



МОДЕЛИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОММУТАТОРОВ QoS

В данной статье рассматриваются различные механизмы обслуживания очередей. Представлены алгоритмы приоритетного обслуживания и взвешенных очередей. Приведены результаты моделирования на коммутаторе с различными алгоритмами обслуживания очередей.

Механизм обслуживания очередей, QoS, коммутатор, моделирование, приоритетное обслуживание, трафик сети.

В настоящее время основными методами достижения качества обслуживания «Quality of service» (QoS) при передаче данных по сети являются два способа: кондиционирование и алгоритмы управления очередями [1]. Кондиционирование трафика сети – отнесение трафика к определенному классу обслуживания. Поскольку параметры трафика могут меняться с течением времени, требуется проводить кондиционирование не на основе точных показателей трафика, а на основе их нечеткой оценки. Для этого целесообразно воспользоваться нечеткой логикой. Введем лингвистические переменные, соответствующие основным характеристикам трафика, перечисленным выше. Для каждой лингвистической переменной введем универсальное четкое множество, на котором будет изменяться лингвистическая переменная. Каждую лингвистическую переменную разобьем на термы – различные требования к качеству параметра сети для различных классов трафика. Введем функцию принадлежности лингвистической переменной термам. Наиболее распространено задание функции принадлежности с помощью нечеткого трапециевидного интервала. Нечеткий трапециевидный интервал задается четверкой чисел (a, b, c, d). Функция принадлежности равна 0, если значение лингвистической переменной лежит вне трапеции; 1 – если на верхнем основании, и линейно изменяется на боковых сторонах трапеции.

Чувствительность трафика к задержкам выразим через время $\{0 \div 5 \text{ с.}\}$: асинхронные, синхронные.

Предсказуемость скорости выразим через отношение максимальной скорости к минимальной $\{1 \div \infty\}$: с равномерным трафиком: (постоянный, равномерный); с пульсирующим трафиком: (пульсирующий, разрывной). Оценку чувствительности к потерям пакетов выразим через процент допустимо теряемых пакетов $\{0 \div 100\%$: чувствительные: (постоянный, равномерный); устойчивые: (пульсирующий, разрывной). Оценку скорости передачи выразим через В/с $\{0 \div 10 \text{ МВ/с}\} \{0 \div 100 \text{ МВ/с}\} \{0 \div 1000 \text{ МВ/с}\}$: низкая, средняя, высокая [2].

Рассмотрим различные механизмы обслуживания очередей. Механизм приоритетного обслуживания очередей предполагает несколько входных очередей, очереди отличаются друг от друга приоритетами. Администратор определяет принадлежность потока трафика к одной из соответствующих очередей, при этом пакеты их очереди с высоким приоритетом обслуживаются первыми. Если в этой очереди нет пакетов, то обслуживается следующая по приоритету очередь и т.д.

Приоритетное обслуживание пакетов востребовано там, где есть передача трафика с требованием к минимальным задержкам при передаче. Классификация пакетов в коммутаторе проходит в зависимости, на основании полей заголовка пакета.

На рисунке 1 представлен механизм функционирования алгоритма приоритетного обслуживания.

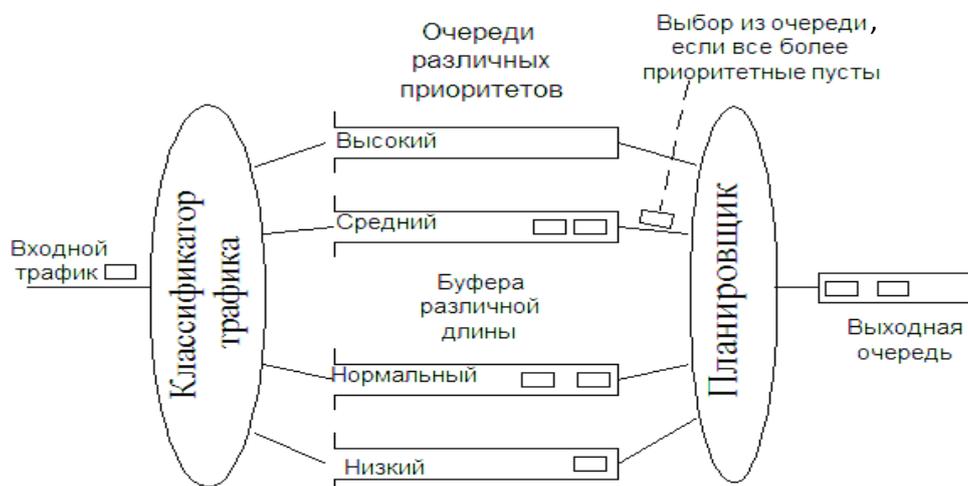


Рис. 1. Приоритетное обслуживание очередей

Алгоритм взвешенных очередей предоставляет определенный минимум пропускной способности всем классам трафика в данной сети. Каждому классу трафика предоставляется определенный процент пропускной способности.

