

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO**

**GILIARD BRITO DE FREITAS**

**HoNeS – ARQUITETURA PARA SUPORTE DE APLICAÇÕES UBÍQUAS EM REDES DOMÉSTICAS  
CENTRADAS EM TV DIGITAL**

**SÃO CARLOS  
Abril/2010**

GILIARD BRITO DE FREITAS

**HoNeS – ARQUITETURA PARA SUPORTE DE APLICAÇÕES UBÍQUAS EM REDES DOMÉSTICAS  
CENTRADAS EM TV DIGITAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de São Carlos, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação, área de concentração Sistemas Distribuídos e Redes.

Orientador: Prof. Dr. Cesar Augusto Camillo  
Teixeira

**SÃO CARLOS**

**Abril/2010**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

F866ha

Freitas, Giliard Brito de.

HoNeS – arquitetura para suporte de aplicações ubíquas em redes domésticas centradas em TV digital / Giliard Brito de Freitas. -- São Carlos : UFSCar, 2010.

75 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2010.

1. Arquitetura de redes de computador. 2. Televisão digital. 3. Redes domésticas. 4. Software - desenvolvimento.  
I. Título.

CDD: 004.65 (20ª)

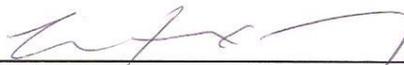
**Universidade Federal de São Carlos**  
**Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia**  
**Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação**

**“HoNeS – Arquitetura para suporte de  
aplicações ubíquas em redes domésticas  
centradas em TV digital”**

**GILIARD BRITO DE FREITAS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em Ciência da  
Computação da Universidade Federal de São  
Carlos, como parte dos requisitos para a  
obtenção do título de Mestre em Ciência da  
Computação

**Membros da Banca:**



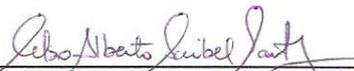
---

**Prof. Dr. Cesar Augusto Camillo Teixeira**  
(Orientador – DC/UFSCar)



---

**Prof. Dr. Cesar Augusto Cavalheiro Marcondes**  
(DC/UFSCar)



---

**Prof. Dr. Celso Alberto Saibel Santos**  
(DCC/UFBA)

São Carlos  
Abril/2010

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pois sem Ele, nada seria possível, e especialmente à minha esposa e família, pelo incentivo, apoio e esforço que me possibilitaram estar aqui hoje.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo.

À minha esposa, Fernanda Oliveira Scariot, pelo amor, carinho, apoio e incentivo.

À minha família, que incondicionalmente sempre me apoiou.

A todos os meus professores, em especial ao Prof. Cesar Augusto Camillo Teixeira pela orientação, cordialidade, afabilidade e apoio durante a realização deste trabalho.

À Prof<sup>a</sup>. Maria da Graça Campos Pimentel pela parceria na elaboração de artigos e todo o apoio durante o desenvolvimento deste trabalho.

A todos os amigos e colegas que conheci durante minha estadia em São Carlos, em especial ao pessoal do Lince.

À CAPES, CNPq, FINEP e RNP pela parceria com o *Lince*, apoiando financeiramente o desenvolvimento deste e de outros trabalhos.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, de alguma maneira colaboraram com este trabalho.

## RESUMO

Este trabalho propõe e avalia uma arquitetura para o suporte de aplicações ubíquas em redes domésticas centradas em TV digital. O ganho computacional e o suporte à comunicação com outros dispositivos em ambientes residenciais, incorporados pela TV digital, criam novas possibilidades e oportunidades de pesquisa e permitem o desenvolvimento de novos tipos de serviços e aplicações. Atualmente, uma quantidade significativa de dispositivos computacionais faz parte de nosso ambiente, entretanto, a interação com esses dispositivos, na maioria das vezes, depende de algum processo de aprendizagem devido às diferentes interfaces e formas de configuração e operação de cada um. Potenciais aplicações podem usar o aparelho de TV como meio para interações com dispositivos domésticos, já que a TV exerce um papel central no entretenimento cotidiano de muitas pessoas. Parece natural e relevante que suas funcionalidades possam ser utilizadas em uma arquitetura para o suporte a aplicações que demandem intercomunicação entre dispositivos, visando tornar transparente e acessível em diversos lugares da residência os serviços oferecidos pelos dispositivos domésticos. A arquitetura é composta por uma camada de protocolo de descoberta automática de dispositivos e por um conjunto de novos serviços cujo objetivo é facilitar a implementação de aplicações ubíquas em redes domésticas que possui a TV como elemento central de interação com outros dispositivos. HoNeS (*Home Network Services*) é o nome da arquitetura apresentada neste trabalho.

Para a concepção e implementação do HoNeS, foram investigadas tecnologias para ambientes de TV digital e redes domésticas, além do seu atual estado da arte. Como prova de conceito, os serviços propostos na arquitetura foram efetivamente implementados. O conjunto de protocolos *Universal Plug and Play* (UPnP) foi escolhido para implementação da descoberta automática e controle de dispositivos; e o *middleware* Ginga utilizado como ambiente de TV digital.

Palavras-Chave: televisão digital, redes domésticas, desenvolvimento de aplicativos.

## **ABSTRACT**

This work proposes and evaluates an architecture to support ubiquitous applications in digital TV-centric home networks. The computational power and support for communication with other devices in home networks, incorporated by digital TV, create new possibilities and opportunities for research and promote the development of new types of services and applications. Currently, a significant amount of computational devices is part of human environment, however, the interaction with these devices, depends frequently on some process of learning due to differences found in interfaces and ways to configure and operate each one. Potential applications may use the TV set for interaction with domestic appliances, as the TV has a central role in many people's daily entertainment. It seems natural and relevant that functionalities of digital TV sets may be used to develop an architecture to support applications that require intercommunication between devices, with the aim of making transparent and accessible in several places of a residence the services offered by domestic appliances. The proposed architecture consists of a protocol layer for automatic discovery of devices and a new set of services whose aim is to facilitate the implementation of ubiquitous applications in home network that has the TV as a central element of interaction with other devices. HoNeS (Home Network Services) is the name of the architecture presented in this work.

For the design and implementation of HoNeS, technologies for digital TV environments and home networking were investigated, beyond its current state of the art. As a proof of concept, the proposed services were effectively implemented. The set of protocols Universal Plug and Play (UPnP) was chosen for automatic discovery and control of devices, and Ginga, the middleware of the Brazilian digital TV system, used as digital TV environment.

**Keywords:** digital television, home networks, application development.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema simplificado de um sistema de TV digital interativa.....	13
Figura 2: Funcionamento do UPnP.....	25
Figura 3: Arquitetura para o suporte de aplicações ubíquas em redes domésticas centradas em TV digital.....	38
Figura 4: Arquitetura do <i>middleware</i> Ginga e principais componentes do <i>Common Core</i> da implementação de referência.....	49
Figura 5: Arquitetura para o suporte de aplicações ubíquas em redes domésticas integrada ao <i>middleware</i> Ginga.....	52
Figura 6: Componentes da arquitetura da implementação de referência do <i>middleware</i> Ginga com o HoNeS.....	53
Figura 7: Diagrama de componentes do HoNeS integrado ao Ginga <i>Common Core</i> . .....	53
Figura 8: Diagrama de componentes das classes do módulo de controle de dispositivos.....	54
Figura 9: Diagrama de componentes das classes do módulo de identificação.....	55
Figura 10: Diagrama de componentes das classes do módulo servidor de mídias...	56
Figura 11: Diagrama de componentes das classes do módulo de apresentação. ....	57
Figura 12: Diagrama simplificado do serviço de apresentação em operação.....	58
Figura 13: Diagrama de componentes das classes do módulo de replicação.....	58
Figura 14: Diagrama de componentes das classes do módulo de gravação.....	59
Figura 15: Diagrama de componentes das classes do módulo de controle das funcionalidades básicas da TV.....	60
Figura 16: Transferência do conteúdo da TV para o notebook e <i>smartphone</i> . ....	62
Figura 17: Aplicação <i>Match the Master</i> utilizando o serviço de discriminação.....	63
Figura 18: Experimento com a aplicação TV Media Center.....	64
Figura 19: Utilização de memória (a) e processamento (b) por três serviços do HoNeS.....	65

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características dos trabalhos correlatos. ....	36
Tabela 2: Comparação entre as tecnologias de descoberta de serviços para redes domésticas. ....	47

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<b>ACAP</b>	Advanced Common Application Platform
<b>API</b>	Application Programming Interface
<b>ATSC</b>	Advanced Television Systems Committee
<b>DASE</b>	DTV Application Software Environment
<b>DHCP</b>	Dynamic Host Configuration Protocol
<b>DLNA</b>	Digital Living Networking Alliance
<b>DVB</b>	Digital Video Broadcasting
<b>GENA</b>	Generic Event Notification Architecture
<b>HAVi</b>	Home Audio/Video Interoperability
<b>IEC</b>	International Electrotechnical Commission
<b>ISDB</b>	Integrated Services Digital Broadcasting
<b>ISDTV</b>	International Standard for Digital Television
<b>ISDTV-T</b>	ISDTV Terrestrial
<b>ITU</b>	International Telecommunication Union
<b>ITU-T</b>	ITU - Telecommunication Standardization Sector
<b>JVM</b>	Java Virtual Machine
<b>MHP</b>	Multimedia Home Platform
<b>NCL</b>	Nested Context Language
<b>OSGi</b>	Open Services Gateway Initiative
<b>P2P</b>	Peer-to-Peer
<b>SBTVD</b>	Sistema Brasileiro de Televisão Digital
<b>SDP</b>	Service Discovery Protocol
<b>SLP</b>	Service Location Protocol
<b>SOAP</b>	Simple Object Access Protocol
<b>SSDP</b>	Simple Service Discovery Protocol
<b>TVDI</b>	TV Digital Interativa
<b>UPnP</b>	Universal Plug and Play
<b>UUID</b>	Universally Unique Identifier
<b>XSDf</b>	eXtensible Service Discovery Framework

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1 MOTIVAÇÃO .....	14
1.2 OBJETIVO.....	16
1.3 METODOLOGIA.....	17
1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	17
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TÉCNICA E TEÓRICA .....</b>	<b>19</b>
2.1 REDES DOMÉSTICAS .....	19
2.2 TECNOLOGIAS PARA REDES DOMÉSTICAS .....	21
<b>2.2.1 SLP .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.2 Bonjour .....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.3 UPnP.....</b>	<b>24</b>
<b>2.2.4 Jini .....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.5 SDP .....</b>	<b>27</b>
<b>2.2.6 Outros protocolos e tecnologias para descoberta de serviços .....</b>	<b>27</b>
2.3 INTERAÇÃO ENTRE TVDI E REDES DOMÉSTICAS .....	30
<b>2.3.1 Integração centrada em padrões de redes domésticas.....</b>	<b>30</b>
<b>2.3.2 Integração centrada em padrões de TVDI.....</b>	<b>32</b>
<b>2.3.3 Integração baseada nas duas plataformas .....</b>	<b>33</b>
<b>3 ARQUITETURA HoNeS .....</b>	<b>37</b>
3.1 ARQUITETURA DE SERVIÇOS.....	37
<b>3.1.1 Serviço de identificação para redes domésticas .....</b>	<b>40</b>
<b>3.1.2 Servidor de mídias.....</b>	<b>40</b>
<b>3.1.3 Serviço de apresentação para redes domésticas .....</b>	<b>40</b>
<b>3.1.4 Serviço de gravação para redes domésticas.....</b>	<b>41</b>
<b>3.1.5 Serviço de replicação para redes domésticas.....</b>	<b>41</b>
<b>3.1.6 Serviço de controle de dispositivos para redes domésticas .....</b>	<b>41</b>
<b>3.1.7 Serviço de controle da TV para redes domésticas .....</b>	<b>42</b>
<b>3.1.8 Serviço de discriminação para redes domésticas .....</b>	<b>42</b>
<b>3.1.9 Serviço de adaptação para redes domésticas.....</b>	<b>43</b>
3.2 CENÁRIOS.....	43
<b>3.2.1 Cenário 1: exibindo mídias .....</b>	<b>43</b>
<b>3.2.2 Cenário 2: assistindo em qualquer ambiente .....</b>	<b>44</b>
<b>3.2.3 Cenário 3: identificando pessoas .....</b>	<b>44</b>
<b>3.2.4 Cenário 4: discriminando cenas .....</b>	<b>45</b>
<b>4 IMPLEMENTAÇÃO, TESTES E RESULTADOS .....</b>	<b>46</b>
4.1 TECNOLOGIAS ESCOLHIDAS .....	46
4.2 MIDDLEWARE GINGA .....	48

4.3 SERVIÇOS.....	51
<b>4.3.1 Serviço de controle de dispositivos para redes domésticas .....</b>	<b>54</b>
<b>4.3.2 Serviço de identificação para redes domésticas .....</b>	<b>55</b>
<b>4.3.3 Servidor de mídias.....</b>	<b>56</b>
<b>4.3.4 Serviço de apresentação para redes domésticas .....</b>	<b>57</b>
<b>4.3.5 Serviço de replicação para redes domésticas.....</b>	<b>58</b>
<b>4.3.6 Serviço de gravação para redes domésticas.....</b>	<b>59</b>
<b>4.3.7 Serviço de controle da TV para redes domésticas .....</b>	<b>60</b>
<b>4.3.8 Serviço de discriminação para redes domésticas .....</b>	<b>60</b>
4.4 TESTES FUNCIONAIS .....	61
4.5 ANÁLISE COMPARATIVA.....	66
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>67</b>
5.1 TRABALHOS DECORRENTES.....	68
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>69</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>74</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Este capítulo introduz conceitos sobre TV digital, e dá uma visão geral sobre o trabalho de mestrado abordado nesta dissertação, expondo sua motivação, objetivos e metodologia adotada. Por fim, a estrutura da dissertação é detalhada.

A TV digital, além de melhorar significativamente a qualidade de áudio e vídeo, propicia uma maior interação entre o conteúdo/serviço e o telespectador – graças ao poder computacional e ao suporte à comunicação com outros dispositivos, que a TV incorporou. Nas transmissões de TV digital, a imagem e o som são menos suscetíveis a interferências e ruídos devido à sua representação em uma seqüência de valores discretos, suficientemente espaçados, e não mais por valores contínuos, como acontece nos sistemas analógicos. Além disso, em um sistema de TV Digital Interativa (TVDI), dados e aplicações podem ser multiplexadas e transmitidas junto ao áudio e vídeo, através de um mecanismo denominado carrossel.

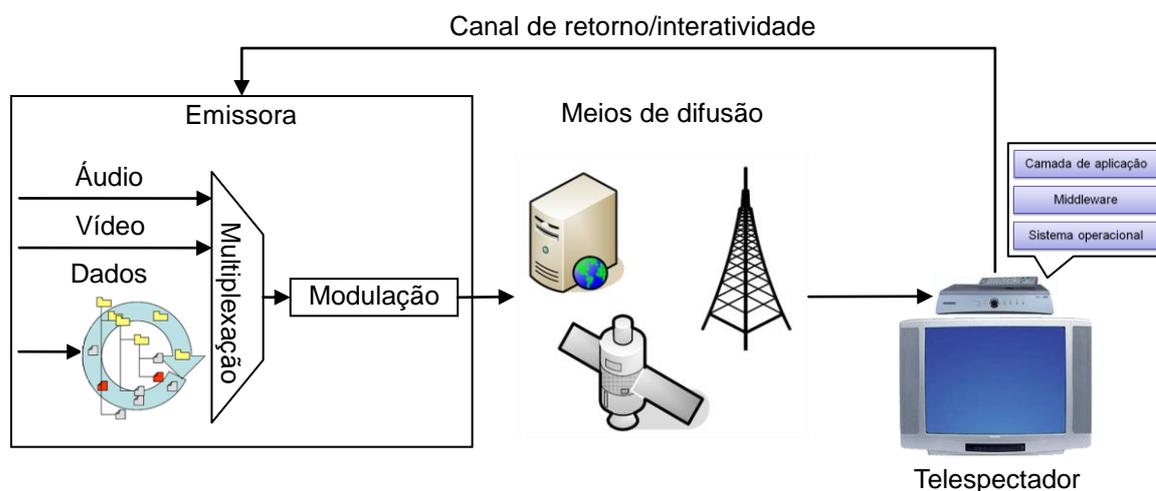
O carrossel é uma abstração onde dados, arquivos, objetos, aplicações, entre outros elementos, são enviados ciclicamente, entrelaçados com os fluxos de áudio e vídeo. O envio cíclico e repetido é uma solução para sistemas *broadcast* em que não é possível o atendimento sob demanda. Assim, aparelhos de TV ligados em momentos diferentes, desde que estejam dentro de um intervalo temporal delimitado pela emissora, são capazes de receber os mesmos dados e aplicações.

Um aparelho de TV construído para um sistema de TVDI deve ser capaz de receber, processar e apresentar conteúdo audiovisual, dados e aplicações, possibilitando ao telespectador interagir local e remotamente. Estas capacidades são incorporadas à TV por um elemento computacional, que pode ser interno ou externo ao aparelho de TV. Quando externo, o elemento recebe o nome de terminal de acesso (o termo em inglês é *set-top box*).

Um terminal de acesso é formado por vários componentes comuns a microcomputadores, possuindo recursos semelhantes. Em termos de software, o *middleware* é a mais importante das partes que formam um sistema de TVD. O *middleware* pode ser definido como uma camada de software que une o hardware e o sistema operacional aos aplicativos, tornando mais simples o desenvolvimento de aplicações e também tornando-as independentes dessas camadas de baixo nível.

Sua função em um sistema de TVDI consiste, basicamente, em gerenciar o ciclo de vida das aplicações e fornecer uma *Application Programming Interface* (API) ao desenvolvedor de aplicativos para manipulação de gráfico e vídeo, acesso ao canal de retorno e às informações de serviço, entre outras funções básicas, necessárias à maioria das aplicações.

A Figura 1 mostra, de forma simplificada, os componentes que formam um sistema de TV digital interativa: emissora, meios de difusão e telespectador. No lado da emissora, ocorre a produção de conteúdo, a multiplexação de áudio, vídeo e dados (carrossel), e modulação desse conjunto de elementos multiplexados para a difusão terrestre, via satélite ou cabo. No lado do telespectador, ocorre o processo inverso: a transmissão é demodulada e demultiplexada pelo aparelho de TVDI. Os fluxos elementares de áudio, vídeo e dados extraídos na demultiplexação são manipulados pelo *middleware* para reprodução e interação com o usuário. A interação pode estar limitada ao escopo local ou ser plena, fazendo uso de um meio de comunicação com a emissora ou o provedor de serviço, no qual podem ser enviadas respostas, solicitações, ou qualquer outro tipo de informação. Esse meio de comunicação entre o telespectador e a emissora é chamado de canal de retorno ou canal de interatividade.



