

# ПРОГРАММНО- АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОГО МОНИТОРИНГА ПОДВИЖНЫХ МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ

А.И. Иванов

Институт проблем управления РАН  
им. В.А.Трапезникова, Москва

Предлагаются решения системы мониторинга для таких объектов, как подводные лодки, автономные обитаемые и необитаемые подводные аппараты, морские роботы и подобные им технические средства, характеризующиеся множеством разнотипных датчиков и источников

## ■ Особенности системы мониторинга

При разработке и эксплуатации объектов с повышенной степенью опасности помимо технических средств, обеспечивающих прямое выполнение функций объекта, вводятся дополнительные программно-аппаратные комплексы мониторинга, контролирующие ход развития нестандартных ситуаций («чёрные ящики») и облегчающие поиск и спасение пострадавших. Подобные средства мониторинга, являющиеся автономными «системами в системе», должны обладать повышенной отказоустойчивостью и живучестью, потреблять минимальное количество электроэнергии от собственных источников. В момент развития аварии система мониторинга (СМ) должна работать в режиме жёсткого реального времени и фиксировать в памяти ход событий.

Важнейшими дополнениями СМ являются вынесенные за пределы объекта центры расшифровки «чёрных ящиков» и координации сил спасения персонала.

В данной статье представлены общие принципы построения подобных систем мониторинга, разработанные Институтом проблем управления им. В.А.Трапезникова Российской академии наук со своими партнёрами.

## ■ Структура программно-аппаратного комплекса мониторинга

Для обслуживания объектов, отличающихся большой протяжённостью, наличием множества разнотипных параметров при построении отказоустойчивой СМ целесообразно использование кольцевой структуры связи на базе промышленного Ethernet, распределённой по помещениям группы периферийных процессоров с собственными датчиками, серверов и защищённой системы хранения данных с RAID организацией накопителей «чёрного ящика».

Стационарные центры расшифровки данных о развитии аварии и координации сил спасения и эвакуации персонала являются подсистемами подобных систем мониторинга. Такая подсистема может представлять

собой кластер из серверов с общедоступной сетевой памятью, клиентские рабочие станции со средствами визуализации и каналами связи с объектом и службами спасения.

## ■ Сетевая организация системы мониторинга

Программно-аппаратный комплекс мониторинга базируется на основе промышленного Ethernet. В отличие от офисных приложений, в промышленной версии Ethernet имеются встроенные средства резервирования и поддержания живучести, надежные механические сочленения, электромагнитная экранировка. Особенности промышленного варианта являются:

- диагностирование отказов;
- автоматическое переключение с отказавшего канала на работоспособный;
- динамическое переключение направления обмена.

Кольцевая топология (КТ) – это стандарт промышленных сетей, который находит широкое применение в системах распределённого управления [1]. В основе работы КТ в составе системы мониторинга лежит принцип объединения периферийных процессоров со своими датчиками в кольцо. Звездообразная топология не предназначена для использования в промышленных сетях Ethernet, поскольку она может привести к глобальным проблемам, таким как «широковещательные штормы». КТ подразумевает исключение одного из сегментов из трафика данных, тем не менее при этом продолжается наблюдение за его функционированием. В случае отказа одного из участков кольца деактивированный сегмент возвращается в рабочее состояние.

Ещё один метод обеспечения отказоустойчивости заключается в дублировании каналов

связи таким образом, что если один из них выйдет из строя, ему на смену сразу же придёт другой.

В сети СМ необходимо иметь средства защиты от отказов, так как даже кратковременное прерывание обслуживания может привести к серьёзным проблемам. Целесообразно использовать одновременно кольцо и двойное подключение каналов, обслуживающих каждый периферийный процессор. Это обеспечивает быстрое переключение на дублирующий канал в пределах сети. Конфигурация всех периферийных процессоров интегрирована с сетевой операционной системой.

Одним из методов повышения отказоустойчивости СМ является применение альтернативных каналов с различной средой передачи данных – обмен по кабелям электропитания, использование радиоканала.

### ■ Сетевая система хранения данных

Различают три основных варианта организации доступа к накопителям (рис. 1):

- SAS (Server Attached Storage) – накопитель, подсоединенный к серверу [второе название DAS (Direct Attached Storage) – напрямую подсоединённый накопитель];
- NAS (Network Attached Storage) – накопитель, подсоединенный к сети;
- SAN (Storage Area Network) – сеть хранения данных.

SAS/DAS – это достаточно простой традиционный способ подключения, который подразумевает прямое подсоединение системы хранения к одной или нескольким хост-системам (серверам) через высокоскоростной каналный интерфейс. Часто в таких системах для подсоединения накопителя к серверу используется такой же интерфейс, который используется для доступа к внутренним дискам хост-системы, что в общем случае обеспечивает высокое быстродействие и простое подключение.

SAS/DAS-систему можно использовать в случае, если имеется потребность в высокоскоростной обработке данных больших объемов на одной или нескольких хост-системах. Это, например, может быть графиче-

ческая станция или отказоустойчивая кластерная система, состоящая из N-узлов.

