

## АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ТРАФИКА В КОЛЬЦЕВЫХ СЕТЯХ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ СЕТИ ETHERNET С УЧЕТОМ МЕТОДА ВЫДЕЛЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО ДЕРЕВА

*Лихтциндер Б.Я., Рыжих С.В., Честнов К.Н.*

В статье рассматривается алгоритм расчета потоков трафика в каждом узле кольцевой сети передачи данных Ethernet с учетом протокола защиты от закольцовывания трафика.

**Ключевые слова:** MSTP, MSTI, логические кольца, сети, кольцевые топологии.

### Введение

Для предотвращения закольцовывания трафика на сетях Ethernet используются алгоритмы защиты от петель. Логику их работы можно описать как «Метод выделения максимального дерева». Указанный метод основан на последовательном исключении из цепи определенных звеньев путем логического разрыва колец. Для передачи трафика всегда используется только один путь достижения узла назначения.

Расчет трафика в кольцевой сети MSTP [1] является важной практической задачей. Это позволит моделировать поведение трафика при различных изменениях в сети, таких как изменение состояния порта или изменение входного трафика.

В реальных коммутаторах не отображается статистика для трафика в логических кольцах. В них есть только общее количество трафика, проходящего через порт. Но для моделирования необходим расчет трафика отдельно для каждого логического кольца, чтобы иметь возможность анализа и корректировки трафика в кольце. Это позволит прогнозировать перегрузки каналов связи.

### Алгоритм расчета трафика в кольцевых сетях передачи данных сети Ethernet

Рассмотрим кольцевую сеть передачи данных Ethernet, состоящую из  $K$  числа коммутаторов (см. рис. 1). Коммутатор, находящийся по часовой стрелке перед заблокированным линком (канал связи между соседними коммутаторами), обозначим  $b$ . Значение входного трафика для коммутатора  $i$  обозначим  $F_i$ . Тогда значение потока трафика  $F_{i,j}$  от  $i$ -го коммутатора к  $j$ -ому рассчитывается как (1):

$$F_{i,j} = F_i \cdot P_{i,j}, \quad (1)$$

где  $P_{i,j}$  – доля от входного потока трафика  $F_i$  которая передается от  $i$ -го коммутатора к  $j$ -му.

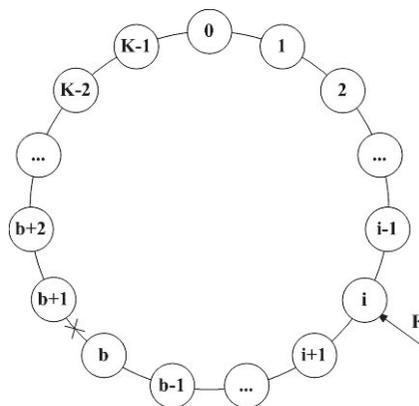


Рис. 1. Схема сети передачи данных

Параметр  $P_{i,j}$  задается и записывается в таблицу «тяготения» (см. таблицу 1). На основе указанных значений  $P_{i,j}$  и  $F_i$  по формуле (1) производится расчет трафика в каналах связи, а результаты заносятся в массив  $\{F\}$ :

$$\{F\} = \{F_{i,j}\}, \quad (2)$$

где  $i, j = \overline{0, K-1}$ .

Таблица 1. Таблица «тяготения»

$\mathcal{N}^{\circ}$	0	...	$j$	...	$K-1$
0	$P_{0,0}$	...	$P_{0,j}$	...	$P_{0,K=1}$
...	...	...	...	...	...
$i$	$P_{j,0}$	...	$P_{i,j}$	...	$P_{i,K=1}$
...	...	...	...	...	...
$K-1$	$P_{K=1,0}$	...	$P_{K=1,j}$	...	$P_{K=1,K=1}$

### Алгоритм расчета трафика в линках кольца MSTP

На рис. 2 изображено одно логическое кольцо (см. MSTI [2]) и задано распределение трафика. Таких логических колец может быть произвольное количество. Обозначим максимальное число колец как  $Q$ , а номер логического кольца – как  $q$ , где  $q = \overline{0, Q-1}$ . Направление потоков тра-

фика от любого коммутатора по часовой стрелке обозначим как 1, а направление потоков трафика от любого коммутатора против часовой стрелки – как 2.

