

Таким образом, при интеграции в ядро системы новых встраиваемых приложений данный формат не требует никаких изменений, поскольку его размер и содержание для каждого из приложений произвольны и указываются внутри пакета.

Разработанный канал позволяет добиться того, что модули приёма/передачи системы не знают о назначении передаваемой информации, что позволяет исключить требование к жёсткой спецификации данных, хранящихся в сообщении, а только отправлять уведомления об изменении данных в многоцелевом канале взаимодействия. При приёме такого уведомления получатели данных сообщений определяют то, для каких модулей предназначены эти данные, и, в зависимости от результата проверки, производят их распаковку и обработку.

Заключение. На базе организации описанного многоцелевого канала взаимодействия терминальной части и ядра системы ЧПУ имеется возможность производить передачу данных для различных интегрируемых подсистем и модулей, что позволяет повысить открытость архитектуры системы. Предложенный многоцелевой канал взаимодействия XData позволяет упростить процесс интеграции сторонних приложений и сделать универсальным процесс взаимодействия между встраиваемыми компонентами с ядром системы ЧПУ.

Список цитируемых источников

1. *Мартинов, Г. М.* Системы числового программного управления : учеб. пособие / Г. М. Мартинов, В. Л. Сосонкин. — М. : Логос, 2005. — 296 с.
2. *Мартинов, Г. М.* Организация взаимодействия элементов интерфейса оператора с ядром системы ЧПУ / Г. М. Мартинов, П. А. Никищечкин // Сб. тр. XX Междунар. науч.-техн. конф., Севастополь, 16—21 сент. 2013 г. — Донецк : ДонНТУ, 2013. — С. 135—142.

Материал поступил в редакцию 08.09.2014 г.

УДК 656.212.5:681.3

В. Н. Пахомова, кандидат технических наук, доцент

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, Украина

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ MPLS В КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ УКРАИНСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Составлена математическая модель задачи инжиниринга трафика в сети MPLS, в качестве критерия выступает минимальное значение максимального коэффициента использования TE-туннелей. Разработана программная модель TraffEng, входные параметры которой — количество маршрутизаторов и пропускные способности каналов, количество потоков и их средние скорости. Выполнено исследование зависимости качества решения задачи от последовательности назначения потоков.

Ключевые слова: сеть MPLS, инжиниринг трафика, TE-туннель.

The mathematical model of the problem of traffic engineering in MPLS-network serves as a criterion for the minimum value of the maximum utilization TE-tunnels. A software model TraffEng, which parametric input: the number of routers and crossing sobobnosti channels, the number of threads and their average speed. We have investigated the quality of the solution of the problem of the sequence of destination flows.

Key words: network MPLS, traffic engineering, TE-tunnel.

Введение. Сегодня на железнодорожном транспорте Украины назрела необходимость применения компьютерных сетей различных технологий (Ethernet, Token Bus, Token Ring, FDDI и др.), поэтому в составных сетях целесообразно использование технологии быстрой коммутации пакетов в многопротокольных сетях MPLS (MultiProtocol Label Switching), которая основана на использовании меток, что подтверждает актуальность проведённого исследования. Надо отметить, что сети с коммутацией пакетов должны передавать различные виды трафика с заданным качеством обслуживания, максимально используя возможности своих ресурсов [1; 2]. Однако для этого им нужно изменить некоторые, ставшие уже традиционными, подходы к выбору маршрутов. Проблема заключается в том, что долгое время основным принципом работы протоколов маршрутизации в сетях с коммутацией пакетов является выбор маршрута на основе топологии сети без учёта текущей загрузки. Для каждой пары «адрес источника—адрес назначения» такие протоколы выбирают единственный маршрут [3], не принимая во внимание информационные потоки, протекающие через сеть. В результате все потоки между парами конечных узлов сети идут по кратчайшему маршруту (в соответствии с некоторой метрикой). В сети MPLS значение метки уникально лишь для участка пути между соседними узлами, которые называются маршрутизаторами с коммутацией по меткам (Label Switching Router, LSR) [4]. Распределение меток между LSR приводит к установлению внутри домена MPLS путей с коммутацией по меткам (Label Switching Path, LSP). При оптимизации управления трафиком в сетях MPLS важную роль играет технология инжиниринга трафика (Traffic Engineering, TE), основным механизмом которого —

