

Сетевое обеспечение системы управления ВЭПП-4

А.Н. Алешаев, Р.В. Басалаев, И.В. Белоусов, С.Е. Карнаев, В.Р. Козак, Э.А.Купер,
Б.В. Левичев, А.А. Никифоров, И.Я. Протопопов, С.В. Тарарышкин
Институт ядерной физики им. Г.И.Будкера, Новосибирск, Россия

Введение

Системы управления ускорительно-накопительными комплексами ИЯФ [1] – это распределенные системы, базирующиеся на использовании разработанной в ИЯФ микроЭВМ Одренок. МикроЭВМ Одренок [2] представляет собой компьютер, совмещенный с КАМАК-контроллером, что позволяет эффективно использовать его при взаимодействии с КАМАК-аппаратурой. В ходе создания систем управления в ИЯФ был разработан широкий набор контрольно-измерительной аппаратуры в стандарте КАМАК.

Для обеспечения возможности дальнейшего развития существующих в ИЯФ систем управления ускорительно-накопительными комплексами, преобразования их в современные трехуровневые системы по типу «стандартной модели» [3] была проведена модернизация сетевого аппаратного уровня и программного обеспечения. Были разработаны адаптер, позволяющий подключать Одрята к сети 10 Мбит Ethernet, и прикладные протоколы, обеспечивающие передачу информации.

Настоящий проект модернизации систем управления ускорительно-накопительными комплексами ИЯФ поддержан грантом РФФИ №00-07-90334.

Возможности и особенности сетевого обеспечения систем управления ИЯФ рассматриваются на примере системы управления ускорительно-накопительным комплексом ВЭПП-4 [1].

1. Структура системы управления

Ускорительно-накопительный комплекс ВЭПП-4 состоит из инжекционного комплекса «Позитрон», бустерного накопителя ВЭПП-3 и электрон-позитронного коллайдера ВЭПП-4М, работающего в диапазоне энергии от 1 до 6 ГэВ. Система управления ВЭПП-4 [1] включает 13 микроЭВМ Одренок [2], распределенных по функциональному назначению: либо для управления какой-либо установкой комплекса, либо для обеспечения функционирования какой-либо системы (например, диагностики пучка на накопителе ВЭПП-3). К каждому КАМАК-крейту с Одренком подключено до 10 периферийных крейтов. Общее число КАМАК-крейтов в системе управления составляет 70, а число размещенных в них модулей – более 600.

До модернизации система управления была построена по звездообразной схеме (рис.1), где центральным узлом являлся Одренок, выполнявший функции файловой и загрузочной машины [1]. Межпроцессорные обмены осуществлялись либо через центральную машину, либо при помощи специально проложенных между Одрятами локальных линий связи (рис. 1).

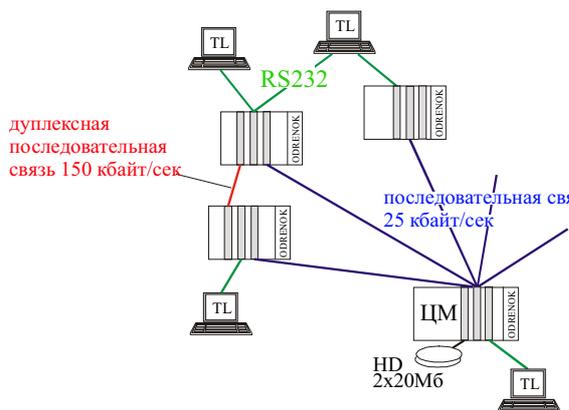


Рис. 1: Структура системы управления ВЭПП-4 до модернизации.

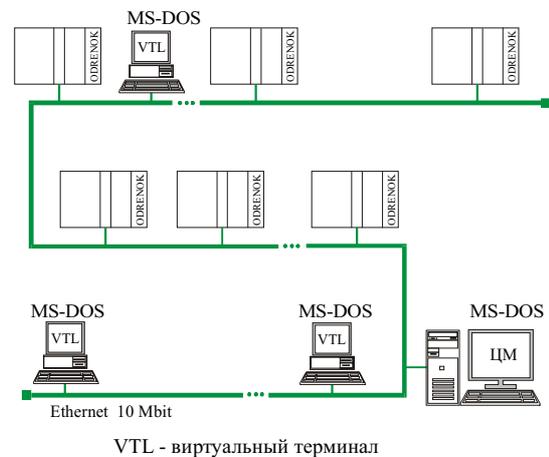


Рис. 2: Структура системы управления ВЭПП-4 после модернизации системы связи.

