

IoT LoRaWAN

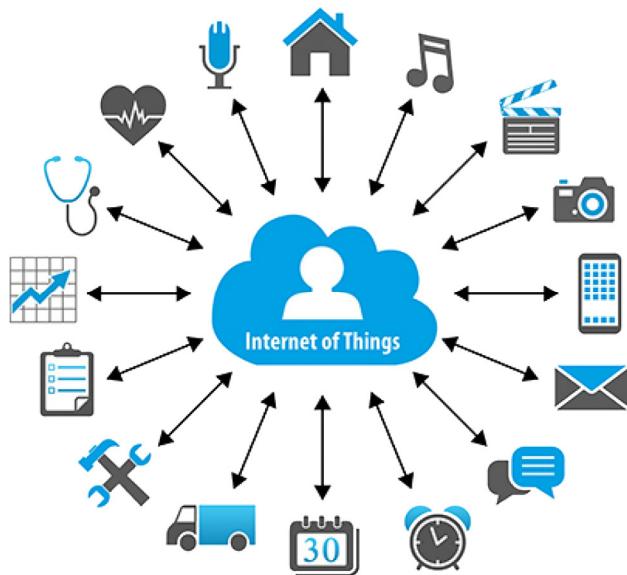
Rješenje

Zagreb Rittmeyer d.o.o.

rittmeier
BRUGG

Što je IoT

IoT je u današnje vrijeme vrlo popularan termin koji u suštini predstavlja koncept povezivanja raznih vrsta uređaja na Internet što omogućava povezivanje i s drugim uređajima. Internet of Things (IoT) je mreža fizičkih uređaja koja uz pomoć elektroničkih komponenti, softvera, senzora i komunikacijskih tehnologija ostvaruje povezivanje i razmjenu podataka. IoT je također mreža kojoj pored povezanih uređaja pristupaju i ljudi. Svi oni prikupljaju i dijele podatke koji im koriste, a uglavnom su ti podaci vezani za okolinu koja ih okružuje. Svaki uređaj ima svoju identifikaciju i na taj način je prepoznatljiv, kako unutar računalnog sustava kojem pripada, tako i unutar šire internetske infrastrukture.



Svi povezani uređaji putem Interneta koji čine IoT prikupljaju i šalju podatke te istodobno mogu izvršavati zadaće shodno tim istim prikupljenim ili dobivenim podacima iz vlastite okoline koristeći ugrađene senzore, procesore i komunikacijski hardver. Ti uređaji, koji se često nazivaju i „smart“ tj. pametni uređaji, mogu komunicirati s drugim srodnim uređajima i djelovati na osnovu informacija koje dobivaju jedni od drugih. Taj proces nazivamo komunikacija „machine to machine“ (M2M) tj. stroj-stroj. Ljudi mogu tim pametnim uređajima putem sučelja postaviti parametre, dati upute ili pristupiti podacima. Međutim, pametni uređaji obavljaju većinu posla sami bez potrebe za ljudskom intervencijom. Kompletan IoT sustav možemo raščlaniti na četiri glavne komponente: senzore / uređaje, komunikaciju, obradu podataka i korisničko sučelje.

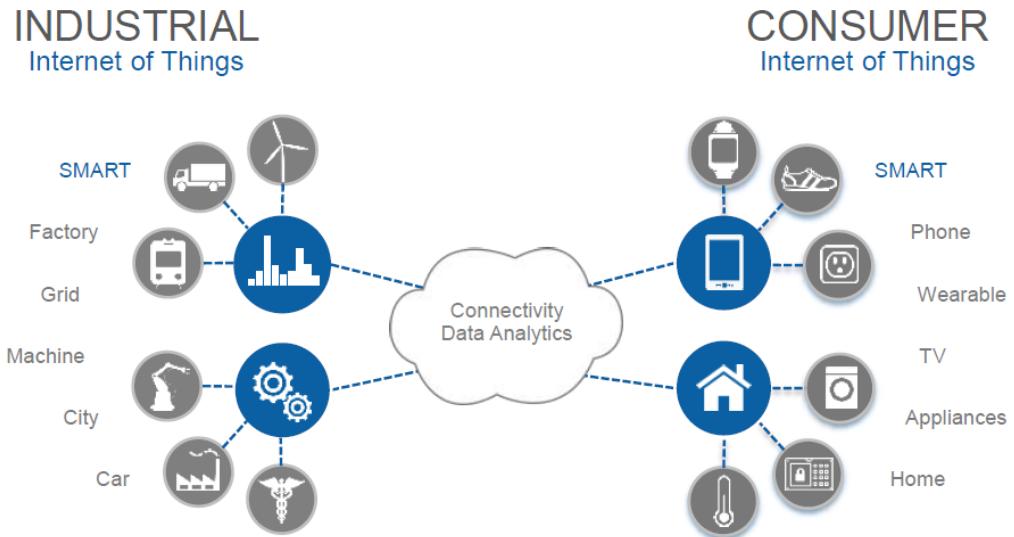
Kako pametni uređaji čine svaki IoT sustav tako su se u današnje vrijeme pojavili vrlo popularni pojmovi kao što su pametni gradovi, pametno zdravstvo, pametna poljoprivreda itd.

Svi ti pojmovi označavaju prodror IoT kao koncepta u već postojeće sustave i infrastrukture koje služe na čovjekovu dobrobit s time da ih IoT čini još pristupačnijim, prihvatljivijim i na kraju pametnijim.

Neki od primjera područja primjene za IoT:

- ▶ praćenje stanja okoliša,
- ▶ upravljanje infrastrukturom,
- ▶ upravljanje energijom,
- ▶ medicinski i zdravstveni sustavi,
- ▶ automatizacija zgrada i domova,
- ▶ transportni sustavi.

Industrijski IoT



Iako je IoT kao pojam među širim populacijom uvelike prezentiran uz korištenje i implementaciju potrošačkih proizvoda, IoT je također prepoznat kao veliki potencijal za primjenu u industriji. U tom smislu onda govorimo o Industrijskom IoT ili skraćeno IIoT. Unatoč tome što se Industrijski IoT smatra podkategorijom jednog šireg koncepta kao što je IoT, prema nekim pretpostavkama IoT u industriji bi ubrzo mogao dosegnuti enormno značajnu primjenu pa ga se proziva 4. industrijskom revolucijom.

