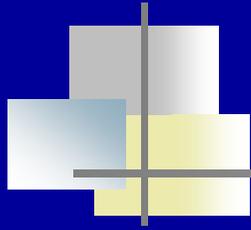


Controllo distribuito

- I sistemi complessi di automazione industriale e di controllo di processo richiedono una notevole **integrazione** tra i vari sottosistemi che li compongono, tanto che li si può definire sistemi di **controllo distribuito**
- Per realizzare un sistema di controllo distribuito, i sottosistemi devono **scambiarsi informazioni**, a vari livelli e con diverse modalità

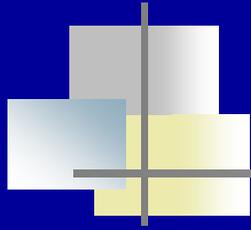




Controllo distribuito

- L'informazione diventa un fattore chiave del sistema automatizzato
- L'informazione deve essere:
 - raccolta (sempre attuale)
 - pre-elaborata (di qualità)
 - aggregata o compressa (giusta quantità)
 - accumulata (sempre disponibile)
 - trasmessa (dove serve)
 - elaborata (realizzare lo scopo)

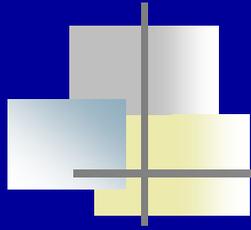




Controllo distribuito

- Produzione integrata
- Reti informatiche
- Sistemi di supervisione del controllo ed acquisizione dati (SCADA)

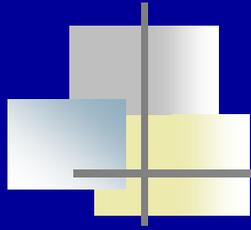




Produzione integrata

- I sistemi di automazione industriale e controllo di processo più semplici prevedono la presenza di **celle di lavorazione automatizzate** (per lavorazioni ripetitive e/o pericolose) che permettono una buona qualità ed un basso costo dei prodotti
- Le isole di automazione **non sono integrate** ma vengono realizzate mediante dispositivi di controllo eterogenei con protocolli di comunicazione incompatibili
- Questo modello comunque comporta **vantaggi** quali: aumento produttività, flessibilità di lavorazione e qualità uniforme del prodotto

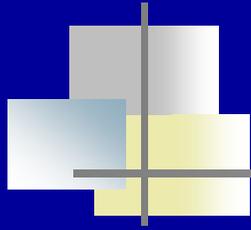




Produzione integrata

- Un significativo miglioramento si può ottenere attraverso l'integrazione tra i sottosistemi a livello aziendale
- Integrazione realizzata mediante una progettazione metodica del sistema informatico che prevede:
 - utilizzo dispositivi standardizzati
 - gestione dei flussi di informazioni tra i dispositivi
 - coordinamento tra i fattori di produzione (uomo compreso)
- L'uomo assume il ruolo di gestore, supervisore e manutentore del sistema automatizzato

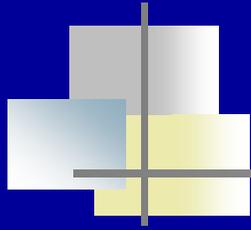




Produzione integrata

- Vantaggi dei sistemi di automazione integrata:
 - ottimizzazione dell'utilizzo delle risorse (pianificazione in tempo reale dell'attività produttiva)
 - flessibilità di produzione
 - riduzione dei tempi di produzione
 - miglioramento della progettazione dei prodotti (informazioni non ambigue alle macchine)
 - identificazione, conservazione e riutilizzo delle informazioni relative ai prodotti
 - miglioramento di controlli di produzione e qualità dei controlli
 - riduzione scarti di lavorazione
 - riduzione scorte e magazzini (produzione *Just In Time*)

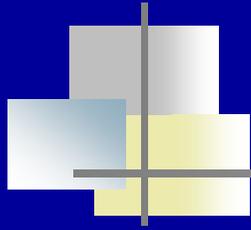




Piramide CIM

- Computer Integrated Manufacturing (CIM), ovvero
Produzione integrata tramite elaboratori

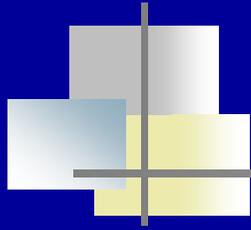




Piramide CIM

- Livello 1- **piano officina o campo**, realizza le funzioni di misura e comando sui processi produttivi. I dispositivi interagiscono direttamente con il processo fisico (sensori ed attuatori)
- Livello 2- **sistemi di controllo**, realizza le funzioni di controllo di macchine o processi. Dispositivi di controllo diretto che interagiscono direttamente con sensori ed attuatori (PLC, regolatori, controllori di robot e CNC)
- Livello 3- **supervisione di cella**. Una cella esegue un sottoprocesso produttivo completo attraverso varie macchine, e sistemi di controllo, coordinate tra loro. Funzioni principali: configurazione parametri per sis. controllo e coordinamento sequenza attività. Interfaccia uomo-macchina per impartire comandi e riferimenti. Dispositivi: PC o PLC con capacità elaborative elevate

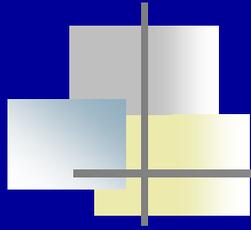




Piramide CIM

- Livello 4- **supervisione integrata**, gestisce la base dati della produzione e realizza il coordinamento tra le varie celle. Sofisticata interazione uomo-macchina ed eventuali funzioni di pianificazione delle attività dipendenti dallo stato del sistema. Dispositivi: workstation, PC di classe superiore su cui eseguire SCADA e MES
- Livello 5- **gestione stabilimento**, integra i vari comparti dello stabilimento (produzione, logistica, amministrazione e manutenzione). Pianificazione delle attività di produzione, gestione risorse, pianificazione acquisti. Dispositivi: calcolatori del sistema informativo aziendale
- Livello 6- **gestione azienda**, nel caso di aziende con più stabilimenti. Raccoglie informazioni dal livello 5 per realizzare sistemi di supporto alle decisioni (per la pianificazione di flussi fisici e finanziari)

