УДК 621.39

ПОБУДОВА ЧЕРГИ ПРИ САМОПОДІБНОМУ ТРАФІКУ

к.т.н. Г.А. Кучук
(подав д.т.н., проф. А.В. Корольов)

Розглянуто підходи до моделювання черг АТМ-чарунок трафіку, який має властивості самоподібності.

Вступ. Швидкі темпи розвитку нових інформаційних і телекомунікаційних технологій, використання середовищ з високими швидкостями передачі і малими ймовірностями помилки, різке збільшення немовного трафіку призвели до створення інформаційно-управляючих систем, телекомунікаційне середовище яких припускає широкосмужну пакетну комутацію. При цьому необхідне проведення попередньої оцінки рівня вимог до основних параметрів мережі, у першу чергу до продуктивності центрів комутації і необхідної швидкості передачі цифрових трактів зв'язку, що дозволить установити відповідність між попитом, ємністю і пропускною здатністю та дасть відповідь на питання про можливості надання того або іншого виду послуг. А це можливо при створенні моделі процесу, найбільш адекватної до реальних умов. При моделюванні обов'язкове проведення повного аналізу черг, що виникають у вузлах комутації, які визначаються поточним мережним трафіком. **Аналіз літератури** [1 – 2], показав, що при моделюванні застосовується класичний підхід, що базується на марковості процесу. Однак характер трафіку в сучасних мережах, наприклад при використанні АТМ-технологій, найчастіше є фрактальним із властивостями самоподібності [3]. Тому **метою даної статті** є моделювання черги при мережному трафіку, що має властивості самоподібності.

Основна частина. Для аналізу черги, що утворюється при самоподібному трафіку, скористаємося ФБД-моделлю, яка описана в [4], з показником Херста $\lambda \in [0{,}5;\ 1)$ і трафіком $N(t)$ на інтервалі часу $(0,\ t)$. Тоді з [5]:

$$N(t) = \mu_n \cdot t + \sqrt{\mu_n \cdot \beta} \cdot Z_t ,$$

де μ_n – середня інтенсивність надходжень; β – коефіцієнт зміни; Z_t – випадкова величина, яка будується згідно з [4].

У типовому центрі комутації, що має вхідний буфер B розміром n_B АТМ-чарунок, з інтенсивністю обслуговування μ розподіл довжини черги Q можна апроксимувати за допомогою розподілу Вейбулла [3]:

$$P(Q > x) = \exp\left(-\left((\mu-\mu_п)^{2\alpha} / \left(2k^2 \cdot \beta \cdot \mu_п\right)\right) \cdot x^{2-2\alpha}\right) + O(\mu), \quad (1)$$

де $k = \alpha^{\alpha}(1-\alpha)^{1-\alpha}$.

Використовуючи теорему Бахадура-Рао [6], з (1) одержимо розподіл довжини черги для фіксованого джерела трафіку з індексом i:

$$P\left(Q^{(i)} > x\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\xi_i \eta_i} \exp\left(-\frac{(\mu-\mu_п)^{2\alpha}}{2k^2 \cdot \beta \cdot \mu_п} \cdot x^{2-2\alpha}\right), \quad (2)$$

де $\xi_i = \left(n_в + t(\mu-\mu_п)\right) / \left(\beta \cdot \mu_п \cdot t^{2\alpha}\right)$; $\eta_i = \beta \cdot \mu_п \cdot t^{2\alpha}$.

Для прикладу розглянемо канал із пропускною здатністю 160 Мб/с з фіксованим середньоквадратичним відхиленням в односекундному інтервалі, що дорівнює 5 Мб/с, при 80%-му завантаженні $(\mu_П = 128\ Мб/с)$. Застосування відповідної моделі [4] дозволило визначити характер залежності ймовірності втрат АТМ-чарунок від довжини черги при різних фіксованих показниках Херста (рис. 1).

