

$$\beta^* = 0, \quad \alpha^* = \frac{k_3}{T\rho+1}g, \quad (6)$$

где $k_3 = \frac{ml}{k_2}$; $T = \frac{H}{k_2}$ – постоянная времени гиرونьютометра.

Из формулы (6) следует, что в динамическом отношении рассмотренный гиرونьютометр представляет собой апериодическое звено по отношению к измеряемому ускорению. Рациональным выбором постоянной времени T можно обеспечить требуемые частотные характеристики прибора. Применение в предлагаемом ньютоньометре компенсационного метода определения гравитационных ускорений позволяет существенно повысить точность АГС, построенной на его базе, по сравнению с использованием гироскопического интегратора линейных ускорений.

Выводы. Выбор того или иного типа ньютоньометра для построения АГС следует производить исходя из конкретных условий работы системы. При существующем состоянии авиационных гравиметрических систем целесообразно комплексное использование ньютоньометров различного типа для уточнения методики и повышения точности гравиметрических измерений на подвижном основании.

Однако следует отметить перспективность и целесообразность разработки и использования гироскопических ньютоньометров, в которых значительно лучше разработаны вопросы автоматизации, съема и обработки сигнала датчика, обладающих сравнительно простой измерительной схемой и меньшей зависимостью от температуры окружающей среды, чем другие типы ньютоньометров.

Список литературы: 1. Лозинская, А. М. Аэрогравиметрическая аппаратура на базе струнных датчиков / А. М. Лозинская, З. П. Фомина, И. Л. Яшаев // Прикладная геофизика. — 1973. — Вып. 70. — С. 175 — 185. 2. Лунц, Я. Л. Введение в теорию гироскопов / Я. Л. Лунц. — М.: Наука, 1972. — 296 с. 3. Попов, Е. И. Аппаратурные и опытно-методические работы по морской гравиметрии: Сборник статей / Е. И. Попов. — М.: Наука, 1973. — 131 с. 4. Ткачев, Л. И. Системы инерциальной ориентировки. Ч. 1. Основные положения теории. / Л.И. Ткачев. — М.: МЭИ, 1993. — 213 с. 5. Wilmoth, E. D. An investigation of methods for determining gravity anomalies from an aircraft: Sc. D. Thesis. / E. D. Wilmoth. — Mass. Inst. of Tech. 1989. — 76 p. 6. Безвесільна, О. М. Авіаційні гравіметричні системи та гравіметри: Монографія / О. М. Безвесільна. — Житомир: ЖДТУ, 2007. — 604 с.

Поступила в редколлегию 01.12.2010

УДК 519.687.1

Г.М. ЗАХАРЕНКО, студент, НТУ «ХП»

Д.В. КУКЛЕНКО, канд. техн. наук, доц. каф. АСУ НТУ «ХП»

ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ У ВИРШЕННІ ЗАДАЧІ УПРАВЛІННЯ ПРОДУКТИВНІСТЮ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ РЕСУРСІВ БІЛНГОВОЇ СИСТЕМИ МОБІЛЬНОГО ОПЕРАТОРА

В статті проаналізовано причини збільшення навантажень на обчислювальні ресурси

мобільних операторів. Запропоновано підхід для вирішення задачі управління продуктивністю обчислювальних ресурсів за допомогою створення інформаційно-аналітичної системи з експертною системою у якості головної компоненти.

In the article the reasons of mobile operators' computational resources load increase are analyzed. The approach for solving of the task of computational resource productivity management is suggested with the help of information-analytical system creation with expert system as main component.

Вступ. Існує багато галузей, у яких обсяги даних, що підлягають обробці, є надзвичайно великими. Серед них є сфера телекомунікаційних послуг, та її представники – оператори мобільного зв'язку. Види даних, якими оперують такі компанії, можна розділити на дві групи: внутрішні та зовнішні. Внутрішні – це дані, що запроваджуються самим мобільним оператором: дані про користувачів, послуги, які надаються, та їх тарифи, дані про акції та знижки тощо. До зовнішніх даних відносяться дані про використані абонентами послуги. Частка цих даних по відношенню до внутрішніх у тисячі разів більша, а важливість здатності обробити їх усі безпосередньо пов'язана з основною ціллю існування мобільного оператора - отримання прибутку від надання телекомунікаційних послуг.

Для вирішення задачі обробки великого об'єму даних необхідна велика кількість обчислювальних ресурсів (ОР) та підхід до їх управління.

