

УДК 621.391

К.О. Польщиков, О.О. Лаврут, М.М. Александров

Полтавський військовий інститут зв'язку

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ОБМІНУ ІНФОРМАЦІЄЮ ЗГІДНО З ПРОТОКОЛОМ ТСП

*В статті приводяться результати математичного моделювання процесу обміну даними в інформаційній мережі, що працює згідно з протоколом ТСП.*

*інформаційна мережа, протокол ТСП*

### Вступ

Відомо, що протокол транспортного рівня ТСП сьогодні є одним з найпопулярніших та найпоширеніших протоколів, що використовуються для забезпечення ефективної взаємодії компонентів інформаційних мереж. Тому дослідження, спрямовані на підвищення якості обслуговування користувачів мереж, що працюють згідно з протоколом ТСП, є актуальними. Серед методів наукових досліджень, які доцільно застосувати при розробці та обґрунтованні пропозицій щодо підвищення ефективності роботи інформаційних мереж, найбільш прийнятним є метод математичного моделювання, який дозволяє провести коректні розрахунки без випробувань реального технічного об'єкта.

**Аналіз літератури.** Розробці математичних моделей процесу функціонування інформаційних мереж згідно з протоколом ТСП присвячено ряд робіт [1 – 3]. Але основним недоліком цих моделей є їх занадто велика складність. Тому доцільно розробити достатньо просту модель, яка б адекватно відображала найбільш суттєві та характерні особливості процесу обміну інформацією.

Для вирішення подібних завдань успішно використовуються математичний апарат імовірнісно-часових графів (ІЧГ), за допомогою якого можна адекватно, наочно, з будь-яким рівнем деталізації описати процес, що моделюється [3].

**Метою статті** є розробка математичної моделі процесу обміну інформацією згідно з протоколом ТСП на основі використання апарату ІЧГ.

### Основна частина

На рис. 1 зображено граф, що моделює процес передачі інформаційних сегментів згідно з протоколом ТСП. Даний ІЧГ відповідає простому випадку,

при якому процес передачі інформації закінчується, якщо на приймальний бік успішно доставлено два сегмента. Розмір вікна дорівнює розміру двох сегментів.

Вершини цього графу відповідають певному стану процесу передачі та вказують, які сегменти відправлені та на які з них отримані квитанції. Наприклад, вершина графу, яка позначена «1', 2», відповідає стану, при якому відправником передано другий сегмент та одержано квитанцію на перший сегмент.

Вершина «0» відповідає початковому стану, що передуює передачі відправником усіх сегментів та одержанню на них квитанцій. Кінцевий стан (вершина «2'») відповідає одержанню квитанції на 2-й сегмент та закінченню процесу передачі інформації.

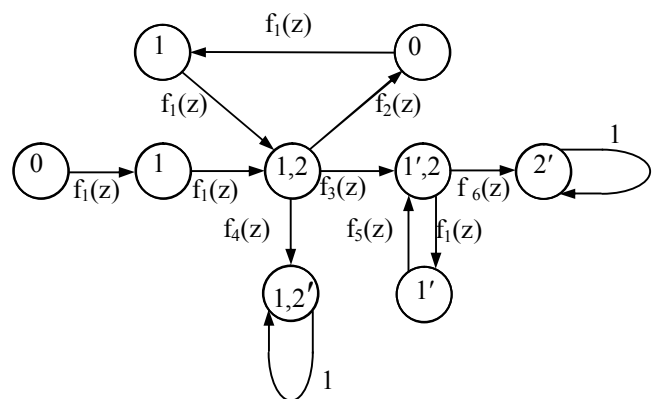


Рис. 1. Граф, що моделює процес передачі інформаційних сегментів згідно з протоколом ТСП

У даному графі враховуються такі особливості процесу обміну даними як виникаючі перекручення інформації, що передається, затримки пакетів в чергах, їх стирання внаслідок переповнення буферних запам'ятовувачих пристроїв тощо. Наприклад, вер-

шина «1, 2'» відповідає стану, при якому відправником прийнята квитанція на 1-й сегмент, а на 2-й сегмент не прийнята. Подія, яка складається в тому, що відправник не отримує квитанцію на переданий сегмент (у даному випадку на 1-й сегмент), може бути викликана будь-якою з причин, що перераховано вище.

Перехід з вершини «0» до вершини «1», тобто відправлення у мережу 1-го сегмента, здійснюється на протязі часу  $t_c$  з ймовірністю рівною 1. Тому функція ребра, що відповідає цьому переходу, дорівнює  $f_1(z) = z^{t_c}$ . Такий вигляд має також функція переходу з вершини «1» до вершини «1,2», тому що другий сегмент відправляється у мережу відразу за першим.

