

Каримов Б.Т., Кармышаков А.К.

МУЛЬТИКИЧИПРОЦЕССОРДУК СИСТЕМАЛАРДАГЫ БАЙЛАНЫШ СИСТЕМАЛАРДЫН ӨНДҮРҮМДҮҮЛҮГҮН БААЛОО

Каримов Б.Т., Кармышаков А.К.

ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СИСТЕМ СВЯЗЕЙ В МУЛЬТИМИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМАХ

B.T. Karimov, A.K. Karmyshakov

EVALUATION OF COMMUNICATION SYSTEMS PERFORMANCE IN MULTIMICROPROCESSOR SYSTEMS

УДК: 004.773:004.312.24

Бул макалада мультикичипроцессордук системадагы негизги байланыш системаларынын ар кандай параметрлерин салыштырма талдоо өткөрүлгөн. Байланыш системаларынын негизги түрлөрүнүн өндүрүмдүүлүгүн болжолдуу баалоо аныкталган. Активдүү билдирүүлөрдүн саны, байланыш тогоолорунун өткөрүмдүүлүк тилкесинин кеңдиги жана билдирүүлөрдү берүүдөгү кечигүү ("тиси жакка жана артка") сыяктуу байланыш системаларынын негизги параметрлери көрсөтүлгөн. Көп кыркалуу коммутациялык тармактарды колдонуунун өзгөчөлүктөрү каралган.

Негизги сөздөр: мультикичипроцессордук системалар, жалпы шина, матрицалык коммутатор. Коммутациялык элемент, көп кыркалуу коммутациялык тармактар.

В данной статье проведен сравнительный анализ различных параметров основных систем связей в мультимикропроцессорных системах. Определена приближенная оценка производительности основных типов систем связей. Показаны основные параметры систем связи такие как число активных сообщений, ширина полосы пропускания звена связи и задержка передачи сообщения («туда и обратно»). Рассмотрены особенности применения многокаскадных коммутационных сетей.

Ключевые слова: мультимикропроцессорные системы, общая шина, матричный коммутатор, коммутирующий элемент, многокаскадные коммутационные сети.

In this article, a comparative analysis of various parameters of the main communication systems in multi-microprocessor systems carried out. An approximate evaluation of the performance of the main types of bonding systems is determined. The base parameters of communication systems are shown, such as the number of active messages, the bandwidth of the communication link, and the delay of message transmission ("back and forth"). The peculiarities of the multistage switching networks application.

Key words: multi-microprocessor systems, common bus, matrix switch, switching element, multi-stage switching networks

Главной характерной чертой большинства работ в области создания мультимикропроцессорных систем (ММПС) является то, что уменьшение времени решения сложной задачи в ММПС предлагается достигать за счет одновременного выполнения её нескольких параллельных фрагментов и решения координирующих задач. Обмен информацией между задачами осуществляется через внутренние системы связи (СС), пропускная способность,

надежность и некоторые другие показатели которых оказывают существенное влияние на системные характеристики ММПС в целом [1].

Построение высоконадежных и быстродействующих СС для ММПС является важной и актуальной научно-технической задачей, решение которой требует исследования новых методов структурной организации как проблемно-ориентированных ММПС в целом, так и отдельных их компонентов (процессорных элементов, СС и т.д.), а так же создания инструментальных средств, облегчающих выбор структурных решений СС для проектируемых ММПС.

При этом важнейшее значение при решении научно-технических задач имеет характерная особенность ММПС, состоящая в ограниченности и неизменности выполняемых ими функций, что позволяет проектировать систему связей между модулями ММПС оптимальным образом.

Сравнение эффективности различных систем связей в мультимикропроцессорных системах будет корректным лишь на основе строгого определения и использования их важнейших технико-экономических параметров.