NAS – накопитель, который подсоединен к сети и обеспечивает файловый доступ к данным для хост-систем в сети. NAS интерпретирует команды файловых протоколов и исполняет запрос к дисковым накопителям в соответствии с используемым в нём каналным протоколом. Главными преимуществами такого решения являются простота, быстрота развёртывания и качество организации доступа к файлам благодаря специализации и узкой направленности.

Исходя из сказанного, NAS целесообразно использовать в распределённых СМ.

### ■ Организация дисковых массивов

Благодаря своей интеллектуальности автономные накопители зачастую самостоятельно реализуют множество функций по обеспечению сохранности и управлению данными. Одна из самых важных базовых и практически повсеместно используемых функций – это RAID (Redundant Array of Independent Disk).

Дисковые массивы, или RAID-массивы – основное средство оперативного хранения больших объёмов данных в современных вычислительных системах. При всех различиях эти устройства объединяет общая задача – обеспечение надёжного хранения данных для приложений соответствующего уровня.

В основе всех вариантов лежат два принципа – распределение данных по нескольким дискам и избыточность. Распределение данных в чистом виде реализуется в варианте RAID 0. В этой версии RAID данные разбивают на блоки фиксированного размера, которые параллельно записываются на несколько дисков массива. Это позволяет значительно повысить

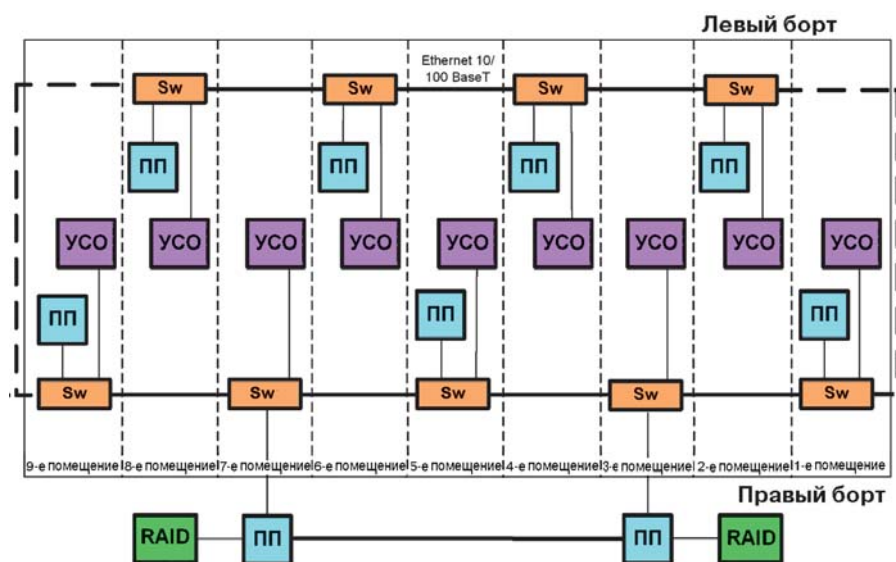


Рис. 1. Сети сбора, обработки и хранения информации системы мониторинга (SW – коммутатор, ПП – периферийный процессор, УСО – устройство связи с объектом, RAID – накопители)

скорость записи и уменьшить время ожидания при случайном считывании небольших блоков данных (если запрашиваемые блоки находятся на разных дисках, их можно считывать одновременно).

В варианте RAID 1 реализуется только принцип избыточности – любой сегмент данных записывается на два зеркальных диска, представляющих собой точные копии друг друга. Это значительно повышает надёжность систем (при отказе одного из дисков на втором сохраняется полная копия данных). Время чтения информации может быть ниже, чем для одного диска, а время записи может быть таким же, как для одного диска, если запись на второй диск происходит только после окончания записи на первый. Недостаток RAID 1 – неэффективное использование дискового пространства; ёмкость массива равна половине суммарной ёмкости дисков. Поэтому этот вариант обычно используют в особо ответственных случаях.

RAID 5 характеризуется тем, что информация о чётности записывается поочерёдно на все диски массива. Это позволяет распараллеливать как запись, так и чтение небольших сегментов данных.

Помимо перечисленных базовых вариантов RAID в современных дисковых массивах часто используются комбинированные RAID 10 (1+0): представляют собой массив RAID 0, построенный не из отдельных дисков, а из массивов RAID 1 (зеркальных пар). При эффективности использования дискового пространства в 50% такой массив обладает очень высокой отказоустойчивостью и производительностью.

## ■ Мезонинные технологии

Принятые технические решения устаревают ещё в процессе проектирования. Поэтому уже на начальных стадиях целесообразно закладывать механизмы модернизации комп-

лекса в течение всего его жизненного цикла. В связи с этим при конкретной реализации СМ была принята концепция, обеспечивающая эту возможность с помощью использования мезонинной технологии [2]. Мезонины – функциональные узлы, размещённые на относительно небольших печатных платах, которые устанавливаются на основную несущую плату определённого форм-фактора. При модернизации комплекса удаляется устаревший мезонин, а на его место устанавливается новый. Базовая конструкция, включающая интерфейсные блоки, остаётся неизменной.

