

УДК 004.9

О.Г. СЛАВКО, П.П. КОСТЕНКО

*Кременчуцький Національний університет імені Михайла Остроградського, Україна***ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
НА ОСНОВІ ЛОКАЛЬНОЇ МОДЕЛІ КЕРОВАНОГО ПРОЦЕСУ**

Розглянуто проблему забезпечення якості обслуговування в інформаційних системах і мережах. Показано, що при забезпеченні якості обслуговування виникає задача параметричної ідентифікації математичної моделі процесу передачі даних в умовах його нестационарності та невизначеності. Вказано, що метод синтезу локальної моделі керованого процесу може бути застосований до процесів передачі мережних даних, математичні моделі яких описані звичайними диференціальними рівняннями. Запропоновано удосконалення методу забезпечення якості обслуговування з використанням локальної моделі керованого процесу передачі даних у реальному часі при уникненні перевантажень. Запропонований метод дозволяє скоректувати параметри алгоритмів випадкового раннього виявлення в умовах параметричної невизначеності та нестационарності процесу передачі даних на основі еквіваленту невідомих вхідних сигналів.

Ключові слова: процес передачі даних, якість обслуговування, уникнення перевантажень.

Вступ

Як відомо, сучасний розвиток глобальних і локальних комп'ютерних мереж, інтенсивне поширення інформаційних систем в усіх сферах людської діяльності, зростання кількості Інтернет-користувачів і обсягу мережного трафіка вимагають забезпечення відповідної якості обслуговування (Quality of Service, QoS) передачі даних, і, в першу чергу, забезпечення необхідної швидкості передачі даних і зменшення середнього часу очікування користувачів на обслуговування.

Механізми керування мережними ресурсами і процесами передачі мережних даних відносять до засобів забезпечення QoS (організація черг, керування заторами, уникнення перевантажень, формування трафіка, визначення політик і т.д.) [1]. Однак, у багатьох випадках їх застосування ускладнюється нестационарним і нелінійним характером комп'ютерних та інформаційних систем і мереж, а також процесів передачі мережних даних, що можуть бути представлені як складні динамічні об'єкти, які функціонують при дії невідомих випадкових впливів.

В умовах недостатньої інформації про динаміку об'єкта керування, яким є процес передачі мережних даних, особливого значення набуває задача параметричної ідентифікації математичних моделей процесів передачі даних і мережних ресурсів, оскільки побудова адекватної математичної моделі є передумовою формування відповідного керування, а, отже, і забезпечення необхідного рівня QoS.

Аналіз публікацій [2–6] показує, що застосування методів класичної теорії керування є одним із перспективних підходів до дослідження сучасних інформаційних систем і мереж передачі даних. Однак, в умовах апріорної невизначеності в задачах реального часу їх застосування ускладнюється обчислювальними і часовими витратами і, в деяких випадках, слабкою адаптованістю методів до особливостей функціонування інформаційних комп'ютерних систем і специфіки мережних процесів передачі даних.

Метод, запропонований у [7], дозволяє звести задачу параметричної ідентифікації математичної моделі процесу передачі даних, що представлений як динамічний об'єкт керування, при невідомому вхідному сигналі до задачі ідентифікації при відомому вході та виході об'єкта. Це досягається за рахунок побудови еквіваленту невідомого вхідного впливу шляхом активного експерименту, що формує локальну модель керованого процесу (ЛМКП). Але базовий алгоритм синтезу ЛМКП придатний лише для найпростіших видів об'єктів керування. В роботі [8] алгоритм синтезу ЛМКП модифіковано для об'єктів, що описані звичайними диференціальними рівняннями. Таким чином, розроблений метод може бути застосований до математичних моделей процесів передачі даних при забезпеченні QoS.

Постановка задачі дослідження

Метою роботи є удосконалення методу забезпечення QoS із використанням локальної моделі

керованого процесу передачі даних у реальному часі в умовах параметричної невизначеності та нестаціонарності мережних процесів.

Як відомо, до 95 % мережного трафіка передається за допомогою стеку протоколів TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) [9]. Тому в роботі розглянемо механізм забезпечення QoS при передачі трафіка TCP-протоколу.

