

Сибирский солнечный радиотелескоп, состояние и перспективы развития

Алтынцев А.Т., Лесовой С.В.

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск

*Всероссийская радиотрономическая
конференция 2014, Пущино*

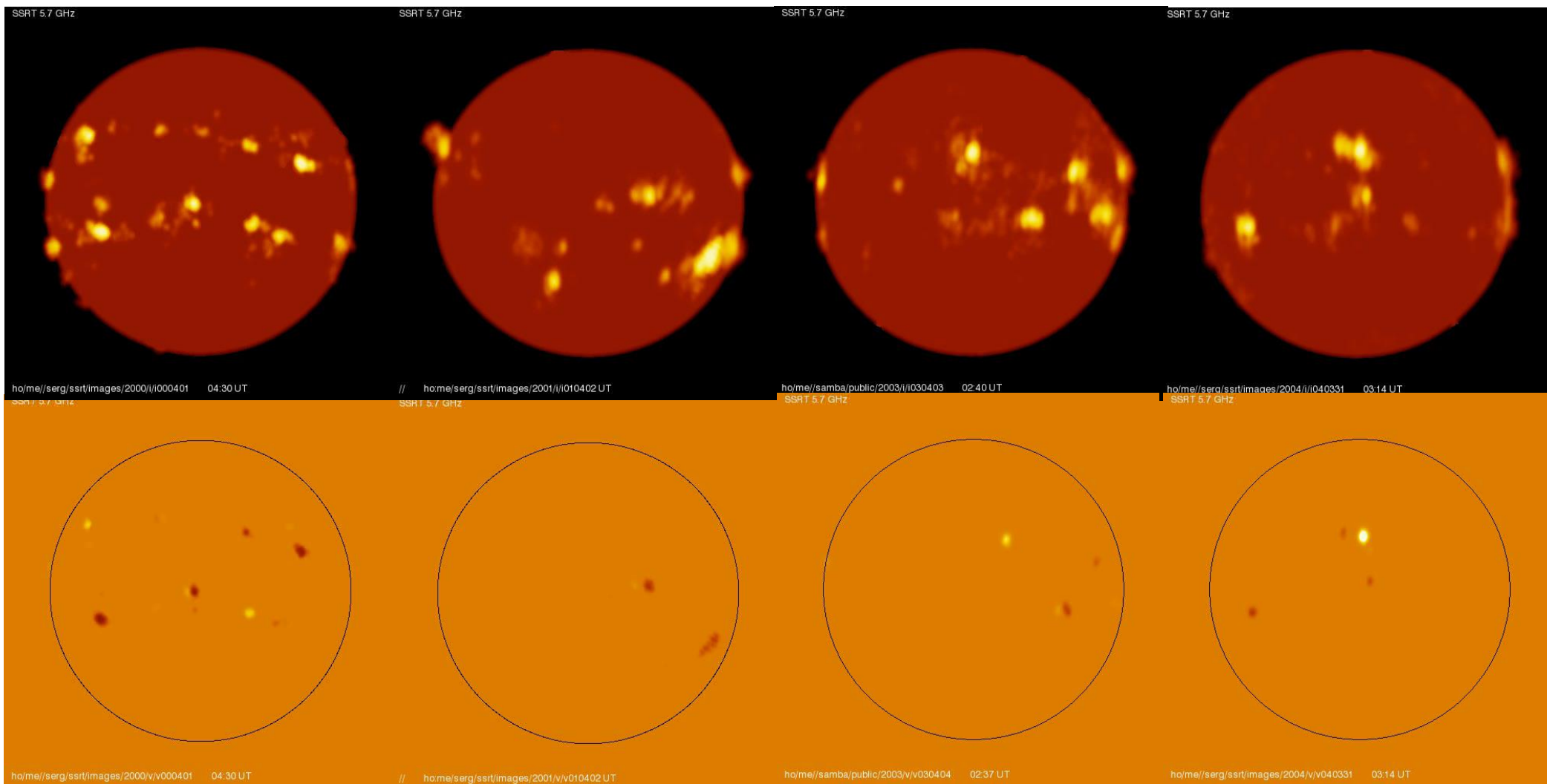
Архив данных ССРТ (2000-2004)

Ряд наблюдений на ССРТ в двумерном режиме с 1999 по 2013 гг.

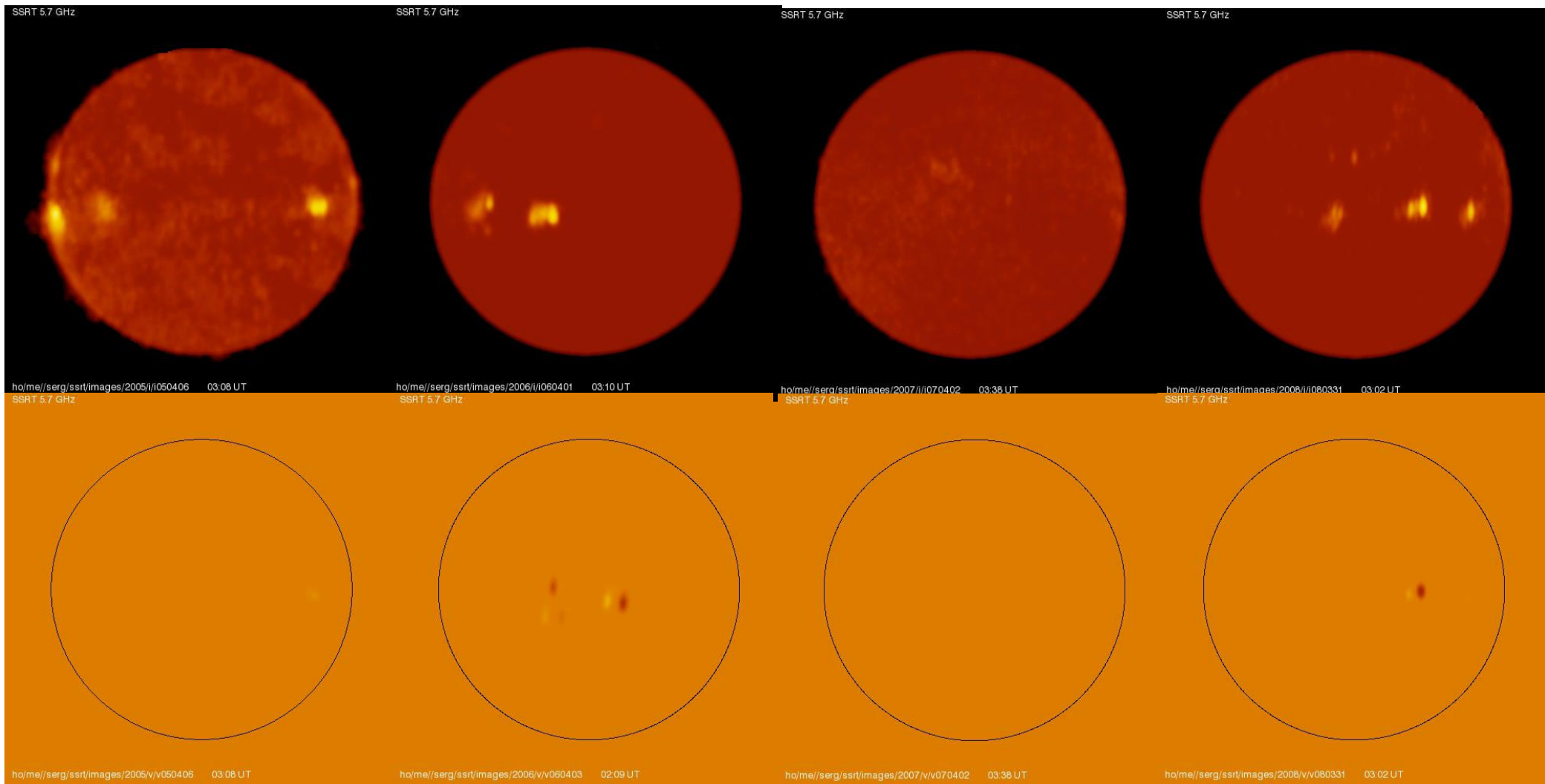
Данные:

