

IoT LoRa

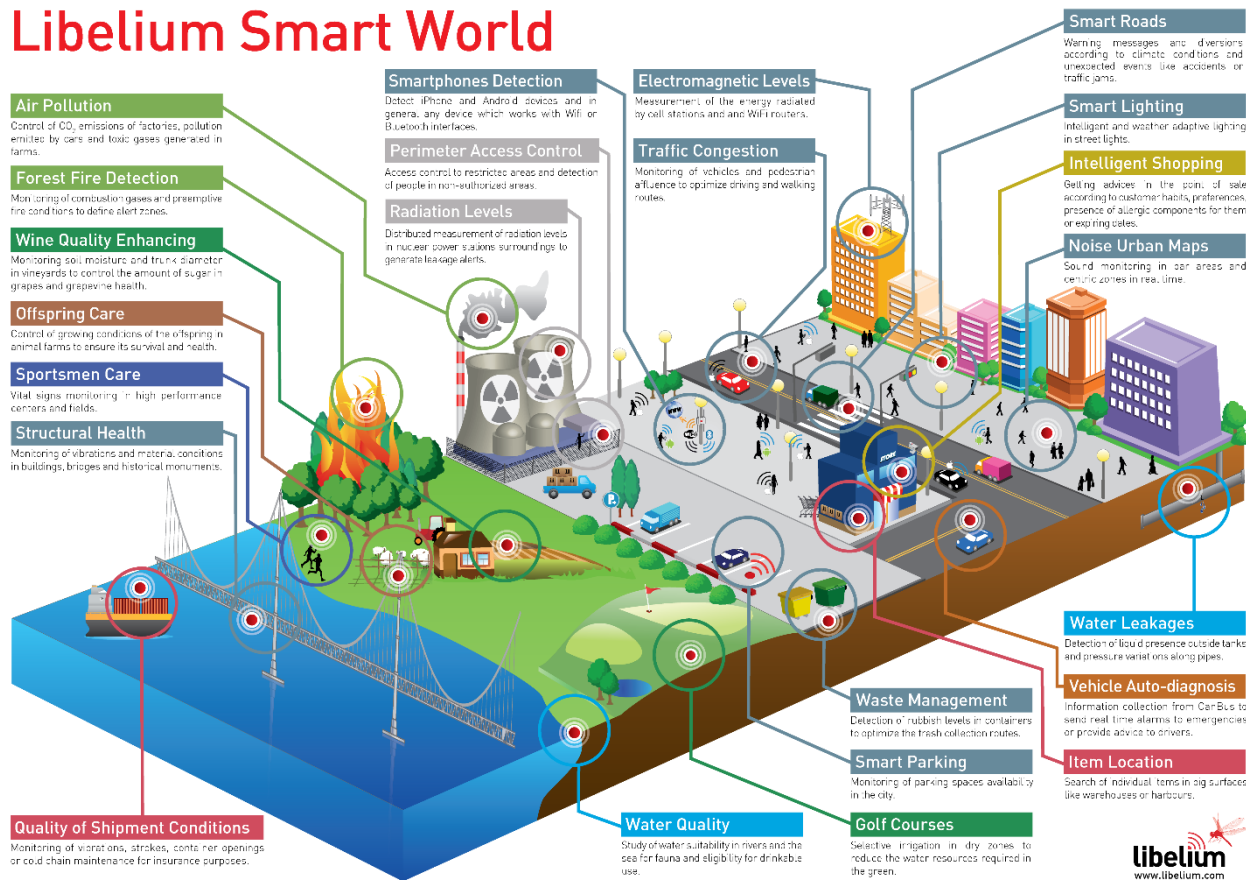
a iné mobilné komunikačné technológie budúcnosti

Agenda

- Nízkoenergetické zariadenia Internetu Vecí
- Oblasti použitia
- Tok spracovania dát
- Súčasné a budúce komunikačné technológie
- LPWA, LoRa a jej rôzne varianty
- Architektúra LoRa@WAN
- Existujúce implementácie LoRa@WAN
- Open-source projekty a komunita
- LoRa@FIIT

Internet Vecí (IoT)

- Zariadenia získajú nestále pripojenie do internetu (LPWA)
 - “Anything that can be connected, will be connected.”
- ↓ rozmerov, ↑ výkonu, ↑ batérie – nositeľné a vstavané zariadenia
- Vzájomná komunikácia, obohatenie systému (nie len M2M)



Aké to má použitie?



Pôdohospodárstvo

- Pôdne senzory
- Sledovanie pohybu zvierat
- Identifikácia rizík

Inteligentné mestá

- Osvetlenie
- Riadenie dopravy
- Parkovanie
- Správa odpadu
- Kvalita ovzdušia
- Cielená reklama
- Monitorovanie hydrantov, polohy bicyklov
- Včasné varovanie pred záplavami a.i.



Inteligentné budovy

- Teplota °C
- Vlhkosť CO2
- Únik plynov
- Detektor požiarov
- Monitorovanie spotreby vody, plynu, elektriny
- Zabezpečenie
- Riadenie prístupu



Zdravotníctvo

- Zdravotnícke zariadenia
- Stav defibrilátorov
- Tlačidlá rýchlej pomoci



Obchod

- Monitorovanie použitia/zneužitia prostriedkov
- Sledovanie zásielok
- Tlačidlá spokojnosti

Priemysel

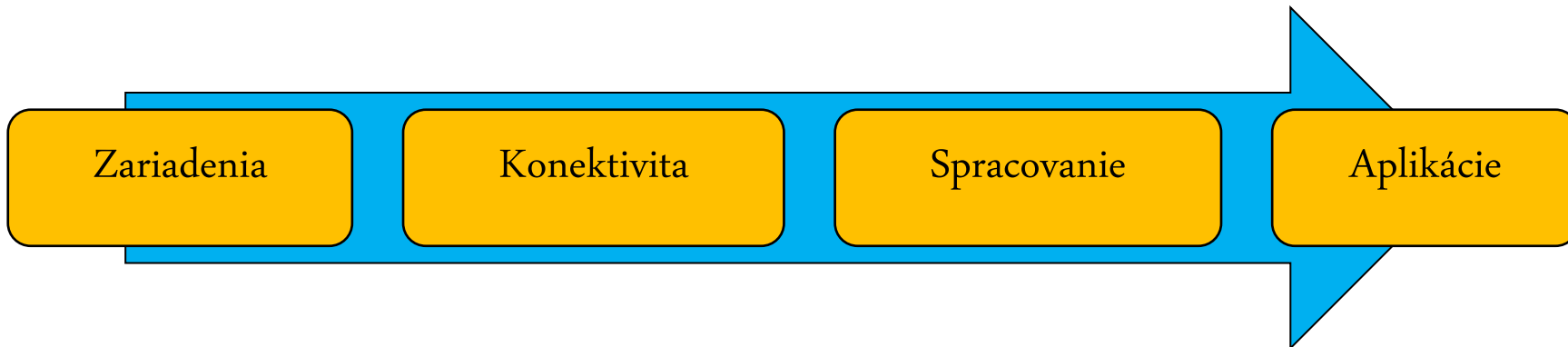
- Vodné toky a nádrže
- Pozemné senzory
- Meranie hmotnosti
- Bezpečnostné systémy železníc



