

# *Dimensionamento degli FMS*

## *Progettazione di FMS: strategie generali (1)*

- **Architettura fisica delle macchine:**
  - parallela (in cui le macchine sono tutte uguali);
  - seriale (in cui le macchine sono tutte diverse);
  - mista (ad es: impianto Makino);
- **Componenti del FMS:**
  - a) unità operative:
    - macchine CN e speciali;
    - macchine di misura e collaudo;
    - stazioni accessorie;
    - stazioni carico;
  - b) sistema di trasporto:
    - mezzi;
    - percorsi;
    - pallet;
    - buffer;
  - c) servizi vari:
    - gestione utensili;
    - sistema informatico;
    - servizio elettrico, idraulico;
    - servizio evacuazione trucioli;
    - sistema di sicurezza;
  - d) sistema controllo.

## *Progettazione di FMS: strategie generali (2)*

- Sistema di movimentazione:
  - a) tipo pezzi:
    - morfologia;
    - ingombri;
    - peso;
  - b) tempo di trasporto richiesto
  - c) tipo di percorsi:
    - complessità;
    - variabilità;
  - d) disciplina di trasporto:
    - parallela (P);
    - sequenziale (S);
  - e) tipo di dispositivo:
    - (P) convogliatori;
    - (S) sistemi a navetta;
    - (S) robocarrier (AGV);
    - (S) manipolatori (robot);

## *Progettazione di FMS: definizione del mix produttivo*

- **Famiglia chiusa:**
  - famiglia piccola
  - sistema dedicato
  - flessibilità richiesta limitata
- **Famiglia aperta:**
  - non perfettamente definita (cambia nel tempo)
  - espressione statistica del mix di riferimento attraverso la selezione di ‘pezzi significativi’

## *Dimensionamento*

#	FASE	SCOPO
1	Dimensionamento a valori medi	<ul style="list-style-type: none"><li>● determinazione del numero di macchine e del numero di trasportatori</li></ul>
2	Dimensionamento mediante la teoria delle code	<ul style="list-style-type: none"><li>● stima della capacità produttiva del sistema al variare dei buffer</li></ul>
3	Simulazione	<ul style="list-style-type: none"><li>● verifica delle fasi precedenti ;</li><li>● dimensionamento di dettaglio</li></ul>

## *Dimensionamento a valori medi*

- carico di lavoro sulla stazione  $i$   $CL_i = \sum_{j=1}^N \frac{t_{ij} \cdot x_j}{C_{sc}}$

- ore disponibili  $H_{dn} = H_{tn} C_m C_{ip} C_{su} C_{pp}$

- numero di stazioni di tipo  $i$   $n_i = \frac{CL_i}{H_{dn}}$

## Dimensionamento del sistema di trasporto (1)

- Matrice dei transiti

		Tipo pezzo				
		1	...	j	...	N
tipo macchina del sistema	1	$B_{11}$		$B_{i1}$		
	...					
	i	$B_{1j}$		$B_{ij}$		
	...					
	M					
		$z_1$		$z_j$		$z_N$

- dove:  $B_{ij} = 0$  se  $t_{ij} = 0$
- $B_{ij} = 1$  se  $t_{ij} <> 0$

- $T_j =$  numero di trasporti per ciclo:

- $T_j = z_j + 1$  se il sistema di trasporto trasferisce i pallet direttamente da una macchina alla successiva;
- $T_j = 2(z_j + 1)$  se il sistema di trasporto trasferisce sempre i pallet ad un magazzino interoperazionale di sistema, e prima del trasferimento ad ogni macchina

