

**Беркман Л. Н., Варфоломеева О. Г., Захаржевський А. Г., Твердохліб М. Г., Ярцев В. П.**  
*Державний університет телекомунікацій, Київ*

## УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ОБСЛУГОВУВАННЯ В МЕРЕЖАХ NGN

**Анотація:** Розглянуто концепції побудови мереж наступного покоління. Проведено аналіз основних технологічних особливостей, що відрізняють інфокомунікаційні послуги від послуг традиційних мереж зв'язку. Визначено, що мережа наступного покоління повинна забезпечувати передавання всіх видів медіа-трафіка та розподілене надання необмеженого спектра інфокомунікаційних послуг з можливістю їх масштабування. Для деяких інфокомунікаційних послуг є критичним порядок приходу пакетів, затримка пакетів і варіація затримки (джитер). Необхідно гарантувати доставку такої інформації, як мова, відео і мультимедіа, у реальному часі з мінімально можливою затримкою. Для цієї мети в мережі повинні бути реалізовані механізми, що гарантують потрібну якість обслуговування (Quality of Service - QoS). Для забезпечення гарантованої якості обслуговування існують дві моделі: інтегрованого обслуговування різномірного трафіку (IntServ) і диференційованого обслуговування різномірного трафіку (DiffServ). Доведено доцільність сумісного використання цих двох моделей, причому, на магістральних ділянках мережі краще використовувати модель диференційованого обслуговування різномірного трафіку, тоді як за допомогою протоколу RSVP розв'язується проблема резервування ресурсів для агрегованих потоків даних. Визначено механізми формування трафіку на границі домена мережі і алгоритми обробки черг. Мінімальна вимога, що пред'являється до алгоритму обслуговування черг, що підтримує функції QoS, – здатність диференціювати і визначати вимоги до обробки різних пакетів. Відповідно до цих параметрів алгоритм обслуговування повинен планувати порядок передачі поставлених в чергу пакетів. Частота обслуговування пакетів одного і того ж потоку трафіку визначає виділену цьому потоку смугу пропускання.

**Ключові слова:** мережа, управління, затримка, імовірність, інфокомунікаційна послуга, черга.

**Berkman L. N., Varfolomeyeva O. G., Zakharzhevskiy A. G., Tverdohleb N. G., Yartsev V. P.**  
*State University of Telecommunications, Kyiv*

## QUALITY OF SERVICE MANAGEMENT IN NGN NETWORKS

**Abstract:** In this article, the concepts of construction of the next generation networks are considered. The analysis of the main technological features that distinguish infocommunication services from the services of traditional communication networks was done. It is determined that the next generation network should provide the transmission of all types of media traffic and the distributed provision of an unlimited range of infocommunication services with the possibility of their scaling. For some infocommunication services, the order of packet arrival, packet delay and delay variation (jitter) are critical. It is necessary to guarantee the delivery of information such as speech, video and multimedia in real time with the minimum possible delay. For this purpose, the network must be implemented mechanisms to ensure the required quality of service (Quality of Service-QoS). There are two models to ensure guaranteed quality of service: integrated service of different types of traffic (IntServ) and differentiated services of different types of traffic (DiffServ). The expediency of the joint use of these two models has been proved, moreover, on the trunk sections of the network it is better to use the model of differentiated service of heterogeneous traffic, while using the RSVP protocol, the problem of resource reservation is solved for aggregated data flows. The mechanisms of traffic generation at the network domain boundary and processing algorithms of queue service have been determined. The minimum requirement which is presented for a queuing algorithm service that supports QoS functions is the ability to differentiate and define processing requirements for different packets. According to these parameters, the service algorithm must plan the order of transmission of queued packets. The frequency of service of packets of the same traffic stream determines the bandwidth allocated to this stream.

