

Программный РСДБ-коррелятор на гибридном процессорном кластере

И.Ф. Суркис, В.Ф. Зимовский,
В.О. Кен, Я.Л. Курдубова,
В.Ю. Мишин, Д.А. Павлов,
Н.А. Соколова, В.А.Шантырь

ИПА РАН

Всероссийская радиоастрономическая конференция
22-26 сентября 2014 г.
Пущино

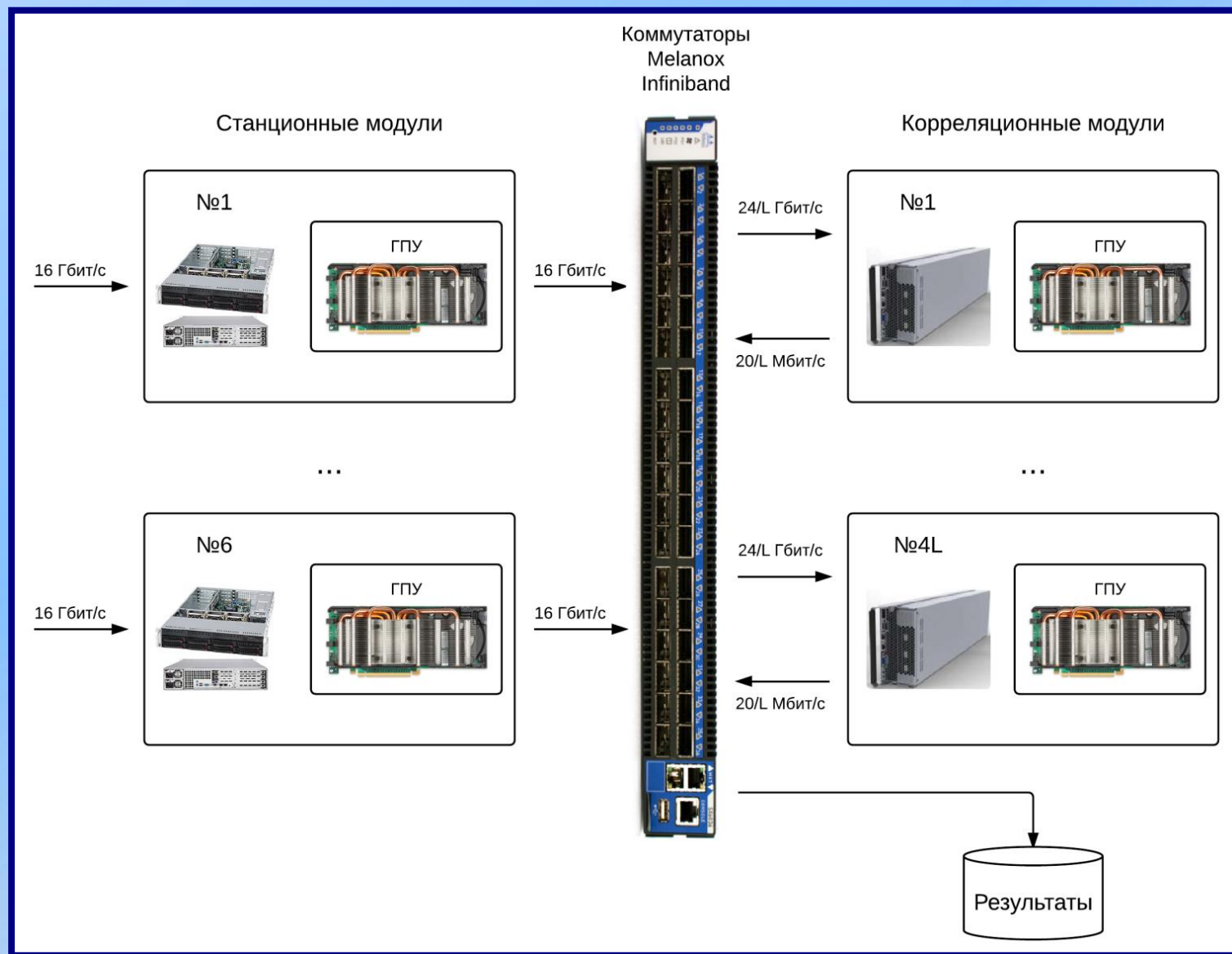
Характеристики коррелятора

- Коррелятор предназначен для обработки данных РСДБ-сети малых антенн
- Входной поток данных 16 Гбит/с от каждой станции:
 - 2-битовое квантование
 - Основные режимы регистрации сигналов:
 - 4 частотных диапазона, 1 поляризация, ширина полосы пропускания 1024 МГц, поток данных 4 Гбит/с
 - 4 частотных диапазона, 2 поляризации, ширина полосы пропускания 512 МГц, поток данных $4=2 \times 2$ Гбит/с
 - 8 частотных диапазонов, ширина полосы пропускания 512 МГц, поток данных 2 Гбит/с
- Одновременно обрабатываемых сигналов станций – до 6
- Вычисление точек кросс-спектров – до 4096
- Выделение тонов ГПИ в каждом частотном канале – до 16
- Точность вычисления групповых задержек – не хуже 10 пс.