Однією з найвагоміших проблем при передачі даних від відправника до отримувача є виникнення перевантажень у граничних вузлах інформаційних мереж (наприклад, маршрутизаторах і пов'язаних з ними каналами зв'язку) з ефектом "вузького місця" (bottleneck).

Серед існуючих засобів уникнення перевантажень у TCP/IP-мережах стандартним вважається алгоритм випадкового раннього виявлення (Random Early Detection, RED) [10] і його модифікації, що відносяться до методів активного керування чергами (Active Queue Management, AQM).

Функціональну схему керування TCP-трафіком на основі алгоритмів AQM із використанням методу синтезу ЛМКП наведено на рис. 1:

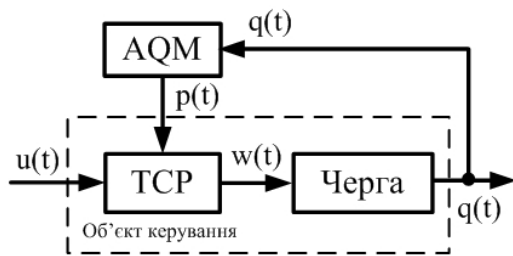


Рис. 1. Схема керування трафіком TCP-протоколу на основі AQM із використанням ЛМКП: $q(t)$ – черга буфера маршрутизатора, $w(t)$ – вікно передачі даних, $p(t)$ – функція ймовірності відкидання пакетів, $u(t)$ – сигнал керування на основі ЛМКП

Об'єктом керування є TCP-протокол, що визначає модель керування потоком мережних даних. Параметри моделі TCP-протоколу, що визначають реакцію на вхідний сигнал, невідомі. Вихідною змінною об'єкта керування є значення буферної черги $q(t)$, що визначає швидкість передачі даних. На об'єкт керування діє невідомий вхідний сигнал $p(t)$, що залежить від завантаженості черги буфера мережного маршрутизатора і також є невідомою і непрогнозованою.

На основі ідентифікації параметрів математичної моделі керованого процесу передачі TCP-даних необхідно побудувати еквівалент невідомого вхідного сигналу $p(t)$ для використання його з метою налаштування параметрів алгоритму AQM/RED в умовах параметричної невизначеності та нестаціо-

нарності керованого процесу передачі даних у задачі забезпечення якості обслуговування.

Математичні моделі процесів передачі мережних даних для побудови ЛМКП

Як зазначалось, метод синтезу ЛМКП дозволяє виконати параметричну ідентифікацію математичних моделей процесів передачі даних за рахунок побудови еквіваленту невідомих вхідних впливів.

Базовий алгоритм синтезу еквіваленту невідомого вхідного сигналу наступний [7, 11]. На основі спостереження за некерованою реакцією об'єкта $y(t)$ (рис. 2, а) протягом короткого часового інтервалу та її прогнозу формується пробне керування. Після отримання керованої реакції $y_c(t)$ на пробне керування (рис. 2, б), обчислюється коефіцієнт підсилення, що використовується для формування еквіваленту невідомого вхідного впливу $f(t)$. Отже, в ході активного експерименту формується сигнал керування $u(t)$, який подвоюючи вихідну реакцію об'єкта, є еквівалентом невідомих вхідних впливів (рис. 2, в).

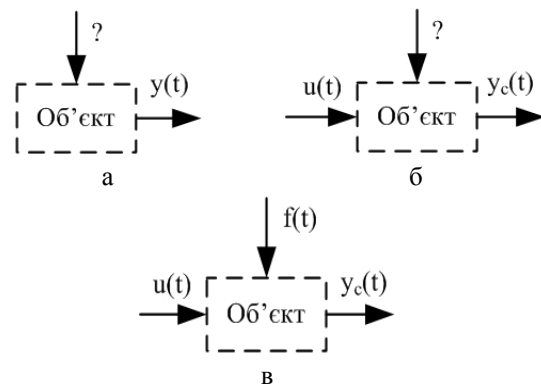


Рис. 2. Схема керування: $f(t)$ – вхідний сигнал, $u(t)$ – сигнал керування, $y(t)$ і $y_c(t)$ – вихідна некерована та керована реакція об'єкта відповідно

Метод параметричної ідентифікації на основі локальної моделі для процесів передачі мережних даних, описаних звичайними диференціальними рівняннями, розроблено в [12].

