

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРОГРАММНЫХ КОРРЕЛЯТОРОВ ДЛЯ РАДИОИНТЕРФЕРОМЕТРОВ

В статье рассмотрено понятие коррелятора, приведен обзор существующих корреляторов для современных радиоастрономических инструментов, показаны преимущества программных корреляторов в сравнении с аппаратными.

Ключевые слова: Радиоастрономия, интерферометрия, коррелятор.

Введение

Радиоастрономия – раздел астрономии, занимающийся изучением космических объектов, путем исследования их электромагнитного излучения. Радиоастрономические наблюдения могут проводиться в диапазоне от субмиллиметровых до дециметровых длин волн. Основными инструментами, позволяющими проводить радиоастрономические наблюдения, являются радиотелескопы и радиоинтерферометры. Отличие этих инструментов в разрешающей способности. Разрешающая способность отдельного радиотелескопа зависит от площади его зеркала, радиоинтерферометра – от его базы. Радиоинтерферометр состоит как минимум из двух антенн, и базой называется расстояние между ними.

В отличие от оптических телескопов, которые позволяют ученым фиксировать видимый свет, испускаемый звездами, радиотелескопы обладают более высокой чувствительностью и высокой разрешающей способностью, что позволяет заглянуть в отдаленнейшие уголки Вселенной.

Современные радиоастрономические инструменты широко используют методы интерферометрии. Использование этого метода позволяет получить более высокое разрешение. Метод Радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами (РСБД), позволяющий проводить наблюдения астрономических радиоисточников в очень высоком угловом разрешении, был разработан в 1960-х. Этот метод позволяет объединить данные наблюдений, проводимых несколькими телескопами, разнесенными на большие расстояния друг от друга, с независимой регистрацией сигналов без передачи данных в реальном времени. При этом результаты измерений записываются для последующей обработки в специализированном вычислительном центре [1].

Проблемы обработки данных в радиоастрономии

В настоящее время проблема обработки и хранения больших объемов данных, невероятно актуальна в научной сфере. Определяющими факторами здесь являются:

1. Объем, т.е. большая величина физического объема данных.

* Кобец Вероника Сергеевна – магистрант, кафедра информатики и кибернетики, Байкальский государственный университет экономики и права, 664003, г. Иркутск, ул. Ленина, 11, e-mail: veronikakobets@yandex.ru.

2. Скорость. Как скорость прироста необработанных данных, так и необходимость их высокоскоростной обработки и получения результатов анализа в реальном времени.

Объем данных, радиоастрономических наблюдений может быть невообразимо большим, к примеру, в рамках проекта SDSS в 2000 году был начат сбор астрономических данных, и только за первые несколько недель было накоплено данных больше, чем ранее за всю историю астрономических наблюдений. В сутки накапливалось около 200 Гб данных [2].

Способы обработки сигналов

В радиоастрономии построение изображения исследуемого объекта осуществляется следующим путем: сигналы от каждой антенны преобразуются в цифровой вид, фильтруются, корректируются и поступают на коррелятор. Коррелятор — специализированное устройство, предназначенное для вычисления корреляционных функций, проще говоря, коррелятор выполняет усреднение результата перемножения сигналов. Таким образом, коррелятор является важнейшей составляющей радиоинтерферометра.

Корреляторы для радиоастрономии, как правило, создавались с использованием специализированных интегральных схем (ASIC) или программируемых пользователем вентильных матриц (FPGA). Однако, вычислительная мощность ПК возрастает, и их стоимость соответственно снижается, и становится все более возможным реализовать корреляторы использующие процессоры общего назначения, программируемые с помощью обычных языков программирования; т.е. программные корреляторы.

Сравнение свойств программных и аппаратных корреляторов

Можно выделить несколько основных преимуществ программных корреляторов над аппаратными:

- Быстрая разработка — корреляторы проектируются с использованием обычных языков программирования, для которых уже существуют средства разработки и отладки.
- Простая модернизация (обновление) — стоимость перестройки программного обеспечения минимальна по сравнению со стоимостью перестройки ASIC.
- Простота реконфигурации — возможность экспериментировать с изменением структуры алгоритмов и исследовать новые подходы.
- Отказоустойчивость — присущая программному коррелятору гибкость позволяет реагировать «на лету» к аппаратным сбоям.

Программные корреляторы одновременно разрабатывались на IBM 360/50 в Национальной Радио-Астрономической Обсерватории (NRAO) (Bare et al. 1967) и на IBM 360/92 в центре космических полетов имени Годдарта (GSFC) (Moran et al. 1967). Но существующая тогда техника не могла обеспечить необходимый объем вычислительных мощностей.

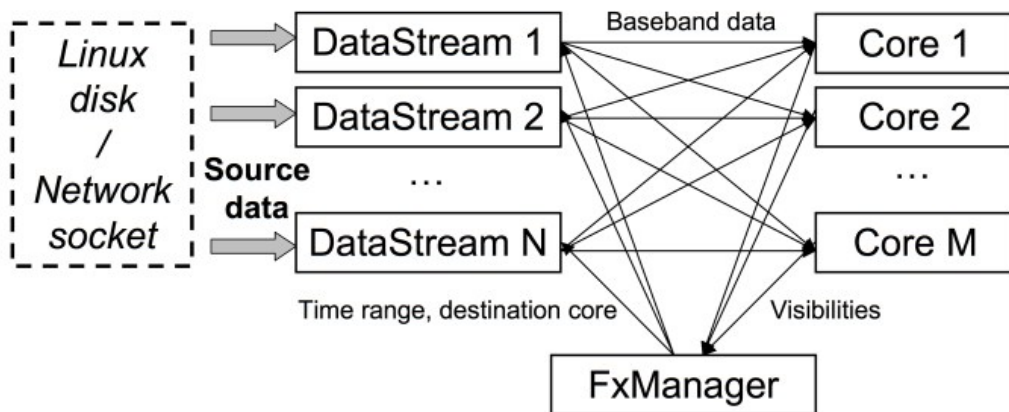
Обзор программных корреляторов

В настоящее время несколько групп разработчиков занимаются созданием программного коррелятора. В рамках проектов SKA, ALMA, EVLA и др.