**Figura 1:** Esquema simplificado de um sistema de TV digital interativa.

## 1.1 MOTIVAÇÃO

As características incorporadas pela TV digital, como ganho computacional e suporte a comunicação com outros dispositivos, entre outras, abrem oportunidades para novas pesquisas e novas aplicações. Durante a década de 1990, as pesquisas em TVDI se concentraram na digitalização da TV e na busca de tecnologias eficientes para transmissão. Os esforços atuais se concentram na interatividade, fornecendo serviços como personalização, redes sociais, narrações interativas, entre outras, procurando enriquecer a experiência do telespectador. As pesquisas atuais em TVDI podem ser classificadas em três grandes categorias: edição, compartilhamento e controle do conteúdo (CESAR e CHORIANOPOULOS, 2009). A primeira categoria, edição de conteúdo, diferentemente da edição profissional, é realizada pelo usuário final. Os telespectadores contemporâneos desejam criar seus próprios conteúdos, utilizando ferramentas de fácil uso, como demonstrado pela popularidade de serviços como *YouTube* e *MySpace* (CESAR, BULTERMAN e SOARES, 2008). A popularidade desses serviços também demonstra que existe uma demanda crescente por conteúdo gerado pelo usuário, e conseqüentemente, necessidade por ferramentas de autoria para os usuários finais. A segunda categoria, compartilhamento de conteúdo, está relacionada ao comportamento dos telespectadores de comentarem um programa de TV enquanto o assistem ou depois de sua transmissão, realizarem indicações, entre outras ações. Pesquisas nessa área incluem o suporte a *chat* em canais de TV, comunicação por voz em tempo real, *avatars* que indicam o *status* do telespectador, entre outras. A última categoria, controle de conteúdo, está relacionada a “o que assistir” e “onde assistir”. Pesquisas nessa área estão ligadas à quais dispositivos de entrada são mais apropriados, personalização de guia eletrônico de programação, de conteúdo e de propagandas, adaptação de conteúdo para a diversidade de dispositivos de exibição disponíveis atualmente, entre outros.

O trabalho apresentado nesta dissertação também explora as três categorias. A capacidade de comunicação da TV com outros dispositivos em ambientes residenciais (*Bluetooth*, *Wi-Fi*, *infravermelho*, *Power Line Communications*, *Ethernet* e outras tecnologias de rede) sugere que aplicações

interessantes possam ser desenvolvidas convergindo os domínios de TVDI e de redes domésticas. Tecnologias que propiciem a interoperabilidade entre dispositivos permitem que a interação entre o usuário, o conteúdo apresentado na TV e serviços disponibilizados por dispositivos móveis e domésticos seja mais rica.

Os dispositivos móveis estão presentes no cotidiano das pessoas. Parece natural que suas funcionalidades possam ser utilizadas para diversos fins, tais como: controlar a TV a partir do telefone celular; visualizar na tela da TV imagens e vídeos da câmera digital; assistir o conteúdo da TV na tela do notebook; receber alertas de câmeras de vigilância e/ou supervisão na tela do PDA; controlar lâmpadas e condicionadores de ar pelo telefone celular; selecionar músicas do MP3 player a partir do *tablet* PC; discriminar, de forma coletiva e distribuída, momentos e segmentos de mídias apresentadas na TV utilizando dispositivos móveis; entre outras.

A inserção onipresente da computação no cotidiano, através dos mais triviais objetos (etiquetas de roupas, xícaras de café, interruptores de luz, canetas), de carros, de eletroeletrônicos, de brinquedos, de ferramentas, de dispositivos móveis (*PDA*s, *notebooks*, *smartphones*), além de clientes e servidores fixos comuns, de forma invisível/transparente para o usuário, para prover serviços e informações a qualquer momento, em qualquer lugar, é chamada de computação ubíqua (WEISER, 1999).

Sistemas ubíquos são sistemas distribuídos dinâmicos, heterogêneos, formados de forma espontânea, capazes de combinar hardware e software de diferentes dispositivos para prover serviços convenientes/úteis aos usuários. Um componente chave para construção de sistemas ubíquos é a comunicação. Assim como acontece com as pessoas, onde o trabalho individual gera resultados, o compartilhamento de informações e o trabalho cooperativo produzem resultados melhores e com mais eficiência. A colaboração entre dispositivos em ambientes ubíquos significa distribuição de responsabilidades, melhor entendimento do ambiente e junção de esforços para completar uma tarefa. Protocolos de descoberta de serviços tornam mais simples a utilização de dispositivos computacionais, facilitando a cooperação/interação entre eles e reduzindo o trabalho de configuração para os usuários (ARAÚJO, 2003; THOMPSON, 2006).

É tendência atual a construção de dispositivos cada vez menores, mais rápidos, e mais fáceis de recarregar. A demanda por redes domésticas é uma realidade frente à universalização de dispositivos computacionais. A TV vem buscando seu espaço nas redes domésticas como demonstrado por (MARSHALL, 2001) e pelos diversos trabalhos apresentados na seção 2.3, apresentando-se como um dispositivo capaz de interagir com os demais, disponibilizando e acessando serviços, tornando mais simples a interação humano/máquina, contribuindo para o desenvolvimento de um ambiente residencial ubíquo.

Em ambientes residenciais, geralmente sistemas *ad hoc* sem qualquer infraestrutura, o paradigma *peer-to-peer* (P2P) mostra-se atrativo, pois seu funcionamento independe de um elemento centralizador e torna mais simples a configuração da rede. Assim, uma arquitetura que suporte o desenvolvimento de aplicações para os ambientes de TVDI e redes domésticas, utilizando o paradigma P2P e provendo funcionalidades não oferecidas por *middlewares* tradicionais de TVD, tais como compartilhamento e reprodução de mídias, gravação e replicação de conteúdo, e identificação e controle de dispositivos, necessárias para aplicações como as exemplificadas anteriormente, apresenta-se como uma solução interessante de infra-estrutura para esse tipo de sistema, como tecnologia de apoio à computação pervasiva ou ubíqua. O conjunto de serviços desenvolvidos para a instanciação da arquitetura apresentada neste trabalho recebeu o nome de HoNeS (*Home Network Services*).

## 1.2 OBJETIVO

O objetivo principal desse trabalho é propor e avaliar uma arquitetura para o suporte de aplicações ubíquas em redes domésticas centradas em TV digital. A arquitetura será composta por uma camada de protocolo de descoberta automática de dispositivos e por um conjunto de novos serviços cujo objetivo é facilitar a implementação de aplicações ubíquas em redes domésticas que possui a TV como elemento central de interação com outros dispositivos. Para alcançar o objetivo principal, foram realizadas as etapas descritas na metodologia a seguir.

### 1.3 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho é a prototipagem, incluindo levantamento bibliográfico e investigação sobre tecnologias para a implementação da proposta. Inicialmente, foram investigados trabalhos relacionados à convergência/integração entre as plataformas de TV digital e rede doméstica para a fundamentação teórica. A fase seguinte foi de definição da arquitetura proposta e estudo de tecnologias. Depois de definida a arquitetura, a próxima etapa foi de implementação de protótipos e experimentos práticos que demonstrassem a viabilidade da proposta, e de uma avaliação operacional da arquitetura através de testes funcionais para cada serviço desenvolvido. A última etapa envolveu as atividades referentes à elaboração desta dissertação.

### 1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Esta dissertação está estruturada nos seguintes capítulos, além do presente capítulo de introdução:

Capítulo 2 – Apresenta a fundamentação teórica, abordando trabalhos que exploram a integração entre as plataformas de TVDI e redes domésticas centrada em padrões de redes domésticas, padrões de TVDI e padrões baseados nas duas plataformas. Também são apresentadas as principais tecnologias de comunicação e descoberta de serviços em redes domésticas e explorados aspectos da computação ubíqua em ambientes de TVDI e de redes domésticas.

Capítulo 3 – Detalha a proposta de trabalho, apresentando a arquitetura, detalhes dos serviços, o escopo onde a arquitetura pode ser usada, além de possíveis cenários de uso.

Capítulo 4 – Aborda a justificativa da tecnologia escolhida para o protótipo e aspectos sobre a implementação de protótipos e experimentos práticos. São

apresentados diagramas de componentes dos serviços desenvolvidos, detalhes sobre a integração com o middleware Ginga, testes funcionais com dispositivos e via software, e seus resultados.

Capítulo 5 – Apresenta as considerações finais e conclusões sobre o trabalho e indica possíveis desdobramentos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TÉCNICA E TEÓRICA

Neste capítulo é feita uma contextualização de redes domésticas, apresentando as principais tecnologias de comunicação e descoberta de serviços. Também é apresentado o levantamento bibliográfico realizado, evidenciando trabalhos que exploram a integração entre as plataformas de TVDI e redes domésticas centrada em padrões de redes domésticas, de TVDI e padrões baseados em ambas as plataformas. Também são elucidados termos e apresentadas tecnologias necessárias ao entendimento das seções posteriores, além de explorados aspectos da computação ubíqua em ambientes de TVDI e de redes domésticas.

### 2.1 REDES DOMÉSTICAS

Esta seção apresenta alguns exemplos de categorias de dispositivos que podem compor uma rede doméstica; características que distinguem redes domésticas de outros tipos de redes; o problema da interoperabilidade entre dispositivos; e os principais segmentos de redes domésticas.

A conversão de dispositivos analógicos para digitais, tais como TV, DVD, telefone celular, condicionador de ar, entre outros, é um fato constatado nos dias atuais. Parece natural que no futuro a maioria das residências esteja configurada para redes e os dispositivos domésticos estejam interconectados e sejam capazes de acessar e serem acessados pela Internet. Alguns exemplos de categorias de dispositivos que já possuem capacidade de se conectar em rede são: computadores (*desktop*, *notebook*, PDA, periféricos); entretenimento (TV, DVD, câmera fotográfica, tocador MP3); telecomunicações (telefone fixo, telefone celular, fax, campanha residencial); eletrodomésticos (microondas, refrigerador, condicionador de ar, controlador de lâmpadas); telemetria (medidor de consumo de serviços de fornecimento de água, luz, gás, alarme de fumaça/arrombamento, câmera de vigilância, câmera de supervisão).

As redes de computadores domésticas já estão presentes no cotidiano de muitas pessoas, devendo atingir a maioria das residências no futuro. Existem

residências que possuem vários computadores ligados a Internet através de um dispositivo de rede. Uma vez que a quantidade de músicas e filmes baixada através da Internet vá se tornando maior, haverá demanda para conectar aparelhos de som e televisão às redes domésticas. As pessoas também desejarão compartilhar seus vídeos e fotos com amigos e familiares. As propriedades que distinguem as redes domésticas de outros tipos de redes são: facilidade de instalação da rede e dispositivos; intolerância a falhas; baixo custo; principal aplicação em recursos multimídia; implantação incremental; segurança e confiabilidade (TANENBAUM, 2004).

As redes domésticas apresentam algumas peculiaridades que torna a interoperabilidade entre os dispositivos um problema complexo. Elas não devem ser gerenciadas, ou seja, ninguém deve ser responsável pela configuração, atualização ou manutenção da rede. Assim, cada dispositivo deve ser capaz de se auto-configurar e se adaptar às mudanças na topologia da rede, na disponibilidade e na qualidade do serviço. O paradigma cliente/servidor não funciona em redes auto-configuráveis, pois os serviços oferecidos por um dispositivo recebem diferentes endereços cada vez que é ligado ou que há mudança na topologia da rede. Além disso, os dispositivos também precisam ser identificados por nomes, para facilitar o acesso pelas pessoas. Porém, diferentemente dos nomes usados no *Domain Name Server* (DNS) na Internet, que são bem estruturados e hierárquicos, esses nomes devem ser simples. O fato de serem geralmente escolhidos pelo fabricante pode também gerar conflitos, que devem ser tratados pelo algoritmo de auto-configuração. Ainda, redes domésticas podem ter não apenas um protocolo de rede, como o IP, mas vários protocolos, resultado da agregação das diferentes estruturas de rede presentes nas residências. Por fim, muitos dispositivos diferentes coexistem em redes domésticas, e dispositivos de rede são extremamente heterogêneos, tanto em termos de funcionalidade quanto em poder computacional (FORNO, MALNATI e PORTELLI, 2006).

Os avanços nas tecnologias de comunicação permitirão conectar todo tipo de dispositivo doméstico, criando ecossistemas domésticos inteligentes, permitindo acessar, controlar e compartilhar informação através de qualquer dispositivo. Os quatro principais segmentos em redes domésticas são: computação; entretenimento; comunicação; e monitoramento e gerenciamento. O seguimento computação está

ligado à interconexão entre rede interna e externa, e entre dispositivos domésticos. Entretenimento está relacionado aos eletrônicos de consumo para diversão e lazer, tais como: consoles de videogame, tocadores de mídia, televisores, etc. Comunicação diz respeito aos dispositivos como telefone com vídeo-chamada, telefones com Wi-Fi, VoIP, etc. Monitoramento e gerenciamento inclui controle remoto sem fio, sistema de vigilância e gerenciamento remoto da residência, entre outros (DIXIT e PRASAD, 2008).

## 2.2 TECNOLOGIAS PARA REDES DOMÉSTICAS

Nesta seção são apresentados alguns protocolos e tecnologias de redes domésticas cujo objetivo é tornar simples a integração de dispositivos, provendo mecanismos para descoberta e controle de seus serviços.

Ao ser incorporado ao ambiente doméstico, um novo dispositivo deveria ser capaz de integrar-se automaticamente ao ambiente e descobrir a presença de outros dispositivos e suas capacidades. Protocolos de descoberta são os mecanismos que tornam isso possível. Protocolos de descoberta são protocolos de rede usados para descobrir serviços, dispositivos e outros recursos computacionais. A capacidade de descobrir recursos computacionais em tempo de execução possibilita configurar sistemas distribuídos dinamicamente.

Um protocolo de descoberta permite descobrir um serviço a partir de seu nome, seu tipo e/ou outras propriedades. Um serviço é uma interface, com métodos e estados, para uma aplicação ou dispositivo, pela qual um cliente pode interagir. Serviços podem ser de diversos tipos e apresentar as mais variadas funcionalidades, mas todos devem fornecer alguma maneira para localização e interação. Um dispositivo tem um único endereço físico de rede, podendo oferecer um ou mais serviços. Além dos dispositivos físicos, existem os dispositivos lógicos, que são implementados em software em dispositivos computacionais. Dispositivos lógicos podem ser indistinguíveis de dispositivos físicos ao nível de rede.

De forma geral, são utilizados quatro mecanismos na descoberta de serviços pelos protocolos: anúncio, busca, diretório, e descrição. Quando um dispositivo junta-se a uma rede, ele envia uma mensagem em *multicast* anunciando sua

presença. Esses anúncios são transmitidos periodicamente em alguns protocolos. Quando um dispositivo deseja encontrar outro, ele envia uma mensagem de consulta em *multicast* com detalhes do dispositivo sendo pesquisado. Os dispositivos recebem a consulta e respondem diretamente ao dispositivo que fez a pesquisa. Diretórios são catálogos de dispositivos disponíveis. Ao juntar-se a uma rede, o dispositivo geralmente se registra em um diretório central. Esse diretório pode ser usado para buscas. Cada protocolo possui uma forma (sintaxe e vocabulário) para descrição dos dispositivos, seus serviços e suas propriedades (DIXIT e PRASAD, 2008).

Existem diversos protocolos de descoberta de dispositivos. Alguns têm como objetivo a simplicidade, a otimização da quantidade e tamanho dos pacotes trafegados na rede. Outros buscam escalabilidade e/ou são projetados para redes *ad hoc*. Nas subseções seguintes são discutidas características relevantes dos principais protocolos e tecnologias para redes domésticas.

### 2.2.1 SLP

O *Service Location Protocol* (SLP<sup>1</sup>) foi desenvolvido por um grupo de trabalho da *Internet Engineering Task Force* (IETF) para descoberta automática de recursos em rede. Foi projetado para operar em redes TCP/IP de pequeno e grande porte. Sua arquitetura é formada por: *User Agents* (UA), *Service Agents* (SA) e *Directory Agents* (DA). *User Agent* representa a interface de controle para o usuário/cliente, permitindo o envio de requisições e recebimento de respostas. Um *Service Agent* está associado a um serviço e é responsável por seu anúncio na rede e por respostas às requisições. DAs são repositórios/diretórios que provêm catálogos dos serviços disponíveis na rede. Os DAs são usados em redes de grande porte e podem ser descobertos: (a) pelo envio periódico de mensagens informando sua localização aos demais agentes; (b) através de servidores *Dynamic Host Configuration Protocol* (DHCP), que distribuem os endereços dos DAs para as aplicações que solicitarem; (c) e através de uma requisição *multicast* realizada pelo agente interessado em descobrir sua localização. Para redes de pequeno porte,

---

<sup>1</sup> <http://www.openslp.org/doc/rfc/rfc2608.txt>

como redes domésticas, por exemplo, as buscas e anúncios dos serviços podem ser realizados por *multicast*, dispensando o uso do DA.

O SLP utiliza uma linguagem relativamente simples de descrição e busca. Uma descrição de serviço é formada por uma lista de pares atributo/valor. A linguagem de busca suporta expressões regulares, operadores lógicos (*AND*, *OR*, *NOT*) e matemáticos, como  $\geq$  e  $\leq$ , por exemplo. Um anúncio de serviço contém sua descrição e uma *Universal Resource Locator* (URL), com endereço IP, número da porta e caminho para o serviço. O SLP define apenas uma forma de localizar serviços, não provendo meios para interação entre clientes e serviços (ZHANG, 2008; DIXIT e PRASAD, 2008; MESHKOVA *et al.*, 2008).

Novell, Sun Microsystems, Apple Computer e outras companhias desenvolveram implementações do SLP. A Apple cessou o apoio ao uso do SLP após anunciar seu próprio protocolo de descoberta de serviços: Bonjour.

### 2.2.2 Bonjour

O Bonjour<sup>2</sup>, também conhecido como Rendezvous, é um sistema de descoberta de serviços desenvolvido pela Apple. Ele utiliza o *Multicast Domain Name Server* (mDNS) como base, uma variação do DNS para redes locais. Cada dispositivo disponibiliza as descrições dos serviços que oferece através de *Service Record* (SVR). Cada serviço listado pelo SVR pode fornecer informações adicionais através de um documento tipo texto, limitado a 64kb. O formato do documento é baseado em uma lista de pares atributo/valor.

O funcionamento básico do Bonjour é simples: um cliente envia uma requisição *multicast*; todos os dispositivos respondem enviando seus endereços IP; o cliente então armazena o SVR de todos os dispositivos que obteve resposta; o anúncio de serviços, assim como a requisição/busca, é realizado em *multicast*. Diferente do SLP, o Bonjour não suporta expressões complexas. Além disso, seu foco são operações P2P em redes *ad hoc*. Outra característica particular do Bonjour é que as respostas das requisições não são conhecidas apenas pelo cliente que solicitou e pelo dispositivo que respondeu, mas sim por todos via *multicast*. O

---

<sup>2</sup> <http://www.apple.com/support/bonjour/>

Bonjour, assim como o SLP, define apenas uma forma de localizar serviços, não provendo meios para interação entre clientes e serviços (DIXIT e PRASAD, 2008; MESHKOVA *et al.*, 2008).