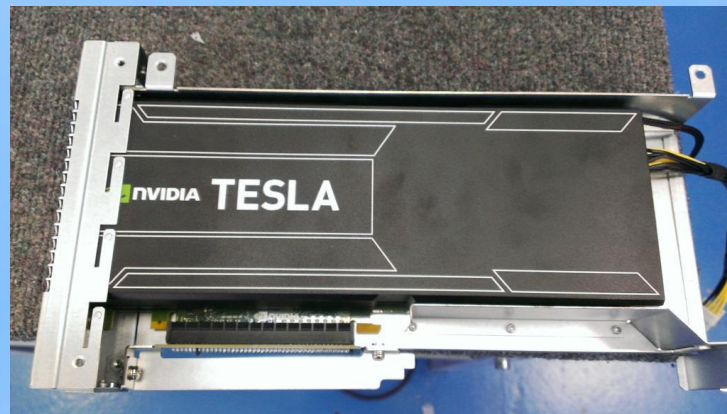
Особенности коррелятора

- Программный FX коррелятор.
- Реализация наиболее трудоемких вычислений на графических процессорных устройствах (ГПУ).
- Преобразование данных из 2-битового вида в 2 x 32 бита (комплексные числа с плавающей запятой одинарной точности) только внутри ГПУ
- Аппаратное обеспечение коррелятора – процессорный кластер из гибридных блейд-серверов

Структура коррелятора



ГПУ NVIDIA Tesla® K20



- В стационарном модуле:
 - Разделение исходного 4-канального (8-битового) потока или 8-канального (16-битового) на отдельные для каждого канала потоки
 - Выделение сигналов ГПИ
- В корреляционном модуле:
 - Сопровождение РСДБ-сигналов по доплеровской фазе
 - БПФ
 - Перемножение и суммирование спектров

Станционный модуль



- Вычислительный узел-кэшер Т-Платформы Spectus 2U
 - 2 процессора Intel E5-2670, 8-core, 2.6 GHz
 - 2 ГПУ NVIDIA Tesla® K20
 - 256 Гбайт ОЗУ
 - 2 интерфейса 10 Гбит/с Ethernet
 - Интерфейс Mellanox 56 Гбит/с
- Всего 8 модулей (6+2 в горячем резерве)
- Функции:
 - Прием, кэширование, декодировка входных потоков данных
 - Сопровождение РСДБ-сигналов по задержке
 - В ГПУ – разбиение данных на частотные каналы, выделение сигнала ГПИ
 - Формирование выходного буфера

Станционный модуль



- Вычислительный узел-кэшер Т-Платформы Spectus 2U
 - 2 процессора Intel E5-2670, 8-core, 2.6 GHz
 - 2 ГПУ NVIDIA Tesla® K20
 - 256 Гбайт ОЗУ
 - 2 интерфейса 10 Гбит/с Ethernet
 - Интерфейс Mellanox 56 Гбит/с
- Всего 8 модулей (6+2 в горячем резерве)
- Функции:
 - Прием, кэширование, декодировка входных потоков данных
 - Сопровождение РСДБ-сигналов по задержке
 - В ГПУ – разбиение данных на частотные каналы, выделение сигнала ГПИ
 - Формирование выходного буфера