**Keywords:** network, control, delay, probability, infocommunication services, queue.

© Беркман Л.Н., Варфоломеева О.Г., Захаржевський А.Г., Твердохліб М.Г., Ярцев В.П. 2020

Беркман Л. Н., Варфоломеева О. Г., Захаржевский А. Г., Твердохлеб Н. Г., Ярцев В. П.  
Государственный университет телекоммуникаций, Киев

## УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ОБСЛУЖИВАНИЯ В СЕТЯХ NGN

**Аннотация:** Рассмотрены концепции построения сетей следующего поколения. Проведен анализ основных технологических особенностей, отличающих инфокоммуникационные услуги от услуг традиционных сетей связи. Определено, что сеть следующего поколения должна обеспечивать передачу всех видов медиа-трафика и распределенное предоставление неограниченного спектра инфокоммуникационных услуг с возможностью их масштабирования. Для некоторых инфокоммуникационных услуг является критичным порядок прихода пакетов, задержка пакетов и вариация задержки (джиттер). Необходимо гарантировать доставку такой информации, как речь, видео и мультимедиа, в реальном времени с минимально возможной задержкой. Для этой цели в сети должны быть реализованы механизмы, гарантирующие нужное качество обслуживания (Quality of Service - QoS). Для обеспечения гарантированного качества обслуживания существуют две модели: интегрированного обслуживания разнотипного трафика (IntServ) и дифференцированного обслуживания разнотипного трафика (DiffServ). Доказана целесообразность совместного использования этих двух моделей, причем, на магистральных участках сети лучше использовать модель дифференцированного обслуживания разнотипного трафика, тогда как с помощью протокола RSVP решается проблема резервирования ресурсов для агрегированных потоков данных. Определены механизмы формирования трафика на границе домена сети и алгоритмы обработки очередей. Минимальное требование, предъявляемое к алгоритму обслуживания очередей, поддерживающий функции QoS – способность дифференцировать и определять требования к обработке различных пакетов. В соответствии с этими параметрами алгоритм обслуживания должен планировать порядок передачи поставленных в очередь пакетов. Частота обслуживания пакетов одного и того же потока трафика определяет выделенную этому потоку полосу пропускания.

**Ключевые слова:** сеть, управление, задержка, вероятность, инфокоммуникационные услуги, очередь

### Вступ

Можливість об'єднання передачі даних, глобалізація та інші сучасні тенденції розвитку телекомунікаційних мереж призвели не лише до значного переносу основних телекомунікаційних концепцій, але й до значних технологічних зсувів, а саме: від мовного трафіку до трафіку даних та мультимедійного трафіку, від спеціалізованих до глобальних інфокомунікаційних мереж, від локальних спеціалізованих послуг до мультимедійних універсальних послуг та додатків з гарантованою якістю в будь-який час в будь-якому місці [1].

Введена міжнародним союзом електрозв'язку ITU-T (International Telecommunication Union – Telecommunication standardization sector) концепція мережі наступного покоління NGN (Next Generation Network), визначає архітектуру апаратних і програмних засобів, що передбачає обмін викликами спеціальних процедур між комутаційною системою і мережею під час організації зв'язку. Виконання цих процедур може управляти процесами комутації і іншими мережевими ресурсами з метою виконання функцій «інтелектуальної» маршрутизації, тарифікації, взаємодії з користувачем голосових потоків, і відеоінформації за допомогою єдиної мережної інфраструктури здатна істотно розширити спектр послуг, телекомунікацій, що надаються операторами і провайдерами телекомунікацій [2,3].

Мережа наступного покоління забезпечує передавання всіх видів медіа-трафіка та розподілене надання необмеженого спектра інфокомунікаційних послуг з можливістю їх масштабування, управління та розподіленої тарифікації. Мережа підтримує передавання трафіка з різними вимогами до якості обслуговування та підтримує вибрані користувачем вимоги до надаваних послуг. Архітектура сучасних телекомунікаційних мереж сьогодні орієнтована на використання мереж пакетної комутації, серед яких найбільш популярними

є IP-мережі [5,6].

Для ефективної роботи таких мереж потрібна достатня пропускна спроможність, оскільки мережа включає можливості відеоконференції, і послуги, пов'язані з доступом до корпоративних ресурсів і баз даних [11,12].

Разом з тим, є необхідність отримання від мережі гарантій того, що в періоди перевантаження пакети з інформацією, чутливою до затримок, не простоюватимуть в чергах або, принаймні, одержать вищий пріоритет, ніж пакети з інформацією, не чутливою до затримок. До основних технологічних особливостей, що відрізняють інфокомунікаційні послуги від послуг традиційних мереж зв'язку, можна віднести наступні:

- інфокомунікаційні послуги виявляються на верхніх рівнях моделі ВВС - Взаємодії Відкритих Систем (тоді як послуги зв'язку надаються на третьому, мережному рівні);
- більшість інфокомунікаційних послуг передбачають наявність клієнтської і серверної частин; клієнтська частина реалізується в устаткуванні користувача, а серверна – на спеціальному виділеному вузлі мережі, званому вузлом служб;
- інфокомунікаційні послуги, як правило, передбачають передачу інформації мультимедіа, яка характеризується високими швидкостями передачі і несиметричністю вхідного і вихідного інформаційних потоків;
- для надання інфокомунікаційних послуг частенько необхідні складні багатоточечні конфігурації з'єднань;
- для інфокомунікаційних послуг характерна різноманітність прикладних протоколів і можливостей щодо управління послугами з боку користувача;
- для ідентифікації абонентів інфокомунікаційних послуг може використовуватися додаткова адресація в рамках даної інфокомунікаційної послуги.

