

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЙМОВІРНІСНО-ЧАСОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК РІВНЯ СЕРВЕРІВ СЕРВІСІВ ТА ДОДАТКІВ IMS

Князєва Н. О. – д-р техн. наук, професор, професор кафедри Комп'ютерної інженерії, Одеська національна академія харчових технологій, Одеса, Україна.

Шестопапов С. В. – канд. техн. наук, доцент кафедри Комп'ютерної інженерії, Одеська національна академія харчових технологій, Одеса, Україна.

Сіренко О. І. – старший викладач кафедри Комп'ютерної інженерії, Одеська національна академія харчових технологій, Одеса, Україна.

АНОТАЦІЯ

Актуальність. Стаття присвячена розробці методу визначення ймовірно-часових характеристик рівня серверів сервісів та додатків IMS. Показано, що завдяки постійно зростаючій різноманітності сервісів, котрі спроможна надати IMS, та збільшенню попиту на них серед користувачів, а також тому, що з розвитком телекомунікацій все більша увага приділяється якості надання сервісів – QoS, задача оцінки якості надання сервісів обумовлює актуальність розробки методу визначення ймовірно-часових характеристик рівня серверів сервісів та додатків IMS.

Мета. Розробити метод визначення ймовірно-часових характеристик рівня серверів сервісів та додатків IMS з урахуванням різних видів сервісів, котрі спроможна надати IMS.

Метод. Розглянуто архітектуру IMS. Основна увага приділена рівню серверів сервісів та додатків. Для розробки методу визначення ймовірно-часових характеристик рівня серверів сервісів та додатків IMS запропоновано скористатися підходами теорії телетрафіку та тензорним аналізом мереж. Запропонований метод являє послідовність етапів, виконання яких дозволяє: визначити структурні блоки рівня серверів сервісів та додатків IMS, які відповідають за надання сервісів різних видів; представити блок управління сеансами зв'язку та рівня серверів сервісів та додатків у вигляді окремої накладної мережі – вихідної мережі масового обслуговування; для використання контурного методу ввести уявну гілку, котра створює замкнутий контур; ввести контурні інтенсивності та визначити їх напрямки; визначити матрицю переходу від вихідної мережі до примітивної мережі; представити інваріантне рівняння для вихідної мережі; визначити контурні інтенсивності та на їх основі розрахувати інтенсивності надходження заявок на сервіси та завантаження серверів в вихідній мережі. В результаті – отримати вирази для розрахунку ймовірно-часових характеристик рівня серверів сервісів та додатків.

Результати. Запропоновано метод визначення ймовірно-часових характеристик рівня серверів сервісів та додатків IMS на основі підходів теорії телетрафіку та тензорного аналізу мереж, який надає можливість урахувати різні види сервісів, котрі спроможна надати IMS.

Висновки. Метод визначення ймовірно-часових характеристик рівня серверів сервісів та додатків IMS надасть можливість проєктувальникам IMS на ранніх етапах проєкту розрахувати ймовірно-часові характеристики, що дозволить визначити потрібні мережні ресурси для забезпечення необхідного значення якості надання сервісів різних видів. В подальшому, при розвитку запропонованого методу, при дослідженні рівня серверів сервісів та додатків IMS з метою визначення ймовірно-часових характеристик доцільно урахування самоподібного характеру потоку заявок на сервіси та обмеження буферної пам'яті серверів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: IMS, ймовірно-часові характеристики, рівень серверів сервісів та додатків, підходи теорії телетрафіку, тензорний аналіз, види сервісів.

АБРИВІАТУРИ

BGCF – Breakout Gateway Control Function;
CSCF – Call Session Control Function;
GPSS – General Purpose Simulation System;
HSS – Home Subscriber Server;
I-CSCF – Interrogating-CSCF;
IDN – Integrated Digital Network;
IMS – IP Multimedia Subsystem;
IM-SSF – IP Multimedia – Service Switching Function;
IN – Intelligent Network;
IPTD – IP packet transfer delay;
ISDN – Integrated Service Digital Network;
MGCF – Media Gateway Control Function;
MRF – Media Resource Function;
NGN – Next Generation Network;
OSA-GW – Open Service Access – Gate Way;
OSA-SCS – Open Service Access – Service Capability Server;

P-CSCF – Proxy-CSCF;
PSTN – Public Switched Telephone Network;
QoS – quality of service;
SCIM – Service Capability Interaction Manager;
SCP – Service Control Point;
S-CSCF – Serving-CSCF;
SIP AS – SIP Application Server;
TAS – Telephony Application Server;
ЙЧХ – ймовірно-часові характеристики;
MeMO – мережа масового обслуговування;
PCCД – рівень серверів сервісів та додатків;
СМО – система масового обслуговування;
ТМЗК – телефонна мережа загального користування;
ТМО – теорія масового обслуговування.

НОМЕНКЛАТУРА

a – перше значення індексу контурів;

\bar{C} – матриця переходу від вихідної мережі до примітивної мережі;

i – номер СМО примітивної мережі;

\bar{L} – середня довжина черги при серверах кожного структурного блоку рівня серверів сервісів та додатків, що формується заявками відповідних видів;

\bar{L}_i – середня довжина черги заявок відповідних видів у кожному i -му структурному блоці рівня серверів сервісів та додатків (i -й СМО в вихідній мережі);

r – розмір буфера при серверах кожного структурного блоку;

$\bar{t}_{\text{обсл}}$ – середній час обслуговування заявок в примітивній мережі;

$\bar{t}_{\text{обсл}}$ – середній час обслуговування заявок відповідних видів у кожному структурному блоці рівня серверів сервісів та додатків (в блоці вихідної мережі);

\bar{T} – середній час перебування заявок в системі;

\bar{T}_i – середній час перебування заявок відповідних видів у кожному i -му структурному блоці рівня серверів сервісів та додатків (в i -й СМО в вихідній мережі);

$\bar{T}_{\text{оч}}$ – середній час очікування в черзі при серверах кожного структурного блоку рівня серверів сервісів та додатків, що формується заявками відповідних видів;

$\bar{T}_{\text{оч}i}$ – середній час очікування в черзі заявок відповідних видів у кожному i -му структурному блоці рівня серверів сервісів та додатків (i -й СМО в вихідній мережі);

z – останнє значення індексу контурів;

λ – інтенсивність потоку заявок на надання сервісів;

λ_j – контурні інтенсивності, $j = \bar{a}, z$;

λ_i – інтенсивності i -ї СМО примітивної мережі;

$\bar{\lambda}$ – інтенсивність надходження заявок на сервіси в вихідній мережі;

$\bar{\lambda}$ – інтенсивність надходження заявок на сервіси в примітивній мережі;

$\bar{\lambda}_i$ – інтенсивності гілок в примітивній мережі;

$\bar{\rho}_i$ – завантаження i -ї СМО примітивної мережі;

$\bar{\rho}$ – завантаження вузла в примітивній мережі;

$\bar{\rho}$ – середнє завантаження кожного структурного блоку рівня серверів сервісів та додатків (вузла в примітивній мережі).

ВСТУП

Незважаючи на постійно зростаючу складність телекомунікаційних пристроїв і систем, протоколів, додатків та сервісів, роботи в напрямку створення уні- © Князева Н. О., Шестопапов С. В., Сіренко О. І., 2019
DOI 10.15588/1607-3274-2019-4-14

версальної мережної інфраструктури тривають. В історичному розвитку мереж та сервісів зв'язку можна виділити етапи: PSTN, IDN, ISDN, IN [1].

