.1 позначено: ЛП – локальна пам'ять, ПР – процесор, ПР-К – процесор комутаційний, ВВВ – вузол вводу-виводу. Пунктирними лініями позначені необов'язкові вузли і лінії зв'язку.

Перевагами MPP є хороша масштабованість і висока швидкодія (серед розглянутих схем – найшвидша); недоліками – великий час міжпроцесорного обміну, використання кожним ПР обмеженого об'єму локального банку даних, висока ціна програмного забезпечення.

### 3. Симетричні мультипроцесорні системи (SMP)

Блок-схема SMP наведена на рис.6.2, характеристики – в табл.6.2.



Рис.6.2. Блок-схема SMP

Перевагами SMP є: простота організації, універсальність при програмуванні, простота експлуатації, невисока ціна; недоліком – погана масштабованість.

Таблиця 6.1. Характеристики MPP

Архітектура	Система складається з однорідних обчислювальних вузлів, що включають: - один чи кілька центральних процесорів (звичайно RISC);
-------------	---

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- локальну пам'ять (прямий доступ до пам'яті інших вузлів неможливий);</li> <li>- комунікаційний процесор чи мережний адаптер;</li> <li>- іноді - тверді диски (як у SP) і/чи інші пристрої введення/виведення.</li> </ul> <p>До системи можуть бути додані спеціальні вузли введення/виведення і вузли керування. Вузли зв'язані через деяке комунікаційне середовище (високошвидкісна мережа, комутатор і т.п.)</p>
Приклади	IBM RS/6000 SP2, Intel Paragon/Asci Red, SGI/CRAY T3E, Hitachi SR8000, трансп'ютерні системи Parsytec.
Масштабованість	Загальне число процесорів у реальних системах досягає декількох тисяч (Asci Red, Blue Mountain).
Операційна система	Існують два основних варіанти: 1. Повноцінна ОС працює тільки на керуючій машині (front - end), на кожному вузлі працює сильно урізаний варіант ОС, що забезпечують тільки роботу розташованих в них паралельних задач. Приклад: Cray T3E. 2. На кожному вузлі працює повноцінна UNIX - подібна ОС (варіант , близький до кластерного підходу). Приклад: IBM RS/6000 SP + ОС AIX, що встановлюються окремо на кожному вузлі.
Модель програмування	Програмування в рамках моделі передачі повідомлень (MPI, PVM, BSPlib)

Таблиця 6.2. Характеристики SMP

Архітектура	Система складається з декількох однорідних процесорів і масиву загальної пам'яті (звичайно з декількох незалежних блоків). Усі процесори мають доступ до будь-якої комірки пам'яті з однаковою швидкістю. Процесори підключені до пам'яті або за допомогою загальної шини (базові 2 - 4 процесорні SMP - сервери), або за допомогою crossbar - комутатора (HP 9000). Апаратно підтримується когерентність кешів
Приклади	HP 9000 V - class, N - class; SMP - сервери і робочі станції на базі процесорів Intel (IBM, HP, Compaq, Dell, ALR, Unisys, DG, Fujitsu і ін.)
Масштабованість	Наявність загальної пам'яті спрощує взаємодія процесорів між собою, проте накладає сильні обмеження на їхнє число - не більш 32 у реальних системах. Для побудови масштабованих систем на базі SMP використовуються кластерні чи NUMA - архітектури .
Операційна система	Уся система працює під керуванням єдиної ОС (звичайно UNIX - подібної, але для Intel - платформ підтримується Windows NT). ОС автоматично (у процесі роботи) розподіляє процеси/нитки по процесорах ( scheduling), але іноді можлива і явна прив'язка.
Модель програмування	Програмування в моделі загальної пам'яті. (POSIX threads, OpenMP). Для SMP – систем існують порівняно ефективні засоби автоматичного розпаралелення.

#### 4. Системи з неоднорідним доступом до пам'яті (NUMA)

Блок -схема NUMA наведена на рис.6.3, характеристики – в табл.6.3.

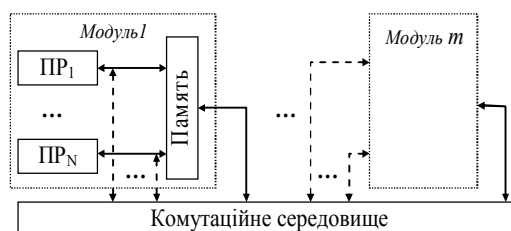


Рис.6.3. Блок-схема NUMA

Переваги системи NUMA забезпечуються зручністю систем з спільною пам'яттю і дешевизною систем з розподіленою пам'яттю.

