

DOI [https://doi.org/10.15589/znp2022.1\(488\).10](https://doi.org/10.15589/znp2022.1(488).10)
УДК 004.7

BUILDING A HETEROGENEOUS NETWORK OF AN ENTERPRISE SUPPORTING QOS / QOE QUALITY INFORMATION DELIVERY

ПОБУДОВА ГЕТЕРОГЕННОЇ МЕРЕЖІ ПІДПРИЄМСТВА З ПІДТРИМКОЮ QOS / QOE ЯКОСТІ ДОСТАВКИ ІНФОРМАЦІЇ

Andrii M. Samoilov
saman.39@gmail.com
ORCID: 0000-0001-9178-6202

Igor S. Konokh
konokh.is.univer@gmail.com
ORCID: 0000-0001-5930-1957

Iryna G. Oksanych
oksirena2017@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4570-711X

Victoria Y. Belska
victory27b@gmail.com
ORCID: 0000-0001-5805-5838

А. М. Самойлов,
старший викладач

І. С. Конох,
д.т.н., доцент

І. Г. Оксанич,
д.т.н., доцент

В. Ю. Бельська,
старший викладач

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук

Abstract. The given work is devoted to approaches to building a heterogeneous enterprise network that can support the quality of QoS service and subjective assessment of QoE for total network traffic and multimedia video and audio service with minimization of negative factors. The aim of the work is to analyze the existing standard approaches and general methods of building a heterogeneous enterprise network, management and options for quality assessment. Approaches to building an enterprise network are based on the analysis of standards, which allows you to choose OSS / BSS and TMN in terms of ensuring network quality from the beginning of its construction. The approach proposed in this paper includes consideration of parameters that are parameters of QoS service quality at the application, network and physical levels of ISO / OSI. Packet transmission reliability depends on bandwidth, latency, jitter, data loss, service availability, security, coverage, and connection time. Unlike QoS, QoE is non-technical and measures the degree of positive or negative user experience as residual quality after content distortion by a heterogeneous network to the end user. The above factors change the focus of managing a heterogeneous enterprise network in the direction of productivity. The results show that the quality of multimedia traffic is determined by the loss of network packets, jitter and packet delay, connection delay. Optimized management includes administration, error analysis, and service quality maintenance. End-user quality refinement is performed by evaluating a common VoIP service in heterogeneous enterprise networks. Implementation of the network on PIM protocols, ATM technology, SNMP management protocol and differentiated DiffServ services on switching devices to reduce delays. This approach to building and analyzing network services allows account of subjective assessment of QoE services serving information traffic and traffic with prioritization. Thus, the provision of multiservice services for QoE becomes practically important task for building a heterogeneous network of enterprises with support for QoS / QoE quality of information delivery.

Key words: heterogeneous computer network; QoS; QoE; network deployment standards; information system; multimedia service; bandwidth; delay minimization; subjective evaluation of service quality.

Анотація. У статті досліджуються підходи щодо побудови гетерогенної мережі підприємства, яка може підтримувати якість послуги QoS та суб'єктивної оцінки QoE для загального трафіку мережі та мультимедійного сервісу відео- та аудіо- з мінімізацією негативних факторів. Метою роботи є аналіз наявних стандартних підходів та загальних методик побудови гетерогенної мережі підприємства, управління і варіантів оцінки якості. Підходи побудови мережі підприємства базуються на аналізі стандартів, що дозволяє обрати OSS / BSS та TMN з точки зору забезпечення якості мережі з початку її побудови. Підхід, запропонований у роботі, включає

розгляд параметрів, що являють собою параметри якості обслуговування QoS на прикладному, мережевому та фізичному рівнях ISO / OSI. Надійність передачі пакетів залежить від пропускної спроможності, затримки, тремтіння, втрати даних, доступності послуги, безпеки, зони покриття та часу встановлення з'єднання. На відміну від QoS показника, QoE не технічний та вимірює ступінь позитивного чи негативного досвіду користування як залишкову якість після спотворення контенту гетерогенною мережею до кінцевого користувача. Вищеназвані фактори впливу змінюють акцент управління гетерогенною мережею підприємства в бік продуктивності. Результати показують, що якість передачі мультимедіа трафіку визначається втратою мережевих пакетів, тремтінням та затримкою пакета, затримкою з'єднання. Оптимізоване управління включає адміністрування, аналіз помилок та підтримання якості обслуговування. Уточнення якості кінцевим користувачем виконується оцінкою поширеного VoIP сервісу у гетерогенних мережах підприємства. Упровадження мережі на протоколах PIM, технології ATM, протоколу управління SNMP та диференційованих послуг DiffServ на комутуючих пристроях для зменшення затримки – такий підхід до побудови та аналізу послуг мережі дозволяє вирішувати питання оцінювання якості функціонування гетерогенних мереж підприємств не тільки за параметрами QoS, але й за рахунок суб'єктивної оцінки QoE сервісів, що обслуговують інформаційний трафік та трафік з пріоритизацією. Отже, надання мультисервісних послуг за QoE набуває практичної актуальності та практично значимого завдання для побудови гетерогенної мережі підприємства з підтримкою QoS / QoE якості доставки інформації.

