

IMPLEMENTACIJA MQTT PROTOKOLA ZA POTREBE POSLOVNEGA PRIMERA UPORABE V EVROPSKEM PROJEKTU TDX ASSIST

mag. Janez Smukavec¹, Nejc Petrovič¹, mag. Marjan Jerele¹, Andrej Volčjak²

¹ – Elektro Gorenjska, d. d., Mirka Vadnova 3a, 4000 Kranj
janez.smukavec@elektro-gorenjska.si nejc.petrovic@elektro-gorenjska.si marjan.jerele@elektro-gorenjska.si

² – Iskra, d.d., Stegne 21, 1000 Ljubljana
andrej.volcjak@iskra.eu

Povzetek – V podjetju Elektro Gorenjski d.d. smo za potrebe izdelave CVR algoritma (Conservation Voltage Reduction – redukcijo moči z nižanjem napetosti energetskega transformatorja) EU projekta TDX ASSIST postavili merilnike obratovalnih veličin iMC784 podjetja Iskra in zajeli podatke o U, I, P, Q v izbrane transformatorske postaje in na sekundar energetskega transformatorja 110/20 kV v RTP Škofja Loka. Za prenos podatkov smo uporabili protokol MQTT.

Zbrani podatki bodo služili kot vhodni podatki za izračun razpoložljive moči transformatorja in določitev mejnih vrednosti napetosti v distribucijskih transformatorjih skladno s standardom SIST EN 50160 algoritmu CVR za namene nudenja mFRR sistemske storitve operaterju prenosnega omrežja.

Ključne besede: Elektro Gorenjska d.d., MQTT, mFRR, TDX-ASSIST, SIST EN 50160, CVR

IMPLEMENTATION OF MQTT PROTOCOL FOR THE USE CASE IN EU PROJECT TDX ASSIST

Abstract – Following the requirements of the EU project TDX-ASSIST and the development of a CVR algorithm we at Elektro Gorenjska d.d. have implemented operational measurement devices iMC784 from Iskra at various secondary transformer stations and are collecting data about U, I, P and Q at those locations. Upon receiving the measurements, the algorithm calculates the available power of the primary transformer for the purposes of manual frequency restoration reserve (mFRR) as an ancillary service for the TSO. With the help of these measurements the border values of this services are set according to the voltage specification in the SIST EN 50160 standard.

Keywords: Elektro Gorenjska d.d., MQTT, mFRR, TDX-ASSIST, SIST EN 50160, CVR

1 UVOD

Naraščajoče število proizvodnih enot iz obnovljivih virov in povečevanje njihovega vpliva na delovanje elektroenergetskih omrežij predstavlja le eno od posledic, s katerimi se pri obratovanju srečujejo sistemski operaterji tako distribucijskih kot prenosnih omrežij. V okviru celotnega elektroenergetskega sistema se zato iščejo potenciali, ki bi še naprej omogočali dovolj zanesljivo in varno obratovanje v novonastalih razmerah. Sodelovanje med operaterji distribucijskih in prenosnih omrežij, predvsem na področju izmenjave podatkov, zato postaja eden od pomembnih temeljev bodočega obratovanja elektroenergetskega sistema.

Projekt TDX-ASSIST (Coordination of Transmission and Distribution data eXchanges for renewables integration in the European marketplace through Advanced, Scalable and Secure ICT Systems and Tools) posebno pozornost posveča uvajanju in preizkušanju najsodobnejših informacijsko-komunikacijskih tehnologij v okviru vertikalnih povezav med operaterji distribucijskih in prenosnih omrežij.

Projekt TDX-ASSIST je triletni mednarodni projekt, v katerem sodeluje 12 partnerjev iz šestih evropskih držav,

- dva sistemska operaterja prenosnega omrežja (TSO),
- dva operaterja distribucijskega omrežja (DSO),
- združenje sistemskih operaterjev prenosnega omrežja (ENTSO-E),
- tehnološke družbe in raziskovalne ustanove.

Projekt obsega šest delovnih sklopov (WP), družba EG pa je kot sodelujoči partner vključena v pet delovnih sklopov.

