

УДК 621.391

Демидов І.В., к.т.н.; Мухамед Мехді Ель Хатрі, аспірант; Укаблі Юсеф, аспірант

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ КОРИСТУВАЧІВ ХМАРИНКОВИХ СЕРВІСНИХ МЕРЕЖНИХ СИСТЕМ

Demydov I.V., Mohamed Mehdi El Hatri, Oukabli Youssef. Modeling of differentiated user service processes at cloud service network systems. In this paper we determine a potential efficiency of cloud service network systems (i.e. – their performance) due to servicing of low priority requests with non-guaranteed quality by applying the method of differentiated user service. Functional and mathematical models of two differentiated requests' flows service by service network system were proposed. On the basis of obtained results after computer simulation of differentiated user service processes at service network system was completed; and its system performance characteristics were studied. It is shown, that the lack of priorities in users serving by cloud service network systems, not only does not provide a satisfactory quality of business users' service requests, but also does not allow more efficient use of additional network resources through low priority requests service for "economy" users. The recommendations are presented, that allow network operators to increase their customer base efficiently and gradually, and more accurately predict a development of cloud service network systems.

Keywords: service network systems, cloud systems, servicing of requests, service-oriented architectures, simulation of service systems, performance improvement

Демидов І.В., Мухамед Мехді Ель Хатрі, Укаблі Юсеф. Моделювання процесів диференційованого обслуговування користувачів хмаринкових сервісних мережних систем. В даній роботі проведено визначення потенційних можливостей підвищення ефективності хмаринкових сервісних мережних систем (а саме – їх продуктивності) за рахунок обслуговування другорядних за пріоритетом запитів з негарантованою якістю шляхом застосування методу диференційованого обслуговування користувачів. Запропоновано функціональну та математичну моделі диференційованого обслуговування двох потоків запитів сервісною мережною системою. На їх основі одержано результати імітаційного комп'ютерного моделювання процесів диференційованого обслуговування користувачів сервісною мережною системою, зокрема досліджено характеристики її системної продуктивності.

Ключові слова: сервісні мережні системи, хмаринкові системи, обслуговування запитів, сервісно-орієнтовані архітектури, моделювання сервісних систем, підвищення продуктивності

Демидов И.В., Мухаммед Мехди Эль Хатри, Укабли Юсеф. Моделирование процессов дифференцированного обслуживания пользователей облачных сервисных сетевых систем. В данной работе проведено определение потенциальных возможностей повышения эффективности облачных сервисных сетевых систем (а именно – их производительности) за счет обслуживания второстепенных по приоритету запросов с негарантированным качеством, путем применения метода дифференцированного обслуживания пользователей. Предложены функциональная и математическая модели дифференцированного обслуживания двух потоков запросов сервисной сетевой системой. На их основе получены результаты имитационного компьютерного моделирования процессов дифференцированного обслуживания пользователей сервисной сетевой системой, в частности исследованы характеристики ее системной производительности.

Ключевые слова: сервисные сетевые системы, облачные системы, обслуживание запросов, сервисно-ориентированные архитектуры, моделирование сервисных систем, повышение продуктивности

Вступ

На підставі застосування розглянутого в [1] методу диференційованого обслуговування різних категорій користувачів за допомогою імітаційного комп'ютерного моделювання проведемо дослідження для отримання оцінки якісних показників функціонування телекомунікаційних мереж хмаринкових сервісних систем.

Мета дослідження – визначення потенційних можливостей підвищення ефективності хмаринкових сервісних мережних систем (а саме – їх продуктивності) за рахунок обслуговування другорядних за пріоритетом запитів з негарантованою якістю.

Для досягнення поставленої мети необхідно запропонувати математичну модель обслуговування запитів сервісною мережною системою при диференційованому обслуговуванні запитів двох потоків. Запити першого потоку є пріоритетними в

обслуговуванні і для їх обслуговування доступні всі ресурси мережі. Крім того, передбачається, що ці запити можуть стосуватись додаткових сервісів, які надаються за більш високою вартістю, тобто, теоретично є більш ефективними. Оскільки відмова в обслуговуванні пріоритетних запитів призводить автоматично до втрати і додаткового ефекту, ймовірність втрат таких запитів через недостатню пропускну спроможність мережної системи повинна бути мінімальною.

Групи користувачів, які не відносяться до «бізнес» категорії, наприклад «економні» – не пред'являють високих вимог до якості сервісів, для них більш значущою є вартість сервісів, що надаються [1]. Тому для них надаються, в основному, вільні від обслуговування пріоритетних запитів користувачів мережні ресурси. Для таких запитів (другого потоку) характерне зайняття мережного ресурсу на більш короткий час і значна ймовірність відмов через відсутність вільного для їх обслуговування ресурсу мережі. У зв'язку з цим необхідно передбачати ефект, що пов'язаний з повторними спробами отримати доступ до сервісів.