Ключові слова: гетерогенна комп'ютерна мережа; QoS; QoE; стандарти розгортання мереж; інформаційна система; мультимедійний сервіс; пропускна здатність; мінімізації затримки; суб'єктивна оцінка якості послуги.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Створення мережі підприємства передбачає використання комбінованих технологій масштабування мережі з метою досягнення очікуваних результатів якості її роботи. Зростаючі потреби бездротового доступу мережі підприємства міста і використання гетерогенних бездротових сегментів мереж, навіть мінливі умови поширення радіохвиль вносять корективи у злагоджену роботу. Більшість комп'ютерних мереж підприємства використовують робочі станції на різних програмних платформах, активних мережевих технічних пристроях та протоколах передачі даних. Висока потреба у доступі користувачів до мережі змушує щільніше розміщувати базові станції Wi-Fi та підвищувати спектральну ефективність, використовуючи MIMO (Multiple Input Multiple Output) та інші LTE технології. Частотне ущільнення мережі застосовується у поєднанні з технологіями доступу, а також із варіацією покриття території підприємства точками доступу/базовими станціями. Виниклі перешкоди від близького частотного діапазону ліквідуються установкою додаткових точок доступу Wi-Fi і мінімальних базових станцій, що ускладнює ситуацію з якістю передачі даних.

Комплексним показником роботи мережі підприємства є метрики якості обслуговування QoS та QoE.

Метою даної роботи є розгляд та аналіз сучасних підходів до побудови гетерогенної мережі підприємства з підтримкою QoS / QoE якості доставки інформації.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Архітектура побудови мережі визначається необхідними для підприємства показниками пропускної

спроможності, сумісності, технологій передачі, технічного обслуговування та мобільності. Сучасні рішення мають мультисервісне призначення.

У працях [1–3] докладно висвітлені питання технічних рішень, технології та універсальні підходи для побудови гетерогенних структур з підтримкою QoS корпоративних мультисервісних мереж. У праці [4] мультисервісна телекомунікаційна мережа NGN з поділом інформації на дві категорії: сигнальну інформацію та дані зі смисловим навантаженням для визначення якості. Якість обслуговування QoS описує або вимірює продуктивність служби, передачі даних, голосу або відео.

Вимірювання якості обслуговування QoS можливе за такими параметрами: втрата пакетів, швидкість передачі пакетів, тремтіння (джиттер) сигналу, пропускна здатність каналу для даного виду трафіку і його доступність, затримка передачі.

Загальне поняття якості обслуговування QoE використовується як міра позитивного чи негативного досвіду (захвату/невдоволення) користувача сервісом (перегляд веб-сторінок, голосовий дзвінок, телепередача), що було визначено у 2016 році Міжнародною спілкою телекомунікацій у рекомендації [5].

ВИДОКРЕМЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ

У комп'ютерній мережі з комутацією пакетів якість обслуговування QoS забезпечується стандартними підходами та методиками її побудови, управлінням трафіком та резервуванням ресурсів. Але визначення досягнутої якості обслуговування кінцевих споживачів послуг мережі розглянуто у рамках QoS показників. У цілому якість обслуговування визначає пріоритети програм, користувачів або потоків даних для гарантії необхідного рівня продуктивності мережі.

Але загальновизначена якість обслуговування (QoS) ніяк не пов'язана з мірою позитивного чи негативного досвіду (задоволення / невдоволення) користувача сервісом (QoE), а також ігнорується або не є основною для розробки та експлуатації мережі підприємства через орієнтованість побудови мережі на суто технічні характеристики. Таким чином, загальні підходи до створення гетерогенних мереж підприємства повинні включати суб'єктивну оцінку функціонування та якості передачі трафіку.

Мета дослідження. Аналіз стандартних підходів та наявних загальних методик побудови гетерогенної мережі підприємства та варіантів оцінки якості, що впливають на побудову гетерогенної мережі з мультисервісними можливостями з якості користування.

