

## МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ОЧЕРЕДЯМИ НА МАРШРУТИЗАТОРАХ. АЛГОРИТМЫ WRED, AURED, POWARED, LRED

*Бизулу Фрэнк Эммануэль, Майкл Абел Нгамтва,  
Баатар Оюун-Эрдэнэ, Гансүх Дууриймаа*

*Российский университет дружбы народов, frankbizulu@yahoo.com,  
eng\_eboman@yahoo.com, oyuka\_521@yahoo.com, dmaa\_456@yahoo.com*

*В работе исследуется модель управления очередями на маршрутизаторах. В качестве алгоритмов управления трафиком рассмотрены алгоритмы WRED, AURED, POWARED, LRED. Построены фазовые портреты и графики зависимости параметров алгоритмов от времени.*

Ключевые слова: активные алгоритмы управления очередями, WRED, AURED, POWARED, LRED.

### Введение

Основная цель исследования – изучение и анализ различных алгоритмов активного управления очередями на маршрутизаторах сетей TCP/IP, которые позволяют предотвращать перегрузки в сети. В данной работе на базе модели, предложенной в [1], исследуется влияние значений параметров алгоритмов WRED [2-3], AURED [4], POWARED [5], LRED [6] на поведение мгновенной и средневзвешенной длины очереди.

### Модель управления очередями на маршрутизаторе

Модель, предложенная в [1], представляет собой систему стохастических дифференциальных уравнений, математически описывающую взаимодействие TCP-Reno трафика с модулем, функционирующим по алгоритму семейства RED:

$$\begin{aligned}
 \frac{dE[w(t)]}{dt} &= \frac{I(w_{\text{max}} - E\{w(t)\})}{E\{T(t)\}} + I(w(t) - 1) \left[ c - \frac{E\{w(t)\}}{E\{T(t)\}} \right] * \\
 & * (1 - E\{P(w(t - \tau))\}) \frac{E\{w(t - \tau)\}}{E\{T(t - \tau)\}} * E\{p(\phi(t - \tau))\} + \\
 & + (1 - E\{w(t)\}) E\{P_{\text{то}}(w(t - \tau))\} \frac{E\{w(t - \tau)\}}{E\{T(t - \tau)\}} E\{p_d(\phi(t - \tau))\}, \\
 \frac{dE[q(t)]}{dt} &= I(R - E\{q(t)\}) \left( \frac{NE\{w(t)\}}{E\{T(t)\}} \right) (1 - E\{p(\phi(t))\}) - E\{C(t)\}, \\
 \frac{dE\{\phi(t)\}}{dt} &= \frac{\ln(1 - w_q)}{E\{\phi(t)\}} - \frac{\ln(1 - w_q)}{E\{q(t)\}}.
 \end{aligned}$$

Параметры системы: размер окна TCPw(t), длина очереди q(t), экспоненциально взвешенная длина очереди ϕ(t).

Представление конкретного алгоритма выражается видом функции сброса p(ϕ).

### Функции сброса алгоритмов WRED, AURED, POWARED, LRED

Алгоритм WRED отличается от классического RED [7] видом параметра r<sub>max</sub>. Согласно [3]  $p_{\text{max}}^{\text{WRED}} = \frac{1}{h+1}$ , где h – число узлов, через которые проходит трафик.

Алгоритмы AURED, POWARED являются адаптивными алгоритмами управления. Их функция сброса представляет собой параметрически заданную (с параметром r<sub>max</sub>) кусочно-линейную функцию, аппроксимирующую некоторую нелинейную функцию сброса.

Алгоритм LREDпо своей сути является развитием более общих алгоритмов AQM (типа алгоритма BLUE), учитывающих еще и соотношение отброшенных пакетов к принятым.

Моделируемая система и соответствующие алгоритмам WRED, AURED, POWARED, LRED функции сброса реализованы на языке fortran. Построены графики зависимости параметров системы от времени (рис. 1-4).