Таким чином, виникає досить складний вхідний потік запитів, у якому присутні: потік первинних пріоритетних запитів, потік запитів на додаткові сервіси, який, в загальному випадку, залежить від потоку вихідних запитів, потік низькопріоритетних запитів, а також потік повторних запитів. Безпосередній розрахунок такої моделі надходження запитів є складним навіть у припущенні, що обидва вхідні потоки є найпростішими, а тривалість обслуговування запитів сервісами – експоненціальна. Як показано в [2], марківський процес, який виникає при цьому та описує стани елементів мережної системи, є чотиривимірним. Враховуючи те, що хмаринкова мережна система містить у своєму складі обслуговуючі пристрої, які можна вважати ланками великої ємності, де одночасно можуть обслуговуватися сотні запитів, розрахунок подібної моделі на сучасних ЕОМ виконати важко, оскільки число станів всієї змодельованої системи буде більшим, ніж 10^9 .

В даній роботі запропоновано спрощення моделі диференційованого обслуговування запитів, що дозволяє отримати ефективний метод розрахунку пропускну здатності сервісної мережної системи, а також вибору порогового значення навантаження, після досягнення якого обслуговуються тільки високопріоритетні запити.

Теоретичні результати досліджень великих систем [3, 4] дають підстави вважати, що в міру збільшення ємності обслуговуючої ланки мережі зростає і кількість змін її станів за кінцевий проміжок часу, що, в свою чергу, позитивно впливає на збільшення точності наближеної моделі.

1. Математична модель диференційованого обслуговування користувачів

Предметом подальших досліджень буде модель процесів обслуговування двох потоків запитів сервісною мережною системою, що володіє величиною каналного ресурсу ν , при цьому для запитів другого потоку доступні тільки мережні ресурси величиною k , $0 \leq k \leq \nu$. Запити з першого потоку утворюють пуасонівський потік інтенсивності λ_1 , і займають будь-який вільний каналний ресурс на час тривалості обслуговування, що має експоненційний розподіл з параметром μ_1 . Після завершення обслуговування запит може з імовірністю a продовжити обслуговування, тобто отримувати додатковий сервіс. Тривалість додаткового обслуговування має експоненціальний розподіл з параметром μ_s . У тому випадку, коли запит не надходить на обслуговування, він не може отримати і додатковий сервіс. Запити з другого потоку утворюють пуасонівський потік інтенсивності λ_2 і займають будь-який доступний їм каналний ресурс мережної системи на час тривалості обслуговування, що має експоненціальний розподіл з параметром μ_2 . Для запитів з другого потоку надання додаткових сервісів не передбачене. У випадку зайнятості всіх доступних каналних ресурсів запит друга потоку стає джерелом повторних запитів з імовірністю H , $0 < H < 1$, і інтенсивністю μ_r .

Функціональна модель обслуговуючого пристрою на основі ланки сервісної мережної системи приведена на рис. 1. Відмічені канали, що доступні запитам другого потоку та показано формування потоку повторних запитів у разі відмови у обслуговуванні через

зайнятість всіх доступних каналних ресурсів в межах величини k . Показано можливість додаткового обслуговування запитів першого потоку з імовірністю a у разі завершення основної фази обслуговування.

Модель описується марківським процесом, стани якого описуються чотиривимірним вектором (i_1, i_2, i_3, j) , де i_1 – каналний ресурс, зайнятий обслуговуванням запитів першого потоку, i_2 – каналний ресурс, зайнятий додатковим обслуговуванням запитів першого потоку при наданні додаткових сервісів, i_3 – каналний ресурс, зайнятий обслуговуванням запитів другого потоку, j – кількість джерел повторних запитів другого потоку. Множина можливих станів такої моделі подається як:

$$S = \{(i_1, i_2, i_3, j) : i_1 + i_2 + i_3 \leq v, 0 \leq i_1 + i_2 \leq v, 0 \leq i_1 \leq v, 0 \leq i_2 \leq v, 0 \leq i_3 \leq k, j \geq 0\} \quad (1)$$

де v – загальна величина каналного ресурсу мережної системи; k – величина каналного ресурсу, доступного для запитів другого потоку.

