

ROBOTICA COLLABORATIVA

Massimo Callegari

Dipartimento di Ingegneria Industriale e Scienze Matematiche
Università Politecnica delle Marche



Outline

- Robotica ieri, oggi e domani
- Robotica collaborativa
- Sicurezza garantita
- Caratteristiche dei cobot
- Alcuni modelli commerciali
- La piattaforma regionale

Robotica ieri, oggi e domani

- Robotica ieri (*in fabbrica*)



- Cella o linea costruita intorno al robot
- Barriere fisiche di accesso
- Processi produttivi riprogettati per essere automatizzati
- Caratteristiche:
 - ✓ Ripetitività
 - ✓ Precisione
 - ✓ Tempo ciclo

Robotica ieri, oggi e domani

- Robotica oggi (*uscita dalla fabbrica*)



- Robotica di servizio
 - ✓ Domestica
 - ✓ Ricreativa
 - ✓ Educativa
 - ✓ Assistenza anziani
 - ✓ Mobilità

Robotica ieri, oggi e domani

- Robotica oggi



- Robotica medica
 - ✓ Chirurgica
 - ✓ Protesica
 - ✓ Riabilitativa



Robotica ieri, oggi e domani

- Robotica oggi



- Esoscheletri
 - ✓ Militari
 - ✓ Industriali
 - ✓ Riabilitazione

Robotica ieri, oggi e domani

- Robotica industriale oggi (*evoluzione della robotica di ieri*)



- Maggiore integrazione di sensori esterni
- Controllori «intelligenti»
- Utilizzo di strumenti di simulazione e programmazione off-line

Robotica ieri, oggi e domani

- Robotica domani (*robotica pervasiva*)

- Personal robot
- Wearable robot
- Umanoidi
- Sciami di robot
- Soft robot
- Micro robot



Robotica collaborativa

La robotica collaborativa rappresenta la rivoluzione della robotica industriale nata nel contesto di Industria 4.0.



Robot di nuova generazione, leggeri e flessibili, collaborano con gli umani nelle smart factories.



Robot collaborativi

I *cobot* (collaborative robot) sono robot industriali pensati per lavorare insieme all'uomo in sicurezza senza barriere o gabbie protettive a dividerli.



Vantaggi della robotica collaborativa

- Miglioramento condizioni di lavoro
 - ✓ operazioni di montaggio in posizioni scomode
 - ✓ movimentazione di utensili pesanti, ingombranti o pericolosi
 - ✓ riduzione della ripetizione prolungata degli stessi gesti



Vantaggi della robotica collaborativa

- Sfruttamento dell'esperienza delle maestranze specializzate
 - ✓ Superamento della dicotomia lavorazione manuale o automatizzata
 - ✓ Qualificazione e gratificazione del personale



Vantaggi della robotica collaborativa

- Semplificazione lay-out produttivo
 - ✓ Assenza di barriere
 - ✓ Riduzione del foot-print
- Semplificazione installazione
- Facilità di programmazione



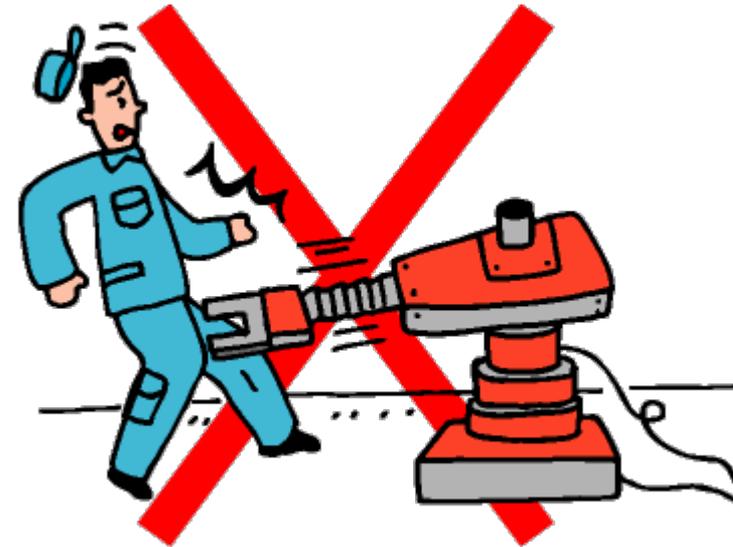
Svantaggi della robotica collaborativa

- Velocità più bassa
- Minori carichi paganti
- Minori precisioni
- Maggiore costo del robot (ma minore della cella)



