Курсовая работа

Тагиев Байрам Алтай оглы

Содержание

Список иллюстраций

Список таблиц

1 Сетевой симулятор – ns-2

1.1 Что такое NS-2 и для чего он нужен?

NS-2 (Network simulator 2) - это симулятор дискретных событий, предназначенный для исследования сетей. NS-2 предоставляет существенную поддержку для моделирования протоколов TCP, маршрутизации и многоадресной рассылки по проводным и беспроводным (локальным и спутниковым) сетям.

NS - самый популярный выбор симулятора, используемый в исследовательских статьях, появляющихся на избранных конференциях, таких как `Sigcomm`. ns постоянно поддерживается и обновляется своей большой базой пользователей и небольшой группой разработчиков в ISI.

Сам по себе NS-2 просчитывает то, что происходит в симуляции, но для наглядности нам нужна визуализация всего процесса. Для этого был создан NAM - Network Animator. NS вместе со своим компаньоном, nam, образуют очень мощный набор инструментов для обучения концепциям сетевого взаимодействия. NS содержит все основные протоколы IP. С помощью NAM эти протоколы можно визуализировать в виде анимации.

1.2 Что мы можем сделать с помощью этих инструментов?

Создавать:

1. Наземные, спутниковые и беспроводные сети с различными алгоритмами маршрутизации (DV, LS, PIM-DM, PIM-SM, AODV, DSR).
2. Источники трафика, такие как Web, ftp, telnet, cbr, случайный трафик.
3. Сбои, включая детерминированные, вероятностные потери, сбой связи и т.д.
4. Различные дисциплины организации очередей (drop-tail, RED, FQ, SFQ, DRR и т.д.) и QoS (например, IntServ и Diffserv).

Визуализировать:

1. Поток пакетов, наращивание очереди и отбрасывание пакетов.
2. Поведение протокола: медленный запуск TCP, саморегулирование, контроль перегрузки, быстрая повторная передача и восстановление.
3. Перемещение узлов в беспроводных сетях.
4. Аннотации для освещения важных событий.
5. Состояние протокола (например, TCP cwnd).

2 Аналоги

Самые известные и популярные аналоги NS-2:

- NS-3
- Cisco Packet Tracer
- MIMIC Simulator

2.1 MIMIC Simulator

MIMIC Simulator - это набор продуктов Gambit Communications, состоящий из программного обеспечения для моделирования в области управления сетями и системами.

Пакет MIMIC Simulator Suite содержит несколько компонентов, связанных с имитацией управляемых сетей и центров обработки данных в целях разработки программного обеспечения, тестирования или обучения программного обеспечения, продаж и маркетинга приложений для управления сетями.

MIMIC SNMP решает классическую задачу моделирования: программное обеспечение системы управления сетью или поддержки операций обычно управляет большими сетями. Традиционно для создания таких сетей для вышеуказанных целей физическое оборудование приобреталось отдельно и монтировалось в лабораториях. Чтобы снизить затраты, большая часть сети может быть смоделирована

2.2 Packet Tracer

Packet Tracer - это кроссплатформенный инструмент визуального моделирования, разработанный Cisco Systems, который позволяет пользователям создавать сетевые топологии и имитировать современные компьютерные сети. Программное обеспечение позволяет пользователям моделировать конфигурацию маршрутизаторов и коммутаторов Cisco, используя имитированный интерфейс командной строки. Packet Tracer использует пользовательский интерфейс перетаскивания, позволяющий пользователям добавлять и удалять имитируемые сетевые устройства по своему усмотрению.

Packet Tracer позволяет пользователям создавать имитированные сетевые топологии путем перетаскивания маршрутизаторов, коммутаторов и различных других типов сетевых устройств. Физическое соединение между устройствами представлено элементом “кабель”. Packet Tracer поддерживает множество имитируемых протоколов прикладного уровня, а также базовую маршрутизацию с помощью RIP, OSPF, EIGRP, BGP.

2.3 NS-3

NS-3 является прямым наследником NS-2. NS-3 построен с использованием C++ и Python с возможностью написания сценариев. Библиотека NS обернута в Python благодаря библиотеке pybindgen, которая делегирует синтаксический анализ заголовков NS C++ в castxml и pygccxml для автоматической генерации соответствующего связующего элемента C++. Эти автоматически сгенерированные файлы C++ в конечном итоге компилируются в модуль NS Python, чтобы позволить пользователям взаимодействовать с моделями C++ NS и ядром с

помощью скриптов Python. Симулятор NS оснащен интегрированной системой на основе атрибутов для управления значениями параметров моделирования по умолчанию и для каждого экземпляра.

3 RED

3.1 Теоретическое введение

RED ([1]) (Random Early Detection - Произвольное раннее обнаружение) – Алгоритм активного управления очередью для управления переполнением очередей маршрутизаторов, с возможность предотвращения перегрузок.

