

ALMA MATER STUDIORUM · UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

II FACOLTÀ DI INGEGNERIA
Sede di Cesena

SISTEMI DI TRASPORTO CON TECNOLOGIA MULTI-AGENTE

Progetto di Sistemi Multi-Agente

Studente:
Manuel GUAGNELI

Anno Accademico 2010/2011

Indice

1	Introduzione	2
2	Infrastrutture di coordinazione	3
2.1	Coordinazione e ruolo dei MAS	3
2.2	Activity Theory	4
2.3	Coordinazione nell'ingegneria dei MAS	4
2.4	TuCSon	5
3	Metodi di supporto alla guida	7
3.1	Il sistema di supporto alle decisioni	7
3.2	Risoluzione environment-based	8
3.2.1	Un modello reattivo basato sulla Fisica	9
3.3	Applicazioni	10
3.3.1	Routing	12
3.3.2	Traffic information	12
3.3.3	Collision avoidance	12
	Bibliografia	13

Capitolo 1

Introduzione

Questo approfondimento ha lo scopo di investigare i meccanismi che portano alle decisioni da parte di entità computazionali dette agenti nell'ambito della mobilità urbana.

Il controllo di un sistema aperto, di larga scala e distribuito composto da molti autonomi agenti che interagiscono tra loro con lo scopo di avere alcune proprietà globali desiderate (prima fra tutte la sicurezza) non è un compito banale. Essendo troppo complesso per un processo decisionale centralizzato allora l'unica via praticabile è la distribuzione del controllo e della decisione. Sfortunatamente la decomposizione genera altri problemi.

Quindi in un primo momento si andrà a vedere quali possono essere e su cosa si basano le infrastrutture di coordinazione.

In seguito si passerà ad analizzare i metodi che portano alle decisioni e come vengono viste all'interno di un ambiente unico ma distribuito.

Capitolo 2

Infrastrutture di coordinazione

[1] La coordinazione è un problema critico per l'ingegneria dei sistemi multi-agente, in quanto affronta la sempre crescente complessità delle interazioni tra agenti con la modellazione e la gestione all'interno del sistema. Sul lato pratico la disponibilità di una potente e robusta infrastruttura è un fattore chiave per attivare e promuovere sistemi multi-agente come tecnologia fondamentale.

Adottando la teoria dell'attività come framework unificante per i molti approcci esistenti alla coordinazione nei sistemi multi-agente, guardiamo all'*artefatto* come concetto chiave per la costruzione di infrastrutture.

2.1 Coordinazione e ruolo dei MAS

Con i modelli si gestiscono le dipendenze tra le attività organizzative; i soggetti le cui attività devono essere gestite sono gli agenti.

Il processo di coordinazione è da attribuire a due attività principali: prima di tutto l'esecuzione della ricerca di dipendenze, secondariamente la decisione deve essere presa rispettando quale azione da applicare un meccanismo di coordinazione forma il modo degli agenti di eseguire questi task.

Il ruolo principale delle infrastrutture nei sistemi multi-agente è di modellare e adattare l'ambiente degli agenti. Dal punto di vista dell'agente, l'infrastruttura fornisce il motivo d'essere dell'ambiente ad agenti: di percepire il suo stato, di accedere alle risorse e servizi, di ottenere e salvare le risorse e in particolare di interagire con altri agenti. Nella visione esterna del designer umano, i sistemi multi-agente sono sistemi aperti sia in termini di imprevedibilità dei loro ambienti (a causa dei componenti e interazioni non controllabili dai creatori) sia dal dinamismo delle strutture e dei processi multi-agente.

2.2 Activity Theory come Framework per la coordinazione multi-agente

[2] Ci sono molti differenti approcci che possono essere analizzati e classificati ma è richiesto un framework concettuale uniforme che riconcili la coordinazione sia soggettiva che oggettiva e la aiuti a porre la miglior prospettiva nel contesto dell'ingegneria dei MAS; per fare questo si è adottata la Activity Theory (da qui AT).

La AT è una teoria di psicologia sociale sulla trasformazione evolutiva e sulle dinamiche delle attività di lavoro umane di gruppo, che possono essere distinte dai loro rispettivi oggetti che danno loro le specifiche direzioni.

