

Automated Guided Vehicle (AGV)

State-of-the-art, Theory and Industrial Examples

Fabrizio Masini fabrizio.masini3@studio.unibo.it

Luca Sangiorgi luca.sangiorgi6@studio.unibo.it

Unibo - Andrea Omicini - Autonomous Systems (2013-14)

Introduzione

Nelle moderne industrie la necessità di aumentare la produzione, diminuendo tempi e costi, per restare competitivi nel mercato globale, è sempre più cruciale.

Questa può essere ottenuta introducendo l'**automazione** di veicoli e processi, nella catena produttiva.

Cosa si intende con “automatizzato”?

Il termine “automatizzato” deriva dalla definizione di **Automazione**.

Si può intendere un fenomeno di natura tecnologica, economica, organizzativa e sociale, e ha per oggetto la gestione e l'evoluzione di complessi sistemi tecnico-organizzativi, che realizzano processi produttivi di prodotti o servizi.

Butera (1990) [1]

Tipologie di Automazione

- **Come sviluppo tecnico:** fondata sullo sviluppo tecnologico (cambiamento tecnologico, invenzioni e meccanizzazione).
- **Come tecnologia:** l'uso di macchine per sostituire l'uomo, o per guidare altre macchine.
- **Come integrazione:** definire l'automazione, non focalizzandosi sulle singole macchine o su insiemi di queste, ma su una diversa concezione e realizzazione dei processi produttivi.
- **Come sistema socio-tecnico:** definizione non legata all'aspetto tecnologico, ma all'apprendimento e all'autoregolazione.

Definizione di AGV?

(Veicolo a Guida Automatizzata)

Wikipedia: *è un robot mobile che segue “marcatori” o “cavi” sul terreno, o utilizza laser e visori. Sono principalmente utilizzati in ambito industriale per muovere materiali in magazzini o impianti di produzione. [2]*

USLegal: *è un qualsiasi sistema di trasporto capace di funzionare “senza guidatore”. Il termine “driverless” è spesso utilizzato nei contesti di AGV che descrivono veicoli industriali, che dovrebbero essere tipicamente “driver-operated”. [3]*



Caratteristiche fondamentali AGVs

- **Veicolo “driverless”** (senza operatore)
- Motore elettrico, alimentazione
- **System Discipline**
 - *Flexibility* → integrazione con altri *sub-system*
 - *Interaction* → comunicazione con altri AGVs
- **Capacità funzionali** (basilari)
 - *Destination* → capacità di raggiungere un “traguardo”
 - *Path Selection* → scelta di percorsi (statici o dinamici)
 - *Positioning* → capacità di orientamento nell’ambiente circostante
 - *Collision Avoidance* → possibilità di evitare ostacoli



Figure: Swarm AGVs Transporting

Perchè utilizzare gli AGV? (Benefici)

- **Responsability** (riduzione degli errori/danni)
- **Flexibility** (path dinamici)
- **Cost reduction** (costi ridotti e predicibili)
- **Repeatability** (movimenti e task, predicibili e affidabili)
- **Safety** (sicurezza per personale e impianto)
- **Scheduling** (migliora la capacità di pianificazione, e l'efficienza delle operazioni)
- **Scalability** (possibilità di aggiungere AGVs in base alle esigenze)

Veicoli “DRIVERLESS” o senza pilota?

Come fanno a sapere dove andare?

- ❑ **Wired:** segue un particolare segnale (frequenza radio) via CAVO
- ❑ **Guide Tape:** utilizza un NASTRO (colorato o magnetico).
- ❑ **Spot Guidance:** utilizzo di PUNTI (o marker) piazzati sul terreno.
- ❑ **Laser Target Navigation:** triangolazione di segnali LASER (riflessi).
- ❑ **Gyroscopic Navigation (inertial):** utilizza GIROSCOPIO e trasmettitore.
- ❑ **Natural Features Navigation:** studio dell'AMBIENTE con sensori eterogenei.
- ❑ **Vision-Guidance:** visione/riconoscimento tramite VIDEOCAMERE.

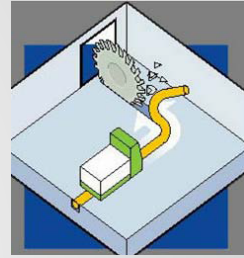


Figure 1: Wired

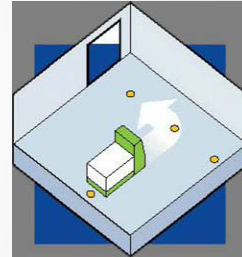


Figure 2: Spot

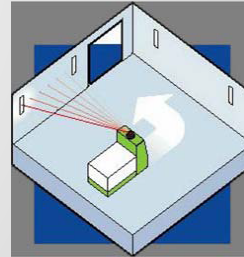


Figure 3: Laser

Proprietà di “SUBSISTENCE”?