Характерной особенностью промышленных компьютеров и программируемых контроллеров последних поколений является использование мезонинных модулей управления, памяти и ввода-вывода, которые, в зависимости от своего назначения, обмениваются информацией друг с другом, центральным процессором и объектом управления. Наличие таких модулей позволяет несколько иначе решить вопрос построения вычислительных систем (ВС) большой производительности и объема памяти вследствие возможности простого наращивания тех или других функций. В модульных ВС стирается грань между отдельной сложной машиной и системой.

Мезонинные технологии применяются в различных системах благодаря тому, что позволяют существенно улучшить оперативные характеристики системы. В системах с шинной организацией они представляют альтернативные каналы обмена данными с общей объединительной панелью или иным средством коммутации.

Мезонинные шины полезны с нескольких позиций. Во-первых, предоставляют непосредственный канал связи между процессором и периферийными

устройствами, обеспечивая соответствие операций пересылки информации требованиям реального времени. Во-вторых, снижается загрузка объединительной шины, предоставляя возможность пересылки данных других типов. Поскольку в одной и той же системе может использоваться несколько мезонинных шин, появляется возможность контролируемого повышения общей пропускной способности. При использовании мезонинных модулей с собственными вычислительными ресурсами снижается загрузка центрального процессора, повышается общая надёжность системы благодаря способности данного типа модулей к автономной работе и появляется возможность для организации так называемого “интеллектуального ввода-вывода”.

Мезонинные модули обеспечивают относительно простой и эффективный способ приспособления встроенного компонента к специфическим требованиям конкретного проекта, а также возможность реконфигурации уже созданной системы силами самого пользователя. Одноплатный встроенный компьютер, дополненный сменяемыми мезонинными контроллерами, может поддерживать ряд функций: работу с последовательными каналами связи, хранение данных, разнообразные цифроаналоговые и аналого-цифровые преобразования, управление реле, сервомоторами и т.д. Налицо и экономические преимущества использования мезонинных контроллеров. При замене или модернизации вычислителя, каналов ввода-вывода нет необходимости менять целиком систему. Меняется лишь мезонинный модуль, что защищает финансовые вложения пользователя в проект при каких-либо его изменениях. Такая возможность особенно актуальна в условиях быстрого

развития и частой смены элементной базы.

Производители имеют возможность закупать мезонинные модули, отвечающие конкретным требованиям создаваемых систем, после чего, используя опыт в конкретных областях, они могут концентрировать свои усилия на создании конечных проектов.

Номенклатура функциональных блоков на мезонинных модулях различного форм-фактора на мировом рынке превышает 1 тыс. наименований.

### ■ Бортовой процессор ввода-вывода

В качестве одного из возможных вариантов конкретной реализации периферийных процессоров в составе системы мониторинга может служить бортовой процессор ввода-вывода (БПВВ), разработанный Институтом проблем управления РАН им. В.А.Трапезникова.

Бортовой процессор ввода-вывода (рис. 2, 3) относится к классу встраиваемых бортовых компьютеров для необслуживаемых систем, ориентированных на сложные условия эксплуатации [3].

БПВВ характеризуется:

- низким энергопотреблением;
- высокой надежностью;
- ударо- и вибростойкостью;
- возможностью работы в расширенном температурном диапазоне;
- невысокой стоимостью;
- малыми габаритами.

Бортовой процессор ввода-вывода построен на архитектурных принципах процессорно-независимого асимметричного мультипроцессинга и выполнен в соответствии со стандартами PC/104 и PC/104+ с использованием мезонинной технологии.

