

Аннотация

В докладе рассматриваются задачи, которые должны быть решены при моделировании коммуникационной структуры ПВС. С комбинированной или иначе смешанной топологии на основе гиперкубов: двоичного (ДК), обобщенного (ОГ), обобщенного кольцевого (ОКГ) и обобщенного кольцевого гиперкуба дополненного магистралями (ОКГМ). Первые три структуры можно считать частными случаями ОКГМ.

Моделирование ОКГМ имеет особенности, поскольку наличие магистралей существенно влияет на величину диаметра, пропускную способность, сложность организации межпроцессорного интерфейса, поскольку передача данных между узлами структуры сможет осуществляться как по непосредственным связям, так и по магистралям. В результате этого необходим оптимальный выбор пути с учетом состояния соседних узлов и занятости магистрали (магистралей) с которой связан данный узел. С этой целью формируется слово состояния, в котором отражена занятость магистрали и непосредственных связей с соединенными узлами и состояние самого узла, прием, передача или транзит данных. Для упрощения выбора направления и выбора пути вводится понятие и, соответственно, параметр цены магистрали. Моделирование маршрутизации и транзакций не представляет трудностей, поскольку структура обладает высокой степенью размерности. Основным элементом системы моделирования является коммутационный процессор, на который возлагаются основные функции коммуникационной среды. В качестве средств моделирования используются

Власов А.А. Курасов П.А. Нехорошкова Л.Г.
г. Йошкар-Ола, Поволжский государственный технический
университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕЖПРОЦЕССОРНОГО ИНТЕРФЕЙСА В ПВС С КОМБИНИРОВАННОЙ ТОПОЛОГИЕЙ

Одной из наиболее сложных задач при организации вычислительного процесса в параллельных вычислительных системах (ПВС), является организация межпроцессорного интерфейса, поскольку от эффективности его зависит во многом пропускная способность коммуникационной среды вычислительной системы. Таким образом возникает необходимость его моделирования. Аналитические методы моделирования не всегда возможны так как предполагают некоторую идеализацию. Для исследования коммутационной структуры ПВС могут быть использованы стандартные средства моделирования например....., но при использовании таких средств моделирования трудно учесть пространственные характеристики топологии КС и временные характеристики протекающих процессов в структуре. Поэтому написание индивидуальных программ моделирования может быть применено если нужно исследовать конкретную структуру без исследования различных вариантов, что имеет место в случае ПВС с комбинированной топологией и чтобы более точно учесть особенности функционирования аппаратных средств и коммуникационной среды, поэтому целесообразно использовать средства имитационного моделирования.

Имитационное моделирование коммутационных структур (КС) позволит отобразить различные модификации КС, ситуации возникающие в них, например отказ элементов коммуникационной среды или выход из строя процессорных элементов ВС. Кроме того определить реальную пропускную способность подсистемы коммуникации при решении различных классов задач, что дает возможность оценить целесообразность и эффективность их использования ПВС в данной топологии и , в целом, коммуникационной среды. Схожесть структур построения таких топологий как двоичный гиперкуб(ДК), обобщенный гиперкуб(ОГ), обобщенный кольцевой гиперкуб(ОКГ), обобщенный кольцевой гиперкуб дополненный магистралями(ОКГМ)

Цель работы: разработка принципов и методов построения системы моделирования коммутационных ПВС структур с топологией гиперкуб (двоичный гиперкуб, обобщенный гиперкуб, обобщенный кольцевой гиперкуб с магистралями).

Задачи которые необходимо решить для достижения поставленной цели:

1. Формирование описания КС удобной для задания в ЭВМ;
2. Определение последовательности этапов моделирования и их содержания;
3. Разработка алгоритмов и выбор программных средств для моделирования и отображения в имитационной модели КС параллельной работы узлов ПВС;
4. Разработка модели коммуникационного процессора
5. Разработка алгоритмов и средств разрешения конфликтов в КС;
6. Создание модели пакетов и механизма их генерации.

В данной работе необходимо уточнить основные понятия, которые довольно распространены в публикациях и достаточно широко трактуются авторами.

Коммутационная структура представляет собой отображение топологии межпроцессорных связей и средства коммутации для осуществления соединений.

Коммуникационная среда это комплекс состоящий из коммутационной структуры и средств поддержки интерфейса и когерентности памяти.

Обрабатывающий процессор – процессор, который выполняет основную вычислительную работу при решении задачи.

Коммуникационный процессор – основной элемент коммуникационной среды, который решает задачи маршрутизации, организации межпроцессорного интерфейса, транзита пакета данных и его временного хранения при передаче, а также поддержания когерентности памяти.