### 2.2.3 UPnP

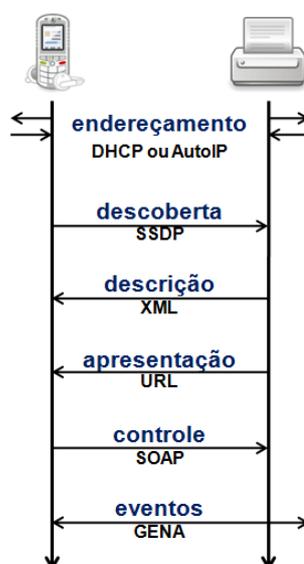
O protocolo *Universal Plug and Play* (UPnP<sup>3</sup>) permite que um dispositivo junte-se automaticamente à rede, obtenha um endereço, anuncie seus serviços e descubra outros dispositivos na rede. Ele é um padrão industrial aberto, desenvolvido por um consórcio empresarial, utilizando protocolos padronizados e amplamente aceitos, visando a interoperabilidade entre dispositivos. Em sua arquitetura não há restrições quanto a linguagens de programação e meios de transmissão, pois apenas protocolos e interfaces são especificados. Existem três componentes básicos em uma rede UPnP: dispositivos, serviços e pontos de controle. Dispositivos são as entidades da rede que fornecem serviços e podem conter outros dispositivos aninhados. Serviços estão relacionados às ações que um dispositivo pode realizar. E pontos de controle são dispositivos capazes de descobrir e controlar outros dispositivos na rede.

São seis as fases que regem a interação entre os dispositivos: endereçamento, descoberta e descrição de dispositivos e serviços, controle, eventos e apresentação. Para participar da rede, o dispositivo necessita de um endereço IP único. É feita então a busca por um servidor com *Dynamic Host Configuration Protocol* (DHCP). Caso este não esteja disponível, é utilizada uma técnica de alocação dinâmica de endereços IP denominada AutoIP. De forma simplificada, a diferença entre DHCP e AutoIP é que no primeiro, a atribuição de endereços IP ocorre por um servidor (máquina remota), já no AutoIP, o cliente (própria máquina) aloca aleatoriamente para si um endereço IP dentro de uma faixa pré-estabelecida e verifica se o mesmo não está em uso na rede. A descoberta de novos dispositivos na rede se dá pelo anúncio periódico que os mesmos fazem de si e de seus serviços, através do envio de mensagens via *Simple Service Discovery Protocol* (SSDP). A descrição consiste de informações específicas do dispositivo e informações sobre

---

<sup>3</sup> <http://www.upnp.org/>

ações e variáveis de estado dos serviços, em formato XML, enviadas ao dispositivo solicitante. O controle de dispositivos é realizado através de mensagens para invocar ações sobre seus serviços, enviadas via *Simple Object Access Protocol* (SOAP). Um dispositivo pode se registrar em um serviço para ser informado sobre mudanças de estado de variáveis. Esse serviço, através de um sistema de notificação, o *Generic Event Notification Architecture* (GENA), envia mensagens a todos os dispositivos registrados quando ocorrem eventos que alteram o valor de estado de variáveis. Além disso, um dispositivo pode disponibilizar uma interface de controle para o usuário através de uma URL, que pode ser invocada em um *browser* e disponibilizada através de uma página HTML. A Figura 2 ilustra as seis fases de interação entre dispositivos através do UPnP.



**Figura 2:** Funcionamento do UPnP.

O protocolo de descoberta de serviços SSDP tem como foco redes P2P de pequeno porte. O anúncio de serviços, assim como a busca, é realizado em *multicast*. Não há diretórios de serviços, como os DAs do SLP, e linguagem de consulta. As buscas são realizadas através de mensagens SSDP cujos critérios são limitados. A descrição dos serviços é estruturada e inclui mais informações que as encontradas na maioria dos protocolos de descoberta. O UPnP, diferente do SLP e Bonjour, define uma forma de localizar serviços e provê meios para interação entre clientes e serviços (MILLER *et al.*, 2002; WU, 2004; DIXIT e PRASAD, 2008).

## 2.2.4 Jini

Jini<sup>4</sup> é uma tecnologia desenvolvida pela Sun Microsystems cujo objetivo é permitir que redes sejam formadas de forma automática, permitindo aos dispositivos disponibilizar e descobrir serviços. Sua arquitetura é similar a do SLP e é formada por três componentes básicos: *Lookup Service*, *Service Provider* e *Client*. O *Lookup Service* é um diretório que contém dados de todos os serviços disponibilizados na rede. O *Service Provider* é o elemento que implementa e disponibiliza serviços. Um *Service Provider* ao juntar-se a uma rede Jini deve localizar um *Lookup Service* para registrar seus serviços. Essa descoberta pode ser através de uma consulta *multicast* ou pode acontecer pelos anúncios periódicos realizados pelo *Lookup Service*, através de mensagens *multicast*, informando sua localização. De forma similar, um *Client* para utilizar um serviço deve descobrir um *Lookup Service* e então solicitar o serviço desejado.

Um diretório central de registro de serviços não é obrigatório para uma rede Jini funcionar. Caso nenhum *Lookup Service* esteja disponível na rede, os *Clients* podem operar também com a função de diretório de registro de serviços, e então um *Service Provider* pode registrar seus serviços normalmente. O anúncio, a busca, a descrição de serviços e toda comunicação são realizados através de objetos Java serializados.

A tecnologia Jini é baseada na linguagem de programação Java e em seu modelo de objetos distribuídos RMI (*Remote Method Invocation*), sendo assim, não pode interoperar com nenhuma outra linguagem ou protocolo. Além disso, para utilizar ou prover algum serviço Jini, o dispositivo deve possuir uma máquina virtual Java. As principais vantagens são independência de plataforma e suporte a sistemas distribuídos flexíveis e dinâmicos, em que cada dispositivo participante pode entrar e sair sem qualquer necessidade de trabalho administrativo. O Jini, assim como o UPnP, define uma forma de localizar serviços e provê meios para interação entre clientes e serviços (GUPTA, TALWAR e AGRAWAL, 2002; DIXIT e PRASAD, 2008; MESHKOVA *et al.*, 2008).

---

<sup>4</sup> <https://jini.dev.java.net/>

### 2.2.5 SDP

O *Service Discovery Protocol* (SDP<sup>5</sup>) é um protocolo de descoberta de serviços que faz parte da especificação *Bluetooth*. Sua arquitetura é formada por dois componentes básicos: clientes e servidor. O cliente pode encaminhar consultas ao servidor requisitando serviços com base em suas classes, seus atributos ou para navegação, sem conhecimento prévio das características dos serviços. Uma consulta pode ser limitada pelo tempo de busca e pela quantidade de dispositivos retornados. Cada dispositivo é identificado por um *Universally Unique Identifier* (UUID).

Uma rede *Bluetooth* é chamada de *piconet*. Uma *piconet* pode conter até oito dispositivos, sendo um servidor (*master*) e sete clientes (*slaves*). Cada dispositivo pode operar como servidor e cliente ao mesmo tempo. O servidor disponibiliza uma lista descrevendo as características dos serviços que oferece. Essa descrição consiste de uma lista de pares atributo/valor especificada através de vocabulário e linguagem próprios do *Bluetooth*.

O SDP não provê mecanismos para anúncio, registro, acesso e controle de serviços, e também não suporta notificação de eventos. Meios para interação entre o cliente e o serviço estão fora do escopo do SDP, sendo necessária a utilização de outros mecanismos para o acesso e uso dos serviços descobertos (WU, 2004; DIXIT e PRASAD, 2008).

### 2.2.6 Outros protocolos e tecnologias para descoberta de serviços

JuXTApose (JXTA<sup>6</sup>) é um conjunto de protocolos para criação de aplicações P2P. É um projeto aberto, patrocinado pela Sun Microsystems, que possui mecanismos para anúncio, descoberta, controle e descrição de serviços, além de suportar eventos. Baseia-se no conceito de grupos, onde cada grupo implementa seu próprio serviço de descoberta e provê um serviço de descoberta padronizado para outros grupos. O JXTA define uma forma de localizar serviços e provê meios

---

<sup>5</sup> <http://www.bluetooth.com/>

<sup>6</sup> <https://jxta.dev.java.net>

para interação entre os *peers* (MESHKOVA *et al.*, 2008).

Salutation é um mecanismo para descoberta de serviços, desenvolvido por um consórcio de empresas de mesmo nome. Sua arquitetura é formada por três componentes: cliente, servidor e *Salutation Manager* (SLM). O SLM é um diretório central de registro de serviços e não é obrigatório para uma rede Salutation operar. Quando não existe um SLM, clientes e serviços utilizam mensagens *broadcast* para descoberta. O acesso e controle de serviços são feitos através de *Remote Procedure Call* (RPC). O Salutation define uma forma de localizar serviços e provê meios para interação entre clientes e serviços (JOHANSSON, 2004).

*eXtensible Service Discovery Framework* (XSDF<sup>7</sup>) é uma evolução do SLP. Sua arquitetura, assim como a do SLP, é formada por: *User Agents* (UA), *Service Agents* (SA) e *Directory Agents* (DA). Cada componente continua com suas propriedades fundamentais, entretanto, algumas funcionalidades foram estendidas ou incorporadas para permitir a descoberta de serviços na Internet (SLP permite apenas em rede local), balanceamento de carga, escalabilidade, alta disponibilidade de DAs, entre outras.

O *Service Advertising Protocol* (SAP<sup>8</sup>) foi desenvolvido pela Novell para o anúncio e descoberta de serviços em uma rede baseada nos protocolos *Internetwork Packet Exchange* (IPX) / *Sequenced Packet Exchange* (SPX). Enquanto estiver ativo, o serviço é anunciado periodicamente via broadcast por seu servidor. As informações do anúncio são armazenadas por roteadores em uma tabela de serviços. Desta forma, um cliente que precise localizar um serviço pode acessar o roteador mais próximo para obter as informações do serviço, tais como seu nome, endereço e tipo. Ao sair da rede, o servidor anuncia que seus serviços não estarão mais disponíveis.

*Home Audio/Video Interoperability* (HAVi<sup>9</sup>) é uma arquitetura para redes domésticas baseada no padrão IEEE 1394 (*FireWire*). Seu foco é a interoperabilidade entre dispositivos. O padrão IEEE 1394 provê altas taxas de transferência de dados com garantia de qualidade de serviço (QoS). Sua arquitetura de software é baseada em Java e permite que sejam adicionados novos módulos dinamicamente, para controle de dispositivos. O HAVi possui mecanismos para

---

<sup>7</sup> <http://tools.ietf.org/id/draft-uruena-xsdf-overview-00.txt>

<sup>8</sup> <http://www.novell.com/documentation/nw4/docui/#../cncptenu/data/h5g7f0on.html>

<sup>9</sup> <http://www.havi.org>

registro, descoberta, acesso e controle de serviços, além de notificação de eventos, alocação de recursos, entre outros (GARCIA, 2001; MARSHALL, 2001).

*Digital Living Networking Alliance* (DLNA<sup>10</sup>) é um consórcio de empresas que tem como um de seus objetivos a interoperabilidade entre dispositivos em redes domésticas. O DLNA especificou sua arquitetura através de protocolos e formatos de mídias baseados em padrões industriais amplamente aceitos, como Ethernet, Wi-Fi, IP, JPEG, MPEG-2, entre outros. Para descoberta, descrição, acesso e controle de serviços, além de notificação de eventos, foi adotado o conjunto de protocolos UPnP. Sua especificação foi adotada pela *International Electrotechnical Commission* (IEC) e publicada como padrão internacional, IEC 62481:2007(DIXIT e PRASAD, 2008).

*Open Services Gateway Initiative* (OSGi<sup>11</sup>) é um *framework* Java desenvolvido pela OSGi *Alliance*. Ele provê uma API e um ambiente centralizado de execução que permite múltiplos componentes (*bundles*) rodar ao mesmo tempo em uma única JVM. Novos componentes podem ser instalados, iniciados, parados, atualizados e removidos dinamicamente. Possui mecanismos de segurança, carregamento de classe, gerenciamento de ciclo de vida dos componentes e registro de serviços. OSGi é uma plataforma que especifica onde e como os componentes serão executados, mas não define quais protocolos e formatos são suportados. Uma desvantagem é a dependência quanto ao Java, impedindo seu uso em outras linguagens de programação. (WU, 2004; RELLERMEYER, ALONSO e ROSCOE, 2007; DIXIT e PRASAD, 2008).

Existem diversas outras tecnologias utilizadas em redes domésticas, dentre elas: plataformas que utilizam a rede elétrica para transmissões que vão desde comandos simples (plataforma *X10*) entre dispositivos até conteúdo multimídia (tecnologia *HomePlug*), como áudio e vídeo de alta definição; e tecnologias que transformam qualquer dispositivo em um dispositivo de rede que pode ser controlado e monitorado por comunicação sem fio, como *Z-Wave* (OLIVEIRA, 2008).

---

<sup>10</sup> <http://www.dlna.org>

<sup>11</sup> <http://www.osgi.org>

## 2.3 INTERAÇÃO ENTRE TVDI E REDES DOMÉSTICAS

A idéia de integrar a TV a outros dispositivos vem sendo explorada, com diferentes objetivos, em diversos trabalhos de pesquisa. São propostos modelos utilizando diversas tecnologias de redes domésticas, tais como: Jini, HAVi, OSGi e UPnP; e diferentes padrões de TVDI, como: MHP (*Multimedia Home Platform*) do DVB (*Digital Video Broadcasting*), DASE (*DTV Application Software Environment*) / ACAP (*Advanced Common Application Platform*) do ATSC (*Advanced Television Systems Committee*), e Ginga do ISDTV (*International Standard for Digital Television*). As abordagens de integração entre TVDI e redes domésticas encontradas na literatura podem ser classificadas em três categorias: abordagem centrada em rede doméstica; abordagem centrada em TVDI; e integração entre as duas plataformas (VIANA e DE LUCENA, 2009).

Nas seções seguintes são apresentados trabalhos que exploram essas três categorias. No escopo deste trabalho, integração direta entre tecnologia de rede doméstica e *middleware* de TVD denota uma plataforma ou ambiente comum, ou seja, estão em um mesmo componente de software ou hardware.

### 2.3.1 Integração centrada em padrões de redes domésticas

Em (MATSUBARA *et al.*, 2005), os autores propõem uma arquitetura que suporta múltiplas interfaces de rede e decodificação de vários formatos para maximizar a disponibilidade do conteúdo para o usuário. Os principais objetivos da arquitetura são suportar: múltiplos tipos de conteúdo – vários formatos de mídia; interação com outros dispositivos de rede – IEEE 1394, IEEE 802.3 e 802.11; configuração *plug and play* – UPnP/DLNA; e facilidade de uso. A arquitetura disponibiliza serviço e permite acessar serviços na rede doméstica (bidirecional).

Em (HÖLBLING *et al.*, 2008), os autores exploram a interação com a TV a partir de dispositivos móveis. As aplicações na TV disponibilizam serviços na rede doméstica, permitindo que diversos usuários interajam com a TV de forma personalizada, utilizando seus próprios dispositivos pessoais, de maneira fácil, sem

se preocuparem com configurações. O UPnP é utilizado na disponibilização dos serviços da TV na rede doméstica. A arquitetura disponibiliza serviços na rede doméstica (unidirecional).

Em (SAKAMOTO *et al.*, 2005), os autores exploram o compartilhamento e armazenamento do conteúdo apresentado na TV em redes domésticas baseadas em UPnP e NetBIOS. O foco está na proteção de direitos autorais e a abordagem proposta para redes NetBIOS consiste em criptografar o conteúdo utilizando *Advanced Encryption Standard* (AES) com uma chave única para cada terminal de acesso, impedindo desta forma que o conteúdo seja reproduzido em outro dispositivo; para redes UPnP é utilizado o *Digital Transmission Content Protection* (DTCP), que permite uma transmissão segura de conteúdo audiovisual e proteção dos direitos autorais. Além disso, o usuário pode especificar parâmetros para transcodificação do conteúdo audiovisual. A arquitetura disponibiliza e acessa serviços na rede doméstica (bidirecional).

Em (MATSUBARA *et al.*, 2006), os autores propõem uma arquitetura para acessar conteúdo na Web e na rede doméstica a partir da TV. Conteúdo como vídeo, áudio e imagem pode ser acessado e reproduzido na TV de forma simples, através da tecnologia DLNA. A arquitetura permite acessar serviços na rede doméstica (unidirecional).

Em (GE *et al.*, 2007), os autores propõem uma arquitetura para o terminal de acesso que incorpora duas unidades de processamento e várias interfaces de comunicação, tais como USB, Ethernet, IEEE 1394, SVGA, entre outras, para suprir a demanda de processamento e a heterogeneidade de dispositivos encontrados em redes domésticas. A arquitetura permite trabalhar com IPTV, vídeo, voz e dados. Para disponibilização de serviços foi utilizado o conjunto de protocolos UPnP. A arquitetura disponibiliza e acessa serviços na rede doméstica (bidirecional).

A principal desvantagem dessas propostas é a não utilização das funcionalidades oferecidas pelos *middlewares* de TVD. Além disso, aplicações interativas não podem acessar e utilizar serviços disponibilizados pelos dispositivos domésticos, pois não há integração entre o *middleware* de TVD e a plataforma de rede doméstica.

### 2.3.2 Integração centrada em padrões de TVDI

Nesta seção são apresentados trabalhos que exploram a interação entre as plataformas de TV digital e redes domésticas com foco em padrões/tecnologias de TV digital.

Em (FORNO, MALNATI e PORTELLI, 2006; PORTELLI, MALNATI e FORNO, 2008), os autores apresentam uma plataforma baseada no *middleware* MHP para descoberta, configuração e acesso, de forma automática, a serviços distribuídos em ambientes domésticos. O principal objetivo da plataforma proposta é a interoperabilidade entre dispositivos de redes domésticas. A plataforma permite acessar serviços na rede doméstica a partir da TV (unidirecional), estendendo o *middleware* de TVD para prover novas funcionalidades.

Em (LIN e CHEN, 2005; LO, LIN e CHEN, 2006), os autores propõem uma arquitetura para permitir o controle da TV a partir de dispositivos em uma rede IP. São disponibilizados os serviços para troca de canais, gravação e replicação. Consideram um servidor intermediando a comunicação entre os dispositivos e a TV para tarefas que demandam mais processamento, como a transcodificação no momento da replicação ou reprodução do conteúdo gravado. Apresentam um protocolo próprio para controle da TV, baseado em *strings*, *socket* e IP fixo da TV ou do servidor intermediário. Foi utilizado o *middleware* MHP. A plataforma disponibiliza serviços em uma rede IP a partir da TV (unidirecional). A plataforma proposta utiliza o *middleware* de TVD para prover novas funcionalidades (troca de canais, gravação e replicação através de um rede IP).

A principal desvantagem dessas abordagens é a proposta de novos protocolos para disponibilização e acesso a serviços em redes domésticas diante da existência de diversos padrões e protocolos com funcionalidades semelhantes ou superiores.

### 2.3.3 Integração baseada nas duas plataformas

Nesta seção são apresentados trabalhos que exploram a interação entre as plataformas de TV digital e redes domésticas com foco em padrões/tecnologias de ambas as plataformas.

Em (CABRER *et al.*, 2006; REDONDO *et al.*, 2007), os autores exploram a integração entre TVDI e rede doméstica com o objetivo de permitir a interação entre as aplicações de TV e os dispositivos domésticos. Em busca da interoperabilidade, foram adotados os padrões MHP para o terminal de acesso e o OSGi para controlar os dispositivos da rede doméstica, e introduzido um mecanismo de ponte entre essas duas plataformas (*XbundLET*), além de proporem o uso da Web semântica na descrição e descoberta dos serviços. A arquitetura permite disponibilizar e acessar serviços na rede doméstica (bidirecional). Há integração entre o *middleware* de TVD e a plataforma de rede doméstica.

