

Internet de les Coses

IoT, LoRaWAN i The Things Network



This work is licensed under a
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0
International License

Context

Allò que pica (I)

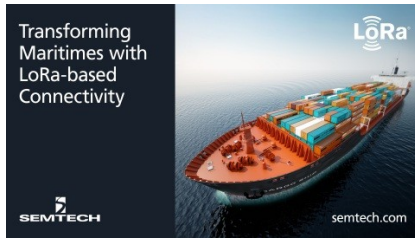


David Nichols, 1982, estudiant de postgrau a la Carnegie Mellon University...

Allò que pica (II)



Seguiment de flotes





The Vinduino sensor is a resistive solid-state sensor, that responds accurately over the whole soil moisture range (0 to -300 kPa). [Read more](#)

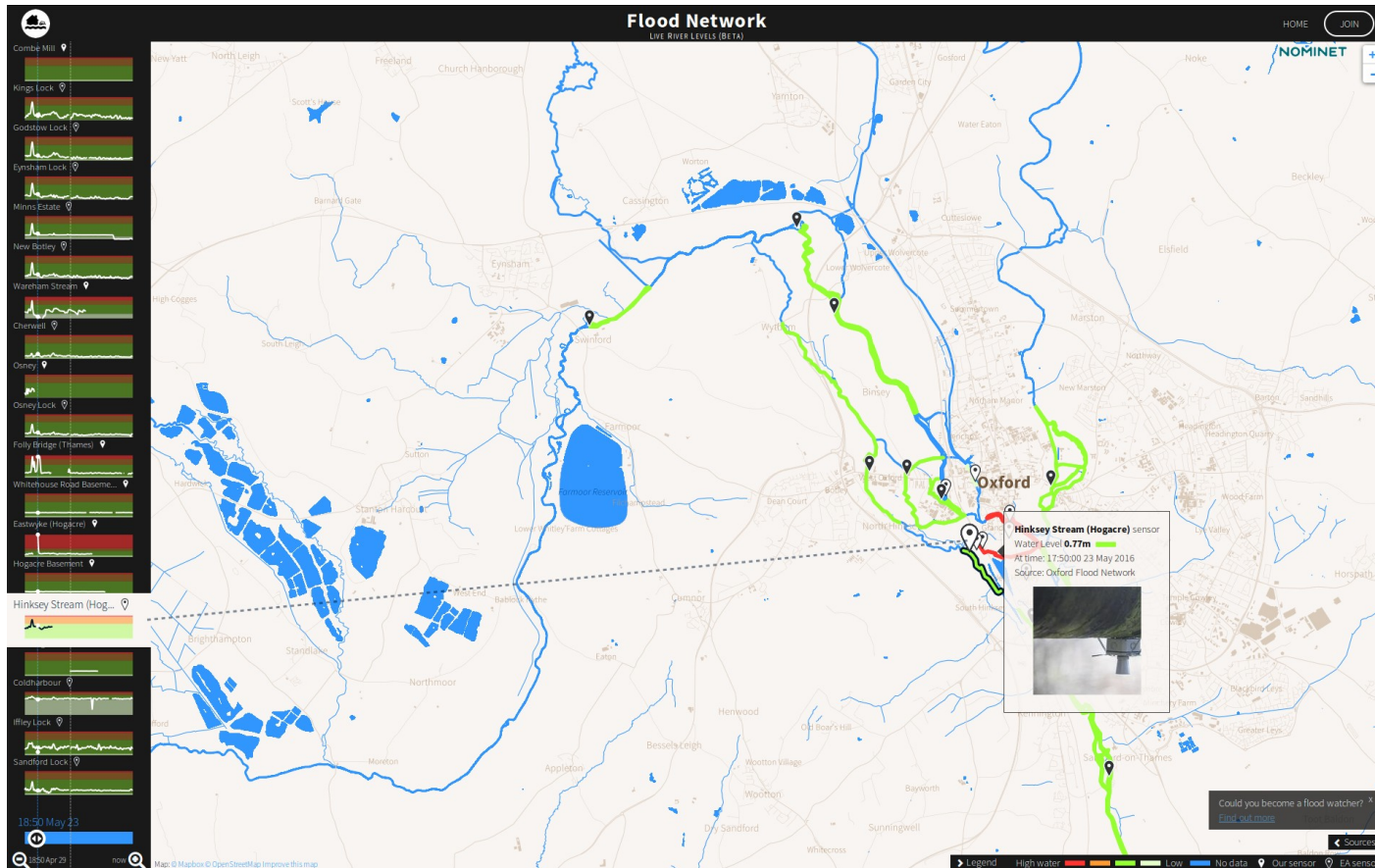


The Vinduino R3 sensor station is a solar powered remote sensor platform. It is designed for optimizing agricultural irrigation, aimed at saving irrigation water and optimizing crop health. [Read more](#)

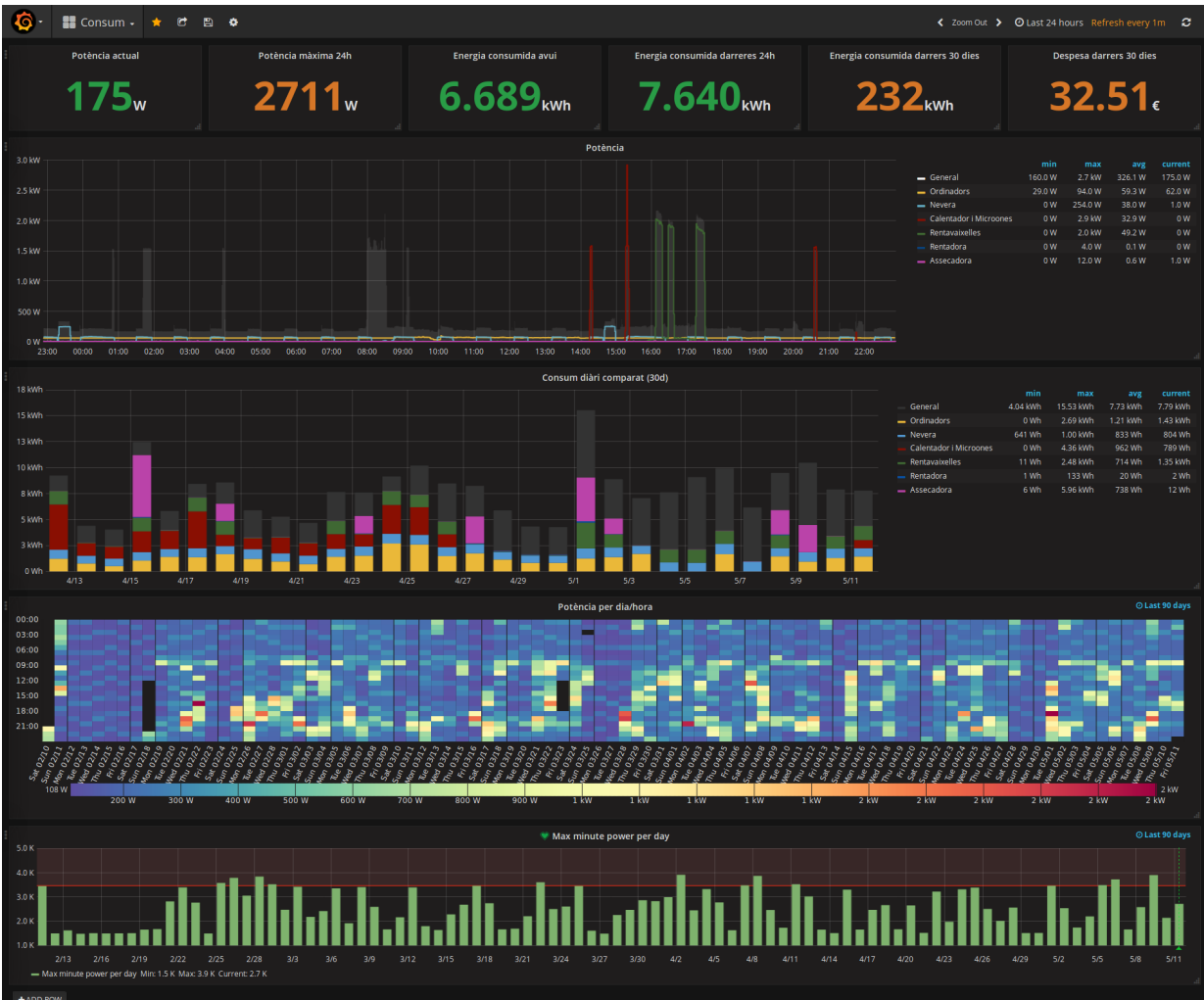


A Globalsat LD-20 USB dongle together with a low cost Raspberry Pi computer makes a powerful gateway for your private Vinduino sensor network.









