

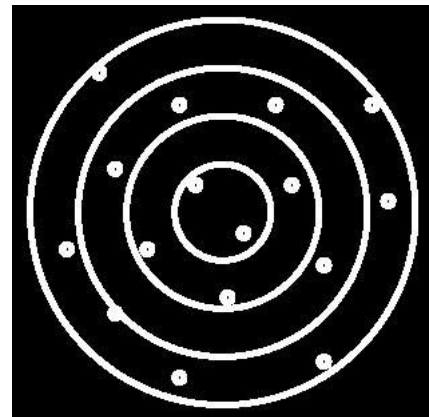
# Sistema di posizionamento indoor

(con precisione di  $\pm 2\text{cm}$ )

Per veicoli autonomi,  
robot, droni, carrelli  
elevatori e persone



# Problema da risolvere



# Problema

- **Il GPS non funziona in ambienti chiusi:**
  1. Nessuna visibilità diretta dei satelliti
  2. La precisione della posizione è misurata in metri anziché in centimetri (come richiesto in ambienti chiusi)
- Altri sistemi di posizionamento indoor - UWB, beacon Bluetooth, odometria, magnetometri, WiFi RSSI, triangolazione laser, sistemi ottici, ecc. - presentano le proprie serie limitazioni - solitamente in termini di precisione, costo o dimensioni
- Senza una conoscenza precisa e tempestiva della posizione, la navigazione autonoma è impossibile

# Soluzione



- Sistema di posizionamento indoor pronto all'uso, disponibile sul mercato, basato su beacon ultrasonici fissi collegati tramite interfaccia radio in banda ISM esente da licenza
- La posizione di un beacon mobile installato su un robot (veicolo, drone, persona) viene calcolata in base al ritardo di propagazione del segnale ultrasonico verso un insieme di beacon ultrasonici fissi, utilizzando la trilaterazione

# GPS" indoor ( $\pm 2\text{cm}$ )

- **Configurazione Starter Set:**

- 1 x beacon mobile - 119 EUR
- 4 x beacon fissi - 4x119 EUR
- 1 x modem/router - 119 EUR
- Tutto il SW necessario incluso



**Sistema 3D (x, y, z) pronto all'uso a 599 EUR**

Lo Starter Set copre fino a  $1.000\text{m}^2$   
Ottieni beacon stazionari aggiuntivi per espandere fino a  
 $200.000\text{m}^2$  e oltre

# Clientsi selezionati

Clientsi in oltre 50 paesi

Sul mercato dal 2014



European Space Agency



Massachusetts Institute of Technology



MOTOROLA SOLUTIONS



PORSCHE



RENAULT



UNIVERSITY of FLORIDA



株式会社 日進機械

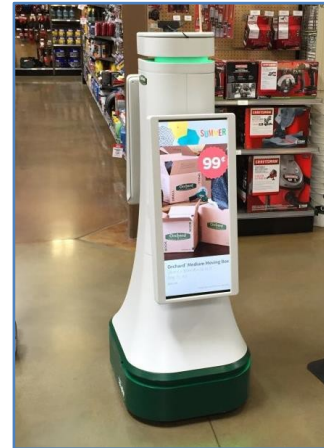


# Caso d'uso: Robot autonomi



- 1) Consegna automatica (10-100kg) in magazzini e impianti di assemblaggio
- 2) Versioni modificate per applicazioni personalizzate: scansione, spruzzatura, ispezione, fotometria, diversi tipi di misurazioni ripetitive

Robot pubblicitari con fascino high-tech - spettacoli, centri commerciali, conferenze, musei



Micro-consegna (1-10kg) in ambiente industriale: campioni, calibri, telecamere



# Caso d'uso: Droni autonomi



Droni indoor autonomi per la gestione dell'inventario e l'ispezione

# Caso d'uso: Veicoli

## Caso d'uso:

- Tracciamento di veicoli, buggy, carrelli, muletti e altri asset mobili in magazzini, nelle aree passeggeri e merci degli aeroporti, in tunnel e miniere

## Problemi risolti:

- Incidenti: collisioni e superamento dei limiti di velocità
- Attrezzature e merci danneggiate
- Asset mobili persi o sottoutilizzati

## Vantaggi:

- Conoscenza precisa di chi sta facendo cosa e dove => aumento della produttività
- Dati in tempo reale su velocità, accelerazione e posizione dei beni mobili => aumento della produttività
- Prevenzione degli incidenti e riduzione delle spese assicurative e di altri costi evitabili



# Caso d'uso: Persone

Tracciamento della posizione dei lavoratori in fabbriche, ambienti sotterranei, metropolitane o tunnel, cantieri edili, stazioni ferroviarie o sotto i ponti

## Caso d'uso:

- Ambienti sotterranei/miniere/metropolitana
- Cantieri edili
- Fabbriche
- Produzione pericolosa
- Raffinerie di petrolio e aziende del gas



- Aumento della produttività
- Aumento della sicurezza

# Sicurezza con gru in funzione e persone

Zona di geofencing mobile sul braccio della gru

Ind. Super-Beacon



Super-Modem



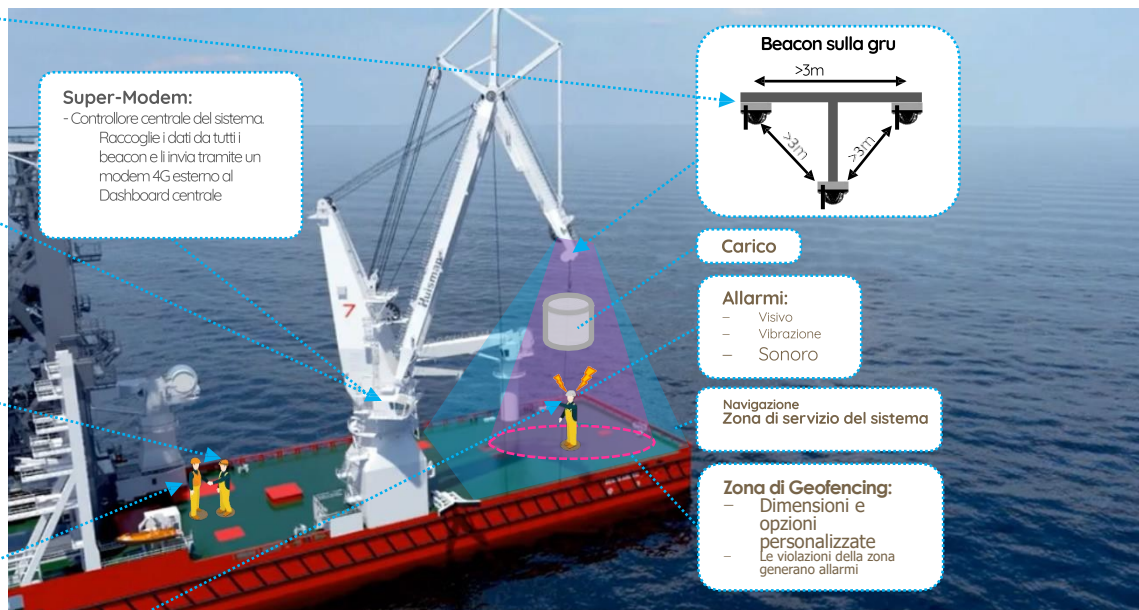
Faro Marvelmind



Giacca Marvelmind



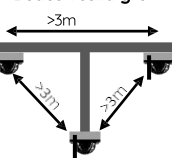
Casco Marvelmind



## Super-Modem:

- Controllore centrale del sistema. Raccoglie i dati da tutti i beacon e li invia tramite un modem 4G esterno al Dashboard centrale

