

MERNI INFORMACIONI SISTEMI

Profesor dr Miroslav Lutovac
mlutovac@viser.edu.rs

SCADA sistemi

- Supervisory Control And Data Acquisition
- Sistem služi za automatizaciju procesa, za prikupljanje podataka sa senzora i dislociranih mernih stanica, za prenos i prikazivanje mernih i prikupljenih podataka u centralnoj stanici u svrhu nadzora ili upravljanja
- Prikupljeni podaci se prikazuju na jednom ili više računara u centralnoj stanici

SCADA sistemi



Merni informazioni sistemi

SCADA sistemi

- SCADA sistem može da prati i upravlja sa ~100.000 ulazno-izlaznih vrednosti
- Analogni signali koje mogu biti nivoi, pritisci, temperature, brzine protoka, brzine motora ...
- Digitalni signali mogu biti prekidači nivoa i pritiska, status generatora, releji i motori

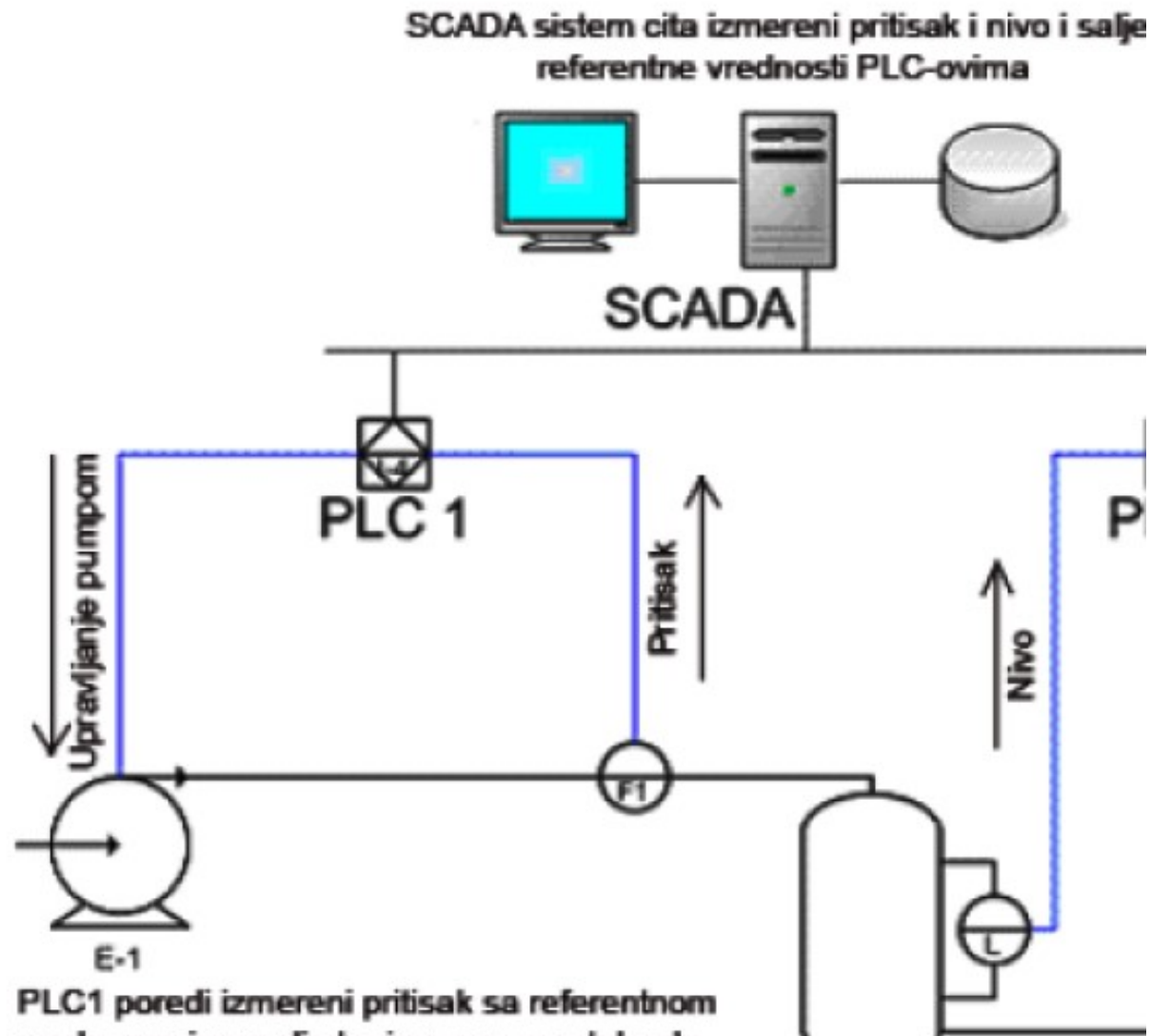
SCADA sistemi

- Nemaju potpunu kontrolu nad sistemom, već se više fokusirana ka nadgledanju i praćenju
- Kao hardver se uglavnom koriste PLC-a, računarski sistemi opšte namene ili industrijski računari, kao i namenski hardverskog moduli
- Posebno je važan softverski paket

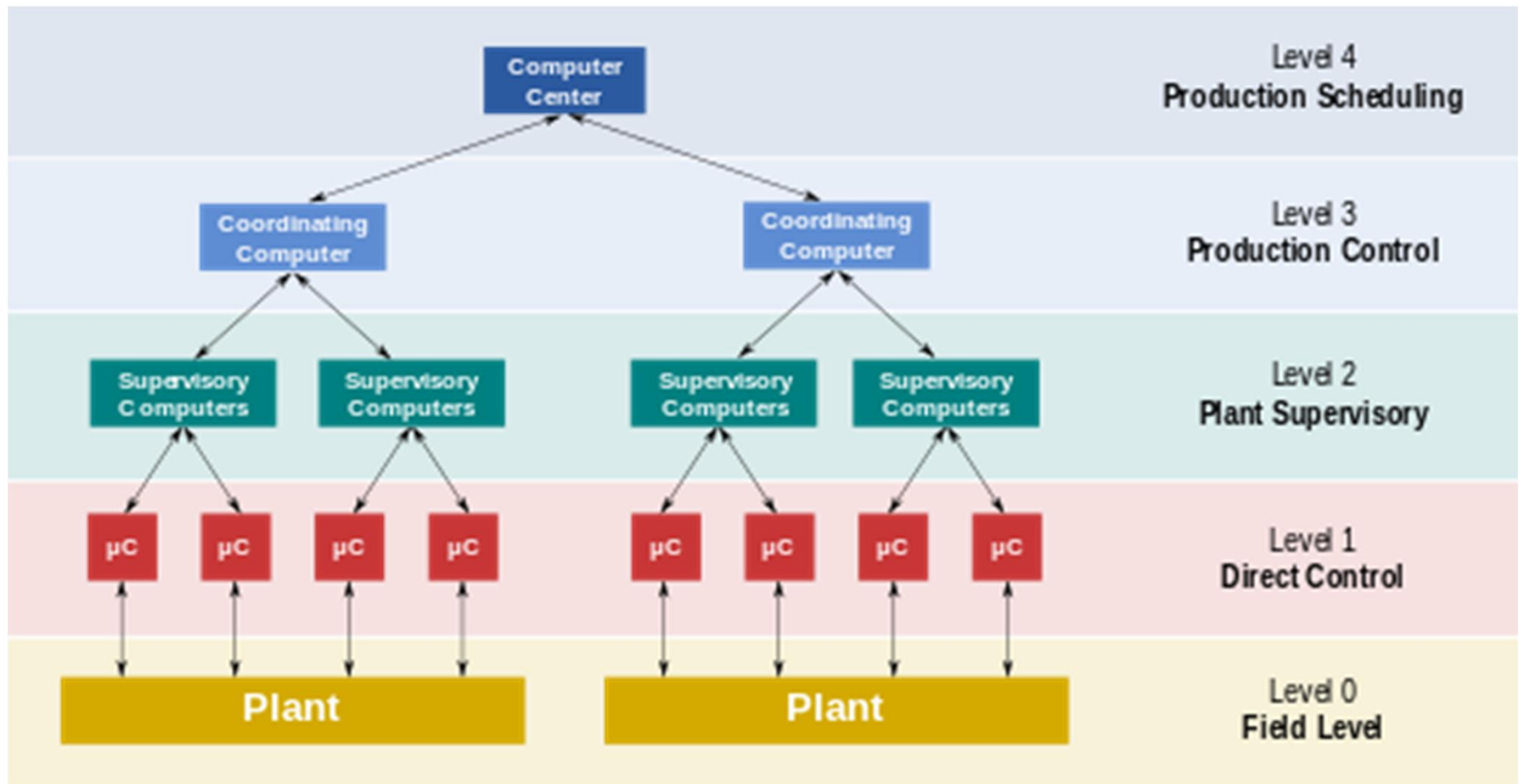
SCADA sistemi

- Koriste se u većini industrijskih procesa kao što su fabrike za proizvodnju čelika, proizvodnja i distribucija električne energije, praćenje i kontrola hemijskih i transportnih procesa, gradskih vodovodnih sistema, petrohemijska i hemijska industrija, prerada i distribucija nafte i gasa, prehrambena industrija, bolnice, ...
- Sve više se koriste u svakodnevnom životu, IoT
- Dramatičan napredak tokom prethodnih godina u smislu funkcionalnosti i performansi