В комплект БПВВ входят базовый модуль-носитель и устанавливаемые на него два ме-

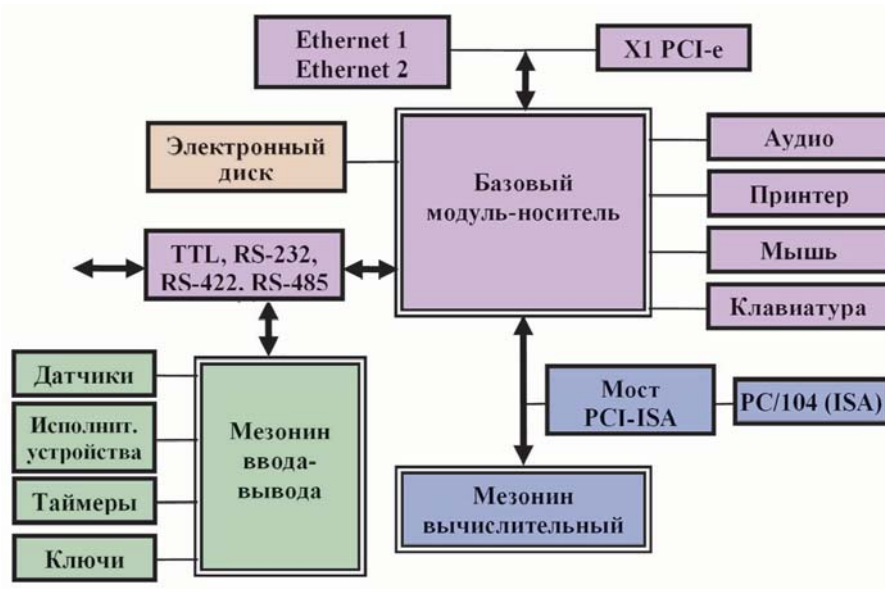


Рис. 2. Структурная схема бортового процессора ввода-вывода

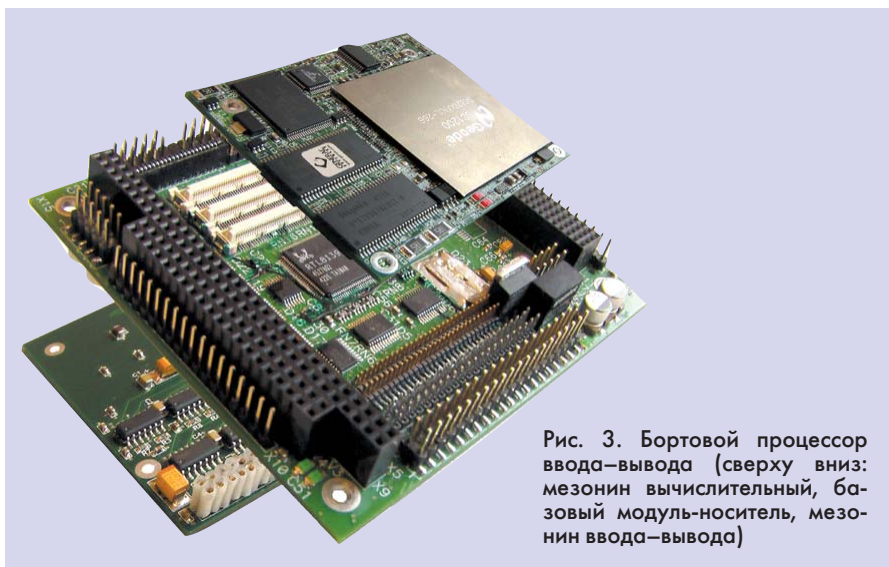


Рис. 3. Бортовой процессор ввода-вывода (сверху вниз: мезонин вычислительный, базовый модуль-носитель, мезонин ввода-вывода)

зонина: вычислительный мезонин и мезонин ввода-вывода.

А. Базовый модуль-носитель (табл. 1).

Базовый модуль-носитель выполняет функцию моста между мезонинами и внешними устройствами. В нем реализованы электронные схемы, обеспечивающие преобразование и трансляцию выходов мезонинов в стандартные и специализированные интерфейсы. Основными функциями модуля являются буферизация, преобразование протоколов, тиражирование портов для внешних

устройств, согласование параметров сигналов и электропитания. На модуле расположены разъемы для подключения внешних периферийных устройств.

Интерфейсы базового модуля-носителя можно разделить на 4 основные группы:

- системные интерфейсы PC/104 и PC/104+ для подключения широкой номенклатуры модулей данного форм-фактора;
- стандартные интерфейсы компьютера;
- сетевые интерфейсы (в том числе для подключения интел-

Табл. 1. Основные характеристики базового модуля-носителя

Интерфейсы	Системные	PC/104, PC/104+
	Стандартные	IDE, 2 x PS/2, LPT/FDD, STN, CRT, Sound I/O, TV выход
	Сетевые	2xEthernet 10/100 BaseT, 3 x USB 1.0 с поддержкой Host-режима, 1 x I <sup>2</sup> C, 1 x RS-232, 1x RS-232/RS-422/485/TTL, 1 x RS-232 TTL
	Ввода–вывода	16 дискретных каналов ввода-вывода, 8 дифференциальных каналов АЦП 12 разр., 2 канала ЦАП 12 разр., вход таймера, вход прерывания, 20 линий GPIO, 6 каналов АЦП 8 разр.
Разъемы мезонинов	Мезонин вычислительный Мезонин ввода–вывода	3 x 140 контактов высокой плотности (CAMI) 1 x 44 контакта

лектуальных измерительных и управляющих приборов);

- интерфейсы ввода–вывода с расширенными функциями связи с объектом управления.

**Б. Вычислительные мезонины** (табл. 2).

Семейство вычислительных мезонинов включает в себя ряд взаимозаменяемых устройств на базе процессоров с различной архитектурой и производительностью.

Известная номенклатура вычислительных мезонинов [4] позволяет решать широкий спектр задач и обеспечивает совместимость БПВВ с существующими пользовательскими наработками в области программного обеспечения. Каждый мезонин содержит оперативную память 32-128 (256) Мб, флэш-память 16-512 Мб, последовательные интерфейсы, аудио-, видео- и сетевые контроллеры.

Устройства отличаются низким энергопотреблением.