2 VLOGA ELEKTRO GORENJSKE

Elektro Gorenjska d.d. v projektu aktivno sodeluje v več delovnih sklopih. V nadaljevanju opisujemo vlogo in aktivnosti Elektro Gorenjske d.d.

Delovni sklop 1 (WP1)

V delovnem sklopu 1, (WP1 - informacijska in komunikacijska orodja in aplikacije za omogočanje boljše standardizirane izmenjave podatkov med distribucijskimi in prenosnimi operaterji elektroenergetskih omrežij) se definirajo primeri uporabe izmenjav podatkov med deležniki. V prvi fazi gre predvsem za definiranje vlog in načinov izmenjave med prenosnim operaterjem in operaterjem distribucijskega omrežja. V tem sklopu se je definiralo deset poslovnih primerov uporabe (Business use case - BUC), v katerih se je predvidelo več scenarijev izvedb. Elektro Gorenjska sodeluje v kreiranju in definiranju zahtev pri poslovnih primerih uporabe 1, 2 in 9.

Tabela 1: Seznam poslovnih primerov (BUC) uporabe glede na časovno periodo in mesto demonstracijskega primera [1].

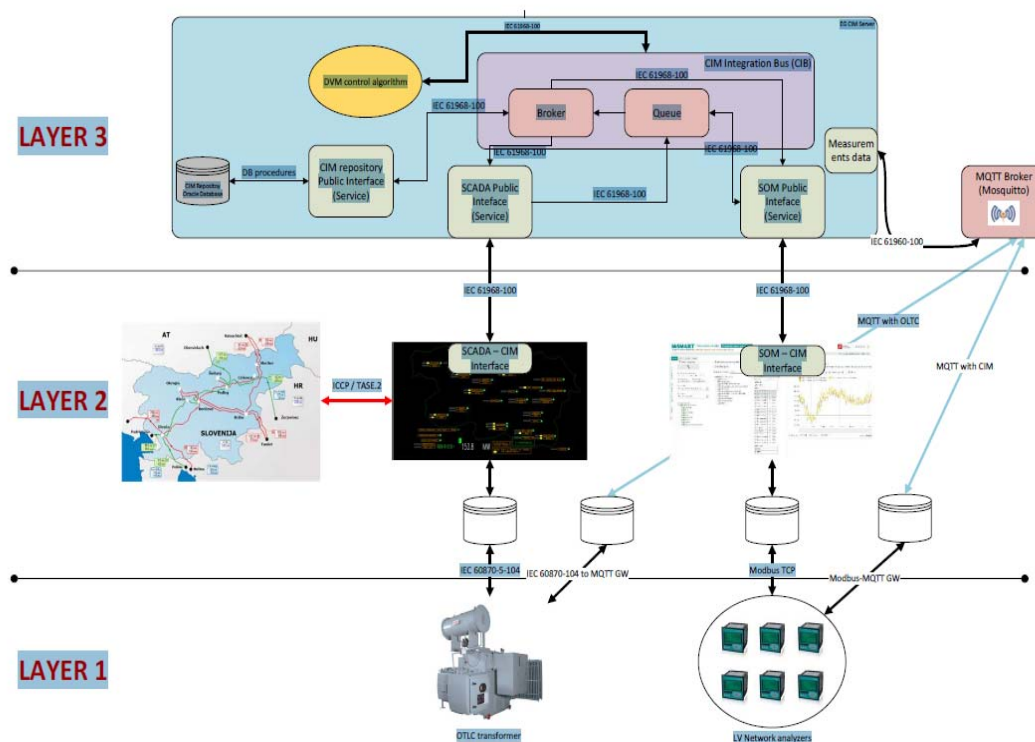
Realni čas ali blizu realnemu času	znotraj dneva, dan vnaprej, teden vnaprej	čez eno ali več let
Obratovanje sistema	Planiranje obratovanja	Dolgoročni razvoj omrežja
BUC 1 –Aktivacija virov priključenih na nivo EDP za potrebe izravnave v tržnem okolju		
BUC 2 – Koordinacija razpršenih virov prožnosti v tržnem okolju		
BUC 3 & 4 – Optimizacija delovne moči s strani sistemskih operaterjev za namene upravljanja s preobremenitvami		
BUC 5 & 6 – Koordinacija upravljanja z jalovo močjo med TSO in DSO za namene nadzora napetosti		
	BUC 7 – Koordinacija aktivnosti vezanih na načrtovanje obratovanja med TSO in DSO	
	BUC 8.1 Optimizacija delovnih programov (TSO, proizvajalci in DSO)	
BUC 10 – Izboljšanje nadzora nad sistemom v realnem času preko boljšega koordiniranja (TSO in DSO)		
BUC 11 – Izboljšanje zaznave lokacij okvar v bližini stičnih točk med TSO in DSO		
		BUC – demonstracija v Sloveniji
		BUC - demonstracija na Portugalskem

