

AGV - Veicoli a Guida Automatizzata

Relazione in Sistemi Autonomi (2013-14) di Fabrizio Masini, Luca Sangiorgi

Indice

[ABSTRACT](#)

[INTRODUZIONE](#)

[STORIA, STATO DELL'ARTE E CENNI TEORICI](#)

[Storia e applicazioni industriali](#)

[Ambiti di utilizzo](#)

[Cenni teorici](#)

[Definizione di Distributed Intelligence](#)

[Definizione di Swarm Robotics](#)

[Definizione di Stigmergy](#)

[Feromoni digitali](#)

[AGV \(AUTOMATED GUIDED VEHICLE\)](#)

[Definizione](#)

[Caratteristiche](#)

[Proprietà di localizzazione](#)

[Proprietà di alimentazione](#)

[Proprietà di sicurezza](#)

[Benefici](#)

[AGV-SYSTEM](#)

[Definizione e caratteristiche](#)

[FORME DI AUTONOMIA NEGLI AGV](#)

[Autonomia nei sistemi di guida](#)

[Autonomia nelle tecniche di alimentazione](#)

[Autonomia per la sicurezza](#)

[Autonomia del sistema](#)

[CONCLUSIONE](#)

[BIBLIOGRAFIA](#)

1. ABSTRACT

Questo elaborato ha lo scopo di esaminare i veicoli a guida automatizzata (AGV) nel contesto industriale. Vengono affrontati aspetti teorici, caratteristiche e comportamenti dei singoli veicoli e dei *system-AGV*, evidenziando aspetti di autonomia che emergono da un'analisi approfondita.

2. 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 necessità può essere colmata automatizzando la produzione e la logistica con l'introduzione di agenti robotici. Oggi giorno, grazie all'innovazione tecnologica e alla ricerca, è possibile trovare soluzioni robotiche in molte fasi della catena produttiva. In particolare gli AGV (Veicoli a guida automatizzata) sono stati introdotti negli anni 50 per automatizzare sistemi di gestione di beni e materiali. Grazie alla loro adattabilità ed efficienza molti sistemi AGV vengono oggi utilizzati in tutti gli ambiti in cui sia richiesta la mobilitazione di grandi quantità di oggetti. Questi sistemi industriali sono il risultato di una complessa collaborazione tra materiali, macchine e operatori umani, per questo è stato necessario introdurre, insieme agli AGV, anche dei meccanismi che permettano di gestire questa "collaborazione". Le ingenti richieste del mercato odierno hanno aumentato il fabbisogno di AGV negli impianti industriali, e i sistemi che gestiscono la loro mobilità sono diventati sempre più complessi.

La definizione di questi sistemi si riferisce al termine "*automatizzato*" che deriva dalla definizione di *automazione*. Con il concetto di *automazione* si può intendere un fenomeno di natura tecnologica, economica, organizzativa e sociale, che ha per oggetto la gestione e l'evoluzione di complessi sistemi tecnico-organizzativi, che realizzano processi produttivi di prodotti o servizi. [1]

Inoltre questi veicoli a guida automatizzata introducono aspetti dell'autonomia che emergono dalle loro caratteristiche principali. Ogni AGV possiede particolari sistemi di guida, di sicurezza, di alimentazione e di collaborazione, che manifestano evidenti forme di autonomia. Di seguito andremo ad introdurre alcuni di questi aspetti, e altri concetti teorici che ad essi fanno riferimento.

3. STORIA, STATO DELL'ARTE E CENNI TEORICI

a. Storia e applicazioni industriali

Il primo ambito di utilizzo degli AGV è stato il settore industriale. Questi sistemi hanno iniziato a prendere piede negli anni '50, in particolare tra gli anni '50 e '70 sono stati introdotti i principali veicoli di caricamento e trasporto di oggetti.

Nel 1973 la Volvo introdusse la prima catena di montaggio sincrona composta da 280 AGV che operavano insieme per produrre 164 modelli di automobili.

Dagli anni '70 fino ad arrivare ai primi anni del nuovo millennio, la ricerca si è focalizzata sulle principali tecniche di guida e sui sistemi di controllo basati su computer (si veda nel 1992 l'introduzione dei primi AGV wireless).

