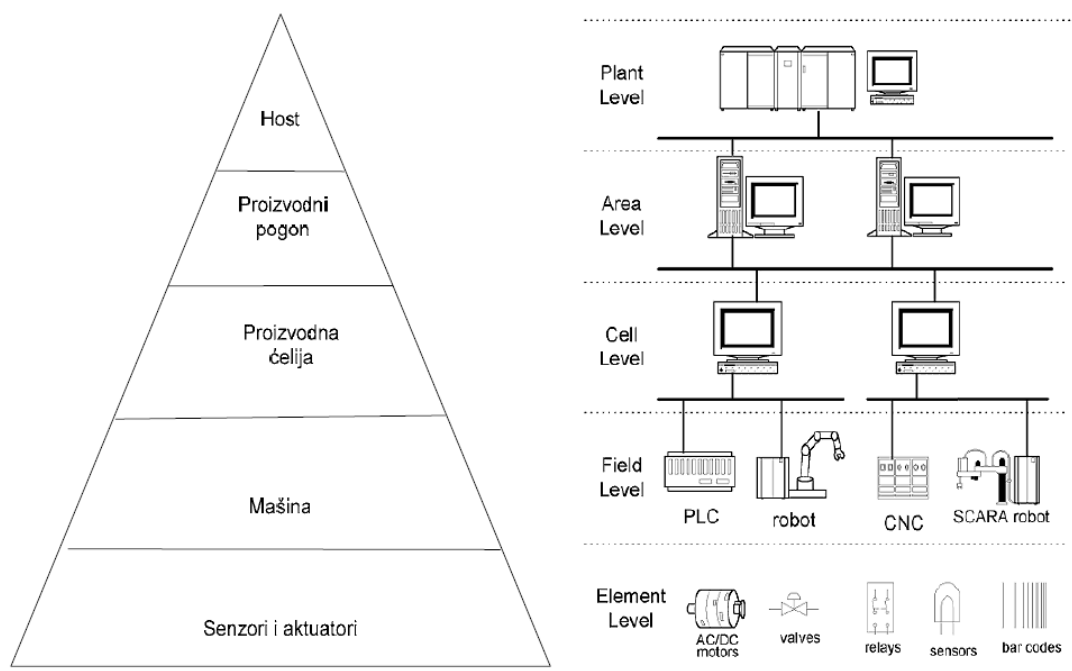


## 3 Industrijski sistemi

### 3.1 Hijerarhijska organizacija industrijskog sistema

Programabilni kontroleri doveli su do svojevrstne revolucije u načinu proizvodnje. Oni su omogućili fleksibilnu i profitabilnu automatizaciju proizvodnih procesa. Osim direktnog upravljanja proizvodnjom, programabilni kontroleri i računarom upravljani uređaji, generišu i mnoštvo podataka. U mnogim slučajevima, podaci mogu biti vredniji od samog proizvoda. Mnogi proizvodni procesi su izrazito neefikasni. Prikupljanjem podataka o procesu i njihovom analizom može se učiniti da proces postane efikasniji, da kvalitet proizvoda bude viši, da se skрати vreme zastoja. Prvi korak u ovom pravcu jeste prikupljanje i prenos podataka. Za prenos podataka koriste se komunikacione mreže. Postoji velik broj tipova komunikacionih mreža prilagođenih specifičnim zahtevima industrijskih sistema.

Industrijski sistemi mogu biti veoma složeni i obično su organizovani na hijerarhijski način. Svakom nivou hijerarhije odgovara nivo komunikacije koji postavlja neke specifične zahteve u pogledu komunikacione mreže. Na Sl. 3-1 prikazan je primer hijerarhije kod industrijskih sistema. Najniži nivo je vezan za sam proizvodni proces i obuhvata senzore, aktuatorne i mašine. Kako se krećemo naviše, uz piramidu, primarni zadatak postaje menadžment i upravljanje proizvodnjom na visokom nivou.



Sl. 3-1 Pet nivoa industrijskog sistema

### **3.1.1 Nivo senzora i aktuatora**

Nivo senzora i aktuatora predstavlja najniži nivo hijerarhije upravljanja i komunikacije u jednom industrijskom preduzeću. Na ovom nivou nalaze se uređaji kao što su ventili, senzori, starteri motora, regulatori temperature i drugi, najrazličitijih U/I uređaji. Velika većina senzora i aktuatora su jednostavni uređaji, koji osim mogućnosti razmene on/off signala sa PLC kontrolerom ili računarom, ne poseduju druge načine za komunikaciju.

Međutim, u novije vreme, čak i u senzore i aktuatore počinju da se ugrađuju specijalizovani komunikacioni interfejsi koji omogućavaju serijsku ili paralelnu komunikaciju. Serijski komunikacioni standardi RS232, RS422 i RS455, zajedno sa paralelnim komunikacionim standardom IEEE488 predstavljaju najčešće korišćene komunikacione protokole na ovom nivou. Vremenom, ovi komunikacioni standardi, koji su svi tipa od-tačke-do-tačke, evoluirali su u tzv. industrijske magistrale. Industrijske magistrale omogućavaju povezivanje većeg broja uređaja na zajednički komunikacioni medijum. Kod ovakvog pristupa, cena povezivanja je niža. Umesto da se svaki uređaj direktno, posebnim provodnicima povezuje sa PLC kontrolerom ili računarom, za spregu svih uređaja koristi se zajednička komunikaciona linija (magistrala). Jedna od glavnih karakteristika komunikacije na nivou senzora i aktuatora jeste zahtev da vreme prenosa podataka bude predvidljivo. Da bi se u što većoj meri skratilo vreme prenosa podataka, reprezentacija podataka mora biti kompaktna. Komunikacione mreže na ovom nivou su tipa senzorskih magistrala. To su obično mreže manjeg obima, niske cene, specijalizovane za brzi prenos diskretnih informacija. Primeri komunikacionih mreža koje se koriste na nivou uređaja su: DeviceNet, Profibus DP, ASI, Interbus/S, Seriplex, SDS, i Compobus/S.

### **3.1.2 Nivo mašina**

Pod mašinom se podrazumeva deo opreme za proizvodnju ili rukovanje proizvodima ili procesima. Primeri mašina su roboti, pokretne trake, računarski upravljani alati, tj. CNC mašine, i drugo. Mašine su u direktnom kontaktu sa proizvodom. Neke prenose proizvod, a druge učestvuju u njegovoj izradi. Mašina se sastoji od većeg broja senzora i aktuatora i mehaničkih delova. Mašinom upravlja kontroler mašine, putem priključenih aktuatora i senzora. Kontroler mašine radi po fiksnom programu koji je zapamćen u memoriji kontrolera. U toku rada, svaki od ovih uređaja generiše i podatke koji su od značaja za upravljanje proizvodnjom: brojanje proizvoda, vreme proizvodnje pojedinačnih proizvoda, vreme zastoja i td.

### **3.1.3 Nivo proizvodnih ćelija**

Proizvodna ćelija predstavlja grupu uređaja i mašina od kojih svaka ima neku specifičnu ulogu u procesu izrade jednog ili više proizvoda. Ćelije su obično tako koncipirane da se mogu koristiti za izradu različitih tipova proizvoda iz iste familije proizvoda. Svaka mašina, tipično, poseduje programabilnu upravljačku jedinicu, a za komunikaciju sa nadređenim nivoom upravljanja koristi neki specifični komunikacioni protokol. Mašine ne komuniciraju

između sebe, već postoji kontroler ćelije koji direktno komunicira sa svakom mašinom. U suštini, kontroler ćelije integriše mašine u kooperativnu proizvodnu ćeliju. Osnovni zadaci kontrolera ćelije su da:

- Puni unapred pripremljene programe u memoriju upravljačkih jedinica mašina i uređaja. Izmenom programa rada pojedinačnih mašina, ćelija se može konfigurisati za izradu novog tipa proizvoda.
- Razmenjuje upravljačke i statusne informacije sa mašinama, podešava parametre rada, prikuplja podatke o tekućem stanju proizvodnog procesa i sl.
- Koordinira rad mašina: startuje/zaustavlja mašine, postavlja mašine u određene režime rada.
- Prati performanse mašina.

