

УДК 004.715

Т. П. ДОВЖЕНКО, аспірант;

К. П. СТОРЧАК, канд. техн. наук, доцент,

Державний університет телекомунікацій, Київ

Аналіз характеристик мережі TCP/IP із використанням модифікованого REM-алгоритму з динамічно розщеплюваною характеристикою (DSREM)

Здійснено порівняння двох алгоритмів активного управління чергою — REM-алгоритму і його модифікації DSREM, а також проаналізовано їх роботу при моделюванні на мережному симуляторі ns-2. Визначено низку ключових переваг DSREM-алгоритму порівняно з REM-алгоритмом.

Ключові слова: TCP/IP-мережа; REM-алгоритм; DSREM-алгоритм; AQM; мережний симулятор ns-2.

Вступ

При стохастичному та некерованому зростанні швидкостей каналів передавання даних відбувається збільшення черги буфера маршрутизатора, а отже, і перенавантаження в лінії зв'язку [1]. Для запобігання цьому та для зменшення довжини черги маршрутизатора використовуються методи активного управління чергою (AQM).

Постановка завдання

Основна мета цієї статті — визначення більш ефективного AQM-методу серед таких двох методів, як REM (*Random Exponential Marking*) та його модифікація DSREM (*REM Algorithm With Dynamic Split Feature*), за допомогою імітаційного моделювання та порівняння характеристик TCP/IP-мережі при їх застосуванні.

Визначення REM-алгоритму

Метод випадкового експоненціального маркування REM базується на використанні ціни p перенавантаження в момент часу kT , обчислюваної за формулою [2]:

$$p(kT) = \max(0, p((k-1)T) + \gamma(\alpha(q(kT) - q_{\text{ref}}) + x(kT) - c)), \quad (1)$$

де c — пропускна здатність каналу зв'язку; $q(kT)$ — поточна довжина черги буфера маршрутизатора; $x(kT)$ — швидкість надходження пакетів; α і γ — додатні константи, $\alpha = 0,1$; $\gamma = 0,001$; T — інтервал часу вимірювань; k — номер інтервалу.

Кожний вихідний затор містить змінну, в якій зберігається інформація про надмірне навантаження мережі. Ця змінна використовується для визначення ймовірності відкидання/маркування пакетів і розраховується за формулою [3]:

$$\text{prob}(kT) = 1 - \varphi^{-p(kT)}, \quad (2)$$

де φ — константа, більша від одиниці.

Опис DSREM-алгоритму

Головні відмінності DSREM-алгоритму від REM-алгоритму полягають у використанні нових параметрів, таких як максимальне значення ціни p_{max} і максимальне значення ціни маркування $p_{\text{max_const}}$, яке дорівнює 6908 при ймовірності відкидання пакетів 0,999, що розраховується за формулою (2). Застосовуються також поточне значення ціни p_{current} і поточна різниця зміни норми втрат $\Delta\varphi$, обчислювані за такими формулами:

$$p_{\text{current}} = \gamma(\alpha(q(kT) - q_{\text{ref}}) + x(kT) - c), \quad (3)$$

$$\Delta\varphi = (x(kT) - c) / c \cdot K_f, \quad (4)$$

де K_f — додатна константа, $K_f = 0,0005$.

На початку роботи алгоритму всі змінні обнуляються. Якщо сума попередньої та поточної ціни менша або дорівнює нулю, то і ймовірність маркування/відкидання пакетів також дорівнюватиме нулю. Якщо сума цих значень більша від p_{max} , то параметру p_{max} присвоюється значення ціни p , а ймовірність відкидання пакетів розраховується за формулою (1). Якщо ж значення ціни більше від постійної $p_{\text{max_const}}$, то значенню p присвоюється значення p_{current} , а постійна φ зростає на $\Delta\varphi$.

Коли значення ціни p менше від p_{\max} , то постійна ϕ зменшується на $\Delta\phi$, а ймовірність маркування $prob(kT)$ розраховується за формулою

$$prob(kT) = (1 - \phi^{-p_{\max}}) \cdot 1 - \phi^{-\left(\frac{p_{\max} \cdot \text{const}}{p_{\max}} p(kT)\right)} \quad (5)$$

У цій праці проведено дослідження TCP/IP-мережі, що містить надмірно навантажену лінію зв'язку, із використанням AQM-алгоритмів REM та DSREM. Схема мережі, наведена на рис. 1, складається з трьох FTP-джерел повідомлення, які за допомогою двох маршрутизаторів передають інформацію на TCP-приймач.

