



# Robotica collaborativa, cybersecurity, realtà aumentata: tecnologie chiave per un'automazione a misura d'uomo

Massimo Callegari

Dipartimento di Ingegneria Industriale e Scienze Matematiche  
Università Politecnica delle Marche

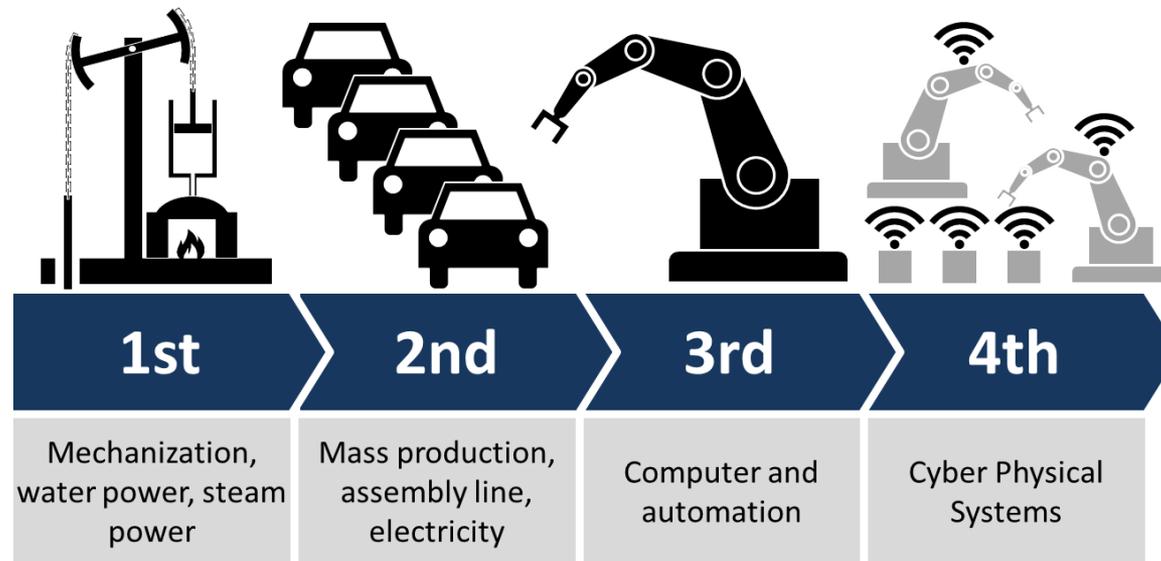




## Argomenti trattati

- Una nuova via per lo sviluppo della fabbrica intelligente
- Le tecnologie della piattaforma regionale
- La robotica collaborativa

## Una nuova via per lo sviluppo della fabbrica intelligente



*Lo sviluppo del paradigma di Industria 4.0 deve garantire una adeguata valorizzazione del capitale umano delle aziende di fronte alla rivoluzione tecnologica in atto.*

## Una nuova via per lo sviluppo della fabbrica intelligente



1750-1850/1870

La *prima rivoluzione industriale* interessò prevalentemente il settore tessile e quello metallurgico, con l'introduzione fra l'altro della macchina a vapore nella seconda metà del '700.

## Una nuova via per lo sviluppo della fabbrica intelligente



1850/1870-1950/1970

La ***seconda rivoluzione industriale*** viene invece fatta convenzionalmente partire dal 1870 con l'introduzione dell'elettricità, dei prodotti chimici e del petrolio.



## Una nuova via per lo sviluppo della fabbrica intelligente



1950/1970-oggi

Ci si riferisce normalmente agli effetti dell'introduzione massiccia dell'elettronica, delle telecomunicazioni e dell'informatica nell'industria come alla **terza rivoluzione industriale** (*rivoluzione digitale*) che viene fatta partire intorno al 1950.

## Una nuova via per lo sviluppo della fabbrica intelligente



Oggi-?

La **quarta rivoluzione industriale** (*Industria 4.0*) prende il nome dal piano industriale del governo tedesco presentato nel 2011 che prevedeva investimenti su infrastrutture, scuole, sistemi energetici, enti di ricerca e aziende per ammodernare il sistema produttivo tedesco e rendere la manifattura tedesca competitiva a livello globale.