При уникненні перевантажень основною моделлю передачі даних TCP-протоколу є модель AIMD (Additive Increase / Multiplicative Decrease), що в загальному вигляді на потоковому рівні може бути представлена диференціальним рівнянням [13]:

$$w_i'(t) = k_i(w_i(t), T_i(t)) \left(1 - \frac{p_i(t)}{u_i(w_i(t), T_i(t))} \right),$$

де t – час;

$w_i(t)$ – вікно передачі даних протоколу TCP;

k_i – функція зростання TCP-вікна;

$T_i(t)$ – функція RTT-затримок (Round Trip Time);

$p_i(t)$ – ймовірність втрат пакетів;

u_i – функція граничної корисності;

$i \in N$ – номер TCP-з'єднання.

Згідно [14], процес передачі даних TCP-протоколу в режимі уникнення заторів на основі моделі AIMD при використанні алгоритмів активного керування чергами для одного каналу зв'язку й однорідного трафіка може бути представлений також системою диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} w'(t) = \frac{w(t-\tau^*)}{d + \frac{c}{y(t-\tau^*)}} \left(\frac{1-p(t-\tau^{b*})}{w(t)} - \frac{p(t-\tau^{b*})}{2w(t)^{-1}} \right), \\ y'(t) = \frac{N w(t-\tau^{f*})}{d + y(t-\tau^{f*})/c} - c, \end{cases} \quad (1)$$

де t – час (с);

$w(t)$ – розмір вікна передачі даних (пакети);

$y(t)$ – довжина буферної черги (пакети);

$p(t)$ – функція ймовірності втрат пакетів;

τ^* – рівноважне значення RTT-затримки (с);

τ^{b*} – рівноважне значення затримки передачі пакетів від отримувача до відправника (с);

τ^{f*} – рівноважне значення затримки передачі пакетів від відправника до отримувача (с);

d – затримка передачі пакетів з кінця в кінець (с);

c – пропускна здатність каналу зв'язку (пакети/с);

N – кількість TCP-відправників, $N = \text{const}$.

Система (1) зводиться до диференціального рівняння 2-го порядку [14]:

$$\begin{aligned} y''(t) = & \frac{N(y'(t-\tau^*)+c)}{(d+y(t)/c)^2(y'(t)+c)} - \\ & - \frac{y'(t)(y'(t)+c)}{c(d+y(t)/c)} - N(y'(t-\tau^*)+c) \times \\ & \times (d+y(t)/c)^{-2} (y'(t)+c) p(t-\tau^*) + \\ & + (y'(t-\tau^*)+c)(y'(t)+c)(2N)^{-1} p(t-\tau^*). \end{aligned} \quad (2)$$

Згідно [14] рівняння (2) може бути лінеаризованим відносно рівноважних значень w^* , b^* , p^* . У результаті отримується рівняння:

$$\begin{aligned} y''(t) = & \frac{\partial f}{\partial y(t)} \Big|_* y(t) + \frac{\partial f}{\partial y'(t)} \Big|_* y'(t) + \\ & + \frac{\partial f}{\partial y'(t-\tau^*)} \Big|_* y'(t-\tau^*) + \frac{\partial f}{\partial p(t-\tau^*)} \Big|_* p(t-\tau^*), \end{aligned} \quad (3)$$

