

Г-973

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ

На правах рукописи
УДК 681.324

ГУТЧЕ Райнер Хорстович

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
НЕОДНОРОДНОЙ ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ
МИКРО-ЭВМ
ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ**

05.13.11 — математическое и программное
обеспечение вычислительных машин и систем

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

НОВОСИБИРСК — 1988

памяти для организации автономных вычислительных систем, с одной стороны, и отсутствие высокоскоростных средств связи между машинами, с другой. Преодоление этих дефицитов требует очень больших материальных и организационных затрат и занимает существенное время, что очень нежелательно. Применение вычислительных машин в экспериментальных лабораториях имеет свою специфику. Условия внешней среды часто не позволяют размещать накопители информации непосредственно на установках, где находятся сами ЭВМ. Возможный большой разброс требований к скорости передачи данных, объему передаваемых данных и защищенности среды передачи от внешних помех ставит под сомнение целесообразность использования однородной локальной сети с наивысшими показателями.

Задача исследования принципов построения и методов реализации программного обеспечения неоднородной локальной сети микро-ЭВМ является весьма актуальной по двум причинам. Во-первых, от уровня реализации таких сетей в большой степени зависит эффективность работы экспериментатора. Эффективность, гибкость и дружелюбность локальной сети позволяют экспериментатору уделить больше внимания самому эксперименту, чем техническому обеспечению в терминах вычислительных машин. Во-вторых, бурное развитие в области сетей с общей передающей средой сконцентрировало внимание исследователей на аспектах доступа к среде, скорости и надежности передачи, стандартизации нижних уровней протоколов. Мало внимания уделялось вопросам верхних уровней протокола; фактически в стороне остались локальные сети на разнородной аппаратуре связи и все связанные с ними специфические проблемы.

Цель диссертационной работы состоит в исследовании и разработке программного обеспечения, реализующего на базе неоднородного оборудования связи локальную сеть микро-ЭВМ и предназначенного, в первую очередь, для эксплуатации в экспериментальных лабораториях. Для достижения этой цели решались следующие задачи:

Во-первых, проводился анализ специфики использования вычислительной техники в экспериментальных лабораториях. Рассматривалась ситуация в настоящий момент и тенденции ее развития с учетом вопросов стандартизации и вопросов применения доступных аппаратных и программных средств.

Во-вторых, исследовались особенности применения разнородной аппаратуры связи и принципы построения протокола неоднородной

локальной сети. Разработаны соответствующие алгоритмы и форматы данных.

В-третьих, реализовано программное обеспечение неоднородной локальной сети для наиболее часто используемых в работе экспериментаторов операционных систем и типов ЭВМ. Проверилась правильность принципов построения протокола, разработаны эффективные способы воплощения теоретических результатов в реальное программное обеспечение.

Научная новизна. При решении поставленных задач получены следующие основные научные результаты:

- Показана принципиальная целесообразность использования в автоматизации эксперимента
 - микро-ЭВМ без собственной внешней памяти,
 - неоднородной аппаратуры связи между машинами.
- Установлена важность реализации виртуальных дисков в локальной сети.
- Доказано существование приоритета достижения высоких показателей локальной сети перед применением стандартов, рассчитанных на определенные конфигурации сети и сложную дефицитную аппаратуру передачи данных.
- Разработан оригинальный локальный алгоритм маршрутизации для неоднородной сети микро-ЭВМ, предложен простой протокол для такой сети.
- Предложено рассмотрение виртуальных соединений на уровнях выше транспортного не между процессами, а между объектами и их (программами-) пользователями.
- Практическая ценность** работы заключается в следующем:
 - Разработан способ динамической загрузки отдельных частей подпрограмм с организацией их в связные списки, позволяющий производить настройку программного обеспечения каждой машины локальной сети на ее аппаратную конфигурацию с помощью мониторинговых команд.
 - Разработан простой механизм организации общего диска с частными модификациями, необходимый для запуска полноценной операционной системы на нескольких машинах с одного и того же системного диска.
 - Разработано и передано в эксплуатацию программное обеспечение неоднородной локальной сети, получившей название CMNet (Си-Эм-Нэт). Оно поддерживает наиболее распространенные в экспериментальных лабораториях микро-ЭВМ и соответствующие операционные системы, реализовано для широко-

го спектра аппаратуры связи и открыто для дальнейшего развития, подтверждает правильность воплощенных теоретических результатов и ликвидирует реально существовавший пробел в программном обеспечении.

