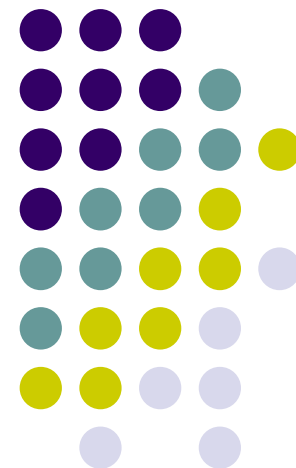


Lekcija 12: *SCADA sistemi*

Prof.dr.sc. Jasmin Velagić
Elektrotehnički fakultet Sarajevo

Kolegij: Distribuirani sistemi

2012/2013



Sadržaj poglavlja:

+ SCADA sistemi

- Uvod u SCADA sisteme
- Arhitektura SCADA sistema
- Funkcionalnost SCADA sistema
- Operatorska radna stanica
- Zahtjevi na SCADA sisteme
- Wireless SCADA sistemi
- Primjeri primjene SCADA sistema



12.1. Uvod u SCADA sisteme

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistemi (ili SCADA mreže) su programska podrška za nadzor i upravljanje industrijskim procesima (1960).



- ❑ SCADA je oznaka za “čisti” programski paket naslonjen na sklopovlje s kojima surađuje, općenito preko procesorskih elektroničkih uređaja (IED – Intelligent Electronic Devices), ili preko drugih komercijalnih sklopovskih modula, a u cilju nadgledanja nekog procesa sa mogućnošću upravljanja istim.
- ❑ Za nadgledanje obično su zaduženi operatori, inženjeri i slično, a pod pojmom upravljanja mislimo na praćenje, zadavanje pravila rada i telemetriju.
- ❑ Napretkom računara sve više se koristi i prikupljanje informacija ili podataka iz opreme (čitanje i pisanje u/iz višestrukih izvora podataka: IED-ovi i druga sklopovlja) uz upotrebu protokola.
- ❑ Razvojem telekomunikacijske infrastrukture sve se više koristi i slanje informacija na različite poslužitelje pomoću telemetrije.
- ❑ SCADA sistemi se međusobno razlikuju po specifičnim namjenama i prilagođenosti pojedinoj industrijskoj grani.

Uvod u SCADA sisteme

Podjela SCADA sistema

- ❑ Danas postoje hiljade instaliranih SCADA sistema, koji mogu biti međusobno potpuno različiti u smislu njihove strukture, no istovremeno imaju zajedničke temeljne elemente i temeljnu namjenu – nadgledanje, upravljanje i prikupljanje podataka.
- ❑ Postoje tri tipa SCADA sistema:
 - **Temeljna SCADA**
 - jedan namjenski proces,
 - jedna priključna i procesna jedinica (RTU i MTU),
 - primjeri: robot u procesu automobilske industrije, kontrola temperature prostorije.
 - **Integrirana SCADA**
 - višestruke priključne jedinice (RTU),
 - distribuirani sistem upravljanja (DCS – Distributed Control System),
 - primjeri: sistemi za vodoopskrbu, sistemi za nadzor cesta, sigurnosni sistemi.
 - **Umrežena SCADA**
 - primjeri: sigurnosni sistemi, komunikacijski sistemi, višestruka SCADA.



Uvod u SCADA sisteme

SCADA mrežne komponente

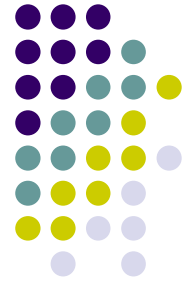
- ❑ **Master Terminal Unit (MTU)** je centralni računar SCADA sistema i obično se nalazi u prostorijama distributerske kompanije.
 - MTU prividno upravlja svim komunikacijama sa udaljenim računarima i sučeljima prema drugim distributerima.
 - Podaci prikupljeni sa svih tačaka sistema šalju se ovom računaru, koji ih obradi i prosljedi drugim sistemima.
 - On prati sve udaljene uređaje i obavlja unaprijed zadane radnje ukoliko se za njih pojave svi predviđeni uvjeti.
- ❑ **Remote Terminal Units (RTU)** su mali uređaji namijenjeni isključivo za korištenje u vanjskim prostorima i industrijskim sredinama.
- ❑ **Intelligent Electronic Device (IED)** je uređaj koji izvodi zadani program i pruža sučelje u podatkovnoj komunikaciji.
 - Ovdje spadaju uređaji poput programabilnih kontrolera, inteligentnih senzora, RTU-ova ili PC-jeva klasificiranih kao IED.
 - Kako se povećava količina podataka u komunikaciji, sve više «pameti» potrebno je ugraditi u te distribuirane uređaje, tj. IED-ove.
 - SCADA sistemi se povezuju direktno sa *Substation Control System* –om, i takvi parovi nastoje zamijeniti klasične RTU-ove.



Uvod u SCADA sisteme

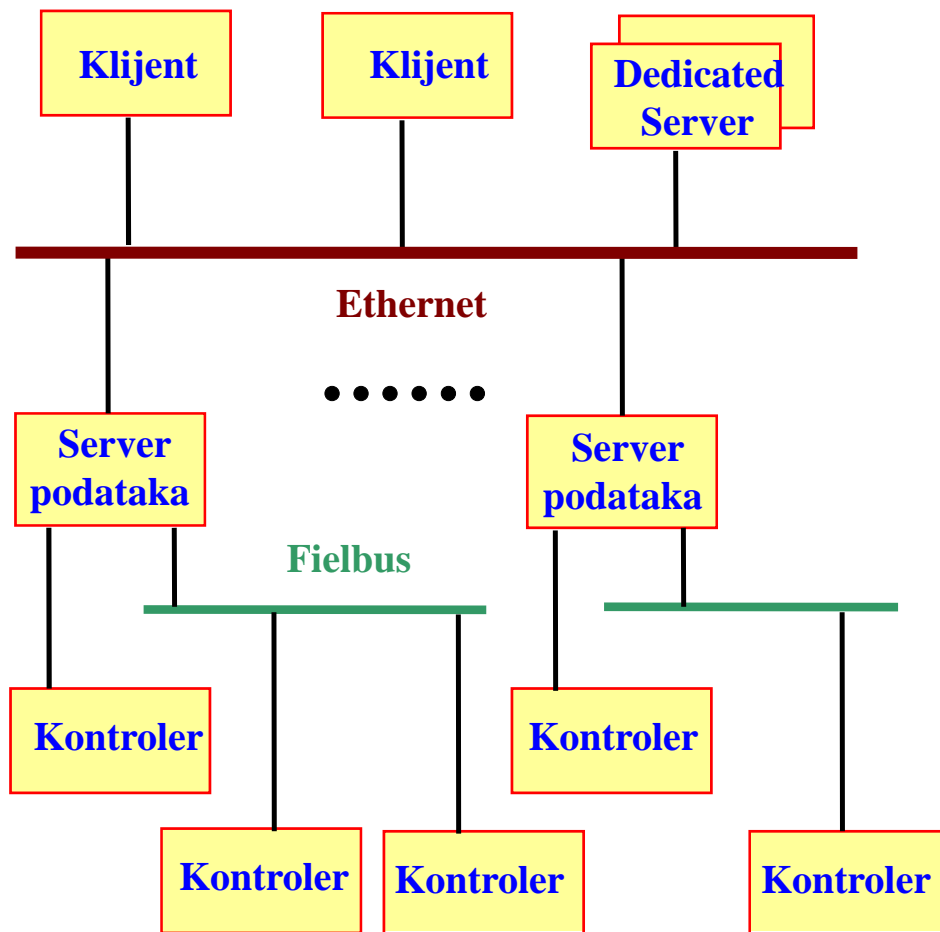
Primjena SCADA sistema

- ❑ Industrijske primjene: proizvodnja željeza, proizvodnja i distribucija konvencionalne i nuklearne energije, hemijska industrija, nuklearna fuzija, itd.
- ❑ Ovakvi procesi obično imaju od hiljadu do nekoliko stotina hiljada ulazno/izlaznih kanala (trenutno postoji nekoliko postrojenja sa po nekoliko miliona kanala).
- ❑ Dobar primjer primjene SCADA sistema u industriji je energetika.
- ❑ SCADA sistemi u energetsom sektoru koriste se za nadzor, kontrolu i praćenje stanja rada elektroenergetskih sistema.
- ❑ Oni prikupljaju radne podatke distribuiranih udaljenih uređaja elektroenergetskog sistema i šalju ih u bazu podataka centralnog (glavnog) računara.
- ❑ Korisnici iz različitih odjela i kompanija pristupaju tim podacima putem Interneta. Ovo je glavni princip rada tipičnog SCADA sistema.
- ❑ SCADA sistemi se osim industrije koriste i u drugim područjima, npr. eksperimentalna istraživanja u području nuklearne fuzije.



12.2. Arhitektura SCADA sistema

Sklopovska arhitektura



Dva sloja:

1. Klijent sloj

pruža usluge za potrebe interakcije čovjek – stroj (human-machine interaction, HMI).

2. Server podataka sloj

rukuje većinom aktivnosti upravljanja procesnim podacima.

- Server podataka komunicira sa uređajima u polju preko procesnih kontrolera.
- Kontroleri procesa, npr. PLC-ovi, povezani su sa serverima podataka direktno ili preko mreža (npr. fieldbus-ova) koje mogu biti privatne (npr. Siemens H1) ili javne (npr. Profibus).
- Serveri podataka su međusobno, i sa klijent stanicama, povezani preko Ethernet LAN mreže.
- Serveri podataka i klijentske stanice su NT platforme, a u novije vrijeme klijentske stanice mogu biti i standardne Windows platforme.

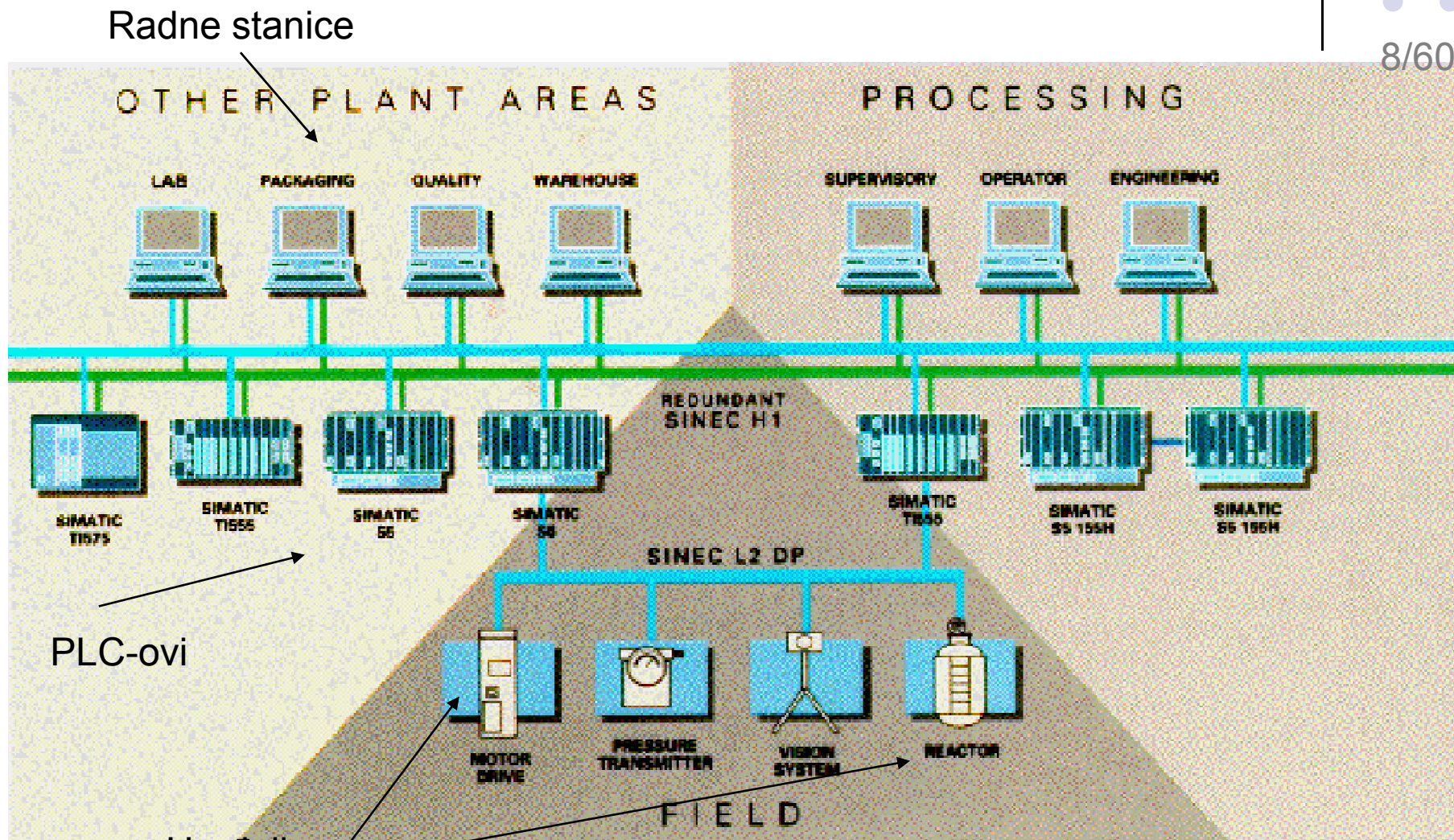


Arhitektura SCADA sistema

Sklopovska arhitektura – primjer Siemens



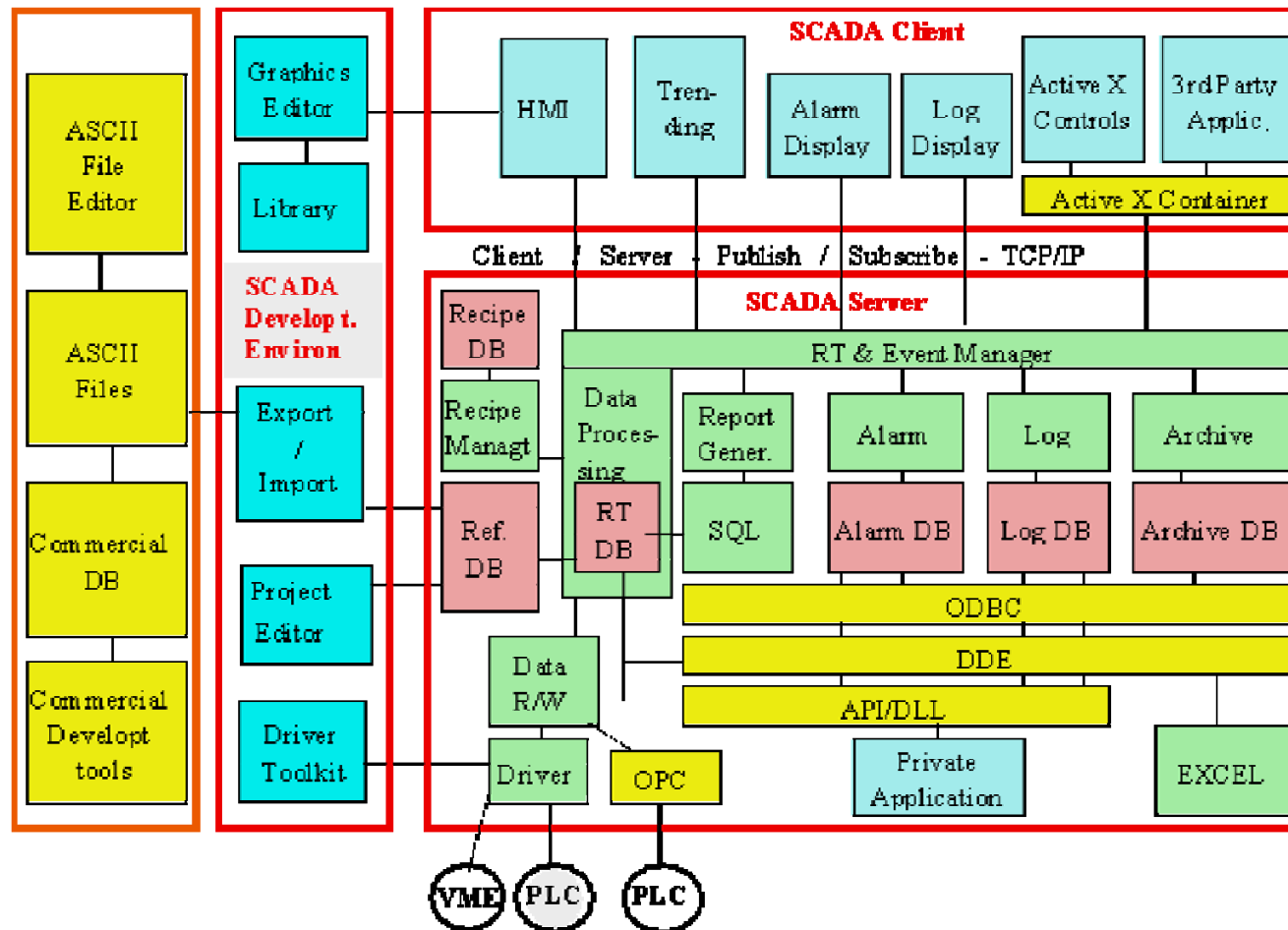
8/60



Arhitektura SCADA sistema

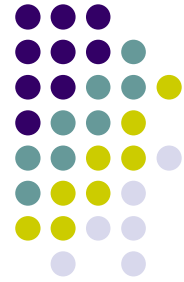
Programska arhitektura

- ❑ Višezadaćna i temeljena na real-time bazi podataka (RTDB) smještenoj u jednom ili više servera.
- ❑ Serveri su odgovorni za prikupljanje podataka i rukovanje skupom parametarskih podataka, npr. provjera alarma, evidentiranje (logging), kalkulacije i arhiviranje.



