

Construindo Agentes Arrematantes para Múltiplos Leilões Simultâneos

Paulo André Lima de Castro, Jaime Simão Sichman

Laboratório de Técnicas Inteligentes
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
São Paulo, SP – Brasil
{paulo.castro,jaime.sichman}@poli.usp.br

Recebido em 10/out/2003. Verso revisada recebida em 30/mar/2004

ABSTRACT

Among hundreds of auction sites in the internet, some offer services powered by software agents that search auctions, monitor them and/or submit bids in these auctions. However, most of these systems deal with just one auction, instead of acting in multiple simultaneous auctions. The system proposed in this paper can implement strategies to act in multiple simultaneous auctions. We believe this feature will be even more important in a near future, as it can create more effective markets for buyers and sellers.

KEYWORDS: software agents, multiple auctions, bidder agents

RESUMO

Em meio a centenas de sítios de leilões na Internet, observa-se que alguns oferecem serviços de agentes para procurar, monitorar e/ou oferecer lances nos leilões. Entretanto, a maior parte destes sistemas atua somente em um único leilão. Neste artigo, propõe-se um sistema que atua simultaneamente em múltiplos leilões. Acredita-se que tal característica será muito importante em um futuro próximo, pela possibilidade de obter mercados mais eficientes para compradores e vendedores.

PALAVRAS-CHAVE: agentes de software, leilões múltiplos, agentes arrematantes

1 Introdução

Existem hoje muitos sistemas comerciais de leilão na Internet implementando os mais variados tipos de leilões, cada um com suas particularidades. Entretanto, o uso de agentes de software para automatizar as tarefas inerentes à participação em um leilão é mais recente e conta com um número reduzido de sistemas [11]. Entre os vários sistemas eletrônicos de leilões, observa-se a existência de algumas inovadoras casas de leilão acadêmicas baseadas em agentes tais como eMediator [11], AgILE [6], AuctionBot [12] e BiddingBot [8], que serão descritas na seção 4. Entretanto, a maior parte destes sistemas não oferece apoio ao acompanhamento e à submissão de lances em vários leilões simultâneos, sejam do mesmo tipo ou de tipos diferentes. Tal característica é especialmente importante, pois potencialmente o fato de participar (monitorar e eventualmente dar lances) simultaneamente em vários leilões eleva a probabilidade de conseguir melhores resultados econômicos, devido à possibilidade de encontrar mercados mais vantajosos. Contudo, à medida que cresce o número de leilões simultâneos, torna-se inviável para um ser humano monitorá-los e decidir quando e onde oferecer lances. Neste contexto, o uso de agentes computacionais pode ser extremamente interessante. Neste trabalho, apresenta-se uma infra-estrutura para facilitar a construção de agentes arrematantes para múltiplos leilões chamada de AAS [4], além de alguns resultados obtidos com sua utilização.

2 Uma Visão Geral da Teoria de Leilões

Nesta seção, será introduzida a Teoria de Leilões como um ramo da teoria econômica. Os conceitos básicos da área são descritos na seção 2.1. Os mecanismos de fechamento para determinar o vencedor e o preço a ser pago por este são exibidos na seção 2.2.

Em seguida, as variações possíveis quanto à iniciativa do lance e os tipos de leilões mais comuns, bem como algumas considerações sobre a atuação simultânea em múltiplos leilões são apresentados.

2.1 Conceitos Básicos

Para um melhor entendimento da Teoria de Leilões, um pequeno grupo de conceitos básicos é importante. Nesta seção, são apresentados tais conceitos e alguns termos comuns que são utilizados na área.

- *Leiloeiro*: Pessoa ou entidade responsável pelo andamento do leilão.
- *Arrematante*: Pessoa ou entidade que oferece lances em um leilão.
- *Preço Reservado*: Maior valor que um determinado arrematante de um leilão está disposto a pagar para obter o bem em questão. Tal informação, via de regra, não é tornada pública pelo arrematante, pois comprometeria seu objetivo de obter o bem pagando um preço menor.