Reptes

Reptes (I)



Seguretat

Del fabricant al usuari
Del node a l'aplicatiu
Tampering



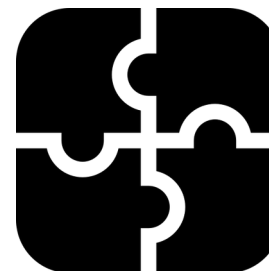
Autonomia

Vida de la bateria
Reposició



Connectivitat

No hi ha *silver bullets*
Multi-protocol



Interoperabilitat

Estàndards
Modularització
Sobirania

Reptes (II)



Consciència

Relació usuari-tecnologia
Intel·ligència artificial
Privacitat



Big data

Volum
Varietat
Velocitat



Model de negoci

Centrat a les dades
Centrat en els serveis
Comuns



Escalabilitat

Ràpid creixement
Requeriments futurs
incerts
El malson de la *big data*

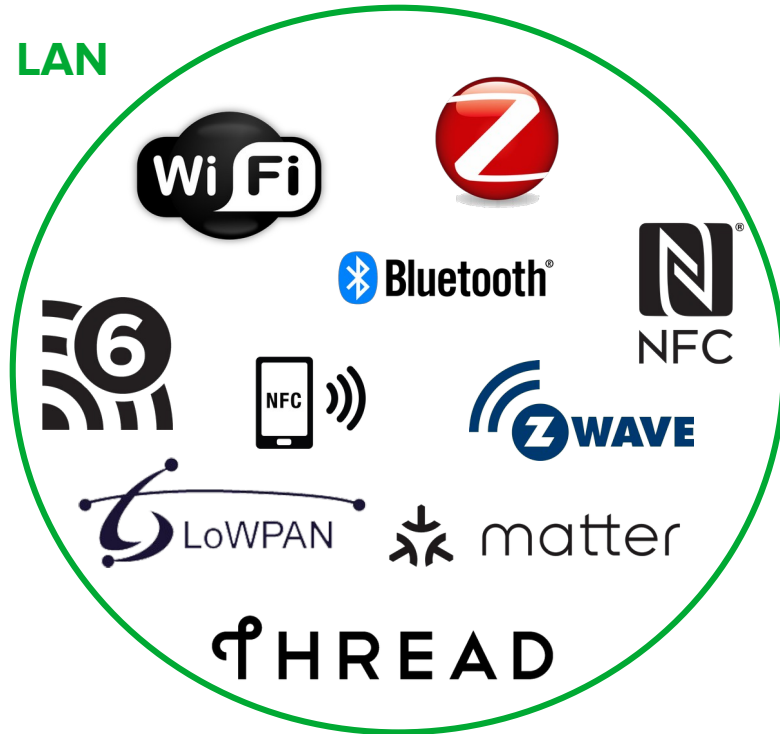
Verticals

Tecnologies

Visió general

Tecnologies Inalàmbriques

LAN



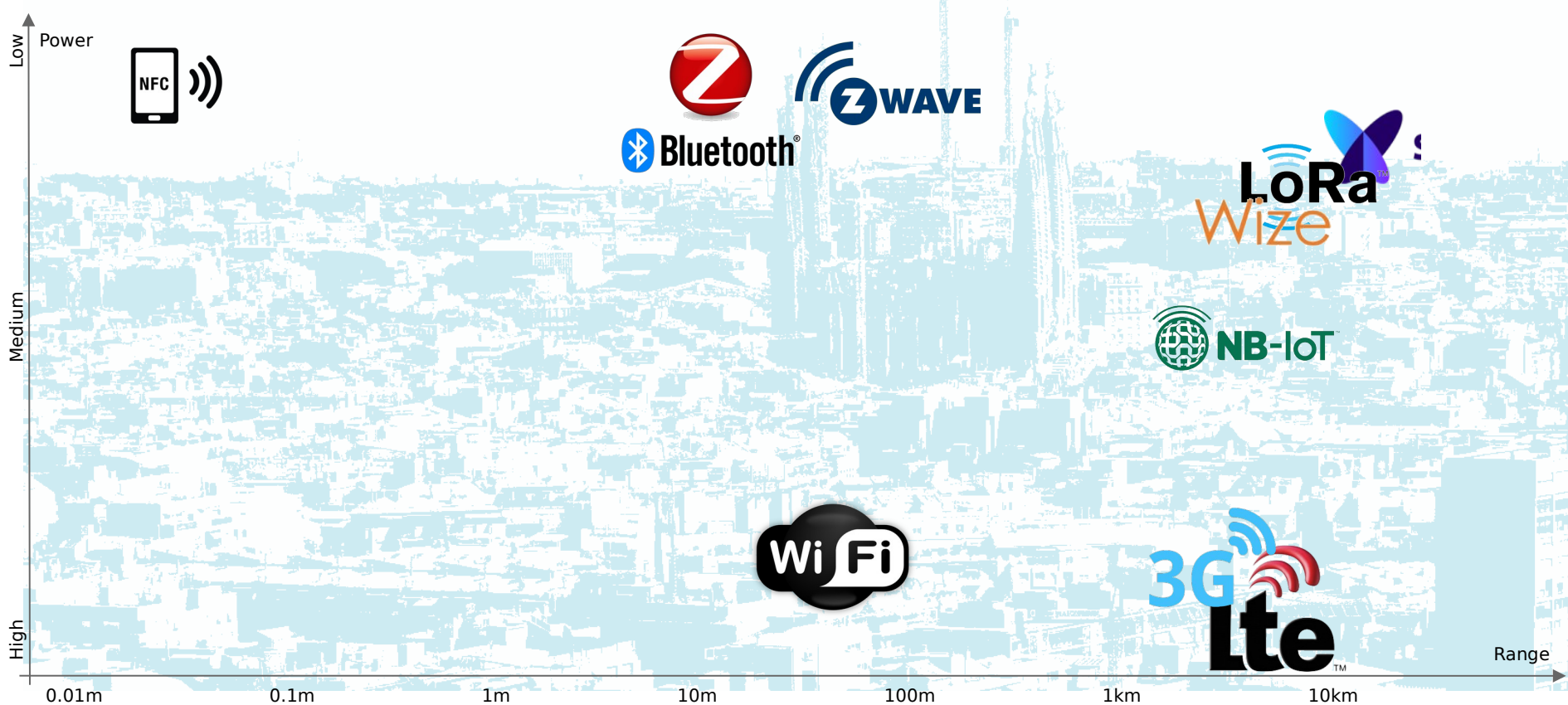
CEL·LULAR



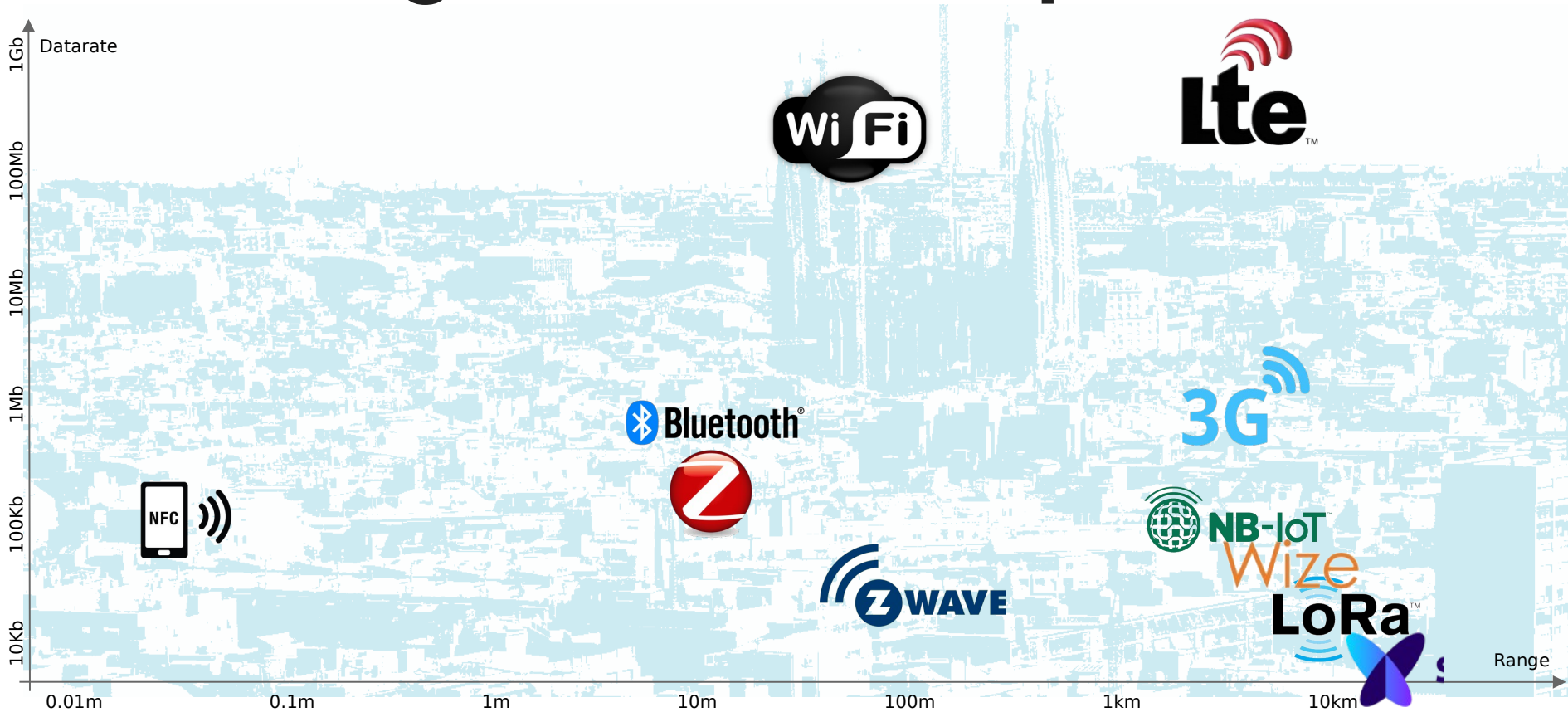
LPWAN



Tecnologies Inalàmbriques



Tecnologies Inalàmbriques



