

## СИММЕТРИЧНАЯ МАРКЕРНАЯ КОЛЬЦЕВАЯ ЛОКАЛЬНАЯ СЕТЬ С РАЗНОТИПНЫМИ СООБЩЕНИЯМИ И ВЕНТИЛЬНЫМ ОБСЛУЖИВАНИЕМ

В.В. Бураковский

Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины

## SYMMETRICAL TOKEN RING LAN WITH MESSAGES OF DIFFERENT TYPES AND GATED SERVICE

V.V. Burakovski

Francisk Skorina Gomel State University

**Аннотация.** Исследуется локальная сеть с симметричной кольцевой топологией с маркерным протоколом доступа, с конечным числом  $N$  станций, каждая из которых имеет  $n$  буферов емкостью 1 для каждого типа входящих сообщений. После прибытия маркера на любую станцию все сообщения в буферах обслуживаются в соответствии с дисциплиной обслуживания вентильной. Входящие сообщения  $n$  типов являются простейшими, независимыми по интенсивности  $\lambda_i, 1 \leq i \leq n$ , потоками для произвольной станции. Представлена система векторно-матричных уравнений, позволяющая рассчитать вероятности стационарных состояний, а также основные характеристики исследуемой кольцевой сети.

**Ключевые слова:** маркер, локальная сеть, станция, сообщения  $n$  типов, одиночный буфер, вентильная дисциплина, вероятности состояний.

**Для цитирования:** Бураковский, В.В. Симметричная маркерная кольцевая локальная сеть с разнотипными сообщениями и вентильным обслуживанием / В.В. Бураковский // Проблемы физики, математики и техники. – 2023. – № 2 (55). – С. 44–46. – DOI: [https://doi.org/10.54341/20778708\\_2023\\_2\\_55\\_44](https://doi.org/10.54341/20778708_2023_2_55_44). – EDN: OBVDGQ

**Abstract.** We study a symmetrical ring topology local network with a token access protocol with number  $N$  of stations, each of them has  $n$  buffers of capacity 1 for each type of incoming messages. After the token arrives at any station, all the messages in the buffers are serviced in accordance with the gated service discipline. Incoming messages of  $n$  types are Poisson, independent intensity flows  $\lambda_i, 1 \leq i \leq n$ , for an arbitrary station. A system of vector-matrix equations is presented, which makes it possible to calculate the probabilities of stationary states, as well as the main characteristics of the studied ring network.

**Keywords:** token, local network (LAN), station, messages of  $n$  types, single buffer, gated discipline, state probabilities.

**For citation:** Burakovski, V.V. Symmetrical token ring lan with different types messages and gated service / V.V. Burakovski // Problems of Physics, Mathematics and Technics. – 2023. – № 2 (55). – P. 44–46. – DOI: [https://doi.org/10.54341/20778708\\_2023\\_2\\_55\\_44](https://doi.org/10.54341/20778708_2023_2_55_44) (in Russian). – EDN: OBVDGQ

### Введение

Проектирование и разработка компьютерных систем и сетей, в том числе промышленных, инженерных, аэрокосмических и технологических, а также использование протоколов доступа к среде передачи предполагают построение математических моделей, описывающих средства передачи и обработки данных. Локальные сети с кольцевой топологией (КЛВС) в настоящее время используются очень широко, так как являются дешевым, несложным и стабильным средством передачи данных.

Все КЛВС по своей технической структуре могут быть представлены в виде конечного числа информационных ресурсов – абонентских станций (АС), связанных передающим каналом или моноканалом. В сетях передачи маркера небольшой служебный кадр (token) передается в заданном порядке между АС. Передача токена

предоставляет доступ к станциям в сети. Было разработано множество протоколов для этой передачи. В КЛВС «маркерное кольцо» [1, с.123], используется кольцевая топология перехода с использованием токена (маркера).

Схемы токенов широко используются в коммуникациях с множественным доступом. Кольцо маркерное [2, с. 131] служит иллюстрацией практического применения таких схем там, где есть критичные приложения (необходима защита информации) при высоких уровнях трафика. Поэтому стоит задача повысить эффективность этой технологии в практическом применении.

Сеть работает по стандарту «token ring» [3, с. 32]. В момент прибытия токена на станцию активируется дисциплина обслуживания gated [4, с. 12] стоящих там сообщений. Моделями «маркерного кольца» являются циклические системы обслуживания с очередями [5, с. 63].

Математические модели, описывающие сеть «маркерное кольцо» с gated сервисом, показали свою адекватность [6, с. 22]. Базовые характеристики КЛВС и вероятности состояний сети важны для оптимизации ее работы [7, с. 10].

