

АНАЛІЗ ТА ВРАХУВАННЯ НЕОДНОРІДНОСТІ В СИСТЕМАХ РОЗПОДІЛЬНОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ**Вступ**

В наш час розподільні системи є одним з найперспективніших напрямків розвитку паралельних систем [1,2]. Їх поширення обумовлено багатьма причинами, серед них: порівняно невисока ціна, надійність, легкість збільшення потужності та природна розподільність даних. Розподілені системи використовуються для моделювання складних процесів, створення розподілених баз даних, векторно-матричних обчислень та ін.

Використання розподілених обчислювальних систем на базі локальних і глобальних мереж для виконання і організації паралельних обчислень та прагнення росту ефективності таких систем привело до перегляду підходів вирішення задач організації обчислень, планування і диспетчеризації робіт. В неоднорідних обчислювальних системах вимагає рішення також задача ефективного розподілу ресурсів системи. Ресурси можна поділити на дві категорії [3]: фізичні та логічні ресурси. В розподіленій системі всі ресурси розподіляються ще й у просторі. І фізичні, і логічні ресурси повинні бути керованими.

В загальному випадку визначення неоднорідності СРОД можна розділити на два етапи [4]: визначення ваги (обчислювальної потужності) вузла та адекватну оцінку неоднорідності системи в цілому. Орієнтуючись на обидві категорії ресурсів системи, при вирішенні задач призначення і розподілу виникає необхідність кількісних та якісних оцінок неоднорідності як обчислювального середовища, так і множини обчислювальних задач, що підлягають розподілу в цьому середовищі. Причому важливими є не лише адекватність оцінок, але й обчислювальні затрати на їх визначення.

Вплив неоднорідності системи на організацію обчислень в СРОД

Визначення строго неоднорідних систем розподіленої обробки даних (НСРОД) введено в роботах по дослідженню задач планування в паралельних машинних системах, що мають дві особливості: розподіленість обробки інформації та характеристику неоднорідності не тільки для ресурсів, але й для завдань. Вирішуючи задачу планування, в таких системах не можна не враховувати час передачі даних (вплив розподіленості), а також проблему вибору оптимального розкладу із можливих варіантів (вплив неоднорідності) [3]. Цей фактор ускладнює задачу планування та пошуку оптимізованого рішення. Ці задачі відносяться до класу NP-повних.

Неоднорідні системи розподіленої обробки даних

Неоднорідну систему розподіленої обробки даних (НСРОД) можна представити [3,4] у вигляді зв'язаного графа:

$$GR = (E_R, U_R, WE_R, WU_R), \quad (1)$$

де $E_R = \{M_i \mid i = 1, 2, \dots, n\}$ – вузли обчислювальної системи; $WE_R = g(M_i)$ – ваги вузлів M_i ; $U_R = \{(M_i, M_j), M_i \in E_R \mid M_j \in E_R\}$ – ребра (зв'язки між вузлами системи); U_R – відображення Γ від E_R , тобто $U_R = \Gamma(E_R)$, а $WU_R = f(U_R)$ – ваги ребер (наприклад, час, необхідний для передачі даних з одного вузла в інший).

Основою для визначення ваги вузла є обчислювальна потужність, що залежить від швидкості процесора, потужності системи вводу/виводу, розміру пам'яті, накладних витрат, що визначаються операційною системою і застосовуються системою доступу до даних та іншими параметрами.

Розрахунок відносної обчислювальної потужності W_i машини M_i в НСРОД для виконання програми P можна виконати двома способами [3,4]. Перший спосіб полягає у співставленні швидкості даної машини зі швидкістю найшвидшої машини в мережі [5].

$$W_i^f = \frac{S_p^i}{\max_j S_p^j} \quad i = 1, \dots, n, \quad (2)$$

де S_p^i – швидкість машини M_i при виконанні P -ої програми.