Arhitektura SCADA sistema

Komunikacije u SCADA sistemu



10/60

- **Interna komunikacija**
 - Server-klijent i server-server komunikacija je općenito događajno upravljana i “publish-subscribe” temeljena i koristi TCP/IP protokol.
 - Klijent aplikacija potražuje parametre od server aplikacije, pri čemu se u server aplikaciji mijenjaju samo parametri koji sudjeluju u komunikaciji sa klijent aplikacijom.
- **Pristup uređajima**
 - Serveri podataka glasanjem odabiru kontrolere na temelju korisničke liste prozivanja. Lista prozivanja je različita za različite parametre.
 - Kontroleri prolaze zahtijevane parametre od strane servera.
 - Vremenska ovjera (time stamping) parametara procesa se tipično obavlja u regulatorima i “vremenski žig” preuzima server podataka. Ako upotrijebljeni kontroler i komunikacijski protokol podržavaju “unsolicited” prijenos podataka, tada će i proizvodi temeljeni na njima ga također podržavati.
 - Proizvodi omogućuju komunikaciju uređaja za većinu PLC-ova i veliki broj najčešće korištenih fieldbus-ova, npr. Modbus. Tri fieldbus-a koje preporučuje CERN, Profibus i Worldfip su podržani od strane uređaja, ali CANbus često nije.
 - Pojedinačni server podataka može podržavati više komunikacijskih protokola.

Arhitektura SCADA sistema

Komunikacije u SCADA sistemu

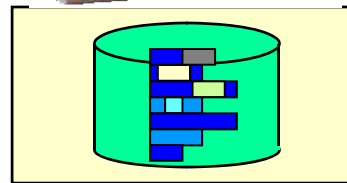


□ Cikličke operacije

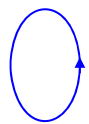
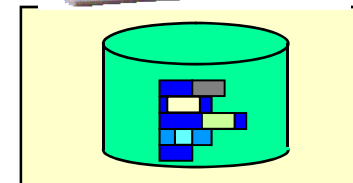
ciklički promet sabirnicom



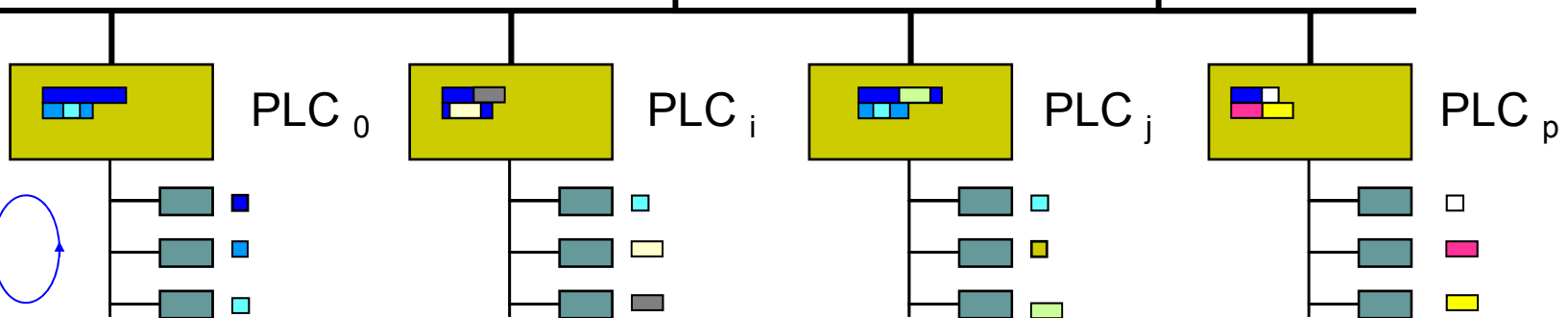
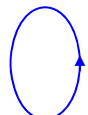
Radna stanica $_0$



Radna stanica $_{n-1}$



Uređaji polja

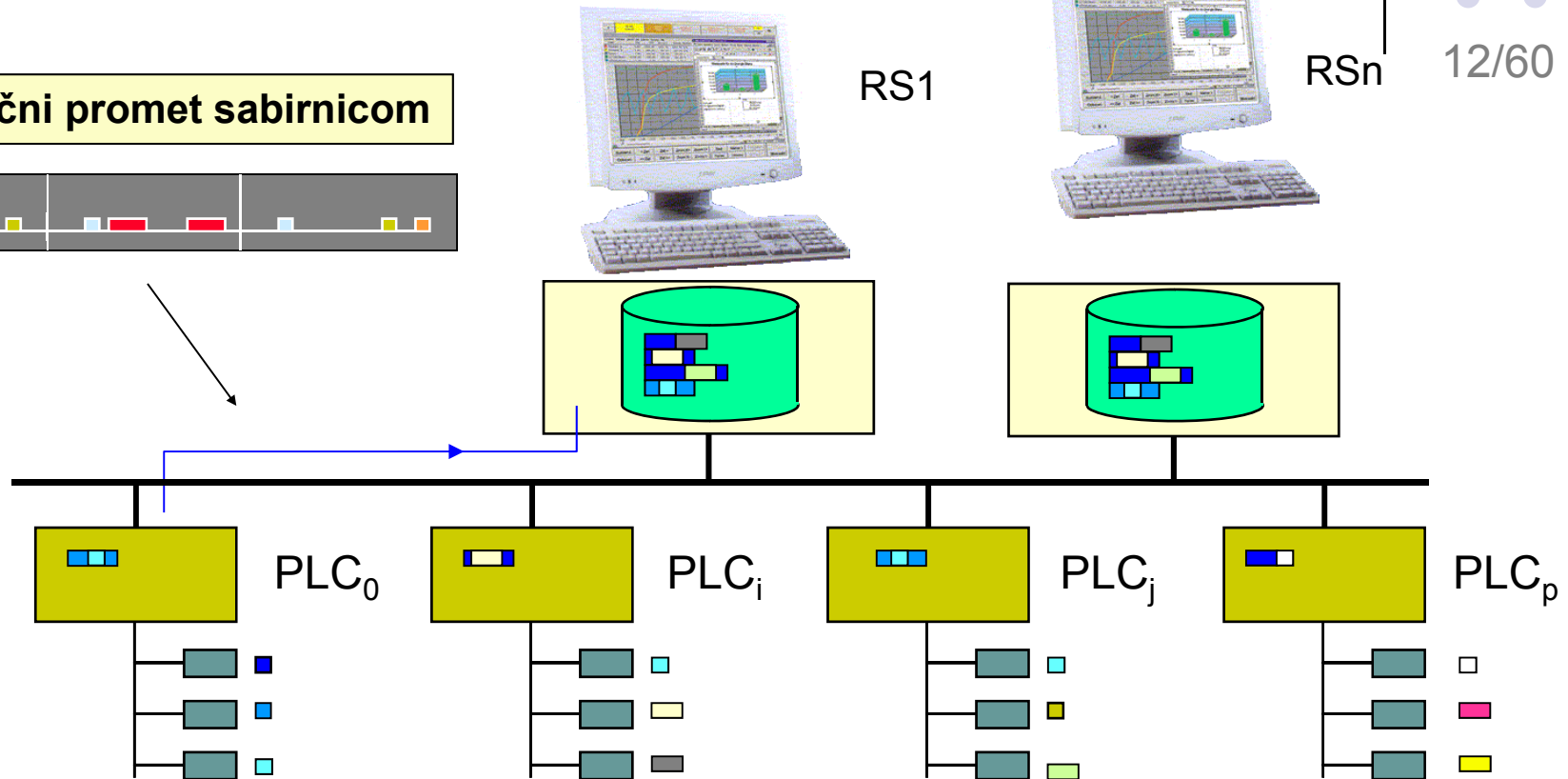
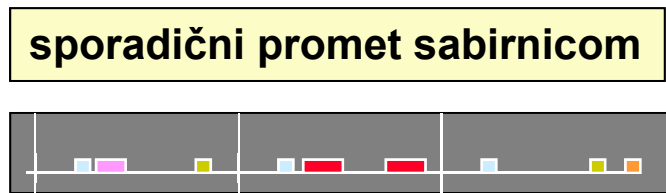


- Svaka stanica ciklički prenosi sve svoje varijable: upravljačka sabirnica djeluje kao on-line baza podataka. Skupovi podataka se repliciraju prijenosom do neograničenog broja destinacija.
- Prednost: zagarantiran real-time odziv. Nedostatak: propusni opseg sabirnice može biti nedovoljan za veliki broj urgentnih podataka.

Arhitektura SCADA sistema

Komunikacije u SCADA sistemu

- Događajno-upravljanje operacije

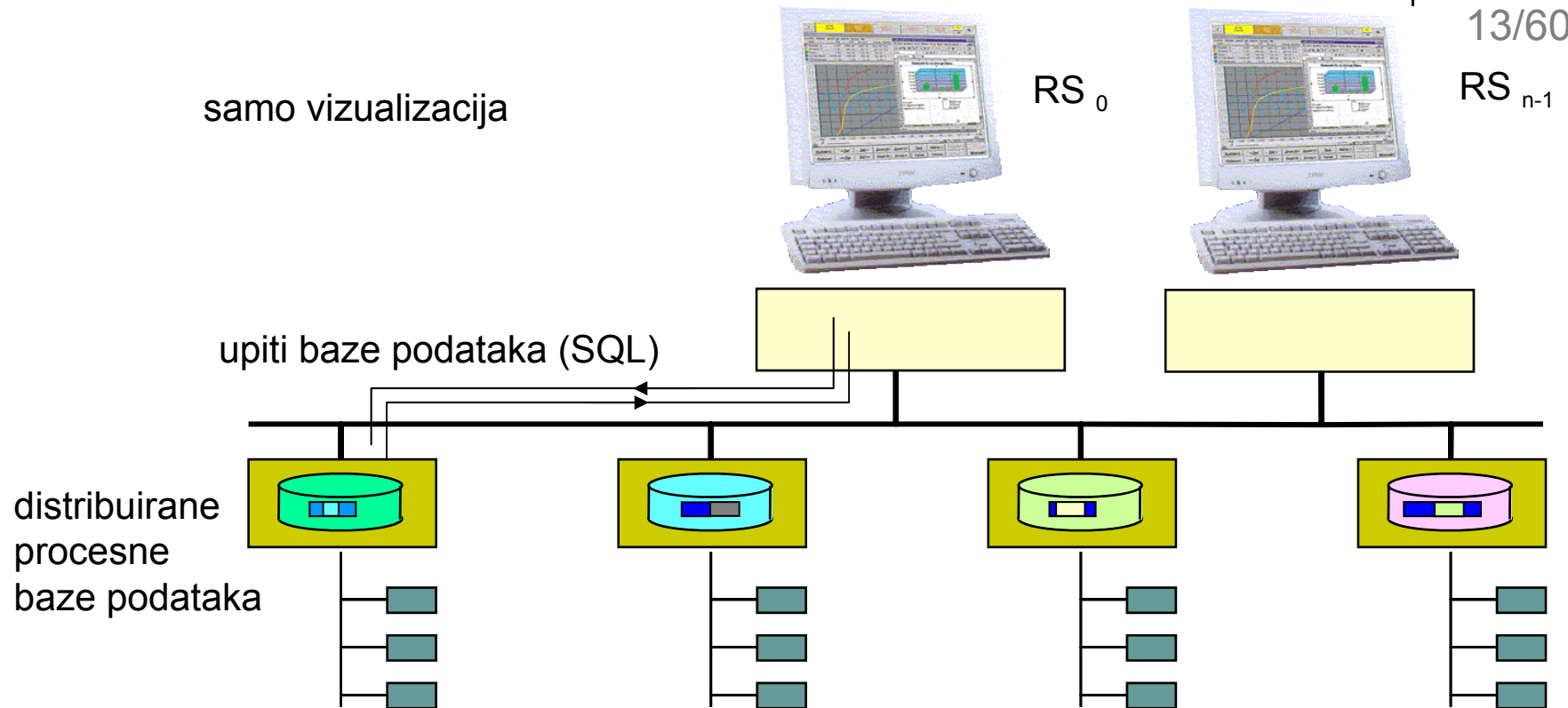


- Svaki PLC detektira promjenu stanja (događaja) i šalje nove vrijednosti preko sabirnice.
- Svaka operatorska stanica prima i unosi podatke u svoju lokalnu bazu podataka.
- Podaci su lahko dostupni za vizualizaciju.
- Višestruke operatorske stanice mogu biti adresirane na multicast ili broadcast način.
- Nedostatak: konzistentnost između baza podataka, vrhunac prometa na sabirnici, kašnjenja.

Arhitektura SCADA sistema

Komunikacije u SCADA sistemu

- Princip odobranja (Subscription Principle)



- Za smanjenje prometa sabirnicom, operatorske stanice indiciraju regulatorima koje podatke one trebaju.
- Kontroleri šalju samo zahtijevane podatke.
- Baza podataka se stoga pomiče u kontrolere.
- Odobranje se može izmijeniti sa upitom (query (SQL)) – ovo je ABB MasterNet rješenje.

Arhitektura SCADA sistema

Sučelje



14/60

□ Aplikacijska sučelja/otvorenost

- Mjera funkcionalnosti OPC klijenta za SCADA sisteme u pristupu uređajima leži u otvorenom i standardiziranom načinu gradnje.
- OPC server rapidno poboljšava većinu proizvedenih kontrolera koji su aktivno involvirani u razvoj ovog standarda. OPC je razvila CERN-IT-CO grupa.
- Proizvodi također posjeduju:
 - ODBC (Open Data Base Connectivity) sučelje za podatke u arhiviranju/evidentiranju, ali ne za konfiguracijske baze podataka,
 - ASCII import/export sposobnosti za konfiguracijske podatke,
 - Biblioteku API-a podržanih od C, C++ i Visual Basic (VB) programskih jezika za pristup podacima u RTDB, evidentiranju i arhiviranju. API često ne omogućuje pristup unutarnjim karakteristikama proizvoda, kao što su rukovanje alarmom, izrada izvještaja, ekonomskih kretanja, itd.

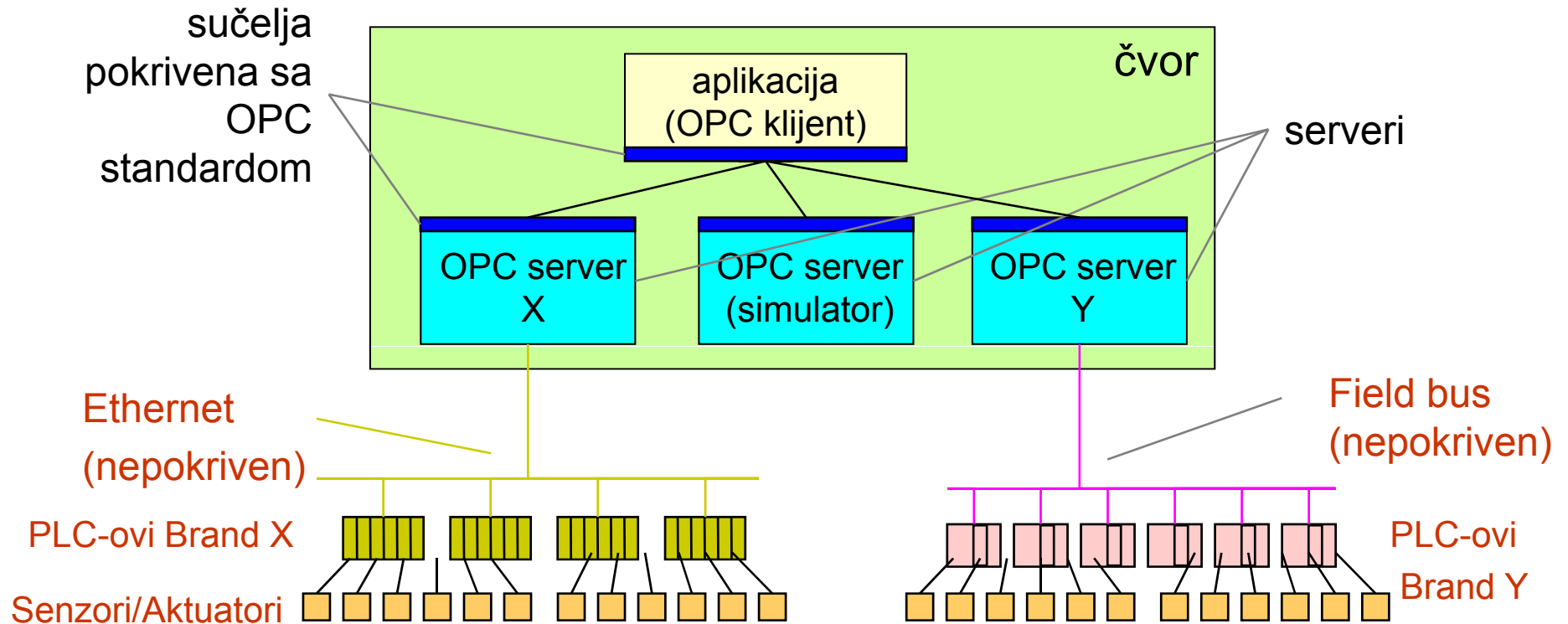
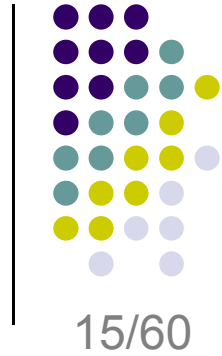
□ Baza podataka

- Konfiguracijski podaci se pohranjuju u bazu podataka koja je logički centralizirana, ali fizički distribuirana i općenito ima vlastiti format.
- Iz razloga performansi, RTDB je smještena u memoriji servera i također ima vlastiti format.
- Format arhiviranja i evidentiranja je također vlastiti, iz razloga performansi, ali neki proizvodi podržavaju evidentiranje u RDBMS (Relational Data Base Management System) sa manjom brzinom nego što direktno ili preko ODBC sučelja.

