

WARSZTAT PRAKTYCZNY

Zbuduj własny odbiornik ADS-B i umieść swoje niebo na mapie

Wszystko, czego uczy ten kurs, możesz sprawdzić z własnego okna. Ten warsztat mówi dokładnie, co kupić, jak to złożyć, jak zainstalować feeder Dataero na Raspberry Pi i jak zobaczyć, że samoloty odbierane przez twoją antenę pojawiają się na radar.dataero.eu, przypisane do twojej stacji. Nie potrzebujesz żadnego doświadczenia z radiem, elektroniką ani Linuksem. Przygotuj około 100-150 euro, jedno popołudnie i okno z widokiem na niebo.

Nauka - <https://radar.dataero.eu/pl/learning/workshop> 2026-10-22

SPIS TREŚCI

ZANIM ZACZNIESZ Co zbudujesz i dlaczego warto

JEDEN OBRAZ Jak elementy do siebie pasują

LISTA ZAKUPÓW Co kupić, element po elemencie

GDZIE JĄ UMIEŚCIĆ Montaż anteny: wysokość, niebo i kabel

KROK 1 Montaż sprzętu

KROK 2 Przygotowanie Raspberry Pi

KROK 3 Instalacja feedera Dataero

KROK 4 Start i przypisanie odbiornika

KROK 5 Strojenie i rozumienie tego, co widzisz

GDY COŚ NIE DZIAŁA Rozwiązywanie problemów

PÓŹNIEJ Utrzymanie stacji

DLA KLASY LUB RODZINY Jak zrobić z odbiornika projekt

WITAMY Co dostają feederzy i co mapa dostaje od ciebie

ZANIM ZACZNIESZ

Co zbudujesz i dlaczego warto

Odbiornik to cztery elementy połączone w łańcuch: antena, która łapie falę 1090 MHz, dongle USB, który zamienia falę na liczby, mały komputer, który dekoduje liczby na komunikaty, oraz łącze internetowe, które przesyła zdekodowane pozycje do Dataero. Od chwili uruchomienia feedera każdy samolot słyszany przez twoją antenę jest rysowany na mapie na żywo pod adresem **radar.dataero.eu** - dla wszystkich, z twoją stacją wskazaną jako źródło. Nic w tym łańcuchu nie nadaje: tylko słuchasz, a słuchanie jest legalne w Belgii, w całej Unii Europejskiej i w większości krajów świata (jeśli mieszkasz gdzie indziej, sprawdź przepisy dotyczące urządzeń odbiorczych w swoim kraju).

Kurs wyjaśnił, dlaczego system działa; odbiornik pozwala to sprawdzić. Zmierzysz horyzont radiowy z rozdziału 7 na prawdziwych samolotach, zobaczysz prawo odwrotnych kwadratów w kolumnie siły sygnału, zaobserwujesz, jak liczba komunikatów zmienia się w ciągu doby, i porównasz antenę za oknem z anteną na dachu. Dla rodziny to projekt, który zamyka całą historię; dla klasy - stały przyrząd na dachu, który przez cały rok dostarcza prawdziwych danych.

Staniesz się też **feederem**, czyli dostawcą danych. Mapa Dataero powstaje wyłącznie z odbiorników prowadzonych przez wolontariuszy, lotniska i szkoły, a jest tak dobra, jak jej słuchacze. Feeder dostaje za darmo to, czego nie ma zwykły odwiedzający: panel z tym, co słyszy jego stacja, mapę zasięgu jego

kawałka nieba w dwóch i trzech wymiarach, 365 dni historii lotów oraz miejsce w rankingu wśród wszystkich innych stacji w sieci. Niczego się nie płaci, niczego się nie podpisuje, a ten sam odbiornik może nadal zasilać każdą inną sieć, z której już korzystasz.

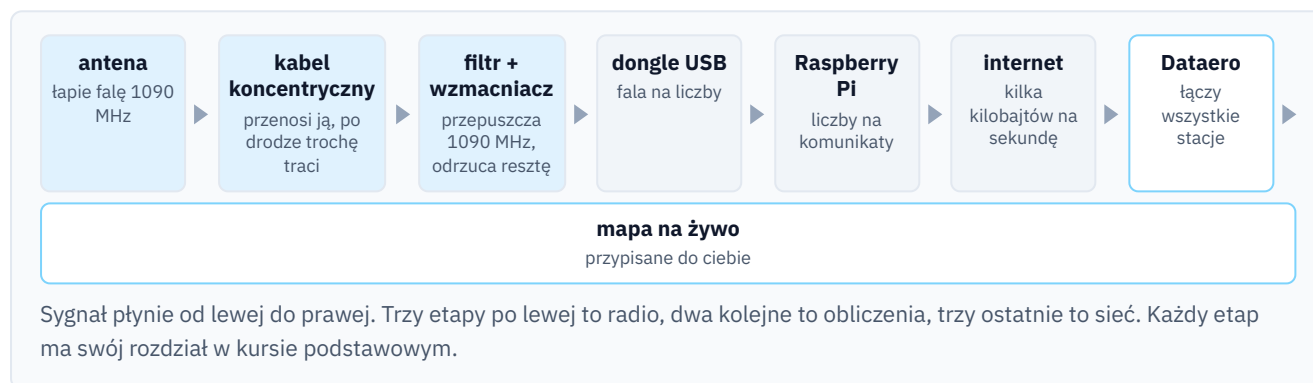
Czas, pieniądze, umiejętności

Pieniądze: 150-200 euro za wariant podstawowy kupiony jako nowy, 300-420 za wariant zaawansowany; mniej, jeśli masz już Raspberry Pi. **Czas:** jedno popołudnie po dotarciu części - około 30 minut montażu, 10 minut na przygotowanie karty pamięci, 10 minut na instalację feedera.

Umiejętności: przykręcenie złącza, skopiowanie trzech linijek do terminala. **Koszty eksploatacji:** odbiornik pobiera 4-5 watów, czyli około 40 kWh rocznie - mniej więcej 10-15 euro za prąd.