#### **Постановка проблеми і аналіз останніх досліджень і публікацій**

Одним з основних аспектів, який повинен братися до уваги при проектуванні мереж NGN, є забезпечення якості обслуговування (Quality of Service - QoS). Специфіка пакетних мереж полягає в тому, що, на відміну від мереж з комутацією каналів, в одному і тому ж інформаційному потоці може передаватися різнорідний трафік. При цьому кожен з типів трафіку характеризується рядом критичних і некритичних параметрів.[3,6,7]

Застосування нових додатків, які функціонують в режимі реального часу (передача голосу, відеотелефонія, online-спілкування (Chat, ICQ), ігри, відеоконференції), проблема забезпечення гарантованої якості обслуговування в мережах IP стає одним з найбільш важливих. Саме тому методи забезпечення QoS в IP-мережах є предметом постійної уваги з боку ITU, ETSI, IETF і інших організацій з стандартизації в галузі телекомунікацій.

Під якістю обслуговування розуміється сукупність механізмів, що дозволяють мережним адміністраторам управляти смугою пропускання, затримкою, варіацією затримки і імовірністю втрати пакетів в мережі [6].

Механізм QoS не є характеристикою одного пристрою, а є наскрізною системною структурою. Надійне рішення питання про забезпечення QoS включає розробку ряду взаємодіючих технологій, що дозволяють надавати розширені і незалежні від середовища служби з можливістю моніторингу роботи всієї мережі. Можливості QoS протоколу IP дозволяють провайдерам задавати пріоритети класам служби, виділяти смугу пропускання і уникати заторів в мережі.

Для того, щоб прискорити передачу даних від користувачів або застосувань, багато провайдерів пропонують за додаткову плату служби, визначувані угодами про рівень обслуговування (Service-Level Agreement — SLA). Вживання механізму QoS в IP-мережах надає мережним пристроям можливість вибірково обробляти потоки даних відповідно до угод SLA і забезпечувати виконання мережної стратегії [3].

Для деяких послуг не є критичним порядок і інтервал приходу пакетів. В цьому випадку час затримки між окремими пакетами не має вирішального значення. Тоді, як інші послуги, наприклад, IP-телефонія, є однією з областей передачі даних, де важливий порядок приходу пакетів і важлива динаміка передачі сигналу, яка забезпечується сучасними

методами кодування і передачі інформації.

Інакше кажучи, необхідно гарантувати доставку такої інформації, як мова, відео і мультимедіа, у реальному часі з мінімально можливою затримкою. Для цієї мети в мережі повинні бути реалізовані механізми, що гарантують потрібну якість обслуговування [6,8].

В останній час багато вчених займаються вирішенням цих досить складних проблем. Аналіз науково-технічної літератури показує, що проблемам дослідження побудови ефективних систем та мереж, розвитку теорії оптимізації та теорії черг присвячена велика кількість наукових робіт вітчизняних та закордонних вчених таких, як Афанасьєв В.В., Лазарєв В.Г., Бертсекас Д., Гольдштейн Б.С., Нетес В.А., Поспєлов Г.С., Зайцев Г.Ф., Стеклов В.К., Беркман Л.Н., Окунєв Ю.Б., Балашов В.О., Красовський А.А., Фельдбаум А.А., Новосьолов А.І., Фінк Л.М. та інші.

Важливим завданням є визначення основних параметрів мережі NGN, які відповідають необхідному спектру послуг, а також методів забезпечення значень цих параметрів в межах, визначених вимогами щодо якості обслуговування.

#### **Основна частина.**

QoS має на увазі поліпшення параметрів або досягнення більшої передбаченості послуг, що надаються. Це досягається такими методами [9]:

- підтримкою певної смуги пропускання;
- скороченням імовірності втрати пакетів;
- виключенням або керуваністю мережних перевантажень;
- можливістю конфігурації мережного трафіку;
- установкою кількісних характеристик трафіку в мережі.