Arhitektura SCADA sistema

Sučelje

OPC (ranije: "OLE¹ for Process Control", sada: "Open Process Control") je industrijski standard uspostavljen od strane *OPC Foundation*, koji specificira softversko sučelje (objekte, metode) prema serveru koje sakuplja podatke dobivene sa uređaja polja i PLC-ova.



1) OLE (Object Linking and Embedding) je Microsoftova tehnologija za povezivanje softverskih komponenti. Ona je proširena sa COM / DCOM tehnologijom.

Arhitektura SCADA sistema

Sučelje

- ❑ **OPC je skup standardnih komandi sakupljenih u softversku biblioteku (DLL) koje se mogu pozivati klijent aplikacijama,** napisanim u Visual Basic-u, C# ili drugim Microsoft programskim jezicima, koji omogućuju pristup automatiziranim uređajima (PLC-ovima) na uniforman način, neovisno o njihovom proizvođaču.
- ❑ OPC biblioteka dopušta čitanje i pisanje procesnih varijabli, čitanje alarma i događaja i potvrda alarma, i dohvat historijskih podataka iz baza podataka u skladu sa nekoliko kriterija.
- ❑ Drugim riječima **OPC se koristi za razmjenu podataka između aplikacija i za pristup bazama podataka.**
- ❑ Automatizirana platforma kao što je ABB's 800XA djeluje kao OPC klijent za prikupljanje podataka sa PLC-ova ili baza podataka kroz trodijelnim OPC serverima. Nekoliko automatiziranih platformi djeluju kao OPC serveri za publiciranje njihovih podataka, događaja i historijskih podataka.
- ❑ OPC je preferirana veza za 78% od MES, 75% od HMI / SCADA, 68% od DCS / PLC i 53% ili ERP sistema razine aplikacije (u skladu sa Arc Advisory Group, 2004)“.
- ❑ OPC se sastoji od tri glavne komponente:
 - 1) **OPC - DA = Data Access (widespread, mature),**
 - 2) **OPC - AE = Alarms and Events (not yet much used),**
 - 3) **OPC - HDA = Historical Data Access (seldom used).**



Arhitektura SCADA sistema OPC DA

Procesne varijable opisuju stanja procesa, one su generirane senzorima i izračunate u PLC-ovima.

Procesne varijable mogu se poslati na promjenu (kada se promjena desi), na zahtjev ili kada istekne zadano vrijeme.

OPC DA (Data Access) specifikacije adresiraju prikupljene procesne varijable.
Glavni klijenti OPC DA su vizualizacija i (meko-) upravljanje.



17/60

The screenshot displays a SCADA system interface with three main windows:

- REACTOR AREA OVERVIEW:** A process flow diagram showing two reactors (R1 and R2) connected to various tanks and pipes. Flow rates are indicated as 0.00.
- Batch Process Window:** A detailed view of a batch process. It includes a table of parameters and their values:

Parameter	Value	Unit	Description
Batch ID	1d411898b		
Lot			
Comment			
Range	Unspecified		
Status	Not Scheduled		
Start Time	14:00:53	11/14/98	
Estimated Time	00:00:00		
Priority			
Made	Automatic		
Batch Area	Underfed		
Parameters			

- Unit Overview Window:** A table showing the status of various units in the system:

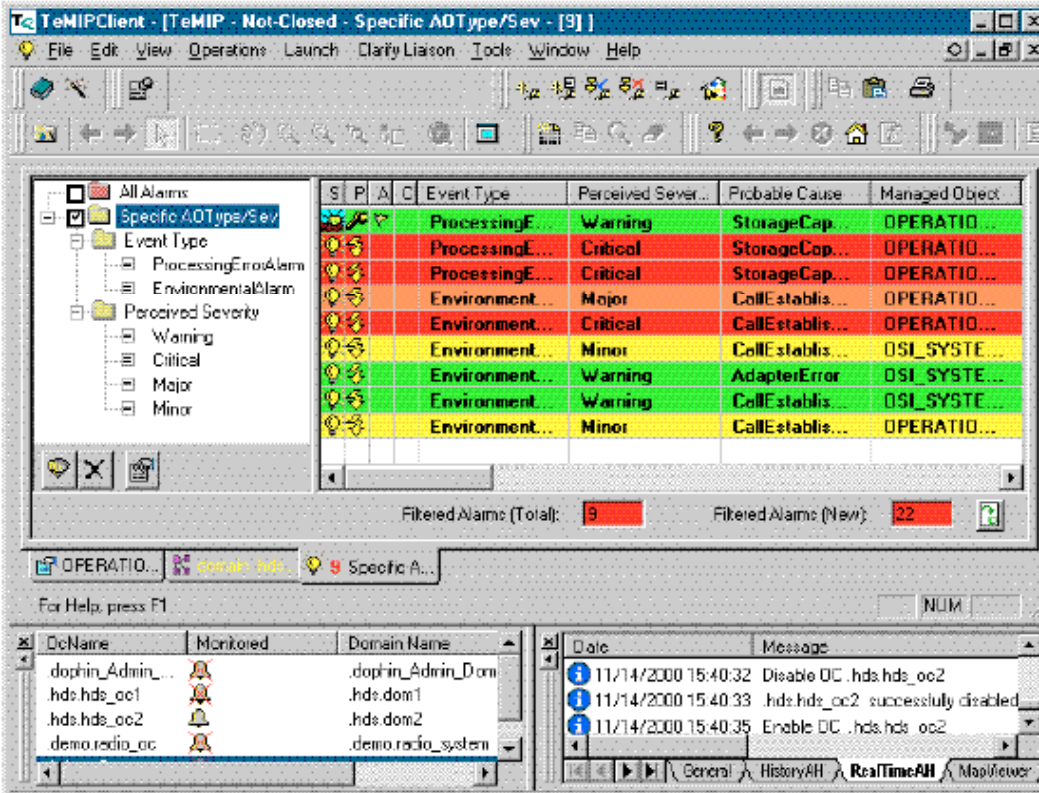
Unit ID	Status	Operator	Operator Status
G41	Available	Normal	Normal
G42	Available	Normal	Normal
G43	Available	Normal	Normal
G81	Available	Normal	Normal
G82	Available	Normal	Normal
G83	Available	Normal	Reserved
GC1	Available	Normal	Normal
GC2	Available	Normal	Normal
GT100	Available	Normal	Normal
GT101	operator	Reserved	Normal
GT2000	Available	Normal	Normal
GT201	Available	Normal	Normal
GT202	Available	Normal	Normal
GT203	Available	Normal	Normal
GT204	Available	Normal	Normal
GT205	Available	Normal	Normal
AC10	Available	Normal	Normal
ADD_PIPE_SIS	Available	Normal	Normal
BTORACTOR	Available	Normal	Normal

Arhitektura SCADA sistema

OPC AE

Događaji su promjene u procesu koje trebaju biti evidentirane, kao što je “start proizvodnje”. Alarmi su abnormalna stanja u procesu koji zahtijevaju pažnju, kao što je “nizak pritisak ulja”.

OPC AE specificira kako su alarmi i događaji “pretplaćeni”, unutar kojih uvjeta se filtriraju i šalju zajedno sa njihovim pridruženim porukama. **Glavni klijenti OPC AE su zapisivači alarma i događaja.**



The screenshot displays the TeMIPClient software interface. The main window shows a list of alarms and events with columns for Status (S), Priority (P), Alarm (A), Critical (C), Event Type, Perceived Severity, Probable Cause, and Managed Object. The interface also includes a tree view on the left for navigation, a status bar at the bottom showing filtered alarm counts, and a log window at the bottom right displaying event messages.

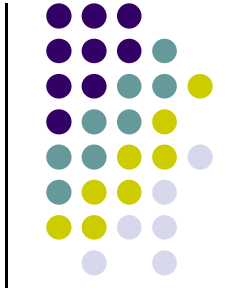
S	P	A	C	Event Type	Perceived Sever..	Probable Cause	Managed Object
				ProcessingE...	Warning	StorageCap...	OPERATIO...
				ProcessingE...	Critical	StorageCap...	OPERATIO...
				ProcessingE...	Critical	StorageCap...	OPERATIO...
				Environment...	Major	CallEstablis...	OPERATIO...
				Environment...	Critical	CallEstablis...	OPERATIO...
				Environment...	Minor	CallEstablis...	OSI_SYSTE...
				Environment...	Warning	AdapterError	OSI_SYSTE...
				Environment...	Warning	CallEstablis...	OSI_SYSTE...
				Environment...	Minor	CallEstablis...	OPERATIO...

Filtered Alarms (Total): 9 Filtered Alarms (New): 22

Domain Name	Monitored	Message
dolphin_Admin...		
hds.hds_oc1		11/14/2000 15:40:32 Disable DC .hds.hds_oc2
hds.hds_oc2		11/14/2000 15:40:33 hds.hds_oc2 successfully disabled
demo.radio_oc		11/14/2000 15:40:35 Enable DC .hds.hds_oc2

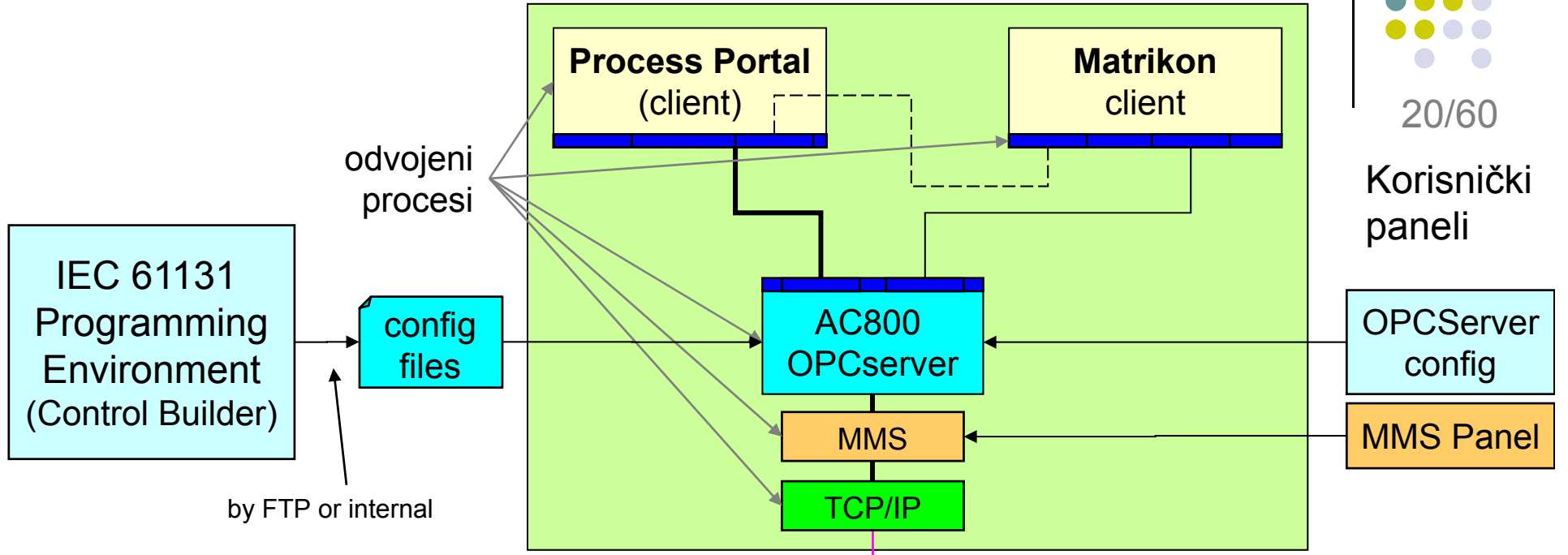
Arhitektura SCADA sistema

Primjer: ABB AC800 OPC server

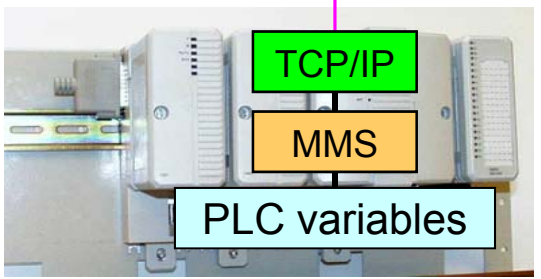


20/60

Korisnički paneli



Ethernet



Varijable su definirane u serveru, ne u PLC-u.

ABB AC800M

Arhitektura SCADA sistema

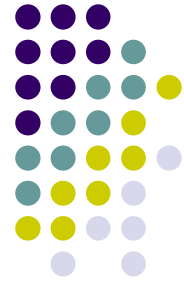
Skaliranost i redundancija

□ Skaliranje

- Skaliranost se može razumijeti kao mogućnost proširenja SCADA sistema upravljanja dodavanjem većeg broja procesnih varijabli, više specijaliziranih servera (npr. za rukovanje alarmnim stanjima) ili više klijenata.
- Proizvodi postižu skaliranost sa višestrukim serverima podataka povezanih sa više kontrolera.
- Svaki server podataka ima svoju vlastitu konfiguracijsku bazu podataka i RTDB odgovornost za rukovanje podskupom procesnih varijabli (prikupljanje, rukovanje alarmom, arhiviranje).

□ Redundancija

- Proizvodi često imaju ugrađenu softversku redundanciju na serverskoj razini, koji je normalno transparentan za korisnika.
- Veliki broj proizvoda također osigurava više redundancije nego što se to od njega zahtijeva.



12.3. Funkcionalnost SCADA sistema

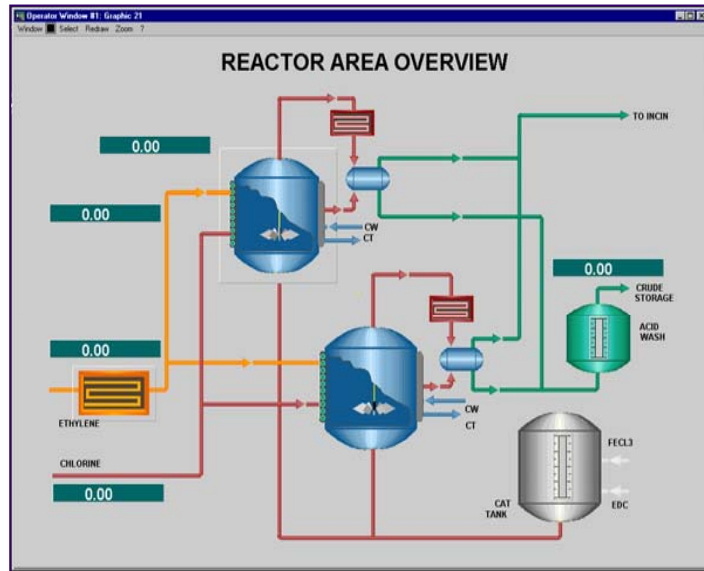
Funkcije SCADA sistema

- ❑ Prikupljanje (akvizicija) podataka i prikaz (display)
 - pohrana binarnih & analognih podataka u procesnu bazu podataka.
- ❑ Alarm & događaji
 - snimanje važnih promjena i operatorskih akcija.
- ❑ Baza historijskih podataka
 - čuvanje pohranjenih vrijednosti procesnih varijabli.
- ❑ Obrada izmjerenih podataka
 - računanje izvedenih vrijednosti (npr. nadzor limita)
- ❑ Evidentiranje & izvještavanje
- ❑ Human Machine Interface (HMI) – operatorsko sučelje:
 - grafički prikaz stanja objekta, liste, izvještaji.
- ❑ Rukovanje operatorskim komandama (naredbama)
 - binarne komande, referentne vrijednosti,
 - upustva, skripte (komandne procedure).
- ❑ Sučelje prema funkcijama planiranja i analize: CMMS, ...

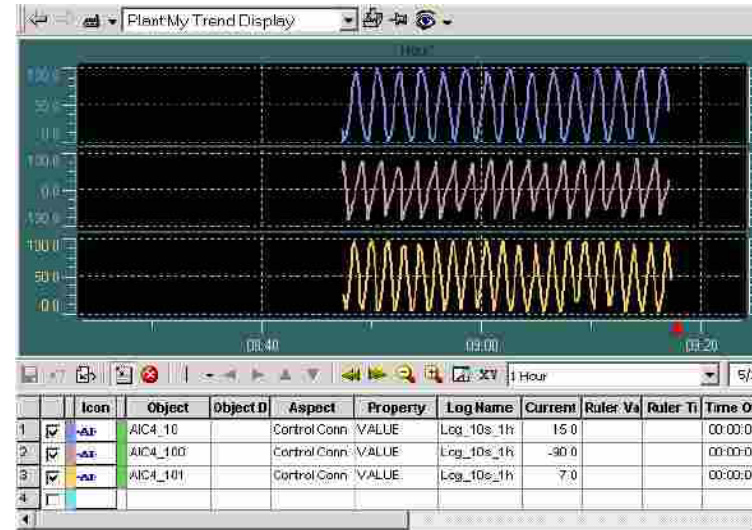


Funkcionalnost SCADA sistema

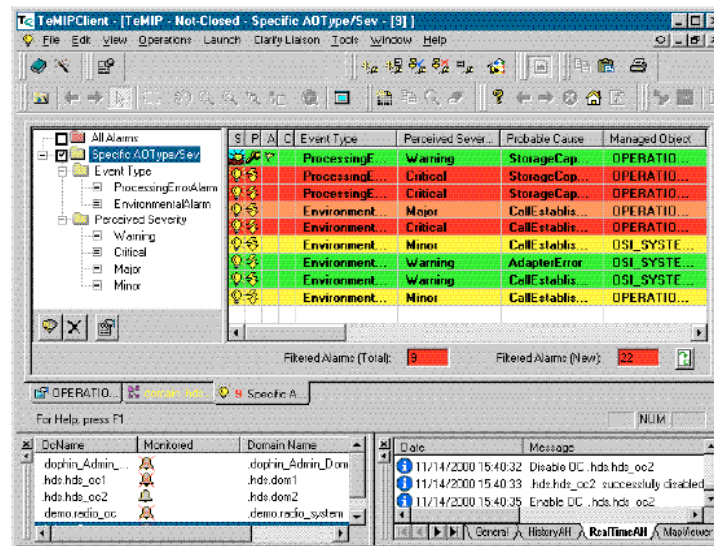
Operator – tri glavne funkcije



trenutno stanje



kretanja (trendovi) i historija



S	P	A	C	Event Type	Perceived Sever...	Probable Cause	Managed Object
●	●	●	●	ProcessingE...	Warning	StorageCap...	OPERATIO...
●	●	●	●	ProcessingE...	Critical	StorageCap...	OPERATIO...
●	●	●	●	Environment...	Major	CallE stablis...	OPERATIO...
●	●	●	●	Environment...	Critical	CallE stablis...	OPERATIO...
●	●	●	●	Environment...	Minor	CallE stablis...	OSI_SYSTE...
●	●	●	●	Environment...	Warning	AdapterError	OSI_SYSTE...
●	●	●	●	Environment...	Warning	CallE stablis...	OSI_SYSTE...
●	●	●	●	Environment...	Minor	CallE stablis...	OPERATIO...