## Beacon sulla gru



## Carico

## Allarmi:

- Visivo
- Vibrazione
- Sonoro

## Navigazione Zona di servizio del sistema

## Zona di Geofencing:

- Dimensioni e opzioni personalizzate
- Le violazioni della zona generano allarmi

## Configurazione:

- N x Industrial Super-Beacon-Plastic (montato sul braccio della gru)
- N x Marvelmind Headlight (1 per lavoratore, posizionato sul casco)
- 1 Super-Modem (posizionato centro)

## Principio di funzionamento:

- In questa configurazione, l'estremità del braccio della gru è una scheda, il cui ingresso nella zona di Geofencing avviserà la persona e l'operatore di una pericolosa vicinanza

## Risultato:

- Tracciamento ad alta precisione Marvelmind Indoor GPS
- Allarme per i lavoratori e il responsabile del turno
- File CSV con la registrazione di tutti i movimenti durante il turno
- Registrazione automatica di tutte le violazioni in un file per ulteriori analisi (opzionale)

## Obiettivo:

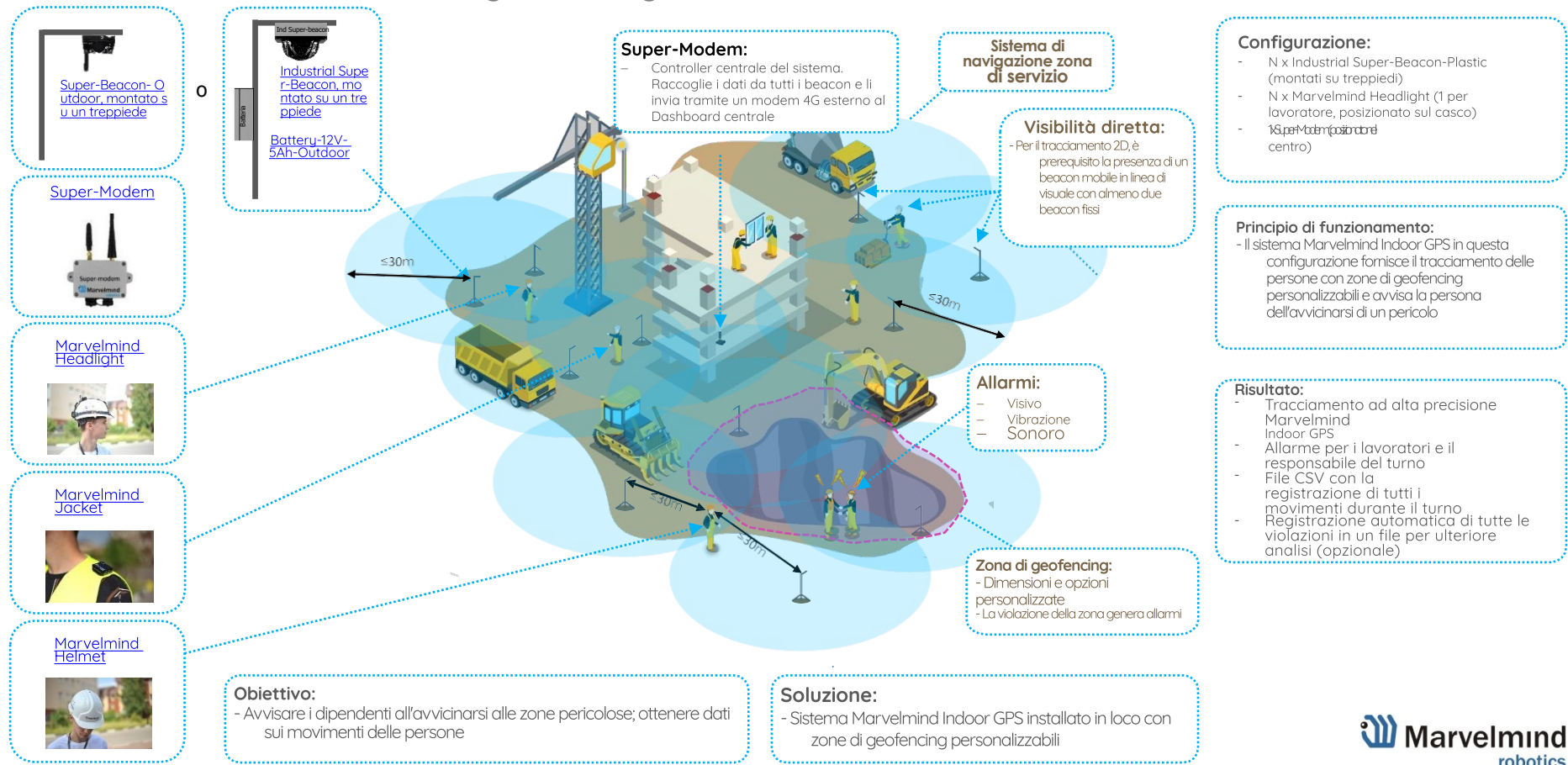
- Prevenire la pericolosa vicinanza e le collisioni del carico con una persona

## Soluzione:

- Sistema Marvelmind Indoor GPS installato direttamente sulla gru con una zona di geofencing mobile, che si sposta seguendo il braccio della gru

