

Hrvoje Keko
Končar-KET
hrvoje.keko@koncar-ket.hr

Leila Luttenberger
Končar-KET
leila.luttenberger@koncar-ket.hr

Lucija Babić
Končar-KET
Lucija.babic@koncar-ket.hr

Stjepan Sučić
Končar-KET
stjepan.sucic@koncar-ket.hr

Semantika podataka u arhitekturi za pohranu i upravljanje fleksibilnom potrošnjom kod krajnjih korisnika

SAŽETAK

Progresivna integracija distribuiranih izvora energije i električnih vozila, predstavlja povećanu potrebu za fleksibilnosti u mreži što pruža priliku novim sudionicima za ulazak na tržište električne energije. Upravljiva potrošnja udruženih potrošača, posredstvom agregatora, omogućava angažman te fleksibilnosti kroz prodaju pomoćnih usluga operatorima sustava ili kroz bilanciranje vlastitih fiksnih tržišnih obaveza unutar bilančne grupe. To zahtijeva razvoj novih modela za upravljanje podacima u svrhu implicitnog ili eksplicitnog upravljanja potrošnjom kod krajnjih korisnika. Da bi upravljanje potrošnje bilo ostvarivo, uz procjenu potencijala upravljive potrošnje portfelja krajnjih korisnika/sudioniku, potrebno je omogućiti eksplicitno upravljanje trošilima, razmjenu i interpretaciju podataka o potrošnji pomoću informacijsko-komunikacijske tehnologije. Projekt FLEXCoop iz programa Obzor 2020., razmatra mogućnosti agregiranja potrošnje korisnika putem energetske zadruge koje eksplicitno upravljaju korisničkim trošilima putem kućnog pristupnika (engl. „gateway“).

Ovaj članak prikazuje prijedlog funkcionalne standardizirane arhitekture za upravljanje potrošnjom i posebno razmatra značaj semantike u toj arhitekturi. Članak analizira postojeće semantike za komunikacijsku interoperabilnost pametnih kućnih trošila, s posebnim naglaskom na SAREF (Smart Appliances REference ontology), te predlaže moguća rješenja primjenjiva i izvan projekta FLEXCoop.

Ključne riječi: upravljanje potrošnjom, ontologija, semantika, agregatori, agregiranje potrošnje, fleksibilnost potrošnje

Data Semantics Embedded in Data Storage and Control Architecture for Enabling End-Users Demand Response Flexibility

ABSTRACT

The progressive integration of distributed energy sources (DERs) and electric vehicles (EVs) in the electrical grid boosts the need for flexibility services, presenting an opportunity for the participation of new players in the electrical market. With an aggregator as intermediate, aggregated demand response enables the engagement of such flexibility through provision of auxiliary services to system operators or balancing activities within a balancing group in the electricity market. This requires the development of new data control models to facilitate implicit or explicit active demand response management on the consumption side. Along with the assessment of demand side flexibility of the end-user/participant portfolio, explicit load control, exchange and interpretation of consumption through ICT should be enabled in order to achieve

demand response. The FLEXCoop project, financed by Horizon2020, considers the possibility of aggregating end-user consumption through energy cooperatives which therefore explicitly manage end-user load portfolio via home gateway.

This article suggests a functionally standardized architecture for demand side management and discusses the importance of semantics in the provided architecture. Existing semantics for communication interoperability of smart home appliances are analysed, hence special attention is dedicated to SAREF (Smart Appliances REFerence ontology) and applicable solutions beyond the scope of FLEXCoop are proposed.

Keywords: demand side management, ontology, semantics, aggregators, aggregated consumption, demand side flexibility

1. Uvod

Klasični modus operandi elektroenergetskog sustava funkcionira „odozgo prema dolje“; električna energija se proizvodi u centraliziranim velikim elektranama te se prenosi kroz prienosnu i distribucijsku mrežu do krajnjih korisnika. Danas je električna mreža podložna značajnim promjenama zahvaljujući progresivnoj integracijom obnovljivih izvora energija na svim razinama (u prienosnoj, distribucijskoj mreži i izravno kod krajnjih korisnika) i elektrifikaciji prometnog sektora [1]. To ujedno znači da se krivulje proizvodnje i potrošnje znatno mijenjaju te njihovo izjednačavanje postaje sve veći izazov za operatore sustava. Takve promjene u mreži ujedno predstavljaju i novu priliku za uvođenje novih poslovnih modela. Uz korištenja spremnika energije, upravljanje potrošnjom će biti sigurno jedna od značajnih okosnica za održavanje stabilnosti „modernog“ elektroenergetskog sustava.