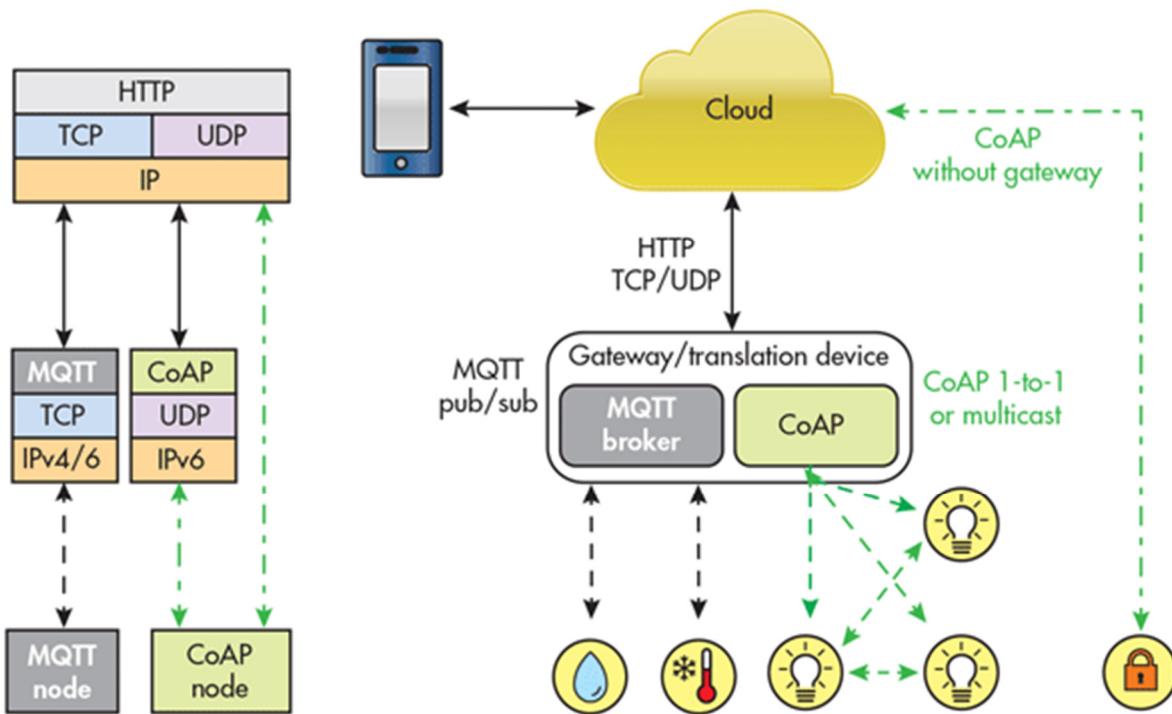
Procjenjuje se da će tržiste za Industrijski IoT do 2021. godine doseći 123,89 milijardi dolara.

IIoT je dosad pokazao najznačajniji utjecaj u primjeni za potrebe poljoprivrede. Međutim, zasigurno će u budućnosti transformirati mnoge industrije, uključujući proizvodnju, naftu i plin, rудarstvo, transport i zdravstvo. Zajedno s poljoprivredom, ove djelatnosti čine gotovo dvije trećine svjetskog gospodarstva.

„4. industrijska revolucija“

M2M i protokoli MQTT i CoAP

Temelj cijelog koncepcija IoT-a je M2M ili veza stroj - stroj. Iako pojam M2M i sama upotreba tehnoloških rješenja baziranih na M2M komunikacijskim tehnologijama nije najnovija inovacija, upotreba posebnih komunikacijskih protokola su ključna moderna rješenja koja su omogućila uspon primjene IoT.

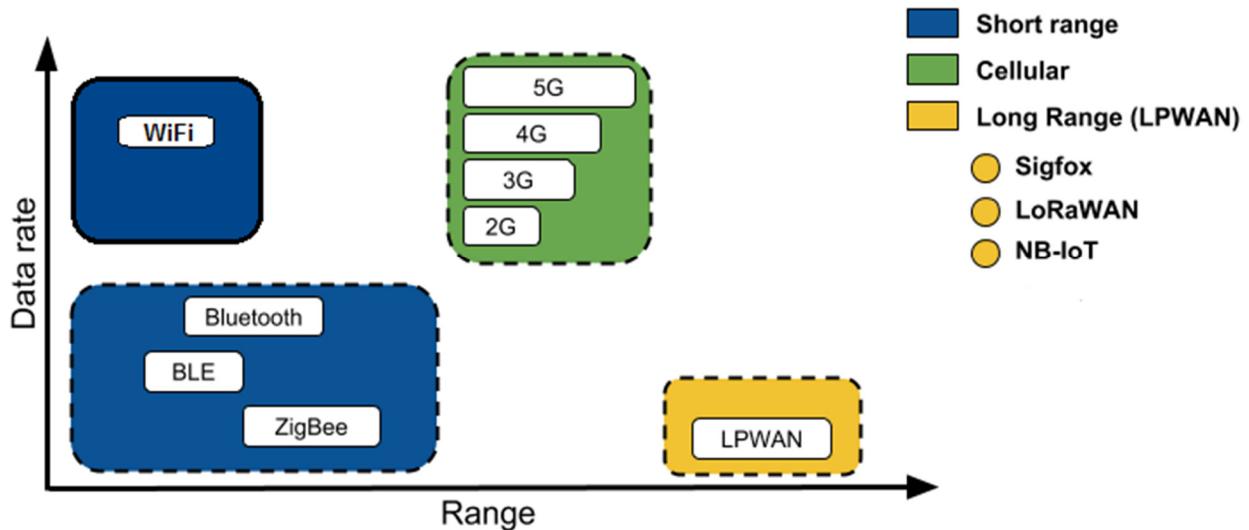


Budući da povezani uređaji koriste Internet za prijenos podataka bilo je potrebno primijeniti posebne Internet protokole koji bi bili adekvatni za primjenu M2M komunikacija. Protokoli kao što su MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) i CoAP (Constrained Application Protocol) su upravo pogodni za M2M komunikaciju. Iako između ta dva protokola postoje fundamentalne razlike, njihove osnovne zajedničke značajke su:

- ▶ otvoreni standardi,
- ▶ pogodni su za ograničena okruženja za razliku od HTTP-a,
- ▶ sadrže mehanizme za asinkronu komunikaciju,
- ▶ koriste IP protokol,
- ▶ raznolikost implementacija.

LPWAN tehnologije (LoRaWAN, Sigfox, NB IoT)

Različite bežične tehnologije pokrivaju različite aplikacije s obzirom na raspon i širinu frekvencijskog pojasa. Međutim, postojeće tehnologije nisu adekvatne za projektiranje aplikacija s energetski malopotrošnim uređajima, niskim zahtjevima za propusnost podataka i zahtjevima za prijenos podataka na relativno velike udaljenosti (do 10-ak km) koje su tipične za IoT i M2M. Upravo su LPWAN (Low Power Wide Area Network) tehnologije usmjerene na te nove aplikacije i tržišta.