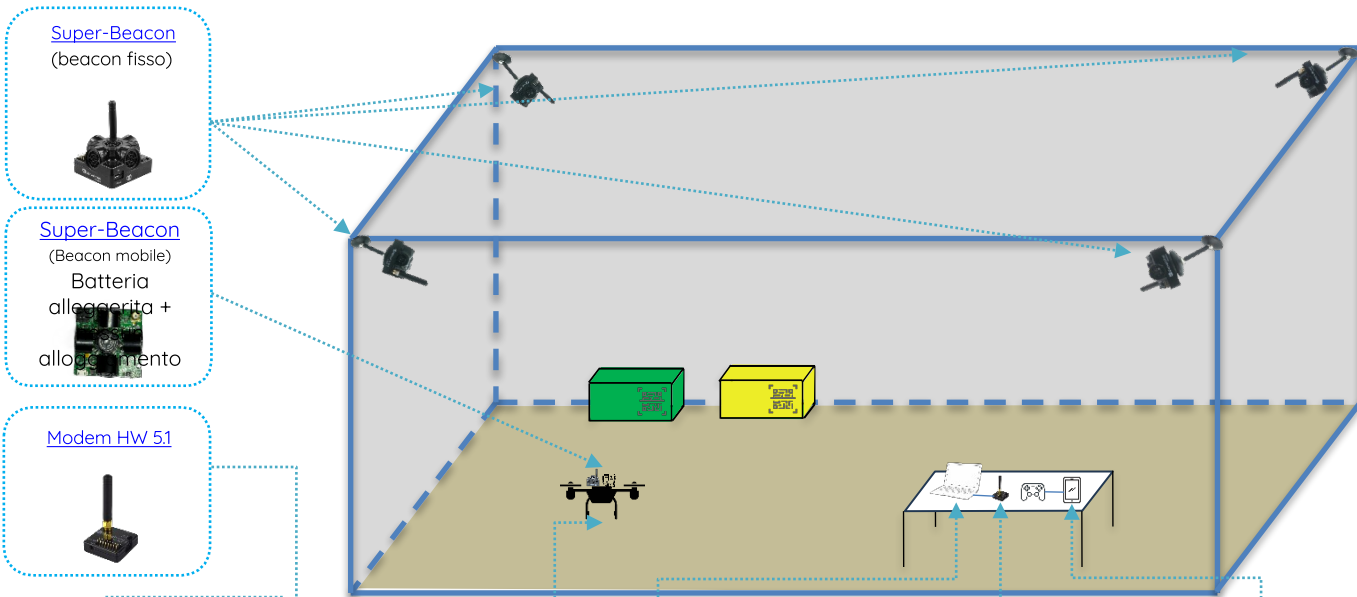
# Sicurezza nel cantiere edile

## Zone di geofencing statiche e mobili in un cantiere edile



# Droni DJI autonomi in ambienti interni

Un esempio per una submap di 20x20 metri + 1 drone



## Super-Beacon

(beacon fisso)



## Super-Beacon

(Beacon mobile)

Batteria  
alleggerita +  
alloggiamento



## Modem HW 5.1



## Drone DJI



### Drone DJI:

- Il sistema Marvelmind supporta i droni DJI a partire dal DJI Mini 3. L'integrazione funziona tramite DJI SDK

### Dashboard:

- Utilizzato per la configurazione del sistema. Tracciamento visivo del drone. Trasmette in streaming al tuo smartphone

### Modem HW 5.1:

- Controllore centrale del sistema. Raccoglie i dati da tutti i beacon e comunica tramite USB/UART virtuale con il Dashboard

### App Marvelmind + DJI RC:

- App Android speciale Marvelmind, che consente di controllare il sistema da remoto. Si collega a un DJI RC

### Obiettivo:

- Fornire un volo autonomo in ambienti interni per il WMS
- Scattare foto automaticamente, scansionare codici QR, inviare dati di posizione

### Soluzione:

- Sistema Marvelmind Indoor GPS con un'app Marvelmind per il volo autonomo

### Configurazione:

- 3-4 x Super-Beacon - beacon fissi
- 1 x Super-Beacon - un beacon mobile
- 1 x Modem HW 5.1 - un controller centrale
- 1 x drone DJI - un oggetto tracciabile
- 1 x DJI RC + telefono Android con app Marvelmind DJI - un controller per uno schema di volo autonomo del drone
- 1 x laptop Windows/Linux - utilizzato per installare Dashboard e configurare il sistema

### Principio di funzionamento:

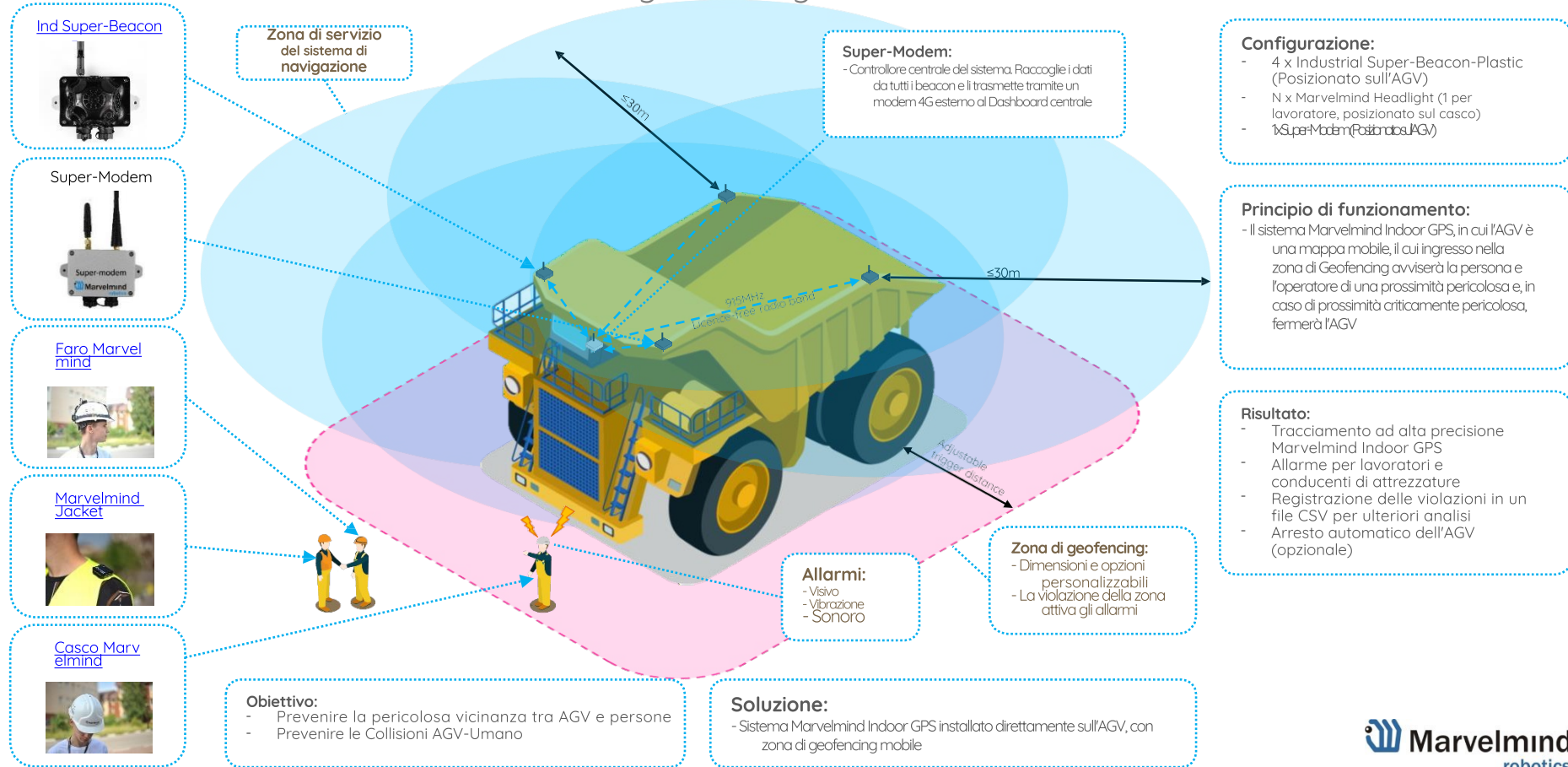
- Il sistema Marvelmind Indoor GPS in questa configurazione fornisce il tracciamento e il volo autonomo di un drone DJI utilizzando DJI SDK

