

# Implementação da Rede Contratual em Dispositivos Móveis através do Ambiente kSACI

Issao Hirata<sup>1</sup>

Jaime Simão Sichman<sup>1</sup>

Jomi Fred Hübner<sup>1, 2</sup>

{issao.hirata, jaime.sichman}@poli.usp.br, jomi@inf.furb.br

---

<sup>1</sup> LTI      Laboratório de Técnicas Inteligentes  
Escola Politécnica (EP)  
Universidade de São Paulo (USP)

<sup>2</sup> DCS      Departamento de Sistemas e Computação  
Universidade Regional de Blumenau (FURB)  
Campus IV  
Rua Braz Wanka, 238, Vila Nova  
89035-160, Blumenau, SC, Brasil

## Abstract

*SACI (Simple Agent Communication Infrastructure) [2, 6] is an environment that provides a communication infrastructure for the implementation of multi-agent systems. Within a cooperation context between POLI/USP and CIN/UFPE, we have developed the kSACI environment [1, 3], which is a version of SACI that can be executed in mobile devices, like mobile phones and PDAs. This work consists in the development of a prototype, using both the SACI and kSACI environments, that uses the Contract Net protocol, which is a technique of automatic negotiation among agents developed by Smith and Davis [8]. The prototype developed consists in an electronic commerce system in which the client uses his mobile phone in order to search and buy CDs.*

## Resumo

*O ambiente SACI ("Simple Agent Communication Infrastructure") [2, 6] provê uma infra-estrutura de comunicação para o desenvolvimento de sistemas multiagentes. Através de uma cooperação entre a POLI/USP e o CIN/UFPE, foi desenvolvida uma nova versão, denominada kSACI [1, 3], que pode ser executada em dispositivos móveis, tais como telefones celulares e PDAs. Este trabalho teve como objetivo a utilização de tais ferramentas para o desenvolvimento de um protótipo baseado na Rede Contratual ("Contract Net"), uma técnica de negociação automática entre agentes desenvolvida por Smith e Davis [8]. O protótipo elaborado consiste em um sistema de comércio eletrônico, no qual um cliente utiliza um telefone celular para efetuar a busca e a compra de CDs.*

## 1. Introdução

Um sistema multiagentes é uma técnica de Inteligência Artificial na qual é utilizado um conjunto de elementos, denominados agentes, que apresentam características tais como autonomia, pró-atividade, reatividade, deliberação, etc [5].

Em um sistema multiagentes, não existe a priori um mecanismo de controle central nem um armazenamento global de informações. Além disto, os agentes não são desenvolvidos visando resolver um problema específico, e geralmente não têm capacidade ou informação suficiente para resolverem os problemas sozinhos.

Diante disto, a existência de algum tipo de *interação* entre estes agentes faz-se necessária para que o conjunto como um todo consiga resolver um determinado problema. Logo, percebe-se a necessidade de protocolos que estabeleçam uma comunicação confiável e eficiente entre estes agentes.

Tais protocolos de comunicação se baseiam em padrões de interação entre agentes. Alguns destes padrões, normalmente encontrados em tais sistemas, são a cooperação (os agentes se agrupam e trabalham visando um objetivo comum), a coordenação (os agentes se agrupam de modo a explorar interações benéficas e a evitar as prejudiciais) ou a negociação (os agentes interagem procurando chegar a um acordo que seja aceitável para todas as partes envolvidas).

Neste trabalho, explorou-se a *negociação* como padrão de interação entre agentes. Para isto, foi utilizado um protocolo de comunicação denominado Rede Contratual [8], que se encontra descrito na seção 3. O trabalho teve como objetivo a elaboração de um protótipo que ilustrasse os principais conceitos deste protocolo. Para tal, utilizou-se como ferramentas de base os ambientes SACI [2, 6] e kSACI [1, 3], detalhados na seção seguinte. Na seção 4, apresenta-se com mais detalhe o protótipo desenvolvido e na seção 5 encontram-se as conclusões e resultados obtidos durante este trabalho.

## 2. Ambientes SACI e kSACI

O ambiente SACI (“Simple Agent Communication Infrastructure”) [2, 6] provê uma estrutura de comunicação para o desenvolvimento de sistemas multiagentes. O ambiente fornece três recursos principais: (i) uma *API* (“Application Program Interface”) que permite aos agentes compor, enviar e receber mensagens, (ii) um servidor, denominado *Mbox server*, que controla o fluxo de comunicação do sistema, tornando a distribuição transparente ao usuário e (iii) um *conjunto de ferramentas de monitoração e controle* que auxiliam o projetista a superar dificuldades em relação à programação em ambientes distribuídos [2]. Para tal, o ambiente conta com uma interface gráfica, conforme mostra a figura 1, que permite ao usuário lançar, finalizar e verificar o fluxo de comunicação entre agentes, que podem ser executados em máquinas distintas ligadas através de uma rede.

Para a viabilização desta comunicação, o ambiente SACI foi construído baseando-se em uma Linguagem de Comunicação de Agentes (LCA) denominada KQML (“Knowledge Query and Manipulation Language”) [4]. Basicamente, tal linguagem incorpora algumas primitivas de comunicação, tais como *request* e *inform*, que são associadas ao ato ilocucionário (intenção do emitente) da comunicação.

As principais características do ambiente SACI são:

- os agentes utilizam KQML para se comunicar, e o ambiente possui funções para compor, enviar e receber mensagens KQML;
- os agentes são identificados pelo nome, sua localização na rede é transparente e as mensagens são transportadas utilizando-se o nome do receptor;
- existe um agente facilitador que possui um serviço de páginas amarelas; um agente pode, assim, registrar seus serviços no facilitador ou perguntá-lo sobre quais serviços são prestados por quais agentes;
- o ambiente foi desenvolvido na linguagem JAVA, garantindo assim a sua portabilidade.

