

ПРАКТИКУМ

Соберите свой приёмник ADS-B и нанесите своё небо на карту

Всё, о чём рассказано в этом курсе, можно проверить из собственного окна. Этот практикум точно говорит, что купить, как это собрать, как установить фидер Dataero на Raspberry Pi и как увидеть, что самолёты, которые вы слышите, появляются на radar.dataero.eu с указанием вашей станции как источника. Опыт в радиотехнике, электронике или Linux не нужен. Рассчитывайте примерно на 100-150 евро, один вечер и окно с видом на небо.

Учебник - <https://radar.dataero.eu/ru/learning/workshop> 2026-10-22

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕЖДЕ ЧЕМ НАЧАТЬ Что вы соберёте и почему это того стоит

ОДНА КАРТИНКА Как части соединяются друг с другом

СПИСОК ПОКУПОК Что купить, деталь за деталью

ГДЕ ЕЁ СТАВИТЬ Размещение антенны: высота, небо и кабель

ШАГ 1 Сборка оборудования

ШАГ 2 Подготовка Raspberry Pi

ШАГ 3 Установка фидера Dataero

ШАГ 4 Выход в эфир и привязка приёмника

ШАГ 5 Настройка и понимание того, что вы видите

КОГДА НЕ РАБОТАЕТ Поиск неисправностей

ПОТОМ Как поддерживать работу

ДЛЯ КЛАССА ИЛИ СЕМЬИ Как превратить приёмник в проект

ДОБРО ПОЖАЛОВАТЬ Что получают фидеры и что карта получает от вас

ПРЕЖДЕ ЧЕМ НАЧАТЬ

Что вы соберёте и почему это того стоит

Приёмник - это четыре вещи, выстроенные в цепочку: антенна, которая ловит волну 1090 МГц, USB-донгл, который превращает волну в числа, маленький компьютер, который превращает числа в сообщения, и подключение к интернету, которое доставляет декодированные положения в Dataero. С той минуты, как фидер заработал, каждый самолёт, который слышит ваша антенна, рисуется на живой карте **radar.dataero.eu**, для всех, а ваша станция называется источником. Ничто в этой цепочке не передаёт: вы только слушаете, а слушать законно в Бельгии, во всём Европейском союзе и почти во всём мире (если вы живёте в другой стране, проверьте правила, касающиеся приёмной аппаратуры).

Курс объяснил, почему система работает; приёмник позволяет это проверить. Вы измерите радиогоризонт из главы 7 по настоящим самолётам, увидите закон обратных квадратов в столбце уровня сигнала, проследите, как поток сообщений меняется в течение суток, и сравните антенну на окне с антенной на крыше. Для семьи это проект, которым заканчивается история; для класса - постоянный прибор на крыше, который целый год выдаёт настоящие данные.

Кроме того, вы становитесь **фидером**. Карта Dataero целиком построена на приёмниках, которые держат волонтеры, аэропорты и школы, и карта хороша ровно настолько, насколько хороши её слушатели. Фидер получает бесплатно то, чего нет у посетителя: панель с тем, что слышит станция, карту покрытия своего кусочка неба в двух и трёх измерениях, 365 дней истории полётов и место в рейтинге среди всех остальных станций сети. Ничего не оплачивается, ничего не подписывается, и тот же приёмник может продолжать кормить любую другую сеть, которой вы уже пользуетесь.

Время, деньги, навыки

Деньги: от 150 до 200 евро за базовый вариант, купленный новым, от 300 до 420 за расширенный; меньше, если у вас уже есть Raspberry Pi. **Время:** один вечер после того, как придут детали, - около 30 минут на сборку, 10 минут на подготовку карты памяти, 10 минут на установку фидера. **Навыки:** закрутить разъём, скопировать три строки в терминал. **Расходы на работу:** приёмник потребляет 4-5 ватт, около 40 кВт·ч в год, то есть примерно 10-15 евро электроэнергии.

ОДНА КАРТИНКА

Как части соединяются друг с другом



Антенна - это место, где происходит физика глав с 5 по 8: четверть волны металла, около 65 мм длиной, резонирует с волной длиной 27,5 см и превращает несколько миллиардных долей ватта в крошечное напряжение. Кабель несёт это напряжение к донглу и теряет примерно половину на каждых десяти метрах, если он тонкий; вот почему антенна должна быть близко к донглу, либо кабель должен быть толстым. Фильтр и усилитель необязательны: они усиливают сигнал 1090 МГц, прежде чем он дойдёт до донгла, и отсекают передатчики мобильной связи и FM-радио, которые иначе его оглушили бы. Донгл - это программно определяемое радио, которое оцифровывает волну два миллиона раз в секунду и передаёт числа Raspberry Pi, где декодер (readsb, потомок dump1090) находит преамбулу из главы 4, считывает 112 бит, проверяет контрольный код и отбрасывает всё, что проверку не прошло. Затем фидер Dataero пересылает декодированные сообщения через ваше подключение к интернету на приёмный узел Dataero, который объединяет вашу станцию со всеми остальными в карту.