Come vengono alimentati e ricaricati?

- 1) **Manual Battery Swap** → (Richiede un operatore)
Scambio delle batterie esaurite.
- 2) **Automatic Battery Swap** → (No operatore)
Cambio automatico delle batterie.
- 3) **Automatic/Opportunity Charging** → (No operatore - No cambio batterie)
Caricamento delle batterie (nei tempi di attesa, o quando richiesta)
- 4) **Inductive Power Transfer**
Alimentazione per induzione.
- 5) **Soluzione ibrida** (batteria + alimentazione induttiva)

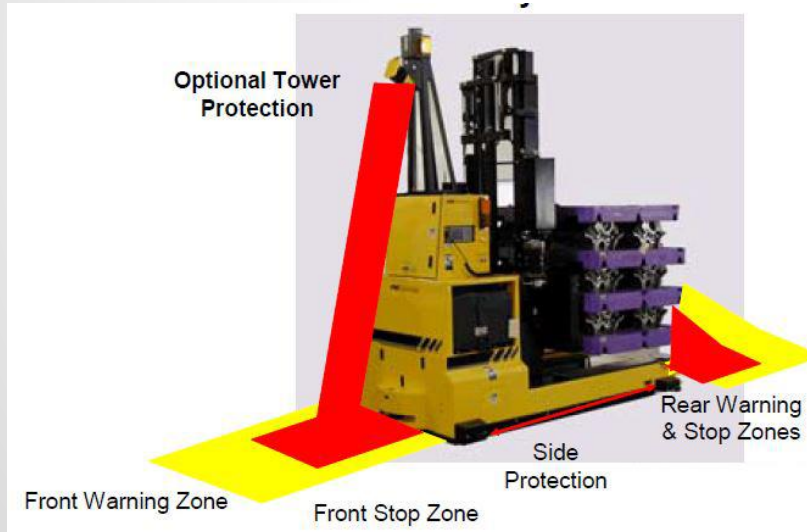


Proprietà di “SAFETY”?

Sistemi embedded per la sicurezza?

AGVs utilizzano due tipologie di sensori:

- Mechanical Protection Group
- Electronic Protection Group



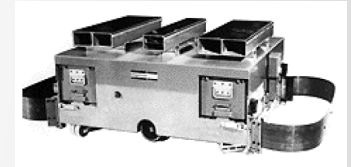
Storia degli AGV (dagli anni '50 a oggi)

- **1953** **1st AGV**
- 1959 1st Tugger
- **1973** **1st Assembly Vehicle**
- **1976** **1st Unit Load**
- 1985 Single Wire Guidance
- 1987 Laser Guidance
- **1989** **PC based Controller**
- 1991 Inertial Guidance
- **1992** **Wire&Wireless AGV**
- **2003** **Changeable Path**

Primo AGV utilizzato in una fabbrica di alimenti.



La fabbrica Volvo in Svezia, utilizza 280 AGVs controllati tramite computer, sostituendo la normale catena di montaggio.

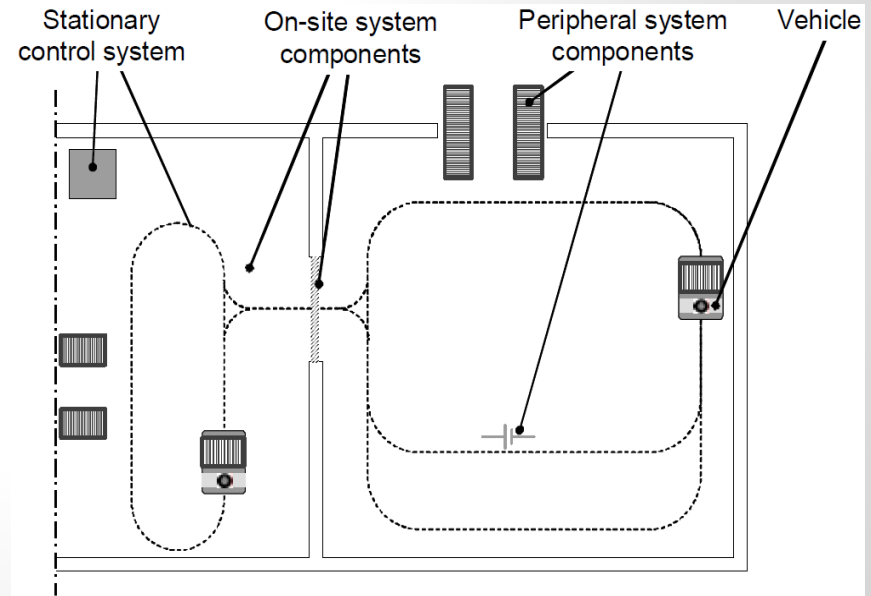


AGV-System

AGV-System consiste essenzialmente nella cooperazione ed interazione di vari componenti per raggiungere gli obiettivi prefissati.

