

Исследование влияния параметров алгоритма WRED на осцилляции длин очередей в маршрутизаторе

А.А. Гончаров*, Ю.А. Семёнов*

Институт теоретической и экспериментальной физики,
117218, Россия, Москва, ул. Большая Черёмушкинская, 25,
e-mail: semenov@itep.ru, goncharov@itep.ru

Поступила в редколлегию 2.05.2006

Аннотация—В работе рассмотрен метод оптимального подбора параметров для алгоритма WRED. Параметры подбирались в среде моделирования NS – 2. Требования к параметрам QoS - минимизация потерь пакетов путём уменьшения амплитуды осцилляции длин очередей алгоритма WRED.

1. ВВЕДЕНИЕ

Эффективность использования полосы пропускания канала всегда была актуальной, но ее важность возросла в последние годы в связи появлением все более жестких требований к качеству обслуживания (QoS). К числу параметров качества обслуживания следует отнести: доступную полосу пропускания, вероятность потери пакета, разброс времени доставки и само время доставки пакета от отправителя до получателя. Все эти параметры зависят от алгоритмов формирования и обслуживания очередей пакетов в сетевых устройствах (переключателях и маршрутизаторах).

В современных сетевых устройствах реализуются алгоритмы RED/WRED, PQ, WFQ, LLQ, CBWFQ и т.д.

Ниже рассматривается поведение очередей в случае использования алгоритма WRED[1]. Особенностью этого алгоритма является то, что решение о постановке пакета в очередь принимается по-разному, в зависимости от уровня заполнения буфера (длины очереди). Устанавливаются два порога T1 и T2. Пока усредненная длина очереди ниже T1, любой входящий пакет поступает в буфер. В области между T1 и T2 вероятность отбрасывания пакета линейно растет от 0 до значения P_c . После достижения порога T2 все поступающие пакеты отбрасываются см. рис.1.

Усреднение длины очереди \bar{Q} производится согласно следующей формулы:

$$\bar{Q} = Q_{av} * (1 - 2^{-n}) + (Q * 2^{-n}) \quad (1)$$

где n - экспоненциальный весовой фактор, конфигурируемый пользователем, Q_{av} - предшествующее значение усредненной длины очереди, Q - текущее значение длины очереди. Введем обозначение $q_w = 2^{-n}$. При малом значении q_w процесс WRED не сразу начнет отбрасывать пакеты при перегрузке, зато продолжит отбрасывание, даже когда перегрузки уже нет (очередь сократилась ниже минимального порога).

Усреднение длины очереди является важным компонентом алгоритма управления процессом буферизации. Без усреднения процесс буферизации был бы подвержен сильному влиянию случайных флуктуаций входного потока пакетов. Но именно усреднение является причиной



Рис. 1.

возникновения осцилляций длины очереди. Ведь зависимость принятия решения об отбрасывании того или иного пакета определяется значением усредненной длины очереди, которое может существенно отличаться от текущего. Амплитуда вариации текущего значения длины очереди обычно существенно больше усредненного. Расчеты показывают, что при определенных параметрах текущая длина очереди может достигать в максимуме полного объема буфера, а в минимуме нуля (т.е. буфер уже пуст, а отбрасывание пакетов продолжается, см. рис. 2). Обе крайности нежелательны, так как приводят к неэффективности использования полосы канала, где работает данный буфер.