использование однонаправленных туннелей (MPLS TE tunnel) для задания пути прохождения определённого трафика [5]. Именно вопросу создания ТЕ-туннелей посвящается данная работа, цель которой — показать, что эффективность использования ТЕ-туннелей определяется последовательностью назначения потоков трафика, что повышает, в свою очередь, эффективность самой компьютерной сети Украинской железной дороги. В соответствии с поставленной целью определены следующие задачи: составить математическую постановку задачи ТЕ, разработать программную модель для её решения, провести исследование качества решения задачи ТЕ от последовательности назначения потоков на упрощённом фрагменте компьютерной сети Украинской железной дороги.

Основная часть. Компьютерная сеть может быть представлена взвешенным ориентированным графом $G = (R, L)$, где R — множество вершин графа, число которых равно N , причём каждая вершина моделирует собой узел (маршрутизатор) компьютерной сети; L — множество дуг графа, каждая дуга моделирует связь между узлами, количество дуг графа равно M . Рассмотрим упрощённый фрагмент компьютерной сети (рисунок 1).

Каждому ребру графа присваивается определённый вес, соответствующий пропускной способности (максимальный размер, переданный сетью в единицу времени):

$$C = \{c_{ij}\},$$

где c_{ij} — пропускная способность канала между i и j узлами сети.

Ограничениями, представленными в виде уравнений, выступают условия сохранения s -потока в каждом i -м узле сети, принимающие следующий вид:

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N x_{ij} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N x_{ji} = \phi_i,$$

где x_{ij} — интенсивность трафика, передающегося в сети между i -м и j -м узлами;

$$\phi_i = \begin{cases} b^s, & \text{если } i \text{ — источник } s\text{-потока}, \\ -b^s, & \text{если } i \text{ — приёмник } s\text{-потока}, \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

причём b^s — средняя скорость s -потока трафика.

Должно выполняться важное ограничение — скорость потока трафика не должна превышать пропускную способность для тех каналов, через которые проходит s -поток, что следует из выражения

$$b^s < c_{ij}.$$

Коэффициент использования ресурсов вычисляется по формуле

$$k_{ij}^s = \frac{b^s}{c_{ij}},$$

где k_{ij}^s — коэффициент использования (i,j) -го канала s -м потоком.

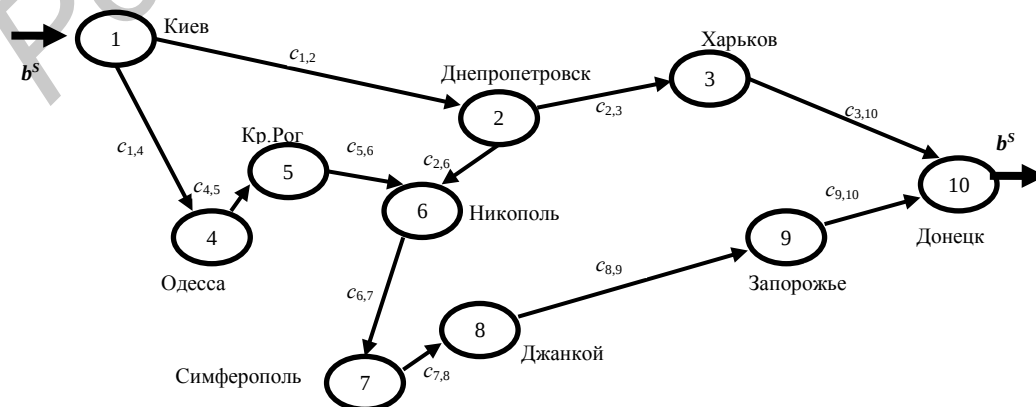


Рисунок 1 — Упрощённый фрагмент компьютерной сети Украинской железной дороги

Выбор ТЕ-туннеля определяется по формуле

$$K = \max_s \{ K^s \},$$

где K — максимальный коэффициент использования ТЕ-туннеля;