Normativa sulla sicurezza

- UNI EN ISO 11161 **2010**: Sistemi di fabbricazione integrati
- UNI EN ISO 10218-1 **2012**: Requisiti di sicurezza per robot industriali (Parte 1: robot)
- UNI EN ISO 10218-2 **2011**: Requisiti di sicurezza per robot industriali (Parte 1: sistemi ed integrazione di robot)
- **ISO/TS 15066 2016**: Robots and robotic devices: collaborative robots



Caratteristiche dei cobot

Per assicurare la sicurezza sono predisposti:

- Ridondanza (di sensori, dispositivi, controllo...)
- Sensori di forza e di coppia
- Pelle capacitiva/sensori di prossimità
- Limitazioni di forza
- Limitazioni di velocità
- Sensori specifici (Sistemi di visione, laser, contatto, ecc.)



Caratteristiche dei cobot

- Assicurano la protezione degli operatori in caso di urti o contatti:
 - Hanno membri leggeri e talvolta ricoperti di materiale apposito
 - Hanno giunti arrotondati o plastificati
- Sono il più possibile ergonomici, a misura d'uomo
- Non ci sono motori, cavi, componenti meccanici o elettronici esposti



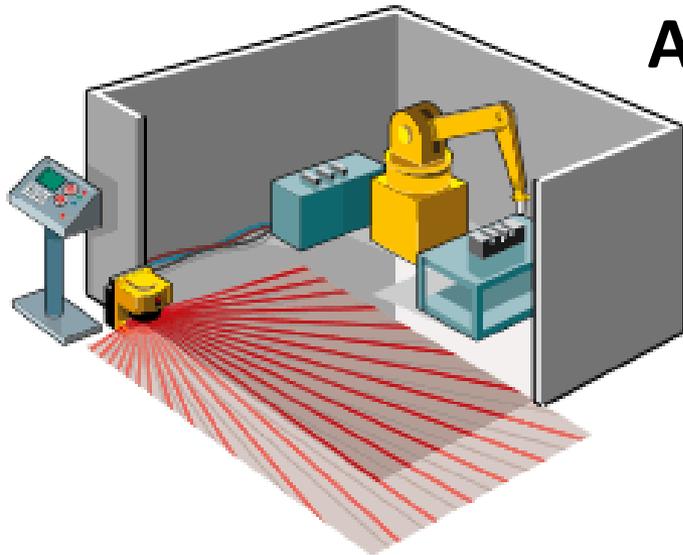
Robot collaborativi

3 livelli di cooperazione:

- Aree di lavoro sicure
- Aree di lavoro condivise tra operatore e robot
- Esecuzione di compiti con interazione fisica tra operatore e robot