Для исследования КС должен быть создан комплекс программ выполняющий следующие функции описания структуры КС (схема соединений, длины соединительных линий, времен работы отдельных процессорных элементов (ПЭ))

- 1) описание алгоритмов установления соединений
- 2) генерация пакетов связей с требуемым распределением адресов и времен поступления в коммуникационную среду.
- 3) генерация пакетов связей и времени поступления их в среду.
- 4) моделирование прохождения пакетов связей через среду с возможностью снятия требуемых характеристик

5) статистическая обработка характеристик межпроцессорного интерфейса.

Работа модели межпроцессорного интерфейса целесообразно организовать по методу особых состояний, такими состояниями являются:

- появление сообщения на входе среды
- поступление сообщения на вход коммуникационного процессора
- продвижение сообщения по входной очереди коммуникационного процессора
- выбор пути для передачи сообщения
- запись сообщения в выходную очередь коммуникационного процессора
- продвижение сообщения в выходной очереди
- передача следующему элементу
- передача данных при коммутации каналов
- разрыв соединения при коммутации каналов.
- Для исследования различных вариантов структуры удобно задавать КС в виде матрицы смежности.

Для непосредственной работы программы моделирования модели блока выбора пути нужна не только матрица смежности но и матрица путей, матрица путей может быть рассчитана по любому алгоритму, который определяет кратчайшие пути.

В ПВС с комбинированной топологией процессорный элемент (ПЭ) представлен композицией состоящей из двух процессоров – обрабатывающего процессора и коммуникационного процессора. Коммуникационный процессор (КП) вместе с системой связи образует коммуникационную среду, которая характеризуется топологией коммуникационной структурой.

Специфика задач моделирования интерфейса во многом определяется топологией коммутационных структур.

Коммутационные структуры можно разделить на сосредоточенные и распределенные по топологии на структуры с непосредственными связями и магистральные. На практике встречаются и смешение этих связей.

В [10] предложена архитектура ПВС в основу структуры, которой положена топология со смешанным типом межпроцессорных связей. Эта топология основана на топологии ОКГ дополненного магистральями. Коммуникационная среда на основе этой топологии позволяет сохранить достоинства топологий с непосредственными и магистральными связями и устраняет присущие им недостатки. В качестве исходной топологии для ПВС берется топология обобщенного кольцевого гиперкуба. В случае, когда по всем измерениям число узлов одинаково, такая топология называется n -мерный тор. Достоинством ОКГ является то, что в зависимости от класса решаемых задач, можно изменять его параметры как по числу измерений так, и по числу узлов в измерении, в отличие от n -мерных торов. Архитектура ПВС, в основе которой лежит такая КС, обладает следующими достоинствами [9]:

Постоянство диаметра при масштабировании. Магистрали объединяют группы узлов в каждом измерении, и при увеличении числа узлов в любом из измерений они присоединяются к уже существующим магистралям.

Простота трансляции. Скорость выполнения трансляции по магистралям (связям типа «один-ко-многим») значительно выше, чем у структур со связями типа «один-к-одному».

Простота поддержания когерентности данных в системе

Данная коммутационная система характеризуется следующими параметрами:

числом измерений D , числом узлов по каждому измерению N .

Увеличение пропускной способности и получение возможности высокоскоростной доставки сообщений. Пропускная способность структуры увеличивается за счет появления новых связей. Магистралы позволяют осуществлять скоростную доставку сообщений между удаленными узлами — максимальное время доставки постоянно и не превышает число измерений N .

Возможность варьировать отдельно, вычислительной мощностью и пропускной способностью.

Оценка параметров и характеристик топологий коммутационных структур может быть получена на основе исследования моделей КС

Определение. Коммутационной структурой с псевдопостоянным диаметром (КСПД) называется коммутационная структура со смешанным типом связей, в которой каждый узел присоединен как минимум к одной магистрали. Признак «псевдопостоянный диаметр» введен в следствие того, что структура обладает свойством постоянства диаметра только по магистральным связям. Диаметр структуры по непосредственным связям при масштабировании как правило изменяется. Параметры и характеристики КСПД рассмотрены в []

Однородные коммуникационные среды на основе КСПД обладают свойством постоянства диаметра в сочетании с постоянством степени вершин, что позволяет строить высокоэффективные масштабируемые вычислительные системы.

