

для аутентификации пользователей компьютерных систем по клавиатурному почерку / Е.А. Высоцкая // Моделювання та інформаційні технології. Зб. наук. праць ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України. – Київ, 2005. – Вип. 29. – С.52-59.

7. Высоцкая Е.А. Влияние параметров учебных данных на качество аутентификации при помощи вероятностной нейронной сети / Е.А. Высоцкая // Зб. наук. праць ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України. – Київ, 2006. – Вип. 32. – С.10-17.

8. Высоцкая Е.А. Анализ технологии предварительной обработки данных при аутентификации пользователей компьютерных систем по клавиатурному и рукописному почеркам / Е.А. Высоцкая, А.Н. Давиденко // Моделювання та інформаційні технології. Зб. наук. праць ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України. – Київ, 2010. – Вип. 55. – С.34-41.

Поступила 27.08.2018р.

УДК 004.94;004.4;004.62

Е.В. Жаріков, Київ

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ХМАРНОГО ЦЕНТРУ ОБРОБКИ ДАНИХ У ПРОСТОРИ СТАНІВ

Abstract. Modern cloud data centers are complex centralized systems that provide information processes and services. To efficiently manage the data center resources correspondent advanced management solutions and models are needed. In this paper, the data center state-space dynamic model is proposed. The proposed dynamic model takes into consideration the actual state of all objects of the data center that take part in the resource management process, heterogenous environment of data center, virtualized resource granularity, virtual machine live migration, virtual to physical machines mapping, virtual and physical machines states, and virtual machine deployment delay. Also, the model allows to determine the number of virtual machines of each type that potentially can be deployed in the data center, considering the available capacity. The analysis and simulation were conducted using Google cluster-usage traces and Bitbrains dataset as the data input for the model.

Актуальність

Результати досліджень ринку хмарних обчислень провідними консалтинговими та дослідницькими компаніями демонструють значне зростання кількості і якості хмарних послуг за останні десять років [1]. Ринок хмарних послуг буде зростати і надалі завдяки збільшенню попиту та новим доступним технологічним рішенням для трьох основних моделей надання хмарних послуг, таких як Software-as-a-Service (SaaS), Infrastructure-as-a-Service (IaaS) та Platform-as-a-Service (PaaS). Значна увага з боку дослідників та розробників приділяється збільшенню ефективності управління ресурсами

ІТ інфраструктури для сервісної моделі IaaS з метою забезпечення клієнтів якісними послугами на вимогу в реальному часі з дотриманням вимог згідно угоди щодо дотримання рівня сервісу (service-level agreement, SLA). Хмарні обчислення на базі моделі IaaS складають найбільшу частину ринку хмарних послуг [2].

Відомим і широко використовуваним методом покращення ефективності використання ресурсів центрів обробки даних (ЦОД) є віртуалізація [3], що дає змогу консолідувати віртуальні машини (VM) на одному фізичному сервері (ФС). Всі робочі навантаження в сучасних хмарних ЦОД обслуговуються за допомогою віртуальних машин і контейнерів. У той же час, контейнери можуть виконуватись як в середовищі віртуальної машини, так і на ФС безпосередньо. Таким чином, віртуалізація дозволяє спільне використання ресурсів ФС для обслуговування різних сервісів кінцевого споживача, забезпечуючи тим самим гарантії продуктивності та надійності. В сучасних хмарних ЦОД одне застосування (або сервіс), як правило, виконуються однією або кількома примірниками гетерогенних віртуальних машин [4] з метою обробки робочого навантаження користувача.

При управлінні ресурсами ЦОД для обслуговування робочого навантаження виникають дві проблеми. По-перше, проблема надмірного виділення ресурсів (over-provisioning) виникає, коли відповідно зарезервовані ресурси, визначені за допомогою пікового навантаження, перевищують вимоги в їх використанні протягом горизонту керування. Така відсутність еластичності призводить до втрати ресурсів у період роботи сервісу без пікових навантажень (більшість часу роботи сервісу) і, відповідно, неефективності використання електроенергії. По-друге, проблема недостатнього виділення ресурсів (under-provisioning) виникає, коли в хмарному ЦОД немає ресурсів, необхідних для обслуговування більшої кількості запитів існуючих та нових користувачів, що призводить до порушень SLA в частині затримки планування виконання VM/контейнера та, як наслідок, вірогідного зменшення кількості клієнтів.