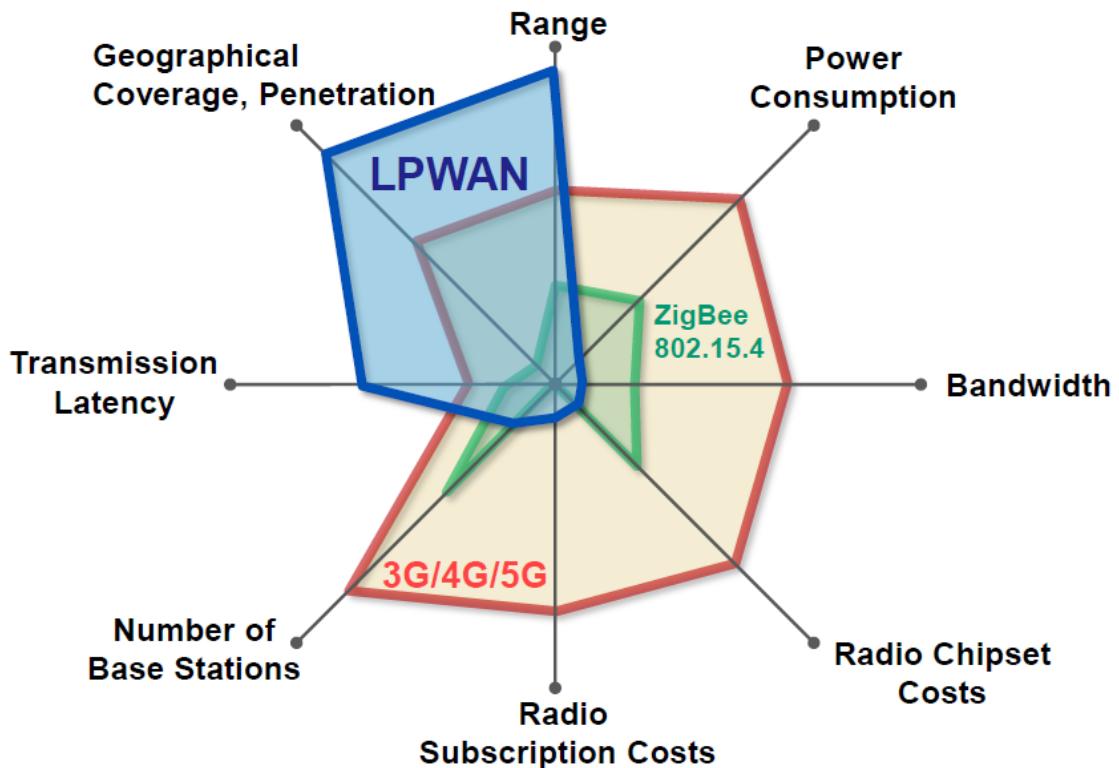


LPWAN mreže operiraju uz niže troškove s većom energetskom učinkovitošću od tradicionalnih mobilnih mreža. Također mogu podržati veći broj priključenih uređaja na većem području.

LPWAN mreže mogu primiti veličine paketa od 10 do 1000 Byte-a pri brzinama prijenosa podataka do 200 Kbps. Udaljenosti koje LPWAN mreže mogu obuhvatiti sežu od 2 km do 1000 km, ovisno o tehnologiji.

Većina LPWAN mreža imaju zvijezda topologiju gdje se, slično kao kod Wi-Fi mreža, svaka krajnja točka izravno povezuje sa zajedničkim središnjim pristupnim točkama.

IoT aplikacije postavljaju neke jedinstvene zahtjeve za LPWAN tehnologije kao što je prikazano u usporedbi s drugim bežičnim tehnologijama.

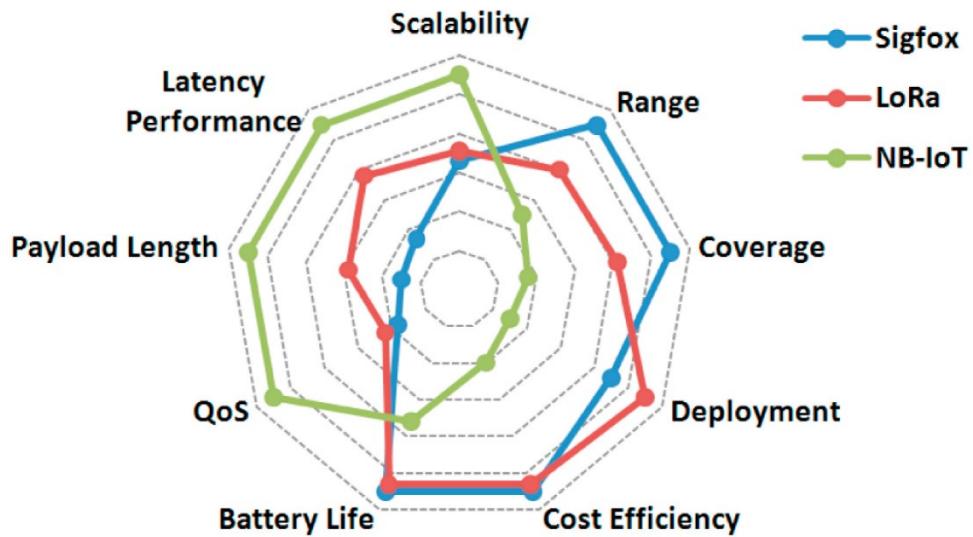


Glavne karakteristike LPWAN tehnologija su:

- ▶ pokrivanje velikih udaljenosti (do 40 km na otvorenom),
- ▶ iznimno mala potrošnja (trajanje baterije do 10 godina),
- ▶ niska podatkovna propusnost (ovisno o aplikaciji, do nekoliko stotina bps ili manje),
- ▶ niska cijena RF modula (manje od 10 \$),
- ▶ niska cijena radio pretplate (ovisno da li LPWAN tehnologiji zahtjeva pretplatu, manje od 1 \$ po uređaju u godini dana),
- ▶ latencija prijenosa podataka nema utjecaja na funkcionalnost,
- ▶ vrlo niski zahtjevi za brojem središnjih pristupnih točaka (LPWAN bazne stanice mogu posluživati tisuće uređaja),
- ▶ izvrsna pokrivenost u urbanim i ruralnim područjima (dobra penetracija u zgrade i u zemlju).