Nel nuovo millennio, sono stati ideati i primi AGV con "*path dinamici*" e ci si sta spostando verso il mondo degli *Autonomous AGV* [2], i quali non necessitano di supporti di guida in quanto determinano il percorso da seguire partendo dalla sola informazione della loro posizione spaziale.

b. Ambiti di utilizzo

Gli AGV vengono utilizzati principalmente in ambito industriale, per adempiere a molteplici scopi quali: assemblaggio, raccolta, trasporto, immagazzinamento, spostamento e gestione di ordini.

Più in generale, i veicoli a guida "*driverless*" assumono diverse denominazioni in base al contesto di utilizzo. Gli ambiti nei quali sono più diffusi sono i seguenti:

- "Home Robotics" e ambienti domestici,
- Trasporti pubblici,
- Visione e Riconoscimento,
- Ambito sanitario,
- Veicoli militari e Armi,
- Ambito spaziale.

c. Cenni teorici

L'inserimento di robot nel contesto industriale, la loro interazione e collaborazione, porta a far emergere dei comportamenti collettivi che necessitano l'introduzione di alcuni concetti teorici.

i. Definizione di Distributed Intelligence

La *Distributed Intelligence* (o *Swarm Intelligence*) è l'intelligenza collettiva che emerge dall'interazione e cooperazione di un gruppo di agenti "semplici". Fonda le sue radici nei modelli di comportamento sociali degli insetti, come il "*Foraging Behaviour*", "*Division of Labour and Task Allocation*" e "*Nest Building*".[3]

Le proprietà principali dei sistemi con intelligenza collettiva, sono:

- computazione distribuita,
- interazioni dirette e indirette,
- agenti dotati di semplice capacità computazionale,
- robustezza,
- adattabilità.

ii. Definizione di Swarm Robotics

La *Swarm Robotics* è l'applicazione dei principi di *Swarm Intelligence* a gruppi di robot collettivi.

I robot sono in grado di comunicare e percepire solo aspetti locali e limitati dell'ambiente circostante. Inoltre i robot sono relativamente semplici e "incapaci", per questo motivo i task collettivi richiedono un'attività di cooperazione. La *Swarm Robotics* permette di controllare e coordinare insieme numerosi di robot, consentendo una computazione distribuita e parallela di task.

Le motivazioni tecnologiche che hanno portato allo sviluppo della *Swarm Robotics* sono le seguenti:

- Parallelismo, robot differenti possono compiere task diversi allo stesso tempo.
- Fault tolerance, agenti semplici sono meno portati al fallimento, e quando uno di questi fallisce può essere sostituito facilmente da un altro.
- Costo, robot semplici sono più economici di quelli complessi.
- Scalabilità, aggiungere robot porta ad una maggior quantità di lavoro svolto.

iii. Definizione di Stigmergy

Un'applicazione dell'a *Swarm Robotics*, nata dallo studio di comportamenti sociali degli insetti, è la *Stigmergy*.

La Stigmergy è la capacità degli agenti di percepire e reagire a cambiamenti dell'ambiente provocati da altri agenti.[3]

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

Partendo da questi, i *nature-inspired model of coordination* si sono evoluti per diventare il “core” principale dei “*complex MAS*” [4]

1. 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. [5]

Si basano su tre tipologie di operazioni:

- *Information fusion & aggregation*, possibilità di prelevare o depositare feromoni per incrementare le tracce.
- *Truth maintenance*, evaporazione delle vecchie tracce, per dare priorità alle informazioni recenti.
- *Information diffusion & dissemination*, propagazione sotto forma di gradiente, che porta gli agenti verso la sua sorgente.

Per simulare i “feromoni digitali” esistono due possibili strade [6]:

- *Central Unit Computing*, che utilizza una unità centrale che conosce la mappa dell'ambiente globale e comunica con tutti gli agenti.
- *Relay Station Propagation*, che usa ripetitori sparsi nell'ambiente per ricevere e inviare segnali riguardanti lo spazio locale.

