

LABORATORIO PRATICO

Costruisci il tuo ricevitore ADS-B e porta il tuo cielo sulla mappa

Tutto ciò che hai imparato in questo corso si può verificare dalla tua finestra. Questo laboratorio ti dice esattamente cosa comprare, come montarlo, come installare il feeder Dataero su un Raspberry Pi e come vedere gli aerei che ricevi comparire su radar.dataero.eu, attribuiti alla tua stazione. Non serve alcuna esperienza di radio, elettronica o Linux. Metti in conto da 100 a 150 euro, un pomeriggio e una finestra con vista sul cielo.

Impara - <https://radar.dataero.eu/it/learning/workshop> 2026-10-22

INDICE

PRIMA DI INIZIARE Cosa costruirai, e perché ne vale la pena

IN UN'IMMAGINE Come si collegano i componenti

LISTA DELLA SPESA Cosa comprare, componente per componente

DOVE METTERLA Posizionare l'antenna: altezza, cielo e cavo

PASSO 1 Montare l'hardware

PASSO 2 Preparare il Raspberry Pi

PASSO 3 Installare il feeder Dataero

PASSO 4 Entrare in funzione e associare il ricevitore

PASSO 5 Regolare la stazione e capire cosa vedi

QUANDO NON FUNZIONA Risoluzione dei problemi

IN SEGUITO Mantenerlo in funzione

PER UNA CLASSE O UNA FAMIGLIA Trasformare il ricevitore in un progetto

BENVENUTO Cosa ottengono i feeder, e cosa ottiene la mappa da te

PRIMA DI INIZIARE

Cosa costruirai, e perché ne vale la pena

Un ricevitore è fatto di quattro elementi in fila: un'antenna che cattura l'onda a 1090 MHz, una chiavetta USB che trasforma l'onda in numeri, un piccolo computer che decodifica i numeri in messaggi e una connessione Internet che porta le posizioni decodificate a Dataero. Dal momento in cui il feeder è in funzione, ogni aereo captato dalla tua antenna viene disegnato sulla mappa in tempo reale di **radar.dataero.eu**, visibile a tutti, con la tua stazione indicata come fonte. Nessun elemento della catena trasmette: ti limiti ad ascoltare, e ascoltare è legale in Belgio, in tutta l'Unione europea e nella maggior parte del mondo (se vivi altrove, verifica le norme sugli apparecchi riceventi nel tuo Paese).

Il corso ha spiegato perché il sistema funziona; il ricevitore ti permette di metterlo alla prova. Misurerai l'orizzonte radio del capitolo 7 su aerei reali, vedrai la legge dell'inverso del quadrato nella colonna dell'intensità del segnale, osserverai il numero di messaggi cambiare con l'ora del giorno e confronterai un'antenna alla finestra con una sul tetto. Per una famiglia è il progetto che conclude la storia; per una classe è uno strumento permanente sul tetto che produce dati reali tutto l'anno.

Inoltre ti rende un **feeder**. La mappa di Dataero è costruita interamente con ricevitori ospitati da volontari, aeroporti e scuole, e la mappa vale quanto i suoi ascoltatori. Un feeder ottiene gratuitamente ciò che un visitatore non ha: una dashboard di ciò che la stazione riceve, una mappa di copertura della sua porzione di cielo in due e tre dimensioni, 365 giorni di storico dei voli e un posto in classifica accanto a tutte le altre stazioni della rete. Non si paga nulla, non si firma nulla, e lo stesso ricevitore può continuare ad alimentare qualsiasi altra rete che già usi.

Tempo, denaro, competenze

Denaro: da 150 a 200 euro per la configurazione base, acquistata nuova, da 300 a 420 per quella avanzata; meno se hai già un Raspberry Pi. **Tempo:** un pomeriggio, una volta arrivati i componenti - circa 30 minuti di montaggio, 10 minuti per preparare la scheda di memoria, 10 minuti per installare il feeder. **Competenze:** avvitare un connettore, copiare tre righe in un terminale. **Costo di esercizio:** il ricevitore assorbe da 4 a 5 watt, circa 40 kWh all'anno, cioè all'incirca da 10 a 15 euro di elettricità.

IN UN'IMMAGINE

Come si collegano i componenti



L'antenna è il luogo in cui avviene la fisica dei capitoli da 5 a 8: un quarto d'onda di metallo, lungo circa 65 mm, entra in risonanza con l'onda di 27,5 cm e trasforma pochi miliardesimi di watt in una minuscola tensione. Il cavo porta questa tensione alla chiavetta e, se è sottile, ne perde circa la metà ogni dieci metri: ecco perché l'antenna dovrebbe stare vicino alla chiavetta, oppure il cavo dovrebbe essere spesso. Filtro e amplificatore sono facoltativi: rafforzano il segnale a 1090 MHz prima che raggiunga la chiavetta e respingono i trasmettitori della telefonia mobile e delle radio FM che altrimenti la assorderebbero. La chiavetta è una radio definita via software che campiona l'onda due milioni di volte al secondo e passa i numeri al Raspberry Pi, dove il decodificatore (readsb, un discendente di dump1090) individua il preambolo del capitolo 4, legge i 112 bit, verifica il codice di controllo degli errori e scarta tutto ciò che non lo supera. Il feeder Dataero inoltra poi i messaggi decodificati, tramite la tua connessione Internet, all'hub di acquisizione di Dataero, che unisce la tua stazione a tutte le altre nella mappa.

