



Idejna zasnova in postavitve pilota ekosistema interneta stvari z algoritmičnimi orodji

Smernice za energetske sanacije zgradb

Naziv projekta	Idejna zasnova in postavitve pilota ekosistema interneta stvari z algoritmičnimi orodji
Status dokumenta	Prva verzija
Datum izdelave dokumenta	24. 4. 2024
Datum zadnje spremembe	3. 6. 2024
Verzija dokumenta	0.4
Avtor dokumenta	Marko Bajec, Jernej Cvek, Matjaž Pančur, Gregor Burger, Franc Drobnič, Andrej Kos

Zgodovina dokumenta

<i>Datum</i>	<i>verzija</i>	<i>avtor</i>
24.4.2024	0.1	Franc Drobnič
13.5. 2024	0.2	Franc Drobnič
3.6.2024	0.3	Franc Drobnič

Kazalo vsebine

Kazalo vsebine

1	Uvod	4
1.1	Namen dokumenta	4
2	Zahteve	4
2.1	Zahteve naročnika	4
2.1.1	Funkcionalnosti platforme	4
2.1.2	Osrednji sestav - Splošne tehnične zahteve pilota	5
3	Smernice za energetske sanacije zgradb	7
3.1	Možnosti za vključitev merjenih podatkov v osrednji sestav	7
3.1.1	Federacija Context Brokerjev	7
3.1.2	OPC UA	7
3.2	Realizirani IoT agenti in aktuatorji za energetske sanacije stavb	9
3.3	Priporočila za izvedbo energetske sanacije zgradb	10
3.3.1	Obstoječa IoT oprema na zgradbah	10
3.3.2	OPC UA	10
3.3.3	Federacija Context Brokerjev	11

1 Uvod

1.1 Namen dokumenta

V dokumentu so podane **Smernice za energetska sanacijo zgradb**. Dokument nastaja v okviru projekta »*Idejna zasnova in postavitve pilota ekosistema interneta stvari z algoritmičnimi orodji*« (v nadaljevanju »platforma«). V strukturirani obliki so zbrani podatki o **podatkih**, ki jih je možno zbirati v okviru pilota.

2 Zahteve

2.1 Zahteve naročnika

V tehnični specifikaciji naročila za vzpostavitev platforme je naročnik podal naslednje zahteve:

2.1.1 Funkcionalnosti platforme

Platforma je zasnovana na osnovi gradnikov fundacije FIWARE in omogoča interoperabilnosti med sorodnimi sestavi. Uporabo odprtokodnih digitalnih gradnikov FIWARE in standardov podpira tudi Evropska komisija.

Izpostavljena sta predvsem dva gradnika:

- Standardizirani informacijski model in aplikacijski programski vmesnik NGSI-LD (ali vsaj NGSI-V2).
- CEF digitalni gradnik Context Broker. Uporaba odprtokodnega digitalnega gradnika je brezplačna, zagotovljeno je tudi dolgoročno vzdrževanje ter podpora pri uvajanju s strani Evropske komisije oz. CEF.

Glavne funkcionalnosti platforme, ki jih zasledujemo:

- podpora za prenos podatkov z in v naprave IoT preko različnih standardnih protokolov,
- možnost naročanja na podatke glede na njihov kontekst,
- shranjevanje podatkov časovnih vrst,
- upravljanje z napravami IoT, uporabniki in njihovimi dostopi,
- vizualizacija podatkov v obliki nadzornih plošč,
- varnost na vseh slojih.

2.1.1.1 Funkcionalne zahteve v okviru pilota za uporabnika DSP - Prvi uporabnik

Pilotni sestav mora omogočati spremljanje porabe energije v stavbah, tako agregirane kot tudi po posameznih porabnikih, zaradi zahtevanega energetskega knjigovodstva in spremljanja učinkovitosti rabe energije. Zagotovljeno mora biti:

- zbiranje podatkov o meritvah porabe električne energije,
- zbiranje podatkov o meritvah porabe toplotne energije,
- zbiranje podatkov o meritvah porabe plina,
- zbiranje podatkov o meritvah porabe vode.