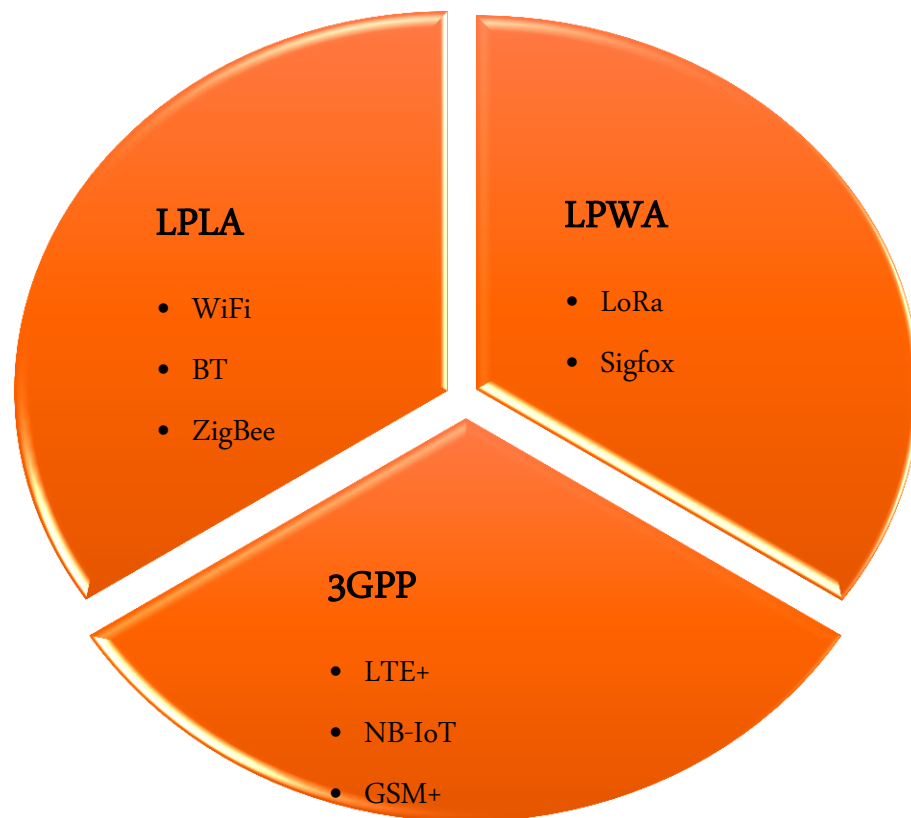
Logistika

- Monitoring stavu tovarov
- Správa logistiky
- Sledovanie vibrácií

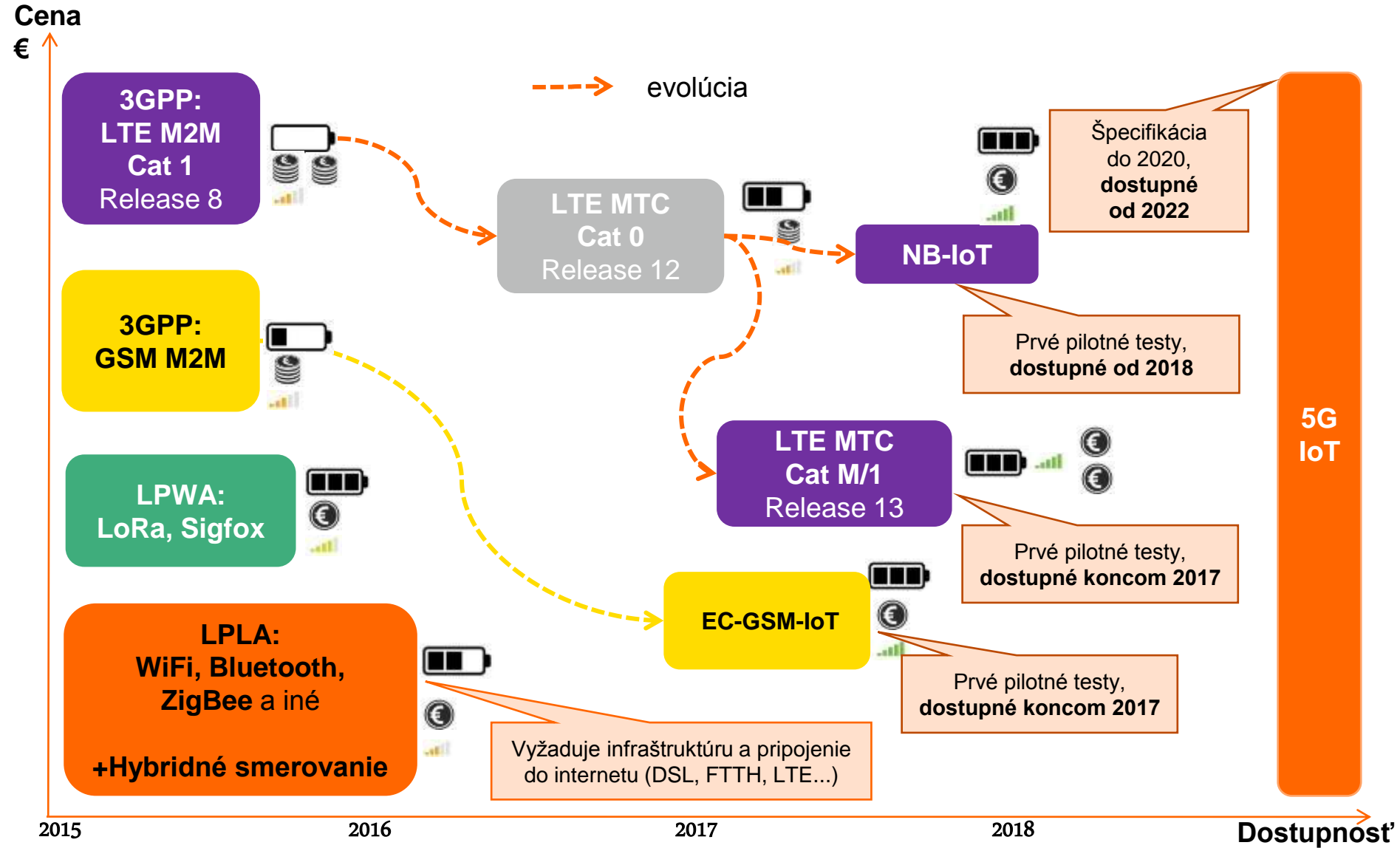
Tok a prenos dát



- Závislé od požiadaviek na systém
 - Objem dát
 - Periodicita
 - Oneskorenie
 - Spoľahlivosť
 - Spotreba
 - Cena
- **Rôzne** koncové zariadenia
- **Spoločné** spracovanie dát a aplikácie
- Ktorá konektivita?

