

LoRaWAN su infrastruttura
The Things Network
per il monitoraggio ambientale

Bologna, 20180613

Alessandro Romagnoli, Paolo Patruno
<http://www.raspibo.org>

Chi sono

Alessandro Romagnoli

Sistemista linux

Telefonia su ip

Lorawan Accademy

www.raspibo.org

info@romagnoli.cc

Agenda

Tecnologia su cui si basa la sperimentazione presentata:

- IoT
 - Internet delle cose
 - Tecnologie Wireless
 - LpWAN
- LORA
- LORAWAN
- The Things Network
- Casi reali

Agenda

Tecnologia su cui si basa la sperimentazione presentata:

- IoT
 - Internet delle cose
 - Tecnologie Wireless
 - LpWAN
- LORA
- LORAWAN
- The Things Network
- Casi reali

IoT: Internet delle cose

“Internet of Things”:

UN SISTEMA NEL QUALE GLI OGGETTI DEL MONDO REALE SONO CONNESSI AD INTERNET

1999 - Kevin Ashton



Kevin Ashton, fondatore degli Auto-ID Labs (RFID), il primo ad usare il termine “Internet of Things”

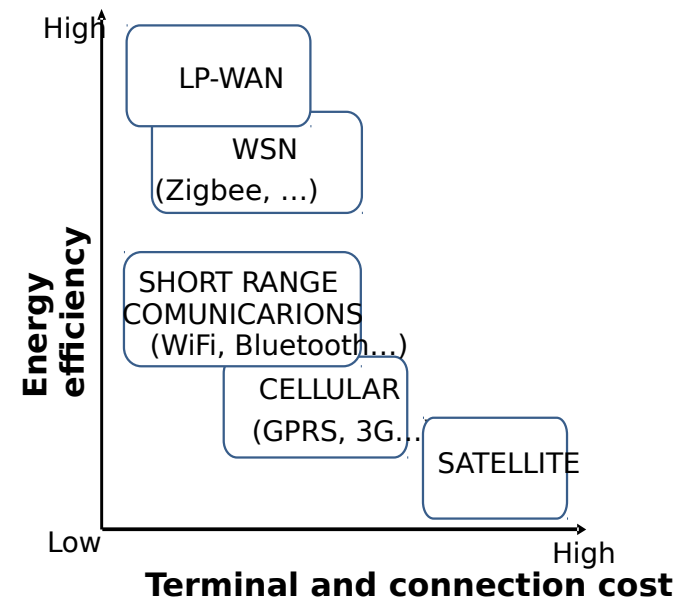
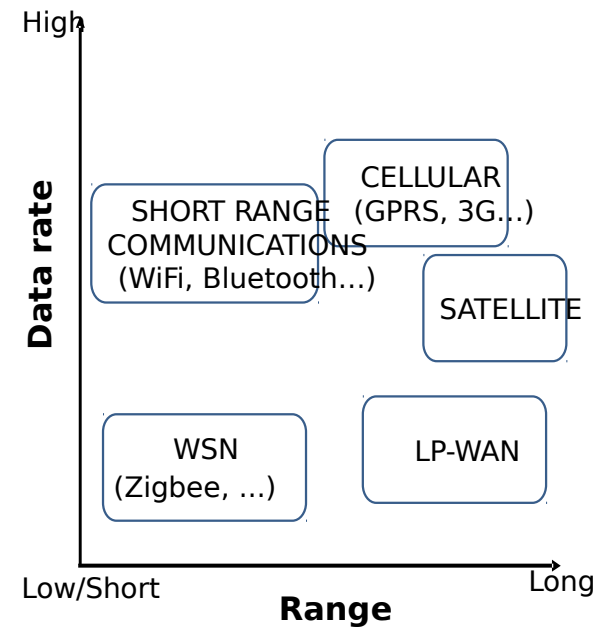
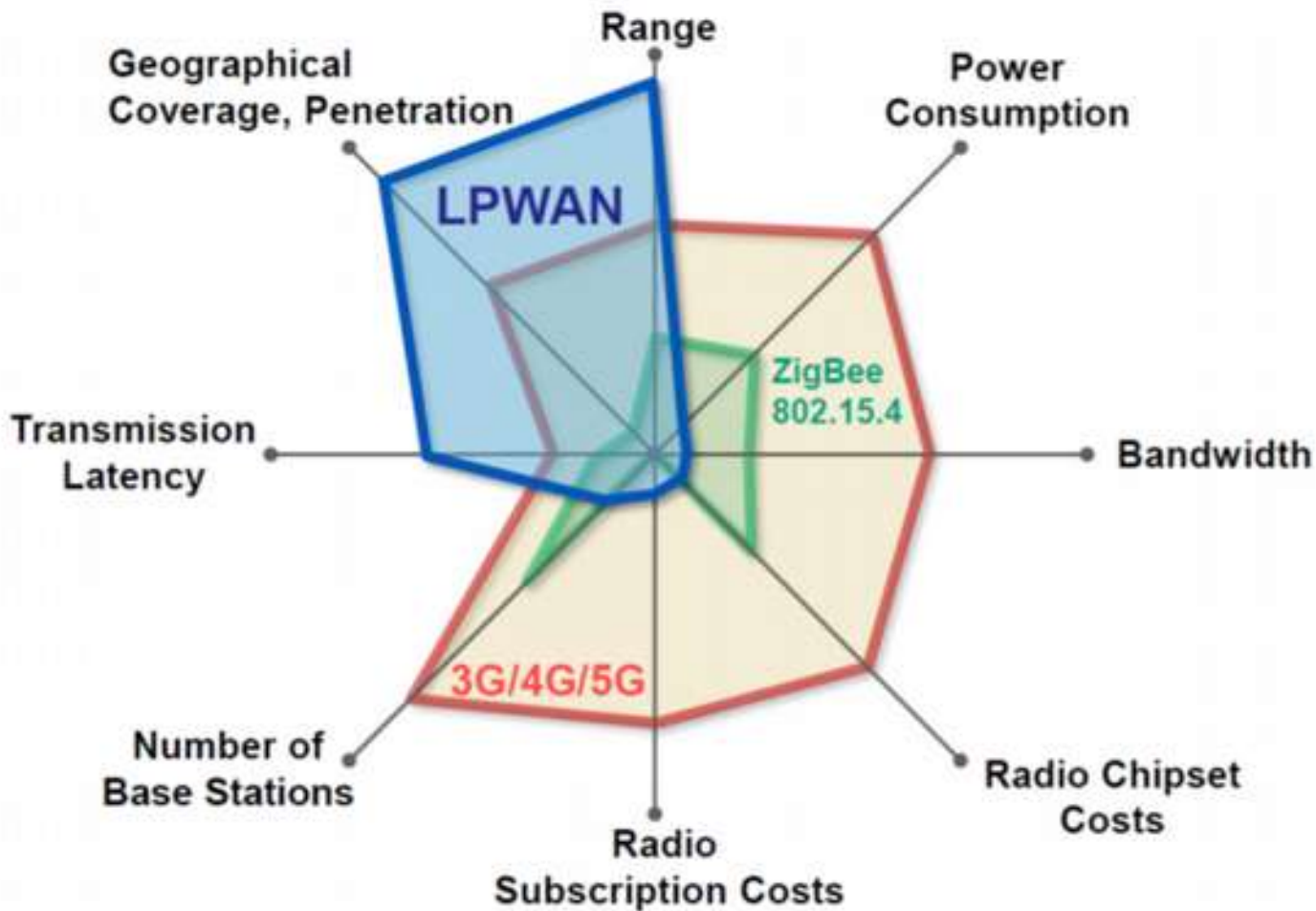


