

В.С. Хандецький, П.В. Хандецький

## ВПЛИВ НАВАНТАЖЕННЯ КАНАЛІВ НА МАРШРУТИЗАЦІЮ ЗА АЛГОРИТМОМ ДИФУЗНОГО ОНОВЛЕННЯ

*Анотація.* Визначені функції впливу навантаження каналів на метрику маршруту при умові незалежності кумулятивної затримки вздовж маршруту від його навантаження і при умові, що затримка лінійно залежить від навантаження. Показано, що інтегрований вплив навантаження добре регулюється вибором значення вагового коефіцієнту який задає ступінь участі пропускну здатності в формуванні загальної метрики маршруту.

*Ключові слова:* метрика маршруту, пропускну здатність, затримка, навантаження, алгоритм дифузного оновлення.

**Вступ.** Маршрутизатор розширеного протоколу внутрішнього шлюзу EIGRP підтримує три таблиці, які використовуються алгоритмом дифузного оновлення: таблицю сусідніх пристроїв, таблицю топології і таблицю маршрутизації. Таблиця сусідніх пристроїв містить IP-адреси сусідніх маршрутизаторів, часові характеристики обміну, які характеризують відношення суміжності, неявні показники надійності та затримки. В таблицю топології включаються ідентифікатори активного чи пасивного маршруту, префікс мережі призначення, можлива відстань до неї, усі можливі проміжні вузли та відстані до них, відстань для маршруту через кожний можливий проміжний вузол. Таблиця маршрутизації включає в себе дані про поточний стандартний маршрут і всі можливі маршрути, а також відстані (метрику) для кожного маршруту [1].

**Основна частина.** У відповідності з протоколом EIGRP метрика маршруту розраховується за формулою [2]:

$$M = (256k_1B_e + \frac{k_2B_e}{256-L} + 256k_3D_c) \cdot \frac{k_5}{k_4 + R}, \quad (1)$$

де  $B_e$  – пропускну здатність,  $D_c$  – затримка,  $L$  – навантаження,  $R$  – надійність маршруту.

Для того, щоб у групі паралельних каналів від маршрутизатора до деякої мережі більш широкополосні канали мали краще (більш низьке) значення метрики, пропускна здібність  $B_e$  визначається наступним чином:  $B_e = \frac{10^7}{V}$ , де  $V$  – швидкість каналу в  $kbit/sec$ .

Затримка маршруту визначається як сума усіх затримок вздовж даного маршруту у десятках мікросекунд.

Для визначення навантаження  $L$  використовується експоненційно зважена оцінка. Період вимірювання звичайно складає 5 хвилин, а розрахункове значення навантаження оновлюється через кожні

5 сек. З урахуванням того, яке було середнє навантаження каналу за попередній п'ятихвилинний інтервал. Навантаження  $L$  вимірюється в діапазоні від 1 до 255, де 1 відповідає мінімально навантаженому каналу, а 255 – повністю навантаженому каналу.

Надійність каналу  $R$  також використовується з використанням експоненційно зваженого середнього значення, яке визначається за результатами роботи за попередній п'ятихвилинний інтервал і корегується через кожні 5 сек. Для характеристики  $R$  використовується шкала від 255 до 1, де значення  $R=255$  відповідає каналу з повною відсутністю помилок, а  $R=1$  – повністю непридатному для передачі інформації каналу.

Протоколом EIGRP в якості першого наближення при розрахунках метрики  $M$  рекомендуються наступні значення коефіцієнтів в

(1):  $k_1 = k_2 = 1$ ,  $k_3 = 0$ ,  $\frac{k_5}{k_4 + R} = 1$ . Тоді вираз (1) приймає більш простий

вигляд:

$$M = 256(B_e + D_c). \quad (2)$$

Якщо маршрут складається з декількох послідовно з'єднаних каналів з різною пропускною здатністю, то пропускна здатність маршруту визначається пропускною здатністю найбільш повільного каналу. Припустимо, що це є канал FastEthernet, тоді  $V = 10^8 kbps$ , а пропускна здатність  $B_e = 100$ . Тоді, у відповідності з (2),  $M=30720$ .