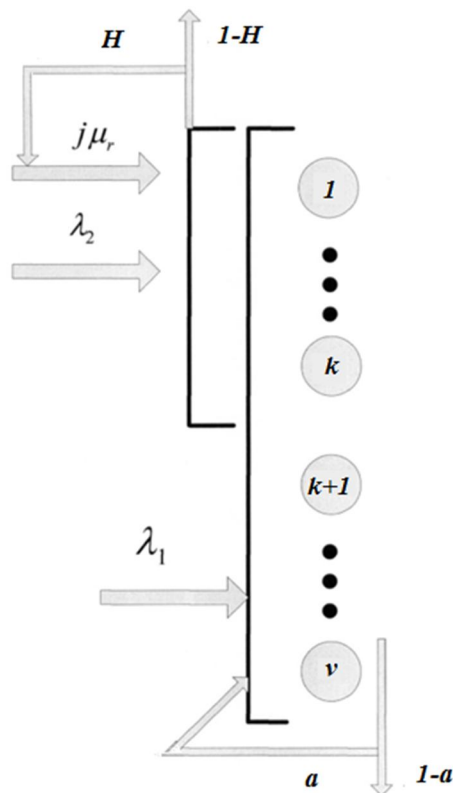


Рис. 1. Функціональна модель обслуговуючого пристрою на основі ланки сервісної мережної системи з диференційованим обслуговуванням запитів користувачів

Виходячи з (1) та рис. 1, рівняння статистичної рівноваги для такого процесу має наступний вигляд:

$$\begin{aligned} &P(i_1, i_2, i_3, j)(\lambda_1 + \lambda_2 + j\mu_r + \mu_1 i_1 + \mu_s i_2 + \mu_2 i_3) = \\ &= P(i_1 - 1, i_2, i_3, j)\lambda_1 + P(i_1, i_2, i_3, j - 1)\lambda_2 + \\ &+ P(i_1, i_2, i_3 - 1, j + 1)(j + 1)\mu_r + \\ &+ P(i_1 + 1, i_2, i_3, j)(i_1 + 1)\mu_1(1 - a) + \\ &+ P(i_1, i_2 + 1, i_3, j)(i_2 + 1)\mu_s + P(i_1, i_2, i_3 + 1, j)(i_3 + 1)\mu_2, \end{aligned} \quad (2)$$

якщо виконуються умови:

$$i_1 + i_2 + i_3 < k, i_1 > 0, i_2 > 0, i_3 > 0. \quad (3)$$

Рівняння (2) було отримано стандартним способом прирівнювання інтенсивностей виходу і входу в стан. У лівій частині рівняння наведено інтенсивність виходу зі стану за рахунок, відповідно, надходження запиту першого потоку, надходження запиту другого потоку, надходження повторного запиту другого потоку, завершення обслуговування запиту першого потоку, завершення додаткового обслуговування запиту першого потоку, завершення обслуговування запиту другого потоку. Введені обмеження (3) на змінні означають, що у разі приходу нового запиту він потраплятиме на обслуговування. Доданки у правій частині рівняння відповідають за інтенсивність входу в стан обслуговування. Вони послідовно відображають наступні події: зміна стану за рахунок надходження на обслуговування нового запиту першого потоку, зміна стану за рахунок надходження на обслуговування нового запиту другого потоку, зміна стану за рахунок надходження на обслуговування нового повторного запиту другого потоку (а оскільки в цих випадках величина зайнятих ресурсів не може бути рівною нулю, то повинні виконуватися співвідношення з умов (3)), звільнення обслуговуючих мережних (каналних та сервісних) ресурсів, зайнятих обслуговуванням запиту першого потоку, без подальшого дообслуговування, звільнення ресурсів, зайнятих обслуговуванням запиту першого потоку з подальшим дообслуговуванням, звільнення ресурсів, зайнятих дообслуговуванням запиту першого потоку і звільнення ресурсів, зайнятих обслуговуванням запиту другого потоку (первинного або повторного, оскільки в даному випадку процеси обслуговування однакові).

2. Аналіз результатів моделювання процесів диференційованого обслуговування користувачів

На основі розглянутої наближеної моделі (2) з урахуванням умов (3) виконано імітаційне комп'ютерне моделювання для розрахунку характеристик процесів диференційованого обслуговування користувачів сервісною мережною системою з використанням засобів MATLAB.

Виконаємо дослідження ефективності введення динамічного управління [1], спрямованого на обмеження доступу до мережі запитів користувачів другого потоку в моменти, коли ресурси системи навантажено вище деякої порогової величини k . Вибір даної порогової величини здійснюється виходячи з вимог максимізації продуктивності хмаринкової сервісної мережної системи. При цьому можливі різні види функціоналу якості роботи мережної системи: в одному випадку можна враховувати тільки продуктивність, позначимо її R , у другому – дохід мережі, який позначимо P , що виникає коли відраховуються непродуктивні ресурсні витрати, пов'язані з очікуванням надання сервісу. Тривалість очікування, в свою чергу, залежить від числа запитів, які надійшли в систему, але не залежить від тривалості їх обслуговування. Зрозуміло, що при малих значеннях непродуктивних ресурсних втрат у мережній системі різниця $R-P$ змінюється на незначну величину, що не впливає на якісну картину системної ефективності. При великих втратах виникає велике число невдалих спроб обслуговування, що може істотно змінити ситуацію. Як впливає з наведених нижче чисельних прикладів, в деяких випадках при неправильному регулюванні доступу до мережної системи обслуговування запитів другого потоку може не тільки не збільшити продуктивність, але й істотно її зменшити.

