

## ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

С.М. Абрамов, Д.В. Бельшев, В.П. Котельников,  
А.Ю. Пономарев, Ю.В. Шевчук (ИПС РАН)

Более 10 лет в Институте программных систем РАН работает лаборатория телекоммуникаций «Ботик», являющаяся совместной лабораторией ИПС РАН и Российского НИИ региональных проблем. Лабораторией разрабатываются три основных направления: создание экономически эффективных технических (аппаратных и программных) решений для построения региональных сетей (масштаба город—район) — Ботик-технологии; создание, сопровождение и развитие региональной компьютерной сети г. Переславля-Залесского — системы телекоммуникаций «Ботик» (СТ «Ботик») как полигона для экспериментальной и опытной эксплуатации, доводки «Ботик-технологий»; передача готовых и отлаженных решений в другие регионы России и страны СНГ.

### История развития СТ «Ботик»

Вначале СТ «Ботик» предназначалась для обслуживания ИПС РАН и РосНИИРП. Сегодня данная система является основным средством доступа к городским компьютерным ресурсам и сети Интернет для большинства предприятий и учреждений города и населения.

Эпоха UUCP. Работы в области телекоммуникаций начались в ИПС РАН в начале 1990-х годов. Это был период, когда в России еще не было TCP/IP-сетей и телекоммуникации развивались только в форме UUCP-сетей с поддержкой электронной почты, BBS- и FIDO-систем. Лидером в этих работах, пожалуй, была группа «Релком» из Курчатковского института. В силу давних связей (на почве исследований UNIX-подобных операционных систем) ИПС РАН с группой «Релком» стали

одними из первых участников разворачиваемой UUCP-сети «Релком».

**1994—1995 гг.** Завершение эпохи UUCP-сетей и начало работ с TCP/IP-сетями совпали по времени с появлением в России первых ПЭВМ с процессорами Intel 80386. В ИЦМС ИПС РАН новые возможности были использованы для осуществления перевода большей части разработок в среду ОС Linux. В 1994 г. было выполнено подключение локальной сети института к глобальной сети Интернет по выделенному телефонному каналу Переславль-Залесский—Москва к академической сети Москвы (узел связи М-5—здание Президиума Академии наук). Введение в эксплуатацию выделенного телефонного канала Переславль-Залесский—Москва (сеть EmNet/NIS) обеспечило институту и другим организациям Переславля-Залесского доступ к сети Интернет. Позднее, в 2004 г. был организован сервер World Wide Web ([www.botik.ru](http://www.botik.ru)) для представления в сети работ сотрудников института.

**1996 г.** В рамках реализации проекта «Сеть российских университетов (RUNNet)» было предусмотрено создание одного из узлов сети RUNNet в Переславле-Залесском. Земная станция спутниковой связи (ЗССС) «Калинка» была развернута на крыше здания ИПС РАН зимой 1995—1996 г. Космический канал (64 Кбит/с) связал Переславль-Залесский и Санкт-Петербург («Вузтелекомцентр», главный узел сети RUNNet). Интересно отметить, что комплект ЗССС «Калинка» для Переславля-Залесского был последним в первой очереди проекта RUNNet. Комплект был не полным — не хватило маршрутизатора фирмы Cisco. Это обстоятельство только подстегнуло исследования в направлении ПК-маршрутизаторов — реализации

маршрутизаторов на базе ОС Linux, аппаратуры номенклатуры IBM PC и собственных аппаратных и программных разработок [1–3]. Эти спонтанные разработки затем вылились в сознательное накопление экономически эффективных сетевых решений, базирующихся на использовании IBM-совместимых персональных ЭВМ под управлением ОС Linux в качестве роутеров, терминальных серверов, мостов Ethernet, центральных серверов различных телематических служб и т.д. Используя данные решения, была развернута компьютерная сеть института с протоколом TCP/IP; практически все научные сотрудники института получили доступ к e-mail и веб-ресурсам Интернет непосредственно с рабочего места. Для утилизации емкости сразу обоих каналов — 64 Кбит/с в сеть RUNNet и 21,6 Кбит/с в сеть EmNet/NIS — пришлось изучать тонкости глобальной маршрутизации, организовывать собственную автономную систему (AS5572, BOTIK, Scientific & Educational Network of Pereslavl-Zalessky).

**1997–1999 г.** *Гражданская сеть «Ботик».* Зимой–весной 1997 г. произошло сразу несколько значительных событий в истории работ лаборатории «Ботик»:

— началось использование RadioEthernet и оптоволоконных линий для передачи данных (10 Base-FL) в компьютерной сети Переславля-Залесского;

— был создан первый сегмент гражданской сети Переславля-Залесского, т.е. первый сегмент высокоскоростных (10 Мбит/с, 10 Base-T) постоянных подключений компьютеров в квартирах граждан к городской сети с выходом в сеть Интернет.

