

Multi-Agent System nell'Health Care

Corso di Sistemi Multi Agente

Autore: Florio Christian

INDICE

Introduzione	3
PRIMO CAPITOLO	
Sistemi Multi Agenti (MAS) ed agenti intelligenti: una panoramica.....	4
I sistemi multi agenti.....	4
Gli agenti.....	6
L'ambiente	8
Gli agenti intelligenti.	8
SECONDO CAPITOLO	
Usare i Sistemi Multi Agenti nell'Health Care.....	11
Le caratteristiche dell'health care problem.....	11
Quanto è adeguato il sistema basato sugli agenti per risolvere i problemi dell'health care.....	13
Campi di applicazione all'interno dell'health care.....	14
TERZO CAPITOLO	
Esempi reali di applicazioni	15
La gestione del trapianto d'organi	15
Accesso alle informazioni che riguardano l'health care	18
Conclusioni	21
Bibliografia	22

Introduzione

C'è un crescente interesse nella tecnica Agent-based per risolvere problemi in ambito medico.

I Sistemi Multi Agenti(MAS) sono una collezione di entità autonome ed intelligenti che collaborano per raggiungere la risoluzione di problemi complessi. Questo tipo di approccio è utilizzato in molti sistemi complessi di qualsiasi natura; in questi ultimi anni anche nel campo delle applicazioni mediche sta trovando la propria affermazione, a causa delle caratteristiche che hanno i problemi in questa particolare area.

Entrando un po' di più nello specifico e fornendo un'indicazione di massima, possiamo dire che, un agente è un'entità software che applica le tecniche dell'intelligenza artificiale per scegliere il miglior set di azioni per raggiungere uno specifico goal. Dovrebbe essere proattivo, dinamico, autonomo e intelligente rispetto ai cambiamenti prodotti nel suo ambiente. Detto in parole povere un MultiAgent System può essere visto come una collezione di agenti autonomi che comunicano tra di loro per coordinare le proprie attività, in modo da essere in grado di risolvere in maniera collettiva un problema che altrimenti non potrebbe essere affrontato da un singolo agente.

Questo tipo di sistema si adatta bene a scenari che hanno le seguenti caratteristiche:

- La conoscenza è distribuita
- Il problema nel dominio può essere decomposto in differenti sottoproblemi anche se loro hanno qualche tipo di interdipendenza.
- Molte entità, considerando il loro comportamento autonomo, sono in grado di unire le proprie capacità e risolvere problemi complessi

In questo lavoro verrà fornita una panoramica sui sistemi multi agenti soffermandosi in particolare sulle caratteristiche degli agenti intelligenti, poi verranno mostrate le caratteristiche dell'ambito

medico e delle sue problematiche e come quindi i MAS sono un valido strumento per risolverli, sottolineando come le proprietà degli agenti intelligenti si combinano abbastanza bene con le necessità in questo campo, che possono essere riassunte con il requisito di avere entità autonome, intelligenti, proattive e collaborative in un ambiente distribuito.

PRIMO CAPITOLO

Sistemi Multi Agenti (MAS) ed agenti intelligenti: una panoramica

1.1 I sistemi multi agenti

I sistemi multi agenti sono intrinsecamente imprevedibili e non sono formalizzabili, in quanto sono sistemi che non posso avere delle regole precise e formali, e inoltre molto simile a sistemi presenti in natura e al sistema sociale. Possono essere concepiti come un'aggregazione di centri di controllo locali (agenti), che interagiscono tra di loro attraverso lo scambio di messaggi; messaggi che possono essere informazioni e conoscenza, portando ad un pattern per lo scambio di informazioni più complessi rispetto a quelli conosciuti con gli oggetti. Possono essere concepiti come un mondo articolato, dove non si può tentare di ottenere un obiettivo senza tenere conto delle altre entità. Ci sono dei goal che possono essere ottenuti con la cooperazione o con la collaborazione, ma anche con la competizione con gli altri.

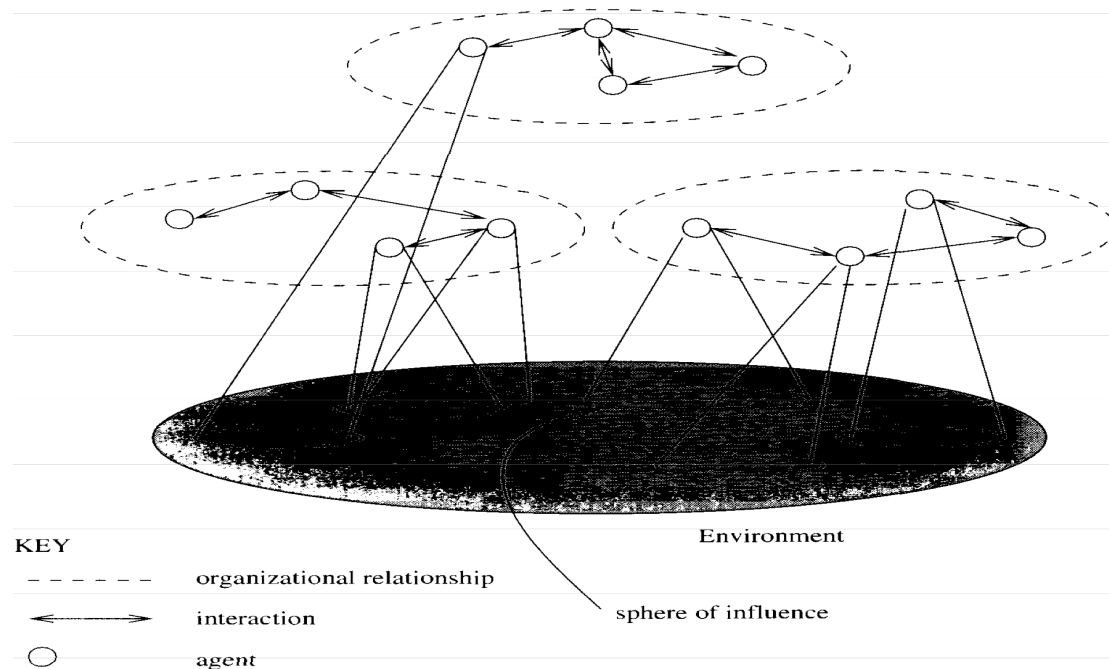


Figura 1.1

Una tipica struttura di un sistema multi agente.

