

# Industria 4.0 e sistemi cyber-fisici – Collocazione ed esempio

## Cambio di formato per le costruzioni delle macchine

Jens Amberg, amministratore delegato di halstrup-walcher GmbH

### 1. Collocazione dei CPS nel contesto dell'Industria 4.0

Nella vasta nomenclatura dell'Industria 4.0, il concetto dei "Sistemi cyber-fisici", in breve CPS, è quello che probabilmente suscita il maggior stupore ed è tra i meno conosciuti. Prima di approfondire il termine ed il suo significato, desideriamo inquadrarlo nel contesto dell'Industria 4.0.

L'Industria 4.0 (la cosiddetta quarta rivoluzione industriale) punta sostanzialmente ad incrementare al massimo l'adattabilità dell'Europa come sito di produzione in generale e dei singoli impianti di produzione nello specifico. In ultima analisi si mira a mantenere la competitività a livello internazionale, messa in pericolo dai paesi con un basso costo del lavoro e dai paesi con mercati emergenti. Il concetto di base è semplice: un'unità di produzione deve essere in grado di adattarsi in tempi brevissimi alle nuove richieste ed esigenze dei clienti. Questo adattamento efficiente comporta al contempo un'efficienza a livello di risorse, poiché vengono integrate tutte le fasi di produzione a monte e a valle e si producono unicamente i prodotti di partenza realmente necessari. E poiché solo un'integrazione ottimale dell'uomo e delle sue (rispettive) capacità permette di ottenere un sistema di produzione flessibile e adattabile, si punta ad un'ulteriore umanizzazione del lavoro.

Come si intende quindi realizzare questa individualizzazione e flessibilizzazione? Un aspetto centrale consiste nel collegare fra loro macchine, mezzi di esercizio, utensili, sistemi di magazzinaggio e anche i prodotti da fabbricare. Questa interconnessione viene descritta spesso anche come "Internet delle Cose" e una fabbrica così collegata è definita "Smart Factory".

Ma come è possibile interconnettere degli oggetti? Per una migliore comprensione occorre spiegare il concetto

dell'immagine virtuale. Nel mondo reale, tutti i componenti fisici non umani coinvolti nel processo di produzione come ad esempio i macchinari, non esistono solo come li percepiamo con i nostri cinque sensi. Nell'Industria 4.0 esistono anche all'interno di "un'immagine virtuale" che rispecchia il mondo reale e fornisce ulteriori informazioni. Questa immagine virtuale si trova nel mondo dell'information technology (IT) e rappresenta tutte le possibilità e le capacità dei componenti fisici nonché i loro stati attuali.

Sulla base delle informazioni fornite dall'immagine virtuale, il singolo componente fisico decentrato è in grado di prendere decisioni in maniera autonoma e di comunicarle direttamente ai componenti fisici vicini. Un contenitore di trasporto intelligente, ad esempio, invia alla rispettiva macchina la richiesta di fornitura di ulteriori pezzi quando trova lo scaffale in magazzino vuoto.

Ogni componente fisico che dispone di una simile immagine virtuale e che può essere interconnesso con altri componenti del processo di produzione ai fini dell'interazione viene chiamato "sistema cyber-fisico". Il prefisso "cyber" fa riferimento all'immagine virtuale, mentre il termine "fisico" si riferisce all'oggetto nel mondo della produzione reale, così come lo percepiamo con i nostri cinque sensi.

Come illustrato nella Figura 1, non è prevista solo l'interazione dei sistemi cyber-fisici tra loro, ma anche la messa a disposizione di informazioni e l'integrazione di destinatari e decisori sopraordinati – dall'operatore locale al sistema di gestione o al Manufacturing Execution System (MES) fino ai clienti o ai fornitori esterni.

Un utensile, ad esempio, riconosce così da solo i primi segni di usura e ordina un suo ricambio presso il fornitore esterno di utensili.