Тож, у цій статті буде запропонований підхід, що може бути застосований для вирішення задачі ефективного управління продуктивністю обчислювальних ресурсів.

Аналіз проблеми. У порівнянні з першими роками роботи на ринку мобільного зв'язку України, нинішні об'єми зовнішніх даних мобільних операторів значно зросли, що обумовлено кількома основними причинами:

1 Багаторазове збільшення абонентської бази мобільних операторів. Для найбільших операторів України статистика зміни кількості абонентів представлена на рис. 1 [1].

Перехід до конвергентного білінгу [2], що дозволив мобільним операторам надавати більшу кількість послуг, призвів до збільшення загальної кількості використовуваних послуг одним абонентом.

У зв'язку з цим мобільні оператори змушені шукати шляхи вирішення проблеми високих навантажень на ОР. Екстенсивним підходом є збільшення кількості ОР, що допомагає вирішити цю проблему, але натомість породжує нові. Вибухове збільшення кількості обчислень даних про використані послуги призвело до розростання обчислювальних центрів, які, як правило, складаються

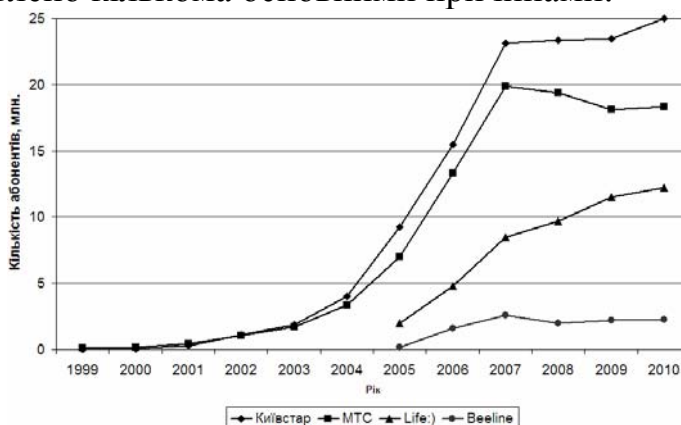


Рис. 1. Кількість абонентів мобільних операторів України

з великої кількості слабо використовуваних серверів, що тягне за собою високу вартість володіння (враховуючи витрати на оренду, електроенергію для обчислень та охолодження, ліцензії на програмне забезпечення та адміністрування за участю операторів). Тому актуальною стала задача ефективного управління продуктивністю ОР.

Постановка задачі. Продуктивність – це міра, яка характеризується кількістю виконаної корисної роботи у відношенні до кількості часу та ресурсів, що було затрачено на її виконання [3]. Оскільки у якості ресурсу для обробки даних про використані послуги виступає обчислювальний сервер, постановку задачі можна сформулювати так: мінімізувати кількість серверів, відповідальних за обробку даних про використані абонентами послуги (по кожному виду окремо), так, щоб у будь-який момент часу усі дані, що надійшли, були оброблені без затримки та помилок, але при цьому жоден з серверів не простоював без навантаження і не працював на межі своїх можливостей.

Підхід до вирішення задачі. Сама постановка задачі вказує на те, що такого результату можна досягнути за умови зміни кількості виділених для обчислень серверів з часом. Ці зміни обумовлені тим, що інтенсивність використання різних видів послуг варіюється в залежності від різних обставин. Так, наприклад, вдень люди дзвонять та відправляють одне одному смс більше, ніж вночі; на Новий рік кількість здійснених дзвінків та відправлених смс у десятки разів більша, ніж у звичайний несвятковий день; а влітку збільшується кількість дзвінків у роумінгу, в той час як загальна кількість звичайних дзвінків зменшується.

Тож, головним питанням є: як дізнатись, скільки ОР необхідно? Очевидно, що ця величина залежить від обсягу навантажень, що приводить до питання: як дізнатись, які навантаження будуть у той чи інший час?

Навантаження на ОР мобільного оператора залежить від рівня активності його абонентів, визначення якого не можливо однозначно описати за допомогою алгоритму. Тому для отримання відповіді на поставлене питання необхідно звернутись до того, хто вже багато років працює у цій області і досконало знає закономірності змін об'ємів навантажень, – до експерта. Але й у цього рішення є недоліки. Якщо уявити, що потрібно одночасно з'ясувати кількість ОР для кожної з десятків послуг, що надаються мобільним оператором, або розбудити експерта вночі, для того щоб дізнатись, чи варто змінювати щось в обчислювальній інфраструктурі, то проявляються наступні недоліки людини-експерта:

- обмежена швидкість при прийнятті складних рішень;
- один експерт, зазвичай, не може якісно вирішувати більше однієї задачі одночасно, що може призвести до появи черги з нагальних задач, які підлягають розв'язанню;
- схильність до втоми.

