Применение хеширования для выравнивания нагрузки на параллельные пути передачи данных в IP-сети

При передаче данных по пакетной сети возникают ситуации, когда имеются два или более равноценных альтернативных пути их следования ([1], рис. 1, *а*). Так, при передаче пакета из узла 3 в узел 2* он проходит через узел A и попадает в узел B. Здесь есть альтернатива: можно пройти в узел E и далее к узлу 2* через узлы C или D. Вообще говоря, не имеет значения, какой из этих путей будет выбран. Однако пересылки последовательностей пакетов между любой парой узлов из групп 1 — m и 1* — m* желательно выполнять по постоянным маршрутам. В противном случае на альтернативных маршрутах может произойти обгон одного пакета другим, т. е. их исходная последовательность будет нарушена.

Узел E, обнаружив такое нарушение, расценивает его как перегрузку сети и посылает в узел — источник последовательности — команду уменьшения скорости генерации пакетов, что нежелательно. Во избежание нарушений последовательностей пакетов, на разветвлении пути распространения пакетов (в узле B) каждый из них должен анализироваться с целью однозначного определения направления его дальнейшего перемещения.

Анализ основан на том, что все пакеты, пересылаемые из некоторого фиксированного узла i (i = 1, 2, 3, …, m) в некоторый фиксированный узел j (j = 1*, 2*, 3*, …, m*) имеют в заголовках одинаковые пары кодов «адрес источника — адрес приёмника». Каждая пара представлена 64-разрядным словом. Это слово (возможно, совместно с некоторыми другими полями заголовка) подвергается хешированию — некоторой операции сжатия, обычно операции циклического кодирования. В результате формируется малоразрядный хеш-код (его разрядность, например, может быть равна 5), по которому с высокой достоверностью можно идентифицировать поток, которому принадлежит пакет.

В узле B принимается некоторое условие ветвления потока. Например, если хеш-код чётный, то пакет направляется в узел D; если хеш-код нечётный, то пакет передаётся в узел C. Вычисляемые хеш-коды представляют собой псевдослучайные двоичные числа. Число чётных и нечётных хеш-кодов статистически одинаково, поэтому потоки данных практически равномерно распределяются по направлениям B → C и B → D.

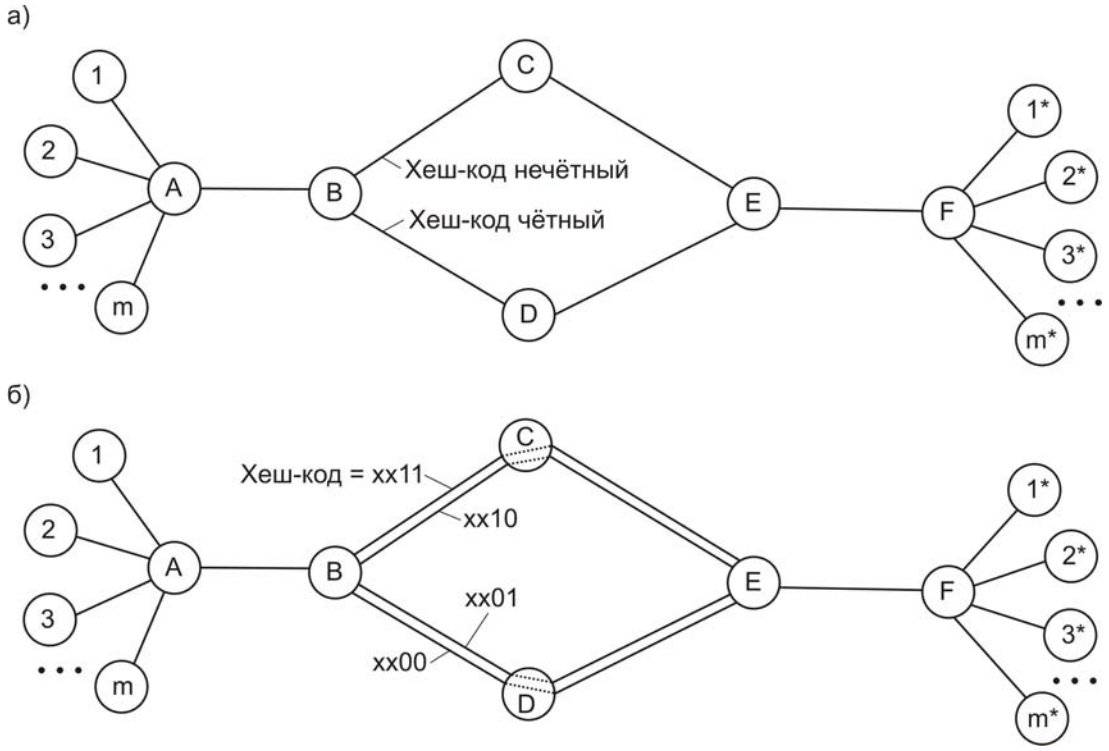

Рис. 1. Сети с альтернативными путями передачи данных между группами узлов 1 — m и 1* — m*

Аналогично при ветвлении потока на четыре направления (рис. 1, *б*) анализируются два произвольных (например, младших) разряда хеш-кода. В зависимости от их значения выбирается одно из четырёх направлений. Напомним, что пакеты, принадлежащие одному и тому же потоку (например, узел 3 → узел 2*) проходят по одному и тому же пути. В то же время статистически достоверно равномерное распределение потоков по выходам узла B.