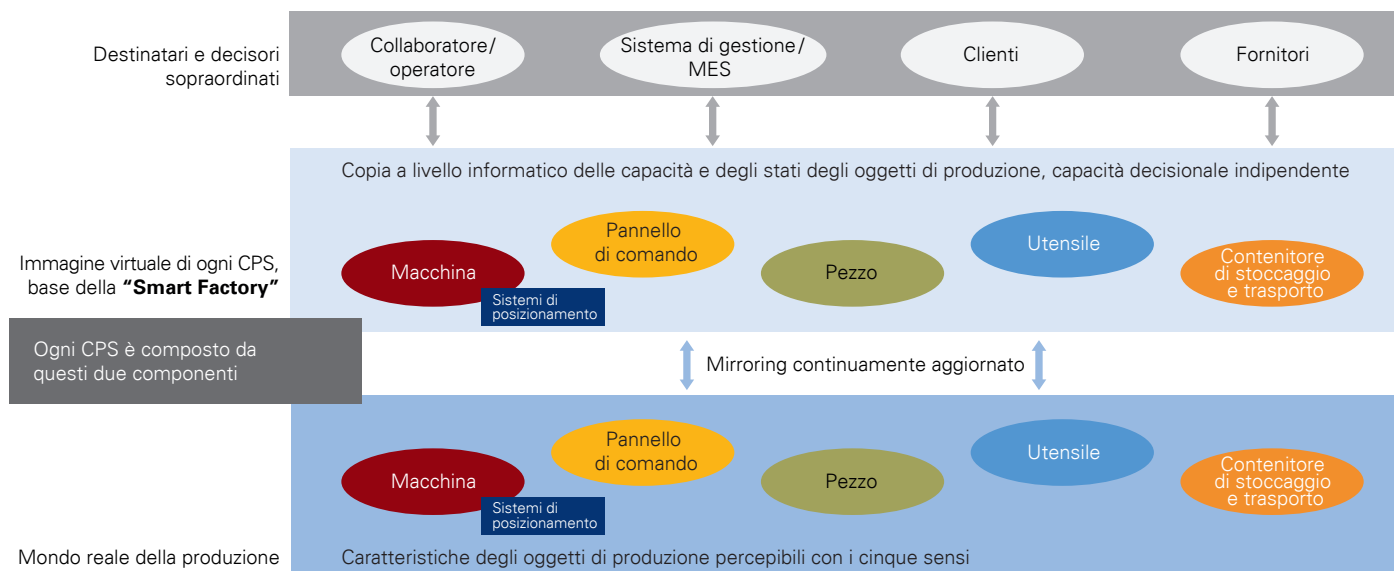


Fig. 1: Il sistema cyber-fisico è un componente reale dell'impianto di produzione e allo stesso tempo una sua immagine virtuale nella "Smart Factory".

## 2. Funzioni di base e vantaggi dei CPS

L'approccio è rivoluzionario: disponendo di un'intelligenza decentrata, i sistemi cyber-fisici sono in grado di valutare situazioni e prendere decisioni autonomamente nonché di provvedere che gli altri sistemi cyber-fisici svolgano delle azioni, quando necessario. Questi comportamenti sono stati programmati e sono addirittura in grado di cambiare e di adattarsi. Il processo decisionale gerarchico/verticale come adottato per decenni nella prassi quotidiana degli impianti di produzione, viene così eliminato o comunque ampiamente integrato.

Ricordiamoci brevemente come funzionava questo processo decisionale in una struttura gerarchica. I componenti (in particolare i sensori) rilevavano lo stato effettivo del processo e comunicavano tutte le informazioni importanti all'unità di controllo centrale. A livello dell'unità di controllo o anche del sistema di gestione sopraordinato veniva poi analizzato lo stato effettivo del processo, venivano prese decisioni e si interveniva nel processo con l'aiuto di attuatori o con azioni manuali.

Con i CPS non si vuole eliminare questa comunicazione dalla struttura gerarchico-verticale, bensì integrarla in maniera ottimale. Tre sottosistemi consentono al sistema cyber-fisico di svolgere con successo il suo nuovo ruolo: sensori, attuatori e sistemi embedded, un'intelligenza decentrata basata su microprocessore. Con l'aiuto dei sensori integrati, il CPS è in grado di rilevare autonomamente la sua attuale situazione all'interno dell'ambiente in cui si trova. I sensori ottici di una macchina, ad esempio, possono fornire informazioni approfondite sulla tipologia e sullo stato dei pezzi da lavorare. Gli attuatori servono a svolgere azioni, per esempio ad azionare un braccio di presa per prelevare determinati pezzi da lavorare. L'intelligenza decentrata valuta sia le informazioni dei sensori che le informazioni fornite da altri CPS. Basandosi su di esse, prende le sue decisioni e le comunica a sua volta ai suoi attuatori. Parallelamente contatta altri CPS chiedendogli di svolgere determinate azioni.