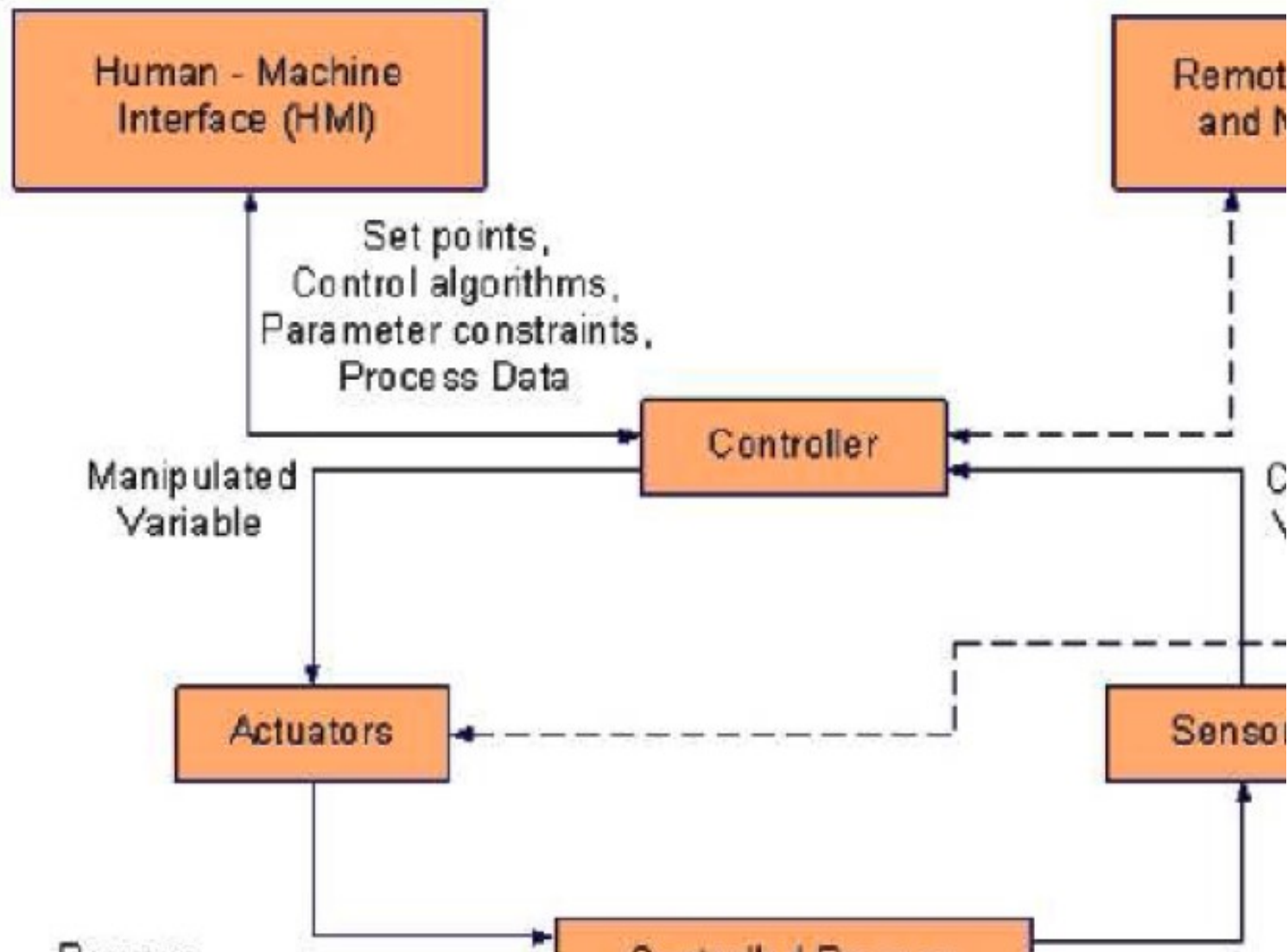
SCADA sistemi



SCADA sistemi



SCADA sistemi



SCADA sistemi

- SCADA se obično odnosi na centralni sistem koji nadgleda i kontroliše čitav proizvodni proces ili sistem koji je raspregnut na velike daljine
- Najveći deo kontrole jedne stanice se ustvari vrši automatski od strane PLC-a
- Glavne kontrolne funkcije su skoro uvek zabranjene kontroleru u stanici
- PLC može da kontroliše protok vode ..., ali operator može da promijeni neku vrijednost i da snima i prikazuje bilo koja alarmna stanja

Prikupljanje podataka

- počinje na nivou PLC-a i uključuje očitavanje vrednosti i statusa
- podaci se šalju na centralni sistem, gde se prevode i formatiraju na takav način da operater u kontrolnoj sobi uz pomoć interfejsa može doneti odgovarajuće odluke, da se podese i promene parametri PLC kontrole
- Podaci se mogu arhivirati, u bazi podataka, radi prikaza trendova i analitičke obrade

Tagovi

- Tipično se implementira distribuirana baza podataka, koja se naziva i baza tagova, a koja se sastoji od elemenata zvanih tagova
- Tag predstavlja jednu ulaznu ili izlaznu vrijednost koja se prati ili kojom se upravlja od strane sistema
- Tagovi mogu biti “hard” (tvrdi) ili “soft” (meki)
- Tvrđi tag predstavlja stvarnu vrijednost ulaznog ili izlaznog signala, dok je meki tag rezultat logičkih i matematičkih operacija primijenjenih na tvrđi tag

Tagovi

- Vrednosti tagova se obično čuvaju kao kombinacija
 - vrednost-vreme
 - vrednost i vremenski trenutak
kada je ta vrednost snimljena ili izračunata
- Serija vrednost-vreme kombinacija je istorijata taga

Ciljevi uvođenja SCADA sistema

1. **Smanjenje troškova rada.** Manja radna snaga, smanjenje troškova transporta, efikasnije korišćenje raspoloživih resursa, povećanje kvaliteta rada. Povećan stepen sigurnosti izvršenja procesa.
2. **Raspoloživost i integritet sistema.** Otpornost na greške, obezbeđenje kontinualnog rada bez prekida. Decentralizacija sistema, distribucija fizičkih elemenata, podataka i upravljačkih funkcija automatizovanih upravljačkih sistema (AUS)
3. **Fleksibilnost i proširivost sistema.** Modularnost fizičkih i programskih elemenata AUS, jasno definisan interfejs

Ciljevi uvođenja SCADA sistema

4. **Pouzdanost sistema.** Srednje vreme između ispada MTBF – Mean Time Between Failure
pouzdanost komponente sa MTBF > 100.000 časova
senzori-vremenska stabilnost karakteristika, rekalkulacija
5. **Performansa sistema.** Vreme odziva i propusnosti.
Vreme odziva se može smanjiti ukoliko se glavna obrada vrši lokalno, bez potrebe za čekanjem upravljačkog signala od centralne stanice.
Propusnost se odnosi na obim podataka koji se mogu preneti i obraditi u okviru AUS

Osnovni elementi SCADA sistema

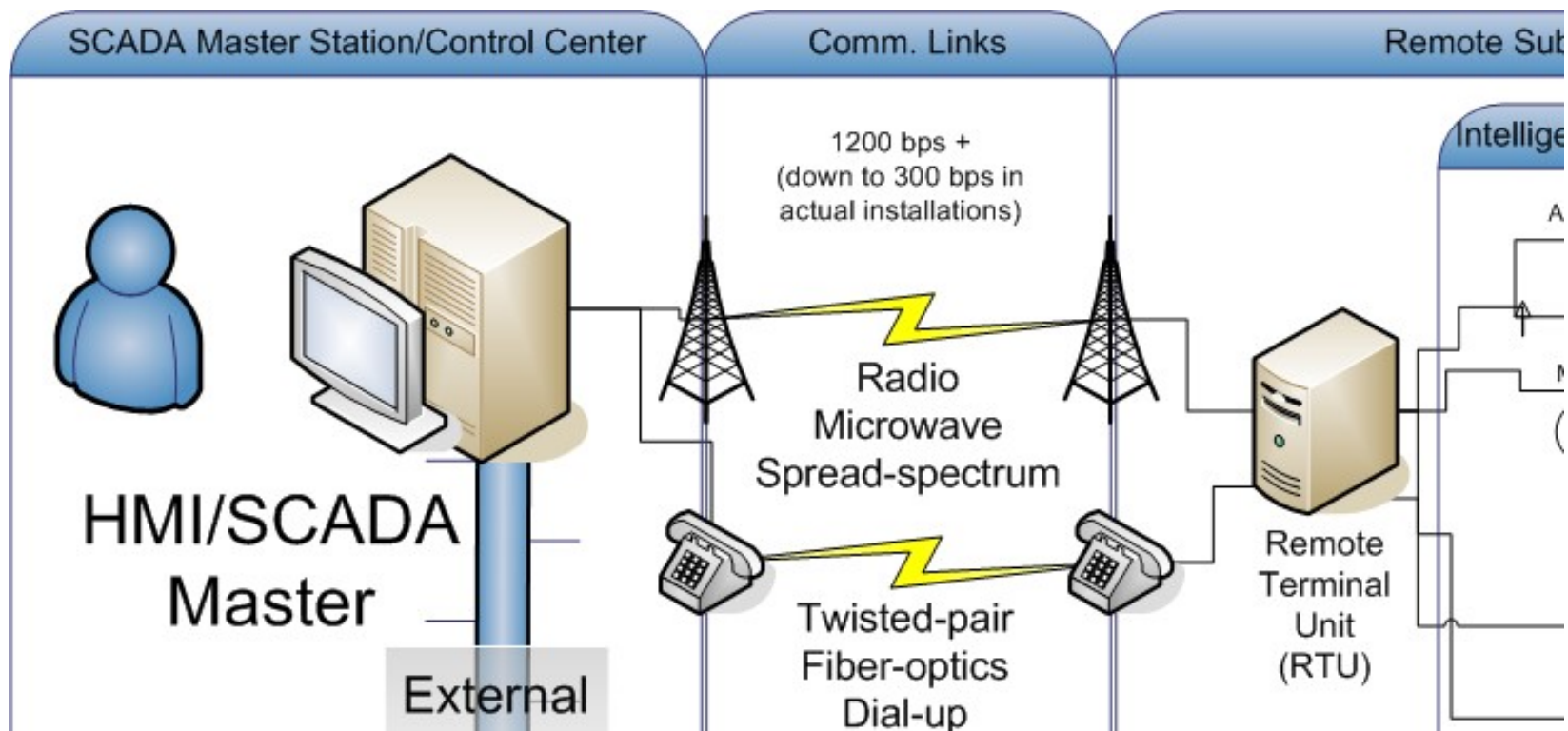
- **Hardverski podsistem** - celokupan hardver za potrebe nadzora-upravljanja procesom
- **Softverski podsistem** - celokupan softver uključujući i veći broj pomoćnih programa koji se izvršava na celokupnom hardveru
- **Komunikacioni podsistem** između elemenata SCADA sistema - za povezivanje elemenata nadzorno-upravljačkog sistema
- **Objekat ili proces** je sistem u kome se instalira SCADA sistem za automatizovani nadzor i upravljanje

SCADA sistem - pojmovi

- **SCADA računar** je obično industrijski PC na kome se nalazi sofisticirani SCADA HMI interfejs
- **HMI, Human-Machine Interface**, je sprega između čoveka i računara, to je posrednik koji procesne podatke predstavlja operateru i preko koga operater kontroliše proces
- **Osnovni interfejs** operatera je skup grafičkih displejeva koji prikazuju opremu koja se posmatra

Komponente SCADA sistema

- glavna stanica (Master Station) i HMI računari
- komunikaciona infrastruktura, interfejs
- višestruki udaljene terminalne jedinice (PLC-ovi)



Master Station

- Termin “glavna stanica” se odnosi na servere i na softver za komunikaciju sa opremom, na HMI softver koji se izvršava na jednom ili više računara u kontrolnoj sobi, ili negdje drugo.
- U manjim SCADA sistemima, glavna stanica može biti samo jedan PC računar, dok u većim SCADA sistemima, glavna stanica se može sastojati od više servera i distribuiranih softverskih aplikacija.
- HMI/SCADA Master Station ili Master Terminal Unit (MTU) mora komunicirati sa RTU-ima (Remote Terminal Unit) koji su udaljeni od centralne lokacije.