È basata su una crescente integrazione di “sistemi cyber-fisici” (cyber-physical systems o CPS), nei processi industriali.



## Una nuova via per lo sviluppo della fabbrica intelligente



**LECTIO MAGISTRALIS**

# Il sistema Toyota

come modello di riferimento per il futuro dei sistemi di produzione italiani nell'era dell'**Industria 4.0**

**Mercoledì 7 Marzo ore 15:30**

Con il prof.<sup>re</sup> **Satoshi Kuroiwa**

Specializzato in **Factory Automation and IT Enhanced TPS** dal 2000 assiste i vertici della Toyota Motor Corporation e contribuisce alle misure di informatizzazione adottate dallo stato giapponese.



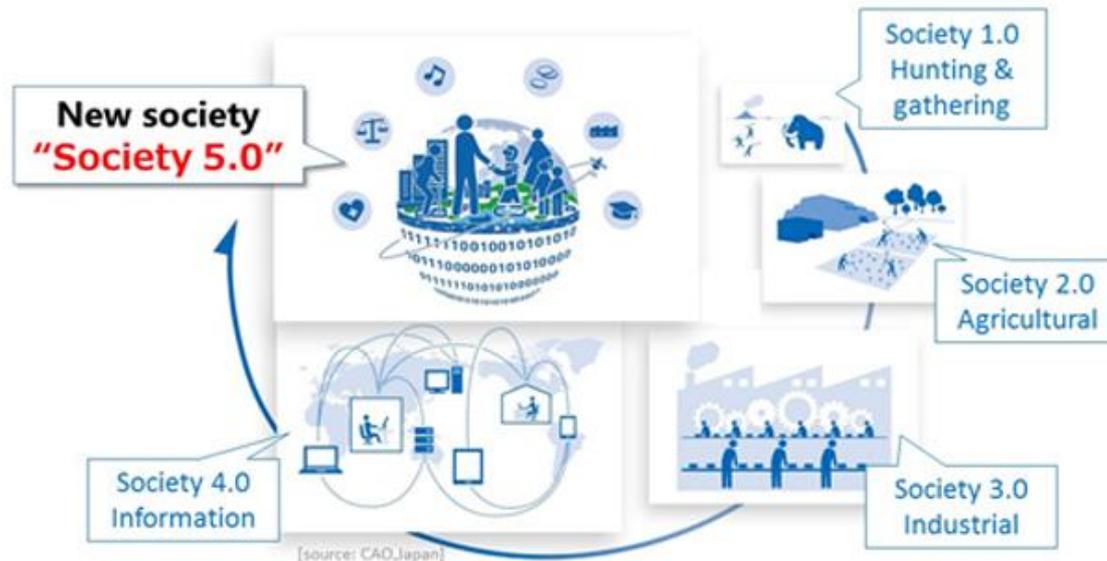
Aula Magna di Ateneo presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università Politecnica delle Marche

Secondo il sensei **Satoshi Kuroiwa**, il guru della rivoluzione robotica di Toyota, le trasformazioni nell'era digitale dovrebbero essere guidate dall'uomo più che della tecnologia. Un punto di vista importante per quei paesi, come l'Italia, in cui le PMI sono la spina dorsale della produzione industriale e l'esperienza di lavoratori qualificati è il vero capitale della maggior parte delle imprese.

## Una nuova via per lo sviluppo della fabbrica intelligente

Il Giappone ha lanciato il piano di **Society 5.0** che è più di un semplice gioco al rialzo e mira a mettere la persona al centro delle trasformazioni in corso:

*“A human-centered society that balances economic advancement with the resolution of social problems by a system that highly integrates cyberspace and physical space”*





## La Piattaforma collaborativa regionale per la produzione flessibile e personalizzata I4.0



- *budget: quasi 9 M€*
- *finanziamento Regione: oltre 5 M€*
- *Durata: 36 mesi*
- *19 Aziende partecipanti*
- *Partner pubblici:*
  - ✓ *univPM*
  - ✓ *uniCAM*
  - ✓ *Meccano*
  - ✓ *Cluster Marche*