Постановка задачі

Одним із важливих етапів розробки систем управління ресурсами ЦОД є моделювання процесів з урахуванням всіх показників, що чітко відображають стан системи у часі, використовуються в реальних умовах ЦОД і суттєво впливають на якість управління.

З цією метою необхідно розробити модель динаміки хмарного ЦОД, яка враховує різні типи фізичних серверів, різні типи віртуальних машин і різні типи ресурсів в гетерогенному середовищі ЦОД. Крім того, модель повинна враховувати актуальний стан всіх об'єктів ЦОД, що приймають участь в процесі управління ресурсами; кількість віртуальних машин, що працюють, створюються, мігрують і завершують роботу; кількість фізичних серверів, що знаходяться в активному режимі і в режимі очікування (сну); кількість віртуальних машин кожного типу, що потенційно можуть бути створені в ЦОД з урахуванням наявної ємності.

Аналіз публікацій

Ефективне керування ресурсами ЦОД з урахуванням споживання енергії та дотримання вимог SLA є дуже важливим для провайдера хмарних сервісів. Одним з важливих етапів розробки систем управління ресурсами є моделювання роботи ЦОД в просторі станів. Багато робіт за останні роки присвячено методам, підходам та структурам, що мають на меті підвищення ефективності роботи центрів обробки даних, одночасно мінімізуючи витрати електроенергії та експлуатаційні витрати [5, 6].

Динамічні моделі дискретного часу широко використовуються для моделювання різних процесів при управлінні ІТ-ресурсами [7 – 9]. Але в багатьох з них не враховуються або враховуються частково показники, що властиві реальним виробничим системам, такі як гетерогенність фізичних серверів, зміна типу і вимог віртуальної машини, облік всіх необхідних ресурсів ФС, обмеження на кількість міграцій та ін. Дослідження показують, що ресурси ФС у центрах обробки даних часто використовуються недостатньо через надмірний запас з метою забезпечення обслуговування максимальних (пікових) навантажень або через великі проміжки часу між консолідацією віртуальних машин [10, 11].

Використовуючи інтелектуальні та дискретні моделі, автори [7] розробили загальну структуру забезпечення та алгоритми "зшивання" навантаження, які зменшують енергоспоживання та покращують досвід користувача, беручи до уваги перехідні процеси в ФС та різні алгоритми диспетчеризації навантаження. Але запропонована схема не враховує особливості віртуалізації на базі віртуальних машин.

Питання управління збереженням електроенергії в ЦОД розглянуто в роботі [12], де автори запропонували модель для вирішення задачі планування в гетерогенних середовищах ФС, щоб досягти мінімального рівня споживання енергії при виконанні всіх типів завдань. Але запропонований підхід базується на використанні верхньої межі інтенсивності надходження всіх типів робочих навантажень, які можуть бути недоступними в реальних ЦОД. Модель споживання електроенергії гетерогенного кластера ФС для обслуговування паралельних завдань запропонована в роботі [13]. Автори представили та оцінили деякі енергоефективні стратегії планування кластеризації щоб скоротити тривалість планування завдання до виконання зі зменшенням споживання електроенергії.

Архітектура системи

Архітектура системи, для якої створюється модель, показана на рисунку. ЦОД представлений набором ФС, що характеризуються певною конфігурацією апаратної та програмної підсистем та фіксованою ємністю ресурсів. На кожному ФС може бути розміщено декілька ВМ. Фізичні сервери поєднані мережею ЦОД один з одним та централізованою системою зберігання даних (сховищем) [14].

Модель ЦОД складається з $M \in \mathbb{N}$ ФС і $N \in \mathbb{N}$ ВМ. Для того, щоб врахувати динаміку процесів ЦОД, позначимо змінною N максимально допустиму кількість віртуальних машин з мінімальними вимогами до ресурсів, тому N є функцією від M та вимог до ресурсів. Таким чином, кількість ФС і ВМ може змінюватися через несправності, відновлення та/або додавання нових ФС.

