

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ

Тевдорадзе М.Т., Лобжанидзе Л.Т.
Грузинский Технический Университет

Резюме

Рассматривается подход к осуществлению маршрутизации с учетом наличия ресурсов в сети и ориентированной на обеспечение качества обслуживания пользователей и информационных потоков сети. С этой целью вводится понятие оптимальной маршрутизации. Ставится задача для определения оптимальной маршрутизации и предлагается метод ее решения.

Ключевые слова: Оптимальная маршрутизация. Путьевые потоки. Стоимостная функция. Интенсивность трафика.

1. Введение

В настоящее время пользователи предъявляют высокие требования к качеству обслуживания (Quality of Service - QoS) компьютерных сетей. Можно перечислить множество параметров, которыми оценивают компьютерную сеть: производительность, надежность, совместимость, управляемость, защищенность, способность расширения и масштабируемость [1]. Но с точки зрения качества обслуживания можно выделить два важнейших параметра – производительность и надежность. Основными показателями производительности являются – время реакции, скорость передачи трафика, пропускная способность, задержка передачи [2]. На все указанные показатели огромное воздействие оказывает маршрутизация и управление потоками. Поэтому маршрутизация является одной из важнейших и, вместе с этим, сложнейших функций сети передачи данных, требующей согласованной работы узлов компьютерной сети.

Самым распространенным подходом является маршрутизация, основанная на адресата. В таком случае маршрут в сети определяется из таких требований, как нахождении кратчайшего пути, кратчайшего промежутка времени и т.д. Более сложным способом является маршрутизация, которая проводится с учетом наличия ресурсов и требования к качеству обслуживания со стороны пользователей и информационных потоков. Маршрутизацию такого типа называют маршрутизацией на основе QoS [3]. Для описания компьютерных сетей в таком случае нужно использовать потоковые модели, основанные на интенсивностях трафика, поступающего в линии сети. Указанные модели можно использовать при постановке задачи определения оптимальной маршрутизации.

2. Основная часть

Будем называть S_{ij} потоком, проходящим по линии (i, j) , и измерять его в единицах данных в секунду, где единицами данных могут быть биты, пакеты, сообщения и т.д. Для определения стоимостной функции в данном случае можно использовать выражение вида

$$\sum_{(i,j)} D_{ij}(S_{ij}), \quad (1)$$

где каждая функция D_{ij} является монотонно возрастающей.

Приведем формулу для определения D_{ij}

$$D_{ij}(S_{ij}) = \frac{S_{ij}}{C_{ij} - S_{ij}} + d_{ij} S_{ij} \quad (1.a)$$

где C_{ij} - пропускная способность линии (i, j) , измеряемая в тех же единицах, что и S_{ij} , а d_{ij} - задержка из-за обработки и распространения.

Теперь сформулируем задачу оптимальной маршрутизации. Для каждой пары $\omega = (i, j)$ различных узлов i и j (также называемой парой отправитель-адресат или ОА-пара) входной процесс поступающих пакетов предполагается стационарным и имеет интенсивность r_ω . Таким образом, r_ω - интенсивность входного трафика, поступающего в сеть в узле i и адресованного узлу j . Цель маршрутизации в данном случае состоит в том, чтобы трафик интенсивности r_ω разделить между несколькими путями от отправителя к адресату так, чтобы общий получающийся в результате поток по линиям в сети минимизировал стоимостную функцию (1).

Введем обозначения: W - множество всех ОА-пар, P_ω - множество всех ориентированных путей, соединяющих узлы отправителя и адресата ОА-пары ω , x_p - поток (единицы данных в секунду) по пути p .

Тогда набор всех путевых потоков $\{x_p \mid \omega \in W, p \in P_\omega\}$ должен удовлетворять ограничениям

$$\sum_{p \in P} x_p = r_\omega \quad \text{для всех } \omega \in W,$$

$$x_p \geq 0 \quad \text{для всех } p \in P_\omega, \omega \in W.$$

Суммарный поток S_{ij} по линии (i, j) равен сумме путевых потоков проходящих по этой линии,

$$S_{ij} = \sum_{\substack{\text{По всем путям } p, \\ \text{содержащим } (i, j)}} x_p \quad (2)$$

Рассмотрим стоимостную функцию вида $\sum_{(i,j)} D_{ij}(S_{ij})$ и задачу нахождения путевых потоков $\{x_p\}$, которые минимизируют эту стоимостную функцию при вышеуказанных ограничениях. Если в стоимостной функции (1) заменить суммарные потоки S_{ij} на путевые, то задачу можно сформулировать в следующем виде:

минимизировать $\sum_{(i,j)} D_{ij} \left[\sum_{\substack{\text{По всем путям } p, \\ \text{содержащим } (i, j)}} x_p \right],$

при ограничениях $\sum_{p \in P_\omega} x_p = r_\omega$ для всех $\omega \in W$,

$$x_p \geq 0 \text{ для всех } p \in P_\omega, \omega \in W. \quad (3)$$

Таким образом, задача сформулирована в терминах неизвестных путевых потоков $\{x_p \mid p \in P_\omega, \omega \in W\}$. Это и является основной задачей оптимальной маршрутизации.