V poslovnem primeru uporabe 1 bomo v Elektru Gorenjska d.d. testirali primer sistemske storitve razbremenjevanja distribucijskega omrežja, imenovanem tudi Conservation Voltage Reduction (CVR) ali Dinamic Voltage Management (DVM). Več o tem testu bo opisano v delovnem sklopu 4 (WP4).

V poslovnem primeru uporabe 9 se bo v sklopu demonstracijskega primera izvedel prenos in validacija dolgoročnih planov razvoja omrežja med Elektro Gorenjska d.d. in Elektro-Slovenija d.o.o. (Eles). Za izmenjavo se bo uporabilo Eles-ova platforma, ki jo na nivoju ENTSO-E, operaterji prenosnih omrežij uporabljajo za medsebojno izmenjavo informacij in modelov omrežja – ECCo SP.

Delovni sklop 4 (WP4)

V delovnem sklopu 4 bomo izdelali algoritem CVR in testirali sistemske storitve razbremenjevanja distribucijskega omrežja, imenovano tudi Conservation Voltage Reduction (CVR) ali Dinamic Voltage Management (DVM).



Slika 1: Shema elementov in povezav demonstracijskega okolja za izvedbo testa sistemske storitve [2].

Demonstracijski primer bo v realnem času omogočal izvajane napredne sistemske storitve in hkrati odgovarjal na vprašanja, povezana s praktično izvedbo informacijsko - komunikacijskih rešitev prihodnosti.

Razbremenjevanje distribucijskega omrežja temelji na znani odvisnosti spremembe odjema od spremembe višine napetosti 110/20 kV energetskega transformatorja. Z ustrežno redukcijo napetosti, seveda le tolikšno, kolikor še dopušča najnižja vrednost v celotnem omrežju, je mogoče v primeru potreb operaterja prenosnega omrežja deloma znižati odjem distribucijskega omrežja. Principielno shemo prikazuje slika 1. Predlagani sistem bi na podlagi obremenitev energetskega transformatorja in meritev trenutnega stanja napetosti v distribucijskih transformatorskih postajah izračunaval razpoložljivo regulacijsko moč, na novo razvite informacijsko komunikacijske rešitve pa bodo zagotavljale ustrezne povezave obeh sistemov.

Uporabljeni elementi v demonstracijskem okolju so:

- Energetski transformator 40 MVA v RTP Škofja Loka

Zakaj je MQTT kot komunikacijski protokol na področju IoT dandanes vse bolj popularen ?

Odgovor na to vprašanje je zelo preprost. MQTT je veliko več kot le navaden novodobni komunikacijski protokol v poplavi različnih industrijskih M2M (Machine To Machine) protokolov, saj nam praktično zelo poenostavi sistem pošiljanja sporočil in ukazov oz. informacij med priključenimi napravami v komunikacijskih omrežjih.

Dva tipična uporabniška primera prikazana v nadaljevanju spodaj, nam zelo jasno in nazorno pokažeta zakaj je MQTT postal naša prva logična izbira, za komunikacijo med objekti (naprave, klienti, strežnik) IT omrežja Elektro Gorenjska za projekt TDX-ASSIST.