Передбачаємо, що мережна система спроектована для обслуговування запитів першого потоку в ГНН з необхідною якістю, однак через нерівномірності навантаження частина системного обладнання простоє, тому допускається обслуговування запитів другого потоку з обмеженим доступом до сервісної мережної хмари та з негарантованою якістю обслуговування, тобто для запитів другого потоку втрати не нормуються. Остання обставина дозволяє розглядати різні ситуації, коли втрати запитів другого потоку можуть бути дуже великими, а сама інтенсивність запитів другого потоку регулюється лише практичною доцільністю користування мережними сервісами з великими втратами, але з відносно низькими тарифами на обслуговування. При таких припущеннях різниця між R і P може бути досить значною, що може динамічно впливати на якісну картину обслуговування сервісною

мережною системою i , відповідно, впливати на вибір значення k , при якому забезпечується максимальна продуктивність, як основний цільовий експлуатаційний показник мережної системи.

У міру зростання навантаження, що створюється низькопріоритетними запитами, оператор може нарощувати пропускну здатність сервісної мережної системи, що дозволяє обслуговувати такі запити з кращою якістю і / або пропонувати частині користувачів інші тарифні плани, які гарантують певні параметри якості обслуговування (сервіси з гарантованою якістю обслуговування) [4]. Такий підхід дозволяє плавно здійснювати тарифну політику в міру зростання навантаження зі збереженням якості обслуговування існуючих користувачів із заданою якістю та проводити нарощування пропускну здатності під уже сформовані потоки навантаження, що, в свою чергу, дозволяє будувати більш точні прогнози щодо необхідних програмно-апаратних мережних ресурсів і скоротити кількість обладнання мережної системи, яке використовується неефективно.

Наведемо результати розрахунків, які пов'язані з вибором значення k , при якому забезпечується максимізація функціоналів R – мережної продуктивності і P – доходу мережі. Розрахунки проводилися при наступних вихідних даних: $\lambda_1 = 100$, $c_1 = 2$, $c_2 = 1$, $c_3 = 3$, $\mu_1 = 1$, $\mu_2 = 5$, $\mu_3 = 1$, $a = 0.5$, $\alpha = 0.01$, $v = 200$.

Вибрані значення параметрів створюють навантаження на сервісну мережну систему запитами першого потоку в 150 Ерл, яке може бути обслужене сервісами системи з мінімальними втратами. Розрахунки проводилися при різних значеннях інтенсивності λ_2 ; її конкретні значення наведені в описах відповідних графіків з результатами розрахунків.

Розглянутий приклад повинен відповідати випадку максимального ефекту, пов'язаного з обслуговуванням запитів другого потоку, оскільки при подальшому зростанні інтенсивності запитів другого потоку має відбуватися зменшення продуктивності за рахунок зростання кількості необслужених запитів другого потоку. Отже, на рис. 2 наведено графіки R і P при сумарному навантаженні 350 Ерл, що відповідає значним перевантаженням сервісної мережної системи. У цьому випадку, при $k = 0$ значення функціоналу R все ще рівне 349.99 і відповідає обслуговуванню лише запитів першого потоку. Значення функціоналу P є істотно меншим і рівне 298,49, що набагато менше, ніж при відсутності запитів другого потоку, коли значення функціоналу P було б, очевидно, рівне 348.5. Максимальне значення функціоналу R досягається вже при $k = 192$ і стає рівним 409.22, що дещо більше, ніж у попередньому випадку. P досягає максимуму при $k = 193$ і рівне 367.82, що вже набагато менше, ніж у попередньому випадку. Далі відбувається спадання значень R і P через зростання втрат запитів першого потоку і при $k = v$, що відповідає відсутності регулювання доступу до ресурсів мережі, вони досягають свого мінімального значення, рівного 313.43 для R і 291.21 для P . Отже, продуктивність за рахунок обслуговування запитів другого потоку збільшиться на 59.23, а прибуток з урахуванням ресурсних витрат на очікування надання мережних сервісів збільшиться тільки на 19.32, при правильному управлінні доступом до ресурсів мережі (ефективному балансуванні навантаження в мережній хмарі).

При відсутності зазначеного регулювання потокового навантаження, а також при відсутності його балансування, дохід виявиться вже негативним, тобто збитки складуть 57.28. Таким чином, при відсутності диференційованого регулювання доступу до мережної системи при зростанні чисельності запитів другого потоку мережна система починає нести прямі збитки, причому при врахуванні ресурсних витрат на очікування надання мережних сервісів вони виявляються найбільш значними. За умов правильного регулювання доступу користувачів до системи її ефективність зберігається, проте відбувається її значне зменшення при врахуванні ресурсних витрат.

