

УДК 004.715

О. В. НЕВДАЧИНА, О. Н. ТКАЛЕНКО, А. П. ПОЛОНЕВИЧ, А. С. АРТЮЩИК, кандидаты техн. наук,
Государственный университет телекоммуникаций, Киев

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА В СИСТЕМЕ АКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОЧЕРЕДЬЮ

Исследована работа системы активного управления очередью пакетов в сетях TCP/IP с нечетким регулятором при случайном изменении нагрузки трафика. Сделан вывод о целесообразности применения нечеткого регулятора в маршрутизаторах для устранения перегрузок в указанных сетях.

Ключевые слова: нечеткий регулятор; TCP/IP; активное управление очередью; очередь пакетов; MATLAB.

Введение

Активное управление очередью пакетов (АQM) осуществляется благодаря обратной связи, обеспечивающей поступление информации о состоянии маршрутизатора, в котором может произойти переполнение буфера.

Цель статьи — исследование динамики работы АQM-системы при использовании в качестве регулятора перегрузок нечеткого регулятора. Для оценки указанной динамики проводится измерение текущей длины очереди и вероятности маркировки/отбрасывания пакетов при изменяющейся случайным образом длине очереди пакетов.

Решение задачи

Для анализа работы системы активного управления очередью пакетов ее можно представить как систему управления с обратной связью, где в качестве АQM-закона управления может быть использован любой регулятор. Его основная задача — поддерживать очередь пакетов на минимальном уровне, не допуская наступления перегрузки. Общая схема данной системы представлена на рис. 1 [1].

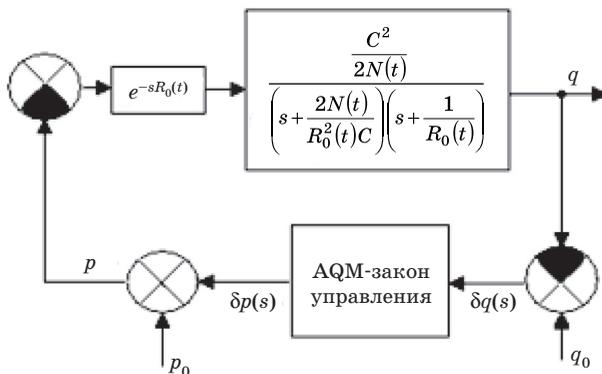


Рис. 1. Общая схема системы активного управления очередью пакетов

Динамика объекта описывается передаточной функцией, которая представляет собой отношение по Лапласу переменной «длина очереди» к переменной «вероятность отбрасывания/маркировки пакета» и имеет вид:

$$G(s) = P(s)e^{-sR_0} = \frac{C^2 \left(s^2 - \frac{6}{R_0}s + \frac{12}{R_0^2} \right)}{\left(s + \frac{2N}{R^2 C} \right) \left(s + \frac{1}{R_0} \right) \left(s^2 + \frac{6}{R_0}s + \frac{12}{R_0^2} \right)},$$

где C — емкость связи (пакетов/с); R_0 — время следования туда и обратно, N — коэффициент нагрузки (число TCP сессий). Передаточная функция звена запаздывания аппроксимируется при помощи функции Паде 2-го порядка [2].

Применение нечетких регуляторов, т. е. регуляторов, работающих на базе нечеткой логики и обеспечивающих управление различными объектами, демонстрирует их высокую эффективность и в ряде случаев существенные преимущества перед линейными цифровыми регуляторами.

Для исследования работы данной системы с нечетким регулятором был выбран нечеткий регулятор с тремя функциями принадлежности (рис. 2).

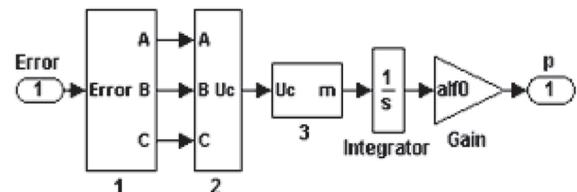


Рис. 2. Блок-схема нечеткого регулятора с тремя функциями принадлежности

Отметим, что нечеткий регулятор с идентичными треугольными функциями принадлежности достаточно прост в практической реализации и обеспечивает высокие показатели регулировки. Формирователь задействованных величин этого регулятора представлен на рис. 3.

Основная модель АQM-системы с нечетким регулятором (*Fuzzy Controller — FC*) приведена на рис. 4.