К весне 1997 г. первые 4 жилых дома и детский сад–начальная школа «Почемучка» ИПС РАН были «опутаны» витопарной компьютерной сетью (10 Мбит/с, 10 Base-T), 31 квартира и локальная сеть детского сада получили высококачественный доступ к сети. Всего система тогда обслуживала 254 компьютера, 143 из которых имели постоянное высокоскоростное подключение, 50 — постоянное низкоскоростное (через модем), а 61 — сеансовое модемное подключение. С этого

момента начались работы и исследования, направленные на разработку аппаратных и программных решений, организационных мер и сетевой политики, для обеспечения продвижения в Переславле-Залесском (а затем и в других регионах России и СНГ) [4, 5] компьютерных сетей, которые предоставляют на некоторой территории возможность высокоскоростного постоянного подключения к сети всем жителям и всем предприятиям на данной территории, реализуя принцип «Сеть для всех по разумной и доступной цене».

Особое значение в этих работах уделялось снижению цены создания сегментов сети и расходов во время эксплуатации системы:

— в 1997 г. были разработаны, отлажены и опубликованы технические решения по аппаратным и программным средствам ПК-маршрутизатора, что включало оригинальный способ организации «нерушимой» файловой системы и собственный сторожевой таймер (Watchdog) собственной разработки [2];

— в 1998 г. завершена разработка комплекта программного обеспечения для городских компьютерных сетей, включающего систему администрирования сети NAdmin, которая позволяет минимизировать эксплуатационные расходы на обслуживающий сеть персонал: большое число операций по эксплуатации сети в NAdmin автоматизировано или переложено с высококвалифицированных системных администраторов на средний технический персонал;

— в 1999 г. созданы технические решения эффективной реализации высокоскоростных (10–100 Мбит/с) каналов передачи данных средней дальности (до 2–3 км) без использования оптических линий со стоимостью кабельного оборудования на уровне 0,5 долл. за метр и стоимостью окончного оборудования на уровне 60 долл. США («удлиненный Ethernet» и «ускоренный RS-232»).

В ноябре 1997 г. был опубликован веб-сайт с подробным описанием всех наших технических решений [1,4] для построения городских компьютерных сетей. С этого момента началась передача Ботик-технологий в другие регионы России и СНГ,

включающих в себя и копирование документации с нашего веб-сайта, и прямые контракты на передачу технологий, в рамках которых мы помогали подбирать местный персонал, проводили теоретическую подготовку персонала и практическое обучение, шеф-монтаж первых участков сети и последующий авторский контроль. Первыми проектами передачи технологий стали гражданские сети Алма-Аты ([www.samal.ru](http://www.samal.ru), 1998 г.) и Москвы ([www.urbannet.ru](http://www.urbannet.ru), 1999 г.).

2001—2005 гг. Начиная с 2000 г. каждый год наблюдается экспоненциальное развитие системы телекоммуникаций «Ботик»: все основные количественные показатели (число подключений, объем передаваемых данных и т.п.) за год возрастают примерно в 1,5 раза. В конце 2005 г. к сети подключено более 3500 компьютеров у почти 1000 абонентов, среди которых порядка 100 организаций и 900 частных лиц. Система обслуживает практически все учреждения науки и образования Переславля-Залесского, ряд медицинских учреждений, большинство коммерческих предприятий, органы самоуправления, сотни горожан, предоставляя всем высококачественный сетевой доступ: 85% подключений как в организациях, так и в частных квартирах являются высокоскоростными постоянными подключениями: 100/10 Мбит/с.

Продолжались работы по совершенствованию Ботик-технологий. В 2001 г. была завершена разработка так называемого коммутирующего модуля для оптоволоконной магистрали. Модуль разработан с поддержкой устойчивости к низкому качеству электропитания в районных центрах России. Учитывались большой разброс напряжения в сети, частые и длительные перерывы в электропитании. Изготовлено двенадцать таких модулей, и вся оптоволоконная магистраль системы (от села Вельково на юго-западе до завода «Славич» на северо-востоке системы) модернизирована с применением данных модулей (рис. 1) [6].

В результате сегодня магистраль является единым сегментом коммутируемого Fast Ethernet и обеспечивает связь «каждый-с-каждым» для 12 магистральных узлов системы со скоростью

100 Мбит/с. Коммутирующие узлы способны поддержать работоспособность магистрали, даже если в течение суток будут 16-часовые перерывы в подаче электропитания, для их работы достаточно наличия в течение 8 часов в сутки любого (с отклонением от стандартов) электропитания.