Подальшим розвитком стала поява мереж зв'язку наступного покоління NGN. Основу мережі NGN складає мультипротокольна мережа – транспортна мережа зв'язку, яка входить до складу мультисервісної мережі, що забезпечує перенос різних типів інформації з використанням різних протоколів передачі [1, 2]. NGN являє собою єдину транспортну платформу, на базі якої об'єднуються різні види сервісів. Нарешті, – створення концепції IMS – мультимедійної IP-орієнтованої підсистеми зв'язку, або підсистеми мультимедійних IP-сервісів, мета якої – забезпечити реальну мультисервісну і мультимедійну мережу з наданням всього спектра сервісів за допомогою єдиної платформи [3].

Концепція IMS визначає засновану на загальнопоширених протоколах сімейства TCP/IP архітектуру надання сервісів, яка забезпечує управління сеансами зв'язку і доставку в рамках цих сеансів будь-яких типів інформації – мови, даних, відео, мультимедіа. Принцип, на якому базується концепція IMS, полягає в тому, що доставка будь-якого сервісу ніяким чином не співвідноситься з комунікаційною інфраструктурою (за винятком обмежень по пропускній здатності). Втіленням цього принципу є багаторівневий підхід, який використовується при побудові IMS.

В даний час архітектура IMS розглядається багатьма операторами і сервіс-провайдерами, а також постачальниками обладнання як можливе рішення для побудови мереж наступного покоління і як основа конвергенції мобільних і стаціонарних мереж на платформі IP.

З кожним етапом розвитку телекомунікацій все більша увага приділяється якості надання сервісів – QoS. Пропонувалися методи, аналітичні та імітаційні моделі для розрахунку ЙЧХ та визначення на їх основі QoS. Враховуючи те, що постійно зростають як різноманітність сервісів, котрі спроможна надати IMS, так і попит на них серед користувачів, дослідження, що присвячене розробці методу розрахунку ЙЧХ рівня серверів сервісів та додатків IMS для визначення QoS, є безумовно актуальним.

Об'єктом дослідження являються процеси визначення показників якості надаваних сервісів рівня серверів сервісів та додатків.

Процеси визначення показників якості на рівні серверів сервісів та додатків орієнтовані на застосування математичного апарату теорії масового обслуговування та тензорного аналізу. Оцінка якості надаваних сервісів здійснюється для конвергентного трафіку. Впровадження концепції IMS потребує подальшого розвитку підходів щодо визначення показників якості на рівні серверів сервісів та додатків з урахуванням поділу трафіку у відповідності з видами сервісів.

Предметом дослідження є метод визначення ЙЧХ рівня серверів сервісів та додатків IMS.

Існуючі методи визначення ЙЧХ [4–10] орієнтовані на використання для мереж з конвергентним трафіком, але ці методи не орієнтовані на врахування поділу трафіку у відповідності з видами сервісів.

Метою роботи є розробка методу визначення ЙЧХ рівня серверів сервісів та додатків IMS з урахуванням різних видів сервісів, котрі спроможна надати IMS.

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Нехай задано: архітектура IMS, перелік видів сервісів, на основі якого визначаються структурні блоки РССД; множина вихідних даних для різних блоків $\{ \bar{t}_{\text{обсл}}, \bar{\rho}, r \}$; припущення та обмеження, а саме – РССД IMS представляє собою окрему накладну мережу, при цьому блоки досліджуваної мережі являють собою одноканальні СМО з буфером необмеженої ємності $r = \infty$; інтервали часу між заявками на різноманітні сервіси розподілені за експоненціальним законом.

Тоді задача визначення ймовірно-часових характеристик рівня серверів сервісів та додатків IMS полягає в тому, щоб сформулювати математичні вирази для отримання множини результатів: $\{ \bar{L}_i, \bar{T}_{\text{очі}}, \bar{T}_i \}$.

2 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Однією з перших робіт напрямку аналізу телекомунікаційних мереж була робота Л. Клейнрока [4], що містить інформацію про основні положення ТМО, в якій обговорюються методи розрахунку ЙЧХ СМО.

Поява нових концепцій – NGN, IMS – викликала необхідність доопрацювання існуючих і розробку нових методів для створення моделей мереж і розрахунку їх ЙЧХ. Даний напрям досліджень розкривається в роботах як вітчизняних, так і іноземних учених. У роботі Д.Ю. Пономарьова [5] розглядається можливість використання методів імітаційного моделювання та тензорного аналізу. В роботі Y. Zhang [6] на основі методів векторної алгебри пропонується рішення для точної оцінки завантаження ліній зв'язку у великих IP мережах. У роботі Y. Jiang, Y. Liu [7] розглядаються конвергентні мережі з технологією QoS; на основі ТМО і теорії ймовірностей пропонується моделі, які описують функціонування елементів мережі і дозволяють розрахувати їх ЙЧХ.

У роботі [8] показано, що застосування окремих СМО в якості моделей реальних телекомунікаційних мереж призводить до суттєвих обмежень. Реальні інформаційні системи доцільно представляти у вигляді МеМО з відповідною структурою. Показано, що оцінка ЙЧХ МеМО за допомогою методів класичної ТМО є досить трудомістким процесом, а іноді і неможливим.

В низці робіт для оцінки ЙЧХ телекомунікаційних мереж, що представлені у вигляді МеМО, пропонується використовувати підходи тензорного аналізу.

Вперше використання тензорів для аналізу мережних структур було запропоновано Г. Кроном [9]. Подальший розвиток використання тензорного аналізу для задач моделювання телекомунікаційних мереж отримано у роботах В.В. Поповського, О.В. Лемешко [10], Д.Ю. Пономарьова [5] та ін. В роботах В.В. Поповського пропонується використання методології тензорного підходу до аналізу телекомунікаційної системи як складної системи; вирішуються задачі знаходження максимального потоку з обмеженням на час доставки даних з урахуванням тензорного методу розрахунків.

В роботах О. В. Лемешко аналізуються потокові проблеми в області маршрутизації трафіку в мульти-сервісних мережах. Обґрунтована можливість застосування методів тензорного аналізу мереж для вирішення завдання багатопотокової маршрутизації.

Слід зазначити, що в проаналізованих роботах розглядаються моделі мереж з врахуванням того, що трафік є конвергентним. При цьому мова не йде про поділ трафіку у відповідності з видами сервісів. У той же час архітектура IMS передбачає поділ всього мережного трафіку на різноманітні потоки і різні види через можливість надання низки сервісів з різними характеристиками. Таким чином, задача розробки методу визначення ЙЧХ РССД IMS з врахуванням видів сервісів потребує свого вирішення, що і обумовлює актуальність розробки методу визначення ЙЧХ РССД IMS.

Для розробки методу визначення ЙЧХ РССД IMS слід провести аналіз архітектури IMS, що надасть можливість визначити структурні блоки РССД.

Архітектура IMS розподілена на наступні рівні [3]:

- рівень транспорту;
- рівень управління;
- рівень серверів сервісів і додатків.

Такий підхід дозволяє реалізувати незалежний від технології доступу відкритий механізм доставки сервісів, який дає можливість задіяти в мережі програми сторонніх постачальників сервісів.

Спрощена архітектура IMS та її основні блоки представлена на рис. 1.

Один з основних логічних блоків IMS – блок управління сеансами зв'язку CSCF, або SIP-сервери. Їх основне завдання – обробка SIP-запитів з метою організації сеансів мультимедійного зв'язку між користувачами. Вони «стежать» за виконанням правил безпеки і виділенням необхідних ресурсів для надання різних сервісів. До завдань CSCF входить управління іншими мережними елементами для належного обслуговування користувачів.

Логічно сервери управління сеансами зв'язку діляться на три групи [3]:

- Serving-CSCF;
- Proxy-CSCF;
- Interrogating-CSCF.

