



S pojmom IoT veľmi úzko súvisia komunikačné siete, ktoré sú priamo pre takéto zariadenia optimalizované. O tom, aké sú hlavné rozdiely týchto komunikačných sietí oproti tým, ktoré tu boli doposiaľ, si povieme v nasledujúcich riadkoch.

## Základné porovnanie IoT sietí

Čo teda nové a prevratné tieto nové IoT siete prinášajú?

Uvediem jeden príklad za všetky: Predstavte si, že chcete spraviť malé zariadenie - teplomer, ktorý chcete umiestniť niekde vonku a chcete ho napájať z batérie. Chcete dosiahnuť, aby zariadenie posielalo v pravidelných intervaloch svoju teplotu cez internet priamo k vám na server, kde už budete dáta ukladať a zobrazovať. Ideálne, aby zariadenie vydržalo aspoň pár rokov prevádzky pri tejto konfigurácii.

Pri štandardných sieťach, ktoré tu boli doposiaľ by ste asi siahli po GPRS alebo 4G LTE module, ktorý by prenos dát do internetu zabezpečil. Avšak po chvíli by ste takmer určite narazili na tieto obmedzenia:

- Špičkový odber modulu pri komunikácii je veľmi veľký (až 2A) a batéria, ktorá má byť čo najmenšia nedokáže dodať potrebný prúd pre stabilnú komunikáciu. Pri nízkych teplotách sa tento problém ešte znásobuje
- Spotreba komunikačného modulu je veľmi veľká (prúd x komunikačný čas) a nedokáže zabezpečiť prevádzku zariadenia po dobu niekoľkých rokov pri malej batérii.

Práve tieto uvedené problémy sa snažia riešiť nové komunikačné technológie určené pre IoT. Ich hlavným cieľom je výrazne eliminovať energiu potrebnú na komunikáciu avšak na úkor veľmi nízkej rýchlosti komunikácie. Hlavné rozdiely medzi týmito sieťami sú uvedené v Tab. 1

Typ siete	GPRS resp. LTE	LoRa	SigFox	NB-IoT
Špičkový prúdový odber	2 A	100 mA	50 mA	220 mA
Energia na odoslanie 8 B správy [Ws]	> 20*	0,54	1,08	0,45**
Životnosť batérie 5 Ah (10 správ denne)	300 dní	~ 10 rokov	~ 10 rokov	~ 10 rokov
Dĺžka komunikačného okna (timeonair)	1-10 sec	1 - 2,5 sec	6 sec	1 - 10 sec**
Link-budget	130 dB	154 dB	151 dB	150 dB
Vysielač výkon	až 2W	25 mW	25 mW	200 mW

Tab. 1 - porovnanie bezdrôtových sietí

\* počítá sa ako energia potrebná pre registráciu do siete + energia na poslanie 8B dát

\*\* platí pre dobré pokrytie signálom a použitie release assistance

### Poštová schránka:

Komunikácia v smere od senzora na server je definovaná ako uplink a v opačnom smere na senzor ako downlink. Je nutné si uvedomiť, že senzor je v prípade IoT sietí považovaný ako master, čo sa týka komunikácie. Nemôžete teda senzoru poslať príkaz v ľubovoľnom čase. Funguje tu akýsi princíp poštovej schránky - na network serveri môžete zanechať správu, ktorú si senzor prevezme bezprostredne po odvysielaní uplink telemetrie. Na toto obmedzenie treba myslieť pri návrhu takéhoto zariadenia.

Hlavné výhody IoT komunikácie teda sú:

- Veľmi dobre pokrytie resp. veľký dosah zariadení ([dosiahli sme slovenský rekord 600km!](#))
- Veľmi nízka spotreba potrebná pre komunikáciu
- Malý špičkový odber zariadenia počas vysielania správy

Nevýhody IoT komunikácie:

- Nízka komunikačná rýchlosť (jednotky b/s)
- Malé objemy dát na správu (LoRa = 50 B, SigFox = 12 B, NB-IoT = 512 B)
- Koncové zariadenie riadi komunikáciu (princíp poštovej schránky)
- Vyššia latencia spojenia (jednotky sekúnd)

## Možnosti IoT sietí

Na trhu existuje množstvo rôznych IoT sietí, ktoré sa snažia navzájom konkurovať. Len trom z nich sa podarilo výraznejšie presadiť. Sú to siete LoRa, SigFox a NB-IoT o ktorých si povieme viac.

### LoRaWAN



Prvou z menovaných je sieť LoRaWAN postavená na komunikačnom protokole LoRa. Je to [otvorený štandard komunikácie](#), ktorý spravuje [LoRa-Alliance](#). Teda ak máte dostatok skúseností, môžete si vyrobiť vlastné brány aj zariadenia pracujúce na tejto technológii.