К сожалению, такой способ выравнивания информационной нагрузки на линии (оптические или иные) не универсален и не всегда приводит к положительным результатам. В примере, приведенном на рис. 2, *а*, узел B отправляет пакеты с чётными хеш-кодами в узел D, а с нечётными — в узел C. При этом узлу C ничего не остаётся, как сортировать уже сортированные пакеты, среди которых нет пакетов с чётными хеш-кодами! Поэтому нижняя линия C — E, предназначенная для их дальнейшей передачи, остаётся не задействованной.

Аналогичная ситуация показана на рис. 2, *б*. В данном случае из-за повторной сортировки хеш-кодов, среди которых нет чётных, не задействованы две линии связи.

Решение задачи заключается в том, что при вычислении хеш-кода используются не только указанные в заголовке пакета адреса источника и приёмника, но и IP-адрес узла сети, который проводит вычисления [1]. В результате хеш-код вновь становится псевдослучайным и может использоваться для равномерного распределения потоков данных по параллельным путям. При этом пакеты одного потока распространяются по одному и тому же пути.

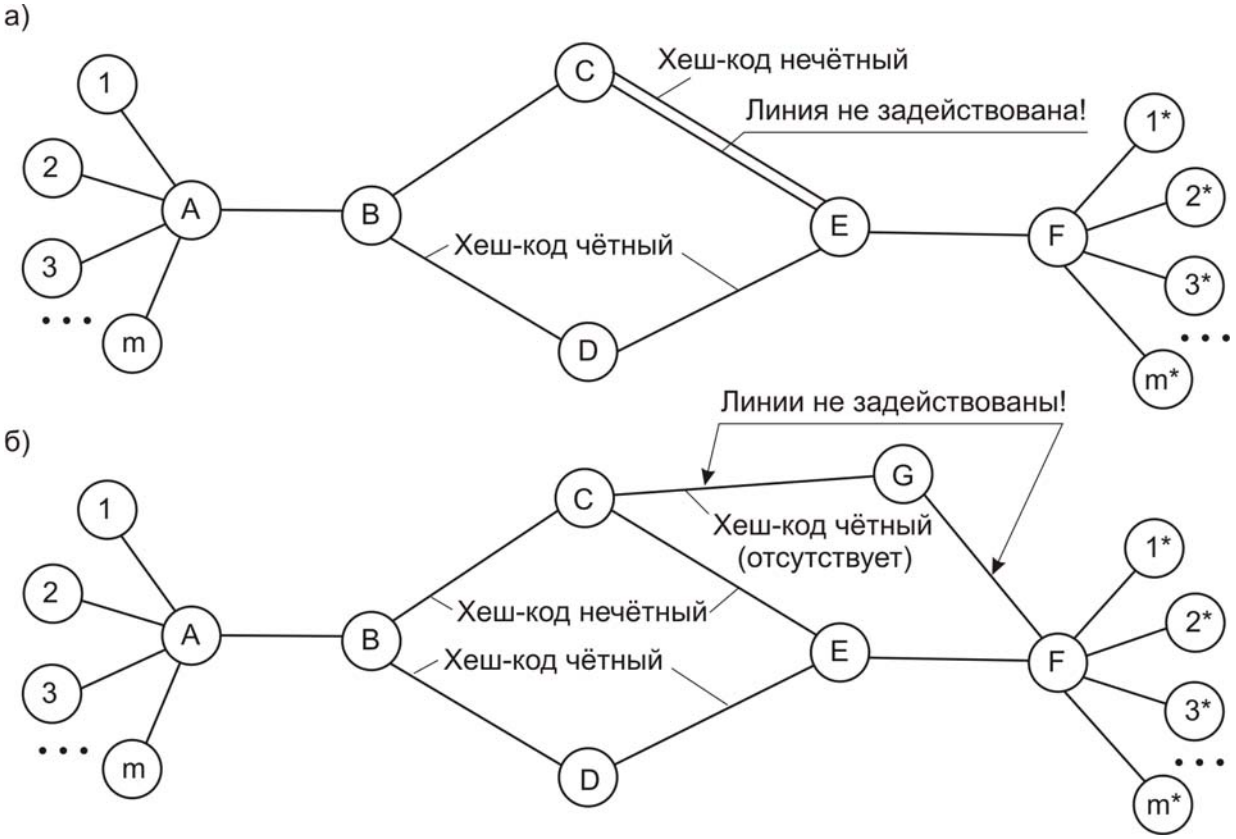

Рис. 2. Примеры неправильного использования дополнительных линий

1. Пат. США № 6.870.849 B1. http://www.uspto.gov.

Б.В. Шевкопляс