Em (TKACHENKO, KORNET e KAPLAN, 2004), é abordada a convergência de plataformas de TV digital interativa e de redes domésticas. É descrito um possível cenário de rede doméstica baseada na plataforma OSGi integrada a um receptor de TV digital sob a plataforma DASE. Neste cenário a rede doméstica é centrada na TV, onde é possível administrá-la, além de interagir com as aplicações e os dispositivos domésticos. Novas aplicações e serviços podem ser desenvolvidos e transmitidos pela emissora para agregar novas funcionalidades à rede doméstica. A arquitetura permite acessar serviços na rede doméstica (unidirecional). Há integração indireta entre o *middleware* de TVD e a plataforma de rede doméstica.

Em (TKACHENKO *et al.*, 2005; TKACHENKO *et al.*, 2006), os autores propõem um framework para aplicações de TVDI interagirem com dispositivos de redes domésticas, com suporte a *plug-ins* para redes e tipos de dispositivos. Foram utilizadas as tecnologias OSGi, UPnP e o *middleware* DASE. O framework permite acessar serviços na rede doméstica (unidirecional). Há integração entre o *middleware* de TVD e a plataforma de rede doméstica.

Em (DE LUCENA *et al.*, 2009; VIANA e DE LUCENA, 2009), os autores exploram a exportação de serviços entre as plataformas de TVDI e rede doméstica. O objetivo é possibilitar que dispositivos da rede doméstica acessem serviços

disponibilizados por aplicações na TV, e aplicações na TV acessem os serviços disponibilizados pelos dispositivos domésticos. São utilizados o *middleware* Ginga e o *framework* OSGi, e introduzidos módulos que agem como ponte entre os dois ambientes. A arquitetura permite disponibilizar e acessar serviços na rede doméstica (bidirecional). Há integração entre o *middleware* de TVD e a plataforma de rede doméstica.

Em (MAIA e DE LUCENA, 2009), os autores descrevem uma infra-estrutura de comunicação para integração da TV com dispositivos domésticos. O *middleware* é utilizado para gerenciar os dispositivos e compartilhar informações entre eles. São utilizadas tecnologias como WiFi e *Bluetooth* para comunicação, o OSGi para disponibilização de serviços e realizadas extensões no *middleware* Ginga. A arquitetura permite disponibilizar e acessar serviços na rede doméstica (bidirecional). Há integração entre o *middleware* de TVD e a plataforma de rede doméstica.

Em (RUS *et al.*, 2008), os autores exploram a replicação do conteúdo assistido na TV móvel para redes domésticas baseadas em UPnP/DLNA. São apresentadas duas abordagens: em tempo real e conteúdo armazenado. Na primeira abordagem, o conteúdo que está sendo assistido em um dispositivo móvel é retransmitido em tempo real para a rede doméstica. Já na abordagem de conteúdo armazenado, a transmissão é gravada e fica disponível para acesso posterior. O DVB-H (DVB Handheld) é utilizado como plataforma de TVDI. A proteção de direitos autorais não é considerada. A arquitetura disponibiliza serviços na rede doméstica (unidirecional). Há integração entre o *middleware* de TVD e a plataforma de rede doméstica.

Em (YANG *et al.*, 2007), os autores exploram a integração entre a TV e dispositivos domésticos. Em sua proposta, os dispositivos da rede doméstica podem acessar serviços disponibilizados por aplicações na TV, e vice-versa. Foi utilizado o *middleware* MHP e o *framework* OSGi, e introduzidos módulos que agem como ponte entre os dois ambientes. A arquitetura permite disponibilizar e acessar serviços na rede doméstica (bidirecional). Há integração entre o *middleware* de TVD e a plataforma de rede doméstica.

Em (TU *et al.*, 2007), os autores exploram a integração entre dispositivos em redes domésticas através de diversas tecnologias, tais como: X10, LonWorks, UPnP,

OSGi, MHP e URC (*Universal Remote Console*). Na arquitetura proposta, aplicações na TV acessam serviços dos dispositivos na rede doméstica se comunicando por UPnP a um servidor central, que contém a plataforma OSGi e se comunica com a toda a rede através de diversos protocolos. A arquitetura permite acessar serviços na rede doméstica (unidirecional). Há integração indireta entre o *middleware* de TVD e a plataforma de rede doméstica.

Em (BAE *et al.*, 2006), os autores propõem uma arquitetura para interoperabilidade de serviços entre a TV e dispositivos de redes domésticas. Os serviços disponibilizados pelos dispositivos podem ser acessados pela TV por intermédio de um servidor central. Foram utilizados o *middleware* ACAP e o *Universal Middleware Bridge* (UMB) no servidor central, que é capaz de prover diversos protocolos de descoberta de serviços. Além disso, aplicações com interface gráfica são baixadas e instaladas automaticamente na TV, à medida que um novo dispositivo é adicionado na rede, permitindo desta forma que o telespectador também interaja com novos serviços. A arquitetura permite acessar serviços na rede doméstica (unidirecional). Há integração indireta entre o *middleware* de TVD e a plataforma de rede doméstica.

Em (CESAR, BULTERMAN e JANSEN, 2008), os autores discutem o uso de tela secundária com os objetivos de proporcionar o controle, o enriquecimento, o compartilhamento e a transferência de conteúdo televisivo. Com ênfase na manipulação individual do conteúdo, o trabalho baseia-se em um servidor capaz de gerenciar múltiplos contextos para o atendimento personalizado de múltiplos usuários. A arquitetura disponibiliza serviços na rede doméstica (unidirecional). Há integração indireta entre o *middleware* de TVD e a plataforma de rede doméstica.

Em (LIN, WANG e HOU, 2008), os autores propõem uma arquitetura para permitir a integração entre a TV e dispositivos domésticos. O *middleware* MHP foi utilizado e seu gerenciador de aplicações foi alterado para interagir com o *framework* OSGi, disponibilizando serviços automaticamente das aplicações de TVDI para os dispositivos domésticos e vice-versa. A arquitetura permite disponibilizar e acessar serviços na rede doméstica (bidirecional). Há integração entre o *middleware* de TVD e a plataforma de rede doméstica.

A Tabela 1 faz uma síntese de algumas características presentes nos trabalhos correlatos, tais como: classificação do trabalho, abordagem de integração

entre o *middleware* de TVD e a tecnologia de rede doméstica, disponibilização e acesso a serviços, e plataformas utilizadas em suas provas de conceito.

**Tabela 1:** Características dos trabalhos correlatos.

<b>Categoria</b>	<b>Trabalho</b>	<b>Integração</b>	<b>Serviços</b>	<b>Middleware de TVD</b>	<b>Tecnologia de rede doméstica</b>
Integração centrada em padrões de redes domésticas	(MATSUBARA <i>et al.</i> , 2005)	Não há	Bidirecional	-	DLNA
	(HÖLBLING <i>et al.</i> , 2008)	Não há	Unidirecional	-	UPnP
	(SAKAMOTO <i>et al.</i> , 2005)	Não há	Bidirecional	-	NetBIOS/UPnP
	(MATSUBARA <i>et al.</i> , 2006)	Não há	Unidirecional	-	DLNA
	(GE <i>et al.</i> , 2007)	Não há	Bidirecional	-	UPnP
Integração centrada em padrões de TVDI	(FORNO, MALNATI e PORTELLI, 2006; PORTELLI, MALNATI e FORNO, 2008)	Própria	Unidirecional	MHP	Própria
	(LIN e CHEN, 2005; LO, LIN e CHEN, 2006)	Própria	Unidirecional	MHP	Própria
Integração baseada nas duas plataformas	(CABRER <i>et al.</i> , 2006; REDONDO <i>et al.</i> , 2007)	Direta	Bidirecional	MHP	OSGi
	(TKACHENKO, KORNET e KAPLAN, 2004)	Indireta	Unidirecional	DASE	OSGi
	(TKACHENKO <i>et al.</i> , 2005; TKACHENKO <i>et al.</i> , 2006)	Direta	Unidirecional	DASE	OSGi/UPnP
	(DE LUCENA <i>et al.</i> , 2009; VIANA e DE LUCENA, 2009)	Direta	Bidirecional	Ginga	OSGi
	(MAIA e DE LUCENA, 2009)	Direta	Bidirecional	Ginga	OSGi
	(RUS <i>et al.</i> , 2008)	Direta	Unidirecional	DVB-H	DLNA
	(YANG <i>et al.</i> , 2007)	Direta	Bidirecional	MHP	OSGi
	(TU <i>et al.</i> , 2007)	Indireta	Unidirecional	MHP	OSGi/UPnP
	(BAE <i>et al.</i> , 2006)	Indireta	Unidirecional	ACAP	UMB
	(CESAR, BULTERMAN e JANSEN, 2008)	Indireta	Unidirecional	-	-
(LIN, WANG e HOU, 2008)	Direta	Bidirecional	MHP	OSGi	

### 3 ARQUITETURA HoNeS

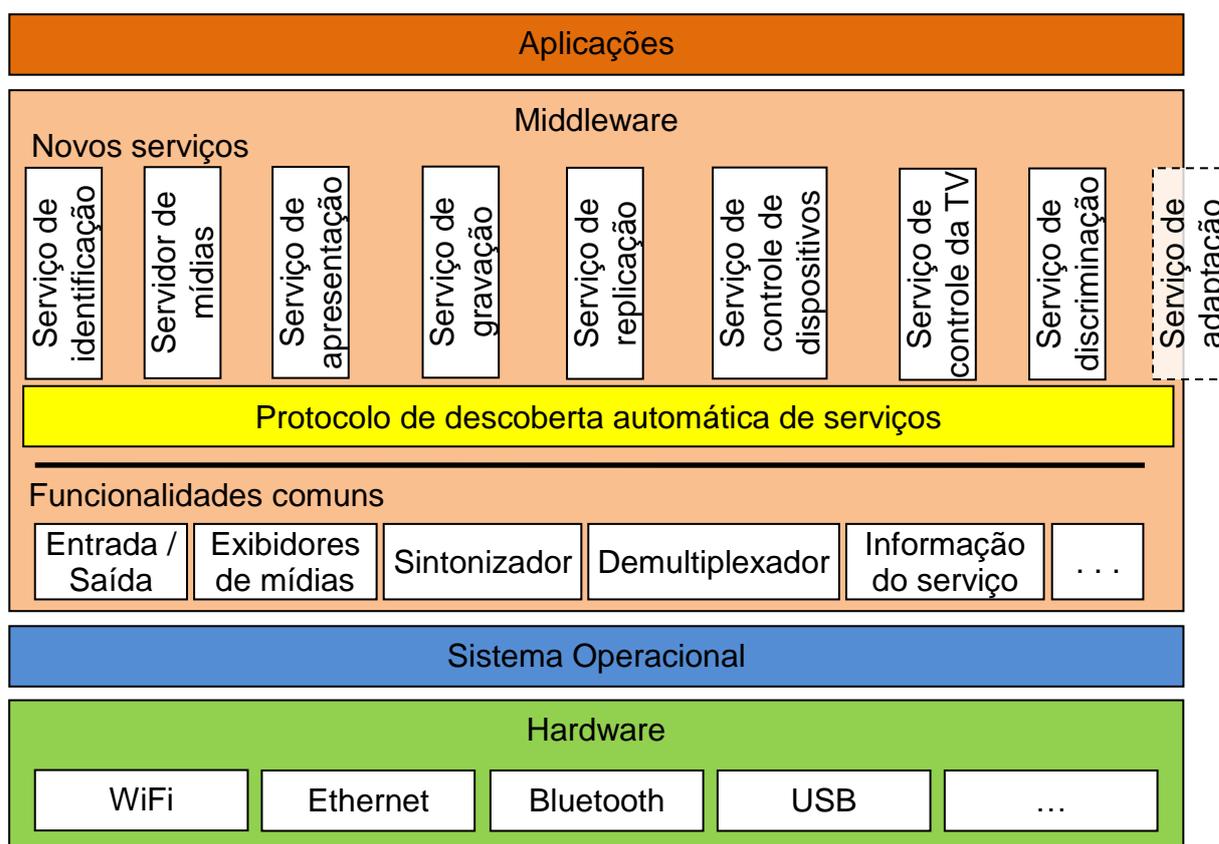
Este capítulo detalha a arquitetura proposta, a qual é baseada em um conjunto de novos serviços cujo objetivo é facilitar a implementação de aplicações ubíquas em redes domésticas que possui a TV como elemento central de interação com outros dispositivos. As subseções deste capítulo detalham os serviços e apresentam possíveis cenários de uso.

A arquitetura é baseada em análises feitas dos capítulos anteriores, onde foram identificadas algumas características desejadas no desenvolvimento de aplicações para os ambientes de TVDI e redes domésticas, tais como: compartilhamento e reprodução de mídias, gravação e replicação de conteúdo, e identificação e controle de dispositivos. Uma arquitetura que suporte o desenvolvimento de aplicações para os ambientes de TVDI e redes domésticas, utilizando o paradigma P2P e provendo funcionalidades não oferecidas por *middlewares* tradicionais de TVD, apresenta-se como uma solução interessante de infra-estrutura para esse tipo de sistema, como tecnologia de apoio à computação ubíqua. Nas seções seguintes são apresentados detalhes da arquitetura projetada, abordados seus serviços e funcionalidades fornecidas por cada um, além de evidenciadas suas diferenças e vantagens frente aos trabalhos apresentados na seção anterior.

#### 3.1 ARQUITETURA DE SERVIÇOS

A arquitetura proposta é composta por: a) interfaces de comunicação com dispositivos domésticos; b) uma camada de protocolo de descoberta automática de serviços; c) por funcionalidades providas pelo *middleware*; d) pelo conjunto de novos serviços; e e) camada de aplicações. A arquitetura foi projetada para ser genérica, possibilitando sua implementação em grande parte dos *middlewares* de TVD adotados atualmente, como ACAP, MHP e Ginga, pois utiliza funcionalidades comuns aos *middlewares* de TVD, ou seja, que estão presentes na maioria deles. A

Figura 3 apresenta uma visão geral da arquitetura projetada através de um diagrama de blocos.



**Figura 3:** Arquitetura para o suporte de aplicações ubíquas em redes domésticas centradas em TV digital.

A construção da arquitetura seguiu uma abordagem compatível com os trabalhos correlatos da terceira categoria de integração entre TVDI e redes domésticas, *integração baseada nas duas plataformas*, definida no capítulo anterior. Ela elimina as características indesejáveis de cada modelo, como vínculo a uma linguagem de programação específica e dependência de servidor central para registro e busca de serviços, por exemplo, e adiciona novas funcionalidades. Na arquitetura, por estarem o *middleware* de TVD e a tecnologia de rede doméstica em um ambiente comum, a abordagem de integração entre as plataformas é classificada como direta. A disponibilização e acesso a serviços é bidirecional, ou seja, os dispositivos da rede doméstica podem acessar serviços disponibilizados por aplicações na TV, e vice-versa.

As funcionalidades comuns aos *middlewares* de TVD utilizadas na arquitetura proposta são listadas a seguir:

- **Entrada/Saída:** um aparelho comum de TVDI possui tela e alto-falantes como dispositivos de saída e controle remoto como dispositivo de entrada, utilizados na interação com o telespectador. O componente de entrada/saída gerencia esses dispositivos e outros, para os quais ofereça suporte.
- **Exibidores de mídias:** são componentes utilizados na reprodução/decodificação de conteúdo multimídia (imagem, áudio, vídeo, etc).
- **Sintonizador:** componente utilizado para sintonização do canal e acesso ao conteúdo disponibilizado pela emissora e/ou provedor de serviço. A sintonização pode estar relacionada a uma faixa de frequência do espectro (sistemas terrestres) ou a um endereço lógico na rede (IPTV), por exemplo.
- **Demultiplexador:** em sistemas de TVDI, os fluxos de áudio, vídeo e dados são multiplexados pela emissora antes de serem enviados aos telespectadores. No aparelho de TVDI, um componente demultiplexador é necessário para obtenção, manipulação e apresentação desses fluxos elementares.
- **Serviço de informação:** componente utilizado para obtenção de informações sobre o canal e seus programas. Fornece informações sobre a organização dos fluxos de transporte, quais serviços cada fluxo possui, nome dos serviços, idioma dos áudios, dados sobre o programa atual e programas futuros, sincronização de relógios, entre outros.

A arquitetura proposta utiliza as funcionalidades providas pelos *middlewares* de TVD listadas anteriormente para fornecer novos serviços, úteis para o desenvolvimento de aplicações ubíquas em redes domésticas. Os novos serviços são disponibilizados na forma de uma API e via rede. Uma descrição de alto nível é fornecida para cada serviço nas seções seguintes.

### **3.1.1 Serviço de identificação para redes domésticas**

É um serviço distribuído de identificação de dispositivos pessoais, capaz de trabalhar com diferentes tecnologias de comunicação e com várias instâncias do mesmo serviço na rede, de forma colaborativa. O serviço fornece informações como nome do dispositivo identificado, seu UUID, seu tipo de rede e identificação do dispositivo identificador.

### **3.1.2 Servidor de mídias**

O servidor de mídias é um serviço para o compartilhamento em redes domésticas de conteúdo (áudio, vídeo e imagens) armazenado na TV. O serviço permite o acesso transparente a mídias na TV a partir de computadores, *tablets* PCs, celulares e outros dispositivos com capacidade de acesso e/ou reprodução desse tipo de conteúdo. Detalhes desse serviço também foram abordados em (FREITAS e TEIXEIRA, 2009).

### **3.1.3 Serviço de apresentação para redes domésticas**

O serviço de apresentação é um componente de software que permite a apresentação de conteúdo multimídia na TV a partir de outros dispositivos. O conteúdo pode estar armazenado na própria TV ou remotamente. O serviço possibilita que mídias (áudio, vídeo e imagens) sejam reproduzidas diretamente na tela da TV a partir de computadores, *tablets* PCs, celulares e outros dispositivos. Além disso, são disponibilizados métodos para modificar a temperatura da cor, o volume, avançar ou retroceder na mídia, entre outros.

### **3.1.4 Serviço de gravação para redes domésticas**

O serviço de gravação de conteúdo é um componente de software que permite a gravação do conteúdo exibido na TV. Ele possibilita a aplicações, na TV ou remotas, atuarem como um PVR (*Personal Video Recorder*). Oferece comodidade aos usuários à medida que podem agendar a gravação de um conteúdo (show, filme, novela, entre outros) e assisti-lo em um horário mais conveniente. O serviço disponibiliza métodos para especificação do formato, codificação, taxa de bits, quadros por segundo, horário de início e duração da gravação, entre outros parâmetros. Detalhes desse serviço também foram abordados em (FREITAS e TEIXEIRA, 2009).

### **3.1.5 Serviço de replicação para redes domésticas**

O serviço de replicação de conteúdo é um componente de software que captura o conteúdo audiovisual apresentado na TV e o disponibiliza para aplicações na TV ou remotas, conectadas à mesma rede da TV. O serviço proporciona maior liberdade ao usuário em sua residência à medida que o mesmo não precisa estar no mesmo ambiente que a TV para assisti-la, sendo necessário apenas outro dispositivo de rede doméstica com capacidade de reprodução de conteúdo audiovisual. Detalhes desse serviço também foram abordados em (FREITAS e TEIXEIRA, 2009).

### **3.1.6 Serviço de controle de dispositivos para redes domésticas**

O serviço de controle de dispositivos é um componente de software que permite às aplicações na TV a disponibilização, a descoberta e o controle de serviços oferecidos por outros dispositivos da rede doméstica. As facilidades oferecidas por esse componente permitem, por exemplo, controlar câmeras de vigilância ou de supervisão de crianças ou idosos, e exibir as imagens na tela da TV,

telefone celular, PDA, notebook ou qualquer outro dispositivo conectado à mesma rede da TV.