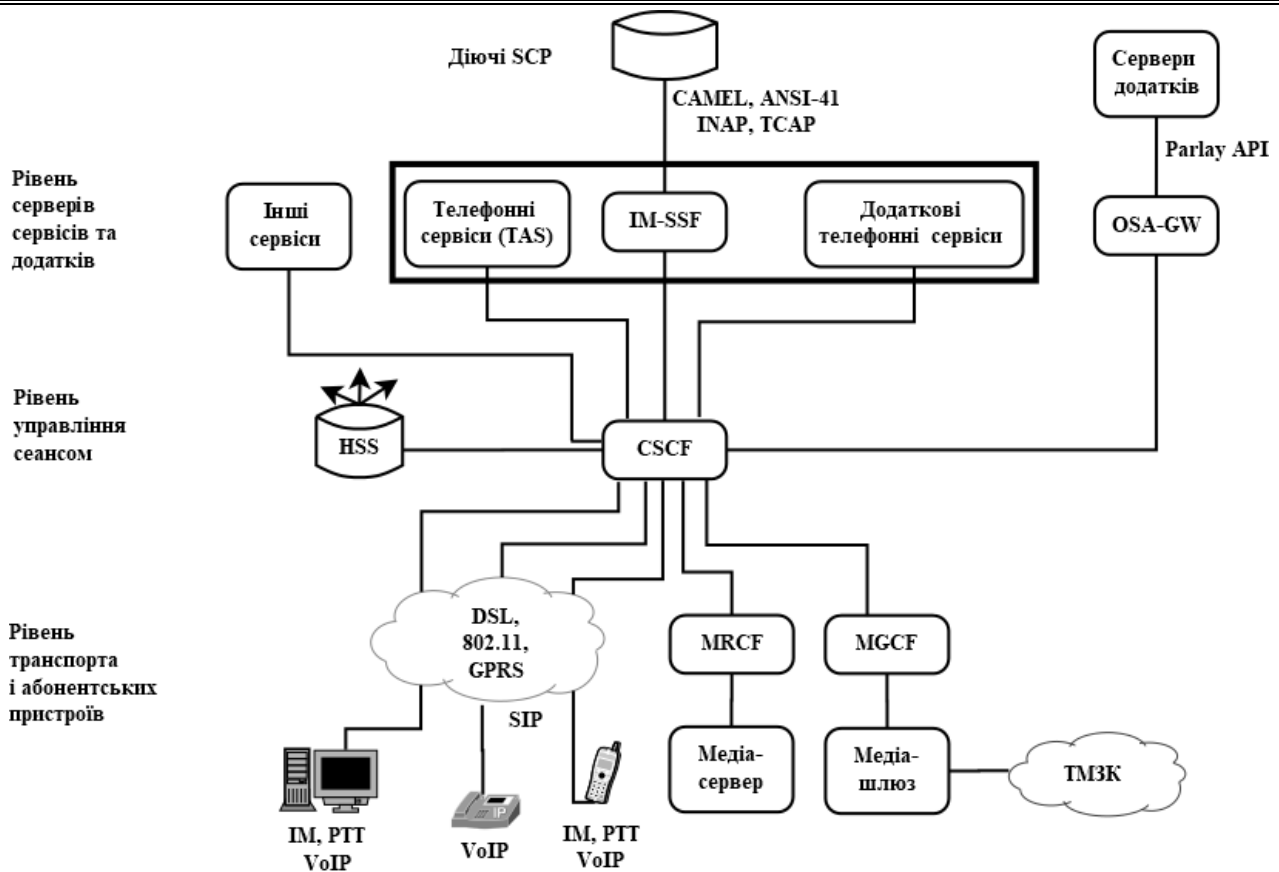


Рисунок 1 – Спрощена схема архітектури IMS

Наступний за важливістю блок IMS – це абонентська база даних HSS. У першому наближенні HSS можна порівняти з використовуваним в стільникових мережах реєстром HLR, в якому зберігається інформація про активність абонентів і їх місцезнаходження. Однак функції HSS значно ширше [3]. Це база даних з інформацією не тільки по абонентам мобільних мереж, а й по абонентам мереж фіксованого зв'язку. У ній зберігається інформація про різноманітні вимоги абонентів, наприклад, по переадресації та фільтрації викликів, оповіщенні та повідомленнях голосової пошти, персональна адресна книга (buddy list) для розсилки повідомлень і організації конференцій. Також на сервері HSS є всі необхідні дані для врахування доступності/статусу (presence) і місцезнаходження (location) абонента. Замість застарілого протоколу Radius для взаємодії між HSS і серверами CSCF використовується протокол Diameter. Крім інших удосконалень, в Diameter передбачена підтримка функції тарифікації, в тому числі і для надання популярних послуг з передплатою (prepaid) [3]. На рис. 1 також показані ще два важливі елементи архітектури IMS: відповідальні за управління медіашлюзами BGCF або MGCF і обробку медіапотоків MRF. Якщо до сеансу зв'язку треба підключити абонента, що знаходиться в мережі з комутацією каналів (мережа стільникового зв'язку або ТМЗК), блок BGCF/MGCF забезпечує доведення до неї відповідної сигнальної інформації. При необхідності він перетворює сигнальні повідомлення з формату SIP

в формат ISUP. Подібна функціональність типова для комутаторів Softswitch, але в архітектурі IMS вона виділена в окремий логічний елемент. Системи MRF забезпечують обробку медіапотоків, переданих між серверами додатків і кінцевими пристроями. Їх функції – програвання різних голосових повідомлень, транскодування інформаційних потоків, «змішування» мовних/відеопотоків в конференцію і т. п. [3].

Оскільки дана робота присвячена розробці методу визначення ЙЧХ РССД IMS, розглянемо більш детально архітектуру даного рівня.

РССД містить сервери додатків, які забезпечують обслуговування кінцевих користувачів. Архітектура IMS і сигналізація SIP забезпечують достатню гнучкість для підтримки різноманітних телефонних та інших серверів додатків. Так, розроблені стандарти SIP для сервісів телефонії і сервісів інтелектуальної мережі (IM-SSF, діючі SCP). Верхній рівень еталонної архітектури IMS містить набір серверів додатків, які, в принципі, не є елементами IMS. Ці елементи верхньої площини включають в свій склад як мультимедійні IP-додатки, що базуються на протоколі SIP, так і додатки, які реалізуються в мобільних мережах на базі віртуального домашнього середовища.

Архітектура додатків IMS досить складна, але ключовим моментом тут є висока гнучкість при створенні нових сервісів та додатків і інтеграції їх з традиційними.

Так, середовище пересилання повідомлень може інтегрувати традиційні властивості телефонного виклику: зворотний виклик і очікування виклику з викликом через Інтернет. Щоб зробити це, архітектура IMS дозволяє запустити безліч сервісів і управляти транзакціями між ними.

РССД містить наступні блоки [3]:

- SCIM – забезпечує управління взаємодією площини додатків і ядра IMS;

- SIP AS – сервер додатків, який слугує для виконання сервісів, що базуються на протоколі SIP. Всі нові сервіси в IMS будуть перебувати саме в сервері SIP AS;

- OSA-SCS – сервер можливих сервісів, який забезпечує інтерфейс до сервісів, що базуються на відкритому доступі послуг OSA;

- IM-SSF – сервер комутації сервісу, служить для з'єднання підсистеми IMS з сервісами в системі пристосованих до користувача додатків для поліпшення логіки мобільної мережі;

- TAS – сервер телефонних додатків, приймає і обробляє повідомлення протоколу SIP, а також визначає, яким чином повинен бути ініційований вихідний виклик. Сервісна логіка TAS забезпечує базові сервіси обробки викликів, включаючи аналіз цифр, маршрутизацію, встановлення, очікування і перенаправлення викликів, конференц-зв'язок і т.д.