### Risultato:

- Droni DJI che volano autonomamente secondo i waypoint nel Dashboard, scattando foto o scansionando e riconoscendo codici QR/a barre, e inviandoli insieme alle loro coordinate precise al WMS o all'ERP
- Ritorno autonomo alla base

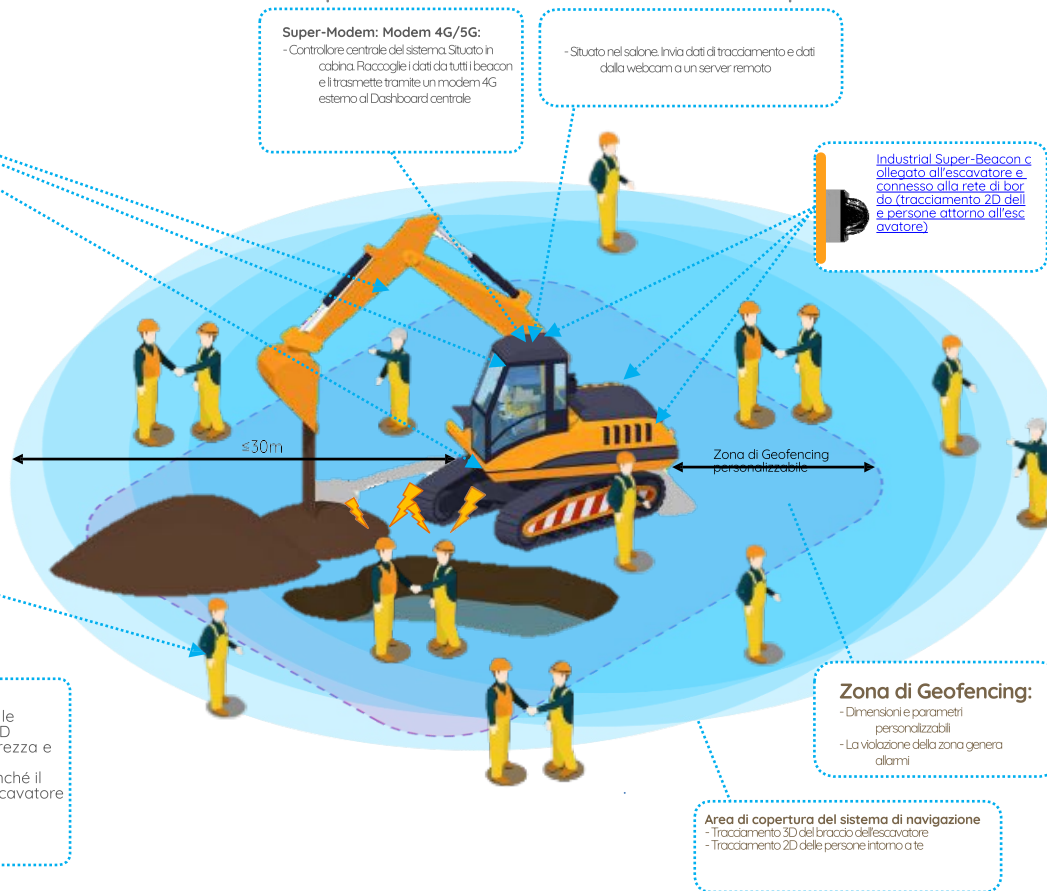
# AGV di grandi dimensioni, trasporti e persone

## Zona di geofencing mobile su AGV



# Sicurezza in cantiere, persone e macchinari

Esempio: 1 escavatore e 15 operai



## Industrial Super-Beacon

- Fissato all'escavatore e collegato alla rete di bordo tramite Converter-220V-12V-IP67



## Super-Modem

- Situato all'interno dell'escavatore



## Marvelmind Jacket

- Indossato da un operatore



## Obiettivo:

- Tracciare i movimenti dei dipendenti e le violazioni delle zone di geofencing in 2D durante il lavoro per migliorare la sicurezza e la produttività
- Tracciare il tempo di funzionamento nonché il numero di movimenti del braccio dell'escavatore in 3D per aumentare la produttività

# Misurazioni di distanza 1D precise

Per cantieri edili

## Beacon ricevitore con Horn:

- Super-Beacon-Outdoor o
- Beacon Industrial-RX o
- Beacon Mini-RX-Outdoor o
- Ind.Super-Beacon

## Obiettivo:

- Misurazioni precise della distanza fino a 100-150m in ambienti interni o sotterranei
- Misurazioni precise della distanza nella nebbia, nella polvere o attraverso le foglie senza linea di vista diretta, ma con propagazione del suono
- Misurazioni semplici senza laboriosa messa a punto del laser
- Alternativa semplice da configurare ed economica a RTK GPS



## Beacon ricevente con antenna Horn:

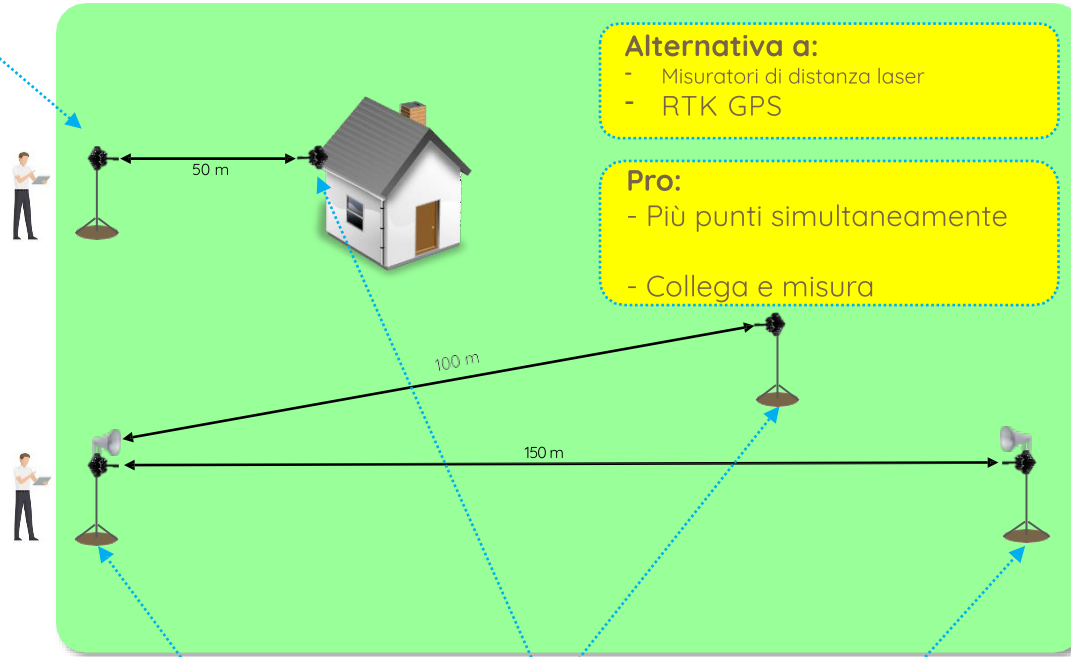
- Super-Beacon-Outdoor o
- Beacon Industrial-RX o
- Ind.Super-Beacon

