

УДК 621.797:621.664

**МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ СЕРВІСІВ****Г. Ю. Сисюк, Д. О. Ільченко, І. С. Шаповал, М. О. Агарков**Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева 20, 39600, м. Кременчук, Україна, E-mail: velsinil@gmail.com

Запропонований метод оцінювання якості мультимедійних сервісів, що ґрунтується на використанні визначеної множини інтегрованих метрик якості комп'ютерної мережі та експертних оцінок. Наведені моделі обчислення агрегованих значень метрик мережі з застосуванням статистичних функцій. Розглянуто приклад практичного застосування розробленого алгоритму для мережі мультимедійного сервісу потокового відео одного з контент-провайдерів із використанням пакетів Nagios та Sacti.

**Ключові слова:** мультимедійний трафік, метрики, мережі, критерії оцінювання якості, системи моніторингу.

**METHOD OF EVALUATION QUALITY MULTIMEDIA SERVICES****G. Yu. Sisyuk, D. O. Pchenko, I. S. Shapoval, M. O. Agarkov**Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University  
vul. Pervomayskaya, 20, 39600 Kremenchug, Ukraine, E-mail: velsinil@gmail.com

A method for evaluating the quality of multimedia services, based on the use of a certain set of integrated quality metrics computing network and expertise. The models calculate the aggregated metrics of the network using statistical functions. Models of computation of aggregate metrics network using statistical functions. An example of the practical application of the algorithm for network multimedia service streaming video of one of content providers using the capabilities of Nagios and Sacti packages.

**Key words:** multimedia traffic, network metrics, criteria for assessing the quality, monitoring system.

**МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ КАЧЕСТВА МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ СЕРВИСОВ****Г. Ю. Сисюк, Д. А. Ильченко, И. С. Шаповал, М. А. Агарков**Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского  
ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина, E-mail: velsinil@gmail.com

Предложен метод оценивания качества мультимедийных сервисов, основанный на использовании определенного множества интегрированных метрик качества компьютерной сети и экспертных оценок. Приведены модели вычисления агрегированных метрик сети с применением статистических функций. Рассмотрен пример практического применения разработанного алгоритма для сети мультимедийного сервиса потокового видео одного из контент-провайдеров с использованием возможностей пакетов Nagios и Sacti.

**Ключевые слова:** мультимедийный трафик, метрики сети, критерии оценивания качества, система мониторинга.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Розвиток мережних технологій, особливо бездротової передачі даних, дав потужний поштовх для розвитку індустрії цифрового мультимедіа, в першу чергу — сервісів, які забезпечують перегляд в режимі онлайн відео, прослуховування аудіо контенту, онлайн ігри та IP-телефонію. Обладнання, що забезпечує роботу цих сервісів, використовує найновітніші технології обробки, зберігання та передачі даних. Зокрема, у якості серверів найчастіше використовуються потужні кластерні системи, що складаються з сотень вузлів, кожен з яких виконує окрему функцію. Проблеми з якістю надання сервісу, які виникають внаслідок перевантаження окремих вузлів, або груп вузлів, що забезпечують виконання окремих функцій сервісу вирішуються шляхом оптимізації програмної частини сервісу, кешування даних або масштабування апаратної частини системи. Оскільки проблеми з якістю надання сервісу в кінцевому підсумку ведуть до втрати прибутків, важливим є своєчасне їх виявлення й усунення. В наслідок цього важливою складовою будь якого мультимедійного сервісу є моніторинг стану комп'ютерної мережі та оцінювання придатності її поточної конфігурації для передавання

мультимедійного трафіку, а отже якісного функціонування сервісу.

Існуючі методики оцінювання якості мультимедійного сервісу базуються на аналізі технічних параметрів мережі [1] або на використанні експертних оцінок якості сервісу [2] й не дозволяють чітко виявити погіршення якості сервісу внаслідок перевантаження або виходу з ладу певних мережних пристроїв. Наразі відсутній єдиний підхід до побудови системи моніторингу параметрів мережі в реальному часі.

