

Ing. Jan VIDIM¹⁾Ing. Martin CHLUPÁČ²⁾¹⁾ Domat Control System, s.r.o.²⁾ Energocentrum Plus, s.r.o.

Vytápění a svět „internetu věcí“

Heating and world of „Internet of Things“

Recenzent

Ing. Jan Šíroky, Ph.D.

Pojem „internet věcí“ (Internet of Things, IoT) jistě slyšel už každý z nás. Popularizační články, které představují možnosti jeho využití, pravidelně zmiňují jako jednu z klíčových oblastí nasazení sběr dat z měřičů energií, odečty teplot a hlášení alarmových stavů. Přesně to jsou údaje, které nás zajímají při vytápění, dálkové správě vzduchotechnických jednotek a dalších zařízení pro úpravu a distribuci vzduchu. Článek se zaměřuje na IoT z hlediska topenáře a ukážeme si, jak se v současnosti dá – nebo nedá – využít v tomto oboru.

Klíčová slova: měření a regulace, internet věcí, IoT

The concept of „Internet of Things“ (IoT) has certainly been heard by everybody. Popularization articles presenting the possibilities of its use frequently mention the acquisition of data from energy meters, temperature readings and alarm notifications as one of the key areas of its utilization. These are precisely the data that interests us in heating, remote controlling of air-conditioning units and other devices for conditioning and distribution of air. The article focuses on the IoT from the point of view of a heating engineer and it shows how it can – or cannot – be currently used in this field.

Keywords: measurement and regulation, Internet of Things, IoT

ÚVOD

Základním požadavkem na IoT je přenos informací z velkého množství měřicích míst. „Velké množství“ zde znamená stovky tisíc až desítky milionů, což jsou počty zařízení, na které je komunikační struktura IoT dimenzována. Přenášená data mají malý objem (řádově bajty až desítky bajtů, odpovídající např. aktuální teplotě nebo naměřenému množství energie) a komunikace probíhá v relativně dlouhých intervalech (obvykle desítky minut až desítky hodin, nejkratší dosažitelný pravidelný interval je většinou 5 minut). Některé technologie IoT navíc umožňují pouze jednosměrný přenos dat, tedy od senzoru (čidla, měřiče, kontaktu...) na server, nikoli obráceně. Zařízení v takovém případě není možné povelovat. To je zásadní rozdíl mezi klasickým připojením na dispečink pomocí pevného internetu či mobilního spojení (GPRS, LTE...) a přenosem dat v síti IoT. Nejvýznamnější rozdíly jsou shrnuty v tab. 1.

V tab. 1 chybí důležitá položka, a to provozní náklady, které se odvíjejí od obchodního modelu, závisícího na použité technologii. Proto jsou dále uvedeny dostupné technologie a jejich vlastnosti.

Základní požadavky na technologie IoT:

- levné senzory pro sběr malého počtu hodnot, nezávislost na přívodu energie (kvůli mobilitě), tedy napájení z baterií nebo pomocí energy harvesting (např. solární články),
- co nejdelší výdrž baterií (jeden z důvodů, proč je tak velký interval mezi odečty),
- možnost připojení řádově desítek milionů zařízení do sítě (toto je druhý důvod),
- radiová síť, která pokrývá území, na němž jsou služby nabízeny,
- dobrá prostupnost i do míst, kde jsou problémy s běžným mobilním signálem (sklepy, garáže ...),
- mobilita, tedy funkčnost senzorů po celém území pokrytí i při jejich přemísťování,
- infrastruktura pro sběr dat a přenos do aplikace zákazníka.

SÍTĚ NA ÚZEMÍ ČR

V současné době jsou v ČR v provozu (plném nebo zkušebním) následující sítě.

