

## Красноярская сеть параллельных вычислений\*

В.В. Шайдуров, С.В. Исаев, А.В. Малышев†

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы организации параллельных вычислений в Красноярском научном центре (КНЦ) СО РАН. Обсуждаются существующие вычислительные и телекоммуникационные ресурсы КНЦ СО РАН и перспективы их развития.

### 1. Введение

Организация научных исследований на современном уровне требует соответствующей инфраструктуры для организации эффективного информационного обмена между участниками исследований. Кроме того, насущной потребностью для академических институтов и вузов региона стало решение большого круга задач, для которых не хватает мощности существующих однопроцессорных систем. Построение же высокопроизводительных распределенных вычислительных систем и решение задач информационного обмена возможно только с применением современных телекоммуникационных технологий.

### 2. Компьютерные телекоммуникации Красноярского научного центра

В Академгородке г. Красноярска находятся следующие подразделения Красноярского научного центра (КНЦ) СО РАН:

- Президиум КНЦ СО РАН,
- Институт вычислительного моделирования СО РАН,
- Институт физики СО РАН им. Л. В. Киренского,
- Институт биофизики СО РАН,
- Институт леса СО РАН им. В. Н. Сукачева,
- Институт химии и химической технологии СО РАН,

расположенные в девяти отдельных зданиях.

Работы по созданию высокопроизводительной сети передачи данных ведутся в Красноярском научном центре СО РАН с середины 90-х годов.

В ходе выполнения проектов РФФИ 94–07–00059, 96–07–89078, 98–07–90128 и 00–07–90340 “Создание интегрированной сети информационного сетевого центра в г. Красноярске”, при содействии гранта NIG 977221 научной программы НАТО и программы “Информационно-телекоммуникационные ресурсы СО РАН” появилась инфраструктура, позволяющая развивать вычислительные системы с удаленным доступом.

\*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 02-07-90135.

†Институт вычислительного моделирования СО РАН.

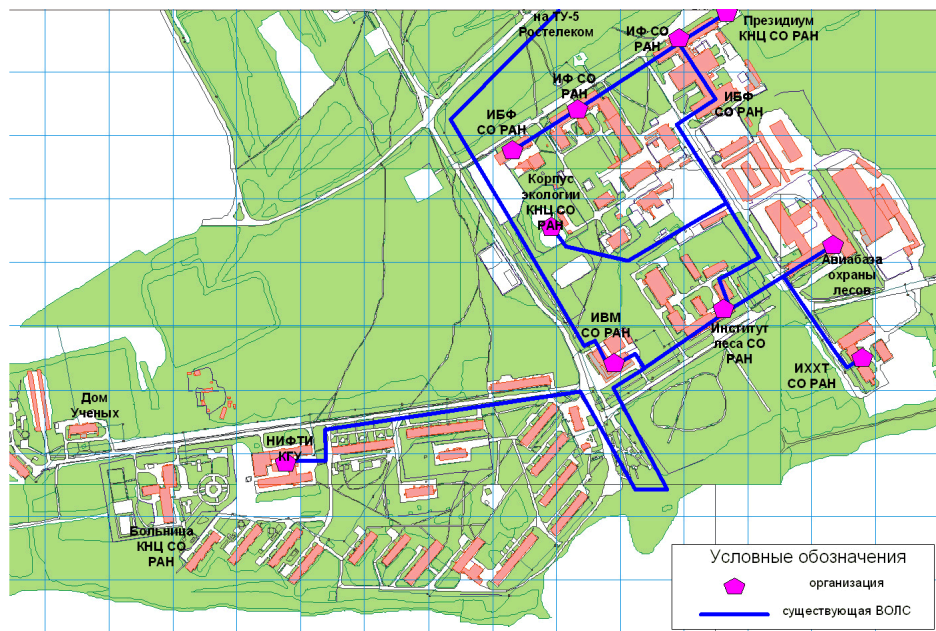


Рис. 1. Физическая схема оптоволоконных линий связи организаций КНЦ СО РАН в Академгородке

Магистральная часть сети в КНЦ базируется на оптоволоконных линиях связи стандарта FastEthernet. Схема физических соединений этой сети, к которой подключены более 600 современных компьютеров, приведена на рис. 1.

Следует особо отметить преимущества используемых волоконно-оптических линий связи (ВОЛС).