JEDEN OBRAZ

Jak elementy do siebie pasują



To w antenie zachodzi fizyka z rozdziałów 5-8: ćwierćfalowy kawałek metalu o długości około 65 mm rezonuje z falą 27,5 cm i zamienia kilka miliardowych części wata w małe napięcie. Kabel przenosi to napięcie do dongla i - jeśli jest cienki - traci mniej więcej połowę na każdym dziesięciu metrach, dlatego antena powinna być blisko dongla albo kabel powinien być gruby. Filtr i wzmacniacz są opcjonalne: wzmacniają sygnał 1090 MHz, zanim dotrze do dongla, i odrzucają nadajniki telefonii komórkowej oraz radio FM, które inaczej by go ogłuszały. Dongle to radio programowalne (SDR), które próbuje falę dwa miliony razy na sekundę i przekazuje liczby do Raspberry Pi, gdzie dekodery (readsb, potemek dump1090) odnajdują preambułę z rozdziału 4, odczytuje 112 bitów, sprawdza kod kontroli błędów i odrzuca wszystko, co go nie przejdzie. Feeder Dataero przesyła następnie zdekodowane komunikaty przez swoje łącze internetowe do węzła odbiorczego Dataero, który łączy twoją stację ze wszystkimi pozostałymi w jedną mapę.

LISTA ZAKUPÓW

Co kupić, element po elemencie

Poniższa lista jest kompletna: z tymi częściami i niczym więcej będziesz już dostarczać dane. Występuje w dwóch wariantach. Wariant podstawowy trzyma małą antenę w domu, przy oknie lub na strychu, i wystarcza, by zobaczyć, że system działa, i dostarczać dane od pierwszego wieczoru; wariant zaawansowany wynosi dostrojoną antenę na zewnątrz, z filtrowanym wzmacniaczem i kablem o małych stratach, i sięga horyzontu radiowego. Ceny są orientacyjne, za nowe produkty, z VAT, i różnią się w zależności od sklepu i miesiąca. Przyciski Kup otwierają każdą część w sklepie Amazon wybranego przez

Ciebie kraju; te same części sprzedaje każdy sklep z elektroniką, a komputer - oficjalni sprzedawcy Raspberry Pi (strona Raspberry Pi wymienia ich według krajów). Niezależnie od sklepu kupuj dongle sprzedawany do ADS-B, bo ten sam dongle sprzedawany jako tuner telewizyjny to często starsza, bardziej zaszumiona wersja.

Komputer: Raspberry Pi

Właściwym wyborem jest **Raspberry Pi 4 Model B z 2 GB** pamięci: dekoduje 1090 MHz, wykorzystując ułamek swojej mocy, ma cztery porty USB, przewodowy Ethernet i Wi-Fi, a sprzedawany jest w zestawie z obudową i zasilaczem. Raspberry Pi 5 działa równie dobrze i kosztuje nieco więcej; Raspberry Pi 3B+ wystarczy, jeśli już go masz; Raspberry Pi Zero 2 W działa, ale ma za mało zasilania na USB i przy pierwszej budowie lepiej go unikać. Kup **oficjalny zasilacz** do swojego modelu (słaba ładowarka do telefonu to najczęstsza przyczyna odbiornika, który losowo się restartuje), **kartę microSD 16 lub 32 GB** znanej marki oraz **obudowę** z wentylacją, bo zarówno dongle, jak i procesor się nagrzewają. Dokup mały zestaw radiatorów, jeśli nie ma go w zestawie. Licz się z wydatkiem 50-70 euro na komputer, 10-15 na zasilacz, 10 na kartę i 10 na obudowę.

Radio: dongle RTL-SDR

Dongle to radio programowalne zbudowane wokół układu RTL2832U i tunera R820T2 lub R860 - z tej samej rodziny, którą opisał rozdział 9. Kup egzemplarz **sprzedawany do ADS-B**. Najlepszy na początek jest dongle z **wbudowanym filtrem i wzmacniaczem 1090 MHz** (najbardziej znany jest FlightAware Pro Stick Plus; podobny jest FlightStick firmy AirNav): filtr i niskoszumowy wzmacniacz, które inaczej trzeba by kupić osobno, są wewnątrz, a w mieście taki dongle słyszy dwa-trzy razy dalej niż zwykły. Dongle uniwersalny (RTL-SDR Blog V4, Nooelec NESDR SMArTee) też działa i jest bardziej wszechstronny, jeśli później zechcesz słuchać czegoś innego, ale dodaj opisany niżej zewnętrzny filtr, jeśli mieszkasz w odległości kilku kilometrów od masztów telefonii komórkowej. Cokolwiek kupisz, sprawdź złącze antenowe: standardem jest **SMA** i korzysta z niego każda antena i każdy kabel z tej listy; unikaj dongli z małym złączem MCX, które wymaga przejściówki i łatwo się psuje. Licz się z kosztem 30-45 euro.

Antena

Zacznij od małej anteny magnetycznej z pudełka dongla, jeśli taka jest: postawiona na metalowej powierzchni przy oknie słyszy samoloty w odległości 80-150 km i wystarczy, żeby już pierwszego wieczoru zobaczyć działanie systemu. Prawdziwy odbiornik potrzebuje jednak **anteny dostrojonej do 1090 MHz** - i na tym elemencie nie warto oszczędzać: antena kolinearna w wodoodpornej tubie, o długości 60-70 cm, zysku 4-6 dBi i ze złączem N lub SMA na dole (zwykle wybiera się antenę 1090 MHz firmy FlightAware lub Jetvision A3, 50-70 euro). Jest zbudowana tak, by rezonować dokładnie przy długości fali z rozdziału 8 i skupiać czułość w stronę horyzontu, gdzie znajdują się odległe samoloty; na zewnątrz, na krótkim maszcie z czystym widokiem, sięga horyzontu radiowego - 350-450 km dla samolotów na wysokości przelotowej. Domowe anteny wycięte z drutu to eksperyment na lekcję, a nie odbiornik: kilka milimetrów błędu je rozstraja i słyszą ułamek tego, co antena dostrojona fabrycznie.

