

РЕСУРСО-ОРІЄНТОВАНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ БАЗОВОЇ МЕРЕЖІ ГЕТЕРОГЕННОЇ РОЗПОДІЛЕНОЇ СИСТЕМИ

У статті розглянута базова мережа гетерогенної розподіленої системи. Для побудови її ресурсо-орієнтованої математичної моделі проведено декомпозицію обчислювальних та комунікаційних ресурсів мережі. Це дозволило здійснити розподіл ресурсів між композитними додатками, при цьому були враховані особливості гетерогенного середовища.

Ключеві слова: базова мережа, композитний додаток, гетерогенне середовище.

Вступ

Стрімкий розвиток сучасної науки призводить до постійного збільшення та ускладнення обчислювальних задач у сучасному світі. Тому постає необхідність в створенні систем, які зможуть задовольнити необхідні розрахункові потреби. Одним з пріоритетних напрямків вирішення цієї проблеми є створення композитних додатків (КД), тобто динамічного об'єднання розрахункових сервісів в гетерогенному розподіленому середовищі для вирішення загальної існуючої задачі. При цьому однією із найбільш суттєвих задач є раціональний розподіл ресурсів мережі між різними КД.

Аналіз літератури. Задачі розподілу ресурсів мережі присвячено багато наукових робіт [1 – 4]. Але в більшості робіт не враховуються особливості гетерогенного розподіленого обчислювального середовища, що складається з набору різноманітних розрахункових ресурсів, таких як кластери, Грід-мережі, хмарні середовища. Представлені ресурси у багатьох випадках не мають спільних рис побудови та не узгоджують роботу між собою. Тобто вони мають вигляд різних факторів впливу при створенні композитних додатків. Тому важливим питанням постає побудова відповідної математичної моделі.

Мета статті – побудувати ресурсо-орієнтовану математичну модель базової мережі гетерогенної розподіленої системи, що враховує її особливості при виконанні композитних додатків.

1. Обчислювальні ресурси мережі

Для представлення математичної моделі процесу припустимо, що всі доступні обчислювальні ресурси (ОР) існуючого КД представляють собою деяку множину доступних КД ресурсів P , яка складається з S підмножин різних типів ресурсів. В свою чергу під типом ресурсу ми будемо розуміти таке:

- персональний комп'ютер з певними технічними характеристиками (CPU/GPU, RAM, HDD) що є одиничним обчислювальним блоком;

- локальну мережу, створену з набору персональних комп'ютерів, кожен з яких має однакові характеристики (CPU/GPU, RAM, HDD);

- кластери, складові яких мають однакові характеристики (CPU/GPU, RAM, HDD);

- Грід-мережу.

Належність кожного ресурсу до одного типу визначається в залежності від таких факторів як:

- однакові технічні характеристики, час передачі даних між ресурсами одного типу;

- однакові операційні системи або прикладне ПЗ, однакова вартість використання.

Вищенаведене дозволяє провести потипову декомпозицію множини ресурсів:

$$P = \bigcup_{s=1}^S P_s; \quad (1)$$

$$\forall s_1 \neq s_2, s_1, s_2 \in \overline{1, S} \Rightarrow P_{s_1} \cap P_{s_2} = \emptyset,$$

де s – умовний номер певного типу ОР, $s \in \overline{1, S}$; P_s – множина обчислювальних блоків (ОБ) типу s .

В свою чергу кожний ОР типу s має певну кількість обчислювальних блоків N_s . Якщо окремий блок з умовним номером i позначимо як p_{si} , то можемо зазначити:

$$P_s = \bigcup_{i=1}^{N_s} p_{si}, \quad s \in \overline{1, S}, \quad (2)$$

де i – номер окремого блоку у відповідній множині P_s (нумерацію ресурсів одного типу можна побудувати за якоюсь суттєвою ознакою, наприклад, зробити впорядковану шкалу за цінністю ресурсу). У свою чергу обрана ознака може оцінюватись як зі сторони провайдера (що продає ресурс), так і користувача, який цим ресурсом користується.

Виходячи із виразів (1) та (2) проведемо декомпозицію множини P за елементарними обчислювальними ресурсами:

$$P = \bigcup_{s=1}^S \bigcup_{i=1}^{N_s} p_{si}, \quad \text{card } P = \sum_{s=1}^S \text{card}(p_s). \quad (3)$$

Приклад взаємодії обчислювальних блоків різних типів наведений на рис. 1.

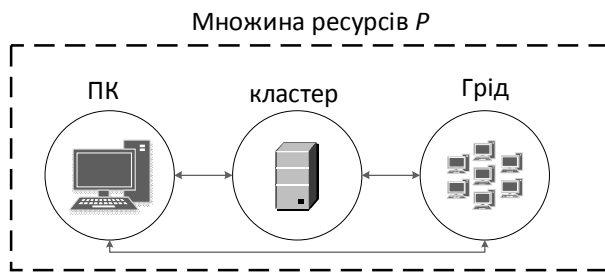


Рис. 1. Приклад взаємодії обчислювальних блоків

2. Комунікаційні ресурси мережі

При використанні обчислювального та комунікаційного ресурсів композитні додатки (КД) зазвичай поділяють на такі типи:

- обчислювальні;
- комунікаційні;
- обчислювально-комунікаційні.