2.1.1.2 Funkcionalne zahteve izven okvira pilotnega projekta

Pilotni projekt mora biti zasnovan tako, da bodo v prihodnosti mogoče njegove nadgradnje in razširitve. V nadaljevanju in izven okvira pilotnega projekta se predvideva vzpostavitev energetskega vodenja stavb z namenom energetske-ekonomske optimizacije procesov, ki so v stavbah povezani s porabo energije. Pilotni projekt mora biti zasnovan na način, da bo za potrebe energetskega vodenja zgradb omogočal dvosmerni podatkovni prenos med osrednjim sestavom in končnimi napravami interneta stvari v zgradbi (senzorji, števcji, ventili, aktuatorji itd.). Osrednji sestav mora omogočati povezavo z ločenim programskim gradnikom, ki bo razvit izven okvira projekta in bo udeležanjal krmilno-regulacijske funkcionalnosti, ki so potrebne za energetske vodenje zgradb.

2.1.1.3 Predvideni uporabniki pilota

Predvidena uporabnika pilota sta:

- MDP / Direktorat za informatiko in
- MJU / Direktorat za stvarno premoženje.

2.1.2 Osrednji sestav - Splošne tehnične zahteve pilota

2.1.2.1 Skladnost s standardi

Z namenom zagotavljanja čim večje splošnosti, standardizacije, interoperabilnosti in odpornosti na izzive, ki jih prinaša prihodnost, je zahtevana skladnost s specifikacijami NGSI-LD (ali vsaj NGSI-v2), t.j. standardiziranim informacijskim modelom in aplikacijskim programskim vmesnikom za objavljjanje, poizvedovanje in naročanje na informacije o kontekstu, katerega namen je olajšati odprto izmenjavo in souporabo strukturiranih informacij med različnimi zainteresiranimi stranmi.

V okviru pilotnega projekta mora biti na vseh ravneh omogočeno upravljanje celotnega življenjskega cikla informacij o kontekstu, vključno s posodobitvami, poizvedbami, registracijami in naročninami poenoteno in skladno s specifikacijami NGSI-LD (ali vsaj NGSI-v2).

2.1.2.2 Povezljivost s končnimi napravami interneta stvari - prenosni in podatkovni protokoli in smer podatkovnega toka

Osrednji sestav mora omogočati povezovanje s končnimi napravami interneta stvari po naslednjih prenosnih in podatkovnih protokolih:

- HTTP - Ultralight,
- HTTP - JSON,
- MQTT - Ultralight,
- MQTT - JSON,
- LoRaWAN - Cayenne LPP,
- LoRaWAN - CBOR,
- LoRaWAN - možnost določitve dekoderske funkcije za lastniški podatkovni format.

Osrednji sestav mora omogočati razširitve z dodatnimi prenosnimi in podatkovnimi protokoli ter povezovanje končnih naprav interneta stvari (to so viri podatkov (npr. senzorji), ponori

podatkov (npr. aktuatorji) in naprav, ki so tako viri kot tudi ponori podatkov (npr. v zgradbah nameščeni koncentratorji)). Zagotavljati mora dvosmeren podatkovni tok.

2.1.2.3 Varnostne zahteve

Osrednji sestav mora biti navzven zavarovan z uporabo mehanizmov avtentikacije in granularne avtorizacije ter z uporabo kriptografskih postopkov pri prenosu podatkov navzven, kar omogoča zavarovanje na vseh ravneh. Tudi komunikacija med osrednjim sestavom in končnimi napravami interneta stvari mora biti, razen v izjemnih primerih, ko je to tehnično neizvedljivo, zavarovana z uporabo mehanizmov avtentikacije in avtorizacije ter z uporabo kriptografskih postopkov pri prenosu podatkov.

2.1.2.4 Skalabilnost

Sestav mora biti zasnovan na način, ki z naraščajočo obremenitvijo sestava omogoča strojno in programsko skalabilnost.

2.1.2.5 Uporabniki

Sestav mora omogočati več organizacijsko, več uporabniško in več najemniško delovanje.

2.1.2.6 Obdelava osebnih podatkov

Sestav ne obdeluje osebnih podatkov.

2.1.2.7 Pravni vidiki

Potreben je pregled in potrditev ustreznosti licenčnih pogojev vseh posameznih gradnikov sestava za uporabo v okolju državne uprave.

2.1.2.8 Finančni vidiki

Potrebna je analiza finančnih učinkov sestava za uporabo v okolju državne uprave.

