

Uma Infra-Estrutura para Agentes Atuantes em Múltiplos Leilões Simultâneos

Paulo André Lima de Castro, Jaime Simão Sichman*

Laboratório de Técnicas Inteligentes
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Av. Prof. Luciano Gualberto, 158, travessa 3
05508-900 São Paulo, SP
{paulo.castro,jaime.sichman}@poli.usp.br

Abstract. Among hundred of auction sites in the internet, some of them offer services powered by software agents that search auctions, monitor them and/or submit bids in these auctions. However, most of these systems are concerned about just one auction, instead of acting in multiple simultaneous auctions. The system proposed in this paper acts in this last way. We believe this feature will be even more important in a near future, because it can create more effective markets for buyers and sellers.

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.

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 [SANDHOLM 2000].

Entre os vários sistemas eletrônicos de leilões, observa-se a existência de algumas inovadoras casas de leilão acadêmicas baseadas em sistemas multiagentes como eMediator [SANDHOLM 2000], AgILE [GARCIA 2001] e BiddingBot [ITO 2000], 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

* Parcialmente financiado pelo CNPq, processo número 301041/95-4; e pelo projeto MAPPEL, CNPq/NSF PROTEM-CC, número 680033/99-8.

decidir quando e onde oferecer lances. Neste contexto, o uso de agentes computacionais pode ser extremamente interessante.

2. Uma Visão Geral da Teoria de Leilões

Nesta seção, serão apresentados os principais tipos de leilões bem como uma categorização de leilões segundo as seguintes características:

- Mecanismo de definição de preço e fechamento do leilão;
- Quantidade de itens leiloados;
- Iniciativa dos lances.

É importante ressaltar que estas características são independentes. Para um dado leilão, com uma classificação quanto à iniciativa dos lances, pode-se ter uma variação com relação ao mecanismo de definição de preço e fechamento. Posteriormente, conceitos tais como leilões de preço privado e preço comum serão apresentados. Finalmente, serão abordadas algumas possíveis estratégias de atuação em leilões.

2.1. Mecanismo de Determinação de Preço e Fechamento

Em relação aos mecanismos de determinação de preço e de fechamentos, pode-se determinar um conjunto de tipos de leilões. Dentre todos os possíveis, os mais utilizados tipos de leilões são os seguintes [ANTHONY 2001]:

- *Leilão Inglês*: Os participantes dão lances crescentes para um determinado item, até que nenhum participante esteja disposto a dar um lance maior que o atual. É provavelmente o tipo mais comum de leilão na Internet;
- *Leilão Holandês*: O leiloeiro fixa um preço inicial alto e vai progressivamente diminuindo tal preço, até que algum dos participantes esteja disposto a comprar o item por aquele preço. É, assim chamado devido ao fato de ser utilizado por vendedores de flores na Holanda;
- *Leilão de Lances Fechados e Primeiro Preço*: Os participantes entregam envelopes lacrados com seu respectivo lance, onde cada participante tem direito a apresentar apenas um lance. Os envelopes são abertos juntos, sendo que o maior lance é declarado vencedor, pagando o valor estipulado pelo próprio;
- *Leilão de Vickrey*: Idêntico ao leilão de lances fechados e primeiro preço, com a diferença de que o valor pago pelo vencedor é o segundo maior preço dado no leilão. Por isso, também é chamado de leilão de segundo preço.

2.2. Quantidade de Itens Leiloados

Quando vários itens são leiloados, uma estratégia possível de venda é a utilização de múltiplos leilões dos tipos citados acima. Outra estratégia consiste em utilizar um outro tipo de leilão, denominado Leilão Combinatório. Tal leilão permite que o participante defina subconjuntos dos itens que estejam em leilão e que submeta lances para um ou mais destes subconjuntos. Este leilão pode ser utilizado quando há preferências do comprador por um subconjunto dos itens em detrimento do total de itens. Em leilões combinatórios, tem-se um modo economicamente eficiente de comprar ou vender combinações de vários itens. Entretanto, por exigir uma estrutura centralizada para coordenar leilões deste tipo, dificilmente são utilizados na prática, quando os bens a serem leiloados tenham como origens diferentes proprietários [BYDE 2001a]. Para maiores referências sobre leilões combinatórios, veja [SANDHOLM 2000].

