

УДК 681.324:621.325

О.О. Можаяв<sup>1</sup>, Ю.Ю. Завизіступ<sup>2</sup>, А.А. Коваленко<sup>2</sup><sup>1</sup>Національний технічний університет «ХПІ», Харків<sup>2</sup>Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

## АНАЛІЗ ПОВЕДІНКИ ЧЕРГ МАРШРУТИЗАТОРІВ У МЕРЕЖЕХ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ТИПІВ ТРАФІКУ

Проведений аналіз впливу сучасних протоколів транспортного рівня високошвидкісних мереж передачі даних на поведінку черг при різних мережевих сценаріях. Розглянуті випадки існування декількох з'єднань. Наведені графіки залежності розміру черг та середнього розміру черг у маршрутизаторах при різних типах трафіків.

**Ключові слова:** протокол, трафік, ефективність, модель, мережа, плаваюче вікно, черга, маршрутизатор, пакет.

### Вступ

Протокол TCP Vegas, на відміну від протоколу TCP Reno, у якого спостерігається більший приріст швидкості за одиницю часу, показує кращі результати ефективності та меншу кількість повторних передач пакетів. Однак, для TCP Vegas, все ще існує декілька значних перешкод, які не дозволяють йому використовуватися в сучасних високошвидкісних мережах, у тому числі військового призначення, наприклад: нерівноправність розподілення доступних ресурсів мережі, яке виникає при одночасному існуванні у каналі потоків TCP Vegas та фонових трафіків (наприклад, з'єднань сучасним протоколом TCP Reno); проблеми, які виникають при динамічній зміні маршруту з'єднання; можливість виникнення постійного перевантаження та невідповідність швидкості потоку даних параметрам мережі. У даній статті досліджуються вплив перелічених вище проблем на динаміку формування черг для з'єднань, що встановлені.

Протокол TCP Vegas використовує принципіальне іншу схему керування перевантаженнями [1], ніж протокол TCP Reno, досягаючи більшої ефективності, що обумовлено значно меншою кількістю повторних передач пакетів та відсутністю впливу на нього з'єднань з відносно більшою затримкою розповсюдження сигналу в з'єднанні T. Однак, у потоків протоколом TCP Vegas не спостерігається рівномірного розподілення смуги пропускання з потоками протоколом TCP Reno [2], що має динамічний вплив на розмір черг у встановленому маршруті з'єднань.

У разі використання маршрутизаторів з дисципліною обслуговування черги RED замість аналогічних, але реалізуючих алгоритм відкидання задньої частини черги (Droptail), рівномірність розподілення доступних ресурсів мережі між протоколами TCP Vegas та TCP Reno у деякому ступені покращується [3]. При будь-якому сценарії існує неминучий компроміс між справедливістю та ефективністю цих протоколів: якщо імовірність виключення пакету із чер-

ги алгоритмом RED встановити досить великою, ефективність протоколу TCP Vegas, зокрема, збільшиться, однак загальна ефективність знизиться.

У джерелах [4, 5] розглядаються проблеми, які пов'язані з використанням протоколом TCP Vegas оцінки параметру T для прийняття рішень. Зокрема розглянуті проблеми динамічної зміни маршруту з'єднання, постійного перевантаження та невідповідності швидкості потоку параметрам мережі. Запропоновано рішення першої з проблем та показано можливе рішення проблеми постійного перевантаження у з'єднанні.

Однак, пошук оптимальних значень параметрів для механізму RED та запропонованої модифікації механізму запобігання перевантажень протоколу TCP Vegas усе ще залишаються відкритими питаннями.

Ще не було запропоновано механізмів керування перевантаженнями протоколу TCP Vegas, які б дозволяли підвищувати його ефективність за рахунок більш активного використання черг у гетерогенних мережевих середовищах. Таким чином, задача дослідження та створення нових методів та алгоритмів використання сучасних протоколів транспортного рівня, які дозволяють йому добиватися рівномірності розподілення мережевих ресурсів та використання доступних розмірів черг у гетерогенних мережевих сценаріях, є **актуальною**.

**Метою даної статті** є експериментальне дослідження впливу параметрів протоколів транспортного рівня високошвидкісних мереж передачі даних на їх ефективність.