Durante una conferenza nel **1999** presso la P&G, partendo dall’osservazione che alla fine del secolo scorso i 50 petabyte di dati che formavano l’intero contenuto di Internet erano stati creati dall’uomo, Ashton si chiese cosa sarebbe successo se i computer fossero stati in grado di interagire con il mondo reale, ottenendo su questo tutte le informazioni necessarie per descriverlo **senza l’intervento dell’uomo**: nuova rivoluzione tecnologica.

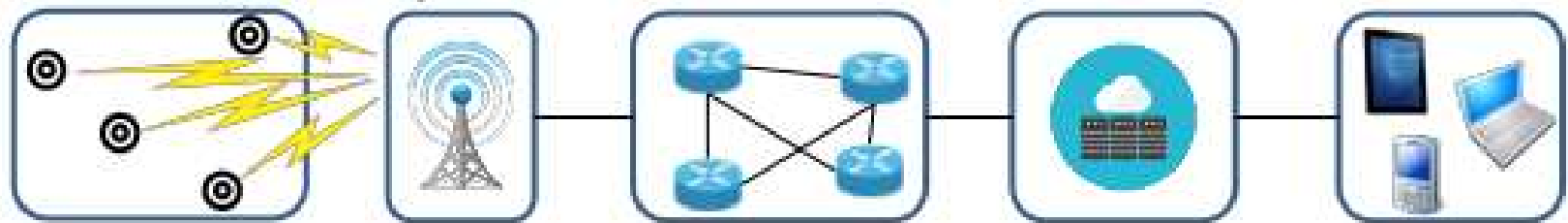


Con il termine IoT si intendono tutte quelle **tecnologie** che permettono ad un qualunque oggetto di connettersi ad una **rete dati** e di raccogliere e scambiare **informazioni sul modo reale**, il tutto grazie a sensori e tecnologie di comunicazione.

IoT: technologie Wireless



Low-Power Wide-Area Network



 LinkLabs

 LoRa™


sigfox

 NB-IoT

 lte

IoT: LP-WAN

2/2

	Sigfox	LoRaWAN	NB-IoT
Modulazione	BPSK	CCS	QPSK
Frequenza	Banda libera 868 Mhz EU 915 Mhz USA 433 Mhz Asia	Banda libera 868 Mhz EU 915 Mhz USA 433 Mhz Asia	Banda licenziata LTE
Larghezza di Banda	100 Hz	250 kHz – 125 KHz	200 KHz
Data rate massimo	100 bps	50 kbps	200 kbps
Bidirezionale	Limitato /Half duplex	Si /Half Duplex	Si /HalfDuplex
Max messaggqeDay	140	Illimitati	Illimitati
Range	10 km area urbana 40 km area rurale	5 km area urbana 20 km area rurale	1 km area urbana 10 km area urbana
Immunità interefer.	Molto alta	Molto alta	Bassa
Auth & Enc,	no	si	no
Adaptive data rate	no	si	no
Localizzazione	si	si	no
Reti private	no	si	no
Standardizzazione	Sigfox company	LoRa-Alliance	3GPP

Agenda

Tecnologia su cui si basa la sperimentazione presentata:

- IoT
 - Internet delle cose
 - Tecnologie Wireless
 - LpWAN
- **LORA**
- LORAWAN
- The Things Network
- Casi reali

- uno **strato fisico** utilizzato per creare link di comunicazione a lunga distanza,
- una **tecnologia di modulazione proprietaria** della Semtech Corporation.



LORA: Caratteristiche

2/2

- **MODULAZIONE** Chirp Spread Spectrum
- **FREQUENZA** libera non licenziata (UE: 868 MHz)
- **VELOCITA' TRASMISSIONE DATI** non elevata (250 – 50 Kbps)
- **LUNGHE DISTANZE** (fino a 15 Km)
- **BASSO CONSUMO** (P tipica 25mW vs cell. 1000mW)
- **RESISTENZA AL RUMORE**
- **DENSITA' APPARATI** elevata
- **ECONOMICA**

