# Изучаем антенны в GTA5. Радиотелескоп

Команда nag.ru решила подготовить для вас цикл статей, посвященных изучению конструкции антенн. И сделаем мы это в нестандартной форме, а точнее, мы будем рассматривать антенны, которые вы без труда найдете в мультиплатформенной компьютерной игре в жанре action-adventure с открытым миром. Welcome!

Антенны - это крайне распространенное устройство в области связи, но в то же время и одно из самых непонятных для многих. Поэтому мы решили не просто рассказать вам об основных видах антенн, но и наглядно показать их конструкцию, применение и особенности. На примере GTA 5. Модели из компьютерной игры не претендуют на стопроцентную достоверность и существуют по большей части для того, чтобы создавать антураж. Но тем не менее, материалы этого цикла статьи помогут наглядно представить применимость разных антенных систем, чуть больше погрузиться в радиотехнику и осознать ее масштабы.

Начнем наш цикл статей, пожалуй, с самых больших и завораживающих антенн - радиотелескопов. Чуть больше трех лет назад мы даже делали отдельную статью про радиотелескопы – перейдя по ссылке вы сможете узнать и о других видах радиотелескопов для самых разных задач.

Система высоконаправленных антенн в пустыне GTA 5 состоит из шести радиотелескопов. Массив, который объединяет несколько радиотелескопов принято называть радиоинтерферометром, основное назначение которого - это проведение радиокосмических наблюдений. Такие установки отличает высокое угловое разрешение, а конструкция состоит не менее, чем из двух антенн. Как правило, антенные комплексы соединены кабельной, волноводной или ретрансляционной линиями связи. В простонародье такую систему принято называть космической обсерваторией:





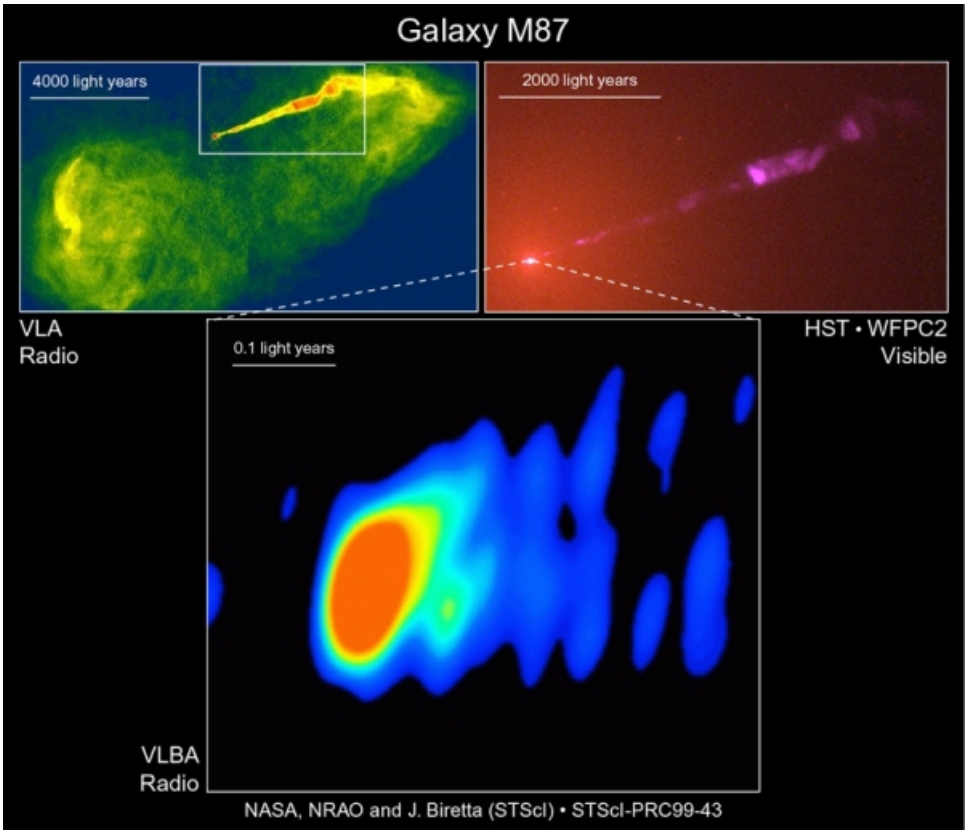
*Расположение обсерватории на карте в ГТА, в пустыне*

В качестве реального аналога такой системы радиотелескопов можно привести в пример Радиотелескоп-интерферометр VLA (Very Large Array - Сверхбольшая Антенная Решетка"), которая находится в США, Сокорро, Нью-Мексико. Он состоит из 27 радиотелескопов. Их антенны имеют диаметр 27 м. Этот радиоинтерферометр применяли при поиске воды на Меркурии, анализа излучения звезд и во многих других исследованиях.



