



Pametna omrežja (Smart Grid)



Definicija pametnih omrežij

■ Enotne definicije ni

- **“The term ‘Smart Grid’ refers to a modernization of the electricity delivery system so it monitors, protects, and automatically optimizes the operation of its interconnected elements—from the central and distributed generator through the high-voltage network and distribution system, to industrial users and building automation systems, to energy storage installations and to end-use consumers and their thermostats, electric vehicles, appliances, and other household devices.” (EPRI)**
- **“an automated, widely distributed energy delivery network characterized by a two-way flow of electricity and information, capable of monitoring and responding to changes in everything from power plants to customer preferences to individual appliances.”**
- **“a smart grid is the electricity delivery system (from point of generation to point of consumption) integrated with communications and information technology” (IEEE)**



Pametna omrežja

- **Elektroenergetsko omrežje,**
 - Opazovanje,
 - Prilagajanje spremenjenim razmeram,
 - Vključevanje razpršenih virov,
 - Cenovno učinkovito,
 - Nizke izgube,
 - Trajnostno,
 - Zanesljivo,
 - Kakovostno,
 - Varno.
- **Ključne so informacijske in komunikacijske tehnologije**
 - Povezujejo vse elemente v funkcionalno celoto
- **“Inteligenca”**
- **“Pamet”**



Poimenovanje

- Smart Grids
- Smart Grid
- **Pametna omrežja**
- Aktivna omrežja
- Inteligentna omrežja
- Napredna omrežja



Vizija

- **EU zaveza energetske strategije 20/20/20**
 - 20% znižanje izpustov toplogrednih plinov,
 - 20% zmanjšanje porabe preko boljše energetske učinkovitosti
 - 20% delež obnovljivih virov energijež
- **Potrebe po energiji rastejo**
- **Fosilna goriva, problem CO₂**
- **Vizija EU SmartGrids:**
 - **Fleksibilna:** izpolnjujejo želje, pripravljena na spremembe.
 - **Okolju prijazna:** dostop do obnovljivih virov energije
 - **Zanesljiva:** varnost ter kakovost dobave.
 - **Ekonomična:** zagotavljajo visoko donosnost naložb, učinkovitost obratovanja, trg



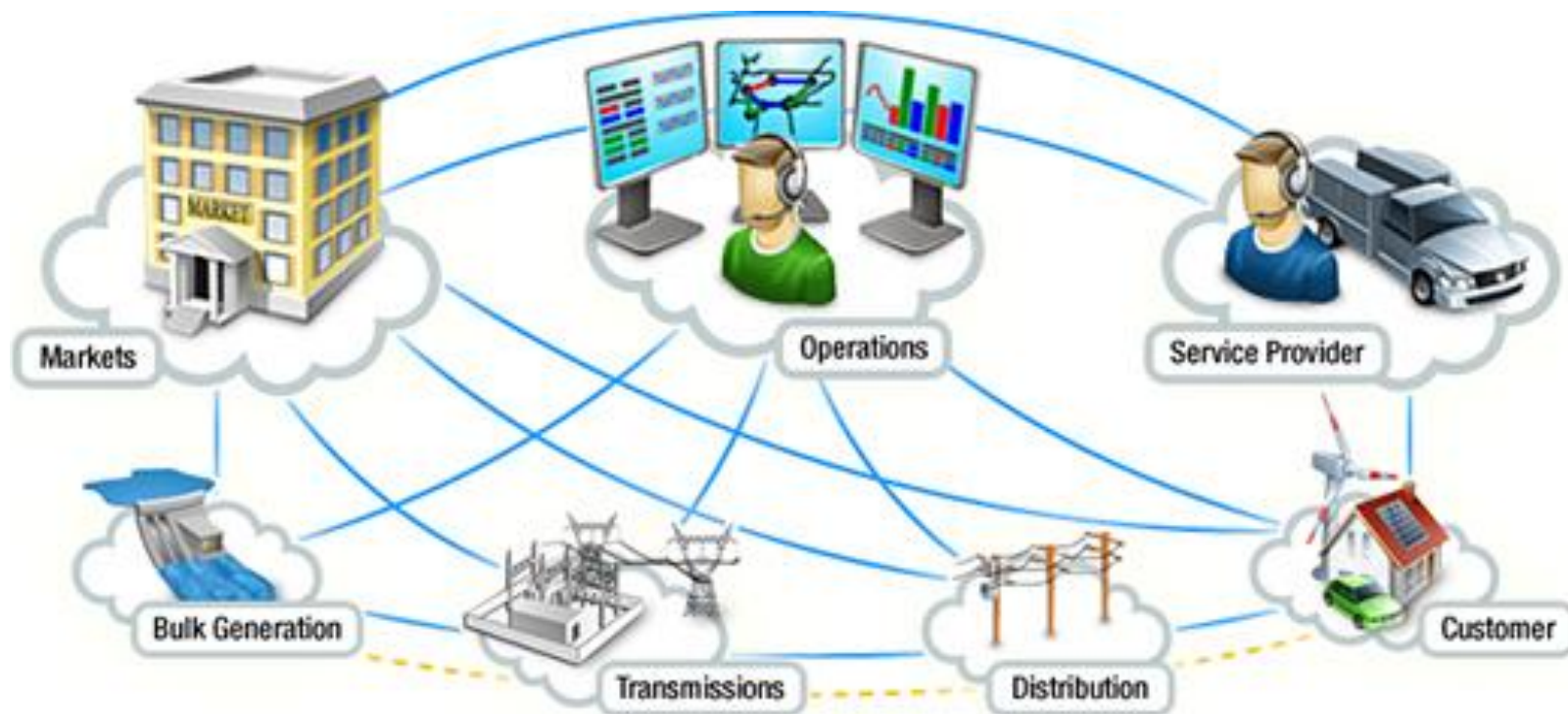
Tradicionalni EE sistem

- Koncept je dolgo ostal nespremenjen (100 let)
- Zanesljivo, varno, robustno
- Avtomatizacija na VN in SN omrežju
- V rabi je izredno širok nabor tehnologij
 - TDM (PDH, SDH, ISDN)
 - Paketne tehnologije (X.25, Ethernet, IP, MPLS)
- Na NN ni regulacije
 - Odcepi na transformatorjih
- Razpršeni viri (predstavljajo motnjo)





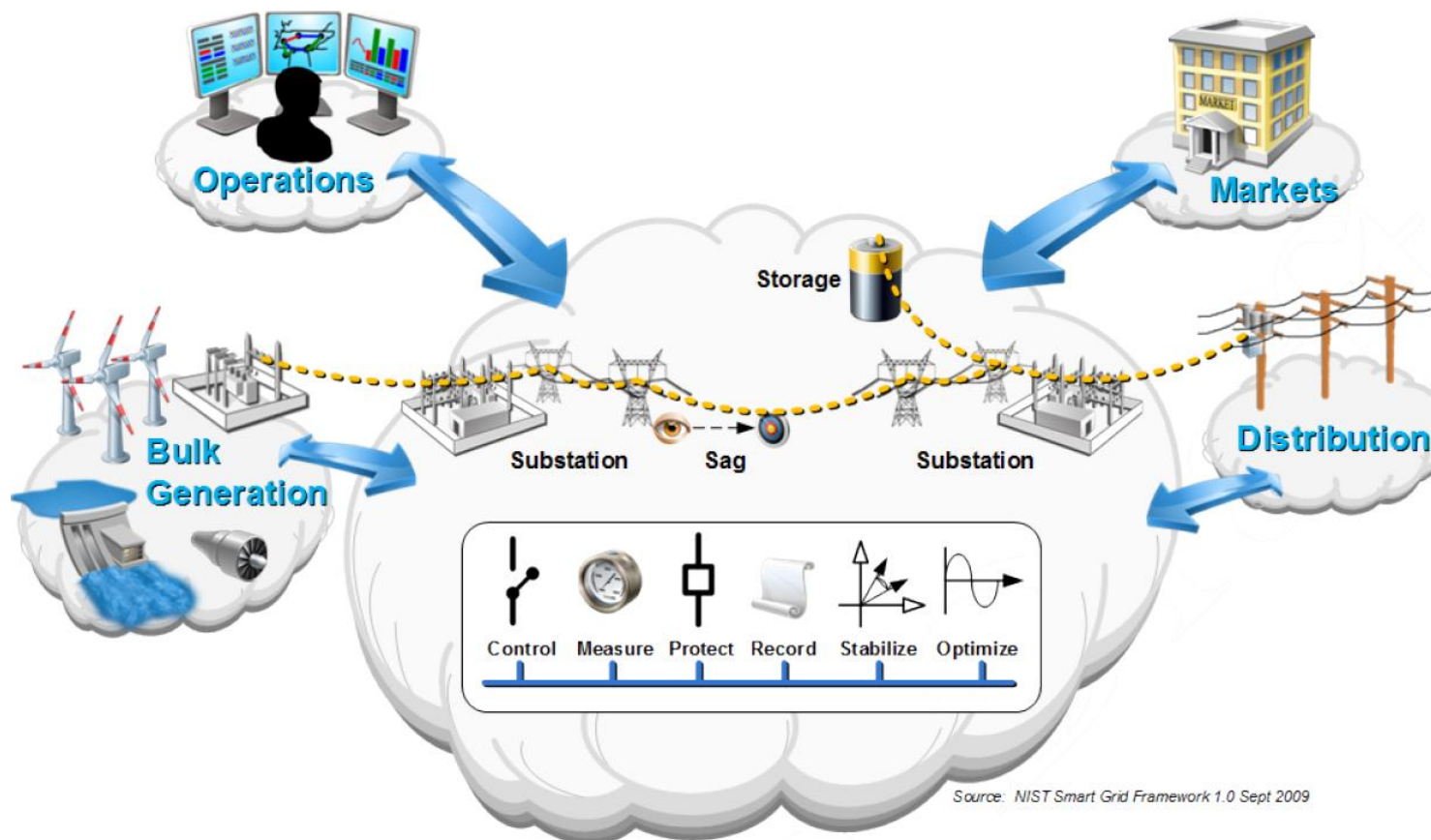
Smart Grid Conceptual Model (IEEE)



- <http://smartgrid.ieee.org/ieee-smart-grid/smart-grid-conceptual-model>
- Sloji: Energetski, Telekomunikacijski, Informacijski

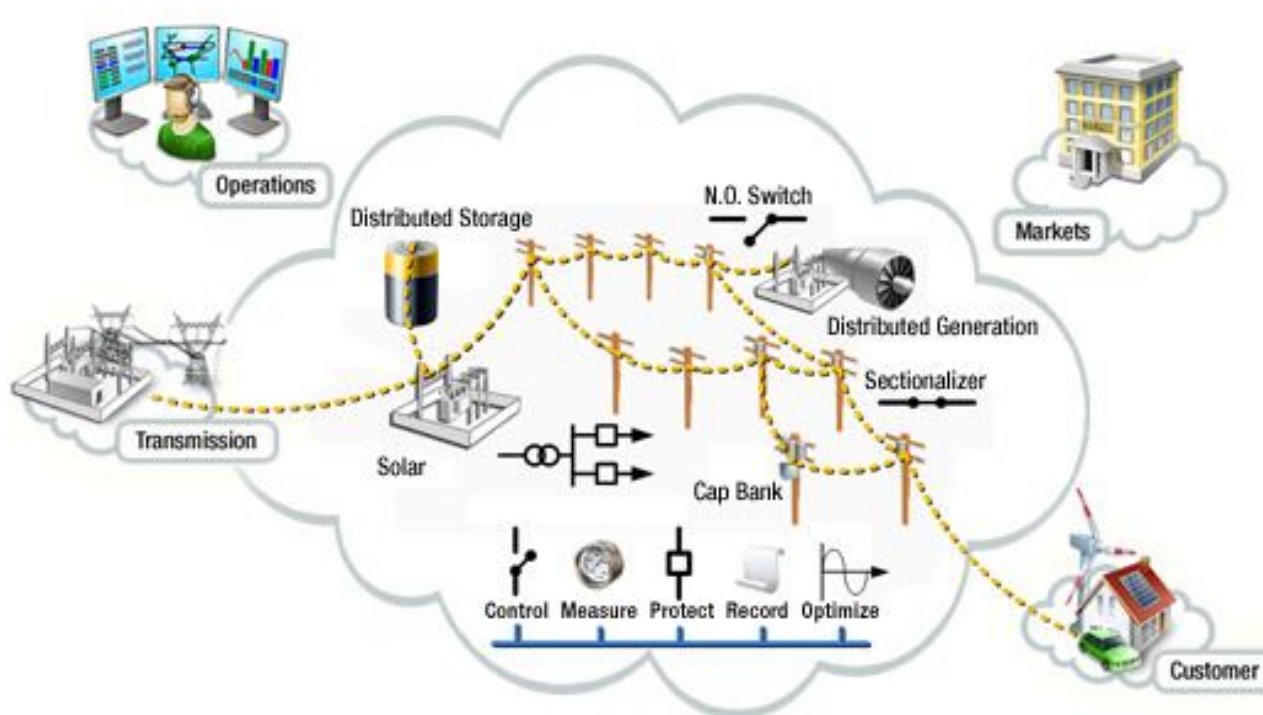


Prenos (Transmission)



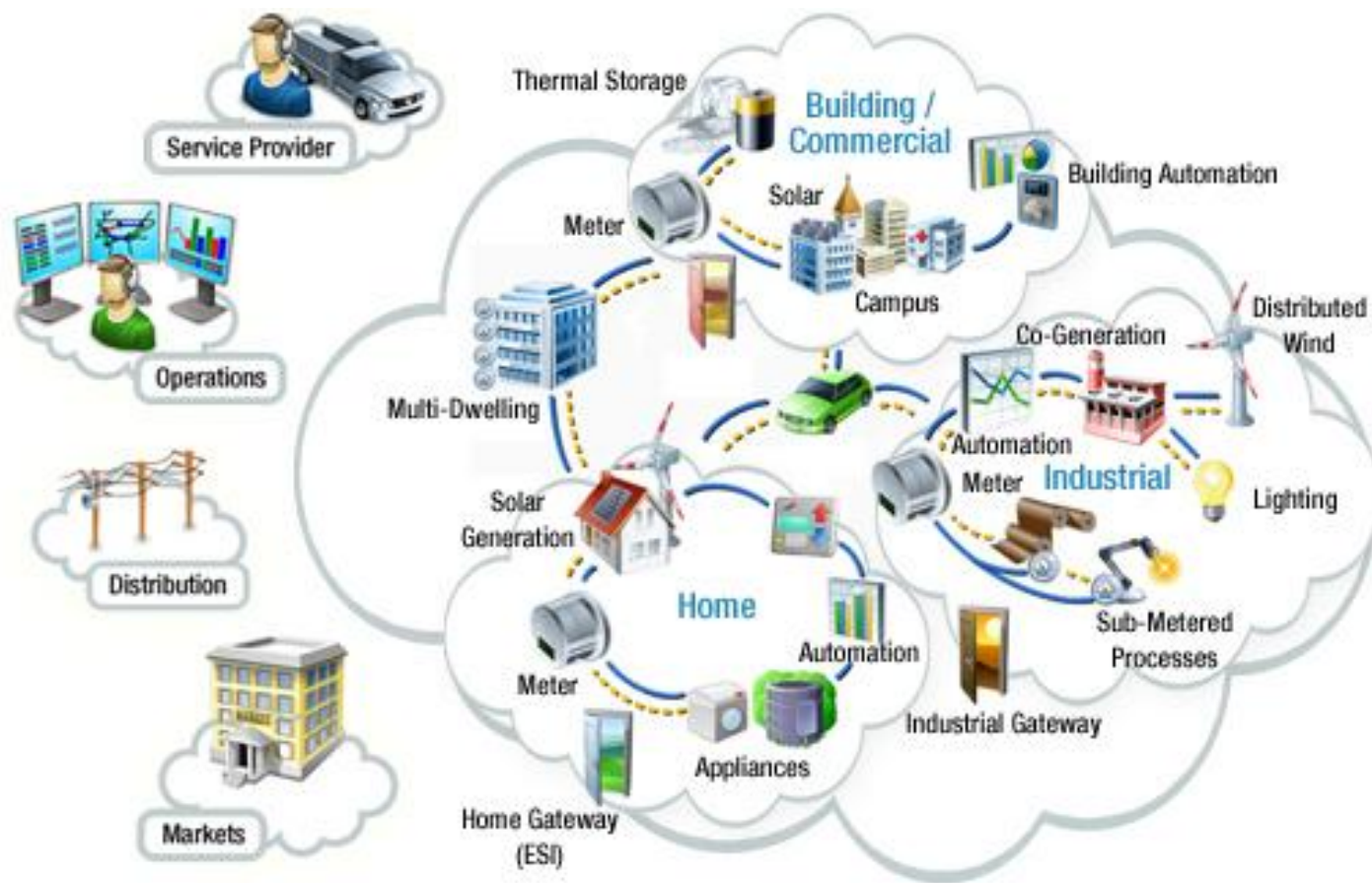
- Visokonapetostni prenosni sistemi (110, 220, 400 kV)
- Razdelilne transformatorske postaje
 - Monitoring in upravljanje; optimizacija delovanja omrežja

Distribucija (Distribution)



- **Razdelilno transformatorske postaje (RTP)**
 - 10 kV, 20 kV, 400 V
- **Prenos energije do končnih uporabnikov (niskonapetostni)**
- **Tudi distribuirani viri ali hranilniki**
 - Tok energije je lahko obraten

Končni uporabnik (Customer / Prosumer)



- Povezava pametnih števecv in drugih naprav (AMI, HA)
- Tudi distribuirani viri, hranilniki, električni avtomobili
- Uporabniški vmesnik

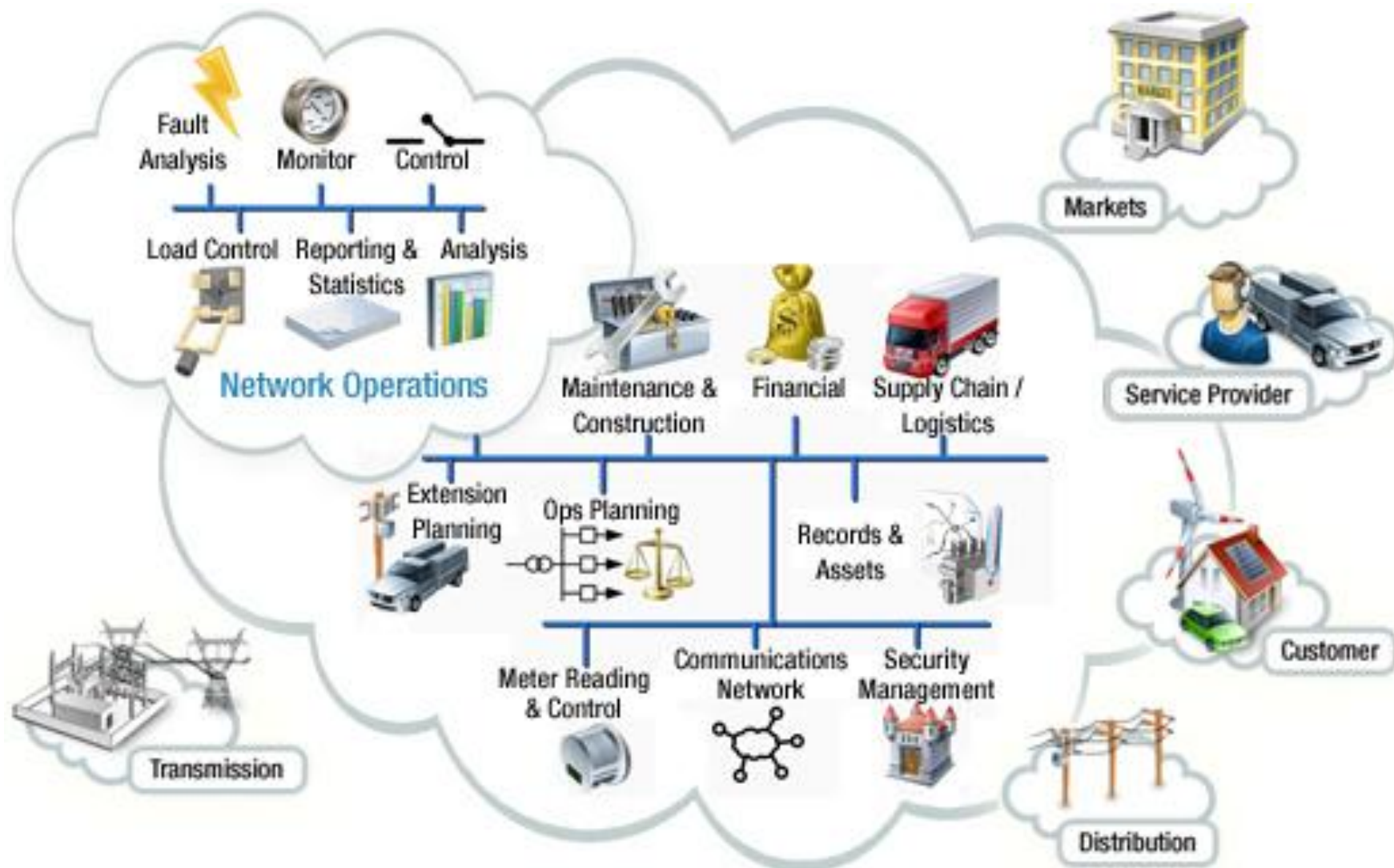


Distribuirani viri

- Male vodne, sončne, vetrne, bio, kogeneracija, ...
- Obnovljivi viri
- Priključitev na distribucijsko omrežje (NN)
- **Nepredvidljivo obratovanje:**
 - veter, sonce, valovi,
 - Zahteva 100% rezervo
- **Možnost zagona ob višji porabi (ceni):**
 - bio, kogeneracija, plinske
- **Hranilniki energije**
- **Električni avtomobili**
 - Kdaj polniti
 - Kot hranilnik energije
- **Virtualna elektrarna**
 - Skupno nastopanje na trgu, enotno vodenje



Obratovanje (Operations)





Obratovanje

- Nadzor in upravljanje delovanja EE sistema
- Usklajevanje proizvodnje in porabe
- Avtomatizacija, daljinsko vodenje
- Zaščitne funkcije
- Smart – na podlagi več informacij
- Upoštevanje stanja celotnega omrežja, ne samo lokalno
- Načrtovanje



Trg (Markets)



- Trgovanje z energijo, borza
- Ponudba / povpraševanje
- Virtualne elektrarne
- Dinamični modeli (DSM)
- Dinamične cene
- Optimizacija



Ponudnik storitev (Service provider)



- **Storitve za upravljanje**
- **Third-party operations**
- **Portal**



IKT infrastruktura

- Do vsakega elementa v EE sistemu,
- Tudi do vsakega končnega uporabnika,
- Razpršeni viri,
- Enotna / specializirana infrastruktura,
- Običajno za obratovanje ločena,
- IP je konvergenčni sloj,
- EU standardizacija.
- **Zahteve**
 - V realnem času,
 - Različne časovne zahteve (ms, s, min),
 - M2M (Machine-to-Machine), IoT (Internet of Things)
 - Zanesljivost, Varnost
- **TK inženiring**

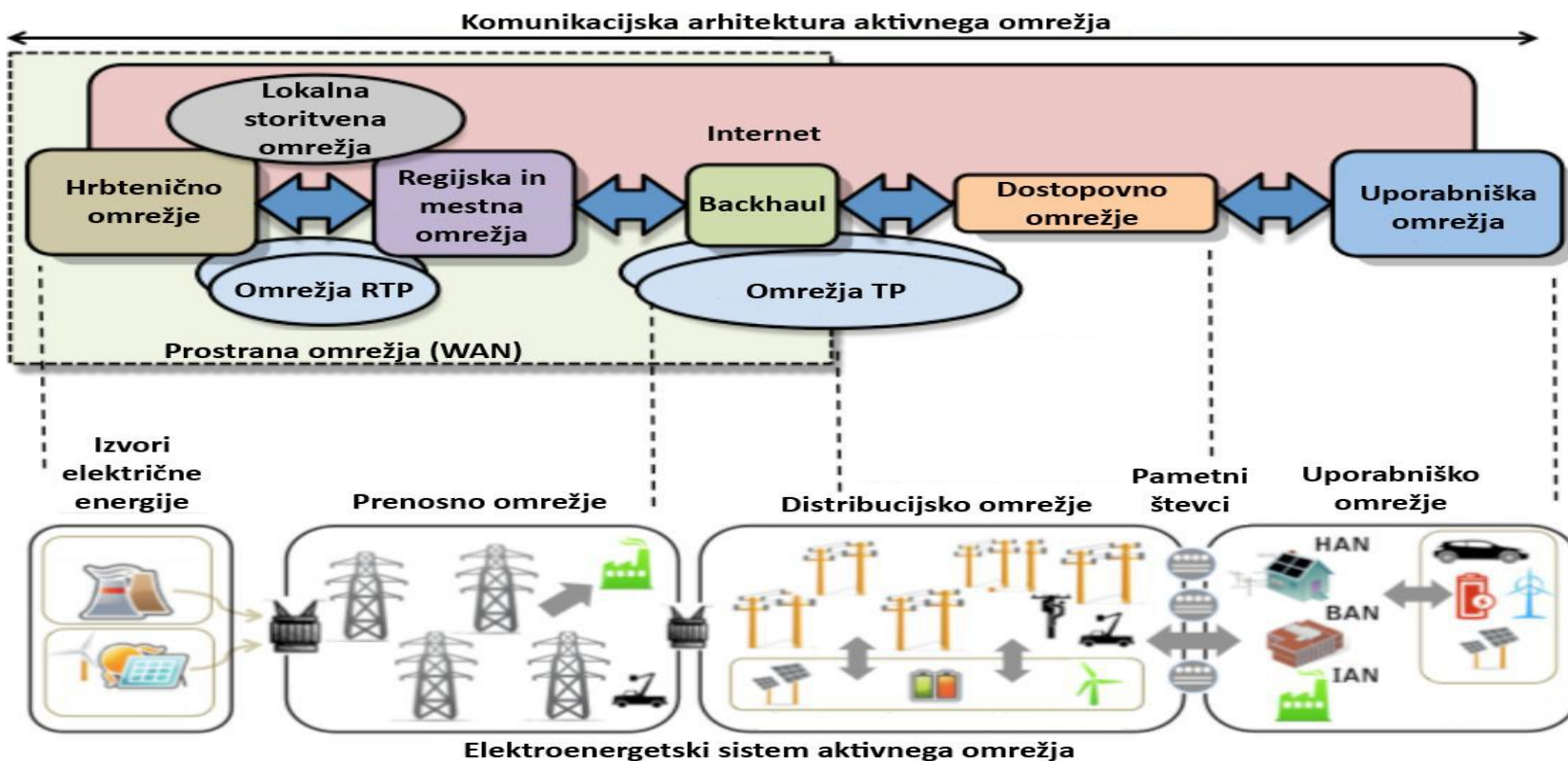


Stanje IKT v EE sistemih v Sloveniji

- Na VN in SN omrežju že dolgo
- Različni sistemi
- **Veliko “zastarele” tehnologije**
 - Serijske, TDM,
 - Strogo namenska uporaba,
 - Omejena povezljivost (s prehodi),
 - Visoki obratovalni stroški
- **SCADA sistemi**
 - Supervisory Control and Data Acquisition
 - Za nadzor in daljinsko vodenje (RTP, RP, stikalne naprave)
- **NN del omrežja ni pokrit**
- **Z uvajanjem naprednih števecv (AMI)**
 - Bo potrebna dvosmerna TK povezava s končnimi uporabniki,
 - Problem zadnjega kilometra



TK arhitektura za pametna omrežja



■ Konvergenčna TK infrastruktura (IP)

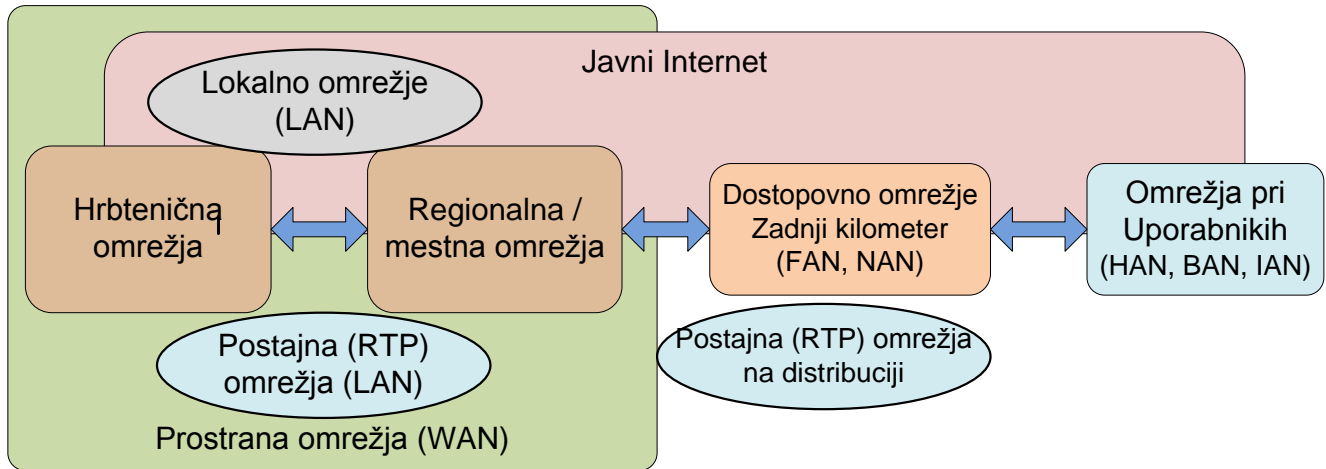
- Hrbtenično omrežje (optika, MPLS)
- Omrežja (R)TP (VPN, Ethernet)
- Dostopovno omrežje (PLC, mobilna omrežja, xDSL, optika)
- Uporabniško omrežje (Žično, WiFi, PLC, Zigbee,...)



TK arhitektura za pametna omrežja

Varnost telekomunikacijskega omrežja

Upravljanje telekomunikacijskega omrežja



Komunikacijske storitve		
IEC 60870-5-104	IEC 61850	AMI standardi

Omrežne tehnologije		
Ethernet IP / MPLS VPN OTN	Fiksni dostop: xDSL, kablanski Optika FTTH, FTTx Mobilna GSM, GPRS, 3G, LTE WiMAX, WiFi Po energetske vodih PLC, BPL	Ethernet WiFi ZigBee Z-Wave HomePlug PLC BPL 6LowPAN



Varnost (Big brother)

■ Namerne

- Nezadovoljni zaposleni, industrijsko vohunstvo,
- Vandalizem, hackerji, virusi,
- Kraje, terorizem.

■ Napadalec:

- Pridobi podatke o omrežju, konfiguraciji, delovanju,
- Dostopa do omrežja in zaupnih informacij,
- Povzroči težave v delovanju ali odpoved sistema (DoS)

■ Iz “Smart Grid” podatkov se lahko razbere dogajanje v hiši

- Prisotnost/odsotnost, katere naprave so vključene, ...

■ Varnostne zaščite

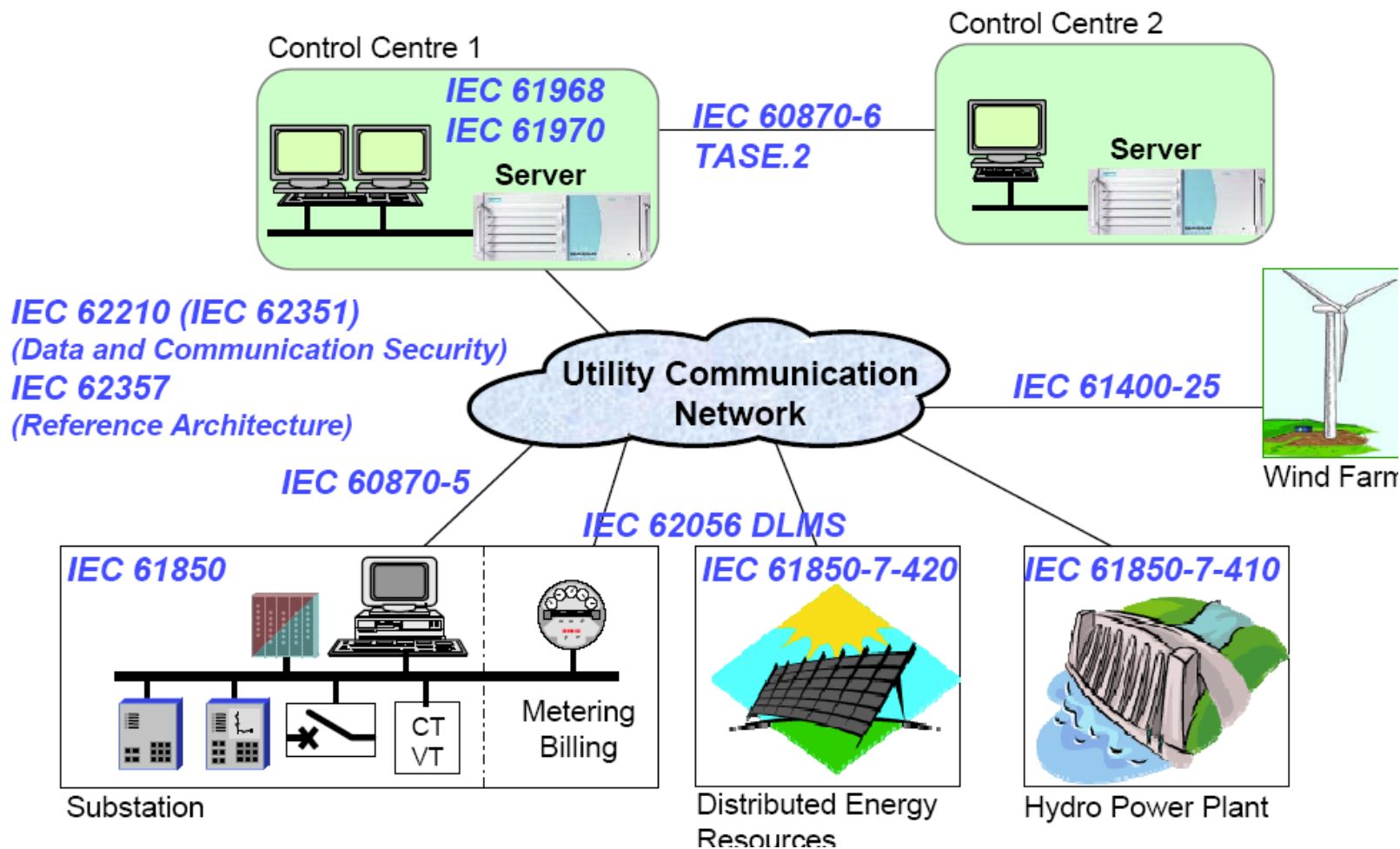
- VPN (Virtual Private Network) – avtentikacija, enkripcija, IPsec, TLS
- IEC 62351 - Data & Communication Security
- Stalen nadzor in upravljanje IKT infrastrukture
- **TK so lahko varne!**



IEC standards

**IEC
Standardization
and TC57**

IEC Committees – Power System





IEC 61850

- **Communication networks and systems in substations**
- Omogoča nadzor, meritve, kontrolo, upravljanje, zaščito
- Avtomatizacija v EE sistemih - SmartGrids
- Prvotni namen za RTP
- Široka zasnova
- Informacijski modeli
- Konfiguracijski jezik SCL(**System** Configuration Language)
- Vsi sloji komunikacijskih protokolov
- Odprt za nadgradnje
- Razširitev na razpršene vire (DER) in upravljanje
- **Communication networks and systems for power utility automation**
- Meritve kvalitete

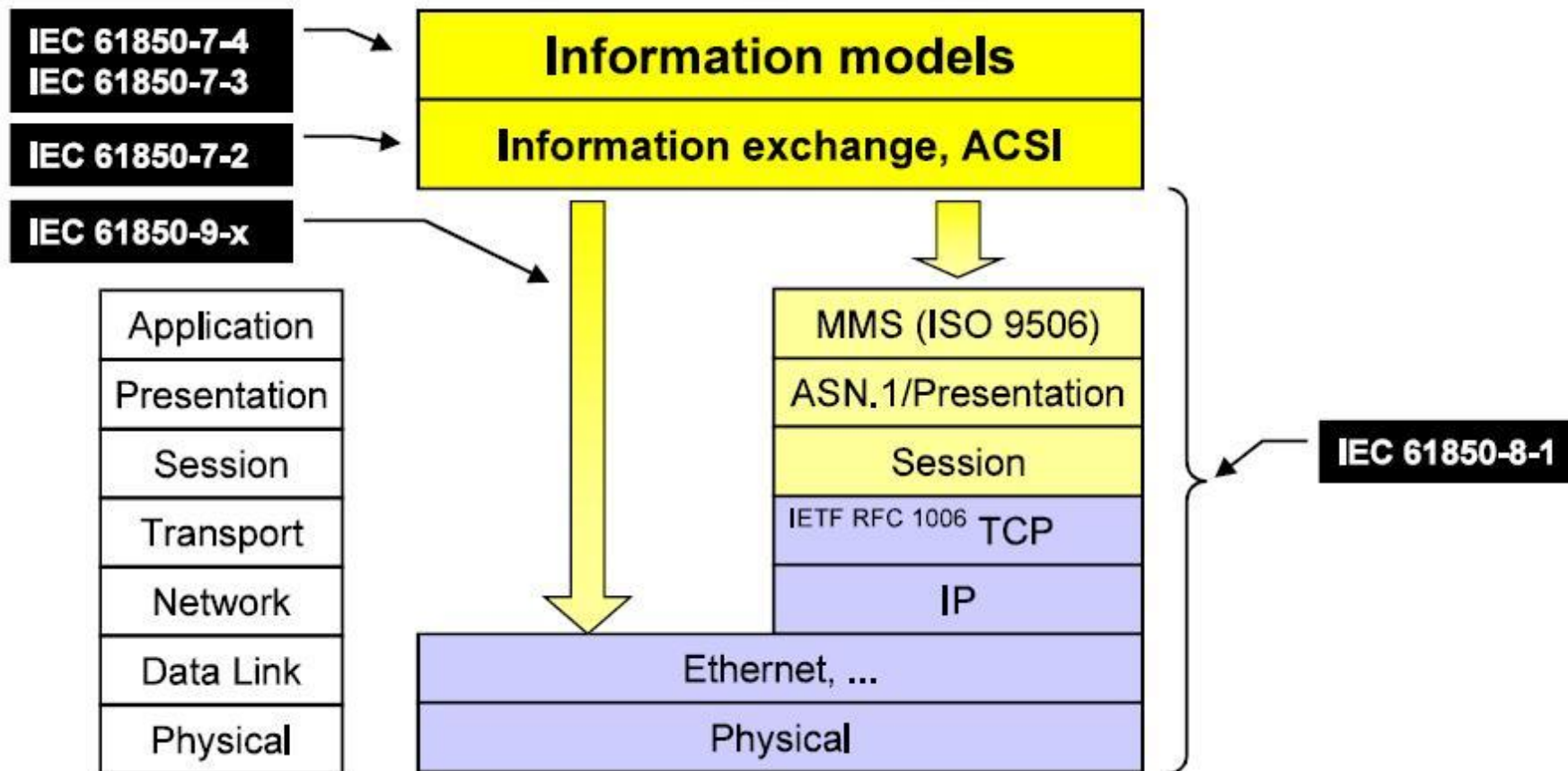


Specifikacija protokolnih skladov

- **IEC 61850**
 - podatkovni model
 - storitve za prenos podatkov
 - komunikacijski protokoli
- **Storitve:** branje in nastavljanje vrednosti, naročanje na poročila, beleženje, opozarjanje, konfiguriranje, ...
- **ACSI (Abstract Communication Service Interface)**
- **MMS (Manufacturerin Message Protocol)**
- **ASN.1 (predstavitev)**
- **RFC 1006 : Transport preko TCP**
- **TCP / IP/ Ethernet**
- **opsijsko GOOSE – kjer je zahteva po hitrem odzivu (4 ms)**
- **zagotavljanje točnega časa – v okviru IEC 61850, NTP, GPS**
- **varnost prenosa zagotavlja TLS (Transport Layer Security)**



Model IEC 61850





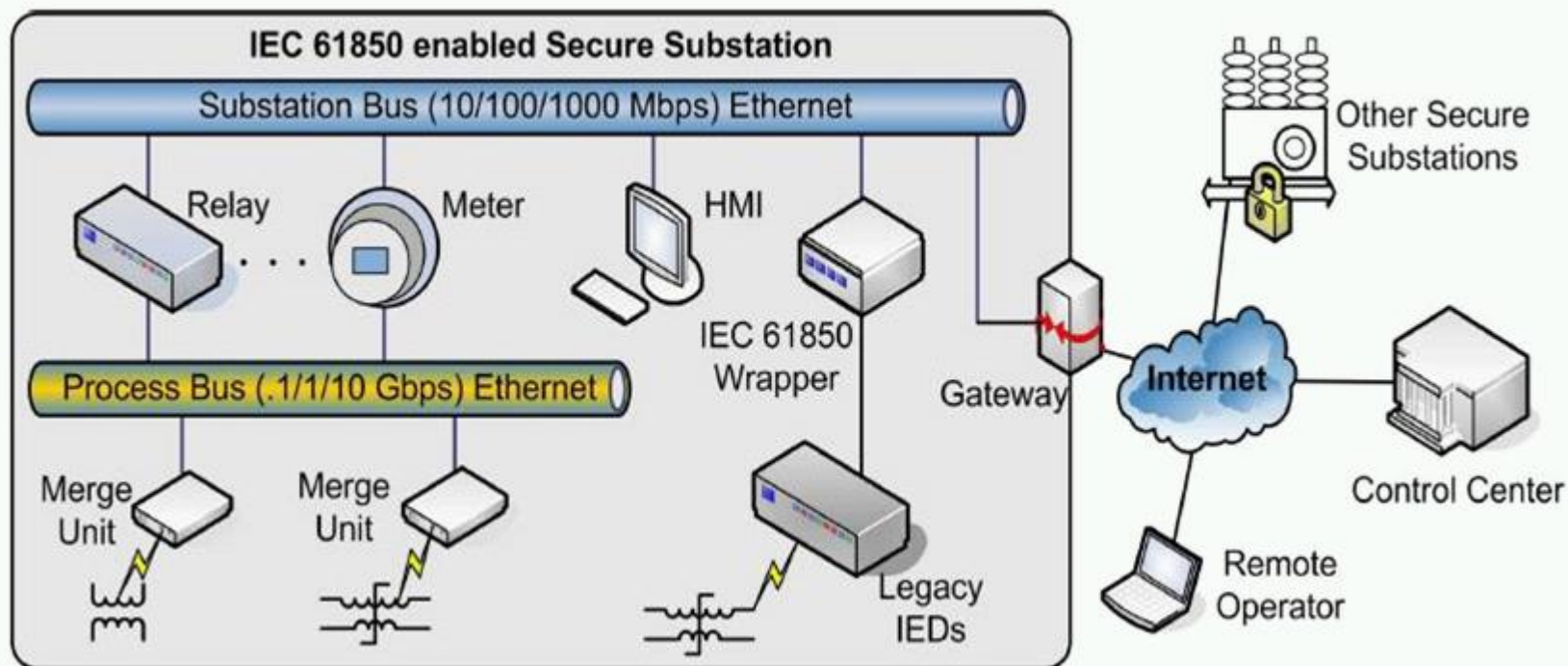
IEC 61850

■ Procesno vodilo

- Znotraj postaje za hitre akcije, Ethernet, GOOSE, < 4ms

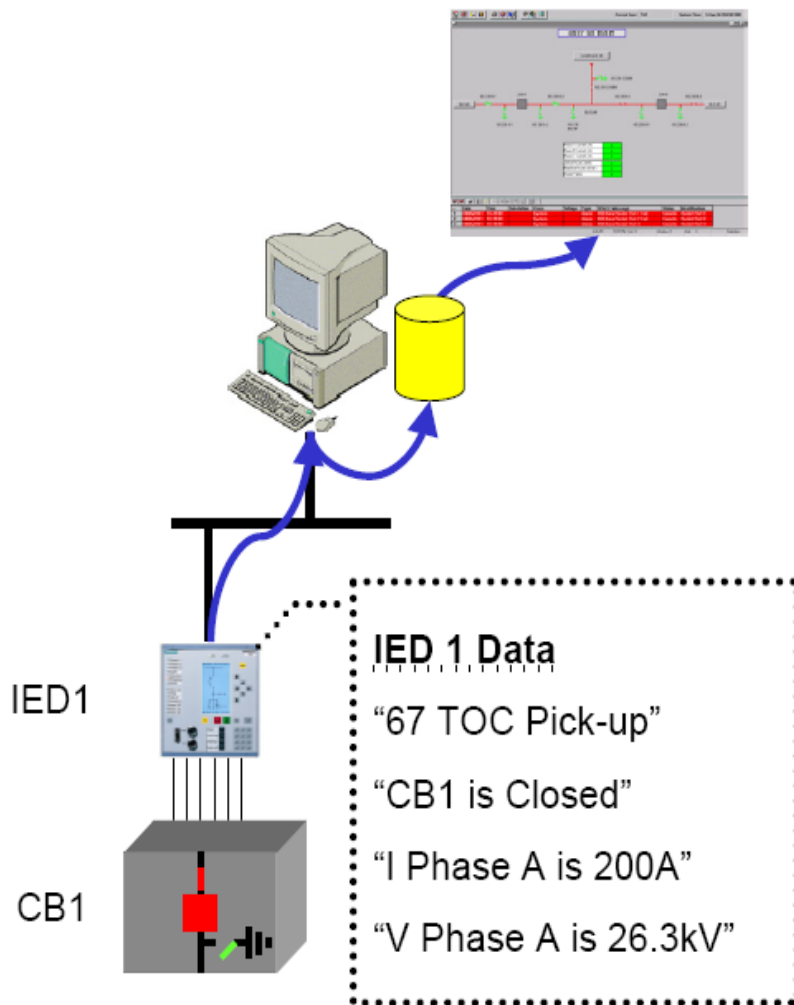
■ Postajno vodilo

- MMS / TCP / IP, HMI, počasnejše



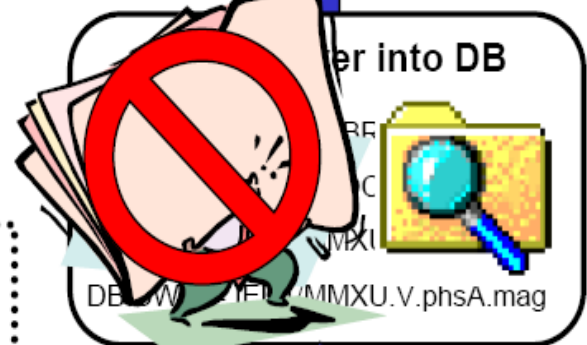


Protokol IEC 61850 - primer



HMI Linkage

CB pos = IED1/XCBR.Pos.stVal
 67 TOC PU = IED1/PTOC.Start.general
 Ia = IED1/MMXU.A.phsA.mag
 Vab = IED1/MMXU.V.phsA.mag

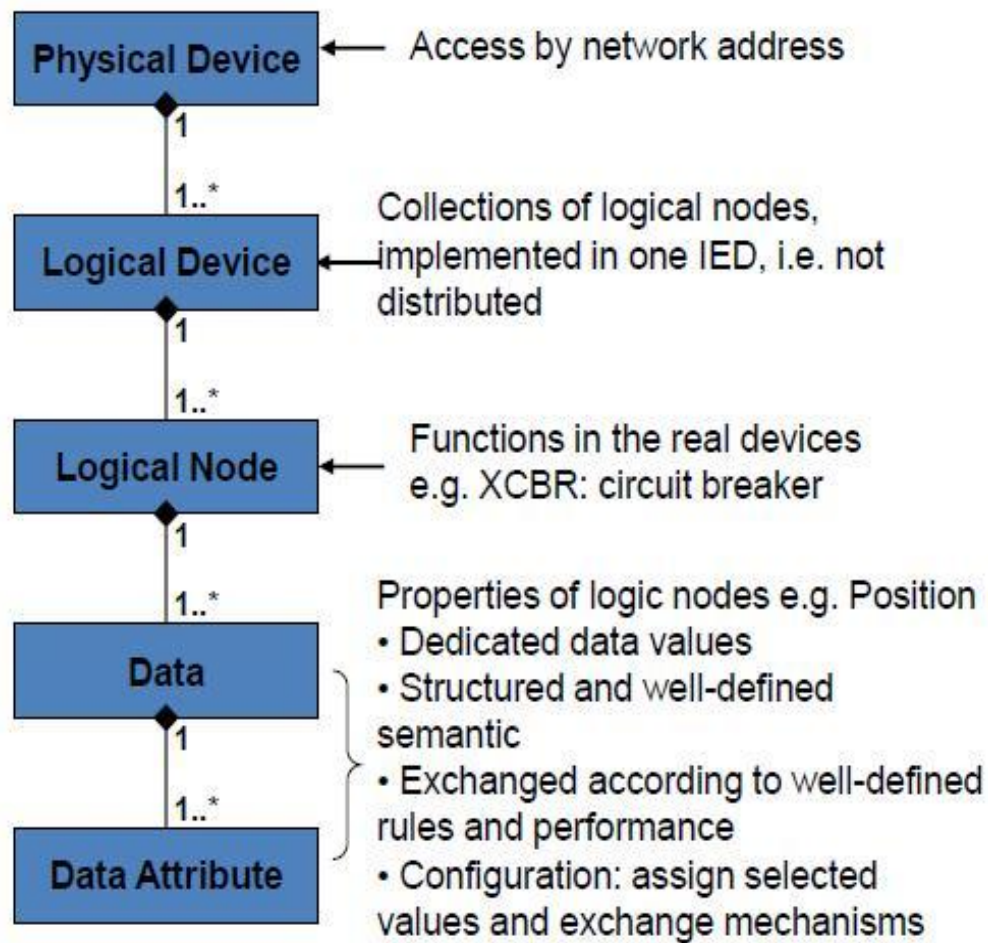
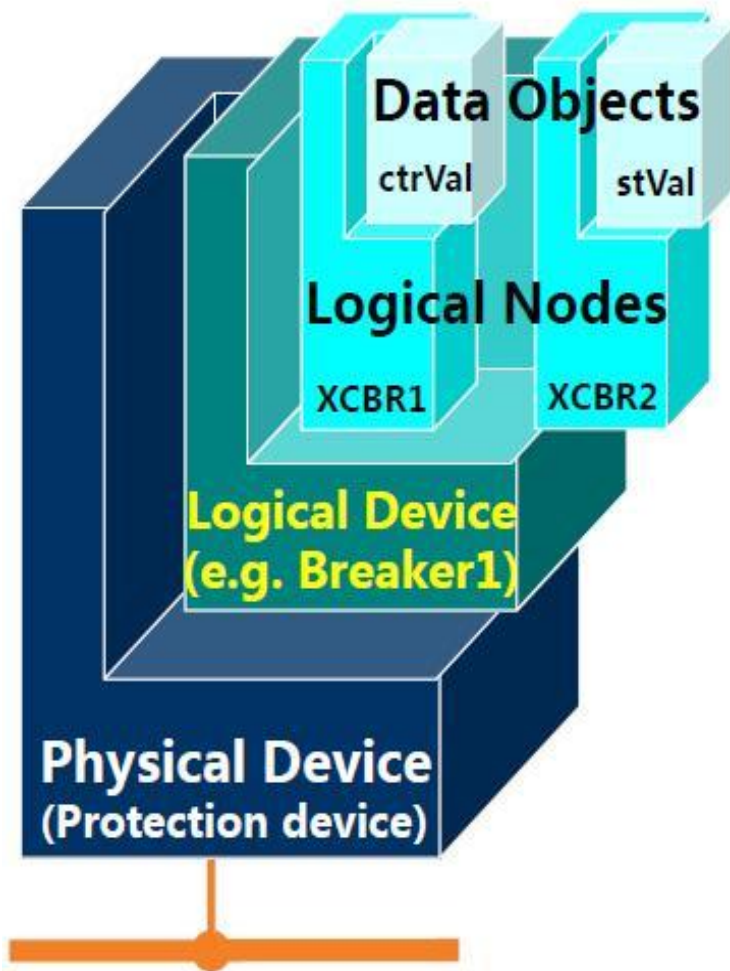


61850 Messages

IED1/XCBR.Pos.stVal (CB pos)
 IED1/PTOC.Start.general (67 TOC PU)
 IED1/MMXU.A.phsA.mag (Ia)
 IED1/MMXU.V.phsA.mag (Va)



IEC 61850 – Informacijski model





CIM (Common Information Model)

- je splošen podatkovni model za opis elementov in procesov v EE sistemu (konfiguraciji)
- so standardizirani programski vmesniki za izmenjavo modelov in stanj elementov,
- Izmenjava med aplikacijami
- UML model (npr. XML Schema, RDF Schema)
- IEC 61970 – jedro
 - Za EE prenos, management, SCADA, planiranje, optimiziranje
- IEC 61968
 - Za električne distribucije, distribution mgmt, metering, GIS, planiranje
- CIM daje poudarek na opremo, modeliranje, povezave
- Harmonizacija CIM in SCL (IEC 61850)



Pametni števc

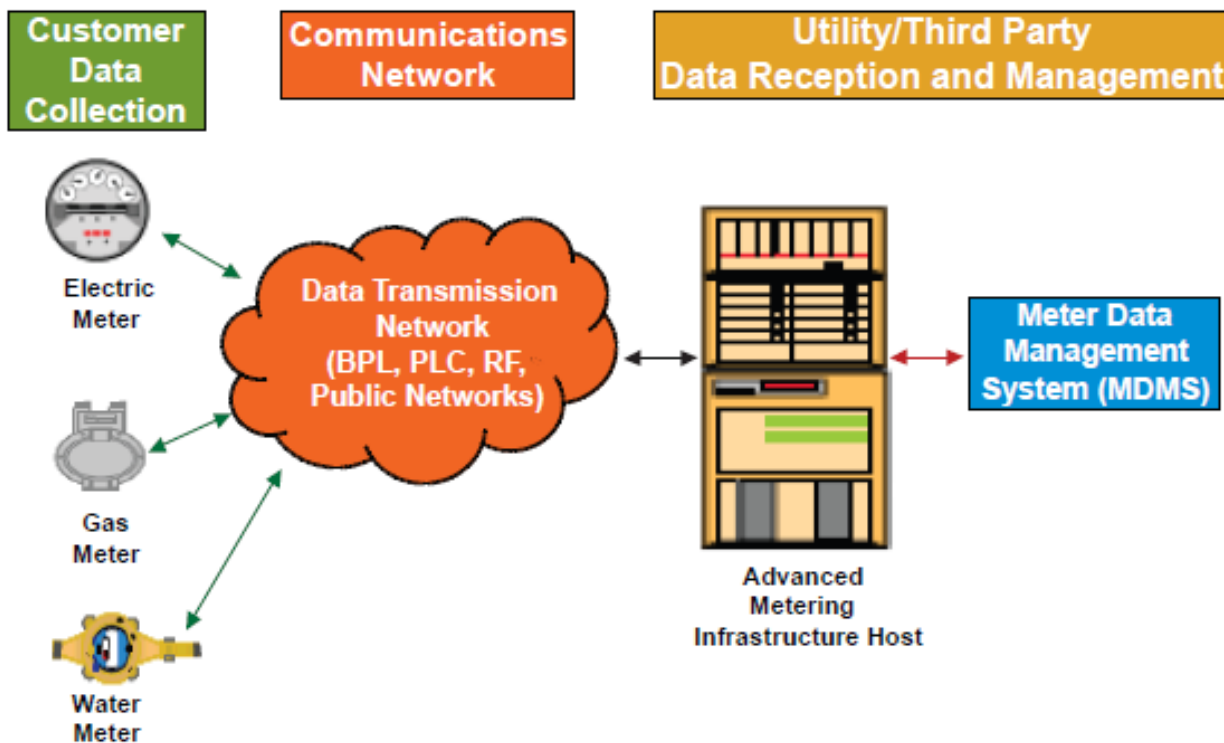
- Dvosmerni TK prenos
- Periodične meritve porabe
- Shranjevanje meritev
- Prikaz porabe odjemalcu (uporabniku)
- Daljinski odklop/vklop
- Podpora variabilnim tarifam
- Podpora mikrogeneraciji (razpršenim virom)
- Kontrola povpraševanju
- Priklop vodnih in plinskih števc
- Izklapljanje bremen na zahtevo
- Povezava s hišno avtomatizacijo
- Varčna in učinkovita raba energije zahtevata pogoste meritve, daljinsko odčitavanje





AMI (Advanced Metering Infrastructure)

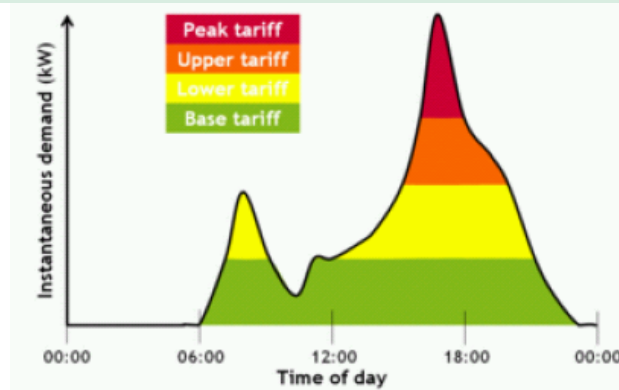
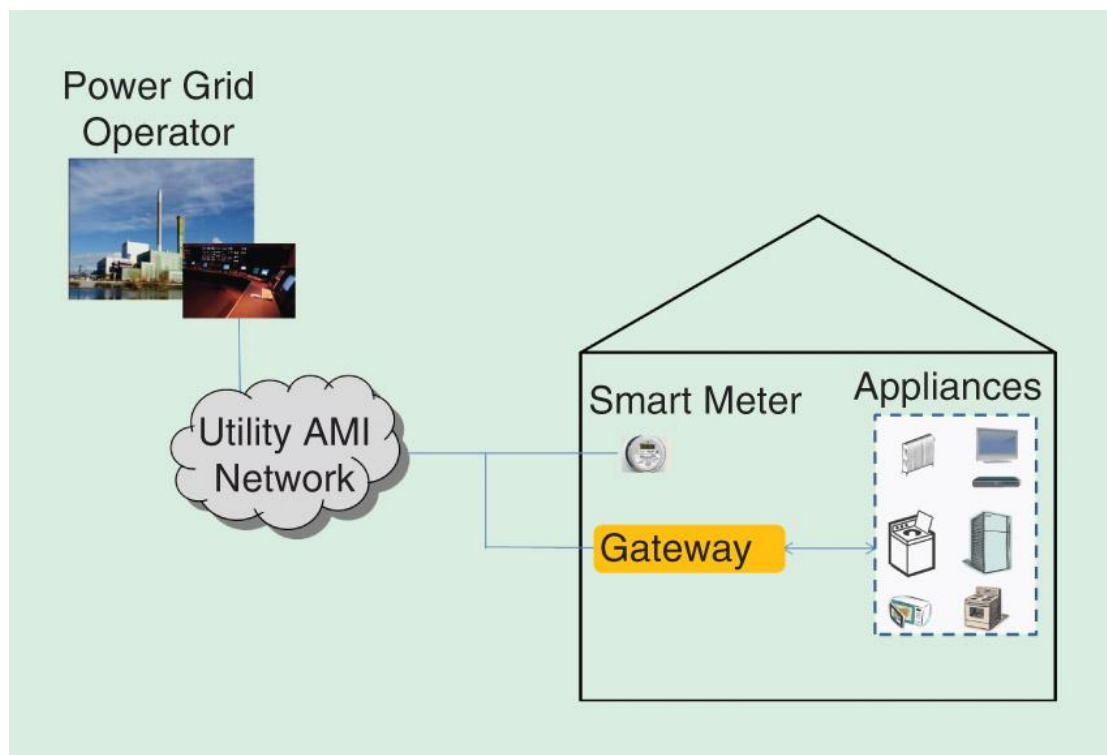
- Digitalni števec porabe
- Intervalne meritve
- Prenos do ponudnika
- Komunikacija (dvosmerna)





AMI infrastruktura

- Pametni števec
 - periodične meritve
 - meritve na zahtevo
 - možnost izklopa
- Hišna avtomatika
 - Kontroler
 - Prehod (GW)
- Obvestila o ceni
 - Direktno aparatom
 - Preko GW
- Želje uporabnika
 - HMI vmesnik
 - Učee naprave





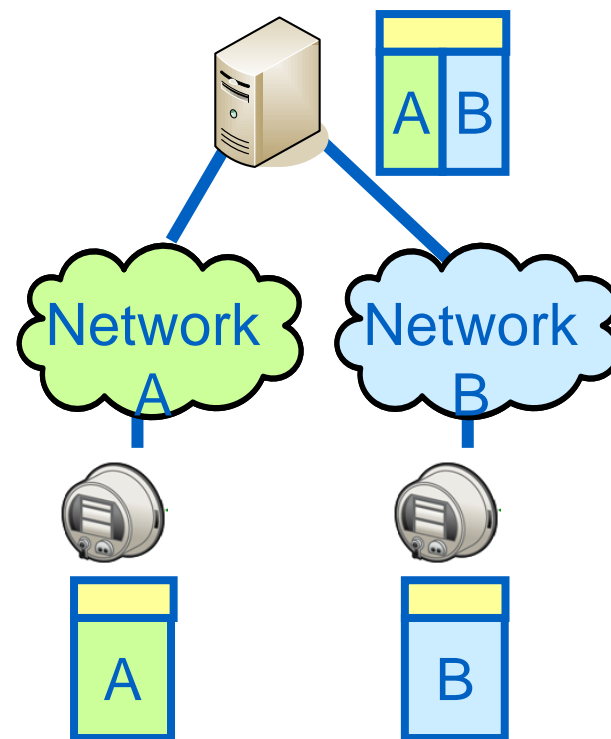
Dostopovna omrežja

- Zagotavlja neposreden dostop do uporabnikov
- Problem zadnjega kilometra
- Enotna platforma za vse storitve
 - vpeljava inteligence (multicast, QoS, security) tudi na elemente v dostopovnem omrežju
- Tehnologije in topologije omrežja
 - mobilni/brezžični sistemi
 - HSDPA, UMTS, WiMAX, WiFi
 - fiksni sistemi
 - DSL, optika (AON, PON), Ethernet, DOCSIS
- Povečevanje zahtev po pasovni širini
 - optiko je potrebno pripeljati čim bližje uporabnikom
 - FTTx