- **Progetto di Ricerca 1:** URRÀ (Responsabile Loccioni)  
*Usabilità dei robot e riconfigurabilità dei processi: tecnologie abilitanti e casi d'uso*
- **Progetto di Ricerca 2:** Mercury (Responsabile Filippetti)  
*Smart Secure Decentralized Industry*
- **Innovazione dei processi e dell'organizzazione** (Responsabile Meccano)
- **Azioni di diffusione e valorizzazione dei risultati di R&S** (Responsabile Cluster)
- **Laboratorio:** i-LABS di Jesi

## Il Laboratorio i-LABS



- *costo del progetto: 3.4 M€*
- *finanziamento Regione: 2,2 M€*
- *Durata: 36 mesi + 4 anni*
- *Partner:*
  - ✓ *univPM*
  - ✓ *uniCAM*
  - ✓ *Meccano*
  - ✓ *Filippetti:*
  - ✓ *Cadland*
  - ✓ *Nantes*
  - ✓ *Joytek*
- *Sede: Jesi*

### Tecnologie presenti

- Data Mining e Analytics
- CPS e tracciabilità
- Cybersecurity
- Virtual Prototyping per Human-Centered Manufacturing
- Robotica collaborativa



## Il Laboratorio i-LABS

- **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

## Data mining e analytics



Il **data mining** ha per obiettivo l'estrazione di informazioni utili da grandi quantità di dati o **big data** (es. database, datawarehouse ecc...), attraverso metodi automatici o semi-automatici (es. **statistica**, **intelligenza artificiale** o **machine learning**) e l'utilizzo scientifico, aziendale/industriale o operativo delle stesse.

## Cyber Physical Systems e tracciabilità



I CPS sono un insieme di differenti tecnologie abilitanti, le quali generano un sistema autonomo, intercomunicante e intelligente e, pertanto, capace di facilitare l'integrazione tra soggetti diversi e fisicamente distanti.

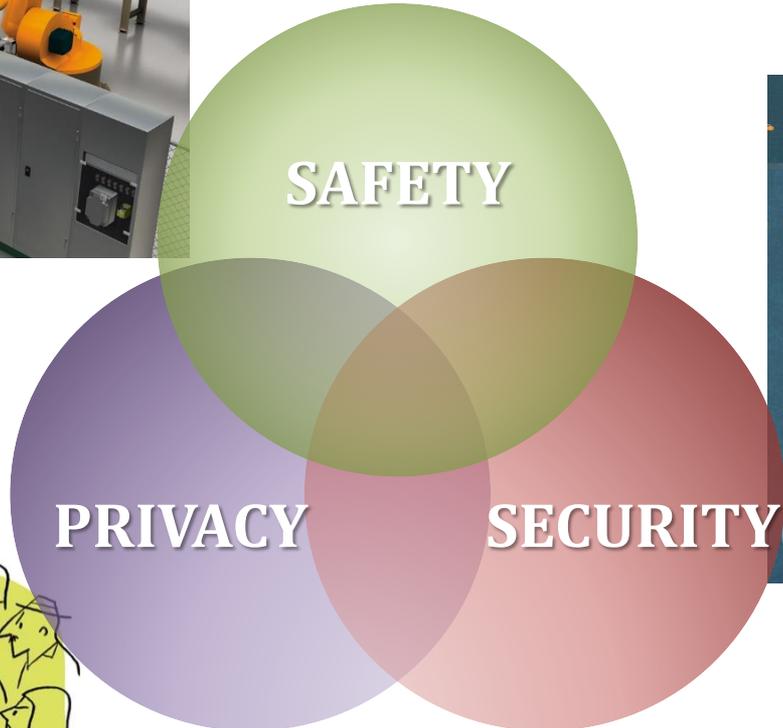
Questo sistema abilita tre scenari sequenziali: **generazione e acquisizione dei dati, computazione ed aggregazione dei dati** precedentemente acquisiti ed, infine, **supporto al processo decisionale**