При взвешенном обслуживании трафик делится на несколько классов и для каждого класса существует отдельная очередь, с которой связан процент пропускной способности. Очереди обслуживаются последовательно и циклически, в результате каждому классу трафика достается гарантированный минимум пропускной способности.

Взвешенное справедливое обслуживание является комбинированным механизмом обслуживания очередей, сочетающим приоритетное обслуживание с взвешенным. Имеется существование одной очереди, которая обслуживается по приоритетной схеме, при этом она должна иметь трафик с невысокой интенсивностью, остальные очереди коммутатор просматривает последовательно. Администратор также может задать вес каждого класса трафика.

При моделировании функционирования коммутатора очередь FIFO будет использоваться для моделирования отдельных очередей внутри коммутатора с приоритетным обслуживанием. Для ограничения длины очередей будет использоваться модифицированный вариант очереди FIFO – очередь с отсечением конца (tail drop). Проведем анализ работы полученных моделей сетевых устройств.

Для анализа результатов работы коммутаторов применим программу NetModel, в которой все элементы заданы нечеткими сетями Петри [3, 4]. Проанализируем различные варианты применения механизмов обслуживания очередей. В первом случае установим алгоритм приоритетного управления очередью в коммутаторе QoS, во втором случае – взвешенного управления, а в третьем – взвешенного справед-

ливого. Для моделирования воспользуемся моделью сети со звездообразным подключением рабочих станций. Программу NetModel будем запускать в режиме исследования коммутатора Switch 1.

Установим алгоритм приоритетного управления очередью в коммутаторе QoS. На рисунке 2 приведены графики накопления пакетов в очередях различных приоритетов.

По результатам моделирования видно, что коммутатор обрабатывает в первую очередь пакеты наивысшего приоритета (приоритет 4), что приводит к росту очередей пакетов низших приоритетов. Это объясняется тем, что обработка пакетов данных приоритетов начнется только при пустой очереди пакетов наивысшего приоритета. В результате чего после заполнения буферов очередей пакеты теряются. Поэтому данный алгоритм обслуживания очередей не является оптимальным. Установим алгоритм взвешенного управления очередью в коммутаторе QoS. На рисунке 3 приведены графики накопления пакетов в очередях различных приоритетов, а также график загрузки коммутатора.

По результатам моделирования видно, что коммутатор обрабатывает очереди в зависимости от процента предоставляемой каждому классу трафика пропускной способности выходного интерфейса. Из результатов моделирования следует, что загрузка коммутатора почти в 2 раза меньше, чем в первом случае. Поэтому данный алгоритм обслуживания очередей является более оптимальным для всех потоков трафика, кроме приоритетного.

Установим алгоритм взвешенного справедливого управления очередью в коммутаторе QoS. На рисунке 4 приведены графики накопления пакетов в очередях различных приоритетов, а также график загрузки коммутатора.



Рис. 2. Результаты моделирования изменения размера буферного накопителя в зависимости от числа тактов на режиме приоритетного обслуживания