Кінець кінцем, якість обслуговування залежить не тільки від мережі, але і від обладнання користувача. Слабкі системні ресурси обладнання користувача - малий обсяг оперативної пам'яті, невисока продуктивність центрального процесора і багато що інше можуть зробити показники якості обслуговування неприйнятними для користувача незалежно від того, як поводить себе мережа. Добра якість обслуговування досягається лише тоді, коли користувач задовільно оцінює роботу мережі в цілому.

Слід зазначити, що висока якість обслуговування представляє інтерес не тільки для кінцевого користувача, але і для самого постачальника послуг, оскільки з поліпшенням якості передачі мови абоненти частіше і довше користуються послугами таких мереж, що означає збільшення річних доходів операторів телекомунікацій.

Щоб добитися гарантій якості обслуговування від мереж, спочатку на це не орієнтованих, необхідно використовувати QoS-архітектуру, яка включає підтримку якості на всіх рівнях взаємодії відкритих систем і у всіх мережних елементах. Але і при цьому забезпечення гарантованої якості обслуговування все одно залишається найслабкішим місцем процесу передачі інформації від джерела до приймача.

Оскільки все більше додатків стають розподіленими, все більше зростає потреба в підтримці якості обслуговування на нижніх мережних рівнях. Це може викликати певні труднощі, оскільки навіть стандартні операційні системи робочих станцій не підтримують доставку інформації у реальному часі.

Крім того, якість обслуговування - це відносне поняття; його сенс залежить від прикладення, з яким працює користувач: різні додатки вимагають різних рівнів або типів якості.

Все більшу частину трафіку в IP-мережах складають потоки інформації, чутливої до затримок. Максимальна затримка не повинна перевищувати декількох десятих долей секунди, причому сюди входить і час обробки інформації на кінцевій станції. Варіацію затримки (джитер) також необхідно звести до мінімуму. Крім того, необхідно враховувати, що при стисненні інформації, обмін якої повинен відбуватися у реальному часі, вона стає чутливішою до помилок, що виникають при передачі, і їх не можна виправляти шляхом перезапиту саме із-за необхідності передачі у реальному часі [6,12].

Затримка при передачі пакету (packet delay), або латентність (latency) складається із

затримки серіалізації, затримки поширення і затримки комутації.

Затримка серіалізації (serialization delay) – час, який потрібний пристрою на передачу пакету при заданій ширині смуги пропускання (пропускній спроможності). Затримка серіалізації залежить як від ширини смуги пропускання каналу передачі інформації, так і від розміру передаваного пакету. Досить часто затримку серіалізації називають ще затримкою передачі (transmission delay).

Затримка поширення (propagation delay). Час, який потрібний переданому біту інформації для досягнення приймаючого пристрою на іншому кінці каналу. Затримка поширення залежить від відстані і використовуваного середовища передачі інформації, а не від смуги пропускання.

Затримка комутації (switching delay). Час, який потрібний пристрою, що отримав пакет, для початку його передачі наступному пристрою. Як правило, це значення менше 10 нс. Звичайно кожен з пакетів, що належить одному і тому ж потоку трафіку, передається з різним значенням затримки. Затримка при передачі пакетів міняється залежно від стану проміжних мереж.

Для зменшення затримки в мережі потрібно скорочувати кількість транзитних маршрутизаторів і сполучати їх між собою високошвидкісними каналами. А для згладжування варіації затримки можна використовувати такі ефективні методи як, наприклад, механізми резервування мережних ресурсів.

У мережах традиційних операторів обслуговується трафік різних видів, тому в таких мережах, щоб забезпечити прийнятну якість, доцільно застосовувати диференційоване обслуговування різнотипного трафіку.

Комітет IETF визначає для забезпечення гарантованої якості обслуговування наступні дві моделі:

- інтегрованого обслуговування різнотипного трафіку (IntServ);
- диференційованого обслуговування різнотипного трафіку (DiffServ).

Для забезпечення гарантованої якості обслуговування комітет IETF розробив модель диференційованого обслуговування різнотипного трафіку - Diff-Serv. Відповідно до моделі диференційованого обслуговування кожен IP-пакет може бути віднесений до того або іншого класу. Пакети кожного класу повинні оброблятися відповідно до визначених для цього класу вимог до якості обслуговування.

