

## Информатика в САО

### Предыстория

Строго говоря, история информатики в САО началась раньше создания самой обсерватории после принятия кардинального решения об азимутальном типе установки 6-м телескопа. Для управления телескопом необходим был компьютер и такой, в то время совершенно уникальный, отечественный компьютер – ЭЦУМ (Электронно-Цифровая Управляющая Машина) был создан. Наблюдения на антенне переменного профиля РАТАН-600 тоже были невозможны без предварительного расчёта координат для каждого элемента антенны. Сложность расчётов требовала применения больших по тем временам универсальных вычислительных машин. Кроме решения задач управления телескопом складывающемуся научному коллективу САО для обработки наблюдательных данных и решения научных задач был необходим переход от механических и электронных калькуляторов к современным средствам вычислительной техники.



Первой универсальной ЭВМ в САО был "МИР-1", затем в башне БТА была установлена одна из лучших отечественных - ЭВМ М-222. Надо отметить, что в эти годы даже вычислительные центры крупных университетов МГУ и ЛГУ имели в своём составе не более двух таких ЭВМ. Понятно, что для работы на вычислительных машинах требовалось разрабатывать и внедрять математическое и программное обеспечение, в большинстве случаев уникальное для каждой научной задачи. Чтобы поддерживать и развивать аппаратные и программные средства САО в составе обсерватории был создан Вычислительный центр под руководством Ю. Коровяковского. Небольшой коллектив инженеров, программистов и операторов во взаимодействии с научными сотрудниками и инженерами других подразделений создавал новые программы и алгоритмы для решения различных научных и научно-технических задач таких как исследование оптики БТА, цифровая обработка результатов фотометрических и спектральных наблюдений, моделирование процессов эволюции звёзд и звездных систем, изучение физических и статистических свойств небесных объектов. Много времени и сил отдавали программированию и решению задач на ЭВМ молодые тогда астрономы – В. Панчук, Г. Алексеев, А. Щербановский, В. Лебедев и другие. Трудно переоценить значение для ввода в действие и научной эксплуатации БТА комплексов программ исследования оптики и механики БТА разработанных Л. Снежко. Группой системных разработок РАТАН-600 на М222 была внедрена разработанная



В. Витковским система расчета установки антенны РАТАН-600, которая с первого наблюдения обеспечивала работу радиотелескопа.

На М222 впервые в отечественной астрономии была установлена и широко использовалась для организации работы программ и программных комплексов операционная система пакетной обработки ОСПО – прообраз будущих универсальных операционных систем, без которых немыслима сейчас работа компьютеров от ноутбуков до суперкомпьютеров.

Однако специализация цифровых методов и техники на задачах научных вычислений и управления приборами определяла и область их применения. Основными средствами регистрации и носителями данных оставались в оптике – фотопластинка, в радиоастрономии – самописец и диаграммная лента. Но, если в радиоастрономии переход от аналогового сигнала к цифровому признавался естественной эволюцией систем регистрации, то в оптике разработка цифровых приборов и методов регистрации многими классическими астрономами принимались в штыки. Так разработка группой А. Фоменко 1000-канального сканера, впоследствии ставшего одним из основных спектральных приборов БТА, расценивалась некоторыми как пустая трата государственных средств.

Пионерские проекты цифровой регистрации наблюдений РАТАН-600 базировались на отечественной мини-ЭВМ – Электроника К200. Выходным носителем вначале была перфолента, замененная в дальнейшем на ленту магнитную. Какое-то время параллельная запись на самописцах сохранялась, но удобства переноса данных для обработки на универсальные ЭВМ и хранения на машиночитаемом носителе окончательно решили судьбу аналоговой формы регистрации. Принципиально новым аспектом, в информатическом смысле, была необходимость вмешиваться в работу программы в ходе её исполнения, что можно считать предвосхищением будущего интерактивного режима работы с компьютером. Использование ЭВМ позволяло, кроме того, производить в реальном времени регистрации некоторую первичную обработку данных, улучшая качество и уменьшая объем выходной информации.



В оптической астрономии переход к происходил более опосредованно через оцифровку фотопластинок с помощью автоматических микроденситометров. В САО для этой цели был приобретён отечественный АМД-1, с помощью которого сканировались отснятые на БТА фотопластинки. Кроме этого сотрудниками ВЦ САО была реализована цифровая регистрация данных на машинных носителях для некоторых измерительных приборов. Полученная в результате цифровая информация обрабатывалась на ЭВМ.

Однако не только удобный ввод и быстрая обработка информации определяли успешную экспансию ЭВМ в науку. Немаловажным фактором являлась возможность адекватного представления выходной информации – результатов обработки и расчётов. В обсерватории уже в конце 70-х годов было выполнено несколько пионерских работ по использованию графопостроителей и алфавитно-цифровых печатающих устройств для визуального представления астрономической информации – сложных графиков, карт и изображений.

К сожалению, произошедшее в те же годы изменение в СССР технической политики привело к прекращению развития хорошо зарекомендовавших себя отечественных ЭВМ и других средств вычислительной техники и ориентации промышленности на копирование линии ЭВМ IBM-360. Первой из таких машин была М4030, установленная на РАТАН-600, второй ЕС1035, ставшая на несколько лет основным компьютером обсерватории. Уже к моменту установки эти ЭВМ идеологически и технически отставали от компьютеров и суперкомпьютеров, используемых западной наукой. Тем не менее, с их помощью удалось решить ряд научных и методических задач, разработать некоторые алгоритмы и программы обработки астрономических данных. В частности, была разработана пакетная система обработки данных радиометров континуума РАТАН-600, а в части системных работ была впервые инсталлирована и испытана на ЕС1035 операционная система ДЕМОС – отечественная версия многопользовательской ОС Unix.

Более удачным оказалось освоение промышленностью серий PDP8 – "Электроника-100" и, в особенности, PDP11 – СМ4. Внедрение этих ЭВМ и измерительно-вычислительных комплексов на их основе привело к качественным изменениям.

## Цифровой век

САО РАН в известном смысле сыграла роль начального запала в цифровом взрыве, изменившем лицо отечественной экспериментальной фундаментальной науки. Необычайная технологическая сложность уникальных телескопов БТА и РАТАН-600 дополненная вниманием к ним, как объектам национального престижа, власть предрержащих привела к



технологическому прорыву в производстве средств автоматизации для не прикладных (не оборонных) направлений науки. Прежде всего, это относится к началу массового производству модульной аппаратуры КАМАК, предложенной СКБ НП СОАН в качестве базы для создания систем управления и сбора РАТАН-600. В силу изотропной многоэлементности РАТАН речь шла не о штучных изделиях, а о серийном производстве. Применение в системах сбора и управления мини-ЭВМ "Электроника 100"

и, в особенности, внедрение в эксперимент многочисленных микро-ЭВМ "Электроника 60" (аналог LSI-11) подтолкнули рост предложения и спроса на технику автоматизации научных исследований. Обсерватория явилась активным участником общесоюзных целевых программ 0.80.16 (76-80гг) и 0.Ц.027 (81-85гг), обеспечивших создание аппаратно-программной базы советской науки и существенный прогресс в автоматизации научных исследований. В 1983 году информатика в СССР была признана самостоятельной наукой, в АН СССР было создано Отделение информатики, вычислительной техники и автоматизации (ОИВТА), созданы институты информатики в Москве (ИПИАН) и Ленинграде (ЛИИАН). При Президиуме Академии наук был создан совет по автоматизации научных исследований, в деятельности которого обсерватория активно участвовала.

В 1981 году система пакетной обработки данных РАТАН-600 была внедрена на мощной ЭВМ САЙБЕР (CYBER) 172-6 ЛИИАН и успешно инсталлирована на VAX-11 в Радиоастрономическом институте Макса Планка в Бонне (ФРГ). Институтом теоретической астрономии во взаимодействии с САО был разработан и внедрен в обсерватории комплекс программ универсальных эфемеридных расчетов. Совместно с Институтом автоматизации и электрометрии СО АН была создана и введена в рабочую эксплуатацию автоматизированная система управления РАТАН-600. Выполненная группой системных разработок в сотрудничестве с Университетом дружбы народов разработка структурно-алгоритмической модели системы коллективного пользования РАТАН-600 явилась пионерской работой в области создания территориально-распределенных систем автоматизации эксперимента. В те же годы были начаты работы по созданию архивов наблюдательных данных БТА и РАТАН-600 на машинных носителях.

Внедрение в эксперимент мини-ЭВМ Электроника 100 и, в особенности, микро-ЭВМ Электроника-60 – аналога LSI-11 произвели революцию в создании цифровых систем сбора наблюдательных данных. Быстродействие и память в сочетании с компактностью и расширенными аппаратурой КАМАК возможностями управления, преобразования сигналов и интерфейсами позволили оснастить БТА и РАТАН высокопроизводительными системами сбора,





вытеснившими фото и аналоговые методы регистрации астрофизической информации.

Однако основной прогресс в автоматизации астрофизических исследований в обсерватории был связан с внедрением измерительно-вычислительных комплексов на базе ЭВМ СМ3 и СМ4. Обладающие высокими, по тому времени, быстродействием и памятью ИВК, снабженные контроллерами КАМАК, позволяющими подключать аппаратуру и нестандартную периферию, позволили создать многофункциональные системы сбора данных и управления экспериментом, такие как отмеченный Государственной премией СССР комплекс "КВАНТ", разработанный САО совместно с Всесоюзным институтом телевидения (ВНИИТ). Универсальные операционные системы RT-11 и NTS, поддерживающие



языки программирования высокого уровня дали возможность разработки специализированных программ и программных систем обработки данных для БТА и РАТАН-600.