### Основна частина

Експериментальні дослідження впливу параметрів протоколів транспортного рівня на поведінку черг маршрутизаторів та їх загальну ефективність використовували сценарій з наявністю критичної ділянки мережі передачі даних, яка обмежувала пропускну здатність кожного з маршрутів. Топологія мережі наведена на рис. 1.

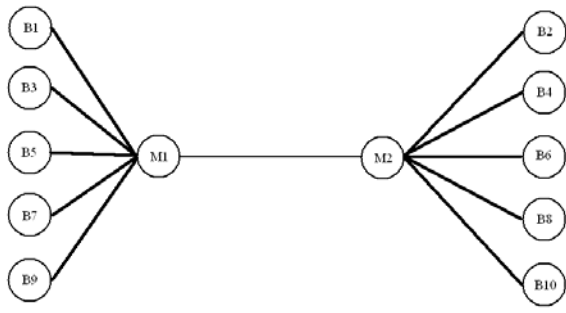


Рис. 1. Структура мережі, що моделюється

Моделювання проводилося при використанні The Network Simulator, ns-2 [6].

Модель мережі складається з п'яти джерел трафіку (B1, B3, B5, B7, B9), потоки даних від яких проходять через канал (між вузлами M1 та M2), який є критичною ділянкою маршруту кожного з'єднання. Маршрутизатори M1 та M2 реалізують дисципліну обробки черги RED.

У наведеному на рис. 2 сценарії розглянутий випадок одночасного існування до п'яти з'єднань: у момент часу 0 починається генерація FTP трафіку між джерелами B1 та B2, та кожні 20 с до нього приєднується інша пара джерел у тому ж самому каналі (B3-B4, B5-B6, B7-B8, B9-B10). Таким чином, у момент часу 80 с ми вже маємо 5 активних з'єднань.

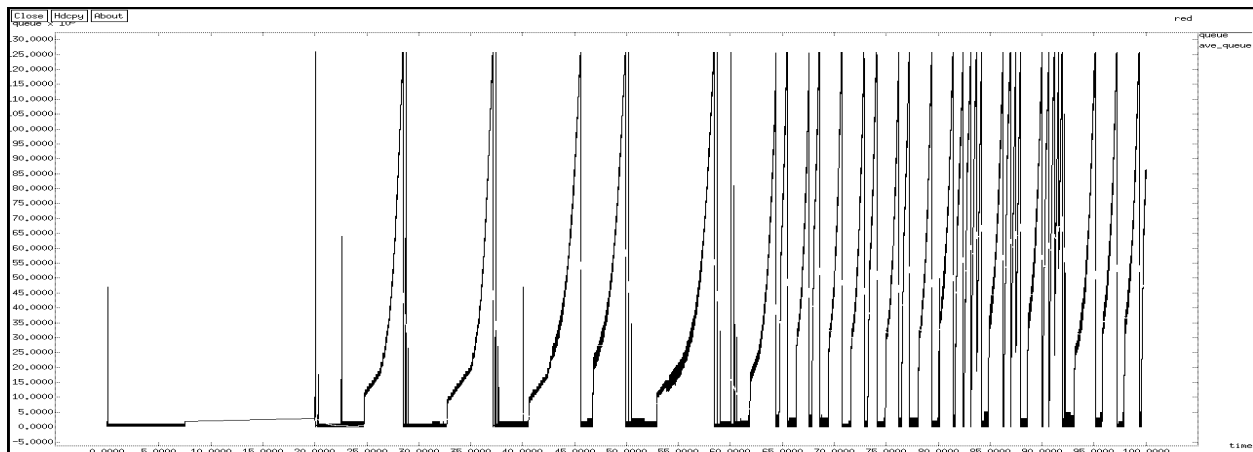


Рис. 2. Залежність розміру буферу у пакетах від часу та середнього розміру буферу від часу

Пропускні спроможності та час передачі пакету у цьому випадку наступні: канал M1-M2 – 1 Гб/с та 4 мс, усі інші – по 10 Гб/с та по 2 мс відповідно. Розмір буферу черги на маршрутизаторах M1 та M2 дорівнює 200 пакетам. Згідно з рис. 2, спостерігаються значні флуктуації розміру черги, особливо у випадку багатьох з'єднань. Це може бути обумовлено методами управління перевантаженнями сучасних транспортних протоколів, за допомогою яких здійснювалась генерація трафіку. Середній розмір черги приблизно дорівнює 30 – 55 пакетам.

