

# ***CIIM e processi aziendali***

# Indice

---

- Introduzione
- Computer Integrated Manufacturing
- ANSI ISA 95
- Esempi dei livelli CIM
- La “piramide” CIM e i sistemi di comunicazione
- Conclusioni

# Introduzione

---

- In questa lezione si fornirà un quadro, necessariamente sommario, del ruolo dei sistemi informatici in un sistema di automazione industriale, con riferimento in particolare alle architetture funzionali che si sono storicamente definite come **CIM: Computer Integrated Manufacturing**
- Cercheremo di comprendere i legami tra le caratteristiche dei processi gestionali e le architetture informatiche che li devono supportare.
- Molti di questi legami sono stati standardizzati da ANSI e ISA
- I processi gestionali d'impresa hanno caratteristiche diverse sia dal punto di vista della risoluzione temporale che del dettaglio gestionale.
- Per questa ragione i sistemi informativi a supporto hanno architetture informatiche diverse che presentano caratteristiche e problematiche differenti sia dal punto di vista dell'implementazione che della gestione operativa

# Cosa significa automatizzare?

---

- Automatizzare significa realizzare processi fisici o logici per mezzo di sistemi automatici e servomeccanismi.
- I Sistemi Informativi sono sistemi automatici di gestione dell'informazione perché sono capaci di acquisire, utilizzare e registrare dati senza o con minimo intervento di operatori umani.
- Nello stesso modo i sistemi robotizzati hanno la capacità di realizzare movimenti, operazioni di lavorazione che sono necessari per realizzare prodotti senza o con minimo intervento di operatori umani.
- Ma prima di scrivere un programma software si può provare semplicemente con “carta e penna” a capire come sono fatti i processi e come si possono migliorare.
- Senza dubbio è un approccio molto efficace quando si vuole sperimentare un nuovo processo di gestione, ma diventa uno “spreco” quanto il processo è messo a punto e le attività diventano ripetitive.

# Nelle aziende abbiamo spesso sistemi di automazione

---

- Sistemi ERP che automatizzano le informazioni di natura gestionale come il ciclo dell'ordine, la contabilità attiva e passiva , la gestione dei cespiti etc
- Sistemi SCADA che acquisiscono e gestiscono le informazioni di sistemi complessi come il condizionamento, la distribuzione elettrica, la sicurezza etc.
- Sistemi PLC o CNC che gestiscono l'automazione di singole macchine o di sistemi di material handling come macchine utensili, rulliere, magazzini automatici etc
- Sistemi d'identificazione automatica che permettono di gestire l'identità di materiali e persone come sistemi RFId etc

Ma questi sistemi sono spesso indipendenti tra di loro

# L'intervento umano attiva i diversi sistemi automatici

---

- Gli operatori inseriscono gli ordini, le fatture etc nei Sistemi ERP che automatizzano le informazioni di natura gestionale
- Gli operatori controllano le informazioni che i Sistemi SCADA acquisiscono e gestiscono per la gestione di sistemi complessi come il condizionamento, la distribuzione elettrica, la sicurezza etc.
- Gli operatori attivano i sistemi PLC o CNC che gestiscono l'automazione di singole macchine etc
- .....

L'intervento degli operatori richiede risorse e può determinare errori e malfunzionamenti

# Per questa ragione è nato il concetto d'Integrazione

---

- I sistemi stessi si interconnettono tra di loro evitando l'intervento degli operatori e riducendo costi ed errori
- Le informazioni sono acquisite una sola volta e condivise da tutti i sistemi.
- Ma per far questo è necessario definire degli standard senza i quali i sistemi informatici non possono scambiarsi le informazioni
- Gli standard sono di quattro nature:
  - La struttura dei dati
  - La modalità di comunicazione
  - L'orizzonte temporale dei dati
  - La risoluzione temporale dei dati
- La struttura dei dati e la modalità di comunicazione sono standard tecnici
- L'orizzonte e la risoluzione temporale dei dati sono uno standard gestionale

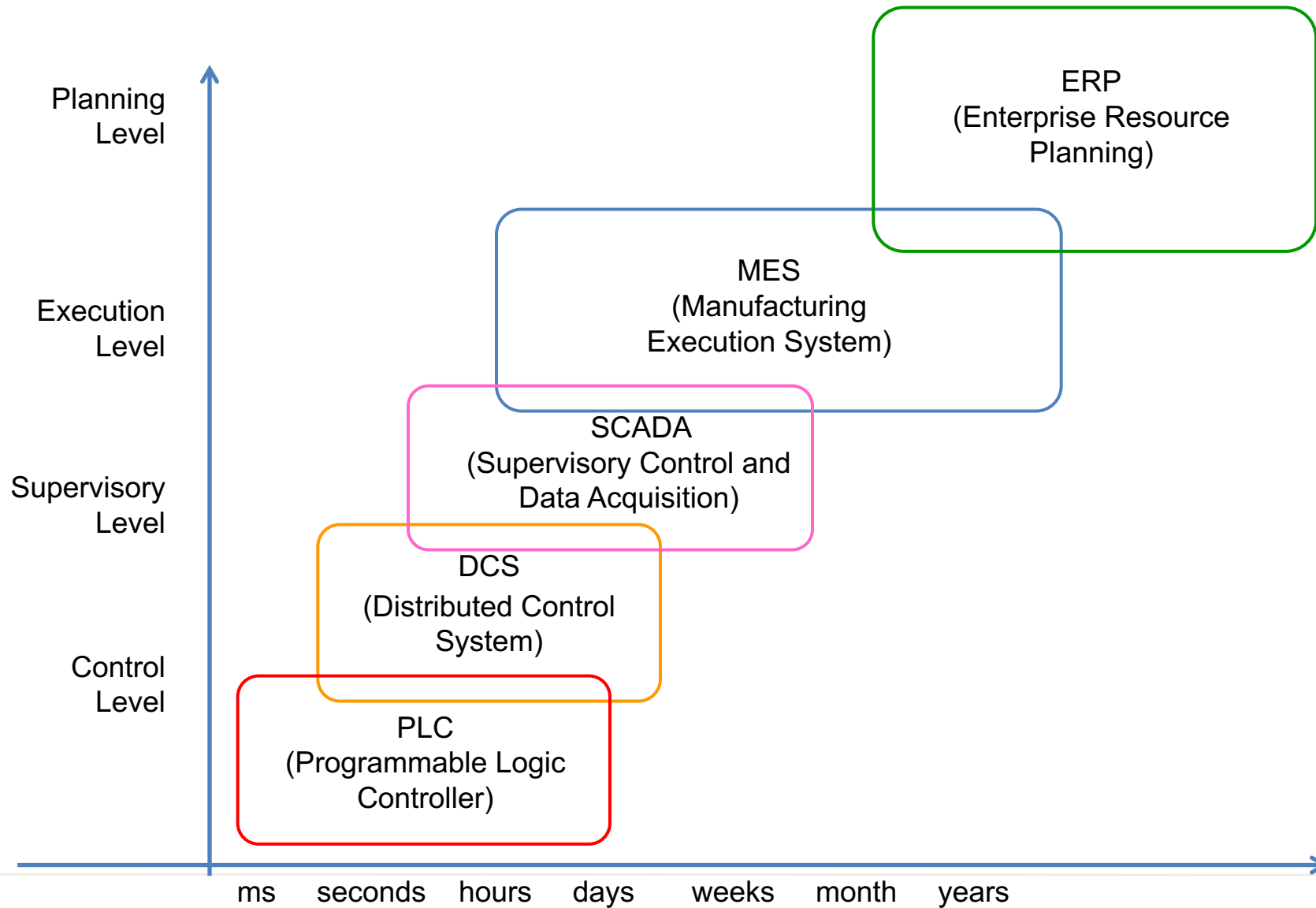
# L'orizzonte e la risoluzione temporale dei dati sono diversi per ogni sistema

---

- L'orizzonte temporale è quanto dobbiamo guardare per gestire un sistema
- La risoluzione temporale è l'intervallo minimo di tempo di misura di una prestazione
- Per esempio se analizziamo il portafoglio ordini cliente in un ERP possiamo valutare che l'orizzonte temporale è simile al tempo di risposta all'ordine per esempio 3 settimane
- Invece la risoluzione temporale può essere il giorno perché la promessa di consegna non ha risoluzione minore
- Quindi per un ERP potremmo avere un orizzonte temporale di 4 settimane con una risoluzione (Time Bucket) di un giorno
- Per questa ragione un sistema di gestione PLC del magazzino prodotti finiti , dovrebbe ricevere portafogli d'ordini raggruppati a livello di giornate



# Response time and hierarchical level



# Different Points of View

---

- Business Systems

- Time Horizons
  - Long-term view
- Model detail
  - Linear route structures
- Control emphasis
  - Product cost and overall profitability
- Modeling criteria:
  - Accounting reference points
  - Has inventory value changed significantly? If not, don't model separately

- **View from the boardroom**

- Manufacturing Systems

- Time Horizons
  - Real-time view
- Model detail
  - Complex routes with rework paths
- Control emphasis
  - Physical movement & accountability
- Modeling criteria:
  - material movement reference points
  - Does product stop moving? If not, don't model separately

- **View from the workcenter**

# Data Quantity & Quality and Hierarchical Level

---

## Higher Levels

- When ascending the control hierarchy, data are reduced: higher level data are created (e.g. summary information)
- Processing and decisions becomes more complicated (requires using models).
- Timing requirements are slackened. Historical data are stored

## SCADA level

- Presentation of complex data to the human operator, help to make decisions (expert system) and maintenance.
- Requires a knowledge database in addition to the plant's database

## Lower Levels

- Lowest levels (closest to the plant) are most demanding in response time.
- Quantity of raw data is very large.
- Processing is trivial (was formerly realized in hardware).
- These levels are today under computer control, except in emergency situations, for maintenance or commissioning.