Таблиця 6.3. Характеристики NUMA

Архітектура	Склад: однорідні базові модулі (комірки) з невеликого числа процесорів і блоку пам'яті. Модулі об'єднані за допомогою високошвидкісного комутатора. Підтримується єдиний адресний простір, апаратно підтримується доступ до віддаленої пам'яті. Доступ до локальної пам'яті в кілька разів швидший, ніж до віддаленої. У випадку апаратного підтримання когерентності кешів у всій системі говорять про архітектуру cc - NUMA (cache - coherent NUMA)
Приклади	HP HP 9000 V - class у SCA - конфігураціях, SGI Origin2000, Sun HPC 10000, IBM/Sequent NUMA - Q 2000, SNI RM600.
Масштабованість	Обмежується об'ємом адресного простору, можливостями апаратури підтримки когерентності кешів і можливостями ОС по керуванню великим числом процесорів.
Операційна система	Система працює під керуванням єдиної ОС, як у SMP. Можливі варіанти коли окремі "частини" системи працюють під керуванням різних ОС (наприклад, Windows NT і UNIX у NUMA - Q 2000).
Модель програмування	Аналогічно SMP.

## 5. Паралельні векторні системи (PVP)

Блок - схема PVP наведена на рис.6.4, характеристики – в табл.6.4.

Таблиця 6.4. Характеристики PVP

Архітектура	Основна ознака - наявність спеціальних векторно – конвеєрних процесорів, у яких передбачені команди однотипної обробки векторів незалежних даних, що ефективно виконуються на конвеєрних функціональних пристроях. Як правило, кілька таких процесорів (1 - 16) працюють одночасно над спільною пам'яттю (аналогічно SMP) у рамках багатопроцесорних конфігурацій. Кілька таких вузлів можуть бути об'єднані за допомогою комутатора (аналогічно MPP).
Приклади	NEC SX - 4/SX - 5, лінія векторно - конвеєрних комп'ютерів CRAY: CRAY - 1, CRAY J90/T90, CRAY SV1, серія Fujitsu VPP.
Модель програмування	Ефективне програмування має на увазі векторизацію циклів (для досягнення розумної продуктивності одного процесора) і їх розпаралелення (для одночасного завантаження декількох процесорів однією задачею).

Перевагами PVP є висока швидкодія і практично відсутність проблеми взаємодії між процесорами; недоліком – висока вартість.

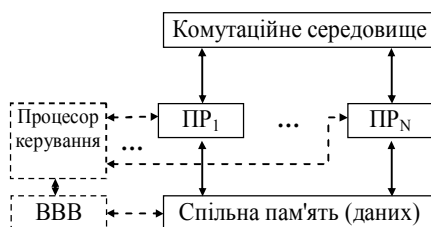


Рис. 6.4. Блок-схема PVP

## 6. Кластерні системи

Характеристики кластерної системи наведені в табл.6.5.

Таблиця 6.5. Характеристики кластерних систем

Архітектура	Набір робочих станцій (чи ПК) загального призначення, використовується як дешевий варіант масивно – паралельного
-------------	--

	<p>комп'ютера. Для зв'язку вузлів використовується одна з стандартних мережних технологій (Fast/ Gigabit Ethernet, Myrinet) на базі шинної чи архітектури комутатора.</p> <p>При об'єднанні в кластер комп'ютерів різної потужності чи різної архітектури, говорять про гетерогенні (неоднорідні) кластери. Вузли кластера можуть одночасно використовуватися як користувацькі робочі станції.</p>
Приклади	NT - кластер у NCSA , Beowulf - кластери.
Операційна система	Використовуються стандартні для робочих станцій ОС, найчастіше, вільно розповсюджені - Linux/FreeBSD, разом зі спеціальними засобами підтримки паралельного програмування і розподілу навантаження.
Модель програмування	Програмування, як правило, у рамках моделі передачі повідомлень (найчастіше - MPI ). Дешевизна подібних систем обертається великими накладними витратами на взаємодію паралельних процесів між собою, що сильно звужує потенційний клас розв'язуваних задач.