### **3.1.7 Serviço de controle da TV para redes domésticas**

O serviço de controle das funcionalidades básicas da TV é um componente de software que disponibiliza métodos para o controle de funcionalidades básicas da TV, tais como nível de volume, contraste, brilho e mudança de canal, para aplicações na TV ou remotas, conectadas à mesma rede da TV. Esse componente de software visa a comodidade do telespectador à medida que possibilita o desenvolvimento de aplicações em diversos dispositivos para maior facilidade do controle das funcionalidades da TV. Como exemplo de uso desse componente, a mudança de canal na TV poderia ser realizada por um telefone celular, PDA, *notebook* ou qualquer outro dispositivo conectado à mesma rede da TV.

### **3.1.8 Serviço de discriminação para redes domésticas**

O serviço de discriminação distribuída de momentos e segmentos de mídias contínuas permite aos telespectadores em um mesmo local ou de forma distribuída, realizarem marcações em conteúdo ao vivo, através da captura e gravação do mesmo, e em conteúdo já armazenado localmente, de forma colaborativa. Esse serviço disponibiliza métodos para o suporte ao paradigma *Watch-and-Comment* (WaC) e permite aos usuários utilizarem seus dispositivos móveis para discriminar momentos e segmentos com base temporal, para armazenar, descarregar e sincronizar essas discriminações com as efetuadas por outros telespectadores. Detalhes desse serviço também foram abordados em (TEIXEIRA, FREITAS e PIMENTEL, 2010).

### 3.1.9 Serviço de adaptação para redes domésticas

O serviço de adaptação de conteúdo multimídia permite a transcodificação instantânea de imagem, áudio e vídeo de acordo com as características (formato, resolução, taxa de amostragem, etc) suportadas pelo dispositivo utilizado na reprodução. Esse serviço pode estar em uma plataforma ou ambiente comum de TVDI, ou seja, em um mesmo componente de software ou hardware, ou em um dispositivo a parte, como um computador, com maior poder de processamento e conectado a mesma rede da TV.

## 3.2 CENÁRIOS

Esta seção apresenta alguns cenários de uso para a arquitetura proposta. Em todos os cenários assume-se que os telespectadores possuem seus próprios dispositivos domésticos com capacidade de comunicação e de descoberta automática de serviços. Os cenários ilustram situações em que uma aplicação cliente ou servidora, sendo executada em um dispositivo do telespectador, comunica-se com outra aplicação na TV, desenvolvida sobre a arquitetura proposta. Os cenários apresentados nas subseções a seguir ilustram diversas situações, tais como: utilizar o telefone celular para controlar a TV; navegar por fotos, ouvir músicas e assistir vídeos em outros dispositivos a partir da TV; receber na TV recados deixados por familiares ao chegar à residência; ser identificado através de dispositivos pessoais e automaticamente acessar serviços *Web*; ter o conteúdo que está sendo assistido replicado para nova localização quando mudar de cômodo em uma residência; acionar a abertura de fechaduras pela identificação de dispositivos pessoais; entre outras possibilidades.

### 3.2.1 Cenário 1: exibindo mídias

Pedro chega de uma grande viagem que fez pela China. Ele tirou muitas fotos em seu telefone celular e quer mostrar para toda a família. A tela do celular

dele é pequena e possui uma resolução baixa, tornando difícil a visualização por todos. Pedro resolve apresentar as fotos pela TV da sala, que possui uma tela grande e uma boa resolução. Ele seleciona a foto no telefone celular e através de um menu simples, manda exibir na TV. A TV e o telefone celular se comunicam por Wi-Fi e as fotos são exibidas instantaneamente, de forma simples e intuitiva, sem configurações complexas. Pedro continua selecionando outras fotos no telefone celular e apresentando-as na TV até mostrar todas à família. Logo após terminarem as fotos, chega Henrique, primo de Pedro, com sua câmera digital. Henrique quer mostrar o vídeo da formatura escolar de sua filha. Como sua câmera possui Wi-Fi, ele apenas a deixa ligada. Pelo controle remoto, ele acessa o vídeo na câmera e começa a exibi-lo na TV, de forma intuitiva, através de um menu simples. Pedro acha que o volume da TV está baixo e o aumenta a partir do seu telefone celular.

### **3.2.2 Cenário 2: assistindo em qualquer ambiente**

Crislane, irmã de Pedro, está descansando em seu quarto, assistindo um filme na TV. Ela sente sede e se dirige até a cozinha para beber água. Infelizmente sua TV está com pouco espaço de armazenamento para gravar o restante do filme e impedir que ela perca alguma parte. Felizmente sua TV pode identificar que ela deixou o quarto e se dirigiu até a cozinha. A TV então procura um dispositivo com tela, capaz de reproduzir o filme na cozinha. Apenas o telefone celular dela é encontrado, e a TV passa a replicar seu conteúdo, redirecionando para o telefone celular. Crislane continua assistindo o filme enquanto está na cozinha. Ao voltar para o quarto, a TV detecta sua presença e desativa o redirecionamento do conteúdo. Crislane termina de assistir o filme sem perder nenhuma parte.

### **3.2.3 Cenário 3: identificando pessoas**

Antes de sair de casa, Henrique grava um recado em vídeo para sua esposa em sua câmera digital e o deixa na TV. Quando Luene, esposa de Henrique, chega à sua casa, a TV detecta sua presença e destrava a fechadura da porta de entrada. Ao

passar pela TV, Luene é alertada sobre o recado que Henrique deixou. Ela utiliza seu telefone celular para interagir com a TV e iniciar a reprodução do vídeo/recado. No vídeo, Henrique avisa que foi à casa de Pedro e que logo estará de volta. Após terminar o vídeo, a TV acessa alguns serviços na *Web* e informa os novos e-mails e a agenda do dia de Luene, alertando que em 30 minutos há uma consulta médica marcada para sua filha, Melissa.

### **3.2.4 Cenário 4: discriminando cenas**

Melissa é aluna de karatê. Antes de ir à consulta médica, ela assiste uma luta apresentada na TV, transmitida durante as olimpíadas, e classifica através das teclas numéricas de seu *smartphone* os golpes aplicados pelos competidores, atendendo a um pedido de seu instrutor, Matsubara. Enquanto assiste e discrimina as cenas da luta, o conteúdo audiovisual é gravado na TV e disponibilizado para outros dispositivos da rede doméstica de forma transparente, e as *timestamps* referentes aos momentos discriminados são registradas em seu telefone celular. Posteriormente, no salão de treinamento, Melissa e os outros aprendizes podem enviar as *timestamps* registradas no telefone celular para uma aplicação rodando na TV do salão, que também possui gravada a transmissão da luta. O instrutor pode avaliar e discutir as classificações individuais ou coletivas com análises sobre as cenas selecionadas.

## 4 IMPLEMENTAÇÃO, TESTES E RESULTADOS

Neste capítulo é justificada a tecnologia escolhida para o protótipo e são relatados a implementação da arquitetura proposta, sua integração com o *middleware* Ginga, detalhes dos serviços desenvolvidos, testes funcionais com dispositivos e via software e seus resultados.

### 4.1 TECNOLOGIAS ESCOLHIDAS

O processo de escolha das tecnologias de descoberta de serviços mais apropriada para o protótipo foi baseado em um conjunto de parâmetros, descritos a seguir:

- **Especificação aberta:** detalhes sobre a implementação e o funcionamento da tecnologia bem documentados e disponíveis para acesso e uso sem restrição;
- **Padrão de fato:** adotado por grande parte dos desenvolvedores de software e fabricantes de dispositivos;
- **Portabilidade:** pode ser executado em diferentes plataformas de hardware e implementado em diversas linguagens de programação;
- **Interoperabilidade:** pode comunicar/interagir com serviços implementados em outras linguagens de programação;
- **Meios de transmissão:** deve ser independente da camada física de transmissão;
- **Interação entre clientes e serviços:** oferece meios próprios para invocar serviços;
- **Servidor central:** deve ser capaz de formar redes instantâneas, sem a necessidade de um servidor central para registro e busca de serviços, e de configurações complexas.

Ao comparar as tecnologias de descoberta de serviços apresentadas, foram procuradas informações e documentação sobre cada uma em seu respectivo *site* na Web, bem como outras informações complementares em *sites* de busca. Não foram

realizados testes com implementações dessas tecnologias. Somente para a tecnologia escolhida foram realizados testes com algumas implementações para uso no desenvolvimento do protótipo. Os parâmetros identificados para comparação entre as tecnologias de descoberta de serviços estão organizados na Tabela 2.

**Tabela 2:** Comparação entre as tecnologias de descoberta de serviços para redes domésticas.

Tecnologia	Especificação aberta	Padrão de fato	Portabilidade	Interoperabilidade	Meios de transmissão	Interação entre clientes e serviços	Servidor central para registro e busca de serviços
<b>SLP</b>	Sim	Sim	Sim	Sim	Independente	Não	Opcional
<b>Bonjour</b>	Sim	Não	Sim	Sim	Independente	Não	Não
<b>UPnP</b>	Sim	Sim	Sim	Sim	Independente	Sim	Não
<b>Jini</b>	Sim	Não	Não	Não	Independente	Sim	Obrigatório
<b>SDP</b>	Sim	Sim	Sim	Sim	Restrito	Não	Obrigatório

A escolha da tecnologia de descoberta de serviços foi baseada na análise dos parâmetros apresentados, na identificação de algumas características desejadas, de acordo com os propósitos do projeto desta dissertação. O UPnP foi selecionado como a tecnologia mais apropriada.

O trabalho de mestrado também esteve diretamente vinculado ao projeto *GingaFrEvo & GingaRAP – Evolução do Middleware Ginga para Múltiplas Plataformas (Componentização) e Ferramentas para Desenvolvimento e Distribuição de Aplicações Declarativas*, um projeto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico liderado por três universidades, PUC-Rio, UFPB e UFSCar, e com participação de várias outras universidades e centros de pesquisa parceiros. Esse projeto é mantido pelo Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologias Digitais para Informação e Comunicação (CTIC) / RNP (Rede Nacional de Ensino e Pesquisa). O projeto explora soluções para três problemas de grande relevância no contexto do Sistema Brasileiro de TV Digital (SBTVD):

- 1) A criação de um conjunto de ferramentas para o suporte a autoria e difusão de dados em conformidade com o *middleware* Ginga;

- 2) O desenvolvimento do *middleware* Ginga para plataformas ligadas a Internet, visto que grande parte das emissoras também disponibiliza seus conteúdos nessas redes;
- 3) A demanda por mecanismos que facilitem a instanciação do Ginga em diversas plataformas, sistemas de comunicação e dispositivos, notadamente de seu núcleo comum (Ginga-CC).

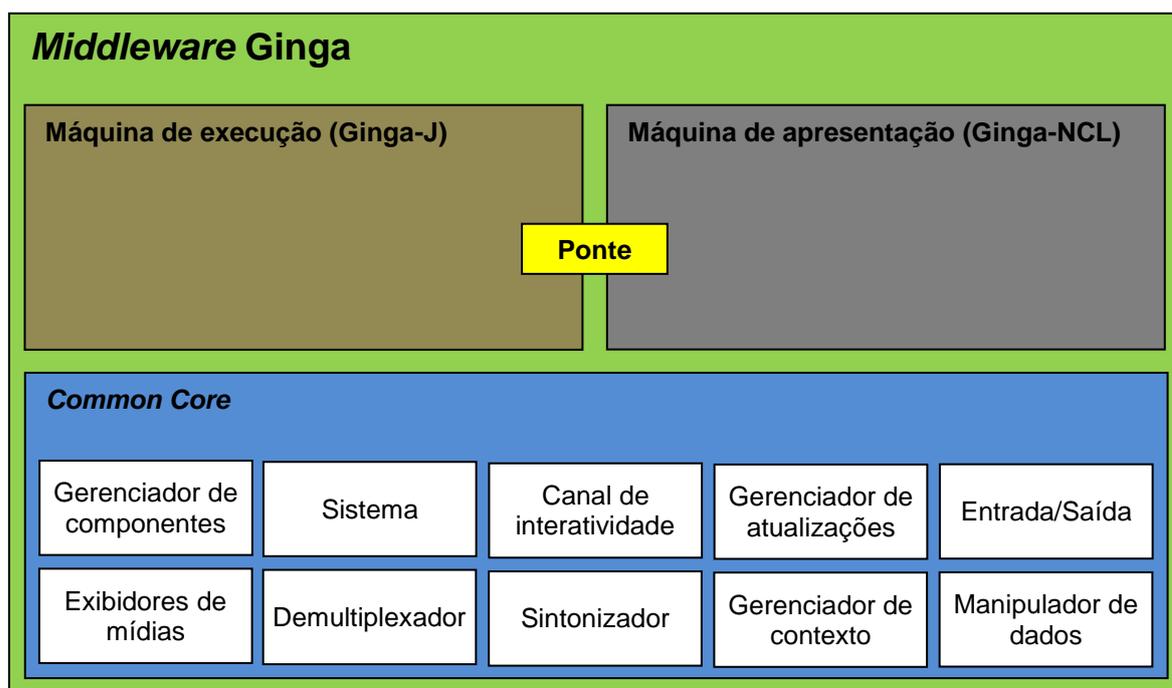
O projeto *GingaFrEvo & GingaRAP* é dividido em vários subprojetos, dos quais a UFSCar é responsável pelo GingaWaC e GingaAiyê. O GingaWaC explora o paradigma *Watch-and-Comment (WaC)* que fundamenta-se na ação natural do espectador assistir e fazer comentários sobre um programa de TV. Nesse projeto busca-se permitir a edição de programas de TV através da captura de interação multimodal (áudio, vídeo, telas sensíveis a toque, etc) e da colaboração. O GingaAiyê explora aplicações não convencionais para TV digital, tais como: sistemas de recomendação, integração com dispositivos de ambiente doméstico, colaboração de forma síncrona e assíncrona, bases de dados de interações do telespectador, entre outras. No contexto do trabalho de mestrado e do GingaAiyê foram desenvolvidos pelo autor componentes para prover diferentes serviços para interação entre as plataformas de TVDI e redes domésticas, utilizando o UPnP como tecnologia de descoberta de serviços e controle de dispositivos.

## 4.2 MIDDLEWARE GINGA

O Fórum SBTVD, composto por representantes do setor de radiodifusão, setor industrial, comunidade científica e tecnológica, entre outros, foi criado pelo decreto N° 5.820, de 29 de junho de 2006. Seu objetivo é o estabelecimento de bases técnicas, industriais e de regulamentação para a implementação da TVDI no Brasil. Ele especificou o ISDTV, o padrão de TVDI ratificado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e adotado no Brasil. Ginga é o nome do *middleware* desenvolvido para o ISDTV e incorporado as recomendações J.200, J.201 e J.202 da *International Telecommunication Union (ITU)*.

O *middleware* Ginga possibilita a execução de dois tipos de aplicações: procedural e declarativa. As aplicações procedurais devem ser escritas em

linguagem de programação Java e são executadas no subsistema lógico Ginga-J. As aplicações declarativas, por sua vez, devem ser escritas em linguagem *Nested Context Language* (NCL) e são executadas no subsistema lógico Ginga-NCL. O Ginga-NCL também suporta conteúdo ECMAScript, CSS, XHTML e Lua. Ginga *Common Core* é o subsistema lógico que oferece o suporte básico aos dois ambientes de execução. Ele é composto por decodificadores de conteúdo (PNG, JPEG, MPEG e outros) e procedimentos para obter conteúdos transportados pelas MPEG-2 *Transport Streams* e via canal de retorno. Além de proporcionar interatividade entre a emissora/contéudo e o usuário, o *middleware* Ginga foi projetado considerando a convergência digital como um requisito básico, apresentando componentes que suportam a interação simultânea de vários usuários com as aplicações de TVDI através de diversos dispositivos, usando *Bluetooth*, Wi-Fi, infravermelho, *Power Line Communications* (PLC), Ethernet e outras tecnologias de rede (SOUZA FILHO, LEITE e BATISTA, 2007).



**Figura 4:** Arquitetura do *middleware* Ginga e principais componentes do *Common Core* da implementação de referência.

Aplicações Ginga não precisam ser puramente procedurais ou declarativas. Uma aplicação declarativa pode referenciar uma procedural embutida. De forma

similar, uma aplicação procedural pode referenciar ou construir e iniciar a apresentação de um conteúdo declarativo. Portanto, qualquer tipo de aplicação Ginga pode fazer uso das facilidades oferecidas pelos ambientes de aplicação declarativa e procedural. A Figura 4 ilustra esta funcionalidade através de um mecanismo de ponte entre os dois ambientes de execução e apresenta os principais componentes encontrados no *Common Core* da implementação de referência do *middleware* Ginga<sup>12</sup>, a qual foi utilizada neste trabalho para instanciação da arquitetura proposta.

Os principais componentes do Ginga *Common Core* são descritos a seguir:

- Gerenciador de componentes (gingacc-cm): componente responsável pelo carregamento dinâmico dos diversos módulos do *middleware* Ginga;
- Sistema (gingacc-system): componente que atua na comunicação entre o *middleware* Ginga e os controladores de dispositivos de entrada e saída;
- Canal de interatividade (gingacc-ic): componente que controla o acesso ao canal de retorno, permitindo às aplicações interativas uma comunicação bi-direcional com os provedores de serviço;
- Gerenciador de atualizações (gingacc-um): componente responsável pela atualização de componentes do *middleware* Ginga, os quais são substituídos por versões mais recentes, disponibilizadas em um repositório;
- Entrada/Saída (gingacc-io): componente que fornece uma camada de abstração para os dispositivos de entrada e saída;
- Exibidores de mídias (gingacc-player): componente responsável pela reprodução de diversos tipos de mídias, que vão desde conteúdo audiovisual (áudio, imagem e vídeo) até aplicações procedurais (Java e Lua);
- Demultiplexador (gingacc-tsparser): componente responsável pela demultiplexação dos fluxos de transporte e obtenção dos fluxos elementares de áudio, vídeo e dados;

---

<sup>12</sup> **Implementação de referência do *middleware* Ginga**, versão 0.11.2, disponível em <http://www.softwarepublico.gov.br>

- Sintonizador (gingacc-tuner): componente responsável pela sintonização de canal, seja ele uma faixa de frequência do espectro (sistemas terrestres) ou um endereço lógico na rede, por exemplo;
- Gerenciador de contexto (gingacc-contextmanager): gerencia algumas informações dos usuários (nome, idade, sexo, etc) e do sistema (idioma, tamanho da tela, *clock* da CPU, sistema operacional, versão do Java e Lua, etc), importantes para personalização e adaptação de conteúdo;
- Manipulador de dados (gingacc-dataprocessing): componente que permite o acesso as informações sobre os elementos dos fluxos de transporte e é responsável pela montagem e gerenciamento do carrossel de dados.