Дослідимо вплив навантаження  $L$  на значення метрики, задавши спочатку  $k_1 = k_3 = 1$ ,  $k_2 = 1$ ,  $\frac{k_5}{k_4 + R} = 1$ . Тоді з (1) одержимо:

$$M = 256 \cdot \left[ B_e \left( 1 + \frac{1}{256(256-L)} \right) + D_c \right]. \quad (3)$$

Нагадаємо, що навантаження каналу  $L$  не задається аналогічно  $B_e$  і  $D_c$ , а вимірюється, тому, в принципі вона може змінюватися динамічно в діапазоні від 1 до 255. У відповідності з виразом (3) навантаження  $L=1$  змінює метрику на 0,0003%, а  $L=255$  – на 0,3%, тобто метрика в даних умовах практично не реагує на змінення  $L$ .

Дослідимо відносний вплив навантаження  $L$  на величину метрики  $M$  при довільному значенні коефіцієнту  $k_2$  в умовах, що діють для (3). Задамо функцію  $F_1$ , що описує цей вплив, як

$$F_1 = \frac{1}{M} \cdot \frac{k_2 B_e}{256 - L}. \quad (4)$$

Прийmemo, у першому наближенні, постійним співвідношення між затримкою  $D_c$  і пропускною здатністю  $B_e$ , тобто  $D_c = \alpha B_e$ , де  $\alpha = \text{const}$  (для наведеного вище прикладу  $\alpha = 0,2$ ). Тоді

$$F_1 = \frac{k_2}{k_2 + (1 + \alpha) \cdot 256(256 - L)}. \quad (5)$$

Як показано вище, при  $k_2 =$  змінення навантаження у всьому діапазоні  $L=1-255$  практично не впливає на метрику. Щоб одержати вагомий внесок навантаження прийmemo  $k_2 = 100$ .

Відповідні залежності  $F_1(L, \alpha = 0,2)$  представлені на рис.1.

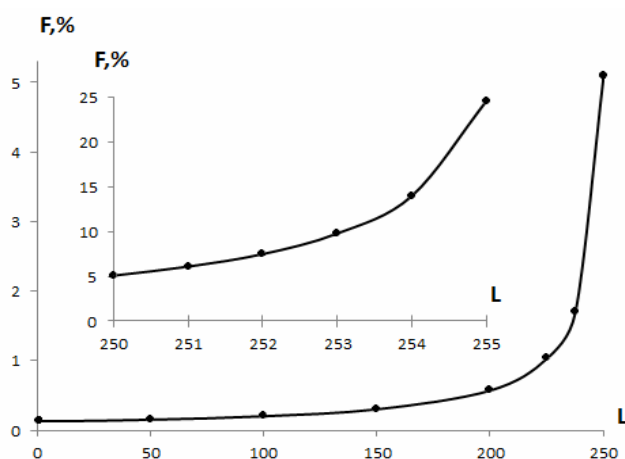


Рисунок 1 – Вплив навантаження  $L$  на величину метрики

$$k_1 = k_3 = 1, k_2 = 100, \frac{k_5}{k_4 + R} = 1$$

Згідно представлених графіків повний діапазон значень навантаження  $L$  за ступенем впливу на метрику маршруту доцільно розділити на три піддіапазони:

- перший,  $1 \leq L \leq 224$ , де  $F_1$  практично не перевищує 1% ;
- другий,  $225 \leq L \leq 249$ , де  $F_1 < 5\%$  ;
- третій,  $250 \leq L \leq 255$ , де  $F_1 > 5\%$  .