4. AGV (AUTOMATED GUIDED VEHICLE)

a. Definizione

In letteratura esistono numerose definizioni per il concetto di AGV. Nel corso degli anni questi veicoli sono cambiati in aspetto e comportamento, ma non hanno modificato drasticamente la loro definizione.



Fig.1: foto di un veicolo industriale a guida automatizzata. [15]

Di seguito vengono citate due definizioni:

- **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. [7]
- **USLegal:** è un qualsiasi sistema di trasporto capace di operare “senza guidatore”. Il termine “driverless” è spesso utilizzato nei contesti di AGV che descrivono veicoli industriali, che dovrebbero essere tipicamente “driver-operated”. [8]

Entrambe le definizioni, a parer nostro, non raccolgono tutti gli aspetti del termine AGV. Per questo motivo abbiamo deciso di introdurre una nostra definizione.

Un AGV è un veicolo senza guidatore che possiede una qualche forma di alimentazione ed è in grado di eseguire delle operazioni automatizzabili. Questi veicoli vengono utilizzati principalmente nel contesto industriale e grazie a funzionalità di sicurezza e localizzazione sono in grado di operare anche in ambienti dinamici, garantendo varie forme di autonomia.

b. Caratteristiche

Le caratteristiche che rappresentano il “core” delle funzionalità degli AGV sono le seguenti:

- Veicolo “driverless”, veicolo che non necessita dell’operatore per muoversi.
- Alimentazione, forme differenti di alimentazione e ricarica.
- Interazione, possibilità di interagire con altri AGV e di integrare parti di sotto-sistema.
- Localizzazione, capacità di posizionamento nello spazio, che comprende funzionalità di “*Destination*” (per il raggiungimento di un “traguardo”), “*Path Selection*” (scelta di percorsi statici o dinamici) e “*Positioning*” (orientamento nello spazio).
- Sicurezza, capacità di evitare collisioni e gestire eventi imprevisti.

Queste funzionalità verranno approfondite nei successivi paragrafi.

c. Proprietà di localizzazione

Gli AGV devono prendere decisioni riguardo al percorso da intraprendere, per questo motivo esiste una logica di controllo denominata “*Path Decision*”, che può essere categorizzata in tre famiglie principali: *Frequency Select Mode*, *Path Select Mode*, *Magnetic Tape Mode*. [7]

Per sapere dove andare, i veicoli “*driverless*” utilizzano varie tecniche di guida [7]:

- *Wired*, segue un segnale con una particolare frequenza radio, che viene trasmesso su cavi posti nel terreno.
- *Guide Tape*, utilizza nastri posti sul terreno, che possono essere colorati o magnetici. Per mezzo di “*ground sensor*”, rileva la presenza del nastro, e ne segue il percorso.
- *Spot Guidance*, utilizza dei punti o “*marker*”, posti seguendo uno schema a griglia sul pavimento. Il veicolo memorizza le coordinate dei punti del percorso e le segue con l’ausilio di un giroscopio.
- *Laser Target Navigation*, il veicolo necessita di un “*laser scanner*” e si sposta tenendo conto della triangolazione di segnali laser riflessi su particolari pannelli posti sulle pareti dell’edificio.
- *Gyroscopic Navigation (inertial)*, un sistema di controllo computerizzato governa la navigazione del veicolo e assegna *task* di spostamento. Il veicolo attraverso l’utilizzo di alcuni “*transponder*” e di un giroscopio, seleziona la traiettoria migliore.

- *Natural Features Navigation*, il veicolo memorizza informazioni emergenti dall'ambiente e le utilizza per potersi orientare nel contesto permettendo di creare piani di spostamento dinamici. Una possibile applicazione si riferisce alla teoria dei feromoni digitali (vedi cap 3.C.III).
- *Vision-Guidance*, il veicolo necessita di periferiche per la cattura di immagini, che attraverso l'utilizzo di tecniche di visione e riconoscimento, permettono di ricostruire il percorso da intraprendere.