Kabel i złącza

Jeśli antena stoi obok Pi, wystarczy **kabel SMA męskie - SMA męskie o długości 1-3 m**, cienki i giętki (RG-174 na metr, RG-58 lub H155 na trzy). Im dłuższy odcinek, tym grubszy musi być kabel: przy 1090 MHz cienki kabel traci około 3 dB, czyli połowę sygnału, na każdych dziesięciu metrach, podczas gdy gruby kabel niskostratny, taki jak LMR-400 lub H1000, traci około 1,3 dB. Antena na dachu 15 m od Pi wymaga więc LMR-400 albo wzmacniacza z filtrem przy antenie, albo jednego i drugiego. Kup kabel przycięty na wymiar z zamontowanymi złączami (N męskie od strony anteny, jeśli antena ma gniazdo N, SMA męskie od strony dongla), bo ręczny montaż złącza N wymaga zaciskarki i wprawy. Licz się z kosztem 10 euro za krótki kabel i 30-60 za długi niskostratny. Dodaj **krótki przedłużacz USB**, 30-50 cm, żeby odsunąć dongle od Pi: dongle wpięty bezpośrednio w płytkę zbiera własne zakłócenia radiowe procesora i blokuje sąsiedni port.

Filtr i wzmacniacz (opcjonalne, ale to najtańszy zasięg, jaki można kupić)

Jeśli twój dongle nie ma wbudowanego filtra, **filtr pasmowy 1090 MHz** (20-25 euro, SMA na wejściu i wyjściu) między kablem a donglem usuwa sygnały telefonii komórkowej, FM, telewizji i pagerów, które zwykły dongle również odbiera i które w pobliżu miasta go przeciążają. Jeszcze lepszy jest **niskoszumowy wzmacniacz z filtrem** (około 35 euro; popularne są RTL-SDR Blog 1090 LNA i przedwzmacniacz Uputronics), montowany na końcu długiego kabla przy antenie: wzmacnia sygnał, zanim kabel go straci, a zasilany jest z dongla przez sam kabel (tzw. *bias tee*, który dongle musi obsługiwać; Blog V4, Pro Stick Plus i SMARtee obsługują). Wzmacniacz na końcu długiego kabla przy Pi jest prawie bezużyteczny, bo wzmacnia to, co kabel już stracił.

Narzędzia i reszta

Potrzebujesz komputera z czytnikiem kart SD (albo czytnika USB za 5 euro), żeby nagrać kartę pamięci, hasła do Wi-Fi domowego routera lub wolnego portu Ethernet z kablem, a dla anteny - parapetu, belki na strychu albo krótkiego masztu z dwoma uchwytyami ściennymi. Do anteny zewnętrznej dodaj taśmę samowulkanizującą do uszczelnienia złącza (3 euro), opaski kablowe i kilka metrów zapasu kabla na pętlę okapową. Jedyne narzędzia to mały śrubokręt i nożyczki.

Wariant podstawowy

Mała antena w domu, przy oknie lub na strychu - 50-150 km - 150-200 EUR

Część	Do czego służy	Kup na Amazon
Zestaw Raspberry Pi 4 Model B z 2 lub 4 GB, oficjalnym zasilaczem, wentylowaną obudową i kartą microSD 32 lub 64 GB, wszystko w zestawie; zestaw Raspberry Pi 5 sprawdzi się równie dobrze	Dekoduje komunikaty i uruchamia feeder Dataero	https://radar.dataero.eu/go/pi
Dongle AirNav Radar FlightStick Radio programowalne USB z wbudowanym filtrem i wzmacniaczem 1090 MHz, gniazdo SMA; FlightAware Pro Stick Plus, dopóki jest dostępny, jest równoważny	Zamienia falę radiową w liczby; wbudowany filtr i wzmacniacz dają mu zasięg w mieście	https://radar.dataero.eu/go/sdr

Część	Do czego służy	Kup na Amazon
Przedłużacz USB, 30-50 cm USB 2.0, wtyk A - gniazdo A	Odsuwa dongle od szumu radiowego procesora i zwalnia sąsiedni port	https://radar.dataero.eu/go/usb-ext
Mała antena 1090 MHz z podstawą magnetyczną Dostrojona do ADS-B, z własnym kablem i wtykiem SMA	Łapie falę przy oknie; na metalowej powierzchni słyszy samoloty z 50-150 km	https://radar.dataero.eu/go/antenna-indoor

Wariant zaawansowany Antena zewnętrzna na krótkim maszcie, na duży zasięg - 250-400 km - 300-420 EUR

Część	Do czego służy	Kup na Amazon
Zestaw Raspberry Pi 4 Model B z 2 lub 4 GB, oficjalnym zasilaczem, wentylowaną obudową i kartą microSD 32 lub 64 GB, wszystko w zestawie; zestaw Raspberry Pi 5 sprawdzi się równie dobrze	Dekoduje komunikaty i uruchamia feeder Dataero	https://radar.dataero.eu/go/pi
Dongle AirNav Radar FlightStick Radio programowalne USB z wbudowanym filtrem i wzmacniaczem 1090 MHz, gniazdo SMA; FlightAware Pro Stick Plus, dopóki jest dostępny, jest równoważny	Zamienia falę radiową w liczby; wbudowany filtr i wzmacniacz dają mu zasięg w mieście	https://radar.dataero.eu/go/sdr
Przedłużacz USB, 30-50 cm USB 2.0, wtyk A - gniazdo A	Odsuwa dongle od szumu radiowego procesora i zwalnia sąsiedni port	https://radar.dataero.eu/go/usb-ext
Antena zewnętrzna FlightAware 1090 MHz Kolinearna w wodoodpornej rurze, 66 cm, gniazdo N; alternatywą jest A3 firmy Jetvision	Zbudowana, by rezonować dokładnie przy 27,5 cm i patrzeć na horyzont: na zewnątrz, przy otwartym widoku, sięga horyzontu radiowego	https://radar.dataero.eu/go/antenna-outdoor
Filtrowany wzmacniacz 1090 MHz RTL-SDR Blog ADS-B LNA, Nooelec SAWbird+ ADS-B lub przedwzmacniacz Uputronics, zasilany przez kabel (bias tee)	Zamontowany przy antenie wzmacnia sygnał, zanim kabel go straci	https://radar.dataero.eu/go/lna
Adapter wtyk N - wtyk SMA Między gniazdem N anteny a gniazdem SMA wzmacniacza	Łączy antenę ze wzmacniaczem	https://radar.dataero.eu/go/adapter