СПИСОК ПОКУПОК

Что купить, деталь за деталью

Список ниже полный: с этими деталями и ничем больше вы будете фидером. Он существует в двух вариантах. Базовый вариант держит маленькую антенну в помещении, у окна или на чердаке, и его хватает, чтобы увидеть работу системы и отдавать данные с первого же вечера; расширенный вариант выносит настроенную антенну наружу, с фильтрованным усилителем и кабелем с малыми потерями, и достаёт до радиогоризонта. Цены ориентировочные, за новые изделия, с НДС; они меняются от магазина к магазину и от месяца к месяцу. Кнопки «Купить» открывают каждую деталь в магазине Amazon выбранной вами страны; те же детали продаёт любой магазин электроники, а компьютер - официальные реселлеры Raspberry Pi (сайт Raspberry Pi перечисляет их по странам). Где бы вы ни покупали, берите донгл, который продаётся именно для ADS-B, потому что тот же донгл, продаваемый как телевизионный тюнер, часто оказывается более старой и более шумной версией.

Компьютер: Raspberry Pi

Raspberry Pi 4 Model B с 2 ГБ памяти - правильный выбор: он декодирует 1090 МГц, используя лишь малую долю своей мощности, у него четыре порта USB, проводной Ethernet и Wi-Fi, и он продаётся в наборе с корпусом и блоком питания. Raspberry Pi 5 работает ничуть не хуже и стоит немного дороже; Raspberry Pi 3B+ подойдёт, если он у вас уже есть; Raspberry Pi Zero 2 W работает, но ему не хватает питания по USB, и для первой сборки его лучше избегать. Купите **официальный блок питания** для своей модели (слабая зарядка от телефона - самая частая причина приёмника, который случайным образом перезагружается), **карту microSD на 16 или 32 ГБ** известной марки и **корпус** с какой-нибудь вентиляцией, потому что и донгл, и процессор греются. Добавьте набор маленьких радиаторов, если его нет в комплекте. Рассчитывайте на 50-70 евро за компьютер, 10-15 за блок питания, 10 за карту и 10 за корпус.

Радио: донгл RTL-SDR

Донгл - это программно определяемое радио, построенное на микросхеме RTL2832U и тюнере R820T2 или R860, из того же семейства, о котором рассказывала глава 9. Купите тот, который **продаётся для ADS-B**. Лучший выбор для начала - донгл со **встроенным фильтром и усилителем на 1090 МГц** (самый известный - FlightAware Pro Stick Plus; FlightStick от AirNav похож на него): фильтр и малошумящий усилитель, которые иначе пришлось бы покупать отдельно, находятся внутри самой флешки, и в городе он слышит в два-три раза дальше, чем простой донгл. Донгл общего назначения (RTL-SDR Blog V4, Nooelec NESDR SMArTee) тоже работает и более универсален, если позже вы захотите слушать что-то ещё, но добавьте внешний фильтр, описанный ниже, если живёте в нескольких километрах от вышек мобильной связи. Какой бы вы ни купили, проверьте антенный разъём: **SMA** - стандарт, и каждая антенна и каждый кабель в этом списке используют именно его; избегайте донглов с маленьким разъёмом MCX, которому нужен переходник и который ломается. Рассчитывайте на 30-45 евро.

Антенна

Начните с маленькой магнитной антенны, которая лежит в коробке с донглом, если она там есть: на металлической поверхности у окна она слышит самолёты за 80-150 км, и этого достаточно, чтобы в первый же вечер увидеть, как система работает. Настоящему приёмнику, однако, нужна **настроенная антенна на 1090 МГц**, и это та деталь, на которой не стоит экономить: многосекционная коллинеарная антенна в герметичной трубке длиной 60-70 см, с усилением 4-6 дБи и разъёмом N или SMA снизу (обычный выбор - антенна FlightAware на 1090 МГц и Jetvision A3, 50-70 евро). Она сделана так, чтобы резонировать точно на длине волны из главы 8 и сосредоточивать свою чувствительность у горизонта, где находятся далёкие самолёты; на улице, на короткой мачте с открытым обзором, она достаёт до радиогоризонта, 350-450 км для самолётов на крейсерской высоте. Самодельные антенны из проволоки - это школьный опыт, а не приёмник: несколько миллиметров ошибки расстраивают их, и они слышат лишь малую долю того, что слышит антенна, настроенная на заводе.

Кабель и разъёмы

Если антенна стоит рядом с Pi, достаточно **кабеля SMA «папа» - SMA «папа» длиной 1-3 м** тонкого гибкого типа (RG-174 для одного метра, RG-58 или H155 для трёх). Чем длиннее трасса, тем толще должен быть кабель: на 1090 МГц тонкий кабель теряет около 3 дБ, половину сигнала, на каждых десяти метрах, тогда как толстый кабель с малыми потерями, такой как LMR-400 или H1000, теряет около 1,3 дБ. Поэтому антенне на крыше в 15 м от Pi нужен LMR-400 или усилитель с фильтром у антенны, либо и то и другое. Покупайте кабель, нарезанный в размер и с уже установленными разъёмами (N «папа» со стороны антенны, если у антенны гнездо N, SMA «папа» со стороны донгла), потому что для установки разъёма N вручную нужны обжимной инструмент и опыт. Рассчитывайте на 10 евро за короткий кабель и 30-60 за длинный с малыми потерями. Добавьте **короткий удлинитель USB**, 30-50 см, чтобы отодвинуть донгл от Pi: донгл, воткнутый прямо в плату, ловит собственные радиопомехи процессора и загораживает соседний порт.