*Изображение с сайта ru.wikipedia.org*

Система радиотелескопов необходима для измерения точных угловых координат радиоизлучения космических объектов. Используя такое оборудование, ученые получают точные координаты и угловые размеры самых различных астрономических объектов и создают радиоизображение с высоким разрешением. В качестве примера такого изображения, на рисунке ниже показано радиоизлучения Галактики М87, полученное с помощью радиотелескопа на расстоянии нескольких тысяч световых лет:




Как правило, система, которая объединяет несколько радиотелескопов, решает следующие задачи астрономии:

- измерение углового разрешения частотного спектра, яркости и поляризации;
- максимально точное измерение расположения радиоисточников.

Таким образом, шесть радиотелескопов в пустыне GTA 5 могли бы осуществлять астрометрические и геодинамические наблюдения. Основным элементом каждой радиоастрономической обсерватории является полноповоротный прецизионный радиотелескоп. Если сравнивать модели из GTA с аналогами радиотелескопов, то эти могли бы иметь массу около 500 тонн каждый.




У таких радиотелескопов довольно сложная и точная прецизионная система, которая должна обеспечивать плавное движение без возникновения автоколебаний. То есть, антенны устанавливаются на поворотном механизме, который служит для сопровождения объектов и изменения угла вращения основного зеркала и поворота массивной конструкции:



На рисунке ниже изображен поворотный механизм для перемещения зеркала в угломестной плоскости:



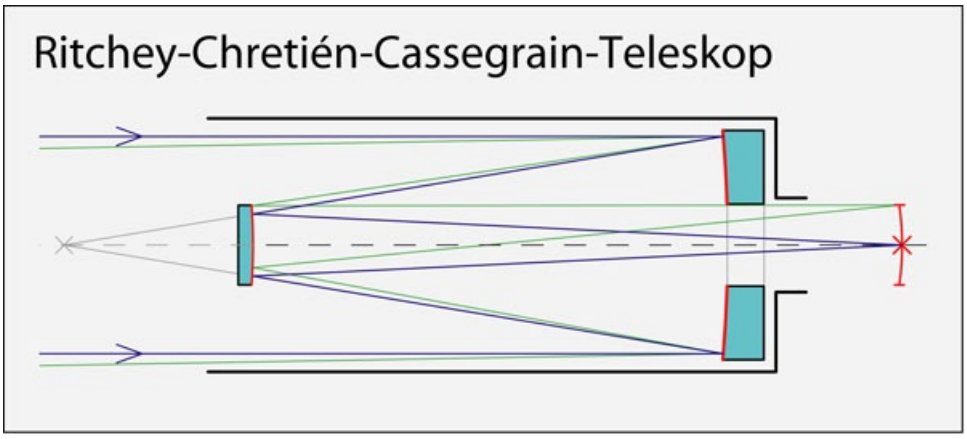
Кроме того, такая массивная антенна должна быть оснащена поворотным механизмом в азимутальной плоскости. Для этих целей поворотный механизм реализуется в виде рельс. Для упрощения модели в игре данный элемент отсутствует. Вместо этого каркас антенны установлен просто на бетонных блоках:



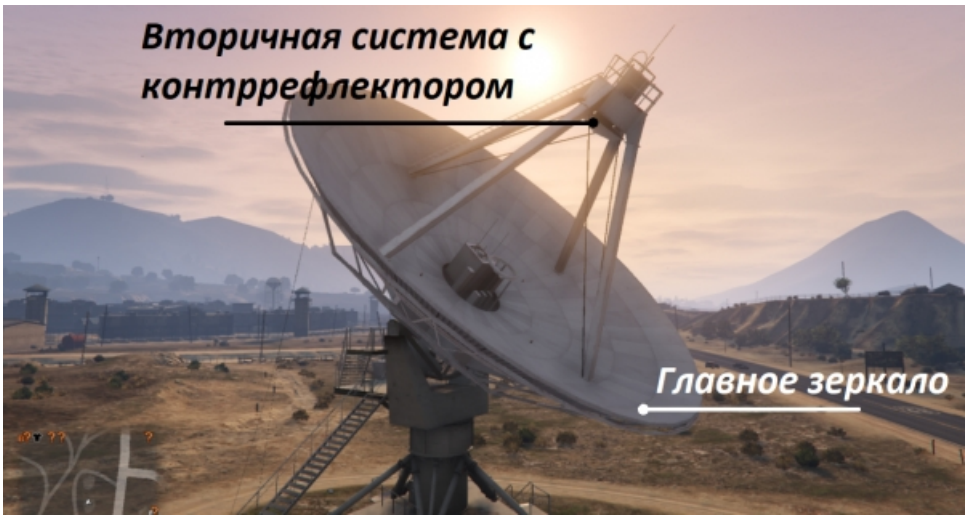
А вот если рассматривать реальную конструкцию, то в качестве примера полноповоротного радиотелескопа можно привести РТФ-32, в котором движение антенны по азимуту осуществляется по рельсовому кольцевому пути диаметром 40 метров. Конструкция РТФ-32 разработана ЦНИИПСК им. Н.П. Мельникова:



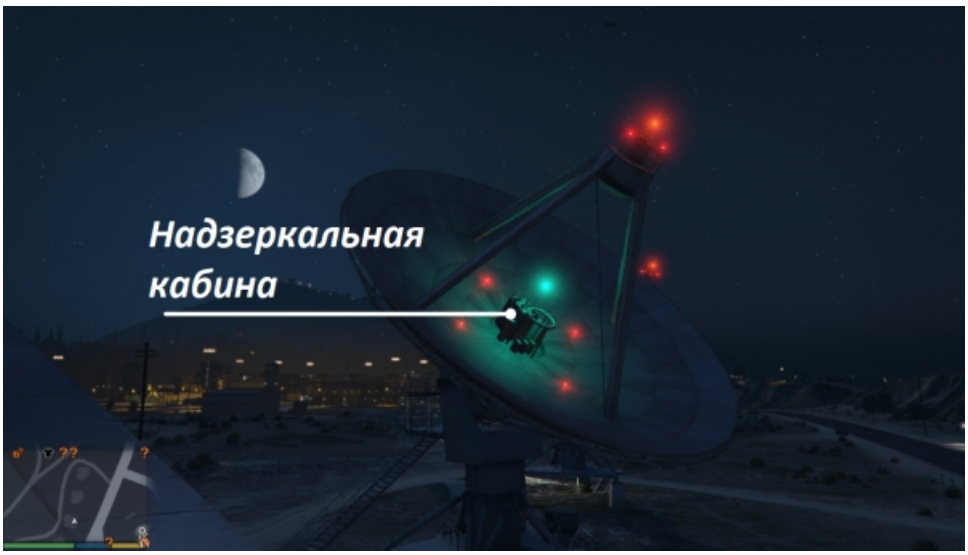

Система облучения радиотелескопа построена по модифицированной схеме Кассегрена с главным квазипараболическим зеркалом, с большим фокусным и вторичным зеркалом, имеющим одну плоскость симметрии. Подобная схема была предложена Лораном Кассегреном еще в 1672 году:




Это вариант двухзеркального объектива телескопа. Главное зеркало большего диаметра (вогнутое; в оригинальном варианте параболическое) отбрасывает лучи на вторичное выпуклое меньшего диаметра (обычно гиперболическое). Схема относится к так называемым предфокальным удлиняющим - то есть вторичное зеркало расположено между главным зеркалом и его фокусом и полное фокусное расстояние объектива больше, чем у главного. Объектив при том же диаметре и фокусном расстоянии имеет почти вдвое меньшую длину трубы и несколько меньшее экранирование, чем у системы Грегори:




Обычно, подвеска контррефлектора дает возможность перемещать его по трем осям - двум в плоскости симметрии, параллельной раскрыву зеркала, одной - вдоль оси главного зеркала, а также вращать его вокруг фокальной оси. Вторичное зеркало фокусирует принимаемое излучение в стороне от электрической оси антенны, и при его вращении фокальная точка описывает окружность. На этой окружности располагаются рупорные облучатели для разных длин волн, и, таким образом, быстрый переход с одной волны на другую осуществляется простым поворотом вторичного зеркала на заданный угол. Рупора герметизированы радиопрозрачной пленкой и внутри них поддерживается небольшое избыточное давление сухого воздуха, подаваемого стойкой воздухонаполнения, размещенной в надзеркальной кабине радиотелескопа:









Ходить по внутренней поверхности зеркала в реальной жизни нельзя, так как малейшие деформации приведут к тому, что зеркало перестает фокусировать излучение, будет происходить смещение фазового центра и "ломать" результирующую диаграмму направленности. Поверхность зеркала выполняется из набора дискретных элементов, которые устанавливаются на металлический каркас, обеспечивающий эллиптическую форму.



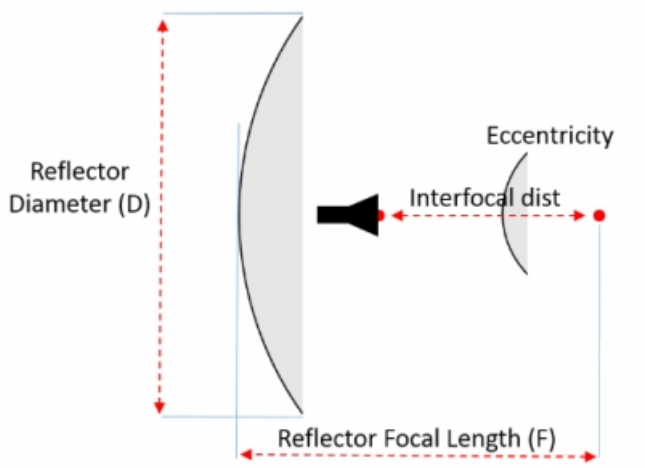
Для обслуживания облучателей и вторичной системы с контррефлектором на одной из несущих балок размещается лестница. Обслуживание радиотелескопа происходит в положении 90 градусов, когда зеркало направлено вертикально вверх. Лестница и мостик для доступа к контррефлектору изображены на рисунке ниже:







Как правило, такая антенная система снабжается несколькими двухканальными (правой и левой поляризаций) приемными устройствами, работающими на длинах волн в сантиметровом диапазоне (например: 1.35 см., 3.5 см., 6.2 см., 13см. и 18-21см). Часть диапазона используется для высокоточных позиционных наблюдений. Например, в радиоинтерферометрическом режиме используются приемники на волны 3.5см и 13см (X- и S-диапазоны). В качестве демонстрации мы рассчитали стандартную модель зеркальной антенны, спроектированной по схеме Кассегрена в программном пакете ANSYS Electronics Desktop (HFSS Design):




[Изучаем антенны в GTA5. Радиотелескоп]

*Модель в конструкторе Antenna Toolkit (слева) и в окне 3D-моделера (справа)*

Диаграмма направленности в трехмерном виде зеркальной антенны подобной конструкции изображена на рисунке ниже:

[Изучаем антенны в GTA5. Радиотелескоп]

[Изучаем антенны в GTA5. Радиотелескоп]

Диаграмма направленности - это главная характеристика радиотелескопа. Она определяет чувствительность радиотелескопа к сигналам, приходящим с разных направлений в пространстве. Приведенная выше диаграмма направленности состоит из главного лепестка, имеющего вид конуса, ориентированного по оси параболоида, и нескольких более слабых боковых лепестков. Разрешающая способность радиотелескопа определяется шириной главного лепестка диаграммы направленности. Два источника на небе, которые вместе попадают в раствор этого лепестка, сливаются для радиотелескопа в один. Поэтому ширина диаграммы направленности определяет размер самых мелких деталей радиоисточника, которые еще можно различить по отдельности. Основное управление радиотелескопом должно происходить из пультовой обсерватории, поэтому в реальности она должна быть окружена постройками для размещения и работы обслуживающего персонала.

[Изучаем антенны в GTA5. Радиотелескоп]

В качестве подведения итогов отметим, что описанный комплекс антенн в реальности мог бы быть

космической обсерваторией. От реального комплекса эти модели отличает отсутствие поворотного механизма в горизонтальной плоскости, а также отсутствие построек для обслуживающего персонала, коммутационного оборудования и других не менее важных систем. В то же время система облучения зеркала по схеме Кассегрена реализована достаточно реалистично, что позволяет наглядно рассмотреть устройство зеркальных антенн такого типа.