

Сеть Интернет Новосибирского научного центра

С.А.Баранов, С.Д.Белов, С.В.Бредихин, С.П.Ковалев, С.А.Кулагин, С.Л.Мушер, В.С.Никульцев, А.Н.Скринский, И.В.Шабальников, Ю.И.Шокин, Н.Г.Щербакова, А.В.Феофанов

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы проектирования и реализации крупномасштабной сети передачи данных Новосибирского научного центра. Основное внимание сосредоточено на сетевых технологиях и организации каналов внешней связи. В заключение сформулированы основные результаты, определены проблемы эксплуатации и перспективы дальнейшего развития сети.

1. Цели и предпосылки проекта

В 1995-1996 гг. в Сибирском отделении РАН проведены работы по реализации проекта "Сеть Интернет Новосибирского научного центра".

Цель Проекта - создание сети Интернет Новосибирского научного центра (ННЦ) и обеспечение равного доступа к ресурсам российской и глобальной сетей Интернет для пользователей из исследовательских, образовательных и культурных сообществ Новосибирска. Совокупность институтов Академгородка представляется при этом базовым структурным элементом создаваемой сети.

Проект является коллективным. Во-первых, он выполняется совместно Сибирским отделением РАН, Российским фондом фундаментальных исследований, Фондом Сороса и INTAS; ресурсы этих организаций объединены для осуществления проекта. Во-вторых, в создании сети участвуют специалисты из различных организаций Академгородка. Наконец, все учреждения ННЦ, поддерживающие этот проект, имеют равные возможности для интеграции своих локальных сетей в "Сеть Интернет ННЦ".

Совместная деятельность по реализации проекта регламентируется "Протоколом о на-

мерениях" и "Договором о совместной деятельности по осуществлению проекта". Основными вкладами сторон являются:

- от Президиума СО РАН: предоставление существующей кабельной системы ННЦ, организация ее ремонта и прокладка новых линий связи; выделение необходимых помещений для центрального узла сети и оплата спутникового канала;

- от Будкеревского Института ядерной физики СО РАН: установка станции космической связи и обеспечение коннективности с российской и глобальной сетями Интернет;

- от Фонда Сороса: капитальные затраты на приобретение современного телекоммуникационного оборудования в соответствии с бюджетом проекта.

Для управления работами по реализации проекта и координации действий организованы "Совет по управлению" и "Технический комитет".

2. Историческая справка

В феврале 1993 г. Фонд Сороса объявил о "Программе по развитию телекоммуникаций" для научных сообществ бывшего СССР. В

основу этой программы были положены четыре основных цели:

- помощь в установлении международных связей, доступных для всех исследовательских и академических вычислительных сетей в СНГ;
- содействие росту местных сетевых инфраструктур и информационного обмена;
- помощь в координировании управления в исследовательских и академических сетях и в подготовке персонала для работы с сетью;
- содействие в подготовке конечных пользователей в образовательных и исследовательских организациях СНГ.

В июле 1993 г. инициативная группа специалистов СО РАН подготовила заявку на участие в программе. В мае 1994 г. был разработан проект "Akademgorodok Internet Project" (<http://www.nsc.ru/>), который в июле того же года прошел международную экспертизу. Исполнительный комитет Международного Научного Фонда одобрил проект и выделил 500000 USD на его реализацию.

В 1995-1996 гг. коллективом исполнителей были выполнены работы по реализации проекта "Сеть Интернет ННЦ". В результате была построена сеть передачи данных, которая получила название **NCSnet** (Novosibirsk Scientific Center Network).

Основная часть работ 1995-1996 гг. завершена. Проект находится в развитии: в настоящее время главное внимание сосредотачивается на решении эксплуатационных вопросов и проблемах расширения.

3. Основные принципы проектирования

Сеть Интернет ННЦ объединяет существующие локальные сети институтов и организаций ННЦ. Для участия в проекте организация должна иметь действующую локальную сеть, использующую протоколы TCP/IP, и выделенную линию связи с центральным узлом маршрутизации. Внутреннее устройство и дальнейшее развитие этих локальных сетей в рамках настоящего проекта не рассматривается.