SCADA sistem - pojmovi

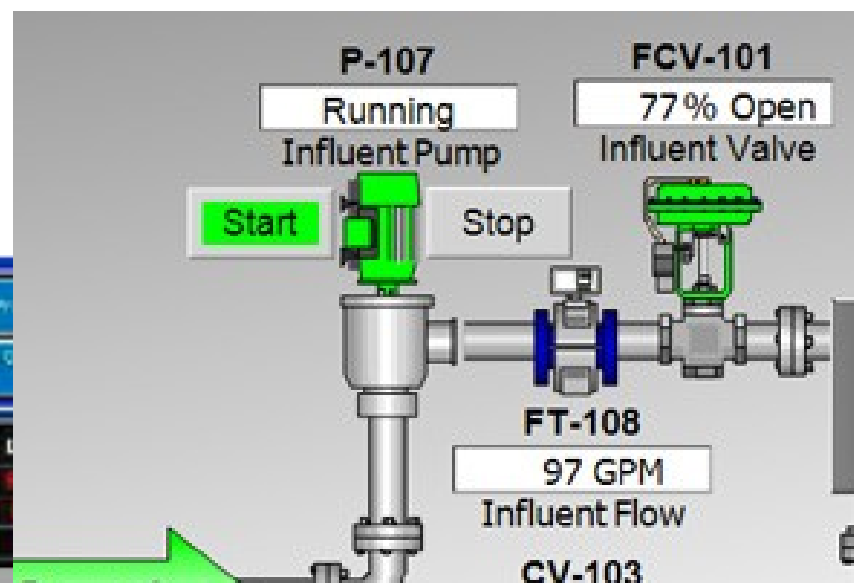
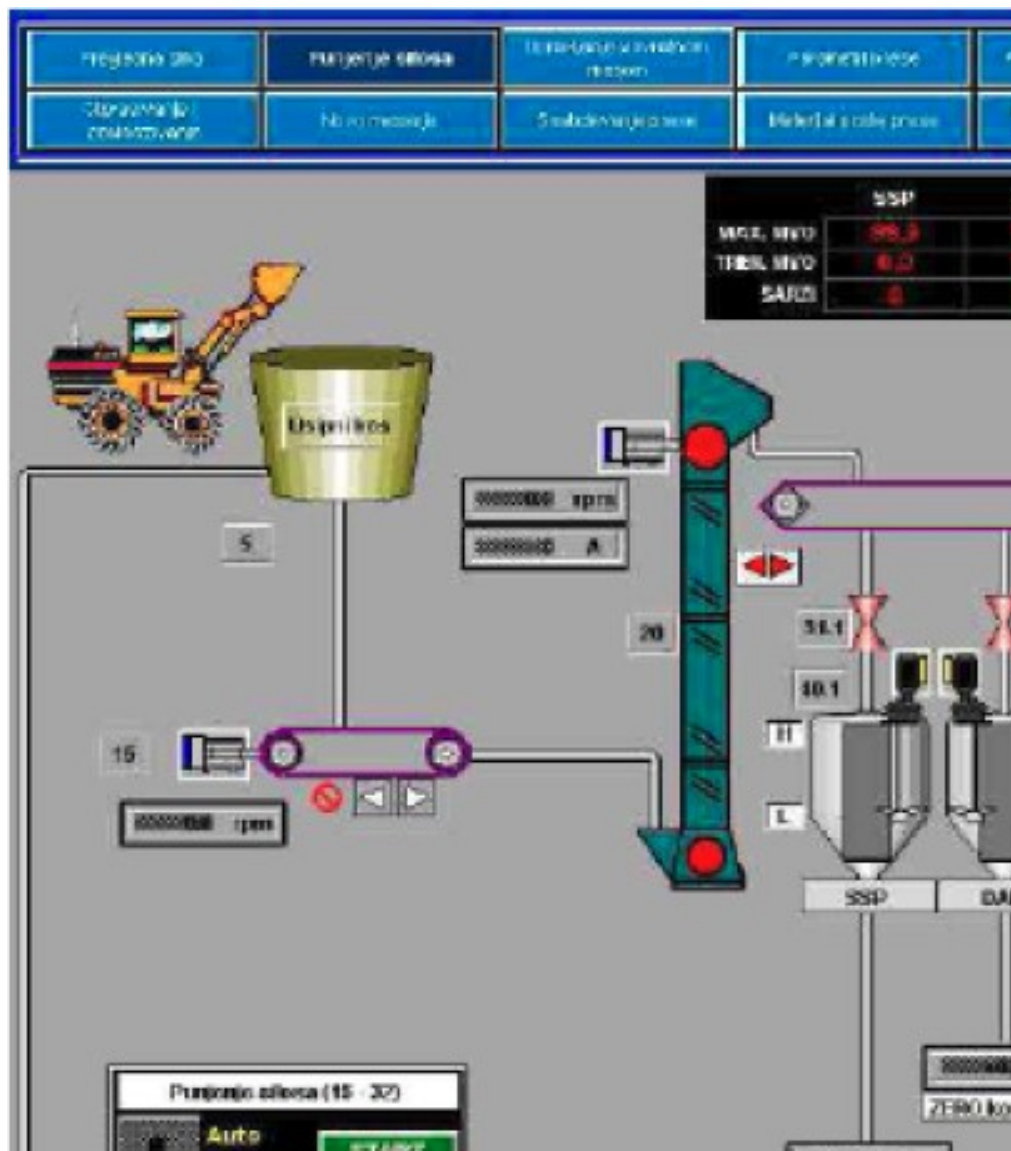
- Standardizovan načina praćenja i kontrolisanja udaljenih kontrolera sa više pozicija, PLC-ova i drugih kontrolnih uređaja
- PLC-ovi za automatsko, pre-programsko vođenje procesa, Nalaze se na međusobno udaljenim lokacijama, pa ručno prikupljanje nije poželjno
- PLC-ovi nemaju standardizovan način prikazivanja informacija operateru.

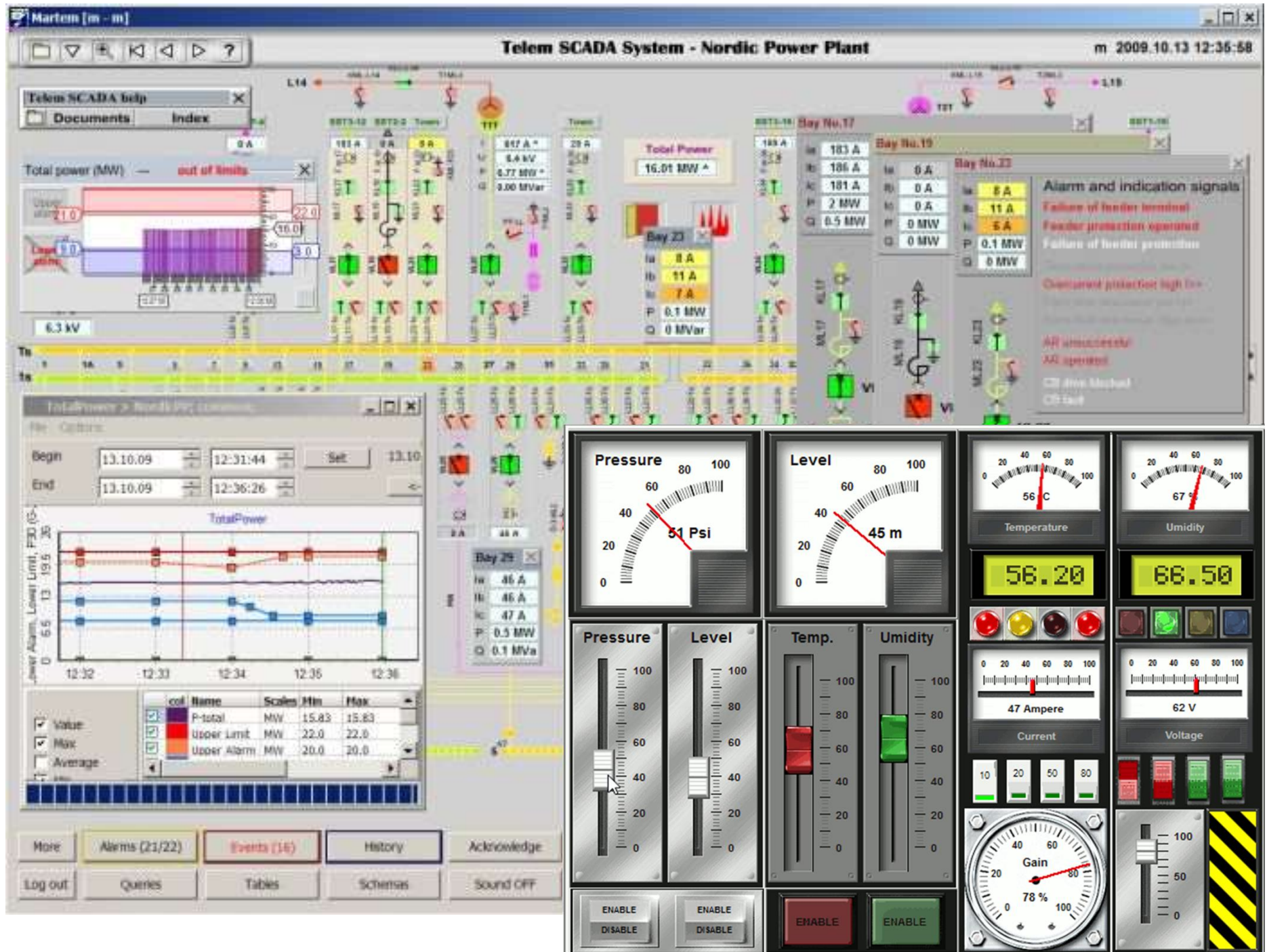
SCADA sistem prikuplja informacije sa PLC-ova preko mreže, kombinuje i formatira te informacije.

HMI je povezan sa bazom podataka, za trendove, dijagnostiku podataka i donošenje odluka

SCADA sistem - pojmovi

- SCADA sistem obično prezentuje informacije operateru u obliku mimičkih dijagrama
Operater može da vidi šematsko predstavljanje sistema koji kontroliše
 - slika pumpe koja je povezana sa cijevi može operateru pokazati da pumpa radi i koliko tečnosti pumpa kroz cev u tom trenutku
 - operater tada može da isključi pumpu
 - HMI softver će prikazati smanjivanje brzine protoka tečnosti u cevi u realnom vremenu
- Mimički dijagrami se mogu sastojati od linijske grafike i šematskih simbola koji predstavljaju procesne elemente, ili se mogu sastojati od digitalnih fotografija procesne opreme prekrivenim animiranim simbolima





SCADA sistem – vreme!

- Vreme potrebno da se stigne do udaljenih stanica, da se prikupe podaci ili da se izdaju naredbe, da se preispitaju ručno uneti podaci, ispišu izveštaji ili izvrše bilo koje od funkcija je značajno duže i teže od SCADA sistema
- Koristi od uštede vremena su daleko veće od skraćanja ljudskih radnih sati – brze reakcije na alarme, blagovremene akcije i naredbe donose višestruku korist
- Primarna svrha SCADA sistema je da unapred daju upozorenje na problem koji može nastati i prouzrokovati štetu (ljudsku, materijalnu, ekološku)

Komunikaciona infrastruktura

- **Master Terminal Unit, MTU**, da komunicira sa Remote Terminal Unit, RTU- ima, koji su udaljeni od centralne lokacije.
SCADA sistemi mogu imati na ~1000 RTU
- Komunikacije
pomoću zemaljske linije, optički ili bakarni telekomunikaciono vodovi u vlasništvu preduzeća, ili iznajmljene javne telekomunikacione mreže i radio veze
- MODEM.
$$a(t) = A_{\max} \sin(\omega_c t + \theta_c) \sin(2\pi f t + \theta)$$

