

Utilizzo dei sistemi di visione per la guida di robot



Introduzione

Nell'odierno mercato globalizzato, l'automazione riveste un ruolo cruciale: rende possibile il mantenimento di elevati standard di qualità nei mercati emergenti e permette di contenere l'aumento dei costi della manodopera nei paesi sviluppati.

Inizialmente le macchine venivano utilizzate per automatizzare specifiche attività di produzione, assemblaggio e movimentazione dei materiali. Oggi, queste macchine specializzate sono sempre più spesso sostituite da robot industriali che possono essere programmati per gestire nuovi prodotti e persino riconvertiti per svolgere attività diverse in altre postazioni.

Tuttavia, proprio come le macchine che li hanno preceduti, in una prima fase i robot non erano in grado di "pensare" in tempo reale o di reagire al prodursi di condizioni inaspettate. I prodotti dovevano persino essere presentati sempre nella stessa posizione e con lo stesso orientamento; in caso contrario il robot non sarebbe stato in grado di svolgere le proprie mansioni.

Negli ultimi anni gli strumenti di visione industriale hanno offerto ai robot la possibilità di "vedere" e di reagire al mutare delle condizioni. Gli attuali robot guidati da sistemi di visione sono invece in grado di "rifornirsi" da soli: i sistemi di visione industriale bidimensionali (2D) consentono, ad esempio, il corretto posizionamento di un braccio robotizzato per afferrare componenti sfusi su un nastro trasportatore. Finché si trattava di componenti posizionati su una superficie piana e abbastanza piccoli e bassi da non superare le limitazioni del campo visivo (FOV) e della profondità di fuoco delle telecamere di visione industriale, i robot guidati da sistemi di visione bidimensionali rappresentavano una soluzione ideale per dispensare gli operatori da attività ripetitive e potenzialmente pericolose. Inoltre i robot erano in grado di svolgere tali attività in modo molto più veloce e con una precisione nettamente superiore rispetto agli esseri umani.

Oggi le tecnologie di visione industriale tridimensionale (3D) stanno spingendo la produzione industriale robotizzata verso livelli di efficienza e produttività ancora più elevati. Grazie a tecnologie di visione industriale tridimensionale molto diverse tra loro, i robot guidati da sistemi di visione sono in grado di manipolare e assemblare prodotti, praticamente di ogni forma e dimensione, posizionati su nastri trasportatori, scaffalature o contenitori e persino di lavorare a stretto contatto con gli operatori senza rischi per la sicurezza. Tutta una serie di attività considerate in precedenza impossibili da gestire in modo automatizzato, come la lavorazione della carne, la saldatura di precisione o la verniciatura delle automobili, può

essere oggi svolta più velocemente e a costi inferiori grazie alla visione industriale tridimensionale per la guida di robot.

2D e 3D a confronto: muoversi nel mondo reale

Un nastro trasportatore o un disco divisorio possono essere considerati come elementi bidimensionali. Quando si tratta di componenti relativamente piccoli e posizionati su una superficie piana, le soluzioni robotiche guidate da sistemi di visione bidimensionale risultano le più convenienti. Questi sistemi sono solitamente costituiti da una o più telecamere montate in alto e collegate a un sistema di elaborazione dei dati. Tali telecamere sono orientate verso uno spazio di lavoro nel quale è presente un robot a coordinate cartesiane o un robot SCARA (Selective Compliant Articulated Robot Arm).

Si tratta di robot da due a quattro gradi di libertà, caratteristica che li rende ideali per le applicazioni guidate da sistemi di visione bidimensionali.

La prima fase del processo di installazione e gestione di un'applicazione di robot guidati da sistemi di visione consiste nell'allineare il sistema di coordinate dello strumento di visione con il sistema di coordinate fisiche del robot. L'operazione risulterebbe alquanto semplice se questi due sistemi di coordinate fossero omogenei: i problemi sorgono invece a causa della distorsione delle lenti, di eventuali cambiamenti dell'illuminazione e di tutta una serie di altri fattori che possono influire sul modo in cui il sistema di visione vede il "mondo reale", con il rischio di introdurre errori nel programma robotizzato. Collocando una telecamera in posizione sopraelevata e perpendicolare rispetto alla superficie del nastro trasportatore e sfruttando una routine di calibrazione (di solito inserendo un target di calibrazione di dimensioni note), i sistemi di visione 2D sono in grado di allineare il proprio sistema di coordinate visive con il sistema di coordinate fisiche del robot. A questo punto il sistema di visione industriale può ricavare dati posizionali utilizzabili a partire dalle immagini dei componenti posti sulla superficie del nastro trasportatore.