Обчислювальний тип пакету КД характеризується великою складністю обчислень, при цьому час для передачі даного пакету до блоку p_{si} обчислень ігнорують через те, що його значення зазвичай на декілька порядків менше, ніж час обчислень.

Комунікаційний тип пакету КД характеризується суттєво більшим часом передачі даного пакету T_{way} до блоку обчислень p_{si} в порівнянні із складністю обчислення.

Під час роботи КД такого типу необхідно постійно слідкувати за часом передачі пакету до обчислювального блоку.

Обчислювально-комунікаційний тип пакету КД характеризується як великою складністю обчислень, що виконуються обчислювальним блоком p_{si} , так й порівняно великим часом передачі даного пакету T_{way} до блоку p_{si} .

Для мультикластерної архітектури приймемо такі допущення:

- передача даних між блоками p_{si} одного кластера виконується миттєво;
- обчислювальні блоки p_{si} одного кластера є однорідними за технічними характеристиками.

Також під час планування виконання КД необхідно враховувати проміжки часу, на протязі котрих необхідний блок обчислення p_{si} не має можливості виконувати обчислення пакету КД. Тоді множину доступних для КД інтервалів часу на ОБ з номером i типу s визначимо як об'єднання часових інтервалів, доступних для пакетів КД на протязі розглядаемого часового проміжку T_{zar} :

$$G_{si} = \bigcup_{k=1}^{K_{si}} [t_{sik}^{st}, t_{sik}^{end}], \quad (4)$$

де K_{si} – кількість інтервалів, під час яких ОБ p_{si} може обслуговувати пакет КД, тобто доступний для КД час на ОБ p_{si} можна розрахувати таким чином:

$$T_{si}^d = \sum_{k=1}^{K_{si}} (t_{sik}^{end} - t_{sik}^{st}) \leq T_{zar}.$$

Тоді сумарний доступний час для пакету КД на всіх ОБ системи знаходяться як

$$T_g = \sum_{s=1}^S \sum_{i=1}^{N_s} \sum_{k=1}^{K_{si}} (t_{sik}^{end} - t_{sik}^{st}). \quad (5)$$

3. Розподіл ресурсів між композитними додатками

Нехай пакет композитних додатків DS , що функціонує у гетерогенному обчислювальному середовищі, складеться із N_{DS} КД, тобто

$$DS = \bigcup_{m=1}^{N_{DS}} DS_m, \quad (6)$$

де m – умовний номер КД із пакету DS .

Подальша декомпозиція (6) приводить до розкладання кожного КД на певну кількість обчислювальних задач (ОЗ), тобто

$$DS_m = \bigcup_{m=1}^{N_{DSm}} DS_{mn}, \quad m = \overline{1, N_{DS}}, \quad (7)$$

де N_{DSm} – кількість обчислювальних задач, що складають m -й КД. Зауважимо, що оскільки декомпозиція множини DS проводиться за непересічними множинами, то загальна кількість обчислювальних підзадач пакету КД DS дорівнює

$$N_p = \sum_{m=1}^{N_{DS}} N_{DSm}.$$

Кожна обчислювальна задача (ОЗ) DS_{mn} може виконуватися лише на певних доступних типах ОБ із множини $P_s \subset P$, номери цих ОБ складають множину $CP_{snn} \subset \{1, 2, \dots, S\}$, а кількість таких ресурсів дорівнює $\text{card}(CP_{snn})$.

Під час розподілу ресурсів між КД з пакету композитних додатків DS також необхідно визначити оцінки часу виконання пакетів (t_{snn}) для кожного типу обчислювального блоку. Необхідні оцінки можна визначити статистичними методами або за допомогою генетичних алгоритмів, якщо задані потужності всіх обчислювальних блоків p_{si} та об'єми обчислення задач V_{mn} . Крім того, необхідно задати крайні терміни завершення КД:

$$\text{EndWork}_m, \quad m = \overline{1, N_{DS}}.$$

Структуру m -го КД можна задати за допомогою матриці суміжності орієнтованого ациклічного графа $AG_m = \langle DS_m, E_m \rangle$, де набір ребер, що ві-

дображають залежності між пакетами, позначений за допомогою множини

$$E_m = \{e_{ij} \mid i, j \in \overline{1, N_{DSm}}\}.$$

Якщо в ациклічному графі AG_m між задачами DS_{mi} та DS_{mj} присутня дуга в напрямку до j -ої вершини графа, то це відповідає факту необхідності очікування задачею DS_{mj} результатів задачі DS_{mi} (рис. 2).