La figura illustra la tipica struttura di un sistema multi agente[1]. Il sistema contiene un numero di agenti, i quali interagiscono tra di loro, attraverso la comunicazione. Gli agenti sono in grado di agire sull'ambiente; differenti agenti hanno una differente sfera d'influenza, nel senso che loro avranno il controllo, o per lo meno saranno in grado di influenzare, differenti parti dell'ambiente. Queste sfere d'influenza possono in alcuni casi coincidere. Il fatto che queste zone d'influenza possono coincidere può dare adito a relazioni di dipendenza tra agenti. Per esempio agenti robot possono essere capaci entrambi di muoversi attraverso una porta, ma loro possono non essere in grado di farlo simultaneamente. In fine gli agenti, saranno anche in grado di utilizzare altri tipi di relazioni. Per esempio potrebbero avere un potere sulla relazione e quindi essere l'uno il capo dell'altro.

Gli aspetti chiave di un MAS sono i seguenti:

- Agenti
- Ambiente
- Società

1.1.1 Gli agenti

Lo scopo di questo paragrafo è quello di fornire un'idea su uno degli aspetti chiave dei sistemi multi agenti . Una maniera ovvia per aprire questo capitolo è quella di fornire una definizione di agente. Tristemente non c'è una definizione universalmente accettata, infatti ci sono in corso molto dibattiti e controversie a riguardo. Si può dire però che c'è un generale consenso sul fatto che l'autonomia sia la parte centrale della nozione di agente. Comunque parte della difficoltà a trovare una definizione che sia sempre accettata, deriva dal fatto che i vari attributi che possiede l'agente hanno una differente importanza in base al dominio in cui ci si trova. Quindi per esempio per alcune applicazioni l'abilità di apprendere in base all'esperienza è una caratteristica essenziale, mentre per altre può non esserlo e addirittura essere indesiderato.

Volendo trovare comunque una definizione, si è scelto di utilizzare la seguente: un agente è un sistema di computer che è situato in un qualche ambiente e che è capace di fare azioni autonome nell'ambiente per soddisfare i suoi obiettivi[2]. Si possono trovare molti spunti in questa definizione. Primo, la definizione si riferisce agli agenti o non agli agenti intelligenti, questa è stata scelta deliberata in quanto verrà discussa in maniera più dettagliata andando avanti con il discorso. Secondo, la definizione non dice quale tipo di ambiente occupa l'agente, anche questa è stata una scelta deliberata, perché gli agenti possono occupare tipi differenti di ambienti, ed anche questo aspetto verrà approfondito più avanti. Terzo, non è stato definito ancora cosa si intende per autonomia. Questo è un concetto molto delicato, ed in questo contesto significa che l'agente è in grado di agire senza l'intervento umano o di altri sistemi: loro hanno il controllo sia sullo stato interno che sul comportamento. Da un punto di vista filosofico, l'autonomia ha senso solo quando un individuo è immerso in una società e non ha alcun senso in un individuo isolato. Ciò è facilmente estendibile agli agenti, infatti un agente singolo non esiste in teoria, un agente autonomo vive ed interagisce all'interno di una società di agenti. Per questo si può dire che il MAS è il legittimo contenitore di agenti autonomi.

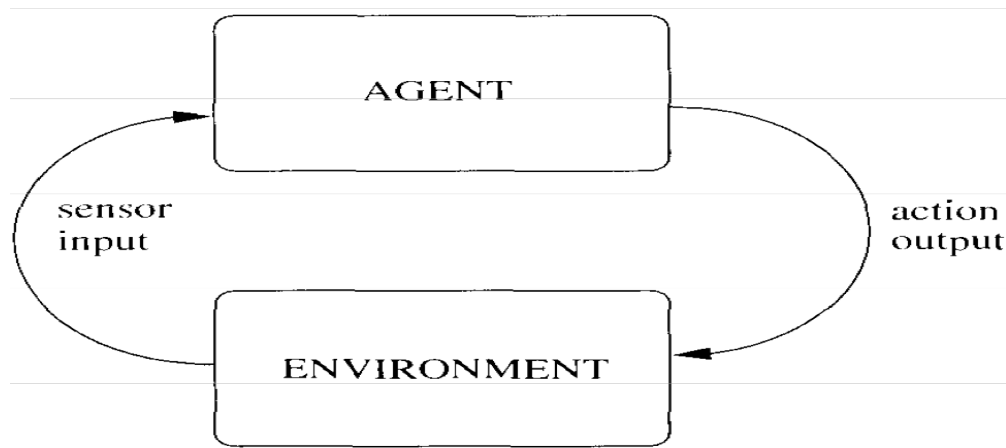


Figura 1.2

Un agente nel suo ambiente. L'agente prende in input attraverso il sensore dall'ambiente e produce come output un'azione che influenza l'ambiente stesso.

Data la figura 1.2, si nota che l'azione di output generata dall'agente, va ad influenzare l'ambiente. Andando a considerare domini di ragionevole complessità, l'agente non avrà il totale controllo sul suo ambiente. Esso avrà il miglior controllo parziale in modo da influenzarlo. Dal punto di vista dell'agente, questo significa che la stessa azione e apparentemente nelle stesse circostanze, può essere elaborata in maniera differente e quindi avere effetti completamente diversi sull'ambiente, e in particolare può fallire mentre si sta cercando di avere un effetto desiderato. Normalmente un agente ha un repertorio di azioni disponibili. E' bene porre l'accento sul fatto che non tutte le azioni possono essere adottate in tutte le situazioni; facendo un esempio banale, l'azione "comprare un Ferrari" fallirà se non si ha abbastanza fondi per poterlo fare. Quindi le azioni hanno delle precondizioni associate a loro, le quali definiscono le possibili situazioni in cui possono essere applicate.

Il problema principale che un agente si trova a fronteggiare è rappresentato dal fatto di decidere quali azioni devono essere intraprese per ottenere nel migliore dei modi l'obiettivo che deve raggiungere. La complessità del processo decisionale può essere influenzata attraverso il numero di differenti proprietà che caratterizzano l'ambiente.