## Beacon trasmittente:

- Super-Beacon-Outdoor o
- Industrial Super-Beacon o
- Beacon Industrial-TX

## Beacon trasmittente con antenna Horn:

- Super-Beacon-Outdoor o
- Industrial Super-Beacon o
- Beacon Industrial-TX



## Alternativa a:

- Misuratori di distanza laser
- RTK GPS

## Pro:

- Più punti simultaneamente
- Collega e misura

## Configurazione:

- 1 x Super-Beacon con Horn
- N x Super-Beacon
- Wacom

## Principi di funzionamento:

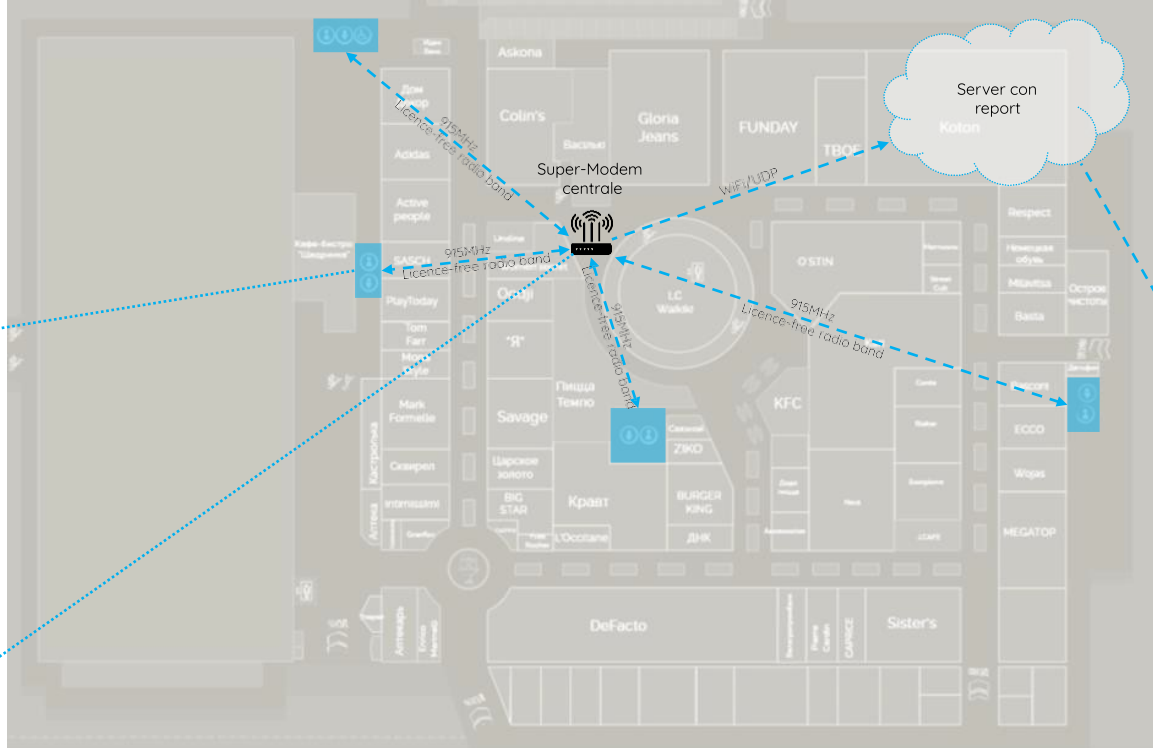
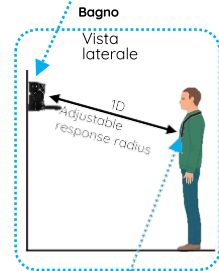
- Misurazione della distanza 1D precisa ( $\pm 2\text{cm}$ ) da un beacon trasmettitore a ultrasuoni a un beacon ricevitore a ultrasuoni tramite il tempo di volo degli ultrasuoni
- Streaming dei dati con frequenza di aggiornamento da 3 a 16Hz
- Più tracker simultanei
- Varie interfacce da UART, RS485 a BT

## Risultato:

- Misurazione della distanza 1D con precisione al cm senza laser, ad esempio quando non è fattibile: nebbia, smog, troppa luminosità, foglie, ecc.
- Misurazione della distanza con precisione al cm in ambienti interni o sotterranei, quando RTK GPS non è disponibile o non è pratico (costoso)
- Tracciamento ad alta precisione Marvelmind Indoor GPS
- File CSV con tutte le registrazioni per l'analisi
- Registrazione automatica di tutte le violazioni in un file per ulteriori analisi (opzionale)

# Tracciamento del personale di servizio

Esempio di un centro commerciale a un piano



**Configurazione:**

- N x Super-Beacon (1 per bagno)
- N x Badge (1 per lavoratore)
- N+1 x Super-Modem (1 per piano + 1 centrale)

**Risultato:**

- Report automatico sui movimenti nelle aree di responsabilità del personale di servizio (file CSV)
- Compilazione automatica della tabella (opzionale)

**Tabella di report (Marvelmind)**

- Il report viene generato dal Super-Modem centrale e inviato tramite Wi-Fi al proprio indirizzo IP su richiesta o a un orario prestabilito (ad esempio, di notte)

Tempo	Operario 1 (80%)	Operario 2 (50%)	Operario 3 (100%)
8:00-8:15			
11:00-11:15			
20:00-20:15			
21:00-21:15			
22:00-22:15			
23:00-23:15			

**Compito:**

- Tracciamento del personale di servizio
- Monitoraggio delle prestazioni

**Soluzione:**

- Sistema Marvelmind Indoor GPS per il monitoraggio e l'analisi del lavoro del personale di servizio in configurazione 1D

# Architettura Non-Inverse (NIA)

Ottimizzato per oggetti mobili singoli o in ambienti rumorosi



Beacon fisso 1



## Beacon mobile:

- Installato su robot/muletto e interagisce con esso tramite UART o SPI o I2C o USB
- Riceve l'aggiornamento della posizione dal router fino a 25 volte al secondo
- Può contenere IMU (modulo accelerometro + giroscopio + bussola)

## Submap:

- Funzionalità avanzata che consente di costruire mappe/cluster indipendenti di beacon in stanze separate, coprendo così edifici di grandi dimensioni (con aree di migliaia di m2) in modo simile alla copertura di una rete cellulare



Beacon fisso 4

La distanza tra beacon vicini è fino a 30 metri.

Beacon fisso 3



## Beacon stazionari:

- Montati su pareti o soffitti
- Distanza tra i beacon misurata automaticamente
- Comunicano con il router in modalità wireless nelle bande ISM/SRD bande



Stazionario beacon 2

Requisito fondamentale per il funzionamento del sistema - visibilità non ostruita da parte di un beacon mobile di 2 o più beacon fissi simultaneamente (come nel GPS)

## Sistema di navigazione indoor composto da:

- 2 o più beacon stazionari
- 1 beacon mobile
- 1 router/modem

## Router/modem:

- Controller centrale del sistema
- Calcola la posizione del beacon mobile fino a 25 Hz
- Comunica tramite USB/UART virtuale con Dashboard o robot



# Architettura Inversa (IA)

Ottimizzato per il tracciamento di più oggetti mobili e persone



Beacon 1 (19 kHz)

## Beacon fissi:

- Montati su pareti o soffitti
- Nel sistema inverse, i beacon appartenenti allo stesso submap devono avere frequenze ultrasoniche diverse (19 e 25kHz oppure 25 e 31 kHz, ad esempio per il tracciamento 2D)
- Comunicano con il router in modalità wireless in banda ISM/SRD

Beacon 2 (25 kHz)



Requisito fondamentale per il funzionamento del sistema: linea di ascolto/visuale non ostruita da parte di un beacon mobile verso 2 o più beacon fissi simultaneamente entro 30 metri



## Beacon mobile:

- Installato su persone/robot/droni/carrelli elevatori e interagisce con essi tramite UART virtuale su USB
- Contiene IMU 3D (accelerometro+giroscopio)
- La frequenza di aggiornamento del beacon non dipende direttamente dal numero di beacon mobili, a differenza di NIA
- Calcola autonomamente la propria posizione - non tramite modem
- Distanza consigliata dal beacon mobile ai beacon fissi fino a 30m

## Router/modem:

- Controller centrale del sistema
- Comunica tramite USB/UART virtuale con Dashboard o robot
- Riceve i dati di posizione dai beacon mobili
- Supporta fino a 250 beacon

## Submap:

- Funzionalità avanzata che consente di costruire mappe/cluster indipendenti di beacon in stanze separate, coprendo così edifici di grandi dimensioni (con aree di migliaia di m2) in modo simile alla copertura di una rete cellulare
- Nell'architettura Inverse ogni submap deve avere beacon con frequenze ultrasoniche non ripetute
- Frequenze disponibili: 19/22/25/28/31/34/37/45 kHz

## Il sistema di navigazione indoor è composto da:

- 2 o più beacon fissi
- 1 beacon mobile
- 1 router centrale

Beacon N (22 o 28/34 o 37 o 45 kHz)



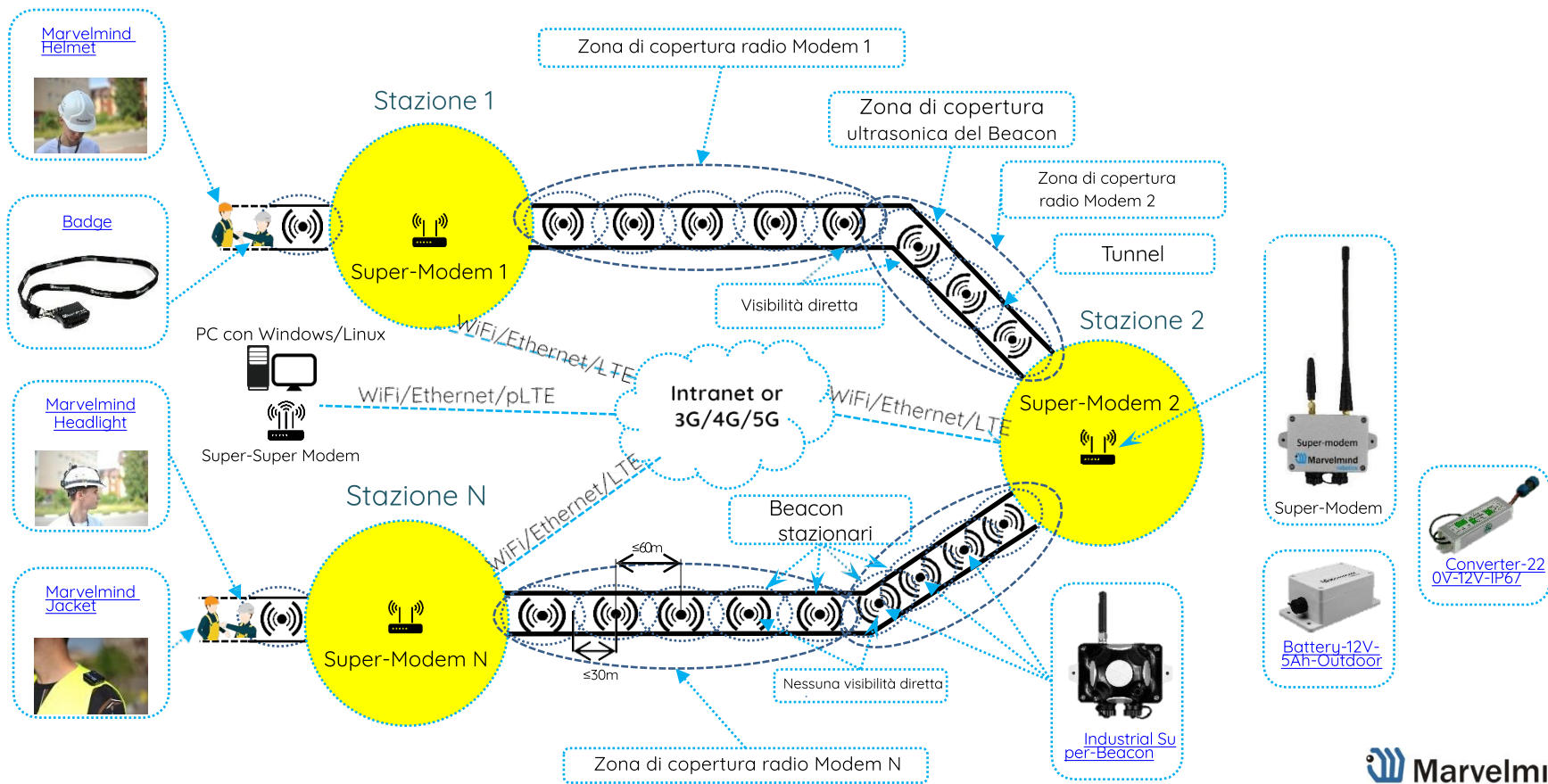
La distanza tra beacon adiacenti è fino a 30 metri.