Per creare una mappa 2D compresa tra l'oggetto target e il centro del robot o il suo punto di partenza, le immagini vengono trasmesse dalla telecamera posizionata in alto a un PC o un computer incorporato nel robot e dotato di un software di elaborazione delle immagini (se l'area di lavoro è abbastanza ampia rispetto alle esigenze di risoluzione spaziale delle telecamere, potrebbe essere necessario installare più di una telecamera nella parte alta della cella di lavoro, una nel punto in cui il robot preleva

Processi robotizzati bidimensionali per filtri antiparticolato

La movimentazione dei materiali necessari alla produzione dei filtri antiparticolato per automobili di Engelhard Technologies GmbH è affidata a dei robot. Stäubli, fornitore dei robot, ha suggerito l'adozione di sistemi di visione Cognex, leader nelle applicazioni di visione industriale applicata alla robotica (VGR). Grazie all'efficiente ambiente di sviluppo del software In-Sight® Explorer di Cognex per telecamere intelligenti, in meno di quattro settimane è stato possibile mettere a punto una soluzione completa di prelievo e posizionamento robotizzati guidata da sistemi di visione.

Il sistema di visione In-Sight utilizzato all'interno delle celle di lavoro dei robot doveva essere in grado di riconoscere ognuno dei 25 tipi di filtri prodotti, determinarne l'esatta posizione, trasmettere tali informazioni sotto forma di dati precisi e leggere i codici 2D presenti su ogni prodotto. Sfruttando l'algoritmo PatMax® per il rilevamento delle strutture geometriche integrato nel software In-Sight, la soluzione VGR 2D si è dimostrata in grado di raggiungere un livello di precisione pari al 99,9%.

Inoltre, grazie a un sensore di visione a colori In-Sight, la cella di lavoro aveva la possibilità di verificare la presenza su ogni filtro di un'etichetta verde per indicare qualità e di controllare il numero di componenti in ogni contenitore. Attraverso la verifica continua del numero di componenti imballati e il confronto con il numero effettivamente prodotto, Engelhard Technologies ha potuto iniziare a calcolare la percentuale degli scarti già dopo due giorni dall'implementazione del sistema.

l'oggetto, un'altra ad esempio di fronte alla postazione di saldatura e un'altra ancora sul nastro trasportatore in uscita).

In ogni caso gli algoritmi di visione industriale, come quelli di rilevamento delle strutture geometriche, analizzano le immagini provenienti da ogni telecamera e individuano in tali immagini le caratteristiche superficiali dell'oggetto, come ad esempio un angolo, una vite o altre evidenti specificità. Misurando quindi la distanza tra l'oggetto in questione e un punto noto sulla superficie del nastro trasportatore, il sistema di visione è in grado di creare per il robot una mappa o un percorso bidimensionali, determinati tra l'altro dalla distanza e dalla direzione rispetto al punto centrale.

I dati di questa posizione, spesso denominata "offset" o scostamento, vengono trasmessi al controller del robot, che viene guidato verso l'oggetto grazie alle informazioni su distanza e direzione. Questo è il concetto di guida di robot tramite sistemi di visione bidimensionali.

Ora ipotizziamo che l'oggetto posto sulla superficie del nastro trasportatore non sia piccolo come un microchip di pochi millimetri e che di conseguenza non possa essere considerato come parte dello spazio bidimensionale. Cosa succederebbe se l'oggetto da afferrare fosse il paraurti di un'automobile posizionato su una scaffalatura a una certa altezza da terra?

In questo caso, l'individuazione della cella di lavoro del robot guidato da sistemi di visione non può basarsi su scaffali collocati sempre nella stessa posizione o con lo stesso orientamento. In un'applicazione "autotracciante" come questa, ogni scaffale risulta leggermente spostato rispetto al precedente.