PRIMER 1:

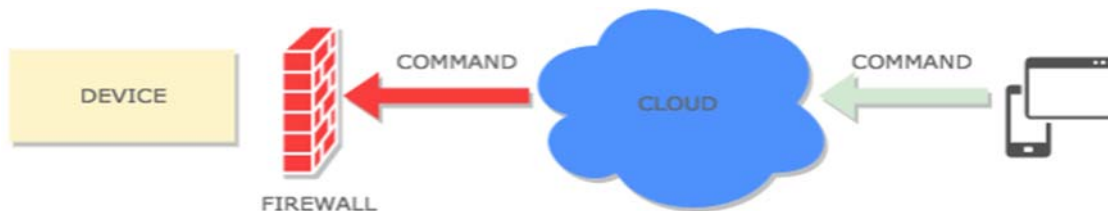
Priključena naprava znotraj IT omrežja pošilja podatke na oddaljen zunanji strežnik. Ta tipični primer je enostaven. Kakršenkoli „cloud sistem“ s primernim API vmesnikom (RESTful,...) lahko sprejme podatke, ker nam požarni zid dovoljuje izhodne povezave t.j. povezave „od znotraj – navzven“.



Slika 3: Priključena naprava znotraj IT omrežja enostavno lahko pošilja podatke na oddaljen zunanji strežnik [4].

PRIMER 2:

Naprava priključena znotraj omrežja naj bo nadzorovana oddaljeno oz. „od zunaj“. Tu nastane problem, ker se posamezne naprave lahko nahajajo tudi za požarnimi zidovi oz. znotraj domene izbranih IT omrežij. Požarni zidovi nam v tem primeru onemogočajo povezave „navznoter“, kar praktično pomeni, da jih zunanje naprave „ne vidijo“ in z njimi ne morejo komunicirati oz. se povezovati nanje za pošiljanje podatkov ali ukazov.



Slika 4: Zunanji dostop do naprave priključene znotraj IT omrežja onemogoča požarni zid[4].

Kako nam MQTT protokol rešuje omenjeno zagato „požarnega zidu“ opisano na primeru 2 zgoraj?

Naprava, ki se poveže na MQTT strežnik - ta se lahko nahaja kjerkoli v omrežju (npr. cloud), se tako rekoč „prebije“ skozi požarni zid s tem, ko se „naroči“ na določeno temo objavljeno na tem MQTT strežniku in hkrati tudi katerakoli druga naprava z ustreznimi pravicami, ki se prav tako lahko poveže na ta isti MQTT strežnik lahko „objavi“ sporočilo v določeno temo, ki je na MQTT strežniku objavljena. Na ta način sta obe omenjeni napravi v komunikacijskem omrežju povezani med seboj pravzaprav posredno preko MQTT strežnika oz. MQTT brokerja.

Bolj natančno je gornja razlaga in naš logični odgovor na prvotno vprašanje definiran takole:

MQTT server oz. broker posreduje sporočila objavljenih tem med vsemi napravami v omrežju.

MQTT je torej standardni protokol, ki mogoča napravam, da so vidne in povezane med seboj preko MQTT-jevega **PUBLISH/SUBSCRIBE** mehanizma.