Сеть Интернет ННЦ соединяется с российской и глобальной сетями Интернет посредством канала спутниковой связи. Наземная станция космической связи подключается к сети таким образом, чтобы, наряду с обеспечением эффективной передачи данных, гарантировать равноправный доступ всех пользователей к каналу внешней связи.

Сеть предоставляет полный спектр услуг Интернет своим абонентам. С ее помощью пользова-

тели получают интерактивный доступ в режиме реального времени к любому узлу Интернет, файловым серверам, базам данных и произвольным высокоуровневым сетевым службам.

Для непрерывного бесперебойного функционирования сети предусмотрены следующие мероприятия:

- техническая поддержка;
- оперативная диагностика;
- поддержка и обучение пользователей;
- контроль производительности телекоммуникационных систем;
- учет использования общих ресурсов.

4. Сетевые технологии

4.1. Кабельная сеть ННЦ и каналы связи

Локальная инфраструктура ННЦ базируется на существующей кабельной сети, имеющей звездообразную топологию с центральным узлом, расположенным в Институте вычислительных технологий СО РАН. Следует отметить, что использование существующей кабельной сети существенно снизило общую стоимость проекта.

Сегодня система линейных кабельных сооружений ННЦ представляет собой комплекс, состоящий более чем из 200 колодцев, связанных между собой кабельными каналами. Общая протяженность проложенных кабелей оценивается в 40 км. В качестве основных физических линий, обеспечивающих связь между зданиями институтов и подразделений СО РАН, используются два типа кабеля: высокочастотный кабель ЗКП и телефонные кабели типа ТФ-ОП различной емкости.

Проведенные к середине 1995 г. работы по восстановлению кабельных каналов и прокладке новых трасс позволили обеспечить подключение более 20 институтов СО РАН к центральному узлу маршрутизации по широкополосным каналам с пропускной способностью 2 Мбит/с. Применение технологии HDSL на кабельных трассах ТФ-ОП по двух- и четырехпроводным соединениям обеспечивает передачу данных со скоростью до 2 Мбит/с на расстояние до 7 км. Такие линии проложены практически до каждой организации ННЦ (Рис. 1).

В ноябре 1995 г. в рамках программы INTAS на территории ИЯФ СО РАН была установлена станция спутниковой связи, обеспечивающая выход в глобальную сеть Интернет.

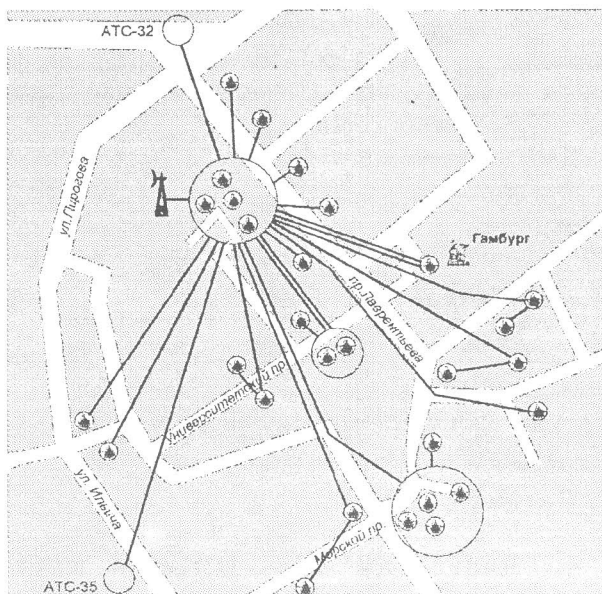


Рис. 1. Кабельная сеть ННЦ

В первой половине 1996 г. был построен и запущен в эксплуатацию радиорелейный канал на базе "Эриком-11" между центральным узлом сети и зданием ГПНТБ СО РАН, расположенным в 20 км от Академгородка. Пропускная способность этого канала составляет 2 Мбит/с.

В сентябре 1996 г. был запущен в эксплуатацию канал передачи данных со скоростью передачи 2 Мбит/с на основе технологии Frame Relay, соединивший центральный узел сети с телефонной станцией АТС-23, расположенной в центре г. Новосибирска.