### 1 Математическая модель сети

Изучается симметричная КЛВС с маркерным протоколом доступа (IEEE 802.5), состоящая из  $N$  АС и канала связи. Каждая из них имеет  $n$  одиночных буферов для приема по одной заявке каждого типа. АС пронумерованы по направлению движения токена по сети. Токен, поступающий в АС, немедленно активизирует вентиляционную (gated) для сообщений в буферах станции дисциплину. Она включает обработку всех находящихся в  $n$  буферах заявок на момент поступления токена.

Сообщения всех типов, поступающие на любую АС, независимо от ее номера, соответственно формируют интенсивности  $\lambda_i, 1 \leq i \leq n$ , простейшие потоки. Мы будем изучать процесс передачи заявок для произвольной АС, так как существует симметрия таких процессов во всех АС кольца. Назовем буфер для заявок  $j$ -го типа свободным, если сообщений соответствующего типа на АС нет, и занятым в противном случае. Когда приходит свободный токен, станция может находиться в любом из  $2^n$  состояний. Состояния помечены таким образом, что 1 или 0 на  $k$ -м месте означают, что АС имеет или не имеет сообщения  $k$ -го типа,  $1 \leq k \leq n$ . После поступления токена на станцию идет обслуживание всех сообщений, имеющихся в данный момент в буферах. После поступления токена буферы АС блокируются и новые заявки теряются.

Будем обозначать  $\delta$  длительность временного интервала передачи заявки или токена между соседними станциями. Заявки любого типа принимаются в адресате на время  $a$ . Длина временного интервала обслуживания заявок для произвольной станции  $\Delta = a + N\delta$ .

Рассмотрим состояния сети в моменты прибытия токена на АС. Состоянием станции является вектор  $(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$ ,  $\beta_i \in \{0, 1\}$ ,  $i = \overline{1, n}$ , где  $\beta_i$  – количество заявок  $i$ -го типа в буфере станции. Пронумеруем состояния АС через  $j$ ,  $j \in \{0, 1, \dots, 2^n - 1\}$ . Пусть  $\pi_j$  – вероятность нахождения АС в состоянии  $j$ , вектор

$$\vec{\pi} = (\pi_0, \pi_1, \dots, \pi_{2^n - 1}).$$

Процессы передачи заявок в КЛВС симметричны, поэтому можно использовать способ декомпозиции, предполагая, что исследуется одна станция кольца. Если анализировать сеть в моменты получения токена, тогда поведение сети можно описать с помощью цепи Маркова. Она неприводима и не периодична.

### 2 Характеристики кольцевой сети

В стационарном режиме [8, с. 39] и [11, с. 133] составлена система уравнений, для вероятностей состояний:

$$\vec{\pi} = \vec{\pi}\Theta, \vec{\pi}E = 1,$$

где  $E$  – столбец из единиц,  $\Theta$  – матрица, составленная из транзитных вероятностей, с дисциплиной gated,  $\Theta = \{q_{ij}, 0 \leq i, j \leq 2^n - 1\}$ , элементы которой могут быть рассчитаны по формулам:

$$q_{ij} = \sum_{k=0}^{(N-1)n} \prod_{l=1}^n [\pi_{ol}(t_{il})I_{jlo} + \pi_{li}(t_{il})I_{jli}] P\{T = N\delta + m\Delta\},$$

где  $\pi_{ol}(t) = e^{-\lambda_l t}$ ,  $\pi_{li}(t) = 1 - \pi_{ol}(t)$ ,  $I_{jlk}$  – индикатор события  $\{$ в  $j$ -м состоянии на  $l$ -м месте  $k\}$ ,  $k \in \{0, 1\}$ ;  $P\{T = N\delta + m\Delta\}$  – вероятность того, что интервал между моментами выхода токена с рассматриваемой станции и прибытия на эту же станцию равен  $N\delta + m\Delta$ , где  $0 \leq m \leq n(N-1)$ ,  $t_{il} = \{N\delta + m\Delta$ , если  $i = 0, i = 2^n - 1, 1 \leq l \leq n$ , либо  $i \neq 0, i \neq 2^n - 1$ , в состоянии  $i$  на  $l$ -ом месте  $1$ ;  $N\delta + (m+1)\Delta$ , если  $i \neq 0, i \neq 2^n - 1$ , в состоянии  $i$  на  $l$ -ом месте  $0\}$ .

Ключевыми характеристиками работы сети [10, с. 83], определяющими ее эффективность, являются:

1. Показатель производительности для заявок  $i$ -го типа для произвольной АС

$$KZ_i = \sum_{k=1}^{2^n - 1} \pi_k I_{ik},$$

где  $1 \leq i \leq n$ ,  $I_{ik}$  – индикатор события  $\{$ на  $i$ -м месте в  $k$ -м состоянии единица $\}$ .

