

INGEGNERIA DEI SISTEMI E DELLE TECNOLOGIE
DELL'INFORMAZIONE

Negoziazione cooperativa
per la gestione di reti
Wireless LAN

Stefano Coletto

Corso di Sistemi Distribuiti LS

Anno Accademico 2003/04

Indice

1	INTRODUZIONE	2
1.1	Reti cellulari	2
1.2	Applicazione dei concetti nelle Wireless LAN	3
2	FONDAMENTI TEORICI	4
2.1	Caratterizzazione del sistema all'interno della DAI	4
2.2	Problema dell'allocazione delle risorse	5
2.3	Negoziiazione	6
2.3.1	Protocollo	8
3	APPLICAZIONE	10
4	CONCLUSIONI	12

Capitolo 1

INTRODUZIONE

L'Intelligenza Artificiale è tutt'oggi utilizzata nella gestione di sistemi di telecomunicazioni [1], [2], per suddividere i problemi di controllo su risorse distribuite e fornire differenti servizi in reti di grandi dimensioni [3], [4]. Molte di queste applicazioni sono state effettuate su reti fisse ma lo stesso concetto può essere esteso anche alle reti wireless, le quali presentano altri problemi tra i quali:

- alti e frequenti errori sui bit causati dal rumore in collegamenti via etere,
- grandi burst di errore causati da interferenza multipercorso,
- perdita o variazione dell'ordine dei pacchetti dovuta all'handoffs,
- piccola dimensione massima dei pacchetti per supportare servizi in real-time tipo traffico voce,
- scarsa banda di frequenze da utilizzare,

dove il più rilevante è l'allocazione delle frequenze radio, in sistemi multiutente, per evitare congestioni o degradazione del Quality of Service (QoS) [4].

1.1 Reti cellulari

L'impiego di agenti intelligenti in simulazioni di allocazione delle risorse radio, in sistemi di comunicazione cellulare mobile, ha evidenziato parecchi

vantaggi soprattutto in termini di efficienza di banda [5], [6]. Il singolo service provider può selezionare intelligentemente l'agente che gestisce la rete, al quale affidare la richiesta di connessione di un utente, e l'agente stesso può decidere autonomamente di cambiare service provider, tramite un algoritmo di connessione, al fine di supportare un numero maggiore di clienti. In questo modo gli agenti che gestiscono la rete possono interagire in maniera decentralizzata, senza una significativa perdita di prestazioni rispetto ad un algoritmo completamente centralizzato che risulta di difficile implementazione.

1.2 Applicazione dei concetti nelle Wireless LAN

Le reti locali wireless (WLAN), trovano impiego in contesti dove, ad esempio, non è possibile cablare la zona (edifici storici, insediamenti temporanei, ecc.), ma soprattutto vengono utilizzate per dare accesso alla rete ad utenti mobili (computer portatili, palmari, cellulari, ecc). Nelle reti Wireless LAN, a differenza di quelle cellulari, anche l'utente mobile ha la possibilità di crearsi una propria sottorete per comunicare con altri dispositivi. Questo perchè quando è stata standardizzata questa tecnica di interconnessione via radio (IEEE 802.11) [7], sono state previste due tipologie di reti:

- *Ad Hoc Network*, che permette di collegare direttamente tra loro più stazioni wireless;
- *Infrastructure Network*, che connette le stazioni wireless passando attraverso un access point.

Per dare maggiore autonomia alle singole stazioni della rete viene ipotizzato l'utilizzo della negoziazione locale nel decidere la sagoma dell'area da coprire. Quest'autonomia dà un aumento di flessibilità nell'affrontare nuove situazioni di traffico, e diminuisce la segnalazione complessiva della rete. Dato che la potenza diminuisce col quadrato della distanza, la decisione riguardante una nuova richiesta di connessione, di solito avrà un impatto trascurabile sulle postazioni più lontane.

La negoziazione è vista come la tecnica chiave per risolvere i conflitti in sistemi multi agenti (MAS) competitivi e cooperativi, e in questo caso può essere efficace anche come possibile approccio per trovare in anticipo risorse della rete inutilizzate.

