

УДК 004.72:004.451.57

И.В. Стручков (асп., каф. АиВТ), В.Ф. Мелехин, д.т.н., проф.

АВТОКОРРЕЛЯЦИЯ ЗАДЕРЖЕК ПАКЕТОВ И КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ В СЕТЕВЫХ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ПРИЛОЖЕНИЯХ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Процессы, протекающие в современных крупномасштабных компьютерных сетях, имеют весьма сложный и трудно формализуемый характер. Этому способствует как большая протяженность, значительное число пользователей этих сетей, так и разнообразие применяемых технологий и технических решений. Все указанные факторы в совокупности приводят к тому, что задача определения качества функционирования, надежности и прочих эксплуатационных характеристик той или иной сетевой подсистемы не имеет однозначного универсального решения.

Целью данного исследования является изучение такого наиболее важного показателя качества сервиса сети, как задержка передачи пакетов. Исследование направлено на выявление закономерностей, характерных для данного показателя в условиях реальной крупномасштабной сети, то есть при отсутствии формальной модели процессов, происходящих на всем протяжении следования пакетов. Для преодоления указанной неопределенности применяются два подхода: поиск приближенных моделей, способных удовлетворительно аппроксимировать трафик в сети, и выявление инвариантов, то есть качественных закономерностей, характерных для широкого спектра топологий и технологий сетей и квазипостоянных во времени.

Возможным, и весьма перспективным, инвариантом является *корреляция* задержек и потерь пакетов. Данное явление выражается в том, что события задержки пакета на определенное время t либо потери пакета не являются абсолютно независимыми, причем наблюдается корреляция как между задержками и потерями, так и между задержками (потерями) нескольких соседних пакетов, т. е. *автокорреляция*.

Характеристикой, позволяющей выявить автокорреляцию задержек пакетов, является *условная функция вероятностей задержек пакетов*. Данная функция задается следующей формулой:

$$F(T, \ell) = P\{d_i \geq T \mid d_{i-\ell} \geq T\},$$

то есть значение функции равно условной вероятности того, что задержка некоторого i -го пакета (d_i) превысит величину T при условии, что задержка пакета, пришедшего за ℓ пакетов до i -го пакета ($d_{i-\ell}$) превысила величину T . Пример условных функций вероятностей задержек пакетов, полученных в результате экспериментальных и имитационных исследований, представлен на рис. 1. Полученные результаты совпадают с аналогичными результатами, полученными в работе [1]. Отметим характерный участок, где график условной функции распре-

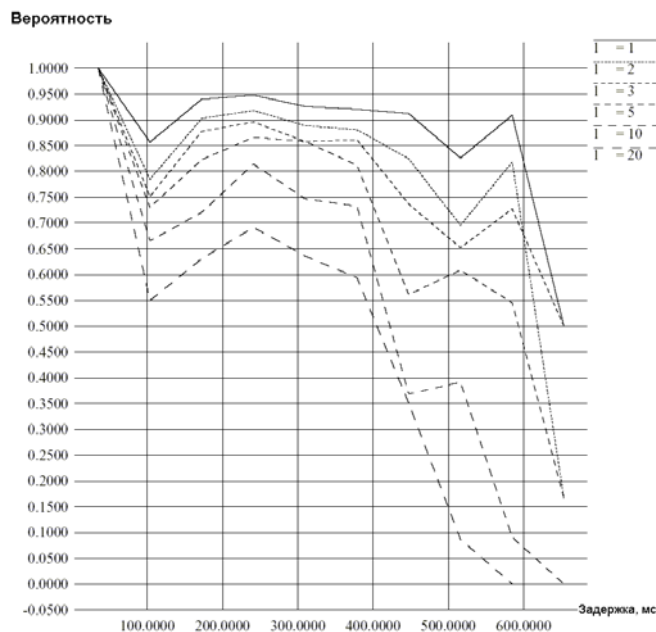


Рис. 1. Условные функции распределения

деления практически параллелен оси абсцисс. Именно этот участок обязан своим существованием наличию ярко выраженной автокорреляции в потоке пакетов.