1.1.2 L'ambiente

Data l'importanza che ricopre l'ambiente è utile classificare le proprietà come suggerito di Russel and Norving[3].

Statico vs Dinamico. Un ambiente statico, risulta essere imm modificabile eccezione fatta per l'effetto dell'azione degli agenti. Invece un ambiente dinamico, ha altri processi che operano su di esso, i quali poi cambiano l'ambiente andando oltre il controllo degli agenti. Un esempio di ambiente altamente dinamico lo troviamo in internet.

Discreto vs Continuo. Un ambiente è discreto se ci sono un numero fisso e finito di azioni e percezioni. Il gioco degli scacchi può essere un esempio per l'ambiente discreto, mentre guidare il taxi può rappresentare un ambiente continuo.

Accessibile vs Inaccessibile. Un ambiente accessibile, è un ambiente nel quale l'agente può ottenere informazioni complete, accurate e aggiornate circo lo stato dell'ambiente. La maggior parte degli ambienti del mondo reale non sono accessibili in questo senso, come per esempio Internet.

Deterministico vs Non Deterministico. In un ambiente deterministico qualunque azione ha un effetto singolo garantito. Non c'è incertezza sullo stato che si raggiungerà dopo aver svolto una certa azione.

Dopo questa classificazione si possono fare diverse considerazioni e si può facilmente intuire che la classe di ambiente più complessa è quella avente le seguenti proprietà: inaccessibile, non deterministica, dinamica e continua. Le proprietà ambientali, come già detto, hanno un ruolo nel determinare la complessità del processo di progettazione degli agenti, ma questo non è l'unico fattore a determinarla. Il secondo grande fattore che gioca anch'esso un ruolo fondamentale è la natura delle interazioni tra agente ed ambiente.

1.2 Gli agenti Intelligenti

Quando possiamo considerare un agente, come intelligente? E da questa domanda deriva la seguente, cos'è l'intelligenza? Un modo per rispondere a questa domanda è fare una lista di capacità che ci aspettiamo debba avere un agente intelligente. Una possibile lista potrebbe essere la seguente [4]:

Reattività: Un agente intelligente deve essere in grado di percepire il suo ambiente e rispondere in maniera tempestiva ai cambiamenti per soddisfare il suo obiettivo prefissato.

Proattività: Un agente intelligente deve essere in grado di mostrare il suo comportamento goal-directed prendendo iniziative per soddisfare il proprio obiettivo.

Abilità sociale: Un agente intelligente è capace di interagire con gli altri agenti, possibilmente con gli umani, per soddisfare il proprio obiettivo.

Queste proprietà sono più difficili di quello che possono sembrare a prima vista. Per spiegare il perché verranno considerate una per volta. Per prima, consideriamo la proattività, come un comportamento goal-directed. Non è difficile costruire un sistema che mostri un comportamento goal-directed, per esempio ogni volta che si scrive un metodo in Java o una funzione in C. Quando noi scriviamo quindi una procedura, la descriviamo in termini di assunzioni sulla quali fare affidamento, formalmente, le sue pre-condizioni, e gli effetti se l'assunzione è valida, le sue post-condizioni. Gli effetti di una procedura sono i suoi obiettivi, che l'autore del software intende ottenere con la procedura. Se le precondizioni rimangono le stesse quando la procedura è invocata, allora ci aspettiamo che la procedura venga eseguita in maniera corretta e quindi che terminerà e le post-condizioni saranno verificate e cioè l'obiettivo sarà raggiunto. Questo è il comportamento goal-directed: la procedura è semplicemente un piano o una ricetta per ottenere un obiettivo. Questo modello di programmazione è corretto per molti ambienti.

Per un sistema non funzionale questo semplice modello di programmazione non è accettabile, in quanto tale sistema impone alcune importanti limitazioni sulle pre-condizioni. Una delle varie limitazioni che impone è che l'ambiente non cambia mentre la procedura è in esecuzione. Se l'ambiente non cambia, e se le assunzioni basilari della procedura diventano false mentre la procedura è in esecuzione, allora il comportamento della procedura può non essere definito e nella maggior parte dei casi semplicemente andrà in crash. Un'altra assunzione che impone il sistema non funzionale è che il goal, che è la ragione per la quale si esegue la procedura, rimanga valido fino alla terminazione della procedura. Se invece per qualche motivo l'obiettivo non è più valido, ci si troverà

anche in questo caso in una situazione non definita, perché la procedura non ha più ragione di essere eseguita.

In molti ambienti nessuna delle due assunzioni appena fatte sono valide, basti pensare a domini che sono troppo complessi per essere completamente osservati da un agente e quindi popolati da più agenti che possono cambiare l'ambiente, oppure dove c'è incertezza nell'ambiente, queste assunzioni non sono ragionevoli. In questi ambienti, se ciecamente si eseguono procedure senza fare attenzione se le assunzioni che fanno da fondamenta alle procedure sono valide, risulta una strategia scadente. In un ambiente dinamico, un agente deve essere reattivo. Deve reagire agli eventi che accadono nel suo ambiente, dove questi eventi influenzano o l'obiettivo dell'agente o le assunzioni sulle quali è costruita la procedura che l'agente esegue per ottenere il proprio obiettivo. Come si è visto costruire un sistema puramente goal-directed non è così difficile, così come costruire un sistema puramente reattivo. La cosa difficile in realtà è costruire un sistema che bilanci il comportamento reattivo e quello goal-directed. Si vogliono agenti che tenderanno di ottenere il proprio obiettivo sistematicamente, utilizzando un complesso patterns di azioni. Allo stesso tempo non si vuole che gli agenti continuino ciecamente ad eseguire queste procedure tentando di ottenere i propri obiettivi, quando le procedure non dovranno essere eseguite oppure quando l'obiettivo non è valido per qualche ragione. In queste circostanze si vuole che il nostro agente sia in grado di reagire alla nuova situazione, in un tempo tale, che questa reazione sia utile in qualche maniera. Comunque non si vuole né che l'agente sia continuamente reattivo, né che si concentri troppo sull'attuale obiettivo da ottenere.