Centrale è la nozione di *artefatto* come mediatore per ogni sorta di interazione nelle attività umane: gli artefatti possono essere fisici o cognitivi e incarnano un set di pratiche sociali, il loro modello riflette la storia di un uso particolare. Come strumenti di mediazione hanno una funzione abilitativa e limitativa: da una parte espandono la possibilità di manipolare e trasformare oggetti differenti, dall'altra pone limitazioni alle possibilità d'uso dell'oggetto.

Essendo le attività collaborative interessate, AT identifica tre livelli gerarchici che definiscono la loro struttura: co-ordinato, il quale cattura il normale flusso di interazione in modo ripetitivo; co-operativo, che concerne la maniera di intergire ma che si focalizza su un oggetto comune; co-costruttivo, che definisce l'organizzazione e l'interazione in relazione ai loro oggetti comuni.

Nel contesto di coordinazione dei MAS i tre livelli possono essere reinterpretati così:

- Co-costruzione - gli agenti comprendono gli obiettivi del MAS e definiscono un modello di processi sociali richiesto per raggiungerli.
- Co-operazione - gli agenti definiscono gli artefatti di coordinazione utili per implementare i processi sociali e gestire le interdipendenze e le interazioni viste allo stadio precedente.
- Co-ordinazione - gli agenti sfruttano gli artefatti di coordinazione e poi le attività per gestire le interdipendenze e le interazioni.

2.3 Coordinazione nell'ingegneria dei MAS

Centrale per la coordinazione dei MAS è il supporto per le trasformazioni dinamiche da co-operazione, che è il livello soggettivo, a co-ordinazione, il

livello oggettivo. Questo è particolarmente rilevante nel contesto di sistemi aperti e dinamici in cui l'ambiente è soggetto frequentemente al cambiamento e le regole dell'ogeanizzazione dovrebbero adattarsi di conseguenza.

Questa forma di dinamismo è catturata da due transizioni basilari: la riflessione e la reificazione della coordinazione che deve essere supportata dinamicamente durante l'esecuzione del sistema. Queste transizioni sono strettamente correlate alle trasformazioni viste nell'AT e sono responsabili di:

- Reificazione - in questa transizione le leggi della coordinazione che sono state modellate e sviluppate allo stadio di co-operazione sono attuate nel media di coordinazione: gli agenti intelligenti decidono il comportamento dei media di coordinazione per riflettere i ruoli sociali stabiliti allo stadio di co-operazione.
- Riflessione - in questa transizione il comportamento del media di coordinazione è ispezionato e possibilmente compreso. Gli agenti possono recuperare il comportamento e relazionarsi alla storia dell'evoluzione del MAS per evolvere in accordo ai cambiamenti delle politiche di coordinazione o per imparare come sfruttare gli artefatti in modo più efficiente.

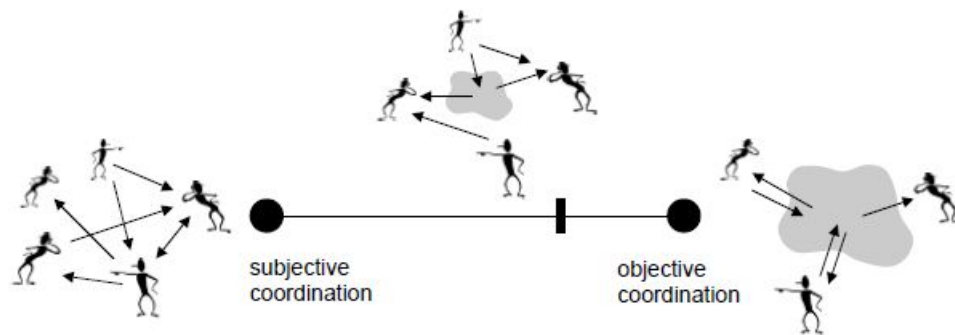


Figura 2.1: Progettazione della coordinazione: a sinistra coordinazione tra agenti, a destra solo tra media e agenti

2.4 TuCSoN come esempio di coordinazione

[1] TuCSoN (Tuple Centres over the Network) è un modello per la coordinazione tra agenti e un esempio di infrastruttura definita per accogliere i principi spiegati precedentemente. TuCSoN fornisce servizi per promulgare la coordinazione nei MAS, impostando la coordinazione come approccio basato su servizi.

