

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНВЕРСНОГО МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЯ ПО РАЗНОСКОРОСТНЫМ НЕЗАВИСИМЫМ КАНАЛАМ СВЯЗИ

А.А. Болюбаш
(представил проф. А.В. Королёв)

Рассмотрено использование технологии инверсного мультиплексирования по разноскоростным независимым каналам связи при построении подсети передачи данных, которая дает возможность уменьшить время передачи данных и повысить живучесть подсети.

Интенсивный рост количества данных, циркулирующих между пользователями, выдвигает к информационно-вычислительным системам (ИВС) всё более жёсткие требования, такие как передача информации в реальном масштабе времени, помехозащищённость, живучесть, устойчивость, прозрачность и т.д., которые должны быть учтены на этапе разработки структуры соответствующей системы передачи данных (СПД).

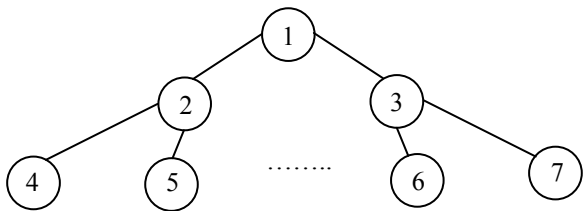


Рис. 1. Граф сети передачи данных

Представим СПД в виде иерархического неориентированного графа G (рис. 1). Каждое ребро этого графа соответствует некоторой подсети. Действительно, если узлы СПД находятся на достаточно большом расстоянии друг от друга, магистральный тракт между ними представляет собой некоторую подсеть, состоящую из множества узлов (коммутаторов) и трактов между ними. Каждую из таких подсетей можно предста-

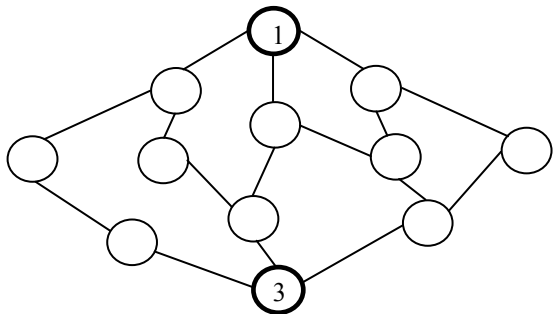


Рис. 2. Граф подсети

вить в виде неориентированного графа (например, граф G_{13} на рис. 2, соответствующий ребру между вершинами 1 и 3 графа G). Требования, предъявляемые к СПД, также предъявляются и к подсетям. Перед разработчиком СПД на этапе построения отдельно взятой подсети обычно стоят две задачи, исходящие из требований оперативности и живучести:

1) необходимо найти оптимальный маршрут передачи данных при заданной пропускной способности трактов и узлов подсети так, чтобы время передачи было не более заданной величины;

2) подсеть должна быть K -связной (в простейшем случае $K = 2$), т.е. должно иметься минимум K маршрутов, удовлетворяющих предыдущему условию и не имеющих общих узлов и трактов.

Для решения первой задачи существует много различных методов поиска маршрута, например, методы Дейкстры, Флойда, Данцига [1]. Для решения второй задачи можно использовать следующий алгоритм поиска K -кратчайших путей из исходной вершины s к вершине t .

Шаг 0. Положим $k = 1$, т.е. будем искать кратчайший путь из s к t . Перед началом выполнения алгоритма все вершины и дуги графа определяем как невыделенные. Каждой вершине x присваивается вес $d(x)$: $d(s) = 0$ и $d(x) = \infty$ для всех x , отличных от s (в дальнейшем для выделенных вершин вес будет равен длине кратчайшего пути из s в x , включающего только выделенные вершины).

Шаг 1. Выделим вершину s и положим $y = s$ (y – последняя из выделенных вершин).

Шаг 2. Для всех невыделенных вершин x , инцидентных с вершиной y , пересчитаем вес $d(x)$ следующим образом:

$$d(x) = \min \{ d(x), d(y) + r(x,y) \}, \quad (1)$$

где $r(x,y)$ – вес соответствующей дуги.

Выделяем ту из вершин x , для которой величина $d(x)$ является наименьшей и положим $y = x$. Если же для всех рассмотренных вершин x $d(x) = \infty$, то дальнейший поиск невозможен и алгоритм заканчивает работу.

Шаг 3. Если $y \neq t$, то возвращаемся к выполнению шага 2, в противном случае k -й кратчайший путь из исходной вершины s к вершине t найден.

Шаг 4. Если $k < K$, то положим $k = k + 1$, из графа G удалим вершины, входящие в кратчайший маршрут (кроме вершин s и t) и переходим к шагу 1. При $k = K$ требуемый результат достигнут и алгоритм заканчивает работу.

Заметим, что каждый тракт (i, j) между двумя отдельно взятыми узлами i и j представляет собой совокупность нескольких подтрактов – физически независимых линий связи, таких как воздушные линии связи, подземный бронированный кабель, кабель типа П-274 и т.д. С целью повышения живучести и уменьшения времени, затрачиваемого на передачу заданного объема данных, пакеты можно отправлять не по одному, а по нескольким

каналам независимых линий связи. Такая технология применяется при инверсном мультиплексировании для сетей АТМ (Inverse Multiplexing for АТМ, IМА). Стандарт на неё официально одобрен в июле 1997 года.