**В. Мезонин ввода–вывода** (табл. 3).

Мезонин ввода–вывода базируется на программируемом микроконверторе с процессорным ядром i8052. В микроконверторе интегрированы преобразователи “аналог – цифра” и “цифра – аналог” (АЦП, ЦАП), таймеры и каналы дискретного ввода-вывода. Установка

Табл. 2. Основные характеристики вычислительных мезонинов

Характеристика	1	2	3	4	5	6
Тип процессора / набор инструкций	PXA270 / ARM	PXA255 / ARM	Freescale MPC8271 / PowerPC	AMD Geode LX800 / X86	AMD Geode SC1200 / X86	VIA C3/C7/ X86
Частота процессора (МГц) / интегральная производительность	100-520 / 325 MIPS	100-400 / 250 MIPS	266-400 / 760 MIPS	200-500 / 990 MIPS	133-300 / 250 MIPS	300-1000/1545 MIPS
Оперативная память (Мб)	16-128	16-128	16-128	128-256	32-128	64-256
Flash Disk (Мб)	1-512	1-512	1-512	128-512	1-512	32-512
Тип дисплея / макс. разрешение	LCD & CRT / 1280x1024	LCD & CRT / 800x600	LCD / 1280x1024	LCD & CRT / 1920x1440	LCD & CRT / 1280x1024	LCD, CRT, TV / 1600x1200
Порты Ethernet 10/100 Мбит/с (кол-во без учёта возможностей базовой платы)	1	1	2	1	1	1
Последовательные порты	2-4	2-4	4	2	3-5	2
Порты USB (host/slave)	4/1	2/1	4/1	3/0	3/0	4/0
Интерфейсы IDE / аудио	+ / +	+ / +	+ / +	+ / +	+ / +	+ / +
Сторожевой таймер	+	+	+	+	+	+
Шина PCI	+	+	+	+	+	+
Линии ввода–вывода общего назначения	40	40	30	8	20	20
Поддержка О/С	Linux / Win CE	Linux / Win CE	Linux	Linux / Win CE/XP	Linux / Win CE/XP / DOS	Linux /Win CE/ XP/DOS
Потребляемая мощность (Вт) / режим power down	1-5 / +	1-4 / +	3-4 / +	3-5 / +	2-6 / +	7-10 / +

Примечание. Мезонин на базе Geode SC1200 в 2007 г. снят с производства.

Табл. 3. Основные характеристики мезонина ввода–вывода

Микро-контроллер	Процессор	Архитектура i8052, 256 байт ОЗУ, интегрированная подсистема ввода-вывода, температурный датчик, прецизионный источник опорного напряжения (ИОН), сторожевой таймер, таймер измерения длительности, монитор напряжения питания, схема сброса по включению питания (POR)
	Разрядность	8 разрядов
	Частота процессора, производительность	16,7 MHz, 16 MIPS
Память	Оперативная	2 кб (в дополнение к 256 байтам ядра)
	Электронный диск	62 кб/4 кб FLASH/ЕЕ памяти программ/данных
	Время хранения данных	100 лет
	Число циклов программирования	100 000
Порты ввода–вывода	Аналоговый ввод	Восемь дифференциальных каналов АЦП 12 разр. с самокалибровкой, скорость выборки 420 000 в секунду
	Аналоговый вывод	Два канала ЦАП 12 разр.
	Дискретные	16 дискретных каналов ввода/вывода
	Управления	Вход таймера, вход прерывания (также строб управления таймером)
	Сетевые	RS-232/485
Программирование	Система разработки, встроенные средства загрузки и отладки программ, возможность программирования в системе	

данного мезонина позволяет решать задачи ввода–вывода непосредственно в БПВВ без подключения дополнительных внешних устройств. Мезонин ввода–вывода имеет дифференциальные аналоговые входы и гальваническую развязку по питанию и каналу обмена данными с вычислительным мезонином. Имеются удобная система разработки и встроенные средства загрузки и отладки программ.

#### ■ Кластерная организация подсистемы расшифровки и спасения

Стационарная часть СМ, ориентированная на расшифровку накопителей с места аварии, а также на приём и передачу сигналов для организации спасения, состоит из клиентских рабочих станций, группы серверов, объединённых в кластеры, системы хранения данных и специальной аппаратуры для связи и дешифрования (рис. 4).