Метою статті є визначення метрик мережі, що найбільше впливають на якість передавання мультимедійного трафіку, вибір та обґрунтування параметрів, що враховуються при вимірюванні, розробка методики оцінювання комп'ютерної мережі для передавання мультимедійного трафіку.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ.** Мультимедійним трафіком (ММТ) називатимемо трафік, що генерується додатками, які забезпечують потокову передачу відео чи аудіо, IP-телефонію та онлайн-ігри. Умовно мультимедійні додатки можна розділити на два типи – інтерактивні та не інтерактивні. До першого типу належать додатки для надання послуг IP-телефонії, проведення онлайн-

конференцій та мультимедійних ігор. Їх відмінною особливістю є наявність двох або більше учасників, кожен з яких отримує передану іншими інформацію та реагує на неї, створюючи зворотній зв'язок. До неінтерактивних додатків відносяться сервіси перегляду відео, прослуховування аудіо в режимі онлайн, Інтернет-радіостанції, цифрове телебачення тощо. Найчастіше такі системи побудовані за клієнт-серверною технологією. Наприклад, на запит до відео від клієнта сервер відповідає потоком відеофайлу, що розкодується клієнтом з самого початку. Відмінною особливістю неінтерактивних додатків є те, що один й той самий файл можуть переглядати декілька клієнтів одночасно, а потоки від клієнтів до серверу не взаємодіють між собою, отже зворотній зв'язок між потоками різних клієнтів непотрібний.

Для функціонування кожного типу додатків параметри мережі повинні відповідати деяким вимогам, що обумовлено наступними особливостями мультимедійного трафіку.

1) Чутливість до часу передачі та затримок передачі пакетів. В першу чергу це відноситься до таких сервісів, як IP-телефонія та мережні ігри, що функціонують в режимі жорсткого реального часу. Наприклад, для комфортної гри вважається за необхідне передавати інформацію, що потрібна для відрисовки відеокадру, не менше, ніж 60 разів за секунду.

2) Чутливість до втрат чи перетворень пакетів. Втрати чи перетворення пакетів можуть призвести до повторної передачі даних, що, в свою чергу, означає збільшення часу передачі пакетів а також виникнення так званих артефактів на відео чи аудіо, або телепортів в мережних іграх. Зазначимо, що оскільки для передачі відео та аудіо-інформації використовується методи ущільнення з втратою даних (loss compression), єдиним шляхом відновлення інформації з втрачених пакетів є використання методів апроксимації, що в будь-якому випадку призводить до її спотворення.

3) Неможливість передбачення значення необхідної для якісного функціонування сервісу максимальної пропускної здатності каналу зв'язку. У випадках, коли додатком генерується трафік зі змінною бітовою швидкістю (Variable Bit Rate) [3], як це має місце при передаванні файлів за протоколами SMB та FTP, та flv-відеофайлів, вона може змінюватись від нуля до максимальної пропускної здатності каналу зв'язку.

Задача оцінювання придатності комп'ютерної мережі обумовлює необхідність моніторингу її поточного стану а також значень різноманітних параметрів, які впливають на її продуктивність та працездатність. Виходячи з особливостей мультимедійного трафіку, доцільним, з точки зору авторів, є використання при оцінюванні якості мережі наступних метрик.

4) Доступність вузлів та з'єднань мережі на шляху слідування мультимедійного трафіку від джерела до адресату. Необхідною умовою передавання трафіку в мережі є коректна конфігурація та правильне функціонування мережних з'єднань й вузлів мережі.

Але при цьому нормальне функціонування всіх без виключення вузлів мережі одночасно не є обов'язковою умовою — невірна конфігурація чи вимкнений стан декількох вузлів мережі може не мати значного впливу на роботу мультимедійного сервісу, якщо при цьому залишаються доступними найважливіші мережні з'єднання (наприклад, з'єднання мультимедійних серверів з мережею Інтернет, якщо сервіс є онлайнним) та вузли мережі (наприклад, сервер потокової передачі відео чи Web-сервер).

5) Втрата пакетів (TWPL- Two-Way Packet Loss). Трафік як інтерактивних, так і неінтерактивних мультимедійних додатків більш чутливий до кількості втрачених або спотворених пакетів, ніж трафік додатків передачі файлів чи гіпертекстових сторінок, для яких збільшення втрат пакетів означає лише збільшення часу завантаження каналу зв'язку. Необхідність активного моніторингу значень даної метрики обумовлено її важливістю для передавання мультимедійного трафіку в мережі, високою точністю результатів її вимірювань та легкістю впровадження інструментів моніторингу.

