

*КУЛАКОВ О.Ю.,  
БРОЛІНСЬКИЙ С.М.,  
АШАЄВ Ю.М.*

## **ДИНАМІЧНЕ СТВОРЕННЯ ВІРТУАЛЬНИХ GRID СИСТЕМ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ РОЗПОДІЛЕНИХ ЗАДАЧ НА ОСНОВІ МЕНЕДЖЕРА РЕСУРСІВ**

У даній статті розглядається метод застосування віртуальних мереж для Grid систем з динамічним створенням, модифікацією та знищенням віртуальних мереж. Даний метод дозволяє об'єднати кілька віддалених Grid систем чи їх частин в одну віртуальну Grid систему чи розбити локальну Grid систему на кілька віртуальних, що дозволяє ефективно використовувати ресурси Grid системи, виділяючи для задачі необхідну для її вирішення кількість ресурсів. За створення, модифікацію і видалення віртуальної мережі відповідальний VDHCP сервер. Створення черги задач, що очікують на вирішення, а також визначення кількості необхідних ресурсів – одні з основних задач VDHCP сервера, для вирішення яких він, якщо це можливо, використовує попередній досвід.

In this article the method of application of virtual networks for Grid systems with dynamic creation, modification and destruction of virtual networks is overviewed. This method allows integration of several remote Grid systems or their parts in a single virtual Grid system or split a local Grid into several virtual system that allows efficient use of Grid resources, emphasizing the need amount of resources for the problem. For creating, modifying and deleting virtual network is that, what VDHCP server is responsible for. Create a queue of tasks waiting on the decision and determine the number of required resources – some of the main tasks of VDHCP server, for which it, if possible, using previous experience.

### **1. Вступ**

Основна задача Grid обчислень – розподіл ресурсів мережі між користувачами. В багатьох випадках необхідним є обмін даними між учасниками Grid системи, який нерідко може бути ускладнений високим ступенем асиметричності каналів зв'язку між ними [2]. Часто зв'язок між процесами А та В може бути встановлено тільки у тому випадку, якщо його ініціює процес А. Розв'язати задачу симетричності каналів зв'язку покликані віртуальні мережі. Основними двома технологіями, які сприяють асиметричності є приватні мережі та фаєрволи. Через це часто комп'ютери стають недосяжними з мережі Інтернет. Водночас вони досяжні з комп'ютерів приватної мережі, деякі з яких можуть бути досяжними з мережі Інтернет. Якщо об'єднати ці комп'ютери в одну віртуальну мережу, можна зробити досяжними з мережі Інтернет будь-які з них.[1].

При використанні Grid систем важливо правильно розподіляти ресурси між завданнями, щоб вони не простоювали. Вирішити цю проблему покликаний VDHCP сервер, який, використовуючи алгоритм планування завдань і свій минулий досвід, займається створенням віртуальних Grid систем і наданням їх ресурсів користувачеві.

### **2. Постановка задачі**

Існує декілька комп'ютерів (10-15), наприклад у малому офісі, ресурси кожного окремо взятого комп'ютера повною мірою не використовуються, навантаження на локальну мережу невелике. Необхідно забезпечити користувачеві можливість використання ресурсів мережі для вирішення складних задач без потреби налаштування складного ПЗ. При цьому необхідно враховувати минулий досвід вирішення даного типу задач і подолати проблему асиметричності каналів зв'язку [1].

### **3. Існуючі рішення**

Globus Toolkit – інструментарій, розроблений американськими вченими, який став де-факто світовим стандартом. Він включає в себе, зокрема, спеціальний протокол на основі HTTP для використання обчислювальних ресурсів GRAM (Grid Resource Allocation Management); розширену версію протоколу для передачі файлів GridFTP; службу безпеки GSI (Grid Security Infrastructure); розподілений доступ до інформації на основі протоколу LDAP; віддалений доступ до даних через інтерфейс GASS (Globus Access to Secondary Storage) [3]. Володіє високою надійністю і швидкістю, але

не вирішує проблему асиметричності каналів зв'язку і не враховує минулий досвід.

gLite – наступне покоління middleware програмного забезпечення для систем Grid. gLite істотно спирається на досвід низки великих європейських проектів: EDG, LCG, Alien, Nordugrid і створюється колективно – в його розробці беруть участь більше 80 фахівців з 11 дослідницьких центрів. gLite повинен стати основним ГПЗ проекту EGEE, прийшовши на зміну комплексу LCG-2 [3]. Основна відмінність комплексу gLite в тому, що крім інструментальних засобів, до нього входить ширший набір служб, але також не вирішує проблему асиметричності каналів зв'язку і не враховує минулий досвід.