Для розрахунків мережної ефективності використовуються питомі продуктивність і дохід мережної системи, що припадають на одиницю її каналних (обслуговуючих) ресурсів.

При проектуванні сервісних мережних систем розрахунок пропускну спроможності проводиться виходячи з навантаження в ГНН. Оскільки ми розглядаємо одночасне обслуговування запитів декількох потоків, то їх ГНН не обов'язково повинні збігатися.

Більше того, в аналізованих нами випадках передбачається, що запити першого потоку – це запити бізнес-користувачів, для яких характерні денні ГНН, а запити другого потоку – це запити користувачів, для яких більш характерні вечірні ГНН (для прикладу – звичайне населення) [1]. Оскільки при проведенні мережею політики забезпечення користувачам, які формують другий потік запитів якості обслуговування, виходячи з загального навантаження на мережну систему, для них вигідним є використання мережних сервісів, а отже і відповідних ресурсів мережної системи в той час, коли активність користувачів, які формують перший потік запитів, є низькою. Це характерно, наприклад, для ситуації, коли запити другого потоку формує молодь, тип активності якої припадає на пізній час, функціонально – на популярні мережні сервіси, коли потік запитів бізнес-користувачів вже невисокий. Цим самим, запитами другого потоку забезпечуються прийнятна якість обслуговування і вища продуктивність мережі за рахунок більш повного використання її ресурсів.

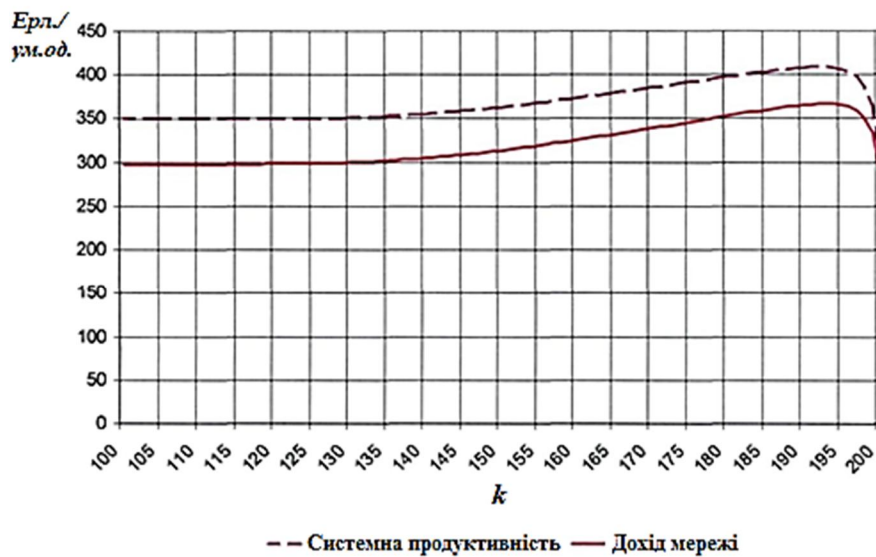


Рис. 2. Продуктивність і дохід мережної системи при

Розглянемо три випадки профілювання ГНН сервісної мережної системи за часом доби. Перший – коли добові профілі навантаження збігаються (рис. 3), другий – коли у першій групі користувачів денні ГНН, а у другій – вечірні (рис. 4), а також третій випадок, коли користувачі, що формують запити другого потоку вибирають, в основному, час, під час якого бізнес-користувачами використовується найменше сервісів (рис. 5). Забезпечити таке профілювання оператор сервісної мережної системи зможе за рахунок правильної маркетингової політики при встановленні тарифів, орієнтованих на користувачів другого пріоритету, саме тих, які орієнтуються не на тривалість отримання сервісів, зокрема на обсяг наданої послуги, а на факт отримання сервісів, як таких. Прикладами таких підходів є тарифи операторів мереж мобільного зв'язку, що застосовуються, зокрема, в нічний час, коли вартість послуг фактично не залежить від тривалості з'єднання. А при включенні в тариф вартості спроби з'єднання, як це практикується, наприклад, в США, можна забезпечити стимулювання абонентів мобільного зв'язку підлаштовуватися під профіль добового навантаження на мережі, тобто реалізувати доволі ефективний з погляду системної продуктивності третій сценарій (див. рис. 5). Подібні маркетингові стратегії використовуються операторами хмаринкових сервісних мережних систем [5-6].

Отже, для кожного описаного вище випадку профілювання ГНН сервісної мережної системи наведемо графіки профілів добового навантаження, які для запитів першого потоку однакові, а для другого – змінюються. На цих графіках представимо також результати розрахунку ефективності функціонування мережі (її продуктивності). При виборі значення

порогу k використовувався підхід, коли якість послуг для запитів першого потоку в ГНН гарантувалася на заданому рівні.