DCName	Monitored	Domain Name	Date	Message
doprin_Admin...	●	doprin_Admin_Dom	11/14/2000 15:40:32	Disable DC: hds.hds_oo2
hds.hds_oo1	●	hds.dom1	11/14/2000 15:40:33	hds.hds_oo2 successfully disabled
hds.hds_oo2	●	hds.dom2	11/14/2000 15:40:35	Enable DC: oob2

alarmi i događaji

Funkcionalnost SCADA sistema

HMI za postrojenje (HMI-P)



Prikaz stanja postrojenja	<ul style="list-style-type: none">• Lampa, instrumenti, imitirane pločice• Ekran, foto, pan, standardne prezentacije• Aktualizacija vrijednosti u prozorima• Prikaz trendova i alarma• Prikaz poruka održavanja
Protokol stanja postrojenja	Snimanje procesnih varijabli i događaja sa vremenskom ovjerom
Dijalog sa operatorom	Upis teksta, provjera i potvrda
Direktne komande	Pritisak dugmeta, dodir ekrana ili tastature
Snimanje svih manipulacija	Snimanje svih komandi i posebno kritičnih operacija (zatvaranje prekidača)
Označavanje objekata	Zaključavanje objekata i komandi
Administracija	Ispravan pristup, sigurnosne razine
On-line pomoć	Konstrukcija crteža, internet pristup.

Funkcionalnost SCADA sistema

HMI za inženjering (HMI-E)



Konfiguracija postrojenja

- Povezivanje novih uređaja
- Pridruživanje imena i adresa uređajima
- Program, dostavljanje i popravka uređaja

Izgled (oblik) ekrana i tastature

Elementi slike, slikovne varijable, pridruživanje varijabli funkcijama

Definiranje komandnih sekvenci

Komandni jezik

Definiranje protokola

Šta je događaj i kako ga treba registrirati?

Parametriziranje front-end uređaja

Referentne vrijednosti, limiti, koeficijenti

Dijagnostička pomoć

Zapisivanje situacija kvara, lokalizacija kvara, rukovanje redundancijom

Većina se koristi tokom inženjerske i faze opremanja (izgradnje), kasnije samo za održavanje i modifikacije postrojenja.

Koristi se često u fleksibilnoj proizvodnji i tvorničkoj automatizaciji.

Funkcionalnost SCADA sistema

Primjer lokalne operatorske konzole



Funkcionalnost SCADA sistema

Funkcije operatorskog sučelja

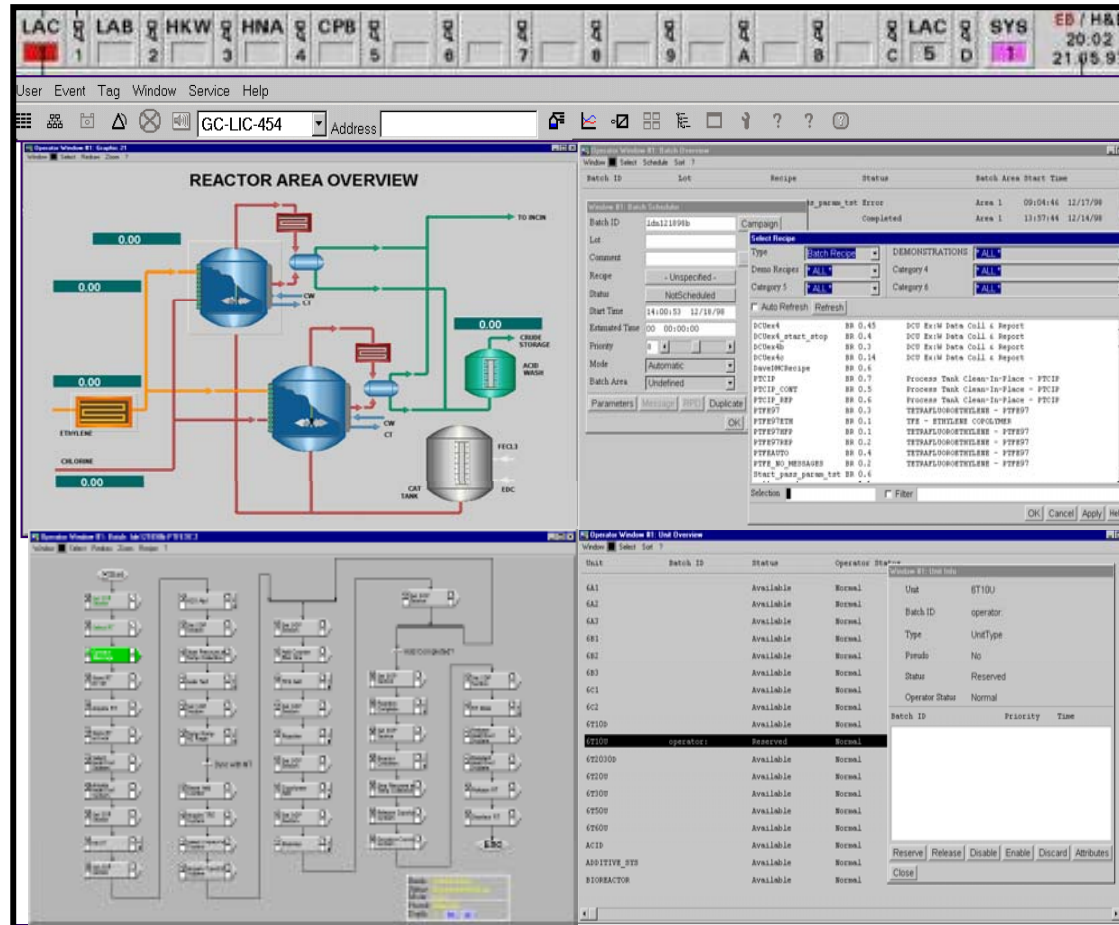


27/60

- Grafika procesa
- Rukovanje (upravljanje) događajem/alarmom
- Kretanja (trendovi)
- Historija
- Integracija kontrolera
- Upustva

Funkcionalnost SCADA sistema

Grafika procesa



The screenshot displays a SCADA system interface with multiple windows. The top window shows a 'REACTOR AREA OVERVIEW' with a process flow diagram involving tanks, pipes, and valves. Below this, there are several data windows:

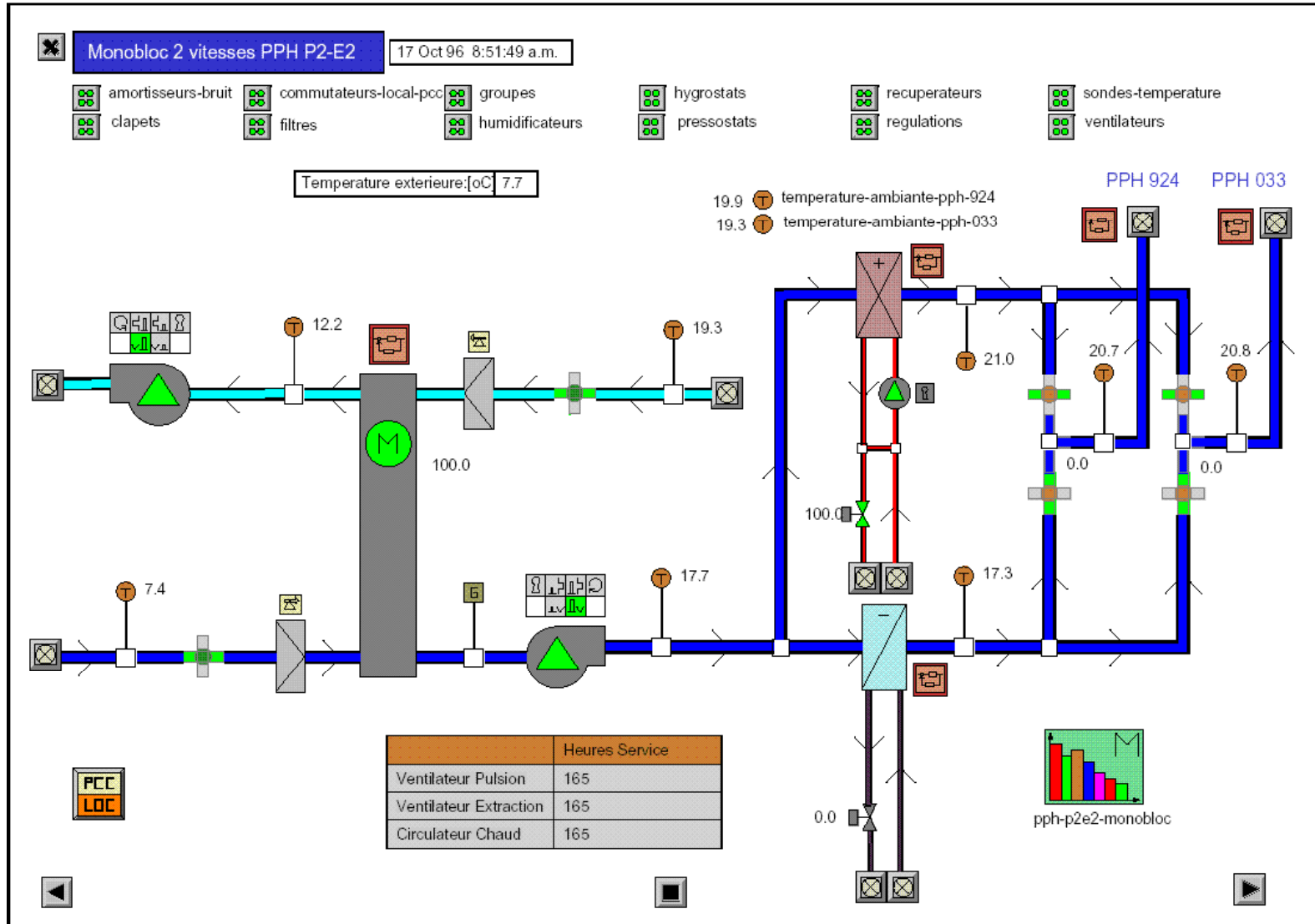
- Batch Schedule:** A table listing batch IDs, lots, recipes, and statuses.
- Batch Details:** A window showing parameters for a specific batch, including start time, estimated time, and various process steps.
- Unit Overview:** A table listing units (G11, G12, G13, etc.) and their operator status.

Trendovi:

Iščezavanje korisničkih HMI-ova, povećanje pristupa preko Windows-a (Internet Explorer), unos podataka pomoću tastature, ekrani na dodir, praćenje kuglicom (rijetko miš), dugmad (jak osjećaj).

Funkcionalnost SCADA sistema

Grafika procesa – primjer: EPFL klima (air condition)



Funkcionalnost SCADA sistema

Grafika procesa – primjer



SCHLAPPIN [1] - MicroSCADA

Steuerung Optionen Dateneingabe Listen Stationen Tools Hilfe

99-08-04 14:07 Betriebsprotokoll Mittwoch (W31)

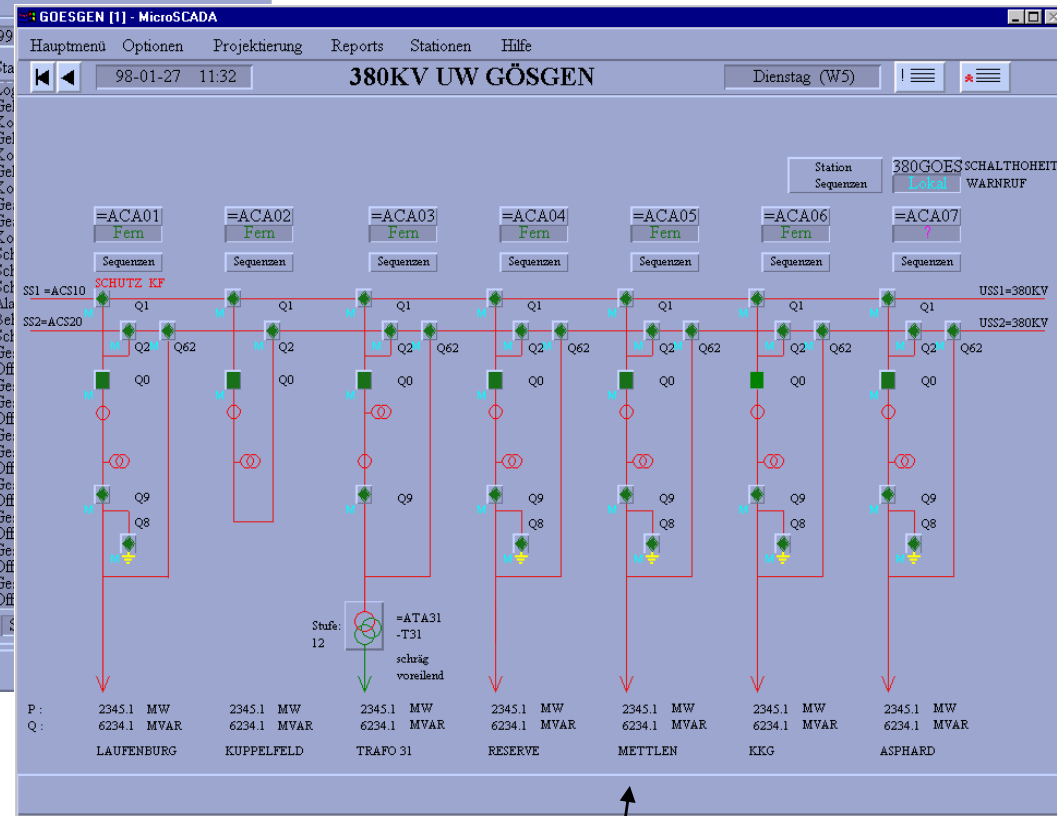
Reignisse von: 99-08-03 bis: 99-08-03 Intervall von: 99-08-03 bis: 99

Date	Time	Object Id	Object Text	Sta
99-08-03	13:17:18.412	SCS	Monitor 7	Benutzer: SCHLAPPIN
13:43:13.097	KW S	GENERATOR	REC	RM Hand ein
13:43:28.660	KW S	GENERATOR	REC	RM Hand ein
13:43:34.688	KW S	GENERATOR	REC	RM Hand ein
13:43:38.093	KW S	GENERATOR	REC	RM Hand ein
13:43:42.630	KW S	GENERATOR	REC	RM Hand ein
13:43:45.854	KW S	GENERATOR	REC	RM Hand ein
13:46:20.897	KW S	TURBINE	DTL	DTL startbereit
13:46:31.062	KW S	TURBINE	DTL	DTL startbereit
13:49:47.404	KW S	TURBINE	DTL	DTL o.k.
13:49:51.340	KW S	TURBINE	DTL	DTL o.k.
14:05:32.163	KW S	TURBINE	DTL	DTL o.k.
14:34:28.670	KW S	GENERATOR	REG	N.S Lager Vibration Alarm
14:38:27.774	KW S	GENERATOR	REG	N.S Lager Vibration Alarm
14:38:31.148	KW S	GENERATOR	REG	N.S Lager Vibration Alarm
14:43:44.879	KW S	GENERATOR	REG	A.S Lager Vibration Alarm
14:50:36.982	KW S	SCHLAPPIN	REC	Position Schieber 1
14:50:43.582	KW S	SCHLAPPIN	REC	Position Schieber 1
14:50:47.487	KW S	SCHLAPPIN	REC	Position Schieber 1
14:50:52.745	KW S	SCHLAPPIN	REC	Position Schieber 1
14:50:57.532	KW S	SCHLAPPIN	REC	Position Schieber 1
14:51:01.848	KW S	SCHLAPPIN	REC	Position Schieber 1
14:51:16.319	KW S	SCHLAPPIN	REC	Position Schieber 1
14:51:21.005	KW S	SCHLAPPIN	REC	Position Schieber 1
14:51:42.126	KW S	SCHLAPPIN	REC	Position Schieber 1
14:51:48.275	KW S	SCHLAPPIN	REC	Position Schieber 1
14:51:57.768	KW S	SCHLAPPIN	REC	Position Schieber 1
14:52:01.484	KW S	SCHLAPPIN	REC	Position Schieber 1
14:52:04.238	KW S	SCHLAPPIN	REC	Position Schieber 1
14:55:22.913	KW S	SCHLAPPIN	REC	Position Schieber 1
14:55:31.636	KW S	SCHLAPPIN	REC	Position Schieber 1
14:55:44.935	KW S	SCHLAPPIN	REC	Position Schieber 1

Filter Inaktiv Modus: Nicht aktualisieren Scroll Interval: 1 Seite(n)