Фильтр и усилитель (необязательно, но это самая дешёвая дальность, которую можно купить)

Если в вашем донгле нет встроенного фильтра, **полосовой фильтр на 1090 МГц** (20-25 евро, SMA на входе и выходе) между кабелем и донглом убирает сигналы мобильной связи, FM, телевидения и пейджинга, которые простой донгл тоже принимает и которые перегружают его вблизи города. Ещё лучше - **маломощный усилитель с фильтром** (около 35 евро; распространённые варианты - RTL-SDR Blog 1090 LNA и предусилитель Uputronics), установленный на антенном конце длинного кабеля: он усиливает сигнал до того, как кабель его потеряет, и питается от донгла через сам кабель (*bias tee*, питание по кабелю, которое донгл должен поддерживать; Blog V4, Pro Stick Plus и SMArTee его поддерживают). Усилитель на конце длинного кабеля у Pi почти бесполезен, потому что усиливает то, что кабель уже потерял.

Инструменты и всё остальное

Вам нужны компьютер с устройством чтения SD-карт (или USB-картридер за 5 евро), чтобы записать карту памяти, пароль от Wi-Fi вашего домашнего роутера или свободный порт Ethernet с кабелем, а для антенны - подоконник, балка на чердаке или короткая мачта с двумя настенными

кронштейнами. Для уличной антенны добавьте самовулканизирующуюся ленту, чтобы загерметизировать разъём (3 евро), кабельные стяжки и несколько метров запаса кабеля для капельной петли. Маленькая отвёртка и ножницы - единственные инструменты.

Базовый вариант Маленькая антенна в помещении, у окна или на чердаке - 50-150 км - 150-200 EUR

Деталь	Для чего она	Купить на Amazon
Набор Raspberry Pi 4 Модель В с 2 или 4 ГБ, официальным блоком питания, вентилируемым корпусом и картой microSD на 32 или 64 ГБ, всё в наборе; набор Raspberry Pi 5 подойдёт так же	Декодирует сообщения и запускает фидер Dataero	https://radar.dataero.eu/go/pi
Донгл AirNav Radar FlightStick USB-радио с программным управлением, встроенные фильтр и усилитель 1090 МГц, разъём SMA; FlightAware Pro Stick Plus, пока он есть в продаже, равноценен	Превращает радиоволну в числа; именно встроенные фильтр и усилитель дают ему дальность в городе	https://radar.dataero.eu/go/sdr
USB-удлинитель, 30-50 см USB 2.0, вилка А - розетка А	Отодвигает донгл от радиошума процессора и освобождает соседний порт	https://radar.dataero.eu/go/usb-ext
Маленькая антенна 1090 МГц на магнитном основании Настроена на ADS-B, со своим кабелем и вилкой SMA	Ловит волну у окна; на металлической поверхности слышит самолёты за 50-150 км	https://radar.dataero.eu/go/antenna-indoor

Расширенный вариант Наружная антенна на короткой мачте, для большой дальности - 250-400 км - 300-420 EUR

Деталь	Для чего она	Купить на Amazon
Набор Raspberry Pi 4 Модель В с 2 или 4 ГБ, официальным блоком питания, вентилируемым корпусом и картой microSD на 32 или 64 ГБ, всё в наборе; набор Raspberry Pi 5 подойдёт так же	Декодирует сообщения и запускает фидер Dataero	https://radar.dataero.eu/go/pi
Донгл AirNav Radar FlightStick USB-радио с программным управлением, встроенные фильтр и усилитель 1090 МГц, разъём SMA; FlightAware Pro Stick Plus, пока он есть в продаже, равноценен	Превращает радиоволну в числа; именно встроенные фильтр и усилитель дают ему дальность в городе	https://radar.dataero.eu/go/sdr