U sljedećoj tabeli i grafikonu su navedene osnovne karakteristike i razlike za tri najpopularnije LPWAN tehnologije:

	Sigfox	LoRaWAN	NB-IoT
Modulacija	BPSK	CSS	QPSK
Frekvencija	License-free ISM bands (868 MHz u Europi)	License-free ISM bands (868 MHz u Europi)	Licensed LTE frequency bands
Širina frek. pojasa	100 Hz	250 kHz i 125 kHz	200 kHz
Maksimalni data rate	100 bps	50 kbps	200 kbps
Bidirekcionalnost	Limitirano / Half-duplex	Da/ Half-duplex	Da / Half-duplex
Maksimalni broj poruka u danu	140 (Up), 4 (Down)	Neograničeno	Neograničeno
Maksimalni payload poruke	12 bytes (Up), 8 bytes (Down)	243 bytes	1600 bytes
Udaljenosti	10 km (urban), 40 km (rural)	5 km (urban), 20 km (rural)	1 km (urban), 10 km (rural)
Autentifikacija i enkripcija	Nije podržana	Da (AES 128b)	Da (LTE enkripcija)
Adaptivni data rate	Ne	Da	Ne
Privatne mreže	Ne	Da	Ne
Standardizacija	Sigfox u kooperaciji sa ETSI	LoRa-Alliance	3GPP



Sigfox je vlasnička mreža i protokol. Može se koristiti za bilo koju udaljenu podatkovnu vezu. Njene prednosti su niska brzina, niska potrošnja, ali i domet. Međutim, najveći nedostatak je preplatnički odnos s vlasnikom tj. ekskluzivnim Sigfox Operaterom/Distributerom. Nije moguće instalirati vlastitu baznu stanicu i pokrivanje signala je ograničeno samo na mesta gdje su stanice već postavljene, tako da troškovi postavljanja vlastite mreže mogu biti previsoki.

NB-IoT radi u GSM radiofrekvencijskom spektru i operira na neiskorištenim GSM kanalima ili slobodnom prostoru između LTE kanala. Prednosti te tehnologije su svakako veća brzina prijenosa podataka, niska latencija i veliki paketi podataka. Iz toga proizlazi da NB-IoT zahtijeva i veću energetsku potrošnju od ostalih LPWAN tehnologija.

Korištenje te tehnologije je jedino moguće uz preplatnički odnos sa GSM operaterima koji već imaju uspostavljenu infrastrukturu na ciljanim područjima.

LoRaWAN je komunikacijski protokol male brzine, male potrošnje i velikog dometa. LoRaWAN je „Open Source“ standard i specifikacija tako da je svatko može slobodno implementirati s vlastitom opremom. Ograničenja korištenog frekvencijskog područja mogu uzrokovati veliku latenciju za isporučene poruke. Stoga nije opcija za IoT proizvode koji zahtijevaju trenutnu isporuku podataka, primjerice u zdravstvu.

Iako je za bazne stanice potrebna internetska veza i napajanje, troškovi ulaganja u stvaranje vlastite mreže su vrlo mali, tako da je moguće stvoriti pokrivenost tamo gdje je potrebna.

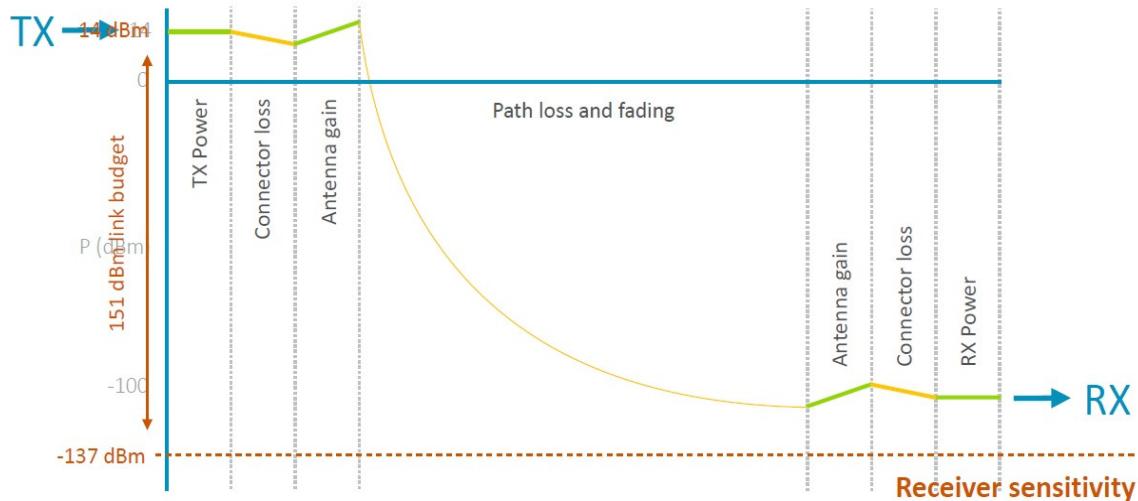
LoRaWAN radio tehnologija

LoRa je radio tehnologija koja je u posljednje vrijeme vrlo popularna i u samom je središtu pozornosti za sve one koji traže rješenja bazirana na LPWAN tehnologijama. U Europi je LoRa frekvencija postavljena na 868 MHz. Iako je službeno u upotrebi i 433 MHz frekvencijski pojas, on je izuzetno „zagađen“. Ta frekvencijska područja su nelicencirana, ali su regulirana. Iako su prijenosi ograničeni, svaki frekvencijski pojas može se koristiti za prijenos 1% vremena. Također, maksimalna izlazna snaga koju dopušta ETSI u Europi je + 14 dBm. Uređaji moraju biti projektirani tako da uzmu u obzir taj radni ciklus i izlazne snage.

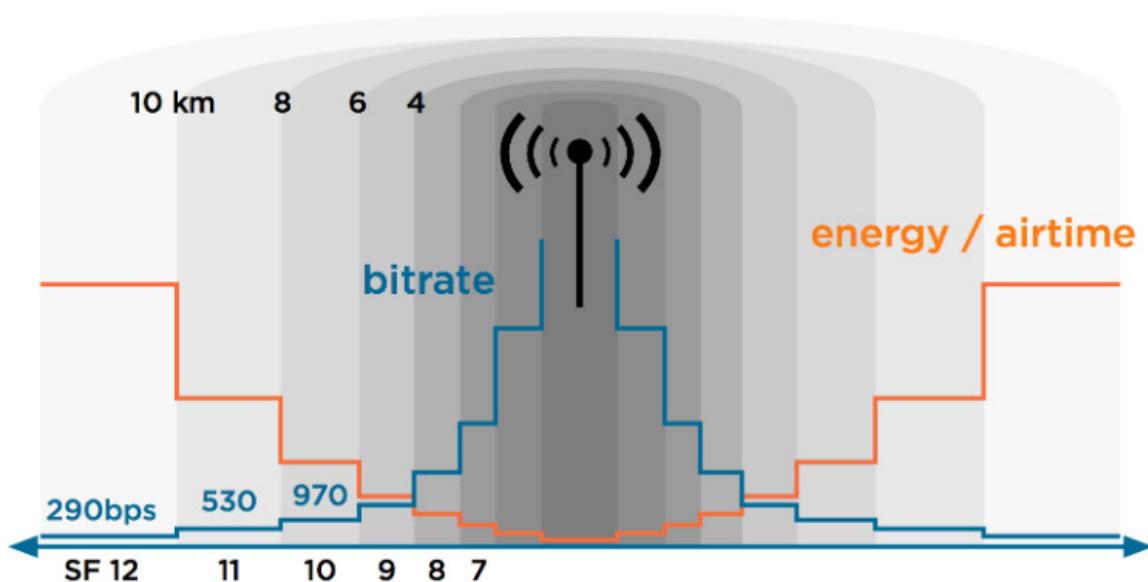
LoRa je akronim od Long-Range i zaštitni je znak tvrtke Semtech, koja proizvodi RF čipove. Koristeći pametnu chirp spread spectrum (CSS) modulaciju koja je slična principu cvrkuta ptica pri čemu se signali mogu detektirati čak i ako su izuzetno slabi i to duboko u području šuma tj. negativnom SNR (Signal to Noise Ratio).

