

# Uma arquitetura de serviços para aplicações ubíquas em redes domésticas centrada em TV digital\*

Giliard Brito de Freitas  
Instituto Federal de Mato Grosso  
Campus Confresa  
78652-000, Brasil  
+55 66 35641175

giliard.freitas@cfs.ifmt.edu.br

Cesar Augusto C. Teixeira  
Univ. Federal de São Carlos  
Departamento de Computação  
C.P. 676, 13565-905, Brasil  
+55 16 33518614

cesar@dc.ufscar.br

## RESUMO

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. Este trabalho apresenta uma arquitetura para o suporte de aplicações ubíquas em redes domésticas centradas em TV digital. A proposta é avaliada com implementações realizadas como extensões de serviços do núcleo comum do *middleware* para o sistema brasileiro de TV digital.

## ABSTRACT

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. This paper presents an architecture 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. The proposal is evaluated with implementations undertaken as services extensions of common core of middleware for the Brazilian system of digital TV.

## Categories and Subject Descriptors

H.5.1 [Multimedia Information Systems]: Audio, Video.

## General Terms

Documentation, Human Factors.

## Keywords

Digital TV, LAN, Interactive multimedia, Interactive video.

## 1. INTRODUÇÃO

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 o aparelho de 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 Interativo (TVDI), dados e aplicações podem ser multiplexadas e transmitidas junto ao áudio e vídeo.

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 os anos 90, 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 [1]. Na primeira categoria, edição de conteúdo, estão as pesquisas dedicadas ao estudo da edição de conteúdo realizada pelo próprio 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* [2]. 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

\* A services architecture for ubiquitous applications in home networks centered on digital TV

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 relacionam-se a estudos de dispositivos de interação com o usuário, personalização de guia eletrônico de programação, personalização de conteúdo e de propagandas, adaptação de conteúdo para a diversidade de dispositivos de exibição, entre outros.

O trabalho apresentado neste artigo apresenta contribuições a essas três categorias da pesquisa em TVDI. A capacidade de comunicação da TV com outros dispositivos em ambientes residenciais, através de tecnologias como *Bluetooth*, *Wi-Fi*, infravermelho, *Power Line Communications*, *Ethernet* e outras tecnologias de rede, sugere um grande domínio de novas aplicações a serem exploradas e desenvolvidas, promovendo a convergência entre 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 sejam mais ricas.

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.

Em ambientes residenciais, geralmente sistemas *ad hoc* sem qualquer infra-estrutura, 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 complementares de alto nível não encontradas normalmente em *middlewares* tradicionais de TVDI, 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. Este trabalho propõe e avalia uma arquitetura para o suporte de aplicações ubíquas em redes domésticas centradas em TV digital e que contempla funcionalidades como as mencionadas anteriormente. No escopo deste trabalho, rede doméstica centrada em TV digital significa a TV como elemento de interação, pois algum serviço proposto na arquitetura pode eventualmente requerer uma capacidade de processamento não oferecida pelo receptor.

O artigo está organizado da seguinte maneira: na seção 2, como motivação do trabalho, são apresentados alguns dos cenários onde a arquitetura proposta pode ser empregada; na seção 3 são apresentados alguns trabalhos correlatos importantes para situar o

trabalho; a seção seguinte detalha a arquitetura proposta e a infra-estrutura de software implementada para suportar o desenvolvimento de aplicações como as exemplificadas na seção 2; as seções finais apresentam nossas considerações sobre o trabalho e indicam possíveis desdobramentos. Os conceitos e desenvolvimentos aqui abordados foram apresentados com maiores detalhes em uma dissertação de mestrado [3].

## 2. CENÁRIOS DE MOTIVAÇÃO

Esta seção apresenta alguns cenários de uso em que a arquitetura de serviços proposta mostra-se bastante útil. 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 obter acesso a 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.

### 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 boa resolução. Ele seleciona as fotos no telefone celular e através de um menu simples, comanda a exibição 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 é capaz de comunicar-se por *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.

### 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 então a replicar seu conteúdo, redirecionando-o 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.

### 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.

### 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, fazendo uso de um programa que torna essas tarefas bastante simples.

## 3. TRABALHOS RELACIONADOS

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 (*Home Audio/Video Interoperability*), OSGi (*Open Services Gateway Initiative*) e UPnP (*Universal Plug and Play*); e diferentes padrões de TVDI, como: MHP (*Multimedia Home Platform*), DASE (*DTV Application Software Environment*) / ACAP (*Advanced Common Application Platform*), e Ginga. 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 baseada nas duas plataformas [4]. 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 TVDI denota uma plataforma ou ambiente comum, ou seja, estão em um mesmo componente de software ou hardware.