- Благодаря используемому при прокладке одномодовому оптоволоконному кабелю существует возможность увеличения пропускной способности с планируемых на первом этапе 100 Мбит/с (стандарт FastEthernet 100Base-FX) до 1 Гбит/с и более с помощью простой замены активного оборудования.
- Используемые безсварные соединения участков ВОЛС в зданиях позволяют строить различные физические топологии ВОЛС путем простой перекоммутации волокон.
- Реализуемая логическая топология сети (звезда) предусматривает индивидуальное соединения каждого здания с центральным узлом коммутации, что позволяет использовать всю полосу пропускания сети.

Существующий запас волокон позволил создать резервные и альтернативные каналы связи, а также использовать ВОЛС для развития телефонной сети Академгородка.

Четырехлетний опыт использования участков ВОЛС показал их высокую надежность и эксплуатационные качества: не было отмечено ни одного сбоя по причине ухудшения оптических свойств волокна или отказа активного оборудования.

### 3. Внешние каналы связи сети КНЦ СО РАН

Особенностью сети КНЦ СО РАН является ее удаленность от географического центра города и, соответственно, от узлов связи. Расстояние от Академгородка до ближайшего узла связи составляет около 6 км. Кроме того, качество телефонных линий тоже оставляет желать лучшего. Долгое время КНЦ вынужден был использовать низкоскоростные каналы связи для соединения