Особенно перспективной оказалась возможность интерактивной графической обработки. Появление в обсерватории графический дисплей "Альфа" и первых прецизионных графопостроителей позволило создать и внедрить в практику обработки наблюдений программные системы,

позволявшие пользователю не только контролировать процесс обработки в реальном времени, но и вмешиваться в этот процесс, вводить коррективы и выполнять неформализованные или неформализуемые процедуры обработки, основанные на опыте и интуиции астронома-наблюдателя. Так созданная группой системных разработок РАТАН-600 базовая управляемая пользователем система обработки радиоастрономических данных данных BUMS (В. Витковский) не только сыграла основную роль в первичной обработке данных уникального эксперимента "Холод", но и в течение многих лет служила основой обработки наблюдений на радиометрах сплошного спектра РАТАН-600.

Переход к интерактивным методам обработки данных оптического диапазона происходил прежде всего для цифровых систем регистрации. Одной из первых была разработана система обработки данных Сканера БТА (Н. Сомов). Развитие в обсерватории методы оцифровки фотоматериалов на микроденситометрах АМД-1, АМД-2 позволили применить интерактивные методы обработки к фотографическим данным. Однако массовое применение этих методов стало возможным только со сменой аппаратной платформы, появлением профессиональных персональных ЭВМ (ППЭВМ) на основе IBM PC и графических станций типа SUN SPARC.

Необходимо отметить, что, в отличие от более чем 10-летнего отставания обсерватории в получении эквивалентных западным технических средств, первый персональный компьютер IBM PC XT появился в САО всего спустя год после своего появления в мире. В дальнейшем временной разрыв с Западом в уровне аппаратно-программных средств, в немалой степени усилиями Лаборатории, а затем Отдела информатики, неуклонно сокращался. Что же касается идеологической, программной и системной областей, то САО РАН была и остается одним из лидеров разработки и внедрения информационных технологий в отечественной астрофизике.

## Лаборатория Информатики

Всё возрастающее значение автоматизации научных исследований и необходимость объединения усилий разрозненных небольших подразделений привели в 1986 году к организации в САО Лаборатории информатики под руководством В. Витковского. Перед лабораторией были поставлены технические задачи эксплуатации, поддержки и раз-

вития аппаратно-программных средств обсерватории, научно-технические задачи автоматизации научных исследований и научные задачи информатики в приложении к астрофизическим исследованиям. Объединение в одном коллективе инженеров, программистов и научных сотрудников позволило решить значительное число насущных для развития обсерватории проблем.

Лаборатория участвовала в освоении и внедрении в практику астрономических наблюдений телевизионного цифрового вычислительного комплекса "Квант" в части освоения программного обеспечения и методики работы с комплексом. На основе разработанного А. Назаренко комплекса управляющих программ несколько прикладных систем обработки данных, включая систему обработки спектров "Спектр", системы регистрации и обработки данных магнитометра и полевого фотометра БТА. В. Плахотниченко были выполнены разработка и реализация алгоритмов поиска и анализа переменности для программы МАНИЯ, а также создан универсальный многоканальный прибор "Квантохрон-3". Совместно с Лабораторией перспективных разработок был создан первый отечественный комплекс регистрации изображений с матрицей ПЗС. Большая работа была проделана по модернизации комплекса БТА в части подготовки предложений по аппаратно-программной архитектуре и составу комплекса технических средств АСУ БТА. Разработана архитектура, программное обеспечение и аппаратура АСУ РАТАН-600 нового поколения (Г. Жеканис). Т. Пляскиной был разработан и внедрен комплекс программ расчета установки РАТАН-600 в ОС UNIX. Для расширения наблюдательных возможностей проводилась разработка и реализация алгоритмов расчета установки антенны РАТАН-600 для наблюдений в различных режимах.

Значительных успехов лаборатория добилась в создании новых алгоритмов и программ обработки наблюдательных данных. В. Шергиным были разработаны алгоритмы оптимальной цифровой фильтрации для спектров и радиосканов. Алгоритмы оптимального гаусс-анализа (Л. Иванов) и статистической обработки и анализа данных (В. Горохов) реализованы в нескольких программных комплексах и эффективно применяются по сей день для обработки наблюдательных данных. Разработаны алгоритмы и программы обработки наблюдений в континууме для облучателя N 1 РАТАН-600, а также программы моделирования радиоастрономических сигналов и комплекс программ отождествления радиоисточников. Программные и системные разработки используются астрономами САО и сторонними пользователями БТА и РАТАН-600. Некоторые из этих разработок внедрены в других научных институтах страны (ГАО, СибИЗМИР, ПГУ) и за рубежом (ФРГ, Аргентина). В то же время лабораторией информатики проводилось тестирование и внедрение зарубежных астрономических программ и систем. В частности, была выполнена постановка и освоение последовательных новых версий стандартной европейской системы обработки астрономических данных MIDAS, включая перенесение и адаптирование на ППЭВМ AT/386 системы MIDAS/portable.

Поскольку астрономические данные не теряют своей ценности со временем, одной из важнейших задач работы с данными является задача архивизации, хранения и обеспечения удобного доступа к ним. Для решения этой задачи были разработаны идеология и основные принципы построения банка астрономических данных (БАН) САО и концепция унифицированного формата данных систем сбора, обработки и архивизации. На их основе были созданы и введены в эксплуатацию локальные архивы наблюдательных данных РАТАН - ODA/E, ODA/P, ODA/R, ODA/S и ODA/U (В. Кононов). Кроме того, для автоматизации работы с уже опубликованными данными был разработан автоматизированный справочник астрономических каталогов САО. Был разработан комплекс программ для решения задачи оптического отождествления радиоисточников глубокого обзора "Холод" по картам PSS и наблюдениям на БТА.

В ходе модернизации аппаратуры системы регистрации данных радиометров сплошного спектра РАТАН-600 была разработана и внедрена на облучателе №1 иерархическая система автоматизации и сбора данных радиометрического комплекса

(Б. Ерухимов, В. Черненко), на основе которой реализованы на базе различных программно-аппаратных средств последовательные модели иерархических многопользовательских систем. Следующим шагом был переход к разработке и внедрению иерархической многопользовательской системы централизованного сбора данных и разработка концепции и архитектуры локальных сетей для автоматизации научных исследований САО. Особое внимание уделялось созданию программных средств интерактивного управления наблюдательным экспериментом из центра сбора. Была выполнена существенная модернизация системы подготовки наблюдений облучателя № 1.

Одновременно с прикладными и системными разработками лаборатория информатики отслеживала мировые тенденции развития компьютерной техники, операционных систем и прикладного математического обеспечения. Были сделаны успешные попытки установки Unix-подобных систем на ЭВМ серии СМ и QNX - операционной системы реального времени на РС. В 1988 году в САО было проведено всесоюзное совещание-семинар по открытым системам с участием ведущих специалистов и разработчиков из академических и прикладных институтов (П. Антонов, В. Бардин, Д. Бурков, Д. Володин А. Руднев и другие). В качестве аппаратной платформы, на основе опыта применения ППЭВМ IBM PC и их аналогов – Правец-16 и ЕС1841, были выбраны персональные компьютеры PC AT 286/386 с операционной системой MS DOS/Windows и рабочие станции SUN SPARCstation с операционной системой UNIX System 5.

Определенная лабораторией стратегия дальнейшего развития информатики в САО предусматривала для обеспечения научных исследований скорейшее развитие локальных вычислительных сетей.

## **Раскинутые сети**

Первая, условно говоря, локальная сеть в САО была реализована в 1984 году, на двадцать лет позже первой локальной сети разработанной в Ливерморской лаборатории (США), но раньше всех других в советской астрономии. Исторически в САО строились и успешно эксплуатировались разнородные локальные сети или отдельные сегменты, специализированные под довольно узкий перечень задач, таких как передача наблюдательных данных в многоуровневых системах сбора БТА и РАТАН-600 или обслуживание юстировочных работ. На РАТАН 600 и по настоящее время ведутся разработки по созданию распределенной системы управления антенной на базе специализированной локальной сети.

В 1991 году лабораторией информатики был предложен проект базовой архитектуры вычислительных средств на основе локальной вычислительной сети (ЛВС). До этого времени основными вычислительными средствами САО были ЭВМ СМ-4 и ЕС1035, которые не только безнадежно устарели, но и в основном выработали свой технический ресурс. Интенсивное приобретение персональных компьютеров PC AT 286/386 частично позволило решить проблему быстрой редукции данных, однако по-прежнему оставалось много других проблем. На БТА использовались более десяти штатных методов наблюдений, основная часть которых использовала цифровую регистрацию. Резко возросли потоки информации.

Второе поколение АСУ БТА на базе СМ-2 перестало удовлетворять требованиям точности и надежности. Предложенный новый вариант комплекса технических средств АСУ БТА строился на двух профессионально-персональных ЭВМ (ППЭВМ) соединенных между собой средствами локальной вычислительной сети и с нижним уровнем системы управления коммутаторами последовательных каналов. Bus-топология локальной сети и связь каждой ППЭВМ с каналами нижнего уровня обеспечивали симметрию и равноправие ППЭВМ, позволяя работать каждой в режиме "горячего" резервирования и перераспределения вычислительных нагрузок. Средства локальной сети допускали естественное

подключение ППЭВМ к компьютерам и локальным сетям систем сбора и телекоммуникации.