де

$$f(\cdot) = f(y(t), y'(t), y'(t-\tau^*), p(t-\tau^*)) = y''(t),$$

$$\frac{\partial f}{\partial y(t)} \Big|_* = -\frac{N}{(\tau^*)^2 c} (1-p^*) - \frac{1}{\tau} \frac{p^* c}{2N},$$

$$\frac{\partial f}{\partial y(t)} \Big|_* = -\frac{2N}{(\tau^*)^3 c} (1-p^*), \quad \frac{\partial f}{\partial y'(t-\tau^*)} \Big|_* = 0,$$

$$\frac{\partial f}{\partial p(t-\tau^*)} \Big|_* = -\frac{N}{(\tau^*)^2} - \frac{c^2}{2N}, \quad p^* = \frac{2N^2}{2N^2 + c^2 (\tau^*)^2}.$$

З рівняння (3) отримується диференціальне рівняння 2-го порядку [14]:

$$y''(t) + a_1 y'(t) + a_0 y(t) = b p(t), \quad (4)$$

$$a_1 = \frac{2cN\tau^* + 2N^2 + c^2\tau^{*2}}{\tau(2N^2 + c^2\tau^{*2})},$$

$$a_0 = \frac{2cN}{\tau^*(2N^2 + c^2\tau^{*2})}, \quad b = \frac{2N^2 + c^2\tau^{*2}}{2\tau^{*2}N},$$

де $y(t)$ – довжина черги в буфері маршрутизатора (пакети);

$p(t)$ – функція ймовірності втрат пакетів за алгоритмом RED;

c – пропускна здатність каналу зв'язку (пакети/с);

N – кількість TCP-відправників;

τ^* – рівноважне значення затримки передачі пакетів із кінця в кінець (с);

τ – RTT-затримка (с).

Параметри a_1 , a_0 , b є невідомими для алгоритмів AQM, що формують керуючий сигнал $p(t)$, і можуть змінюватись у процесі функціонування мережі передачі даних, тому їх ідентифікація в реальному часі має критичне значення для ефективного керування процесом передачі мережних даних і, як наслідок, для забезпечення якості обслуговування.

Застосування ЛМКП для удосконалення методу забезпечення QoS

Таким чином, процеси передачі даних TCP-протоколом можуть бути описаними звичайними

лінійними і нелінійними диференціальними рівняннями. Тому для ідентифікації параметрів їх математичних моделей може бути застосований метод параметричної ідентифікації на основі синтезу ЛМКП. Зокрема, метод дозволяє визначити параметри моделі TCP-протоколу комп'ютера-відправника на основі побудови еквіваленту невідомої вхідної функції ймовірності відкидання пакетів $p(t)$, що формується алгоритмом RED. Це надає можливість налаштування параметрів механізмів керування мережним трафіком. Як відомо, визначення оптимального значення максимальної ймовірності відкидання пакетів p_{\max} в алгоритмі RED дозволяє забезпечити рівномірне розподілення наявної смуги пропускання в каналі передачі TCP-даних.

Оскільки запропонований метод дозволяє синтезувати еквівалент невідомої функції ймовірності втрат пакетів $p(t)$, то можемо отримати середню величину вікна за виразом [15]:

$$\bar{w} = \sqrt{2(1-\bar{p})/\bar{p}}, \quad (5)$$

де \bar{w} і \bar{p} – середнє значення довжини вікна та функції ймовірності втрат пакетів відповідно.

Для цього на певному проміжку часу $[t_0, t_K]$ будемо еквівалент функції ймовірності втрат пакетів. Знаходимо середнє значення \bar{u} як

$$\bar{u} = k^{-1} \sum_j u(t_j), \quad j = 2i+1, \quad i = \overline{0, N-1},$$

де N – кількість точок еквіваленту $[t_0, t_K]$;

k – кількість непарних точок.

Замінюємо \bar{u} значення \bar{p} у рівнянні (5) і отримуємо \bar{w} , що використовується для налаштування p_{\max} за формулою [16]:

$$p_{\max} = 2(\min_{th} + \max_{th}) / (3\bar{w}),$$

$$\max_{th} = MTU b c^{-1}, \quad \max_{th} \geq 2 \min_{th},$$

де p_{\max} – максимальна ймовірність відкидання пакетів;

\bar{w} – середнє значення довжини вікна;

\min_{th} і \max_{th} – мінімальне та максимальне значення черги пакетів відповідно;

b – розмір буфера;

c^{-1} – пропускна здатність каналу;

MTU – максимальний розмір пакета.