Далее для решения поставленной задачи будем описывать оптимальную маршрутизацию с использованием производных функций D_{ij} . Пусть x будет вектором путевых потоков x_p . Для конкретности предположим, что пути p последовательно пронумерованы. Тогда, если $W = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m\}$ - множество ОА-пар, то соответствующими множествами путей являются

$$\begin{aligned} P_{\omega_1} &= \{1, 2, \dots, n_1\}, \\ P_{\omega_2} &= \{(n_1 + 1), \dots, n_2\}, \\ &\dots \\ P_{\omega_m} &= \{(n_{m-1} + 1), \dots, n_m\}, \end{aligned}$$

где n_1, n_2, \dots, n_m - некоторые целые числа, такие, что $n_1 < n_2 < \dots < n_m$. Координатами вектора путевых потоков x будут путевые потоки x_1, x_2, \dots, x_{n_m} , т.е.

$$x = \begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_{n_m} \end{Bmatrix}.$$

Обозначим через $D(x)$ стоимостную функцию задачи (3)

$$D(x) = \sum_{(i,j)} D_{ij} \left[\sum_{\substack{\text{По всем путям } p, \\ \text{содержащим } (i,j)}} x_p \right]$$

а через $\partial D(x) / \partial x_p$ - частную производную D по x_p . Тогда

$$\frac{\partial D(x)}{\partial x_p} = \sum_{\substack{\text{По всем линиям } (i,j) \\ \text{на пути } p}} D'_{ij} \quad (4)$$

где первые производные D'_{ij} берутся при суммарных потоках, соответствующих x .

Из равенства (4) видно, что $\partial D / \partial x_p$ является длиной пути p , если длину каждой линии (i, j) положить равной первой производной D'_{ij} взятой в x . Поэтому далее $\partial D / \partial x_p$ называется первопроизводной длиной пути p . Запишем условие

$$\sum_{\omega \in W} \sum_{p \in P_{\omega}} \frac{\partial D(x^*)}{\partial x_p} (x_p - x_p^*) \geq 0 \quad (5)$$

для всех x_p , удовлетворяющих ограничениям

$$\sum_{p \in P_{\omega}} x_p = r_{\omega}, \quad x_p \geq 0 \quad \text{для всех } p \in P_{\omega}, \omega \in W. \quad (6)$$

Условия (5) и (6) можно объединить по отношению к ОА-паре и для всех $\omega \in W$ записать в виде

$$\sum_{p \in P_{\omega}} \frac{\partial D(x^*)}{\partial x_p} (x_p - x_p^*) \geq 0 \quad \text{для всех } x_p \geq 0, \quad (7)$$

и $p \in P_{\omega}$, таких, что $\sum_{p \in P_{\omega}} x_p = r_{\omega}$.

Условие (7) эквивалентно требованию, что для всех $\omega \in W$ $x_p^* > 0$ только тогда, когда

$$\frac{\partial D(x^*)}{\partial x_{p'}} \geq \frac{\partial D(x^*)}{\partial x_p} \quad \text{для всех } p' \in P_{\omega}. \quad (8)$$

Смысл условия (8) состоит в том, что набор путевых потоков оптимален тогда и только тогда, когда путевой поток положителен только для тех путей, которые имеют минимальную первопроизводную длину. Из условия (8) также следует, что в точке оптимума пути, по которым проходит ненулевая часть входного потока r_{ω} ОА-пары ω , должны иметь одинаковую длину (меньшую или равную длине, чем все другие пути для ω).

3. Заключение

Сформулированная задача оптимальной маршрутизации поддается аналитическому исследованию и распределенному численному решению. Однако она имеет некоторые ограничения. Основное ограничение касается выбора стоимостной функции (1) в качестве меры. Этот выбор основан на гипотезе, что достаточно хорошую маршрутизацию можно сделать оптимизируя средние уровни проходящего по линиям трафика и не обращая внимания на другие вероятностные характеристики трафика. Таким образом, стоимостная функция (1) не чувствительна к нежелательным явлениям, связанным с большой дисперсией и корреляциями интервалов между моментами поступления пакетов и моментами передачи. Также ясно, что при оптимальной маршрутизации трафик направляется по тем путям, которые являются кратчайшими по отношению к некоторым «длинам» линий, зависящим от потоков, проходящих по этим линиям.

Литература:

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Санкт-Петербург: Питер, 2002
2. Таненбаум Э. Компьютерные сети. Санкт-Петербург, "Питер". 2002
3. Шринивас Вегешна. Качество обслуживания в сетях. Москва. 2003.

ოპტიმალური მარშრუტიზაციის ამოცანის დასმა

მედეა თევდორაძე, ლილი ლობჯანიძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზუმე

განიხილება მიდგომა მარშრუტიზაციის განხორციელებისადმი, რომელიც ითვალისწინებს ქსელში რესურსების არსებობას და ორიენტირებულია მომხმარებლებისა და ინფორმაციული ნაკადების მომსახურების ხარისხის უზრუნველყოფაზე. ამ მიზნით შემოღებულია ოპტიმალური მარშრუტიზაციის ცნება. დასმულია ოპტიმალური მარშრუტიზაციის განსაზღვრის ამოცანა და შემოთავაზებულია მისი გადაჭრის მეთოდი.

DEFINITION OF THE TASK OF OPTIMAL ROUTING

Tevdoradze Medea, Lobzhanidze Lili
Georgian Technical University

Summary

In the given article there is discussed question of realization of routing on the bases of taking in accounting existence of recourses in the network and which is oriented on the quality of service of users and information streams in the network. For these goals it is offered concept of optimal routing, also there are determined the task of definition of optimal routing and method of its solving.