Jedna velikih značajki LoRa radio tehnologije je veliki tzv. „Link Budget“ od 151 dBm. Učinkovita bazna stanica može lako postići pokrivenost od nekoliko kilometara (urbana područja predstavljaju veći izazov), a moguće je postići domet od nekoliko desetaka kilometara u ruralnim područjima.

High link budget



Druga jednako bitna karakteristika je da LoRa nudi 6 različitih brzina prijenosa (Spread Factor ili SF) u čak 8 podfrekvencija tj. kanala s frekvencijskim opsegom od 125 kHz s time da je omogućeno dešifrirati preklapajuće signale.

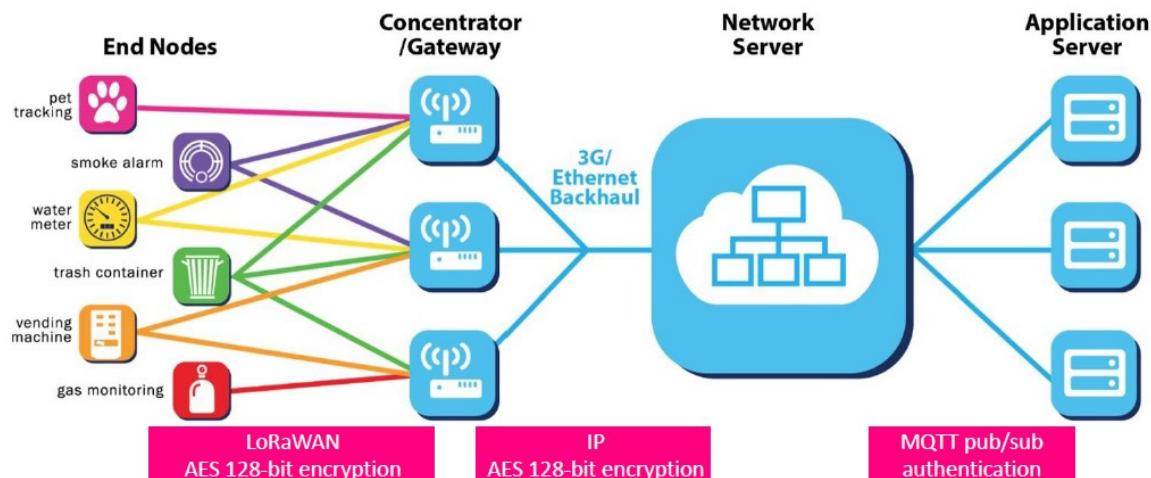


LoRa također uključuje ADR (Adaptive Data Rate) tj. adaptivnu brzinu prijenosa podataka, pri čemu mreža može obavljati korekciju uređaja tj. noda tako da koristi niži SF ako je signal dovoljno jak. Na taj način se štedi energija i omogućuje se slanje više podataka u kraćim vremenskim intervalima. Uz kraće vrijeme emitiranja po nodu, mreža može zaprimiti veći broj aktivnih čvorova.

LoRaWAN mrežna tehnologija

Upravo LoRaWAN specifikacija, koju je razvila LoRa Alliance (neprofitno udruženje s preko 500 poduzeća i organizacija kao članova) omogućava korištenje LoRa radio tehnologije kao izuzetno popularnu LPWAN mrežnu tehnologiju. LoRaWAN specifikacija uspostavlja standarde za način na koji uređaji pristupaju mreži i razmjenjuju podatke, količinu podataka koji se mogu prenijeti ili primiti, korištenje adresa, metode šifriranja itd. LoRaWAN je usporediv s IP protokolom, dok se LoRa može usporediti s Ethernetom u svojstvu fizičkog sloja OSI modela.

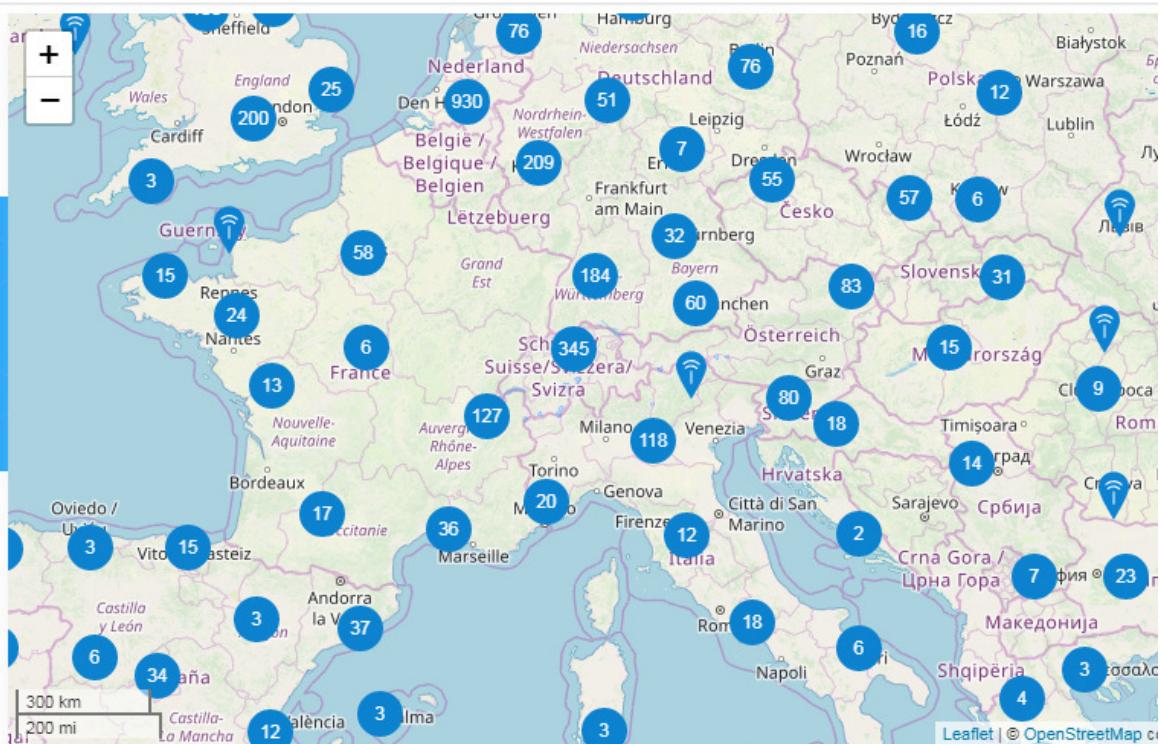
LoRaWAN se također temelji na korištenju čvorova (nodova), baznih stanica (Gateway-a) koji, slično Wi-Fi pristupnim točkama, prihvataju signale iz etera i prevode ih, te mrežnih poslužitelja koji djelotvorno služe kao most do krajnjih aplikacija. Podaci koji se prenose od strane čvora mogu biti istodobno zaprimljeni na više baznih stanica, dok ključevi za šifriranje osiguravaju da će mreža prihvatiti poruku, a aplikacija obrađuje dešifrirane podatke. LoRaWAN također omogućuje dvosmjerni prijenos podataka, iz krajnje aplikacije na nodove tj. downlink.



