

Система управления комплексом 500-мм оптических телескопов CAO РАН

Емельянов Э.В. Фатхуллин Т.А.

Специальная Астрофизическая Обсерватория РАН



Описание

В 2017 г. в CAO РАН начато строительство комплекса малых телескопов^a. В данный момент комплекс состоит из трех 0.5-метровых телескопов (F:2.7 в главном фокусе или F:8 в фокусе Кассегрена) системы Ричи–Кретьена «ASTROSIB RC500». Один телескоп смонтирован в куполе «Baader AllSky Dome 4.5-m», два оставшихся — в all-sky куполах «ASTROSIB ASD-4.5». Все три телескопа установлены на экваториальных монтировках. Два — на монтировке «10Micron GM4000HPS» (немецкого типа) и один — на монтировке «АСТРОСИБ ВМ-700» (вилочного типа).

С весны 2020 г. начаты нерегулярные наблюдения на первом телескопе, перешедшие на регулярную основу в июне 2020 г. С января 2021 г. проводятся наблюдения и на втором телескопе. Третий телескоп нуждается в разработке полноценной системы управления (т.к., в отличие от монтировки 10Micron, не оснащен интеллектуальной системой управления).

Оба телескопа, на которых проводятся регулярные наблюдения, работают в частично автоматическом режиме: принятие решения о включении и фокусировка телескопа производятся наблюдателем, далее наблюдения могут проводиться в автоматизированном режиме без участия человека (на основе bash-скриптов).

^a Грант РНФ 14-50-0043

Аппаратный состав комплекса телескопов

Состав отдельного телескопа:

- управляемая розетка на базе Orange Pi zero (питание компьютера, питание аппаратуры, включение/выключение монтировки);
- промышленный компьютер под управлением Gentoo Linux;
- блок реле для включения/выключения калибровочного источника освещения и освещения в подкупольном;
- фотометр на основе ПЗС FLI PL16803 (4k×4k), фокусера FLI и турели FLI на пять позиций 50 мм (фильтры B, V, R и r', Astrodon);
- управляемые устройства: монтировка, телескоп, купол;
- калибровочный источник освещения 60×60 см.

Общая часть:

- погодная станция Baader;
- управляющий сервер;
- сетевой накопитель для архивирования данных;
- система безопасности и видеонаблюдения.

Система управления — нулевое приближение

Программная часть^a:

- сервер мониторинга погоды (сбор данных с метеостанции Baader и метеостанции телескопа БТА, сетевая передача данных пользователю);
- сервер управления телескопом и сервер управления куполом;
- сервер управления монтировкой телескопа;
- вспомогательные утилиты: клиент для сервера монтировки, управление узлами фотометра и фокусером^b.

В целях безопасности подключиться из сети CAO можно только к серверу мониторинга погоды, остальные сервисы доступны лишь локально на конкретном управляющем компьютере. Наблюдатель выполняет подключение к заданной машине по ssh, после чего ему становится доступен базовый набор утилит для выполнения наблюдений в ручном или полуавтоматическом режиме.

^a https://github.com/eddyem/small_tel/

^b https://github.com/eddyem/mytakepic/tree/master/fli_control

Алгоритм работы полуавтоматической системы управления

- 1 Подключение по ssh к заданной машине, запуск всех систем (одним bash-скриптом), наведение телескопа, фокусировка. Запуск управляющего скрипта.
- 1 Проверка состояния монтировки; в случае необходимости (ошибка) — перенаведение на объект.
- 2 Проверка погоды; в случае необходимости (сильный ветер, влажность, осадки, облачность) — переход к окончанию наблюдений.
- 3 Проверка времени окончания наблюдений.
- 4 Проверка времени до перекладки, перенаведение, если время на экспозицию меньше этого интервала.
- 5 Получение научного кадра в заданном фильтре с заданной экспозицией.

После завершения наблюдений (вследствие окончания ночи, ухода объекта ниже $Z = 80^\circ$ или непогоды) происходит закрытие купола и парковка телескопа на позицию калибровочного осветителя. После получения заданного количества «плоских полей», «темновых» и «bias'ов» крышки телескопа закрываются, питание аппаратуры отключается.

Разрабатываемая система управления

Новым элементом в разрабатываемой системе управления будет планировщик, который позволит работать одному или нескольким телескопам полностью автономно по заранее заложенной программе. Также вносятся радикальные изменения в серверы управления узлами телескопа и куполом для стандартизации протоколов связи.

Программный состав разрабатываемой системы управления:

- локальные серверы управления узлами конкретного телескопа (купол, монтировка, телескоп, фотометр, калибровки, дополнительное оборудование);
- сервер, предоставляющий доступ к управлению из локальной сети CAO РАН (шифрованный SSL канал: веб-интерфейс или прямое соединение для работы с планировщиком и/или пользовательским ПО);
- сервер планировщика (единый для всех телескопов) с защищенным веб-интерфейсом.

В настоящее время первый телескоп работает в режиме мониторинга переменных объектов, проводя регулярные наблюдения в белом свете одной и той же площадки в течение длительных промежутков времени. Второй телескоп используется для фотометрических исследований переменных объектов (в т.ч. в паре с телескопом Zeiss-1000).

Характеристики

- Среднее качество изображения: $1''5 \div 2''$.
- Масштаб в прямом фокусе: $1''34$ на пиксель 9 мкм.
- Поле зрения в прямом фокусе: $1'55 \times 1'55$.
- Вращение поля вследствие ошибок юстировки полярной оси: $< 20''/\text{мин}$.
- Фотометрическая точность^a: до $0.''1$ для звезд 19^m .

Грубый механизм юстировки монтировок 10Micron не позволяет выставить полярную ось достаточно точно, в результате чего наблюдается небольшое остаточное вращение поля.

Монтировки 10Micron имеют встроенную систему коррекции наведения (СКН), однако, список точек с данными коррекции ограничен всего лишь 100 парами координат. Без этой системы точность наведения составляет не лучше $1..2^\circ$, а точность сопровождения объекта хуже $15''$ за десять минут. Данные для системы получаются из астрометрических снимков 120 равномерно распределенных по полусфере выше $Z = 80^\circ$ (избыточные данные фильтруются, отбрасывая наиболее грубые измерения так, чтобы в итоге осталось 100 точек). Астрометрия производится при помощи пакета astrometry.net^b, установленного локально (с локально развернутыми индексными файлами необходимого масштаба). Для подготовки списка координат была разработана специальная утилита (т.к. разработчик монтировки не позаботился о возможности автоматической коррекции СКН).

В режиме включенной СКН точность наведения составляет не хуже $15''$, точность сопровождения — не хуже $3''$ за 10 минут экспозиции.

Обнаружен значительный (до 0.1 мм за ночь — $5.''5!$) температурный дрейф фокуса, что приводит к необходимости выполнения дополнительных фокусировок в течение наблюдательной ночи.

^a 2021GCN.29277....1M, 2021ATel14459....1V

^b <http://astrometry.net/>