Вероятность p_b маркировки на отбрасывание пакетов представляет собой функцию, линейно зависящую от $\hat{q}$, минимального q_{min} и максимального q_{max} пороговых значений и параметра p_{max}, определяющего часть отбрасываемых пакетов при достижении средним размером очереди значения q_{max} и вычисляется следующим образом:

$$p_b = \begin{cases} 0, & 0 < \hat{q} \leq q_{min} \\ 1, & \hat{q} > q_{max} \\ \frac{\hat{q} - q_{min}}{q_{max} - q_{min}} p_{max}, & q_{min} < \hat{q} \leqslant q_{max} \end{cases}$$

3.2 Сравнение с DropTail

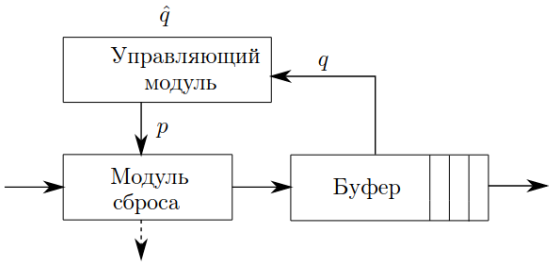
DropTail относится к пассивному типу управления очередью (PQM). Он сохраняет пакет до тех пор, пока буфер не заполнится, и когда буфер заполнится, т.е. в очереди не останется свободного места, он начинает отбрасывать каждый пакет. Существуют две возможные вероятности

выпадения, т.е. 0 или 1. Вероятность отбрасывания пакета равна 0, если количество поступивших пакетов меньше количества буферизованных пакетов, и в обратном случае она будет равна 1.

Основным отличием между RED и DropTail является то, что RED позволяет контролировать пропускную способность и более эффективно управлять трафиком, тогда как Droptail не гарантирует равномерное распределение пропускной способности. ([2])

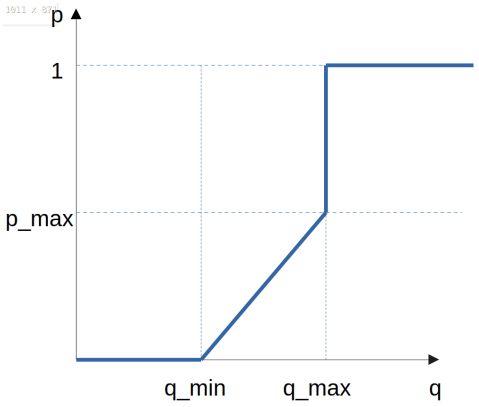
3.3 Разбор алгоритм работы RED

Пакет при поступлении в систему попадает в модуль сброса. Решение о сбросе пакета принимается на основе значения вероятности p, получаемого от управляющего модуля. Вероятность p сброса пакетов зависит от экспоненциально взвешенного скользящего среднего размера длины очереди $\hat{q}$, также вычисляемого управляющим модулем, основы- ваясь на текущем значении длины очереди q.



Модуль RED

Вероятность потери пакета в зависимости от среднего размера очереди будет выглядеть следующим образом:



RED

3.4 Разбор реализации в NS2

Файлы, связанные с RED находятся по пути `ns-2.35/queue`, там представлены различные реализации очередей (среди них DropTail, RED и т.д.). Для нас важны два файла:

- `red.h` – Заголовочный файл
- `red.cc` – Исходники

В файле red.cc для нас интересна функция `REDQueue::estimator` и функция `double REDQueue::calculate_p_new`. Первая функция отвечает за расчет средней длины очереди. Вторая – расчитывает вероятность потери пакета.

Разберем исходный код второй функции:

```
double
REDQueue::calculate_p_new(double v_ave, double th_max, int gentle, double v_a,
    double v_b, double v_c, double v_d, double max_p)
{
    double p;
    if (gentle && v_ave >= th_max) {
```

```
        // Необходимо для GRED (подробнее о GRED ниже)

        // p находится в промежутке от max_p до 1,
        // тогда как средний размер очереди в промежутке
        // q_max и 2*q_max
        p = v_c * v_ave + v_d;
        } else if (!gentle && v_ave >= th_max) {
        // Превысили пороговое значение в классическом RED
        // p приравниваем к 1
                p = 1.0;
        } else {
        // p в промежутке от 0 до max_p, тогда как
        // средний размер очереди в промежутке
        // th_min до th_max
                p = v_a * v_ave + v_b;
                // p = (v_ave - th_min) / (th_max - th_min)

                p *= max_p;
        }
    if (p > 1.0)
        p = 1.0;
    return p;
}
```

3.5 Проблемы RED

Одна из фундаментальных проблем RED заключается в том, что он полагается на длину очереди в качестве показателя загруженности. Хотя наличие постоянной очереди указывает на перегрузку, ее длина

дает очень мало информации о серьезности перегрузки.

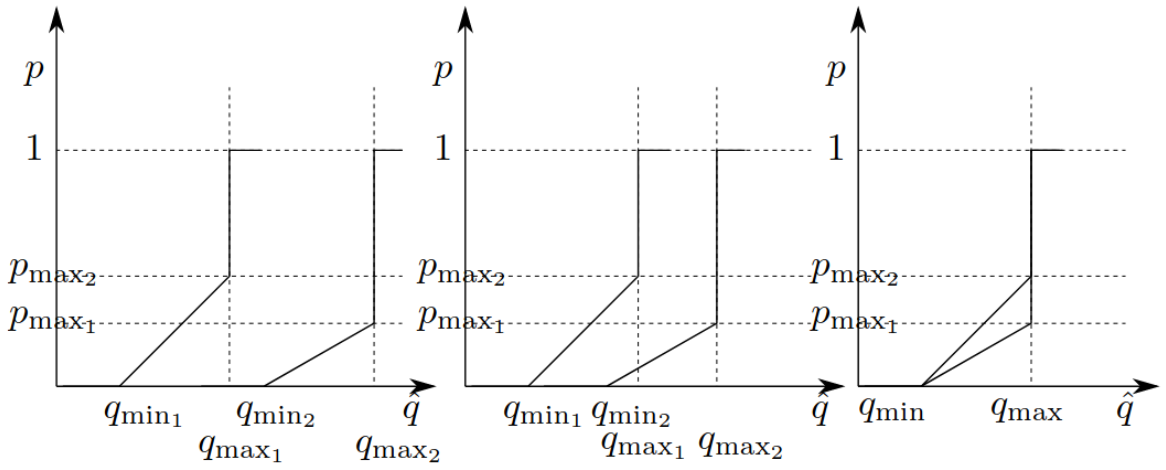
Поскольку алгоритм RED зависит от длины очереди, ему присуща проблема определения степени перегрузки. В результате RED требует широкого диапазона параметров для корректной работы в различных сценариях перегрузки. Хотя RED может достичь идеальной рабочей точки, он может сделать это только при наличии достаточного объема буферного пространства и правильных параметров.

