

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРАФИКА РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ПО КОНДИЦИОННЫМ МАРШРУТАМ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

DISTRIBUTION OF REAL-TIME TRAFFIC ON THE AIR-CONDITIONED ROUTES OF THE TELECOMMUNICATION NETWORK

L. Orlova
S. Krivtsov
M. Hamdan
G. Baiseitov
A. Abd

Summary. the article deals with the problem of transmission of real-time traffic packets taking into account the application of various protocols in telecommunication networks with the required quality. The necessity of passing information between interacting switching centers along the air-conditioned routes is substantiated. As a solution, the algorithm of distribution of real-time traffic on air-conditioned routes taking into account the information load on the telecommunication network is proposed. The implementation of the algorithm allows establishing guaranteed connections between the interacting switching centers along the air-conditioned routes by reducing the number of packet exchanges in the intermediate switching centers to the required conditioning condition. The ability to quickly switch between air-conditioned routes is retained for the streaming graph.

Keywords: interacting switching centers, delay time, route conditioning, route rank, flow graph.

Орлова Людмила Ивановна

К.т.н., ФГКВОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого» (г. Санкт-Петербург)
akacia25@rambler.ru

Кривцов Станислав Петрович

Старший преподаватель, ФГКВОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого» (г. Санкт-Петербург)
staskriv@mail.ru

Хамдан Мохамед Рибхи Ас'ад

Адъюнкт, ФГКВОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого» (г. Санкт-Петербург)
hamdan.mohamed@yandex.ru

Байсаитов Гани Нуралиевич

К.т.н., ФГКВОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого» (г. Санкт-Петербург)
bayyseitov.ganinurgalievich@rambler.ru

Абд Аль Кадар Ахмед Ясин

К.т.н., Хатайский университет имени Мустафы Кемалея. Турция, г. Хатай
dahmedaboyassin2018@gmail.com

Аннотация. в статье рассматривается проблема передачи пакетов трафика реального времени с учетом применения различных протоколов в телекоммуникационных сетях с требуемым качеством. Обосновывается необходимость прохождения информации между взаимодействующими коммутационными центрами по кондиционным маршрутам. В качестве решения предлагается алгоритм распределения трафика реального времени по кондиционным маршрутам с учетом информационной нагрузки на телекоммуникационную сеть. Реализация алгоритма позволяет устанавливать гарантированные соединения между взаимодействующими коммутационными центрами по кондиционным маршрутам путем сокращения количества переприемов пакетов в промежуточных центрах коммутации до требуемого по условию кондиционности. Возможность оперативного переключения кондиционных маршрутов сохраняется для потокового графа.

Ключевые слова: взаимодействующие коммутационные центры, время задержки, кондиционность маршрута, ранг маршрута, потоковый граф.

Введение

К телекоммуникационным сетям предъявляются высокие требования по вероятностно-временным характеристикам, которые можно обеспечить путем выполнения условия кондиционности маршрутов взаимодействующих коммутационных центров. Под кондиционностью маршрута будем понимать время на пе-

ресылку пакета трафика реального времени по данному маршруту.

Проблема заключается в том, что на телекоммуникационных сетях пакеты с трафиком реального времени вынуждены проходить большое количество промежуточных центров коммутации, накапливая величину времени задержки. Поэтому уже изначально не все крат-

чайшие маршруты следования информации между взаимодействующими коммутационными центрами будут удовлетворять требованию кондиционности. Тем более, в условиях изменения структуры телекоммуникационной сети в результате различных деструктивных воздействий, в условиях применения современных телекоммуникационных технологий для построения транспортных сетей и фактической потоковой обстановки на них, устанавливать гарантированные соединения для взаимодействующих коммутационных центров по кондиционным маршрутам становится еще более затруднительным. Решение задачи можно получить путем умелого управления ресурсами телекоммуникационной сети и их оптимальным распределением по кондиционным маршрутам.

Основная часть

Известны и на практике чаще всего используются задачи, в которых требуется определять или максимальную суммарную величину потоков $\sum f_{ij} = \max$ на телекоммуникационной сети или удовлетворить требованию по пропускной способности потоков, протекающих между взаимодействующими коммутационными центрами.