2.2 Mecanismo de Fechamento e Determinação de Preço

As estratégias de atuação em um leilão são fortemente dependentes das regras do leilão, especialmente das regras que definem o fechamento e a determinação do vencedor e do preço que será pago por este. Os leilões podem ser classificados quanto aos mecanismos de fechamento em temporais (quando terminam em dia e hora pré-determinada e de conhecimento dos arrematantes) ou em fechamento por evento. No segundo caso, o leilão é finalizado por ocorrência de um evento definido pelo leiloeiro. Os eventos mais comuns utilizados como condição para o fechamento são os seguintes: (i) apresentação de um lance (caso do leilão holandês), (ii) ordem direta do leiloeiro para fechar o leilão e (iii) fim de um determinado período sem apresentação de novos lances. Por outro

lado, quanto à determinação de preço, tem-se basicamente dois tipos de leilões:

- *Primeiro Preço*: O arrematante paga o preço do seu próprio lance. é o caso mais comum e é utilizado em leilões do tipo inglês, holandês e americano.
- *Segundo Preço*: O arrematante paga o preço do lance do primeiro perdedor, isto é, do arrematante que deu o segundo maior lance. é utilizado principalmente para estudos devido a propriedades teóricas interessantes (Klemperer 1999, p. 5).

2.3 Iniciativa do Lance

Uma das possíveis variações em todos os leilões é observada quando, ao invés de existir um vendedor e vários possíveis compradores que submetem os lances, tem-se um comprador e vários possíveis vendedores e estes ficam com o trabalho de submeter lances. Geralmente, nomeia-se tal caso de leilão reverso (procurement auctions ou reverse auctions). Entretanto, o leilão reverso não é formalmente diferente do leilão normal, além da óbvia diferença que, neste caso, vence o menor preço e não o maior. Por isso, qualquer estratégia de atuação definida para o caso normal vale também para o leilão reverso [9]. Existe ainda uma outra classe de leilão, quando a iniciativa do lance é de ambos: comprador e vendedor. Geralmente, esta classe de leilão é denominada de leilões duplos (double auctions) e é utilizado em bolsas de valores. O leiloeiro (bolsa de valores) se encarrega de encontrar lances de compra e venda compatíveis para que se realize uma transação.

2.4 Os Tipos Básicos de Leilões

Os tipos de leilões mais utilizados são os seguintes [1], [9]:

- *Leilão Inglês*: Também chamado de aberto, oral ou leilão de lances ascendentes. Neste caso, os arrematantes dão lances crescentes para um determinado item até que nenhum arrematante esteja disposto a dar um lance maior que o atual.

é provavelmente o tipo mais comum de leilão. Este leilão pode ser feito com o vendedor anunciando, opcionalmente, um preço mínimo. Os arrematantes oferecem seus lances, cujos valores podem ser públicos, ou apenas o melhor lance terá seu valor publicado. Este tipo de leilão é muito utilizado para vender obras de arte ou antiguidades, por exemplo.

- *Leilão Holandês*: Funciona de modo inverso ao leilão inglês. O leiloeiro fixa um preço inicial alto e vai progressivamente diminuindo tal preço, até que algum dos arrematantes esteja disposto a comprar o item pelo preço corrente. é assim chamado devido ao fato de ser utilizado por vendedores de flores na Holanda. Neste caso, os potenciais compradores ficam em uma sala onde sentam em mesas com painéis ligados a um relógio eletrônico na frente da sala. O relógio apresenta em seu interior o que está sendo leiloado (uma certa quantidade de flores) e o preço inicial do leilão. Quando se inicia o leilão uma série de luzes ao redor do relógio indica o preço corrente através da redução do percentual do preço original do bem. Quando um comprador aciona seu painel, ele compra as flores pelo preço indicado pelo relógio. Caso haja vários lotes de flores em leilão, o comprador pode escolher apenas alguns dos lotes e os restantes são leiloados novamente. No Canadá, se leiloa tabaco, e em Israel se leiloa peixe de modo semelhante.
- *Leilão de Lances Fechados e Primeiro Preço*: Os arrematantes entregam envelopes lacrados com seu respectivo lance independentemente, e cada arrematante tem direito a apresentar apenas um lance. Os envelopes são abertos juntos. O bem é vendido para o maior lance e o vencedor paga o valor estipulado pelo próprio lance. O preço é então definido pelo maior ou "primeiro" lance. O leilão de lances fechados e primeiro preço é também chamado por alguns de Leilão Americano [6].
- *Leilão de Vickrey*: Também é chamado de Leilão de Lances Fechados e Segundo Preço. é similar ao leilão de lances

fechados e primeiro preço, com a diferença de que o valor pago pelo vencedor é o segundo maior lance dado no leilão, ou seja, o vencedor paga o valor definido pelo primeiro perdedor. Foi criado por William Vickrey em 1961. Não é tão utilizado que os outros três tipos, porém é muito estudado por apresentar propriedades teóricas interessantes quanto às estratégias de atuação dos arrematantes [9].