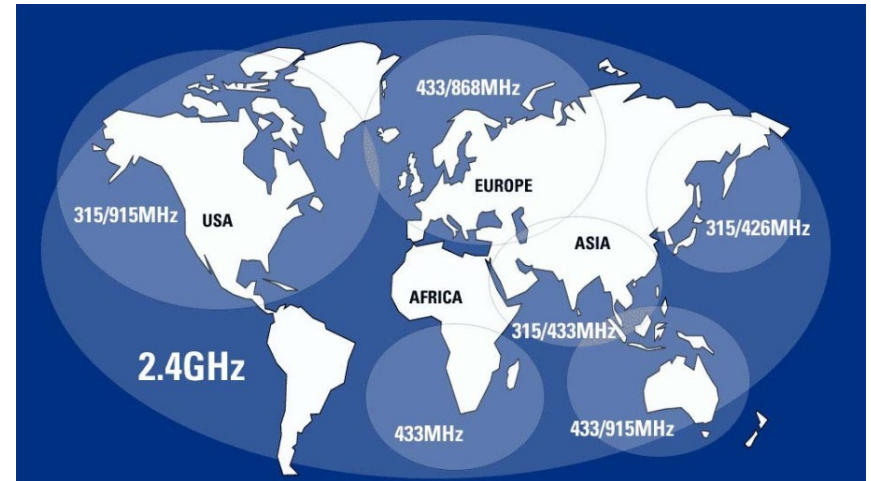
Pros & contres

Tecnologies cel·lulars	Tecnologies de xarxa local	Tecnologies LPWAN
2G, 3G, 4G, 5G,...	WiFi, Zigbee,...	LoRa, Sigfox, Wize,...
Cobertura a nivell estatal	Cobertura local	Cobertura a nivell ciutat
Xarxa operada	Xarxa privada	Xarxa operada/privada
Alt ample de banda	Ample de banda variable	Baixa ample de banda
Cost inicial i recurrent per dispositiu	Cost inicial de la infraestructura i dels dispositius	Cost inicial de la infraestructura i dels dispositius (recurrent en alguns casos)
Alt consum energètic	Consum energètic variable	Baix consum energètic



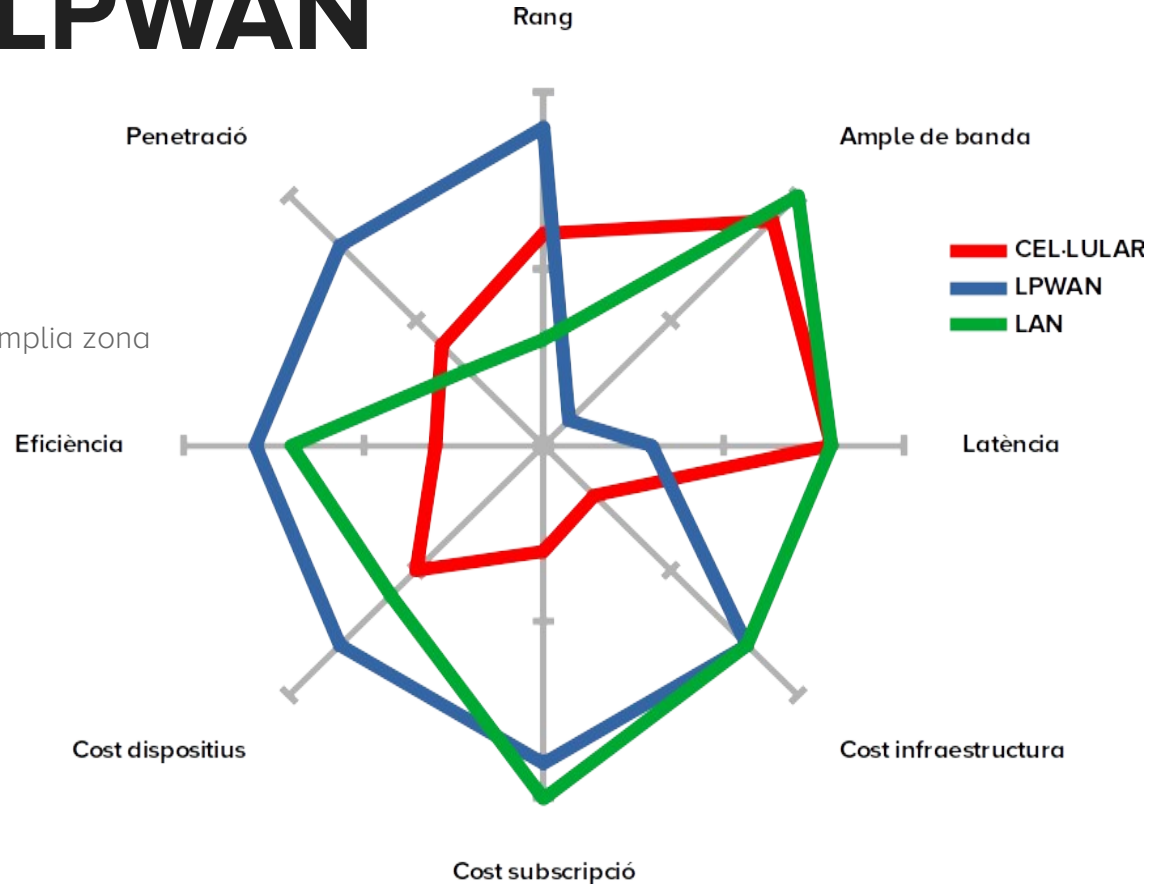
Bandes lliures - ISM

- Industrial, Scientific & Medical
- Sense llicència d'ús (gratuit)
- Bandes diferents en funció de la regió
- Gestionada per la ETSI a Europa o l'FCC als EUA