Dalla riflessione appena fatta, si dovrebbe rimanere un po' sorpresi, e cioè che ottenere un buon bilanciamento tra goal-directed e reattività non è una cosa così facile. Questo problema, di integrare in maniera efficace i due comportamenti, è uno degli aspetti più importanti che deve fronteggiare chi progetta agenti. Ci sono molte proposte che sono state fatte su come costruire gli agenti che sono in grado di bilanciare i due aspetti, ma il problema rimane essenzialmente ancora aperto.

In fine, parliamo dell'aspetto che concerne le abilità sociali, il componente decisivo di una flessibile e autonoma azione. In un certo senso, le abilità sociali sono di poco conto: ogni giorno, milioni di computers nel mondo abitualmente si scambiano informazioni sia con gli uomini, che con altri computers. Ma l'abilità di scambiarsi un

flusso di bit non è realmente un'attività sociale. Si consideri che nel mondo, sono relativamente pochi gli obiettivi che si possono ottenere senza la cooperazione con le altre persone, le quali non possono essere assunte per condividere gli scopi, in altre parole, sono loro stessi autonomi, con il loro piano da portare avanti. Per ottenere il proprio obiettivo in questa situazione, si deve negoziare e cooperare con gli altri. Può essere richiesto di capire e ragionare sugli obiettivi degli altri e di elaborare azioni, che altrimenti non avremmo scelto di eseguire, per cooperare con gli altri ed ottenere i nostri obiettivi. Questo tipo di attività sociale è molto più complessa e molto meno facile da capire che della semplice abilità di scambiare informazioni binarie.

SECONDO CAPITOLO

Usare i Sistemi Multi Agenti nell'Health Care

2.1 Le caratteristiche dell'health care problem

E' interessante notare che molti problemi che appaiono nell'health care condividono un certo numero di similitudini. Si nota che queste somiglianze riscontrate sono un buon punto di partenza per trovare un framework, che può essere usato come approccio comune per la maggior parte di questi problemi. Tra le più importanti caratteristiche dei problemi in campo medico, si possono citare le seguenti[5]:

- E' veramente usuale che la conoscenza richiesta per risolvere il problema è distribuita spazialmente in differenti posti. Per esempio il problema della programmazione delle varie visite che un paziente deve sostenere[6], consiste nel programmare il numero delle differenti visite che un paziente ospedalizzato deve fare (il numero delle differenti analisi o test). Normalmente, ogni unità dell'ospedale prende le proprie informazioni sul paziente ospedalizzato in quel reparto e programma le attività svolte con l'attrezzatura del reparto. Ci sono reparti che forniscono servizi a tutte gli altri reparti dell'ospedale, come raggi X o il centro per i prelievi del sangue. Non è una cosa di poco conto, coordinare il programma dei differenti tests che devono essere svolti in differenti reparti, specialmente se, a parte le restrizioni temporali, che derivano ovviamente da dove sono localizzati i differenti reparti, si

considerano le restrizioni mediche tra i tests (per esempio un test che deve essere svolto ad almeno due ore di distanza da un altro).

- La soluzione ad un problema coinvolge la coordinazione dello sforzo di differenti persone con differenti abilità e funzioni. Tipicamente provvedere alla cura di un paziente ospedalizzato coinvolge un certo numero di membri dello staff del centro medico (per esempio infermiere, personale che conduce le analisi e le varie visite, ecc.). Tutte queste persone devono coordinare le loro attività per fornire il miglior trattamento possibile al paziente.
- Il problema della cura medica è abbastanza complesso, e trovare una soluzione standard di un software ingegnerizzato non è semplice. Per esempio coordinare il processo del trapianto di organi in un paese non è un lavoro facile. Quando un nuovo organo è disponibile, è necessario trovare davvero velocemente un appropriato recettore dell'organo, il quale può trovarsi in un ospedale a centinaia di chilometri da dove si trova il donatore. Per di più, come già detto sopra, ogni ospedale tiene i dati dei pazienti di quel ospedale, i quali sono in una certa lista di attesa per un tipo di organo. Potrebbe essere abbastanza difficile progettare ed implementare un complesso sistema centralizzato per risolvere questa problema di coordinazione.
- C'è un gran numero di conoscenza medica disponibile in internet. E' necessario fornire un modo per accedere alle informazioni più rilevanti in maniera facile, flessibile e rapida. L'accesso a queste informazioni è necessario sia per i medici, che per i pazienti. I medici devono avere la consapevolezza di tutte le nuove medicine, tecniche e trattamenti che vengono scoperte nel loro campo di competenza; ma per molti di loro mancano il tempo per ricercare tutte queste informazioni e filtrarle in base alla loro necessità. In ultimo, i cittadini chiedono un ruolo più attivo nel gestione della loro salute e necessitano di trovare informazioni rilevanti il più facilmente possibile. Sia nel caso del medico che in quello dei pazienti è importante ricevere appropriate informazioni da fonti utili e affidabili, in modo proattivo, senza dover dedicare tempo e sforzi a cercare di analizzare, valutarle e filtrarle.

2.2 Quanto è adeguato il sistema basato sugli agenti per risolvere i problemi dell'health care

Uno dei nodi principali di questo lavoro è di discutere su come i sistemi multi agenti sono un appropriato strumento per fronteggiare i problemi legati all'health care. Alcune delle ragioni che supportano questa discussione sono riportate qui di seguito:

- I componenti di un sistema multi agente possono essere lanciati in differenti macchine, localizzate in differenti posti. Ogni agente può avere parte della conoscenza richiesta per risolvere il problema, perciò, i sistemi multi agente offrono un modo naturale per fronteggiare i problemi distribuiti.
- Una delle principali proprietà degli agenti intelligenti, come discusso nel capitolo precedente, è l'abilità sociale. Gli agenti sono in grado di comunicare tra loro stessi, usando dei tipi di linguaggi di comunicazione tra agenti (per esempio ACL), per scambiare qualunque tipo d'informazione. In questa maniera loro possono ingaggiare dei complessi dialoghi, nei quali possono negoziare, coordinare le loro azioni e collaborare nella soluzione dei problemi.
- Quando un problema è molto complesso per essere risolto con un sistema singolo, è usuale decomporre il problema in sottoproblemi (i quali probabilmente non saranno indipendenti tra di loro). In un multi-agent system si possono applicare tecniche di risoluzione di problemi distribuiti[7], nel quale gruppi di agenti possono dinamicamente discutere su una porzione del problema, su come distribuire i differenti sotto lavori per essere risolti tra di loro, su come scambiare informazioni per risolvere dipendenze tra le parziali soluzioni e su come combinare i risultati parziali nella soluzione del problema originale.
- Gli agenti possono essere anche usati per fornire informazioni a dottori e pazienti. Ci sono gli "information agent" (anche chiamati Internet agent [8]), che sono specializzati nel recuperare informazioni da differenti fonti, analizzando i dati ottenuti, selezionando le informazioni, alle quali l'utente è specialmente interessato, filtrando le ridondanze o le informazioni irrilevanti, e presentando il

risultato con un'interfaccia adattata alla preferenze dell'utente.