Di conseguenza, ogni scaffale ha una diversa posizione nello spazio tridimensionale (traslazione) e probabilmente ogni componente è orientato in modo diverso (rotazione) rispetto a quello precedente. Nelle applicazioni più complesse, quelle cioè in cui gli oggetti vengono prelevati da un contenitore, i componenti possono essere collocati alla rinfusa. In entrambi i casi, per individuare il componente nello spazio tridimensionale il sistema di visione deve riuscire a compensare gli effetti di traslazione e rotazione; in questo modo sarà in grado di regolare correttamente i movimenti programmati di un robot a 6 gradi di libertà e di guidarlo verso il componente in questione.

Lavorare con strumenti di visione industriale 3D applicata alla robotica (VGR)

La visione industriale offre quattro tecniche principali per gestire processi robotizzati tridimensionali:

- triangolazione con telecamera unica;
- triangolazione stereoscopica, cioè con telecamere multiple;
- illuminazione strutturata;
- tempo di volo (TOF).

Per scegliere la tecnologia più adeguata, i progettisti devono analizzare vantaggi e svantaggi di ogni soluzione e prendere in considerazione tutte le modalità di interazione con le diverse applicazioni industriali.

TRIANGOLAZIONE CON TELECAMERA UNICA O CON TELECAMERE MULTIPLE:

Sia la triangolazione con telecamera unica che la triangolazione con telecamere multiple si basano su immagini che condividono lo stesso campo visivo, ma che sono catturate da prospettive diverse. Nella triangolazione con telecamera unica, spesso il dispositivo in questione viene installato sul braccio del robot, in modo che sia il robot stesso a spostare la telecamera e a scattare le diverse fotografie: si tratta di una tecnica che richiede più tempo, ma che è meno costosa rispetto ai sistemi VGR 3D con telecamere multiple.

Anche in questo caso, per individuare le caratteristiche chiave di ogni immagine vengono utilizzati algoritmi di rilevamento delle strutture geometriche. Dato che ogni immagine è realizzata da una prospettiva diversa, tali caratteristiche chiave cambiano posizione, forma e dimensioni. Analizzando numericamente il modo in cui tali caratteristiche si differenziano in ogni immagine e confrontando tali cambiamenti di posizione, forma e dimensioni con misurazioni simili relative a un target di calibrazione e registrate durante la relativa routine, il sistema di visione industriale è in grado di calcolare con precisione la posizione e l'orientamento tridimensionale del componente. Più sono numerose le immagini confrontate dal sistema, più sono precisi i dati tridimensionali. Tuttavia più sono numerose le fotografie scattate, minore è la produttività. I sistemi VGR 3D a triangolazione con telecamera unica o con telecamere multiple forniscono dati posizionali 3D estremamente precisi e su un'area molto vasta: è per tale motivo che questa tecnica viene spesso utilizzata per applicazioni di assemblaggio, distribuzione e verniciatura nella produzione di automobili e di altri beni di consumo durevoli.

ILLUMINAZIONE STRUTTURATA: Anche le soluzioni a illuminazione strutturata utilizzano la triangolazione, ma offrono maggiore precisione rispetto ai sistemi VGR 3D a triangolazione con telecamera unica o con

telecamere multiple che sfruttano un'illuminazione tradizionale. Le soluzioni a illuminazione strutturata utilizzano lampadine standard con filtro a linee periodiche oppure luci laser che proiettano delle linee sulla superficie dell'oggetto. Di conseguenza le linee proiettate danno vita a una luce caratterizzata da una specifica "struttura", invece che a un'illuminazione uniforme.

Analizzando le immagini contenenti le linee proiettate sulla superficie dell'oggetto target e misurando le modalità con cui tali linee cambiano forma, il sistema di visione tridimensionale è in grado di creare una mappa 3D della superficie di tale oggetto. Questa tecnica fornisce anche la possibilità di generare dati tridimensionali a partire da una singola immagine proveniente da un'unica telecamera. La precisione della VGR 3D a illuminazione strutturata aumenta di pari passo con la risoluzione spaziale della telecamera e con la densità delle linee proiettate, mentre diminuisce con l'aumentare delle dimensioni dell'area di lavoro.

Le soluzioni VGR 3D a illuminazione strutturata sono ideali per componenti dalla superficie liscia e riflettente e privi di caratteristiche superficiali facili da individuare da parte degli algoritmi di rilevamento delle strutture geometriche. L'esigenza di dispositivi di illuminazione speciali fa lievitare i costi, ma aumenta anche la precisione del sistema nel suo complesso e, se l'illuminazione è coerente, può ridurre i rischi per la sicurezza. In certi casi, come ad esempio lamine e componenti metallici levigati, l'illuminazione strutturata può rivelarsi la soluzione più conveniente.

TEMPO DI VOLO: Le telecamere a tempo di volo (TOF) sono una soluzione relativamente nuova nel settore delle telecamere industriali, sebbene si tratti di una tecnologia già nota da molti anni. Queste telecamere specializzate sfruttano tutta una serie di metodi ottici senza contatto allo scopo di misurare il tempo impiegato dalla luce per viaggiare dall'illuminatore, raggiungere il componente target e infine ritornare alla telecamera. Ogni pixel può corrispondere a un dato tridimensionale specifico. Tuttavia, dato che queste telecamere specializzate dispongono di un numero limitato di pixel, offrono una risoluzione spaziale ridotta rispetto alle tradizionali telecamere industriali CCD e CMOS.

Le telecamere TOF possono quindi rappresentare una soluzione interessante per applicazioni VGR 3D caratterizzate da spazi di lavoro ampi e che richiedono livelli di precisione misurabili in millimetri o centimetri.

VGR 3D: i primi passi

Il punto di partenza per qualsiasi applicazione con robot guidati da sistemi di visione è sempre lo stesso: il componente target. Ecco alcune domande da porsi prima dell'adozione di queste tecnologie:

- Che cosa sono i componenti da analizzare e come appariranno al sistema di visione? (Grandi o piccoli? Opachi o riflettenti? Fragili o robusti?)
- L'applicazione è fondamentalmente bidimensionale o tridimensionale?
- Che tipo di robot sarà necessario per questa applicazione? (Robot SCARA lavabili o predisposti per le camere sterili? Robot a coordinate cartesiane per carichi pesanti? Robot articolati per produzione 3D o movimentazione di materiali?)
- Verranno eseguiti anche dei controlli di qualità oppure i componenti verranno tracciati durante l'assemblaggio? (Assegnare un'apposita telecamera intelligente per i controlli e la classificazione dei difetti oppure aggiungere alla soluzione VGR una telecamera con autoID.)

Visione industriale applicata alla robotica in qualsiasi settore

Tiesse Robot è un'azienda italiana leader nelle soluzioni di automazione industriale e di visione applicata alla robotica; le celle di lavoro con robot guidati da sistemi di visione realizzate da quest'azienda sono adatte a centinaia di settori diversi, come ad esempio beni di consumo durevoli e componenti in ghisa.

Tra le soluzioni di Tiesse Robot per il settore dei beni di consumo durevoli spicca una cella di lavoro per l'assemblaggio di lavatrici caratterizzata da due robot guidati da un sistema di visione industriale gestito dal software VisionPro® di Cognex. Questa cella è stata attrezzata con un magazzino per componenti su pallet, una postazione di misurazione con telecamera remota per individuare il centro dei fori, una postazione per fissare i coperchi o tappi, una piattaforma girevole per posizionare e rivettare i bulloni dei rulli e due robot Kawasaki guidati da sistemi di visione per spostare i componenti tra le diverse postazioni e preparare il preassemblaggio dei rulli sulla piattaforma girevole.

Per superare le tipiche difficoltà poste dalla visione industriale applicata alla robotica, come ad esempio i cambiamenti nell'illuminazione ambientale preservando allo stesso tempo la semplicità di funzionamento, Tiesse ha utilizzato una serie di strumenti di visione Cognex, tra i quali PatMax, PatFlex®, PatInspect®, strumenti di misurazione e calibrazione non lineare e VisionPro 3D.

Tra le caratteristiche peculiari di questa cella ricordiamo la produzione in modalità casuale e la correzione in tempo reale degli errori di movimento dei robot, funzione necessaria per reagire ai cambiamenti di spaziatura dei fori per i bulloni di montaggio dei rulli.

Un'altra interessante applicazione realizzata da Tiesse Robot è un robot guidato da sistemi di visione utilizzato per rifinire componenti in ghisa di dimensioni medio-grandi e pesanti fino a 500 kg.

Il software VisionPro di Cognex determina l'orientamento del componente in arrivo, mentre un secondo sistema di visione definisce l'esatta posizione dei componenti in tre dimensioni.

In un'altra applicazione simile, gli ingegneri di Tiesse Robot hanno sviluppato una cella di lavoro con robot guidati da sistemi di visione destinata alla rifinitura di schienali in plastica per sedie da ufficio e all'applicazione di inserti metallici, necessari per fissare tali sedili ai telai.

La cella di ispezione è stata collocata a valle di una macchina da stampa che applica in modo casuale otto diversi codici prodotto. Per gestire una produzione in modalità casuale, il software VisionPro di Cognex è stato integrato all'interno di un'isola che consente di gestire fino a 32 diversi codici prodotto senza compromettere velocità e flessibilità.

Il ciclo di lavoro di ognuno di questi robot comprende l'individuazione dello schienale sul nastro trasportatore, lo spostamento del braccio per prelevare il componente basandosi su un percorso tridimensionale, un'ispezione per verificare le dimensioni del componente e identificare eventuali errori delle attrezzature di produzione a monte, l'installazione sequenziale di tutti gli inserti in base alla posizione misurata dal sistema di visione e il riposizionamento del prodotto finito su un traslatore di rimozione.

- Che tipo di sistema di visione industriale sarà necessario? (Telecamere intelligenti per VGR 2D? Soluzioni a illuminazione strutturata con telecamera unica e PC host per una produttività limitata? Soluzioni stereoscopiche con telecamere multiple per VGR 3D ad alta risoluzione o per aree ampie?)
- Che tipo di telecamera occorrerà per fornire al robot un offset 2D o 3D ed eventualmente per verificare l'assenza di difetti nei componenti, a seconda delle esigenze degli utenti? (Telecamere intelligenti, CCD ad alta risoluzione, CMOS ad alta velocità, telecamere montate in alto, telecamere montate su robot, ecc.)
- Che attività dovrà svolgere il sistema di visione industriale? In che modo ciò influirà sulla scelta del software di elaborazione delle immagini? E quale hardware sarà necessario per far sì che il sistema VGR non rallenti la produzione? (Sarà necessario un algoritmo VGR 3D specializzato? Interfacce di programmazione delle applicazioni (API) per produttori specifici di controller di robot? Telecamere intelligenti oppure PC host?)
- Che tipo di illuminazione o quale combinazione di tipi di illuminazione funzioneranno meglio con l'applicazione VGR in questione? (Illuminazione stroboscopica, a colori, laser, ecc.?)
- Che tipo di connettività di rete sarà necessaria tra il robot, il sistema di visione e la rete dello stabilimento? (Il sistema sarà collegato a un MES -manufacturing execution system-? Le immagini verranno archiviate per analisi successive?)
- In che modo gli operatori interagiranno con la soluzione VGR? (Schermo tattile, HMI sul controller del robot o sul sistema di visione?)

Collaborare con un integratore di sistemi che conosce bene le applicazioni con robot guidati da sistemi di visione può aiutarvi a rispondere correttamente a queste domande evitando gli errori e le trappole più comuni.

Ad esempio, le telecamere montate su robot hanno bisogno di cavi per trasmettere i dati al sistema di visione. Il movimento ripetitivo e costante del robot può sottoporre i cavi a sollecitazioni eccessive, così come un cavo installato in modo non corretto può limitare il movimento del robot.

Molte aziende producono cavi flessibili, progettati appositamente per evitare tali problemi nelle applicazioni VGR. I fornitori di strumenti di visione industriale possono facilitare il compito degli integratori offrendo soluzioni dotate di tecnologia Power over Ethernet (PoE), che utilizzano cioè un'unica linea sia per i dati sia per l'alimentazione, riducendo così il numero di cavi da installare sul robot.

Dal canto loro, gli integratori possono assistere gli utenti suggerendo soluzioni software di qualità per la visione industriale in grado di semplificare le delicate specifiche di calibrazione e comunicazione tra robot e sistema di visione. Ad esempio, la routine di calibrazione di VisionPro di

Cognex non soltanto corregge i fenomeni di attenuazione e distorsione delle lenti comuni a tutte le telecamere industriali, ma è anche in grado di accelerare l'allineamento tra il sistema di coordinate visive e il sistema di coordinate del robot.

Inoltre, mentre la maggior parte dei robot comunica con il sistema di visione utilizzando funzionalità di comunicazione seriale oppure Ethernet, ogni controller di robot è caratterizzato da requisiti specifici in termini di modalità di trasmissione dei dati. Cognex aggira questo problema offrendo driver adatti sia a robot che utilizzano comunicazioni seriali standard, sia a robot che utilizzano invece comunicazioni seriali specializzate, tra cui:

Comunicazioni seriali preconfigurate (integrate) per:

- Motoman
- Kuka
- ABB
- Fanuc
- Denso
- Stäubli
- Kawasaki

Robot che utilizzano comunicazioni seriali standard (nessun driver speciale):

- Adept
- Epson
- IAI
- Mitsubishi
- Nachi
- Yamaha
- e altri...

Il vantaggio competitivo della VGR

Le aziende in grado di sfruttare in modo efficace i sistemi robotici usufruiscono di innumerevoli vantaggi: aumento della produttività e riduzione dei costi di produzione; miglioramento della qualità dei prodotti e limitazione di scarti e di interventi di rilavorazione; livellamento della qualità dei prodotti nelle diverse aree geografiche; avvicinamento della produzione ai mercati di destinazione a prescindere dalla disponibilità locale di manodopera a basso costo; contenimento dei costi della manodopera già impiegata; aumento dei turni di produzione senza dover assumere ulteriore personale (con conseguenti costi aggiuntivi per formazione e straordinari) ed esonerazione del personale da attività ripetitive e pericolose.

Sfruttando le tecnologie di visione industriale, tali aziende sono oggi in grado anche di tracciare il ciclo di vita dei prodotti, ridurre le responsabilità legali, ottimizzare la gestione della catena di fornitura, semplificare la complessità di filiere e procedure relative a qualità e risoluzione dei problemi, ed estendere notevolmente l'uso dell'automazione robotizzata grazie a sistemi di visione industriale 2D o 3D. Considerati nel loro complesso, i vantaggi della visione industriale applicata alla robotica possono migliorare in misura decisiva i risultati finanziari di un'azienda, consentendole di risparmiare tempo, denaro e risorse.

Americas

United States, East	+1 508 650 3000
United States, West	+1 650 969 8412
United States, South	+1 615 844 6158
United States, Detroit	+1 248 668 5100
United States, Chicago	+1 630 649 6300
Canada	+1 905 634 2726
Mexico	+52 81 5030 7258
Central America	+52 81 5030 7258
South America	+1 909 247 0445
Brazil	+55 47 8804 0140

Europe

Austria	+43 1 23060 3430
France	+33 1 4777 1550
Germany	+49 721 6639 0
Hungary	+36 1 501 0650
Ireland	+353 1 825 4420
Italy	+39 02 6747 1200
Poland	+48 71 776 0752
Spain	+34 93 445 67 78
Sweden	+46 21 14 55 88
Switzerland	+41 71 313 06 05
Turkey	+90 212 371 8561
United Kingdom	+44 1327 856 040

Asia

China	+86 21 5050 9922
India	+9120 4014 7840
Japan	+81 3 5977 5400
Korea	+82 2 539 9047
Singapore	+65 632 55 700
Taiwan	+886 3 578 0060

COGNEX
www.cognex.com

Corporate Headquarters
One Vision Drive Natick, MA 01760 USA
Tel: +1 508 650 3000 Fax: +1 508 650 3344