

## 13.5 МУЛЬТИПРОЦЕСОРНІ СИСТЕМИ З ПЕРЕДАЧЕЮ ПОВІДОМЛЕНЬ

Обчислювальні системи, як потужні засоби обробки завдань користувачів, широко використовуються не тільки автономно, але і в мережах ЕОМ в якості серверів.

Зі збільшенням розмірів мереж і їх розвитком зростають щільності інформаційних потоків, навантаження на засоби доступу до мережевих ресурсів і на засоби обробки завдань. Коло задач, що розв'язуються серверами, постійно розширюється, стає різноманітним і складним. Чим вище ранг мережі, тим більше спеціалізованими вони стають. Адміністратори мереж повинні постійно нарощувати їх міць і кількість, оптимізуючи характеристики мережі під зростаючі запити користувачів.

У мережах перших поколінь сервери будувалися на основі великих і дуже дорогих ЕОМ (mainframe), що випускаються цілою низкою компаній. Всі вони працювали під управлінням ОС Unix і здатні були об'єднуватися для спільної роботи.

Як і у всякій технології, що розвивається, складні універсальні сервери різних фірм-виробників повинні були поступитися місцем стандартним масовим рішенням. Успіхи мікроелектроніки, широке поширення Internet/Intranet- технологій дозволили перейти до більш простих і дешевих систем. Досвід створення серверів на основі SMP- і MPP-структур показав, що вони не забезпечують хорошої адаптації до конкретних умов функціонування, залишаються дорогими і складними в експлуатації.

Популярність і привабливість мультипроцесорів пов'язана з тим, що вони пропонують просту модель обміну даними, при якій всі центральні процесори спільно використовують загальну пам'ять. Єдина складність полягає в складності побудови великих мультипроцесорних систем і, як наслідок, їх дорожнечі. А дуже великі системи неможливо створити ні за яку ціну. Тому при необхідності масштабування на велику кількість центральних процесорів потрібно щось ще інше.

Одним з перспективних напрямків тут є кластеризація, тобто технологія, за допомогою якої кілька серверів, самі є обчислювальними системами, об'єднуються в єдину систему більш високого рангу для підвищення ефективності функціонування системи в цілому. Цілями побудови кластерів служать:

- поліпшення масштабованості (здатність до нарощування потужності);
- підвищення надійності та готовності системи в цілому;
- збільшення сумарної продуктивності;
- ефективний перерозподіл навантажень між комп'ютерами кластера;
- ефективне управління і контроль роботи системи і т.п.

Поліпшення масштабованості, Або здатність до нарощування потужності передбачає, що всі елементи кластера мають апаратну, програмну та інформаційну сумісність. У поєднанні з простим і ефективним управлінням зміна обладнання в ідеальному кластері має забезпечувати відповідну зміну значень основних характеристик: додавання нових процесорів і дискових систем повинно супроводжуватися пропорційним зростанням продуктивності, надійності тощо. У реальних системах ця залежність має нелінійний характер.

Масштабованість SMP- і MPP-структур досить обмежена. При великому числі процесорів в SMP-структурах зростає число конфліктів при зверненні до спільної пам'яті, а в MPP-структурах погано розв'язуються задачі перетворення і розбиття додатків на окремі завдання процесорам. У кластерах адміністратори мереж отримують можливість збільшувати пропускну здатність мережі за рахунок включення в нього додаткових серверів, навіть вже з числа працюючих, з урахуванням того, що балансування і оптимізація навантаження будуть виконуватися автоматично.

Наступною важливою метою створення кластеру є підвищення надійності та готовності системи в цілому. Саме ці якості сприяють популярності і розвитку кластерних структур. Надмірність, спочатку закладена в кластери, здатна їх забезпечити. Основою цього є можливість кожного сервера кластера працювати автономно, але в будь-який момент він може переключитися на виконання робіт іншого сервера в разі його відмови.

Збільшення сумарної продуктивності кластера, що об'єднує кілька серверів, зазвичай не є самоціллю, а забезпечується автоматично. Адже кожен сервер кластера сам є досить потужною обчислювальною системою, розрахованою на виконання ним усіх необхідних функцій в частині управління відповідними мережевими ресурсами. З розвитком мереж все більшого значення набувають і розподілені обчислення. При цьому багато комп'ютерів, в тому числі і сервери, можуть мати не дуже велике

навантаження. Вільні ресурси домашніх комп'ютерів, робочих станцій локальних обчислювальних мереж та й самих серверів можна використовувати для виконання будь-яких трудомістких обчислень. При цьому вартість створення подібних обчислювальних кластерів дуже мала, так як всі їх складові частини працюють в мережі і тільки при необхідності утворюють віртуальний (тимчасовий) обчислювальний комплекс.