У наступному сценарії (рис. 3) зменшено пропускні здатності усіх каналів у 10 разів, та розмір буферу черги на маршрутизаторах M1 та M2 до 100 пакетів. Спостерігається значно більша нерівномірність середнього розміру буферу поряд з його зменшенням до 20 – 30 пакетів. Також спостерігається значне збільшення частоти коливань буферу вже після під'єднання четвертого джерела.

На рис. 4 змодельований сценарій, де, у відповідності до приведеної топології, додані ще 5 джерел.

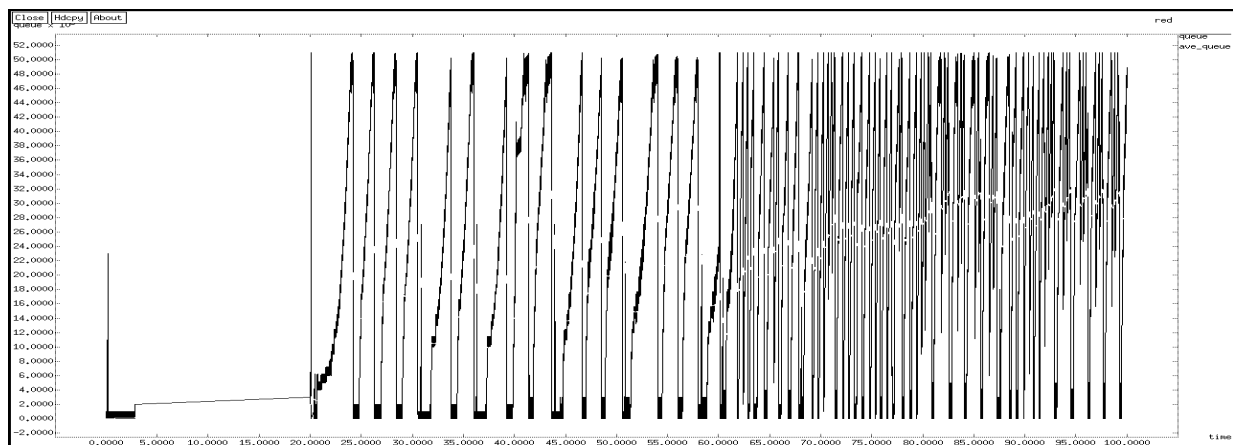


Рис. 3. Залежність розміру буферу у пакетах від часу та середнього розміру буферу від часу

