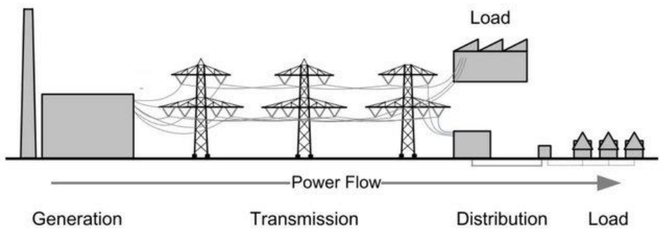
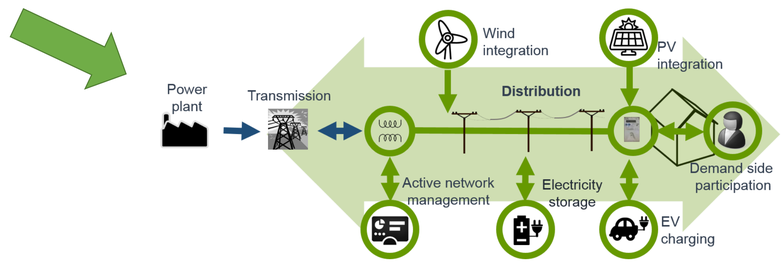
Decentralizirana IoT platforma za pružatelje usluga fleksibilnosti u elektroenergetskom sustavu

Alen Hrga, mag.ing.comp.
(alen.hrga@fer.hr)
mentori: izv. prof. dr. sc. Tomislav Capuder, prof. dr. sc. Ivana Podnar Žarko
Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva

1. Uvod

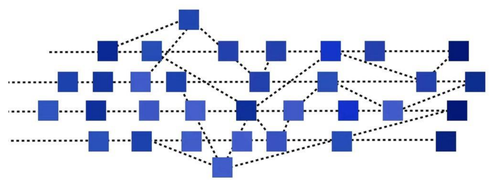
Tranzicija prema niskougljičnom elektroenergetskom sustavu:
- „Čista energija za sve Europljane" EU energetski paket
- Obnovljivi i distribuirani izvori energije
- *Consumer -> Prosumer*
- Sustav mora **povećati fleksibilnost** na razini krajnjih korisnika/ potrošača
- Agregator – novi tip tržišnog sudionika koji agregira proizvodnju/potrošnju krajnjih korisnika i predstavlja krajnje korisnike na tržištima



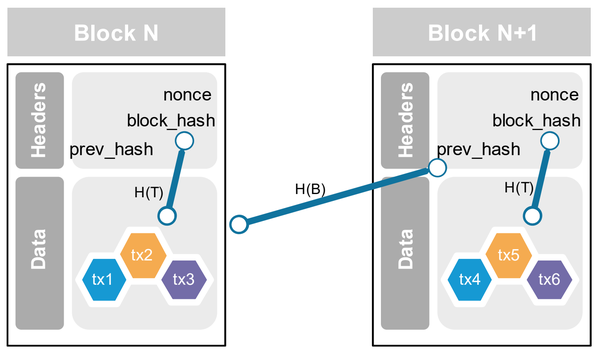


2. Distribuirane glavne knjige

Distribuirana glavna knjiga (eng. *Distributed ledger technology*, DLT) je *peer-to-peer* (P2P) mreža s dijeljenom i repliciranom bazom podataka.



Usmjereni aciklički graf (eng. *directed acyclic graph*, DAG)