4 WRED

4.1 Теоретическое введение

WRED (Weighted random early detection - Взвешенное произвольное раннее обнаружение) – Алгоритм активного управления очередью, является расширением RED.

Взвешенный алгоритм произвольного раннего обнаружения предоставляет различные уровни обслуживания пакетов в зависимости от вероятности их отбрасывания и обеспечивает избирательную установку параметров механизма RED на основании типа трафика.



WRED

Алгоритм WRED работает с единой очередью пакетов, для которой, как и в RED, по формуле рассчитывается экспоненциально взвешенное

скользящее среднее. Для каждого типа трафика задаются собственные параметры (пороговые значения, максимальный уровень сброса) и вычисляется вероятность сброса.

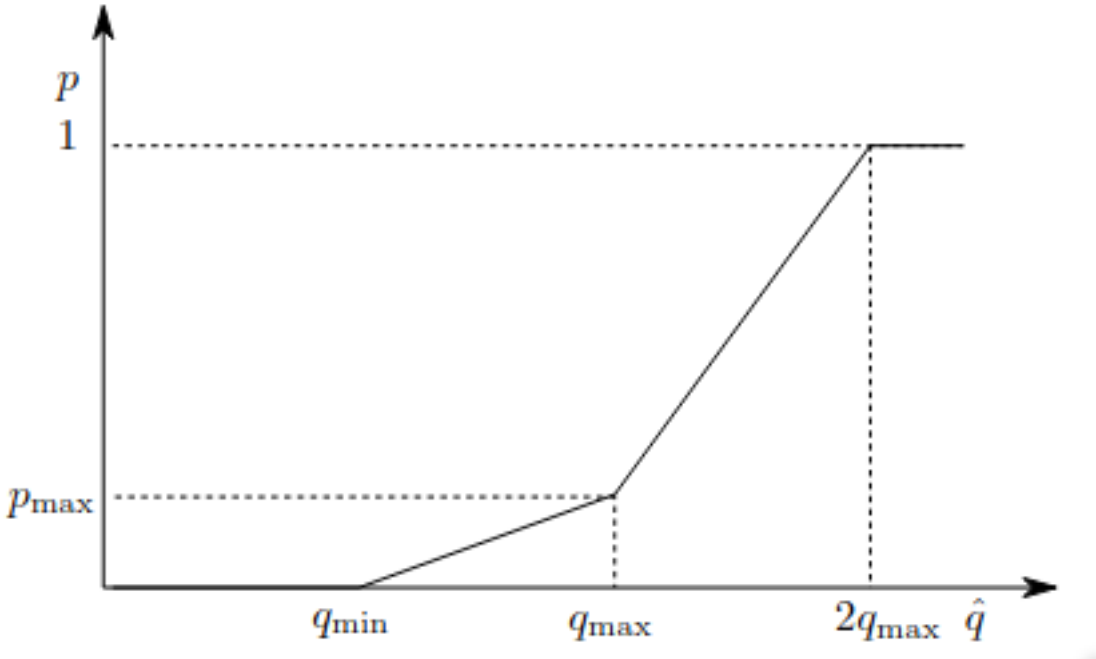
Например, очереди могут иметь более низкие пороговые значения для более низких приоритетов пакета. Это приведет к отбрасыванию пакетов с низким приоритетом, а следовательно, к защите пакетов с более высоким приоритетом в той же очереди.

5 GRED

5.1 Теоретическое введение

GRED (Gentle random early detection - мягкое/аккуратное произвольное раннее обнаружение) – Алгоритм активного управления очередью, является расширением RED.

Gentle RED расширяет RED тем, что добавляет дополнительное максимальное пороговое значние, которое равно $2 * q_{max}$, тем самым “сглаживая” кривую.



GRED

Вычисляется следующим образом:

$$p_b = \begin{cases} 0, & 0 < \hat{q} \leq q_{min} \\ \frac{\hat{q}-q_{min}}{q_{max}-q_{min}} p_{max}, & q_{min} \leqslant \hat{q} < q_{max} \\ \frac{\hat{q}-q_{min}}{q_{max}}(1-p_{max}) - p_{max}, & q_{max} \leqslant \hat{q} < 2q_{max} \\ 1, & \hat{q} \geqslant q_{max} \end{cases}$$

6 NLRED

6.1 Теоретическое введение

RED не поддерживает состояние каждого потока, то есть данные из всех потоков помещаются в одну очередь и концентрируются на их производительности. Это порождает проблемы, вызванные невосприимчивыми потоками. Для решения этой проблемы был внедрен алгоритм управления перегрузками нелинейного случайного раннего обнаружения (NLRED ([3])). В NLRED есть нелинейная квадратичная функция, где в RED функция отбрасывания линейна.

Вместо линейного увеличения вероятности, возможно, было бы лучше, если бы вероятность увеличивалась медленно, когда она близка к минимальной, и резко увеличивалась, когда она близка к максимальной. Если вероятность отбрасывания увеличивается линейно между минимальным порогом и максимальным порогом, то существует высокая вероятность того, что входящий пакет может быть отброшен, даже если средняя длина очереди невелика.