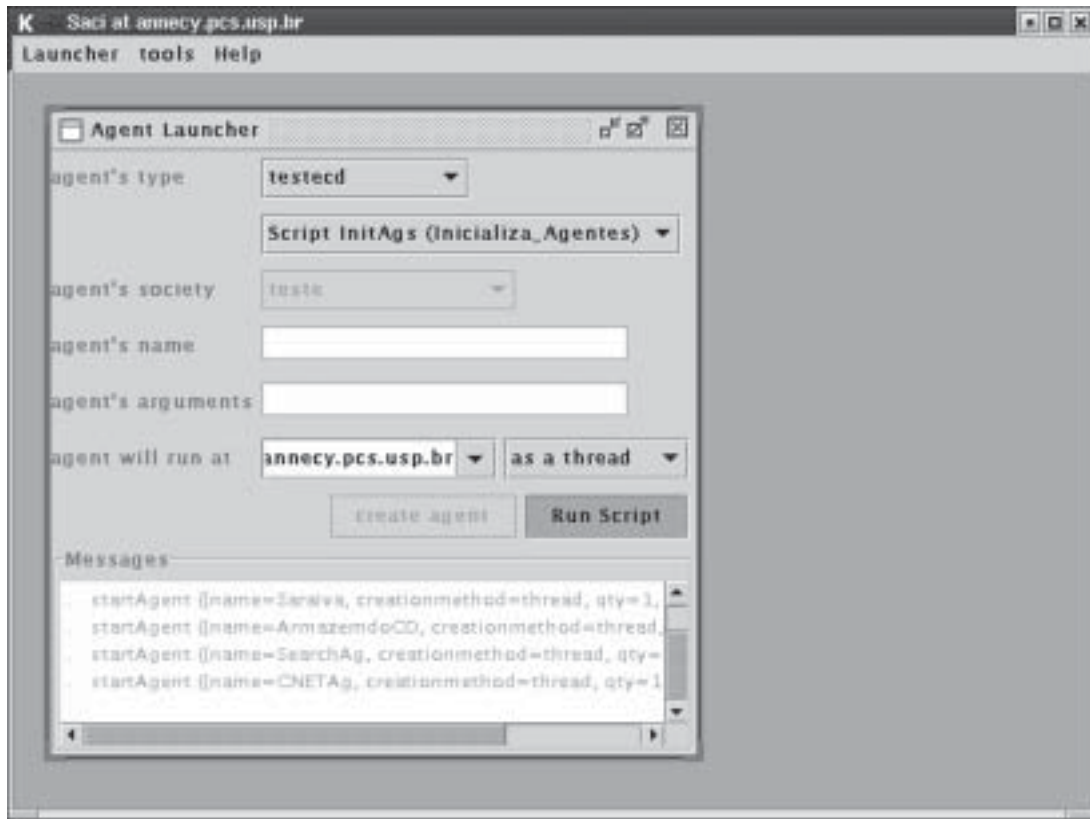


Figura 1. Interface gráfica do ambiente SACI.

## 2.2. Ambiente kSACI

Devido ao grande crescimento da tecnologia de dispositivos móveis nos últimos anos, observa-se um aumento na utilização das técnicas de sistemas multiagentes nestes dispositivos. Assim, através de uma cooperação entre a POLI/USP e o CIN/UFPE, foi desenvolvido o ambiente kSACI [1, 3], que consiste em uma versão simplificada do ambiente SACI que pode ser executada em dispositivos móveis, tais como celulares e PDAs.

Para o desenvolvimento do kSACI, foi utilizada a linguagem Java na distribuição J2ME, versão esta que é utilizada para desenvolvimento em plataformas limitadas, como dispositivos móveis. Este ambiente, apesar de sofrer algumas limitações impostas pela linguagem J2ME, consegue manter as características principais do ambiente SACI.

## 3. A Rede Contratual

A chamada Rede Contratual [8] se baseia em um padrão de interação entre agentes, que é denominada *negociação*. Por negociação, entende-se uma discussão entre duas (ou mais) partes interessadas em chegar a um acordo. Dentro do protocolo, três características da negociação se evidenciam:

- a troca de informação percorre um caminho de ida e volta;
- cada parte envolvida analisa a informação de acordo com a sua perspectiva;
- o acordo final é alcançado através de uma seleção mútua.

Na Rede Contratual, cada agente pode desempenhar um papel de *contratante* (ou *gerente*) ou de

*contratado*. Cabe ao contratante monitorar a execução de uma determinada tarefa, enquanto o contratado é responsável pela sua execução.

A priori, nenhum agente tem um papel pré-definido, podendo desempenhar tanto o papel de contratante como o de contratado. O protocolo permite inclusive a possibilidade de mudança de papel de um agente durante a resolução do problema. Normalmente, um agente pode exercer ambos os papéis ao mesmo tempo, gerando assim uma estrutura hierárquica.

### 3.1. Etapas do procedimento de negociação

O procedimento da negociação pode ser dividido em 6 (seis) etapas: (i) anúncio de tarefas, (ii) seleção das tarefas anunciadas, (iii) envio de propostas, (iv) seleção de propostas e concessão do contrato, (v) processamento das tarefas e (vi) término do contrato.

Inicialmente, o contratante normalmente necessita que alguém realize uma determinada tarefa. Para isto, envia uma mensagem de *Anúncio de Tarefa* (“*Task Announcement*”). Este anúncio explicita algumas informações sobre a tarefa a ser executada, bem como algumas características necessárias a um agente que queira realizá-la, como por exemplo, o seu prazo de execução.

Quando os outros agentes (que neste momento são os possíveis licitantes da tarefa) recebem o anúncio de uma determinada tarefa, estes irão analisar este anúncio, e de acordo com as características da tarefa a ser realizada, irão compará-lo com os outros anúncios recebidos, gerando uma lista contendo as tarefas mais interessantes para eles.