Значення інших параметрів наступні:

$$H = 0.8, \quad c_1 = 3, \quad c_2 = 1, \quad c_s = 5, \quad \mu_r = 1, \quad \mu_1 = 1, \quad \mu_2 = 0.5, \quad \mu_s = 0.5, \quad a = 0.5, \quad \alpha = 0.1, \quad v = 300.$$

Тривалості сеансів користування мережними сервісами у «економних» користувачів і у бізнес-користувачів при моделюванні приймалися однаковими.

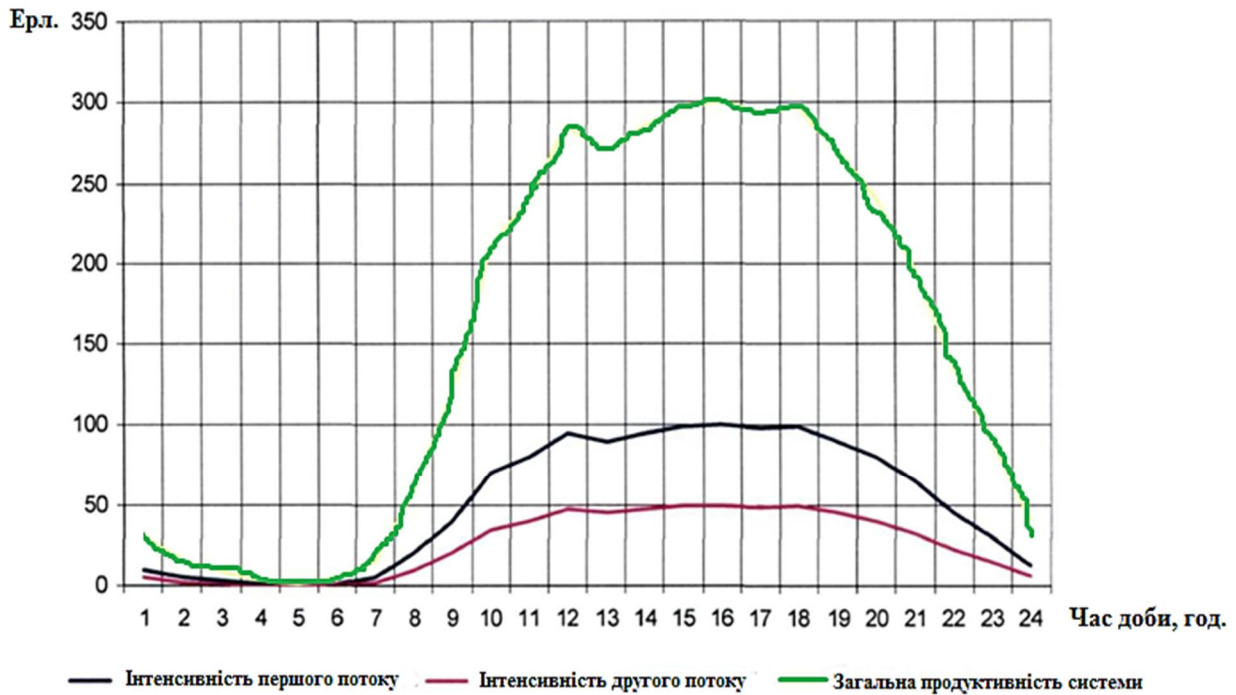


Рис. 3. Профіль розподілу добової продуктивності при співпадінні профілів навантаження бізнес- і «економних» користувачів