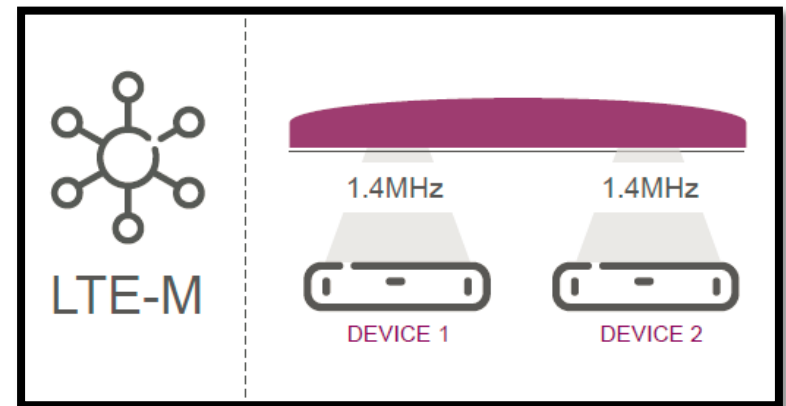
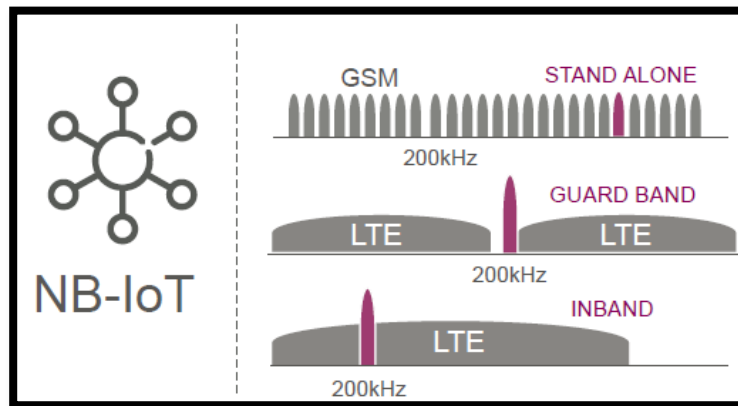
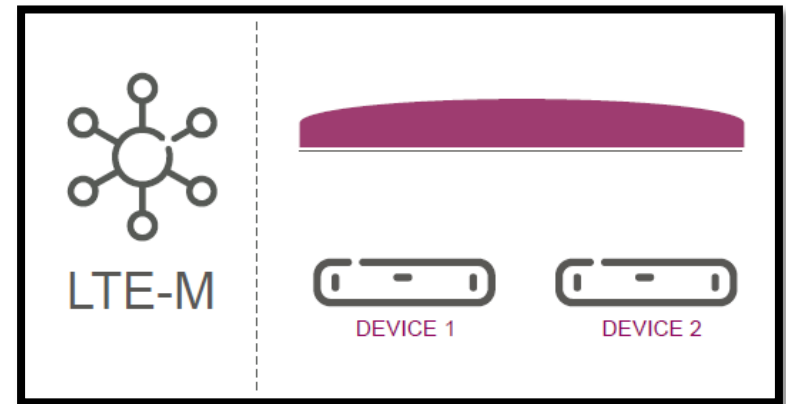


Súčasná a budúce komunikačné technológie pre IoT



3GPP IoT technológie

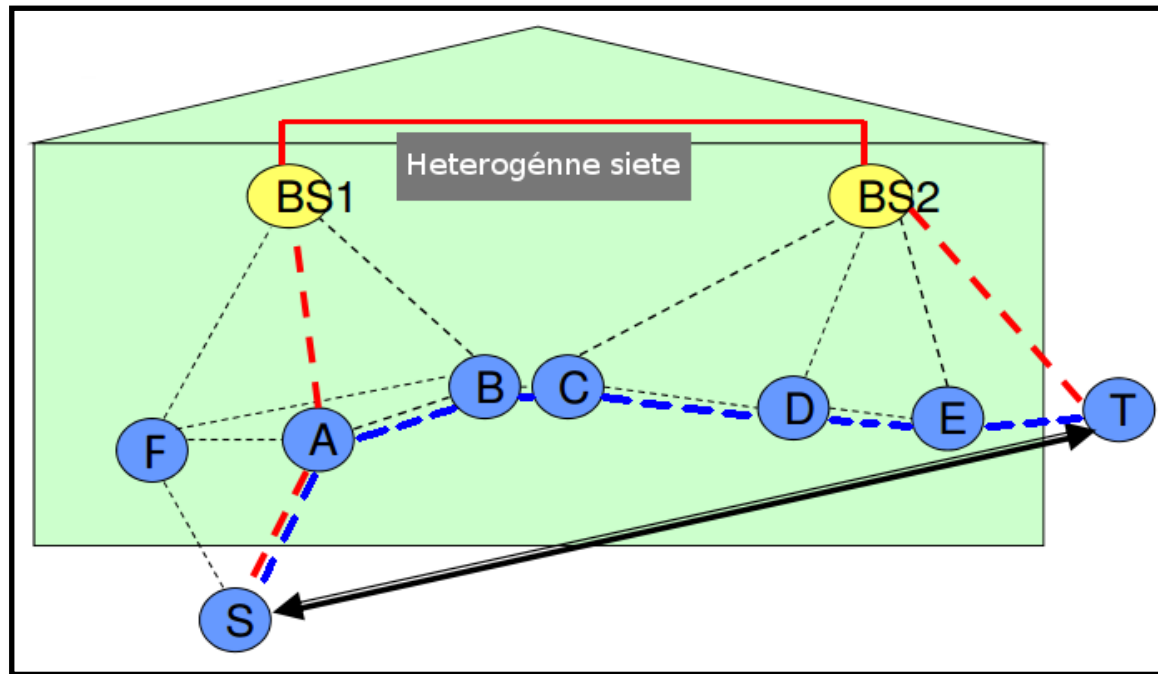
- Vyžadujú licencované spektrum a mobilnú infraštruktúru
- Nákladné/zložité na prevádzku
- Zvládnutá mobilita/roaming



	Rel-8 Cat-1	Rel-12 Cat-0	Rel-13 Cat-M	Rel 13 NB-IoT
DL/UL	10/5 Mbps	1/1 Mbps	1/1 Mbps	~200 kbps
Duplex	Full	Half (opt)	Half (opt)	Half
Šírka pásma	20 MHz	20 MHz	1,4 MHz	200 KHz
Vysielač výkon výkon	23 dBm	23 dBm	20 - 23 dBm	23 dBm

LPLA (Low Power Local Area) technológia

- WiFi, Bluetooth, Zigbee, a iné...
- Voľné frekvenčné spektrum, bez jednotného štandardu
- Vyžadujú koncentrátor, pripojenie do INETu
- Rýchlosť vs. Spotreba vs. Pokrytie
- Ad-hoc vs. Infraštruktúra vs. Hybridné smerovanie