U jednom proizvodnom pogonu obično postoji više proizvodnih ćelija, od kojih svaka ima svoj kontroler. Osim sa podređenim mašinama, kontroleri proizvodnih ćelija komuniciraju jedni sa drugima i sa nadređenim nivoom upravljanja.

Postoje dva osnovna tipa komunikacije između kontrolera ćelije i mašina: primitivna i serijska.

#### *Primitivna komunikacija*

Primitivna komunikacija se koristi u slučajevima kada mašina ne poseduje mogućnost razmene poruka, tj. ne poseduje specijalizovane komunikacione interfejse, a ni dovoljno veliku moć obrade podataka. Primitivna komunikacija se ostvaruje putem jednostavnih handshake procedura koje uključuju dva ili više ulazno/izlazna digitalna signala. Na primer, zamislimo robota koji je tako programiran da čeka da ulaz broj 1 postane aktivan pre nego što pređe na izvršenje programa broj 13. Nakon završetka programa, robot aktivira izlaz broj 2. Pretpostavimo, dalje da su robot i PLC kontroler povezani sa dva digitalna signala: izlaz 2 robota povezan sa ulazom 1 PLC kontrolera, a izlaz 1 robota sa izlazom 2 PLC kontrolera. Na ovaj način oformljena je proizvodna ćelija koja ima jednu mašinu – robota. Aktiviranje svog izlaza 2, PLC izdaje komandu robotu da započne rad; aktiviranjem svog izlaza 2, robot obaveštava PLC da je završio naloženu operaciju.

#### *Serijska komunikacija*

Mnogi uređaji i mašine poseduje značajno veće mogućnosti za komunikaciju od proste primitivne komunikacije. Na primer, ako je potrebno napuniti program rada u memoriju upravljačke jedinice mašine, to se ne može postići primitivnom komunikacijom. Za ovu i slične namene, kod mnogih uređaja dostupan je RS-232 komunikacioni port preko koga se ostvaruje asinhrona serijska komunikacija. Komunikacija se ostvaruje uz pomoć posebnog kabla koji povezuje dva uređaja, a koji sadrži veći broj žica gde svaka ima neku specifičnu funkciju. Raspored pinova na priključnom konektoru, namena svakog pina, električne

karakteristike interfejsnih kola, talasni oblici signala koji se prenose, i osnovni format poruke su standardizovani, tako da se na ovaj način mogu povezivati uređaji različitih proizvođača.

### **3.1.3.1 PLC kao kontroler ćelije**

S obzirom da su namenski projektovani za industrijske primene, PLC kontroleri se lako ugrađuju u industrijske sisteme, rukovanje i programiranje PLC kontrolera je jednostavno i ukoliko ne postoje posebni zahtevi, PLC predstavlja prvi izbor za kontroler ćelije. PLC kontroleri su naročito pogodni ako je neophodno obezbediti primitivnu komunikaciju. Takođe, ako u ćeliji postoje i drugi PLC kontroleri istog tipa, za komunikaciju između glavnog i podređenih PLC kontrolera može se koristiti komunikaciona magistrala namenjena toj konkretnoj PLC familiji. Sa druge strane, u odnosu na računar, sa PLC kontrolerom je teže realizovati efikasan interfejs prema operateru. Mada, u novije vreme, sa pojavom namenskih grafičkih terminala i displeja i ova funkcija postaje dostupna i na nivou PLC kontrolera.

### **3.1.3.2 Računar kao kontroler ćelije**

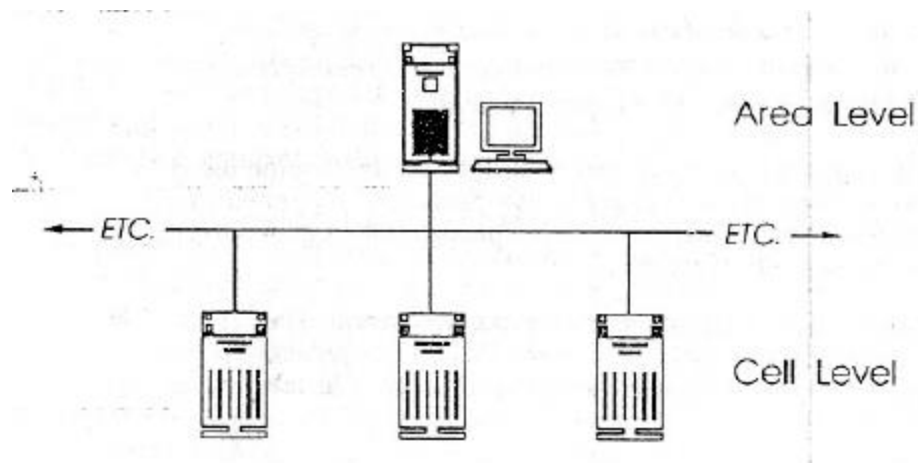
Računari se sve češće koriste kao kontroleri proizvodnih ćelija. U poređenju sa PLC kontrolerima, računari se odlikuju većom fliksibilnošću i većim mogućnostima u pogledu obrade podataka i realizacije složenih algoritama upravljanja. Takođe računari poseduju daleko veće mogućnosti za komunikaciju. Po pravilu, gotovo svi industrijski uređaji i mašine poseduju mogućnost komunikacije sa PC računarom, dok su samo pojedine prilagođene za komunikaciju sa PLC kontrolerima. Problem je u tome što na nivou PLC kontrolera ne postoji jedinstveni, opšti standard za komunikaciju, već svaki proizvođač PLC kontrolera definiše svoj komunikacioni protokol koji omogućava laku spregu PLC kontrolera i modula tog proizvođača. Sa druge strane svaki PC računar poseduje barem mogućnost RS-232 komunikacije, a ugradnjom specijalizovanih kartica i pratećeg softvera lako se može prilagoditi bilo kom drugom načinu komunikacije.

Za komunikaciju između računara, kao kontrolera ćelije, i mašina tipično se koristi softver koji se zove SCADA (supervisory control and data acquisition). SCADA se izvršava na centralizovanom računaru, kontroleru ćelije, i omogućava komunikaciju sa najrazličitijim tipovima uređaja i mašina. Softver je koncipiran u vidu gradivnih blokova. Programer razvija program upravljanja korišćenjem menija i ikona (vizuelno programiranje), a zatim učitava drajvere za uređaje sa kojima aplikacija treba da komunicira. Drajver je softver, namenski pisan da omogući komunikaciju sa nekim specifičnim tipom uređaja. Komunikacioni drajveri su dostupni za veliki broj uređaja.

### **3.1.4 Nivo proizvodnog pogona**

Proizvodni pogon je oblast koja obuhvata jednu ili više proizvodnih ćelija. Kontroler proizvodnog pogona je računar koji prima instrukcije od nivoa hosta i raspoređuje zadatke proizvodnim ćelijama (Sl. 3-2). Ovaj računar, takođe, komunicira sa kontrolerima drugih proizvodnih pogona u cilju sinhronizacije proizvodnje. Komunikaciona mreža na ovom nivou se karakteriše velikom brzinom prenosa podataka, i determinističkim kašnjenjem. Najčešće

korišćene komunikacione mreže na ovom nivou su: ControlNet, Profibus FMS, Genius I/O, ARCNet, ModBus, LON, Sysmac Link, i Controller Link.



Sl. 3-2 Sprega kontrolera proizvodnog pogona i kontrolera ćelija.