7 Adaptive RED

7.1 Теоретическое введение

В алгоритме Adaptive RED (ARED), разработанном Фенгом [4,5] и усовершенствованная Флойдом [6], функция сброса модифицируется посредством изменения по принципу AIMD (Принцип AIMD заключается в том, что увеличение некоторой величины производится путём сложения с некоторым параметром, у уменьшение — путём умножения на параметр.)

Алгоритм ARED функционирует следующим образом. Для каждого интервала interval (параметр) в секундах, если $\hat{q}$ больше целевой (желаемой) $\hat{q_t}$ и $p_{max} \leqslant 0,5$, то p_{max} увеличивается на некоторую величину α; в противном случае, если $\hat{q}$ меньше целевой $\hat{q_t}$ и $p_{max} \geqslant 0,01$, то p_{max} уменьшается в β раз:

$$p_{max} = \begin{cases} p_{max} + \alpha, \ \hat{q} > \hat{q_t}, \ p_{max} \leqslant 0,5 \\ \beta * p_{max}, \ \hat{q} < \hat{q_t}, \ p_{max} \geqslant 0,01 \end{cases}$$

где

$$q_{min} + 0,4(q_{max} - q_{min}) < \hat{q_t} < q_{min} + 0,6(q_{max} - q_{min})$$

7.2 Преимущества

- Автоматическая установка минимального порога (minth). Он устанавливается в зависимости от пропускной способности канала (C) и задержки целевой очереди.
- Автоматическая установка максимального порога (maxth). Он устанавливается в зависимости от значения месяца.
- Автоматическая настройка wq. Он устанавливается в зависимости от пропускной способности канала (C).
- Адаптивная настройка maxp. Он адаптирован в соответствии с текущей средней длиной очереди.

8 Refined Adaptive RED

Алгоритм Refined ARED (RARED) является модификацией ARED и предлагает более активно изменять вероятность сброса *p*max, чтобы иметь возможность быстрой адаптации к изменяющейся экспоненциально взвешенной скользящей средней длине очереди $\hat{q}$:

$$p_b = \begin{cases} p_{max} + \alpha,\ \hat{q} > \hat{q_t},\ p_{max} \leqslant 0,5 \\ \beta p_{max},\ \hat{q} \leqslant \hat{q_t},\ p_{max} \geqslant 0,5 \end{cases}$$

где

$$q_{min} + 0,48(q_{max} - q_{min}) < \hat{q_t} < q_{min} + 0,52(q_{max} - q_{min})$$

$$\alpha = (0,25\frac{\hat{q} - \hat{q_t}}{\hat{q_t}})p_{max},\ \beta = 1 - (0,17\frac{\hat{q} - \hat{q_t}}{\hat{q_t} - q_{min}})$$

9 RED на практике

9.1 Реализация на NS2

Теперь перейдем к рассмотрению реализации алгоритма RED на NS2. Для удобства мы будем разделять исходный код программы на модули, а в самих модуляхи реализовывать отдельные моменты, необходимые для моделирования.

9.1.1 main.tcl

В данном файле мы задаем симулятор, создаем файлы трассировки и добавляем внешние модули, в которых будет реализовываться основная логика. В конце мы запускаем моделирование.

```
set ns [new Simulator]

set nf [open out.nam w]
$ns namtrace-all $nf

source "nodes.tcl"
source "queue.tcl"
source "plotWindow.tcl"
source "modeling.tcl"
source "finish.tcl"
```

```
$ns run
```

9.1.2 nodes.tcl

Следующий файл отвечает за создание и соединение узлов. В нем мы задаем 2 маршрутизатора и 20 узлов на каждом конце, соединяем узлы и маршрутизаторы, устанавливаем определенный тип очереди и расставляем их на анимации.

```
set node_(r0) [$ns node]
set node_(r1) [$ns node]
$node_(r0) color "red"
$node_(r1) color "red"
$node_(r0) label "red"

set n 20

for {set i 0} {$i < $n} {incr i} {
        set node_(s$i) [$ns node]
        $node_(s$i) color "blue"
        $node_(s$i) label "ftp"
        $ns duplex-link $node_(s$i) $node_(r0) 100Mb 20ms DropTail

        set node_(s[expr $n + $i]) [$ns node]
        $ns duplex-link $node_(s[expr $n + $i]) $node_(r1) 100Mb 20ms DropTail
}

$ns simplex-link $node_(r0) $node_(r1) 20Mb 15ms RED
$ns simplex-link $node_(r1) $node_(r0) 15Mb 20ms DropTail
```

```
$ns queue-limit $node_(r0) $node_(r1) 300
$ns queue-limit $node_(r1) $node_(r0) 300


for {set t 0} {$t < $n} {incr t} {
        $ns color $t green
        set tcp($t) [$ns create-connection TCP/Reno $node_(s$t) TCPSink $node_(s
        $tcp($t) set window_ 32
        $tcp($t) set maxcwnd_ 32
        $tcp($t) set packetsize_ 500
        set ftp($t) [$tcp($t) attach-source FTP]
}

$ns simplex-link-op $node_(r0) $node_(r1) orient right
$ns simplex-link-op $node_(r1) $node_(r0) orient left
$ns simplex-link-op $node_(r0) $node_(r1) queuePos 0
$ns simplex-link-op $node_(r1) $node_(r0) queuePos 0


for {set m 0} {$m < $n} {incr m} {
        $ns duplex-link-op $node_(s$m) $node_(r0) orient right
        $ns duplex-link-op $node_(s[expr $n + $m]) $node_(r1) orient left
}
```

