

Сведения об авторах

Медведев Илья Александрович

ГУП НПЦ “ЭЛВИС”, инженер

МИЭТ (ТУ), аспирант 2 года

т. 8-906-706-60-39

imsubmodo@gmail.com

УДК 004.272.34

Анализ эффективности применения виртуальных каналов для маршрутизации в сети-на-кристалле

На сегодняшний день процессорная индустрия твердо стоит на пути повышения производительности за счет увеличения количества ядер на кристалле [1]. Вопрос реализации высокопроизводительного межядерного взаимодействия, отвечающего новым требованиям по масштабируемости, представляется все более актуальным. Исследования последних лет показывают, что использования сетей-на-кристалле позволяет эффективно решать задачи обмена информацией между ядрами, никак не ограничиваясь при этом в вопросе масштабируемости [2][3]. Многие мировые производители высокопроизводительных процессоров уже имеют готовые кристаллы, использующие сеть-на-кристалле в качестве основного элемента для межядерного взаимодействия [4][5]. Многоплановость исследований в данной области и в то же время универсальность основных принципов построения сети (многоуровневый подход к проектированию, повторное использование аппаратных ресурсов) позволяют создавать эффективные проекты для различного рода задач при сохранении общей парадигмы построения сетей-на-кристалле. Ключевым функциональным блоком сети-на-кристалле является маршрутизатор, отвечающий за передачу сообщений в каждом узле сети. От эффективности работы маршрутизатора зависит качество работы всего механизма межсоединения. Способ организации каналов передачи сообщений (flow control) в маршрутизаторе влияет на его быстродействие и пропускную способность. Исследования в данной области показывают, что применение виртуальных каналов для разрешения конфликтных ситуаций, возникающих при маршрутизации, позволяет исключить

вероятность потери сообщений и повысить эффективность их передачи.

Вопрос масштабируемости механизма межсоединения поднимается и в многоядерных процессорах серии “МУЛЬТИКОР” фирмы ГУП НПЦ “ЭЛВИС”. Для его решения было создано параметризованное по количеству ядер RTL-описание сети на кристалле и платформа для ее моделирования. Была достигнута автоматизация процесса генерации RTL-описания сети средствами языка программирования Ruby. В качестве эталона функционирования использовалась написанная на языке SystemVerilog высокоуровневая модель. Платформа позволяет создать проект для любого количества ядер с топологией сети типа двумерная решетка. Ядра упорядочиваются в решетку в соответствии с требованием формирования прямоугольника с наиболее близкими по длине сторонами. Так для 12-ти ядер автоматически создается решетка 3 на 4, а для 16-ти - 4 на 4. В качестве интерфейса сети использовался стандартизованный AMBA AXI, широко применяемый в современных процессорах, что позволяет упростить дальнейшую интеграцию блока.

Объектом исследования стал вопрос организации каналов передачи сообщений в маршрутизаторе. Для этого были разработаны следующие варианты реализации маршрутизатора: с буферизированными входными (Б.В.) портами, с поддержкой виртуальных каналов (В.К.) и совмещенный вариант (Б.В. + В.К.) (рис.1).

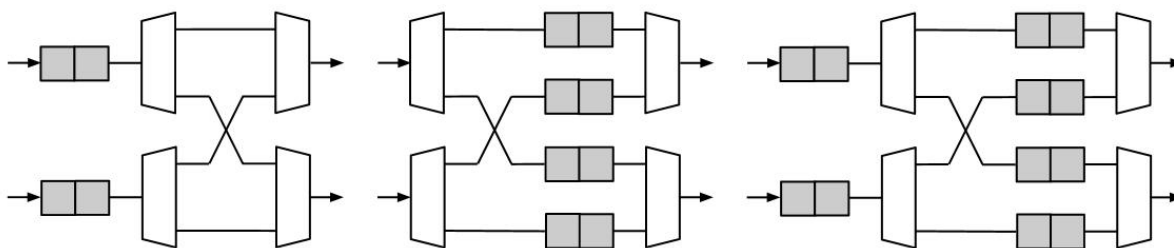


Рис. 1. Варианты реализации маршрутизатора. Слева-направо: с буферизированными входами (Б.В.), с виртуальными каналами (В.К.) и совмещенный.

