

проявление ДМЗ, получены количественные оценки параметров профилей. Сопоставление данных измерений профилей показателя преломления образцов МОВ и полученных на их основе оценок параметров профилей с результатами измерений ДМЗ на длинах этих же образцов МОВ в бухтах позволило выявить некоторые закономерности. В частности показано, что наиболее сильное проявление ДМЗ соответствует, не профилям с провалом в центральной области сердцевины, а, напротив, образцам МОВ с центральным дефектом профиля в виде нескольких пиков. В то же время, узкие одиночные пики, расположенные строго по центру сердцевины, не приводят к существенному увеличению ДМЗ, даже если их высота достаточно велика и достигает до 40% от высоты профиля.

Из-за ограниченности выборки исследуемых образцов МОВ данные выводы носят предварительный характер. Зависимости ДМЗ от вида и свойств дефектов профиля МОВ требуют дальнейших исследований, при проведении которых полученные в работе сведения о характере дефектов профилей МОВ, количественные оценки параметров дефектов, будут востребованы.

## INVESTIGATIONS OF REFRACTIVE INDEX PROFILE DEFECTS OF SILICA GRADED-INDEX MULTIMODE FIBERS OF TELECOMMUNICATION CABLES

Burdin A.V., Yablochkin K.A.

**Results of refractive index profile measurements of different generations of silica graded index multimode fiber samples are presented. Based on measurement results, typical profile defects of mentioned fiber samples were identified and classified. Estimations of profile defect parameters are obtained. Results of matching of profile measurement reports and reports of differential mode delay (DMD) measurements been produced for the same fiber samples are presented. Data of analysis of graded index fiber profile defect influence on DMD are proposed.**

*Keywords: multimode fiber, differential mode delay, graded index profile, profile defects.*

Бурдин Антон Владимирович, к.т.н., доцент Кафедры «Линии связи и измерения в технике связи» (ЛС и ИТС) Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ). E-mail: bourdine@yandex.ru

Яблочкин Константин Александрович, ассистент кафедры ЛС и ИТС ПГУТИ. E-mail: yablochkink@mail.ru

УДК 621.327.8

## ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ОЧЕРЕДЯМИ WRED В МОДЕЛИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Фомин В.В.

В работе рассматривается практическое исследование алгоритма управления очередями WRED в модели дифференцированного обслуживания на примере реального самоподобного VoIP и IP трафика. Анализируются полученные данные.

## Литература

1. Bottacchi S. Multi-Gigabit transmission over multimode optical fibre. Theory and design methods for 10GbE systems. West Sussex: Wiley, 2006. – 654 p.
2. Листвин А. В., Листвин В. Н., Швырков Д.В. Оптические волокна для линий связи. М.: ЛЕСАРпт, 2003. – 288 с.
3. Холодный С.Д. Методы испытаний и диагностики кабелей и проводов. М.: Энергоатомиздат, 1991. – 200 с.
4. TIA/EIA-455-44B (FOTP-44B) «Refractive Index Profile, Refracted Ray Method», IEC 60793, and ITU Recommendation G.651.
5. Бурдин А.В. Дифференциальная модовая задержка кварцевых многомодовых оптических волокон разных поколений // Фотон-Экспресс, № 5-6 (69-70), 2008. – С. 20-22.
6. Бурдин А.В. О диагностике дифференциальной модовой задержки многомодовых оптических волокон // ИКТ, Т.6, № 4, 2008. – С.33-38.

## Введение

В последнее время наряду с экспоненциальным увеличением объема существующего сетевого трафика резко увеличился рост новых приложений, ориентированных на передачу нетрадиционных типов информации, например голоса (VoIP) или видео. Эти приложения отличаются друг от друга различными требованиями к качеству обслуживания (QoS).

Способность сети обеспечивать различные уровни обслуживания, запрашиваемые теми или иными сетевыми приложениями, может быть классифицирована по трем категориям:

- негарантированная доставка данных (best-effort service). Обеспечение связности узлов сети без гарантии времени и самого факта доставки пакета в точку назначения.

- гарантированное обслуживание (guaranteed service). Гарантированное обслуживание предполагает резервирование сетевых ресурсов с целью удовлетворения специфических требований к обслуживанию со стороны потоков трафика.

- дифференцированное обслуживание (differentiated services). Дифференцированное обслуживание предполагает разделение трафика на классы на основе требований к качеству обслуживания. Каждый класс трафика дифференцируется и обрабатывается сетью в соответствии с заданными для этого класса механизмами QoS.