Рис. 1. Модернизированная оптическая магистраль СТ «Ботик» (а) и пример покрытия микрорайона (б)

В 2001 г. произошло существенное улучшение во внешней коннективности системы «Ботик»: в дополнение к имеющимся каналам (канал 256 Кбит/с в «Яртелеком» и однонаправленный спутниковый канал 1,5 Мбит/с, http, HeliosNet) построен выделенный канал связи емкостью 2 Мбит/с из Переславля-Залесского в Москву (М9, стойка ЦНТК РАН).

Модернизация магистрали СТ «Ботик» и построение выделенного канала в Москву выполнялись в рамках суперкомпьютерной программы «СКИФ» Союзного государства России и Беларуси. Цель данных работ — обеспечение надежного высокоскоростного доступа к суперкомпьютерным установкам СКИФ в ИПС РАН для всех участников программы «СКИФ» Союзного государства и других заинтересованных учреждений науки и образования Союзного государства.

### Ботик-технологии

В результате более десяти лет работы в ИПС РАН была разработана технологическая основа для создания и эксплуатации недорогих и надежных

ных решений для внедрения региональных компьютерных сетей.

Ботик-технологии являются комплексным решением, охватывающим программную, аппаратную и организационную стороны системы телекоммуникаций, включая реализацию таких функций и подсистем, как стандартные телекоммуникационные сервисы, мониторинг, администрирование, биллинговая система, специализированная ГИС, IP-телефония и др.

Средняя стоимость создания одного абонентского высокоскоростного подключения составляет 200—300 долл. США. Система в первую очередь ориентирована на беспрепятственный высокоскоростной обмен информацией в рамках региона, развитие локальных связей и сетевых сообществ: весьма скромная ежемесячная плата дает право на безграничный обмен внутри системы. Ежемесячный платеж для граждан составляет \$3 за постоянное высокоскоростное (10—100 Мбит/с) подключение к системе. Эти платежи обеспечивают все эксплуатационные расходы на содержание системы. Доступ клиентов к Интернет-ресурсам вне системы требует от них разумной дополнительной оплаты. Эти средства идут на аренду каналов, соединяющих региональную сеть с Интернетом.

Ботик-технологии использованы при построении сетей в различных городах России и стран бывшего СССР, в том числе лаборатория «Ботик» успешно выполнила контракты по передаче технологий в Москве ([www.urbannet.ru](http://www.urbannet.ru)), Алма-Аты (Казахстан, [www.samal.kz](http://www.samal.kz)) и Раменское (Россия, [www.aviel.ru](http://www.aviel.ru)).

### **Общие принципы Ботик-технологий.**

В разработке высококачественных малобюджетных региональных компьютерных сетей необходимо учитывать следующие особенности, обусловленные спецификой российских регионов.

Стоимость создания (расширения) системы должна быть невысокой, правительство и потенциальные клиенты (предприятия, жители) могут обеспечить весьма скромные деньги для создания региональной компьютерной сети. При этом развивающаяся экономика требует создания значи-

тельной по масштабам системы (охватывающей все без исключения учреждения и предприятия, всех жителей) с самыми высокими техническими характеристиками. Поэтому:

- мы полностью отказались от использования дорогих телекоммуникационных устройств (например, готовых маршрутизаторов от Cisco, готовых серверов от IBM или Sun и т.п.). Вместо этого мы используем оборудование массового рынка, такое, как комплектующие для компьютеров класса IBM PC, оборудование Ethernet (10/100 Base-T/TX/FL/FX, wireless solutions 802.11a,b,g) и т.д.;

- мы полностью отказались от использования коммерческого программного обеспечения. Вместо этого мы используем свободное программное обеспечение (free and open sources software);

- за счет собственных аппаратных и программных разработок мы компенсируем технические недостатки (в том числе и в части надежности) используемой массовой аппаратуры и обеспечиваем недостающие функции и свойства. Таким образом, удастся достичь требуемых высоких технических характеристик системы при сохранении весьма низкой цены;

- для создания региональных сетей значительного размера мы используем технологию Ethernet и соответствующие кабели (twisted pair cables, fiber optic cables) и устройства (hubs, switches). Вообще говоря, все это оборудование разрабатывалось для небольших локальных сетей (local area network, LAN). Использование решений LAN для создания региональных сетей потребовало от нас решения некоторых технических проблем. Приведем только один пример проблемы, с которой не сталкиваются в LAN. Для соединения зданий в городских кварталах можно использовать дешевый кабель витой пары (вместо дорогого оптоволоконного кабеля). Однако при этом кабель и оборудование следует защищать от воздействия атмосферного электричества.