# Integrazione: Il concetto di Computer Integrated Manufacturing (CIM)

---

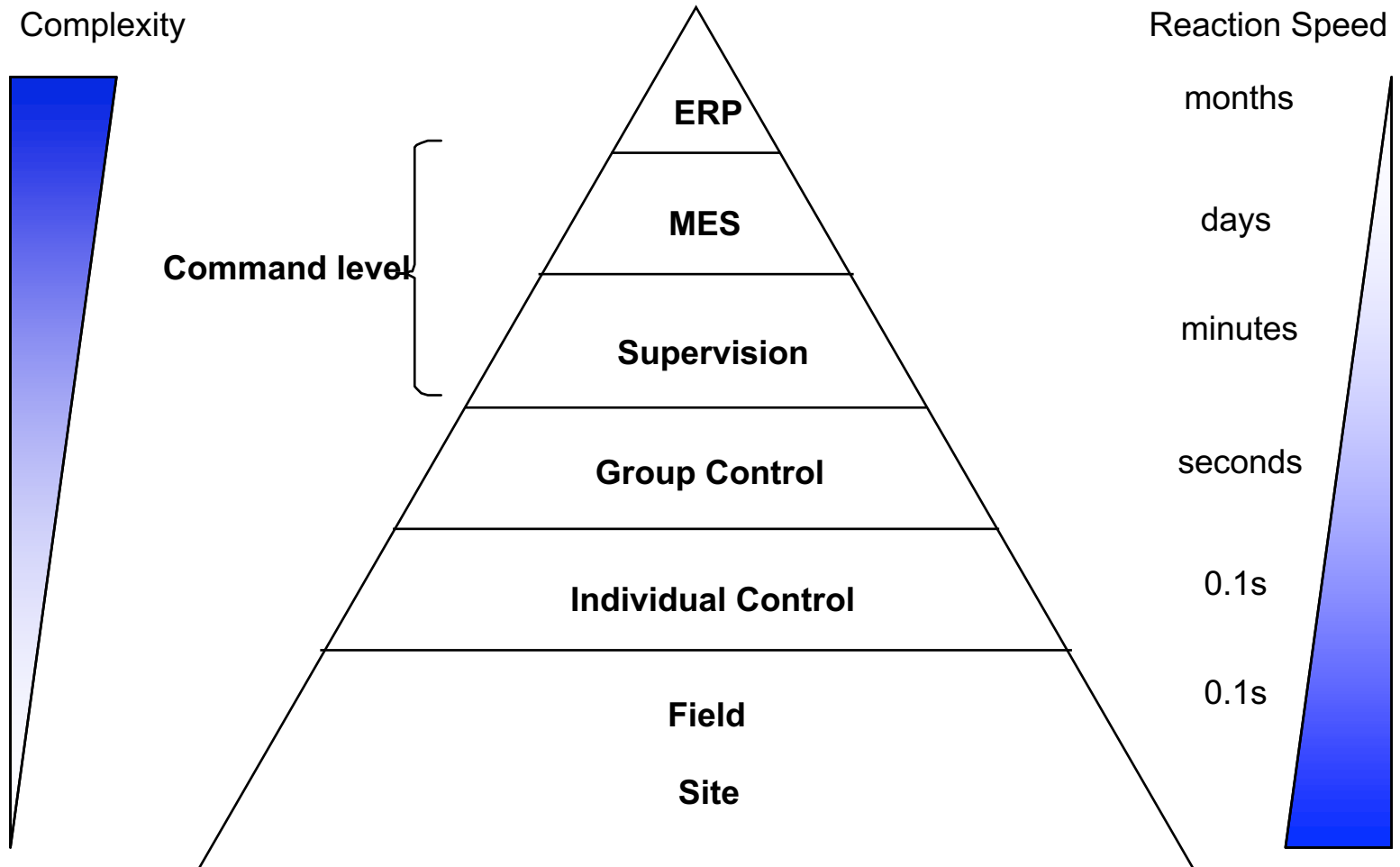
- A partire dagli anni 80 si è affermato il concetto di **CIM (Computer Integrated Manufacturing)** ovvero l'integrazione automatizzata tra i vari processi di un sistema di produzione (progettazione, ingegnerizzazione, produzione, controllo della qualità, pianificazione della produzione e marketing) al fine di minimizzare i tempi di sviluppo di un prodotto, ottimizzare la gestione delle risorse ed eventualmente essere flessibili per coprire quanto più possibile il mercato.
- In questo modo i sistemi di automazione dei diversi processi aziendali non si limitano alla pura automazione del processo stesso ma permettono **l'integrazione** con altri processi automatizzati
- Il concetto d'integrazione è l'elemento fondamentale di questo approccio di architettura.
- Integrare significa scambiare automaticamente i dati da un processo all'altro secondo tempi e sintassi che devono essere definite a priori.
- In questo modo vengono usati sempre gli stessi dati evitando ridondanze o errori di acquisizione e riducendo al minimo i tempi di esecuzione

# Il modello CIM è di tipo gerarchico

Nel modello gerarchico CIM ogni livello acquisisce, gestisce e trasferisce informazioni con obiettivi strategici e operativi che passano da un livello aggregato superiore ai comandi esecutivi dei livelli inferiori.



# Complexity and Hierarchical level of CIM



# Le tecnologie del CIM coprono quasi tutti i processi operativi

---

Il modello CIM prevede l'integrazione di diverse tecnologie interconnesse:

- [CAD](#) Computer Aided Design
- [CAM](#) Computer Aided Manufacturing
- [CAT](#) Computer Aided Test
- [CAPP](#) [Computer-aided process planning](#)
- MRP [Materials Requirements Planning](#)
- [Robotica](#)
- [AGV](#) Movimentazione automatica dei materiali
- ERP ([Enterprise resource planning](#))
- [CNC](#) (computer numerical control) machine tools
- DNC, [Direct Numerical Control](#) machine tools
- FMS, [flexible manufacturing system](#)
- ASRS, [automated storage and retrieval systems](#)
- Automated conveyance systems
- [computerized scheduling and production control](#)
- CAQ ([Computer-aided quality assurance](#))
- A business system integrated by a common **relational** database

# Scambiare dati STD con processi STD:CIM e ANSI / ISA-95.00.01

---

- I modelli CIM sono stati definiti con architetture standardizzate da ANSI e ISA principalmente dallo standard ANSI ISA 95
- Gli obiettivi di ISA-95 sono quelli di fornire una terminologia coerente che è un fondamento per le comunicazioni fornitore e produttore, di fornire modelli informativi coerenti, e di fornire modelli operativi coerenti, che è la base per chiarire le funzionalità dell'applicazione e come l'informazione deve essere utilizzata.
- Lo standard ISA-95 è diviso in 5 parti<sup>[1]</sup>:
  1. ANSI / ISA-95.00.01-2000, Enterprise-Control System Integration
  2. ANSI / ISA-95.00.02-2001, Enterprise Control System Integration
  3. ANSI / ISA-95.00.03-2005, Enterprise-Control System Integration
  4. ISA-95.04 modelli di oggetti e attributi
  5. ISA-95.05 B2M Operazioni



# ANSI / ISA-95.00.01

---

- Enterprise-Control System Integration Parte 1: Modelli e Terminologia si compone di terminologia standard e modelli di oggetti, che possono essere utilizzati per decidere quali informazioni devono essere scambiate. I modelli aiutano a definire i confini tra i sistemi aziendali e i sistemi di controllo. Essi aiutano ad indirizzare le domande come i compiti che possono essere eseguiti con tale funzione e quali informazioni devono essere scambiate tra le applicazioni.
- Contesto
- Gerarchia Modelli
  - Pianificazione e controllo (Purdue)
  - Gerarchia Attrezzature
- Modello di flusso dati funzionale
  - Funzioni di Produzione
  - Flussi Dati
- Modelli di oggetti
  - Oggetti
  - Relazioni oggettuali
  - Attributi degli oggetti
- Modelli di attività delle operazioni
  - Operazioni Elementi: PO, MO, QO, IO
  - Operazioni modello flusso dati
    - Operazioni di funzioni
    - Operazioni di flussi

# ANSI / ISA-95.00.01

---

## **ANSI / ISA-95.00.02-2001, Enterprise Control System Integration Parte 2**

**Modello oggetto attributi** da associare a ogni oggetto che è stato definito nella parte 1.

Gli oggetti e gli attributi della Parte 2 possono essere utilizzati per lo scambio di informazioni tra diversi sistemi, questi oggetti e attributi possono anche essere utilizzati come base per i database relazionali.

## **ANSI / ISA-95.00.03-2005, Enterprise-Control System Integration, Parte 3**

I **modelli di gestione delle operazioni di produzione** si concentra sulle funzioni e le attività a livello 3 (Produzione / layer MES). Esso fornisce linee guida per descrivere e confrontare i livelli di produzione di diversi siti in modo standardizzato.

## **ISA-95.04 modelli di oggetti e attributi Parte 4 di ISA-95**

### **Modelli di oggetti e attributi per la gestione delle operazioni di produzione**

Il comitato SP95 parte 4 di ISA-95 è ancora in via di sviluppo, che ha per titolo "Modelli di oggetti e attributi di Gestione delle Operazioni di Produzione". Questa specifica tecnica definisce i modelli di oggetti che determinano quali informazioni vengono scambiate tra le attività MES (definite nella parte 3 della ISA-95). I modelli e gli attributi della parte 4 sono la base per la progettazione e l'implementazione dello standard di interfaccia e assicurarsi un periodo flessibile per la cooperazione di informazioni-scambio tra le diverse attività MES.

# ANSI / ISA-95.00.01

---

## **ISA-95.05 B2M Operazioni Parte 5 di ISA-95**

**Affari delle operazioni di produzione** anche la parte 5 di ISA-95 è ancora in sviluppo.

Questa specifica tecnica definisce la cooperazione tra l'ufficio e la produzione nei sistemi-automazioni, che può essere utilizzato insieme ai modelli di oggetti esterni alle parti 1 e 2.

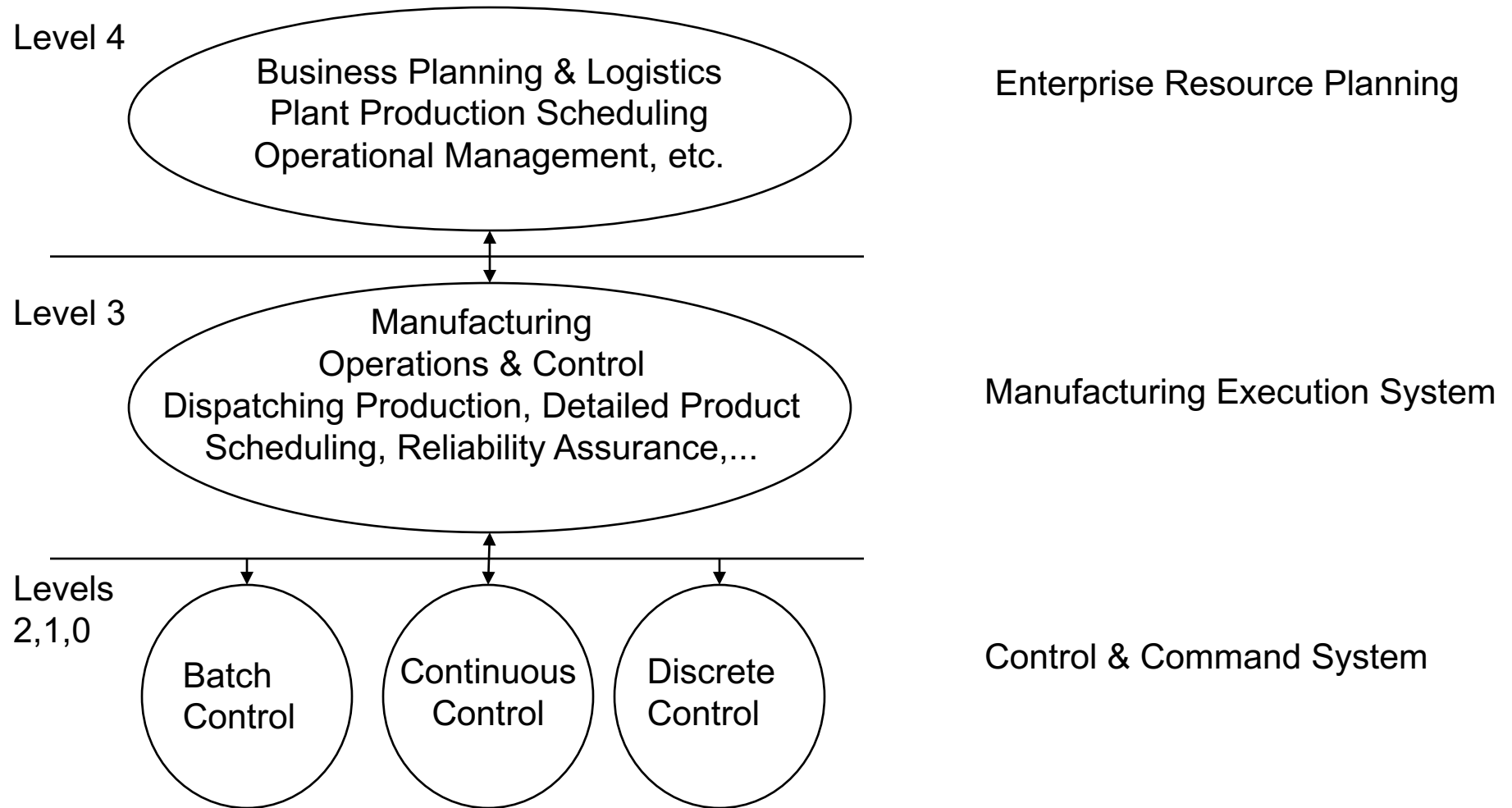
Le operazioni si connettono e organizzano gli oggetti di produzione e le attività che si definiscono attraverso le parti precedenti della serie.