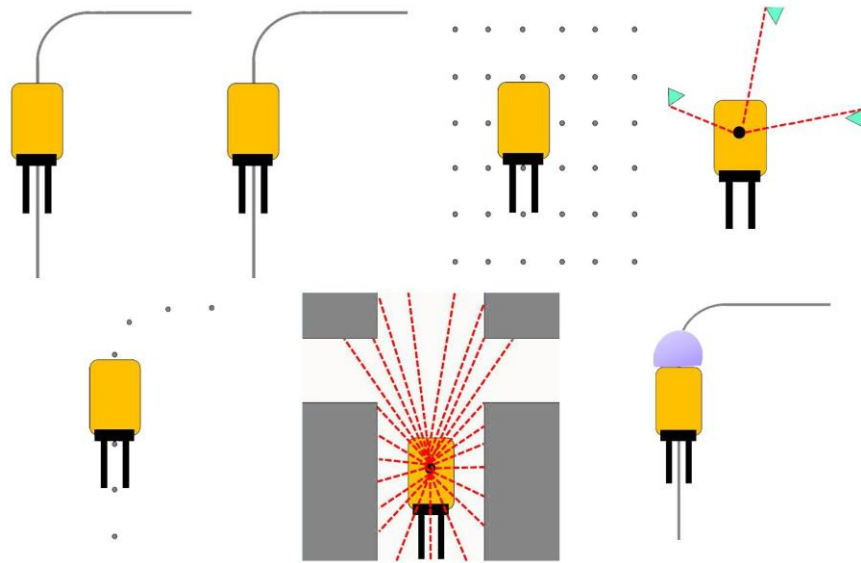


Fig.2: tecniche di guida degli AGV (in ordine di apparizione). [11]

d. Proprietà di alimentazione

I veicoli AGV necessitano di tecniche di alimentazione per mantenere la loro proprietà di “*Subsistence*”. Di seguito verranno descritte le principali forme di alimentazione e ricarica [9] utilizzate in contesto industriale:

- *Manual Battery Swap*, scambio delle batterie esaurite, che necessita dell'intervento manuale di un operatore.
- *Automatic Battery Swap*, scambio automatico delle batterie in assenza di un operatore. E' il veicolo che autonomamente si reca nella zona in cui è presente un “*automatic battery charger*”, una macchina che si occupa di sostituire la batteria.
- *Automatic/Opportunity Charging*, caricamento delle batterie che viene effettuato nei tempi di attesa, ovvero quando l'AGV non è impegnato nel compiere un *task*, o in caso venga raggiunto il livello di soglia minimo della batteria. Permette di non sprecare del tempo nella sostituzione della batteria sfruttando al meglio i “tempi morti”.

- *Inductive Power Transfer* [10], trasferimento di elettricità tramite il campo magnetico creato tra due circuiti, quello presente nell'AGV e il cavo posizionato in apposite condutture sul terreno. Garantisce un'alimentazione continua evitando l'uso di batterie.
- Soluzione ibrida, consiste nell'utilizzo di entrambe le forme di alimentazione, batteria e ricarica induttiva, garantendo un'alimentazione temporanea anche in caso di caduta di corrente.

e. Proprietà di sicurezza

Il contesto in cui gli AGV operano è un'ambiente eterogeneo di entità (mobili o non), per tale motivo occorrono sensori e regole che garantiscano la sicurezza di questi.

I veicoli sono dotati principalmente di due tipologie di sensori, le "*Mechanical Protection*" e le "*Electronic Protection*". [11]

Un esempio di protezione meccanica sono i *mechanical bumper*. Questi permettono di interrompere le operazioni dell'AGV, al contatto con un ostacolo. Rispetto alle protezioni laser, questi sono meno affetti da disturbi esterni.

Un esempio di protezione elettronica sono i *laser obstacle detection*, che consistono in sensori di prossimità che rilevano la presenza di ostacoli sul percorso, e determinano azioni preventive all'urto. Tipicamente vengono inseriti sensori a diversi livelli di soglia, alcuni determinano un rallentamento del veicolo, altri impongono "lo stop" in caso di emergenza.