Część	Do czego służy	Kup na Amazon
Kabel koncentryczny o małych stratach, 10 m LMR-400 lub H1000, wtyki SMA na obu końcach, na wymiar z zamontowanymi złączami	Prowadzi sygnał z dachu do dongle'a, tracąc tylko około 1,3 dB na 10 m	https://radar.dataero.eu/go/coax
Krótki maszt z uchwytami ściennymi Okolo 1 m długości, 30-40 mm średnicy, z dwoma uchwytami	Unosi antenę ponad linię dachu, z dala od ścian i kominów	https://radar.dataero.eu/go/mount
Taśma samowulkanizująca Jedna rolka	Uszczelnia każde zewnętrzne złącze przed deszczem	https://radar.dataero.eu/go/tape

Jako partner programu Amazon, Dataero Europe zarabia na kwalifikujących się zakupach dokonanych przez te linki, bez dodatkowych kosztów dla Ciebie. Ceny, dostępność i dostawa są takie, jakie pokazuje Amazon; te same części można kupić w każdym sklepie z elektroniką.

Czego nie kupować

Telewizyjnej przystawki za 10 euro z nieznanym układem i złączem MCX (działa tydzień, dryfuje, przegrzewa się i gubi słabe komunikaty); „szerokopasmowej” anteny dyskusowej ani anteny samochodowej (nie rezonują przy 1090 MHz; rozdział 8 wyjaśnia, dlaczego długość ma znaczenie); anteny Wi-Fi lub 4G z pasującym na oko złączem (zła częstotliwość); długiego kabla ze złączami do samodzielnego zaciskania; ładowarki do telefonu w roli zasilacza; używanego Raspberry Pi niewiadomego pochodzenia z włożoną już kartą.

GDZIE JĄ UMIEŚCIĆ

Montaż anteny: wysokość, niebo i kabel

Umiejscowienie jest ważniejsze niż cena. Wzór na horyzont radiowy z rozdziału 7, $d = 4,12 \times (\sqrt{h_{\text{samolotu}}} + \sqrt{h_{\text{anteny}}})$, z wysokościami w metrach, mówi, że antena na wysokości 2 m na parapecie widzi samolot pasażerski lecący na 11 000 m z odległości do 438 km, a ta sama antena na dachu na wysokości 20 m - tylko o 13 km dalej. Wysokość ma znacznie mniejsze znaczenie niż to, co **stoi na drodze**: ściana, wzgórze, metalowy dach czy sąsiedni budynek całkowicie zastaniają linię widoczności, a okno zwrócone w przeciwną stronę niż drogi lotnicze słyszy pół nieba. Pierwsze pytanie nie brzmi więc „jak wysoko”, lecz „co antena widzi” - a odpowiedź powinna brzmieć: jak najwięcej nieba, aż po horyzont, w jak największej liczbie kierunków.

Przy oknie postaw antenę po zewnętrznej stronie szyby, jeśli możesz (na barierce balkonu, trzymaną magnesem na stalowej płytce), a jeśli nie - na wewnętrznym parapecie, przy samej szybie; nowoczesne podwójne szyby z powłoką metaliczną wyraźnie osłabiają sygnał, a otwierane okno pozwala wyprowadzić kabel na zewnątrz. Wybierz okno zwrócone w stronę najbliższego lotniska albo najbardziej ruchliwej drogi lotniczej - mapa na żywo pokaże ci, które to. **Na strychu** dach z dachówek lub łupka jest dla 1090 MHz niemal przezroczysty i antena widzi we wszystkich kierunkach; metalowy dach albo izolacja z folią aluminiową sygnału nie przepuszczają. Zawieś antenę na belce, tak wysoko, jak pozwala kalenica, z dala

od zbiorników wody i instalacji elektrycznej. **Na dachu** masz wystający metr ponad kalenicę, na dwóch uchwytach ściennych, góruje nad kominem i sąsiadami; to umiejscowienie pozwala sięgnąć horyzontu radiowego i to ono wymaga grubego kabla albo wzmacniacza przy antenie.

Kabel	Tłumienie na 10 m przy 1090 MHz	Sygnał pozostały po 10 m	Zastosowanie
RG-174 (2,8 mm)	około 7 dB	20 %	wewnątrz, do 1 m
RG-58 (5 mm)	około 5 dB	30 %	wewnątrz, 1-3 m
H155 / LMR-200 (5,5 mm)	około 3 dB	50 %	do 5 m
LMR-400 / H1000 (10 mm)	około 1,3 dB	75 %	na dach, odcinki 10-20 m
wzmacniacz przy antenie + dowolny kabel	straty pokryte przed kablem	prawie cały	każdy długi odcinek

Bezpieczeństwo

Nigdy nie umieszczaj anteny tam, gdzie mogłaby dotknąć napowietrznej linii energetycznej lub na nią spaść; jeśli budynek ma piorunochron, trzymaj antenę poniżej najwyższego punktu dachu, a jeśli nie ma - pamiętaj, że mała plastikowa antena na metrowym maszcie nie przyciąga pioruna bardziej niż komin, ale w czasie burzy odłącz dongle. Prace na dachu są dla dorosłego, za dnia, z kimś, kto trzyma drabinę; strych lub okno dają 80 % efektu bez żadnego ryzyka. Uszczelnij każde złącze na zewnątrz taśmą samowulkanizującą i zostaw pętlę kabla poniżej miejsca wejścia do budynku, żeby deszcz z niej skapywał, zamiast wpyływać do środka. Odbiornik tylko słucha: nic tutaj nie emituje.