3 A Necessidade de Agentes Arrematantes em Múltiplos Leilões Simultâneos

No meio acadêmico, o uso de agentes para automatizar atividades de comércio eletrônico é um assunto extremamente estudado atualmente, especialmente em leilões, onde se observam alguns sistemas baseados em agentes [11], [12]. Entretanto, a maior parte das pesquisas se concentra no projeto de agentes que atuam em um único leilão por vez. Apesar deste trabalho sem dúvida ser importante, acredita-se que o uso de agentes capazes de operar em múltiplos leilões simultaneamente crescerá fortemente, pois pode criar mercados mais eficientes [10]. Leilões combinatórios, embora sejam eficientes para comercializar subconjuntos de itens, são baseados em uma estrutura centralizada, onde todos os itens são leiloados por uma única entidade. Tal estrutura, por razões políticas, sociais e culturais, seria difícil de se criar na prática, quando os bens a serem leiloados pertencem a diferentes proprietários. Isto fará a atuação em múltiplos leilões simultâneos tornar-se ainda mais importante. Existem algumas pesquisas para obtenção de algoritmos ótimos para atuação em múltiplos leilões, o que envolve escolher em que leilão oferecer lance e qual o valor do lance [2], [1]. Tais pesquisas trabalham sobre os seguintes tipos de leilões: inglês, holandês, de lances fechados e primeiro preço e leilão de Vickrey. Todavia, não foram implementadas ainda tais estratégias em servidores de leilões eletrônicos. Em Anthony (2001), apresenta-se uma simulação da atuação de um agente projetado para esta situação e alguns resultados empíricos. Porém, como destacado no

artigo, trata-se apenas de uma simulação em ambiente simplificado que não aborda os vários aspectos para implementar o agente em um servidor de leilões real. O objetivo deste trabalho é facilitar tais implementações, desenvolvendo um sistema que além de tratar a complexidade da interface de cada servidor de leilões realize também as atividades de busca e monitoramento de leilões. Tais atividades são essenciais para o funcionamento de um agente. Entretanto, independem das estratégias a serem utilizadas por este. O sistema idealizado, Auction Agent System (AAS), é descrito na seção 5. Para o desenvolvimento deste sistema, optou-se por estender a funcionalidade de um sistema de leilão baseado em agentes já existente. A análise comparativa destes sistemas, bem como a escolha de um deles para servir de base ao desenvolvimento do AAS, encontra-se descrita na seção 4.

4 Agentes Atuando em Leilões

Nesta seção, será apresentada uma breve análise comparativa entre os sistemas apresentados, considerando características de interesse do ponto de vista do estudo da atuação em múltiplos leilões simultâneos. Salienta-se que não se pretende, com esta comparação, julgar a qualidade dos sistemas apresentados, apenas sua adequação em ser utilizado como base para o trabalho proposto. A tabela 1 apresenta uma comparação considerando quatro características, que são descritas a seguir:

- *Agentes Arrematantes em Múltiplos Leilões*: Se o sistema dispõe de agentes capazes de atuar em múltiplos leilões simultaneamente.
- *Apoio a Agentes Desenvolvidos por Terceiros*: Se o sistema mantém uma interface pública para que agentes desenvolvidos por terceiros possam monitorar e oferecer lances nos seus leilões.
- *Tipos Básicos de Leilões Contemplados*: Relação dos tipos básicos (inglês, holandês, americano e leilão de Vickrey) con-

templados pelo sistema.

- *Sistema Arrematante ou Servidor de Leilões*: O sistema se propõe a funcionar como um servidor de leilões, um sistema arrematante ou ambos.

Tabela 1. Comparação entre Sistemas

Sistema	AgILE	BiddingBot	AuctionBot	eMediator	AAS + eMediator
Agentes Arrematantes em Múltiplos Leilões	Sim	Sim	Não	Não	Sim
Apoio a Agentes de Terceiros	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Tipos Básicos Contemplados	Inglês, Holandês	Inglês	Todos	Todos	Todos
Arrematante ou Servidor de Leilões	Ambos	Arrematante	Servidor de Leilões	Ambos	Ambos

Para atingir os objetivos deste trabalho, optou-se por estender um sistema já existente, acrescentando-lhe facilidades para construir agentes capazes de atuar em múltiplos leilões. O eMediator destaca-se tanto por oferecer interface pública para o desenvolvimento de agentes por terceiros como por contemplar o maior número de tipos de leilões e além disso, houve uma disposição de colaborar por parte da equipe que o desenvolveu em especial Tuomas Sandholm e Kate Larson. Assim optou-se por estender o eMediator para construir o sistema AAS, conforme descrito na seção 5.

