

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO**

André Duarte Veras

**UMA PROPOSTA DE AGENTES DE SOFTWARE
EM SERVIÇOS DE TELEVISÃO DIGITAL**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

Prof. Dr. João Bosco M. Sobral

Florianópolis, setembro de 2005.

UMA PROPOSTA DE AGENTES DE SOFTWARE EM SERVIÇOS DE TELEVISÃO DIGITAL

André Duarte Veras

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação, área de concentração sistemas de computação e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação.

Prof. Dr. Raul Sidnei Wazlawick

Banca Examinadora

Prof. Dr. João Bosco M. Sobral

Prof. Dr. Carlos Aurélio Faria da Rocha

Prof. Dr. Jovelino Falqueto

Prof. Dr. Mauro Roisenberg

Aos meus pais.

Agradecimentos

Dedico meus sinceros agradecimentos para:

- o professor doutor João Bosco M. Sobral, pela orientação, compreensão e ajuda;
- o professor doutor Bernardo G. Riso, pela orientação, compreensão e ajuda;
- o professor doutor Mário Antônio Ribeiro Dantas pela ajuda em diversos momentos;
- a secretária Vera Lúcia Sodré Texeira pela ajuda em diversos momentos.

Sumário

Lista de Figuras	III
Lista de Tabelas	IV
Lista de Siglas	V
Resumo	VII
Abstract	VIII
1 Introdução	1
2 Levantamento Bibliográfico.....	6
2.1 Televisão Digital	6
2.1.1 Padrões da Televisão Digital	8
2.1.2 Arquitetura do Sistema de Televisão Digital.....	10
2.1.2.1 Transmissão Digital	11
2.1.2.2 Receptor.....	11
2.1.2.3 Dados de Transmissão	11
2.1.2.4 Canal de Retorno	12
2.1.2.5 Sistema de controle de acesso	12
2.1.3 Multimedia Home Platform (MHP)	12
2.1.4 Aplicações	14
2.1.5 Resumo	15
2.2 Plataforma Java e Ferramentas	16
2.2.1 Orientação a Objetos	16
2.2.2 XML	16
2.2.3 Java TV	18
2.2.4 SACI.....	21
2.3 LOTOS	21
2.4 Resumo	22
3 Arquitetura do Sistema de Agentes para Televisão Digital	23
3.1 Arquivo XML dos Serviços para Televisão Digital	23
3.2 Arquivo de Preferências do Usuário.....	25
3.3 Modelo de Agentes.....	26
3.4 Tipos de Agentes do Sistema	27

3.4.1	Agente-Leitor	27
3.4.2	Agente-Receptor	28
3.4.3	Agente-Facilitador	28
3.5	Uso da Ferramenta SACI na Arquitetura Proposta	29
3.6	Modelagem LOTOS	29
3.6.1	Aspectos da Técnica de Descrição Formal LOTOS/ISO	30
3.6.2	Recursos de Síntese	30
3.6.3	Recursos de Análise	31
3.6.4	Especificação Informal de Um Sistema de Agentes para TVD.....	32
3.7	Especificação LOTOS	33
3.7.1	Estrutura de Sistema	35
3.7.2	Comportamento dos Componentes do Sistema.....	35
3.8	Resumo	36
4	Aspectos da Implementação e Simulação	37
4.1	Implementação dos Agentes.....	37
4.2	Código do Sistema.....	39
4.3	Visão Geral do Sistema	43
4.4	Dificuldades da Implementação	46
4.5	Resumo	46
5	Conclusões e Trabalhos Futuros	48
5.1	Conclusões.....	48
5.2	Trabalhos Futuros	50
5.2.1	Extensões da Arquitetura.....	50
5.2.2	Extensões de Implementação.....	51
	Referências Bibliográficas	52

Lista de Figuras

Figura 1.	Modelo de Sistema para Televisão Digital.....	10
Figura 2.	Modelo da Arquitetura Java para Televisão Digital.....	18
Figura 3.	Formato Texto do Arquivo de Preferências do Usuário.....	25
Figura 4.	Modelo de Agentes para Sistema de Televisão Digital.....	26
Figura 5.	Fluxo de Dados na Comunidade de Agentes para Televisão Digital.	27
Figura 6.	Modelo da Arquitetura Java para TVD com Ferramenta SACI.....	29
Figura 7.	Estrutura do Sistema de Agentes.....	34
Figura 8.	Fluxo de informações em um sistema de agentes para televisão digital	37
Figura 9.	Estrutura do Diálogo dos Agentes do Sistema.	38
Figura 10.	Visão Geral do Sistema de Televisão Digital.....	45
Figura 11.	Guia Eletrônico de Programas.....	45
Figura 12.	Resultados do Agente.....	46

Lista de Tabelas

Tabela 1.	Arquivo XML Utilizado no Sistema de Televisão Digital.....	25
Tabela 2.	Operadores LOTOS/ISO	31
Tabela 3.	Representação LOTOS dos Componentes do Sistema de Agentes.....	34

Lista de Siglas

ABERT	Associação Brasileira das Emissoras de Rádio e Televisão
AgF	Agente-Facilitador
AgL	Agente-Leitor
AgR	Agente-Receptor
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
API	Application Programming Interface
ATSC	Advanced Television System Committee
ATSC-C	Advanced Television System Committee - Cable
ATSC-S	Advanced Television System Committee - Satellite
ATSC-T	Advanced Television System Committee - Terrestrial
BST-OFDM	Band Segment Transmission – Orthogonal Frequency Division Multiplexing
CPU	Central Processor Unit
DTD	Document Type Definition
DVB	Digital Video Broadcasting
DVB-C	Digital Video Broadcasting - Cable
DVB-S	Digital Video Broadcasting - Satellite
DVB-T	Digital Video Broadcasting -Terrestrial
EPG	Electronic Program Guide
HDTV	High Definition Television
HTML	Hypertext Markup Language
IR	Implementação de Referência
ISDB	Integrated Services Digital Broadcasting
ISDB-C	Integrated Services Digital Broadcasting - Cable
ISDB-S	Integrated Services Digital Broadcasting - Satellite
ISDB-T	Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial
ISO	International Organization for Standardization
JMF	Java Media Framework
KQML	Knowledge Query and Manipulation Language
LOTOS	Language of Temporal Ordering Specification

MHP	Multimedia Home Platform
MPEG	Motion Pictures Experts Group
MPG	Extensão de Arquivo do formato MPEG.
PC	Personal Computer
PPV	Pay-Per-View
PVR	Personnel Video Recorder
SACI	Simple Agent Communication Infrastructure
SDTV	Standard Definition Television
SET	Sociedade de Engenharia de Televisão e Telecomunicações
SMA	Sistema Multiagente
STB	Set-Top-Box
TDF	Técnica de Descrição Formal
TV	Televisão
TVD	Televisão Digital
VOD	Voice on Demand
W3C	World Wide Web Consortium
XML	Extensible Markup Language

Resumo

A tecnologia da televisão digital irá possibilitar a transmissão de sinais digitais para televisores adaptados para recepção de áudio, vídeo e dados. Esses aparelhos serão capazes de receber um número maior de canais do que existe atualmente para televisão analógica. Além disso, os usuários poderão receber e enviar programação e serviços de televisão digital. Essa interatividade deve se aproximar com o que acontece hoje com a Internet. A mudança na utilização do televisor de uma interatividade quase inexistente e com poucos canais disponíveis para um cenário de grande interatividade e com a existência de muitos canais pode constituir uma barreira para o uso da televisão digital. Essa mudança de cultura deve ser acompanhada por ferramentas que facilitem o uso dessa nova tecnologia para os usuários. Na busca por programas e serviços de interesse do usuário, os agentes de software se tornam importantes para que essa atividade não se torne árdua e demorada. Nessa dissertação foi concebido e implementado um sistema de agentes que utiliza uma infra-estrutura em Java para buscar e apresentar programas de televisão digital de interesse do usuário. A implementação do sistema e as ferramentas utilizadas são independentes de fornecedores de televisores digitais. O sistema de agentes desenvolvido auxilia os usuários nas tarefas de busca e foi implementado e executado em um ambiente que simula o da televisão digital. O principal problema enfrentado na implementação desses agentes é adaptar um ambiente de televisão digital ainda não disponível atualmente no Brasil que possa executar esse sistema de agentes. Com a utilização de um sistema de agentes é possível facilitar o uso e aperfeiçoar o desenvolvimento de sistemas para televisão digital.

Abstract

The digital television technology will enable digital transmission for specially adapted television sets for audio, video and data. These devices will be able to receive a large number of television channels. The users of digital television will be able to receive and send digital television programs and information. It will therefore be possible for user interactivity to reach a level similar to that of the Internet, meaning that users must have access to tools facilitating their use of the new technology. Software agents will be an important factor in making it both quick and easy for users to search for their favorite channels and programs. In this work, a software system using the Java infrastructure to enable the search for and presentation of television programs was conceived and developed. The system implementation and tools used are independent of digital television hardware. The agent system helps users and was implemented and executed in an environment that simulates a digital television environment. The biggest challenge in the work is adapting a digital television environment that is scarce or unavailable on a wide scale in Brazil to execute a software agent system. With the use of agent systems it is possible to facilitate the use and optimize the development of new systems for digital television.

1 Introdução

A televisão é o principal veículo de comunicação pelo qual a população brasileira adquire informações. Estima-se que 87,7% das residências brasileiras possuem TV, e que existam no país cerca de 57 milhões de aparelhos de televisão [26]. A televisão como meio de comunicação é um setor relevante do ponto de vista econômico, e, além disso, possui grande importância do ponto de vista social, pois atinge a maioria dos lares brasileiros. Entre os países da América Latina, o Brasil é o país que possui o maior número de televisores instalados.

A televisão digital (TVD) deverá substituir o sistema de televisão analógico existente por um sistema digital, o qual deverá oferecer imagem e som de melhor qualidade e programação mais diversificada. Além disso, essa tecnologia deverá permitir a transmissão de muito mais informações (canais) e de serviços digitalizados [28] [4].

A transmissão de serviços digitalizados é, sem dúvida, a maior mudança no sistema de televisão atual. O televisor passará a ser um equipamento interativo equipado com um canal de retorno e possibilitará ao usuário interagir com os programas e serviços disponíveis no televisor. Os serviços de interatividade vão desde novelas interativas até acesso à Internet através de vários meios de comunicação. Como exemplos de serviços interativos podem ser citados: o guia eletrônico de programas (EPG), vídeo sob demanda (VOD), gravador de vídeo pessoal (PVR), “pay-per-view” (PPV), eventos de esportes com vários ângulos de visualização, pagamento de contas em casa, shopping em casa, “chat” na TV, tele-textos, legendas digitais e muitos outros [7] [8].

Além disso, os sinais de TV digital podem ser recebidos por televisores em veículos em movimento (carros, ônibus, trens), ao contrário do que acontece com sinais analógicos. Isso introduz novas possibilidades e desafios para o desenvolvimento de sistemas para TV digital.

Com essa revolução tecnológica serão criadas novas formas de comunicação por meio da televisão. No país, será gerado um novo mercado que mudará relações entre os usuários da televisão e os produtores de programas, serviços e produtos comercializados por meio da televisão [39].

O potencial brasileiro é enorme para o desenvolvimento de serviços e conteúdo para televisão digital, e pode ser mais bem aproveitado utilizando sistemas para otimizar e garantir que esses recursos sejam aproveitados ao máximo. A disponibilidade de programas de televisão digital deverá ser bastante difundida em nossa sociedade. Os aparelhos de TVD serão capazes de receber entre 300 e 500 programas televisivos [6].

Na busca por programas de televisão e serviços de interesse de usuários, os agentes de software se tornam importantes para que essa tarefa não se torne árdua e demorada. Esses agentes atuam como representantes dos usuários de televisão, auxiliando-os na execução de tarefas. No serviço de guia eletrônico de programas, o usuário poderá informar o agente de suas preferências de programas. O agente deverá procurar entre os programas disponíveis e informar o usuário das próximas transmissões sobre sua preferência. Dessa forma, o usuário seria poupado da tarefa de procurar por centenas de programas de televisão.

Em um passo adiante, o agente pode ser capaz de conhecer os hábitos do usuário e informar sobre outros possíveis programas de interesse do usuário. Propagandas e comerciais de interesse do usuário, promoções e pesquisas lançadas que o usuário deseja participar podem ser buscados pelos agentes e mostrados para o usuário, o que aumenta a eficiência desses serviços. No serviço de vídeo sobre demanda e de “pay-per-view”, agentes possuem tarefas de buscar vídeos de interesse do usuário, agendar a sua transmissão em horários de preferência e podem efetuar os devidos pagamentos sem a intervenção do usuário. Em serviços de apresentação de imagens em jogos esportivos, eventos e shows, os agentes podem escolher imagens e ângulos de preferência do usuário sem a necessidade do usuário estar sempre interagindo com a televisão. O usuário, também, poderá escolher as imagens e ângulos de sua preferência e os agentes poderão aprender com essas escolhas. Serviços de pagamentos de contas podem ser agendados e automatizados por agentes. Os usuários poderiam também efetuar compras de suas residências facilitadas pelo uso de agentes na busca por produtos e serviços.

A televisão digital propiciará melhor qualidade de som e imagem e mais informações sendo transmitidas pelos sinais de televisão, e, conseqüentemente, de uma demanda de conteúdo. Com a existência do canal de retorno, que possibilita a interatividade com o usuário, existirá também uma demanda para a criação de conteúdo interativo. Assim, novos serviços e modelos de programas podem surgir utilizando

todos os recursos do novo sistema de televisão. O Brasil já é um grande exportador de conteúdo de televisão convencional, principalmente de programas como novelas. Com a televisão digital o país poderá desenvolver e também exportar conteúdos para televisão digital.

Atualmente, o Brasil passa por uma escolha importante: que padrão de televisão digital deve ser adotado? Essa escolha deve ser feita levando em conta diversos critérios, entre eles estão critérios tecnológicos, comerciais e sociais. Entre a escolha dos padrões de televisão digital existentes, também existe a possibilidade da criação de um padrão tecnológico brasileiro. Além da escolha do padrão a ser adotado ou a criação de um padrão, é importante garantir ao país a capacidade de desenvolver softwares e serviços para o sistema de televisão digital. Assim, o Brasil poderá desenvolver o conhecimento tecnológico para televisão digital e não ficará dependente da tecnologia e produtos de outros países.

