

УДК 681.324

В. М. Гольдфельд, Д. Л. Литавр, А. В. Мельников
(Новосибирск)

ПОДСИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЭЛЕМЕНТОВ СЕТИ

Описывается реализация подсистемы мониторинга интегрированной системы управления сетью передачи данных. Рассмотрены основные принципы построения и функционирования подсистемы: единый подход к управлению различным сетевым оборудованием и модульность подсистемы.

Введение. Одной из важнейших задач, решаемых системой управления сетью передачи данных, является осуществление непрерывного мониторинга сети. Мониторинг подразумевает оперативный контроль работоспособности сетевого оборудования, состояния коммуникаций сети, конфигурационных параметров.

В данной работе представлена реализация подсистемы мониторинга интегрированной системы управления сетью передачи данных (ИСУСПД) [1—3]. В отличие от фирменных систем управления, поддерживающих оборудование одного типа, рассматриваемая система строилась как универсальная, поэтому большое внимание было уделено проблемам обеспечения унифицированного доступа системы управления к разнородным элементам сети, не поддерживающим стандартные протоколы управления [4—6].

Основное внимание при реализации подсистемы было направлено на обеспечение полноты и достоверности информации о состоянии сети, устойчивости к динамическому изменению топологии сети. Важной особенностью предлагаемой подсистемы является применение технологии распределенной обработки данных в многомашином комплексе, объединенном локальной вычислительной сетью.

Неоднородность оборудования сети передачи данных, требования к гибкости и расширяемости системы повлекли за собой ряд оригинальных архитектурных решений. Так, универсальность системы достигается путем использования техники загружаемых модулей. Процедуры взаимодействия с объектами сети функционируют в асинхронном режиме, чем достигается эффективное использование ресурсов процессора.

Общая структура аппаратного обеспечения подсистемы мониторинга. Подсистема мониторинга представляет собой комбинированную задачу, предназначенную для работы под управлением операционной системы MS DOS на персональных компьютерах типа IBM PC XT/AT, в составе фрагмента локальной сети Novell NetWare. Подсистема состоит из двух взаимодействующих программных задач:

- управление процессом мониторинга сети (УПМС),
- взаимодействие с сетевыми элементами (ВСЭ).

Модуль УПМС обеспечивает взаимодействие с подсистемой контроля и визуализации состояния сети (КВСС) [2] и формирование запросов на тестирование объектов с учетом топологии сети и ее текущего состояния и выполняет команду оператора. Подсистема КВСС и модуль УПМС представляют собой одну программную задачу. Вторая часть подсистемы мониторинга — модуль ВСЭ — работает по запросам от модуля УПМС.

Преимуществом реализованной подсистемы является применение модульного подхода. Модули ВСЭ и УПМС могут функционировать как на одной, так и на разных рабочих станциях, находящихся в одном фрагменте локальной сети NetWare. Связь между ними осуществляется на основе коммуникационного датаграммного протокола IPX сети Novell NetWare [7]. Реализация взаимодействия по принципу «запрос—ответ» позволяет подсистеме мониторинга обслуживать несколько (до 8) рабочих станций, на которых функционирует модуль УПМС и подсистема КВСС. Это обеспечивает возможность развития системы и создания сложного многомашинного комплекса управления сетью.

Общие принципы функционирования подсистемы мониторинга. Взаимодействие системы управления с объектами сети основывается на обмене командами и текстовыми данными с внутренним процессом управления параметрами объекта, доступ к которому осуществляется через специализированный командный порт. Формат управляющих команд и данных объектов сети X.25 не имеет общих стандартов. Таким образом, каждой модели элементов сети [3] поставлен в соответствие файл (Binary Loadable Module — загружаемый двоичный модуль, ВLM-файл), содержащий сценарии обмена с объектом сети командами и текстовыми данными. Имя файла хранится в базе данных описания объектов сети (БДООС) и доступно модулю УПМС.