### 4.3 SERVIÇOS

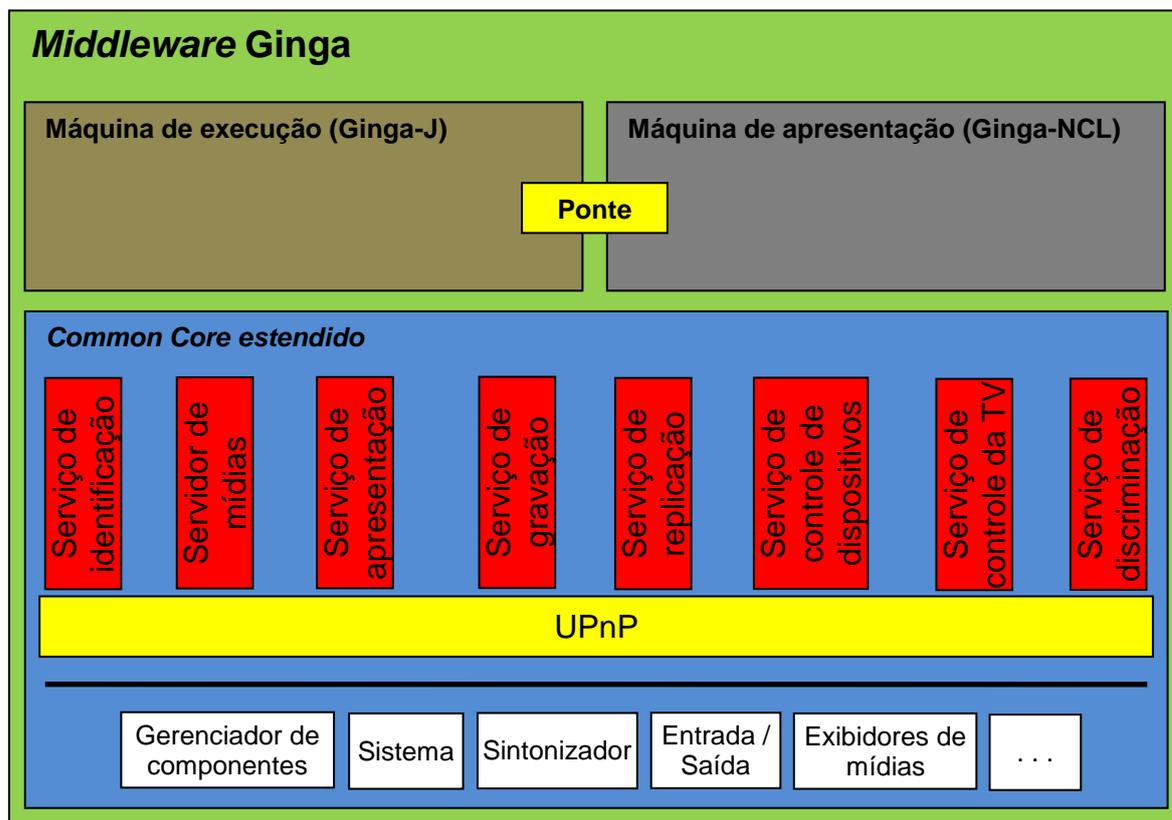
A arquitetura original do *middleware* Ginga foi estendida, de acordo com a arquitetura proposta, através do acréscimo de novas facilidades para atender algumas necessidades de aplicações ubíquas de redes domésticas. Essas facilidades são disponibilizadas por um conjunto de componentes de software ao programador de aplicações, fornecendo API e serviços que promovem a integração entre as plataformas de TV digital e rede doméstica. A Figura 5 ilustra, através de um diagrama de blocos, os serviços implementados (em vermelho) e a extensão realizada na arquitetura original (Figura 4) do *middleware* Ginga para instanciação da proposta deste trabalho.

A arquitetura proposta foi implementada na linguagem de programação C++ e integrada à implementação de referência do *middleware* Ginga. Para a descoberta automática de serviços e controle de dispositivos foram escolhidas e testadas três bibliotecas<sup>13</sup>: *CyberLink for Java*; *CyberLink for C++*; e *Portable SDK for UPnP Devices* (libupnp). As duas primeiras apresentaram falhas de comunicação/implementação, sendo essa uma forte razão da escolha da terceira

---

<sup>13</sup> *CyberLink for Java* e *CyberLink for C++* disponíveis em <http://www.cybergarage.org/> e *libupnp* disponível em <http://pupnp.sourceforge.net/>

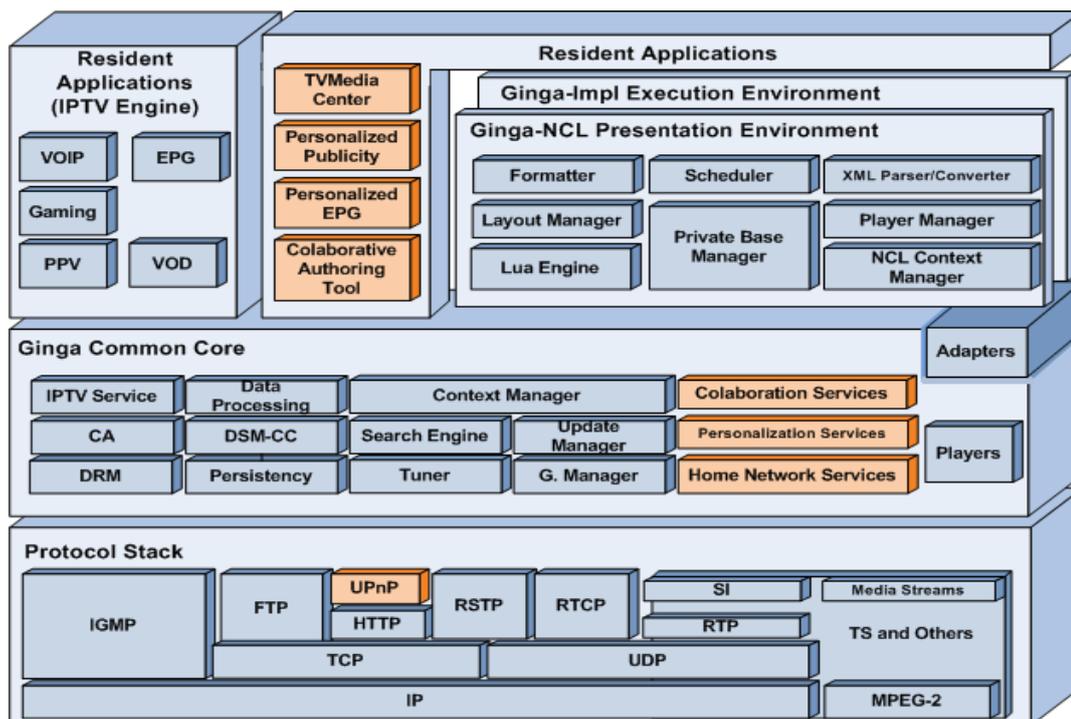
para uso no protótipo, que também apresentou melhor desempenho (menor consumo de memória e processamento).



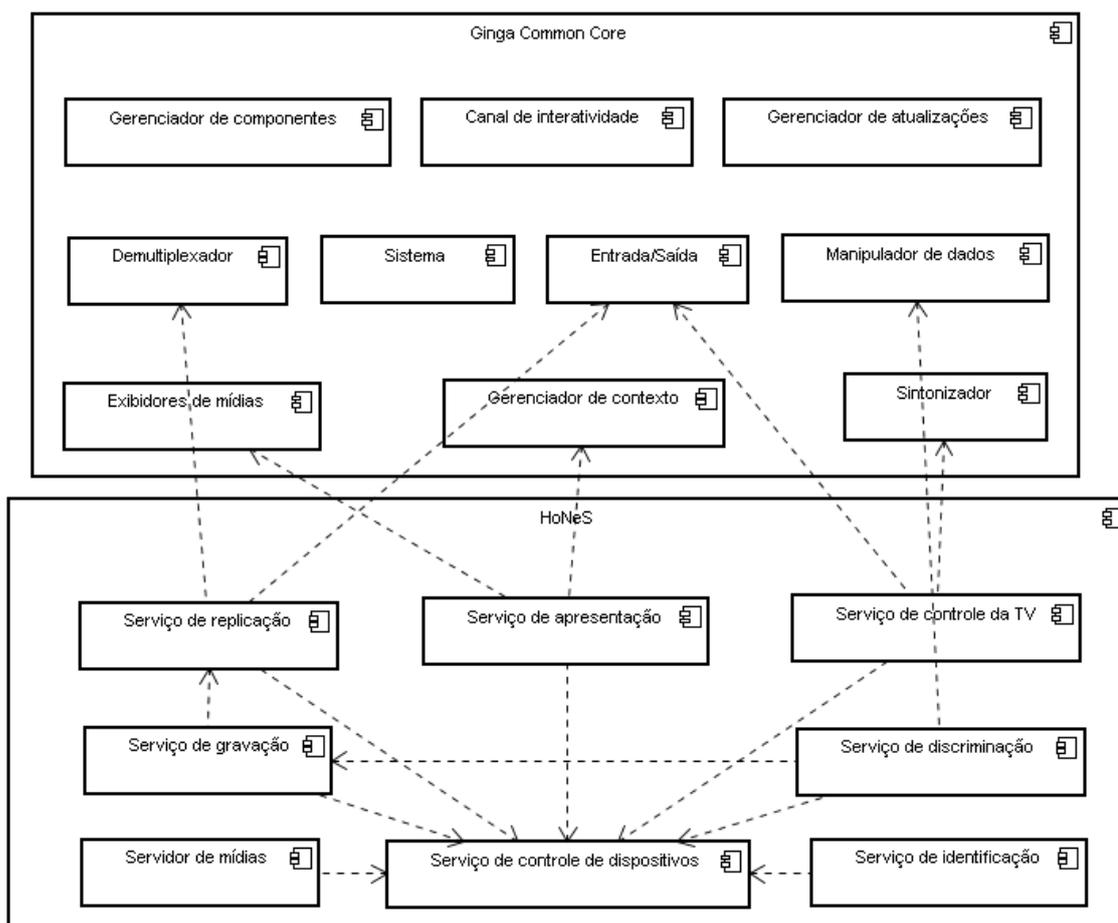
**Figura 5:** Arquitetura para o suporte de aplicações ubíquas em redes domésticas integrada ao *middleware* Ginga.

A Figura 6 ilustra como o conjunto de serviços implementados (HoNeS) foi incorporado à arquitetura da implementação de referência do *middleware* Ginga, apresentando componentes da pilha de protocolos, do *Common Core*, do ambiente de apresentação Ginga-NCL e aplicações residentes.

O diagrama de componentes apresentado na Figura 7 dá uma visão geral das funcionalidades utilizadas por cada componente de software desenvolvido, os quais são detalhados nas subseções seguintes. Através dos aspectos técnicos da implementação pode-se entender os detalhes da arquitetura proposta.



**Figura 6:** Componentes da arquitetura da implementação de referência do *middleware* Ginga com o HoNeS.



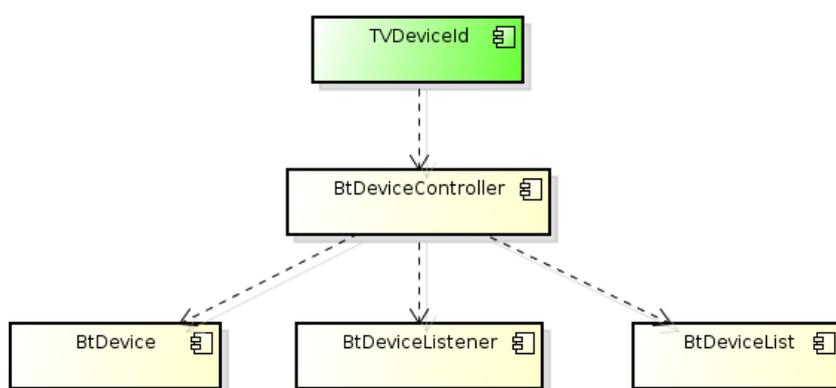
**Figura 7:** Diagrama de componentes do HoNeS integrado ao *Ginga Common Core*.



Como demonstrado no diagrama de componentes da Figura 7, todos os módulos desenvolvidos neste trabalho fazem uso do módulo de controle de dispositivos para disponibilizar seus serviços na rede. O serviço de controle de dispositivos é uma camada acima da biblioteca *libupnp* que faz uso de suas funções para comunicação com outros dispositivos. As classes implementadas para esse módulo estão ilustradas na Figura 8.

#### 4.3.2 Serviço de identificação para redes domésticas

O serviço de identificação disponibiliza ao programador de aplicações meios para ser informado sobre a descoberta de novos dispositivos e saída desses dispositivos da rede. Esse serviço pode trabalhar de forma distribuída. Ao encontrar outra instância do serviço de identificação na rede, ele automaticamente se registra para ser informado sobre mudanças de estado de variáveis. Essa outra instância do serviço, através de um sistema de notificação (GENA) envia mensagens a todos os dispositivos registrados quando ocorrem eventos que alteram o valor de estado de variáveis. Dessa forma, dispositivos identificados por tecnologias diferentes ou pontos não cobertos por um dispositivo identificador podem ser identificados por outros dispositivos e compartilhadas suas informações.



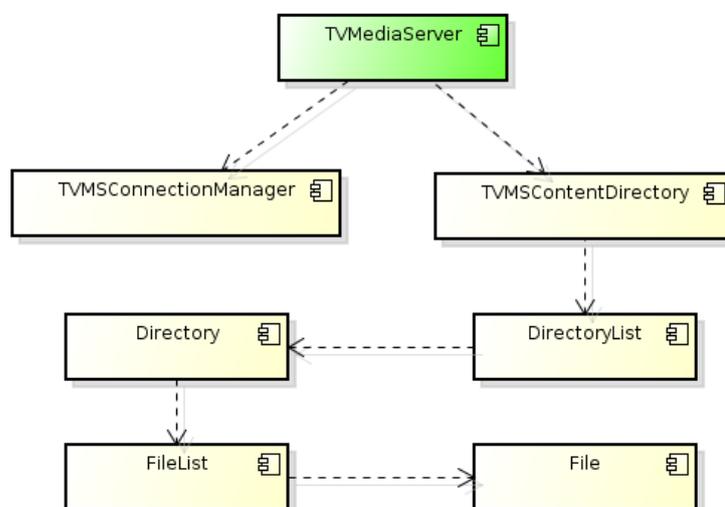
**Figura 9:** Diagrama de componentes das classes do módulo de identificação.

Para o protótipo, o módulo de identificação foi desenvolvido utilizando as funcionalidades fornecidas pelo serviço de controle de dispositivos, na identificação

de dispositivos UPnP, e novas classes foram implementadas para identificação de dispositivos *Bluetooth*. A Figura 9 ilustra as classes desenvolvidas para esse módulo.

### 4.3.3 Servidor de mídias

O módulo servidor de mídias fornece ao programador de aplicações meios para o compartilhamento transparente de mídias em redes domésticas. Ele é formado por um conjunto de classes que representam abstrações de diretórios e arquivos, além dos serviços de gerenciamento de conexão e diretório de conteúdo, os quais são disponibilizados na rede. Essas classes são apresentadas na Figura 10.

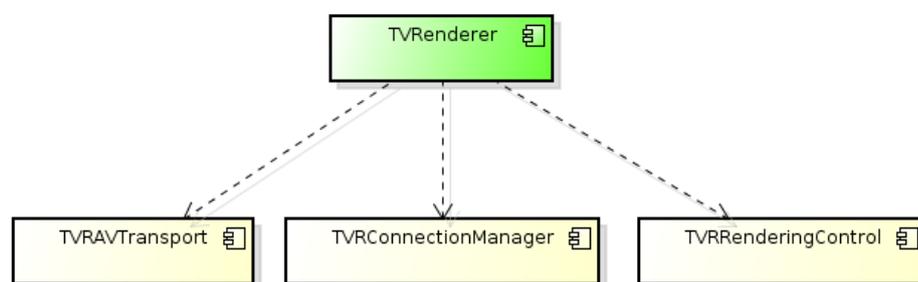


**Figura 10:** Diagrama de componentes das classes do módulo servidor de mídias.

O gerenciador de conexões é responsável basicamente por fornecer informações sobre os protocolos suportados para transferência de mídias, aceitar ou recusar uma conexão com um dispositivo e relatar o *status* de uma conexão ativa. O serviço de diretório de conteúdo permite buscas e navegação pelos arquivos de mídia, acesso às propriedades (tipo, tamanho, duração, resolução, autor, etc) do arquivo e transferência do mesmo. Esses serviços foram implementados para também operarem com dispositivos DLNA, portanto, são compatíveis com aparelhos de TV, consoles de videogame, computadores, telefones celulares, e outros eletrônicos que trazem essa certificação.

#### 4.3.4 Serviço de apresentação para redes domésticas

O módulo de apresentação disponibiliza serviços na rede que permitem uma aplicação em outro dispositivo utilizá-lo para exibir e controlar a exibição de conteúdo multimídia (áudio, vídeo e imagem). A Figura 11 apresenta de forma simplificada a estrutura do módulo de apresentação. A classe *TVRenderer* utiliza as classes *TVRConnectionManager*, *TVRRenderingControl* e *TVRAVTransport* que implementam os serviços de gerenciador de conexões, controle de reprodução e gerenciador de transferência de mídia, respectivamente.



**Figura 11:** Diagrama de componentes das classes do módulo de apresentação.

O gerenciador de conexões tem função similar ao descrito no servidor de mídias. O controle de reprodução permite alterar propriedades de uma mídia em reprodução, tais como volume, brilho e contraste. O gerenciador de transferência de mídia possibilita trocar de mídia e obter informações sobre a mídia em reprodução, saltar para um ponto específico da reprodução (*seek*), voltar ou avançar para a próxima mídia, colocar a mídia em modo *pause*, retomar a reprodução e parar definitivamente a reprodução da mídia. A Figura 12 ilustra o funcionamento do serviço de apresentação.

Os módulos **exibidores de mídias** e **gerenciador de contexto** do *middleware* Ginga foram utilizados para reprodução de mídias e obtenção de informações do sistema, respectivamente. Os serviços implementados no módulo de apresentação também operam com dispositivos DLNA, portanto, são compatíveis com aparelhos de TV, consoles de videogame, computadores, telefones celulares, e outros eletrônicos que trazem essa certificação.

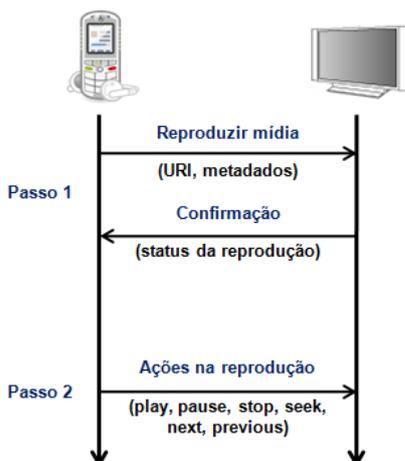


Figura 12: Diagrama simplificado do serviço de apresentação em operação.

#### 4.3.5 Serviço de replicação para redes domésticas

O módulo de replicação permite a captura do conteúdo apresentado na TV e replicação desse conteúdo para armazenamento local ou transferência para outros dispositivos da rede doméstica.