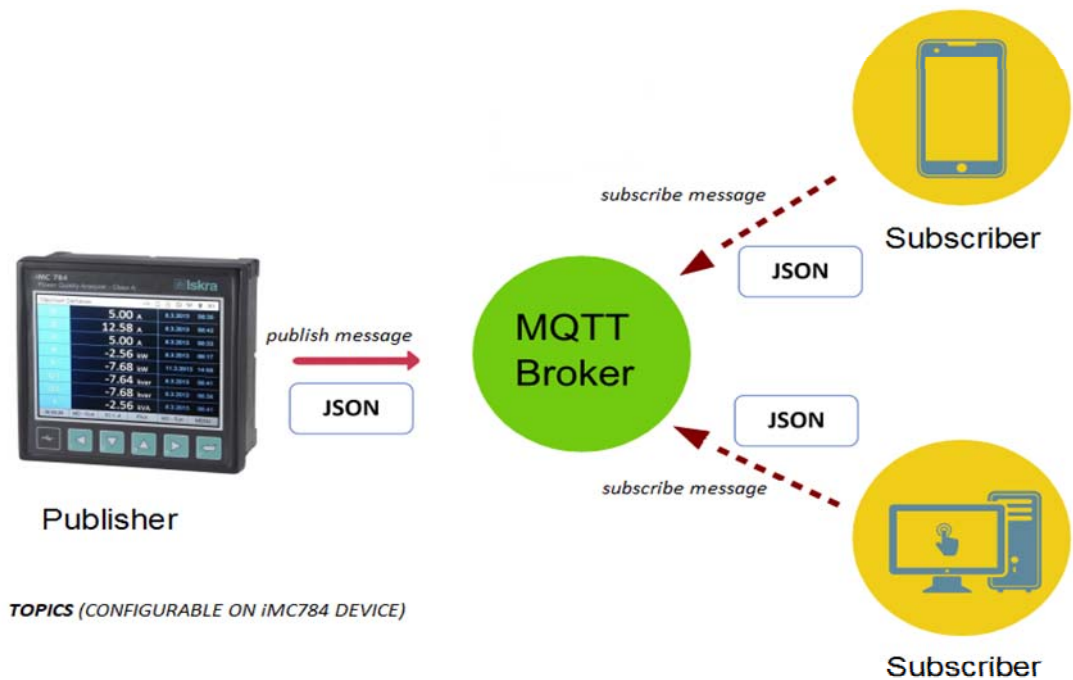


Slika 5: MQTT server (broker) posreduje sporočila objavljenih tem napravami v omrežju. [4].

Implementacija MQTT protokola na merilni napravi iMC784 in izvedba zaledne systemske rešitve

Iskra d.o.o. je kot razvojno-kooperativni partner podjetja Elektro Gorenjska posebej za projekt TDX-ASSIST razvila ter postavila celostno systemsko IKT rešitev, ki bazira na naslednjih funkcionalnih sklopih:

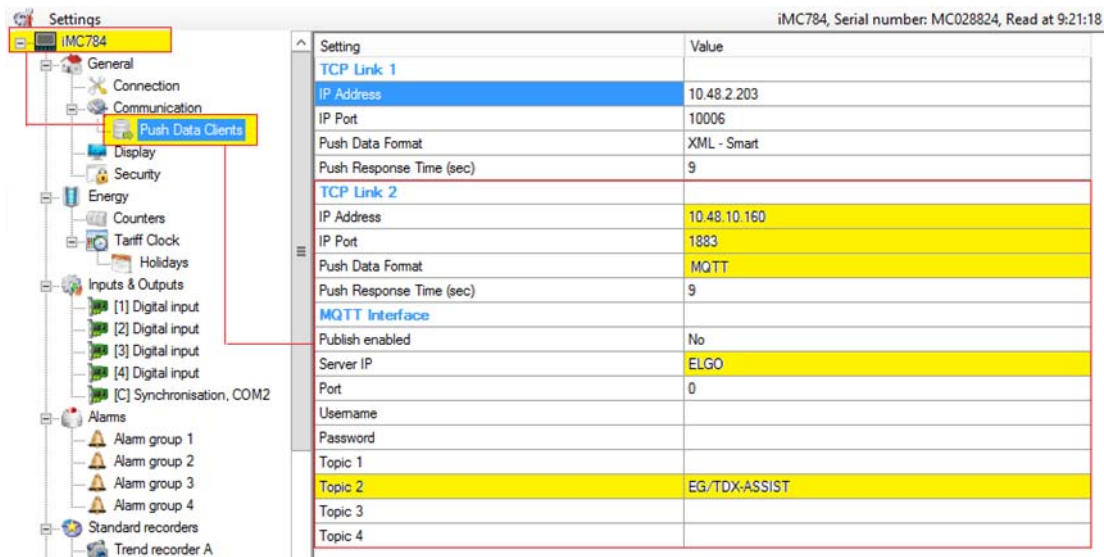
- ❖ Implementacija MQTT protokola na strani iMC784 merilne naprave.
- ❖ Vpeljava univerzalnega JSON formata podatkovnih struktur za vse opazovane veličine oz. meritve .
- ❖ Izvedba zaledne systemske rešitve na produkcijskem strežniku Elektro Gorenjska, ki bazira na principu Docker virtualizacije z MQTT broker - JSON parser- MongoDB in API servis kontainerji oz. modularnim principom systemske arhitekture.



