

УДК 519.872.5:681.142.2

СИММЕТРИЧНАЯ МАРКЕРНАЯ КОЛЬЦЕВАЯ ЛОКАЛЬНАЯ СЕТЬ СО СЛУЧАЙНЫМ ВЫБОРОМ ДИСЦИПЛИНЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ

В.В. Бураковский

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины

SYMMETRIC TOKEN PASSING RING LOCAL AREA NETWORK WITH RANDOM CHOICE OF SERVICE DISCIPLINE

V.V. Burakovski

F. Scorina Gomel State University

Рассматривается симметричная кольцевая локальная сеть с протоколом маркерного доступа с N абонентскими станциями, на каждой из которых имеется буфер конечной емкости. При поступлении маркера с вероятностью p включается ординарная, а с противоположной вероятностью – вентильная дисциплина обслуживания. Потоки поступающих сообщений предполагаются пуассоновскими, независимыми и одинаковой интенсивности λ для каждой станции. Получена матрично-векторная система, позволяющая вычислить стационарные вероятности, а также основные вероятностно-временные характеристики рассматриваемой локальной сети.

Ключевые слова: маркерная кольцевая локальная сеть, станция, сообщение, буфер конечной емкости, ординарная и вентильная дисциплина обслуживания, стационарные вероятности состояний.

The symmetric token-passing ring local area network with N stations in which each station has a finite capacity buffer is studied. When token arrives the ordinary service discipline with the probability p or gated discipline with the opposite probability is on. The message arrival streams at each station are assumed to be independent Poisson processes with the same rates λ . The matrix-vector system for the steady-state probabilities and main characteristics of the considered network are obtained.

Keywords: token-passing ring local area network, station, message, finite capacity buffer, ordinary and gated service discipline, steady-state probabilities.

Введение

Среди различных классов вычислительных сетей большой интерес для автоматизации производства и учрежденческой деятельности представляют локальные вычислительные сети (ЛВС). Применение ЛВС в настоящее время приобрело массовый характер во многих отраслях машиностроения, особенно наукоемких, к которым относятся авиаприборостроение, ракетостроение и другие. Поэтому представляет интерес проблема повышения эффективности их практического применения.

Протокол маркерного доступа [1] – одна из самых эффективных схем, обеспечивающих связь между станциями в кольцевой сети передачи данных. Кольцевая ЛВС (КЛВС) [2] с маркерным доступом относится к протоколам детерминированного множественного доступа циклического типа. Она представляет собой совокупность абонентских станций (АС), соединенных последовательно двухточечными линиями. АС получают право на передачу данных при получении специального служебного кадра – маркера, циркулирующего по кольцу. Функционирование сети происходит в соответствии со стандартом ANSI/IEEE 802.5 [3]. При поступлении маркера на АС может случайным образом подключаться ординарная (ordinary) или вентильная (gated) дисциплины обслуживания сообщений [4].

Математическими моделями КЛВС с маркерным доступом являются циклические системы массового обслуживания [5]. Адекватность математических моделей, описывающих КЛВС с ординарной, а также вентильной дисциплиной обслуживания, стоящих в буфере АС сообщений, проверялась при помощи разработанных имитационных моделей [6]. Основные вероятностно-временные характеристики, полученные с помощью стационарных вероятностей состояний рассматриваемой сети, необходимы для анализа эффективности и оптимизации функционирования КЛВС [7].

1 Описание математической модели

Рассматривается симметричная кольцевая локальная вычислительная сеть с протоколом маркерного доступа (стандарт ANSI/IEEE 802.5). На каждой из абонентских станций кольца имеется конечный буфер емкости m , $m > 1$. Всего в сети N АС, связанных между собой моноканалом. АС занумерованы таким образом, что номер станции увеличивается по направлению движения маркера по кольцу. При поступлении маркера на произвольную АС случайным образом подключается одна из двух дисциплин обслуживания находящихся в буфере сообщений. С вероятностью p включается ординарная, а с вероятностью $1 - p$ подключается вентильная дисциплина

обслуживания. Ординарная дисциплина обслуживания сообщений предполагает, что из буфера АС при поступлении маркера может быть обслужено не более одного сообщения, после чего маркер передается следующей станции. Вентильная дисциплина позволяет обслужить все находящиеся в буфере на момент прихода маркера сообщения, и только после этого маркер отправляется на следующую АС.