МЕТОДИ, ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Використовується порівняльний аналіз стандартних підходів побудови гетерогенної мережі підприємства. Об'єктом досліджень є гетерогенна мережа підприємства, підходи та загальні методики її побудови. Предмет дослідження – підходи та загальні методики до визначення якості обслуговування кінцевих користувачів побудованої мережі із забезпеченням якості мультисервісного користування та доставки інформації.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Розглянемо суттєві аспекти, що впливають на QoS і QoE при побудові гетерогенних мереж. Великі мережі підприємства розгортаються визначно зі стандартами: ITSM/ITIL, COBIT, PRINCE2, OSS/BSS, TMN. Проведемо порівняльний аналіз зазначених стандартних підходів побудови мережі підприємства.

ITSM / ITIL застосовується як стандарт організації та управління інформаційними технологіями. ITIL визначає цілі та види діяльності, сервісний процесний підхід, вхідні та вихідні параметри кожного з процесів у IT організації. Акцент робиться на перевіреному практикою підході, який може бути реалізований у різний спосіб залежно від обставин [6]. Розробляються плани використання процесів, ролей та видів діяльності, визначення зв'язків між ними: забезпечення інформаційними сервісами, Service Level Agreement – угода постачання сервісів, вимірювана оцінка якості сервісу.

Особливості ITSM / ITIL: тривалий перехід до необхідної структури, нестача розуміння цілей впровадження та процесів, залученість керівництва та співробітників, інвестиції в інструментальні засоби.

Переваги ITSM / ITIL: орієнтація IT на вирішення завдань підприємства, стандарти та правила для IT-персоналу, впровадження підходів менеджменту якості в управління IT-сервісами, переробляється та оновлюється.

Стандарт COBIT (Control of Objectives for Information and related Technology), створений ISACA та ITGI для контролю та аудиту існуючої системи управління інформаційної технології (IT), організації оперативного та стратегічного управління IT, аналізу витрат на IT проекти. За стандартами COBIT інформаційна система будується за умову жорсткої економії ресурсів підприємства, а також їх ефективного використання. Бізнес-орієнтований підхід – це інструмент підприємства, а стандарт визначає принципи побудови та організації роботи IT. Це процесний підхід. ISO 9000 та стандартів PRINCE2, ITIL за критеріями: орієнтація на бізнес, процесний підхід, цілі контролю підходять для управління IT-процесами, оцінка ефективності використання IT. Особливості COBIT: керівництво вимагає застосування стандартів, налаштування за цілями та ризиками, проектами та інфраструктурою IT підприємства. Переваги COBIT: повністю відповідає вимогам бізнесу підприємства, зрозуміле визначення функціонування IT, чіткий поділ володіння IT-процесами та розподілу відповідальності, повнота оцінки IT-процесів підприємства.

PRINCE2 (Projects IN Controlled Environments 2), створений CCTA (перша редакція 1989 для IT проектів, з 1996 розширений для будь-яких проектів) представляє структурований метод управління проектами, що забезпечує стандартний підхід до менеджменту проектів, доведені та встановлені цінні практики в керівництві проектом [7]. Критерії PRINCE2 – це баланс між функціями підтримки поточної діяльності в компанії та перетворення бізнес-операцій, що вводяться для підтримки конкурентоспроможності та отримання максимальної віддачі для організації.

Особливості PRINCE2: забезпечує загальну термінологію проекту, передбачає контроль у використанні ресурсів та управлінні ризиками підприємства. Переваги PRINCE2 у застосуванні до будь-якого проекту, незалежно від масштабу проекту, типу організації або підприємства.

OSS / BSS підхід (Operations Support Systems/ Business Support Systems – системи підтримки операцій/системи підтримки бізнесу) комплексно управляє телекомунікаційними ресурсами підприємства. OSS/BSS використовує процесний підхід до комунікаційних ресурсів підприємства, контролю та оцінки роботи підрозділів компанії від ресурсів до кінцевого продукту. Переваги OSS / BSS у можливості контролю та бізнес-процесів та всього бізнесу в цілому. Критерії: підвищення якості та оперативності обслуговування, моніторинг та управління ресурсами IT, взаємодія персоналу віддалених відділів, виявлення та припинення шахрайських дій.

Особливості OSS/BSS у впровадженні мережі на вже побудованій моделі бізнес-процесів підприємства, що організує вибір пріоритетів у IT діяльності

компанії. Бізнес-процес дозволяє простежити та оцінити роботу підрозділів компанії на всіх рівнях.