Componenti:

- **Vehicle (AGV).**
- **Stationary control system**
(amministrazione ordini, scheduling, comunicazione con altri control system...).
- **Peripheral system components** (stazioni di caricamento batterie, meccanismi di caricamento e trasporto...).
- **On-site system components:** aspetti della progettazione strutturale del sito che interessano gli AGV (cancelli, porte, ascensori..).



Applicazioni

- Assemblaggio (catena produttiva)
- Raccolta (parti da assemblare)
- Trasporto (caricamento pallet e prodotti)
- Immagazzinamento
- Spostamento (di parti e materiali, tra le zone di lavorazione)
- Gestione ordini e interoperabilità (tra settori differenti)



Unit Load



Tow/Tugger



Fork



Altri ambiti d'utilizzo

- “Home Robotics” e ambienti domestici
- Trasporti pubblici
- Visione e Riconoscimento
- Ambito sanitario
- Veicoli militari e Armi
- Ambito spaziale
- Ibridi



Aspetti teorici

In molte industrie, l'utilizzo principale degli AGVs riguarda il trasporto di oggetti tra le diverse postazioni.

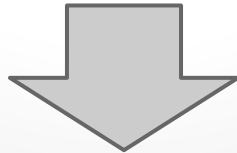
Ci sono diverse soluzioni possibili, una di queste è l'approccio “***distributed intelligence***”.

Distributed Intelligence

Approccio di intelligenza distribuita → dove comportamenti intelligenti **emergono** dalle interazioni tra le stazioni e gli AGV, tramite lo scambio di ***“feromoni virtuali”***.

Concetti principali dell'approccio di intelligenza distribuita:

- ***Swarm behaviour***: comportamento cooperativo tra vari individui
- ***Stigmergy***: influenza degli effetti dei comportamenti passati su quelli futuri



“Simple Agents following simple rules produce a complex behaviour” [4]



Video copyright © Youtube: <http://www.youtube.com/watch?v=JhZKc1Mgub8>

Feromoni digitali

I “*feromoni digitali*” sono un meccanismo di *Stigmergy* per coordinare e controllare gruppi (*swarm*) di agenti.

Si ispirano a campi di feromoni che molti “*insetti sociali*” usano per coordinare i loro comportamenti. Si basano su 3 operazioni:

- 1) ***Information fusion & aggregation*** → possibilità di prelevare o depositare feromoni (per incrementare le tracce).
- 2) ***Truth maintenance*** → evaporazione (per dare priorità alle informazioni recenti).
- 3) ***Information diffusion & dissemination*** → propagazione sotto forma di gradiente.

Proprietà della Stigmergy

Esempi di sistemi naturali mostrano che i sistemi con proprietà di stigmergia possono generare comportamenti robusti, complessi e intelligenti.



- ***Simplicity*** → agenti con logica semplice (privi d'intelligenza)
- ***Scalability*** → le performance aumentano all'aumentare delle entità
- ***Robustness*** → il sistema tollera la perdita delle singole unità (ininfluente)

Stigmergy Implementation

Per simulare i “*feromoni digitali*” esistono due possibili strade [4]:

- **Central Unit Computing:** utilizza una unità centrale che conosce la mappa dell’ambiente globale e comunica con tutti gli agenti
- **Relay Station Propagation:** ripetitori sparsi nell’ambiente che ricevono e inviano segnali riguardanti lo spazio locale.



Il feromone digitale crea un gradiente che porta gli agenti verso la sua sorgente e si dissipa nel tempo dando priorità ai più recenti.

Sviluppi futuri

- **Aspetti teorici**
- **Descrizione dell'implementazione del distributed intelligence**
- **Autonomous automatic guided vehicle**
http://www.hitachi-pt.com/agv_intelligentcarry/index.html
- **Alberto Broggi - Paper & Conferences**
- **Esempi industriali**

Riferimenti

[1] <http://it.wikipedia.org/wiki/Automazione>

[2] http://en.wikipedia.org/wiki/Automated_guided_vehicle

[3] <http://definitions.uslegal.com/a/automated-guided-vehicle/>

[4] Simulation of task assignment to Automated Guided Vehicles with a distributed intelligence approach - (17 Aprile 2007)
Stefan Bracher - École Polytechnique de Montréal