Beacon 3 (31 kHz)



# Architettura multi-modem per reti di grandi dimensioni

Esempio di sicurezza in galleria per il tracciamento sotterraneo



# Confronto dei Beacon



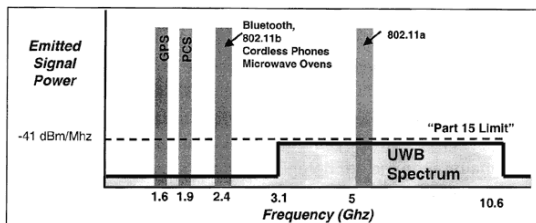
	Beacon Mini-RX/Mini-RX-Outdoor	Beacon Mini-TX	Super-Beacon / Super-Beacon-Outdoor	Industrial Super-Beacon-Metal / Industrial Super-Beacon-Plastic	Industrial-RX
<b>Specialità e utilizzo principale</b>	Beacon RX-only di piccole dimensioni	Beacon TX-only di piccole dimensioni	Beacon universale a doppio uso	Per esterni, uso intensivo. Supporto RS485 (CAN, Protezione antideflagrante - opzionale)	Per esterni, uso intensivo. Supporto RS485 (CAN, Protezione antideflagrante - opzionale)
<b>Modalità di funzionamento</b>	Solo RX	Solo TX	Doppio uso (RX e TX)	Doppio uso (RX e TX)	Solo RX
<b>Portata</b>	- Fino a 30m con Super-Beacons	- Fino a 30m con Super-Beacon	- Fino a 30m con Super-Beacons - Fino a 100m con Horn	- Fino a 30m con Industrial-RX - Fino a 100m con Horn	- Fino a 30m con Industrial-RX - Fino a 100m con Horn
<b>Frequenze ultrasoniche</b>	- 19/22/25/28/31/34/37/45 kHz	- 31kHz	- RX:19/22/25/28/31/34/37/45kHz - TX: Solo una frequenza alla volta	- RX:19/22/25/28/31/34/37/45kHz - TX: Solo una frequenza alla volta	- RX:19/22/25/28/31/34/37/45kHz
<b>Banda radio</b>	Bande 915/868MHz. Bande cinesi - su richiesta	915/868MHz	Bande 915/868MHz. Bande cinesi (470/779MHz) - su richiesta	Bande 915/868MHz. Bande cinesi (470/779MHz) - su richiesta	Bande 915/868MHz. Bande cinesi (470/779MHz) - su richiesta
<b>Alimentazione esterna/batteria interna</b>	USB/750mAh	USB/250mAh	USB/1000mAh	Ext. +5V/+6.16V/Batteria esterna	Ext. +5V/+6.16V/Batteria esterna
<b>Condizioni ambientali</b>	- Interno/Esterno IP67 - t=-0.40C°	- Interno - t=-0.40C°	- Interno/Esterno <sup>2</sup> - t=-0.40C°	- Interno/Esterno <sup>2</sup> /Intrinsecamente sicuro <sup>5</sup> - t=-40.60C°	- Interno/Esterno <sup>2</sup> /Intrinsecamente sicuro <sup>5</sup> - t=-40.60C°
<b>Dimensioni e peso</b>	1) Resistenza all'immersione in acqua da 1m fino a 30m (requisiti IP67) 2) Modalità ID: sensori da RX4 a RX4; gli altri sensori sono disabilitati 3) Modalità ID: sensori da RX4 a RX4; gli altri sensori sono disabilitati 4) Opzioni di alimentazione disponibili su richiesta 5) L'esatto di certificazione dovrà essere discusso separatamente	26mm x 19g	55x55x30mm <sup>6</sup> (senza antenna) 55x55x30mm <sup>6</sup> (con antenna) 63g senza alloggiamento	55x55x30mm <sup>6</sup> (senza antenna) 55x55x30mm <sup>6</sup> (con antenna) 63g senza alloggiamento	83x58x33mm <sup>8</sup> & 200g
<b>IMU (giroscopio 3D e accelerometro 3D)</b>		SI (6D)	SI (6D)	SI (6D)	SI (6D)
<b>Prezzo, EUR</b>	129/149	129	129/149	199/199	179

# Soluzioni alternative

Precisione: 10-30 cm

Competere

**UWB**  
Ultra Wide Band



Esistono alcune decine di operatori nel settore UWB a livello globale. Pertanto, la maggior parte delle soluzioni UWB sono molto simili in termini di prestazioni



Precisione:  $\pm 2$  cm vs. 10-30 cm - siamo circa 10 volte più precisi. Prezzo: meno costoso rispetto a UWB allo stesso tempo

Complementare/competere

LIDAR  
Flusso ottico  
inerziale  
Luce strutturata,  
triangolazione laser,  
odometria  
GPS  
Campo magnetico

Precisione: 2-5 metri

Parzialmente in concorrenza



Esistono centinaia di operatori nella navigazione Bluetooth e WiFi. Presentano le stesse limitazioni di qualsiasi tecnologia basata su RSSI

# Riepilogo



# Slide aggiuntive



# Marvelmind Robot v100

Un robot di consegna autonomo per la gestione intelligente dei magazzini e applicazioni industriali

Fino a 100 kg di carico utile  
>16h di autonomia di guida  
4.990 EUR

# Idea

- Robot di consegna completamente autonomo, economicamente conveniente e sicuro per merci di piccole dimensioni in applicazioni di magazzino, vendita al dettaglio e industriali
- Approccio flessibile, modulare e pragmatico
- Consegna prevedibile e affidabile dal punto A al punto B just in time
- Ridotta dipendenza dalla manodopera

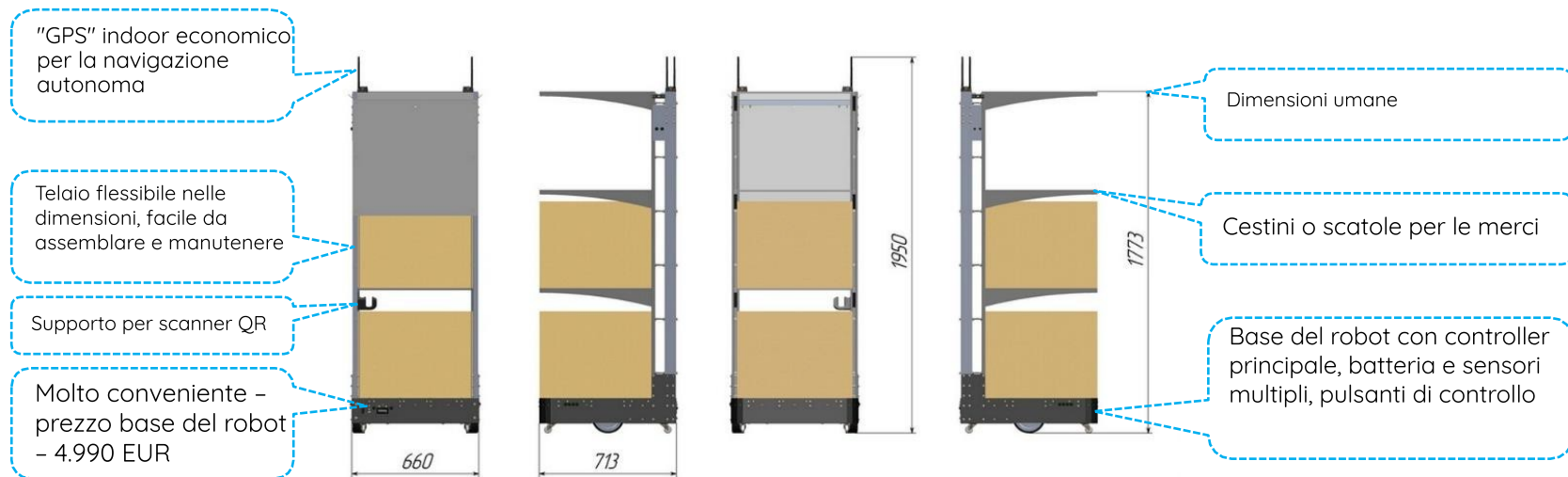


# Problema da risolvere



- I comuni veicoli a guida autonoma (AGV) sono ingombranti, costosi, complessi da integrare e pericolosi da utilizzare. Se un AGV non è costoso, di solito è molto poco flessibile in termini di percorsi di consegna (fili magnetici sul pavimento)
- Molte aziende semplicemente non trovano economicamente conveniente impiegare AGV avanzati => il mercato rimane non servito e inesplorato