3 Smernice za energetska sanacijo zgradb

Pomemben element upravljanja zgradb je spremljanje veličin, ki nastopajo na zgradbah. V okviru tega pilotnega projekta je bilo predvideno merjenje in zbiranje naslednjih veličin:

- zbiranje podatkov o meritvah porabe električne energije,
- zbiranje podatkov o meritvah porabe toplotne energije,
- zbiranje podatkov o meritvah porabe plina,
- zbiranje podatkov o meritvah porabe vode.

Poleg veličin, ki nastopajo na zgradbi, je pomembno tudi spremljanje okolja zgradbe, predvsem meteoroloških podatkov (zračni tlak, relativna vlažnost, temperatura zraka, ...).

Pogosto so senzori v zgradbah povezani v senzorski sistem po krajevnem vodilu (npr. MODBUS). Taka krajevna vodila niso primerna za pošiljanje podatkov na oddaljene lokacije, kot je skupna platforma po tem naročilu, zato predlagamo, da dobavitelji senzorskih sistemov poskrbijo za ustrezne pretvorniške elemente, ki bodo združljivi z uporabljenim krajevnim vodilom in podatke pretvorili v protokol, ki je primeren za pošiljanje na oddaljene lokacije, kot je TCP/IP in na višjem nivoju HTTP, MQTT ipd., in je tudi podprt v platformi tega pilotnega projekta.

3.1 Možnosti za vključitev merjenih podatkov v osrednji sestav

V pilotnem projektu je izdelanih več možnosti za vključitev merjenih podatkov v zbiranje v osrednjem sestavu (glej sliko 1, za podroben opis arhitekture pa dokument Tehnična in uporabniška dokumentacija):

- Neposredna priključitev senzorskih naprav na IoT Agente, ki tečejo v osrednjem sestavu;
- Priključitev zunanjih IoT Agentov na Context Broker v osrednjem sestavu;
- Priključitev zunanjega Context Brokerja v federacijo Context Brokerjev.

Za vse tri načine so bili izdelani primeri vključitve virov podatkov v obliki skript, ki izvajajo ukaze REST na izpostavljene vstopne točke na IoT Agentih in Context Brokerju.

3.1.1 Federacija Context Brokerjev

Pripravljena je bila storitev Context Broker federacije po potisnem (Push) načinu, ko zunanji Context Broker pošilja podatke na Context Broker v centralnem sestavu. S skripto je zagotovljena tudi avtentikacija Context Broker-jev. Storitev Context Broker federacije ne bo uporabljena, a je pripravljena za bodoče nadgradnje, saj je iz tehnične zasnove postavitve pilota ekosistema interneta stvari izpadla komponenta Context Brokerja na stavbi prvega uporabnika.

3.1.2 OPC UA

Poleg predhodno naštetih IoT agentov je bil implementiran še OPC UA IoT agent, različica 2.2.0, kar presega tehnične zahteve pilota. OPC UA IoT agent deluje na podlagi OPC UA standarda in je odprtokodni standard za komunikacijo v industrijski avtomatizaciji. Namenjen

Dodatno je bil izdelan tudi OPC-AU aktuator za krmiljene aktuatorjev po protokolu OPC-UA, za uporabo na stavbi prvega uporabnika.



3.2 Rrealizirani IoT agenti in aktuatorji za energetska upravljanje stavb

Na podlagi zahtev naročnika so bili realizirani sledeči IoT agenti:

- HTTP – Ultralight IoT agent, izveden IoT agent brez simulacije vhodnih senzorskih podatkov in s simulacijo aktuatorjev.
- HTTP – JSON IoT agent, izveden IoT agent sprejema podatke iz zunanje JSON IoT naprave na stavbi prvega uporabnika.
- MQTT – Ultralight IoT agent, izveden IoT agent s simulacijo vhodnih senzorskih podatkov.
- MQTT – JSON IoT agent, izveden IoT agent brez simulacije vhodnih senzorskih podatkov in s simulacijo aktuatorjev.
- OPC-UA IoT agent, izveden IoT agent z branjem realnih senzorjev in simuliranjem aktuatorjev.
- LoRaWAN IoT agent, ki omogoča sprejem formatov Cayenne LPP in CBOR, in tudi možnost določitve dekoderske funkcije za lastniški podatkovni format.

IoT agent za LoRaWAN je bil razširjen z LoRaWAN programskim skladom Chirpstack. Chirpstack je odprto kodni omrežni strežnik, ki služi za vzpostavitev omrežij po protokolu LoRaWAN. Preko spletnega vmesnika je mogoče upravljati prehode, naprave in najemnike. Z izdelanim IoT agentom je mogoče nasloviti formate:

- Cayenne LPP,
- CBOR,
- Lastniški format.