изображения полного диска Солнца на частоте 5.73 ГГц с угловым разрешением до 20" и временным 2-3 мин.;

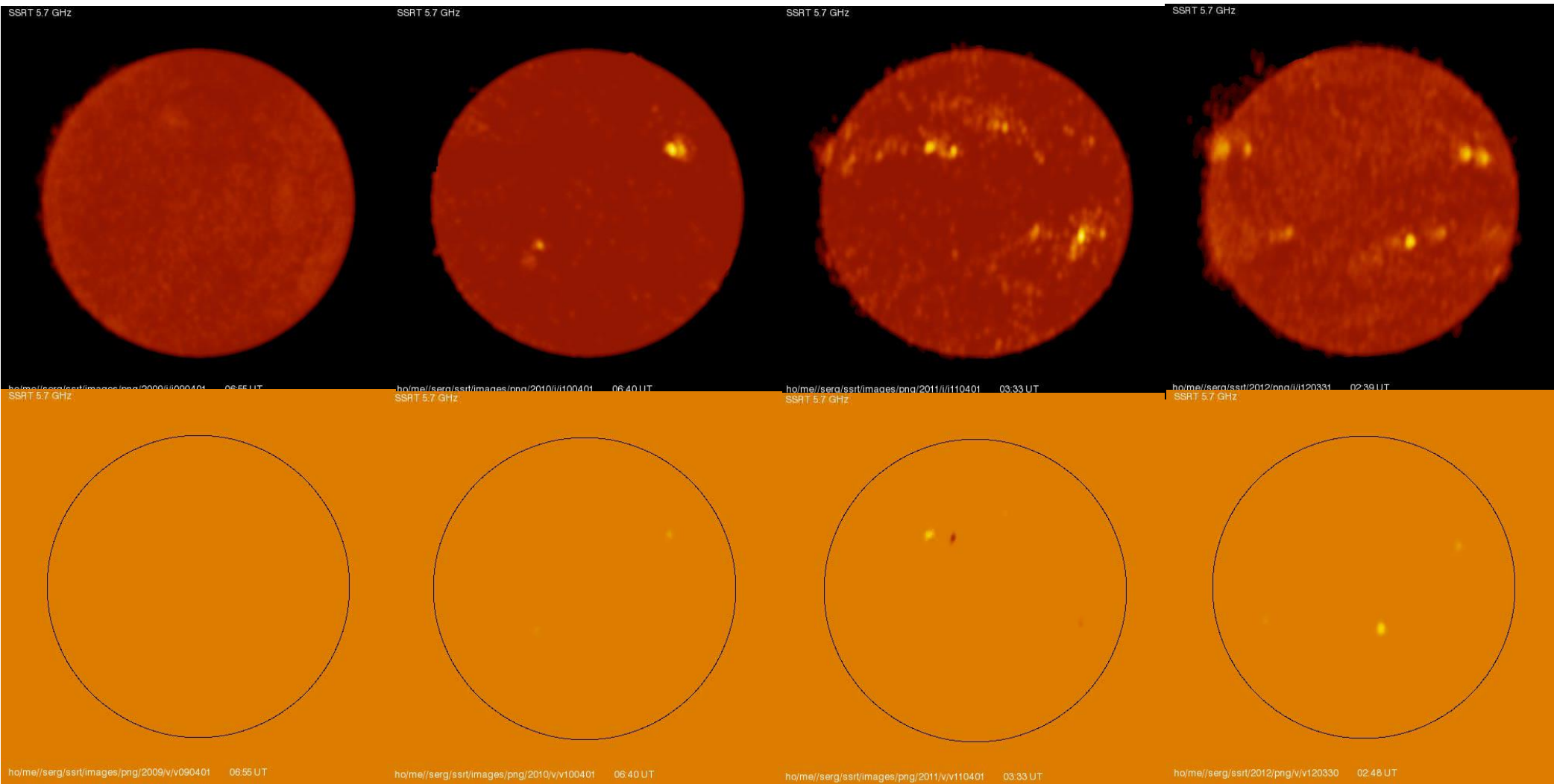
одномерные изображения (сканы) с двух антенных линеек с угловым разрешением до 15" и временным до 14 мс.



Архив данных ССРТ (2005-2008)

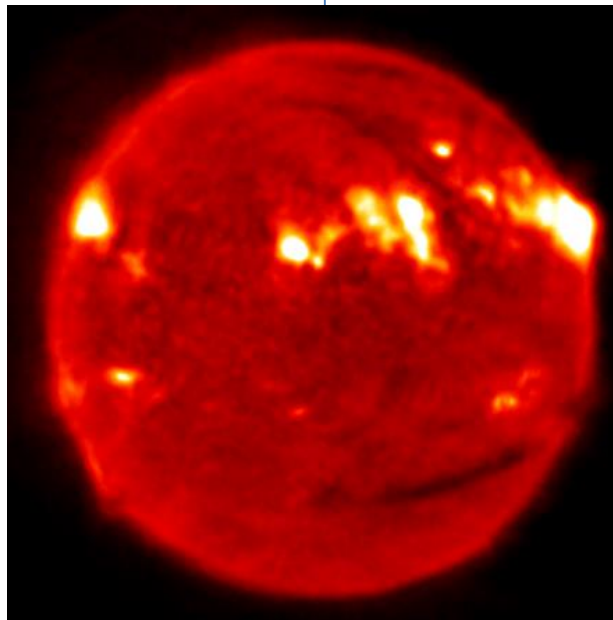


Архив данных ССРТ (2009-2012)