LISTA DELLA SPESA

Cosa comprare, componente per componente

L'elenco che segue è completo: con questi componenti, e nient'altro, sarai operativo come feeder. Esiste in due configurazioni. La configurazione base tiene una piccola antenna in casa, alla finestra o in soffitta, e basta per vedere il sistema funzionare e alimentare la mappa dalla prima sera; la configurazione avanzata mette un'antenna accordata all'esterno, con un amplificatore filtrato e un cavo a bassa perdita, e raggiunge l'orizzonte radio. I prezzi sono indicativi, per prodotti nuovi, IVA inclusa, e variano a seconda del negozio e del mese. I pulsanti **Acquista** aprono ogni componente sul negozio Amazon del Paese che scegli; gli stessi componenti si trovano in qualsiasi negozio di elettronica, e il computer presso i rivenditori ufficiali Raspberry Pi (il sito di Raspberry Pi li elenca per Paese). Qualunque sia il negozio, compra la chiavetta venduta per l'ADS-B, perché la stessa chiavetta venduta come sintonizzatore TV è spesso una versione più vecchia e più rumorosa.

Il computer: un Raspberry Pi

Un **Raspberry Pi 4 Model B da 2 GB** di memoria è la scelta giusta: decodifica i 1090 MHz usando una frazione della sua potenza, ha quattro porte USB, Ethernet cablata e Wi-Fi, ed è venduto in kit con case e alimentatore. Un Raspberry Pi 5 funziona altrettanto bene e costa un po' di più; un Raspberry Pi 3B+ va bene se ne hai già uno; un Raspberry Pi Zero 2 W funziona, ma è al limite con l'alimentazione USB ed è meglio evitarlo per una prima installazione. Compra l'**alimentatore ufficiale** per il tuo modello (un caricabatterie del telefono troppo debole è la causa più comune di un ricevitore che si riavvia a caso), una **scheda microSD da 16 o 32 GB** di una marca conosciuta e un **case** con un po' di ventilazione, perché sia la chiavetta sia il processore si scaldano. Aggiungi il set di piccoli dissipatori se il kit non lo include. Prevedi da 50 a 70 euro per il computer, da 10 a 15 per l'alimentatore, 10 per la scheda e 10 per il case.

La radio: una chiavetta RTL-SDR

La chiavetta è una radio definita via software basata su un chip RTL2832U e un sintonizzatore R820T2 o R860, la stessa famiglia descritta nel capitolo 9. Comprane una **venduta per l'ADS-B**. La scelta migliore per cominciare è una chiavetta con **filtro e amplificatore a 1090 MHz integrati** (la FlightAware Pro Stick Plus è la più nota; la FlightStick di AirNav è simile): il filtro e l'amplificatore a basso rumore, che altrimenti compreresti a parte, sono dentro la chiavetta, e in città riceve da due a tre volte più lontano di una chiavetta semplice. Anche una chiavetta generica (la RTL-SDR Blog V4, una Nooelec NESDR SMArTee) funziona ed è più versatile se in seguito vorrai ascoltare altro, ma aggiungi il filtro esterno descritto più avanti se abiti a pochi chilometri da antenne della telefonia mobile. Qualunque modello scegli, controlla il connettore d'antenna: lo standard è l'**SMA**, e tutte le antenne e i cavi di questo elenco lo usano; evita le chiavette con il piccolo connettore MCX, che richiede un adattatore e si rompe. Prevedi da 30 a 45 euro.

L'antenna

Comincia con la piccola antenna magnetica inclusa nella confezione della chiavetta, se c'è: appoggiata su una superficie metallica vicino a una finestra riceve aerei a 80-150 km e basta per vedere il sistema funzionare fin dalla prima sera. Il vero ricevitore, però, ha bisogno di un'**antenna accordata a 1090 MHz**, ed è il componente su cui non risparmiare: un'antenna collineare in un tubo impermeabile, lunga da 60 a 70 cm, con un guadagno da 4 a 6 dBi e un connettore N o SMA alla base (l'antenna 1090 MHz di

FlightAware e la A3 di Jetvision sono le scelte più comuni, da 50 a 70 euro). È costruita per entrare in risonanza esattamente alla lunghezza d'onda del capitolo 8 e per concentrare la sensibilità verso l'orizzonte, dove si trovano gli aerei lontani; all'aperto, su un piccolo palo con la visuale libera, raggiunge l'orizzonte radio, da 350 a 450 km per aerei in quota di crociera. Le antenne autocostruite tagliando del filo sono un esperimento da fare in classe, non un ricevitore: qualche millimetro di errore le disaccorda e ricevono una frazione di ciò che riceve un'antenna accordata in fabbrica.

Cavo e connettori

Se l'antenna è accanto al Pi, basta un **cavo SMA maschio - SMA maschio da 1 a 3 m** di tipo sottile e flessibile (RG-174 per un metro, RG-58 o H155 per tre). Più lunga è la tratta, più spesso deve essere il cavo: a 1090 MHz un cavo sottile perde circa 3 dB, cioè metà del segnale, ogni dieci metri, mentre un cavo spesso a bassa perdita come l'LMR-400 o l'H1000 perde circa 1,3 dB. Un'antenna sul tetto a 15 m dal Pi richiede quindi un LMR-400 oppure un amplificatore filtrato all'antenna, o entrambi. Compra il cavo già tagliato su misura con i connettori montati (N maschio sul lato antenna se l'antenna ha una presa N, SMA maschio sul lato chiavetta), perché montare a mano un connettore N richiede una pinza crimpatrice e pratica. Prevedi 10 euro per un cavo corto, da 30 a 60 per uno lungo a bassa perdita. Aggiungi una **corta prolunga USB**, da 30 a 50 cm, per allontanare la chiavetta dal Pi: una chiavetta inserita direttamente sulla scheda capta il rumore radio del processore stesso e blocca la porta accanto.