Корреляционный модуль



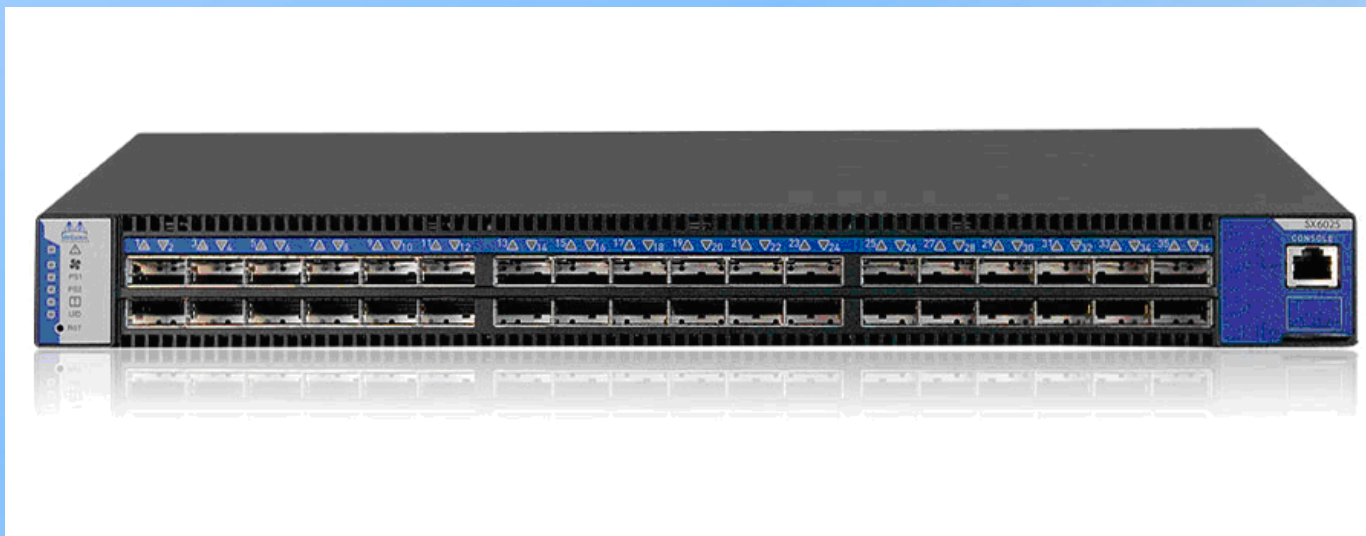
- Вычислительный узел V200F2
 - 2 процессора Intel E5-2670, 8-core, 2.6 GHz
 - 2 ГПУ NVIDIA Tesla® K20
 - 64 Гбайт ОЗУ
 - Интерфейс Mellanox 56 Гбит/с
- Всего 32 модуля (28+4 в горячем резерве)
- Функции:
 - В ГПУ – сопровождение РСДБ-сигналов по доплеровскому смещению, БПФ, перемножение и суммирование спектров

Система хранения данных



- Т-Платформы ReadyStorage ActiveStor
- Построена на основе параллельной файловой системы PanFS®.
- Объем (на данном этапе) 80 «сырых» Тбайт

Системная сеть кластера



- Стандарт Infiniband
- До 56 Гбит/с передачи данных одновременно между любыми двумя серверами
- Построена на коммутаторах Mellanox

Аппаратное обеспечение, сентябрь 2014

- Смонтированы аппаратное обеспечение вычислительного комплекса и система энергоснабжения
- Конец сентября/начало октября – завершение монтажа системы охлаждения, запуск вычислительного комплекса в полном объеме

Вычислительный комплекс



- 80 ЦПУ Intel E5-2670, 8-core, 2.6 GHz
- 80 ГПУ Nvidia Tesla K20
- Суммарная пиковая производительность кластера – 85,5 Tflops

Система энергоснабжения



Энергопотребление:

- Максимальное – 108,6 кВт
- В устоявшемся режиме – 76 кВт
- В режиме простоя - 21,8 кВт