Postoji nekoliko LoRaWAN klasa: A, B i C. Klasa A je namijenjena senzorima koji koriste minimalnu snagu i odašilju ili primaju podatke u zakazano vrijeme.

Klase B i C koriste više energije, iako B još nije u potpunosti implementiran. B klasa uključuje korištenje „Beacon“ uređaja i vremenskih intervala, te zahtijeva sinkronizaciju s baznim stanicama i senzorima. Klasa C neprestano sluša podatke i stoga ima nisku latenciju. Neprestano slušanje nije problem ako potrošnja energije ne predstavlja problem za konkretni nod.

Svi zainteresirani korisnici imaju mogućnost isprobati i upoznati se sa mogućnostima LoRaWAN tehnologije. TTN (The Things Network) je inicijativa utemeljena na zajednici s ciljem povezivanja LoRaWAN baznih stanica kako bi se stvorila velika globalna mreža. Temeljni koncept je donekle sličan globalnoj roaming mreži eduroam. Cilj je smanjiti broj središnjih komponenti, a korisnicima ponuditi najširi mogući raspon opcija.



Bazne stanice TTN mreže

Bazne stanice mogu prenositi podatke na više mrežnih poslužitelja, omogućujući stvaranje privatnih mreža i razmjenu podataka s TTN mrežom.

LoRaWAN mrežu moguće je izgraditi kompletno uz pretplatnički odnos s davateljema usluga koji imaju uspostavljenu LoRaWAN infrastrukturu i nude svoje usluge na tržištu. Pored TTN zajednice koja pruža besplatnu uslugu LoRaWAN mrežnih servera postoji i biznis model kroz TTI (The Things Industries) komercijalni odjel TTN-a. Međutim najveća prednost LoRaWAN-a je mogućnost izgradnje kompletног lanca LoRaWAN mreže sa vlastitom opremom i servisima od noda do aplikacijskog servera.

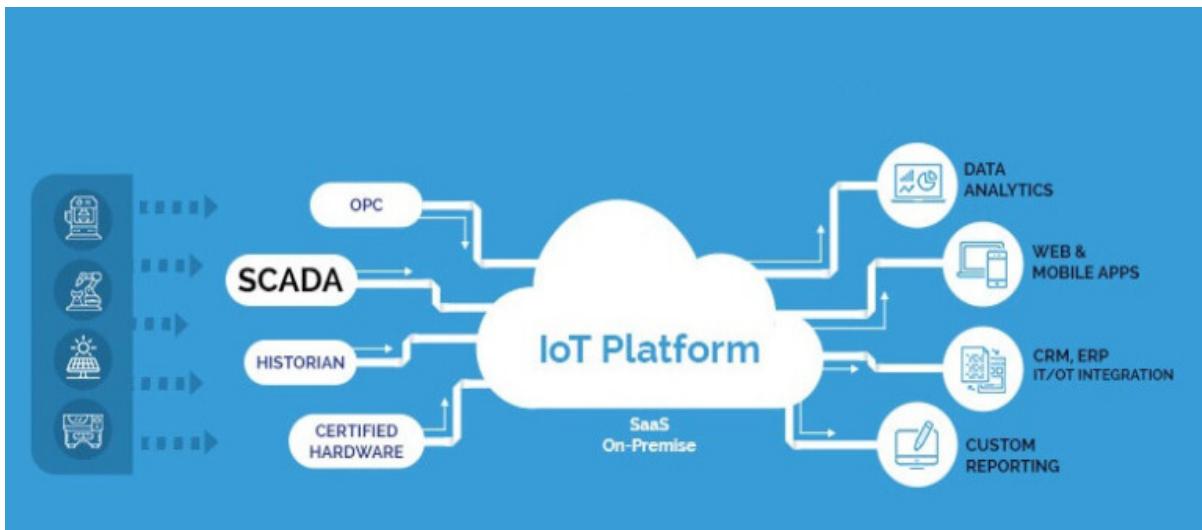
Utjecaj IoT-a na SCADA sustave

Evidentno je da postoji konfuzija među stručnjacima oko uloge i primjene Industrijskog IoT-a. Često se postavljaju pitanja kao što su: "Zamjenjuje li IoT SCADA-u?", "Mogu li se oboje integrirati?" i "Koja je razlika između IoT-a i SCADA-e?".

U osnovi, Industrijski IoT treba promatrati kao tehnologiju koja se implementira povrh SCADA-e. Upravo takav koncept bi trebao pojmove kao što su skalabilnost, analitika podataka, standardizacija i interoperabilnost učiniti još realnijim.

Industrijski IoT sustav se proteže kroz nekoliko područja IT-a unutar tvrtke. Pored integracije sa proizvodnim linijama, za bolji uvid u industrijske procese Industrijski IoT prikuplja i koristi podataka iz drugih sustava kao što su ERP (Enterprise Resource Planning), MES (Manufacturing Execution Systems) ili CRM (Customer

Relationship Management). Sve u cilju povećane produktivnosti, produljenog vijeka trajanja opreme i na kraju, smanjenja troškova proizvodnje.



