

С. В. Горбачев, Ю. Е. Шейнин
(Санкт-Петербургская государственная академия
аэрокосмического приборостроения)

ПРОТОКОЛ ТРАНСПОРТНОГО УРОВНЯ ДЛЯ ТРАНСПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

Communication system of a transputer network is considered to be based on a packet switching. The standard data network protocols are often used in distributed computer systems design, but they have not important features for distributed computation control and not appropriate for transputer networks.

In this paper an original transport layer protocol for transputer networks is presented. The transport layer protocol structure, transport layer services and primitives and its main procedures are described.

Актуальной проблемой проектирования вычислительных систем с распределенной архитектурой — распределенных вычислительных систем (РВС) — является создание транспортной системы, способной надежно, быстро и эффективно осуществлять взаимодействие системных ресурсов.

Разработка РВС на транспьютерах, представляющей собой транспьютерную сеть, реализует средства коммуникации на основе транспортной системы, построенной в соответствии с требованиями на аналогичные структуры в сетях ЭВМ. Ориентация на "Архитектуру Открытых Систем" с учетом особенностей реализации единой операционной системы РВС позволяет добиться значительных результатов в организации параллельных вычислительных процессов в ВС с распределенной архитектурой. Имея существенные особенности, связанные с необходимостью организации взаимодействия транспьютерных модулей в среде единой операционной системы (ОС), нижние уровни архитектуры взаимодействия (физический, каналный, сетевой уровни поддержаны в той или иной степени в архитектуре транспьютеров) могут быть построены в соответствии с основными стандартами МОС.

Транспортный уровень транспьютерной сети определяет взаимодействие транспортных объектов (транспьютерных модулей) по транспортному протоколу. Обращение к транспортному уровню осуществляется ОС при необходимости связать два или более прикладных процесса.

Структура транспортного уровня обеспечивает разделение функций обработки и связи в транспьютерной сети. Функции обработки, возложенные на ОС, являются пользователями транспортной службы поставщика связанных услуг [1].

Структура транспортного уровня должна включать подуровень сеанса и подуровень соединения. Подуровень сеанса является связующим звеном транспортной системы с программно-аппаратными средствами ОС, реализующими функции сеанса связи системных и прикладных процессов. Взаимодействие между ними происходит через межуровневый интерфейс на основе системы запросов ОС к транспортной системе (табл.1).

Система запросов отображает возможности РВС на транспьютерах и требования ее ОС к набору услуг транспортной сети.

Запросы операционной системы к транспортному уровню

Запрос	Обознач.	Содержание
1	2	3
Заявка абонента	ЗА	Включение в сеть абонента с сетевым адресом М
Запрос работы	ЗР	Индикация в транспортной системе наличия свободного ресурса <i>i</i> -го типа
Исключение абонента	ИА	Выключение из сети абонента с сетевым адресом М
Снятие запроса работы	СЗР	Индикация в сети о занятии ресурса <i>i</i> -го типа
Установить связь канала с абонентом	УСА	Установление логического канала с абонентом по сетевому адресу в рамках нового транспортного канала
Установить связь с ресурсом	УСР	Установление логического канала с одним из ресурсов в рамках нового транспортного канала
Подключить абонента	ПА	Установление логического канала с абонентом по его сетевому адресу в рамках существующего транспортного канала
Подключить ресурс	ПР	Установление логического канала с одним из ресурсов заданного типа в рамках существующего транспортного канала
Разрешить доступ процессу	РДП	Разрешение процессу с именем Р в этом же абонентском модуле работать с портом уже существующего транспортного канала
Запретить доступ процессу	ЗДП	Запрещение процессу с именем Р в этом же абонентском модуле работать с портом существующего транспортного канала
Соединить контрагентов	СК	Установить логический канал между процессами — контрагентами ведущего процесса в рамках существующего транспортного канала
Разрушить связь с контрагентом	РСК	Уничтожение логического канала связи с ликвидацией порта данного логического канала в составе порта транспортного канала
Разрушить соединение	РС	Уничтожение транспортного канала с ликвидацией всех портов логических каналов, входящих в состав порта транспортного канала
Передать сообщение контрагенту	ПСК	Передача сообщения процессу-контрагенту по логическому каналу
Широковещательная передача контрагентам	ШПК	Передача сообщения от ведущего процесса всем процессам-контрагентам по многопунктовому транспортному каналу
Экспресс-передача абоненту	ЭПА	Передача сообщения абоненту по его сетевому адресу без установления транспортного соединения
Экспресс-передача ресурсу	ЭПР	Передача сообщения одному из ресурсов заданного типа с установлением логического канала на время передачи сообщения

Окончание табл. 1

1	2	3
Широковещательная экспресс-передача	ШЭП	Передача сообщения всем ресурсам заданного типа без установления транспортного соединения
Тайм-аут связи	ТАС	Перевод существующего транспортного канала в пассивное состояние с разрушением соединения на нижних уровнях
Выделение памяти	ВП	Резервирование оперативной памяти для транспортного канала для приема сообщения
Определение режима квитирования	ОРК	Указание необходимости квитирования при использовании экспресс-передачи

Поддержка на транспортном уровне функций ОС обуславливает необходимость разработки специализированного транспортного протокола, обеспечивающего, кроме стандартных услуг и функций, ряд специализированных средств транспорта в транспьютерной сети (табл. 2).