На практиці, в ЦОД, кількість віртуальних машин завжди змінюється. Необхідно врахувати, що в динамічному середовищі певні віртуальні машини, визначені для міграції, можуть перестати існувати під час управління. Тому, пропонується оцінити кількість віртуальних машин N' , які теоретично можна розмістити в ЦОД в момент часу t , використовуючи функцію оцінки, яка враховує конфігурацію віртуальної машини з мінімальними вимогами до ресурсів та загальною ємністю ресурсу ЦОД.

У гетерогенному середовищі кожен ФС має типову конфігурацію ресурсів, що включає процесор, оперативну пам'ять, сховище та підключення до мережі, з метою надання їх визначеній кількості віртуальних машин при розміщенні. На кожному ФС виконується менеджер віртуальної машини (МВМ), такий як Xen, ESXi або Hyper-V, а також виконується спеціальна віртуальна машина, таку як менеджер фізичного сервера (МФС) для керування віртуальними машинами засобами МВМ. Використовуючи показники моніторингу, МФС отримує поточне використання ресурсів ФС та використання ресурсів кожною розміщеною на ньому ВМ. Рішення з управління ресурсами приймаються менеджером ЦОД, який виконує консолідацію (або міграцію) віртуальної машини, управління станом ФС і ВМ, а також визначає розміщення нової створюваної ВМ. На рівні програмного забезпечення існує безліч клієнтів, які потребують надання послуг або застосунків, що забезпечуються однією або декількома віртуальними машинами. Продуктивність кожної віртуальної машини обмежена конкретними показниками, зазначеними в SLA (наприклад, час на обслуговування запиту, час роботи, кількість запитів у секунду та ін.).

Модель динаміки ЦОД

Динамічне моделювання хмарного центру обробки даних виконується в дискретні моменти t , а рішення з управління ресурсами приймається на початку кожного інтервалу управління. Для опису моделі вводяться змінні, що описують стан системи, змінні для визначення дій керування та вхідні змінні.

В якості вхідних даних використовуються завдання, що надходять на вхід ЦОД, кожне з яких виконується або обслуговується в окремій ВМ. Для кожного завдання потрібні ресурси, такі як частка процесорного часу, об'єм пам'яті, пропускна здатність мережі та пропускна здатність системи збереження даних. Час виконання кожного завдання в загальному випадку не визначено. Це пояснюється тим, що в хмарних ЦОД час виконання певних

типів завдань, як правило, невідомий системі управління. Завдання (або VM) працює доки не закінчиться завдання або клієнт не завершить його. Потреби ресурсів залежать від характеристик служб і робочих місць, що працюють всередині віртуальних машин.

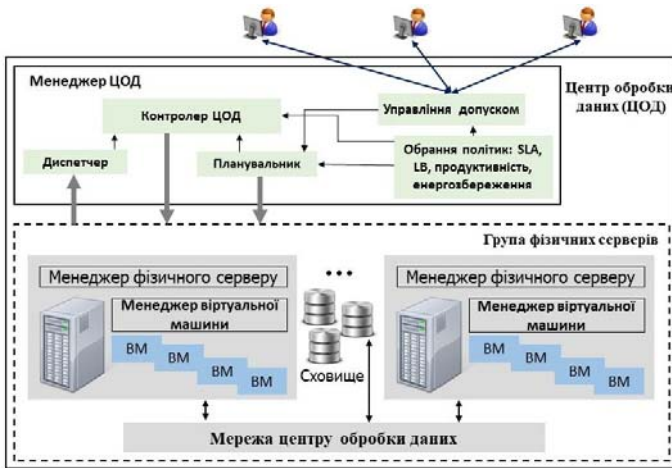


Рис. Архітектура системи для управління хмарним ЦОД

Змінні, що описують стан ЦОД

Визначимо наступні змінні стану для динамічної моделі ЦОД в інтервалі між моментами t і $t + 1$. Стан i -го ФС позначимо як $z_i(t) \in \{0, 1\}$.