Após gerar esta lista, tais agentes irão selecionar a tarefa mais atrativa para realizar uma proposta. Neste momento, enviam uma mensagem de *Proposta* (“*Bid*”) para o agente que anunciou a tarefa, informando que se dispõem a resolvê-la.

Ao receber as propostas, o contratante as analisa e as classifica, segundo algum critério pré-estabe-

lecido. Se houver propostas que atendam aos pré-requisitos, este agente concede o contrato à proposta mais atrativa. Neste caso, envia ao licitante correspondente uma mensagem de *Concessão do Contrato* (“*Award*”). Caso não houver propostas satisfatórias (que não atendem todos os pré-requisitos), o contratante pode tomar uma das três atitudes: (i) conceder o contrato para a proposta mais aceitável, mesmo que tenha de relaxar algum critério de aceitação; (ii) fazer outro anúncio de tarefas ou (iii) esperar por um intervalo de tempo antes de fazer outro anúncio.

Após o contrato ser concedido, o agente contratante e o agente contratado se comunicam e trocam as informações necessárias para a realização da tarefa. Conforme o agente contratado vai realizando a tarefa, ele informa ao contratante o andamento da execução da tarefa, através do envio periódico de relatórios. Ao finalizar a tarefa, o contratado envia ao contratante um relatório final, contendo os resultados finais. A finalização do contrato requer ainda que o contratante envie uma mensagem de *Término de Contrato* (“*End*”).

### 3.2. Estados de processamento do contratante

Uma vez concedido um contrato, o agente responsável pela execução da tarefa pode percorrer vários estados de processamento, como mostra a figura 2.



Figura 2. Estados do processamento do contratado.

Quando um contrato é concedido (ENTRADA) o contratado fica à espera (PRONTO) de algum possível evento que seja uma pré-condição para iniciar o processamento da tarefa (EXECUTANDO). Se a tarefa for muito grande ou sua carga de trabalho for excessiva, o contratado pode decidir, por exemplo, dividir sua tarefa e tentar subcontratá-la. Neste caso, o contratado pode ANUNCIAR uma nova tarefa, concedendo um novo contrato para outro agente (SAÍDA) ou para si próprio (PRONTO). Nesta situação, o agente que assume o papel de contratado para a tarefa original troca de papel e assume também o papel de contratante para a subtarefa sendo anunciada. Se a execução da tarefa original não puder continuar até que ocorra outro evento (por exemplo, a chegada de um relatório de um subcontrato), o processamento é então SUSPENDIDO e somente quando este evento ocorrer retorna-se ao estado PRONTO. Por fim, quando a tarefa é completada, o contrato passa então para o estado TERMINADO.

### 3.3. Possíveis extensões

Além do procedimento explicado na seção 3.1, a Rede Contratual apresenta algumas extensões possíveis ao protocolo originalmente proposto.

Quando algum agente recebe um anúncio de tarefas, ele pode enviar uma *resposta imediata*, mesmo que não se trate de uma proposta para a tarefa anunciada. As possíveis respostas imediatas são: (i) ocupado, se o agente estiver realizando outra tarefa; (ii) baixa classificação (“ranking”), se o agente puder realizar a tarefa, porém lhe atribui uma baixa prioridade na sua lista de tarefas mais interessantes; ou (iii) inelegível, se o agente não puder realizar a tarefa (não atende aos pré-requisitos).

Em outras ocasiões, caso o contratante souber exatamente qual o agente apropriado para executar uma tarefa, pode realizar um *contrato direto*, ou seja, conceder um contrato sem realizar um anúncio. O agente contratado pode aceitar ou recusar o contrato concedido. Ao recusar, ele deve enviar

uma justificativa. Esta abordagem foi utilizada no modelo de raciocínio social de agentes baseado em dependência, descrito em [7].

A realização de uma simples troca de informações não demanda necessariamente a efetivação de um contrato. Para isso, existem mensagens que permitem a *troca de informações*.

Existe ainda uma extensão no protocolo original que permite uma negociação inversa à tradicional: quando um agente não estiver realizando uma tarefa, ele pode tomar a iniciativa de buscar um contratante que possa necessitar de seus serviços. Para isso, é enviada uma mensagem avisando que o agente está disponível.

### 3.4. Considerações finais sobre a Rede Contratual

A maior contribuição da Rede Contratual é o mecanismo que oferece para organizar interações de alto-nível entre agentes para a execução cooperativa de tarefas. Este mecanismo tem se mostrado eficiente e confiável para a estruturação da comunicação entre agentes, motivo pelo qual se optou por utilizá-la neste trabalho. Na seqüência, o protótipo construído é apresentado em detalhes.

## 4. Descrição do protótipo

O protótipo elaborado consiste em um sistema de comércio eletrônico simplificado, onde os clientes utilizam dispositivos móveis (celulares) para efetuar a busca e compra de CDs.

Supõe-se que o sistema tenha pré-cadastrado um determinado número de lojas. A escolha da loja para a compra de um determinado produto será automaticamente realizada pelo sistema. Para isso, existirá um agente de interface, associado a cada usuário, que irá receber todas as ofertas de um determinado CD e escolher aquela que lhe pare-



cer mais atraente ao usuário, negociando em nome deste último. Esta seleção é realizada baseando-se em critérios de elegibilidade e no perfil do usuário de cada comprador. Neste protótipo, entretanto, tal agente solicita uma aprovação final do usuário antes de efetivar a compra.

Para este protótipo, foram escolhidos de modo *ad-hoc* como critérios de elegibilidade alguns parâmetros que permitem a avaliação da qualidade do serviço prestado pelas lojas. Os critérios de elegibilidade escolhidos foram os seguintes: (i) o preço do CD, (ii) a disponibilidade de entrega a domicílio e (iii) a disponibilidade para pagamento eletrônico.

A seleção da melhor opção, realizada pelo agente de interface, deve ser feita considerando as características pessoais de cada usuário. Para isso, desenvolveu-se ainda um módulo de configuração do perfil do usuário, que é utilizado para a seleção da melhor alternativa e que se encontra descrito na seção 4.3.