В следующем году практически было завершено создание полноценной локальной информационной сети с включением в нее в качестве узлов имеющихся на ННП персональных компьютеров типа IBM PC/AT-286/386 общим числом до 25 абонентов и обеспечен информационный обмен между ними и доступ к серверам САО. Сеть превратила практически все имеющиеся персональные компьютеры САО в рабочие станции и обеспечила доступ к наблюдательным данным и системам их обработки. Создание локальной сети САО было выполнено на основе протокола TCP/IP поверх ArcNet (В. Черненко). Базовая операционная система SCO Xenix (Unix for IBM PC). К 1994 году ИВС САО в общей сложности объединяет 64 ЭВМ, в основном типа PC AT-386/486, с помощью сетевых средств EtherNet/ArcNet. В 1993 году выполнено объединение сегментов ННП – РАТАН-600 модемной связью, переход с протоколов UUCP на SLIP по мере создания выделенных каналов. Создание первых систем сбора на базе свободно распространяемой версии Unix-Linux. Соединение сервера БТА (ОС Linux) с сетью ННП через кабельную пару модемами на скорости 9600 бит/с.

В соответствии с решением научно-технического совета в 1995 году, после обсуж-

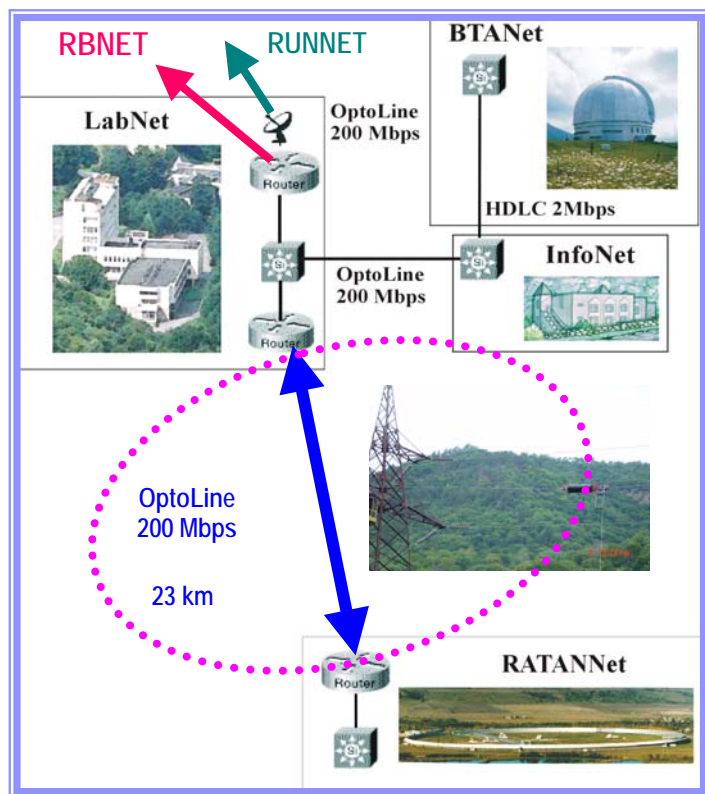
дения идеологии развития, архитектуры и состава программно-аппаратных средств комплекса аппаратной БТА на ближайшую перспективу совещание согласилось с общей концепцией развития комплекса аппаратной и утвердило архитектуру комплекса и состав базовых аппаратно-программных средств АРМ наблюдателей. Все компьютеры аппаратной включаются в локальную сеть ВНП и для любой операционной системы обеспечивается доступ к



ресурсам сервера ВНП (HDD, стример, DAT и проч.) и ИВС САО. Постепенное переоснащение локальных сетей САО. Резкое увеличение числа персональных компьютеров и постепенный переход на Ethernet. Появление выделенных серверов на базе IBM PC 486, выполняющих функции маршрутизаторов и серверов удаленного доступа. Разработка сетевого интерфейса наблюдателя под ОС Linux/X11 для аппаратной БТА. Внедрение комплекса радиорелейной связи ННП-БТА с производительностью 2 Мб/с, и организация запасного проводного канала 160 Кб/с. Модемный канал Буково-РАТАН переведен с аналоговой аппаратуры уплотнения на цифровую с организацией некоммутируемого соединения по SLIP. Были разработаны средства для подключения PPP, SLIP и dial-up расположенных в регионе наблюдательных станций других астрономических учреждений России. Система управления телескопа БТА была дополнена средствами сетевого доступа для обеспечения возможности удаленного управления. Были разработаны и внедрены Web (<http://www.sao.ru/>) и FTP (<ftp://ftp.sao.ru/>) серверы САО.

Дальнейшее развитие ЛВС продолжалось в направлении разработки и внедрения новой архитектуры компьютерной сети САО с использованием маршрутизаторов и коммутаторов фирмы Cisco. При этом максимальная производительность межсерверного соединения увеличилась до 100 Мбит/с. Новая архитектура сети позволила интегрировать разрозненные участки локальных сетей САО в единое многосвязное адресное пространство. Были введены в эксплуатацию два параллельных IP-канала - проводной (160 Кбит/с) и

радио (2 Мбит/с) между верхней и нижней научной площадкой, проложены каналы (10 Мбит/с) между телескопами БТА и Цейсс-1000, БТА и Цейсс-600 и внедрен радиоканал (820 Кбит/с) между БТА и 600 см телескопом наблюдательной станции Казанского университета, внедрены два синхронных проводных (2x16.8 Кбит/с) канала между ННП и РАТАН-600, подключена к сети САО станция Института прикладной астрономии РАН. Введен в строй канал цифровой радио-связи в ISM (2.4ГГц) диапазоне между пунктами Цейсс-1000 и радиоцентром в п. Сарытюз (52км). Оборудованы и введены в строй узлы сети SAO-EDU с размещением телекоммуникационного оборудования в п. Сарытюз и Гор



родском узле связи (ГУС) г. Черкесска.

Организовано подсоединение сети SAO-EDU и маршрутизация в Интернет через РГУ по арендованному каналу Ростов на Дону – Черкесск производительностью 2Мбит/с. Отлажено и сдано в эксплуатацию программное обеспечение маршрутизаторов и средств мониторинга состояния каналов связи и качества сигнала оборудования радиосвязи. Опробован с успешными результатами совместный способ передачи телефонии и данных Интернет по организованному каналу связи САО – Черкесск с использованием комбинирования средств ISDN и IP-Phone.

В 2002 году разработана и введена в эксплуатацию высокоскоростная оптоволоконная

линия связи между п.Нижний Архыз и РАТАН-600 протяженностью 22 км. Обеспечено полнодуплексное Ethernet 2\*100Мбит подключение РАТАН-600 к общей сети САО. В дальнейшем было выполнено создание кластера из основных серверов САО на базе объединения их через высокоскоростной (2,5 Гб/с) коммутатор, создание и внедрение мультимедийных средств маршрутизации в основные информационные каналы сети SAONET (MBONE). В 2005 году основная магистраль SAONet переведена на 1G Ethernet.

Однако создание первых полноценных локальных сетей требовало подключения к системе электронной почты и глобальным компьютерным сетям, организации телекоммуникационного доступа к данным БТА и РАТАН-600.

## Путь в Интернет

Сеть Internet является крупнейшей всемирной компьютерной сетью, благодаря своей миссии сети сетей. Разработка и внедрение первой глобальной компьютерной сети ARPANET, связывающей исследовательские лаборатории на территории США, под эгидой Агентства по перспективным исследованиям МО США (ARPA) началась в 1969 году. Научные коллективы и отдельные исследователи получили возможность оперативного обмена научными данными и разнообразной документальной информацией посредством электронной почты. Работая с ARPANET, ученые пришли к выводу, что быстродействующие компьютерные сети являются необходимым инструментом во всех областях на-



учных исследований. Исходя из этого, в целях развития международной кооперации и соединения большого числа компьютеров и сетей научно-исследовательских учреждений, Национальный научный фонд США в 1986 г. учредил проект NSFNET. Целью проекта являлось свободное подключение исследовательских групп и отдельных ученых США и других стран к ARPANET для обмена информацией. 1987 г. можно считать началом Internet как глобальной информационной сети с коммутацией пакетов на основе IP протокола. Однако принципиальные изменения определившие нынешнее существование и развития Интернет произвело внедрение протокола HTTP. В 1989 году, работая в CERN, Бернерс-Ли предложил проект, известный как Всемирная паутина (англ. *World Wide Web*). Проект подразумевал публикацию гипертекстовых документов, связанных между собой гиперссылками, что облегчило бы поиск и консолидацию информации. Проект Паутины был предназначен для учёных CERN и первоначально использовался во внутренней сети CERN. Для осуществления проекта Тимом Бернерсом-Ли (совместно с его помощниками) были изобретены идентификаторы URI (и, как частный случай, URL), протокол HTTP и язык HTML. Эти технологии легли в основу современной Всемирной паутины. В период с 1991 по 1993 год Бернерс-Ли усовершенствовал технические спецификации стандартов и опубликовал их. Днем рождения Интернета в России (тогда СССР) считается дата регистрации домена .su - 19 сентября 1990 года.

Специальная астрофизическая обсерватория явилась одним из лидеров внедрения Интернет в науку Советского Союза и России, лидером среди астрономических институтов и безусловным лидером среди нестоличных научных учреждений. Первое доменное имя обсерватории – sa0.stavropol.su, было зарегистрировано в конце 1990 года, а в следующем году уже все компьютеры научных подразделений были оснащены средствами электронной почты или удаленного доступа к почтовому серверу. Лабораторией информатики были выполнены работы по внедрению системы электронной почты на ННП, РАТАН-600 и в ЛФ САО.

Нужно особо отметить, что в августовские дни 1991 года, когда ГКЧП перекрыл все каналы массовой информации, единственной связью Карачаево-Черкессии с Москвой и миром являлась электронная почта Релком через САО РАН – КНТКЦ "КИТ".