Для доступа к ресурсам сети отдельным пользователям и удаленным организациям, не имеющим в настоящее время подключения к кабельной сети ННЦ, были арендованы коммутируемые линии городской телефонной сети и организована служба Dial-Up. Подключения к сети по такой технологии обеспечивают пропускную способность до 28.8 Кбит/с.

Общая структура каналов сети NSCnet, сложившаяся к концу 1996 г., приведена на Рис. 2.

4.2. Центральный узел маршрутизации

Оборудование центрального маршрутизационного узла объединено технологической локальной сетью. В состав узла входят:

- два маршрутизатора Cisco-4500 (2E, 8S) и один маршрутизатор Cisco-4500 (6E, 8S) для высокоскоростных подключений;

- два групповых Short Range модема ASM-40 фирмы RAD Data Communications на 16 на-

- правлений со скоростью передачи данных 2 Мбит/с в синхронном режиме;

- групповой модем ВВ2М фирмы Nokia на 8 направлений со скоростью передачи данных 2 Мбит/с в синхронном режиме;

- маршрутизатор Cisco-2511 (1E, 2S, 16A) для подключений по коммутируемым телефонным линиям;

- групповой модем типа 3267 фирмы Motorola на 16 направлений для коммутируемых телефонных линий (стандарт ITU V.34, асинхронный режим); подключение к городской телефонной сети обеспечивается через УАТС CORAL-II;

- оборудование локальной сети центра управления (HUB's, АUI/BNC/TP Transceivers, LAN Surge Protectors);

- система стабилизированного электропитания (UPS's).

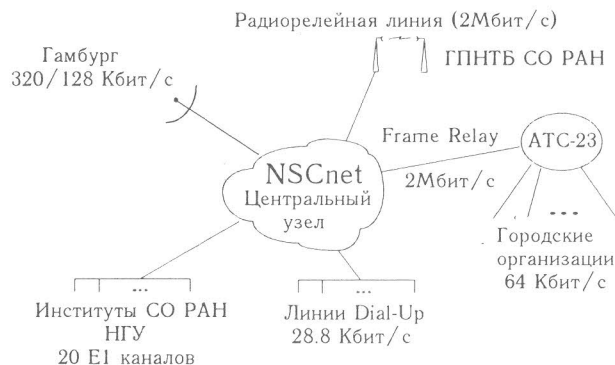


Рис.2. Структура каналов

В настоящее время центральный узел маршрутизации обеспечивает подключение 24 каналов E1, 16 коммутируемых телефонных линий и 7 Ethernet-портов.

4.3. Система спутниковой связи

Для подключения к глобальной Интернет используется спутниковая система, обеспечивающая канал передачи данных Новосибирск-Гамбург. Система работает в С-диапазоне с российским спутником "Радуга-35", оснащена антенной диаметром 4.8 м и передатчиком мощностью до 40 Вт, что позволяет увеличивать емкость канала до 2 Мбит/с.

В системе используются два маршрутизатора фирмы Cisco Systems. Спутниковый модем подключен к маршрутизатору Cisco-2501, принадлежащему автономной системе провайдера канала (Radio-MSU). Маршрутизатор управляется совместно персоналом проекта и провайдера. Второй маршрутизатор (Cisco-4000M) используется для подключения сетей проекта к выде-

ленному сегменту локальной сети ИЯФ СО РАН и управляется персоналом проекта. Этот маршрутизатор связан с центральным узлом сети NSCNet двумя каналами E1.

При проектировании системы доступа к спутниковому каналу специальное внимание было уделено получению устойчивой системы, мало зависящей от существующих в локальной сети ИЯФ СО РАН потоков данных. Для этого сегмент локальной сети, пропускающий внешний трафик проекта, был максимально изолирован от основной локальной сети ИЯФ с помощью коммутатора Ethernet. На этом сегменте были оставлены только необходимые для поддержания функционирования системы подключения. Ограничение трафика в выделенном сегменте только внешним трафиком позволило заметно снизить количество коллизий в сети и количество ошибочных пакетов.