Upravljanje potrošnjom može imati dvije svrhe: pružanje pomoćnih usluga operatorima mreže ili prodaja fleksibilnosti na tržištu električne energije posredstvom agregatora s ciljem uravnoteženja vlastite bilančne grupe. Bez obzira koja je krajnja svrha upravljanje potrošnjom može biti: eksplicitno [2] – direktno upravljanje trošila putem kućnog pristupnika (engl. „gateway“); implicitno [3] – poticanje promjena u potrošnji putem dinamičkih tarifa; ili kombinacija implicitnog i eksplicitnog načina upravljanja.

Za razliku od implicitnog upravljanja potrošnjom koje nužno ne zahtjeva infrastrukturu za razmjenu, interpretaciju i pohranu podataka, eksplicitno upravljanje potrošnje podstavlja nove izazove u smislu informacijsko-komunikacijske tehnologije odnosno postavljanju funkcionalne standardizirane arhitekture za upravljanje potrošnjom. Arhitektura za eksplicitno upravljanje potrošnjom mora omogućiti trošilima (posredstvom kućnog pristupnika ili izravno), razmjenu, interpretaciju i pohranu podataka.

Za eksplicitno upravljanje potrošnjom potrebno je osigurati da davatelj zahtjeva može komunicirati s aktuatorom koji mijenja svoju radnu točku na zahtjev, bilo izravnom komandom ili kao odziv na postavku neke vrijednosti u sustavu [4]. U novije vrijeme su ti uvjeti ispunjeni s obzirom da su javne komunikacijske mreže postale su neusporedivo brže i dostupnije. Tema ovog članka u prvom je redu fokusirana upravo na nove modele komunikacije i na osiguravanje tehničke podloge za aktivaciju fleksibilnosti kod krajnjih korisnika.

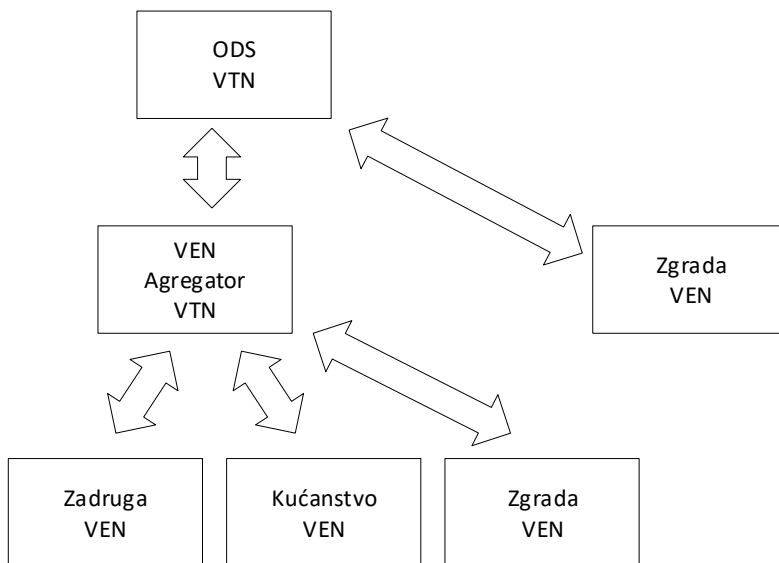
Upravo u tom segmentu projekt FLEXCoop iz programa Obzor 2020., razmatra mogućnost agregiranja potrošnje korisnika putem energetske zadruga koje tada postaju agregator i eksplicitno upravljaju korisničkim trošilima putem kućnog pristupnika (engl. „gateway“). Jedan od rezultata projekta je i prijedlog funkcionalne arhitekture za upravljanje potrošnjom koji je obrađen u nastavku članka s posebnim naglaskom na semantiku.

