

**Новые возможности *Арех II*
и новая система управления
*FORTE***

В. Куприянов

Арех II: краткая история

- **2004**: первая версия — массовая астрометрическая редукция наблюдений АСЗ в автоматическом режиме
- **2005**: разработка алгоритмов редукции наблюдений объектов ГСО, первая версия «спутникового» пакета
- **2005–2010**: использование пакета на инструментах сети ПулКОН (затем ISON) и других обсерваторий, усовершенствование и наращивание алгоритмической базы на основе наблюдательного опыта, применение к различным задачам наблюдательной астрономии

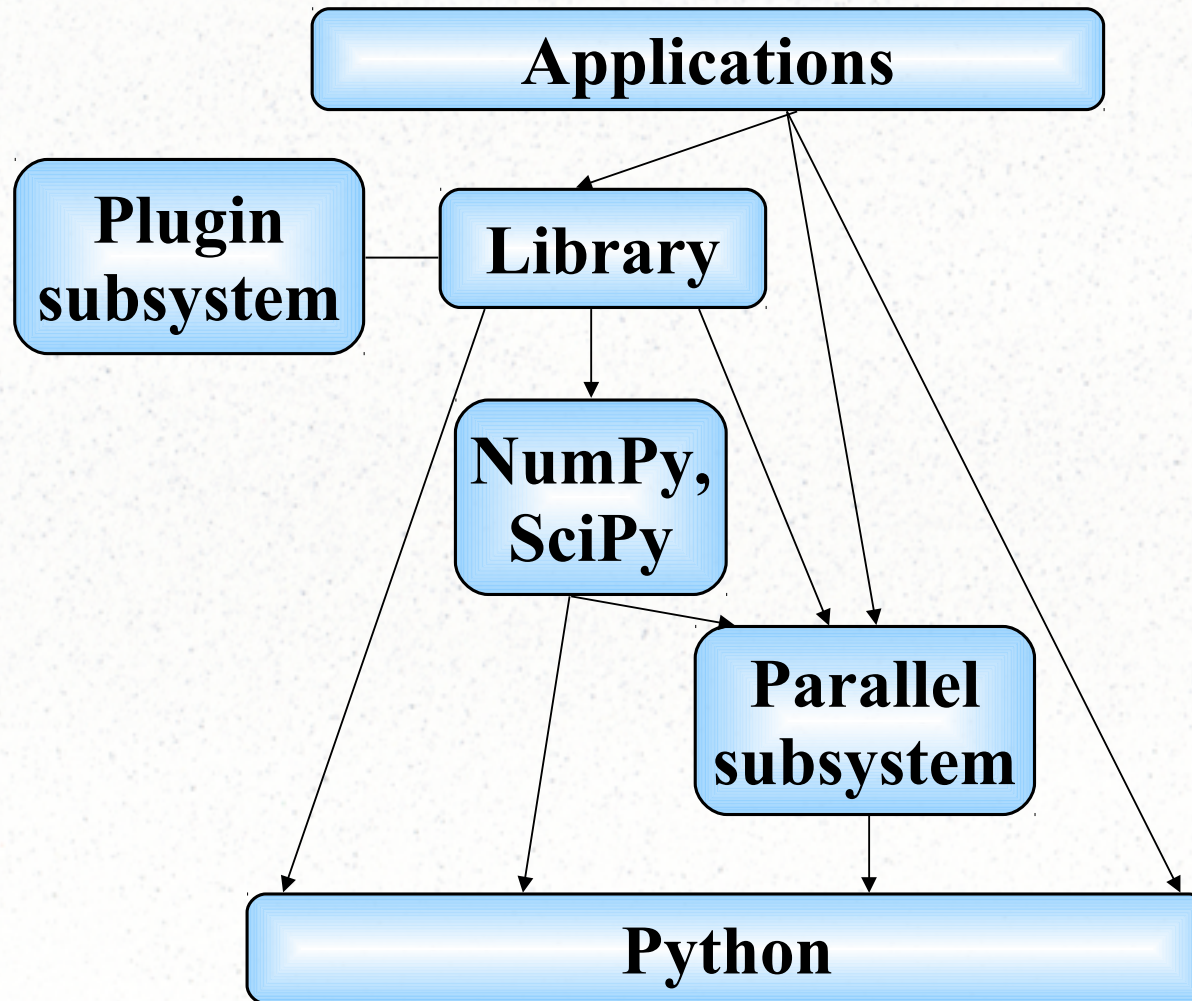
Арех II: обработка обзорных наблюдений

- **2009–2010**: начало регулярных обзоров ГСО на большинстве пунктов сети ISON → рост объема данных, требование обработки в реальном времени
- Темп получения данных: ~3–4 кадра/мин
- Темп обработки: ~10с на кадр 1К×1К
- Условие реального времени нарушается уже для кадров 2К×2К
- Как его обеспечить?