- Un'altra proprietà dell'agente discussa precedentemente è la proattività, tale abilità può essere usata per fare in modo di trovare informazioni rilevanti e quindi mostrarle all'utente prima che questo le abbia richieste. Per esempio, se un "personal agent" è a conoscenza del fatto che l'utente sta facendo un viaggio all'estero, può trovare informazioni su un ospedale in città che ha un reparto cardiologico, se sa anche che in passato ha avuto un problema di cuore e potrebbe aver bisogno di questa informazione urgentemente.
- La caratteristica principale di un agente intelligente discussa anch'essa nel capitolo che descrive gli agenti, è l'autonomia. Riassumendo ogni agente prende delle proprie decisioni, basandosi sullo stato interno e sulle informazioni ricevuto dall'ambiente. Perciò, gli agenti offrono un ideale paradigma per implementare sistemi nei quali ogni componente modella il comportamento di una separata entità, le quali vogliono mantenere la loro autonomia e indipendenza dal resto del sistema. Un esempio potrebbe essere, ogni reparto di un ospedale può mantenere i propri dati privati, nel caso specifico potrebbe essere un modo per utilizzare una propria politica di raggruppamento dei pazienti che sono in attesa di un trapianto d'organo.

Osservando le proprietà basilari degli agenti intelligenti e quindi le caratteristiche di un sistema multi agente, ci suggerisce che loro sono una buona opportunità per risolvere problemi nel dominio dell'health care.

2.3 Campi di applicazione all'interno dell'health care

Gli agenti sono stati già proposti per occuparsi di molti differenti tipi di problemi nel dominio dell'health care. Qui sotto viene riportata un piccola lista di alcuni campi nei quali sono stata già applicate:

- La programmazione dei pazienti: programmare le attività che devono essere eseguite da un paziente in un ospedale[6].
- La gestione del trapianto di organi: coordinare e gestire il trapianto di organi e tessuti tra differenti centri medici[9][10].
- La comunità della salute: coordinare le attività che devono essere elaborate per fornire un efficiente cura della salute al cittadino di una comunità, specialmente se anziano o disabile[11].
- Accesso alle informazioni: Si utilizzano gli “information agent” che raccolgono, compilano e organizzando le informazioni mediche disponibili in rete[12][13], o fornendo ad un utente in movimento le informazioni su un ospedale o su un dottore disponibile in un particolare luogo[14].
- Sistema di aiuto alle decisioni: Monitorare lo stato di un paziente ospedalizzato, aiutando la diagnosi delle condizioni di una persona ricoverata[15].
- Compiti all’interno di un ospedale: Per esempio il monitoraggio di protocolli di applicazioni mediche[15], in particolare il controllo del quantitativo nella somministrazione di antibiotici[16].

TERZO CAPITOLO

Esempi di reali applicazioni

In questo capitolo saranno descritti due esempi di applicazioni dei sistemi multi agenti nell’area della cura della salute sviluppato dal “Multi-Agent System Group (GruSM)” in spagna[18].

3.1 La gestione del trapianto d’organi

Per coordinare la gestione del trapianto di organi tra gli ospedali spagnoli è stato progettato e implementato un sistema multi agenti come quello mostrato nella figura 3.1. Questa architettura riflette la

struttura di coordinazione del trapianto di organi che è usata in Spagna.

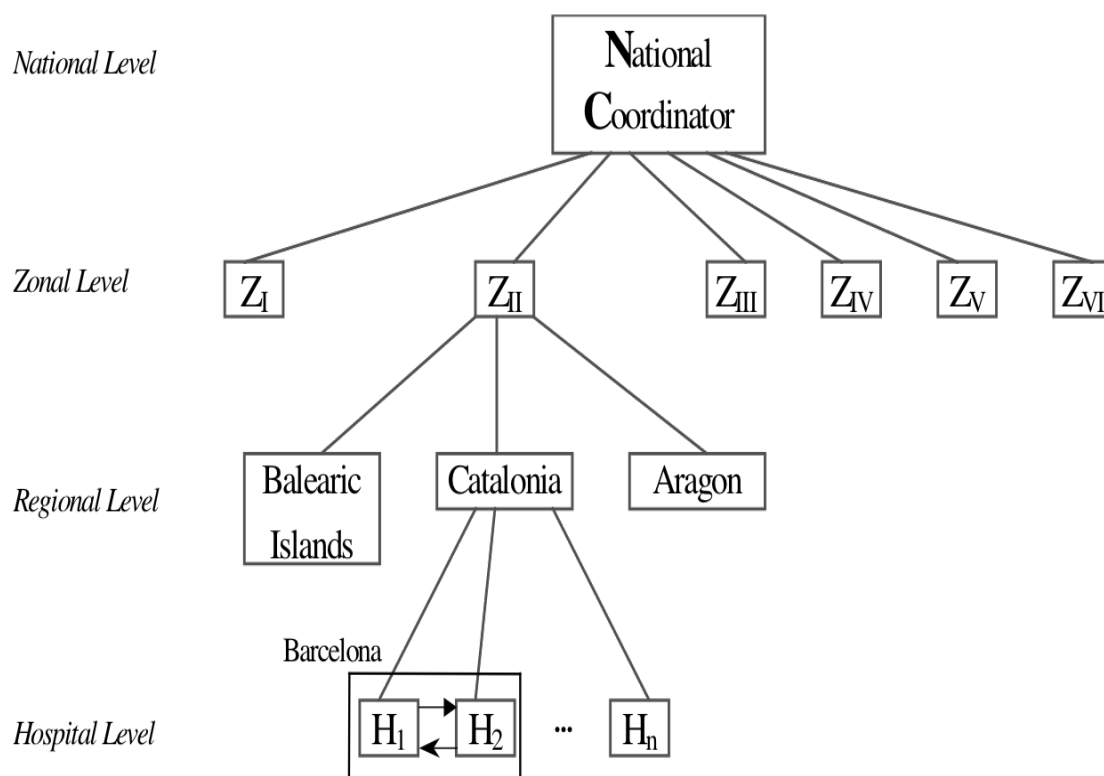


Figura 2.1

La gerarchica dipendenza tra i vari livelli di coordinazione dei trapianti.