Обидва рішення є досить великими і складними в обслуговуванні, що значно ускладнює їх використання для вирішення завдань, наприклад, в мережі малого офісу. Для вирішення даної проблеми нами була розроблена система балансування навантаження на мережеву обчислювальну систему з застосуванням віртуалізації каналів зв'язку та урахуванням попереднього досвіду (VDHCP). До її переваг можна віднести:

- Відсутність необхідності в адмініструванні.
- Вирішення проблеми асиметричності каналів зв'язку за рахунок використання віртуалізації даних каналів [1].
- Використання планувальника завдань, який ґрунтується на минулому досвіді

#### 4. Застосування

Часто задачі, які вирішуються комп'ютерами малого офісу досить однотипні і вимагають для свого рішення приблизно однакової кількості ресурсів, тому доцільно використовувати для планування завдань планувальник, який враховує досвід вирішення задач даного типу. У той же час в малому офісі ресурси кожного окремо взятого комп'ютера рідко бувають повністю задіяні, а утримання системного адміністратора, для забезпечення роботи мережевої обчислювальної системи, занадто витратно, тому в якості можливого застосування можна привести приклад використання даної технології в мережі малого офісу, коли при використанні високошвидкісних каналів зв'язку між комп'ютерами, кожен окремо взятий комп'ютер не має достатнього кількості ресурсів для вирішення за-

вдання, або час виконання завдання занадто великий. Застосувавши дану технологію стане можливо використовувати незадіяні ресурси на комп'ютерах в мережі для більш швидкого або якісного вирішення завдання. Також стане можливо об'єднати декілька віддалених малих офісів в єдину віртуальну мережу, або навпаки розбити одну фізичну мережу на кілька віртуальних для якіснішого використання ресурсів мережі.

#### 5. Фізична топологія мережі

В якості фізичної мережі для створення віртуальної мережі може виступати будь-яка топологія мережі, наприклад така як на рис. 1. Деякі комп'ютери можуть бути недоступні через використання NAT або фаєрвола, але дана проблеми вирішується за допомогою віртуалізації каналів зв'язку [1].

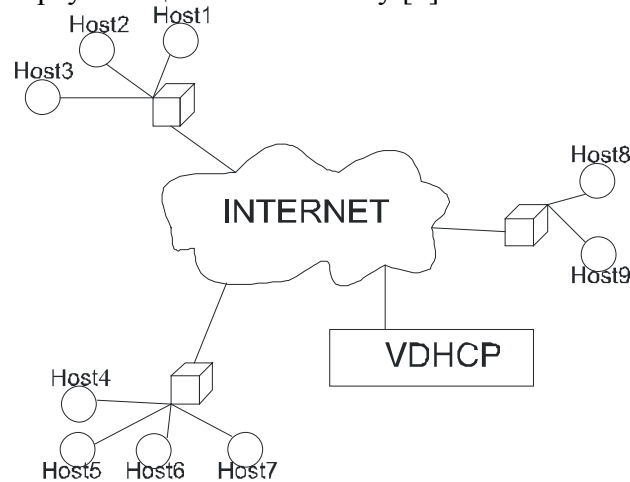


Рис. 1. Фізична топологія мережі

#### 6. Керування віртуальними Grid системами

В якості контролера віртуальних Grid систем виступає, розроблений нами, VDHCP сервер. VDHCP сервер – сервер, відповідальний за створення віртуальних Grid мереж і розподіл навантаження на кожен з них. Основні завдання VDHCP сервера:

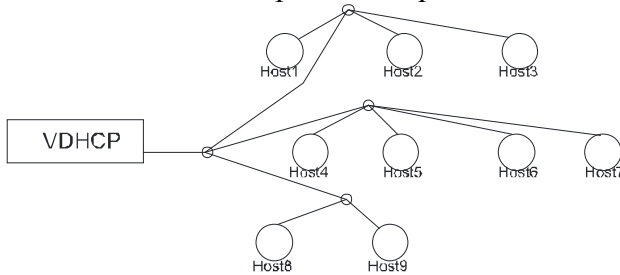
- Видача IP адреси, маски підмережі, IP адреси шлюзу віртуальної мережі.
- Використання планувальника задач на основі графа, що відображає топологію мережі (рис. 3).
- Примусова зміна IP адреси хоста для участі у віртуальній мережі.
- Зберігання списку віртуальних мереж і незадіяних комп'ютерів.
- Балансування навантаження на віртуальну мережу.