Tab. 1 Rozdíly IoT oproti klasickému datovému spojení

Tab. 1 Differences of IoT in comparison with the standard data connection

Vlastnost	IoT	Klasické datové spojení
Počet komunikačních uzlů	desítky tisíc a více	max. řádově tisíce
Objem přenášených dat z jednoho uzlu	malý (do cca 20 hodnot)	velký (tisíce i více hodnot z jednoho zařízení)
Frekvence odečtů	5 minut až hodiny	okamžitá odezva (v řádu sekund)
Možnost povelování	jen u vybraných technologií či provozních módů	ano
Náklady na instalaci	velmi nízké (mechanická montáž)	tisíce až desetitisíce Kč/zařízení

Sigfox

Francouzská společnost Sigfox je v ČR zastupována firmou SimpleCell, která využívá infrastrukturu T-Mobile. Na ni SimpleCell připojuje vlastní zařízení pro sběr a přenos dat IoT a tím zajišťuje pokrytí a přenos na servery Sigfox. SimpleCell poskytuje podporu integrátorům, což jsou firmy, které plní funkci „poskytovatele dat v čitelné podobě“ a dodavatele nebo výrobce senzorů (viz dále). Od integrátorů odebírají služby distributoři, kteří hotová řešení nabízejí uživatelům. Sigfox využívá nelicencované pásmo 868 MHz. Síť Sigfox aktuálně celosvětově působí ve 33 zemích, SimpleCell pokrývá přibližně 90 % území ČR a asi 30 % Slovenska a cílí na další státy v regionu.

LoRa

Tato technologie využívá tzv. rozprostřené spektrum a umožňuje definovat různé přenosové rychlosti od 0,3 kbps do 50 kbps, a to v obou směrech. Umožňuje tedy i komunikaci podobnou „trvalému“ připojení pomocí radio-modemů. LoRa řeší poměrně důkladně i šifrování dat. Technologii LoRa v ČR nasazují České Radiokomunikace a.s., standard je ovšem otevřený a existují i sítě na komunitní nebo amatérské bázi. Příkladem komplexního řešení na standardu LoRa (senzory, síť, aplikace, tedy body 1 až 4 podle struktury uvedené dále) je AsixWAN firmy Solidus Tech. Firma dodává jak

čidla, tak komunikační brány, které přes internet přenášejí data na server, kde běží aplikace, přes níž se k datům dostává uživatel. Celá infrastruktura tak může být plně pod kontrolou provozovatele.

NB-IoT

Narrow Band (úzkopásmová) IoT (zkráceně NB-IoT) je síť, kterou provozují mobilní operátoři v rámci sítí LTE a 5G. V ČR testuje tuto síť Vodafone a O2. Výhodou je, že pro spuštění sítě stačí upravit software ve stanicích mobilních operátorů, není nutno instalovat zvláštní antény nebo jiný hardware. Jednou z výhod je podle operátorů přenos v licencovaném pásmu, což zaručuje mj. vyšší kvalitu signálu. Praktické či komerční nasazení v ČR zatím, pokud je autorům známo, neexistuje.

ROZDÍLY OPROTI KLASICKÝM PŘENOSŮM DAT

Klasický přenos dat z řídicích systémů na centrálu, tak jak ho používáme dnes, se skládá z těchto částí:

1. **Řídicí systém**, PLC, s komunikačním rozhraním – obvykle ethernet.
2. **Modem nebo router** pro připojení do internetu, WAN nebo mobilní sítě.
3. **Síť pro přenos dat**.
4. **Centrála s dispečerským softwarem**, připojená do sítě; centrála sbírá, vizualizuje a ukládá data z více řídicích systémů (zařízení).

U systémů IoT je struktura poněkud složitější:

1. **Senzor s radiovou komunikací**. Hardware s příslušným vybavením – čidla, vstupy pro kontakty, tlačítka atd. Hardware musí být kompatibilní s příslušným systémem IoT. Po nainstalování začne senzor vysílat data, a pokud je senzor v dosahu základnové stanice sítě poskytovatele, data se přenášejí do centrálního serveru.
2. **Místní poskytovatel služby přenosu dat** (např. telekomunikační společnost). Subjekt, který zajišťuje pokrytí vymezeného území základnovými stanicemi. Například u Sigfoxu je to v ČR (a dalších zemích) společnost SimpleCell, která spolupracuje s mobilním operátorem T-Mobile, instaluje svá zařízení na stanice T-Mobile a využívá část jeho síťové infrastruktury pro přenos svých dat. U sítě LoRa může jít o různé subjekty (např. celorepubliková síť Českých Radiokomunikací).
3. **Síť pro přenos dat** (správce standardu a centrálního serveru pro přihlašování senzorů a jejich komunikaci). V případě standardu Sigfox se jedná o francouzskou společnost Sigfox, která v jednotlivých zemích poskytuje licenci vždy jednomu partnerovi – v ČR je jím SimpleCell. V případě LoRa je společnost shodná s bodem 2.