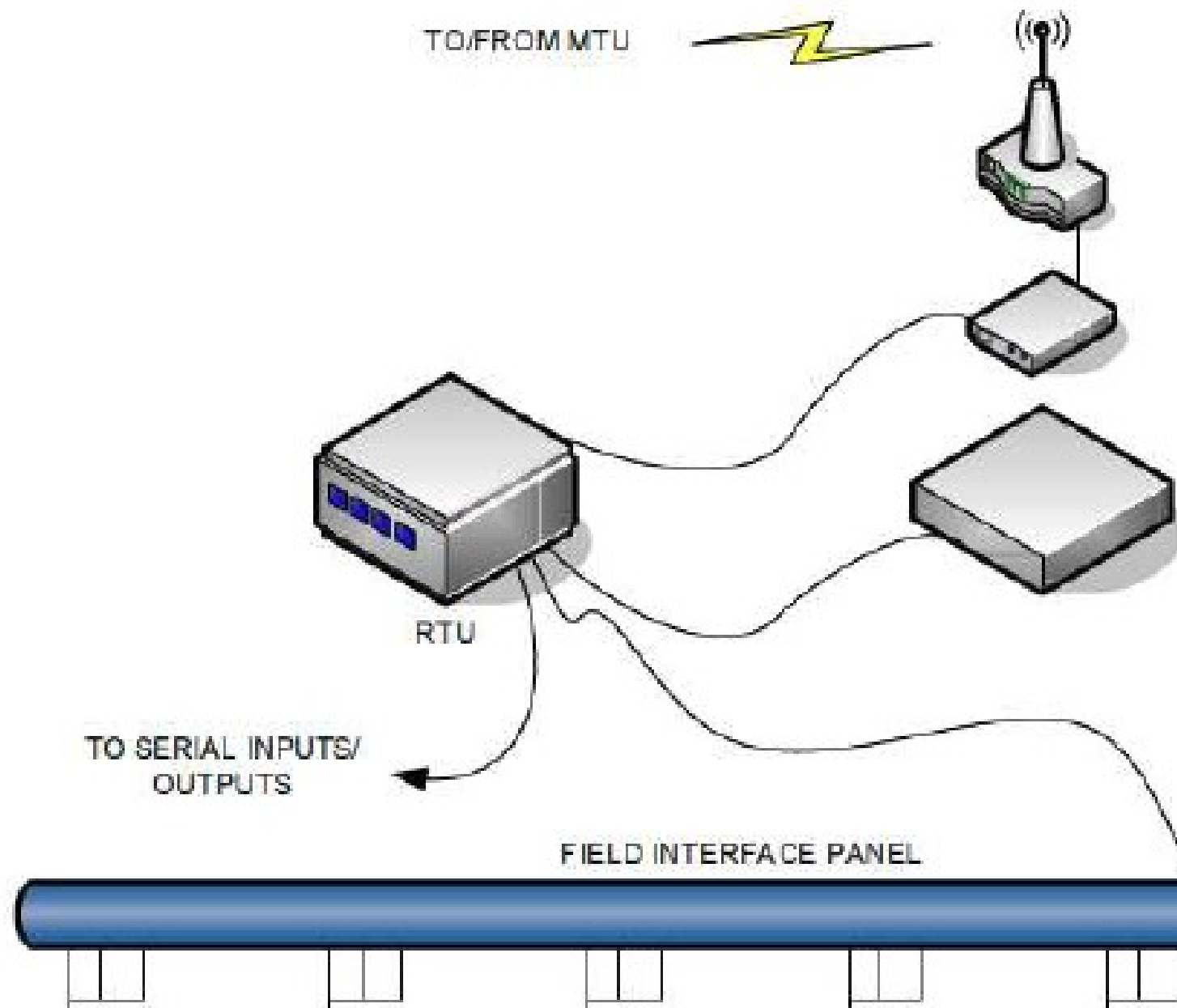
IP uređaji, kombinacija radio i telefonskih linija

Komunikaciona infrastruktura

- SCADA sistem je jednostavan, ako je količina informacija koje se prenose SCADA sistemom mala tada i brzina prenosa podataka modema je niska
- Terminalni uređaji
(printeri, ploteri, memorije za sigurnosne kopije)
- U mnogim se aplikacijama od MTU-a zahtijeva komunikacija sa ostalim računarima u sistemu
- U novijim SCADA sistemima se komunikacija odvija pomoću LAN (Local Area Network) mreža
- nadzor i kontrola nad SCADA-om sa bilo kog računara koje je spojen na LAN

Udaljene terminalne jedinice

- Svaki RTU mora biti u mogućnosti da
 - razume da je poruka poslata njemu
 - dekoduje poruku
 - reaguje na poruku
 - ✓ proveriti trenutni položaj opreme
 - ✓ poredi trenutno stanje sa željenim
 - ✓ slanje signala opremi na terenu da promeni stanje
 - ✓ proveriti stanje opreme da se potvrdi izvršenje
 - ✓ slanje poruke o promijenjenom stanju MTU-u
 - odgovori ukoliko je to potrebno
 - čeka da dobije novu poruku

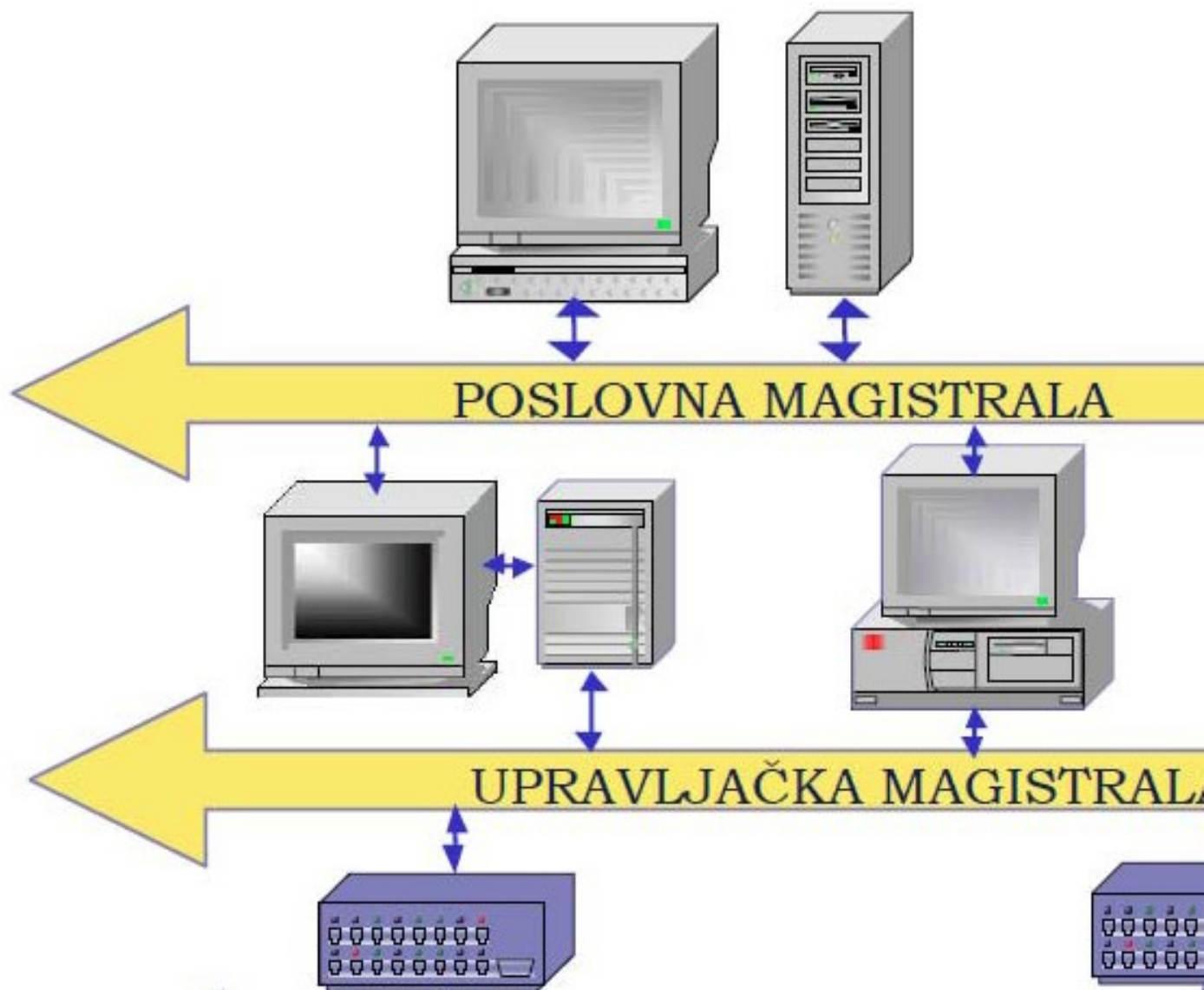


MTU – RTU - senzori

- Veza između RTU-a i opreme na terenu može biti bakarnim vodovima, i tada se senzori i aktuatori napajaju električnom energijom od strane RTU-a
- Upotreba neprekidnih napajanja (Uninterruptible Power Supply, UPS) kako bi se osiguralo da nestanak električne energije ne ugrozi proces (implementirani u elektroenergetskim sistemima)
- MTU skenira svaki RTU, a RTU skenira svaki senzor i aktuator spojen na njega
- RTUovo skeniranje može se obavljati na mnogo višoj brzini od skeniranja MTU-a

Osnovne funkcije SCADA sistema

- akvizicija podataka
- nadzor i procesiranje događaja
- upravljanje procesom
- hronologija događaja i analiza
- vizuelizacija procesa
- proračuni i izveštaji
- dodatne funkcije po zahtjevu korisnika

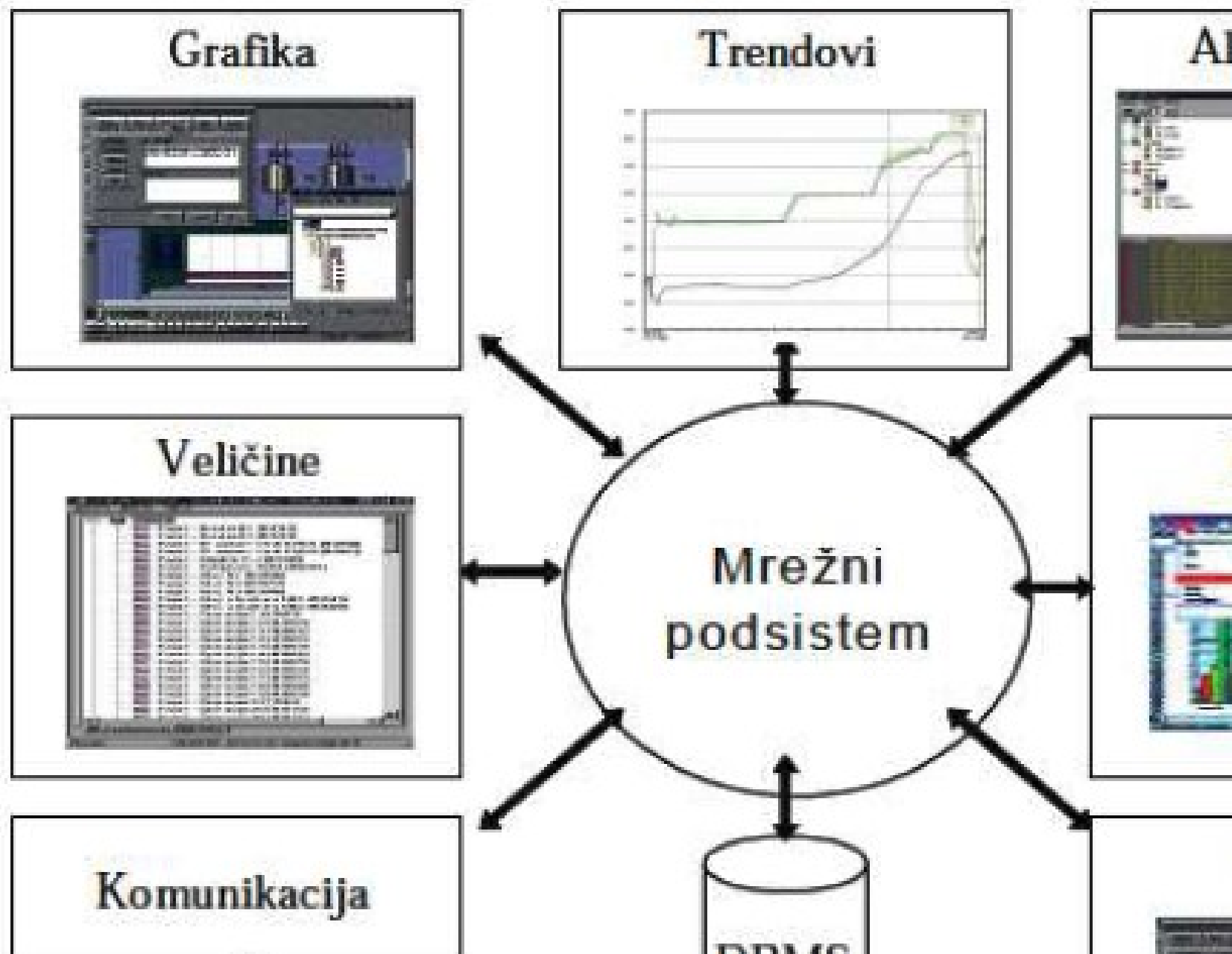


SCADA podsistemi

- Za projektovanje SCADA softvera treba da postoji postrojenje sa pratećom mernom opremom i aktuatorima, da su poznati tehnološka šema, opis postrojenja i elektro projekat na nivou postrojenja
- Da se omogući jednostavno specificiranje svih elemenata sistema, projektovanje operatorskog interfejsa i dispečerskih stanica
 - način komunikacije,
 - čvorovi u mreži,
 - vreme skeniranja stanica i signala,
 - skup podataka koji se prate i obrađuju