Tali operazioni hanno luogo a tutti i livelli all'interno di un affare, ma il focus di questa specifica tecnica si trova nell'interfaccia tra gli enterprise e i sistemi di controllo. Sulla base di modelli, l'operazione sarà descritta e verrà logicamente spiegato il processo operativo.

Le attività all'interno delle zone di produzione sono eseguite e le informazioni sono passate avanti e indietro. Lo standard prevede modelli di riferimento per le attività produttive, le attività di qualità, le attività di manutenzione e le attività di inventario.

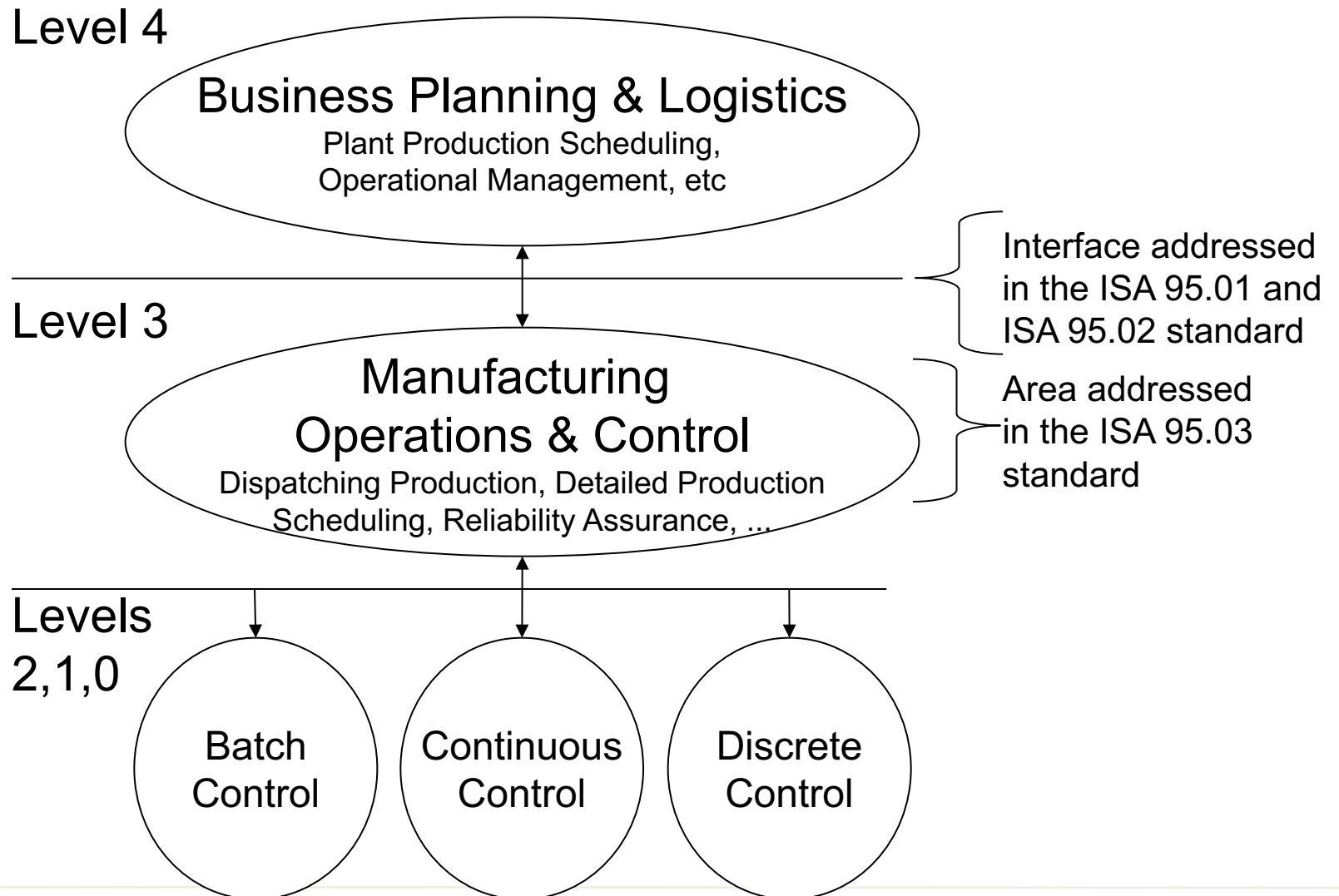
# ANSI/ISA 95 is the standard classification