Отсутствие объективных критериев для многих задач конструирования реальных сетей (для определения требований к управлению) существенно затрудняет выбор типа сети при разработке конкретной ММПС. Однако возможны некоторые приближенные оценки, основанные на особенностях и функциональных возможностях различных средств обмена информацией [2]. В таблице 1 производится сравнение по производительности основных типов систем связей (СС), использование которых возможно в ММПС, причем здесь охватываются характеристики не только многокаскадных коммутационных сетей (МКС), но также общая шина (ОШ), «кольца» и других средств связи.

Параметры с помощью которых оценивается производительность сети, приведены в таблице 1. Одним из важных параметров СС является Q – число сообщений, активных в каждом типе сети и соответствующее среднему числу пар «источник-приемник», которые могут одновременно участвовать в обмене информацией, в предположении равной вероятности всех перестановок из общего числа $N!$. Только одно сообщение может быть

Таблица 1.

Тип сети	Число активных сообщений Q	Ширина полосы пропускания звена связи B	Задержка передачи сообщения («туда и обратно») D	Производительность P
Общая шина	1	$1/N$	2	$1/2N$
Матричный коммутатор	N	$1/N$	4	$1/4$
Кольцо	N	1	N	1
«Куб» сеть	N	1	$2 \cdot \log_2 N$	$N/2 \cdot \log_2 N$
Сеть Бенеша	N	1	$2 \cdot (2 \cdot \log_2 N - 1)$	$N/2 \cdot (2 \cdot \log_2 N - 1)$
Коммутатор «каждый с каждым»	N	1	2	$N/2$

активным в сети «Общая шина», N сообщений в сети «Куб» из-за блокировок (при произвольных перестановках) и N сообщений в матричном коммутаторе (МК), кольце и коммутаторе «каждый с каждым». Коммутаторы «каждый с каждым» обеспечивают каналы непосредственной связи только между строго определенными компонентами ММПС (устанавливая жесткое правило своего рода соседства). В основном коммутаторы «каждый с каждым» работают по методу коммутации пакетов, причем роль коммутирующего элемента КЭ выполняют сами процессоры [4]. Другим важным технологическим параметром сети является параметр B – полоса пропускания коммутатора, зависящая от способа соединения звеньев связи между собой. Величина B принимается равной 1, если в каждом типе коммутатора каждое звено связывает один источник с одним приемником, и равной $1/Z$ для звеньев с Z приемниками информации. Такой проигрыш в ширине полосы пропускания для звеньев связи с разветвлениями (со многими приемниками) имеет место из-за возрастания емкостной нагрузки и длины звена связи, которые обычно возрастают примерно пропорционально числу разветвлений. Конечно, реальное влияние приемников информации на полосу пропускания B сложнее, чем принятое здесь, но последнее дает возможность наглядно оценить характер влияния нагрузки на производительность сети.

В частности, полосу пропускания коммутатора «каждый с каждым», от которой зависит его производительность, более точно можно представлять в виде двух составляющих $B_1 = 1/NC_1$ и $B_2 = 1/NC_2$, где N – число приемников информации, C_1 – емкость каждой цепи внутреннего разветвления коммутатора, C_2 – емкость внешней нагрузки коммутатора (одного приемника). Таблица 1 составлена в предположении, что $NC_1 \ll C_2$, поэтому учитывается только внешняя нагрузка коммутатора.

Аналогично можно учесть и более сложный характер влияния на производительность кольцевых коммутаторов цепи синхронизации, для которой нагрузка пропорциональна числу каскадов N , в

отличие от информационных цепей, где нагрузка считается равной 1. Таблица 1 предполагает, что цепь синхронизации не вносит дополнительных ограничений полосы пропускания кольцевых коммутаторов.