- Створення переліку вирішених завдань.

VDHCP використовує планувальник завдань для прийняття рішення про створення нової віртуальної мережі. Часто завдання, які необхідно опрацювати, досить однотипні, отже для їх обробки потрібно приблизно однакову кількість ресурсів. VDHCP використовує цю особливість для розв'язання задачі планування – він використовує минулий досвід для прийняття рішення про створення нової віртуальної мережі і корегує його в процесі роботи, ґрунтуючись на коефіцієнті завантаження ресурсів віртуальної мережі.

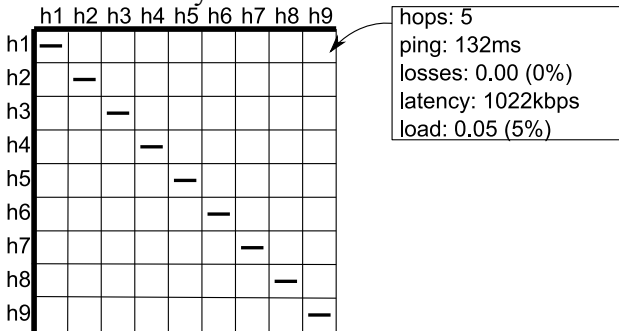
**6.1. Внутрішня структура мережі**

Для VDHCP мережа представлена в узагальненому варіанті, де є хости і абстрактні зв'язки між ними. Приклад на рис. 2



**Рис. 2. Внутрішня структура мережі**

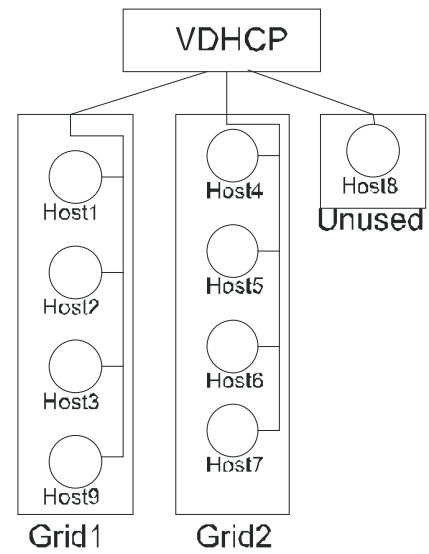
ґрунтуючись на даному поданні а також графі, що відображає топологію мережі (рис. 3), VDHCP приймає рішення про створення нової Grid мережі, реорганізації або видалення вже існуючої.



**Рис. 3. Граф топології мережі**

Для користувача, який виконав запит, в результаті роботи VDHCP, кластер виглядає, як реальна Grid мережа (рис. 4), завдяки чо-

му не потрібно додаткові налаштування або перероблення програмного забезпечення.



**Рис. 4. Результат роботи VDHCP**

**6.2. Граф топології мережі**

На рис. 3 відображена матриця, де записані дані про віртуальну топології мережі, дані записані у вигляді структур, як це показано в табл. 1

Розмір одного запису у матриці становить  $4 + 8 + 8 + 8 + 8 = 36$  байт. Отже хосту-учаснику віртуальної мережі необхідно відправляти  $N^2$  по 36 байт інформації, що для мережі в 40 комп'ютерів складе 57600 байт або 56.25 Кбайт. VDHCP серверу ж доведеться приймати  $N^3$  по 36 байт, що в свою чергу для мережі в 40 комп'ютерів складе 230400 байт або 2.197 Мбайт даних. У постійно змінюваному середовищі дані про топологію мережі можуть застаріти, тому VDHCP сервер запитує у хостів нові дані з певною періодичністю, яка задана в конфігурації сервера, так наприклад з періодичністю в 1 хвилину і розмірі мережі в 40 комп'ютерів VDHCP серверу доведеться використовувати мінімум 30 Кбіт/с з зі свого каналу на оновлення даних про стан мережі.