K^s — величина, определяемая по выражению $K^s = \sum k_{ij}^s$, кроме того, $K^s \leq 0,65$.

При решении задачи инжиниринга трафика необходимо найти рациональное решение — максимальный коэффициент использования ТЕ-туннеля (по всем возможным вариантам последовательности назначения потоков он должен быть минимальный):

$$\min_i \{ K_i \}.$$

В среде Borland Delphi разработана модель TraffEng, отражающая зависимость качества решения задачи инжиниринга трафика от последовательности назначения потоков. Входные данные модели: количество маршрутизаторов, пропускная способность каналов (Мбит/с), количество потоков, средняя скорость потоков (Мбит/с). На выходе модели подаётся информация о потоках, коэффициентах использования каждого канала связи, задействованного потоком, и рекомендации («возможно»/«невозможно») по использованию ТЕ-туннеля.

Эффективность использования ТЕ-туннелей определяется последовательностью назначения потоков, что повышает эффективность самой компьютерной сети Украинской железной дороги; это возможно показать на простом примере. Рассмотрен упрощённый фрагмент компьютерной сети Украинской железной дороги и последовательность назначения трёх потоков с заданными скоростями. Найдено шесть вариантов; лучший вариант предусматривает использование туннеля $2 \rightarrow 3 \rightarrow 10$ потоками 2 и 3 и туннеля $2 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 8 \rightarrow 9 \rightarrow 10$ потоком 1; при этом минимальное значение максимального коэффициента использования ТЕ-туннеля равно 0,5.

Заключение. На основании вышеизложенного можно отметить следующее: 1) в составных компьютерных сетях на железнодорожном транспорте Украины целесообразно использование технологии MPLS. Возможности управления трафиком в сети MPLS реализуются с помощью технологии инжиниринга трафика. Составлена математическая модель задачи инжиниринга трафика в MPLS-сети; 2) разработана программная модель TraffEng для решения задачи инжиниринга трафика, входные параметры которой — количество и пропускные способности каналов, количество и скорость потоков; на выходе модели подаются варианты выбора ТЕ-туннелей с максимальными коэффициентами использования; 3) выполнено исследование зависимости качества решения задачи инжиниринга трафика в MPLS-сети от последовательности назначения потоков для упрощённого фрагмента компьютерной сети Украинской железной дороги; значение максимального коэффициента использования ТЕ-туннелей не превышает 0,5.

Список цитируемых источников

1. Зайченко, Ю. П. Задача распределения потоков различных классов в сети с технологией MPLS / Ю. П. Зайченко, Ахмед А. М. Шарадка. — Вісн. НТУУ «КПІ». — Сер. Інформатика, управління та обчислювальна техніка. — 2005. — № 43. — С. 113—123.
2. Кучерявый, Е. А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет / Е. А. Кучерявый. — СПб.: Наука и техника, 2004. — 336 с.
3. Будылдина, Н. В. Разработка и исследование алгоритмов оптимизации сетей с многопротокольной коммутацией по меткам : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Н. В. Будылдина. — Новосибирск : [б. и.], 2006.
4. Олифер, В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. — СПб.: Питер, 2010. — 944 с.
5. Гольдштейн, А. Б. Механизм эффективного туннелирования в сети MPLS / А. Б. Гольдштейн // Вестн. связи. — 2004. — № 2. — 12 с.

Материал поступил в редакцию 08.09.2014 г.