

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

**Физический**  
**ИНСТИТУТ**



*имени*  
*П.Н. Лебедева*

Российской академии наук

**Ф И А Н**

ПРЕПРИНТ

**5**

Д. В. ДУМСКИЙ, Е. А. ИСАЕВ, М. А. КИТАЕВА,  
В. Д. ПУГАЧЕВ, В. А. САМОДУРОВ

**СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ И ХРАНЕНИЯ НАУЧНЫХ  
ДАННЫХ ПРАО АКЦ ФИАН**

Москва 2014



## **Системы передачи и хранения научных данных ПРАО АКЦ ФИАН**

**Думский Д.В.<sup>1</sup>, Исаев Е.А.<sup>1,2,3</sup>, Китаева М.А.<sup>1</sup>, Пугачев В.Д.<sup>1</sup>,  
Самодуров В.А.<sup>1,2</sup>**

*(1) - Пуштинская Радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН, Россия*

*(2) - Национальный исследовательский университет «Высшая школа  
экономики», Россия*

*(3) – ООО «ИТЭК», Россия*

### **Аннотация**

В работе представлены современное состояние и структура локальной вычислительной сети Пуштинской Радиоастрономической Обсерватории АКЦ ФИАН и каналы передачи данных проекта «Радиоастрон». Рассмотрены различные уровни архитектуры опорной сети, ее конфигурация, а также представлено оборудование и технологии, используемые для реализации научных исследований ПРАО.

### **Введение**

Значение астрофизических исследований для построения физической картины мира и изучения физических законов трудно переоценить. По сути, космос является уникальной гигантской физической лабораторией, вещество в которой находится в таком состоянии, которое невозможно воспроизвести в земных условиях. Изучение физических процессов, протекающих при таких условиях, может дать ответы на самые неожиданные и важные вопросы физики высоких энергий, квантовой и атомной физики, физики низких температур и др. Кроме того, влияние «ближнего» космоса (солнечной и межпланетной плазмы, космических лучей, солнечного излучения, и пр.) на жизнь Земли чрезвычайно велико.

Пуштинская радиоастрономическая обсерватория (ПРАО) является одной из крупнейших астрофизических обсерваторий России. Она располагает тремя уникальными радиоастрономическими комплексами:

- полноповоротный параболаид миллиметрового диапазона радиоволн РТ-22;

- диапазонный крестообразный радиотелескоп ДКР-1000, представляющий собой крест Миллса и состоящий из двух полотен Восток-Запад и Север-Юг длиной один километр;
- «большая синфазная антенна БСА», представляющая собой антенную решетку площадью  $\sim 70000 \text{ м}^2$ .

Благодаря постоянной модернизации радиотелескопов и развитию приемно-регистрирующей аппаратуры, радиоастрономические комплексы до сих пор являются одними из самых современных и востребованных инструментов для исследований межзвездной и межпланетной среды, солнечной активности, областей звездообразования, пульсаров, галактических и внегалактических компактных и протяженных источников радиоизлучения.

Проведение астрофизического эксперимента обладает рядом специфических особенностей. Поток электромагнитного излучения от далеких космических объектов настолько слаб ( $\sim 10^{-13} \text{ Вт/м}^2$  от самого сильного из наблюдаемых источников радиоизлучения), что для выделения полезного сигнала из шумов необходимы времена накопления от нескольких часов до полутора - двух тысяч часов. С другой стороны, благодаря высокой мгновенной чувствительности радиотелескопа БСА, имеется возможность исследования быстропеременных процессов в таких объектах как, например пульсары с микросекундным временным разрешением. Благодаря успехам в технологии создания приемных устройств, объемы информации, получаемые в таких экспериментах, составляют десятки и сотни гигабайт ежедневно. Постановка самого эксперимента невозможна без автоматизации процесса сбора и обработки данных, которые требуют как экспресс-обработки (например, в суточном цикле наблюдений или в режиме on-line), так и последующей углубленной обработки с детальным анализом полученных данных после завершения серии наблюдений.

Развитие средств телекоммуникаций и особенно международной компьютерной сети Internet накладывает определенные требования на создание современной системы сбора и обработки данных. Становится актуальным не только получение доступа к огромному объему информации в сети, но и предоставление собственных данных, результатов исследований, возможности дистанционного доступа международной научной общественности к самим автоматизированным наблюдательным комплексам.

Таким образом, необходимым условием развития современной научной обсерватории является создание и развитие систем передачи, хранения и обработки научной информации.

## 1. Радиоастрономические комплексы ПРАО АКЦ ФИАН



Рисунок 1. Радиотелескоп БСА ФИАН

Радиотелескоп БСА ФИАН (большая синфазная антенна ФИАН) – это антенная решетка, состоящая из 16384 вибраторов, расположенных на площади 384x187 м (геометрическая площадь более 70 тыс. кв. м, эффективная – около 30 тыс.). Рабочая частота – 109-112 МГц (с 1996 г., ранее – 101-104 МГц), т.е. длина волны около 3 м. В этом

диапазоне БСА является самым чувствительным телескопом в мире (и одним из наиболее чувствительных в мире на метровом диапазоне волн в целом). БСА ФИАН – это незаменимый инструмент для решения целого ряда задач в области исследования пульсаров, изучения динамических процессов в околосолнечной и межпланетной плазме, анализа структуры компактных радиоисточников в метровом диапазоне волн. Наибольшие потоки данных идут от цифровой пульсарной установки (где регистрируется от 10 до 100 Гб в сутки, но при непрерывной записи данных пиковая нагрузка потенциально может достичь 500 Гб в сутки) и от многоканального регистратора. При этом пульсарная установка и многоканальный регистратор работают независимо друг от друга.