Filtro e amplificatore (facoltativi, ma il modo più economico di guadagnare portata)

Se la tua chiavetta non ha un filtro integrato, un **filtro passa-banda a 1090 MHz** (da 20 a 25 euro, SMA in ingresso e in uscita) tra il cavo e la chiavetta elimina i segnali della telefonia mobile, delle radio FM, della televisione e dei cercapersone che una chiavetta semplice riceve comunque e che la saturano vicino a una città. Ancora meglio è un **amplificatore a basso rumore filtrato** (circa 35 euro; l'LNA 1090 di RTL-SDR Blog e il preamplificatore Uputronics sono i più diffusi), montato all'estremità del cavo lungo dal lato antenna: amplifica il segnale prima che il cavo lo perda, ed è alimentato dalla chiavetta attraverso il cavo stesso (un *bias tee*, che la chiavetta deve supportare; la Blog V4, la Pro Stick Plus e la SMARtee lo supportano tutte). Un amplificatore dal lato Pi di un cavo lungo è quasi inutile, perché amplifica ciò che il cavo ha già perso.

Attrezzi e tutto il resto

Ti servono un computer con un lettore di schede SD (o un lettore USB, 5 euro) per scrivere la scheda di memoria, la password del Wi-Fi del router di casa oppure una porta Ethernet libera e un cavo e, per l'antenna, un davanzale, una trave del sottotetto o un piccolo palo con due staffe a muro. Per un'antenna all'aperto aggiungi del nastro autoagglomerante per sigillare il connettore (3 euro), delle fascette e qualche metro di cavo in più per un'ansa di gocciolamento. Un piccolo cacciavite e un paio di forbici sono gli unici attrezzi.

Configurazione base Piccola antenna in casa, alla finestra o in soffitta - da 50 a 150 km - da 150 a 200 EUR

Componente	A cosa serve	Acquista su Amazon
Kit Raspberry Pi 4 Modello B con 2 o 4 GB, l'alimentatore ufficiale, un case ventilato e una scheda microSD da 32 o 64 GB, tutto nel kit; un kit Raspberry Pi 5 va altrettanto bene	Decodifica i messaggi ed esegue il feeder Dataero	https://radar.dataero.eu/go/pi
Chiavetta AirNav Radar FlightStick Radio software USB con filtro e amplificatore a 1090 MHz integrati, connettore SMA; la FlightAware Pro Stick Plus, finché si trova, è equivalente	Trasforma l'onda radio in numeri; il filtro e l'amplificatore integrati sono ciò che le dà portata in città	https://radar.dataero.eu/go/sdr
Prolunga USB, da 30 a 50 cm USB 2.0, A maschio - A femmina	Allontana la chiavetta dal rumore radio del processore e libera la porta accanto	https://radar.dataero.eu/go/usb-ext
Piccola antenna 1090 MHz con base magnetica Accordata per l'ADS-B, con il proprio cavo e uno spinotto SMA maschio	Capta l'onda alla finestra; su una superficie metallica sente gli aerei a 50-150 km	https://radar.dataero.eu/go/antenna-indoor

Configurazione avanzata Antenna esterna su un palo corto, per la lunga portata - da 250 a 400 km - da 300 a 420 EUR

Componente	A cosa serve	Acquista su Amazon
Kit Raspberry Pi 4 Modello B con 2 o 4 GB, l'alimentatore ufficiale, un case ventilato e una scheda microSD da 32 o 64 GB, tutto nel kit; un kit Raspberry Pi 5 va altrettanto bene	Decodifica i messaggi ed esegue il feeder Dataero	https://radar.dataero.eu/go/pi
Chiavetta AirNav Radar FlightStick Radio software USB con filtro e amplificatore a 1090 MHz integrati, connettore SMA; la FlightAware Pro Stick Plus, finché si trova, è equivalente	Trasforma l'onda radio in numeri; il filtro e l'amplificatore integrati sono ciò che le dà portata in città	https://radar.dataero.eu/go/sdr

Componente	A cosa serve	Acquista su Amazon
Prolunga USB, da 30 a 50 cm USB 2.0, A maschio - A femmina	Allontana la chiavetta dal rumore radio del processore e libera la porta accanto	https://radar.dataero.eu/go/usb-ext
Antenna esterna FlightAware 1090 MHz Collineare in un tubo impermeabile, 66 cm, connettore N femmina; l'A3 di Jetvision è l'alternativa	Costruita per risuonare esattamente a 27,5 cm e guardare l'orizzonte: all'aperto, con vista libera, raggiunge l'orizzonte radio	https://radar.dataero.eu/go/antenna-outdoor
Amplificatore filtrato 1090 MHz LNA ADS-B di RTL-SDR Blog, Nooelec SAWbird+ ADS-B o preamplificatore Uputronics, alimentato attraverso il cavo (bias tee)	Montato all'antenna, rafforza il segnale prima che il cavo lo perda	https://radar.dataero.eu/go/lna
Adattatore N maschio - SMA maschio Tra il connettore N dell'antenna e il connettore SMA dell'amplificatore	Collega l'antenna all'amplificatore	https://radar.dataero.eu/go/adapter
Cavo coassiale a bassa perdita, 10 m LMR-400 o H1000, SMA maschio alle due estremità, su misura con i connettori montati	Porta il segnale dal tetto alla chiavetta perdendo solo circa 1,3 dB ogni 10 m	https://radar.dataero.eu/go/coax
Palo corto con staffe a muro Circa 1 m di lunghezza, da 30 a 40 mm di diametro, con due staffe	Solleva l'antenna sopra la linea del tetto, lontano da muri e camini	https://radar.dataero.eu/go/mount
Nastro autoagglomerante Un rotolo	Sigilla ogni connettore esterno contro la pioggia	https://radar.dataero.eu/go/tape