LPWA (Low Power Wide Area) technológie



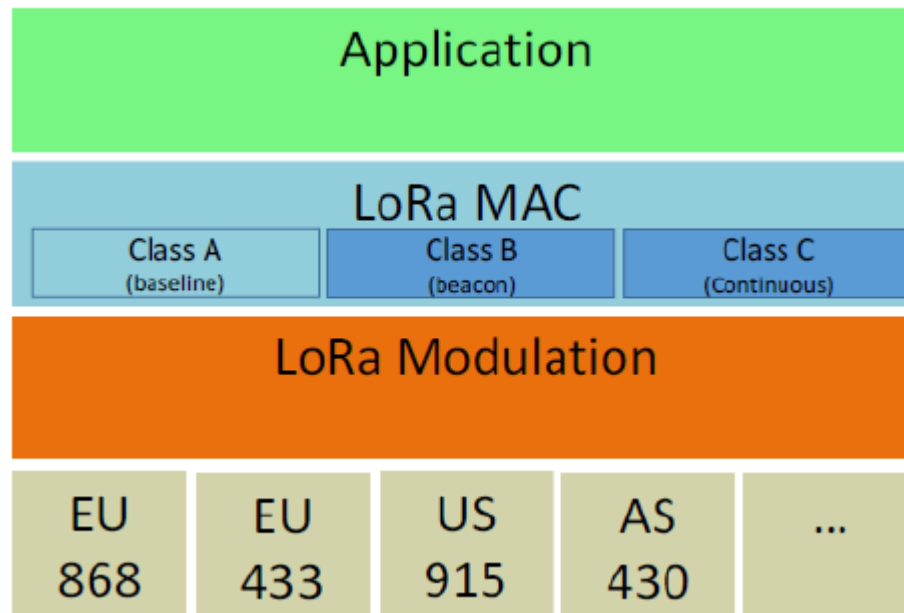
- Sigfox a LoRa
- Výrazné obmedzenia LPWA:
 - Malé objemy dát (~16B), dlhá perióda prenosu (24 PPD), vysoká odozva (~2s), prevažne UL prenos, slabé QoS
- Podstatné výhody:
 - Voľne regulované frekvenčné spektrum (868 MHz), vynikajúci dosah (~5-15 km), nízka cena (~5€), extrémne vysoká výdrž (~10 rokov)
- LPWA ako vhodná alternatíva pre väčšinu IoT senzorov

Sigfox alebo LoRa?

	Sigfox	LoRa
EÚ spektrum	868 MHz	868 MHz
Dosah	5-15 km	5-15 km
Obojsmerný prenos	*Čiastočne	Áno
Šírka kanálu	0,6 kHz	125 kHz
Max.rádiové straty UL	-163,1 dB	-164,4 dB
Max.rádiové straty DL	-152,4 dB	-154,1 dB
Rýchlosť UL v EÚ	0,1 kbps	0,3 - 10 kbps
Rýchlosť DL v EÚ	0,1 kbps	0,3 - 10 kbps
UL správ za deň	140	*neobmedzene
DL správ za deň	4	*neobmedzene
Max. veľkosť UL dát	12 B	*neobmedzene
Max. veľkosť DL dát	8 B	*neobmedzene
Zmena parametrov	Nie	Áno
Roaming	Áno	*Obmedzene
Implementácia	Proprietárna	*Open-source

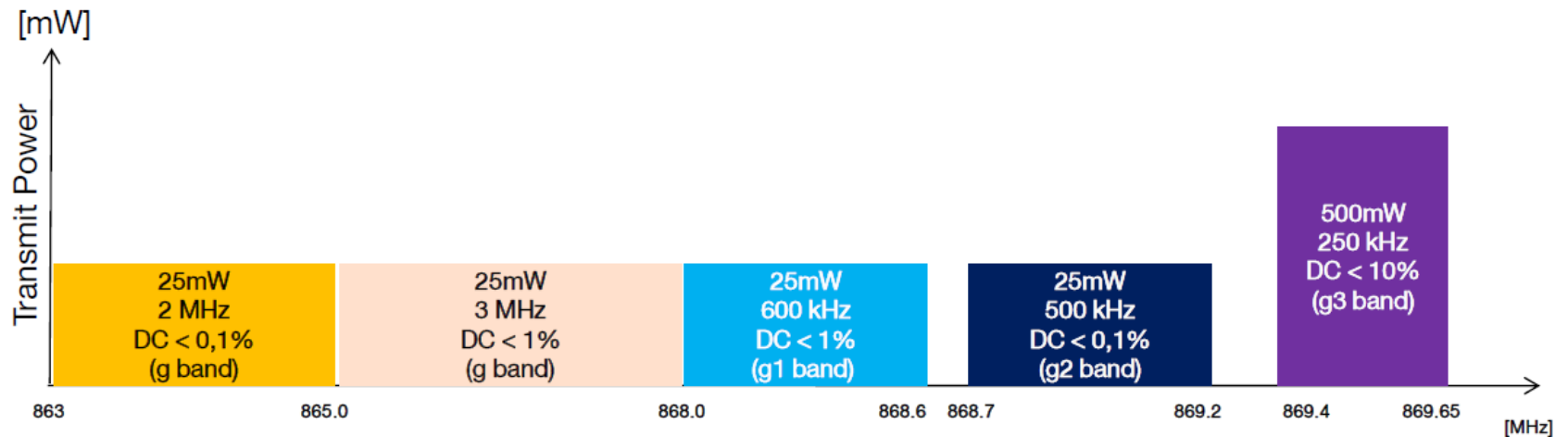
LoRa protokolový zásobník

- LoRa PHY - proprietárna Semtech
 - Hviezdicová topológia, bez opakovačov, viaccestná komunikácia
- LoRa MAC – viaceré Open-source variácie
 - LoRa@WAN od LoRa Alliance: roaming, kompatibilita, štandard
 - LoRa@FIIT: efektívnejší, rýchlejší, úspornejší prenos, aplikovaný QoS
 - Bez roamingu
- Aplikatívny protokol (User Payload) - nie je špecifikovaný



LoRa PHY

- Kontrola prístupu - Pure Aloha, Random backoff, Listen Before Talk
- Modulácia: FSK pri 200 kHz, SF7-SF12 (125 – 4096) pri 125 kHz
- Kódovanie: 4/5, 4/6, 4/7, 4/8
- Počet dostupných kanálov: 16



- Zariadenia (UL) prioritne využívajú kanály s 1% DC:
 - Max. TX 36 sek./hod. s výkonom do 25 mW (2-14 dBm)
- Gateway (DL) zvyčajne používa pásmo g3 s 10% DC:
 - Max. TX 360 sek./hod. s výkonom do 500 mW

LoRa@WAN a časy prenosov

- Čas prenosu závisí od:
 - Spreading Factor (SF7 – SF12)
 - Šírky pásma
 - Kódovacej rýchlosti
- Dĺžka znaku pri SF12 je:
- Štandardne je použité kódovanie 4/5