Um outro problema que deve ser enfrentado é uma possível defasagem com relação ao desenvolvimento de sistemas e serviços de países que já estão adiantados no uso da televisão digital. É preciso desenvolver sistemas e propor modelos para auxiliar na difusão dessa nova tecnologia tanto no meio acadêmico quanto comercial.

Por ser um estudo novo no Brasil, existe pouca literatura a respeito desse assunto no país e não existem soluções largamente difundidas para o desenvolvimento de sistemas para televisão digital para o Brasil. O estudo do desenvolvimento de serviços interativos para televisão digital é uma área de pesquisa que está no início e existem poucas referências para servir de base de projetos.

A difusão da tecnologia da televisão digital deve ser acompanhada do desenvolvimento de ferramentas que auxiliem o usuário. Os agentes de softwares podem ser usados em muitos contextos na área de televisão digital para auxiliar o usuário. Com o aumento da quantidade de informação, existe a necessidade de um maior controle desse conteúdo. O objetivo desse trabalho é estudar o uso de agentes para auxiliar o usuário na obtenção de programação de interesse e serviços fornecidos pela televisão digital.

Além disso, esse trabalho visa estudar os problemas envolvidos no desenvolvimento de sistemas de agentes para televisão digital, especificar a arquitetura de um sistema proposto para televisão digital e implementar parte dessa arquitetura.

Esta arquitetura deve abordar questões relativas à tecnologia, fluxo de informações e ferramentas a serem utilizadas no auxílio ao desenvolvimento desse sistema.

O estudo proposto envolve diversas áreas da computação, entre elas estão:

- Redes de computadores – protocolos de redes e padrões de comunicação;
- Agentes de Software – Agentes autônomos e sistemas multiagentes;
- Tecnologia Java – APIs e programação Java;
- Especificação Formal – especificação do sistema para televisão digital em uma linguagem de especificação formal;
- Tecnologia Web – protocolos de comunicação, padrões de intercâmbio e de apresentação de dados.

Com o estudo dos sistemas já criados nos outros países para televisão digital, pode-se definir os aspectos positivos e negativos nesses sistemas, com isso, definir qual modelo de sistema é o mais adequado para o caso brasileiro. Esse estudo, aliada às diversas tecnologias existentes permite determinar qual é a melhor arquitetura para desenvolver aplicações para sistemas de televisão digital, quando será mais adequado e os riscos associados. A partir desse levantamento, uma arquitetura foi proposta neste trabalho. Essa arquitetura foi validada por meio da implementação de um sistema para televisão digital. A implementação foi realizada no contexto de um projeto real e serve de modelo para desenvolvimento de novas aplicações. O projeto desenvolvido tem o objetivo de funcionar como um guia eletrônico personalizado de canais para usuários de televisões digitais. Este sistema irá disponibilizar na tela do usuário um guia de programas de acordo com a preferência do usuário.

As principais contribuições deste trabalho são:

- o levantamento e discussão das questões envolvidas em agentes e televisão digital;
- a proposta de uma metodologia de especificação de sistemas de agentes para a televisão digital;
- a proposta de uma arquitetura de agentes para utilização em conjunto com sistemas de televisão digital;
- a implementação de um sistema de agentes para funcionar junto com a arquitetura de agentes e discussão das dificuldades encontradas na implementação.

O restante desta dissertação está organizado da seguinte forma. O capítulo 2 define os conceitos necessários ao entendimento de aspectos da televisão digital, além de discutir as tecnologias e ferramentas utilizadas no projeto de um sistema de agentes para televisão digital. A seguir, o capítulo 3 descreve a arquitetura para um sistema de agentes para televisão digital. O capítulo 4 apresenta os aspectos da implementação e a simulação realizada para validar a arquitetura proposta e uma metodologia para especificar sistemas de agentes para televisão digital por meio de uma técnica de descrição formal. O capítulo 5 apresenta as conclusões da dissertação, e propõe algumas extensões para o trabalho. Finalmente, são apresentadas as referências bibliográficas.

2 Levantamento Bibliográfico

2.1 Televisão Digital

A televisão foi criada em 1926 e a primeira transmissão no Brasil foi realizada em 1950. Desde sua criação, a televisão se tornou um dos meios de comunicação mais importantes para a humanidade. Em 1954, nos Estados Unidos, os televisores passaram a receber transmissão em cores [27]. A televisão, desde então, sofreu poucas mudanças tecnológicas. Surgiram novos meios de transmissão, como por exemplo, transmissões via satélite e a cabo, porém o formato da transmissão permaneceu em grande parte o mesmo desde a primeira transmissão em cores. Recentemente, com o crescimento da digitalização de parte da produção da TV e com a introdução de equipamentos e transmissões digitais, uma nova geração de sistemas de televisão está surgindo: a televisão digital.

O sistema de televisão digital consiste na transmissão e recepção de sinais digitais de televisão, que proporciona uma qualidade superior de áudio e vídeo. A televisão digital permitirá resoluções de até 1080 linhas horizontais e 1920 pontos em cada linha. Além disso, apresenta formato da imagem mais larga, com relação de aspecto 16:9 (largura: altura). Essa relação de aspecto é a mesma utilizada em cinemas. Em televisores analógicos atualmente são atingidos resoluções na prática de 330 linhas e a relação de aspecto é de 4:3. A qualidade de áudio também será superior, com a utilização de 6 canais ao invés de 2 canais (estéreo) [4].

Existem variações nos modos de utilização do sistema de televisão digital. Esses modos podem ser classificados em televisão de alta definição (HDTV) [32] [34] [14] e televisão de definição padrão (SDTV). A HDTV utiliza resoluções de 1080 ou 720 linhas horizontais, com formato 16:9. A SDTV tem resolução de 480 linhas horizontais e formato 4:3. O formato 4:3 é semelhante a um televisor comum analógico. A qualidade desse modo de transmissão é equivalente ao chamado padrão estúdio, sem a presença de chuviscos e cores cruzadas, presentes em recepções analógicas.

A televisão digital também possibilitará a recepção de sinais de televisão por equipamentos móveis, como, por exemplo, celulares, “handhelds”, televisores em trens e ônibus. Além disso, a característica mais importante da tecnologia digital será a

interação do usuário com o conteúdo televisivo. Isso só será possível, por meio de um canal de retorno existente entre o usuário e um provedor de serviços interativos. A interatividade da televisão digital poderá atingir níveis próximos ao existente atualmente com a Internet, na qual usuários estão interagindo em tempo real com o televisor. Porém, é necessário compreender que cada tecnologia tem seu foco e público. Logo, alguns conceitos da Internet devem ser adaptados para a televisão digital. Por meio dessa abordagem poderão surgir novos conceitos e sistemas para televisão digital, além do surgimento de novos serviços e oportunidades.

Com o advento da televisão digital, o sistema atual de televisão deverá sofrer alterações que implicam na substituição de infra-estrutura utilizada pelas emissoras de radiodifusão. Além disso, será necessário trocar os televisores dos usuários por televisores capazes de receber sinais digitais ou adaptá-los com equipamentos que possibilitem a conversão dos sinais digitais em analógicos [38]. Logo, a mudança para essa nova tecnologia implicará na alteração dos transmissores, receptores e televisores analógicos. Além da alteração na transmissão e recepção, também deverá ser modificada a forma de produção do conteúdo para televisão digital. Esse conteúdo deve ser produzido por meio de câmeras e equipamentos de edição digitais. Essas mudanças irão gerar uma demanda de novos televisores por parte dos usuários e terá um peso relevante na economia do país nos próximos anos.

Além do aspecto econômico, a televisão digital terá também um grande impacto social. A TV digital pode se tornar um mecanismo para diminuir as desigualdades sociais e possibilitar o acesso a informações e serviços pela população mais pobre. Grande parte da população brasileira não possui acesso a computadores e aos recursos e informações fornecidas pela Internet. Essa população poderá, por meio da TV digital, ter acesso a todos os serviços e informações.

Diversos padrões surgiram no mundo para televisão digital. O Brasil ainda não escolheu qual padrão irá adotar ou se irá criar um padrão brasileiro. As características de cada padrão foram avaliadas com a finalidade de se utilizar como base para esse trabalho o padrão que mais se adequar à realidade brasileira.

Existem, no momento, três principais padrões de televisão digital disponíveis no mundo: o norte-americano, o europeu e o japonês.

2.1.1 Padrões da Televisão Digital

Os principais padrões hoje existentes e que estão sendo adotados pelos países ao redor do mundo são: o europeu, o norte americano e o japonês.

Cada padrão adota um diferente padrão de middleware em seus receptores digitais. O middleware é uma camada que faz a intermediação entre as aplicações de televisão digital e as camadas inferiores que realizam a compressão, transporte, modulação dos dados entre outros serviços. Essa camada é importante, pois permite a portabilidade das aplicações e a independência do hardware utilizado. O middleware utilizado pelo padrão de televisão digital possui grande relevância para determinar qual padrão será utilizado como base para o sistema de agentes nesse trabalho.

O padrão europeu é o DVB (Digital Vídeo Broadcasting) [13]. Esse padrão é composto por um conjunto de documentos definidos por um consórcio de diversos países. Esse padrão agrupa os seguintes padrões de transmissão: DVB-S para transmissões via satélite, DVB-C para transmissão a cabo, DVB-T para transmissão terrestre. O DVB utiliza o MHP (Multimídia Home Platform) como padrão para middleware [15].

No padrão europeu as transmissões estão ocorrendo, principalmente em SDTV com a utilização de unidades receptoras decodificadoras (STB). Esse padrão utiliza modulação COFDM, com taxa de transmissão variando entre 5 a 31,7 Mbps. Em um canal analógico pode ser transmitido até 6 canais digitais com SDTV. O DVB utiliza o padrão MPEG-2 para codificação e multiplexação de áudio e vídeo [40]. O middleware MHP estabelece APIs, protocolos e formatos de conteúdos para televisão digital interativa. Esse padrão permite que o hardware das unidades receptoras decodificadoras de diversos fabricantes possam ser compatíveis com as aplicações criadas para televisão digital. O MHP utiliza uma máquina virtual Java para executar as aplicações de televisão digital.

Os principais países que adotaram esse padrão foram os países da união européia, Austrália e Rússia.

O padrão americano é o ATSC (Advanced Television System Comitee) [1] [17]. As transmissões estão sendo realizadas principalmente em HDTV com formato 16:9. Por isso, é necessário que os usuários utilizem aparelhos de televisão mais caros, o que

pode explicar as dificuldades na adoção dessa nova tecnologia. O padrão atual do ATSC não permite a recepção por aplicações móveis. Esse padrão utiliza modulação 8-VSB, com taxa de transmissão de 19,8 Mbps. O padrão americano é baseado numa taxa de transmissão de quadro de 24, 30 e 60 quadros por segundo (padrões do cinema). O ATSC utiliza o MPEG-2 para codificação e multiplexação de vídeo e Dolby AC-3 para codificação de áudio. O middleware utilizado no padrão americano também utiliza uma máquina virtual Java e é chamado de DASE. Porém, as aplicações desenvolvidas para o DASE não podem ser executadas no MHP.

Os principais países que adotaram esse padrão foram os Estados Unidos, Canadá e Coréia do Sul. Além desses países, a Argentina e Taiwan adotaram inicialmente o padrão ATSC, porém pode ocorrer uma revisão do padrão para televisão digital nesses países.

O padrão japonês é o ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting) [10] [11] [12]. Esse padrão é o mais recente dos padrões apresentados. Esse padrão agrupa os seguintes padrões de transmissão: ISDB-S para transmissões via satélite, ISDB-C para transmissão a cabo, ISDB-T para transmissão terrestre. Além desses padrões, o ISDB utiliza o ARIB (Association of Radio Industries and Businesses) com padrão para middleware. O ISDB é orientado principalmente para difusões terrestres e fornece serviços para receptores fixos e móveis simultaneamente. Esse padrão utiliza a modulação BST-OFDM (Band Segment Transmission – Orthogonal Frequency Division Multiplexing), que consiste basicamente na modulação COFDM empregada no DVB com algumas variações. O ISDB possui taxa de transmissão variando entre 3,65 a 23,23 Mbps. Além disso, utiliza MPEG-2 para codificação e multiplexação de vídeo e MPEG-2 ACC para codificação de áudio. O middleware ARIB possui uma especificação também baseada na linguagem de programação Java e existe uma tendência de compatibilidade com os middleware ARIB e MHP. O único país a utilizar o padrão ISDB é o próprio Japão.

Os três padrões foram testados no Brasil pela Associação Brasileira das Emissoras de Rádio e Televisão – ABERT e pela Sociedade de Engenharia de Televisão e Telecomunicações – SET. O padrão ISDB-T foi considerado nos testes superior tecnicamente e com maior flexibilidade em relação ao padrão americano e europeu.

2.1.2 Arquitetura do Sistema de Televisão Digital

O sistema de televisão digital é um sistema de transmissão e recepção de imagens, sons e dados à distância. Além de apresentar uma estrutura parecida com a televisão analógica, esse sistema permite uma interatividade dos usuários com a programação e serviços existentes. A interatividade do usuário com a televisão digital é estabelecida por meio de um canal de retorno que possibilita a troca de informações feita por uma rede à parte do sistema de televisão, como uma linha telefônica. O recebimento das informações ocorre por ondas de rádio frequência pelo ar e o retorno pode ser feito por meio de linha telefônica ou outro meio específico de canal de retorno. A Figura 1 mostra os principais meios de transmissão atualmente existentes para televisão digital.