Для сравнения производительности предложенных механизмов взаимодействия был проведен ряд тестов, основанных на передаче сообщений между ядрами. Все тесты проведены для проектов с различным числом ядер (от 2-х до 64-х). Основной тест, характеризующий жесткий вариант использования ресурсов сети, представляет собой параллельную загрузку в каждое ядро последовательность сообщений для передачи в

произвольный узел сети. Таким образом обеспечивается равномерная загрузка всех ядер. При этом варьируется количество сообщений, передаваемых каждым узлом. Для 10 передаваемых сообщений результаты моделирования в виде средней производительности узла (в терминах IPC - instructions per cycle) при представлены на рис. 2, для 100 - на рис. 3 и для 1000 - на рис. 4. Для наглядности представлены графики процентного отношения производительности совмещенного маршрутизатора и поддерживающего виртуальные каналы к производительности маршрутизатора с буферизированными входами. Для 10 сообщений - на рис. 5, для 100 - на рис. 6, для 1000 - на рис. 7.

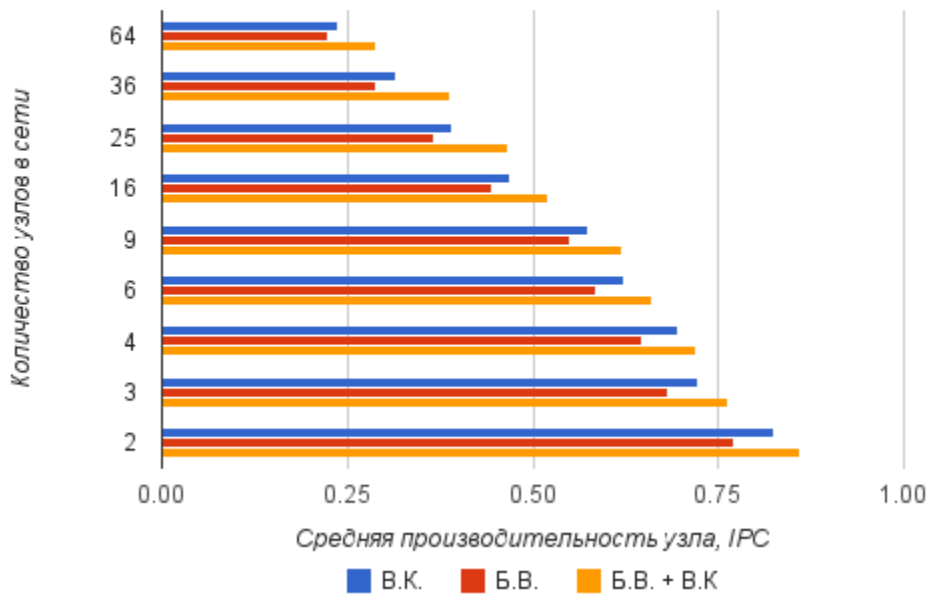


Рис. 2. Средняя производительность узла при одновременной обработке 10 сообщений каждым узлом сети.

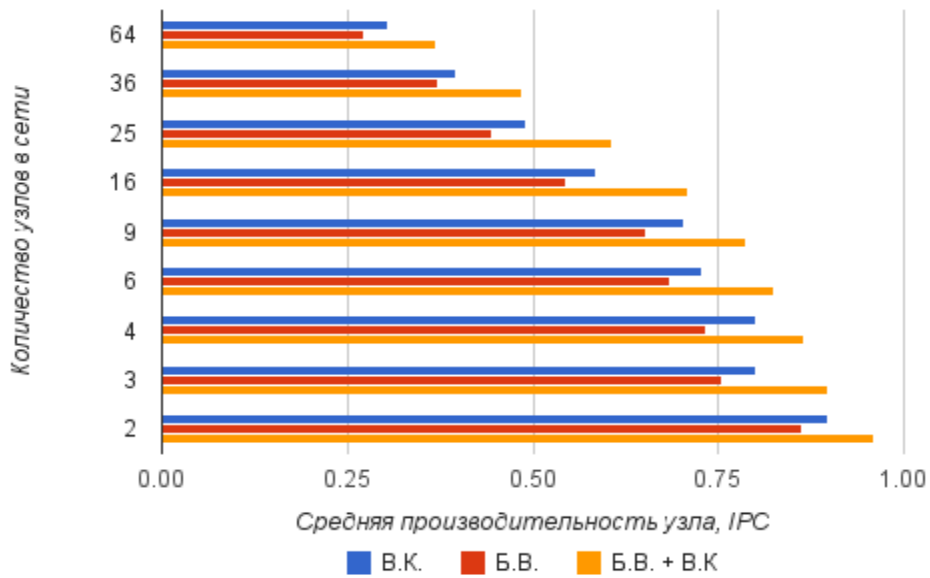


Рис. 3. Средняя производительность узла при одновременной обработке **100** сообщений каждым узлом сети.