Система сбора и анализа статистики внешнего трафика проекта реализована на рабочей станции, подключенной к выделенному сегменту локальной сети ИЯФ СО РАН. Статистика собирается в виде почасовых отчетов, включающих адреса машин и порты/протоколы, содержащиеся в каждом передаваемом/принимаемом пакете. Ежемесячный объем собираемых статистических данных превышает 50 Мбайт.

В настоящее время используется асимметричная конфигурация канала: 320 Кбит/с для приема информации и 128 Кбит/с для передачи. Загрузка канала близка к максимальной, достигая 98% полной емкости в рабочее время. Средний трафик превышает 2.5 Гбайт в сутки.

4.4. Подключение локальных сетей

Со стороны коллективных абонентов, на уровне локальной сети организации, предусматриваются типовые схемы подключения к центральному узлу в зависимости от развитости локальной сети и количества ее узлов. В построенной звездообразной структуре на каждом ее луче может быть подключено несколько организаций.

Типовые конфигурации:

- для институтов с развитой внутренней сетевой инфраструктурой и подключением по выделенным линиям: маршрутизатор Cisco-4000 (2E, 4S) с модемами ASM-40;

- для институтов с подключением по выделенной линии: маршрутизатор Cisco-2501 (1E, 2S) и модем ASM-40 либо Nokia BB2M;

- в зданиях, где размещаются несколько организаций СО РАН, установлены маршрутизаторы Cisco-2505 (2S, 8E/HUB) и модем ASM-40;

- организации, расположенные в одном здании с центральным узлом сети, подключаются непосредственно к Ethernet-портам маршрутизатора Cisco-4500;

- организации, расположенные в центральной части г. Новосибирска, подключаются либо с помощью радиорелейной линии, либо по каналу Frame Relay: маршрутизатор Cisco-1005 (1E, 1S) с модемом ASM-40;

- абоненты, не имеющие выделенных линий связи с центральным узлом маршрутизации, подключаются по коммутируемым телефонным линиям с помощью модемов, работающих в стандарте V.34.

4.5. Администрирование и маршрутизация

Адресное пространство Сети Интернет ННЦ состоит из адресных блоков, выделявшихся отдельным организациям Академгородка при построении их локальных сетей до начала проекта, и единого блока адресов, зарезервированного для подключения новых организаций. В соответствии со сложившейся практикой использования адресного пространства при подключении новой локальной сети может возникнуть необходимость возврата ранее использованных в этой сети адресов прежнему провайдеру. В этом случае и в случае, если организация ранее не располагала официальными адресами, ей выделяется необходимый диапазон адресов из резервного блока.

Все эти сети объединены в автономную систему AS5387, зарегистрированную в июне 1995 г. Анонсирование этой автономной системы в глобальную Интернет осуществляется через автономную систему ИЯФ СО РАН (AS5402) и автономную систему IP-провайдера Radio-MSU (AS2683).

Летом 1995 г. зарегистрирован сетевой домен **nsc.ru**. Организации, участвующие в проекте, имеют возможность регистрировать свои сетевые имена в рамках этого домена. Именной сервер домена nsc.ru может использоваться в качестве вторичного именованного сервера для организаций-участников.

Совокупность сетей, обменивающихся маршрутизационной информацией при помощи некоторого внутреннего протокола, поддерживаемого только в ее пределах, именуется маршрутизационным доменом. Маршрутизаторы домена делятся на три группы: центральные - образующие кон-

троллер домена, периферийные и внешние. Любой периферийный маршрутизатор подключается к какому-либо маршрутизатору контроллера непосредственно или через промежуточные периферийные маршрутизаторы.

В контроллере домена осуществляется взаимно согласованный обмен информацией, получаемой от периферийных и внешних маршрутизаторов. Маршрутизаторы контроллера могут производить фильтрацию этой информации. Кроме того, ими контролируется информация, выдаваемая внешним партнерам, с целью обеспечения целостности и непротиворечивости представления о домене, формирующемся в Интернет.

Периферийные маршрутизаторы собирают информацию о маршрутах в контролируемых ими сетях, преобразуют ее в формат внутримонового протокола и пересылают ее маршрутизаторам контроллера. В свою очередь периферийный маршрутизатор получает от контроллера только маршрут по умолчанию (default route) на один из соединенных с ним маршрутизаторов контроллера.