Prenosne poti

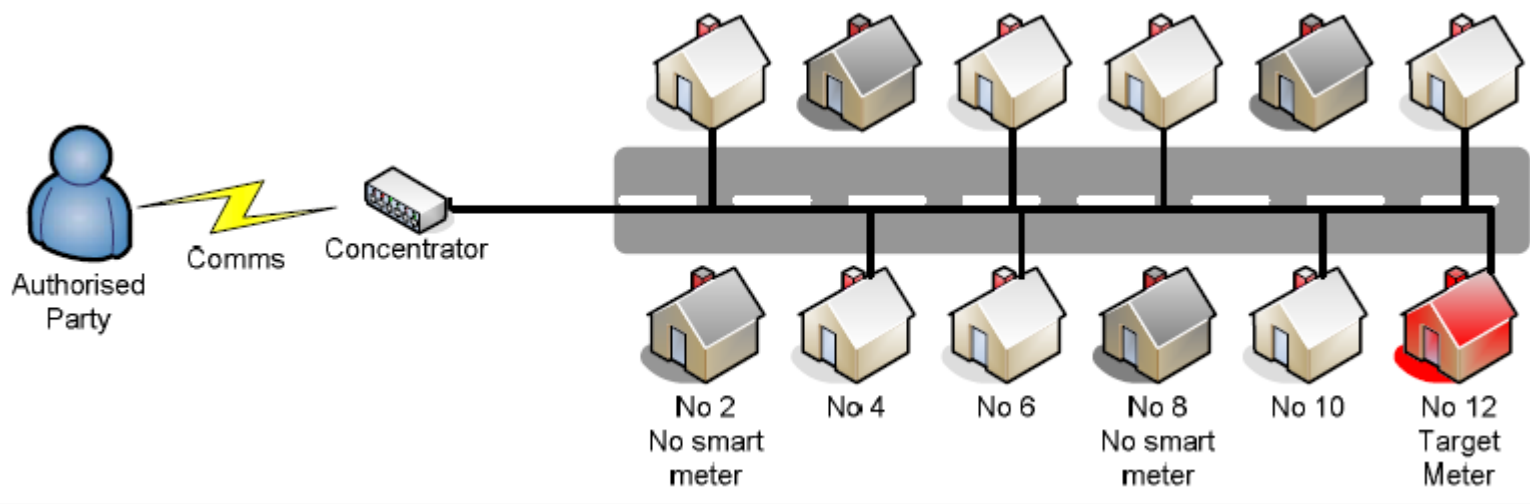
- Fiksni širokopalasovni dostop po žičnih vodih
 - xDSL,
 - kabelski internet
- Prenos po energetskeih vodih
 - PLC, BPL
- Optične povezave
 - FTTH, FTTx
 - Po daljnovodih
- Mobilna omrežja
 - GSM/GPRS,
 - 3G, UMTS, LTE
- Brežžična omrežja
 - WiFi, WiMax
- Radijske povezave
 - TETRA, DMDR





PLC (Power Line Communication)

- Prenos po energetskih kabljih
- Ugodno ker je povsod dostopno
- Varno, ker ni nevarnosti prekinitve TK prenosne poti
- Veliko težav z zanesljivostjo,
- Počasno, eden za drugim,
- Motnje





Broadband PLC (BPL)

- OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing)
- 1-30 MHz band
- Filtri, SNR
- Broadband over Power Line
- IEEE 1901 (> 100 Mbit/s) ?
- Obetavno, veliko člankov
- V razvoju
 - PRIME
 - G3 PLC (IPv6)



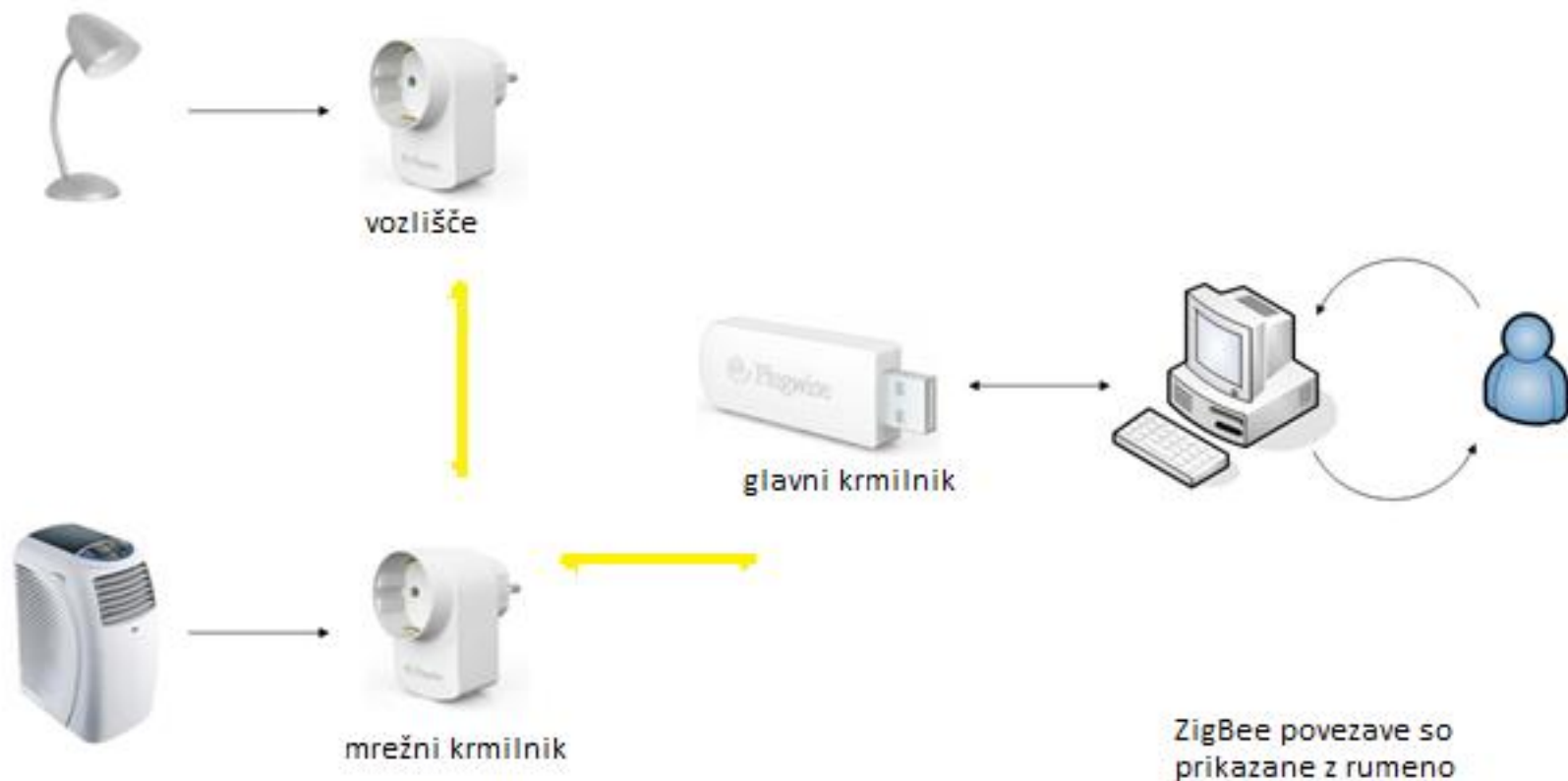
Home Area Network

Name	Number	Notes
Ethernet	IEEE 802.3	Substation LANs, usually fiber optic
WiFi	IEEE 802.11	Access by field tool, neighborhood AMI net
ZigBee	IEEE 802.15.4	Customer premises automation network
HomePlug	1.0, AV, BPL	Powerline comms, in and outside premises
6LowPAN	IEEE 802.15.4	The “approved” IPv6 wireless interface
OpenHAN	HAN SRS v1.04-2008	Power Industry requirements definition!



PlugWise lokalno omrežje

- Demo postavititev "SmartGrid" za končne uporabnike
- Komunikacija med napravami preko ZigBee
- Dostop do podatkov in upravljanja preko Web vmesnika





Izzivi IKT za SmartGrids

- **Ogromna količina podatkov**
 - SLO: 1 M končnih uporabnikov, meritve na 15 min
- **Telekomunikacijski inženiring**
 - Za načrtovanje in upravljanje TK omrežij
 - Modeliranje, simuliranje, meritve, vrednotenje, obratovanje, planiranje
- **TK omrežje se je zadnjih 20 let temeljito spremenilo (mobilne, IP, ..)**
- **Rešitve za Smart grid bodo predvidoma podobne, deloma prilagojene**
- **Izkušnje iz TK za Smart Grid**
- **Pametna omrežja so dejstvo**
 - +/- nekaj let,
- **Potencial: 5 – 20 % prihranka energije**