Infatti i servizi di coordinazione sono incorporati nelle *tuple centres* definite come astrazioni fornite agli agenti dall'ambiente per poter permettere e governare le loro interazioni. Più precisamente le tuple centres sono spazi di tuple programmabili, ovvero una sorta di lavagne reattive con una logica interna con le quali gli agenti interagiscono attraverso la scrittura, la lettura e la consumazione di tuple (collezioni ordinate di pezzi di informazione eterogenea) attraverso semplici operazioni (*in*, *out*, *rd*) che accedono alle tuple in modo associativo.

Tuple centres possono essere viste come artefatti di coordinazione personalizzabili e quindi general-purpose, i cui comportamenti possono essere specificati dinamicamente, forgiati e adattati così da automatizzare lo stadio di co-ordinazione tra agenti che usano artefatti. Nel caso di TuCSoN, il

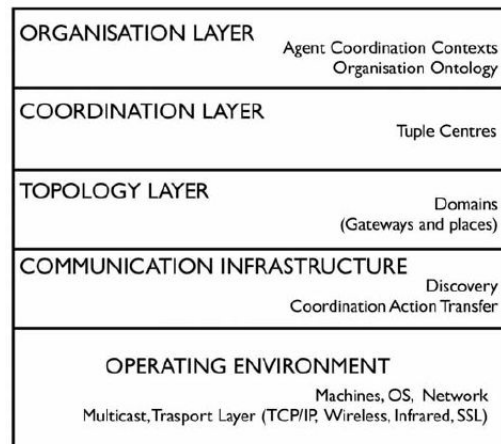


Figura 2.2: L'architettura a livelli di un infrastruttura di coordinazione: il caso di TuCSoN

bilanciamento tra coordinazione soggettiva e oggettiva è dato dal modello tuple centres e dagli strumenti forniti dall'infrastruttura. Le regole di coordinazione che definiscono il comportamento del media di coordinazione espresso come specifiche tuple può essere ispezionato e modificato dinamicamente dall'uomo e dagli agenti artificiali attraverso determinati tools.

Negli ultimi tempi i tuple centres sono stati usati come motori di workflow e le regole di workflow sono state espresse in leggi di coordinazione incapsulate dentro i tuple centres.

Capitolo 3

Metodi di supporto alla guida

Ora si vuole approfondire quali sono le tecnologie in ambito multi-agente che possono essere d'aiuto per il supporto alla guida nei veicoli. Si vedrà quindi il sistema di supporto alle decisioni e di localizzazione/guida con tecnologia multi-agente.

3.1 Il sistema di supporto alle decisioni

[3] I moderni sistemi di supporto alle decisioni (Decision Support System: DSS) non immagazzinano solo una grande quantità di informazioni rilevanti, ma aiutano anche il conducente di un veicolo a prendere le decisioni esplorando le possibilità calcolate a partire da quei dati.

A questo fine un approccio distribuito alla costruzione dei DSS è diventata importante: gli agenti impiegati a tal fine sono responsabili di parte del processo di decisione in modo autonomo e razionale.

Il concetto chiave nei moderni DSS è l'interazione con il "guidatore" (Decision Maker: DM) per assisterlo nell'esplorazione delle implicazioni che possono derivare dalle sue decisioni. Per trovare un modello generico di DSS si è analizzato un tipico dialogo per il supporto alle decisioni tra il DM e il DSS.

Fermandosi al livello più alto delle funzionalità, si identificano diversi tipi di interazioni, vari ruoli comunicativi che partecipano e sono caratterizzati da Communicative Actions (CA) che svolgono e protocolli di comunicazione che innestano.