Capitolo 2

FONDAMENTI TEORICI

2.1 Caratterizzazione del sistema all'interno della DAI

L'allocazione di risorse è un classico problema studiato per molti anni dai ricercatori nell'ambito dei Multi Agent Systems (MAS). La ragione di questo è che l'allocazione di risorse ha un gran numero di caratteristiche che sono comuni a molti domini di applicazione di sistemi multi agenti. Molte volte si richiede la ripartizione delle risorse, spesso anche complicata, a sistemi centralizzati, con spreco di tempo, quando le caratteristiche dell'ambiente sono distribuite e dinamiche. Si è visto, in diversi ambienti dove sono state condotte delle ricerche, che i costi dovuti ad una continua centralizzazione dell'informazione diventavano impraticabili, rendendo quindi necessario l'impiego di tecniche distribuite [8].

La negoziazione, come forma di ricerca distribuita, è vista come una possibile tecnica per condurre ricerche complesse che includono sottoproblemi di interazione tra diversi punti. I ricercatori in questo dominio, si sono focalizzati principalmente su scenari di allocazione di risorse che sono formulati come soddisfacimento di problemi distribuiti con vincoli. Questa classificazione può essere suddivisa in due parti; la prima con dei vincoli real-time nel comportamento del protocollo, la quale richiede che la negoziazione termini in un tempo determinato, che è stimato dinamicamente come risultato di condizioni ambientali emergenti. Nella seconda parte, il processo di allocazione viene riformulato sotto forma di un problema di

ottimizzazione, utilizzando tecniche di rilassamento dei vincoli, per cercare soluzioni le quali massimizzano l'utilità sociale degli agenti.

2.2 Problema dell'allocazione delle risorse

Generalmente si parla di allocazione, quando c'è un problema di assegnazione di un numero di risorse, solitamente limitate, ad una serie di applicazioni. Ogn'una di queste applicazioni avrà differenti richieste di risorse, le quali dopo essere state assegnate, risulteranno utili a risolvere le richieste delle applicazioni. L'obiettivo è massimizzare l'utilizzo globale delle risorse, scegliendo le giuste opzioni di assegnamento alle varie applicazioni. Formalizzando, il problema dell'allocazione può essere scritto nel modo seguente:

- una serie di applicazioni $A = \{a_1, \dots, a_n\}$ dove n è il numero di applicazioni attive istantaneamente;
- una serie di risorse $R = \{r_1, \dots, r_j\}$ dove j è il numero di risorse disponibili istantaneamente;
- una serie di funzioni obiettivo associate ad ogni applicazione attiva $U = \{u_1, \dots, u_n\}$;

Il goal del problema è arrivare ad una soluzione delle possibili allocazioni $S = \{s_1, \dots, s_n | s_i \in R\}$ in modo che $\sum_{i=1}^n U_i(s_i)$ è massimizzato e $\bigcap_{i=1}^n s_i = 0$. Queste soluzioni sono valide sino a quando il sistema rimane inalterato, ma appena viene modificato, quindi ci sono altre applicazioni che richiedono o rilasciano delle risorse, bisogna rifare tutta la pianificazione. Se il numero di risorse da gestire o il numero di applicazioni coinvolte nella pianificazione, incominciano a diventare significativi, si ha un aumento complessivo del problema dell'allocazione, che è catalogato come NP-completo. È evidente che la bontà degli assegnamenti ad una serie di richiedenti, è strettamente dipendente dalla funzione di ottimizzazione definita per le varie applicazioni. Ed è anche chiaro che la condivisione di risorse o l'aumento delle richieste da parte di una particolare applicazione, non porta ad un aumento dell'ottimizzazione globale.

Per effettuare una buona ripartizione delle risorse, bisogna avere una rete di sensori in grado di rintracciare la posizione da dove proviene la richiesta di risorse da parte dell'applicazione. Per risolvere questo problema, sono utilizzate delle piattaforme di sensori distribuite, con possibilità di variazione dell'orientazione in tempo reale, in base all'ambiente in cui si trovano immerse [9]. Ogni piattaforma ha tre distinti sensori, ogn'uno dei quali ha un

arco di visibilità di 120 gradi, che sono in grado di misurare l'ampiezza del segnale (distanza dalla piattaforma) e/o la frequenza (velocità relativa dell'obiettivo). Per rintracciare l'obiettivo e quindi ottenerne un'utilità, almeno tre piattaforme di sensori devono prenderne le misure in modo coordinato, le quali attraverso la triangolazione permettono di individuare la posizione dell'obiettivo. Aumentando il numero di frequenze e/o di misure relative sincronizzate, si aumenta la qualità della stima della posizione dell'obiettivo e migliora la bontà della soluzione.