Внедрение результатов работы. Разработанное автором диссертации программное обеспечение неоднородной локальной сети микро-ЭВМ CMNet широко используется в институтах Сибирского отделения АН СССР, учебных заведениях Минвуза РСФСР, ряде других организаций и предприятий страны. Оно принято в Минвузе РСФСР в качестве типовой сети для использования в системах автоматизации научных исследований и в автоматизированных обучающих системах.

Апробация работы и публикации. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на семинарах отдела вычислительных систем Института ядерной физики СО АН СССР, на республиканских совещаниях-семинарах «Использование ЭВМ в учебной и научно-исследовательской работе студентов» (г. Новосибирск, 1986 г. и 1988 г.), на четвертом Всесоюзном семинаре по обработке физической информации (г. Ереван, 1988 г.) и на Третьей Международной школе по АНИ (г. Пущино, 1988 г.). По теме диссертации опубликовано 5 печатных работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы из 62 наименований. Объем работы — 110 страниц, включая 6 рисунков и 3 таблицы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение содержит определение термина неоднородной локальной сети, обоснование актуальности темы диссертации. Сформулированы цель работы и основные задачи исследования.

Первая глава диссертации посвящена анализу состояния и требований к вычислительной технике в экспериментальных лабораториях.

Постоянное усложнение экспериментов приводит к тому, что в них участвует все большее количество ЭВМ. Сложные расчеты для подготовки эксперимента и основная обработка полученных данных выполняются, как правило, на крупных вычислительных машинах. Совсем по-другому обстоит дело для той вычислитель-

ной техники, которая принимает участие в самих экспериментах. Непосредственная подготовка, управление экспериментом и сбор данных, а также предварительная обработка полученных данных выполняются в среде с жесткими требованиями, предъявленными природой самого эксперимента. Поэтому здесь в подавляющем большинстве случаев используются микро-ЭВМ, снабженные необходимым количеством измерительных и управляющих модулей и соответствующими преобразователями сигналов, и установленные в непосредственной близости от экспериментальной установки. Параметры внешней среды в этих местах часто неблагоприятны для установки дисковых накопителей информации, которые боятся вибраций, перепадов температуры, магнитных полей, загрязненности воздуха и нуждаются в регулярном специальном обслуживании. В этой ситуации оказывается целесообразным эксплуатировать микро-ЭВМ без собственной внешней памяти, обеспечивая доступ к удаленным дискам.

Информационные связи между вычислительными машинами также подвергаются внешним воздействиям, при этом даже в пределах одной установки требования на уровень помехозащищенности могут сильно отличаться. Кроме этого, имеется обычно большой разброс необходимых скоростей передачи и объема передаваемых данных. Для удовлетворения этих неоднородных требований естественнее применять разнородную аппаратуру связи, чем однородную, удовлетворяющую по всем параметрам наивысшим требованиям. Таким образом, можно достичь предельно высокой гибкости системы в целом, не накладывая ограничения на применение любого вида аппаратуры передачи данных. Последнее также способствует некоторому сглаживанию проблем, возникающих из-за дефицитности отдельных компонент вычислительной техники.