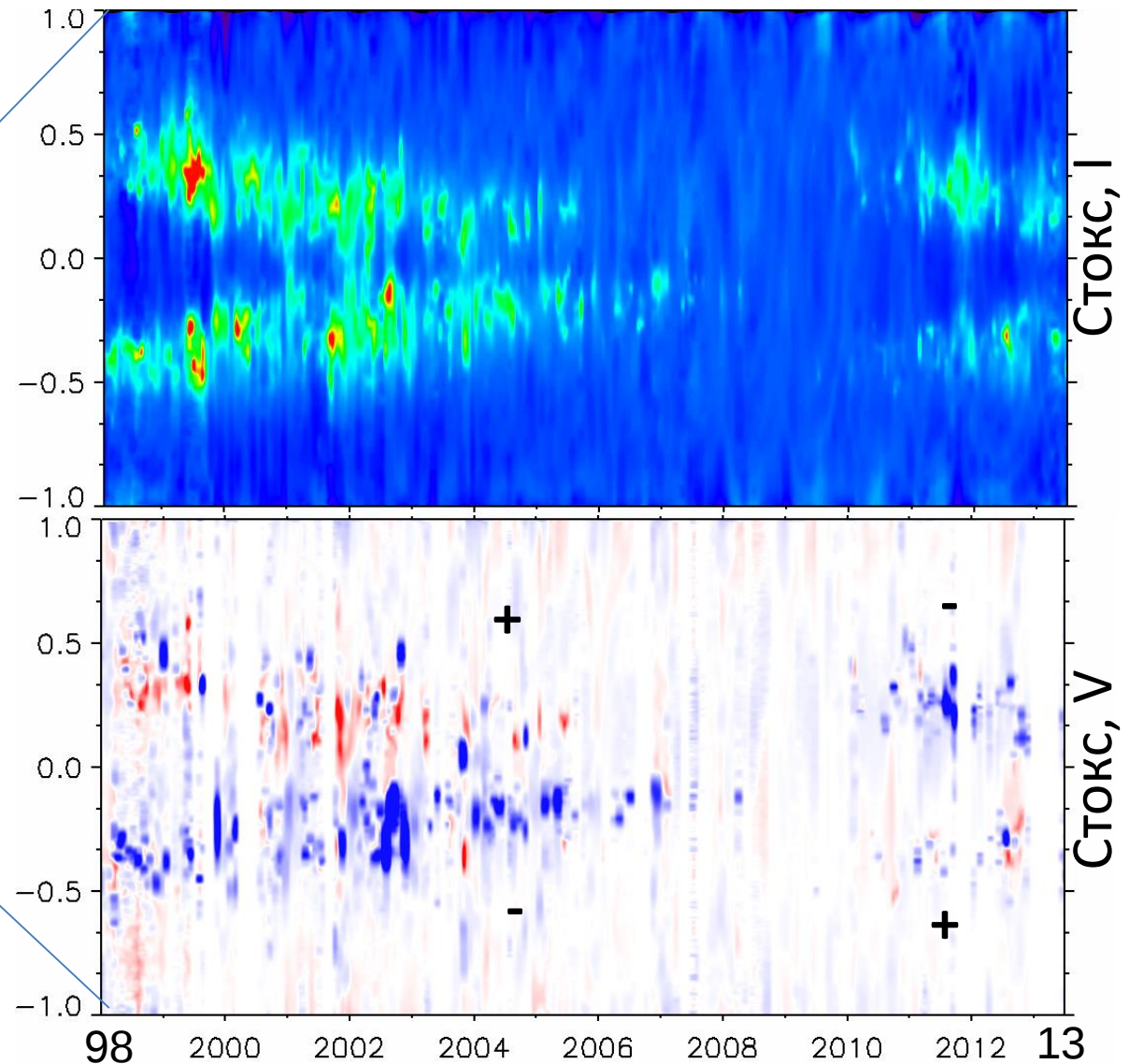


Глобальная солнечная активность по данным ССРТ

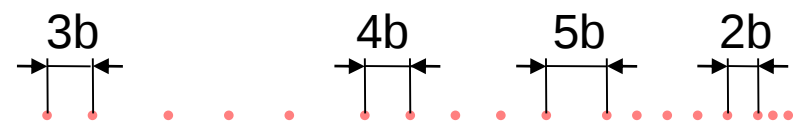
Частота 5.7 ГГц



Годы



Конфигурация антенной решетки



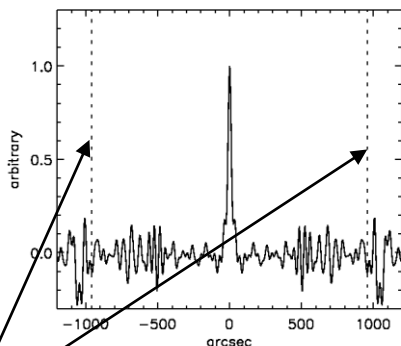
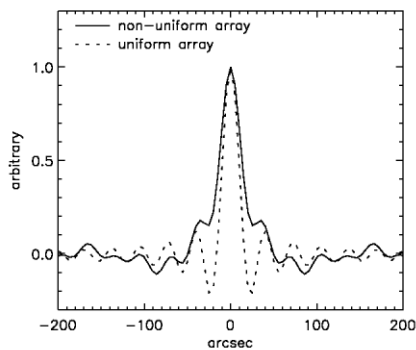
Т-образная решетка с прорывением к краю

Наименьшая база 4.9 м (b)
Наибольшая EW 622.3 м (127b)
Наибольшая S 311.15 м (63b)
Диапазон частот 4-8 ГГц
16 частотных каналов (10 MHz)
Угловое разрешение 13" (8 ГГц)
Временное разрешение 1 с

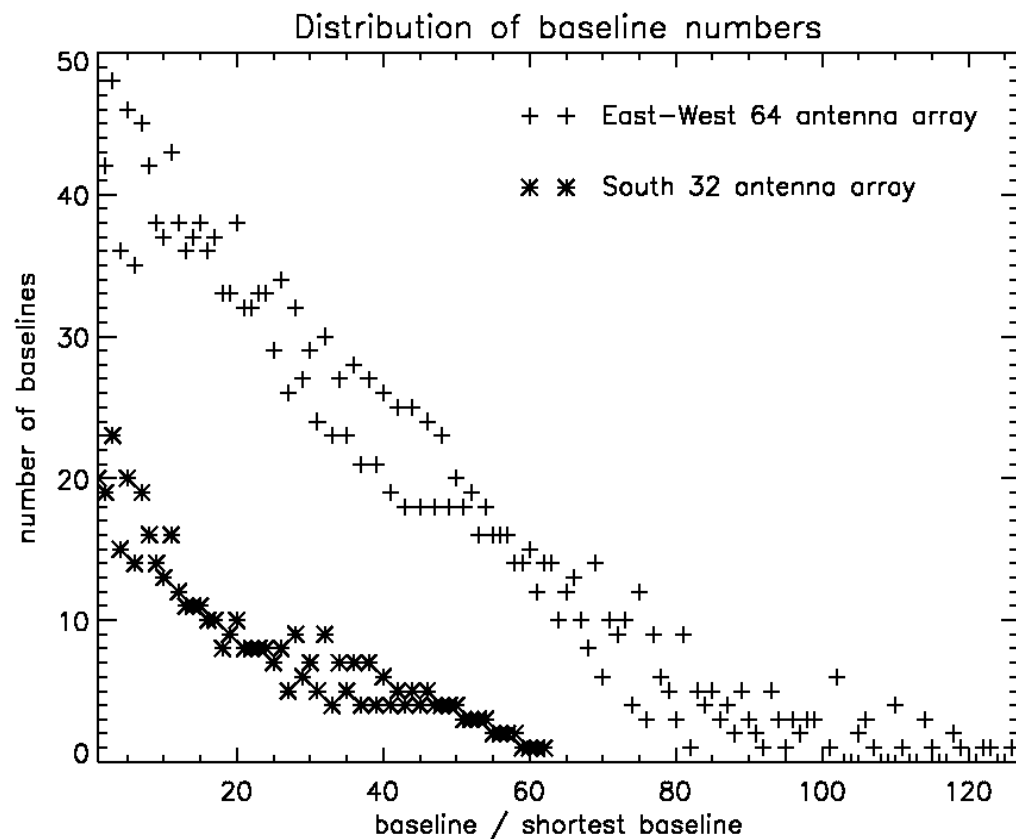
Общее число баз 4560
Число уникальных баз 2048

Распределение 2512 одномерных баз.
Эти базы предполагается
использовать для калибровок.

Сечение двумерной ДН
радиогелиографа.