4. **Poskytovatel dat „v čitelné podobě“** (provozovatel zákaznického portálu, správce webového rozhraní a aplikací, zálohování dat atd.).

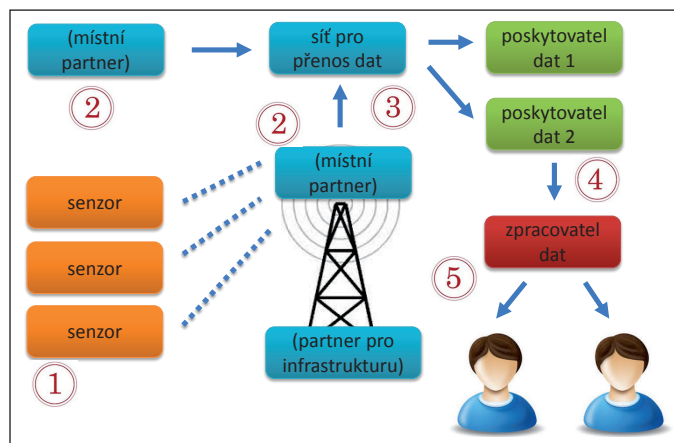
Data, která čidla odesílají na server Sigfox, jsou „syrová“ – do 12 bajtů může senzor vložit libovolný obsah. V tomto formátu si je ze serveru Sigfox načítá i poskytovatel dat, dekóduje je, obvykle je ukládá jako historická data, a především je zpřístupňuje přes webový portál nebo strojově čitelný formát (např. XML, JSON), aby je bylo možné dále komfortně zpracovávat.

U LoRa nejsou tak přísná omezení na délku zasilaných zpráv, takže se běžně přenášejí data o velikostech desítek bajtů.

V případě LoRa i Sigfoxu je tímto poskytovatelem dat „v čitelné podobě“ obvykle přímo správce přenosové sítě.

5. **Zpracovatel dat/uživatel** (mohou to být dva různé subjekty). Uživatelem může být např. provozovatel tepelného hospodářství, správce nemovitosti, servisní organizace zajišťující správu kotelny atd. Někdy je mezi konečným uživatelem a poskytovatelem dat navíc firma, provozující servisní portál, která kromě dat ze senzorů do jednotného portálu integruje ještě další data, získaná jiným způsobem než z IoT.

Každý z výše uvedených bodů může být poskytován jinou firmou, nicméně na trhu je zjevná snaha o integraci různých částí řetězce pod jednoho provozovatele. Lze si tedy koupit čidlo a podpisem jedné smlouvy vyřešit vše až do úrovně vizualizace dat. Teoreticky nejsložitější možná varianta provozu IoT sítě je znázorněna na obr. 1.



Obr. 1 Struktura sítě IoT

Fig. 1 Framework of the IoT network

```

Response
GET on https://api.sensit.io/v1/devices/5540/sensors/17732
Status: 202 Accepted

{"results":1,"data":{"history":[{"signal_level":"limit","data":"23.0","date":"2017-03-24T07:39Z"},
{"signal_level":"limit","data":"21.0:23.0","date_period":"2017-03-24T06:39Z","date":"2017-03-24T07:39Z"},
{"signal_level":"limit","data":"20.5","date":"2017-03-24T06:38Z"},
{"signal_level":"limit","data":"20.5:25.5","date_period":"2017-03-24T05:38Z","date":"2017-03-24T06:38Z"},
{"signal_level":"limit","data":"24.5","date":"2017-03-24T05:39Z"},
{"signal_level":"limit","data":"24.5:24.5","date_period":"2017-03-24T04:39Z","date":"2017-03-24T05:39Z"},
{"signal_level":"limit","data":"24.5","date":"2017-03-24T04:39Z"},
{"signal_level":"limit","data":"24.5:24.5","date_period":"2017-03-24T03:39Z","date":"2017-03-24T04:39Z"},
{"signal_level":"limit","data":"24.5","date":"2017-03-24T03:39Z"},
{"signal_level":"limit","data":"24.5:24.5","date_period":"2017-03-24T02:39Z","date":"2017-03-24T03:39Z"},
{"signal_level":"limit","data":"24.5","date":"2017-03-24T02:39Z"},
{"signal_level":"limit","data":"24.5:24.5","date_period":"2017-03-24T01:39Z","date":"2017-03-24T02:39Z"},
{"signal_level":"limit","data":"24.5","date":"2017-03-24T01:39Z"},
{"signal_level":"limit","data":"24.5:24.5","date_period":"2017-03-24T00:39Z","date":"2017-03-24T01:39Z"},
{"signal_level":"limit","data":"24.5","date":"2017-03-24T00:39Z"},
{"signal_level":"limit","data":"24.5:24.5","date_period":"2017-03-23T23:39Z","date":"2017-03-24T00:39Z"},
{"signal_level":"limit","data":"24.5","date":"2017-03-23T23:39Z"},
{"signal_level":"limit","data":"24.5:25.5","date_period":"2017-03-23T22:39Z","date":"2017-03-23T23:39Z"},
{"signal_level":"limit","data":"25.5","date":"2017-03-23T22:39Z"},
{"signal_level":"limit","data":"25.5:25.5","date_period":"2017-03-23T21:39Z","date":"2017-03-23T22:39Z"},
{"signal_level":"limit","data":"25.5","date":"2017-03-23T21:39Z"}]}}
```

