

Удаленные наблюдения на радиотелескопе РТ-22 ПРАО.

Постановка задачи

Введенный в строй в 1959г. радиотелескоп РТ-22 ФИАН до настоящего времени продолжает оставаться вполне современным инструментом, одним из немногих телескопов мира, способных работать в миллиметровом диапазоне волн. Такое «долголетие» РТ-22 обусловлено двумя причинами. Первая из них заключается в прогрессивности конструкции телескопа, разработанной ее создателями А.Е.Саломоновичем и П.Д.Калачевым. В ней впервые в мире был применен принцип сочетания жесткого, но грубого каркаса и крепящихся к нему с помощью регулируемых шпилек очень точных панелей отражающей поверхности. Впоследствии такая конструкция крупных радиотелескопов стала общепринятой.

Вторая причина, благодаря которой поддерживается уровень РТ-22 ФИАН, заключается в непрерывном развитии его аппаратурного комплекса, неотъемлемой частью которого является система автоматизации научных исследований. В современных условиях, когда средства вычислительной техники стремительно развиваются, уровень автоматизации научных исследований имеет немаловажную роль в конкурентоспособности научных результатов, получаемых на радиотелескопе. Благодаря применению в системах автоматизации научных исследований современных технологий повышается их надежность и производительность, качественно улучшается сервис обслуживания наблюдательного процесса и его наглядность, и, благодаря этому, возрастает возможность получения новых научных результатов.

Система автоматизации радиотелескопа РТ-22 прошла несколько этапов развития. Впервые в СССР процессы сопровождения радиотелескопом космических источников и регистрация параметров радиоизлучения были полностью автоматизированы. Впервые в России был разработан и успешно использовался аппаратно-программный комплекс для построения систем управления с распределением в режиме реального времени ресурсов ЭВМ между прикладными процессами.

В настоящее время сетевые технологии, Internet находят все большее применение во всех областях человеческой деятельности. Использование этих технологий объединило информационные ресурсы человечества в единую в мировую информационную сеть. В частности, для астрономов появилась возможность оперативного получения информации о радиоастрономических инструментах, их текущем состоянии. Созданы и первые системы, позволяющие в какой-то мере наблюдать в реальном времени за ходом проведения радиоастрономического эксперимента.

Появилась возможность пойти дальше – не только наблюдать за ходом эксперимента, но и, имея оперативную информацию о процессе эксперимента, влиять на его ход. При этом наблюдатель необязательно должен находиться непосредственно на радиотелескопе. Для этого ему будет достаточно иметь компьютер, имеющий выход в Internet. Конечно, возможности таких удаленных наблюдений будут ограничиваться соображениями безопасности дорогостоящего инструмента и степенью автоматизации управления, как приемной аппаратурой, так и телескопом. Было бы неразумным, например, полностью позволить удаленное управление полноповоротным радиотелескопом, каким является радиотелескоп РТ-22 ПРАО. Поэтому решение задачи проведения удаленных наблюдений для каждого конкретного инструмента будет различаться. В данном случае все небезопасные действия наблюдателя должны быть подтверждены оператором радиотелескопа, который обязательно должен находиться на телескопе. Оператор телескопа и удаленный наблюдатель имеют прямую, двухстороннюю связь, обеспеченную средствами программного обеспечения (ПО) удаленных наблюдений.

Концепция построения системы проведения удаленных наблюдений.

При выборе структурной схеме необходимо было выполнить следующие условия:

1. Наличие удаленного режима проведения наблюдений не должно ограничивать наблюдателя при проведении им обычных, не по Internet, наблюдений. В этом случае наблюдатель находится непосредственно на телескопе, лично контролирует ход эксперимента. Этот режим остается предпочтительным в случае отладки, становления эксперимента.
2. Работа системы в режиме удаленных наблюдений создает принципиальную возможность нежелательного вмешательства со стороны сторонних лиц. Такое вмешательство, например, может привести к выходу из строя дорогостоящего оборудования, каким является радиотелескоп. Хотя радиотелескоп представляет собой объект не особенно привлекательный для компьютерных хулиганов, но, тем не менее, должны быть приняты достаточные меры безопасности. Эти меры предосторожности не должны сильно ограничивать удаленного наблюдателя в возможности контроля удаленных наблюдений.
3. Финансовые вложения на этапах разработки, внедрения и эксплуатации системы должны быть минимизированы. Работа ведется в рамках академического учреждения (Пушинская радиоастрономическая обсерватория), не обладающего достаточными средствами, и даже приобретение современного компьютера является проблемой. Разработчики системы благодарны Министерству промышленности и науки Московской области, РФФИ за поддержку этой работы. Без этой поддержки работа вряд ли состоялась.