Деталь	Для чего она	Купить на Amazon
USB-удлинитель, 30-50 см USB 2.0, вилка A - розетка A	Отодвигает донгл от радиошума процессора и освобождает соседний порт	https://radar.dataero.eu/go/usb-ext
Наружная антенна FlightAware 1090 МГц Коллинеарная в влагозащищённой трубке, 66 см, розетка N; альтернатива - A3 от Jetvision	Создана резонировать точно на 27,5 см и смотреть на горизонт: снаружи, при открытом обзоре, достаёт до радиогоризонта	https://radar.dataero.eu/go/antenna-outdoor
Фильтрованный усилитель 1090 МГц RTL-SDR Blog ADS-B LNA, Nooelec SAWbird+ ADS-B или предусилитель Uputronics, питается через кабель (bias tee)	Установленный у антенны, усиливает сигнал до того, как кабель его потеряет	https://radar.dataero.eu/go/lna
Переходник N (вилка) - SMA (вилка) Между розеткой N антенны и розеткой SMA усилителя	Соединяет антенну с усилителем	https://radar.dataero.eu/go/adapter
Коаксиальный кабель с малыми потерями, 10 м LMR-400 или H1000, вилки SMA с обоих концов, нужной длины с уже смонтированными разъёмами	Несёт сигнал с крыши к донглу, теряя лишь около 1,3 дБ на 10 м	https://radar.dataero.eu/go/coax
Короткая мачта с настенными кронштейнами Около 1 м длиной, 30-40 мм в диаметре, с двумя кронштейнами	Поднимает антенну над линией крыши, подальше от стен и дымоходов	https://radar.dataero.eu/go/mount
Самовулканизирующаяся лента Один рулон	Герметизирует каждый наружный разъём от дождя	https://radar.dataero.eu/go/tape

Как участник партнёрской программы Amazon, Dataero Europe получает вознаграждение с подходящих покупок, сделанных по этим ссылкам, без дополнительных расходов для вас. Цены, наличие и доставка - такие, как показывает Amazon; те же детали можно купить в любом магазине электроники.

Чего не покупать

Телевизионную флешку за 10 евро с безымянной микросхемой и разъёмом MCX (она работает неделю, уходит с частоты, перегревается и теряет слабые сообщения); «широкополосную» дискоконусную антенну или антенну от автомагнитолы (не резонируют на 1090 МГц; глава 8 объясняет, почему длина важна); антенну Wi-Fi или 4G с похожим на вид разъёмом (не та частота); длинный кабель с разъёмами «обожми сам»; зарядку от телефона в качестве блока питания; подержанный Raspberry Pi неизвестного происхождения с уже вставленной картой.

ГДЕ ЕЁ СТАВИТЬ

Размещение антенны: высота, небо и кабель

Размещение важнее цены. Формула радиогоризонта из главы 7, $d = 4,12 \times (\sqrt{h \text{ самолёта}} + \sqrt{h \text{ антенны}})$ с высотами в метрах, говорит, что антенна на подоконнике на высоте 2 м видит авиалайнер на 11 000 м за 438 км, а та же антенна на крыше высотой 20 м - всего на 13 км дальше. Высота значит гораздо меньше, чем то, что **стоит на пути**: стена, холм, металлическая крыша или соседний дом полностью перекрывают прямую видимость, а окно, выходящее в сторону от воздушной трассы, слышит половину неба. Так что первый вопрос - не «как высоко», а «что антенна видит», и ответ должен быть: как можно больше неба, до самого горизонта, в как можно большем числе направлений.

У окна поставьте антенну с наружной стороны стекла, если можете (на перилах балкона, на стальной пластине, за которую держит магнит), иначе на внутреннем подоконнике вплотную к стеклу; современные стеклопакеты с металлизированным покрытием заметно ослабляют сигнал, а окно, которое открывается, выпускает кабель наружу. Выберите окно, выходящее в сторону ближайшего аэропорта или самой загруженной воздушной трассы; живая карта подскажет, какое.

На чердаке крыша из черепицы или шифера почти прозрачна для 1090 МГц, и антенна видит все направления; металлическая крыша или утеплитель с фольгой непрозрачны. Подвесьте антенну к балке, так высоко, как позволяет конёк, подальше от баков с водой и проводки. **На крыше** мачта в метр над коньком на двух настенных кронштейнах поднимает антенну над трубой и соседями; это размещение, которое достаёт до радиогоризонта, и то, которому нужен толстый кабель или усилитель у антенны.

Кабель	Потери на 10 м на 1090 МГц	Остаток сигнала после 10 м	Применение
RG-174 (2,8 мм)	около 7 дБ	20 %	в помещении, до 1 м
RG-58 (5 мм)	около 5 дБ	30 %	в помещении, 1-3 м
H155 / LMR-200 (5,5 мм)	около 3 дБ	50 %	до 5 м
LMR-400 / H1000 (10 мм)	около 1,3 дБ	75 %	трассы на крышу 10-20 м
усилитель у антенны + любой кабель	потери компенсированы до кабеля	почти всё	любая длинная трасса

Безопасность

Никогда не ставьте антенну там, где она может коснуться воздушной линии электропередачи или упасть на неё; держите её ниже самой высокой точки крыши, если у здания есть молниеотвод, а в остальных случаях примите, что маленькая пластиковая антенна на мачте в 1 м притягивает молнию не больше, чем дымовая труба, но в грозу отключайте донгл. Работа на крыше - для взрослого, при дневном свете, с кем-то, кто держит лестницу; чердак или окно дают 80 % результата без всякого риска. Герметизируйте каждый уличный разъём самовулканизирующей лентой и оставляйте петлю кабеля ниже точки ввода, чтобы дождь стекал с неё, а не затекал внутрь. Приёмник только слушает: ничто здесь не излучает.

ШАГ 1**Сборка оборудования**

Сборка - это скручивание разъёмов; единственное, что нужно сделать правильно, - затянуть каждый от руки, пока он не перестанет вращаться, без инструмента, и не сгибать кабель резко ближе ладони от разъёма.