Obr. 2 Formát pro vyčítání dat ze serveru poskytovatele

Fig. 2 Format for retrieving data from the provider's server

Na obr. 2 je znázorněn příklad „dat v čitelné podobě“, jak je dávat k dispozici poskytovatel dat. Může jít i o historické hodnoty, ukládání dat má pak na starosti poskytovatel dat.

VOLBA TECHNOLOGIE PRO KONKRÉTNÍ SCÉNÁŘE

Často se lze setkat s očekáváním, že nově přichází technologie „převálčují“ technologie doposud používané. Zkušenost však ukazuje, že nové technologie obvykle jen rozšíří možnosti pro koncové uživatele a dobře koexistují s těmi již zažitými. Příklad IoT je vhodnou ukázkou tohoto principu a v následujících dvou příkladech si ukážeme základní linii rozhodování pro volbu komunikační technologie při provozování technických zařízení v budovách. Porovnáme dva případy, a to klasický monitorovací systém s komunikací GPRS a monitoring s využitím technologií IoT.

Ukázková kalkulace pro monitorování výměňkové stanice

Při projektování řídicích a vizualizačních systémů se setkáváme s požadavky, které by technologie IoT mohla z technického hlediska velmi uspokojivě řešit. Jde o sledování spotřeb a základních parametrů prostředí u výměňkových stanic, domovních kotelen či poboček obchodních řetězců. Z každého zařízení bychom rádi odečítali s periodou maximálně 15 minut tyto údaje:

- teplotu venkovního vzduchu,
- 2 teploty ve vnitřním prostoru nebo teplotu otopné vody a teplé vody,
- spotřebu tepla,
- spotřebu el. energie,
- sumární alarm (1 signál).

Jedná se tedy o 6 datových bodů (měřicích míst). Zpětný kanál pro ovládání není nutný, systém slouží pro vyhodnocování energetické účinnosti a hlášení alarmů, které servisní technik přijede odstranit na místo.

Technologie IoT

Senzory musí být instalovány tak, aby zprávy z nich odesílané mohly být zachyceny základnovými stanicemi IoT sítě. U běžných kotelen a výměňkových stanic v 1. podzemním podlaží, instalovaných v obydlých oblastech, by neměl být problém. Signál ovšem nemusí být dostatečně silný v hlubších podzemních podlažích starších budov a jeho dostupnost je nutné předem ověřit, nejlépe zkušební instalací několika senzorů.

Zásadní otázkou je, kdo bude fungovat jako poskytovatel dat. U standardu Sigfox je nejjednodušší cesta poptat někoho z „platform providers“ podle adresáře na stránkách Sigfox, nebo kontaktovat přímo SimpleCell, který vhodnou firmu (svého partnera) doporučí. Sám poskytovatel infrastruktury, T-Mobile, je např. jedním z takových partnerů. Poskytovatel dat nabídne platformu pro přístup k naměřeným hodnotám, nebo zajistí přenos dat ze senzorů do stávajícího vizualizačního systému, který zákazník používá. Je zároveň subjektem, který uživateli fakturuje provozní náklady. Ty se dále dělí mezi poskytovatele dat (integrátory nebo distributory), poskytovatele infrastruktury a správce standardu.