In qualità di Affiliato Amazon, Dataero Europe riceve un guadagno dagli acquisti idonei effettuati tramite questi link, senza costi aggiuntivi per te. Prezzi, disponibilità e consegna sono quelli mostrati da Amazon; gli stessi componenti si trovano in qualsiasi negozio di elettronica.

Cosa non comprare

Una chiavetta TV da 10 euro con un chip senza nome e un connettore MCX (funziona per una settimana, deriva in frequenza, si surriscalda e perde i messaggi deboli); un'antenna discone «a banda larga» o un'antenna per autoradio (non risuonano a 1090 MHz; il capitolo 8 spiega perché la lunghezza conta); un'antenna Wi-Fi o 4G con un connettore all'apparenza giusto (frequenza sbagliata); un cavo lungo con connettori da crimpare da sé; un caricabatterie del telefono come alimentatore; un Raspberry Pi usato di provenienza sconosciuta con una scheda già inserita.

DOVE METTERLA

Posizionare l'antenna: altezza, cielo e cavo

La posizione conta più del prezzo. La formula dell'orizzonte radio del capitolo 7, $d = 4.12 \times (\sqrt{h \text{ aereo}} + \sqrt{h \text{ antenna}})$ con le altezze in metri, dice che un'antenna a 2 m su un davanzale vede un aereo di linea a 11.000 m fino a 438 km di distanza, e la stessa antenna su un tetto a 20 m solo 13 km più in là. L'altezza conta molto meno di ciò che si trova **in mezzo**: un muro, una collina, un tetto metallico o un edificio vicino bloccano del tutto la linea di vista, e una finestra rivolta dalla parte opposta all'aerovia riceve metà del cielo. La prima domanda quindi non è «quanto in alto», ma «cosa vede l'antenna», e la risposta dovrebbe essere: quanto più cielo possibile, fino all'orizzonte, nel maggior numero di direzioni possibile.

Alla finestra, metti l'antenna sul lato esterno del vetro se puoi (sulla ringhiera di un balcone, tenuta dal suo magnete su una piastra d'acciaio), altrimenti sul davanzale interno, contro il vetro; i moderni doppi vetri con rivestimento metallico attenuano sensibilmente il segnale, e una finestra apribile permette di far uscire il cavo. Scegli la finestra rivolta verso l'aeroporto più vicino o verso l'aerovia più trafficata; la mappa in tempo reale ti dice quale. **Nel sottotetto**, un tetto di tegole o di ardesia è quasi trasparente ai 1090 MHz e l'antenna vede in ogni direzione; un tetto metallico o un isolante rivestito di alluminio sono opachi. Appendi l'antenna a una trave, il più in alto che il colmo consente, lontano da serbatoi d'acqua e cavi elettrici. **Sul tetto**, un palo che supera il colmo di un metro, fissato con due staffe a muro, sovrasta il comignolo e i vicini; è la posizione che raggiunge l'orizzonte radio, e quella che richiede un cavo spesso o un amplificatore all'antenna.

Cavo	Perdita ogni 10 m a 1090 MHz	Segnale rimasto dopo 10 m	Uso
RG-174 (2,8 mm)	circa 7 dB	20 %	all'interno, sotto 1 m
RG-58 (5 mm)	circa 5 dB	30 %	all'interno, da 1 a 3 m
H155 / LMR-200 (5,5 mm)	circa 3 dB	50 %	fino a 5 m
LMR-400 / H1000 (10 mm)	circa 1,3 dB	75 %	tratte dal tetto da 10 a 20 m
amplificatore all'antenna + qualsiasi cavo	perdita compensata prima del cavo	quasi tutto	qualsiasi tratta lunga

Sicurezza

Non mettere mai un'antenna dove potrebbe toccare una linea elettrica aerea o caderci sopra; tienila sotto il punto più alto del tetto se l'edificio ha un parafulmine, e altrimenti considera che una piccola antenna di plastica su un palo di 1 m non attira i fulmini più del comignolo, ma scollega la chiavetta durante i temporali. I lavori sul tetto sono per un adulto, di giorno, con qualcuno che tiene la scala; un sottotetto o una finestra danno l'80 % del risultato senza alcun rischio. Sigilla ogni connettore all'aperto con nastro autoagglomerante e lascia un'ansa nel cavo sotto il punto di ingresso, così la pioggia gocciola via invece di scorrere dentro. Il ricevitore si limita ad ascoltare: nulla di tutto ciò emette onde radio.

PASSO 1

Montare l'hardware

Il montaggio consiste nell'avvitare dei connettori tra loro; l'unica cosa da fare bene è stringerli tutti a mano finché non girano più, senza attrezzi, ed evitare di piegare bruscamente il cavo a meno di un palmo da un connettore.