Внешние маршрутизаторы поддерживают связь с внешними партнерами домена. Они получают подлежащую экспорту информацию из контроллера домена при помощи какого-либо внешнего протокола маршрутизации и передают ее партнеру без дальнейших изменений. Получаемую от партнера информацию они, также без изменений, передают в контроллер.

Внутренняя маршрутизационная структура сети базируется на протоколе IGRP, образующем маршрутизационный домен сети. Для периферийных сетей, не имеющих транзитных подключений к другим организациям, применяется статическая схема маршрутизации. Для сетей, подключенных к центральному узлу через Ethernet, обмен маршрутами осуществляется по протоколу RIP. Отдельная подсеть выделена для транспорта IP через Frame Relay.

В точках соединения сети с внешними партнерами функционирует маршрутизационный протокол BGP, обеспечивающий согласованную картину сети. В настоящее время внешними партнерами являются AS5402 (ИЯФ СО РАН), AS2118 (АО Relcom), представляемый IP-провайдером НТП "Инфотека" и AS3267 (RUNNet, Russian Federal University Network), представляемый Новосибирским государственным университетом.

4.6. Центр управления сетью

В центре управления сетью (ЦУС) установлены несколько рабочих станций, объединенных технологической локальной сетью с цент-

ральным узлом маршрутизации. Система управления предоставляет администратору сети следующие возможности:

- инвентаризацию оборудования сети и поддержку сетевых устройств (база сетевых объектов; карта сети с возможностью доступа к изображенным объектам посредством Telnet; управление конфигурациями; автоматическая загрузка системных образов; выполнение групповых операций);

- анализ функционирования сети (сбор данных о значениях параметров, регламентированных протоколом SNMP, с графическим представлением результатов; анализ маршрутов между объектами);

- обнаружение неисправностей (протоколирование событий; мониторинг сетевых устройств; проверка коннективности между объектами с выявлением ошибок на маршруте; получение оперативной информации о состоянии компонентов устройств).

В центре управления постоянно ведется сбор информации о неисправностях и изменениях в сети с фиксацией результатов в виде отчетов, что позволяет отслеживать общую картину функционирования сети. Он оснащен комплектом компьютерного оборудования, в состав которого входят:

- Sun SparcStation 5 с SunOS 4.1.3 (станция nscost). Программная система SunNetManager +CiscoWorks для управления всеми маршрутизаторами сети по протоколу SNMP. На этой же машине ведется непрерывная автоматическая регистрация ошибок в сети и формируются отчеты;

- Два X-терминала Sun X-terminal;

- Персональный компьютер для составления рабочей документации, используется также как сетевой терминал;

- Сетевой лазерный принтер LJ 4 MPLUS.

4.7. Серверы

NSCnet имеет набор современных технологических и информационных сетевых служб. Станции-серверы этих служб представляют собой модификации Sun SparcStation с различными версиями операционной системы SunOS/Solaris. Ниже приводится список этих станций и краткая характеристика выполняемых ими задач:

- Sun SparcStation 1+, SunOS 4.1.3. Служба DNS - первичный сервер домена второго уровня nsc.ru, вторичные серверы сетей клиентов. Служба sendmail - обеспечение приема/передачи электронной почты по протоколу SMTP,

почтовое обслуживание персонала Центра Управления, MX/relay для сетей клиентов;

- Sun SparcStation 5, SunOS 4.1.3. Служба FTP - архив общего доступа, содержащий различные пакеты свободно распространяемого программного обеспечения. Служба UUCP - обеспечение транспорта электронной почты для dial-up клиентов из/в Интернет;

- Sun Netra, Solaris 2.4. Служба WWW - домашняя страница центра управления, адресная книга ресурсов сетей клиентов и др. Служба PROXY - кэширование информации для сетей клиентов.

В мае 1996 г. был произведен перевод проху-сервера на новый компьютер Netra (SUN) с объемом дисковой кэш 2.5 Гбайт. Использование этой программной системы позволяет экономить до 30% международного WWW-трафика. Ежедневно через проху-сервер проходит порядка 1 Гбайт информации.