Разберем, в качестве примера, как устроен поток данных с многоканального регистратора. Регистратор представляет собой промышленный компьютер с возможностью установки комплекта из 6 модулей для регистрации сигналов, идущих от разных лучей радиотелескопа БСА3. Каждый модуль обрабатывает и регистрирует 8 сигналов (лучей). В итоге один регистратор записывает данные с 48 лучей радиотелескопа. В начале июля 2012 года был изготовлен и запущен первый регистратор, в начале апреля 2013 года – второй. Соответственно, с 6 июля 2012 года регистрируются данные с 48 лучей третьей многолучевой диаграммы БСА (всего она имеет 128 лучей – см. [1]), а с 1 апреля

2013 – регистрируется одновременно сигнал уже от 96 лучей телескопа. При этом сигнал от каждого луча разбивается на несколько частотных диапазонов. По умолчанию количество таких полос устанавливается равным 6 (максимально – 32 полосы). Кроме того, в выходной файл записывается сигнал общей полосы приема телескопа. При заданном количестве полос 6, в выходном файле будет содержаться информация о 7 частотных диапазонах. При этом сигнал снимается обычно 10 раз в секунду (максимальная частота съема данных 50 раз в секунду). Сами данные пишутся как 32-х битные числа с плавающей запятой. Итак, в стандартном режиме каждую секунду мы десять раз пишем массив четырехбайтовых чисел  $48 \times 7$ . В итоге, за сутки с 96 лучей диаграммы с апреля 2013 г. поступает 2.3 гигабайта научной информации (в год 848 Гбт). В режиме приема 32 полос (+1 общая полоса) с постоянной времени 0.02 сек (50 раз в секунду) в секунду соответственно снимается  $33 \times 96 \times 50$  четырехбайтовых вещественных чисел, а в сутки 55 Гбт информации (в год 20 Тбт).

В 2014 году планируется начало ежесуточной записи со всех 128 лучей радиотелескопа БСА, в результате чего практически впервые в истории мировой радиоастрономии каждые сутки будет записываться запись всего неба на длинноволновом диапазоне. При этом поток данных в стандартном режиме достигнет от 3.1 Гигабайт в сутки (за год 1.13 Тб) до 72.4 Гигабайт в сутки для режима быстрой многополосной регистрации – т.е. в год до 26 терабайт.



Рисунок 2. Радиотелескоп ДКР-1000

Диапазонный крестообразный радиотелескоп ДКР-1000 является меридианным инструментом и состоит из двух антенн – Восток-Запад и Север-Юг. Каждая из этих антенн представляет собой параболический цилиндр шириной 40 м и длиной 1 км. Вдоль фокальных линий обеих антенн

расположены

широкодиапазонные облучатели, позволяющие вести наблюдения на волнах от 2,5 до 10 м. Радиотелескоп ДКР-1000 предоставляет уникальные возможности для исследования пульсаров, на нем также ранее проводились наблюдения спектральных радиолиний, изучаются вариации плотностей потоков радиоисточников. Суточная производительность научных данных получаемых

данным телескопом достигает в режиме пульсарных наблюдений десятков гигабайт в сутки.



Рисунок 3. Радиотелескоп РТ-22

Радиотелескоп РТ-22 ФИАН – это параболический рефлектор, главное зеркало которого имеет диаметр 22 м. Точность поверхности главного зеркала обеспечивает эффективную работу телескопа на коротких волнах сантиметрового и даже миллиметрового диапазонов. Наблюдения на этом радиотелескопе проводятся с использованием современных охлаждаемых малошумящих усилителей. Основные научные программы – это исследование областей звездообразования по наблюдениям атомарных и молекулярных радиолиний, а также изучение структуры компактных радиоисточников методами интерферометрии с разрешением в сотые и тысячные доли секунды

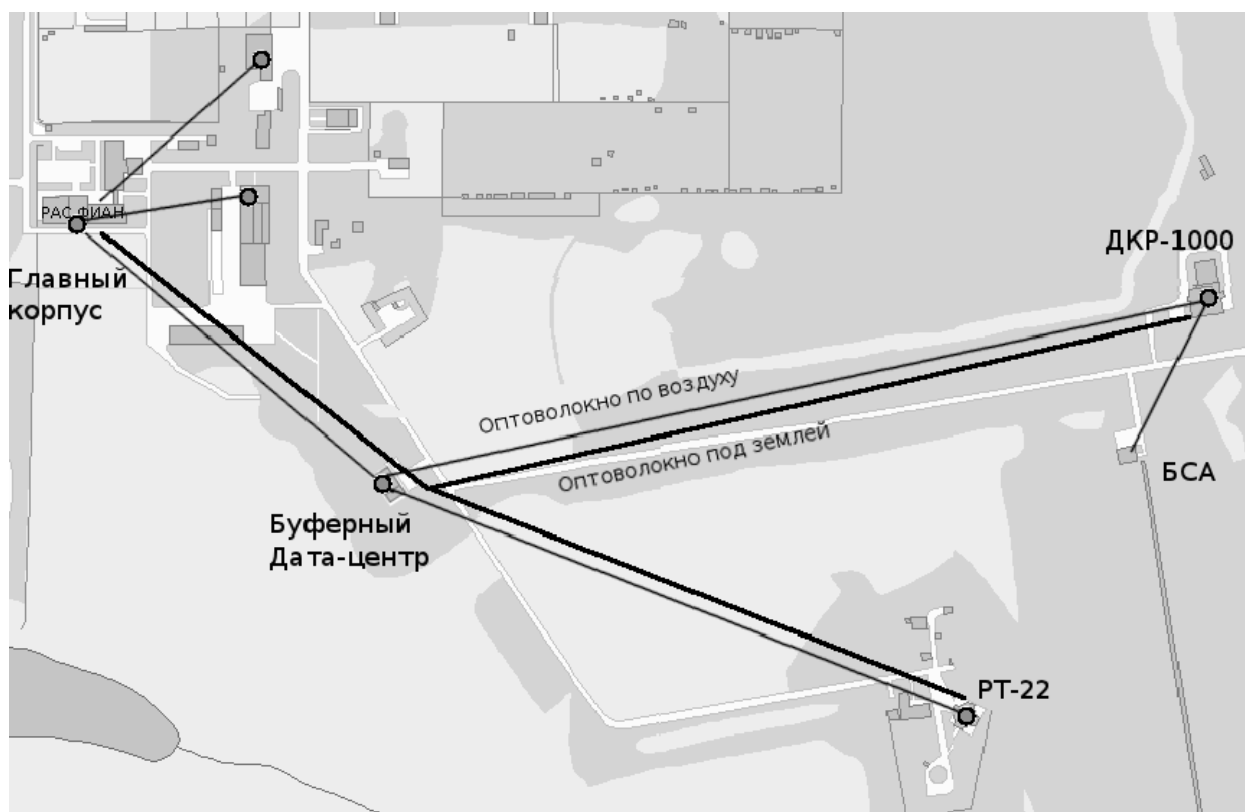
дуги. Радиотелескоп в режиме спектральных наблюдений способен сохранять научные данные в режиме 1 файл в секунду, с размером каждого файла до 80 кБт. Т.е. пиковая нагрузка в режиме спектральных наблюдений способна достигать 7 ГБт в сутки. Впрочем, это экстремальный режим наблюдений, обычно же спектральная установка дает несколько десятков мегабайт данных в сутки. Однако, начиная с 2011 г. данный радиотелескоп работает и как станция приема данных проекта «Радиоастрон» – с потоком данных до 128 Мбит/с, в результате суточная порция данных станции может достигать 1.32 Тб!