Таблиця 1. Структура даних в матриці топології мережі

Поле	Відображення	Формат даних	Значення
hops	Число	int	Число проміжних елементів мережі між двома комп'ютерами
ping	Мілісекунди	double	Час передачі пакету розміром в 32 байта і очікування відповіді
losses	Відсотки	double	Кількість втрат на каналі при передачі даних
latency	Кілобіти на секунду	double	Доступна швидкість передачі між двома комп'ютерами
load	Відсотки	double	Завантаження каналу

### 6.3. Планувальник задач

Планувальник завдань є невід'ємною частиною VDHCP сервера. Він приймає рішення, про те які комп'ютери будуть включені у віртуальну мережу для вирішення даної задачі. Для прийняття рішення планувальник враховує наступне:

1. Попередній досвід, якщо такий є
2. Ширину і якість каналів зв'язку між комп'ютерами
3. Кількість ресурсів, доступну для майбутньої мережі

Для врахування всіх цих факторів планувальник виконує пошук по графу, що відображає топологію мережі (рис. 3) і списку доступних комп'ютерів. Структура планувальника завдань VDHCP сервера відображена на рис. 5

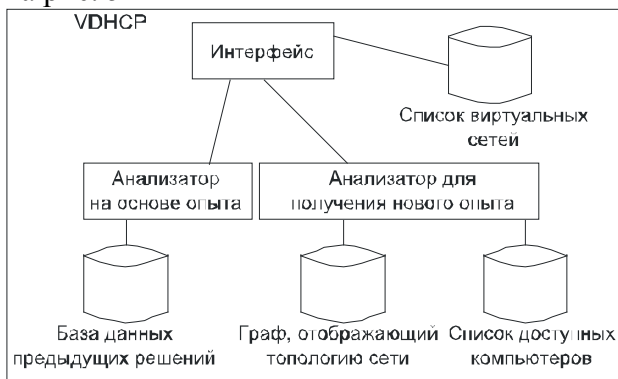


Рис. 5. Структура планувальника завдань VDHCP сервера

### 7. Моделювання

Для наглядного відображення роботи VDHCP сервера нами була розроблена програма для моделювання усіх його компонен-

тів. Графічний інтерфейс користувача відображено на рис. 6.

Кожна задача моделювання запускається в окремому потоці, що відповідає реальній поведінці задач у системі. Задача представляє собою масив з чотирьох коефіцієнтів, які відповідають ступені складності задачі за кожним з чотирьох показників: вимогливість до швидкості каналів зв'язку між комп'ютерами, вимогливість до розміру ОЗУ, розмірів дискового простору і потужності центрального процесору. Спочатку задача передається до планувальника задач, який виділяє віртуальну мережу, за умов наявності ресурсів, або заблокує задачу до моменту, коли необхідні ресурси будуть доступними. Потім виконується моделювання задачі за допомогою ланцюгів Маркова, таким чином, що кожен тип ресурсів (ОЗУ, диск і процесор) кожного комп'ютера, включеного в віртуальну мережу має 2 стани – вільний і зайнятий. Вірогідності переходу між вершинами прямо пропорційні відношенням доступних ресурсів до необхідних. При моделюванні рахується час знаходження кожного ресурсу у цих станах, а коефіцієнт завантаженості ресурсу дорівнює часу, який ресурс перебував у стані «зайнятий» до загального часу моделювання.

$$\eta = \frac{T_{зайнят}}{T_{загальн}}$$

Після чого відбувається корекція бази знань планувальника задач на основі отриманих результатів, при цьому планувальник задач намагається утримувати коефіцієнт завантаження на рівні 60-90% щоб уникнути перенавантаження і простоїв системи.