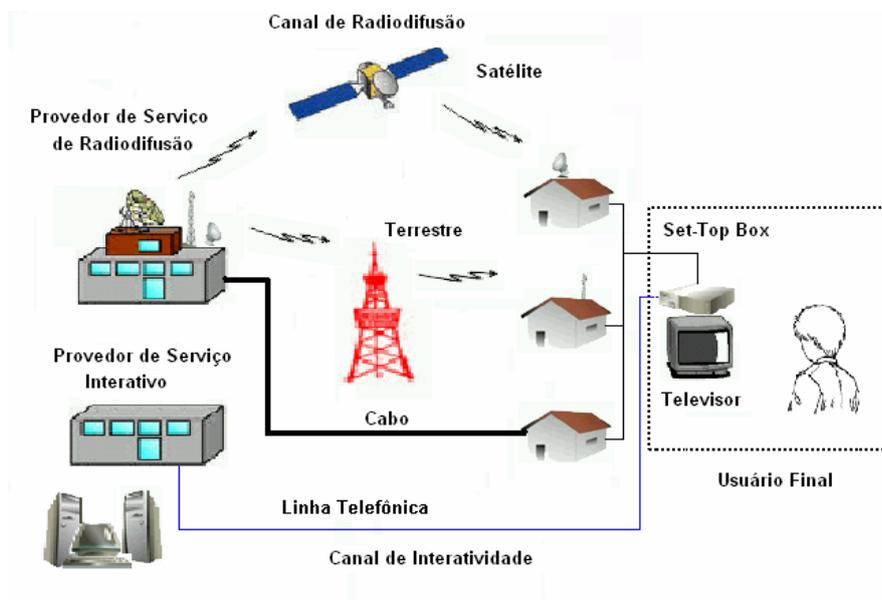


Figura 1. Modelo de Sistema para Televisão Digital.

O sinal da televisão digital trafega por diferentes meios e deverá coexistir com a televisão analógica convencional por muitos anos. No modelo da Figura 1 são apresentados os principais meios de comunicação entre eles: o terrestre, via satélite e a cabo. Na transmissão terrestre os sinais digitais são transmitidos por ondas de rádio frequência pelo ar e necessitam de antenas e receptores apropriados. Com a transmissão via satélite é possível atingir regiões remotas do país por meio de um satélite e antenas parabólicas específicas. A transmissão por cabos utiliza as redes de cabos convencionais para transmitir os sinais digitais. A transmissão por cabo ocorre via operadoras de TV

por assinatura, na qual o usuário paga uma mensalidade para a operadora. Na Figura 1 não está contemplada a recepção móvel do sinal de televisão digital, que deve incluir equipamentos celulares na recepção do sinal digital.

Os principais componentes de um sistema de transmissão de vídeo digital do padrão europeu DVB são: sistema de transmissão (Broadcaster Head-End), receptor, canal de retorno, dados de transmissão DVB e sistemas de acesso condicional.

2.1.2.1 Transmissão Digital

O sistema de transmissão digital é responsável por produzir as informações no fluxo de transporte MPEG-2 que contém a programação da televisão digital. Esse fluxo MPEG-2 transmite apenas parte da imagem que foi alterada de um frame para o seguinte. Nesse fluxo de transporte são transmitidos áudio, vídeo e outros dados. Essas informações devem ser transmitidas sem erros até os transmissores, como por exemplo, as torres de TV. Outros transmissores possíveis são via Satélite e por cabo. As informações são corrigidas, se necessário, e codificadas (moduladas) em canais e repassadas aos transmissores.

2.1.2.2 Receptor

A unidade receptora decodificadora (STB) recebe o sinal modulado e converte o sinal analógico em um fluxo de dados binários. Essa operação é feita pelo demulador. A saída é um fluxo de transporte MPEG-2. Esse fluxo é enviado para o demultiplexador que é sincronizado com o demulador e seleciona a informação de áudio e vídeo ou de outros dados de acordo com a escolha do usuário.

2.1.2.3 Dados de Transmissão

A transmissão de dados permitiu incluir dados de aplicações juntamente com a transmissão de áudio e vídeo. Um exemplo de transmissão de dados é o recebimento de softwares por meio de satélite, torres terrestres e por cabo. A transmissão de dados é o ponto crucial na tecnologia da televisão digital.

2.1.2.4 Canal de Retorno

O canal de retorno é responsável pela interatividade do ambiente da televisão digital. Para implementar essa interatividade é necessário um canal de retorno e um de transmissão. O canal de retorno é estabelecido entre o usuário e um provedor de serviço interativo. A partir desse canal é possível enviar respostas e buscar conteúdo do provedor de serviço interativo.

A forma mais comum de canal de retorno é PSTN/ISDN com 150 kbps [37]. Todos os receptores digitais com serviços interativos vão possuir um modem telefônico, uma linha para conexão digital ou receptor de satélite ou uma entrada Ethernet [33].

2.1.2.5 Sistema de controle de acesso

O principal objetivo do sistema de controle de acesso é controlar o acesso de serviços “pay-per-view” e assegurar o fluxo das informações. A criptografia pode ser utilizada para restringir o acesso a um serviço específico. A cifragem dos dados pode ser feita no momento da transmissão e a decifragem é realizada pela unidade receptora decodificadora por meio de hardware específico ou um chip decifrador (Smartcard).

2.1.3 Multimedia Home Platform (MHP)

Com o advento da televisão digital ao redor do mundo, provedores de conteúdo vêem novas oportunidades para melhorar o nível de entretenimento dos usuários ao ver televisão. O desenvolvimento e adoção de novos padrões, como a Plataforma Multimídia Domiciliar (Multimedia Home Platform – MHP) criam ferramentas para os provedores de conteúdo, operadores de redes, desenvolvedores de plataformas e protocolos desenvolverem aplicações e programas com interoperabilidade em uma variedade de “middleware” e unidades receptoras decodificadoras do sinal digital.

O MHP (Multimedia Home Platform) é o padrão de middleware do padrão DVB. Esse padrão é composto de um conjunto de bibliotecas de funções baseada na linguagem de programação Java e permite que os programas desenvolvidos utilizem o hardware da televisão digital ou da unidade receptora decodificadora (STB) para apresentação do conteúdo interativo digital. Com isso, o MHP possibilita que o

ambiente da televisão digital seja independente do hardware ou software utilizado. Uma aplicação para televisão digital que utiliza APIs Java pode ser classificada em dois tipos: DVB-HTML e DVB-J [31] [35]. Aplicações do tipo DVB-J possibilitam uma maior interatividade do usuário com as aplicações de televisão digital. Essas aplicações do tipo DVB-J são escritas em Java [20] usando um conjunto de API's definidas pelo padrão MHP. As aplicações DVB-J são conhecidas também pelo nome de Xlets. Essas aplicações podem ser executadas nas unidades receptoras decodificadoras dos usuários e permitem que sejam criadas telas mais elaboradas e com um maior número de funcionalidades aos usuários. As aplicações do tipo DVB-HTML utilizam uma linguagem semelhante às páginas HTML empregadas na Web. Além disso, essas aplicações não podem ser executadas localmente no usuário, em sua unidade receptora decodificadora.

A Plataforma Multimídia Domiciliar é um padrão aberto que permite interoperabilidade entre diversos receptores e aparelhos de televisão digital. Além disso, define um conjunto de tecnologias para implementar serviços para televisão digital. MHP inclui unidade receptora decodificadora, TV ou PC e periféricos em uma rede digital domiciliar. Esse sistema também cobre as seguintes áreas de aplicação: melhoramento da transmissão, transmissão interativa e acesso à Internet. Essa plataforma é composta de três camadas: recursos, softwares de sistemas e aplicações. Os recursos são o processamento de MPEG-2, de componentes de I/O, CPU, memória e sistemas gráficos. O software do sistema é uma plataforma que utiliza os recursos para dar uma visão abstrata para as aplicações. A API fornece uma abstração das aplicações dos provedores de software e hardware específicos ("drivers"). A plataforma MHP permite que provedores de conteúdo digital possam enviar serviços digitais para todos os tipos de unidades receptoras digitais. Essa plataforma define protocolos de transporte, modelos de aplicações de ciclo de vida e de sinalização, modelos de segurança, de formato de conteúdo, plataforma DVB-Java, Plug-ins, modelo de referência gráfica e capacidades de plataforma e requisitos mínimos.

A tecnologia Java desenvolve um papel importante na criação, desenvolvimento e transmissão do conteúdo interativo para as unidades receptoras decodificadoras. O núcleo da plataforma MHP é baseado em uma plataforma conhecida como plataforma DVB-Java. Essa plataforma inclui uma máquina virtual Java, um número de pacotes de

software que fornece um conjunto de APIs e uma série de bibliotecas específicas para TVD. A tecnologia JavaTV da Sun fornece um ambiente no qual aplicações podem ser executadas localmente, nas unidades receptoras decodificadoras, enquanto fornecem uma arquitetura de gerência e transmissão de aplicações robusta.

2.1.4 Aplicações

Nos países que já utilizam a televisão digital, existem diversas aplicações que podem ser analisadas e servir de modelo para sistemas a serem desenvolvidos no Brasil. As aplicações para televisão digital podem ser classificadas por sua interatividade. Essas aplicações são classificadas por interatividade de apenas uma via, interatividade de duas vias e de apenas interatividade local. Na interatividade de uma via o usuário utiliza um canal de retorno para comunicar-se com um servidor. Porém não existe retorno particular ao usuário a partir do servidor. Aplicações desse tipo podem ser do tipo de perguntas de propagandas, pesquisas de opinião, votações entre outras. Em aplicações com interatividade de duas vias o usuário envia respostas a um servidor e o conteúdo ou serviço digital é retornado diretamente ao usuário. Alguns exemplos são: correio eletrônico, navegador na Internet, “homebanking”, serviços de compras, jogos interativos, programas educacionais e shows de perguntas e respostas. Em aplicações de interatividade local, não existe repasse de informações ao servidor, o usuário interage com uma aplicação local que está presente na unidade receptora decodificadora. Algumas aplicações para esse cenário de interatividade são: guia eletrônico de programas, tele-textos, jogos locais, gravador de vídeo pessoal entre outros.

No Brasil já existem algumas abordagens para televisão interativa. As televisões abertas utilizam a telefonia fixa e móvel para que o usuário participe de uma votação em programas do tipo “Reality” show. Além disso, existem votações por meio de telefone para escolher a exibição de um determinado filme. A Internet também é utilizada para que usuários participem enviando comentários ou respondendo pesquisas de programas esportivos. Além dessas primeiras abordagens de interação com usuário, a televisão também é utilizada para o comércio televisivo (“t-commerce”). Os esforços para que ocorra uma interação do usuário por intermédio de meios como a telefonia fixa e móvel e a Internet estão no início. Com o surgimento da televisão digital, essa interação

ocorrerá de maneira mais natural com o usuário por meio de um canal de retorno conectado ao aparelho de televisão ou a unidade receptora decodificadora e um provedor de serviço interativo.

2.1.5 Resumo

A televisão digital apresentará qualidade de áudio e vídeo superior à televisão analógica existente atualmente. A tecnologia envolvida na TD também representará mudanças significativas no modo que os telespectadores utilizam e interagem com seus televisores. As novas características possibilitarão o surgimento de novos serviços para a televisão. Com a introdução de um canal de retorno, o usuário poderá utilizar serviços interativos e programação interativa. Entre esses serviços pode-se citar comércio por meio da televisão, vídeo sobre demanda, jogos entre outros.

Os principais padrões existentes atualmente de televisão digital são: o europeu, o norte-americano e o japonês. A principal característica de cada um desses padrões para o trabalho apresentado é o componente de middleware de cada um desses padrões. O middleware é a camada que faz a intermediação entre as aplicações de televisão digital e o hardware utilizado pela unidade receptora decodificadora.

Entre os padrões apresentados, os padrões europeu e japonês se mostraram superiores tecnicamente ao padrão americano em testes patrocinados pela ANATEL [2].

O padrão europeu DVB utiliza a plataforma MHP, que é um padrão aberto baseado na linguagem Java. Com isso é possível atender a todos os requisitos desse trabalho com relação à integração das ferramentas utilizadas. Esse foi o principal aspecto utilizado para a escolha do padrão DVB e MHP como base para esse trabalho.

As APIs de código aberto utilizadas para desenvolver aplicações para TV digital utilizadas nesse trabalho foram as APIs JavaTV da Sun[®]. Essas APIs utilizam a linguagem Java e atendem as necessidades da integração com a ferramenta de comunicação de agentes.

2.2 Plataforma Java e Ferramentas

A linguagem de programação orientada a objetos Java [41] [9] [19] nasceu de um projeto iniciado pela Sun Microsystems® em 1991, e cresceu em um ambiente caracterizado pelo crescimento da Internet apoiado na WWW [43]. Java tornou-se uma linguagem de programação completa, altamente qualificada para o desenvolvimento de software.

2.2.1 Orientação a Objetos

A análise orientada a objetos é utilizada para analisar um determinado problema e desenvolver uma solução para esse problema. Essa abordagem modela a solução em termos de objetos. Os objetos definidos têm como objetivo descrever um sistema. Esses objetos interagem entre si. O relacionamento entre os objetos ocorre por troca de mensagens e permite o funcionamento do sistema para atingir o resultado desejado. Os objetos com características comuns são classificados em classes. As classes definem os atributos e o comportamento desses objetos. A análise de requisito e o projeto do sistema do ponto de vista orientado a objetos têm como finalidade a produtividade, a padronização e a qualidade no desenvolvimento de sistemas de software [9]. Esse processo de análise e projeto permite a reutilização de código e especificações nos projetos. Por isso, o processo de análise e projeto orientado a objetos pode ser muito eficiente quando utilizado para desenvolver sistemas para televisão digital, já que nesse ambiente os sistemas desenvolvidos podem apresentar semelhanças nos serviços que irão prestar e na forma que irão interagir com o usuário. Além disso, essas características ajudam na utilização de técnicas de descrição formal para esses sistemas.

2.2.2 XML

Em fevereiro de 1998 o World Wide Web Consortium (W3C) divulgou a primeira versão da linguagem Extensible Markup Language (XML) [42] [45], voltada para a construção de documentos Web. O grupo de trabalho do W3C é constituído por cerca de 14 empresas e organizações, entre elas Microsoft®, Adobe® e HP®. O objetivo

era permitir a criação de documentos que contivessem indicações a respeito de seu conteúdo. Em outras palavras, XML passou a permitir a elaboração de documentos contendo não só dados, mas também metadados. XML é hoje um padrão na construção de documentos Web e de documentos de diversos sistemas. Em XML o conteúdo de documentos, que inclui dados e metadados, é organizado através de “tags”. As “tags” servem como etiquetas para identificar os dados no arquivo XML. XML provê facilidades para a definição destas etiquetas e das relações estruturais entre elas, porém não especifica semântica nem um conjunto pré-definido de “tags”. A semântica de um documento XML é definida pelas aplicações que o processam. A linguagem XML não é como nenhuma outra linguagem de marcação, como HTML (Hypertext Markup Language) [44]. A linguagem HTML, por exemplo, possui um número limitado de “tags”, quando é preciso alguma “tag” específica para resolver um problema, é necessário esperar até a próxima versão da linguagem, e em muitas vezes a “tag” não é criada. Com XML este problema acaba, o desenvolvedor pode criar as “tags” que ele precisa.