существуют несколько работающих и разрабатываемых корреляторов, как аппаратных, так и программных. Предлагаются также и гибридные конструкции. В последнее время большую популярность приобрел программный коррелятор DiFX, изначально построенный в Австралии и в настоящее время активно развиваемый также в Бонне (MPIfR), Хайстеке, NRAO.

DiFX представляет собой набор программ, которые способны обеспечить корреляцию радиоинтерферометрических данных. DiFX написан на C++, но большая часть вычислений выполняется параллельными программами (быстрое преобразование Фурье, комплексное умножение и т.д.). Такой коррелятор легко модифицировать для работы на любых полосах частот. DiFX предназначен для работы в кластерной вычислительной среде, и использует интерфейс передачи сообщений (MPI) для обеспечения параллельной обработки. Основными компонентами являются DiFXGUI (интерфейс на основе Java), mpifxcorr (фактически сам коррелятор) и набор геометрических модель-генерирующих программ и скриптов. DiFX был составлен и протестирован на ОС Linux Suse 9.x, но должен работать на любой 32 или 64 бит Linux машине с ядром 2.6.

Данные загружаются в память с диска или из сети под управлением пакета Datastream (рисунок 1). Корреляция выполняется под управлением коммутатора FxManager. Для этого коммутатор FxManager выбирает из потоков данных сегменты записей, формирует пары записей (базы) и направляет на процессоры (Core). Результаты обработки отправляются на хранение (под управлением FxManager). [3]



Принцип работы DiFX-коррелятора

Very Long Baseline Array — Антенная решетка со сверхдлинными базами представляет собой систему из 10 25-метровых антенн, максимальная база более 8500 километров. Использует DiFX коррелятор.

LOFAR (Низкочастотная антенная решетка) — состоит из 25 тысяч небольших антенн, диаметром от 0,5 до 2 метров, работает в диапазоне от 10 до 250 МГц. [4] Наиболее распространенным режим работы LOFAR является стандартная обработка сигналов, которая используется для построения изображений. Первый этап обработки происходит в режиме реального времени, так

как приемники производят слишком много данных для хранения на диске. Только после существенного сокращения объема данных, промежуточные данные записываются на диск.

Для обработки данных LOFAR использует сложное программное обеспечение. Это значительно увеличивает гибкость и существенно снижает затраты, но высокие требования к обработке и пропускной способности заставляют использовать суперкомпьютер IBM Blue Gene/P. Система содержит 12 480 процессорных ядер, которые обеспечивают 42,4 терафлопс пиковой производительности. Один чип состоит из четырех процессорных ядер PowerPC 450, работающих на тактовой частоте 850 МГц для снижения энергопотребления.

ALMA (Атакамская Большая Миллиметровая/субмиллиметровая Решётка), состоит из 66 12-метровых и 12 7-метровых антенн. Антенное поле радиотелескопа простирается на 16 километров. ALMA также использует суперкомпьютер, состоящий из 134 миллионов процессоров и способный выполнять 17 квадриллионов операций в секунду, в качестве коррелятора [5].

SKA (Антенная решетка площадью в квадратный километр) – проект, разрабатываемый в настоящее время. Решетка будет состоять из 3000 15-метровых антенн. Для обработки сигналов, поступающих с такого количества антенн, планируется использовать суперкомпьютер, производительностью более 100 петафлопс.

Основные преимущества программных корреляторов в их более быстрой разработке и простоте модернизации, однако программные решения требуют большой вычислительной производительности. Оптимальным решением может являться создание гибридного устройства, состоящее как из аппаратной, так и из программной частей.

Автор выражает слова благодарности заведующему лабораторией мониторинга солнечной активности ИСЗФ СО РАН, к.ф.-м.н., С.В. Лесовому за научное руководство в разработке данной темы.

Список использованной литературы

1. Томпсон А. Р. Интерферометрия и синтез в радиоастрономии: пер. с англ./ А. Р. Томпсон, Д. М. Моран, Д. У. Свенсон – М., 1989 – 568 с.
2. Слоановский цифровой обзор неба // <http://www.sdss.org/> (15.03.2014).
3. Deller A.T., Tingay S.J., Bailes M., West C. DiFX: A software correlator for very long baseline interferometry using multi-processor computing environments. [электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.jstor.org/stable/10.1086/513572> (16.04.2014).
4. Нидерландский институт радиоастрономии // <https://www.astron.nl/lofar-telescope/lofar-telescope> (10.03.2014).
5. Alain Baudry, University of Bordeaux, LAB and European ALMA Project Office, ESO. The ALMA Correlators. [электронный ресурс] Режим доступа: http://pos.sissa.it/archive/conferences/065/002/2nd%20MCCT-SKADS_002.pdf.