La sfida dei sensori 3D con i materiali trasparenti

T3Lab si occupa della valutazione delle prestazioni dei sensori 3D attualmente disponibili sul mercato, con un focus specifico sull'acquisizione di point cloud su materiali trasparenti.
Tali materiali rappresentano una sfida significativa per i sistemi di visione tridimensionale, poiché la loro trasparenza ostacola una corretta rilevazione dell'altezza e della geometria reale delle superfici. L'acquisizione accurata di point cloud, sia su oggetti trasparenti che opachi, trova applicazione in numerosi settori industriali e scientifici che richiedono un'elevata precisione nella misura tridimensionale, come l'automotive e il packaging. In questa analisi ci siamo concentrati in particolare sui materiali trasparenti, poiché la luce dei sensori tende a penetrare la superficie, generando letture errate dell'altezza. Questo rappresenta un punto critico per l'ottenimento di risultati affidabili, rendendo necessaria una valutazione approfondita delle tecnologie più adatte a superare tali limitazioni.

Laboratorio	T3LAB
Area di specializzazione	Digitale
Referenti	Mirko Falavigna, Federica Fergnani
Keyword	Sensori 3D, Point Cloud, acquisizione 3D, materiali trasparenti, depth, packaging, rilevazione altezza, visione 3D, controllo dimensionale, ispezione visiva

"Sensori 3D e materiali trasparenti: anche l'invisibile va misurato con precisione."

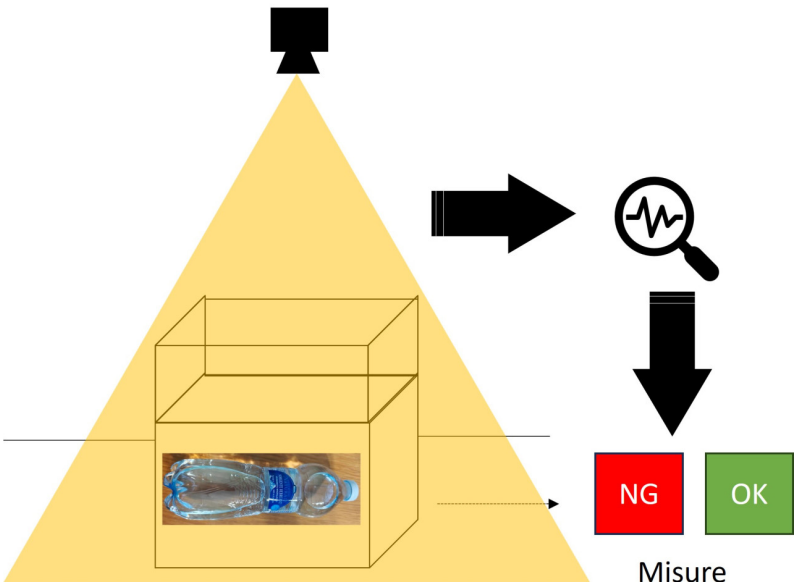

Fig. 1: Esempio di processo generico per un'applicazione di ispezione

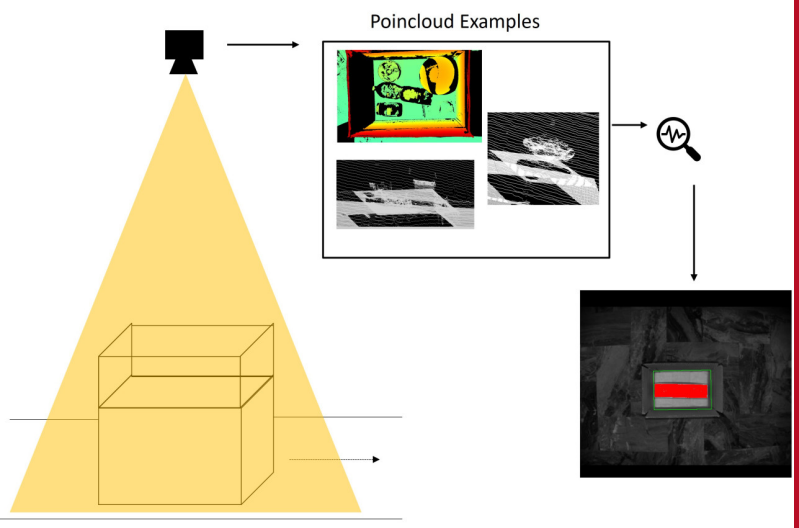

Fig. 2: Esempio di flusso in una possibile applicazione analizzando la pointcloud