6) Час між відправкою запиту та отриманням відповіді (RTT – Round Trip Time). Збільшення затримок передачі пакетів роблять мережу непридатною для використання мультимедійними додатками, а отже важливим є моніторинг метрик затримок. Існуючі методи вимірювання *RTT* передбачають використання активного моніторингу з використанням протоколу ICMP й дозволяють отримати лише його наближені значення, однак їх точність можна вважати достатньою.

7) Коливання часу затримки пакетів (IP Packet Delay Variation – IPDV, Jitter). Існуючі методики розрахунку значень *RTT* не дозволяють виявити короткочасних збільшень затримок передачі пакетів, в той же час такі мультимедійні сервіси, як IP-телефонія, дуже чутливі до джиттеру.

8) Час очікування відповіді (TCP Response Time). Методики розрахунку *RTT* не дозволяють виявити короткочасних збільшень затримок передачі пакетів. В той же час практика показує, що погіршення якості мультимедійних сервісів не завжди є наслідком зміни стану з'єднань мережі. Наприклад, перенавантаження окремого вузла мережі може призвести до значного погіршення або навіть зупинки функціонування сервісу. За цих умов доцільним є вимірювання *TCP response time*, що одночасно дозволяє оцінити затримку передачі пакетів, виявити перенавантаження та перевірити базову функціональність мультимедійного сервісу — прослуховування порту мережі, правильність конфігурації фаєрволів, тощо.

9) Доступна пропускна спроможність каналу. Як вказувалось вище, мультимедійні сервіси створюють значне навантаження каналів передачі даних але при цьому часто неможливо передбачити мінімально необхідну ширину каналу, яка б гарантувала якість функціонування сервісу. За цієї умови доступна пропускна спроможність каналу повинна бути врахована при визначенні інтегрального показника якості мережі.

10) Навантаження на вузли мережі. Показники навантаження на вузли мережі, зокрема, завантаження центрального процесору, обсяг доступної оперативної пам'яті є важливою частиною оцінювання придатності мережі для передавання ММТ. Перенавантаження певного вузла мережі, наприклад, маршрутизатора, через який проходить трафік між мультимедійними серверами та мережею Інтернет, може погіршити або повністю зупинити функціонування сервісу.

Оскільки користувачами мультимедійних сервісів є виключно люди, оцінки якості сервісів носять суб'єктивний характер, і, як правило, ґрунтуються на експертних оцінках. Найчастіше використовується інтегральний критерій якості, рекомендований ІТУ (Internet Telecommunication Union), що має назву Mean Overall Score – MOS) [4], який встановлює закономірності між показниками якості мультимедійного сервісу (затримки, часткова втрата або спотворення переданої інформації та ін.) та реакцією людей на їх зміну. В рекомендації G.107 ІТУ запропонований підхід до обчислення значення MOS, відомий як E-Model. E-Model встановлює залежність між значеннями MOS та інтегрального показника якості функціонування мережного обладнання, який має назву R-фактору, який характеризує погіршення якості функціонування мережного обладнання порівняно з ідеальним, внаслідок впливу тих чи інших чинників.

З огляду на вибрані метрики мережі, що враховуються при оцінюванні її придатності, можна записати:

$$R = R_0 - I_e - I_d - I_b - I_l - A, \quad (1)$$

де

$R_0 = 100$  – початкове значення R-фактору;

$I_e$  – значення фактору погіршення внаслідок неправильного функціонування обладнання;

$I_d$  – значення фактору погіршення внаслідок затримок передачі пакетів;

$I_b$  – значення фактору погіршення внаслідок недостатньої пропускної спроможності мережі;

$I_l$  – значення фактору погіршення внаслідок перенавантаження вузлів мережі;

$A$  – доступність вузлів мережі.