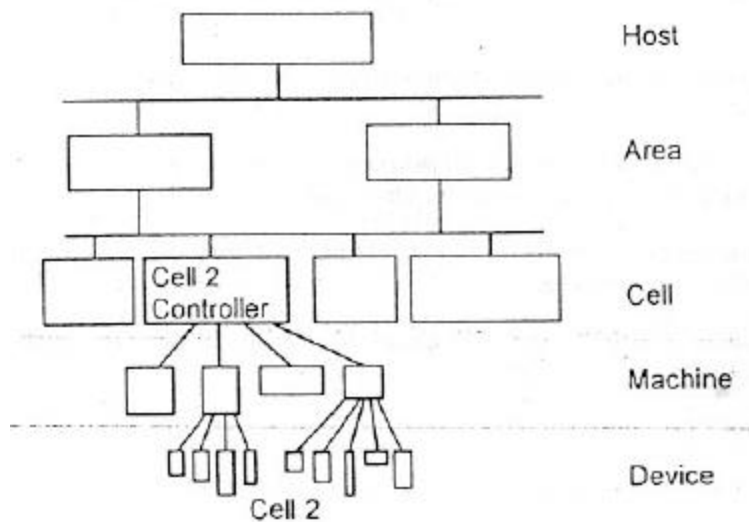
### 3.1.5 Nivo hosta

Nivo hosta (ili informacioni nivo) predstavlja najviši nivo u hijerarhiji upravljanja i komunikacije u okviru jednog automatizovanog preduzeća. Ovaj nivo ostvaruje komunikaciju između menadžmenta i proizvodnog pogona, a čini ga jedan ili više računara (mainframe-ovi, radne stanice, PC mašine) umreženih u LAN (lokalna računarska mreža). LAN se karakteriše visokom propusnom moći, složenom strukturom, umerenom brzinom prenosa podataka i nedeterminističkim kašnjenjem. U novije vreme razlike u pogledu performansi između mainframe-ova, radnih stanica i PC mašina se sve više smanjuju, a generalni trend je ka distribuiranoj obradi (kooperativnom radu većeg broja računara).

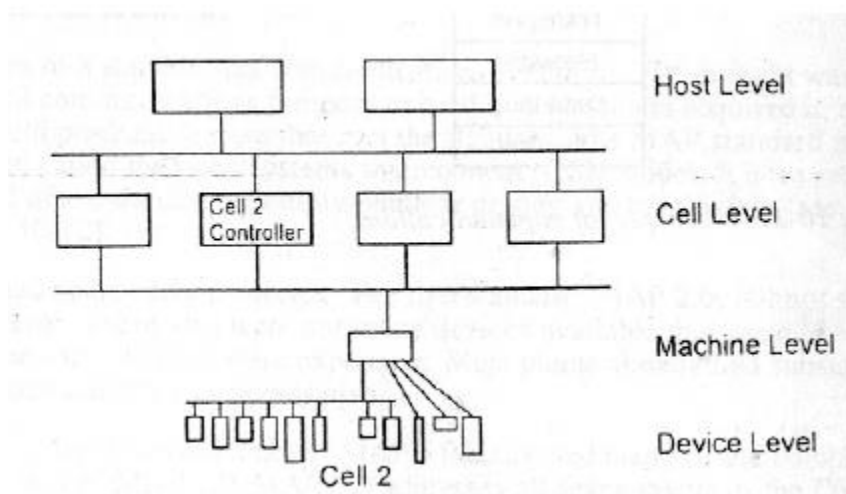
Nivo hosta je odgovaran za poslovni softver, inženjerski softver, softver za poslovnu komunikaciju i slično. Poslovni softver za primenu u industriji se naziva softver za planiranje proizvodnih resursa ili MRP (Manufacturing Resource Planning). Ovaj softver se koristi za unos narudžbi, evidenciju sirovina, evidenciju inventara i td. Na osnovu ovih informacija, softver se koristi za generisanje radnih naloga za proizvodnju, naručivanje sirovina i komponenti, organizovanje proizvodnje i sl. Softveri ovog tipa se sve više koriste i za planiranje i predviđanje proizvodnje.

U novije vreme, nivo hosta počinje da se koristi za optimizovanje rada preduzeća. Podaci se automatski prikupljaju u proizvodnim pogonima, direktno od mašina, senzora i operatorskih terminala i prenose do nivoa hosta, gde se obrađuju, analiziraju i koriste kao bi se pronašli načini za povećanje produktivnosti na nivou celog preduzeća. Ključni problem se odnosi na prikupljanje podataka. Kvalitetnije poslovne odluke zahtevaju ažurne i aktuelne podatke o proizvodnji koji su dostupni u obliku razumljivom ljudima.

Na Sl. 3-3 prikazani su nivoi komunikacije u preduzeću. Organizaciona šema sa Sl. 3-3 predstavlja klasičan način organizacije, sa jasno razdvojenim hijerarhijskim nivoima, gde se na svakom nivou, kao što je prethodno opisano, koristi određeni tip računarske opreme i neki specifični komunikacioni mehanizmi i protokoli. Međutim, nagli napredak u oblastima računarstva, računarskih mreža i mrežne opreme uslovljava promene u komunikacionoj strukturi. Cena umrežavanja postaje sve niža što čini ekonomičnim da i jednostavni kontroleri mašina, pa čak i senzori i aktuatori budu direktno i ravnopravno povezani na LAN zajedno sa PLC kontrolerima i računarima (Sl. 3-4). Na taj način, pojednostavljuje se komunikacija na nivou proizvodnog pogona i olakšava funkcija prikupljanja podatak o toku proizvodnje. U budućnosti, očekuje se da će većina senzora i aktuatora biti povezana na LAN. Takođe, u organizacionoj strukturi sa Sl. 3-4 nivo proizvodnog pogona ne postoji, odnosno pridružen je nivou hosta. To je posledica činjenica da moć obrade miniračunara (PC mašina), koji se koriste kao kontroleri pogona, postaje sve veća, uporediva sa računarima na nivou hosta.



Sl. 3-3 Tipično hijerarhijsko upravljanje



Sl. 3-4 Organizacija sa manjim brojem nivoa.

### 3.2 OSI referentni model

U ranim sedamdesetim, međunarodna organizacija za standardizaciju (International Standard Organization – ISO) uočila je potrebu za razvojem mrežnog modela koji bi pomogao u realizaciji kompatibilnih mrežnih proizvoda i rešenja. Kao rezultat definisan je Open System Interconnection (OSI) model. Iako postoje i drugi mrežni modeli, OSI model se obično koristi kao referenca za klasifikaciju i opis najrazličitijih komunikacionih protokola.

OSI referentni model definiše sedam nivoa ili slojeva komunikacije:

- sloj aplikacije
- sloj prezentacije
- sloj sesije
- transportni sloj
- mrežni sloj
- sloj veze
- fizički sloj

OSI model opisuje način na koji informacija putuje od aplikacije sa jednog računara ili nekog uređaja do aplikacije koja se izvršava na nekom drugom umreženom računaru ili uređaju. (Za računar ili bilo koji drugi uređaj koji je u stanju da razmenjuje informacije sa drugim umreženim računarima ili uređajima koristićemo zajednički termin mrežni čvor ili samo čvor.) Informacija se prenosi od aplikacije u izvorišnom čvoru do aplikacije u odredišnom čvoru. Na svom putu informacija najpre prolazi naniže kroz sve slojeve izvorišnog čvora, zatim se fizički, putem komunikacione linije, prenosi do odredišnog čvora gde prelazi ponovo, ali sada naviše, u obrnutom redosledu kroz sve slojeve da bi konačno stigla do odredišne aplikacije. Svaki sloj obavlja određenu transformaciju podataka ili sprovodi skup aktivnosti koje se odnose na jedan specifični aspekt komunikacije. Tako, fizički sloj je usredsređen na prenos binarnih signala preko fizičkog prenosnog medijuma, sloj veze na problem pouzdanog prenosa, mrežni sloj reguliše rutiranje poruka u mreži složene topologije i tako dalje, sve do sloja aplikacije koji je u direktnoj interakciji sa krajnjim korisnikom (ili korisničkom aplikacijom). Sloj višeg nivoa koristi usluge sloja nižeg nivoa. Na primer, sloj veze priprema pakete koji će biti poslani na mrežu, ali ne učestvuje u neposrednom prenosu paketa već je to zadatak fizičkog nivoa koji jedini zna kako treba pobuditi prenosnu liniju da bi se na njoj postavila logička 0 ili 1.

### 3.2.1 Fizički sloj

Fizički sloj je odgovoran za prenos bitova preko deljivog fizičkog medijuma mreže, odnosno mrežnog kabla ili bežične veze. Fizički sloj definiše električne karakteristike signala koji egzistiraju u prenosu podataka, kao što su naponski nivoi logičke 0 i logičke 1 i bitska brzina prenosa. Ovaj sloj takođe definiše način sprege čvora na prenosni medijum sve do nivoa tipova utičnica i rasporeda pinova na priključnim konektorima. Ukoliko se radi o bežičnom prenosu, tada se na fizičkom nivou specificira frekvencija nosećeg signala i tip modulacije.