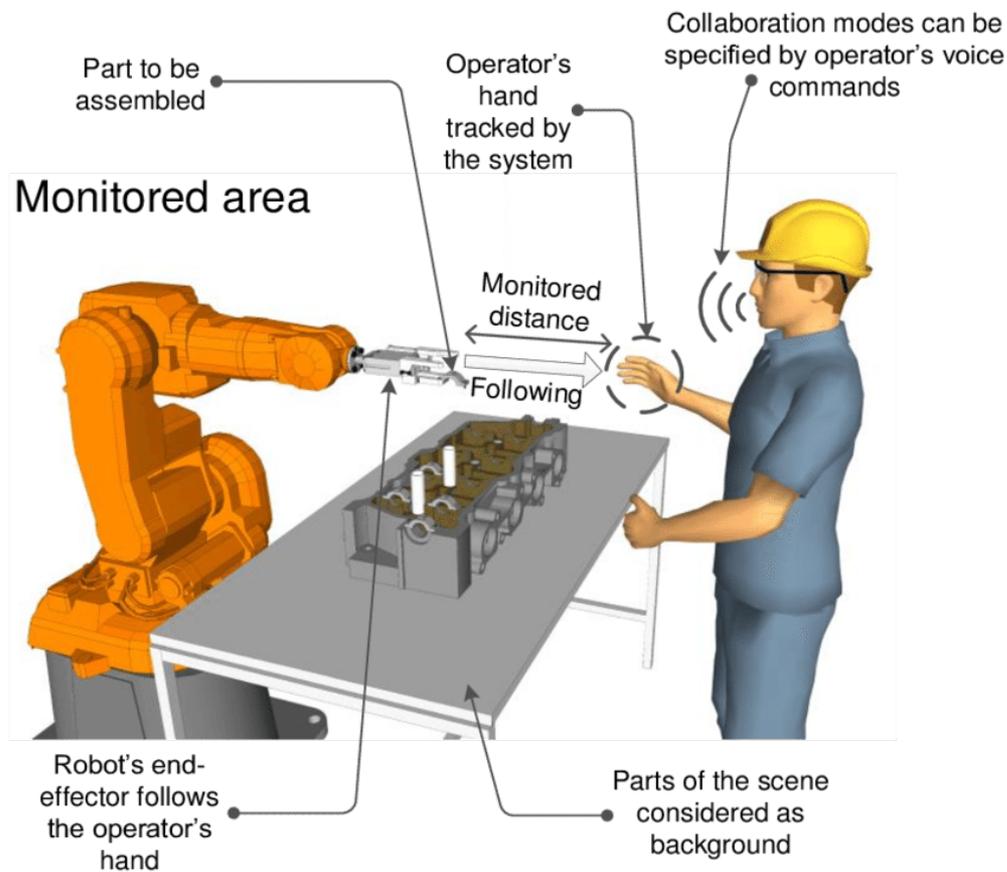
Aree di lavoro sicure



- Soluzione basata su funzioni software e dispositivi elettronici
- Non sono necessarie barriere protettive
- Rallentamento o arresto del robot NON in emergenza
- Monitoraggio zone e velocità relative
- Fine-corsa software



Are di lavoro condivise



- Operatore e robot condividono la stessa area di lavoro
- Sono possibili contatti volontari o accidentali



Esecuzione di compiti con interazione fisica tra operatore e robot



- Operazioni di cooperazione stretta
- Controllo di forza

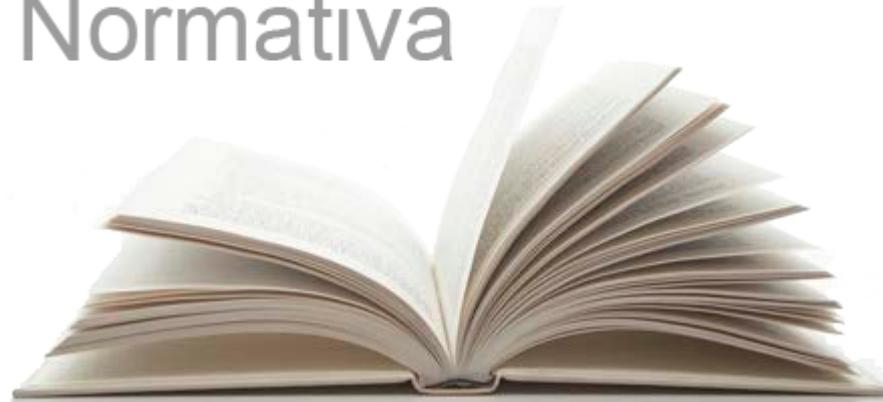


Operazioni cooperative

ISO 10218 definisce quattro classi di operazioni cooperative:

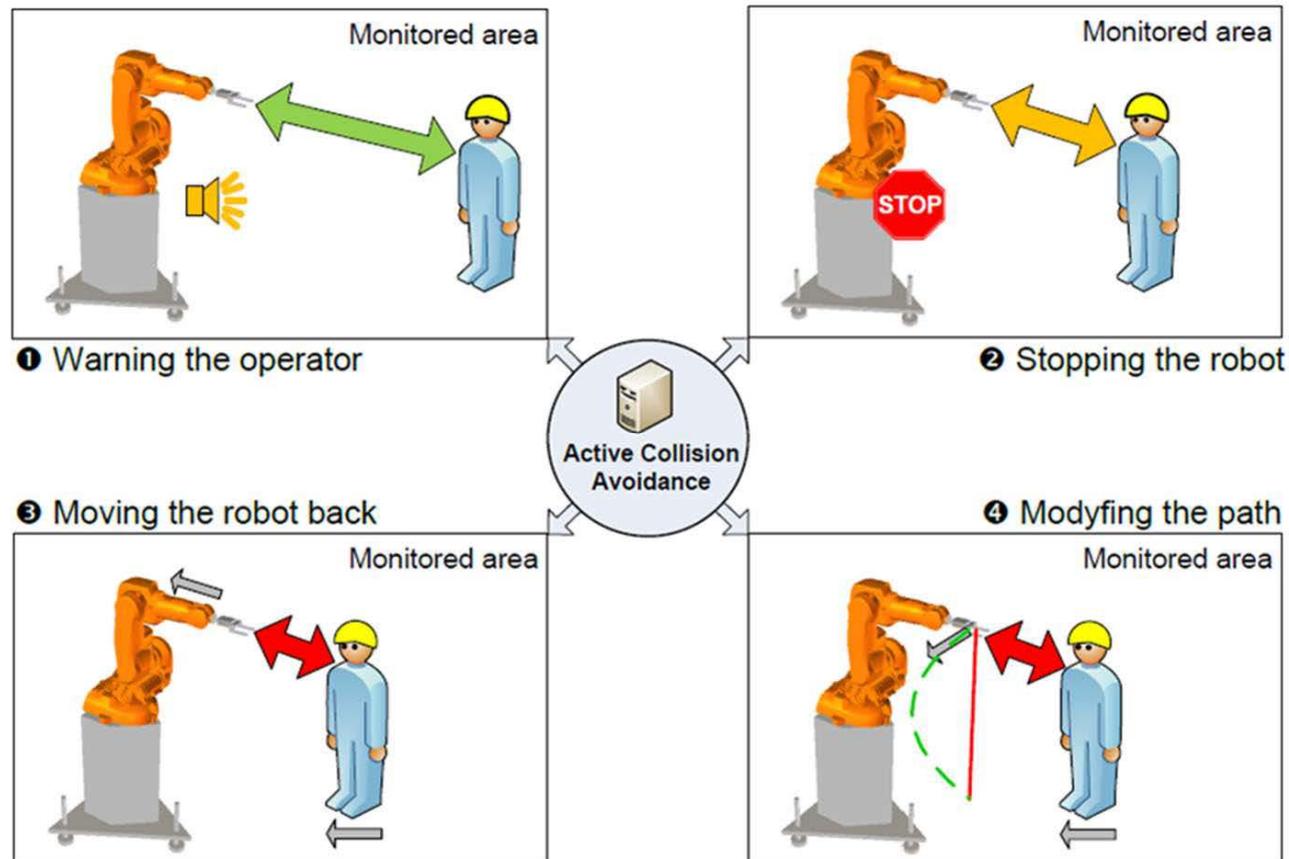
1. Arresto di sicurezza controllato
2. Guida manuale
3. Controllo di velocità
4. Limitazione di forza e potenza