ВLM-модули формируются независимо для каждого типа оборудования, но имеют общий интерфейс с программой модуля ВСЭ. Администратору сети предоставляются средства для разработки и отладки ВLM-модулей для новых типов оборудования, что обеспечивает легкость подключения нового оборудования к системе управления.

В процессе работы модуль ВСЭ использует следующий алгоритм: исполнение процедур тестирования объектов происходит по запросу от модуля УПМС. Запрос содержит сетевой адрес объекта, тип информации, требуемой от него, и имя скрипт-файла, который должен использоваться при тестировании. По получении запроса модуль ВСЭ загружает в память требуемый ВLM-файл, устанавливает соединение с указанным узлом и поочередно начинает исполнять процедуры, принимающие данные от объекта.

Порядок опроса сетевых устройств определяется модулем УПМС. В соответствии с правилами, описываемыми в ВLM-модулях, из потока информации, приходящей в ответ на соответствующую команду, выделяются данные для заполнения универсальных структур, описывающих состояние и конфигурацию объекта. Для каждой команды определена своя структура. По окончании обработки запроса из этих структур формируется сообщение, информирующее запрашивающий модуль УПМС о результатах исполнения запроса.

В процессе разработки подсистемы авторами были сформулированы требования, которым должен удовлетворять универсальный механизм тестирования объектов сети: а) наличие единого алгоритма работы с объектами сети, б) общность структуры информации о состоянии и конфигурации для элементов сети всех типов, в) наличие механизма динамической настройки системы тестирования на различное оборудование, г) возможность добавления в систему новых типов элементов.

С учетом приведенных выше требований сформирован базовый набор процедур тестирования объектов сети, представляющий собой список возможных команд, которые выполняются модулем с целью получения от объекта информации или установления некоторых параметров объекта. Список процедур зафиксирован и един для всех объектов, но реализация полного списка процедур для каждого элемента сети не является обязательной. Более того, количество реализуемых процедур тестирования может ограничиваться возможностями объекта по предоставлению данных о своем состоянии. За основу при формировании базового набора процедур тестирования объектов были взяты основные группы параметров, отражающие состояние и конфигурацию объекта. Таким образом, тестирование объекта состоит в последовательном выполнении команд, указанных в запросе на тестирование и реализованных для данного объекта. Реализован следующий набор возможных команд:

- установить соединение с объектом,
- получить информацию о состоянии линий,
- получить статические параметры конфигурации объекта,
- получить статистику, накопленную объектом,
- получить таблицу маршрутизации,
- установить таблицу маршрутизации,
- разорвать соединение.

Архитектура модуля взаимодействия с элементами сети. Архитектура данного модуля основывалась на специфике его работы, связанной со сравнительно низким быстродействием коммуникационного оборудования сети.

Для обеспечения эффективного использования рабочего времени процессора реализован асинхронный механизм исполнения процедур тестирования объектов. Процедуры инициируются внешними событиями:

- прием запроса от модуля ведения мониторинга сети,
- завершение передачи пакета модулю ведения мониторинга,
- получение данных от элемента сети X.25,
- завершение передачи данных,
- события, инициируемые диспетчером асинхронных событий (ДАС) протокола IPX (аналогично прерываниям от таймера).

В состоянии ожидания данных от внешних объектов модуль ВСЭ освобождает ресурсы процессора.

Логическая схема функционирования модуля взаимодействия с элементами сети представлена на рис. 1.

Операции обработки запросов от модуля УПМС и результатов тестирования элементов сети содержатся в процедуре обработки асинхронных событий ДАС. Такое решение позволяет «разгрузить» процедуры обработки событий приема и передачи данных, время исполнения которых должно быть по возможности минимизировано. При реализации данной программы предпочтение было отдано ДАС по сравнению с обработчиком прерываний от таймера по следующим причинам: а) ДАС позволяет управлять периодичностью возникновения событий, что дает возможность варьировать скоростью выполнения процедур тестирования и загруженностью процессора, б) особенности реализации ДАС протокола IPX делают процедуру обработки асинхронных событий

