

УДК 681.3

Д.А. КОВАЛЕНКО, С.В. АЛЕКСЕЕВ, С.И. МАРЧЕНКО

Харьковский университет Воздушных Сил, Украина

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ БОЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ

В статье приведен анализ структуры существующих и перспективных управляющих вычислительных комплексов автоматизированных систем боевого управления вооруженных сил стран СНГ и определены основные тенденции их развития.

автоматизированная система боевого управления, вычислительная система, управляющий вычислительный комплекс, архитектура, надежность, тенденции развития

Введение

Вычислительные средства являются основой АСУ, обеспечивают реализацию определенных алгоритмов и программ в соответствии с заложенными в них принципами и логикой [1].

Из отдельных однотипных или разнотипных ЭВМ, составляющих основу вычислительных средств, создаются *вычислительные системы* или *управляющие вычислительные комплексы* (УВК), входящие в состав комплексов средств автоматизации (КСА) и размещаемые на автоматизированных командных пунктах (КП) системы управления [1].

1. Выделение нерешенной задачи

Одной из важных задач при разработке УВК специального назначения является обеспечение заданного уровня надежности. При этом целесообразно использовать опыт создания и эксплуатации уже применяемых вычислительных комплексов. Поэтому при разработке перспективных вычислительных комплексов важно учитывать современные тенденции в их развитии.

2. Цель статьи

Цель статьи – анализ архитектур и определение основных тенденций развития УВК специального назначения.

3. Обзор архитектур УВК

В современных автоматизированных системах боевого управления (АСБУ) вооруженных сил стран СНГ применяется большое количество разнообразных образцов УВК, организованных по различным принципам. Поэтому, в целях анализа надежности УВК специального назначения необходимо обобщить сведения об архитектуре существующих и перспективных вычислительных комплексов.

Существующие УВК КСА АСБУ представляют собой одномашинные, многомашинные и многопроцессорные вычислительные комплексы.

Вычислительные средства КСА в общем случае состоят из центрального управляющего вычислительного комплекса в составе центрального процессора (процессоров), комплексов вычислительных средств передачи данных (ВС ПД), отображения (ВС О), документирования (ВС Д) и тренажа (ВС Т) (рис. 1). Для решения задач обработки данных, документирования, планирования, выполнения оперативных расчетов в ходе применения средств автоматизации с УВК могут сопрягаться вычислительные средства информационно-расчетной системы (ВС ИРС) [1].

Практически все КСА объектов АСБУ, поступившие на вооружение войск Военно-Воздушных Сил и Противовоздушной Обороны стран СНГ до 1991 года, организовывались по такому принципу.

Управляющие вычислительные комплексы КСА были реализованы на базе специализированных ЭВМ, последние образцы которых аппаратно и программно совместимы с Единой системой ЭВМ (ЕС ЭВМ) общего назначения [2]. Такие УВК все ещё эксплуатируются, хотя уже морально и физически устарели, не соответствуют современным требованиям по производительности и надежности.

В связи с развитием современных вычислительных средств и внедрением новейших информационных технологий появилась реальная возможность создания высокопроизводительных, надежных КСА, позволяющих отказаться от централизованной иерархической структуры вычислительных систем и перейти к структуре, которая обеспечивает организацию распределенного информационно-вычислительного процесса.

В настоящее время предприятиями и научными подразделениями-разработчиками предлагается целый ряд вариантов организации КСА на базе многоуровневых локальных вычислительных сетей (клиент-сервер). Например, научно-производственной фирмой «Меридиан» (Россия) разработана автома-

тизированная информационно-управляющая система (АИУС) «Требование-М», предназначенная для оснащения боевых кораблей малого и среднего водоизмещения [3].