Slika 6: Osnovna arhitektura shema MQTT protokola na strani iMC784 naprave ter klientov[5].

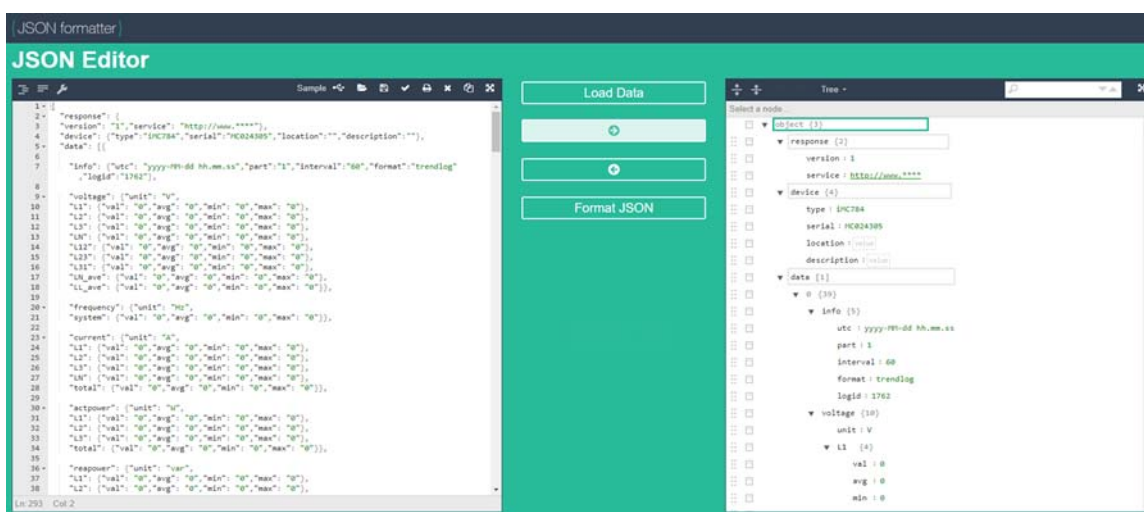
Implementacija MQTT protokola na komunikacijskem vmesniku iMC784 naprave

Ločeno od merilnega oz. CORE funkcijskega sklopa iMC784 naprave je bil na komunikacijskem modulu poleg obstoječih standardnih IP protokolov (TCP, http, websocket, FTP/SFTP) na TCP socket/PUSH objektu dodan še MQTT protokol. Sočasno z omenjeno nadgradnjo vgrajene programske opreme na strani same naprave, pa je bil za potrebe vseh nastavitv MQTT parametrov na napravi ustrezno funkcionalno dodelana tudi aplikacija MiQEN oz. privzeti klient za 1:1 podporo/nastavitve vseh naprav v portfelju podjetja Iskra d.o.o.



Slika 7: Nastavitve Push Data Clienta oz. MQTT parametrov vmesnika iMC784 v aplikaciji MiQEN[6].

Zaradi čim lažjega in učinkovitejšega prenosa in obdelave podatkov med različnimi funkcionalnimi sklopi arhitekturne zgradbe projekta TDX-ASSISTS ter vnaprej znano zahtevo po koeksistenci MQTT podatkov in ECCo SP platforme (JSON messaging / full CIM model data exchange), smo že na izvoru podatkov t.j. na napravi sami poskrbeli, da se struktura podatkov vseh merilnih oz. opazovanih veličin iMC784 merilnega analizatorja na MQTT vmesniku predstavi oz. prenaša v univerzalnem JSON formatu.