К сожалению, в решении этой задачи данные формулировки не могут быть использованы в силу того, что все потоки, образуемые в телекоммуникационной сети должны протекать по кондиционным маршрутам. Задача распределения потоков по кондиционным маршрутам формулируется следующим образом.

Заданы:

- 1) матрица связности графа сети $G(n; m)$;
- 2) взаимодействующие коммутационные центры (каждый связан с каждым);
- 3) емкости ребер сети C_{ij} , $j \in n$, $i \neq j$. Под емкостью можно понимать величину суммарного трафика, протекающего по данному ребру.
- 4) параметры кондиционного маршрута, пригодного для передачи сигналов телекоммуникационной сети: $r^{\text{доп}}(\pi_k^t)$ — допустимый ранг кондиционного маршрута, где k — номер взаимодействующего коммутационного центра, t — порядковый номер маршрута, $r^{\text{доп}}$ — допустимое число пунктов транзита (коммутации) в составе кондиционного маршрута телекоммуникационной сети; или $T_{\text{зад}}^{\text{доп}}$ — допустимая величина задержки на пересылку пакетов.

Ограничения:

- 1) суммарный трафик, протекающий по ребру, не может быть больше его емкости $\sum f_{ij} \leq C_{ij}$;
- 2) в процессе решения распределительной задачи следует контролировать наличие образующихся

разделительных множеств телекоммуникационной сети.

Требуется (цель исследования): образовать максимальное множество потоков заданной величины, которые протекают по маршрутам, заданного ранга (по кондиционным маршрутам).

Ниже приводится блочная схема алгоритма распределения информационных потоков по кондиционным маршрутам (рисунок 1). Она включает базовый алгоритм Флойда, задачу Коммивояжера и несколько вспомогательных процедур. Алгоритм Флойда относится к классу полиномиальных алгоритмов, а задача коммивояжера к классу NP -полных задач (математический аппарат исследования).

Рассмотрим последовательность работы алгоритма распределения информационных потоков по кондиционным маршрутам на структуре телекоммуникационной сети.

1. С помощью алгоритма Флойда определяются кратчайшие пути на графе сети для всех взаимодействующих коммутационных центров

$$\Pi = \{\Pi_k\}, \Pi_k = \{\pi_k^t\}, k = \overline{1, n(n-1)/2}, t = \overline{1, h_{\text{св}}} \quad (1)$$

где n — число центров коммутации в сети, $h_{\text{св}}$ — наименьшая валентность взаимодействующих коммутационных центров.

Из существующих алгоритмов определения кратчайших путей на графе для всех взаимодействующих коммутационных центров выбор сделан в пользу специального алгоритма Флойда. Его сложность составляет $O(N^3)$, что на порядок лучше по сравнению с алгоритмом Форда ($O(N^4)$) и экономит 50% времени по сравнению с n -кратным применением алгоритма Дейкстры [1].

2. Определяются ранги полученных маршрутов $r(\pi_k^t)$. В соответствии с выбранной технологией телекоммуникационной сети, типом сетевого оборудования и возможностями его стыковки определяется допустимое число промежуточных центров коммутации на маршрутах передачи информации [2]. Условие кондиционности задается формулой (2)

$$r(\pi_k^t) \leq r^{\text{доп}}(\pi_k^t), k = \overline{1, n(n-1)/2}, t = \overline{1, h_{\text{св}}} \quad (2)$$

3. Все кратчайшие маршруты, удовлетворяющие условию кондиционности, насыщаются единичными потоками.

Образуется подмножество потоков Ψ графа сети такое, что потоки в нём протекают по кондиционным маршрутам