### 3.2.2 Sloj veze (Data Link Layer)

Zadatak ovog sloja je da kreira komunikacioni kanal za pouzdani prenos podataka između dva čvora povezana fizičkom komunikacionom linijom. Sloj veze može se podeliti na dva podsloja:

- *kontrola logičke veze*: zadužen za pakovanje informacija u okvire i kontrolu ispravnosti prenosa.

- *kontrola pristupa medijumu* (Media Access Control – MAC) reguliše pristup zajedničkom fizičkom medijumu od strane više predajnika.

*Kontrola logičke veze* rešava sledeće probleme:

(1) Pakovanje informacije u pakete ili frejmove (okvire) sa predvidljivim početkom, i krajem. Da bi prenos podataka između predajnika i prijemnika bio sinhronizovan neophodno je da početak i kraj okvira budu jednoznačno određeni. To se obično postiže tako što svaki okvir počinje nekom tačno određenom sekvencom bitova, a završava se nekom drugom. Kod nekih protokola svi okviri moraju imati istu, tačno određenu dužinu. Kod drugih protokola, dužina okvira može biti promenljiva, ali manja od maksimalno dozvoljene dužine.

(2) Adresiranje čvorova. Tipično, svaki čvor u mreži ima jedinstvenu fizičku adresu. Okvir se uvek šalje sa neke izvorišne na neku odredišnu fizičku adresu, ili skup odredišnih fizičkih adresa. Adresa je deo okvira. Ako se koristi deljivi fizički medijum tada svi čvorovi u mreži primaju okvir, a onda poređenjem odredišne adrese iz okvira i svoje adrese odlučuju da li će prihvatiti okvir ili ne. Ako okvir ima samo jedno odredište, radi se o prenosu tipa od-tačke-do-tačke (unicast). Ako poslati okvir treba da prihvate svi čvorovi u mreži, radi se o tipu prenosa emisija svima (broadcast). Ako je okvir namenjen jednom određenom podskupu čvorova, prenos je tipa delimična emisija (multicast). Protokol sloja veze definiše pravila za dodelu fizičkih adresa čvorova. Treba napomenuti da neki protokoli ne koriste adresiranje čvorova, već se na ovom nivou komunikacije oslanjaju na broadcast (svi primaju sve), dok filtriranje okvira prepuštaju nekom višem mrežnom sloju koji je upućen u značenje podataka koji se prenose.



(3) Kontrola ispravnosti prenosa. Zbog uticaja električnih smetnji i šumova može doći do pojave grešaka u prenosu. Bit koji je poslat kao 1 može biti protumačen od strane prijemnika kao 0 i obrnuto. Kontrola ispravnosti prenosa obezbeđuje mehanizam za detekciju greške u prenosu i mehanizam za korekciju grešaka. Za detekciju grešaka koristi se princip zaštitnog kodiranja. Nad bitovim informacije koja se šalje jednim okvirom primenjuje se određena matematička formula ili algoritam koji kao rezultat daje tzv. čeksumu. Čeksuma se pridodaje bitovima informacije i u okviru istog okvira prenosi se do prijemnika. Prijemnik izdvaja iz primljenog okvora bitove informacije i bitove čeksume; nad bitovima informacije primenjuje isto izračunavanje i dobijeni rezultat poredi sa primljenom čeksumom. Ako ove dve vrednosti nisu jednake, prijemnik zaključuje da je okvir primljen sa greškom i zbog toga ga odbacuje. Način izračunavanja čeksume definisan je konkretnim protokolom. Da bi se prevazišla situacija koja nastaje kada prijemnik dobije pogrešan okvir, različiti protokoli ovog nivoa postupaju na različite načine. Neki protokoli potvrđuju svaki ispravno primljeni okvir, tako što pošiljaocu paketa šalju posebnu poruku potvrde ispravnog prijema, tzv. ACK okvir (odgovara principu pozitivnog potvrđivanja). Neki drugi protokoli, koriste princip negativnog potvrđivanja, tj. obavestavaju pošiljaoca da su primili pogrešan okvir slanjem tzv NACK okvira. Kod prvog pristupa, pošiljalac nakon slanja paketa čeka na potvrdu prijema i ako za neko određeno vreme ne primi potvrdu, ponavlja slanje istog okvira. U drugom slučaju, pošiljalac ponavlja slanje paketa samo ako to zahteva primalac.

(4) Eliminacija dupliranih okvira i kontrola toka. U izvesnim slučajevima može doći do dupliranja okvira (npr., ako se izgubi ACK okvir). Takođe, može se desiti da prijemnik nije u stanju da prihvati sve okvire koje mu predajnik šalje, zato što je opterećen nekim drugim zadacima. Da do toga ne bi došlo, protokol sloja podataka obezbeđuje mehanizme za kontrolu toka podataka.

*Kontrola pristupa deljivom medijumu* treba da obezbedi koordinisano korišćenje zajedničkog, deljivog fizičkog prenosnog medijuma od strane više primo/predajnika. Naime većina fizičkih komunikacionih linija su tipa magistrale. U jednom vremenu preko magistrale se može prenositi samo jedna poruka. Problem nastaje kada više od jednog predajnika želi da šalje podatke. Postoji više različitih načina kako se ovom problemu pristupa:

(1) Multipleksiranje na vremenskoj osnovi (Time Division Multiplex). Svakom čvoru se dodeljuje ograničeni vremenski interval u toku koga može koristiti deljivu komunikacionu liniju za slanje svojih podatak. Ovi vremenski intervali mogu biti dodeljivani čvorovima kružno, a čvor može, ali i ne mora da iskoristi dodeljeno vreme. Kod rešenja ovog tipa, tipično se koristi princip tokena, koji se proleđuje od čvora do čvora, a samo onaj čvor koji poseduje token ima pravo da šalje podatke.

(2) Centralizovana arbitraža: Svaki čvor koji želi da šalje podatke mora najpre da dobije dozvolu od arbitra. Čvorovi mogu imati različite prioritete, a dozvolu dobija čvor najvišeg prioriteta od svih čvorova koji su uputili zahtev.

(3) Detekcija kolizija. Kod ovog pristupa, bilo koji čvor može da započne slanje svojih podataka ako je linija slobodna. Međutim, ako dva ili više čvora počnu sa prenosom u isto vreme dolazi do kolizije (ili sudara na magistrali). Svaki čvor koji vrši predaju u obavezi je da nadgleda magistralu i kada ustanovi da je nastupila kolizija obustavlja predaju, čeka neko slučajno vreme i ponavlja slanje istog okvira.

Osim navedenih postoje i druge tehnike za kontrolu pristupa deljivom prenosnom medijumu.

Protokol sloja veze stvara iluziju idealnog komunikacionog kanala. Drugim rečima, protokoli višeg nivoa nisu opterećeni greškama u prenosu podatak, i drugim neregularnim situacijama koje se mogu javiti u toku prenosa podataka preko fizičke komunikacione linije.

### **3.2.3 Mrežni sloj**

Osnovni zadatak mrežnog sloja je da obezbedi prenos podataka između udaljenih čvorova, koji mogu, ali ne moraju da dele zajednički fizički prenosni medijum. Savremene komunikacione mreže, kao što je npr. Internet, sastoje se iz mnoštva izolovanih podmreža, tzv. lokalnih mreža. Lokalne mreže se sprežu u globalnu mrežu pomoću specijalizovanih mrežnih uređaja koji se zovu ruteri. Svaki čvor globalne mreže ima jedinstvenu logičku adresu, a prenos podataka između dva ne-lokalna čvora ostvaruje se preko putanje koju čine dva ili više rutera. Zadatak protokola mrežnog nivoa je da na osnovu logičke adrese izvorišnog i logičke adrese odredišnog čvora odredi putanju. Ovaj zadatak se zove rutiranje. Na primer, za Internet je karakteristično decentralizovano rutiranje. To znači da putanju ne određuje pošiljalac, niti se putanja određuje na nekom centralizovanom mestu, već svaki ruter, lokalno, samo na osnovu odredišne logičke adrese određuju da li će i kom susednom ruteru proslediti primljenu poruku ili će poruku uputiti nekom lokalnom čvoru. Protokol mrežnog nivoa definiše format i šemu dodele logičkih adresa, kao i pravila rutiranja. Protokol mrežnog nivoa koji se koristi na Internetu zove se IP (Internet Protokol).