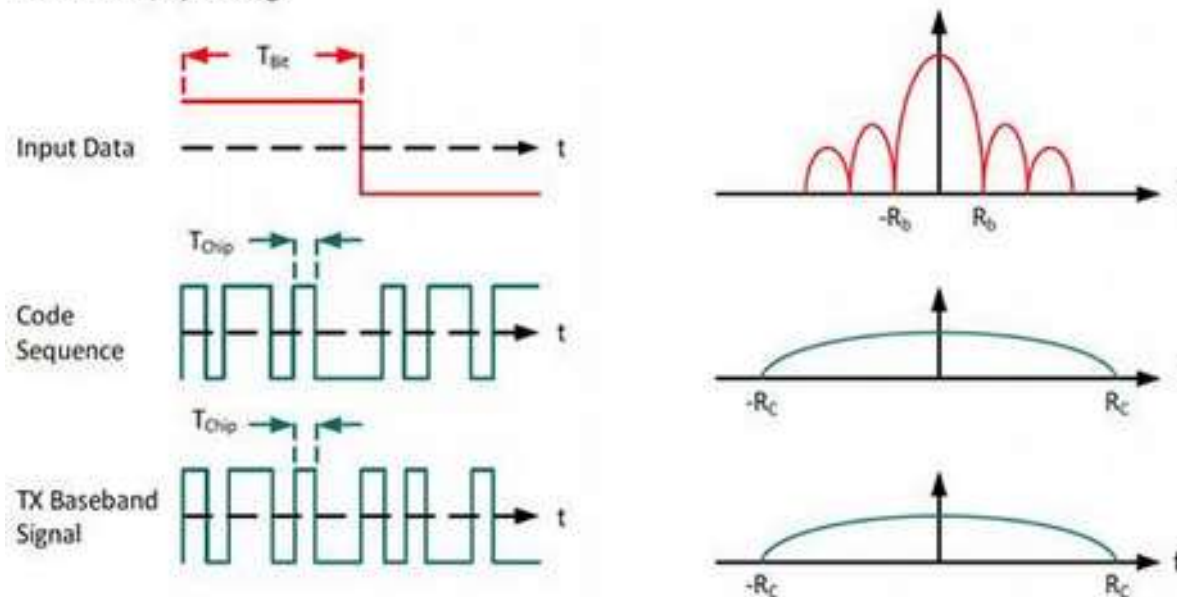
LORA: Modulazione

1/2

Teorema di Shannon : $C=B \log_2(1+S/N)$

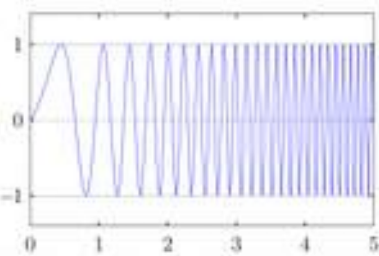
Aumentando la banda possiamo compensare il degrado del rapporto S/N

Modulation / Spreading



LORA: Modulazione

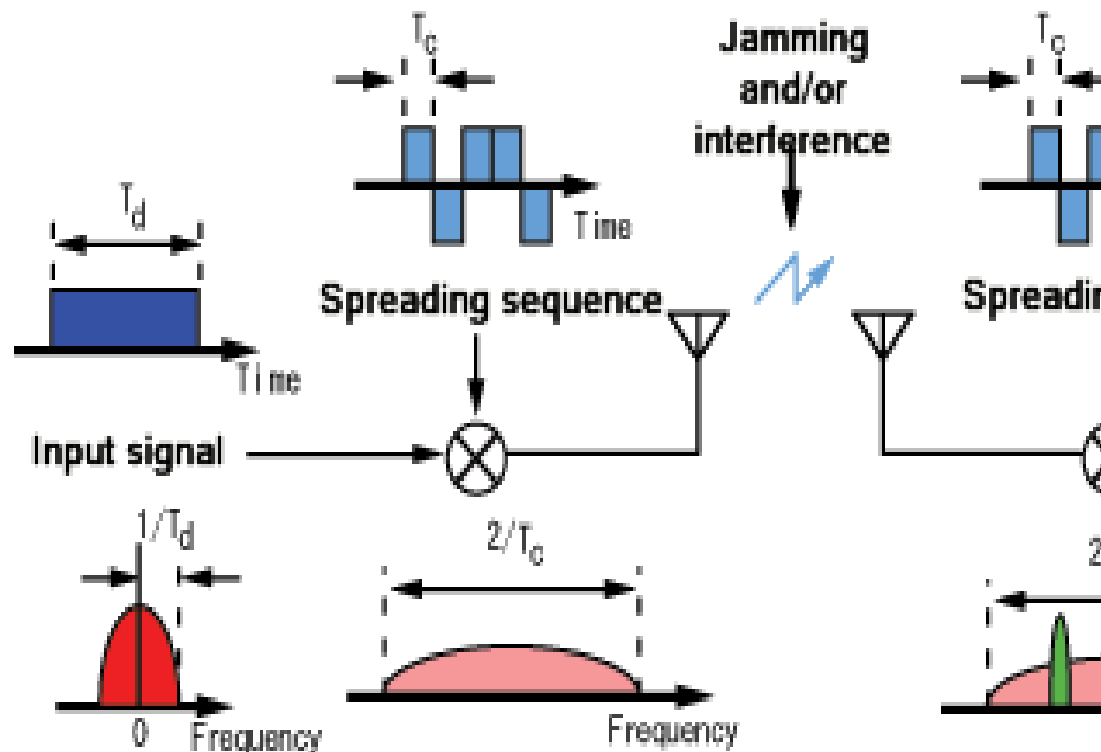
2/2



Funzione Chirp nel dominio del tempo

Usando una tecnica di trasmissione **Spread Spectrum** si usa una banda di frequenza più ampia rispetto a quanto strettamente necessario per la trasmissione di un segnale aumentando la robustezza della trasmissione.