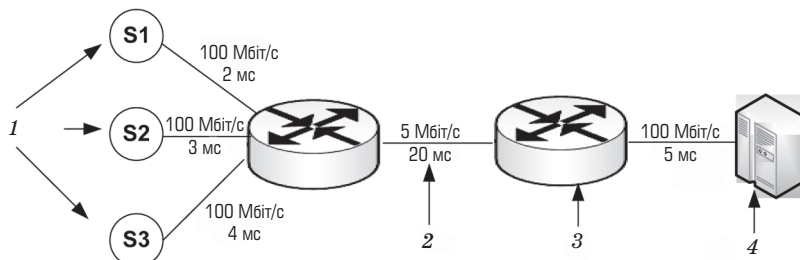


Рис. 1. Схема мережі для імітаційного моделювання:

1 — джерело повідомлення; 2 — лінія зв'язку з надмірним навантаженням; 3 — маршрутизатор; 4 — TCP-приймач повідомлення

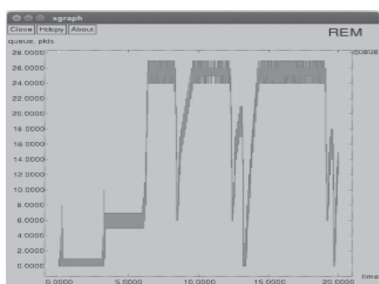
Швидкість каналу між кінцевими вузлами і маршрутизаторами становить 100 Мбіт/с, затримка для кожного кінцевого вузла набуває таких значень: $S1 = 2$ мс, $S2 = 3$ мс, $S3 = 4$ мс. Швидкість каналу між двома транзитними маршрутизаторами становить 5 Мбіт/с (канал із надмірним навантаженням), а затримка дорівнює 20 мс.

При дослідженні змодельованої мережі навантаження на маршрутизатор поступово збільшувалось. Першим розпочало роботу джерело $S1$. Потім, через 3 с — джерело $S2$. На 6-й секунді ввімкнулось джерело $S3$. Процес моделювання тривав 20 с.

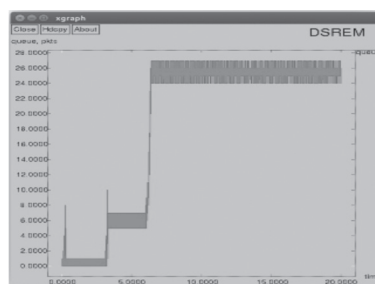
Результати моделювання

При моделюванні мережі TCP/IP із використанням мережного симулятора ns-2 [4] було здобуто результати, наведені на рис. 2, 3, 4.

Графік на рис. 2, а ілюструє нестабільність довжини черги REM-алгоритму при підімкненні третього джерела зі швидкістю каналу 100 Мбіт/с, що також унаочнює рис. 3, а, де вікно перевантаження для REM-алгоритму протягом 20 с тричі спадає до нульового значення. Що ж до ймовірності маркування пакетів, то вона стабільна тільки при підімкненні перших двох джерел зі швидкістю 100 Мбіт/с. У разі підімкнення третього джерела зі швидкістю 100 Мбіт/с значення ймовірності хаотично змінюються від 0,3 до 0,95.