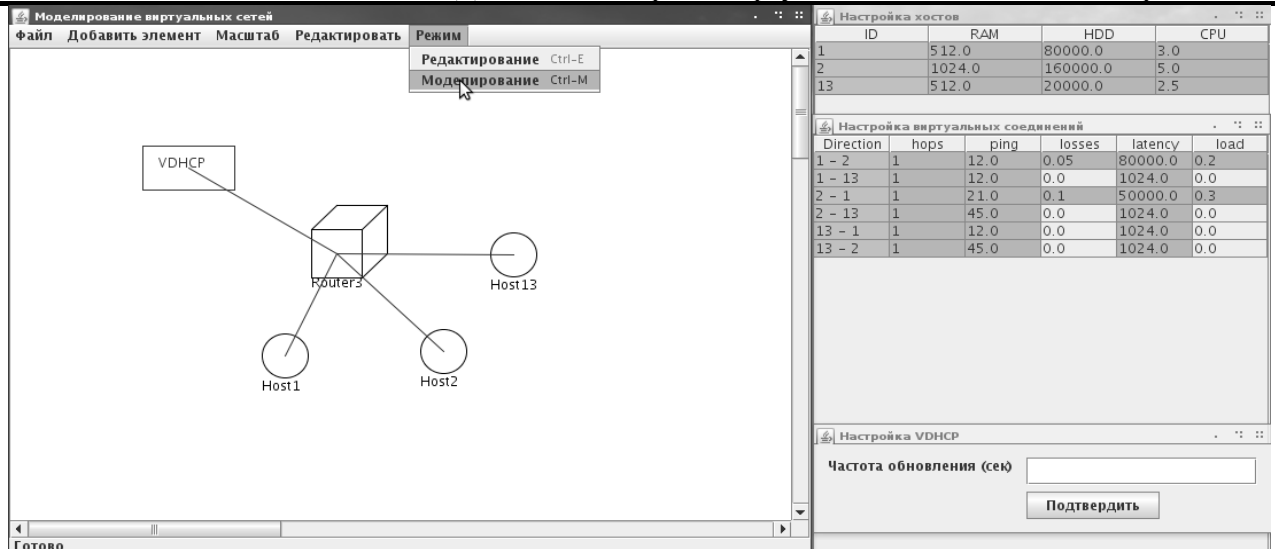


Рис. 6. Графічний інтерфейс користувача програми моделювання

Для відтворення функції корекції бази знань було проведено моделювання з використанням сімох однакових задач у якості вхідних даних, результат цього моделювання показаний на рис. 7. Для відтворення результатів моделювання у вигляді графіку було використано ПЗ gplot.

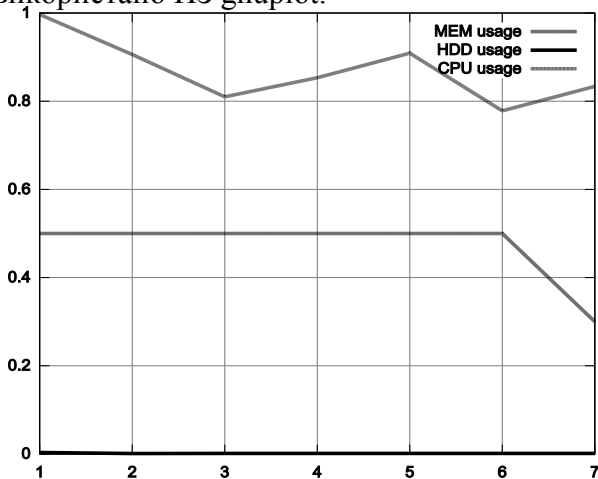


Рис. 7. Результат моделювання

### 7.1. Аналіз результатів моделювання

Як видно з рис. 7, вузьким місцем системи є центральний процесор, що доволі характерно для обчислювальних задач. З самого початку (1-2 задача) коефіцієнт навантаження центрального процесора кожного комп'ютера близький до одиниці,

що означає, що система перевантажена, але вже починаючи з 3-го завдання коефіцієнт навантаження центрального процесора не перевищує позначки 0.9, що свідчить про успіх процесу наповнення бази знань.

## 8. Висновки

Загалом виділення віртуальних мереж для вирішення задачі показує гарні результати коефіцієнта навантаження на систему і дозволяє використовувати незадіяні ресурси мережі, що може зменшити час виконання великих обчислювальних задач, а відсутність потреби у адмініструванні дозволяє використовувати систему навіть у малому офісі.

Для подальшого розвитку технології, з метою поліпшення продуктивності, необхідно реалізувати дану технологію в якості модуля операційної системи, що дозволить зменшити час прийняття рішення про створення віртуальної мережі та зменшити час, необхідний для оновлення інформації про поточний стан мережі. Також важливою частиною подальшого розвитку є використання нових, більш ефективних, способів наповнення бази даних попередніх рішень, що значною мірою зменшить час визначення необхідного кількості ресурсів для нового завдання.

### Список посилань

1. Maurício Tsugawa, and Jos'e A. B. Fortes. A Virtual Network (ViNe) Architecture for Grid Computing. Parallel and Distributed Processing Symposium, 2006.
2. Foster, C. Kesselman and S. Tuecke. The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations. International J. Supercomputer Applications, 15(3), 2001.
3. [http://grid.kpi.ua/index.php?option=com\\_content&task=view&id=28&Itemid=57](http://grid.kpi.ua/index.php?option=com_content&task=view&id=28&Itemid=57)

Поступила в редакцію 17.12.2009