У IMS користувачі отримують доступ до сервісів через функціональний компонент CSCF, який динамічно призначається користувачу при його реєстрації в мережі або при отриманні запиту на з'єднання від іншого користувача. Для надання сервісів відповідного класу використовується один або декілька однотипних серверів, що містять логіку обслуговування всіх сервісів даного типу та класу. Користувача буде обслуговувати той сервер, маршрут до якого оптимальний і на якому є логіка даного сервісу. Можна сказати, що на відміну від традиційної інтелектуальної платформи архітектура сервісів на базі IMS орієнтована на користувача та здатна до значного масштабування.

3 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Для розробки методу визначення ЙЧХ РССД IMS запропоновано скористатися підходами ТМО та тензорним аналізом. При виборі математичного апарату враховано, що для дослідження функціональних властивостей мереж традиційно застосовують лише методи ТМО [4]. Використання тензорного аналізу надає додаткові можливості, так як тензор – математичний об'єкт більш загального характеру і має можливості отримання оцінки функціональних характеристик значної кількості мережних вузлів. Тензорний аналіз пропонує математичний апарат перетворення систем координат, розглядаючи мережі MeMO як геометричні об'єкти, проєкції яких в різних системах координат різні, але фізичні властивості самих об'єктів при цьому не змінюються.

Розрахунок характеристик РССД IMS, який можна представити у вигляді MeMO великої розмірності і отримання аналітичних рішень для MeMO з урахуванням топології мережі і динамічності інформаційних потоків, є досить складною задачею. Для вирішення такої задачі доцільно використати одночасно підходи ТМО та тензорний аналіз.

Метод визначення ЙЧХ РССД IMS орієнтований на застосування наступних вхідних даних:

- архітектура IMS – для визначення структурних блоків РССД, кожен з яких призначений для управління процесом надання відповідних видів сервісів;

- інтенсивність потоку заявок на надання сервісів відповідних видів;

- середній час обслуговування заявок відповідних видів у кожному структурному блоці РССД;

- середнє завантаження кожного структурного блоку РССД;

- характер трафіку, що формується заявками відповідних видів, який надходить на обслуговування у кожний структурний блок РССД;

- розмір буфера при серверах кожного структурного блоку РССД.

Перелік показників якості – ЙЧХ, які даний метод надає можливість розраховувати, визначено на підставі рекомендацій ІТУ [11–13], а саме:

- середня довжина черги при серверах кожного структурного блоку РССД, що формується заявками відповідних видів;

- середній час очікування в черзі при серверах кожного структурного блоку РССД, що формується заявками відповідних видів;

- середній час перебування заявки відповідного виду в системі.

Введені наступні припущення та обмеження.

На підставі аналізу архітектури IMS та визначення структурних блоків РССД вважається, що РССД представляє собою окрему накладну мережу, котру можна представити у вигляді MeMO. При цьому блоки досліджуваної мережі являють собою одноканальні СМО з буфером необмеженої ємності $r = \infty$.

Вважається, що інтервали часу між заявками на різноманітні сервіси, що надходять в РССД IMS, розподілені за експоненційним законом.

Запропонований в даній роботі метод визначення ЙЧХ РССД IMS полягає у виконанні послідовності наступних етапів:

Етап 1. Визначення структурних блоків РССД IMS, які відповідають за надання сервісів різних видів.

Етап 2. Представлення РССД IMS у вигляді окремої накладної мережі (MeMO). В термінах тензорного аналізу дана MeMO матиме назву «вихідна мережа». Для використання контурного методу всі контури мають бути замкнутими. Якщо існують незамкнуті контури, то необхідно ввести уявні гілки, які їх замкнуть.

Етап 3. Введення контурних інтенсивностей. На даному етапі необхідно ввести контурні інтенсивності

λ_j , $j = a, z$ в залежності від кількості контурів. Крім того, для кожного контуру довільним чином обирається їх напрям.

Етап 4. Визначення примітивної мережі. Формується структурна схема примітивної мережі, що представляє собою блоки вихідної мережі у вигляді окремих СМО з зазначенням їх основних характеристик.

Етап 5. Визначення матриці переходу \bar{C} від вихідної мережі до примітивної мережі. Для цього формується таблиця відповідності інтенсивності гілок в примітивній мережі $\bar{\lambda}'_i$ та контурних інтенсивностей вихідної мережі λ_j ($j = a, z$). Якщо напрям інтенсивності гілки в примітивній мережі $\bar{\lambda}'_i$ співпадає з напрямом контурної інтенсивності вихідної мережі λ_j даного контуру, то в таблиці ставиться «1», інакше – «-1». Якщо в даному контурі відсутня певна гілка примітивної мережі, то встановлюється значення «0».

Етап 6. Розрахунок показників функціонування МеМО. Для цього розрахунок в якості інваріантного рівняння пропонується використовувати відомий вираз для визначення коефіцієнта завантаження $\bar{\rho}$, що дає зв'язок між інтенсивністю надходження заявок на сервіси і середнім часом обслуговування в блоці [9]:

$$\bar{\rho} = \bar{\lambda} t_{\text{обсл}} \quad (1)$$

Вважатимемо, що потік викликів з однією і тією ж інтенсивністю $\bar{\lambda}$ надходження заявок на сервіси викличе при незмінній інтенсивності обслуговування одне і те ж завантаження $\bar{\rho}$ пристроїв при зміні структури і можна вважати, що буде виконуватися співвідношення (2) [9]:

$$\bar{\rho} \bar{\lambda} = \bar{\lambda}' \lambda' \quad (2)$$

Використовуючи матрицю переходів, отримаємо:

$$\bar{\lambda} = \bar{C} \bar{\lambda}' \quad (3)$$

$$t_{\text{обсл}} = \bar{C}^T t'_{\text{обсл}} \bar{C} \quad (4)$$

В результаті перетворень для вихідної мережі отримаємо:

$$\bar{C}^T \bar{\rho} = (\bar{C}^T t'_{\text{обсл}} \bar{C}) \bar{\lambda} \quad (5)$$

У виразі (5) вихідна мережа описана в символах примітивної, а отже, відомої мережі. Задаємо значення часу обслуговування заявок на різноманітні сервіси в різних блоках $t'_{\text{обсл}}$ та завантаження вузлів (СМО,

блоків) ρ' для примітивної мережі. Розв'язавши отримане рівняння (5) відносно контурних інтенсивностей $\bar{\lambda}$, визначимо інтенсивності надходження заявок на сервіси в вихідній мережі:

$$\lambda = \bar{\lambda}^T \bar{C}^T \quad (6)$$

Завантаження вузлів (блоків) можна розрахувати наступним чином:

$$\rho = \bar{\lambda}^T \bar{C}^T t'_{\text{обсл}} \quad (7)$$

У виразах (6) і (7) λ і ρ представляють собою вектори, що містять значення інтенсивності надходження заявок та завантаження для всіх i вузлів (блоків) вихідної мережі – РССД IMS.

Етап 7. Розрахунок ймовірнісно-часових характеристик. Існує досить багато ЙЧХ як СМО так і МеМО [14]. Виходячи з рекомендацій ІТУ щодо найважливіших показників якості сервісів сучасних мереж [11–13], визначимо спосіб розрахунку \bar{L}_i , $\bar{T}_{\text{очі}}$, \bar{T}_i . Маючи значення інтенсивності надходження заявок на сервіси до кожного структурного блоку та завантаження структурних блоків, при необхідності можна розрахувати й інші ЙЧХ [14].

Значення обраних ЙЧХ розраховуються за виразами (8–10) [14].