Basati su ruoli sociali, si arriva a delineare l'architettura multi-agente che si vede in figura, in cui i Data Agents (DA) hanno il ruolo di informatore per quanto riguarda lo stato corrente di una certa parte di sistema. Inoltre sono responsabili del recupero di informazioni provenienti da sensori o database, e della loro distribuzione.

Action Implementation Agents (AIA) eseguono le decisioni che il DM ha

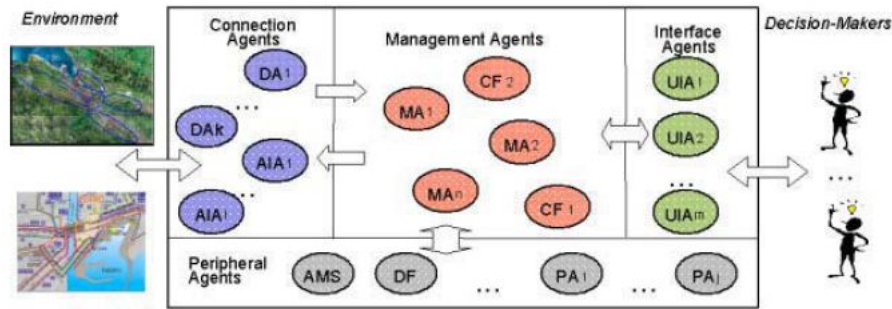


Figura 3.1: Architettura astratta del DSS

preso. Management Agents (MA) hanno il ruolo di consiglieri e informatori e sono al servizio dei Coordination Facilitators (CF) che forniscono il supporto per la negoziazione e intermediazione delle interazioni; sono particolarmente rilevanti se c'è più di un DM.

User Interface Agents (UIA) servono per le comunicazioni con l'utente e Peripheral Agents rappresentano l'infrastruttura di supporto per il DSS.

3.2 Metodologia per un sistema di risoluzione basato sull'ambiente

In opposizione rispetto agli approcci sociali, si può definire un sistema di risoluzione reattivo che è molto vicino ai sistemi automatici di controllo. Il fine del processo risolutivo è il calcolo della soluzione, stabile nel tempo e nello spazio considerando che la formulazione della problematica abbia una sua topologia e una dinamica.

Così il MAS può essere considerato un processo di regolazione, di conseguenza la risoluzione del problema porta a definire i parametri del ciclo di calcolo per ottenere un output stabile (solution level) considerando le variazioni dell'input (problem level). L'ambiente è definito come livello di input per il flusso di calcolo, esso traduce le variazioni della topologia del problema e le manda come informazioni elaborate agli agenti. L'output del sistema è lo stato del sistema con un livello spaziale e temporale, mentre il meccanismo di regolazione è definito dalle azioni degli agenti e dalle loro interazioni.

Come descritto in [4] l'ambiente è modificato dagli agenti con una retroazione quindi le dinamiche di regolazione possono essere controllate dai parametri del MAS; il principio proposto può essere enunciato in quattro passi:

1. *Definire un modello di ambiente* - che rappresenti il problema da risolvere a livello topologico e dinamico. Il modello può essere totalmente

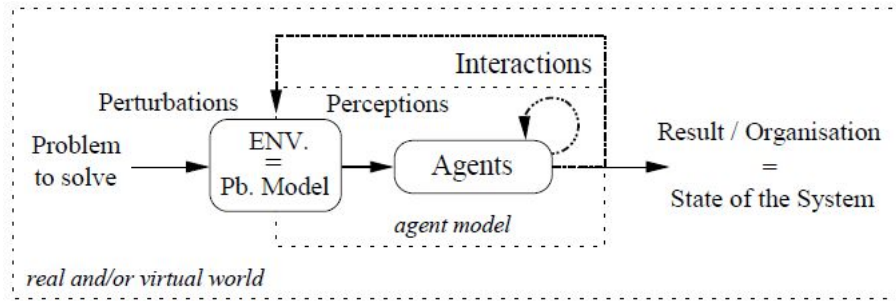


Figura 3.2: Principio di risoluzione basato sull'ambiente (environment-based)

virtuale o può includere parte del mondo reale.