# Caso d'uso: Robot di consegna autonomo



# Principali vantaggi del Robot di Consegna Autonomo Marvelmind



## Consegna completamente autonoma:

- Navigazione ed elusione delle collisioni basate sulla combinazione di "GPS" indoor e diversi altri sistemi e sensori. Consegna autonoma solida e affidabile del carico dal punto A al punto B

## Soluzione conveniente per design con costi di integrazione ridotti o nulli:

- "GPS" indoor economico + IMU + odometria + ottico per navigazione e posizionamento, invece di costosi LiDAR
- Multipli LiDAR 1D economici come sensori di prossimità per l'elusione delle collisioni e la sicurezza
- Nessun elemento costoso di terze parti, nessun SW, licenza o proprietà intellettuale di terze parti - solo soluzioni sviluppate internamente

## Dimensioni ridotte e architettura modulare:

- Telaio semplice e altamente personalizzabile (in "stile Ikea") con possibilità di scegliere tra diverse strutture di ripiani in pochi minuti. Capacità della batteria aggiuntiva opzionale. Nessuna forchetta pericolosa
- Adatto a diverse altezze/larghezze/lunghezze del robot e a diverse dimensioni di scatole/cestini per il carico

# Casi d'uso

## Magazzinaggio:

- Consegna senza problemi di merci tra diverse aree del magazzino o tra le aree di stoccaggio e le aree di carico/scarico/assemblaggio. Consegna affidabile e rapida delle merci dal punto A al punto B, C, D, ecc. Un operatore addetto carica i cestini o le scatole nel robot, preme un singolo pulsante fisico B per l'indirizzo B e il resto della consegna interna viene eseguito in modo completamente automatico dal robot

## Applicazioni industriali:

- Consegna puntuale e affidabile in impianti di assemblaggio (industria automobilistica, fabbriche, ospedali, impianti chimici o farmaceutici, industria alimentare, ecc.) di carichi di piccole e medie dimensioni di forma e dimensione diverse

# Concorrenza

- Economico
- Versatile
- Leggero e sicuro



- Concorrenza solo parziale con gli AGV - coesistenza più complementare. Gli AGV hanno capacità diverse e soddisfano esigenze diverse
- Numerosi operatori AGV tradizionali: Kuka/Swisslog, Egemin, AGVE, Ward, JBT ecc. Relativamente pochi concorrenti affermati nel settore dei robot di consegna autonomi. Alcuni realizzati esclusivamente per uso interno (Amazon/Kiva)
- Concorrenza reale molto limitata nel settore dei robot di consegna di piccole dimensioni
- Il prezzo e la complessità della soluzione complessiva sono il fattore decisivo per l'adozione

Ingombrante

Pericoloso

Costoso

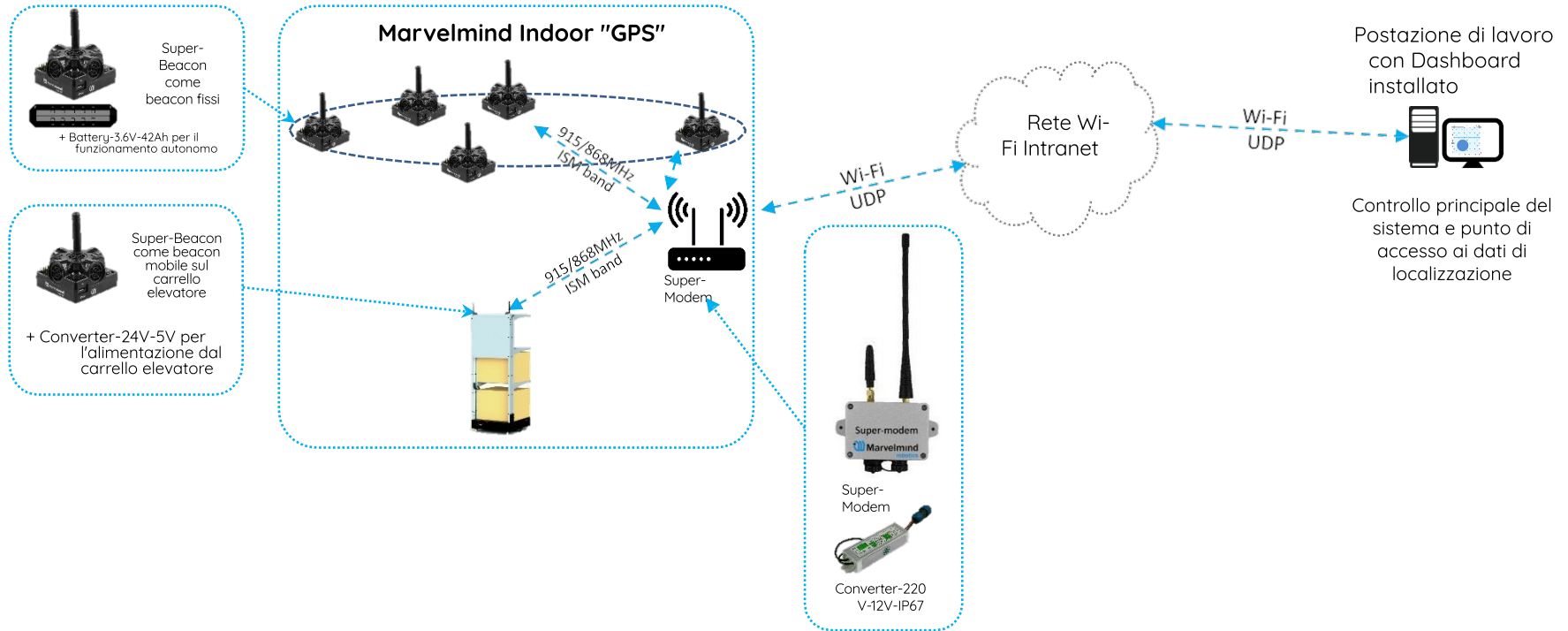


**Prezzo: a partire da 4.990 EUR invece di 20.000 - 100.000 EUR per un AGV tradizionale - da 10 a 20 volte meno costoso**

**Dimensioni: molto più compatto e versatile rispetto a un AGV tradizionale - dimensioni umane o inferiori**

**Utilizzo: può essere impiegato dove gli AGV tradizionali semplicemente non sono praticabili**

# Marvelmind Robot v100 + Indoor "GPS"



# Grazie!

## Marvelmind Robotics

Marvelmind OÜ

Katusepapi tn 4/2,  
Tallinn, 11412,  
Estonia

[info@marvelmind.com](mailto:info@marvelmind.com) [https://  
/marvelmind.com](https://marvelmind.com)