Normativa



Arresto di sicurezza controllato

Il robot lavora prevalentemente in autonomia ma occasionalmente un operatore umano può entrare nel suo spazio di lavoro.



Guida manuale

- Guida manuale ed insegnamento di traiettorie (auto-apprendimento)
- I robot collaborativi possono essere movimentati lungo un percorso o una traiettoria con la sola forza di una mano
- Il robot memorizza il percorso e lo può ripetere autonomamente



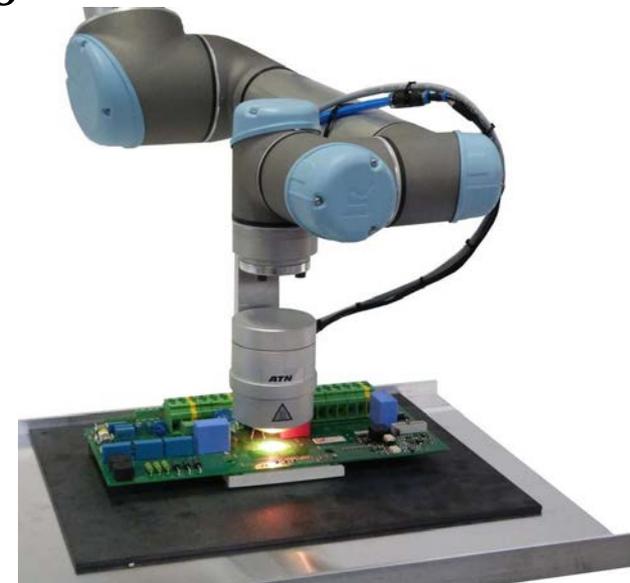
Monitoraggio velocità

- Ambienti monitorati per mezzo di laser o sistemi di visione al fine di tracciare la posizione dei lavoratori
- Zone di sicurezza graduate in modo che il robot possa reagire in modo diverso in base alla posizione dell'operatore
- Se un umano entra in una predeterminata zona di sicurezza il robot risponde diminuendo la velocità (zona gialla) o fermandosi (zona rossa) NON in emergenza
- Resta in attesa finché non riceve un feedback per poter riprendere il suo compito



Limitazione di forza e potenza

- Sono in grado di percepire forze applicate alla loro struttura (sensori di coppia o misura della corrente)
- Sono programmati per fermarsi non appena registrano un valore eccessivo di forza ai giunti
- Sono progettati per dissipare forze in caso di impatto
- Adatti per es. nella verifica dell'assemblaggio



Alcuni robot collaborativi in commercio

KUKA Iiwa

- Nome completo: *Leichtbauroboter iiwa* che vuol dire «robot leggero» «*intelligent industrial work assistant*»
- Modello LMR: 7 assi e 7/14 kg di carico; programmabile in Java
- Sensori di coppia sui giunti
- Possibile montaggio su AGV (modello KMR)