При змінненні співвідношення між затримкою  $D_c$  і пропускнуою

здатністю  $B_g$ , ( $\alpha = \frac{B_g}{D_c}$ ) границі цих діапазонів можуть змінюватись. Розглянемо, як змінюється нижня границя  $L_1$  третього діапазону, яка відповідає  $F_1 = 5\%$  , при змінненні параметру  $\alpha$  і вагового коефіцієнта  $k_2$ . Із (5) виходить:

$$L_1 = 256 - \frac{0.074 \cdot k_2}{1 + \alpha}. \quad (6)$$

Графіки залежності  $L_1(k_2)$  при різних  $\alpha$  представлено на рис. 2.

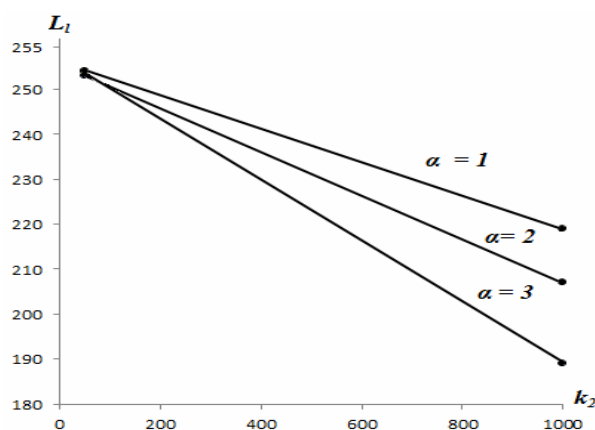


Рисунок 2 – Залежності  $L_1$  від  $k_2$  при різному співвідношенні затримки і пропускнуої здатності маршруту

Таким чином, збільшення затримки по відношенню до пропускнуої здатності маршруту приводить до зростання порогового значення  $L_1$ , яке відповідає 5% впливу навантаження на загальну метрику маршруту.

Результати проведеного аналізу є відповідними при умові незалежності пропускнуої здатності  $B_g$  і затримки  $D_c$  від навантаження  $L$ . Для уточнення одержаних результатів доцільно прийняти, що затримка  $D_c$  залежить від  $L$ .

Загальну тривалість обслуговування пакету  $\tau_\Sigma$  можна представити у вигляді [3,4]:

$$\tau_\Sigma = \tau_r + m\tau_0, \quad (7)$$

де  $\tau_r$  – інтегральний час обслуговування пакету в роутері;  $\tau_0$  – час переходу з однієї ступені черги буферної пам'яті на іншу;  $m$  – кількість зайнятих ступенів. Припустимо, що  $m = \beta \cdot L$ , де  $\beta = \text{const}$ . Враховуючи, що затримка  $D_c$  в основному визначається чергами вздовж маршруту слідування пакету [5,6], одержимо:

$$D_c = \beta \cdot \tau_0 \cdot L, \quad (8)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт пропорційності між загальною кількістю зайнятих ступенів сумарної черги вздовж даного маршруту і навантаженням  $L$ . Тоді загальний вираз для метрики (1) за умови  $\frac{k_5}{k_4 + R} = 1$  приймає

наступний вигляд:

$$M = 256k_1B_e + \frac{k_2B_e}{256 - L} + 256 \cdot k_3L, \quad (9)$$

де коефіцієнт  $k_3$  враховує (8). В цьому випадку функція, що описує відносний вплив навантаження  $L$  на метрику маршруту  $M$  в умовах (9) визначиться як

$$F_2 = \frac{1}{M} \left( \frac{k_2B_e}{256 - L} + 256 \cdot k_3L \right), \quad (10)$$

чи в розгорнутому вигляді :

$$F_2 = \frac{k_2B_e + 256 \cdot k_3L(256 - L)}{256 \cdot k_1B_e(256 - L) + k_2B_e + 256 \cdot k_3L(256 - L)}, \quad (11)$$

Здійснимо оцінку величини  $k_3$ . При аналізі формули (2) прийнято, що пропускна здатність  $B_e = 100$ , а сумарна затримка вздовж маршруту  $D_c = 20$ . При 5% рівні впливу навантаження ( $F_1 = 0,05$ ) значення навантаження  $L_1 = 250$ . Звідси  $k_3 = \frac{D_c}{L_1} = 0,08$ . Іншими словами

тут, як і в попередньому прикладі, коли ми вважали, що затримка  $D_c$  не залежить від навантаження  $L$ , навантаження  $L=250$  викликає 5% змінення загальної метрики маршруту. Залежності  $F_2$  від  $L$  при різних значеннях коефіцієнту  $k_1$ , що масштабує вплив пропускної здатності  $B_e$ , представлені на рис.3.