### 3.1 Integração centrada em padrões de redes domésticas

Em [5], 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 (*Digital Living Networking Alliance*). A arquitetura permite acessar serviços na rede doméstica (unidirecional).

Em [6], 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).

Em [7], 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).

Esses trabalhos não utilizam as funcionalidades oferecidas pelos *middlewares* de TVDI. Além disso, aplicações interativas não podem acessar e utilizar serviços disponibilizados pelos dispositivos domésticos, pois não há integração entre o *middleware* de TVDI e a plataforma de rede doméstica.

### 3.2 Integração centrada em padrões de TVDI

Em [8 e 9], 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 TVDI para prover novas funcionalidades (troca de canais, gravação e replicação através de um rede IP).

Em [10 e 11], 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 TVDI para prover novas funcionalidades.

Um ponto crítico desses trabalhos parece ser a definição e adoção de protocolos próprios para disponibilização e acesso a serviços em redes domésticas em vez de se fazer uso de diversos padrões e protocolos com funcionalidades semelhantes ou superiores.

### 3.3 Integração baseada nas duas plataformas

Em [12], 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 UMB (*Universal Middleware Bridge*) 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 TVDI e a plataforma de rede doméstica.

Em [13], 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 toda a rede através de diversos protocolos. A arquitetura permite acessar serviços na rede doméstica (unidirecional). Há integração indireta entre o *middleware* de TVDI e a plataforma de rede doméstica.

Em [14], 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 TVDI e a plataforma de rede doméstica.

Em [4 e 15], 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 TVDI e a plataforma de rede doméstica.

## 4. ARQUITETURA

Por questões didáticas e de espaço, a arquitetura é apresentada juntamente com uma implementação realizada como prova de conceito. A arquitetura proposta é baseada em análises feitas dos trabalhos correlatos, 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 TVDI, 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.

A arquitetura proposta é composta por interfaces de comunicação com dispositivos domésticos, uma camada de protocolo de descoberta automática de serviços, por funcionalidades providas pelo *middleware* e pelo conjunto de novos serviços, e a camada de aplicações. A arquitetura foi projetada para ser genérica, possibilitando sua implementação em grande parte dos *middlewares* de TVDI adotados atualmente, como ACAP, MHP e Ginga, pois utiliza funcionalidades comuns aos *middlewares* de TVDI, tais como: entrada/saída, exibidores de mídias, sintonizador, demultiplexador e informação do serviço. A Figura 1 apresenta uma visão geral da arquitetura projetada através de um diagrama de blocos.

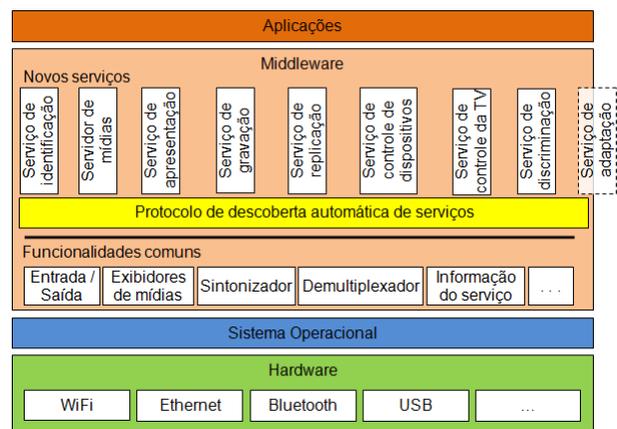


Figura 1. Arquitetura para o suporte de aplicações ubíquas em redes domésticas centradas em TV digital.

A construção da arquitetura seguiu uma abordagem compatível com os trabalhos correlatos da terceira categoria de integração entre TVDI e redes domésticas, baseada nas duas plataformas, definida na seção anterior, eliminando as características indesejáveis de cada modelo, reaproveitando idéias [5, 7, 14 e 15] e adicionando novas funcionalidades. Na arquitetura, por estarem o *middleware* de TVDI 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.

### 4.1 Serviços elementares

As funcionalidades comuns aos *middlewares* de TVDI 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.

## 4.2 Serviços da arquitetura

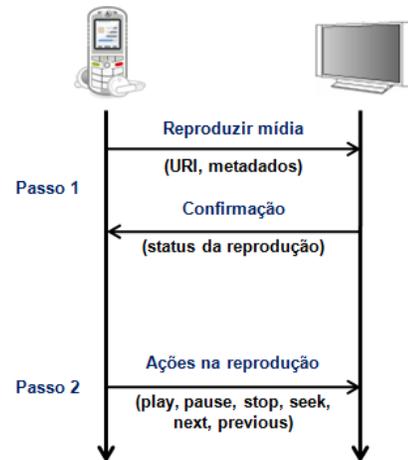
A arquitetura proposta utiliza as funcionalidades providas pelos *middlewares* de TVDI listadas anteriormente para fornecer novos serviços, úteis para o desenvolvimento de aplicações ubíquas em redes domésticas. Os novos serviços são disponibilizados na forma de uma API e via rede. Uma descrição de alto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

**Serviço de identificação:** 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. 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, 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. O serviço fornece informações como nome do dispositivo identificado, seu UUID (*Universally Unique Identifier*), seu tipo de rede e identificação do dispositivo identificador.