Коммуникационный процессор. Коммуникационный процессор содержит следующие функциональные узлы: блок управления непосредственными связями, блок управления магистральными каналами, блок связи с

обрабатывающим процессором, внутренний коммутатор, блок управления (эти блоки образуют внутреннюю среду обмена), а также локальную память и блок маршрутизации. Внутренний коммутатор необходим для обеспечения в нужный момент соединения определенных пар блоков, присоединенных к нему, с целью выполнения обмена. Настройку коммутатора должен осуществлять блок управления. Количество блоков управления каналами по непосредственным связям и блоков управления каналами по магистральным связям зависит от числа измерений в используемой коммуникационной среде [8].

Коммуникационный процессор является универсальным средством для построения сложных структур ПВС. Главным достоинством является простота построения коммуникационной среды

Среди недостатков данного процессора, прежде всего необходимо отметить высокую сложность внутреннего устройства данного процессора. Также требуется обработка внутри процессора сравнительно больших объемов данных. Для оценки аппаратных затрат производилось моделирование КП на основе ПЛИС фирмы "ALTERA" в среде MaxPlus 11.

Коммуникационный процессор как элемент коммуникационной среды может быть представлен следующей моделью

Lt, Li, Lo, Lc

Слово состояния коммуникационного процессора

При организации обменов, КмПр производит опрос каналов непосредственных связей и магистральных. В результате при маршрутизации блок управления КмЦ определяет направление передачи транзита или передачи от собственного обрабатывающего процессора. Передача по НС возможна в том случае, когда соседний узел готов к

приему. Таким же образом осуществляется передача транзита при условии, что узел которому направляется передача находится в приоритетном направлении.

Для обеспечения простоты организации межпроцессорного обмена по магистралям, в КмСр закладывается на аппаратном уровне задержки которые соответствуют номеру узла на этой магистрали. В случае двух магистралей на измерение, все узлы на одном измерении равноправны, при этом исключаются конфликты при захвате магистрали.

Основные элементы системы моделирования КС задаются матрицей смежности или инцидентности. Формирование этих матриц осуществляется на основе заданных параметров числа измерений, числа узлов на измерение и числа магистралей на одно измерение.

Модель пакета связей задается количеством передач пакетов и их распределением. Пакет снабжается и Адресом и указывается его размер. В наиболее простом случае длина пакета фиксирована.

Модель функционирует следующим способом:

1 этап: распределение заданного пакета связей и его фиксация;

2 этап: определение состояния всех узлов на основе формирования слов состояния каждого узла;

3 этап: попытка передачи пакетов узлом друг другу и прокладка пути;

4 этап: фиксация состояния системы после передачи пакетов узлам

5 Анализ конфликтов и определение возможностей из разрешения. С целью устранения потерь пакетов вводится параметр $t_{ж}$ при $t_{ж}=t_{жкр}$ передача пакета осуществляется в аварийном режиме немедленно. Для уменьшения количества конфликтов приоритет узлов задается номером узла на магистрали, причем в случае двух магистралей на

измерение все узлы будут равноправными, так как номера их будут на одной магистрали в прямом порядке, а в другой – в обратном.

Библиографический список

1. Артамонов Г.Т., Тюрин В.Д. Топология сетей ЭВМ и многопроцессорных систем. – М.: Радио и связь, 1991. – 248 с.
2. Гергель В.П., Стронгин, Р.Г. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем.// Нижний Новгород: Изд-во ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2003. 184 с.

Власов А.А., Михеев П.В. Коммуникационный процессор, патентRU 2260841 С2, 20.09.2005

1. Система моделирования коммуникационной среды типа гиперкуб. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2003611049 Зарегистрирована в реестре программ для ЭВМ. Москва 05.05.2003

2. Власов А.А. Параллельная вычислительная система с масштабируемой структурой // Тр. науч. конф. по итогам н.-и. работ Мар. гос. техн. ун-та. Йошкар-Ола, 19-23 марта, 2001. / Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. - С. 54-70.- - Деп. в ВИНТИ 11.02.2002 № 277-В2002.

3. Власов А.А.МихеевП.ВКоммуникационная среда на основе однородной коммутационной структуры // Труды междунар. конф. по информ. сетям и системам. ICINAS-2000.–СПб., 2000. С. 439-452.

4. Воеводин, Вл. В. Суперкомпьютерные технологии решения больших задач // Труды четвертой международной конференции «Параллельные вычисления и задачи управления». Москва, ИПУ РАН. – 2008. С. 40-48.

L. N. *Bhuyan* and D. P. *Agrawal*, "Generalized Hypercube and Hyperbus Structures for a Computer Network," IEEE Trans. Comput. C-33, 323–333 (1984).