В настоящее время при помощи адаптеров КАМАК-Ethernet (см. далее) все Одрята объединены в локальную 10 Мбит сеть Ethernet (см. рис. 2). Это позволяет выполнять все межпроцессорные обмены при помощи единого механизма, реализованного в операционной системе Одренка.

Для загрузки Одрят и предоставления им доступа на жесткий диск в настоящее время используется Центральная Машина (ЦМ), базирующаяся на PC под MS-DOS. В качестве терминалов для Одрят используются PC, подключенные к тому же локальному сегменту Ethernet, к которому подключены Одрята системы управления. Это дает возможность с одного PC при помощи программы-эмулятора терминала соединиться сразу со многими Одрятами.

В настоящее время некоторые функции по управлению комплексом (измерение магнитных полей в отдельных элементах магнитной системы коллайдера ВЭПП-4М) вынесены в подключенный к локальной сети системы управления PC. В ближайшее время предполагается подключение к локальной сети еще нескольких PC: для мониторинга поперечных размеров пучка в ВЭПП-4М, для диагностики поляризации пучков в ВЭПП-3 и ВЭПП-4М.

2. Модуль связи КАМАК-Ethernet

Устройство выполнено в виде КАМАК-модуля шириной 2М, внутри которого имеется разъем PCI-шины для постановки промышленной платы интерфейса Ethernet для PC (рис.3). Блок ориентирован на работу с платами PC Ethernet, поддерживающими спецификации драйвера NE2000.

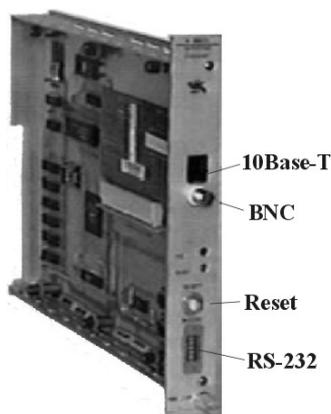


Рис. 3: Адаптер КАМАК-Ethernet.

Взаимодействие между платой Ethernet и магистралью КАМАК осуществляется с помощью м/процессора 1816BE31 (аналог Intel 8031). Процессор выбран по совокупности параметров (доступность, быстродействие, стоимость, наличие инструментария и т.д.). Этот процессор имеет собственный канал RS-232, который также может использоваться. Применение в блоке микропроцессора вызвано необходимостью обеспечения прямого доступа в оперативную память Одренка для начальной загрузки из сети и обеспечения технического мониторинга Одренка (старт, стоп, работа в пошаговом режиме, контроль флагов состояния и регистров Одренка).

Буферные регистры шин КАМАК, PCI, 1816BE31, взаимодействие между ними, логика обслуживания прямого доступа и технического мониторинга реализованы на микросхеме программируемой логики 10K10 фирмы Altera.

Для обеспечения передачи информации в режиме прямого доступа и для технического мониторинга используются Ethernet-пакеты, в заголовке которых в поле "тип" указано "1995", для передачи информации в режиме межпроцессорных обменов выбран тип Ethernet-пакетов "1996".