As “tag” que você cria podem ser documentadas em um arquivo chamado DTD (Document Type Definition) [44]. O DTD é como o vocabulário e a sintaxe para certos tipos de documento. Um “browser” não precisa saber conhecer cada etiqueta que é usada em milhares de linguagens de marcação existente. O “browser” irá saber manipular cada etiqueta no documento lendo o arquivo DTD. As instruções detalhadas de como mostrar as etiquetas estão separadas na tabela de estilos anexada ao documento. XML descreve um documento estruturado e não a formatação dos elementos na página.

Essa linguagem de marcação será utilizada para descrever programas e serviços recebidos pelas unidades receptoras decodificadoras no sistema de agentes para televisão digital proposto.

Não é objetivo deste texto discutir aspectos da sintaxe XML. Referências a conferências, livros e artigos sobre XML podem ser encontradas em [45].

2.2.3 Java TV

A API JAVA TV é uma extensão do padrão para a plataforma Java e fornece bibliotecas reutilizáveis específicas para funcionalidades dos receptores de televisão digital. Algumas dessas funcionalidades tratam do fluxo de áudio e vídeo, acesso condicional, acesso aos canais de dados, acesso às informações de serviços, controle remoto e controle de gráficos. Além disso, a API JavaTV também provê formas de sincronizar conteúdo interativo com o áudio e vídeo, assim, é possível desenvolver aplicações sincronizadas com o áudio e vídeo da televisão digital.

A API JavaTV foi desenvolvida para ser utilizada com qualquer padrão para televisão digital. O modelo de arquitetura de um ambiente de televisão digital consiste nos ambientes de hardware e software mostrados na Figura 2.

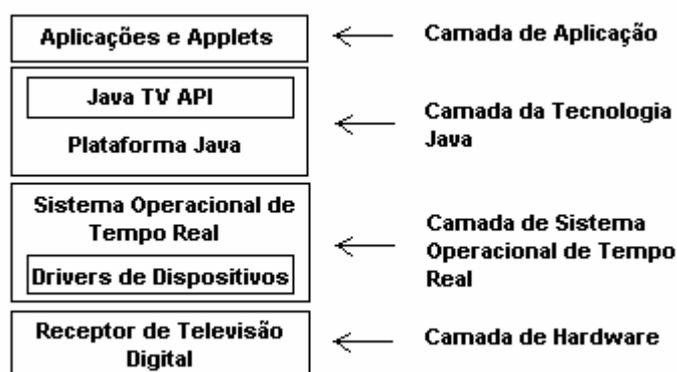


Figura 2. Modelo da Arquitetura Java para Televisão Digital.

A Figura 2 mostra as camadas utilizadas na implementação da arquitetura de televisão digital junto com a tecnologia Java. Esse modelo é utilizado para aparelhos de televisão. A implementação e simulação do modelo para o sistema proposto serão realizadas com o computador como camada de hardware, o sistema operacional Windows como camada de sistema operacional e, o Java Sun[®] SDK como plataforma Java [36].

A camada de aplicação foi desenvolvida com Xlets da API JavaTV e nela encontra-se o guia eletrônico de programas e o sistema multiagente para exibição de programas de interesse do usuário. O guia de programação eletrônico foi implementado inicialmente, e é atualizado sempre que ocorre alguma mudança na grade de

programação. O guia eletrônico tem como objetivo fornecer uma lista de programas de televisão correntes e futuros. A partir desse sistema foi criado o sistema de agentes que é um guia eletrônico de programas que contém apenas programas de interesse do usuário. O sistema multiagente será discutido no capítulo 3.

A API Java TV representa programação televisiva interativa e tradicional como um conjunto de serviços. As APIs de informação de serviços (Service Information - SI) são utilizadas para obtenção e seleção desses serviços. O banco de dados de informação de serviços acessa a informação sobre os serviços disponíveis em tempo de execução. A API Java TV utiliza a Java Media Framework (JMF) para representar o canal de transmissão do receptor. A JMF define fontes de dados do sistema de áudio e vídeo e controla a forma como o áudio e vídeo da transmissão são decodificados e mostrados ao usuário. A especificação JMF possui uma classe Player responsável por decodificar e mostrar o áudio e vídeo. Cada Player possui um conjunto de controles (Classe Control) associados que permitem adicionar novas funcionalidades. Alguns exemplos de controles são relacionados a operações de ajustar volume e navegação das imagens. Outro elemento da especificação JMF é o objeto Data Source. Esse objeto recebe os dados de mídia dos quais o Player irá decodificar. O Data Source abstrai o conceito de fonte de dados, logo o Player manipula o objeto Data Source de uma maneira única conforme descrito em sua interface, não sendo necessário diferenciar se o dado está vindo da memória, do disco local ou através da rede. Esses objetos interagem de forma que a fonte de dados obtém dados da memória, disco ou da rede e envia para o Player que trata os dados recebidos e mostra ao usuário. Os controles de volume e de visualização (pausar imagens) são aplicados aos Players.

A classe Manager é a classe principal em uma aplicação para televisão digital. Essa classe é responsável por criar os Players, as fontes de dados (Data Source) e controlar aplicações para televisão digital (Control).

A aplicação Xlet para televisão digital utiliza as classes descritas anteriormente. Essa aplicação possui um ciclo de vida, e pode estar em quatro estados: carregando, parado, ativo e destruído. Para controlar o ciclo de vida da aplicação é utilizada a classe Manager. Essa classe pode ser considerada a gerente de aplicações, responsável por saber quais aplicações foram iniciadas pelo usuário, saber quais já terminaram sua execução e foram destruídas, quais estão no estado de parada e quais estão mudando o

seu estado. Além disso, a classe gerente controla os recursos necessários para cada aplicação sob seu controle e define prioridades para cada uma delas. A prioridade entre essas aplicações serve para definir qual aplicação será apresentada para o usuário. Para que o gerente de aplicações possa controlar os xlets, cada aplicação deve implementar os métodos `initXlet`, `startXlet`, `pauseXlet` e `destroyXlet`. O método `initXlet` é executado quando a aplicação é carregada, as variáveis globais são criadas e os métodos de iniciação são chamados. O método `startXlet` é chamado quando a aplicação passa do estado parado para o estado ativo. O método `pauseXlet` é chamado quando a aplicação passa do estado ativo para o parado, isso pode acontecer quando uma aplicação de maior prioridade passa para ativa. E por último, o método `destroyXlet` é chamado quando a aplicação termina sua execução, nesse método as variáveis da aplicação são liberadas, os arquivos fechados e os dados são salvos, quando necessário.

As APIs JavaTV desempenham um papel de “middleware” entre as aplicações e a subcamada de hardware e as adaptações realizadas na mesma para adequá-la aos objetivos do trabalho. A escolha da utilização do conjunto de APIs JavaTV, que constituem a extensão da plataforma Java para o desenvolvimento de conteúdo destinado à televisão interativa, foi motivada principalmente pela existência de uma Implementação de Referência (IR) gratuita e de código fonte aberto disponibilizada pela Sun[®] no final do ano de 2000 [36]. Sob ponto de vista da adoção do JavaTV pelo mercado, pode-se considerar que isto vem ocorrendo de maneira indireta através do padrão MHP, produzido pelo consórcio europeu DVB, o mesmo que produz especificações para codificação de canal de transmissão. Além da Europa, o MHP vem sendo difundido em países que utilizam padrões de transmissão diferentes do DVB, e caminha para tornar-se um padrão de fato no desenvolvimento de conteúdo para TV digital. O MHP suporta boa parte das APIs do JavaTV, que é considerado um subconjunto do mesmo. Diversos pontos em comum entre o MHP e o JavaTV, como a utilização do Java Media Framework (JMF), o gerenciamento dos serviços e controle do ciclo de vida de aplicações, possibilitam o desenvolvimento de conteúdo para JavaTV que requeira pouca modificação para ser compatível com plataformas MHP. As informações sobre as fontes transmissoras, serviços, programação, detalhes de componentes são obtidas de um arquivo em formato XML.

2.2.4 SACI

SACI é uma ferramenta que facilita a programação de agentes de software [18] [21] [46]. Essa ferramenta fornece um conjunto de APIs na linguagem Java para que os agentes de software possam enviar e receber mensagens KQML (Knowledge Query and Manipulation Language) [16] [25]. Com a linguagem KQML, os agentes podem interagir com uma comunicação de alto nível. Na linguagem KQML diversas linguagens de programação podem ser utilizadas como conteúdo de mensagens. Algumas linguagens que podem ser utilizadas são as linguagens Java, SQL, Prolog entre outras. São utilizados metadados incluídos na mensagem para que os agentes ao receber a mensagem possam compreender e processá-las corretamente. Outra característica da ferramenta SACI é que ela torna transparente aos agentes os mecanismos de baixo nível de transporte e os requisitos necessários para uma comunicação distribuída dos agentes.

O formato de uma mensagem KQML é baseado na sintaxe da linguagem LISP [3], entretanto, os argumentos são identificados pelos dois pontos:

```
(performative
  :language <palavra>
  :ontology <palavra>
  :sender <palavra>
  :receiver <palavra>
  :reply-with <palavra>
  :content <expressão>
...)
```

2.3 LOTOS

A Técnica de Descrição Formal (TDF) LOTOS (Language of Temporal Ordering Specifications) foi utilizada nesse trabalho e será explicada mais adiante no capítulo 3. Essa técnica permite a descrição formal do sistema de agentes para televisão digital de forma a descrever o comportamento dos agentes envolvidos.

2.4 Resumo

Este capítulo apresentou uma visão geral sobre os conceitos necessários ao entendimento da dissertação: o conceito e características de sistemas para televisão digital, padrões utilizados atualmente no mundo e componentes que fazem parte dessa tecnologia. A Plataforma Java foi muito importante na implementação do sistema, pois além da implementação de referência já existir, Java consiste em um meio eficaz e rápido para desenvolver sistemas. Outra característica importante é a orientação a objetos que é intrínseca na linguagem Java. Com a estrutura orientada a objetos do sistema proposto, é possível permitir a autonomia comportamental de seus componentes, possibilitando a realização de sistemas mais abertos, flexíveis, interativos e confiáveis. A ferramenta SACI por ser implementada em Java serviu perfeitamente aos propósitos de utilizar Java como linguagem de programação da arquitetura proposta. Além disso, o capítulo ainda apresentou aspectos de ferramentas necessárias para que um sistema de agentes possa ser utilizado em sistemas para televisão digital.

O próximo capítulo apresenta a solução proposta para o projeto de um sistema de agentes para televisão digital.

3 Arquitetura do Sistema de Agentes para Televisão Digital

Este capítulo apresenta a arquitetura proposta para um sistema de agentes para televisão digital. A solução procura resolver os problemas para utilização de agentes para televisão digital. Os principais problemas são as definições do número de agentes e a forma como esses agentes devem interagir. Esses fatores devem ser considerados para que o sistema tenha um desempenho adequado. A seção 3.1 mostra o arquivo XML utilizado para descrever os serviços para televisão digital. A seção 3.2 mostra o arquivo de preferências do usuário utilizado pelo sistema. As seções seguintes descrevem o modelo de agentes de um sistema para televisão digital e os recursos utilizados na implementação da arquitetura e a integração das ferramentas necessárias. O modelo de um Sistema Multiagente (SMA) é definido para trabalhar junto com a API Java TV em tarefas e serviços específicos. Também são apresentadas a especificação desse sistema real com o uso da técnica de especificação formal LOTOS e sua implementação por meio da API JavaTV.

A solução proposta é baseada em um sistema descentralizado. Para simular o recebimento de dados (áudio e vídeo) da televisão digital são utilizados arquivos com extensão mpg e os arquivos XML que descrevem os serviços. A extensão mpg do arquivo indica que o arquivo é do formato MPEG. Os dados e metadados provenientes dos arquivos XML são utilizados pela aplicação para serem mostrados ao usuário.

3.1 Arquivo XML dos Serviços para Televisão Digital

Os dados dos serviços são descritos por dados e metadados na forma de um arquivo XML. O propósito desse arquivo é fornecer acesso aos conjuntos de dados dos serviços de interesse do usuário, e auxiliar consultas sobre os dados. Além disso, o uso de um arquivo XML facilita a interoperabilidade caso os dados do sistema venham a ser fornecidos para outros sistemas ou os dados sejam provenientes de mais de um sistema. Em nosso sistema foi considerado que os dados e metadados são provenientes de apenas um sistema. Logo, as descrições de todos os serviços estão contidas em um único arquivo XML e não separadas em vários. Com isso não é necessária a utilização de

tradutores para os diversos arquivos de vários fornecedores. Os metadados desse arquivo descrevem características dos serviços.

Todos os metadados são fornecidos pelas fontes juntamente com o vídeo. Existe a convenção de tratar os atributos dos serviços por tags XML. Por exemplo, um serviço é descrito por meio da tag “Service” e os programas de televisão da tag “program Event”.

É importante notar que esse arquivo XML pode ser adotado por qualquer sistema que manipule arquivos texto e informações para televisão digital. Este arquivo XML é interpretado durante a inicialização do sistema. E as fontes de dados de áudio e vídeo serão os arquivos com extensão mpg. A Tabela 1 mostra o arquivo XML utilizado no sistema de TVD.