Використання k -го ресурсу j -ю VM на i -му ФС позначимо змінною $r_{ij}^k(t) \in [0, 1]$ $i = \overline{1, M}$, $j = \overline{1, N}$, $k \in K$, де K – це набір типів ресурсів, таких як процесорна ємність, об'єм пам'яті, продуктивність вводу/виводу диска тощо. VM перестає існувати, якщо для кожного k $r_{ij}^k(t) = 0$. Значення $r_{ij}^k(t)$ нормалізується до найбільшої k -ї ресурсної ємності ФС. Використання k -го ресурсу на i -му ФС позначається як $R_i^k(t) \in [0, 1]$ $i = \overline{1, M}$, $k \in K$.

Позначимо як $a_{ij}^h(t) \in \{0, 1\}$, $h = \overline{1, H}$, цілочисельну змінну, яка вказує, чи працює j -а VM типу h на i -му ФС ($a_{ij}^h(t) = 1$) або не використовується ($a_{ij}^h(t) = 0$). H позначає число типів VM.

Позначимо змінною $g = \overline{1, G}$ тип ФС, де G – це кількість типів ФС. В моделі необхідно враховувати гетерогенне середовище ЦОД та його вплив на процес прийняття рішень при управлінні ресурсами та віртуальними машинами. Тип ФС не змінюється в процесі управління. Тип j -ї VM, що працює на i -му ФС, позначається змінною $h_{ij}(t)$.

Об'єм ресурсу k , необхідний (замовлений при створенні) для j -ї VM,

позначається змінною $c_j^k(t) \in [0,1]$ і нормалізований до найбільшої k -ї ресурсної спроможності ФС. Використання ресурсу k j -ю ВМ не повинно перевищувати замовлений об'єм, $r_j^k(t) \leq c_j^k(t)$, крім випадків, коли змінено тип ВМ.

Об'єм наявного ресурсу k i -го ФС позначається змінною $C_i^k \in [0,1]$ і нормалізований до найбільшого об'єму ресурсу k на найбільш потужному ФС. Значення використання ресурсу та його об'єму нормалізуються таким чином, що найбільш потужний ФС має k -ту ресурсну ємність, що дорівнює 1.

Змінні управляючих впливів

Визначимо наступні змінні, що позначають управляючі впливи динамічної моделі ЦОД протягом інтервалу між моментами t і $t + 1$.

Позначимо як $u_{ij}(t) \in \{0,1\}$ цілочисельну змінну, яка вказує на міграцію j -ї ВМ з i -го ФС. Міграція відбувається тоді, коли $u_{ij}(t) = 1$. Позначимо змінною $x_{ij}(t) \in \{0, \dots, M\}$ індекс ФС, до якого j -та ВМ мігрує з i -го ФС. Якщо j -та ВМ не мігрує, тоді $x_{ij}(t) = i$. Позначимо змінною $y_i(t) \in \{0, \dots, N\}$ індекс ВМ, яка буде мігрувати з i -го ФС до ФС з індексом $x_{ij}(t)$. Якщо j -та ВМ не мігрує, тоді $y_i(t) = j$. Позначимо як $v_j(t) \in \{0,1\}$ цілочисельну змінну, яка вказує на сигнал управління зміною типу j -ї ВМ. Якщо потрібно змінити тип j -ї ВМ, тоді $v_j(t) = 1$, інакше $v_j(t) = 0$.

Позначимо як $S_i(t) \in \{-1, 0, 1\}$ цілочисельну змінну, яка вказує на зміну стану i -го ФС. Якщо $S_i(t) = -1$, тоді i -й ФС повинен бути вимкнений, якщо $S_i(t) = 1$, тоді i -й ФС повинен бути включений, якщо $S_i(t) = 0$, тоді стан i -го ФС не змінюється. Позначимо як $s_{ij}(t) \in \{-1, 0, 1\}$ цілочисельну змінну, яка вказує на зміну стану j -ї ВМ. Якщо $s_{ij}(t) = -1$, тоді j -та ВМ повинна бути вимкнена, якщо $s_{ij}(t) = 1$, тоді j -та ВМ повинна бути розгорнута на i -му ФС, якщо $s_{ij}(t) = 0$, тоді стан j -ї ВМ не змінюється.