5 Trabalho Proposto: AAS

O AAS (Auction Agent System) trata dois problemas encontrados ao se desenvolver agentes para atuarem no eMediator: interface de baixo nível para comunicação com o servidor e a ausência de serviços de busca e monitoramento de múltiplos leilões. A interface ou API (Application Programm Interface) do eMediator é baseada em cadeias de caracteres formatadas e transmitidas sobre protocolo TCP/IP. O AAS fornece um conjunto de classes Java que encapsulam tal API, oferecendo um nível mais alto de abstração e uma interface orientada a objetos. Os serviços de busca e monitoramento no AAS são realizados pelos agentes de busca e monitoramento, respectivamente.

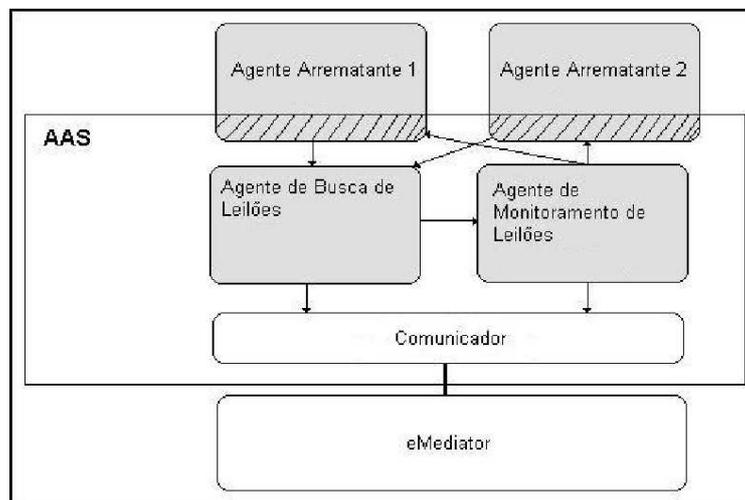


Figura 1. Arquitetura de Software do AAS. Os retângulos em cinza representam agentes AAS. As setas representam comunicações entre agentes e ou processo Comunicador, indicando o sentido da iniciativa da comunicação. Os agentes de busca e de monitoramento atuam para identificar os leilões de interesse dos agentes arrematantes e monitorar tais leilões, respectivamente. Estes dois agentes fazem pedidos ao processo Comunicador, o qual faz requisições ao eMediator através da API do próprio eMediator (linha em negrito).

O serviço de busca consiste em encontrar os leilões de interesse

do agente, segundo as informações passadas por este. Encontrados os leilões, o agente de busca informa ao agente de monitoramento os leilões que este deve monitorar e qual o agente que os solicitou. O agente de monitoramento, por sua vez, capta as informações sobre os leilões e as envia ao agente indicado pelo AuctionSearcher. Na figura 1, são apresentadas a arquitetura do AAS e sua ligação com o eMediator.

5.1 Agentes e Processos

O termo agente tem uma grande variedade de definições, com grande variação de complexidade entre autores. Numa tentativa de esclarecer o entendimento da noção de agente e as variações possíveis, Franklin e Graesser (1996) propuseram uma taxonomia para agentes autônomos. Nesta taxonomia, são apresentadas algumas sub-classificações de agente de software: agentes móveis, comunicativos, agentes de tarefa específica, etc. Dentre estas, uma é de especial interesse para o AAS: agentes de tarefa específica. Como exemplo de agente de tarefa específica, cita-se o IBM Agent [5], que é definido como uma entidade de software que executa um conjunto de operações em nome do usuário ou de outro programa com algum grau de independência e que emprega algum conhecimento ou representação dos desejos ou metas do usuário na execução desta tarefa. O AAS conta com três agentes: BidderAgent, agente de busca (AuctionSearcher) e agente de monitoramento (AuctionMonitor). Tais entidades podem ser classificadas como agentes porque gozam de quatro características, segundo Franklin e Graesser (1996). Os agentes AAS seriam classificados como agentes de tarefa específica, pois obedecem fielmente a definição IBM Agent. O AuctionSearcher faz buscas para encontrar leilões de interesse em nome do(s) Bidder Agent(s), enquanto o agente de monitoramento acompanha o desenrolar de cada um dos leilões selecionados para o(s) Bidder Agent(s). Enquanto, o agente Bidder atua para realizar a compra de um produto para seu usuário. O AAS conta ainda com um processo, o Comunicador (ServerCommunicator) que serve como interface de comunicação com o servidor de leilões. Este processo não é classificado neste