В результате, как нетрудно заметить, если все радиотелескопы обсерватории выйдут на пиковую нагрузку по производству научных данных с большинства установок, поток данных может достигать более терабайта в сутки. Хотя, как правило, поток данных все же гораздо меньше, без учета станции приема проекта «Радиоастрон» «сырые» данные составляют от 2 до 10 гигабайт в сутки. Учитывая, что объем всех собственных хранилищ обсерватории насчитывает (с учетом отведения части хранилищ на кратное резервирование) порядка 15 Тб, то полностью они будут исчерпаны уже через 5 лет работы обсерватории. Для станции приема проекта «Радиоастрон» существует свое буферное хранилище данных (20 Тб), но оно в режиме полной нагрузки исчерпывается уже примерно через месяц работы.

## 2. Системы передачи научной информации ПРАО АКЦ ФИАН

### 2.1 ЛВС ПРАО

ПРАО АКЦ ФИАН представляет собой территориально распределенную организацию, где на территории общей площадью около 2 км<sup>2</sup> располагаются три радиотелескопа, лабораторный корпус и ряд других объектов, включенные в общую вычислительную сеть. Основное количество компьютеров сосредоточено в лабораторном корпусе и лишь небольшое число разбросано по нескольким удаленным друг от друга (на 100-1000 метров) корпусам (корпуса РТ-22, корпус



ДКР-1000/БСА, служба времени, буферный дата-центр и другие).

Рисунок 4. Территориальное распределение сети ПРАО АКЦ ФИАН и схема оптоволоконных кабелей.

Локальная сеть ПРАО была создана в 1995 году и с самого начала была организована по топологии "расширенная звезда", так как эта топология обеспечивает надежность сети в случае отказа какой-либо сетевой станции или участка структурированной кабельной системы (СКС), что существенно удешевляет поиск и ликвидацию неисправностей, а также позволяет достичь



высоких значений пропускной способности во многих типовых вариантах использования ЛВС. Отказоустойчивость сети особенно актуальна в свете функционирования в составе ПРАО автоматизированных наблюдательных комплексов. С момента создания было проведено несколько модернизаций ЛВС от «тонкого» и «толстого» коаксиального кабеля с пропускной способностью 1 Мбит/сек до среды передачи данных на основе одномодового оптоволокна с пропускной способностью до 10 Гбит/сек.

Сеть ПРАО можно логически разбить на три уровня. Ядром сети является аппаратный маршрутизатор mikrotik RB1100AH управляемый операционной системой RouterOS (сетевая операционная система на базе Linux). На уровне распространения используется управляемый коммутатор D-Link DGS-3420-26SC с 24 SFP портами 1 Гбит/с и двумя портами SFP+ 10 Гбит/с. К данному коммутатору посредством одномодовых оптических линий связи подключена сеть ПНЦ РАН (Пушинский научный центр РАН), а так же коммутаторы уровня доступа, размещенные в узлах связи обслуживающих телескопы зданий.

Причины выбора оптоволокна как среды для передачи сигнала между узлами связана не только с ограничениями стандарта Ethernet на витой паре (спецификация IEEE 802.3 [2]), связанными с максимальной скоростью передачи данных и небольшим расстоянием, но и с устойчивостью оптоволокна к таким метеорологическим явлениям, как гроза, что в случае медных линий очень часто является причиной выхода из строя не только самих линий, но и дорогостоящего сетевого оборудования. Что касается скорости передачи данных оптоволоконная среда Ethernet позволяет поддерживать высокую пропускную способность (в зависимости от версии и установленных устройств связи - от 100Мбит/с до 10Гбит/с) на расстояниях до 100 км. В 2013 г. все оптические линии между основными корпусами обсерватории были зарезервированы дополнительно проложенными под землей волокнами.

Одним из важнейших условий функционирования автоматизированных наблюдательных комплексов [3], входящих в состав обсерватории, является отказоустойчивость вычислительной сети, поэтому ядро сети и коммутатор уровня распределения размещены в буферном дата-центре, оборудованном системой кондиционирования, бесперебойного питания и изолированном от внешней среды в отдельном модуле с фальшполом. Помещение буферного дата центра расположено на территории бывшего полигона, использовавшегося для испытаний космического радиотелескопа. Здесь же размещены все критически важные для работы сетевых служб обсерватории сервера.