Повышение производительности существующей обзорной инфраструктуры ISON

1. Ускорение обработки ПЗС-кадров — параллельная подсистема *Арех II* и морфологическая фильтрация для удаления треков звезд
2. Интеграция с системой управления телескопом для оперативного подхвата вновь открытых объектов

Apex II: структура



Арех II: новые разработки

1. Параллельная подсистема

- Основана на механизме **многопроцессности** ОС → прямая поддержка многоядерных систем и кластеров MOSIX; 64-битная архитектура
- Производительность: 10–15с для кадра 4К×4К на ПК с (4×2HT)-ядерным процессором → обработка в **реальном времени**
- Успешный запуск на кластере ИПМ — задача поиска движущихся объектов с экстремально низким S/N
- Планы: поддержка **MPI**, **GPU**-ускорение

Арех II: новые разработки

2. Морфологическая фильтрация

Традиционные подходы к обнаружению движущихся объектов:

- **Дифференциальные** кадры — снижение S/N, ложные срабатывания
- Анализ **координат** всех объектов кадра — низкая производительность

Обнаружение объектов с большим относительным движением по отличию формы их изображений от объектов дальнего космоса (**бинарная морфологическая фильтрация**):

- Детектирование объектов в одиночном кадре
- Высокая производительность

Арех II: новые разработки

3. Графический интерфейс

- В разработке: развитие пакета *Арех/GUI* — программа интерактивной разметки и визуализации кадров на основе технологии шейдерного программирования OpenGL
- Дальнейшее развитие — система для комбинированной (автоматической + интерактивной) обработки изображений, интегрированная с системой управления телескопом

Старая система управления (*CHAOS + CameraControl + AccuTime*)

Плюсы:

- С грехом пополам, работает 😊

Минусы:

- Нет обратной связи с системой обработки → неудобство сопровождения вновь открытых объектов
- Ограниченность функциональности и трудоемкость ее наращивания из-за недостаточной гибкости архитектуры → трудно адаптировать к новым задачам

Требования к системе управления

1. Общие

- Распределенная архитектура
- Унифицированный локальный и удаленный доступ на основе веб-интерфейса
- Гибридный режим работы: автоматический по программе + алертный + ручное вмешательство
- Простота наращивания функциональности
- Протоколирование работы аппаратуры

Требования к системе управления

2. Контроль космического пространства

- Точная аппаратно-программная привязка времени (от 10мс до 1мс)
- Поддержка сложных режимов сопровождения КО
- Управление несколькими оптическими каналами одновременно
- Интеграция с конвейером обработки изображений
- Динамическое планирование наблюдений с учетом метеоусловий

FORTE

Facility for Operating Robotic Telescope Equipment

- Основной язык программирования — Python
- Ядро, основанное на механизме распределенных аппаратных устройств
- Прямая интеграция с *Apex II*
- Гибкость
- Расширяемость

FORTE: структура устройств

Observatory

Timing board

Dome controller

Weather station

Telescope

Telescope

...

Telescope

Mount controller

Timing board

Alignment model

Imaging system

Imaging system

...

