УДК 004.73+621.39

Высочиненко М. С., магістр(Тел.: +380 (67) 139 45 11. E-mail: vysochinenko_m@ukr.net)
(Державний заклад «Київський коледж зв'язку»)

УПРАВЛЕНИЕ ЗАПРОСАМИ С ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯМИ К СТАНЦИЯМ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ

Височіненко М. С. Управління запитами з переключеннями до станцій безпроводової мережі. Проаналізовані можливості застосування методів впорядкованого опиту (поллінга) для обміну даними в спеціалізованих бездротових мережах. Розглянуті моделі системи поллінга і асимптотичні характеристики часу затримки при організації запитів до мереж, у яких застосовано системи управління зі зворотним зв'язком по швидкості заповнення буфера. Одержані спрощені вирази для оцінок параметрів апріорних розподілів на основі застосування виробляючої функції моментів.

***Ключові слова*: безпровідна мережа, поллінг, функція моментів, модель системи поллінгу, організація запитів, система управління, час затримки**

Высочиненко М. С. Управление запросами с переключениями к станциям беспроводной сети. Проанализированы возможности применения методов упорядоченного опроса (поллинга) для обмена данными в специализированных беспроводных сетях. Рассмотрены модели системы поллинга и асимптотические характеристики времени задержки при организации запросов к сетям, в которых применены системы управления с обратной связью по скорости заполнения буфера. Получены упрощенные выражения для оценок параметров априорных распределений на основе применения производящей функции моментов.

***Ключевые слова*: беспроводная сеть, поллинг, функция моментов, модель системы поллинга, организация запросов, система управления, время задержки**

Постановка задачи. Представлена математическая модель процесса запросов к элементам широкополосной беспроводной сети с применением метода поллинга. Система поллинга состоит из очередей к M элементам сети. На каждый из элементов по случайному закону поступает запрос на выдачу некоторого объема данных. Процесс поступления запросов – стационарный и эргодический. Вероятность поступления на m-й элемент одновременно более одного запроса считается величиной второго порядка малости [1].

За время $\left[t_i \ldots t_i + \tau\right]$ обслуживания m-го элемента может быть отправлено $\psi_m\left(l_m\right)$ наборов данных. l_m – длина очереди в момент t_i, ψ_m – дисциплина обслуживания (циклическое, периодическое на основе таблицы поллинга, по случайному закону, с приоритетами). Вероятность обслуживания ровно k запросов на интервале τ обозначим как $p_{\tau k}$.

Сформулируем условия, которым должны удовлетворять дисциплины обслуживания.

Если в момент поступления запроса на m-й элемент в очереди уже находится $l_m - 1$ запросов, они обслуживаются в соответствии с дисциплиной *FIFO* (первый пришел – первый вышел) или *FIFO* с приоритетами. Обслуженные запросы покидают систему. Затем происходит переход на запрос к следующему элементу. Считается, что условия $\psi_m\left(1\right) = 1$ с вероятностью $p_{\tau 1} = 1$; $\psi_m\left(l_m\right) \le l_m$ с вероятностью $p_{\tau m} < 1$ всегда выполняются.

Пусть λ – средняя интенсивность потока запросов на интервале наблюдения $T_{\text{н}}$; μ – средняя интенсивность обслуживания запроса; p_m – вероятность попадания запроса на m-й элемент.

Тогда при выполнении условия $\lambda\left(\frac{1}{\mu} + \max\limits_{M} \frac{p_m}{\Psi_m \nu_m}\right) < 1$ имеет место убывание длины очереди;

при $\lambda\left(\frac{1}{\mu}+\max\limits_{M}\frac{p_m}{\Psi_m\nu_m}\right)=1$ имеем сходимость к стационарному значению длины очереди;

а при $\lambda\left(\frac{1}{\mu}+\max\limits_{M}\frac{p_m}{\Psi_m\nu_m}\right)>1$ длина очереди в системе неограниченно нарастает до заполнения очереди.

Здесь $\Psi_m=\lim\limits_{l_m\to\infty}\psi_m\left(l_m\right)$, ν_m – среднее число запросов, поступающих на m-й элемент на интервале наблюдения.

В последнем случае может иметь место потеря запросов и возникает необходимость организации повторного запроса.

Стационарный режим выдерживания длины очереди. Рассмотрим задачу характеристики длины очереди при нестационарном потоке запросов. Как известно [1], при этом условия ординарности и отсутствия последействия выполнимы для широкого диапазона условий. В то же время предположения о стационарности внушают серьезные сомнения, а иногда оказываются и заведомо ошибочными.

