

высокие технологии: научно-технический журнал - Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2012. - № 1(17). - С. 138-142.

4. Затылкин, А.В. Метод связанных систем в моделировании процесса обучения / А. В. Затылкин, В. Б. Алмаметов, И. И. Кочегаров // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. - 2010. № 4 (9). - С. 56-61

5. Затылкин, А.В. Система управления проектными исследованиями радиотехнических устройств / А.В. Затылкин // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Вычислительный центр им. А. А. Дородницына Российской академии наук. Москва, 2012.

6. Лысенко, А.В. Анализ современных систем управления проектами / А.В. Лысенко // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 1. С. 371-372.

7. Затылкин, А.В. Алгоритм проведения проектных исследований радиотехнических устройств / А.В. Затылкин, И.И. Кочегаров, Н.К. Юрков // Надежность и качество: тр. Междунар. симп. Том 1 / под ред. Н. К. Юркова. - Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2012. - С. 365-366.

8. Лысенко, А.В. Анализ особенностей применения современных активных систем виброзащиты для нестационарных РЭС / А.В. Лысенко, Г.В. Таньков, Д.А. Рындин // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2013. Т. 2. С. 155-158. Лысенко, А.В. Особенности разработки типологии устройств амортизации радиоэлектронных средств на основе фасетной структуры / А.В. Лысенко // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2013. Т. 2. С. 151-155.

9. Затылкин, А.В. Алгоритм и программа расчета статически неопределимых систем амортизации бортовых РЭС с кинематическим возбуждением / А.В. Затылкин, А.В. Лысенко, Г.В. Таньков // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. 2013. Т. 1. С. 223-225.

10. Затылкин, А.В. Архитектура ИКОС с внешним объектом изучения / А.В. Затылкин, Н.К. Юрков, И.Д. Граб, В.Б. Алмаметов, В.А. Трусов // Надежность и качество: Труды международного симпозиума. Том 1 / Под ред. Н.К. Юркова - Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2010, с. 31-33.

11. Кочегаров, И.И. Обзор систем сквозного проектирования печатных плат радиоэлектронных средств / И.И. Кочегаров, И.М. Трифоненко, Н.В. Горячев, Н.К. Юрков // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 1. С. 396-399.

12. Затылкин, А.В. Автоматизированная многоканальная виброиспытательная установка / А. В. Затылкин, А.В. Лысенко, Д.А. Голушко, Д.А. Рындин, Н.К. Юрков // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс: Периодическое научное издание - Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. акад., 2012. Спецвыпуск - С. 83-87 С.

13. Затылкин, А.В. Моделирование изгибных колебаний в стержневых конструкциях РЭС / А.В. Затылкин, Г.В. Таньков, // Надежность и качество: Труды международного симпозиума / Под ред. Н.К. Юркова - Пенза: ИИЦ ПГУ, 2006, с. 320-323.

14. Затылкин, А.В. Индукционный виброметр с датчиком сейсмического типа / А.В. Затылкин, Г.В. Таньков, Д.А. Рындин // Инновационные информационные технологии. 2013. Т. 3. № 2. С. 135-143.

15. Затылкин, А.В. Моделирование изгибных колебаний в стержневых конструкциях РЭС / А.В. Затылкин, Г.В. Таньков, // Надежность и качество: Труды международного симпозиума / Под ред. Н.К. Юркова - Пенза: ИИЦ ПГУ, 2006, с. 320-323.

16. Затылкин, А.В. Алгоритм и программа расчета статически неопределимых систем амортизации бортовых РЭС с кинематическим возбуждением / А.В. Затылкин, А.В. Лысенко, Г.В. Таньков // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. 2013. Т. 1. С. 223-225.

17. Затылкин, А.В. Программная система оценки теплового режима конструкций РЭС / А. В. Затылкин, И. И. Кочегаров, С. В. Крылов, // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс: Периодическое научное издание - Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. акад., 2011. №4 - С. 105-110 С.

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДОСТУПА К ВИРТУАЛЬНОМУ АДРЕСНОМУ ПРОСТРАНСТВУ В РАСПРЕДЕЛЁННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Иванов К.В., Кошпаев А.А., Васяева Н.С.

Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Марий Эл, Россия

Основной проблемой при организации распределённых вычислительных систем является обеспечение бесконфликтного быстрого доступа к виртуальной общей памяти системы. Под виртуальной памятью распределённой системы понимается виртуальное адресное пространство, разделяемое всеми узлами (процессорами) системы. В таких системах данные между оперативной (локальной) памятью различных ЭВМ (узлов) передаются также как между оперативной и внешней памятью одного компьютера.

Особенность реализации такой операции заключается в том, что данные, передаваемые между локальной памятью разных ЭВМ, физически перемещаются через множество различных внутренних и внешних интерфейсов ЭВМ. Каждый интерфейс реализуется свой специфичный алгоритм передачи данных. Следовательно, современные кластерные системы характеризуются наличием **иерархически-неоднородных коммутационных сред** [1, 2, 3], от пропускной способности которых непосредственно зависит производительность всей системы.

Уровни иерархии коммутационных сред могут быть различными. Их состав и число зависят от архитектуры системных плат ЭВМ и организации системы внешней коммутационной среды (рис. 1). В частности коммутационная среда распределённой вычислительной системы (кластера) может быть реализована следующим образом:

- **ядра процессора** обмениваются данными через локальную память;
- в рамках одной ЭВМ **связь между процессорами** осуществляется через высокоскоростную процессорную шину, например, AMD HyperTransport;
- **связь между другими территориально удалёнными ЭВМ** осуществляется с помощью системной сети, например, InfiniBand, Fibre Channel и др.;

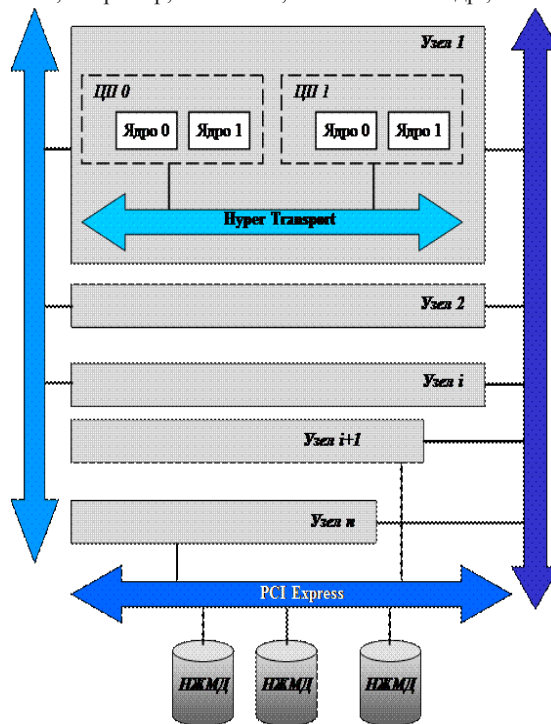


Рис. 1. Иерархическая организация коммутационной среды кластерной системы

- **связь между локально расположенными ЭВМ** и элементами внешней памяти (в пределах 8-15 м) осуществляется по высокоскоростным шинам, таким как PCI Express, Ultra-320 SCSI и SAS-2;
- **связь с глобальной сетью** реализуется на основе вспомогательной сети Gigabit Ethernet.

Каждый уровень этой иерархии предназначен для взаимодействия определённых компонент системы. Следовательно, набор реализуемых коммутационных интерфейсов зависит от задач, решаемых кластерной системой.

В такой системе с неоднородными средствами коммутации выделяют три основных проблемы, воз-

никающих при реализации виртуального адресного пространства:

1. Обеспечение актуальности информации о расположении удалённых данных.

2. Снижение коммуникационных задержек и больших накладных расходов при доступе к удалённым данным, связанным с выполнением коммуникационных протоколов.

3. Организация одновременного доступа нескольких узлов к разделяемым данным для повышения производительности системы.

В литературе рассматриваются несколько основных алгоритмов реализации распределённой общей памяти (алгоритм с центральным сервером, миграционный алгоритм, алгоритм размножения для чтения, алгоритм полного размножения), которые считаются неэффективными на практике, но могут иметь место в сочетании с другими алгоритмическими и архитектурными решениями.