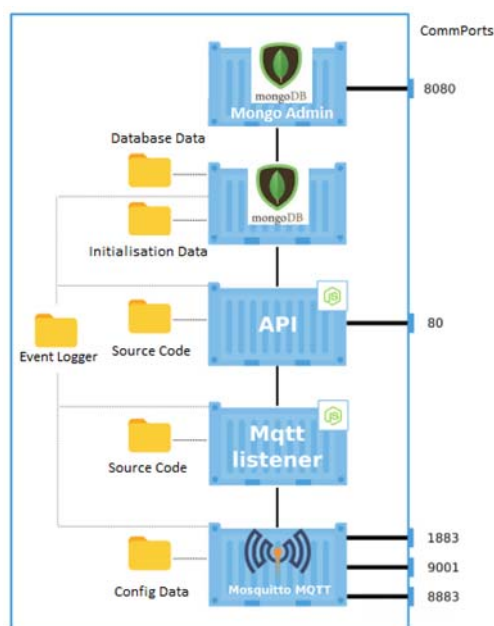
Slika 8: Vpeljava univerzalnega JSON formata podatkovnih struktur na strani iMC784 naprave[7].

4 IZVEDBA MQTT KOMUNIKACIJE MED MERILNIKI IMC784 IN KONCENTRATORJEM

Opis zaledne systemske rešitve, ki skrbi za prenos MQTT podatkov od iMC784 do strežnika ELGO

Razvita zaledna rešitev na projektu bazira na MQTT/JSON/Docker engine virtualizaciji (container modulih). Glavne „container“ komponente oz. moduli integrirani na strežniku ELGO/Docker so naslednji:

- ❖ Eclipse-Mosquitto: MQTT broker oz. strežnik, ki zbira in posreduje sporočila vseh tem (topic.ov).
- ❖ MeasurementRecorder: MQTT klient, ki naročene (subscribe) topic-e preko POST zahteve posreduje API vmesniku.
- ❖ TDX-ASSIST API: API (vmesnik) ki zbira podatke meritev in jih shranjuje v bazo (MongoDb).
- ❖ MONGO DataBase: podatkovna baza za shranjevanje vseh meritev.