<pre> <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?> <!DOCTYPE TestData SYSTEM "JavaTVServiceFile.dtd"> <TestData> <DataBundle NAME="test1.1"> <BundleDescription> </BundleDescription> <Service NAME="REDETV" SERVICETYPE="DIGITAL_TV" SITYPE="DVBSI" DESCRIPTION="Transmissao de Programas" NUMBER="3" MINORNUMBER="1" SIMULATION="file:/d:/temp/redetv.mpg"> <ServiceDetails PROVIDERNAME="PROVEDOR" LONGNAME="Transmissao de Programas" DELIVERYSYSTEMTYPE="CABLE"> <ProgramSchedule> <ProgramEvent NAME="JORNAL REDETV" DURATION="120" DESCRIPTION="NOTICIAS" STARTTIME="sysdate"> </ProgramEvent> <ProgramEvent NAME="CINE MAGIA" DURATION="120" DESCRIPTION="FILME" STARTTIME="+120" /> <ProgramEvent NAME="ESHOW ADRIANE GALISTEU" DURATION="120" DESCRIPTION="ENTRETENIMENTO" STARTTIME="+240" /> </ProgramSchedule> </ServiceDetails> </Service> </Service> <Service NAME="SBT" SERVICETYPE="DIGITAL_TV" SITYPE="DVBSI" DESCRIPTION="Transmissao de Programas" NUMBER="4" MINORNUMBER="1" </pre>	<pre> </ProgramSchedule> </ServiceDetails> </Service> </Service> <Service NAME="GLOBO" SERVICETYPE="DIGITAL_TV" SITYPE="DVBSI" DESCRIPTION="Transmissao de Programas" NUMBER="3" MINORNUMBER="1" SIMULATION="file:/d:/temp/globo.mpg"> <ServiceDetails PROVIDERNAME="PROVEDOR" LONGNAME="Transmissao de Programas" DELIVERYSYSTEMTYPE="CABLE"> <ProgramSchedule> <ProgramEvent NAME="JORNAL NACIONAL" DURATION="120" DESCRIPTION="NOTICIAS" STARTTIME="sysdate"> </ProgramEvent> <ProgramEvent NAME="TELA QUENTE" DURATION="120" DESCRIPTION="FILME" STARTTIME="+120" /> <ProgramEvent NAME="DOMINGAO DO FAUSTAO" DURATION="120" DESCRIPTION="ENTRETENIMENTO" STARTTIME="+240" /> </ProgramSchedule> </ServiceDetails> </Service> </RemoveList> </RemoveList> </DataBundle> </TestData> </pre>
---	--

<pre> SIMULATION="file://d:/temp/sbt.mpg"> <ServiceDetails PROVIDERNAME="PROVEDOR" LONGNAME="Transmissao de Programas" DELIVERYSYSTEMTYPE="CABLE"> <ProgramSchedule> <ProgramEvent NAME="PROGRAMA SILVIO SANTOS" DURATION="120" DESCRIPTION="ENTRETENIMENTO" STARTTIME="sysdate"> </ProgramEvent> <ProgramEvent> NAME="JORNAL DA NOITE" DURATION="120" DESCRIPTION="NOTICIAS" STARTTIME="+120" /> <ProgramEvent NAME="DOMINGO LEGAL" DURATION="120" DESCRIPTION="ENTRETENIMENTO" STARTTIME="+240" /> </pre>	
---	--

Tabela 1. Arquivo XML Utilizado no Sistema de Televisão Digital

Os atributos descrevem características específicas de serviços e eventos de programas, como por exemplo, nome, tipo de serviços (televisão digital, analógica, rádio digital e outros), descrição entre outros atributos.

3.2 Arquivo de Preferências do Usuário

As informações de preferências dos usuários coletadas são armazenadas em arquivos ASCII. Um exemplo da estrutura de um arquivo de preferências pode ser visto na Figura 3.

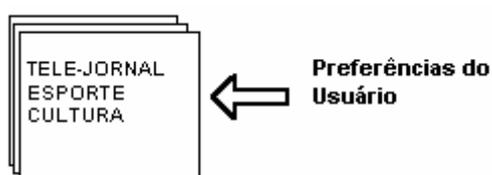


Figura 3. Formato Texto do Arquivo de Preferências do Usuário

3.3 Modelo de Agentes

O Sistema Multiagente é definido para o domínio da unidade receptora da TVD. Esse sistema atuará em um ambiente flexível, no qual modificações estarão ocorrendo em tempo-real. Os agentes para esse ambiente devem possuir as seguintes características: contêm bases de conhecimento, mecanismos de raciocínio e devem ser capazes de reconhecer situações em que devam se ativar de forma transparente para o usuário. Na Figura 4 é mostrado o modelo de agentes adotado para o desenvolvimento do sistema.

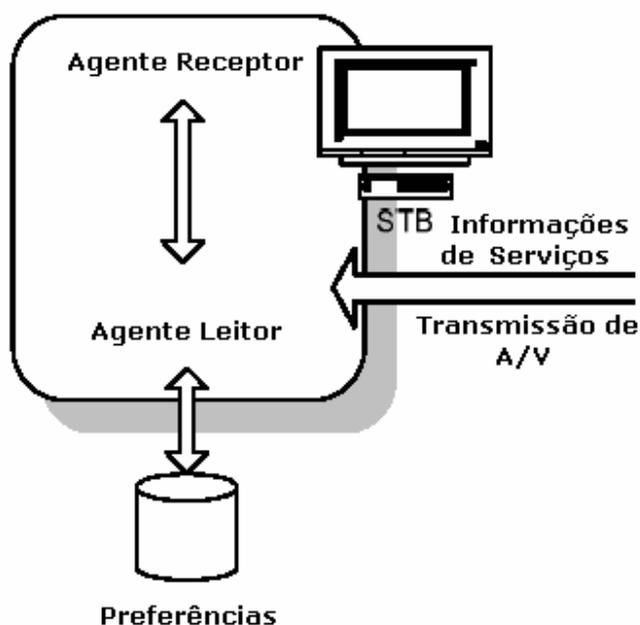


Figura 4. Modelo de Agentes para Sistema de Televisão Digital.

Para simplificar o nível de abstração para o sistema, este trabalho apresenta apenas a implementação de dois agentes: Agente-Leitor e Agente-Receptor. Também existe uma base de dados de preferências dos usuários, em forma de arquivo, localizada na unidade receptora decodificadora (STB) e informações de serviços que serão simulados no computador por meio da API Java TV.

3.4 Tipos de Agentes do Sistema

Na adaptação do fluxo de informações apresentado para a o sistema de televisão digital na Figura 5 foi realizada uma divisão de tarefas com a especialização de três tipos distintos de agentes no sistema proposto: Agente-Leitor, Agente-Receptor e Agente-Facilitador.

3.4.1 Agente-Leitor

O Agente-Leitor (AgL) executa serviços requisitados pelo próprio usuário ou a pedido de provedores de conteúdo. Esses agentes recolhem informações de preferências dos usuários cadastradas localmente ou em provedores de informações para televisão digital. Na implementação, a solução adotada foi a de se utilizar informações cadastradas localmente pelo usuário. Porém nada impede que essas informações estejam cadastradas em outro local e serem trazidas pelo agente.

O Agente-Leitor é um tipo de agente que coleta informações através da leitura do arquivo texto com as informações de preferências de usuários. Este age sobre os dispositivos, em cumprimento a objetivos ou ordens vindas do Agente-Receptor. Na base de conhecimento do Agente-Leitor existem regras especializadas em coletar dados do arquivo. A interação dos agentes e o fluxo da comunicação podem ser vistos na Figura 5.

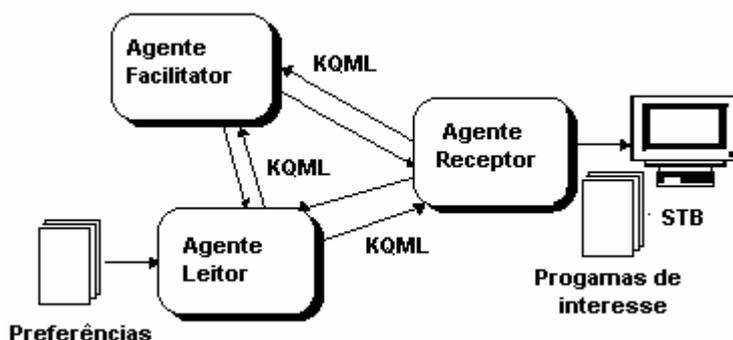


Figura 5. Fluxo de Dados na Comunidade de Agentes para Televisão Digital.

3.4.2 Agente-Receptor

O Agente-Receptor (chamado AgR) executa serviços requisitados pelo usuário ao utilizar o sistema. Esse agente verifica o conteúdo corrente de serviços disponíveis e compara com as informações de preferências do usuário obtidas pelo agente leitor. Caso ocorra uma combinação com as preferências os eventos de programação são mostrados em uma lista para o usuário.

O Agente-Receptor é responsável pela tarefa de coordenação e comparação de dados. Esse agente pode ser visto no sistema como um agente gerenciador das atividades.

A função desse agente é analisar os dados de serviços das fontes de dados e da base de preferências do usuário. Para tanto, o agente realiza as seguintes ações:

1. Recebimento e leitura dos dados de cada fonte, nos seus formatos e esquemas originais.
2. Análise dos dados com uma lista de preferências globais do usuário fornecida pelo Agente-Leitor.
3. Provê meios de identificar serviços de preferência do usuário.

A leitura dos dados de cada fonte é feita pelo agente e analisados junto com a base de preferências. Vale ressaltar que cada serviço é proveniente de uma ou mais fornecedoras. Caso seja proveniente de mais de uma fornecedora deve existir algum mecanismo de tradução para arquivos XML diferentes. Outro problema que pode surgir é quando uma fornecedora envia várias vezes o mesmo arquivo que descreve os serviços no formato XML. Nesse caso, deve existir um mecanismo que permita sobrescrever o arquivo anterior caso haja modificações ou ignorar os dados repetidos.

3.4.3 Agente-Facilitador

Um tipo especial de agente de gerenciamento necessário para a existência de uma comunidade de agentes é o Agente-Facilitador de comunicação (AgF). Ele é responsável pela coordenação do processo de comunicação de dados e troca de mensagens entre os agentes, sendo um gerenciador de quadro-negro quando da necessidade de troca de informações entre agentes.

3.5 Uso da Ferramenta SACI na Arquitetura Proposta

Além de SACI ser uma ferramenta para programação de agentes, é também um conjunto de APIs Java. Ou seja, esse conjunto de APIs foi implementado na linguagem Java o que facilita sua integração com o modelo de arquitetura já existente. Na Figura 6 é mostrada a inserção da ferramenta SACI na arquitetura para televisão digital.

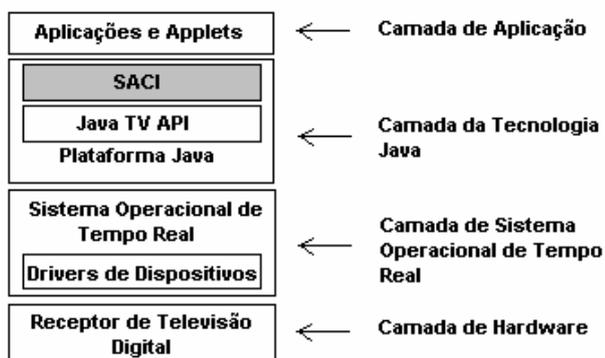


Figura 6. Modelo da Arquitetura Java para TVD com Ferramenta SACI.

Além disso, a ferramenta SACI foi desenvolvida por pesquisadores brasileiros e é aberto ao desenvolvimento de pesquisadores. SACI é uma ferramenta de agentes com pouco “overhead”, ideal para ser executada em um ambiente como o da televisão digital.

3.6 Modelagem LOTOS

A Técnica de Descrição Formal LOTOS foi concebida, inicialmente, como uma ferramenta para descrição formal de serviços e protocolos do padrão OSI [23]. Porém, os conceitos de LOTOS são genéricos e podem ser utilizados nas mais diversas aplicações. LOTOS consiste de uma linguagem de especificação de processos (LOTOS Básico), e uma linguagem de especificação algébrica chamada de ACT ONE (LOTOS Completo).

LOTOS Básico é uma álgebra de processos que contém os recursos que permitem aos projetistas modelarem comportamentos sem troca explícita de dados. Já, LOTOS Completo consiste de uma linguagem de tipos de dados algébricos, ACT ONE reunida a uma álgebra de processos que permite descrever comportamentos, comunicação de processos e passagem de valores.

3.6.1 Aspectos da Técnica de Descrição Formal LOTOS/ISO

As técnicas de descrição formal são utilizadas para se desenvolver uma representação precisa de sistemas complexos, o que não se consegue com as descrições meramente informais, que pode gerar informações ambíguas e imprecisas. Em particular, a técnica de descrição formal LOTOS, foi criada pela ISO para ser empregada na descrição de protocolos de comunicação e sistemas distribuídos em geral.

Por ser um padrão internacional adequado à especificação de sistemas distribuídos, a técnica de descrição formal LOTOS foi escolhida para ser utilizada no presente trabalho.

Tratando-se da especificação de sistema de agentes para televisão digital, deve-se reduzir ao mínimo a quantidade de informações imprecisas, tendo em vista o grau de complexidade que esses sistemas podem chegar.

3.6.2 Recursos de Síntese

A TDF LOTOS tem recursos para expressar aspectos de estrutura, comportamento e dados de sistemas distribuídos. Esses recursos incluem um conjunto de operadores de LOTOS Básico (para representar estrutura e comportamento), de ACT ONE (para representar dados) e de LOTOS Completo (para representar estrutura, comportamento e dados). A especificação LOTOS é estruturada em processos. Um processo LOTOS é uma caixa preta que se comunica com o ambiente por meio de portas que utilizam diversas formas de sincronização. Valores podem ser trocados entre processos em tempos sincronizados. As trocas de informações podem ser em uma ou nas duas direções.

Paralelismo e sincronização entre processos podem ser expressos por operadores de composição. A sincronização pode ser feita usando seqüenciamento, sincronização

em todas as portas de comunicação, apenas em algumas portas e pode haver a composição independente sem sincronização. Na Tabela 2 são apresentados alguns dos mais importantes operadores de LOTOS Básico.

Operador	Significado	Exemplo
;	Seqüenciamento de ações (após a execução do processo A, ocorre uma ação na porta b e, depois, não há mais ação)	A; b; stop
	Composição de processos dependentes (o processo A, que tem portas a e b, é combinado, de modo dependente, com o processo B, que tem portas a e b)	A [a,b] B [a,b]
	Composição de processos independentes (os processos C e D são combinados de modo independente)	C [m,n] D [r,s]
[...]	Composição geral (os processos E e F são combinados de modo a compartilharem a porta p)	E [p,q] [p] F [p,j]

Tabela 2. Operadores LOTOS/ISO

3.6.3 Recursos de Análise

Os recursos de análise da TDF LOTOS permitem comparar especificações realizadas em diferentes níveis de abstração. No nível mais abstrato da especificação é utilizado o estilo de especificação orientado a restrições, que é focado no seqüenciamento de eventos e restrições lógicas do projeto. Nesse estilo, os processos identificam restrições e esses processos não possuem relações com suas implementações. Esse estilo é útil para criar uma especificação independente da implementação. Em uma nova etapa do projeto são adicionadas novas características a especificação LOTOS. A partir da especificação abstrata é construída uma especificação mais detalhada orientada a recursos do sistema. No estilo de especificação orientado a recursos, os processos são escolhidos de forma a representar recursos, ou seja, módulos da implementação. Esse estilo é útil para especificação da implementação.