trabalho como um agente, pois apesar de trocar mensagens em KQML com os agentes e executar tarefas solicitadas por estes, faz isto com pouca ou nenhuma autonomia. O uso de um processo em separado para servir de interface com o servidor de leilões, ao invés de simplesmente implementar tal funcionalidade nos agentes, se justifica pela simplificação do trabalho de implementar o suporte a novos servidores de leilões em futuras expansões, e até mesmo permitir que um agente possa participar simultaneamente de leilões localizados em servidores distintos.

5.2 Comunicação no AAS

A comunicação entre os processos e agentes é realizada através do sistema de código aberto SACI [7]. As mensagens são escritas em linguagem KQML e transportadas por tal sistema. Apesar de ser um processo, o Comunicador interage com os agentes do AAS através do SACI. Esta abordagem foi adotada devido à flexibilidade e facilidade de utilização deste e para dar maior uniformidade aos mecanismos de comunicação, evitando o uso de um outro mecanismo. O SACI permite que os processos ou agentes estejam localizados em máquinas diferentes, possibilitando diversas configurações. Por exemplo, podem-se utilizar máquinas exclusivas para executar o agente de busca, o agente de monitoramento e o Comunicador, bem como para executar os agentes de cada usuário. O usuário informa suas preferências (produto de interesse, preço reservado e outros) ao agente arrematante através de uma interface gráfica adaptável para cada estratégia, pois cada estratégia pode solicitar outras informações além da identificação do produto e do preço reservado.

Status: Agent is analyzing 3 Auction(s).

Monitored Auctions

Id	Current Value	Winner Bid
289	203.0	No
290	205.0	No
291	203.0	No

Agent's Bids

Auction Id	Current Value	Active Bid	Bid Id
289	203.0	Yes	854
290	203.0	Yes	856
291	203.0	Yes	859

Received Message

Sen	Command
Auc.	"status=Ok&msg=included&in_response=search_auction"
Ser.	"bid_id=&aus_id=&bid_name=&bid_date=&status=Ok&in_response=list_bid"

Quit Refresh

Figura 2. Apresentação do desempenho de um agente arrematante para o usuário. No canto superior esquerdo da janela, há uma mensagem com a descrição do estado atual do agente. A primeira tabela (de cima para baixo) apresenta uma lista dos leilões monitorados com identificadores, valores correntes e se o agente detém o lance vencedor naquele leilão. Na segunda tabela, são apresentados os lances do agente com: o identificador do leilão, seu valor, e se o lance ainda é válido e o identificador do lance. A terceira tabela apresenta uma lista das mensagens recebidas pelo agente.

5.3 Estratégias de Atuação dos Agentes no AAS

O acompanhamento do desempenho do agente pode ser feito pelo usuário através de uma tela com o resumo dos principais dados da atuação do agente independentemente da estratégia. Um exemplo da tela de acompanhamento é apresentado na figura 2.

Para demonstrar a utilização do AAS serão implementados dois agentes com estratégias distintas e que foram selecionadas a partir de artigos sobre a atuação em múltiplos leilões [2], [1]. Optou-se por implementar duas estratégias de modo a possibilitar a comparação entre os resultados obtidos por cada uma e demonstrar a capacidade do AAS de auxiliar o desenvolvimento de estratégias mais eficientes. Os agentes são: Greedy Agent e RT Agent, que utilizam as estratégias Greedy e Remaining Time (RT), respectivamente. Tais estratégias têm as seguintes características:

- *Greedy [3]*: Trata-se de uma das mais simples estratégias para aplicação em múltiplos leilões, onde o agente dá lance

no leilão com o menor valor corrente (e aleatoriamente em caso de empate) e com preço apenas ligeiramente acima deste. O agente continua dando lances até vencer ou ter alcançado seu preço reservado, porém mantendo sempre apenas um lance vencedor no conjunto de leilões;

- *Remaining Time [1]*: Esta estratégia é definida com base no tempo restante para o final dos leilões. À medida que se aproxima o final do leilão, aumenta-se o valor do lance. A escolha do leilão, no qual se vai oferecer lance, é feita através do cálculo das utilidades esperadas em cada leilão. Caso se decida que um lance deve ser oferecido, este será enviado ao leilão com maior utilidade esperada. Um agente pode decidir não enviar lance algum em duas situações: (i) o preço reservado foi atingido ou (ii) evitar comprometer-se precocemente, já que não existem leilões com fechamento iminente.

