

ИССЛЕДОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩЕГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЧАСТОТЫ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ БИТОВОГО ПОТОКА ЧЕРЕЗ ПАКЕТНЫЕ СЕТИ

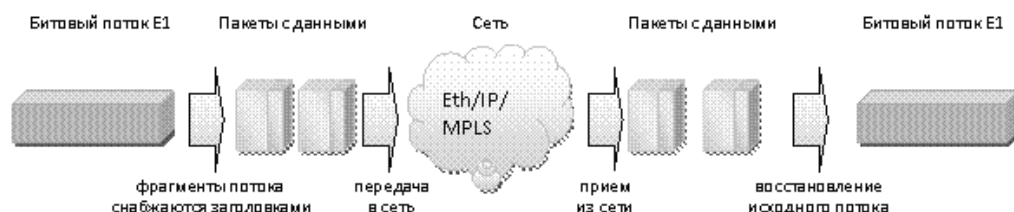
Курлаев С.А., Лемешко Б.Ю.

НГТУ, Новосибирск

E-mail: kurlaev@ngs.ru

Многие провайдеры услуг и корпоративные клиенты заинтересованы в организации передачи голоса через современные надёжные и недорогие сети Ethernet, IP и MPLS. В настоящее время существует технология VoIP, предоставляющая такую возможность, но её использование требует серьёзных инвестиций в новую инфраструктуру и замену имеющегося и стабильно работающего оборудования. В последние годы в сетях различного масштаба получила распространение технология TDMoP (Time Division Multiplexing over Packet networks), которая позволяет использовать имеющееся оборудование совместно с новыми сетями передачи данных, а также формировать каналы передачи голоса поверх имеющихся пакетных сетей.

Основная идея технологии заключается в разбиении непрерывного потока данных E1 на фрагменты, которые снабжаются необходимыми заголовками и, сформированные таким образом пакеты, передаются в пакетную сеть. На принимающей стороне из этих фрагментов вновь формируется непрерывный поток данных E1, причем основные параметры восстановленного потока полностью соответствуют входному потоку E1. Таким образом, TDMoP эмулирует «медный провод» и, с точки зрения конечного оборудования, представляет собой обычное проводное соединение между двумя телефонными станциями или другим аналогичным оборудованием. Такой подход к организации связи позволяет прозрачно соединять имеющееся оборудование, не сталкиваясь с проблемами совместимости оконечного оборудования и сетей передачи данных.



Основной проблемой при организации передачи потоковых данных через пакетные среды является восстановление синхронизации на удаленном конце, так как в сетях Ethernet нет возможности передавать синхроимпульсы, а время задержки – случайная величина. Это заставляет обеспечивать восстановление синхронизации на принимающем конце специальными алгоритмами на основе доступной информации о задержках в сети передачи пакетов.

Другой проблемой является потеря пакета при передаче через сеть. Хотя при организации сети передачи данных используется надёжное оборудование и число таких потерь сводится к минимуму, однако, они всё-таки случаются, и такой случай требует специальной обработки. В TDMoP предусмотрено два способа борьбы с потерянными пакетами: повторная передача потерянных пакетов и интерполяция.

Рассмотрим упрощённую постановку данной задачи. На входе передающего устройства имеется битовый поток с номинальной скоростью 2.048 мегабит в секунду. Реальная скорость потока находится в диапазоне [2 047 950; 2 048 050] Гц, является фиксированной, но заранее неизвестна. Поступающий входной поток разбивается на одинаковые фрагменты по 128 байт. Эти фрагменты дополняются соответствующими заголовками и передаются через сеть в другое аналогичное устройство, испытывая задержку в 1 мс. Будем считать, что все пакеты, отправленные передающим устройством, приходят в том же порядке на принимающее.

На втором устройстве пришедшие из сети пакеты размещаются в очереди (джиттер-буфере). Обработка пакетов на принимающем устройстве заключается в чтении из джиттер-буфера очередного пакета и побитовой передачи его в выходной поток, скорость передачи которого может устанавливаться равной:

$$F_0 + (N - 32) * 14 \text{ Гц},$$

где F_0 – фиксированная, но неизвестная заранее частота из диапазона [2 047 900; 2 048 100] Гц, N – число от 0 до 63, которое может меняться в процессе работы.

Также имеются ограничения, связанные со спецификой используемого оборудования. Расчёты, связанные с принятием решения относительно величины N , можно проводить 20 раз в секунду. В каждый момент времени доступна величина наполненности джиттер-буфера. Частоту выходного потока нельзя изменять более, чем на 1 Гц за секунду. Время пребывания в очереди каждого пакета не должно превышать 10 мс.

Как уже говорилось выше, основной проблемой является обеспечение частоты выходного потока, равной частоте входного потока. Фактически эта задача сводится к задаче обеспечения средней степени наполненности джиттер-буфера, равной заданной оператором величине. Для решения этой задачи на принимающем устройстве, может быть реализован следующий алгоритм: каждую секунду проверяется заполненность джиттер-буфера. Если она превышает максимально допустимое значение (например, 10 пакетов в очереди), то увеличивается величина N , которая тем самым увеличивает скорость выходного потока. Таким образом, принимающее устройство пытается уменьшить размер джиттер-буфера. Аналогично, если заполненность джиттер-буфера становится меньше минимально допустимого значения (например, меньше 9 пакетов в очереди), то для увеличения размера джиттер-буфера уменьшается величина N , которая тем самым замедляет скорость выходного потока.

Прежде чем применять на практике какое-либо решение поставленной задачи, следует оценить его эффективность. В рассматриваемой задаче удобно воспользоваться методами имитационного моделирования.

Описанная выше система является типичной системой массового обслуживания, где под заявками на обслуживание можно понимать входящий битовый поток, под обслуживающим прибором – передающее устройство, под очередью перед вторым обслуживающим прибором – джиттер-буфер. Поскольку в настоящее время самым распространённым языком имитационного моделирования является GPSS, то создадим модель изучаемой системы на этом языке и оценим эффективность описанного выше алгоритма восстановления частоты входного потока. Поскольку скорость V_1 входного потока и скорость V_2 устройства, передающего данные в выходной поток, априори не известны, смоделируем работу системы при различных скоростях.

В результате моделирования при равных скоростях значение N не изменяется, что и должно быть, поскольку задержки пакетов в сети неслучайны и равны 1 мс. Таким образом, если при включении обоих устройств у них установятся одинаковые скорости, то система будет работать корректно, поддерживая джиттер-буфер на неизменном уровне.

Если скорости передачи не равны, но относительно близки друг к другу (отличаются на 5-10 Гц), то значение N будет изменяться незначительно (колебаться от 30 до 34 Гц), как и джиттер-буфер, что допустимо для используемого оборудования при заданных ограничениях.

Если же скорости передачи значительно отличаются друг от друга (отличаются более, чем на 15 Гц), то значение N с течением времени колеблется между минимальным значением и максимальным. Хотя при этом размер джиттер-буфера поддерживается в диапазоне от 8 до 11 пакетов, скорость выходного потока постоянно изменяется, что не может гарантировать стабильную работу оконечного оборудования. Отсюда можно сделать вывод, что такой алгоритм восстановления частоты входного потока не является подходящим для рассматриваемой задачи.

Таким образом, с помощью имитационного моделирования достаточно просто и без дорогостоящих практических экспериментов можно оценить работоспособность предлагаемых изменений в используемых системах.