

УДК 621.391

К.О. ПОЛЬЩИКОВ, О.О. ЛАВРУТ, М.М. АЛЕКСАНДРОВ, В.М. ВАСЮК

Полтавський військовий інститут зв'язку, Україна

МЕТОД УПРАВЛІННЯ ТАЙМЕРОМ ПОВТОРНОЇ ПЕРЕДАЧІ В ІНФОРМАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ ЗГІДНО З ПРОТОКОЛОМ TCP

Пропонується метод, що забезпечує вибір раціонального значення тайм-ауту в протоколі TCP.

інформаційна мережа, таймер повторної передачі, управління інформаційним потоком, раціональне значення тайм-ауту, сегмент, протокол TCP

Вступ

Постановка задачі. Управління інформаційним потоком в мережах, що працюють згідно з протоколом TCP, здійснюється за допомогою таймера повторної передачі. При відправленні сегмента в мережу цей таймер починає відлік часу. Якщо квитанція на відправлений сегмент надходить до передавального боку раніше, ніж таймер відрахує час тайм-ауту ТА, то вважається, що цей сегмент успішно доставлено до приймального боку. Якщо до моменту вичерпання тайм-ауту квитанцію на відправлений сегмент не буде одержано, то цей сегмент передається знову.

Правильний вибір значення ТА є важливим завданням. Встановлення занадто малого значення тайм-ауту приведе до виникнення зайвих повторних передач та переповнення мережі безкорисними сегментами. Якщо ж встановити занадто велике значення ТА, то при втраті відправленого сегмента буде марно витратитись багато часу на чекання квитанції, яка у підсумку не надійде до передавального боку. І в першому, і в другому випадках зменшиться корисна швидкість передачі інформації, тобто страждатиме ефективність функціонування мережі.

Аналіз літератури. Вибір часу тайм-ауту в мережах TCP здійснюється на основі використання алгоритму Джекобсона [1, 2]. Згідно з цим алгоритмом для кожного з'єднання в протоколі TCP перед-

бачено розрахунок змінної RTT. Якщо квитанція на відправлений сегмент надходить раніше, ніж закінчується час тайм-ауту, то фіксується величина M – час, що пройшов до моменту одержання цієї квитанції на передавальному боці. Тоді значення RTT оновлюється за формулою:

$$RTT = \alpha RTT + (1 - \alpha)M,$$

де α – ваговий коефіцієнт, який звичайно дорівнює 7/8.

При одержанні кожної квитанції згідно алгоритму Джекобсона передбачається розрахунок згладженої величини абсолютного відхилення між очікуваним значенням RTT та вимірним значенням M :

$$D = \alpha D + (1 - \alpha)|RTT - M|.$$

А величина тайм-ауту, що встановлюється на передавальному боці, розраховується за формулою:

$$TA = RTT + 4D.$$

Вибір множника 4 в останній формулі обґрунтовано одержанням прийнятних результатів в ході проведення експериментальних досліджень.

У більшості реалізацій протоколу TCP до алгоритму Джекобсона було внесено поправку Карна, який запропонував не оновлювати значення RTT для повторно переданих сегментів. Замість цього при кожному повторному передаванні час ТА подвоюється до тих пір, поки квитанції не будуть своєчасно надходити до передавального боку.

Безумовною перевагою алгоритму Джекобсона є простота обчислень. Але аналіз цього алгоритму дозволяє виявити і його суттєві недоліки. Значення коефіцієнтів, що використовуються при розрахунках, були підібрані експериментально, і тому є приблизними.

Крім того, для будь-якої мережі використовуються одні й ті ж значення коефіцієнтів, і тому при управлінні інформаційним потоком недостатньо враховується специфіка різних мереж.

Тому **актуальним завданням** є розробка нового методу управління таймером повторної передачі, який дозволив би усунути недоліки алгоритму Джекобсона та підвищити ефективність функціонування інформаційних мереж, що працюють згідно з протоколом TCP.