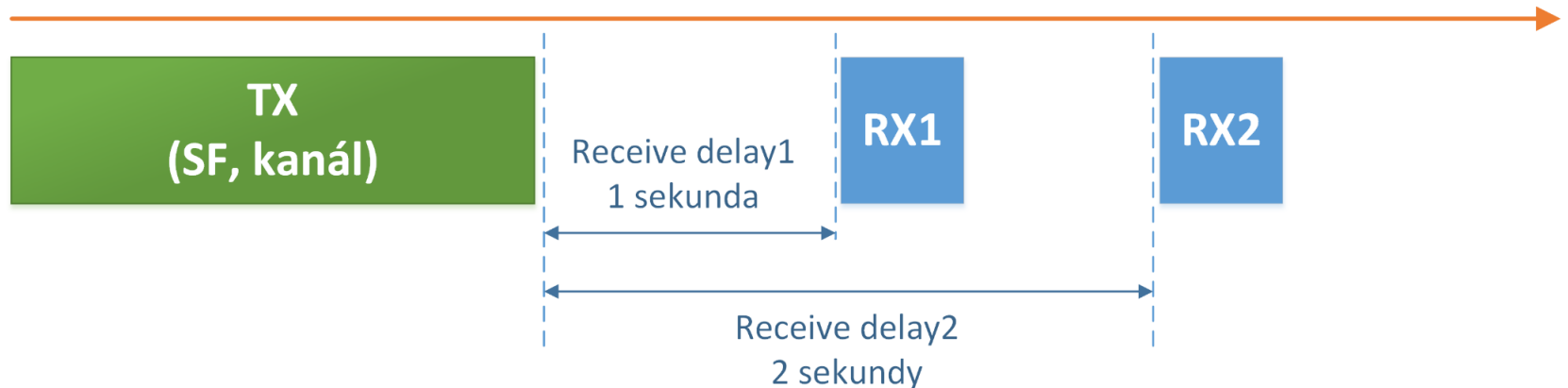
$$T_s = \frac{1}{Bw} * 2^{SF} = \frac{1}{125000} * 2^{12} = 32768 \mu s$$

SF	Minimálne SNR SNR (dB)	Rýchlosť ⁹ (bps) (bps)	Čas vysielania (ms)	
			1-16 B dáta	50 B dáta
12 (4096)	-20	293	1090	1908
11 (2048)	-17,5	537	545	1036
10 (1024)	-15	977	272	559
9 (512)	-12,5	1758	157	300
8 (256)	-10	3125	78	170
7 (128)	-7	5469	44	95

LoRa@WAN downlink

- Kategórie zariadení
 - Class A - najpoužívanejšie
 - Class B (beacon)
 - Class C (continuous)
- Class A - má obmedzený čas prijmu DL (po UL)
 - Pokročilé režimy spánku (podpora pre Sieťový server)
- Prijímacie okná (receive windows)
 - RX1: rovnaká frekvencia a SF ako pri UL
 - RX2: kanál 869.525 MHz (DC<10%), SF12 a max.výkon 500 mW
- Receive delay: možné meniť podľa potreby (cez Sieťový server)

Čas



LoRa@WAN identifikačné kľúče

- **DevEUI**

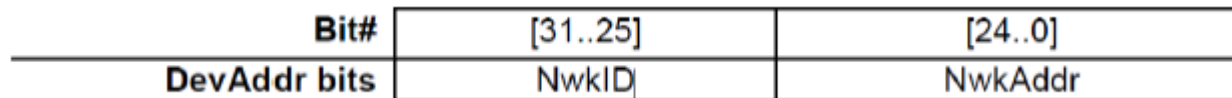
- Unikátny identifikátor LoRa zariadenia
- IEEE EUI64 => 8 Bytov (64 bit)

- **AppEUI**

- Unikátny identifikátor vlastníka alebo poskytovateľa aplikácie
- IEEE EUI64 => 8 Bytov (64 bit)

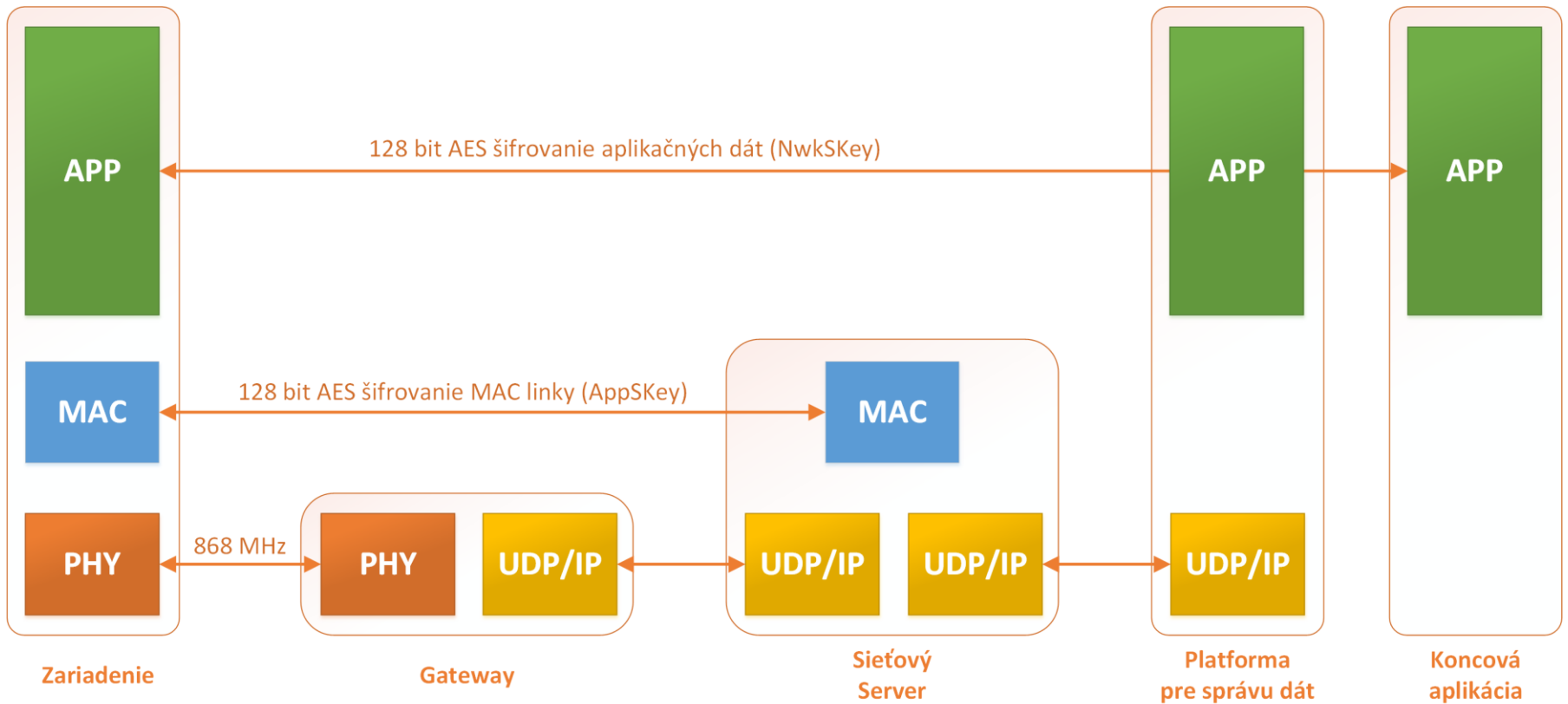
- **DevAddr**

- Sieťová adresa zariadenia v LoRa sieti
- Prideluje LoRa sieťový operátor
- 4 Byty (32 bit)