Угловой размер Солнца



Конфигурация антенной решетки



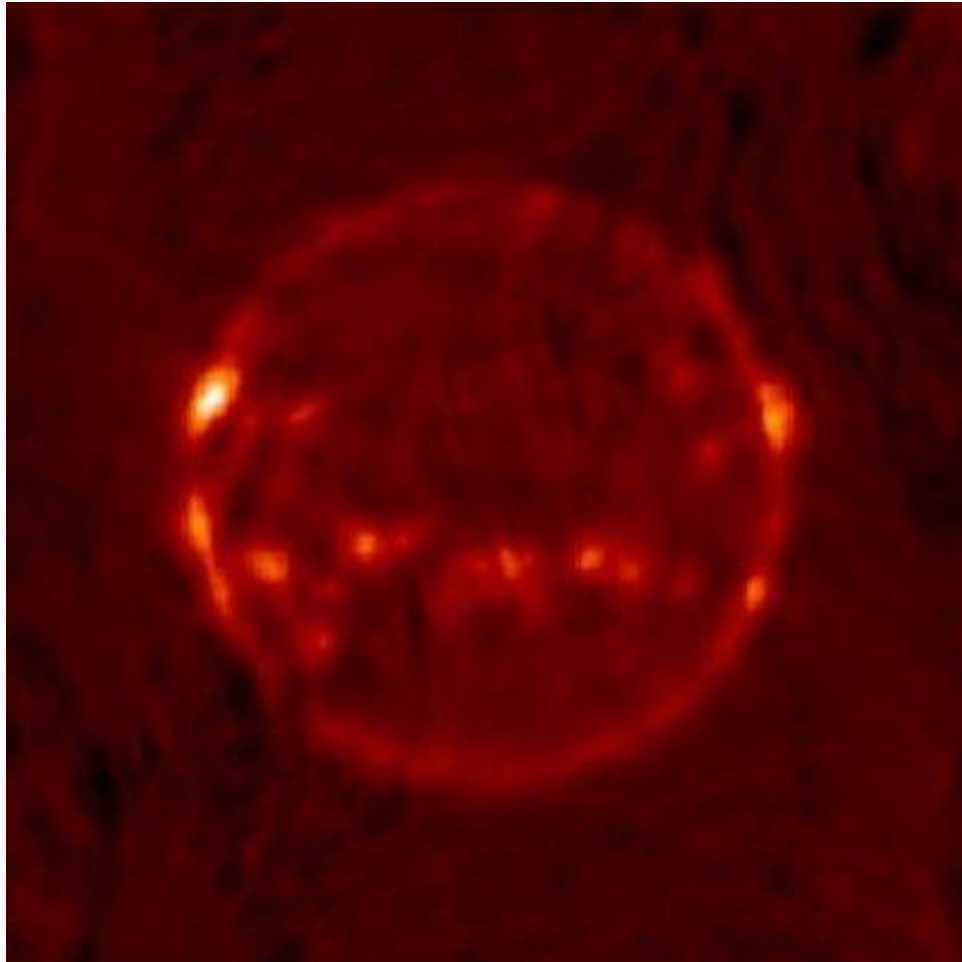
Вид с восточного
направления



Вид с южного направления

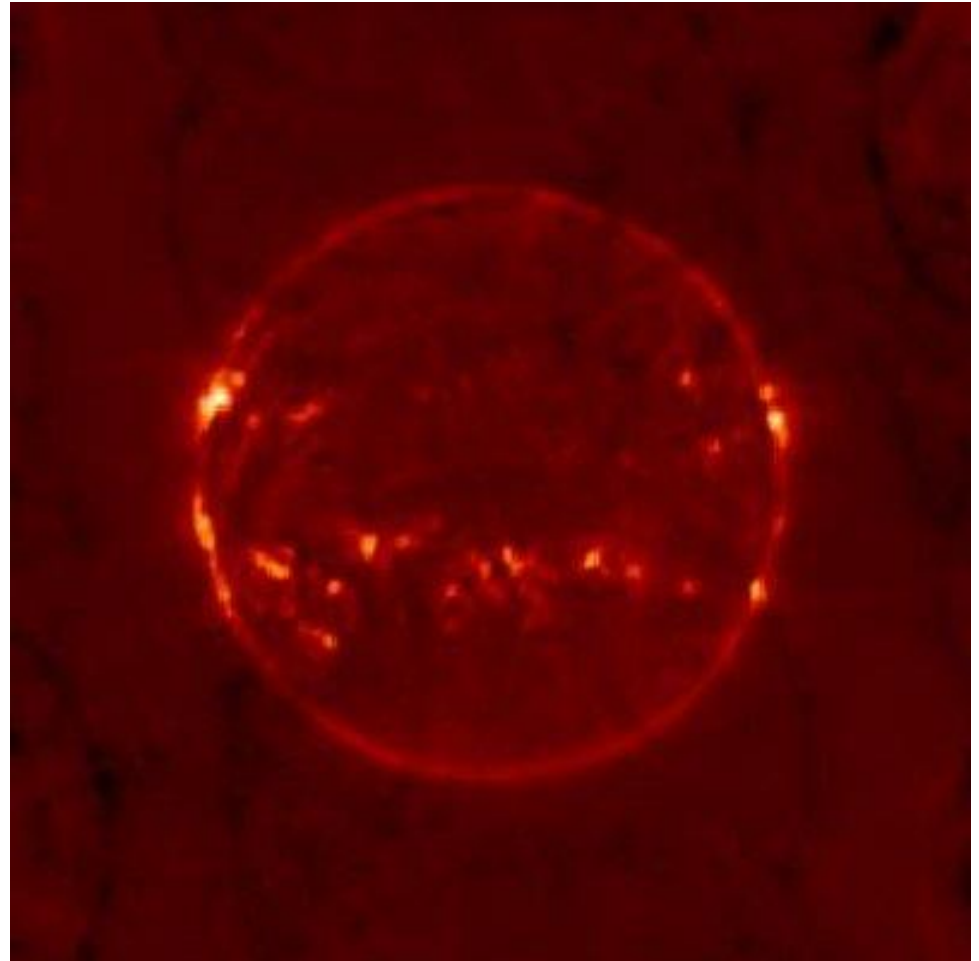
Модель отклика радиогелиографа

Свертка ДН прореженной к краю 96-антенной решетки с изображением Солнца в УФ.

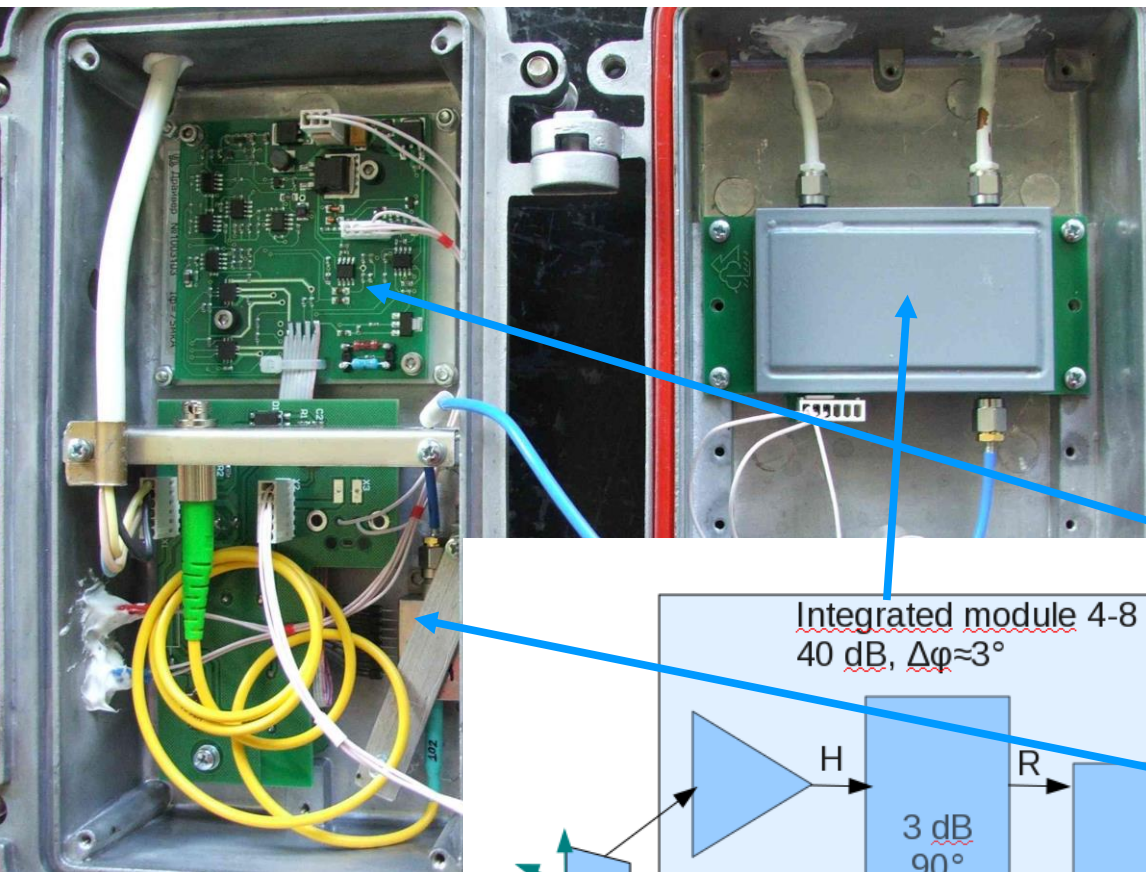


Свертка ДН эквидистантной 192-антенной решетки с изображением Солнца в УФ.

При одинаковых максимальных базах, отклик эквидистантной решетки более приемлем.