3. Сетевое программное обеспечение

3.1. Сетевые протоколы и возможности операционной системы Одренка

Для обеспечения передачи информации различного вида, а также для поддержки существовавших до модернизации межпроцессорных обменов для Одренковской сети Ethernet была разработана специальная система протоколов. Протоколы поддерживают максимальный размер пакета в сети 1.5 кбайта, обеспечивая при передаче блоков данных большого размера многопакетный режим. Предусмотрены следующие типы пакетов:

- PIP (Process Interchange Protocol) – протокол используется для организации межпроцессорных обменов между прикладными программами, обеспечивает двустороннюю передачу данных между программами, работающими в различных компьютерах. Протоколом предусмотрена синхронизация программы при пересылке ей данных из другого компьютера.
- FAP (File Access Protocol) – протокол используется для доступа из программ в Одрятах к диску ЦМ, предусматривает выполнение полного набора функций для работы с файлами (создание, открытие, запись, чтение и пр.). При помощи этого протокола возможен доступ к информации о дисках ЦМ (размер, число директорий) и директориях на дисках (размер, права доступа).
- VTP (Virtual Terminal Protocol) – протокол используется при терминальных обменах между операционной системой Одренка ODOS и программой, эмулирующей терминал Одренка в PC; ODOS поддержи-

вает три сетевых терминальных канала; предусмотрено резервирование определенного номера терминального канала конкретного Одренка для подключения конкретного РС.

- GVP (Gives Prorotocol) – протокол для посылки различных запросов к Центральной Машине (текущее время, дата, запрос Ethernet-адреса Одренка, запрос прав доступа к директории и т.п.)
- DFP (Dynamic File Protocol) – протокол для обмена информацией через специальные буферы в оперативной памяти ЦМ; пакет предусматривает открытие, запись, чтение и уничтожение буфера из программы в Одренке. В дальнейшем предполагается через протокол DFP реализовать файловые обмены, что даст возможность отказаться от эмуляции файловой системы Одренка на дисках ЦМ.

В Одренке протоколы обрабатываются на уровне операционной системы ODOS, которая обеспечивает сетевое соединение между машинами, прием, квитирование передаваемых пакетов и пересылку принятой информации в программы. Для каждого типа обменов в ODOS зарезервировано по одному каналу. Передача данных в ODOS в случае обменов, инициированных извне, может осуществляться одновременно по 4 каналам. Эффективная скорость передачи данных в случае соединения точка-точка по одному каналу ODOS составляет 200 кбайт/сек, а при интегральной загрузке (задействованы все каналы) – до 400 кбайт/сек.

3.2. Центральная Машина

Центральная Машина (ЦМ) системы управления ВЭПП-4 является многофункциональным узлом, обеспечивающим для Одрят доступ к жесткому диску, их первичную загрузку (загрузку операционной системы ODOS), контроль за подключением к Одрям сетевых терминалов, а также передачу информации между процессорами при помощи специального механизма «почтового ящика». ЦМ реализована на РС под MS-DOS.

При подключении сетевого терминала программа, эмулирующая терминал в РС, запрашивает у ЦМ Ethernet-адрес соответствующего Одренка. Прежде чем отдать положительный ответ, ЦМ проверяет, возможно ли подключение данного РС в качестве соответствующего сетевого терминала к данному Одренку. После этого, получив от ЦМ Ethernet-адрес Одренка, программа-эмулятор терминала пытается захватить терминальный канал, обращаясь непосредственно к операционной системе конкретного Одренка.

Один из способов обмена информацией между программами, работающими в различных процессорах системы управления комплексом ВЭПП-4, – это механизм обмена через специальный буфер в оперативной памяти ЦМ, так называемый «почтовый ящик». Размер «почтового ящика» ограничен максимальным размером Ethernet-пакета 1.5 кбайта. Каждой подсистеме комплекса в «почтовом ящике» выделена своя область, а каждому параметру – фиксированная ячейка внутри этой области.

Один раз в секунду содержимое буфера высылается в сеть в виде broadcast-пакета и посредством операционной системы ODOS попадает в буфер специальной программы ODDS, работающей в каждом Одренке. Эту информацию остальные программы, работающие в Одренке, могут прочитать при помощи межпрограммного обмена. Использование такого механизма дает возможность в каждом компьютере, подключенном к локальной сети Ethernet, иметь данные о состоянии всех управляющих программ, работающих в других Одрях, а также об основных параметрах всех установок комплекса.