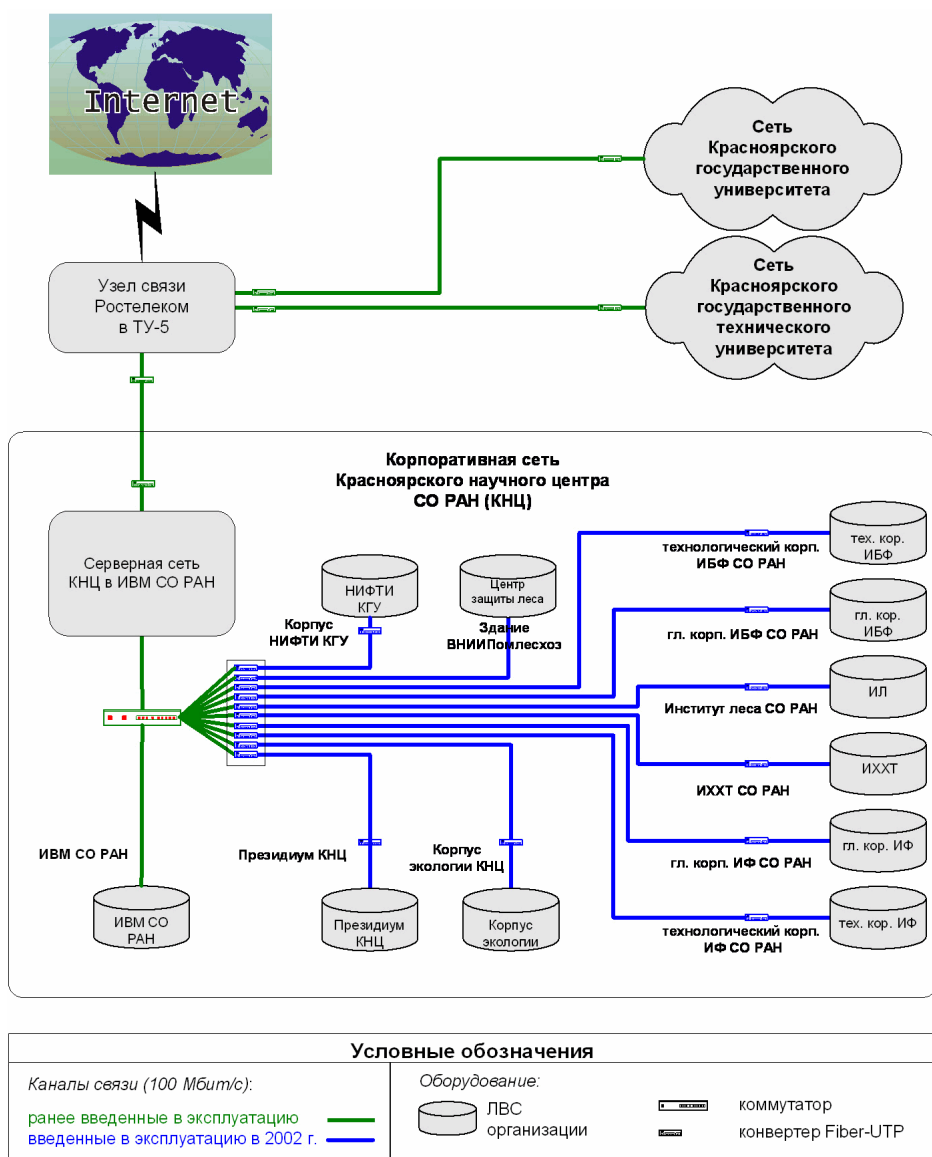


Рис. 2. Логическая схема соединений организаций КНЦ СО РАН с внешними сетями

с внешними сетями. Качественно улучшить связь позволило только создание оптоволоконной линии связи в 2000–2001 гг. Эта линия связи соединила КНЦ СО РАН с двумя узлами связи: территориальным узлом связи Ростелекома ТУ-5 и АТС 43/44, имеющей входы в городскую оптоволоконную магистраль ОАО “Электросвязь”. Схема логических соединений сети КНЦ СО РАН изображена на рис. 2.

В настоящее время функционируют:

- канал связи с Новосибирским научным центром СО РАН и выход в Интернет пользователей КНЦ СО РАН – 2 Мбит/с,
- коммерческий канал связи от Ростелекома используется как резервный для получения альтернативного доступа к Интернет-сети,
- канал связи с Красноярским государственным университетом (КГУ) – 100 Мбит/с,
- канал связи с Красноярским государственным техническим университетом (КГТУ) – 100 Мбит/с.

Кроме того, по достигнутым договоренностям с КГУ и КГТУ используются оптоволоконные каналы этих вузов для соединения с организациями КНЦ СО РАН центральной части Красноярска. Это позволяет обеспечить высокоскоростную связь с Институтом химии и химической технологии СО РАН (ИХХТ СО РАН) и вузами в центре города в рамках Красноярской научно-образовательной сети.

В настоящее время Красноярская научно-образовательная сеть активно развивается. В 2003 г. было проложено и введено в эксплуатацию несколько новых линий связи, в том числе ВОЛС длиной около одного километра, связывающая корпус “А” КГТУ и ИХХТ СО РАН.

#### 4. Построение распределенных вычислительных систем

В настоящее время выделяют [1] три основных класса распределенных вычислительных систем:

- мультипроцессорные компьютеры,
- многомашинные системы,
- распределенные вычислительные сети.

Отличительной чертой мультипроцессорных компьютеров является наличие нескольких процессоров, связанных быстродействующей шиной передачи данных, и наличие общей памяти.

Многомашинные системы – это вычислительный комплекс, включающий в себя несколько компьютеров (узлов), соединенных быстродействующими линиями связи. Каждый компьютер работает под управлением собственной операционной системы, а для функционирования комплекса как единого целого создано специальное программное обеспечение на каждом из узлов.

Вычислительная сеть строится на основе стандартных компьютеров, подключенных к общей сети передачи данных. Это может быть как локальная сеть предприятия, так и глобальная Интернет-сеть. Мультипроцессорные компьютеры за счет сложной шины передачи данных и устройств сопряжения процессоров являются наиболее дорогим и практически нерасширяемым решением

проблемы быстродействия. Вместе с тем, на них более успешно решаются задачи, требующие интенсивного обмена данными между процессами или доступа к общей памяти.

В тех случаях, когда поток данных менее интенсивен и обработка данных занимает большую часть процессорного времени, целесообразно применение многомашиных вычислительных систем (МВС). Каждый из компьютеров, входящих в МВС, является серийным устройством, а их размещение в одном конструктиве позволяет использовать сравнительно недорогое оборудование для организации быстродействующих линий связи. Таким образом, стоимость МВС может быть на порядок меньше мультипроцессорного компьютера с равной производительностью.

Самым дешевым вариантом распределенной вычислительной системы является вычислительная сеть. Большое число задач может быть эффективно решено с помощью множества относительно слабо связанных компьютеров. Это всевозможные переборные задачи, задачи обработки больших массивов информации и прочие.

Одной из современных тенденций в области телекоммуникаций является быстрое внедрение цифровых технологий и переход на быстродействующие линии связи. При этом по скорости передачи данных глобальные сети вплотную приближаются к локальным, а в некоторых случаях превосходят их за счет использования более совершенного оборудования. В этих условиях становится возможным использование общих сетей передачи данных для предоставления доступа к удаленным вычислительным ресурсам, соединения нескольких многомашиных систем или построения вычислительной сети, не уступающей по характеристикам МВС, построенной на оборудовании предыдущего поколения.