9.1.3 queue.tcl

В данном файле мы настраиваем мониторы и параметры для алгоритма RED. А именно:

- `qlim_` - отвечает за максимальное и минимальное границы для среднего размера очереди
- `thresh_` - минимальная граница для среднего размера очереди в пакетах;
- `maxthresh_` - максимальноая граница для среднего размера очереди в пакетах;
- `q_weight_` - вес очереди, используется для вычисления среднего размера очереди
- `linterm_` - вероятность отбрасывания пакета
- `drop-tail_` - вместо механизма randomdrop используется механизм drop-tail в случае переполнения очереди или когда средний размер очереди превосходит `maxthresh_`

```
set windowvstime [open wvst w]
set qmon [$ns monitor-queue $node_(r0) $node_(r1) [open qm.out w]]
[$ns link $node_(r0) $node_(r1)] queue-sample-timeout

set redq [[$ns link $node_(r0) $node_(r1)] queue]
$redq set qlim_ 75 150
$redq set thresh_ 75
$redq set maxthresh_ 150
$redq set q_weight_ 0.002
$redq set linterm_ 10
$redq set drop-tail_ true

set tchan_ [open all.q w]
$redq trace curq_
```

```
$redq trace ave_
$redq attach $tchan_
```

9.1.4 plotWindow.tcl

В данном файле хранится процедура для формирование файла с данными о размере окна TCP.

```
proc plotwindow {tcpsource file} {
   global ns
   set time 0.01
   set now [$ns now]
   set cwnd [$tcpsource set cwnd_]
   puts $file "$now $cwnd"
   $ns at [expr $now+$time] "plotwindow $tcpsource $file"
}
```

9.1.5 modeling.tcl

Здесь мы храним наше модельное время, а именно запускаем `ftp` и процедуру `plotWindow`

```
for {set r 0} {$r < $n} {incr r} {
        $ns at 0.0 "$ftp($r) start"
        $ns at 1.0 "plotwindow $tcp($r) $windowvstime"
        $ns at 20.0 "$ftp($r) stop"
}

$ns at 21.0 "finish"
```

9.1.6 finish.tcl

А это у нас завершающая процедура, которая генерирует необходимые файлы для построения графиков, закрывает файлы трассировки и запускает `xgraph` для отрисовки графиков динамики размера окна TPC и график динамики длины очереди и средней длины очереди.

```
proc finish {} {
   global ns nf
   $ns flush-trace
   close $nf
   global tchan_
   set awkCode {
      {
         if ($1 == "Q" && NF>2) {
            print $2, $3 >> "temp.q";
            set end $2
         }
         else if ($1 == "a" && NF>2)
         print $2, $3 >> "temp.a";
      }
   }

   set f [open temp.queue w]
   puts $f "TitleText: RED"
   puts $f "Device: Postscript"

   if { [info exists tchan_] } {
      close $tchan_
   }
```

```
    exec rm -f temp.q temp.a
    exec touch temp.a temp.q

    exec awk $awkCode all.q

    puts $f \"queue
    exec cat temp.q >@ $f
    puts $f \n\"ave_queue
    exec cat temp.a >@ $f
    close $f

    exec xgraph -bb -tk -x time -t "TCPRenoCWND" wvst &
    exec xgraph -bb -tk -x time -y queue temp.queue &
    exec nam out.nam &
    exit 0
}
```

9.1.7 plot.sh

Чтобы отрисовывать графики на GNUPlot (см. [7,8]) напишем скрипт, который будет доставать данные из наших файлов и подставлять их в графики. Здесь мы задаем границы по оси абсцисс мы задаем промежуток. И отрисовываем три отдельных графика:

- график динамики длины очереди.
- график динамики средней длины очереди.
- график динамики размера окна TCP.

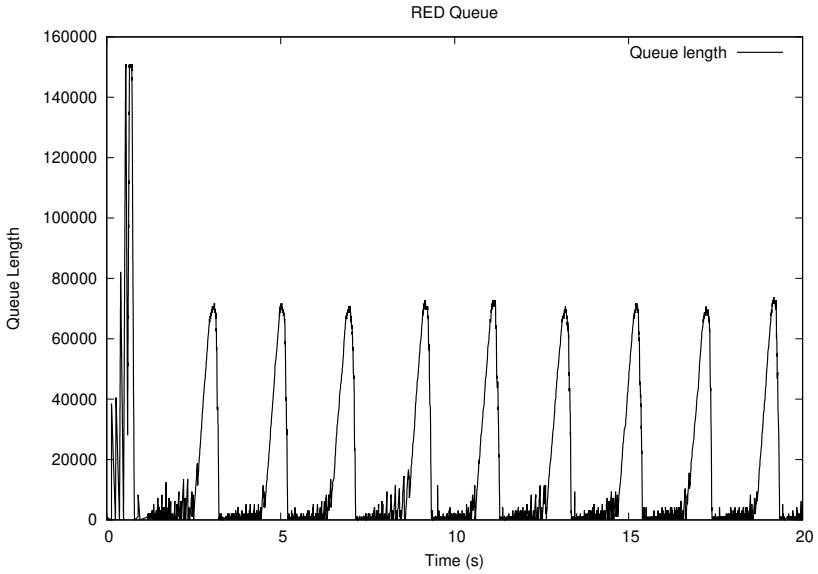
```
!/usr/bin/gnuplot -persist
set xrange [0:20]
```

```
set terminal postscript eps
set output "queues.eps"
set xlabel "Time (s)"
set ylabel "Queue Length"
set title "RED Queue"
plot "temp.q" with lines linestyle 1 lt 1 lw 2 title "Queue length"

set terminal postscript eps
set output "ave_queues.eps"
set xlabel "Time (s)"
set ylabel "Queue Length"
set title "RED Queue"
plot "temp.a" with lines linestyle 2 lt 3 lw 2 title "Average queue length"

set terminal postscript eps
set output "TCP.eps"
set xlabel "Time (s)"
set ylabel "Window size"
set title "TCPVsWindow"
plot "wvst" with lines linestyle 1 lt 1 lw 2 title "WvsT"
```