KROK 1

Montaż sprzętu

Montaż polega na skręceniu złączy; jedyne, o czym trzeba pamiętać, to dokręcać każde ręcznie, aż przestanie się obracać, bez narzędzi, i nie zginać ostro kabla w odległości mniejszej niż szerokość dłoni od złącza.

1. Załóż radiatory na Pi, jeśli są w zestawie, włóż Pi do obudowy i na razie nie zakładaj pokrywy.
2. Przykręć kabel antenowy do anteny (N lub SMA, ręcznie), a jeśli używasz osobnego filtra lub wzmacniacza, przykręć go do końca kabla od strony dongla: antena, kabel, filtr lub wzmacniacz, dongle - w tej kolejności. Wzmacniacz przy antenie montuje się natomiast między anteną a kablem.
3. Przykręć kabel do gniazda SMA dongla. Podłącz dongle do przedłużacza USB, a przedłużacz do jednego z niebieskich portów USB 3 w Pi (zadziała każdy port; niebieskie są najdalej od anteny Wi-Fi).
4. Umieść antenę w wybranym wcześniej miejscu i poprowadź kabel łagodnymi łukami. Połóż dongle tam, gdzie ma dostęp powietrza; jest ciepły w dotyku i to normalne.
5. Podłącz kabel Ethernet do routera, jeśli z niego korzystasz. Nie podłączaj jeszcze zasilania: najpierw karta pamięci.

KROK 2

Przygotowanie Raspberry Pi

Pi potrzebuje systemu operacyjnego na karcie pamięci oraz sposobu na wpisywanie na nim poleceń z własnego komputera. Jedno i drugie zajmuje dziesięć minut i robi się to klikając w jednym programie, **Raspberry Pi Imager**, który pobierzesz za darmo ze strony Raspberry Pi w wersji dla Windows, macOS lub Linuksa.

1. Włóż kartę microSD do komputera. Otwórz Raspberry Pi Imager. W sekcji „Raspberry Pi Device” wybierz swój model; w sekcji „Operating System” wybierz **Raspberry Pi OS (other)**, a potem **Raspberry Pi OS Lite (64-bit)** - wersję bez pulpitu, bo odbiornik nigdy nie ma ekranu; w sekcji „Storage” wybierz kartę.
2. Kliknij Next, a gdy Imager zaproponuje zastosowanie ustawień personalizacji systemu, kliknij **Edit settings**. Na karcie General ustaw nazwę hosta na **adsb** (żeby Pi odpowiadało pod adresem `adsb.local`), zaznacz „Set username and password” i wybierz jedno i drugie (zapisz je), a jeśli nie używasz kabla Ethernet, wpisz nazwę i hasło swojej sieci Wi-Fi oraz swój kraj; ustaw strefę czasową. Na karcie Services zaznacz **Enable SSH** z uwierzytelnianiem hasłem. Zapisz, potwierdź, że karta zostanie wyczyszczona, i pozwól Imagerowi ją nagrać i zweryfikować.
3. Włóż kartę do Pi, podłącz zasilacz i odczekaj dwie minuty: zielona dioda miga podczas uruchamiania, a pierwszy start trwa dłużej.
4. Na swoim komputerze otwórz terminal: w Windows - PowerShell (wyszukaj go w menu Start); na Macu - Terminal; w Linuksie - dowolny terminal. Wpisz poniższe polecenie z wybraną nazwą użytkownika, naciśnij Enter, na pytanie o odcisk klawisza odpowiedz **yes**, potem wpisz hasło (podczas pisania nic się nie wyświetla) i naciśnij Enter. Znak zachęty zmieni się na znak zachęty Pi: teraz piszesz już na odbiorniku.

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

Jeśli `adsb.local` nie zostanie znaleziony, twój router nie przekazuje nazw lokalnych: otwórz jego stronę WWW, znajdź listę podłączonych urządzeń, zanotuj adres IP Pi (coś w rodzaju 192.168.1.42) i użyj go zamiast nazwy. Po połączeniu zaktualizuj system i zainstaluj git - narzędzie, które pobierze feeder; skopiuj linijkę, wklej ją, naciśnij Enter i poczekaj. Za pierwszym razem aktualizacja może potrwać dziesięć minut.

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

KROK 3

Instalacja feedera Dataero

Feeder Dataero to mały program open source publikowany przez Dataero na GitHubie (github.com/dataero-adsb/dataero-adsb-feeder). Jego instalator robi wszystko, czego potrzebuje odbiornik: instaluje dekodery (readsb), jeśli Pi go nie ma, rejestruje twój odbiornik w Dataero, generuje

jego unikalny identyfikator, konfiguruje usługi, które przesyłają komunikaty i podtrzymują połączenie, a na koniec sprawdza, czy Dataero cię słyszy. Przed uruchomieniem możesz przeczytać każdą jego liniijkę na GitHubie. Trzy polecenia, wpisane na Pi jedno po drugim:

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

Instalator zada kilka pytań. Oto, co każde z nich oznacza i jak odpowiedzieć.

Instalator pyta	Co to znaczy	Co odpowiedzieć
Do you want to automatically install readsb? (yes/no)	Na tym Pi nie znaleziono dekodera; readsb to program, który zamienia próbki z dongla na komunikaty.	Wpisz yes, w całości. Każda inna odpowiedź przerywa instalację. Pobieranie i kompilacja trwają kilka minut.
Station name (optional)	Nazwa wyświetlana przy twoim odbiorniku na mapie i w rankingu.	Krótką nazwą: twoja miejscowość i jakieś słowo, nazwa szkoły. Można ją później zmienić, uruchamiając instalator ponownie.
Enable MLAT for this receiver? (y/N)	Multilateracja (rozdział 10): pomiary czasu z twojego odbiornika pomagają lokalizować samoloty, które nie nadają pozycji. Wymaga dokładnej pozycji anteny.	n przy pierwszej instalacji albo y, jeśli potrafisz podać pozycję anteny z dokładnością do kilku metrów.
Latitude, Longitude, Antenna altitude (metres)	Gdzie znajduje się antena. Obowiązkowe przy MLAT, w przeciwnym razie opcjonalne; służy do mapy zasięgu i statystyk zasięgu.	Stopnie dziesiętne z kropką (50.8467, 4.3525), wysokość nad poziomem morza w metrach: wysokość terenu pod twoim adresem plus wysokość anteny nad ziemią.