Поступающие на каждую АС, независимо от номера, сообщения образуют простейший поток интенсивности λ . В момент поступления маркера на АС она может находиться в одном из $m+1$ состояний в зависимости от числа сообщений, находящихся в буфере АС, с соответствующими вероятностями p_i , $0 \leq i \leq m$. Сообщения, поступающие на АС с полностью занятым буфером, теряются.

Обозначим через δ время передачи сообщения между соседними АС. Для приема сообщения на АС-адресате необходимо время a . Время передачи (обслуживания) одного сообщения для любой станции $\Delta = N\delta + a$.

Будем рассматривать состояния КЛВС в моменты поступления маркера на станции. Поскольку имеется очевидная симметрия процессов передачи сообщений в сети, исследуется произвольная АС кольца. Поведение рассматриваемой КЛВС в моменты поступления маркера на фиксированную АС описывается неприводимой непериодической цепью Маркова.

Ввиду симметричности КЛВС будем считать, что если на рассматриваемой АС подключается одна из двух дисциплин обслуживания (ординарная или вентильная), то и на всех АС до возвращения маркера на рассматриваемую станцию также происходит обслуживание согласно этой же дисциплине. При следующем поступлении маркера на рассматриваемую АС случайным образом опять для всех станций включается какая-то из дисциплин обслуживания стоящих в буферах сообщений. Предполагается, что при поступлении маркера буфер на АС, с которой происходит передача сообщений, блокируется для их поступления до окончания передачи.

2 Стационарные вероятности и временно-временные характеристики функционирования сети

Процедура определения стационарных вероятностей состояний рассматриваемой КЛВС [8]:

$$(p_0, p_1, \dots, p_m) = (p_0, p_1, \dots, p_m)(PQ + (1-p)G),$$

$$\sum_{i=0}^m p_i = 1,$$

где Q и G – матрицы переходных вероятностей размерности $(m+1) \times (m+1)$ для ординарной и вентильной дисциплин обслуживания соответственно.

Матрица переходных вероятностей для ординарной дисциплины обслуживания сообщений имеет вид:

$$Q = \begin{bmatrix} q_0 & q_1 & q_2 & \dots & q_{m-1} & q_m \\ q_0 & q_1 & q_2 & \dots & q_{m-1} & q_m \\ 0 & q_0 & q_1 & \dots & q_{m-2} & q_{m-1} + q_m \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & q_0 & 1 - q_0 \end{bmatrix},$$

а элементы ее вычисляются по формулам:

$$q_i = \sum_{k=0}^{N-1} \frac{(\lambda(N\delta + k\Delta))^i}{i!} e^{-\lambda(N\delta + k\Delta)} C_{N-1}^k (1-p_0)^k p_0^{N-k-1},$$

$$0 \leq i \leq m-1, \quad q_m = 1 - \sum_{i=0}^{m-1} q_i.$$

Матрица вероятностей переходов для вентильной дисциплины обслуживания имеет вид:

$$G = \begin{bmatrix} g_0 & g_1 & \dots & g_m \\ g_0 & g_1 & \dots & g_m \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ g_0 & g_1 & \dots & g_m \end{bmatrix}.$$

Элементы этой матрицы вычисляются по формулам:

$$g_i = \sum_{k=0}^{(N-1)m} \frac{(\lambda(N\delta + k\Delta))^i}{i!} e^{-\lambda(N\delta + k\Delta)} \times \sum_{r_0=0}^{N-1} \dots \sum_{r_m=0}^{N-1} \frac{(N-1)!}{r_0! \dots r_m!} p_0^{r_0} p_1^{r_1} \dots p_m^{r_m},$$

$$0 \leq i \leq m-1, \quad g_m = 1 - \sum_{i=0}^{m-1} g_i,$$

$$\text{где } \sum_{i=0}^m r_i = N-1, \quad \sum_{i=0}^m i r_i = k.$$

Основными характеристиками, определяющими эффективность функционирования рассматриваемой КЛВС, являются следующие:

1. Коэффициент загрузки АС

$$KZ = 1 - p_0.$$

2. Средняя длина очереди на АС

$$L = \sum_{i=1}^m i p_i.$$

3. Средняя продолжительность обслуживания сообщений на АС

$$TM = (pKZ + (1-p)L)\Delta.$$

4. Среднее число обслуженных за время обращения маркера по кольцу сообщений

$$MS = p \sum_{k=0}^N k C_N^k (1-p_0)^k p_0^{N-k} + (1-p) \sum_{k=0}^{Nm} k \sum_{r_0=0}^N \dots \sum_{r_m=0}^N \frac{N!}{r_0! \dots r_m!} p_0^{r_0} \dots p_m^{r_m}.$$

5. Среднее время обращения маркера по кольцу

$$TL = N\delta + \Delta \times MS.$$

6. Среднее число поступивших на одну АС сообщений за время обращения маркера по кольцу

$$MNS = \lambda \times TL.$$

7. Среднее число сообщений, поступивших в КЛВС за время обращения маркера

$$MNR = N \times MNS.$$

Заключение

В работе представлена математическая модель симметричной кольцевой локальной сети с протоколом маркерного доступа, на каждой станции которой имеется буфер конечной емкости. Обслуживание сообщений происходит по одной из двух дисциплин (ординарной или вентиляционной), которые подключаются к очереди случайным образом. Предложенная модель основана на предположении о независимости процессов, протекающих на различных станциях. Она позволяет значительно сократить число состояний и упростить процедуру определения стационарных вероятностей сети, а также облегчить получение основных характеристик ее функционирования и построение имитационной модели. Локальные сети такого типа очень широко используются в настоящее время и проблемы их оптимизации, эффективности работы являются актуальными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Takagi, H. Analysis of Polling Systems / H. Takagi. – Cambridge, M.A.: MIT Press, 1986. – 198 p.
2. Бакс, В. Кольцевые локальные сети с маркерным доступом и их производительность / В. Бакс // ТИИЭР. – 1989. – № 2. – С. 121–142.
3. ANSI/IEEE 802.5 Standard-1985. Token-passing Ring Access Method and Physical Layer Specification // IEEE Press. – 1985. – 89 p.

4. Бураковский, В.В. Локальные вычислительные сети: курс лекций по спецкурсу для студентов специальности 1-31 03 01 02 «Математика (научно-педагогическая деятельность)» специализации 1–31 03 01 02 06 «Теория вероятностей и математическая статистика» / В.В. Бураковский, В.О. Родченко. – Гомель: УО «ГГУ им. Ф.Скорины», 2008. – 78 с.

5. Бураковский, В.В. Симметричная кольцевая локальная сеть с протоколом маркерного доступа, буферами конечной емкости и вентиляционной дисциплиной обслуживания: сборник научных трудов / В.В. Бураковский // Национальная Ассоциация авиаприборостроителей (НААП). – С.-Петербург, 1998. – Вып. 1: Аэрокосмическое приборостроение России. Сер. 2. Авионика. – С. 38–46.

6. Бураковский, В.В. Имитационная модель КЛВС с бесконечными буферами и вентиляционным обслуживанием / В.В. Бураковский // Materialy IX mezinarodni vedecko-prakticka conference «Efektivni nastroje modernich ved – 2013». – 27 dubna – 05 kvetna 2013 roku / Publishing House «Education and Science» s.r.o.; Sefredaktor Z. Cernak. – Praha, 2013. – Dil 40. – Matematika. – P. 19–22.

7. Бураковский, В.В. Кольцевая локальная сеть с протоколом маркерного доступа / В.В. Бураковский, Г.А. Медведев // Техника средств связи. Серия Системы связи. – 1990. – Вып. 7. – С. 9–16.

Поступила в редакцию 24.09.16.