Рівняння стану, що відображають динаміку системи

Наступні рівняння описують динаміку системи, що моделюється. Наступний стан (динаміка) i -го ФС може бути виражений наступним чином (1):

$$z_i(t+1) = z_i(t) + S_i(t) \quad (1)$$

Динаміка роботи j -ї ВМ на i -му ФС може бути виражена наступним чином (2):

$$\begin{aligned} a_{ij}(t+1) &= (a_{ij}(t) + s_{ij}(t))(1 - u_{ij}(t)) + a_{x_{ij}(t)y_i(t)}(t)u_{ij}(t) \\ u_{ij}(t) &= 0 \mid a_{ij}(t) = 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Динаміка використання k -го ресурсу j -ю ВМ на i -му ФС можна виразити

наступним чином (3):

$$r_{ij}^k(t+1) = (a_{ij}(t) + s_{ij}(t))(r_{new}^k(t)s_{ij}(t) + r_{ij}^k(t))(1 - u_{ij}(t)) + r_{x_{ij}(t)y_{ij}(t)}^k(t)u_{ij}(t). \quad (3)$$

Зміна типу j -ї VM може бути виражена наступним чином (4):

$$h_j(t+1) = \left((a_{ij}(t) + s_{ij}(t)) \left(h_{ij}(t)(1 - v_j(t)) + h_{new} v_j(t) \right) \right) \times (1 - u_{ij}(t)) + h_{x_{ij}(t)y_{ij}(t)}(t)u_{ij}(t). \quad (4)$$

Використання ресурсів i -го ФС для кожного ресурсу k повинно бути обмеженим. Таким чином, умова (5) повинна бути виконана.

$$\sum_{j=1}^N r_{ij}^k(t) \leq C_i^k. \quad (5)$$

Позначимо змінною $W_{PM}(t)$ невідомий процес, що повільно змінюється. Цей процес впливає на кількість ФС, що обслуговують робоче навантаження.

Змінні та рівняння для обліку продуктивності

Число фізичних серверів, що працюють на поточний момент t , визначається як $M_{PM}(t) = \sum_{i=1}^M z_i(t)$, $M_{PM}(t) \in \mathbb{N}$, $M_{PM}(t) < M$. Чим нижче значення $M_{PM}(t)$ тим краща якість консолідації віртуальних машин.

Число віртуальних машин, що працюють на поточний момент t , визначається як $N_{VM}(t) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N a_{ij}(t)z_i(t)$, $N_{VM}(t)$, $N_{VM}(t) \in \mathbb{N}$, $N_{VM}(t) < N$.

Число віртуальних машин, які мігрують на поточний момент t , визначаються як $N_{mig}(t) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N u_{ij}(t)z_i(t)$, $N_{mig}(t)$, $N_{mig}(t) \in \mathbb{N}$, $N_{mig}(t) < N$.

Число віртуальних машин, що працюють на поточний момент t на i -му ФС, визначається як $N_i(t) = \sum_{j=1}^N a_{ij}(t)z_i(t)$.

Щоб оцінити кількість віртуальних машин N' кожного типу $h \in H$, які теоретично можуть бути створені в ЦОД, пропонується використовувати таку функцію:

$$N' = \max_{h \in H} \left\{ \max_{k \in K} \left\{ \frac{\sum_{i=1}^M C_i^k}{c^k} \right\} \right\}. \quad (6)$$

Аналіз використання моделі

Модель динаміки ЦОД реалізована за допомогою мови С#. При аналізі та моделюванні використані дані з журналів роботи кластера Google [10] та з набору даних Bitbrains [15]. Це обумовлено тим, що штучно згенеровані дані про стан використання ресурсів ЦОД не відповідають реальним умовам

експлуатації ЦОД, і при моделюванні перевага віддається актуальним даним, що отримані в умовах виробництва.

Журнал роботи кластера Google складаються з декількох наборів даних про завдання, виконані приблизно на 12 000 фізичних серверах. Ці набори містять записи про конфігурацію фізичних серверів, події планування завдань, потреби в ресурсах для завдань та записи про використання ресурсів 25462157 завданнями протягом 29 днів. Для кожного завдання користувач вказує максимальну потребу в кожному ресурсі, насамперед потребу в ресурсах процесора і розмірі пам'яті. Значення попиту та використання для кожного типу ресурсу нормалізовані від 0 до 1 відносно найбільшої ресурсоемності.