В интерактивной системе MATLAB можно представить модель объекта управления соединением звеньев с изменяющимися случайным образом параметрами $N(t)$ и $R(t)$. Усилительное звено $C^2/2/N(t)$ моделируется такими блоками, как усилитель Gain1 и делитель Product1, на верхний вход которого поступает сигнал $N(t)$.

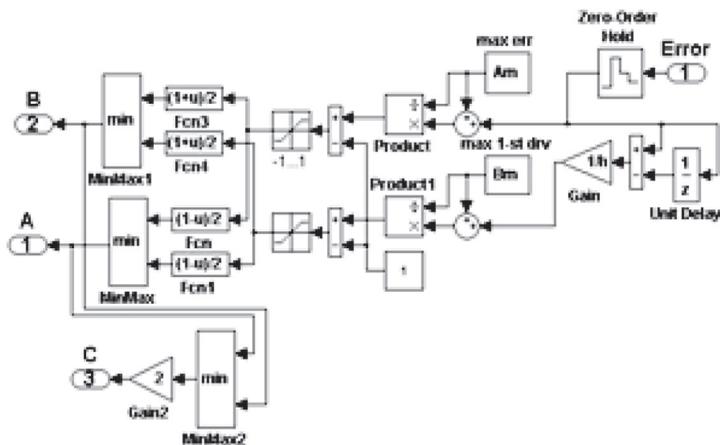


Рис. 3. Формирователь величин А, В и С нечеткого регулятора

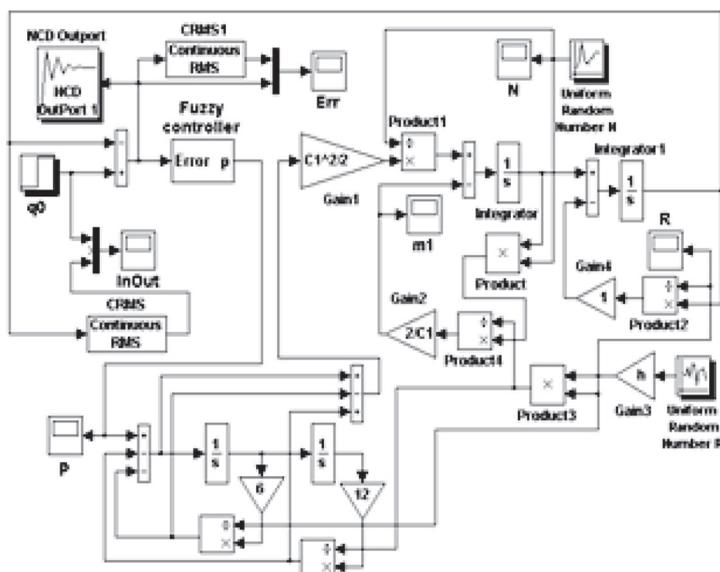


Рис. 4. Модель AQM-системы, скорректированной нечетким регулятором

Апериодическое звено $[s + 2N(t)/R_0^2(t)/C]$ моделируется интегратором Integrator, который охвачен отрицательной обратной связью. Она включает в себя умножитель Product, делитель Product4 и усилитель Gain2. Апериодическое звено $[s + 1/R_0(t)]$ моделируется интегратором Integrator1, делителем Product2 и усилителем Gain4.

Нечеткий регулятор настраивается на минимальную динамическую ошибку $\theta(t) = q_0 - q(t)$. Шаг квантования (шаг поступления данных в нечеткий регулятор) $h = 0,01$ с. Желаемый размер очереди выбран 200 пакетов. Емкость сети 2000 пакетов/с.

При настройке нечеткого регулятора были получены следующие параметры:

$$\text{alf0} = 10^{-5}; h = 0,01; \text{Am} = 198; \\ \text{Vm} = 330; \text{Dm} = 2800.$$

Процессы в AQM-системе, скорректированной данным нечетким регулятором с идентичными входными и выходными треугольными функциями принадлежности, иллюстрирует рис. 5.