Ці причини яскраво підкреслюють необхідність замінити експерта-людину аналітично-інформаційною системою, що могла б вирішувати завдання такої чи більшої складності з не меншою ефективністю, при цьому будучи

позбавленою тих вад, що є у людини. До таких систем належать експертні системи (ЕС), які і пропонуються у якості підходу до вирішення поставленої задачі.

Визначення та переваги ЕС. ЕС – це інтелектуальна комп'ютерна програма, що містить знання та аналітичні здібності одного або кількох експертів у відношенні до деякої галузі застосування і здатна робити логічні висновки на основі цих знань, тим самим забезпечуючи вирішення специфічних завдань (консультування, навчання, діагностика, тестування, проектування тощо) без присутності експерта (спеціаліста в конкретній проблемній галузі) [4].

Вони мають ряд переваг над людиною-експертом [5]:

- постійність якості рішень;
- стабільність результатів, відтворюваність рішень, що приймаються, та невідчужуваність зовнішнім факторам, що напряду не стосуються проблеми;
- вартість – нижча, ніж вартість частого використання допомоги експерта.

Архітектура системи. Архітектура запропонованої інформаційно-аналітичної системи зображена на рис. 2.

Основними компонентами у даній архітектурі є: ЕС, підсистема управління ОР та пул ОР.

ЕС відповідальна за прийняття рішення стосовно кількості ОР.

Підсистема управління ОР складається з таких компонентів: компонента взаємодії з ЕС – надає початкові дані для роботи ЕС; компонента взаємодії з ОР – запускає або зупиняє компоненти з обробки даних про використані послуги; компонента генерації звітів на основі даних отриманих від двох вищезгаданих компонент генерує звіти та надсилає їх адміністратору. Пул ОР складається з обчислювальних серверів мобільного оператора.

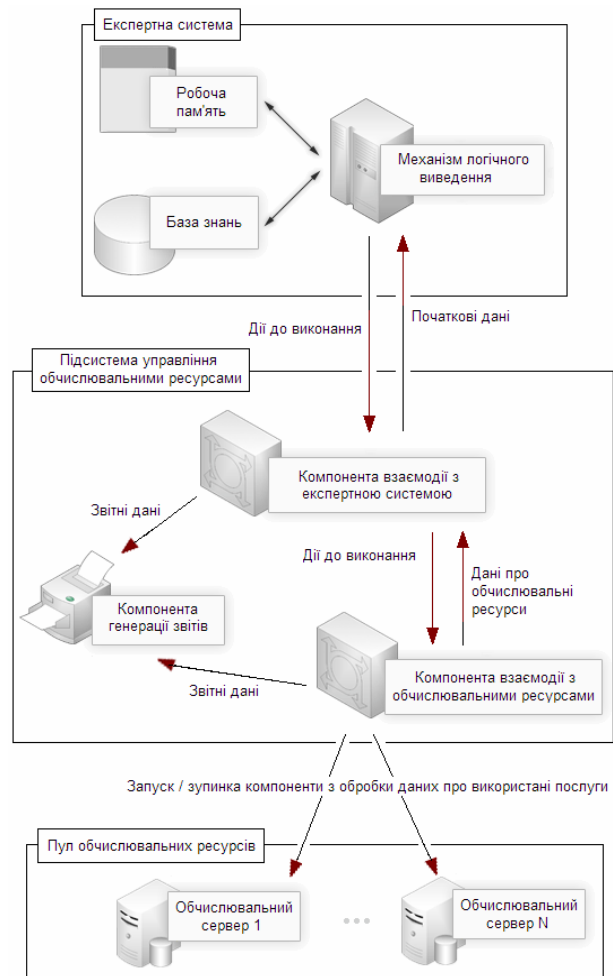


Рис. 2. Архітектура інформаційно-аналітичної системи

Розробка ЕС. На сьогодні склалася технологія розробки ЕС, що включає 6 етапів: ідентифікація, концептуалізація, формалізація, реалізація, тестування,

дослідна експлуатація і впровадження. Найбільш важливими є два перші етапи, адже протягом них проектується база знань (БЗ) ЕС, на основі якої буде здійснюватись логічне виведення.