## Cybersecurity

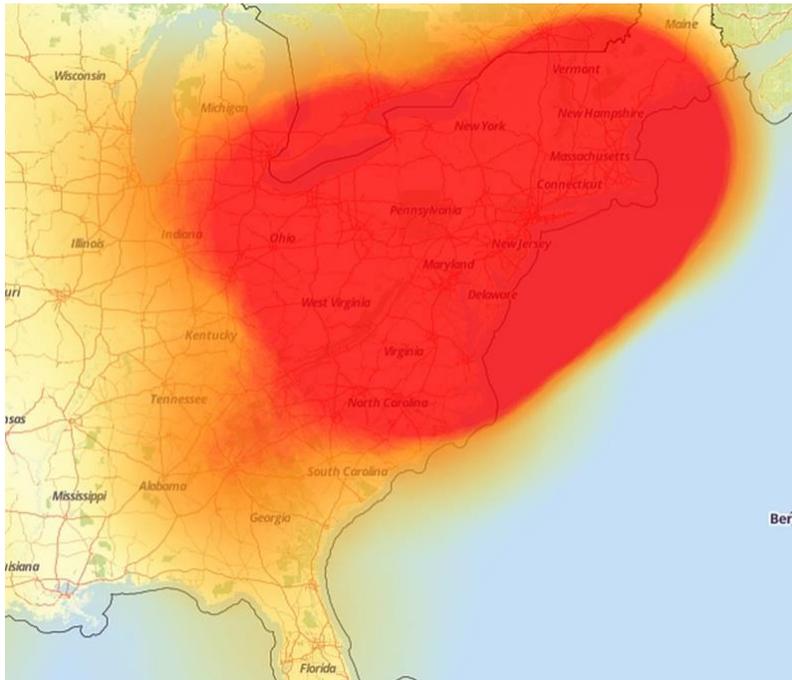


Con l'Industria 4.0 i **sistemi industriali** ed i relativi **macchinari** sono sempre più dotati di tecnologie che acquisiscono in tempo reale dati dettagliati sul proprio funzionamento e comunicano e distribuiscono tali dati ad altri sistemi informatici in rete.

Sono molti gli elementi da proteggere, dai sistemi embedded, alle reti di comunicazione, ai sistemi informatici che analizzano e immagazzinano dati (es. cloud).



## 21 Ottobre 2016: Dyn cyberattack



Attacco **distributed denial-of-service** basato sul malware **Mirai**

Partito da **dispositivi IoT**:

- webcam, router domestici, videocamere per beb , strumenti medici, smart TV,...

Vittime:

- Twitter, Spotify, Cnn, New York Times, Financial Times, Boston Globe, The Guardian, Netflix, Airbnb, Visa, eBay, Reddit, Amazon,...

Perdite di **milioni di dollari**

**Robert Page**, lead penetration tester at Redscan: *“The relative ease at which DDoS attacks are to execute suggests that the perpetrators are most likely teenagers looking to cause mischief rather than malicious state-sponsored attackers.”*



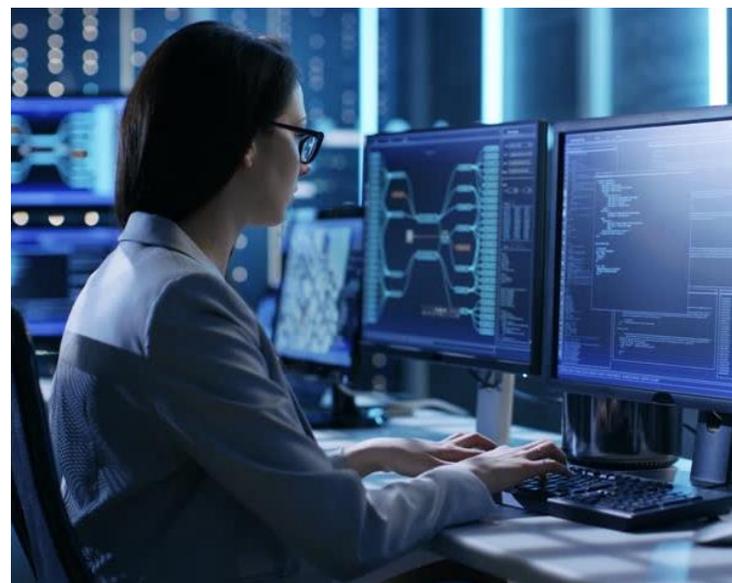
## i-LABS e Cybersecurity

- Il laboratorio sarà dotato di **tecnologia innovativa** e **personale specializzato** per la **cybersecurity** al servizio delle industrie
- Due linee di attività:
  - Monitoraggio **eventi** e prevenzione **incidenti cyber**
  - Creazione di una **blockchain regionale**