Ogni piattaforma di sensori è controllata da un agente che deve prendere parte a diverse organizzazioni, oltre che gestire le sue risorse locali. Gli agenti, mantengono un alto grado di autonomia locale, potendo prendere delle decisioni di compromesso riguardo la competizione che si può venire a creare avendo diverse applicazioni che formulano delle richieste [10]. Un ruolo rilevante che un agente deve intraprendere, è quello di gestore della traiettoria del target. In quanto tale, l'agente, diventa responsabile nel determinare quali piattaforme di sensori e quali gestori sono necessari, in quel momento e in istanti successivi, per inseguire l'obiettivo. Questi gestori delle traiettorie devono anche mettere assieme le misure, fatte dalle altre piattaforme, nella singole locazioni, le quali sono punti focali delle attività di negoziazione, che si svolgeranno per risolvere la contesa di risorse. Il target, durante il suo movimento, entrerà ed uscirà dall'area di visibilità dei differenti sensori, richiedendo, ai gestori delle traiettorie, di valutare e rivedere continuamente le richieste di risorse. In aggiunta, questa dinamicità, porta alla necessità di avere una negoziazione fatta in tempo reale, perchè la struttura di un particolare problema rimane invariata solamente per un determinato periodo di tempo.

La contesa delle risorse, viene introdotta quando più di un target entra nel campo visibile della stessa piattaforma di sensori. Questo perchè, un gestore delle traiettorie, deve arrivare ad un compromesso su come condividere le risorse, senza causare la perdita di nessun target. Questo accordo locale può avere profonde implicazioni nel contesto globale, in quanto un gestore della traiettoria può venire in contatto con altri, che utilizzano anche loro lo stesso sensore, e che gli richiedono di compensare le nuove lacune che si sono venute a formare.

2.3 Negoziazione

In qualsiasi Multy-Agent System (MAS), la coordinazione tra gli agenti è di fondamentale importanza. Per trarre il massimo vantaggio dal fatto che

gli agenti sono autonomi, bisogna che le interazioni con gli altri non siano completamente fisse, ma flessibili e dipendenti dal contesto. Per far questo, la comunicazione dovrà essere più peer-to-peer che non a gerarchia, cioè, gli agenti potranno richiedere ad altri agenti di fare alcune operazioni, oppure dare delle informazioni, ma spesso non hanno il potere di ordinarne l'esecuzione. In queste occasioni gli agenti devono 'negoziare' per raggiungere un accordo sullo svolgimento dell'operazione. Molte volte si pensa che la negoziazione si presenti solo nella forma di elaborazione e scambio di decisioni, invece, questa ha un importante ruolo anche nella normale coordinazione all'interno di un MAS. In generale si può dire che, la negoziazione è un processo nel quale due o più parti tentano di raggiungere una decisione comune, in una disputa riguardante un problema. Per portare a termine questo, le parti condivideranno delle informazioni strategiche e cercheranno di formulare delle alternative [12].

Nei casi semplici, la negoziazione può consistere in un solo passo, nel quale potenziali servitori offrono i loro servizi dopo una richiesta broadcast da parte di un contraente. Tutti quelli che hanno ricevuto la richiesta, possono decidere di inviare la loro offerta oppure no. A quel punto, il richiedente, analizza le varie offerte che gli sono pervenute e sceglie la migliore. In altri casi il processo di negoziazione necessita di più interazioni di richieste e offerte per arrivare ad un accordo comune. Queste interazioni saranno guidate dal principio di massimizzazione dell'utilità comune. Spesso questo paradigma viene sviluppato e formalizzato attraverso delle funzioni di utilità che vengono assegnate ai vari agenti [13]. Quando nascono dei conflitti, gli agenti cercano di risolverli formulando delle offerte che vadano incontro alle richieste ricevute, pur sempre seguendo le proprie funzioni di utilità. Quindi molte volte, le offerte contengono delle restrizioni, le quali necessitano di un'ulteriore risposta da parte del richiedente, procedendo così fino a quando non si raggiunge un accordo.