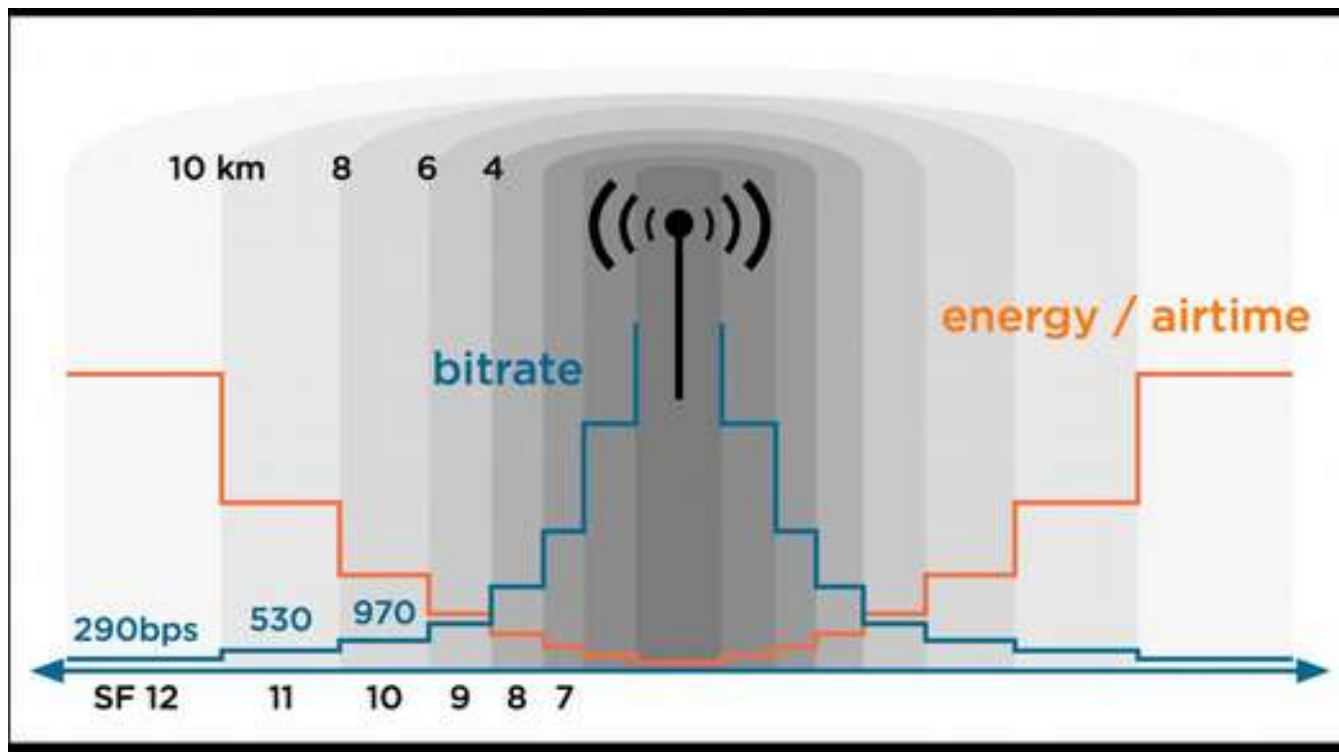
Applicando la modulazione con la tecnica **Chirp spread spectrum (CSS)**, cioè la codifica dei dati con un segnale sinusoidale con la frequenza variabile nel tempo, si trasmette il segnale di base su una banda più ampia ottenendo un aumento della resistenza al rumore.



LORA: Spreading Factor

Data una larghezza di banda il fattore di divisione, Spreading Factor (SF), **permette di regolare** la velocità in bit e la durata della trasmissione, e di conseguenza i consumi di energia:

$$R_b = SF * 1 / [2^{SF} / BW] \text{ bit/sec}$$



Agenda

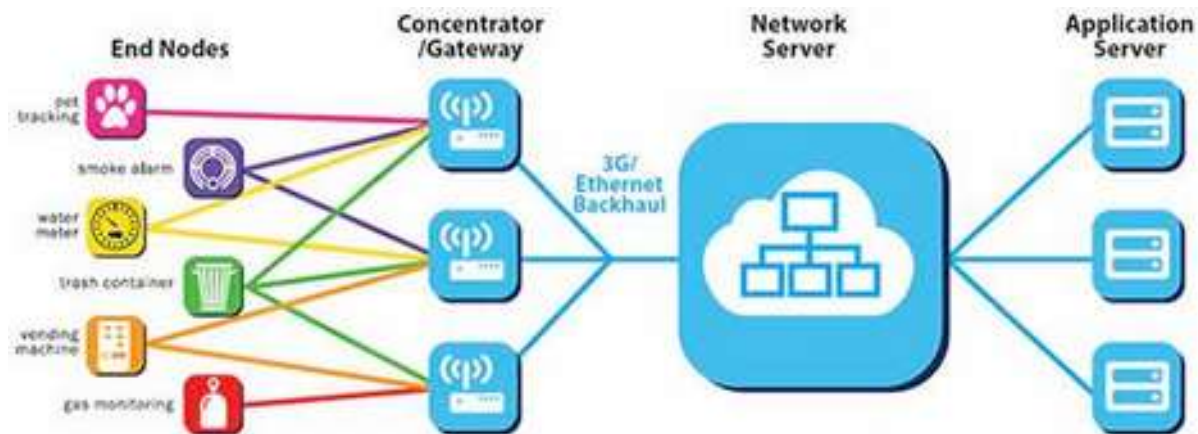
Tecnologia su cui si basa la sperimentazione presentata:

- IoT
 - Internet delle cose
 - Tecnologie Wireless
 - LpWAN
- LORA
- **LORAWAN**
- The Things Network
- Casi reali

LORAWAN

LoRaWAN è un **protocollo software** che usa LoRa come livello fisico.

L'architettura di rete LoRaWAN utilizza una **topologia a stella** in cui ciascun nodo finale comunica con più gateway che comunicano con il server di rete.