1. Applica i dissipatori al Pi se il kit li include, metti il Pi nel case e per ora lascia il coperchio aperto.
2. Avvita il cavo d'antenna sull'antenna (N o SMA, a mano) e, se usi un filtro o un amplificatore separato, avvitalo sull'estremità del cavo dal lato chiavetta: antenna, cavo, filtro o amplificatore, chiavetta, in quest'ordine. Un amplificatore all'antenna va invece tra l'antenna e il cavo.
3. Avvita il cavo sulla presa SMA della chiavetta. Inserisci la chiavetta nella prolunga USB e la prolunga in una delle porte USB 3 blu del Pi (va bene qualsiasi porta; quelle blu sono le più lontane dall'antenna Wi-Fi).
4. Colloca l'antenna dove hai deciso sopra e fai passare il cavo con curve dolci. Metti la chiavetta in un punto dove possa prendere aria; al tatto è tiepida, ed è normale.
5. Collega il cavo Ethernet al router, se ne usi uno. Non collegare ancora l'alimentazione: prima viene la scheda di memoria.

PASSO 2

Preparare il Raspberry Pi

Il Pi ha bisogno di un sistema operativo sulla scheda di memoria e di un modo per ricevere i comandi che digiti dal tuo computer. Entrambe le cose richiedono dieci minuti e si fanno a colpi di clic in un unico programma, **Raspberry Pi Imager**, che puoi scaricare gratuitamente dal sito di Raspberry Pi per Windows, macOS o Linux.

1. Inserisci la scheda microSD nel computer. Apri Raspberry Pi Imager (le voci qui sotto possono comparire tradotte in italiano). In «Raspberry Pi Device» scegli il tuo modello; in «Operating System» scegli **Raspberry Pi OS (other)**, poi **Raspberry Pi OS Lite (64-bit)**, la versione senza desktop, perché il ricevitore non ha mai uno schermo; in «Storage» scegli la scheda.
2. Fai clic su Next e, quando Imager propone di applicare le impostazioni di personalizzazione del sistema operativo, fai clic su **Edit settings**. Nella scheda General imposta il nome host su **adsb** (così il Pi risponde all'indirizzo adsb.local), spunta «Set username and password» e scegli entrambi (annotati), poi inserisci il nome e la password della tua rete Wi-Fi con il tuo Paese, a meno che tu non usi un cavo Ethernet; imposta il fuso orario. Nella scheda Services spunta **Enable SSH** con autenticazione tramite password. Salva, conferma che la scheda verrà cancellata e lascia che Imager la scriva e la verifichi.
3. Inserisci la scheda nel Pi, collega l'alimentatore e aspetta due minuti: la luce verde lampeggia durante l'avvio, e il primo avvio è più lento.
4. Sul tuo computer apri un terminale: su Windows, PowerShell (cercalo nel menu Start); su un Mac, Terminale; su Linux, un terminale qualsiasi. Digita il comando qui sotto con il nome utente che hai scelto, premi Invio, rispondi **yes** alla domanda sull'impronta digitale (fingerprint), poi digita la

password (mentre scrivi non compare nulla) e premi Invio. Il prompt cambia in quello del Pi: ora stai scrivendo sul ricevitore.

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

Se *adsb.local* non viene trovato, il tuo router non gestisce i nomi locali: apri la sua pagina web, trova l'elenco dei dispositivi connessi, annota l'indirizzo IP del Pi (qualcosa come 192.168.1.42) e usalo al posto del nome. Una volta connesso, aggiorna il sistema e installa git, lo strumento che scarica il feeder: copia la riga, incollala, premi Invio e aspetta. La prima volta l'aggiornamento può richiedere dieci minuti.

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

PASSO 3

Installare il feeder Dataero

Il feeder Dataero è un piccolo programma open source pubblicato da Dataero su GitHub (github.com/dataero-adsb/dataero-adsb-feeder). Il suo programma di installazione fa tutto ciò che serve a un ricevitore: installa il decodificatore (readsb) se il Pi non ne ha uno, registra il tuo ricevitore presso Dataero, genera il suo ID ricevitore univoco, configura i servizi che inoltrano i messaggi e mantengono attiva la connessione e, alla fine, verifica che Dataero ti riceva. Puoi leggerne ogni riga su GitHub prima di eseguirlo. Tre comandi, digitati sul Pi, uno dopo l'altro:

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

Il programma di installazione pone alcune domande (in inglese). Ecco cosa significa ciascuna e cosa rispondere.

Il programma chiede	Cosa significa	Cosa rispondere
Do you want to automatically install readsb? (yes/no)	Su questo Pi non è stato trovato alcun decodificatore; readsb è il programma che trasforma i campioni della chiavetta in messaggi.	Scrivi yes, per intero. Qualsiasi altra risposta interrompe l'installazione. Download e compilazione richiedono qualche minuto.
Station name (optional)	Il nome mostrato con il tuo ricevitore sulla mappa e in classifica.	Un nome breve: la tua città e una parola, il nome di una scuola. Si può cambiare in seguito rieseguendo l'installazione.
Enable MLAT for this receiver? (y/N)	Multilaterazione (capitolo 10): i tempi del tuo ricevitore aiutano a localizzare gli aerei che non trasmettono la propria posizione. Richiede una posizione esatta dell'antenna.	n per una prima installazione, oppure y se puoi indicare la posizione dell'antenna con un'approssimazione di pochi metri.
Latitude, Longitude, Antenna altitude (metres)	Dove si trova l'antenna. Obbligatoria con l'MLAT, facoltativa altrimenti; serve per la tua mappa di copertura e per le statistiche di portata.	Gradi decimali con il punto (50.8467, 4.3525), altitudine sul livello del mare in metri: la quota del terreno al tuo indirizzo più l'altezza dell'antenna dal suolo.

