

# Методы управления трафиком в мультисервисных сетях

Р. Т. Алиев

## Ссылка на оригинал.

Эффективность функционирования вычислительных сетей в значительной степени определяется временными задержками при передаче данных между пользователями сети. Минимизация задержек в сетях с однородным трафиком обеспечивается на этапе проектирования с использованием математических моделей массового обслуживания с однородным потоком заявок [1].

В настоящее время все большее распространение получают мультисервисные сети, характерной особенностью которых является неоднородность трафика [2, 3]. Неоднородность трафика заключается в передачи по телекоммуникационной сети пакетов нескольких типов (видео- и аудиопакетов, речевых пакетов, текстовых пакетов и т.д.), к которым предъявляются различные требования [4]. Эти требования формулируются в виде ограничений на время доставки пакетов разных типов, при этом ограничения могут быть двух видов:

1) вероятностные в виде допустимой вероятности  $u$  превышения заданного ограничения  $t$  на время задержки  $t$  пакетов в телекоммуникационной сети:

2) средние в виде ограничения  $t^*$  на среднее время  $t$  задержки:  $t < t^*$  ( $i = 1, n$ ),

где  $n$  – количество типов пакетов в сети.

Указанные ограничения могут быть выполнены за счет применения специальных методов управления трафиком, позволяющих эффективно распределить пропускную способность канала связи между пакетами разных типов, в частности, за счет оптимального распределения приоритетов. При этом актуальной становится задача оценки эффекта от введения приоритетов, предоставляемых пакетам, критичным к задержкам в телекоммуникационной сети. Решение этой задачи требует использования моделей с неоднородным потоком заявок, позволяющих выполнить анализ свойств приоритетных систем передачи данных и сформулировать рекомендации для проектирования приоритетных сетей, в частности, оценить требуемую пропускную способность каналов связи.

Приоритизация имеет смысл, когда маршрутизаторы или коммутаторы способны различать разные типы трафика. Для указания приоритета пакета может использоваться специальный байт "тип сервиса" (Type of Service — ToS). В IPv4 три первых бита (0–2) поля ToS позволяют устанавливать восемь уровней приоритета [4]:

111 — управление сетью (Network Control);

110 — межсетевое управление (Internetwork Control); 101 — CRITIC/ECP;

100 — сверхсрочный (Flash Override)

011 — срочный (Flash);

010 — неотложный (Immediate);

001 — приоритетный (Priority);

000 — обычный (Routine).

Для оценки эффективности приоритетных методов управления трафиком в мультисервисных сетях в качестве базовой модели канала связи будем использовать систему массового обслуживания с неоднородным потоком пакетов  $n$  типов, поступающих в канал связи с интенсивностями  $X_1, \dots, X_n$ . Обозначим:  $V$  – пропускная способность канала связи,  $b_r$  – средняя длина пакета  $r$ -го типа. Для случая, когда пакеты одного класса имеют одинаковую длину, а потоки пакетов являются простейшими, средняя задержка пакета  $r$ -го типа при использовании метода управления трафиком на основе относительных приоритетов определяется по формуле

В табл. 1 представлены результаты расчета временных задержек пакетов в канале связи для четырех уровней приоритетов и двух способов назначения приоритетов при использовании каналов связи с разными пропускными способностями.

Анализ представленных результатов позволяет сформулировать следующие выводы.

1. Для обеспечения минимальной задержки пакетов всех типов приоритет необходимо предоставлять коротким пакетам.
2. При большой загрузке канала связи низкоприоритетные пакеты имеют практически недопустимые задержки, превышающие для речевых пакетов ограничения 150–300 мс [4].
3. При увеличении пропускной способности канала связи в 1,5 раза (со 128 до 192 Кбит/с) задержки для высокоприоритетных пакетов уменьшились более чем в два раза, а низкоприоритетных – более чем на порядок.

Одной из важных задач, решаемых на этапе проектирования корпоративной вычислительной сети, является определение требований к пропускным способностям каналов связи. Очевидно, что эти требования существенно зависят от нагрузки, создаваемой передаваемыми пакетами данных, и ограничений, налагаемых на величину задержки высокоприоритетных пакетов, к которым относятся, например, речевые пакеты.

Рассмотрим случай, когда ограничения заданы на среднее время задержки речевых пакетов, имеющих наивысший (первый) приоритет, в виде:  $t_1 < t_1^*$ . Положим, что размеры пакетов всех типов одинаковы ( $L = L$  для всех  $r = 1, n$ ), а доля речевых пакетов в общей нагрузке составляет  $k$  ( $0 < k < 1$ ), т.е.:  $X_1 = kL$ . Тогда, решая квадратное неравенство  $t_1 < t_1^*$  с учетом (1), получим, что пропускная способность канала связи должна выбираться из условия

Выражение в правой части неравенства (2) представляет собой нижнюю границу пропускной способности  $V_{\text{канала}}$  связи, требующейся для передачи речевых пакетов с заданным качеством в сети с приоритетным управлением.

В процессе проектирования корпоративной сети обычно достаточно сложно задать долю  $k$  речевых пакетов в общей нагрузке. В то же время эта доля в течение суток может

изменяться в значительных пределах. В связи с этим предлагается оценивать требуемую пропускную способность для всего диапазона изменения  $k$ . Для этого рассмотрим предельные случаи, когда  $k \rightarrow 0$  и  $k \rightarrow 1$ . Тогда из (2) получим нижнюю и верхнюю границу пропускной способности канала связи:

Можно показать, что последнее выражение для  $V_{\max}$  соответствует требуемой пропускной способности при беспriorитетном управлении трафиком в узлах сети. Тогда эффект от введения приоритетного управления составит  $\eta = (V_{\max} - V_k) / V_k$ .

В табл. 2 представлены результаты расчета пропускной способности канала связи при различных значениях параметров нагрузки и ограничений на задержку пакетов. Для качественной передачи речевого трафика допустимая задержка составляет  $\tau^* = 150\text{--}300$  мс. Если для передачи речевого трафика задействовано  $M$  последовательных каналов связи, то, очевидно, что задержка в каждом канале не должна превышать  $\tau^* / M$ .

Анализ полученных результатов показывает, что введение приоритетного управления трафиком позволяет снизить требования к пропускным способностям каналов связи, при этом:

- уменьшение допустимой задержки в  $a$  раз требует увеличения пропускной способности канала менее чем в  $a$  раз;
- с увеличением нагрузки (интенсивности  $L$ ) увеличивается эффект от введения приоритетного управления трафиком;
- с уменьшением доли  $k$  речевых пакетов в общей нагрузке этот эффект увеличивается.

Таким образом, предлагаемая модель приоритетного управления в канале связи мультисервисной сети позволяет определить пропускную способность канала и оценить эффект, достигаемый за счет использования приоритетного управления трафиком.

#### **Литература**

1. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями. М.: Мир, 1979.
2. Кульгин М. Технология корпоративных сетей. СПб: Питер, 2000.
3. Кульгин М. Введение в систему управления трафиком // LAN. 1998. № 11.
4. Холл Э. Приоритизации трафика в сетях IP // Сети и системы связи. 1988. №11 (33).