TMN (Telecommunication Management Network) – комплексний підхід до управління мережами зв'язку, орієнтований на інтегроване управління будь-якими за структурою, складом та технологіями комунікаційними мережами підприємства [8].

TMN є самостійною керуючою системою, пов'язаною з керованою телекомунікаційною мережею (об'єкт управління) за допомогою ряду інтерфейсів, що забезпечують отримання інформації про стан мережі та передачі у неї вироблених TMN керуючих впливів. Особливості TMN: підтримка мережі в робочому стані за допомогою системи експлуатації та технічного обслуговування. Переваги TMN: оптимізує систему керування IT, забезпечує захист та цілісність даних, мінімізує час визначення та усунення несправностей мережі, розширює спектр послуг зв'язку користувачам. Також можливе застосування технологій до прикладних завдань управління на основі розподілених систем: CORBA (типова загальна архітектура брокера опосередкованих запитів до об'єктів), DCE (розподілене комп'ютерне середовище розроблене Open Group), DCOM (пропонована Microsoft розподілена об'єктна технологія), DTP (розподілена обробка транзакцій) Distributed Transaction Processing, яка включає безліч продуктів та відповідних стандартів).

За порівняльним аналізом стандартних підходів OSS / BSS та TMN найбільш пристосовані для створення мережі. Однак за COBIT інформаційна система будується виважено, щодо витрат ресурсів підприємства. Застосування стандартів здійснюється на створенні мережі програмно-апаратних засобів з ієрархічною структурою чотирьох рівнів управління: елементи мережі, мережа на основі мережевих технічних засобів, послуги та адміністративний рівень. Для управління мережею зазвичай використовується архітектура «менеджер-агент» з протоколами CMIP / CMIS, SNMP.

Побудова гетерогенної мережі підприємства з підтримкою QoS якості доставки інформації на основі розглянутих підходів (ITSM/ITIL, COBIT, PRINCE2, OSS/BSS, TMN), є універсальною з точки зору забезпечення діяльності будь-якого підприємства, у тому числі комунікаційного, з метою отримання високої якості послуг, згідно з вимогами бізнесу, менеджменту та підтримання поточної діяльності в умовах жорсткої економії ресурсів.

QoS забезпечує динамічне резервування трафіку на мережевих вузлах після погодження з прикладним програмним забезпеченням, при встановленні сеансу з'єднання з потоковим контролем і управлінням швидкості передачі даних і затримки.

Однак QoS – технічне сприйняття, де якість передачі вимірюється з погляду мереж та мережевих елементів і визначається як здатність служб мережі нада-

вати послуги на гарантованому рівні обслуговування та не вказується безпосередньо у вищеописаних підходах: ITSM/ITIL, COBIT, PRINCE2, OSS/BSS, TMN.

QoE – результат використання мережі після об'єктивно вимірених параметрів якості обслуговування QoS. Проблематика QoE соціальна, що комбінує соціальну психологію, когнітивну науку, економіку та інженерні науки.

ОБГОВОРЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

На відміну від QoS, QoE характеризує не технічні аспекти, що впливають на загальне сприйняття користувачем. QoE залежить від задоволеності клієнтів з точки зору зручності використання та доступності, працездатності та цілісності сервісу.

Враховано вплив деяких аспектів на параметри QoS [9–11] з метою визначення якості з точки зору передачі голосу, відео та даних [12–14], розроблені таблиці 1, 2 та 3 факторів впливу на параметрів QoS [15] рівнів ISO / OSI в умовах передачі голосу, відео та передачі даних відповідно.

Таблиця 1. Фактори впливу параметрів QoS з погляду передачі голосу

Рівень ISO / OSI	Рівень додатків	Мережевий рівень	Фізичний рівень
Передача голосу.	Рейтинг дзвінка. Тремтіння (джиттер) сигналу. Якість передачі голосу у процесі розмови. Доступність сервісу. Затримка виконання дзвінка. Час до приходу відповіді. Затримка обробки голосу кодеком.	Тремтіння (джиттер) сигналу. Затримка передавання виклику (call handover delay) . Затримка передачі. Доступність через мережу. Рівень помилок та втрат. Пріоритет обробки трафіку. Розташування мережі.	Рівень помилкових бітів у передачі. Відношення сигнал/шум Коефіцієнт шуму Втрати передачі сигналу. Величина сигналу. Ємність каналу.

Не дивлячись на складність обліку впливу на QoS на прикладному, мережевому чи фізичному, діє декілька схожих але не однакових факторів впливу.