Ежемесячные расходы на систему должны быть невысокими. Для эксплуатации системы требуется немногочисленный персонал среднего уровня. Поэтому:

— в оборудовании и программном обеспечении системы мы реализовали меры, повышающие надежность, поддержали функции самопроверки работоспособности устройств и самовосстановления их после сбоя. Тем самым большая часть проблем устраняется системой без вмешательства персонала;

— в региональных сетях мы предусматриваем избыточные каналы связи, а в системе используем протоколы динамической маршрутизации, позволяющие автоматически (без вмешательства персонала) находить «обходные» маршруты, если часть каналов в системе оказалась в неработоспособном состоянии;

— разработаны система мониторинга и специализированная ГИС, обеспечивающие персонал своевременной и точной информацией о месте неисправностей в системе, которые не удалось устранить автоматически;

— все штатные операции, необходимые для эксплуатации системы (мониторинг, биллинг, обслуживание новых клиентов и оформление договоров, заведение новых услуг клиентов, изменение конфигураций услуг клиентам, техническая поддержка и т.п.), реализованы в системе так, чтобы их выполнял персонал, не имеющий серьезной компьютерной подготовки (достаточно навыков работы с веб-сайтами). Тем самым удается «разгрузить» системного программиста — выполнение большинства операций с системой передано от него в ведение технического персонала. Более того, многие операции переданы от технического персонала к клиенту: операции со своими услугами доступны клиенту для выполнения с соответствующего персонального веб-сайта клиента.

Должны учитываться региональные особенности:

— на большей части территории России качество электроснабжения весьма низкое (сильное колебание напряжения в сети, частые и продолжительные перебои в электроснабжении); стабильная работа системы в целом должна обеспечиваться с учетом данных обстоятельств. Поэтому нами были разработаны блоки питания (с аккумуляторами),

способные использовать внешнее электропитание низкого качества и обеспечивающие весьма продолжительную работу оборудования сети в условиях отсутствия электропитания;

— в сельских районах России оборудование для региональных сетей чаще всего придется размещать вне помещения. Был разработан специальный контейнер, который в российском климате обеспечивает необходимые для работы оборудования условия.

Таким образом, Ботик-технологии включают различные решения в части аппаратных средств, программного обеспечения и организационных мероприятий для создания и эксплуатации региональных сетей. Далее мы уделим основное внимание разработанным нами в последние годы аппаратным средствам для региональных сетей [7].

**Аппаратные средства для региональных сетей.** Центральным местом в любой сети являются активные узлы сети: маршрутизаторы, мосты, терминальные серверы и пр. Идея использования IBM PC со свободным клоном Unix для реализации этих устройств хорошо известна. Лабораторией «Ботик» освоено серийное производство универсального сетевого узла — ПК-маршрутизатора (рис. 2), который при стоимости в 400—1000 долл. обладает следующими свойствами:

— устойчивость к перезагрузкам и выключениям;

— отсутствие механически подвижных элементов (элементы частых отказов — вентиляторы процессора и блока питания, классические HDD);

— низкое электропотребление (около 10—15 Вт) и тепловыделение;

— использование блока питания собственной разработки с улучшенными характеристиками и включающего аккумулятора (для поддержки работы ПК-маршрутизатора в периоды отсутствия электропитания);

— программное обеспечение ПК-маршрутизатора позволяет реализовать следующие функции (в зависимости от применения): IP-маршрутизация; IP-фильтрация; Ethernet-bridging; кэширующий nameserver; спулер печати; термини-

нальный сервер; удаленная конфигурация и администрирование; обслуживание модемного пула; сервер безопасности (firewall); статистический учет работы клиентов (IP-трафик, статистический учет использования модемного пула).



Рис. 2. ПК-маршрутизатор без механически подвижных частей с низким энергопотреблением

Сторожевой таймер Watchdog для ПК-маршрутизатора. Специальное конфигурирование ОС Linux позволяет реализовать следующее свойство ПК-маршрутизатора: операция Reset (выключения/включения) допустима в любой момент времени и восстанавливает работоспособность ПК-маршрутизатора при ее потере. Таким образом, ПК-маршрутизатор может сам при обнаружении сбоя восстановить свою работоспособность путем выполнения перезагрузки. Для этого служит сторожевой таймер watchdog (рис. 3).