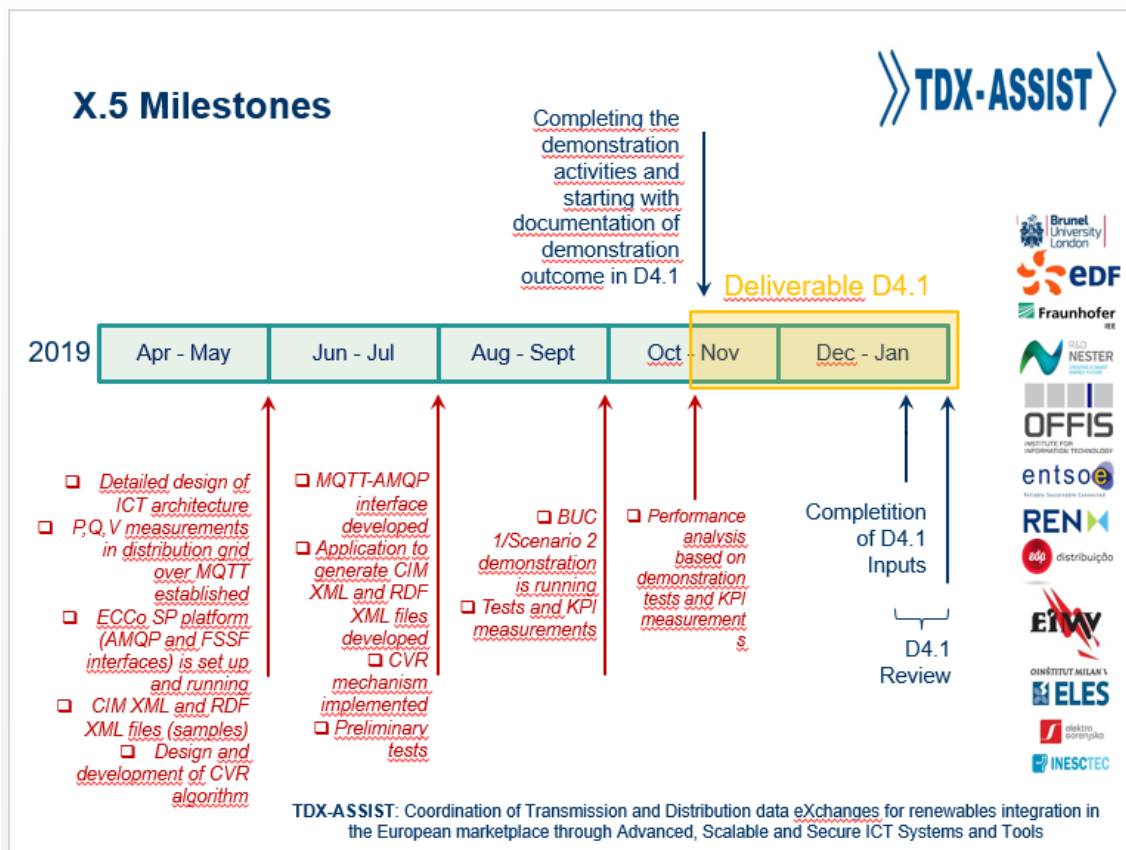


Slika 9: Arhitekturna shema zaledne systemske rešitve podjetja Iskra d.o.o na projektu TDX-ASSIT[8].

Prenos podatkov od strežnika ELGO do ECCo SP platforme in CVR algoritem podprt s strani EIMV

Java klient oz. odjemalec podatkov s strežnika Elektro Gorenjska (v nadaljevanju ELGO) ter CVR algoritem, ki ga kot zunanji razvojni partner razvija in testira Elektroinštitut Milan Vidmar v Ljubljani, naj bi preko standardnih vmesnikov AMQP (Advanced Messaging Queing Protocol) ter FSSF (File System Shared Folders) podatke pridobljene iz MongoDB na strežniku ELGO ustrezno procesno obdelal s posebnim analitičnim CVR algoritmom.

Po skrbno pripravljenem načrtu vseh aktivnosti (TDX-ASSIST / Roadmap-Milestones – slika 10.) za leto 2019 je načrtovana implementacija CVR algoritma v mesecu juliju in avgustu, septembra bomo imeli funkcionalno demo platformo ter nato demonstracijo BUC1 ter končni test oz. KPI oceno vseh pridobljenih analitičnih rezultatov meritev do konca leta 2019, skladno s terminskim planom za T4.1.



Slika 10. Načrt aktivnosti na projektu TDX-ASSIST (Roadmap-Milestones) za leto 2019[9].

5 NAČRTI ZA PRIHODNOST

V načrtu prihodnjih aktivnosti razvoja in funkcionalnih izboljšav na celotni poti od samega zajema podatkov z merilnimi analizatorji iMC784 / MQTT podjetja Iskra d.o.o s testnih lokacij oz. merilnih mest v sistemu obratovalnih meritev podjetja Elektro Gorenjska do prenosa podatkov na ELGO strežnik ter naprej do ECCo SP platforme so predvidene naslednje funkcionalne dodelave:

1. Poskus implementacije TLS/SSL varnostnih mehanizmov prenosa podatkov MQTT protokola
2. Poskus uvedbe različnih QoS nivojev na uporabljenem MQTT protokolu
3. Poskus uvedbe SQL oz. druge primerne »embedded« podatkovne baze na iMC784 merilnem analizatorju
4. Poskus uvedbe dostopa do MQTT brokerja oz. zalednega sistema preko IPV6 protokola

6 ZAKLJUČKI

vsi predlogi tu so dobrodošli ... ☺.

REFERENCE

- [1] TDX ASSIST T1.2, D1.2 Use Case list, and Use Case description in UML
- [2] ELEKTRO GORENJSKA d.d., Shema demonstracijskega okolja
- [3] MQTT Industry 4.0, Arhitekturna shema, <https://unitronicsplc.com/>
- [4] MQTT / IOT blog (Why MQTT is getting so popular in IoT), <https://mongoose-os.com/blog/>
- [5] MQTT/splošna shema – interna modifikacija Iskra d.o.o., <https://www.hivemq.com>
- [6] Iskra d.o.o, MiQen orodje 1:1 za podporo naprav v portfelju podjetja
- [7] MQTT / JSON pravilo notacije, <http://www.json.org/>, <https://jsonformatter.org/>
- [8] Iskra d.o.o., Shema zaledne sistemske rešitve projekta TDX-ASSIST/ELGO
- [9] ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR, Ljubljana, X.5 Milestones /WP4 – Task 4.1 field test overview