В основу инверсного мультиплексирования положено распределение пакетов между несколькими каналами связи. Отправитель посылает пакеты в каналы по очереди: первый пакет в первый канал, второй – во второй и т.д. Получатель принимает пакеты из разных каналов и, используя соответствующий механизм, выстраивает их в порядке отправления [2]. Поэтому необходима чёткая синхронизация принимающих и передающих устройств (инверсных мультиплексоров АТМ). Для этого в потоки пакетов с пользовательской информацией вставляются пакеты IСР (IМА Control Protocol, управляющий протокол IМА). Эти пакеты вместе с пакетами с пользовательской информацией образуют кадры IМА. Хотя скорости каналов, входящих в одну группу, равны, не существует гарантии, что оправленные ячейки будут получены одновременно. Поэтому в более быстрые каналы для выравнивания скоростей посылаются специальные пустые ячейки. Мультиплексоры получателя удаляют их, прежде чем передавать в сеть АТМ. Необходимо особо отметить, что в технологии АТМ рассматривается инверсное мультиплексирование только по однотипным каналам до 1,5 Мбит/с. Распределение потоков пакетов по разнотипным разноскоростным каналам независимых линий связи даёт возможность повысить живучесть сети, уменьшить время доставки пакетов и плату за аренду каналов.

Пусть V_3 – объём передаваемых данных; $V_{с\alpha}$ – служебная информация для формирования ячеек; $V_{с\kappa}$ – служебная информация для формирования кадров; V_c – объём служебной информации (рис. 3, $V_c = V_{с\alpha} + V_{с\kappa}$). Множество каналов, имеющих в наличии в данный момент, обозначим как $I = \{ i \mid s = \overline{1, n} \}$; $I \supset I_k$ – один из возможных вариантов распределения каналов; T_i – время передачи соответствующего объёма V_i по i -му каналу; T_3 – время, выделенное для передачи объёма V_3 ; V_i – объём данных, которые будут переданы по i -му каналу ($i \in I_k$); S_i – скорость передачи по i -му каналу, C_i – стоимость аренды каналов; C_3 – средства (финансирование), выделенные для аренды каналов. В идеальном случае время передачи по всем каналам из I_k должно быть одинаково и меньше T_3 . Однако, в действительности значения T_i обычно отличаются друг от друга. Определив минимальное среди них $T_{\min} = \min_{i \in I_k} (T_i)$, для каждого канала $i \in I_k$ получим значение задержки при передаче V_i : $\Delta T_i = T_i - T_{\min}$.

При использовании инверсного мультиплексирования необходимо решить следующую оптимизационную задачу: найти такой вариант распределения пакетов по каналам связи, чтобы наибольшее время передачи по любому из каналов выбранного варианта распределения I_k не превы-

шало времени, выделенного для передачи требуемого объема данных V_3 , т.е. $\max_{i \in I_k} T_i < T_3$. При этом задержки по этим каналам должны быть сведены к

минимуму ($\Delta T_i \rightarrow 0$). Кроме того, необходимо выбрать такой вариант, при котором средства, затрачиваемые на аренду каналов не превышали выделенного лимита ($\sum C_j \leq C_3, j \in \bar{1}, \bar{n}$). В ходе решения полученной оптимизационной задачи требуется, чтобы отобранные варианты удовлетворяли условию

$$\sum (V_c(i) + V_i) - V_3 \leq S_{\min} \cdot \Delta t, i \in I_k,$$

где Δt – элементарный промежуток времени, $S_{\min} = \min_{i \in I_k} (S_i)$ – наименьшая скорость передачи среди отобранных каналов.

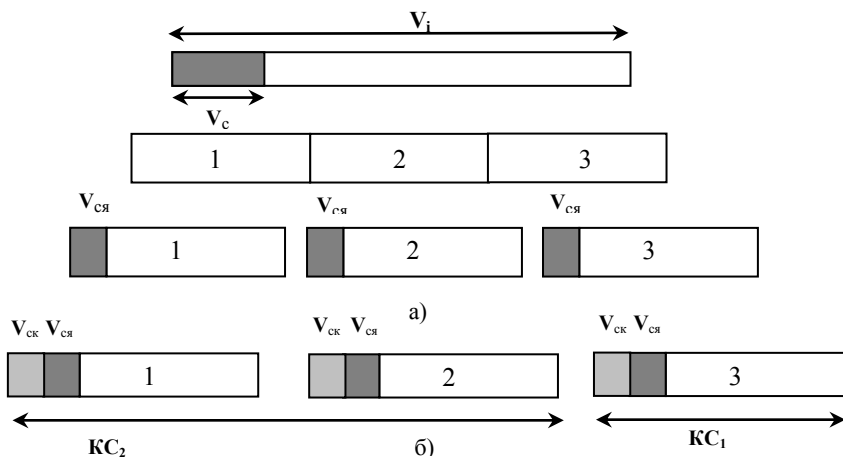


Рис. 3. Формирование ячеек (а) и кадров (б)

Отметим, что при применении такого подхода возникает ряд трудностей с перераспределением потока ячеек в следующих случаях:

- вырождение подсети (отказ каналов связи и узлов);
- необходимость повторной передачи, если ячейка получена с ошибкой;
- какой-либо канал начал работать быстрее или медленнее.

Рассмотренный подход представляет несомненный интерес для дальнейшего изучения, так как позволяет существенно уменьшить время передачи данных и затраты на аренду каналов, а также улучшить живучесть сети.

ЛИТЕРАТУРА

1. Майника Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах. – М.: Мир, 1981. – 426 с.
2. Кульгин М. Технологии корпоративных сетей. – С.-П. : Мир, 2000. – 748 с.

Поступила 13.08.2002

БОЛЮБАШ Алексей Алексеевич, адъюнкт ХВУ. Окончил ХВУ в 1998 году. Область научных интересов – оптимизация вычислительных сетей.