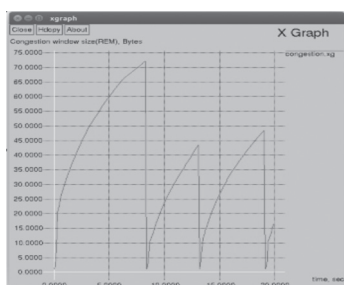


а

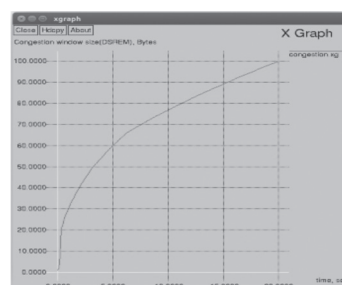


б

Рис. 2. Довжина черги при використанні REM- (а) та DSREM- (б) алгоритму

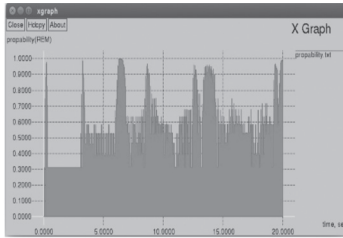


а

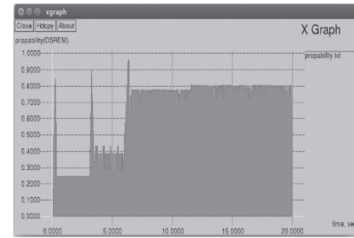


б

Рис. 3. Графіки залежності розміру вікна перевантаження від часу для REM- (а) та DSREM- (б) алгоритму



а



б

Рис. 4. Графіки залежності ймовірності маркування пакетів від часу:
а — для REM-алгоритму; б — для DSREM-алгоритму

На протипагу від REM-алгоритму, DSREM-алгоритм демонструє чудові властивості на всіх трьох графіках: рис. 2, б, 3, б, 4, б. Так, довжина черги (див. рис. 2, б) після підімкнення третього джерела стабільно утримується в одному діапазоні значень, що також виразно ілюструє рис. 3, б, де вікно перевантаження не має різких спадів. До того ж, імовірність маркування пакетів, як впливає з рис. 4, б, стабільно тримається при підімкненні кожного з джерел повідомлень.

При використанні програми Tracelograph разом із симулятором ns-2 було отримано наведені в таблиці значення втрат пакетів для кожного з алгоритмів.

Втрати пакетів для REM- та DSREM-алгоритмів

Метод	Кількість надісланих пакетів	Кількість втрачених пакетів	Кількість відкинутих пакетів
REM	22303	54	6
DSREM	22303	50	0

Висновки

Аналіз здобутих результатів показує, що при моделюванні набагато ефективніший для регулювання довжини черги в маршрутизаторі виявився DSREM-алгоритм, оскільки порівняно з REM-алгоритмом у TCP/IP-мережі відповідні значення ймовірності маркування пакетів і поточного значення черги більш стабільні, а кількість відкинутих і втрачених пакетів значно менша.

Література

1. Коваленко, А. А. Проблемы производительности протокола TCP в гетерогенных сетях и методы ее улучшения / А. А. Коваленко, Ю. Ю. Завизиступ, С. А. Партыка // Вестник ХНТУ.— 2005.— № 1(21).
2. Athuraliya, S. Qinghe Yin, REM: active queue management / S. Athuraliya, S. H. Low, V. H. Li // IEEE Networking Magazine.— 2001.— 15 (3).
3. Su, L. An active queue management scheme for Internet congestion control and its application to differentiated services / L. Su and J. C. Hou.— The Ohio State University.— Columbus, OH, January 2000.— 25 p.
4. The Network Simulator NS-2 [Електронний ресурс].— Режим доступу: <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>

Рецензент: доктор техн. наук, ст. наук. співробітник М. М. Степанов, Державний університет телекомунікацій, Київ.

А. П. Довженко, К. П. Сторчак

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК СЕТИ TCP/IP С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННОГО REM-АЛГОРИТМА С ДИНАМИЧЕСКИ РАСЩЕПЛЯЕМОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ (DSREM)

Проведено сравнение двух алгоритмов активного управления очередью — REM-алгоритма и его модификации DSREM, а также проанализирована их работа при моделировании на сетевом симуляторе ns-2. Определен ряд ключевых преимуществ DSREM-алгоритма перед REM-алгоритмом.

Ключевые слова: TCP/IP-сеть; REM-алгоритм; DSREM-алгоритм; AQM; сетевой симулятор ns-2.

T. P. Dovzhenko, K. P. Storchak

ANALYSIS OF THE TCP/IP NETWORK PERFORMANCE USING A MODIFIED REM-ALGORITHM WITH DYNAMIC SPLIT FEATURE (DSREM)

The paper compared two algorithms for active queue management — REM-algorithm and its modification DSREM and the analysis of their work in the simulation on the network simulator ns-2. It identified a number of key advantages DSREM-algorithm to REM-algorithm.

Keywords: TCP/IP-network; REM-algorithm; DSREM-algorithm; AQM; the network simulator ns-2.