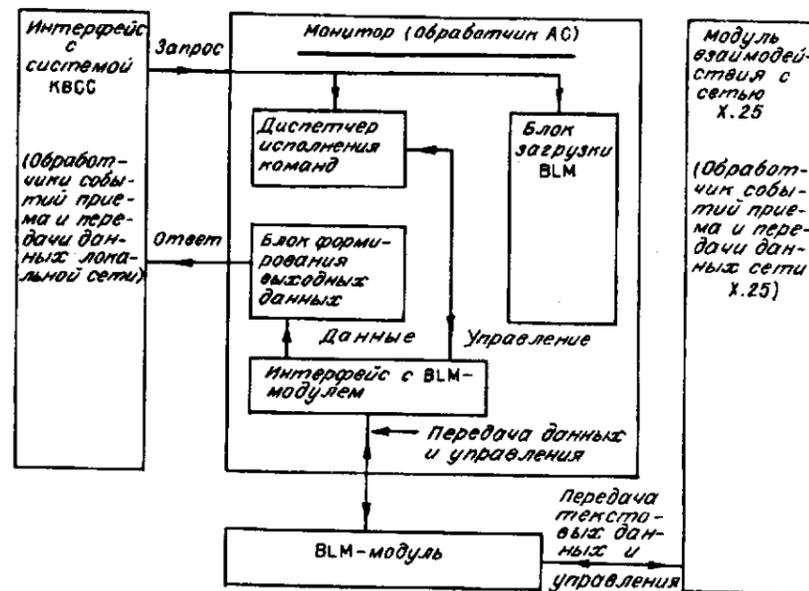


Рис. 1. Схема взаимодействия функциональных элементов подсистемы мониторинга элементов сети

достаточно не критичной ко времени исполнения и к применению некоторых функций DOS и BIOS.

Определяющую роль в функционировании программы модуля играет реализованный в ДАС диспетчер исполнения команд. В функции диспетчера команд тестирования входит обеспечение устойчивой работы программы при взаимодействии с объектами сети. Устойчивость достигается путем применения механизма аварийного завершения исполнения процедур по тайм-ауту и повторных попыток.

Для обеспечения возможности асинхронной работы процедур тестирования объекта реализован обработчик асинхронных событий сети X.25. При приеме кадра обработчик устанавливает соответствующие флаги и в случае завершения ожидаемого основным модулем события возобновляет исполнение процедур тестирования.

В задачу блока взаимодействия программы подсистемы мониторинга с загрузаемыми двоичными модулями входит управление работой VLM-модулей (загрузка, инициализация), а также обеспечение функционального интерфейса между программой подсистемы взаимодействия с элементами сети и загрузаемыми модулями.

С точки зрения разработки взаимодействия функций основного тела программы подсистемы мониторинга и процедур, реализованных в загрузаемых модулях, особый интерес представляет организация прозрачности асинхронного функционирования процедур приема и передачи сообщений. Ожидание события в синхронном режиме с использованием цикла проверки флагов (polling) полностью занимает ресурсы процессора. Поэтому был разработан специальный алгоритм передачи управления между функциональными блоками модуля взаимодействия с элементами сети с целью обеспечения возможности использования при конструировании VLM-модулей команд, исполняющихся в асинхронном режиме. Такая возможность необходима для процедур установления соединения, приема и передачи пакетов, исполнение которых зависит от внешних событий.

Порядок передачи управления изображен на рис. 2. Как видно из рисунка, процедуры VLM-модуля исполняются по частям. Управление им передается из асинхронных процедур при возникновении соответствующего события (например, при получении или отправке очередного пакета). В тот момент, когда требуются еще не полученные данные, или при передаче пакета буфер отправки еще занят, управление возвращается и устанавливается флаг