Il territorio nazionale è partizionato in sei zone. Ad ogni zona appartengono alcune delle diciannove regioni autonome spagnole. Come si nota nella figura 3.1 alla zona 2 appartengono tre regioni autonome. Tutti questi agenti hanno una diversa conoscenza e giocano un ruolo differente, devono coordinare le loro attività e offrire un efficiente modo di occuparsi della gestione del trapianto di organi a livello nazionale. Ci sono due altri agenti nel sistema globale, i quali non sono mostrati in figura 3.1 perché non appartengono alla gerarchia:

1. Un agente chiamato “Emergency Coordinator(EC)”, il quale è il coordinatore a livello nazionale dei casi di “0-emergency”. Questo è il nome che è dato ai pazienti che sono in lista di attesa per un organo ed hanno raggiunto una condizione molto critica, nella quale la loro vita è ad alto rischio se il trapianto non è svolto un brevissimo periodo di tempo.
2. Un agente che è chiamato “Historical Agent (HA)”, il quale riceve i dati dei trapianti in Spagna. Queste informazioni le

mantiene in un file, in modo da poter essere elaborare per ottenere delle statistiche e applicare tecniche di data mining per guadagnare utili conoscenze, ecc.

Quando è un nuovo organo è disponibile, è estremamente importante trovare un paziente che può ricevere al più presto l'organo. Il processo di ricerca usato in Spagna segue il modello cosiddetto "Spanish model"[17], il quale ha riscosso un notevole successo ed è stato copiato da altre nazioni. Questo processo di ricerca ha parecchi steps come mostrato nella figura 3.2. Questo processo di ricerca ha lo scopo di trovare adeguati recettori, che sono vicini il più possibile all'ospedale del donatore, per minimizzare sia i costi in termini economici che in termini di tempo del trasporto dell'organo.

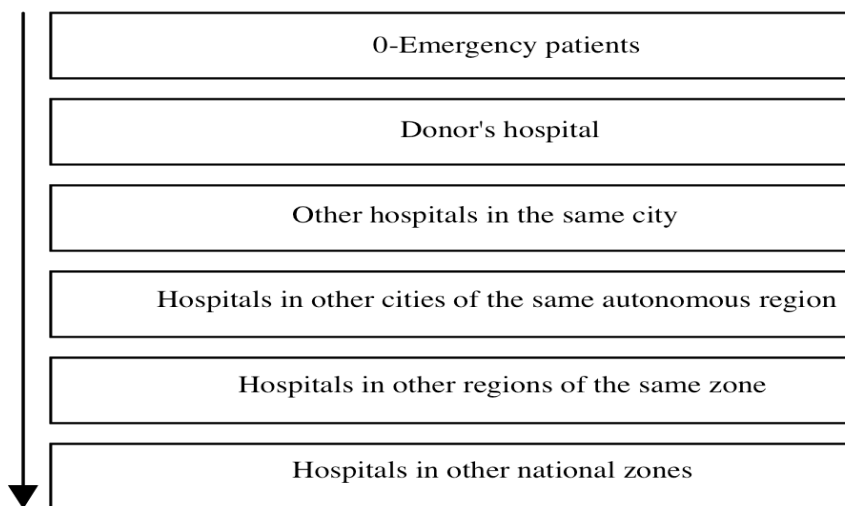


Figura 3.2

I passi della ricerca di un appropriato recettore.

Primo, cerchiamo nel database centrale nazionale i pazienti "0-emergency", se uno di loro può utilizzare l'organo disponibile. Se non ci sono pazienti in quello stato che possono recepire gli organi, si prova ad utilizzare l'organo con pazienti che sono in lista di attesa nell'ospedale del donatore. Se anche questo passaggio porta ad un insuccesso, si cerca un adeguato paziente in un altro ospedale della stessa città, o altri ospedali della stessa regione autonoma, o altri ospedali della stessa zona ed infine, negli ospedali di una delle altre cinque zone. L'uso di una lista round-robin a livello nazionale e a livello di zona assicura una giustizia nell'assegnazione dell'organo, poiché tutti gli ospedali hanno la stessa probabilità di ricevere un organo disponibile. In ogni passo si ha una lista di pazienti in attesa, si deve valutare se le loro caratteristiche combaciano con quelle

dell'organo disponibile. Per questo scopo è stato progettato e implementato un algoritmo decisionale chiamato "Multi-Criteria Decision Making (MCDM)".

3.2 Accesso alle informazioni che riguardano l'health care

L'idea che è riportata in questo esempio è stata portata avanti all'interno del progetto europeo chiamato "AgentCities.NET". Lo scopo principale di questo progetto è quello di costruire una rete globale basata sugli agenti, che fornisce interessanti servizi ai cittadini o ai visitatori di una città (come per esempio informazioni riguardo a musei, cinema, ristoranti ed eventi culturali). In questo contesto è stato implementato ed utilizzata una piattaforma "AgentCities" basata sugli agenti che offre servizi medici. L'architettura del sistema è mostrato nella figura 3.3.

