

## ДИСЦИПЛІНИ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЧЕРГ НА МЕРЕЖЕВОМУ РІВНІ OSI

*Розглядаються дисципліни обслуговування черг для передачі видів трафіку додатків реального часу (трафік з аудіо і відеоінформацією).*

*Disciplines of maintenance of turns are examined for passing to of kinds the traffic of additions of the real time (traffic from audio and video information).*

### 1. ВСТУП

Мультимедійний трафік, що передає, наприклад, голос або зображення, характеризується низьким коефіцієнтом пульсацій, високою чутливістю до затримок передачі даних (що відбиваються на якості відтвореного безперервного сигналу) і низькою чутливістю до втрати даних (із-за інерційності фізичних процесів втрату окремих вимірів голосу або кадрів зображення можна компенсувати згладжуванням на основі попередніх і подальших значень).

Різні види трафіку додатків реального часу (трафік з аудіо і відеоінформацією), транзакцій (робочі сесії додатків баз даних (БД) проявляють підвищену чутливість до затримок часу доставки, або до доступної пропускної здатності мережі. Для додатків інтерактивного поточкового відеорежиму (далі – відеоконференції) однаково важливі і вимоги до часу затримки і до пропускної здатності [1-3].

Для боротьби з блокуванням потоків розроблені різні методи управління буферним простором. Базовою ідеєю принципу “управління буферним простором” є класифікація пакетів і відповідно скидання пакетів або переміщення їх у буфер.

Метою роботи є класифікація методів обслуговування черг на мережевому рівні для забезпечення заданої якості послуг.

### 2. ЧЕРГИ НА МЕРЕЖЕВОМУ РІВНІ OSI (LAYER 3 QUEUING)

Прості технології управління, що не володіють властивостями управління трафіком, реалізують дисципліну обслуговування черг без пріоритетів (наприклад, Ethernet) FIFO - First-in-first-out.

---

<sup>1</sup> Українська академія друкарства

Для повноцінного управління трафіком, включаючи захист від переваантажень, розроблені наступні механізми організації черг і формування трафіку:

1. PQ (Priority Queuing) - черга з абсолютними пріоритетами
2. CQ (Custom Queuing) - черга, що настраюється
3. WFQ (Weighted Fair Queuing) - зважена справедлива черга
4. CBWFQ (Class-based Weighted Fair Queuing) - справедлива черга, заснована на класах
5. LLQ (Low Latency Queuing) - черга з малою затримкою
6. WRED (Weighted Random Early Detection) - зважене випадкове виявлення.

На третьому рівні OSI (L3) пакети обробляють маршрутизатори. Підтримка черг рівня L3 забезпечується програмно. Це означає відсутність апаратних обмежень на число черг і гнучкішу конфігурацію механізмів обробки. Загальний механізм QoS L3 включає маркування і класифікацію пакетів на вході (Marking&classification), розподіл по чергах і їх обробку (Scheduling) за певними алгоритмами.

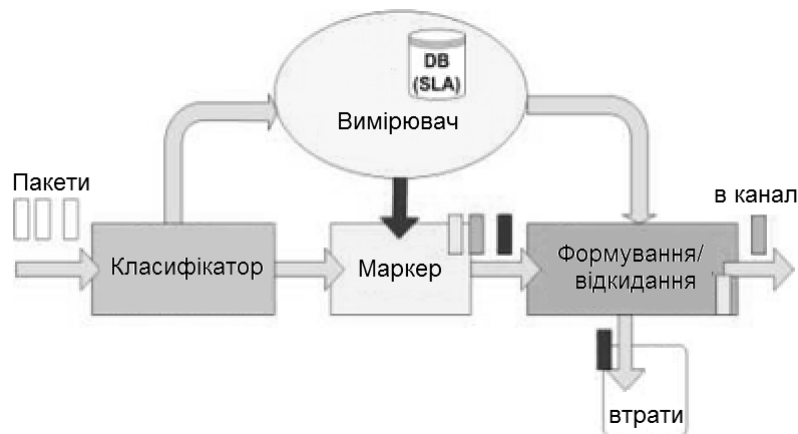


Рис. 1. Загальний механізм QoS L3

Ознаками, за якими той або інший вид трафіку може бути віднесений до певного класу і йому призначений пріоритет, можуть бути:

- IP-адреса призначення або джерела
- Значення поля IPP/ToS/DSCP в заголовку IP
- Значення полів Port в заголовках протоколів UDP або TCP
- Значення поля Ether Type в заголовку Ethernet

– Значення полів в заголовках VLAN (802.1p/q) і багато інших ознак.

Зауважимо, що пріоритеризація трафіку і відповідне обслуговування черг потрібне у вузьких, завантажених місцях, коли пропускної спроможності каналу не вистачає для передачі всіх пакетів, що поступають, і потрібно якимсь чином диференціювати їх обробку. Крім того, пріоритеризація необхідна і у випадку запобігання впливу сплесків мережевої активності на чутливий до затримок трафік. Проведемо класифікацію Layer 3 QoS по методах обробки черг.