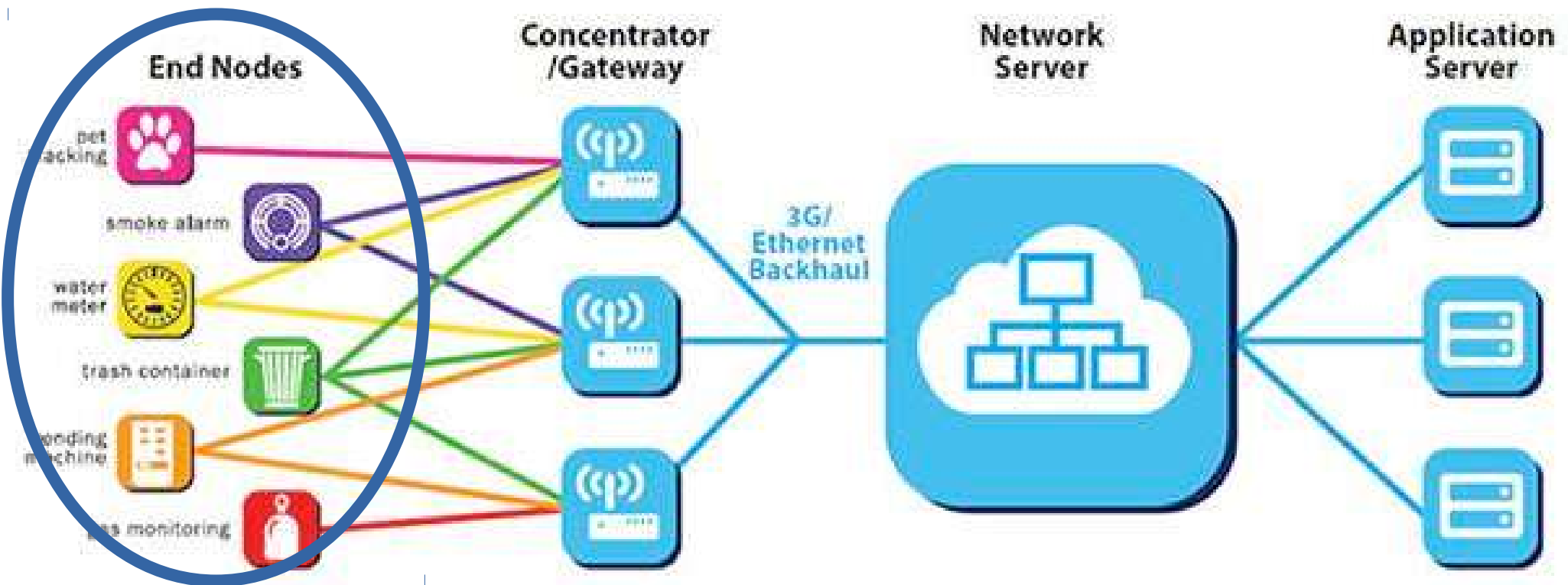


LORAWAN: Caratteristiche

- Trasmissione dati in **bande non licenziate**
 - Europa: 10 canali tra 863 e 870 Mhz
 - Usa: 64 canali tra 902 e 928 Mhz
- Limitazioni:
 - Europa: rispettare regole sul **duty cycle** della trasmissione, cioè il device può trasmettere solo per una percentuale di tempo per unità di tempo (0.1%,1%,10%)
 - USA: nessuna limitazione di duty cycle ma è limitato l'air time che non può superare i 400 ms
- Lungo raggio di **copertura** (2-3 Km area urbana, +50 Km con visuale diretta)
- Lunga **durata batteria** (anche più di un anno)
- Bassa velocità di trasmissione (da 0.3 Kbps a 50 Kbps)
- **Roaming** (dalla versione 1.1 è possibile il roaming dei nodi tra diversi network server)
- **Geolocalizzazione** (GPS-free)

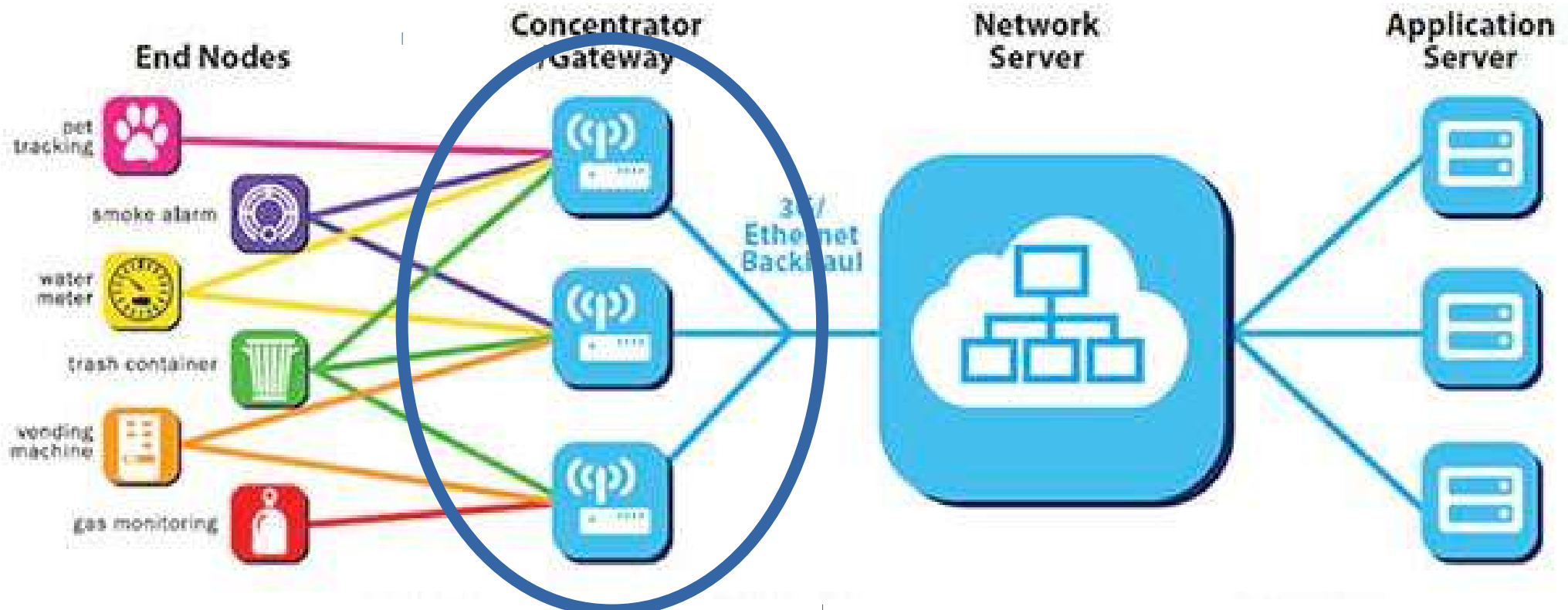
NODI

- raccolgono i dati dei sensori
- trasmettono a monte verso uno o più gateway
- ricevono dati dai gw



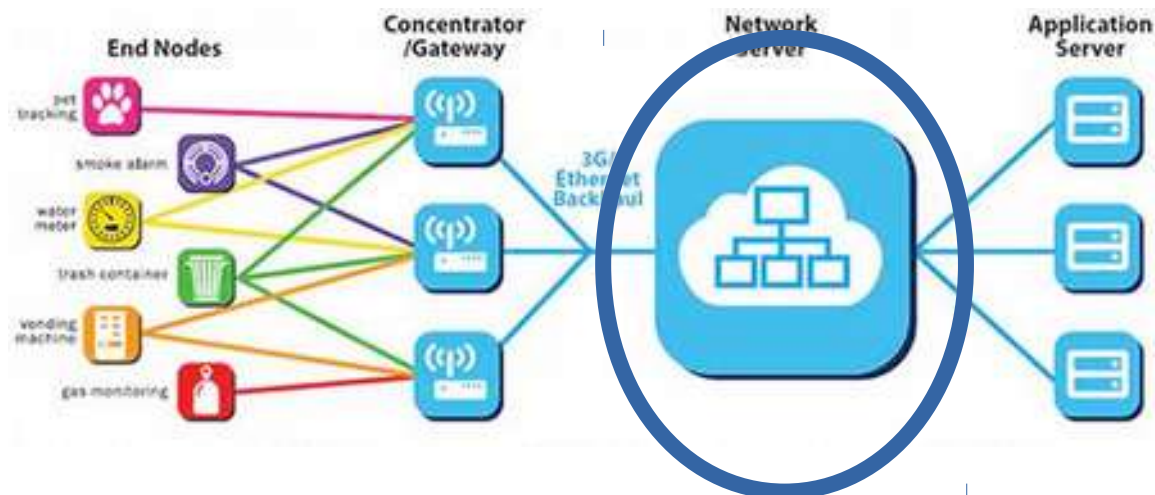
Gateway o concentratore

“ponte trasparente” trasporta i dati bidirezionali tra i nodi finali e i server a monte.