Per trovare la posizione, apri una qualsiasi mappa online, fai clic con il tasto destro sul punto esatto dell'antenna e copia le coordinate; la maggior parte delle mappe mostra sei decimali, cioè una precisione di un decimo di metro. La quota del terreno si trova su una carta topografica o nel campo «altitudine» di un'app GPS; aggiungi l'altezza dell'antenna dal suolo (una finestra al secondo piano è a circa 6 m, il colmo del tetto di una casa a due piani a circa 9 m). L'altitudine indicata dal telefono è spesso sbagliata di dieci o venti metri, quindi usa la mappa per il terreno e un metro a nastro per il resto. Non attivare l'MLAT con una posizione stimata a occhio: un ricevitore i cui tempi dicono «sono qui» mentre si trova altrove peggiora ogni soluzione a cui partecipa.

Il programma lavora poi per qualche minuto e termina con un riquadro che inizia con **Installation complete**. Mostra il tuo **ID ricevitore**, un lungo codice di lettere e cifre (un UUID), l'hub Dataero a cui è collegata la tua stazione e l'esito di un primo contatto con Dataero: quando il servizio di registrazione accetta il segnale di vita (heartbeat) del ricevitore, la tua stazione è attiva. L'ID ricevitore è la chiave della tua stazione: viaggia con ogni messaggio ed è ciò che incolli nel tuo account per associarla. Tienilo per te, perché il primo account che lo collega diventa proprietario del ricevitore. Se dovessi perderlo, è salvato sul Pi:

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

Cosa lascia in funzione l'installazione

Tre piccoli servizi che si avviano da soli a ogni accensione: *readsb*, il decodificatore, che offre anche una mappa locale; *dataero-readsb*, una seconda istanza del decodificatore, solo di rete, che inoltra un flusso ridotto dei tuoi messaggi all'hub di Dataero; e *dataero-feeder*, il segnale di vita che comunica a Dataero che la tua stazione è attiva. Con l'MLAT attivo se ne aggiunge un quarto, *dataero-mlat*. Rieseguire l'installazione in seguito conserva ID ricevitore, nome e posizione e aggiorna solo ciò che è cambiato.

PASSO 4

Entrare in funzione e associare il ricevitore

Entro un minuto dal riquadro finale dovrebbero comparire i primi aerei. Guarda in tre posti. Sul Pi stesso, il comando qui sotto mostra una tabella in tempo reale di tutti gli aerei in fase di decodifica, con indirizzo, nominativo, altitudine, velocità e intensità del segnale in dBFS; premi **q** per uscire. L'installazione di *readsb* ha anche configurato una mappa locale sul Pi, **<http://adsb.local/tar1090>** (o l'indirizzo IP al posto del nome), che mostra il cielo visto dalla tua stazione con i cerchi di distanza. E su **radar.dataero.eu**, la mappa pubblica, gli aerei ricevuti dalla tua stazione compaiono insieme a quelli di tutti gli altri nel giro di pochi secondi.

```
viewadsb
```

Il tuo ricevitore sta già trasmettendo dati, in forma anonima. **Associarlo** lo collega al tuo account e sblocca la parte del sito riservata ai feeder: apri radar.dataero.eu, crea un account gratuito o accedi, apri **Ricevitori** nel menu dell'account, scegli **Collega un ricevitore** e incolla l'ID ricevitore mostrato dall'installazione. Usa l'ID ricevitore Dataero, non l'UUID di un altro programma feeder, se ne usi uno. Da

quel momento la tua stazione ha un nome sulla mappa, una **dashboard** (aerei visti, messaggi al secondo, le ore di punta, gli aerei più rari), una **mappa di copertura** in due e tre dimensioni costruita dall'intensità del segnale di ogni messaggio, **365 giorni di storico dei voli** mentre un visitatore non ne ha alcuno e una posizione in **classifica**. Tutto ciò che è stato raccolto prima dell'associazione è già lì.

Cosa aspettarsi la prima sera: alla finestra con l'antenna della confezione, da 20 a 60 aerei contemporaneamente in una zona trafficata d'Europa, fino a 100 o 150 km, con un buco dal lato dell'edificio; con un'antenna accordata nel sottotetto, da 100 a 200 aerei fino a 250 km; sul tetto, da 200 a 400 aerei e una portata che sfiora i 400 km nelle direzioni libere da ostacoli. Il contatore dei messaggi nella dashboard è una misura migliore della portata: una buona stazione decodifica da 500 a 1.500 messaggi al secondo nel picco diurno europeo e qualche decina nelle ore piccole. La curva nell'arco di una giornata è la lezione 4 del corso resa visibile: gli aerei non volano di notte perché le persone non lo fanno.