2. Postojeći prijedlog funkcionalne arhitekture za upravljanje potrošnjom – projekt FLEXCoop

Cilj funkcionalne arhitekture koja je primijenjena u projektu FLEXCoop [4] je osigurati komunikacijsko-upravljačku strukturu za aktivno upravljanje potrošnjom. Funkcionalna arhitektura utemeljena na prihvaćenim standardima od kojih su najvažniji *OpenADR* odnosno *IEC 62746-10* i *IEC 61850*.

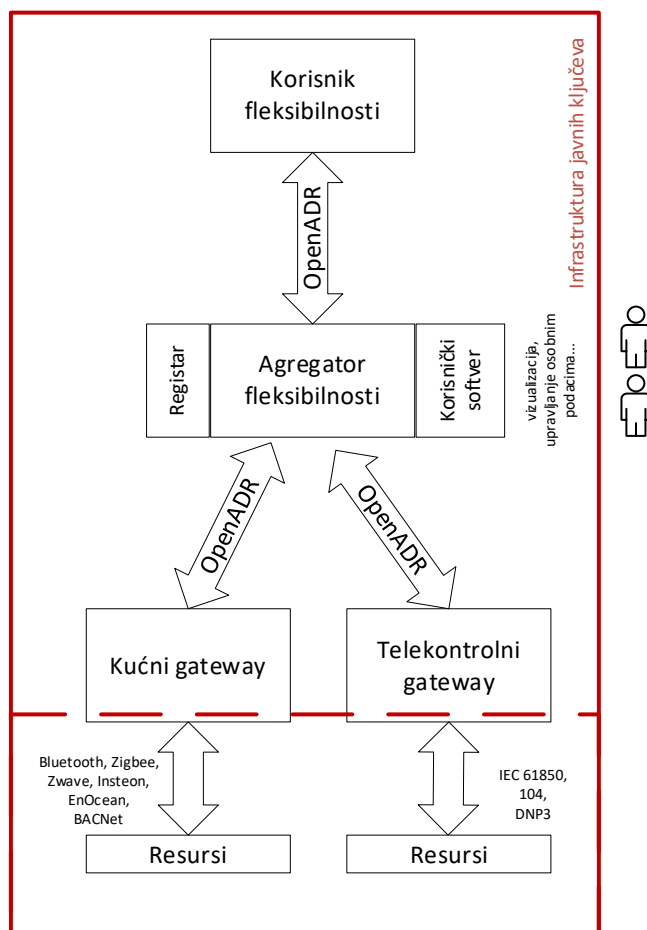
OpenADR je pragmatično definiran standard: njegova otvorena specifikacija definira implementaciju dvosmjernog signalnog sustava, gdje serveri publiciraju informacije i omogućuju automatskim (strojnim) klijentskim uređajima da se na te informacije pretplate. Standardom su definirani podatkovni modeli i standard dozvoljava upravljanje izravno određenim resursima poput, primjerice, točno određenog trošila, agregiranim virtualnim resursima koji se sastoje od više pojedinačnih. U posljednjih nekoliko godina, europski IEC je preuzeo navedeni standard s namjerom da postane svjetski standard za aktivno upravljanje potrošnjom i to kao IEC 62746-10 [5]: *Open Automated Demand Response (OpenADR 2.0b Profile Specification)*. Ovaj standard zapravo predstavlja prihvaćanje *OpenADR* unutar portfelja IEC standarda.

Za širi kontekst standarda *OpenADR* potrebno je djelomično poznavati i standard IEC 62939: *Smart Grid User Interface Standard* [6]. IEC 62939 definira programske servise za simetrično međudjelovanje (engl. „interoperability“) između opskrbljivača i krajnjih kupaca, spajajući korisničke sustave i podsustave s energetske sustavom. Standard definira informacijski i komunikacijski model, a jedan od njegovih ključnih modela su servisi za upravljanje potrošnjom. Standard IEC 62939 definira koncepte poput virtualnog glavnog čvorišta (engl. „Virtual Top Node“ - VTN) i virtualnog krajnjeg čvorišta (engl. „Virtual End Node“ - VEN). VEN ima kontrolu nad skupom resursa i procesa i može njima upravljati, kada primi odgovarajuću poruku od strane napredne mreže. VEN može biti i proizvođač i potrošač energije, i VEN može dvosmjerno komunicirati sa VTN. Prije navedeni primjeri resursa mogu biti VEN-ovi i komunicirati s „nadređenim“ VTN. Svaki fizički dio napredne mreže može u jednom kontekstu biti VTN, a u drugom VEN, odnosno predviđena je mogućnost višeslojne hijerarhije. VTN može razmjenjivati poruke s ostatkom - napredne mreže i sa VEN-ovima kojima je „nadređen“. Primjerice, na razini jedne zgrade, može postojati jedan entitet kao VTN za pojedina trošila unutar zgrade ili za uređaje za automatizaciju u pojedinim stanovima – oni su tada VEN-ovi. Isti VTN pritom može biti VEN kada komunicira s agregatorom. Agregator je u tom kontekstu VTN, a zgrada VEN. Posrednici mogu i ne moraju sudjelovati u lancu – odnosno, nije nužno da baš svi VEN-ovi imaju istu unutarnju hijerarhijsku raspodjelu (Slika 1). [4]