Drugi tipičan zadatak protokola mrežnog nivoa je segmentacija podatka. Na strani pošiljaoca (izvorišta podataka), protokol mrežnog nivoa deli podatke dobijene od protokola višeg nivoa (transportni nivo) na segmente koje, zatim, zajedeno sa logičkim adresama izvorišta i odredišta pakuje u tzv. datagrame. Veličina datagrama mora biti usklađena sa dužinom okvira koja je propisana protokolom sloja podataka. Datagrami se nezavisno prenose kroz mrežu. Svaki ruter na putanji između izvorišta i odredišta, može dodatno da podeli datagram na dva ili više manjih datagrama, ako veličina datagrama nije usklađena sa dužinom okvira koja je propisana za fizički medijum kojim datagram treba da nastavi dalje. Datagrami stižu do odredišta u proizvoljnom redosledu, a zadatak mrežnog protokla na stani primaoca je da prikupi sve datagrame i rekonstruiše polaznu poruku. Da bi na prijemnoj strani, datagrami mogli da se slože u pravilnom redosledu, svakom datagramu, još na strani izvorišta, dodeljuje se jedinstveni redni broj.

Pri prenosu kroz mrežu, datagram može biti izgubljen. Ruter može poništiti primljeni datagram zbog uočene greške u prenosu ili zato što je preopterećen intenzivnim saobraćajem. Mrežni sloj ne garantuje isporuku datagrama, već brigu o tome prepušta transportnom sloju.

Dakle, mrežni sloj formira datagrame i brine o rutiranju datagrama do zadate određene logičke adrese. Mrežni sloj nije opterećen načinom prenosa datagrama između dva susedna čvora na putanji između izvorišta i odredišta, već je to zadatak sloja podataka i fizičkog sloja.

### 3.2.4 Transportni sloj

Transportni sloj omogućava komunikaciju između krajnjih računara koji razmenjuju podatke. Glavne funkcije ovog sloja su da prihvati podatke od sloja iznad (sloj sesije), ako je potrebno podeli podatke na manje delove, tzv. pakete, prosledi pakete mrežnom sloju i stara se o tome da poslati podaci budu uspešno primljeni na strani odredišta. Na taj način, transportni sloj u potpunosti sakriva logičku i fizičku strukturu mreže od sloja sesije.

Dva osnovna zadatka transportnog sloja su:

- uspostavljanje veze (konekcije)
- kontrola toka podataka

(1) Uspostavljanje veze. Jedan računar može u isto vreme da razmenjuje podatke sa više drugih računara. Na primer, na jednom računaru može se istovremeno izvršavati više aplikacija, od kojih svaka komunicira sa odgovarajućom aplikacijom na nekom drugom računaru. Međutim, računar ima jedinstveni priključak na mrežu, tako da svi podaci bez obzira od kog računara stižu prolaze kroz isti mrežni priključak. Upravo je zadatak transportnog sloja da razgraniči podatke namenjene različitim aplikacijama u okviru istog računara. Ovo se postiže uvođenjem koncepta konekcije. Konekcija predstavlja logički komunikacioni kanal između udaljenih aplikacija. Krajnje tačke konekcije su portovi. Svaki port se identifikuje parom: broj porta, logička adresa čvora (tj. računara). Svaki podatak (bajt) poslat kroz jedan port pojaviće se na odgovarajućem udaljenom portu. Dakle, aplikacije razmenjuju podatke tako što ih prosto, redom upisuju/čitaju u/iz portova konekcije koja ih povezuje. Ovu iluziju direktnog komunikacionog kanala između dve aplikacije stvara transportni sloj. Pre nego što je spremna za korišćenje, konekcija mora biti otvorena. To se postiže razmenom posebnih paketa između transportnih slojeva izvorišnog i odredišnog računara.

(2) Kontrola toka podataka. Nakon što je konekcija otvorena, između dve aplikacije podaci mogu da se prenose u oba smera. Međutim, da bi se ostvarila iluzija toka podataka, transportni sloj treba da obavi niz zadataka. Najpre, neprekidni tok podataka, kako ga vide aplikacije, deli se na pakete i svaki paket se nezavisno šalje mrežnom sloju. Na odredišnoj strani, zadatak transportnog sloja je da prihvata dolazeće pakete i rekonstruiše tok podataka. Međutim, paketi mogu biti primljeni izvan redosleda, sa zakašnjenjem, ili može se desiti da pojedini paketi budu izgubljeni, a neki drugi duplirani. To zahteva da svaki paket mora biti numerisan, da postoji mogućnost potvrđivanja uspešno primljenih paketa i mogućnost ponovnog slanja paketa koji nisu stigli do svog odredišta. Takođe, može se

desiti da odredište nije u stanju da prihvata podatke onom brzinom kojom se oni šalju. Zato treba da postoji mogućnost da odredišni računar obavesti izvorišni kada treba da uspori slanje paketa, a kada može da ubrza.

### **3.2.5 Sloj sesije**

Sloj sesije se stara o uspostavljanju, nadgledanju i završetku dijaloga između dve aplikacije koje se izvršavaju na udaljenim računarima. Tipične funkcije ovog sloja su: prijavljivanje (login), autorizacija, sinhronizacija i odjavljivanje (logout).

U mnogim slučajevima, interakcija dve udaljene aplikacije ne uključuje samo prostu razmenu podataka. Obično, jedna strana u komunikaciji ima ulogu klijenta (onaj ko traži neku uslugu), a druga servera (onaj ko pruža usluge). Da bi server opslužio klijenta, klijent najpre mora da se predstavi i na neki način dokaže svoj identitet (npr. putem korisničkog imena i lozinke), kako bi server bio siguran da klijent ima pravo korišćenja tražene usluge ili resursa koji su pod kontrolom servera. Po završetku interakcije, klijent se odjavljuje. Sve ove aktivnosti čine jednu sesiju. Takođe, sloj sesije treba da obezbedi bezbedno korišćenje svojih resursa. Na primer, ako je resurs mrežni štampač, jasno je da u jednom vremenskom trenutku servis štampanja može da opslužuje samo jednog klijenta. Drugim rečima, uvek može da bude otvorena najviše jedna sesija. Na taj način servis se brine o sinhronizaciji.

Dakle, slično konekciji sa transportnog nivoa, sesija se otvara, traje i zatvara. Međutim, jedna sesija može da uključi veći broj konekcija. Na primer, svaka faza sesija može zahtevati posebnu konekciju. Konekcija može nepredviđeno da se prekine, a zadatak sloja sesije je da konekciju ponovo otvori. Šta više, server ne mora biti jedan računar, već jedan računar može biti zadužen za prijavljivanje i autorizaciju, dok drugi može sadržati bazu podataka. Sloj sesije sve ove detalje sakriva od klijenta, koji ima utisak da komunicira sa jedinstvenim serverom preko jedinstvene sesije.

### **3.2.6 Sloj prezentacije podataka**

Sloj prezentacije određuje način formiranja podataka pri njihovoj razmeni između računara na mreži. Podaci dobijeni od sloja aplikacije se prevode u određeni standardni format. Sloj prezentacije je odgovoran za konverziju sintakse između dva računara. Na primer, ako jedan računar koristi ASCII standard za predstavljanje tekstualnih podataka, a drugi EBCDIC.

Drugi tipični zadaci sloja prezentacije podataka su komprimovanje/dekomprimovanje i kriptovanje/dekriptovanje podataka. Između računara često se prenose obimne datoteke koje sadrže tekst, slike ili neki druge tipove podatka. Veličina ovih datoteka može biti više desetina ili čak stotina MB. Prenos tako velikih datoteka traje dugo i zauzima značajan deo kapaciteta mreže. Da bi se skratilo vreme prenosa, na predajnoj strani se obavlja komprimovanje datoteke, čime se njena veličina smanjuje. Komprimovana datoteka se prenosi preko mreže do odredišnog računara, gde se obavlja dekomprimovanje datoteka, i u originalnom obliku, isporučuje odredišnoj aplikaciji.