З вершини «1,2» можливий один з трьох переходів, які розглянуті нижче.

1. Коли відправником буде прийнята квитанція на перший сегмент, процес передачі потрапить до стану «1',2'». Середній час, який буде витрачено для переходу з вершини «0» до вершини «1',2'», тобто середній час, що триває від початку відправки сегмента до одержання квитанції на цей сегмент, позначимо  $t_{ок}$ . Таким чином, час переходу з вершини «1,2» до вершини «1',2'» дорівнює  $t_{ок} - 2t_c$ . Ймовірність такого переходу, тобто ймовірність одержання квитанції на відправлений сегмент, позначимо  $P_{ок}$ . Функція ребра, що відповідає переходу з вершини «1,2» до вершини «1',2'», матиме вигляд  $f_3(z) = P_{ок} z^{t_{ок} - 2t_c}$ .

2. Процес передачі потрапить до стану, що відповідає вершині «1,2'», якщо відправником буде прийнята квитанція на другий сегмент, а на перший сегмент до цього часу квитанція одержана не буде. Така ситуація можлива у випадку наявності помилки у квитанції на перший сегмент та успішного одержання квитанції на другий сегмент. Тому ймовірність цього переходу дорівнює добутку  $P_{пк} P_{ок}$  (множник  $P_{пк}$  – це ймовірність одержання квитанції з помилкою). Час, необхідний для переходу з вершини «1» до вершини «1,2'», дорівнює  $t_{ок}$ . Тому, час переходу з вершини «1,2» до вершини «1,2'» дорівнює  $t_{ок} - t_c$ . Функція відповідного ребра матиме вигляд  $f_4(z) = P_{пк} P_{ок} z^{t_{ок} - t_c}$ .

3. Якщо відправником не буде прийнята жодна квитанція на передані два сегмента, то виникне необхідність у повторній передачі цих сегментів, та процес передачі повернеться до вершини «0». Повторна передача першого сегмента почнеться по закінченню часу тайм-ауту  $t_{та}$ , що відраховується для нього. Тому час переходу з вершини «1,2» до вершини «0» дорівнює  $t_{та} - 2t_c$ . Ймовірність такого переходу за умовою нормування дорівнює  $1 - P_{ок} - P_{пк} P_{ок}$ . Функція ребра, що відповідає пере-

ходу з вершини «1,2» до вершини «0», матиме вигляд  $f_2(z) = (1 - P_{ок} - P_{пк} P_{ок}) z^{t_{та} - 2t_c}$ .

Аналогічним шляхом можна визначити функції решти ребер даного графу:

$$f_5(z) = (1 - P_{ок}) z^{t_{та} - t_{ок} + t_c}; \quad f_6(z) = P_{ок} z^{t_c}.$$

Після здійснення еквівалентних перетворень граф буде мати елементарний вигляд (рис. 2).

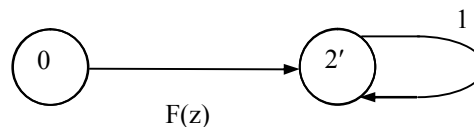


Рис. 2. ІЧГ в перетвореному вигляді

Виробляюча функція знаходиться з виразу

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

Визначивши значення функції  $F(z)$ , можна знайти показник, який часто використовується як характеристика ефективності роботи мережі – середній час доставки сегмента:

$$T_{сеп} = \left. \frac{dF(z)}{dz} \right|_{z=1} / 2.$$

## Висновки

Отже, на основі використання апарату ІЧГ розроблена математична модель процесу обміну інформацією згідно з протоколом TCP. Вона є достатньо простою, наочною та адекватно відображає основні закономірності взаємодії компонентів інформаційної мережі на транспортному рівні. Одержана залежність середнього часу доставки сегмента в мережі від інших параметрів процесу обміну інформацією. Дану модель доцільно використовувати при розробці та обґрунтуванні пропозицій щодо підвищення ефективності роботи мережі, що працює згідно з протоколом TCP.

## Список літератури

1. Лосев Ю.И., Шматков С.И., Дуравкин Е.В. Применение E-сетей для моделирования процесса функционирования СОД // Радиотехника. – Х.: ХНУРЕ, 2001. – Вып. 123. – С. 99-103.
2. Вишневатский В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. – М.: Техносфера, 2003. – 230 с.
3. Невмержицкий И.М., Шаповалов С.В., Польщиков К.А. Методика оценки эффективности протокола транспортного уровня TCP/IP // Радиотехника. – Х.: ХНУРЕ, 2001. – Вып. 121. – С. 203-205.

Надійшла до редколегії 19.12.2006

Рецензент: д-р фіз.-мат. наук, проф. С.М. Шульга, Харківський національний університет ім. в.Н. Каразіна, Харків.