Надійність в обслуговуванні залежить від пропускної спроможності, затримки, тремтіння та втрати даних під час передачі даних (таблиця 1, 2, 3), доступності послуги, безпеки з точки зору аутентифікації, а також авторизації, зони покриття та часу встановлення послуги відповідної однакової послуги.

Як правило, найкраще мережне QoS служби може призвести до кращого сервісу QoE, яке вимірюється рівнем задоволеності клієнта гетерогенної мережі [16].

QoE оцінює стан мультимедійного сервісу з позиції сприйняття користувачами, а також дозволяє оцінити покращення якості обслуговування. На рисунку 1 показано вплив на якість сприйняття людиною QoS технічних та інших аспектів обслуговування.

Таблиця 2. Фактори впливу параметрів QoS з погляду передачі відео

Рівень ISO / OSI	Рівень додатків	Мережевий рівень	Фізичний рівень
Передача відео.	Рейтинг дзвінка. Тремтіння (джиттер) сигналу. Синхронізація передачі голосу та відео. Налаштування виклику. Доступність сервісу. Затримка початку передачі. Час до приходу відповіді. Затримка обробки голосу кодеком. Наявність розмитості/гостроти деталей картинки. Низький рівень якості.	Тремтіння (джиттер) сигналу. Затримка передавання виклику (call handover delay). Затримка передачі. Доступність через мережу. Рівень помилок та втрат. Пріоритет обробки трафіку. Розташування мережі / пріоритетність.	Рівень помилок кадрів у передачі. Відношення сигнал/шум. Коефіцієнт шуму. Втрати передачі сигналу. Величина відеосигналу. Ємність каналу.

Ураховуючи вищезазначені фактори впливу, управління гетерогенною мережею підприємства розуміється як управління продуктивністю. Воно включає адміністрування та управління, аналіз помилок та підтримання якості обслуговування. Таким чином, метрики QoE можуть розглядатися як спосіб оцінки залишкової якості після спотворення, введеного під

час підготовки контенту та його доставки по мережі, де є спотворюючі елементи.

Таблиця 3. Фактори впливу параметрів QoS з погляду передачі даних

Рівень ISO / OSI	Рівень додатків	Мережевий рівень	Фізичний рівень
Передача даних.	Рейтинг дзвінка. Відношення втрати пакетів та помилок. Пропускна спроможність. Наскрізна затримка передачі в один бік. Тремтіння (джиттер) сигналу. Затримка передачі в один бік під час роботи в браузері. Доступність сервісу.	Затримка передавання виклику (call handover delay). Максимальний бітрейт. Доступність у мережі. Рівень помилок та втрат (фреймів за секунду). Розташування мережі / пріоритетність.	Частота помилок кадрів у передачі. Відношення сигнал/шум. Коефіцієнт шуму. Втрати передачі сигналу у каналі. Величина сигналу передачі інформації, що приймається. Ємність каналу.

Якість передачі мультимедіа трафіку визначається втратою мережевих пакетів, тремтінням та затримкою пакета, затримкою з'єднання після набору та луном каналу. Такі метрики визначаються тестуванням та моніторингом продуктивності VoIP, що на підприємстві представлено сервісами VoIP для середніх та великих підприємств або ринку малого та середнього бізнесу (SMB).

Ураховуючи поширеність та відносну дешевизну інтеграції передачі голосу (Voice over IP обладнання) у гетерогенну мережу підприємства, рівень забезпечення якості обслуговування технології Voice over IP може бути одним із критеріїв QoE.

Такий підхід дає можливість оцінити за критеріями QoE голосовий зв'язок та передачу даних у мережі. Відеосервіси особливо вразливі для проблем передачі з точки зору QoE через зрив параметрів пе-

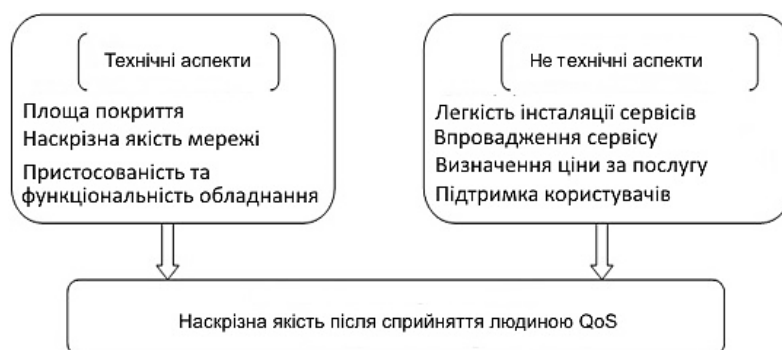


Рис. 1. Вплив технічних та не технічних аспектів на якість сприйняття людиною для QoS

редачі (див. таблицю 2), при повільній буферизації, зупинці та затримці.