Локальная сеть в экспериментальной лаборатории должна облегчить труд экспериментатора. Это означает, что она должна работать в привычной для человека среде и общаться с ним на удобном для него уровне. Естественно, что сеть должна работать на имеющейся в лабораториях вычислительной технике, повышая эффективность ее использования, и с применением имеющегося программного обеспечения. Аппаратура передачи данных должна быть недорогой, доступной, надежной и быстродействующей. Для машин без собственной внешней памяти должны быть реализованы виртуальные диски и процедура загрузки операционной системы с них. Машины, не имеющие физического терминала, нуждаются в реализации виртуального терминала. Вся сеть в целом дол-

жна обладать большой гибкостью и надежностью, оперативностью и простотой управления. Перечисленные требования к локальной сети экспериментальной лаборатории нельзя упускать из вида при проектировании новой сети, ибо несоблюдение хотя бы одного из них может свести на нет смысл всей разработки.

При анализе существующих локальных сетей выделялась одна характерная особенность. Большинство публикаций относится к нижним уровням протокола, к аппаратуре передачи данных и проблемам доступа к среде. Это можно объяснить коммерческими причинами, включая рекламу для производителей аппаратуры и потенциальных покупателей, а также тем фактором, что литература рассматривает обычно последние общепризнанные достижения. Пользователя сети, однако, интересуют на самом деле совсем другие характеристики сети. Важно, чтобы он решал свои прикладные задачи быстро, эффективно, удобно и имел бы возможность легко увеличивать показатели системы, используя новые, улучшенные устройства и программы. Местонахождение дисков, витые пары проводов, оптоволоконные кабели, CSMA/CD, 10 Мбод физической скорости — все это пользователя не касается. Ему нужна надежность хранения информации, скорость доступа к ней, надежность и низкая стоимость системы в целом.

В условиях дефицитности достаточно интеллектуальной аппаратуры связи обеспечение перечисленных характеристик возлагается на программы. Однако существующее программное обеспечение редко удовлетворяет требованиям, предъявляемым к нему в экспериментальных лабораториях. Одни (DECnet) требуют дорогостоящей аппаратуры или огромного места в оперативной памяти, другие (АЛИСА, RTM) рассчитаны на конкретную операционную систему или аппаратуру связи. Большинство разработок нераспространимо ввиду их несовместимости со стандартным математическим обеспечением, использования уникальной аппаратуры или низкого уровня надежности и документированности.

Имеющиеся стандарты для локальных сетей в большинстве случаев являются юридически утвержденными стандартами «de facto». Они между собой практически не связаны, в них очевидно отсутствие концептуальной целостности. Это приводит к тому, что некоторые функции дублируются на разных уровнях протокола, много ресурсов требует согласование отдельных уровней между собой. Большинство стандартов для локальных сетей рассчитано на специальное оборудование связи. При его отсутствии использование стандарта становится весьма проблематичным. Так как

локальные сети охватывают вполне обозримую территорию и находящуюся там вычислительную технику и аппаратуру связи, то можно отвлечься от внешних стандартов и создать свои внутренние. Сказанное становится необходимой предпосылкой для достижения высоких показателей локальной сети при отсутствии той техники, на которую рассчитаны общепринятые стандарты. Единственным действительно универсальным стандартом можно считать эталонную модель взаимодействия открытых систем.

Вторая глава диссертации содержит описание принципов и алгоритмов разрабатываемого протокола неоднородной локальной сети микро-ЭВМ. Протокол базируется на локальных алгоритмах. Транспортная служба сети выполняет негарантированную дейтаграммную доставку информации. Размер пакетов достаточен для передачи одного блока, содержащего 512 байтов. Текстовая информация кодируется в коде ASCII. В основе протокола лежит семиуровневая эталонная модель взаимодействия открытых систем. Целесообразно организовать сквозную передачу дейтаграмм между уровнями ниже сессионного, что подразумевает общую для всех этих уровней служебную информацию.

Уровень канала передачи данных является первым из разрабатываемых, так как физическая передача информации относится к вопросам аппаратуры. Канальный уровень выполняет передачу пакетов между парами ЭВМ, связанными между собой линиями связи. При этом не используются возможности широкополосной адресации, что очень незначительно снижает эффективность использования соответствующей аппаратуры связи, но существенно повышает логическую целостность протокола неоднородной сети и тем самым эффективность его реализации. По этой же причине каждая линия связи работает в полудуплексном режиме. На канальном уровне осуществляется контроль на ошибки передачи и подтверждение правильности передачи, что предотвращает искажение и потерю информации.