Nas seções seguintes, a arquitetura e o funcionamento do protótipo são descritos em maiores detalhes.

#### 4.1. Arquitetura do protótipo

A arquitetura do protótipo encontra-se representada na figura 3. O módulo cliente utiliza um dispositivo móvel (Host Celular), onde o ambiente kSACI é executado, para se comunicar com o módulo servidor (Host Servidor), onde por sua vez se executa o ambiente SACI. Esta comunicação ocorre através do agente de interface do celular (Ag A) com os agentes de busca do servidor (Ag B e Ag C). No servidor, também existem agentes responsáveis pelas lojas (Ag 1, Ag 2 e Ag 3), que são capazes de se comunicar com os terminais de suas respectivas lojas e de acessar seus bancos de dados. Uma possível saída do sistema é apresentada na figura 4.

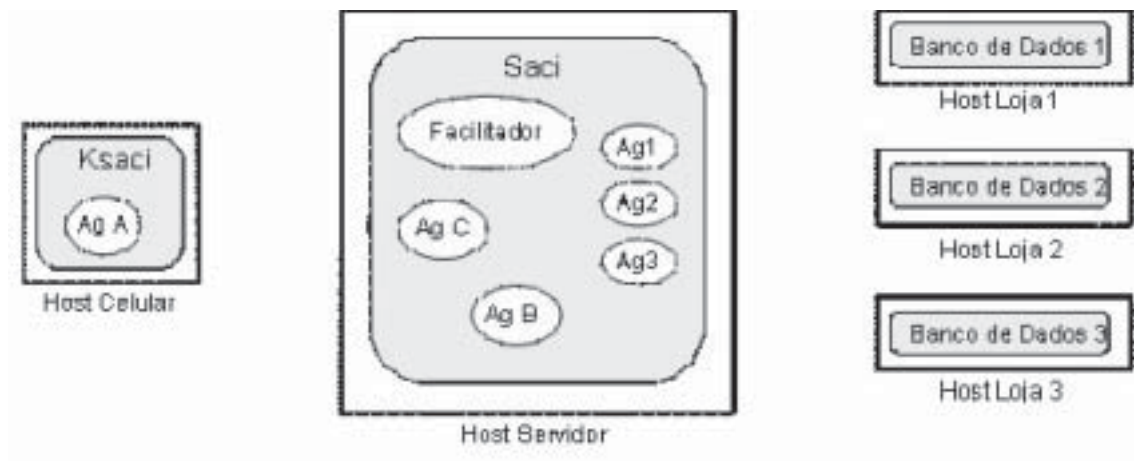


Figura 3. Arquitetura do protótipo.

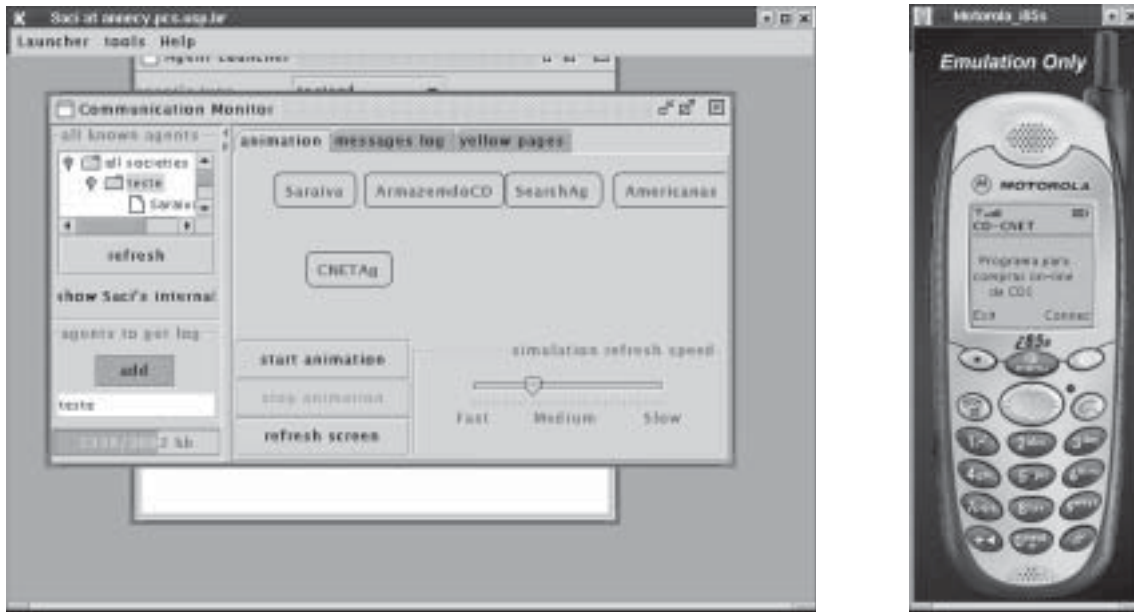


Figura 4. Interface gráfica do protótipo: (a) sendo executada no servidor através do ambiente SACI, e (b) interface entre o celular e o cliente, executada através do ambiente kSACI.

O sistema é aberto e descentralizado, já que uma loja pode entrar e sair do sistema a qualquer momento, sem um controle global. Para cada nova loja que entra no sistema, um agente responsável por ela é criado. Se uma loja decidir abandonar o sistema, o agente correspondente, responsável por esta loja, será excluído.

## 4.2. Funcionamento do protótipo

Para melhor explicar o funcionamento do protótipo, ele será descrito em três etapas: etapa de busca, etapa de negociação e etapa de compra.

### 4.2.1. Etapa de busca

Nesta etapa inicial, ocorre apenas uma troca de informações entre os diversos agentes. Ao final desta etapa, o agente de interface obtém as informações necessárias para que o usuário possa escolher o CD que deseja comprar.