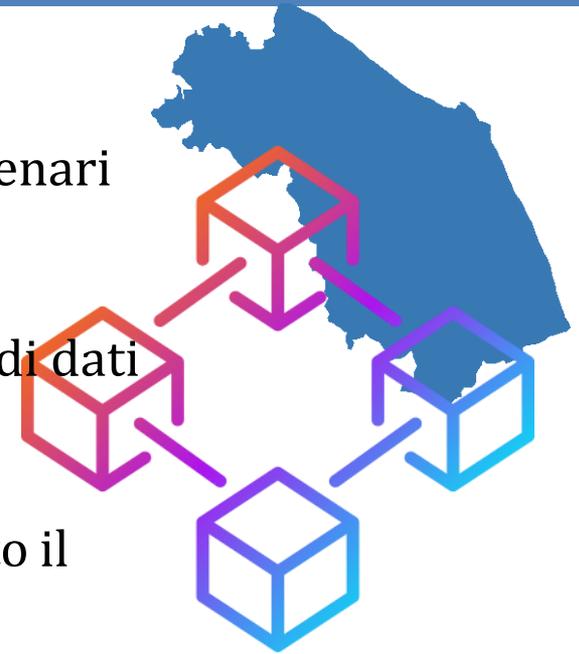
## Monitoraggio e prevenzione

- Nelle infrastrutture IT di enti e aziende gli **eventi cyber** dovrebbero essere **monitorati 24/7** per prevenire **incidenti** o **attacchi**, limitandone i danni
- Il monitoraggio continuo è necessario per il rispetto della nuova normativa europea sulla protezione dei dati (**GDPR**)
- Monitoraggio e prevenzione efficaci richiedono **investimenti ingenti**, oltre la portata di una singola PMI
- Il laboratorio si pone come **centro di competenza** dotato di **tecnologie d'avanguardia** e capace di offrire tali servizi a enti ed aziende



## Blockchain regionale

- La tecnologia **blockchain** apre importanti nuovi scenari nel contesto dell'industria 4.0 e non solo
- Le blockchain esistenti sono:
  - **pubbliche**, quindi inadatte alla conservazione di dati sensibili  
...oppure...
  - **private**, ma geograficamente dislocate e/o sotto il controllo di soggetti privati
- Una **blockchain regionale** consente di mantenere il **controllo** sulla dislocazione dei dati e sul loro utilizzo
- Il laboratorio creerà e manterrà il **primo nodo** di una blockchain regionale
- Le aziende e gli enti partner potranno aggiungere **altri nodi** aumentando la capacità e la robustezza dell'infrastruttura
- Potranno inoltre avvalersi della tecnologia blockchain con la garanzia del **controllo** sull'infrastruttura



## Virtual Prototyping per Human-Centered Manufacturing



La rivoluzione digitale porta alla diffusione dei «**gemelli digitali**» o «**digital twins**» (modello virtuale in grado di aggiornarsi e modificarsi al variare delle controparti fisiche) ed alla chiusura del cerchio virtuale-fisico-virtuale grazie all'esplosione dell'**IoT** (rappresentazione virtuale in tempo reale di un sistema fisico a un grande livello di dettaglio grazie all'applicazione di sensori)