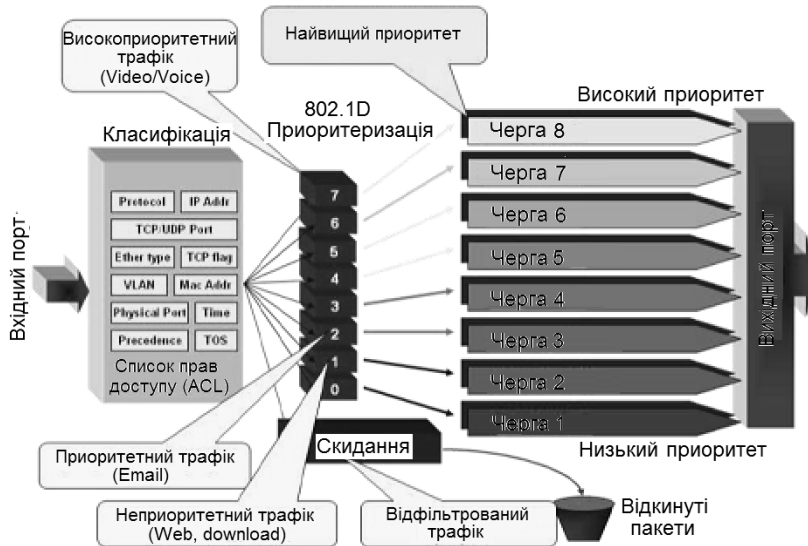


Рис. 2. Пріоритеризація трафіку і обслуговування черг

#### FIFO.

Елементарна черга з послідовним проходженням пакетів, що працює за принципом перший прийшов - перший пішов (First In First Out - FIFO). Порядок проходження пакетів при цьому алгоритмі не змінюється. Пріоритетне обслуговування в цьому варіанті також не може бути здійснене. Коли черга заповнена, все подальші пакети відкидуються до тих пір, поки з черги не буде вилучений хоч би один пакет. Включається за умовчанням на швидкісних інтерфейсах (швидкодія > 2048 Кбіт/с).

#### PQ. ЧЕРГИ З АБСОЛЮТНИМИ ПРІОРИТЕТАМИ.

Priority Queuing (PQ - пріоритетне обслуговування) забезпечує безумовний пріоритет одних пакетів над іншими. Передбачені черги високого, середнього, нормального і низького пріоритету.

Обробка ведеться послідовно (від високого до низького), починається з високопріоритетної черги і до її повного очищення не переходить до менш пріоритетних черг. Зазвичай PQ використовується, коли додатки, критичні до затримок, стикаються з проблемами. Ця дисципліна володіє наступним недоліком - якщо в пакетах, що поступають, присутній інтенсивний трафік реального часу (наприклад, відео), то можлива монополізація каналу високопріоритетними чергами існує висока вірогідність того, що решта складових трафіку буде блокована. Трафік, пріоритет якого явно не вказаний, потрапить в чергу за умовчанням (default).

За умовчанням черги різних пріоритетів мають наступні розміри (CISCO):

Таблиця 1

Пріоритет	Довжина черги
Високий	20 пакетів
Середній	40 пакетів
Нормальний	60 пакетів
Низький	80 пакетів

#### CQ. ДОВІЛЬНІ ЧЕРГИ.

Custom Queuing (CQ - звичайне обслуговування черг) забезпечує черги, що настроюються. CQ дозволяє мережевому адміністраторові реалізувати пріоритетне обслуговування трафіку без побічних ефектів, пов'язаних з блокуванням низькопріоритетних потоків. Передбачається управління долей смуги пропускання каналу для кожної черги. Підтримується 16 черг.

Системна 0 черга зарезервована для високопріоритетних пакетів (маршрутизація і тому подібне), що управляють, і користувачеві недоступна. Черги обходяться послідовно, починаючи з першої. Кожна черга містить лічильник байт, який на початку обходу містить задане значення і зменшується на розмір пакету, пропущеного з цієї черги. Якщо лічильник не нуль, то пропускається наступний пакет цілком, а не його фрагмент, рівний залишку лічильника. При великих потоках можлива втрата пакетів через переповнювання черг. Довжина черги

може бути задана в межах від 0 до 32767 (20 - значення за умовчанням).

#### WFQ. ЗВАЖЕНІ СПРАВЕДЛИВІ ЧЕРГИ.

Weighted Fair Queuing (WFQ - стратегія справедливих (зважених) черг ) автоматично розбиває трафік на потоки (flows) (іншою назвою цього алгоритму є SFQ - Stochastic Fairness Queuing). За умовчанням їх число рівне 256, але може бути змінено (параметр dynamic-queues в команді fair-queue). Якщо потоків більше, ніж черг, то в одну чергу поміщається декілька потоків. Приналежність пакету до потоку (класифікація) визначається на основі TOS, протоколу, IP адреси джерела, IP адреси призначення, порту джерела і порту призначення. Кожен потік використовує окрему чергу. Обробник WFQ (scheduler) забезпечує рівномірне (fair - чесне) розділення смуги між існуючими потоками. Для цього доступна смуга ділиться на число потоків і кожен отримує рівну частину. Крім того, кожен потік отримує своя вага (weight), з деяким коефіцієнтом назад пропорційний IP пріоритету (TOS). Вага потоку також враховується обробником. У результаті WFQ автоматично справедливо розподіляє доступну пропускну спроможність, додатково враховуючи TOS. Потоки з однаковими IP пріоритетами TOS отримують рівні долі смуги пропускання; потоки з великим пріоритетом IP - велику частку смуги. У разі перевантажень ненавантажені високопріоритетні потоки функціонують без змін, а низькопріоритетні високонавантажені - обмежуються. Разом з WFQ працює RSVP. За умовчанням WFQ включається на низькошвидкісних інтерфейсах.