Poleg predhodno naštetih IoT agentov je bil implementiran še OPC UA IoT agent, različica 2.2.0, kar presega tehnične zahteve pilota. OPC UA IoT agent deluje na podlagi OPC UA standarda in je odprtokodni standard za komunikacijo v industrijski avtomatizaciji. Namenjen je povezovanju višje nivojskih programskih sistemov in strojne opreme na nižjih nivojih OSI sklada.

Na podlagi zahtev naročnika so bili v simulatorjih realizirani sledeči aktuatorji:

- HTTP – Ultralight aktuator
- MQTT – JSON aktuator

Dodatno je bil izdelan tudi OPC-UA aktuator za krmiljene aktuatorjev po protokolu OPC-UA, za uporabo na stavbi prvega uporabnika.

3.3 Priporočila za izvajanje energetskih sanacij zgradb

V sklopu analize stanja, priporočil in dobrih praks obstoječih rešitev IoT platform zgrajenih na FIWARE gradnikih smo izoblikovali sledeče smernice za energetsko sanacijo zgradb.

3.3.1 Obstoječa IoT oprema na zgradbah

Senzorji praviloma oddajajo analogni signal, ki ga je treba pred uporabo pretvoriti v digitalni signal. Za to praviloma skrbijo prehodi (angl. gateway), ki omogočajo tudi oddaljen dostop do teh podatkov po internetnem omrežju (protokol IP). Predlagamo, da naročnik vse senzorje, ki bodo predmet povezovanja v sestav IoT platforme, opremi s tako pretvorbo. Priporočljivo je, da tako pretvorbo izvede izvajalec, ki je vzpostavil senzorje, ali vzdrževalec, ker pozna vse tehnične parametre te postavitve.

Na nekaterih obstoječih zgradbah že obstajajo nameščeni senzorji in prehodi, ki se ohranjajo tudi po energetski prenovi stavb. Npr. ti senzorji se lahko preko protokola MODBUS povezujejo na osrednji prehod Endress+Hauser Memograph M RSG 45. Prehod Endress+Hauser Memograph M RSG 45 omogoča povezovanje preko dveh protokolov. Prvi protokol je HTTP, ki ga izkoriščamo za interaktivni dostop. Drugi protokol pa je OPC protokol, ki ga izkoriščamo za strojni dostop.

Med dodatne prehode prištevamo še TCP/IP prehod. TCP/IP prehod se uporablja za povezovanje naprav, ki uporabljajo različne protokole, kot so Ethernet, Wi-Fi, Bluetooth, RS-232, RS-485, CAN, itd. Prehod sprejme podatke, ki jih prejme od naprave v enem omrežju, pretvori v standardne podatke IP protokola in jih pošlje preko drugega omrežja.

LoRaWAN komunikacijski prehod pa je prehod, ki deluje kot most med LoRaWAN IoT napravami in Internetom. Prehod je namenjen za sprejemanje podatkov iz LoRaWAN naprav v bližini, jih pretvori v standardne podatke IP protokola in pošlje preko interneta na strežnik, ki omogoča obdelavo in uporabo podatkov. LoRaWAN komunikacijski prehodi so običajno povezani preko javne dostopne spletne omrežne povezave, kot so Ethernet, Wi-Fi ali mobilnega omrežja 3G/4G na LoRaWAN omrežni strežnik LNS. Vloga LoRaWAN komunikacijskega prehoda je nujna, saj zagotavlja konvergenco med LoRaWAN IoT omrežjem in protokolom TCP/IP ter omogoča učinkovito upravljanje in spremljanje naprav, ki so povezane v IoT omrežje.

3.3.2 OPC UA

OPC UA je odprtokodni standard za komunikacijo v industrijski avtomatizaciji. Namenjen je varnemu in zanesljivemu povezovanju višje nivojskih programskih sistemov s strojno opremo na nižjih nivojih. Temelji na konceptu odjemalec – strežnik (angl. client - server).

OPC UA temelji na storitveno orientirani arhitekturi, ki ima tri osnovne entitete: strežnik (angl. server), odjemalec (angl. client) in prehod (angl. gateway).

