



SMART MAINTENANCE

Una Piattaforma di Realtà Aumentata per il Training e le
Operazioni sul Campo nell'Industria Manifatturiera

Whitepaper

Graziano Terenzi, Giuseppe Basile

Inglobe Technologies Srl



AR-mediaTM
AUGMENTED REALITY MEDIA



SMART MAINTENANCE

Una Piattaforma di Realtà Aumentata a Supporto della
Manutenzione per il Training e le Operazioni sul Campo

Sommario

Executive Summary	3
1. Introduzione	5
2. La Realtà Aumentata e le altre Tecnologie Abilitanti.....	7
2.1 Tecnologie di Localizzazione e Posizionamento	7
2.1.1 Tecnologie di Posizionamento Outdoor.....	7
2.1.2 Tecnologie di Posizionamento Indoor	8
2.2 Tecnologie di Riconoscimento e Tracking	9
2.2.1 Riconoscimento di Pattern	9
2.2.2 Tracking	10
3. Visione di insieme della soluzione Smart Maintenance	13
3.1 Componenti Software	14
4 Use Case Generico per la Manutenzione di Macchine	16
5 Benefici e Stima del ROI	17
6 Approccio suggerito e Roadmap.....	18



Executive Summary

Questo documento discute alcune soluzioni di Inglobe Technologies per lo sviluppo di una piattaforma di Realtà Aumentata (AR) a supporto delle operazioni e del training nel contesto della manutenzione di macchine e impianti industriali. La tecnologia presentata può essere impiegata in scenari e compiti complessi come, per esempio, l'assistenza sul campo ai tecnici nel loro lavoro di manutenzione di macchinari e apparati.

Le applicazioni AR forniscono una tecnologia che supporta e velocizza le operazioni sul campo aumentando, nel contempo, i livelli di performance e di effettività. Alcune statistiche indicano miglioramenti della performance fino al 30% con gli operatori che riportano un più alto livello di coinvolgimento. Le applicazioni dell'AR a supporto dei tecnici sul campo hanno il potenziale di ridurre i costi fino al 25% grazie ad una più efficiente manutenzione, sostituzione di componenti, identificazione e definizione di nuove connessioni, risoluzione di blocchi o configurazioni errate, e ad un minore affidamento sul personale di backend e sulle risorse di sistema. Inoltre l'utilizzo dell'AR offre l'opportunità per, e contribuisce a, un più rapido miglioramento della qualità dei dati aziendali, grazie alle informazioni raccolte sul campo.

Lo sviluppo di applicazioni AR in un contesto industriale è un compito complesso, reso ancora più difficile dal bisogno di far leva sulla potenza di diverse piattaforme mobile native (iOS, Android, Windows Phone). Inglobe Technologies semplifica questo compito fornendo tecnologie, esperienza e soluzioni personalizzabili che aiutano a gestire la complessità, con un tempo ridotto, dall'analisi delle specifiche sino al deployment.

Allo scopo di presentare le componenti tecnologiche richieste per lo sviluppo di una soluzione AR effettiva nell'ambito della manutenzione industriale, il documento offre una overview dei problemi, delle tecnologie abilitanti e delle soluzioni richieste.

Il documento chiarisce inoltre come, secondo Inglobe Technologies, l'adozione di una "AR strategy", una strategia per l'introduzione in azienda della AR per la manutenzione industriale, non sia frutto di una scelta estemporanea, ma possibilmente il risultato di un percorso che richiede la definizione di una Roadmap per lo sviluppo di soluzioni di Realtà Aumentata di classe Enterprise.

Nel seguito del documento discutiamo il problema di rendere la manutenzione industriale più efficiente sotto due fondamentali aspetti, e cioè in riferimento al supporto intelligente alle operazioni sul campo e all'addestramento/training (sezione 1); nella stessa sezione discutiamo le dimensioni da cui deriva l'esigenza di sviluppare una soluzione efficiente di "Smart Maintenance" per il miglioramento della performance delle operazioni sul campo; in sezione 2 introduciamo le tecnologie abilitanti afferenti al dominio della Realtà Aumentata, che includono le tecnologie di posizionamento, pattern recognition e tracking, visione artificiale, le quali permettono di costruire



efficaci soluzioni industriali; nella sezione 3 viene presentata una panoramica sull'architettura della soluzione proposta; viene introdotto successivamente uno Use Case generico esemplare in questo contesto (sezione 4); in sezione 5 si discute la stima del ROI (ritorno sull'investimento), chiarendo i parametri attraverso i quali valutare quantitativamente i benefici apportati dall'adozione di una strategia AR per la manutenzione; infine, in sezione 6, viene offerto un approccio e una Roadmap per la realizzazione di una soluzione industriale di alto profilo per l'AR.



1. Introduzione

L'assemblaggio di apparati e la manutenzione di macchine industriali sono task complessi che richiedono il ricorso a risorse significative sia per il training che per le operazioni. In questo contesto, uno dei problemi più pressanti è come rendere tali processi più efficienti e robusti.

Un approccio molto efficace è quello che consiste nell'utilizzo di tecnologie emergenti, come la Realtà Aumentata, le quali stanno velocemente raggiungendo la maturità in molti ambiti industriali.

La Realtà Aumentata (AR) è la tecnologia che permette di agganciare agli oggetti del mondo reale livelli aggiuntivi di informazione digitale, i quali sono accessibili, in tempo reale e in modo contestuale, per mezzo di opportuni dispositivi di elaborazione e di visualizzazione. Tali dispositivi possono essere computer portatili, smartphones, tablets, ma anche i nuovi dispositivi indossabili, come per esempio gli occhiali AR, tra cui sono diventati particolarmente noti i Google Glass. Una proprietà notevole dei sistemi di Realtà Aumentata è quella di poter rendere direttamente visibile e accessibile l'informazione che normalmente è inaccessibile ai sensi, come per esempio la disposizione e connessione delle componenti all'interno di un involucro chiuso e opaco.

L'aumento dell'efficienza nei compiti di assemblaggio industriale, legato all'utilizzo della Realtà Aumentata, è stato documentato nel corso di diverse ricerche. In uno studio svolto in Finlandia (J. Saaski, T. Salonen, M. Liinasuo, J. Pakkanen, M. Vanhatalo, A. Riitahuhta, "Augmented Reality Efficiency in Manufacturing Industry: A Case Study", Norddesign 2008 conference, Norddesign 2008; 99-109), due gruppi di operatori erano stati addestrati ad un compito di assemblaggio di un piccolo motore; un gruppo aveva utilizzato istruzioni cartacee, l'altro aveva usato istruzioni basate sull'uso della Realtà Aumentata, fornite agli operatori per mezzo di un casco dotato di una telecamera e di un visore. I risultati dimostrano che in questi casi d'uso specifici, l'utilizzo delle istruzioni in AR comportava un aumento della velocità nell'esecuzione del task pari quasi al 17% rispetto all'utilizzo delle istruzioni cartacee. Lo studio mostra inoltre come, con le istruzioni cartacee, la probabilità di utilizzo di utensili non adeguati fosse, nel caso delle istruzioni cartacee, sei volte superiore rispetto al caso delle istruzioni AR, così come erano il doppio i tentativi di mettere un pezzo nel posto sbagliato. Tutte le differenze rilevate nei due casi d'uso dallo studio sono risultate essere statisticamente significative.

Da un lato, è un fatto ampiamente riconosciuto che le metodologie di formazione e training tradizionali richiedono lo svolgimento di numerose ore di attività principalmente in aula in associazione ad una piccola componente svolta sul campo. Le recenti metodologie di training che fanno ricorso alle nuove tecnologie immersive (situated learning, realtà aumentata, blended and immersive learning¹ ecc.), che in altri campi hanno dimostrato un incremento della performance

¹ Con il termine "situated learning" ci riferiamo qui al modello di apprendimento secondo il quale l'apprendimento ha luogo direttamente nel contesto in cui è applicato. Secondo gli approcci basati su questo modello, l'apprendimento non dovrebbe essere visto come la trasmissione di conoscenza astratta e a-contestuale da un insegnante ad un apprendista,



rispetto ai metodi tradizionali, stanno ora lentamente diffondendosi anche in ambito industriale. Il loro potenziale rispetto all'aumento dell'efficienza e alla diminuzione dei costi, però, non è ancora sfruttato appieno.

D'altro canto, è anche noto che le operazioni di manutenzione sul campo sono ad oggi svolte facendo affidamento esclusivamente sulle competenze già presenti ed acquisite dal personale addetto alla manutenzione durante le attività di formazione che sono parte dei piani di training aziendale. E' un fatto che lo svolgimento di operazioni di manutenzione che hanno luogo su macchine industriali complesse o dedicate pongono spesso sfide che mettono a dura prova le abilità cognitive e operative del personale specializzato. In molte circostanze, infatti, anche qualora l'operatore sia stato formato in maniera adeguata, i task manutentivi possono richiedere la consultazione di schede, manuali tecnici o anche il ricorso all'assistenza remota. Tutte le attività aggiuntive necessarie per reperire l'informazione necessaria per completare un task richiedono del tempo e hanno un costo sostanziale.

Da quanto sopra emerge l'esigenza concreta, da parte delle aziende, di dotarsi di strumenti che possano:

- 1) garantire un aumento dell'efficienza e della performance nell'apprendimento da parte del personale addetto alla manutenzione
- 2) contribuire a ridurre i costi legati alla manutenzione delle macchine e delle infrastrutture
- 3) massimizzare o aumentare la sicurezza e minimizzare l'errore umano
- 4) offrire un supporto esteso e più efficace al cliente finale.



Figura 1. Esempio di Realtà Aumentata su un impianto industriale

In tale contesto, l'obiettivo della soluzione *Smart Maintenance* è di offrire alle aziende un insieme di strumenti, basato sulla tecnologia della Realtà Aumentata, delocalizzato e connesso con il backend aziendale, a supporto delle operazioni di manutenzione degli asset materiali, come, per esempio, macchine, impianti od altro.

ma piuttosto come un processo di co-costruzione che ha luogo in un particolare ambiente fisico e sociale (J. Lave and E. Wenger (1991) *Situated Learning. Legitimate peripheral participation*, Cambridge: University of Cambridge Press)



2. La Realtà Aumentata e le altre Tecnologie Abilitanti

In questa sezione introduciamo le più importanti tecnologie emergenti, molte già sviluppate, attive e funzionanti, indispensabili per affrontare le sfide descritte nella sezione precedente.

2.1 Tecnologie di Localizzazione e Posizionamento

L'espressione "Tecnologia di Posizionamento" si riferisce alle soluzioni che rispondono al bisogno di identificare nel modo più preciso possibile la posizione di individui od oggetti all'interno di un dato ambiente. Gli operatori possono trovarsi in un ambiente chiuso, circoscritto e le cui caratteristiche sono note (come, ad esempio, un magazzino o un ospedale), oppure in uno spazio aperto, come un quartiere cittadino o un sito industriale.

2.1.1 Tecnologie di Posizionamento Outdoor

La tecnologia di posizionamento più comune per l'esterno è il GPS. Tuttavia i sistemi GPS tradizionali soffrono di una serie di limitazioni che ne rendono possibile l'uso solo qualora non si richieda una precisione di un ordine inferiore ai 5-20 metri. Per ottenere risultati migliori, un'opzione è il GPS Differenziale (DGPS) che fa leva su una rete di stazioni di trasmissione fisse a terra, e che correggono l'errore delle posizioni dei satelliti. La precisione dei DGPS nel raggio di 100-300Km da una stazione di trasmissione può arrivare fino a 5-10 cm. La loro accuratezza fa dei DGPS strumenti eccellenti per applicazioni nei settori dell'aerospazio, della difesa e del surveying. La loro applicazione può certamente anche essere pensata nel contesto dello sviluppo di innovativi sistemi di training e manutenzione industriale.

Un'altra soluzione per il posizionamento outdoor è il posizionamento WiFi. Questa tecnologia consente di stimare la posizione di un oggetto dotato di un'antenna wifi sulla base della conoscenza della posizione di un numero di access point wifi nell'intorno. In virtù del principio di triangolazione dei segnali degli hotspot, tali sistemi possono identificare la posizione di un oggetto con una precisione che varia tra i 5m e i 100m, in funzione della densità degli hotspot.





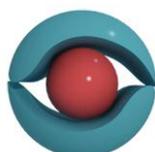
Figura 2. Alcune delle tecnologie che rendono il posizionamento indoor e outdoor più accurato per gli impieghi industriali

2.1.2 Tecnologie di Posizionamento Indoor

A causa dell'attenuazione del segnale, i sistemi GPS/DGPS non sono impiegati per rilevare la posizione di operatori o asset negli ambienti indoor. Esistono, tuttavia, metodi alternativi che permettono di raggiungere lo scopo.

In questo caso, il posizionamento WiFi è ancora un'opzione valida. Utilizzando lo stesso principio del posizionamento WiFi outdoor, ma grazie ad una conoscenza più accurata del campo elettromagnetico, degli hotspot wifi indoor e delle loro distanze relative, le migliori implementazioni possono raggiungere una precisione intorno a 1m. E' importante notare, d'altro canto, che settare una localizzazione indoor accurata con questo sistema può richiedere una laboriosa fase di calibrazione. In alcuni casi il processo può essere automatizzato, ma l'accuratezza ha sempre un costo maggiore. Inoltre, qualunque alterazione del campo magnetico può influire sulla precisione dell'identificazione della posizione, e in alcune circostanze, è richiesta una ri-calibrazione del sistema.

Altre soluzioni per il posizionamento indoor possono essere costruite sulla base di tags e lettori RFID (Radio Frequency Identification), di sistemi ottici (e.g. Infrarosso, LED) o acustici (e.g. ultrasuoni) così come una combinazione di WiFi + RFID e WiFi + LED. Una volta che i trasmettitori siano attivi e i segnali siano stati ricevuti da un opportuno ricevitore, il sistema di posizionamento indoor esegue tutti i calcoli necessari a localizzare l'operatore o un asset all'interno dell'ambiente.



Il posizionamento indoor può essere realizzato anche per mezzo di opportune tecniche di visione artificiale e riconoscimento di pattern. Le soluzioni più semplici fanno leva sulla previa conoscenza della struttura 3D di un ambiente (od oggetto da osservare) e sull'utilizzo di markers (cioè indicatori con forme regolari, come ad esempio i QR codes) associati a specifici punti dell'ambiente od oggetti. I markers codificano i dati di localizzazione e quindi sono usati per recuperare l'informazione associata ad un punto e al suo intorno. Un'implementazione di questo stesso principio, più complessa dal punto di vista computazionale, utilizza la struttura 3D dell'ambiente od oggetto, assieme a specifici landmark o stimoli visivi, caratteristiche geometriche o fisiche, che possono essere identificate e quindi usate da algoritmi computerizzati per stabilire la direzione del punto di vista della telecamera e calcolarne la posizione nell'ambiente. Questo richiede che informazione semanticamente rilevante sia contenuta in qualche modo nello stream video (vedi anche Tecnologie di Riconoscimento e Tracking), come per esempio le parti di un motore che devono essere mantenute.

Infine, è opportuno menzionare che l'uso di sistemi autonomi, come per esempio robots dotati di telecamera e algoritmi di apprendimento automatico che si muovono nello spazio tridimensionale, ha dimostrato che è possibile un'acquisizione rapida e accurata della struttura 3D di un ambiente indoor. Questo approccio è particolarmente utile quando l'ambiente, in cui si utilizza il sistema di supporto AR, debba essere mappato ed essere noto in anticipo.

2.2 Tecnologie di Riconoscimento e Tracking

Non solo gli ambienti possono essere chiusi o aperti (indoor e outdoor), essi possono essere anche noti in anticipo o totalmente sconosciuti. In quest'ultimo caso, le caratteristiche dell'ambiente devono essere apprese da un sistema artificiale a supporto delle operazioni, con tecniche specifiche.

2.2.1 Riconoscimento di Pattern

Quando gli attributi di uno spazio sono noti, un insieme di tecnologie di riconoscimento consente di identificare un oggetto, sia esso una persona o un asset, e permette così di ottenere tutte le informazioni associate a quell'oggetto. Riconoscere una persona o un asset in situazioni reali può essere un compito molto complesso, specialmente quando gli ambienti cambiano o evolvono nel tempo, a causa di fattori umani o naturali.

Al fine di superare queste difficoltà, sono state sviluppate diverse tecniche di "riconoscimento di pattern²". Il principio dietro le proposte più efficaci è quello di trovare le invarianti rispetto alle trasformazioni a cui l'oggetto o l'ambiente da riconoscere è soggetto, come per esempio le forme geometriche che non cambiano quando cambia la scala o il pattern di illuminazione .

² La parola inglese "pattern" equivale all'italiano "schema", "modello".



Una delle soluzioni tecnologiche proposte nella ricerca è l'utilizzo di reti neurali artificiali – in una combinazione per esempio di ART (Adaptive Resonance Theory), Back-propagation e Architetture Ricorrenti³ – per risolvere questo problema di invarianza. Un'altra soluzione si basa invece sull'isolamento di specifiche caratteristiche degli oggetti che cambiano con una frequenza ridotta rispetto a quelle che cambiano maggiormente nell'ambiente, come per esempio gli spigoli o i contorni di un oggetto.

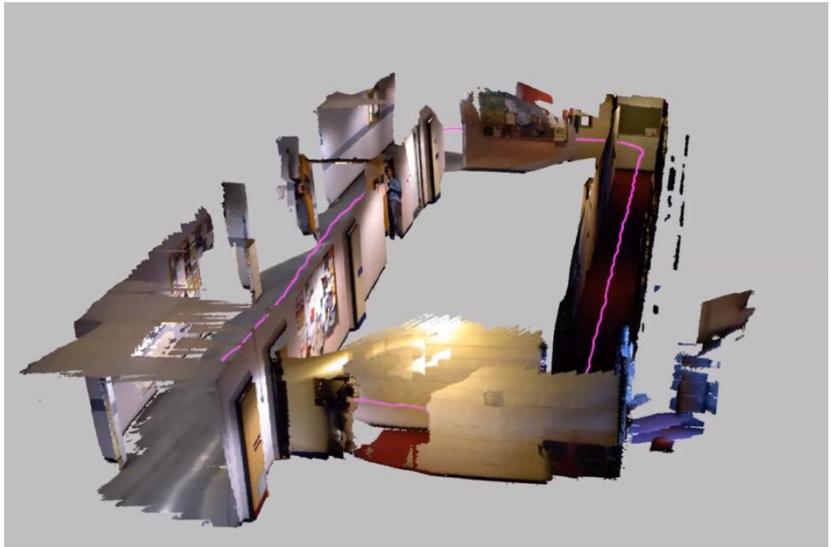


Figure 3. L'ambiente in cui l'esperienza AR è realizzata può essere mappato con metodi semi-automatici e quindi essere riconosciuto. (<http://tinyurl.com/pradoh4>)

2.2.2 Tracking

Il riconoscimento e la rilevazione della posizione fissa di un oggetto in un dato ambiente può non essere sufficiente per certi scopi, come per esempio quando occorre conoscere precisamente anche la direzione e l'orientamento del suo movimento all'interno del sistema di riferimento dell'ambiente rispetto al punto di vista dell'osservatore. Questo tipo di informazione è strettamente richiesto quando gli operatori devono accedere a dati rilevanti in tempo reale in un dominio applicativo, come per esempio per risolvere un problema di manutenzione di un apparato.

Il tracking per l'AR è l'atto di identificare, in modo continuo nel tempo, la posizione e l'orientamento del punto di vista dell'osservatore rispetto a un dato sistema di riferimento 3D, il quale è associato ad un ambiente od oggetto reale. Esistono diverse tecniche di tracking. Nel seguito ne elenchiamo alcune:

- *Metodi attivi:* si basano sull'uso di sensori i cui segnali vengono letti per mezzo di sistemi di ricezione alimentati con energia (e.g. sensori di profondità ad infrarossi o laser, ultrasuoni, GPS, WiFi).

³ L'Adaptive resonance theory (ART) è una teoria sviluppata da Stephen Grossberg e Gail Carpenter circa il modo in cui il cervello elabora l'informazione. Essa introduce una serie di modelli di reti neurali ispirati all'idea che l'identificazione e il riconoscimento degli oggetti sono il risultato dell'interazione delle aspettative di alto livello dell'osservatore con l'informazione sensoriale di basso livello (S. Grossberg (1987), Competitive learning: From interactive activation to adaptive resonance, *Cognitive Science*, 11, 23-63).



- *Metodi passivi*: non richiedono l'uso di energia per emettere o ricevere segnali. Questi sono basati su sensori inerziali (ad esempio, accelerometro, magnetometro, giroscopio presenti nei dispositivi mobili).
- *Metodi ottici (computer vision)*: questo include l'uso di markers, e il tracciamento di features naturali (cioè le caratteristiche naturali dell'ambiente).
- *Hybrid tracking*: metodi che combinano tecniche inerziali e di computer vision.

E' importante notare che le tecnologie di posizionamento e di tracking sono molto simili, con la differenza principale che il tracking deve anche:

- Allineare il sistema di riferimento virtuale con il mondo reale in tre dimensioni
- Identificare i cambiamenti di posizione e orientamento del punto di vista dell'utente nel tempo, utilizzando sensori di posizionamento o la visione.

Per gli usi in ambito industriale, è molto importante operare una distinzione tra alcune tecniche, in particolare: 2D Tracking, 3D Tracking e Hybrid Tracking.

2D Tracking

I GPS standard e i sensori inerziali da soli non possono fornire informazione accurata per il tracking a causa di problemi come il rumore nella trasmissione del segnale e il drift (cioè il progressivo cambiamento dei valori delle misure dei sensori nel tempo). Un approccio diverso consiste nel ricorrere a metodi di riconoscimento visivo e tracking ottico. In questo contesto le soluzioni più comuni fanno leva sull'utilizzo di markers (di cui un esempio sono le immagini con bordo quadrato in bianco e nero) o immagini bidimensionali che contengono caratteristiche visive presenti già in qualche modo nell'ambiente, anche note come "caratteristiche naturali" (o 2D Natural Feature Tracking). E' ben noto che gli approcci basati sui markers soffrono di alcune limitazioni importanti, come per esempio l'elevata sensibilità ai cambiamenti di luce o la ridotta distanza di tracking. Gli approcci 2D NFT sono, per certi versi, più robusti ma sono più lenti e non costituiscono una soluzione che funziona in molti scenari importanti.

3D Tracking

Diversi approcci al tracking sono stati proposti nella letteratura accademica per superare i limiti sopra descritti. La differenza principale risiede nel fatto che le caratteristiche naturali rilevate non sono nello spazio a due dimensioni (2D), bensì caratteristiche dello spazio a tre dimensioni (3D). I metodi proposti includono il *tracking edge-based* e il *tracking template-based*, tanto per menzionarne i più importanti. Essi sfruttano il principio centrale di usare caratteristiche già presenti nell'ambiente per estrarre informazioni utili al tracking.

Le tecniche Edge-based identificano i contorni, le linee e gli spigoli nello stream video. Questi spigoli sono quindi messi in corrispondenza con opportuni modelli 3D, noti e resi disponibili in precedenza, al fine di ottenere l'esatta posizione e orientamento della telecamera rispetto



all'oggetto (RAPID, è uno dei primi approcci edge-based tracking che siano mai stati introdotti- C. Harris, Tracking with Rigid Objects. MIT Press, 1992).

Il Tracking Template-based è un approccio che risulta utile quando si tratta di tracciare oggetti reali utilizzando una telecamera. Un "template" si riferisce all'insieme composto delle proiezioni delle caratteristiche di un modello, e dei corrispondenti parametri di posizione del modello rispetto al punto di vista dell'utente. I templates sono creati proiettando un modello 3D rispetto ai diversi punti di vista dell'osservatore. Comparando le immagini estratte dal flusso della telecamera con i templates, il sistema può stimare il punto di vista dell'osservatore a partire dal confronto tra le immagini del flusso video e i templates disponibili.

Hybrid Tracking

In molte circostanze, l'impiego di una singola tecnologia di tracking può non essere risolutivo. In queste situazioni, una combinazione opportuna di metodi tracking ottico e inerziale può fare la differenza. Questo permette il tracking continuo in condizioni in cui l'informazione sull'ambiente è così sparsa che nessuno dei metodi presi singolarmente funzionerebbe in modo soddisfacente. Applicazioni basate su questi approcci sono attualmente in fase di sviluppo in settori relativi alla sicurezza e alla manutenzione di infrastrutture in ambienti urbani.

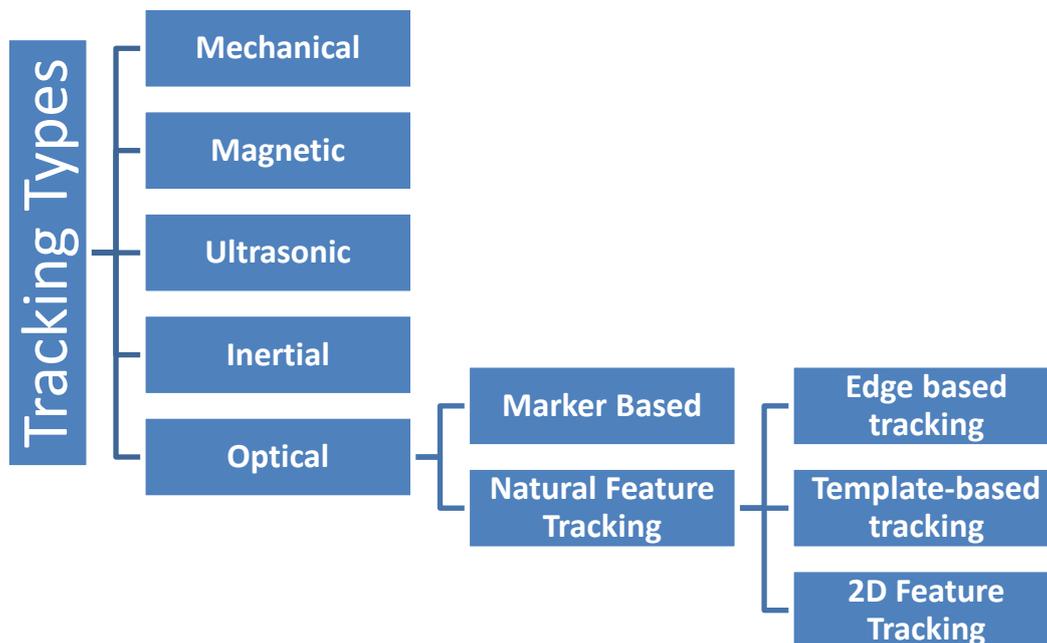


Figura 4. Tassonomia delle tecnologie di tracking per l'AR

Integrazione con l'infrastruttura dati esistente

Una volta integrate in una applicazione per dispositivi mobili, le tecnologie descritte sino ad ora permettono di introdurre sistemi intelligenti di supporto basati sull'AR in complessi contesti aziendali. Nei casi in cui il sistema di supporto abbia necessità di accedere ai dati immagazzinati nei



sistemi aziendali di backend, le soluzioni AR, residenti come applicazioni native sui dispositivi mobili, possono essere integrate con i sistemi IT già esistenti all'interno delle organizzazioni. I dati raccolti e mantenuti dai servizi connessi al backend aziendale possono essere utilizzati per guidare gli operatori sul campo in tempo reale. Questa esigenza pone due problematiche principali: 1) una tecnica, relativa all'infrastruttura necessaria per l'integrazione delle applicazioni mobile con il back-end aziendale; 2) l'altra, relativa alle modalità di analisi, sintesi e rappresentazione dei dati in modo da che siano ottimizzati per l'utilizzo nelle applicazioni AR e relativi modelli della realtà. In entrambe le aree, le tecnologie e metodologie coinvolte, hanno già da tempo raggiunto la maturità.

3. Visione di insieme della soluzione Smart Maintenance

Smart Maintenance è la piattaforma di Inglobe Technologies per la manutenzione di macchine industriali. La piattaforma include tre componenti principali:

- 1) Content Management Layer
- 2) Application Frontend
- 3) Administration Backend

Il componente di Content Management contiene tutti gli strumenti necessari per creare contenuti adatti per la visualizzazione AR a partire dagli assets e relativi modelli 3D dell'azienda. Esso consiste di due diverse parti: uno o più plugin custom che si collegano direttamente a specifici software CAD e un'interfaccia web-based attraverso la quale si possono organizzare le attività e i task di manutenzione e aggiungere contenuti all'applicazione.

L'Application Frontend è anch'esso costituito da due parti principali:

- Administration Web Client: consente di creare differenti sessioni e scenari di manutenzione, aggiungere utenti e ruoli, creare e localizzare i task e le informazioni disponibili in un dato contesto operativo, assegnare i task agli utenti, aggiungere dati e contenuti multimediali per la visualizzazione nell'applicazione AR. Tutte le informazioni sono aggiornate per mezzo di un'interfaccia web-based e sono immagazzinate in un RDBMS su un server nella intranet aziendale o un server cloud.
- Mobile User Client: consente a ciascun operatore di accedere ai task di manutenzione che gli sono stati assegnati così come a tutti i contenuti e procedure visualizzabili con l'utilizzo della Realtà Aumentata. Il client mobile permette di scaricare e visualizzare, dove e quando serve, tutta l'informazione necessaria all'operazione di manutenzione. Due componenti importanti di esso sono l'organizzazione e l'accesso ai contenuti specifici dello scenario di manutenzione e il tracking degli oggetti rilevanti per la manutenzione.

Un'overview dell'architettura della soluzione è fornito nella figura di seguito.



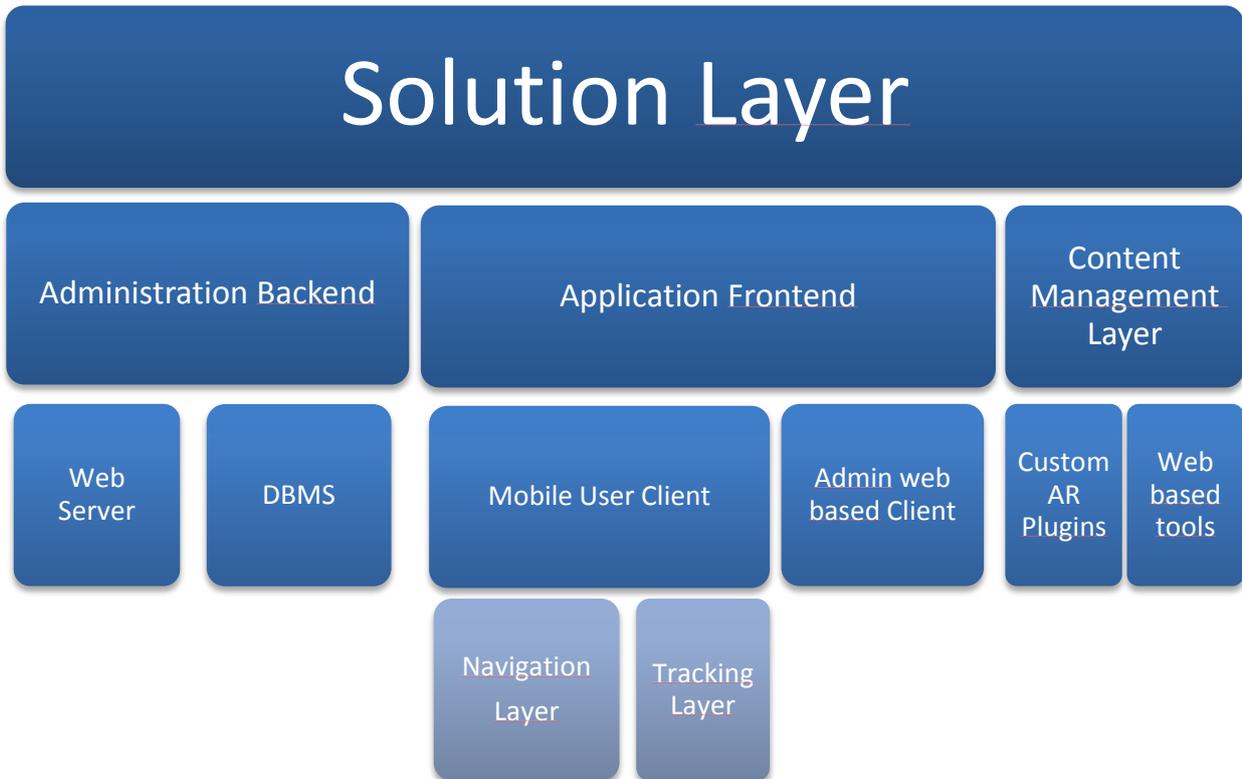


Figura 5. Overview della soluzione “Enterprise Class” per il supporto alle operazioni e al training per il personale addetto alla manutenzione

3.1 Componenti Software

Una descrizione dei differenti componenti software, inclusi i componenti chiave, che sono al cuore della tecnologia AR, è offerta nella seguente Tavola 1:

NOME DEL COMPONENTE	DESCRIZIONE DEL COMPONENTE
Application Frontend	Interfacce e servizi di comunicazione condivisi dai client mobile e di amministrazione. Personalizzati sulla base delle specifiche di progetto *
Mobile User Client	Business Logic, Interfacce, Servizi di Comunicazione della mobile App. Personalizzati sulla base delle specifiche di progetto *
Visual Search	Cattura le immagini della telecamera e individua l’immagine più simile in un database; inoltre ricostruisce il punto di vista dell’utente
Navigation Layer	Legge i dati dei sensori e l’informazione visuale per fornire la posizione dell’utente, sia indoor che outdoor.



<i>Sensori Mobile</i>	GPS, Accelerometro, Giroscopio, Bussola
<i>Codici QR</i>	I codici QR possono essere usati per veicolare informazione di localizzazione
<i>Image based search</i>	Vedi la componente "Visual Search"
<i>Multiple 3D Point Clouds</i>	Posizionamento dell'utente attraverso l'analisi della struttura 3D dell'ambiente e l'impiego di nuvole di punti diverse associate a diverse porzioni dello stesso ambiente. E' una feature unica e avanzata dell'engine di 3D tracking di Inglobe Technologies
Tracking Layer	Permette di identificare e tracciare gli oggetti in un ambiente.
<i>2D NFT</i>	Tracking di immagini 2D generiche, anche "on the fly"
<i>Marker Based</i>	Tracking di markers con bordi quadrati in bianco e nero
<i>3D Tracker</i>	Tracking di oggetti reali 3D; riconoscimento e tracciamento della struttura 3D di un oggetto. Una feature aggiuntiva avanzata ai metodi di tracking di base
Admin Web based Client	Componente che permette l'amministrazione direttamente lato web. Personalizzati sulla base delle specifiche di progetto*
Content Management Layer	Interfacce tra le diverse componenti per la creazione dei contenuti. Personalizzati sulla base delle specifiche di progetto*
Custom AR plugins	Permettono di creare contenuti AR sulla base di asset 3D (che includono anche video e audio) già disponibili oppure creati appositamente per lo scopo. I Plugins sono disponibili per Autodesk 3ds Max, Maya, Trimble SketchUp, Nemetschek Vectorworks, Scia Engineer, Maxon Cinema4D, ma possono essere sviluppati e/o adattati per altri software.
Web based Content Creation tools	Consentono di definire e aggiungere contenuti online, come per esempio informazioni di localizzazione e contenuti multimediali aggiuntivi
Administration Backend	Piattaforma e servizi: login, authentication, security, etc. RDBMS e server side code
Web Server**	Gestisce la comunicazione http/https con il DBMS e con i mobile e admin clients.
DBMS**	Database Server, Relational DBMS
Solution Layer	Interfacce e servizi di comunicazione che legano il backend, il frontend e i content creation tools. Dipende dalla soluzione specifica*

* Queste component sono tipicamente personalizzate sulla base delle specifiche

** Componenti infrastrutturali

Tavola 1. Componenti Software della Soluzione



4 Use Case Generico per la Manutenzione di Macchine

L'azienda WXY produce un macchinario industriale M. Il macchinario M è composto di diverse componenti che abilitano una serie di processi, e.g. p1, p2, p3....pn. Quando la macchina richiede operazioni di manutenzione, sostituzione di parti, riparazione, la soluzione Smart Maintenance permette di:

- 1) costruire un database con informazioni relative alle diverse componenti o macchine ed i contenuti rilevanti per i relativi processi manutentivi
- 2) per ogni macchina o componente, creare un insieme variabile di task di manutenzione (modificabile nel tempo, corrispondente per esempio ad i processi abilitati p1,.....pn), in cui ciascun task contiene diversi step di manutenzione
- 3) creare diversi profili utente con privilegi differenti ed abilitare uno specifico operatore ad accedere a uno o più determinati task
- 4) fare in modo che gli operatori, connessi con il loro dispositivo mobile (cellulare, ipad, tablet, etc.) alla rete aziendale accedano, direttamente *on site*, ai contenuti aggiornati dei task di manutenzione assegnati
- 5) gli operatori, una volta di fronte alla macchina da mantenere, vengono supportati nelle operazioni con informazioni aggiornate in tempo reale che aumentano la capacità dell'operatore di effettuare un task in maniera efficiente ed efficace; la modalità più avanzata di accesso alle informazioni è offerta dall'uso della Realtà Aumentata che sovrappone, in maniera contestuale alla immagine ripresa dalla telecamera, le informazioni necessarie all'operatore per completare velocemente e con precisione l'attività; infine, le operazioni svolte e/o i dati raccolti sul sito, possono essere comunicati al backend aziendale (ad esempio per accedere ad informazioni sulla disponibilità e reperibilità di componenti in magazzino).
- 6) Tutte le informazioni sono disponibili e accessibili online per i responsabili delle operazioni, i quali possono tener traccia dello stato dell'esecuzione dei task da parte dei diversi addetti alla manutenzione
- 7) Lo stesso sistema può essere utilizzato a supporto del training, creando percorsi di formazione, secondo un paradigma di tipo "situated learning".

In questo contesto, la definizione delle strutture dati degli scenari manutentivi è relativamente standard, e può essere svolta attraverso semplici interfacce web-based, da chiunque sia abilitato a tale incarico.

La creazione autonoma di contenuti presuppone invece la capacità dell'azienda di disporre e preparare autonomamente i propri modelli 3D degli asset da mantenere (eventualmente ricorrendo ad un servizio di terzi o alla modellistica di progetto). A questo scopo, assumendo che



l'azienda disponga dei modelli 3D, la soluzione mette a disposizione alcuni strumenti per la loro preparazione per la visualizzazione in Realtà Aumentata. Il content management system per l'AR permette di raggiungere questo obiettivo in modo del tutto autonomo.

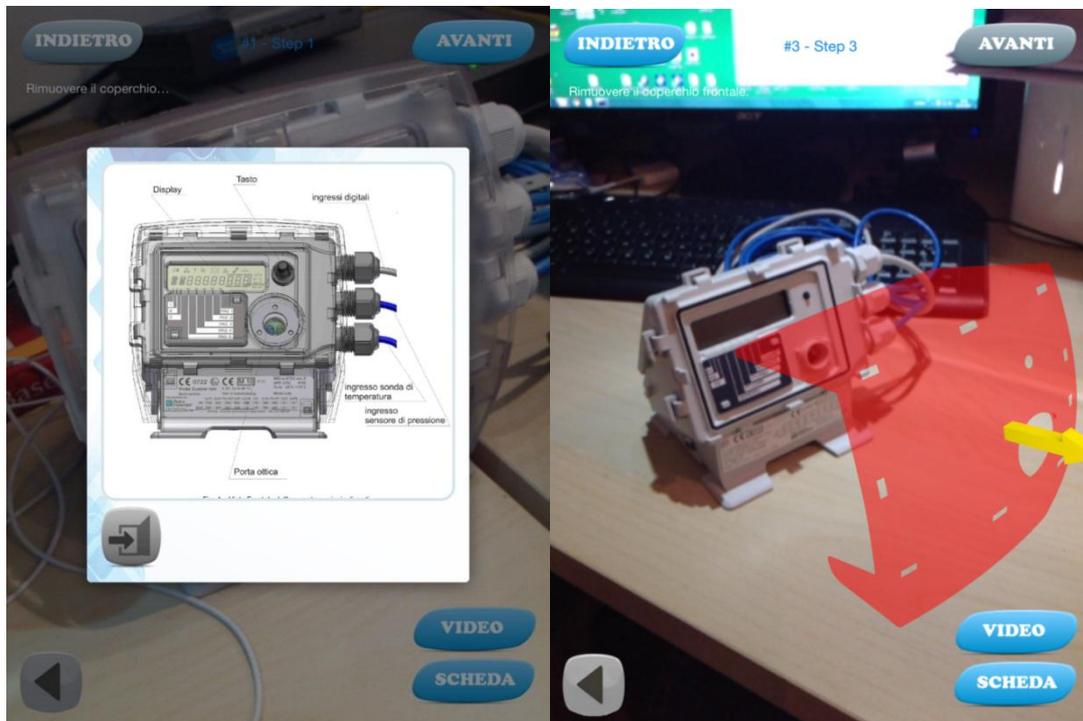


Figura 6. Applicazione AR per la manutenzione di router per il “gas metering”.

5 Benefici e Stima del ROI

Perché è bene adottare una soluzione del tipo descritto sopra? Una risposta è data dalle informazioni disponibili rispetto ai benefici che una tale soluzione può apportare all'azienda.

In contesti simili, si è stimato che una soluzione AR per le operazioni di manutenzione sul campo può determinare un aumento di efficienza e una diminuzione dei costi che vanno dal 20% al 30%. Stimando il tempo medio impiegato dagli operatori nel processo di manutenzione tradizionale delle macchine è possibile infatti desumere quale sia il risparmio che la tecnologia permette di ottenere.

Un altro beneficio è connesso alla potenziale riduzione dell'errore umano, che ha anch'esso dei costi associati.

Un ulteriore beneficio è connesso invece all'aumento della sicurezza che consegue all'implementazione efficiente di “best practices”.

La maggior parte dei benefici interviene in ambito OPEX con risparmi, in qualche caso, sino al 15% annuo.



6 Approccio suggerito e Roadmap

Il principale obiettivo ottenibile grazie all'implementazione della soluzione Smart Maintenance, presentata in questo white paper, è di duplice portata. Da una parte, si permette di utilizzare al meglio le informazioni già disponibili in azienda in relazione alla manutenzione degli asset; dall'altra, si sfrutta il potenziale della tecnologia della Realtà Aumentata per incrementi di performance nel training ed un grado di utilizzo delle informazioni disponibili, così da raggiungere livelli di efficacia ed efficienza nella manutenzione mai sperimentati prima.

L'uso della Realtà Aumentata per il supporto alle operazioni e al training degli operatori addetti alla manutenzione di macchine industriali complesse, con lo scopo primario di migliorarne la performance, assicura inoltre significativi risparmi nel numero degli operai, tempo di esecuzione e costi.

Fase 1 - Plan and Organize (2-8 mesi)

- **Obiettivo:** dimostrare il potenziale della tecnologia AR in un opportuno scenario applicativo rilevante rispetto alla Mobile Strategy dell'azienda; comprendere le caratteristiche dell'implementazione della tecnologia, aiutare a strutturare i requisiti di business e di training; identificare gli assets richiesti e il setup per lo sviluppo delle iniziative future
- **Cosa:** testare la tecnologia AR e la sua effettività attraverso una applicazione per uno specifico caso di riferimento, pubblicabile su Apple App Store o Google Play, senza bisogno di utilizzare uno store interno e senza integrare il tutto con il backend aziendale
- **Come:** richiedere a Inglobe Technologies lo sviluppo e il supporto per la prima implementazione di un'iniziativa AR per la manutenzione con garanzia di successo per l'iniziativa.

Fase 2 - Architect and Deploy (3-18 mesi)

- **Obiettivo:** estendere la "AR capability" a tutte le iniziative rilevanti a cui la tecnologia può essere applicabile , nel contesto per esempio della manutenzione; abilitare scenari complessi anche attraverso l'integrazione con il backend aziendale; integrazione con tecnologie MADP middleware eventualmente già adottate in azienda che supportano l'industrializzazione delle iniziative AR.
- **Cosa:** primi progetti AR in corso; implementare una soluzione che comprende sia il frontend che il backend. Il frontend può includere un Web-administration client, un Mobile client, Content Creation tools. Il backend può includere i servizi di comunicazione lato server e un database.
- **Come:** mantenere il focus e completare i progetti in corso; prima integrazione con il backend completata; richiedere a Inglobe Technologies di sviluppare o supportare progetti e implementazioni più complesse, con garanzia di successo per l'iniziativa; implementare i tools di Inglobe per la creazione e il deployment agevole dei contenuti sul campo.

Fase 3 - Industrialized AR (9-24 mesi)

Figura 7. Esempio di Roadmap in tre fasi delle 4 fasi a supporto dell'introduzione dell'AR in soluzioni enterprise

Laddove la tecnologia mobile non sia già stata utilizzata per qualche motivo, muovere i primi passi con applicazioni mobile e con la Realtà Aumentata in ambito industriale richiede sicuramente una



strategia ben strutturata. L'introduzione della Realtà Aumentata in un contesto industriale, infatti, è un processo ben diverso dall'utilizzo della stessa tecnologia in altri ambiti, come per esempio il marketing.

Analogamente a quanto avviene per l'adozione di una Mobile Strategy aziendale, l'adozione di una Augmented Reality Enterprise Strategy richiede un'analisi attenta degli obiettivi e delle soluzioni che permettono di raggiungerli.

Nonostante la limitata informazione di cui si possa disporre inizialmente sui requirements di un eventuale progetto, in generale è possibile identificare un approccio in tre fasi che è rappresentato nella figura 7 sopra riportata.

E' importante notare che la durata di ogni fase è variabile e che, inoltre, è presente anche una fase 4 (come la fase 3, non commentata per brevità) corrispondente all'industrializzazione dell'utilizzo dell'AR per la manutenzione così come è stata brevemente descritta in questo documento. La fase 4 ha rilevanza in uno scenario di formalizzazione per fornire una copertura a partire dal livello di unità o dipartimento, di estensione dell'approccio a livello divisionale, aziendale, di gruppo fino ad includere anche i maggior partners. E' anche importante notare che la Roadmap suggerita è solo un esempio ed è offerta qui come riferimento di base dal momento che un esercizio di sviluppo di una Roadmap può risultare utile a meglio definire le attività tattiche, progetti e quick wins, a supporto di una efficace strategia di adozione di applicazioni AR nel business.

Per maggiori informazioni e per qualunque altra richiesta, potete contattare:

Inglobe Technologies - ARmedia

info@armedia.it

+39 0775 1886100

www.armedia.it