SCADA arhitekture

- Podsystem za definisanje veličina
- Podsystem za alarme
- Podsystem za prikaz trendova
- Podsystem za izveštaje
- Grafički podsystem
- Komunikacioni podsystem
- Podsystem za pristup bazama podataka



SCADA podsistemi

- **podsistem za definisanje veličina** - definišu se veličine i njihove osobine (gornja i donja granica, vreme očitavanja). Ulazne veličine predstavljaju vrednosti izmjenjenih fizičkih veličina iz procesa, a izlazne veličine su vrednosti koje se šalju ka upravljačkim uređajima. Mogu se definisati memorijske veličine i systemske veličine koje su specifične za upotrebljeni program
- **podsistem za alarme** - za definisanje i prikaz alarmnih stanja u sistemu, koja mogu predstavljati nedozvoljenu ili kritičnu vrijednost, nedozvoljenu akciju ili komandu operatera. Svaki alarm ima svoje osobine (nivo ozbiljnosti alarma, mesto nastanka, kategorija, poruka koja se vezuje za alarm). Omogućuje promenu stanja alarma putem operacije potvrde i brisanja

SCADA podsistemi

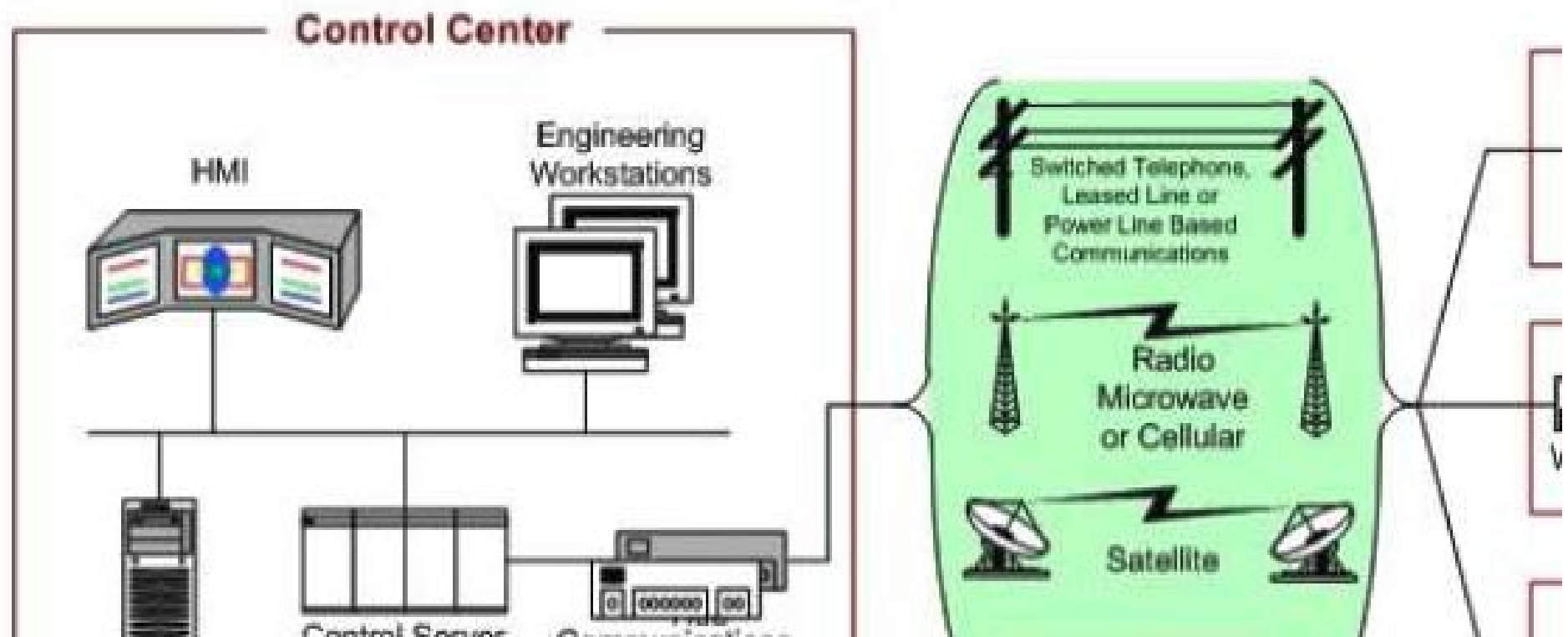
- **podsystem za prikaz trendova** - prikaz poslednje promene i trendovi u realnom vremenu, istorijat promjene vrijednosti veličina u toku dužeg vremenskog perioda (histogrami); uporedni prikaz više veličina kao i arhiviranje
- **podsystemu za izvještaje** - formiraju se izvještaji o promenama vrednosti veličina, alarmima, akcijama operatera i ostalim aspektima rada postrojenja

SCADA podsistemi

- **grafički podsistem** - prikazuje stanje postrojenja u obliku koji je najpregledniji za operatera kako bi on mogao pravovremeno odreagovati na promenu stanja
- Da se letimičnim pogledom na ekran uoče nepravilnosti u radu postrojenja, da bi se brzo reagovalo i sprečilo neželjeno ponašanje. Vrednosti se prikazuju u obliku brojeva ili “dinamičkih slika”
- Da se omogući izvršavanje neke akcije operatera (klikom miša na neki objekat da se pokrene izvršavanje ranije definisanog programa).
- pisanje Visual Basic for Application jeziku, ili u drugom programu sa jednostavnom sintaksom

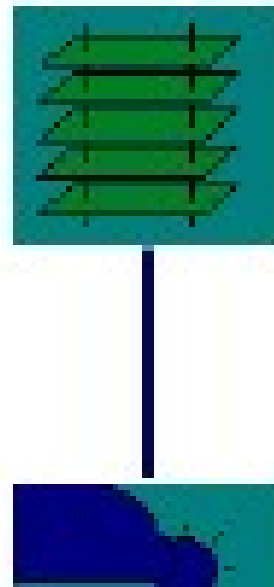
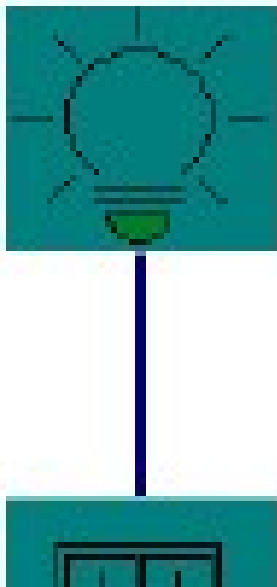
SCADA podsistemi

- **komunikacioni podsistem** - omogućava povezivanje SCADA sistema sa fizičkim uređajima koji vrše neposredan nadzor i upravljanje (PLC)
- **podsistem za pristup bazama podataka** - omogućava trajno čuvanje i pregled podataka u bazama podataka. Ranija rešenja su arhivirala podatke u datoteke u nestandardnom obliku. Novija rešenja koriste neki od standardnih načina arhiviranja podataka koji omogućuju korisniku lak pristup podacima kao i pristup podacima iz drugih softverskih sistema
- Microsoft Windows - ODBC (Open Database Connectivity) i ADO (ActiveX Data Object) tehnologija za lakšu pretragu podataka kao i formiranje izveštaja pomoću SQL jezika



Žičani mrežni sistemi u stambenim okruženjima

- U konvencionalnim instalacijama svaki senzor je direktno povezan na jedan ili više izvršnih organa
- Senzori se inicijalizuju preko aktivnosti
- Izvršni organ predstavlja prijemnik komandi



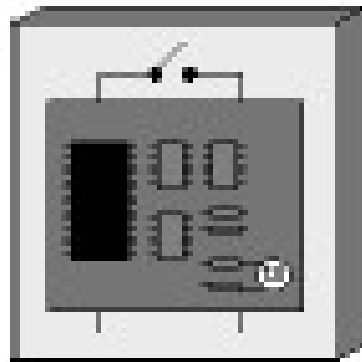
Žičani mrežni sistemi u stambenim okruženjima

- nije moguće primeniti inteligenciju
- dijagnostika uređaja mora se obavljati lokalno
- prijemnicima komandi nije moguće pristupiti putem drugih inicijatora komandi
- umrežavanje je skupo i trajno
- Senzori
 - senzori vlage, senzori isticanja vode, gasa
 - senzori vremenskih prilika (kiša, vetar, promena temperature, dan-noć)
 - bezbednosni senzori (detektor vatre, provale, lomljenja stakla, prisustva ljudi, ulazak-izlazak)

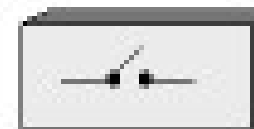
Distribuirana inteligencija

- U mrežnom sistemu svim prijemnicima komandi i inicijatorima daje se inteligencija u obliku mikroprocesora i svi su povezani na napajanje električnom energijom
- Ako mrežni sistem nije priključen na strujni kabl, uređaji su povezani na mrežni medijum

mikroprocesor



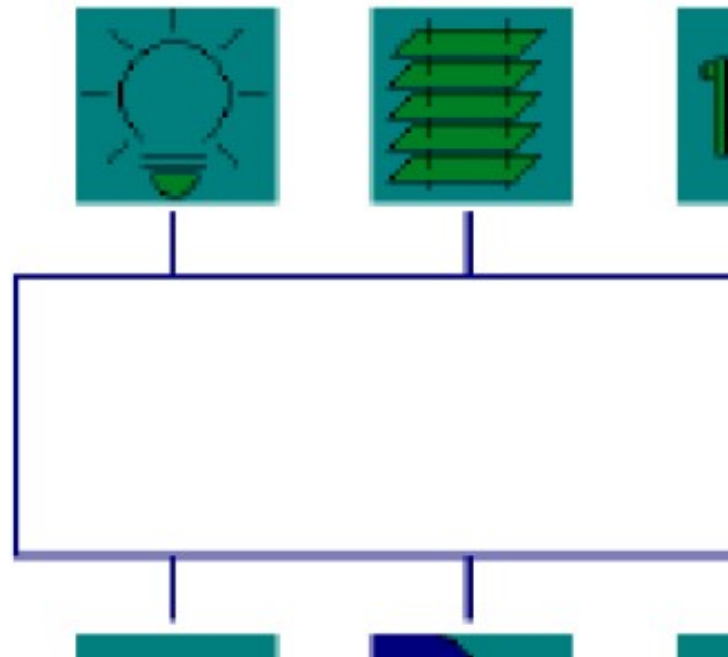
**napajanje
inteligencije**



Jednostavi

Komunikacija između uređaja

- Ne postoji posebno umrežavanje
- Povezanost je u softveru
 - prekidač svetla komunicira sa 1 ili grupom sijalica
 - senzor osvetljenosti komunicira sa roletnama