В качестве основы системы была выбрана бесплатно распространяемая версия Linux - RedHat 7.2. Вызывало некоторое сомнение способность этой системы выполнять достаточно жесткие требования, соблюдение которых обеспечило бы безошибочную работу системы наведения телескопа. Необходимо было выдерживать временной цикл управления телескопом с точностью несколько миллисекунд. Исследования показали, что в случае применения политики диспетчеризации реального времени, использования имеющихся в ядре ОС механизмов реального времени (таймеры, семафоры, разделяемая память стандарта POSIX 1b), система вполне обеспечивает требуемую точность при использовании компьютера с достаточной производительностью и объемом оперативной памяти. К моменту начала работ фирма Borland выпустила интегрированную среду быстрой разработки приложений – Kylix. Кроме удобной среды создания приложений на языках Delphi и C++, разработчики Kylix предоставили программисту возможность непосредственного обращения к ресурсам ОС, что для данной задачи является необходимостью. Стоимость пакета Kylix велика и составляет \$1999, но для привлечения разработчиков, работающих в Linux, Borland выпустила бесплатную версию Open Edition, возможностей которой вполне достаточно для разработок некоммерческих приложений. Исходя из вышеперечисленных соображений и тестовых испытаний как ОС, так среды разработки Kylix, все программное обеспечение (ПО) было разработано для Linux с использованием среды разработки Kylix.

Все компьютерное и телекоммуникационное оборудование в выбранной схеме системы проведения удаленных наблюдений (см. рис.1) можно условно разделить на 3 части. Это оборудование для проведения локального эксперимента (зеленый цвет), технические средства удаленного наблюдателя (синий) и средства контроля за доступом к локальной сети эксперимента. Такое разбиение вызвано соображениями безопасности. Локальная система проведения эксперимента напрямую недоступна для глобальной сети Internet, она для него «не видна». Местонахождение ее известно только «посреднику» и только через него внешний пользователь сети Internet может обратиться к компьютерам

локальной сети. Такая схема значительно затрудняет возможность несанкционированного доступа со стороны посторонних лиц. Кроме того, дополнительно, каждая операционная система использует для защиты стандартные и достаточно надежные средства: Firewall, inetd, ssh. Из соображений безопасности здесь перечислены не все средства защиты от несанкционированного доступа.

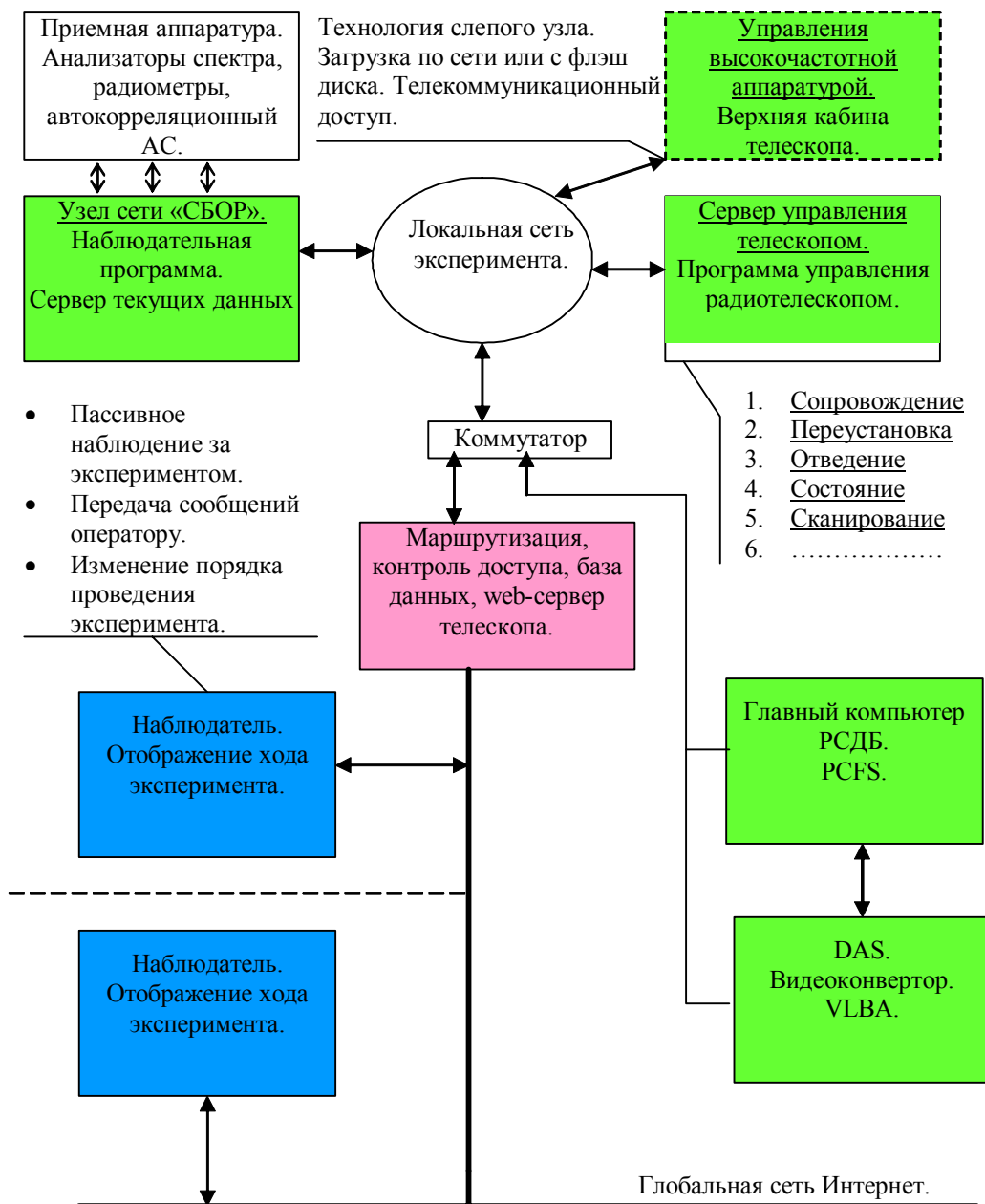


Рис.1 Схема проведения удаленных наблюдений на радиотелескопе RT-22 ПРАО.