Сетевой уровень протокола отвечает за маршрутизацию дейтаграмм. Неоднородная локальная сеть в этом плане занимает промежуточное положение между глобальными сетями и сетями с общей передающей средой типа моноканал или кольцо. Первые нуждаются в сложном алгоритме маршрутизации, учитывающем небольшие скорости отдельных каналов, их загруженность и надежность. Вторые вообще не имеют маршрутизации. В неоднородной локальной сети используются быстрые и надежные каналы связи, которые позволяют обойтись без альтернативных маршру-

тов между машинами. Адаптацию к потребностям по скорости и объему передачи можно провести на уровне выбора топологии связей и конкретных интерфейсов.

В основе алгоритма маршрутизации лежит дерево основных линий связи, соединяющих узлы сети попарно между собой. На этом дереве определяется нумерация узлов следующим образом. Корень получает номер 1. Узлы-сыновья получают номер корня, сдвинутого на несколько разрядов влево. Младшие разряды выбираются так, чтобы адресные пространства поддеревьев не перекрывали друг друга. Алгоритм применяется рекурсивно до последних листьев дерева. Кроме основных линий, образующих дерево, могут существовать другие (дополнительные) линии связи, образующие вместе с основными практически любой произвольный граф топологии.

Маршрутизация производится на основе номера собственного узла и номеров всех смежных узлов. Сначала проверяются все соседи и узел, выполняющий маршрутизацию, на вхождение получателя в их поддерева. Если ни один из узлов не выполняет это условие, то информация передается в (единственную) основную линию, ведущую в сторону корня дерева топологии. Если получатель входит в несколько поддеревьев, то информация передается в наименьшее поддерево, т. е. узлу с наибольшим номером. Когда условие выполняет ровно один узел, то информация передается ему. Когда доставить информацию невозможно, сетевой уровень может вернуть отправителю соответствующее сообщение. Эта ситуация возникает при отсутствии линии, ведущей в сторону корня дерева, а также при отсутствии поддерева, содержащего адресованный узел. Групповые формы доставки информации используют только дерево основных связей и размножают пакеты программно.

Разработанный алгоритм маршрутизации является статическим по отношению к нагрузкам передачи на отдельных линиях, но адаптивным по отношению к изменениям топологии сети. Если топология не меняется динамическим образом, то гарантируется сохранение следования пакетов в сети. Целостность информации проверяет сессионный уровень. Поэтому для транспортного уровня не остается функций; он просто выполняет передачу пакетов между сессионным и сетевым уровнями протокола.

Сессионный уровень обеспечивает связь между процессами, для чего должны устанавливаться виртуальные соединения. Так как соединения несимметричны, целесообразно рассматривать вир-

туальные соединения между объектами и процессами-пользователями. Пользователи устанавливают и разъединяют соединения, посылают запросы, получают ответы. Общее для всех уровней протокола поле управляющей информации в дейтаграммах открывает возможность уникальной нумерации всех виртуальных соединений в сети. Номер виртуального соединения является составным, включая номер узла-хозяина объекта, номер узла-пользователя и номер объекта. Последний разделяется на номер класса объекта и порядковый номер внутри класса. Уникальность номеров виртуальных соединений очень удобна при дейтаграммном режиме передачи информации. Кроме этого, включение в этот номер адресов участвующих в соединении узлов обеспечивает совместно с проверкой маршрутизации на сетевом уровне высокую защищенность установленного соединения от несанкционированного доступа.

