

МУЛЬТИПРОЦЕССОРНЫЕ УПРАВЛЯЮЩИЕ СЕТИ

© 1995, В.М. Завадский

ФТИ РАН

Рассмотрена радиально-узловая мультипроцессорная управляющая сеть (МУС), которая наиболее эффективно решает проблемы надежности, живучести, наращивания и перераспределения ресурсов в сочетании с требованием максимальной производительности для систем управления. Ее производительность растет с ростом объема сети. Применение конвейерных контроллеров повышает их производительность в несколько раз по сравнению с обычными. В то же время предложенные протоколы и архитектура сети достаточно просты для реализации в наших условиях.

Связь в системах управления рассредоточенными объектами должна решать три задачи:

- 1) передача информации между ЭВМ,
- 2) передача коротких команд управления от ЭВМ к органам управления – устройствам связи с объектами (УСО),
- 3) перекачка больших массивов сырых данных, часто прямо в процессе их получения, при измерениях с высокими скоростями.

Традиционные локальные сети типа ETHERNET решают только первую задачу. Недостаток ETHERNET также в том, что суммарная пропускная способность всей сети, с учетом конфликтов, около 0,3 Мбайт.с, а каждого отдельного логического канала, с учетом работы драйверов, не более 0,05 Мбайт.с. Причем производительность ETHERNET падает с ростом ее объема, т.е. ее размеров и числа абонентов.

Мультипроцессорные управляющие сети (МУС) способны решать все задачи связи и преодолеть все недостатки локальных сетей. Идея наиболее простых МУС основана на передаче очень коротких пакетов и быстрой коммутации каналов в узлах с матричной коммутацией. Таким образом, в локальную сеть добавляется третий уровень иерархии открытых систем – уровень сетевой коммутации и маршрутизации. Из узлов создается сеть произвольной радиально-узловой конфигурации. К узлам нижнего уровня подключаются ЭВМ и УСО. УСО могут подключаться кольцевой линией связи по несколько штук к одному входу в сеть, что позволяет уменьшить объем аппаратуры сети. В простейшем случае, кольцевая сеть с крейтами может быть подключена к ЭВМ без узлов коммутации, напрямую.

Аналогичные системы в последние годы стали

развиваться в сфере обычных локальных сетей в виде универсальных узлов-коммутаторов и сетей АТМ. Сети АТМ имеют сравнительно короткие пакеты – 53 байта, но эти пакеты все еще велики для прямого дистанционного управления, да и задержки в узлах значительны.

Очень высока стоимость таких систем. Интерфейс АТМ стоит около 300 долл., а узел-коммутатор до 10000 долл.

Изучение и разработка простейших вариантов МУС показали возможность их изготовления из дешевых ИС малой интеграции ТТЛ серий.

Сложность интерфейсов характеризуется количеством ИС и составляет:

1) интерфейс к РС	40 – 50 ИС,
2) контроллер КАМАК	60 – 90 ИС,
3) число ИС на один канал узла	20 – 30 ИС,
4) узел 8x8 (8 вх., вых.)	180 ИС,
5) узел 16x16	400 ИС,
6) узел 32x32	1000 ИС.

Из таблицы видно, что даже узел на 32 входа-выхода размещается в объеме одного крейта КАМАК.

Узлы и интерфейсы спроектированы таким образом, что могут работать в режиме одновременной двусторонней передачи (полный дуплекс) по принципу конвейера. При этом, от ЭВМ к КК непрерывным потоком передаются команды (NAF), а обратно – сплошным массивом ответы-данные из модулей. В режиме конвейера дистанционный опрос модулей ведется непосредственно под управлением программы в ЭВМ с максимально возможной для шины ISA и систем КАМАК скоростью от 1 до 4 мкс на операцию (в разных вариантах интерфейсов). Технически возможна разработка простых КК с форсированным режимом операций

чтения, так что под управлением из ЭВМ возможен опрос модулей и запись данных в отдельные модули ОЗУ на магистрали крейта с быстродействием 1 операция за 0,5 мкс. Такие режимы позволяют фотографировать процесс в импульсе практически любой длительности с плотностью потока информации 4-6 Мбайт/с, последующей перекачкой информации в ЭВМ после импульса установки.