The ANSI/ISA standard 95 defines terminology and good practices



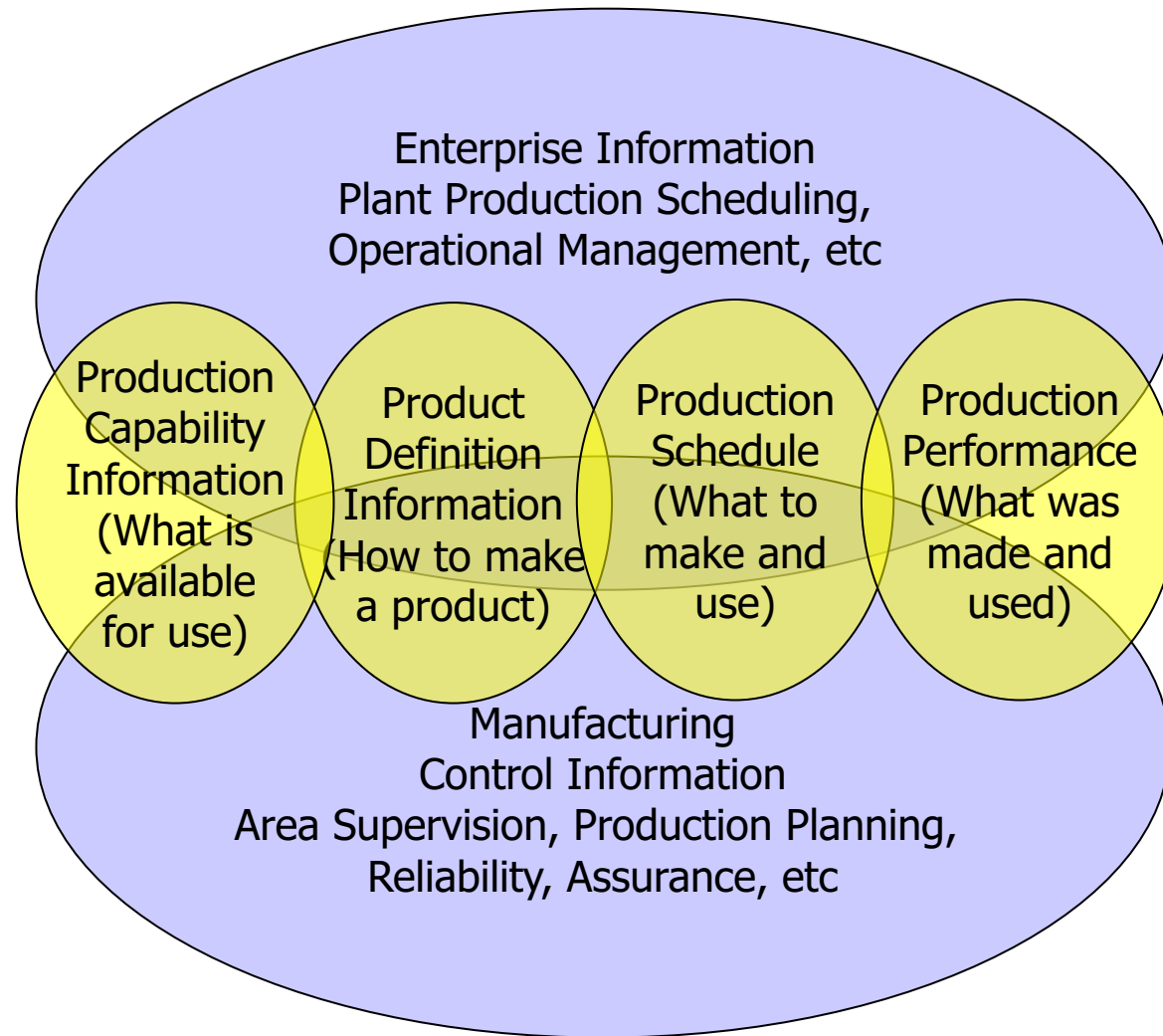
Source: ANSI/ISA-95.00.01-2000

# ISA95.01 Levels

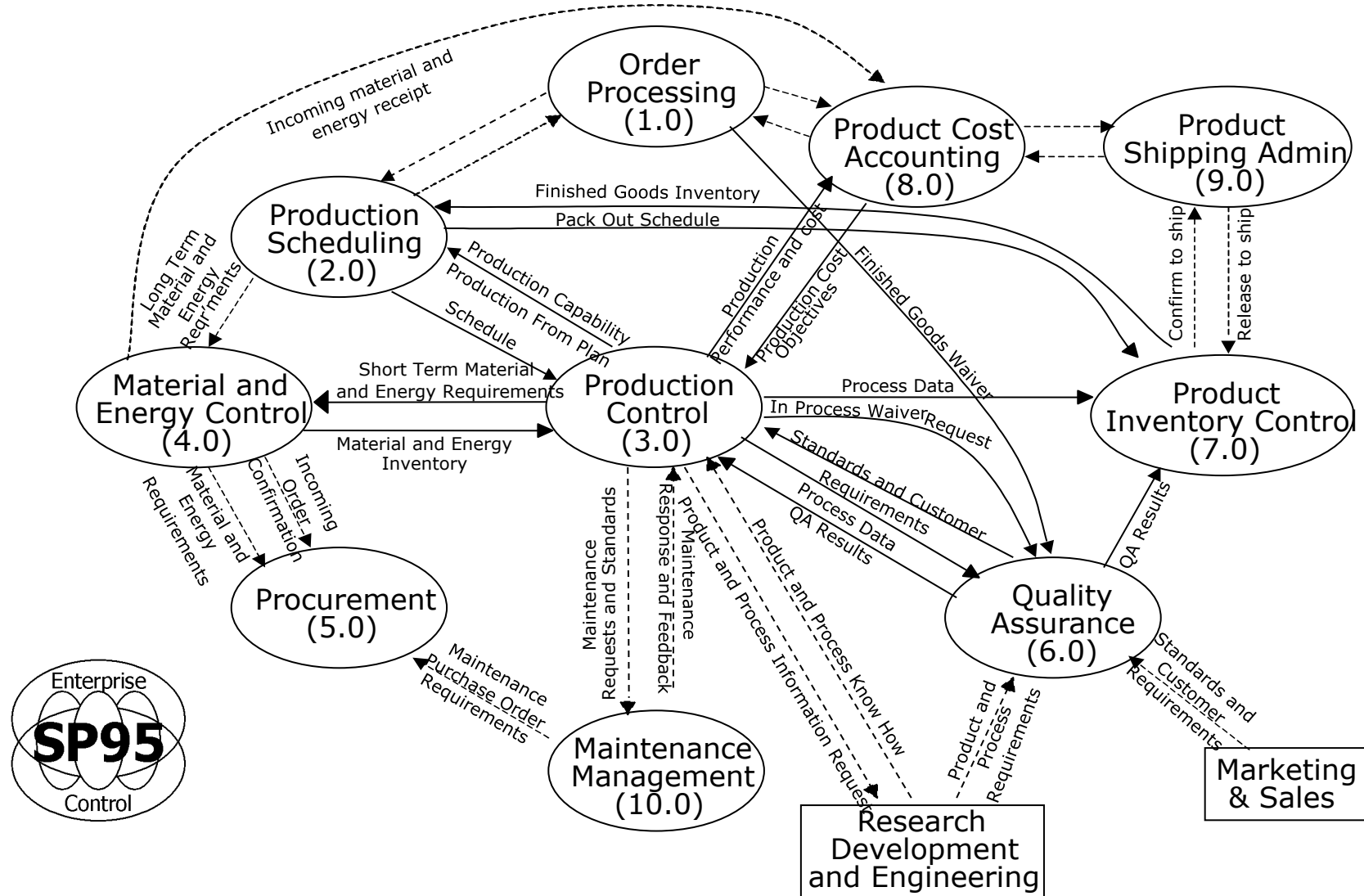


# Exchanged Information Categories

---

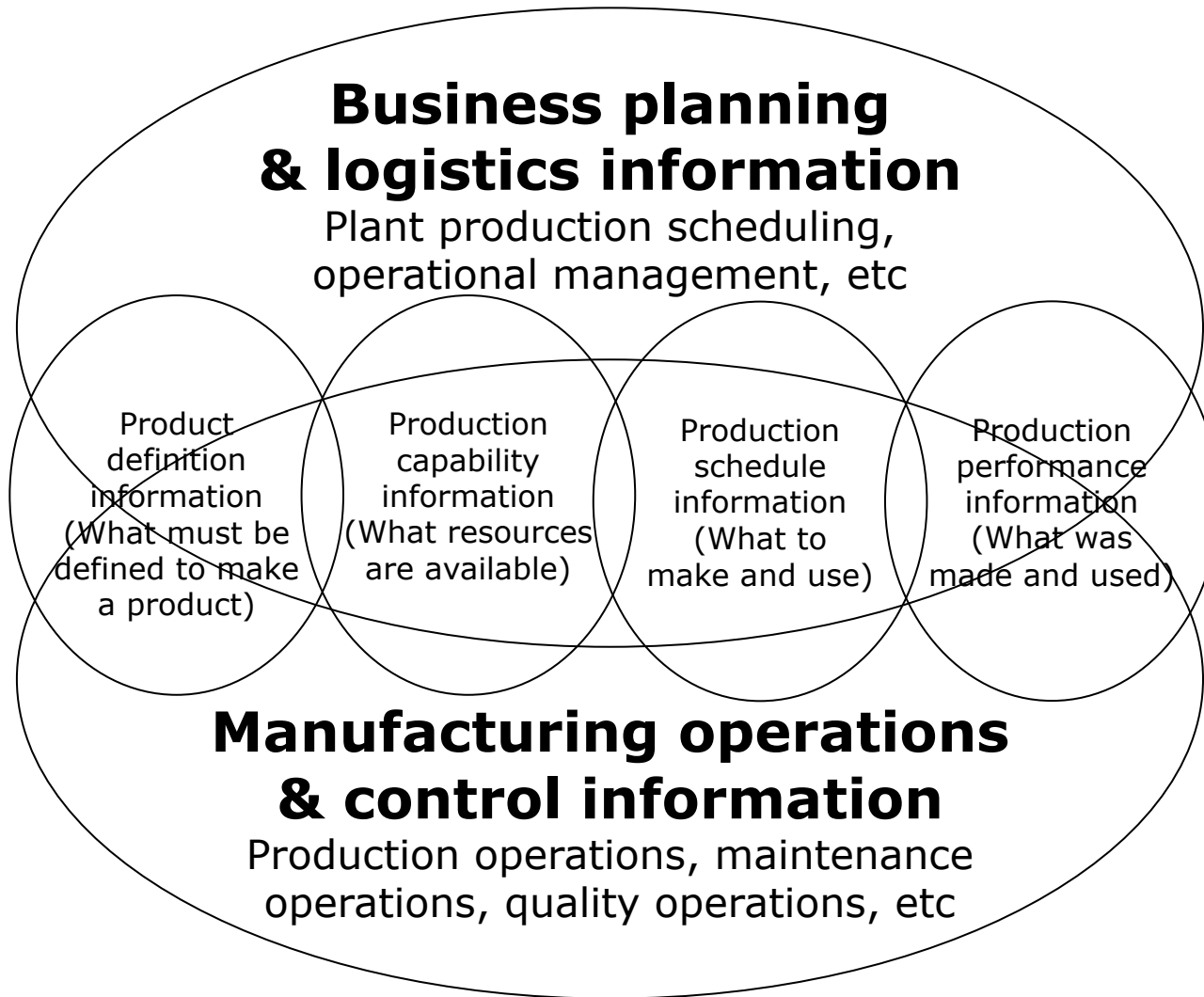


# This is What that Looks Like in S95-speak: Functional Enterprise Control Model: Part 1



# Parts 1 and 2...

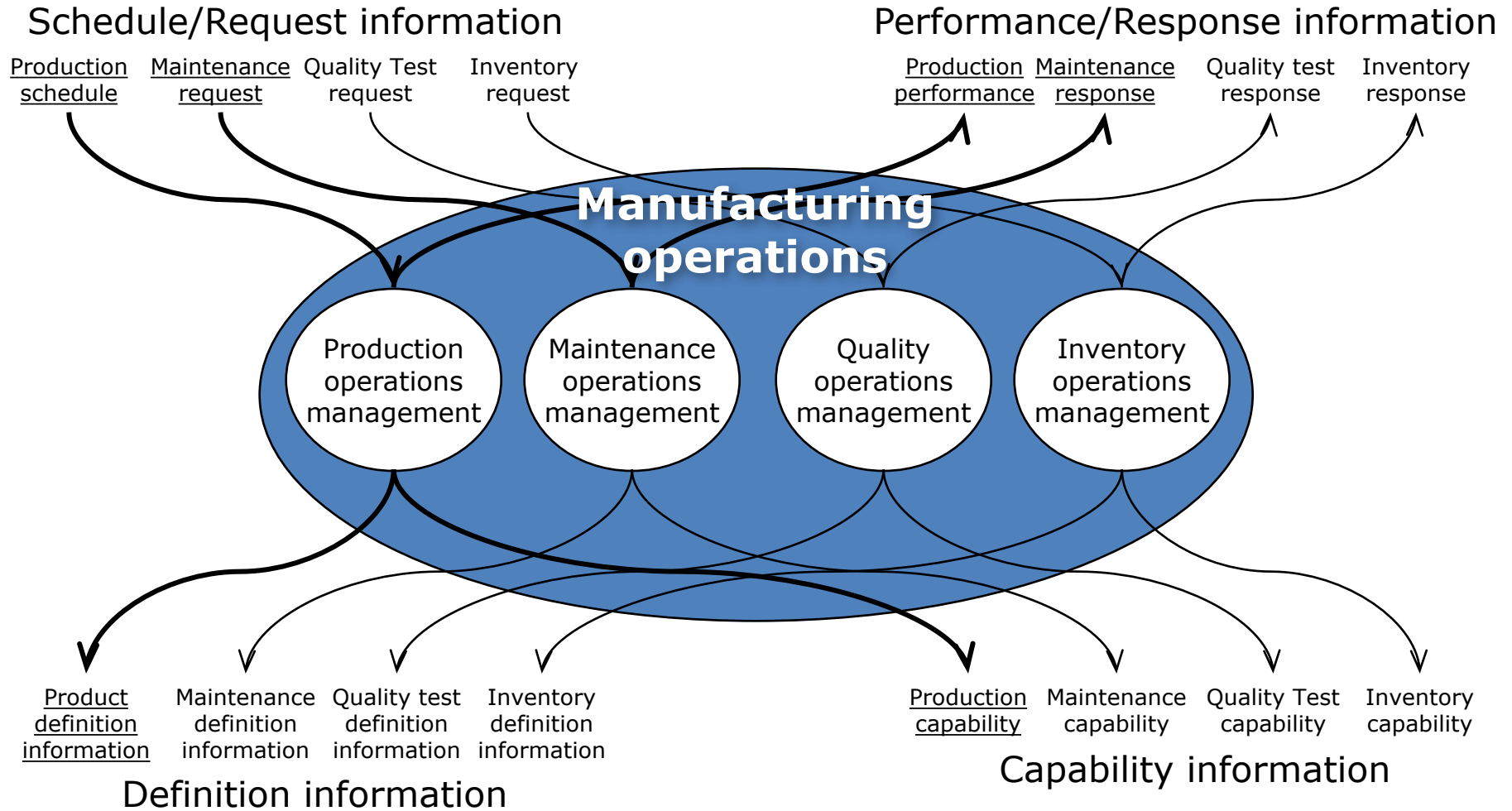
---



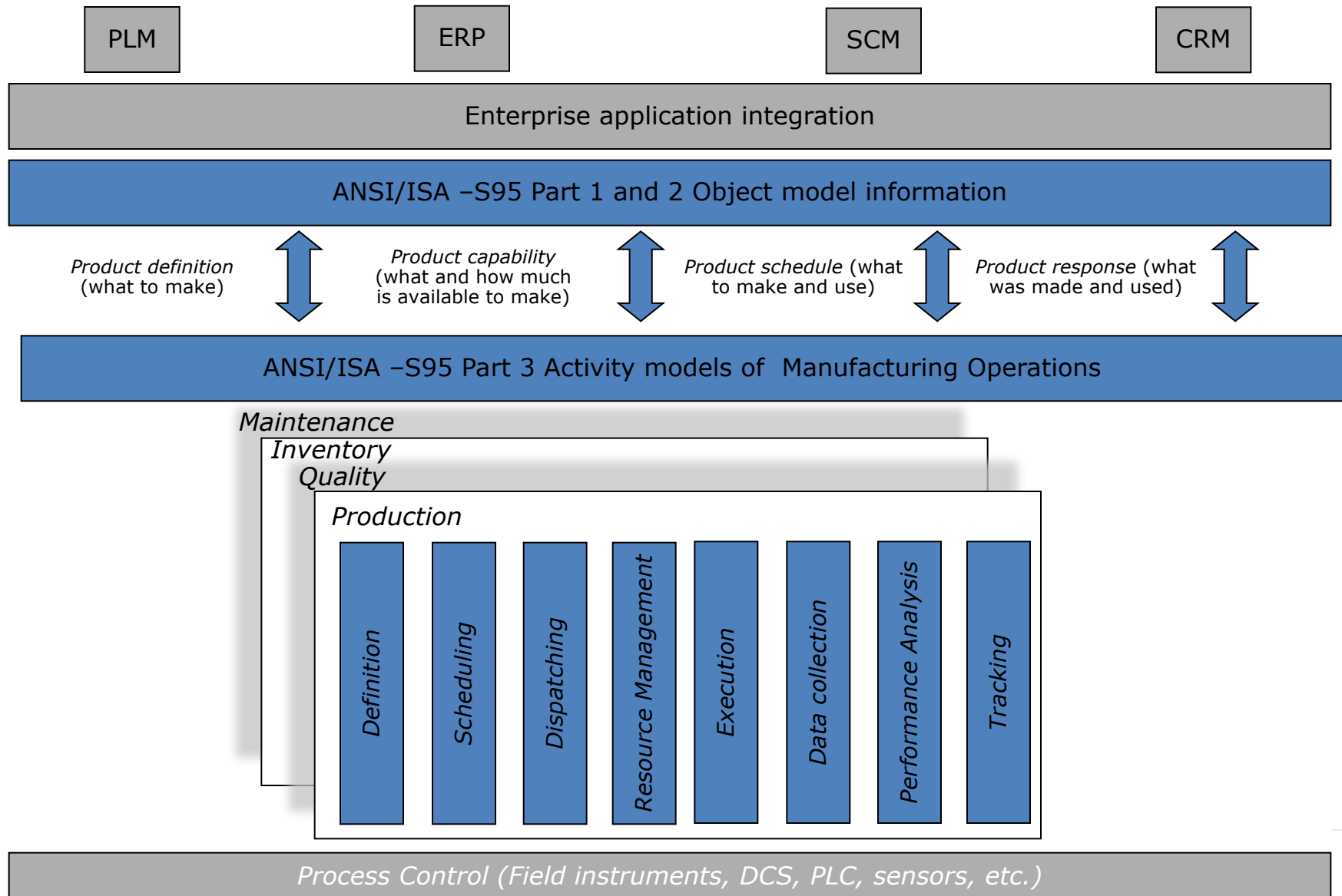


# Parts 1, 2, and 3...

## INFORMATION FOR MANUFACTURING OPERATIONS MANAGEMENT



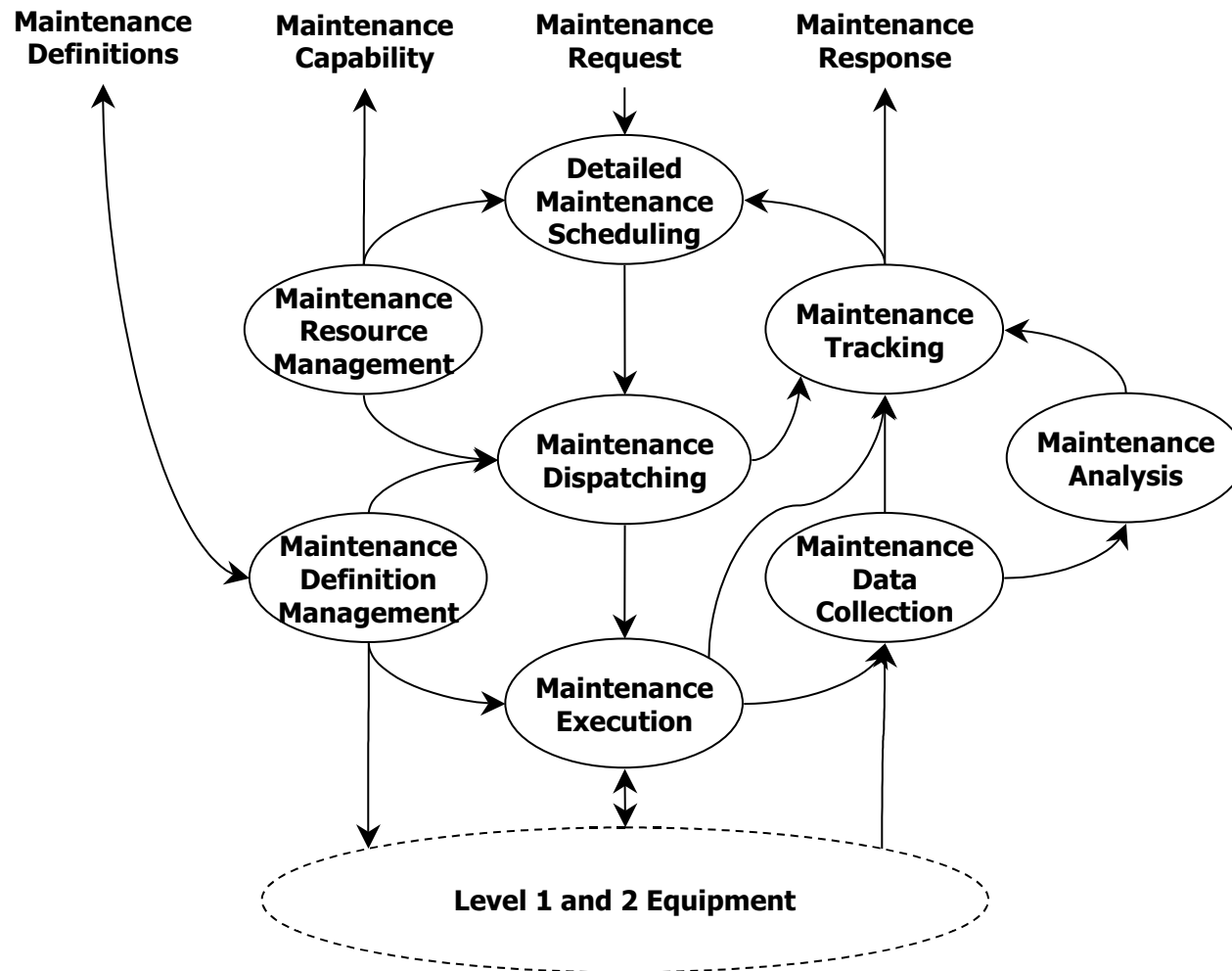
# ISA S95 Manufacturing Architecture







# Maintenance Model from S95, Part 3

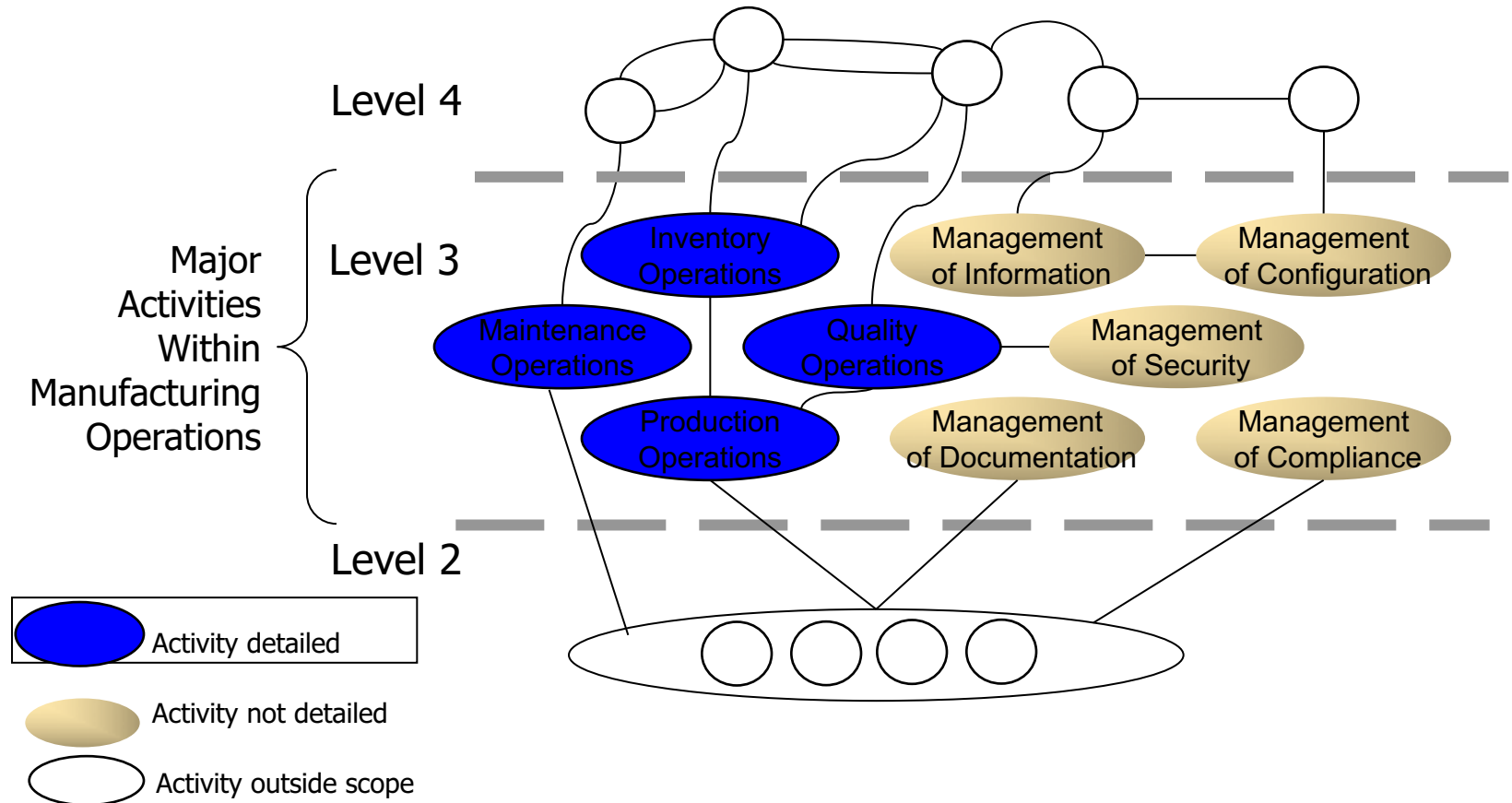






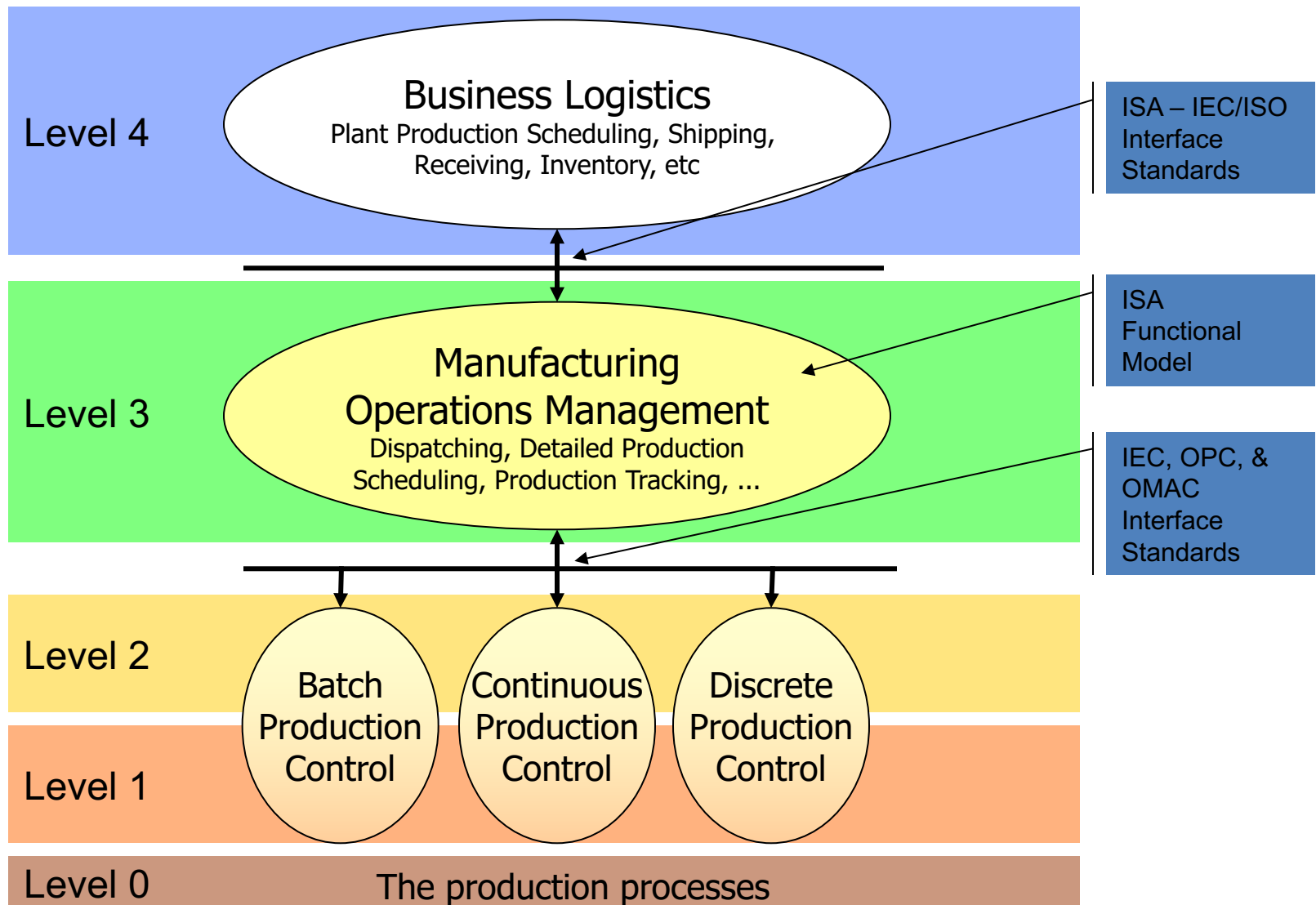