L'immagine virtuale dei sistemi cyber-fisici non va intesa come "istantanea" dello stato e delle interconnessioni

attuali. L'immagine virtuale include piuttosto anche informazioni relative all'intero ciclo di vita del CPS. Già in fase di design nascono dati che comprendono informazioni sulla geometria, sulle caratteristiche meccaniche, sui collegamenti logici e sui parametri. Tutte le ulteriori fasi del ciclo di vita come engineering, messa in servizio e funzionamento – manutenzione e assistenza tecnica incluse – aggiungono ulteriori informazioni. Basandosi su tutte queste informazioni, il sistema cyber-fisico è in grado di reagire autonomamente alle svariate situazioni.

Idealmente, può impiegare le informazioni del passato a sua disposizione anche per stabilire nuove regole decisionali adattandole alla rispettiva nuova situazione.

Su questa base, ogni CPS può ora disporre anche del know-how sulla sua integrazione nell'intero impianto di produzione. Questo può ad esempio essere sfruttato per far sì che i CPS si configurino da soli durante la messa in servizio, che avviano automaticamente la comunicazione con i loro partner di produzione (gli altri CPS), riducendo notevolmente i costosi tempi di messa in servizio. Dopodiché segue la fase di ottimizzazione durante la produzione stessa. Grazie alla loro intelligenza, i CPS possono ottimizzarsi da soli. Nel più semplice dei casi può significare l'identificazione autonoma del punto di lavoro ottimale. In casi più complessi può tradursi nella scelta tra scenari di svolgimento predefiniti o addirittura nuovi. Qualora si dovessero verificare dei problemi in fase di produzione, ad esempio per un guasto ad un macchinario o per mancanza di materiale necessario, è possibile sviluppare strategie alternative che "guariscono" il processo e lo mantengono in atto.

Tuttavia, simili problemi andrebbero possibilmente evitati del tutto o almeno individuati in tempo debito facendo sì che i CPS generino informazioni di allarme preventivo consentendo di effettuare una manutenzione preventiva. I CPS supportano così in maniera ottimale in cosiddetto "Condition Monitoring", il monitoraggio delle condizioni operative. La comunicazione decentrata tra i vari CPS non richiede necessariamente che avvenga direttamente da un CPS ad un altro CPS. Si prevede invece che già a

breve nasceranno numerose piattaforme di comunicazione fra CPS. Queste piattaforme provvedono ad interconnettere con i loro servizi e le loro applicazioni persone, sistemi esterni e CPS. Entrambe le modalità di comunicazione – sia lo scambio diretto tra CPS che la comunicazione tra piattaforme per CPS – possono essere sfruttate in parallelo e si completano a vicenda in modo ottimale. Lo spieghiamo con il seguente esempio. In alcune stazioni di produzione, un contenitore di trasporto cyber-fisico può comunicare direttamente con le stazioni poiché dispongono delle

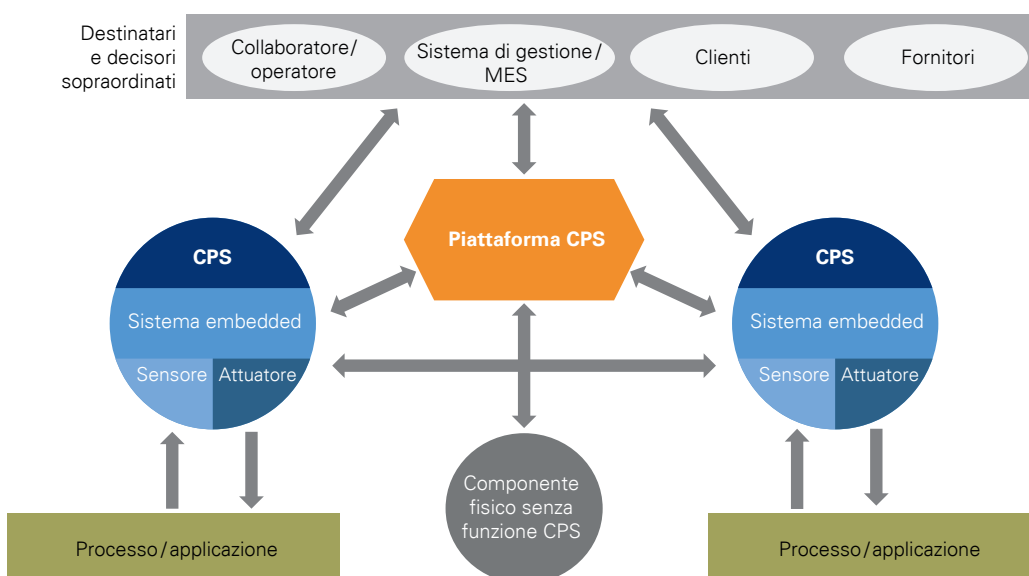


Fig. 2: Piattaforme CPS interconnettono i singoli CPS, i sistemi esterni e gli operatori e vanno a integrare la loro comunicazione diretta.

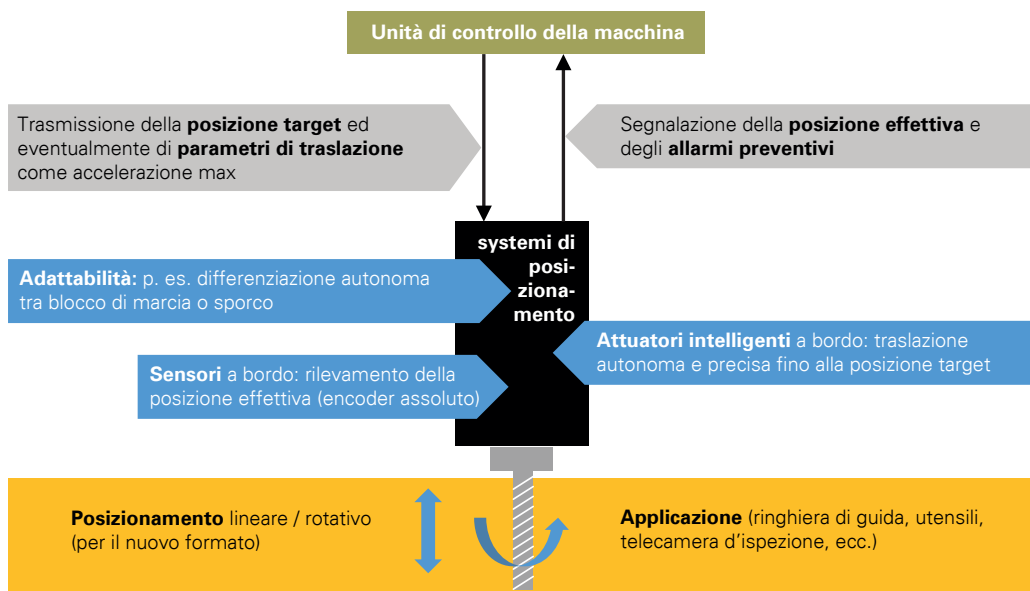


Fig. 3: Classica integrazione gerarchica di un sistema di posizionamento nella macchina che funge da CPS.

caratteristiche tecniche per farlo. Altre stazioni di produzione non dotate di una funzione CPS vengono invece controllate da una piattaforma CPS. In tal modo il contenitore di trasporto CPS può, in tutte le aree di produzione in cui è coinvolto, procedere alla richiesta di forniture o avviare successivi step di lavoro in maniera decentrata, ovvero anche senza passare per il livello di controllo.

### 3. Esempio di impiego di un sistema cyber-fisico: la macchina che si riattrezza da sola

Prendendo come esempio i sistemi di posizionamento, si illustra qui di seguito come le macchine del futuro, che fungeranno in sé come sistemi cyber-fisici, possono essere una combinazione di sottosistemi cyber-fisici. Con i loro sensori per la determinazione della posizione (encoder assoluti) e gli attuatori per la movimentazione degli oggetti da posizionare (riduttore, motore, unità di controllo), i sistemi di posizionamento di halstrup-walcher dispongono di tutti i componenti per costituire, insieme all'intelligenza decentrata a bordo (sistema embedded), un sistema cyber-fisico autonomo.

Il sistema di posizionamento cyber-fisico può naturalmente essere integrato in maniera classica nei processi della macchina, come illustrato nella Figura 3. Il sistema di posizionamento raggiunge automaticamente la nuova posizione sulla base delle specifiche della successiva posizione target (fornite dall'unità di controllo della macchina) minimizzando così auto-

nomamente il cosiddetto "ritardo di posizionamento" (scostamento dalla posizione prevista durante il processo di traslazione). In caso di eccessivo ritardo di posizionamento, i sistemi di posizionamento di alta qualità sono in grado di distinguere se il sistema rischia di andare in blocco e deve pertanto frenare, oppure se la presenza di sporco rende necessaria un'accelerazione del moto di posizionamento al fine di superare lo sporco. In questo modo il posizionamento viene eseguito in maniera ottimale, viene tuttavia avviato dall'alto, dall'unità di controllo della macchina.

Secondo gli standard dell'Industria 4.0, in futuro l'unità di controllo dovrà invece concentrarsi nel supportare al meglio il ruolo della macchina come CPS contattando i sistemi di trasporto interni, le macchine vicine e il fornitore di pezzi.

Come illustrato nella Figura 4, il sistema di posizionamento può essere integrato come CPS anche spezzando le strutture gerarchiche dell'unità di controllo della macchina. Anziché comunicare con l'unità di controllo unicamente in verticale, il sistema di posizionamento con funzione CPS scambia le informazioni direttamente con i componenti decentrati.

In questo semplice esempio un nuovo formato viene riconosciuto da un sensore. In una linea di confezionamento, ad esempio, un sensore ottico può rilevare la necessità di adattare il sistema a una nuova dimensione della confezione a causa di un nuovo formato di prodotto. Il sensore comunica direttamente e in maniera decentrata le nuove posizioni target ai sistemi di posizionamento, che a loro

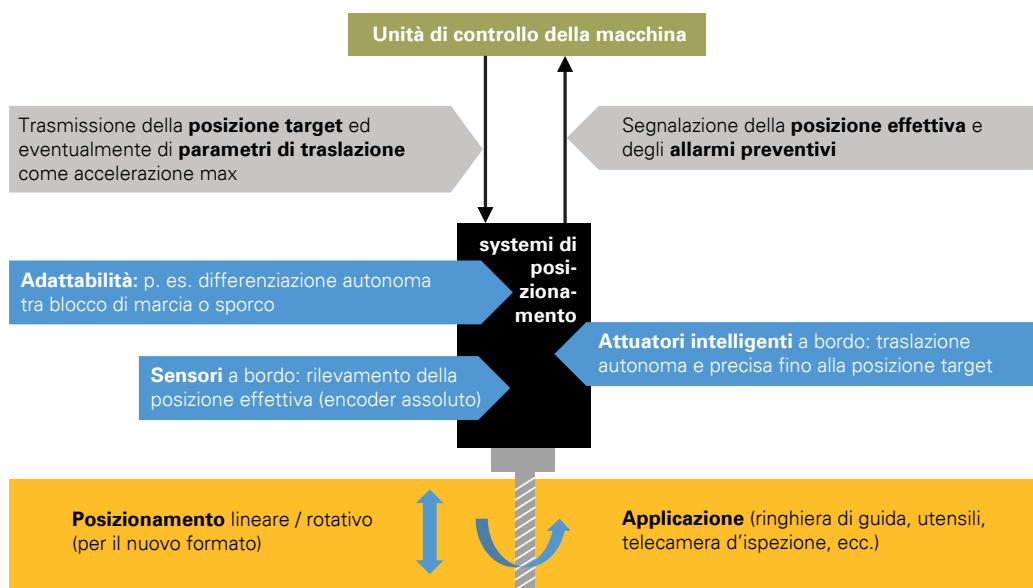


Fig. 4: Il sistema di posizionamento come CPS autonomo all'interno della macchina

