

УДК 621.3

И.В. Ильина

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

## ПРОЦЕДУРА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПАКЕТОВ ПО НАЙДЕННОМУ МНОЖЕСТВУ МАРШРУТОВ В КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ СИСТЕМЫ КРИТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

*Разработан алгоритм управления нагрузкой оптимального множества маршрутов в компьютерной сети системы критического применения. Разработана процедура распределения информационных пакетов по найденному множеству маршрутов в компьютерной сети системы критического применения. Сделан вывод о целесообразности «сбалансированного» распределения потока информации по маршрутам передачи информации и недопустимости фрагментации информационных пакетов. Показана необходимость модификации таблицы маршрутизации, которая заключается в дополнении ее информацией о значениях интенсивности потока информации, распределенного по маршрутам.*

**Ключевые слова:** система критического применения, компьютерные сети, своевременность, распределение информационных пакетов, множество маршрутов.

### Введение

**Постановка проблемы.** Компьютерные сети являются неотъемлемыми компонентами современных технологий управления систем критического применения. Возросшие вычислительные и коммуникационные возможности стали предпосылкой для создания нового класса сетевых приложений – приложений управления сетевыми ресурсами.

Совокупность сетевых устройств, протоколов и средств управления составляют основу интегрированной среды обработки, хранения и передачи данных – распределенной инфраструктуры современных компьютерных телекоммуникаций. В последнее время компьютерные сети IP эксплуатируются все активнее. Операторы стараются выжать из такой сети максимум возможного, а значит, методы оптимизации сетей IP, в том числе и Traffic Engineering (TE), приобретают все большую популярность. Максимальный эффект от сети IP не может быть получен без оптимального использования всех сетевых ресурсов – в первую очередь маршрутизаторов и каналов связи.

Функционирование пакетной сети можно считать эффективным, когда каждый ресурс загружен, но не перегружен. Это значит, что коэффициент использования ресурса должен приближаться к единице, но не настолько, чтобы очереди пакетов к нему – неизбежное явление в пакетных сетях – были бы постоянно большими, приводя к задержкам и потерям из-за переполнения внутренних буферов в маршрутизаторах.

**Анализ литературы** [2, 4 – 6] показал, что «сбалансированное» распределение потока информации по  $M_{opt}$  маршрутам передачи информации позволяет уменьшить время  $T_{TC}$  передачи информационных пакетов. Предложенный в [4] метод нахождения оптимального множества маршрутов в компьютерной сети системы критического применения

предусматривает в этой связи выполнение алгоритма определения начальной загрузки сети, обеспечивающего такой «баланс».

Реализация этого алгоритма через достаточно короткие интервалы времени (менее 5 с) обеспечивает чувствительность к краткосрочным (пиковым) изменениям трафика. Однако в связи с тем, что периодичность последнего совпадает с периодичностью решения задачи определения множества путей передачи информации, доступных в компьютерной сети системы критического применения в данный момент времени, это может привести к существенным колебаниям информационного потока и увеличению нагрузки на каналы связи. Исследования, проведенные в [4], показали, что процедуры, связанные с определением всего доступного множества путей ( $M$  маршрутов), должны реализовываться с периодом  $T^{(дл)}$  не менее 10...20 с.

### Изложение основного материала

Возникшее противоречие может быть разрешено путем организации «краткосрочных обновлений» информации о загрузке найденного оптимального множества маршрутов с периодом  $T_{(кр)} > 5$  с, что позволит учесть флуктуации трафика. Решение этой задачи становится возможным за счет учета обновленных значений «расстояний» (времени передачи информационных пакетов) между УС, содержащихся в служебных пакетах, например, «HELLO». Эти значения можно использовать для коррекции «устаревших» коэффициентов  $\varphi_s$  распределения потока информации.

Структурная схема алгоритма управления нагрузкой оптимального множества маршрутов в компьютерной сети системы критического применения, реализующего такую коррекцию, приведена на рис. 1.