Kriptovanje (ili šifrovanje) se odnosi na zaštitu podataka od neovlašćenog korišćenja. Mnoge računarske mreže (kao što je Internet) su javne mreže, što znači da su dostupne svim zainteresovanim korisnicima. To takođe znači da komunikaciona infrastruktura koja povezuje dva udaljena korisnika nije pod kontrolom ni jednog od njih, pa informacije koje se razmenjuju mogu biti dostupne i nekoj trećoj strani i eventualno zloupotrebene. Da bi se to sprečilo, poverljive informacije koje se šalju, na predajnoj strani se kriptuju i prenose u kriptovanom obliku. Na prijemnoj strani, obavlja se dekriptovanje i informacija u originalnom obliku isporučuje određenoj korisniku. Za bilo koje treće lice koje dođe u posed kriptovane informacije, ona nema značaj jer niko osim pošiljaoca i primaoca nije u stanju da protumači njeno značenje.

Dakle, u sloju prezentacije obavljaju se transformacije podataka, koje su neophodne kako bi se uskladili formati podataka, omogućilo racionalno korišćenje komunikacionog kapaciteta mreže i obezbedila sigurnost podataka.

### **3.2.7 Sloj aplikacije**

Sloj aplikacije je vršni sloj OSI modela koji je u direktnoj interakciji sa krajnjim korisnikom. U okviru ovog sloja su programi (ili aplikacije) koji međusobno razmenjuju podatke, kao što je na primer program za slanje/primanje elektronske pošte ili program za prenos datoteka između udaljenih računara. Ovi programi sakrivaju od korisnika sve aktivnosti koje se dešavaju na nižim slojevima, tako da je za krajnjeg korisnika mreža transparentna.

Da bi dva programa mogla da komuniciraju neophodno je da postoje pravila koja definišu skup dozvoljenih poruka i aktivnosti koje program preduzima po prijemu poruke. Na primer, program za slanje elektronske pošte omogućava korisniku da putem jednostavnog grafičkog interfejsa napiše e-mail, navede određenu e-mail adresu i prostim klikom na dugme pošalje e-mail. Zadatak programa je da sadržaj pisma, adresu pošiljaoca, adresu primaoca zajedno drugim pratećim informacijama upakuje u poruku koja će biti razumljiva za program koga koristi primalac pisma, a da zatim uspostavi vezu sa Mail serverom i isporuči mu poruku. Dakle, ono što za krajnjeg korisnika predstavlja jednostavnu aktivnost, program razlaže na čitav niz akcija koje uključuju interakciju i dijalog sa nekim udaljenim programom. Da bi dva programa mogla da se razumeju neophodno je da oba poštuju neka zajednička standardizovana pravila. Upravo ova pravila interakcije između udaljenih aplikacija predstavljaju protokole koji spadaju u sloj aplikacije.

Napomenimo da korisnik ne mora biti čovek. Korisnik može biti neka druga aplikacija koja se izvršava na istom računaru. U tom slučaju, interfejs programa prema korisniku nije tastatura miš i ekran već skup funkcija koje su na raspolaganju korisničkom programu.

### **3.2.8 OSI referentni model kod industrijskih mreža**

Slojevi OSI referentnog modela realizuju različite zadatke koje je neophodno obaviti kao bi dva udaljena sistema bila u stanju da komuniciraju. Treba napomenuti da postoje dva aspekta mrežne interakcije: prenos podataka i koordinacija. Prenos podataka sam za sebe nije dovoljan da bi sistem kao celina mogao da radi na zajedničkom zadatku. Neophodno je da

postoje načini za koordinaciju aktivnosti različitih delova distribuiranog sistema. Upravo je kooperacija zadatak tri vršna sloja. Ovi slojevi omogućavaju razmenu informacija tako što uspostavljaju, održavaju i završavaju konekciju, staraju se o usklađenosti kodiranja i formatiranja informacije i propisuju pravila dijaloga između dve udaljene aplikacije. Sa druge strane, četiri niža sloja OSI modela, usredsređena su na prenos podatka. Oni ne ulaze u smisao podataka koji se prenose, već ih tretiraju kao niz bajtova (ili bitova) koje treba pouzdano preneti od izvorišta do odredišta.

Treba napomenuti da ne postoji jedinstveni komunikacioni protokol koji pokriva sve slojeve OSI referentnog modela. Obično, protokol se vezuju za određene slojeve, a kompletna komunikaciona infrastruktura se formira slaganjem protokola u strukturu koja se zove protokol stek. Na primer, Internet koristi TCP/IP protokol stek, kod koga su dva glavna protokola TCP (odgovara transportnom sloju) i IP (odgovara mrežnom sloju). Fizički i sloj podataka pokriva Ethernet protokol ili PPP protokol. Iznad TCP protokola, u oblasti tri najviša sloja, postoji čitav niz standardizovanih servisa, kao što su Telnet, FTP, e-mail, HTTP.

Podela na slojeve nije tako striktna. Protokol ne mora biti ograničen samo na jedan sloj, već može da obuhvata i više slojeva. Takođe, da bi komunikacija bila omogućena nije neophodno da postoje protokoli za sve slojeve. Na primer, korisnička aplikacija može da se oslanja direktno na fizički sloj, ali to znači da programer te aplikacije mora da reši sve one probleme koji nastaju u komunikaciji, a koji se inače rešavaju protokolima višeg nivoa. U tom smislu, postojanje i dostupnost komunikacionih protokola i standarda značajno olakšava razvoj distribuiranih aplikacija. Uz to, distribuirani sistemi zasnovani na standardnim komunikacionim protokolima su otvoreni, što znači da nisu ograničeni samo na umrežavanje proizvoda jednog proizvođača, već su otvoreni za sve proizvode koji su usklađeni sa konkretnim standardima.

Potpuni OSI referentni model, kako je naveden, karakterističan je za računarske mreže. Kod industrijskih mreža, tipično, ne koriste se svi slojevi. Industrijske mreže su obično realizovane kao lokalne mreže i s toga definišu niže slojeve: fizički i sloj podataka. Mrežni i transportni slojevi su potrebni kog globalnih mreža koje objedinjavaju veći broj lokalnih mreža. Slojevi sesije i prezentacije su značajni kod računarskih mreža i heterogenih distribuiranih sistema kao bi se unificirala predstava podataka i omogućili standardizovani oblici interakcije u sistemu. Kod industrijskih mreža, obično, ne postoji potreba za ovim slojevima jer su njeni čvorovi uređaji male složenosti kao što su PLC kontroleri, senzori i aktuatori.

Međutim, možda suprotno onome što bi se moglo očekivati, sloj aplikacije je zastupljen kod savremenih industrijskih mreža. Ovi standardi ne definišu samo fizičke karakteristike prenosnog medijuma i mehanizme za prenos poruka, već idu i korak dalje propisujući funkcionalne modele pojedinih uređaja koji se tipično koriste u industrijskim sistemima. Drugim rečima, ovi standardi teže unifikaciji funkcionalnosti uređaja srodnog tipa. Uređaj koji je povezan u mrežu, dostupan je za komunikaciju sa drugim uređajima. Poruke se razmenjuju sa ciljem da se prikupe podaci od uređaja kao što su senzori ili postave izlazi kod

uređaja kao što su aktuatori. Da bi se očitala vrednost senzora, senzoru je potrebno poslati tačno određenu poruku, koju će on prepoznati i na koju će odgovoriti slanjem poruke koja sadrži tražene informacije. Pojednostavljeno rečeno, postojanje aplikacionog sloja u okviru standarda industrijske mreže znači da je poruka za očitavanje vrednosti identična za sve senzore koji su deklarirani da podržavaju taj konkretni standard. Na ovaj način, jedan senzor se može zameniti senzorom istog tipa, ali nekog drugog proizvođača, a da to ne zahteva bilo kakve izmene u softveru - način na koji se senzori vide preko mrežu je uvek isti bez obzira na način kako su realizovane njegove funkcije.

### 3.3 Industrijske komunikacione mreže

Industrijski sistemi postaju sve složeniji, sa sve većim brojem senzora, aktuatora, automatizovanih mašina i uređaja. Svi ovi raznorodni elementi moraju biti objedinjeni u jedinstvenu kooperativnu celinu. Klasična rešenja automatizacije nekog procesa podrazumevala su postojanje jednog elektro-ormara, od koga su ka aktuatorima i senzorima vodili spletovi kablova sa mnoštvom žica. Takvi sistemi su bili komplikovani za projektovanje i montažu, prilično skupi (troškovi ožičavanja i vremena provedenog na montaži), a posebni problemi su nastajali pri detekciji i otklanjanju nekog kvara upravo zbog nepreglednosti takvih sistema.