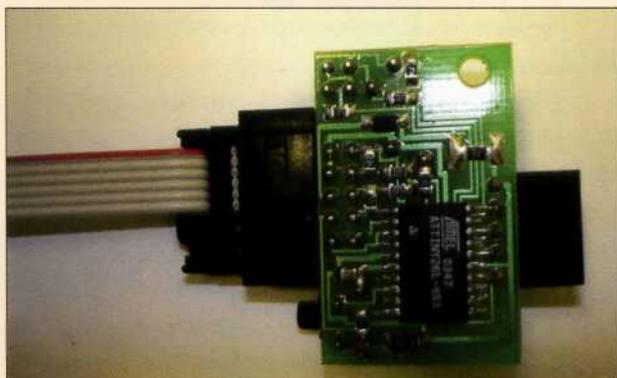


Рис. 3. Сторожевой таймер watchdog для ПК-маршрутизатора

Идея устройства очень проста:

- в ПК-маршрутизаторе запускается watchdog-драйвер (Unix-процесс), постоянно следящий за выполнением условия «все работает нормально». Набор выполняемых проверок зависит от конфигурации и периферии ПК-маршрутизатора. Пока условие «все работает нормально» выполняется, процесс с некоторым периодом  $T$  выдает аппаратный сигнал «ОК» на интерфейс аппаратуры;

- при отсутствии сигнала «ОК» в течение времени  $2T$  watchdog-аппаратура выполняет жесткий сброс ПК-маршрутизатора.

Серийно выпускаемый нами аппаратный сторожевой таймер разработан на базе микроконтроллера Atmel AVR AT90S2313. Основные характеристики изделия:

- в состав входят кнопка, светодиод и миниатюрный динамик (для звуковых сигналов);

- управление различными режимами таймера осуществляется одной кнопкой;

- предусмотрено звуковое предостережение о сбросе за 30 секунд до сброса;

- интерфейс с компьютером реализован через разъем IRDA.

Приятно отметить, что стоимость изделия получилась существенно ниже аналогичных, что позволило повсеместно использовать его в рамках построенной региональной сети.

Блоки питания. Одна из важных проблем, с которой часто приходится сталкиваться в небольших городах и сельской местности; — это нестабильное электропитание. Здесь проблемы делятся на две части: отсутствие электропитания в течение нескольких часов, а также скачки напряжения. Решение этих проблем стандартными средствами с использованием UPS дорого и не всегда возможно, так как обычный UPS с необходимыми характеристиками по длительности работы в автономном режиме достаточно велик и требует усложнения монтажа. В Ботик-технологии предусмотрен спектр устройств, обеспечивающих надежное электропитание для различных нужд.

Блок питания для ПК-маршрутизатора. Блок питания для ПК-маршрутизатора не содер-

жит механически подвижных частей (вентиляторов). Компактная встроенная аккумуляторная батарея в стандартной комплектации (может наращиваться) должна поддержать автономную работу ПК-маршрутизатора в перерывах электропитания до 30 минут. Блок питания сохраняет работоспособность при входном напряжении в диапазоне от 100 до 300 В и переносит увеличение входного напряжения до 500 В. В составе блока питания используется микроконтроллер Atmel ATtiny26, что позволило реализовать следующие характеристики изделия:

- автоматический выбор оптимального режима заряда батареи в зависимости от температуры аккумулятора;
- защиту от перегрузки и глубокого разряда батареи;
- передачу в ПК-маршрутизатор характеристик внешнего электропитания и характеристик батареи (в режимах заряда и разряда), последнее позволяет заменить батарею до ее существенной деградации.

**MicroUPS: блок питания для коммутаторов.** В региональных сетях на участках с «медной» магистралью используются многочисленные недорогие неуправляемые коммутаторы, выполняющие как функции точек доступа, так и функции ретрансляторов. Отключение электропитания в точке, где установлен коммутатор, влечет за собой перерыв в обслуживании не только подключенных к данному устройству пользователей, но и всей находящейся за ним части сети. Кроме того, в этой ситуации затруднена удаленная диагностика неисправности: невозможно отличить отключение электропитания от повреждения линии, неисправности коммутатора или его повреждения (пожар, кража и т.д.).

Для решения данной проблемы разработан компактный (50x30x30 мм) блок питания для мало-мощного оборудования с аккумулятором и микропроцессором Atmel ATtiny26, который позволяет:

- использовать внешнее электропитание низкого качества с большим разбросом напряжения: от 150 до 260 В;

- поддержать автономную работу Ethernet-коммутатора (5 Вт нагрузки) в перерывах электропитания (8 часов со штатным аккумулятором);

- передавать в региональную сеть (через EtherBox) характеристики внешнего электропитания и характеристики батареи (в режимах заряда и разряда).