Slika 1 Koncepti VTN i VEN u kontekstu IEC 62746 [4]

Predložena funkcionalna arhitektura, obrađena u [4] i [7] uz korištenje spomenutih standarda prikazana je na Slika 2. Komunikacija i upravljanje između entiteta sa slike Slika 2 prikazana je u nastavku.



Slika 2 Prijedlog funkcionalne arhitekture za upravljanje potrošnjom

1.1 Komunikacija i upravljanje između korisnika fleksibilnosti i agregatora

Korisnici fleksibilnosti mogu biti: voditelji bilančnih grupa (engl. „balancing responsible party – BRP“) na tržištu električne energije ili operatori mreže koji koriste usluge fleksibilnosti temeljem ugovora o pružanju pomoćnih usluga.

Na tržištu električne energije voditelj je odgovoran za uravnoteženje bilančne grupe. Njegova zadaća je da od više različitih pružatelja traži po potrebi pružanje usluge fleksibilnosti. Agregator je u ovom kontekstu entitet koji objedinjava pružatelje fleksibilnosti te trguje s njihovom energijom na tržištu električne energije ili izravno ugovara energiju s operatorom mreže.

Komunikacija između korisnika fleksibilnosti i agregatora može funkcionirati kroz *OpenADR* protokol. Isto tako, registracija agregatora, nedostupnost agregatora i izvještavanje mogu se voditi kroz *OpenADR* protokol.

Moguće je također da pružatelj usluge fleksibilnosti samostalno djeluje bez posredstva agregatora pa u tom slučaju agregator i kućni pristupnik sa slike Slika 2 postaju isti entitet [7] te da korisnik fleksibilnosti komunicira direktno s kućnim pristupnikom.

1.2 Komunikacija između agregatora, kućnog pristupnika i uređaja

Kako bi eksplicitno upravljanje potrošnjom bilo uspješno agregatori moraju biti u stanju komunicirati s kućnim pristupnicima i zadavati im naloge. Ovdje su moguća dva osnovna pristupa: izravno provođenje naloga ili lokalna optimizacija [4] [7].

Kod izravnog provođenja naloga od agregatora tipično se radi o većim jedinicama, i zadaću izvršavanja provodi pristupnik koji prima zahtjeve od agregatora u *OpenADR* obliku i prevodi ih u izravne

komande (primjerice putem 61850 protokola) te povratno šalje informaciju o statusu posredničkom softveru agregatora (engl. „middlewere“).

Posrednički softver agregatora (engl. „middlewere“) čine tri cjeline: registar korisnika i uređaja, agregator i korisnički pristupni softver. Korisnički pristupni softver omogućava korisnicima direktnu interakciju s agregatorom (npr. prikaz podataka, cijena električne energije, vremenski ugovorni okvir itd.). Registar pohranjuje podatke o fleksibilnim uređajima i uparuje ih s podacima o korisnicima u svrhu naplate. Ključna svrha softvera za agregatora je optimiziranje energije trgovane na tržištu i dostupne iz odziva potrošnje svojih pružatelja. [8] [9] [10]