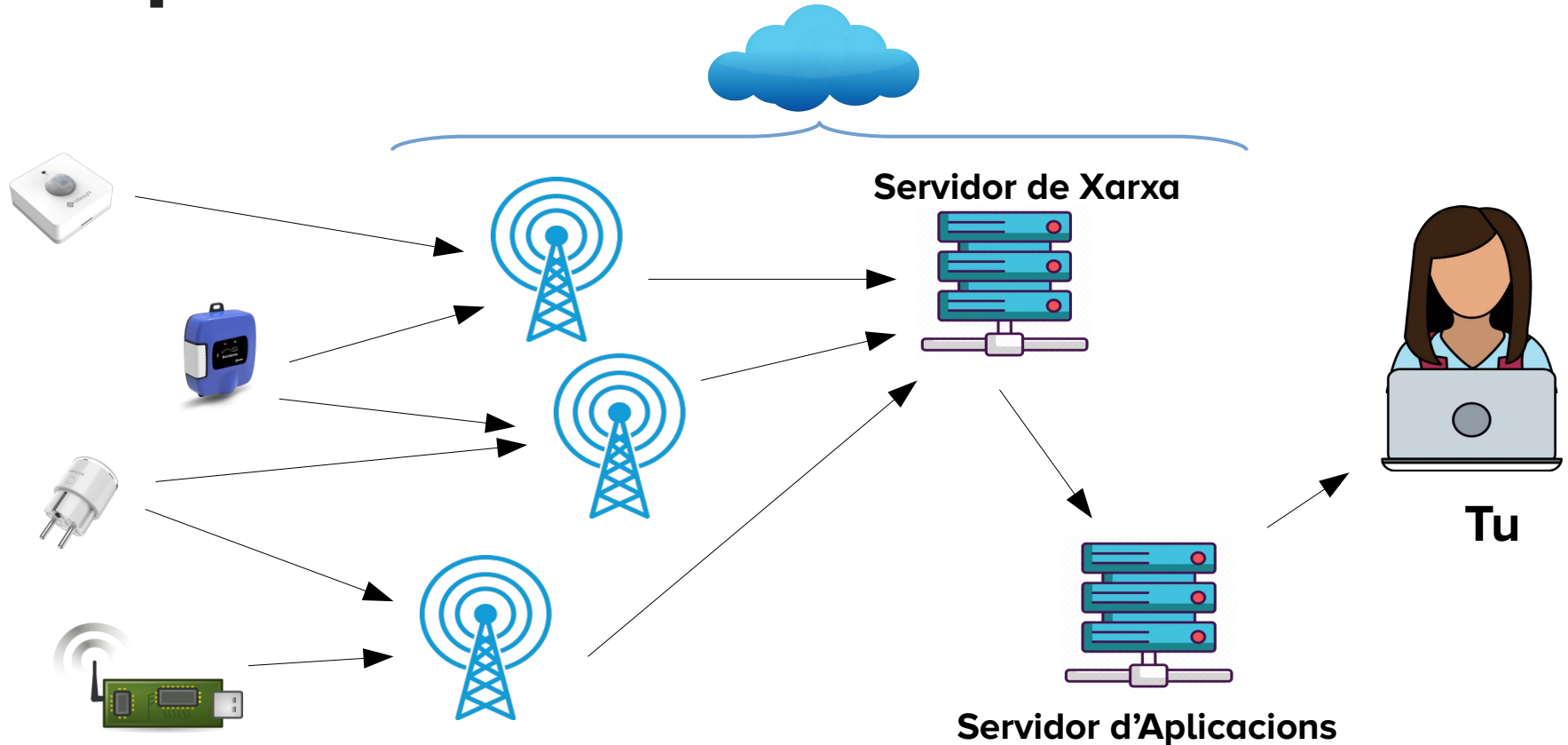


Tecnologies LPWAN

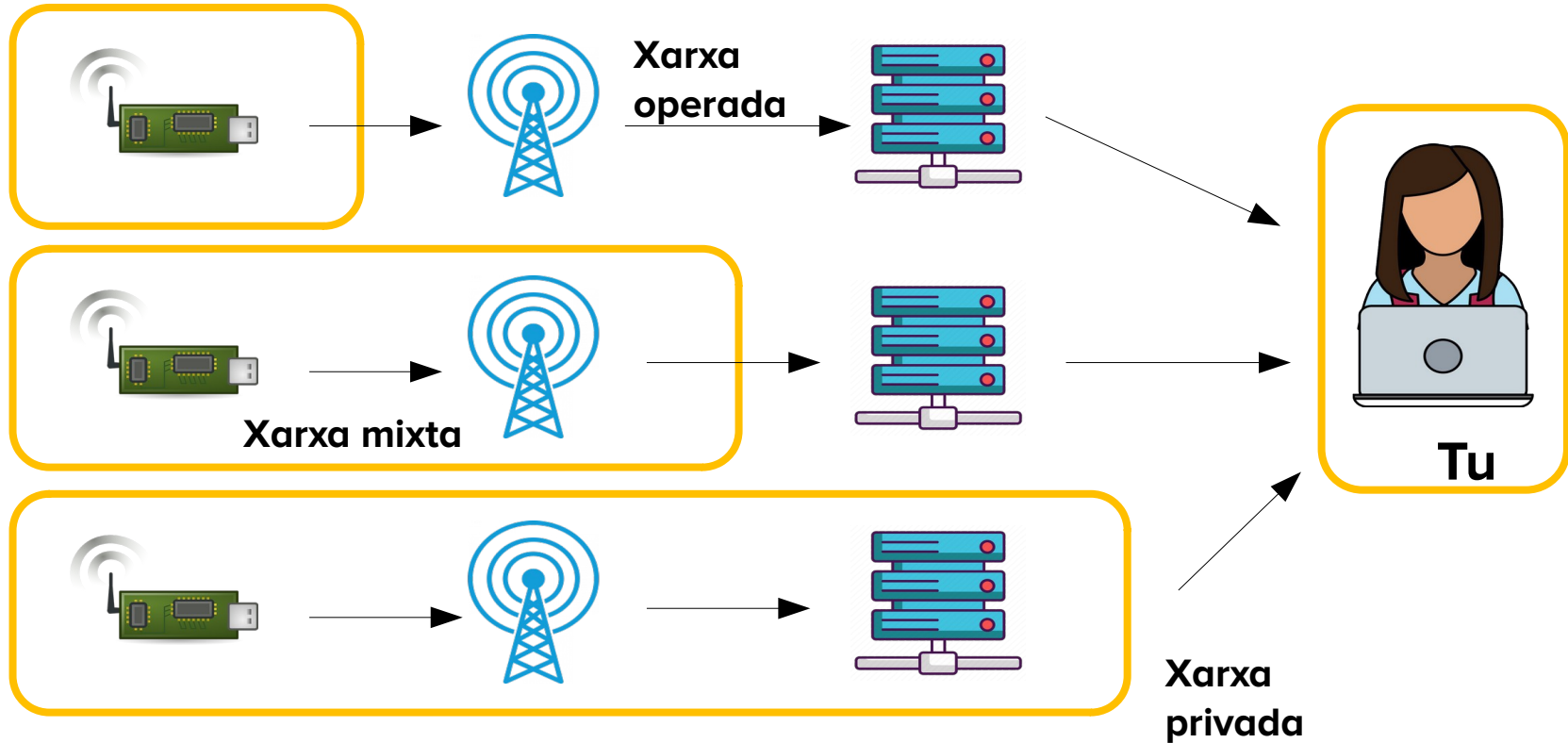
- Low Power Wide Area Networks
- Baix consum
 - Dispositius autònoms
- Llarg abast
 - Un receptor dona servei a una àmplia zona
 - 2km en entorns urbans
 - 10km en entorns rurals
- Ample de banda
 - Poc missatges al dia
 - Poca informació per missatge
 - Bidireccional i simetria
 - Orientat a telemetria



Arquitectura de xarxa



Models de xarxa



Governança



THE THINGS
INDUSTRIES



THE THINGS
NETWORK

Comparativa

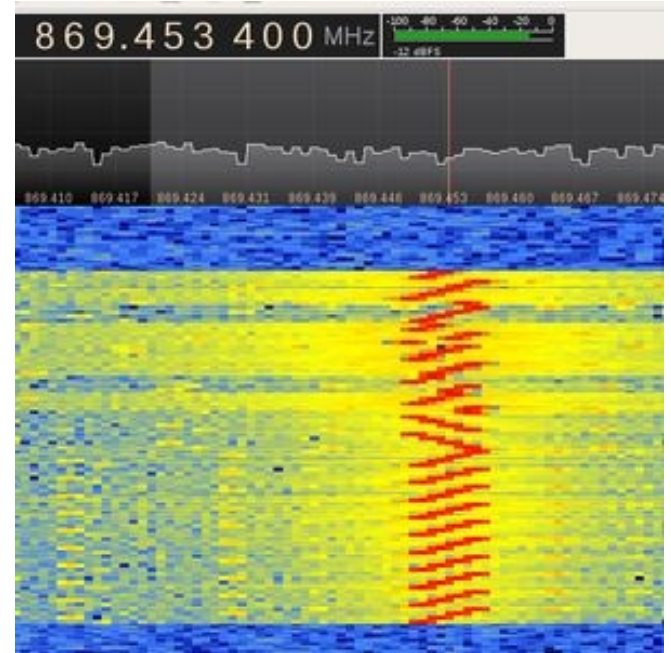
					
Eficiència energètica	Baixa	Alta	Alta	Alta	Mitja / alta
Rang	Curt	Llarg	Llarg	Llarg	Mitjà
Encriptació	AES256	AES128 (NW/APP)	AES128	AES128/Custom	Custom
Ample de banda	50-1000Mbps	250-11000bps	10-1000bps	2400-9600kbps	20-250kbps
Desplegament	Ubicu	Dispers	Ciutats i vies	Algunes ciutats	Pilots
Modulació	CCK / PSK / QAM	Wide band CSS (chip lock-in)	Narrow band BPSK	Narrow band FSK	DMA narrow band
Banda	2.4 – 5 GHz	868 MHz	868 MHz	169 MHz	700 MHz – 2.2 GHz
Model de negoci	Xarxa privada	Xarxa privada	Xarxa operada	Xarxa privada	Xarxa operada
Cost de la infraestructura	< 100€	200-1000€	?	~ 2000€	Car

LoRa / LoRaWAN

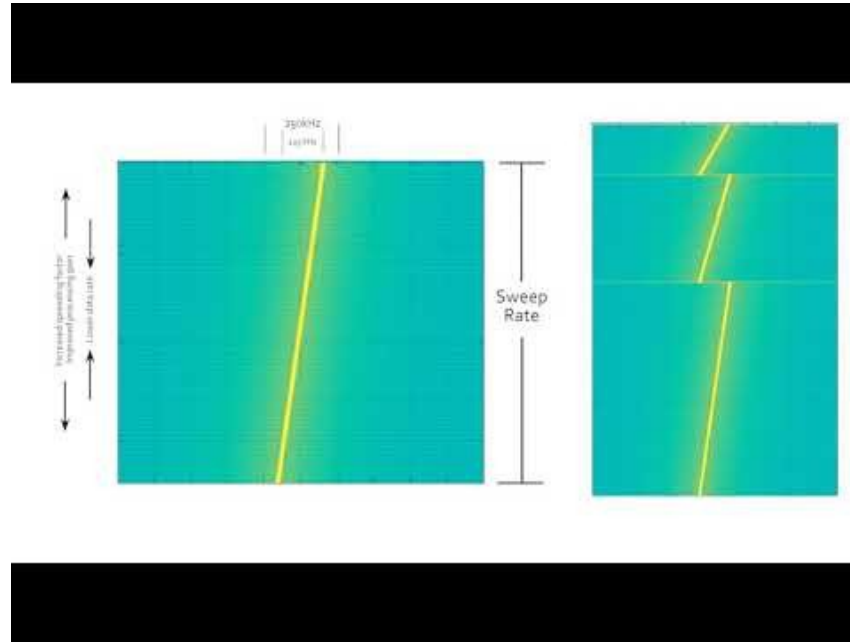
Modulació LoRa

- Modulació propietària de Semtech des de 2012 (chip lock-in)
- PHY - OSI layer 1
- Tecnologia Spread Spectrum (derivada de Chirp Spread Spectrum, CSS)
- El nivell de dispersió es defineix amb l'*spreading factor*
- Presenta una gran immunitat a interferències de banda estreta o soroll al canal
- Balanç de l'enllaç (*link budget*) màxim de 168dB
- ~800km teòrics en atmòsfera (LOS), el rècord està en 702km fent servir un globus aerostàtic
- Funcional amb SNR de fins a -20dB
- Hi ha implementacions en diferents bandes: 169MHz, 433MHz, 868MHz, 915MHz, 2.4GHz,...