**EtherBox: модуль управления неуправляемыми коммутаторами.** Для понижения расходов на эксплуатацию сети требуется максимально автоматизировать мониторинг работоспособности ее компонентов вне зависимости от того, имело изначальное устройство интерфейс для управления или нет. Для решения этой задачи было разработано и запущено в производство компактное (25x28x10 мм) изделие EtherBox на микросхеме Atmel AT94K05 с Ethernet-портом и поддержкой TCP/IP (рис. 4). Такое изделие, подключенное к свободному порту неуправляемого коммутатора, позволяет выполнять мониторинг этого узла сети с использованием привычного ping-теста.

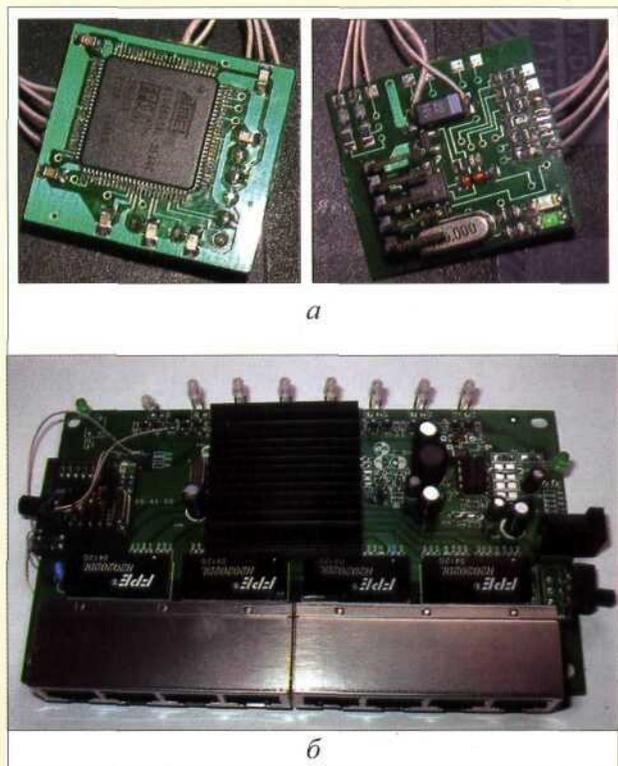


Рис. 4. EtherBox (а) вживлен в коммутатор COMPEX PS2208В (б)

EtherBox может быть подключен к датчикам и исполнительным механизмам для передачи в сеть той или иной информации или выполнения каких-либо действий по команде из сети (используется защищенный режим передачи информации и команд). Это позволяет передавать информацию от MicroUPS. Кроме того, подключение EtherBox к линиям управления основного чипа коммутатора позволяет реализовать управление коммутатором, сбор статистики по портам, управление режимами портов. Возможно также использование EtherBox для подключения к сети внешних устройств-датчиков (съем показаний различных приборов в интересах, например, жилищного хозяйства города) или различных исполнительных механизмов.

### Решения для сельских сетей

Проблема создания сельских сетей является фундаментальной проблемой для России в силу протяженности территории, большого числа сельского населения и отсутствия инфраструктуры связи в сельских районах. Компьютерные сети в селе позволяют закрепить молодежь на местах, решить проблему массовой телефонизации за счет IP-телефонии и многие другие проблемы. Отметим, что исследования в этой области были поручены ИПС в качестве проекта нашего отделения Академии наук. За 2004 г. были разработаны все необходимые технологические решения, для их отладки и проверки реализован пилотный сегмент сельской компьютерной сети, обслуживающей шесть населенных пунктов Переславского района (рис. 5).

Отметим основные особенности построения компьютерной сети в сельской местности. Прежде всего это большие расстояния как между населенными пунктами, так и между отдельными абонентами. Другая важная особенность состоит в том, что в селе, как правило, отсутствуют отопляемые помещения общего пользования, в которых можно установить оборудование. Установка аппаратуры в частных домах нежелательна, так как ремонтникам нужен свободный доступ к ней, при



Рис. 5. Карта проекта беспроводной сельской сети в Переславском районе

этом мы можем потревожить хозяев, поэтому требуется выполнить размещение оборудования на улице.

Общая структура компьютерной сети в сельской местности. Основные компоненты. В рамках выполненной исследовательской работы нами был проведен анализ решений, пригодных для создания сельских компьютерных сетей. На основе анализа мы получили следующую структуру для компьютерных сетей сельских районов России, изображенную на рис. 6, где отражены основные компоненты этой сети:

- магистральные линии, созданные по технологии беспроводной связи (/ на рис. 6), магистральные узлы системы;
- радиосоты (2), магистральные узлы системы с поддержкой функции базовой станции (узла беспроводного доступа к сети абонентов);
- магистральные волоконно-оптические линии связи (3);
- абонентский комплект беспроводного доступа (4);
- абонентский комплект доступа по технологии Ethernet, 5.