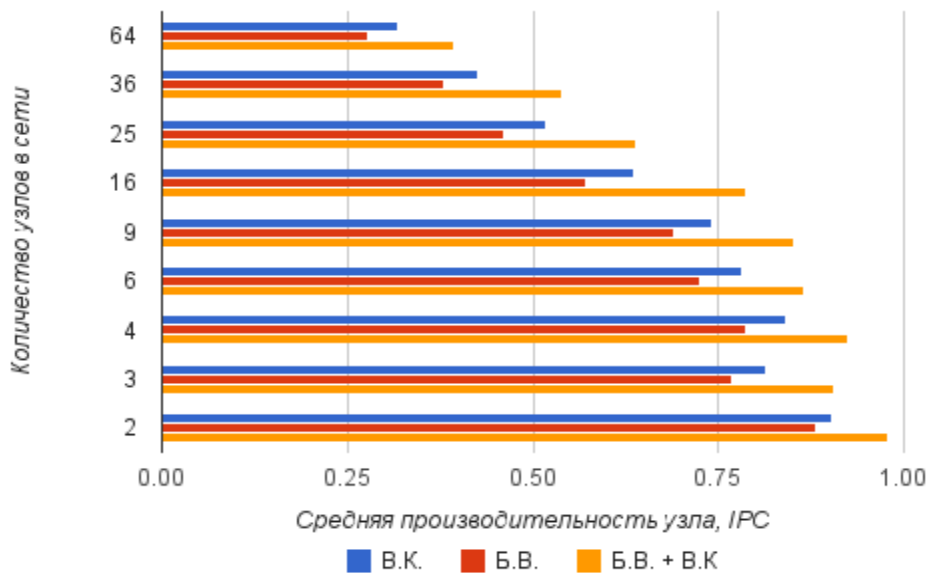


Рис. 4. Средняя производительность узла при одновременной обработке **1000** сообщений каждым узлом сети.

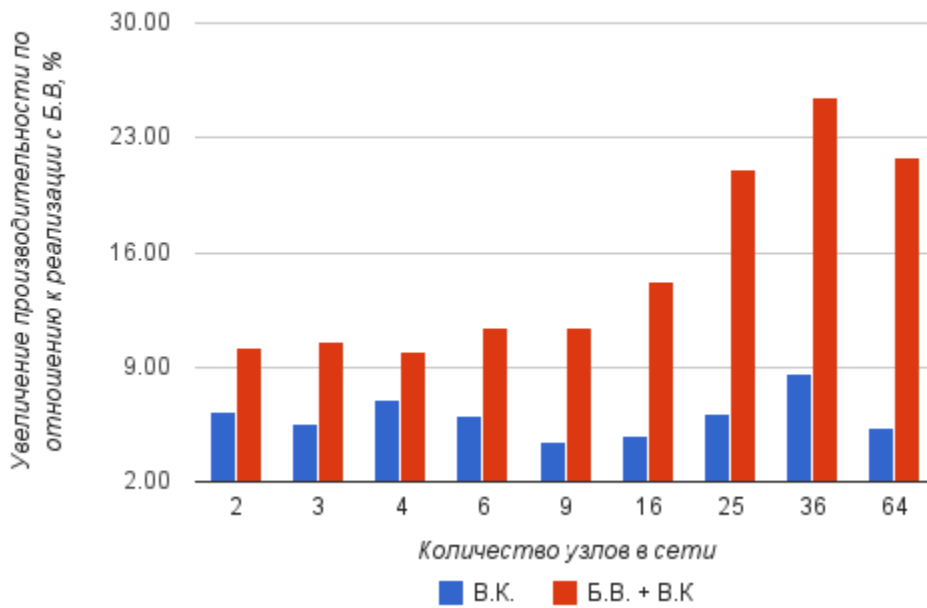


Рис. 5. Отношения производительности совмещенного маршрутизатора (Б.В. + В.К.) и с виртуальными каналами (В.К.) к производительности маршрутизатора с буферизированными входами (Б.В.) при обработке 10 сообщений каждым узлом сети.