Obdobně u technologie LoRa se lze obrátit přímo na České Radiokomunikace (nebo na některého z jejich partnerů) a pro koncového uživatele je tak vyřešeno vše, od registrace čidla do sítě až po zaslání dat v čitelné podobě do vizualizačního systému.

Porovnání nákladů

Jako příklad si vezmeme monitoring ve výše uvedené konfiguraci. Cena IoT čidla teploty se pohybuje kolem 2 000 Kč, ostatní typy mohou být dražší. Životnost baterie je udávána několik let. Náklady na výměnu baterií tedy nepředstavují významnou položku – i proto, že pravidelné návštěvy zařízení jsou nutné pro údržbu sledované technologie. Senzory pro jedno zařízení tedy vyjdou do 12 000 Kč i s montáží. Provozní náklady silně závisí na počtu senzorů v řešení: čím vyšší počet, tím nižší

náklady na jeden senzor. Vyšším počtem jsou ovšem míněny stovky a tisíce čidel. Ceny připojení se pohybují od 250 do 500 Kč za rok, tedy na období 5 let musíme počítat s částkou cca 1 250 až 2 500 Kč na senzor. Za 6 senzorů je to 7 500 až 15 000 Kč (což je docela velké rozpětí).

Technologie GPRS

Při řešení pomocí klasického PLC a připojení přes GPRS se dostáváme na následující pořizovací náklady na jedno zařízení (tab. 2).

Tab. 2 Pořizovací náklady pro klasický sběr dat

Tab. 2 Investment costs of standard data acquisition system

Položka	Cena
čidla pasivní, 3 ks	1 000 Kč a méně
PLC s 4 vstupy pro čidla, M-Bus, 3 čítací vstupy	cca 5 000 Kč
router ethernet/GPRS + příslušenství	3 000 Kč
box, instalace, kabeláž	cca 15 000 Kč
Celkem	cca 24 000 Kč

Provozní náklady na internetové připojení (SIM karta s datovým tarifem cca 500 MB) jsou do 100 Kč měsíčně. Při předpokládané životnosti 5 let jde o cca 5 000 Kč. Dále potřebujeme přívod el. energie, neboť nejde o bateriovou technologii. Náklady na napájení jsou ale zanedbatelné.

Porovnání obou technologií

Celkové porovnání obou technologií znázorňuje tab. 3.

Tab. 3 Porovnání nákladů na obě technologie

Tab. 3 Cost comparison of both technologies

	IoT	Klasické datové spojení
Pořizovací náklady	12 000 Kč	24 000 Kč
Provozní náklady na 5 let	15 000 Kč	5 000 Kč
Celkové náklady na vlastnictví	27 000 Kč	29 000 Kč

Náklady na uvedené technologie vycházejí přibližně stejně vysoké. Řešení s IoT ovšem začne zlevňovat s rostoucím počtem zařízení, případně s klesajícím počtem senzorů u jednoho zařízení a tedy větší „distribovaností“ měření (např. místo 3 teplot a dalších údajů by stačil pouze odečet energie a sumární alarm). Pak se fixní náklady na PLC a router začnou výrazněji negativně promítat do ceny za jedno měřicí místo. Naproti tomu u klasické varianty můžeme často využít existujícího řídicího systému a ten jen připojit na centrálu, nebo výměnu řídicího systému za komunikativní spojit s rekonstrukcí technologie. Pořizovací cena hardware je pak zanedbatelná. U klasického monitoringu nesmíme také zapomenout na výhodu možného povelování.

Ukázková kalkulace pro připojení hlavního plynoměru průmyslového areálu

Na příkladu reálné zakázky na připojení hlavního plynoměru, která byla v roce 2015 realizována pomocí GSM komunikace, si ukážeme, jaké by byly možnosti dnes – při využití některé z IoT technologií.

Plynoměr je umístěn na louce přibližně 200 m od hranice areálu. Je u něj dostupný přívod elektrické energie, ale není vybudována žádná komunikační infrastruktura pro komunikaci dat s dispečinkem areálu. Možné jsou následující způsoby připojení: vybudování fyzické komunikační linky (sériová, LAN...), WiFi připojení, GSM, nebo IoT.

Vybudování fyzické komunikační linky při vzdálenosti cca 200 m od hranice areálu a přibližně 250 m od nejbližší budovy areálu, kde je dnes dostupná podniková ethernetová síť, představuje řádově podobný náklad (v desítkách tisíc korun), ale významně komplikovanější realizaci, a nebudeme tedy toto řešení dále zvažovat.