Żeby ustalić pozycję, otwórz dowolną mapę internetową, kliknij prawym przyciskiem dokładnie w miejsce anteny i skopiuj współrzędne; większość map pokazuje sześć miejsc po przecinku, co daje dokładność do dziesięciu centymetrów. Wysokość terenu znajdziesz na mapie topograficznej albo w polu „wysokość” aplikacji GPS; dodaj do niej wysokość anteny nad ziemią (okno na drugim piętrze to około 6 m, kalenica domu dwukondygnacyjnego około 9 m). Wysokość podawana przez sam telefon często myli się o dziesięć-dwadzieścia metrów, więc wysokość terenu weź z mapy, a resztę zmierz taśmą. Nie włączaj MLAT z pozycją podaną na oko: odbiornik, którego pomiary czasu mówią „jestem tutaj”, a stoi gdzie indziej, psuje każde rozwiązanie, w którym bierze udział.

Instalator pracuje potem kilka minut i kończy komunikatem zaczynającym się od **Installation complete**. Wyświetla twój **identyfikator odbiornika** - długi kod z liter i cyfr (UUID) - węzeł Dataero, do którego podłączona jest twoja stacja, oraz wynik pierwszego kontaktu z Dataero: gdy rejestrator przyjmie sygnał życia odbiornika, twoja stacja działa. Identyfikator odbiornika to klucz do twojej stacji: towarzyszy każdemu komunikatowi i to jego wklejasz na swoim koncie, żeby przypisać odbiornik. Zachowaj go dla siebie, bo właścicielem odbiornika zostaje pierwsze konto, które go powiąże. Jeśli kiedyś go zgubisz, jest zapisany na Pi:

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

Co instalator zostawia uruchomione

Trzy małe usługi, które same startują przy każdym uruchomieniu: *readsb*, dekodery, który udostępnia też lokalną mapę; *dataero-readsb*, druga, wyłącznie sieciowa instancja dekodera, która przesyła okrojony strumień twoich komunikatów do węzła Dataero; oraz *dataero-feeder*, sygnał życia, który informuje Dataero, że twoja stacja działa. Przy włączonym MLAT dochodzi czwarta: *dataero-mlat*. Ponowne uruchomienie instalatora w przyszłości zachowuje identyfikator odbiornika, nazwę i pozycję i aktualizuje tylko to, co się zmieniło.

KROK 4

Start i przypisanie odbiornika

W ciągu minuty od wyświetlenia komunikatu Installation complete powinny pokazać się pierwsze samoloty. Zajrzyj w trzy miejsca. Na samym Pi poniższe polecenie wyświetla na żywo tabelę wszystkich dekodowanych samolotów z ich adresem, znakiem wywoławczym, wysokością, prędkością i siłą sygnału w dBFS; naciśnij **q**, żeby wyjść. Instalator readsb skonfigurował też na Pi lokalną mapę,

<http://adsb.local/tar1090> (albo adres IP zamiast nazwy), która pokazuje niebo widziane przez twoją stację, z okręgami odległości. A na **radar.dataero.eu**, publicznej mapie, samoloty słyszane przez twoją stację pojawiają się w ciągu kilku sekund obok samolotów wszystkich innych.

viewadsb

Twój odbiornik już przesyła dane - anonimowo. **Przypisanie** wiąże go z twoim kontem i odblokowuje część serwisu przeznaczoną dla feederów: otwórz radar.dataero.eu, załóż darmowe konto lub zaloguj się, w menu konta otwórz **Odbiorniki**, wybierz **Połącz odbiornik** i wklej identyfikator odbiornika wyświetlony przez instalator. Użyj identyfikatora odbiornika Dataero, a nie UUID z innego programu feedera, jeśli taki masz. Od tej chwili twoja stacja ma nazwę na mapie, **panel** (zobaczone samoloty, komunikaty na sekundę, najbardziej ruchliwe godziny, najrzadsze samoloty), **mapę zasięgu** rysowaną na podstawie siły sygnału każdego komunikatu w dwóch i trzech wymiarach, **365 dni historii lotów** zamiast zera dla odwiedzającego oraz miejsce w **rankingu**. Wszystko, co zebrano przed przypisaniem, już tam jest.

Czego się spodziewać pierwszego wieczoru: przy oknie z anteną z pudełka - 20-60 samolotów jednocześnie w ruchliwej części Europy, w odległości do 100-150 km, z „dziurą” po stronie budynku; z anteną dostrojoną na strychu - 100-200 samolotów w odległości do 250 km; na dachu - 200-400 samolotów i zasięg sięgający 400 km w kierunkach, w których nic nie przeszkadza. Licznik komunikatów na panelu jest lepszą miarą niż zasięg: dobra stacja dekoduje 500-1500 komunikatów na sekundę w europejskim szczycie dziennym i kilkadziesiąt w środku nocy. Krzywa w ciągu doby to lekcja 4 kursu w praktyce: samoloty nie latają nocą, bo ludzie nie latają.

