



УДК 004.724
doi:10.21685/2587-7704-2021-6-1-4



Open
Access

RESEARCH
ARTICLE

Модель многоканальной буферной памяти сетевого коммутатора

Илья Владимирович Артемов

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
ivartyomov@yandex.ru

Максим Николаевич Коннов

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
parakmax@yandex.ru

Дмитрий Васильевич Патунин

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
dvpatunin@gmail.com

Аннотация. Рассматриваются вопросы построения компактной подсистемы, моделирующей средствами цветных временных сетей Петри многоканальную буферную память коммутатора сети Ethernet с поддержкой QoS.

Ключевые слова: Ethernet, коммутатор, буферная память, сеть Петри, качество обслуживания, CPN tools

Для цитирования: Артемов И. В., Коннов М. Н., Патунин Д. В. Модель многоканальной буферной памяти сетевого коммутатора // Инжиниринг и технологии. 2021. Т. 6(1). С. 1–5. doi:10.21685/2587-7704-2021-6-1-4

Multichannel memory buffer model of the network switch

Ilya V. Artemov

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
ivartyomov@yandex.ru

Maksim N. Konnov

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
parakmax@yandex.ru

Dmitriy V. Patunin

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
dvpatunin@gmail.com

Abstract. The issues on construction of a compact subsystem simulating multichannel memory buffer by means of Timed Colored Petri Nets with QoS support for the Ethernet switch are considered.

Keywords: Ethernet, switch, memory buffer, Petri net, quality of service, CPN tools

For citation: Artemov I.V., Konnov M.N., Patunin D.V. Multichannel memory buffer model of the network switch. *Inzhiniring i tekhnologii = Engineering and Technology*. 2021;6(1):1–5. (In Russ.). doi:10.21685/2587-7704-2021-6-1-4

В состав современных сетевых коммутаторов входит буферная память, предназначенная для хранения продвигаемых коммутатором кадров на время занятости порта назначения. Коммутаторы, поддерживающие качество обслуживания (QoS), включают механизмы диспетчеризации и управления очередями, которые предполагают организацию нескольких очередей FIFO, собирающие кадры, направляемые в порт назначения, только определенных классов QoS, что предполагает организацию многоканальной буферной памяти. От алгоритмов диспетчеризации очередей в буферной памяти коммутаторов зависят значения задержки и ее разброса (джиттера) передаваемых кадров [1].



Для исследования эффективности алгоритмов диспетчеризации и управления буферной памятью применяются методы имитационного моделирования, в том числе с использованием аппарата временных цветных иерархических сетей Петри [2, 3].

Известные модели подсетей Петри, моделирующие одноканальную буферную память, представляют набор моделей одноканальных очередей FIFO с измерительными фрагментами для сбора статистики [4].

Данный подход приводил к громоздким многоярусным схемам, которые плохо масштабируются, так как для каждой новой очереди необходимо было внесение изменений на более высоком уровне иерархии модели, что влекло за собой усложнение схемы и увеличение времени моделирования.

В настоящей работе предлагается компактная реализация цветной временной подсети Петри, моделирующей многоканальную буферную память, в которой количество сетевых компонент (позиций и переходов) не зависит от количества моделируемых каналов (очередей FIFO). Это достигается использованием возможностей языка CPN ML – составного множества цветов product, представляющих кортеж из номера очереди и самой очереди кадров [5].

Реализация модели четырехканального буфера для коммутатора с полной буферизацией представлена на рис. 1. В отличие от предыдущих моделей [4], в позиции, сохраняющей очередь в виде маркера цвета типа «список» (например, NewBuffer), хранится не один список, а сразу несколько маркеров, значения цветов которых соответствуют очередям отдельных каналов и обращение к которым осуществляется при помощи числового идентификатора очереди.