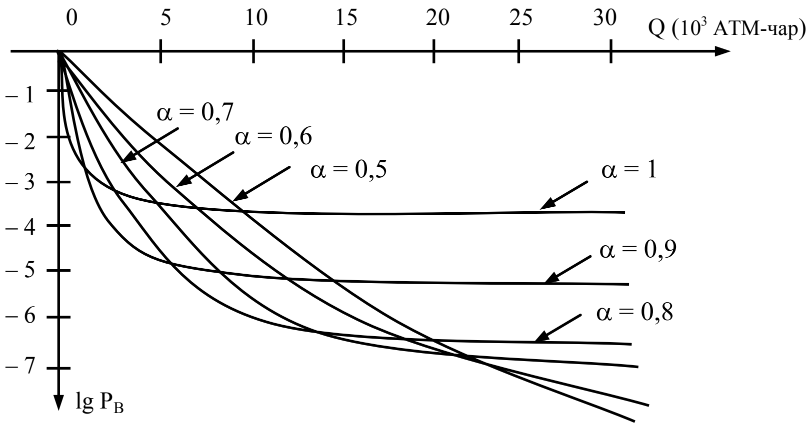

Рис. 1. Залежність ймовірності втрат АТМ-чарунок від довжини черги

У розглянутій моделі також визначаються розміри буфера, при якому самоподібний трафік несе менші втрати, для різних значень показника Херста і коефіцієнта використання.

Аналіз (2) і результатів моделювання самоподібного і марківського трафіків показує, що при невеликих буферах самоподібний трафік більш стійкий щодо можливих втрат АТМ-чарунок, ніж марківський трафік. Неважко підрахувати розмір буфера, при якому втрати самоподібного і марківського трафіків однакові:

$$n_в = (\mu-\mu_п) \cdot (2k)^{2/(2-\alpha)}, \quad (3)$$

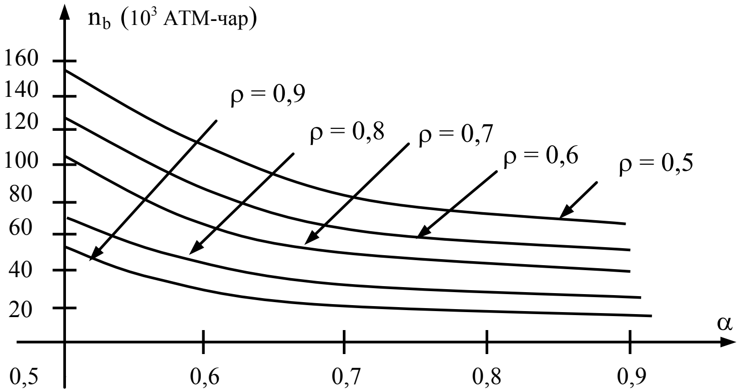

Рис. 2. Характер зміни розміру буфера в залежності від α

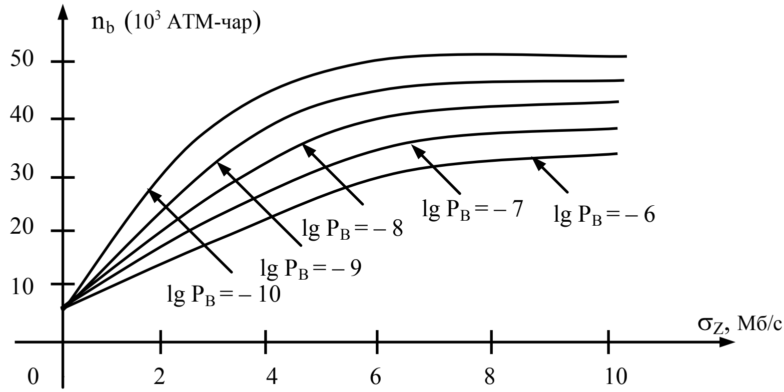

Рис. 3. Характер зміни розміру буфера в залежності від σ_z

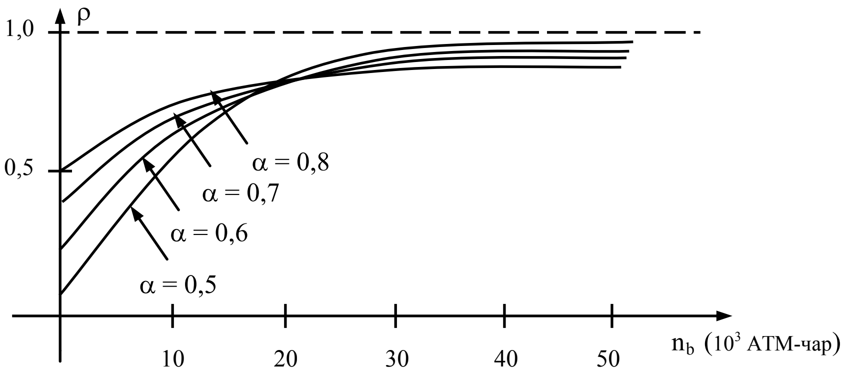

Рис. 4. Залежність коефіцієнта використання від ємності буфера при фіксованому значенні ймовірності втрат

тобто при $\alpha \to 1$ або при великому коефіцієнті використання ρ самоподібність трафіку не дозволяє, використовуючи запропонований підхід, побудувати моделі, більш близькі до реальних, ніж при марківському моделюванні. Результати аналізу даного критичного значення розміру буфера при різних коефіцієнтах використання ρ і можливих значеннях показника Херста наведені на рис. 2. Значення критичної точки ємності буфера в залежності від середньоквадратичного відхилення трафіку σ_z для різних граничних імовірностей втрати АТМ-чарунок показані на рис. 3.

При фіксації розміру буфера n_B, постійній інтенсивності обслуговування μ і заданому граничному значенні імовірності P_B можна розрахувати максимально можливе значення коефіцієнта використання ρ, при якому перевага моделювання самоподібного трафіку зберігається [3]:

$$\rho = \left(1 + \left(2\ln 10 k^2 \sigma_z^2 / \left(\mu^{2\alpha} n_B^{2-2\alpha}\right)\right)^{1/2\alpha}\right)^{-1}, \tag{4}$$

яке використовувалося при аналізі коефіцієнта використання в чергах АТМ-чарунок для різних значень показника Херста (фіксований розмір буфера варіювався в припустимих межах, σ_z = 5 Мб/с, рис. 4).

Висновки. Врахування властивості самоподібності трафіку при моделюванні черг АТМ-чарунок не завжди дає результати, кращі ніж при гаусівській апроксимації. Для знаходження критичних точок розподілу між способами моделювання черги АТМ-чарунок необхідно здійснювати попередній аналіз базових характеристик процесу згідно з виразами (1) – (4), виходячи з вимог до реального мережного трафіку.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Cheng C.S., Thomas J.A. Effective bandwidth in high-speed digital networks // IEEE journal on selected Areas in Communications. – 1995. – V. 13. – P. 1091 – 1100.*
2. *Королёв А.В., Кучук Г.А., Пашнев А.А. Управление сетевыми ресурсами. – Х.: ХВУ, 2004. – 272 с.*
3. *Кучук Г.А. Оцінка втрат у системах з обмеженим очікуванням // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ. – 2004. – Вип. 4. – С. 133 – 137.*
4. *Кучук Г.А. Моделирование обобщенного фрактального броуновского движения // Зб. наук. праць ІПМЕ. – К.: ІПМЕ. – 2003 . – Вип. 22. – С. 105 – 111.*
5. *Кучук Г.А. Мінімізація середньої затримки пакетів при використанні АТМ-технології // Информатика. – К.: Наук. думка. – 1999. – Вып. 7. – С. 166 – 169.*
6. *Fan Z., Mars P. Accurate approximation of cell loss probability for self-similar traffic in ATM-networks // Electronic letters. – 1996. – 32 (19). – P. 87 – 96.*

Надійшла 11.05.2004

***КУЧУК Георгій Анатолійович**, канд. техн. наук, ст. наук. співр., нач. НДВ ІОЦ ХВУ. У 1977 році закінчив механіко-математичний факультет Московського державно-*

го університету. Область наукових інтересів – оптимізація інформаційних систем.