Para diferentes níveis de especificação de um mesmo sistema é possível provar a equivalência entre elas. Essa prova pode ser realizada automaticamente, com o emprego de ferramentas como LOLA [30] e TRAIAN [22] além de outras ferramentas de análise [5] [24].

LOTOS é baseado em uma semântica formal, e suas especificações podem ser provadas corretas segundo um determinado critério. A especificação LOTOS desse sistema permite uma descrição precisa do projeto. Diversos tipos de especificações LOTOS podem ser realizados. A especificação LOTOS utilizada nesse trabalho tem como objetivo descrever apenas o comportamento. É possível utilizar especificações para descrever a arquitetura de implementação. As especificações na fase de projeto contribuem para a qualidade do sistema final. Com a metodologia LOTOS, o comportamento da implementação pode ser comparado com o comportamento da especificação realizada.

O crescimento da complexidade de sistemas, principalmente dos sistemas distribuídos, mostra que, cada vez mais, uma especificação concisa e rigorosa desses sistemas é necessária. Para a adoção de práticas rigorosas de engenharia de software é essencial a migração de técnicas de desenvolvimento informais para técnicas rigorosas de desenvolvimento. É nesse contexto que especificações formais ganham atenção como forma de especificar requisitos e informações de projeto.

Pode-se notar, na bibliografia científica, uma quantidade cada vez maior de trabalhos nos quais a técnica de descrição formal LOTOS vem sendo utilizada [5].

3.6.4 Especificação Informal de Um Sistema de Agentes para TVD

Os componentes de um sistema multiagente para televisão digital são, basicamente, os seguintes: agente cliente (Agente-Receptor), agente servidor (Agente-Leitor), usuário, base de conhecimento. A comunicação entre estes componentes ocorre por meio da linguagem KQML. O sistema é composto de dois agentes principais: Agente-Leitor e Agente-Receptor.

O Agente-Leitor executa serviços requisitados por meio do Agente Receptor ou a pedido de provedores de conteúdo. Esses agentes recolhem informações de preferências dos usuários cadastradas localmente ou em provedores de informações para

televisão digital. Na implementação a solução adotada foi a de se utilizar informações cadastradas localmente pelo usuário. Porém nada impede que essas informações estejam cadastradas em outro local e serem trazidas por um agente móvel pela rede.

O Agente-Receptor executa serviços requisitados pelo usuário ao utilizar o sistema. Esse agente verifica o conteúdo corrente de serviços de televisão digital disponíveis no momento e compara com as informações de preferências do usuário obtidas por uma consulta ao agente leitor. Caso ocorra uma combinação com as preferências os eventos de programação dos serviços são mostrados em uma lista para o usuário.

Na especificação LOTOS, o Agente-Leitor é representado pelo processo AgL com a porta de comunicação pAg para trocar informações com o Agente-Receptor (AgR). Essa representação é mostrada na Figura 7.

Já o Agente-Receptor, na especificação LOTOS, é representado pelo processo AgR, que tem as portas de comunicação pAg (para comunicar-se com o Agente-Leitor) e as portas de comunicação pS1, pS2, pS3, pS4 e pS5 para comunicar-se com os serviços e canais existentes para televisão digital. Estão sendo considerados apenas 5 canais de programação (serviços) no sistema de televisão a fim de simplificar o modelo.

Os canais (serviços) processam os sinais recebidos pelo processo AgR e retransmitem-nos ao usuário em uma lista de preferências. Os serviços ou canais são representados pelos processos S1, S2, S3, S4 e S5. Cada serviços ou canal dispõe de uma porta de comunicação para a troca de mensagens com o Agente-Receptor (AgR)

3.7 Especificação LOTOS

A estrutura do sistema de agentes considerado pode ser representada, em LOTOS, como a especificação SA (Sistema de Agentes). Essa especificação tem como componentes os processos que representam cada um dos elementos do sistema, a saber, o Agente-Leitor, o Agente-Receptor e os cinco serviços ou canais. Veja a Figura 7.

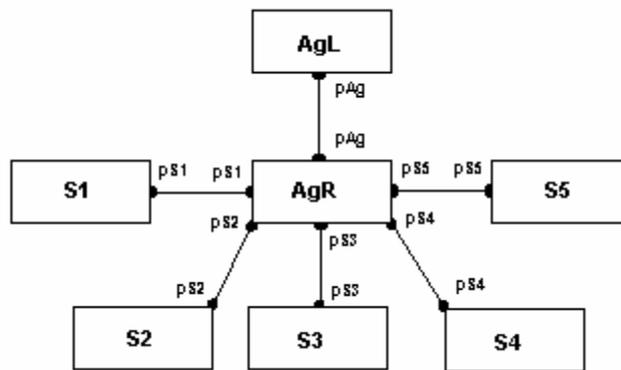


Figura 7. Estrutura do Sistema de Agentes.

Simbologia:

AgR = Agente Receptor; AgL = Agente Leitor; S1, S2, S3, S4 e S5 = serviços ou canais ; pS1, pS2, pS3, pS4, pS5 = Portas de comunicação entre o Agente-Receptor e os serviços ou canais existentes; pAg = Porta de comunicação entre o Agente-Receptor e o Agente-Leitor. Veja a Tabela 3.

Componentes do Sistema	Processo LOTOS
Agente-Leitor	Process AgL [pAg] := ... endproc
Agente-Receptor	Process AgR[pAg,pS1,pS2,pS3,pS4,pS5]:=...endproc
Serviços:	
Serviço 1	Process S1[pS1]:=...endproc
Serviço 2	Process S2[pS2]:=...endproc
Serviço 3	Process S3[pS3]:=...endproc
Serviço 4	Process S4[pS4]:=...endproc
Serviço 5	Process S5[pS5]:=...endproc

Tabela 3. Representação LOTOS dos Componentes do Sistema de Agentes

Na Tabela 3 é possível ver a relação dos componentes do sistema com os processos em LOTOS, que se encontram abreviados.

3.7.1 Estrutura de Sistema

```
specification SA
behaviour
( AgR [pAg, pS1, pS2, pS3, pS4, pS5] |[pAg]| AgL[pAg] )
|[ pS1, pS2, pS3, pS4, pS5]|
(S1[pS1] ||| S2[pS2] ||| S3[pS3] ||| S4[pS4] ||| S5[pS5])
where
process AgR [pAg, pS1, pS2, pS3, pS4, pS5] := ... endproc
process AgL [pAg] := ... endproc
process S1 [pS1] := ... endproc
process S2 [pS2] := ... endproc
process S3 [pS3] := ... endproc
process S4 [pS4] := ... endproc
process S5 [pS5] := ... endproc
endspec
```

O processo AgR pode ser combinado ao processo AgL com o uso do operador de composição geral |[|]; desse modo, fica explicitado o compartilhamento da porta pAg entre esses dois processos. Essa composição, por sua vez, constitui um subsistema que é combinado com o subsistema constituído do conjunto dos processos S1, S2, S3, S4 e S5 (todos compostos independentemente).

3.7.2 Comportamento dos Componentes do Sistema

Cada um dos processos definidos na especificação SA deve ser detalhado. Por exemplo, o processo AgR, referente ao Agente-Receptor, pode ter o seu comportamento cíclico descrito informalmente, como segue: inicialmente, o Agente-Receptor faz uma consulta aos serviços e programas existentes da televisão digital, desse modo, ocorre a seqüência de eventos pS1; pS2; pS3; pS4 e pS5; em seguida, o Agente-Leitor verifica as preferências do usuário de uma base de dados (a implementação utilizou um arquivo texto), depois, envia uma mensagem para o Agente-Receptor (essa comunicação é representada por um evento na porta pAg); o Agente-Leitor recebe a resposta do Agente-Receptor com outro evento na porta pAg.

O Agente-Receptor verifica a programação e os serviços existentes para televisão digital e compara com as informações obtidas do Agente-Leitor de preferências do usuário. Com isso o Agente-Receptor pode comunicar com os serviços

ou canais para a construção de uma lista de preferências de programas e serviços do usuário.

Em LOTOS, o comportamento do processo AgR pode ser descrito como segue:

```
process AgR [pAg, pS1, pS2, pS3 ,pS4, pS5] : noexit :=  
(* Consulta aos serviços e canais existentes no momento *)  
pS1; pS2; pS3; pS4; pS5;  
(* Comunicação com o Agente Leitor*)  
pAg; pAg;  
(* Distribuição das informações recebidas *)  
pS1; pS2; pS3; pS4; pS5;  
(* Chamada recursiva *)  
AgR [pAg, pS1, pS2, pS3, pS4, pS5]  
Endproc
```

3.8 Resumo

Este capítulo apresentou a solução proposta para um sistema de agentes para televisão digital sob a forma de uma arquitetura descentralizada em dois agentes: Agente-Leitor e Agente-Receptor. Foram descritos alguns aspectos da arquitetura, incluindo o modelo de agentes, os arquivos XML que descrevem os serviços, e a Técnica de Descrição Formal LOTOS que pode ser utilizada para modelar esses sistemas.

4 Aspectos da Implementação e Simulação

Um sistema de agentes para guia eletrônico de programas personalizado de televisão digital tem um fluxo de informações como o apresentado na Figura 8. As preferências do usuário são obtidas de um arquivo texto, essas preferências são comparadas com as informações de programas e serviços no momento corrente e a partir desses programas será criada uma lista de programas de interesse do usuário. Na utilização da interface, deve-se informar ao usuário, além dos dados dos serviços correntes algo que identifique quais os serviços fazem parte das preferências do usuário. Para tanto, o agente receptor interage com o agente leitor.

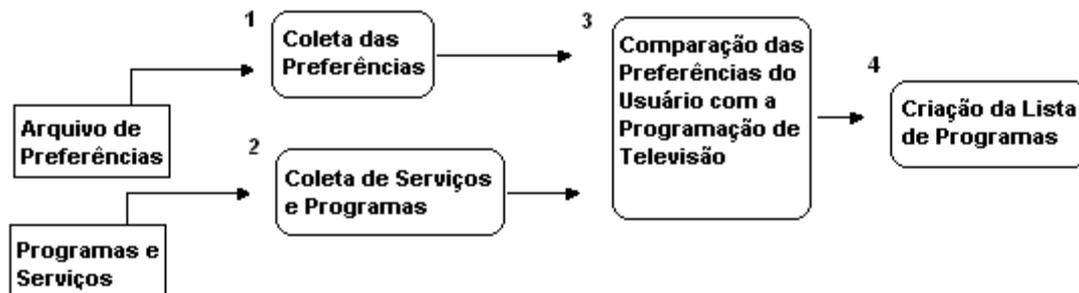


Figura 8. Fluxo de informações em um sistema de agentes para televisão digital

A Figura 8 exibe a maneira esquemática como ocorre esta interação. Após realizar a consulta nos serviços, o Agente-Receptor recebe a lista de preferência do Agente Leitor que a obtém do arquivo de preferências. O Agente Receptor informa os resultados à interface.

4.1 Implementação dos Agentes

O modelo de agente foi implementado com o uso da ferramenta SACI. Essa ferramenta fornece um conjunto de APIs em Java para enviar e receber mensagens KQML. Para esse tipo de sistemas, a linguagem KQML define o formato da mensagem e um sistema de transmissão de mensagem.

Esse formato está dividido em 3 camadas: camada de mensagem, comunicação e conteúdo. Na camada de mensagem se encontram informações que ajudam ao agente destinatário compreender o conteúdo da mensagem. Nessa camada existem os campos performative, :language e :ontology. O campo performative identifica a intenção do agente remetente com a mensagem enviada (informar - *inform*, perguntar - *ask*, entre outras). O valor da palavra language diz respeito à linguagem na qual a mensagem é expressa e o valor de :ontology é o vocabulário utilizado pela mensagem

A camada de comunicação descreve parâmetros de níveis mais baixos, como a identidade do agente remetente e destinatário e um identificador único para a mensagem (palavra :reply-with). A Figura 9 mostra a estrutura de diálogo do sistema. Na Figura 9 a principal tarefa do Agente-Facilitator é realizar o encontro dos agentes que buscam informações e permitir a troca de informações entre eles.

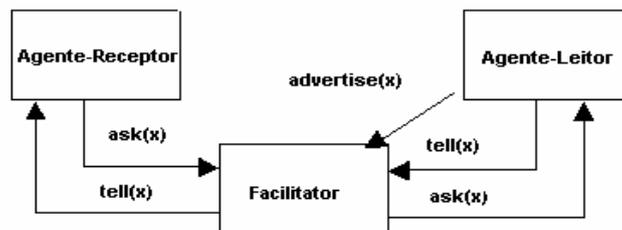


Figura 9. Estrutura do Diálogo dos Agentes do Sistema.

Em nosso caso particular a mensagem que o Agente-Leitor envia para registrar seu conhecimento na sociedade é a seguinte:

```
(advertise
  :language javaObject
  :ontology preferencias
)
```

O Agente-Leitor envia uma mensagem *advertise* ao facilitador indicando que o agente pode receber mensagens do tipo *ask* (ask-one), sem conteúdo na mensagem e com a descrição “preferências” no campo ontologia. Assim o Agente-Leitor anuncia a habilidade de informar a lista de preferências.

O Agente-Receptor de informações envia a seguinte mensagem para solicitar a lista de preferências do Agente-Leitor:

```
(ask-one
  :language javaObject
  :ontology preferencias
)
```

O Agente-Receptor de informações envia a consulta ao facilitador pelo agente que tem a capacidade de fornecer a lista de preferências. O Agente-Leitor responde por intermédio do Agente Facilitador com a seguinte mensagem:

```
(tell
  :content listaPreferencias
  :language javaObject
  :ontology preferencias
)
```

Após a comunicação ser concluída, a lista de preferências do usuário é mostrada pelo sistema na janela do Agente-Receptor.