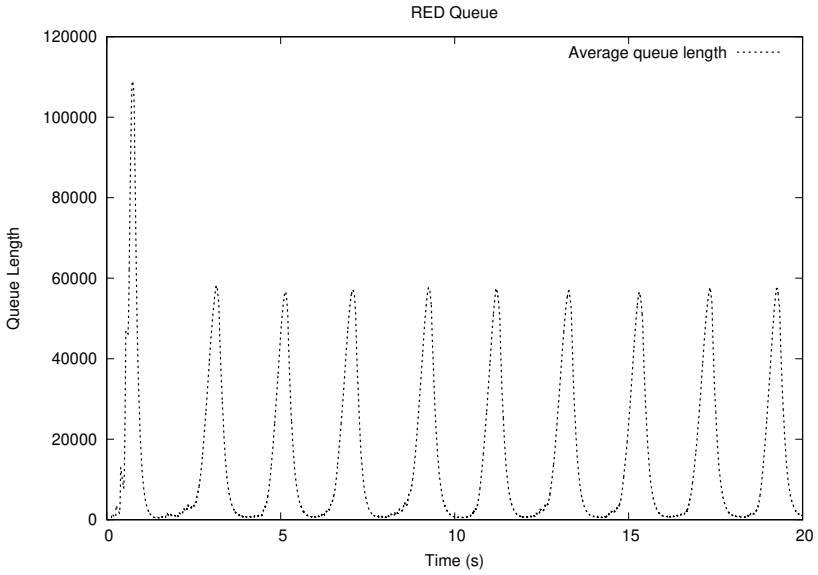
9.1.8 Результат

После выполнения моделирования при помощи `ns main.tcl`, а также запуска скрипта `plot.sh` мы получим на выходе три файла формата EPS (Encapsulated PostScript), которые мы можем спокойно просматривать.

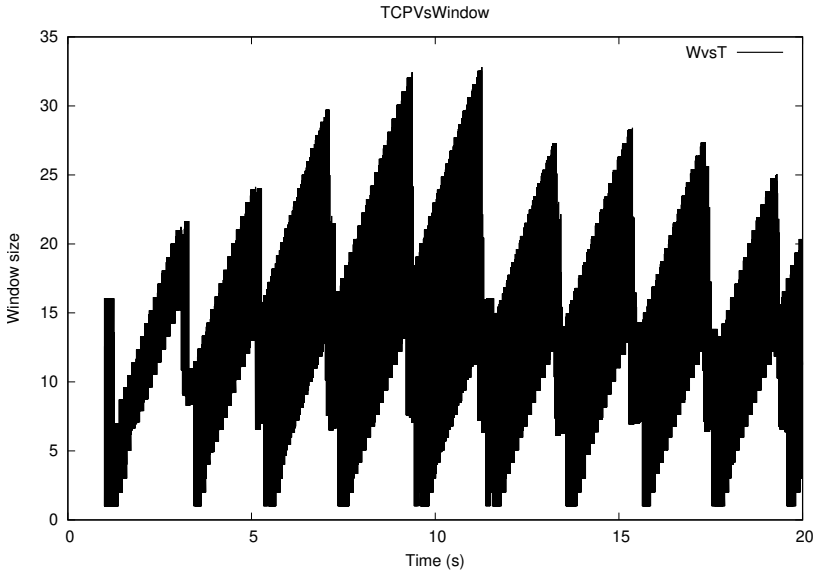
- изменение размера длины очереди



- изменение размера средней длины очереди



- изменение размера окна, так как мы задали потолок окна, то он его не будет превышать.