На прикладном уровне протокола определяются объекты и алгоритмы взаимодействия с ними. Определены классы виртуального диска, виртуальной ленты, устройства печати, виртуального терминала, удаленных подпрограмм, межзадачного обмена, шлюзов в другие сети и класс специальных объектов. Служба виртуальных файлов не реализована, так как она предполагает наличие специального файлового процессора в сети, реализация которого в неоднородной по операционным системам сети является чрезвычайно сложной задачей. Виртуальные диски и виртуальные ленты используются каждой операционной системой и представляют собой не что иное, как устройства хранения информации с произвольным или последовательным доступом, соответственно. Виртуальные терминалы работают в режиме посимвольного обмена, что диктуется необходимой простотой реализации при применении разных операционных систем. Алгоритмы управления потоком обеспечивают оптимальные соотношения между временем реакции и количеством пересылаемых пакетов. Класс специальных объектов включает сервисную службу сети, позволяющую обращаться к узлу по имени, передавать информацию на любой из терминалов сети, загружать операционную систему с удаленного диска и т. п.

Пакет сети состоит из последовательности от 14 до 600 байтов включительно. Два байта образуют слово, первый байт младшую половину, второй байт старшую. Максимальная длина представляет собой компромисс между стремлением увеличить длину для повышения быстродействия одного канала и стремлением уменьшить длину для обеспечения быстрой реакции на короткие запросы. Первые 12 байтов пакета занимает его заголовок. В нем

содержится информация, общедоступная на всех уровнях протокола. Сюда относится размер пакета, адреса узла-отправителя и узла-получателя пакета, счетчик для сбора многопакетных сообщений, подробный тип пакета, номер запроса и номер объекта. За заголовком расположена информация сессионного уровня. В конце пакета оставлено одно слово для передачи контрольной суммы. Оно используется лишь на канальном уровне.

Третья глава диссертации посвящена практической реализации неоднородной локальной сети CMNet для распространенных микро-ЭВМ и операционных систем и вопросам ее эксплуатации.

При разработке конкретного программного обеспечения часто оказывается, что первоначально заложенные теоретические основы недостаточны и требуются дополнительные решения. Этому вопросу, как правило, не уделяется достаточного внимания. Но ведь в конечном счете эффективность всегда зависит от реализации!

Разработка сети CMNet велась для операционной системы RT-11 (РАФОС), которую можно считать наиболее адекватной возможностям микро-ЭВМ LSI-11 (Электроника-60 и др.). Все программные компоненты также работают в системе TSX-Plus, совместимой с RT-11. Весь комплекс программ состоит из большого числа драйверов, двух различных задач обслуживания запросов, задачи управления сетью, задачи модификации конфигурации узла, задачи задания паролей доступа, сетевого отладчика и сетевого загрузчика.

Так как при запуске операционной системы RT-11 в оперативной памяти находятся лишь сама система и драйвер системного устройства, то последний должен содержать все программные компоненты, обеспечивающие доступ к виртуальному диску. К этим программным компонентам в зависимости от конкретной аппаратной конфигурации узла добавляются еще подпрограммы канального уровня для других типов интерфейсов связи, которые должны тесно взаимодействовать с центральным драйвером узла. Многообразие интерфейсов и конфигураций узлов не позволяет включать все необходимые подпрограммы в один драйвер. Поэтому нужен механизм динамической загрузки отдельных частей подпрограмм канального уровня. Операционные системы такой возможности не предоставляют. Единственным выходом оказалось создание драйверов линий, которые отвечают каждый за свой определенный тип интерфейса и загружаются в оперативную память по необходимости. Драйверы связываются в списки, и образуется конгломерат драйверов. Подпрограммы передают управление в соответствующее

место следующего драйвера, если такой имеется, или возвращают управление. Вызов таких подпрограмм-списков не отличается от вызова традиционных подпрограмм.