# Other Enterprise Activities in Manufacturing Operations

- Some activities are not specific to manufacturing
- ISA-95.03 lists references to standards in these areas





# ISA 95 Control Hierarchy Levels



# Building Collaborative Manufacturing Systems

---

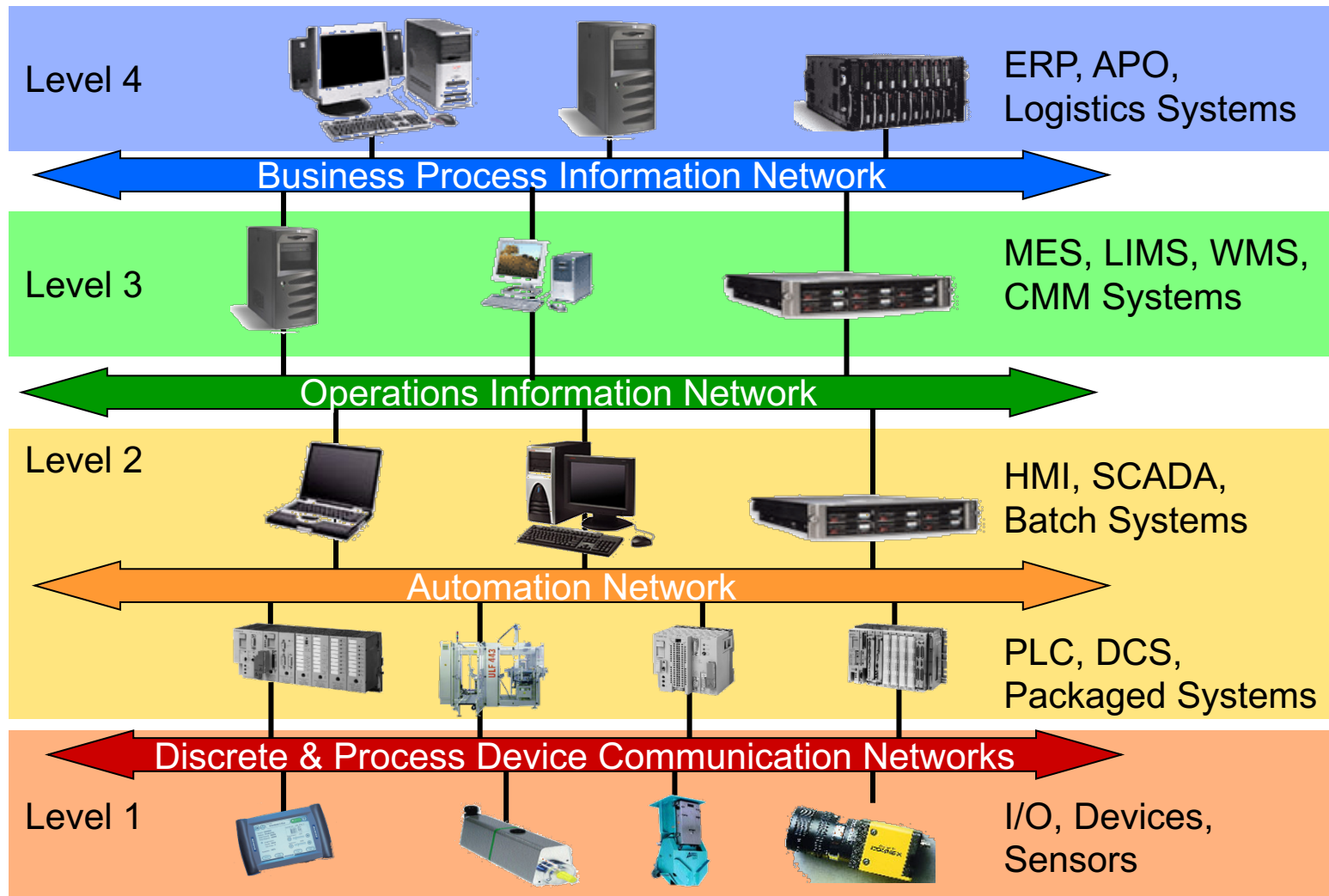
- Process Used to Develop Solution Architectures:
  - Conceptual Topology
  - Functional Areas
  - Standards and Guidelines
  - Standard Applications
  - Logical Architecture Design
  - Physical Architecture Design

# Conceptual Topology – IT View

---

- IT View of the ISA-95 Levels and relationship to systems and networks
- Levels 1-2
  - Control the process and provide visibility to the process
  - Electronic records are not embedded in the control layers (Level 1-2)
  - Usually some specialized hardware and possibly networks
- Level 3