«Требование-М» представляет собой локальную вычислительную сеть (ЛВС) на основе технологии Ethernet, где абонентами сети являются приборы (определение разработчика) или же автоматизированные рабочие места (АРМ) (рис. 2). Приборы выполнены в модульном исполнении и соединены каналом межприборного обмена (сеть Ethernet 10 Mbps с резервированием). Управление обменом данными в сети осуществляют приборы сетевого обмена (ПСО). Для сопряжения с внешними системами (радиоэлектронным вооружением, системами управления оружием корабля) используются устройства обмена контроллерного типа с буферными оперативными запоминающими устройствами. Сопряжение осуществляется по интерфейсу RS-232, RS-244, а также по специализированным интерфейсам систем вооружения. Предусмотрена распределенная база данных, размещенная в центральных вычислителях и автоматизированных рабочих мес-

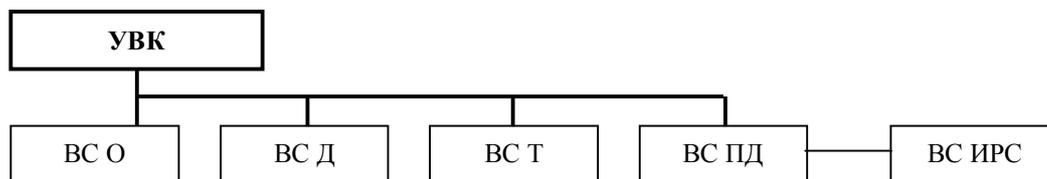


Рис. 1. Типовая структура вычислительных средств КСА

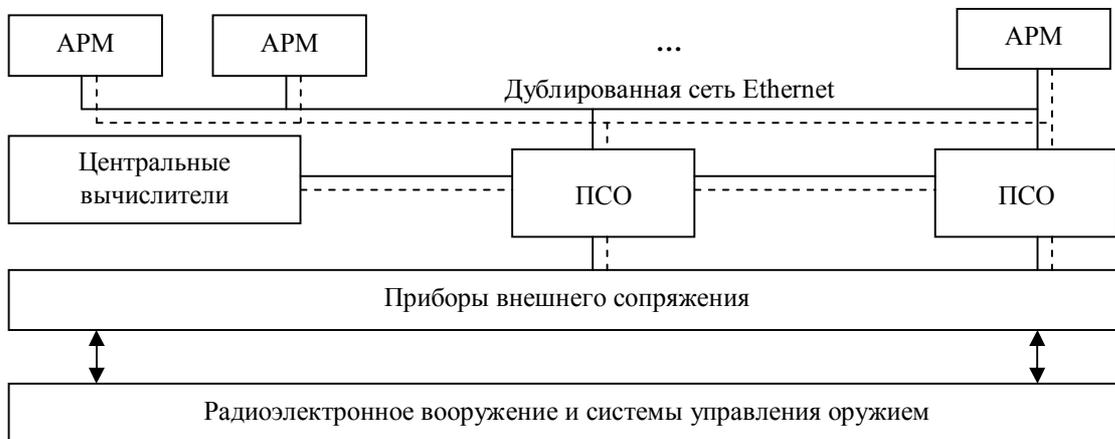


Рис. 2. Структура АИУС «Требование-М» НПФ «Меридиан»

тах. Для загрузки картографической информации с карт-сервера на АРМ организована локальная сеть 100 Mbps.

Аппаратные средства АИУС представлены зарубежными и российским производителями, основу которых составляет конструктив MicroPC и встраиваемые IBM-совместимые компьютеры фирмы "Octagon Systems". Полная IBM-совместимость позволяет сократить сроки разработки и внедрения подобных систем, уменьшить затраты.

Научно-производственным предприятием «Аэротехника-МЛТ» (Украина) разработан и внедрен в опытную эксплуатацию КСА авиационной части [4], предназначенный для:

- автоматизации процессов сбора и обработки радиолокационной информации (РЛИ), поступающей от радиолокационных станций через радиолокационные экстракторы;
- выдачи РЛИ на командные пункты авиационных соединений;
- формирования информационной модели на АРМ в соответствии с их оперативным назначением для оценки воздушной обстановки лицами боевого расчета;
- ввода команд управления;
- контроля функционирования собственных средств автоматизации и состояния каналов передачи данных.