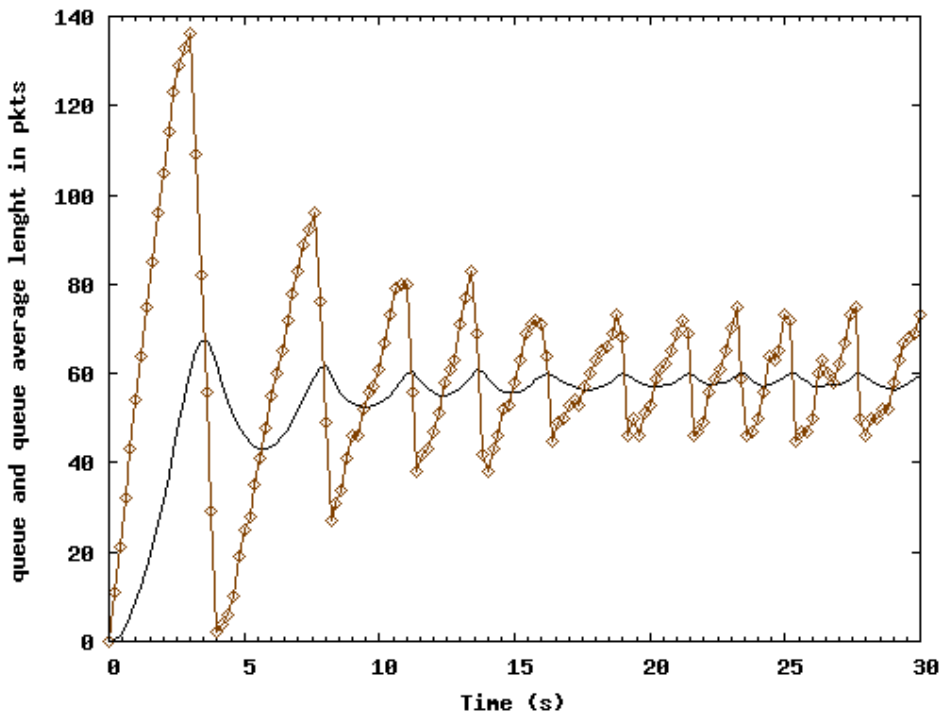


Рис.2. Зависимость от времени \bar{Q} и Q ($q_w=0.002$; $p_c = 0.2$; $T_1=25$; $T_2=60$; размер буфера = 800; время эксперимента 30 сек; перегрузка $\lambda/\mu = 1.4$)

На рис. 2 ромбиками отмечена зависимость текущего значения длины очереди от времени. Отсюда видно, что усредненное значение динь очереди на начальном участке зависимости уступает текущей длине более чем в два раза. В расчетах входной поток λ и выходной μ задавались в битах в секунду. В области от 0 до T1 рост длины очереди определяется произведением $(\lambda - \mu)t$. После достижения уровня T1 скорость роста длины очереди замедляется, так как часть пакетов отбрасывается, зависимость становится квадратичной. Прекращение роста и начало спада Q происходит в момент, когда \bar{Q} достигает уровня T2.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Задачей данной работы было выявление области параметров управления очередью, при которых осцилляции длины очереди минимальны, а усреднение приемлемо.

Расчеты проводились с привлечением пакета программ моделирования NS-2 [2]. Значения T1 и T2 задавалось в пакетах. Отношение λ/μ определяет уровень перегрузки канала.

На рис. 3. показана зависимость усредненного значения длины очереди от времени и параметра P_c . P_c здесь варьировалось в интервале от 0,01 до 0,7.

Представленные на рисунке результаты показывают, что минимальные осцилляции происходят в области $P_c < 0,3$. Затухание осцилляций происходит за время менее 10сек.

При значениях $P_c > 0,6$ осцилляции длины очереди не затухают даже спустя 30 сек после начала перегрузки канала. Производная $\partial A/\partial P_c = 10$ (A - максимальная амплитуда осцилляций очереди) остается постоянной в интервале $0,1 < P_c < 0,7$ (см. рис 4).