Descrizione

Il presente lavoro si concentra sull'analisi delle **point cloud** acquisite da diversi sensori 3D disponibili sul mercato, con l'obiettivo di valutarne vantaggi e svantaggi nelle applicazioni di misura, ponendo particolare attenzione ai materiali trasparenti. Questi ultimi rappresentano una sfida per i sistemi di visione tridimensionale, poiché la loro trasparenza e la rifrazione della luce possono generare dati errati, compromettendo l'affidabilità delle misurazioni.
Per questa analisi sono stati considerati diversi tipi di sensori 3D, tra cui sensori a luce strutturata, Time of Flight (ToF) e profilometri. Le prime due tipologie richiedono che l'oggetto rimanga fermo durante l'acquisizione per evitare distorsioni o errori nei dati. Al contrario, il profilometro necessita che l'oggetto sia in movimento (o, in alternativa, che sia il sensore stesso a muoversi lungo l'oggetto), poiché la ricostruzione tridimensionale avviene tramite l'acquisizione sequenziale di profili lungo una direzione. Solo combinando questi profili attraverso lo spostamento si ottiene una rappresentazione completa dell'oggetto.
L'applicazione di questa analisi si rivolge a diversi settori industriali in cui è fondamentale ottenere misure precise anche su materiali trasparenti. Tra i potenziali destinatari vi sono aziende operanti nell'ambito di controllo qualità e della produzione automatizzata, robotica e packaging.

Aspetti innovativi

L'analisi delle **point cloud** relative a materiali trasparenti rappresenta un ambito di ricerca particolarmente innovativo nel campo della visione artificiale e della metrologia ottica. Questi materiali pongono sfide complesse legate a fenomeni ottici come rifrazione, riflessione interna e trasmissione della luce, che interferiscono con l'acquisizione corretta dei dati tridimensionali. Studiare e caratterizzare il comportamento dei diversi sensori 3D di fronte a queste difficoltà consente non solo di individuare le tecnologie più adatte, ma anche di contribuire allo sviluppo di nuovi algoritmi di correzione e filtraggio dei dati. L'innovazione risiede quindi non solo nell'ambito applicativo, ma anche nella possibilità di spingere i limiti delle tecnologie esistenti, ottimizzando la precisione e l'affidabilità delle misure in contesti finora critici o poco esplorati. Questo tipo di analisi apre inoltre la strada all'integrazione più efficace dei sistemi di visione 3D nei processi industriali, dove anche i materiali trasparenti devono essere ispezionati, misurati o manipolati con elevata accuratezza.

Applicazioni

Le potenziali applicazioni di un sistema in grado di analizzare pointcloud di materiali, includendo anche quelli trasparenti sono molteplici e coprono una vasta gamma di settori industriali e tecnologici:
• **Controllo qualità**: ispezione automatica di difetti per verificare la conformità alle specifiche
• **Packaging**: analisi e validazione di imballaggi, nonché verifica della disposizione e integrità degli oggetti all'interno della scatola.
• **Metrologia:** misurazioni precise e analisi tridimensionali di componenti e superfici per garantire l'accuratezza delle misure.

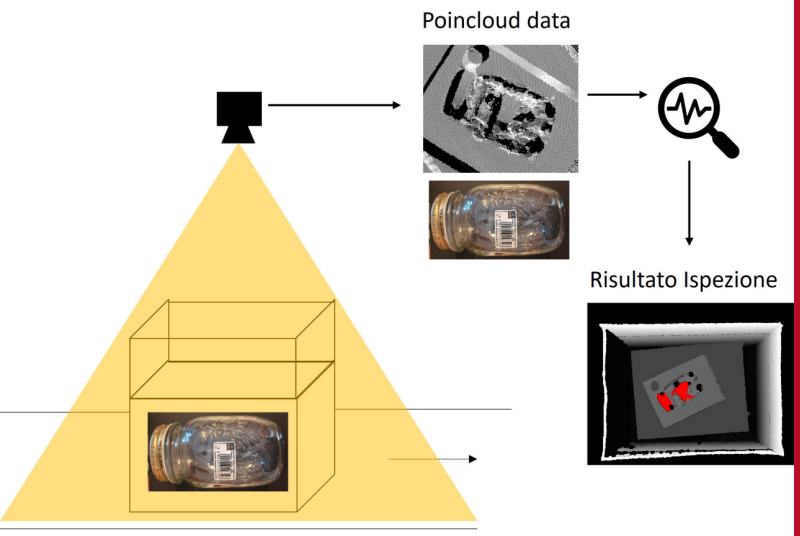

Fig. 3: Esempio di applicazione demo per l'analisi di una scatola

Partner coinvolti	Per i sensori utilizzati sono stati coinvolte i seguenti fornitori: • Images • Schmersal • MechMind • Photoneo
Tempi di realizzazione	Massimo 2 mesi
Livello di maturità tecnologica	TRL 7 - prototipo dimostrativo in ambiente operativo
Valorizzazione applicazione	Per valorizzare pienamente l'applicazione è auspicabile avviare collaborazioni con imprese del settore in modo da effettuare test direttamente presso aziende del settore al fine di verificare le prestazioni del sistema in condizioni operative e favorirne l'integrazione all'interno dei processi produttivi esistenti.

Esempio di applicazione

Innovazione nel Packaging: Come i Sensori 3D Trasformano l'Ispezione e la Verifica della Conformità negli Imballaggi, Ottimizzando la Precisione e Garantendo la Corretta Chiusura delle Scatole

È stata sviluppata un'applicazione demo dotata di un'interfaccia HMI dedicata, progettata specificamente per ambienti di packaging. Il sistema analizza la point cloud acquisita da un sensore 3D al fine di verificare che nessun oggetto all'interno della scatola superi la linea di chiusura prestabilita.
L'applicazione prevede una fase iniziale di calibrazione, durante la quale viene acquisito il piano di appoggio della scatola. Da questa acquisizione viene stimato il piano di riferimento (piano 0), su cui vengono poi misurate le altezze degli oggetti nella scatola in modo da verificare se sono presenti oggetti al di fuori della linea di chiusura della scatola.
La soluzione è stata testata in un ambiente controllato utilizzando materiali di diversa natura – opachi, trasparenti e riflettenti – al fine di valutarne affidabilità e robustezza in condizioni realistiche. Durante la fase di test, è emerso che i materiali trasparenti rappresentano i casi più critici, poiché la misura estratta risulta meno precisa, con assenza parziale o distorsione dei dati relativi all'effettiva altezza degli oggetti. Questo ha evidenziato la necessità di uno studio comparativo approfondito tra diversi sensori 3D disponibili sul mercato, con l'obiettivo di individuare le tecnologie più adatte a gestire correttamente anche i materiali più problematici.

T3LAB

Technology Transfer Team

T3LAB è un'iniziativa nata nel 2004, fondata dall'Università di Bologna e Confindustria Emilia Area Centro.
La sua missione è quella di promuovere un ambiente in cui giovani ricercatori e docenti universitari collaborano insieme per lo sviluppo di progetti di ricerca applicata nel campo dell' elettronica e dell' ICT. In particolare, T3LAB è un consorzio senza fini di lucro espressamente ideato per realizzare il trasferimento tecnologico tra realtà accademica e aziendale, per influenzarne reciprocamente saperi e strategie.

Le principali tematiche di ricerca sono:
• Computer Vision e Realtà aumentata per uso industriale
• IoT Industriale - connettività, reti e comunicazioni di tipo industriale - Industria 4.0
• Sistemi operativi per uso industriale - multiprocessore, real-time, asimmetrici
• Elaborazione embedded - progettazione e sviluppo firmware
• Tecnologie mobile

Sito web	http://www.t3lab.it
Direttore	Filippo Forni
Data pubblicazione	23/05/2025