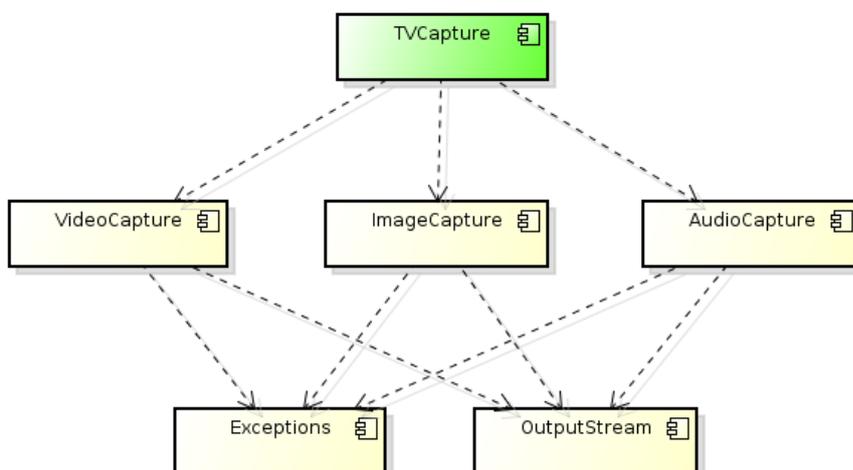


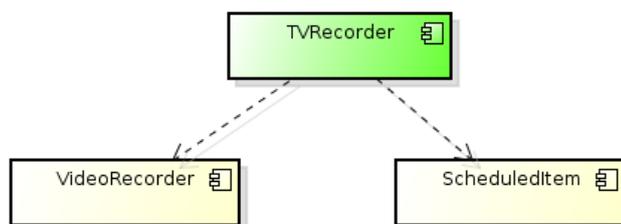
Figura 13: Diagrama de componentes das classes do módulo de replicação.

O módulo de replicação é formado pelo conjunto de classes ilustrado na Figura 13. Ele acessa algumas funcionalidades dos módulos **demultiplexador** e **entrada/saída** do *middleware* Ginga para permitir a captura do conteúdo apresentado. Para a captura e transcodificação do conteúdo foi utilizada uma versão

adaptada da biblioteca *FFmpeg*<sup>14</sup>. A biblioteca *FFmpeg* pode ser utilizada na codificação, compressão e transcodificação de diversos arquivos de mídia, e na transferência (local ou remota) de mídias. O módulo de replicação é uma camada acima da biblioteca *FFmpeg*, o qual disponibiliza classes para captura e replicação local ou em rede de áudio, vídeo e imagem. Além disso, um serviço UPnP é disponibilizado na rede para acesso transparente às funcionalidades desse módulo. Dessa forma, o conteúdo apresentado na TV pode ser visualizado em outros equipamentos que não dispõem de um sintonizador de TV.

#### 4.3.6 Serviço de gravação para redes domésticas

O módulo de gravação fornece ao programador de aplicações meios para o agendamento e gerenciamento de gravações de programas, simplificando o processo de criação de aplicações do tipo PVR (*Personal Video Recorder*). Além da API, um serviço UPnP é disponibilizado na rede e permite o acesso às funcionalidades desse módulo.



**Figura 14:** Diagrama de componentes das classes do módulo de gravação.

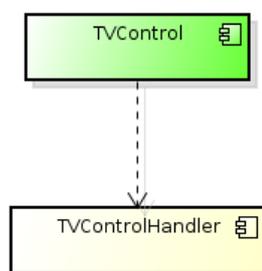
A Figura 14 apresenta o conjunto de classes que forma o módulo de gravação. A classe *ScheduledItem* representa uma gravação do conteúdo a ser exibido na TV e permite especificar parâmetros como: início e duração da gravação, codificação e formato do arquivo destino, resolução e propriedades do áudio. A classe *VideoRecorder* gerencia o agendamento das gravações, permitindo a inclusão de novas gravações e remoção de agendamentos, além de sincronizar o início e término das mesmas. A classe *TVRecorder* disponibiliza essas

<sup>14</sup> FFmpeg disponível em <http://ffmpeg.org/>

funcionalidades na rede através de um serviço UPnP. O módulo de gravação utiliza as funcionalidades providas pelo módulo de replicação para a captura do conteúdo apresentado na TV e armazenamento em arquivo.

#### 4.3.7 Serviço de controle da TV para redes domésticas

O módulo de controle das funcionalidades básicas da TV é uma camada sobre os módulos **entrada/saída** e **sintonizador** do *middleware* Ginga. Ele fornece uma interface para o programador de aplicações interagir com propriedades como: volume, canal, brilho, contraste, saturação e matiz. Essas funcionalidades também são disponibilizadas via rede, através de um serviço UPnP, e podem ser acessadas por aplicações remotas. O conjunto de classes que forma o módulo de controle das funcionalidades básicas da TV é ilustrado na Figura 15.



**Figura 15:** Diagrama de componentes das classes do módulo de controle das funcionalidades básicas da TV.

#### 4.3.8 Serviço de discriminação para redes domésticas

O módulo de discriminação é formado por uma classe principal (TVWaC) em que é disponibilizado o serviço de discriminação de momentos e segmentos de mídias contínuas. Essa classe utiliza as funcionalidades providas pela infra-estrutura proposta por (MELO, 2010). O módulo **manipulador de dados** do *middleware* Ginga é utilizado para obtenção de informações sobre o canal e o programa em exibição, sincronização de data e hora, entre outras. O módulo de gravação é utilizado quando o conteúdo discriminado não está armazenado, ou seja, para discriminação de conteúdo ao vivo.

O funcionamento do serviço de discriminação pode ser descrito sucintamente em duas etapas: a) o dispositivo utilizado pelo telespectador para realizar a discriminação envia uma identificação (usuário e/ou dispositivo) e o tipo de discriminação a ser realizada (número da tecla pressionada, por exemplo) e recebe como resposta a identificação do canal e do programa em exibição, e o momento (data e hora) em que a discriminação foi realizada; b) todos esses dados podem ser utilizados por uma aplicação na TV ou armazenados no dispositivo do usuário e descarregados posteriormente em outra TV, mesclados com dados de outros usuários ou não, e utilizados para diversas aplicações.

#### 4.4 TESTES FUNCIONAIS

A solução implementada foi avaliada operacionalmente utilizando o *Ginga-NCL Virtual STB* (máquina virtual Linux com a implementação de referência do *middleware* Ginga) em um computador *desktop* e em um *notebook*. Um MiniPC AOpen executando a implementação de referência do *middleware* Ginga também foi utilizado, emulando um terminal de acesso. Para os testes funcionais dos serviços foram utilizados os seguintes dispositivos: um *smartphone* Nokia N95, um Nokia N810 Internet Tablet, *desktops* e *notebooks*. Em termos de software, foram utilizados o *UPnP Inspector* (biblioteca *Coherence*<sup>15</sup>) e as ferramentas do *upnp-tools* (biblioteca *GUPnP*<sup>16</sup>). O *Microsoft Windows 7* também foi selecionado para os testes por estar presente em grande parte dos computadores domésticos.

Os testes foram realizados em redes cabeada e sem fio. No notebook, os testes foram realizados em redes cabeada e sem fio, utilizando as funcionalidades nativas do *player* de mídias do *Windows 7* para teste do servidor de mídias e do serviço de apresentação, reproduzindo arquivos do terminal de acesso no notebook e do notebook no terminal de acesso. O *UPnP Inspector* e *upnp-tools* foram utilizados para descoberta e acionamento de todos os serviços em um *desktop* rodando o sistema operacional *Ubuntu 9.10*. Os testes no N95 e no N810 foram realizados em uma rede sem fio e utilizando software próprio dos dispositivos para

---

<sup>15</sup> *Coherence* disponível em <http://coherence.beebits.net/>

<sup>16</sup> *GUPnP* disponível em <http://www.gupnp.org/>

exibição do conteúdo na TV (serviço de apresentação) e no próprio aparelho (servidor de mídias).



**Figura 16:** Transferência do conteúdo da TV para o notebook e *smartphone*.

A Figura 16 apresenta fotos dos experimentos realizados com os serviços de gravação e replicação. Na primeira etapa do experimento, o conteúdo em exibição na TV foi replicado para a rede e reproduzido em tempo real no notebook; concomitantemente a isso, o serviço de gravação foi acionado e o conteúdo apresentado na TV gravado no terminal de acesso. Na segunda etapa do experimento, o conteúdo gravado no terminal de acesso foi disponibilizado na rede, através do servidor de mídias, e reproduzido no *smartphone*. Detalhes desses experimentos também foram abordados em (FREITAS e TEIXEIRA, 2009).

A Figura 17 mostra fotos do experimento realizado com o serviço de discriminação através da aplicação *Match the Master*. A aplicação explora o paradigma WaC realizando as seguintes ações: captura da interação com a TV de um grupo de usuários/alunos através dos seus dispositivos portáteis; análise e comparação das interações realizadas por todos os usuários com as de um usuário denominado *master* – em nosso caso, o professor; e geração de um novo documento interativo que exibe a pontuação obtida por cada aluno em relação ao professor. O protótipo foi elaborado para atuar em aulas de psicologia que tem por objetivo promover no aluno a capacidade de discriminar diferentes comportamentos humanos. As cenas devem ser classificadas pelos estudantes de acordo com

instruções dadas pelo professor. A Figura 17 (a) retrata o momento em que um grupo de telespectadores, que estão assistindo um filme a partir de uma mesma TV decide utilizar a aplicação *Match the Master* através de seus dispositivos portáteis (para o teste foi utilizado um emulador de telefone celular); Usando o controle remoto da TV, o *master* pode, a qualquer momento, pressionar a tecla *stop*, interrompendo a sessão de discriminação e dando início à computação dos pontos. A contabilização acontece na parte servidora da aplicação, no terminal de acesso, para todos os usuários, através da comparação de suas marcações com aquelas realizadas pelo *master*. Um documento multimídia interativo é então gerado e apresentado na TV, como ilustrado na Figura 17 (b). Detalhes desse experimento também foram abordados em (FREITAS, PIMENTEL e TEIXEIRA, 2009).



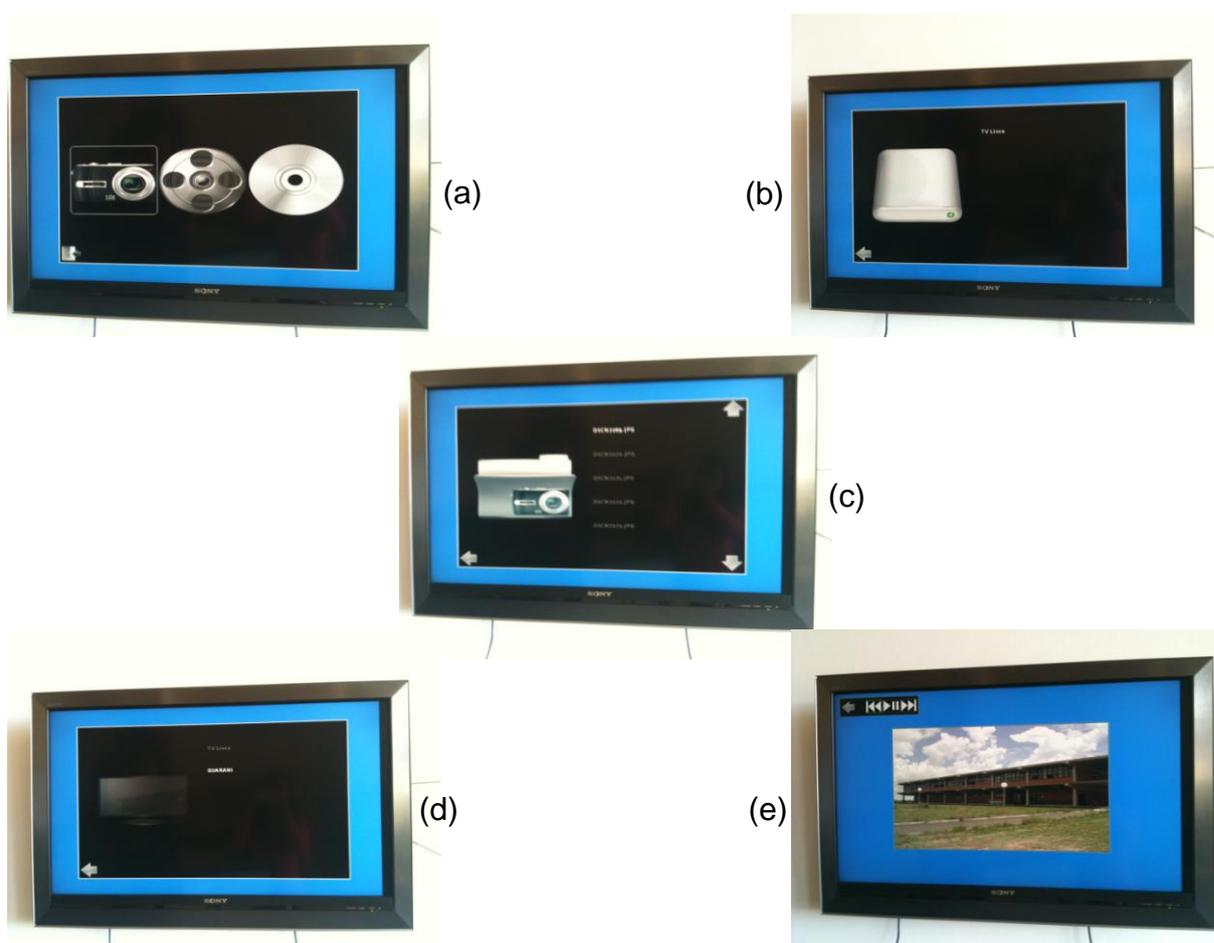
(a)



(b)

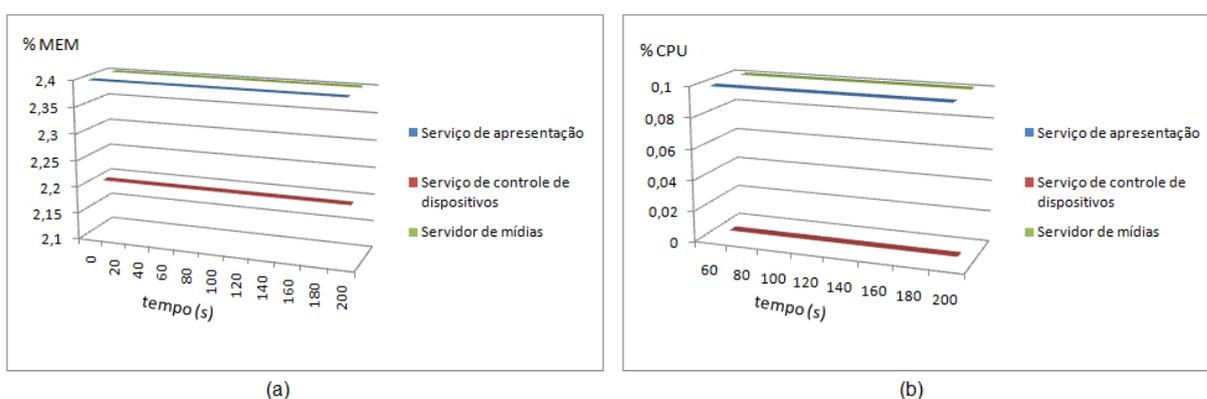
**Figura 17:** Aplicação *Match the Master* utilizando o serviço de discriminação.

A Figura 18 exibe fotos do experimento realizado com a aplicação *TV Media Center*, onde foram explorados os serviços de controle de dispositivos e de apresentação, e o servidor de mídias. O objetivo da aplicação é permitir ao telespectador reproduzir na TV, ou em outro dispositivo, áudio, vídeo e imagem armazenados em algum dispositivo na rede. A tela inicial da aplicação (a) permite ao telespectador escolher a partir do controle remoto qual o tipo de mídia deseja reproduzir. Passada essa etapa, a segunda tela (b) apresenta a lista de servidores de mídias encontrados na rede. A tela seguinte (c) permite ao telespectador escolher o arquivo que será reproduzido através de uma lista disponibilizada pelo servidor de mídias. A próxima etapa (d) é selecionar onde o arquivo será reproduzido, ou seja, selecionar um serviço de apresentação entre os encontrados na rede. Depois de selecionado o serviço de apresentação, a reprodução é iniciada (e) e pode-se avançar para a próxima mídia, retroceder para uma mídia anterior ou colocar a mídia em modo *pause*.



**Figura 18:** Experimento com a aplicação *TV Media Center*.

Nos experimentos práticos, que envolveram testes funcionais com dispositivos e via software, os serviços operaram como esperado, não apresentando erros. Os gráficos ilustrados na Figura 19 apresentam o uso de memória e processamento do serviço de controle de dispositivos, serviço de apresentação e servidor de mídias utilizando a máquina virtual *Ginga-NCL Virtual STB* em um *notebook* com 4 GB de memória RAM e com processador de dois núcleos e *clock* de 2,1 GHz. A máquina virtual foi configurada para utilizar 512 MB de memória RAM e um núcleo do processador. Foram realizadas 10 aferições sobre cada serviço, com intervalo de 20 segundos entre cada uma. O gráfico demonstra que a utilização do processador foi menor ou igual a 0,1% e a maior utilização da memória foi de aproximadamente 12 MB. A norma ABNT NBR 15604:2007<sup>17</sup> estabelece que o receptor que dispuser de *middleware* deve disponibilizar 2 MB ou mais de memória volátil para conteúdos de dados, mas não define parâmetros sobre a capacidade de processamento do mesmo, deixando para o fabricante essa responsabilidade. Isso demonstra que para um receptor incorporar a arquitetura proposta é preciso possuir capacidade de memória volátil superior às exigências mínimas. Existem atualmente à venda no mercado brasileiro produtos de consumo compatíveis com o ISDTV com capacidade de memória e de processamento muito superiores aos necessários para incorporação da arquitetura proposta.



**Figura 19:** Utilização de memória (a) e processamento (b) por três serviços do HoNeS.

<sup>17</sup> ABNT NBR 15604:2007 disponível em [http://www.dtv.org.br/download/pt-br/ABNTNBR15604\\_2007Vc\\_2008.pdf](http://www.dtv.org.br/download/pt-br/ABNTNBR15604_2007Vc_2008.pdf)

## 4.5 ANÁLISE COMPARATIVA

Para a análise comparativa da arquitetura proposta neste trabalho com as encontradas na literatura pesquisada foram identificados três parâmetros: a forma de desenvolvimento das aplicações e serviços; o protocolo de descoberta automática de serviços; e os serviços fornecidos pelas propostas.

Em termos de desenvolvimento de aplicações interativas, desde as propostas que tentam não ser intrusivas até aquelas que alteram completamente a estrutura das aplicações, encontradas nos trabalhos correlatos, em todas é preciso um conhecimento prévio do programador sobre o serviço ao qual sua aplicação irá interagir. A proposta apresentada e implementada neste trabalho cria uma nova API, exigindo do programador um tempo de aprendizagem. Contudo, esse tempo de aprendizagem pode ser relativamente pequeno, similar ao despendido no entendimento de um novo serviço.

Em relação ao protocolo de descoberta automática de serviços, o UPnP foi escolhido como o mais apropriado para a implementação da arquitetura proposta por suas características técnicas aos demais, como pode ser observado na seção 4.1.

Quanto aos serviços da arquitetura, algumas das propostas encontradas nos trabalhos correlatos permitem apenas o acesso a serviços em outros dispositivos, outras permitem o desenvolvimento de novos serviços na TV e acesso a serviços em outros dispositivos, e uma pequena minoria traz alguns serviços implementados junto à arquitetura. Na proposta implementada neste trabalho, é disponibilizado um conjunto de oito serviços que facilitam o desenvolvimento de aplicações ubíquas. Para a viabilização dos cenários descritos na Seção 3.2, por exemplo, o programador de aplicações teria seu trabalho facilitado ao utilizar as funcionalidades do **serviço de apresentação**, **serviço de controle de dispositivos** e **serviço de controle da TV** no Cenário 1. O Cenário 2 poderia ser viabilizado com menos esforço para o programador através do **serviço de identificação**, **serviço de controle de dispositivos** e **serviço de replicação**. Para o Cenário 3 poderia ser utilizado o **servidor de mídias**, **serviço de identificação** e **serviço de apresentação**. O Cenário 4 seria construído de forma relativamente fácil através do **serviço de discriminação**, **serviço de gravação** e **servidor de mídias**.