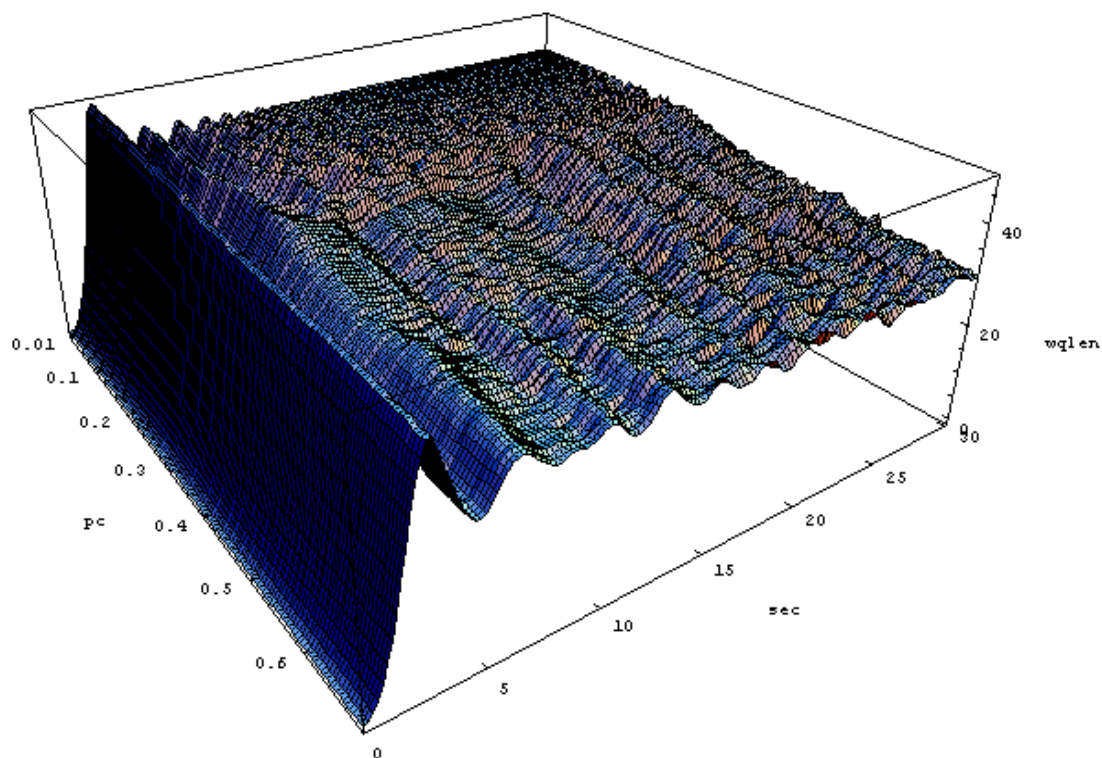


Рис.3. Расчёты эволюции \bar{Q} выполнены при следующих значениях параметров ($q_w=0.002$; T1=25; T2=40; $\lambda/\mu = 1.4$)

Некоторая "шероховатость" зависимости \bar{Q} объясняется использованием псевдослучайного механизма отбрасывания пакетов при длинах очереди на участке между T1 и T2.

Если в области малых P_c осцилляции происходят вокруг равновесного значения $\sim T2=40$, то при $P_c > 0,4$ этот уровень падает до 30, что связано с тем, что заметная доля пакетов отбрасывается еще до достижения уровня T2.

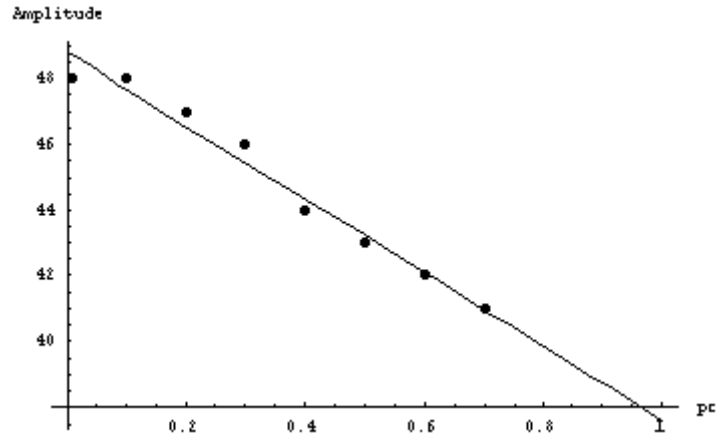


Рис.4. Зависимость амплитуды осцилляции от P_c

На рис. 5 показана зависимость \bar{Q} от времени и уровня перегрузки λ/μ в диапазоне перегрузок от 1.1 до 2.0. Остальные параметры имели следующие значения: $p_c = 0.5$ и $q_w = 0.002$, $T1 = 25$, $T2 = 40$ (размер буфера = 180 пакетов). С ростом уровня перегрузки амплитуда осцилляций линейно падает, одновременно также линейно сокращается период осцилляций.