1. Наклейте радиаторы на Pi, если они есть в наборе, поместите Pi в корпус и пока оставьте крышку открытой.
2. Прикрутите антенный кабель к антенне (N или SMA, от руки до упора), а если вы используете отдельный фильтр или усилитель, прикрутите его к донгловому концу кабеля: антенна, кабель, фильтр или усилитель, донгл, именно в таком порядке. Усилитель у антенны ставится вместо этого между антенной и кабелем.
3. Прикрутите кабель к гнезду SMA донгла. Вставьте донгл в удлинитель USB, а удлинитель - в один из синих портов USB 3 на Pi (работает любой порт; синие дальше всего от антенны Wi-Fi).
4. Поставьте антенну там, где решили выше, и проложите кабель плавными изгибами. Положите донгл туда, где к нему есть доступ воздуха; он тёплый на ощупь, и это нормально.
5. Подключите кабель Ethernet к роутеру, если пользуетесь им. Питание пока не включайте: сначала карта памяти.

ШАГ 2**Подготовка Raspberry Pi**

Pi нужна операционная система на карте памяти и способ вводить в него команды с вашего собственного компьютера. И то и другое занимает десять минут и делается щелчками мыши в одной программе, **Raspberry Pi Imager**, которую вы бесплатно скачиваете с сайта Raspberry Pi для Windows, macOS или Linux.

1. Вставьте карту microSD в компьютер. Откройте Raspberry Pi Imager. В поле «Устройство Raspberry Pi» выберите свою модель; в поле «Операционная система» выберите **Raspberry Pi OS (other)**, затем **Raspberry Pi OS Lite (64-bit)**, версию без рабочего стола, потому что у приёмника никогда не бывает экрана; в поле «Накопитель» выберите карту.

2. Нажмите «Далее» и, когда Imager предложит применить настройки ОС, нажмите **Изменить настройки**. На вкладке «Общие» задайте имя хоста **adsb** (чтобы Pi откликался на `adsb.local`), отметьте «Задать имя пользователя и пароль» и выберите и то и другое (запишите их), введите имя и пароль своей сети Wi-Fi и страну, если не используете кабель Ethernet; укажите часовой пояс. На вкладке «Службы» отметьте **Включить SSH** с аутентификацией по паролю. Сохраните, затем подтвердите, что карта будет стёрта, и дайте Imager записать и проверить её.
3. Вставьте карту в Pi, подключите блок питания и подождите две минуты: зелёный светодиод мигает, пока он запускается, а первый запуск медленнее.
4. На своём компьютере откройте терминал: в Windows - PowerShell (найдите его в меню «Пуск»); на Mac - Terminal; в Linux - любой терминал. Введите команду ниже с выбранным вами именем пользователя, нажмите Enter, ответьте **yes** на вопрос об отпечатке ключа, затем введите пароль (при вводе ничего не отображается) и нажмите Enter. Приглашение сменится на приглашение Pi: теперь вы вводите команды на приёмнике.

```
ssh <username>@adsb.local
```

Если `adsb.local` не находится, ваш роутер не передаёт локальные имена: откройте его веб-страницу, найдите список подключённых устройств, запишите IP-адрес Pi (что-то вроде 192.168.1.42) и используйте его вместо имени. Подключившись, обновите систему и установите git, инструмент, который скачивает фидер; скопируйте строку, вставьте её, нажмите Enter и подождите. В первый раз обновление может занять десять минут.

```
sudo apt update && sudo apt full-upgrade -y && sudo apt install -y git
```

ШАГ 3

Установка фидера Dataero

Фидер Dataero - небольшая программа с открытым исходным кодом, опубликованная Dataero на GitHub (github.com/dataero-adsb/dataero-adsb-feeder). Его установщик делает всё, что нужно приёмнику: устанавливает декодер (readsb), если на Pi его нет, регистрирует ваш приёмник в Dataero, генерирует его уникальный ID приёмника, настраивает службы, которые пересылают сообщения и поддерживают соединение, и в конце проверяет, что Dataero вас слышит. Каждую его строку можно прочитать на GitHub, прежде чем запускать. Три команды, введённые на Pi одна за другой:

```
git clone https://github.com/dataero-adsb/dataero-adsb-feeder
cd dataero-adsb-feeder
sudo bash installer.sh
```

Установщик задаёт несколько вопросов. Вот что означает каждый и что отвечать.

Установщик спрашивает	Что это значит	Что отвечать
Do you want to automatically install readsb? (yes/no)	На этом Pi не найден декодер; readsb - программа, которая превращает отчёты донгла в сообщения.	Введите yes, полностью. Любой другой ответ останавливает установщик. Скачивание и сборка занимают несколько минут.
Station name (optional)	Имя, которое показывается рядом с вашим приёмником на карте и в рейтинге.	Короткое имя: ваш город и одно слово, название школы. Его можно изменить позже, запустив установщик ещё раз.
Enable MLAT for this receiver? (y/N)	Мультилатерация (глава 10): временные метки вашего приёмника помогают находить самолёты, которые не передают своего положения. Ей нужно точное положение антенны.	n при первой установке или y, если вы можете указать положение антенны с точностью до нескольких метров.
Latitude, Longitude, Antenna altitude (metres)	Где находится антенна. Обязательно при MLAT, иначе необязательно; используется для вашей карты покрытия и статистики дальности.	Десятичные градусы с точкой (50.8467, 4.3525), высота над уровнем моря в метрах: высота земли по вашему адресу плюс высота антенны над землёй.