Основна частина

Вибір значення тайм-ауту пропонується на основі використання аналітичних виразів, що відбивають залежність середнього часу доставки сегмента в мережі від інших параметрів процесу обміну інформацією:

$$T = \frac{dF(z)}{dz} \Big|_{z=1}, \quad (1)$$

де T – середній час доставки сегмента – показник, який використовується як характеристика ефективності роботи мережі; $F(z)$ – виробляюча функція, яка визначається за допомогою виразу

$$F(z) = \frac{f_1^2(z) \left(\frac{f_3(z)f_6(z)}{1-f_5(z)f_1(z)} + f_4(z) \right)}{1-f_2(z)f_1^2(z)}. \quad (2)$$

Значення величин, які входять у вираз (2), розраховуються за формулами:

$$f_1(z) = z^{t_c}; \quad (3)$$

$$f_2(z) = (1 - P_{ок} - P_{нк}P_{ок})z^{TA-2t_c}; \quad (4)$$

$$f_3(z) = P_{ок}z^{t_{ок}-2t_c}; \quad (5)$$

$$f_4(z) = P_{нк}P_{ок}z^{t_{ок}-t_c}; \quad (6)$$

$$f_5(z) = (1 - P_{ок})z^{TA-t_{ок}+t_c}; \quad (7)$$

$$f_6(z) = P_{ок}z^{t_c}, \quad (8)$$

де t_c – час, на протязі якого здійснюється відправлення сегмента у мережу; $t_{ок}$ – середній час, що триває від початку відправки сегмента до одержання квитанції на цей сегмент; $P_{ок}$ – ймовірність одержання квитанції на відправлений сегмент; $P_{нк}$ – ймовірність одержання квитанції з помилкою.

Вирази (1 – 8) одержані в результаті розробки математичної моделі процесу обміну інформацією згідно з протоколом TCP на основі використання апарату імовірісно-часових графів [3, 4].

Згідно запропонованого методу передбачається встановлювати таке раціональне значення тайм-ауту $TA_{рац}$, при якому середній час доставки сегмента в мережі буде мінімальним. Для реалізації цього методу розроблено алгоритм, блок-схема якого наведена на рис. 1.

Основні операції даного алгоритму полягають у наступному.

Спочатку вимірюється N значень величини M_i , тобто часу, що триває від початку відправки i -го сегмента до одержання квитанції на цей сегмент (рис. 1, блоки 2 та 3).

Потім послідовно з діапазону

$$TA_{min} \leq TA < TA_{max}$$

вибираються значення тайм-ауту.

Значення TA_{min} та TA_{max} вводяться в блок 1 алгоритму. Для кожного значення TA розраховується величина T (блоки 4 – 10). При цьому визначається, скільки квитанцій буде одержано на відправлені сегменти (величина $N_{ок}$), а також сумарний час надходження квитанцій S_M на успішно доставлені сегменти, якщо тайм-аут буде мати значення TA . Значення величин $t_{ок}$ та $P_{ок}$ розраховується за формулами, що містяться в блоці 9.