В основе модели diffserv лежит определение стандартизованного байта DSCP (Differentiated Services Code Point), байта типа обслуживания (ToS) в IPv4 и байта класса трафика (Traffic Class) в IPv6. От значения, занесенного в этот байт, будет зависеть решение о продвижении пакета из потока данных в каждом промежуточном узле. Модель diffserv определяет базовые механизмы: метка DSCP и политика PNH (perhop behavior), на основе которых производится обслуживание пакетов. Каждой PNH-политике ставится в соответствие значение метки DSCP [1]. Несмотря на то, что реализация механизмов QoS в конечных системах является необходимым условием, она не позволяет говорить о сквозном качестве обслуживания до тех пор, пока соответствующие механизмы не будут реализованы в маршрутизаторах – устройствах, ответственных за передачу трафика между конечными системами. Маршрутизаторы, поддерживающие только один механизм обслуживания очередей – «первым пришел, первым обслужен» (first-in, first-out – FIFO), не способны обеспечить дифференцирование потоков трафика на основе их приоритета. Данная проблема может быть решена с помощью алгоритма управления оче-

редями WRED (Weighted Random Early Detection – взвешенный алгоритм произвольного раннего обнаружения) [2].

В данной работе выполнено практическое исследование алгоритма WRED в модели diffserv. Моделирование производилось в среде популярного сетевого эмулятора NS-2 [3]. Схема сценария представлена на рис. 1.

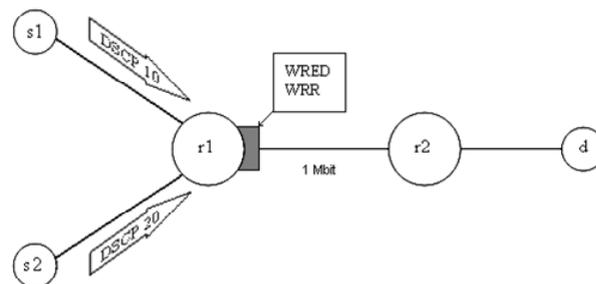


Рис.1. Схема эксперимента

## Моделирование сетевого канала в среде NS-2 и анализ результатов

Источниками в данном эксперименте являются реализации реального самоподобного VoIP (s1) и IP (s2) трафика (см. рис. 2). Этот трафик был собран на сети компании ЗАО «Самара Телеком» и представляет собой логнормальное распределение с коэффициентом самоподобия  $H = 0,762$  для VoIP, и распределение Парето с коэффициентом Хэрста  $H = 0,591$  для IP трафика [4]. Полученные самоподобные потоки упаковываются в UDP-пакеты и передаются в сторону получателя (d). Каждый пакет в потоке помечается меткой DSCP равной 10 (VoIP) и 20 (IP). Время эксперимента – 70 с.

Для наблюдения конкуренции между потоками пропускная способность виртуального канала между маршрутизаторами (r1 и r2) выбрана значительно меньше суммарного потока, и составляет 1 Мбит/с. Таким образом, часть трафика будет теряться и для него сработает процедура управления очередью.

При постановке пакета в очередь свою работу начинает алгоритм WRED. Основная идея данного протокола заключается в том, чтобы поддерживать средневзвешенную длину очереди (то есть среднее число пакетов в буфере маршрутизатора) на низком уровне. WRED-маршрутизатор отбрасывает входящие пакеты с вероятностью, пропорциональной средневзвешенной длине очереди.

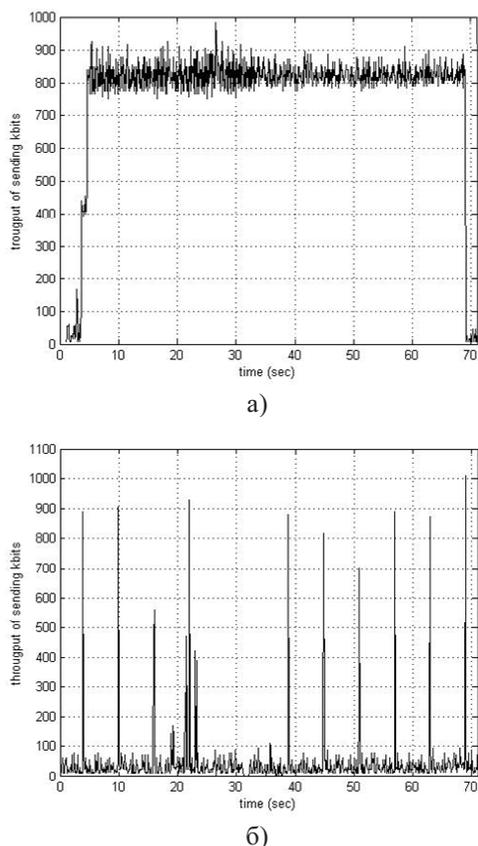


Рис. 2. Пропускная способность посылаемого сигнала: а) VoIP трафик; б) IP трафик

Для каждого прибывшего пакета вычисляется средневзвешенная длина очереди  $\bar{Q}(t)$  [5]:

$$\bar{Q}(t + \Delta) = (1 - w_q)\bar{Q}(t) + w_q q(t). \quad (1)$$

Здесь  $t$  – время,  $\Delta$  – приращение времени между последовательными поступлениями пакетов;  $q(t)$  – текущее значение длины очереди,  $w_q$  – весовой коэффициент;  $T_1$  – нижний порог средневзвешенной длины очереди;  $T_2$  – верхний порог средневзвешенной длины очереди;  $p_c$  – максимальное значение вероятности отбрасывания пакета, после которой пакеты начинают отбрасываться с вероятностью 1 ( $0 < p_c \leq 1$ ).

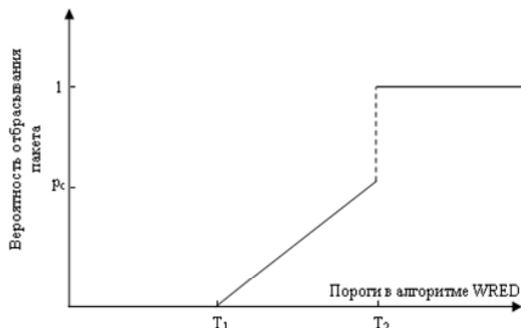


Рис. 3. Зависимость вероятности отбрасывания пакета от значения средневзвешенной длины очереди

Если  $T_1 \leq \bar{Q}(t) \leq T_2$  вычисляется текущая вероятность отбрасывания пакета. Если  $T_2 < \bar{Q}(t)$ , то пакет отбрасывается.

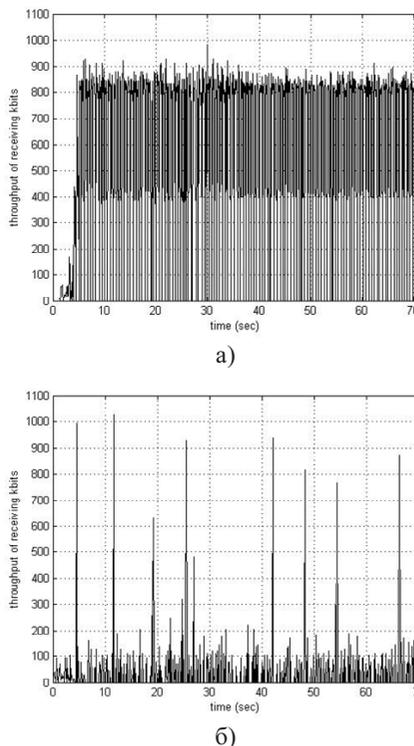


Рис. 4. Пропускная способность принятого сигнала: а) VoIP трафик; б) IP трафик

В опыте используются следующие параметры алгоритма WRED:

- очередь 1:  $T_1 = 20$ ;  $T_2 = 40$ ,  $w_q = 0,02$ ;
- очередь 2:  $T_1 = 10$ ;  $T_2 = 20$ ,  $w_q = 0,10$ .

В качестве протокола обслуживания очередей используем взвешенный алгоритм кругового обслуживания (Weighted Round Robin – WRR). В соответствии с заданным значением метки DSCP, WRR каждому потоку трафика назначает свой вес, пропорционально которому происходит обработка очередей. В нашем эксперименте для голосового трафика выделяем 70% полосы пропускания канала, а для IP трафика – 30%.

Таким образом, получаем следующее распределение пропускной способности канала между потоками (рис. 4).

В маршрутизаторе существует две причины отказа в обслуживании пакета:

- Idrops – пакеты, отброшенные из-за превышения потоком квоты (происходит из-за переполнения буфера очереди);
- edrops – пакеты, отброшенные WRED (при постановке в очередь).