2.3. Iniciativa do Lance

Ao invés de existir um único vendedor e vários possíveis compradores que submetem os lances, uma variação destes leilões é observada quando existem um comprador e vários possíveis vendedores, cabendo a estes últimos 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 e não o maior preço. Por isso, qualquer estratégia definida para o caso normal vale também para o leilão reverso. Existe ainda um outro tipo de leilão, quando a iniciativa do lance pode ser de ambos os participantes, comprador e vendedor. Geralmente, esta classe de leilão é denominada de leilões duplos (double auctions) e é geralmente utilizada em bolsas de valores. Naturalmente, exige um mecanismo de determinação de preço diferente, pois há lances de compra e de venda. Via de regra, o preço é definido como a média entre um lance de compra e um lance de venda compatível, quanto ao item e à quantidade de itens [KLEMPERER 1999].

3. A necessidade de agentes que atuem em múltiplos leilões simultâneos

No meio acadêmico, o uso de sistemas multiagentes para automatizar atividades de comércio eletrônico é um assunto extremamente estudado atualmente, especialmente em leilões, onde se observam alguns sistemas baseados na tecnologia multiagentes [SANDHOLM 2000] [WURMAN 1998]. 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 [BYDE 2001a]. Leilões combinatórios, embora sejam eficientes para comercializar subconjuntos de itens, baseiam-se 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 [BYDE 2002] [ANTHONY 2001] [PREIST 2001]. 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 Library (AAL), 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 da AAL, encontra-se descrita na seção 4.

4. Agentes de software atuando em leilões

Nesta seção, será apresentada uma análise comparativa das características principais de alguns sistemas selecionados de leilões eletrônicos, bem como suas principais funcionalidades, suas arquiteturas e suas limitações. Destaca-se que podem ser encontrados outros sistemas multiagentes com características interessantes, tais como o Tete-a-tete [GUTTMAN 1998] e o AuctionBot [WURMAN 1998], entre outros. Entretanto, os sistemas estudados foram selecionados por abordarem as seguintes propriedades:

- Negociação através de leilões e em alguns casos leilões múltiplos;
- Considerável abrangência de tipos básicos de leilões;
- Suporte ao desenvolvimento de agentes por terceiros.

Os sistemas estudados são BiddingBot [ITO 2000], AgILE [GARCIA 2001] e eMediator [SANDHOLM 2000].

A análise comparativa entre estes sistemas considerou prioritariamente as 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. Tal comparação é sumarizada na tabela 1.

Tabela 1 - Comparação entre Sistemas

Sistema	AgILE	BiddingBot	eMediator
Agentes atuantes em Múltiplos Leilões	Sim	Sim	Não
Suporte a Agentes desenvolvidos pelo Usuário	Não	Não	Sim
Tipos Básicos de Leilões Suportados	Inglês, Holandês	Inglês	Todos

Entende-se por suporte a múltiplos leilões a presença de agentes que monitorem e submetam lances em vários leilões que estejam ocorrendo simultaneamente. Embora, o eMediator possa manter múltiplos leilões, não fornece agentes que utilizem esta capacidade para obter melhores negócios para seus proprietários. Outra característica fundamental é o suporte a agentes desenvolvidos pelo usuário ou por terceiros. A avaliação das estratégias é facilitada também quando o sistema permite a troca de estratégias em tempo real, ou seja, estratégias dinâmicas, ao contrário do que ocorre no BiddingBot que trabalha sempre com uma determinada estratégia. Por fim, os sistemas são avaliados também pelos tipos de leilões que suportam, considerando apenas os quatro tipos básicos, isto é: inglês, holandês, Vickrey e leilão de lances fechados e primeiro preço.

O eMediator destaca-se dos demais por oferecer suporte ao desenvolvimento de agentes por terceiros e por contemplar o maior número de tipos de leilões. Além disso, foi fundamental ter-se obtido a colaboração dos desenvolvedores do eMediator, em especial Tuomas Sandholm e Kate Larson que disponibilizaram a API para acesso ao sistema. Em conjunto, estes fatores foram decisivos na escolha do eMediator como base para o desenvolvimento da AAL.

5. Trabalho Proposto: AAL

A AAL (Auction Agent Library) 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. A AAL 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 na AAL são realizados pelos agentes AuctionSearcher e AuctionMonitor, respectivamente. O serviço de busca consiste em encontrar os leilões de interesse do agente, segundo as informações passadas por este. Encontrados os leilões, o AuctionSearcher informa ao AuctionMonitor os leilões que este deve monitorar e qual o agente que os solicitou. O AuctionMonitor, por sua vez, capta as informações sobre os leilões e as envia ao agente indicado pelo AuctionSearcher. Na figura 1, é apresentada a arquitetura da AAL e sua ligação com o eMediator.