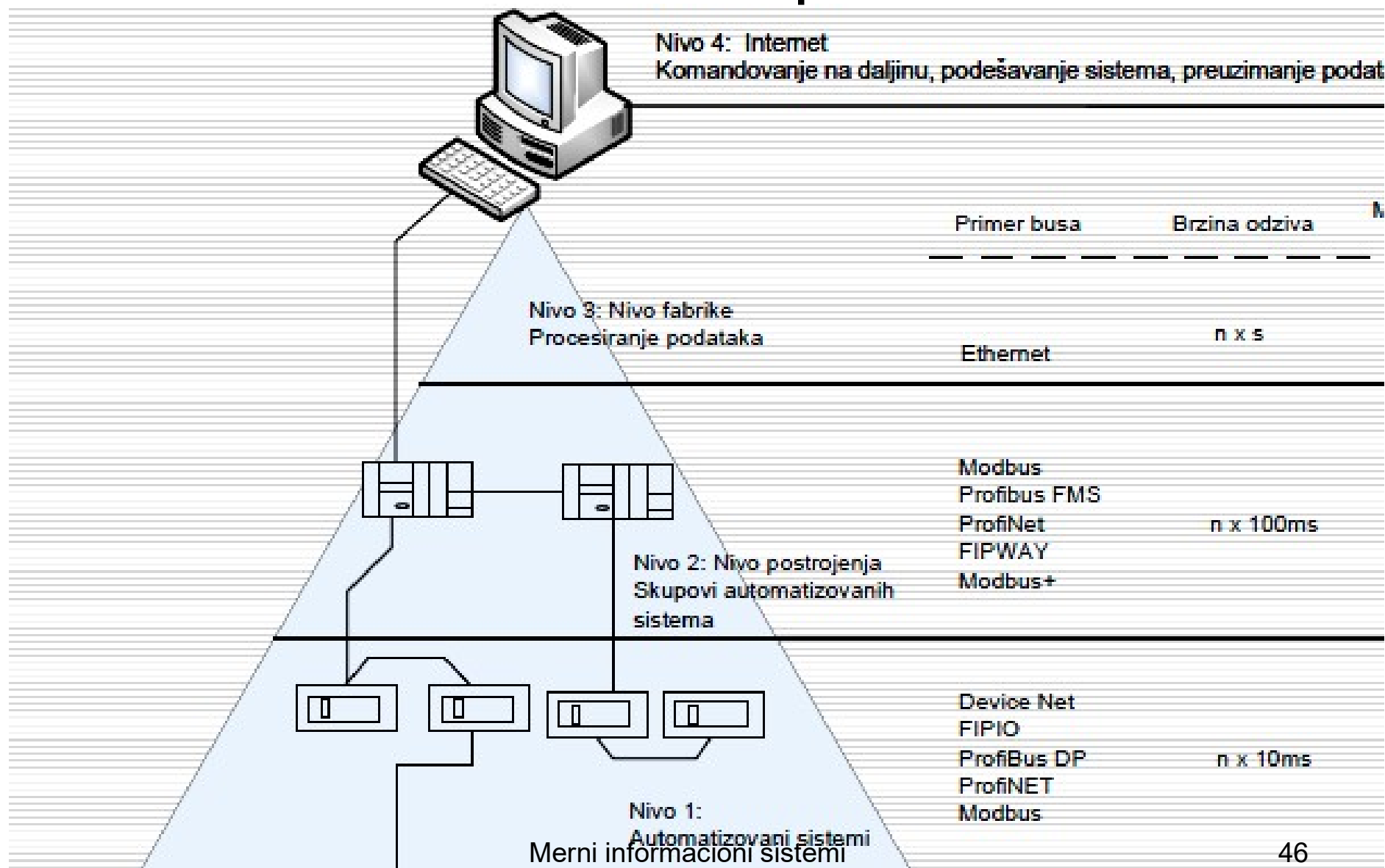
Komunikacija između uređaja

- sijalice i sistem grejanja mogu se aktivirati ili deaktivirati u određenim, unaprijed zadatim vremenskim periodima
- prekidač za osvjetljenje može da upravlja radom većeg broja sijalica bez potrebe dodatnog umrežavanja
- instalaciju je moguće naknadno proširiti dodavanjem nove linije, prstena, zvijezde ili stabla
- svaki uređaj u instalaciji može biti proveravan radi utvrđivanja pravilnosti njegovog rada iz jedne tačke
- instalacija je fleksibilna i moguće ju je rekonfigurisati kad god se za to ukaže potreba ili pojavi zahtjev
- prijemnicima komandi može se eksterno pristupiti putem odgovarajućeg mrežnog interfejsa

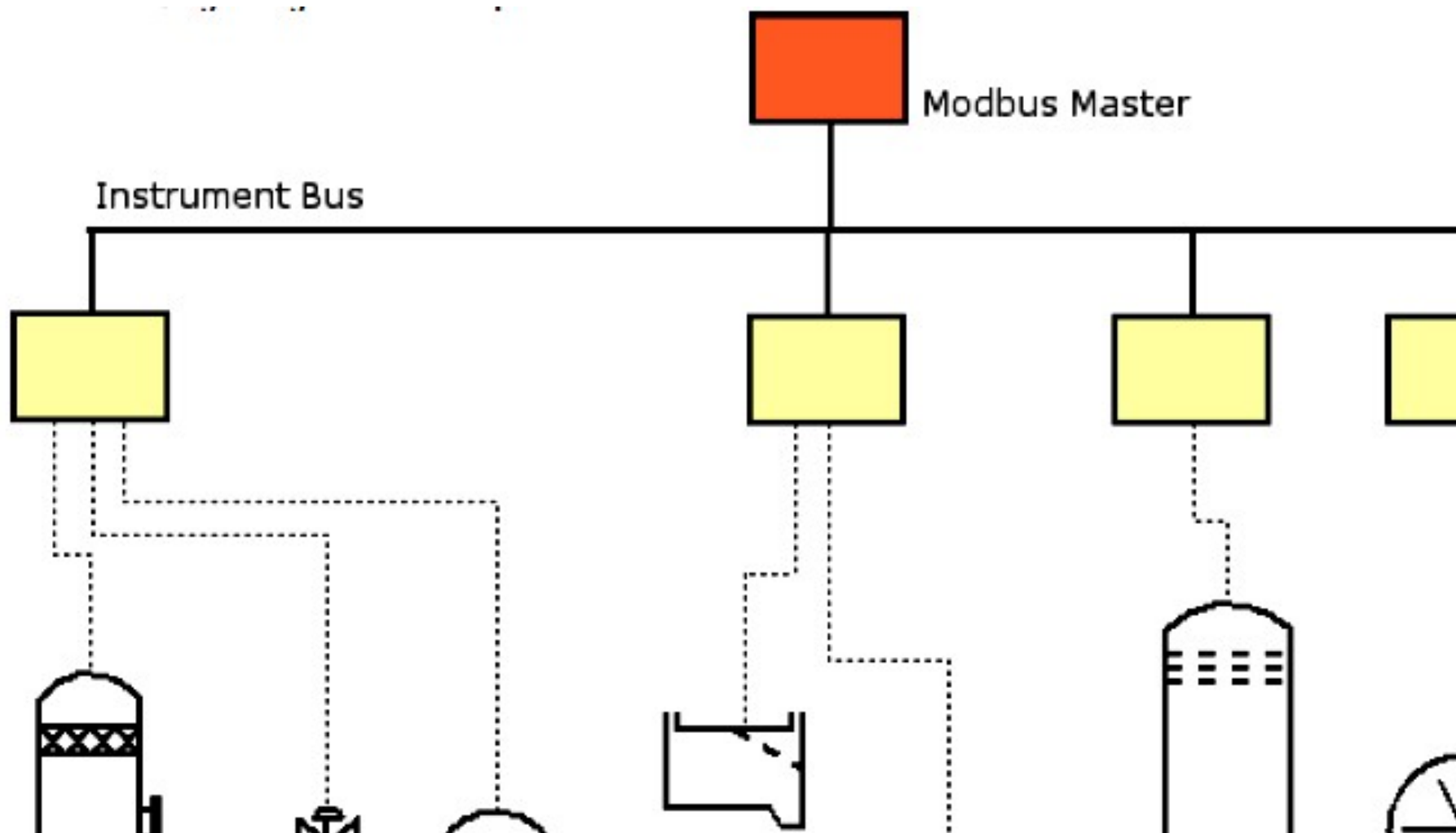
Komunikacije u SAU

- Prenos podataka ili signala u sistemima upravljanja (sistemi regulacije, sistemi za prikupljanje i prikaz podataka, sistemi za zaštitu i upravljanje elektroenergetskim sistemima, telemetrijski sistemi)
- Digitalni sistemi
 - smanjenja cene po funkciji
 - povećana je tačnost i moć
 - stabilan i pouzdan prenos signala
 - fleksibilnost SAU