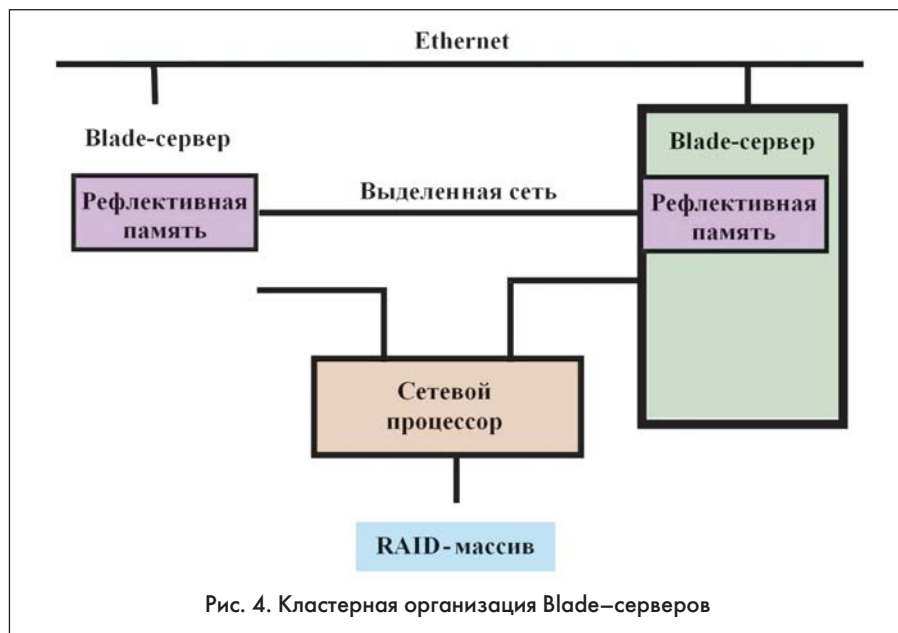


Рис. 4. Кластерная организация Blade-серверов

Особенности аппаратного кластерного комплекса: сквозная система резервирования, устойчивость к выходу из строя одного из процессоров или сетевого адаптера в каждом из кластерных узлов, масштабируемость.

Кластеризация позволяет распределять нагрузку между своими участниками. В кластере резервная система активна. Например, один узел кластера может обслуживать клиентов ГЛОНАСС, в то время как другой обслуживает базу данных. При отказе любого узла его ресурс переходит под управление оставшегося, который начинает поддерживать как сервис ГЛОНАСС, так и запросы клиентов.

Узлы кластера соединяются одной или более сетями типа Ethernet и одной или более физически независимыми локальными сетями. Каждый узел является владельцем одного или нескольких локальных дисков. Каждая сеть подсоединена к одному или более дискам, на которых хранятся приложения как выполняющиеся на кластере, так и управляющие кластером.

Аварийное переключение – это процесс, заставляющий ресурсы кластера переключаться с отказавшего узла на оставшийся работоспособным. Процесс восстановления после отказа происходит, когда ресурс переходит на ранее отказавший узел после того, как он стал вновь доступным. Процесс failover инициируется при обнаружении сбоя на одном из узлов кластера. Так как каждый узел следит за состоянием как своих процессов, так и процессов, выполняющихся на другом узле, необходимость аварийного переключения определяется без задержек.

### ■ Blade-серверы в составе кластера

В общем виде blade-система – это комплекс из шасси, процессорных модулей, дополнительных функциональных модулей, плат внутренней коммутации, системы подачи и распределения электропитания, а также программного обеспечения, которое позволяет эффективно использовать весь этот набор (рис. 5).

Основой для построения blade-системы является шасси, которое содержит объединительную панель – самый важный элемент blade-системы, интегрирующий все ее компоненты. Конструктивно панель находится внутри шасси и представляет собой специальную плату с разъемами подключения системных модулей. Объединительная панель может быть полностью пассивной или содержать активные элементы. Шасси имеет отсеки для установки модулей – серверных и функциональных, а также элементов поддержки инфраструктуры, т.е. блоков питания с возможностью «горячей» замены, вентиляторов охлаждения, устройств чтения компакт-дисков, накопителей на жёстких дисках.

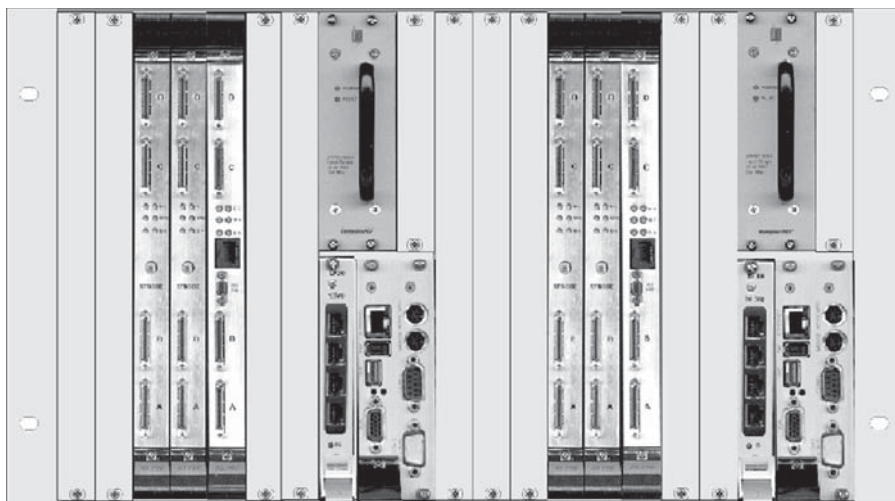


Рис. 5. Blade-станция

Blade-серверы достаточно просто получают из обычных стоечных, если группу таких серверов объединить общими блоками питания, общей системой охлаждения, коммутаторами, средствами управления и администрирования. При этом упрощается коммутация, что позволяет заметно уменьшить размеры сервера, сохранив номинальную вычислительную мощность. Сервер при этом содержит процессорные элементы, устройства памяти, минимальное количество слотов расширения и интерфейсов. Объединяя группу таких серверов в общем корпусе, можно строить модульную вычислительную систему с возможностями горячей замены компонентов. На нём работают операционная система и программные приложения. С помощью разъемов blade-сервер подключается к объединительной панели. Внешние разъемы серверного модуля обеспечивают возможность его «горячей» замены в системе. Конструкция серверного модуля обычно предусматривает установку дополнительных плат расширения (Fibre Channel, Gigabit Ethernet и т. д.), а также подключение модуля расширения для установки дополнительных адаптеров PCI или SAS-дисков.

