

Standard OPC

Procesna avtomatika

Uroš Lotrič, Nejc Ilc

Standard OPC

- prej: **O**bject linking and embedding for **P**rocess **C**ontrol (OPC Classic)
- danes: **O**pen **P**latform **C**ommunication (OPC UA)

Standard interoperabilnosti (medobratovalnosti) za varno in zanesljivo izmenjavo podatkov v industrijski avtomatizaciji. Je neodvisen od platforme in zagotavlja pretok podatkov med napravami različnih proizvajalcev.

Standard OPC je največja izboljšava na področju avtomatizacije po standardu IEC 61131 (standardizirani programski jeziki)

Razvoj in vzdrževanje standarda je odgovornost [OPC Foundation](https://www.opcfoundation.org/)

Pregled

Model komunikacije:

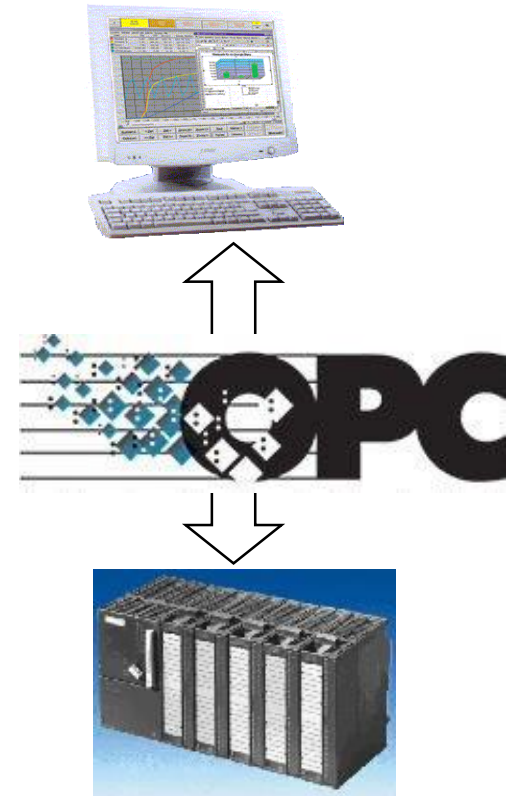
- odjemalec – strežnik
- objava – naročanje (PubSub = publish-subscribe), v verziji 1.04

Strežnik OPC

- Posebnosti naprav so skrite za strežnikom OPC, ki se
 - Izvaja na isti napravi ali drugi napravi
 - Strežnike OPC pripravijo proizvajalci procesnih naprav ali neodvisne programske hiše
- Strežnik OPC lahko hkrati upravlja več naprav istega tipa
- Hkrati se lahko izvaja več strežnikov OPC

Odjemalec OPC

- Branje in pisanje procesnih podatkov
- Branje in potrjevanje alarmov
- Spremljanje dogodkov
- Pridobivanje podatkov iz arhivske podatkovne baze na podlagi različnih kriterijev



Pregled

Prednosti za uporabnika

Transparenten dostop do relevantnih informacij

- Spremenljivke, podatkovni tipi, funkcijski bloki, strukture, ...
- Neodvisno od sistema in omrežja

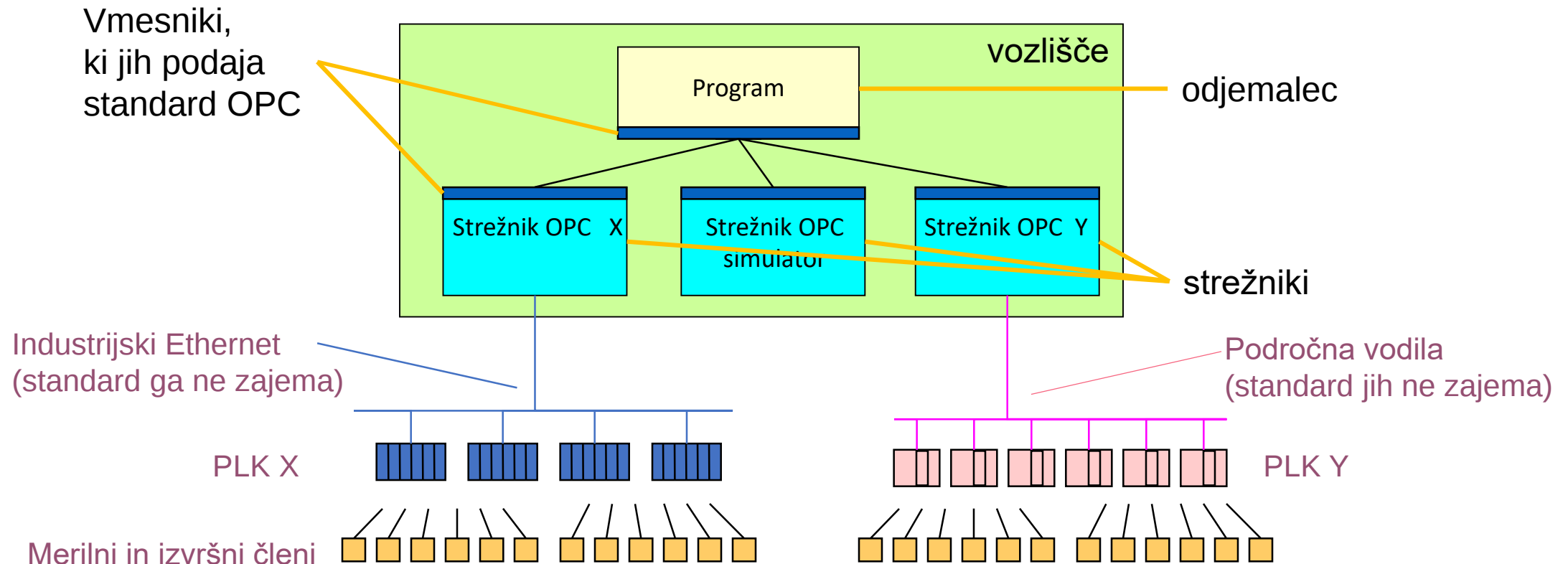
Zmanjša čas integracije

- Krmilnik, HMI, SCADA, ERP, ...

Pregled

Standard podaja programski vmesnik (objekte in metode)
za strežnike in odjemalce

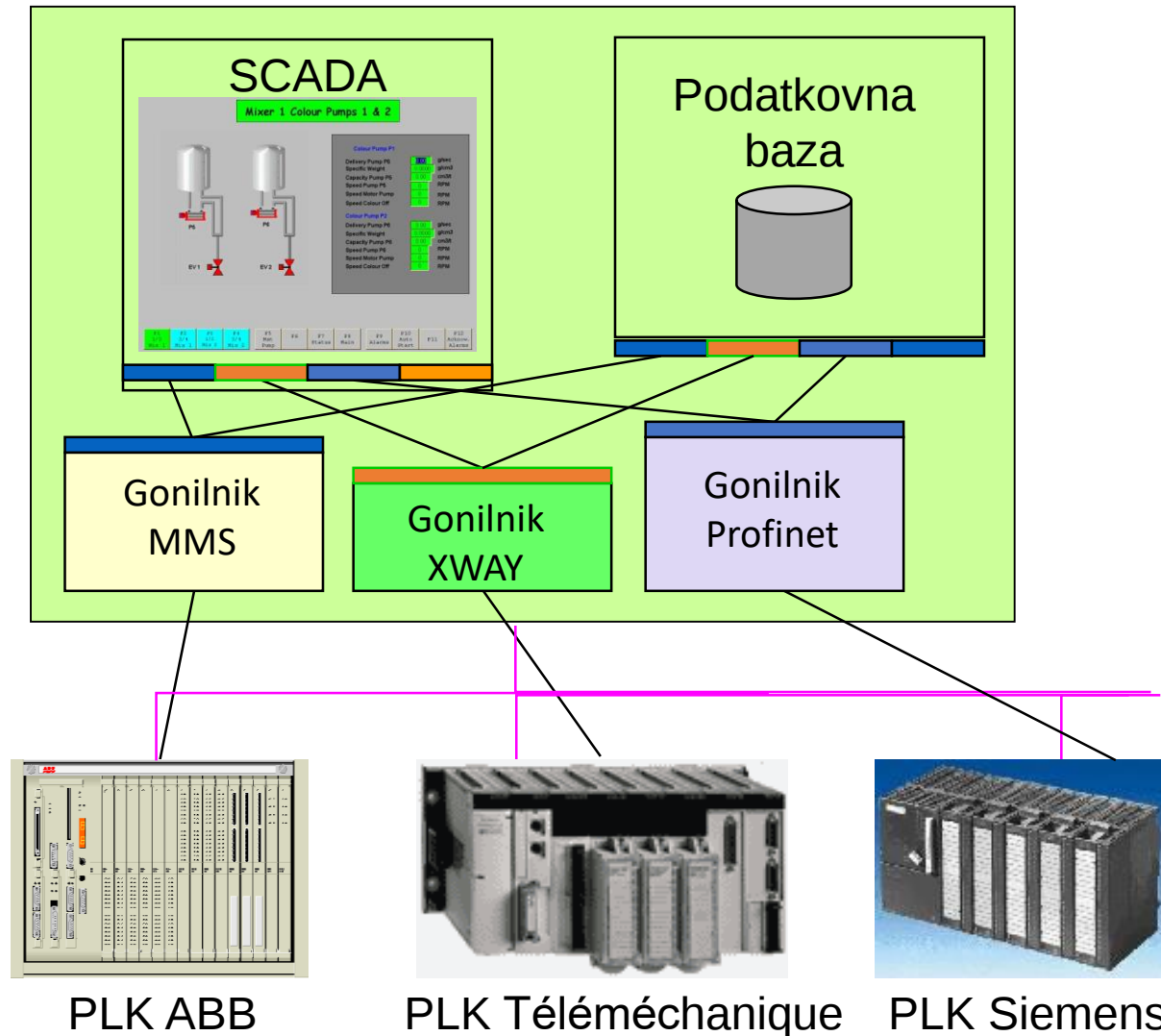
Standard ne pokriva povezave strežnika in naprav za avtomatizacijo



Pregled

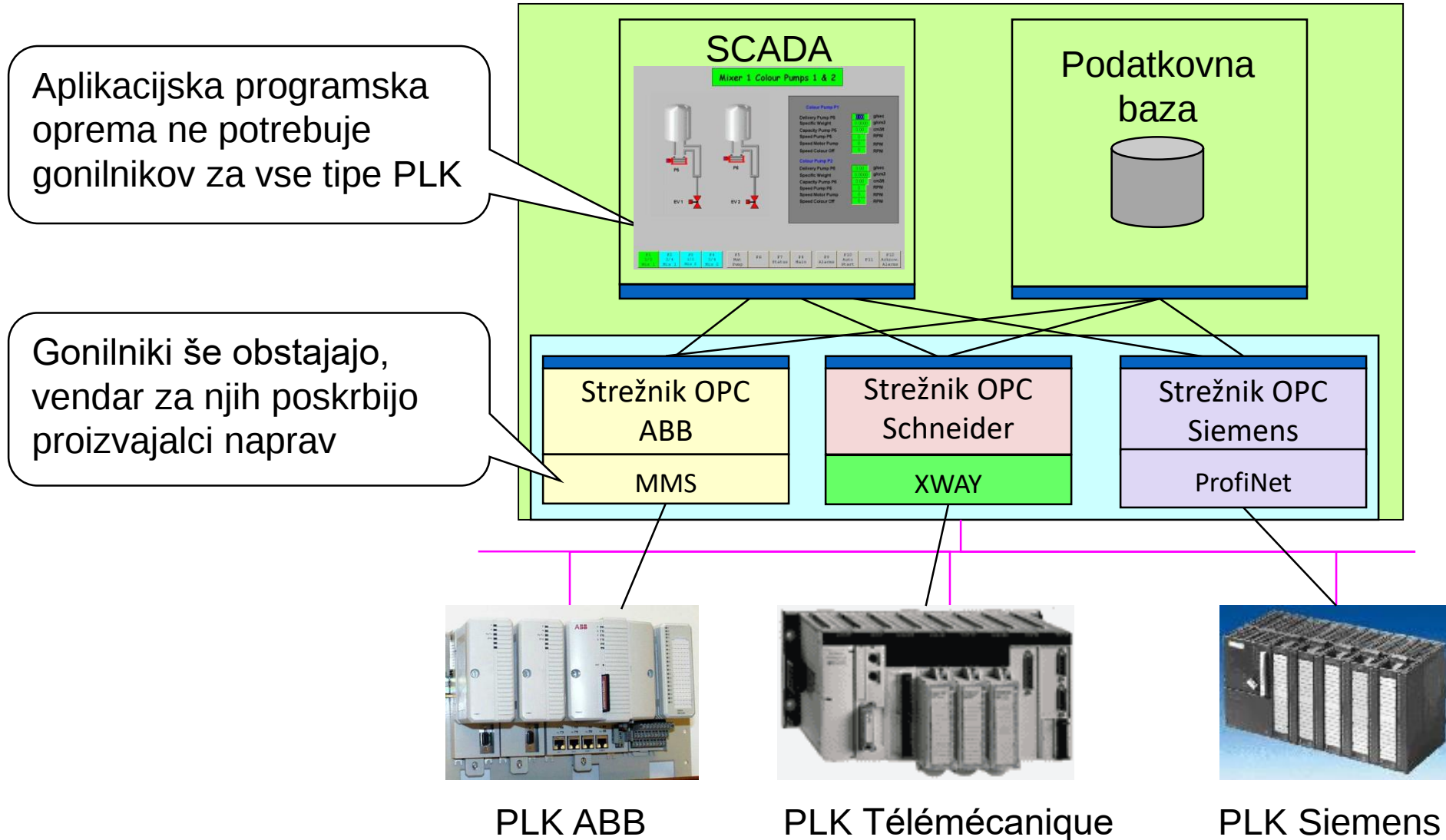
Brez standarda OPC

- Vsak višji sistem vodenja ima poseben vmesnik za dostopanje do gonilnikov naprav



Pregled

Standard OPC



Gradniki

Kratka zgodovina razvoja standarda

- **1995:** proizvajalci opreme za avtomatiko (Fischer-Rosemount, Intellution, Opto 22, Rockwell Software) oblikujejo skupino za razvoj standarda
- **1996:** izdana prva verzija OPC, ki se sedaj imenuje OPC Classic; temelji na Microsoftovi tehnologiji: Windows + (D)COM
- **2004:** Microsoft izda Windows XP Service Pack 2, ki zelo omeji protokol DCOM in posledično pristriže peruti standardu OPC
- **2006:** izdana prva verzija nove arhitekture OPC UA (unified architecture), ki poudarja neodvisnost od tehnologije (OS, transportni protokol, računalniška arhitektura) in varnost (certifikati)

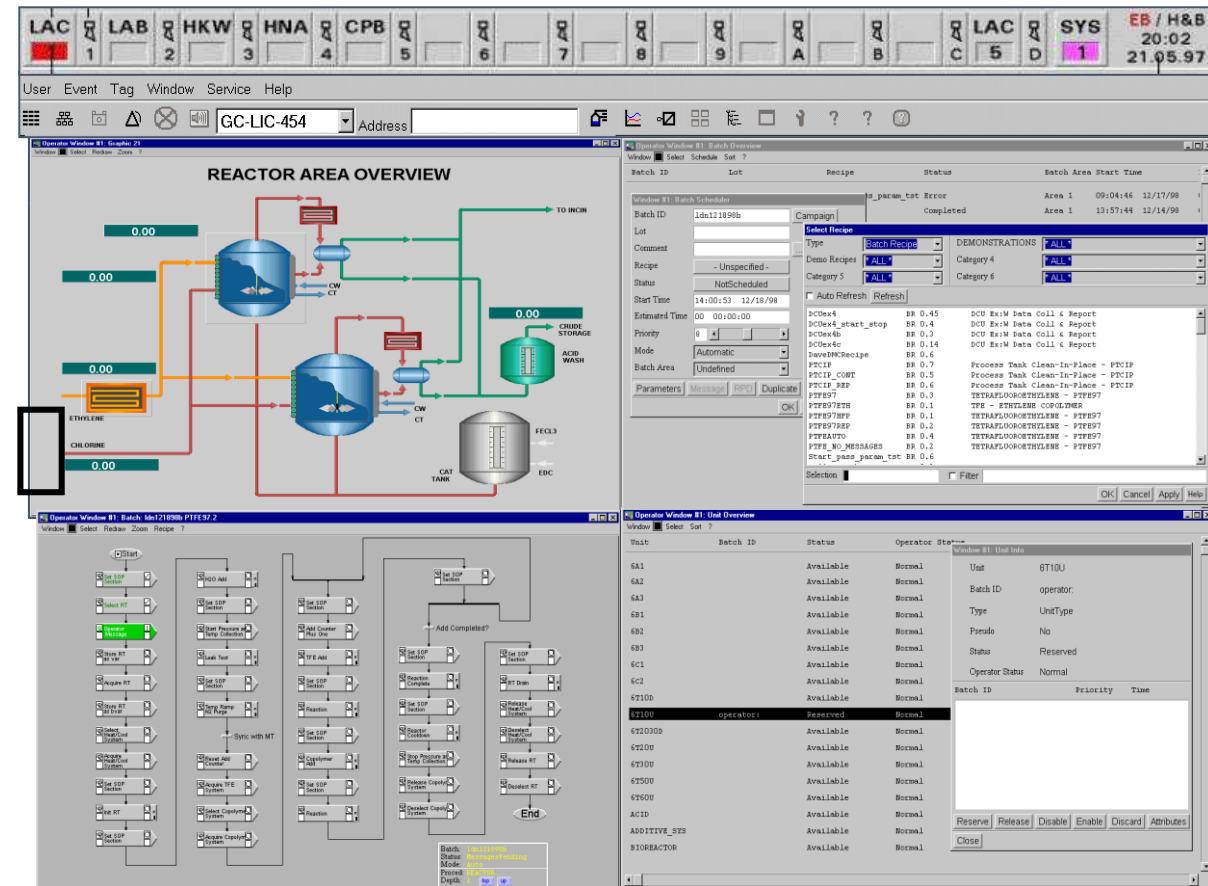
Tehnološki gradniki standarda OPC Classic (še vedno precej prisotni)

- DA, AE, HDA, Batch, DX, XML-DA

Gradniki

OPC-DA (ang. Data Access) za dostopanje do podatkov

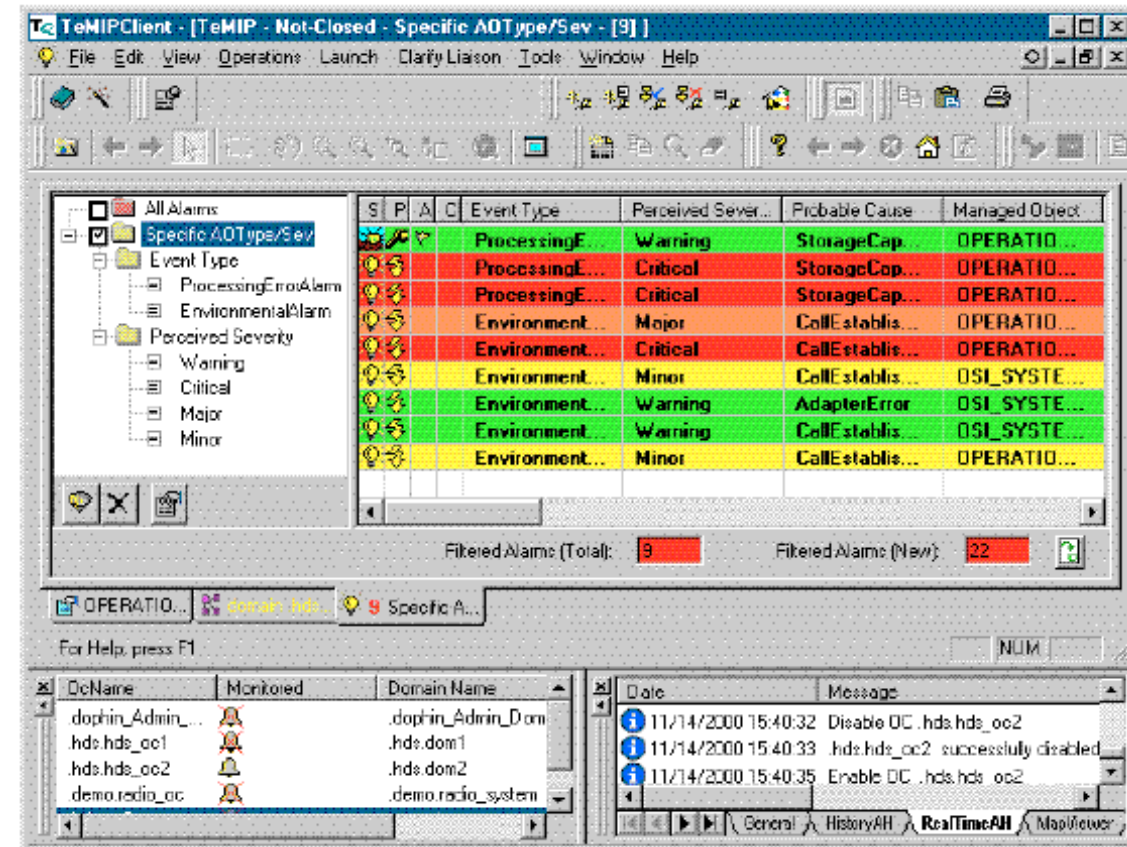
- Procesne spremenljivke (točke) določajo stanje sistema
- Do pošiljanja spremenljivk lahko pride
 - Ob spremembi
 - Na zahtevo
 - Po določenem času
- Naloga OPC-DA je zbiranje procesnih spremenljivk
- Odjemalci OPC-DA se največ uporabljajo pri
 - Vizualizaciji
 - Mehki kontroli
 - Povezovanju z višjimi sistemi vodenja



Gradniki

OPC-AE (ang. Alarms and Events) za alarme in dogodke

- Alarmi so nenormalna stanja sistema, ki zahtevajo pozornost operaterja
 - Primer: prenizek pritisk olja
- Dogodki so spremembe v procesu, ki se vpisujejo v dnevnik
 - Primer: začetek proizvodnje
- OPC-AE določa
 - Zbiranje alarmov in dogodkov (čas dogodka)
 - pod kakšnimi pogoji (filtriranje, prioritete) so odposlani
 - Potrjevanje alarmov
 - Povezovanje alarmov s tekstovnimi opisi
- Odjemalci OPC-AE se največ uporabljajo za dnevnike alarmov in dogodkov



OPC-HDA (ang. Historical Data Access) za arhivske zapise

- [illegible]

[illegible]

Gradniki

OPC-Batch za podporo saržni proizvodnji

- Zgrajen na podlagi IEC 61512-1
- Definira vmesnike za izmenjavo podatkov med napravami
 - Stanja opreme
 - Trenutnih pogojev obratovanja
 - Arhivskih zapisov
 - Vsebine receptov

OPC-DX (ang. Data eXchange) za izmenjavo podatkov

- Standardizirani vmesniki za izmenjavo podatkov med strežniki OPC

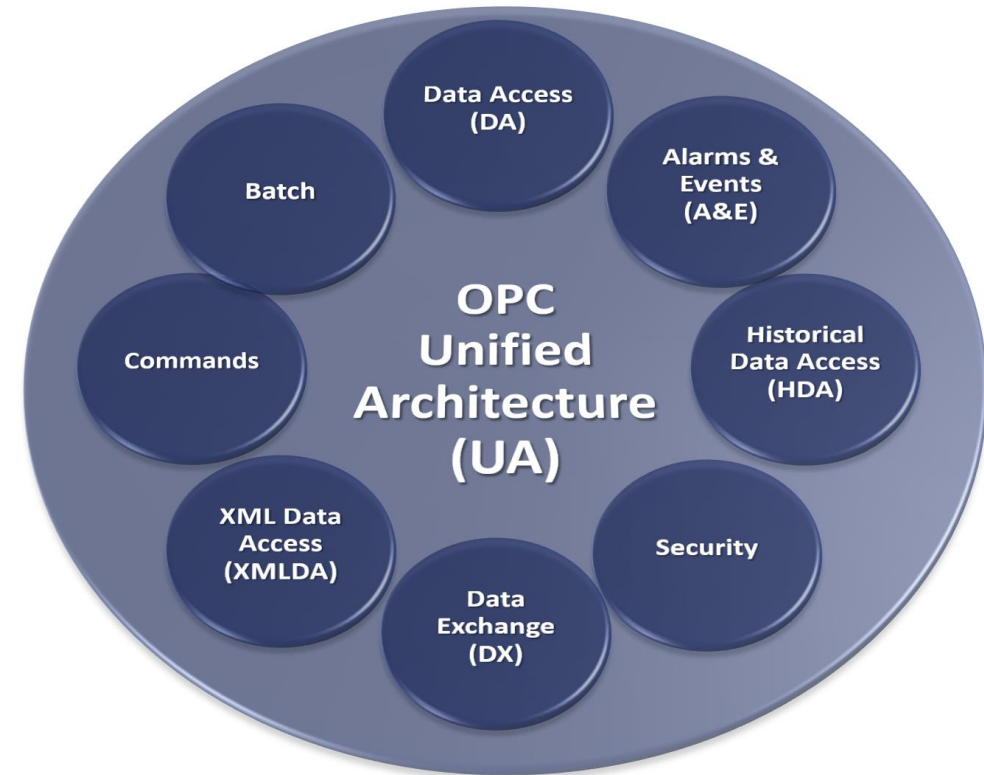
OPC-XML (ang. eXtended Markup Language) za izmenjavo podatkov (predhodnik OPC UA)

- Izmenjava podatkov z višjimi sistemi
- Prilagoditev standarda na Microsoftovo usmeritev v .NET
- Uporaba na različnih operacijskih sistemih
- Specificira obliko sporočil za izmenjavo med strežnikom in odjemalcem po protokolih
 - XML (ang. eXtended Markup Language)
 - SOAP (ang. Simple Object Access Protocol)
 - WSDL (ang. Web Service Definition Language)

Gradniki

OPC UA

- Razširi zelo uporabljan OPC Classic
 - Omogoči povezavo PLK in ERP
 - Zajemanje podatkov, modeliranje informacij, komunikacija
- Uporaba standardnih tehnologij
 - Spletne storitve (XML, SOAP, WS)
 - Enostavna konfiguracija in vzdrževanje
 - Povečana vidnost sistemov (dostop iz več tipov naprav)
 - Širše področje uporabe
 - Zanesljivost
 - Varnost
 - Hitrost (OPC binarno kodiranje na protokolu TCP)
 - Neodvisnost od platforme (računalniška arhitektura, operacijski sistem, komunikacijski protokol)



Gradniki

OPC UA

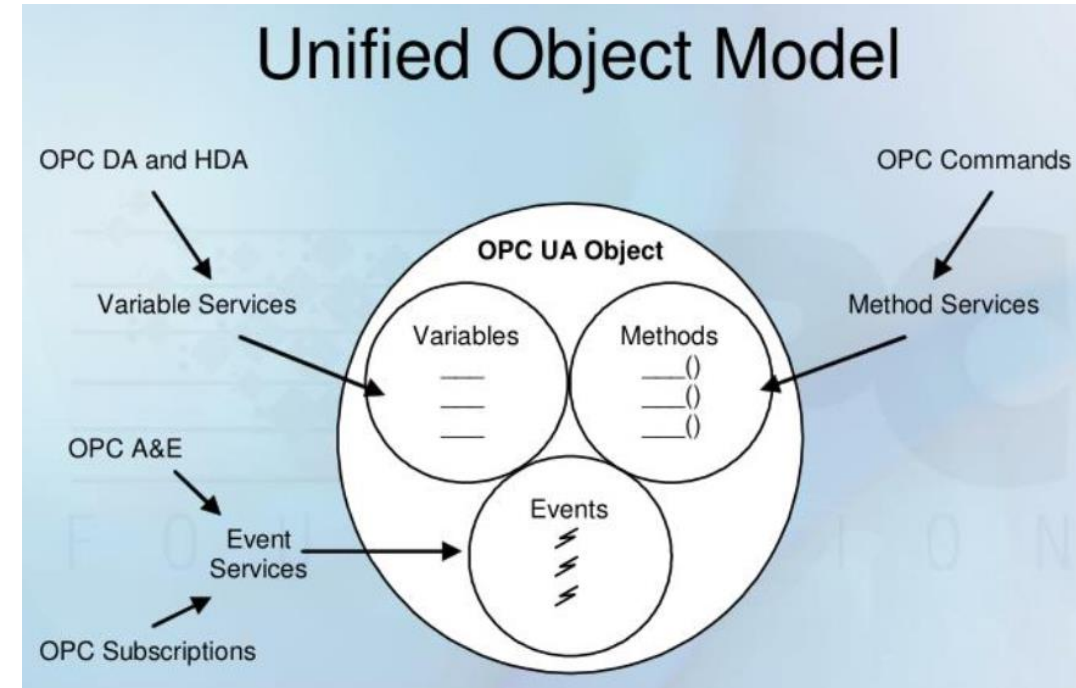
- Raztegljivost
 - Profili
 - Neodvisen skupek funkcionalnosti
 - Metode, modeli podatkov, varnost
 - Strežnik sporoča, kaj podpira, odjemalec lahko preveri potrebne funkcionalnosti
 - Primer profila je OPC-DA
- Certifikati
 - Certifikati se uporabljajo za varno medsebojni identifikacijo
 - Certifikati za strežnik, odjemalec, uporabnika (login)
 - Seznam zaupanja vrednih certifikatov na vsaki napravi
 - primer Windows 7 + TIA v13:
C:\ProgramData\Siemens\CoRtHmiRTm\MiniWeb13.0.1\SystemRoot\SSL\certs

Poenotenje vmesnikov

Service Oriented Architecture (SOA)

Enoten nabor storitev

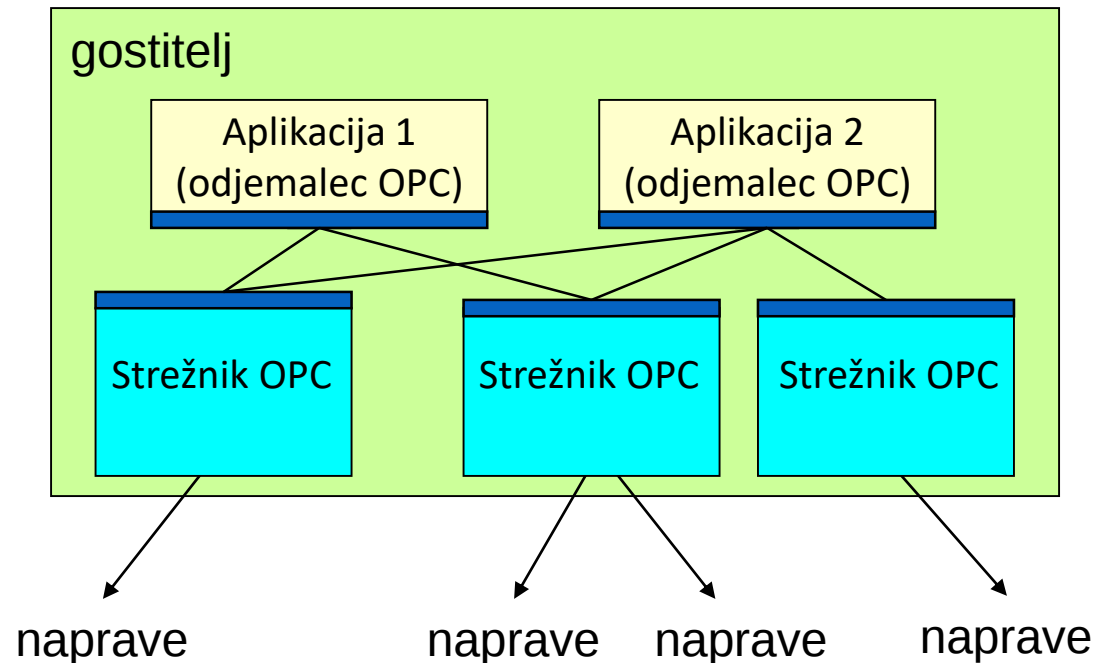
- UA vključuje funkcionalnosti OPC Classic, vendar uporablja samo en nabor storitev
- Storitve
 - poizvedba,
 - branje,
 - pisanje,
 - naročilo, ...
- Poimenovane povezave med vozlišči



Komunikacija

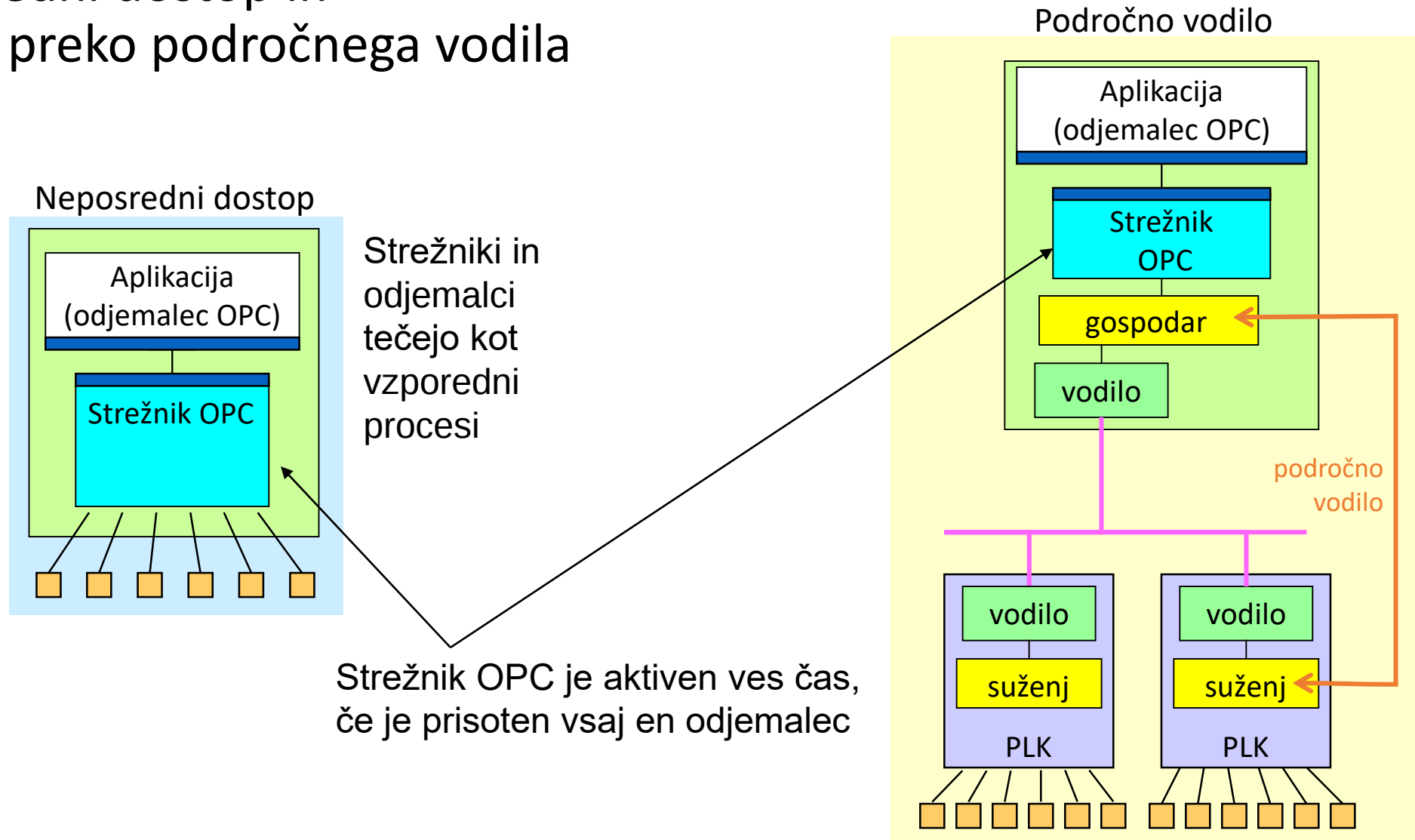
Strežnik OPC in odjemalec OPC na istem računalniku

- Strežniki in odjemalci tečejo kot vzporedni procesi
- Standard OPC podaja vmesnik med strežnikom in odjemalcem v obliki objektov in metod



Komunikacija

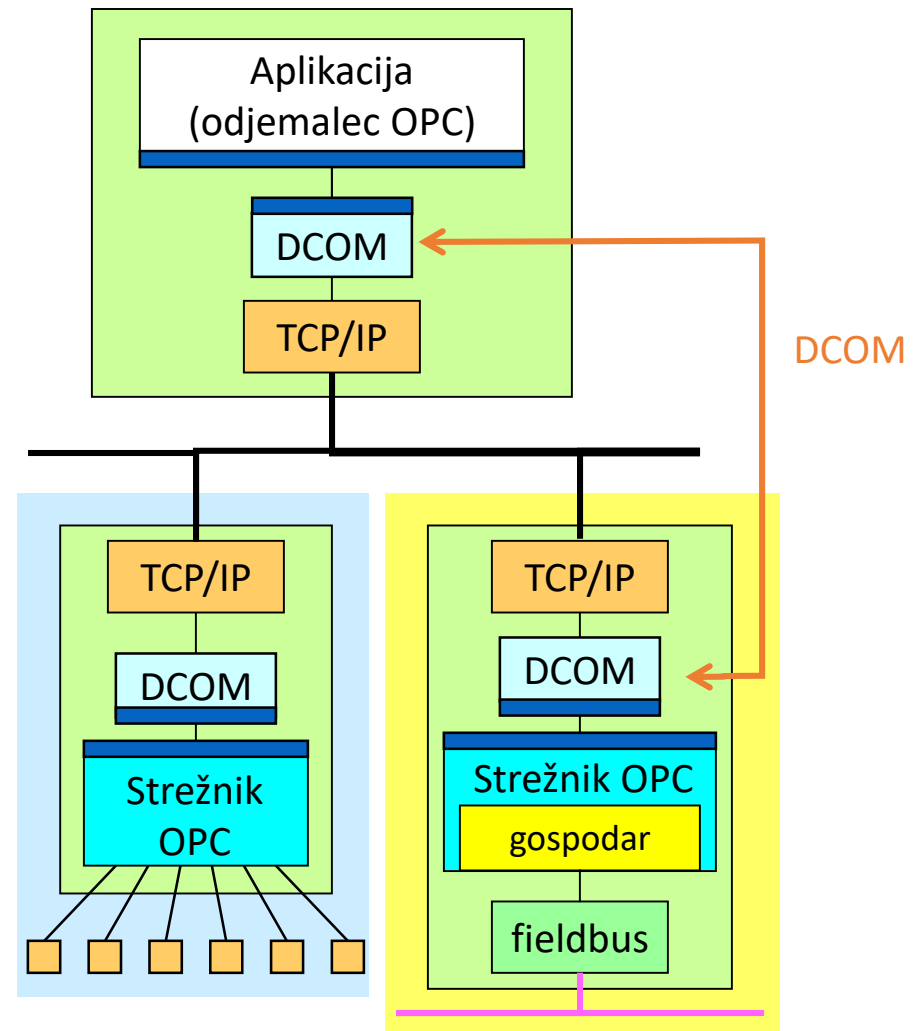
Neposredni dostop in dostop preko področnega vodila



Komunikacija

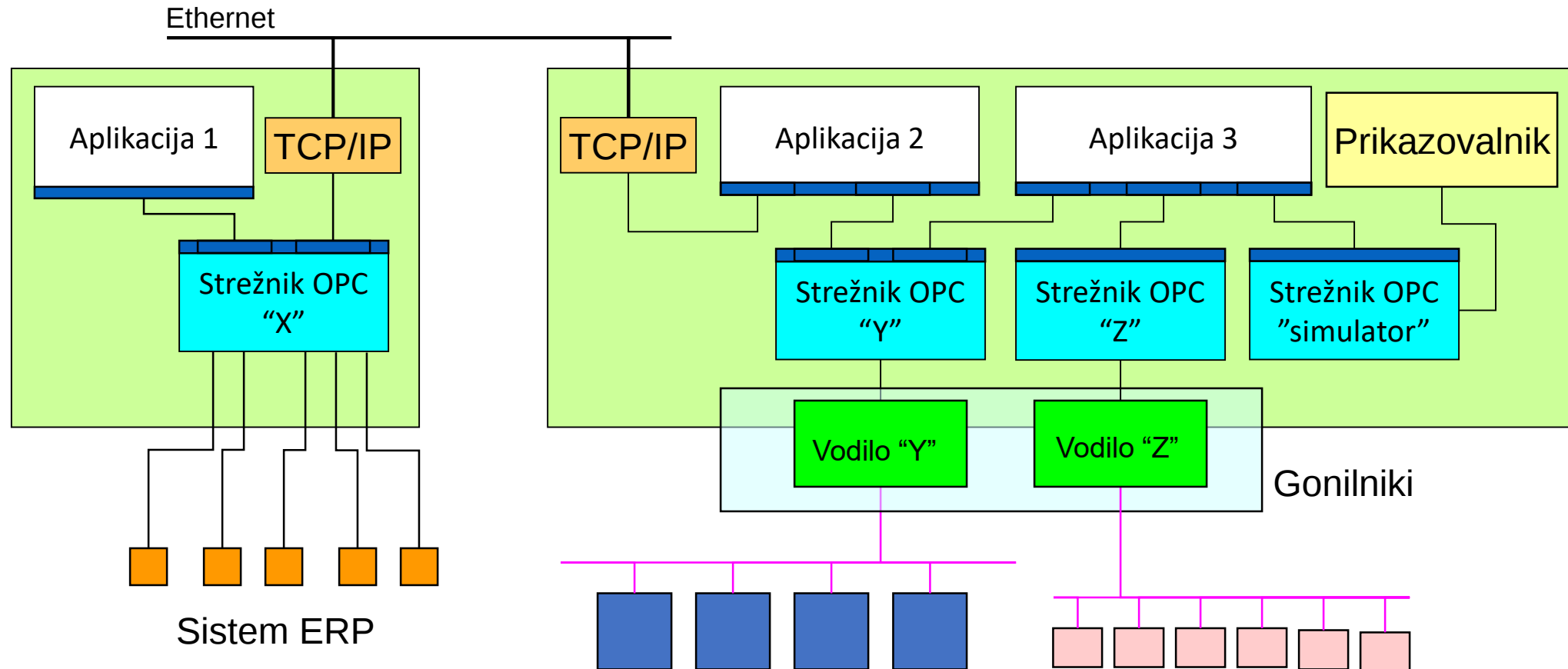
Dostop do strežnika OPC na drugem računalniku

- Problem: požarni zidovi
- Rešitev: OPC UA



Komunikacija

Strežniki OPC podpirajo več odjemalcev na istem ali na različnih računalnikih.



Orodja

Brskalniki

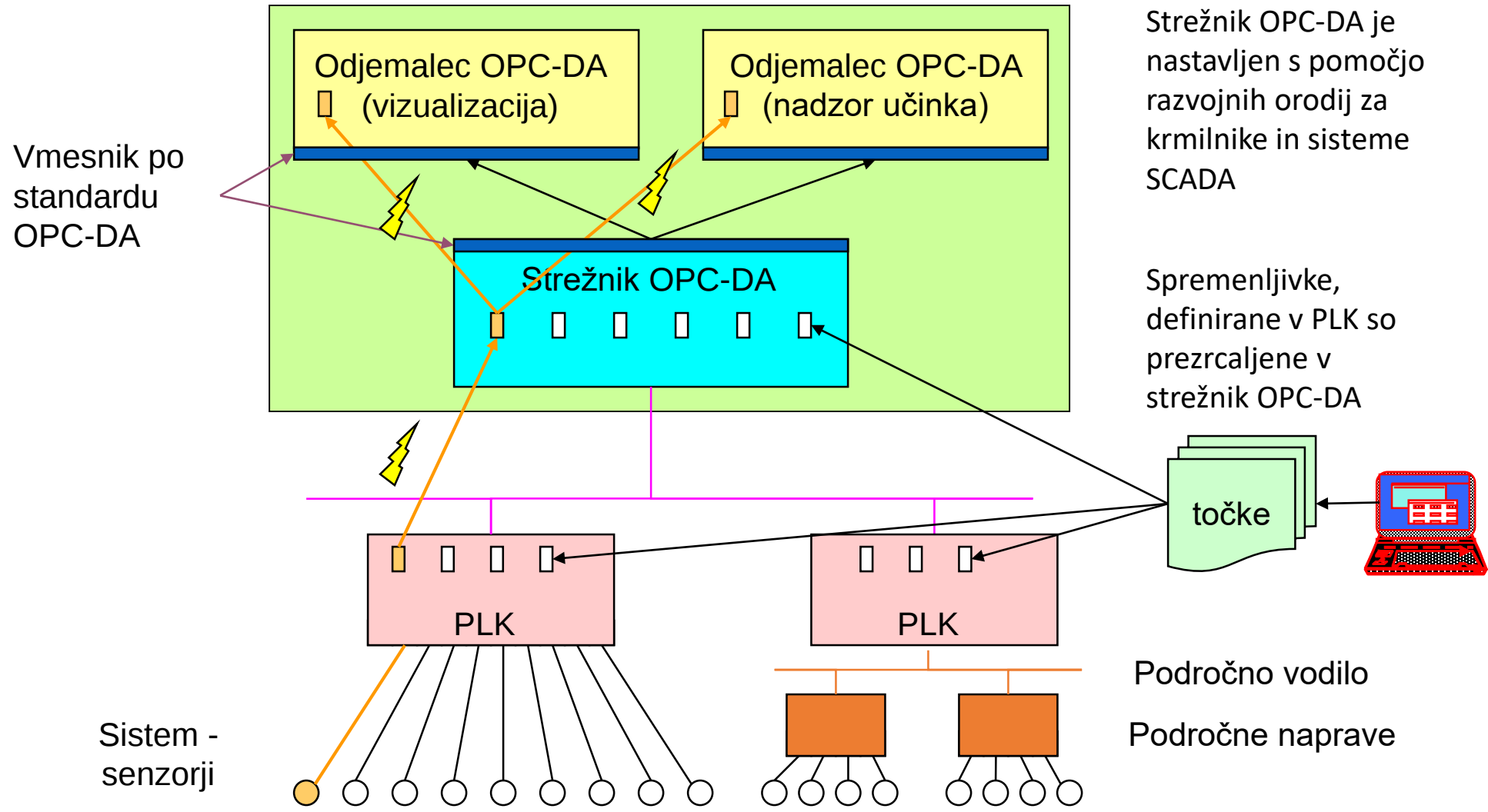
- Za brskanje po OPC strežniku so uporabna orodja kot UA expert
<https://www.unified-automation.com/products/development-tools/uaexpert.html>

Simulatorji

- Namen: preverjanje aplikacijske programske opreme pred dejansko vzpostavitev sistema
- Komercialno dostopni strežniki, s pomočjo katerih lahko spremenljivke ustvarjamo, opazujemo in spreminjamo
 - Ročno
 - Glede na podane časovne funkcije

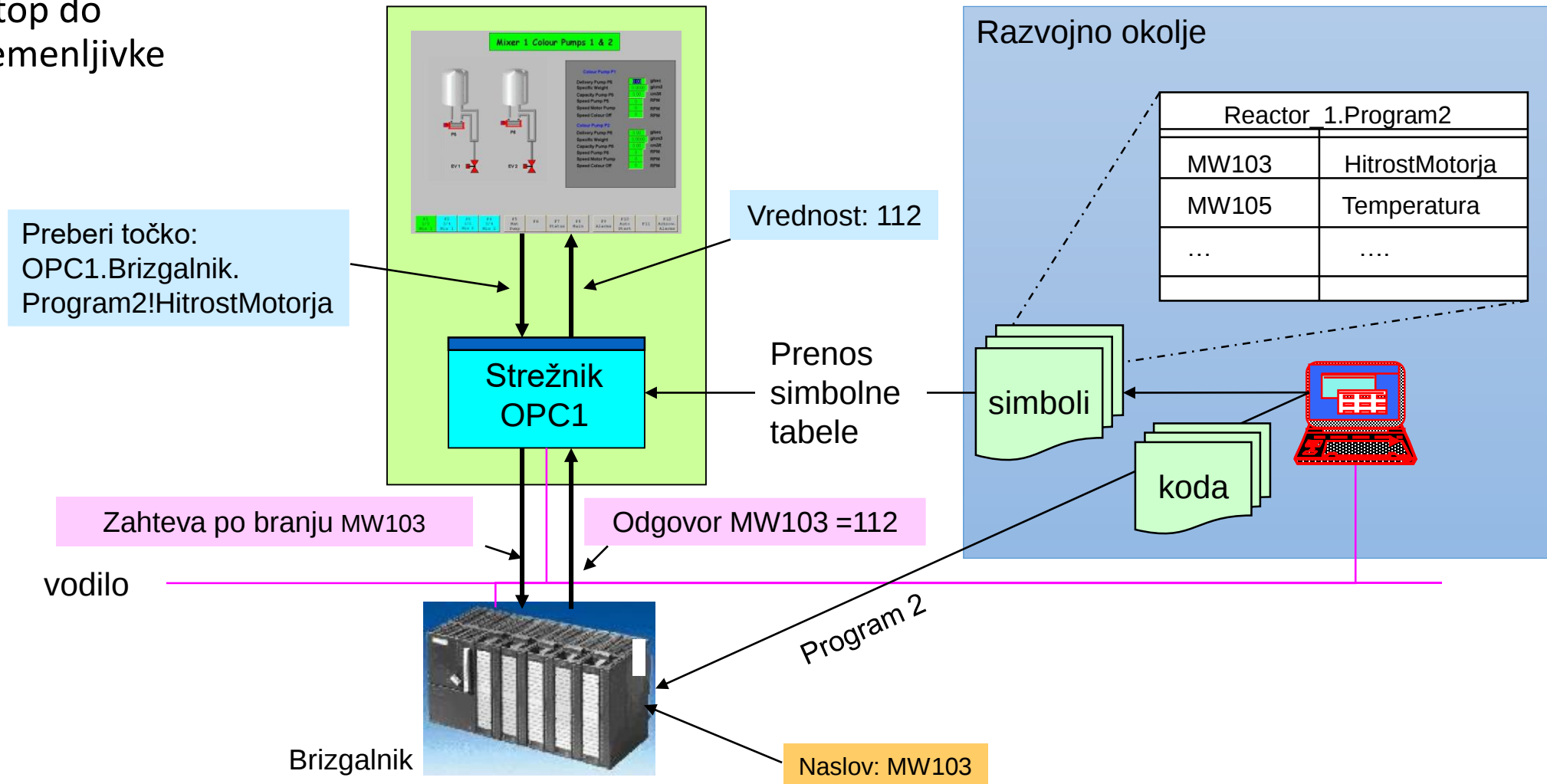
OPC UA Data Access

Shema



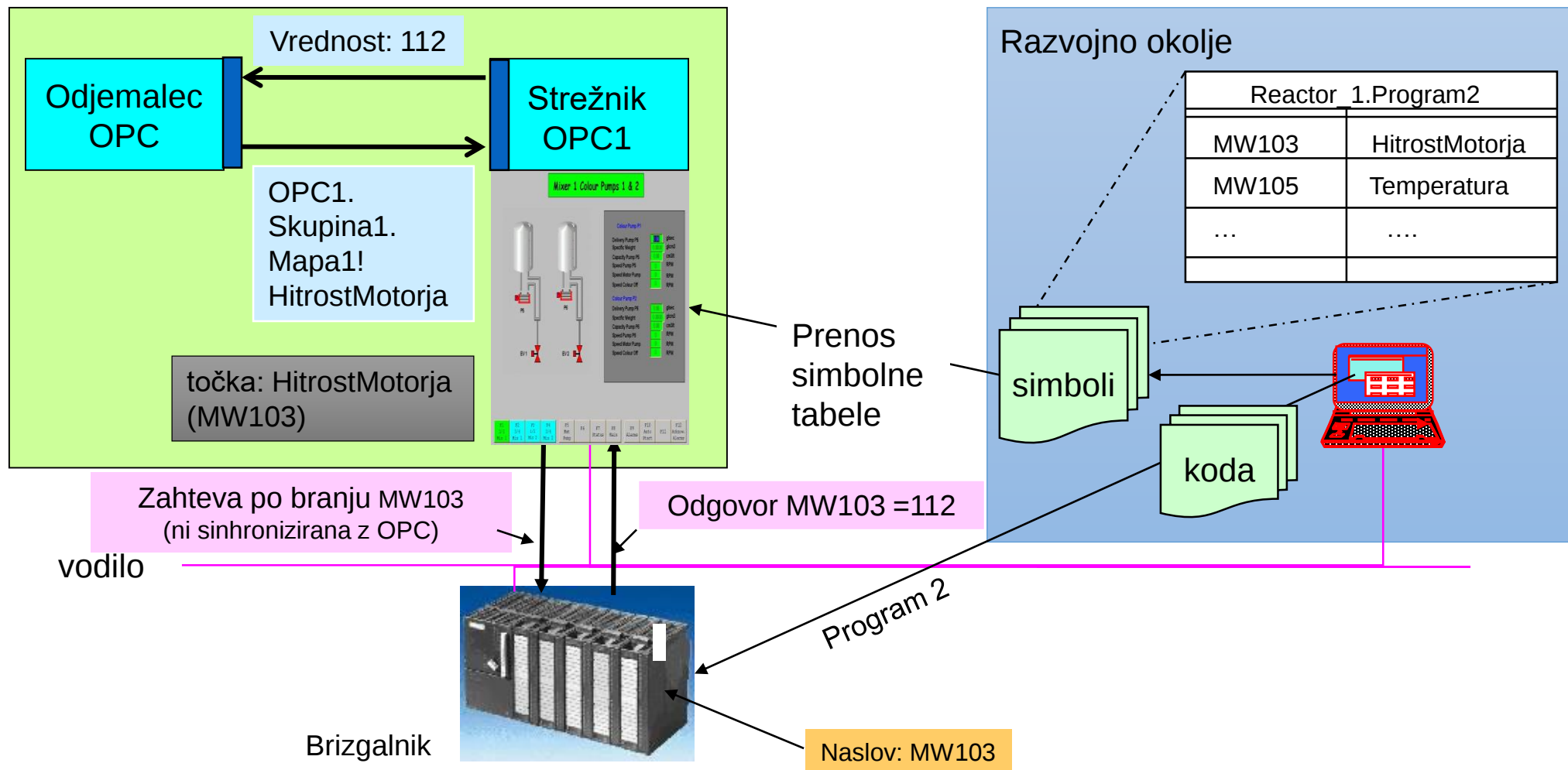
OPC UA Data Access

Primer 1:
neposreden
dostop do
spremenljivke



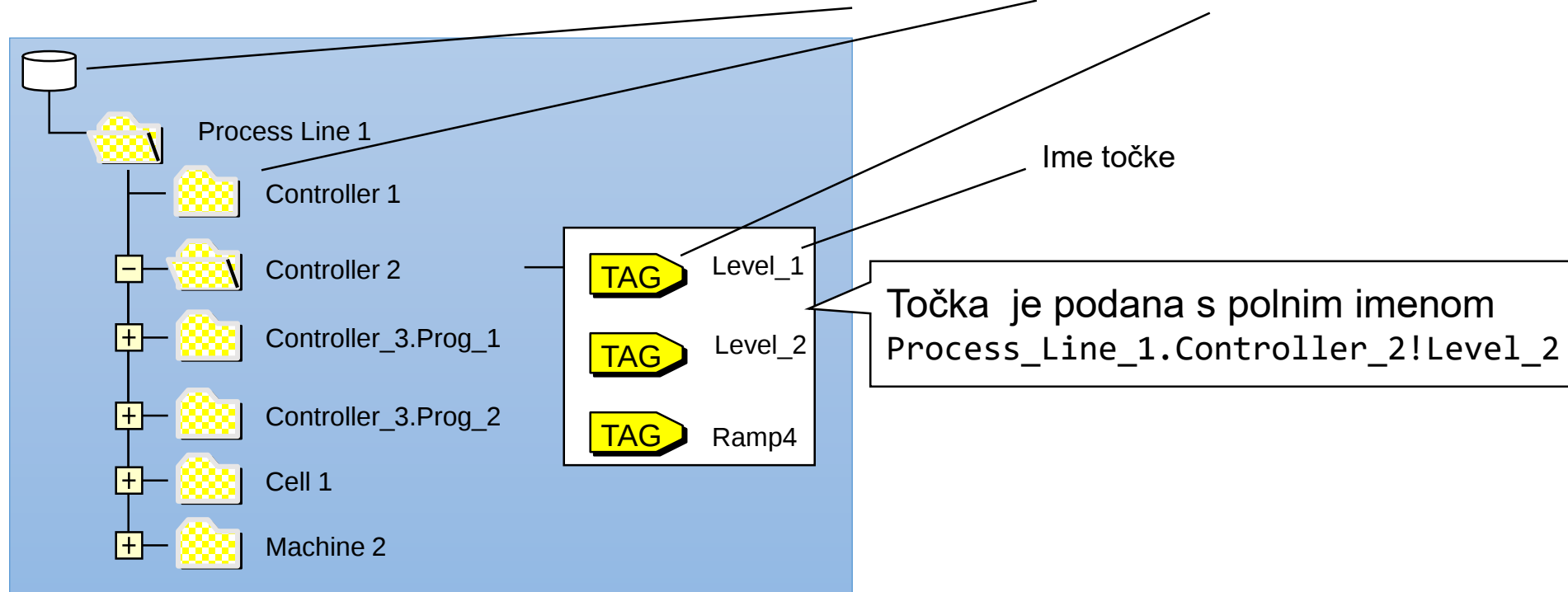
OPC UA Data Access

Primer 2: posreden dostop do spremenljivke preko sistema SCADA



Organizacija podatkov

Strežnik OPC je urejen kot mapa s korenom, vejami in listi (točke)



- Veje lahko vsebujejo podveje in točke
- Za strukturo ni nujno, da je hierarhična
- Struktura je vzpostavljena pri konfiguraciji sistema

Organizacija podatkov

Podatki so organizirani v vozlišča (ang. nodes), ki sestavljajo drevo

- Celotna množica vozlišč na strežniku tvori naslovni prostor (ang. address space)

Vozlišča so tipizirana

- vsako vozlišče ima attribute, ki so vnaprej določeni glede na tip
- njihove vrednosti se lahko spreminjajo

Vsako vozlišče ima svoj identifikator

- niz, celo število, GUID (ang. globally unique identifier)
- identifikator mora biti unikatni znotraj svojega imenskega prostora (ang. namespace).
- Imenski prostori so določeni s celimi števili.

Najbolj splošna vrsta vozlišč so objekti (ang. objects),

- Lahko vsebujejo spremenljivke (ang. variables)
- Lahko vsebujejo metode (ang. methods).
- Delujejo podobno kot objekti v objektno usmerjenih programskih jezikih.

Operacije na strežniku

Odjemalec vzpostavi povezavo na strežnik

- Strežnik je določen z URL, `opc.tcp://localhost:4870/`

Odkrivanje strežnikov

Brskanje po strežniku

Branje in spreminjanje spremenljivk

Naročanje na spremembe spremenljivk in druge dogodke

- Ni treba ročno preverjati, kdaj je prišlo do spremembe
- Če ni spremembe, strežnik vseeno to ciklično sporoča
 - Pri tem se ne prenašajo vrednosti
 - Interval je določen na odjemalcu

Klicanje metod

- Objekti imajo lahko pripete metode, ki jih lahko kliče odjemalec

Podatkovni tipi in lastnosti

Vsak element ima definiran podatkovni tip

- Podatkovni tip točke na strežniku dobimo z brskanjem po strežniku
- Potrebno je poskrbeti, da so podatkovni tipi na strežniku in odjemalcu usklajeni

```
Boolean,  
Character,  
Byte,           (1 bajt)  
Word,           (2 bajta)  
Double Word,    (4 bajti)  
Short Integer   (2 bajta)  
Integer         (4 bajti)  
Long Integer  
Long Unsigned Integer  
Single Float     (4 bajti)  
Double Float     (8 bajtov)  
Currency  
Date  
String  
Array of ...     (polje)
```

Podatkovni tipi in lastnosti

Točk so na odjemalcih predstavljene z naslednjimi dinamičnimi lastnostmi

- | | | |
|-----------------|-------------------|---|
| • Vrednost | (ang. Value) | prej navedeni podatkovni tipi |
| • Kvaliteta | (ang. Quality) | veljavnost zapisa (na primer OK, neustrezen, dvomljiv) |
| • Časovni pečat | (ang. Time Stamp) | čas v katerem je bila vrednost prenesena iz PLK na strežnik.
Čas je podan v UTC
(ang. Universal Time Coordinated) |

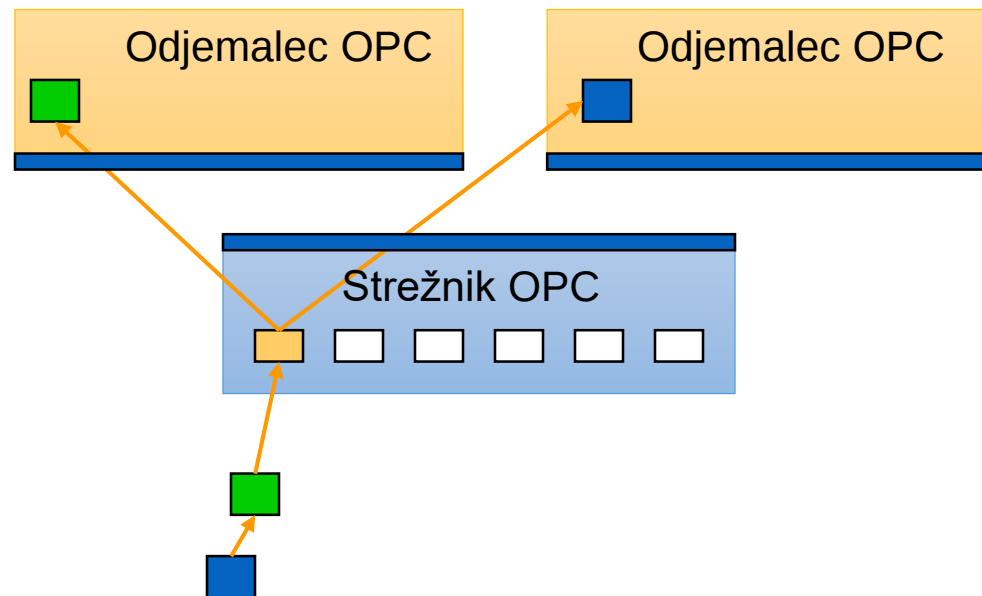
Pri branju se spreminjajo vse tri lastnosti,

Pri pisanju se uporablja samo lastnost *Vrednost*

Programiranje

Branje in pisanje

- Nova vrednost prepiše staro vrednost, ni vrst ali arhivskih zapisov
- Strežnik OPC ne zagotavlja, da različni odjemalci vidijo enako stanje procesa



- Strežnik OPC ne zagotavlja, da so vse spremembe objektov zaznane – v primeru prepočasnega osveževanja lahko kakšne zgrešimo

Programiranje

Branje ob dogodkih

- Funkcija se kliče vsakič, ko pride do spremembe elementa v skupini
- Spremenljivka je določena z naslovom na odjemalcu, ne s polnim imenom
- Za vsako točko dobimo vrednost, kvaliteto in časovni zapis
- Odjemalec OPC lahko pokliče funkcijo tudi v primeru, da se spremeni vrednost v katerikoli od skupin (ang. Global Data Change)
- Aplikacija mora ugotoviti, v katero skupino in h kateri točki spremembe sodijo

Programiranje

Knjižnice

- Za zagotovitev sledenja standardu OPC Foundation na svoji spletni strani distribuira knjižnice potrebne za dostop do strežnikov OPC
 - koda v C in Javi ni več vzdrževana
 - .NET Core: <https://github.com/OPCFoundation/UA-.NETStandard>
- Proizvajalci strežnikov vedno ne implementirajo vseh funkcij, zato se lahko zgodi, da pride do nepričakovanih napak

Orodja, povezave

OPC Foundation

- <https://opcfoundation.org/>
- specifikacije standarda (samo za člane)
- strežniki, odjemalci, brskalniki, simulatorji

Python

- python-opcua (zastarel): <https://github.com/FreeOpcUa/python-opcua>
- asinhroni API: <https://github.com/FreeOpcUa/opcua-asyncio>
- odjemalec z grafičnim vmesnikom: <https://github.com/FreeOpcUa/opcua-client-gui>

NodeJS

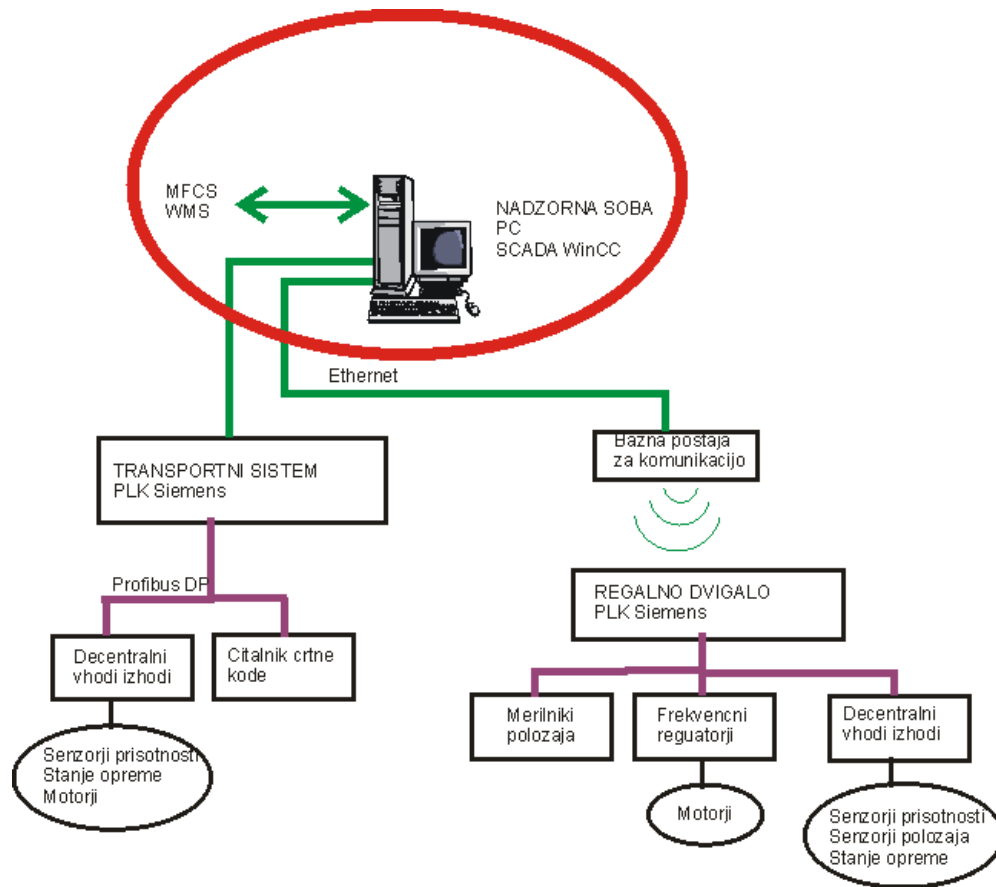
<https://node-opcua.github.io/>

UA Expert: polno funkcionalni odjemalec/brskalnik

<https://www.unified-automation.com/products/development-tools/uaexpert.html>

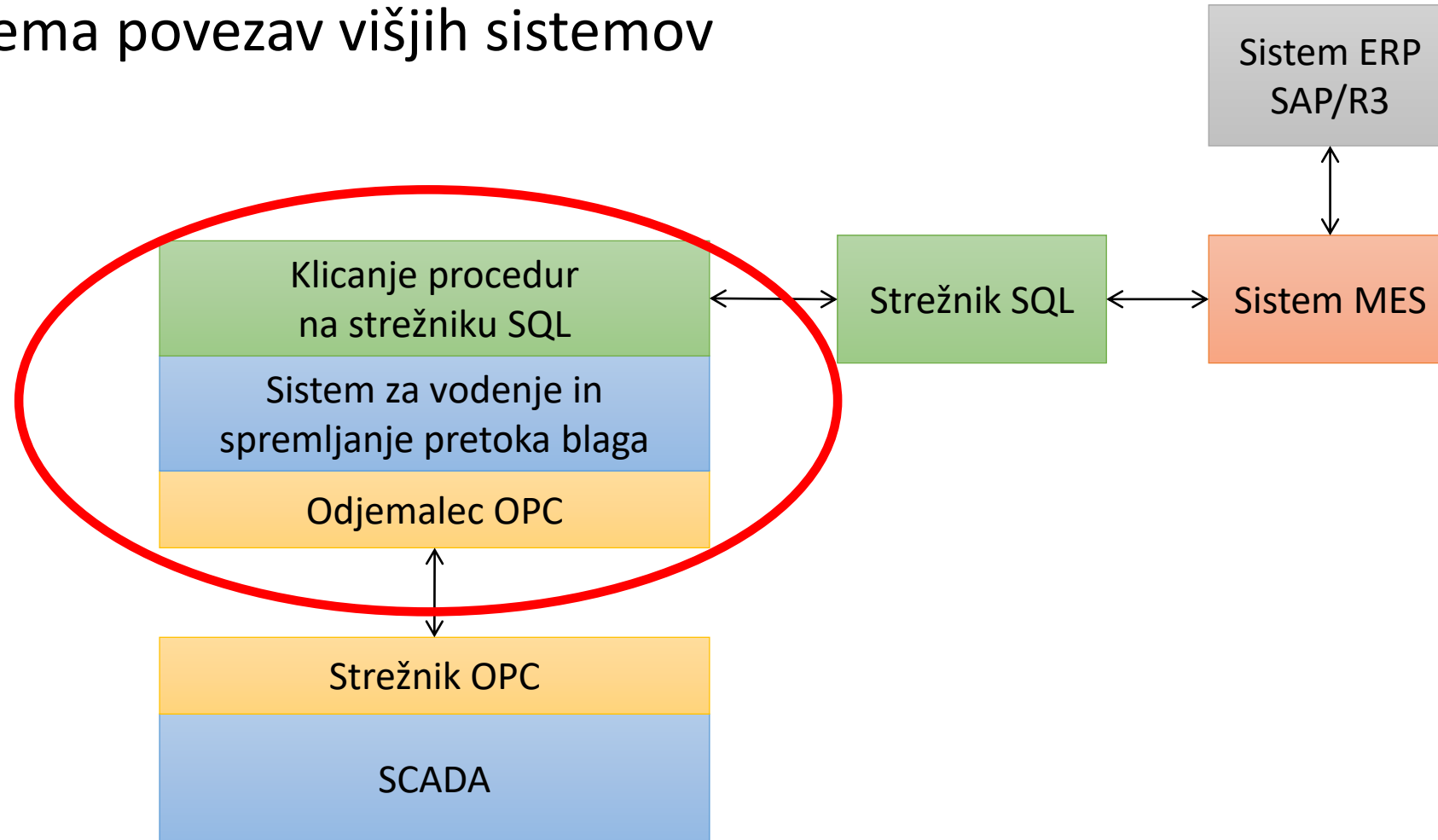
Primer 1: Visokoregalno skladišče

Kovinoplastika Lož



Primer 1: Visokoregalno skladišče

Shema povezav višjih sistemov



Primer 1: Visokoregalno skladišče I

Funkcije višjih sistemov, ki se nanašajo na vodenje skladišča

Sistem ERP

- SAP/R3
- Prenos proizvodnje na skladišče
- Kreiranje dobavnic
- Planiranje logistike

Sistem MES

- WMS (ang. Warehouse Management System)
- Slika skladišča
- Izpolnjevanje zahtev sistema ERP po korakih
- Določanje lokacij za skladiščenje in izskladiščenje artiklov iz ustreznih lokacij
 - Paleta s črtno kodo naj gre na določeno mesto v skladišču
- Optimizacija skladišča
 - Pametno razvrščanje materiala za čim hitrejšo skladiščenje in izskladiščenje
- Spreminjanje prioritet
 - Vnašanje v skladišče, iznašanje iz skladišča,
 - Sledenje vrstnega reda na dobavnici ali poljubno glede na dobavnico
- Inventura

Primer 1: Visokoregalno skladišče

Funkcije višjih sistemov, ki se nanašajo na vodenje skladišča

- Sistem za vodenje in spremljanje pretoka blaga MFCS (ang. Material Flow Control System)
 - Povezovanje nižjega sistema vodenja z višjimi sistemi
 - Komunikacija s sistemom SCADA po protokolu OPC
 - Komunikacija s sistemom MES preko strežnika SQL
 - Razgrajevanje zapletenih ukazov v enostavne ukaze, ki jih razumejo PLK
 - Ukaz sistema MES: paleta z dano črtno kodo naj gre na neko lokacijo v skladišču
 - Naloga MFCS:
 - Ko je paleta zaznana na transportu pripravi ukaz za premik po transportu
 - Premikanje dvigala z enostavnimi ukazi: pojdi na lokacijo in naloži/odloži
 - Obveščanje sistema MES o dogodkih v skladišč
 - Avtomatska inventura
 - Ročno vodenje v primeru izpada sistema MES
 - Lastna slika skladišča

Primer 2: Mehko krmiljenje proizvodne linije

Savatech, d.o.o. (ne obstaja več)

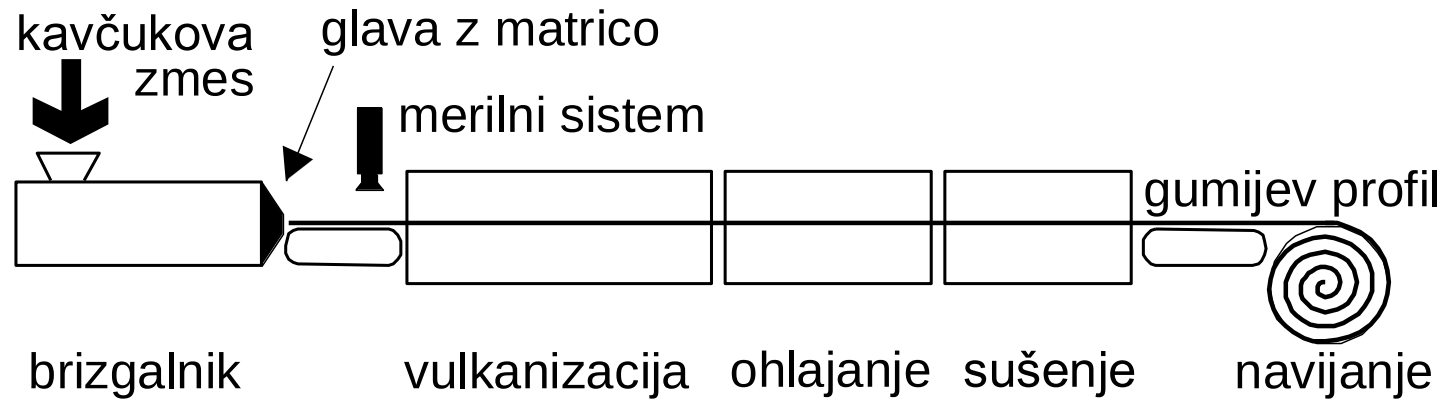
- Linija za izdelavo gumijevih profilov
- Problem
 - Nehomogenosti v zmesi povzročajo odstopanja profilov od zahtev
 - Cenovno sprejemljiv sistem
- Rešitev
 - Sprotno nedestruktivno merjenje dimenzij profilov z merilnim sistemom treh linijskih kamer

Primer 2: Mehko krmiljenje proizvodne linije

Primer profila

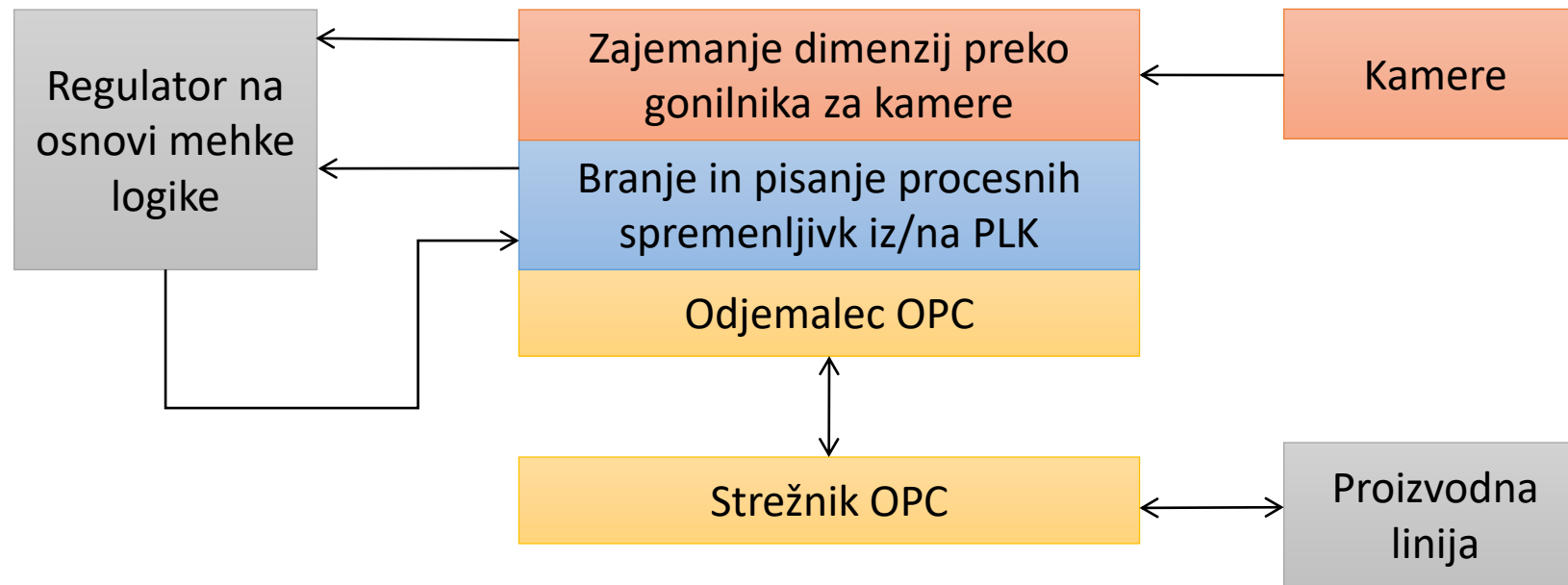


Shema proizvodne linije



Primer 2: Mehko krmiljenje proizvodne linije

Shema sistema



Primer 2: Mehko krmiljenje proizvodne linije

Merilni sistem

- 3 črno-bele linijske kamere
- Meri dimenzije senc profila pod koti: 45° , 90° , 135°
- Velika korelacija napak v notranjosti profila in zunanjih dimenzij - merilni sistem zazna več kot 90% dejanskih napak
- Problem: umerjanje kamer pred začetkom proizvodne novega profila



Primer 2: Mehko krmiljenje proizvodne linije

Mehki krmilnik

- Sprejema meritve iz kamer in procesne parametre iz industrijskega krmilnika proizvodne linije.
- Na osnovi pravil sklepanja (IF-THEN) in mehke logike
 - Odriva prevelika odstopanja v dimenzijah profilov
 - Določa popravke procesnih parametrov
- Meje med mehкими spremenljivkami določa nevronska mreža.
- Popravke parametrov sporoča industrijskemu krmilniku.
- Dodatne funkcije
 - Označevanje napak z industrijskim tiskalnikom
 - Beleženje dogodkov na liniji

Primer 2: Mehko krmiljenje proizvodne linije

Mehki krmilnik

- Trije načini delovanja
 - Spremljanje sistema
 - Merjenje dimenzij profilov
 - Informiranje operaterja o stanju vsakega izbrizga:
 - Zelena – v tolerančnem območju
 - Rumena – rahlo iz tolerančnega območja
 - Rdeča – dimenzije niso sprejemljive
 - Vrednost v % - informacija operaterju
 - Reguliranje
 - Vhodi
 - Do 12 meritev dimenzij: 3 x (od 1 do 4)
 - Hitrost linije v m/s
 - Trenutni obrati polža
 - Izhod
 - Želeni obrati polža
 - Brez spremljanja in reguliranja, naprava je lahko tudi umaknjena iz linije

Primer 2: Mehko krmiljenje proizvodne linije

Integracija na
proizvodno
linijo



Primer 2: Mehko krmiljenje proizvodne linije

Mehki krmilnik med delovanjem

The screenshot displays the 'intKrmilnik' software interface, which is used for controlling a production line. The interface includes a menu bar at the top with options like 'Splošne nastavitve', 'PC <-> S7 (MPI)', 'Kamera', 'Meritev', 'Krmilnik', 'Izkalnik Injekt', and 'Simulator'. Below the menu bar, there are input fields for 'Številka povezave' (1), 'Številko poskusov obnovitve povezave' (3), 'Naslov krmilnika' (2), and 'Številka reže' (2).

The main area of the interface is divided into several sections:

- Sprejeti podatki - Recept:** A table showing various parameters for the recipe, including 'Ine_recepta', 'k', 'k_max', 'k_min', 'tol_kl_Ep', 'tol_kl_Wp', 'tol_kl_Wa', 'tol_kl_Ea', 'tol_kl_Ep', 'tol_kl_Wp', 'tol_kl_Wa', 'tol_kl_Ea', 'tol_kl_Ep', 'tol_kl_Wp', 'tol_kl_Wa', 'tol_kl_Ea', 'tol_kl_Ep', 'tol_kl_Wp', 'tol_kl_Wa', 'tol_kl_Ea'.
- Sprejeti podatki - Meritev:** A table showing measurement data, including 'AV Extr Comp P', 'AV Extr Temp screw', 'AV Extr Temp cyl 1', 'AV Extr Temp cyl 2', 'AV Extr Temp cyl 3', 'AV Extr Temp head', 'AV drive Extr p', 'AV drive belt', 'AV drive in', 'AV drive out', 'AV drive guide', 'AV ESSA real speed', 'AV pos_salt', 'AV pos_inletrolls', 'AV pos_outletrolls', 'AV Temp 2_1', 'AV Temp 2_2', 'AV Temp 2_3', 'AV Temp 2_4', 'Offset_1', 'Offset_2', 'Offset_3', 'Offset_4', and 'Current factor'.
- Poslani podatki:** A table showing sent data, including 'Nadzor', 'Stanjep1k1', 'Stanjep1k2', 'Stanjep1k3', 'Stanjep2k1', 'Stanjep2k2', 'Stanjep2k3', 'Stanjep3k1', 'Stanjep3k2', 'Stanjep3k3', 'Stanjep4k1', 'Stanjep4k2', 'Stanjep4k3', and 'k'.
- Sprejeti podatki - Kontrolni Byte:** A table showing control byte data, including 'Byte', 'Nacin dela', 'Meritev', 'Regulacija', 'Tiskanje', 'Izklap sistema', 'Zajem referenc - zacetek', and 'Zajem referenc - konec'.
- Poslani podatki - Kontrolni Byte:** A table showing sent control byte data, including 'Byte', 'Uneritev kamer - potrebna', 'Sistemaska napaka kamer', 'Meritev potrjena', 'Regulacija potrjena', 'Kontrola komunikacije', 'Krmilnik - napaka', 'Tiskalnik O.K.', and 'Zajem referenc - napaka'.

The interface also features a status bar at the bottom with the Windows taskbar, showing the time as 12:35.