

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГАРАНТОВАНОЇ ЯКОСТІ ПЕРЕДАВАННЯ ВІДЕОІНФОРМАЦІЇ
ЗА ДОПОМОГОЮ АЛГОРИТМУ АКТИВНОГО КЕРУВАННЯ ЧЕРГАМИ**

В статті піднімається проблема передавання відеоінформації засобами інформаційних мереж в режимі реального часу. Побудовано імітаційну модель мережевого каналу в системі NS-2 та проаналізовано параметри алгоритму активного управління чергами (WRED). Розроблено рекомендації щодо вибору оптимальних параметрів алгоритму WRED для забезпечення гарантованої якості передавання відеоінформації.

На сьогоднішній день розвиток мережевих технологій досяг такого рівня, що стає актуальним питання повсякденного застосування передачі інформації в режимі реального часу. У разі одночасного проходження великої кількості інформаційних потоків через мережу сервіс провайдера виникає проблема: як при обмежених ресурсах оптимізувати затримку доставки і втрати пакетів. Подібні вимоги є суттєвими, наприклад, у випадку надання таких сервісів: IP-телефонія, передача відеоінформації, керування обладнанням в режимі реального часу. У таблиці 1 наведено вимоги до параметрів гарантованої якості передавання (QoS) аудіо- та відео- інформації засобами IP-мережі.

Таблиця 1

Параметри QoS	Аудіо трафік (MUSICAM)	Відео трафік
Швидкість передавання	> 192 Кбіт/с	> 400 Кбіт/с
Джитер	< 400 мс	< 250 мс

Для вирішення цих проблем існують технології IntServ і DiffServ. IntServ реалізується в рамках протоколу RSVP і не дозволяє формувати декілька субпотоків з різними рівнями послуг. Дане дослідження присвячене DiffServ. Передбачається, що всі налаштування алгоритмів працюють в межах одного DiffServ домену. (DiffServ домен - це набір прилеглих вузлів, сконфігурованих з однаковою PNB (Per Hop Behavior) політикою).

Була поставлена задача знаходження оптимальних параметрів WRED, які у разі перевантаження забезпечували б гарантовану смугу пропускання і затримку відеопотоку.

При дослідженні формувалися три стаціонарних потоки пакетів (рисунок 1), які мали DSCP мітки. На підставі даних про проходження цих потоків через DiffServ домен (затримки, втрати, дисперсія затримок) встановлюються оптимальні значення для налаштування конфігурації маршрутизатора, при яких у разі перевантаження потік користувача отримує передбачувану смугу і затримку.

У дослідженні використовувався транспортний протокол UDP. В якості параметрів, що характеризують потік, застосовувалися: імовірність втрати пакетів, час доставки пакета (RTT/2); смуга пропускання, доступна потоку. Потоки позначалися мітками DSCP, що дорівнюють 10, 12 і 14.

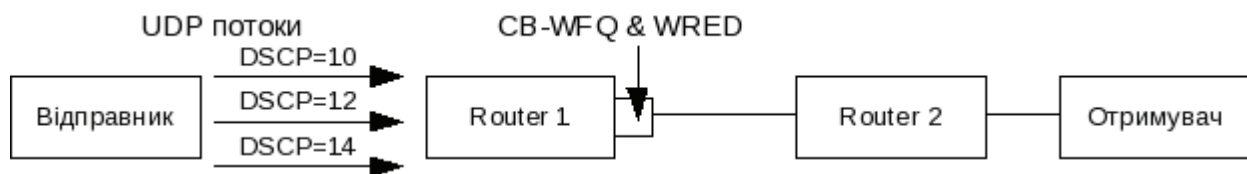


Рис. 1. Схема віртуальної тестової мережі

Віртуальний відправник надсилав одержувачу три UDP потоки пакетів зі швидкістю 920 Кбіт/с кожен (що створює загальний потік в 2,76 Мбіт/с). Швидкість відправлення пакетів потоків була постійною протягом всього сеансу передачі. Пакети мали довжину 1400 байт, тривалість посилки потоків (моделювання) становила 30 секунд. Віртуальний канал між

«Router 1» і «Router 2» мав пропускну спроможність 2 Мбіт/с. Сумарний потік даних відправника перевищував пропуску здатність каналу. Експеримент тривав 40 секунд. Щоб вивчити, як здійснювалась конкуренція між різними потоками в каналі, ми завантажували канал так, щоб нестача смуги була трохи менше 30% пропускну здатності. З кожною міткою DSCP була пов'язана певна черга.

Введемо позначення: DSCP 10 - відповідала черзі 1, DSCP 12 - 2, DSCP 14 - 3. Максимальні довжини середньозважених черг були рівні 40. Максимальний розмір пакетного буфера для кожної з черг дорівнював 40 пакетам.

При моделюванні використовувався алгоритм CBWFQ, який дозволяє виділити кожній черзі частку смуги вихідного інтерфейсу віртуального маршрутизатора.

Для черги 1 надавалося 41%, для черги 2 - 34%, а для черги 3 - 25% смуги пропускання каналу. При постановці у чергу працював алгоритм WRED.