Таблица 2

Услуги транспортного уровня

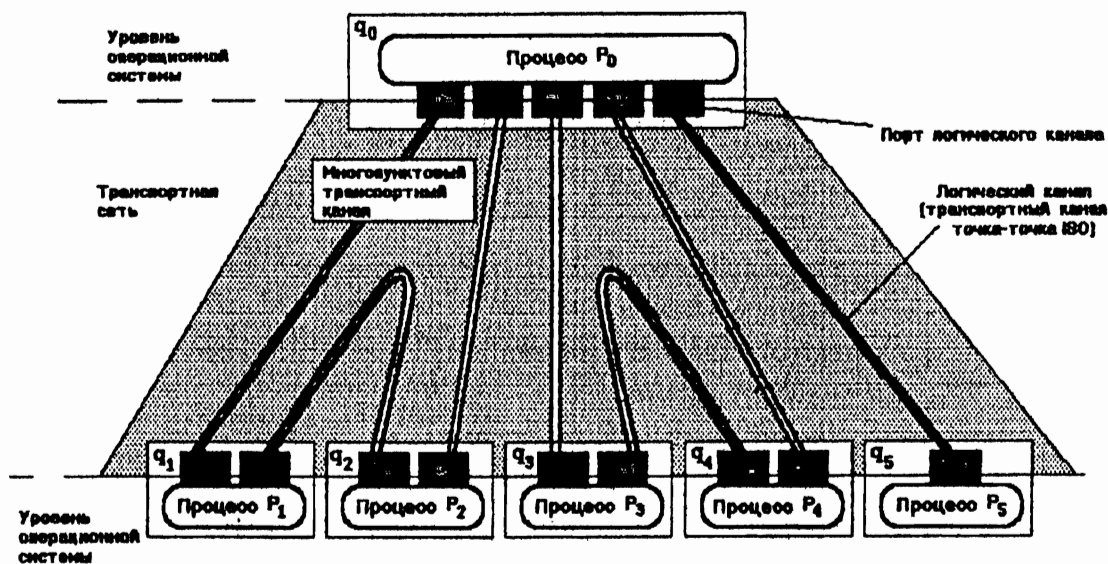
Услуга	Набор услуг		
	Основной	Дополнит.	Специальный
Выбор сетевого соединения	+		
Передача параметров	+		
Сборка—разборка	+		
Установление транспортного соединения	+		
Отказ от установления транспортного соединения	+		
Разъединение при ошибке	+		
Обработка ошибок	+		
Нормальное разъединение	+		
Мультиплексирование транспортных каналов		+	
Хранение параметров до подтверждения		+	
Кредитование ресурсов		+	
Установление многопунктового транспортного соединения			+
Установление транспортного соединения по типу ресурса			+
Динамическое управление коммуникационной сетью			+
Перевод транспортного соединения в пассивное состояние			+
Передача параметров без установления транспортного соединения			+

Подуровень соединения является звеном управления сети и осуществляет защиту от ошибок на транспортном уровне и синхронизацию. Управление осуществляется формированием запросов на соединение, поддержание и терминацию соединения на сетевом уровне транспьютерной сети. Межуровневый интерфейс определяет порядок и логику взаимодействия подуровня соединения и сетевого уровня. Такая структуризация транспортного уровня позволяет вести его разработку, спецификацию и верификацию на более высоком уровне, и необходима благодаря значению транспортной системы как основному средству согласования диспропорции между возможностями сетевых структур. Они почти полностью определяются функциональными возможностями встроенных в транспьютер типа T9000 процессора виртуальных каналов и аппаратно реализованного коммутатора пакетов IMS C104 — с одной стороны, и требованиями к управлению параллельным вычислительным процессом в РВС — с другой.

Транспортный канал обеспечивает разнообразные формы взаимодействия транспортных объектов. Традиционным является канал, определяющий транспортные взаимодействия двух абонентов (в режиме Unicast). Такой канал обеспечивает набор услуг, стандартизованных ISO. Режим взаимодействия задается ОС и контролируется ею на протяжении всего сеанса. Реализуется данная услуга основным и дополнительным набором базовых множеств примитивов. Режим широковещания определяет одновременную передачу транспортного сообщения от одного транспортного объекта всем остальным. Данный режим Broadcast обеспечивается дополнительным набором базового множества примитивов. Режим широковещания должен быть поддержан более низкими уровнями реализации РВС. Услуги по обеспечению возможности транспортного взаимодействия объектов в группе являются специфической особенностью РВС и связаны с необходимостью построения и функционирования логических исполнительных подсистем, в которых взаимодействует некоторое множество прикладных процессов. Их взаимодействие локализовано исполнительной подсистемой, представляющей собой программно-организованную структуру. Процессы, как правило, размещены в различных вычислительных модулях РВС и взаимосвязаны с помощью логических каналов. Таким образом, в рамках исполнительных логических подсистем различных типов могут объединяться группы процессов, взаимодействие которых определяется алгоритмами конкретных заданий.