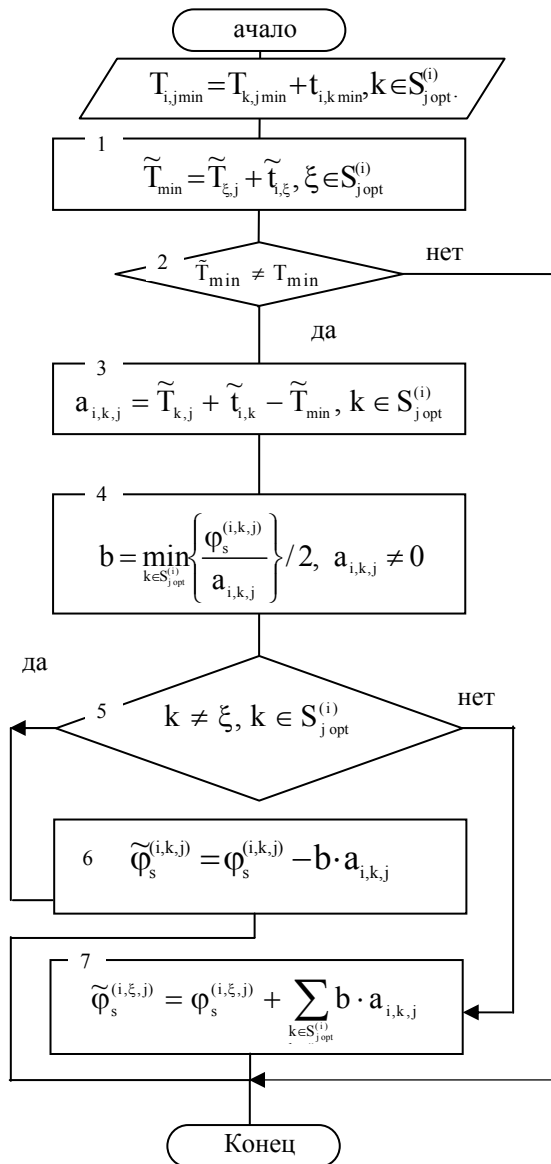


Рис. 1. Структурная схема алгоритма управления нагрузкой оптимального множества маршрутов в компьютерной сети системы критического применения

При получении в сообщении «HELLO» информации о «краткосрочных» изменениях параметров подсети в блоке 1 алгоритма отыскивается «узел-приемник»  $\xi$  ( $\xi \in S_{j,opt}^{(i)}$ ), которому соответствует «новый» кратчайший маршрут с «расстоянием»

$$\tilde{T}_{min} = \tilde{T}_{\xi,j} + \tilde{t}_{i,\xi}. \quad (1)$$

Если изменения «кратчайшего расстояния» в подсети не произошло (см. блок 2), то перераспределение информационных пакетов по  $M_{opt}$  маршрутам не производится. В противном случае в блоках 3, 4 рассчитываются промежуточные параметры  $a_{i,k,j}$  и  $b$  по соотношениям:

$$a_{i,k,j} = \tilde{T}_{k,j} + \tilde{t}_{i,k} - \tilde{T}_{min}, \quad k \in S_{j,opt}^{(i)}; \quad (2)$$

$$b = \min_{k \in S_{j,opt}^{(i)}} \left\{ \frac{\varphi_s^{(i,k,j)}}{a_{i,k,j}} \right\} / 2, \quad a_{i,k,j} \neq 0, \quad (3)$$

с помощью которых далее оцениваются «обновленные» значения  $\varphi_s^{(i,k,j)}$  коэффициентов распределения потоков информации для кратчайшего (блок 7) и остальных ( $M_{opt} - 1$ ) маршрутов (блок 6):

$$\tilde{\varphi}_s^{(i,\xi,j)} = \varphi_s^{(i,\xi,j)} + \sum_{\substack{k \in S_{j,opt}^{(i)} \\ k \neq \xi}} b \cdot a_{i,k,j}; \quad (4)$$

$$\tilde{\varphi}_s^{(i,k,j)} = \varphi_s^{(i,k,j)} - b \cdot a_{i,k,j}, \quad k \in S_{j,opt}^{(i)}. \quad (5)$$

Вычислительная сложность аналогичных алгоритмов оценена в [1, 3] и составляет  $O(L^5)$ , где  $L$  – число элементов таблицы, содержащей информацию о «расстоянии»  $T_{i,k,j}$  от узла  $i$  до адресата  $j$ ,  $r$  – число «активных» УС, инициализирующих выполнение алгоритма. Следует заметить, что алгоритм управления нагрузкой оптимального множества маршрутов в компьютерной сети системы критического применения выполняется децентрализованно (независимо) в каждом отдельном «активном» УС, что позволит снизить его вычислительную сложность до порядка  $O(L)$ . Следует заметить, что в отличие от известных алгоритмов [1, 3], периодичность выполнения которых ограничена временем обмена сообщениями о состоянии связи (синхронизирована), период выполнения алгоритма регулирования изменяющейся нагрузки в подсети компьютерной сети в каждом «активном» УС варьируется в интервале  $[T^{(кр)}, T^{(дл)}]$ , который выбирается в зависимости от загрузки сети.

На следующем этапе любого метода управления сетевыми ресурсами определяется оптимальное число  $D_{opt}$  фрагментов информационного пакета [3].

Однако, как показали исследования [1, 4], в существующих компьютерных сетях фрагментация в большинстве случаев является вынужденной мерой, которая зачастую приводит к увеличению времени доставки. Она осуществляется при необходимости передачи информационных пакетов большого размера по сети, требующей его уменьшения.

На практике при фрагментации исходный информационный пакет обычно разбивают на фрагменты максимально допустимой для данной сети (протокола) длины. Например, для АТМ максимально допустимая длина пакетов равна 384 битам, для IP – 1024 битам. Последний фрагмент может иметь длину меньшую, чем максимальная длина фрагмента, при этом в его поле данных длиной от 1 до MTU (Maximum Transfer Unit – максимальная длина информационного поля) помещается остаток поля данных исходного пакета.