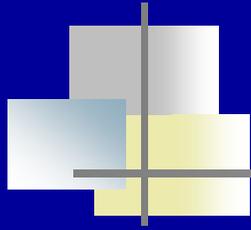




Piramide CIM

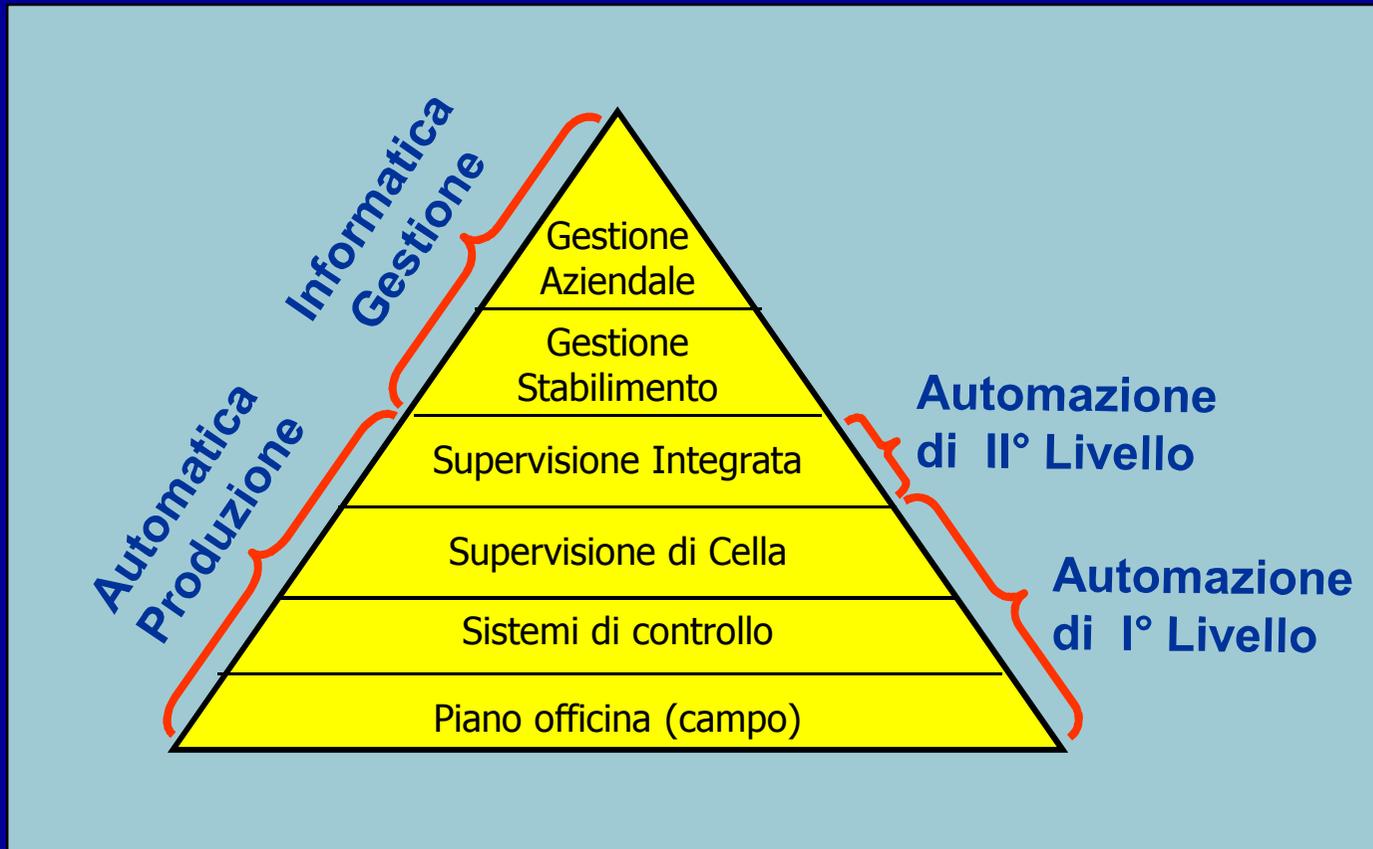
- La rappresentazione piramidale rappresenta un'organizzazione gerarchica: ogni livello comunica con quello immediatamente superiore (da cui riceve comandi ed a cui fornisce informazioni) e quello immediatamente inferiore (a cui invia i comandi e da cui riceve informazioni)
- La piramide rappresenta differenti caratteristiche dei flussi di informazioni tra i livelli (lungo la piramide cambiano qualità e quantità delle informazioni)
- Ai livelli più bassi, funzioni vicine all'impianto; ai livelli più alti, funzioni di supervisione e pianificazione
- Interazione con l'uomo: minima ai livelli inferiori; massima ai superiori
- I dispositivi che implementano funzioni di basso livello hanno tempi di risposta più piccoli e certi di quelli per alto livello

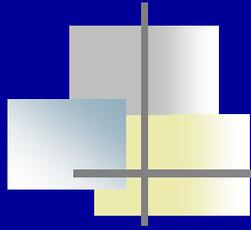




Piramide CIM

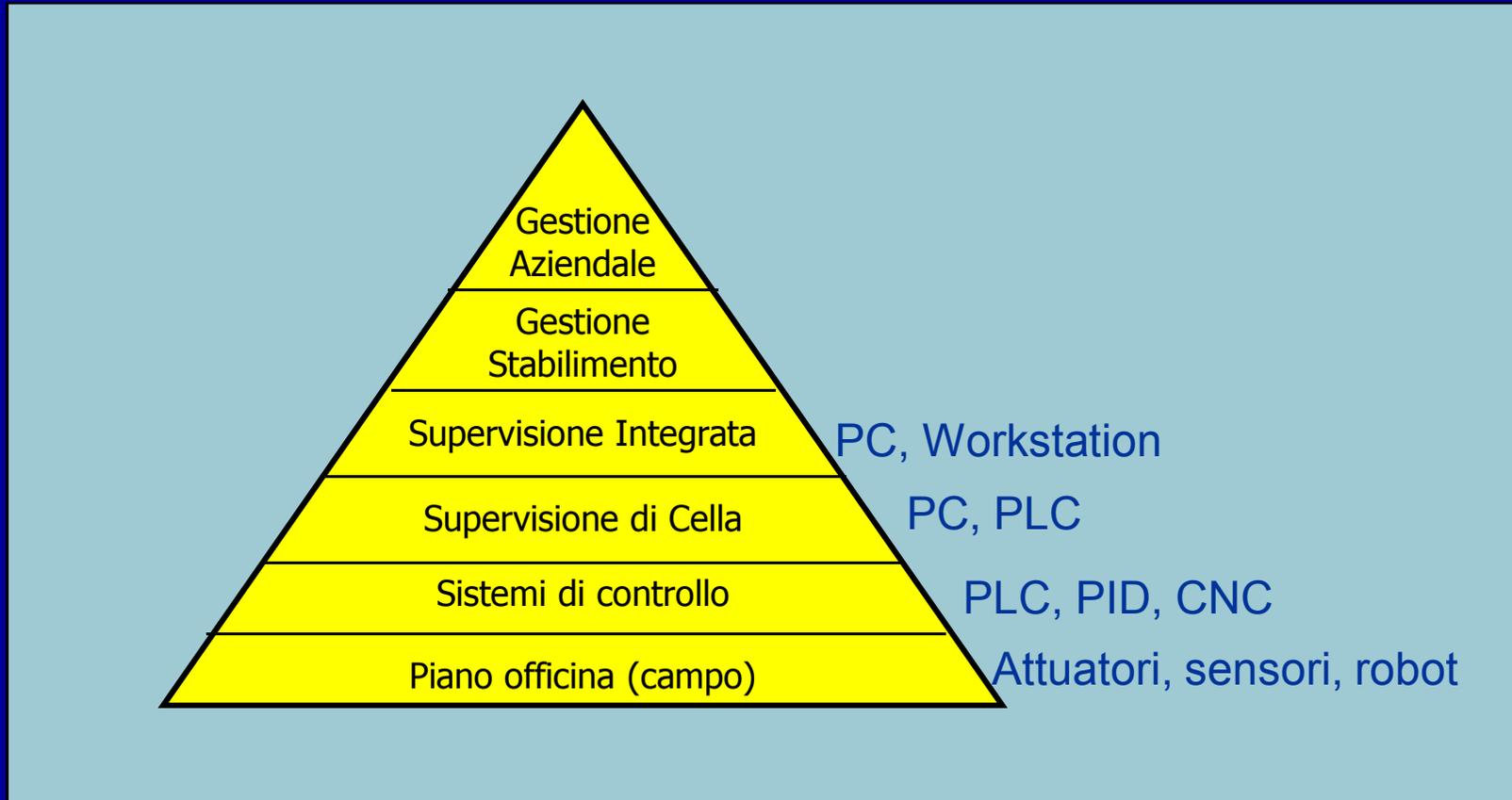
- Discipline interessate ai diversi livelli:

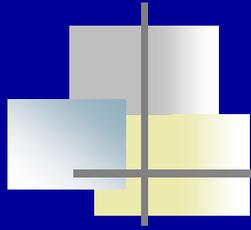




Piramide CIM

- Dispositivi ai diversi livelli:

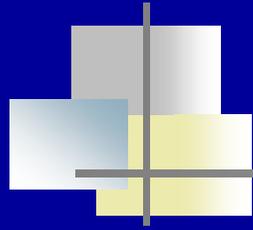




Reti per l'automazione

- Al fine di ottenere un'automazione integrata è necessario mettere in **comunicazione** i diversi sottosistemi ai diversi livelli
- La comunicazione viene realizzata attraverso opportune **reti informatiche** che differiscono per caratteristiche e prestazioni
- Le reti informatiche hanno il vantaggio di far colloquiare **apparecchiature diverse** per tecnologia (hardware) e funzionalità (software). Inoltre permettono di aggiungere o rimuovere apparecchiature dalla rete senza interrompere la produzione

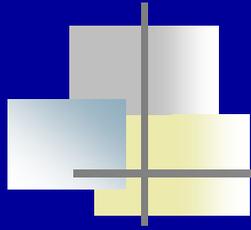




Reti per l'automazione

- Modello OSI
 - topologia
 - mezzo di trasmissione
 - metodo di accesso
- Standard per i livelli OSI
- Integrazione tra reti
- Reti per l'automazione
- Protocollo MAP
- Reti di Campo

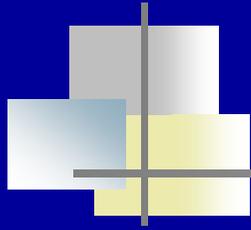




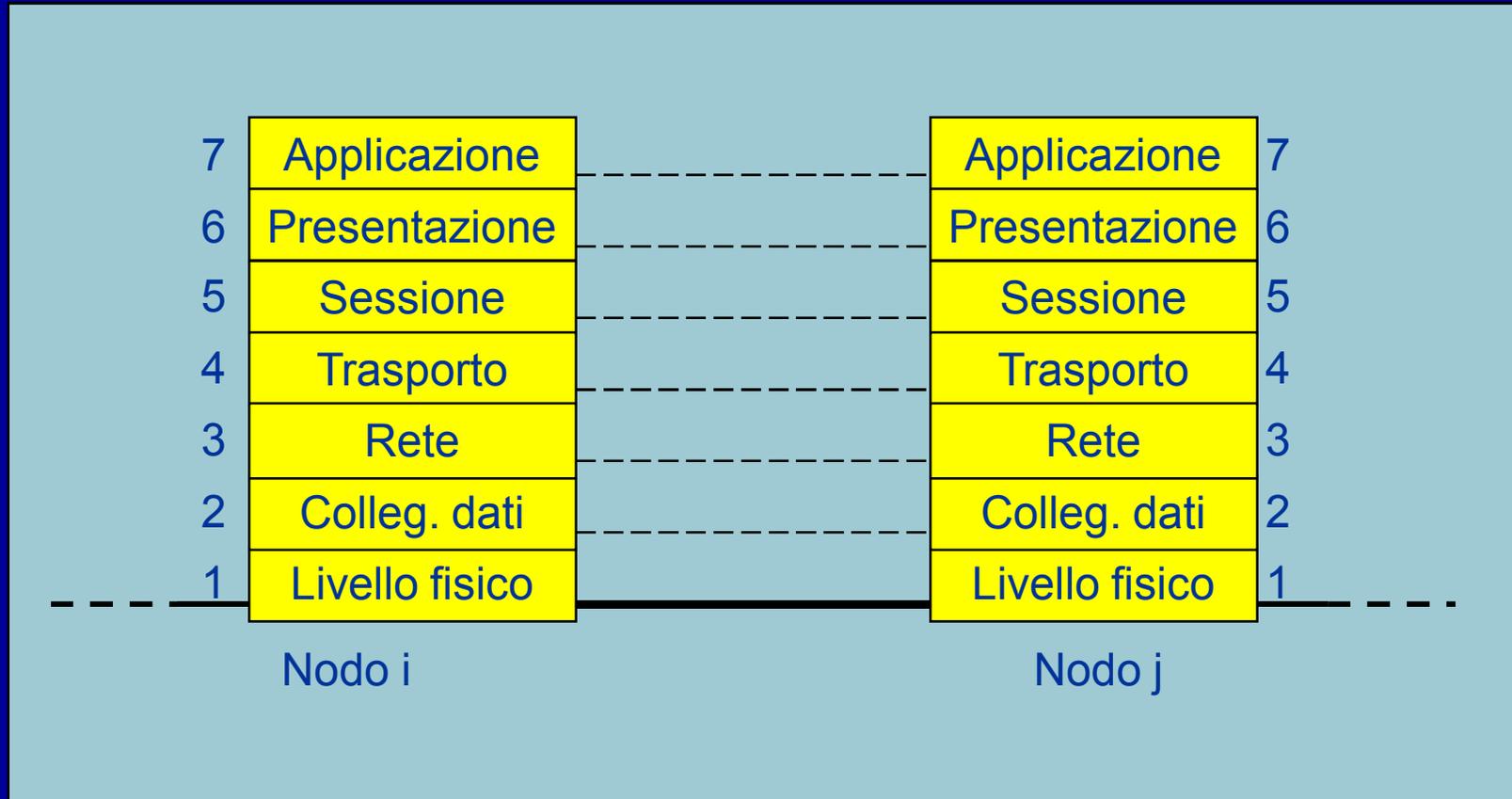
Reti per l'automazione

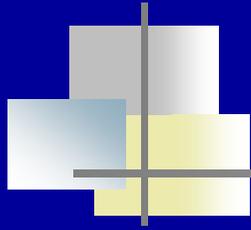
- Il modello di riferimento per le reti informatiche è il **modello OSI** (Open System Interconnection) elaborato da ISO (International Standards Organization)
- Il modello funge solo da **riferimento** per i produttori di rete
- Ogni nodo è una **successione gerarchica** di 7 livelli
- Ogni livello comunica con i livelli immediatamente sottostante (richiede servizi) e sovrastante (fornendo servizi) tramite interfacce
- Lo standard definisce i servizi che deve fornire o ricevere ogni livello





Modello OSI

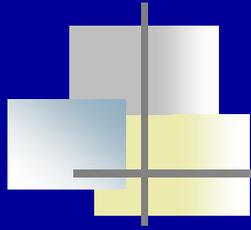




Modello OSI

- Livello 1, o **livello fisico**, si occupa della trasmissione di sequenze binarie tra due nodi. Comprende la definizione dei collegamenti meccanici ed elettrici tra i nodi ed i driver software per le porte di comunicazione. Determina velocità e modalità di trasmissione dei bit
- Livello 2, o **collegamento dati**, verifica il passaggio tra i nodi delle sequenze di bit (organizzate in frame). I frame vengono composti in partenza aggiungendo dei codici di controllo all'informazione e verificati in arrivo. Deve assicurare che l'informazione arrivi ai livelli successivi senza errori. Definisce anche il metodo di accesso