Реализация системы

Существовавшая система проведения наблюдений была разработана в 1996 году и основой ее была система MSDOS с сетевой поддержкой от Novell. Для перехода на новую систему необходимо было пересмотреть и практически разработать заново все существующее прикладное и системное программное обеспечение, для реализации изложенной схемы построения системы проведения удаленных наблюдений требовалось создать новые программные модули, продумать и реализовать алгоритмы взаимодействия всех составных частей системы. Вся эта работа и была проделана.

Подобно техническим средствам системы, программное обеспечение можно разделить на три составляющие. Это ПО локальной системы, ПО контроля доступа к локальной системе и ПО удаленного наблюдателя.

Локальная система проведения эксперимента.

Локальная система проведения эксперимента состоит из нескольких ЭВМ, объединенных в сеть Ethernet (рис.2). Одна из этих ЭВМ имеет возможность непосредственно управлять телескопом. На ней установлено оборудование, с помощью которого можно определить положение телескопа, направить телескоп в нужном направлении и с нужной скоростью, определить точное время для вычисления координат телескопа и т.п. Таким образом, эта ЭВМ является собственником общего ресурса в локальной сети. Остальные ЭВМ являются специализированными для конкретного типа наблюдений и занимаются управлением приемной аппаратурой и сбором данных, от нее поступающих.

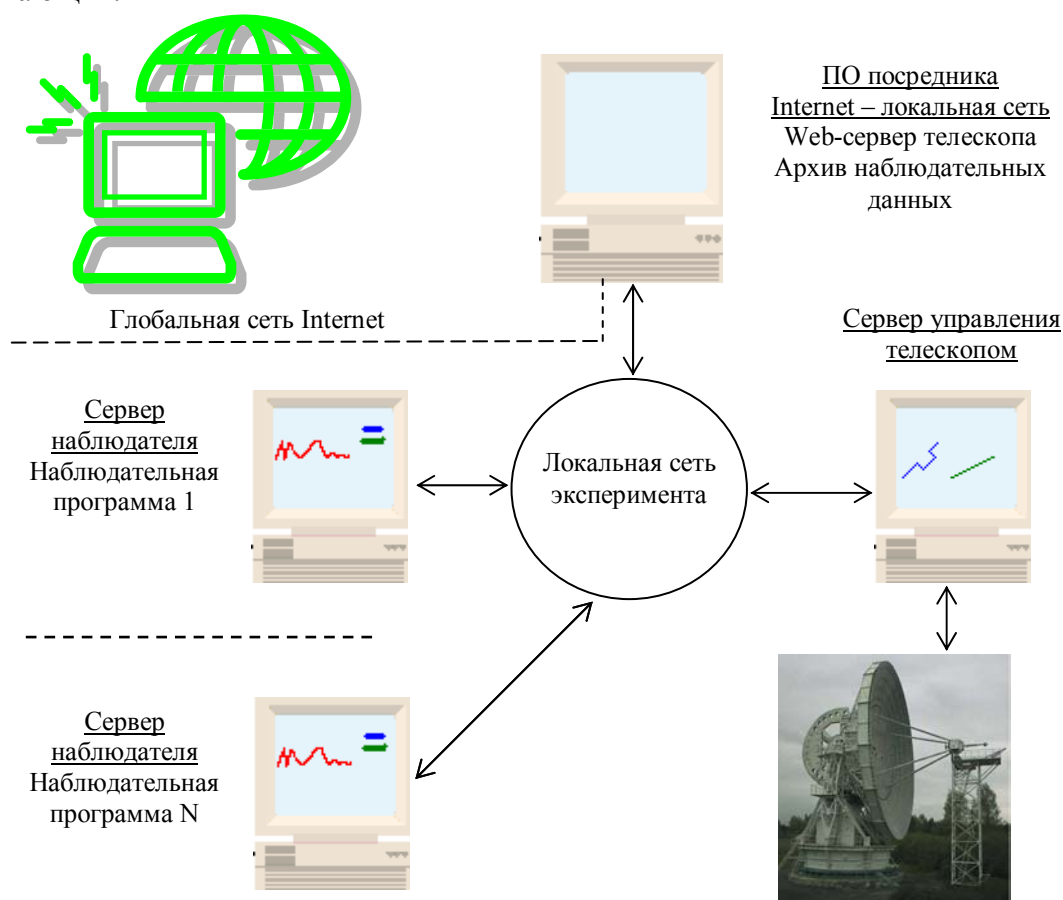


Рис. 2 Структура локальной сети эксперимента

ПО сервера управления телескопом состоит собственно из сервера, принимающего и обрабатывающего запросы от других ЭВМ сети, графического интерфейса связи с оператором (рис.3) и программ реального времени, исполняющих поступающие из сети и проверенные сервером задания.