Težnja da se navedeni problemi prevaziđu uslovlila je razvoj i izgradnju distribuiranih (decentralizovanih) sistema upravljanja. Osnovne postavke ovakvog pristupa su sledeće:

1. Kompletan sistem se “razbija” na module koji su fizički bliže procesu, smanjujući na taj način troškove ožičenja, uz povećanje pouzdanosti rada i pojednostavljenje održavanja.
2. Moduli poseduju ugrađenu “inteligenciju” (otuda termin distribuirana inteligencija), date u vidu CPU-a i softvera. Inteligentni moduli preuzimaju na sebe neke od zadataka automatizacije (prikupljanje ulaznih signala, njihova obrada i ažuriranje izlaza).
3. Moduli komuniciraju međusobno i sa “višim nivoom” u hijerarhiji automatizacije procesa, i primaju od njega komandne i upravljačke signale, pomoću jeftinog prenosnog medijuma (tipično, dvožični provodnik).
4. Sistem je otvorene arhitekture, što omogućava jednostavno dodavanje modula i njihovo priključenje na prenosni medijum (tj. magistralu).
5. Izgradnja distribuiranih sistema je zasnovana na standardizovanim rešenjima, čime se obezbeđuje kompatibilnost sa sistemima drugih proizvođača.

Okosnica svakog distribuiranog sistema su komunikacione mreže, koje se još zovu i industrijske magistrale ili *field* (čita se fild) magistrale.

Industrijske mreže imaju mnoge zajedničke osobine sa računarskim mrežama. Računarske mreže omogućavaju komunikaciju između velikog broja računara, a da pri tome računari ne moraju biti direktno, fizički povezani, svaki sa svakim. Svaki računar ima samo jednu vezu sa

mrežom. Računarske mreže, takođe, omogućavaju da pojedini uređaji, kao što su štampači, budu dostupni svim računarima na mreži. Slični ciljevi se postavljaju i pred industrijske mreže, s tom razlikom da sada mrežni čvorovi nisu računari već industrijski U/I uređaji i kontroleri.

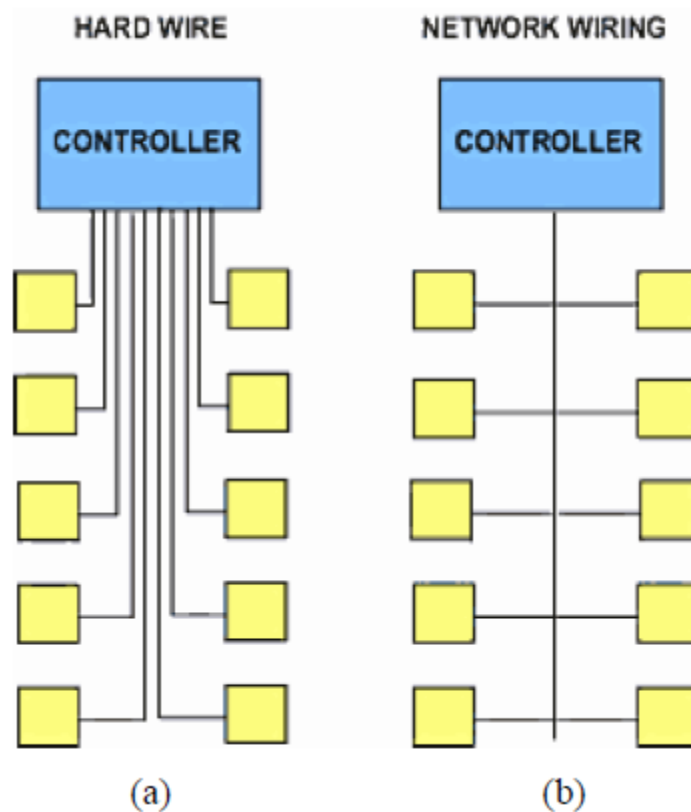
### **3.3.1 Prednosti industrijskih mreža**

Glavne prednosti korišćenje industrijskih mreža su sledeće:

#### *Niža cena povezivanja*

Prvi i najočigledniji razlog za izgradnju industrijske mreže je pojednostavljeno povezivanje velikog broja uređaja. Zamislimo jednu automatizovanu, složenu mašinu koja sadrži više stotina U/I elemenata. Ako bi se koristio klasičan pristup i svaki U/I element direktno povezao sa kontrolerom mašine (Sl. 3-5(a)), troškovi povezivanja svih tih elemenata bili bi ogromni, kao i utrošeno vreme. Takođe, kod ovakvog pristupa, često dolazi do grešaka u povezivanju, a pronalaženje i otklanjanje takvih grešaka je teško i dugotrajno. Sa druge strane, industrijske magistrale omogućavaju da se veliki broj uređaja (čak i do nekoliko stotina) poveže preko jedinstvene komunikacione linije (Sl. 3-5(b)). Šta više, u nekim slučajevima više U/I uređaja mogu posredstvom namenskih U/I blokova da dele zajednički priključak na mrežu. Treba istaći da je cena U/I uređaja koji poseduju komunikacione interfejse neophodne za umrežavanje viša u odnosu na odgovarajuće U/I uređaje koji nemaju mogućnost komunikacije. Međutim, industrijske mreže donose uštede u ceni instalacije, ceni uloženog rada za povezivanje i kasnije održavanje i otklanjanje kvarova. Na današnjem nivou tehnologije, industrijska mreža postaje isplativo rešenje ako je broj umreženih U/I uređaja veći od 100.





Sl. 3-5 Dva načina organizacije automatizovanog industrijskog sistema;  
 (a) Hard wire - direktna sprega; (b) Network wiring - sprega putem industrijske mreže.

### *Modularnost*

Umreženi industrijski sistemi su modularni. To znači da se novi elementi mogu lako ugraditi u sistem prostim priključenjem na zajedničku magistralu. Celokupan sistem se može rekonfigurirati, a to ne zahteva dodatno ožičavanje. Kontroleri upravljaju U/I uređajima putem poruka, a ne posredstvom U/I pinova. To omogućava da se način na koji je sistem logički povezan reguliše softverom, a ne fizičkim prevezivanjem postojećih veza.

### *Dijagnosticiranje otkaza*

Umreženi U/I uređaji poseduju veći broj funkcija u odnosu na odgovarajuće klasične U/I uređaje. Zbog potrebe komuniciranja, u takve U/I uređaje ugrađuje se mikroprocesor, koji se osim za komunikaciju može koristiti i za niz drugih naprednih funkcija. Jedna od takvih funkcija je i samo-testiranje. U/I uređaj može, po uključenju napajanja ili po zahtevu nadređenog kontrolera da obavi proveru sopstvene ispravnosti i da onda rezultat testiranja prosledi nadređenom kontroleru ili računaru. Ovakve informacije su od velikog značaja kada treba locirati kvar u sistemu.