## 5 CONCLUSÕES

As redes domésticas estão cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas. Um problema significativo a ser superado é a interoperabilidade entre os dispositivos presentes na rede, devido a sua heterogeneidade, tanto em funcionalidade quanto em poder computacional. O UPnP oferece uma boa arquitetura para interoperabilidade de dispositivos, adotando protocolos amplamente aceitos; sua exploração e disseminação contribuem para a efetiva viabilização desse tipo de rede.

A TVDI possui potencial para inúmeras aplicações, além da apresentação de conteúdo audiovisual, que podem beneficiar o usuário. O ganho computacional, a integração direta com dispositivos de apresentação de qualidade de áudio e vídeo e de interação com o usuário, e seus diferentes canais de comunicação com outros dispositivos a habilitam a ser elemento chave em uma rede doméstica.

A incorporação ao *middleware* de TVD de funcionalidades como compartilhamento e reprodução de mídias, gravação e replicação de conteúdo, e identificação e controle de dispositivos, implementadas neste trabalho, apresenta-se como uma solução interessante de infra-estrutura para o oferecimento de serviços ubíquos no contexto de ambientes domésticos. Os experimentos realizados demonstraram a viabilidade dessas operações em ambiente doméstico tendo a TV como elemento central. O conjunto de módulos de software implementado possibilita que aplicações locais ou em outros dispositivos acessem os serviços na TV para efetuarem a gravação de programas, exibirem o conteúdo apresentado na TV em outros dispositivos de forma transparente ao usuário, apresentarem e/ou tocarem algum arquivo de mídia armazenado na TV, controlarem o volume e a mudança de canal, reproduzirem na TV alguma mídia a partir de outro dispositivo e discriminarem momentos e segmentos de conteúdo exibido na TV. A identificação e o controle de dispositivos também podem ser utilizados pelas aplicações para proporcionarem cenários como os descritos no Capítulo 3.

Por fim, nesse trabalho de mestrado foi proposta e desenvolvida uma arquitetura para o suporte de aplicações ubíquas em redes domésticas centradas em TV digital. A arquitetura foi comparada com as propostas dos trabalhos correlatos

e o conjunto de novos serviços testados operacionalmente. Os serviços desenvolvidos facilitam a implementação de aplicações ubíquas, em redes domésticas que possui a TV como elemento central de interação com outros dispositivos, pois simplificam o processo ao prover diversas funcionalidades úteis e interessantes ao programador de aplicações. Também contribuição do trabalho é a exploração das funcionalidades do *middleware* de TVD para prover serviços que simplificam o desenvolvimento de aplicações ubíquas em ambientes residenciais, estendendo o escopo de cenários de convergência que podem ser construídos.

## 5.1 TRABALHOS DECORRENTES

Como decorrência do presente trabalho, novas possibilidades de exploração de novos serviços envolvendo TVDI e redes domésticas são abertas. Possíveis trabalhos futuros podem ser desenvolvidos na área de segurança dos dados, privacidade dos usuários, adaptação de conteúdo (previsto na arquitetura proposta) e direitos autorais do conteúdo compartilhado e/ou armazenado, por exemplo.

Por fim, estudos detalhados, construídos sobre cenários específicos, utilizando a arquitetura desenvolvida em uma plataforma de *hardware* real também poderiam ser realizados. Nesses estudos poderiam ser verificados os componentes de software (uso de memória e processador, por exemplo), o desempenho na comunicação entre os dispositivos, a interação com usuários, a aceitação por usuários, entre outros pontos de interesse de estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, R. B. Computação Ubíqua: Princípios, Tecnologias e Desafios. **SBRC2003 - XXI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores**, Natal, RN, p. 45-115, 2003.

BAE, Y.-S.; OH, B.-J.; MOON, K.-D.; KIM, S.-W. Architecture for interoperability of services between an ACAP receiver and home networked devices. **IEEE Transactions on Consumer Electronics**, v. 52, n. 1, p. 123-128, 2006. ISSN 0098-3063. DOI: 10.1109/TCE.2006.1605036.

CABRER, M. R.; REDONDO, R. P. D.; VILAS, A. F.; ARIAS, J. J. P.; DUQUE, J. G. Controlling the smart home from TV. **IEEE Transactions on Consumer Electronics**, v. 52, n. 2, p. 421-429, 2006. ISSN 0098-3063. DOI: 10.1109/TCE.2006.1649659.

CESAR, P.; BULTERMAN, D. C. A.; JANSEN, A. J. Usages of the Secondary Screen in an Interactive Television Environment: Control, Enrich, Share, and Transfer Television Content. **EUROITV '08: Proceedings of the 6th European conference on Changing Television Environments**, Salzburg, Austria, p. 168-177, 2008. ISSN 978-3-540-69477-9. DOI: 10.1007/978-3-540-69478-6\_22.

CESAR, P.; BULTERMAN, D. C. A.; SOARES, L. F. G. Introduction to special issue: Human-centered television - directions in interactive digital television research. **ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications**, New York, NY, USA, v. 4, n. 4, p. 1-7, 2008. ISSN 1551-6857. DOI: 10.1145/1412196.1412197.

CESAR, P.; CHORIANOPOULOS, K. The Evolution of TV Systems, Content, and Users Toward Interactivity. **Foundations and Trends in Human-Computer Interaction**, Hanover, MA, USA, v. 2, n. 4, p. 279-373, 2009. ISSN 1551-3955. DOI: 10.1561/1100000008.

DE LUCENA, V. F.; FILHO, J. E. C.; VIANA, N. S.; MAIA, O. B. A home automation proposal built on the Ginga digital TV middleware and the OSGi framework. **IEEE Transactions on Consumer Electronics**, v. 55, n. 3, p. 1254-1262, 2009. ISSN 0098-3063. DOI: 10.1109/TCE.2009.5277985.

DIXIT, S.; PRASAD, R. **Technologies for home networking**. New York: John Wiley & Sons, 2008.

FORNO, F.; MALNATI, G.; PORTELLI, G. HoNeY: a MHP-based Platform for HOme NeTwork interoperability. **Proceedings of the 20th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications**, 2006.

FORNO, F.; MALNATI, G.; PORTELLI, G. HoNeY: a MHP-based Platform for HOme NeTwork interoperability. **20th International Conference on Advanced Information Networking and Applications**, Washington, DC, USA, p. 102-110, 2006. ISSN 0-7695-2466-4-02. DOI: 10.1109/AINA.2006.191.

FREITAS, G. B.; PIMENTEL, M. G. C.; TEIXEIRA, C. A. C. A discriminação coletiva de momentos e segmentos como uma exploração do conceito Watch-and-Comment. **WebMedia'09: XV Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web**, Fortaleza-CE, 2009.

FREITAS, G. B.; TEIXEIRA, C. A. C. Ubiquitous services in home networks offered through digital TV. **24th Annual ACM Symposium on Applied Computing (ACM SAC 2009)**, Honolulu, Hawaii, p. 1834-1838, 2009. ISSN 978-1-60558-166-8. DOI: 10.1145/1529282.1529691.

GARCIA, P. C. **HAVi Components in Digital Television**. 2001. Dissertação (mestrado) - Department of Computer Sciences, Helsinki University of Technology, 2001.

GE, C.; LI, Y.; ZHI, X.; TONG, W. The intelligent STB - implementation of next generation of residential gateway in digital home. **2nd International Conference on Pervasive Computing and Applications**, Birmingham, p. 256-261, 2007. ISSN 978-1-4244-0970-9. DOI: 10.1109/ICPCA.2007.4365450.

GUPTA, R.; TALWAR, S.; AGRAWAL, D. P. Jini Home Networking: A Step toward Pervasive Computing. **Computer**, Los Alamitos, CA, USA, v. 35, n. 8, p. 34-40, 2002. ISSN 0018-9162. DOI: 10.1109/MC.2002.1023786.

HÖLBLING, G.; RABL, T.; COQUIL, D.; KOSCH, H. Interactive TV Services on Mobile Devices. **IEEE MultiMedia**, Los Alamitos, CA, USA, v. 15, n. 2, p. 72-76, 2008. ISSN 1070-986X. DOI: 10.1109/MMUL.2008.34.

JOHANSSON, R. B. **Design and implementation of a prototype home media system for an IP-based set-top box**. 2004. Dissertação (mestrado) - Department of Computer and Information Science, Linköping Universitet, 2004.

LIN, C.-C.; CHEN, M.-S. On Controlling Digital TV Set-Top-Box by Mobile Devices via IP Network. **7th IEEE International Symposium on Multimedia**, Washington, DC, USA, p. 52-59, 2005. ISSN 0-7695-2489-3. DOI: 10.1109/ISM.2005.85.

LIN, C.-L.; WANG, P.-C.; HOU, T.-W. A wrapper and broker model for collaboration between a set-top box and home service gateway. **IEEE Transactions on Consumer Electronics**, Rosemont, IL, USA, v. 54, n. 3, p. 1123-1129, 2008. ISSN 0098-3063. DOI: 10.1109/TCE.2008.4637597.

LO, S.-H.; LIN, C.-C.; CHEN, M.-S. Controlling digital TV set-top box with mobile devices via an IP network. **IEEE Transactions on Consumer Electronics**, Rosemont, IL, USA, v. 52, n. 3, p. 935-942, 2006. ISSN 0098-3063. DOI: 10.1109/TCE.2006.1706491.

MAIA, O. B.; DE LUCENA, V. F. A communication infrastructure between the Brazilian interactive digital TV and residential devices. **EuroITV '09: Proceedings of the seventh european conference on European interactive television conference**, Leuven, Belgium, p. 115-118, 2009. ISSN 978-1-60558-340-2. DOI: 10.1145/1542084.1542104.

MARSHALL, P. Home networking: a TV perspective. **Electronics & Communication Engineering Journal**, v. 13, n. 5, p. 209-212, 2001. ISSN 0954-0695.

MATSUBARA, F. M.; HANADA, T.; IMAI, S.; MIURA, S.; AKATSU, S. Design and implementation of a net-enabled DTV using DLNA features. **International Conference on Consumer Electronics**, p. 119-120, 2006. ISSN 0-7803-9459-3. DOI: 10.1109/ICCE.2006.1598339.

MATSUBARA, F. M.; MIURA, S.; IMAI, S.; AKATSU, S. DTV architecture design for multimedia network environments. **IEEE Transactions on Consumer Electronics**, v. 51, n. 1, p. 324-328, 2005. ISSN 0098-3063. DOI: 10.1109/TCE.2005.1405740.

MELO, E. L. **Uma arquitetura para autoria ubíqua de documentos a partir de apresentações de TV Digital**. 2010. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

MESHKOVA, E.; RIIHIJÄVI, J.; PETROVA, M.; MÄHÖNEN, P. A survey on resource discovery mechanisms, peer-to-peer and service discovery frameworks. **Computer Networks**, New York, NY, USA, v. 52, n. 11, p. 2097-2128, 2008. ISSN 1389-1286. DOI: 10.1016/j.comnet.2008.03.006.

MILLER, B. A.; NIXON, T.; TAI, C.; WOOD, M. D. Home networking with Universal Plug and Play. **IEEE Communications Magazine**, v. 39, n. 12, p. 104-109, 2002. ISSN 0163-6804. DOI:10.1109/35.968819.

OLIVEIRA, L. E. M. C. **Um framework para controle distribuído de ambientes e dispositivos**. 2008. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação - Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

PORTELLI, G.; MALNATI, G.; FORNO, F. HoNeY: leveraging the MHP to provide HOme NETwork interoperability. **International Journal of Pervasive Computing and Communications**, v. 4, n. 1, p. 77-91, 2008. ISSN 1742-7371. DOI: 10.1108/17427370810873129.

REDONDO, R. P. D.; VILAS, A. F.; CABRER, M. R.; ARIAS, J. J. P. Exploiting OSGi capabilities from MHP applications. **Journal of Virtual Reality and Broadcasting**, v. 4, n. 16, 2007. ISSN 1860-2037.

RELLERMEYER, J. S.; ALONSO, G.; ROSCOE, T. R-OSGi: distributed applications through software modularization. **Middleware '07: Proceedings of the ACM/IFIP/USENIX 2007 International Conference on Middleware**, Newport Beach, California, USA, p. 1-20, 2007.

RUS, C.; KONTOLA, K.; CURCIO, I. D. D.; DEFEE, I. Mobile TV content to home WLAN. **IEEE Transactions on Consumer Electronics**, Rosemont, IL, USA, v. 54, n. 3, p. 1038-1041, 2008. ISSN 0098-3063. DOI: 10.1109/TCE.2008.4637584.

SAKAMOTO, N.; MUGURUMA, K.; KOSHINO, N.; CHIBA, S.; SAKURAI, M. A digital HDTV receiver with home networking function and digital content storage. **IEEE**

**Transactions on Consumer Electronics**, v. 51, n. 3, p. 831-835, 2005. ISSN 0098-3063. DOI: 10.1109/TCE.2005.1510491.

SOUZA FILHO, G. L.; LEITE, L. E. C.; BATISTA, C. E. C. F. Ginga-J: The Procedural Middleware for the Brazilian Digital TV System. **Journal of the Brazilian Computer Society**, São Paulo, v. 12, n. 4, p. 47-56, 2007.

TANENBAUM, A. S. **Redes de computadores**. [S.l.]: Ed. Campus, 2004.

TEIXEIRA, C. A. C.; FREITAS, G. B.; PIMENTEL, M. G. C. Distributed discrimination of media moments and media intervals: a Watch-and-comment approach. **25th Annual ACM Symposium on Applied Computing (ACM SAC 2010)**, Sierre, Switzerland, 2010.

THOMPSON, M. S. **Service Discovery in Pervasive Computing Environments**. 2006. 124f. Tese (doutorado) - Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, USA, 2006.

TKACHENKO, D.; KORNET, N.; DODSON, A.; LI, L.; KHANDELWAL, R. A framework supporting interaction of iDTV applications and CE devices in home network. **2nd IEEE Consumer Communications and Networking Conference**, p. 605-607, 2005. ISSN 0-7803-8784-8. DOI: 10.1109/CCNC.2005.1405249.

TKACHENKO, D.; KORNET, N.; KAPLAN, A. Convergence of iDTV and home network platforms. **IEEE Consumer Communications and Networking Conference**, p. 624-626, 2004. ISSN 0-7803-8145-9.

TKACHENKO, D.; KORNET, N.; LAGUNOV, A.; KRAVTSOV, D.; KURBANOV, A.; KHANDELWAL, R.; LI, L. A possible extension for iDTV platform to support interactions with home appliances. **3rd IEEE Consumer Communications and Networking Conference**, v. 1, p. 228-232, 2006. ISSN 1-4244-0085-6.

TU, J.; LIN, W.-W.; WANG, J.-C.; LIN, Y.-T. The Scenario Implementation of Home Networking. **The 9th International Conference on Advanced Communication Technology**, p. 1861-1863, 2007. ISSN 1738-9445. DOI: 10.1109/ICACT.2007.358733.

VIANA, N. S.; DE LUCENA, V. F. A software model supporting the management of home network services through the brazilian iDTV. **EuroITV '09: Proceedings of the seventh european conference on European interactive television conference**, Leuven, Belgium, p. 101-110, 2009. ISSN 978-1-60558-340-2. DOI: 10.1145/1542084.1542102.

WEISER, M. The computer for the 21st century. **ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review**, New York, NY, USA, v. 3, n. 3, p. 3-11, 1999. ISSN 1559-1662. DOI: 10.1145/329124.329126.

WU, L. **Service Discovery for Personal Networks**. 2004. Dissertação (mestrado) - University of Stuttgart, 2004.

YANG, M.-C.; SHENG, N.; HUANG, B.; TU, J. Collaboration of Set-Top Box and

Residential Gateway Platforms. **IEEE Transactions on Consumer Electronics**, Rosemont, IL, USA, v. 53, n. 3, p. 905-910, 2007. ISSN 0098-3063. DOI: 10.1109/TCE.2007.4341564.

ZHANG, S. **Device aggregation with data networking**. 2008. Dissertação (mestrado) - KTH Information and Communication Technology, Stockholm, 2008.

## APÊNDICE

Abaixo são listadas as publicações decorrentes das atividades desenvolvidas durante o trabalho de mestrado.

- Capítulo de livro publicado:

Capítulo: **Watch-and-comment as an approach to collaboratively annotate points of interest in video and interactive-TV programs.**

Autores: Maria da Graça Campos Pimentel; Renan Gonçalves Cattelan; Erick Lazaro Melo; Giliard Brito de Freitas; Cesar Augusto Camillo Teixeira.

Livro: Mobile TV: Customizing content and experience (Ed. Springer, 2009).

Organizadores: Aaron Marcus; Anxo Cereijo Roibás; Riccardo Sala.

- Artigos completos publicados:

Título: **Ubiquitous Services in Home Networks offered through Digital TV.**

Autores: Giliard Brito de Freitas; Cesar Augusto Camillo Teixeira.

Evento: 24th Annual ACM Symposium on Applied Computing (ACM SAC 2009).

Título: **A discriminação coletiva de momentos e segmentos como uma exploração do conceito Watch-and-Comment.**

Autores: Giliard Brito de Freitas; Maria da Graça Campos Pimentel; Cesar Augusto Camillo Teixeira.

Evento: XV Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web (WebMedia 2009).

Título: **Distributed discrimination of media moments and media intervals: a Watch-and-comment approach.**

Autores: Cesar Augusto Camillo Teixeira; Giliard Brito de Freitas; Maria da Graça Campos Pimentel.

Evento: 25th Annual ACM Symposium on Applied Computing (ACM SAC 2010).

Título: **Utilizando PBL no Ensino de Computação Ubíqua.**

Autores: Wanderley Souza; Bruno Santos; Eduardo Santana; Elaine Gatto; Fabiano Duarte; Giliard Freitas; Igor Custódio; Jesús Portocarrero; Paulo Ávila; Ricardo Almeida.

Evento: XVIII Workshop sobre Educação em Computação (SBC WEI 2010).

- Artigos completos aceitos para publicação:

Título: **Discrimination of media moments and media intervals: from watch-and-comment to sticker-based annotation.**

Autores: Cesar A. C. Teixeira; Erick L. Melo; Giliard B. Freitas; Celso A. S. Santos; Maria da Graça C. Pimentel.

Revista: Multimedia Tools and Applications Journal.

Título: **Uma arquitetura de serviços para aplicações ubíquas em redes domésticas centrada em TV digital.**

Autores: Giliard Brito de Freitas; Cesar Augusto C. Teixeira.

Evento: XVI Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web (WebMedia 2010).

- Resumo publicado:

Título: **Captura e replicação de conteúdo de tv digital em ambiente de rede doméstica.**

Autores: Franco Eusébio Garcia; Cesar Augusto Camillo Teixeira; Giliard Brito de Freitas; Erick Lazaro Melo.

Evento: 8ª Jornada Científica e Tecnológica da UFSCar (2009).