Суб'єктивна оцінка рівня QoE може бути на основі середнього бала думки (MOS), де оцінка якості конкретного середовища без точного врахування очікувань користувача можлива для всіх типів корпоративного контенту. MOS виражається числом з діапазону від 1 (найгірше) до 5 (найкраще). Суб'єктивна оцінка якості потребує об'ємної вибірки думок фокус групи. Іншими термінами з аналогічним значенням є показник якості перцептивної мови (PSQM) та оцінка якості перцептивної якості відео (PEVQ). Об'єктивні методи оцінювання на основі інструментальних алгоритмів визначення якості відео передбачають обмежений набір суб'єктивних даних, що знижує їхню точність.

З точки зору QoE, керування мережевими ресурсами та мультимедійними послугами необхідно для гарантії рівня якості замість підтримки параметрів QoS, які не відображають фактичний ступінь передачі. QoE виражається як «добре», «відмінно», «погано» та показника MOS, що допомагає оцінити повільну буферизацію, зупинку та затримку. Фіксовані затримки 400-600 мс викликані великою відстанню передачі до супутника.

Іншим фактором впливу є інсталяція та розгортання протоколів маршрутизації з контролем мережі, наприклад PIM (Protocol Independent Multicast), що дозволяють доставити медіапотік у сегменті мережі підприємства. Широке впровадження мультикастових протоколів передачі та протоколів Peer-to-peer (P2P) вирішить проблему вузької смуги пропускання на сервері. Технологія ATM може стати основним транспортом IP-трафіка по глобальним мережам, забезпечуючи якість QoS передавання медіа [17].

Необхідні для реалізації методи гарантованої доставки медіаінформації та ефективні процедури розсилки через мережі різних типів.

Мінімізація затримки може бути зроблено виділенням голосових пакетів як чутливих до затримки за допомогою DiffServ (диференційовані послуги). DiffServ дозволяють створити масштабовану технологію у мережі підприємства для гарантії якості обслуговування (QoS). У гетерогенних мережах TCP/IP на основі механізмів класифікації та управління трафіком DiffServ на основі 6-бітного коду послуги (DSCP) у 8-бітному полі послуги (частина DS пакета)

в IP-заголовку пакетів для класифікації. DiffServ дає підвищений пріоритет для трафіку мультимедіа і забезпечує, на відміну від некритичних потоків даних: веб-трафік або передача файлів.

Управління та контроль на основі протоколу SNMP (The Simple Network Management Protocol) дозволяє вести контроль програмно-апаратних мережних пристроїв.

ВИСНОВКИ

Для побудови гетерогенної мережі підприємства з підтримкою QoS / QoE якості доставки інформації скеревані системи стандартів для побудови мереж (ITSM/ITIL, COBIT, PRINCE2, OSS/BSS, TMN), які визначають найбільш близькі системи стандартів для побудови мережі (OSS/BSS, TMN), мають можливість підвищення якості та оперативності обслуговування, оптимізації системи управління IT, забезпечення захисту та цілісності даних.

QoE на основі використання VoIP сервісу є суб'єктивною оцінкою загальної якості послуг з точки зору користувача на основі естетичних і не вимірюваних технічно оцінок. Таким чином, після проектування та вимірювання QoS параметрів мережі QoE покаже загальну продуктивність з погляду користувача та важливу для подальшої побудови мережі підприємства.

Управління та контроль на основі протоколу SNMP, незважаючи на недоліки, залишається актуальним методом моніторингу програмно-апаратних мережних пристроїв працюючих з DiffServ.

Підхід до побудови гетерогенної мережі підприємства з підтримкою QoS / QoE якості доставки інформації включає: впровадження мультикастових протоколів, розгортання протоколів маршрутизації з контролем мережі (PIM), впровадження ATM транспорту для передачі IP-трафіка по мережам, налагодження служби DiffServ на вузлах мережі для мінімізації затримки медіатрафіку.

Застосування на вузлах мережі механізмів пріоритизації трафіку дозволяють масштабувати мережу підприємства та надавати мультисервісні послуги в гетерогенній мережі підприємства з підтримкою QoS / QoE якості доставки інформації. Подальші дослідження спрямовані на застосування автоматизованого режиму оцінки QoE для отримання необхідного рівня задоволеності користувача мережі підприємства.