Через час виконання P вагу відносної потужності можна представити як

$$W_i^f = \frac{M_i}{\min_j \frac{t_P^j}{M_j}} \quad i = 1, \dots, n, \quad (3)$$

де t_P^M – це час виконання програми P на машині M_i .

Інший спосіб полягає у співставленні швидкості даної машини зі швидкістю самої повільної машини в системі:

$$W_i^S = \frac{\min_j S_p^j}{S_p^i} \quad i = 1, \dots, n. \quad (4)$$

Аналогічно вираз для відносної швидкості:

$$W_i^S = \frac{M_i}{\max_j \frac{t_P^j}{M_j}} \quad i = 1, \dots, n. \quad (5)$$

Відомі оцінки неоднорідності СРОД

Існує декілька способів визначення ступеня неоднорідності СРОД. Всі вони базуються на кількісних, якісних або кількісно-якісних оцінках.

До оцінок, що враховують якісні особливості системи, можна віднести такі [6,7].

Обчислення *середньоквадратичного відхилення потужності* кожного вузла від середнього значення в системі:

$$H_1 = \sqrt{\frac{\sum_{j=0}^n (W_{cp} - W_j)^2}{n}}, \quad (6)$$

де W_{cp} – це середня відносна потужність НСРОД.

Обчислення *абсолютного відхилення* від середнього значення:

$$H_2 = \frac{\sum_{j=0}^n |W_{cp} - W_j|}{n}. \quad (7)$$

Вирази (6) і (7) при розрахунку неоднорідності за основу при порівнянні використовують середню величину набору даних. Таким чином, критичні зміни неоднорідності системи не викликають відповідних змін

значень оцінок H_1 і H_2 , тоді, як при пропорційній зміні значень кожного з вузлів СРОД, оцінки H_1 і H_2 змінюють свої значення.

Обчислення міри неоднорідності системи через вагу потужності самої швидкої або самої повільної машини в порівнянні з $W_i = 1$:

$$H_3 = \frac{\sum_{j=0}^n (1 - W_j^f(P))}{n}; \quad (8)$$

$$H_4 = \frac{\sum_{j=0}^n (1 - W_j^s(P))}{n}. \quad (9)$$

Альтернативною характеристикою є *однорідність* (ступінь гомогенності СРОД):

$$H_{\text{гомо}} = W_{\text{cp}}. \quad (10)$$

У оцінок H_3 , H_4 , $H_{\text{гомо}}$ відсутні недоліки оцінок H_1 та H_2 . Вони більш об'єктивно характеризують неоднорідність СРОД і є досить простими при обчисленні. Однак ці оцінки приймають великі значення в разі, коли система РОД однорідна за винятком одного вузла, що унеможлиблює її використання при оцінці майже однорідних або напіводнорідних систем.

Кількісні оцінки неоднорідності враховують лише кількість вузлів з однаковою обчислювальною потужністю і тому не завжди дозволяють порівняти неоднорідні СРОД за їх оцінками.

Найбільш адекватними є кількісно-якісні оцінки [3], бо вони враховують не тільки абсолютні характеристики кожного обчислювального вузла, що входить до неї, а й кількість обчислювальних вузлів, що мають однакові якісні характеристики.

Маючи розподіл вузлів по групах згідно з їх якісними оцінками неоднорідності, можемо обчислити

$$H_c = H_{\text{gr}} + (1 - H_{\text{gr}}) \cdot H_q, \quad (11)$$

де H_{gr} – кількісна оцінка неоднорідності, яка враховує кількість груп (n_{gr}) з однаковою вагою вузлів; H_q – оцінка якості неоднорідності; W_i – вага вузлів, що відносяться до i -ої групи:

$$H_{\text{gr}} = \frac{n_{\text{gr}} - 1}{n}; \quad (12)$$

$$H_q = \frac{\sum_{i=1}^{n_{\text{gr}}} |W_{\text{mid}} - W_i|}{n_{\text{gr}}}. \quad (13)$$

Оцінка (11) є досить складною у використанні і потребує попереднього аналізу та групування обчислювальних вузлів за потужністю. Більш того, використання однією із складових H_c оцінки H_q (що є фактично оцінкою (1)) поширює усі недоліки оцінки H_1 на H_c .