Середня довжина черги:

$$\bar{L}_i = \frac{\rho_i^2}{1 - \rho_i} \quad (8)$$

Середній час очікування в черзі:

$$\bar{T}_{\text{очі}} = \frac{\rho_i t_i}{1 - \rho_i} \quad (9)$$

Середній час перебування заявки в системі:

$$\bar{T}_i = \bar{T}_{\text{очі}} + t_i = \frac{t_i}{1 - \rho_i} \quad (10)$$

4 ЕКСПЕРИМЕНТИ

Використовуючи запропонований метод, визначимо ЙЧХ РССД IMS, представленої на рис. 1. Перш за все оберемо необхідні структурні блоки.

До структурних блоків РССД IMS відносяться наступні блоки: Інші сервіси, Телефонні сервіси, IM-SSF, Діючі SCP, Додаткові телефонні сервіси, OSA-GW, Сервери додатків. В перелік блоків необхідно додати блок CSCF, оскільки він перерозподіляє заявки на сервіси між серверами і суттєво впливає на роботу РССД.

РССД і блок CSCF IMS у вигляді МеМО представлено на рис. 2.

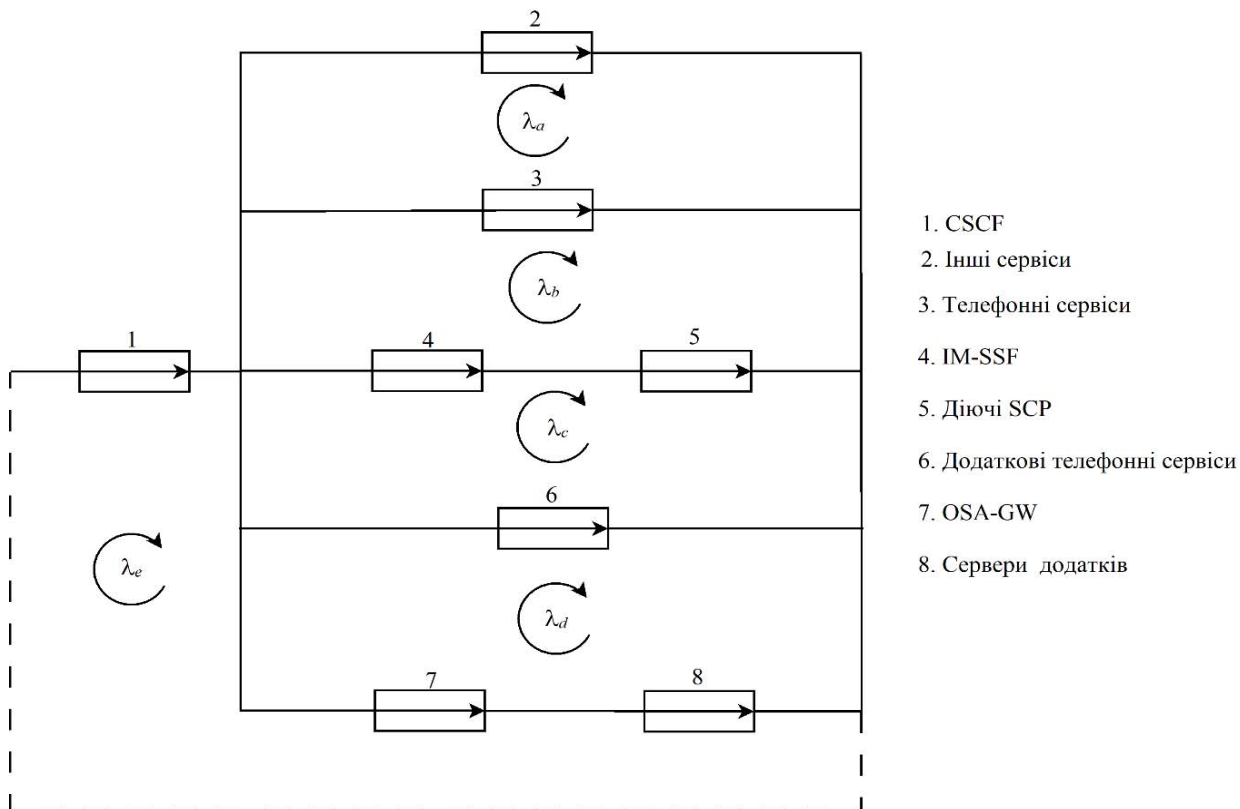


Рисунок 2 – Представлення блоку CSCF та рівня серверів сервісів та додатків у вигляді окремої накладної мережі

Як вже зазначалося, вважатимемо, що блоки досліджуваної мережі представляють собою одноканальні СМО (в даному разі – вісім СМО) з буфером необмеженої ємності. Інтервали часу між заявками на різноманітні сервіси розподілені за експоненційним законом.

Для використання контурного методу введено уявну гілку (позначена пунктирною лінією), котра створює замкнутий контур. Також на рис. 2 вказані контурні інтенсивності $\lambda_a, \lambda_b, \lambda_c, \lambda_d, \lambda_e$ та визначені їх напрямки.

Визначимо примітивну мережу. В даному випадку вона складається з восьми не пов'язаних один з одним вузлів мережі (СМО) (рис. 3).

Відповідно матриця переходу \bar{C} матиме вигляд (11):

$$\bar{C} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \quad (11)$$

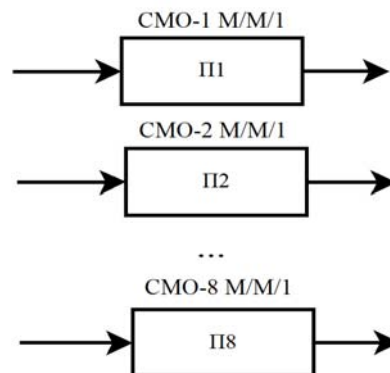


Рисунок 3 – Структурна схема примітивної мережі

Задамо середній час обслуговування заявок в примітивній мережі (12):

$$\bar{t}_{\text{обсл}} = \begin{pmatrix} t_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & t_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & t_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & t_4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & t_5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & t_6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & t_7 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & t_8 \end{pmatrix} \quad (12)$$

Завантаження вузлів ρ представимо через середній час обслуговування заявок та інтенсивності гілок. Для примітивної мережі отримаємо наступний вираз (13):

$$\begin{pmatrix} \rho_1 \\ \rho_2 \\ \rho_3 \\ \rho_4 \\ \rho_5 \\ \rho_6 \\ \rho_7 \\ \rho_8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & t_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & t_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & t_4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & t_5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & t_6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & t_7 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & t_8 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_5 \\ \lambda_6 \\ \lambda_7 \\ \lambda_8 \end{pmatrix} \quad (13)$$

Для вихідної мережі інваріантне рівняння буде мати вигляд (14):

$$\begin{pmatrix} \rho_a \\ \rho_b \\ \rho_c \\ \rho_d \\ \rho_e \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_a & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & t_b & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & t_c & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & t_d & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & t_t \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \lambda_a \\ \lambda_b \\ \lambda_c \\ \lambda_d \\ \lambda_e \end{pmatrix} \quad (14)$$

Транспонована матриця переходу матиме вигляд (15):

$$\overline{C}^T = \begin{pmatrix} 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad (15)$$

Переходячи від однієї мережі до іншої, для завантаження вузлів ρ отримаємо рівняння (16):

$$\begin{pmatrix} \rho_a \\ \rho_b \\ \rho_c \\ \rho_d \\ \rho_e \end{pmatrix} = \overline{C}^T \rho = \begin{pmatrix} 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \rho_1 \\ \rho_2 \\ \rho_3 \\ \rho_4 \\ \rho_5 \\ \rho_6 \\ \rho_7 \\ \rho_8 \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} \rho_2 - \rho_3 \\ \rho_3 - \rho_4 - \rho_5 \\ \rho_4 + \rho_5 - \rho_6 \\ \rho_6 - \rho_7 - \rho_8 \\ \rho_1 + \rho_7 + \rho_8 \end{pmatrix}. \quad (16)$$