Strežnik OPC UA predstavlja točko arhitekture OPC UA s standardiziranim komunikacijskim vmesnikom, prek katere se izbrani podatki nudijo drugim aplikacijam oz. odjemalcem. Z

implementacijo strežnika v strojno opremo se zagotovi standardiziran in varen dostop do podatkov iz različnih naprav. Strežnik je lahko realiziran kot samostojna programska oprema ali pa kot del vgrajene strojne opreme, npr. na krmilniku PLC. Strežnik predstavlja izvor podatkov za odjemalce. Pogosto je zato že vgrajen v senzorskih sistemih.

Odjemalec OPC UA bere podatke iz katerega koli strežnika OPC UA. Tipična uporaba odjemalca so aplikacije, ki so odvisne od izmenjave podatkov.

Prehod OPC UA pretvori določen komunikacijski protokol na vmesnik OPC UA. Tipično se prevaja protokole IEC 103, IEC 104, Modbus, RS-485, M-bus, MQTT itd. na poenoteno platformo, kar omogoča tudi priklop starejših naprav na skupno komunikacijsko arhitekturo.

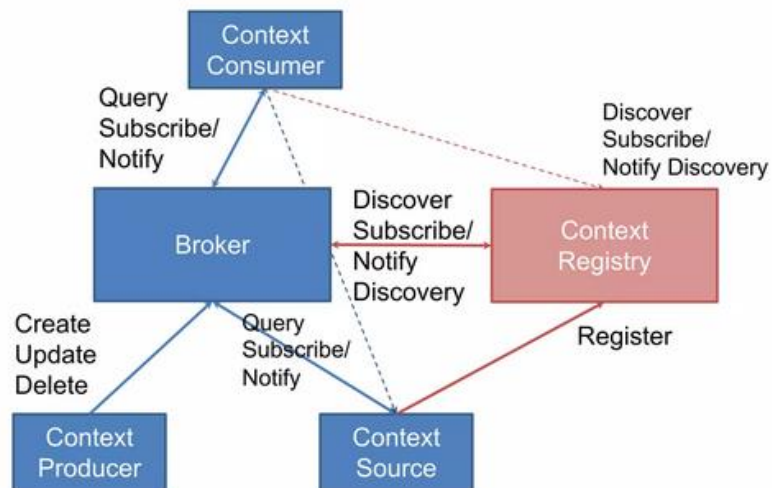
3.3.3 Federacija Context Brokerjev

Priporočamo vzpostavitev lokalne platforme temelječe na FIWARE gradnikih, z osrednjim gradnikom Context Broker že na lokaciji same zgradbe, na kateri se izvaja energetska sanacija. Vzpostavitev IoT platforme temelječe na FIWARE gradniku Context Broker omogoča federativno delovanje Context Brokerjev, ki s seboj prinaša številne prednosti za vizualizacijo, deljenje in upravljanje podatkov energetske učinkovitosti stavbe.

Context Brokerji omogočajo večnaročniško delovanje (angl. Multi-tenants). NGSI-LD API vmesnik omogoča opcijsko implementacijo večnajemniškega delovanja. Uporabi se HTTP header "NGSILD-Tenant". V primeru registracije istega Context Brokerja za različne uporabnike je potrebno izvesti registracijo Context Brokerja za vsakega izmed naročnikov (tenant-ov).

Prednost uporabe NGSI-LD API vmesnika je podpora za delovanje distribuiranih sistemov z večjim številom izvorov konteksta (angl. Context). Za zagotovitev distribuiranega delovanja se Context Brokerji in IoT agenti registrirajo v registru konteksta (angl. Context Registry). Context Broker nato uporabi podatke shranjene v registru konteksta za dostop in agregacijo podatkov na izvedene podatkovne poizvedbe. Mogoča je celo hirarhična zasnova sistema, saj so Context Brokerji na različnih ravneh lahko vključeni v različne registre konteksta. Tako zasnovan sistem imenujemo Federativni sistem oz. Federativna namestitev Context Brokerjev. Načeloma je Federativna namestitev Context Brokerjev namenjena dostopu in agregaciji podatkov, medtem, ko je upravljanje z informacijami shranjenimi v Context Brokerju izvedeno lokalno.

NGSI-LD Architectural Roles



21



Dodatne informacije o večnaročniškem delovanju in federaciji Context Brokerjev se nahaja na povezavi: <https://www.slideshare.net/slideshow/actuation-federation-and-interoperability-of-context-brokers/255258863>

Prof. dr. Marko Bajec