Одним из перспективных способов учета автокорреляции задержек пакетов на практике является разработка алгоритма буфера воспроизведения потокового аудио/видео приложения реального времени. Целью разработки таких алгоритмов является борьба с явлением неравномерности задержки пакетов (джиттером). Джиттер является важным фактором, существенно влияющим на качество воспроизведения потоковой мультимедийной информации реального времени.

Для учета зависимости между задержками пакетов, переданных в течение небольшого интервала времени, предлагается использовать условные функции распределения вероятностей задержек пакетов с различной глубиной памяти (параметром l). Поскольку априорный вид таких функций неизвестен и не существует точного метода их расчета, в основу алгоритма положено эмпирическое оценивание данных характеристик на основании статистики прихода пакетов непосредственно в процессе работы. Для каждого из заданного количества будущих пакетов рассчитывается максимальная (по всем функциям распределения, для различной глубины памяти) вероятность его «опоздания», то есть превышения задержки над заданной размером буфера. При выявлении более допустимого числа пакетов, для которых указанная вероятность превышает максимальное пороговое значение, размер буфера увеличивается. При выявлении более допустимого числа пакетов, для которых указанная вероятность ниже минимального порогового значения, размер буфера уменьшается.

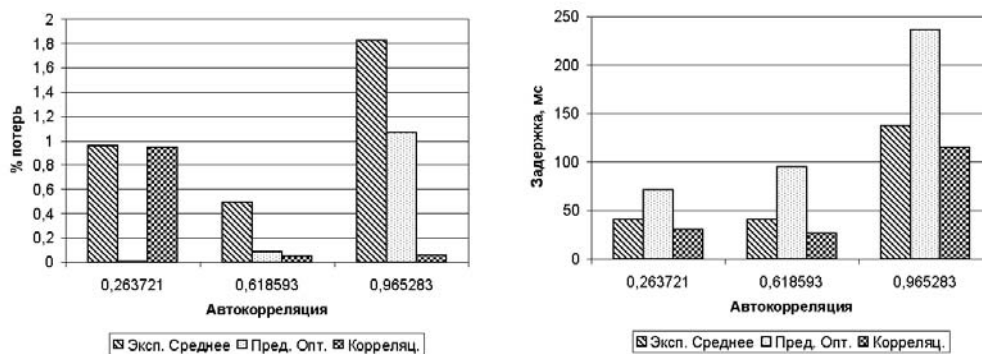


Рис. 2. Сравнение эффективности алгоритмов управления буфером воспроизведения

Для характеристики эффективности алгоритма проводилось сравнение с двумя другими известными алгоритмами: *алгоритм экспоненциального среднего* и *алгоритм предыдущего оптимального значения* [2]. Основными характеристиками эффективности алгоритма управления буфером воспроизведения являются *средняя задержка воспроизведения* и *среднее количество потерь пакетов*. Необходимо заметить, что рассматриваются только задержки и потери, вносимые именно алгоритмом управления буфером воспроизведения. Задержки и потери пакетов при передаче по сети, которые также имеют место, в данном случае не учитываются.

На рис. 2 представлены диаграммы количества потерь пакетов (левый график) и задержки воспроизведения (правый график) при различных значениях коэффициента автокорреляции. Сразу можно отметить результат, который полностью соответствует ожиданиям. А именно, эффективность корреляционного алгоритма прямо связана со значением коэффициента автокорреляции. С ростом коэффициента автокорреляции показатели алгоритма существенно превосходят соответствующие показатели двух других алгоритмов: при ничтожном количестве потерь пакетов достигается значительно меньшее значение привносимой задержки воспроизведения. Следует заметить, что поток с низким коэффициентом автокорреляции был получен исключительно путем имитационного моделирования. В экспериментальных результатах такого значения получено не было. Данный факт говорит о том, что, по всей ви-

димости, сетевым потокам информации присуща высокая автокорреляция задержек пакетов. Это позволяет сделать вывод о перспективности представленного корреляционного алгоритма управления буфером воспроизведения и необходимости его дальнейших исследований и разработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Jiang Wenyu, Schulzrinne Henning. QoS measurement of internet real-time multimedia services. Technical Report CUCS-015-99, Columbia University, New York, New York, 1999.
2. Jiang Wenyu, Schulzrinne Henning. Modeling of packet loss and delay and their effect on real-time multimedia service quality. 2000. [<http://citeseer.nj.nec.com/471840.html>].