Для Diff-Serv визначені такі класи трафіку:

- клас термінової пересилки пакетів;
- клас гарантованої пересилки пакетів.

Модель Diff-Serv описує архітектуру мережі як сукупність прикордонних ділянок і ядра. Трафік, що поступає в мережу, класифікується і нормалізується прикордонними маршрутизаторами. Нормалізація трафіку передбачає вимірювання його параметрів, перевірку відповідності заданим правилам надання послуг, профілізація (при цьому пакети, що не укладаються в рамки встановлених правил, можуть бути відсіяні) і інші операції. У ядрі магістральні маршрутизатори обробляють трафік відповідно до властивого йому класу [4].

Механізм забезпечення QoS на рівні мережного пристрою, вживаний в Diff-Serv, включає чотири операції. Спочатку пакети класифікуються на підставі їх заголовків. Потім вони маркуються відповідно до проведеної класифікації. Залежно від маркіровки вибирається алгоритм передачі (при необхідності - з вибірковою видаленням пакетів), що дозволяє уникнути заторів в мережі. Завершальна операція, найчастіше, полягає в організації черг з урахуванням пріоритетів.

Достоїнства моделі Diff-Serv:

- дозволяє розділити весь трафік на відносно невелике число класів і не аналізувати кожен інформаційний потік окремо;
- немає необхідності в організації попереднього з'єднання і в резервуванні ресурсів;
- не потрібна висока продуктивність мережного обладнання.

Механізм інтегрованого обслуговування IntServ передбачає такі класи обслуговування для трафіку реального часу:

- клас контрольованого завантаження мережі (Controlled Load) – дозволяє не тільки контролювати завантаженість мережі у момент встановлення з'єднання, але і задавати конкретні значення показників якості;
- клас гарантованого обслуговування (Guaranteed Service) – надає певну смугу пропускання, а також гарантує затримку в певних межах і відсутність втрат при переповнюванні черг;
- клас негарантованого обслуговування (Best Effort) – мережа доставляє пакети тільки за наявності вільних ресурсів у момент їх передачі.

Система інтегрованого обслуговування має на увазі наявність в кожному вузлі таких компонентів:

- класифікатор - направляє пакет, що поступає, в чергу, відповідну певному класу обслуговування;
- диспетчер пакетів - витягує з кожної черги пакети і направляє їх на обробку;
- блок управління доступом - ухвалює рішення про можливість отримання трафіком необхідної кількості ресурсів, не впливаючи при цьому на раніше надані гарантії;
- протокол резервування ресурсів (RSVP) - інформує учасників з'єднання (відправника, одержувача, проміжні маршрутизатори) про необхідні параметри обслуговування.

Система контролю доступу, одержавши запит сеансу зв'язку, залежно від наявності необхідних ресурсів, або допускає цей запит до подальшої обробки, або дає відмову. Класифікатор визначає клас обслуговування на основі вмісту поля пріоритету в заголовку. Диспетчер визначає спосіб організації і механізм обслуговування черги. Система резервування ресурсів використовує спеціальний протокол сигналізації, який служить для запиту додатком потрібного йому рівня якості обслуговування і для координації обробки цього запиту всіма пристроями мережі.

Сервісна модель IntServ в поєднанні з RSVP дозволяє організувати гнучке обслуговування різнотипного трафіку, максимально враховуючи потреби кожного додатку. Основним недоліком моделі є низька масштабованість, тобто продуктивність IntServ залежить від кількості оброблюваних потоків, отже, таку сервісну модель практично неможливо реалізувати в мережі з великою кількістю користувачів.

Представляється доцільним сумісне використання цих двох моделей, причому, на магістральних ділянках мережі краще використовувати модель диференційованого обслуговування різнотипного трафіку, тоді як за допомогою протоколу RSVP розв'язується проблема резервування ресурсів для агрегованих потоків даних. Принципи взаємної комбінації двох моделей - інтегрованого (IntServ) і диференційованого (DiffServ) обслуговування описані в стандарті RFC 2998.

Забезпечення того або іншого рівня якості обслуговування залежить від алгоритму обробки черг в пакетних мережах.

Мінімальна вимога, що пред'являється до алгоритму обслуговування черг, що підтримує функції QoS, – здатність диференціювати і визначати вимоги до обробки різних пакетів. Відповідно до цих параметрів алгоритм обслуговування повинен планувати порядок передачі поставлених в чергу пакетів. Частота обслуговування пакетів одного і того ж потоку трафіку визначає виділену цьому потоку смугу пропускання[9,11].