  - Maintenance of production information is centralized to provide greater control and availability of the records
  - Electronic records are managed and controlled through Level 3 systems with audit trail, access control, backup, and ERP connectivity
  - Usually standard hardware and networks

# Conceptual Topology – IT View

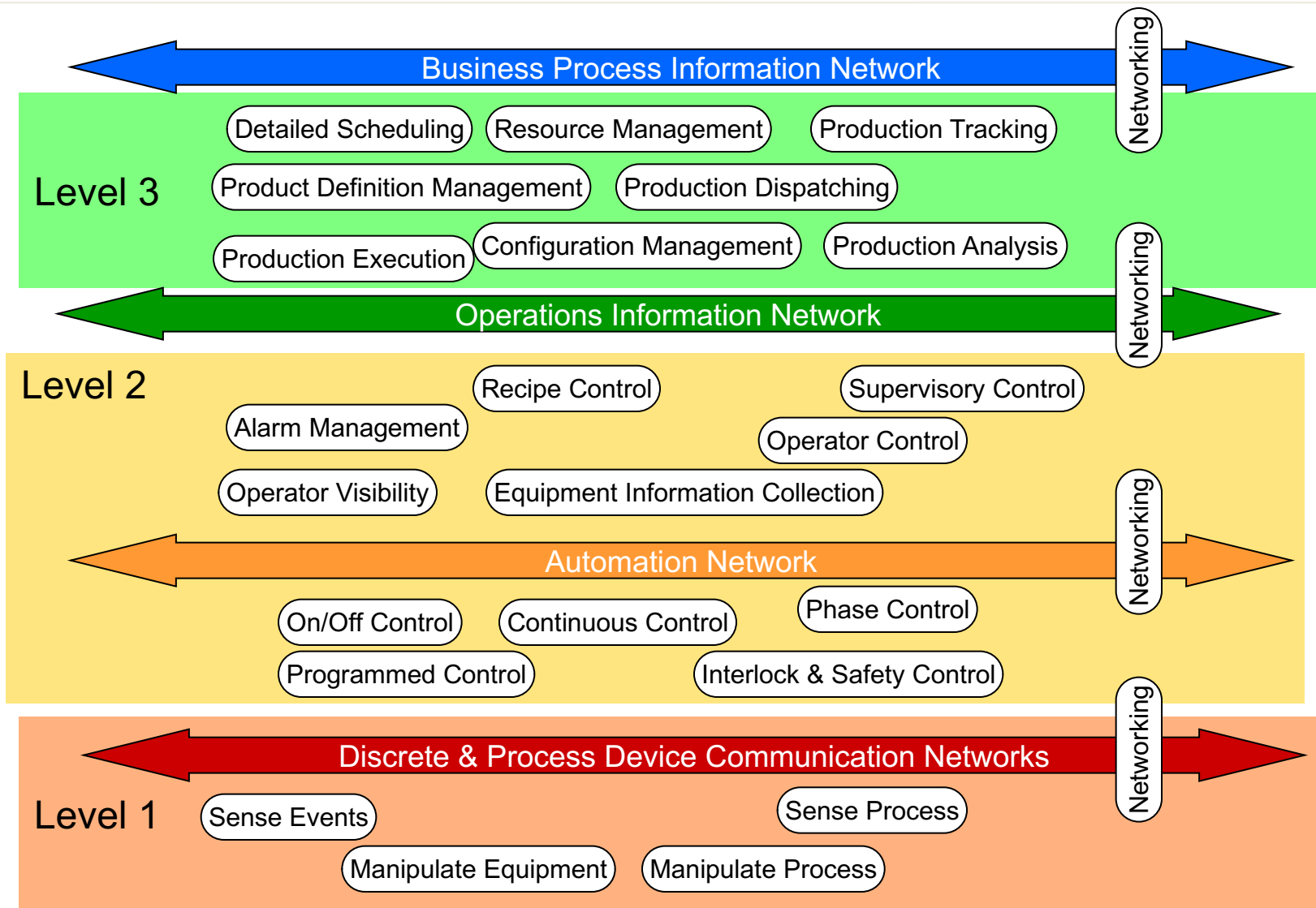


# Functional Areas

---

- Use the ISA 95 and ISA 88 models of functions
- Map the functions to system areas and networks
- Use the ISA 95 rules for determining what is in Level 3 (vs Level 4)
  - The function is critical to maintaining regulatory compliance.
    - Includes such factors as safety, cGMP, and environmental compliance
  - The function is critical to plant safety
  - The function is critical to product quality
  - The function is critical to plant reliability