Производительность канала передачи информации в конвейерном режиме не зависит от расстояния и задержки в узлах коммутации между ЭВМ и КАМАК. Поэтому любая ЭВМ может через МУС управлять крейтом на любой установке независимо от расстояния с одинаковым быстродействием. Несколько ЭВМ могут использовать один и тот же крейт, динамически переключаясь, с интервалом до 10 мкс, т.е. хоть после каждой операции. Все конфликты за доступ разрешаются сетью в узлах коммутации. ЭВМ может ждать соединения, не прекращая фоновой работы.

Для практической реализации выбраны три варианта интерфейсов ЭВМ. Рассмотрим их технические и скоростные характеристики при обращении к КАМАК.

Табл. Характеристики интерфейсов.

Выход на ISA	8pp.	16pp.	16pp.
Формат слова в сети, бит	10	18	18
Тактовая частота передачи, МГц	7,1	7,1	14,3
Время передачи одного слова, мкс	1,4	2,5	1,26
Время занятости шины ЭВМ, мкс	1,2	0,8	0,8
Длительность операций чтения, мкс, данных разрядностью:			
чтение конвейерное, 14 pp.	2,8	2,52	1,26
20 pp.	4,2		
24 pp.	5,6	5,04	2,52
чтение неконвейерное: 14 pp.	7,3	6,7	4
20 pp.	10,1		
24 pp.	11,5	9,2	5,2
Число ИС интерфейса ЭВМ	35-40	45-50	45-5

Для общелaborаторной сети удобно взять тактовую частоту 7МГц, что позволяет передавать без регенерации на расстояния до 150-200 м, и работать с корпусом А. Для отдельных быстрых подсистем на установках можно применить частоту 14,3МГц. Это частота синхронизирующих импульсов на линии "OSC" шины ISA. На такой частоте надежную связь можно обеспечить на расстоянии до 50 м. Протокол передачи и коммутации построен таким образом, что оба варианта интерфейсов на частоту 7МГц (байтовый и 16 pp.) могут работать в одной и той же сети с

одними и теми же узлами связи. При необходимости длительной работы с полной загрузкой конвейера следует применять 16 pp. интерфейсы, так как процессор легко успеет в этом случае выдать команду в сеть, прочитать ответ и подготовить следующую пару операций до окончания передачи предыдущей команды. В случае 14МГц сети с полной загрузкой конвейера наверняка справятся процессоры с быстродействием 60МГц и выше. Для сравнения укажем, что Чебоксарский КК, не конвейерный, имеет интерфейс ЭВМ сложностью 40ИС и при частоте 10МГц выполняет операции за 6 мкс.

Сеть может наращиваться постепенно. В качестве первого этапа планируется одномашинная кольцевая сеть с 1-2 крейтами. На втором этапе можно изготовить дублированную систему, в которой две ЭВМ своими кольцевыми сетями подключены к двухходовым КК. Такие КК всего на 10 ИС сложнее, но позволяют принимать команды динамически, попеременно отключаясь на вызовы от обеих кольцевых сетей. В этом случае уже можно наблюдать рост надежности системы за счет дублирования. Причем, если все ЭВМ и сети исправны, то избыточность используется для удвоения производительности, так как ЭВМ могут одновременно управлять любыми крейтами.

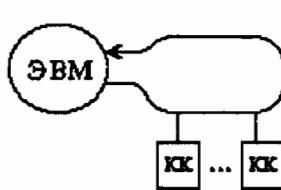


Рис. 1

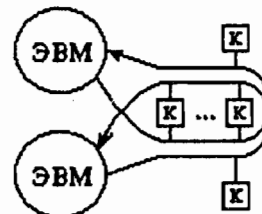


Рис. 2

Следующий этап — изготовление одного, а затем и второго узла-коммутатора и построение частично дублированного кластера диагностик и подсистем управления. Надежность системы растет уже с применением одного узла, так как любые ЭВМ через узел могут взять на себя нагрузку любой другой ЭВМ, если она откажет. Входы и соединения в матричном узле независимы друг от друга и при отказе одних остальные продолжают работать. Два узла (рис.3) через дублированные кольца УСО подключают к основным подсистемам установки разные группы ЭВМ, повышая надежность и производительность. Надежность увеличивается многократно за счет эффекта блочного резервирования. Отказ любой ЭВМ, любого узла, любой из дублированных петель УСО не выводит систему из строя. В случае же полной исправности суммарно увеличивается производительность системы.