Все серверы связаны общей шиной Ethernet с технологической локальной сетью.

4.8. Служба Dial-Up

Для доступа к NSCnet по коммутируемым телефонным линиям городской телефонной сети организована служба Dial-Up, которая базируется на сервере доступа (access server), модемном пуле и UATC CORAL II. Регистрация абонентов (выделение IP-адреса, присвоение идентификатора и пароля) производится Администрацией сети. Доступ к сети осуществляется по протоколам PPP и SLIP.

В качестве сервера доступа выступает маршрутизатор Cisco 2511, сконфигурированный на использование протокола TACACS+ для осуществления контроля доступа к сети через коммутируемые линии. В модемный пул входит 16 устройств Motorola 3267, обеспечивающих скорость передачи данных до 28.8 Кбит/с, поддерживающих протокол модуляции V.34 и протокол коррекции ошибок V.42.

Управление и контроль за состоянием службы Dial-Up выполняется с помощью:

- сервера TACACS+, функционирующего на рабочей станции SPARCstation 5 и осуществляющего аутентификацию пользователей и сбор учетной информации;

- системы управления модемным пулом и сбора статистики Motorola Network Management System 9320, функционирующей на PC;

- системы контроля и сбора статистики UATC CORAL II.

В настоящее время существует ограничение на число клиентов службы Dial-Up, которое определяется количеством арендованных телефонных линий связи.

5. Учебный центр

Интернет растет и одновременно быстро изменяется. Новые программные средства, новые инструменты за год-полтора проходят путь от исследовательской разработки до широкого внедрения. На рынок каждые несколько месяцев выбрасываются новые продукты. Новые организации и группы пользователей подключаются к компьютерным сетям, и им необходимо обучение сетевому менеджменту, маршрутиционной политике, критериям выбора провайдеров, мультимедиа технологиям, приемам и технике теле- и видеоконференций. Для этого в 1996 г. в сотрудничестве с отделением информатики Новосибирского государственного университета и при содействии Института автоматки СО РАН был создан Центр обучения технологиям Интернет.

5.1. Технические средства

Оборудование центра состоит из 12 рабочих сетевых мест на базе Pentium 100, серверов на базе SUN SparcStation 5 и рабочей станции Silicon Graphics Indy Web Forge. Коннективность ИТС с центральным узлом сети NSCnet обеспечивается выделенным каналом E1. В состав телекоммуникационного оборудования входят два маршрутизатора Cisco, модемы и концентраторы. В Учебном центре установлен мультимедийный проектор 3M 8250 и другое проекционное оборудование. Учебный центр также оснащен высококачественной звуковой аппаратурой и видеокамерами для проведения телеконференций и дистанционного обучения.

5.2. Технология обучения

В настоящее время приняты две базовые формы обучения:

- двухсеместровый блок лекционных курсов и практикумов на уровне магистра по двухступенчатой университетской системе;

- интенсивное обучение в форме одно, двух-недельных рабочих групп и/или семинаров.

В Учебном центре ведется разработка новых форм обучения, рассчитанных на индивидуальное обучение. Основное отличие от известных форм заключается, во-первых, в создании Web-

ориентированных учебных курсов, заданий и блоков упражнений. Во-вторых, при использовании инструментов Интернет для обучения каждый учащийся может выбрать подходящий ему темп освоения учебного материала и, при необходимости, использовать систему ссылок на учебные или методические материалы, книги. По мере усвоения материала учащийся может выбирать задания повышающейся сложности.

В ближайших планах Учебного центра также "обучение в реальном времени" с помощью проведения лекций в ходе телеконференций или во время специально организованных распределенных событий с участием известных ученых в области информационных технологий.

5.3. Учебные курсы

В осеннем семестре 1996 г. разработаны и проходят апробацию следующие курсы:

- компьютерные сети: аппаратное обеспечение и протоколы;
- проектирование и разработка гипертекстовых систем;
- администрирование IP сетей;
- информационные ресурсы Интернет;
- программирование в среде TCP/IP.