A título de ilustração, o seguinte cenário explicita este processo. Suponha que um cliente esteja interessado em comprar um CD dos *Beatles*, mas encontra-se indeciso em relação a qual álbum comprar. Através do processo mostrado na figura 5, que será detalhado a seguir, o cliente receberá informações correspondentes a todos os álbuns dos *Beatles* disponíveis nas lojas cadastradas, com a especificação de todas as opções de escolha.

Inicialmente, o agente de interface do celular (Ag A) envia uma mensagem para o facilitador da sociedade SACI (1) requisitando algum agente de busca que seja capaz de realizar a tarefa desejada. O facilitador repassa estas informações para um destes agentes (Ag B) (2), que entra então em contato com o agente de interface do celular (3). Este último lhe informa (4) os dados necessários para se realizar a busca. Neste exemplo, a informação consiste somente no nome do artista (*Beatles*).

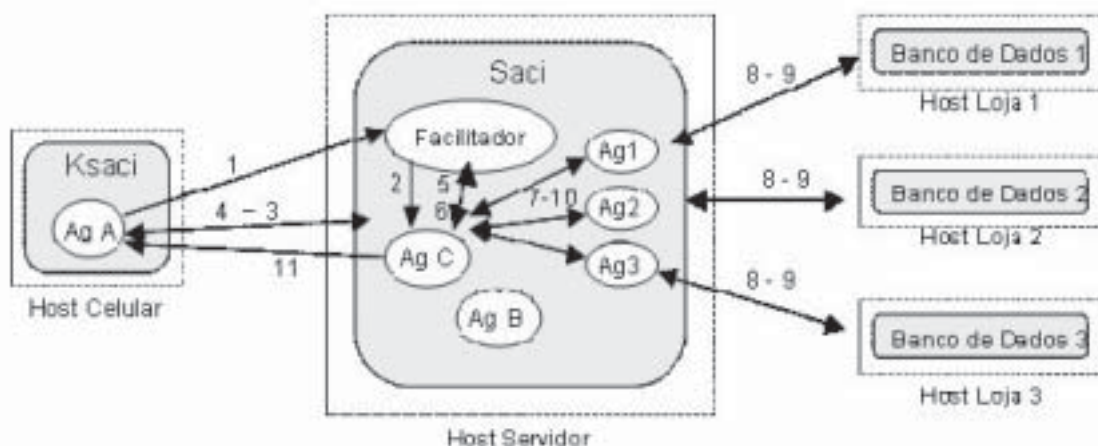


Figura 5. Etapa de busca.

O agente de busca, utilizando o serviço de páginas amarelas do SACI, pergunta então ao facilitador (5) quais são as lojas cadastradas no sistema e quem são os agentes responsáveis por estas lojas. Uma vez que receba a listagem de lojas cadastradas no sistema e seus respectivos agentes (6), o agente de busca entra em contato com estes últimos (7), enviando os dados necessários para que se processe a busca de informações para o usuário.

Cada um dos agentes responsáveis pelas lojas (Ag1, Ag2 e Ag3) irá então consultar o banco de dados de sua respectiva loja (8), obter todas as suas opções de CDs cujos dados se encaixem com os dados enviados (9), e enviar posteriormente a resposta ao agente de busca (10). Neste exemplo, se procura todos os CDs disponíveis dos *Beatles*. Finalmente, o agente de busca reúne todas as informações provenientes das diferentes lojas, e informa o agente de interface do celular (11) sobre todos os CDs dos *Beatles* disponíveis nas diferentes lojas. O resultado desta etapa é mostrado ao usuário no celular, como indicado na figura 6.

#### 4.2.2. Etapa de negociação

Esta é a etapa crucial do trabalho, na qual a Rede Contratual é aplicada. Para melhor ilustrá-la, será utilizado o mesmo cenário da seção anterior.

Após a etapa de busca, o usuário conhece então todos os álbuns dos *Beatles* disponíveis para venda. Ele escolhe um determinado CD para efetuar a compra, disparando o início do processo de negociação que pode ser visualizado na figura 7.

O agente de interface do celular (Ag A) envia uma mensagem para o facilitador da sociedade SACI (1) requisitando algum agente de negociação que seja capaz de se comunicar com as lojas cadastradas para realizar a compra. O facilitador repassa estas informações para um destes agentes (Ag C) (2), que entra então em contato com o agente de interface do celular (3). Este último lhe informa (4) os dados referentes ao produto que deseja comprar. Neste cenário, a informação consiste somente no nome do CD (*"Help"*). Neste momento, também são enviados os dados referentes ao perfil de compra do usuário, a serem descritos na seção 4.3.





Figura 6. Interfaces do celular durante a execução da etapa de busca: (a) o cliente deseja procurar CDs dos Beatles, e (b) em seguida recebe todas as opções de álbuns disponíveis para compra.

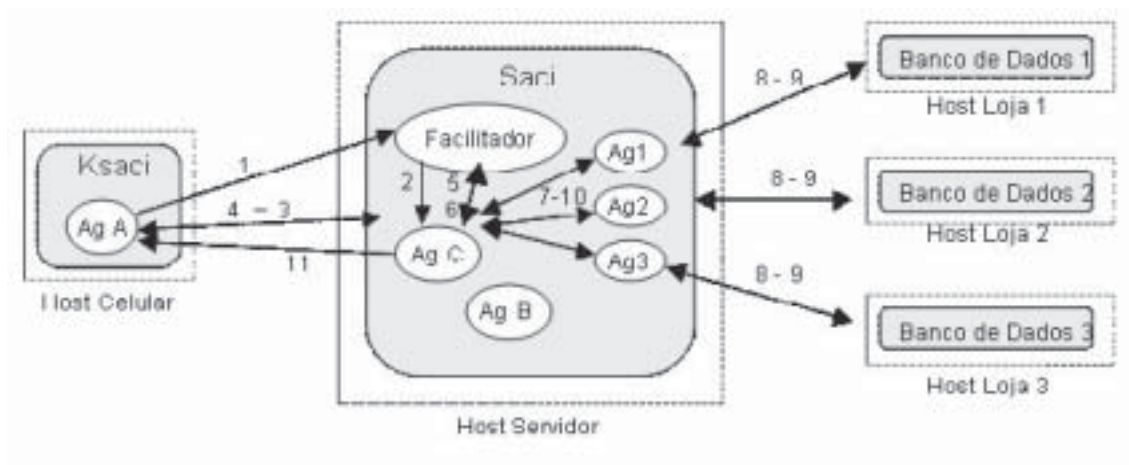


Figura 7. Etapa de negociação.