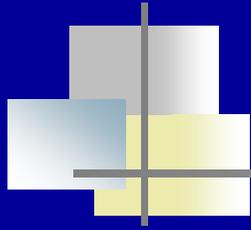




Modello OSI

- Livello 3, o **livello di rete**, garantisce un percorso logico tra due nodi anche non direttamente connessi. Definisce le caratteristiche di gestione della rete ed implementa le funzioni di instradamento o interconnessione tra nodi
- Livello 4, o **livello di trasporto**, realizza le funzioni di trasporto indipendenti dalla struttura della rete. Assicura il trasferimento dei messaggi in maniera affidabile, accerta l'integrità del messaggio composto da più pacchetti. Realizza interfaccia tra la rete ed il software dei livelli successivi

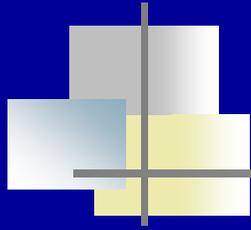




Modello OSI

- Livello 5, o **livello di sessione**, gestisce lo scambio dei dati ed il sincronismo tra nodi. Rende possibile la connessione remota. (permette apertura, gestione e chiusura del canale di comunicazione)
- Livello 6, o **livello di presentazione**, codifica delle informazioni e loro conversione. I dati da binari passano al formato opportuno
- Livello 7, o **livello di applicazione**, fornisce interfacce e servizi ai programmi applicativi come il trasferimento di file, la possibilità di operare su database distribuiti, capacità di controllo remoto delle macchine

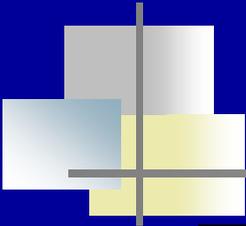




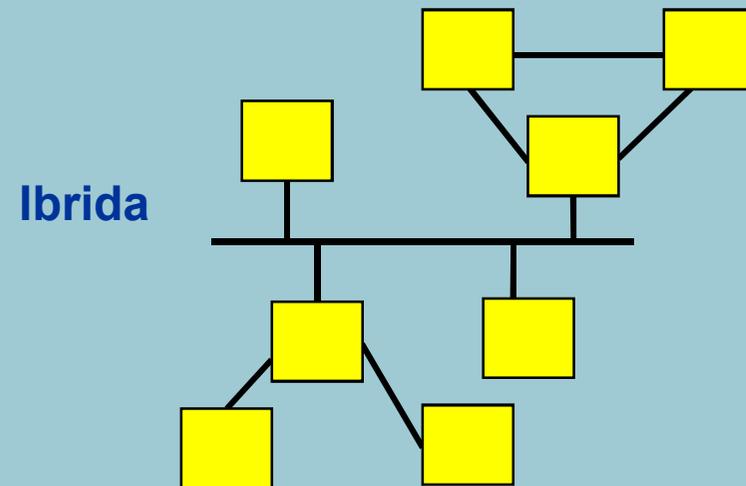
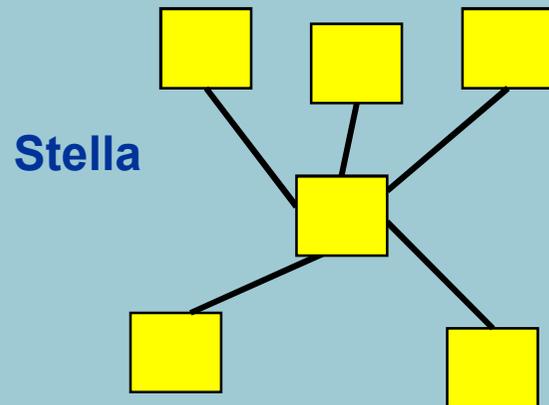
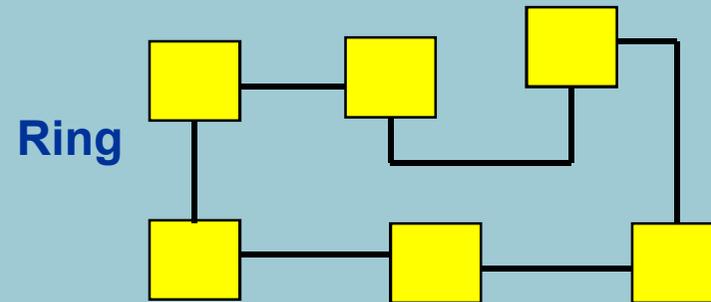
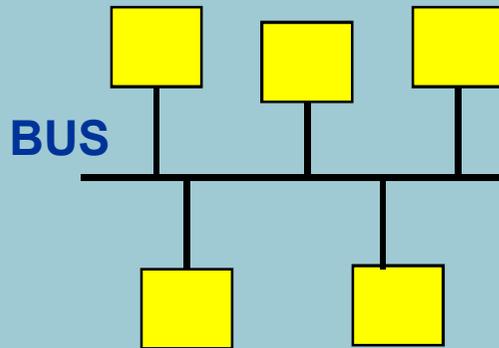
Modello OSI

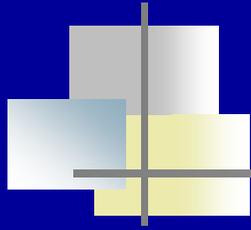
- L'effettiva connessione tra i nodi esiste solo al livello fisico (per gli altri si suppone una connessione virtuale)
- Ogni livello interagisce solo con quello immediatamente superiore ed inferiore dello stesso nodo e virtualmente con un analogo livello di un altro nodo
- Principali caratteristiche che differenziano le reti:
 - topologia
 - mezzo di trasmissione
 - protocollo di accesso





Topologia delle reti

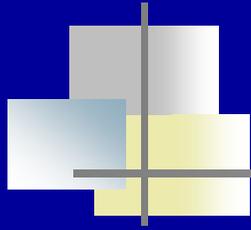




Mezzo di trasmissione

- Il mezzo di trasmissione definisce il supporto fisico attraverso cui passano le informazioni
- Doppino intrecciato, o twisted pair:
 - **Supporto fisico:** formato da due conduttori isolati (schermati o no)
 - **Massima distanza:** centinaia di metri
 - **Velocità di trasmissione:** qualche Mbit/s
 - **Impedenza elettrica irregolare e scarsa immunità ai disturbi**
 - **Economico e facile da installare**

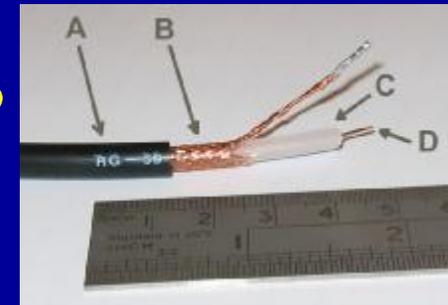




Mezzo di trasmissione

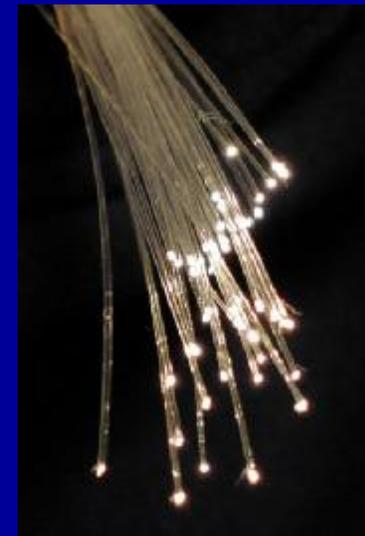
■ Cavo coassiale:

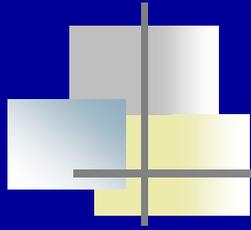
- **Supporto fisico:** conduttore centrale con uno schermo
- Robusto ai disturbi ma più caro e difficile da installare
- Consente la comunicazione su più canali modulati a frequenze diverse (ha ampia banda passante)



■ Fibra ottica:

- **Supporto fisico:** trasmette l'informazione attraverso segnali luminosi
- Molto veloce, immune ai disturbi e multi-canale
- Molto costosa
- Installazione laboriosa e riservata a personale altamente specializzato

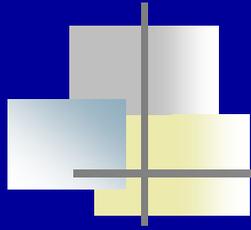




Metodo di accesso

- Il metodo di accesso è una funzione del livello 2, collegamento dati, e deve definire due aspetti della rete:
 - in ricezione, determinare a quale nodo è destinato il messaggio e quale nodo l'ha generato
 - in trasmissione, evitare conflitti tra nodi che vogliono simultaneamente utilizzare il canale di trasmissione
- Il metodo di accesso definisce un indirizzo unico che viene scritto in una memoria non volatile dal costruttore dell'interfaccia di rete
- Tecniche di accesso: centralizzato, a gettone, CSMA, divisione di tempo

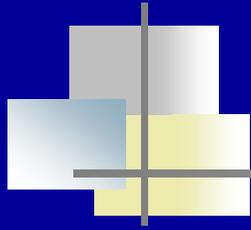




Metodo di accesso

- Metodo di accesso centralizzato, o polling o master/slave:
 - nodo principale (Master) che interroga sistematicamente gli altri nodi (slave)
 - metodo deterministico ed affidabile; semplice da gestire ed implementare
 - basse velocità di trasmissione; non permette assegnazione di priorità
- Metodo di accesso a gettone (token):
 - una stringa di bit (token) viene passata in sequenza tra i nodi
 - una stazione può trasmettere solo se ha il token ma non lo può trattenere oltre un tempo max
 - metodo deterministico (si può calcolare il tempo max di comunicazione tra 2 nodi)



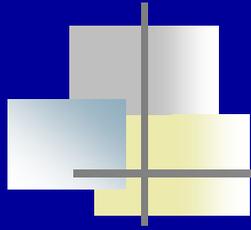


Metodo di accesso

- **CSMA/CD (Carrier Sense, Multiple Access/ Collision Detection):**
 - ogni nodo, prima di trasmettere, ascolta la portante sul mezzo di trasmissione per vedere se il canale è libero
 - in presenza di collisioni il messaggio viene rispedito dopo un tempo determinato casualmente
 - metodo non deterministico; efficienza dipendente dal numero di nodi

- **CSMA/BA (Carrier Sense, Multiple Access/ Bit Arbitration):**
 - ogni nodo, prima di trasmettere, ascolta la portante sul mezzo di trasmissione per vedere se il canale è libero
 - i conflitti vengono risolti seguendo una logica a priorità

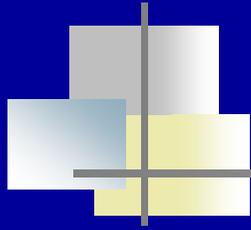




Standard per livelli OSI

- Rete locale o LAN (Local Area Network) se i primi 2 livelli del modello OSI sono gli stessi per tutti i nodi della rete
- Standard più diffusi:
 - Ethernet
 - Token bus
 - Token ring

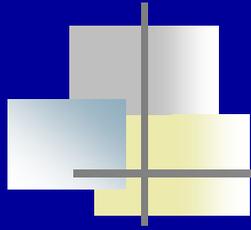




Standard per livelli OSI: Ethernet

- Rete locale **Ethernet** sviluppata nel 1973 dalla Xerox ed implementata da Digital ed Intel; standard IEEE 802.3
 - Tipologia a bus, con cavo coassiale schermato
 - Massima velocità trasmissione: 10 Mbit/s
 - Distanza max collegamento: 500m (al più 5 segmenti connessi da ripetitori)
 - Numero massimo di nodi: 1024
 - Banda base: un solo canale di trasmissione
 - Nessun temporizzatore (Clock)
 - Codifica in formato Manchester: ogni bit seguito dal negato (la cella dura 100 ns)
 - Messaggio completo (frame) 72-1526 byte
 - Un frame contiene diversi campi: sincronismo – ind. destinatario – ind. mittente – protocollo trasm. dati – dati – controllo ricezione
 - Metodo di accesso: CSMA/CD

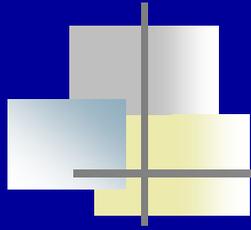




Standard per livelli OSI: Token bus/ring

- Rete locale Token bus standard IEEE 802.4
 - Tipologia a bus, con cavo coassiale o doppino intrecciato
 - Massima velocità trasmissione: 1-10 Mbit/s
 - Metodo di accesso: gettone che circola tra i nodi attivi
 - Rete deterministica (tempo max = $n \cdot \tau$)
- Rete locale Token ring standard IEEE 802.5
 - Tipologia ad anello, con cavo coassiale o doppino intrecciato
 - Metodo di accesso: gettone che circola secondo l'anello fisico
 - Massima velocità trasmissione: 4 Mbit/s
 - onerosa da implementare

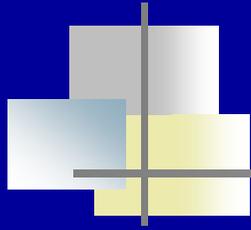




Standard per livelli OSI

- Standardizzazione anche per i livelli 3 (rete) e 4 (trasporto) del modello OSI
- Realizzazione più diffusa: TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) è lo standard *de facto*. Il TCP/IP è insieme di protocolli per la gestione di rete
- Altra realizzazione: DECnet della Digital Equipment per sistemi operativi VAX

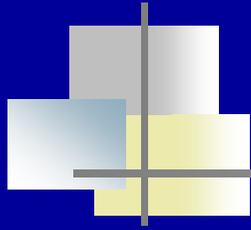




Integrazione tra reti

- Integrazione tra reti viene realizzata mediante:
 - **Ponti, o bridge**, connettono le reti al livello 2; consentono la segmentazione gestendo localmente l'indirizzamento e unendo i vari segmenti in un'unica rete locale.
 - **Instradatori, o router**, connettono le reti al livello 3; stabiliscono come un pacchetto dati debba essere instradato per giungere a destinazione (scegliendo il percorso migliore)
 - **Convertitori, o gateway**, realizzano l'integrazione tra i livelli 5,6 e 7, traducendo messaggi da reti eterogenee