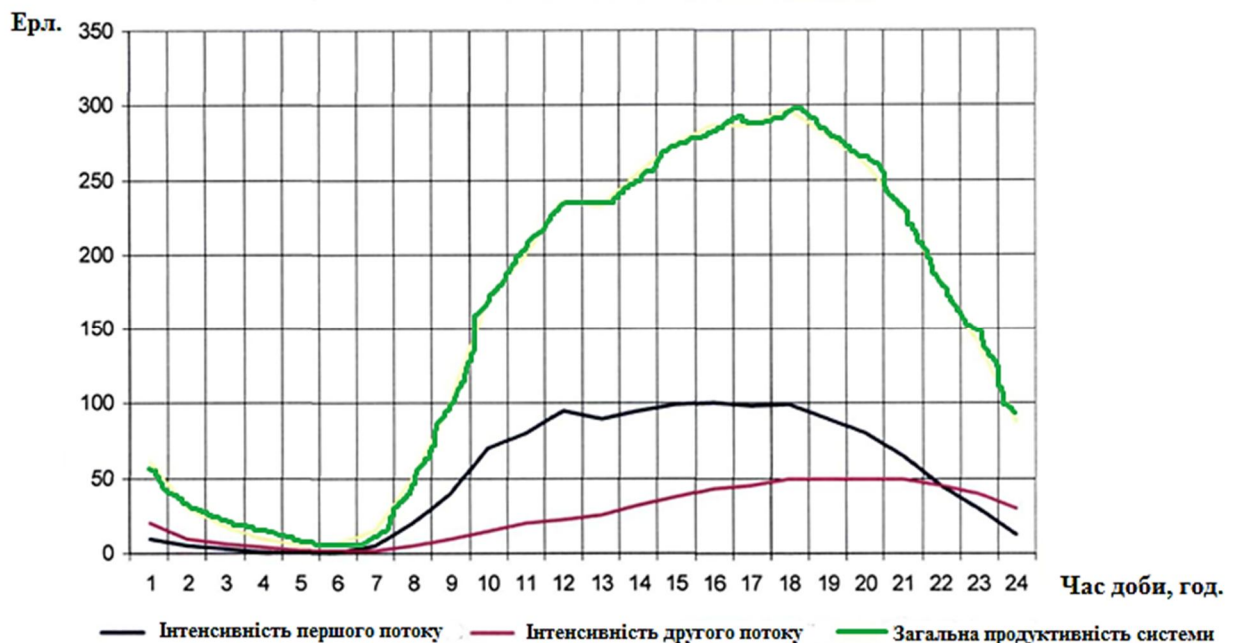


Рис. 4. Профіль розподілу добової продуктивності при неспівпадінні профілів навантаження бізнес- і «економних» користувачів

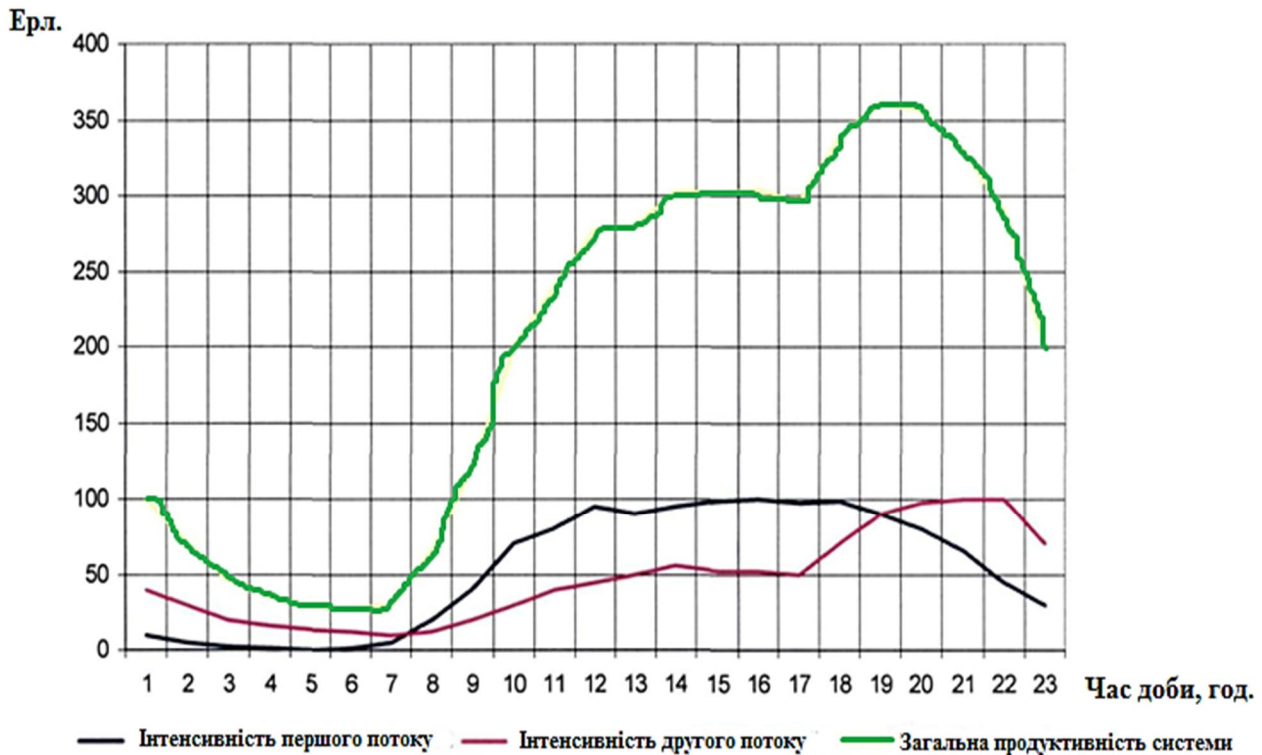


Рис. 5. Профіль розподілу добової продуктивності при найбільш оптимальному виборі часу отримання мережних сервісів «економними» користувачами

Висновки

1. Проведені дослідження показують, що відсутність пріоритетів в обслуговуванні користувачів хмаринкових сервісних мережних систем не забезпечує не тільки задовільну якість обслуговування запитів бізнес-користувачів, але й не дозволяє підвищити ефективність використання додаткових мережних ресурсів за рахунок обслуговування запитів другого потоку від «економних» користувачів. Більше того, за відсутності диференційованого регулювання потокового навантаження, а також при відсутності його балансування, сервісна мережна система може стати дотаційною.