Komunikacioni protokoli



sistem sa jednim master i više slave uređaja

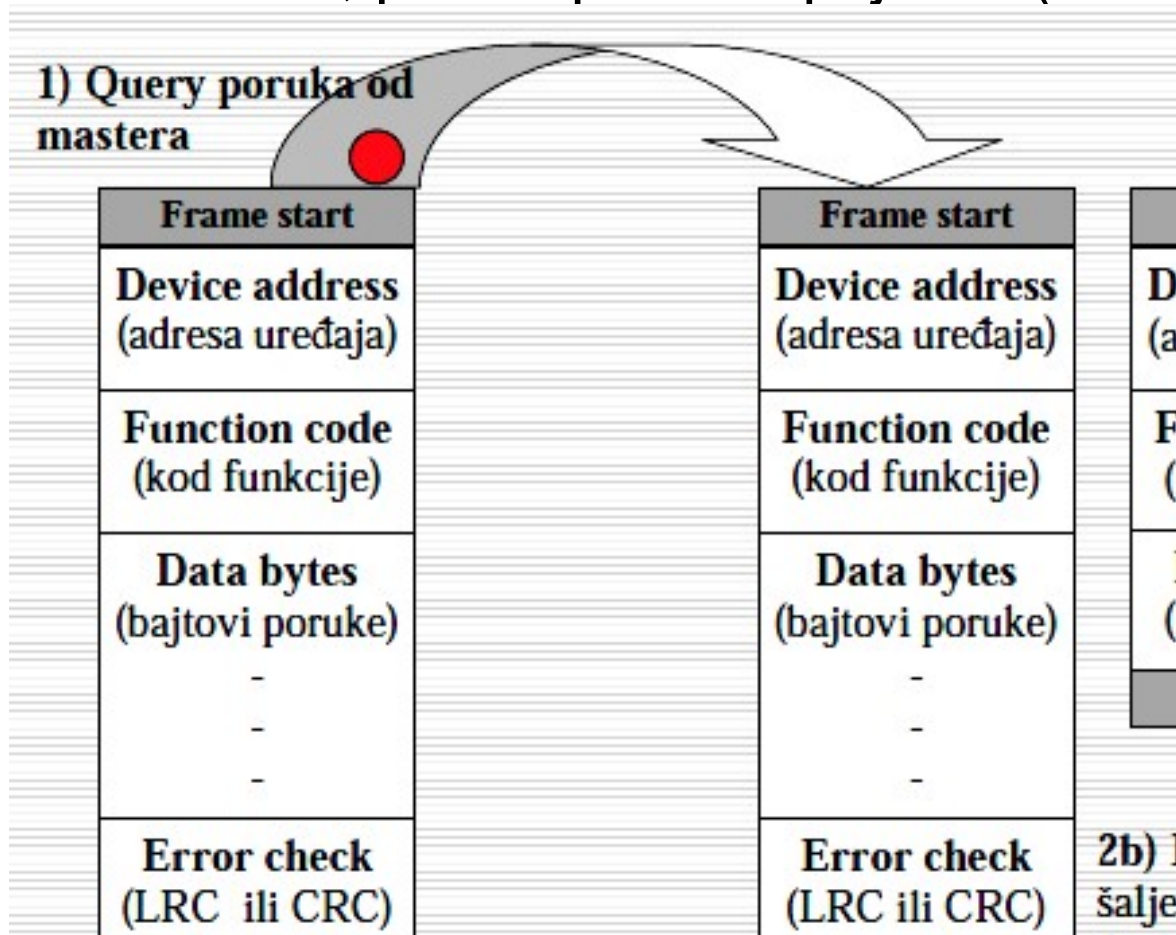


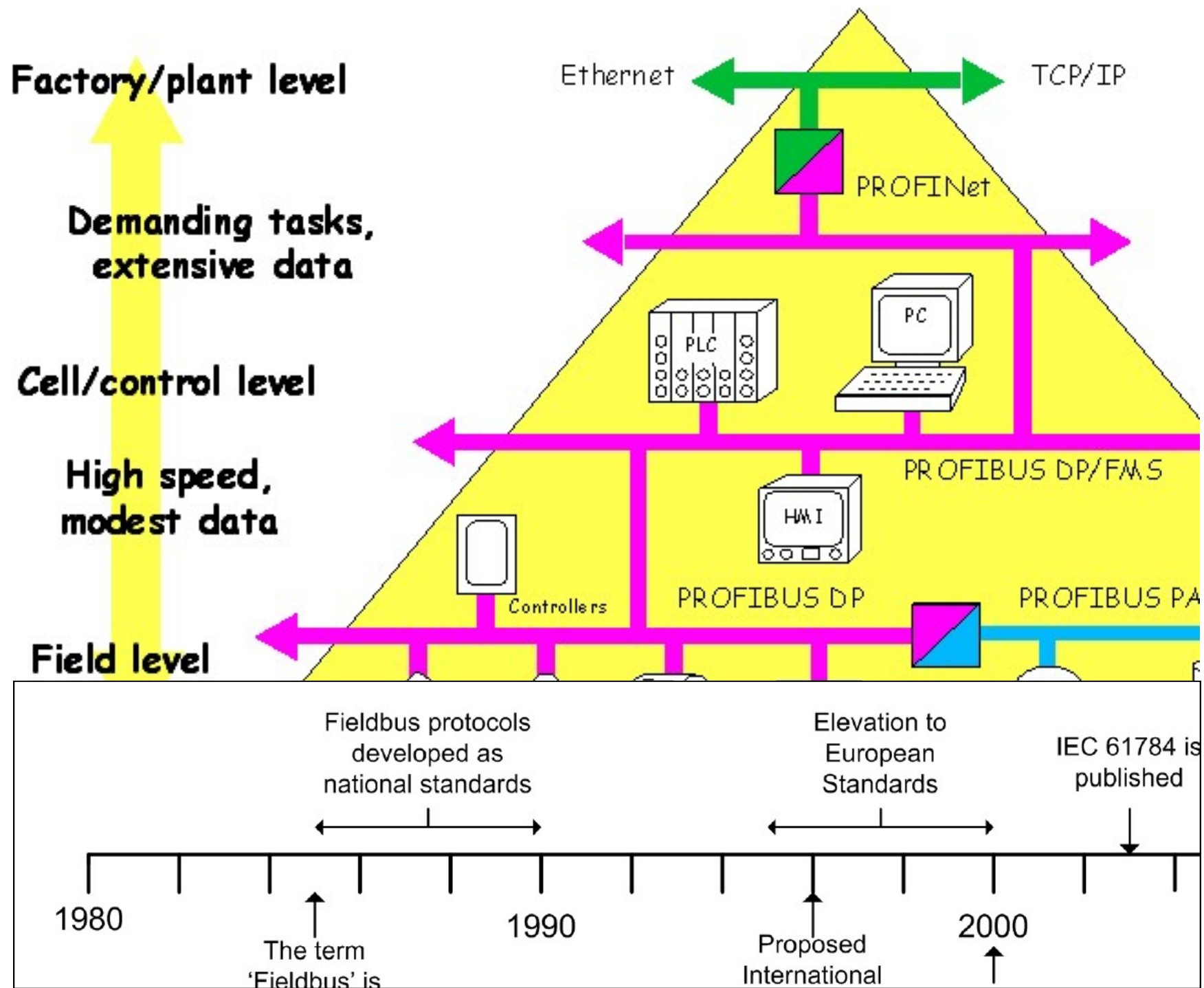
Struktura poruke

- definisanu strukturu koja ne zavisi od tipa fizičkog medija za prenos (RS232, RS485, TCP/IP)
- Cela mreža je namijenjena samo za poruke
- Preko druge mreže, mora se ugraditi u standardnu poruku za prenos tom mrežom
 - Device address - adresa primaoca
 - Function code - kod funkcije koju treba izvršiti
 - Data - potrebni podaci za funkciju
 - Error check - polja za proveru greške u prenosu

Struktura poruke

Početak i kraj poruka se prepoznaju po specijalnim karakterima, prosta potvrda prijema (acknowledgement)





Prva generacija SCADA sistema

- SCADA je bila nezavisan sistem zato što nisu postojali mrežni sistemi
- Nije postojala povezanost sa drugim sistemima
- Komunikacioni protokoli su bili nestandardizovani, korišćene su klasične tehnike prenosa podataka
- Postojao je rezervni sistem u slučaju otkaza glavnog sistema
- Realizovan na profesionalnim i skupim računarima opšte namene
- Monolitna SCADA

2. generacija SCADA sistema

- SCADA je koristila LAN ili sličnu mrežu
- Informacije su razmenjivane u realnom vremenu
- Svaka pojedinačna stanica (računar) je obavljao određeni deo zadataka
- Mrežni protokoli su uglavnom bili nestandardizovani
- Malo je bilo stručnjaka koji su znali sve o ovim sistemima, jeftiniji od prve generacije, ali još uvek skup
- Distribuirani sistemi

3. generacija SCADA sistema

- SCADA je slična distribuiranim SCADAMA
- Koriste standardizovane mrežne protokole
- Modularan sa jednostavniji komponentama koje su koristile protokole
- Moguća komunikacija svakog dela sa svakim preko mreže
- process control network (PCN)
- Može da radi paralelno sa sopstvenim supervizorom i sistemom za arhiviranje podataka
- Mrežna SCADA, efikasnija i masovna produkcija

4. generacija SCADA sistema

- IoT - "Internet of things"
- Komercijalno dostupano (jeftino) cloud računarstvo
- Poboljšana interoperabilnost
- Smanjena cena infrastrukture
- Jednostavno održavanje
- Jednostavna integracija
- Rad u realnom vremenu
- Realizuju se složeni algoritmi upravljanja
- Može se realizovati sa tradicionalnim PLC



4. generacija SCADA sistema

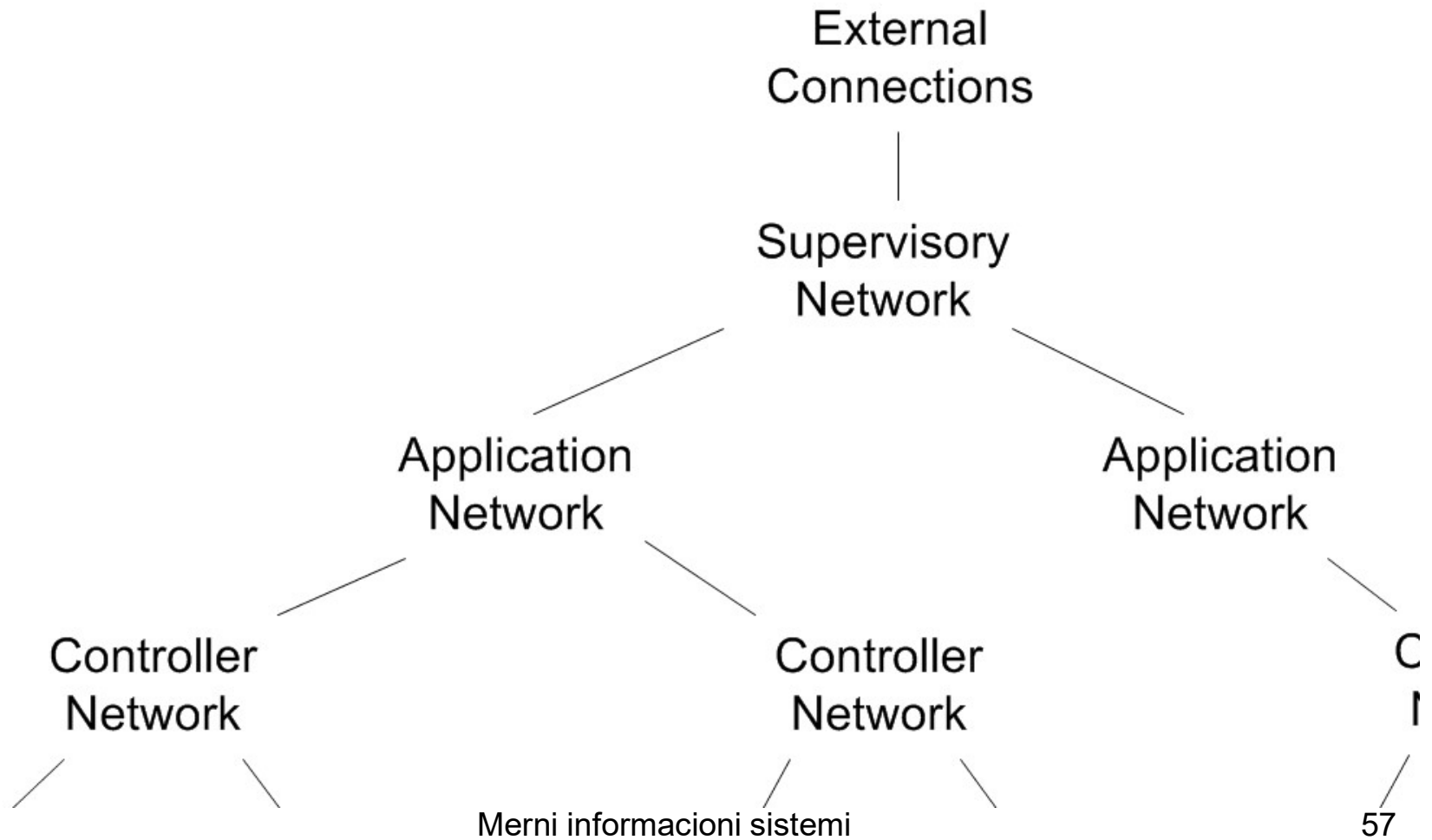
- IoT - "Internet of things"
- Može da povezuje decentralizovane SCADA sisteme sa mešovitim protokolima
- Ima razumljivu i pouzdanu granicu sigurnosti
- Problem je u modelovanju podataka (ako se izgubi konekcije, ako stigne više rezultata)
- Koristi se objektno-orijentisani pristup
- Virtuelna predstava podataka, uređaja i sistema
- Uključeni različiti sadržaji, slika, video, zvuk

4. generacija SCADA sistema

- IoT - "Internet of things"
- Nezavisan od platforme
- Servisno orjentisana arhitektura
- Nove forme modelovanja podataka
- Monitoring u realnom vremenu