Таблиця 2

	T1	T2	c	wq
Черга 1	35	40	1.0	0.002
Черга 2	30	40	1.0	0.002
Черга 3	20	40	1.0	0.002

T1 - нижній поріг відкидання пакетів;

T2 - верхній поріг відкидання пакетів;

pc - максимальна вірогідність відкидання = $(1.0/c)$ ($c \geq 1$ - параметр, використаний для надання максимальної ймовірності відкидання пакетів);

wq - параметр усереднення при обчисленні середньозваженого значення довжини черги.

У маршрутизаторі існує дві причини відкидання пакетів:

ldrops - пакети, що відкидаються через перевищення потоком квоти, тобто відкидання відбувається через переповнення буфера черги;

edrops - пакети, відкинуті WRED (при постановці у чергу).

При моделюванні використовувалися такі значення квот для черг:

Таблиця 3

DSCP	10	12	14
Квота	45%	32%	23%

Саме ці квоти здебільшого визначають рівень втрат ldrops. Є причини, чому квоти були обрані саме так, а не інакше. Необхідно, щоб зі зменшенням значення DSCP, потік отримував кращу якість обслуговування, тобто менше втрачався і менше затримувався в буфері. Кожен з потоків, що надсилається в мережу, має однакову смугу, позначимо її «А». Тоді сумарний потік даних від трьох потоків - «3*А». Нехай вихідна смуга каналу дорівнює «В».

У випадку, якщо $B < A$ - найважливішому потоку не вистачає смуги, а іншим двом потокам зовсім не залишається смуги у вихідному каналі. Їх можна було б взагалі не передавати, все одно вони будуть відкинуті.

Якщо $B > 3*A$, то всі потоки будуть передані одержувачу без втрат і затримок і алгоритми обслуговування черг не будуть використовуватися маршрутизатором.

Інтерес представляє випадок, коли $A < B < 3*A$. Для потоку з DSCP 10 виділяється квота смуги завідомо достатня, щоб потік не губився. Решта два потоки будуть загублені і для них спрацює процедура управління чергою.

На рис. 2. показані часові залежності смуги пропускання, виділеної під кожен потік. Ця залежність допоміжна і ілюструє лише те, що потоки отримали правильну частку смуги (див. таблицю 3).

Алгоритми, які розпоряджаються долею пакетів при вилученні з черги, називаються диспетчерами (schedulers). У сумі рівноважні рівні пропускну здатності (рисунок 2) дають 2Мбіт/с.

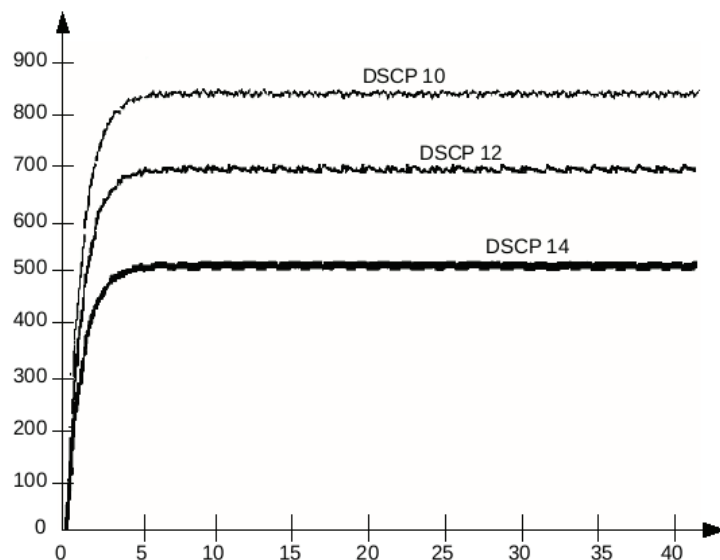


Рис. 2. Часові залежності пропускної здатності для субпотоків з різними значеннями DSCP. По вертикалі відкладено смугу пропускання у кбіт/с, а по горизонтальній осі час з початку експерименту у секундах

На рисунку 3 наведені часові залежності затримки розповсюдження пакету (RTT/2) для кожного з потоків. Для потоків з DSCP=12 і 14 спостерігається викид в області 7-17сек. Цей викид пов'язаний з буферизацією пакетів в черзі і роботою алгоритмів WRED і Tail Drops. Найбільш пріоритетний потік має DSCP=10, отже, його пакети проводять у черзі менше часу. Потокам з DSCP=12 і 14 не вистачає смуги пропускання, і вони змушені довше перебувати в черзі.

Проблема оптимізації налаштувань параметрів алгоритму WRED пов'язана з допустимими вимогами додатка до граничних величин втрат і затримок пакетів. Від вимог кожного конкретного додатка залежить відповідь на питання: значення якого з двох параметрів QoS повинен забезпечувати WRED у першу чергу.