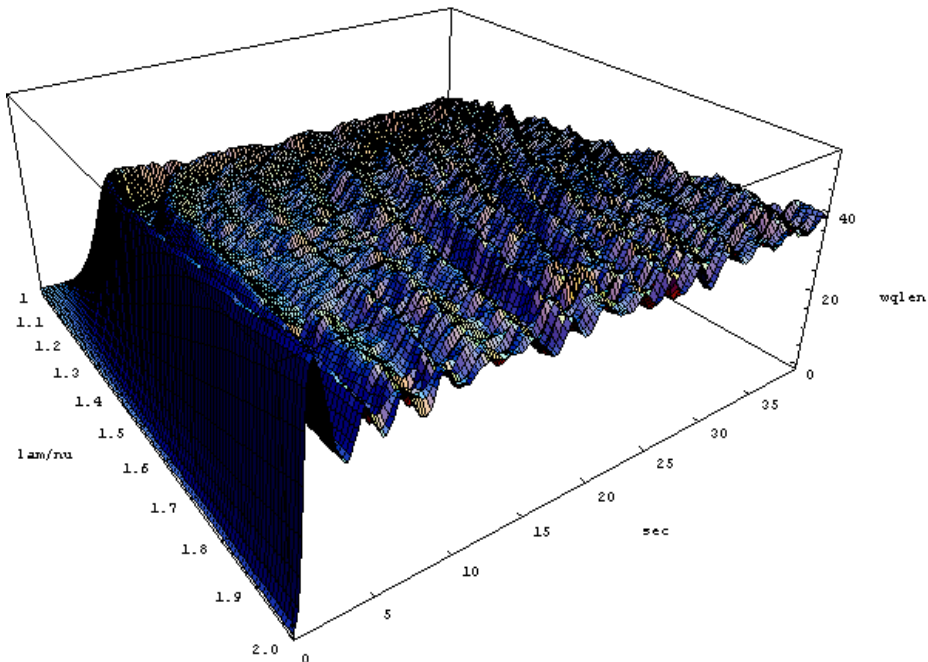
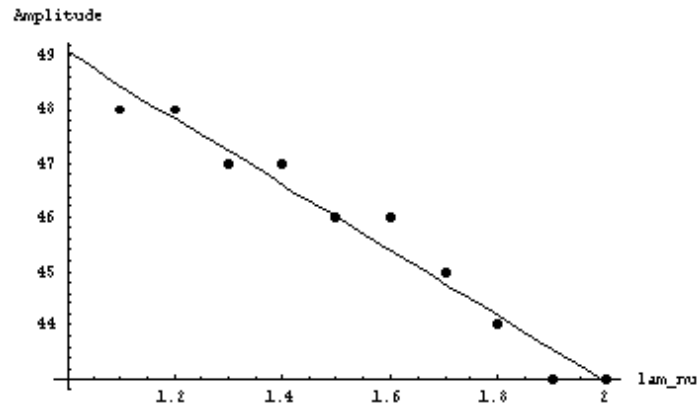
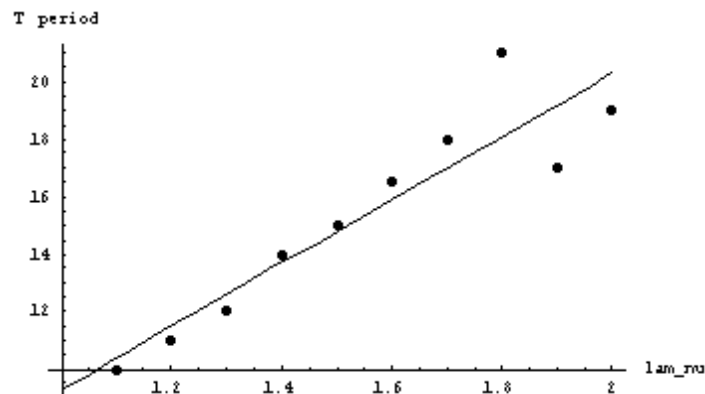