Više od 40 godina SCADA služi raznim industrijama da prati i upravlja njihovim aplikacijama i procesima. Pomaže povećati učinkovitost poslovanja i smanjiti troškove.

Međutim, SCADA je još uvijek ograničena na postrojenja. Preuzeti podaci pregledavaju se samo unutar postrojenja. Dok IoT preuzima te podatke, pruža uvid korisniku i čini ga dostupnim bilo gdje i bilo kada. To omogućuje stvaranje novih poslovnih modela.

SCADA je po svoj prirodi namijenjena ljudima da komuniciraju daljinski s procesom. Dok se IoT općenito koristi kao M2M komunikacijski alat. IoT osigurava da se informacije dijele s ljudima i strojem, a ne samo s ljudima.

Kako se svijet sve više povezuje putem pametnih telefona i internetskih „cloud“ tehnologija uz tehnološki napredak koji širi mogućnosti industrijskih sustava i dostupne metode praćenja, smatramo da će SCADA postati segment IIoT-a.

SCADA u svojoj suštini puno nalikuje na IoT. Međutim, IoT kao nova tehnologija razvija se brže od svega što smo vidjeli posljednjih godina. SCADA je još uvijek važan i nezamjenjiv koncept u vodoopskrbi, naftnoj i plinskoj industriji, elektroprivredi, željezničkom prometu, teškoj industriji itd. Uz tri generacije SCADA-e (samostalne, distribuirane i umrežene) neke industrije počinju koristiti ono što neki prepoznaju kao SCADA-u četvrte generacije. To se često poistovjećuje s Industrijskim IoT-om. Budući da je četvrta industrijska revolucija pred nama, implementacija SCADA-e četvrte generacije s revolucionarnom tehnologijom Industrijskog IoT-a čini se neizbjegljom.

Industrijski IoT obogaćuje SCADA-u nudeći više standarde i otvorenost. U osnovi, obje se platforme koriste za povećanje ukupne produktivnosti.

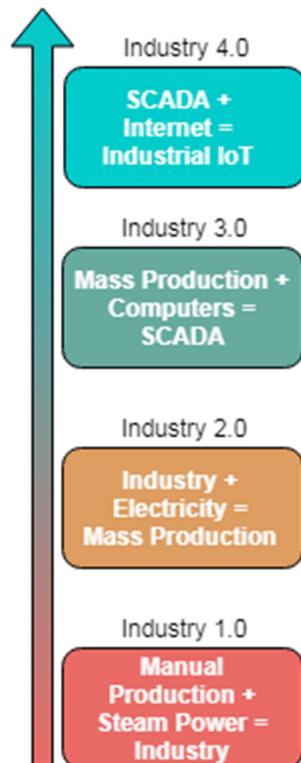
Informacije generirane unutar SCADA sustava su zapravo jedan od izvora sveukupnih podataka unutar Industrijskog IoT sustava. SCADA treba i dalje biti fokusirana na praćenje i kontrolu. Industrijski IoT treba više biti usmjeren na analizu podataka o samoj opremi i procesima kako bi se poboljšala produktivnost. Ukratko, Industrijski IoT nastavlja tamo gdje SCADA završava.

U budućnosti, vjerojatno je da će SCADA sustavi evoluirati u sustave IoT-a. Oprema i PLC-i postat će inteligentniji i moći će integrirati različite „Cloud“ platforme.

Na kraju, SCADA i IoT se razlikuju u mnogim aspektima, ali oboje dijele jedan zajednički cilj. Optimizacija upotrebe i bolja kontrola industrijskih procesa. Budući da je SCADA računalni sustav koji prikuplja i analizira podatke u stvarnom vremenu, i dalje je koristan u praćenju i kontroli postrojenja ili industrijske opreme.

Industrijski IoT omogućava da se objekti prate i kontroliraju na daljinu preko različitih mrežnih infrastruktura. Stoga on stvara mogućnosti za izravniju integraciju fizičkog svijeta u računalne sustave. To dovodi do poboljšane učinkovitosti, točnosti i ekonomske koristi te smanjuje ljudsku intervenciju.

Obje platforme nude obilje prednosti, kao i neke nedostatke. Predviđa se da će do 2020. godine 50 milijardi uređaja ili stvari biti spojeno na Internet. Stoga dinamika internetskog sustava nadzora i kontrole postaje stvarnost. SCADA sustavi, IoT, „Cloud computing“ i kognitivna računala je industrija 4. doba i to je doba koje će promijeniti dinamiku cijelokupne automatizacije.