Типичным примером такого процесса в информационных и телекоммуникационных сетях является трафик типа *TriplePlay* (речь – видео – данные) или *QuadroPlay* (речь – видео – данные – мобильные абоненты). Трафик приобретает выраженный самоподобный характер [2]: при общей низкой (в среднем) интенсивности на отдельных кратковременных интервалах наблюдения возникают всплески кратковременной интенсивности трафика, которые могут превышать долговременную среднюю интенсивность на несколько порядков.

Для обеспечения стационарного (или близкого к нему) режима выдерживания длины очереди при нестационарном потоке запросов нами разработан модифицированный метод поллинга с обратной связью, параметры которой определяются не только по результатам анализа величины заполненной части общего объема буфера, но и скорости его заполнения. Рассмотрены исчерпывающая, шлюзовая и *l*-ограниченная дисциплины обслуживания (подробные определения и классификация дисциплин обслуживания даны в работе [3]).

Модель системы поллинга с периодическим опросом терминальных узлов представлена на Рис. 1.

Система обслуживания является несимметричной, а сигнальная и управляющая информация поступают с задержками, в общем случае различными для каждого обслуживаемого элемента. Такая модель описывается системой дифференциально-разностных уравнений (уравнений с отклоняющимся аргументом [4]).

В работах [5, 6] для упрощения задачи и получения асимптотических оценок была предложена математическая модель системы управления на основе линейного дифференциального уравнения с коэффициентами b_i, постоянными на интервале наблюдения:

$$y'_{asi}\left(t\right)=b_i y_{asi}\left(t-\tau_i\right)+u_i\left(t-v_i\right)+\xi_i\left(t\right), \tag{1}$$

где $\xi_i\left(t\right)$ – внешние и внутренние шумы и помехи.

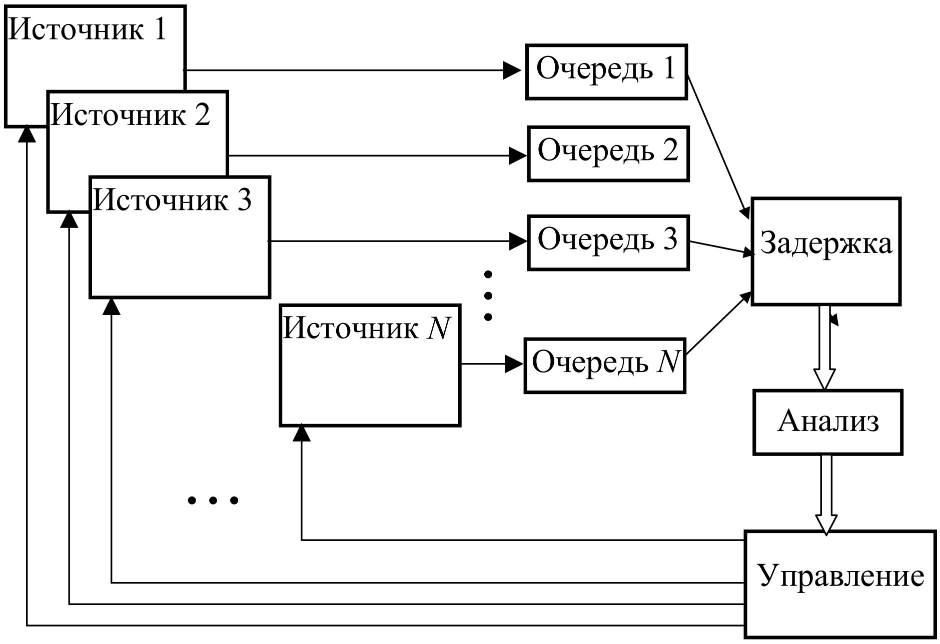

Рис. 1. Модель системы поллинга с периодическим опросом и ограниченным исчерпывающим обслуживанием с обратной связью по скорости заполнения буфера

В качестве модели суммарных шумов и помех примем модель гауссовского окрашенного шума с нулевым математическим ожиданием [2].

В работах [5, 6] показано, что с приемлемой для рассматриваемого приложения точностью можно применять предложенную модель поллинга.