Слід мати на увазі, що *WFQ* не підтримується у разі тунелювання або шифрування. Субпотік з низькою вагою отримує вищий рівень обслуговування, чим з високим. Не реалізується *WFQ* і в мережах АТМ. Коли задіяні біти TOS, *WFQ* реалізує пріоритетне обслуговування пакетів згідно значенню цієї коди. Ваговий чинник назад пропорційний рівню пріоритету.

#### CBWFQ.

Подальшим розвитком технології *WFQ* є формування класів потоків, що задаються користувачем. Class Based Weighted Fair Queuing (CBWFQ) відповідає механізму обслуговування черг на основі класів. Весь трафік розбивається на 64 класи на підставі наступних параметрів:

- вхідний інтерфейс
- лист доступу (access list)
- протокол
- значення DSCP

– мітка MPLS QOS і ін.

Загальна пропускна спроможність вихідного інтерфейсу розподіляється по класах. Що виділяється кожному класу смугу пропускання можна визначати як в абсолютному значенні (bandwidth в kbit/s) або у відсотках (bandwidth percent) щодо встановленого значення на інтерфейсі. Пакети, що не потрапляють в конфігуровані класи, потрапляють в клас за умовчанням, який можна додатково набудувати і який отримує смугу пропускання каналу, що залишилася вільною. При переповненні черги будь-якого класу пакети даного класу ігноруються. Алгоритм відхилення пакетів усередині кожного класу можна вибирати: включене за умовчанням звичайне відкидання (tail-drop, параметр queue-limit) або WRED (параметр random-detect). Тільки для класу за умовчанням можна включити рівномірне (чесне) ділення смуги (параметр fair-queue). CBWFQ підтримує взаємодію з RSVP. Якщо використовується резервування *CBWFQ* і RSVP, то можливі конфлікти, оскільки IOS маршрутизатор не перевіряє балансу зарезервованої смуги різними протоколами.

#### LLQ.

В деяких випадках більш важливо забезпечити малу затримку, а не смугу пропускання. Low Latency Queuing (LLQ) - черговість з низькою затримкою. LLQ можна розглядати як модифікацію механізму CBWFQ з пріоритетною чергою PQ (LLQ = PQ + CBWFQ). PQ в LLQ дозволяє забезпечити обслуговування чутливого до затримки трафіку. LLQ рекомендується у разі наявності голосового (VOIP) трафіку. Крім того, він добре працює з відеоконференціями. Розкид затримки у високопріоритетному потоці може бути пов'язаний тільки з очікуванням завершення передачі пакету низького пріоритету, що почалася до приходу пріоритетного кадру. Такий розкид визначається діапазоном довжин кадрів (MTU).

WRED (WEIGHTED RANDOM EARLY DETECTION) - зважене випадкове виявлення. Даний механізм широко використовується протоколами Frame Relay і TCP, дозволяючи гнучко управляти швидкістю передачі шляхом обміну сповіщеннями про перевантаження.

### 3. ВИСНОВКИ

Передача потоків реального часу гарантується шляхом встановлення пріоритетів на потік. Крім цього, маршрутизатор припиняє передачу потоку з втратами при переповненні мережі, економлячи при цьому мережеві ресурси. Пріоритет для потоків визначається кодовою

комбінацією DSCP. Потіки пріоритеризуються порівнянням значень кодового слова DSCP, значень TTL та часових міток. Після визначення пріоритетності пакети пересилаються у відповідну чергу. У випадку переповнення пропускної здатності низькопріоритетні потоки відкидаються, забезпечуючи QoS потоків з вищим пріоритетом.

1. Тимченко О.В., Верхола Б.М., Самі Аскар. Критерії ефективності функціонування комп'ютерних мереж // *Моделювання та інформаційні технології. Зб. наук. пр. ІПМЕ НАН України.* – Вип.43. – К.: 2007. – С.184-190.
2. Тимченко О.В., Кирик М.І., Сковронська Ю.М. Математичні моделі для оптимізації обладнання та каналів зв'язку інфокомунікаційної мережі при заданому обсязі і якості послуг // *Зб. наук. пр. Моделювання та інформаційні технології. Вип. 42,* – К.: 2007. – С.210-214.
3. *Математичні основи теорії телекомунікаційних систем. За загальною редакцією В.В. Поповського.* – Харків, “Компанія СМІТ”, 2006. – 272 с.