Estas estratégias foram selecionadas dentre as várias existentes pela simplicidade de implementação de ambas. A estratégia Greedy é uma generalização para o caso de múltiplos leilões da estratégia dominante para leilões ingleses. Por outro lado, a estratégia Remaining Time apresenta, além de sua simplicidade, a capacidade de ser utilizada em qualquer um dos quatro tipos básicos de leilões.

5.4 O Agente Arrematante no AAS

O agente arrematante é o principal e mais complexo agente do AAS e por esta razão é apresentado em mais detalhes nesta subseção. O agente arrematante realiza o trabalho de definir em que leilão oferecer lances e qual o valor dos lances, de modo a obter os melhores resultados possíveis para o usuário, seguindo uma determinada estratégia. Na figura 3, é apresentado um fluxograma que explicita a lógica de funcionamento de um agente arrematante no AAS.

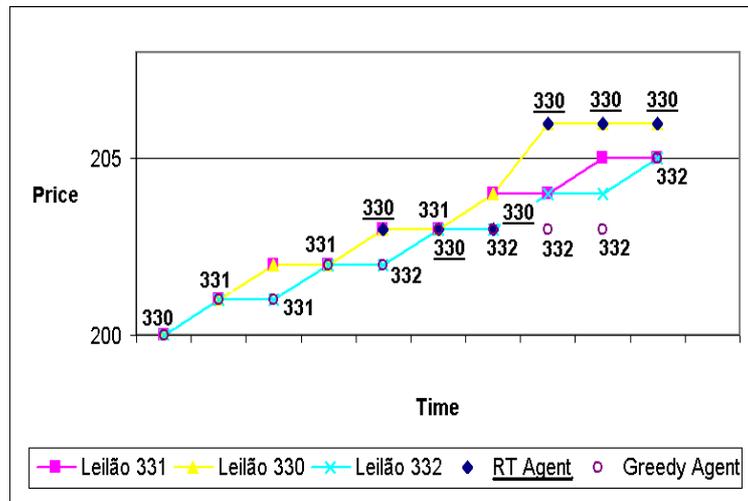


Figura 3. Diagrama de Atividades do Agente arrematante no AAS. é importante observar que a única atividade dependente da estratégia do agente é a atividade de número 7 (sete). Portanto, ao desenvolver um agente com nova estratégia, o usuário do AAS utiliza as atividades de 1 a 6, as quais já estão implementadas no AAS.

As atividades executadas pelo agente arrematante consistem em:

1. *Solicita Informações ao Usuário sobre o Produto e o Preço Reservado*: De acordo com a estratégia empregada, podem ser solicitadas outras informações além do preço reservado e da identificação do produto. Por exemplo, na estratégia RT solicita-se, adicionalmente, o tempo máximo para efetuar a compra.
2. *Busca nas Páginas Amarelas por Agentes que Realizem Serviços de Busca de Leilões*: Busca no serviço de páginas amarelas do SACI [7] por agentes que realizem o serviço de busca de leilões.
3. *Solicita a um Agente com Capacidade de Busca por Leilões (AuctionSearcher) para Encontrar Leilões de Interesse*: Soli-

cita ao agente encontrado na atividade anterior que procure por leilões que estejam comercializando o produto solicitado pelo usuário no passo 1.

4. *Busca Novas Mensagens*: Espera o recebimento de novas mensagens e, ao recebê-las, determina seu processamento.
5. *Atualiza Informações sobre Leilão de Interesse*: Atualiza informações sobre um leilão segundo a nova mensagem recebida.
6. *Atualiza Informações sobre Lances*: Atualiza informações sobre um lance de acordo com uma nova mensagem recebida.
7. *Avalia Situação e Adota as Ações Devidas*: De acordo com a estratégia do agente, faz a avaliação dos leilões e dos lances e, eventualmente, decide oferecer novo lance.