## *Dimensionamento del sistema di trasporto (2)*

- richiesta di servizio

$$R_S = \frac{\sum_{j=1}^N x_j \cdot T_j / NPP_j}{H_{dn} C_{sc}}$$

- Tempo medio di servizio

$$T_S = \sum_{p=1}^P t_p \cdot f_p$$

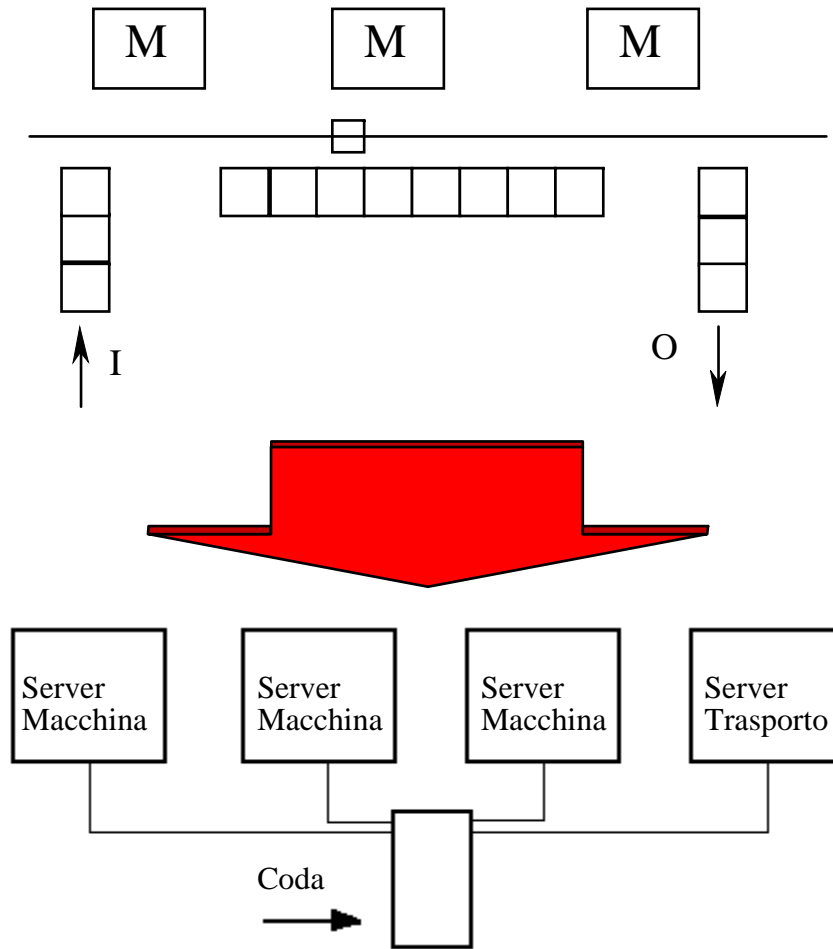
- Tempo medio di servizio (appros.)  $T_S = \sum_{p=1}^P \frac{L_p}{P} \cdot \frac{1}{v}$



## *Dimensionamento del sistema di trasporto (3)*

- Sistema di trasporto seriale:  $D_s = \frac{z}{T_s}$
- Sistema di trasporto parallelo:  $D_s = \frac{\sum_{i=1}^M n_i}{T_s}$ 
  - dove  $z$ =numero di trasportatori
- Deve essere  $D_s > R_s$  o meglio  $D_s \cdot k = R_s$
- si può agire su  $z$ ,  $t_p$ ,  $v$  e sui percorsi.

# Teoria delle code (1): modellizzazione



## *Teoria delle code (2): Ipotesi ed input*

- Ipotesi
  - distribuzione esponenziale degli arrivi con parametro  $\lambda$
  - coda di accesso sempre piena
  - distribuzione esponenziale del ritmo di servizio  $\mu$
- Input
  - cicli dei pezzi ( $t_{ij}$ )
  - quantità ( $x_j$ )
  - numero macchine ( $n_i$ )
  - numero trasportatori ( $z$ )

## *Teoria delle code (3): definizioni*

- probabilità di transizione dalla macchina  $m$  alla macchina  $n$

$$P_{mn} = \frac{(\# \text{ di job che vanno da } m \text{ a } n)}{(\# \text{ totale di job che vanno su } m)}$$

- non è simmetrica
  - diagonale vuota
  - somma di riga indica la probabilità di non uscire dal sistema
- ritmi di servizio delle macchine

$$R_s(m) = \frac{(\# \text{ di job che vanno su } m)}{(\text{carico di lavoro della stazione } m)}$$

- coincide con il reciproco del tempo medio di lavorazione

## Esercizio

- Comporre la matrice delle probabilità di transizione e calcolare il ritmo di servizio del seguente caso

Tipo Pezzo	Quantità annua
1	1030
2	350
3	1720
4	350
5	350
6	430
7	350
8	350
9	1720
10	1720
11	1720

Tipo pezzo	Tempi di lavorazione		
	M1	M2	M3
1	40	30	--
2	20	--	40
3	--	40	40
4	30	60	40
5	80	--	--
6	--	40	30
7	40	--	35
8	30	80	30
9	30	15	--
10	20	--	40
11	--	20	10

## *Teoria delle code (4): definizioni*

- Throughput:  $TH(\lambda, C)$  dove
  - $C$ : capacità fisica del sistema (# posti pallet)
- Potenzialità produttiva:  $TH(\infty, C)$
- Potenzialità produttiva a capacità infinita  
 $\lambda^* = TH(\infty, \infty)$ 
  - corrisponde al funzionamento in condizioni di saturazione della macchina collo di bottiglia