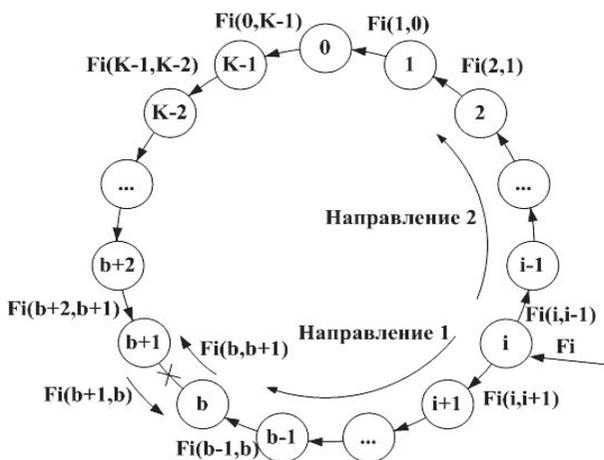


Рис. 2. Трафик в линках логического кольца

Так как число логических колец равно  $Q$ , то и массивов  $\{F\}$  должно быть столько же. Обозначим через  $\{F^q\}$  массив для  $q$ -го логического кольца. Значения массивов  $\{F^q\}$  заносим в вектор-строку  $\{\bar{F}\}$  в (3), где номер элемента массива  $q$  соответствует номеру логического кольца.

$$\{\bar{F}\} = \{\{F^1\}, \dots, \{F^q\}, \dots, \{F^{Q-1}\}\}. \quad (3)$$

Из рис. 3 видно, что любой коммутатор в сети имеет по два порта. Каждый такой порт работает как на прием, так и на передачу трафика. Обозначим порт, который передает трафик в направлении 1 как  $P1$ . Аналогично  $P2$  передает трафик в направлении 2.

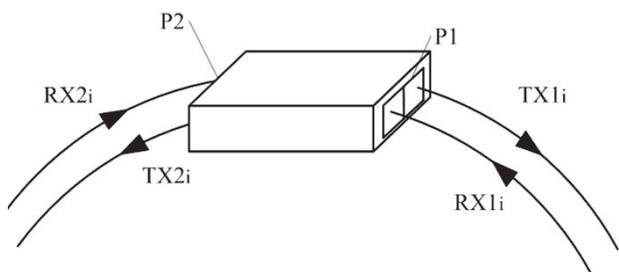


Рис. 3. Порты коммутаторов в сети передачи данных

Обозначим как  $F_s^q(i, [i+1])$  трафик в линке  $(i, [i+1])$  логического кольца  $q$ , поступивший от коммутатора  $s$ . Поток трафика, который коммутатор  $i$  передает в линк  $(i, [i+1])$  логического кольца  $q$  через  $P1$ , обозначим как  $TX1_i^q$  и представим его как сумму трафика, приходящего в этот линк от каждого из коммутаторов (4).

$$TX1_i^q = \sum_{s=0}^{K-1} F_s^q(i, [i+1]). \quad (4)$$

Поток трафика, который коммутатор  $i$  передает в линк  $(i, [i-1])$  логического кольца  $q$  через  $P2$ , обозначим как  $TX2_i^q$ , и представим его как сумму трафика, приходящего в этот канал связи от каждого из коммутаторов:

$$TX2_i^q = \sum_{s=0}^{K-1} F_s^q(i, [i-1]). \quad (5)$$

Также обозначим через  $RX1_i^q$  и  $RX2_i^q$  потоки трафика в логическом кольце  $q$ , который принимает  $i$ -ый коммутатор через 1 и 2 порт соответственно, причем

$$RX1_i^q = TX2_{[i+1]}^q; \quad (6)$$

$$RX2_i^q = TX1_{[i-1]}^q. \quad (7)$$

Отметим, что если номер коммутатора  $i = b$ , то такой коммутатор не может передавать трафик в направлении 1 и поток трафика в этом направлении равен нулю:

$$F_b^q(b, [b+1]) = 0. \quad (8)$$

Аналогично можно показать, что если номер коммутатора  $i = b+1$ , то такой коммутатор не передает трафик в направлении 2

$$F_{b+1}^q([b+1], b) = 0. \quad (9)$$

Для того чтобы найти трафик, который поступает в каждый из линков, двигаясь в направлении 1, нужно воспользоваться следующей формулой:

- если  $s \neq b$ , то

$$F_s^q([b-(i+1)], [b-i]) = F_s^q([b-i], [b-i+1]) + F_{s, [b-i]}^q, \quad (10)$$

где  $i = 0 \div [b-s-1]$ .