В общем виде КСА авиационной части представляет собой локальную вычислительную сеть

(рис. 3). Абонентами сети являются: стойка обмена и документирования (СтОД), стойка документирования речевой информации (СДРИ), АРМ офицеров боевого управления, автоматизированный тренажный комплекс (АТК). С целью повышения уровня надежности КСА авиационной части его элементы объединены при помощи дублированной сети (LAN1, LAN2) и резервной сети (BYPASS). Функции сервера сети выполняет АРМ командира авиационной части.

Основные задачи сервера – сбор и обработка РЛИ, выдача обобщенной информации на другие АРМ и средства документирования, а также контроль функционирования, диагностика состояния отдельных элементов и всего КСА в целом. В случае отказа сервера и (или) основной и резервной локальных вычислительных сетей все АРМ переходят в режим, при котором прием и обработка информации производятся непосредственно на рабочих местах. При этом задачи вторичной и третичной обработки РЛИ решаются на каждом АРМ самостоятельно, с использованием резервной сети (BYPASS). Дублированная локальная вычислительная сеть организована при помощи двух концентраторов с применением кабеля типа «витая пара». Обмен данными в локальных сетях осуществляется по протоколам IPX и NetBEUI. Аппаратные средства вычислительных средств КСА авиационной части совместимы с IBM PC и представляют собой процессорные блоки на базе промышленных компьютеров

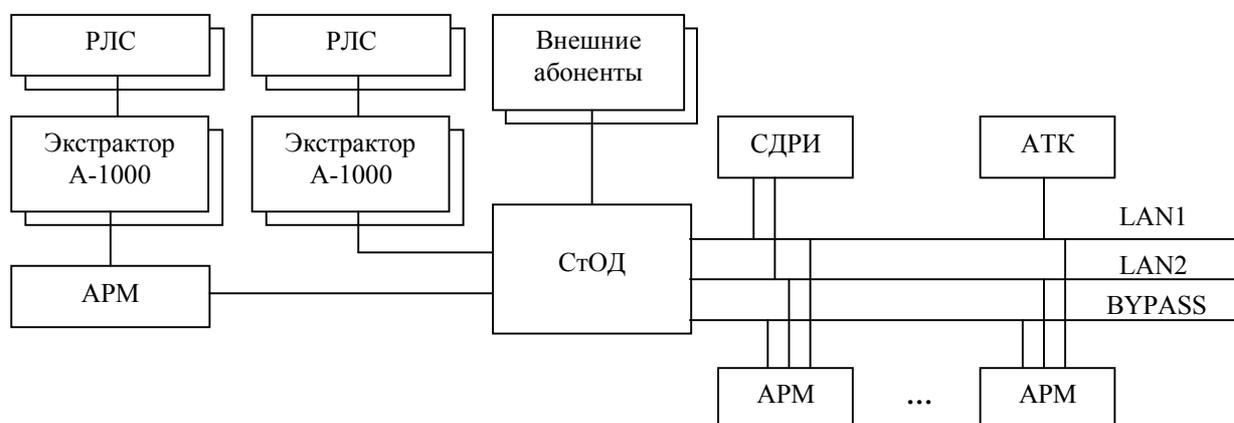


Рис. 3. Структура КСА авиационной части НПП «Аэротехника-МЛТ»

Advantech IPC-6606. В состав процессорного блока АРМ входят: плата промышленного компьютера PCA-6168 со встроенным SVGA-адаптером, ППЗУ DiskonChip, коммуникационный адаптер HDLC, два сетевых адаптера. В комплексе средств объективно-го контроля помимо перечисленного оборудования используются накопители на жестких магнитных и магнитооптических дисках [4].

Таким образом, к настоящему времени изменились не только архитектура (табл. 1), но и некоторые принципы построения УВК специального назначения.

4. Характеристика аппаратных средств УВК

Архитектура вычислительных систем объектов АСБУ во многом зависит от их функционального назначения в системе управления и заданных требований надежности. Для сложных вычислительных систем надежность оценивается единичными и комплексными показателями, в основе которых лежит

оценка продолжительности и объема работы, выполненной системой [5].