Фактор  $I_e$  характеризує вплив втрат пакетів на якість передавання мультимедійного трафіку, закованого певним кодеком. У роботі запропоновано обчислювати значення  $I_e$  за формулою

$$I_e = I_{etabl.} + (95 - I_{etabl.}) \cdot \frac{Ppl}{\frac{Ppl}{BurstR} + Bpl}, \quad (2)$$

де  $I_{etabl.}$  – табличне значення для кодеків,

$Ppl$  – ймовірність втрати пакетів,

$Bpl$  – значення фактору стійкості до втрат пакетів кодеку, що використовується;

$BurstR$  – коефіцієнт сплесків, який дорівнює 1 при випадковому розподілі втрат пакетів та більший 1 в інших випадках.

Кількісні значення, необхідні для обчислення ймовірності та встановлення закону розподілу втрати пакетів можуть бути отримані виключно шляхом активного моніторингу, наприклад з використанням ring-інструменту на базі протоколу ICMP, сутність якого полягає в відправленні echo-запиту на відповідний вузол і підрахунку кількості втрачених ICMP-пакетів, яку можна вважати за оцінку кількості втрачених пакетів для реального трафіку.

Фактор  $I_d$  характеризує вплив затримок передачі пакетів на якість сервісу і обчислюється за формулою [4]:

$$I_d = 25 \cdot \left[ \left(1 + X^6\right)^{\frac{1}{6}} - 3 \cdot \left(1 + \left[\frac{X}{3}\right]^6\right)^{\frac{1}{6}} + 2 \right], \quad (4)$$

$$X = \log_{\frac{T_a}{100}}^{\log 2}, \quad (5)$$

де  $T_a = avg(RTT)$  – затримка пакетів.

Найчастіше для вимірювання RTT використовується ring, який використовує протокол ICMP та є широко поширеним. Більшість інструментів, що використовуються при вимірюванні RTT, використовують ring, генеруючи групу пакетів за ICMP-протоколом з рівним або кратним інтервалом відсилання та вимірюючи RTT для кожного пакета. Оскільки ICMP-пакети найчастіше вважаються трафіком низького пріоритету, отримані значення близькі до максимальних значень затримки пакетів для даної мережі.

Фактор  $I_b$  характеризує погіршення якості сервісу, спричинене недостатньою пропускною спроможністю мережного з'єднання й обчислюється за формулою:

$$I_b = \frac{\max(B_{used}) - B_{total}}{B_{total}} \cdot 100, \quad (6)$$

де  $B_{total}$  – місткість мережного з'єднання, тобто максимальний об'єм даних, який може передаватися через мережне з'єднання за одиницю часу за умови відсутності стороннього трафіку;

$B_{used}$  – використання мережного з'єднання між вузлом мережі, який надає сервіс та клієнтами визначене як доля від місткості з'єднання, яку займають пакети протягом певного інтервалу часу.

Місткість з'єднання зазвичай отримується за допомогою запитів до маршрутизаторів мережі з використанням протоколу SNMP або CLI-утиліт.

Використання з'єднання розраховують як середнє значення декількох SNMP-запитів до певних МІВ-об'єктів маршрутизаторів.

Фактор  $I_l$  характеризує погіршення якості надання сервісу внаслідок перенавантаження вузлів мережі. При цьому враховується лише максимальне

використання центрального процесору та оперативної пам'яті вузлів мережі, що обумовлено наступними чинниками.

1) Вплив використання ЦП менш, ніж на 100 відсотків на швидкодію мережі враховується при обчисленні значень  $I_b$  та  $I_e$ .

2) Використання оперативної пам'яті менш, ніж на 100 відсотків, не має впливу на швидкодію вузлів мережі, тоді як перевищення межі в 100 відсотків призводить до використання файлу підкачки, і, як наслідок, появи випадкового введення-виведення на вузлі та одночасного суттєвого зниження швидкості виконання операцій з оперативною пам'яттю. В свою чергу, це може стати причиною збільшення кількості процесів, що знаходяться в стані очікування завершення дискових операцій, а отже й загального зростання кількості процесів у процесорній черзі.