Значення p_{\max} визначає максимальну кількість пакетів, що можуть бути прийняті до черги понад встановленої максимальної межі.

Використання методу параметричної ідентифікації на основі ЛМКП дозволяє в умовах невідомої динаміки процесу передачі даних налаштувати оптимальні параметри алгоритму AQM / RED.

На основі розробленої в [17] імітаційної моделі мережної ділянки із bottleneck-ефектом і розробленої в [18] експериментальної мережі з реалізацією алгоритму AQM / RED, проведено імітаційне й експериментальне дослідження ефективності використання синтезу еквіваленту невідомого вхідного сигналу $p(t)$ для налаштування параметрів RED в умовах невідомої динаміки процесу передачі даних.

На рис. 3 і 4 наведено приклади отриманої динаміки черги і швидкості передачі даних відповідно при стандартних налаштуваннях RED і при скоректованих налаштуваннях RED за допомогою методу синтезу ЛМКП для моделі (4).

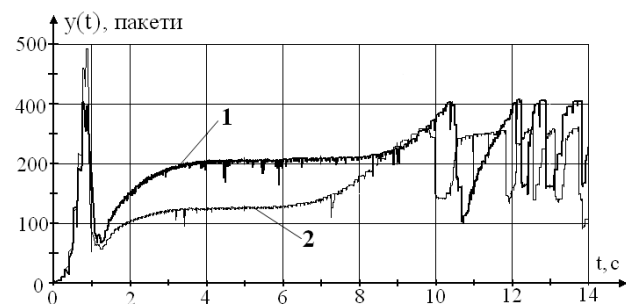


Рис. 3. Приклад залежності довжини черги $y(t)$ від часу t при використанні налаштувань RED: 1 – стандартних, 2 – скоректованих

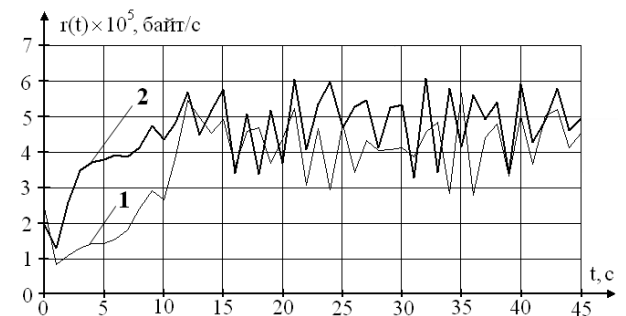


Рис. 4. Приклад залежності швидкості $r(t)$ передачі даних від часу t при використанні налаштувань RED: 1 – стандартних, 2 – скоректованих

Для наведених на рис. 3 і рис. 4 значень основні характеристики процесу передачі даних наступні:

1) при стандартних налаштуваннях RED:
– максимальна довжина черги: 393 пакети;
– середня довжина черги: 195 пакетів;
– середня швидкість передачі даних: $3,664 \cdot 10^5$ байт/с;

2) при скоректованих налаштуваннях RED за допомогою методу синтезу ЛМКП за аналогічних умов:

- максимальна довжина черги: 310 пакетів;
- середня довжина черги: 227 пакетів;
- середня швидкість передачі даних: $4,506 \cdot 10^5$ байт/с.

Для наведених на рис. 3 і рис. 4 значень при використанні ЛМКП для налаштувань параметрів RED максимальна довжина черги на 26,77 % менша, середня довжина черги пакетів на 16,41 % більша, а середня швидкість передачі даних на 22,98 % вища, ніж при стандартних налаштуваннях RED.

Усереднені результати проведених експериментів показали, що застосування методу синтезу ЛМКП при параметричній ідентифікації моделі TCP-протоколу на її основі в задачі уникнення перевантажень забезпечує зменшення максимальних значень довжини черги на 21,05 % і підвищення швидкості передачі даних на 18,31 % порівняно з використанням стандартних налаштувань RED.