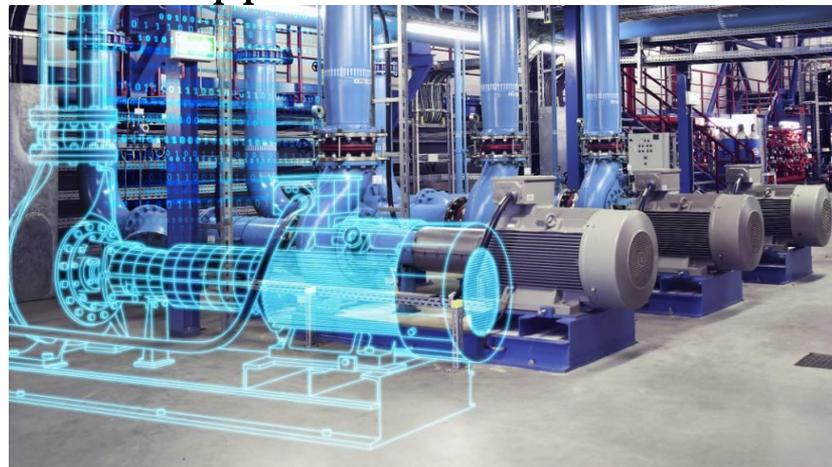
## Digital Twins

Diffusione dei «gemelli digitali» negli ambienti di progettazione avanzata

- Modello virtuale in grado di aggiornarsi e modificarsi al variare delle controparti fisiche
- Prototipazione evoluta che consente di realizzare fisicamente il prodotto solo quando il progetto soddisfa pienamente i requisiti

Chiusura del cerchio virtuale-fisico-virtuale grazie all'esplosione dell'IoT

- Rappresentazione virtuale in tempo reale di un sistema fisico a un grande livello di dettaglio grazie all'applicazione di sensori



# Virtual Reality / Augmented Reality / Mixed Reality



## Realtà virtuale

Esperienza digitale, 100% virtuale e immersiva che arricchisce la prototipazione virtuale, la costruzione e l'assemblaggio del prodotto.



## Realtà aumentata

Il contenuto digitale è sovrapposto al mondo reale come supporto all'informazione, alla comprensione e al processo decisionale.



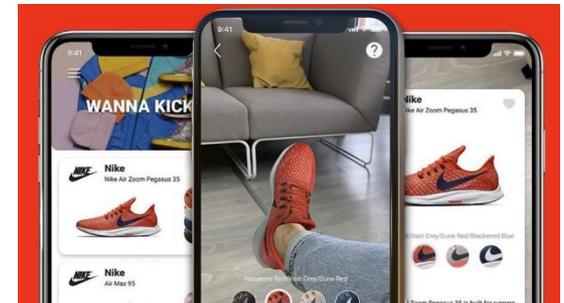
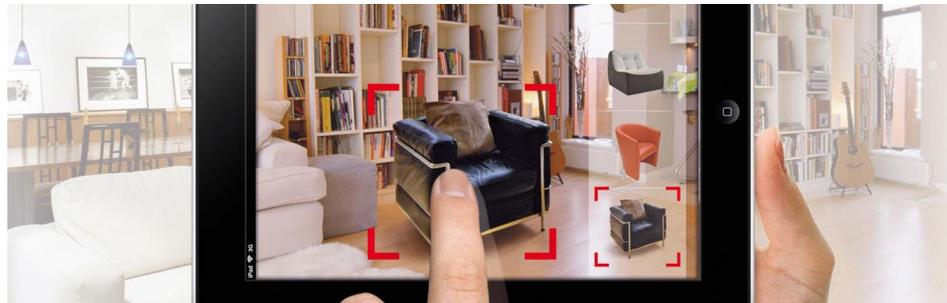
## Realtà Mista

Sovrapposizione di contenuti digitali nel mondo reale in forma di ologramma con cui è possibile interagire come se fosse un oggetto reale.



# Marketing

- Migliore customer experience
- Elevata personalizzazione
- Pricing contestualizzato in tempo reale



# Progettazione & Simulazione

Prototipazione Virtuale, definizione di ambienti collaborativi e simulazioni 3D realistiche anche per i sistemi di automazione più complessi

- Analizzare la cinematica dei sistemi meccatronici senza alcun rischio per l'uomo o la macchina
- Analizzare in modo rapido ed economico nuove soluzioni, metodi e processi (drastica riduzione del time-to-market)
- Sviluppare programmi di sequenziamento e di movimento direttamente trasferibili ai sistemi di controllo



# Training

Formazione più efficace con l'ausilio di tecnologie XR grazie al coinvolgimento di tutti i sensi e la riproduzione di ambientazioni immersive e scenari complessi.

- Riduzione dei tempi di apprendimento
- Riduzione dei costi
- Riduzione sensibile dei rischi



# Decision-making

Feedback alla realtà fisica da quella virtuale per supportare un corretto processo decisionale e l'applicazione delle azioni correttive



## Robotica collaborativa



ieri



oggi

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.