**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*, telefones celulares e outros dispositivos com capacidade de acesso e/ou reprodução desse tipo de conteúdo. O servidor de mídias é constituído, basicamente, por dois serviços: gerenciador de conexões e serviço de diretório de conteúdo. Detalhes do servidor de mídias também foram abordados em [16].

**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. O serviço de apresentação é formado, basicamente, por um gerenciador de conexões, um gerenciador de transferência de mídia e um serviço de controle de reprodução. A Figura 2 ilustra de forma simplificada o funcionamento desse serviço.



**Figura 2. Diagrama simplificado do serviço de apresentação em operação.**

**Serviço de gravação:** é um componente de software que permite a gravação do conteúdo exibido na TV. Ele possibilita a gravação de conteúdo em 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 [16].

**Serviço de replicação:** 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 [16].

**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 este 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.

**Serviço de controle 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. Essas funcionalidades básicas são disponibilizadas pelas APIs dos principais *middlewares* de TVDI, sendo esse serviço um encapsulamento das mesmas para acesso via funções de comunicação de mais alto nível. Como exemplo de uso deste componente, a mudança de canal na TV poderia ser realizada por um telefone celular, PDA, notebook ou qualquer outro dispositivo conectado a mesma rede da TV.

**Serviço de discriminação:** 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. Este serviço disponibiliza métodos para o suporte ao paradigma WaC (*Watch-and-Comment*) 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. A Figura 3 apresenta dois cenários de utilização do serviço de discriminação: a) os telespectadores realizam discriminações em locais diferentes para um conteúdo ao vivo e as armazenam em seus *smartphones* e, posteriormente, b) descarregam suas discriminações em uma TV, sincronizando-as com as demais e tornando-as disponíveis para utilização em diversas aplicações. Detalhes desse serviço também foram abordados em [17].

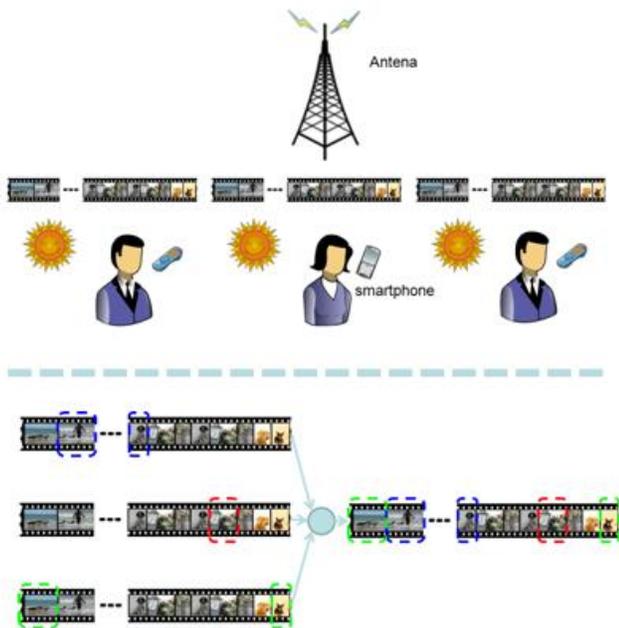


Figura 3. Cenários de utilização do serviço de discriminação.

**Serviço de adaptação:** 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. Este 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.

### 4.3 Implementação

O processo de escolha das tecnologias de descoberta de serviços mais apropriada para o protótipo foi baseado nos seguintes parâmetros: especificação aberta, padrão de fato, portabilidade, interoperabilidade, independência de meios de transmissão, meios próprios para interação entre clientes e serviços, e não obrigatoriedade de servidor central para registro e busca de serviços. Ao comparar as tecnologias de descoberta de serviços SLP (*Service Location Protocol*), Bonjour, UPnP, Jini e SDP (*Service Discovery Protocol*), foram procuradas informações e documentação sobre cada uma nos respectivos sites oficiais das tecnologias 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. O conjunto de protocolos UPnP foi selecionado como a tecnologia mais apropriada.

Uma extensão da implementação de referência do *middleware* Ginga-NCL C++ v. 0.11.2 [18] foi realizada, 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 colaboração entre as plataformas de TV digital e rede doméstica. A Figura 4 ilustra, através de um diagrama de blocos, a extensão realizada na arquitetura original do *middleware* Ginga para instanciação da proposta deste trabalho.