O agente de negociação, utilizando o serviço de páginas amarelas do SACI, pergunta então ao facilitador (5) quais são as lojas cadastradas no sistema e quem são os agentes responsáveis por estas lojas. Uma vez que receba a listagem de lojas cadastradas no sistema e seus respectivos agentes (6), o agente de negociação irá enviar a todos os agentes responsáveis pelas lojas uma mensagem de *Anúncio de Tarefas*, que contém as informações referentes ao produto que se deseja comprar (7).

Cada um dos agentes responsáveis pelas lojas (Ag1, Ag2 e Ag3) irá então consultar o banco de dados de sua respectiva loja (8) procurando o CD desejado pelo usuário. Caso este haja exemplares

deste CD no estoque das lojas (9), tais agentes criam e enviam propostas (10) para o agente negociador (Ag C). Nestas propostas, constam diversos parâmetros, tais como preço, disponibilidade de entrega e formas de pagamento aceitas pela loja. Baseado nestes parâmetros e no perfil de usuário recebido anteriormente, o agente negociador escolhe a melhor opção para efetuar a compra. Esta escolha se baseia em alguns critérios de elegibilidade, que serão explicados na seção 4.3.

Antes de efetuar a compra, porém, o agente de negociação envia uma mensagem (11) para o agente de interface do celular solicitando uma confirmação por parte do usuário, conforme mostra a figura 8.



**Figura 8.** Interfaces do celular durante a execução da etapa de negociação: (a) o cliente seleciona o álbum que deseja comprar, e (b) em seguida recebe as informações sobre a melhor opção de compra selecionada pelo sistema.

### 4.2.3. Etapa de compra

Uma vez concluída a etapa de negociação, o usuário já sabe qual CD comprar e de quem comprar, restando finalizar o processo de compra, como indicado na figura 9. Nesta etapa final, o agente de interface do celular envia uma confirmação do pe-

dido de compra para o agente de negociação (1), que a repassa para o agente responsável pela loja escolhida (2). Ressalte-se novamente que a escolha desta loja para efetuar a compra foi realizada de forma autônoma pelo agente de negociação, através de critérios de elegibilidade, e que foi submetida apenas a uma confirmação do usuário.

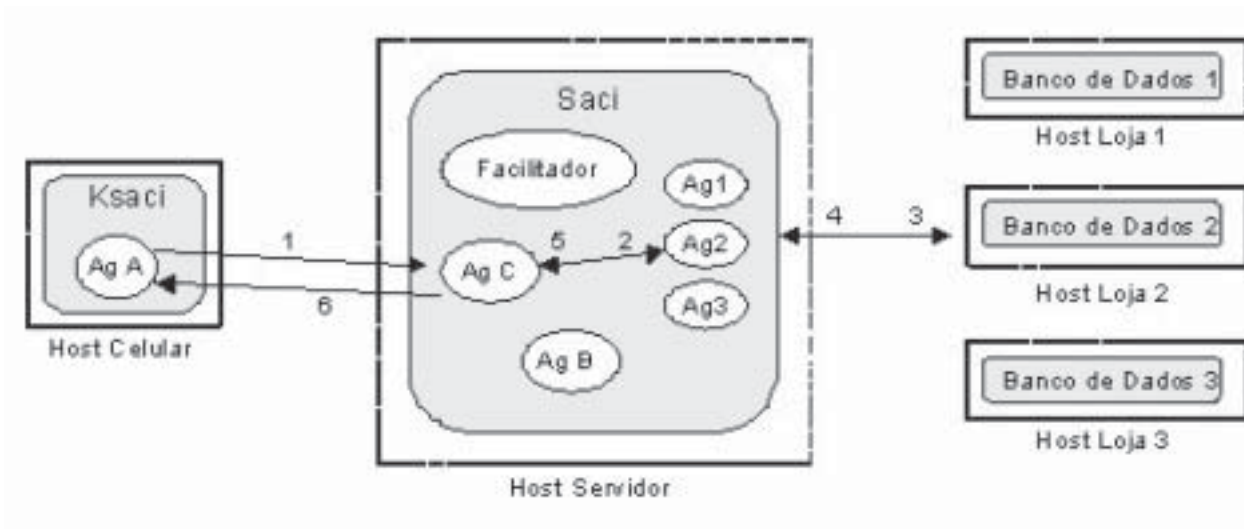


Figura 9. Etapa de compra.

O agente responsável pela loja se comunica então com o seu banco de dados (3) e efetua a compra. A loja emite um recibo confirmando a compra para o agente responsável (4). Este recibo é enviado ao agente de negociação (5) que finalmente o repassa para o agente de interface do celular (6), finalizando-se o processo. Novamente, esta etapa será apresentada ao usuário, conforme mostra a figura 10.

### 4.3. Configuração do perfil do usuário

O perfil de compras do usuário é configurado a priori, anteriormente ao processo de negociação, através de um assistente de configuração que apresenta um questionário na tela do celular do usuá-

rio, conforme mostra a figura 11. Como já brevemente comentado no início da seção 4, este perfil foi definido de modo *ad-hoc*, onde constam três critérios de elegibilidade: (i) o preço do CD (critério A), (ii) a disponibilidade de entrega em domicílio (critério B) e (iii) a disponibilidade para pagamento eletrônico (critério C).