## 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.



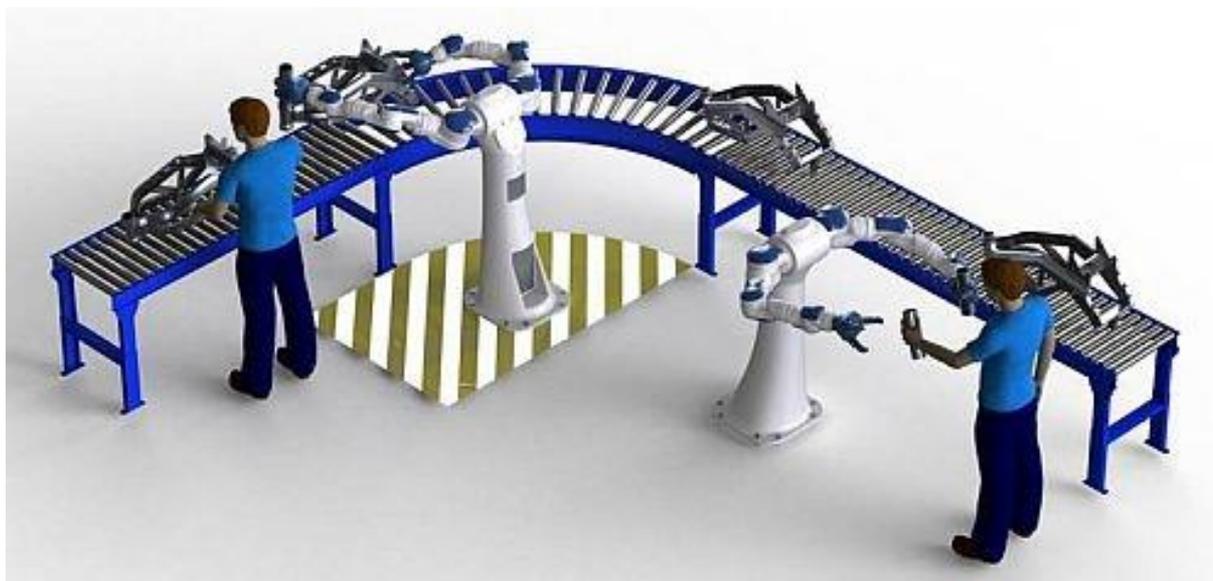
## Vantaggi della robotica collaborativa

- 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



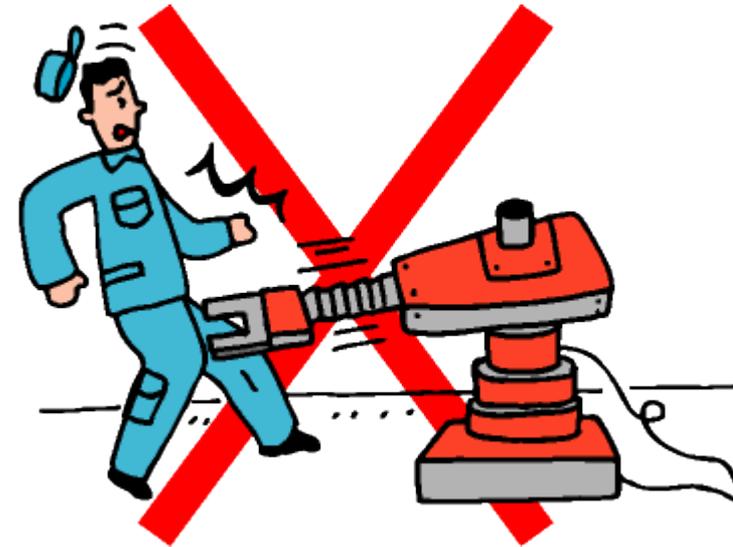
## Svantaggi della robotica collaborativa