Распределение функций по остальным программам можно считать традиционным. Две программы обслуживания запросов, часто называемые серверами, устанавливают связь между сессионным уровнем, находящимся в центральном драйвере, и реально имеющимися ресурсами узла. Они отличаются друг от друга только объемом услуг и соответственно объемом, занимаемым в оперативной памяти. Программа управления сетью выполняет все функции взаимодействия пользователя с сетью, такие, как открытие и закрытие каналов, отправленные сообщения на терминалы других узлов, вывод состояния каналов или топологии сети и т. п. Для административных функций существуют еще две специальных программы, задающие конфигурацию отдельных узлов и пароли доступа к распределяемым устройствам. Системному программисту оставлена возможность проверки сетевых функций с помощью простого отладчика сети. Сетевой загрузчик выгружается в периферийные машины и выполняет загрузку операционной системы или автономных задач. Состояние прикладного и сессионного уровней каждого узла запоминается на диске и может быть восстановлено при перезапуске операционной системы. Статистика работы всех интерфейсов связи фиксируется в оперативной памяти. При необходимости она может быть выведена на терминал или запоминаться на диске.

Централизация и обобществление дисков для нескольких машин имеет ряд преимуществ. К ним относятся стоимость и надежность хранения данных и устранение дублирования. Сложности возникают при организации множественного доступа к дискам. Чтение может разрешаться многим узлам одновременно, запись на каждый диск (или определенную часть его) только одному. Системный диск является самым большим, но на него операционная система записывает некоторые параметры, различающиеся для разных машин, и содержимое оперативной памяти во время свопинга. При анализе необходимости записи на системный диск оказывается, что модификации подлежит очень небольшое количество блоков по сравнению с общим объемом системного диска. Поэтому целесообразно замещать при записи блоки общего диска на блоки из специально отведенного места, делая определенную запись в соответствующей таблице. Таким образом, каж-

дый узел может сделать свои изменения на общем системном диске, не разрушая информацию других.

Программное обеспечение сети CMNet эксплуатируется с августа 1986 года. Объем его составляет около 26 тысяч команд ассемблера MACRO-11, из которых 20 тысяч по разным причинам не могли быть написаны на другом языке. Из-за оставшихся 6 тысяч команд не стоило разрабатывать соответствующую базу в каком-либо из языков программирования более высокого уровня.

Во время эксплуатации сети CMNet, установленной в Институте ядерной физики СО АН СССР, проводились эксперименты различного характера. Конфигурация машин и топология связей между ними менялись в широких диапазонах. Центр снабжен дисками и находится в отделе вычислительных систем института. К нему подключены одиночные места и концентраторы, последние недавно были укомплектованы собственными дисками. С концентраторами связаны рабочие места отдельных групп. В общей сложности подключены 62 машины, расстояние их от центра находится в пределах до одного километра. За первое полугодие 1988 года центральная машина из 4368 часов не работала 187 часов по запланированным причинам и 41 час по незапланированным причинам. Единственная ошибка программного обеспечения находилась в командном файле сбора статистики о запуске системы и была устранена за две минуты. Средний объем обмена информацией составил 1,76 Мбайт на каждую машину в рабочий день. Средняя скорость передачи информации с одного диска, которым пользовались 39 машин, составляла 1,67 Кбайт в секунду в расчете на рабочее время. После установки дисков на концентраторах последнее число существенно снизилось. Пользовательская скорость обмена с электронным диском соседней машины через интерфейс SB-11 составляет около 13 Кбайт в секунду, предельная скорость сети без учета канального уровня 62,5 Кбайт в секунду. Скорость обмена с реальным диском очень сильно зависит от скоростных параметров самого диска. В условиях ИЯФ была зафиксирована скорость 8,8 Кбайт в секунду без позиционирования. Позиционирование головок существенно снижает эту скорость. Повышение скорости сети достигается с помощью правильного выбора сетевого интерфейса, умелого распределения дисков и применения кэширования для наиболее часто используемых файлов.

В заключении диссертации сформулированы основные результаты работы, а также описываются пути дальнейшего развития программного обеспечения сети CMNet.

Основные результаты работы

1. Теоретически обоснована целесообразность эксплуатации микро-ЭВМ, не имеющих собственной внешней памяти. Причиной этого являются условия в месте установки машины, где параметры внешней среды часто неблагоприятны для установки дисковых накопителей информации.