LoRa@WAN šifrovacie kľúče

- NwkSKey – MAC vrstva, špecifický pre zariadenie, kontrola integrity
- AppSKey – aplikačná vrstva, špecifický pre aplikáciu



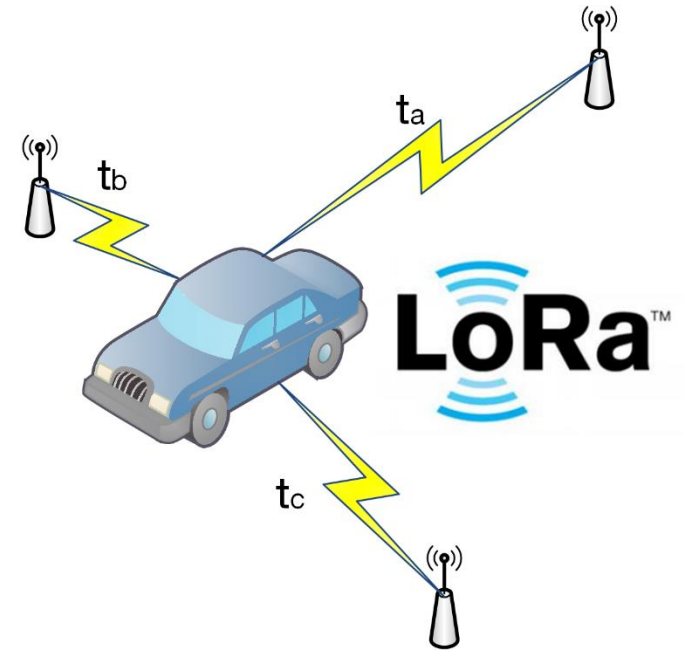
Aktivácia LoRa@WAN zariadení

- Over-The-Air Activation (OTA)
 - Automatická procedúra na získanie:
 - DevAddr
 - Network Session key
 - Umožňuje pripojiť zariadenia do akejkoľvek siete
 - Roaming
 - Komplexnejšie na implementáciu

- Activation by Personalization (ABP)
 - Manuálna konfigurácia zariadení v sieti
 - Vykonaná pred pripojením zariadenia
 - DevAddr a Network Session key uložené v zariadení
 - Bez prihlasovania do siete
 - Bez Roamingu

Geolokalizácia v LoRa@WAN

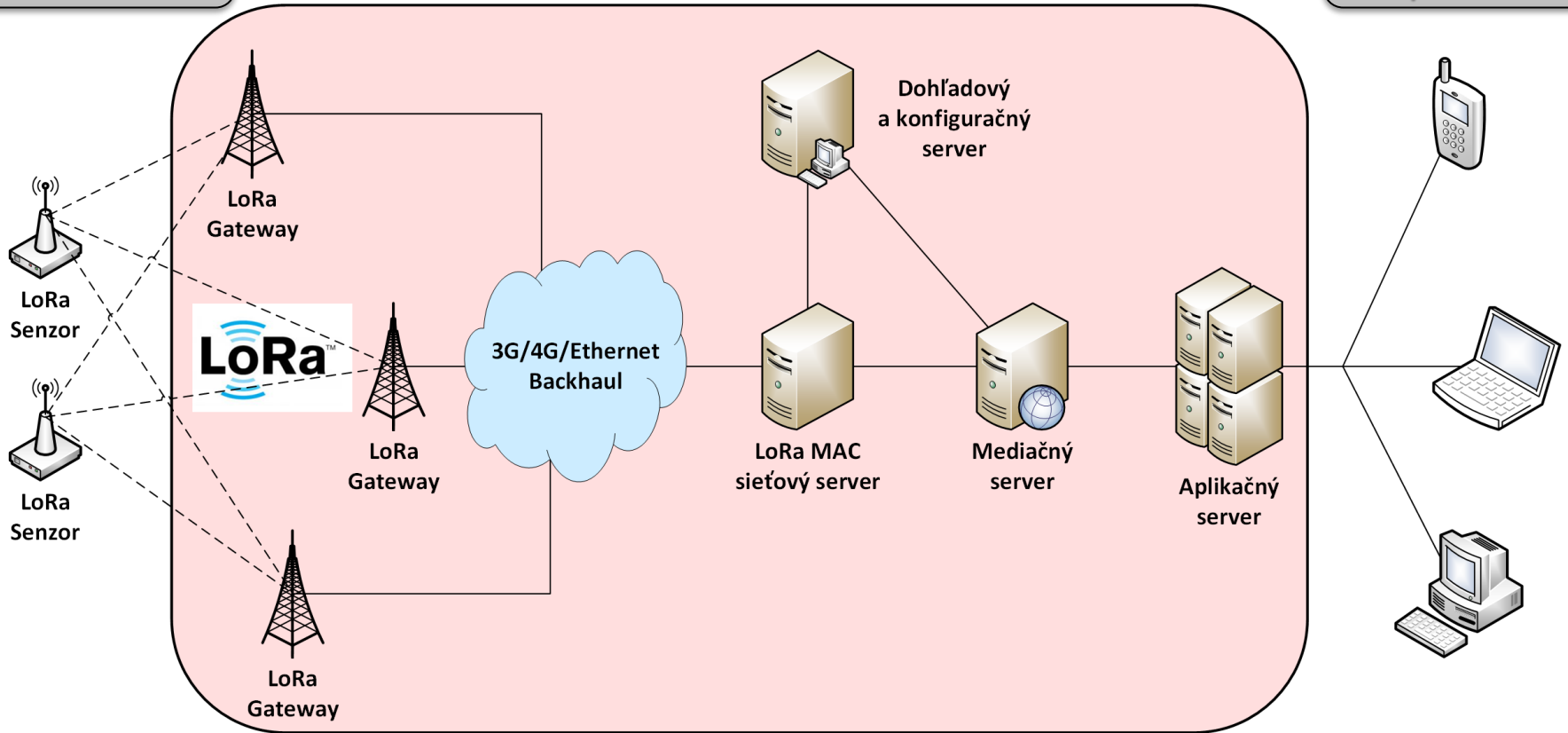
- **Difference Time of Arrival (TDoA)**
- Výpočet realizovaný sieťou
 - „reverzné GPS“
 - Výpočet z UL rámcov z bežnej komunikácie
 - UL rámce musia zachytiť min. 3 GTW
- Nevyžaduje dodatočný SW/HW
- Koncentrátor (GTW)
 - GPS na časovú synchronizáciu
 - Značkovanie správ s presnosťou na 30 ns
 - Presnosť polohy ~20m