Nasuprot tome, pristup s lokalnom optimizacijom koristi kućni prijamnik koji prihvaća nalog od agregatora, ali onda lokalno odlučuje kako optimalno realizirati traženu fleksibilnost s obzirom na trenutno dostupno stanje „unutar kuće. Agregator tada zadaje nalog, a na kućnoj razini pristupnika prevodi *OpenADR* zahtjev u upravljanje resursima. Kućni pristupnik mora biti sposoban komunicirati s lokalnim aktuatorima; najčešće pomoću protokola za automatizaciju zgrada poput BACnet ili Modbus i/ili protokola za automatizaciju unutar zgrade kao npr. Bluetooth LE, Zigbee, Zwave, ili Insteon, ili pomoću nestandardnih protokola za npr. upravljanje toplinskim pumpama. Pristup s lokalnom optimizacijom ima prednosti pošto korisnički osjetljivi podaci ne odlaze izvan korisničkog prostora i korisnik može zadržati kontrolu nad podacima koji mu potencijalno narušavaju privatnosti. Realno je očekivati potrebu za instaliranjem pretvornika protokola – osnovna arhitektura poštuje *OpenADR/IEC 62746*, međutim na najnižoj razini potrebno je prijeći na druge, uvriježene protokole, kako bi se upravljanje moglo provesti. S obzirom na korištenje javne internetske mreže, za sve navedeno potrebno je osigurati i infrastrukturu javnih ključeva i osigurati potpisivanje poruka i osiguravanje autentičnosti izvora poruka. [4]

3. Izazovi postojeće funkcionalne arhitekture i značaj semantike unutar arhitekture

Glavni problem interoperabilnosti nije na razini komunikacijskog protokola već na razini interpretacije tereta poruka. *OpenADR* je u tom smislu sličan komunikacijskom protokolu poput Modbusa: definiran je jednostavan i razmjerno lako provediv protokol za razmjenu podataka, no nije jednoznačno postavljena semantika i nastaje problem interpretacije prenesenog podatka sa dvije strane koje komuniciraju putem protokola *OpenADR*.

Preciznije, generički tip poruke *Event* u *OpenADR* traži dodatnu definiciju što takva generička poruka znači. Dakle, iako standard *OpenADR* definira do dovoljne razine detalja komunikacijsku podlogu, za širu proliferaciju u cijelosti interoperabilne platforme za upravljanje potrošnjom potrebna je izgradnja semantičkih ekstenzija za *OpenADR* [7]. Slično vrijedi i za izvještavanje u *OpenADR* – tip poruke *Report* definira samo generalno izvještavanje, no ni na koji način ne definira njegovu strukturu.

Ovo je zahtjevan zadatak – u praksi, to predstavlja izradu zajedničkog informacijskog modela koji jasno i striktno definira semantiku prenesenih podataka. Takav model mora zadovoljiti nekoliko suprotstavljenih zahtjeva: mora biti razmjerno jednostavan za implementaciju, dovoljno striktan da odbacuje poruke koje nisu sukladne s modelom, ali i dovoljno fleksibilan kako bi mogao biti proširiv i podržavati različite tržišne strukture. Zahtjev za jednostavnošću i zahtjev za fleksibilnošću i proširivošću izravno su suprotstavljeni. Postoji cijeli niz inicijativa i ontologija, s različitim razinama uspješnosti. Pretjerano kompleksne ontologije u praksi nisu upotrebljive, dok one pretjerano jednostavne nisu dovoljno striktno za osiguravanje zajedničkog informacijskog modela između komponenata sustava za upravljanje potrošnjom.

U dijelu sučelja između korisnika fleksibilnosti (primjerice, voditelja bilančne grupe) i pružatelja usluge fleksibilnosti kao standard se nametnuo USEF [11], a na nižim razinama postoji cijeli niz ontologija (*OntoENERGY* [12], *ThinkHome* [13], *BOnSAI* [14], *Energy@Home* [15], *SEMANCO* [16], *EEBUS* [17]...) no kao najzrelije rješenje nameće se SAREF – Smart Appliances Reference Ontology, opisan u sljedećem poglavlju.