Introduction to Industrial Control Networks, Galloway and Hancke

Example Industrial Network

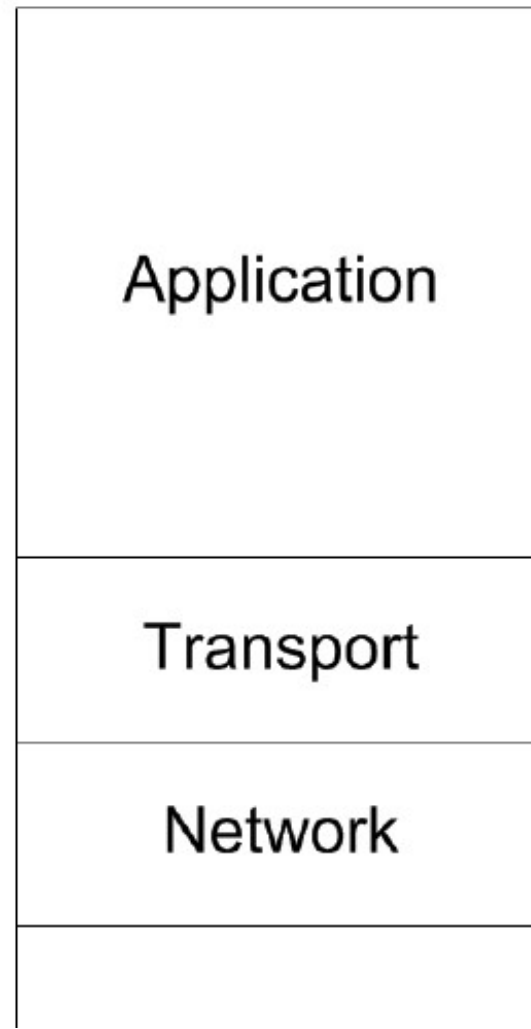


Introduction to Industrial Control Networks, Galloway and Hancke

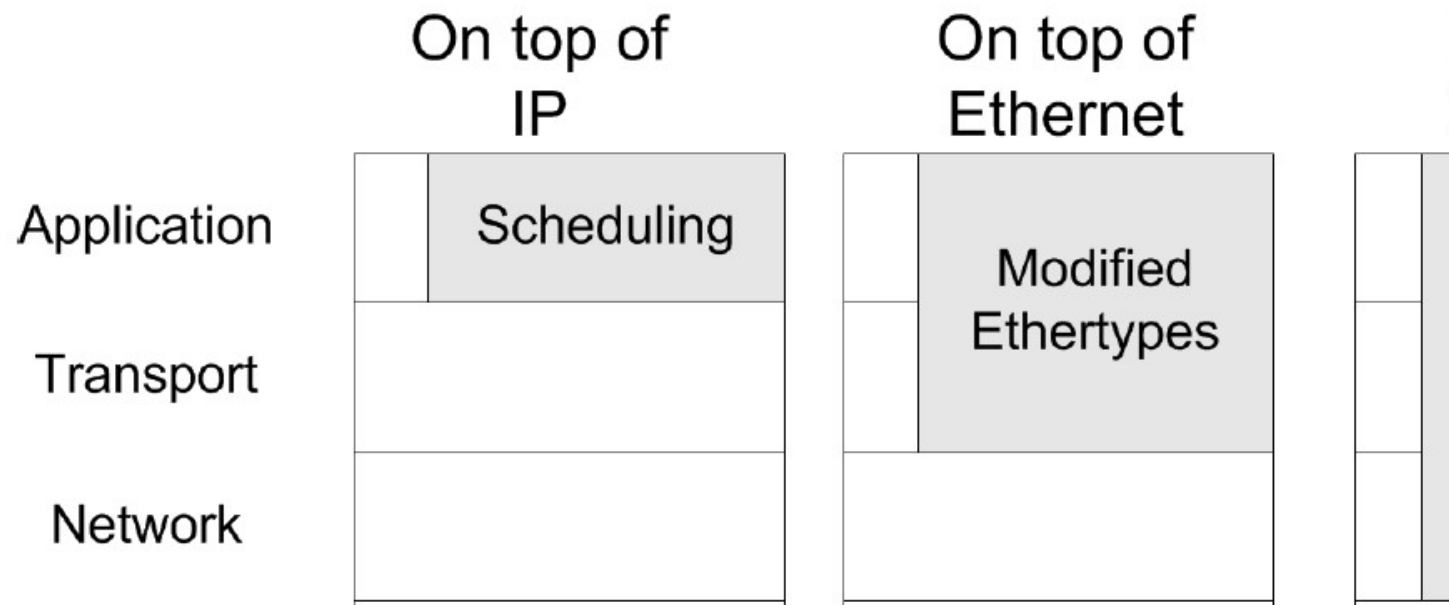
OSI Model



TCP/IP



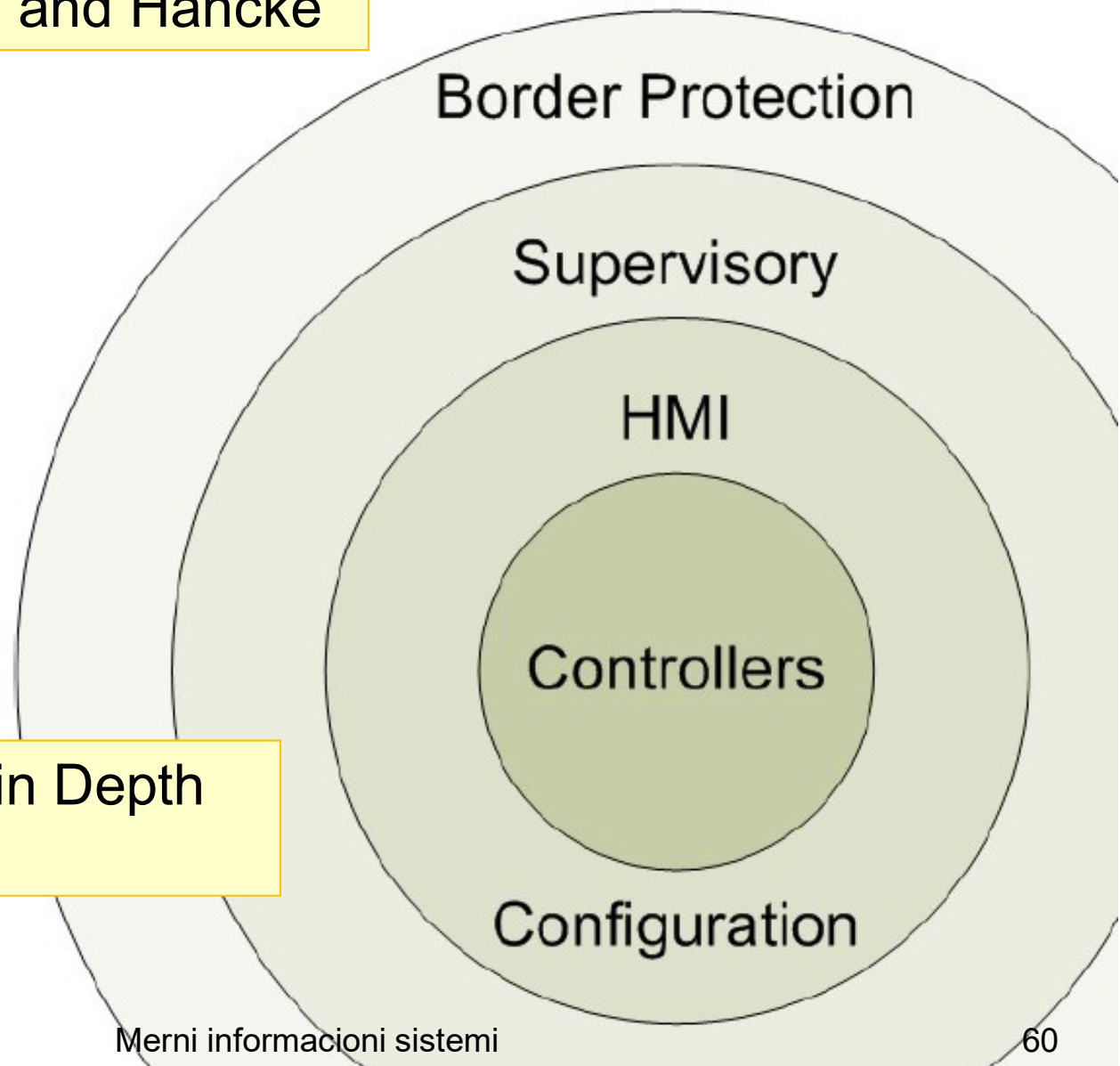
Introduction to Industrial Control Networks, Galloway and Hancke



Industrial Ethernet stack implementations

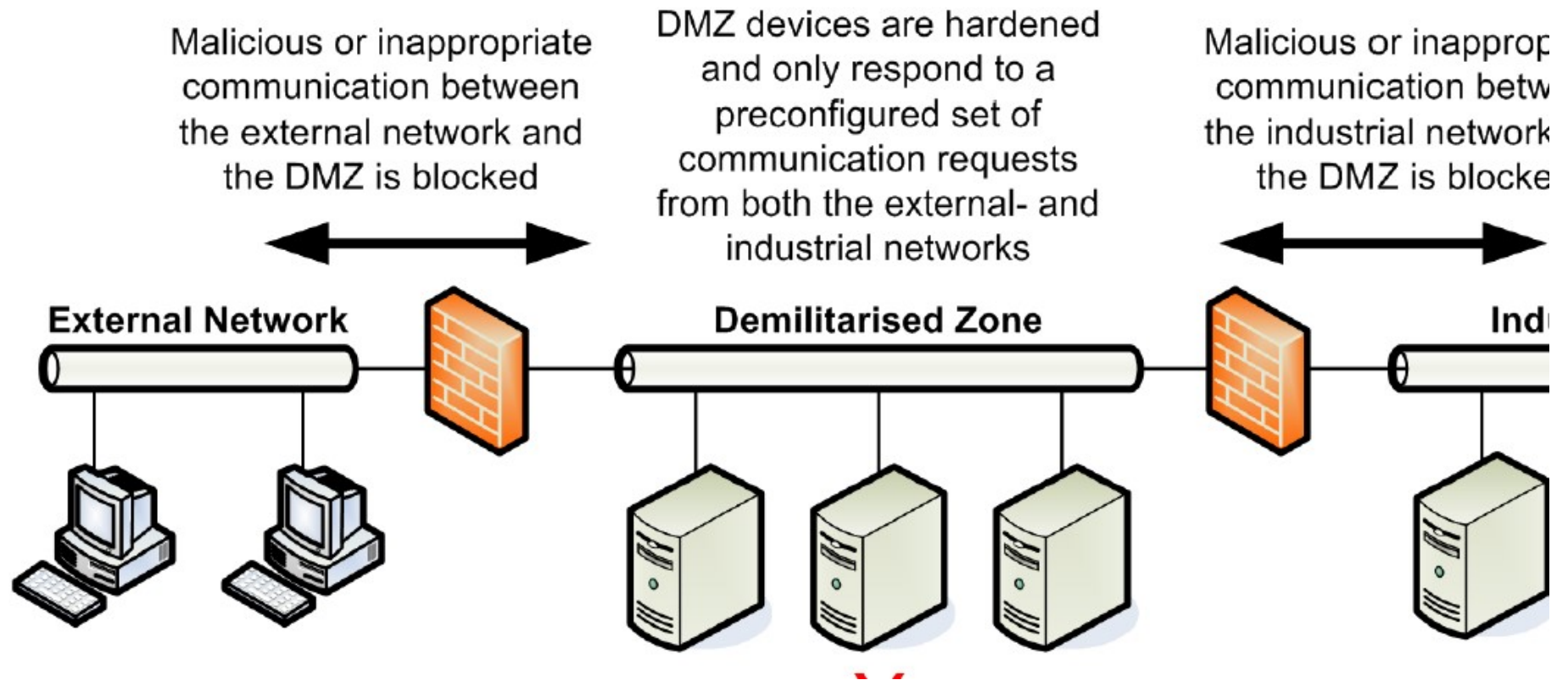
Introduction to Industrial Control Networks, Galloway and Hancke

External



Example Defense in Depth network structure

Introduction to Industrial Control Networks, Galloway and Hancke



Example of DMZ Implementation

Profesor dr Miroslav Lutovac

mlutovac@viser.edu.rs

Ova prezentacija je nekomercijalna.

Slajdovi mogu da sadrže materijale preuzete sa Interneta, stručne i naučne građe, koji su zaštićeni Zakonom o autorskim i srodnim pravima.

Ova prezentacija se može koristiti samo privremeno tokom usmenog izlaganja nastavnika u cilju informisanja i upućivanja studenata na dalji stručni, istraživački i naučni rad i u druge svrhe se ne sme koristiti –

Član 44 - Dozvoljeno je bez dozvole autora i bez plaćanja autorske naknade za nekomercijalne svrhe nastave:

(1) javno izvođenje ili predstavljanje objavljenih dela u obliku neposrednog poučavanja na nastavi;

- ZAKON O AUTORSKOM I SRODNIM PRAVIMA

("Sl. glasnik RS", br. 104/2009 i 99/2011)