Výrobca čipov, ktorý implementuje komunikačný protokol LoRa je spoločnosť [Semtech](#). Tieto čipy sú následne implementované do komunikačných modulov mnohých výrobcov.

Komunikačné moduly dajú rozdeliť na 2 typy:

- Komunikačné moduly obsahujúce komunikačný stack (dajú sa ovládať jednoducho AT príkazmi)
  - Microchip [RN2483](#)
- Komunikačné moduly obsahujúce iba rádiovú časť (treba implementovať komunikačný stack ([LoRaMAC](#) resp. [LMIC](#)) na strane mikrokontroléra)
  - DORJI [DRF1276G](#)
  - HopeRF [RFM95W](#)

Sieť LoRaWAN sme zaregistrovali ako prvú lastovičku na poli IoT sietí na Slovensku a v Čechách. V súčasnosti ju na Slovensku poskytujú s rôznym pokrytím operátori [Slovanet](#), [ČRA](#) (České rádiokomunikace) a [Antik](#). V Čechách poskytuje perfektné pokrytie už spomínané [ČRA](#).

Komunikácia prebieha v Európe v ISM pásme 868 MHz.

#### Výhody LoRaWAN:

- Otvorený protokol
- Nízka cena komunikačných modulov (bez stacku)
- Výborná energetická efektívnosť komunikácie

#### Nevýhody LoRaWAN:

- Náročnejšia implementácia (v prípade modulu bez stacku)
- Siete väčšinou len na národnej úrovni - problematický roaming
- Bezlicenčné pásmo

## **SigFox**



Sieť [Sigfox](#) vznikla vo Francúzsku s cieľom poskytovať konektivitu celosvetovo. Na národnej úrovni existujú operátori, ktorí zabezpečujú pripojenie v rámci krajín. Na Slovensku a v Čechách je to operátor [SimpleCell](#). Roaming však medzi jednotlivými národnými operátormi nie je problém, takže znamená to, že so zariadením môžete cestovať po celej EÚ a v [prípade pokrytia signálom](#) máte konektivitu do siete.

Komunikačné moduly pre Sigfox vyrába [množstvo výrobcov](#). Za väčšiu pozornosť stojí modul Wisol [WSSFM10R1](#), ktorý je veľmi obľúbený vďaka jeho malým rozmerom a nízkej cene.

#### Výhody SigFox:

- Roaming
- Pokrytie v SR a ČR
- Nízka cena komunikačných modulov

#### Nevýhody Sigfox:

- Vyššia spotreba energie oproti LoRaWAN (vid' Tab. 1)
- Dlhší timeonair (6s oproti LoRa 2,5 sec)
- Malý objem dát na správu - 12 B
- Bezlicenčné pásmo

## **NB-IoT**

# NB-IoT

Najnovším prírastkom do rodiny IoT sietí je NB-IoT. Táto sieť vznikla modifikáciou LTE siete určenej pre mobilný internet (Cat. 4). Zúžila sa šírka pásma z pôvodných 20 MHz na 200 kHz a tým klesla komunikačná rýchlosť, ale zlepšilo sa pokrytie siete o cca 20 dB. Znamená to, že signál prenikne aj do deep-indoor, čo môže zabezpečiť pokrytie v podzemných garážach, šachtách alebo pivniciach.

V súčasnosti túto sieť na Slovensku spúšťa operátor [Slovak Telekom](#) - momentálne je dostupné pokrytie v mestách Bratislava, Trnava a Nitra. V Čechách spustil celonárodne pokrytie operátor [Vodafone CZ](#) v októbri minulého roka a udáva, že tým zabezpečil [100% pokrytie územia ČR signálom a 94% pokrytie vo vnútri budov](#).

Čo sa týka používaných frekvencií, v EÚ sa prevažne využíva [LTE pásmo B20](#). Pri výbere modulu treba preveriť kompatibilitu s týmto pásmom.

	Release/Category			
	Release 8	Release 12	Release 13	Release 13
	Cat-4	Cat-0	Cat-M	NB-IoT
Max. system bandwidth	20MHz	20MHz	1.4MHz	200kHz
Downlink peak rate	150 Mbit/s	1 Mbit/s	1 Mbit/s	~200kbit/s
Uplink peak rate	50 Mbit/s	1 Mbit/s	1 Mbit/s	~200kbit/s
Duplex	Full duplex	Half duplex	Half duplex	Half duplex
Number of antennas	2	1	1	1
Transmit power (UE)	23dBm	23dBm	20dBm	23dBm
Estimated modem complexity	100%	40%	20%	<15%

Komunikačné moduly pre sieť NB-IoT sú dostupné hlavne od firiem uBlox a Quectel a to konkrétne moduly [SARA-N210](#) a [BC95-B20](#). Komunikácia s modulmi prebieha prostredníctvom AT príkazov cez sériovú linku. Pri tomto type siete nepotrebuje žiaden medzičlánok v podobe network servera, ale dáta si môžete posielat priamo prostredníctvom UDP paketov na váš server.