Чтобы узнать положение, откройте любую онлайн-карту, щёлкните правой кнопкой точно по месту антенны и скопируйте координаты; большинство карт показывают шесть знаков после запятой, то есть точность в десятую долю метра. Высота земли есть на топографической карте или в поле «высота» приложения GPS; прибавьте высоту антенны над землёй (окно третьего этажа - около 6 м, конёк крыши двухэтажного дома - около 9 м). Собственная высота по телефону часто ошибается на десять-двадцать метров, поэтому для земли используйте карту, а для остального - рулетку. Не включайте MLAT с положением, взятым наугад: приёмник, чьи временные метки говорят «я здесь», а сам он где-то ещё, портит каждое решение, в котором участвует.

Затем установщик несколько минут работает и заканчивает баннером, который начинается словами **Installation complete**. Он печатает ваш **ID приёмника**, длинный код из букв и цифр (UUID), узел Dataero, к которому подключена ваша станция, и результат первого контакта с Dataero: когда регистратор принимает сигнал присутствия приёмника, ваша станция в эфире. ID приёмника - ключ к вашей станции: он путешествует с каждым сообщением, и именно его вы вставляете в свой аккаунт, чтобы привязать её. Держите его при себе, потому что первый аккаунт, который его привяжет, становится владельцем приёмника. Если вы когда-нибудь его потеряете, он хранится на Pi:

```
sudo grep RECEIVER_UUID /usr/local/dataero-adsb-feeder/.env
```

Что установщик оставляет работающим

Три небольшие службы, которые запускаются сами при каждой загрузке: *readsb*, декодер, который заодно обслуживает локальную карту; *dataero-readsb*, второй, только сетевой экземпляр декодера, который пересылает сокращённый поток ваших сообщений на узел Dataero; и *dataero-feeder*, сигнал присутствия, который сообщает Dataero, что ваша станция жива. При включённом MLAT - четвёртая, *dataero-mlat*. Повторный запуск установщика позже сохраняет ваш ID приёмника, имя и положение и обновляет только то, что изменилось.

ШАГ 4

Выход в эфир и привязка приёмника

Через минуту после баннера должны появиться первые самолёты. Смотрите в трёх местах. На самом Pi команда ниже выводит живую таблицу всех декодируемых самолётов с адресом, позывным, высотой, скоростью и уровнем сигнала в dBFS; нажмите **q**, чтобы выйти. Установщик *readsb* также настроил локальную карту на Pi, <http://adsb.local/tar1090> (или IP-адрес вместо имени), которая показывает небо глазами вашей собственной станции, с кольцами дальности. А на radar.dataero.eu, публичной карте, самолёты, которые слышит ваша станция, за считанные секунды рисуются вместе со всеми остальными.

viewadsb

Ваш приёмник уже передаёт данные, анонимно. **Привязка** прикрепляет его к вашему аккаунту и открывает фидерскую сторону сайта: откройте radar.dataero.eu, создайте бесплатный аккаунт или войдите, откройте **Приёмники** в меню аккаунта, выберите **Привязать приёмник** и вставьте ID приёмника, который напечатал установщик. Используйте ID приёмника Dataero, а не UUID другой программы-фидера, если вы её тоже запускаете. С этого момента у вашей станции есть имя на карте, **панель** (принятые самолёты, сообщения в секунду, самые загруженные часы, самые редкие самолёты), **карта покрытия**, построенная по уровню сигнала каждого сообщения в двух и трёх измерениях, **365 дней истории полётов** вместо нуля у посетителя и место в **рейтинге**. Всё, что собрано до привязки, уже там.

Чего ожидать в первый вечер: у окна с антенной из коробки - 20-60 самолётов одновременно в загруженной части Европы, на расстоянии до 100-150 км, с дырой со стороны здания; с настроенной антенной на чердаке - 100-200 самолётов до 250 км; на крыше - 200-400 самолётов и дальность, доходящая до 400 км в тех направлениях, где ничто не мешает. Счётчик сообщений на панели - лучшая мера, чем дальность: хорошая станция декодирует 500-1 500 сообщений в секунду в дневной европейский пик и несколько десятков глубокой ночью. Кривая за сутки - это урок 4 курса, ставший видимым: самолёты не летают ночью, потому что не летают люди.