Оцінка можливої довжини черг в мережних пристроях дозволяє визначити параметри якості обслуговування при відомих характеристиках трафіку. Проте зміна черг є імовірнісним процесом, на який впливає безліч чинників, особливо при складних алгоритмах обробки черг відповідно до заданих пріоритетів або шляхом зваженого обслуговування різних потоків.

У мережних пристроях (маршрутизаторах і комутаторах) застосовуються такі алгоритми обробки черг:

- традиційний алгоритм FIFO («першим прийшов - першим пішов», First In - First Out) ;
- пріоритетне обслуговування (Priority Queuing);
- черги, що настроюються (Custom Queuing);
- зважене справедливе обслуговування (Weighted Fair Queuing, WFQ).

Принцип алгоритму FIFO полягає в тому, що у разі перевантаження пакети поміщаються в чергу, а якщо перевантаження усувається або зменшується, пакети передаються на вихід в тому порядку, в якому поступили. Цей алгоритм обробки черг за умовчанням застосовується у всіх пристроях з комутацією пакетів. Він відрізняється простотою реалізації і відсутністю потреби в конфігурації, проте має принциповий недолік – диференційована обробка пакетів різних потоків неможлива. Черги FIFO необхідні для нормальної роботи мережних пристроїв, але вони не забезпечують підтримку диференційованої якості обслуговування.

Механізм пріоритетної обробки трафіку передбачає розділення всього мережного трафіку на невелику кількість класів з призначенням кожному класу деякої числової ознаки – пріоритету. Пріоритетне обслуговування черг забезпечує високу якість сервісу для пакетів з найпріоритетнішої черги. Якщо середня інтенсивність їх надходження в пристрій не перевершує пропускну спроможність вихідного інтерфейсу, то пакети з найвищим пріоритетом завжди одержують ту пропускну спроможність, яка їм необхідна. Що ж до решти класів пріоритетів, та якість їх обслуговування нижче, ніж у пакетів з найвищим пріоритетом, причому передбачити рівень зниження скрутно. Воно може бути досить істотним, якщо високопріоритетні дані передаються з великою інтенсивністю. Тому пріоритетне обслуговування звичайно застосовується у тому випадку, коли в мережі є чутливий до затримок трафік, але його інтенсивність невелика, так що його наявність не дуже ущемляє решту трафіку. Наприклад, голосовий трафік чутливий до затримок, але його інтенсивність звичайно не перевищує 8-16 Кбит/с, і, таким чином, при призначенні йому найвищого пріоритету решта класів трафіку не постраждає. Проте в мережі можуть спостерігатися і інші ситуації. Зокрема, відеотрафік теж вимагає першочергового обслуговування, але має набагато вищу інтенсивність. Для таких випадків розроблені алгоритми управління чергами, що дають низькопріоритетному трафіку деякі гарантії навіть в періоди підвищення інтенсивності високопріоритетного трафіку [10].

Алгоритм зважених черг (Weighted Queuing) розроблений для того, щоб для всіх класів трафіку можна було надати певний мінімум пропускну спроможності або задовольнити вимоги до затримок. Під вагою якого-небудь класу розуміється частка тієї, що виділяється даному виду трафіку пропускну спроможності мережі. Алгоритм, в якому вага класів трафіку може призначатися адміністратором, називається чергою, що «настроюється» (Custom Queuing). Як при зваженому, так і при пріоритетному обслуговуванні, трафік ділиться на декілька класів, і для кожного вводиться окрема черга пакетів. З кожною чергою зв'язується частка пропускну спроможності вихідного інтерфейсу, що гарантується даному класу трафіку при перевантаженнях цього інтерфейсу.

Точні значення параметрів QoS для алгоритму зваженого обслуговування передбачити важко. Вони істотним чином залежать від параметрів навантаження мережного пристрою, що динамічно змінюються, – інтенсивності пакетів всіх класів і варіацій проміжків часу між прибуттям пакетів. У загальному випадку зважене обслуговування приводить до великих затримок і їх відхилень, чим першочергове обслуговування для найпріоритетнішого класу, навіть при значному перевищенні виділеної пропускну спроможності над інтенсивністю вхідного потоку даного класу. Але для нижчих пріоритетних класів зважене справедливе обслуговування часто виявляється прийнятнішим з погляду створення сприятливих умов обслуговування всіх класів трафіку.