AN1200-22 Semtech LoRa Modulation Basics
(<https://www.semtech.com/uploads/documents/an1200.22.pdf>)



Modulació LoRa



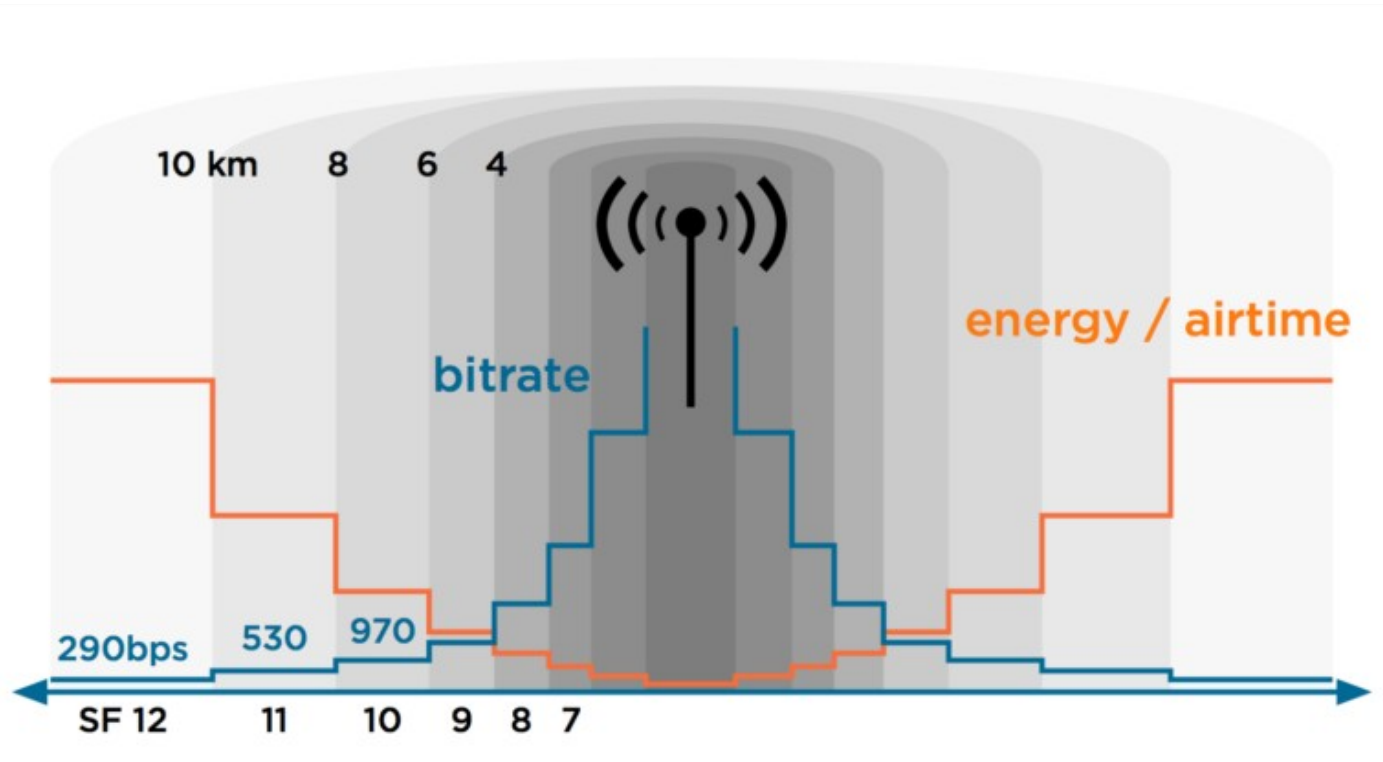
<https://www.youtube.com/watch?v=dxYY097QNs0>

Spread Factor (SF)

LoRa Spreading Factors (125kHz bw)

Spreading Factor	Chips/symbol	SNR limit	Time-on-air (10 byte packet)	Bitrate
7	128	-7.5	56 ms	5469 bps
8	256	-10	103 ms	3125 bps
9	512	-12.5	205 ms	1758 bps
10	1024	-15	371 ms	977 bps
11	2048	-17.5	741 ms	537 bps
12	4096	-20	1483 ms	293 bps

Spread Factor (SF)



LoRaWAN

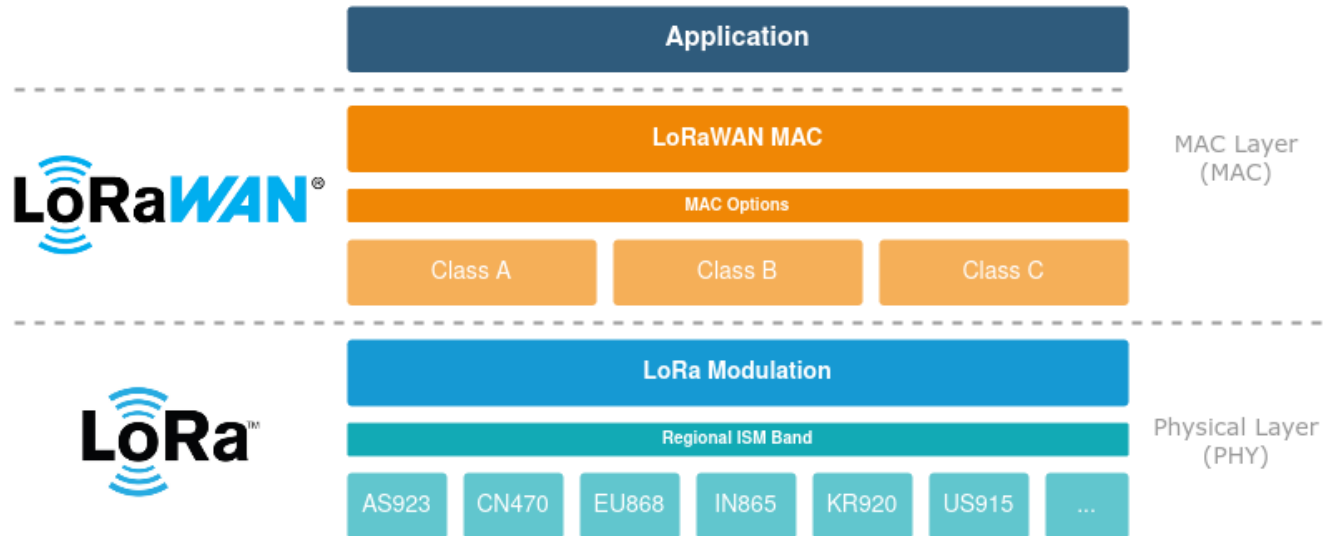
- v1.0 al 2015, actualment v1.0.3 i v1.1.0
- LoRa Alliance (+500 membres)
- Internet de les Coses (IoT)
- Long Range / Low Power / Low Bandwidth
- 0.3 a 50kbps
- Payload màxim de 222 bytes a SF7
- MAC - OSI layer 2 i 3
- Banda ISM sense llicència (868 MHz a Europa)
- Entre 1.000 i 10.000 nodes per passarel·la
- Adaptive Data Rate (ADR)
- AES CCM
- Topologia en estrella



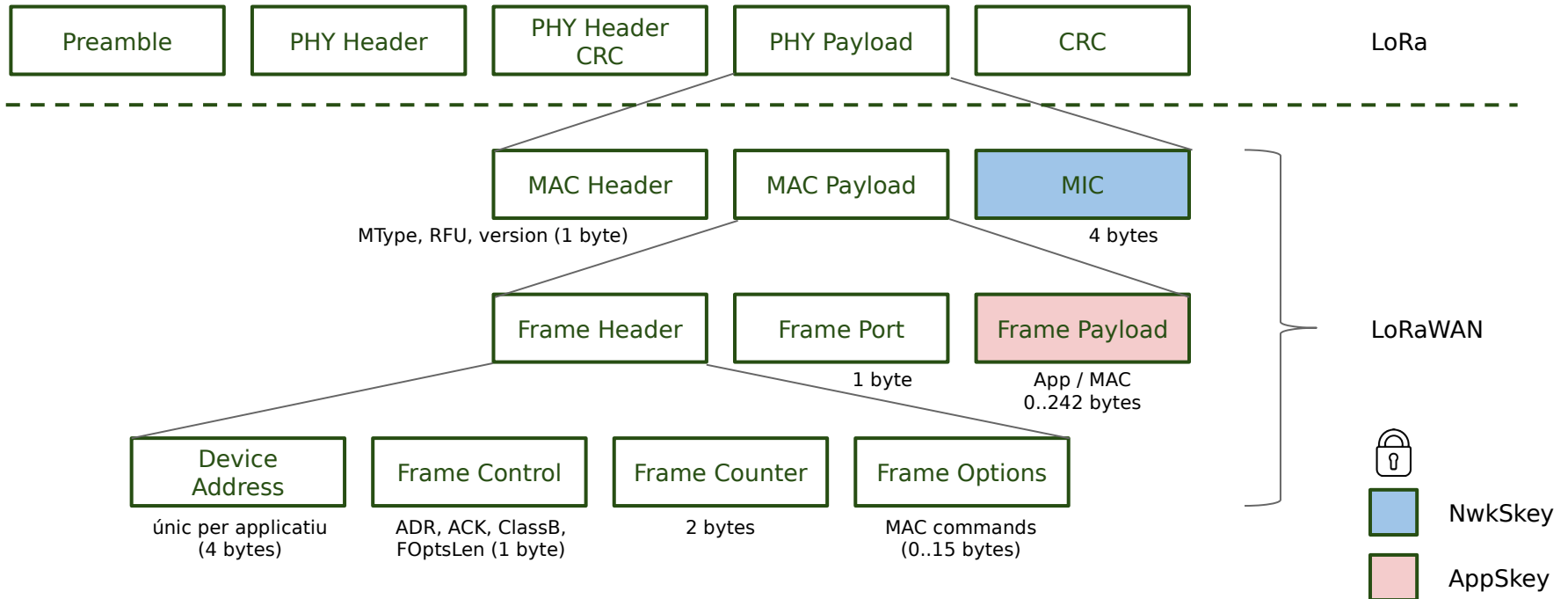
LoRaWAN

LoRa és una modulació de radio específicament dissenyada per **comunicacions punt a punt de llarg abast fent servir poca potència de transmissió**.