La negoziazione basata sulla mediazione distribuita, la quale migliora i risultati sfruttando la propria natura cooperativa tra agenti, viene utilizzata per massimizzare l'utilità globale. In questo modo ci si riferisce all'abilità, che ha ogni agente, di mediare la capacità quando gli si presentano conflitti nell'utilizzo delle risorse. Come mediatore, un agente ottiene una vista locale e parziale del problema globale, e formula suggerimenti sulle ripartizioni di ogni altro agente coinvolto nella mediazione. Questo permette al mediatore di identificare sottoproblemi sovra vincolati e suggerire di eliminare tali condizioni troppo restrittive. In più, il mediatore può effettuare un controllo di consistenza, attraverso degli archi, il quale permette di eliminare grandi spazi di ricerca che risultano essere troppo distanti dal target [14]. Ne segue

che, se ci sono delle regioni di mediazione sovrapposte, gli agenti convergono facilmente ad una soluzione che nella maggioranza dei casi è abbastanza buona e veloce. Globalmente questa negoziazione è caratterizzata da una natura *hill-climbing* e dall'abilità di esplorare parallelamente negoziazioni multiple che si presentano simultaneamente.

2.3.1 Protocollo

Tenendo in considerazione il fatto che la soluzione deve essere abbastanza buona e veloce si propone un Scalable Protocol for Anytime Multilevel (SPAM) [15]. Il protocollo SPAM, viene attivato ogni volta che è necessario una variazione locale delle risorse (nuovo target, aggiunta/rimozione di risorse, ecc.), oppure se il gestore trova un conflitto all'interno di una delle risorse che sta utilizzando. Le risorse, in questo contesto, devono essere monitorate ed aggiornate come se fossero degli obiettivi in movimento attraverso l'ambiente. I conflitti vengono rilevati dal gestore delle traiettorie attraverso una notifica da parte dei sensori, così i due gestori che entrano in conflitto, se ne accorgono nello stesso momento. Il protocollo è suddiviso in due grandi fasi e nella transizione, dalla prima alla seconda fase, l'agente funge da gestore delle traiettorie ottenendo maggiori informazioni del contesto ed è, quindi, in grado di aumentare la qualità globale della sua decisione. In oltre, si passa alla fase 2, una volta completata la fase 1 del protocollo che si accerta sempre che almeno una soluzione sia stata ottenuta. Così in ogni momento, dopo aver completato la fase 1, il gestore della traiettoria può scegliere di fermare il protocollo, essendo comunque sicuro di avere una soluzione, anche se non necessariamente ottima e senza conflitti.

Nella fase 1, il protocollo tenta di trovare una soluzione all'interno del contesto di informazioni che ha acquisito al momento dell'attivazione. Poiché il protocollo cerca di massimizzare l'utilità sociale, ogni agente cerca di massimizzare la propria utilità locale, senza causare nuove violazioni di vincoli. Se si riesce ad ottenere questo, non sono necessarie ulteriori negoziazioni, ed il protocollo termina nella fase 1. Se i gestori delle traiettorie decidono di utilizzare ogni risorsa disponibile (sensori che riescono a vedere il target), la possibilità di conflitto tra risorse aumenta notevolmente, causando quindi, l'esecuzione della fase 2 più frequentemente. È anche vero che se l'agente decide di partire con un obiettivo semplice (e quindi una bassa utilità), l'utilità sociale potrebbe soffrirne inutilmente. Un'altra funzione che deve svolgere la fase 1, è assicurare una certa utilità della soluzione ottenuta, mentre aspetta che la fase 2 venga completata. Se la ragione che ha provocato l'utilizzo del protocollo è una variazione di richieste delle risorse, e non si è ottenuta

una soluzione senza conflitti durante la fase 1, viene applicata una soluzione temporanea al problema. Questa cerca di ottenere il massimo dell'utilità in attesa che il gestore trovi una soluzione migliore. Se il conflitto non viene risolto, questo viene lasciato alla manipolazione degli agenti dei sensori, che possono modificare la loro zona di copertura.

La fase 2 è il cuore del protocollo di negoziazione SPAM, la quale cerca di risolvere tutti i conflitti locali, sollevati dal gestore delle traiettorie, su delle risorse desiderate. Per fare questo, chi avvia la negoziazione prende il ruolo del mediatore per i conflitti locali. Come mediatore, diventa responsabile della raccolta di tutte le informazioni, necessarie per generare soluzioni alternative che possono andare a variare i livelli di ottimizzazione dei gestori coinvolti, e le scelte delle soluzioni finali del problema. Siccome le decisioni vengono prese senza un'informazione globale, le soluzioni possono portare a dei conflitti non locali. In tal caso, il gestore delle traiettorie può decidere di propagare la negoziazione con se stesso come mediatore, al fine di risolvere questi conflitti.