#### Release assistance:

Na začiatku testovania NB-IoT to so spotrebou nevyzeralo vôbec dobre. Komunikácia medzi koncovým zariadením a serverom zbehla relatívne rýchlo, modem však zostal "visieť" ďalších 10 - 20 sekúnd v sieti so spotrebou 50 mA. Tým pádom sa celková spotreba dramaticky zvýšila a veľmi sa odlišovala od spotreby ostatných IoT sietí.

Odpoveďou na tento problém je release assistance, ktorý ukončí komunikáciu buď ihneď po odoslaní správy, alebo bezprostredne po prijatí downlink správy zo strany servera. Tieto údaje sú popísané v [AT commands](#) a realizujú sa prostredníctvom príkazu AT+NSOSTF.

### Výhody NB-IoT:

- Roaming
- Licenčné pásmo
- Väčší objem dát na správu (512 B)
- Veľmi dobrá spotreba porovnateľná s LoRaWAN pri dobrom pokrytí signálom

### Nevýhody NB-IoT:

- Spotreba energie potrebnej na komunikáciu nie je konštantná a závisí od pokrytia a ďalších faktorov
- Drahšie komunikačné moduly
- Väčšie prúdové špičky počas vysielania (220 mA)

## Slovenské IoT riešenia

Na Slovensku sa o IoT a smart technológiách nielen rozpráva, ale existujú už aj niektoré technologické riešenia a aplikácie, ktoré boli kompletne vyvinuté na Slovensku. Za všetky spomeniem riešenia firiem [GOSPACE Tech s.r.o.](#) a [SENSONEO j. s. a.](#), ktoré sme spoznali najdetailnejšie.

### **SPOT - Smart Parking Organization Technology**



Ide o riešenie firmy [GOSPACE Tech s.r.o.](#) využívajúce [inteligentné parkovacie detektory](#), ktoré komunikujú prostredníctvom sietí LoRa, Sigfox a NB-IoT. Tieto parkovacie detektory dokážu s viac ako 99% úspešnosťou vyhodnotiť obsadenosť daného parkovacieho miesta.

[Jednou z aplikácií](#) je ich použitie v inteligentných mestách (smart cities), kde vďaka nim je možné navigovať vodičov na voľné parkovacie miesta, čím sa znižuje čas potrebný na nájdenie voľného parkovacieho miesta a zároveň sa zníži produkcia emisií v meste.

Ďalšou funkcionalitou, ktorá je v príprave, je autorizácia parkovania pre rezidentské zóny postavená na tzv. [iPermit elektronických kartách](#), ktoré nahradia doposiaľ vydávané rezidentské karty. Tie sa rádiovou spoja s parkovacím detektorom a autorizujú parkujúce vozidlo.

### **Smart Waste management**



Firma Sensoneo je [dodávateľom komplexných riešení](#) pre manažment odpadov, ktoré mestám a spoločnostiam umožňujú

optimalizovať náklady, zvyšovať ohľaduplnosť k životnému prostrediu a zlepšovať kvalitu života.

[Ich senzory](#) sú založené na ultrazvukovej technológii, sú robustné, vodeodolné a nárazu vzdorné, pričom ich výdrž dosahuje až 10 rokov. Sú usposobené na 100%-né fungovanie v širokom teplotnom zábere a nastavené na meranie do hĺbky 150 - 400cm, v závislosti od typu senzora.

Okrem výšky odpadu merajú aj teplotu v kontajneri a jeho GPS pozíciu a sú tiež vybavené najnovšou technológiou BLE. Senzory môžu byť na požiadanie vybavené signalizáciou v prípade požiaru a kontrolou vertikálnej pozície, ktorá upozorní na prípadné prevrátenie kontajnera. Na rýchly prenos dát využívajú senzory siete GSM, NB-IoT, LoRaWAN, SIGFOX a 4GLTE. Výdrž sensorov zabezpečujú vysoko výkonné vymeniteľné batérie, pričom zákazníka pravidelne informujú o miere ich nabitia.

## Záver

Máme tu záver článku. Verím, že vám tento článok pomohol zorientovať sa vo svete IoT. Taktiež verím, že sme vás presvedčili, že sa na Slovensku o IoT nielen rozpráva, ale už existujú aj hotové aplikácie, ktoré je možné okamžite aplikovať do praxe.