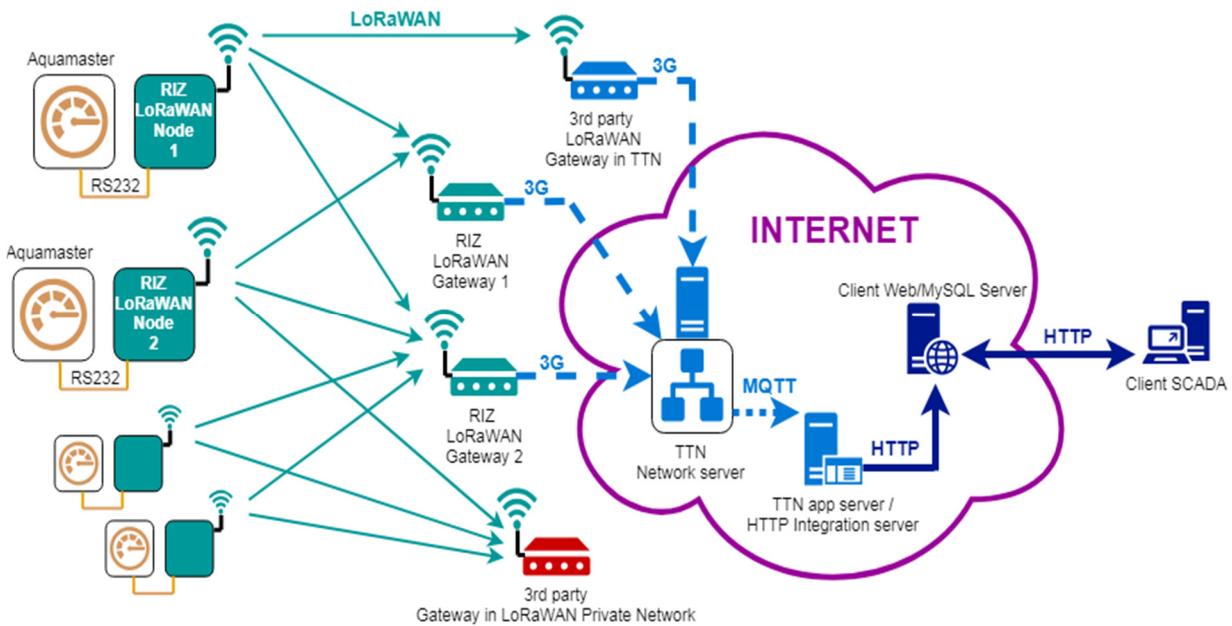


Primjer IoT rješenja iz naše prakse

Zagrel Rittmeyer je riješio jedan projekt u zagrebačkom vodovodu koristeći upravo LPWAN tehnologiju. Projektom je trebalo riješiti problematičnu komunikaciju većeg broja (~50) mjernih mjesta sa centralnim serverom u zagrebačkom vodovodu. Sva mjerna mjesta su opremljena s ABB AquaMaster 3 FET200 štapnim elektromagnetskim mjeračima i uređajima koji su podatke iz mjerača trebali periodički slati putem GPRS konekcije na centralni server u zagrebačkom vodovodu. Međutim, nakon višegodišnjeg iskustva korisnici nisu bili zadovoljni radom tih mjernih postaja. Ustanovljeno je da komunikacijski uređaji često zakažu iz raznih razloga (zamrzavanje softwarea, prevelika potrošnja baterije itd.).

U Zagrel Rittmeyer-u smo se nakon analize odlučili problem riješiti zamjenom postojećih komunikacijskih uređaja uređajima LoRaWAN tehnologije. U usporedbi s ostalim LPWAN tehnologijama, LoRaWAN tehnologija je bila najdostupnija i svojim karakteristikama je zadovoljavala sve potrebe za rješavanjem postojećeg problema na mjernim mjestima.

Nakon ispitivanja sa prototipnim LoRaWAN nodovima/uređajima i baznom postajom, koristeći usluge TTN mreže, došli smo do zaključka da bi problem mogli riješiti vrlo brzo i uz relativno male troškove, što je brzo prepoznato i od strane krajnjeg korisnika.



Budući da je bilo potrebno očitavati podatke iz Aquamaster 3 uređaja s posebnim ASCII porukama putem RS232 konekcije, bilo je iluzorno tražiti na tržištu već postojeće „off the shelf“ uređaje/nodove koji bi bili u stanju obavljati sve potrebne funkcije.

Stoga smo izradili vlastiti nod i mrežu gatewaya. Uređaji su dizajnirani i proizvedeni tako da budu energetski malopotrošni tj. baterijski (3.7V).



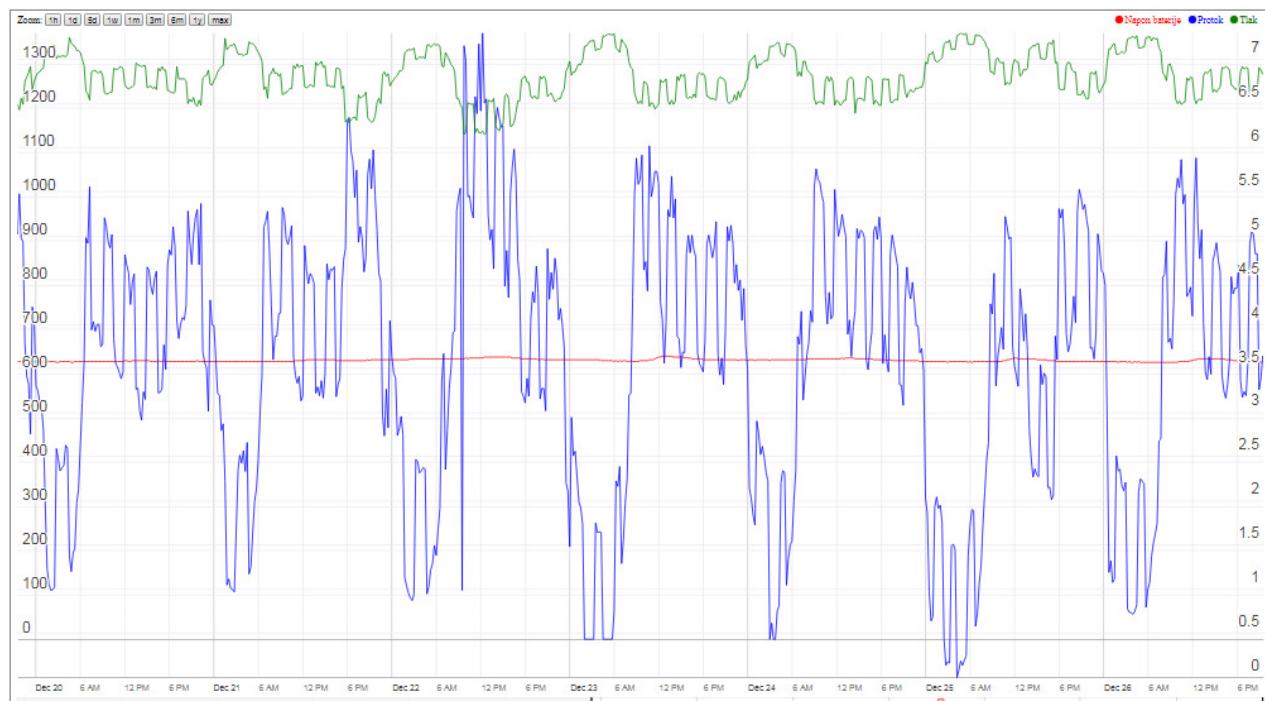
Dosad je postavljeno 30-ak uređaja i 2 bazne stanice na području Zagreba. Bazne stanice su postavljene na infrastrukturnim mjestima zagrebačkog vodovoda koja su po svojoj lokaciji i karakteristikama najviše odgovarala potrebama (pokrivanje signala/napajanje/priključenje na Internet).

Uređaji tj. nodovi šalju relevantne podatke iz mjernih uređaja (tlak, trenutni protok, kumulativ u oba smjera, statuse itd.) svakih 15 minuta (neki svake 2 minute). Uređaj većinu vremena proveđe u „sleep modu“ i pri tome struja potrošnje iznosi samo 7 µA.

Probni period je prošao vrlo zadovoljavajuće i uređaji rade već više od godinu dana. Iskustva su odlična i zasigurno planiramo koristiti LoRaWAN tehnologiju u budućnosti.

[Sakrij Protok](#) [Sakrij Tlak](#) [Sakrij Protok i Tlak](#) [Prikaži Protok i Tlak](#)

node001



Zagrel Rittmeyer d.o.o.

Kraljice Jelene 6

tel: 01 4550 817

10000 Zagreb

email: zagrel@zagrel-rittmeier.hr

OIB 00100837674

web: www.zagrel-rittmeier.com