Apri la mappa live <https://radar.dataero.eu/it/map>

Crea un account e associa <https://radar.dataero.eu/it/contribute>

PASSO 5

Regolare la stazione e capire cosa vedi

Due impostazioni determinano la maggior parte delle prestazioni di una stazione, ed entrambe si cambiano in un attimo sul Pi. La prima è il **guadagno**, cioè quanto la chiavetta amplifica prima di digitalizzare. readsb parte con il guadagno automatico, un compromesso ragionevole. Se gli aerei sopra la tua testa spariscono mentre quelli lontani restano, il ricevitore è saturato dai segnali forti e vicini e il guadagno è troppo alto; se gli aerei lontani non compaiono mai, è troppo basso. Il comando qui sotto imposta un guadagno fisso in dB; prova valori tra 30 e 49 (49,6 è il massimo della chiavetta) e osserva per dieci minuti ciascuno il numero di aerei e la portata massima sulla mappa locale. Con una chiavetta dotata di amplificatore proprio, da 40 a 45 è di solito il valore migliore alla finestra, e un valore più basso sul tetto. Inserendo il valore -10 si torna al guadagno automatico.

```
sudo readsb-gain 43
```

La seconda è la **posizione della mappa locale**, che readsb usa per disegnare i cerchi di distanza e calcolare la distanza di ogni aereo; è distinta dalla posizione che hai fornito all'installazione Dataero (quella usata da Dataero) e si imposta con il secondo comando. Poi apri la mappa locale e guarda crescere, nell'arco di una giornata, il contorno degli aerei più lontani: quel contorno è il tuo orizzonte radio, e la sua forma è la forma dei tuoi ostacoli.

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

La colonna del segnale in *viewadsb* è la legge dell'inverso del quadrato del capitolo 6 tradotta in numeri. Un aereo che passa sopra di te a 10 km registra circa -5 dBFS; lo stesso aereo a 300 km, trenta volte più lontano, arriva novecento volte più debole, circa -30 dBFS, e il decodificatore lo legge comunque, perché al messaggio basta essere più forte del rumore. Osserva il segnale di un aereo salire e scendere mentre attraversa il tuo cielo e avrai misurato la legge senza una formula. La colonna dei messaggi scartati,

quando è alta, dice il contrario: i segnali forti di due aerei che arrivano nello stesso istante si disturbano a vicenda, ed è il limite descritto nel capitolo 11, nonché il motivo per cui un secondo ricevitore a trenta chilometri vede messaggi che tu perdi.

Se hai attivato l'**MLAT**, gli aerei posizionati per multilaterazione compaiono sulla mappa Dataero e ritornano nella tua mappa locale con un indicatore distinto. Sono gli aerei che non trasmettono una posizione propria: vecchi jet d'affari, trasporti militari, alcuni elicotteri. Il tuo contributo per ciascuno è un'indicazione temporale precisa a pochi nanosecondi, con cui l'hub risolve le iperboli del capitolo 10 insieme ad altre tre stazioni. Un errore di soli 30 m nella posizione dell'antenna sposta i tuoi tempi di un decimo di microsecondo, abbastanza da collocare un aereo calcolato a un chilometro di distanza: ecco perché l'installazione insiste.

QUANDO NON FUNZIONA

Risoluzione dei problemi

Quasi tutti i problemi rientrano tra quelli della tabella qui sotto, e ciascuno si verifica con una riga. I comandi vanno eseguiti sul Pi, tramite la stessa connessione da terminale usata per l'installazione.

Sintomo	Causa più probabile	Cosa fare
ssh non trova adsb.local	Il router non risolve i nomi locali, oppure il Pi non è in rete.	Usa l'indirizzo IP dall'elenco dei dispositivi del router. Se il Pi non compare, controlla i dati Wi-Fi inseriti in Imager, oppure usa un cavo Ethernet.
readsb non si avvia; «no device found»	La chiavetta non viene vista: cavo USB allentato, alimentatore troppo debole o una chiavetta che non è una RTL-SDR.	Reinserisci chiavetta e prolunga; esegui lsusb e cerca «RTL2838» o «Realtek»; sostituisci l'alimentatore con quello ufficiale.
readsb funziona ma non mostra aerei	L'antenna non è collegata, il cavo ha un connettore aperto oppure l'antenna è in una zona d'ombra radio.	Controlla che ogni connettore sia stretto; sposta l'antenna a una finestra con il cielo libero; in città una chiavetta semplice senza filtro potrebbe averne bisogno.
Gli aerei vicini spariscono, quelli lontani restano	Saturazione: guadagno troppo alto o un trasmettitore potente nelle vicinanze.	Abbassa il guadagno (readsb-gain 35), aggiungi un filtro a 1090 MHz.
Aerei sulla mappa locale ma non su radar.dataero.eu	I servizi del feeder non sono in funzione oppure il Pi non ha accesso a Internet.	Esegui il comando di stato qui sotto; un servizio indicato come «failed» spiega il motivo nel suo log. Riesegui l'installazione: ripara la configurazione e conserva il tuo ID.
Il Pi si riavvia o la chiavetta scompare a caso	Alimentazione. La chiavetta assorbe un terzo di ampere; un alimentatore debole fa calare la tensione.	Usa l'alimentatore ufficiale; scollega gli altri dispositivi USB; verifica che la spia rossa di alimentazione resti fissa.
«Ricevitore non trovato» durante l'associazione	È stato incollato un UUID diverso (di un altro programma feeder, o con un errore di battitura).	Incolla il valore mostrato dal comando grep del passo 3: è l'ID ricevitore Dataero.

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

Se nulla di tutto ciò aiuta, apri una segnalazione (issue) sulla pagina GitHub del feeder con l'output di quei due comandi: le persone che hanno scritto l'installazione le leggono. Dataero gestisce anche un canale della community, collegato dalla pagina Diventa feeder, dove altri feeder rispondono alla maggior parte delle domande nel giro di poche ore.