Набір даних Bitbrains містить показники ефективності 1750 віртуальних машин із розподіленого ЦОД, який спеціалізується на постачанні послуг хостингу та бізнес-розрахунків для підприємств. Кожен файл набору даних містить показники роботи однієї VM. В якості вхідних даних моделі використано один з наборів, fastStorage, який складається з 1250 віртуальних машин, підключених до мережі зберігання даних. В кожному файлі журналу роботи VM зберігаються такі важливі дані про продуктивність роботи, як: час початку роботи VM, час закінчення роботи VM, кількість віртуальних процесорних ядер, запитаний і використаний ресурс процесора ФС, запитаний і використаний ресурс пам'яті ФС, операції з диском (читання і запис даних, КБ/с), операції з мережевим адаптером (отримано і надіслано даних, КБ/с).

У результаті аналізу журналу роботи кластера Google можна побачити, що попит на кожний тип ресурсу коливається в часі. Це відображається на змінній $c_j^k(t)$ при моделюванні, коли для кожного завдання запланована окрема VM. Модель отримує запити на виконання завдань із журналу роботи кластера Google. Експерименти проводились протягом різних періодів часу з тривалістю 7 днів. Для кожного завдання інформація про попит ресурсів, час появи та час закінчення використана в моделі за рахунок змінних $r_{ij}^k(t)$, $a_{ij}^h(t)$ та $s_{ij}(t)$. Процес прийняття рішень для визначення нового розміщення VM на кожному кроці t виконується за рахунок використання змінних управління $u_{ij}(t)$, $x_{ij}(t)$, $y_i(t)$, $S_i(t)$, що подаються на вхід алгоритму, який запропонований в [16]. Процес прийняття рішень для вимкнення недовантажених ФС шляхом консолідації VM на кожному кроці t виконується за рахунок використання змінних управління $u_{ij}(t)$, $x_{ij}(t)$, $y_i(t)$.

Висновки

Ефективні підходи до управління ресурсами хмарних ЦОД надають можливість провайдерам хмарних послуг досягти високих показників ефективності одночасно забезпечуючи виконання угоди про рівень обслуговування клієнтів та підтримуючи конкурентну вартість послуг.

Якість управління ресурсами ЦОД в значній мірі залежить від урахування всіх показників, що чітко відображають стан системи у часі і використовуються в реальних умовах ЦОД. У статті запропонована модель динаміки хмарного ЦОД, яка враховує різні типи фізичних серверів, різні типи віртуальних машин і різні типи ресурсів в гетерогенному середовищі ЦОД. Запропонована модель дозволяє отримати актуальний стан всіх об'єктів ЦОД, що приймають участь в процесі управління ресурсами, в певний дискретний момент часу, а також визначити кількість працюючих віртуальних машин; кількість мігруючих віртуальних машин, кількість задіяних фізичних серверів, кількість віртуальних машин кожного типу, що потенційно можуть бути створені в ЦОД з урахуванням наявної ємності. У результаті аналізу журналів роботи кластера Google виявлено значне коливання попиту на кожний тип ресурсу в часі та затримка запуску віртуальної машини для виконання завдання.

В рамках майбутніх досліджень планується вдосконалити модель динаміки хмарного центру обробки даних, узагальнити модель планування ємності фізичних ресурсів ЦОД, враховувати прогнозні значення зайнятості ресурсів при міграціях та інтегрувати алгоритми керування віртуальними машинами, розроблені в попередніх роботах [14, 16].