Імітаційні й експериментальні дослідження застосування методу синтезу ЛМКП передачі мережних даних у задачах уникнення перевантажень показали, що метод дозволяє в реальному часі отримати інформацію для коректування стандартних параметрів алгоритму AQM/RED в умовах параметричної невизначеності та нестационарності процесу передачі даних без використання спеціальних тестових впливів на основі лише вихідної реакції об'єкта керування, яким є TCP-протокол.

Висновок

У роботі запропоновано удосконалення методу забезпечення QoS із використанням локальної моделі керованого процесу передачі мережних даних у реальному часі в умовах параметричної невизначеності та нестационарності. Використання ЛМКП у задачі уникнення перевантажень дозволяє налаштувати параметри алгоритмів активного керування чергами за рахунок побудови еквіваленту невідомої функції ймовірності втрат пакетів при ідентифікації параметрів математичної моделі TCP/AIMD на його основі. Це дозволяє забезпечувати ефективно уникнення появи перевантажень мережних буферів, зменшує ймовірності втрат пакетів, дозволяє забезпечувати гарантований рівень якості обслуговування користувачів. Використання запропонованого підходу буде корисним при проектуванні мультисервісних інформаційних комп'ютерних мереж.

Література

1. Лемешко, О.В. Модель динамічного балансування мережних ресурсів у телекомунікаційній мережі [Текст] / О.В. Лемешко, О.Ю. Євсєєва,

Д.В. Симоненко // Системи обробки інформації. – 2008. – Вип. 5 (72). – С. 71–74.

2. Jacobsson, K. Towards Accurate Congestion Control Models: Validation and Stability Analysis [Text] / K. Jacobsson, H. Hjalmarsson, K. Johansson // Proceedings of the 17th International Symposium on Mathematical Theory of Network and Systems, Kyoto (Japan). – July 24–28, 2006. – P. 672–682.

3. Hjalmarsson, H. From experiments to closed-loop control [Text] / H. Hjalmarsson // Automatica. – 2005. – Vol. 41, №3. – P. 393–438.

4. Park, K.-J. Anti-windup compensator for active queue management in TCP networks [Text] / K.-J. Park, H. Lim, T. Basar, C. Choi // Control Engineering Practice. – 2003. – Vol. 11, issue 10. – P. 1127–1142.

5. Kunniyur, S. Analysis and design of an adaptive virtual queue algorithm for active queue management [Text] / S. Kunniyur, R. Srikant // Journal of IEEE ACM Transactions on Networking. – 2004. – Vol. 12, Issue 2. – P. 286–299.

6. La, R.J. Stability of a Rate Control System with Averaged Feedback and Network Delay [Text] / R.J. La, P. Ranjan // Automatica. – 2006. – Vol. 42, Issue 10. – P. 1817–1820.

7. Гученко, М.І. Активно-резонансний алгоритм стабілізації [Текст] / М.І. Гученко // Нові технології. Науковий вісник Інституту економіки та нових технологій ім. Ю.І. Кравченка. – 2003. – № 1 (2). – С. 57–61.

8. Славко, О.Г. Метод синтезу еквіваленту невідомого зовнішнього збурення для динамічних об'єктів [Текст] / О.Г. Славко // Математичні машини і системи. – 2011. – №2. – С. 113–120.

9. Zhao, Z. A method for estimating the proportion of nonresponsive traffic at a router [Text] / Z. Zhao, S. Darbha, A. Reddy // Journal of IEEE ACM Transactions on Networking. – 2004. – Vol. 12, №4. – P. 708–718.

10. Столлингс, В. Современные компьютерные сети: 2-е изд. [Текст] / В. Столлингс. – СПб.: Питер, 2003. – 783 с.

11. Славко, О.Г. Порівняльний аналіз синтезу локальної моделі керованого процесу засобами Mathcad та MATLAB/Simulink [Текст] / О.Г. Славко, М.І. Гученко // Проблеми інформатизації та управління: Збірник наукових праць. – 2010. – Вип. 2 (30). – С. 164–171.