Для того чтобы найти трафик, который поступает в каждый из линков, двигаясь в направлении 2, нужно воспользоваться формулой:

- если  $s \neq [b+1]$ , то

$$F_s^q([b+i+1], [b+i]) = F_s^q([b+i], [b+i-1]) + F_{s, [b+i]}^q, \quad (11)$$

где  $i = 1 \div [s-b-1]$ . На основе значений, полученных по формулам (10)-(11), создаем массивы  $\{F1^q\}$  и  $\{F2^q\}$ :

$$\begin{aligned} \{F1^q\} &= \{F_i^q(j, [j+1])\}; \\ \{F2^q\} &= \{F_i^q([j+1], j)\}, \end{aligned}$$

где  $i, j = \overline{0, K-1}$ . Просуммировав элементы массивов  $\{F1^q\}$  и  $\{F2^q\}$  по столбцам, то есть применив формулы (4) и (5) соответственно, мы найдем потоки трафика, которые передает каждый из коммутаторов в направлении 1 или 2 внутри логического кольца  $q$ :

$$\{TX1^q\} = \{TX1_i^q\}, \quad \{TX2^q\} = \{TX2_i^q\}, \quad (14)$$

где  $i = \overline{0, K-1}$ . Записываем полученные вектор-строки  $\{TX1^q\}$  и  $\{TX2^q\}$  как  $q$ -ые строки массивов  $\{BW1\}$  и  $\{BW2\}$ , вид которых аналогичен таблицам 2 и 3.

Указанные таблицы являются итогом расчетов. В них отображены все необходимые данные для анализа. Если необходимо получить значение общего трафика, передаваемого портами  $P1$  или  $P2$ , необходимо просуммировать полученные массивы по столбцам:

$$TX1_i = \sum_q^{Q-1} TX1_i^q, \quad TX2_i = \sum_q^{Q-1} TX2_i^q. \quad (15)$$

Результаты расчетов по формулам (14) и (15) заносим в таблицу 4, которая отображает значения по приему/передаче потоков трафика для каждого из портов коммутаторов в сети. Это позволяет моделировать поведение трафика при различных изменениях в сети.

**Заключение**

Данный алгоритм дает возможность контролировать распределение потоков трафика внутри сети и учитывать загрузку каждого сетевого элемента. Это позволит построить имитационную модель, которая поможет анализировать ра-

ботоспособность разработанного нами алгоритма по балансировке трафика.

Таблица 2. Общий вид массива  $\{BW1\}$

Номер MSTI	Номер коммутатора				
	0	...	$i$	...	$K-1$
0	$TX1_0^0$	...	$TX1_i^0$	...	$TX1_{K-1}^0$
...	...	...	...	...	...
$q$	$TX1_0^q$	...	$TX1_i^q$	...	$TX1_{K-1}^q$
...	...	...	...	...	...
$Q-1$	$TX1_0^{Q-1}$	...	$TX1_i^{Q-1}$	...	$TX1_{K-1}^{Q-1}$

Таблица 3. Общий вид массива  $\{BW2\}$

Номер MSTI	Номер коммутатора				
	0	...	$i$	...	$K-1$
0	$TX2_0^0$	...	$TX2_i^0$	...	$TX2_{K-1}^0$
...	...	...	...	...	...
$q$	$TX2_0^q$	...	$TX2_i^q$	...	$TX2_{K-1}^q$
...	...	...	...	...	...
$Q-1$	$TX2_0^{Q-1}$	...	$TX2_i^{Q-1}$	...	$TX2_{K-1}^{Q-1}$

Таблица 4. Статистика прием/передача

TX / RX	Номер коммутатора				
	0	...	$i$	...	$K-1$
$P1 TX$	$TX1_0$	...	$TX1_i$	...	$TX1_{K-1}$
$P1 RX$	$RX1_0$	...	$RX1_i$	...	$RX1_{K-1}$
$P2 TX$	$TX2_0$	...	$TX2_i$	...	$TX2_{K-1}$
$P2 RX$	$RX2_0$	...	$RX2_i$	...	$RX2_{K-1}$

**Литература**

1. IEEE Standards Association // <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.1Q-2011.pdf> (20.07.2013)

**THE ALGORITHM FOR CALCULATING TRAFFIC IN RING ETHERNET NETWORKS WITH MULTIPLE SPANNING TREE PROTOKOL**

**Lichtzinder B.Y., Ryzhikh S.V., Chestnov K.N.**

**The article describes the algorithm of traffic flow at each node Ethernet network with ring topology.**

**Keywords:** *MSTP, MSTI, network, logical ring network, ring topology.*

Лихтциндер Борис Яковлевич, д.т.н., профессор Кафедры мультисервисных сетей и информационной безопасности (МСИБ) Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ). Тел. (8-846)333-47-69. E-mail: [lixt@samtel.ru](mailto:lixt@samtel.ru)

Рыжих Сергей Вячеславович, аспирант кафедры МСИБ ПГУТИ. Тел. 8-903-30-44-666. E-mail: [tgserg@mail.ru](mailto:tgserg@mail.ru)

Честнов Константин Николаевич, студент ПГУТИ. Тел. 8-927-703-28-78. E-mail: [chest-novk@mail.ru](mailto:chest-novk@mail.ru)