6 Resultados Obtidos

Realizou-se uma série de experimentos utilizando os agentes arrematantes Greedy e RT (Remaining Time). Na execução destes experimentos, utilizou-se o servidor de leilões eMediator [11], o AAS e os agentes arrematantes citados. Além destes, utilizou-se ainda um agente que implementa a estratégia dominante para leilão inglês, chamado de MonoAuction Agent, tal agente pode ser visto também como uma simplificação da estratégia Greedy, para o caso de um único leilão. Neste trabalho, este agente foi utilizado para simular a atuação de arrematantes que trabalham em apenas um leilão, uma vez que tal situação é a mais comum. Apresenta-se na figura 4, um experimento com a seguinte configuração: três leilões (330, 331 e 332) disputados simultaneamente por dois agentes dos tipos Greedy e RT (um de cada tipo). Para simular a atuação de arrematantes que operam em um único leilão foram usados três agentes MonoAuctionAgent (um em cada leilão). Em razão das grandes diferenças conceituais entre as duas estratégias,

o comportamento dos agentes também é bastante diverso. Enquanto, o agente Greedy mantém-se no leilão com valor corrente mais baixo e apresenta lances frequentemente, o agente RT apresenta poucos lances (neste experimento, apenas dois) e com valores não diretamente relacionados ao valor do lance, podendo inclusive ser sensivelmente maior que os valores correntes dos leilões. Isto ocorre quando o tempo definido pelo proprietário para que o agente efetue a compra está próximo do fim, nesta situação o agente oferece lance com valor próximo ao preço reservado.

Observando o gráfico na figura 3, pode-se chegar à conclusão que o agente RT está oferecendo lances desnecessariamente altos. Entretanto, a estratégia RT parte do princípio que o preço reservado é definido com base no preço de mercado estimado para o item em leilão. Assim, o fato de dar um lance próximo ao preço reservado não indica necessariamente que o agente pagará um preço mais alto, pois a evolução dos valores correntes continua até seu fechamento e provavelmente o preço final será próximo ao valor de mercado. Por outro lado, o agente RT praticamente garante a vitória em um leilão dentro do tempo estipulado pelo proprietário. Além disso, pode ser utilizado em leilões Vickrey, americano e holandês ao contrário do agente Greedy o qual só é utilizável em leilões ingleses. Como citado no início da seção 3, não se pretendia neste trabalho definir estratégias ótimas para atuar em leilões múltiplos ou determinar qual a melhor dentre as estratégias implementadas, mas desenvolver um sistema para simplificar a construção de agentes para operarem no eMediator em múltiplos leilões. Tal objetivo foi alcançado, pois os experimentos apresentados neste capítulo demonstram o funcionamento de agentes AAS que implementam duas estratégias distintas (Greedy e RT). Demonstram ainda o funcionamento dos agentes de busca e monitoramento e da interface de comunicação (Comunicador) com o servidor de leilões eMediator. Por outro lado, observando o pequeno tamanho de código necessário para implementar os agentes Greedy e RT (114 e 268 linhas de código Java, respectivamente) e o fato destes não terem de controlar a busca e o monitoramento dos leilões (feito por agentes fornecidos pelo AAS) pode-se concluir

que o AAS cumpre o papel de facilitar o desenvolvimento de agentes arrematantes capazes de atuar em múltiplos leilões simultâneos. Adicionalmente, foi desenvolvido um agente (MonoAuctionAgent) que implementa a estratégia dominante para um leilão inglês, que facilita os experimentos de comparação de desempenho entre agentes em múltiplos leilões e agentes atuantes em um único leilão.

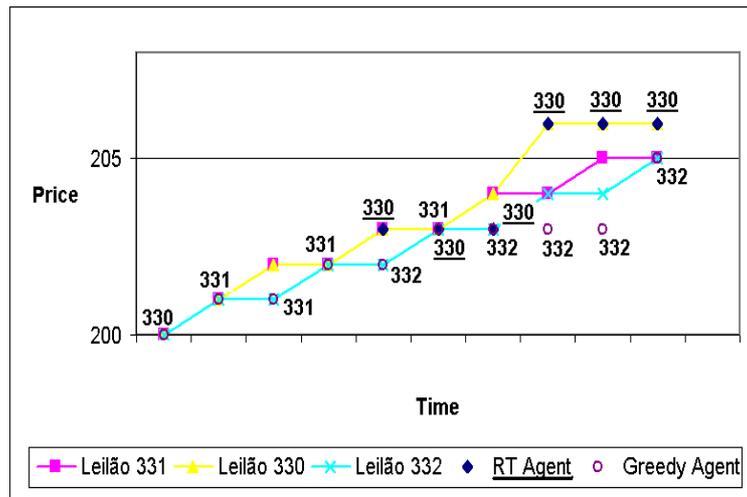


Figura 4. Comparação de Atuação dos Agentes Greedy e RT - O gráfico mostra a evolução dos preços correntes de três leilões (linhas vermelha, amarela e cinza) monitorados pelos agentes. Os lances oferecidos pelos agentes Greedy e RT são representados por um círculo e um losango azul, respectivamente, junto aos lances são apresentados os números do leilão ao qual se referem. No caso do agente RT, os números estão sublinhados.