3) Один із вузлів сервісу, для якого характерним є високе завантаження центрального процесора та оперативної пам'яті, може бути, наприклад, сервер баз даних. Однак збільшення часу очікування відповіді від нього не спричинить загального збільшення RTT для сервісу в цілому, оскільки сервер баз даних у даному випадку є лише сховищем даних (списків контактів клієнтів, інформації про відео-файли тощо) і не впливає безпосередньо на якість надання сервісу.

Таким чином, значення  $I_l$  може бути обчислене за формулою:

$$I_l = \text{pos}(\max(U_{CPU}) - 100) + \text{pos}(\max(U_{Mem}) - 100), \quad (6)$$

де

$$\text{pos}(x) = 0 \text{ якщо } x < 0;$$

$U_{CPU}$  - відсоток використання ЦП;

$U_{Mem}$  - відсоток використання оперативної пам'яті.

Для отримання значень цих характеристик використовуються SNMP- та CLI-запити до пристроїв, на яких встановлюється пропріетарне програмне забезпечення виробників.

Фактор  $A$  визначає вплив недоступності вузлів мережі на якість надавання сервісу і визначається як доля кількості недоступних вузлів від загальної кількості вузлів мережі

$$A = \frac{N_{total} - N_a}{N_{total}} \cdot 100, \quad (7)$$

де  $N_{total}$  - загальна кількість вузлів мережі, що підлягають моніторингу;

$N_a$  - кількість доступних вузлів.

Мірою доступності пристрою або з'єднання називатимемо відсоток певного періоду часу, під час якого його loorbask-інтерфейс є досяжним. Доступність з'єднання може бути визначена на фізичному, каналному та мережному рівнях моделі OSI. При цьому необхідна інформація може бути отримана двома способами:

– шляхом періодичного надсилання запитів до елементів мережі, що підключені до з'єднання, використовуючи для цього, наприклад, протокол SNMP

– окремими SNMP MIB відображають поточний стан з'єднання на різних рівнях OSI;

– при зміні стану з'єднання елементи мережі генерують виключення, які обробляються системою моніторингу.

Згідно з [4], значення MOS (рис.1) обчислюється наступним чином:

$$MOS = \begin{cases} 1, & \text{якщо } R < 0, \\ 1 + 0,035 \cdot R + R \cdot (R - 60) \cdot 10^{-6}, & \text{якщо } 0 < R < 100, \\ 4,5, & \text{якщо } R > 100 \end{cases} \quad (8)$$

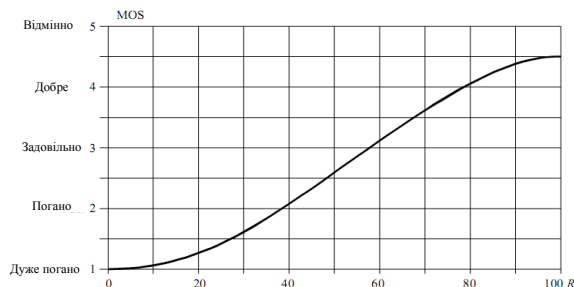


Рисунок 1 – Графік залежності критерію якості надання сервісу від інтегрального показника якості функціонування мережного обладнання

Для значень  $R$  в інтервалі  $(0,100)$ , (де  $R = 0$  відповідає найгіршій якості, а  $R = 100$  — найвищій), в E-model визначає статистичні наближення якості, які мають назви назву Good or Better (*GoB*) та Poor or Worse (*PoW*), й означають кращу чи гіршу від нормальної оцінки якості сервісу [7]. Значення *GoB* та *PoW* обчислюються за формулами:

$$GoB = 100 \cdot \exp\left(\frac{R - 60}{16}\right), \quad (9)$$

$$PoW = 100 \cdot \exp\left(\frac{45 - R}{16}\right). \quad (10)$$

Отримані в результаті вимірювань значення метрик мережі потребують статистичної обробки з наступною їх агрегацією за часом, що обумовлено наступними причинами:

– неможливістю здійснення у великих мережах моніторингу стану всіх з'єднань та вузлів мережі;

– використання усереднених зважених значень метрик окремих з'єднань для визначення відповідних оцінок метрик для мережі в цілому;

– використанням в якості критерію якості мережі зваженої композиції множини значень оцінок метрик;

– доцільністю використання для оцінки якості мережі, трендів метрик мережі у часі.