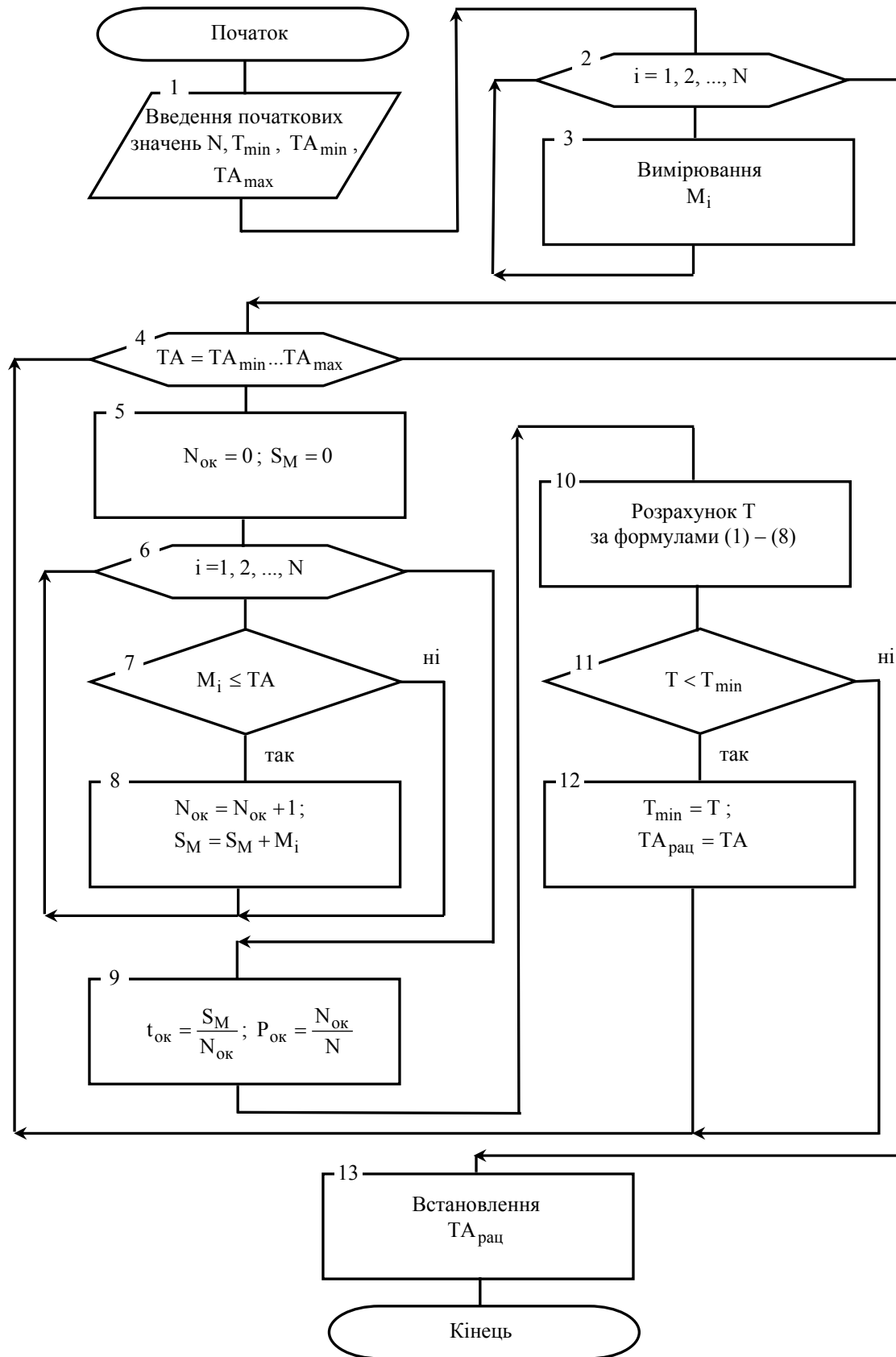


Рис. 1. Блок-схема запропонованого алгоритму управління таймером повторної передачі

Потім розраховане значення середнього часу доставки сегмента в мережі порівнюється з мінімальним значенням цієї величини $T_{\min}$ (блок 11). Початкове значення $T_{\min}$ вводиться в блоці 1. Якщо $T < T_{\min}$, то як $T_{\min}$ в подальшому використовується це значення T , а як раціональне значення тайм-ауту визначається поточне значення ТА (блок 12). В іншому випадку значення величин $T_{\min}$ та $TA_{\text{рац}}$ залишаються без змін.

Цикл визначення раціонального значення $TA_{\text{рац}}$ триває для кожного поточного значення тайм-ауту, поки величина ТА не буде дорівнювати значенню $TA_{\max}$. Нарешті, на передавальному боці встановлюється таке значення $TA_{\text{рац}}$, що було визначено в результаті виконання алгоритму (блок 13).

Зрозуміло, що час, який триває від початку відправки сегмента до одержання квитанції на цей сегмент, є випадковою величиною. Її значення залежить від багатьох факторів, що визначають поточний стан мережі, до яких відносяться, наприклад, завантаженість мережі, працездатність її окремих елементів, якість каналів зв'язку тощо. Проведено розрахунок раціонального значення тайм-ауту для випадку, при якому виміряні значення M_i відповідають даним табл. 1. Відсутність даних про деякі значення величини M_i в цій таблиці означає, що

квитанції на відповідні відправлені сегменти не були одержані на передавальному боці.

Таблиця 1

Виміряні значення величини M_i			
i	M_i , мс	i	M_i , мс
1	200	11	—
2	300	12	500
3	400	13	400
4	—	14	360
5	400	15	400
6	360	16	390
7	500	17	340
8	—	18	900
9	700	19	270
10	680	20	280

Початкові дані про значення інших параметрів, що використовувались при розрахунку, приведені в табл. 2.