Еще один параметр D – задержка передачи сообщения «туда и обратно», то есть число звеньев связи, которые проходит сообщение по пути от процессора – источника к процессору-приемнику и обратно. В отличие от задержки при передаче сообщения только в одном направлении задержка передачи «туда и обратно» постоянна для любой пары процессоров приемник-источник в каждом типе сети. Так, эта задержка равна 2 для «общей шины» и коммутатора «каждый с каждым», 4 для матричного коммутатора, $2 \cdot \log_2 N$ для «куба», $2 \cdot (2 \cdot \log_2 N - 1)$ для сети Бенеша и N для кольца (имеется в виду простейший вариант кольцевого коммутатора с возможностью передачи сообщения только по часовой стрелке или только против часовой стрелки).

Рассмотренные параметры позволяют сравнивать различные МКС как по каждому из них, так и по различным их совокупностям. Используя параметры Q , B , D , можно в первом приближении определить производительность P сети как $P=Q \cdot B/D$.

Следует отметить, что производительность сети Бенеша в этом случае определялась в предположении, что управляющие наборы вычислены заранее и их получение не вызывает дополнительных задержек в работе сети.

Из таблицы 1 следует, что производительность матричного коммутатора, подсчитанная по изложенной методике, ниже, чем, например, производительность кольцевого коммутатора. Решающее значение в данном случае имеет параметр B – ширина полосы пропускания, или, иначе говоря, предельная тактовая частота, на которой может работать данный тип сети. Поэтому, несмотря на большие функциональные возможности, МК при достаточном больших значениях N уступает остальным типам сети (кроме общей шины) по максимальной допустимой пропускной способности. Можно утверждать, что высокое значение параметра

В значительной степени объясняет применение МКС в современных проектах ММПС.

Из таблицы 1 видно, что по значениям производительности вне конкуренции находится коммутатор «каждый с каждым». Однако, при реализации, особенно для больших N , число связей было бы неприемлемо велико, поэтому такой тип коммутатора для ММПС класс SIMD и MIMD интереса не представляет. Самой низкой производительностью характеризуется коммутатор типа «общая шина». В данном случае, несмотря на самую высокую экономичность по числу связей и расходу КЭ, показатели производительности настолько малы, что «общую шину» также не следует рекомендовать в качестве средства межпроцессорной связи в ММПС.

Наиболее подходящей для ММПС может оказаться сеть Бенеша, обеспечивающая достаточно высокую производительность при приемлемых расходах оборудования на ее реализацию. Однако, сдерживающим фактором в данном случае являются трудности, связанные с управлением такой сетью.

Проведенный анализ показывает, что в ММПС при большом числе процессорных элементов, исчисляемом сотнями и тысячами, для обеспечения синхронных пересылок информации в коммутационном поле системы можно рекомендовать использование МКС.

Выбор типа МКС при разработке конкретного проекта ММПС зависит от большого числа факторов, в первую очередь, от назначения системы и класса решаемых задач, которые определяют характер обменов информацией в системе. При использовании неблокируемых сетей обеспечиваются возможности реализации любой перестановки за один проход через сеть, но требуется централизованное управление сетью, причем алгоритмы выработки управляющих воздействий довольно сложны. Основное преимущество МКС с блокировками состоит в том, что они допускают использование распределенного управления, так называемую самонастройку. В то же время, ограниченность комбинаторных возможностей сетей такого рода может привести к существенному снижению их средней производительности (пропускной способности) при решении некоторых задач.

Литература:

1. Архитектура многопроцессорных вычислительных систем / Под ред. Тимохина В.И. – Л.: ЛГУ, 1981, - 145с.
2. Балабанова А.С. Многопроцессорные системы. Основы принципы организации. – Управляющие системы и машины, 1983, № 3, С. 3-10
3. Балашов Е.П., Пузанков Д.В. Проектирование информационных управляющих систем. – М.: Радио и связь, 1987. – 256 с.
4. Скорик В.Н., Степанов А.Е., Хорошко В.А. Мультипроцессорные системы. – Киев: Техника, 1989. – 198 с.

Рецензент: к.т.н., доцент Зимин И.В.