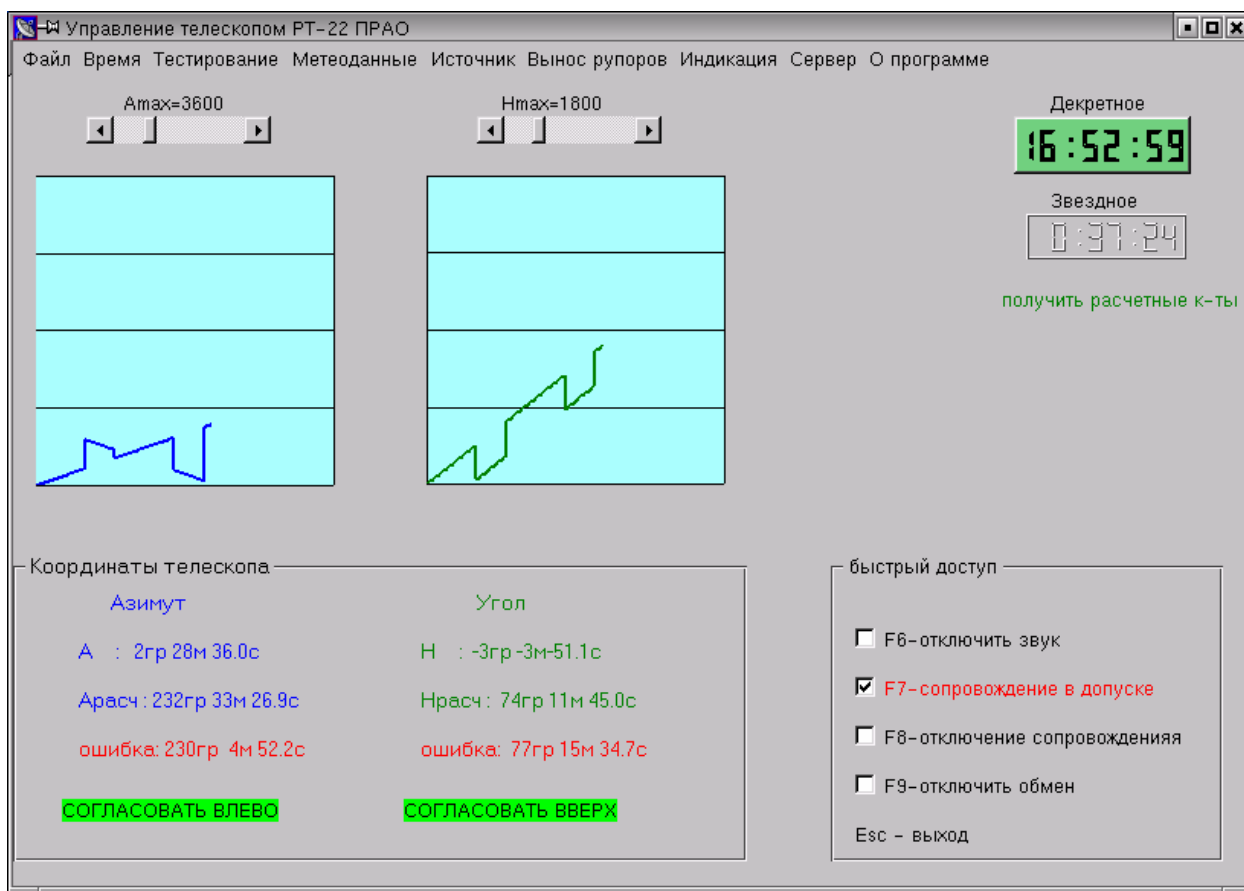


Рис.4 Основное меню программы управления телескопом

В графическом интерфейсе программы оператора телескопа отображаются все необходимые для него данные: графики движения телескопа по азимуту и углу, текущие и расчетные координаты телескопа, величина рассогласования по координатам, направления движения телескопа в режиме ручной переустановки, а также данные для оперативного контроля и управления телескопом. Используя пункты основного меню, оператор имеет возможность самостоятельно установить режимы сопровождения источника телескопом или ознакомиться с режимами, выставленными командами сервера телескопа. Как уже отмечалось, для исполнения команд, особенно опасных для телескопа, требуют подтверждения оператора телескопа (рис.5).