## 5. Вычислительные ресурсы корпоративной сети КНЦ СО РАН

В 2002 году в Институте вычислительного моделирования Сибирского отделения РАН (ИВМ СО РАН) была установлена 16-ти процессорная вычислительная система МВС-1000/16. В настоящее время она функционирует в непрерывном режиме и доступна пользователям корпоративной сети КНЦ СО РАН, научной-образовательной сети Красноярска и Интернет-сети. Ведутся работы по оптимизации использования двух компьютерных классов Красноярского государственного технического университета (КГТУ) в качестве вычислительного кластера, состоящего из 24-х компьютеров. Эти кластеры составляют основу функционирования Межинститутского центра параллельных вычислений. Многомашиная вычислительная система ИВМ СО РАН имеет кластерную архитектуру и состоит из 16 узлов в общей стойке, один из которых является управляющим, а остальные вычислительными

Пиковая производительность данной системы составляет около 14.0 млрд. оп/с. На суперкомпьютере установлено следующее программное обеспечение:

- 1) коммуникационные среды – реализации MPI:
  - MPICH ver 1.2.0,
  - LAM ver 6.3.3;

2) компиляторы:

- GNU C/C++/F77 ver 2.96,
- Intel C/C++ compiler ver 7.0 noncommercial;

3) пакет Intel Math Kernel Library v. 5.2 SP1, включающий в себя следующие оптимизированные библиотеки:

- BLAS – Basic Linear Algebra Subprograms, библиотека элементарных векторных и матричных операций;
- FFTs – библиотека для выполнения одно- и двумерного быстрого преобразования Фурье;
- LAPACK – библиотека для выполнения матричных преобразований, решения систем линейных алгебраических уравнений и проблемы собственных значений;
- Vector Math Library (VML) – библиотека для вычисления элементарных функций над векторами;

4) системы параллельного программирования:

- пакет SCALAPACK, ver. 1.7 – параллельная версия пакета LAPACK;
- система DVM, ver.3.82.

Для обеспечения стабильного функционирования МВС-1000/16 были решены следующие задачи:

- Настроена система безопасности на управляющем узле кластера, что создало условия для его безопасного подключения к Интернет-сети.
- Организовано подключение кластера к внешним сетям, в том числе и Интернет-сети по двум альтернативным каналам: через Новосибирский научный центр (удаленный доступ и передача данных) и по коммерческому каналу Ростелекома (только в режиме удаленного доступа). Организованная скорость подключения: 100 Мбит/с (пользователи КНЦ СО РАН, КГТУ, КГУ), 2 Мбит/с (пользователи сети Сибирского отделения РАН), 2 Мбит/с (пользователи Интернета по каналу Ростелекома).
- Закуплено и установлено устройство бесперебойного питания APC 2200, позволяющее не прерывать работу счетных задач при перебоих электропитания до 10–15 мин и штатно завершать работу кластера при более длительном отсутствии электропитания.

В настоящее время идет создание более мощного суперкомпьютера и проведение экспериментов по объединению по высокоскоростным линиям связи нескольких кластеров, принадлежащих организациям СО РАН и вузам. Работы по созданию распределенной вычислительной сети выполняются при поддержке гранта РФФИ 02–07–90135–ск “Создание Красноярской сети параллельных вычислений”.

Основные направления исследований в этом проекте:

- создание и установка кластерных суперкомпьютеров для нужд вузовской и академической науки региона;
- развитие и модернизация ресурсов городской коммуникационной сети вузов и научных учреждений города для организации удаленного доступа к устанавливаемым суперкомпьютерам;
- разработка математического и программного обеспечения для устанавливаемых суперкомпьютеров, в том числе языка параллельного программирования и транслятора для него;
- проведение на основе новых вычислительных возможностей фундаментальных исследований в различных областях науки.

## 6. Заключение

Успешный опыт создания высокоскоростных линий связи и эксплуатации высокопроизводительных распределенных вычислительных систем свидетельствует о тесной связи этих двух областей. Развитие телекоммуникаций позволяет решать задачи объединения вычислительных систем на качественно новом уровне. Вместе с тем, активное развитие специального программного обеспечения для параллельных вычислений и системного программного обеспечения позволяет вырабатывать новые принципы построения многомашинных вычислительных систем, таких как виртуальный суперкомпьютер [2] или глобальные проекты в области GRID-вычислений (распределенные вычисления в Интернете). В Красноярском научном центре СО РАН созданы хорошие предпосылки для успешной работы в области создания распределенных вычислительных систем и решения с их помощью актуальных научных и практических задач.

## Список литературы

- [1] Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – СПб.: Питер, 2001.
- [2] Лацис А. Как построить и использовать суперкомпьютер. – М.: Бестселлер, 2003.