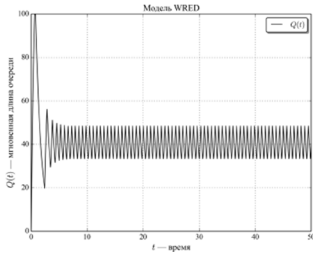


Рис. 1.  $E[q(t)]$  WRED системы

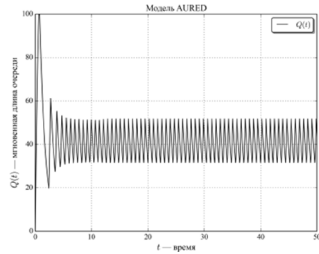


Рис. 2.  $E[q(t)]$  AURED системы

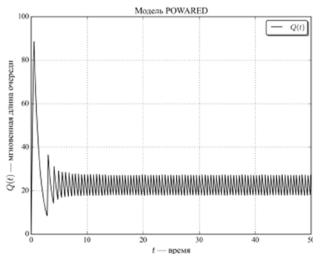


Рис. 3.  $E[q(t)]$  POWARED системы

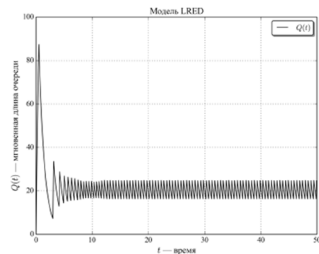


Рис. 4.  $E[q(t)]$  LRED системы

### Выводы

При определенных значениях порогов и наблюдается возникновение автоколебаний, что отражено на построенных фазовых портретах системы (рис. 5-8).

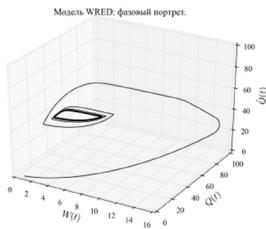


Рис. 5. Фазовый портрет WRED системы

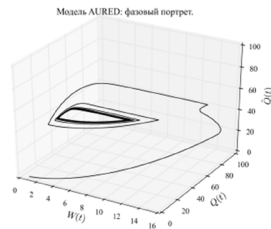


Рис. 6. Фазовый портрет AURED системы

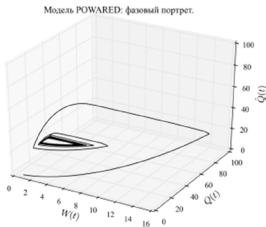


Рис. 7. Фазовый портрет POWARED системы

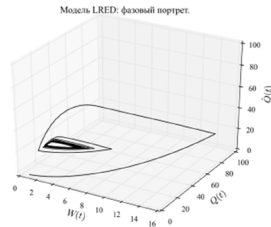


Рис. 8. Фазовый портрет системы с LRED

### Литература

1. Королькова А.В., Кулябов Д.С. Математическая модель динамики поведения параметров систем типа RED // Вестник РУДН. Серия «Математика. Информатика. Физика». – 2010. - № 2. - С. 68-76.
2. Weighted Random Early Discard (WRED) / Multi-Service IronWareQoS and Traffic Management Configuration Guide. - [http://www.brocade.com/downloads/documents/html\\_product\\_manuals/NI\\_05500c\\_TRAFFIC\\_help/wwhimpl/common/html/wwhelp.htm#href=QoS\\_3.6.13.html&single=true](http://www.brocade.com/downloads/documents/html_product_manuals/NI_05500c_TRAFFIC_help/wwhimpl/common/html/wwhelp.htm#href=QoS_3.6.13.html&single=true)
3. Chaegwon Lim, Chong-Ho Choi, Hyuk Lim. A Weighted RED for Alleviating Starvation Problem in Wireless Mesh Networks // Local Computer Networks, 2008.
4. Hsiu-Jy Ho, Wei-Ming Lin, AURED – Autonomous Random Early Detection for TCP Congestion Control // Systems and Networks Communications, 2008. ICSNC '08. 3rd International Conference on 26-31 Oct. 2008. – P. 79 – 84. – DOI: 10.1109/ICSNC.2008.22
5. POWARED for Non-Linear Adaptive RED / B.K Ng, M.S. Ud-din, A.A.Y.M. Abusin, D. Chieng // Asia-Pacific Conference on Communications, Perth, Western Australia. - 3-5 October 2005.
6. Chonggang Wang, Jiangchuan Liu, Bo Li, KazemSohraby and Y. Thomas Hou. LRED: A Robust and Responsive AQM Algorithm Using Packet Loss Ratio Measurement // IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems (TPDS). - Vol..18, Issue 1, 2007. – P. 29 – 43. – doi: 10.1109/TPDS.2007.253279.
7. Floyd S., Jacobson V. Random Early Detection Gateways for Congestion Avoidance// IEEE/ACM Transactions on Networking. — 1993. — No 1(4). — Pp. 397–413.

### ROUTERS QUEUE MANAGEMENT MODEL ANALYSIS. ALGORITHMS WRED, AURED, POWARED, LRED

*Bizulu Frank Emmanuel, Micheal Abel Ngamtwa, Baatar Oyun-Erdene, Gansukh Duuriimaa  
Peoples' Friendship University of Russia, frankbizulu@yahoo.com, eng\_eboman@yahoo.com,  
oyuka\_521@yahoo.com, dmaa\_456@yahoo.com*

*In this paper the model queue management routers. As traffic management algorithms of WRED, AURED, POWARED, LRED. The phase portraits and graphics depending on the time parameters of the algorithms.*

Key words: AQM, WRED, AURED, POWARED, LRED