Neue Ereignisse - zum Anzeigen Modus "Aktualisieren" wählen

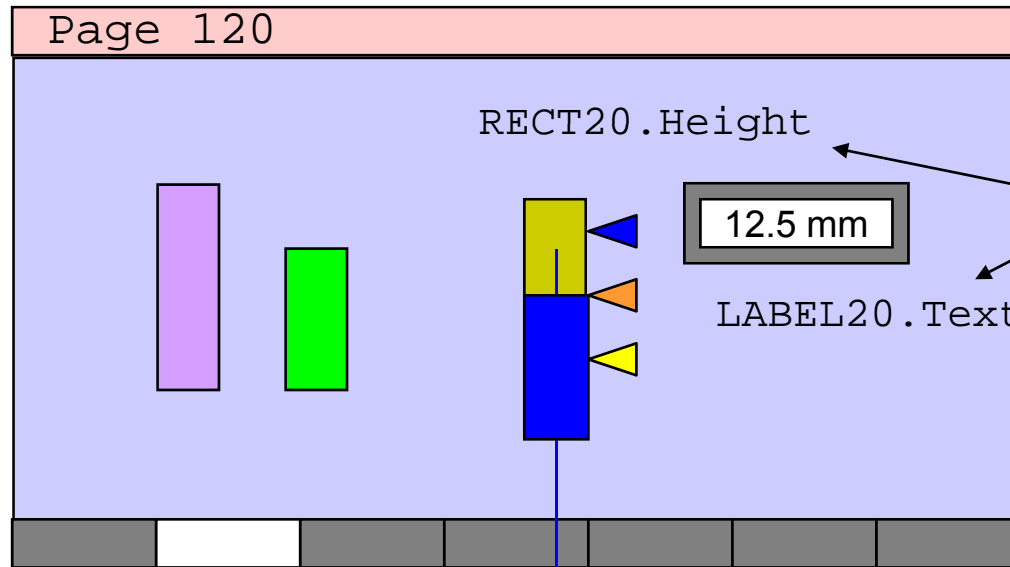
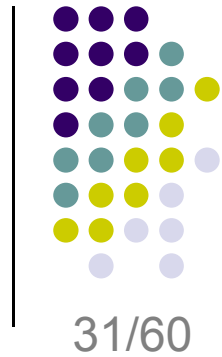
bilježnica (log)



pogled (view)

Funkcionalnost SCADA sistema

Povezivanje i skaliranje



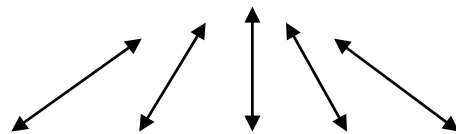
ime objekta na stranici ekrana

- Tip objekta
- Binarni (BOOLEAN1)
- Analogni (REAL32)
- Poruka (STRING)

skaliranje $0..50.0 = 0..20 \text{ mm}$

aFlowHCL10

ime objekta u bazi podataka



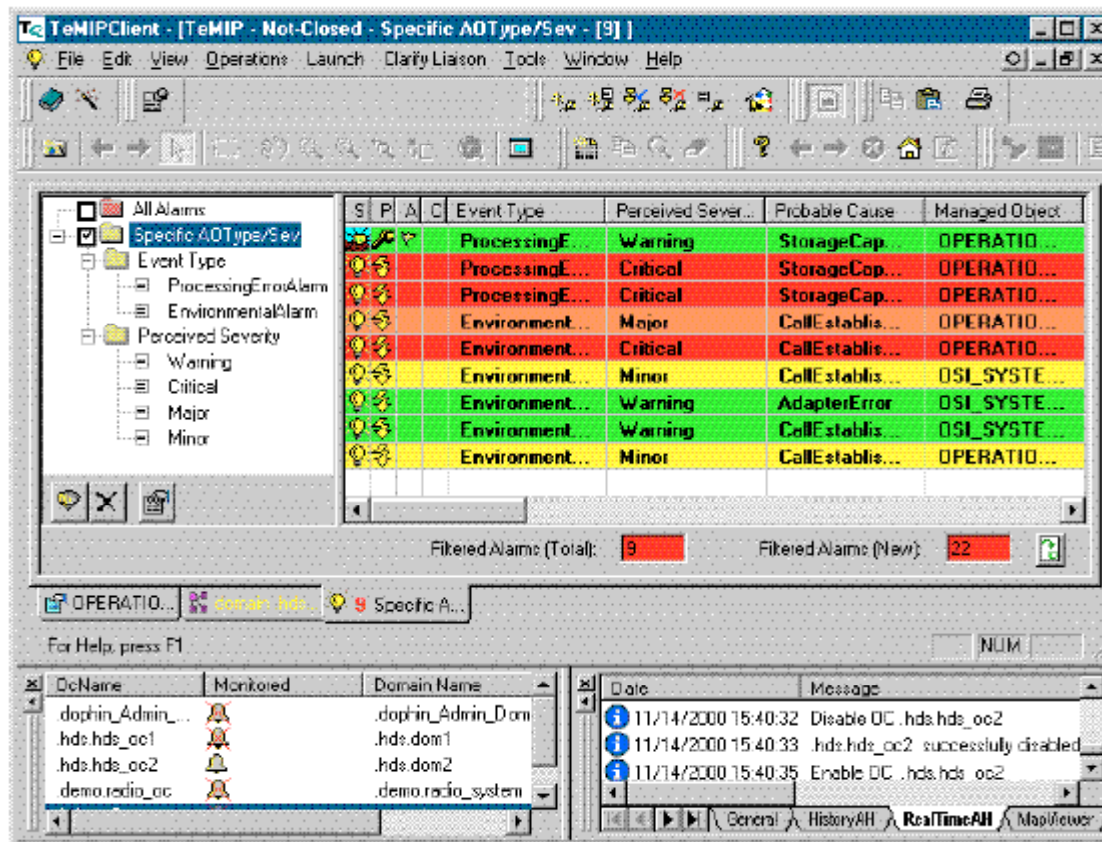
u bazu podataka

Svaki objekt za prikaz može prikazati nekoliko procesnih varijabli.

Funkcionalnost SCADA sistema

Upravljanje alarmima i događajima

- ❑ Rukovanje alarmom zasniva se na ograničenju ili statusu provjere i obavlja se u serverima podataka.
- ❑ Logički se alarmom upravlja centralizirano, tj. informacije se nalaze na jednom mjestu i svi korisnici vide isti status (npr. status provjere).
- ❑ Također moguća podrška više razina prioriteta alarma (mnogo više od tri razine).



The screenshot shows the TeMIPClient interface with a table of alarms. The table has columns for S, P, A, C, Event Type, Perceived Sever..., Probable Cause, and Managed Object. The data is as follows:

S	P	A	C	Event Type	Perceived Sever...	Probable Cause	Managed Object
				ProcessingE...	Warning	StorageCap...	OPERATIO...
				ProcessingE...	Critical	StorageCap...	OPERATIO...
				ProcessingE...	Critical	StorageCap...	OPERATIO...
				Environment...	Major	CallEtablis...	OPERATIO...
				Environment...	Critical	CallEtablis...	OPERATIO...
				Environment...	Minor	CallEtablis...	OSI_SYSTE...
				Environment...	Warning	AdapterError	OSI_SYSTE...
				Environment...	Warning	CallEtablis...	OSI_SYSTE...
				Environment...	Minor	CallEtablis...	OPERATIO...

Filtered Alarms (Total): 9 Filtered Alarms (New): 22

For Help, press F1

DcName	Monitored	Domain Name
dolphin_Admin...		.dolphin_Admin_Dom
hds.hds_oc1		.hds.dom1
hds.hds_oc2		.hds.dom2
demo.radio_oc		.demo.radio_system

Date	Message
11/14/2000 15:40:32	Disable OC .hds.hds_oc2
11/14/2000 15:40:33	hds.hds_oc2 successfully disabled
11/14/2000 15:40:35	Enable OC .hds.hds_oc2

- vremenu ovjere odgovara vrijeme dolaska (ili događanja)
- kategorizirani prioritetima
- zabilješke za buduću upotrebu
- potvrđivanje alarma
- višestruka prevencija sa istim alarmima
- uklanjanje alarma sa zaslona kada se pojavi jedan razlog za nestajanje (ali ga zadržati u bilježnici)
- veza za jasno objašnjenje teksta

Funkcionalnost SCADA sistema

Šta je alarm, a šta događaj?

- ❑ Alarm i događaj razmatraju promjene koje se događaju u postrojenju (procesu) ili u sistemu upravljanja (operatorske akcije, promjene konfiguracije,...) koje zaslužuju da budu zapisane (pohranjene).
- ❑ Zapisane promjene mogu biti jedne od sljedeće tri vrste:
 - **informativne**: ne zahtijeva se akcija (npr. "*production terminated at 11:09*")
 - **upozorenje**: proces može stati ili može se desiti kvar ako se “uskoro” ne poduzme ispravna akcija (npr. "*toner low*")
 - **blokada**: kontroler poduzima akciju da zaštiti proces (postrojenje) i buduća operacija je zaštićena dok je razlog jasan (npr. "*paper jam*")
- ❑ Općenito, alarmi upozorenja i blokade trebaju biti potvrđeni od strane operatora ("quittancer", "quittieren").
- ❑ Alarm nije obavezno (neminovno) urgentan, nekoliko razina “strogosti” može biti definirano.
- ❑ Događaj je promjena povezana sa:
 - **akcijama operatora** ("*grid synchronisation performed at 14:35*"),
 - **konfiguracijskim promjenama** ("*new software loaded in controller 21*"), i
 - **sistemskim greškama** ("*no life sign from controller B3*")



Funkcionalnost SCADA sistema

Šta trigeruje alarm?

- Promjene binarnih procesnih varijabli (pojedinačni bitovi), neke varijable posvećuju se da budu alarmi.
- Prijem analogne varijable koja prelazi neki prag (gornja granica, donja granica), granice se definiraju u operatorskim radnim stanicama.
- Prijem poruke alarma (od PLC-a koji generira takve poruke).
- Računanja u operatorskim radnim stanicama (npr. mogući gubici kvaliteta ako se trenutni trend nastavi (zadrži)).
- Kalendarske akcije (npr. jedinica 233 nije imala preventivno održavanje zadnja tri mjeseca).



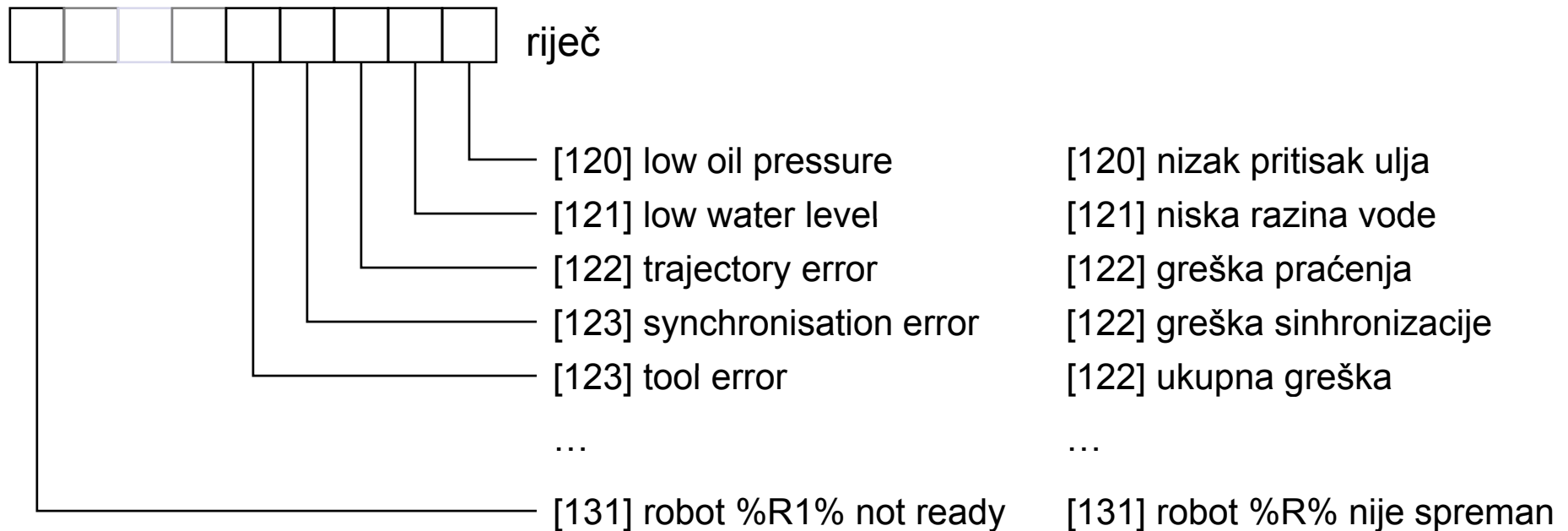
Funkcionalnost SCADA sistema

Implementacija alarma pomoću varijabli



35/60

- ❑ Alarm se često kodira kao 16-bitna riječ poslana pomoću objekta (PLC) u proces.
- ❑ Svaki bit ima različito značenje, uvjet greške se resetira kada je riječ 0.



- ❑ Ovo kodiranje omogućuje prikaz poruke greške u nekoliko nacionalnih jezika.
- ❑ Baza podataka sadrži prijevode.
- ❑ Problem: sačuvati tabele uređaja i alarma sinhroniziranim u operatorskoj radnoj stanici.

Funkcionalnost SCADA sistema

Primjer bilježnice (log): stanja, alarmi

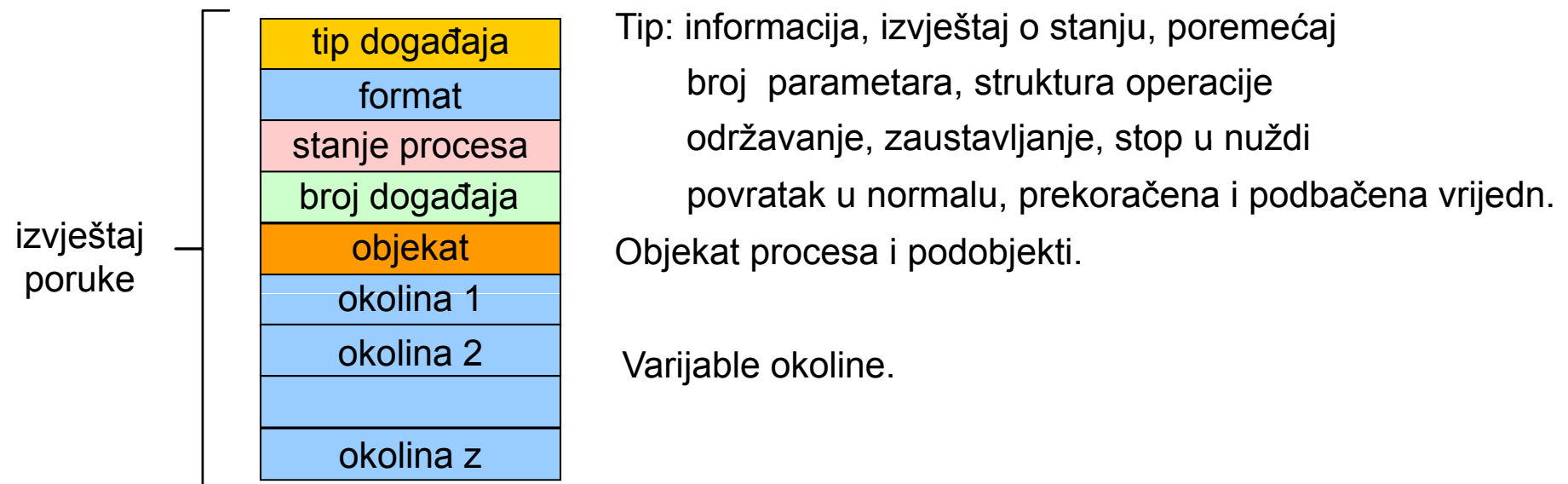


12.3.02 13:40	Gpcpt2ofpbonne	4824	GP : Compteur 2 Ordre de Fabrication Piece bonne MD
12.3.02 13:40	Cpt2bac	50	Compteur pieces dans bac
12.3.02 13:40	Gpcpt2bac	70	
12.3.02 13:40	Gpcptbe2	45	GP Compteur pieces B equipe 2
12.3.02 13:41	Gpcpt1bac	151	
12.3.02 13:41	Gpcpt1ofpbonne	4826	GP : Compteur 1 Ordre de Fabrication Piece bonne MD
12.3.02 13:41	Gpcptae2	45	GP Compteur pieces A equipe 2
12.3.02 13:41	Cpt1bac	49	Compteur pieces dans bac
12.3.02 13:41	Gpdefr2	64	MOT32_GP
12.3.02 13:41	Gpvoydef	2	
12.3.02 13:41	Gpr3tempcycleprd	318	GP : Mot R3 Temps de Cycle de Production
12.3.02 13:42	Gpstn1e1	16	GP : [Stn1E1] Affichage des informations des présences pièces (outillage 1)
12.3.02 13:42	Gpalarme1	0	GP : Mot 1 alarme
12.3.02 13:42	Gpalarme2	0	GP : Mot 2 alarme
12.3.02 13:42	Gpstn1e1	240	GP : [Stn1E1] Affichage des informations des présences pièces (outillage 1)
12.3.02 13:43	Gpetatmodemarche	2	GP : Etat du mode de marche: MANUAL
12.3.02 13:43	Gptpscycle	1346	GP Temps de cycle cellule
12.3.02 13:43	Gpetatmodemarche	1	GP : Etat du mode de marche
12.3.02 13:43	Gpdefgene1	16	MOT1: Arret d'urgence robot 3
12.3.02 13:43	Gpetatmodemarche	0	GP : Etat du mode de marche
12.3.02 13:43	Gptpscycle	317	GP Temps de cycle cellule
12.3.02 13:43	Gpdefr2	0	MOT32_GP
12.3.02 13:43	Gpvoydef	0	
12.3.02 13:43	Gpdefgene1	0	MOT1
12.3.02 13:44	Gpetatmodemarche	1	GP : Etat du mode de marche: AUTOMATIQUE
12.3.02 13:44	Gpr2tempcycleprd	1992	GP : Mot R2 Temps de Cycle de Production
12.3.02 13:44	Gptpscycle	435	GP Temps de cycle cellule
12.3.02 13:44	Gpalarme3	1	GP : Mot 3 alarme
12.3.02 13:44	Gpalarme4	1	GP : Mot 4 alarme
12.3.02 13:44	Gpalarme3	0	GP : Mot 3 alarme
12.3.02 13:44	Gpcpt2ofpbonne	4823	GP : Compteur 2 Ordre de Fabrication Piece bonne MD

Funkcionalnost SCADA sistema

Alarmne poruke

- ❑ Kako propusni pojas postaje dostupniji, uređaji mogu slati alarmne i događajne poruke umjesto alarmnih varijabli.
- ❑ Ove poruke uključuju detalje o alarmu i posebno informacije o okolini (unutar kojih okolnosti se alarm dogodio).