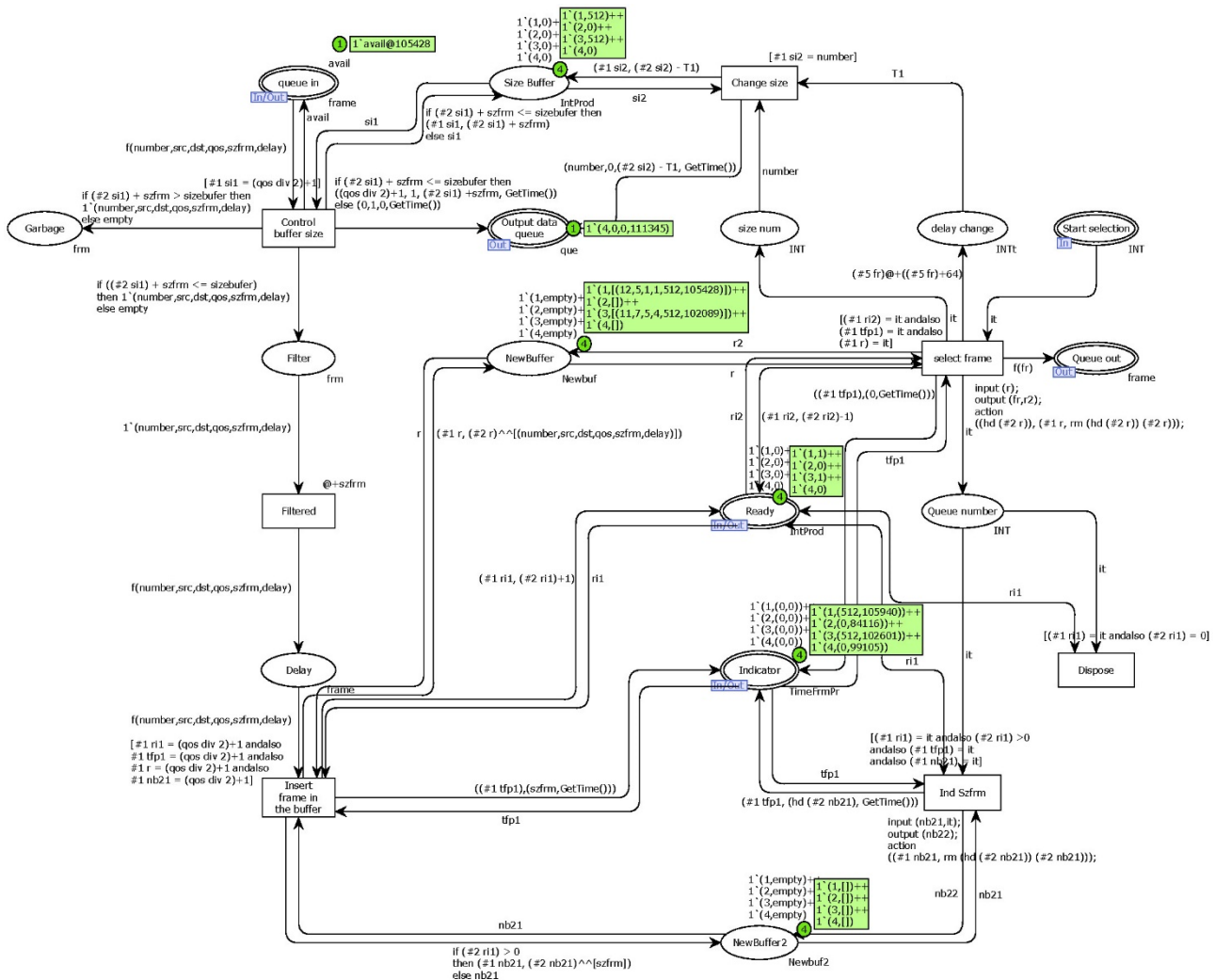


Рис. 1. Сеть Петри, моделирующая многоканальную буферную память

Кадры сетевого трафика коммутатора моделируются последовательностью маркеров, цвет которых составляет кортеж frm полей, соответствующих формату кадров Ethernet 802.1 q/p (МАК адреса, поля тега класса QoS, поле общей длины кадра, поля времени прихода и исхода кадров).