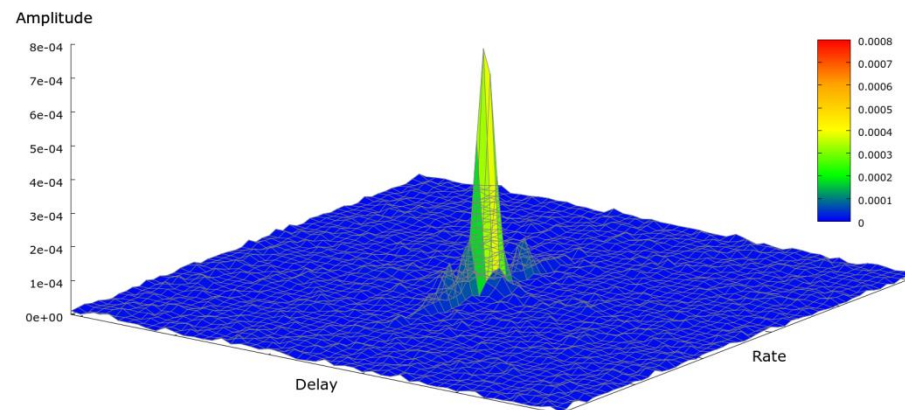
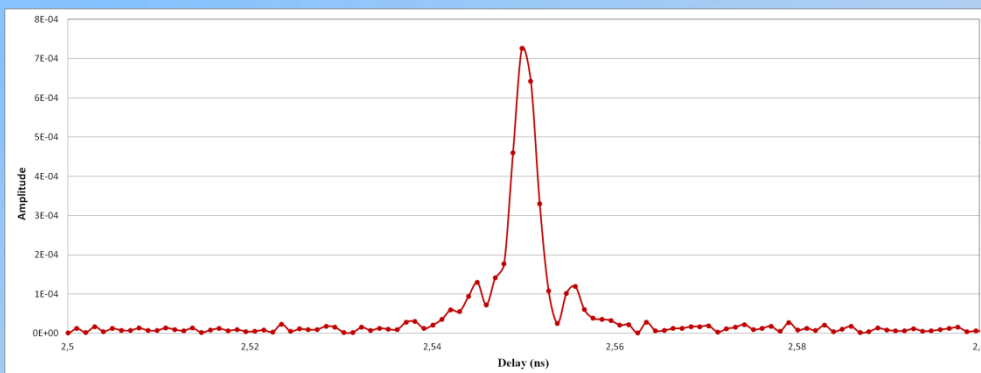
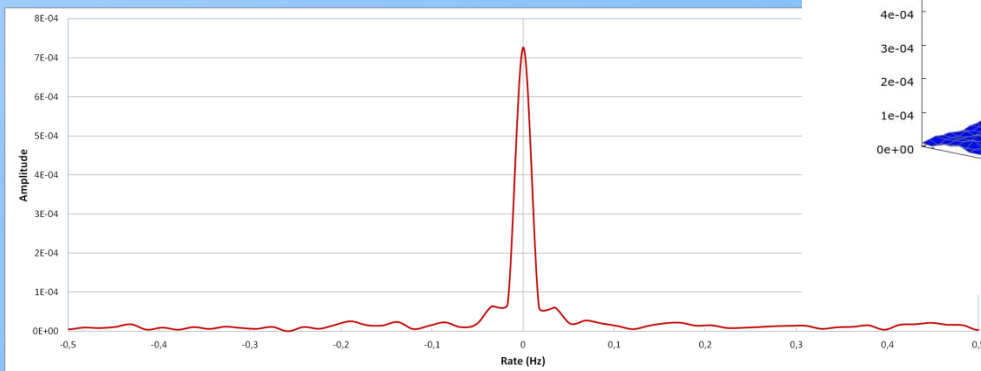
Программное обеспечение, сентябрь 2014

- Разработано программное обеспечение станционного и корреляционного модулей, системы управления, эфемеридного программного обеспечения. Используются средства:
 - C, C++,
 - MPI (Message Passing Interface) – для организации параллельных вычислений
 - CUDA (Compute Unified Device Architecture) – для программирования на ГПУ
 - Qt - для разработки пользовательского интерфейса
 - Fortran - для эфемеридного обеспечения
- Создан прототип коррелятора на аппаратном обеспечении из 5 вычислительных узлов. Прототип способен обрабатывать одноканальные однобазовые наблюдения в квазиреальном времени.

Программное обеспечение, сентябрь 2014 (продолжение)

- Достигнута скорость обработки данных в стационарном модуле 16 Гбит/с
- Определено необходимое количество ГПУ и вычислительных узлов корреляционных модулей для обработки данных 6 станций 2 поляризаций одного частотного диапазона – 14 ГПУ и 7 вычислительных узлов.
- Определен состав аппаратного обеспечения коррелятора – 8 вычислительных узлов-кэшей и 32 вычислительных узла V200F2.

Результаты корреляционной обработки



- Источник 1300+580
- База Светлое-Зеленчукская
- Полоса 512 МГц
- Двухбитовое квантование
- Длительность скана 56 с

Планы

- 2014 г.
 - Завершение комплектации коррелятора.
 - Испытания коррелятора в максимальном режиме (6 станций по 16 Гбит/с, 4 частотных диапазона, 2 поляризации).
- 2015 г.
 - Обработка суточной 3-станционной серии РСДБ-наблюдений с вычислением задержек. Сравнение результатов обработки нового и существующих корреляторов
- 2015-2016 гг.
 - Обработка широкополосных РСДБ-наблюдений малых антенн. Синтез широкополосных частотных каналов.

Спасибо за внимание!