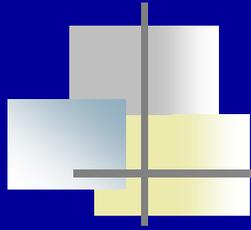




Reti per l'automazione

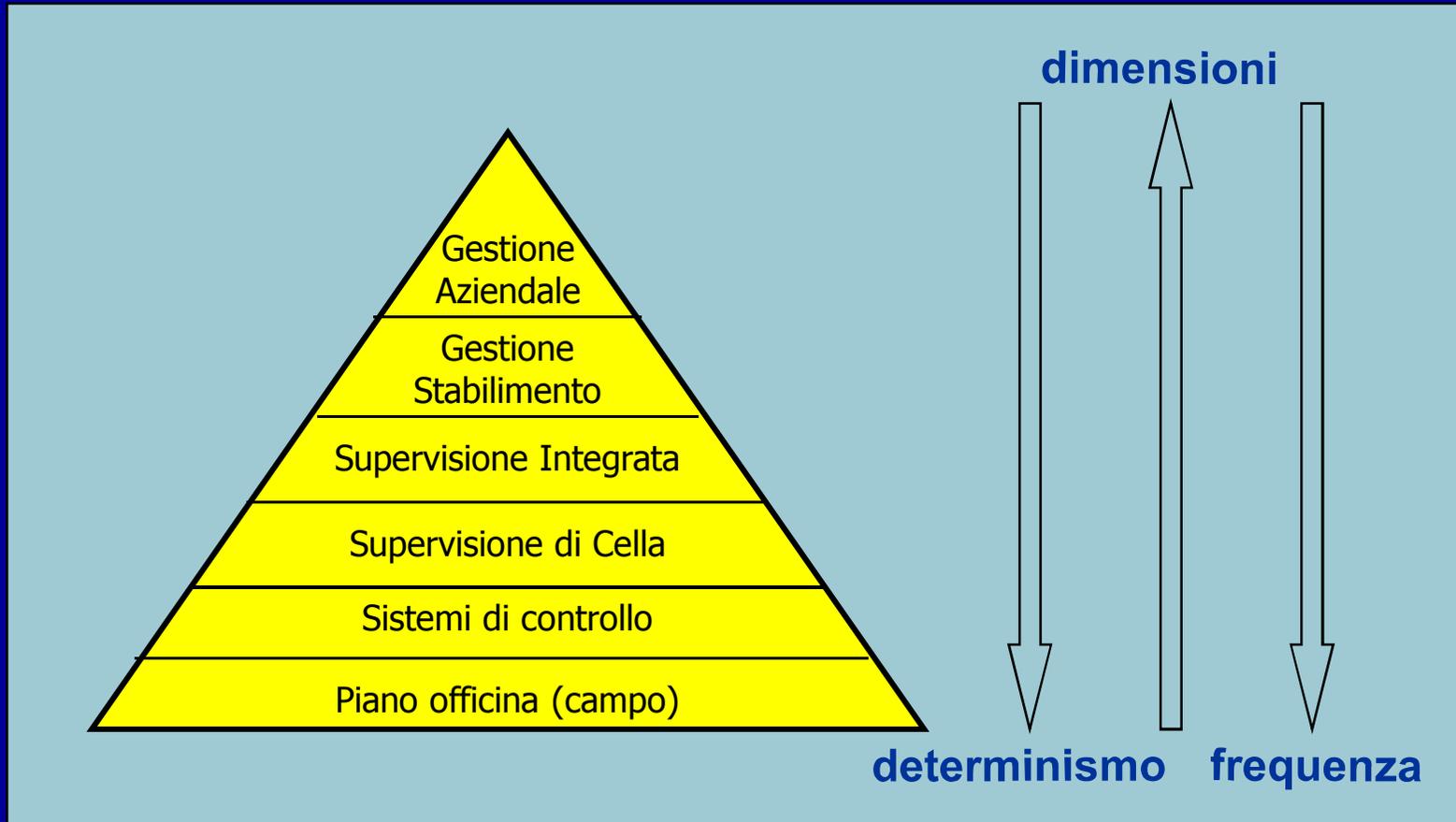
- Le reti informatiche risultano necessarie per permettere lo scambio di informazioni ai diversi livelli della piramide CIM
- Le esigenze di comunicazione cambiano ai diversi livelli
- I livelli inferiori richiedono informazioni semplici, numerose, frequenti e con alto livello di determinismo
- I livelli superiori richiedono lo scambio di informazioni complesse entro intervalli di tempo maggiori e non necessariamente determinati

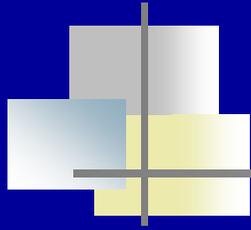




Reti per l'automazione

- **Caratteristiche di comunicazione tra i livelli CIM**

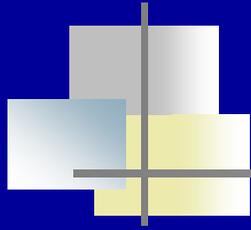




Reti per l'automazione

- Le **dimensioni** delle informazioni trasmesse aumentano dal basso verso l'alto
- La **frequenza** con cui sono trasmesse le informazioni aumenta dall'alto verso il basso
- La necessità che la trasmissione avvenga entro certi tempi certi (**determinismo**) aumenta dall'alto verso il basso
- In un sistema di produzione integrato risulta necessario utilizzare diverse reti ai diversi livelli CIM:
 - reti per le informazioni
 - reti per il controllo
 - reti per il campo

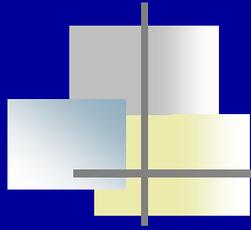




Reti per le informazioni

- La rete per le informazioni
 - assicura la comunicazione tra dispositivi dedicati al controllo e quelli dedicati alla gestione di stabilimento e di azienda
 - deve garantire il trattamento di informazioni complesse composte da molti byte
 - frequenza di scambio informazioni non elevate
 - non è necessario un determinismo spinto
 - Standard più diffuso: Ethernet
 - Utilizzo di bridge per segmentare la rete riunendo nodi che necessitano di comunicare frequentemente