REFERENCES

- [1] Lysetskyi, Yu. M. (2013). Korporatyvnaia multiservysnaia set banka. Prymer postroenyia [Bank's corporate multiservice network. Construction example]. Prohrammnye produkty y systemu, no. 3, pp. 215–219.
- [2] Lysetskyi, Yu. M. (2012). Postroyeniye korporativnoi sety metallurhicheskoho predpriyatiya [Construction of a corporate network of a metallurgical enterprise]. Prohrammnye produkty y systemu, no. 1, pp. 85–95.
- [3] Lysetskyi, Yu. M. (2010). Postroyeniye opticheskoi transportnoi mahystraly operatora svyazy [Construction of an optical transport backbone of a telecom operator]. Prohrammnye produkty y systemu, no. 4, pp. 142–145.
- [4] Kazymyr, V. V., Havsyevych, Y. B., Chuprynyn, A. D. (2009). Metodu y sredstva operativnogo rasprostraneniya holosovoi ynformatsyy v IP-setiakh [Methods and means of rapid distribution of voice information in IP networks]. Matematychni mashyny i systemy, no. 1, pp. 91–101.
- [5] ITU-T Recommendation P.10. Retrieved from: <https://www.itu.int/en/ITU-T/publications/Pages/recs.aspx>
- [6] Yan Van Bon. (2003). YT Servys-menedzhment. Vvedeniye [IT Service Management. Introduction]. Van Haren Publishing, p. 225. [in Russian]
- [7] Dovhan S. (2002). ITIL na praktyke [ITIL in practice]. Otkrutue systemu, no. 12. Retrieved from: <https://www.osp.ru/os/2002/12/182249>
- [8] Ghrebeskov A. Ju. (2003). Standart y tekhnologyy upravleniya setjamy svyazy [Communication Network Management Standards and Technologies]. Moskva: Eko-Trendz. [in Russian]
- [9] GSM Association Non-confidential Official Document GSMA PRD IR.42. (2017). Definition of Quality of Service Parameters and Their Computation. Retrieved from: <https://www.gsma.com/newsroom/wp-content/uploads/IR.42-v8.0.pdf>
- [10] 3GPP TS 22.105, V8.4. (2008). Services and Service Capabilities. Retrieved from: https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/122100_122199/122105/08.04.00_60/ts_122105v080400p.pdf
- [11] 3GPP TS 23.107, V7.0.0. (2007). End-to-end Quality of Service (QoS) Concept and Architecture. Retrieved from: https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/123100_123199/123107/05.04.00_60/ts_123107v050400p.pdf
- [12] ITU-T Recommendation G.107. (2015). The E-model, a Computational Model for Use in Transmission Planning. Retrieved from: [https://www.itu.int/rec/T-REC-G.107-201506-I/en#:~:text=40055%C2%A0,-PDF%20\(acrobat\),-943666](https://www.itu.int/rec/T-REC-G.107-201506-I/en#:~:text=40055%C2%A0,-PDF%20(acrobat),-943666)
- [13] ITU-T Recommendation G.1010. (2001). End-user Multimedia QoS Categories. Retrieved from: [https://www.itu.int/rec/T-REC-G.1010-200111-I/#:~:text=English,-PDF%20\(acrobat\),-223009](https://www.itu.int/rec/T-REC-G.1010-200111-I/#:~:text=English,-PDF%20(acrobat),-223009)
- [14] Johan Elgereda, Safaei Moghaddama A., Benjamin Vedderb. (2010) How Quality of Service (QoS) is achieved in WiMAX (IEEE 802.16). Retrieved from: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.705.8495&rep=rep1&type=pdf>
- [15] Mostafa Zaman Chowdhury, Mohd. Noor Islam, Young Min Seo, Young Ki Lee, Sang Bum Kang, Sun Woong Choi, Yeong Min Jang (2008). Characterizing QoS Parameters and Application of Soft-QoS Scheme for 3G Wireless Networks. IEEE, ICACT 2008, pp. 760-764. DOI: 10.1109/ICACT.2008.4493867
- [16] Noman Muhammad, Davide Chiavelli, David Soldani, Man Li. (2006). QoS and QoE Management in UMTS Cellular Systems. John Wiley & Sons, Ltd. : ISBN: 0-470-01639-6.
- [17] Kazymyr, V.V., Ghavsyevych, Y.B., Chuprynyn, A.D. (2009). Metodu y sredstva operativnogo rasprostraneniya gholosovoj ynformacyy v IP-setjakh [Methods and means of rapid distribution of voice information in IP networks]. Matematychni mashyny i systemy, no. 1, pp. 91–101.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Лисецкий Ю.М. Корпоративная мультисервисная сеть банка. Пример построения. [Bank's corporate multiservice network. Construction example]. Программные продукты и системы. 2013. № 3. С. 215–219.
- [2] Лисецкий Ю.М. Построение корпоративной сети металлургического предприятия [Construction of a corporate network of a metallurgical enterprise]. Программные продукты и системы. 2012. № 1. С. 85–95.
- [3] Лисецкий Ю.М. Построение оптической транспортной магистрали оператора связи [Construction of an optical transport backbone of a telecom operator]. Программные продукты и системы. 2010. № 4. С. 142–145.
- [4] Казимир В.В., Гавсиевич И.Б., Чупрынин А.Д. Методы и средства оперативного распространения голосовой информации в IP-сетях [Methods and means of rapid distribution of voice information in IP networks]. Математичні машини і системи. 2009. № 1. С. 91–101.
- [5] ITU-T Recommendation P. 10. URL: <https://www.itu.int/en/ITU-T/publications/Pages/recs.aspx>.
- [6] Ян Ван Бон. ИТ Сервис-менеджмент. Введение [IT Service Management. Introduction]. 2003. IT Expert, С. 225. [in Russian]
- [7] Довгань С. ITIL на практике [ITIL in practice]. Открытые системы. 2002. № 12. URL: <https://www.osp.ru/os/2002/12/182249>.
- [8] Гребешков А.Ю. Стандарты и технологии управления сетями связи [Communication Network Management Standards and Technologies]. Москва : Эко-Трендз, 2003. [in Russian]
- [9] GSM Association Non-confidential Official Document GSMA PRD IR.42. (2017). Definition of Quality of Service Parameters and Their Computation. Retrieved from: URL: <https://www.gsma.com/newsroom/wp-content/uploads/IR.42-v8.0.pdf>.
- [10] 3GPP TS 22.105, V8.4. (2008). Services and Service Capabilities. Retrieved from: URL: https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/122100_122199/122105/08.04.00_60/ts_122105v080400p.pdf.