Для представлення знань у БЗ було обрано продукційну модель, оскільки їй притаманні такі переваги як: відносна простота, наочність, висока модульність, легкість до внесення змін та доповнень, простота схеми логічного виводу. Моделі цього типу засновані на правилах, та дозволяють представити знання у вигляді пропозицій типу: «якщо умова, то дія» [6].

Етап ідентифікації. На етапі ідентифікації визначаються завдання, які підлягають рішенню, та проходить здобування знань. Для розробленої ЕС завдання, яке вона має вирішувати, аналогічне постановці задачі, що була сформульована вище.

Так як дані, необхідні для розв'язання цієї задачі є комерційною таємницею і не розповсюджуються представниками мобільних операторів, у якості ресурсів, з яких будуть отримуватись необхідні знання, виступатимуть відкриті джерела Інтернету: аналітичні статті з вирішення питань навантажень на ОР та статистичні статті з даними про навантаження на мережі мобільних операторів у різні періоди часу (будні та вихідні дні, різні свята та сезони року).

Зазвичай для створення прототипу ЕС кількість початкових даних зовсім незначна, тому для прикладу буде використано лише 3, але найбільш показові, факти. Оскільки один з методів отримання знань – це опитування, то отримані знання наведені у форматі можливих відповідей людини-експерта:

1 Новий рік є найбільшим випробуванням для мобільного оператора. У новий рік навантаження на мережу зростає багаторазово, особливо активно використовуються такі послуги як голосовий зв'язок і смс. Пік навантажень припадає на час з 22:00 31 грудня до 3:00 1 січня. За цей час кількість здійснених голосових дзвінків зростає у 5-7 разів в порівнянні з середньодобовими показниками, кількість смс - в 10-15 разів.

2 У міжнародний жіночий день (8 березня) будь-який чоловік прагне привітати усіх знайомих йому жінок з цим святом. В наслідок чого показники кількості відправлених SMS і здійснених дзвінків наближаються до новорічних. Кількість дзвінків зростає в 4-5 разів, кількість відправлених SMS - в 7-8 разів.

3 Одним з найбільш завантажених днів осені є 1 вересня. Цього дня багато хто веде дітей до школи, повертаються з відпочинку студенти, і починають активно ділитися враженнями про проведене літо, та домовлятися про майбутні спільні активності. Цього дня навантаження по голосових повідомленнях зростають в 2,7 рази, а кількість відправлених смс в 3,5 рази.

Етап концептуалізації. На етапі концептуалізації, базуючись на тих даних, що були отримані в процесі ідентифікації, необхідно виділити ключові поняття, стосунки і характеристики, необхідні для опису процесу рішення задачі. Також необхідно визначити початкові дані, та дані, що виводяться.

Виходячи з зазначених вище фактів та цілей ЕС, у якості початкових даних можуть використовуватись величини з наступних елементів:

– множина T моментів часу (момент часу задається у вигляді dd/mm hh:mm, тобто із точністю до однієї хвилини);

- множина $S = \{s_1 \dots s_n\}$ видів послуг мобільного оператора (наприклад «звичайний дзвінок»), для яких необхідно розрахувати кількість ОР;
- g - кількість ОР, що виділені для обробки даних по обраній послугі.

Дані, що необхідно вивести, належать до таких множин:

- множина $A = \{\text{зменшити, збільшити, залишити_незмінною}\}$ дій, що мають бути виконані для забезпечення достатньої кількості ОР для обраної послуги;
- r - кількість ОР, для яких має бути застосована дія з множини A .

На основі експертних знань можна виділити наступні взаємозв'язки між об'єктами проблемної області: зв'язки між часом та датою, для яких необхідно розрахувати кількість ОР та обсягом зміни даних, що надійшли для обробки по конкретній послугі. Такі зв'язки наведені у табл. 1.

З таблиці видно, що отримані взаємозв'язки легко можуть бути представлені за допомогою продукційної моделі, оскільки присутня як умовна частина, так і дієва частина, що має бути виконана у разі істинності умовної.

Модель правила для послуги $s \in S$ матиме наступний вигляд: $(t \in [t_1, t_2]) \wedge (g \omega r) \Rightarrow (gar)$, де $t, t_1, t_2 \in T, \omega \in \{<, >\}, a \in A$.