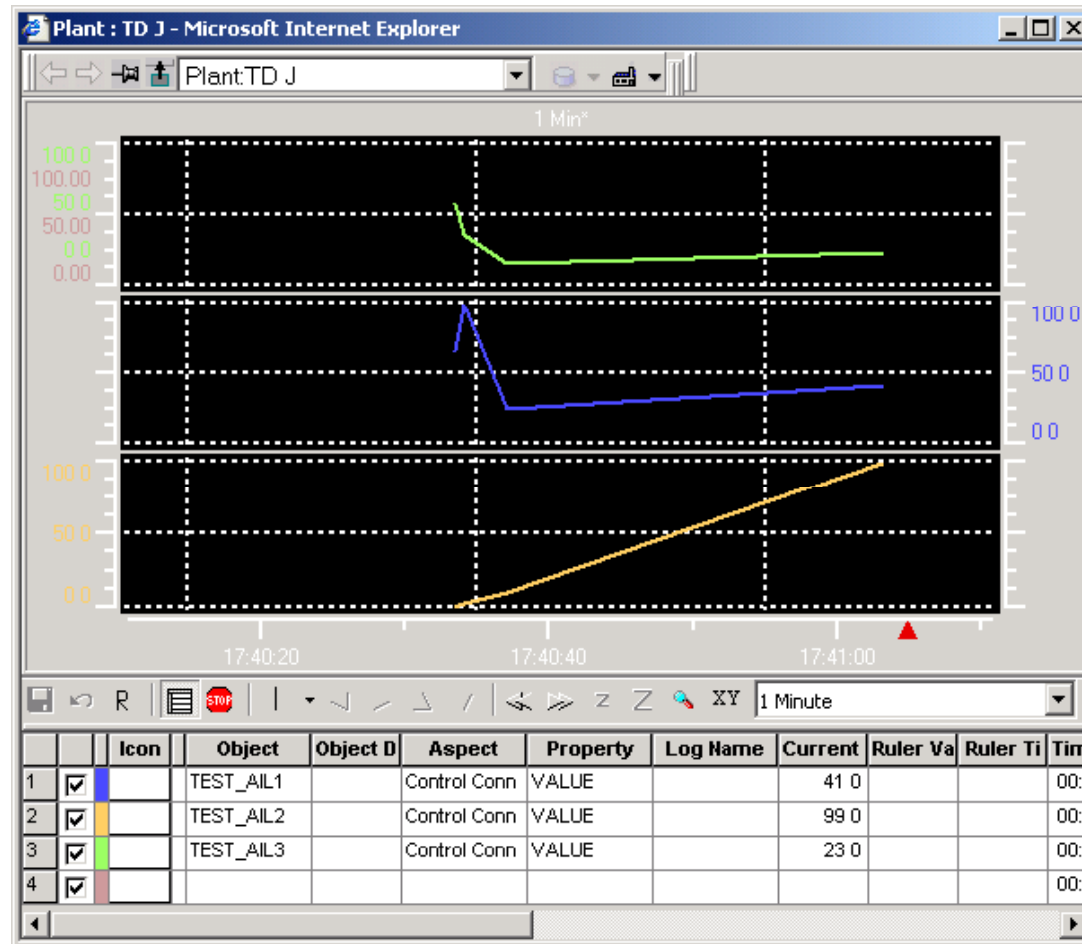


- ❑ Vrijednosti varijable su uključene kada se raščlanjuju “multi-lingual human-readable” poruke

"robot 5 na ćeliji 31, motor 3 pregrijan (96°)."

Funkcionalnost SCADA sistema

Trendovi (kretanja)



- Trendovi osiguravaju praćenje ponašanja procesa i nadziranje mogućih digresija.
- Nadzirani procesni podaci (uzorkovani ili događajno-upravljeni) pohranjuju se u historijsku bazu podataka.
- Problem: veličina baze podataka (GB / mjesec)

Funkcionalnost SCADA sistema

Historija (histogram)

- ❑ Histogram čuva relevantne procesne podatke na nižoj granularnosti nego što su trenutno dostupni pohranitelji, međutim on osigurava veliki kvalitet.

- ❑ Podaci iz različitih izvora su sakupljeni u jednu bazu podataka, normalno korištenjem kompresije podataka kako bi se zadržali niski troškovi pohrane.

- ❑ Podaci se analiziraju u skladu sa "calculation engines" da bi se dobila "metrika":
 - indikacija performansi,
 - nadziranje kvaliteta,
 - analiza situacija (zašto skupina A radi bolje od skupine B).

- ❑ Gradnja sistema revizije: "ko šta radi, gdje i kada", posebno u skladu sa regulativama (npr. administracija za hranu i lijekove CFR 11).
- ❑ Primjeri:
 - ABB's Information Manager
 - GE's iHistorian 2.0
 - Siemens's WinCC-Historian



Funkcionalnost SCADA sistema

Dodatne funkcije

- Printanje bilježnica i alarma (hard-copy).
- Izvještavanje.
- Prikaz dokumentacije i on-line pomoć.
- Email i SMS, zvuk, video (webcams).
- Pristup bazama podataka (npr. vremenska prognoza).
- Optimizacija funkcija.
- Komunikacija sa drugim kontrolnim centrima.
- Osobno i proizvodno planiranje (može biti na drugim radnim stanicama).



40/60

Funkcionalnost SCADA sistema

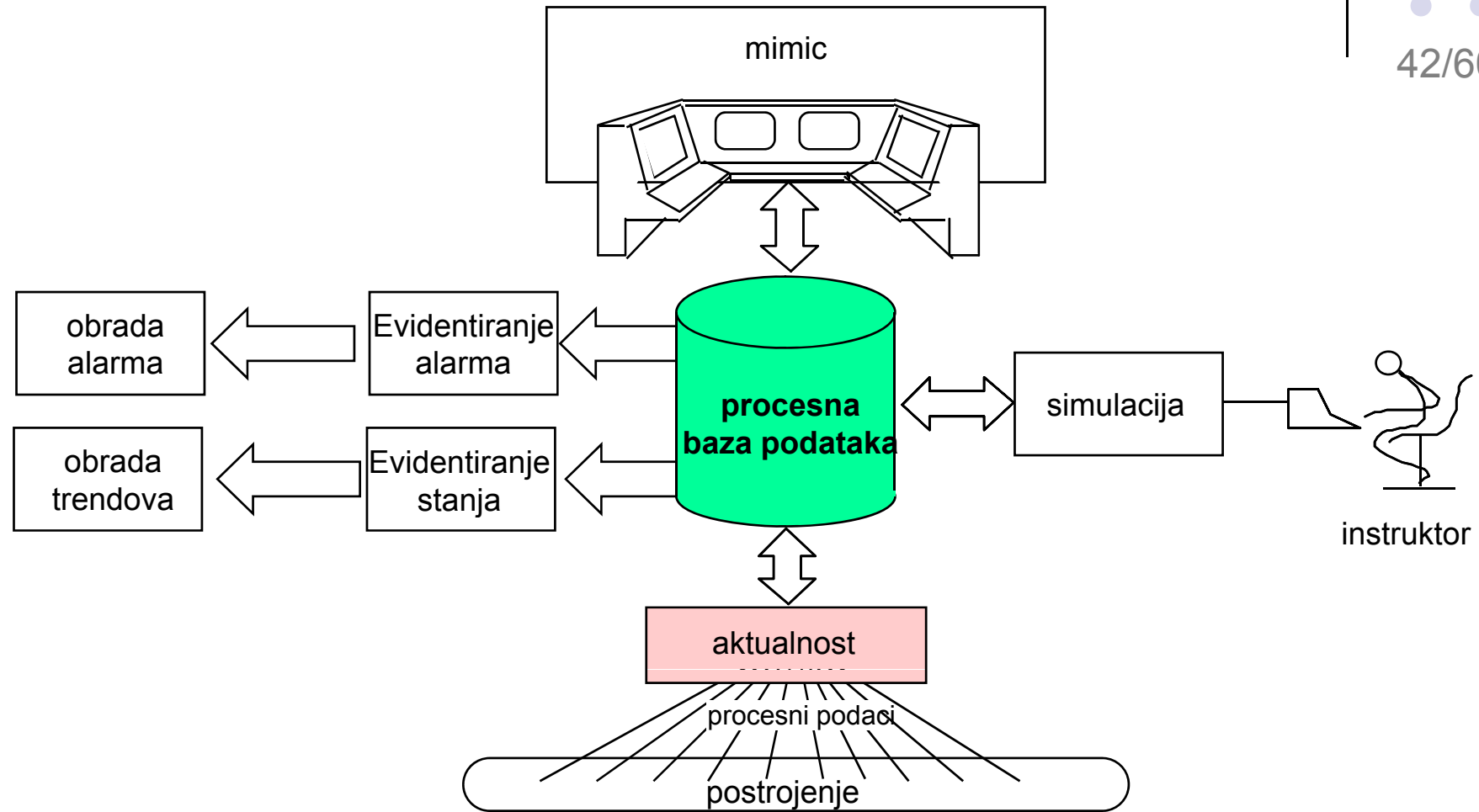
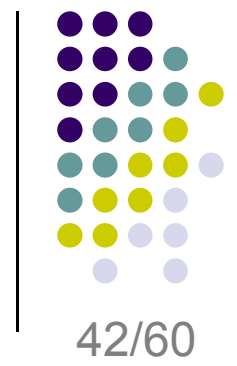
Inženjerski alati

- Crtanje objekata.
- Povezivanje regulatora sa varijablama.
- Definiranje izvještaja i bilježnica.
- Definiranje upustava (=macros).
- Distribuiranost SCADA aplikacija (na nekoliko računara,...).
- Podrška za "fault-tolerance" i "back-ups".
- Definiranje sučelja za vanjske softvere (SQL, SAP, itd.)



12.4. Operatorska radna stanica

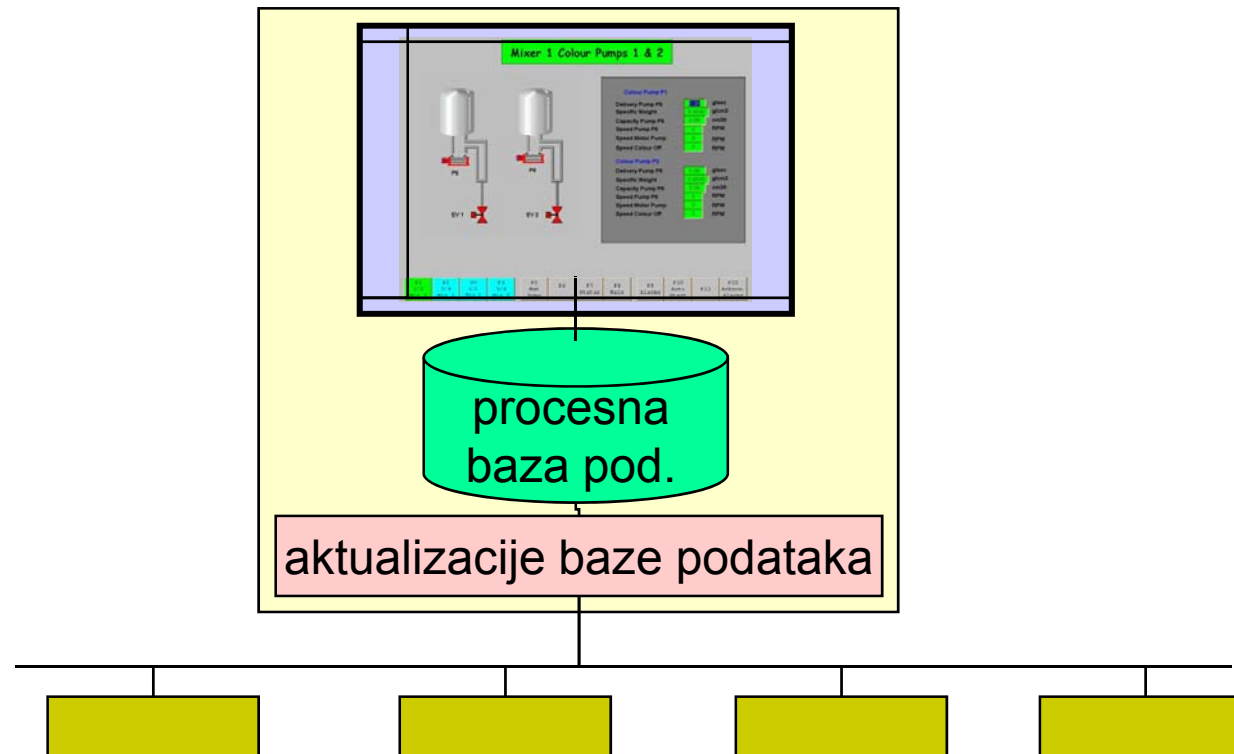
Elementi operatorske radne stanice



Operatorska radna stanica

Sadržaj procesne baze podataka

- ❑ Procesni podaci predstavljaju trenutno stanje postrojenja.
- ❑ Starije vrijednosti nisu relevantne i zamjenjuju se novim.
- ❑ Procesni podaci se aktualiziraju sa jednim od dva načina:
 - glasanjem (ekran “pravilno privlači” podatke iz baze podataka (ili iz uređaja),
 - događajima (uređaji šalju podatke, koji se mijenjaju, u bazu podataka, koji trigeruju ekran).



Operatorska radna stanica

Dizajniranje operatorske radne stanice



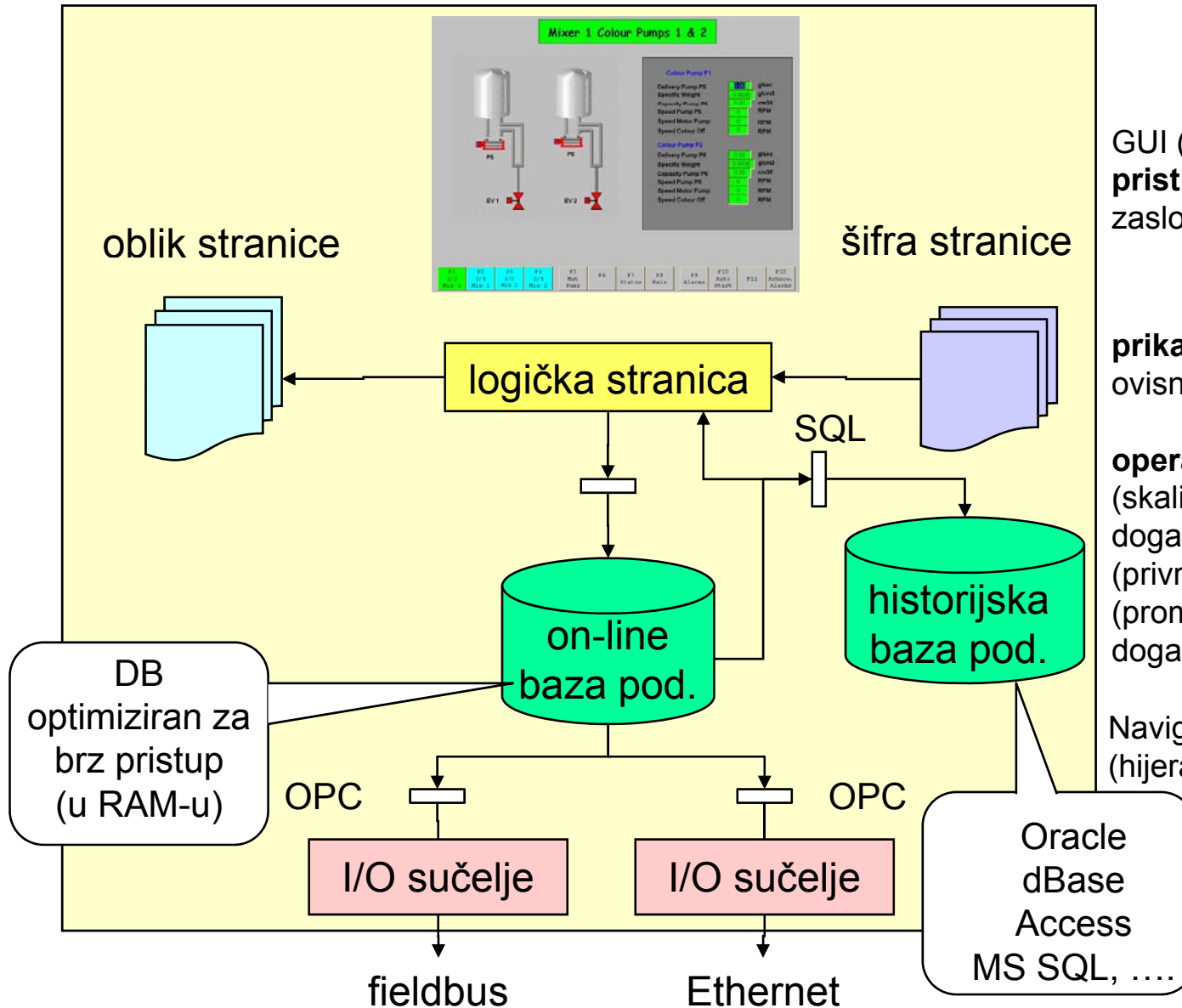
44/60

GUI (Graphical User Interface) **pristup** sa tastature, miša, kuglice, zaslona dodira, olovke.