1. Gartner, Inc., The Future of the Data Center in the Cloud Era, Gartner Research Document, September 2016.
2. Magic Quadrant for Cloud Infrastructure as a Service, Worldwide [Online] – Available from: <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-2G2O5FC&ct=150519>
3. P. Barham, B. Dragovic, K. Fraser, S. Hand, T. Harris, A. Ho, R. Neugebauer, I. Pratt, A. Warfield, Xen and the art of virtualization, in: Proceedings of the 19th ACM Symposium on Operating Systems Principles, SOSP2003, Bolton Landing, NY.
4. Amazon EC2 Instance Types [Online] – Available from: https://aws.amazon.com/ec2/instance-types/?nc1=h_ls
5. R. W. Ahmad, A. Gani, S. H. A. Hamid, M. Shiraz, A. Yousafzai, and F. Xia, “A survey on virtual machine migration and server consolidation frameworks for cloud data centers,” Journal of Network and Computer Applications, vol. 52, P.11-25, 2015.
6. S. H. H. Madni, M. S. A. Latiff, Y. Coulibaly, and others, “Resource scheduling for infrastructure as a service (IaaS) in cloud computing: Challenges and opportunities,” Journal of Network and Computer Applications, vol. 68, P.173-200, 2016.
7. G. Chen, W. He, J. Liu, S. Nath, L. Rigas, L. Xiao, and F. Zhao, “Energy-Aware Server Provisioning and Load Dispatching for Connection-Intensive Internet Services,” in NSDI, 2008, vol. 8, P.337-350.
8. D. Kusic, J.O. Kephart, J.E. Hanson, N. Kandasamy, and G. Jiang, “Power and performance management of virtualized computing environments via lookahead control,” in Proceedings of the International Conference on Autonomic Computing (ICAC), 2008.
9. N. Roy, A. Dubey, and A. Gokhale, “Efficient autoscaling in the cloud using predictive models for workload forecasting,” in Proc. of IEEE International Conference on Cloud Computing (CLOUD), 2011, P.500-507.
10. C. Reiss, J. Wilkes, and J. L. Hellerstein, “Google cluster-usage traces: format+schema,” Google Inc., Mountain View, CA, USA, Technical Report, 2011.

11. A. Fox, R. Griffith, A. Joseph, R. Katz, A. Konwinski, G. Lee, D. Patterson, A. Rabkin, and I. Stoica, "Above the clouds: A Berkeley view of cloud computing," Dept. Electrical Eng. and Comput. Sciences, University of California, Berkeley, vol. 28, p. 13, 2009.
12. S. Garg, S. Sundaram, H. D. Patel, "Robust heterogeneous data center design: a principled approach," SIGMETRICS Performance Evaluation Review, vol. 39, P.28-30, 2011.
13. W. Liu, H. Li, W. Du, F. Shi, "Energy-aware Task Clustering Scheduling algorithm for heterogeneous clusters," in Proc. of IEEE/ACM International Conference on Green Computing and Communications (ICGCC), August 2011, Chengdu, China.
14. S. Telenyk, E. Zharikov, and O. Rolik, "Architecture and Conceptual Bases of Cloud IT Infrastructure Management," Advances in Intelligent Systems and Computing, Springer, vol. 512, 2017, P.41–62.
15. GWA-T-12 Bitbrains [Online] – Available from: <http://gwa.ewi.tudelft.nl/datasets/gwa-t-12-bitbrains>
16. S. Telenyk, E. Zharikov, and O. Rolik, "An approach to virtual machine placement in cloud data centers," in Proc. of the International Conference Radio Electronics & Info Communications (UkrMiCo), 2016, P.1-6.

Поступила 6.09.2018р.

УДК 621.643.8

О.А. Владимирський, Київ

І.А. Владимирський, Київ

АНАЛІЗ ЗАВДАНЬ ЗАСТОСУВАННЯ МУЛЬТИПАРАМЕТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ У СКЛАДІ ЗОНДА ДЛЯ ЕКСПРЕСНОЇ ДІАГНОСТИКИ ТЕПЛОМЕРЕЖ

Abstract. The problems of diagnostics of heat networks are proposed and analyzed, for which the use of multiparameter measurements using a specialized probe for carrying out express diagnostics of heat networks with installation in non-transition channels is relevant.

Актуальність

Україна має одну з найбільш протяжних трубопровідних систем у світі та, зокрема, систему централізованого міського тепlopостачання. Значна протяжність та знос системи тепlopостачання міст України призводять до частих поривів теплотрас. У м. Києві щорічний приріст кількості виявлених та усунутих поривів за останні 5 років склав у середньому 7%. За 3,5 місяці проведення гідравлічних випробувань щорічно виявляється та усувається понад 1000 пошкоджень теплових мереж. Кількість пошкоджень у опалювальний період також поступово зростає, загрожуючи частими та

134 © О.А. Владимирський, І.А. Владимирський