Per regolamentare la sicurezza degli AGV esiste uno standard *ANSI B56.5* che ne fornisce le linee guida. [12]

f. Benefici

L'introduzione di veicoli automatizzati nella catena produttiva industriale, porta innumerevoli benefici, tra questi:

- *Accountability*, è la possibilità di tracciare gli elementi caricati sugli AGV, riducendo la percentuale di smarrimenti.
- *Responsibility*, garantisce una miglior conservazione e gestione dei prodotti presi in carico dagli AGV.
- *Adaptability*, la possibilità di cambiare dinamicamente i percorsi.
- *Cost reduction*, la possibilità di predire con precisione i costi riguardanti gli AGV, e di ridurre i costi operativi.
- *Repeatability*, gli AGV possiedono comportamenti affidabili e predicibili.

- *Safety*, garantisce la sicurezza del personale e delle infrastrutture circostanti agli AGV.
- *Scheduling*, migliora la capacità di pianificazione, e l'efficienza delle operazioni.
- *Scalability*, la possibilità di aggiungere AGV per espandere la capacità e il throughput.

5. AGV-SYSTEM

a. Definizione e caratteristiche

La presenza di AGV “autistici”, ovvero veicoli che non hanno interazioni con l’ambiente, non è sufficiente a soddisfare le richieste odierne delle aziende.

Per questo motivo è nato il concetto di AGV-system, del quale verranno introdotte alcune delle definizioni presenti in letteratura.

- **Business Dictionary:** A materials handling system that uses automated vehicles such as carts, pallets or trays which are programmed to move between different manufacturing and warehouse stations without a driver. These systems are used to increase efficiency, decrease damage to goods and reduce overhead by limiting the number of employees required to complete the job.[13]
- **Forum-FTS:** Automated guided vehicle systems (AGVS) are in-house, floor-supported materials handling systems comprising automatically controlled vehicles whose primary task is materials transport rather than the transport of passengers. They are used inside and outside of buildings and essentially consist of the following components:
 - One or several automated guided vehicles
 - A guidance control system
 - Devices for position determination and localisation
 - Data transmission equipment
 - Infrastructure and peripherals. [14]

Entrambe queste definizioni non comprendono alcuni aspetti fondamentali, per questo motivo abbiamo deciso di introdurre una nostra definizione.

Gli AGV System (AGVS) sono l’insieme dei veicoli (AGV) e della logica di controllo, che permette l’interazione di questi con l’ambiente esterno, tipicamente nell’ambito industriale. La logica di controllo si suddivide principalmente in tre macro aree:

- *Stationary control system*, un sistema hardware che possiede funzionalità software come l’amministrazione ordini, lo scheduling, e la comunicazione, e si occupa di gestire l’interazione con il *customer*, permettendo visualizzazioni grafiche ed analisi statistiche attraverso l’utilizzo di pannelli.

- L'amministrazione ordini si occupa di gestire diverse tipologie di ordini, tra le quali: *Simple Transport* (gestione spostamenti di oggetti da una locazione ad un'altra), *Complex Multi-part Order* (insieme di regole per fare eseguire all'AGV un comportamento complesso), *Charging* (ricarica) e *Idling* (gestione degli AGV che non possiedono lavoro).
- *Peripheral system components*: sono le stazioni ausiliarie che rappresentano le controparti delle varie componenti e funzionalità presenti negli AGV come stazioni di caricamento/sostituzione delle batterie e meccanismi di caricamento/scaricamento merci. Queste periferiche, in particolare le stazioni di caricamento, sono sparse in posizioni strategiche dell'infrastruttura per garantire lo sfruttamento di queste da più AGV possibili, in modo da diminuire la distanza percorsa per raggiungerle.
- *On-site system components*: aspetti della progettazione strutturale del sito che interessano gli AGV per muoversi correttamente nell'ambiente, come cancelli, porte, ascensori.