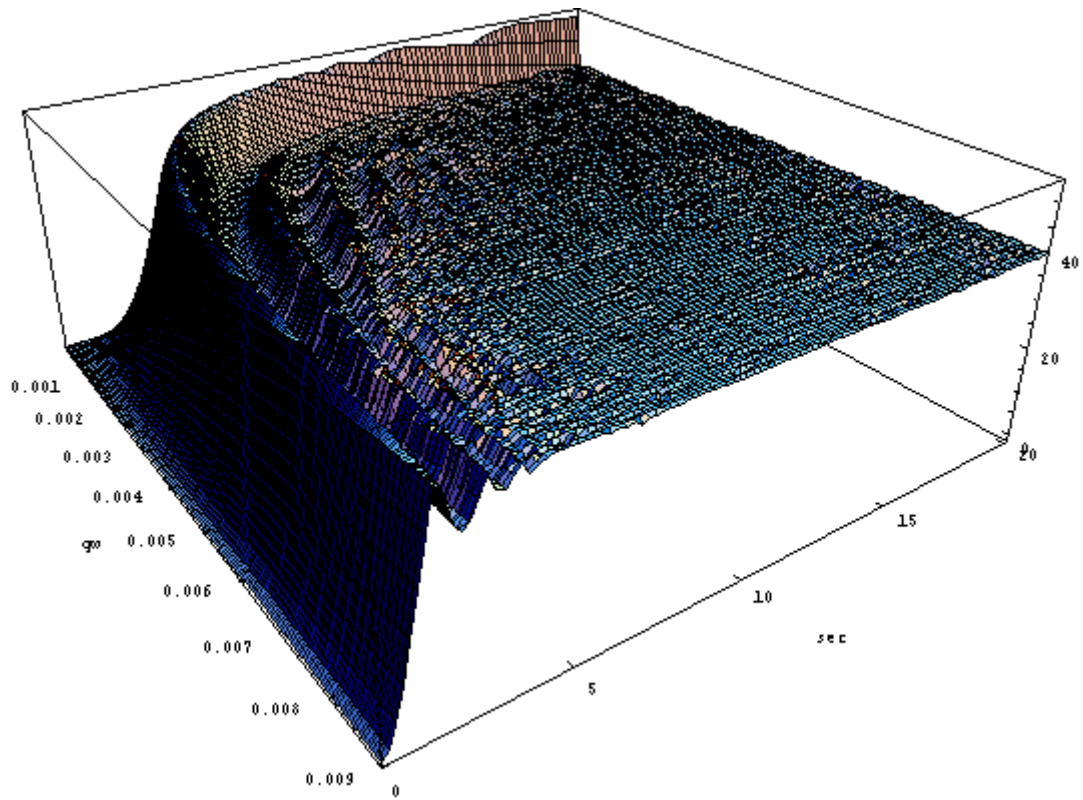
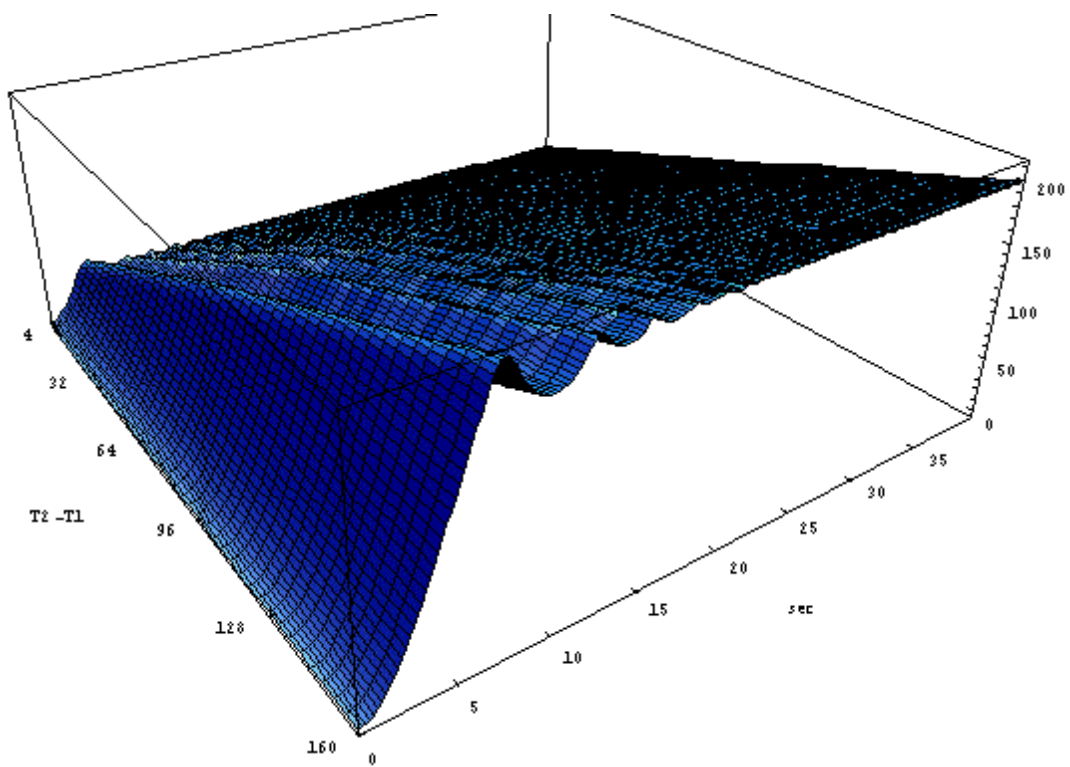
Рис.5. Зависимость \bar{Q} от времени и уровня перегрузки канала λ/μ