Таблиця 2

Початкові дані для розрахунку $TA_{\text{рац}}$	
Параметр	Значення
t_c	50 мс
$P_{\text{нк}}$	0,005
N	20
$TA_{\min}$	350 мс
$TA_{\max}$	1100 мс

За результатами розрахунку, проведеного згідно запропонованого методу, побудовано графік залежності величини T від того, яке значення тайм-ауту буде встановлено (рис. 2).

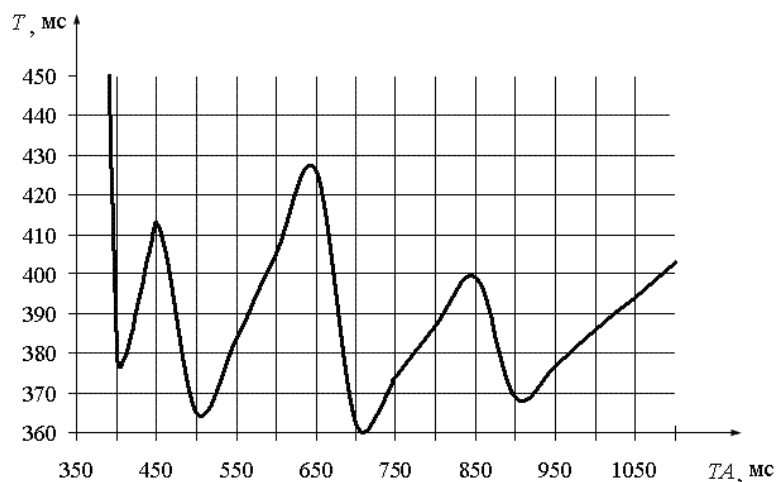


Рис. 2. Графік залежності середнього часу доставки сегмента на приймальний бік від значення тайм-ауту, встановленого на передавальному боці

З цього графіку видно, що мінімальне значення середнього часу доставки сегмента на приймальний бік $T_{\min} = 360$ мс буде спостерігатися, якщо встановлене значення тайм-ауту на передавальному боці буде дорівнювати 670 мс.

Якщо встановити інше значення тайм-ауту, то середній час доставки сегмента може суттєво збільшитись.

Для даних, що містяться в табл. 1, проведено розрахунок значення величини T , яке буде спостерігатися, якщо управління таймером повторної передачі здійснювати згідно алгоритму Джекобсона. В цьому випадку величина середнього часу доставки сегмента адресатові досягне значення 428 мс.

Тобто застосування запропонованого алгоритму дозволить підвищити ефективність роботи мережі на 18,9%.

Проведені дослідження для значень величини M_i , що відрізняються від даних табл. 1, показали, що при застосуванні запропонованого алгоритму замість алгоритму Джекобсона ефективність роботи мережі підвищується на величину від 4,2 до 21,7%.

Висновки

Отже, запропоновано новий метод управління таймером повторної передачі в інформаційних мережах, що працюють згідно з протоколом TCP.

Згідно цього методу вибір раціонального значення тайм-ауту здійснюється на основі використання аналітичної моделі, яка адекватно описує процес обміну інформацією в мережі.

Розрахунки показали, що запропонований метод дозволить суттєво підвищити ефективність функціонування інформаційних мереж (до 21,7%).

Література

1. Таненбаум Э. Компьютерные сети.: Пер. с англ. – СПб.: Питер, 2002. – 848 с.
2. Jain R. Congestion Control and Traffic Management in ATM Networks: Recent Advances and a Survey // Computer Networks and ISDN Systems. – Nov. 1995. – Vol. 27.
3. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2003. – 1104 с.
4. Польщиков К.О., Лаврут О.О., Александров М.М. Математична модель процесу обміну інформацією згідно з протоколом TCP // Системи обробки інформації. – Х.: ХУ ПС, 2007. – Вип. 1 (59). – С. 82-83.

Надійшла до редакції 14.02.2007

Рецензент: канд. техн. наук, доцент В.О. Ольховський, Полтавський військовий інститут зв'язку, Полтава.