2. Оптимізація функціоналу системної продуктивності шляхом вибору порогу обсягу мережних ресурсів, які дозволяється виділяти під обслуговування непріоритетних користувацьких запитів, а також шляхом профілювання ГНН сервісної мережної системи дозволяє отримувати стійкий додатковий приріст продуктивності при невеликих перевантаженнях мережної системи. Однак, при виникненні великих навантажень низькопріоритетними запитами, якість обслуговування запитів пріоритетного потоку може стати незадовільною, а системна продуктивність – спадати.

3. Вибір порогу обсягу мережних ресурсів, які дозволяється виділяти під обслуговування непріоритетних користувацьких запитів з метою створення функціональної переваги користувачів бізнес-сегменту фактично забезпечує задані параметри якості обслуговування потоку пріоритетних запитів, в тому числі – при високих навантаженнях, які створюються низькопріоритетним потоком запитів, що будуть зазнавати погіршення якості сервісу. Показники ефективності хмаринкових сервісних мережних систем при цьому погіршуються незначно.

4. При зростанні інтенсивності навантаження низькопріоритетного потоку запитів мережний оператор може поступово змінювати політику, пов'язану з їх обслуговуванням, виходячи зі своїх інтересів: можливо нарощувати пропускну здатність і розглядати такі

запити не як додаткове навантаження, а як основне з відповідним вибором пріоритету в його обслуговуванні і оптимізацією тарифної політики. Це дозволить операторам поступово та якісно нарощувати клієнтську базу і проводити більш точно прогнозування розвитку хмаринкових сервісних мережних систем.

Література

1. Демидов І. В. Аналіз методів підвищення продуктивності телекомунікаційних мереж хмарних сервісних систем / І. В. Демидов, Мухамед Мехді Ель Хатрі, Укаблі Юсеф // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2016. – №1. – С. 41-47.
2. Степанов С.Н. Численные методы расчета систем с повторными вызовами / С.Н. Степанов. – Москва: Наука, 1983. – 230 с.
3. Лазарев В.Г., Лазарев Ю.В. Динамическое управление потоками информации в сетях связи / В.Г. Лазарев, Ю.В. Лазарев. – Москва.: Радио и связь, 1983. - 235 с.
4. Чернушевич Я.В. Применение дифференцированного обслуживания пользователей для повышения качества обслуживания в мобильных сетях / Я.В. Чернушевич // Труды конференции «Телекоммуникационные и вычислительные системы». Международный форум информатизации (МФИ-2004). – Москва : МТУСИ, 2004. - С. 62.
5. Kryvinska N., Strauss C. “Conceptual Model of Business Services Availability vs. Interoperability on Collaborative IoT-enabled eBusiness Platforms”, in the “Internet of Things and Inter-cooperative Computational Technologies for Collective Intelligence”, book Ed.: N. Bessis and F. Xhafa, D. Varvarigou, R. Hill, and M. Li, the book series “Studies in Computational Intelligence”, (SCI-460), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013, ISBN: 978-3-642-34951-5, pp. 167-187.
6. Лунтовський А. О. Розподілені сервіси телекомунікаційних мереж та повсюдний комп'ютинг і Cloud-технології / А. О. Лунтовський, М. М. Климаш, А. І. Семенко. – Львів: Львівська політехніка, 2012. – 368 с.

Автори статті

Демидов Іван Васильович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри телекомунікацій, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна. Тел. +38 099 371 58 54. E-mail: demydov@lp.edu.ua

Мухамед Мехді Ель Хатрі – аспірант кафедри телекомунікацій, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна. Тел. +38 093 438 14 01. E-mail: lviv.polytechnique@hotmail.fr

Укаблі Юсеф – аспірант кафедри телекомунікацій, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна. . Тел. +38 032 258 24 44. E-mail: tk@lp.edu.ua

Authors of the article

Demydov Ivan Vasylyovych – candidate of sciences (technical), associate professor, associate professor of Department of Telecommunications, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine. Tel. +38 099 371 58 54. E-mail: demydov@lp.edu.ua

Mohamed Mehdi El Hatri – postgraduate student of Department of Telecommunications, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine. Tel. +38 093 438 14 01. E-mail: lviv.polytechnique@hotmail.fr

Oukabli Youssef – postgraduate student of Department of Telecommunications, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine. Tel. +38 032 258 24 44. E-mail: tk@lp.edu.ua

Дата надходження в редакцію: 28.12.2015 р.

Рецензент: д.т.н., проф. М.М. Климаш