TCPVsWindow
WvsT
Window size
Time (s)
0
5
10
15
20
25
30
35

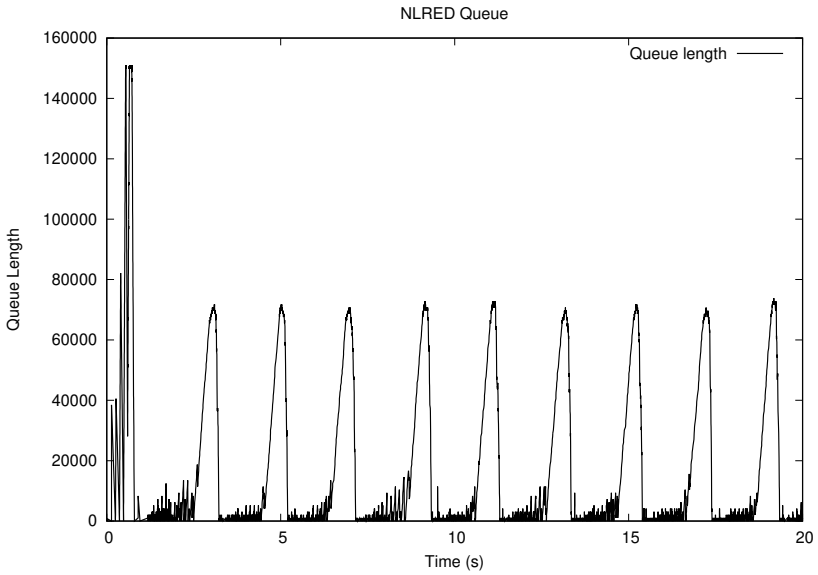
10 Варианты RED на практике

10.1 NLRED

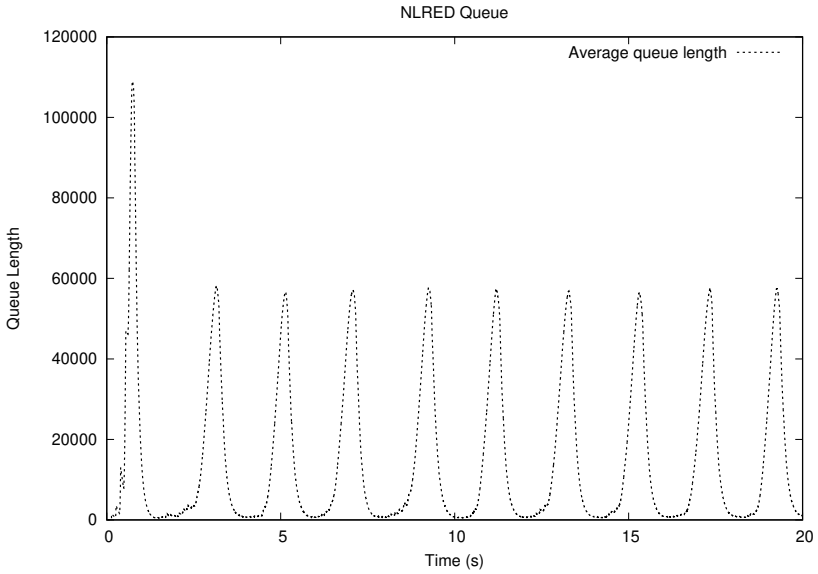
Для добавления NLRED в ns2 воспользуемся патчем от Mohit P. Tahiliani для версии 2.34.

Изменим файл `queue.tcl` для того, чтобы запустить NLRED, добавив в него строчку `$redq set nonlinear_ 1`. После того, как мы запустим моделирование, мы получим графики изменения размера длины очереди.

- изменение размера длины очереди



- изменение размера средней длины очереди



10.2 Adaptive RED

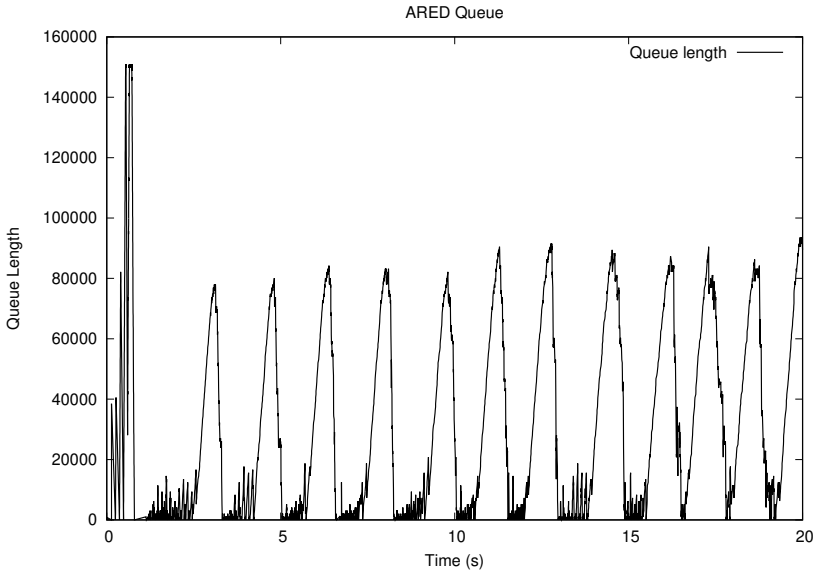
Для добавления ARED в ns2 воспользуемся патчем от Mohit P. Tahiliani для версии 2.34.

Изменим файл `queue.tcl` для того, чтобы запустить ARED, добавив в него строчку

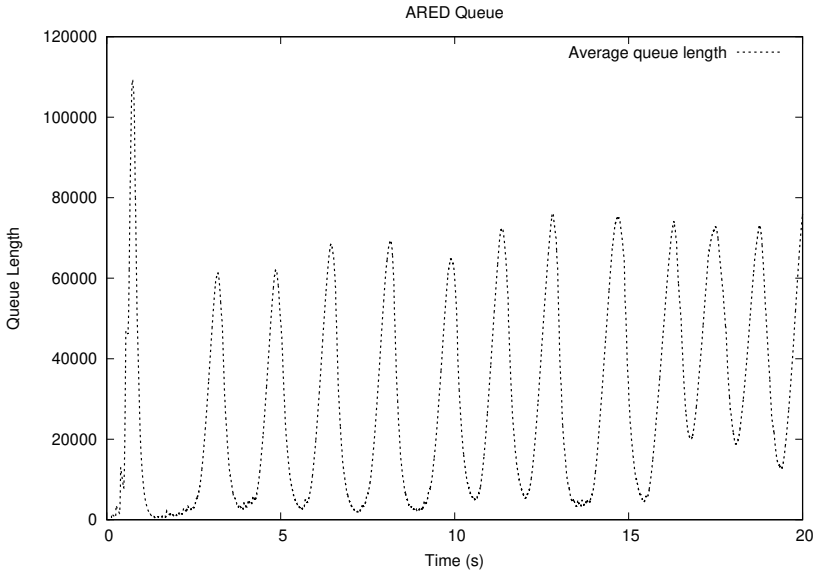
```
$redq set adaptive_ 1
```

После того, как мы запустим моделирование, мы получим графики изменения размера длины очереди.