Imaging system

CCD camera

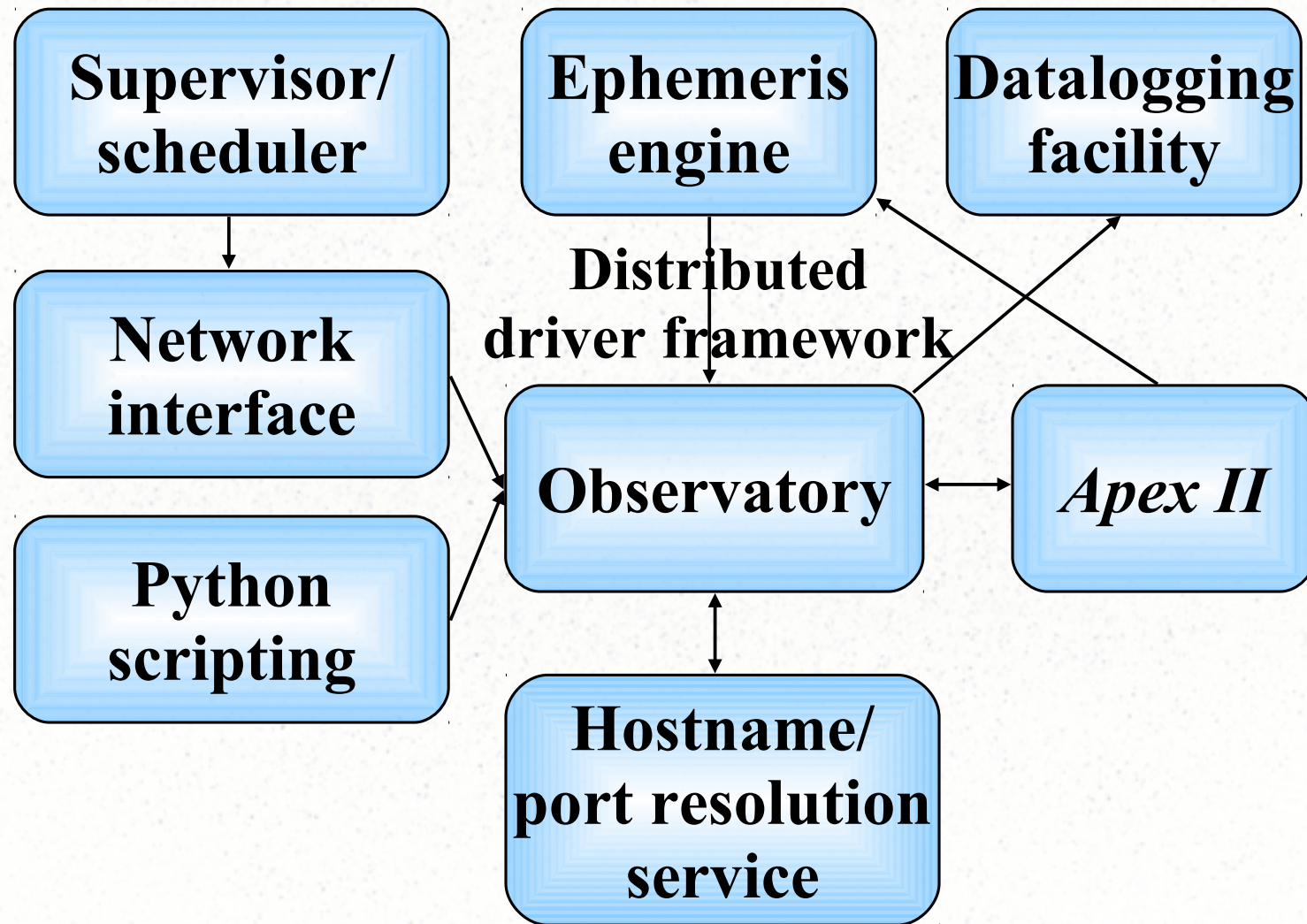
Filter
wheel

Filter
wheel ...

Focuser

Image pipeline

FORTE: программная архитектура



FORTE: текущее состояние

- *Реализованы:* ядро, библиотека, симуляторы аппаратуры
- *В процессе реализации:* драйверы аппаратных устройств (контроллеров приводов SiTech, ПЗС-камер, фильтров и фокусеров FLI, аппаратуры синхронизации времени, метеостанции), процедуры автоматической фокусировки и определения параметров ориентировки
- *Дальнейшие планы:* драйверы остальной аппаратуры, используемой на пунктах ISON, интегрированный планировщик наблюдений, пользовательский интерфейс

Выводы

- Производительность наблюдательных средств ISON была до недавнего времени ограничена в т.ч. Низкой производительностью обработки изображений и низкой степенью ее интеграции с системой управления телескопом
- Разработка параллельной подсистемы *Arx II* и усовершенствование алгоритмов морфологической фильтрации позволяют проводить обработку в реальном времени
- Тесная интеграция с новой системой управления FORTE позволит значительно повысить количество обнаруживаемых новых КО