В весеннем семестре 1997 г. проходят апробацию в учебном процессе следующие курсы:

- защита информации (инструменты и стратегия);
- multicasting and multicast routing;
- телеконференции (программные и аппаратные средства).

6. Web-ателье

В 1996 г. в рамках проекта организовано Web-ателье, основной задачей которого является создание, сопровождение рабочих материалов проекта и выполнение сопутствующих работ.

В настоящее время в Web-ателье организовано четыре рабочих места для разработки макетов страниц, новых информационных ресурсов, подготовки информации для WWW-сервера, администрирования WWW- и проху-серверов проекта, консультирования по вопросам разработки WWW-страниц и обучения WWW-технологиям. Все рабочие места подключены к технологической локальной сети ЦУС НИЦ.

Благодаря высококачественной графике и предоставляемому с моделью компьютера WebForce специализированному программному обеспечению, на рабочей станции Indy фирмы Silicon Graphics под управлением ОС IRIX 5.3. осу-

ществляется подготовка всех типов информации для WWW-сервера. Активно используются мультимедийные возможности данного компьютера для обработки аудио- и видеоинформации. Данный компьютер применяется также при подготовке и проведении различных теле- и видеоконференций.

Рабочая станция OptiPlex GXMT 5133 фирмы Dell под управлением ОС Windows-95 используется для ввода графической информации с помощью сканера HP ScanJet IIP (черно-белый) и последующей ее обработки, ввода и обработки текстовой информации, администрирования серверов, цветной и черно-белой печати макетов WWW-страниц с помощью принтера Stylus Color II фирмы Epson.

Вторая аналогичная рабочая станция используется для ввода графической информации с помощью цветного сканера HP ScanJet IICx и последующей ее обработки, ввода и обработки текстовой информации и администрирования серверов.

Терминал Sparc X-terminal фирмы SUN используется в качестве рабочего места при подготовке текстовой информации, при поиске информации на различных WWW-серверах, администрировании WWW- и проху-серверов проекта.

В 1996 г. на этой технической базе был создан WWW-сервер (<http://www.nsc.ru/>), который содержит информацию о проекте. Основные разделы сервера размещены на страницах About Project, Step by Step, Akadem-gorodok LANs, Information Resources, Who is Who. Сервер зарегистрирован в международных и отечественных реестрах и поисковых системах. На сервере находится и постоянно актуализируется информация о WWW- и FTP- серверах г. Новосибирска. Реализована поисковая система "Novo Search", с помощью которой можно найти интересующую информацию на любом WWW-сервере г. Новосибирска. Ежемесячно сервер посещают 5000 читателей. Наиболее активны читатели из России, США и Германии.

7. Основные результаты

В Новосибирском научном центре построена сеть **NSCnet**, включающая в себя в настоящее время свыше 2400 компьютеров и объединяющая более 30 институтов СО РАН, организации культуры и просвещения г. Новосибирска. NSCnet базируется на высокоскоростной опорной сети, обеспечивающей скорость передачи данных 2 Мбит/с.

Для связи центрального узла сети с организациями, расположенными в г. Новосибирске, созданы и введены в эксплуатацию радиорелейный канал передачи данных и канал, базирующийся на технологии Frame Relay. Оба канала обеспечивают скорость передачи данных 2 Мбит/с.

Обеспечена внешняя коннеktivность сети NSCnet с глобальной сетью Интернет по спутниковому каналу Новосибирск-Гамбург. Начальная пропускная способность канала 64 Кбит/с в течение года была увеличена до 320 Кбит/с на прием и 128 Кбит/с на передачу.

Спроектирован и реализован центральный маршрутизационный узел сети NSCnet. Узел базируется на высокопроизводительных многоканальных маршрутизаторах и широкополосных групповых модемах. Разработана и смонтирована система стабильного электропитания центра управления сетью и центрального узла маршрутизации.

Введен в эксплуатацию центр управления сетью NSCnet, обеспечивающий базовые технологические функции, а также поддержку ориентированных на конечного пользователя информационных служб.