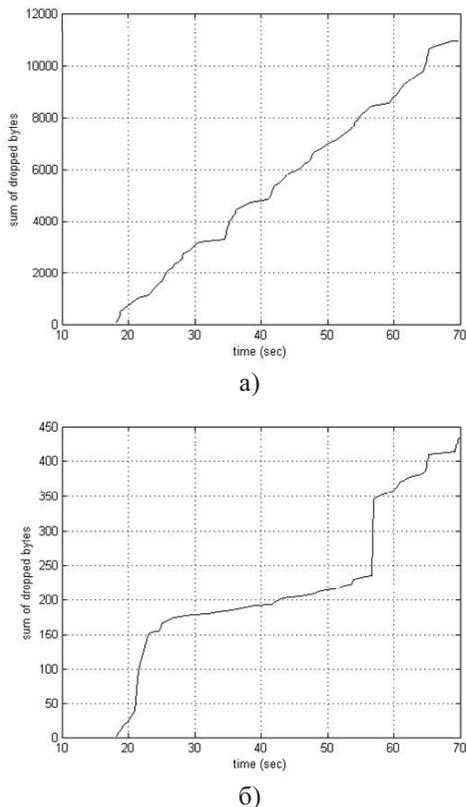


Рис. 5. Общая сумма всех отброшенных пакетов: а) VoIP трафик; б) IP трафик

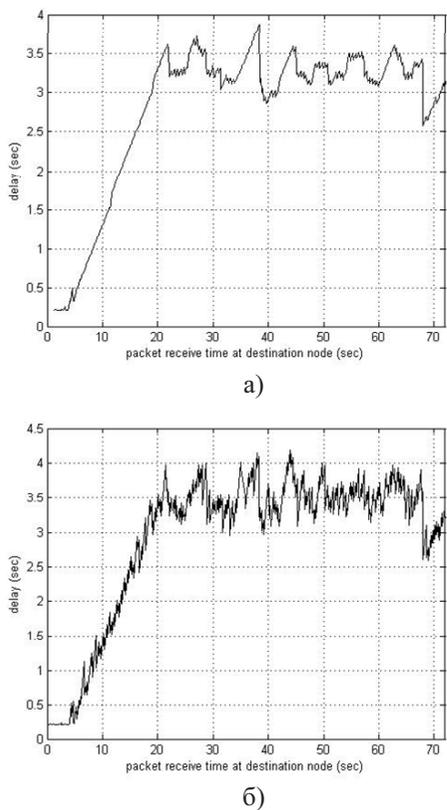


Рис. 6. Задержка при передаче пакета: а) VoIP трафик; б) IP трафик

Из рис. 5 видно, что для VoIP трафика характерно равномерное увеличение количества ошибок, в то время как для IP трафика наблюдаем два всплеска в районе 22 и 57 с. Это объясняется тем, что причиной отброшенных пакетов для первого, более приоритетного потока (DSCP 10) является переполнение буфера очереди. Второй поток с меньшим приоритетом (DSCP 20) проводит в очереди больше времени, следовательно, его пакеты начинают отбрасываться алгоритмом WRED.

При передаче данных каждый пакет в потоке передается с различными значениями задержки. Задержка при передаче пакетов меняется в зависимости от состояния канала связи. При возникновении перегрузки сетевых каналов пакеты либо перемещаются в очереди (буферы), либо отбрасываются [6].

На характер графиков временной задержки (рис. 6) оказывает влияние диспетчер WRR. Потоки получают разную полосу, и это сильно влияет на время пребывания в очереди. Соответственно, для более приоритетного потока (DSCP 10) задержка меньше, чем для второго потока (DSCP 20). Кроме того, из рис. 7 видно, что для VoIP трафика максимальную задержку испытывают лишь пакеты больших размеров, в то время как для IP трафика наибольшая задержка характерна практически для всех пакетов.

Когда сеть перегружена, задержки при организации очередей в маршрутизаторах начинают влиять на общую задержку при передаче пакетов, и приводят к возникновению разницы в задержке при передаче различных пакетов одного и того же потока.