Маркер, моделирующий очередной кадр, принимается в позицию queue in. Переход Control buffer size проверяет, достаточно ли места в одном из четырех буферов для поступившего кадра, а затем либо отправляет маркер кадра в позицию Garbage, собирающую кадры, которые не могли быть полностью помещены в очередь, либо рассылает маркеры, моделирующие процесс записи кадра в буфер. Для этого:

- корректирует размер одной из четырех очередей в позиции Size queue на размер принятого кадра;

- моделируется процесс загрузки кадров в очередь, для чего маркер помещается в позицию Filter, задерживается на szfrm тактов (размер кадра в битах), срабатыванием перехода Filtered с задержкой szfrm, после попадает в позицию Delay.

Переход Insert frame in the buffer добавляет очередной загруженный кадр в один из четырех списков кадров в позиции NewBuffer, находящихся в очереди FIFO, для работы с которым используются специальные функции языка CPN ML. Одновременно инкрементирует счетчик готовых к передаче из буфера кадров для данного списка в позиции Ready.

При помещении первого пакета в очередь его размер передается в позицию Indicator, при помещении пакетов в непустую очередь их размеры хранятся в позиции NewBuffer2 в маркерах для данной очереди. Когда подсеть принимает сигнал о разрешении передачи пакета, он передается из очереди на выходную позицию. Значения из позиции Indicator применяются в различных алгоритмах диспетчеризации очередей [6, 7].

В позициях Size Buffer, NewBuffer, NewBuffer2, Ready, Indicator содержится четыре маркера, которые моделируют четыре очереди в структуре NewQueue. У каждого маркера в данных позициях присутствует идентификатор, позволяющий в условиях запуска перехода выбирать только один необходимый маркер из нескольких.

Считывание кадра из определенной очереди инициирует маркер, поступающий в позицию Start selection от диспетчера с номером очереди, из которой будет считываться соответствующий кадр.