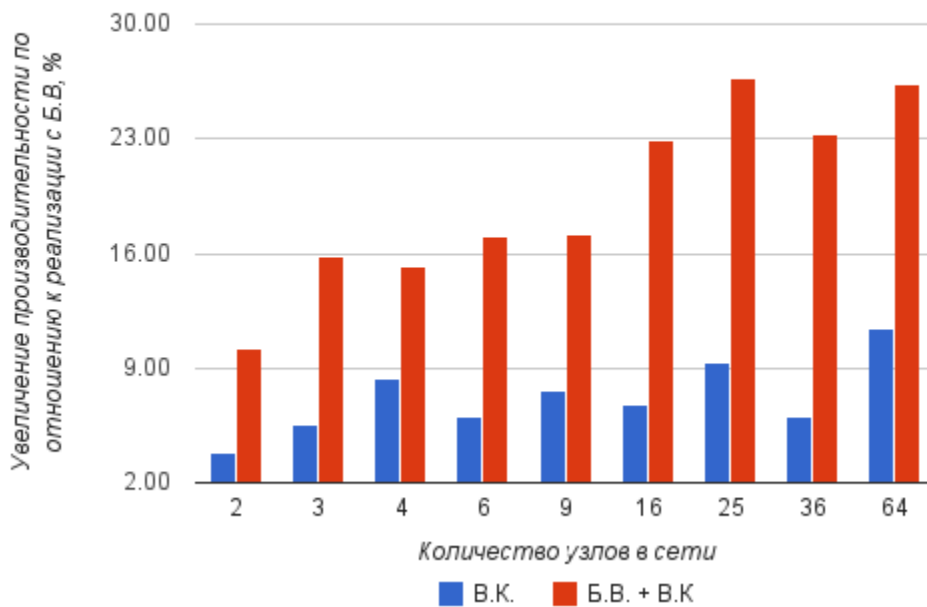


Рис. 6. Отношения производительности совмещенного маршрутизатора (Б.В. + В.К.) и с виртуальными каналами (В.К.) к производительности маршрутизатора с буферизированными входами (Б.В.) при обработке **100** сообщений каждым узлом сети.

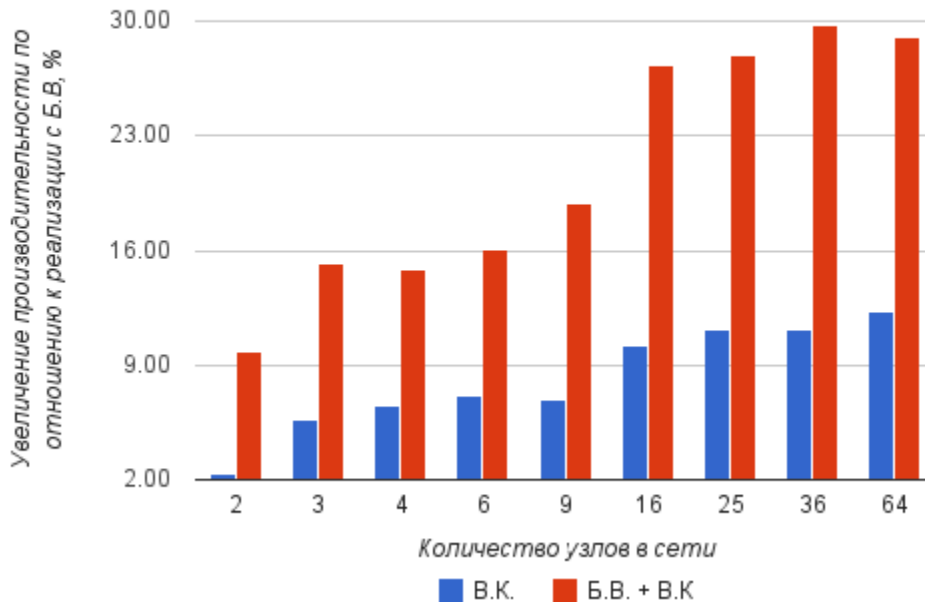


Рис. 5. Отношения производительности совмещенного маршрутизатора (Б.В. + В.К.) и с виртуальными каналами (В.К.) к производительности маршрутизатора с буферизированными входами (Б.В.) при обработке **1000** сообщений каждым узлом сети.

Результаты моделирования показали повышение производительности механизма межсоединения для обоих вариантов, использующих для маршрутизации виртуальные каналы. Важно заметить, что тесты основаны на случайном выборе узла, получающего сообщения, поэтому результаты представляют собой усредненный вариант нескольких смоделированных случаев.