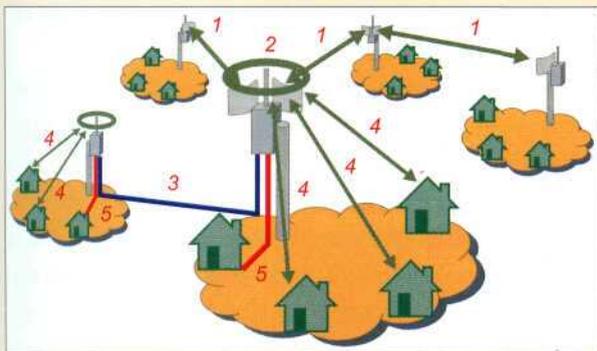


Рис. 6. Схема построения сегмента сельской компьютерной сети

Одной из основных задач при реализации описанной схемы является задача безопасного размещения оборудования вне помещений, которая была решена путем создания собственного термобокса (рис. 7) — влаго- и термоизолированного металлического «вандалоустойчивого» контейнера с поддержкой управляемого обогрева и охлаждения. Термобокс приспособлен для монтажа на высотных сооружениях (мачты, столбы, здания). Контейнер состоит из двух секций: термоизолированной, где расположено оборудование, и термонеизолированной, где располагаются аккумулятор и блок питания. При температуре от  $-10$  до  $+25$ , что свойственно для средней полосы России, никакого обогревателя и вентилятора включаться не будет.

Для реализации магистральных узлов и базовых станций в термобоксе размещают бескорпусной ПК-маршрутизатор с адаптерами IEEE 802.11\*. В зависимости от условий приме-

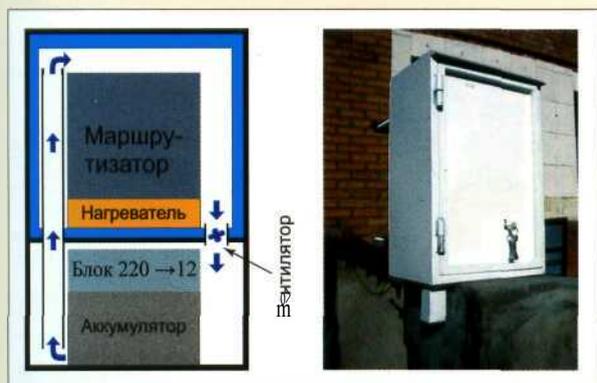


Рис. 7. Термобокс собственной разработки

нения к адаптерам подключают те или иные антенны для диапазона 2,4 ГГц. Для реализации абонентских комплектов использованы изделия D-Link DWL-900AP+ в режиме client.

**Высотные сооружения для беспроводных линий связи.** Самой большой проблемой для беспроводных технологий является требование прямой видимости между двумя антеннами на концах линии связи. Если не удастся использовать какие-либо высотные строения или особенности местности и за счет этого обеспечить прямую видимость, то приходится прибегать к установке вышек для размещения антенн радиооборудования. Однако организация таких вышек связана с дорогостоящими конструкциями и строительными работами. Если не удастся избежать строительства таких вышек, то дешевизна организации беспроводной линии сводится на нет. В рамках реализации данного проекта мы устанавливали обыкновенные бетонные осветительные столбы вместо применения дорогостоящих вышек. В некоторых случаях для обеспечения необходимой высоты столб наращивался специальной конструкцией для закрепления антенн (рис. 8). Кроме того, они использовались и для размещения контейнеров с оборудованием связи.

При организации беспроводных компьютерных сетей очень важным является определение условий прямой видимости между магистральными узлами системы. Как правило, такие работы выполняются специализированными организациями, что приводит к временным задержкам и дополнительным расходам. При массовом строительстве компьютерных сельских сетей размещение внешних заказов на проектирование может стать серьезным тормозом на пути реализации проекта. Поэтому для оценки наличия прямой видимости нами был применен простой метод, позволяющий самостоятельно выполнять все необходимые работы. Для оценки наличия прямой видимости и определения высот размещения антенн для магистральных беспроводных линий связи и антенн радиосот беспроводного доступа был закуплен метеорологический шар с чехлом