4.2 Código do Sistema

Nesta seção são apresentados alguns trechos do código implementado que são relevantes para o entendimento da arquitetura proposta.

Agente-Leitor:

Declaração do Agente-Leitor:

```
public class AgenteLeitor extends Agent {
```

Declaração do atributo lista de programas do Agente-Leitor:

```
public static String[] listaProgramas;
```

Método Principal:

```
public static void main(String[] args) {  
  
    /*  
    * Envia uma Lista de Programas que deseja saber a partir  
    * De uma base de dados - ARQUIVO.TXT  
    */  
  
    // Realiza a Leitura do Arquivo Texto.  
  
        ...  
        ...  
        ...  
  
    // Inicializa o Agente  
  
    Agent a = new AgenteLeitor();  
  
    // Insere o agente na sociedade  
  
        if (a.enterSoc("AgenteTV")) {  
            a.initAg(null);  
            a.run();  
        }  
        ...  
        ...  
    }  
}
```

Transmissão da lista de preferências:

```
public void run() {  
  
    /*  
    * Fica em um Loop esperando mensagens e repassando o  
    * conteúdo da lista de preferências para o Agente-Recptor  
    */  
    while (running) {  
  
        ...  
        ...  
        ...  
  
        Message m = mbox.polling();  
        if (m == null) {  
            continue;  
        }  
        boolean isforward = false;  
        if (m.get("performative").equals("forward")) {  
            isforward = true;  
        }  
    }  
}
```

```

        m = new Message(m.get("content").toString());
    }

    if (m.get("performative").equals("ask-one")) {
        Message r = new Message("tell");
        r.put("receiver", m.get("sender"));
        r.put("in-reply-to", m.get("reply-with"));
        if (m.get("ontology") != null) {
            r.put("ontology", m.get("ontology"));
        }
        r.put("content", listaProgramas);
        if (isforward) {
            mbox.forward(r);
        } else {
            mbox.sendMsg(r);
        }
    }
}

...
...
...
}

```

Agente-Receptor:

Declaração do Agente-Receptor:

```
public class AgenteReceptor extends Agent {
```

Declaração do atributo lista de programas do Agente-Receptor:

```
    public static String[] listaProgramas;
```

Método Principal:

```
public static void main(String[] args) {

    /*
     * Solicita uma Lista de Programas de preferências do
     * usuário que deseja saber a partir do Agente-Leitor
     */
        ...
        ...
        ...

    // Inicializa o Agente

        Agent a = new AgenteReceptor();

    // Insere o agente na sociedade

```

```

        if (a.enterSoc("AgenteTV")) {
            a.initAg(null);
            a.run();
            a.destroy();
            ...
            ...
            ...
        }

```

Recebimento da lista de preferências:

```

public void run() {

    /*
    * Recupera preferências do Agente-Leitor sempre
    * que a programação da televisão digital for modificada.
    */
    ...
    ...
    ...

    Message m = new Message("(ask-one :language javaObject
    :ontology preferencias)", true);
    Message ans = mbox.brokerOne(m);
    preferencias = (String[])ans.get("content");
    ...
    ...
    ...
}

```

Apresentação da Informação de Preferência para o usuário:

```

public void notifySuccess(SIRetrieveable results[]) {

    /*
    * Processa uma lista de Informações de Serviços
    * (Service Information - SI) existentes descritos
    * pelo arquivo XML.
    */
    ...
    ...
    ...

    // Percorre todos os resultados encontrados no arquivo de SI
    for (int i = 0; i < results.length; i++) {
        if (results[i] == null)
            continue;

        // Processa resultados to tipo de detalhes de serviços (Service
        Details)

        if (results[i] instanceof ServiceDetails) {
            ServiceDetails details = (ServiceDetails)results[i];

```

```

...
...
...

// Processa resultados do tipo evento de programa (Program
Event)

}else if (results[i] instanceof ProgramEvent) {
    ProgramEvent program = (ProgramEvent)results[i];

    ...
    ...
    ...

    /*
    * Verifica as informações de preferências obtidas do
    *Agente-Leitor e compara com os eventos
    * de programas existentes no momento descritos pelo *
    *arquivo XML. Caso o tipo de programação seja
    * desejada inclua na lista de preferências a ser mostrada
    *para o usuário
    */

    if (a != null) {
        for (int j=0; j < a.preferencias.length ; j++) {
            if (programName.equals(a.preferencias[j]))
                guide.put(key, program);
        }
    }
    ...
    ...
    ...
}
}
}

```

4.3 Visão Geral do Sistema

O sistema foi implementado na linguagem Java, utilizando a API JavaTV e a ferramenta de comunicação de agentes SACI. Para simular a televisão digital e a unidade receptora decodificadora foram utilizadas a tela do monitor e o computador respectivamente. Esses recursos permitiram criar um ambiente para executar as aplicações para televisão digital. Entre as aplicações utilizadas pelo sistema de agente de preferências de usuário, estão os programas controle remoto, apresentação do vídeo e áudio, o guia eletrônico de programas. A aplicação de controle remoto simula um controle remoto real para televisão digital. Nesse controle remoto é possível realizar diversas operações, como iniciar, pausar e terminar um programa. No controle remoto, é

possível, também, ativar o sistema multiagente de forma manual para executar as tarefas com a finalidade de criar uma lista de programas de interesse do usuário. A aplicação de apresentação de áudio e vídeo representa a tela do televisor digital e as caixas de som. Nessa aplicação são transmitidos ao usuário os programas de televisão. Essa aplicação utiliza o arquivo XML que descreve os programas e serviços da televisão digital. As informações audiovisuais são provenientes de um arquivo com extensão mpg. Esse arquivo armazenado no computador representa o fluxo de transmissão que o televisor digital receberá de uma transmissão digital, seja ela terrestre, via satélite ou a cabo. A aplicação de guia eletrônico de canais apresenta os serviços e programas disponíveis no momento (dados auxiliares) recebidos via canal de transmissão pelo televisor digital junto com o sinal de áudio e vídeo. Esses dados recebidos são tratados por uma aplicação que os apresenta na tela do usuário. Assim o usuário pode consultar a programação de sua televisão digital. O sistema multiagente é responsável por produzir uma lista de programas de preferência do usuário a partir da programação do usuário e uma lista de programas de seu interesse.

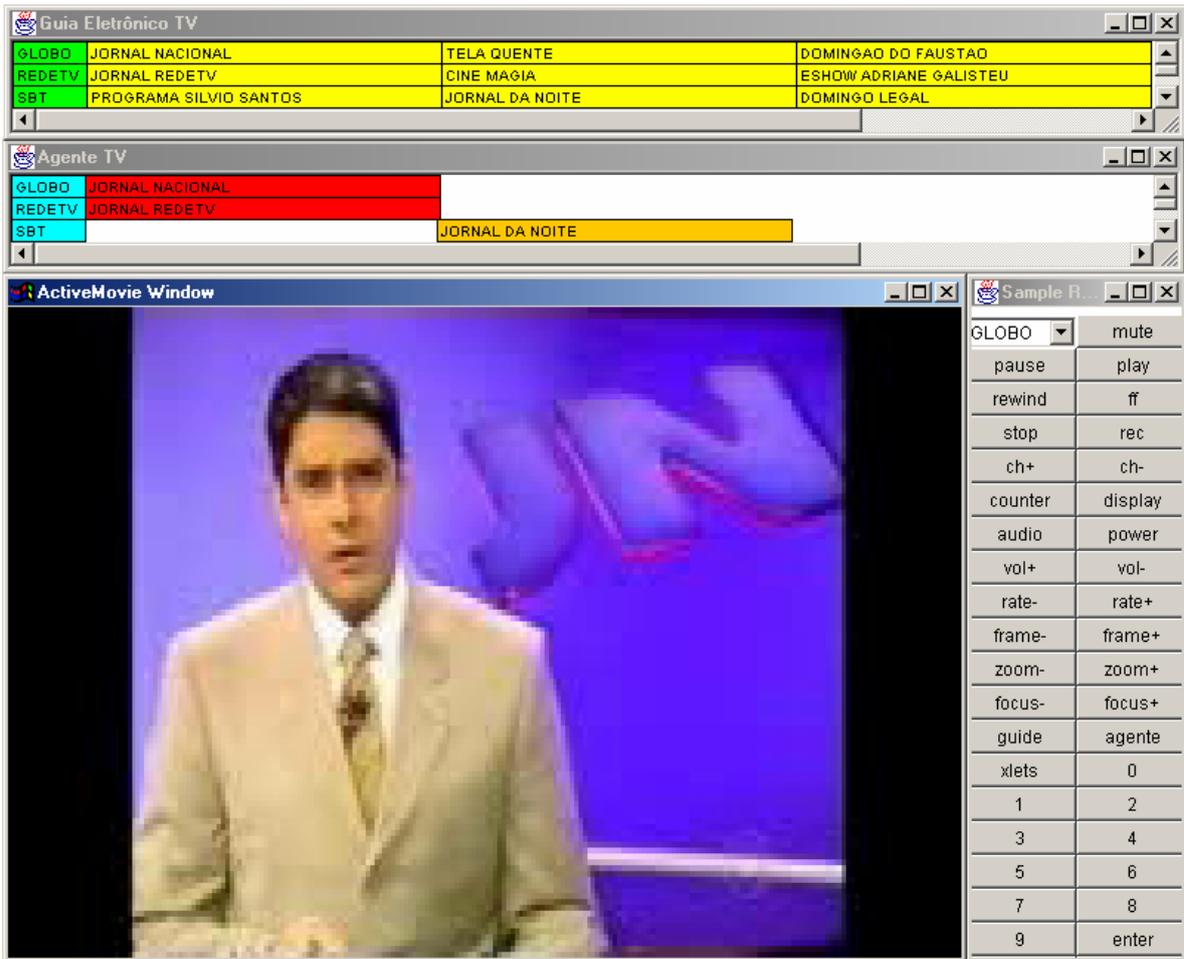


Figura 10. Visão Geral do Sistema de Televisão Digital.

Na Figura 10 é mostrada uma visão geral do sistema. Na janela da aplicação de Guia Eletrônico TV da Figura 10 são mostrados os programas disponíveis. Na janela da direita da Figura 10 é simulado o controle remoto da televisão digital. A janela ao centro representa a tela da televisão. Na janela da aplicação de Agente TV são apresentados os resultados obtidos pelo sistema multiagente. Veja Figura 11.



Figura 11. Guia Eletrônico de Programas

Os programas disponíveis no guia eletrônico de programas mostrado na Figura 11 são descritos pelo arquivo XML da Tabela 1. Na Figura 12 são apresentados os resultados obtidos pelo sistema multiagente. Apenas programas de noticiários fazem parte da lista de preferências do usuário. Os programas destacados em vermelho indicam que estão quase começando.

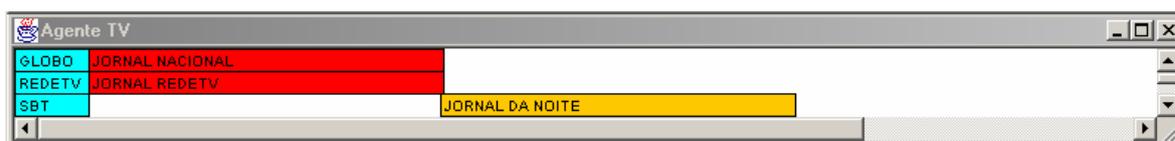


Figura 12. Resultados do Agente

4.4 Dificuldades da Implementação

A principal dificuldade de implementação ocorreu devido à ausência de um ambiente real para desenvolvimento de sistemas para televisão digital. Com isso foi necessário utilizar a analogia computador – televisão digital para implementar um sistema que ao invés de utilizar o televisor e uma unidade receptora decodificadora como terminal, utiliza o computador como saída dos sinais de áudio e vídeo e no qual as aplicações são executadas. Esse fato pode trazer algumas imperfeições ao resultado obtido.

4.5 Resumo

Este capítulo apresentou os principais aspectos da especificação e implementação de uma arquitetura para o caso real de um sistema para televisão digital. O esquema proposto foi adaptado de um caso real. A implementação dos agentes, o desenvolvimento do sistema multiagente, incluindo a comunicação entre eles foram realizadas por meio da ferramenta SACI. A arquitetura proposta para o caso real de um sistema para televisão digital emprega a Técnica de Descrição Formal LOTOS, para

representar um sistema simples de agentes. O capítulo também apresentou as principais dificuldades ocorridas na implementação.

5 Conclusões e Trabalhos Futuros

5.1 Conclusões

Com o advento da televisão digital é possível a concepção de novos métodos para apresentação de conteúdo audiovisual televisivo. Esses métodos estão sendo desenvolvidos para atender as necessidades de cada usuário. Este trabalho apresentou a arquitetura e o modelo de agentes utilizado na implementação de um sistema receptor de programas de televisão. Nesse contexto, os agentes de software são relevantes quanto ao aprendizado dos padrões de comportamento das preferências de cada usuário e quanto à adequação de programas de interesse do usuário.

A utilização de agentes para sistemas de televisão digital é essencial para o melhoramento e utilização dos recursos fornecidos pela tecnologia da televisão digital. Os principais objetivos deste trabalho foram propor uma abordagem para utilização de agentes de software para sistemas de televisão digital e estudar os aspectos do desenvolvimento de sistemas que utilizem agentes para televisão digital.

Inicialmente estudou-se metodologias de desenvolvimento de sistemas de agentes e especificação de sistemas distribuídos propostas na literatura. A seguir, foi analisada a situação corrente da escolha do padrão para televisão digital no Brasil e exemplos de uso da televisão digital em outros países. Os casos reais de sistemas já em uso em outros países beneficiaram o desenvolvimento do sistema de televisão digital proposto nesse trabalho, e também permitiram esclarecer alguns requisitos de usuário para esse sistema. A etapa seguinte consistiu em estudar técnicas de modelagem e comunicação de agentes, incluindo a escolha da ferramenta para comunicação entre os agentes, SACI. Adicionalmente, foram discutidas questões referentes ao intercâmbio de dados, campo de pesquisa importante quando se trabalha com compartilhamento de dados.