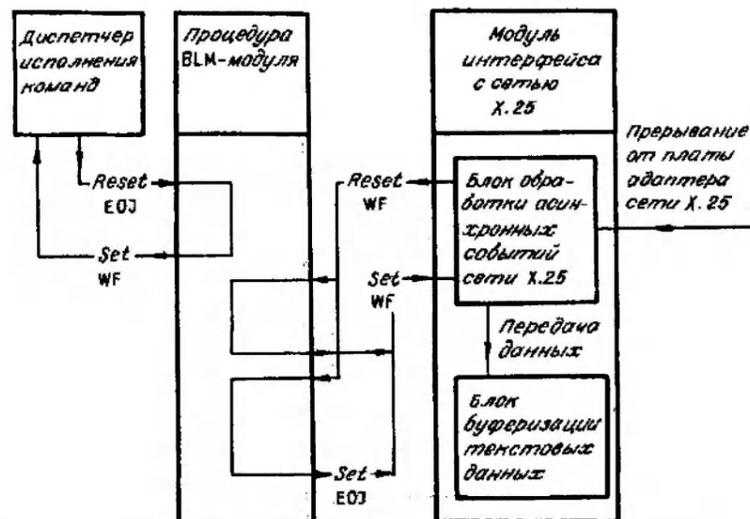


Рис. 2. Схема передачи управления при функционировании процедур тестирования объектов сети:
WF — флаг ожидания события (прихода данных), EOF — флаг окончания работы процедуры

ожидания события. При установке этого флага блок ДАС начинает контролировать время ожидания. По истечении тайм-аута возвращение в ожидающую процедуру происходит непосредственно из ДАС и устанавливается флаг неудачного завершения команды.

В итоге можно сформулировать следующие особенности построения и функционирования модуля ВСЭ: а) запросы от модулей УПМС обрабатываются последовательно, имеется система буферизации запросов; б) процедуры взаимодействия системы мониторинга с объектами сети вынесены в отдельные, динамически загружаемые двоичные модули (файлы); в) реализована так называемая «асинхронная» схема работы процедур тестирования объектов; г) возможна динамическая настройка модуля тестирования (установка количества повторных попыток выполнения команд, тайм-ауты при получении и передаче данных по сети); д) реализован прозрачный с точки зрения программирования механизм асинхронного обмена текстовыми данными, используемый в загружаемых двоичных модулях.

Заключение. Таким образом, была разработана и реализована подсистема мониторинга интегрированной системы управления сетью передачи данных. В итоге работы создан механизм доступа к объектам сети, обеспечивающий взаимодействие с различными типами оборудования, разработаны средства для включения в систему оборудования новых типов. Применение модульного подхода при разработке подсистемы позволило варьировать мощностью системы управления сетью от одного компьютера до многомашинного комплекса. В будущем предполагается развитие подсистемы в направлении обеспечения поддержки стандартных (де-факто) протоколов управления сетями передачи данных (например, SNMP).

Подсистема была опробована на сибирском фрагменте сети ИАСНЕТ в составе комплекса ИСУСПД, включающего оборудование производства Института автоматики и электрометрии СО РАН (Новосибирск), Опытного завода РАН (Черноголовка), Dynatech Company (США).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гольдфельд В. М., Иванченко А. Я., Литавр Д. Л. и др. Интегрированная система управления сетью передачи данных // *Автометрия*.—1994.—№ 2.
2. Юрин К. Э. Интерактивная графическая подсистема контроля и визуализации состояния сети передачи данных // Там же.
3. Песляк П. М., Щербакова Н. Г. Информационная модель сети передачи данных и ее реализация // Там же.
4. Rose M. T., McCloghrie K. Structure and identification of management information for TCP/IP-based internets // RFC 1155, 1990.
5. McCloghrie K., Rose M. T. Management information base for network management of TCP/IP-based internets // RFC 1156, 1990.
6. Case J. D., Fedor M., Schoffstall M. L., Davin C. Simple network management protocol (SNMP) // RFC 1157, 1990.
7. Internetwork Packet Exchange Protocol (IPX) with Asynchronous Event Scheduler (AES) // NetWare, Novell Inc.—1991.—3, N 10.

Поступила в редакцию 5 мая 1993 г.