prikaz vrijednosti, boja, oblika ovisno o vrijednosti varijable

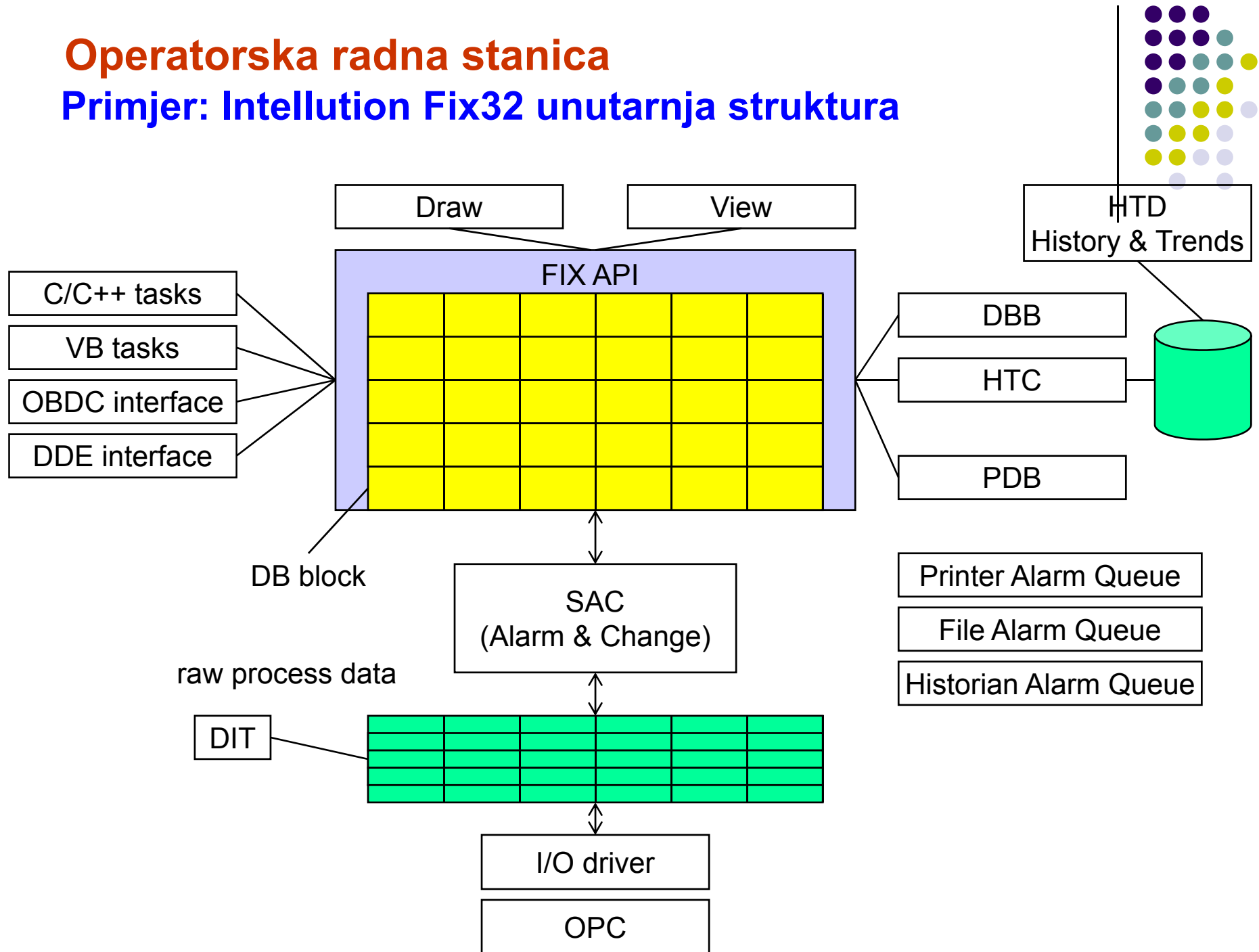
operacije na vizuelnim objektima (skaliranje, kombiniranje, događaji) i na simuliranim (privremenim) objektima (promjena stranice, sekvenca događaja,...).

Navigacija od stranice do stranice (hijerarhijska, pretraživanje,...)



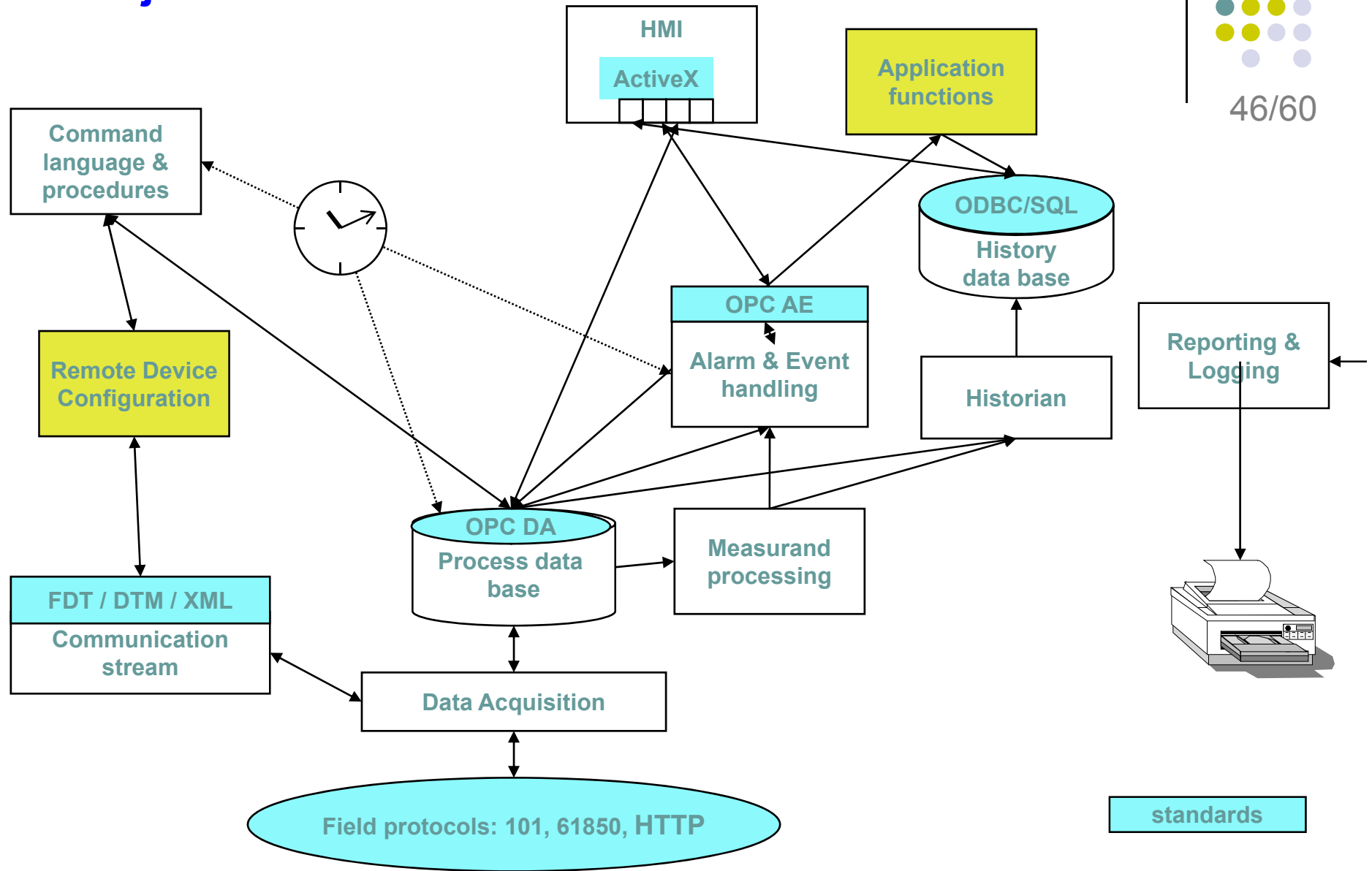
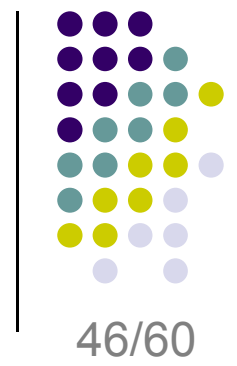
Operatorska radna stanica

Primjer: Intellution Fix32 unutarnja struktura



Operatorska radna stanica

Primjer: SCADA SW struktura



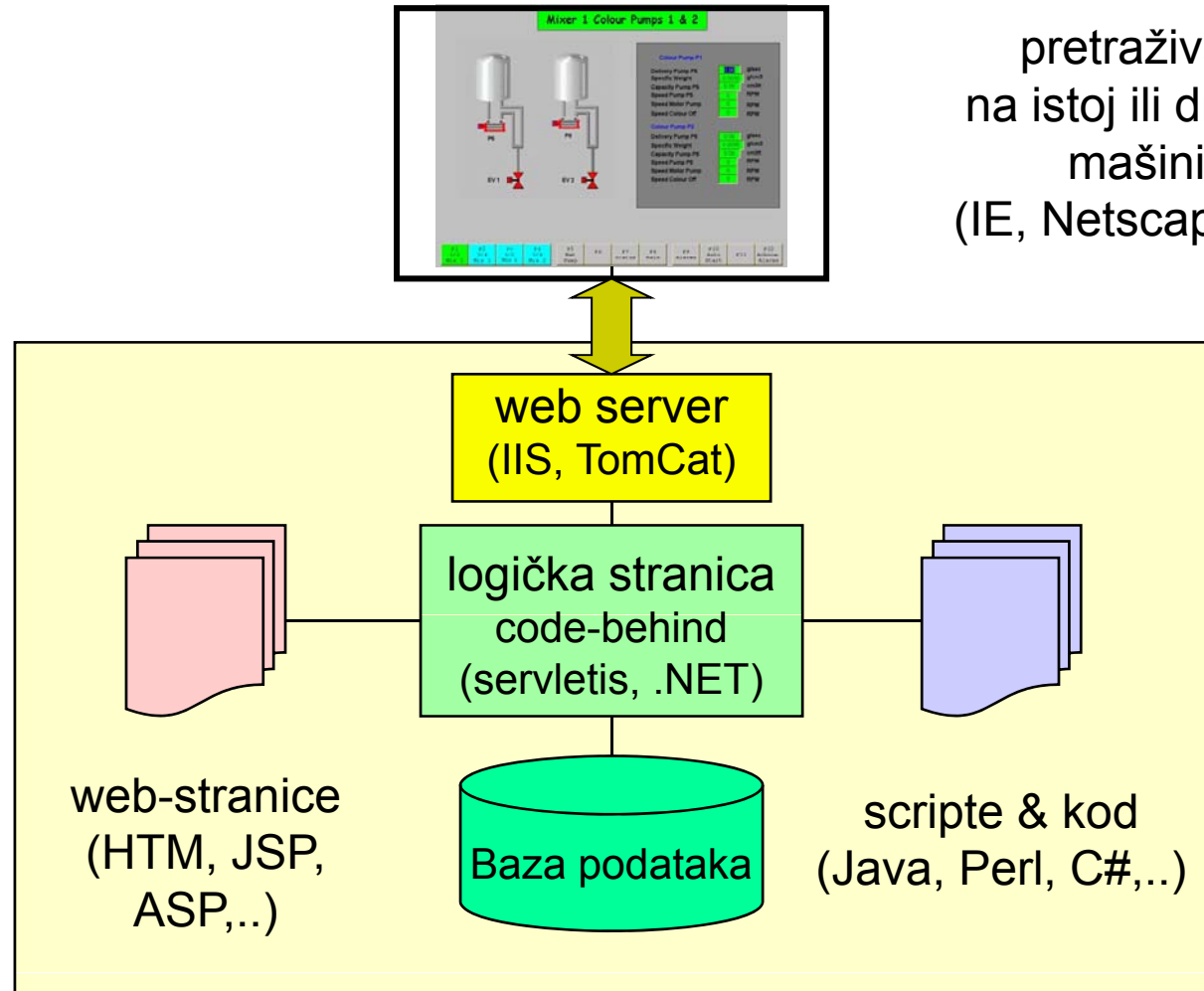
Operatorska radna stanica

“Model-Viewer-Controller”: od E-trgovine do ekrana operatora



47/60

pretraživač
na istoj ili drugoj
mašini
(IE, Netscape,...)



osnovna struktura je ista....

Operatorska radna stanica

Zašto se ne koristi Microsoft .NET?

Vrijednost vizualizacijskih alata nije u osnovnoj platformi (koja je često Microsoft, Java, .NET ili slično) ...

... već u nagomilavanju alata i sučelja za različite sisteme upravljanja koje oni nude.

Neki (Iconics) nude biblioteku ActiveX – Automatsko upravljanje reprezentativnim objektima.

Protokoli za brojne komercijalne PLC-ove se zahtijevaju (Scneider Electric, ABB, Siemens, GE,...)

Postoji ogromna sličnost između proizvoda za SCADA i E-trgovinu, ali svaki je optimiziran za drugo tržište.



Operatorska radna stanica

Zašto ne platforma poduzeća?

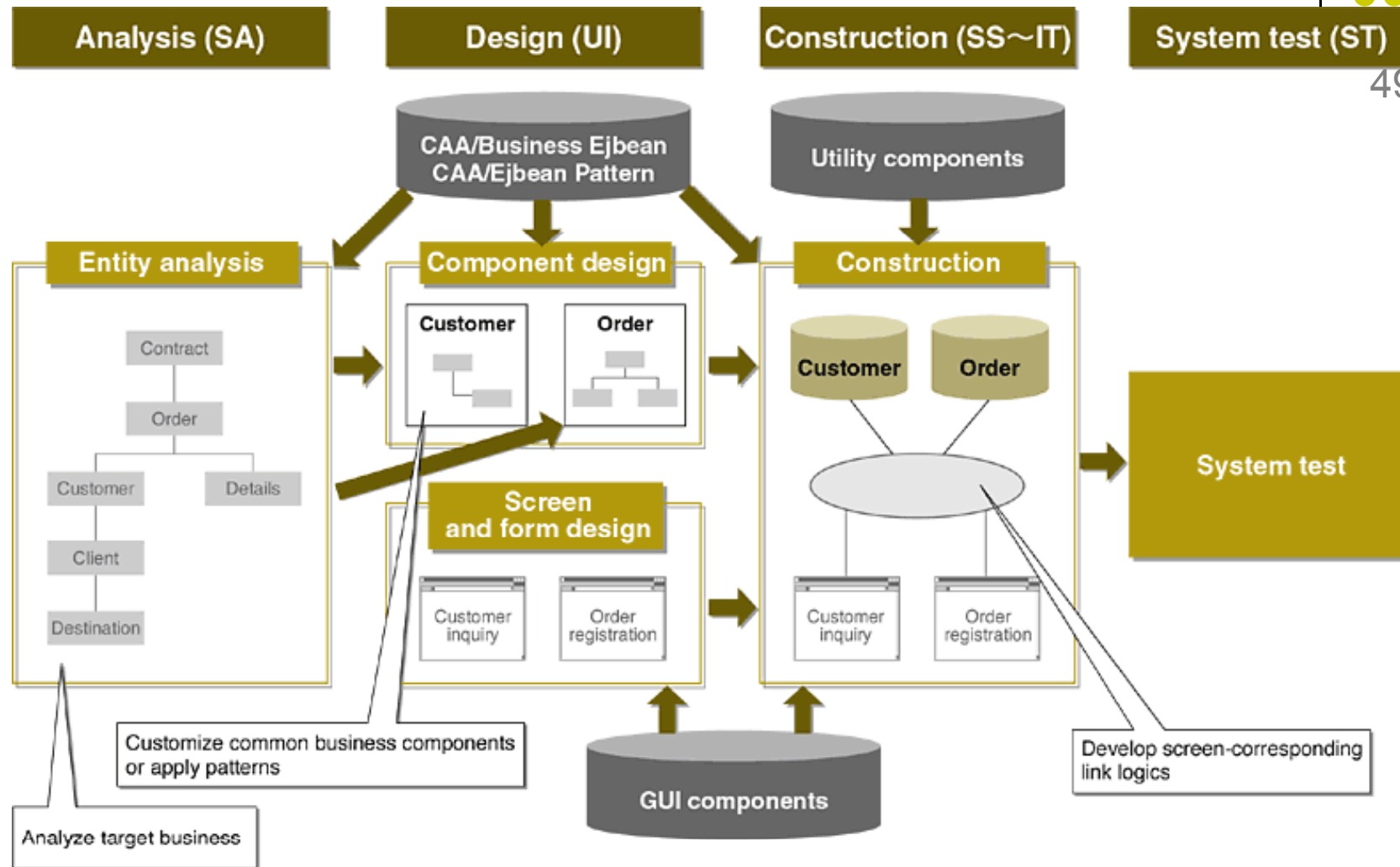
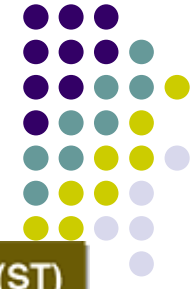


Figure 2. Confirming, selecting, and applying component units (Class chart by UML description).

12.5. Zahtjevi na SCADA sisteme

Kriteriji za izgradnju SCADA sistema

□ Dostupnost

- Mjeri se s obzirom na dostupnost funkcija koje sistem podržava i ovisi o pouzdanosti sklopovlja i programske podrške.

□ Održavanje

- Vrijeme popravka nakon kvara sklopovlja ili programske podrške može se minimizirati ukoliko sistem ima na raspolaganju dobre alate za otkrivanje kvarova.
- Na raspolaganju uvijek treba biti preventivno održavanje, otkrivanje i otklanjanje grešaka, mogućnost promjene prilagodljivih dijelova, nadogradnja, testiranje i poboljšanje bez utjecaja na performanse sistema.