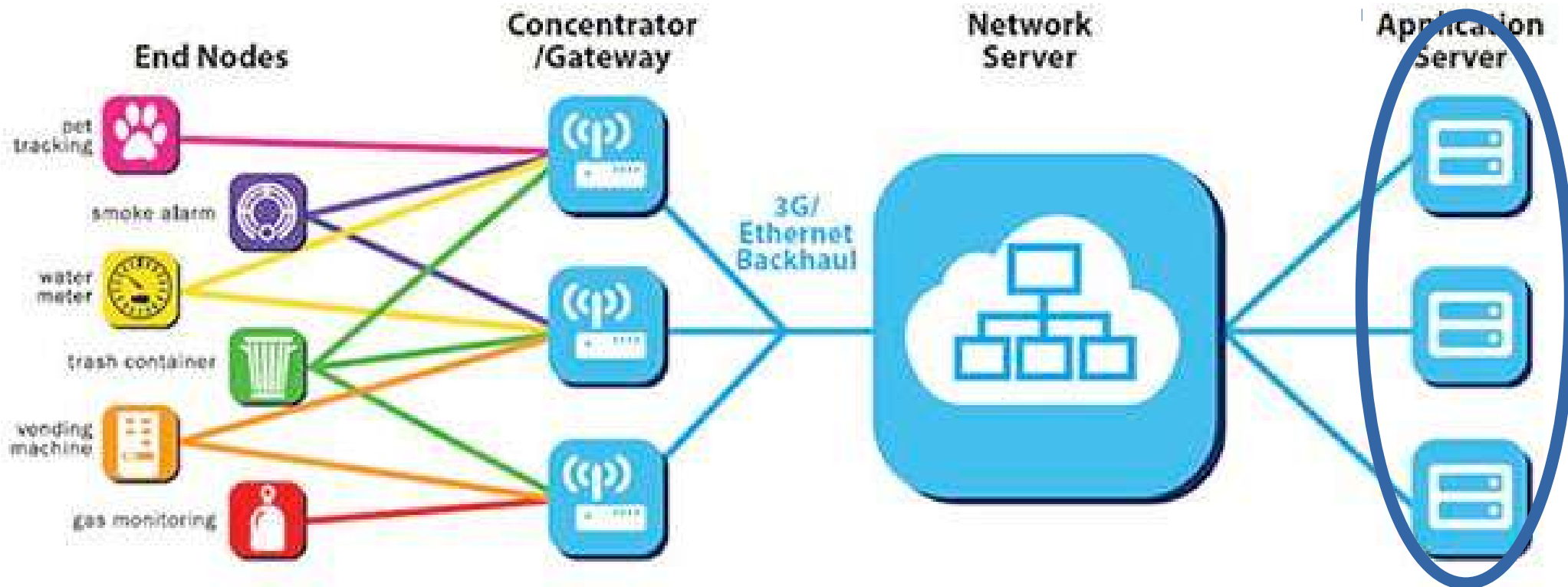
Server di rete

- si connette a più gateway tramite una connessione TCP/IP protetta
- elimina i messaggi duplicati
- decide quale gateway dovrebbe rispondere a un messaggio di nodo finale
- gestisce le velocità dei dati del nodo finale con ADR (Adaptive Data Rate) per massimizzare la capacità della rete ed estendere la durata della batteria del nodo finale.



Server delle applicazioni

- accoglie e analizza i dati dai nodi finali
- determina le azioni del nodo finale.



LORAWAN è stato progettato per gestire un grande numero di apparati con pochi gateway.

Per ottimizzare la capacità della rete e i consumi di energia:

- **ADR** (Adaptive Data Rate): un meccanismo che permette alla rete di controllare il data rate dei singoli nodi, ottimizzando velocità e consumi. Questo avviene inviando comandi ADR all'apparato. Se la rete non risponde per un certo numero di messaggi l'apparato diminuisce il data rate. ADR è utilizzabile solo se i device sono fermi.
- **Riduzione potenza trasmessa**: in questo modo il segnale sarà ricevuto da un minor numero di gateway, se la zona è coperta da più gw.

LORAWAN è stato progettato per gestire un grande numero di apparati con pochi gateway.

- **AVERE UNA CONVERSAZIONE...** (un'analogia per capire):
 - con qualcuno vicino a noi → possiamo parlare velocemente e a bassa voce
 - con qualcuno molto lontano da noi → dovremo parlare lentamente e a voce alta
- **Parlare veloce: in LORAWAN Data Rate**
- **Parlare forte: in LORAWAN potenza trasmessa**

LORAWAN è stato progettato per gestire un grande numero di apparati con pochi gateway.

- **SPREADING FACTOR EU 868MHZ: SF7-SF12**

Diversi Data Rate:

si va dagli 11 Kbit/s con SF7 e banda 250 KHZ ai 300 bit/s con SF12

la velocità a SF7 con banda 250 KHZ doppia che a SF7 con 125KHZ

la velocità a SF7 è doppia rispetto a SF8 che è doppia rispetto SF9...

un messaggio con un payload di 10 bytes con SF7 impiega 60ms
per essere trasmesso, con SF9 circa 200 ms, con SF12 1.5 s

Esistono **tre classi** di nodo.

Le tre classi consentono la **comunicazione bidirezionale** e possono **avviare un uplink** al server tramite il gateway.

Differiscono in termini di **quando accettano i messaggi** in arrivo.

- **Classe A**

- accetta messaggi solo durante due brevi finestre di ricezione che si aprono la trasmissione uplink.
- Asincrono: inizia una trasmissione ogni volta che dispone di dati da inviare, quindi attende un tempo prestabilito e si mette in ascolto di una risposta.
- Consumo minimo

Esistono **tre classi** di nodo.

Le tre classi consentono la **comunicazione bidirezionale** e possono **avviare un uplink** al server tramite il gateway.

Differiscono in termini di **quando accettano i messaggi** in arrivo.