7 Conclusões

Com o uso do AAS, o desenvolvimento e avaliação de novas estratégias para atuação em múltiplos leilões simultâneos serão facilitados. Isto ocorre devido ao oferecimento de uma interface de mais alto nível para lidar com um servidor de leilões eletrônicos (eMediator) e disponibilização de serviços para a busca e monitoramento

de leilões, o que retira tais trabalhos do desenvolvedor de agentes, que passa a se preocupar exclusivamente com o desenvolvimento das estratégias de atuação. O sistema AAS foi concluído no terceiro trimestre de 2003 e está disponível gratuitamente para ser utilizado por desenvolvedores de agentes, cópias do mesmo podem ser obtidas através de seus autores.

Referências

- [1] Anthony, P.; Hall, W.; Dang, V. e Jennings, N.R. Autonomous agents for participating in multiple on-line auctions. In: IJCAI Workshop on E-business and the Intelligent Web, Seattle-WA, 2001. Anais Eletronicos. Seattle-WA:IJCAI, 2001. Disponível em <http://www.csd.abdn.ac.uk/ebiweb/programme.html>. Acesso em: 6 de jun. de 2003.
- [2] Byde, A; Preist, C.; Jennings, N.R. Decision Procedures for Multiple Auctions. In: Autonomous Agent Multi-Agent Systems (AAMAS) , Bologna-Italy, 2002. Proceedings. Bologna: ACM Press, 2002. p.613-622, part 2.
- [3] Byde, A. A dynamic programming model for algorithm design in simultaneous auctions. In: Workshop on E-Commerce (WELCOM '01), 2., Heidelberg- Germany. Proceedings. Heidelberg: Springer-Verlag, 2001. p. 152-163.
- [4] Castro, P.; Sichman, J. Uma Infra-Estrutura para Agentes Atuantes em Múltiplos Leilões Simultneos. In: Encontro Nacional de Inteligência Artificial, 4., Campinas, 2003. Anais do XXIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. Campinas, 2003. p. 2256-2265. 1 CD-ROM.
- [5] Franklin, S.; Graesser, A. Is It an Agent or Just a Program? A Taxonomy for Autonomous Agents. In: International Workshop on Agent Theories, Architectures and Language

- ges, 3., Berlin, 1996. Proceedings. New York: Springer-Verlag, 1996. p. 21-35.
- [6] Garcia, A.; Lopes, A.; Bentes, C. Electronic Auction with autonomous intelligent agents: Finding opportunities by being there. *Revista Iberoamericana de Inteligência Artificial*. No. 13, p.45-52, 2001.
- [7] Hubner, J.; Sichman, J. SACI: Uma ferramenta para implementação e monitoração da comunicação entre agentes. In: *Simpósio Brasileiro de Inteligência Artificial, Atibaia-SP-Brasil, 2000. Open Discussion Track*. Atibaia: Monard, M.C. e Sichman, J.S. (Eds.), 2000. p. 47-56.
- [8] Ito, T.; Fukuta, T.; Sycara, K. BiddingBot: A multiagent support system for cooperative bidding in multiple auctions. In: *Proceedings of the Fourth International Conference on Multi-Agent Systems(ICMAS2000)*, 4., Boston-USA, 2000. Proceedings. Boston, 2000, p. 399-400.
- [9] Klemperer, P. Auction Theory: A Guide to the Literature. *Journal of Economic Surveys*.V.13 , N.3, p.227-286, 1999.
- [10] Preist, C.; Bye A.; Bartolini, C. Economic dynamics of agents in multiple auctions. In: *5th International Conference on Autonomous Agents*. Montreal, 2001. Proceedings. Montreal , 2001. p.545-551.
- [11] Sandholm, T; eMediator: A Next Generation Electronic Commerce Server. In: *International Conference on Autonomous Agents (AGENTS)*, 4., Barcelona-Spain, 2000. Proceedings. Barcelona, 2000. p.341- 348.
- [12] Wurman, P.; Wellman, M.; Walsh, W. The Michigan Internet AuctionBot: A configurable auction server for human and software agent. In: *International Conference on Autonomous Agents (AGENTS)*, 2., Minneapolis-USA., 1998. Proceedings. Minneapolis: St. Paul, 1998. p. 301-308.