Выход в глобальную сеть Интернет обеспечивается с помощью оптоволоконного соединения между коммутатором ИМПБ РАН и коммутатором распространения ПРАО (1 Гбит/с по SFP).

Администрирование и мониторинг серверов и сетевого оборудования осуществляется в штатном режиме через удаленный вход в систему по протоколу SSH v.2. На случай аварийных ситуаций и первоначальных настроек нового оборудования буферный дата-центр оборудован консолью (монитор и клавиатура), к которой через KVM-переключатель подсоединены все сервера.

В качестве основной операционной системы для серверов используется свободно распространяемая операционная система с открытым исходным кодом Debian GNU/Linux 7.0, известная своей надежностью, стабильностью работы, и сертифицированная по системе CGL (Carrier-Grade Linux).

Для организации удобной рабочей среды ЛВС ПРАО предоставляет ряд важных сетевых сервисов, среди них:

- DHCP-сервер и NAT;
- DNS-сервер;
- WWW-сервера Lighttpd;
- сервер баз данных PostgreSQL;
- сервер электронной почты Exim + Dovecot;
- сервер точного времени NTP;
- ip-телефония Asterisk.

Функцию автоматического назначения ip адресов абонентским устройствам сети (DHCP) и NAT трансляций локальных ip адресов пользователей в один глобальный ip адрес в настоящий момент осуществляет аппаратный роутер mikrotik. Автоматическое назначение ip адресов из выделенного пула частных адресов по заранее заданным администратором ЛВС правилам позволяет существенно сэкономить время, необходимое для подключения к сети новых персональных компьютеров, а также снизить вероятность возникновения конфликтов ip-адресов в случае ошибок, возникающих при назначении адреса вручную. Использование NAT обусловлено ограниченным числом выделенных для нужд обсерватории из ресурсов академической сети ПНЦ реальных ip и позволяет рационально их использовать только там, где они действительно необходимы. Также на mikrotik развернут межсетевой экран для защиты локальной сети обсерватории и служб, открытых для доступа из сети Интернет (www, ntp, электронная почта) от

внешних вторжений. Остальные службы размещаются на двух серверах, использующих для их безопасного разделения среды виртуализации [4] OpenVZ и KVM. В случае необходимости все эти службы могут мигрировать с одного сервера на другой, обеспечивая минимальное время простоя в работе в случае аварийных ситуаций или плановых модернизаций серверного оборудования.

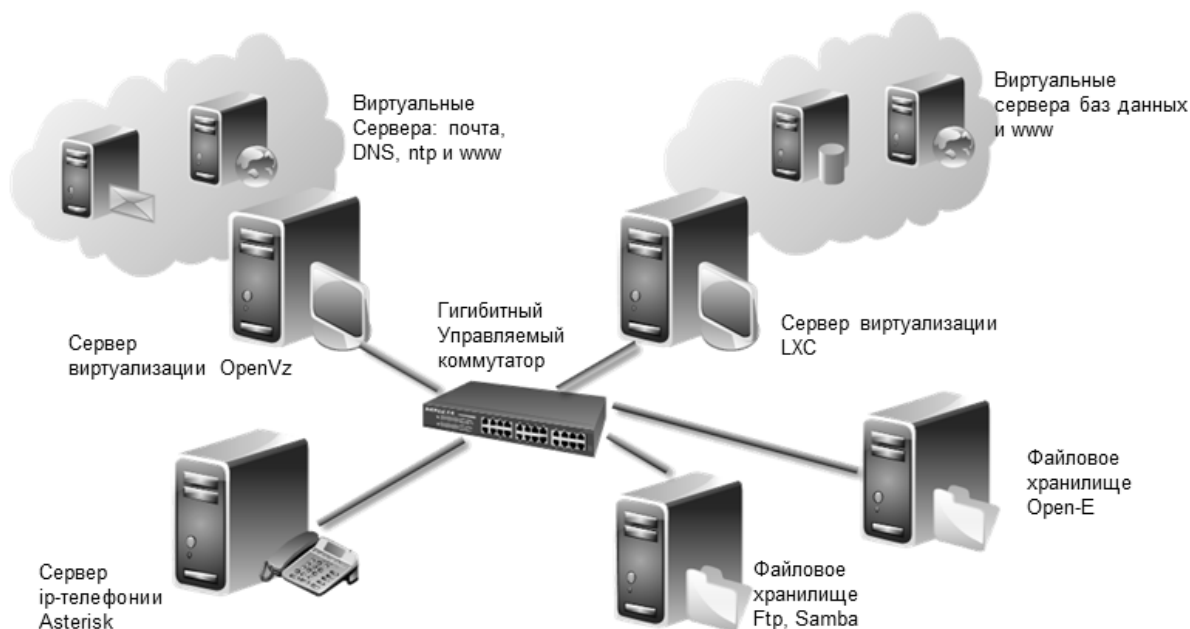


Рисунок 5. Сервера локальной сети ПРАО

Для организации обмена электронной почтой используется служба MTA (mail transfer agent: программа, взаимодействующая с другими почтовыми серверами в сети Интернет по протоколу SMTP для обмена электронной почтой и ее маршрутизации). Ее функции реализует созданный в Кембриджском университете почтовый сервер Exim4. В качестве MDA (mail delivery agent – программа доставки почты) используется программа высокого уровня защищенности Dovecot, что позволяет пользователям получать доступ к своей электронной почте по протоколам POP3 или IMAP. В качестве альтернативного способа работы с электронной почтой предусмотрен веб-интерфейс roundcube, так как почтовый сервер ПРАО не является открытым релейем (не позволяет любому желающему в из сети Интернет переправлять через себя почту). Этот способ помогает сотрудникам воспользоваться услугами сервера не только из локальной сети обсерватории. Для фильтрации нежелательной рассылки и вредоносного содержимого используются программы greylist и clamav. Для защиты от подбора паролей пользователей настроен сервис fail2ban, позволяющий блокировать ip адрес атакующего при превышении определенного числа неудачных попыток входа.