Следует заметить, что управление передачей информации на транспортном уровне модели взаимодействия открытых систем (ВОС) осуществляется с помощью протоколов UDP и RTP (процедура передачи информации без квитирования). В этом случае «избыточная» фрагментация приведет к увеличению времени передачи информационных пакетов, что в условиях ограничений своевременности связи недопустимо.

Завершающим этапом процесса управления сетевыми ресурсами в компьютерной сети системы критического применения является формирование таблиц маршрутизации [3]. Решение этой задачи в известных методах сводится к выполнению процедуры (процедур) создания, заполнения и обновления соответствующих таблиц, в которых, как правило, содержится информация о номере сети адресата, адресах следующих за источником маршрутизаторов, номерах используемых для передачи портов и расстояниях от источника до адресата.

Отсутствие в них информации об интенсивности потока, направляемого по каждому из доступных (из оптимальной совокупности) маршрутов  $M_{opt}$ , не позволяет динамически оценивать «оставшуюся» пропускную способность каналов связи и соответственно эффективно распределять общий информационный поток. Поэтому возникает необходимость в модификации таблицы маршрутизации.

Модификация таблицы маршрутизации заключается в дополнении ее информацией о значениях интенсивности потока информации, распределенного по маршрутам. Это незначительно расширит размер таблицы маршрутизации, но позволит осуществлять постоянный мониторинг каналов связи и поддерживать «баланс» загрузки доступных маршрутов.

### Выводы

Составной частью разработанной процедуры распределения информационных пакетов по оптимальному множеству маршрутов в компьютерной сети системы критического применения является алгоритм управления нагрузкой оптимального множества маршрутов телекоммуникационной сети. От известных алгоритмов он отличается возможностью его децентрализованного (независимого) выполне-

ния в каждом отдельно взятом «активном» УС, что позволяет существенно снизить вычислительные затраты ресурсов сети в сравнении с известными, требующими их централизованного (совместного) выполнения во всех узлах связи.

### Список литературы

1. Бертсекас Д., Галлагер Р. Сети передачи данных: Пер. с англ. / Под ред. Б.С. Цыбакова. – М.: Мир, 1989. – 544 с.
2. Кириллов И.Г., Семенов С.Г. Математическая модель адаптивной маршрутизации цифровой информации о воздушной обстановке в телекоммуникационной сети перспективной АСУ авиации и ПВО // Системи обробки інформації. – Х.: ХУ ПС, 2007. – Вип. 5(63). – С. 50-53.
3. Королев А.В., Кучук Г.А., Пашинев А.А. Управление сетевыми ресурсами. – Х.: ХВУ, 2004. – 272 с.
4. Кучук Г.А., Можяев А.А., Ильина И.В. Метод определения множества путей передачи информации в компьютерной сети системы критического применения // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – 2008. – № 6(33). – С. 311-315.
5. Можяев А.А., Семенов С.Г., Крывчач С.Ф. Вычисление параметра маршрутизации для распределения трафика по найденному множеству путей // Системи обробки інформації. – Х.: ХУ ПС, 2005. – Вип. 9(49). – С. 107-111.
6. Семенов С.Г. Оптимизация трафика на основе сбалансированной загрузки информационно-телекоммуникационной сети // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ, 2004. – Вип. 8(36). – С.206-210.

Поступила в редколлегию 6.05.2008

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.А. Краснобаев, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко, Харьков.

## ПРОЦЕДУРА РОЗПОДІЛУ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПАКЕТІВ ПО ЗНАЙДЕНІЙ МНОЖИНІ МАРШРУТІВ В КОМП'ЮТЕРНІЙ МЕРЕЖІ СИСТЕМИ КРИТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

І.В. Ільїна

*Розроблений алгоритм управління навантаженням оптимальної множини маршрутів в комп'ютерній мережі системи критичного застосування. Розроблена процедура розподілу інформаційних пакетів по знайденій множині маршрутів в комп'ютерній мережі системи критичного застосування. Зроблений висновок про доцільність «збалансованого» розподілу потоку інформації по маршрутах передачі інформації і неприпустимості фрагментації інформаційних пакетів. Показана необхідність модифікації таблиці маршрутизації, яка полягає в доповненні її інформацією про значення інтенсивності потоку інформації, розподіленого по маршрутах.*

**Ключові слова:** система критичного застосування, комп'ютерні мережі, своєчасність, розподіл інформаційних пакетів, множина маршрутів.

## PROCEDURE OF DISTRIBUTING OF INFORMATIVE PACKAGES ON THE FOUND GREAT NUMBER OF ROUTES IN COMPUTER NETWORK OF SYSTEM CRITICAL APPLICATION

I.V. Ilyina

*The algorithm of management loading of optimum great number of routes is developed in the computer network of the system of critical application. Procedure of distributing of informative packages is developed on the found great number of routes in the computer network of the system of critical application. A conclusion is done about expedience of the «balanced» distributing of stream of information on the routes of information and impermissibility of fragmentation of informative packages transfer. The necessity of modification of routing which consists in addition its information about the values of information, distributed on routes density directory is shown.*

**Keywords:** system of critical application, computer networks, timeliness, distributing of informative packages, great number of routes.