□ Performanse

- Za svaku funkciju sistema SCADA trebaju biti definirana vremena odziva, koja moraju djelovati u skladu sa načinom rada sistema i njegovim upravljanjem.
- Vrijeme odziva definiramo kao duljinu vremenskog intervala kod svih izlaznih rezultata.



Zahtjevi na SCADA sisteme

Kriteriji za izgradnju SCADA sistema

□ Proširivost

- Određena je sa mogućnošću dodavanja novih radnih tačaka, funkcija, i/ili opreme u sistem, kao i sa količinom vremena potrebnom za to dodavanje.
- Primjeri ograničenja proširljivosti su :
 - raspoloživi fizički prostor,
 - kapacitet izvora napajanja,
 - disipacija topline,
 - broj procesora i njihova procesna moć,
 - kapaciteti memorija svih vrsta,
 - sklopovska, protokolna i programska ograničenja broja radnih tačaka,
 - ograničenja na procedure, adrese, oznake ili međuspremnikе,
 - duljine sabirničkih linija, opterećenje i promet,
 - neprihvatljiva proširenja vremena reakcija uzrokovana povećanom količinom podataka (dana sa brzinom prijenosa podataka i efikasnošću protokola).

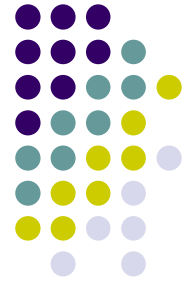


Zahtjevi na SCADA sisteme

Kriteriji za izgradnju SCADA sistema

□ Sigurnost

- Zbog toga što većina računara i procesorskih elektroničkih uređaja imaju mogućnost mrežne komunikacije, važno je obratiti pažnju na sigurnost pristupa tim uređajima.
- Također je važno imati mogućnost definiranja sigurnosnih kategorija za pristup podacima.
- Neki podaci mogu biti raspoloživi širokom krugu korisnika, dok neki drugi podaci moraju imati ograničen pristup zbog opasnosti da dođu u ruke konkurenciji ili drugim problematičnim subjektima.



Zahtjevi na SCADA sisteme

Primjer SCADA zahtjeva

Akcija se temelji na proizvodnim serijama, formiranju nove serije, identifikaciji papira, punjenju pogona stroja.

Povezati na Mitsubishi A seriju i Siemens S7 PLC-ove, pomoću asinhronog ili Ethernet kabela.

Povezati na asinhroni komunikacijski uređaj pomoću ASCII-protokola, npr. F&P Bailey FillMag.

Procesni dijagrami 4-5 kom. uključujući dinamičke displeje za ventile i cilindre 40-50 kom.,

motore 20 kom., grijače 20 kom., termoparove - ulazi 30-40 kom., dodatne analogne ulaze 10 kom

Real-time i historijske trendove 40-50 kom.

Sekvenca prikaza koja uključuje step displeje i satove (klokove).

Prikazati alarmna stanja sa dodatnim pomoćnim prikazima koji uključuju tekst i slike.

Prikazati skup parametara za PID-upravljanje, puneći automate i servo pogone.

Pohraniti evidentirane podatke u prenosive baze podataka.



dosta različito od E-trgovine, ali platforma može biti ista ...

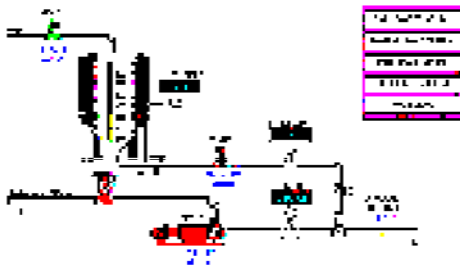
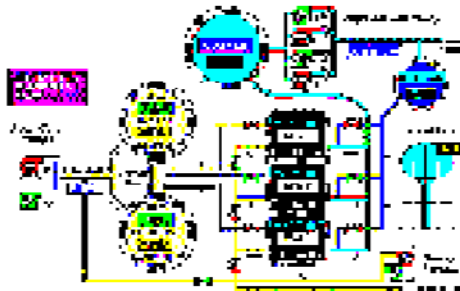
12.6. Wireless SCADA sistemi

- ❑ Wireless SCADA integrira centralni upravljački računar (MTU) sa udaljenim jedinicama (RTU) kako bi osigurao ekonomično nadziranje i upravljanje udaljenih lokacija korištenjem pouzdanih celularnih ili radio veza.
- ❑ Udaljeni sistem može otvarati i zatvarati ventile, uzeti mjerenja i preklapati prekidače pomoću standardnih uređaja.
- ❑ Korisnik postavlja parametre upravljačkog programa koji automatizirano direktno djeluje na udaljeni sistem kako bi preduzeo odgovarajuću akciju.
- ❑ Zetron's RTU i kontroler sistema mogu komunicirati i biti upravljani drugim upravljačkim programima (vendor), upravljačkim procesnim aplikacijama, i sa PLC-ovima preko MODBUS komunikacijskih protokola.
- ❑ Nadogradnja postojećeg SCADA sistema sa Zetron wireless RTU-ovima i kontrolerom.
- ❑ Da bi se postigli zahtjevi za SCADA sisteme (sistemi se protežu od malih sistema koji nadziru nekoliko udaljenih mjesta do velikih sistema koji upravljaju preko 200 udaljenih mjesta), Zetron kombinira fleksibilnost Zetron RTU-ova sa moćnim National Instruments "Lookout" upravljačkim programom.



Wireless SCADA sistemi

Zetron SCADA sistem



Zetron SCADA sistem sastoji se od: Zetron RTU-ova, kontrolera i Lookout Control Program-a (LCP), koji je idealan za sve sisteme bez obzira na veličine (dimenzije).

Lookout SCADA sistem može nadzirati preko 150 mjesta sa 10,000 U/I tačaka.

Lookout je moćan, na Windows-ima temeljen upravljački program proizveden od strane NI-a.

Lookout karakteristike su: korisnički dizajnirani upravljački paneli, sistem grafičkih dijagrama, grafikoni trendova, izvještaji aktivnosti, prikazi alarma, i programibilna upravljačka logika u easy-to-use formatu.

Wireless SCADA sistemi

Zetron komunikacijsko sučelje

- ❑ Sučelja koje koristi Zetron SCADA proizvodi osiguravaju fleksibilnost za komunikaciju sa različitim medijima. Radio sučelje je raspoloživo za većinu popularnih radio sistema. Svi prijenosi imaju provjeru greške i potvrdu.
- ❑ Telefonsko sučelje (samo model 1732) koristi industrijski standard AT skup komandi i radi sa standardnim dialup i celularnim telefonima.
- ❑ Radio sučelje sa proširenim spektrom je opcija koja ima sljedeće karakteristike: 1-Watt, 902-928 MHz primopredajnik. Ne zahtijeva se licenca u većini područja kada se koristi prošireni radio spektar. Konfiguriranjem obnavljača osigurava se široko područje konvergencije.
- ❑ Kontroler upravlja prijenosom podataka između udaljenih RTU-ova i upravljačkog programa preko radio sistema u licenciranom ili nelicenciranom spektru.
- ❑ Zetron kontroler može prenositi podatke do LCP-a ili trodijelnih upravljačkih programa koji podržavaju MODBUS protokol.
- ❑ Broj RTU-ova kojima kontroler upravlja određen je upravljačkim programom, kapacitetom radio kanala i vremenom odziva glasanja.



Wireless SCADA sistemi

Modeli RTU-ova i kontrolera

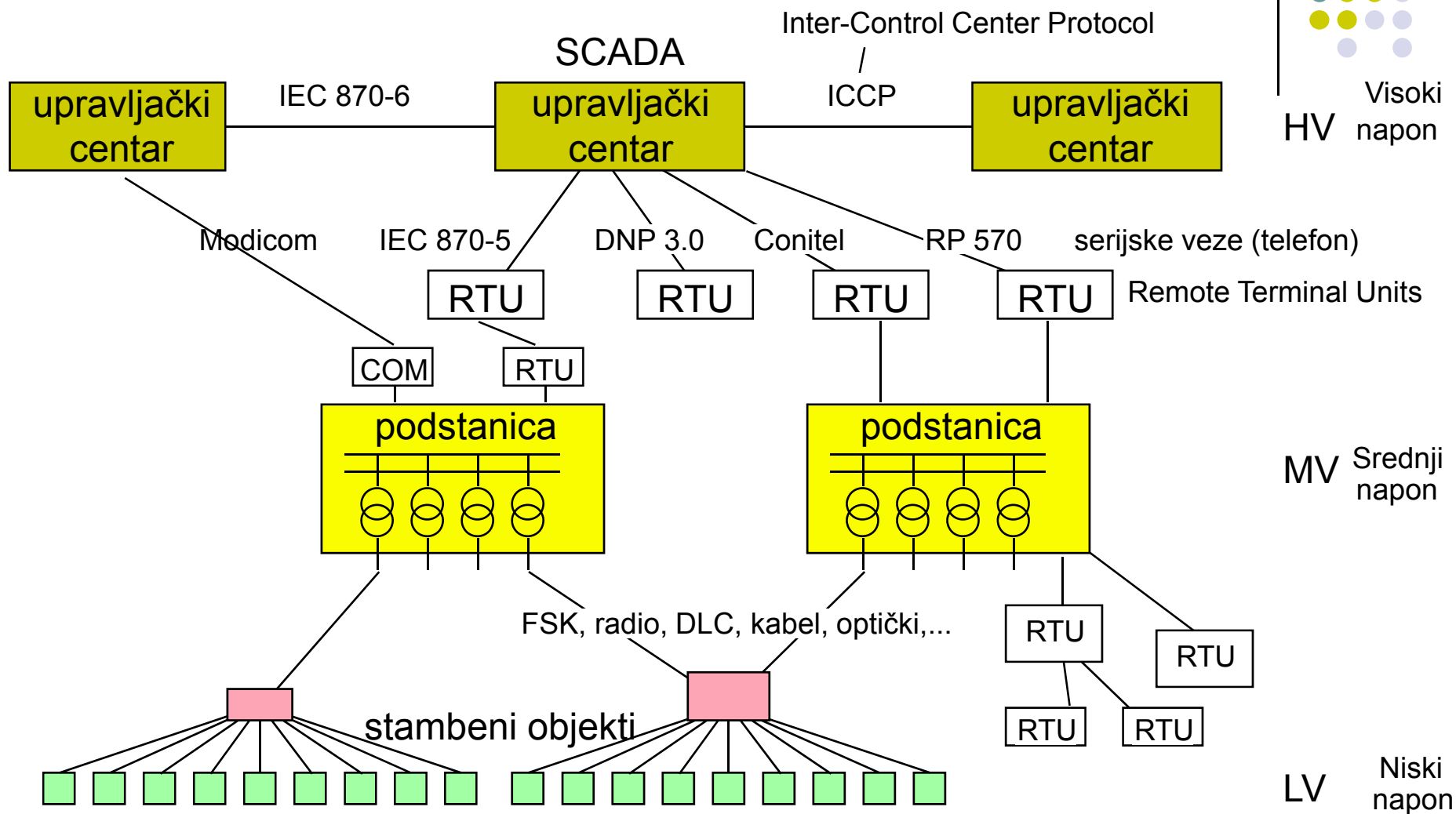


RTU sposobnosti			
MODEL	M1708	M1716	M1732
Max broj digitalnih ulaza	8	16	264
Max broj digitalnih izlaza	8	16	261
Max broj analognih ulaza	4	8	196
Max broj analognih izlaza	-	4	64
Max. broj izlaza releja	-	-	97

Kontrolerske sposobnosti		
MODEL	M1700	M1730
Max broj ulaza/izlaza	4 digitalna izlaza	455 digitalnih i analognih ulaza/izlaza
Broj podržanih RTU-ova	do 250	do 150*
Upravljanje M1708 & M1716 RTU-ova	Da	Da
Upravljanje modelu 1732 RTU	-	Da

12.7. Primjeri primjene SCADA sistema

Upravljanje elektroenergetskim sistemom (mrežom)

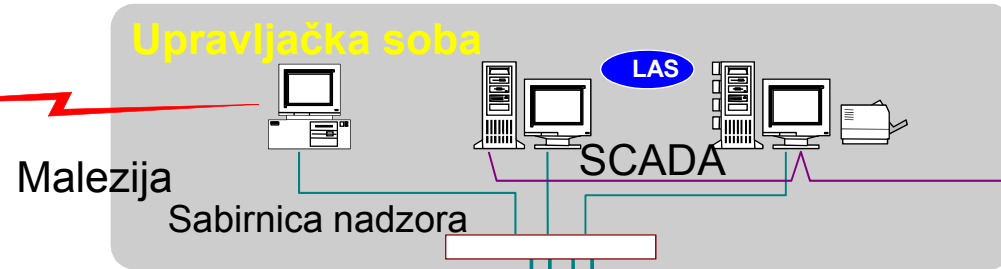


mala brzina, komunikacija na velikoj udaljenosti, može koristiti el. vodove ili telefonske modeme. Problem: raznolikost protokola, formata podataka, semantike...

Primjeri primjene SCADA sistema

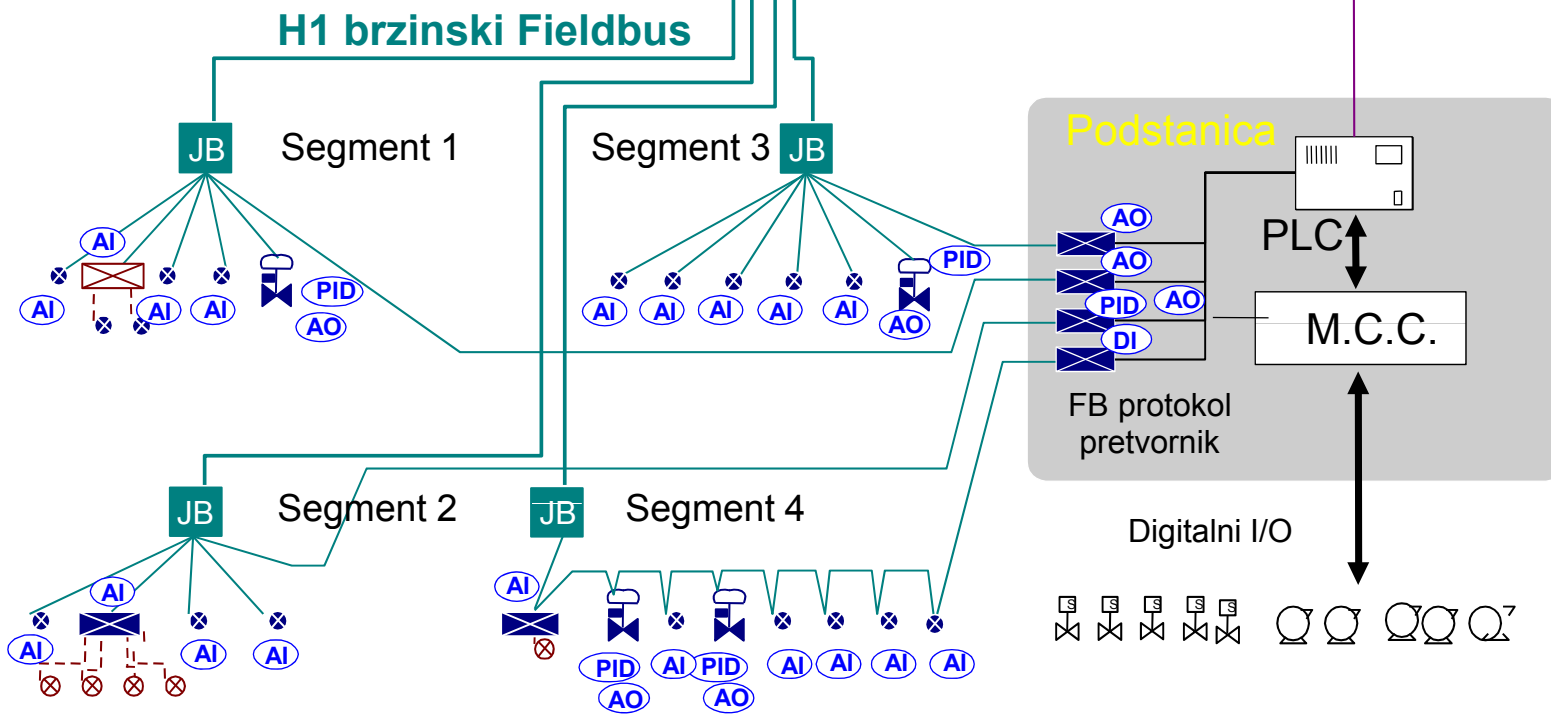
Proces tretmana voda

Japan



source: Kaneka, Japan

59/60



Brojni analogni ulazi (AI), mala brzina (37 kbit/s), segmenti spojeni 1 Mbit/s vezama.

Primjeri primjene SCADA sistema

Primjeri proizvođača i njihovih proizvoda



60/60

Kompanija	Proizvod
ABB	Process Portal, OperatorIT
CTC Parker Automation	interact
Citect	CitectSCADA (AUS, ex CI technologies, www.citect.com)
Intellution (GE Fanuc)	Intellution (iFix3.0) 65000 installs, M\$38 turnover
Iconics	Genesis
National Instruments	LabView, Lookout
Rockwell Software	RSView
Siemens	WinCC, ProTool/Pro
Taylor	Process Windows
TCP	SmartScreen
USDATA	Factorylink, 25000 installs, M\$28 turnover
Wonderware (Invensys)	InTouch, 48000 installs, M\$55 turnover

...XYCOM, Nematron, Modicon PanelMate, OIL System PI Data Historian.
 Ann Arbor Technology, Axeda, Eaton Cutler-Hammer, ei3, InduSoft, Opto22,