Для часу обслуговування заявок отримаємо $\overline{t_{\text{обсл}}} = \overline{C}^T \overline{t_{\text{обсл}}} \overline{C}$ (рівняння (17)):

$$\overline{t_{\text{обсл}}} = \begin{pmatrix} t_2 + t_3 & -t_3 & 0 & 0 & 0 \\ -t_3 & t_3 + t_4 + t_5 & -t_4 - t_5 & 0 & 0 \\ 0 & -t_4 - t_5 & t_4 + t_5 + t_6 & -t_6 & 0 \\ 0 & 0 & -t_6 & t_6 + t_7 + t_8 & -t_7 - t_8 \\ 0 & 0 & 0 & -t_7 - t_8 & t_1 + t_7 + t_8 \end{pmatrix}. \quad (17)$$

В результаті для вихідної мережі, виходячи з (5), отримаємо (18):

$$\begin{pmatrix} \rho_2 - \rho_3 \\ \rho_3 - \rho_4 - \rho_5 \\ \rho_4 + \rho_5 - \rho_6 \\ \rho_6 - \rho_7 - \rho_8 \\ \rho_1 + \rho_7 + \rho_8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_2 + t_3 & -t_3 & 0 & 0 & 0 \\ -t_3 & t_3 + t_4 + t_5 & -t_4 - t_5 & 0 & 0 \\ 0 & -t_4 - t_5 & t_4 + t_5 + t_6 & -t_6 & 0 \\ 0 & 0 & -t_6 & t_6 + t_7 + t_8 & -t_7 - t_8 \\ 0 & 0 & 0 & -t_7 - t_8 & t_1 + t_7 + t_8 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \lambda_a \\ \lambda_b \\ \lambda_c \\ \lambda_d \\ \lambda_e \end{pmatrix}. \quad (18)$$

5 РЕЗУЛЬТАТИ

Вхідні дані для розрахунків були отримані в результаті досліджень мережі компанії «Х». Об'єктами вимірювання були апаратні сервери на базі операційної системи Linux, на яких працювали прикладні сервіси: Web-сервер Nginx, сервер IP-телефонії Asterisk, сервер додатків, сервер інтелектуальних сервісів. Характеристики отримувались з журналів стану серверів. Вхідні дані було отримано за період в 24 години – час обслуговування заявок на різноманітні сервіси в різних блоках, інтенсивність вхідних потоків і завантаження вузлів.

Використовуючи для експериментальної частини вхідні дані, отримаємо значення ЙЧХ РССД IMS.

Час обслуговування заявок на різноманітні сервіси в різних блоках (в секундах):

$$\overline{t_{\text{обсл}}} = \begin{pmatrix} 0,048 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,831 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,482 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,686 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,686 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,507 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,467 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,467 \end{pmatrix}$$

Завантаження вузлів (СМО, блоків):

$$\begin{pmatrix} \rho_1 \\ \rho_2 \\ \rho_3 \\ \rho_4 \\ \rho_5 \\ \rho_6 \\ \rho_7 \\ \rho_8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,350 \\ 0,195 \\ 0,308 \\ 0,082 \\ 0,082 \\ 0,232 \\ 0,062 \\ 0,062 \end{pmatrix}$$

Розв'язавши рівняння (18) та використовуючи вирази (8–10), отримаємо значення ЙЧХ блоків РССД, включаючи блок CSCF (табл. 1).

Таблиця 1 – Значення ЙЧХ блоку CSCF та блоків рівня серверів сервісів та додатків

	λ (1/с)	$t_{\text{обсл}}$ (с)	ρ	\overline{L}	$\overline{T}_{\text{оч}}$ (с)	\overline{T} (мс)
CSCF	3,027	0,048	0,145	0,025	0,008	56
Інші сервіси	0,481	0,831	0,4	0,266	0,553	1,384
Телефонні сервіси	1,064	0,482	0,513	0,539	0,507	989
IM-SSF	0,269	0,686	0,184	0,042	0,155	841
Діючі SCP	0,269	0,686	0,184	0,042	0,155	841
Додаткові телефонні сервіси	0,861	0,507	0,437	0,339	0,393	900
OSA-GW	0,352	0,467	0,164	0,032	0,092	559
Сервери додатків	0,352	0,467	0,164	0,032	0,092	559

6 ОБГОВОРЕННЯ

В роботі запропоновано метод розрахунку ЙЧХ РССД для сервісів різних видів (включаючи також блок CSCF).

В сучасних публікаціях щодо ЙЧХ телекомунікаційних мереж [5–10] мова йшла про загальний конвергентний трафік. При цьому не враховувалася специфіка сучасних мультисервісних мереж, а саме – мережі IMS. IMS спроможна надавати різні види сервісів, які відрізняються своїми характеристиками, що потребує врахування особливостей надання різноманітних сервісів при розрахунку ЙЧХ РССД. В даній роботі враховано особливості надання сервісів різних видів, що є розвитком досліджень [5–10]. Крім того в запропонованому методі визначення ЙЧХ РССД IMS одночасно використовуються підходи класичної

ТМО та тензорний аналіз, що надає можливість отримання ЙЧХ для сервісів різних видів.

Для оцінки значень отриманих ЙЧХ для мережі компанії «Х» скористаємося рекомендацією ІТУ-T Y.1541 [15], а саме – рекомендованими значеннями ЙЧХ для різних класів сервісів.

В нашому випадку можна порівнювати значення IPTD (для різних класів представлена в табл. 2) та розраховані характеристики \overline{T}_i , що представлені в табл. 1.

Таблиця 2 – Визначення класів мережної QoS протоколу IP і вимоги до робочих характеристик мережі

Параметр робочої характеристики	Сутність вимоги до робочої характеристики	Класи QoS					
		Клас 0	Клас 1	Клас 2	Клас 3	Клас 4	Клас 5
IPTD	Верхня межа значення IPTD	100 мс	400 мс	100 мс	400 мс	1с	Не визначено

Аналізуючи значення \overline{T}_i (табл. 1) та IPTD (табл. 2), спираючись на дані, представлені в табл. 3, можна стверджувати, що середній час перебування заявки в системі \overline{T}_i для інтелектуальних сервісів, додаткових телефонних сервісів, використання додатків відповідає вимогам класу якості 4. Для телефонних сервісів (VoIP) клас якості повинен бути нульовим або першим і IPTD не повинно перевищувати 400 мс. В мережі компанії «Х» це значення суттєво більше і дорівнює 989 мс. Значення середнього часу перебування заявки в системі \overline{T}_i для інших сервісів – 1,384 мс, що не відповідає вимогам жодного класу якості. Таким чином, компанії «Х» необхідно суттєво поліпшити якість надання телефонних та інших сервісів.

Аналізуючи отримані на основі запропонованого методу результати досліджень мережі компанії «Х», що представлені в табл. 1, також можна стверджувати, що незважаючи на стрімкий розвиток сучасних технологій та мереж, суспільство найчастіше користується звичайними телефонними та додатковими телефонними сервісами (інтенсивності надходження 1,064 1/с та 0,861 1/с, відповідно). Попит на сучасні нові та інтелектуальні сервіси з кожним роком росте, однак досі залишається на незначному рівні (інтенсивності надходження 0,352 1/с та 0,265 1/с, відповідно). Суттєву нішу займають інші сервіси (інтенсивність надходження 0,481 1/с). Значне завантаження телефонних серверів впливає з попередніх міркувань. Суттєве завантаження серверів, що надають Інші сервіси (завантаження 0,4), пояснюється ресурсоемістю даних сервісів і, відповідно, тривалим часом обслуговування.