Для предоставления доступа к web-ресурсам обсерватории применяется веб-сервер Lighttpd, разрабатываемый open source сообществом с расчётом на быстроту и защищённость, а также соответствие стандартам. Веб-сервер Lighttpd благодаря асинхронной обработке сетевых соединений, по сравнению с другим широко распространённым веб-сервером Apache, позволяет существенно снизить загруженность вычислительного оборудования при доступе к файлам на диске независимо от количества текущих соединений. WWW-ресурсы размещены в изолированных друг от друга виртуальных контейнерах на двух физических серверах виртуализации. Каждый такой контейнер обслуживает отдельный ресурс. Среди них <http://www.prao.ru/> — основной сайт обсерватории, сайты научных конференций и школ ПРАО, финансового мониторинга, астрономических баз данных и результатов наблюдений. В качестве сервера баз данных выбрана свободная объектно-реляционная система управления PostgreSQL.

Для трансляции IP-адресов в доменные имена в обсерватории используется DNS-сервер, построенный на основе программного пакета djbdns, включающего в себя набор утилит для обслуживания и разрешения DNS зон.

Сервер времени используется для автоматической синхронизации времени серверов и рабочих станций по протоколу NTP (Network Time Protocol, RFC 1305 [5]). Данный протокол синхронизирует время в географически распределённых сетях по порту 123 протокола UDP (User Datagram Protocol). Протокол NTP поддерживает множественные избыточные источники данных о времени, что обеспечивает его постоянную синхронизацию, и позволяет установить время на локальной машине с точностью до одной миллисекунды.

На обсерватории успешно внедрена и используется ip-телефония, заменившая традиционную аналоговую телефонию. С ее помощью налажена связь с удалёнными от основного здания корпусами, обслуживаемыми радиотелескопы ДКР-1000, БСА и РТ-22, а также зданием буферного дата-центра (полигон) и мастерскими (Рис. 6).

Связь с традиционной телефонией осуществляется с помощью голосовых шлюзов AddPac, размещённых в главном корпусе ПРАО и подключённых своими аналоговыми входами к системе цифровой коммутации (СЦК) «ЭЛКОМ», которая обеспечивает выход на городские телефонные линии. Полученный аналоговый сигнал шлюзы преобразуют в цифровой, пригодный для передачи голосового трафика посредством сети Ethernet, и в таком виде передают на сервер ip-телефонии Asterisk (свободная программная АТС Asterisk

с открытым исходным кодом, разработанная компанией Digium.) [6-7], который в свою очередь осуществляет маршрутизацию телефонных вызовов (Рис. 5). Asterisk в комплексе с необходимым оборудованием обладает всеми возможностями классической АТС, поддерживает множество VoIP-протоколов и предоставляет богатые функции управления звонками. На стороне абонентов обсерватории установлены голосовые шлюзы, осуществляющие обратное преобразование голосового ip-трафика в аналоговый сигнал, позволяя использовать обычные телефонные аппараты.

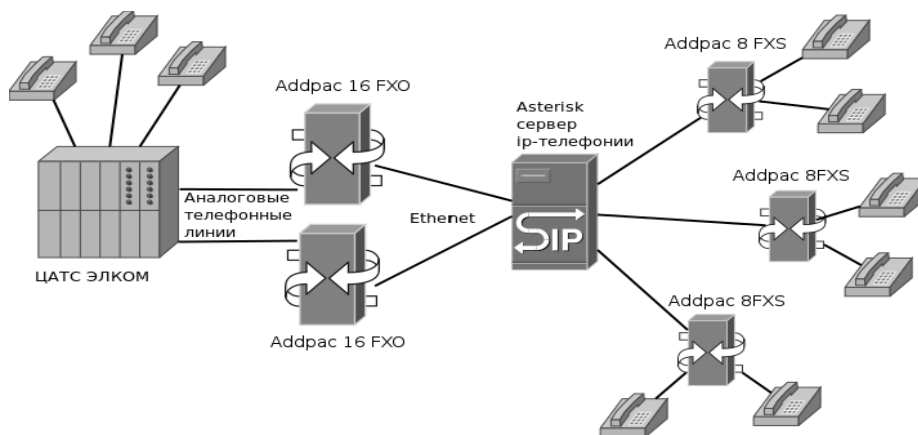


Рисунок 6. ip-телефония в локальной сети ПРАО

## 2.2 Каналы связи проекта «Радиоастрон»

В задачи буферного дата-центра помимо центра сети обсерватории входит поддержание каналов передачи данных и телеметрической информации в проекте космического радиотелескопа «Радиоастрон» и резервное хранение данных. В процессе создания станции слежения на базе РТ-22 в рамках проекта «Радиоастрон» были созданы 2 независимых канала передачи данных и телеметрии (основной и резервный) емкостью 1 Гбит/сек и 2Мбит/с. Гигабитный канал связывает между собой станцию слежения РТ-22 и буферный дата-центр, расположенные на территории обсерватории, и центр обработки научной информации (ЦОНИ) АКЦ ФИАН. Второй канал связывает РТ-22 и НПО им. Лавочкина в Москве. Канал пропускной способностью в 1 Гбит/с проброшен с использованием технологии MPLS (Multiprotocol Label Switching) до М9, где подключен через провайдера ИКИ к АКЦ ФИАН (Рис. 7). Канал полностью изолирован от глобальной сети Интернет, и оборудование, осуществляющее передачу находится в сети с приватными адресами.