- 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





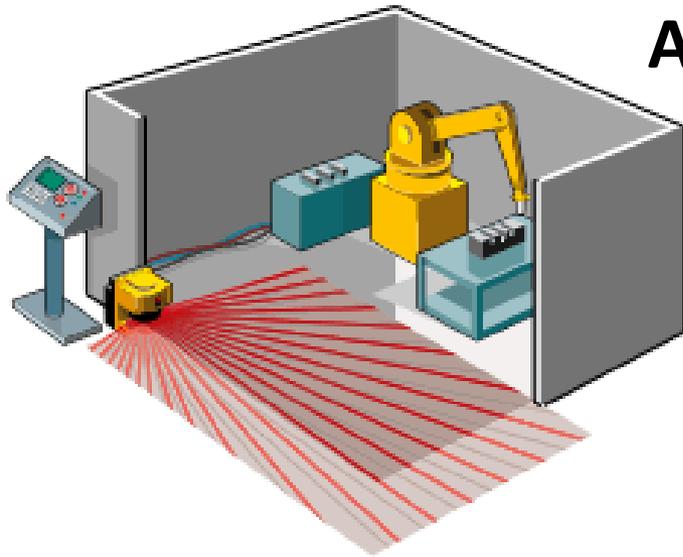
## Robot collaborativi

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

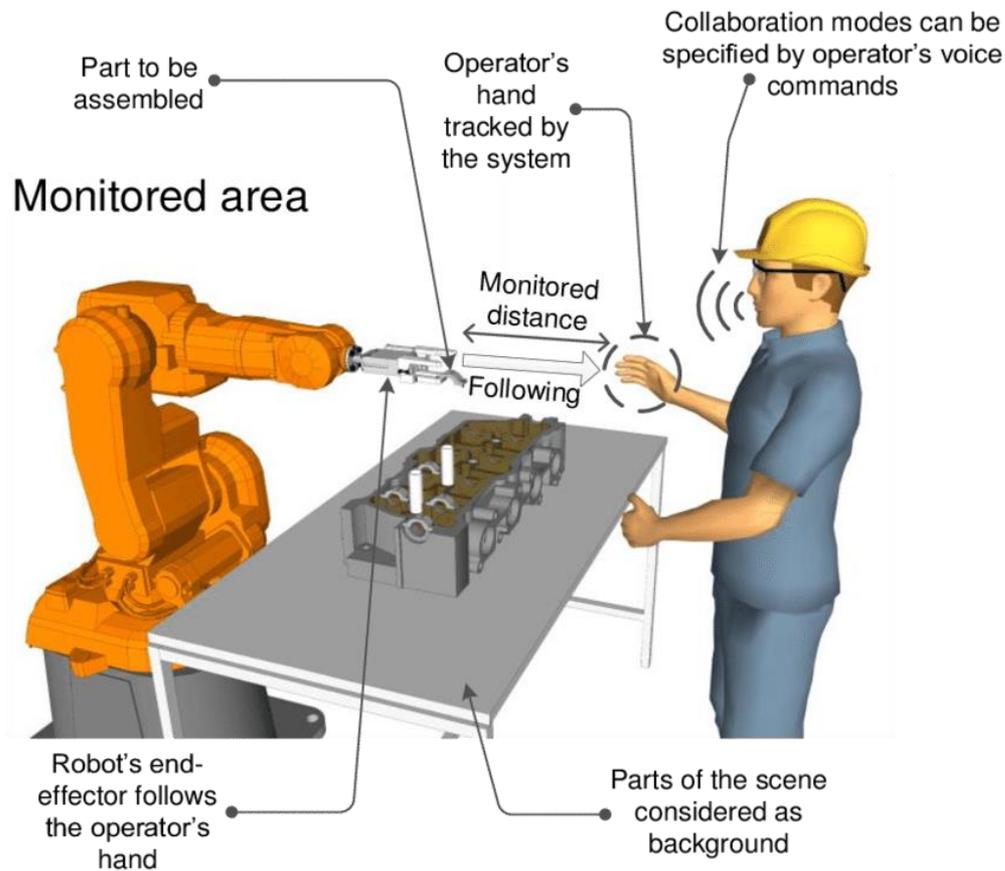


## Aree di lavoro sicure



- 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

## Alcuni robot collaborativi di i-LABS

### 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 di i-LABS

### ABB Yumi

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



## Alcuni robot collaborativi di i-LABS

### 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



## Alcuni robot collaborativi di i-LABS

### 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»