Выполнены работы по организации и администрированию сети NSCnet: зарегистрирован домен **nsc.ru**, получен официальный номер автономной системы и блоки официальных адресов для подключения новых сетей. Разработана рабочая схема маршрутизации в сети.

Организованы информационные серверы, реализующие набор современных информационных служб. Сервер **www.nsc.ru**, кроме представления собственно информации, относящейся к проекту, выполняет функции интегрирования информационных ресурсов организаций, участвующих в проекте.

Создан и успешно функционирует учебный центр Интернет, служащий для проведения регулярных занятий с пользователями сети, конференций, совещаний и семинаров различного уровня.

Создано Web-ателье, на базе которого проводятся работы по подготовке материалов и документов поддержки сети NSCnet, а также обучение современным технологиям эффективно представления информационных ресурсов.

Важным результатом проекта является получение реального опыта, относящегося к построению и эксплуатации уникальной современной телекоммуникационной системы крупного масштаба.

8. Проблемы и точки роста

Двухлетний опыт эксплуатации сети показал, что для ее стабильного и надежного функционирования необходимо регулярно осуществлять регламентные работы с основным оборудованием. Поскольку кабельные сооружения ННЦ были построены в 1975-1978 гг., в настоящее время постоянно требуются профилактические и ремонтные работы. В основном эти работы связаны с восстановлением разрушенных колодцев, кабельных трасс и очисткой кабельной канализации.

В отношении программного обеспечения созданная сеть также требует квалифицированного сопровождения. Во-первых, при каждом расширении проекта (подключении новой организации, реструктуризации каналов внешней коннеktivности и так далее) необходимо соответствующее изменение конфигурационных файлов маршрутизаторов, отражение изменений на рабочих схемах, тщательная проверка непротиворечивости и корректности этих изменений.

Во-вторых, как показывает опыт, сеть такого масштаба требует постоянного надзора квалифицированных специалистов, обеспечивающих диагностирование и восстановление работоспособности подсистем сети в исключительных ситуациях.

Наконец, для обнаружения и предотвращения определенных сбоев необходимо вести постоянный статистический контроль и анализ состояния систем и сетей проекта. Эти обстоятельства диктуют необходимость формирования группы, занимающейся эксплуатацией и взаимодействием с абонентами сети на уровнях от системных администраторов до конечных пользователей.

Значительные финансовые ресурсы необходимы для оплаты арендуемых каналов. Такими каналами в настоящее время являются: спутниковый канал Новосибирск-Гамбург, Frame Relay каналы Академгородок-Новосибирск и коммутируемые телефонные линии ГТС, используемые для службы Dial-Up.

Организация наземного канала Новосибирск-Москва рассматривается как перспективная цель. Во-первых, такой канал, базируясь на федеральной коммуникационной магистрали Находка-Новосибирск-Москва, будет использован для разделения внешнего трафика и организации комбинированного канала Новосибирск-Западная Европа. В результате на таком канале могут быть получены пользовательские харак-

теристики, соответствующие емкости спутникового канала с характерным для наземных линий временем реакции. Во-вторых, этот канал будет резервным для спутникового канала.

Предполагается, что масштаб и сфера охвата сети Интернет ННЦ будут постоянно расти. Проект предусматривает возможности такого роста.

В настоящее время рассматриваются технические возможности для подключения культурных и образовательных организаций Новосибирска. Школы, библиотеки, музеи и картинные галереи г. Новосибирска, независимые средства массовой информации, учреждения здравоохранения и образования будут подключаться к Интернет в рамках развития проекта. Для выполнения этих планов необходимо создать узел сети NSCnet в центральной части г. Новосибирска.

Предполагается, что проект будет расширен для подключения к сети абонентов из конструкторско-технологических институтов и опытных производств СО РАН, Сибирских отделений Медицинской и Сельскохозяйственной академий и Государственного научного центра вирусологии и биотехнологии.

Данный проект рассматривается как пилотная разработка сетевой программы СО РАН и всего Сибирского региона. В рамках проекта в ННЦ реализуются и апробируются современные телекоммуникационные технологии. В частности, планируется создание оптоволоконной опорной сети со скоростью передачи 155 Мбит/с на базе технологии ATM.