12. Славко, О.Г. Метод параметричної ідентифікації динамічних об'єктів на основі синтезу еквіваленту зовнішнього збурення [Текст] / О.Г. Славко // Вісник СумДУ. Серія "Технічні науки". – 2010. – №3, Т. 2. – С. 85–94.

13. FAST TCP: Motivation, Architecture, Algorithms, Performance [Text] / D.X. Wei, Ch. Jin, S.H. Low, S. Hegde // Journal of IEEE ACM Transactions on Networking. – 2006. – Vol. 14, №6. – P. 1246–1259.

14. Kim, K.B. Design of Feedback Controls Supporting TCP based on Modern Control Theory [Text] /

K.B. Kim // INRIA Rocquencourt. – November 2003. – Report № 5014. – 37 p.

15. *Chen, J. Fluid-flow Analysis of TCP Westwood with RED [Text] / J. Chen, F. Paganini // The International Journal of Computer and Telecommunications Networking – 2006. – Vol. 50, Issue 9. – P. 1302 – 1326.*

16. *Hubert, B. Linux Advanced Routing & Traffic Control HOWTO [Electronic Resource] / B. Hubert. – 2003. – 158 p. – Mode of access: <http://www.lartc.org/lartc.pdf>. – 09.02.2012 г.*

17. *Славко, О.Г. Ідентифікація узагальнених параметрів математичної моделі комп'ютерної мережі в задачі забезпечення QoS [Текст] / О.Г. Славко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2010. – № 3 (44). – С. 68 – 74.*

18. *Славко, О.Г. Інформаційна технологія керування перевантаженнями в мультисервісних телекомунікаційних мережах [Текст] / О.Г. Славко // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2011. – Вип. 2 (67), част. 1. – С. 29 – 34.*

Поступила в редакцію 9.02.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри інформаційно-управляючих систем А.П. Оксанич, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Україна.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ЛОКАЛЬНОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЯЕМОГО ПРОЦЕССА

Е.Г. Славко, П.П. Костенко

Рассмотрена проблема обеспечения качества обслуживания в информационных системах и сетях. Показано, что при обеспечении качества обслуживания возникает задача параметрической идентификации математической модели процесса передачи данных в условиях его нестационарности и неопределенности. Указано, что метод синтеза локальной модели управляемого процесса может быть применен к процессам передачи сетевых данных, математические модели которых описаны обычными дифференциальными уравнениями. Предложено усовершенствование метода обеспечения качества обслуживания с использованием локальной модели управляемого процесса передачи данных в реальном времени при предотвращении перегрузок. Предложенный метод позволяет скорректировать параметры алгоритмов случайного раннего обнаружения в условиях параметрической неопределенности и нестационарности процесса передачи данных на основе эквивалента неизвестных входных сигналов.

Ключевые слова: процесс передачи данных, качество обслуживания, предотвращение перегрузок.

QUALITY OF SERVICE PROVIDING OF INFORMATIONAL SYSTEMS ON A BASE OF A CONTROLLED PROCESS LOCAL MODEL

O.G. Slavko, P.P. Kostenko

The problem of quality of service in information systems and networks is examined. It is shown that a problem of parametric identification of mathematical model of data transferring process in case of its nonstationary and uncertainty is occur in a task of quality of service providing. Indicated that method of the controlled process local model synthesis can be applied to the transfer of network data, mathematical models of which are described by ordinary differential equations. The improvement of method of quality of service providing with usage of a controlled process local model of the data in real time while preventing congestions. The proposed method allows to adjust the parameters of the algorithms of random early detection in case of parametric uncertainty and nonstationarity of the data transfer process on a base of the equivalent of unknown input signals.

Key words: data transfer process, процесс передачи данных, quality of service, congestion avoidance.

Славко Олена Геннадіївна – асистент кафедри комп'ютерних та інформаційних систем Кременчуцького Національного університету імені Михайла Остроградського, Кременчук, Україна, e-mail: slavko.elena@gmail.com.

Костенко Павло Павлович – аспірант кафедри комп'ютерних та інформаційних систем Кременчуцького Національного університету імені Михайла Остроградського, Кременчук, Україна.