З викладених вище міркувань доцільним є використання агрегації отриманих у результаті вимірювань даних за часом. У цьому випадку отримані в результаті вимірювань на інтервалі  $\Delta T$  значення метрики розглядаються як вибірка, елементи якої мають два параметри  $\langle \text{час}, \text{метрика} \rangle$  й відповідні значення  $\langle T_i, M_i \rangle$ , що належать інтервалу часу  $(T_0, T_f)$ .

Розглядаючи інтервал  $(T_0, T_f)$  як  $N$  послідовних підінтервалів  $(T_{a,k-1}, T_{a,k})$ . Підмножини значень  $\langle T_i, M_i \rangle$ , згруповані по підінтервалах, формують вибірки  $S_k$ , які є підмножинами вибірки  $S$ .

Для кожного  $\langle T_i, M_i \rangle$  визначимо значення агрегації на інтервалі  $(T_{a,k-1}, T_{a,k})$  як  $V_k = F(M_i)$ ,  $T_{a,k-1} \leq T_i < T_{a,k}$ , де  $F$  – деяка статистична функція. В результаті, для кожного підінтервалу отримуємо  $\Delta T$  – метрику  $\langle (T_{a,k-1}, T_{a,k}), V_k \rangle$ . Розмір  $\Delta T$  може бути як фіксованим, так і плаваючим, й різнитись за довжиною залежно від метрики та мети агрегування. Статистичними функціями, що найчастіше застосовуються, є середнє значення, медіана та  $n$ -процентний інтервал вибірки з  $\Delta T_i$ .

У табл.1 наведені основні параметри системи моніторингу. При цьому послідовність дій при

оцінюванні якості мережі для передачі мультимедійного трафіку наступна.

- 1) Визначити критичні для функціонування сервісу вузли мережі та мережні з'єднання.
- 2) Встановити та налаштувати на одному з вузлів мережі систему моніторингу, яка збиратиме значення визначених в роботі метрик.
- 3) Провести необхідні для отримання значення R-фактору за формулами (2–7).
- 4) Обчислити за формулою (1) значення R-фактору та визначити  $MOS$ , користуючись формулою (8).
- 5) Обчислити значення  $Gob$  та  $PoW$  за формулами (9) і (10).
- 6) Визначити ступінь придатності мережі для передавання мультимедійного трафіку, використовуючи отриманими значення  $MOS$ ,  $Gob$  та  $PoW$ .

Таблиця 1 – Основні параметри системи моніторингу

Метрика	Шлях отримання	Протокол	Період	Статистична функція
<i>TWPL</i>	Періодичні ping-запити	ICMP	< 1мс	медіана; середнє; 2,5% інтервал; 97,5 % інтервал
RTT	Періодичні ping-запити	ICMP	< 1мс	медіана; середнє; 2,5% інтервал; 97,5 % інтервал
<i>IPDV</i>	надсилання тестових пакетів на вузол	TCP	< 1мс	середнє; 50% інтервал окремо для від'ємних і додатних значень
Поточний стан елементів мережі та з'єднання	Періодичні запити до MIB. Обробка внутрішніх переривань (SNMP traps) Періодичні ping-запити	SNMP ICMP	Визначається необхідним рівнем точності	–
Місткість з'єднання	Періодичні запити до MIB, CLI- утиліти	SNMP	5 -15 хв	медіана; середнє; 97,5 % інтервал
Досяжна пропускна спроможність мережі	Використання утиліт для вимірювання пропускної спроможності мережі	TCP	5 – 15 хв.	медіана; середнє; 97,5 % інтервал
Використання процесору вузла	SNMP-запити до робочих станцій вузла CLI- утиліти	SNMP	Визначається необхідним рівнем точності	медіана; середнє; 2,5% інтервал; 97,5 % інтервал
Об'єм доступної оперативної пам'яті на вузлі	SNMP-запити до робочих станцій вузла CLI- утиліти	SNMP	Визначається необхідним рівнем точності	медіана; середнє; 2,5% інтервал; 97,5 % інтервал

7) У випадку повної або часткової непридатності мережі для передавання мультимедійного трафіку, визначити метрики, які найбільше впливають на отримане значення R-фактору.