LoRa@WAN architektúra

IoT senzory

Koncové aplikácie



Každý IoT senzor obsahuje LoRa rádiový modul

GTW prijíma LoRa@WAN rámce a preposiela ich na sieťový server

Sieťový server spravuje rádiovú vrstvu a optimalizuje komunikáciu

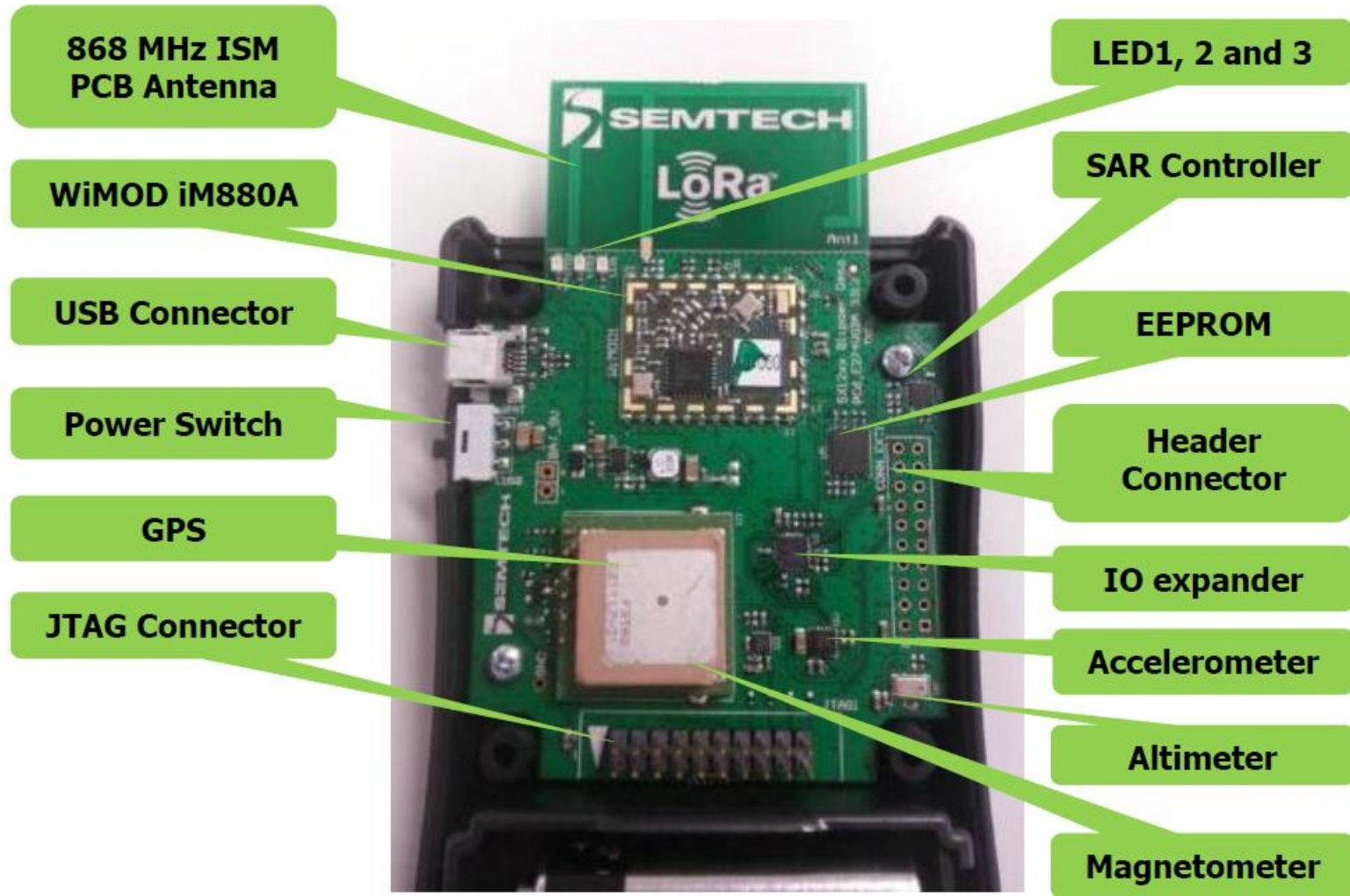
Dohľadový server slúži na konfiguráciu a monitoring siete

Mediačný a aplikačný server spracúva a uchováva prijaté dáta

Koncové aplikácie zobrazujú zbierané informácie

Ukážka LoRa@WAN HW - Semtech LoRa Mote

- Napájanie 9V, teplomer, tlakomer, GPS, ovládanie LED, ...



Ukážka LoRa@WAN HW - LoRa Kerlink Gateway

- LoRa@WAN koncentrátor
- ARM9 CPU + Linux OS
- Všesmerná 5dBi anténa
- Príkion ~5 W, možné napájať z batérie alebo solárneho panelu
- PoE Napájanie
- Vonkajšie rozmery
 - 23x12x6cm
- Backhaul
 - 3G
 - Ethernet

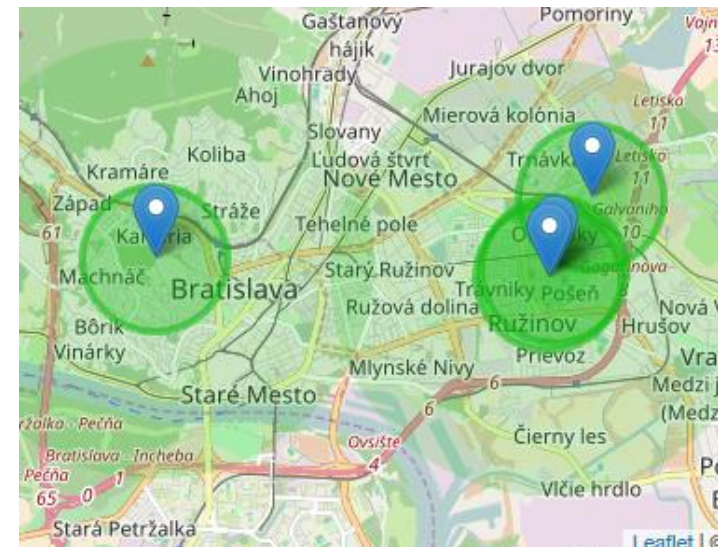


Dostupné implementácie LoRa

- Komerčné sieťové a mediačné servery
 - Orbiwise
 - Actility
 - LorIoT
- Komerčné E2E riešenia
 - Orange, SWAN, Slovanet, Antik...
- Open-source LoRa@WAN-SK
 - Otvorená komunita
 - Realizácia voľnej LoRa siete v BA
 - Meetup@FABLAB
 - Niekoľko GTW v BA
 - Bez sieťového servera, backend TTN (TheThingsNetwork BA)
 - http://doc.lorawan.sk/doku.php?id=start_sk
- LoRa@FIIT ako Open-source E2E projekt