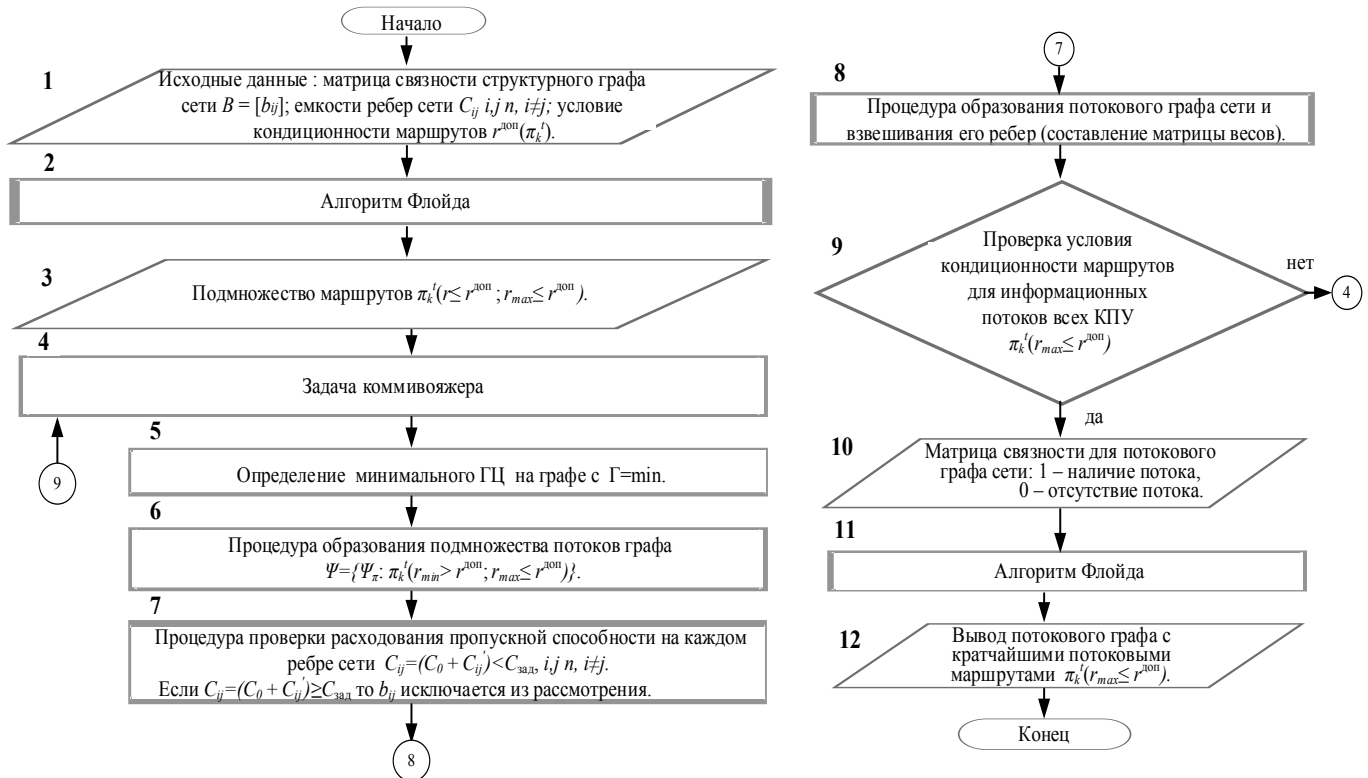


Рис.1. Блочная схема алгоритма распределения информационных потоков по кондиционным маршрутам

$$\Psi = \{\Psi_{\pi}; \pi_k^i(r \leq r^{\text{доп}})\}. \quad (3)$$

4. Распределение информационных потоков по маршрутам не удовлетворяющим заданному условию кондиционности для структурного графа производится благодаря определению минимальных гамильтоновых циклов на нем. (Процедура образования подмножества потоков Ψ графа, которые протекают по маршрутам $\pi(r > r^{\text{доп}})$):

$$\Psi = \{\Psi_{\pi}; \pi_k^i(r > r^{\text{доп}})\}. \quad (4)$$

Минимальные гамильтоновы циклы на графе определяются с помощью задачи коммивояжера. Ее работа основана на представлении пропускной способности телекоммуникационной сети в виде многослойного графа $G_{\Pi_k^i}(B, H)$. Каждый минимальный гамильтонов цикл, входящий в состав моделируемой сети, называется словом, подграфом $\langle S_r / G_{\Pi_k^i} \rangle$ графа $G_{\Pi_k^i}$.

5. В качестве исходных данных для работы задачи коммивояжера задается матрица связности между узлами графа сети $B = \|b_{ij}\|$, где элементы матрицы определяются следующим образом:

$$b_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{если между } b_i \text{ и } b_j \text{ есть ребро;} \\ 1, & \text{если между } b_i \text{ и } b_j \text{ нет ребра,} \end{cases} \quad (5)$$

где 0 и 1 — это веса ребер графа, описывающего структуру телекоммуникационной сети.