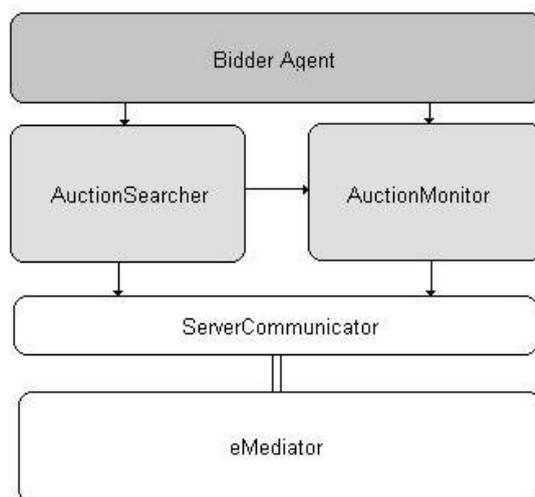


Figura 1. Arquitetura da AAL. O retângulo superior representa um Bidder Agent. Este se comunica com os agentes AuctionSearcher e AuctionMonitor para identificar os leilões de seu interesse e monitorar tais leilões, respectivamente. Estes dois agentes fazem pedidos ao processo ServerCommunicator, o qual faz requisições ao eMediator através da API do próprio eMediator (linha dupla). As comunicações entre processos e o agente são representadas por linhas simples na figura, sendo indicado o sentido do envio da mensagem. Tais comunicações são implementadas utilizando-se como infra-estrutura de comunicação o sistema SACI [HUBNER 2000].

5.1. Agentes e Processos

O termo agente tem uma grande variedade de definições, com grande variação de complexidade entre autores. De acordo com Russell [1995], um agente é qualquer entidade que possa perceber seu ambiente através de sensores e atuar sobre tal ambiente através de atuadores. Em contraponto, Wooldridge e Jennings [1995] definem um

agente como um hardware ou (mais geralmente) software que tenha as seguintes propriedades: autonomia, habilidade social, reatividade e pró-atividade. Numa tentativa de esclarecer o entendimento da noção de agente e as variações possíveis, Franklin e Graesser [FRANKLIN 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, duas são de especial interesse para a AAL: agentes de tarefa específica e agentes comunicativos. Como possíveis exemplos do último caso, são apontados os agentes que atendem a definição de Wooldrige e Jennings [WOOLDRIGE 1995]. Como exemplo de agente de tarefa específica, cita-se o IBM Agent [FRANKLIN 1996], 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.

A AAL conta com três agentes: BidderAgent, AuctionSearcher e AuctionMonitor. Entretanto, estes não seriam classificados da mesma forma segundo a taxonomia proposta por Franklin e Graesser. O BidderAgent, o mais complexo dentre eles, atende à definição de Wooldrige e Jennings, pois apresenta:

- *Autonomia*: O agente pode definir quando oferecer lances, seus valores e também em que leilão oferecer o lance, sem interferência do usuário;
- *Habilidade social*: O Bidder Agent, durante seu ciclo de vida, troca mensagens com o AuctionSearcher e o AuctionMonitor para obter informações sobre os leilões e com o próprio usuário;
- *Reatividade*: O agente responde a mudanças no ambiente. Por exemplo, submete um novo lance ao ter seu lance anterior superado;
- *Pró-atividade*: As ações são decididas pelo agente com o objetivo claro de comprar o item desejado pelo usuário, ao menor preço possível. Tais ações não são apenas resposta a acontecimentos no ambiente, mas fruto da estratégia empregada pelo agente.

Deste modo, o BidderAgent pode ser classificado, utilizando a taxonomia de Franklin e Graesser, como um agente comunicativo. Por outro lado, os agentes AuctionSearcher e AuctionMonitor seriam melhor classificados como agentes de tarefa específica, pois obedecem fielmente a definição IBM Agent [FRANKLIN 1996]. O AuctionSearcher faz buscas para encontrar leilões de interesse em nome do(s) Bidder Agent(s), enquanto o AuctionMonitor acompanha o desenrolar de cada um dos leilões selecionados para o(s) Bidder Agent(s). A AAL conta ainda com um processo, o 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.

Devido à heterogeneidade dos agentes Bidder Agent, AuctionSearcher e AuctionMonitor e à benevolência dos dois últimos (sempre atendem aos pedidos feitos), o conjunto de agentes da AAL não seria classificado como um sistema multiagentes. Seria mais bem definido pelo termo mais abrangente de sociedade de agentes [FRANKLIN 1996].

5.2. Comunicação entre Processos e Agentes

A comunicação entre os processos e agentes é realizada através do sistema de código aberto SACI [HUBNER 2000]. As mensagens são escritas em linguagem KQML e transportadas por tal sistema. O SACI permite que os processos ou agentes (sob o ponto de vista do SACI, processos e agentes da AAL são indiferentes) estejam localizados em máquinas diferentes, possibilitando diversas configurações. Por exemplo, pode-se utilizar máquinas exclusivas para executar o AuctionSearcher, o AuctionMonitor e o ServerCommunicator, bem como para executar os agentes de cada usuário.