Neste trabalho fez-se o uso de uma técnica de descrição formal no projeto de sistemas de agentes para televisão digital. O modelo simplificado proposto para o projeto emprega a Técnica de Descrição Formal LOTOS, que é um padrão da ISO para representar um sistema simples de agentes que compreende um Agente-Leitor, um Agente-Receptor e serviços que podem utilizar dados desses agentes. Esse sistema é

representado em LOTOS de maneira formal, de tal modo que as ambigüidades ficam eliminadas e a precisão da especificação é de cunho matemático [29].

Pode-se dizer que as técnicas de descrição formal são, pelos recursos que apresentam, recursos úteis e importantes para a realização de projetos de sistemas para televisão digital. Nesses sistemas, o grau de complexidade pode se tornar muito grande e não são admissíveis falhas ou atrasos de qualquer natureza, dado a interatividade necessária envolvidos em seus projetos.

O resultado destes estudos foi a elaboração de uma arquitetura para um sistema para televisão digital que utiliza agentes. A solução proposta é baseada na arquitetura Java e em ferramentas disponíveis na Internet. A especificação dos serviços de televisão digital é facilitada por uma representação em XML, que descreve características relevantes dos diversos serviços existentes. A arquitetura proposta foi implementada num caso real, que pôs em prática as metodologias de agentes e de sistema distribuído.

Em resumo, as principais contribuições deste trabalho foram:

- levantamento e discussão das questões envolvidas em agentes e televisão digital;
- proposta de uma metodologia de especificação de sistemas de agentes para a televisão digital;
- proposta de uma arquitetura de agentes para utilização em conjunto com sistemas de televisão digital;
- implementação de um sistema para funcionar junto com a arquitetura de agentes e discussão das dificuldades encontradas na implementação.

A implementação desse sistema experimental mostra que é possível construir um sistema prático para Televisão Digital, baseado em um sistema multiagentes e considerando a API Java TV e a ferramenta SACI. A arquitetura do sistema proposto é simples e didática e pode ser estendida para receber novas funcionalidades.

O objetivo final proposto por este trabalho foi atingido, com a criação de um modelo de agentes flexível e adaptável para uma larga gama de ambientes e serviços que podem estar disponíveis para televisão digital.

Apesar da implementação já realizada apresentar o sucesso ao atingir os objetivos iniciais definidos pelo sistema, algumas melhorias e implementações

adicionais são propostas, com o objetivo de tornar o sistema mais seguro, eficiente e abrangente.

5.2 Trabalhos Futuros

As extensões previstas para este trabalho são de dois tipos: extensões da arquitetura e extensões de implementação.

5.2.1 Extensões da Arquitetura

Aumento do número de agentes - deve ser criada uma gama de agentes de coletas de dados e de gerenciamento, com um grande número de rotinas básicas e bases de conhecimentos e regras de produção mais abrangentes a fim de definir diversos serviços para televisão digital.

Redes Neurais - devem ser realizados maiores estudos da utilização de redes neurais artificiais, com implementações mais eficientes, que viabilizem os processos de análise qualitativa dos dados e predição de serviços e dados de interesse dos usuários de televisão digital, criando um sistema pró-ativo seguro e eficiente.

Agente de Gerenciamento - deve ser criado um tipo especial de agente de gerenciamento para manipulação com grandes bases de conhecimento, onde ficarão armazenadas todas as regras de produção da comunidade e a quem os agentes se reportarão para questionar novos conhecimentos para suas bases locais. Este será denominado de Agente Sábio e terá o objetivo de consolidar toda a informação conhecida, a fim de tornar o processo de comunicação mais ágil e de armazenamento de regras mais seguro.

Publicação de dados na Web - Uma das maneiras de disponibilizar bases de dados e serviços para televisão digital para outros usuários é publicá-los na Web. Neste contexto, é necessário pesquisar maneiras de representar e formatar os dados para que a publicação seja facilmente assimilável por diversos sistemas. Uma possibilidade é utilizar XML para publicação de dados.

Ontologias para dados e serviços para televisão digital - Esta linha de pesquisa pode ser vista como uma extensão à anterior, uma vez que também visa aperfeiçoar o

intercâmbio de dados. Também pode ser utilizada a técnica de descrição formal LOTOS para descrever e aperfeiçoar o intercâmbio de dados entre diversos sistemas.

A modelagem de conceitos sob a forma de ontologias permite que sistemas interpretem a semântica de bases de dados. Neste sentido, o uso de ontologias podem trazer benefícios para o intercâmbio de dados do sistema de televisão digital.

5.2.2 Extensões de Implementação

Uso de Agentes Móveis – pode ser considerada a mobilidade do Agente-Leitor. Este agente pode ser disparado do provedor de conteúdo televisivo já com as informações de preferências dos usuários. Dessa forma, não é necessário armazenar preferências locais no lado do usuário, já que o espaço de armazenagem nas caixas receptoras é limitado.

Uso de Agentes Inteligentes – é possível utilizar agentes com um nível de inteligência mais complexo para obter padrões de comportamento por meio de técnicas de inteligência computacional como, por exemplo, redes neurais.

Uso de banco de dados relacional - A arquitetura proposta é baseada em troca de informações via arquivo XML a partir de dados de arquivos texto. Uma possível extensão é a utilização de um SGBD relacional convencional para armazenar as informações de preferências de usuários.

Portanto, tem-se ainda muito que explorar dentro da tecnologia apresentada neste trabalho. Existe um número virtualmente infinito de agentes que podem ser definidos, para a criação de novos sistemas para televisão digital.

Referências Bibliográficas

- [1] Advanced Television Systems Committee (ATSC). <http://www.atsc.org/> (consultado em janeiro de 2004).
- [2] Agência Nacional de Telecomunicações - ANATEL. <http://www.anatel.gov.br/> (consultado em abril de 2004).
- [3] ALLEN, C., DHAGAT, M. LISPPrimer. 2001. <http://grimpeur.tamu.edu/~colin/lp/> (consultado em abril de 2004).
- [4] BECKER, V., MONTEZ, C. **TV DIGITAL E INTERATIVA: conceitos, perspectivas e desafios para o Brasil.** 2003. Núcleo de Redes de Alta Velocidade e Computação de Alto Desempenho – Nurcad. Universidade Federal de Santa Catarina.
- [5] BOLOGNESI, T., LAGEMAAT, J. V., VISSERS, C. **LOTOSPHERE: Software Development with LOTOS.** Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 1995.
- [6] BRENNER, W., ZARNEKOW, R., WITTIG, H. **Intelligent Software Agents. Foundations and Applications.** Berlin: Springer-Verlag, 1998.
- [7] CECILIO, E. L., RODRIGUES, R. F. **Televisão de Alta Definição (HDTV).** 1996. Relatório Técnico TM10 – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. 20.
- [8] CECILIO, E. L., RODRIGUES, R. F. **Vídeo sob demanda.** 1996. Relatório Técnico TM10 – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
- [9] COAD, P., YOURDON, E. **Análise Baseada em Objetos.** Editora Campus, 1992.
- [10] Digital Broadcasting Experts Group. **Situação da televisão digital no Japão.** <http://www.dibeg.org/PressR/Brazil010618/ANEXO4-p.PDF> (consultado em abril de 2004).
- [11] Digital Broadcasting Experts Group. **TERRESTRIAL INTEGRATED SERVICES DIGITAL BROADCASTING (ISDB-T), SPECIFICATION OF CHANNEL CODING FRAMING STRUCTURE AND MODULATION.** 28 de setembro de 1998. http://www.dibeg.org/techp/Documents/Isdb-t_spec.PDF (consultado em abril de 2004).
- [12] Digital Broadcasting Experts Group. **Volume de Receptores de DTTV Comercializados no Japão.** <http://www.dibeg.org/news/news-2/news-p2.htm> - dn029p (consultado em abril de 2004).

- [13] Digital Video Broadcasting (**DVB**). <http://www.dvb.org/> (consultado em janeiro de 2004).
- [14] Doc. A/54, **Guide to the use of the ATSC digital television standard. Advanced Television Systems Committee**. Outubro de 1995. http://www.udayton.edu/~cps/cps460/notes/displays/a_54.pdf (consultado em abril de 2004).
- [15] DVB-MHP. Digital Video Broadcasting Multimedia Home Platform. <http://www.mhp.org/> (consultado em abril de 2004).
- [16] FINN, T., LABROU, Y.; MAYFIELD, J.. **KQML as an agent communication language**, USA, AAAI/MIT Press, 1995.
- [17] Fórum ATSC, **PADRÃO ATSC CUMPRE REQUISITOS DEFINIDOS PELO GOVERNO BRASILEIRO PARA TV DIGITAL**, 16 de setembro de 2002. <http://www.atscforum.org/pr/PR-020916-ATSCGuidelines-po.pdf> (consultado em abril de 2004).
- [18] FRANKLIN, S., GRAESSER, A. **Is it an Agent, or just a Program?: A Taxonomy for Autonomous Agents**. University of Memphis, 1996. Web: <http://www.msci.memphis.edu/~franklin/AgentProg.html> (consultado em abril de 2004).
- [19] GAMMA, E. et al. **Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software**. Addison-Wesley, 1995.
- [20] HORSTMANN, C. S., CORNELL, G. **Core Java: Fundamentals**. 2. Ed.. Sun Press, 1997. 2 v.
- [21] HÜBNER, J. F., SICHMAN, J. S. **Saci Programming Guide**, version 8.0, 2001.
- [22] Institut National de recherche en informatique et en automatique (INRIA). TRAIAN: A Compiler for E-LOTOS/LOTOS NT Specifications. <http://www.inrialpes.fr/vasy/traiant/>. (consultado em novembro de 2003).
- [23] ISO IS 8807. International Organization for Standardization, Information Processing Systems, Open Systems Interconnection. **IS 8807: LOTOS: A Formal Description Technique Based on the Temporal Ordering of Observational Behavior**. 1988.
- [24] ISO IS 9074. Information processing systems - Open Systems Interconnection. Estelle - A formal description technique based on an extended state transition model. 1989.

- [25] LABROU, Y., FININ, T. **A Semantics Approach for KQML** - a General Purpose Communication Language for Software Agents. 1996. <http://www.cs.umbc.edu/~jklabrou/publications.html> (consultado em abril de 2004).
- [26] MINASSIAN, A. **A Radiodifusão na Era Digital**. 31 de Julho de 2002. <http://www.anatel.gov.br/> (consultado em abril de 2004)
- [27] Museu da TV. Origens da Televisão Mundial. <http://www.museudatv.com.br/> (consultado em abril de 2004).
- [28] PENG, C. **Digital Television Applications**. Dissertation for the degree of Doctor of Science in Technology, Dept. Computer Science and Engineering. Helsinki University of Technology, 2002.
- [29] QUEIROZ, José A. M., CUNHA, Paulo R. F. **Sistemas Distribuídos: de Especificações LOTOS a Implementações**. UFPE Recife 1994. 1ª Edição.
- [30] QUEMADA, J., PAVÓN, S. e FERNANDÉZ, A. **Transforming LOTOS Specifications with LOLA: The Parameterized Expansion**. Formal Description Techniques, IFIP/North-Holland, I, 45-54, 1988.
- [31] S. Microsystems. The Source for Java Technology. <http://java.sun.com/> (consultado em janeiro de 2004).
- [32] SCHAEFFLER, J. **HDTV's Coming, But Obstacles Remain**. PBI Media, LLC, Satellite News: Vol. 25 No. 23 de outubro de 2002, <http://www.fe.up.pt/~mandrade/tvd/2001/docs/GERAL/HDTV.htm> (consultado em abril de 2004).
- [33] Soares. L. F. G., Lemos. G. **Redes de Computadores - Das LANS, MANS e WANS às Redes ATM**. Editora Campus, 1995.
- [34] STOLFI, G. **Elementos de TV Digital e HDTV -TV de Alta Definição**. Departamento de Telecomunicações, Escola Politécnica – USP. 2002. <http://www.lcs.poli.usp.br/~gstolfi/> (consultado em abril de 2004).
- [35] SULLIVAN, S. C. et al. **Programming with the Java Media Framework**. New York: Wiley Books, 1998.
- [36] Sun Microsystems, Inc. Copyright © 2000 Sun Microsystems, Inc. Java TV™ API Reference Implementation Porting Guide. Novembro de 2000.
- [37] TANENBAUM, A. S. **Redes de Computadores**. Tradução da 3ª edição. Editora Campus. 1997.

- [38] TAVARES, M. W. Implantação da Televisão Digital no Brasil. <http://www2.camara.gov.br/publicacoes/estnottec/tema4/pdf/108553.pdf> (consultado em abril de 2004)
- [39] TEIXERA, M. TV Digital. MC 00034. 2003. <http://www.mc.gov.br/> (consultado em abril de 2004)
- [40] Tektronix, A Guide to **MPEG Fundamentals and Protocol Analysis (Including DVB and ATSC)**.1997. http://www.tektronix.co.jp/Products/Measurement_Prod/App_notes/GuideToMP EGF_25W_11419_0.pdf (consultado em abril de 2004).
- [41] VOSS, G. JavaServer Technologies. <http://developer.java.sun.com/developer/technicalArticles/Servlets/JavaServerTech1/index.html> (consultado em janeiro de 2004).
- [42] W3C - W3C - WORLD-WIDE WEB CONSORTIUM. Extensible Markup Language (XML). <http://www.w3.org/> (consultado em janeiro de 2004).
- [43] W3C - W3C - WORLD-WIDE WEB CONSORTIUM. First International Conference on the World Wide Web, W3C, CERN, Genova, Suíça, Maio de 1994. Disponível em <http://www94.web.cern.ch/WWW94/>. (consultado em fevereiro de 2004).
- [44] W3C - W3C - WORLD-WIDE WEB CONSORTIUM. HyperText Markup Language (HTML) 4.01, W3C Recommendation, Dezembro de 1999. Disponível em <http://www.w3.org/TR/html4/>. (consultado em fevereiro de 2004).
- [45] W3C - WORLD-WIDE WEB CONSORTIUM. Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Second Edition) Specification, W3C Recommendation, Outubro de 2000. Disponível em <http://www.w3c.org/TR/2000/REC-xml-20001006>. (consultado em fevereiro de 2004).
- [46] WOOLDRIDGE, M., JENNINGS, N. R. **Intelligent Agents: Theory and Practice**.1995.