Drugi ključan izazov za funkcionalnu arhitekturu je nedovoljno jasno definirana kibernetička sigurnost – *OpenADR* kibernetičku sigurnost definira samo načelno, i pretpostavlja osiguravanje kompletne podloge temeljene na javnim ključevima. S obzirom na zahtjeve europske regulative za upravljanje osobnim podacima, kao najbolje rješenje nameće se osigurati da certifikaciju uređaja i tokene za autorizaciju osigurava isti entitet koji već upravlja osobnim podacima. Tada kompletan ostatak infrastrukture ne može povezati podatke s osobnim podacima, koristi se načelo minimalnog korištenja

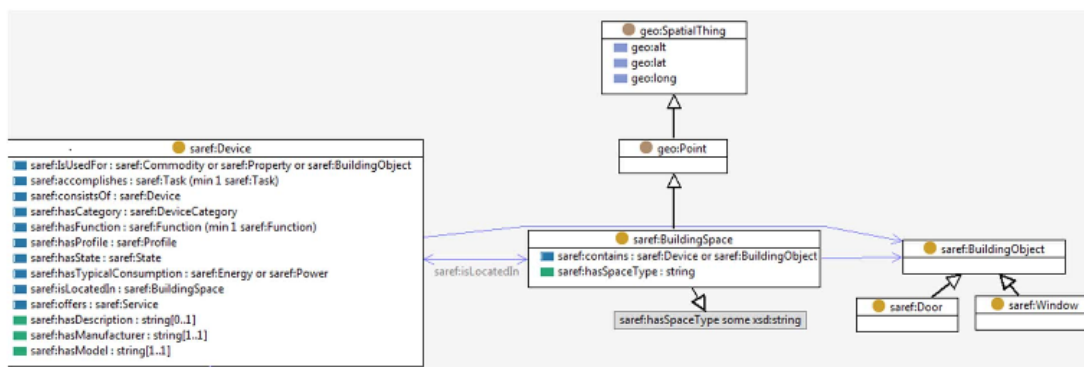
podataka, a podržan je i opoziv kompromitiranih uređaja invalidacijom tokena i/ili certifikata. Nadalje, u rješenju razvijenom kroz projekt FLEXCoop i interne komponente rješenja nemaju unaprijed status povlaštene komponente – svakoj se komponenti sustava može opozvati pristup eliminacijom tokena, čime se eventualni kibernetički napadi mogu lokalizirati. Načelo je slično korištenju prosjeka u šumama za ograničavanje šumskih požara: napad se ograniči samo na kompromitiranu komponentu.

Konačno, važan izazov s poslovne strane predstavljaju i *cloud* rješenja proizvođača opreme. Takva rješenja predstavljaju zahvat podataka od korisnika i njihovo „zaključavanje“ u podatkovni silos smješten u oblaku proizvođača opreme. Proizvođači opreme vrlo često ne dopuštaju korištenje standardiziranog protokola za upravljanje, nego kao jedini način upravljanja dozvoljavaju Web API preko svog *cloud* rješenja. Pružatelj usluge fleksibilnosti tada bi morao do uređaja doći kroz taj *cloud* – što predstavlja neprihvatljiv poslovni rizik. U slučaju nedostupnosti ili greške u rješenju proizvođača opreme, aktivacija fleksibilnosti ne prolazi – a posljedice snosi pružatelj rješenja za upravljanje potrošnjom. Nadalje, proizvođači opreme poput toplinskih pumpi ili invertera za solarne panele često vežu garantne uvjete za isključivo korištenje njihovih *cloud* rješenja, odnosno korištenje izravnog pristupa putem, primjerice, Modbus protokola predstavlja kršenje garantnih uvjeta. Jasno je kako u tom slučaju atraktivnost bilo kakvog sustava za upravljanje potrošnjom postaje ravna nuli.