Таблиця 3 – Класи QoS протоколу IP

Клас QoS	Додатки (приклад)	Вузлові механізми	Мережні технології
0	Реального часу, чутливі до тремтіння, з підвищеним ступенем взаємодії (VoIP, VTC)	Окрема черга з привілейованим рівнем обслуговування трафіку	Обмежені маршрутизація і дистанція
1	Реального часу, чутливі до тремтіння, інтерактивні (VoIP, VTC)		Менш обмежені маршрутизація і дистанція
2	Дані транзакцій, з підвищеним ступенем інтерактивності (сигналізація)	Окрема черга, знижений пріоритет	Обмежені маршрутизація і дистанція
3	Дані транзакцій, інтерактивні додатки		Менш обмежені маршрутизація і дистанція
4	Тільки з низькими втратами даних (короткі транзакції, масова передача даних, потоки відео)	Довга черга, знижений пріоритет	Будь-який маршрут/шлях
5	Традиційні додатки стандартних мереж IP	Окрема черга (самий низький пріоритет)	Будь-який маршрут/шлях

Отримані в результаті досліджень значення корелюються з результатами робіт [4–10].

ВИСНОВКИ

В даній роботі досягнута поставлена мета – представлено розроблений метод визначення ЙЧХ рівня серверів сервісів та додатків IMS з урахуванням різних видів сервісів, котрі спроможна надати IMS. Наведено вирази, що надають можливість визначити: середню довжину черги заявок відповідних видів у кожному *i*-му структурному блоці РССД; середній час очікування в черзі заявок відповідних видів у кожному *i*-му структурному блоці РССД; середній час перебування заявок відповідних видів у кожному *i*-му структурному блоці РССД.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що уперше запропоновано метод, який надає можливість визначити ЙЧХ рівня серверів сервісів та додатків IMS з урахуванням різних видів сервісів, котрі спроможна надати IMS.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що запропонований метод розрахунку ЙЧХ РССД IMS надасть можливість проектувальникам IMS на ранніх етапах проекту розрахувати ЙЧХ, що дозволить визначити потрібні мережні ресурси для забезпечення необхідного значення якості надання сервісів.

Перспективи подальших досліджень складаються в розвитку запропонованого методу в напрямку урахування самоподібного характеру потоку заявок на

сервіси. Крім того, в подальшому слід урахувувати обмеження буферної пам'яті серверів.

ЛІТЕРАТУРА / ЛИТЕРАТУРА

1. Князева Н.О. Управління інтелектуальними сервісами в мережах наступного покоління / Н. О. Князева, С. В. Шестопапов. – Одеса : ТОВ Плутон, 2017. – 268 с. – ISBN 978-617-7424-78-8
2. Гольдштейн А. Б. Softswitch / А. Б. Гольдштейн, Б. С. Гольдштейн. – СПб.: БХВ, 2006. – 368 с. – ISBN 5-8206-0117-3
3. Khalid Al'Begain. IMS: A Development and Deployment Perspective / Khalid Al'Begain, Chitra Balakrishna, Luis Angel Galindo, David Moro. – John Wiley & Sons, 2009. – 316 p. Print ISBN:9780470740347 | Online ISBN:9780470750001 | DOI:10.1002/9780470750001
4. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания: пер. с англ. / Л. И. Клейнрок, И. Грушко. – М. : Машиностроение, 1979. – 432 с.
5. Пономарев Д. Ю. Программная система для распределения нагрузки информационных систем / Д. Ю. Пономарев // Кибернетика и программирование. – 2013. – № 5. – С. 29–36. DOI: 10.7256/2306-4196.2013.5.9762
6. Fast Accurate Computation of Large-Scale IP Traffic Matrices from Link Loads / [Y. Zhang, M. Roughan, N. Duffield, A. Greenberg] // ACM SIGMETRICS. – 2003. – P. 206–217. DOI: 10.1145/781027.781053
7. Jiang Y. Stochastic Network Calculus / Y. Jiang, Y. Liu. – Springer-Verlag London Limited, 2008. – 229 p. DOI: 10.1007/978-1-84800-127-5
8. Ephremides A. Limitations of Queueing Models in Communication Networks / A. Ephremides // Performance Limits in Communication Theory and Practice, 1988. – P. 143–153. DOI: 10.1007/978-94-009-2794-0
9. Крон Г. Тензорный анализ сетей / Г. Крон – М. : Советское радио, 1978. – 720 с.
10. Lemeshko O. QoS Ensuring over Probability of Timely Delivery in Multipath Routing [Text] / O. Lemeshko, O. Yeremenko, In: Hu Z., Petoukhov S., Dychka I., He M. (eds) // Advances in Computer Science for Engineering and Education. ICCSEEA 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing, Springer, Cham. – 2019. – Vol. 754. – P. 244–254. DOI: 10.1007/978-3-319-91008-6
11. Глобальная информационная инфраструктура, аспекты протокола интернет и сети последующих поколений: МСЭ-Т Y.3001. – [Действителен от 2011-05-20]. – Женева : Study Group, 2012. – 26 с.
12. Internet protocol data communication service – IP packet transfer and availability performance parameters: ITU-T Recommendation Y.1540. – [Effective from 2016-07-29]. – Geneva : Study Group, 2016. – 51 p.
13. Quality of telecommunication services: concepts, models, objectives and dependability planning – Terms and definitions, related to Quality of Services and network performance including dependability: ITU-R Recommendation E.800. – [Effective from 2008-09-29]. Geneva : Study Group, 2009. – 30 p.
14. Алиев Т. И. Основы моделирования дискретных систем / Т. И. Алиев. – СПб : СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с. ISBN 978-5-7577-0336-7
15. Network Performance Objectives for IP-Based Services: ITU-T Recommendation Y.1541. – [Effective from 2002-05-07]. – Geneva : Study Group, 2002. – 50 p.

Стаття надійшла до редакції 28.07.2019.
Після доробки 17.09.2019.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТНО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УРОВНЯ СЕРВЕРОВ СЕРВИСОВ И ПРИЛОЖЕНИЙ IMS

Князева Н. А. – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры Компьютерной инженерии, Одесская национальная академия пищевых технологий, Одесса, Украина.

Шестопапов С. В. – канд. техн. наук, доцент кафедры Компьютерной инженерии, Одесская национальная академия пищевых технологий, Одесса, Украина.

Сиренко А. И. – старший преподаватель кафедры Компьютерной инженерии, Одесская национальная академия пищевых технологий, Одесса, Украина.

АННОТАЦИЯ

Актуальность. Статья посвящена разработке метода определения вероятностно-временных характеристик уровня серверов сервисов и приложений IMS. Показано, что вследствие постоянно растущего разнообразия сервисов, которые способны предоставить IMS, и увеличения спроса на них среди пользователей, а также того, что с развитием телекоммуникаций все большее внимание уделяется качеству предоставления сервисов – QoS, задача оценки качества предоставления сервисов обуславливает актуальность разработки метода определения вероятностно-временных характеристик уровня серверов сервисов и приложений IMS.

Цель. Разработать метод определения вероятностно-временных характеристик уровня серверов сервисов и приложений IMS с учетом различных видов сервисов, которые способны предоставить IMS.