Neste questionário são realizadas três perguntas, sendo cada uma referente a um destes critérios de elegibilidade. As respostas do usuário a estas perguntas definem os valores de três variáveis PESOA, PESOB, e PESOC, que medem a importância dada pelo usuário a cada um dos critérios de elegibilidade. O questionário apresentado é o seguinte:



Figura 10. Interfaces do celular durante a execução da etapa de compra: (a) o cliente confirma que deseja realizar a compra, e (b) em seguida recebe uma mensagem confirmando que aquela compra foi realizada com sucesso.



Figura 11. Interface do celular para a configuração do perfil do usuário



## Questionário

- a) Qual o grau de importância em relação ao menor preço na hora de se realizar a compra?

Importante	Normal	Indiferente
(PESOA = 50)	(PESOA = 30)	(PESOA = 0)

- b) Qual o grau de importância em relação à disponibilidade de entrega em domicílio na hora de realizar a compra?

Importante	Normal	Indiferente
(PESOB = 0.8)	(PESOB = 0.4)	(PESOB = 0)

- c) Qual o grau de importância em relação à possibilidade de pagamento eletrônico na hora de efetuar a compra?

Importante	Normal	Indiferente
(PESOB = 0.8)	(PESOB = 0.4)	(PESOB = 0)

A seleção da melhor alternativa é realizada pelo agente de negociação através da escolha da opção que maximize a expressão:

Onde:

$$X = \frac{PESOA}{preço} + PESOB \times entrega + PESOC \times pagamento \quad (a)$$

- **PESOA, PESOB e PESOC** são as variáveis de perfil de usuário, definidas na etapa de configuração deste perfil;
- **preço** é o valor do preço do produto oferecido pela loja;
- **entrega** é uma variável booleana que indica se a loja possui disponibilidade de entrega a domicilio (se existe esta disponibilidade, entrega=1, caso contrário entrega=0);
- **pagamento** é uma variável booleana que indica se a loja possui disponibilidade de pagamento eletrônico (se existe esta disponibilidade, pagamento = 1, caso contrário pagamento = 0).

O processo de seleção da melhor alternativa será mais bem ilustrado através de dois exemplos, indicados a seguir.

### 4.4. Seleção da melhor alternativa pelo agente negociador

Para ilustrar o processo de seleção, será criado um cenário hipotético onde existem quatro opções de compra para um CD qualquer. São elas:

- loja1 – Preço R\$25,00 com disponibilidade de entrega e com disponibilidade de pagamento eletrônico;
- loja2 – Preço R\$20,00 sem disponibilidade de entrega, mas com disponibilidade de pagamento eletrônico;
- loja3 – Preço R\$20,00 com disponibilidade de entrega, mas sem disponibilidade de pagamento eletrônico;
- loja4 – Preço R\$15,00, mas sem disponibilidade de entrega e sem disponibilidade de pagamento eletrônico.

Agora o processo de seleção da melhor alternativa será exemplificado através de dois perfis de usuários diferentes.

#### Perfil de usuário 1

Neste primeiro exemplo, selecionou-se um perfil de usuário para quem todos os três critérios têm grande importância:

**Preço:** importante (PESOA = 50)

**Disponibilidade de entrega:** importante (PESOB = 0,8)

**Disponibilidade de pagamento eletrônico:** importante (PESOC = 0,8)

A seleção da melhor opção neste exemplo pode ser visualizada através da tabela 1, na qual percebe-se que a opção selecionada para este usuário é aquela referente à **loja1**. Esta escolha é coerente



te, pois apesar desta loja oferecer um preço mais caro, ela oferece os serviços (entrega em domicílio e disponibilidade de pagamento eletrônico) que são considerados importantes para este usuário.

*Tabela 1. Seleção da melhor alternativa para o perfil de usuário 1*

Critérios	Preço	Entrega	Pagamento	X calculado pela equação (1)
	PESOA = 50	PESOB = 0,8	PESOC = 0,8	
Opções	valor	valor	valor	
loja1	25	1	1	3,6
loja2	20	0	1	3,3
loja3	20	1	0	3,3
loja4	15	0	0	3,33

## Perfil de usuário 2

Num segundo exemplo, selecionou-se um perfil de usuário diferente, onde apenas o preço tem grande importância e os outros critérios têm importância mediana:

**Preço:** importante (PESOA = 50)

**Disponibilidade de entrega:** normal (PESOB = 0,4)

**Disponibilidade de pagamento eletrônico:** normal (PESOC = 0,4)

A seleção da melhor opção neste segundo exemplo pode ser visualizada através da tabela 2, na qual se observa que a opção selecionada é aquela referente à **loja4**. Esta loja, apesar de não oferecer serviços tais como entrega em domicílio e disponibilidade de pagamento eletrônico, oferece um preço muito inferior às outras duas. Uma vez que o único critério definido como importante por parte do usuário foi o preço, a escolha desta loja é coerente.

*Tabela 2. Seleção da melhor alternativa para o perfil de usuário 2*

CRITÉRIOS	Preço	Entrega	Pagamento	X calculado pela equação (1)
	PESOA = 50	PESOB = 0,4	PESOC = 0,4	
Opções	valor	valor	valor	
loja1	25	1	1	2,8
loja2	20	0	1	2,9
loja3	20	1	0	2,9
loja4	15	0	0	3,33

## 5. Conclusões

Tendo em vista o crescimento acelerado da tecnologia de dispositivos móveis nos últimos anos, a utilização de agentes nestes últimos vem se tornando uma proposta cada vez mais atrativa para o desenvolvimento de diferentes aplicações. Tal constatação foi um grande fator de motivação para a elaboração deste trabalho, já que durante a sua execução explorou-se esta tecnologia inovadora e que pode ser utilizada em grande escala em um futuro próximo.