Рис.6. Зависимость амплитуды осцилляции длины очереди от λ/μ Рис.7. Зависимость периода осцилляции длины очереди от λ/μ

Из рисунка 5 видно, что наименьший уровень осцилляций длины очереди имеет место для λ/μ в диапазоне 1,2–1,5, что подтверждает и рис. 6. К сожалению, на практике этот параметр обычно не выбирается.

Превышение A над $T2$ (рис. 6) при малых значениях λ/μ объясняется влиянием стартового выброса в начале переходного процесса. Рост периода осцилляций (рис. 7) связан с затуханием осцилляций с ростом λ/μ .

На рис. 8 показана зависимость осцилляций длины очереди от фактора усреднения q_w . Из рисунка видно, что приемлемые значения лежат в области $>0,003$. При меньших значениях q_w осцилляции не затухают даже через 10 сек после начала перегрузки. Равновесное значение $\bar{Q} \sim T2 = 40$.

Рис.8. Зависимость \bar{Q} от фактора усреднения q_w Рис.9. Зависимость \bar{Q} от разницы порогов T_2-T_1

На рис. 9. представлена зависимость \bar{Q} от порога T2. Фактор перегрузки постоянен $\lambda/\mu=1.4$; T1=25=const; T2=(T1/10)*index; index=[1:40]; $P_c=0.1$; B=900 Следует иметь в виду, что обычно осцилляции происходят вокруг значения T2, поэтому рост \bar{Q} синхронно с T2 вполне естественен.

Оптимальный выбор параметров алгоритма WRED позволяет увеличить эффективность использования буферов маршрутизатора и, как следствие, поднять пропускную способность или улучшить уровень QoS. Из полученных данных можно сделать вывод, что приемлемый набор параметров с точки зрения осцилляций длины очереди соответствует: $P_c < 0,4$; $1,2 < \lambda/\mu < 1,5$; и $q_w > 0,003$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sally Floyd and Van Jacobson, "Random early detection gateway for congestion avoidance," IEEE/ACM Transactions on Networking, vol.1, pp. 397-413, August 1993.
2. The NS-2 network simulator (ver.2) LBL, <http://www-mash.CS.Berkeley.edu/ns>