2. Показана целесообразность использования неоднородной аппаратуры связи между машинами в условиях экспериментальных лабораторий, а также в условиях отсутствия более совершенной и экономически доступной аппаратуры передачи данных.

3. Доказано существование приоритета достижения высоких показателей локальной сети перед применением большинства имеющихся стандартов на локальные сети, так как последние обычно рассчитаны на конкретную аппаратуру связи. Применение другой аппаратуры передачи данных вместе с имеющимися жесткими ограничениями на эффективность работы сети требует разработки специфического протокола, не имеющего аналога в стандартах для локальных сетей.

4. Разработан оригинальный алгоритм маршрутизации для неоднородной сети микро-ЭВМ, работающий на практически произвольном графе топологии связей сети. Алгоритм является статическим по отношению к нагрузкам передачи информации на отдельных линиях, но адаптивным по отношению к изменениям топологии сети.

5. Предложен простой протокол для неоднородной сети микро-ЭВМ, учитывающий особенности применения машин и средств связи. Транспортная служба выполняет негарантированную дейтаграммную доставку информации, на сессионном уровне устанавливаются виртуальные соединения. Предложено рассматривать виртуальные соединения между объектами и их пользователями, а не между программами, как обычно принято.

6. Разработан механизм динамической загрузки отдельных частей подпрограмм и организация их в связные списки. На основе этого механизма стало возможным осуществлять настройку программ каждой машины сети на свою аппаратную конфигурацию с помощью команд с консольного терминала.

7. Разработан простой способ организации множественного доступа к общему диску, требующий незначительных частных модификаций. Алгоритм позволяет организовать общие для многих

машин диски, содержание которых отличается незначительно. Это обеспечивает существенное сокращение требуемого дискового пространства и простое сопровождение общего программного обеспечения.

8. Разработано конкретное программное обеспечение неоднородной локальной сети для наиболее распространенных микро-ЭВМ, операционных систем и аппаратуры передачи информации, подтверждающее правильность всех воплощенных теоретических результатов, имеющее высокие показатели эффективности, живучести, надежности и дружелюбности, ликвидирующее реально существовавший пробел в программном обеспечении и поэтому используемое во многих организациях страны.

Публикации по теме диссертации

1. *Гутче Р.Х., Проконьев Ю.М., Филиппов В.Э.* Автономный учебный класс микро-ЭВМ.— В сб.: Всероссийское методическое совещание-семинар по обмену опытом использования ЭВМ в учебной и научно-исследовательской работе студентов. Тезисы докладов, Новосибирск, НГУ, 1986, с.96.
2. *Гутче Р.Х., Дубров С.В., Нифонтов В.И., Селиванов А.Н., Скарин И.А., Солодов И.А., Трегуб В.В., Уваров Н.П., Щечкочихин А.В.* Лабораторный практикум по изучению микропроцессоров на кафедре физико-технической информатики НГУ.— В сб.: Использование ЭВМ в учебной и научно-исследовательской работе студентов: Тезисы докладов Республиканского совещания-семинара, Новосибирск, НГУ, 1988, с.189—191.
3. *Гутче Р.Х.* Использование локальной сети микро-ЭВМ в учебном процессе.— В сб.: Использование ЭВМ в учебной и научно-исследовательской работе студентов: Тезисы докладов Республиканского совещания-семинара, Новосибирск, НГУ, 1988, с. 170—172.
4. *Гутче Р.Х.* Неоднородная локальная сеть микро-ЭВМ для научно-исследовательских лабораторий.— В сб.: Обработка физической информации: Тезисы докладов 4-го Всесоюзного семинара по обработке физической информации. Ереван, М.: ЦНИИАтоминформ, 1988, с. 9—11.
5. *Гутче Р.Х.* Неоднородная локальная сеть микро-ЭВМ CMNet. Описание для пользователей системы RT-11.— Препринт 88-117 Института ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск, 1988.