### ■ Характеристики blade-сервера на основе PCI/104 express

В системах специального и двойного назначения широко используются модули на базе стандартов PC/104 [5] и PC/104+ [6], с повторением идеологии параллельных шин ISA и PCI соответственно [7].

В составе обширной номенклатуры этих модулей применяются разнообразные микропроцессоры, средства ввода-вывода, элементы локальных сетей.

В настоящее время формируется новая концепция построения систем, идеально подходящая для построения компактных, экономичных серверов – PCI/104 express. Спецификация с использованием комбинации стандартов Express и PC/104+ позволяет решить сразу несколько задач:

- обеспечить внедрение современной Express-технологии [8] в компьютеры форм-фактора PC/104;
- определить конфигурацию и компоновку базового компьютера;
- использовать в новейших решениях существующий задел по устройствам в формате PC/104.

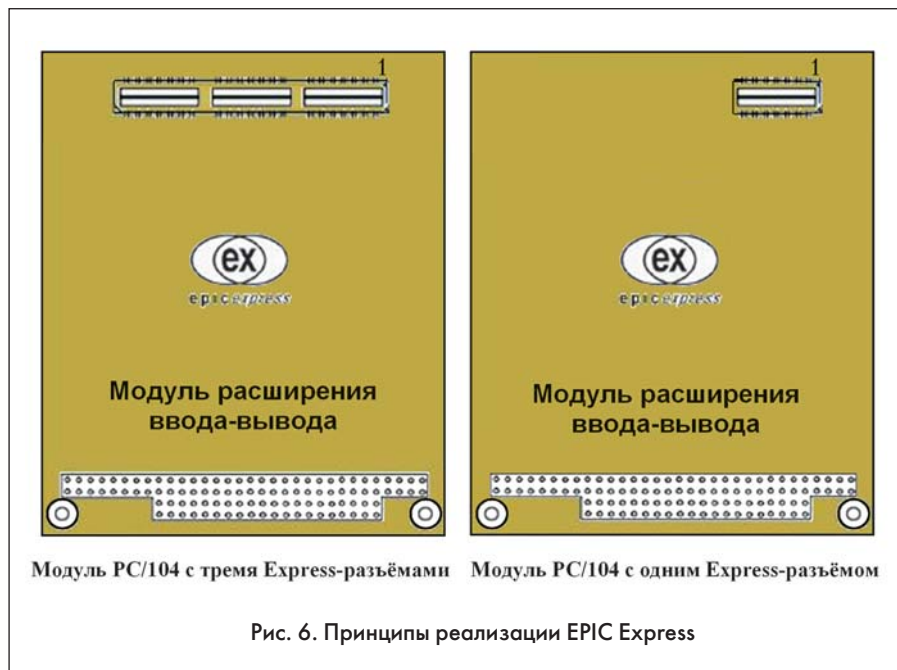


Рис. 6. Принципы реализации EPIC Express

PCI/104 express открывает широкие возможности внедрения сетевых технологий, увеличивая быстродействие, надёжность, сокращая габариты аппаратуры (рис. 6, 7).

Сущность этого стандарта сводится к замене шины PC/104+, являющейся эквивалентом PCI, на некоторое множество высокоскоростных каналов, аналогичных PCI express. В результате создаются условия

для подключения быстродействующих устройств.

PCI/104 express поддерживает четыре последовательных одинарных канала (линка) X1 и два счетверённых канала X4. Это соответствует двум конфигурациям – стандартной и полной.

Стандартная конфигурация подразумевает размещение на месте шины PC/104+ четырёх линков (A-D) в одном 28-контактном разъёме.

В полной конфигурации на месте выводов шины PC/104+ устанавливается разъём с тремя 28-контактными высокочастотными секциями. В результате образуется коммутационное поле (A, B, C, D, E, F) из четырёх линков X1 и двух X4.

Полная спецификация также отличается от стандартной номиналами напряжений, потребляемой мощностью, частотами синхронизации.

Согласно PCI/104 express, все размеры, места расположения разъёмов, запрещённые зоны и ограничения по высоте соответствуют стандарту PC/104. Подключение модулей с интерфейсом PC/104 выполняется с помощью дополнительного моста.

PCI/104 express может обслуживать такие высокоскоростные устройства, как RAID-контроллеры, модули Gigabit Ethernet, процессоры ввода-вывода, контрольно-диагностические процессоры, видеосистемы высокого разрешения. Express-технология вытесняет видеоконтроллеры с AGP-пинами.