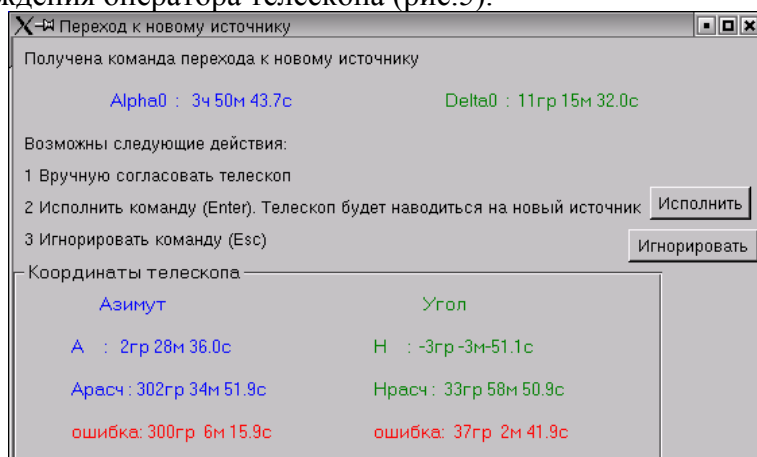


Рис.5. Команда перехода на новый источник требует подтверждения оператора телескопа.

При проведении радиоастрономических наблюдений необходимо принимать и регистрировать параметры радиоизлучения космических источников. Для каждого типа наблюдений способ регистрации сигнала различен: при картографировании источника регистрируется интенсивность излучения в широкой полосе принимаемого сигнала, при спектральных наблюдениях вся полоса разбивается на более узкие каналы (на телескопе РТ-22 ПРАО число одновременно регистрируемых каналов достигает 4096) и мощность в каждом канале накапливается, в исследованиях мерцаний источников на межпланетной плазме фиксируется только дисперсия сигнала и т.д. В данном описании будет представлен только один тип, чаще всего применяемый и наиболее сложный с точки зрения регистрации излучения космических источников – спектральные наблюдения с автокорреляционным анализатором спектра (Рис.6.)

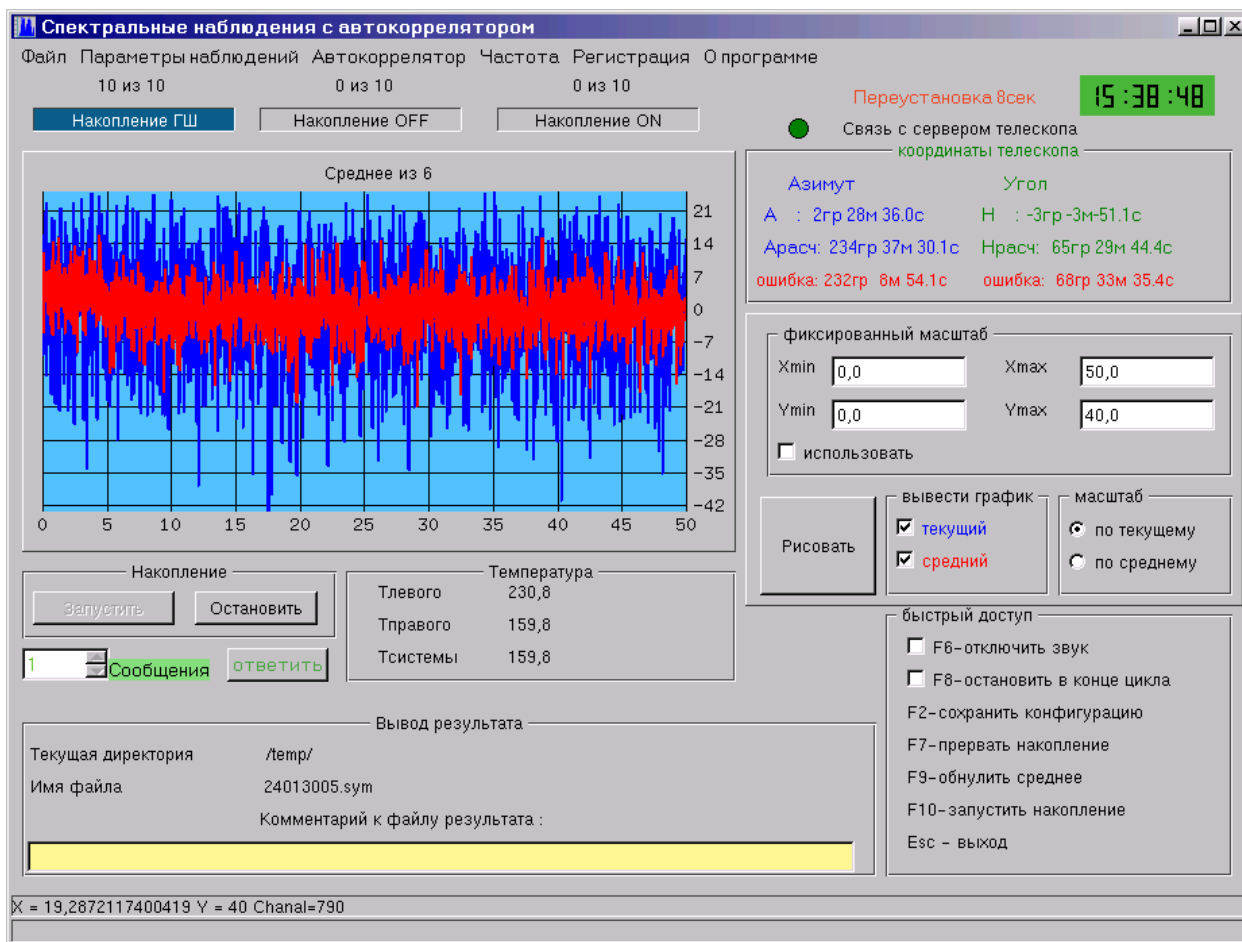


Рис.6 Графический интерфейс программы проведения спектральных наблюдений с использованием автокорреляционного анализатора спектра.