4. Moguće rješenje za komunikacijsku interoperabilnost - SAREF

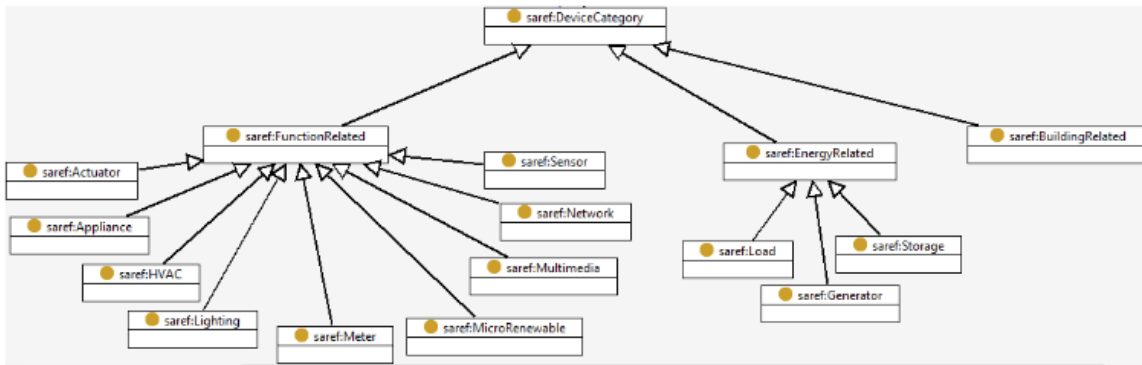
U području primjenjivih semantičkih rješenja koja omogućavaju komunikacijsku interoperabilnost između pametnih trošila, zanimljivo rješenje nudi SAREF grupa standarda. SAREF (Smart Appliances REFerence ontology) je ontologija koja olakšava podudaranje postojećih semantičkih imovina (engl. „assets“) u domeni pametnih trošila. SAREF pojednostavljuje prevođenje iz jedne semantičke imovine u drugu: zahtjeva jedan set mapiranja za svaku semantičku imovinu (uređaj) umjesto posvećenog mapiranja za svaki par semantičke imovine (dva uređaja koji komuniciraju) [18].

Korištenjem SAREF-a, različite semantičke imovine mogu nastaviti koristiti izvornu terminologiju i modele podataka a da pritom budu u interakciju putem zajedničke semantike (primjer sa slike Slika 3).



Slika 3 SAREF, klase unutar prostorija i objekta [18]

Kao što je vidljivo iz Slika 3, putem SAREF-a ontologija definira: vrstu objekta (npr. vrata, prozor), prostorija unutar koje se objekt nalazi, vrsta energenta, uređaj (npr. perilica, senzor, mjerni uređaj itd.), kategorija uređaja, trajanje odziva, funkcija (npr. mjerenje), kategorija funkcije, profil potrošnje, svojstvo (npr. energija, vlaga, vrijeme, snaga itd.), usluga, status, zadatak (npr. čišćenje, sigurnost itd.), vremenski entitet i mjerna jedinica. SAREF omogućava klasifikaciju uređaja kroz tri glavne kategorije: funkcijske, energetske i uređajne. Isto tako, profil koji se definira za svaki uređaj unutar SAREF-a može biti koristan i u kontekstu prikazivanja energetske uštede unutar zgrade ili prostorije.



Slika 4 SAREF, klasifikacija uređaja po kategorijama [18]

5. Zaključak

Za uspjeh upravljanja potrošnjom, nekoliko je ključnih izazova koje smo identificirali tijekom rada na projektu FLEXCoop i mogu se ukratko sažeti u tri glavne grupe. Prvi izazov vezan je za semantičku interoperabilnost i on je primarna tema ovog članka. Druga klasa izazova vezana je za osiguravanje kibernetičke sigurnosti, pošto se sve mreže putem kojih rješenje za upravljanje potrošnjom komunicira moraju smatrati nesigurnima. I konačno, treći dio izazova veže se za podatkovne silose u kojima su podaci zarobljeni nakon što su prikupljeni sa opreme kod korisnika kroz vlastita (*proprietary*) rješenja proizvođača.

Semantička interoperabilnost ima velik broj potencijalnih rješenja, i do sad se ni jedno nije pokazalo kao dominantno. SAREF ima blagu prednost i uključen je i u neka druga rješenja (poput EEBUSa), no pravo rješenje zahtijevat će i utjecaj kroz regulatorna i standardizacijska tijela. Tada se prilagodba uređaja pojedinih proizvođača može riješiti na razini pretvornika kod samog uređaja. Slična će razina regulatornog pritiska biti potrebna za eliminaciju praksi koje priječe razvoj interoperabilnih rješenja, poput obeshrabrivanja korisnika i ukidanja garancije kada se koriste standardni upravljački protokoli. Što se kibernetičke sigurnosti tiče, rješenje temeljeno na OAuth2.0 tokenima i javnim ključevima razvijeno u projektu FLEXCoop zadovoljava sve zahtjeve kibernetičke sigurnosti i zahtjeve minimalnog korištenja osobnih podataka.