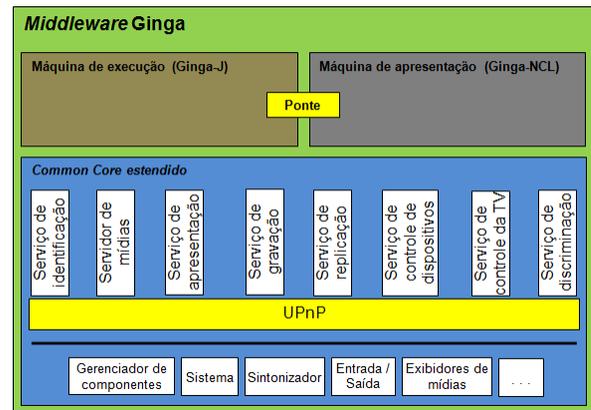


Figura 4. Arquitetura para o suporte de aplicações ubíquas em redes domésticas integrada ao middleware Ginga.

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: *CyberLink for Java* [19]; *CyberLink for C++* [19]; e *Portable SDK for UPnP Devices* (libupnp) [20]. As duas primeiras apresentaram falhas de comunicação/implementação, sendo essa uma forte razão da escolha da terceira para uso no

protótipo, que também apresentou melhor desempenho (menor consumo de memória e processamento).

#### 4.4 Testes funcionais

A solução implementada foi avaliada operacionalmente utilizando o Ginga-NCL Virtual STB [18] (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 notebook. Em termos de software, foram utilizadas as funcionalidades nativas do Microsoft Windows 7, o *UPnP Inspector* (biblioteca Coherence) [21] e as ferramentas do *upnp-tools* (biblioteca GUPnP) [22]. No notebook, os testes foram realizados em redes cabeada e sem fio, utilizando o Windows 7 para teste do servidor de mídias e do serviço de apresentação. 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 exibição do conteúdo na TV (serviço de apresentação) e no próprio aparelho (servidor de mídias).

Nos experimentos práticos, que envolveram testes funcionais com dispositivos e via software, os serviços operaram satisfatoriamente, não apresentando erros. Foi aferido 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 resultado demonstrou que a utilização do processador foi menor ou igual a 0,2% e a maior utilização da memória foi de aproximadamente 12 MB. A norma ABNT NBR 15604:2007 [23] 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 (*International Standard for Digital Television*) com capacidade de memória e de processamento muito superiores aos necessários para incorporação da arquitetura proposta.

#### 4.5 Realização de cenários

Para a viabilização dos cenários descritos na Seção 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. CONSIDERAÇÕES FINAIS

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 habilitam o aparelho de TV digital interativa a ser elemento chave em uma rede doméstica.

A incorporação ao *middleware* de TVDI 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 na Seção 2.

Por fim, este artigo apresentou a proposta e o desenvolvimento de 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, como as relatadas nos cenários de motivação. Também contribuição do trabalho é a exploração das funcionalidades do *middleware* de TVDI para prover serviços que simplificam o desenvolvimento de aplicações ubíquas em ambientes residenciais, estendendo o escopo de cenários de convergência que podem ser construídos.

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. 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.

## 6. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) através dos projetos “Avaliação do Middleware Ginga”, processo 01.07.0110.00, CAPES RH-TVD e CAPES PROCAD-NF 2008. Apoio do MCT/RNP também foi concedido através de projeto do CTIC GingaFrEvo & GingaRAP.

## 7. REFERÊNCIAS

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] FREITAS, G. B. HoNeS - Arquitetura para suporte de aplicações ubíquas em redes domésticas centradas em TV digital. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.
- [4] VIANA, N. S.; MAIA, O. B.; DE LUCENA, V. F. Modelo de convergência entre o middleware brasileiro de TVDI e plataformas de software para Home Networking. WebMedia'09: XV Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web, Fortaleza-CE, 2009.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] 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, p. 1929-1935, 2010. ISSN 978-1-60558-639-7. DOI: 10.1145/1774088.1774496.
- [18] Ginga-NCL Virtual STB, versão 0.11.2. Disponível em: <http://www.softwarepublico.gov.br>.
- [19] CyberLink for Java e CyberLink for C++. Disponíveis em: <http://www.cybergarage.org/>.
- [20] Portable SDK for UPnP Devices. Disponível em: <http://pupnp.sourceforge.net/>.
- [21] Coherence. Disponível em <http://coherence.beebits.net/>.
- [22] GUPnP. Disponível em <http://www.gupnp.org/>.
- [23] Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma Brasileira 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)