Модель системы поллинга на основе дифференциального уравнения второго порядка.В результате дальнейших исследований установлено, что при изменении скорости заполнения буфера в широких пределах (на порядок и более) асимптотические оценки точности и устойчивости системы управления становятся слишком грубыми. При их использовании для регулирования параметров системы управления глобальная устойчивость не гарантируется. Поэтому в данной работе предложена модель на основе дифференциального уравнения второго порядка с отклоняющимся аргументом:

$$y''_{asi}(t) = b_{i1}y'_{asi}(t-\tau_i) + b_{i2}y_{asi}(t-\tau_i) + u_i(t-v_i) + \xi_i(t). \qquad (2)$$

Считается [7], что для уравнений с отклоняющимся аргументом метод аппроксимации дифференциальных уравнений разностными уравнениями является особенно эффективным.

Запишем разностное уравнение с разностями первого порядка для исходного уравнения (1) без аддитивного шума $\xi_i(t)$ в наблюдениях:

$$\frac{y_{asi}(t) - 2y_{asi}(t-\Delta t) + y_{asi}(t-2\Delta t)}{(\Delta t)^2} \approx$$
$$\approx b_{i1}\frac{y_{asi}(t) - y_{asi}(t-\Delta t)}{\Delta t} + b_{i2}y_{asi}(t-k\Delta t) + u_i(t-m\Delta t), \qquad (3)$$

где Δt – элементарный интервал; $k\Delta t = \tau_i$ – задержка информации о состоянии объекта; $m\Delta t = \nu_i$ – задержка управляющего сигнала.

Элементарный интервал Δt в рассматриваемой задаче логично выбирать равным периоду поступления пакетов T_p на вход системы управления. Поступающие пакеты содержат информацию о параметрах и состоянии сети. Задержка управляющих сигналов в общем случае не равна задержке информационных сигналов.

Уравнение (3) для нормированного элементарного интервала $\Delta t / T_p = 1$ примет следующий вид:

$$y_{asi}(n) \approx b_{i1} y_{asi}(n-2) + b_{i2} y_{asi}(n-1) + b_{ik} y_{asi}(n-k) + u_i(n-m), \quad n = 0,1,2,3,\ldots \tag{4}$$

Выполнив z-преобразование уравнения (4), получим выражение для системной функции системы управления параметрами дисциплины обслуживания терминальных узлов:

$$H(z) = \frac{z^{-m}}{1 - b_{i2} z^{-1} - b_{i1} z^{-2} - b_{ik} z^{-k}}. \tag{5}$$

Выводы. Таким образом, при использовании системы поллинга с обратной связью по скорости для организации запросов в сети стационарный и устойчивый режим выдерживания длины очереди может иметь место и при нестационарном потоке запросов. Однако чтобы обеспечить устойчивость процесса управления, нужно тщательно регулировать коэффициенты уравнения (4), контролируя положение полюсов системной функции (5) на z-плоскости. В частности, полюсы функции (5) должны находиться внутри единичной окружности z-плоскости, т.е. быть по модулю меньше единицы.

В дальнейшем планируется рассмотреть задачу текущего контроля параметров системы управления упорядоченным опросом терминальных узлов для обеспечения устойчивости при максимально достижимом быстродействии.

Литература

1. Гнеденко Б. В. Введение в теорию массового обслуживания / Б. В. Гнеденко, И. Н. Коваленко. – Москва : Наука, 1987. – 336 с.

2. Столлингс В. Современные компьютерные сети / В. Столлингс. – 2-е изд. – Санкт-Петербург : Питер, 2003. – 783 с.

3. Вишневский В.М. Системы поллинга: теория и применение в широкополосных беспроводных сетях / В.М. Вишневский, О.В. Семенова. – Москва : Техносфера, 2007. – 312 с.

4. Эльсгольц Л.Э. Введение в теорию дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом / Л. Э. Эльсгольц, С. Б. Норкин. – Москва : Наука, 1971. – 296 с.

5. Высочиненко М. С. Управление запросами к станциям беспроводной сети / М. С. Высочиненко, Н. Ф. Халимон// Восьма міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми телекомунікацій», 22–25 квітня 2014 р., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м Київ. – С. 28.

6. Высочиненко М. С. Статистические характеристики процесса запросов к станциям беспроводной сети на основе методов поллинга / М. С. Высочиненко // Науково-практична конференція «Проблеми експлуатації та захисту інформаційно-комунікаційних систем», 2–5 червня 2014 р., Національний авіаційний університет, м. Київ.– С. 110-111.

7. Беллман Р. Дифференциально-разностные уравнения / Р. Беллман, К. Кук. – Москва : Мир, 1967. – 548 с.

Дата надходження в редакцію: 25.12.2014 р. Рецензент: д.т.н., проф. В. Г. Сайко