2. *Definire le percezioni degli agenti* - gli agenti dovrebbero osservare lo stato dell'ambiente.
3. *Definire i meccanismi di interazione* - in modo da ridurre le perturbazioni e ha 3 livelli: 1) fornire le reazioni individuali e locali ai vincoli percepiti 2) prevedere azioni locali / interazioni che consentono processi cooperativi 3) prevedere azioni volte a regolare i processi precedenti.
4. *Osservare il risultato come una struttura emergente* - che è la diretta conseguenza delle dinamiche del principio di risoluzione. Può essere visto solo da un esterno: umano o un particolare agente del sistema.

Quindi in questo contesto l'ambiente partecipa al processo di risoluzione dei problemi grazie alle sue proprietà dinamiche e integrative.

3.2.1 Un modello reattivo basato sulla Fisica

Il problema di localizzazione può essere definito come il modo di trovare la posizione di un oggetto, mobile o meno, in un noto contesto; mentre trovare un percorso di guida può essere considerato una serie di localizzazioni temporalmente e spazialmente coerenti. Essendo utilizzati algoritmi generalmente presi dal signal processing o da metodi stocastici, per far fronte ai problemi enunciati precedentemente è stato progettato un modello reattivo basato sulla Fisica. Il modello proposto, come approfondito in [5] può essere descritto in tre componenti fondamentali: Ambiente, Interazioni e Agenti.

- L'ambiente degli agenti è una griglia che rappresenta il mondo reale in cui gli oggetti appaiono (*appear*), si muovono (*move*) e scompaiono (*disappear*). Così le dinamiche d'ambiente devono rappresentare

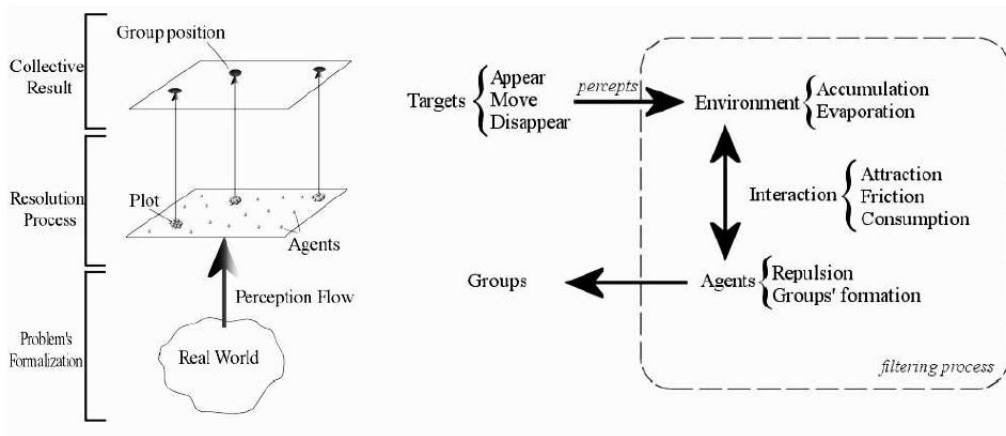


Figura 3.3: Architettura del mdello reattivo per la localizzazione (a sinistra) e la rappresentazione del processo di risoluzione come filtro (a destra)

questi tre fenomeni, che sono tradotti in due filoni principali: un accumulo di percezioni (*accumulation*) che corrisponde alla manifestazione, e una loro "evaporazione" (*evaporation*) che si occupa della dipartita. I movimenti sono modellati dalla combinazione delle due tendenze. I meccanismi di accumulo e di evaporazione possono essere visti come perturbazioni legate alle dinamiche del problema.

- Gli agenti sono definiti come le particelle di massa in un campo di forza generata dalla fisica dell'ambiente (attrazione (*attraction*) per i percelli / repulsione (*repulsion*) per gli agenti).
- Una sorta di attrito (*friction*) è stato introdotto per limitare il movimento degli agenti, mentre il concetto di consumo (*consumption*) è stato utilizzato al fine di limitare la popolazione degli agenti; in questo modo il modello di interazione può essere considerato fisicamente coerente.
- L'organizzazione collettiva emergente è sia una raccolta di percezioni degli agenti, che porta alla costruzione di un gruppo (*group construction*), sia una loro ripartizione omogenea nella zone non tracciate.