В 1993 году в Россия была представлена в Интернет тремя некоммерческими сетями - RelCom/EUNet, RadioMSU и FreeNet. Сеть "Релком" был подключена к EUNet наземным каналом через NordUNet (Хельсинки) и спутниковым через Останкино-Медвежье Озера. Сеть "Радио-МГУ" подключалась спутниковым каналом НИИ ядерной физики МГУ - DESY (Гамбург) с пропускной способностью канала - 256 Кбит/с. FreeNet использовала шлюз шлюз компьютерной сети EARN/BITNET, международный узел которой функционировал на базе ИОХ РАН. Развитие этих сетей осуществлялось при поддержке Международного научного фонда (ISF), Института "Открытое Общество" (OSI), НАТО, а также крупных международных проектов Комиссии Европейских Сообществ (ЕС). В начале 1994 года был завершен первый этап создания сети RSSI, а именно, проведено подключение первых организаций и осуществлен выход в Интернет, используя спутниковый канал 256 Кбит/с между ИКИ РАН и Goddard Space Flight Center (NASA, USA).

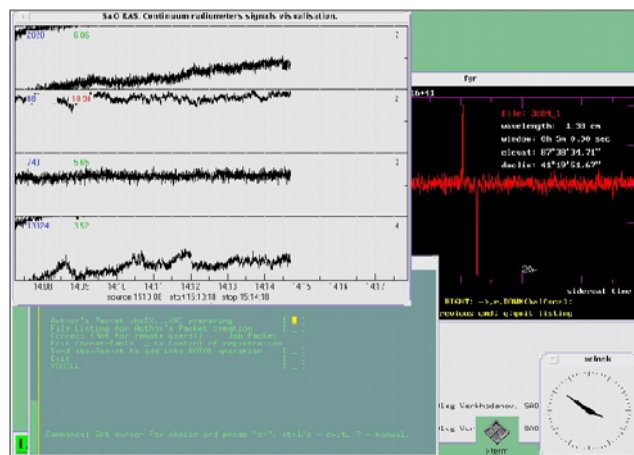
В это время конечные пользователи – научные институты даже в Москве и Санкт-Петербурге имели весьма скромные возможности доступа в Интернет. Так например Институт астрономии РАН (ИНАСАН) подключался к FreeNet и RSSI выделенными модемными линиями со скоростями до 19 Кбит/с, а в Санкт-Петербурге в связи с развалом в 1991-1993 годах академической сети доступ в Интернет практически отсутствовал.

Тем значительнее на этом фоне выглядели успехи в 1994-1995 годах САО РАН, в которой собственными силами была установлена спутниковая станция и проведено подключение к Интернет через провайдера "Радио-МГУ" к сети НЕР DESY (Гамбург) со скоростью 64 Кб/с. Создан полноценный Web-сайт [www.sao.ru](http://www.sao.ru) и проведен первый успешный эксперимент по удаленным наблюдениям на РАТАН-600 через Интернет. Создан FTP сервер и обеспечен сетевой доступ к наблюдательным данным телескопов БТА и РАТАН-

600, архивам и некоторым астрономическим каталогам, созданы домашние страницы WWW для некоторых отделов и лабораторий САО.

В 1996 году главные усилия отдела информатики были сконцентрированы на создании надежного канала Internet и интеграции трех существующих локальных сетей в общую информационно-вычислительную сеть - SAOnet. Дополнительно уделялось внима-

ние разработке локальных информационных служб. Были модернизированы линии связи по радиорелейному и выделенному телефонному каналам между главным зданием института и основными телескопами БТА и РАТАН-600 (5 км и 25 км соответственно) для локальных сетей SAOnet. Базовый TCP/IP сервис, включающий передачу файлов (FTP), электронную почту, Internet и терминальный доступ (Telnet и X-Windows) был сделан доступным для всей сети. Астрономы САО и приезжающие



ученые получили возможность непосредственной работы с мировыми астрономическими центрами данных. В 1997 году было выполнено подключение наблюдательных станции ИПА РАН и КГУ к сети САО с выходом в Internet и проведена совместная работа по подключению ГАС ГАО к сети Интернет.

К 1999 году SAOnet, использует следующее оборудование: VSAT "Калинка", два спутниковых модема SDM-100, "Эриком-43", два Sparc20, как серверы/маршрутизаторы, до 120 автоматизированных рабочих мест (в основном АТ/486 - 586 классов), несколько типа модемов для выделенных и коммутируемых линий, внешнюю память на HDD (20Gb), CD-R драйверы и несколько периферийных устройств. Подключение к сети RUNNet («Вузтелекомцентр», г. Санкт-Петербург) с увеличением пропускной способности спутникового канала до 128 Кб/с. и создание собственной провайдеро-независимой сети SAOnet с регистрацией автономной системы в Европейской части Интернет. Имеет полное Internet подключение, включая собственный домен второго уровня: sao.ru и две Internet сети класса C (193.125.88 и 193.125.89 IP).

Телекоммуникационный сервис дает возможность астрономам САО и их партнерам оперативно обмениваться данными и помогает им более эффективно выполнять совместные проекты. Сотрудники и гости САО могут интенсивно использовать SIMBAD, каталоги CDS и другие мировые информационные ресурсы. Осуществляются активные контакты и обмены данными через Internet между САО и западными астрономическими институтами, в частности - ESO, Observatoire de Paris и Cote d'Azur Observatoire (Франция), Universit di Bologna (Италия), Max-Planck-Institute fur Radioastronomie и Astrophysikalisches Institut Potsdam (Германия), NOAO и NRAO (США), Poznan Observatoire (Польша) и многими другими.

В настоящее время обеспечено многосвязное подключение к Интернет с выходами в RNet и RUNNet по каналу 2 Мбит и двум резервным – наземному 256 Кбит и спутниковому 128 Кбит каналам. Создан распределенный Web-сайт, позволяющий через центральный сайт осуществлять доступ к внутренним Web-сайтам, содержащим различную научную и техническую информации. Разработан комплекс программ, автоматизирующих поддержку и развитие сайта. Создано и поддерживается зеркало сайта САО РАН (<http://www.sao.kchr.ru>). Разработан комплекс программ, автоматизирующих поддержку и развитие сайта. Web-сайт САО согласно рейтинга "Астротоп России" по независимым оценкам в течение последних пяти лет является лучшим профессиональным астрономическим сайтом России и СНГ.

## Отдел информатики

Основная деятельность отдела информатики обсерватории направлена на внедрение в научные исследования новых информационных технологий, обеспечение и развитие информационно-вычислительной сети САО, телекоммуникаций и средств связи, а также автоматизацией процесса наблюдений. Основная цель разработок состояла в развитии информационно-вычислительной сети САО в направлениях обеспечения для сотрудников САО доступа к мировым астрономическим информационным ресурсам, посредством подключения к сети Internet, предоставления мировому астрономическому сообществу доступа к архивам, каталогам и первичным наблюдательным данным САО, создания удаленных средств наблюдений для БТА и РАТАН-600 телескопов, модернизации локальных вычислительных сетей САО (BTANet, RATANNet и LabNet) и межсетевых линий связи.

Отделом создана Система дистанционного доступа к информационным и техническим ресурсам (<http://www.sao.ru/racs>). Система предоставляет возможность проводить наблюдения на телескопах обсерватории в режиме удаленного доступа, включая on-line подачу заявки через Web-сайт САО РАН, удаленный ввод заданий и получение наблюдательных данных, а также удаленное управление телескопом БТА. Разработана и введена в эксплуатацию высокоскоростная оптоволоконная линия связи между п. Нижний Архыз и РАТАН-600 протяженностью 22 км. Работа принята межведомственной комиссией РАН, Минпромнауки, Минобразования РФ.

В 1998 году для скоростной обработки данных и решения научных задач в LabNet был запущен высокопроизводительный 2-х процессорный вычислитель общего пользования (big2) и на него установлены международные системы обработки астрономических данных MIDAS и IRAF. Для хранения промежуточных архивов, оперативной обработки данных и размещения www- и ftp-серверов САО внедрен RAID - дисковый массив большой емкости (47 гигабайт) подключенный к серверу serv и вычислителю big2. В рамках договора с Южно-российским региональным центром информатизации высшей школы о совместных разработках на основе программной среды Oracle информационной системы наблюдательных данных САО начата разработка инфологической модели базы данных. Продолжались работы сотрудников отдела по адаптации существующих и созданию новых средств управления и контроля БТА, которые в дальнейшем позволят реализовать режим удаленных наблюдений на телескопе. В ходе этих работ разработана базовая структура матобеспечения АСУ, методы и алгоритмы управления аппаратурой телескопа, исключаяющие необходимость режимов жесткого реального времени, что позволяет использовать обычную многозадачную сетевую операционную систему Linux, опробован первый вариант серверной управляющей программы в реальных наблюдениях на БТА, разработана и внедрена система цифрового обзора ночного неба с дистанционно управляемой наружной телевизионной камерой.

В 1999 году выполняется разработка новых непараметрических алгоритмов обработки сигнала радиометров, позволивших увеличить штатную чувствительность при наличии помех. Ввод в штатную эксплуатацию системы регистрации для радиометров сплошного спектра на РАТАН-600 на IBM PC386 под ОС Linux с возможностью удаленного доступа по сети ArcNet по Интернет-протоколам. Внедрение системы подготовки заданий MCOSS-U с автоматической передачей заданий по e-mail.

Сопровождается, развивается и модернизируется комплекс программно-аппаратных средств системы управления БТА. К Web-сайту САО РАН подключена страница «БТА-on-line», с помощью которой реализована возможность удаленного мониторинга работы телескопа, включающая видеоконтроль телескопа, внешних погодных условий и TV-подсмотров систем сбора (<http://www.sao.ru/BTAcontrol>). Для модернизации и замены приводов азимута и зенитного расстояния БТА разработано программное обеспе-

чение, позволяющее управлять новыми приводами с использованием CAN-шины. Разработана программа тестирования динамики приводов A и Z. Интерфейс оператора дополнен предоставлением цифровой и графической информации о токе и скоростях. Написана программа для обеспечения возможности синхронизации системы АСУ по UTC (с GPS-приемника). Программная разработка «Сетевой клиент-серверный программный комплекс контроля и управления крупнейшим российским оптическим телескопом БТА» зарегистрирована во Всероссийском фонде алгоритмов и программ ВНИИЦ (№ 50200200455).