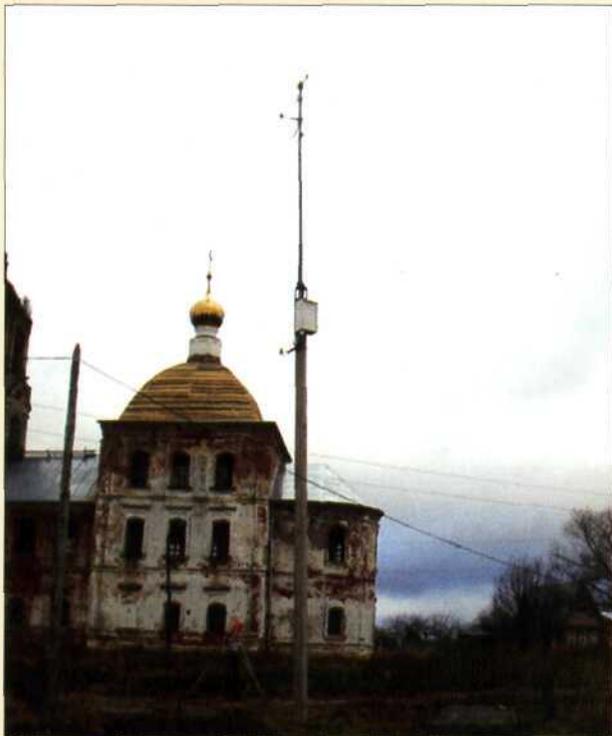


Рис. 8. Село Купань. Магистральный узел размещен вне помещения на специально установленном для этого осветительном бетонном столбе с дополнительной мачтой

яркой расцветки. Для определения необходимой высоты установки антенн над поверхностью земли производился подъем шара в точке предполагаемой установки первой антенны и велось наблюдение в точке установки второй антенны.

Резюмируя сказанное, можно констатировать, что 10 лет эксплуатации региональных сетей в городских условиях, построенных с использованием описанных программно-аппаратных средств, на практике доказали высокую надежность и отличные технические показатели сети при низкой стоимости. Построенный пилотный сегмент в сельской местности также позволяет сделать вывод о том, что разработанные технологические решения могут успешно использоваться и при построении сельских компьютерных сетей. Накопленный опыт по производству и внедрению разработанных решений позволяет рассчитывать на широкое распространение подобных сетей, что, несомненно, даст возможность большому количеству

людей идти в ногу со временем, пользуясь самыми современными технологиями.

Описанные в докладе работы были выполнены при поддержке суперкомпьютерной программы «СКИФ» Союзного государства, программ фундаментальных научных исследований ОИТВС РАН «Новые физические и структурные решения в инфотелекоммуникациях» и «Оптимизация вычислительных архитектур под конкретные классы задач, информационная безопасность сетевых технологий». Авторы особо благодарят академика Е.П. Велихова за его интерес к нашим исследованиям и активную поддержку наших работ в области создания доступных телекоммуникационных технологий.

### Список литературы

1. Экономически эффективные технологии построения городских телекоммуникационных систем для науки и образования. Методические материалы, электронный ресурс, <http://ivwww.botik.ru/tech/>. 1997.
2. Абрамов С.М., Позлевич Р.В., Пономарев А.Ю., Шевчук Ю.В. Опыт использования PC-роутеров. — В сб.: *Международный симпозиум «Роль информатики в региональном развитии»*. Переславль-Залесский, 26—29 октября 1996 г. Под ред. А.К. Айламазяна. — М.: Наука, Физматлит, 1997, с. 48—50.
3. Шевчук Ю.В. Методы построения экономически эффективных региональных компьютерных сетей. Дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук, спец. 05.13.11 — математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов, систем и сетей. ИПС РАН, 1999.
4. Абрамов С.М. Сеть для всех и по разумным ценам. — *Компьютерра*, 1997, М 34 (211), с. 28—30.
5. Абрамов С.М., Пономарев А.Ю., Шевчук Ю.В. Широко доступный Интернет как путь в открытое общество. Опыт Переславля-Залеского. — В сб.: *Труды конф. «Интернет. Общество. Личность» (ИОЛ-99)*. СПб, 1999.

6. Абрамов С.М., Котельников В.П., Пономарев А.Ю., Шевчук Ю.В. *О построении высокоскоростной оптической магистрали городской компьютерной сети с учетом особенностей электропитания в районных центрах России.* — В сб.: Труды Всерос. научной конф. «Научный сервис в сети Интернет». Новороссийск, 23—28 сентября 2002 г. — М.: Изд-во МГУ, 2002, с. 244—247.

1. Абрамов С.М., Котельников В.П., Пономарев А.Ю., Шевчук Ю.В., Якубов Б.В. *Новые аппаратные разработки для региональных компьютерных сетей от лаборатории «Ботик».* — В сб.: Труды Всерос. научной конф. «Научный сервис в сети Интернет». Новороссийск, 20—25 сентября 2004 г. — М.: Изд-во МГУ, 2004, с. 244—246.