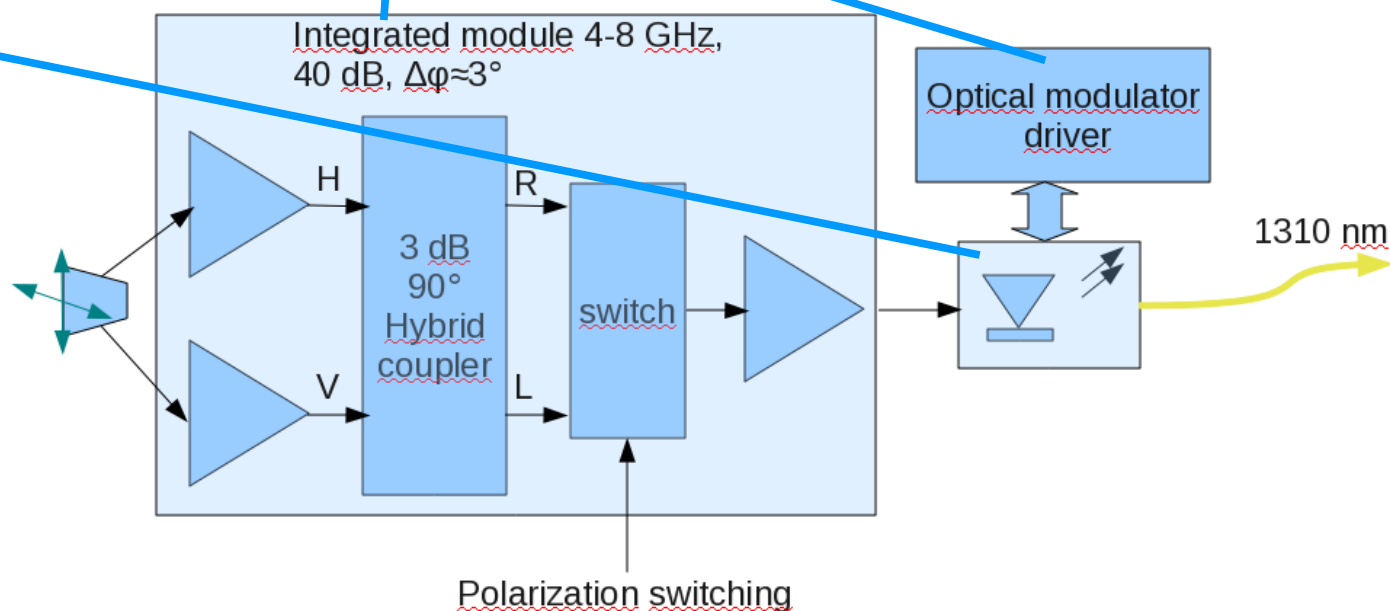
Антенный модуль



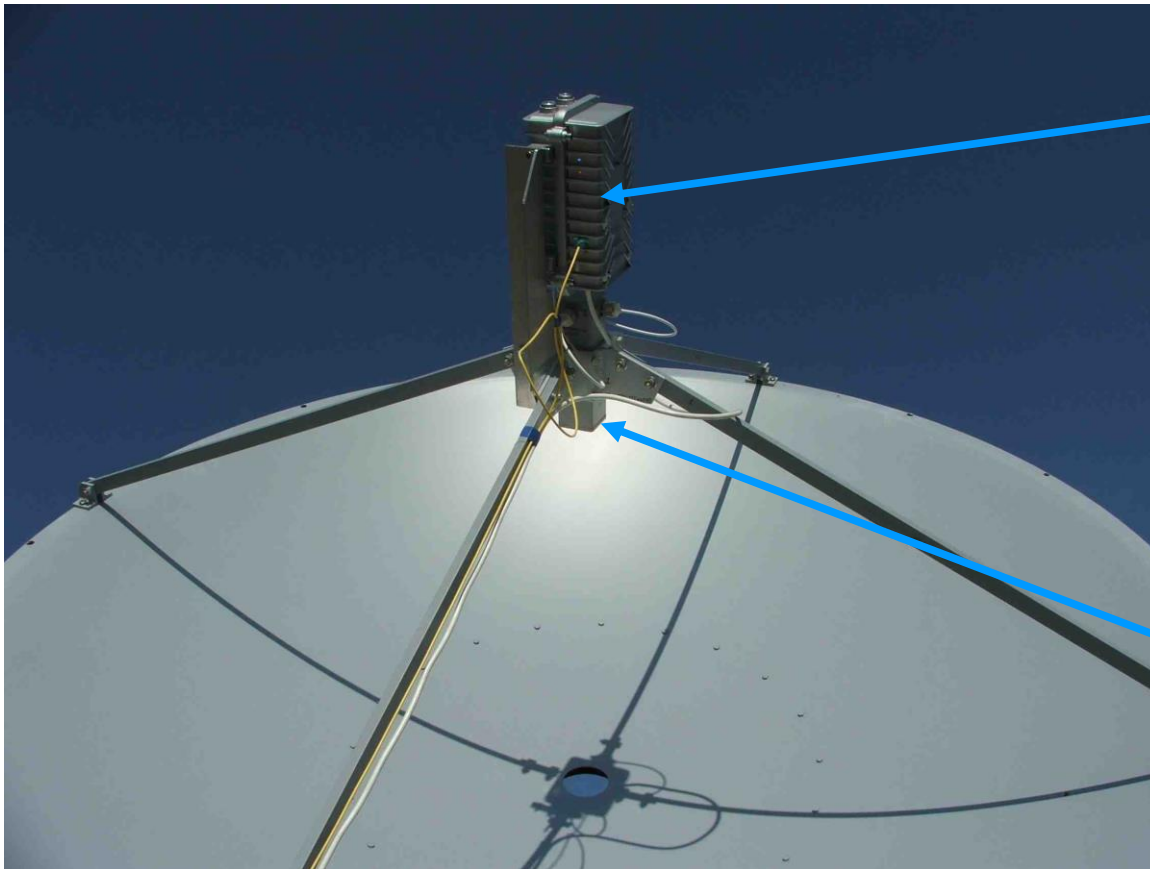
Хроматическая дисперсия волокна примерно 1 пс/(км нм), что приводит к задержкам около 0.2 пс

Изменение фазы на 6 ГГц составляет около 20° в день из-за дневных колебаний температуры. Разность фаз — около 2° .

$SFDR_{3\Delta f} \approx 36$ дБ
для $\Delta f = 4$ ГГц



Антенный модуль



Общий вид антенны радиогелиографа. Антенный модуль, содержащий усилители, квадратурный мост, коммутатор и оптический модулятор.

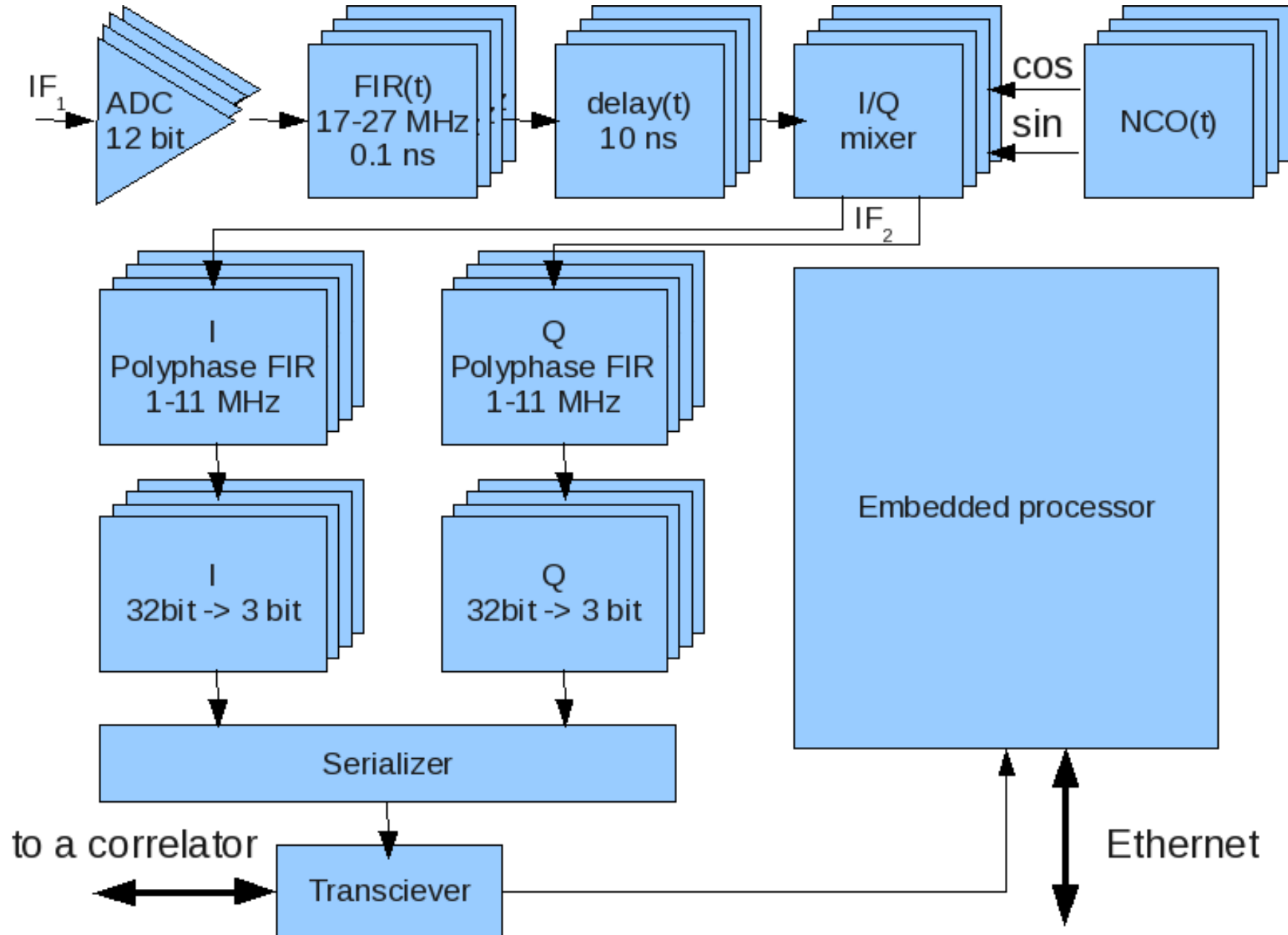
Облучатель, принимающий две линейные поляризации в диапазоне 4-8 ГГц.