Метод. Рассмотрена архитектура IMS. Основное внимание уделено уровню серверов сервисов и приложений. Для разработки метода определения вероятностно-временных характеристик уровня серверов сервисов и приложений IMS предложено воспользоваться подходами теории телетрафика и тензорным анализом сетей. Предложенный метод представляет последовательность этапов, выполнение которых позволяет определить структурные блоки уровня сервисов и приложений IMS, которые отвечают за предоставление сервисов различных видов; представить блок управления сеансами связи и уровня сервисов и приложений в виде отдельной накладной сети – исходной сети массового обслуживания; для использования контурного метода ввести мнимую ветвь, которая создает замкнутый контур; ввести контурные интенсивности и определить их направления; определить матрицу перехода от исходной сети к примитивной сети; представить инвариантное уравнение для исходной сети; определить контурные интенсивности и на их основе рассчитать интенсивности поступления заявок на сервисы и загрузки серверов в исходной сети. В результате – получить выражения для расчета вероятностно-временных характеристик уровня серверов сервисов и приложений.

Результаты. Предложен метод определения вероятностно-временных характеристик уровня серверов сервисов и приложений IMS на основе подходов теории телетрафика и тензорного анализа сетей, который позволяет учитывать различные виды сервисов, которые способны предоставить IMS.

Выводы. Метод определения вероятностно-временных характеристик уровня серверов сервисов и приложений IMS позволит проектировщикам IMS на ранних этапах проекта рассчитать вероятностно-временные характеристики, что даст возможность определить необходимые сетевые ресурсы для обеспечения требуемого значения качества предоставления сервисов различных видов. В дальнейшем, при развитии предложенного метода, при исследовании уровня сервисов и приложений IMS с целью определения вероятностно-временных характеристик целесообразен учет самоподобия потока заявок на сервисы и ограничения буферной памяти серверов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: IMS, вероятностно-временные характеристики, уровень серверов сервисов и приложений, подходы теории телетрафика, тензорный анализ, виды сервисов.

METHOD OF DEFINITION OF PROBABILITY-TIME CHARACTERISTICS OF LAYER OF SERVICES AND APPLICATIONS SERVERS OF IMS

Kniazieva N. O. – Dr. Sc., Professor, Professor of Computer Engineering Department, Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine.

Shestopalov S. V. – PhD, Senior Lecturer of Computer Engineering Department, Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine.

Sirenko O. I. – Senior Instructor of Computer Engineering Department, Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine.

ABSTRACT

Context. Article is devoted to development of a method of definition of probability-time characteristics of layer of services and applications servers of IMS. It is shown that constantly growing a variety of services which IMS, and increase in demand for them among users is capable to provide and also the fact that with development of telecommunications the increasing attention is paid to quality of providing services – QoS, the problem of assessment of quality of providing services causes relevance of development of a method of definition of probability-time characteristics of layer of services and applications servers of IMS.

Objective. Develop a method of definition of probability-time characteristics of layer of services and applications servers of IMS taking into account different types of services which IMS is capable to provide.

Method. It is considered architecture of IMS. The main attention is paid to the layer of services and applications servers. For development of a method of definition of probability-time characteristics of layer of services and applications servers of IMS it is offered to use approaches of the queuing theory and the tensor analysis of networks. The offered method represents the sequence of

stages which execution allows to define structural blocks of layers of services and applications servers of IMS which are responsible for providing services of different types; present call session control function and the layer of services and applications servers in the form of separate laid on network – initial queuing network; for use of a planimetric method to enter the imagined branch which creates the closed circuit; enter planimetric intensity and define their directions; define a transition matrix from initial network to primitive network; present the invariant equation for initial network; define planimetric intensity and on their basis to calculate intensity of receipt of requests for services and loadings of servers in initial network. As a result – to receive expressions for calculation of probability-time characteristics of layer of services and applications servers.

Results. The method of definition of probability-time characteristics of layer of services and applications servers of IMS on the basis of approaches of the queuing theory and tensor analysis of networks which allows to consider different types of services which IMS is capable to provide is offered.

Conclusions. The method of definition of probability-time characteristics of layer of services and applications servers of IMS will allow designers IMS to calculate probability-time characteristics at early stages of the project that will allow to define the necessary network resources for ensuring required value of quality of providing services of different types. Further, at development of the offered method, at a research of layer of services and applications servers of IMS for the purpose of definition of probability-time characteristics accounting of self-similarity of a flow of requests for services and restrictions of a buffer memory of servers is reasonable.

KEYWORDS: IMS, probability-time characteristics, layer of services and applications servers, approaches of the queuing theory, tensor analysis, types of services.

REFERENCES

1. Kniazieva N. O., Shestopalov S. V. Upravlinnia intelektualnykh servisamy v mrezhakh nastupnogo pokolinnia. Odesa, TOV Pluton, 2017, 268 p. ISBN 978-617-7424-78-8
2. Goldshteyn A. B., Goldshteyn B. S. Softswitch. SPb, BKhV, 2006, 368 p. ISBN 5-8206-0117-3
3. Khalid Al'Begain, Chitra Balakrishna, Luis Angel Galindo, David Moro IMS: A Development and Deployment Perspective. John Wiley & Sons, 2009, 316 p. Print ISBN:9780470740347 | Online ISBN:9780470750001 | DOI:10.1002/9780470750001
4. Kleynrok L., Grushko I. I. Teoriya massovogo obsluzhivaniya: per. s angl. Moscow, Mashinostroyeniye, 1979, 432 p.
5. Ponomarev D. Yu. Programmaya sistema dlya raspredeleniya nagruzki informatsionnykh sistem, *Kibernetika i programirovanie*, 2013, No. 5, pp. 29–36. DOI: 10.7256/2306-4196.2013.5.9762
6. Zhang Y., Roughan M., Duffield N., Greenberg A. Fast Accurate Computation of Large-Scale IP Traffic Matrices from Link Loads, *ACM SIGMETRICS*, 2003, pp. 206–217. DOI: 10.1145/781027.781053
7. Jiang Y., Liu Y. Stochastic Network Calculus. Springer-Verlag London Limited, 2008, 229 p. DOI: 10.1007/978-1-84800-127-5
8. Ephremides A. Limitations of Queueing Models in Communication Networks, *Performance Limits in Communication Theory and Practice*, 1988, pp. 143–153. DOI: 10.1007/978-94-009-2794-0
9. Kron G. Tenzornyy analiz setey. Moscow, Sovetskoye radio, 1978, 720 p.
10. Lemeshko O., Yeremenko O. In Hu Z., Petoukhov S., Dy-chka I., He M. (eds) QoS Ensuring over Probability of Timely Delivery in Multipath Routing, *Advances in Computer Science for Engineering and Education. ICCSEEA 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing*. Springer, Cham, 2019, Vol. 754, pp. 244–254. DOI: 10.1007/978-3-319-91008-6
11. Globalnaya informatsionnaya infrastruktura. as-pekty protokola internet i seti posleduyushchikh pokoleniy: MSE-T Y.3001. [Deystvitelen ot 2011-05-20]. Zheneva, Study Group, 2012, 26 p.
12. Internet protocol data communication service – IP packet transfer and availability performance parameters: ITU-T Recommendation Y.1540. [Effective from 2016-07-29], Geneva, Study Group, 2016, 51 p.
13. Quality of telecommunication services: concepts, models, objectives and dependability planning – Terms and definitions, related to Quality of Services and network performance including dependability, ITU-R Recommendation E.800. [Effective from 2008-09-29]. Geneva, Study Group, 2009, 30 p.
14. Aliyev T. I. Osnovy modelirovaniya diskretnykh sistem. SPb, SPbGU ITMO. 2009, 363 p. ISBN 978-5-7577-0336-7
15. Network Performance Objectives for IP-Based Services: ITU-T Recommendation Y.1541. [Effective from 2002-05-07]. Geneva, Study Group, 2002, 50 p.