Второй канал предоставлен компанией ИТЭК с использованием реального ip адреса и использует технологию виртуальных частных сетей vpn (Virtual Private Network), которая позволяет обеспечить одно или несколько сетевых соединений (логическую сеть) поверх другой сети (в данном случае глобальной сети Интернет). Несмотря на то, что коммуникации осуществляются по сетям с меньшим или неизвестным уровнем доверия, уровень доверия к построенной логической сети не зависит от уровня доверия к базовым сетям благодаря использованию средств криптографии [8].

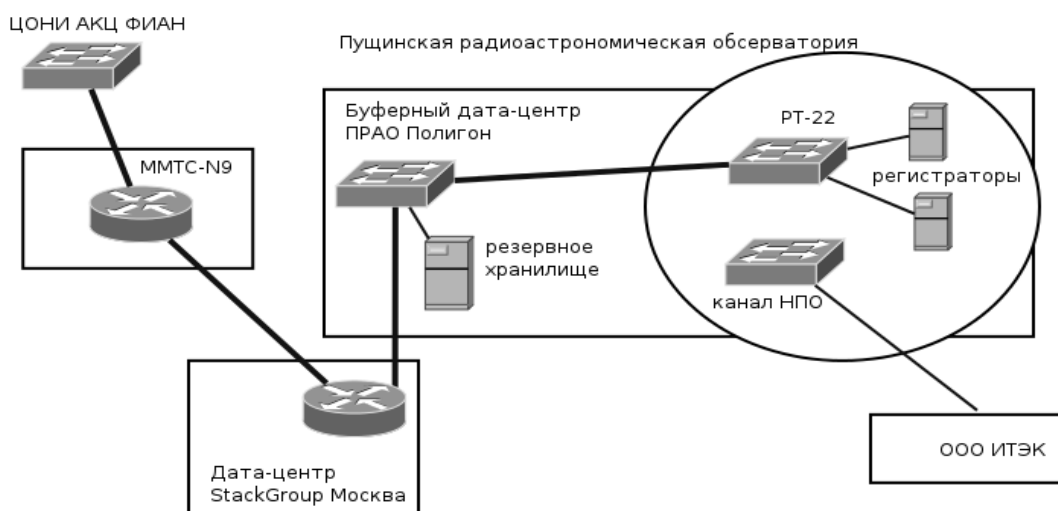


Рисунок 7. Схема подключения каналов связи проекта "Радиоастрон"

На каналах связи НСС-ЦОНИ изначально были созданы до 6 узлов коммутации на основе «D-Link DES-3028», однако в ходе первоначальных испытаний канала количество узлов было сведено к 3, и один из основных узловых коммутаторов заменен на «D-Link DGS-3200». Исследования пропускной способности канала до его ввода в эксплуатацию также позволили подобрать программное обеспечение и сетевые протоколы для передачи данных на скоростях, близких к максимально возможным для используемых серверов приема/передачи данных и сетевого оборудования. Тестирование каналов осуществлялось как отдельными участками, так и канала в целом. На отдельных участках с помощью рефлектометров SM ЭЗ и AQ7260 по стандартной технологии были измерены уровни затухания сигнала, которые оказались в пределах нормы.

Как показали исследования, реальная скорость передачи данных зависит от:

- канала передачи данных
- сетевых интерфейсов
- процессора
- дисковой подсистемы
- графической подсистемы
- способа передачи данных (программы передачи)
- операционной системы

Для достижения максимальных скоростей передачи данных в качестве окончательного оборудования необходимо использовать современные компьютеры серверного исполнения с современными операционными системами, в которых максимально отключены все «лишние» для передачи данных процессы и службы, и без использования графической подсистемы.

В настоящее время полученные с космического радиотелескопа экспериментальные научные данные передаются по каналу на сервера хранения данных в ЦОНИ, часть этих данных одновременно поступает в резервное хранилище буферного дата-центра ПРАО емкостью 20 Тб. Чтобы избежать переполнения буферного хранилища периодически старые данные стираются.

### **2.3 Интеграция ЛВС ПРАО АКЦ ФИАН в глобальную вычислительную сеть**

Интеграцию ЛВС ПРАО АКЦ ФИАН в глобальную вычислительную сеть можно описать BGP-связями ПНЦ и смежных сетей, а также общей структурой сегмента Интернета, к которому они подключены. Информация представлена в виде таблиц и автоматически построенных графов (таблица 1, рис. 8).

BGP (англ. Border Gateway Protocol, протокол граничного шлюза) – основной протокол динамической маршрутизации в Интернете. BGP, в отличие от других протоколов динамической маршрутизации, предназначен для обмена информацией о маршрутах не между отдельными маршрутизаторами, а между целыми автономными системами, и поэтому, помимо информации о маршрутах в сети, переносит также информацию о маршрутах на автономные системы. BGP не использует технические метрики, а осуществляет выбор наилучшего маршрута исходя из правил, принятых в сети. BGP поддерживает бесклассовую адресацию и использует суммирование маршрутов для уменьшения таблиц

маршрутизации. С 1994 года действует четвёртая версия протокола, все предыдущие версии являются устаревшими. BGP является протоколом прикладного уровня и функционирует поверх протокола транспортного уровня TCP (порт 179). BGP, наряду с DNS, является одним из главных механизмов, обеспечивающих функционирование Интернета. Автономная система (AS) в Интернете – это система IP-сетей и маршрутизаторов, управляемых одним или несколькими операторами, имеющими единую политику маршрутизации с Интернетом. См. RFC 1930 для дополнительной информации по данному определению. Уникальный номер AS (или ASN) присваивается каждой AS для использования в BGP-маршрутизации. Именно ASN однозначно идентифицирует каждую сеть в Интернете. Сеть ПНЦ обладает собственной автономной системой (АС) с номером AS9056. АС ПНЦ является многоинтерфейсной, т.е. имеет соединения с двумя интернет провайдерами, что позволяет данной АС оставаться подключенной к Интернету даже в случае обрыва соединения с одним из интернет-провайдеров.