**THE THINGS
NETWORK**



Orange LoRa@WAN

Last received frame : 04/04/16 09:47:40

Elapsed time since last reception (hh:mm:ss) : 78:18:45

RSSI : ● -89 dBm SNR : ● -8 dB SF : sf12

Battery : 2%

Business data

Temperature : ● 26.5 °C

Pressure : ● 985.9 hPa

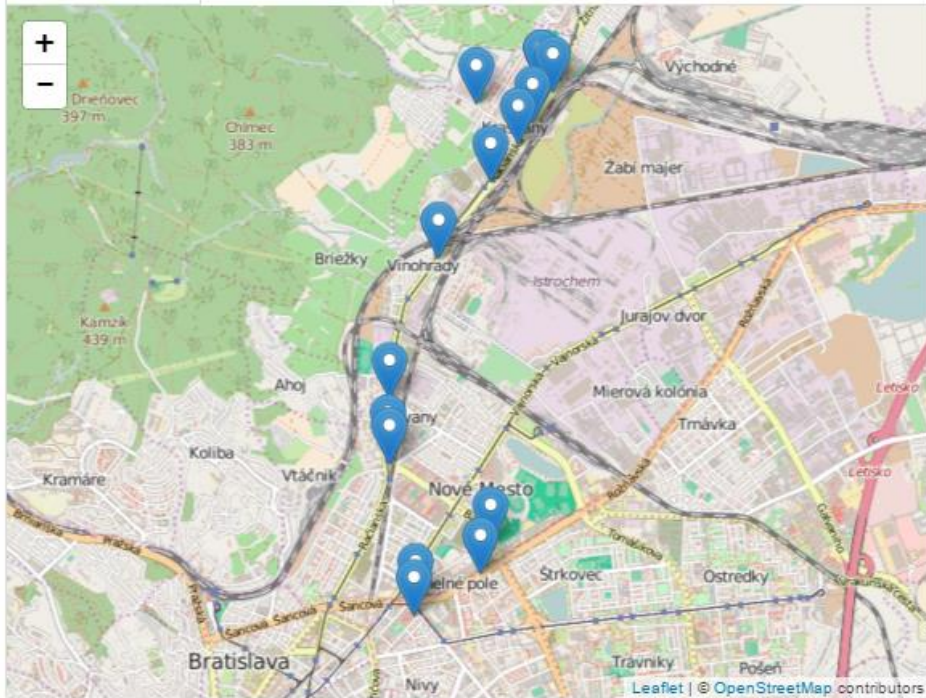
Latitude : 0° 0' 0" N

Longitude : 0° 0' 0" E

LED : Off

Current position

Positions history



History from

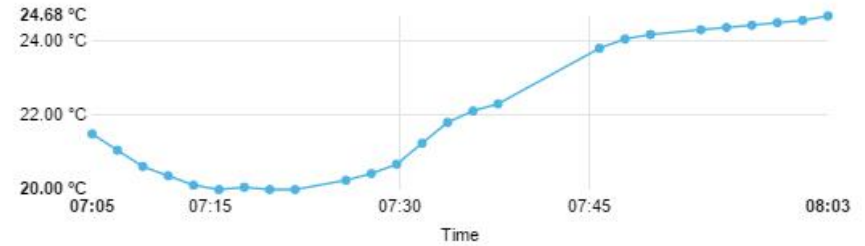
30/03/2016 07:04

to

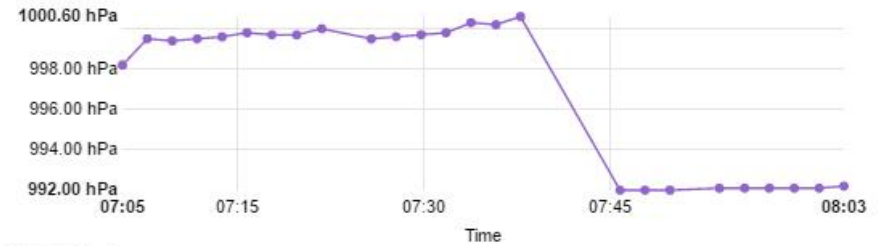
30/03/2016 08:04

Query

Temperature (°C)



Pressure (hPa)



RSSI (dBm)

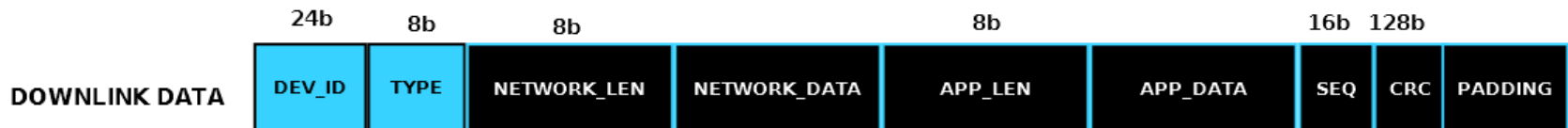
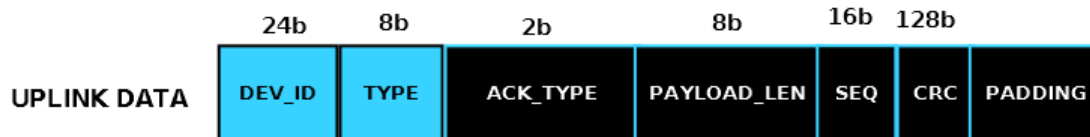
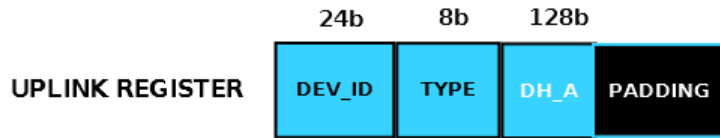


SNR (dB)



LoRa@FIIT

- Návrh vlastného efektívnejšieho MAC protokolu na FIIT STU
 - 12B vs. 24B overhead pri LoRa@WAN
- Nízkoenergetické senzory, koncentrátoary, sieťový server (STIoT)
- Plná E2E Open-source integrácia



Zhodnotenie & Diskusia

Ondrej Perešíni

Backslide #1 - Ako zabezpečiť QoS

- Vol'né frekvenčné pásmo (regulačne obmedzené)
- Mechanizmy zabezpečenia QoS
 - Opakované preposielanie rámcov
 - Výdrž batérie a obsadenie pásma vs. pravdepodobnosť doručenia
 - 3x retransmisia ako optimum
 - Potvrdzovanie správ
 - Doplnková služba (z dôvodu obmedzenia DC na GTW)
 - Plánovanie rozmiestnenia GTW a použitých frekvencií
 - Sieťový server nepoužíva nekvalitné kanály
 - Rozdelenie oblastí na viacero makro sektorov
 - Optimalizácia rozmiestnenia GTW
- Power control
 - Optimalizácia interferencií
 - Spotreby