Кроме того, одним из путей решения первых двух задач является использование *алгоритма распределённого прямого доступа к памяти (RDMA)*, который позволяет исключить процесс многочисленного каскадного буферирования-копирования данных,

который используется при связи узлов по протоколу TCP/IP. Эта технология поддерживается в сети InfiniBand.

Основная идея концепции RDMA заключается в том, чтобы размещать нужные данные непосредственно в память приложения, минуя многочисленное буферирование из буферов сетевого адаптера в буферы сетевого протокола, операционной системы, дисков, и так далее. Технология RDMA позволяет осуществлять удаленный прямой доступ к памяти без участия центрального процессора. В формате пакетов, передаваемых с помощью технологий RDMA, указан буфер памяти приложения, в который должны быть доставлены входящие данные.

Использование RDMA технологий позволяет на 40% разгрузить работу процессора и повысить эффективность и быстродействие сети в целом.

Однако реализация данной технологии требует больших накладных расходов и дорогостоящих интеллектуальных сетевых адаптеров, что сужает область её применения. Поэтому сети InfiniBand используются в основном для связи с вычислителями кластера, удалёнными на значительные расстояния (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная характеристика шин

	<i>InfiniBand</i>	<i>SATA v3.0</i>	<i>Fibre Channel</i>	<i>Ultra-320 SCSI</i>	<i>Ultra-640 SCSI</i>	<i>SAS-2</i>
Тип протокола	Послед.	Послед.	Послед.	Паралл.	Паралл.	Послед.
Пропускная способность	От 2,5 до 25 Гбит/с на канал	6000 Мбит/сек	От 1 до 20 Гбит/с	2560 Мбит/сек	5120 Мбит/сек	6000 Мбит/сек
Кодирование	64/66 или 8/10	8/10	64/66 или 8/10	-	-	8/10
Скорость передачи	От 250 до 2500 Мбайт/сек	600 Мбайт/сек	От 250 до 2000 Мбайт/сек	320 Мбайт/сек	640 Мбайт/сек	600 Мбайт/сек
Максимальная длина кабеля	До 100 метров	1 метр	До 2 км	12 метров	До 1 метра	8 метров

Для связи модулей внешней памяти и ЭВМ, удалённых на небольшие расстояния, высокие накладные расходы на передачу данных, характерные для сети InfiniBand, являются неприемлемыми. Для этого случая более подходит связь через высокоскоростную системную шину, например PCI Express, имеющую кабельную реализацию протокола.

При осуществлении связи узлов по кабельному варианту шины PCI Express быстрый доступ к удалённой памяти реализуется за счёт *механизма окон перекрёстного доступа* и специальной настройки портов внешних и внутренних коммутаторов PCI Express. Такое решение не требует использования дорогостоящего оборудования, однако сужает радиус действия коммутационной среды до 15 метров.

Таким образом, сочетание всех перечисленных уровней реализации коммутационной среды в рамках одной кластерной системы требует разработки особых алгоритмов управления семантикой обращений к памяти и решения задач когерентности памяти и оптимизации распределения данных по разным типам памяти системы.

Список литературы

1. Джад, Д. Основы проектирования SAN / Д. Джад – Сан-Хосе: Infinity Publishing, 2008. – 589 с.

2. Кластеры на многоядерных процессорах / И.И. Ладыгин, А.В. Логинов, А.В. Филатов, С.Г. Яньков. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 112 с.

3. Корнеев, В.В., Параллельные вычислительные системы / В.В. Корнеев – М.: «Нолидж», 1999. – 320 с.

РАСЧЕТ ЧАСТОТ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ БЛОКА ШЕСТЕРЕН В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ ANSYS

Исаева Е.А., Крутина Е.В.

Московский Государственный Машиностроительный Университет (МАМИ), Москва, Россия

В настоящее время для анализа динамических характеристик элементов конструкций широко применяются численные методы и прежде всего метод конечных элементов (МКЭ).

Современные комплексы программ, в которых используется МКЭ, позволяют получать приближенные численные решения при расчете конструкций на статические и динамические нагрузки для широкого класса материалов с различными механическими характеристиками и поведением. Расчет конструкций на статические нагрузки может производиться с учетом физической и геометрической нелинейности, температурных полей, взаимодействия с другими средами. Производится расчет критических нагрузок,