Отношение сигнал/шум на выходе коррелятора подтверждает приемлемость оптических линий для передачи сигнала от антенн к рабочему зданию.

Проблемы:	перегрев оптического модулятора, конденсат в облучателе, оптические разъемы
Решения:	замена бокса на более массивный, замена защитной пленки облучателя на лавсан,

Digital receiver

FPGA IP core for Altera Cyclone V.



Цифровой приемник: компенсация геометрической задержки

Ошибки в

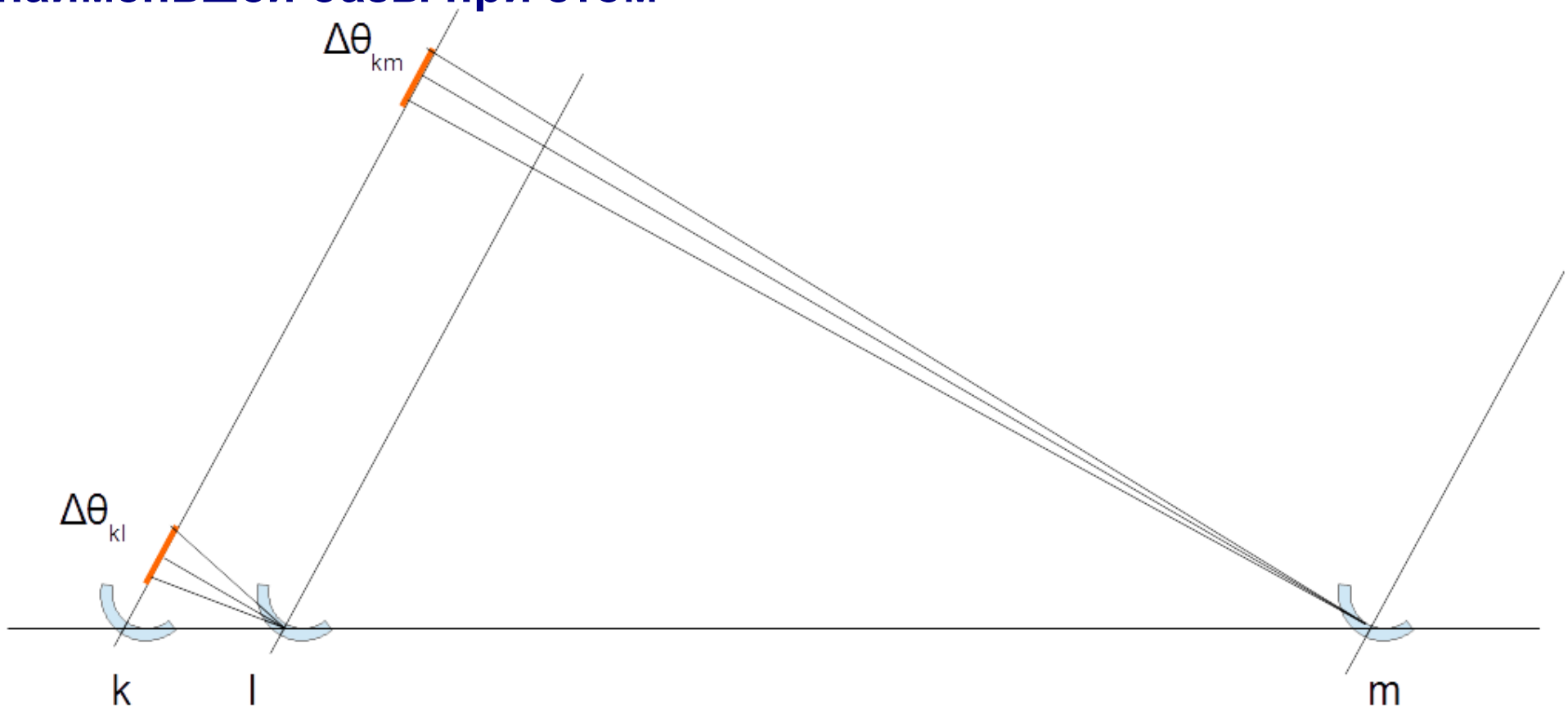
компенсации ведут к фазовым ошибкам

$$\Delta \theta \approx 2 \pi \frac{f_{IF2}}{2} \frac{\Delta t_{step}}{6} \leq 1^\circ$$