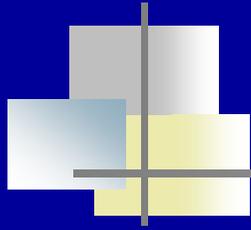




Reti per il controllo

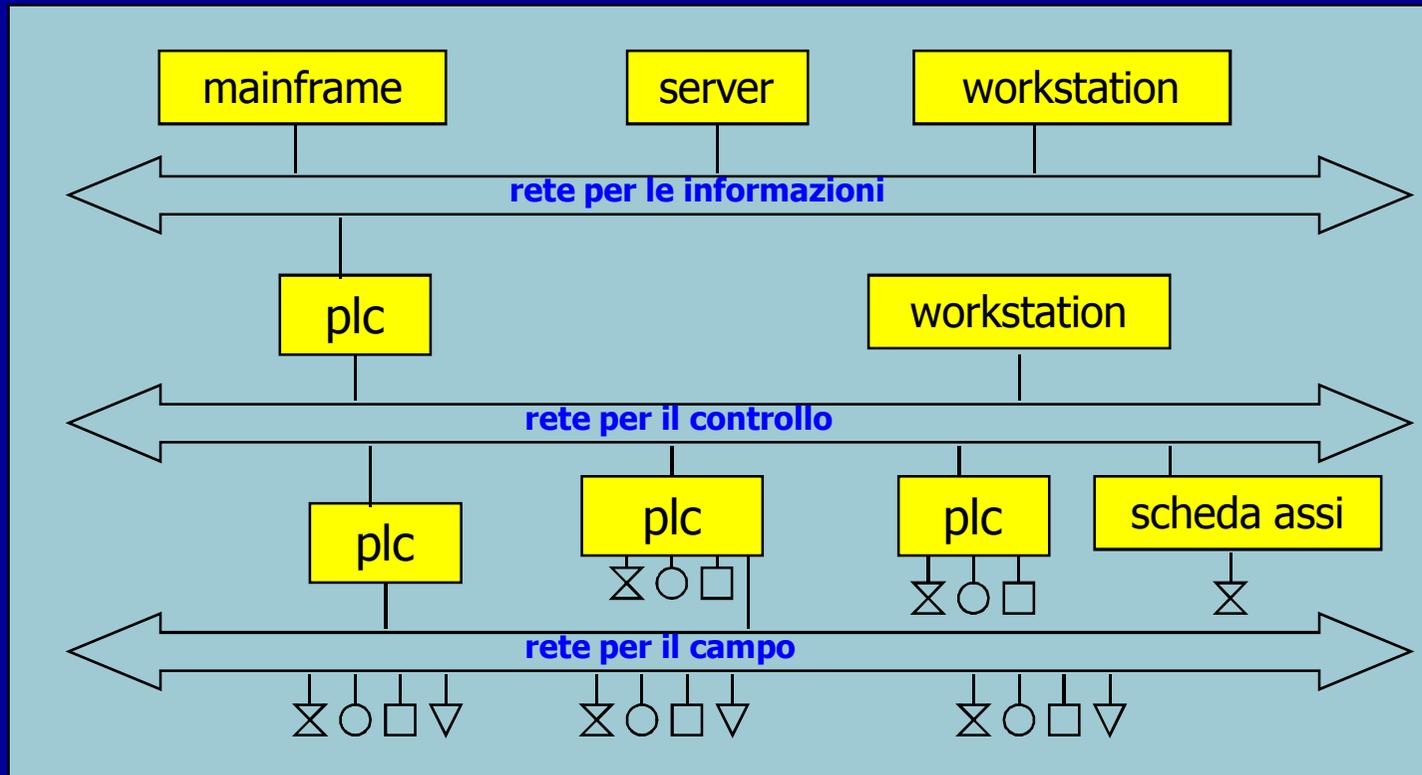
- La rete per il controllo
 - assicura la comunicazione tra dispositivi dedicati al controllo e quelli dedicati alla supervisione degli impianti
 - informazioni non molto complesse
 - importante assicurare la trasmissione entro tempi certi
 - frequenze elevate
 - realizzazioni spesso di tipo proprietario (integrano dispositivi di un particolare costruttore e PC dotati di apposito interfacciamento)
 - livelli 1,2 spesso basati su metodo di accesso a token
 - software solitamente integrato dal costruttore
 - ultimamente si sta affermando l'utilizzo di Ethernet anche come rete per il controllo (utilizzando uno switch)

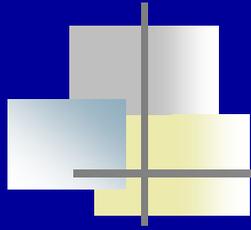




Reti per il campo

- La rete per il campo o bus di campo
 - comunicazione tra dispositivi di controllo e sensori ed attuatori intelligenti (con interfaccia di rete e capacità di elaborazione)

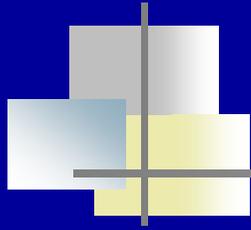




Protocollo MAP

- Protocollo per l'automazione della produzione MAP (Manufacturing Automation Protocol):
 - si è cercato di creare uno standard per le reti di automazione
 - parte LAN (livelli 1-2) token bus a multi-frequenza
- Specifica per i messaggi di produzione MMS (Manufacturing Message Specification):
 - definizione del livello 7 del MAP
 - per far comunicare dispositivi diversi (PLC, sensori, robot, computer...)
 - si basa su paradigma client/server
 - Il servente è rappresentato da un VMD (Virtual Manufacturing Device) con elevato gradi di astrazione
 - Benefici: portabilità dell'applicazione
- La standardizzazione non è riuscita: MAP poco diffuso

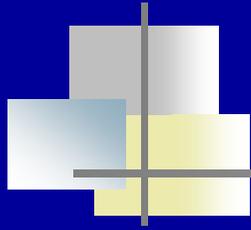




Reti di campo

- La **rete per il campo** o **bus di campo** è una realizzazione di rete informatica per il collegamento tra dispositivi di controllo (PLC) e sensori ed attuatori presenti sul piano officina
- sensori, attuatori e dispositivi di controllo diventano nodi della rete.
- ogni nodo ha capacità di elaborazione che permette la comunicazione tramite rete
- messaggi scambiati molto brevi
- alta frequenza
- tempistica rigorosa
- messaggi diretti simultaneamente a più nodi
- implementa solo livelli OSI 1,2 e 7

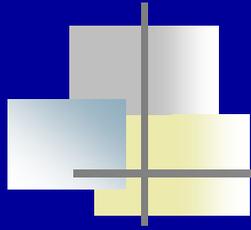




Reti di campo

- **Vantaggi delle reti di campo:**
 - semplificazione architetture di controllo
 - riduzione cablaggio
 - possibilità di scambiare informazioni complesse e bidirezionali
 - diminuzione dei tempi di risposta
 - possibilità di calibrare i vari sensori ed attuatori via software da un solo terminale
 - maggiore robustezza alle trasmissioni (trasmissione digitale meno sensibile ai disturbi)
 - ulteriore riduzione del cablaggio: alimentazione nelle stesse linee su cui viaggiano i dati

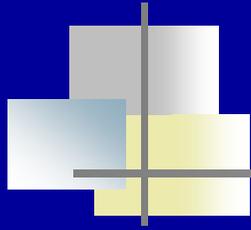




Reti di campo

- **Maggior ostacolo: sono necessari dispositivi interfacciabili**
- **Tre classi di reti di campo:**
 - **sensorbus (bus di sensori) - livello di bit**
 - **devicebus (bus di dispositivi) - livello di byte**
 - **fieldbus (bus di campo) - livello di blocchi di byte**
- **Bus di sensori:**
 - **realizzano i primi 2 livelli OSI**
 - **scopo: riduzione cablaggio**
 - **lunghezza messaggi inferiore al byte**
 - **bus più diffusi: ASI e Seriplex**
 - **esempio: sensore prossimità induttivo senza diagnostica interna**





Reti di campo

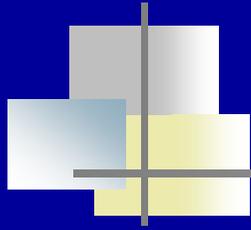
Bus di dispositivi:

- lunghezza messaggi fino a 16-32 byte
- realizzano alcune funzionalità del livello 7
- bus più diffusi: Interbus-S, DeviceNet SDS
- esempio: sensore temperatura con diagnostica interna

Bus di campo:

- lunghezza messaggi fino a migliaia di byte
- livelli 1,2,7 ed un livello utente detto livello 8
- dispositivi intelligenti con sistema gestione di una base di dati che verifica ed aggiorna i dati in maniera continua e li rende disponibili in rete
- esempio: valvola intelligente con regolatore di portata incluso ed autodiagnostica
- bus più diffusi: Profibus e Foundation Fieldbus