Проведена полная модернизация программного обеспечения цифровых телевизионных каналов БТА телевизионного комплекса обсерватории, разработана драйверная программа-сервер для грабберов, реализована возможность одновременной обработки и презентации 2-х телевизионных каналов (<http://www.sao.ru/BTAcontrol>). Программное обеспечение цифрового телевизионного комплекса БТА зарегистрировано во Всероссийском фонде алгоритмов и программ ВНИИЦ под № 50200200025. На основе проведенного системного анализа и формализации наблюдательного цикла телескопов БТА и РАТАН-600 разработана многоуровневая схема системы диспетчеризации ресурсов от подачи заявки до получения оперативных и архивных данных. Внедрена on-line заявка (русская и английская версии) на наблюдательное время для оптических телескопов САО РАН (<http://www.sao.ru/request/zeiss.html> и <http://www.sao.ru/request/>). Создана база данных расписаний наблюдений на инструментах обсерватории и web-архив расписаний наблюдений на БТА (с 1991г. по 2005г. <http://www.sao.ru/request/schedule/index/html>), РАТАН-600 и Цейс-1000. Разработана программная система автоматического составления предварительного расписания наблюдений. Разработана трехуровневая система ролевых разделений сервисных функций и привилегий пользователей со следующими категориями пользователей: администраторы, члены КТБТ, наблюдатели.

На базе CISCO маршрутизаторов реализовано квотирование потоков данных. Реализован способ управления доступом к контентам Интернет/Инtranет, основанный на выделении различной ширины полосы каналов для промежуточных кэш-серверов (В.Черненко).



Способ позволяет осуществить быстрый доступ к астрономическим ресурсам и "мягко" ограничить доступ к остальным. Для защиты от несанкционированного доступа к информационным и техническим ресурсам обсерватории разработана многоуровневая система доступа со сквозной идентификацией пользователей, ролевым

разделением сервисных функций, прав доступа и квотированием информационного канала.

Разработано и внедрено программное обеспечение и электро-механическая часть локального корректора положения звезды фокуса N2 (А. Иванов). Для автоматизации систем сбора БТА разработана электрическая схема и изготовлено дистанционное управление механизмами платформы SCORPIO (ЛСФВО) в СПФ БТА, разработана электрическая схема и изготовлен пульт дистанционного управления магнитометром в СПФ БТА (ЛИЗМ). Совместно с лабораторией «Структура» введен в рабочую эксплуатацию программный пакет NICE для нескольких наблюдательных методов. Внедрена издательская



система LaTeX: разработаны стилевые файлы для изданий САО (Т. Пляскина). Оборудованы учебные компьютерные классы на ННП и РАТАН-600 для УНЦКП «Наземная астрономия ФЦП «Интеграция».

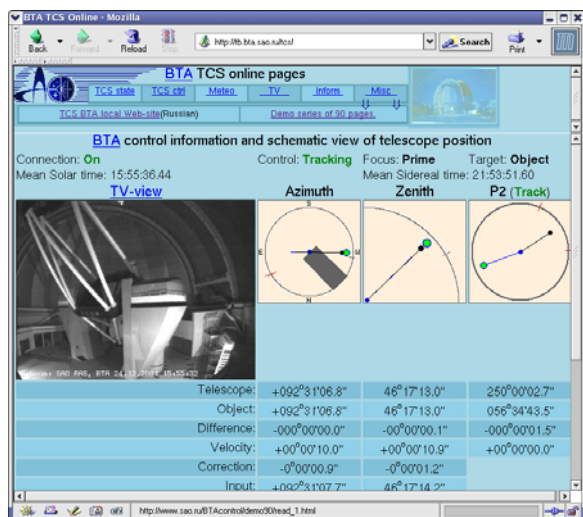
Проведены исследования и полевые испытания различных вариантов цифровой радио-связи в ISM (2.4ГГц) диапазоне. Проведена успешная экспериментальная проверка скоростной (11Мбит) радиосвязи между РАТАН-600 и БТА (24км) при различных метеорологических условиях. Проведена успешная экспериментальная проверка скоростной (4Мбит) радиосвязи между Zeis-1000 и радиоцентром в п. Сары-тюз (52км). Отлажено программное обеспечение РС-радиомаршрутизатора для организации связи точка-точка на больших дистанциях. Создан территориально-распределенный центр дистанционного использования вычислительных и экспериментальных научно-образовательных ресурсов Южно-Российского Федерального округа «Информатика, наука, образование».

Проведена модернизация сетевых узлов в Ставрополе, Черкесске; проектирование базовой магистрали научно-образовательной сети Южного федерального округа России, включающей основной канал Ростов – Ставрополь – Черкесск - САО РАН (2 Мбита). Осуществлено развитие инфраструктуры коммуникационных узлов сети, входящих в научно-образовательную телекоммуникационную сеть Южного федерального округа; выполнено создание на базе одного из таких коммуникационных узлов центра обмена региональным трафиком (IP-exchange) в г. Ростове-на-Дону. Обеспечено сопровождение программного обеспечения коммутаторов и маршрутизаторов, установленных на ННП, РАТАН-600, ВПП и г. Ставрополе, а так же серверов САО в г. Ставрополе и г. Черкесске.

Сотрудники отдела принимали участие в обеспечении наблюдательных программ (ремонт, тестирование, подготовка и коммутация аппаратуры), выполняли профилактическое обслуживание вычислительной техники, поддержку и сопровождение FTP-архива обсерватории, плановую модернизацию операционных систем и прикладного программного обеспечения. Выполнялись совместные работы с другими подразделениями обсерватории, в частности: разработка информационной системы «Эволюция радиогалактик», работы по теме «Исследование ранней Вселенной методами радиоастрономии», работы по оптическому отождествлению радиоисточников и спекл-интерферометрии. Осуществлялось рабочее взаимодействие с European FITS Committee.

Проведены работы по испытанию и внедрению компьютерного оборудования для систем сбора и управления на базе конструктива CompactPCI и ОС Linux RH-8.0 и Windows2000. Разработана базовая часть МО сетевой системы автоматизации инструментальных комплексов телескопов САО для унификации взаимосвязей, распределенных по различным компьютерам, программ управления наблюдательной аппаратурой, программ сбора сопутствующей информации и программ-интерфейсов наблюдателей. На ее основе выполнена разработка системы автоматизации для аппаратуры управления устройствами в фокусе N2. Система прошла опытную эксплуатацию в процессе реальных наблюдений. В рамках проекта модернизации АСУ, в этом году завершен перевод управления и сбора в

узлах А и Z на контроллерный вариант с обменом через CAN-шину, а именно, запущен в пробную эксплуатацию второй контроллер фирмы PER в узле Z. Для этого в главной управляющей программе АСУ для Z реализованы алгоритмы ведения условного времени контроллера и актуализации значений датчиков угла, т.е. их синхронизации с текущим временем, на которое производится расчет теоретических значений. Создана штатная система для систематического мониторинга точностных характеристик БТА. Проведены испытания нового цифрового ТВ ICCD под-



подсмотра с охлаждаемой ПЗС матрицей, управляемой дистанционно. Реализована ТВ система с сетевым доступом для 70см гида БТА. Организована сетевая служба точного времени на базе GPS тайм-сервера.

Разработана новая версия страниц "BTA-online": разработан Web-интерфейс оперативного управления БТА (<http://tb.bta.sao.ru/tcs/ctrl/>) позволяющий корректировать положение телескопа, управлять поворотным столом и фокусировкой. Разработан новый интерфейс Web-камер ([http://tb.bta.sao.ru/webcam/bta\\_webcam\\_js.html](http://tb.bta.sao.ru/webcam/bta_webcam_js.html)) и интерфейс представления ТВ-каналов ([http://tb.bta.sao.ru/webcam/tvcams\\_js.html](http://tb.bta.sao.ru/webcam/tvcams_js.html)). Реализован Live-интерфейс к Web-камерам (<http://tb.bta.sao.ru/tcs/livestart.html>). Проведена разработка и внедрение на серверах "CATS" и "SED" системного программного обеспечения, осуществляющего объединение их в общий Linux-кластер с балансированием загрузки процессоров (В. Черненко). Проведена разработка и тестирование миграции UNIX-процессов для программ с общей разделяемой памятью, в том числе HTTP серверов с возможным линейным масштабированием производительности.

Создан распределенный Web-сайт, позволяющий через центральный сайт осуществлять доступ к внутренним Web-сайтам, содержащим различную научную и техническую информации. Разработан комплекс программ, автоматизирующих поддержку и развитие сайта. Создано и поддерживается зеркало сайта САО РАН (<http://www.sao.kchr.ru>). Разработан комплекс программ, автоматизирующих поддержку и развитие сайта. Web-сайт САО согласно рейтинга "Астротоп России" по независимым оценкам в течение последних пяти лет является лучшим профессиональным астрономическим сайтом России и СНГ.

Отлажено и сдано в эксплуатацию программное обеспечение маршрутизаторов и средств мониторинга состояния каналов связи и качества сигнала оборудования радиосвязи. Успешно опробовано совмещение передачи телефонии и данных по гибриднему каналу связи САО–Черкесск с использованием комбинирования средств ISDN и IP-Phone. Установлена и внедрена офисная АТС DEFINITY с возможностью подключения к междугородней АТС. Выполняется сопровождение последних версий пакета teTeX и поддержка стилей САО на основных ЭВМ ННП и РАТАН-600. Создан терминальный комплекс в СГУ для опробования методики дистанционного обучения. Произведена административная установка и запуск 1С: Бухгалтерии. Установлен сервер с билинговой системой для поселковой сети.