5.3. Estratégias de Atuação dos Agentes na AAL

Para demonstrar a utilização da AAL serão implementados dois agentes com estratégias distintas e que foram selecionadas a partir de artigos sobre a atuação em múltiplos leilões [BYDE 2001b] [ANTHONY 2001]. Optou-se por implementar duas estratégias de modo a possibilitar a comparação entre os resultados obtidos por cada uma e demonstrar a capacidade da AAL de auxiliar o desenvolvimento de estratégias mais eficientes. Os agentes são: Greedy Agent e RT Agent, que utilizam as estratégias *Greedy* e *Remaining Time*, respectivamente. Tais estratégias têm as seguintes características:

- *Greedy* [BYDE 2001b]: 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* [ANTHONY 2001]: 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.

6. Conclusões

Com o uso da AAL, 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. Esse sistema está atualmente em fase final de desenvolvimento e deve estar disponível até meados do corrente ano.

7. Referências

[ANTHONY 2001] Anthony, P. ; Hall, W.; Dang, V. e Jennings, N.R.; “Autonomous agents for participating in multiple on-line auctions” In: Proceedings IJCAI Workshop on E-business and the Intelligent Web, pages-54-64, 2001

[BYDE 2002] Bye, A; Preist, C.; Jennings, N.R.; “Decision Procedures for Multiple Auctions” In Autonomous Agent Multi-Agent Systems 2002, Bologna- Italy, 2002. Anais. Bologna-Itália:ACM, 2002. pp.613-622

[BYDE 2001a] C. Preist, A. Bye, and C. Bartolini. “Economic dynamics of agents in multiple auctions.” In: Proceedings 5th Int. Conf. on Autonomous Agents, 2001.

[BYDE 2001b] A. Bye. A dynamic programming model for algorithm design in simultaneous auctions. In Proc. WELCOM '01, Heidelberg, Germany, LNCS. Springer Verlag, 2001.

[FRANKLIN 1996] Franklin, S. e Graesser, A. "Is It an Agent or Just a Program? A Taxonomy for Autonomous Agents. In Proceedings of the Third International Workshop on Agent Theories, Architectures and Languages., New York, 1996. Anais. New York: Spring-Verlag, 1996.

[GARCIA 2001] Garcia, A.C.B., LOPES, A.A., BENTES, C.; "Electronic Auction with autonomous intelligent agents: Finding opportunities by being there" ; Revista Iberoamericana de Inteligência Artificial, No. 13(2001), pp.45-52

[GUTTMAN 1998] Guttman,R. , Maes,P. , Moukas,A. ; "Agent as Mediators in Electronic Commerce"; EM-Electronic Transactions, EM-Electronic Markets Vol. 8 N. 1 05/98

[HUBNER 2000] Hubner, J.F. ,SICHMAN, J.S.; "*SACI: Uma ferramenta para implementação e monitoração da comunicação entre agentes*"; In: M. C. Monard e J. S. Sichman eds. Anais do IBERAMIA/SBIA 2000, Open Discussion Track, pages 47-56, Atibaia, SP, Brasil, 2000

[ITO 2000] 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(ICMAS'2000), Boston, USA, 2000 pp. 399-400

[KLEMPERER 1999] Klemperer, P. "Auction Theory: A Guide to the Literature. Journal of Economic Surveys Vol .13 (3), 1999".

[PREIST 2001] Preist, C. ; Bartolini, C.; Philips, I. "Algorithm design for agents which participate in multiple simultaneous auctions"; In F. Dignum and Cortes, editors, Agent Mediated Eletronic Commerce III, Lectures Notes in AI Springer Verlag, Sep/ 2001.

[SANDHOLM 2000] Sandholm, T; "eMediator: A Next Generation Electronic Commerce Server"; International Conference on Autonomous Agents (AGENTS), Barcelona, Spain, Junho 3-8-2000.

[WURMAN 1998] Wurman, P.R. , Wellman, M.P. e Walsh, W.E. "The Michigan Internet AuctionBot: A configurable auction server for human and software agent", AGENTS, p. 301-308, Minneapolis/St. Paul, MN, 1998

[WOOLDRIDGE 1995] Wooldrige, M and Jennings, N.R. "Agent Theories, Architectures and Languages: a Survey" in Wooldridge and Jennings Eds., Intelligent Agents, Berlim: Springer-Verlag, 1-22, 1995