2. Вероятность того, что сообщений в сети нет

$$P_0 = \pi_0^N.$$

3. Вероятность того, что все станции заняты

$$PZ = (1 - \pi_0)^N.$$

4. Вероятность того, что все АС полностью заполнены

$$PBZ = \pi_{2^n - 1}^N.$$

5. Вероятность передачи  $k$  сообщений за цикл обращения токена

$$g_k = \frac{k!}{r_0! r_1! \dots r_n!} P_0^r P_1^r \dots P_n^r,$$

где

$$P_i = \sum_{m=0}^{2^n - 1} \pi_m I_{\left\{ \sum_{j=1}^n I_{mj1} = i \right\}}, \sum_{i=0}^n P_i = 1, 0 \leq k \leq nN,$$

$$\sum_{i=0}^n r_i = k;$$

$I_{mj1}$  – индикатор того, что в состоянии  $m$   $j$ -й буфер занят.

6. Математическое ожидание цикла обращения токена по кольцу

$$ETC = N\delta + \Delta \times \sum_{k=1}^{nN} kg_k.$$

7. Среднее количество сообщений произвольного  $i$ -го типа в КЛВС

$$MN_i = N \times KZ_i.$$

8. Математическое ожидание времени передачи сообщений на АС

$$EST = \Delta \sum_{i=1}^n iP_i.$$

9. Пропускная способность всей сети

$$PRS = N \sum_{i=1}^n \lambda_i.$$

10. Математическое ожидание количества заявок в буферах АС

$$LL = \sum_{k=1}^{2^n-1} \left[ \pi_k \sum_{j=1}^n I_{jk} \right].$$

11. Математическое ожидание количества заявок, переданных за цикл

$$EMC = \sum_{k=0}^{nN} g_k k.$$

12. Среднее число заявок, полученных в течение цикла

$$EMA = \lambda \cdot ETC.$$

### Заключение

В статье описана модель сети кольцевой топологии, на каждой из станций есть несколько буферов емкостью один. Входящие сообщения в различных типах могут быть загружены в буферы соответствующих классов. Сообщения обслуживаются в соответствии с дисциплиной gated на каждой станции. Математическая модель предполагает, что процессы передачи заявок на станциях независимы друг от друга [9, с. 110]. Расчет ключевых характеристик работы сети можно осуществить с помощью компьютерных программ. Актуальны задачи оптимизации используемых и разрабатываемых КЛВС. Разработаны математические процедуры, позволяющие рассчитать характеристики работы исследуемой сети, построить графики их зависимости от технических параметров для КЛВС с определенным протоколом доступа. Приведенные формулы позволяют анализировать корреляцию всех свойств сети и ее нагрузки, а также свойств передающей среды.

### 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 / В.В. Бураковский, В.О. Родченко. – Гомель: УО «ГГУ им. Ф. Скорины», 2008. – 78 с.

5. Бураковский, В.В. Маркерная кольцевая локальная сеть с конечными буферами и ординарным обслуживанием сообщений / В.В. Бураковский // Сборник научных трудов. – 1998. – Вып. 1: Аэрокосмическое приборостроение России. Сер. 2. Авионика. – С. 63–67.

6. Бураковский, В.В. Имитационная модель КЛВС с бесконечными буферами и вентиляльным обслуживанием / В.В. Бураковский // Efektivní nástroje moderních věd – 2013: materiály IX mezinárodní vědecko-praktická conference, Praha, 27 dubna – 05 květn 2013 roku. – Díl 40: Matematika. – Praha: Publishing House «Education and Science» s.r.o., 2013. – P. 19–22.

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

8. Бураковский, В.В. Симметричная маркерная кольцевая локальная сеть со случайным выбором дисциплины обслуживания / В.В. Бураковский // Проблемы физики, математики и техники. – 2016. – № 2 (27). – С. 39–41.

9. Бураковский, В.В. Маркерная кольцевая локальная сеть со случайным выбором дисциплины обслуживания с сокращением / В.В. Бураковский // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. – 2017. – № 3 (102). – С. 109–113.

10. Бураковский, В.В. Симметричная маркерная локальная сеть с разнотипными сообщениями и вентиляльным обслуживанием / В.В. Бураковский // Массовое обслуживание. Поток, системы, сети: Материалы международной конференции «Современные математические методы исследования телекоммуникационных сетей» 22–24 июня 1999 г., Минск. Вып. 15 – Минск: БГУ, 1999. – С. 81–84.

11. Бураковский, В.В. Симметричная маркерная кольцевая локальная сеть с конечными буферами и дисциплиной Бернулли обслуживания сообщений / В.В. Бураковский // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. – 2020. – № 3 (120). – С. 131–134.

Поступила в редакцию 18.01.2023.

### Информация об авторах

Бураковский Владимир Викторович – к.ф.-м.н., доцент