В основном окне наблюдательной программы присутствуют: индикация связи с сервером телескопа и информация о положении телескопа, графики текущей и усредненной спектрограмм, органы управления просмотром графика, панель связи с удаленным наблюдателем и другие средства управления и контроля экспериментом. Задание режимов работы приемной аппаратуры, определение необходимых параметров сопровождения источника, методика проведения наблюдений – настройка этого сложного процесса проведения радиоастрономических наблюдений осуществляется с помощью базы данных источников, базы данных режимов наблюдений, всевозможных меню и таблиц, поддерживаемых наблюдательной программой.

Кроме ПО, обеспечивающего собственно проведение эксперимента, на наблюдательном компьютере установлена программа, которая принимает задания от

удаленного наблюдателя, проверяет их и отправляет на выполнение наблюдательной программе.

Контроль доступа в локальную сеть эксперимента.

Для проведения наблюдений в режиме, когда наблюдатель находится непосредственно на телескопе, достаточно ресурсов только локальной сети. Режим удаленных наблюдений предполагает возможность доступа к этой локальной сети извне, в данном случае из сети Internet. Сервис, предоставляемый данной системой – проведение удаленных наблюдений, не относится к свободным сетевым сервисам, подобных, например, обычному интернетовскому серверу. Это специализированный сервис для профессиональных радиоастрономов. Кроме того, несанкционированный доступ к системе проведения эксперимента может привести к неприятным для телескопа последствиям. Поэтому принят ряд мер по контролю за доступом к локальной сети. Одним из пунктов этого контроля является наличие «посредника» между локальной сетью и сетью Internet. На специально выделенной ЭВМ, подключенной как к локальной сети, так и к глобальной интернетовской сети, установлено специально для этого разработанное программное обеспечение. Все общение между удаленным наблюдателем и серверами проведения эксперимента осуществляется и контролируется этим ПО. Только эта программа знает, где находятся сервера локальной сети и как к ним можно обратиться. Такая организация доступа значительно осложняет возможность несанкционированного доступа. Внешний вид формы программы «посредника» прост (Рис.7). На приведенном рисунке IP адреса серверов и порты умышленно искажены.

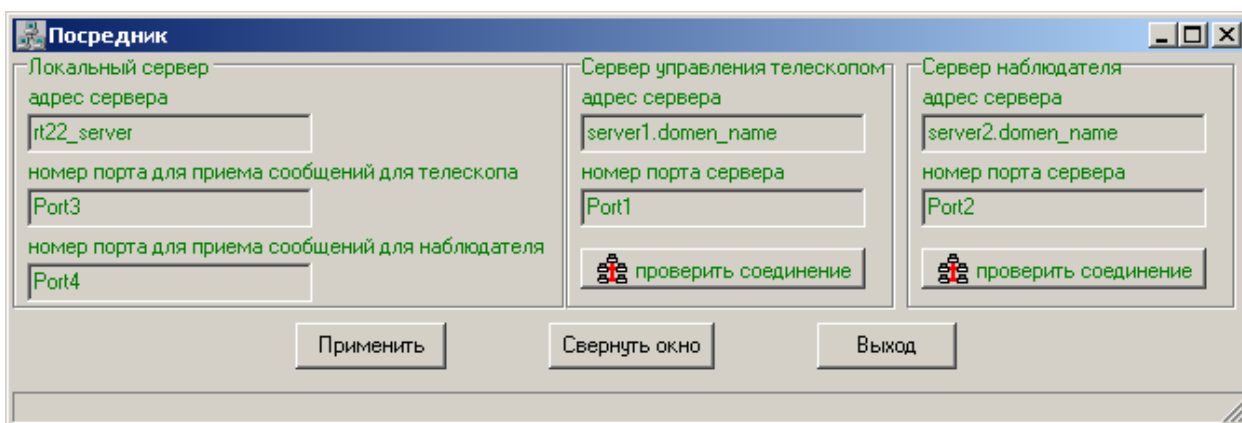


Рис.7 Форма настроек программы контроля доступа в локальную сеть.

Организация удаленных наблюдений.

Как уже отмечалось, режим удаленных наблюдений предназначен в основном для профессиональных астрономов. Для выделения наблюдательного времени на телескопе заранее должна подаваться заявка на наблюдения, эта заявка рассматривается программным комитетом и о решении программного комитета наблюдатель оповещается. В случае положительного решения о выделении наблюдательного времени и при желании наблюдателя проводить наблюдения, находясь на своем рабочем месте, удаленно, ему высылается комплект ПО, для этого предназначенный. Программное обеспечение нетребовательно к ресурсам компьютера и может работать под любой ОС Windows. Основное требование – это наличие достаточно скоростного доступа в Internet.