Otwórz mapę na żywo <https://radar.dataero.eu/pl/map>

Załącz konto i przypisz <https://radar.dataero.eu/pl/contribute>

KROK 5

Strojenie i rozumienie tego, co widzisz

O większości osiągnięć stacji decydują dwa ustawienia i oba można zmienić na Pi w sekundę. Pierwsze to **wzmocnienie** (gain), czyli to, jak bardzo dongle wzmacnia sygnał przed digitalizacją. readsb startuje ze wzmocnieniem automatycznym, które jest rozsądnym kompromisem. Jeśli samoloty nad twoją głową znikają, a odległe zostają, odbiornik jest przeciążony silnymi sygnałami z bliska i wzmocnienie jest za duże; jeśli odległe samoloty w ogóle się nie pojawiają - jest za mało. Poniższe polecenie ustawia stałe wzmocnienie w dB; wypróbuj wartości od 30 do 49 (49,6 to maksimum dongla) i każdą obserwuj przez dziesięć minut, patrząc na liczbę samolotów i maksymalny zasięg na lokalnej mapie. Z donglem z własnym wzmacniaczem zwykle najlepiej sprawdza się 40-45 przy oknie i mniej na dachu. Wpisanie wartości -10 przywraca tryb automatyczny.

```
sudo readsb-gain 43
```

Drugie to **lokalizacja lokalnej mapy**, której readsb używa do rysowania okręgów odległości i obliczania odległości każdego samolotu; jest niezależna od pozycji podanej instalatorowi Dataero (z tej korzysta Dataero) i ustawia się ją drugim poleceniem. Potem otwórz lokalną mapę i obserwuj, jak w ciągu doby rośnie obrys najdalszych samolotów: ten obrys to twój horyzont radiowy, a jego kształt to kształt twoich przeszkód.

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

Kolumna sygnału w *viewadsb* to prawo odwrotnych kwadratów z rozdziału 6 wyrażone w liczbach. Samolot przelatujący nad tobą w odległości 10 km daje około -5 dBFS; ten sam samolot w odległości 300 km, trzydzieści razy dalej, dociera dziewięćset razy słabszy, z sygnałem około -30 dBFS, a dekodery wciąż go odczytują, bo komunikat musi być tylko silniejszy od szumu. Obserwuj, jak sygnał samolotu rośnie i słabnie, gdy przecina twoje niebo, a zmierzysz to prawo bez żadnego wzoru. Kolumna utraconych komunikatów, gdy jej wartość jest wysoka, mówi coś odwrotnego: silne sygnały dwóch samolotów docierające w tej samej chwili zakłócają się nawzajem - to granica opisana w rozdziale 11 i powód, dla którego drugi odbiornik trzydzieści kilometrów dalej widzi komunikaty, które ty tracisz.

Jeśli masz włączony **MLAT**, samoloty zlokalizowane przez multilaterację pojawiają się na mapie Dataero i wracają na twoją lokalną mapę z osobnym oznaczeniem. To samoloty, które same nie nadają pozycji: starsze odrzutowce biznesowe, wojskowe samoloty transportowe, niektóre śmigłowce. Twój wkład w każdy z nich to znacznik czasu z dokładnością do kilku nanosekund, na podstawie którego węzeł rozwiązuje hiperbole z rozdziału 10 razem z trzema innymi stacjami. Błąd w pozycji anteny wynoszący zaledwie 30 m przesunąłby twój pomiar czasu o jedną dziesiątą mikrosekundy - dość, by umieścić wyznaczony samolot kilometr od rzeczywistej pozycji. Dlatego instalator tak na tym nalega.

GDY COŚ NIE DZIAŁA

Rozwiązywanie problemów

Prawie każdy problem to jeden z tych z poniższej tabeli i każdy można sprawdzić jedną liniijką. Polecenia uruchamiasz na Pi, przez to samo połączenie terminalowe co przy instalacji.

Objaw	Najbardziej prawdopodobna przyczyna	Co zrobić
ssh nie może znaleźć adsb.local	Router nie rozwiązuje nazw lokalnych albo Pi nie ma w sieci.	Użyj adresu IP z listy urządzeń w routerze. Jeśli Pi nie ma na liście, sprawdź dane Wi-Fi wpisane w Imagerze albo użyj kabla Ethernet.
readsb nie startuje; „no device found”	Dongle nie jest widoczny: luźny kabel USB, za słaby zasilacz albo dongle, który nie jest RTL-SDR.	Podłącz ponownie dongle i przedłużacz; uruchom lsusb i poszukaj „RTL2838” lub „Realtek”; wymień zasilacz na oficjalny.
readsb działa, ale nie pokazuje samolotów	Antena nie jest podłączona, któreś złącze w kablu jest poluzowane albo antena jest w cieniu radiowym.	Sprawdź, czy każde złącze jest dokręcone; przenieś antenę do okna z otwartym niebem; zwykły dongle bez filtra w mieście może go potrzebować.
Bliskie samoloty znikają, dalekie zostają	Przeciążenie: za duże wzmocnienie albo silny nadajnik w pobliżu.	Zmniejsz wzmocnienie (readsb-gain 35), dodaj filtr 1090 MHz.
Samoloty są na lokalnej mapie, ale nie na radar.dataero.eu	Usługi feedera nie działają albo Pi nie ma internetu.	Uruchom poniższe polecenie stanu; usługa oznaczona jako „failed” podaje przyczynę w swoim logu. Uruchom instalator ponownie: naprawia konfigurację i zachowuje twój identyfikator.
Pi losowo się restartuje albo dongle znika	Zasilanie. Dongle pobiera jedną trzecią ampera; słaby zasilacz obniża napięcie.	Użyj oficjalnego zasilacza; odłącz inne urządzenia USB; sprawdź, czy czerwona dioda zasilania świeci stale.
„Receiver not found” przy przypisywaniu	Wklejono inny UUID (z innego programu feedera albo z literówką).	Wklej wartość wyświetloną przez polecenie grep z kroku 3; to identyfikator odbiornika Dataero.

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

Jeśli nic z tego nie pomoże, zgłoś problem (issue) na stronie feedera na GitHubie, dołączając wynik tych dwóch poleceń: czytają je osoby, które napisały instalator. Dataero prowadzi też kanał społeczności, do którego link znajdziesz na stronie Zostań feederem; inni feederzy odpowiadają tam na większość pytań w ciągu kilku godzin.