3.3 Utilizzare l'ambiente nelle applicazioni reali

In questa sezione si vuole mostrare un esempio di sistema di trasporto che si basa sull'ambiente per uso logistico. L'applicazione in [6] usa un sistema multi-agente per il controllo di veicoli a guida automatica detti AGV

(Automatic Guided Vehicle).

Questo sistema è utilizzato solitamente nei magazzini (o dentro uno stabilimento) per la movimentazione delle merci. Un AGV è provvisto di una batteria come fonte di energia e si muove nell'ambiente seguendo un percorso fissato sul pavimento. Quindi il controllo a basso livello degli AGV, in termini di sensori e attuatori, è situato all'esterno (a terra), mentre le decisioni avvengono attraverso il software dell'AGV.

Il funzionamento di alto livello è descritto in figura: il sistema MAS con-

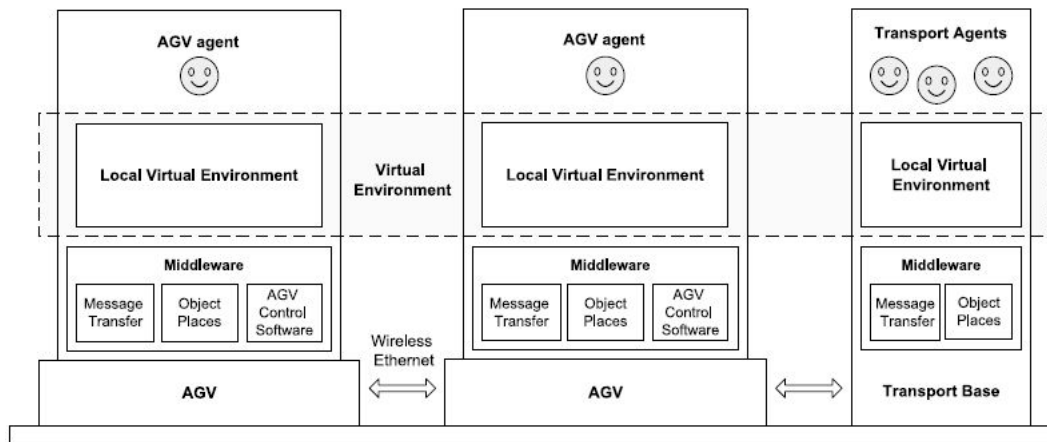


Figura 3.4: Controllo di alto livello del sistema AGV

siste in due tipi di agenti, *transport agents* e *AGV agents*. I primi sono localizzati nelle basi fisse (*transport bases*), mentre i secondi risiedono dentro i veicoli che si muovono all'interno della struttura.

L'infrastruttura di comunicazione (wireless) consente l'interazione AGV-AGV e AGV-base. Un transport agent rappresenta un viaggio che deve essere effettuato da un AGV; così gli AGV agents sono responsabili dell'esecuzione dei viaggi assegnati.

I veicoli AGV sono situati in un ambiente fisico molto limitato e non possono manipolare l'ambiente se non caricando e scaricando le merci. Le restrizioni dell'ambiente devono riflettersi nell'azione degli AGV agents, infatti essi "vivono" in un loro ambiente virtuale che offre un medium per lo scambio di informazioni e per la coordinazione dei loro comportamenti. Inoltre l'ambiente virtuale è utilizzato per alzare il livello di astrazione degli AGV agents dai problemi di basso livello come il controllo fisico del veicolo.

Quindi nell'applicazione di AGV la sola infrastruttura fisica disponibile per gli AGV è la rete wireless per le comunicazioni. In altre parole l'ambiente virtuale è distribuito sugli AGV e sulle basi, infatti ognuno di questi mantiene una versione locale dell'ambiente virtuale (*local virtual environment*), che è una rappresentazione presente solo dentro l'agente. Quindi

dal punto di vista dell'agente esiste solo un ambiente che è quello locale, ma questo può essere differente dall'ambiente locale di un altro agente, per questo motivo ogni tanto si devono aggiornare attraverso un middleware chiamato ObjectPlaces. Alcuni di questi ambienti locali possono essere sincronizzati tra loro e altri no; questo non significa che gli agenti non possano portare a termine le loro operazioni. Si possono fare alcuni esempi per illustrare l'uso degli ambienti virtuali.