Розподіл ресурсів між композитними додатками пакету DS на деякій множині ресурсів P — це знаходження відображення множини пакетів, що підлягає плануванню, на множину ОБ із вказівкою часу запуску кожної задачі:

$$\eta : (DS, P) \rightarrow T, \quad (8)$$

де T — множина часів запуску задач.

Відображення (8) визначимо таким чином:

$$R_{mn} = \eta(DS_{mn}, CP_{smn}) = \langle s_{mn}, t_{mn}^{(0)} \rangle, \quad (9)$$

де s_{mn} — тип обчислювального блоку із множини CP_{smn} , що буде виконувати задачу DS_{mn} , а $t_{mn}^{(0)}$ — час запуску блоку на ресурсі s_{mn} (відлік часу йде на заданому інтервалі виконання пакету КД, що розглядається, $[0, T_{зар}]$), тоді розподіл ресурсів буде заданий множиною R:

$$R = \bigcup_{m=1}^{N_{DS}} \bigcup_{n=1}^n R_{mn}. \quad (9)$$

Висновки

Розглянуті особливості базової мережі гетерогенної розподіленої системи. На основі проведеного аналізу здійснено декомпозицію обчислювальних та комунікаційних ресурсів мережі. Це дозволило здій-

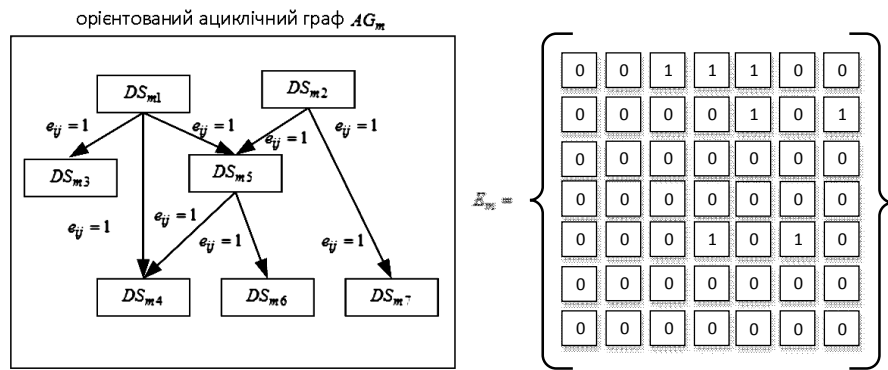


Рис. 2. Приклад зв'язку задач КД

снити розподіл ресурсів між композитними додатками, при цьому були враховані особливості гетерогенного середовища.

Отримані вирази (1) – (9) є ресурсо-орієнтованою математичною моделлю базової мережі гетерогенної розподіленої системи.

Напрямок подальших досліджень — розвиток отриманої математичної моделі в напрямку врахування особливостей композитних додатків.

Список літератури

1. Network of Information (NetInf) An informationcentric networking architecture [Text] / C. Dannewitz, D. Kutscher, B. Ohlman, S. Farrell, B. Ahlgren, H. Karl // Computer Communications. — 2013. — Vol. 36, №. 7. — P. 721-735.
2. Кучук, Г.А. Управление ресурсами инфотелекоммуникаций [Текст] / Г.А. Кучук, Р.П. Гахов, А.А. Пашичев. — М.: Физматлит, 2006. — 220 с.
3. Кучук, Г.А. Інформаційні технології управління інтегральними потоками даних в інформаційно-телекомунікаційних мережах систем критичного призначення [Текст] / Г.А. Кучук. — Х.: ХУ ПС, 2013. — 264 с.
4. Кучук, Г.А. Математична модель технічної структури інформаційно-телекомунікаційної мережі [Текст] / Г.А. Кучук, В.В. Косенко, О.П. Давікоза // Системи обробки інформації. — Х.: ХУ ПС, 2013. — Вип. 6. — С. 234-237. 13.

Надійшла до редколегії 9.06.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.А. Кучук, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків.

РЕСУРСО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ БАЗОВОЙ СЕТИ ГЕТЕРОГЕННОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ

С.С. Бульба

В статье рассмотрена базовая сеть гетерогенной распределенной системы. Для построения ее ресурсо-ориентированной математической модели проведена декомпозиция вычислительных и коммуникационных ресурсов сети. Это позволило осуществить распределение ресурсов между композитными приложениями, при этом были учтены особенности гетерогенной среды.

Ключевые слова: базовая сеть, композитное приложение, гетерогенная среда.

RESOURCE-ORIENTED BASIC NETWORK MATHEMATICAL MODEL OF HETEROGENEOUS DISTRIBUTED SYSTEMS

S.S. Bulba

The article deals with the basic network of heterogeneous distributed systems. To build its resource-based mathematical model decomposition held computing and communications network resources. This allowed the distribution of resources between composite applications, with features taken into account heterogeneous environment.

Keywords: basic network, composite application, heterogeneous environment.