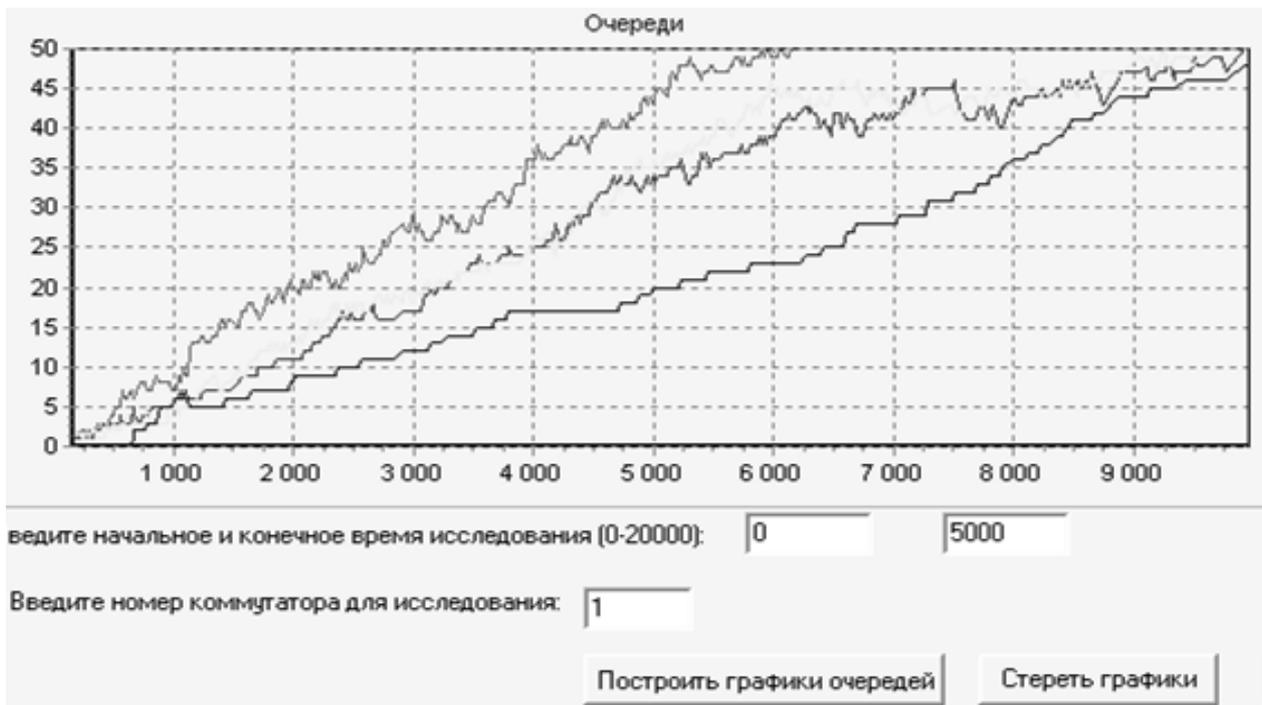


Рис. 3. Результаты моделирования изменения размера буферного накопителя в зависимости от числа тактов на режиме взвешенного управления



Рис. 4. Результаты моделирования изменения размера буферного накопителя в зависимости от числа тактов функционирования сети на режиме взвешенного справедливого обслуживания

По результатам моделирования видно, что в первую очередь коммутатор обрабатывает пакеты с наивысшим приоритетом. Оставшиеся очереди обслуживаются последовательно. Взвешенное справедливое обслуживание является комбинированным механизмом обслуживания очередей, что дает возможность качественной передачи как приоритетного трафика, так и низкоприоритетного. Поэтому данный алгоритм обслуживания очередей является

наиболее оптимальным по сравнению с рассмотренными выше.

По результатам моделирования можно сделать выводы о том, что функционирование моделей коммутатора с различными алгоритмами обслуживания очередей соответствует функционированию реальных коммутаторов с приоритетным подавляющим обслуживанием, с взвешенным обслуживанием и с взвешенным справедливым обслуживанием.

Литература

1. Кочкин, Д. В. Информационные сети и телекоммуникации / Д. В. Кочкин, А. А. Суконщиков. – Курск, 2017. – 233 с.
2. Kochkin, D. Methodology of models based on modified petri nets / D. Kochkin, A. Sukonschicov, T. R. Akhmetov // ACM International Conference Proceeding Series. Proceedings Papers – 3rd International Scientific And Practical Conference, DEFIN 2020. – 2020. – P. 3390882.
3. Sukonschikov, A. Modeling the elements of an enterprise infocommunication system using colored Petri nets / A. Sukonschikov, D. Kochkin, A. Shvetsov, I. Andrianov A. Sorokin S. Rzhetskaya // Conference of Open Innovations Association, FRUCT. – 2020. № 26. – P. 660–666.
4. Суконщиков, А. А. Универсальная программа моделирования на базе расширений сети Петри // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019663700, 22.10.2019. Заявка № 2019662577 от 11.10.2019.

A.A. Sukonshchikov, A.A. Koppalina
Vologda State University

SIMULATION OF QoS SWITCHES FUNCTIONING

This article discusses the various queuing mechanisms. Algorithms for priority service and weighted queuing are presented. The results of modeling on a switch with various queuing algorithms are considered.

Queuing mechanism, QoS, switch, simulation, priority service, network traffic.