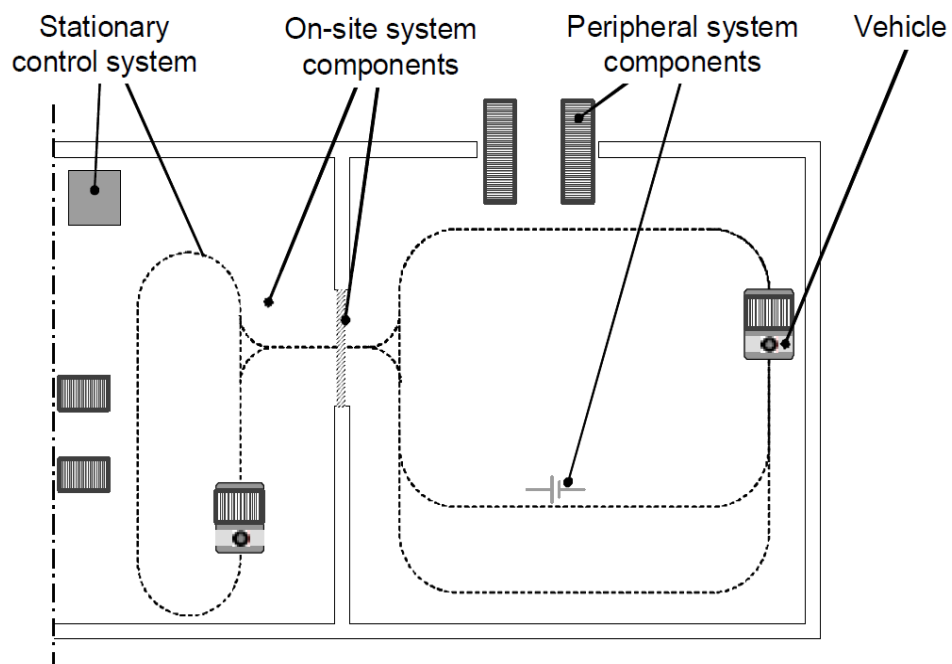


Fig.3: componenti di un AGV System [15]

6. FORME DI AUTONOMIA NEGLI AGV

a. Autonomia nei sistemi di guida

Nei primi sistemi AGV industriali, il principale mezzo di guida era un cavo posizionato nel pavimento (*vedi Cap.4.C - Wired*), e tutta l'intelligenza era posta nel “*controller*”, che produceva il segnale da trasmettere lungo il cavo rendendo gli AGV veicoli “stupidi”.

La generazione successiva degli AGV, con lo sviluppo di microcontrollori, ha dotato questi veicoli di una maggiore intelligenza, dandogli la capacità di memorizzare informazioni e prendere decisioni sui percorsi.

Dagli anni '90 (*vedi Cap.3.A*) con l'introduzione di sistemi wireless, sono stati sviluppati dei veicoli denominati “*free-ranging AGV*” [16], i quali facilitano l'installazione e le modifiche del sistema, permettendo di operare senza l'utilizzo di *guide-path* fisici [17].

Attualmente esistono varie tecniche di navigazione (*vedi Cap.4.C*) per gli AGV, queste possono essere suddivise in due gruppi, *fixed path* e *open path navigation* [18].

- I primi richiedono la scelta “a priori” di *path* fisici, e quindi un'eventuale modifica del layout implicherebbe il dover fermare l'intero sistema. In questo caso gli AGV sono forniti di sensori semplici per rilevare il percorso.
- Il secondo gruppo invece permette ai veicoli di seguire differenti sistemi di guida, non imponendo una scelta prefissata. In questo modo non occorre bloccare l'intero sistema in caso di modifiche ma occorre dotare gli AGV di una mappa dell'ambiente e un metodo per poter localizzare la loro posizione.

Gli *open path navigation* possiedono un maggior livello di autonomia (in termini di modifica dell'infrastruttura) rispetto ai *fixed path*, a scapito di un maggiore costo di gestione dei veicoli (più informazioni e sensori da mantenere).

La programmazione dei percorsi di guida influenza l'autonomia dei veicoli, indipendentemente dalla tecnica di navigazione scelta. Normalmente la programmazione avviene ripetendo il percorso in maniera manuale (eseguita da operatori), in altri casi viene effettuata per mezzo di un computer centrale, che si occupa di propagare gli aggiornamenti su tutti i veicoli coinvolti. Se il locale è molto ampio (e sono presenti numerosi punti di caricamento/scaricamento merci) e ci sono molti veicoli, questo processo diventa molto oneroso in termini di tempo.

Tra tutte le tecniche di guida affrontate (vedi cap 4.C), quelle che necessitano di un mezzo fisico per poter determinare i loro percorsi, sono maggiormente soggette ad usura e quindi manutenzione di questi. Il modo con il quale si opera per risanare questi mezzi ne determina l'autonomia.