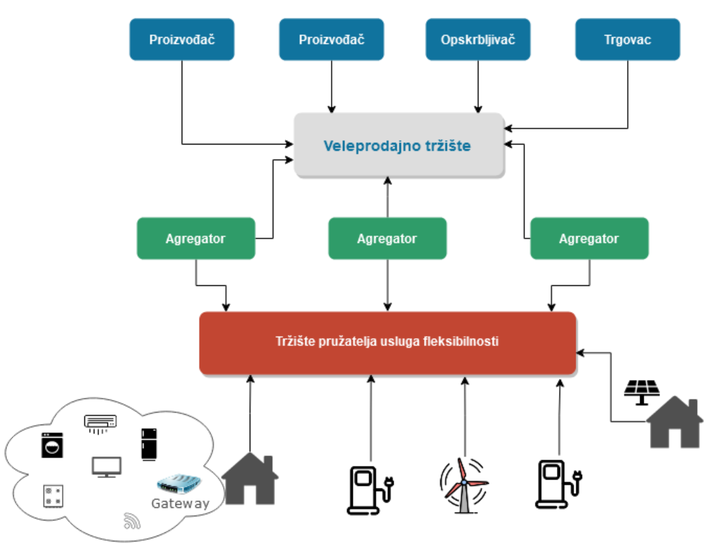


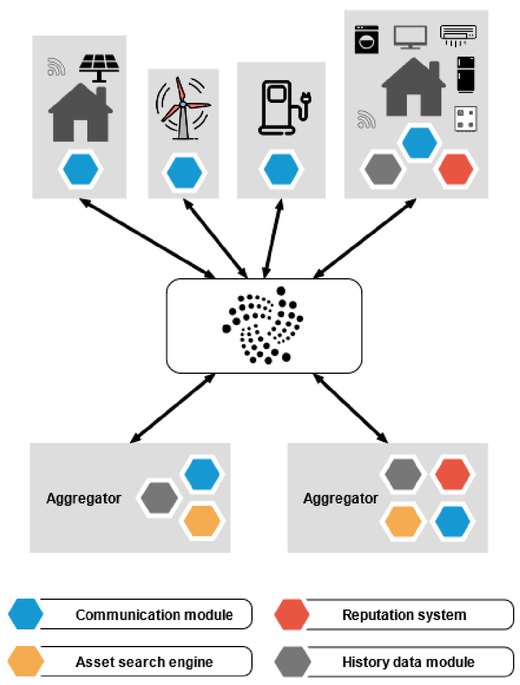
Blok-lanac (eng. *blockchain*)

IOTA
- Otvorena i skalabilna DLT mreža prilagođena Internetu stvari
- Podatkovne (mikro)transakcije
- *IOTA Streams* (MAM) – *objavi-pretplati* tokovi podataka

3. Pregled platforme

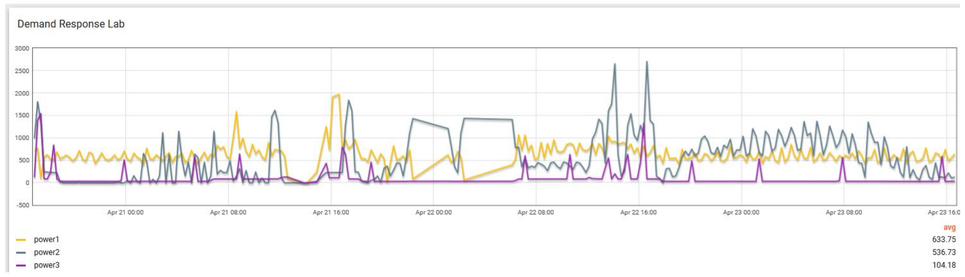
Akteri: agregatori, krajnji korisnici, korisnici treće strane
Zahtjevi: registracija i tražilica resursa, tokovi podataka, naplatni sustav, povijesni podaci, identifikacijski sustav





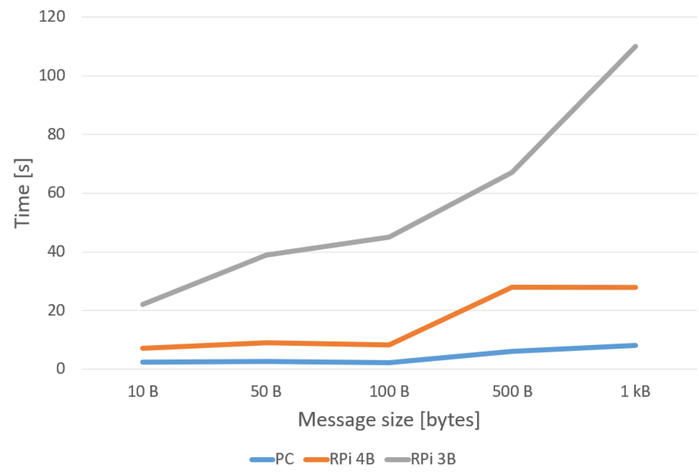
4. Rezultati

Napravljena je evaluacija performansi i analiza tehničke izvedivosti koristeći uređaje s ograničenim resursima.
Opis eksperimenta:
- Lokacija: Demand Response Lab (ZVNE)
- Korišten IOTA *mainnet*
- Neovisni i nesusjedni čvorovi (geografski i logički)
- Tipovi čvorova: instance u oblaku, PC, Raspberry Pi 4B, SmartPi (Raspberry Pi 3B+)



Podaci o ukupnoj potrošnji Demand Response laboratorija

SmartPi



Ovisnost vremena potrebnog za objavu poruke o veličini poruke

Objavljivanje poruke na lokalni čvor (*local Proof-of-Work*)				
Uređaj	Min (s)	Max (s)	Avg (s)	Std. dev. (σ)
PC	0.01	24.1	6.2	4.2
Raspberry Pi 3B	11	109	67.3	48.4
Raspberry Pi 4B	0.3	108	28	23.5
Raspberry Pi 3B + Pi Diver	-	-	0.3	-

	Channel type	MAM message decoding	Network latency
min	PC RPi 3B+ RPi 4B	0.04 0.45 0.17	0.45
max	PC RPi 3B+ RPi 4B	0.065 0.55 0.21	27
avg	PC RPi 3B+ RPi 4B	0.05 0.5 0.18	4.5

Propagacija poruka kroz mrežu preko susjednih čvorova (sek.)

5. Zaključak

- Decentralizirano tržište pružatelja usluga fleksibilnosti temeljeno na DLT-u
- Mogućnost odabira agregatora za krajnje korisnike
- Mogućnost izrade dinamičkog portfelja fleksibilnih uređaja krajnjih korisnika za agregatore
- Prijenos podataka u *skoro-realnom* vremenu uz korištenje DLT-a
- Uređajima s ograničenim resursima omogućeno objavljivanje podataka uz očuvanje integriteta i vlasništva nad podacima