# Functional Areas – From ISA 95 & 88

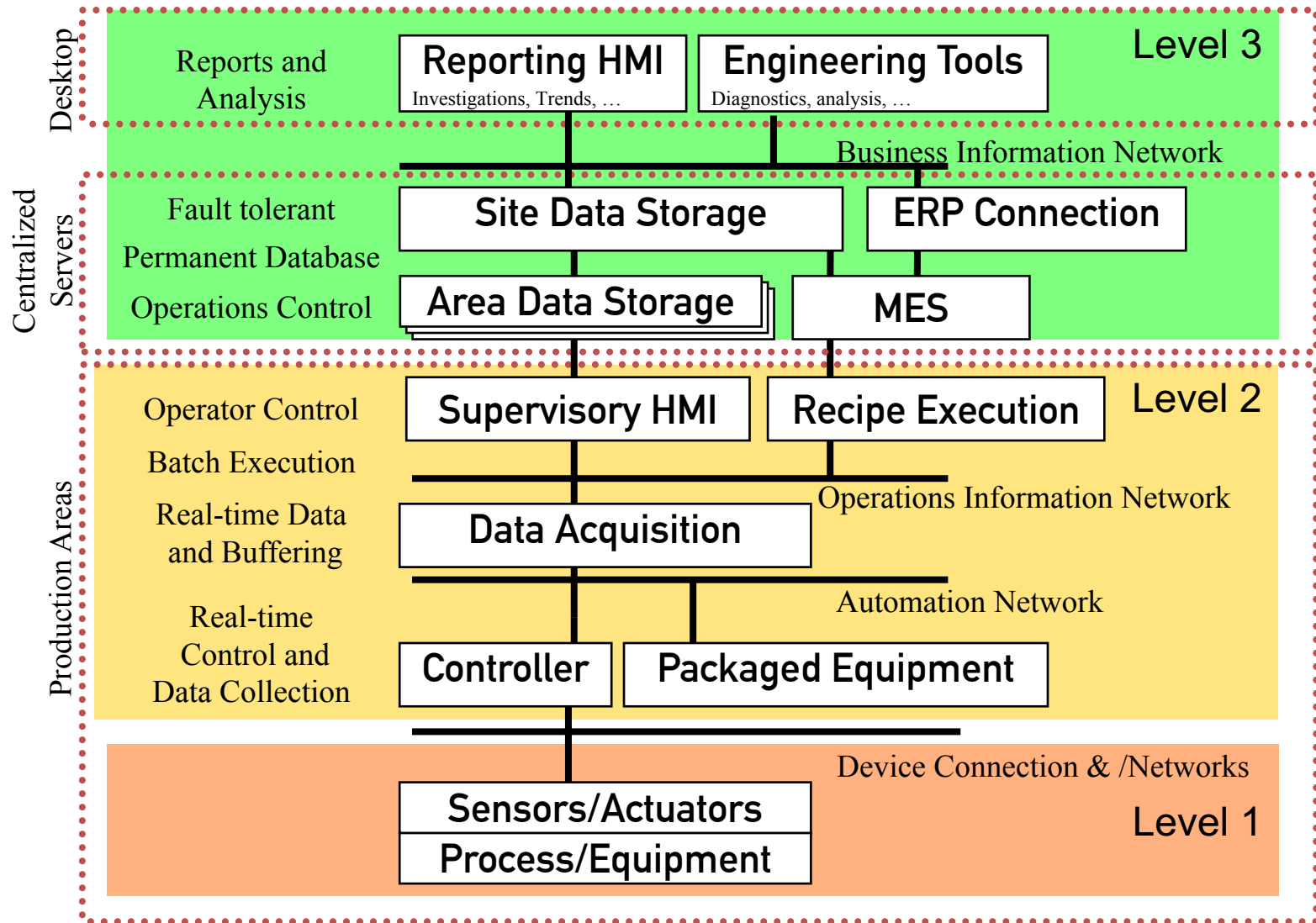


# Logical Architecture

---

- Maps functional areas and data locations
  - Independent of technology
- Defines the different layers of the architecture in terms of data and control
  - These are mapped to physical networks, servers, and applications in the physical architecture
- Defines what functions are to be performed at each level, and what data is to be maintained at each level
  - To result in maintainable and robust systems
  - To provide a way to manage the life cycle of the production systems
  - Provides the structure required to grow and modify the system without compromising any of the previous advantages