для шага компенсации 1 нс

Но смещение ДН для наименьшей базы при этом

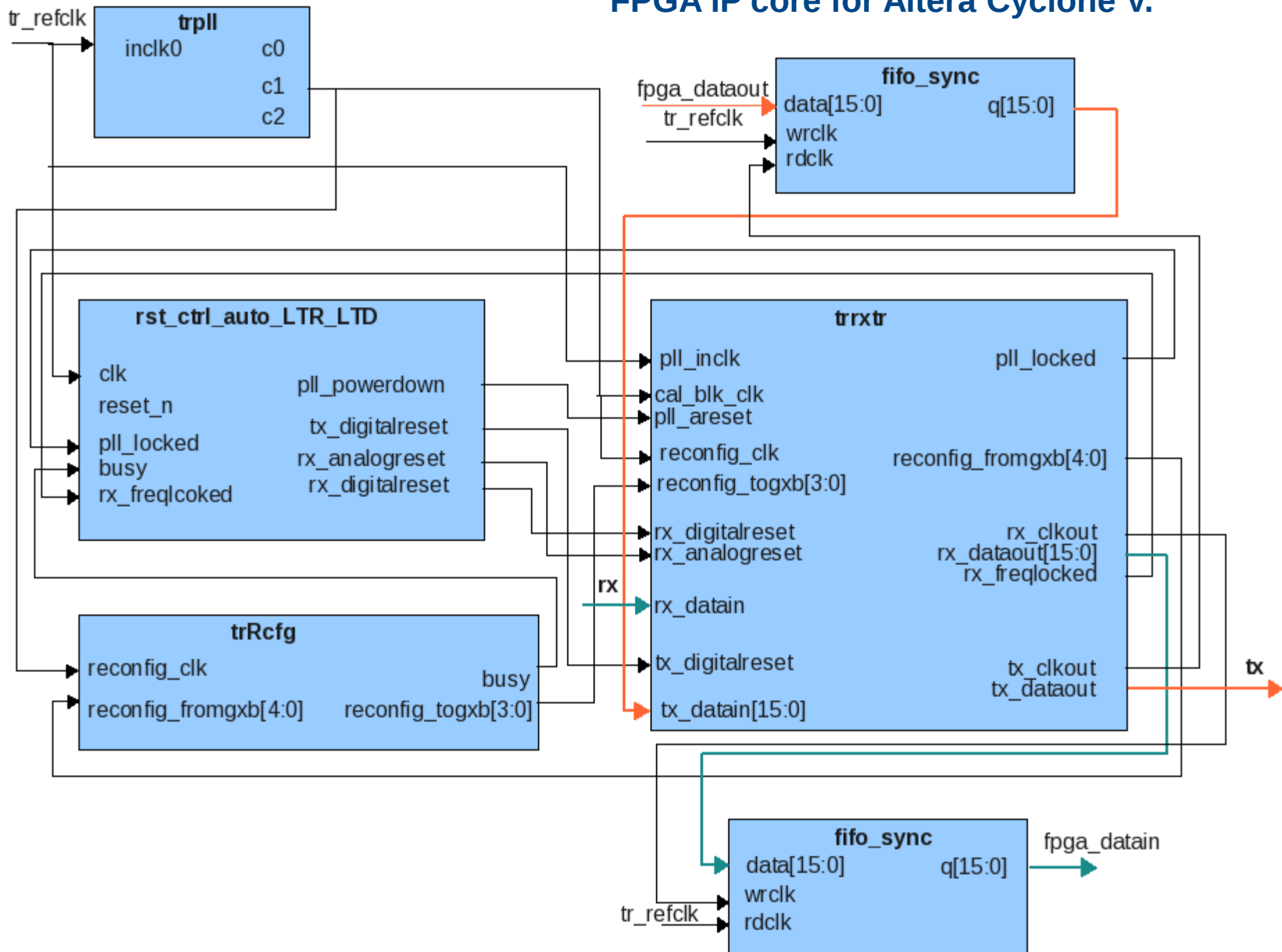
$$\Delta \theta \approx c \Delta t_g^{kl} / |b^k - b^l| \sin \theta \approx 3.5^\circ$$



Поэтому шаг задержки выбран 0.1 нс для компенсации через подбор фазовой характеристики полосового фильтра.

Трансивер цифрового приемника

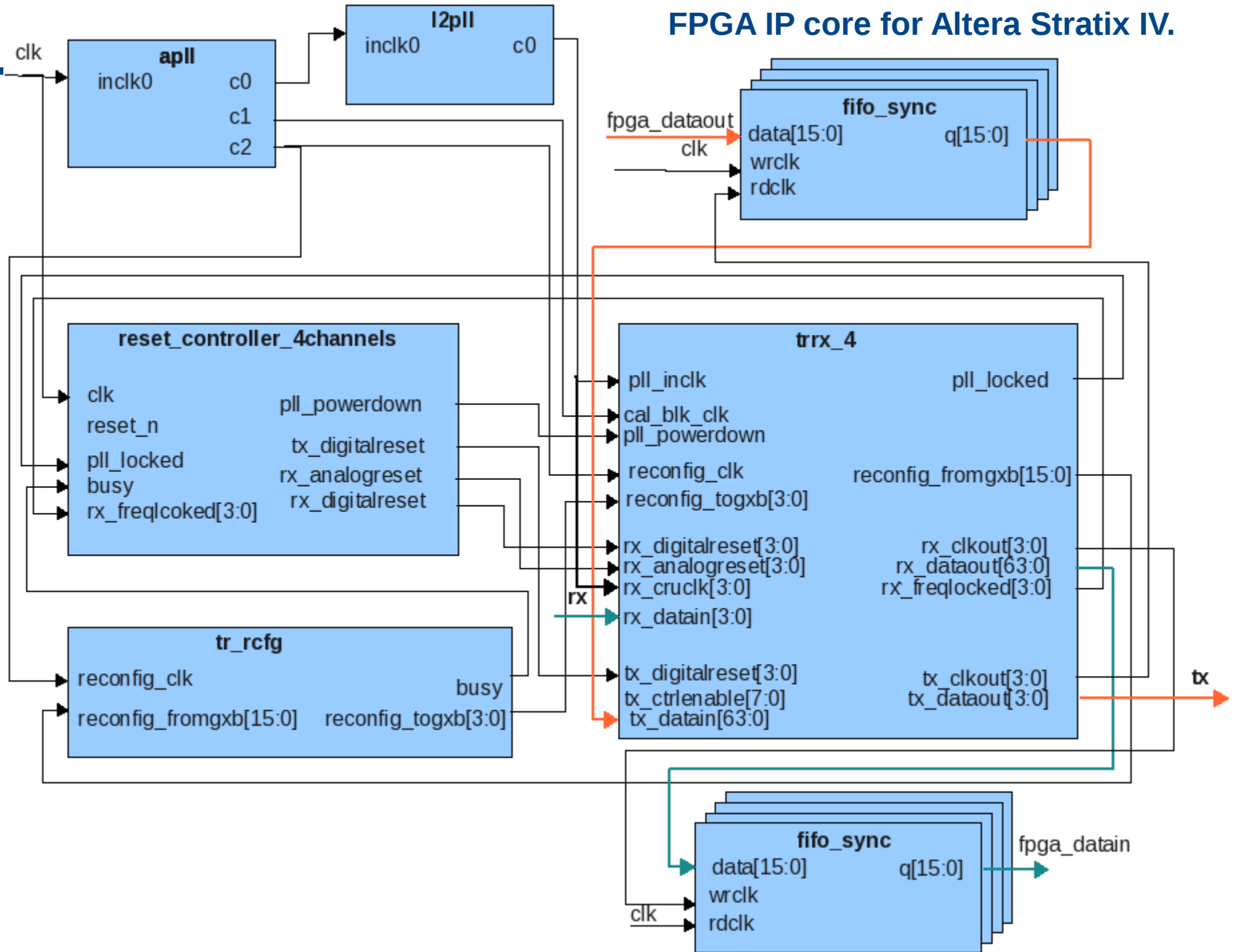
FPGA IP core for Altera Cyclone V.



4-х канальный трансивер

КО

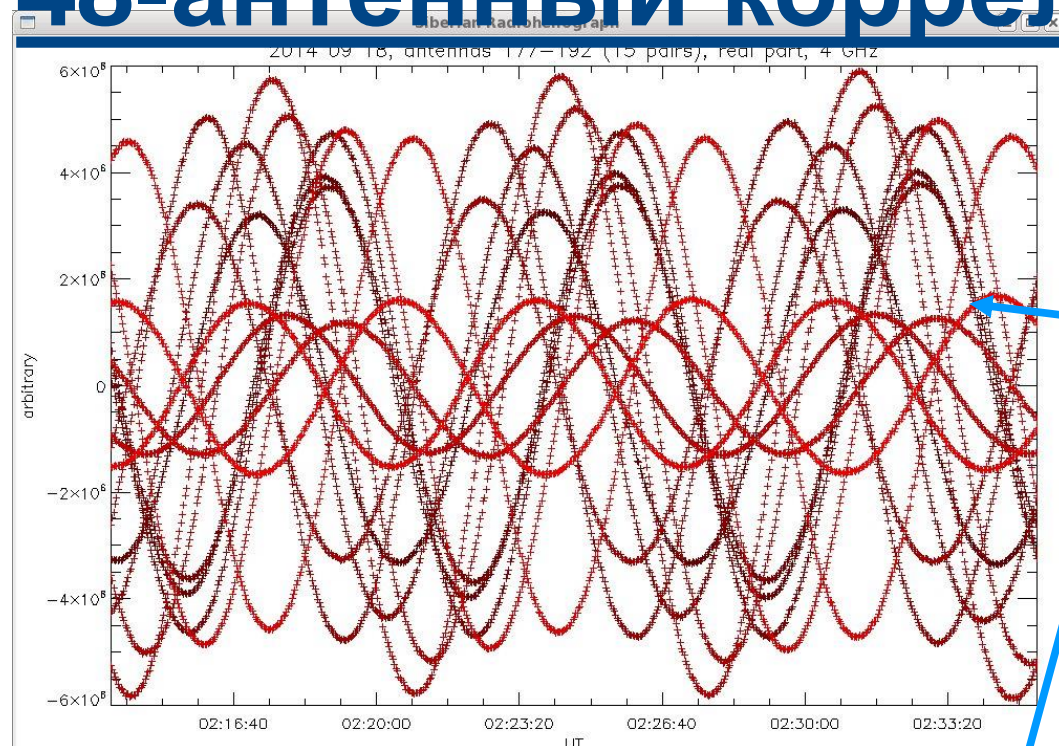
FPGA IP core for Altera Stratix IV.