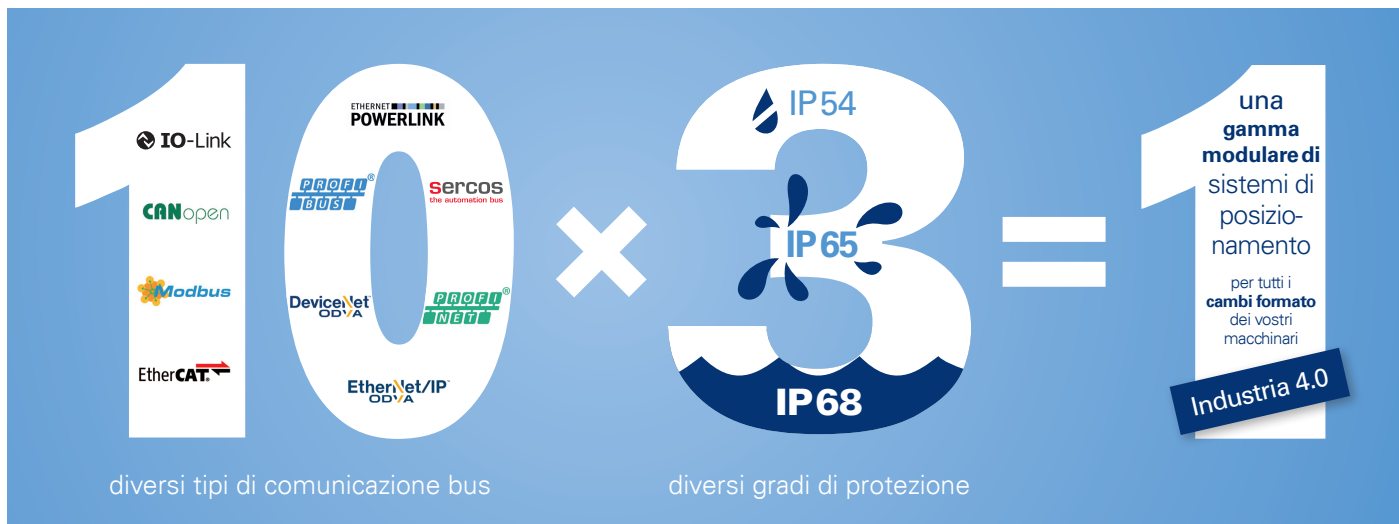


Fig. 5: La serie di sistemi di posizionamento 3 PSx aiuta il costruttore di macchine nell'applicazione degli standard dell'Industria 4.0 grazie alla sua soluzione modulare che offre un'elevata flessibilità nella progettazione dei macchinari.

volta portano la ringhiera di guida, gli utensili di confezionamento ed eventualmente la telecamera di ispezione nella nuova posizione. L'unità di controllo sopraordinata e anche l'operatore (tramite il pannello di comando) vengono informati continuamente sulle posizioni effettive e sul raggiungimento delle posizioni target. Inoltre ricevono messaggi finalizzati a garantire una manutenzione preventiva. Un ulteriore esempio è il coordinamento autonomo di due sistemi di posizionamento a funzionamento sincrono senza dover integrare l'unità di controllo.

Grazie a questa integrazione decentrata del sistema di posizionamento come CPS autonomo, è possibile incrementare l'adattabilità e la velocità di reazione. L'unità di controllo centrale può concentrarsi sulle sue funzioni di CPS, sull'integrazione della macchina nell'intero processo di produzione. L'operatore addetto può, qualora necessario, intervenire tramite un pannello di comando oppure concentrarsi sull'ottimizzazione del processo di produzione anziché doversi occupare di avviare normali attività come il cambio di formato.

La capacità di riattrezzaggio e di cambio formato partendo da entrambi i livelli sopra descritti – ovvero adattare il processo di produzione dell'utilizzatore della macchina ma anche l'adattamento in fase di costruzione della macchina - sarà nei prossimi anni un fattore decisivo per la competitività del costruttore di macchine. Ciò che in passato riguardava principalmente i grandi gruppi industriali del settore, sta diventando ormai un tema sempre più importante anche per le aziende di medie dimensioni operanti nel campo della costruzione di macchinari. Il futuro dei CPS è già iniziato non solo sul fronte delle macchine, ma anche sul fronte dei componenti e tutte le parti coinvolte sono tenute a tenere il passo. Per dirla come Albert Einstein: "La vita è come andare in bicicletta. Se vuoi stare in equilibrio devi muoverti."



Fig. 6: Esempio di un sistema di posizionamento halstrup-walcher (qui: PSW con IP 68)