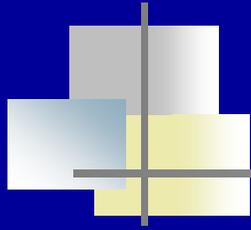


Reti di campo: bus di sensori

Rete ASI (Actuator Sensor Interface):

- fino a 31 nodi ognuno connesso a 4 dispositivi ingresso/uscita binari (in tutto 124 dispositivi)
- Protocollo di comunicazione basato su chip ASI (in ogni dispositivo o nel nodo)
- Protocollo di tipo master/slave a sequenza ciclica: slave interrogati in successione. Ricevono 4 bit (utilizzati per il controllo delle uscite) e rispondono con 4 bit di dati (ad es. stati degli ingressi)
- Tempo di ciclo massimo inferiore a 5 ms
- Velocità di trasferimento: 167 Kbit/s
- Lunghezza massima: 100m
- I dispositivi che necessitano più di 4 bit comunicano in cicli successivi
- Alimentazione 24V su 2 conduttori non schermati né intrecciati (portano anche l'informazione)



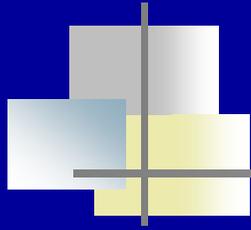


Reti di campo: bus di sensori

Rete Seriplex:

- Fino a 512 dispositivi
- Configurazione master/slave
- Ogni dispositivi possiede un chip ASIC con 32 funzioni logiche utilizzate per realizzare il protocollo di comunicazione
- Dispositivi tradizionali connessi tramite adattatori con chip ASIC
- Cavi di alimentazione e cavi di comunicazione separati
- Lunghezza massima collegamenti: 1500m



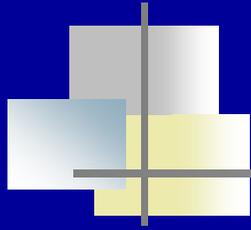


Reti di campo: bus di dispositivi

Bus di dispositivi InterBus-S:

- Fino a 256 dispositivi (4096 ing. digitali, 4096 usc. digitali o combinazioni di I/O analogici)
- Velocità di trasmissione: 500 Kbit/s
- Lunghezza segmento 400 m (max 32 segmenti)
- Mezzi trasmissivi ammessi: doppino, fibra ottica, infrarossi
- Collegamento ad anello
- Protocollo master/slave



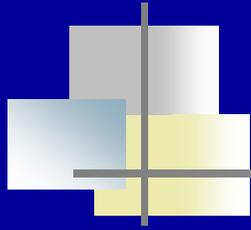


Reti di campo: bus di dispositivi

Reti basate sul bus CAN

- Originariamente sviluppato per i collegamenti di dispositivi elettronici all'interno di autovetture
- Protocollo aperto con messaggi di lunghezza variabile (fino a 8 byte)
- Metodo di accesso di tipo CSMA/BA con priorità non distruttivo (i messaggi non vengo persi per collisione)
- avanzato sistema per il controllo degli errori di trasmissione
- 4 conduttori intrecciati (2 dati, 2 alimentazione) e schermati
- DeviceNET può gestire fino a 2048 punti I/O con vel massima 500Kbit/s
- Bus SDS supporta 64 nodi (126 utilizzando tecniche di multiplexing) con vel massima di 1 Mbit/s



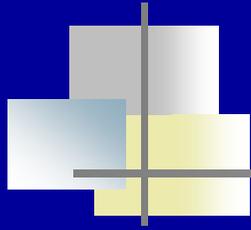


Reti di campo: bus di campo

Foundation Fieldbus

- livelli 1(liv. fisico), 2 (coll. dati), 7 (appl.) del modello OSI
- livello utente aggiuntivo per funzioni come blocchi funzionali, servizi descrizione dispositivi e servizi gestione della rete
- **Livello 1 ha due possibilità:**
 - bus a bassa velocità (31,25 Kbit/s); lunghezza massima 1900 m; fino a 32 dispositivi (con alimentazione autonoma), 12 dispositivi (con alimentazione dal bus) , 6 dispositivi (con alimentazione da bus in modalità sicura, a bassa energia, per ambienti pericolosi). 2 conduttori trasportano alimentazione e dati
 - bus ad alta velocità HSE (High Speed Ethernet), basato su ethernet, 2,5 Mbit/s, lunghezza massima di 750 m, fino a 127dispositivi
 - Le soluzioni possono coesistere con bridge di collegamento



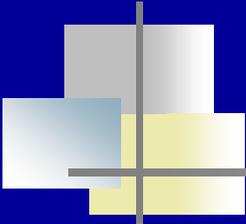


Reti di campo: bus di campo

Foundation Fieldbus

- Livello 2:
 - gestisce il bus tramite un pianificatore attivo che implementa metodo di accesso deterministico e centralizzato
 - pianificatore prevede modalità di funzionamento ciclica e aciclica
 - modalità ciclica: pianificatore controlla lo stato della rete e concede possibilità di trasmissione ai disp. ad istanti prefissati
 - Altri dispositivi ascoltano la rete e ricevono i loro messaggi
 - una porzione del tempo viene riservata a comunicazioni acicliche sollecitate dal pianificatore attraverso l'invio di token



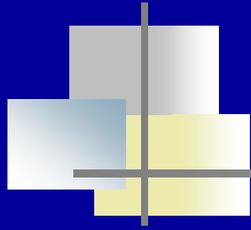


Reti di campo: bus di campo

Foundation Fieldbus

- **Livello 7:**
 - contiene la FMS (Fieldbus Message Specification) che codifica e decodifica i comandi del livello addizionale utente.
- **Livello 8:**
 - implementa la strategia di controllo distribuito del Fieldbus e definisce il modello software con cui l'utente interagisce
 - Blocchi funzionali per lettura e scrittura dati, controllo del dispositivo, manipolazione informazione, funzioni aritmetiche
 - I blocchi funzionali possono essere contenuti nei dispositivi
 - Servizi di descrizione dispositivi (costruttori, blocchi funzionali e capacità diagnostiche di altri dispositivi)
 - Servizi gestione di rete (assegnazione indirizzi ed esecuzione blocchi funzionali)



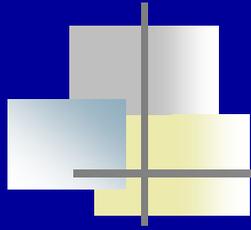


Reti di campo: bus di campo

Profibus

- per il collegamento di un controllore master con dispositivi slave e per le comunicazioni peer-to-peer
- è un insieme di reti (per applicazioni diverse), con protocolli compatibili tra loro
- Livello 1: diverse implementazioni (RS485, RS485-IS, MBP e fibra ottica), gestendo fino a 126 dispositivi con velocità fino a 12 Mbit/s
- Livello 2 prevede diverse implementazioni:
 - DP-V0: accesso centralizzato, master interroga gli slave
 - DP-V1: aggiunge accesso a token tra più master
 - DP-V2: accesso a divisione di tempo tipo produttore/consumatore tra gli slave





Reti di campo: bus di campo

Profibus

- **Livello 7:**
 - implementa la specifica FMS offrendo servizi per la comunicazione dei dati
 - definisce i profili (specifiche definite da costruttori o utenti finali riguardanti proprietà, caratteristiche e comportamento dei dispositivi connessi)
- **Diverse implementazioni:**
 - Profibus-DP, per automazione industriale
 - Profibus-PA, per controllo di processo
 - Motion controllo with Profibus, per collegamento motori elettrici