# Logical Architecture – IT View



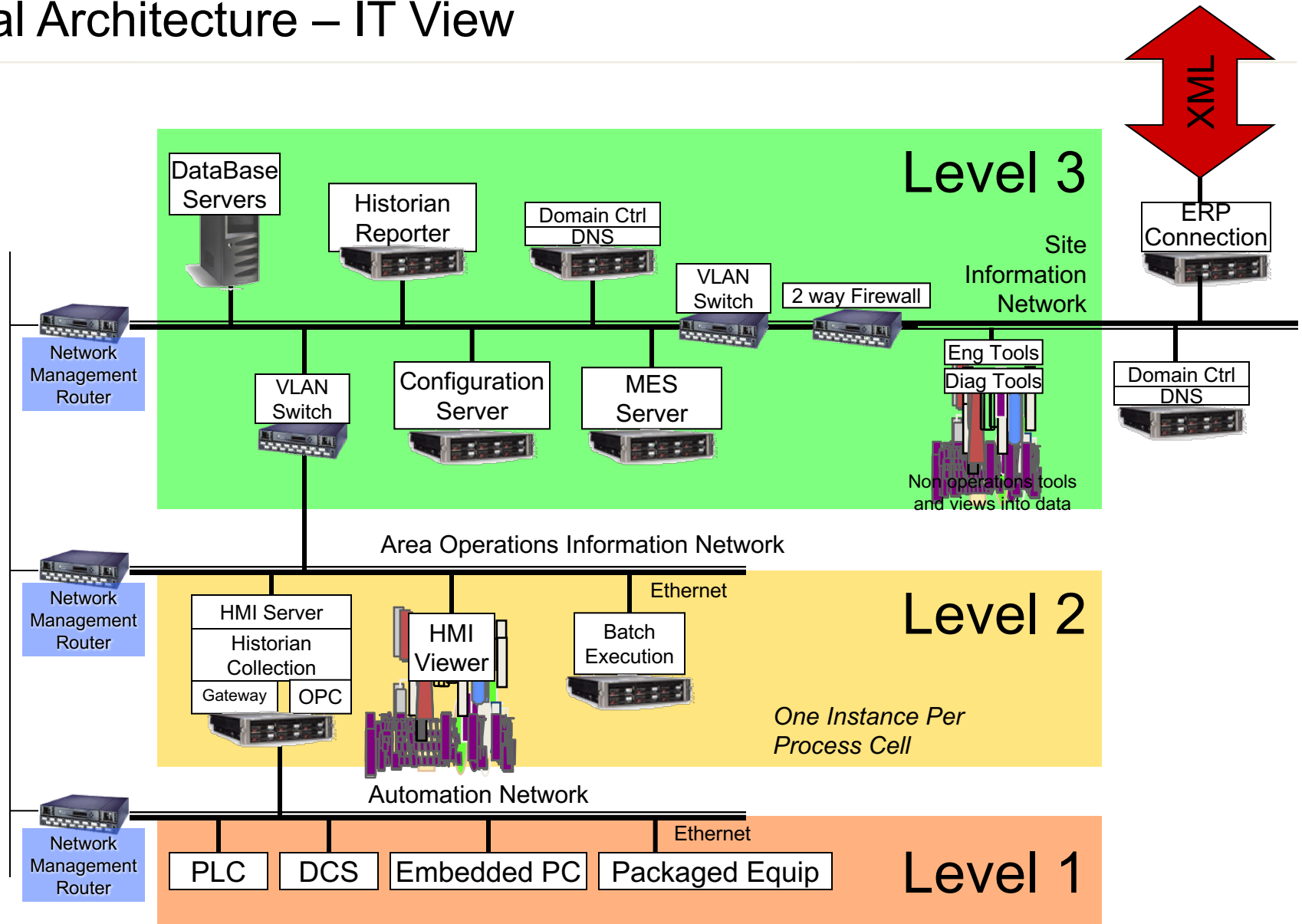


# A Physical Architecture

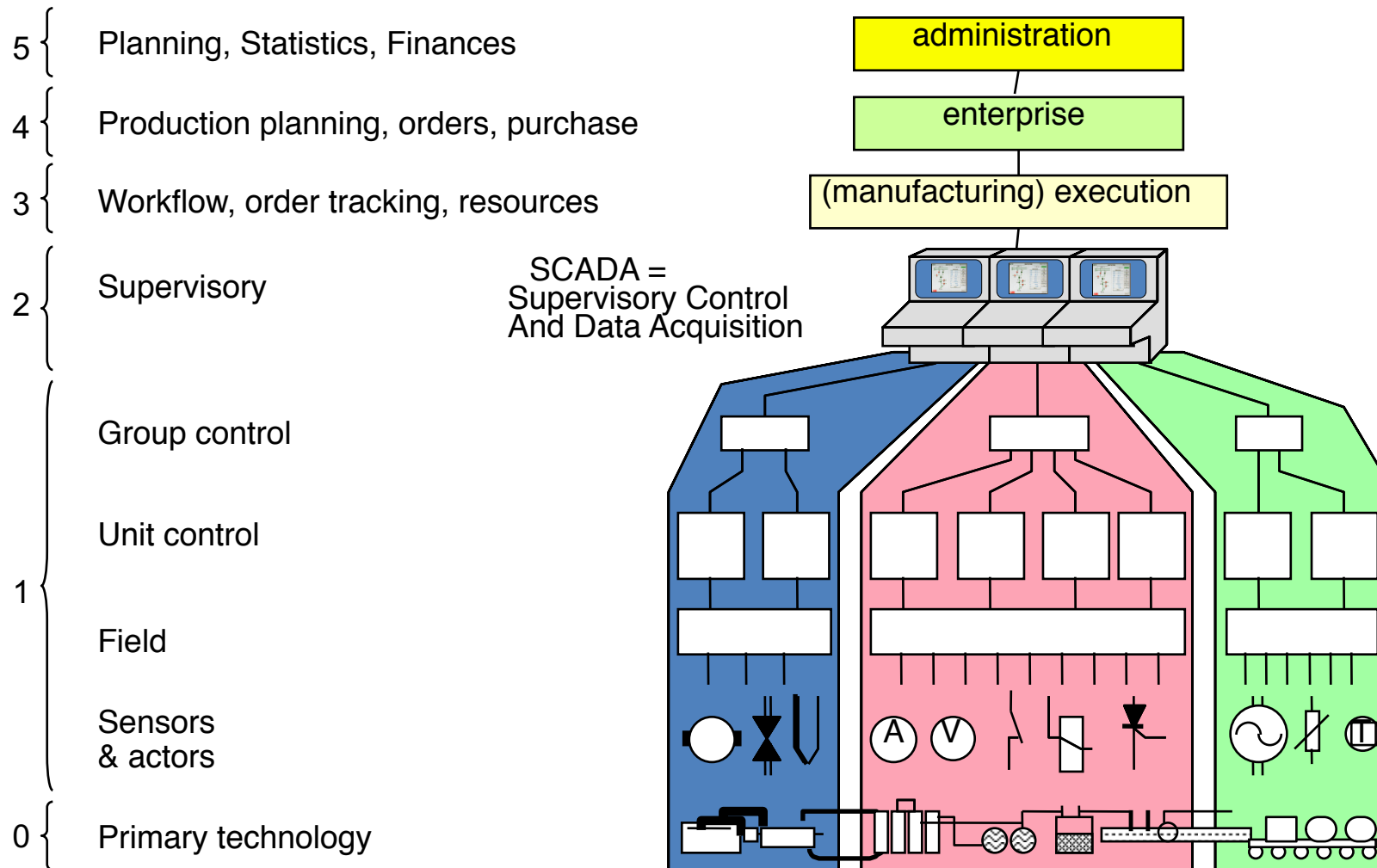
---

- Defines the IT infrastructure and applications
  - Defines networks and network connections
  - Defines locations of applications
  - Defines locations of servers
  - Defines the mapping of applications to servers
- Physical architecture depends on the solution set used:
  - Vendor capabilities
  - Networks
  - Security and network management
  - ...

# Physical Architecture – IT View



# Large control system hierarchy: key functions



# Large control system hierarchy: the business processes

---

Administration	Finances, human resources, documentation, long-term planning
Enterprise	Set production goals, plans enterprise and resources, coordinate different sites, manage orders
Manufacturing	Manages execution, resources, workflow, quality supervision, production scheduling, maintenance.
Supervision	Supervise the production and site, optimize, execute operations visualize plants, store process data, log operations, history (open loop)
Group (Area)	Controls a well-defined part of the plant (closed loop, except for intervention of an operator) <ul style="list-style-type: none"><li>• Coordinate individual subgroups</li><li>• Adjust set-points and parameters</li><li>• Command several units as a whole</li></ul>
Unit (Cell)	Control (regulation, monitoring and protection) part of a group (closed loop except for maintenance) <ul style="list-style-type: none"><li>• Measure: Sampling, scaling, processing, calibration.</li><li>• Control: regulation, set-points and parameters</li><li>• Command: sequencing, protection and interlocking</li></ul>
Field	data acquisition (Sensors & Actors*), data transmission no processing except measurement correction and built-in protection.

# Rivediamo i livelli della “piramide” CIM

---

I livelli specificati nella piramide CIM sono i seguenti:

- **Azienda**
  - formata da più stabilimenti
  - sistemi di supporto alle decisioni, pianificazione dei flussi fisici (materiali) e finanziari (investimenti).
- **Stabilimento**
  - vengono integrati i vari comparti: produzione, logistica, amministrazione, manutenzione.
  - è gestito dal sistema informativo aziendale.
- **Reparto**
  - è gestita la base dati della produzione e si coordinano le varie celle per realizzare l'intero processo produttivo.
- **Cella**
  - in una cella viene eseguito un sottoprocesso produttivo completo con varie macchine e sistemi di controllo
- **Sistemi di controllo**
  - funzioni di controllo di macchine e processi
- **Officina (campo)**
  - funzioni di misura e comando sui processi produttivi (sensori, attuatori)

# Componenti di un sistema CIM

---

A livello più basso:

- Attuatori e sensori
- Controllori modulanti (PID)
- Controllori logici (PLC: Programmable Logic Controller)
  - gestiscono gli assi, le sequenze di operazioni, le protezioni, le interazioni con l'operatore.
- Sistemi di controllo distribuito (DCS: Distributed Control Systems)
  - sistemi di controllo che integrano funzioni di calcolo del controllo a livello di loop, controllo logico, monitoraggio, gestione degli allarmi.
- CNC (Controllo Numerico Computerizzato)
  - gestiscono macchine multiasse con movimenti interpolati degli assi
- IPC (Industrial Personal Computer)
  - PC strutturati per poter operare in ambito industriale, tipicamente con sistemi operativi real time

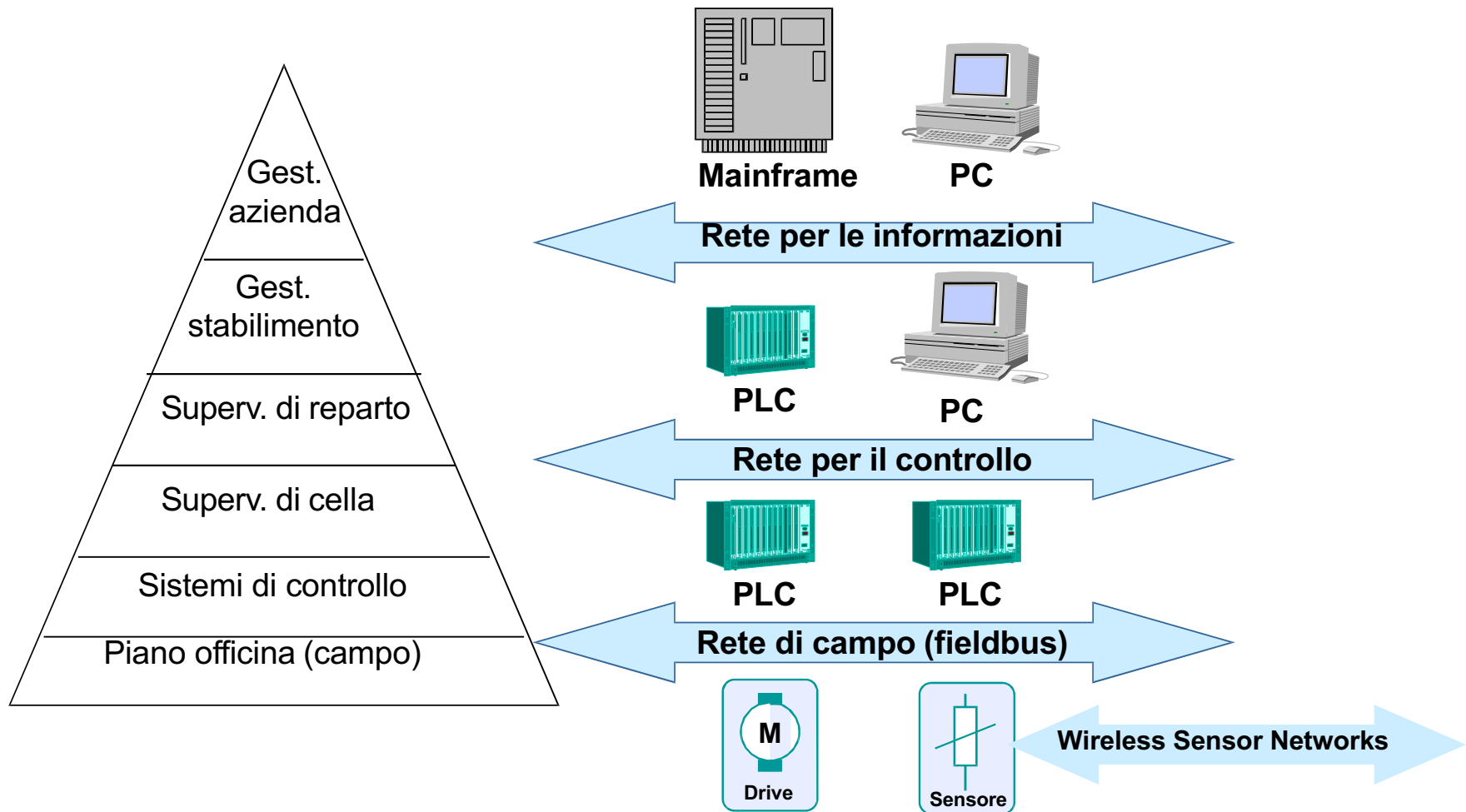
# Componenti di un sistema CIM

---

A livello più alto:

- **SCADA** (Supervisory Control And Data Acquisition)
  - sistemi che supportano le funzioni di acquisizione ed archiviazione dati, interfaccia uomo-macchina (con sinottici statici e dinamici), grafici, monitoraggio e gestione allarmi, scambio dati con i pacchetti software commerciali più diffusi sui PC, come i fogli elettronici.
- Sistemi **CAD** (Computer Aided Design)
  - software che permette la progettazione assistita al calcolatore
- Sistemi **CAE** (Computer Aided Engineering)
  - sistemi software che supportano la progettazione anche nelle fasi di analisi e simulazione
- Sistema **ERP** (Enterprise Resource Planning)
  - sistema applicativo gestionale che riunifica la gestione di tutte le attività di un'impresa (amministrazione, finanza, reporting, pianificazione, produzione, manutenzione impianti, logistica, controllo qualità...)

# Sistema CIM e reti





# Sistema CIM e reti

---

- **Reti per le informazioni**
  - collegano i sistemi informativi di alto livello con altri elementi informativi di azienda (livelli 4, 5 e 6 della piramide CIM)
  - non vi sono specifiche di tempo reale
  - le informazioni sono di tipo complesso (file, ecc..)
  
- **Reti per il controllo**
  - collegano i dispositivi dedicati al controllo con quelli di supervisione (livelli CIM 2, 3 e 4)
  - vi sono specifiche di correttezza e vincoli temporali
  - le informazioni sono di tipo non molto complesso
  - si tratta in genere di reti proprietarie
  
- **Reti di campo (fieldbus)**
  - collegano i controllori (modulanti e logici) con sensori ed attuatori dotati di interfaccia digitale
  - specifiche stringenti di tempo reale
  - le informazioni sono di tipo semplice
  
- **Wireless Sensor Networks**
  - collegano i sensori tra di loro e con gli access points
  - specifiche stringenti di power management
  - le informazioni sono di tipo semplice

# Conclusioni

---

- In questa lezione abbiamo definito il concetto di CIM, visto un esempio di standardizzazione e analizzato le architetture funzionali
- Senza dubbio il modello CIM nella sua evoluzione ha posto il suo focus sullo scambio di informazioni ovvero sulle interfacce
- La standardizzazione delle informazioni fornisce strumenti potenti per definire la natura delle interfacce tra i diversi livelli CIM
- Rimane il problema di rendere operative le interfacce con effettivi sistemi di comunicazione informatica
- Le diverse caratteristiche dei processi e delle informazioni scambiati richiede diverse modalità di comunicazione informatica che vedremo nella prossima lezione