Таблица 1: Пиринговые связи системы AS9056

<b>Пиринг</b>	<b>Ипорт</b>	<b>Экспорт</b>
AS2643 IHEP-SU AS	AS2643	AS9056 AS1 3161
AS2683 RADIO-MSU	ANY	AS9056 AS2 643
AS3058 RAS-AS Russian Academy of Sciences	ANY ANY AND NOT FLTR BOGONS	AS9056 AS9056
AS21453 FLEX-AS	ANY	AS9056
AS41783 ITAEC-AS	<u>AS41783 AS16083</u> ANY AND NOT FLTR- BOGONS <u>AS41783 AS16083</u>	AS9056 AS9056



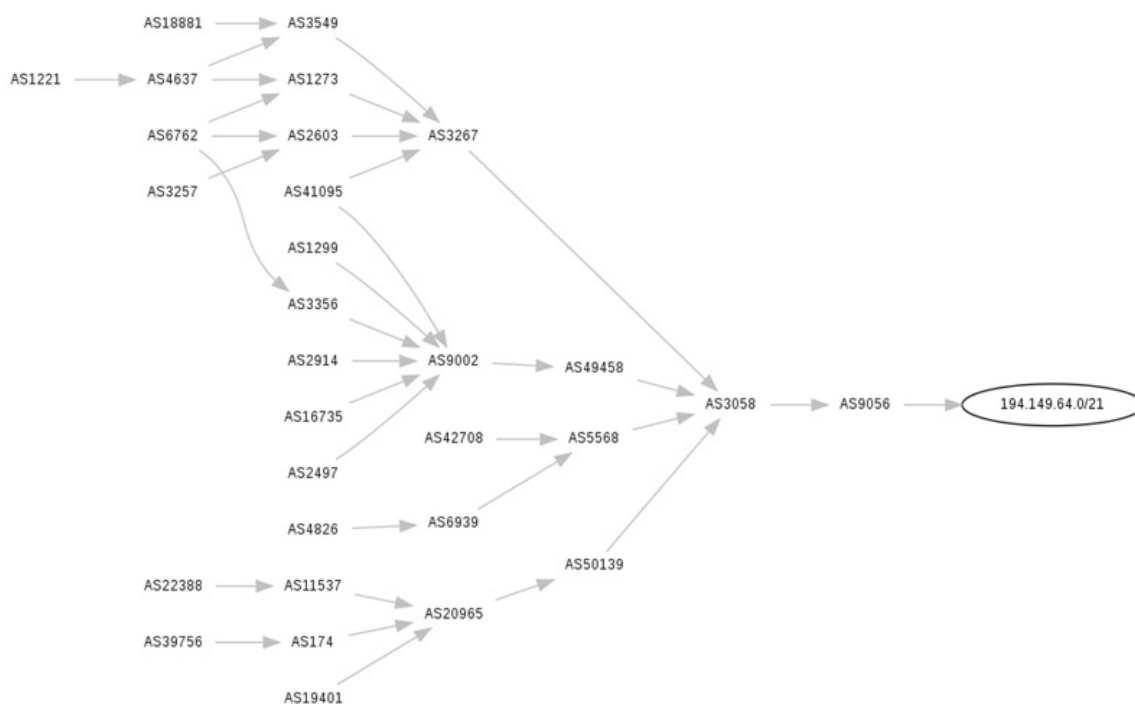


Рисунок 8. Визуализация графа маршрутизации внешнего трафика AS9056 - автономной системы ПНЦ РАН (подсеть 194.149.64.0/21).

### 3. Системы хранения научной информации ПРАО АКЦ ФИАН

Благодаря постоянной модернизации радиотелескопов и развитию приемно-регистрающей аппаратуры, радиоастрономические комплексы до сих пор являются одними из самых современных и востребованных инструментов для исследований межзвездной и межпланетной среды, солнечной активности, областей звездообразования, пульсаров, галактических и внегалактических компактных и протяженных источников радиоизлучения. Начинаясь все с нескольких килобайт информации, получаемых на основе 32-х канального регистратора и ЭВМ М600. С развитием элементной базы и компьютерной техники менялись и приемно-регистрающие системы.

Наиболее ресурсоёмкими на сегодня остаются исследования пульсаров. На рис. 9 показана эволюция размера файла, получаемого в результате записи одного пульсара за 1 сеанс наблюдений с 80-х годов прошлого века по настоящее время. Начинаясь все с нескольких килобайт информации, получаемых на основе 32-х канального регистратора и ЭВМ М600. С развитием элементной базы и компьютерной техники менялись и приемно-регистрающие системы.

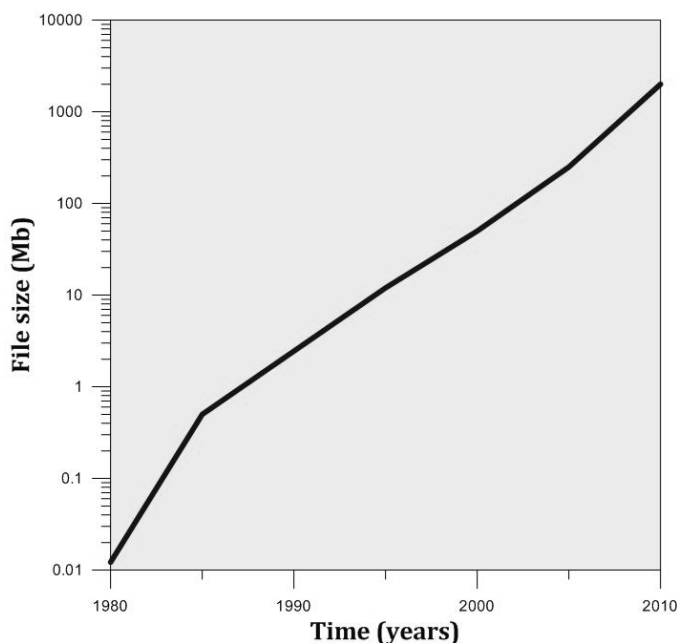


Рисунок 9. Эволюция размера файла записи 1 пульсара за 1 сеанс наблюдений.