С другой стороны, необходимо распараллелить процедуру передачи одного сообщения на транспортном уровне группе объектов данной исполнительной подсистемы. Решением этой задачи является такая архитектурная организация транспортной сети, которая, наряду с возможностью создания транспортных каналов типа точка—точка и широковещательных транспортных соединений, реализует режим Multicast и позволяет организовать в пределах одного транспортного соединения взаимодействие группы транспортных объектов, т. е. создать многопунктовый транспортный канал. На основе одного многопунктового транспортного канала в транспортной сети реализуются все требуемые логические каналы между выделенной группой процессов, функционирующих в различных транспьютерных модулях (рисунок). Эффективность такого подхода к построению транспортной системы определяется частотой обращений ОС к группам транспортных объектов.

Услугой транспортного уровня, отвечающей требованиям ОС на создание исполнительных подсистем для организации конкретных системных или прикладных процессов, является возможность запроса транспортного уровня на соединение с одним из модулей системы определенного типа.



Организация многопунктового транспортного канала.

Услуги транспортного уровня, связанные с управлением собственно коммуникационной сетью (КС), определяются структурой и возможностями последней. КС РВС требует динамического, в процессе функционирования, управления через систему коммуникационных команд, которые формируются на основе запросов ОС и обрабатываются средствами сетевого управления на уровне маршрутизации КС. Реализация уровня маршрутизации в транспьютерных сетях в значительной мере зависит от типа используемых транспьютеров. Если в транспьютере IMS T9000 работа с виртуальными каналами поддерживается встроенными механизмами, то для транспьютеров типа T805 механизмы сетевого управления должны быть реализованы программно.

Все запросы, генерируемые ОС и направленные к сети через транспортный уровень, а также запросы, порождаемые непосредственно на этом уровне, должны найти полное и однозначное представление в межуровневом интерфейсе транспортного уровня с сетевыми средствами. Основной задачей этого интерфейса является преобразование запросов транспортного уровня в соответствующие коммутационные команды уровня маршрутизации, которые далее в виде пакетов должны выдаваться в сеть, а также обратное преобразование при поступлении пакетов из сети.

При использовании встроенных механизмов управления на уровне маршрутизации (как в T9000) некоторые функции, связанные, например, с индикацией наличия в вычислительной системе ресурсов различных типов, реализуются на более высоком — транспортном уровне. Поэтому часть служебных сообщений из сети должна будет обрабатываться на транспортном уровне, а не на уровне маршрутизации.

С другой стороны, функции транспортного уровня, связанные с преобразованием запросов ОС в запросы к уровню маршрутизации, могут быть упрощены до минимума в сторону увеличения "прозрачности" транспортного уровня для них, если услуги, реализуемые с помощью сетевых средств КС, будут адекватны соответствующим процедурам транспортного протокола. Так, значительная часть запросов ОС к транспортному уровню обеспечивает создание исполнительных подсистем на базе многопунктовых транспортных каналов, а затем и их перестроение в процессе функционирования системы.

Поэтому реализация в протоколе уровня маршрутизации службы виртуального канала, функциональные возможности которого аналогичны транспортному каналу, во многом упрощает проблемы проектирования межуровневого интерфейса ТУ с уровнем маршрутизации. Эти требования могут быть выполнены при использовании процедуры построения многотерминального виртуального канала, древовидная структура которого обеспечивает взаимосвязь одного абонентского модуля с совокупностью других абонентских транспьютерных модулей РВС, обеспечивая при этом минимизацию используемых сетевых средств.

Структура протокола транспортного уровня, услуги и примитивы транспортного уровня и его основные процедуры, обсуждаемые в данной работе, были использованы в ряде проектов распределенных управляющих транспьютерных систем [2, 3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбачев С. В.; Дойников А. Д., Пуйто А. А. // Тез. докл. IV Всес. конф. КОМПАК—85. Рига, 1985. С. 15—18.

2. Горбачев С. В., Шейнин Ю. Е. // Транспьютерные системы и применения: Тез. доклада 2-й конф. Российской транспьютерной ассоциации. Домодедово, 1992. С. 6.

3. Горбачев С. В., Самойленко С. И., Солонина Н. Б. и др. // Тез. доклада 2-й Санкт-Петербургской междун. конф. "Региональная информатика". СПб., 1993. Май 11—14. С. 86—87.

Рукопись поступила 25.10.93