PÓŹNIEJ

Utrzymanie stacji

Odbiornik prawie niczego nie wymaga. Usługi same startują po zaniku zasilania; Pi nie ma ruchomych części; dongle wytrzymuje lata. Raz na sezon połącz się z Pi i ponownie uruchom linijkę aktualizacji z kroku 2, a potem jeszcze raz instalator z folderu, do którego został pobrany (`cd dataero-adsb-feeder`, a potem `sudo bash installer.sh`): pobierze aktualny feeder, zachowa identyfikator, nazwę i pozycję odbiornika i zada te same pytania, podsuwając twoje poprzednie odpowiedzi jako domyślne. Jeśli przeniesiesz antenę, uruchom instalator ponownie i podaj nową pozycję; jeśli się przeprowadzisz - zrób to samo, nic więcej się nie zmienia. Jeśli kiedyś zechcesz zakończyć, w tym samym folderze jest deinstalator.

Dwa nawyki utrzymują stację w dobrej formie. Raz w tygodniu zajrzyj na panel: liczba komunikatów, która z dnia na dzień spada o połowę, oznacza, że poluzował się kabel albo urosło drzewo. I pierwszego dnia zapisz trzy liczby z lokalnej mapy: maksymalny zasięg w każdym kierunku, liczbę samolotów w wieczornym szczycie i liczbę komunikatów na sekundę. To twój punkt odniesienia - każdą późniejszą zmianę, lepszą antenę, wyższy maszt, filtr, mierzy się względem niego. Ten pomiar to właśnie nauka, do której prowadził kurs.

DLA KLASY LUB RODZINY

Jak zrobić z odbiornika projekt

Odbiornik to stały przyrząd, a najlepiej wykorzystać go do serii pomiarów, z których każdy sprawdza jedną ideę z kursu. Dla rodziny jeden z nich wypełni niedzielę; dla klasy każdy to jedna lekcja, a dane zebrane przez stację między lekcjami to praca domowa. Przyrządami są wykres godzinowy na panelu, mapa zasięgu i obrys zasięgu na lokalnej mapie; lekcje dają przewidywania; pomiary rozstrzygają.

1. **Wysokość a zasięg** (rozdział 7). Zanotuj maksymalny zasięg z anteną na stole, w oknie na pierwszym piętrze, w oknie na najwyższym piętrze i na strychu. Narysuj wykres zasięgu w funkcji wysokości i porównaj go ze wzorem na horyzont radiowy; różnica to przeszkody.
2. **Prawo odwrotnych kwadratów** (rozdział 6). Śledź jeden samolot na niebie w viewadsb i co minutę zapisuj sygnał oraz odległość; narysuj sygnał w dB w funkcji logarytmu odległości; nachylenie powinno być bliskie -20 dB na dekadę.
3. **Rytm dnia** (lekcja 4). Przez tydzień co godzinę odczytuj z panelu liczbę komunikatów na sekundę. Wyjaśnij kształt krzywej: poranną falę, wieczorny szczyt, nocny zakaz lotów na najbliższym lotnisku, różnicę między dniem roboczym a niedzielą.
4. **Gdzie kończy się niebo**. Po tygodniu odrysuj obrys zasięgu z lokalnej mapy i nałóż go na mapę okolicy. Każde wcięcie to budynek, wzgórze albo drzewo; nazwij je.
5. **Mapa jest tak dobra, jak jej słuchacze** (rozdział 11). Porównaj któregoś wieczoru mapę zasięgu swojej stacji z mapą publiczną: samoloty, których nie słyszysz, słyszy ktoś inny. Znajdź w rankingu najbliższą inną stację i ustal ze wzoru, gdzie wasze okręgi się nakładają.

W szkole odbiornik odpowiada też na pytanie, które zadaje każda klasa - „co to za samolot?” - za pomocą ekranu na korytarzu z lokalną mapą. Lista „najrzadszych samolotów” na panelu to comiesięczna niespodzianka: rządowy samolot transportowy, zabytkowy samolot pasażerski, lotnicze pogotowie ratunkowe - każdy z nich to historia o tym, dlaczego się tam znalazł. A szkolna stacja zasilająca Dataero pojawia się na publicznej mapie z nazwą szkoły jako źródłem, co jest lepszym rodzajem sławy niż większość innych.

WITAMY

Co dostają feederzy i co mapa dostaje od ciebie

Odwiedzający radar.dataero.eu widzi mapę na żywo, ograniczoną liczbę samolotów i kilka pól dla każdego z nich, w sesjach oglądania trwających po dziesięć minut. Darmowe konto znosi limit sesji, pokazuje wszystkie pola i przechowuje siedem dni historii lotów. Feeder - a tym właśnie teraz jesteś -

dostaje cały serwis: 365 dni historii każdego lotu, panel, mapę zasięgu w dwóch i trzech wymiarach, ranking oraz stację wskazaną na mapie jako źródło. Nic z tego nie kosztuje, ani teraz, ani później, a odbiornik nadal zasila każdą inną sieć, którą zechcesz dodać.

Mapa dostaje od ciebie to, czego nie kupią żadne pieniądze: słuchacza tam, gdzie go nie było. Każdy odbiornik w sieci słyszy okrąg nieba, a kontynent jest pokryty tylko tam, gdzie te okręgi się nakładają. Nowa stacja w luce - we wsi, na wybrzeżu, w dolinie, w kraju z niewieloma feederami - sprawia, że pojawiają się samoloty, których nikt nie słyszał, i umożliwia multilaterację tych, które nie nadają pozycji. Sprawdź dziś wieczorem zasięg swojego regionu na mapie, a potem jeszcze raz tydzień po uruchomieniu swojej stacji: ta różnica to twoja zasługa.

Zostań feederem <https://radar.dataero.eu/pl/contribute>

Otwórz mapę na żywo <https://radar.dataero.eu/pl/map>

Powrót do strony kursu <https://radar.dataero.eu/pl/learning>