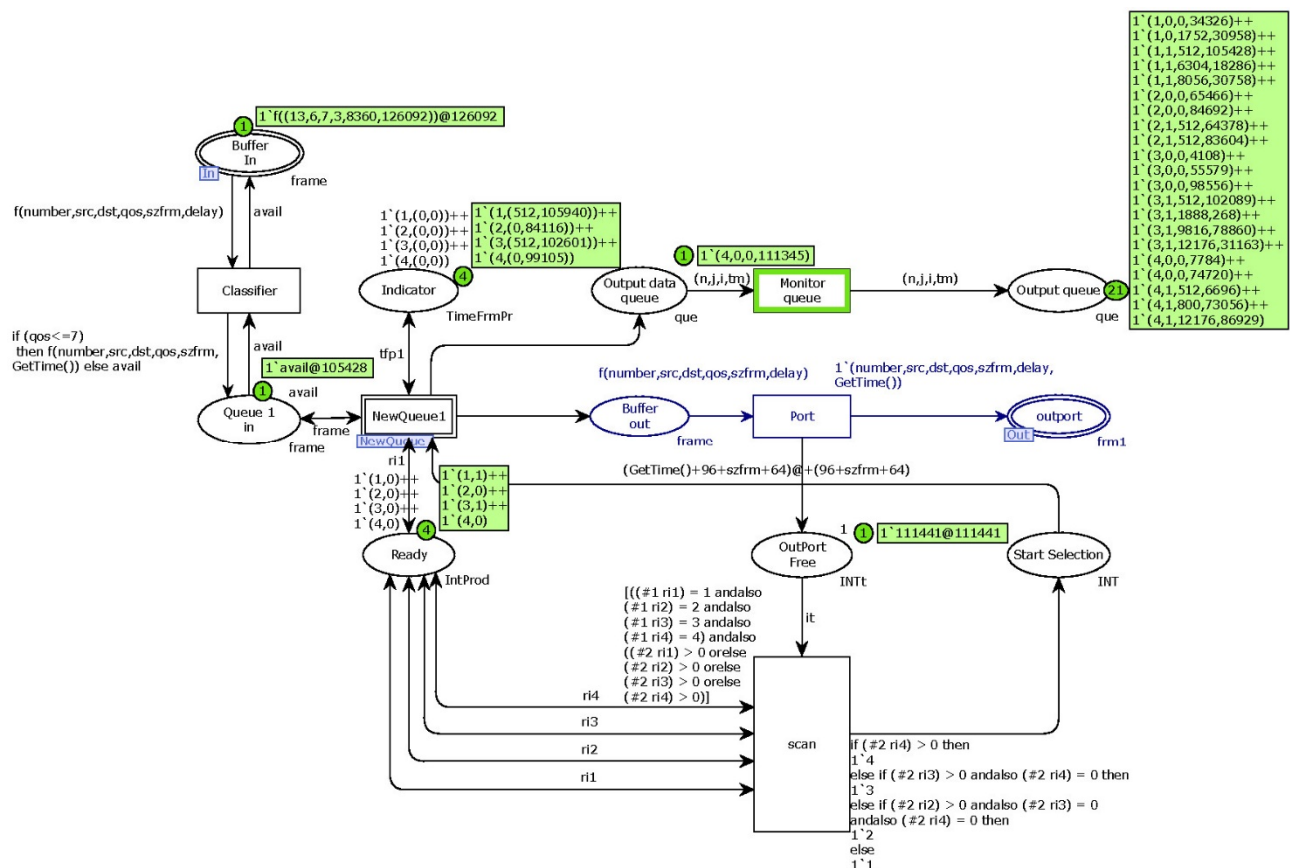


Рис. 2. Применение многоканальной памяти

Переход Select frame выбирает маркер кадра, стоящего в голове очереди, и помещается в позицию Queue out. В позиции Ready декрементируется счетчик готовых к передаче кадров для данной



очереди, в позиции Indicator сменяется значение размера кадра на нуль, если в списке нет других кадров, и на размер кадра в голове списка в противном случае. В переход Change size подаются номер очереди, из которой был выбран кадр, и его размер с временной задержкой, моделирующей процесс чтения кадра из буфера.

Позиция Output data queue собирает статистические данные об изменении размеров очередей.

Применение рассмотренной модели многоканальной буферной памяти в сети Петри, моделирующей алгоритм диспетчеризации очередей с приоритетным обслуживанием [8], показано на рис. 2.

Из позиции Ready переход scan извлекает сразу маркеры готовности всех очередей в подсети многоканального буфера NeQueue1. В условии запуска перехода указано точное соответствие маркеров определенным идентификаторам, что позволяет закрепить за каждой очередью определенное имя. Производится выбор определенной очереди по приоритету: каждая очередь хранит кадры только с двумя конкретными значениями параметра качества обслуживания, в первой очереди – наименьшая пара значений, в четвертой – наибольшая пара значений. Номер выбранной очереди передается в подсеть через позицию Start Selection, после чего маркер из этой очереди передается на выходной порт.

Проведенные испытания компактной модели многоканальной буферной памяти при исследовании эффективности различных алгоритмов диспетчеризации и управления очередями сетевого коммутатора показали ее адекватность объекту моделирования, ее хорошую масштабируемость, простоту представления функционирования коммутатора и сокращения размеров моделирующей программы.