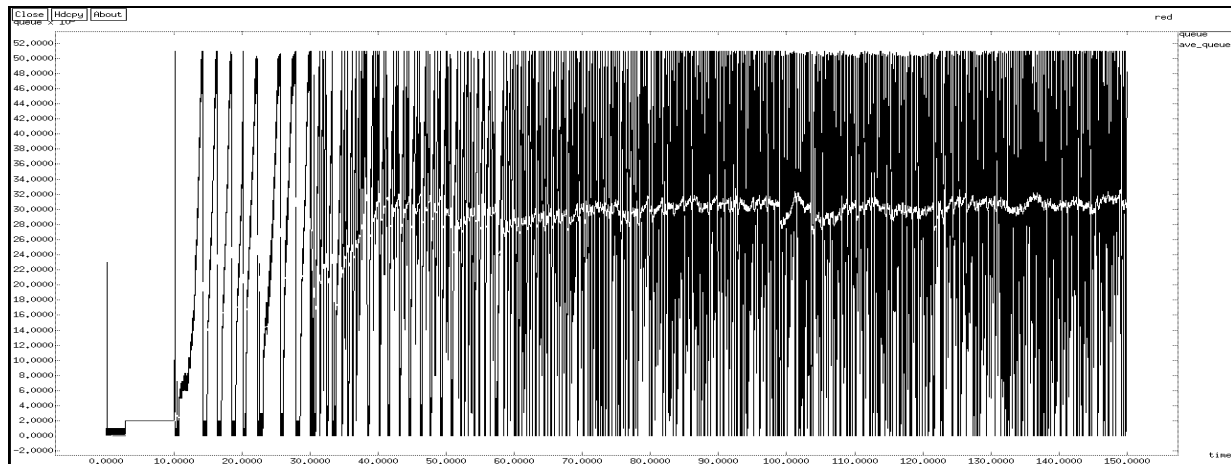


Рис. 4. Залежність розміру буферу у пакетах від часу та середнього розміру буферу від часу

Таким чином, приведений графік розміру буферу черги для 10 джерел з пропускною здатністю критичної ділянки у 100 Мб/с та затримки між вузлами М1 та М2 у 4 мс, буфер черги дорівнював 100 пакетам. Можна відмітити добру стабільність середнього розміру черги – від 28 до 32 пакетів вже навіть після додавання третього джерела.

### Висновки

Були розглянуті питання роботи протоколів транспортного рівня сучасних високошвидкісних мереж передачі даних у гетерогенному сценарії. Наведені результати моделювань гетерогенного мережевого середовища, де присутні з'єднання протоколами TCP Vegas та TCP Reno. Спостерігаються флуктуації розміру черги маршрутизатора на критичній ділянці, а також вплив кожного зі з'єднань на сумарний розмір черги. При зменшенні пропускної спроможності критичної ділянки спостерігається збільшення амплітуди флуктуацій розміру черги поряд із збільшенням її середнього розміру.

### Список літератури

1. L.S. Brakmo, S.W. O'Malley, L.L. Peterson. *TCP Vegas: New techniques for congestion detection and avoidance* // *Proc. of ACM SIGCOMM'94*. – P. 24-35.
2. Коваленко А.А. *Проблеми продуктивності протокола TCP в гетерогенних сетях и методы ее улучшения* / А.А. Коваленко, Ю.Ю. Завизиступ, С.А. Партька // *Вестник ХНТУ*. – 2005. – № 1(21). – С. 305-311.
3. Raghavendra and R.R. Kinicki, *A Simulation Performance study of TCP Vegas and Random Early Detection* // *Proc. of IPCCC'99*. – P. 169-176.
4. Ильина И.В. *Многоуровневая модель телекоммуникационного трафика системы глобальной навигации* / И.В. Ильина, А.А. Можжаев, А.А. Коваленко // *Системы управления, навигации та зв'язку*. – 2007. – Вып. 2. – С. 76-82.
5. *The Network Simulator (NS-2)*. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу до сайту: <http://www.isi.edu/nsnam/ns>.

Надійшла до редколегії 12.05.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.І. Стрелков, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ ОЧЕРЕДЕЙ МАРШРУТИЗАТОРОВ В СЕТЯХ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПОВ ТРАФИКА

А.А. Можжаев, Ю.Ю. Завизиступ, А.А. Коваленко

*Проведен анализ влияния современных протоколов транспортного уровня высокоскоростных сетей передачи данных на поведение очередей при разных сетевых сценариях. Рассмотрены случаи существования нескольких соединений. Приведены графики зависимости размера очередей и среднего размера очередей в маршрутизаторах при разных типах трафика.*

**Ключевые слова:** протокол, трафик, эффективность, модель, сеть, плавающее окно, очередь, маршрутизатор, пакет.

### ANALYSIS OF CONDUCT OF TURNS OF ROUTERS IN THE NETWORKS OF TELECOMMUNICATIONS IN DEPENDENCE ON TYPES OF TRAFFIC

A.A. Mozhaev, Yu.Yu. Zavizistup, A.A. Kovalenko

*The analysis of influence of modern protocols of a transport level of высокоскоростных networks of transmission of the turns given on a conduct is conducted at different network scenarios. The cases of existence of a few connections are considered. The graphs of dependence of size of turns are resulted and medium-sized turns in routers at the different types of traffics.*

**Keywords:** protocol, traffic, efficiency, model, network, floating window, turn, router, package.