48-антенный цифровой приемник и коррелятор

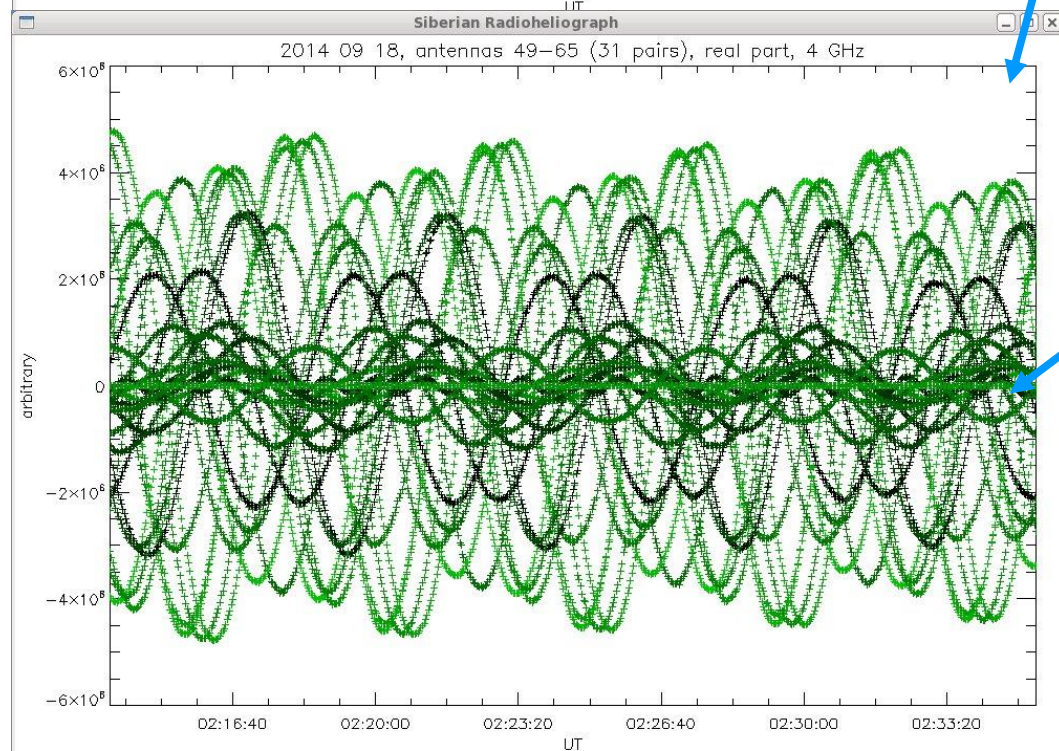


48-антенный коррелятор



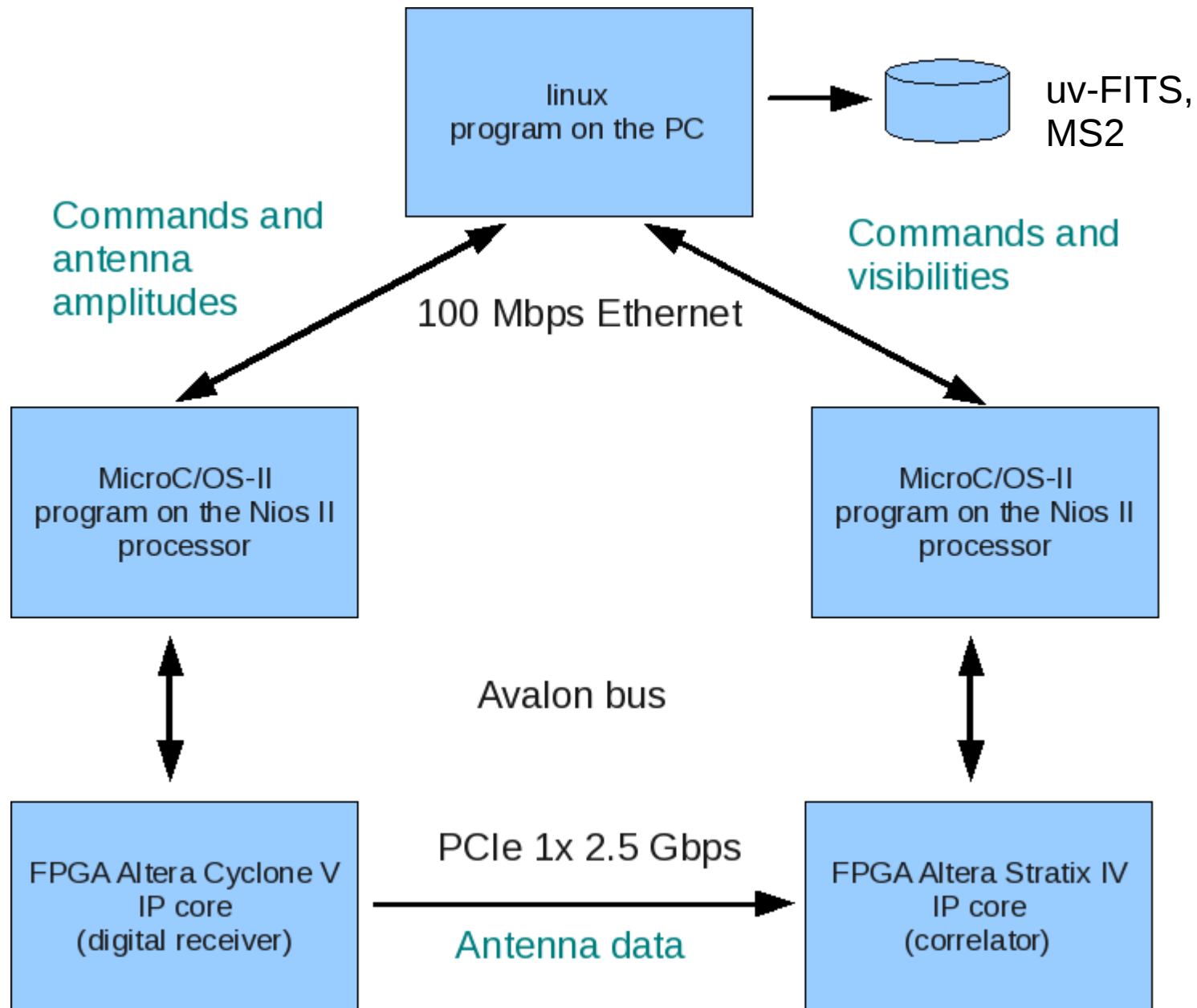
Действительные части выходных данных коррелятора для пар антенн используемых при калибровке. Антенная решетки Юг (16 антенн) и Восток-Запад (32 антенны).

Отношение сигнал/шум в пределах 100-300 для различных пар. Определение фазы с точностью $0.2-0.6^\circ$.



Не работает один из трансиверов (всего 12 трансиверов).

Структура программного обеспечения радиогелиографа



Что сделано?

- 96 антенн смонтированы и оснащены оборудованием
- Цифровые приемники для 48 антенн разработаны, изготовлены и проверены
- 3-битовый коррелятор для 48 антенн разработан и протестирован. Все корреляции получены на одном чипе, сигналы подведены через кабели PCI Express и трансиверы Altera.
- Программное обеспечение для сбора/управления разработано

Что нужно сделать?

- Закончить разработку методики измерения разностей длин кабелей по сигналу от Солнца.
- Калибровка комплексных коэффициентов передачи антенн, с использованием избыточности решетки и сигнала от Солнца.
- Повысить стабильность сигналов от антенн.
- Разработать и изготовить концентратор для 96-антенной решетки.