Внешне графический интерфейс программы похож на интерфейс программы локальных наблюдений (рис.8). На форме отображаются: положение телескопа, параметры источника и данные для правильного сопровождения источника, режимы работы приемной аппаратуры, наличие связи с серверами локальной сети, выводится

график текущей спектрограммы и ее заголовок. Указанные индикаторы разбиты на группы, для каждой из которых можно задать период обновления. Таким образом интенсивность обмена с локальной сетью регулируется в зависимости от качества связи и важностью индицируемых величин.

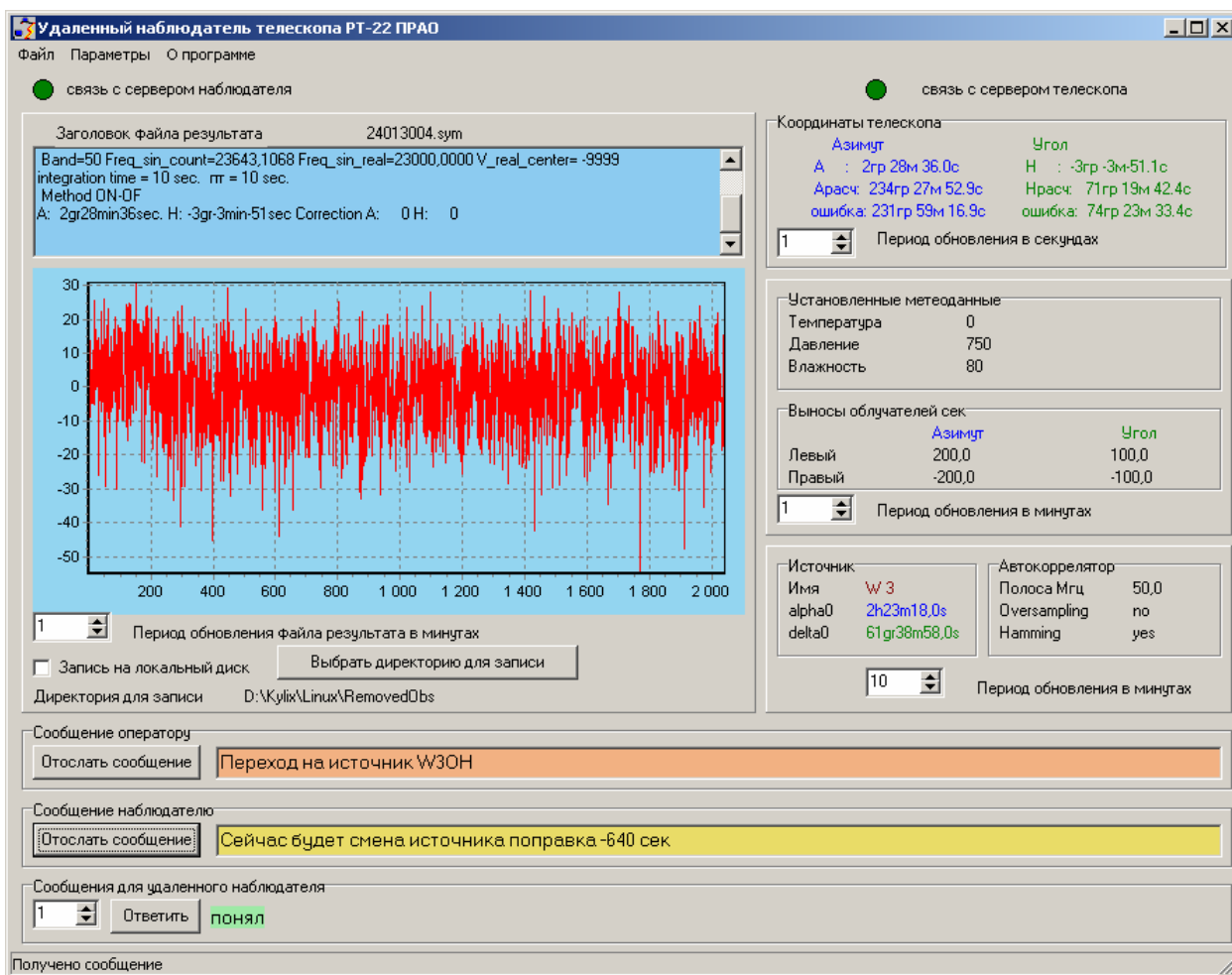


Рис.8 Графический интерфейс программы удаленных наблюдений.

Удаленный наблюдатель видит на экране монитора примерно тоже, что он бы видел, если бы находился на телескопе. Наблюдатель имеет возможность оценить качество получаемых данных, необходимость повторения эксперимента или изменения хода эксперимента. В нижней части формы имеются элементы, с помощью которых устанавливается двухсторонняя связь между удаленным наблюдателем и оператором системы. При работе над системой авторы пришли к решению ограничения возможностей удаленной работы наблюдателя. Прямое изменение режимов работы, при исполнении которых возможно повреждение аппаратуры или телескопа, должно либо подтверждаться оператором системы телескопа, либо выполняться им самостоятельно по требованию удаленного наблюдателя. Такое ограничение возможностей удаленного наблюдателя, кроме соображений опасности несанкционированного доступа, продиктовано тем, что квалификация наблюдателя в плане конкретной реализации эксперимента может быть не достаточна.