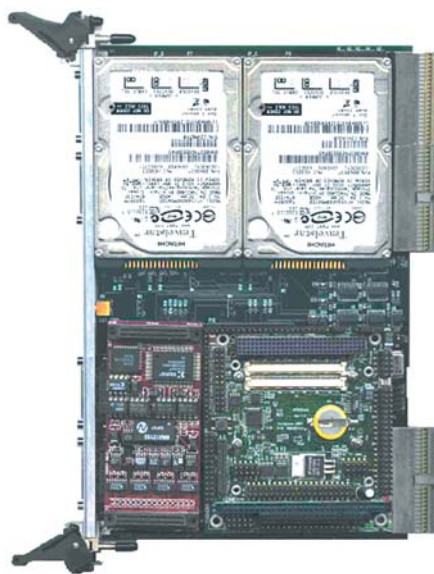


Рис. 7. Blade-сервер формата 6 U с применением БПВВ

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наибольший эффект по совокупности технико-экономических параметров, по отказоустойчивости и живучести может быть достигнут при построении интегрированной системы мониторинга.

Основным отличием этой системы от разработанных ранее является отсутствие единого центра сбора и обработки данных: его функции распределяются между всеми периферийными устройствами и сетевыми устройствами хранения данных (УХД).

Каждое УХД становится устройством долговременной памяти, объединенным с дублирующим УХД выделенной скоростной сетью. При этом периферийные процессоры всех помещений представляют собой серверы приложений, работающие на сетевую память СМ.

Таким образом, периферийные процессоры с функциями серверов являются общим местом объединения нескольких сетей, что позволяет устранить возможные



конфликты, упростить резервирование данных. Техническая реализация как УХД, так и периферийных процессоров в интегрированной структуре по сравнению с известными вариантами СМ меняется не существенно: увеличивается, при необходимости, долговременная память и появляются дополнительные сетевые адаптеры. Основная нагрузка ложится на системное программное обеспечение, поддерживающее общедоступность ресурсов памяти и процессорных модулей.

Процессоры периферийных устройств опрашивают датчики, отслеживают алармы, вычисляют тренды, синхронизируют процессы.

Процессоры УХД, основные и резервные, архивируют

информацию, поддерживают базы данных. В связи с тем что электропитание и локальная сеть удаляемых накопителей УХД одновременно подключены к периферийным процессорам, после изъятия УХД создаются условия через освободившиеся разъемы установить прямой контакт с любым доступным помещением аварийного объекта, а после расшифровки данных об аварии через этот же разъем подавать электропитание и управляющие сигналы для попыток дистанционного вывода из аварийного состояния.

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. Наиболее перспективным вариантом системы мониторинга является интегрированная структура с NAS системой хранения данных.

2. В качестве локальной сети, поддерживающей общедоступность устройств хранения данных, целесообразно использовать промышленный Ethernet.

3. Внутренние локальные сети целесообразно выполнять в виде альтернативных каналов с динамическим переходом на оптимальные условия обмена.

4. Операционной системой, удовлетворяющей поставленным функциональным требованиям, может быть одна из версий Linux.

5. Наиболее надёжной системой хранения данных с объёмом памяти в десятки гигабайт следует считать комбинацию жёстких дисков, объединённых с флэш-накопителями.

#### ПРИМЕЧАНИЕ РЕДАКТОРА

*Рассмотренные в статье вопросы организации системы мониторинга (СМ) актуальны не только для «больших» и функционально насыщенных объектов, но и для относительно малоразмерных систем, таких как автономные подводные аппараты (АНПА). АНПА имеет ряд особенностей, накладывающих ограничение на его архитектуру. Для АНПА наличие автономной СМ несколько расточительно с точки зрения габаритов и энергопотребления. Фактически ряд технических решений, заложенных в СМ, реализуется непосредственно в функциональных узлах АНПА, т.е. задачи мониторинга являются частью задач основных систем АНПА. Например, одной из задач бортового компьютера (БК) системы управления является организация «черного ящика», контроллеры суперви-*

*зоров питания БК выполняют функции мониторинга состояния блоков. Дублирование каналов связи и альтернативные каналы с различной средой передачи данных нашло применение в архитектуре системы управления АНПА. Для обеспечения надежного хранения данных в ответственных случаях (для «черного ящика») используется принцип избыточности и резервирования копий с применением комбина-*

*ции твердотельных и электромеханических жёстких дисков. Мезонинные технологии нашли применение в устройствах цифровой обработки сигналов – это различные модули аналого-цифрового ввода-вывода. Элементы кластеризации (распределение вычислительных ресурсов и горячее резервирование ответственных задач управления АНПА) имеются в архитектуре локальной вычислительной сети АНПА.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рыбаков А.Н., Слепов Н.Н. Компьютерные встраиваемые технологии. Ключевые тенденции // Электроника: наука, технология, бизнес. 2006. №3. С. 24-32.
2. Mezzanines. IP&PMC Solutions for Flexible Embedded Design. 1997. № 3.
3. Процессор ввода-вывода. Рекламный проспект ИПУ РАН. 2005 // <http://www.ipu.ru/labs/Lab31kom/proc.htm>.
4. CompuLab. ARMCORE Reference Guide. 2002.
5. PC/104, IEEE-P996.1. Стандарт на промышленные компьютеры для встроенных приложений. 1993.
6. PC/104-Plus Specification. Version 1.2. 2001. August.
7. PCI Local Bus Specification. Revision 2.0. 1999. April.
8. Медведев А.Н. PCI Express. Пункт прибытия 2014 год. 2003. С. 1-12 // <http://www.ixbt.com/mainboard/pci-express.shtml>.