Таблиця 1

Величина зміни кількості даних, що надійшли для обробки в залежності від часу та дати

Умова (час та дата)	Зміна по послугі «дзвінок»	Зміна по послугі «SMS»
дата 31.12 і час більше 22:00 або дата 01.01 і час менше 3:00	зростає в 6 разів	зростає в 13 разів
дата 08.03 і час між 8:00 і 23:00	зростає в 5 разів	зростає в 7 разів
дата 01.09 і час між 7:00 і 14:00	зростає в 2,7 разів	зростає в 3,5 рази

Етап формалізації. Для формалізації отриманих знань була обрана мова Jess (Java Expert System Shell) [7], оскільки вона має наступні переваги:

- написана кросплатформеною мовою Java;
- використовує поліпшену версію алгоритму Rete [8];
- має як прямий, так і зворотній механізми виведення;
- має високу продуктивність та нескладний синтаксис.

Початкові дані, що надходять до ЕС, повинні мати певну структуру, яка задається за допомогою шаблонів. Шаблони для параметрів час, дата та тип послуги наведені на рис. 3.

```
(deftemplate date (slot is))
(deftemplate time (slot is))
(deftemplate service (slot type))
```

Рис. 3. Шаблони початкових даних

Правила формалізовані для першої умови з табл. 1 наведені на рис. 4 (для послуги «дзвінок») та 5 (для послуги «SMS»).

Умовна частина правила перевіряє чи задовольняють вхідні дані поставленим умовам, а дієва присвоює змінній «factor» значення величина зміни кількості даних по обраній послугі. Надалі це значення може бути

використано для розрахунку необхідної кількості ОР.

```
(defrule new-year-night-call-load
  "New Year's night call load"
  (and
    (or ((date (is 31.12)) and (time (is ?t)) and (test (> ?t 1320)))
        ((date (is 01.01)) and (time (is ?t)) and (test (< ?t 180))))
    (service (type call)))
  =>
  (bind ?factor 6))
```

Рис. 4. Формалізоване правило для послуги «дзвінок»

```
(defrule new-year-night-sms-load
  "New Year's night sms load"
  (and
    (or ((date (is 31.12)) and (time (is ?t)) and (test (> ?t 1320)))
        ((date (is 01.01)) and (time (is ?t)) and (test (< ?t 180))))
    (service (type sms)))
  =>
  (bind ?factor 13))
```

Рис. 5. Формалізоване правило для послуги «SMS»

Решта правил з табл. 1 може бути формалізована таким же чином, зі зміною умов та величини, що присвоюється змінній «factor».

Висновок.

Таким чином, були з'ясовані причини великих навантажень на ОР мобільних операторів та запропонований підхід для вирішення задачі управління їх продуктивністю. Представлена інформаційно-аналітична система є простою у розробці та ефективною у вирішенні даного завдання. ЕС в основі архітектури надає можливість подальшого розширення кількості правил для пристосування до нових умов, що впливають на зміну навантажень, без втручання у інші компоненти системи. Наведений приклад розробки правила з бази знань ЕС свідчить про легкість у подальшій підтримці системи.

Список літератури: 1. Статистичні дані мобільних операторів України [Електронний ресурс]. – Режим доступу в Інтернеті: <http://mobilnik.ua/info/operators>. 2. The Who, What, and Why of Convergent Billing [Електронний ресурс] / *Lisa Phifer* // – Режим доступу в Інтернеті: <http://www.isp-planet.com/cplanet/tech/0004phifer.html>. 3. Daniel A. Menasce. Capacity Planning and Performance Modeling: From Mainframes to Client-Server Systems. – J: Prentice-Hall, 2004. – 458р. 4. Джозеф Джарратано. Экспертные системы : Принципы разработки и программирования / Джозеф Джарратано ; [пер. с англ. К.А.Птицына]. – К. : ООО «И.Д. Вильямс», 2007. – 1152 с. 5. Переваги експертної системи у порівнянні з людиною-експертом [Електронний ресурс]. – Режим доступу в Інтернеті: <http://www.aiportal.ru/articles/expert-systems/pluses-before-human.html>. 6. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. – СПб: Питер, 2000. – 384 с. 7. Jess – система управління заснована на правилах [Електронний ресурс]. – Режим доступу в Інтернеті: <http://www.jessrules.com>. 8. *Charles Forgy*. Rete: A Fast Algorithm for the Many Object Pattern Match Problem. – Artificial Intelligence, 1982. – 52 p.

Поступила в редколлегию 09.12.10