WiFi připojení je citelně snazší na realizaci, ale stále představuje náklad na hardware a instalaci přibližně ve výši 15 000 Kč (pokud nepočítáme vlastní hardware pro měření, který je shodný pro WiFi i GSM variantu). Náklady na provoz v tomto případě zanedbáme.

Jelikož v roce 2015 nebyly ještě běžně dostupné IoT technologie, volba padla na GSM připojení. Na místě byl nainstalován GSM router (3 000 Kč) a provozní náklady na připojení se pohybují kolem 1 500 Kč/rok. Tato varianta je v horizontu 5 let stále levnější než WiFi, ale především je instalačně jednodušší.

U WiFi i GSM varianty je navíc potřeba připočítat „tradiční“ hardware systému měření a regulace, tedy programovatelný automat (PLC). Zde byl použit regulátor s integrovaným digitálním vstupem s čítačem pulsů přibližně v ceně 5 000 Kč. I pro takto jednoduchou úlohu je ovšem potřeba připočítat ještě přípravu softwarové aplikace pro sběr dat, rozvaděč, kabeláž atd. v celkové výši přibližně 10 000 Kč.

U dnes dostupné varianty IoT bychom instalovali čítač pulsů (2 000 Kč), provozní náklady by byly max. 500 Kč za rok a cena souvisejícího instalačního materiálu max. 3 000 Kč.

Jedná se tedy o ukázkový případ vhodného nasazení IoT technologie, kdy náklady na fyzické zajištění komunikace dat jsou výrazně vyšší než náklady provozní, a tudíž dává smysl nasadit provozně dražší IoT řešení.

Tab. 4 Příklad reálné zakázky na připojení hlavního plynoměru – porovnání nákladů na obě technologie

Tab. 4 Example of a real project to connect the main gas meter – cost comparison of both technologies

	IoT	GSM
Pořizovací náklady	5 000 Kč	18 000 Kč
Provozní náklady na 5 let	2 500 Kč	5 000 Kč
Celkové náklady na vlastnictví	7 500 Kč	21 000 Kč

Důležité je říci, že v areálu z uvedeného příkladu se ve výsledku data sbírají všemi popsány způsoby. Kombinace komunikací po existujících sériových linkách, nově instalovaných řídicích systémů přes ethernet (nebo GSM) a sběru „silně distribuovaných“ nebo dočasně měřených dat přes IoT je ekonomicky smysluplná a použitý vizualizační systém umožňuje data neomezeně kombinovat.

ZÁVĚREM

„Internet věcí“ je často prezentován jako svět s fantastickými možnostmi, zejména díky mobilitě senzorů, a to i mezi státy. To je zrovna vlastnost, kterou u monitoringu budov příliš nevyužijeme. Mobilita by byla výhodou u dočasných instalací, kdy sledujeme objekty problémové, v záruce, zaregulované atd., tam ovšem nedochází k nasazení velkého množství senzorů.

Na trhu je nyní dostatek komponent (hardwarových konstrukčních modulů) a potřebná radiová infrastruktura, vznikají první projekty s desítkami či stovkami senzorů vyvíjené na zakázku. Co ale chybí, je široká

nabídka koncových zařízení (senzory). Rovněž integrace do současných vizualizačních systémů (SCADA aplikací) je teprve na začátku.

První kroky v tomto směru sice podniká např. Deutsche Telekom s projektem Cloud der Dinge, ovšem zdá se, že trh IoT nyní čeká na „killer application“ – nápad, který by vedl k masivnímu nasazení desítek tisíců nebo statisíců senzorů a tím celou technologii ještě více zlevnil a posunul blíž k uživatelům.

Aktuálně je tedy technologie IoT dobře využitelná jako doplněk stávajících systémů MaR, nebo varianta k těmto systémům tam, kde je řešení technologicky smysluplné a ekonomicky se vyplatí.

Kontakt na autory: jan.vidim@domat.cz; martin.chlupac@energocentrum.cz

Další zdroje informací:

<http://www.sigfox.com/>

<https://www.cra.cz/sluzby-iot>

<https://www.simplecell.eu/>

<https://www.lora-alliance.org/>

<http://www.vodafone.com/business/iot/nb-iot>