Alcuni robot collaborativi in commercio

ABB Yumi

- Significa: «tu e me»
- 2 braccia coordinate
- Carico limitato (500 g x2)
- Utilizzati per assemblaggio o movimentazione strumenti



Robot collaborativi in commercio

Comau Aura

- Significa: «*Advanced Use Robotic Arm*»
- Rivestimento sensibile alla distanza ed al contatto
- Sistema visione integrato
- Derivazione industriale (sviluppato con SSSup)
- Sensore di forza/coppia al polso
- Carico: 170 kg
- Sbraccio: 2,8 m

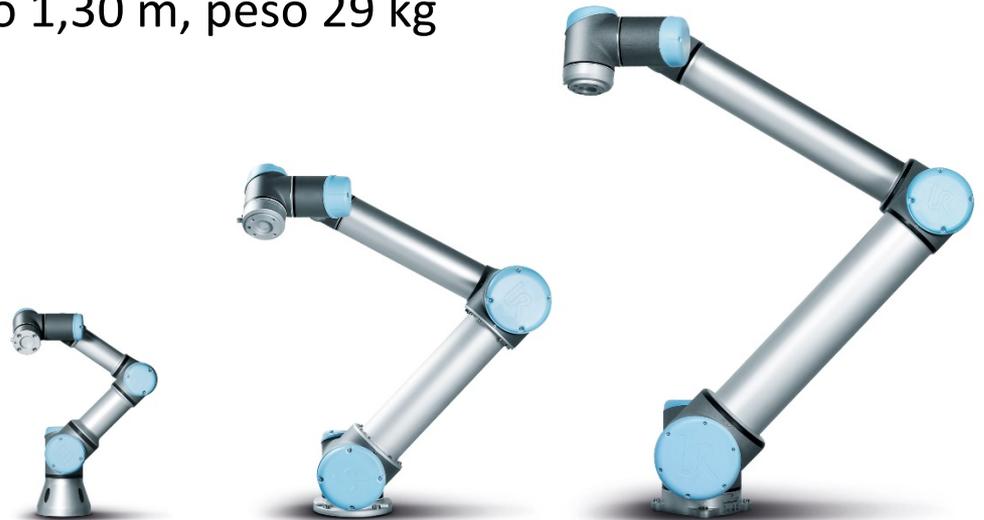




Robot collaborativi in commercio

Universal Robots

- 60% del mercato (unità vendute)
- 3 modelli a 6 assi
 - ✓ UR3: carico 3kg, sbraccio 0,50 m, peso 11 kg
 - ✓ UR5: carico 5kg, sbraccio 0,85 m, peso 18 kg
 - ✓ UR10: carico 10kg, sbraccio 1,30 m, peso 29 kg
- Semplici
- Economici
- Leggeri
- Vasta gamma accessori
- Sistema «aperto»





Piattaforma collaborativa regionale

(progetto in fase di valutazione)



- *Promossa e co-finanziata dalla Regione Marche*
- *Durata: 36 mesi + 4 anni*
- *Partner pubblici:*
 - ✓ *univPM*
 - ✓ *uniCAM*
 - ✓ *Meccano*
- *Sede: Jesi*

Laboratorio costituito da una serie di isole robotizzate a vari livelli di collaboratività dove poter sperimentare tecnologie di vario tipo e per varie applicazioni e modelli operativi; un sistema VR (o altro) per poter simulare ambienti robotizzati ecc...



Piattaforma collaborativa regionale

- **Formazione avanzata** su modelli, metodi e strumenti per I 4.0 in rete con Università, Centri di Trasferimento Tecnologico e Consulenti, in particolare sulle tecnologie caratterizzanti il laboratorio (**Robotica, Automazione basata su IoT, Cybersecurity, processi Lean e tracciabilità, Human Centered Manufacturing**)
- Orientamento alle imprese verso le tecnologie I 4.0 in collaborazione con i **Digital Innovation Hub** (regionali e nazionali), i **Competence Center**, i **centri di Trasferimento Tecnologico** ed i **Consulenti di settore**
- Ricerca e sviluppo commissionata da aziende in collaborazione con **Università, Centri di Trasferimento Tecnologico e Aziende Tech Providers** socie del laboratorio, sulle tecnologie caratterizzanti il laboratorio e la loro applicazione nelle aziende manifatturiere
- Ricerca ed innovazione basata su nuove soluzioni tecnologiche per I 4.0 sulle tematiche di riferimento del laboratorio in collaborazione con le Università socie
- **Demo point** per le società technology providers locali ed esterne