Solitamente per adempiere a questi compiti si fa affidamento all'intervento umano (che riduce il livello di autonomia dei veicoli), mentre stanno nascendo generazioni di AGV che possiedono la capacità di rilevare e ripristinare questi percorsi in maniera autonoma.

b. Autonomia nelle tecniche di alimentazione

Analizzando il capitolo relativo alle tecniche di alimentazione (vedi cap 4.D) si evincono degli aspetti di queste, che influenzano il livello di autonomia dei veicoli. Di seguito verranno elencate le diverse tecniche, ordinate secondo una forma di autonomia crescente:

- *Manual Battery Swap*, riduce fortemente il livello di autonomia del veicolo, in quanto richiede un intervento umano per lo scambio delle batterie.
- *Automatic Battery Swap*, questa tecnica non aumenta l'autonomia del singolo veicolo, ma incrementa la forma di autonomia del sistema (riguardo all'alimentazione). Il veicolo non richiede l'intervento umano, in quanto si utilizza un'altra macchina (automatic battery charger) per effettuare lo scambio delle batterie.
- *Automatic/Opportunity Charging*, questa tecnica incrementa ulteriormente l'autonomia del sistema, non nei confronti dell'alimentazione ma rispetto ai tempi di lavoro, in quanto permette di riconoscere in maniera autonoma i "tempi morti" e di mandare i veicoli nella postazione di ricarica.
- *Inductive Power Transfer*, questa tecnica fornisce un maggior grado di autonomia di alimentazione per il singolo veicolo, in quanto non richiede nessun intervento di sostituzione batterie. Uno degli aspetti negativi di questa soluzione è che sia maggiormente soggetta a "fallimenti" del sistema (caduta di corrente, disturbi, ...) e che necessiti sempre di seguire un percorso predefinito.
- Soluzione ibrida, racchiude gli aspetti positivi delle tecniche precedenti, minimizzando i casi di fallimento e garantendo il maggior livello di autonomia tra queste.

c. Autonomia per la sicurezza

Gli AGV sono sottoposti ad un carico di lavoro molto elevato, per questo motivo spesso si verificano errori o malfunzionamenti nei loro comportamenti o nelle loro parti. Per evitare l'intervento di operatori umani, per ripristinare o sistemare il

“guasto”, i veicoli possono essere forniti di una logica interna e di sensori che siano adatti a rilevare questo genere di problemi. Queste funzionalità permettono all'AGV di reagire a questi eventi in maniera autonoma e di evitare blocchi del sistema (es. blocco per reiterazione di azioni inefficaci).

Alcuni comportamenti scaturiti da questa forma di autonomia sono la possibilità di fermarsi prima di aver terminato un determinato lavoro, recarsi in postazioni di “manutenzione” o segnalare la presenza di errori in modo che vengano correttamente gestiti dal personale addetto.

d. Autonomia del sistema

La cooperazione e coordinazione di AGV all'interno di un AGV system permette di far emergere delle forme di autonomia che non risulterebbero dal comportamento dei singoli veicoli.

In particolare gli AGV possiedono una “visione locale” del sistema e non possono fare delle assunzioni sulla situazione globale. Lo Stationary Control System (vedi cap 5.A) si occupa di gestire queste funzionalità modificando autonomamente il comportamento degli AGV, introducendo attività quali il *Traffic Control*. Questa analizza il traffico globale nella struttura e permette di evitare che singoli veicoli si rechino in ambienti che sono già particolarmente “affollati”. Il fine ultimo di questa attività è quello di ottimizzare gli spazi di lavoro e ridurre al minimo le possibili collisioni tra veicoli.

Grazie alla natura del sistema (vedi cap 5.A) e dei singoli veicoli (vedi cap 4.B) è possibile identificare un comportamento emergente che permette di gestire in maniera autonoma la perdita degli AGV causata da guasti, senza compromettere il corretto funzionamento del sistema. Il risultato “complesso” derivante dal comportamento collettivo del sistema tollera la perdita di un numero esiguo di veicoli, dotati di scarsa intelligenza.