Для усунення недоліків оцінок (6)-(11) може бути використана така кількісно-якісна оцінка неоднорідності РСРОД [4]:

$$H_7 = \frac{4 \sum_{i=1}^n (W_{\text{cp}} - W_i)^2}{n \cdot W_{\text{max}}^2}, \quad (14)$$

де W_{\max} – найбільша вага обчислювального вузла СРОД; W_{cp} – середня вага обчислювальних вузлів СРОД.

Оцінка (14) враховує сумарний приріст кожного обчислювального вузла $2 * (W_{cp} - W_i)$ по відношенню до вузла з найбільшою потужністю. Кількісна складова виразу може бути представлена функцією $F(W)$ від співвідношень

$$2 \left(\frac{|W_{cp} - W_i|}{W_{\max}} \right) \text{ або } 2 \left(\frac{W_{\min}}{|W_{cp} - W_i|} \right). \quad (15,16)$$

У даному випадку використана функція $F(W) = W^2$, що дає змогу оцінювати СРОД з великими відхиленнями ваги обчислювальних вузлів у більшій мірі, ніж СРОД з малими відхиленнями (майже однорідні). Для більшого розмежування може бути використана експоненційна залежність $F(W) = e^W$, тоді вираз буде мати вигляд

$$H_8 = \frac{\sum_{i=1}^n \left(e^{\frac{2|W_{cp}-W_i|}{W_{\max}}} - 1 \right)}{n}. \quad (17)$$

Висновки

Усі приведені формули для розрахунку кількісних, якісних та кількісно-якісних оцінок неоднорідності мають свої недоліки. Оцінки H_1 , H_2 неоднорідності за виразами (1) і (2) є найменш точними. Оцінки H_3 , H_4 або H_{zomo} більш об'єктивно характеризують неоднорідність СРОД і є досить простими при обчисленні, однак їх не можна використовувати у випадку майже однорідних або напіводнорідних систем. Оцінка H_c хоч і є кількісно-якісною, але їй притаманні недоліки оцінки H_1 , і вона потребує попереднього аналізу та групування обчислювальних вузлів за потужністю. Оцінка $H_7(H_8)$ є найбільш точною. Використання різних функцій $F(W)$ дає змогу точно оцінювати неоднорідність СРОД з різним ступенем неоднорідності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Арапов Д. Можно ли превратить сеть в суперкомпьютер // Открытые системы. –1997. – № 4. (www.osp.ru).
2. Андреев А., Воеводин В., Жуматий С. Кластеры и суперкомпьютеры – близнецы или братья? // Открытые системы. – 2000. – № 5 – 6. (www.osp.ru).
3. Симоненко В. П., Демиденко А. А. Измерение неоднородности распределенных вычислительных систем // Вісник НТУУ "КПІ". Інформатика, управління та обчислювальна техніка. –1999. – № 32. – С. 53 – 58.
4. Симоненко В. П., Осадчий О. Є. Оцінка рівня неоднорідності розподілених обчислювальних систем // Вісник НТУУ „КПІ”. – 2000. – С.35 – 41.
5. Zang X., Yan Y. Modeling and characterizing parallel computing performance on heterogonous networks of workstations // Proc. of the Seventh IEEE Symposium on Parallel and Distributed Processing. – 1995. – P. 25 – 34.
6. Pham Hong Hang, Valery Simonenko A new algorithm and simulation for task assignment in parallel distributed systems // Conference ESM96. – Budapest. – 1996. – P. 95 – 99.
7. Pham Hong Hang, Valery Simonenko Adaptation of algorithm for job-resource assignment in heterogeneous distributed systems // Conference PDPTA '96, Sunnyvale. – California USA. –1996.