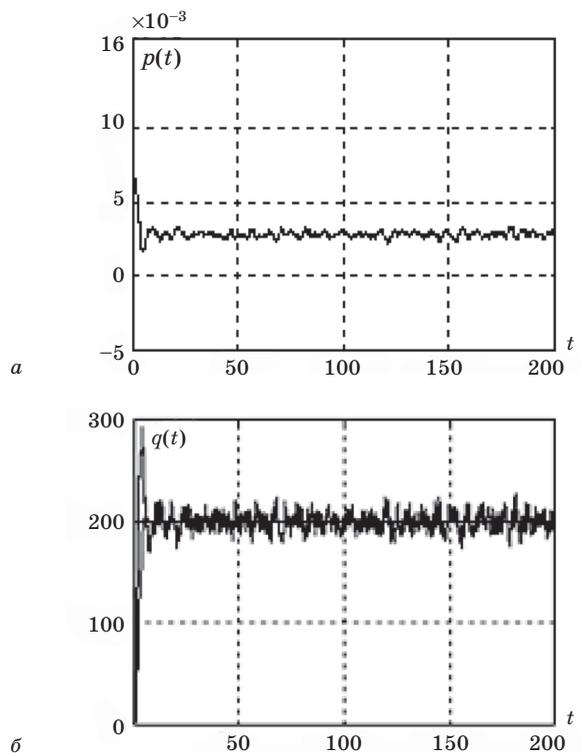


Рис. 5. Изменение вероятности $p(t)$ отбрасывания/маркировки пакетов (а) и почтовой длины очереди $q(t)$ (б) в системе с нечетким регулятором

Выводы

Проведенные исследования показали, что применение нечетких регуляторов в системах активного управления очередью дает лучший эффект регулирования очереди по сравнению с регуляторами на постоянных параметрах, поскольку нечеткие регуляторы обеспечивают более высокое быстродействие и установку очереди, максимально приближенной к желаемой [3–5]. Именно поэтому имеет смысл широко применять их на практике в маршрутизаторах во избежание перегрузок в сетях TCP/IP.

Литература

1. Гостев, В. И. Нечеткое активное управление очередью в узкоспециализированной радиосвязи / [В. И. Гостев, С. Н. Скуртов, О. В. Невдачина, В. Д. Кротов] // Сучасна спеціальна техніка.— 2011.— № 3 (26).— С. 66–80.
2. Гостев, В. И. Аппроксимация комплексной передаточной функцией звена ПАДЕ n-го порядка (приближение ПАДЕ n-го порядка звена чистого запаздывания для AQM систем) / [В. И. Гостев, Н. И. Кунах, О. В. Невдачина, А. С. Артюжик] // Сучасна спеціальна техніка.— 2013.— № 1 (32).— С. 79–86.
3. Гостев, В. И. Определение областей устойчивости AQM систем с PI-, PID-, RED- регуляторами / [В. И. Гостев, Н. И. Кунах, О. В. Невдачина,

С. В. Кучер]: зб. наук. праць Донецьк. НТУ.— 2011.— №8.— С. 117–121.

4. Гостев, В. И. Сравнительная оценка PI-, PID-, RED- алгоритмов для AQM систем при переменных параметрах TCP/IP сети / [В. И. Гостев, С. Н. Скуртов, О. В. Невдачина, С. В. Кучер] //

Сучасна спеціальна техніка.— 2011.— №2(25).— С. 34–43.

5. Гостев, В. И. Варианты проектирования нечетких регуляторов / В. И. Гостев, О. В. Невдачина, О. Н. Ткаленко: зб. наук. праць Донецьк. НТУ.— 2012.— №29.— С. 54–63.

О. В. Невдачина, О. М. Ткаленко, А. П. Полоневич, А. С. Артющик

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЧІТКОГО РЕГУЛЯТОРА В СИСТЕМІ АКТИВНОГО КЕРУВАННЯ ЧЕРГОЮ

Досліджено роботу системи активного керування чергою пакетів у мережах TCP/IP із нечітким регулятором при випадковій зміні навантаження трафіку. Обґрунтовано висновок про доцільність застосування нечіткого регулятора в маршрутизаторах для усунення перевантажень у мережах TCP/IP.

Ключові слова: нечіткий регулятор; TCP/IP; активне керування чергою; черга пакетів; MATLAB.

O. V. Nevdachyna, O. N. Tkalenko, A. P. Polonevych, A. S. Artyuschyk

APPLICATION OF FUZZY REGULATOR IN ACTIVE QUEUE MANAGEMENT

The paper studied the work of the active queue management packets in TCP/IP networks with fuzzy controller for random traffic load changes. The conclusion of the appropriateness of a fuzzy controller in routers to fight with congestion in networks TCP/IP is substantiated.

Keywords: fuzzy control; TCP/IP; an active queue management; packet queue; MATLAB.