Durante a realização deste trabalho e principalmente em relação à elaboração do protótipo, foram realizadas algumas observações e reflexões referentes à utilização da tecnologia de agentes para a resolução distribuída de problemas. Uma primeira constatação é que o desenvolvimento de um sistema multiagentes torna-se extremamente complexo se não se dispuser de ferramentas que ofereçam recursos para facilitar a produção destes sistemas. Pode-se dizer que a técnica de sistemas multiagentes é hoje viável graças ao desenvolvimento destas ferramentas, sendo o SACI e o kSACI dois exemplos explorados neste trabalho. Tais ambientes fornecem a infra-estrutura necessária para a construção de sistemas multiagentes e têm se mostrado uma ferramenta poderosa para o seu desenvolvimento.

Um segundo aspecto fundamental em relação ao correto e eficaz funcionamento de um sistema multiagentes é assegurar que a comunicação entre os agentes seja confiável e eficiente. Para que seja confiável, é necessário que existam canais de comunicação que permitam a troca segura de informações, como os fornecidos pelos ambientes SACI e kSACI neste trabalho. Por outro lado, para que seja eficiente, é necessário que a comunicação se enquadre em certas regras e mecanismos de interação entre agentes, de modo a garantir uma certa objetividade e coordenação na troca de mensagens. Neste trabalho, tais regras de interação são estabelecidas pelo uso da Rede Contratual.

Finalmente, o protótipo construído permite afirmar que uma aplicação deste gênero, destinada a fornecer uma infra-estrutura de negociação automática para aplicações de comércio eletrônico envolvendo dispositivos móveis, tais como telefones celulares e PDAs, já é perfeitamente viável de ser implementada do ponto de vista tecnológico, desde que se tenham ferramentas eficientes para implementar os serviços de infra-estrutura, tal como a comunicação entre agentes.

Claramente, alguns aspectos abordados neste trabalho foram simplificados e deveriam ser mais bem abordados numa aplicação real de maior escala. A definição do perfil do usuário foi estabelecida de forma muito intuitiva, e deveria ser mais bem investigada, inclusive com a possibilidade de customizá-la para diferentes domínios de aplicação. A etapa de busca também deveria ser otimizada, uma vez que devido a ela aparentemente muitas mensagens adicionais são introduzidas no sistema. Tal escolha pode ser justificada, entretanto, pelo intuito de separar explicitamente a etapa de negociação, principal objeto de investigação deste trabalho. Ao invés de se fixar em alguns poucos exemplos codificados explicitamente nos agentes, decidiu-se efetivamente realizar uma busca num banco de dados, similar àquela que ocorreria num ambiente real, inclusive para avaliar o desempenho do sistema, que se mostrou satisfatório nos experimentos realizados.

## Referências Bibliográficas

[1] ALBUQUERQUE, R. L., HÜBNER, J. F., PAULA, G. E., SICHMAN, J. S., LISBOA G. R. kSACI: A handheld device infrastructure for agents communications. In: J.-J. Meyer, M. Tambe (Eds.) **Intelligent Agents VIII: 8th International Workshop, ATAL 2001** Seattle, WA, USA, August 1-3, 2001 Revised Papers, Lecture Notes in Computer

Science, vol. 2333, p. 423-435. Heidelberg, Springer-Verlag, 2002.

[2] HÜBNER, 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, p. 47-56, Atibaia, SP, Brasil, 2000.

[3] kSACI. Simple Agent Communication Infrastructure for Handheld Devices. Disponível em: <<http://www.ksaci.kit.net>>. Acesso em 15/06/2003.

[4] LABROU, Y. FININ, T., PENG, Y. Agent communication languages: the current landscape. In: **IEEE Intelligent Systems**, v. 14, n. 2, p. 45-52, 1999.

[5] RUSSEL, P., NORVIG, S. **Artificial Intelligence: A Modern Approach**. Prentice Hall, 1995. 1<sup>st</sup>. edition.

[6] SACI. Simple Agent Communication Infrastructure. Disponível em <<http://www.lti.pcs.usp.br/saci>>. Acesso em 05/06/2003.

[7] SICHMAN, J. S., DEMAZEAU, Y. On social reasoning in multi-agent systems. In: **Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial**, (13) Verano, p. 68-84, 2001.

[8] SMITH, R. G. The contract net protocol: high-level communication and control in a distributed problem solver. In: **IEEE Transactions on Computers**, v.29, n.12, p. 1104—1113, 1980.

## Notas Biográficas

**Issao Hirata** é aluno do 5º. ano de Engenharia Elétrica, Opção Computação da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Desenvolveu este trabalho como projeto de Iniciação Científica junto ao Laboratório de Técnicas Inteligentes (LTI), no período 2002/2003, quando foi financiado por uma bolsa do programa PIBIC/CNPq, Brasil.

**Jaime Simão Sichman** é Professor Associado do Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Obteve o grau de Engenheiro Eletricista e de Mestre em Engenharia Elétrica por esta instituição, respectivamente em 1984 e 1991. Seu título de Doutor em Engenharia de Computação foi obtido em 1995, junto ao Institut National Polytechnique de Grenoble, na França. Mais recentemente, em 2003, obteve seu título de Livre-Docência na Especialidade Inteligência Artificial pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Seus interesses atuais de pesquisa são sistemas multiagentes e web semântica. É parcialmente financiado pelo CNPq, proc. 482019/2004-2 e 304605/2004-2.

**Jomi Fred Hübner** é Professor do Departamento de Sistemas e Computação da Universidade Regional de Blumenau. Obteve o grau de Bacharel em Ciência da Computação por esta escola, em 1992, e o grau de Mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em 1995. Mais recentemente, em 2003, obteve seu título de Doutor em Engenharia Elétrica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, sendo parcialmente financiado neste período por uma bolsa PADCT da CAPES, Brasil. Realizou um programa sanduíche durante seu Doutorado, junto à Ecole Nationale Supérieure de Mines de Saint Etienne, França, quando foi financiado por uma bolsa do CNPq, Brasil.

---