Такие веса приписываются ребрам графа сети при определении первого минимального гамильтонова цикла, для всех последующих подграфов веса ребер будут иными.

6. После составления матрицы связности программой ИГ рассчитывается минимальный гамильтонов цикл, который определяет первый слой многослойного графа. Ребра графа, вошедшие во множество полученных на данном минимальном гамильтоновом цикле маршрутов, равномерно «заполняются» единичными потоками.

Для всех последующих итераций составления многослойного графа исходными данными выступают величины потоков, задаваемые в матрице весов. Процедура взвешивания проводится после получения очередного минимального гамильтонова цикла. Весовые коэффициенты назначаются в соответствии с величиной потока, распределенного по ребру на предыдущем шаге, но независимо от проведенного на предыдущем шаге взвешивания, т.е. каждый раз новые. (Процедура образования потокового графа и взвешивания его ребер).

В процессе составления матрицы весов необходимо контролировать ресурс пропускной способности на каждом ребре:

$$C_{ij} = (C_0 + C_{ij}') < C_{\text{зад}}, i, j \in n, i \neq j. \quad (6)$$

Если $C_{ij} = (C_0 + C_{ij}') \geq C_{\text{зад}}$ то b_{ij} исключается из рассмотрения. (Процедура проверки ресурса пропускной способности на каждом ребре сети).

7. При распределении потоков на полученном минимальном гамильтоновом цикле важно определить порядок насыщения ребер графа по маршрутам, соединяющим узлы взаимодействующих коммутационных центров. В приоритете соединение наиболее удаленных взаимодействующих коммутационных центров при условии коммутации в некоторых промежуточных центрах, число которых определяется условием кондиционности маршрутов. С этой целью устанавливаются прямые («сквозные») соединения на определенных участках телекоммуникационной сети по конкретным информационным потокам. В рамках данной статьи будем называть такие участки направлениями связи. Направления связи будут соединять два центра коммутации телекоммуникационной сети через определенное число промежуточных центров коммутации, в которые не будут осуществ-

лять обработку адресов пакетов по заданному информационному потоку[3].

8. После распределения информационных потоков для всех взаимодействующих коммутационных центров с соблюдением условия $\pi_k (r_{\text{max}} \leq r^{\text{дон}})$ составляется поточковый граф. Он задается матрицей связности, в которой наличие потока обозначается 1, отсутствие потока — 0. Применение к нему алгоритма Флойда дает возможность определить кратчайшие маршруты. В случае если информационные потоки распределены не для всех взаимодействующих коммутационных центров, работа возвращается к алгоритму коммивояжера[4].

9. Алгоритм распределения потоков по кондиционным маршрутам завершает работу выводом потокового графа с кратчайшими маршрутами, которые являются кондиционными[5].

Вывод: таким образом, переход от распределения кратчайших маршрутов на структуре графа сети к распределению кратчайших маршрутов на потоковом графе позволит сократить время задержки на обработку сигналов сетевым оборудованием промежуточных центров коммутации до требуемого по условию кондиционности маршрутов, и тем самым позволит передавать трафик реального времени с заданным уровнем качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берж К. Теория графов и ее применения. Пер. с фр. / Под ред. И. А. Вайнштейна. — М.: ИЛ, 1962. — 319 с.
2. Гольдштейн Б. С., Соколов Н. А., Яновский Г. Г. «Сети связи». — СПб.: БХВ-Петербург, 2011. — 400 с.
3. Мак-Квери, Мак-Грю, Фой «Передача голосовых данных по сетям Cisco Frame Relay, ATM и IP». Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. — 512 с.
4. Орлова Л. И. «Распределение потоков речевой информации по кондиционным маршрутам транспортной сети связи». Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–1. С. 147.
5. Орлова Л. И. «Методика оценки структур транспортных сетей связи численными методами». Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–1. С. 160.

© Орлова Людмила Ивановна (akacia25@rambler.ru),

Кривцов Станислав Петрович (staskriv@mail.ru), Хамдан Мохамед Рибхи Ас'ад (hamdan.mohamed@yandex.ru),

Байсаитов Гани Нуралиевич (bayuseitov.ganinurgalievich@rambler.ru), Абд Аль Кадар Ахмед Ясин (dahmedaboyassin2018@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»