Capitolo 3

APPLICAZIONE

Questi concetti trovano un'applicazione efficiente in un ambiente dove la zona di copertura è abbastanza vasta, quindi possono essere presenti più sensori che coprono la stessa area, ed il traffico che devono supportare è abbastanza sostenuto e dinamico (Figura 3.1). La negoziazione viene utilizzata quando il target si trova in una zona servita da più trasmettitori che devono consentirne la connessione alla rete. Con questa negoziazione si decide l'impronta di copertura dei vari trasmettitori e la distribuzione della loro potenza.

Ognuno dei target nell'ambiente, può essere considerato un compito che è assegnato ad un gestore delle traiettorie. I sensori, che in questo caso si identificano con gli apparati di trasmissione, sono le risorse dei gestori delle traiettorie, che permettono di rilevare e rintracciare la posizione dei target. Se il target entra nell'area di copertura della rete, in ogni momento, sarà all'interno del campo visivo di un certo sottoinsieme di sensori. Questo significa che ogni volta che un target passa dal campo visivo di un sensore ad un altro, cambia la funzione di ottimizzazione che deve essere seguita.

Per seguire la traiettoria dei target, vengono coinvolti più sensori che eseguono misure coordinate, le quali devono essere poi fuse tutte assieme per determinare l'esatta posizione del target. Aumentando il numero dei sensori o crescendo il numero di misure fatte in un periodo di tempo, aumenta la qualità e la precisione della stima. In tal senso, la struttura della rete wireless aiuta, in quanto possono essere utilizzati come sensori altri apparati già presenti nella rete. Questi apparati che sono già connessi, possono, attraverso una connessione Ad-Hoc con il nuovo target da inseguire,

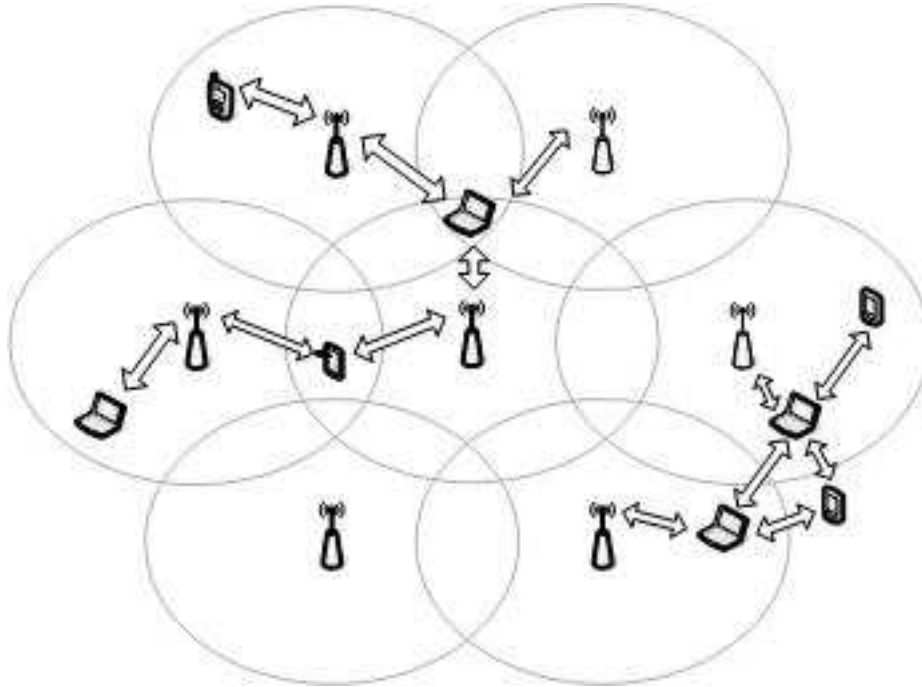


Figura 3.1: Interazioni tra apparati

fare delle rilevazioni multiple utili al gestore delle traiettorie. In certi casi di congestione di un apparato di trasmissione, queste connessioni possono essere utilizzate anche come ponte per connettere un nuovo target che è nelle vicinanze. Grazie a questa proprietà si può arrivare ad offrire una connessione anche ad apparati che sono al di fuori del zona visibile degli access point (Figura 3.1).