6. Zahvale i izjava o potpori iz fondova EU

Saznanja iz članka velikim dijelom su utemeljena na iskustvima autora prikupljenim tijekom provedbe dvaju projekata financiranih kroz europski program Obzor 2020. U projektu FLEXCoop razvija se kompletna softverska podloga za automatsko aktivno upravljanje potrošnjom, s posebnim naglaskom na energetske zadrage kao agregatore. Projekt FLEXCoop financiran je kao RIA – istraživačko-inovacijski projekt kroz EU program Obzor 2020 usmjeren na istraživanje i inovacije kroz ugovor broj 773909.

7. LITERATURA

- [1] P. Palensky, D. Dietmar, »Demand Side Management: Demand Response, Intelligent Energy Systems, and Smart Loads,« *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, svez. Vol. 7, br. No. 3, pp. 381-388, 2011.
- [2] B. Ramanathan, and V. Vittal, »A framework for evaluation of advanced direct load control with minimum disruption,« *IEEE Trans*, p. 1681–1688, 2008.
- [3] C. Gellings and J.H. Chamberlin, »Demand Side Management: Concepts and Methods,« *2nd ed. Tulsa, OK: PennWell Books*, 1993.
- [4] H. Keko; I. Krajnović; L. Babić; S. Sučić, »Standardizirani informacijsko-komunikacijski podsustav za demokratizaciju fleksibilnosti kroz upravljanje potrošnjom,« *14. savjetovanja HRO CIGRE*, 2019.
- [5] IEC PAS 62746-10-1:2014, »IEC Webstore,« [Mrežno]. Available: <https://webstore.iec.ch/publication/7570>.

- [6] IEC TR 62939-1:2014, »IEC Webstore,« [Mrežno]. Available: <https://webstore.iec.ch/publication/7478>. [Pokušaj pristupa 6 2020].
- [7] H. Keko, S. Sučić, H. Keserica, V. Miranda, »Technical Backbone for the Democratization of Flexibility: Standards-based Demand Response Infrastructure,« *16th International Conference on the European Energy Market (EEM)*, svez. 10.1109/EEM.2019.8916567, 2019.
- [8] R. J. Bessa and M. A. Matos, »Optimization models for an EV aggregator selling secondary reserve in the electricity market,« *Electr. Power Syst. Res.*, svez. 106, p. 36–50, 2014.
- [9] R. J. Bessa and M. A. Matos, »The role of an aggregator agent for EV in the electricity market,« *7th Mediterranean Conference and Exhibition on Power Generation, Transmission, Distribution and Energy Conversion (MedPower 2010)*, pp. 1-9, 2010.
- [10] R. J. Bessa and M. A. Matos, »Optimization models for an EV aggregator selling secondary reserve in the electricity market,« *Electr. Power Syst. Res.*, svez. 106, p. 36.50, 2014.
- [11] USEF, »USEF Flexibility Trading Protocol Specifications«.
- [12] Tobias Linnenberg¹, A.W. Mueller, L. Christiansen, C. Seitz, and A. Fay, »OntoENERGY – A Lightweight Ontology for Supporting Energy-efficiency Tasks,« 2013.
- [13] C Reinisch, M. J. Kofler, W. Kastner , »ThinkHome: A smart home as digital ecosystem,« *4th IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies*, svez. 11599406 , 2010.
- [14] Stavropoulos, Thanos & Vrakas, Dimitris & Vlachava, Danai & Bassiliades, Nick. , »BOnSAI: A smart building ontology for ambient intelligence,« *ACM International Conference Proceeding Series*, 2012.
- [15] Energy@home, »Energy@home,« [Mrežno]. Available: <http://www.energy-home.it/SitePages/Home.aspx>. [Pokušaj pristupa 5 2020].
- [16] Semanco, »Semanco tools,« [Mrežno]. Available: <http://www.semanco-tools.eu/urban-energy-ontology>. [Pokušaj pristupa 5 2020].
- [17] EEBUS, »EEBUS,« [Mrežno]. Available: <https://www.eebus.org/>. [Pokušaj pristupa 5 2020].
- [18] SAREF, [Mrežno]. Available: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/etsi-releases-three-new-saref-ontology-specifications-smart-cities-industry-40-and-smart>. [Pokušaj pristupa 5 2020].