В июне 2002 года обсерватория вошла в международный альянс IVOA (международная виртуальная астрономическая обсерватория), который подразумевает непрерывное информационное взаимодействие между исследовательскими коллективами стран ближнего и дальнего зарубежья. Участники альянса решают задачу объединения вычислительных и экспериментальных комплексов, архивов и центров данных с помощью стандартизованных средств сетевого доступа и интерфейсов. Созданная в Обсерватории «Система дистанционного доступа к информационным и техническим ресурсам телескопов БТА и РАТАН-600» является базой для создания Российской виртуальной обсерватории, интегрирования российских астрономических ресурсов и обеспечения доступа к данным мирового научного сообщества. Разработка программы создания Российской виртуальной обсерватории осуществляется совместно с ИНАСАН, ИПИ и МСЦ РАН.

Отдел информатики принимал участие в работах по проекту Учебно-научного центра коллективного пользования "Наземная астрономия" Федеральной целевой программы «Интеграция», в частности, сотрудниками оборудовано 2 учебных класса на ННП и РАТАНе, установлены стандартные астрономические системы обработки данных на учебных машинах, - для студентов, аспирантов и молодых научных сотрудников, проходящих практику и стажировку в САО РАН и разработана домашняя страница УНЦКП на Web-сайте САО РАН (Н. Калинина). Сотрудниками отдела проводятся лекции и практические занятия со студентами МГУ, СПбГУ, КазГУ и СГУ по темам «Информационное обеспечение наблюдений», «Работа в системе MIDAS».

Обсерватория является активным участником целевых программ РАН: "Информатизация Президиума и научных учреждений РАН" и "Высокопроизводительные вычислительные системы и телекоммуникации". Российским фондом фундаментальных исследований поддержано более десяти проектов представленных сотрудниками отдела информатики. На базе САО организованы и проведены с участием ведущих специалистов России три рабочих совещания-семинара «Информационные системы в фундаментальной науке», который включен с 2005 года в программу регулярных мероприятий РАН. Проблема создания информационных систем актуальна как никогда ранее и занимает одно из центральных мест в развитии фундаментальной науки. В настоящее время информационные системы приобретают все более важное значение в связи с увеличением объема информации, поступающей от новых экспериментальных комплексов, с развитием новых подходов к обработке и хранению экспериментальных данных и обеспечением доступа к ним максимально возможному числу научных коллективов и индивидуальных исследователей. Состояние информационно-образовательных сетей, как общероссийских, так и региональных вызвало также большой интерес и широко обсуждалось участниками совещания. Дополнительно обсуждалась проблема взаимодействия государственных и негосударственных учреждений, министерств, ведомств, РФФИ и других фондов в решении проблемы обеспечения информационной базы науки.

Регулярно проводится семинар САО по автоматизации научных исследований и информатике.

## **Банк данных**

Первые пробы записи части основного наблюдательного архива на CD-R для последующего использования с помощью автоматизированной CD-библиотеки были сделаны в 1996 году. Сейчас общий архив обсерватории включает 14 локальных архивов и размещен на 151 оптическом диске (в него входят дубликаты основных дисков и пользовательские архивы). Объем архива – 77600 МБ, количество записей – 137700. Для реализации потоковой архивизации наблюдательных данных систем сбора БТА разработана каскадная схема архивизации, состоящая из 4 уровней хранения данных и процессов, обеспечивающих перемещение и контроль данных между уровнями. Уровни каскадной схемы архивизации обеспечены необходимым компьютерным оборудованием и программным обеспечением.

Оборудован сервер информационно-поисковой системы общего архива, на котором установлено программное обеспечение (OS RH7.3, Oracle9) и размещены данные локальных архивов, скопированные с 64 оптических дисков. Реализован on-line доступ к наблюдательным данным. Доступ к данным выполняется с помощью информационно-поисковой системы OASIS (Observation Archive Search Information System), использующей реляционную систему управления базами данных (О. Желенкова). Организованы запросы по дате наблюдения (<http://www.sao.ru/oasis/cgi-bin/fetchru> – русская версия и <http://www.sao.ru/oasis/cgi-bin/fetch> – английская версия интерфейса) и запросы по названию программы наблюдений (<http://www.sao.ru/request/schedule/index.html> - через архив расписаний наблюдательного времени БТА). Разработана методика поэтапного формирования общего архива САО как федерации локальных архивов для реализации Интернет-интероперабельного доступа к данным (с использованием рекомендаций и спецификаций IVOA и NVO).

По имеющимся на сервере общего архива САО РАН наблюдательным данным проведено сравнение параметров, описывающих наблюдения на приборах, имеющихся на телескопах обсерватории. По опросам пользователей определены наиболее востребованные к архивным данным типы запросов: по дате наблюдения, прибору, типам файлов, координатам, имени источника, программе наблюдений, автору и наблюдателям. Из-за ошибок и неточностей при заполнении значений параметров, особенно в названии программ наблю-

дений, имен источников, авторов программ и наблюдателям, невозможно реализовать некоторые типы запросов. Возможна реализация запросов по дате наблюдения и координатам. Для добавления новых типов запросов рассмотрено использование стандартов Conesearch, Simple Image Access Prototype Specification (<http://www.usvo.org/standards.html>) для организации запроса по координатам наблюдения и выдачи результата в VOTable формате. Разработана структура таблиц для реализации этого сервиса.

Для первой версии web-интерфейса (<http://www.sao.ru/oasis/cgi-bin/fetchru>) к общему архиву наблюдательных данных выбран запрос по дате наблюдения, как тип запроса, выполняемый ко всем имеющимся локальным архивам. Для реализации интерфейса разработана и создана структура таблиц информационно-поисковой системы на основе СУБД Oracle 9.2, произведено наполнение таблиц с помощью Perl-скриптов с использованием DBD/DBI-интерфейса к СУБД, web-интерфейс реализован с использованием Perl-скриптов (CGI и DBD/DBI интерфейсы). Выполняется копирование данных на сервер общего архива и пополнение таблиц по мере формирования и записи оптических дисков с наблюдательными данными. Реализованы функции on-line копирования выбранных файлов с учетом 2-летнего авторского периода, просмотра заголовков файлов и быстрого просмотра изображений (для FITS-файлов). Через архив расписаний БТА (<http://www.sao.ru/request/schedule/index.html>) реализован доступ к данным по наблюдательным сетам.

Подготовлены предложения по организации автоматического копирования наблюдательных данных с компьютеров систем сбора на общий сервер БТА. Информация о текущем состоянии (<http://www.sao.ru/oasis/archive/docs/boacs.html>) общего архива наблюдательных данных и вносимых изменениях и добавлениях (<http://www.sao.ru/oasis/archive/docs/log.html>) имеется по указанным адресам и обновляется. Для общего архива обсерватории оборудован и сопровождается специальный сервер, выполняется обновление оборудования (из средств гранта РФФИ) и программного обеспечения.

## **Виртуальное будущее**

Каковы бы ни были терминологические споры о виртуальности, будущее всегда виртуально и, хотя оно иногда обретает реальность слишком быстро, мы всё же можем на него повлиять строя планы и реализуя в них свои цели.

В ближайших планах отдела информатики - создание кольцевой структуры локальной сети САО для обеспечения гарантированной надежности телекоммуникационной связи всех объектов обсерватории и реализация высокоскоростных наземных каналов связи САО – Зеленчукская- Черкесск. Реализация режима дистанционных наблюдений для штатных систем сбора данных телескопов САО. Создание автоматического наблюдательного модуля на базе малого телескопа с Интернет-доступом и интеграцией в международные сети. Завершение создания Банка данных САО, как федерации локальных архивов и баз данных и включение в качестве информационного ресурса IVOA. Информатизация основных служб САО, включая модернизацию библиотечной и издательской деятельности САО в соответствии с тенденциями развития электронных публикаций и библиотек. Еще есть приземлённые, но весьма необходимые планы модернизации системы телефонной связи САО для обеспечением гарантированной надежности и качества.

Более отдаленные планы связаны с реализацией разработанной в САО концепцией Российской виртуальной обсерватории (В. Витковский). Количество информации, получаемое мировым астрономическим сообществом, благодаря достижениям в области разработки и создания крупных наземных и спутниковых телескопов, производства высокочувствительных мозаичных панорамных светоприемников и развития средств связи, растет в последнее десятилетие по экспоненциальному закону.



Эта тенденции де-факто меняют традиционную схему проведения астрофизических исследований: от небольшой группы исследователей, выполняющей для получения научного результата в течение достаточно продолжительного времени наблюдения небольшой группы объектов, к многопараметрическому исследованию цифровых обзоров в различных диапазонах электромагнитного излучения. Изменение парадигмы наблюдательного процесса связано с ростом вычислительных мощностей компьютерного оборудования и развитием программного обеспечения, позволяющего накапливать, обрабатывать и сохранять терабайтные объемы данных, а также с необходимостью более эффективного использования дорогостоящих экспериментальных комплексов. Изменения определенно затронут способы распределения наблюдательного времени. Если по принятой сейчас схеме орбитальные и наземные обсерватории выделяют значительную часть своего времени на проведение исследований в режиме "single observer/single program", где маленькие порции времени выделяются большому количеству исследовательских программ со своими списками объектов. Предполагается в дальнейшем выделение большей части времени для программ, связанных с обзорами неба и выполняемых в нескольких диапазонах.