## *Teoria della code (5): output*

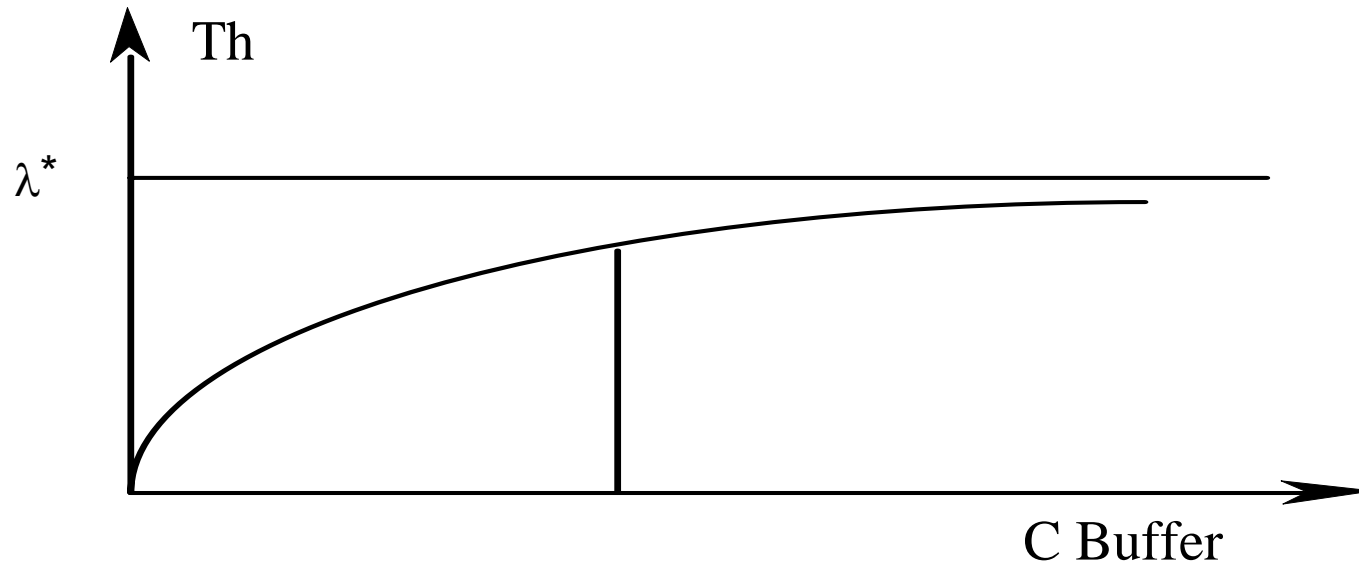
- Andamento del throughput al variare di  $\lambda$  e  $C$

		Ritmo degli arrivi		
		$\lambda < \lambda^*$	$\lambda \geq \lambda^*$	$\lambda \rightarrow \infty$
$C \rightarrow \infty$		$\lambda$	$\lambda^* = 1/a_{\max}$	$\lambda^* = 1/a_{\max}$

- dove  $a_{\max}$  indica il massimo dei tempi di impegno macchina rispetto al # di pezzi lavorati sulla macchina stessa (rappresenta il collo di bottiglia)

## Teoria della code (6): output

- Per  $\lambda \rightarrow \infty$



- la curva si abbassa per  $\lambda < \lambda^*$
- coefficiente di interferenza pallet  $c_{ip} = TH / TH_{infinito}$



# *Confronto Teoria delle code vs. Simulazione*

- **Teoria delle code**
  - **Vantaggi**
    - **Modello analitico (veloce da risolvere);**
    - **Individua il collo di bottiglia del sistema (stazione coi tempi di permanenza maggiori);**
    - **Fornisce il throughput a varie capacità (se il polmone è piccolo l'interferenza fra i pezzi aumenta);**
    - **Approssimazione generalmente sufficiente (5-20%);**
  - **Svantaggi**
    - **Non considera i transitori ma solo la soluzione a regime;**
    - **Vede i cicli statisticamente;**
    - **Non considera l'effetto delle strategie di controllo;**
    - **Il sistema è fortemente schematizzato.**
- **Simulazione**
  - **Vantaggi**
    - **Modello simile o uguale alla realtà;**
    - **Analisi dei dettagli e dei transitori;**
    - **Verifica delle politiche di controllo (regole di loading e di dispatching);**
    - **Approssimazione molto buona (1-5% di errore);**
    - **Possibilità di analisi what-if e di sensibilità;**
    - **Possibilità di analisi della dinamica del sistema;**
  - **Svantaggi**
    - **Difficoltà di realizzazione/collaudò del modello;**
    - **Tempi di calcolo elevati;**
    - **Difficoltà di analisi e sintesi dei risultati;**