- [11] 3GPP TS 23.107, V7.0.0. (2007). End-to-end Quality of Service (QoS) Concept and Architecture. Retrieved from: URL: https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/123100_123199/123107/05.04.00_60/ts_123107v050400p.pdf.
- [12] ITU-T Recommendation G.107. (2015). The E-model, a Computational Model for Use in Transmission Planning. Retrieved from: URL: [https://www.itu.int/rec/T-REC-G.107-201506-I/en#:~:text=40055%C2%A0-,PDF%20\(acrobat\),-943666](https://www.itu.int/rec/T-REC-G.107-201506-I/en#:~:text=40055%C2%A0-,PDF%20(acrobat),-943666).
- [13] ITU-T Recommendation G.1010. (2001). End-user Multimedia QoS Categories. Retrieved from: URL: [https://www.itu.int/rec/T-REC-G.1010-200111-I#:~:text=English-,PDF%20\(acrobat\),-223009](https://www.itu.int/rec/T-REC-G.1010-200111-I#:~:text=English-,PDF%20(acrobat),-223009).
- [14] Johan Elgereda, Safaei Moghaddama A., Benjamin Vedderb. (2010) How Quality of Service (QoS) is achieved in WiMAX (IEEE 802.16). Retrieved from: URL: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.705.8495&rep=rep1&type=pdf>.
- [15] Mostafa Zaman Chowdhury, Mohd. Noor Islam, Young Min Seo, Young Ki Lee, Sang Bum Kang, Sun Woong Choi, Yeong Min Jang (2008). Characterizing QoS Parameters and Application of Soft-QoS Scheme for 3G Wireless Networks. IEEE, ICACT 2008, pp. 760-764. DOI: 10.1109/ICACT.2008.4493867.
- [16] Noman Muhammad, Davide Chiavelli, David Soldani and Man Li, “QoS and QoE Management in UMTS Cellular Systems” 2006 John Wiley & Sons, Ltd. ISBN: 0-470-01639-6, pp. 1–8.
- [17] Казимир В.В., Гавсиевич И.Б., Чупрынин А.Д. Методы и средства оперативного распространения голосовой информации в IP-сетях [Methods and means of rapid distribution of voice information in IP networks]. *Математичні машини і системи*. 2009. №. 1. С. 91–101.

© А. М. Самойлов, І. С. Конох,

І. Г. Оксанич, В. Ю. Бельська

Дата надходження статті до редакції: 12.04.2022

Дата затвердження статті до друку: 22.04.2022