Существующие наборы данных когерентных обзоров больших участков неба в нескольких диапазонах, открывают возможности для получения новых знаний (data mining), поиска и открытия редких объектов, поиска переменности и т.п. с помощью сложных алгоритмами распознавания образов, статистических и эвристических методов (discovery tools). Совершенно новые научные результаты могут быть получены из совместного использования данных, накопленных на разных инструментальных комплексах в ходе различных экспериментов. Высокая пропускная способность средств телекоммуникации и быстрый темп накопления данных, как наземными, так и орбитальными инструментами требуют адекватной организации эффективного обмена информацией между большим количеством сайтов, для скорейшего достижения новых научных результатов. В настоящее время, очевидно, что не только накопление и анализ, но и организация и распространение данных являются существенным элементом дальнейшего развития науки и технологии.

Все это требует организации новой структуры для более эффективного синтеза технологических возможностей. Эту объединяющую, контролирующую, наблюдательную роль сможет играть Виртуальная обсерватория (ВО), способствуя рациональной организации столь стремительно растущей массы астрономических данных.

Основные идеи проекта Российской виртуальной обсерватории (РВО) впервые были представлены на конференции ВАК-2001 (Санкт-Петербург) и ADAS XI (Victoria, Canada). Принципы и подходы к созданию Российской Виртуальной Обсерватории сформулированы на основе проведенного анализа проблем, связанных с повышением эффективности использования российских и мировых информационных и экспериментальных астрономических ресурсов, а также реализуемых или объявленных проектов создания Виртуальных обсерваторий (ВО). Более широкий взгляд на проблему создания ВО сделал необходимым расширение самой концепции ВО, поскольку не существует принципиальных различий между данными хранящимися в архивах и данными, получаемыми непосредственно с телескопов или в результате моделирования и численных экспериментов. Не существует больших отличий между данными реальных научных экспериментов и учебно-методическими данными, то же, в смысле совместной работы, относится и к реальному или виртуальному общению исследователей. В отличие от общепринятого в настоящее время представления ВО, как распределенной коллекции архивных и производных от них данных (т.н. "Виртуальное небо"), основным принципом РВО является объединение в одной распределенной системе экспериментальных комплексов, архивов, баз и банков данных, со стандартизованными интерфейсами и средствами сетевого доступа, в том числе к суперкомпьютерным центрам.

В отличие от других предлагаемых концепций (NVO, Astrovirtel и проч.), в качестве базовых принципов построения РВО предлагается:

- объединение в одной распределенной системе экспериментальных комплексов, архивов и центров данных РВО, со стандартизованными интерфейсами и средствами сетевого доступа;
- организация для запросов на получение информации единого входного портала, реализующего удовлетворение запроса в существующей информационной базе, а при невозможности этого, постановку в очередь на проведение эксперимента на адекватном запросу инструментальном комплексе РВО;
- реализация процедуры "сетевой транспортировки" исследователя к источникам данных, а не данных к исследователю, подразумевая под этим расширенный доступ пользователя к информационным, вычислительным и инструментальным ресурсам, включающий возможность использования на базе РВО собственных программных и аппаратных средств.
- создание на базе РВО Открытой Виртуальной Среды (ОВС) астрономического образования выполняющей функции обучения, общения и энциклопедии.

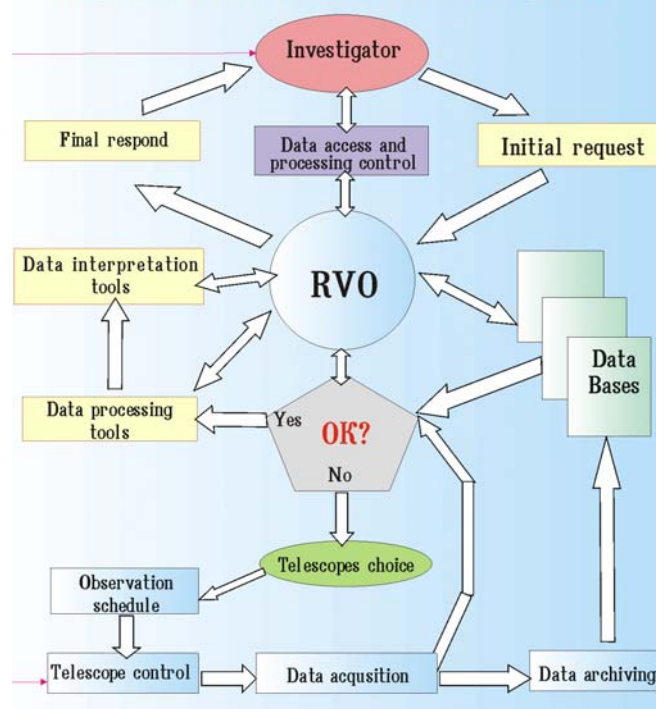
Структура РВО должна включать следующие основные компоненты:

- архивы, базы и банки астрономических данных;
- автоматические телескопы (робот-телескопы с Интернет-доступом, on-line заявки на крупные телескопы) и системы сбора данных;
- развитые средства удаленного доступа к информационным и экспериментальным ресурсам с адекватными телекоммуникационными каналами;
- адекватные потокам данных вычислительные системы и/или средства удаленного доступа к суперкомпьютерным центрам;
- распределенную систему контроля и диспетчеризации ресурсов;
- самообучающиеся экспертные системы;
- программные средства обработки данных и поиска новых закономерностей;
- Открытую виртуальную среду астрономического образования;
- многоуровневую сеть Web-сайтов с главным порталом «Российская Виртуальная Обсерватория».

Основой взаимодействия пользователя с РВО будет являться портал «Российская виртуальная обсерватория», который будет удовлетворять все запросы на имеющиеся ресурсы по следующей схеме:

Первичный запрос детализируется, уточняется и корректируется в ходе интерактивного взаимодействия с порталом, после чего производится сканирование существующих баз данных. Если запрос не может быть удовлетворен существующими данными, производится подбор доступных инструментов, составляется заявка на наблюдение. Заявка включается в расписание наблюдений и пользователь получает данные в ходе или после проведения наблюдений. Если выбранный инструмент полностью автоматизирован, процедура выполняется автоматически. Если же инструмент автоматизирован частично или существует программный комитет, распределяющий его ресурсы, пользователь получает возможность составления требуемой заявки. К

The main technological scheme of the RVO response for a scientific data request



оформленной заявке автоматически добавляется заключение об оригинальности запрашиваемых данных. Данные, выбранные в базах или получаемые в ходе эксперимента, могут быть обработаны стандартными программами из библиотеки РВО или собственными программами пользователя.

Функционирование РВО должно основываться на быстро развивающихся технологиях телекоммуникаций и информатики. Чтобы обеспечить постоянную жизнеспособность, РВО необходимо:

- *формироваться как распределенная структура*, поскольку основная исследовательская работа, создание новых центров и развитие новых направлений в существующих происходит, и будет происходить в географически разнесенных местах.
- *эволюционировать*, то есть, с самого своего основания быстро реагировать на изменение технических и научных возможностей, а также потребностей астрономического сообщества.
- *действовать объединяюще* для всех возможных средств наблюдений, поиска, обработки и интерпретации данных.
- *быть открытой* для образовательных и познавательных целей.
- *ориентироваться на глобализацию*, в смысле сотрудничества с другими странами в подобных проектах.

Существенный прогресс в телекоммуникациях и информатизации науки и образования в России делает реальным создание Российской виртуальной обсерватории. Обеспечение доступа к имеющимся в стране и существующим в мире информационным и экспериментальным ресурсам является основной задачей, решение которой в значительной степени улучшит возможности проведения научных исследований и астрономического образования в нашей стране.

В настоящее время конкретные реализуется проект создания распределённой гетерогенной системы мониторинга небесных объектов, как экспериментальной базы РВО. Проблема создания географически распределенных мониторинговых систем актуальна для многих областей науки - астрономии, геофизики, метеорологии и др. Построение специализированных сетей для таких систем в настоящее время нереально по экономическим причинам. Решением проблемы может быть разработка и реализация методов обеспечения взаимодействия в режиме реального времени эксперимента географически распределенных наблюдательных комплексов через сети общего пользования (Интернет).

Задачи мониторинга ближнего и дальнего космоса требуют возможности непрерывного наблюдения за небесными объектами в течение всего суточного цикла. Для этого необходимо размещение долготное наблюдательных комплексов по всем часовым поясам Земли и широтное распределение их для обеспечения видимости всего неба и независимости от погодных условий. Большая протяженность Российской территории по долготе и широте, с одной стороны делает необходимым размещение узлов мониторинга на географическом удалении друг от друга, а с другой стороны предоставляет возможность проведения уникальных экспериментов и равноправного участия в международных мониторинговых проектах. Решение проблемы обеспечит выполнение широкого круга астрофизических задач, получение возможности решения научных задач нового поколения, возможность интегрированного подхода к изучению Вселенной, оптимизацию использования информационных ресурсов, повышение эффективности использования дорогостоящего телескопного времени.

Развитие современных компьютерных технологий - распределенных вычислительных систем, объектно-реляционных баз данных, web-ориентированных средств доступа к экспериментальным данным, - требует реализации нового подхода к информационно-вычислительному обеспечению наземных астрономических экспериментов. Необходимо учитывать информационную открытость мирового астрономического сообщества, которая определяет выбор форматов данных, пакетов обработки данных, методологию и технологию организации наблюдательного процесса. На повышение эффективности телескопов

оказывает влияние не только их техническое оснащение, но и правильная организация информационных потоков данных, научных данных - для хранения и эффективного доступа, технических данных - для отслеживания изменения состояния инструментов.