8) Проаналізувати результати моніторингу й за значеннями метрик, що використовуються для обчислення складової, яка найбільше впливає на отримане значення R-фактору, виявити вузли чи з'єднання мережі, які призводять до її непридатності.

9) Усунути передбачувані причини погіршення якості надання сервісу.

10) Повторювати кроки 1–9, доки мережа не буде придатною для передавання мультимедійного трафіку.

Експериментальна перевірка розробленого алгоритму оцінювання якості мережі мультимедійного сервісу потокового відео [zipruvideos.com](http://zipruvideos.com), архітектура якого зображена на рис. 2.

Критичними для передавання мультимедійного трафіку є:

- вузол streaming01.zippyvideos.com та його мережне з'єднання з WAN-сервером потокової передачі відео;
- доступність вузлів storage1 та storage2, на яких зберігаються відеофайли;
- доступність вузла www.zippyvideos.com – WEB-серверу сервісу, що забезпечує доступ користувачів до всіх функцій сервісу; доступність вузлу Apple – серверу бази даних, в якій зберігаються шляхи до відеофайлів, інформація про користувачів, наявні стрімінг-сервери і т.д.

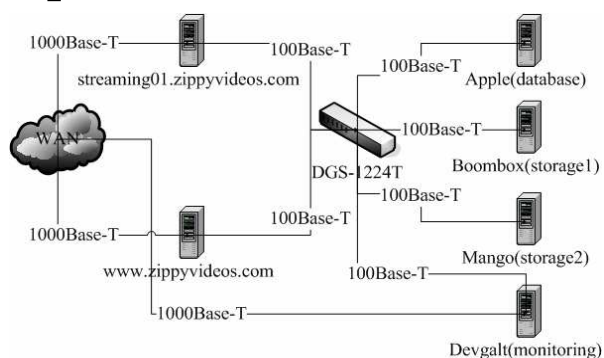


Рисунок 2 – Архітектура мультимедійного сервісу, якість якого досліджувалась

Дані про стан мережі та значення метрик отримувались за допомогою програмних систем моніторингу Cacti та Nagios, встановлених та налаштованих на вузлі Devgalt.

Зокрема, за допомогою системи моніторингу Nagios здійснювалось виявлення критичних станів з'єднань, вузлів і сервісів мережі та надсилання повідомлень про появу даного стану, а за допомогою системи Cacti – моніторинг наступних метрик мережі:

- об'єму переданої через мережний інтерфейс мережі інформації (Б/с);
- кількості переданої через мережний інтерфейс інформації(Б/с);
- RTT до вузла мережі;
- час відповіді TCP з'єднання з визначеним портом вузла мережі;
- використання центральних процесорів вузлів мережі;

– об'єм оперативної пам'яті, що використовується на вузлах.

Приклад побудованих системою Nagios графіків наведений на рис. 3.



Рисунок 3 – Інтерфейс системи Nagios

**ВИСНОВКИ.** На основі аналізу особливостей мультимедійного трафіку визначена множина метрик та запропоновано критерій оцінювання якості мультимедійного сервісу (MOS), що базується на експертній оцінці значення R-фактору. Розроблена та практично перевірена відповідна методика, що використовує запропонований критерій.

#### REFERENCE

1. M. Bearden, L. Denby, B. Karacë J. Meloche, D. T. Stott // Assessing Network Readiness for IP Telephony // Avaya Labs Research. – 2002. – P. 143-152.
2. Michal Ries, Olivia Nemethova and Markus Rupp. On the Willingness to Pay in Relation to Delivered Quality of Mobile Video Streaming. Institute of Communications and Radio-Frequency Engineering // Vienna University of Technology. – 2007. – P. 41-50.
3. Maureen Chesire, Alec Wolman, Geoffrey M. Voelker and Henry M. Levy. Measurement and Analysis of a Streaming-Media Workload // University of Washington, University of California. – 2001. – P. 1.
4. ITU-T Recommendation P.800, "Methods for subjective determination of transmission quality". – P. 4-37.

Стаття надійшла 18.02.2011.

Рекомендована до друку  
д.т.н., проф. Гученком М.І.