Менялись поколения ЭВМ, это и PDP 11, Мера-125, СМ-1420, наконец, РС в 90-е годы. Сегодня исследования пульсаров ведутся на современных многоканальных (сотни каналов) цифровых приемниках и специализированных промышленных ЭВМ, позволяющих проводить исследования с высоким временным разрешением (десятки мкс). С учетом возможности записи для некоторых пульсаров тысяч отдельных импульсов, результирующий файл наблюдений может иметь размеры в несколько Гбайт.

Не менее ресурсоёмки наблюдения и по другим научным направлениям. К тому же, учитывая, что на ПРАО АКЦ ФИАН заканчивается серьёзная модернизация радиотелескопа БСА и создание новой цифровой диаграммы направленности, позволяющей вести прием одновременно со 128 направлений, весьма остро стоит вопрос как о хранении основных файлов наблюдений, так и о долговременном хранении результатов обработки. Нужно сказать, что вопросы хранения информации были актуальны во все времена, и решались они на разных этапах по-разному. Однако если раньше вполне возможно было обходиться носителями информации сопутствующими РС соответствующего периода, то сегодня остро стоит вопрос об использовании специализированных систем архивирования и хранения данных с развитыми сервисами сетевого доступа.

В настоящее время на ПРАО для этих целей используются несколько специализированных систем хранения. Из последних, для обеспечения долговременного хранения больших объемов наблюдательных данных получаемых с 3-х радиоастрономических комплексов ПРАО (РТ 22, ДКР-1000, БСА) в 2010-2011 г. была приобретена система хранения, построенная на основе современных и надежных решений – сервер STSS Flagman S1424.2.

Физическая емкость системы – 48 ТБ, с возможностью расширения до 80 ТБ. Для обеспечения функционирования хранилища потребовалось создание выделенного помещения с промышленной системой кондиционирования.

Отдельные научные установки также имеют буферные хранилища данных. Например, пульсарная установка имеет отдельное хранилище около 8 Тб (часть его также отведена под резервирование данных).

На базе созданных систем уже несколько лет развивается центр хранения и обработки радиоастрономических данных (Radio Astronomy Data Center, RADS). Он состоит из:

а) базы данных на основе важнейших для радиоастрономов астрономических каталогов;

б) базы наблюдательных данных Пушинской радиоастрономической обсерватории.

База данных астрономических каталогов <http://astro.prao.ru/db/> содержит сейчас несколько десятков важнейших астрономических каталогов, необходимых для планирования наблюдений радиоастрономов. С 2011 года база данных астрономических каталогов активно оснащается средствами графической визуализации данных и кросс-анализа каталогов между собой.

В базу наблюдательных данных обсерватории <http://observations.prao.ru/> поступают результаты с большинства наблюдательных установок и радиотелескопов ПРАО. Она снабжена описаниями наблюдательных установок и телескопов, механизмами выборок данных по установкам, видам наблюдений, наблюдателям, датам наблюдений, небесным объектам и т.п.

## **Заключение**

В результате работ, проведенных на ПРАО АКЦ ФИАН за последние годы, созданы современные системы передачи и хранения научной информации на основе передовых разработок в области телекоммуникаций и информационного обеспечения. Это позволяет проводить сложные ресурсоёмкие научные исследования на мировом уровне и участвовать в совместных проектах с зарубежными обсерваториями, в том числе и в проектах, связанных с использованием космических исследовательских систем.

Данная работа частично поддержана грантом РФФИ 14-07-00870а.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

[1] В. В. Орешко, Г. А. Латышев, И. А. Алексеев, Ю. И. Азаренков, Б. И. Иванов, В. М. Карпов, В. И. Костромин : Новая многолучевая диаграмма направленности

радиотелескопа БСА ФИАН. "Труды Института прикладной астрономии РАН", специальный выпуск "Радиотелескопы, аппаратура и методы радиоастрономии" (ВРК-2011), 2012, стр. 80-86

[2] IEEE 802.3 LAN/MAN CSMA/CD (Ethernet) Access Method,  
<http://standards.ieee.org/getieee802/802.3.html>

[3] Китаев В.В., Исаев Е.А., Логвиненко С.В., Лапаев К.А., Пугачев В.Д. Вычислительная сеть для фундаментальных исследований космоса. Приборы и системы управления, 1997, N8, с.26.

[4] K Kolyshkin. Virtualization in Linux.

<http://mirrors.unbornmedia.com/openvz/doc/openvz-intro.pdf>, 2006.

[5] David L. Mills, University of Delaware. Network Time Protocol (Version 3). Specification, Implementation and Analysis. IETF RFC1305. March 1992.

[6] J.V. Meggelen, J.Smith, L.Madsen Asterisk: The Future of Telephony, 2nd Edition — O'Reilly Media, 2007, P.608.

[7] R.Bryant, L.Madsen, J.V.Meggelen Asterisk: The Definitive Guide, 4th Edition — O'Reilly Media, 2013, P.846.

[8] Столлингс В. Основы защиты сетей. Приложения и стандарты — М.: «Вильямс», 2002. — С. 432.

Подписано в печать 07.02.2014 г.  
Формат 60x84/16. Заказ № 8. Тираж 140 экз. П.л 1,25.  
Отпечатано в РИИС ФИАН с оригинал-макета заказчика  
119991 Москва, Ленинский проспект, 53. Тел. 499 783 3640