### *Samo-konfiguracija*

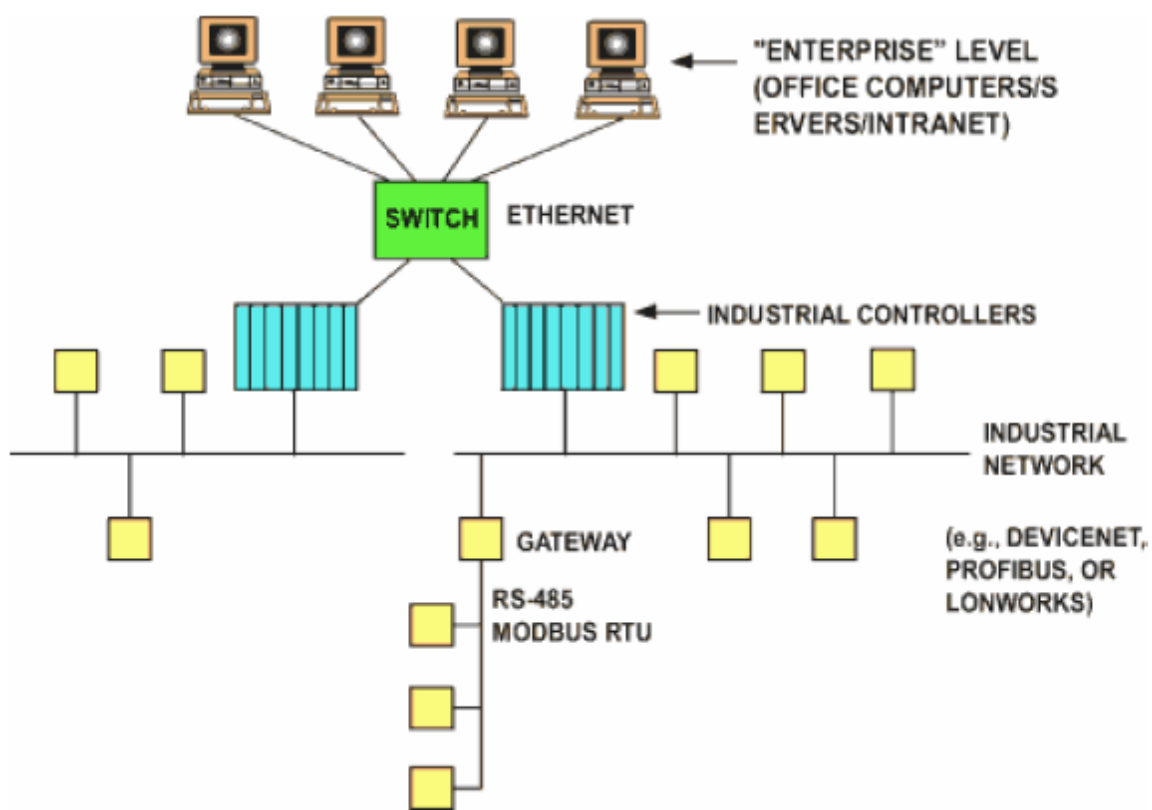
Umreženi U/I uređaji rade po programu koji se može daljinski, preko magistrale, napuniti u programsku memoriju uređaja. Izmenom programa, ili nekih fiksnih parametara, uređaj se može konfigurirati za obavljanje nekog specifičnog zadatka. Takođe, umreženi U/I uređaji imaju mogućnost sopstvene identifikacije. Svaki uređaj, u okviru svoje fiksne memorije sadrži sopstveni opis (tip uređaja, spisak podržanih funkcija, i td.). To omogućava da centralizovani kontroler identifikuje sve priključene uređaje, a zatim obavi konfigurisanje celokupnog sistema, upisom odgovarajućih programa i konfiguracionih parametara u svaki uređaj pojedinačno. Na taj način, drastično se skraćuje vreme potrebno za rekonfiguraciju sistema, u slučajevima kada, na primer, sistem treba prilagoditi za proizvodnju nekog novog proizvoda.

Primer: Na Sl. 3-6 je prikazana fotografija kontrolera protoka gasa firme Brooks Instrument Division. Ovaj uređaj se isporučuje u dve varijante. Prva (sa oznakom 6950) je klasična, sa ukupno 7 U/I pinova putem kojih se ostvaruje priključenje uređaja na PLC kontroler. Druga varijanta (sa oznakom 6960) ima mogućnost sprege na industrijsku magistralu preko jednog mrežnog konektora. Pored svih funkcija klasične varijante, umrežena varijanta dodatno omogućava pristup više od 100 promenljivih i funkcija svrstanih u 39 kategorija koje pokrivaju sve aspekte regulacije i nadgledanja protoka gasa. Sve te informacije omogućavaju da se u realnom vremenu ostvari precizan uvid u odvijanje procesa i identifikuju izvora eventualnih grešaka.



Sl. 3-6 Kontroler protoka gasa 6950/6960 firme Brooks Instrument Division.

Industrijska preduzeća su složeni informacioni sistemi. Efikasno upravljanje zahteva prikupljanje i obradu velike količine raznorodnih informacija, od finansija i knjigovodstva, evidencije radnog vremena do podataka o ostvarenoj proizvodnji. Izgradnjom industrijske mreže, otvara se mogućnost da proizvodni pogon postane deo jednog sveobuhvatnog informacionog sistema preduzeća. Informacije koje potiču čak i od najjednostavnijih senzora i aktuatora mogu biti od velike važnosti za praćenje procesa proizvodnje, analizu efikasnosti proizvodnje i kao takve mogu biti osnova za povećanje produktivnosti i profita. Na Sl. 3-7 je prikazana struktura jednog takvog celovitog industrijskog informacionog sistema. Okosnica ovog sistema je LAN mreža (Ethernet) koja povezuje računare za poslovne primene i servere baze podataka sa industrijskim PC računarima i kontrolerima, a koji je sa druge strane putem industrijske mreže u vezi sa U/I uređajima, mašinama i automatima. *Gateway* je komunikacioni modul koji povezuje uređaje starije generacije na industrijsku magistralu.



Sl. 3-7 Struktura mreže industrijskog preduzeća.

### 3.3.2 Tipovi industrijskih magistrala

Danas se u industriji primenjuje veliki broj standardizovanih komunikacionih mreža, tzv. industrijskih magistrala. Izbor pravog standarda zavisi od zahteva konkretne primene, ali i od faktora kao što su dostupnost uređaja koji podržavaju konkretni standard i njihove cene.

Performanse i pouzdanost automatizovanih industrijskih sistema u velikoj meri su uslovljeni karakteristikama komunikacione mreže. Komunikaciona mreža za industrijske namene mora

da garantuje performanse, kao što su iskorišćenost mreže, propusni opseg i maksimalno kašnjenje u prenosu. U mnogim industrijskim postrojenjima prisutni su brojni izvori električnih šumova i smetnji (npr. motori, aparati za zavarivanje i sl.). Pod uticajem ovih smetnji, performanse komunikacione mreže mogu biti značajno degradirane (zbog pojave grešaka u prenosu informacija). Može se slobodno reći da je komunikaciona mreža najosetljivija komponenta automatizovanog industrijskog sistema.

U proteklih desetak godina razvijen je i standardizovan veliki broj magistrala i odgovarajućih komunikacionih protokola za primenu u industriji. Ovi standardi su razvijani u različita vremena, od strane različitih proizvođača, za različite namene. Ne postoji standard koji se može smatrati najboljim rešenjem, već svaka od mnoštva idustrijskih magistrala, poseduje neke specifične karakteristike koje određuju njenu oblast primene. Izbor magistrale zavisi od zahteva konkretne primene, od kojih su najbitniji:

- maksimalno dozvoljeno vreme odziva
- značaj informacija za bezbedan rad opreme
- količina informacija koju treba prenositi
- maksimalno rastojanje između umreženih uređaja
- namena uređaja koji se povezuju
- mogućnost proširenja
- sigurnost.

Dve osnovne kategorije industrijskih komunikacionih mreža su: magistrale uređaja (*device bus*) i magistrale procesa (*process bus*). *Magistrale uređaja* se koriste za prenos kratkih poruka, dužine od nekoliko bajtova do nekoliko desetina bajtova. Većina uređaja koji se povezuju ovim tipom magistrale su diskretni uređaji, kao što su diskretni senzori, tasteri i granični prekidači. Na magistrale uređaja mogu se sprežati i analogni uređaji, koji ne zahtevaju obimnu razmenu podataka, kao što su regulatori temperature, neki tipovi drajvera motora, termoparovi i slično. Magistrale uređaja se dalje klasifikuje na bajt- i bit-orijentisane magistrale. Bajt orijentisane magistrale prenose poruke dužine 50 i više bajtova. Bit orijentisane magistrale se koriste za razmenu poruka od 1 do 8 bita sa jednostavnim diskretnim uređajima kao što su senzori i aktuatori. Bit orijentisane magistrale se nazivaju *senzorske magistrale*.

*Magistrale procesa* su namenjene prenosu dužih poruka (paketa), dužine do nekoliko stotina bajtova. Magistrale procesa su sporije, zato što su paketi duži. Ove magistrale se tipično koriste za prenos parametara rada kontrolerima procesa koji su u većini slučajeva analogni uređaji (mere ili upravljaju analognim veličinama). Od većine analognih uređaja ne zahteva se brzi odziv, zato što se koriste za upravljane procesima koji su po svojoj prirodi spori: protok fluida, koncentracija gasa, temperatura.