IN SEGUITO

Mantenere in funzione

Un ricevitore non ha bisogno quasi di nulla. I servizi ripartono da soli dopo un'interruzione di corrente; il Pi non ha parti in movimento; la chiavetta dura anni. Una volta a stagione, collegati al Pi ed esegui di nuovo la riga di aggiornamento del passo 2, poi riesegui l'installazione dalla cartella in cui è stata scaricata (*cd dataero-adsb-feeder* e poi *sudo bash installer.sh*): scarica il feeder aggiornato, conserva ID ricevitore, nome e posizione, e pone le stesse domande proponendo come valori predefiniti le tue risposte precedenti. Se sposti l'antenna, riesegui l'installazione e indica la nuova posizione; se cambi casa, fai lo stesso e non cambia nient'altro. Se un giorno vuoi smettere, la stessa cartella contiene un programma di disinstallazione.

Due abitudini mantengono in salute una stazione. Guarda la dashboard una volta alla settimana: un numero di messaggi che si dimezza da un giorno all'altro significa che un cavo si è allentato o che un albero è cresciuto. E annota, il primo giorno, tre numeri dalla mappa locale: la portata massima in ogni direzione, il numero di aerei al picco serale e il numero di messaggi al secondo. Sono il tuo punto di partenza, e ogni modifica successiva, un'antenna migliore, un palo più alto, un filtro, si misura rispetto a loro. Quella misura è la scienza a cui il corso ti stava portando.

PER UNA CLASSE O UNA FAMIGLIA

Trasformare il ricevitore in un progetto

Il ricevitore è uno strumento permanente, e il modo migliore di usarlo è una serie di misure, ciascuna delle quali mette alla prova un'idea del corso. Per una famiglia, una di queste riempie una domenica; per una classe, ognuna è una lezione, e i dati che la stazione raccoglie tra una lezione e l'altra sono i compiti a casa. Il grafico orario della dashboard, la mappa di copertura e il contorno di portata della mappa locale sono gli strumenti; le lezioni forniscono le previsioni; le misure decidono.

1. **Altezza e portata** (capitolo 7). Annota la portata massima con l'antenna su un tavolo, a una finestra del primo piano, a una finestra dell'ultimo piano, nel sottotetto. Disegna la portata in funzione dell'altezza e confrontala con la formula dell'orizzonte radio; la differenza sono gli ostacoli.
2. **La legge dell'inverso del quadrato** (capitolo 6). Segui un aereo nel cielo con viewadsb e annota ogni minuto il segnale rispetto alla distanza; riporta il segnale in dB in funzione del logaritmo della distanza; la pendenza dovrebbe essere vicina a -20 dB per decade.
3. **Il ritmo quotidiano** (lezione 4). Leggi dalla dashboard il numero di messaggi ogni ora per una settimana. Spiega la forma della curva: l'ondata del mattino, il picco serale, il coprifuoco notturno dell'aeroporto più vicino, la differenza tra un giorno feriale e una domenica.

4. **Dove finisce il cielo.** Dopo una settimana, ricalca il contorno di portata della mappa locale e sovrapponilo a una carta della zona. Ogni rientranza è un edificio, una collina o un albero: dai loro un nome.
5. **La mappa vale quanto i suoi ascoltatori** (capitolo 11). Una sera, confronta la mappa di copertura della tua stazione con la mappa pubblica: gli aerei che tu non ricevi sono ricevuti da qualcun altro. Trova in classifica la stazione più vicina e calcola, con la formula, dove si sovrappongono i vostri cerchi.

A scuola, il ricevitore risponde anche alla domanda che ogni classe si fa, «che aereo è quello?», con uno schermo in corridoio che mostra la mappa locale. L'elenco degli «aerei più rari» della dashboard è una sorpresa mensile: un aereo di Stato, un aereo di linea d'epoca, un'aeroambulanza, ciascuno con una storia sul perché si trova lì. E una stazione scolastica che alimenta Dataero compare sulla mappa pubblica con il nome della scuola come fonte, una forma di notorietà migliore di molte altre.

BENVENUTO

Cosa ottengono i feeder, e cosa ottiene la mappa da te

Chi visita radar.dataero.eu vede una mappa in tempo reale, un numero limitato di aerei e pochi campi per ciascun aereo, per una sessione di visualizzazione di dieci minuti alla volta. Un account gratuito elimina il limite della sessione, mostra tutti i campi e conserva sette giorni di storico dei voli. Un feeder, cioè ciò che sei adesso, ottiene l'intero sito: 365 giorni di storico per ogni volo, la dashboard, la mappa di copertura in due e tre dimensioni, la classifica e la tua stazione indicata con il suo nome sulla mappa. Nulla di tutto ciò costa qualcosa, né ora né in futuro, e il ricevitore continua ad alimentare qualsiasi altra rete tu scelga di aggiungere.

Ciò che la mappa ottiene da te è qualcosa che nessuna somma di denaro può comprare: un ascoltatore dove prima non ce n'erano. Ogni ricevitore della rete capta un cerchio di cielo, e un continente è coperto solo dove questi cerchi si sovrappongono. Una nuova stazione in una zona scoperta, un paese, una costa, una valle, un Paese con pochi feeder, fa comparire aerei che nessuno stava ricevendo e rende possibile la multilaterazione per quelli che non trasmettono la propria posizione. Guarda stasera la copertura della tua regione sulla mappa, e poi guardala una settimana dopo che la tua stazione è attiva: la differenza è merito tuo.

Diventa feeder <https://radar.dataero.eu/it/contribute>

Apri la mappa live <https://radar.dataero.eu/it/map>

Torna alla home del corso <https://radar.dataero.eu/it/learning>