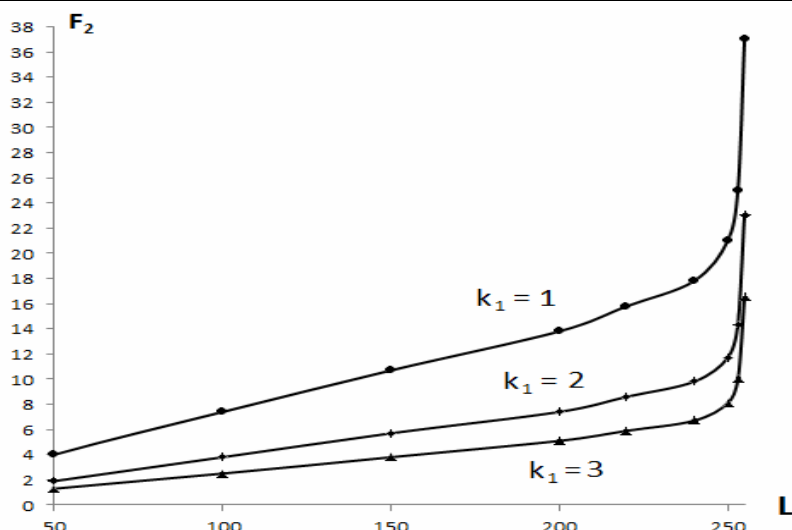


Рисунок 3 – Інтегрований вплив навантаження на загальну метрику маршруту

Аналіз представлених на рис.3 графіків показує, що практично до значення  $L=240$  навантаження лінійно впливає на метрику маршруту. Для графіку на рис.1 це значення  $L$  є суттєво нижчим. Нижче і ступінь нелінійності залежностей  $F_2(L)$  у порівнянні з  $F_1(L)$ . Інтегрований вплив навантаження добре регулюється вибором значення коефіцієнту  $k_1$ .

### Висновки

1. Визначена функція  $F_1$  впливу навантаження  $L$  на метрику маршруту  $M$  при умові незалежності кумулятивної затримки  $D_c$  від  $L$ . Одержана залежність нижнього порогового значення навантаження

$L_1$ , що відповідає  $F_1=5\%$ , від параметру  $\alpha = \frac{D_c}{B_s}$  і коефіцієнту  $k_2$  метрики.

2. Визначена функція впливу  $F_2$ , аналогічна  $F_1$ , але при умові, що кумулятивна затримка  $D_c$  лінійно залежить від навантаження маршруту  $L$ . Показано, що інтегрований вплив навантаження добре регулюється вибором значення коефіцієнту  $k_1$ , який задає ступінь участі пропускної здатності  $B_s$  у формуванні загальної метрики маршруту.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Wendell Odom. CCNA ICND2. Official Exam Certification Guide. Second Edition. / Cisco Press. – 2009. – V.2.
2. Хилл Б. Полный справочник по Cisco. / М.-Л.: Вильямс, 2006. – 1078с.
3. Жожикашвили В.А., Вишневецкий В.М. Сети массового обслуживания. Теория и применение к сетям ЭВМ. / М.: Радио и связь. – 1988. – 191с.
4. Garcia-Luna-Aceves J.J. A Unified Approach for Loop-Free Routing Using Link States or Distance Vectors // ACM SIGCOMM Computer Communication Review. – 1989. – 19(4).
5. Garcia-Luna-Aceves J.J. Loop-Free Routing Using Diffusing Computations // IEEE. ACM Transactions on Networking. – 1993. – 1(1).
6. Jeff Doyle. Routing TCP/IP. – Cisco Press. – 1998. – V.1.