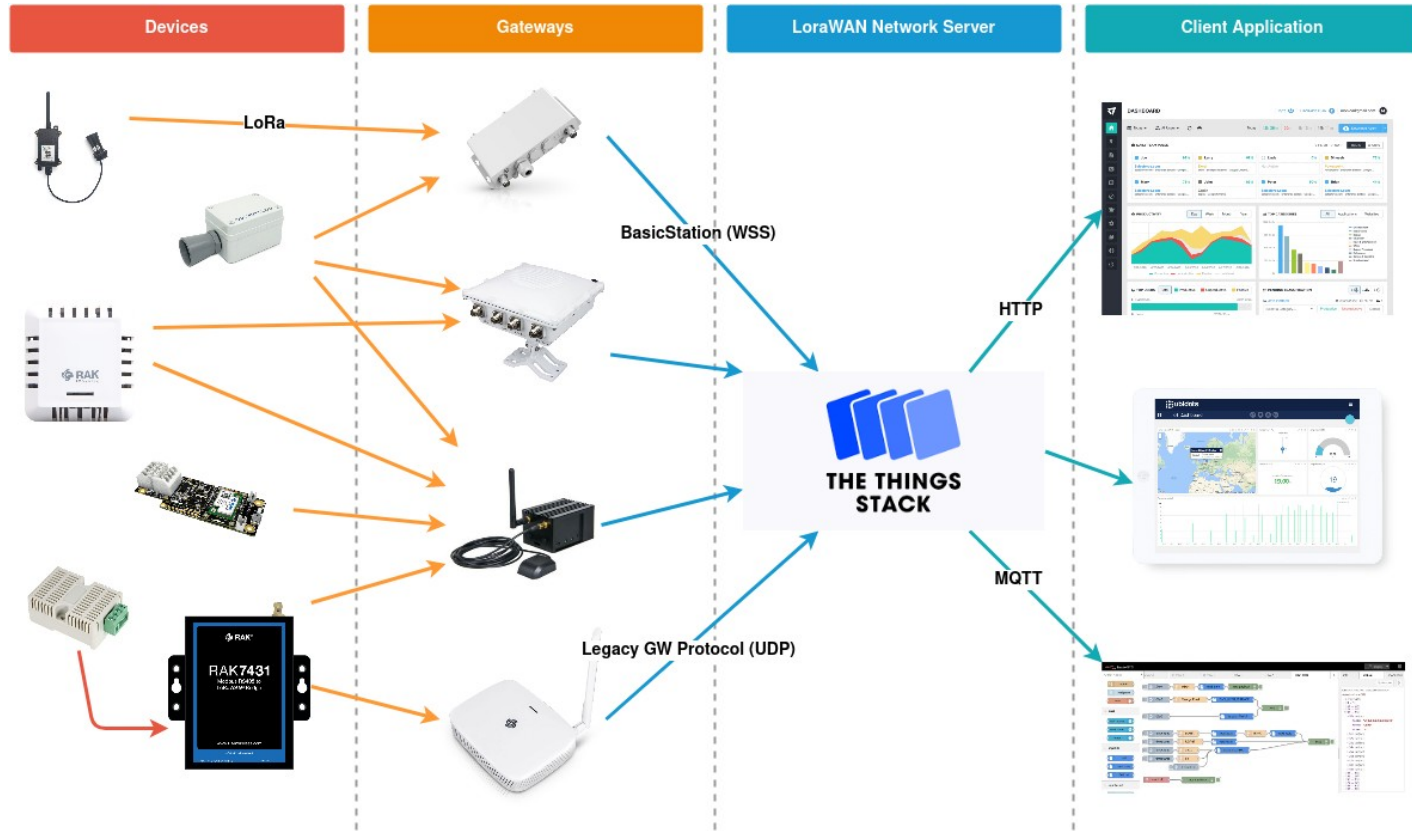
LoRaWAN és protocol de capa d'accés (Media Access Layer, MAC). Una capa de programari que defineix com els dispositius poden **fer servir LoRa per transmetre i rebre missatges en una xarxa**.



Format del missatge



Arquitectura



The Things Network

Amsterdam 2015



CONSOLE
COMMUNITY EDITION

Applications Gateways xoseperez

Applications > ttn-cat-taller

Overview Devices Payload Formats Integrations Data Settings

APPLICATION OVERVIEW

Application ID [documentation](#)
ttn-cat-taller

Description
Aplicatiu de test per els tallers de TTN.cat

Created
2 days ago

Handler
ttn-handler-eu (current handler)

APPLICATION EUIS

[manage euis](#)

< > 76 B3 05 7E D0 00 9F 0C

DEVICES

[register device](#) [manage devices](#)

1 registered device

ACCESS KEYS

[manage keys](#)

default key [devices](#) [messages](#)

base04

You are the network. Let's build this thing together — The Things Network

CONSOLE COMMUNITY EDITION

all categories Latest New (4) Unread (31) Top Categories [+ New Topic](#)

Topic	Category	Users	Replies	Views	Activity
The amateur radio corner	Gateways	4	63	2.8k	22m
Lorawan vehicle tracker	Hardware	4	14	5.2k	2h
The BARGAIN basement part 4	Hardware	4	207	8.8k	2h
Dosen't connect to LoRa lot STATION Kerlink		1	0	15	3h
The LIBRARY basement part 6		4	569	5.2k	3h
The WORKBENCH part 2	Hardware	4	118	3.4k	3h
Big noise on 145 MHz Hamradio Band	Raspberry PI Gateway	2	10	39	4h
RN2483 not joining OTAA	End Devices (Nodes)	1	0	12	4h
TAGO Q + A topic		4	26	598	4h
Can't register Gateway - EU1 is still in use	Gateways	4	35	1.3k	6h
TTN GATEWAY central 2	The Things Gateway	4	320	12.0k	10h
ACK transmission for confirmed frames	The Things Gateway	1	0	18	14h

Desplegament

152

països

177.5k

col·laboradors

20.5k

passarel·les

55.5M

missatges/dia

Dades de thethingsnetwork.org
Consultades el 2022-09-30

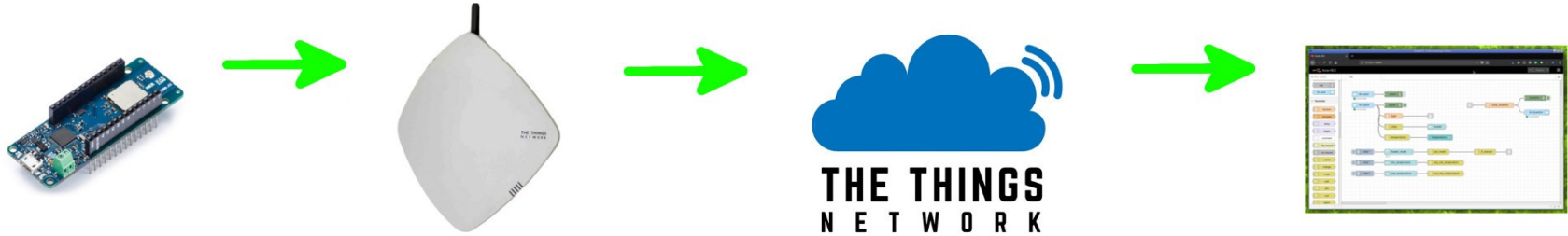


Missatges de pujada

Els missatges s'envien per ràdio (LoRa) del node a la passarel·la (gateway).

La passarel·la l'únic que fa és "traduir" el missatge d'un protocol a un altre, i l'envia per Internet al Servidor de Xarxa

El servidor fa moltes coses, però el més important és que encamina els missatges cap a l'aplicatiu final



Comunicació encriptada
2-10km
30s/dia de TOA (Time On Air)
46ms-3s TOA/missatge
10-650 missatges/dia
Baix consum

Comunicació encriptada
UDP/MQTT(S)/WSS
Moltes de les passarel·les de
TTNcat fan servir la xarxa
Guifi.net per sortir a Internet

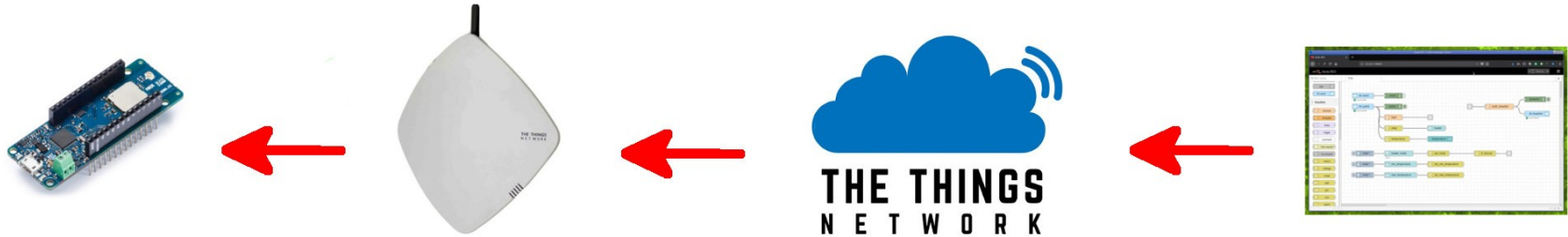
Comunicació encriptada
L'aplicatiu de destí es configura a TTN
Integracions amb diferents serveis
MQTT