Сукупні обчислювальні потужності кластерів можуть бути порівнянні з потужностями супер-ЕОМ і навіть перевищувати їх при незмірно меншій вартості. Такі технології стосовно до окремих класів задач добре відпрацьовані. Коло таких задач не дуже широке, але число одночасно залучених для цих цілей комп'ютерів може бути величезним: десятки, сотні і навіть тисячі.

Робота кластера під керуванням єдиної операційної системи дозволяє оперативно контролювати процес обчислень і ефективно перерозподіляти навантаження на комп'ютери кластера.

Управління такими проектами вимагає створення спеціального клієнтського і серверного програмного забезпечення, що працює у фоновому режимі. Комп'ютери при цьому періодично отримують завдання від сервера, включаються в роботу і повертають результати обробки. Останні версії браузерів ще більш спрощують процес взаємодії, так як на клієнтській машині можна активізувати виконання різних програм-сценаріїв (скриптів).

Ефективне управління і контроль роботи системи має на увазі можливість роботи окремо з кожним вузлом, відключення вручну або програмно його для модернізації або ремонту з подальшим поверненням його в працюючий кластер. Ці операції приховані від користувачів, які просто не помічають їх. Кластерне ПЗ, інтегроване в операційні системи серверів, дозволяє працювати з вузлами як з єдиним пулом ресурсів (Single System Image – SSI), вносячи необхідні загальні зміни за допомогою однієї операції для всіх вузлів.

Кластери об'єднують кілька серверів під єдиним управлінням. Всі нові сервери, як правило, є багатопроцесорними і відносяться до SMP-структурам, що забезпечує можливість багатоступінчастого перемикання навантаження елемента, що відмовив як всередині кластера, так і всередині сервера. Існують сервери з різною кількістю процесорів (від двох до шістнадцяти). Фірма Sun працює навіть над створенням 64-

процесорної SMP-моделі сервера. IBM передбачає з появою мікропроцесора Itanium II випустити SMP-систему, розраховану на 16 процесорів. Навпаки, фірма Dell вважає, що застосування більш восьми процесорів в SMP-структурі застосовувати недоцільно через труднощі подолання конфліктів при зверненні їх до загальної оперативної пам'яті [9].

Великий інтерес до побудови кластерів проявляє фірма Microsoft. У зв'язку широкою популярністю операційних систем сімейства Windows NT, призначених для управління мережами великих підприємств, з'явилися різні варіанти кластерного забезпечення. Передбачається, що воно буде підтримувати до 16 і більше вузлів в кластері.

Уніфікація інженерно-технічних рішень передбачає відповідно і стандартизацію апаратних і програмних процедур обміну даними між серверами. Для передачі керуючої інформації в кластері використовуються спеціальні магістралі, які мають більш високі швидкості обміну даними. В якості такого стандарту пропонується інтелектуальне введення-виведення (Intelligent Input / Output, I2O). Специфікація I2O визначає уніфікований інтерфейс, звільняючи процесори і їх системні шини від обслуговування периферії [9].

Як і в будь-якій новій технології, у кластеризації є свої недоліки:

- затримки розробки і прийняття загальних стандартів;
- велика частка нестандартних і закритих розробок різних фірм, що утруднюють їх спільне використання;
- проблеми управління одночасним доступом до файлів;
- складності з керуванням конфігурацією, налаштуванням, розгортанням, оповіщенням серверів про збої тощо.

**Планування мультикомп'ютерів.** У мультипроцесорах всі процеси перебувають в одній і тій же пам'яті. Коли центральний процесор завершує своє поточне завдання, він вибирає процес і запускає його. В принципі, потенційними кандидатами є всі процеси. На мультикомп'ютері ситуація зовсім інша. У кожного вузла є власна пам'ять і власний набір процесів. Центральний процесор 1 не може раптово прийняти рішення про запуск процесу на вузлі 4, не виконавши спочатку деякої кількості роботи, щоб отримати цей процес. Це означає, що планування на

мультикомп'ютерах здійснюється простіше, а розподіл процесів по вузлах набуває більш важливу роль.

Планування мультикомп'ютерних систем чимось нагадує планування мультипроцесорних систем, але не всі колишні алгоритми можуть бути застосовані до цього планування. Але найпростіший алгоритм, застосовуваний на мультипроцесорах, – ведення єдиного централізованого списку готових процесів – в даному випадку не працює, тому що кожен процес може виконуватися лише на тому центральному процесорі, в пам'яті якого в даний момент він знаходиться. Проте при створенні нового процесу можна вибирати, куди його помістити, для того щоб, наприклад, збалансувати навантаження.

Оскільки в кожного вузла є власні процеси, може бути застосований будь-який локальний алгоритм планування. Разом з тим можна застосувати бригадне планування, як і на мультипроцесорах, оскільки для нього потрібна лише початкова угода про те, який процес в якому кванті часу буде працювати [9].