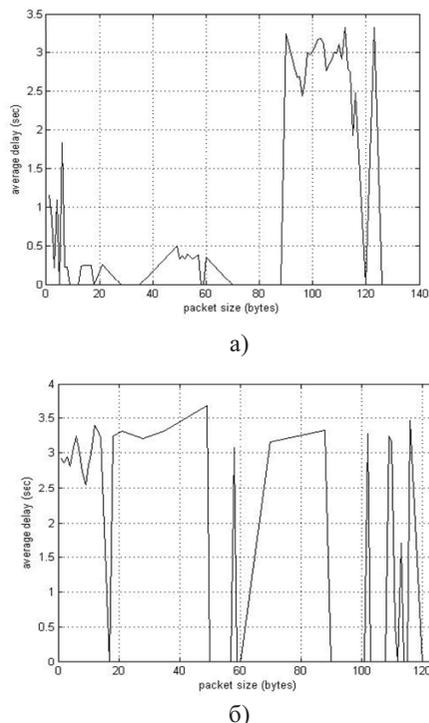


Рис. 7. Зависимость задержки от размера пакета: а) VoIP трафик; б) IP трафик

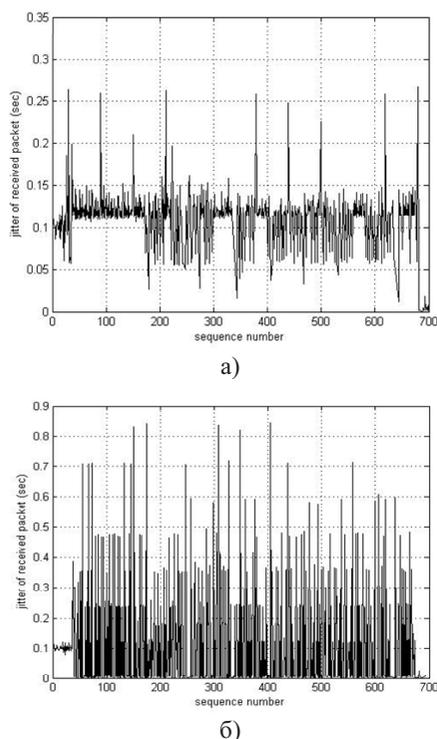


Рис. 8. Колебание задержки при передаче пакетов: а) VoIP трафик; б) IP трафик

Колебание задержки при передаче пакетов получило название дрожания при передаче пакетов (packet jitter). Джиттер имеет большую важность, поскольку именно он определяет максимальную задержку при приеме пакетов в конечном пункте назначения [2].

Можно заметить, что колебания задержки более приоритетного VoIP трафика (DSCP 10) значительно меньше, чем у IP трафика (DSCP 20).

### Выводы

Обобщая полученные результаты, можно, констатировать следующее:

- дифференцированное обслуживание строится на базовых механизмах: метка DSCP и политика PHB. Возможности QoS зависят от построенной PHB политики. Каждому значению DSCP метки соответствует настройка двух алгоритмов в сетевом устройстве – алгоритма диспетчера (WRR) и алго-

ритма активного управления очередью (WRED). В эксперименте наибольший приоритет был предоставлен VoIP трафику (DSCP = 10), как наиболее чувствительному к временным задержкам;

- основная причина отброшенных VoIP пакетов связана с переполнением буфера очереди; IP пакеты проводят в очереди больше времени, следовательно, эти пакеты отбрасываются протоколом WRED;

- временная задержка при прохождении пакета, зависимость задержки от размера пакета и джиттер так же указывают на превосходство более приоритетного VoIP потока (DSCP 10) над менее приоритетным IP трафиком (DSCP 20).

Таким образом, взвешенный алгоритм произвольного раннего обслуживания (Weighted Random Early Detection – WRED) предоставляет различные уровни обслуживания пакетов в зависимости от вероятности их отбрасывания и обеспечивает избирательную установку параметров на основании значения поля IP-приоритета. Другими словами, алгоритм WRED предусматривает возможность более интенсивного отбрасывания пакетов, принадлежащих определенным типам трафика, и менее интенсивного отбрасывания всех остальных пакетов.

### Литература

1. Кучерявый Е.А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет. СПб.: Наука и техника, 2004. – 336 с.
2. Шринивас В. Качество обслуживания в IP сетях. М: ИД «Вильямс», 2003. – 366 с.
3. NS-2. <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
4. Криштофович А.Ю., Фомин В.В. Анализ трафика протоколов http и VoIP //Труды учебных заведений связи, № 177, 2007. – С. 14-18.
5. Technical Specification from Cisco, Distributed Weighted Random Early Detection, <http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/software/ios111/cc111/wred.pdf>
6. Гончаров А.А., Семенов Ю.А., Исследование влияния параметров алгоритма WRED на осцилляции длин очередей в маршрутизаторе.//Информационные процессы. Т.6, № 2, 2006. – С. 153-159.

## RESEARCH OF WRED QUEUE MANAGEMENT ALGORITHM IN DIFFERENTIATED SERVICES MODEL

Fomin V.V.

In this work is considered the practical research of WRED queue management algorithm in differentiated services model by the example of real network IP and VoIP traffic. The received dates are analyzed.

**Keywords:** quality of service, best-effort service, differentiated services, weighted random early detection.

Фомин Владимир Владимирович, ведущий инженер отдела «Интернет» ЗАО «Самара Телеком». Тел. 8-961-381-10-86. E-mail: vfomin@samaratelecom.ru