Capitolo 4

CONCLUSIONI

In questo lavoro si è cercato di applicare dei concetti dell'intelligenza artificiale nell'ambito delle trasmissioni wireless. Prendendo spunto da concetti già applicati in reti di telefonia cellulare, sono stati modificati e adattati alle diverse esigenze del caso d'interesse.

Si è cercato un metodo efficiente per gestire il problema dell'allocazione delle risorse in un ambiente competitivo, attraverso ausilio di agenti intelligenti. Per risolvere questo problema, si è ipotizzato l'utilizzo di una negoziazione basata sulla mediazione distribuita, sfruttando la propria natura cooperativa tra agenti per aumentare l'utilità globale delle risorse disponibili. Vista la particolarità dell'ambiente, e avendo dei vincoli di real time, si suggerisce l'utilizzo di un protocollo che si divide in due fasi. Una prima che cerca comunque di connettere i dispositivi alla rete nel tempo più breve possibile, e la seconda che tenta di ottimizzare l'utilizzo delle risorse dedicate a tale connessione, attraverso le informazioni scambiate con altri agenti che si trovano nelle vicinanze.

Si può pensare di applicare queste tecniche, anche in un ambiente dove sono presenti reti di diversa natura, come ad esempio apparati che utilizzano la tecnologia Bluetooth. In questo modo possono essere forniti diversi servizi in modo più efficiente sfruttando la collaborazione tra agenti.

Bibliografia

- [1] Nathan J. Muller. *Improving Network Operations With Intelligent Agents*. Int. J. Network Mgmt., vol. 7, 116-126 (1997).
- [2] Jidè Odubiyi, George Meekins, Song Huang and Tracy Yin. *Adaptive Polling System for Proactive Management of ATM Networks Using Collaborative Intelligent Agents*. Autonomous Agents, Seattle WA UsA, 1999.
- [3] Krunoslav Trzec and Darko Huljenic. *Intelligent Agents for QoS Management*. AAMAS'02, Bologna, Italy, 2002.
- [4] Khaldoun Al agha and Houda Labiod. *MA-WATM: A new approach towards an adaptive wireless ATM network*. Mobile Networks and Applications 4 (1999) 101-109
- [5] Eliane L. Bodanese and Laurie G. Cuthbert. *A Multi-Agent Channel Allocation Scheme for Cellular Mobile Networks*. IEEE 2000
- [6] E. Bodanese and L. Cuthbert. *Application of intelligent agents in channel allocation strategies for mobile networks*. In Proceedings of IEEE International Conference on Communications (ICC 2000), volume 1, pages 181-185, New Orleans, LA, USA, 2000.
- [7] Telecommunications and information exchange between systems - Local and metropolitan area networks. *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications*. Std IEEE 802.11, 1999
- [8] John Bigham and Lin Du. *Cooperative Negotiation in a Multi-Agent System for Real-Time Load Balancing of a Mobile Cellular Network*. AAMAS'03, Melbourne, Australia, 2003.
- [9] B. Horling, R. Vincent, R. Mailler, J. Shen, R. Becker, K. Rawlins, and V. Lesser. *Distributed sensor network for real time tracking*. In Pro-

ceedings of the Fifth International Conference on Autonomous Agents, pages 417-424, 2001.

- [10] R. Vincent, B. Horling, V. Lesser, and T. Wagner. *Implementing soft real-time agent control*. In Proceedings of the Fifth International Conference on Autonomous Agents, pages 355-362, 2001.
- [11] Guido Governatori, Marlon Dumas, Arthur H.M. ter Hofstede and Phillipa Oaks. *A Formal Approach to Protocols and Strategies for (Legal) Negotiation*. ICAIL-2001, pp 168-177, 2001.
- [12] Sarit Kraus. *Automated Negotiation and Decision Making in Multiagent Environments*. LNAI 2086, pp. 150-172, 2001.
- [13] Frank Dignum. *Formal Theories of Negotiation*. Intelligent Agents VIII, LNAI 2333, pp. 321-323, 2002.
- [14] Sarit Kraus, Orna Schechter. *Strategic-negotiation for Sharing a Resource between Two Agents*. NFS IIS-9820657, 2001.
- [15] Roger Mailler, Victor Lesser and Bryan Horling. *Cooperative Negotiation for Soft Real-Time Distributed Resource Allocation*. AAMAS'03, Melbourne, Australia, 2003.