Создаваемая система должна позволить осуществлять подготовку и проведение экспериментов на оптических и радио телескопах из центра сбора и обработки данных или прямо на пользовательских терминальных комплексах, которые с помощью сети Internet могут быть реализованы на рабочих станциях пользователей в любой точке земного шара. Базовыми экспериментальными комплексами должны являться крупнейшие российские телескопы с разработанной для них системой дистанционного доступа к экспериментальным и информационным ресурсам. Базовыми узлами распределенной обработки данных должны являться отечественные суперкомпьютерные центры, наряду с которыми должны использоваться распределенные вычислительные ресурсы в режиме виртуальных кластеров. Для размещения основных архивов и баз наблюдательных данных должны использоваться ресурсы суперкомпьютерных центров с высокоскоростным доступом к международным сетям и средствами автоматической актуализации.

По результатам выполненных в CAO РАН НИР, НИОКР, с учетом международного опыта и опыта построения системы удаленного доступа к информационным и экспериментальным ресурсам CAO РАН планируется детальная разработка и внедрение архитектуры системы распределенного эксперимента. Объектом разработки и внедрения является территориально распределенная система, обеспечивающая функционирование и сетевое взаимодействие автоматических и/или автоматизированных наблюдательных модулей и позволяющая выполнять удаленный ввод заданий, планирование и проведение наблюдений, удаленный контроль в ходе эксперимента и доступ к получаемым и хранимым в локальном архиве данным. Типовой узел должен обеспечивать возможность дистанционного проведения экспериментов и информационное взаимодействие в процессе проведения наблюдений и обработки результатов экспериментов между узлами в университетах и астрономических учреждениях России, а также с исследовательскими коллективами стран ближнего и дальнего зарубежья. Предполагается создание действующей модели системы на базе автоматических комплексов, расположенных в CAO РАН, СПб филиала CAO, СГУ, УрГУ и НГУ. Планируется изучить возможность взаимодействия с системами, разработанными в рамках проектов HOU, SkyQuery и других. Архитектура распределенной системы должна объединять 7 подсистем, реализующих сервисные функции и телекоммуникационные связи: подсистемы планирования эксперимента (ППЭ); подсистемы диспетчеризации ресурсов (ПДР); подсистемы удаленного доступа к автоматизированным комплексам сбора наблюдательных данных (ПДСД); подсистемы удаленного доступа к автоматизированным системам управления телескопами (ПДСУ); подсистемы архивизации и доступа к архивам наблюдательных данных (ПДА); подсистемы обработки наблюдательных данных (ПОД); телекоммуникационной подсистемы с Интернет-сайтом (ТП). Предполагается создание на базе существующих астрономических инструментов автоматических, специализированных по методу наблюдений телескопов и увязки их с уже существующими автоматизированными инструментами, например - европейский проект DYNOCORE. Автоматические с возможностью дистанционного доступа малые телескопы можно использовать для отработки методик проведения дистанционных коллективных наблюдений, их достаточно просто делать монопрограммными и легко управлять ресурсами (специализированные телескопы для изучения определенных объектов).

Разрабатываемая технология должна предусматривать применимость в различных областях экспериментальной науки, образования и прикладных исследованиях, в частности мониторинге атмосферы, метеорологии, геофизике и т.п.

В настоящее время чаще всего через Интернет осуществляется доступ к информационным ресурсам, фактор времени доступа, к которым не играет особенной роли. Такие ресурсы можно считать стационарными. В то же время с развитием скоростных каналов связи появляется возможность Интернет-доступа к экспериментальным комплексам, рабо-



та с которыми требует выполнения условий реального времени. Такие ресурсы можно отнести к динамическим, и работа с ними связана с реальным временем в смысле управления физическим экспериментом. Задача создания подобного рода динамического ресурса возникла при разработке системы дистанционного доступа к информационным и экспериментальным ресурсам САО РАН. Основной целью проведения астрофизических экспериментов является получение информации об астрофизических объектах. Такая информация получается при проведении наблюдений и обработке полученных результатов. Всю цепочку, - от постановки научной задачи, проведения эксперимента и до получения научного результата, - мы рассматриваем как единый технологический цикл. Наиболее важной частью этого цикла является проведение эксперимента (наблюдения), которая включает в себя: управление телескопом, управление приемниками излучения, регистрация и сбор наблюдательных данных. Под реальным временем наблюдательного цикла мы понимаем такой ограниченный промежуток времени, в течение которого происходит изменение информации о состоянии телескопа, систем сбора данных, климатических условиях. И эти изменения могут повлиять на проводимый наблюдательный эксперимент. Каждый тип информации имеет свой период старения, к примеру, для положения телескопа этот интервал - минуты, изменение метеопараметров - часы. В целом режим реального времени должен обеспечивать оптимальную работу телескопа в течение ночи. В частности, допускать замену объектов наблюдения или изменение режимов наблюдения. Существенным является обеспечение возможности активного и оперативного влияния астронома на наблюдательный процесс в зависимости от изменяющихся параметров. К этой информации относятся локальные метеопараметры и метеообстановка, движение и положение телескопа, качество изображения, которое влияет на режимы наблюдения.

Для обеспечения наблюдательного процесса постоянно развивается и модернизируется комплекс программно-аппаратных средств системы управления БТА и телевизионного комплекса обсерватории. Информацию и телевизионные изображения телескопа и местных метеоусловий можно получить в режиме реального времени (live push stream image mode) на странице «БТА-on-line» (<http://www.sao.ru/БТАcontrol>). Реальное управление телескопом имеет много особенностей, в частности изменение режимов его работы нельзя предоставлять любому желающему. Для решения проблемы несанкционированного вмешательства в работу телескопа предусмотрены несколько уровней доступа к функциям управления, защищенные паролями.

По функциональным возможностям и удаленности доступа интерфейсы, обеспечивающие управление телескопом можно условно разделить на три зоны. Интерфейс с максимальной функциональностью предоставляется в локальной сети телескопа. Это самая ближняя зона, где управление инструментом осуществляется мультикастинговой рассылкой UDP-пакетов. Именно в этой зоне работают операторы телескопа, для которых разработан специализированный графический интерфейс с полным набором функций управления телескопом. Ограниченная функциональность предусмотрена для астронома, проводящего наблюдения, что отражено в соответствующем интерфейсе наблюдателя. Это средняя зона, где информация по управлению телескопом передается с организацией ТСР-сессии на любом компьютере внутренней корпоративной сети обсерватории. Эти интерфейсы могли бы использоваться из внешней сети, но эта возможность закрыта из соображений безопасности. Для стороннего заявителя возможны только функции мониторинга, который может выполняться с помощью стандартного интернет-браузера. Эти функции немаловажны для заявителя наблюдательной программы, который по разным причинам не может присутствовать на наблюдениях. Таким образом, заявитель может контролировать наблюдаемые объекты, качество изображения и т.п. Можно с уверенностью утверждать, что число динамических ресурсов с Интернет-доступом будет неуклонно возрастать, и любой современный крупный наземный телескоп должен будет обеспечивать подобного рода сервисы. Для системы удаленного доступа к автоматизированным системам управления телескопами предложена спецификация программно-аппаратного интерфейса, по-

звляющего пользователю осуществлять управление телескопами во время проведения экспериментов и получать необходимые для последующей обработки результатов, данные АСУ о координатных, климатических и прочих условиях проведения эксперимента, а также текущие инструментальные параметры.

Современные телескопы это весьма дорогостоящие сооружения, их эксплуатация, сбор, хранение и доступ к полученным данным требует значительных затрат. Дорогое телескопное время требует повышения эффективности использования астрономических инструментов. Автоматические телескопы появились в 80-е годы, после 2000 года их количество в мире составляет более 100. Порядка 20 проектов находятся в стадии реализации и около 25 проектов тестируются и вступают в эксплуатацию. Диаметры телескопов-роботов варьируются от 25см до 2.2 м.

К примеру, проект On-line Observatory System CATS-I, Токио, Осака, Япония, включающий три небольших телескопа – 20, 25, 45-см диаметра. Система используется для образовательных целей. В этой системе преподаватели и студенты в дистанционном режиме могут подготавливать программу наблюдений, а результаты получить в удобное время.

Другой пример – проект ККК, предназначенный для мониторинга кратковременных оптических вспышек с целью изучения гамма-вспышек. Телескоп состоит из 16 широкоугольных камер на двух независимо управляемых платформах. На один участок неба смотрят две камеры для устранения ложных срабатываний. Наблюдения идут полностью автоматически, включая анализ состояния погоды, передачу данных и сообщения о возникающих технических проблемах.

Британские астрономы запустили в работу глобальную сеть телескопов-роботов RoboNet-1.0, одна из задач которой поиск похожих на Землю планет. Сеть состоит из трёх телескопов, в случае успеха проекта количество телескопов увеличат вдвое. Телескопы расположены в Британии, Австралии и на Канарских островах. Программное обеспечение (разработанное в Liverpool John Moores University) системы и скоростные линии связи позволяют управлять ими из одного центра. Из-за того, что телескопы в разных широтах и на разной долготе, имеется возможность непрерывного наблюдения за объектом. Система имеет возможность оперативно реагировать на скоротечные события, замеченные другими наблюдателями, а также обзоры неба с автоматическим анализом изображений.

Главное отличия предлагаемого решения заключается, с одной стороны, в возможности объединения в единую сеть разнородных экспериментальных ресурсов и, с другой стороны, в создании достаточно дешевого типового инновационного образца для распространения сети на всю территорию России путем внедрения в небольших научно-образовательных учреждениях. Такая сеть могла бы сыграть существенную роль в задаче мониторинга нестационарных небесных объектов. Автоматические телескопы используются для наблюдений в разных спектральных диапазонах и как для научных задач, так и для образовательных целей. Разрабатываемая технология должна повысить эффективность использования уникального дорогостоящего экспериментального оборудования за счет привлечения большого числа исследователей из различных областей науки.