В заключении на рис. 8 показан пример, в котором показано за счет чего достигается увеличение производительности при использовании виртуальных каналов. Здесь узел 0 последовательно передает сообщения (А и В) узлам 1 и 2 соответственно. При этом локальный порт узла 1 заблокирован. Это приводит к блокировке канала между

узлами 0 и 1 в случае отсутствия возможности сохранения сообщения A в виртуальном канале.

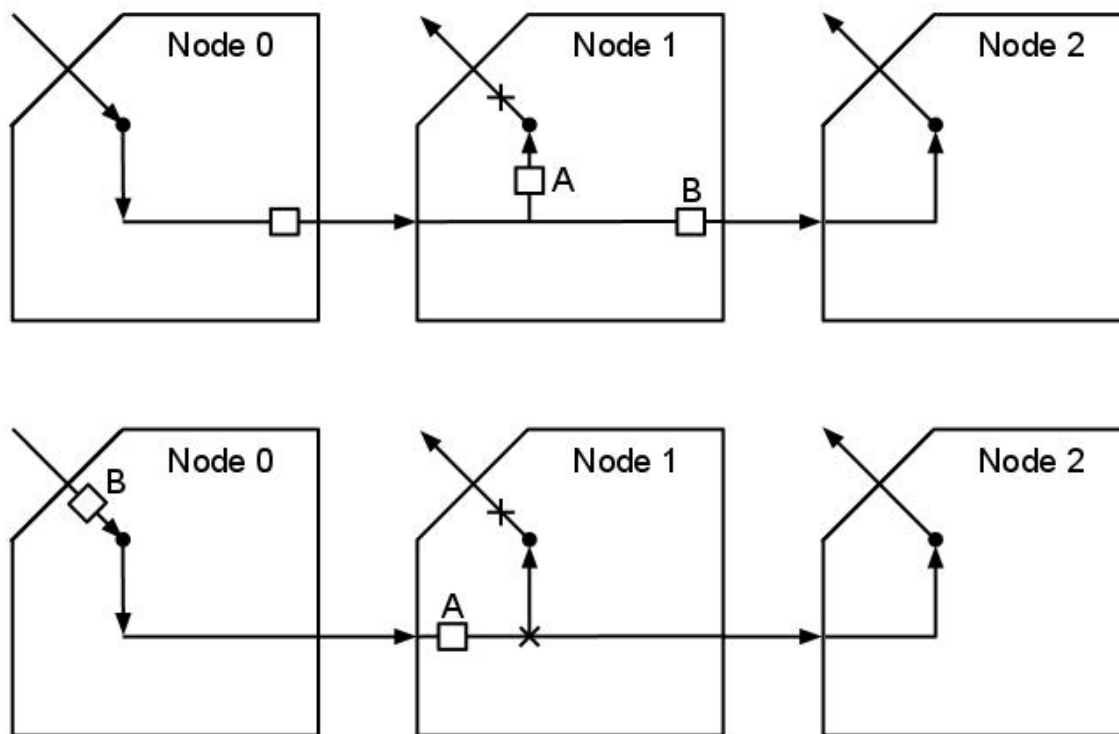


Рис. 8. Пример последовательной передачи двух сообщений (A и B) от узла 0 узлам 1 и 2 соответственно при блокировке первого сообщения. Вверху - маршрутизатор с виртуальными каналами, внизу - маршрутизатор с буферизированными входами.

Количественная оценка увеличения производительности в дальнейшем может стать важным фактором при выборе того или иного варианта реализации сети-на-кристалле для внедрения в качестве масштабируемого механизма межсоединения.

Литература

1. Путря Ф.М. Архитектурные особенности процессоров с большим числом вычислительных ядер. - Информационные технологии. - 2009. - №4. С. 2-7.
2. Путря Ф.М., Медведев И.А. Анализ механизмов синхронизации потоков для систем-на-кристалле с большим числом вычислительных ядер. - Известия вузов. Электроника. - 2011. - №3. С. 58-63.

3. *T. Bjerregaard, S. Mahadevan* A Survey of Research and Practices of Network-on-Chip.
- ACM Computing Surveys (CSUR). - 2006. - Volume 38. Issue 1.
4. *J. Held., J. Bautista., S. Koehl* From a few cores to many: A tera-scale computing
research overview. - Intel White Paper. - 2006.
5. *S. Bell (et al.)* Tile64 Processor - A 64-Core SoC with Mesh Interconnect. Solid-State
Circuits Conference. Digest of Technical Papers. - 2008. P. 588-598.