В программе реализована возможность получения в реальном времени наблюдателем результатов наблюдений и запись этих результатов на носитель, расположенный на его компьютере. Кроме того, имеется возможность просмотра имеющихся спектрограмм и их распечатка. Это можно делать как в ходе эксперимента, так и автономно.

Web-сервер радиотелескопа РТ-22 ПРАО.

В рамках данной работы создан и поддерживается общедоступный информационный ресурс – web-сервер радиотелескопа РТ22 ПРАО (Рис.9).

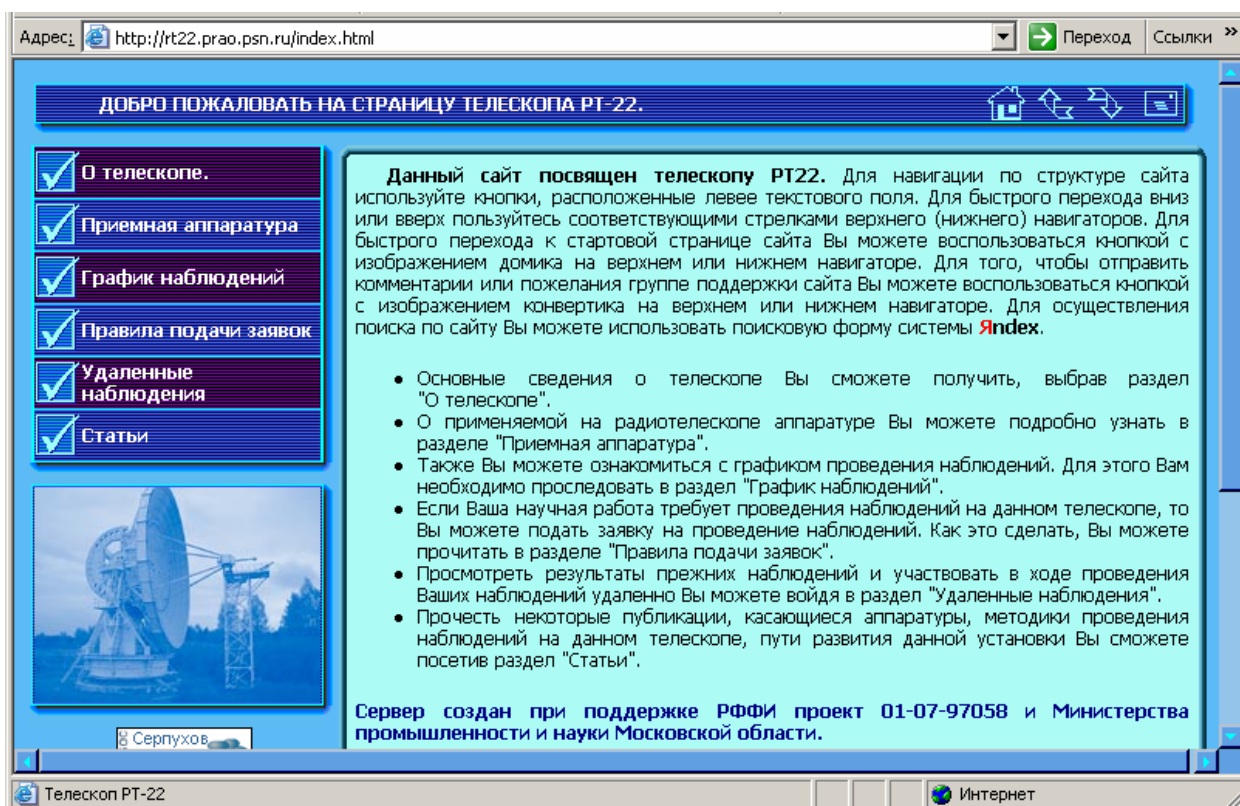


Рис.9 Исходная страница web-сервера телескопа.

На сервере можно ознакомиться с историей телескопа, узнать возможности телескопа и его приемной аппаратуры, на отдельной странице регулярно обновляется график проведения наблюдений, имеется подбор статей, которые помогут наблюдателю при подготовке к наблюдениям, имеется возможность автоматической подготовки и подачи заявки на выделение наблюдательного времени, выложены правила предоставления сервиса удаленных наблюдений и инструкции по работе с программой.

Заключение.

Работа по созданию режима удаленных наблюдений – большая и сложная задача, решение которой требует значительных временных затрат и достаточно высокой квалификации разработчиков системы. В российской радиоастрономии это первая попытка комплексного решения проблемы организации удаленных наблюдений. Не все задуманное удалось реализовать на данном этапе, но работы будут продолжены.

Еще раз хочется выразить признательность Российскому фонду фундаментальных исследований и Министерству промышленности и науки Московской области за доверие и финансовую поддержку.

Авторы проекта:

Логвиненко С.В. lsv@prao.psn.ru

Беляцкий Ю.А. juri@prao.psn.ru

Литвинов И.И. litvinov@prao.psn.ru

Васюнин А.И.

Госьков Г.М.

Пушинская радиоастрономическая обсерватория

Пушинская радиоастрономическая обсерватория

Пушинская радиоастрономическая обсерватория

Уральский государственный университет

Уральский государственный университет