Зважене справедливе обслуговування (Weighted Fair Queuing, WFQ) — це комбінований механізм обслуговування черг, що поєднує пріоритетне обслуговування із зваженим. Виробники мережного обладнання пропонують численні власні реалізації WFQ, призначення вагів, що відрізняються способом, і підтримкою різних режимів роботи, тому у

кожному конкретному випадку необхідно уважно вивчити всі деталі підтримуваного WFQ. Найбільш поширена схема передбачає існування однієї особливої черги, яка обслуговується по пріоритетній схемі — завжди в першу чергу і до тих пір, поки всі заявки з неї не будуть виконані. Ця черга призначена для системних повідомлень, повідомлень управління мережею і, можливо, пакетів найбільш критичних і вимогливих додатків.

Алгоритм зваженого кругового обслуговування (Modified Weighted Round Robin - MWRR), або модифікований алгоритм кругового обслуговування з дефіцитом (Modified Deficit Round Robin - MDRR) передбачають призначення кожному потоку трафіку своєї ваги. Диспетчер обробляє потік трафіку пропорційно його вазі.

Ефективна ширина смуги пропускання черги прямо пропорційна її вазі і розраховується по наступній формулі:

$$\begin{aligned} & \text{ефективна ширина смуги пропускання} = \\ & = \frac{\text{вага черги}}{\text{сума ваг всіх активних черг}} \bullet \text{ширина смуги пропускання інтерфейса} \end{aligned}$$

Таким чином у моменти перевантаження мережі механізм обслуговування черг може виділити певну смугу пропускання для потоку (класу) трафіку шляхом регулювання порядку обслуговування пакетів у відповідній цьому потоку (класу) черги.

**Висновки.** Розглянуті моделі забезпечують якість обслуговування, дозволяючи оптимально використовувати ресурси телекомунікаційної мережі. Методи забезпечення якості, які лежать в основі цих моделей, визначають область їх застосування в існуючих мережах. Модель інтегрованого обслуговування різнотипного трафіку більше підходить для невеликих прикордонних мереж, тоді як в крупних транзитних мережах переважно використовувати модель диференційованого обслуговування і комбіновану модель.

### Список використаної літератури

1. Principles for the Management of Next Generation Networks// ITU-T Recommendation M.3060/Y.2401. - 2016.
2. Стеглов В.К. Сучасні системи управління в телекомунікаціях / В.К. Стеглов, Б.Я. Костік, Л.Н. Беркман; за заг.ред. В.К. Стеглова. – К.: Техніка, 2005. – 400 с.
3. Беркман Л.Н. Методи підвищення показників якості системи управління телекомунікаційними мережами. /В.В Хиленко, Беркман Л.Н., Колченко Г.Ф., Варфоломєєва О.Г. Монографія. – Київ. Норіта-плюс – 2007.– 236 с.
4. Вивек Олвейн Структура и реализация современной технологии MPLS/ Олвейн Вивек -«Москва», 2016 г. – 606с.
5. Семенов Ю.А. Телекоммуникационные технологии/ Ю.А. Семенов – «Москва», 2014. – 600с.
6. Заїка В.Ф. Телекомунікаційні системи та мережі наступного покоління./ В.Ф. Заїка, О.Г. Варфоломєєва, К.О. Домрачева, Г.О. Гринкевич Навчальний посібник- Київ: ДУТ, 2019. – 352 с.
7. Беркман Л.Н. Оптимізація параметрів інфокомунікаційних мереж / В.Б. Толубко, Л.Н. Беркман, В.О. Власенко, Ю.М. Зіненко // Журнал “Сучасний захист інформації”. – 2016. – №4. – С. 58-64.
8. Беркман Л.Н. Оптимізація параметрів мережі майбутнього на базі вагового методу / Л.Н. Беркман О.В. Вюнник, В.О. Ярош, Ю. М. Зіненко, Є.П. Гороховський // Журнал “Сучасний захист інформації”. – 2017. – №1(29). – С. 89-95.
9. Беркман Л.Н. Оцінювання показників стійкості мережі майбутнього (FN) до зовнішніх дестабілізуючих факторів / Л.Н. Беркман, С.І. Отрох, В.О. Ярош, Є.П. Гороховський, Ю. М. Зіненко // Журнал “Зв’язок”. – 2017. – №2. – С. 25-28.
10. Беркман Л.Н. Методи забезпечення стійкості мережі майбутнього до дії зовнішніх дестабілізуючих факторів / С.І. Отрох, В.О. Ярош, В.О. Власенко, Ю.М. Зіненко // Журнал



“Телекомунікаційні та інформаційні технології”. – 2017. – №2. – С. 24-30.