3.3.1 Routing

Per scopi di routing l'ambiente virtuale possiede una mappa dei percorsi attraverso lo stabilimento in cui risiede. Questa mappa corrisponde allo schema utilizzato dal controllo di basso livello. Per permettere agli AGV di trovare la loro strada dentro lo stabilimento in modo efficiente, l'ambiente virtuale fornisce dei segnali sulla mappa che l'agente usa per trovare la destinazione data.

Questi segnali sono simili ai cartelli stradali che indicano la direzione al conducente; in più tra i segmenti che collegano i nodi nella mappa è dato il costo di percorrenza in modo da poter fare il calcolo della percorrenza del viaggio da compiere calcolando la somma dei costi dati al passaggio dei nodi. Il costo per segmento è basato sul tempo medio che l'AGV impiega per percorrere il tratto tra i due nodi. L'agente riceve i segnali nel suo ambiente e li usa per determinare quale sarà il prossimo segmento.

3.3.2 Traffic information

Oltre ai costi di routing statico associato ad ogni segmento, il costo dipende anche da fattori dinamici, quali la congestione di un segmento. Per avvisare gli altri agenti che certe vie sono bloccate o che hanno un lungo tempo di attesa, gli agenti marciano i segmenti con costi temporanei in modo dinamico. Gli agenti segnano la mappa del traffico facendo cadere feromoni sui segmenti. Quando gli AGV si incontrano con quelli vicini, le informazioni delle carte di traffico vengono scambiate e unite fino a diventare informazioni aggiornate per gli AGV agents. Dal momento che i feromoni evaporano nel corso del tempo, informazioni obsolete spariscono automaticamente. Gli aAGV agents prendono le informazioni sulla mappa del traffico ogni volta che devono partire per un viaggio.

3.3.3 Collision avoidance

Gli AGV agents evitano le collisioni coordinandosi con gli altri agenti attraverso l'ambiente virtuale, essi marciano il percorso che stanno seguendo nel loro ambiente utilizzando i muri (*hulls*). Il muro di un AGV è lo spazio

fisico che il veicolo occupa. Una serie di muri descrivono l'area fisica che un veicolo occuperà lungo un certo percorso. Se l'area non è segnata da altri muri (ovvero se i muri dell'AGV non si intersecano con altri muri) allora il veicolo può muoversi e andare lungo il percorso riservato. Dopodichè l'AGV rimuoverà i suoi segnali nell'ambiente virtuale.

In definitiva l'ambiente virtuale serve ad avere una coordinazione flessibile che nasconde molta della distribuzione del sistema agli agenti: infatti gli agenti riescono a coordinarsi marcando l'ambiente in modo dinamico. Quindi l'ambiente virtuale crea delle opportunità che gli agenti possono sfruttare le quali vanno oltre a quelle presenti nell'ambiente fisico.

Bibliografia

- [1] A. Omicini, S. Ossowsky, A. Ricci. *Methodologies and Software Engineering for Agent Systems*. Ch. 14: Coordination infrastructures in the engineering of multiagents systems, 2004.
- [2] A. Ricci, A. Omicini, E. Denti. *Activity Theory as a Framework for MAS coordination*, 2003.
- [3] S. Ossowsky, A. Fernandez, J.M. Serrano. *Designing Multiagent Decision Support System*, 2004.
- [4] O. Simonin, F. Grechter. *An environment-based principle to design reactive multi-agent systems for problem solving*, 2005.
- [5] F. Gechter, V. Chevrier, F. Charpillet. *Localizing and Tracking Targets with a Reactive Multi-Agent System*, 2004.
- [6] D. Weyns, M. Schumacher, A. Ricci, M. Viroli, T. Holvet. *Environments in multiagents systems*, 2005.
- [7] M. Vasirani, S. Ossowsky. *A market-inspired approach to reservation based urban road traffic management*, 2009.