Missatges de baixada

La passarel·la fa servir la mateixa sessió oberta per el dispositiu per enviar-li la resposta

El servidor de xarxa envia el missatge encuat en rebre una comunicació del dispositiu (després d'un uplink)

L'aplicatiu pot **encuar** un missatge per un dispositiu

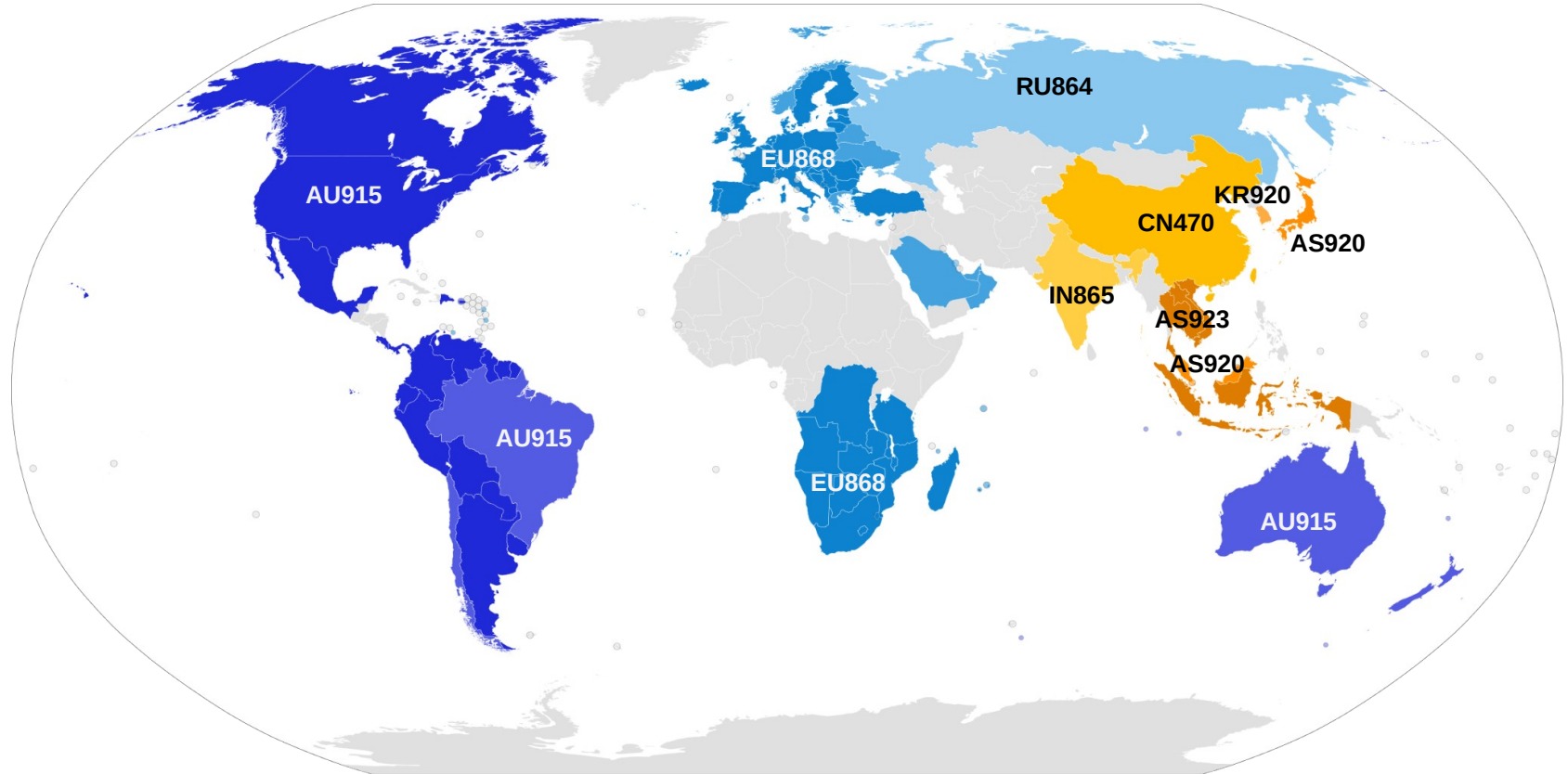


Comunicació encriptada
Màxim de 10 missatges al dia, incloent-hi els ACK!

Comunicació encriptada
El missatge a la passarel·la no s'envia en el mateix moment
Quan una passarel·la comunica un missatge del dispositiu destí se li envia la resposta
No és temps real!

Comunicació encriptada
L'aplicatiu pot enviar un missatge en qualsevol moment MQTT

Freqüències regionals TTN



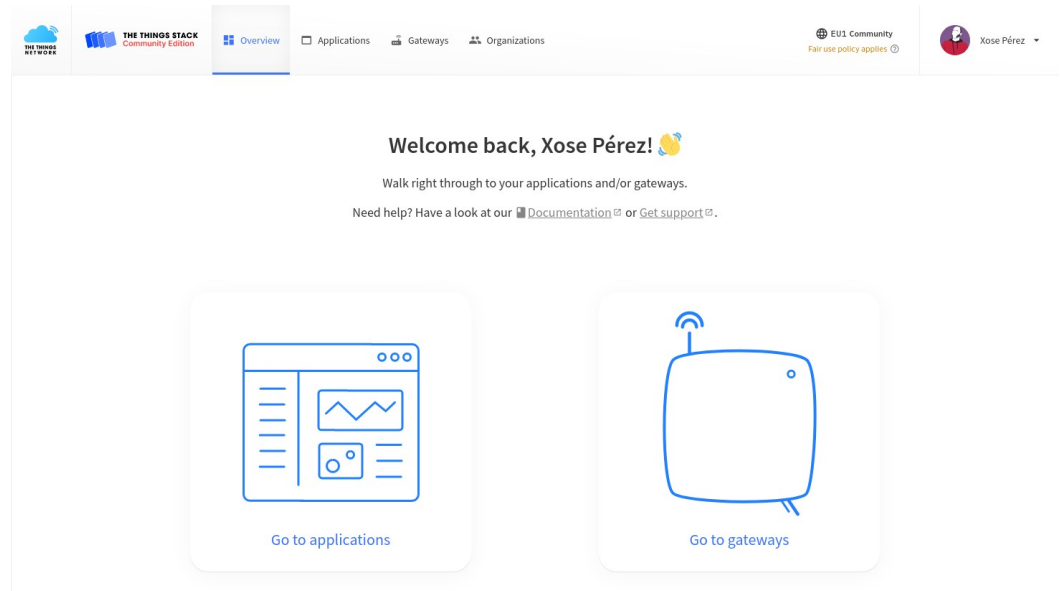
Anem per feina

Consola TTN

Donar-se d'alta a la versió «The Things Stack Community Edition» de The Things Network és gratuït. Visitant

<https://eu1.console.cloud.thethings.network>

Podem crear el nostre compte i accedir a la «consola» de gestió en línia, des d'on podrem gestionar els nostres dispositius (agrupats en «aplicacions») i les nostres passarel·les.

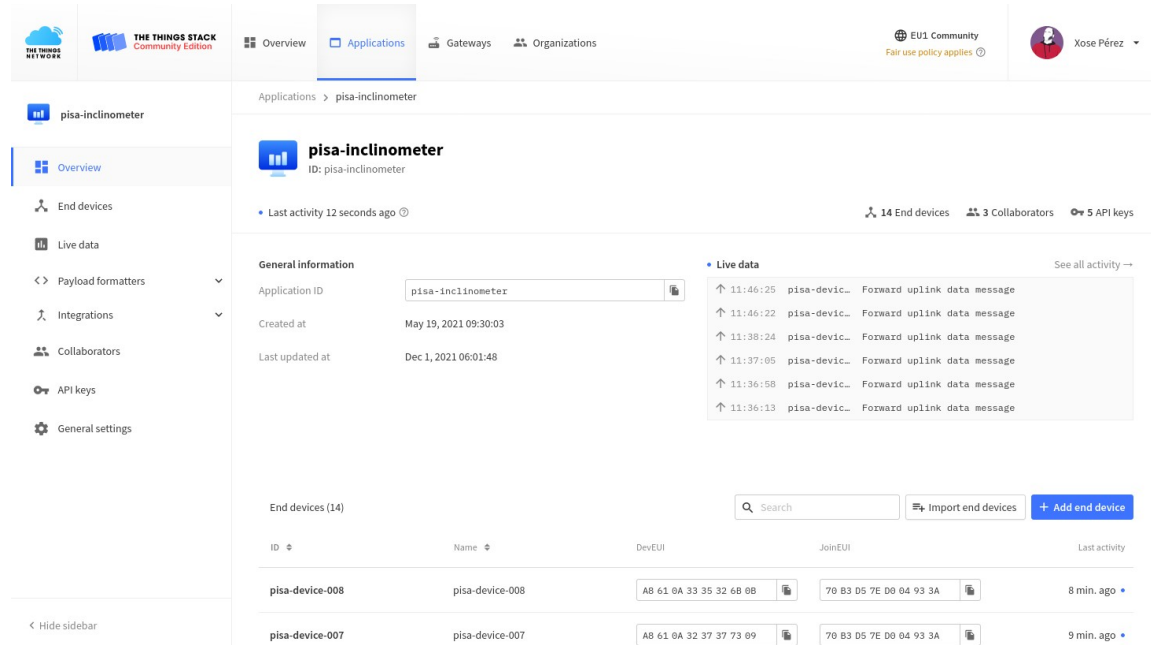


The screenshot shows the TTN console interface. At the top, there is a navigation bar with the TTN logo, 'THE THINGS STACK Community Edition', and menu items for 'Overview', 'Applications', 'Gateways', and 'Organizations'. On the right, it displays 'EU1 Community Fair use policy applies' and a user profile for 'Xose Pérez'. The main content area features a welcome message: 'Welcome back, Xose Pérez!' with a smiley face icon. Below this, it says 'Walk right through to your applications and/or gateways.' and provides links for 'Documentation' and 'Get support'. At the bottom, there are two large, rounded rectangular buttons: 'Go to applications' with a dashboard icon and 'Go to gateways' with a gateway device icon.