3.3. Обеспечение межпроцессорного взаимодействия

При управлении комплексом ВЭПП-4 возникают задачи, требующие либо более быстрой, чем передача информации через «почтовый ящик» ЦМ, межпроцессорной связи (например, передача запросов на управление ВЧ-системой при ускорении пучка в накопителе ВЭПП-3), либо пересылки значительных объемов данных. Кроме того, при выполнении передачи может потребоваться синхронизация взаимодействующих программ. Эти задачи решаются при помощи использования механизма сетевого DAJS/NAS, реализованного через протокол PIP (см. п.3.1).

Механизм DAJS/NAS позволяет пересылать (и принимать) данные непосредственно в специально заявленную область памяти программы-абонента, работающую в другом компьютере, подключенном к локальной сети. При пересылке информации предусмотрена возможность заявки на генерирование специального сигнала, говорящего о приходе данных. В этом случае, если программа-абонент ожидала данные, то после их прихода она будет активизирована. С помощью такого механизма синхронизированы процессы управления инжекционным комплексом «Позитрон», измерение орбиты пучков в ВЭПП-3 и ВЭПП-4, управление возбуждением пучков в ВЭПП-3 и ВЭПП-4 и т.д.

Кроме механизма DAJS/NAS, для межпроцессорного взаимодействия используется механизм передачи данных в кольцевой буфер программы-абонента. О приходе данных программа-абонент информируется при помощи специального флага.

4. Загрузка локальной одренковской сети

В ходе управления комплексом ВЭПП-4 в межпроцессорных обменах регулярно участвуют около 20 программ, работающих в 13 Одряхах и 1 РС. Размеры массивов данных, передаваемых по локальной сети системы управления ВЭПП-4, лежат в пределах от десятков байт до 2 кбайт. Среднее количество регулярных обменов, выполняющихся за секунду, около 50, общий объем пересылаемых за секунду данных около 10 кбайт. При этом основную долю в загрузке сети составляют межпрограммные обмены (70%), обмены с «почтовым ящиком» ЦМ (10%), а также вывод информации из программ на сетевые терминалы (10%).

Кроме регулярных, возможны нерегулярные обмены, возникающие при загрузке программ, сохранении данных на диск и т.п. Пиковая загрузка сети в стандартном режиме работы во время наблюдения не превышала 6%. При этом за секунду по сети проходило около 200 пакетов с общим объемом данных 60 кбайт.

Имеющаяся загрузка сети позволяет использовать сетевые передачи для синхронизации программ, работающих в различных Одряхах, в случае, когда допуск на реакцию программы лежит в пределах нескольких миллисекунд. Таким образом, например, синхронизируется сбор данных о состоянии устройств на импульсном инжекторе «Позитрон», выполняемый программами, параллельно работающими в двух Одряхах. Измеренная в данном случае нестабильность времени получения пакета (связанная и с возможными задержками прохождения пакетов по сети) в реальной ситуации составила не более 4 мсек.

Заключение

В результате проведенной модернизации сетевого обеспечения системы управления ВЭПП-4 появилась возможность разрабатывать верхний, аппаратно независимый уровень программного обеспечения, базирующийся на использовании РС под Linux и стандартных средствах разработки. Появилась возможность для построения и развития трехуровневой системы управления по схеме «стандартной модели».

В ближайшее время предполагается разработка ЦМ и эмулятора терминала Одренка под Linux. Эта разработка должна заложить основу для создания коммуникационного серверного узла, обеспечивающего передачу запросов на управление к существующим исполнительным компьютерам среднего уровня (сейчас это в основном Одряха, также используются РС) от операторских консолей верхнего уровня (РС под Linux). Предполагается, что обмен информацией между компьютерами верхнего уровня и серверным узлом будет осуществляться при помощи стандартных сетевых протоколов (TCP/IP).

Литература

- [1] А.Н.Алешаев и др. *Статус системы управления ВЭПП-4*. – Труды XV совещания по УЗЧ, Протвино, 1996, т.1, с. 337.
- [2] Г.С.Пискунов, С.В.Тарарышкин. *Двадцатичетырехразрядная ЭВМ в стандарте КАМАК*. – Автометрия, 1986, 4, с.32-38.
- [3] Leo R. Dalesio. *The experimental physics and industrial control system architecture: past, present, future*, Proceedings of ICALEPCS'93, p.179.