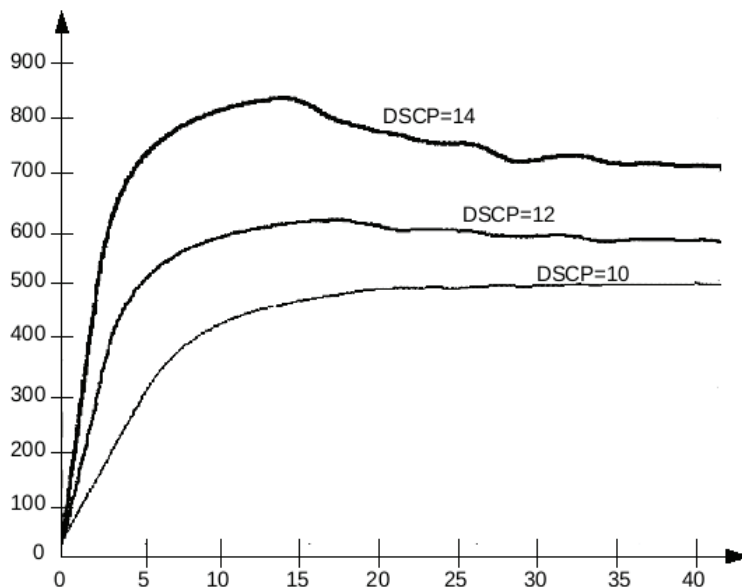


Рис. 3. Часова залежність RTT/2 для різних DSCP. По вертикалі відкладено затримку при передачі пакету у мілісекундах, а по горизонтальній осі час з початку експерименту у секундах

Збільшення затримки потоків з DSCP = 12 і 14 відбувається через роботу алгоритму WRED. Середньозважена довжина черги обмежена значенням 40 ($T2 = 40$), а WRED починає відкидати пакети, коли середньозважена довжина черги перевищує поріг $T1$.

Вибір параметрів WFQ та WRED сильно впливають на поведінку втрат та затримок

пакетів. На рисунку 4 наведено часову залежність загальних втрат пакетів, яка складається з суми значень $edrops$ та $ldrops$.

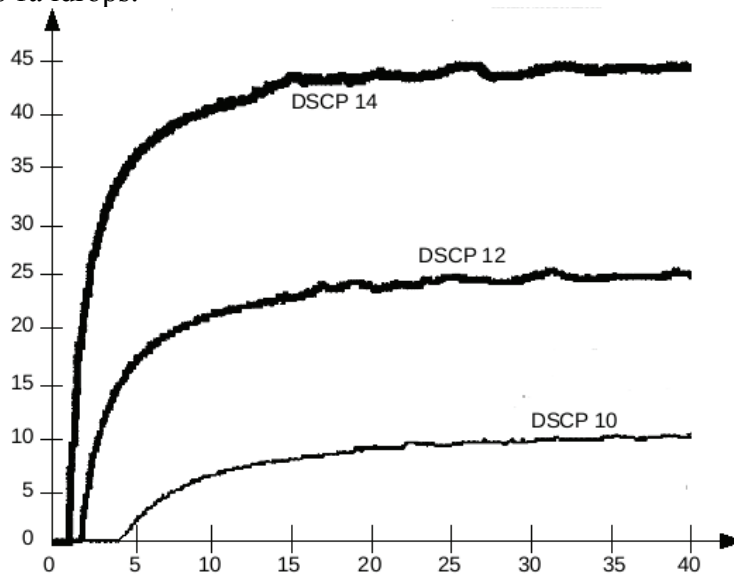


Рис. 4. Залежність втрати пакетів від часу. По вертикалі відкладено процент втрачених пакетів, а по горизонтальній осі час з початку експерименту у секундах

Слід зазначити, що чим менше значення pc (менша частина пакетів відкидається алгоритмом WRED) тим більше пакетів буде відкинуто на виході буферу у зв'язку із обмеженням квоти.

Висновки

Моделювання показало, що навіть у випадку рівномірної затримки має місце відкидання пакетів, а це призводить до спотворення зображення при передачі відеоінформації в реальному часі. Необхідно чітко знати усі параметри потоку відеоінформації (швидкість передавання, джитер та допустимий коефіцієнт бітових помилок), якому необхідно забезпечити гарантовану якість передачі по мережі. Розроблена модель у системі NS-2 дозволяє відтворити чітку схему мережі, яка за допомогою алгоритму WRED забезпечить гарантовану якість передавання відеоінформації у реальному часі.

Список літератури

1. Floyd S., Fall K. Promoting the Use of End-to-End Congestion Control in the Internet, IEEE/ACM Transactions on Internetworking, V7, N4. August 1999.
2. Floyd S., Jacobson V. Random Early Detection Gateways for Congestion Avoidance, IEEE/ACM Transactions on Networking, August 1993,
3. Засецкий А.В., Иванов А.В., Постников С.Д., Соколов И.В. Контроль качества в телекоммуникациях и связи. Часть 2, под редакцией Иванова А.Б. - М.: Компания САЙРУС СИСТЕМС, 2001.
4. The NS-2 network simulator (ver.2) LBL, <http://wvm-mash.CS.Berkeley.edu/ns>