Список литературы

1. Кучерявый Е. А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет. СПб : Наука и техника, 2004. 336 с.
2. Зайцев Д. А., Шмелева Т. Р. Моделирование телекоммуникационных систем в CPN Tools. Одесса, 2008. 68 с.
3. Механов В. Б. Моделирование алгоритмов обслуживания очередей в сетях с поддержкой QoS // Информатизация образования и науки. 2011. № 4 (12). С. 29–38.
4. Артемов И. В., Коннов М. Н., Патунин Д. В. Сеть Петри, моделирующая работу буферной памяти коммутатора // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. ст. VII Всеросс. межвуз. науч.-практ. конф. Пенза : Изд-во ПГУ, 2020. С. 5–7.
5. Jensen K, Kristensen L. Coloured Petri Nets: modeling and validation of concurrent systems. Springer-Verlag, 2009. P. 384.
6. Кизилов Е. А., Коннов Н. Н., Патунин Д. В. Моделирование адаптивной диспетчеризации очередей в коммутаторе с поддержкой QOS // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2017. № 2 (22). С. 170–182.
7. Артемов И. В., Коннов М. Н. Модель адаптивного алгоритма формирования виртуального таймслота для коммутатора Ethernet // Новые информационные технологии и системы : сб. науч. ст. XVII Междунар. науч.-техн. конф. Пенза : Изд-во ПГУ, 2020. С. 99–103.
8. Kizilov E., Konnov N., Pashchenko D., Trokoz D. Modeling of QoS in the industrial Ethernet switches // The 5th International Workshop on Computer Science and Engineering-Information Processing and Control Engineering (WCSE 2015-IPCE). (Moscow, Russia, April 15–17, 2015). Moscow, 2015. P. 185–190.

References

1. Kucheryavyy E.A. *Upravlenie trafikom i kachestvo obsluzhivaniya v seti Internet = Traffic management and quality of service on the Internet*. Saint-Petersburg: Nauka i tekhnika, 2004:336. (In Russ.)
2. Zaytsev D.A., Shmeleva T.R. *Modelirovanie telekommunikatsionnykh sistem v CPN Tools = Simulating of telecommunication systems with CPN Tools*. Odessa, 2008:68. (In Russ.)
3. Mekhanov V.B. Queues service algorithms modeling in networks with QoS support. *Informatizatsiya obrazovaniya i nauki = Informatization of Education and Science*. 2011;4(12):29–38. (In Russ.)
4. Artemov I.V., Konnov M.N., Patunin D.V. Petri net simulating operation of the switch buffer memory. *Informatsionnye tekhnologii v nauke i obrazovanii. Problemy i perspektivy: sb. st. VII Vseross. mezhvuz. nauch.-prakt. konf. = Information Technology in Science and Education. Problems and Prospects: Proceedings of the VIIth All-Russian Interuniversity Scientific and Practical Conference*. Penza: Izd-vo PGU, 2020:5–7. (In Russ.)
5. Jensen K., Kristensen L. *Coloured Petri Nets: modeling and validation of concurrent systems*. Springer-Verlag, 2009:384.
6. Kizilov E.A., Konnov N.N., Patunin D.V. Simulation of the adaptive scheduling queues in the Ethernet switch support. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve = Models, Systems, Networks in Economics, Technology, Nature and Society*. 2017;2(22):170–182. (In Russ.)
7. Artemov I.V., Konnov M.N. An adaptive algorithm model to construct a virtual time slot for the Ethernet switch. *Novye informatsionnye tekhnologii i sistemy: sb. nauch. st. XVII Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. = New Information*



Technologies and Systems: Proceedings of the XVIIth International Scientific and Technical Conference. Penza: Izd-vo PGU, 2020:99–103. (In Russ.)

8. Kizilov E., Konnov N., Pashchenko D., Trokoz D. Modeling of QoS in the industrial Ethernet switches. *The 5th International Workshop on Computer Science and Engineering-Information Processing and Control Engineering (WCSE 2015-IPCE)*. (Moscow, Russia, April 15–17, 2015). Moscow, 2015:185–190.

Поступила в редакцию / Received 12.02.2021

Поступила после рецензирования и доработки / Revised 18.03.2021

Принята к публикации / Accepted 27.03.2021