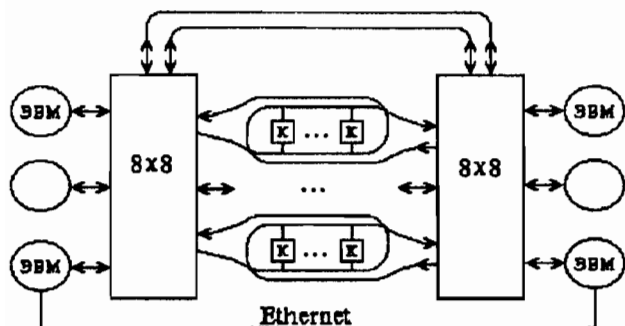


Рис.3

Часть ЭВМ может выходить на стандартную ETHERNET, чтобы использовать готовое программное обеспечение для связи между ЭВМ, доступа к серверу и базам данных. Другие ЭВМ соединяются друг с другом через МУС и могут выходить в обычные локальные сети через подключенные к ним ЭВМ. Легко написать драйверы, эмулирующие стандартный выход в локальную сеть через МУС, не отличающийся для пользователя от прямого к ней подключения.

В развитом варианте сети (рис.4) используется дублирование интерфейсов ЭВМ, имеется дублированный верхний сетевой уровень, объединяющий кластеры подсистем всей установки, и дублированный выход на верхний уровень сети.

Производительность узлов 8x8 доходит до 10Мбайт/с, что примерно в 30 раз выше ETHERNET. Еще более мощные системы можно получить из узлов типа 16x16, их производительность — 20МБ/с. 2 таких узла можно разместить в одном крейте КАМАК, который образует ядро дублированного кластера из 6 ЭВМ и 6 колец УСО.

Программирование функций управления УСО и сбора данных через сеть МУС требует лишь простых драйверов передачи команд КАМАК и опроса состояний крейтов, аналогично индивидуальным соединениям крейт — ЭВМ. Установка сеанса связи сводится к передаче байтов адреса в каждый узел и УСО вдоль маршрута с ожиданием подтверждений о соединении. Задержки

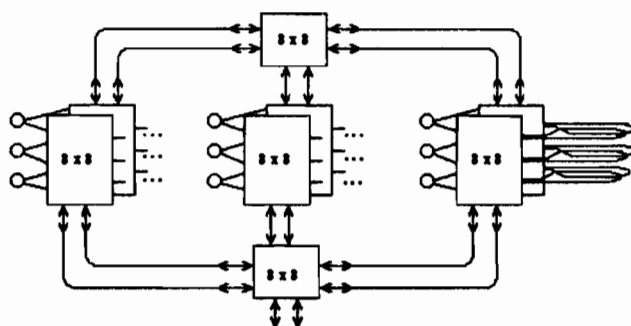


Рис.4

передачи сигналов через УСО — около 0,2 мкс, а через узел (в обе стороны) — 0,6 мкс. Время установления соединения вместе с ожиданием ответа от ближайшего узла — 5 мкс, а далее увеличивается в соответствии с задержкой распространения сигнала. Но коммутацию тоже можно проводить в конвейерном режиме со скоростью 3 мкс на адрес.

В качестве отдельных звеньев передачи в такой структуре легко применить оптические линии связи, что позволяет оптимизировать структуру сети по стоимости и уровню защиты от аварий и помех.

Одна и та же ЭВМ может в разные периоды работы установки выполнять разные функции, управляя разными крейтами и системами, последовательно переключаясь, например, от подготовки к запуску, до сбора данных с диагностик, а затем к обработке данных между импульсами. Такое перераспределение ресурсов позволяет сократить общее число ЭВМ.

В заключение отметим, что радиально-узловая МУС наиболее эффективно решает проблемы надежности, живучести, наращивания и перераспределения ресурсов в сочетании с требованием максимальной производительности для систем управления. Ее производительность растет с ростом объема сети. Применение конвейерных контроллеров повышает их производительность в несколько раз по сравнению с обычными. В то же время предложенные протоколы и архитектура сети достаточно просты для реализации в наших условиях.

MULTIPROCESSOR CONTROL NETWORKS

V.M. Zavadsky

The paper describes a nodal radial multiprocessor control network (MCN) most efficient in solving the problems of reliability, survivability, expandability and resource reallocation as well as in meeting maximum performance requirements for control systems. The network capacity increases with its size. Application of pipeline controllers may lead to even several times higher capacity as compared to that of conventional networks. At the same time the suggested network architecture and protocols are quite easy to implement in our conditions.