La struttura del sistema così definita rispetta la definizione di *Distributed Intelligence* (vedi cap 3.C), dove “l'intelligenza” risiede nelle interazioni dei componenti. Questo comportamento di *Fault Tolerance* rende l'architettura maggiormente dinamica.

Dagli aspetti appena analizzati è possibile affermare che gli AGV system possiedono sia caratteristiche di autonomia individuale che di autonomia collettiva.

7. CONCLUSIONE

Dall'introduzione degli AGV nel contesto industriale, compiti che prima erano svolti dall'uomo richiedendo costi elevati in termini di tempo e risorse, oggi sono stati fortemente ottimizzati grazie all'utilizzo di veicoli a guida automatica.

Lo studio e l'analisi della storia degli AGV, delle loro caratteristiche e dei loro comportamenti, ci ha permesso di identificare le principali forme di autonomia che emergono da questi sistemi. Abbiamo riconosciuto concetti di autonomia relativi alle loro forme di alimentazione, sicurezza e localizzazione, e abbiamo evinto comportamenti autonomi che derivano dall'intelligenza collettiva del sistema.

Sebbene la ricerca si stia spostando sullo studio di sistemi AGV che abbiano un maggior grado di autonomia, secondo la nostra opinione e osservando lo stato odierno di queste tecnologie, è difficile immaginare un contesto industriale che escluda ogni forma di intervento umano.

Nelle catene produttive delle aziende intervengono un numero molto elevato di fattori, e pensare che un sistema AGV completamente autonomo possa gestire tutti questi aspetti è ancora troppo prematuro.

8. BIBLIOGRAFIA

- [1] Automazione: <http://it.wikipedia.org/wiki/Automazione>
- [2] Autonomous automatic guided vehicle: http://www.hitachi-pt.com/agv_intelligentcarry/index.html
- [3] Swarm Robotics - Andrea Roli [p.4-9]: <http://campus.unibo.it/129921/>
- [4] Coordination, Self-Organisation, Autonomy - Andrea Omicini [p.46]: <http://campus.unibo.it/129729/>
- [5] Proceedings of the 4th international joint conference on autonomous agents and multiagent systems (aamas 2005). Sauter, J. A., Matthews, R. S., Parunak, H. V. D., and Brueckner, S. (2005).
- [6] Simulation of task assignment to Automated Guided Vehicles with a distributed intelligence approach - (17 Aprile 2007). Stefan Bracher - École Polytechnique de Montréal
- [7] Automated guided vehicle (Wikipedia): http://en.wikipedia.org/wiki/Automated_guided_vehicle
- [8] Automated guided vehicle (Uslegal): <http://definitions.uslegal.com/a/automated-guided-vehicle/>
- [9] AGV Battery charging solutions: http://www.egeminusa.com/pages/agvs/agvs_battery_charging.html
- [10] AGV System: http://www.iaeng.org/publication/IMECS2008/IMECS2008_pp1275-1280.pdf
- [11] How do the vehicles work in an AGV System?: <http://www.mhi.org/downloads/industrygroups/agvs/elessons/vehicles-work-agv.pdf>
- [12] ANSI B56.5: <http://www.itsdf.org/pB56.asp>
- [13] AGV System (Business Dictionary): <http://www.businessdictionary.com/definition/Automated-Guided-Vehicle-System-AGVS.html#ixzz2mgPxvtrP>
- [14] AGV System (Forum-FTS): <http://www.forum-fts.com/index.php/en/automated-guided-vehicle-systems>
- [15] Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2008 Vol II IMECS 2008, 19-21 March, 2008, Hong Kong: Automated Guided Vehicle System: a Driver for Increased Business Performance
- [16] Le-Anh T, De Koster MBM. A review of design and control of automated guided vehicle systems. European Journal of Operational Research 2006;171:1–2
- [17] Vis IFA. Survey of research in the design and control of automated guided vehicle systems. European Journal of Operational Research 2006;170: 677–709.
- [18] Martí nez-Barbera´ H, Ca´novas JP, Zamora M, Go´mez-Skarmeta A. iFork: a flexible AGV system using topological and grid maps. In: IEEE international conference on robotics and automation, Taipei, 2003, pp. 2147–2152.