- **Classe B**

- Offre le funzionalità della Classe A, ma apre anche finestre di ricezione aggiuntive in tempi pianificati.
- Per sincronizzarsi con la rete, riceve un beacon tempo-sincronizzato dal gateway ogni 128 secondi.
- Gli viene assegnato un intervallo di tempo entro quei 128 secondi che consente al server di sapere quando il dispositivo finale è in ascolto.

Esistono **tre classi** di nodo.

Le tre classi consentono la **comunicazione bidirezionale** e possono **avviare un uplink** al server tramite il gateway.

Differiscono in termini di **quando accettano i messaggi** in arrivo.

- **Classe C**

- Fornisce finestre di ricezione aperte in continuo.
- Le finestre sono chiuse solo durante le trasmissioni dell'endpoint.
- E' adatto laddove sia richiesta una grande quantità di dati ricevuti e non trasmessi.

LORAWAN: Sicurezza

LoRaWAN implementa la sicurezza su due livelli: a **livello di network** e a **livello applicativo** usando chiavi 128 bit AES.

- **Network layer:**

- Identificare l'apparato, grazie al network server che verifica con la network session integrity key (NwkSIntKey) l'identità del nodo.
- criptare i comandi MAC (cambio del data rate, abilitare canali, cambio frequenza downlink), grazie al network server che li cripta con la network session encryption key (NwkSKey).

- **Application layer:**

- criptare il payload dell'applicazione (AppSKey)

Esistono due modi per un apparato di essere attivato sulla rete:

- ABP
- OTAA

LORAWAN: Implementazioni

<https://lora-alliance.org/member-directory>

Alcuni esempi di Network Provider:



Agenda

Tecnologia su cui si basa la sperimentazione presentata:

- IoT
 - Internet delle cose
 - Tecnologie Wireless
 - LpWAN
- LORA
- LORAWAN
- **The Things Network**
- Casi reali

TTN: il Manifesto

Dal manifesto del progetto The Things Network:

“Everything that carries power will be connected to Internet eventually.

Controlling the network that makes this possible means controlling the world. We believe that this power should not be restricted to a few people, companies or nations. Instead this should be distributed over as many people as possible without the possibility to be taken away by anyone. We therefore founded "The Things Network".

...”

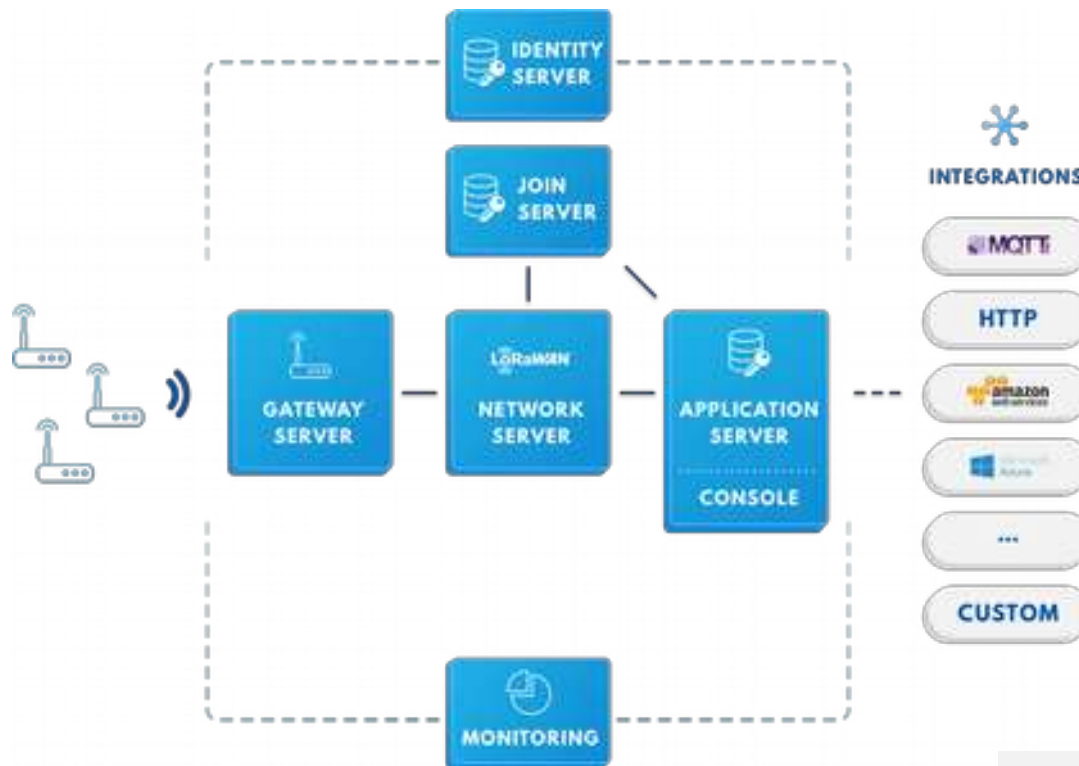
TTN: il progetto e la comunità

Il progetto The Things Network :

- ∅ Iniziato ad Amsterdam nel **2015**
- ∅ Ha come **scopo** la costruzione di una rete LoraWAN aperta, distribuita e decentralizzata globale sviluppata e di proprietà degli utenti
- ∅ Ha realizzato il **software open source** installato in vari data center del mondo
- ∅ La **connessione** dei gateway ai server è possibile da ogni parte del mondo in modo libero.
- ∅ L'accesso ai gateway è permesso a tutti, non solo a chi li ha posizionati, rispettando una politica d'uso
- ∅ In 3 anni di esistenza TTN è **diffusa** in tutto il mondo con una comunità di più di 40000 sviluppatori e circa 4000 gateway attivi.
- ∅ La rete di comunità locali sono i perni su cui si regge il progetto, la collaborazione coinvolge cittadini, istituzioni, aziende e università.