- изменение размера длины очереди



- изменение размера средней длины очереди



10.3 Refined Adaptive RED

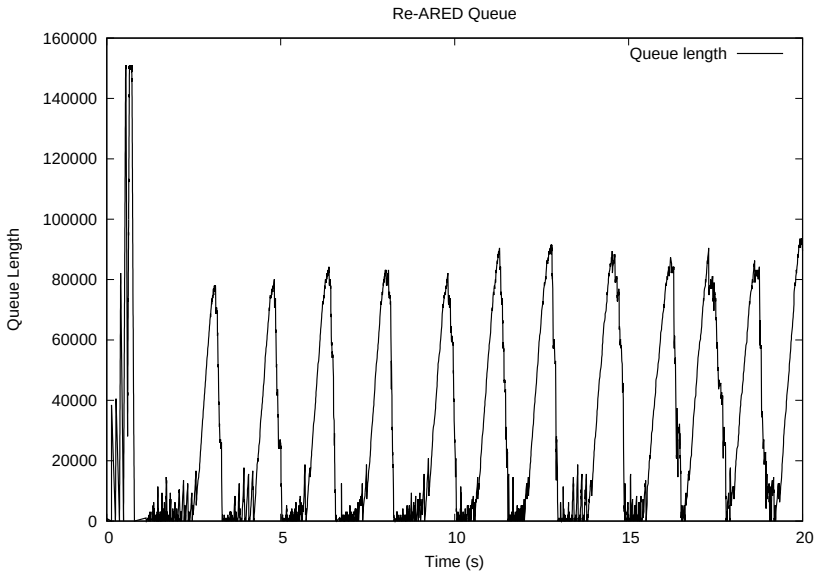
Для добавления RARED в ns2 воспользуемся патчем от Mohit P. Tahiliani для версии 2.34.

Изменим файл `queue.tcl` для того, чтобы запустить RARED, добавив в него строчку

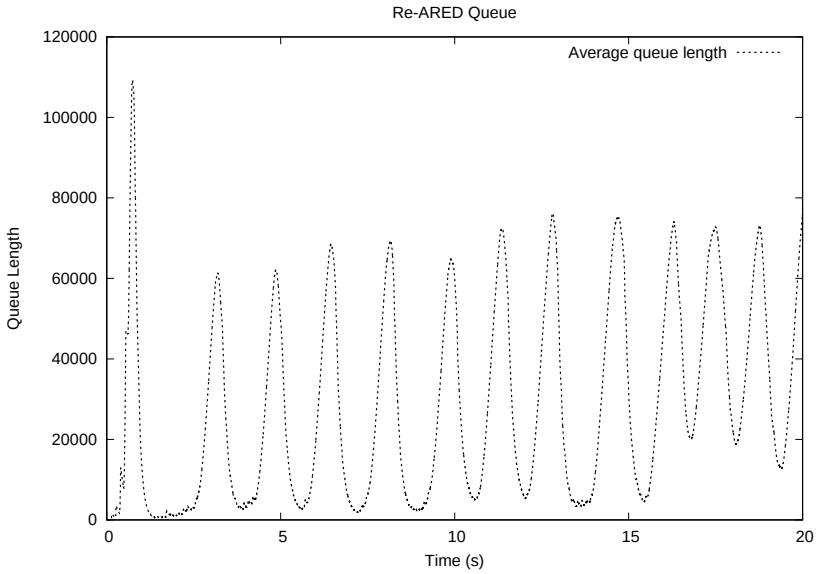
```
$redq set adaptive_ 1
$redq set refined_adaptive_ 1
```

После того, как мы запустим моделирование, мы получим графики изменения размера длины очереди.

- изменение размера длины очереди



- изменение размера средней длины очереди



10.4 Дополнение

Для отрисовки файлов при помощи Matplotlib можно написать простенький скрипт, который принимает в себя файл и достает из него координаты, далее отрисовывает.

```
import matplotlib.pyplot as plt
import argparse

parser = argparse.ArgumentParser(description='Draw matplotlib plots')
parser.add_argument('filename')
args = parser.parse_args()
with open(args.filename, 'r') as f:
    lines = f.readlines()
    x = [float(line.split()[0]) for line in lines]
    y = [float(line.split()[1]) for line in lines]
plt.plot(x ,y, color="black")
```

```
plt.show()
```

Список литературы

1. Floyd S., Jacobson V. Jacobson, V.: Random Early Detection Gateways for Congestion Avoidance. IEEE/ACM Transactions on Networking 1, 397-413 // Networking, IEEE/ACM Transactions on. 1993. Т. 1. С. 397–413.
2. Rastogi S., Zaheer H. Comparative analysis of queuing mechanisms: Droptail, RED and NLRED // Social Network Analysis and Mining. 2016. Т. 6.
3. Rastogi S., Zaheer H. Comparative analysis of queuing mechanisms: Droptail, RED and NLRED // Social Network Analysis and Mining. 2016. Т. 6.
4. Feng W. и др. Techniques for Eliminating Packet Loss in Congested TCP/IP Networks. 1999.
5. Gateway S. и др. Self-configuring RED gateway // Proceedings - IEEE INFOCOM. 2000. Т. 3.
6. Floyd S., Gummadi R., Shenker S. Adaptive RED: An Algorithm for Increasing the Robustness of RED’s Active Queue Management. 2001.
7. // gnuplot homepage.

8. Wikipedia. Gnuplot — Wikipedia, The Free Encyclopedia. http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Gnuplot&oldid=1149690488, 2023.