С учетом требований надежности возможны различные варианты организации УВК, в которых будут реализованы сетевые технологии («клиент-сервер»), резервирование и кластеризация вычислительных средств, применение отказоустойчивых аппаратных и программных средств.

Основываясь на приведенных примерах структурной организации ряда перспективных КСА можно утверждать, что архитектура типового УВК представляет собой однородную ЛВС. Абонентами такой сети являются АРМ и комплексы вычислительных средств различного назначения, объединенные по топологии «общая шина».

Применение ЛВС в КСА является логическим продолжением технологии распределенных вычислительных систем, поскольку вычислительная сеть – частный случай распределенной (децентрализованной) вычислительной системы. Концептуальное преимущество распределенной системы в сравнении

Основные характеристики УВК

Таблица 1

Характеристика УВК	Образцы УВК		
	Применяемые УВК «старого» парка		АИУС «Требование -М», КСА авиационной части НПП «Аэротехника-МЛТ»
Структурная организация УВК	Многомашинные	Многопроцессорные	Многомашинные
Система ЭВМ	Специализированная архитектура, ЕС ЭВМ		IBM PC – совместимые ЭВМ
Тип ЭВМ	Специализированные (бортовые, корабельные)		Специализированные (промышленные)
Тип резервирования	Нагруженный резерв, автоматическая реконфигурация		Нагруженный резерв, автоматическая реконфигурация
Элементная база	Дискретная, интегральная		Интегральная, микропроцессорная
Способы сопряжения ЭВМ и процессоров	Канал межмашинного обмена, аппаратура передачи данных	Общая оперативная память, регистры процессорной памяти	ЛВС Ethernet/Fast Ethernet
Режимы работы УВК	Пакетная обработка, разделение времени		Разделение времени, сетевая обработка

с централизованной заключается в возможности выполнять параллельные вычисления, что повышает производительность. Помимо этого распределенные системы более отказоустойчивы [6].

Доминирующим в организации перспективных УВК на основе ЛВС является применение технологий Ethernet или Fast Ethernet. Технология Ethernet поддерживает топологию «общая шина» со случайным методом доступа к среде (коаксиальный кабель, витая пара). Достоинства этой технологии в простоте доступа к среде, адресации и передачи данных. Простая логика работы в сети ведет к упрощению и соответствующему удешевлению сетевых адаптеров и их драйверов [6].

Использование сетевых технологий для организации УВК объектов АСУ позволяет повысить надежность КСА в сравнении с централизованными иерархическими системами.

Аппаратной платформой перспективных УВК является IBM PC-совместимое оборудование (промышленные компьютеры, сетевое и телекоммуникационное оборудование, промышленные блоки питания). Такой выбор обусловлен тем, что:

- архитектура IBM PC является открытой, предоставляет возможность интеграции с уже существующими системами;
- существует большое число производителей и поставщиков IBM PC-совместимого оборудования;
- имеется возможность использования уже разработанного программного обеспечения, а также разработка и испытание нового программного обеспечения на IBM PC-совместимых ЭВМ общего назначения;
- подготовлено большое количество специалистов по архитектуре и программированию IBM PC.

Промышленные компьютеры в рассмотренных примерах представлены одноплатами промышленными компьютерами, отличительной чертой которых является максимальное число выполняемых функций при минимальных габаритах. Производи-

тели предлагают достаточно большой ряд промышленных одноплатных IBM PC-совместимых компьютеров на основе процессоров Intel, AMD и др.

Типовой одноплатный промышленный компьютер, помимо процессора, включает в себя:

- кэш-память 2-го уровня;
- IDE и FDD контроллеры;
- 2 последовательных порта RS-232 (RS-422/485);
- двунаправленный параллельный порт с расширенными возможностями (SPP/EPP/EP);
- гнездо для установки флэш-диска.

При необходимости одноплатные промышленные компьютеры могут оснащаться:

- видеоадаптером, в том числе с поддержкой интерфейса жидкокристаллических панелей;
- одним или двумя Ethernet / Fast Ethernet сетевыми адаптерами;
- SCSI/SCSI-2/UWSCI/U160 SCSI контроллером.