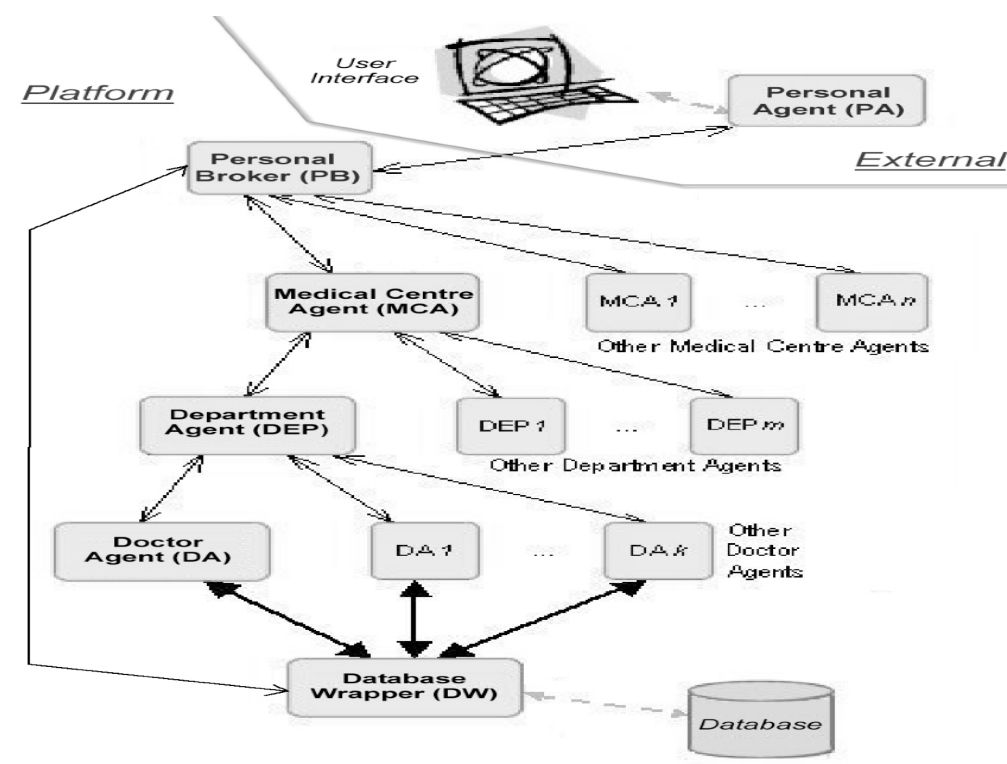


Figura 3.3

Architettura di un MAS che fornisce informazioni mediche.

Questo sistema multi agente contiene 6 differenti tipi di agenti elencati qui di seguito:

- Il "Personal Agent" dell'utente(PA)

- Il “Personal Broker “(PB)
- Il database wrapper (DW)
- Il “Medical Center Agent” (MCAs)
- “Department Agent” (DEPs)
- “Doctor Agent” (DAs)

Le informazioni di un centro medico sono divise su tre livelli. Per ogni centro c'è un MCA, parecchi DEPs (uno per ogni reparto del centro) e parecchi DAs (uno per ogni dottore di ogni reparto). Il MCA ha le informazioni generali del centro (per esempio il suo indirizzo e l'orario di apertura). Ogni DEP ha la conoscenza di un certo reparto (per esempio tutte le informazioni del reparto di oculistica). Ogni DA mantiene il programma di un dato dottore, e la consapevolezza del suo orario di visite. Il “Personal Agent” fornisce un'interfaccia grafica del sistema multi agente all'utente. Questa interfaccia è usata per introdurre i requisiti di un ricerca o mostrare il risultato di una query al sistema da parte dell'utente (come mostrato nella figura 3.4)

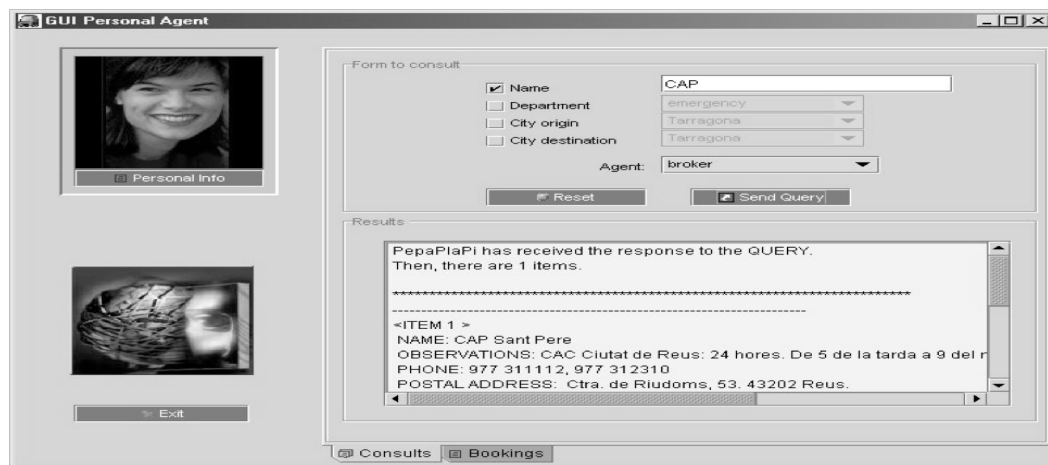


Figura 3.4

Interfaccia grafica fornita dal “Personal Agent”.

Il PB è un agente che controlla gli accessi del PA ai servizi forniti attraverso il sistema, introducendo l'autenticazione ed evitando la diretta comunicazione con gli altri agenti. L'utente richiede i servizi dell'health care, ad accessibili, al PB. Il database wrapper è l'agente che controlla gli accessi al database che contiene i record con le informazioni mediche degli utenti.

Il sistema fornisce i seguenti servizi:

- L'utente può chiedere un centro medico che soddisfi certe proprietà (un esempio potrebbe essere, quei centri medici in una determinata città che possiedono un centro cardiologico).
- L'utente è in grado di accedere al suo record che contiene le sue informazioni personali, potrebbe essere visto come una sorta di cartella clinica.
- L'utente può richiedere un appuntamento per essere visitato da un certo medico in una specifica struttura medica e specificando anche la data.
- Quando un esame è stato svolto, il dottore può accedere e aggiornare il record del paziente appena visitato.

Il sistema garantisce un accesso sicuro alla cartella clinica contenuta nel database, così che solo l'utente autenticato ed il dottore che ha visitato l'utente è consentito ottenere e aggiornare queste informazioni. C'è un meccanismo a tre livelli di sicurezza.

Il principale scopo dell'iniziativa "AgenteCities" è quella di fornire un servizio basato sugli agenti che migliori la qualità della vita dei cittadini e i visitatori della città. Utilizzando queste applicazioni, certamente si contribuisce ad andare verso questo obiettivo, dando la possibilità all'utente di accedere a i dati medici in maniera semplice ed efficiente. Questo sistema è completamente implementato ed è in versione prototipo, con tutti gli agenti che sono lanciati su PC standard. I benefici di questo sistema, se implementati nel mondo reale, potrebbero raggiungere due tipi di utenti:

- I cittadini che necessitano di servizi medici, i quali potrebbero accedere a i loro dati medici da dovunque, prendere appuntamenti con un certo dottore, ottenere qualunque tipo di informazione relativa alle strutture mediche, reparto o dottore di una data città
- Gli operatori del settore medico i quali potrebbero automaticamente accedere e aggiornare le informazioni presenti nel database relative ad un paziente, nel corso di un esame, e avrebbero un carico di lavoro diminuito a causa del fatto che i cittadini farebbero tutto dalla loro città, e addirittura da casa, dal prendere un appuntamento al richiedere delle informazioni.

Conclusioni

Gli agenti intelligenti hanno un insieme di proprietà (abilità sociali, pro attività, autonomia) che fanno di loro un adeguato strumento per essere usati per risolvere molti problemi che sono presenti in ambito medico. Sono stati mostrati in questo lavoro due MAS che affrontano due diversi problemi, come la gestione del trapianto di organi nella Spagna, l'accesso alle informazioni mediche di una città.

Malgrado l'attraente natura dei sistemi multi agenti, c'è ancora molto lavoro da fare prima che questo sistema sarà largamente usato nel reale scenario dell'health care. Di seguito si riportano alcune delle linee di ricerca ancora aperte:

- Non esistono rappresentazioni e ragionamenti universalmente accettati sulle informazioni in campo medico. Perciò l'interoperazione tra sistemi sviluppati in differenti ospedali è attualmente abbastanza difficile.
- Il problema della sicurezza è estremamente importante in questo campo, dove le informazioni sensibili sono trasmesse tra agenti. Appropriate misure devono essere prese per garantire la riservatezza delle informazioni mediche.
- C'è ancora molto lavoro da fare per essere in grado di implementare agenti intelligenti in dispositivi mobili, come cellulari o PDA. Probabilmente questa sarà la chiave verso un largo uso dei sistemi agent-based, per accedere a qualunque informazione da dovunque in qualunque momento.
- Qualche questione legale deve essere considerata, specialmente quando il sistema è distribuito attraverso parecchi paesi.

Bibliografia

1. Jennings, N. On agent-based software engineering. *Artificial Intelligence* 117, (2000), 77-296.
2. Wooldridge, M. An introduction to MultiAgent Systems. Wiley Ed. (2002).
3. Russell, S. and Norvig, P. (1995) *Artificial Intelligence: a Modern Approach*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
4. M. Wooldridge and N. R. Jennings. Intelligent agents: Theory and practice. *The Knowledge Engineering Review*, 10(2):115-152, 1995.
5. Nealon, J., Moreno, A. The application of agent technology to health care. Proceedings of the Workshop "AgentCities: research in large scale open agent environments", in the 1st International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS 2002). Bologna, Italy, (2002), 169-173.
6. Decker, K., Li, J. Coordinated hospital patient scheduling. Proceedings of the 3rd International Conference on Multi-Agent Systems, ICMAS-98. Paris, France, (1998).
7. Durfee, D.H. Distributed problem solving and planning. In [1], 121-164.
8. Klusch, M. Information agent technology for the Internet: a survey. *Data and Knowledge Engineering*, Vol. 36 (3), (2001), 337-372.
9. Aldea, A., López, B., Moreno, A., Riaño, D., Valls, A. A Multi-Agent System for Organ Transplant Co-ordination. In *Artificial Intelligence in Medicine*. Eds: S.Quaglini, P.Barahona, S.Andreassen. Lecture Notes in Computer Science 2101, Springer Verlag, (2001), 413-416.
10. Vázquez-Salceda, J., Padget, J.A., Cortés, U., López-Navidad, A., Caballero, F. Formalizing an electronic institution for the distribution of human tissues. To appear in [8]. March 2003 (in press).
11. Beer, M.D., Huang, W., Sixsmith, A. Using agents to build a practical implementation of the INCA-Intelligent Community Alarm- system. In: *Intelligent Agents and their applications*, L.C.Jain, Z.Chen and N.Chalkaranje (Eds.). Springer Verlag, (2002), 320- 345.
12. Baujard, O., Baujard, V., Aurel, S., Boyer, C., Appel, R.D. MARVIN, a multi-agent softbot to retrieve multilingual medical information on the Web. *Medical Informatics* 23 (3), Taylor & Francis, London, (1998), 187-191.
13. Kostkova, P., Mani-Saada, J., Weinberg, J. Agent-based up-to-date data management in the National Electronic Library for Communicable Disease. In [6], 59-63.
14. Moreno, A., Isern, D. Accessing distributed health-care services through smart

agents. Proceedings of the 4th IEEE International Workshop on Enterprise Networking and Computing in the Health Care Industry (HealthCom 2002), Nancy, France, (2002), 34-41.

15. Barro, S., Presedo, J., Castro, D., Fernández Delgado, M., Fraga, S., Lama, M., Vila, J. Intelligent telemonitoring of critical-care patients. IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine 18 (4), (1999), 80-88.

16. Godo, L., Puyol-Gruart, J., Sabater, J., Torra, V. A multi-agent system approach for monitoring the prescription of restricted use antibiotics. To appear in [8], March 2003 (in press).

17. Matesanz, R., Miranda, B., Coordinación y Trasplantes: El modelo español. Editorial Aula Médica, ISBN 84-7885-060-0 (1995).

18. GruSMA: Multi-Agent Systems Group at University Rovira i Virgili. More information available at <http://www.etse.urv.es/recerca/banzai/toni/MAS>.