TTN: il Software



Agenda

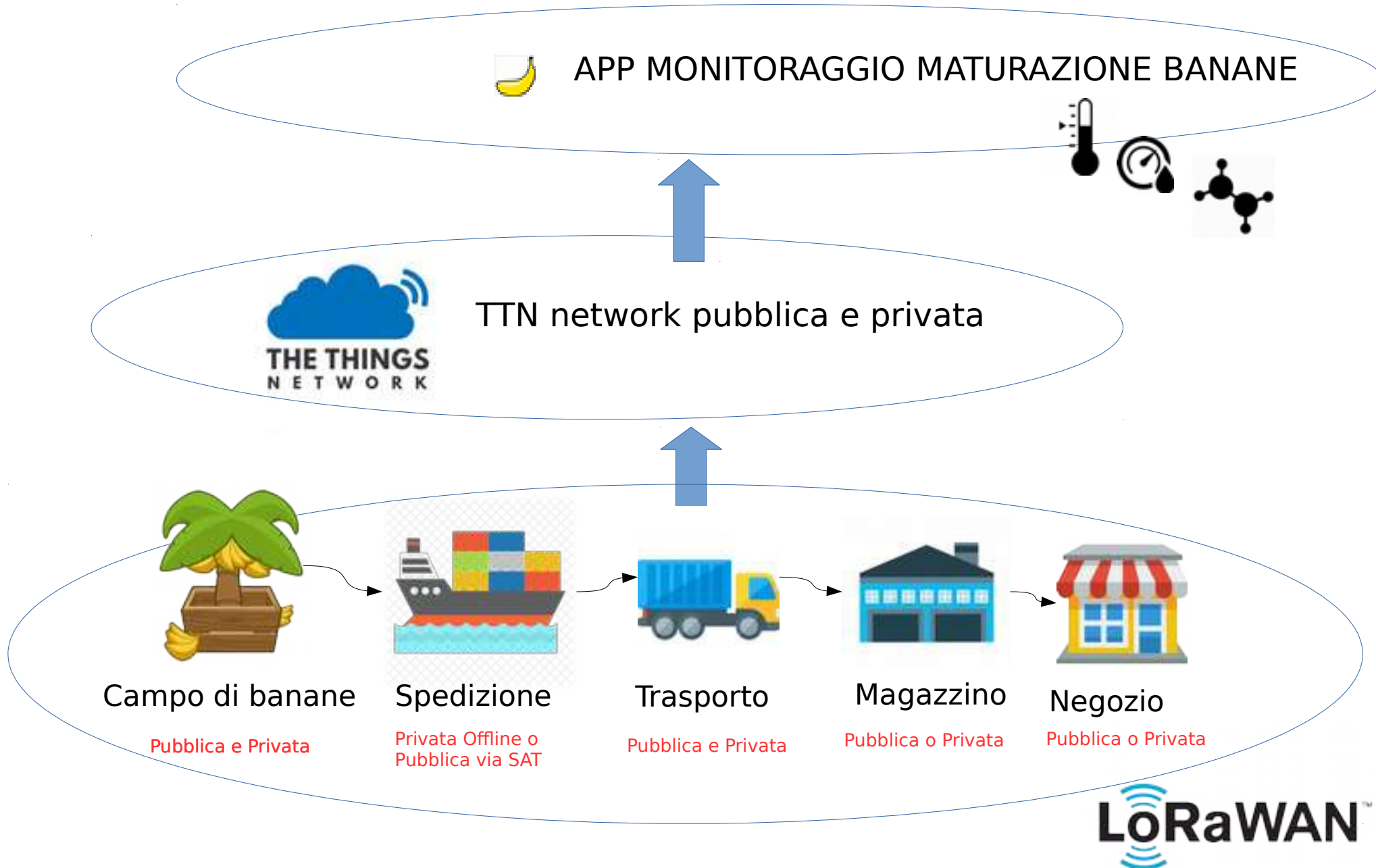
Tecnologia su cui si basa la sperimentazione presentata:

- IoT
 - Internet delle cose
 - Tecnologie Wireless
 - LpWAN
- LORA
- LORAWAN
- The Things Network
- **Casi reali**

Le banane



Controllo di TEMPERATURA, UMIDITA' e GAS ETILENE



I rinoceronti e gli elefanti

Il parco nazionale Akagera in Ruanda ha implementato una rete LORAWAN per il monitoraggio su vastissimo raggio di animali, visitatori ed equipaggiamenti.

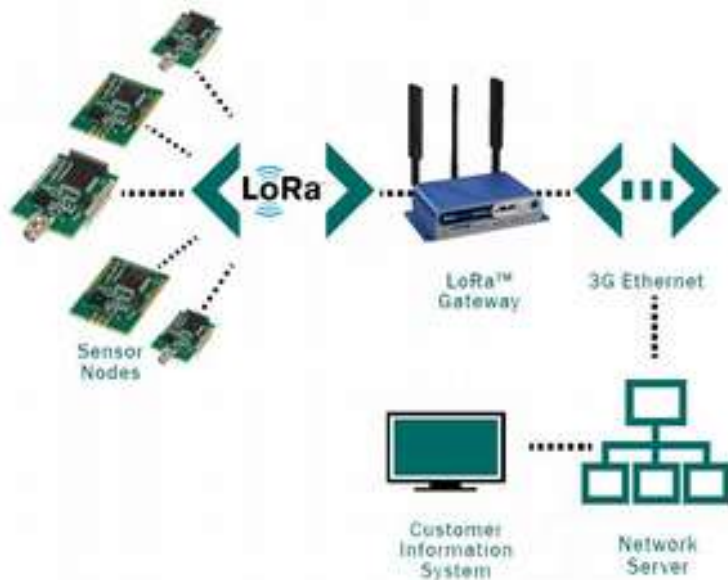


Monitora posizione e ambiente

I sensori raccolgono informazioni nell'intera area di 1122 km quadrati.

I dati, aggiornati in tempo reale, sono visualizzati in una applicazione web che fornisce accesso immediato e informazioni dettagliate sul movimento degli animali e sul territorio circostante.

monitora posizione e ambiente



Fonti e riferimenti

- <http://www.mdpi.com/1424-8220/16/5/708>
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405959517302953>
- <https://www.semtech.com/>
- <https://lora-alliance.org/>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Chirp_spread_spectrum
- <https://github.com/TheThingsNetwork/Manifest>
- <https://www.digikey.it/it/articles/techzone/2017/jun/develop-lora-for-low-rate-long-range-iot-applications>
- <https://www.slideshare.net/JohanStokking/building-the-network-the-things-conference-2018>
- <https://mytechdecisions.com/it-infrastructure/african-park-internet-of-things-lorawan-network/>
- <https://www.theinternetoflife.com>
- http://www.indigoo.com/dox/itdp/12_MobileWireless/LPWAN.pdf
- <http://www.nagaoka-ct.ac.jp/ec/labo/info/eng.html>

Grazie per l'attenzione

Bologna, 20180613

Alessandro Romagnoli, Paolo Patruno
<http://www.raspibo.org>