К преимуществам одноплатных компьютеров следует отнести:

- повышенные требования по вибростойкости, ударопрочности, рабочему диапазону температур (платы типа VME и Compact PCI, удовлетворяющие требованиям механических стандартов «Евромеханика» серии стандартов IEEE1101 [7]);
- специальные способы компоновки, когда практически весь компьютер расположен на одной плате, и как следствие, малые габариты и возможность быстрой замены при выходе из строя.

Основные эксплуатационные характеристики типовых промышленных компьютеров [8]:

- рабочий диапазон температур от 0 до 55° С;
- допустимая влажность 5 – 95%;
- наработка на отказ не менее 30 тыс. часов.

Существуют одноплатные промышленные компьютеры и с более высокими эксплуатационными характеристиками. Например, CPU 686E функционирует при рабочей температуре от – 40 до + 70° С и имеет время наработки на отказ до 100 тыс. часов [9].

Имеется возможность установки промышленных компьютеров на пассивные объединительные платы, представляющие собой набор слотов расширения ISA, PCI, PICMG. При установке компьютера в один из слотов плата становится продолжением его внутренней шины. Такой «тандем» (компьютер и объединительная панель) дает ряд преимуществ – большое количество слотов расширения, повышенные показатели по надежности, ремонтпригодности, вибростойкости [8].

Благодаря своим высоким эксплуатационным характеристикам и полной IBM PC-совместимости используемого оборудования достигается оптимальный уровень по критерию «цена – производительность».

Выводы

Таким образом, можно выделить следующие основные тенденции построения УВК КСА:

- построение УВК на основе ЛВС с организацией распределенного информационно-вычислительного процесса;
- использование специализированных промышленных IBM PC-совместимых ЭВМ;
- использование интерфейсов и протоколов, регламентированных международными и государственными стандартами;
- обеспечение заданного уровня надежности за счет резервирования (дублирования), кластеризации устройств и каналов обмена данными, применение отказоустойчивых программно-аппаратных компонентов вычислительных систем;
- модульное исполнение и унифицированный состав аппаратных средств УВК, обеспечивающий высокий уровень ремонтпригодности и взаимозаменяемости.

Одно из направлений дальнейших исследований в области разработки перспективных УВК, на наш взгляд, заключается в необходимости сравнительного анализа уровней надежности, обеспечиваемых

той или иной конфигурацией, с последующей разработкой математических моделей, позволяющих оценивать надежность УВК с учетом заданных критериев на этапе проектирования.

Литература

1. Береза А.С. Основы построения комплексов технических средств АСУ ПВО. Ч. 2. Основы построения и обеспечения надежности комплексов технических средств АСУ: Конспект лекций. – Х.: ХВУ, 1993. – 438 с.
2. Каган Б.М. Электронные вычислительные машины и системы: Учебное пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 592 с.
3. Копанев А. «Требование-М» – новое поколение автоматизированных систем управления // Военный парад. – 2000. – № 5. – С. 54 – 56.
4. Автоматизированная система сбора, обработки и передачи радиолокационной информации. Комплекс средств автоматизации авиационной части. Общее описание. ПД2 У 30763942.800-03. – НПП «Аэротехника-МЛТ», 2004.
5. Бройдо В.Л. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. – С.-Пб.: Питер, 2002. – 688 с.
6. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 2-е изд. – С.-Пб.: Питер, 2005. – 864 с.
7. Промышленные шины для систем автоматизации // Выставки и презентации. – 2003. – № 3 (19). – С. 20 – 21.
8. Сатурн® Дейта Интернешнл. Каталог. Весна 2004. – К.: Saturn Data International, 2004. – 80 с.
9. Мощный и надежный одноплатный компьютер CPU 686E // Современные технологии автоматизации. – 2003. – № 2. – С. 45.

Поступила в редакцию 20.01.2005

Рецензент: д-р. техн. наук, проф. В.С. Харченко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков