



Pós-Graduação em Ciência da Computação

**“Suporte à Convergência de Serviços  
em TV Digital Móvel e Redes sem fio”**

**Por**

***Leonardo Sobral Cunha***

**Dissertação de Mestrado**



Universidade Federal de Pernambuco  
posgraduacao@cin.ufpe.br  
[www.cin.ufpe.br/~posgraduacao](http://www.cin.ufpe.br/~posgraduacao)

RECIFE, 08/2006

**Cunha, Leonardo Sobral**

**Suporte à convergência de serviços em TV digital móvel e redes sem fio / Leonardo Sobral Cunha. – Recife : O autor, 2006.**

**x, 95 folhas. : il., fig., tab.**

**Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CIN. Ciência da Computação, 2006.**

**Inclui bibliografia e apêndices.**

**1. Sistemas de Comunicação Móvel sem Fio. 2. Convergência Digital 3. TV Digital Móvel . 4. Middleware orientado a serviços. I. Título.**

**621.39**

**CDD (22.ed.)**

**CIN2006-021**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO DE INFORMÁTICA

PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

LEONARDO SOBRAL CUNHA

"Suporte à Convergência de Serviços  
em TV Digital Móvel e Redes sem fio"

*ESTE TRABALHO FOI APRESENTADO À PÓS-GRADUAÇÃO EM  
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO DO CENTRO DE INFORMÁTICA DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIA  
DA COMPUTAÇÃO.*

ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS ANDRÉ GUIMARÃES FERRAZ (CIN-UFPE)

RECIFE, AGOSTO/2006

“Se vi mais longe, foi por estar de pé sobre ombros de gigantes.”

Isaac Newton

## AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho à minha família que sempre me apoiou e me incentivou durante esta jornada, ora servindo como guia, ora servindo como inspiração para continuar caminhando. Pais, cada passo desse meu caminho é dedicado a vocês.

Aos meus amigos agradeço pela comunhão e pelo companheirismo em todos os momentos. Sem vocês não haveria estórias para contar.

À Karine, pelo apoio incondicional desde os momentos difíceis, aos de celebração de nossas vitórias. Serei sempre grato por sua paciência, cumplicidade e incansáveis revisões desse trabalho.

Ao amigo e orientador Carlos Ferraz, pela motivação, pelos ensinamentos e pela confiança depositada em mim durante todo este período.

Aos demais professores do CIn com os quais tive oportunidade de conviver, em particular a André Santos, Geber Ramalho, Kátia Guimarães e Nelson Rosa, por serem mais do que apenas ótimos professores.

A todo o pessoal do INdT, que possibilitou esta cooperação, por terem me apoiado em todas as fases para a conclusão deste trabalho, e em especial a Hallyson e Alex, do Grupo de TV Digital, que são responsáveis pela concretização desta dissertação.

Ao C.E.S.A.R., em especial a Mário Fried e Paulyne, pela cooperação e pelos conhecimentos compartilhados nos projetos de TV digital.

A todos os amigos da universidade, em especial, aos membros integrantes do CC991, aos irmãos de pesquisa do Grupo de TV Digital (Gatis e Passáro), ao time de programação e de projetos HSI (Danzi, Guilherme, Hugo, Igor e Mozart), e ao time Solvent (Gatis, Gustavo, Fernando e Wilson). A amizade é o fruto de tantas viradas de noite e de tantos trabalhos em conjunto.

Finalmente, agradeço a Deus por ter me dado força para a conclusão de mais esta etapa.

## RESUMO

A próxima revolução tecnológica, desde o surgimento da Internet, já está acontecendo e é um fenômeno denominado convergência digital. Impulsionado pelo desenvolvimento da computação pervasiva, em que dispositivos (celulares, PDAs, PCs), mídias (rádio, TV, jornal, Internet) e redes (celulares, Wi-Fi, TV digital) convergem, este processo está mudando a forma como cada um de nós interage com o ambiente através da tecnologia. Atualmente já existem dispositivos móveis com múltiplas interfaces de rede e, conseqüentemente, acesso a diversas fontes de dados, como Wi-Fi, *Bluetooth*, a rede celular e, mais recentemente, a rede de TV digital móvel. Estas diversas interfaces de rede geram um acesso desordenado a serviços remotos nos aparelhos móveis, complicando a experiência do usuário final, em vez de facilitá-la. O sistema de TV digital móvel, por si só, é um exemplo de uma tecnologia que agrega serviços de diversas redes, pois o conteúdo de áudio e vídeo é transmitido via rede *broadcast*, enquanto a interatividade é provida através de um canal *unicast*, como a rede celular, por exemplo. Como conseqüência dessa convergência de redes, tornou-se crucial para o desenvolvedor de aplicações, assim como para os usuários, que o acesso aos serviços remotos seja transparente da rede utilizada. Buscando prover esta transparência, portanto, é proposto neste trabalho um *middleware* para a convergência de serviços em TV digital móvel e redes sem fio, denominado *middleconv*, que possui mecanismos de descoberta, de execução e de monitoramento de serviços de aplicação disponíveis nas diversas interfaces de rede de um dispositivo móvel. Como estudo de caso, foi desenvolvida, e implantada em um ambiente real, uma aplicação de *Electronic Service Guide* convergente, na qual o usuário tem acesso aos serviços disponibilizados nas redes de TV digital móvel e nas *intranets* Wi-Fi, utilizando o *middleware* proposto.

Palavras-chave: Convergência Digital, TV Digital Móvel, *Middleware*, Arquiteturas Orientadas a Serviços (SOA).

## ABSTRACT

The next technological breakthrough, since the establishment of the Internet, is already taking place with a phenomenon called digital convergence. Stimulated by the development of pervasive computing, in which devices (cell phones, PDAs, PCs), media (radio, TV, newspaper, Internet) and networks (cellular, Wi-Fi, digital TV) converge, this process is changing the way each one of us interacts with the environment through technology. Nowadays most mobile devices have multiple network interfaces and, therefore, access to a diverse range of data sources, like Wi-Fi, *Bluetooth*, the cellular network and, more recently, the mobile digital TV network. These multiple network interfaces provide a disordered access to remote services in these mobile devices, complicating the end-user experience, instead of enhancing it. The mobile digital TV system, on its own, is an example of a technology that aggregates services from multiple networks, where the audio and video content is transmitted through a broadcast network, whilst the interactivity is provided by a unicast channel, as the cellular network, for example. As a consequence of this network convergence, it has become crucial for applications developers, as for end users, a mean for transparent access to remote services, from a network perspective. In order to provide this transparency, a middleware for service convergence in mobile digital TV and wireless networks was proposed in this work, called *middleconv*, that provides discovery, execution and monitoring of application services available through the network interfaces of mobile devices. For the case study, an application of a convergent Electronic Service Guide, that provides access to the services available in a mobile digital TV network or in Wi-Fi intranets, using the proposed middleware, was developed and deployed in a real environment.

Keywords: Digital Convergence, Mobile Digital TV, *Middleware*, Service Oriented Architectures (SOA).

## LISTA DE ABREVIATURAS

3G	Third Generation Wireless
ATSC	Advanced Television Systems Committee
CDMA	Code Division Multiple Access
COFDM	Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing
DAB	Digital Audio Broadcasting
DMB	Digital Multimedia Broadcasting
DVB	Digital Video Broadcasting
DVB-H	Digital Video Broadcasting – Handheld
DVB-T	Digital Video Broadcasting – Terrestrial
EPG	Electronic Program Guide
ESG	Electronic Service Guide
FLUTE	File Delivery Over Unidirectional Networks
GPRS	General Radio Packet Services
GSM	Global System for Mobile Communications
IPDC	Internet Protocol Datacasting
ISDB	Integrated Services Digital Broadcasting
JSR	Java Specification Request
LAN	Local Area Network
MBMS	Multimedia Broadcast / Multicast Service
MHP	Multimedia Home Platform
MIDP	Mobile Information Device Platform
MP3	MPEG Layer 3
OAI	Open Air Interface
PDA	Personal Digital Assistant
PVR	Personal Video Recorder
SDP	Session Description Protocol
UMTS	Universal Mobile Telecommunications Service
WLAN	Wireless Local Area Network
VoD	Video on Demand
XML	Extensible Markup Language

# ÍNDICE

<b>1 Introdução .....</b>	<b>11</b>
1.1 Motivação.....	11
1.2 Objetivos .....	14
1.3 Estrutura da Dissertação.....	15
<b>2 Convergência e TV Digital.....</b>	<b>16</b>
2.1 Introdução.....	16
2.2 Convergência Digital e Computação Pervasiva .....	16
2.3 TV Digital Interativa.....	18
2.4 TV Digital Móvel.....	23
2.4.1 Padrões.....	24
2.4.2 <i>Electronic Service Guide (ESG)</i> .....	26
2.5 Considerações Finais.....	27
<b>3 Middleware e Trabalhos Relacionados .....</b>	<b>28</b>
3.1 Introdução.....	28
3.2 Middleware de TV Digital Móvel .....	28
3.2.1 <i>Internet Protocol Datacasting - IPDC</i> .....	29
3.2.2 <i>JSR 272</i> .....	31
3.3 Trabalhos Relacionados .....	34
3.3.1 <i>INSTINCT</i> .....	34
3.3.2 <i>TV-Anytime</i> .....	37
3.3.3 <i>Descoberta de Serviços em DVB-H</i> .....	40
3.3.4 <i>Task Computing</i> .....	42
3.4 Considerações Finais.....	46
<b>4 Middleconv: Proposta de Arquitetura .....</b>	<b>47</b>
4.1 Introdução.....	47
4.2 Requisitos do Middleware.....	48
4.2.1 <i>Requisitos de Redes</i> .....	48
4.2.2 <i>Requisitos de Busca e Descoberta de Serviços</i> .....	49
4.2.3 <i>Requisitos de Gerenciamento de Serviços</i> .....	50
4.3 Middleconv.....	51
4.3.1 <i>Arquitetura Orientada a Serviços</i> .....	53

4.3.2	<i>Arquitetura do Middleware</i> .....	56
4.3.2.1	Arquitetura do ponto de vista do cliente móvel .....	57
4.3.2.2	Arquitetura do ponto de vista do servidor .....	59
4.4	Middleconv: Principais Serviços .....	60
4.4.1	<i>Monitor de Redes</i> .....	60
4.4.2	<i>Busca e Descoberta de Serviços</i> .....	61
4.4.3	<i>Gerenciador de Serviços e Aplicações</i> .....	64
4.5	Considerações Finais.....	65
<b>5</b>	<b>Estudo de caso: MediaPort</b> .....	<b>66</b>
5.1	Introdução.....	66
5.1.1	<i>Cenário</i> .....	66
5.2	Ambiente de Implementação e Execução .....	67
5.2.1	<i>Hardware</i> .....	67
5.2.1.1	Laboratório de TV Digital Móvel .....	68
5.2.1.2	Hotspots Wi-Fi .....	69
5.2.1.3	Dispositivo Móvel .....	70
5.2.2	<i>Software</i> .....	71
5.3	Middleconv: Implementação .....	72
5.4	Implementação da Aplicação MediaPort .....	74
5.4.1	<i>Cenário Implementado</i> .....	76
5.5	MediaPort usando o Middleconv .....	80
5.6	Considerações Finais.....	82
<b>6</b>	<b>Conclusão</b> .....	<b>84</b>
6.1	Principais Contribuições .....	84
6.2	Trabalhos Futuros .....	85
6.3	Considerações Finais.....	85
	<b>Referências</b> .....	<b>87</b>
	<b>Apêndice A</b> .....	<b>92</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Cenário de convergência .....	17
Figura 2.2. Diferenças entre TV convencional e TV interativa - adaptada de [42].....	19
Figura 2.3. Aplicações interativas de TV digital.....	19
Figura 2.4. Sistema de TV digital interativa .....	20
Figura 2.5. Aplicações interativas de TV digital móvel .....	23
Figura 2.6. ESG x EPG .....	26
Figura 3.1. Pilha de protocolos do padrão <i>IP Datacast</i> [32].....	30
Figura 3.2. Visão dos componentes e da API da JSR 272 [37].....	32
Figura 3.3. Diagrama de classes da JSR 272 [37] .....	33
Figura 3.4. Modelo de referência INSTINCT .....	35
Figura 3.5. Arquitetura do <i>middleware</i> INSTINCT [59].....	36
Figura 3.6. Cenário do protótipo do <i>middleware</i> INSTINCT [59].....	37
Figura 3.7. Arquitetura de <i>TV-Anytime</i> [65] .....	38
Figura 3.8. Fluxo de processamento do ESG DVB-H [18].....	40
Figura 3.9. Modelo de camadas do <i>ESG</i> DVB-H [18] .....	41
Figura 3.10. Arquitetura de <i>Task Computing</i> [62].....	43
Figura 4.1. Visão geral do <i>middleware</i> em um cenário de convergência .....	52
Figura 4.2. Serviços de <i>middleware</i> x serviços de aplicação .....	55
Figura 4.3. Arquitetura do <i>middleware</i> .....	57
Figura 4.4. Diagrama de classes das descrições de serviços.....	58
Figura 4.5. Diagrama de classes do servidor <i>middleconv</i> .....	60
Figura 4.6. Diagrama de classes do gerenciador de redes.....	61
Figura 4.7. <i>Middleware</i> distribuído nas diferentes redes .....	61
Figura 4.8. Diagrama de classes da busca e descoberta de serviços.....	62
Figura 4.9. Diagrama de seqüência da descoberta de serviços .....	63
Figura 4.10. Diagrama de seqüência da execução de um serviço .....	64
Figura 5.1. Laboratório de TV digital móvel .....	68
Figura 5.2. Nokia 770 Internet Tablet.....	70
Figura 5.3. <i>Notebook</i> conectado com antena DVB-T USB .....	71
Figura 5.4. Dependências da aplicação <i>MediaPort</i> .....	72
Figura 5.5. Serviços do <i>middleware</i> implementados.....	73

Figura 5.6. Cenário de implantação da aplicação <i>MediaPort</i> .....	75
Figura 5.7. Aplicação <i>MediaPort</i> .....	76
Figura 5.8. Descoberta de provedor de <i>ESG</i> na rede Wi-Fi.....	76
Figura 5.9. Varredura de frequência e escolha da rede DVB-H.....	77
Figura 5.10. <i>ESG</i> convergente na aplicação <i>MediaPort</i> .....	77
Figura 5.11. A/V tocando na aplicação <i>MediaPort</i> .....	78
Figura 5.12. Serviços da rede DVB-H na aplicação <i>MediaPort</i> .....	78
Figura 5.13. Serviços das redes DVB-H e Wi-Fi na aplicação <i>MediaPort</i> .....	79
Figura 5.14. Desconexão do provedor de <i>ESG</i> na rede Wi-Fi .....	79
Figura 5.15. Aplicação <i>MediaPort</i> executando no Nokia 770.....	80
Figura 5.16. Diagrama de seqüência da aplicação <i>MediaPort</i> usando o <i>middleconv</i> .....	80
Figura 5.17. Exemplo de arquivo SDP para uma sessão de A/V .....	82

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1. Comparação dos padrões de TV digital .....	22
Tabela 2.2. Comparação dos padrões de TV digital móvel .....	24
Tabela 3.1. Descrição dos <i>Enabling Services</i> do padrão IPDC.....	31
Tabela 3.2. Tabelas de metadados do <i>TV-Anytime</i> .....	39
Tabela 3.3. Mecanismos de descoberta de serviços em <i>Task Computing</i> .....	44
Tabela 4.1. Serviços <i>push, pull e local</i> .....	55

# 1 INTRODUÇÃO

Desde a invenção da mídia impressa no século XV, por Johann Gutenberg, que o desenvolvimento tecnológico tem transformado a forma como nos comunicamos, aumentando a velocidade com que as informações são transmitidas e o número de pessoas que são influenciadas. No final do século XIX, surgiram o rádio e o telefone e, logo em seguida, a televisão, por volta de 1920, estabelecendo, então, os meios de comunicação em massa. A última grande revolução tecnológica, talvez a maior do século passado, aconteceu com o surgimento e a disseminação da Internet, que criou uma rede mundial de computadores, diminuindo distâncias físicas e facilitando o acesso e a proliferação da informação.

Baseada nesta expansão da Internet, a atual revolução tecnológica já está acontecendo e é um fenômeno denominado convergência digital, que impulsionado pelo desenvolvimento da computação pervasiva, conceito introduzido por Mark Weiser [72], está possibilitando que dispositivos (celulares, PDAs, PCs), mídias (rádio, TV, jornal, Internet) e redes (celulares, Wi-Fi, *Ethernet*) convirjam. Esse processo está mudando a forma como cada um de nós interage com o ambiente através da tecnologia, criando uma nova perspectiva de quando, como e onde as informações são disponibilizadas e acessadas.

Como consequência da convergência digital, as fronteiras entre tecnologias e mercados estabelecidos têm diminuído gradativamente, tornando cada vez mais difícil classificar e separar os dispositivos, as informações, o meio de comunicação e as aplicações nesse ambiente pervasivo. A fim de realizar essa visão de computação pervasiva, em que dispositivos, mídias e redes convergem, é preciso que a tecnologia se torne completamente transparente para os usuários finais, de forma que, o determinante sejam as funcionalidades providas e a percepção dos usuários, independente dos elementos de infra-estrutura tecnológica. Dentro desse contexto, a perspectiva da convergência digital aliada à visão de computação pervasiva inspira o presente trabalho.

## 1.1 MOTIVAÇÃO

Através da convergência digital, os terminais móveis, os quais atualmente são predominantemente aparelhos celulares, estão com capacidades semelhantes a um computador pessoal. Dessa forma, os mesmos vêm sendo utilizados com diversos propósitos

além do uso como telefone - por exemplo, organizador pessoal, jogos eletrônicos, tocador de música e vídeo, câmera e televisão; isto tudo conectado à Internet através de múltiplas redes.

Nesse contexto, cada vez mais os usuários estão recebendo informações, sob a forma de dados e aplicações, de diversas fontes. Os dispositivos móveis atuais têm acesso simultâneo a diversas redes, como por exemplo, Wi-Fi (IEEE 802.11), *Bluetooth*, a rede de telefonia celular (*Global System for Mobile Communications* - GSM ou *Universal Mobile Telecommunications System* - UMTS) e, mais recentemente, a rede de TV digital móvel, a exemplo do padrão estabelecido pelo consórcio europeu *Digital Video Broadcasting - Handheld* (DVB-H) [15]. Entretanto, atualmente, a necessidade do acesso explícito a essas diversas fontes de dados vem comprometendo a experiência final do usuário, em vez de enriquecê-la.

Nesse processo de convergência, os dispositivos móveis têm se destacado pelo rápido crescimento do setor de telecomunicações e pela contínua inovação tecnológica. Segundo a *GSM Association* haverá 1,377 bilhões de aparelhos móveis no final de 2006 [25]. Entretanto, a indústria de telefonia celular já prevê uma queda no faturamento médio por usuário, pois o serviço de voz está se tornando uma *commodity*, ou seja, um bem comum que não representa um diferencial competitivo na indústria [56]. Conseqüentemente, têm-se buscado oportunidades de inovação em serviços a fim de descobrir novas alternativas de receitas.

Dentre estas novas possibilidades está a TV digital móvel<sup>1</sup>, que vai possibilitar aos usuários assistirem a conteúdo de áudio e vídeo diretamente no celular. Estima-se que em 2011 a TV móvel terá 210 milhões de assinantes em todo o mundo e 10% dos dispositivos vendidos terão receptor de TV, representando um mercado de 6,8 bilhões de dólares [29]. Além de áudio e vídeo, outros serviços de valor agregado podem ser oferecidos na convergência da rede de TV móvel com a rede de telefonia celular, como proposto em INSTINCT [30].

A TV no cenário convergente, do ponto de vista do usuário final, é um meio de comunicação de áudio e vídeo. Este é o conceito principal, pois vão existir diversas formas de acessar esse conteúdo. Hoje o conteúdo do sistema de TV digital é transmitido através de diversos meios físicos (cabo, satélite ou terrestre). Adicionalmente, estão surgindo novos meios de acesso ao conteúdo de TV, como por exemplo, IPTV, que representa a transmissão

---

<sup>1</sup> TV digital móvel: nesta dissertação esse termo estará também se referindo à TV digital portátil, tendo em vista que a distinção destes dois termos não é clara nem unânime nos diferentes países em que os mesmos são utilizados.

de vídeos pela Internet, e *Vodcasting*<sup>2</sup>, que consiste em uma evolução especializada para vídeo do termo e da tecnologia referente a *podcasting*. A idéia é que o acesso a vídeos, em forma de canais de TV ou filmes que o usuário deseje assistir, se torne mais ágil, personalizado e descentralizado, através da combinação dessas diferentes plataformas.

A seguinte declaração, do consórcio europeu de TV digital, DVB [12], anuncia o interesse desta entidade na convergência entre a TV e a Internet: “o escopo do DVB se estendeu para criar um ambiente de conteúdos que combinem a estabilidade e a interoperabilidade do mundo de mídia com o vigor, inovação e multiplicidade do mundo da Internet”. Esta afirmação demonstra que a rede *broadcast* não deve se limitar ao formato tradicional de TV, transmitindo apenas áudio e vídeo (A/V), mas, sim, como uma rede capaz de transmitir dados e serviços em uma alta taxa de transmissão para um grande número de usuários.

Uma grande distinção entre os serviços orientados à Internet e a mídias mais tradicionais, como a televisão, está na forma como o conteúdo é disponibilizado e acessado. Na Internet, o conteúdo é acessado sob demanda, enquanto no meio de TV, é a emissora que decide o quê e quando vai ser visto, provendo uma experiência passiva para os usuários. Com a convergência de mídias, o conteúdo de TV e da Internet está se misturando; com o IPTV é possível assistir TV pela Internet, enquanto que com a TV digital se pode acessar serviços da Internet no aparelho de TV.

Possibilitar a convergência da TV em diferentes plataformas de transmissão e recepção tornou-se uma necessidade e, de acordo com Molyneux [49], “o conteúdo de televisão precisa se tornar ‘escalável’ para poder ser usado em diferentes ambientes e transmitido através de diferentes infra-estruturas de redes”. No mesmo texto, ele completa, citando as implicações deste processo: “convergência não é somente tecnologia. É um processo sobre serviços e novas maneiras de fazer negócios e interagir com a sociedade”.

Como consequência, é pré-requisito para viabilizar a convergência desses serviços, a existência de uma plataforma de suporte, capaz de fornecer meios para acessar os serviços via às múltiplas interfaces de conexão do dispositivo [58]. Do ponto de vista do desenvolvedor de aplicações que faça uso destes serviços convergentes, deve ser o mais transparente possível o

---

<sup>2</sup> *Vodcasting*: um termo emergente, usado pela primeira vez em Julho de 2005, por Stef van der Ziel, para denotar o acesso a vídeos através de tecnologias como RSS, por exemplo (<http://en.wikipedia.org/wiki/Vodcast>).

acesso a estas diversas conexões de rede; uma vez conectado, é necessário descobrir e escolher os serviços disponibilizados nestas redes e, por fim, executá-los.

Os objetivos deste trabalho devem responder às seguintes perguntas principais: Como descrever os serviços? Como deixar transparente, para o desenvolvedor, o acesso a serviços nas diversas conexões de rede ativas? Como descobrir os serviços disponíveis nestas redes e como executá-los?

## 1.2 OBJETIVOS

Neste trabalho será proposto um conjunto de serviços de *middleware* para suporte à convergência, em dispositivos móveis com múltiplas interfaces de rede, provendo mecanismos de descoberta, de monitoramento de rede e de acesso aos serviços de aplicação. Estes serviços de *middleware* são desenvolvidos com o intuito de abstrair para os desenvolvedores de aplicações os diferentes protocolos e tecnologias de comunicação utilizadas nas redes “ponto a ponto” e nas redes de transmissão em massa.

O cenário motivador para o trabalho proposto é a rede híbrida do sistema de TV digital móvel, pois, esta inclui, além da rede de TV, a rede de telefonia celular e possivelmente acesso a redes locais (*intranets*), através de pontos de comunicação sem fio, como *hotspots* Wi-Fi, por exemplo. Além disto, o sistema de TV digital é inerentemente baseado em redes colaborativas, uma vez que seu conteúdo é transmitido em massa através de um canal unidirecional “ponto a multiponto” (rede *broadcast*) e existe pelo menos uma outra rede “ponto a ponto”, bidirecional (rede *unicast*), para o canal de interatividade, no qual ocorre a comunicação do receptor com o provedor de serviços [1].

O objetivo deste trabalho é desenvolver uma infra-estrutura de suporte para essa convergência de serviços em redes *broadcast* e *unicast*, explorando o uso dessas redes de diferentes características para aumentar a diversidade, a integração e a disponibilidade de serviços neste ambiente convergente. Nesse sentido, serão analisadas as especificações atuais e propostas extensões a fim de simplificar e possibilitar o desenvolvimento de aplicações que acessam diferentes fontes de dados, por exemplo, uma aplicação de vídeo que é capaz de sintonizar os canais de TV digital, os cliques de vídeo publicados na Internet e os filmes compartilhados nas redes locais.

A fim de atingir tal objetivo, os seguintes pontos serão desenvolvidos nesta dissertação:

- Propor extensões às especificações da JSR 272<sup>3</sup> e de DVB-H para permitir a descoberta e o acesso a serviços providos de diferentes redes;
- Desenvolver uma arquitetura de referência de um *middleware* com serviços capazes de abstrair o acesso a aplicações em diversas redes;
- Implementar uma aplicação para testar os serviços de *middleware* propostos;
- Implantar os protótipos desenvolvidos em um laboratório de TV digital móvel.

### 1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho está organizado da seguinte forma: o Capítulo 2 descreve os conceitos básicos, detalhando as tecnologias de TV digital interativa, com foco em mobilidade e convergência. No Capítulo 3 são detalhadas as plataformas de *middleware* para a TV móvel e os trabalhos relacionados. A proposta geral deste trabalho é apresentada no Capítulo 4, detalhando a arquitetura do *middleware*, com foco nos mecanismos de busca e descoberta de serviços. No capítulo seguinte, a aplicação motivadora é desenvolvida e detalhada, utilizando o *middleware* proposto para estudo de caso. Por fim, no Capítulo 6 são apresentados os resultados, as principais contribuições e as futuras direções deste trabalho.

---

<sup>3</sup> *Java Specification Request (JSR) 272*: é uma especificação que possibilita o acesso a conteúdo transmitido pela rede de TV digital móvel nos celulares (será mais bem detalhada na Seção 3.2.2).

## 2 CONVERGÊNCIA E TV DIGITAL

### 2.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentados os conceitos básicos que permeiam o trabalho desenvolvido nesta dissertação. Inicialmente, são introduzidos dois conceitos que motivam este trabalho: convergência digital e computação pervasiva. Em seguida, são expostas as tecnologias de TV digital interativa, com foco nos cenários de mobilidade.

### 2.2 CONVERGÊNCIA DIGITAL E COMPUTAÇÃO PERVASIVA

A computação pervasiva pode mudar a forma como os dispositivos computacionais são usados e, ao mesmo tempo, ampliar o escopo da Internet. Mark Weiser, ao definir o termo “computação pervasiva”, foi pioneiro quando imaginou que dispositivos e programas computacionais estariam integrados de forma transparente à vida cotidiana das pessoas, que deixariam de perceber a tecnologia a sua volta. A principal motivação na visão de Weiser é a experiência humana, de acordo com ele, as máquinas devem se ajustar ao ambiente humano, em vez de forçar os humanos a entrar no delas [72].

A fim de realizar a visão de Weiser, a convergência digital é um importante passo que está dissolvendo barreiras ao combinar tecnologias e conteúdos distintos de diferentes áreas. Esse processo de inovação tecnológica vem acompanhado da ruptura de conceitos e produtos no mercado. A convergência digital entre três setores antes considerados distintos, tecnologia da informação, telecomunicações e mídia, afeta a estrutura da indústria, provocando rupturas em mercados estabelecidos, através de inovações tecnológicas e fatores econômicos para atender às demandas dos consumidores. Isto gera a substituição ou fusão de produtos e serviços [24].

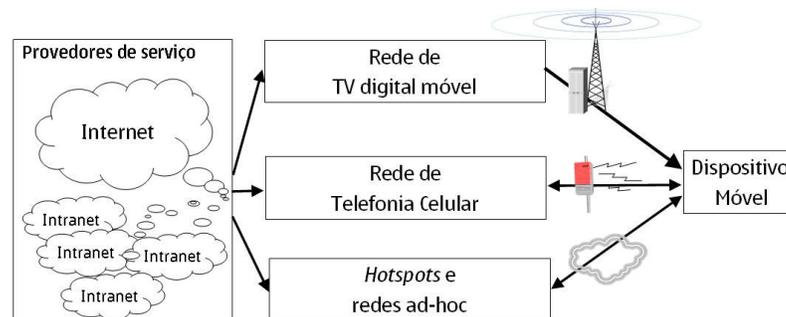
Segundo Flynn [21], o conceito de convergência é confundido com o conceito de unificação, dando a idéia de só haver um tipo de conteúdo, transmitido em um tipo de rede para um tipo de dispositivo. Entretanto, na convergência continua havendo diversidade nos três eixos considerados, ou seja: convergência dos dispositivos, convergência das redes e convergência de conteúdo.

A transição para redes baseadas em *Internet Protocol* (IP) já está acontecendo no plano da convergência de redes. Apesar do protocolo comum (IP), continuam a existir

diversas redes com diferentes meios de transmissão, largas de banda e provedores de serviços. Os padrões de TV digital móvel baseados no *IP Datacasting* (IPDC) [32][64] e o futuro das redes celulares (4G) [20], já adotaram o IP como protocolo para transmissão de dados.

A convergência digital focada neste trabalho abrange a camada de serviços em dispositivos móveis multifuncionais com acesso simultâneo à rede *broadcast* de TV digital móvel, à rede de transmissão celular (ex. GSM/UMTS) e a redes locais sem fio, *Wireless LAN* (WLAN). As aplicações interativas neste contexto podem se beneficiar destas múltiplas conexões para melhorar a robustez, a disponibilidade e para criar uma nova classe de aplicações que não seriam possíveis acessando cada rede isoladamente.

Este cenário convergente está exemplificado na Figura 2.1, que tem um dispositivo móvel com acesso a três redes distintas: a rede de TV digital móvel, a rede de telefonia celular e redes locais sem fio. Em cada uma dessas redes é possível acessar serviços disponíveis nas *intranets* ou, através de um *gateway*, na Internet. Os provedores de serviço precisam de mecanismos para divulgar e transmitir os serviços, enquanto os usuários querem uma forma simples de descobrir e executar estas funcionalidades disponibilizadas nas diferentes redes.



**Figura 2.1 Cenário de convergência**

Devido ao dinamismo dos sistemas pervasivos, o conjunto de serviços ativos muda constantemente no ambiente de execução, gerando a necessidade de mecanismos transparentes de localização e acesso das aplicações distribuídas. Essa busca e descoberta de serviços deve ser independente da tecnologia e protocolos utilizados nas redes *unicast* e *broadcast*.

A fim de identificar os serviços disponíveis em um dado instante é preciso saber quais conexões de redes estão ativas, ou seja, deve haver suporte para o monitoramento das interfaces de rede, que também possibilitará o controle de mudanças no ambiente de execução a fim de garantir qualidade de serviço.

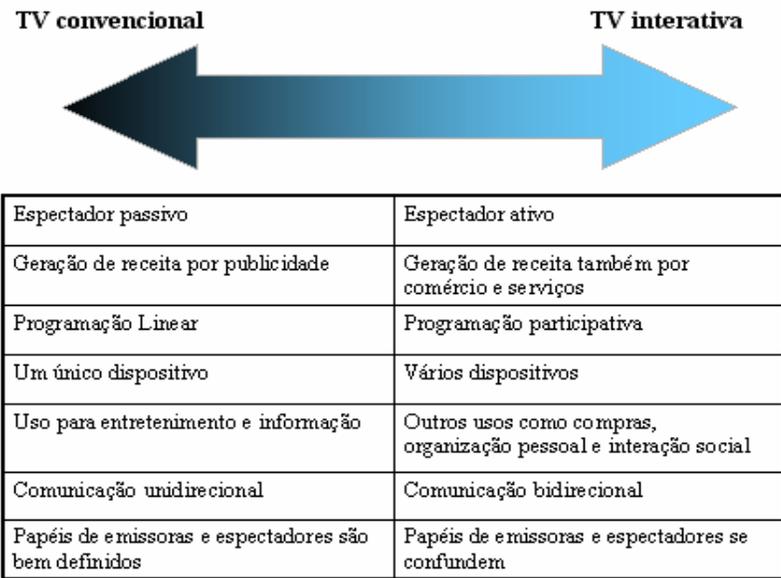
Neste cenário de várias conexões de rede, é cada vez mais importante um suporte para as aplicações cientes de contexto, que utilizam o contexto para adaptar seu comportamento de forma transparente ao usuário [60]. Contexto é definido como qualquer informação que possa ser usada para caracterizar a situação de uma entidade considerada relevante para a interação entre o usuário e o sistema [9]. Exemplos de contexto são localização de usuário, qualidade de sinal de redes, recursos de memória disponíveis e outras variáveis do ambiente de execução que influenciem no comportamento das aplicações [40]. A ciência de contexto é um elemento estrutural à visão de computação pervasiva de Mark Weiser.

### *2.3 TV DIGITAL INTERATIVA*

A televisão digital surgiu como uma evolução da televisão analógica, permitindo a transmissão de mais canais e com melhor qualidade de imagem. Anteriormente, todas as etapas envolvidas na produção de um programa (gravação de cenas, edição, acabamento, armazenamento dos vídeos, etc), na transmissão (radiodifusão) e na recepção (antena e receptor do televisor) do sinal eram analógicas.

O avanço nas tecnologias de compressão de áudio e vídeo digital, juntamente com o desenvolvimento de padrões de modulação e transmissão eficientes, possibilitaram o surgimento da TV digital, na qual o vídeo, o áudio e demais informações são geradas, transmitidas e recebidas na forma de sinais digitais.

Além de melhorar a qualidade da imagem, o sistema de TV digital viabilizou a transmissão de outros dados, junto com a programação de áudio e vídeo, criando uma nova gama de serviços interativos que caracterizaram este novo meio de comunicação em massa: a TV digital interativa. Neste novo modelo de televisão, é possível transmitir aplicações pela rede de TV, permitindo aos usuários interagirem com a programação.



**Figura 2.2. Diferenças entre TV convencional e TV interativa - adaptada de [42]**

A interatividade com os programas de TV possibilita uma postura ativa do telespectador, mudando radicalmente este meio de comunicação em massa do modelo convencional, como detalhado na Figura 2.2. O usuário passa de um modelo passivo, com programação linear, centrado em um único dispositivo, para um modelo ativo, com programação participativa disponível em múltiplos dispositivos e ambientes. Também como consequência da interatividade, tem-se a possibilidade de criação de conteúdo por parte dos usuários e geração de novas fontes de receitas por parte das emissoras.

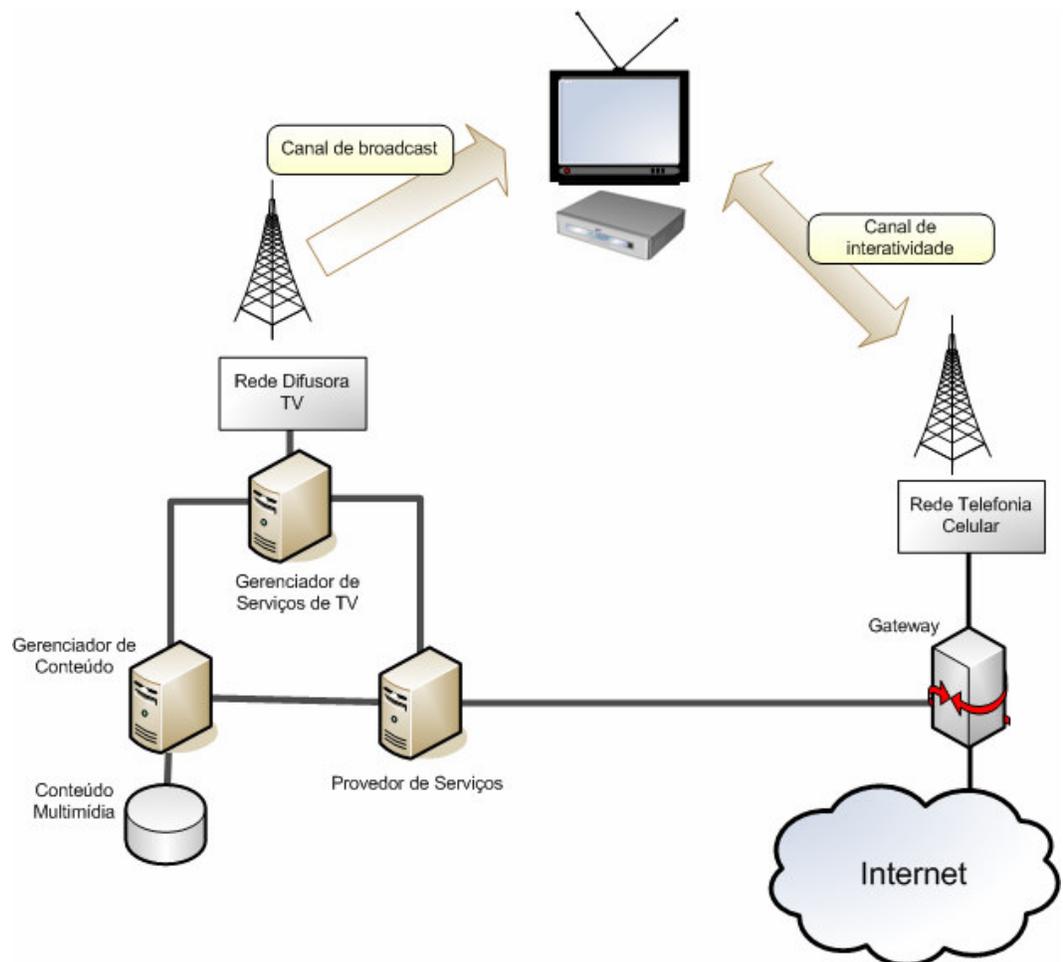
Na Figura 2.3 estão ilustrados alguns exemplos de aplicações interativas da rede de TV inglesa BBC, da esquerda para a direita: uma aplicação de voto, várias opções de câmeras e áudio durante um evento esportivo e um jogo eletrônico em um programa infantil.



**Figura 2.3. Aplicações interativas de TV digital**

O sistema de TV digital interativa consiste de uma rede unidirecional para radiodifusão de conteúdo em massa (*broadcast*) e outra rede bidirecional (*unicast*), também conhecida como canal de interatividade, como mostra a Figura 2.4. A rede difusora de TV possui também o gerenciador de conteúdo e provedores de serviço para gerenciar as

aplicações interativas. Neste cenário interativo, a plataforma de *software* dos receptores, camada de *middleware*, é padronizada, possibilitando a execução de aplicações transmitidas pelo canal de TV.



**Figura 2.4. Sistema de TV digital interativa**

Alguns dos serviços interativos providos pela TV digital interativa são, baseado em [42]:

- *EPG* - O Guia de Programação Eletrônica (*EPG*) permite aos usuários acompanharem a programação de centenas de canais, facilitando a escolha do programa desejado;
- *Enhanced TV* - É uma evolução para os programas de televisão que já utilizam a interatividade; a diferença reside no formato pelo qual o usuário interagirá com a emissora, que não será mais via Internet (pelo computador) ou via telefone, mas por intermédio do próprio receptor de TV digital;

- *Individualized TV* - Neste tipo de serviço, o usuário terá à disposição um nível de interatividade semelhante ao de um aparelho de DVD (será possível configurar opções de câmera, som e legenda de acordo com sua vontade);
- *Internet TV* - É o serviço que permite o acesso à Internet pela tela da TV;
- *Video on Demand* - O VoD é uma aplicação interativa que teve grande impulso nos últimos anos; trata-se de uma aplicação que fornece aos usuários uma seleção de filmes ou programas de TV sob demanda, ou seja, a programação está disponível a todo o momento;
- *T-commerce* – Consiste em realizar comércio eletrônico através da TV. Desta forma, é possível comprar produtos relacionados à programação, como filmes, músicas, etc.

Os serviços dessa nova TV podem ser classificados em duas categorias: interatividade local, que acessa dados disponíveis no terminal, tipicamente provenientes somente do canal de *broadcast*; ou remota, que acessa dados também pelo canal de interatividade. Este trabalho está focado nos serviços de interatividade remota, que consiste de aplicações-cliente que são executadas no receptor e acessam partes servidoras, através de serviços remotos.

Como exemplos de interatividade local, podem-se citar informações adicionais transmitidas juntas com o conteúdo da programação, por exemplo, eventos esportivos onde o usuário pode acessar estatísticas de times, tabela do campeonato, etc. Para os serviços de interatividade remota, participação num jogo de perguntas e repostas (*quiz*) ou aplicações de voto são exemplos interessantes.

Existem três principais sistemas de TV digital em operação no mundo: o americano *Advanced Television System Committee (ATSC)* [3], o europeu *Digital Video Broadcasting (DVB)* [12] e o japonês *Integrated Services Digital Broadcasting (ISDB)* [33]. Estes sistemas definem os formatos de codificação, modulação, acesso e sincronização dos dados transmitidos. Um breve resumo das especificações técnicas de cada um destes sistemas, está apresentado na Tabela 2.1. O Brasil, recentemente (Junho de 2006), optou pelo sistema de modulação do padrão ISDB-T na TV digital terrestre.

Padrão	ATSC	DVB-T	ISDB-T
Codificação de Vídeo	MPEG-2	MPEG-2	MPEG-2
Codificação de Áudio	DOLBY AC-3	MPEG-2 ACC	MPEG-2 AAC
Multiplexação	MPEG System	MPEG System	MPEG System
Modulação	8-VSB	COFDM	COFDM
<i>Middleware</i>	DASE	MHP	ARIB

**Tabela 2.1. Comparação dos padrões de TV digital**

A principal característica que diferencia os sistemas de TV Digital é a técnica de modulação utilizada para transmitir o sinal. O sistema americano (ATSC) utiliza a técnica de portadora única, com os esquemas de modulação 8-VSB (*Vestigial Side Band* com 8 níveis); já os sistemas europeu (DVB-T) e japonês (ISDB-T) fazem uso da técnica de portadoras múltiplas e trabalham com o COFDM (*Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing*).

Todos os padrões abertos de TV terrestre definem uma plataforma de software no receptor, denominada *middleware*, que estabelece uma interface entre as aplicações e o terminal. Esta camada de software fica entre o Sistema Operacional do terminal e as aplicações, permitindo que estas sejam executadas em terminais de diferentes fabricantes com padrões de *middleware* compatíveis. O *middleware* é, portanto, o componente responsável por monitorar e controlar os recursos do terminal, bem como disponibilizá-los às aplicações.

Os padrões de *middleware* procedural dos sistemas ATSC, DVB e ISDB são, respectivamente, DASE [2], MHP [13] e ARIB [34]. Existe uma iniciativa para tornar estes diferentes padrões de *middleware* compatíveis, chamada GEM (*Globally Executable MHP*) [14], que é uma especificação baseada em MHP removendo as particularidades do sistema DVB.

Do ponto de vista das aplicações, o *middleware* é formado por vários módulos, tais como: gerenciador de eventos do usuário; apresentação de mídia; armazenamento persistente; acesso condicional e gerenciador de aplicações [50]. Este último merece destaque, pois é responsável por controlar o ciclo de vida das aplicações. O acesso a esses módulos é feito através de APIs, que garantem às aplicações o poder de monitoramento e de controle dos recursos disponíveis no terminal, como por exemplo: manipulação do áudio e vídeo, seleção de serviço, acesso aos objetos transmitidos pelo carrossel de dados [36], criação de interface gráfica e acesso ao canal de interatividade.

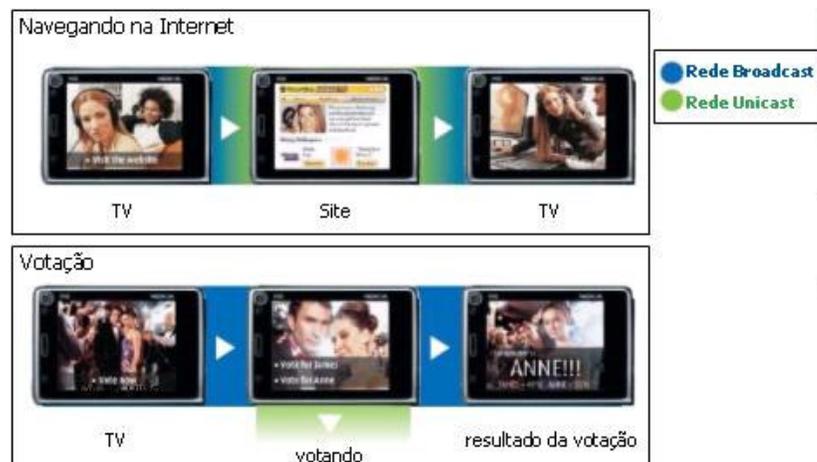
## 2.4 TV DIGITAL MÓVEL

O sistema de TV digital móvel tem diferenças significativas em relação à TV digital terrestre. A qualidade da recepção do sinal, a economia de energia da bateria, a pouca capacidade de processamento e a menor resolução da tela estão entre os principais fatores que levaram ao surgimento de padrões específicos para transmissão de conteúdo *broadcast* para dispositivos móveis.

Apesar dessas diferenças, a TV digital móvel tem a mesma estrutura de sistema da TV digital terrestre, estando ambos baseados em uma rede *broadcast* de difusão de TV e uma rede *unicast*, a de telefonia celular, para possibilitar os cenários de interatividade.

É interessante enfatizar que a tecnologia de TV digital móvel não irá substituir as outras formas de comunicação de dados (*unicast*), mas, sim, complementá-las. A vantagem de utilizar a rede de TV digital é o mecanismo de *broadcast*, que permite uma alta taxa de transmissão para um número ilimitado de dispositivos, com custo reduzido para os usuários finais, ao contrário do que acontece com as tecnologias atuais de transmissão *unicast* (GPRS, Wi-Fi); estas, por outro lado, são redes bidirecionais que possibilitam interatividade e conteúdo personalizado.

Na Figura 2.5 abaixo estão ilustrados dois exemplos de aplicações de TV interativa em dispositivos móveis. A parte de cima da Figura 2.5 mostra o acesso a uma página Web a partir do conteúdo de A/V da TV. Na parte de baixo da figura, tem-se a tradicional aplicação de voto em execução no ambiente celular.



**Figura 2.5. Aplicações interativas de TV digital móvel**

### 2.4.1 PADRÕES

Entre as tecnologias de TV digital móvel que estão sendo implantadas no mundo, podem-se citar DVB-H [15], DMB [10], ISDB-T [33] e MediaFLO [47], cujas características técnicas estão resumidas na Tabela 2.2. Além desses padrões, existe o *Multimedia Broadcast/Multicast Service* (MBMS) [46], que é um padrão de transmissão *broadcast* através de redes de telefonia celular, como GSM e UMTS. A infra-estrutura destas redes bidirecionais possibilita também transmissões *unicast* para as interações entre o serviço e o usuário. Entretanto, a largura de banda máxima é pequena comparada com os outros padrões.

Padrão	Descrição	Mobilidade	Largura de banda	Banda de frequência
DVB-H	Europeu	Alta	5-11 Mbits/s	UHF (470-702 MHz)
DMB-T	Coreano	Alta	1,15 Mbits/s	VHF
ISDB-T	Japonês	Alta	1,15 Mbits/s	VHF + UHF (91-770 MHz)
MediaFLO	Proprietário Qualcomm	Alta	2-11 Mbits/s	VHF + UHF
MBMS	3GPP	Alta	300 kbits/s	WCDMA

**Tabela 2.2. Comparação dos padrões de TV digital móvel**

O padrão *Digital Multimedia Broadcasting* (DMB) descreve um sistema de transmissão digital capaz de enviar conteúdo sincronizado de áudio, vídeo e dados para dispositivos móveis. Esta especificação é uma extensão do padrão EUREKA 147, mais conhecido como *Digital Audio Broadcasting* (DAB). Existem o DMB-T e o DMB-S, para transmissão terrestre e satélite, respectivamente. O órgão *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI) ratificou o DMB em 2005 [10].

A especificação do *Integrated Services Digital Broadcasting for Terrestrial Television* (ISDB-T) foi concebida em 1999 no Japão pelo grupo *Digital Broadcasting Experts Group* (DiBEG). Este padrão foi definido levando em consideração os requisitos de mobilidade, permitindo que a transmissão esteja acessível tanto para receptores fixos, quanto para móveis.

O modo como sua banda é segmentada define seu método de transmissão, conhecido como BST-OFDM (*Band Segmented Transmission OFDM*). Ele possui treze segmentos distintos, cada qual com largura de banda 1,15 Mbits/s, que podem ser configurados de três modos diferentes. Estes modos, que são denominados camadas do sistema, podem ser modulados de forma independente por meio de esquemas de modulação hierárquica, que possibilita a recepção simultânea de baixa definição de imagem (*Low Definition*) para

dispositivos móveis, definição intermediária (*Standard Definition*) e alta qualidade (*High Definition*) para receptores fixos.

O MediaFLO é um padrão fechado, desenvolvido pela *Qualcomm*<sup>4</sup>. Esta solução consiste da tecnologia *Forward Link Only* da *Qualcomm*, que utiliza modulação OFDM e se propõe a ter um melhor gerenciamento de bateria e tempo de resposta para mudança de canais, em comparação com os outros padrões. Entretanto, ainda não foram feitas demonstrações públicas desta tecnologia [47].

O *Digital Video Broadcasting – Handheld* (DVB-H) foi criado para adicionar ao padrão europeu de TV digital, DVB [12], os requisitos técnicos para solucionar os problemas da recepção móvel, citados anteriormente, como a economia de bateria e a recepção de sinal. Para os países que adotaram o DVB como padrão terrestre, é possível a reutilização da estrutura de transmissão existente, já que os aparelhos de modulação e antenas são os mesmos. Além disso, os sinais DVB-H e DVB-T podem ser multiplexados e transmitidos juntos em um mesmo fluxo de transporte.

A fim de diminuir o consumo de bateria, o DVB-H introduz o conceito de *time-slicing*. Com o *time-slicing*, o conteúdo (áudio, vídeo e dados) é transmitido em rajadas (*burst*), e apenas após um intervalo de tempo (*time-slice*) outra rajada do mesmo serviço é enviada. Assim, o receptor pode ser sincronizado para estar ligado somente nos momentos de transmissão de um *time-slice* específico, no qual o canal selecionado pelo usuário está sendo transmitido. Desta forma, o receptor DVB-H fica ligado cerca de 10% do tempo, garantindo uma excelente economia de bateria [19].

Visando melhorar o sinal recebido, o DVB-H adicionou ao padrão terrestre o MPE-FEC (*Multi Protocol Encapsulation - Forward Error Correction*), para correção de erros e o modo de modulação em 4K portadoras. Para mais detalhes, ver Faria et al [19]. Além disto, o padrão proposto para codificação de vídeo é o H.264 (MPEG-4 parte 10) e o áudio comprimido em MPEG-4 AAC, que incorporam técnicas mais eficientes de compressão.

As modificações citadas acima descrevem principalmente alterações nas camadas física e de enlace, mas DVB-H também alterou a forma como o áudio, vídeos e dados são transmitidos, adotando o *Internet Protocol Datacasting* (IPDC) [32]. O padrão IPDC descreve como transmitir o conteúdo digital em *broadcast* através do protocolo IP e, conseqüentemente, possibilita a convergência com serviços e conteúdos já existentes na

---

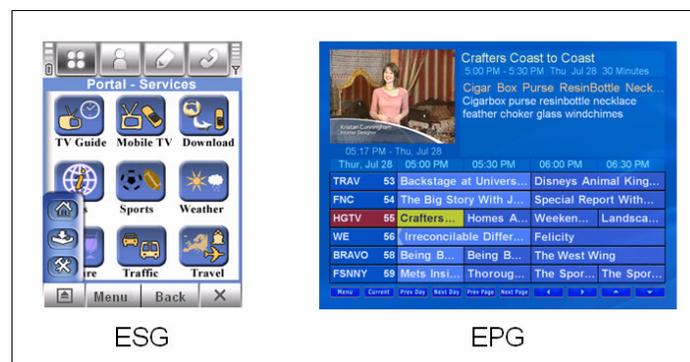
<sup>4</sup> *Qualcomm* é uma companhia de pesquisa e desenvolvimento em telecomunicações (<http://en.wikipedia.org/wiki/Qualcomm>).

Internet. O padrão em desenvolvimento *Multimedia Broadcast/Multicast Service* (MBMS) [46], que usa somente a rede de telefonia celular para transmitir conteúdo *broadcast*, também adota o IPDC.

### 2.4.2 ELECTRONIC SERVICE GUIDE (ESG)

A fim de iniciar a TV digital, o usuário precisa saber quais serviços estão disponíveis no momento, assim como uma descrição dos mesmos e o modo como acessá-los. Isto pode ser feito através de uma aplicação, semelhante a um guia de programação eletrônico de TV (*EPG*), conhecida como *Electronic Service Guide* (*ESG*). Desta forma, o *ESG* é uma aplicação central para TV digital, através da qual o usuário pode selecionar, além dos programas tradicionais de TV, os serviços que estão disponíveis na transmissão, como uma aplicação de jogo ou uma página HTML da Internet, por exemplo.

Na Figura 2.6 está ilustrada a diferença entre um *Electronic Service Guide* (*ESG*) e um *Electronic Program Guide* (*EPG*). No *ESG* existem diversas opções de serviços disponíveis, como por exemplo, *download*, esportes, trânsito, viagens e também TV móvel, enquanto no *EPG* há somente a grade de programação tradicional de TV.



**Figura 2.6. ESG x EPG**

Existem diversos órgãos padronizando diferentes formatos de *ESG*, embora todos possuam um propósito semelhante: descrever mídia. Dentre os padrões abertos existentes, podem-se citar: *TV-Anytime* (TVA) [65], que foi desenvolvido inicialmente para sistemas de *Personal Video Recorder* (PVR); e DVB-H [15], que é voltado para TV em dispositivos móveis. Os diferentes padrões de *ESG* não se restringem ao formato dos metadados que descrevem os serviços, mas também definem seu protocolo de transporte, codificação e transmissão. Além disto, é necessário também especificar a parte servidora do sistema de *ESG* para agregar e transmitir a descrição dos serviços disponíveis para os receptores. Esta

variedade de padrões dificulta a interoperabilidade entre sistemas e a viabilização dos cenários de convergência.

Nestes cenários é importante que o acesso ao conteúdo não seja restrito pelo modelo de *ESG* adotado, desta forma é um requisito deste trabalho que a busca de serviços seja independente do padrão de metadados utilizado, sendo possível adicionar novos padrões que surjam ou estender os existentes.

O padrão de *Electronic Service Guide (ESG)* do DVB-H [18] é diferente do modelo de descrição dos serviços da TV digital terrestre. Enquanto no modelo terrestre as descrições são enviadas nas tabelas PSI/SI do MPEG-2 *Transport Stream (TS)* [50], o *ESG* do DVB-H define uma especificação do formato de metadados, codificação e transporte dos arquivos XML que descrevem os serviços de TV móvel. O padrão de metadados do DVB-H reutiliza tipos definidos nas especificações de *TV-Anytime (TVA)* [65] e MPEG-7 [35].

## ***2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS***

Neste capítulo foram apresentados os conceitos básicos que formam a base para a proposta de suporte aos cenários de convergência de TV móvel e redes sem fio. Inicialmente, foi esclarecido o escopo da convergência tratada neste trabalho, ilustrando os cenários de motivação. Nestes cenários foi destacado o suporte necessário para possibilitar a descoberta, o acesso e o monitoramento de serviços oriundos de redes com diferentes características, *unicast e broadcast*.

Em seguida, as tecnologias de TV digital foram introduzidas, apresentando os principais padrões da atualidade e detalhando as especificidades de cada um, com o foco em convergência e mobilidade.

# 3 MIDDLEWARE E TRABALHOS RELACIONADOS

## 3.1 INTRODUÇÃO

Devido à constante evolução de tecnologias e plataformas de execução, os desenvolvedores de software têm buscado padrões abertos e modelos de software independentes de plataforma para propiciar interoperabilidade e portabilidade. Para isto, é necessária uma arquitetura que seja capaz de fornecer uma abstração do sistema para as aplicações e os usuários, escondendo toda a complexidade dos mecanismos definidos pelos padrões, protocolos de comunicação e até mesmo pelo sistema operacional. A esse elemento dá-se o nome de *middleware* [6]. A padronização de uma camada de *middleware* permite a construção de aplicações distribuídas independentes do *hardware* e do sistema operacional, executáveis em diferentes plataformas.

Como foi detalhada na Seção 2.3, todos os padrões abertos de TV digital terrestre possuem uma especificação da camada de *middleware*, que provê uma API uniforme de acesso aos recursos do sistema, além de gerenciar as aplicações e os dados da transmissão *broadcast*. A padronização desta camada de *software* nos receptores possibilita que aplicações transmitidas pelas redes *broadcast* possam ser executadas em diversos *hardwares* com diferentes sistemas operacionais.

Na TV digital móvel esta camada de interoperabilidade também é necessária, pois nos dispositivos móveis, compostos na grande maioria por telefones celulares, há uma grande fragmentação de plataformas de *hardware* e sistemas operacionais proprietários [22]. Na seção seguinte, serão apresentadas as tentativas de especificações atuais, comparando as diferenças entre as propostas.

## 3.2 MIDDLEWARE DE TV DIGITAL MÓVEL

No cenário de TV móvel, ainda não há uma definição quanto à padronização da camada de *middleware* do receptor. Dentre as especificações existentes, está o *Internet Protocol Datacasting* (IPDC), que é adotado nos padrões DVB-H [15] e MBMS [46] como citado na Seção 2.4.1, que define um conjunto de serviços básicos para a recepção de dados

através do canal de TV, mas não padroniza a API, nem o comportamento dos mesmos. Estes serviços do IPDC representam o que existe hoje na indústria de TV móvel, soluções proprietárias sem a padronização necessária para propiciar serviços interativos interoperáveis entre diferentes fabricantes e plataformas.

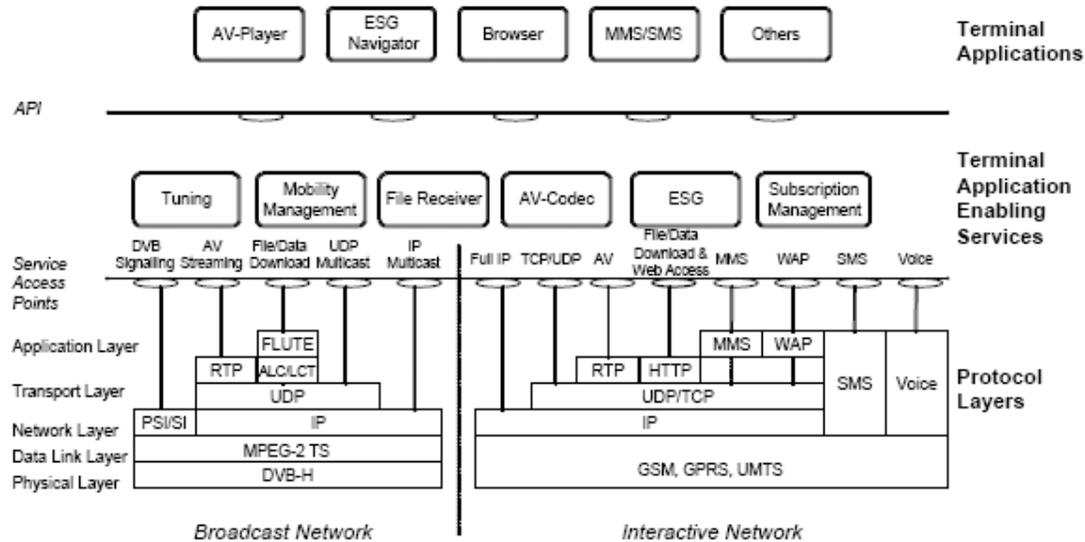
A fim de executar aplicações transmitidas pelo canal de *broadcast*, é preciso ter suporte de uma máquina virtual que possibilite interoperabilidade entre os diferentes sistemas operacionais e plataformas de execução dos dispositivos móveis. Entretanto, apesar de existirem diversos *middlewares* procedurais, baseados em JAVA, nos sistemas de TV digital terrestre, a padronização de uma especificação para a parte móvel está dividida entre dois ambientes: MIDP [48] (suportada por quase todos os dispositivos móveis e apoiada pela indústria de telefonia celular) e MHP [13] (desenvolvida especificamente para TV digital, com foco para execução em *Set-top Boxes*, e apoiada pela indústria de *broadcasting*).

Essa padronização é fundamental para a adoção de serviços interativos na TV móvel, pois os ambientes de execução de MIDP e MHP não são compatíveis, uma vez que estão baseados em perfis diferentes de J2ME, *Connected Limited Device Configuration* (CLDC) e *Connected Device Configuration* (CDC), respectivamente [50]. Por outro lado, o *middleware* MHP também não tem especificações compatíveis com o ambiente móvel, existindo apenas estudos de viabilidade com protótipos em INSTINCT [59]. Atualmente, a especificação mais promissora para padronização da camada de *middleware* de TV digital móvel é a *JAVA Specification Request* (JSR) 272 [37], proposta de extensão de MIDP para possibilitar acesso a conteúdo de TV, que ainda está em fase *draft*, mas que possui o apoio de importantes atores da indústria de telefonia.

### ***3.2.1 INTERNET PROTOCOL DATACASTING – IPDC***

O *Internet Protocol Datacasting* é um padrão que surgiu para especificar a transmissão de dados em redes unidirecionais de transmissão em massa. Nesta especificação, todo o conteúdo é encapsulado e transmitido através de pacotes IP, como pode ser verificado na Figura 3.1 que detalha a pilha de protocolos do IPDC, dividida entre rede *broadcast* e rede *unicast*. Nas redes *broadcast*, assim como nas *unicast*, o *streaming* de áudio e vídeo é feito através do protocolo *Realtime Transport Protocol* (RTP), enquanto que para transmitir arquivos em geral, tais como, aplicações e arquivos (metadados de descrição de serviços), é

utilizado o protocolo FLUTE<sup>5</sup>. É interessante notar a convergência no protocolo IP, usado nas redes *broadcast* com o objetivo de facilitar o reuso, pois não haveria necessidade da camada de rede (IP), uma vez que só há um *hop* na transmissão para o receptor [64].



**Figura 3.1. Pilha de protocolos do padrão *IP Datacast* [32]**

A Figura 3.1 faz referência ao modelo de camadas OSI<sup>6</sup>, adicionando uma seção de *Enabling Services* no diagrama, possibilitando o desenvolvimento de aplicações que se baseiam no padrão IPDC. Estes “serviços habilitadores” (*Enabling Services*), descritos na Tabela 3.1 abaixo, podem estar distribuídos no formato cliente-servidor, com a parte cliente do serviço sendo executado no receptor móvel e a outra parte executando no servidor (*head-end*).

Esses “serviços habilitadores” estão exemplificados no IPDC, porém não fazem parte do padrão, não havendo especificação do comportamento nem da API desses serviços. Portanto, também não faz parte do escopo do IPDC definir mecanismos de descoberta, nem monitoramento de redes, ficando sua especificação restrita ao sistema de transporte de dados. A responsabilidade de especificar esses serviços avançados fica por conta dos padrões que adotam o IPDC, no caso o DVB-H, por exemplo. Na versão atual do IPDC, não há suporte para execução de aplicações interativas transmitidas pela rede.

<sup>5</sup> FLUTE (*File Delivery Over Unidirectional Networks*): é um protocolo de rede, especificado na RFC 3926, para transmissão de arquivos em redes unidirecionais.

<sup>6</sup> OSI: modelo de camadas de redes ([http://en.wikipedia.org/wiki/OSI\\_model](http://en.wikipedia.org/wiki/OSI_model))

<i>Enabling Services</i>	Descrição
Gerenciador de Assinatura (opcional)	É responsável pela aquisição dos direitos de acesso ao conteúdo e controla o processo de deciptação deste conteúdo protegido no terminal.
<i>Tuning</i>	Responsável pela varredura e sintonia da frequência, seleção da plataforma IP e mapeamento de PID <sup>7</sup> em endereços IP <i>multicast</i> .
<i>AV-Codec</i>	Do lado do <i>head-end</i> , é responsável por codificar o conteúdo de áudio e vídeo, enquanto no terminal, é responsável por decodificar e “renderizar” este conteúdo.
<i>ESG</i>	Recebe o <i>Electronic Service Guide(s)</i> , mantém seu <i>cache</i> e notifica aplicações de atualizações no <i>ESG</i> .
Receptor de arquivos	É responsável por receber o carrossel de arquivos e gerenciar os arquivos recebidos. Além de notificar as aplicações de chegada e atualizações desses arquivos.
Gerenciador de Mobilidade	Provê as funcionalidades de <i>handover</i> <sup>8</sup> e <i>roaming</i> <sup>9</sup> .

**Tabela 3.1. Descrição dos *Enabling Services* do padrão IPDC**

### 3.2.2 JSR 272

A *Java Specification Request (JSR) 272* define uma API de extensão do ambiente MIDP para possibilitar que aplicações JAVA acessem, executem e interajam com o conteúdo transmitido pelo canal de *broadcast* [37]. O escopo desta proposta pode ser dividido em duas áreas principais:

1. Gerenciamento de serviços interativos do canal de *broadcast*:
  - Busca e descoberta de serviços;
  - Acesso e execução de serviços;
  - Recepção e agendamento de serviços;
  - Assinatura e compra de serviços.
2. Gerenciamento das aplicações transmitidas pelo canal de *broadcast*:
  - Recepção e gerenciamento de aplicações JAVA;
  - Parametrização de aplicações.

<sup>7</sup> PID: *Packet Identification* é uma identificação para os pacotes do fluxo de transporte do MPEG-2 ([http://en.wikipedia.org/wiki/Transport\\_stream](http://en.wikipedia.org/wiki/Transport_stream)).

<sup>8</sup> *Handover*: <http://en.wikipedia.org/wiki/Handoff>

<sup>9</sup> *Roaming*: <http://en.wikipedia.org/wiki/Roaming>

Portanto, esta JSR tem como finalidade possibilitar acesso e controle dos objetos transmitidos pela rede *broadcast*, de forma transparente do padrão e dos protocolos utilizados na transmissão. Contudo, não faz parte do escopo desta especificação definir a plataforma completa do sistema de TV móvel, sendo necessário, em complemento a esta API, o suporte de um conjunto de protocolos e formatos para transmissão dos dados.

Os requisitos dessa JSR foram definidos a partir dos cenários de casos de uso do padrão DVB-H. Estes requisitos estão categorizados da seguinte forma: gerais (G), controle do receptor (C), execução e gravação de serviços (RN), *Electronic Service Guide* (E), recebimento de objetos de dados (D), recebimento de fluxo de dados (S) e recebimento e execução de aplicações JAVA (J). Dentre os cenários de casos de uso da JSR 272 estão a transmissão de aplicações pelo canal de *broadcast* e o acesso a serviços de interatividade remota.

Os requisitos descritos acima se restringem, entretanto, aos serviços que sejam transmitidos por redes *broadcast*. A JSR 272, atualmente, não prevê conteúdo acessado por redes *unicast*, não possibilitando que áudio e vídeo sejam descobertos e transmitidos pela rede de telefonia celular, por exemplo.

Conforme mostra a Figura 3.2, a especificação da JSR 272 engloba outras JSRs para prover mecanismos de compra de serviços (JSR 229), execução de conteúdo multimídia (JSR 135) e transmissão de objetos *broadcast* (JSR 75). A implementação destas JSRs nos dispositivos móveis é dependente da plataforma de execução e dos padrões de transmissão da rede *broadcast*. Apesar dessas dependências, o principal objetivo da JSR 272 é prover uma API que abstraia para os desenvolvedores de aplicações a complexidade da comunicação *broadcast* e a heterogeneidade das diferentes plataformas dos dispositivos móveis.

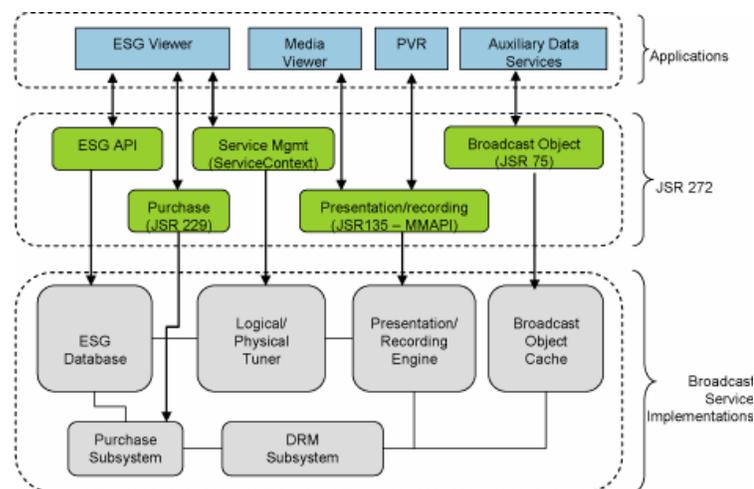


Figura 3.2. Visão dos componentes e da API da JSR 272 [37]

O diagrama de classes do mecanismo de busca e descoberta de serviços da JSR 272 está ilustrado na Figura 3.3. Através do ESGQueryDatabase, é possível acessar os diversos ESGs disponíveis e realizar consultas por serviços, baseadas em metadados. Esta API de consultas disponibilizada pela JSR 272 é independente do padrão de metadados utilizado na descrição dos serviços, que é um requisito para a busca em redes convergentes.

Nesta arquitetura, os serviços são compostos por BroadcastObjects, que podem ser do tipo arquivo (*file*) ou fluxo de dados (*stream*). Entretanto, não há suporte equivalente para transmissão de objetos por redes *unicast*, conseqüentemente, não é possível através dessa API, por exemplo, criar um serviço que acessa o vídeo da rede de TV e o áudio ou a legenda de um serviço na Internet.

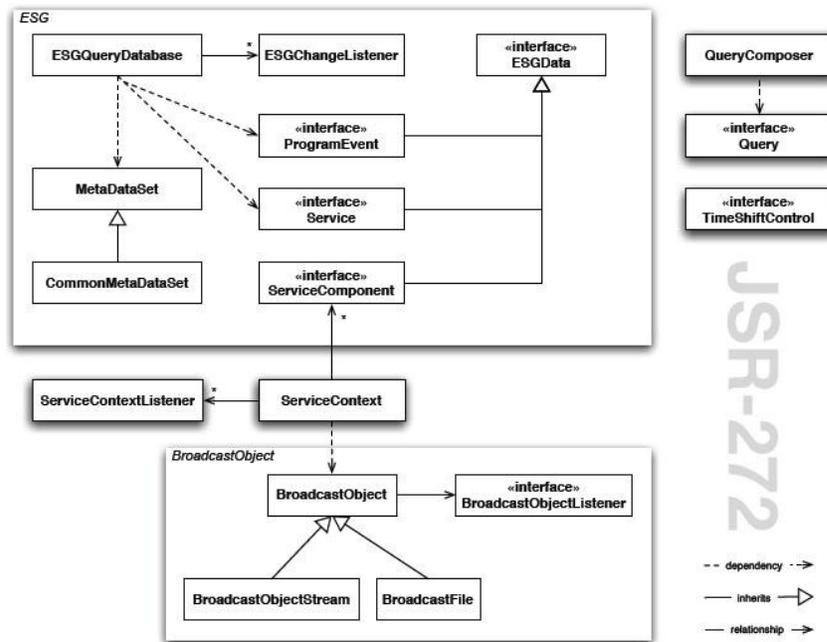


Figura 3.3. Diagrama de classes da JSR 272 [37]

A JSR 272 é bastante recente: a especificação *draft* foi lançada em Março de 2006 e ainda está em processo de padronização (não há implementação de referência). Contudo, pelo apoio da indústria, acredita-se que esta especificação poderá ser a camada de padronização que falta hoje no mundo da TV móvel. Com relação ao suporte aos cenários de convergência de TV móvel e redes sem fio, esta JSR possui uma API de busca e descoberta de serviços, independente do padrão de metadados utilizados. Por outro lado, a transmissão de objetos,

que compõem os serviços, é realizada apenas em redes *broadcast*, restringindo as oportunidades dos desenvolvedores de aplicações.

### ***3.3 TRABALHOS RELACIONADOS***

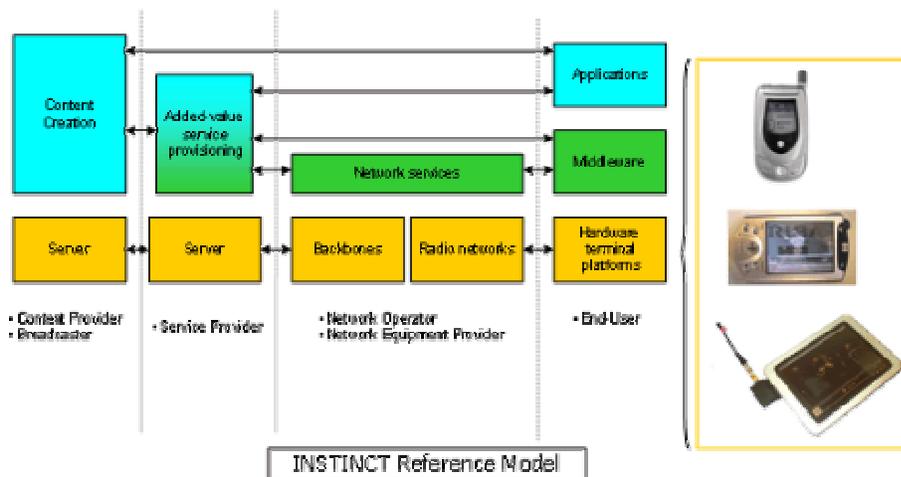
Neste capítulo foram detalhadas as atuais plataformas de *middleware* de TV digital móvel existentes. Pode ser verificado, que nenhuma delas provê o suporte necessário aos cenários de convergência motivadores deste trabalho. Entretanto, a JSR 272, por ser guiada por requisitos de alto nível que defendem a independência de tecnologias e padrões de rede, é a especificação que mais se aproxima para ser a base a fim de atender aos requisitos de busca, de monitoramento e de gerência de serviços através de múltiplas redes.

Nas próximas sub-seções os trabalhos relacionados serão detalhados, analisando o suporte à convergência de serviços em TV digital móvel e redes sem fio. Este suporte é provido na camada de *middleware*, bem como nos padrões de metadados utilizados na descoberta de serviços.

#### ***3.3.1 INSTINCT***

O INSTINCT (*IP-based Networks, Services and Terminals for Converging Systems*) foi um projeto da União Européia, formado por um consórcio de 24 membros, incluindo 14 parceiros industriais, 6 universidades e 4 instituições de pesquisas. No Brasil, o consórcio INSTINCT teve cinco parceiros: o Centro de Estudos em Sistemas Avançados do Recife (CESAR), a Fundação Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras (CERTI) de Florianópolis, a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP), o Instituto Genius e o Laboratório Philips da Amazônia [30].

O objetivo principal do INSTINCT foi montar uma arquitetura de rede aberta e escalável, e uma camada de *middleware* flexível para dar suporte a serviços híbridos, que usam as redes de telefonia celular (ex. GSM/UMTS) combinadas com as redes de TV digital (DVB-T/DVB-H) em dispositivos móveis. Desta forma, baseado em trabalhos anteriores, como CISMUNDOS e CONFLUENT [5], arquiteturas e ferramentas foram desenvolvidas no INSTINCT para dar suporte a esse cenário convergente, desde a produção de conteúdo e serviços até a recepção dos dados nos dispositivos móveis, como ilustrado na Figura 3.4.



**Figura 3.4. Modelo de referência INSTINCT**

Os quatro principais segmentos do mercado onde os serviços do INSTINCT podem ser aplicados são:

- Serviços de transmissão digital interativa (TV e rádio);
- Serviços de notificação de eventos, possivelmente associados tanto com transmissão em *broadcast*, quanto com redes de telecomunicação;
- Serviços de telemática (informações sobre trânsito e tráfego, viagens, pontos de interesse, notícias e entretenimento, entre outros);
- Serviços de *download* (jornais, livros, músicas, jogos e software).

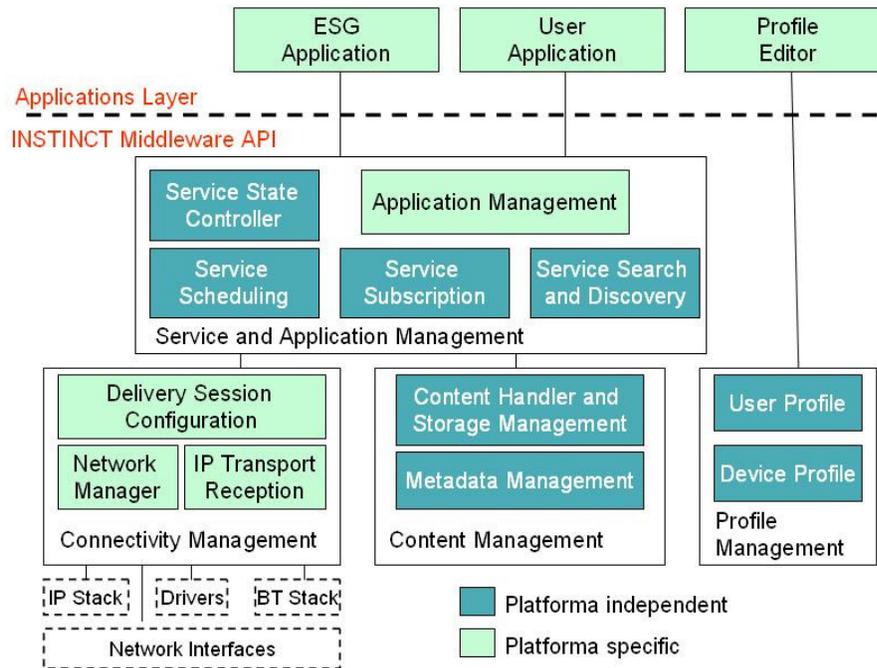
O projeto do INSTINCT foi conduzido em diversos grupos de trabalho (*Work Package - WP*) que tinham por objetivo desenvolver a infra-estrutura tecnológica para viabilizar três cenários motivadores, os quais foram definidos baseados em aspectos econômicos, sociais e tecnológicos. Nestes cenários, o usuário possui um dispositivo móvel (*Tablet*, PDA ou celular), conectado às redes de TV móvel e de telefonia celular, e acessa serviços convergentes, como os listados no parágrafo anterior. Um exemplo de serviço convergente do INSTINCT é um portal de notícias que transmite os assuntos de interesse geral pela rede de transmissão em massa, enquanto o conteúdo personalizado é acessado através da rede celular. O objetivo e os cenários convergentes definidos em INSTINCT serviram de base para o desenvolvimento desta dissertação.

Dentre os diversos grupos de trabalho existentes no INSTINCT, o *WP5*, responsável pela especificação do *middleware*, é o que está mais alinhado com a presente proposta. Por

este motivo, em seguida, será detalhado o resultado de um trabalho do grupo *WP5* [59], que consiste em um protótipo do *middleware* INSTINCT para dispositivos móveis.

No *middleware* de TV móvel, os terminais móveis executam a parte das aplicações que interagem com o usuário e, a fim de prover um ambiente aberto e interoperável, as aplicações transmitidas pela rede e executadas no receptor têm acesso a uma API padronizada para utilizar os recursos do dispositivo móvel. Já existem diversas especificações desta plataforma de software, *middleware*, no ambiente de TV digital terrestre (e.g. MHP) e nos sistemas celulares (e.g. MIDP), entretanto, ainda não há uma padronização para o sistema de TV digital móvel. A cooperação entre sistemas de radiodifusão e celulares requer modificações e extensões das APIs existentes de modo a adaptar os requisitos do *middleware* aos dispositivos portáteis.

A arquitetura do *middleware* INSTINCT, ilustrada na Figura 3.5 abaixo, está baseada no modelo da TV digital terrestre (MHP), simplificado para dispositivos móveis. Dentre os componentes do *middleware*, podem-se destacar quatro principais serviços: *Service and Application Management*, *Connectivity Management*, *Content Management* e *Profile Management*.



**Figura 3.5. Arquitetura do *middleware* INSTINCT [59]**

No cenário de demonstração do protótipo do *middleware* INSTINCT, ilustrado na Figura 3.6, o *middleware* baseado em MHP executa em um PDA, que está conectado a um receptor externo DVB-H, via *Wireless Local Area Network* (WLAN). Este receptor externo

está conectado em um PC que serve como roteador para os pacotes IP extraídos do fluxo DVB-H, que são retransmitidos pela WLAN para o PDA. Nesta configuração, o roteador não modifica os pacotes transmitidos na rede de TV digital móvel de nenhuma forma, conseqüentemente, o PC pode ser visto como um receptor DVB-H para o PDA. Todo processamento de sinal necessário para filtrar os serviços é feito no dispositivo móvel. Esta demonstração do INSTINCT não provê acesso a mais de uma rede ao mesmo tempo, não tendo sido demonstrados os cenários de convergência de serviços.



**Figura 3.6. Cenário do protótipo do *middleware* INSTINCT [59]**

O trabalho desenvolvido no INSTINCT foi concluído antes do surgimento da JSR 272, uma extensão de MIDP para dar suporte a TV digital móvel, e da especificação do *ESG* de DVB-H. Tendo como base a proposta do INSTINCT, estas duas novas especificações são incorporadas na arquitetura do *middleware* desenvolvido nesta dissertação. Além disso, o INSTINCT não considera nos seus cenários motivadores o acesso a serviços em redes locais, como *hotspots* Wi-Fi, por exemplo. No mecanismo de descoberta proposto no INSTINCT, é possível fazer consultas somente nos metadados do *ESG* transmitidos continuamente via rede *broadcast* e gravados localmente no dispositivo móvel.

### 3.3.2 TV-ANYTIME

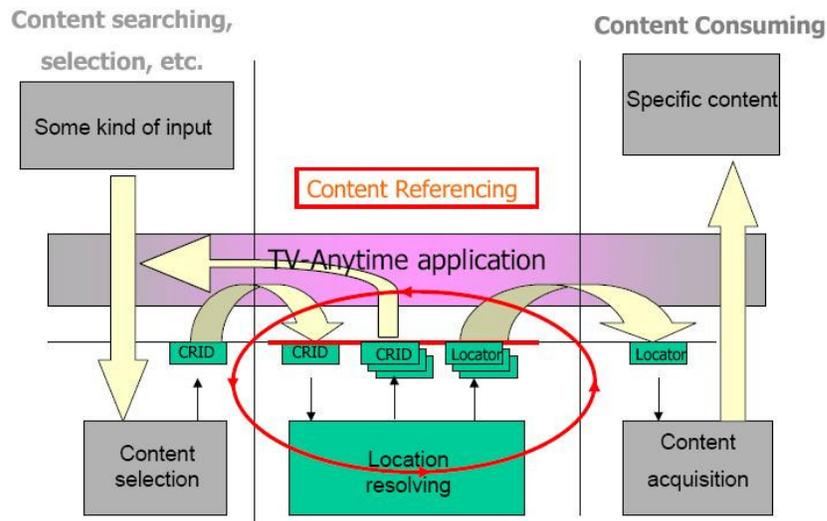
O *TV-Anytime Fórum* pode ser dividido em três subsistemas: metadados, referência a conteúdo e gerenciamento de direitos autorais [63]. Em seguida, estão detalhados o mecanismo de referência de conteúdo e o modelo de metadados.

O fórum *TV-Anytime* (TVA) definiu os requisitos de um sistema de *Personal Video Recorder* (PVR) [66], baseado em cenários de uso e de negócios previamente estabelecidos, e, sob este ponto de vista, desenvolveu as especificações para a descoberta e o acesso a serviços multimídias.

Na segunda fase, o *TV-Anytime Phase 2* expandiu o escopo do fórum para além da TV convencional. Neste cenário de convergência, são considerados novos tipos de conteúdos, como, aplicações de TV interativa, jogos eletrônicos, páginas Web, arquivos de música, dados, entre outras aplicações.

O principal diferencial do *TV-Anytime* em relação a outros padrões é o seu mecanismo de descrição e descoberta de conteúdo, o *Content Referencing Identification* (CRID) [65], uma vez que este separa a referência ao conteúdo das informações de acesso ao mesmo. O formato do CRID é *CRID://<authority>/<data>*, em que *authority* é uma entidade certificada a prover conteúdo e *data* é o endereço de acesso a ele, por exemplo, *CRID://company.com/foobar* (*foobar* é o conteúdo e *company.com* é a sua autoridade provedora).

Ao realizar uma consulta no mecanismo de seleção de conteúdo do TVA (*Content selection*), é retornado uma lista de CRIDs que satisfazem a consulta, como mostra a Figura 3.7. Com estas referências, CRID, é possível, através do *Location resolving*, recuperar o endereço de acesso, no formato de *locator* [50]. O padrão *locator*, que está definido no TVA, tem formato: *protocolo://ip@hora*, por exemplo, *dvb://123.5ac.3be;3e45@2001-12-07T12:00:00.00+01P02:10*. Outros possíveis protocolos são: http, ftp, etc. Os conteúdos disponíveis podem ser de dois tipos: sob demanda, que podem ser acessados a qualquer instante, ou agendados, que tem um horário pré-determinado para o acesso ser efetuado.



**Figura 3.7. Arquitetura de *TV-Anytime* [65]**

Com relação ao subsistema de metadados, o *TV-Anytime* definiu uma especificação bastante completa, que serve de base para outras especificações da área, como DVB-H [18]. Metadados é o termo usado para descrever informações sobre programas de TV ou outros conteúdos, que podem ser interpretados por pessoas (título, gênero) ou máquinas (tipo de áudio, aspecto). O foco primário dos metadados do *TV-Anytime* é atrair os usuários para o conteúdo e prover informações relevantes sobre o mesmo.

A linguagem XML foi escolhida para o formato dos arquivos de metadados devido às vantagens em: permitir extensões, dar suporte à separação entre dados e aplicações, ser largamente utilizada e existirem diversas ferramentas de apoio para os desenvolvedores. Para a definição formal da estrutura e da sintaxe dos metadados foi utilizado XML Schema [70]. O esquema desenvolvido por *TV-Anytime* utiliza especificações do padrão MPEG-7 [35], principalmente no que se refere à descrição de mídias. Na Tabela 3.2 estão detalhados os conteúdos das principais tabelas do formato de metadados do *TV-Anytime*.

Nome da Tabela	Descrição do conteúdo
<i>ContentReferencingTable</i>	Mapeamentos de CRID para endereços e CRID para CRID.
<i>ProgramInformationTable</i>	Metadados atratores (título, gênero, sinopse, etc).
<i>ProgramLocationTable</i>	Informações de guia de programação.
<i>ServiceInformationTable</i>	Mapeamento de <i>locators</i> para nomes de serviços.
<i>SegmentInformationTable</i>	Metadados e informações de temporização para segmentos de programas.
<i>GroupInformationTable</i>	Metadados de grupos <i>TV-Anytime</i> .
<i>CreditsInformationTable</i>	Informações detalhadas de créditos dos programas.
<i>ProgramReviewTable</i>	Contém revisões críticas de itens de programas.
<i>UserPreferences</i>	Parte dos metadados do consumidor, informando as preferências de seu perfil.
<i>UsageHistory</i>	Descreve o histórico de ações de um usuário.

**Tabela 3.2. Tabelas de metadados do *TV-Anytime***

Nas especificações do TVA já existem mecanismos para transmitir metadados por redes unidirecionais e bidirecionais. Em redes bidirecionais, TVA define um serviço de descoberta de metadados baseado em *Web Services* [71], onde os servidores de metadados estão anunciados em diretórios UDDI (*Universal Description Discovery & Integration*) [68]. Além disso, também é possível acessar metadados de diferentes redes, nos modelos cliente-servidor, *peer to peer* e, inclusive, através da Internet, como proposto por Leban [41].

Como estes mecanismos de busca propostos estão focados em descoberta de CRIDs, referência de conteúdos, ainda é preciso fazer uma busca adicional, através do *Location resolving* como explicado anteriormente, para encontrar o conteúdo desejado. Esta busca adicional, bem como o uso de *Web Services*, podem prejudicar o desempenho destes serviços em dispositivos móveis com baixa capacidade de processamento e memória.

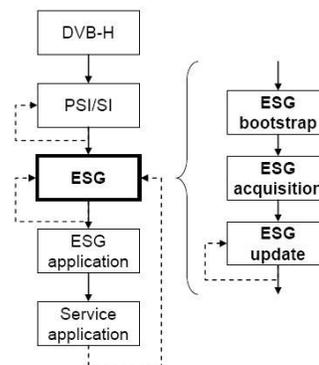
O *TV-Anytime Fórum* desenvolveu especificações para a descrição de serviços através de metadados, que têm a finalidade de atrair o usuário final para o conteúdo. Além disso há suporte para a descoberta de serviços através de *Web Services*, utilizando os conceitos de CRID (separação do conteúdo de sua referência). Entretanto, estes mecanismos propostos não foram desenvolvidos com foco em dispositivos móveis, o que pode implicar problemas de desempenho e de adaptação às condições dinâmicas de cenários pervasivos.

### 3.3.3 DESCOBERTA DE SERVIÇOS EM DVB-H

A descoberta de serviços no padrão DVB-H é feita através do sistema de *Electronic Service Guide (ESG)*. O *ESG* contém informações sobre os serviços disponíveis, possibilitando ao usuário buscar e selecionar os conteúdos desejados [18].

As operações sobre *ESG* podem acontecer após o receptor ser inicializado ou depois de ocorrer uma sincronização em uma nova rede. Como mostrado na Figura 3.8, o padrão DVB-H separa as operações do *ESG* no dispositivo móvel em três grupos:

- *ESG bootstrap*: descoberta dos *ESGs* disponíveis na rede e como acessá-los;
- *ESG acquisition*: acesso e processamento das informações dos *ESG* disponíveis, após um longo período sem conexão;
- *ESG update*: atualização do *ESG* gravado no terminal com as últimas versões disponíveis. Esta atualização pode ser feita através de fragmentos, não sendo necessário atualizar o *ESG* completo.



**Figura 3.8. Fluxo de processamento do ESG DVB-H [18]**

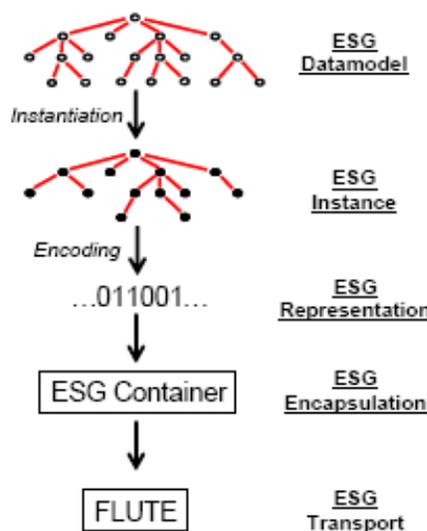
Após se conectar em um fluxo de transporte DVB-H, o terminal recebe das tabelas PSI/SI o endereço (PID<sup>10</sup>) [50] relativo ao IP fixo para executar a operação de *ESG bootstrap*.

<sup>10</sup> PID: *Packet Identification* é uma identificação para os pacotes do fluxo de transporte do MPEG-2 ([http://en.wikipedia.org/wiki/Transport\\_stream](http://en.wikipedia.org/wiki/Transport_stream)).

Da informação do *ESG bootstrap*, o terminal descobre quantos *ESGs* estão disponíveis na rede e como acessar cada um deles.

A especificação do *ESG DVB-H* abrange a descrição do modelo de metadados, a representação, o encapsulamento e o transporte. Estas camadas estão ilustradas na Figura 3.9 e detalhadas nos itens a seguir:

- O *ESG Data Model* especifica um conjunto de estruturas de dados que podem ser utilizados como metadados para descrever os serviços disponíveis. Esta especificação é feita através de *XML-Schema* [70] a fim de prover interoperabilidade entre todas as implementações de sistemas;
- O *ESG Instance* representa uma instância consistente de metadados de acordo com o *ESG Data Model*, descrevendo os serviços disponíveis;
- O *ESG Representation* possibilita a fragmentação e a codificação de instâncias do *ESG*, fornecendo uma representação eficiente dos seus arquivos XML. A partição do *ESG* em fragmentos também possibilita a atualização independente destes fragmentos;
- O encapsulamento de fragmentos *ESG* (*Encapsulation*) em *containers* possibilita o agrupamento dos pedaços de *ESG* logicamente relacionados em pacotes de tamanho adequado para transmissão;
- O transporte do *ESG* é realizado através de sessões *FLUTE*, para transmissão de arquivos em redes unidirecionais.



**Figura 3.9. Modelo de camadas do ESG DVB-H [18]**

A fim de adicionar flexibilidade no acesso aos metadados de descrição dos serviços, foram definidas na arquitetura do sistema de TV digital móvel diferentes possibilidades de provisão do *ESG* [17]. Dois possíveis cenários são descritos, um centralizado e o outro distribuído.

No cenário de *ESG* centralizado, os provedores de serviços disponibilizam dados de *ESG* para uma entidade agregadora, o provedor de *ESG*. Neste caso, o terminal recebe todas as informações do guia de serviços do respectivo provedor, de forma que o mesmo precisa:

- Disponibilizar informações de *ESG* dos serviços;
- Especificar os requisitos dos serviços disponibilizados (*bit rate*, parâmetros de QoS, tempo e duração, etc.);
- Requisitar largura de banda para transmissão na rede *broadcast*.

Por outro lado, no cenário distribuído, cada serviço de aplicação disponível provê um *ESG* independente diretamente para o terminal móvel. Nesta configuração, o dispositivo móvel precisa processar as diversas fontes de *ESG* de modo a combiná-las, pois as informações do *ESG* não são logicamente agregadas no *head-end*. Este processamento resulta numa apresentação unificada do *ESG* para o usuário. Além disso, o provedor de serviços também precisa especificar os requisitos e requisitar a largura de banda para o serviço.

Um exemplo de cenário de convergência no acesso ao *ESG* é a existência de provedores de *ESG* centralizados e descentralizados, nos quais podem ser oferecidos serviços tanto em redes *broadcast*, quanto em redes *unicast*. A transmissão de *ESG* por redes *unicast* é prevista nos cenários de casos de uso do padrão DVB-H, mas ainda não foi especificada.

A busca de serviços do padrão DVB-H está baseada na sua especificação do sistema de *ESG*, o qual usa o padrão de metadados do *TV-Anytime* e propõe extensões a este formato para tratar a descrição, o acesso e a execução de serviços no ambiente de TV interativa móvel. Esse sistema prevê, mas ainda não especificou, os cenários de convergência para o acesso às descrições dos serviços através de diferentes redes de duas formas: centralizado e descentralizado. Além disso, não há suporte para acessar serviços de redes *unicast*.

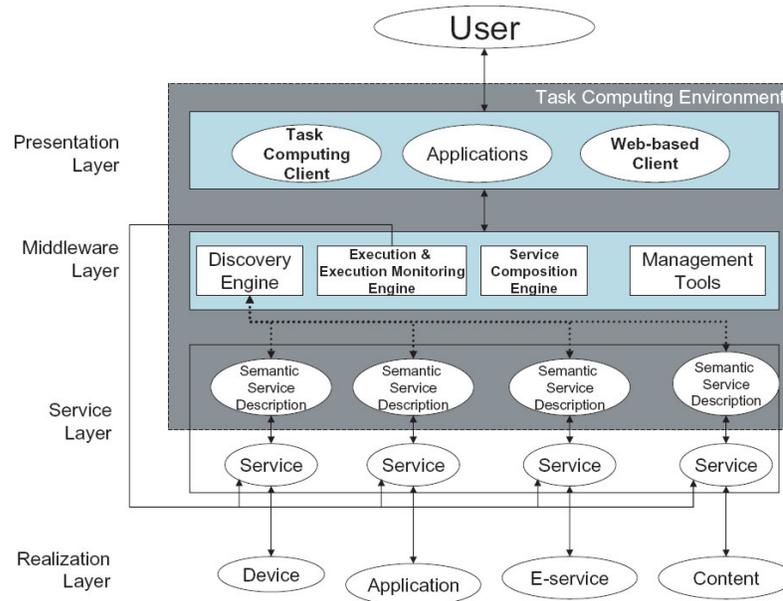
### 3.3.4 TASK COMPUTING

O *Task Computing* [62] é um *framework*<sup>11</sup> projetado para operar em ambientes pervasivos, no qual o usuário de dispositivo móvel descobre dinamicamente o conjunto de

---

<sup>11</sup> *Framework*: é um ambiente de *software* projetado para simplificar o desenvolvimento de aplicações e gerenciamento de sistemas em um domínio específico de aplicações [6].

serviços semânticos disponíveis. A descrição semântica dos serviços é o que possibilita a sua composição sob demanda em tarefas executáveis, por usuários finais, os quais, através do uso de *Task Computing*, podem descobrir, criar, gerenciar e manipular os serviços encontrados no seu computador, nos dispositivos próximos ou nos servidores Web remotos.



**Figura 3.10. Arquitetura de *Task Computing* [62]**

A arquitetura do *Task Computing* é baseada em quatro camadas distintas, como pode ser observado na Figura 3.10 acima.

- Camada de Realização: é a camada mais inferior que engloba os dispositivos, as aplicações, os serviços Web e o conteúdo; é de onde se origina toda a funcionalidade provida ao usuário;
- Camada de Serviços: essas várias fontes de funcionalidade são disponibilizadas no sistema através de serviços, de forma que suas interfaces, contendo descrições semânticas, são utilizadas para acessar (executar) uma determinada funcionalidade;
- Camada de *Middleware*: esta camada provê componentes para a descoberta, composição, execução, monitoramento e publicação de serviços;
- Camada de Apresentação: a camada mais superior usa as camadas abaixo para prover ao usuário uma “tarefa”, que representa a abstração do sistema para interagir com um serviço, através de sua descrição semântica.

As funcionalidades, que são abstraídas através do termo “serviço” e disponibilizadas através do *Task Computing* são providas por três tipos de fontes: dispositivos, aplicações e

serviços remotos, localizados na Web. Estas três categorias não são excludentes, ou seja, uma funcionalidade pode estar caracterizada em mais de uma categoria.

De uma forma genérica, os serviços disponibilizados por dispositivos estão relacionados com a função central que estes foram projetados para prover. Por exemplo, um telefone (dispositivo) tem a função central de fazer ligações (serviço), ou uma impressora (dispositivo) tem a função de imprimir (serviço). Similarmente, as funcionalidades originadas em aplicações estão relacionadas às principais operações que estas aplicações provêem. Uma aplicação de PIM<sup>12</sup> (*Personal Information Manager*), por exemplo, inclui funcionalidades como gravar e acessar informações de contatos pessoais. Por fim, a terceira categoria envolve serviços que estão sendo executados remotamente em um provedor e disponibilizam uma interface para acesso às funcionalidades, baseadas em *Web Services* [71], por exemplo. Uma quarta categoria também é adotada em *Task Computing*: conteúdo, que sendo disponibilizado como serviço facilita o acesso e a troca, feitos diretamente pelos usuários finais a partir do *framework*.

Essa categorização de serviços é feita de forma bastante genérica em *Task Computing*, pois não há uma definição mais formal ou clara do que é um “serviço”. Por outro lado, esta definição não é o principal propósito da categorização de serviços, que objetiva principalmente prover funcionalidades de forma uniforme e transparente de fonte de acesso para os usuários finais.

A descoberta de serviços no ambiente do *Task Computing* é feita baseada na descrição semântica dos mesmos. Esta descrição deve conter informações e metadados suficientes para possibilitar a manipulação dos serviços por parte dos usuários.

De acordo com o *Task Computing*, o alcance da busca (local no dispositivo, na rede local ou na Internet) determina o mecanismo de descoberta utilizado.

Alcance da Busca	Exemplo do Mecanismo de Descoberta
Vazio	Não há busca
Privado	Descoberta baseada no sistema de arquivos.
Grupos por <i>Subnet</i>	Descoberta baseada em <i>multicast</i>
Grupos por Interesse	Diretório de comunidades, <i>publish-subscribe</i>
Público	Diretório de serviços semânticos

**Tabela 3.3. Mecanismos de descoberta de serviços em *Task Computing***

Na Tabela 3.3 estão descritos exemplos de mecanismos de descoberta de acordo com o alcance de busca definido para o serviço, os quais estão detalhados a seguir:

- Vazio: serviços no alcance de busca vazio não podem ser descobertos por ninguém. Esta definição não é puramente teórica, qualquer serviço que não esteja disponível fica caracterizado como alcance vazio;
- Privado: neste nível de alcance os serviços só podem ser descobertos por seus donos, tipicamente o usuário do dispositivo móvel onde o serviço é executado;
- Grupos por subredes: esta classificação é a que mais se identifica com os ambientes pervasivos, utilizados nesta dissertação, devido ao agrupamento espontâneo que é realizado a partir da presença de usuários na mesma rede local, como por exemplo, a rede local de uma empresa ou de em casa. No *Task Computing* é utilizado o protocolo UPnP [69] como mecanismo de descoberta neste nível de alcance;
- Grupos por Interesse: este grupo por interesse se refere aos serviços descobertos por um grupo arbitrário de pessoas com interesses comuns, por exemplo, empregados de uma mesma empresa ou sócios do mesmo clube de golfe;
- Público: serviços com alcance público podem ser descobertos por qualquer pessoa. A opção utilizada em *Task Computing* para o mecanismo de descoberta neste caso é um diretório semântico aberto.

Vale salientar que a categorização de serviços proposta é ortogonal ao mecanismo de descoberta utilizado, pode-se pensar que o alcance da busca é o nível de visibilidade, ou permissão de acesso, de um determinado serviço, independente da categoria.

Os conceitos e a arquitetura de *Task Computing* não são específicos do ambiente de TV móvel convergente, mas podem ser adaptados para tal cenário porque focam em ambientes móveis dinâmicos. O foco deste *framework* orientados a usuários é dar suporte a serviços convergentes, provendo suporte a busca de serviços com uma classificação para diferentes métodos para cada tipo de rede, utilizando descrições também baseadas em metadados.

---

<sup>12</sup> PIM (*Personal Information Manager*): categoria de aplicações que organizam informações pessoais, como contatos, endereços, agenda, anotações, lembretes, etc.

### *3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS*

Neste capítulo foram introduzidos conceitos básicos de serviços de *middleware*, focando no contexto de TV digital móvel. Após a apresentação desses conceitos, os trabalhos relacionados a essa plataforma de *software* dos dispositivos móveis e da TV móvel foram descritos e analisados, detalhando o suporte de cada trabalho relacionado à convergência de serviços através dos mecanismos de busca e gerência de serviços, metadados e monitoramento de redes.

Pode-se concluir que nenhum destes trabalhos citados provê um suporte completo nestes quesitos analisados. Desta forma, nesta dissertação foi proposta um conjunto de serviços de *middleware*, que está detalhado no próximo capítulo, para possibilitar a busca e o acesso a serviços em dispositivos móveis de forma transparente da rede utilizada.

# 4 MIDDLECONV: PROPOSTA DE ARQUITETURA

## 4.1 INTRODUÇÃO

No primeiro capítulo foram introduzidos a motivação e os objetivos desta proposta. Em seguida, houve uma apresentação das tecnologias básicas envolvidas e uma análise crítica dos trabalhos relacionados. Neste capítulo são apresentadas as características gerais dos serviços de *middleware* propostos, denominado *middleconv*, que visa facilitar a descoberta e o gerenciamento de serviços convergentes, através de um modelo que torna a descrição e a busca destes serviços independentes da rede e do ambiente de execução do dispositivo móvel.

Nos cenários de convergência idealizados no Capítulo 2, a exemplo de aplicações e A/V (áudio e vídeo) sendo transmitidos independentes de redes, os usuários dos dispositivos móveis não precisam ter ciência das tecnologias de rede, mas somente das diferenças na qualidade e no custo dos serviços (transferir dados via rede Wi-Fi tende a ser mais barato do que via rede GPRS, por exemplo). A grande maioria dos usuários finais, e também grande parte dos desenvolvedores de aplicações, não desejam se preocupar com as tecnologias de rede envolvidas em eventuais comunicações remotas. De fato, o que é determinante para ambos é o acesso ao conteúdo desejado, levando em consideração a disponibilidade da rede e dos serviços, a qualidade e o custo.

A camada que vai fornecer esta transparência, necessária às futuras aplicações convergentes, será o *middleware*, que irá simplificar a gerência das diversas conexões de redes ativas e possibilitar a adaptação das aplicações de acordo com as condições correntes do ambiente de execução [6][60].

Nas próximas seções, serão listados os requisitos que guiaram o desenvolvimento do *middleware* proposto e a descrição da sua arquitetura, contemplando a especificação dos seus componentes, que inclui, além dos mecanismos de descoberta, de gerenciamento e execução de serviços, um componente de monitoramento de rede, um engenho de adaptação e um gerenciador de perfil de usuário e dispositivo.

## 4.2 REQUISITOS DO MIDDLEWARE

Baseados nos cenários da TV digital interativa, os requisitos do *middleware* foram definidos e classificados em três categorias: Redes, Busca e Descoberta de Serviços, e Gerenciamento de Serviços. Alguns destes requisitos se baseiam nas especificações de DVB-H [15], INSTINCT [30] e JSR 272 [37], enquanto outros foram adicionados para complementar o suporte aos cenários de convergência definidos no Capítulo 2. Os demais requisitos destas especificações, que não foram destacados a seguir, devem ser considerados como desejáveis para o escopo deste trabalho.

### 4.2.1 REQUISITOS DE REDES

Tendo em vista que esses cenários de convergência se baseiam no acesso a uma variedade de redes a partir de um único dispositivo móvel, através de múltiplas interfaces de rede sem-fio, definiu-se uma categoria somente para tratar os requisitos de redes (RR). Estes requisitos, que estão descritos a seguir, têm foco no acesso a diferentes fontes de dados, sem se restringir às particularidades das tecnologias envolvidas.

**RR01.** A API deve possibilitar independência de padrões de transmissão e protocolos de rede.

Os serviços do *middleware* devem ser independentes dos padrões e do meio de transmissão. Este requisito está parcialmente presente na especificação da JSR 272, nos requisitos gerais G2 e G3. Entretanto, a JSR 272 não abrange a possibilidade de acessar serviços por redes *unicast*. O padrão DVB-H, na sua especificação atual [15], também não define como acessar os serviços ou o *ESG* por redes *unicast*, apenas afirma que é possível fazê-lo.