11. Беркман Л.Н., Варфоломєєва О. Г., Твердохліб М. Г., Перепелиця Н. Л. Визначення обсягу інформаційних потоків в системі управління телекомунікаційними мережами з урахуванням кореляційних зв'язків. // Телекомунікаційні та інформаційні технології - 2018-№3.-С.5-12

12. Беркман Л.Н. Метод аналізу якості функціонування системи управління мережі наступного покоління на основі інформаційно-ентропійних характеристик. / Л.Н Беркман., В.Ф.Заїка О. Г Варфоломєєва, Домрачева К.О.- Зв'язок. –№ 4 – 2019. – . С.5-12

13. Berkman L. Determination of Criteria for Choosing the Best Ways and Indicators of Service Quality in Infocommunication Networks / Lubov Berkman, Larysa Kriuchkova, Olga Tkachenko and Oksana Varfolomeieva // 3rd IEEE International Conference on Advanced Informaton and Communication Technologies (AICT) – 2019. Lviv, Ukraine July 2-6, 2019.

#### References

1. Principles for the Management of Next Generation Networks. //I ITU-T Recommendation M.3060/Y.2401. – 2016.

2. Steklov V.K. Modern management systems in telecommunications / V.K. Steklov, B.Y. Kostik, L.N. Berkman; for common edit. V.K. Steklov. - К.: Technology, 2005. - 400 p.

3. Berkman L.N. Methods of improving the quality of the telecommunications network management system. / V.V. Khilenko, Berkman L.N., Kolchenko G.F., Varfolomeieva O.G. Monograph. - Kyiv. Norita-plus - 2007.– 236 p.

4. Vivek Alvein Structure and implementation of modern MPLS technology / Alvein Vivek - "Moscow", 2016 - 606p.

5. Semenov Y.A. Telecommunication technologies/ Y.A. Semenov – "Moscow", 2014. - 600p.

6. Zaika V.F. Telecommunication systems and networks of the next generation./V.F. Zaika, O.G. Varfolomeieva, K.O. Domracheva, G.O. Hrynkevych Textbook - Kyiv: DUT, 2019. - 352 p.

7. Berkman L.N. Optimization of parameters of infocommunication networks / V.B. Tolubko, L.N. Berkman, V.O. Vlasenko, Y.M. Zinenko // Journal "Modern information protection". - 2016. - №4. - P. 58-64.

8. Berkman L.N. Optimization of network parameters of the future on the basis of weight method / L.N. Berkman O.V., Vyunnik, VO Yarosh, Y. M. Zinenko, E.P. Gorokhovskiy // Journal "Modern information protection". - 2017. - №1 (29). - P. 89-95.

9. Berkman L.N. Estimation of indicators of stability of the network of the future (FN) to external destabilizing factors / L.N. Berkman, S.I. Otrokh, V.O. Yarosh, E.P. Gorokhovskiy, Y. M. Zinenko // Journal "Communication". - 2017. - №2. - P. 25-28.

10. Berkman L.N. Methods of ensuring the stability of the future network to the action of external destabilizing factors / S.I. Otrokh, V.O. Yarosh, B.O. Vlasenko, Y.M. Zinenko // Journal of Telecommunication and Information Technologies. - 2017. - №2. - P. 24-30.

11. Berkman L.N., Varfolomeieva O.G., Tverdokhlib M.G., Perepelytsia N.L. Determination of the volume of information flows in the control system of telecommunication networks taking into account correlations. // Telecommunication and information technologies - 2018-№3.-P.5-12.

12. Berkman L.N. Method of analysis of the quality of functioning of the next generation network management system based on information-entropy characteristics. / L.N. Berkman., V.F. Zaika, O.G. Varfolomeieva, Domracheva K.O. - Communication. –№ 4 - 2019. -. P.5-12

13. Berkman L. Determination of Criteria for Choosing the Best Ways and Indicators of Service Quality in Infocommunication Networks / Lubov Berkman, Larysa Kriuchkova, Olga Tkachenko and Oksana Varfolomeieva // 3rd IEEE International Conference on Advanced Informaton and Communication Technologies (AICT) – 2019. Lviv, Ukraine July 2-6, 2019.