Открыть карту в реальном времени <https://radar.dataero.eu/ru/map>

Создать аккаунт и привязать приёмник <https://radar.dataero.eu/ru/contribute>

ШАГ 5

Настройка и понимание того, что вы видите

Два параметра определяют большую часть производительности станции, и оба меняются на Pi за секунду. Первый - **усиление**, то, насколько донгл усиливает сигнал перед оцифровкой. `readsb` начинает с автоматического усиления, и это неплохой компромисс. Если самолёты над головой пропадают, а далёкие остаются, приёмник перегружен сильными близкими сигналами, и усиление слишком велико; если далёкие самолёты так и не появляются, оно слишком мало. Команда ниже задаёт фиксированное усиление в дБ; попробуйте значения от 30 до 49 (49,6 - максимум донгла) и по десять минут на каждом следите за числом самолётов и максимальной дальностью на локальной карте. С донглом, у которого есть собственный усилитель, у окна обычно лучше всего 40-45, а на крыше - меньше. Значение -10 возвращает автоматический режим.

```
sudo readsb-gain 43
```

Второй - **положение для локальной карты**, которое `readsb` использует, чтобы рисовать кольца дальности и вычислять расстояние до каждого самолёта; оно отдельно от положения, которое вы указали установщику Dataero (именно его использует Dataero), и задаётся второй командой. Затем откройте локальную карту и наблюдайте, как в течение дня растёт контур самых дальних самолётов: этот контур - ваш радиогоризонт, а его форма - форма ваших препятствий.

```
sudo readsb-set-location 50.8467 4.3525
```

Столбец сигнала в `viewadsb` - это закон обратных квадратов из главы 6 в числах. Самолёт, проходящий над головой на 10 км, даёт около -5 dBFS; тот же самолёт на 300 км, в тридцать раз дальше, приходит в девятьсот раз слабее, около -30 dBFS, и декодер всё равно его читает, потому что сообщению нужно лишь быть сильнее шума. Проследите, как сигнал самолёта растёт и падает, пока он пересекает ваше небо, - и вы измерили закон без единой формулы. Столбец потерянных сообщений, когда он велик, говорит об обратном: сильные сигналы от двух самолётов, пришедшие в один и тот же миг, искажают друг друга; это предел, описанный в главе 11, и причина, по которой второй приёмник в тридцати километрах видит сообщения, которые теряете вы.

Если вы включили **MLAT**, самолёты, положение которых найдено мультилатерацией, появляются на карте Dataero и возвращаются на вашу локальную карту с отдельным значком. Это самолёты, которые не передают собственного положения: старые бизнес-джеты, военные транспортники, некоторые вертолёты. Ваш вклад в каждый из них - временная метка с точностью до нескольких наносекунд, по которой узел вместе с тремя другими станциями решает гиперболы из главы 10. Ошибка положения антенны всего в 30 м сдвигает вашу метку на десятую долю микросекунды, чего достаточно, чтобы отнести найденный самолёт на километр в сторону; вот почему установщик на этом настаивает.

КОГДА НЕ РАБОТАЕТ

Поиск неисправностей

Почти каждая проблема - одна из тех, что в таблице ниже, и для каждой есть проверка в одну строку. Команды выполняются на Pi, через то же терминальное подключение, что и установка.

Симптом	Самая вероятная причина	Что делать
ssh не находит adsb.local	Роутер не разрешает локальные имена, или Pi не в сети.	Используйте IP-адрес из списка устройств роутера. Если Pi в нём нет, проверьте данные Wi-Fi, введённые в Imager, или воспользуйтесь кабелем Ethernet.
readsb не запускается; «no device found»	Донгл не виден: плохо вставленный кабель USB, слишком слабый блок питания или донгл, который не является RTL-SDR.	Переподключите донгл и удлинитель; выполните lsusb и поищите «RTL2838» или «Realtek»; замените блок питания на официальный.
readsb работает, но не показывает самолётов	Антенна не подключена, в кабеле разомкнутый разъём, или антенна в радиотени.	Проверьте, что каждый разъём затянут; перенесите антенну к окну с открытым небом; простому донглу без фильтра в городе фильтр может понадобиться.
Ближние самолёты пропадают, далёкие остаются	Перегрузка: усиление слишком велико, или поблизости сильный передатчик.	Уменьшите усиление (readsb-gain 35), добавьте фильтр на 1090 МГц.
Самолёты есть на локальной карте, но нет на radar.dataero.eu	Службы фидера не работают, или у Pi нет интернета.	Выполните команду состояния ниже; служба, показанная как «failed», объясняет причину в своём журнале. Запустите установщик ещё раз: он чинит конфигурацию и сохраняет ваш ID.
Pi перезагружается, или донгл случайным образом пропадает	Питание. Донгл потребляет треть ампера; слабый блок питания проседает по напряжению.	Используйте официальный блок питания; отключите другие устройства USB; проверьте, что красный индикатор питания горит ровно.
«Receiver not found» при привязке	Вставлен другой UUID (из другой программы-фидера или с опечаткой).	Вставьте значение, напечатанное командой grep из шага 3; это и есть ID приёмника Dataero.

```
sudo systemctl status readsb dataero-readsb dataero-feeder
sudo journalctl -u dataero-feeder -n 50
```

Если ничего из этого не помогает, откройте issue на странице фидера на GitHub с выводом этих двух команд: люди, написавшие установщик, их читают. Dataero также ведёт канал сообщества, ссылка на который есть на странице «Стать фидером», где другие фидеры отвечают на большинство вопросов за несколько часов.

ПОТОМ

Как поддерживать работу

Приёмнику почти ничего не нужно. Службы запускаются сами после отключения электричества; у Pi нет движущихся частей; донгл служит годами. Раз в сезон подключитесь к Pi, снова выполните строку обновления из шага 2, а затем снова запустите установщик из папки, в которую он был скачан (`cd dataero-adsb-feeder`, затем `sudo bash installer.sh`): он скачивает текущую версию фидера,

сохраняет ваш ID приёмника, имя и положение и задаёт те же вопросы, предлагая ваши прежние ответы по умолчанию. Если вы переставили антенну, запустите установщик ещё раз и укажите новое положение; если переехали, сделайте то же самое, и больше ничего не изменится. Если вы когда-нибудь захотите остановиться, в той же папке есть деинсталлятор.

Две привычки поддерживают здоровье станции. Раз в неделю смотрите на панель: поток сообщений, упавший за ночь вдвое, означает, что ослаб кабель или выросло дерево. И запишите в первый день три числа с локальной карты: максимальную дальность в каждом направлении, число самолётов в вечерний пик и поток сообщений. Это ваша точка отсчёта, и каждое изменение, которое вы сделаете потом, - антенна получше, мачта повыше, фильтр, - измеряется относительно неё. Это измерение и есть та наука, к которой вёл курс.

для класса или семьи

Как превратить приёмник в проект

Приёмник - постоянный прибор, и лучшее его применение - серия измерений, каждое из которых проверяет одну идею из курса. Для семьи одно такое измерение занимает воскресенье; для класса каждое - урок, а данные, которые станция собирает между уроками, - домашнее задание. Почасовой график на панели, карта покрытия и контур дальности на локальной карте - это приборы; уроки дают предсказания; измерения выносят решение.

1. **Высота против дальности** (глава 7). Запишите максимальную дальность с антенной на столе, у окна второго этажа, у окна верхнего этажа, на чердаке. Постройте график дальности от высоты и сравните с формулой радиогоризонта; разница - это препятствия.
2. **Закон обратных квадратов** (глава 6). Следите за одним самолётом через всё небо в viewadsb и каждую минуту записывайте сигнал и расстояние; постройте график сигнала в дБ от логарифма расстояния; наклон должен быть близок к -20 дБ на декаду.
3. **Суточный ритм** (урок 4). В течение недели каждый час снимайте с панели поток сообщений. Объясните форму кривой: утренняя волна, вечерний пик, ночной запрет полётов в ближайшем аэропорту, разница между буднем и воскресеньем.
4. **Где кончается небо**. Через неделю обведите контур дальности на локальной карте и наложите его на карту местности. Каждая вмятина - здание, холм или дерево; назовите их.
5. **Карта хороша ровно настолько, насколько хороши её слушатели** (глава 11). Сравните вечером карту покрытия своей станции с публичной картой: самолёты, которых не слышите вы, слышит кто-то другой. Найдите в рейтинге ближайшую другую станцию и вычислите по формуле, где ваши круги перекрываются.

В школе приёмник ещё и отвечает на вопрос, который задаёт каждый класс, «что это за самолёт?», экраном в коридоре с локальной картой. Список «самых редких самолётов» на панели - ежемесячный сюрприз: правительственный самолёт, старинный авиалайнер, санитарный вертолёт, и каждый - история о том, почему он здесь. А школьная станция, которая кормит Dataero, появляется на публичной карте с названием школы как источника, и это слава получше многих других.

ДОБРО ПОЖАЛОВАТЬ**Что получают фидеры и что карта получает от вас**

Посетитель radar.dataero.eu видит живую карту, ограниченное число самолётов и несколько полей на самолёт, сеансами просмотра по десять минут. Бесплатный аккаунт снимает ограничение сеанса, показывает все поля и хранит семь дней истории полётов. Фидер, которым вы теперь являетесь, получает весь сайт: 365 дней истории по каждому рейсу, панель, карту покрытия в двух и трёх измерениях, рейтинг и станцию, указанную на карте как источник. Ничто из этого не стоит денег, ни сейчас, ни потом, а приёмник продолжает кормить любую другую сеть, которую вы решите добавить.

А карта получает от вас то, чего не купить ни за какие деньги: слушателя там, где его не было. Каждый приёмник сети слышит свой круг неба, и континент покрыт только там, где эти круги перекрываются. Новая станция в пробеле - деревня, побережье, долина, страна с немногими фидерами - заставляет появиться самолёты, которых никто не слышал, и делает возможной мультилатерацию для тех, кто не передаёт положения. Посмотрите сегодня вечером на покрытие своего региона на карте, а потом посмотрите ещё раз через неделю после выхода вашей станции в эфир: разница - ваша.

Стать фидером <https://radar.dataero.eu/ru/contribute>

Открыть карту в реальном времени <https://radar.dataero.eu/ru/map>

Назад на главную страницу курса <https://radar.dataero.eu/ru/learning>