Aplicatius

Una aplicació a la consola (o a un application server) és només una agregació lògica de dispositius. Permet:

- Definir quins dispositius hi pertanyen
- Decodificació de payloads
- Integracions amb tercers
- Debug de missatges
- Claus d'accés via API



The screenshot displays the 'pisa-inclinometer' application page in the Viladecans console. The interface includes a sidebar with navigation options: Overview, End devices, Live data, Payload formatters, Integrations, Collaborators, API keys, and General settings. The main content area shows the application's general information, a live data feed of uplink messages, and a table of 14 end devices.

General information

Application ID	pisa-inclinometer
Created at	May 19, 2021 09:30:03
Last updated at	Dec 1, 2021 06:01:48

Live data

- 11:46:25 pisa-devic... Forward uplink data message
- 11:46:22 pisa-devic... Forward uplink data message
- 11:38:24 pisa-devic... Forward uplink data message
- 11:37:05 pisa-devic... Forward uplink data message
- 11:36:58 pisa-devic... Forward uplink data message
- 11:36:13 pisa-devic... Forward uplink data message

End devices (14)

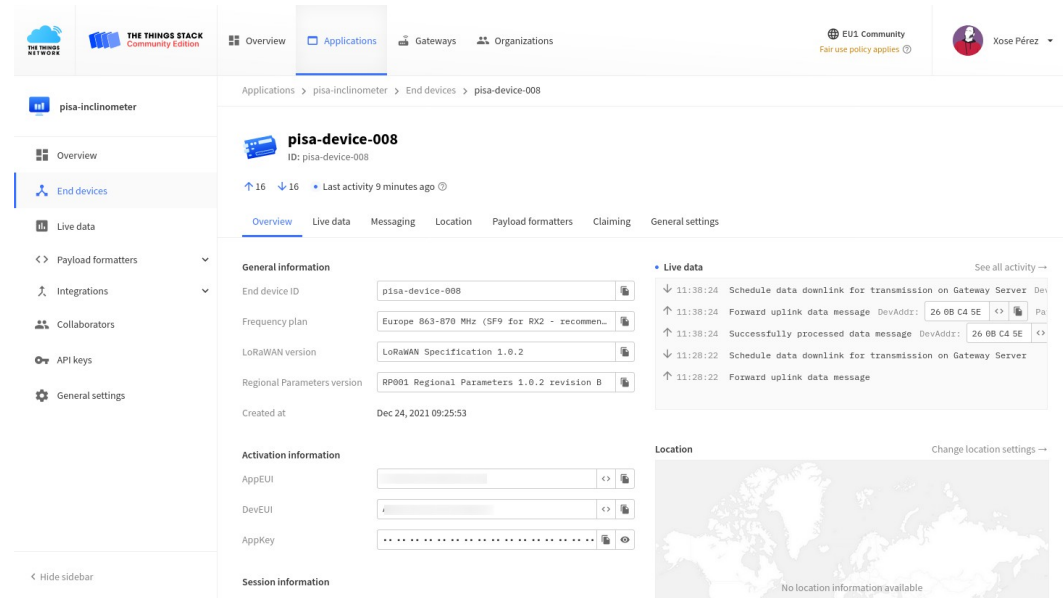
ID	Name	DevEUI	JoinEUI	Last activity
pisa-device-008	pisa-device-008	A8 61 0A 33 35 32 68 08	70 B3 D5 7E 00 04 93 3A	8 min. ago
pisa-device-007	pisa-device-007	A8 61 0A 32 37 73 09	70 B3 D5 7E 00 04 93 3A	9 min. ago

Configuració de dispositius

Cada dispositiu té unes claus per accedir a la xarxa (**network session key**) i connectar-se amb un aplicatiu (**application session key**).

Aquestes claus es poden gravar al firmware (**ABP, Activation by Personalisation**) o negociar-se en el moment de fer el *join* (**OTAA, Over the Air Activation**).

Amb OTAA el dispositiu caldrà estar donat d'alta a l'aplicatiu (**Device EUI**).



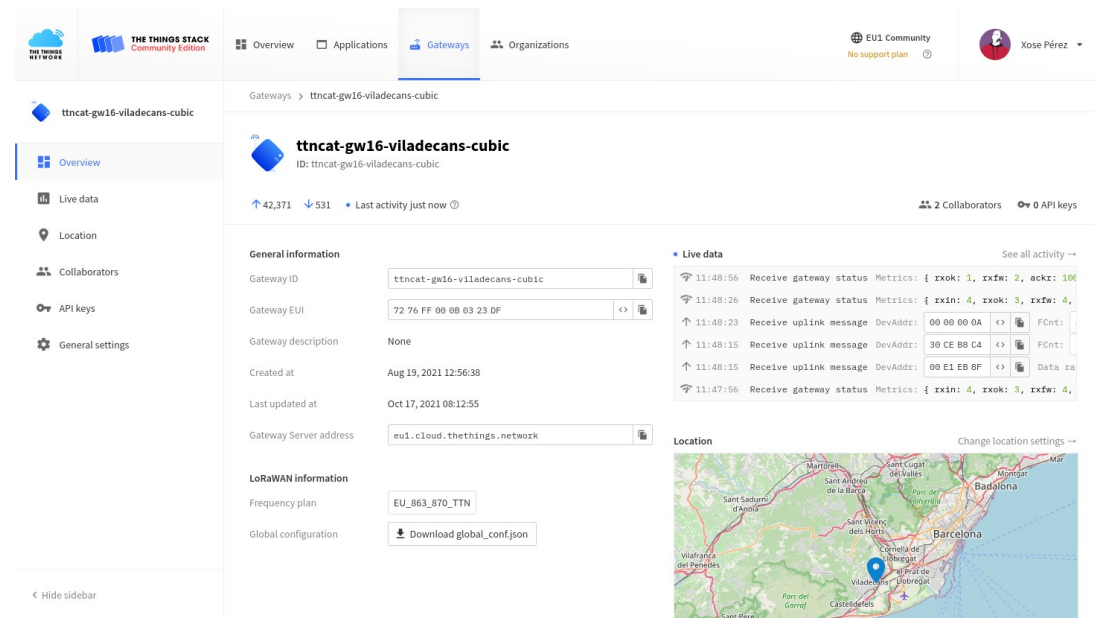
The screenshot shows the 'Applications' page in the Things Stack interface. The left sidebar contains navigation options: Overview, End devices, Live data, Payload formatters, Integrations, Collaborators, API keys, and General settings. The main content area displays details for the application 'pisa-device-008' (ID: pisa-device-008), which has 16 active devices and last activity 9 minutes ago. The 'General information' section includes fields for End device ID, Frequency plan (Europe 863-870 MHz), LoRaWAN version (LoRaWAN Specification 1.0.2), and Regional Parameters version (RP001 Regional Parameters 1.0.2 revision B). The 'Activation information' section shows fields for AppEUI, DevEUI, and AppKey. The 'Live data' section displays a log of events, such as 'Schedule data downlink for transmission on Gateway Server' and 'Forward uplink data message'. The 'Location' section shows a map with the text 'No location information available'.

Gestió de passarel·les

Cada dispositiu té unes claus per accedir a la xarxa (**network session key**) i connectar-se amb un aplicatiu (**application session key**).

Aquestes claus es poden gravar al firmware (**ABP, Activation by Personalisation**) o negociar-se en el moment de fer el *join* (**OTAA, Over the Air Activation**).

Amb OTAA el dispositiu caldrà estar donat d'alta a l'aplicatiu (**Device EUI**).



The screenshot displays the Things Stack Community Edition interface for a specific gateway. The main content area is titled "ttncat-gw16-viladecans-cubic" and shows various configuration details:

- General information:** Gateway ID (ttncat-gw16-viladecans-cubic), Gateway EUI (72 76 FF 00 08 03 23 DF), Gateway description (None), Created at (Aug 19, 2021 12:56:38), Last updated at (Oct 17, 2021 08:12:55), and Gateway Server address (eu1.cloud.thethings.network).
- LoRAWAN information:** Frequency plan (EU_863_870_TTN) and a button to download the global configuration file.
- Live data:** A table showing recent gateway status and uplink messages with metrics like rxok, rxfw, and ackr.
- Location:** A map showing the gateway's location near Viladecans, Barcelona.

The interface also includes a sidebar with navigation options like Overview, Live data, Location, Collaborators, API keys, and General settings. The top navigation bar shows the user is logged in as Xose Pérez.