**RR02.** Deve ser possível monitorar as interfaces de rede do dispositivo.

**RR03.** Deve ser possível receber notificação de mudanças na qualidade do sinal e no *status* das conexões ativas das redes monitoradas.

Monitorar as interfaces de redes, provendo mecanismo de notificações em caso de variações no ambiente de execução, são requisitos importantes para aplicações cientes de contexto<sup>13</sup>.

---

<sup>13</sup> A definição de aplicações cientes a contexto está na Seção 2.2

**RR04.** Deve haver mecanismos de acesso às informações da rede, qualidade do sinal e perfil do dispositivo.

Prover acesso aos dados do ambiente de execução, tanto das informações das conexões de redes ativas, quanto das configurações do dispositivo, é um dos requisitos deste *middleware*. O requisito RR04 está contemplado no item C7 da JSR 272 (C é referente à categoria de controle do receptor, como exposto na Seção 3.2.1).

**RR05.** Deve ser possível acesso simultâneo aos serviços de diferentes redes.

A JSR 272 trata esse requisito para redes *broadcast* no item C9, definindo que se houver mais de uma antena receptora de TV, então deverá ser possível acessá-las simultaneamente. Para o contexto deste trabalho, o requisito RR05 se aplica não somente a redes *broadcast*, como também a redes *unicast*.

#### *4.2.2 REQUISITOS DE BUSCA E DESCOBERTA DE SERVIÇOS*

Por ser o foco deste trabalho, foi estabelecida uma categoria para detalhar os requisitos do mecanismo de descoberta de serviços (RB) presente no *middleware*.

**RB01.** Os serviços devem ser descritos por meio de metadados baseados em padrões de *Electronic Service Guide (ESG)*.

Os padrões de *ESG*, conforme descrito na Seção 2.4.2, foram definidos tendo por base a tecnologia da TV interativa e tendo como foco os casos de uso do usuário final neste contexto. Esses padrões estão se consolidando e se difundindo para serviços multimídia mais genéricos, possibilitando acesso às aplicações transmitidas pela rede e *download* de arquivos, tanto da Internet quanto do sistema de TV digital. Portanto, os modelos de metadados usados nos principais padrões de *ESG* da atualidade (TVA [65], DVB-H [15]) satisfazem os requisitos para descrição de conteúdo multimídia nos cenários de convergência vislumbrados neste trabalho e por isso foram incluídos como requisito.

**RB02.** Deve ser possível fazer consultas por serviços por meio de operações lógicas nos metadados.

**RB03.** Deve ser possível descobrir os provedores de *ESG* disponíveis.

Os itens RB02 e RB03 são extensões, respectivamente, dos requisitos da categoria de *ESG* da JSR 272, E4 e E11, adicionando a possibilidade de descobrir e realizar consultas nos

provedores de *ESG*, introduzidos na Seção 3.3.3 deste trabalho, os quais agregam metadados relativos aos serviços cadastrados, em redes *unicast*.

**RB04.** Deve ser possível registrar e remover descrições de serviços do provedor de *ESG*.

**RB05.** Deve ser possível receber notificação de atualização no cadastro de serviços por meio do mecanismo de busca e descoberta.

O requisito RB04 possibilita a atualização do cadastro do servidor de nomes, o qual guarda uma lista dos serviços disponíveis em determinada rede. No escopo da JSR 272, o requisito E3 define a possibilidade de notificação de atualização do *ESG*, sendo semelhante ao RB05.

**RB06.** A API de busca e descoberta de serviços deve ser independente do modelo de metadados.

**RB07.** Deve ser possível estender o modelo de metadados usados pelo *middleware*.

O mecanismo de descoberta e a API de busca devem ser independentes do padrão de *ESG*, como por exemplo, *TV-Anytime* [65], *DVB-H* [18], *OAI* [53]. Além disso, também deve ser possível adicionar ou estender os padrões de metadados sem afetar a API, como definido no item RB07. Estes dois requisitos estão contemplados na especificação da JSR 272 e foram explicitamente incluídos neste trabalho para enfatizar sua importância.

**RB08.** Deve ser possível filtrar serviços de acordo com o perfil do dispositivo e do usuário (opcional).

Este requisito possibilita que haja personalização na busca por serviços, sendo um requisito opcional do *middleware*, baseado na arquitetura do INSTINCT apresentada na Seção 3.3.1.

#### ***4.2.3 REQUISITOS DE GERENCIAMENTO DE SERVIÇOS***

Esta categoria define os requisitos para a execução e o monitoramento dos serviços (RG), que são as partes servidoras das aplicações interativas com acesso remoto.

**RG01.** Deve ser possível utilizar a informação adquirida por meio do mecanismo de busca e descoberta para executar o serviço.

Baseado no item RN1, relativo à categoria de execução de serviços da JSR 272, a descrição do serviço, retornada pelo mecanismo de busca, deve ser suficiente para executá-lo.

**RG02.** Deve ser possível salvar um serviço na máquina local para consumo posterior.

**RG03.** Um serviço pode referenciar um fluxo de dados, um arquivo ou uma aplicação.

É possível acessar um fluxo (*stream*) de dados, um arquivo ou executar uma aplicação através de um serviço de aplicação, requisitos J1 (execução de aplicações JAVA) e S1 (acesso a fluxo de dados) da JSR 272, respectivamente. Além disso, pode-se salvar um serviço localmente para execução ou reprodução posterior. Estes requisitos foram baseados nos cenários de casos de uso das especificações de JSR 272 e DVB-H [16].

**RG04.** Deve ser possível monitorar um determinado serviço, provendo notificação de mudança de *status* (opcional).

O monitoramento de serviços é desejável, pois provê o gerenciamento do ciclo de vida do serviço. Além disso, também possibilita tolerância a falhas e adaptação das aplicações a variações no ambiente de execução.

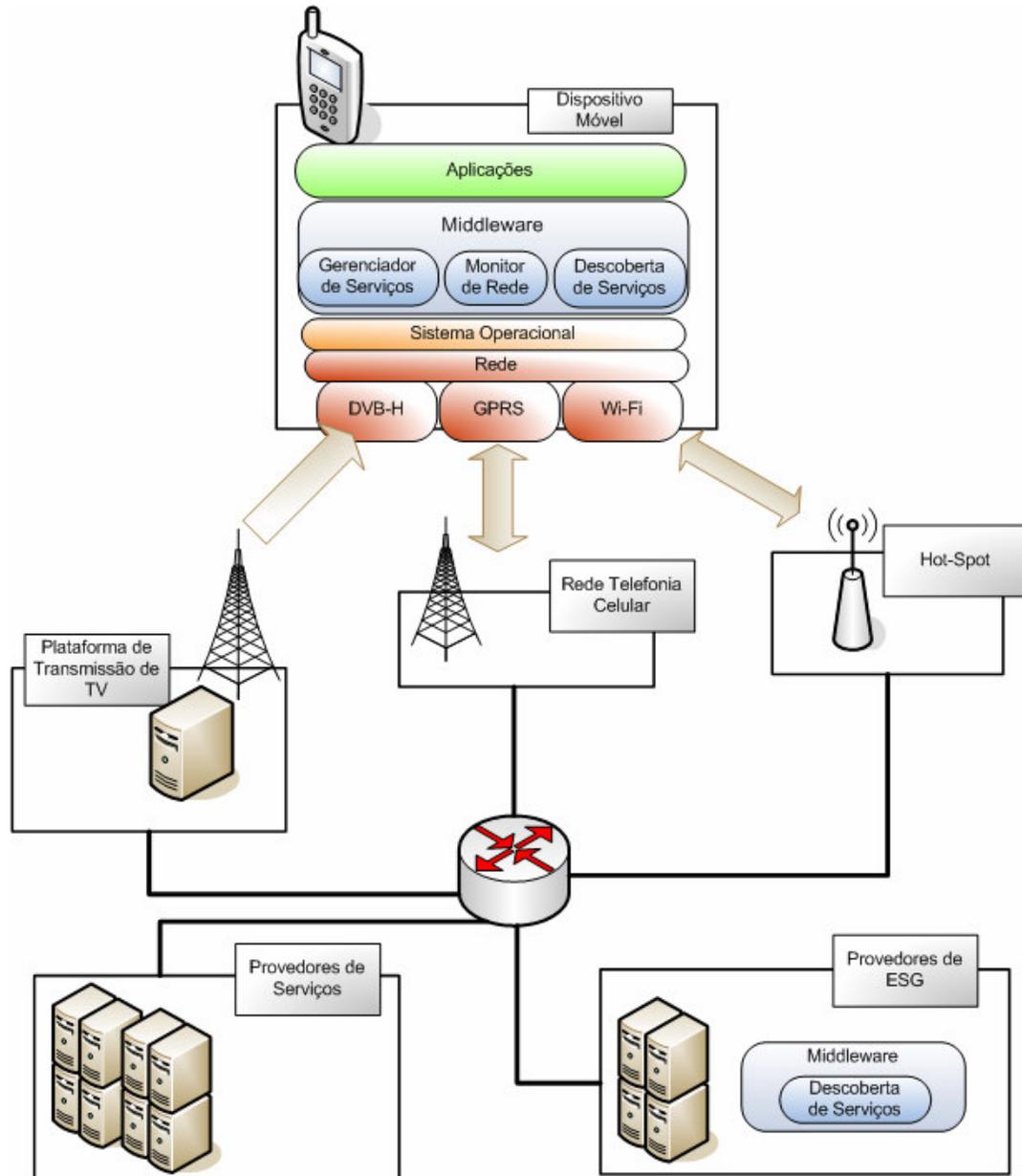
### **4.3 MIDDLECONV**

Visando atender a estes requisitos, foi proposto um *middleware* para dispositivos móveis com foco em serviços multimídia, denominado *middleconv*, que fornece uma camada de abstração das diferentes tecnologias de redes para as aplicações. Esta camada provê suporte ao monitoramento de redes, descoberta e execução de serviços, além de um engenho de adaptação para as aplicações, tarifação para acesso a conteúdo restrito e gerenciamento de perfil de usuários e dispositivos.

Na Figura 4.1 está ilustrado um cenário de convergência no qual o dispositivo móvel, que possui o *middleconv* em execução, tem acesso a três diferentes redes: TV móvel DVB-H, Wi-Fi e GPRS. Em cada uma destas respectivas redes existem diversos provedores de serviços, bem como a parte servidora do *middleconv*. O foco destes serviços de *middleware* propostos é facilitar a descoberta, o monitoramento e o acesso aos serviços disponíveis através de uma API, independente de tecnologia de rede, para os desenvolvedores de aplicações.

O *middleconv* tem uma arquitetura cliente-servidor, como enfatizado na Figura 4.1, em que os clientes são os dispositivos móveis e os servidores são o meio para acessar os serviços, os quais são disponibilizados pelos respectivos provedores. Os principais

componentes do *middleware*-cliente são os mecanismos de busca e descoberta de serviços (*Service Search and Discovery - SSD*), de gerência de aplicações e serviços (*Service and Application Manager*) e de monitoramento de redes (*Network Monitor*).



**Figura 4.1. Visão geral do *middleware* em um cenário de convergência**

A parte servidora do *middleware* possui o mecanismo de descoberta em execução nos provedores de *ESG* (*ESG Provider*), que contêm uma lista de serviços cadastrados. Através destes provedores, os clientes móveis podem realizar consultas por serviços, baseadas em metadados.

Todos os serviços do *middleware* provêm uma API uniforme para as aplicações, conforme o requisito RR01 (a API é independente de padrões de transmissão e protocolos de rede), a fim de garantir a extensibilidade do *middleconv*. Entretanto, existem tratadores específicos para as diferentes tecnologias e protocolos suportados por cada instância dos serviços do *middleware*. Desta forma, a implementação do *middleconv* esconde a complexidade das diferentes tecnologias de rede, provendo uma API independente de padrão e protocolos.

Como foi citado no Capítulo 2, o protocolo IP está se firmando como mecanismo pervasivo de transmissão de dados através de diferentes tecnologias de rede, nos cenários convergentes abordados neste trabalho. Conseqüentemente, foi definido no *middleconv* que todos os serviços de aplicação são transportados via IP, facilitando o gerenciamento, o endereçamento e o acesso aos dados remotos.

Por meio do *middleconv*, é possível acessar serviços de diferentes redes de forma transparente, assim como descobrir dinamicamente aqueles que estão disponíveis nas redes ativas do dispositivo, através da API de *SSD*. Diversas aplicações podem fazer uso desse *middleware* para criar novos cenários e melhorar a experiência do usuário em ambientes móveis pervasivos. Um exemplo de aplicação enriquecida com os serviços do *middleconv* é um *ESG* convergente, que é capaz de descobrir todos os serviços ativos de todas as redes e mostrar uma interface gráfica uniforme para o usuário, o qual não precisa ter ciência da camada física da qual os dados estão sendo acessados.

Na próxima seção serão apresentados e definidos os conceitos adotados na proposta de arquitetura do *middleconv*. Em seguida, será descrita uma visão geral dos serviços do *middleware*, detalhando a arquitetura do ponto de vista do cliente (o dispositivo móvel) e do servidor.

#### ***4.3.1 ARQUITETURA ORIENTADA A SERVIÇOS***

Nesta proposta foi adotada uma arquitetura orientada a serviços, devido ao amadurecimento das ferramentas e do modelo de desenvolvimento baseado nos mesmos, conhecida como SOA (*Service Oriented Architecture*), que tem vantagens como transparência de localização e padronização de acesso e visa maximizar o desacoplamento e o reuso [57].

A definição do termo “serviço” (*service*) no contexto de arquiteturas orientadas a serviços pode ser descrita como: funções de negócio bem definidas e encapsuladas que recebem requisições de clientes, na forma de mensagens, e realizam algum processamento com base na requisição, podendo ou não gerar uma mensagem de resposta [43]. Sendo assim,

serviços são projetados para poderem ser acessados remotamente utilizando protocolos de comunicação e formato de mensagens padrões, tais como HTTP e XML.

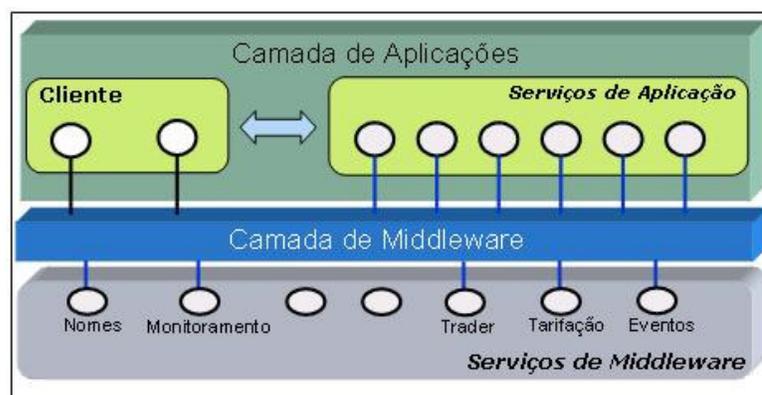
Neste contexto, cliente é qualquer aplicação que interage com serviços através da troca de mensagens para solicitar a execução de alguma tarefa. Um serviço disponibiliza uma ou mais funcionalidades, através de sua interface pública, que podem ser acessadas remotamente, através de requisições síncronas ou assíncronas.

Por outro lado, nos padrões de TV digital interativa, o termo “serviço” se refere a um agrupamento de conteúdos multimídia (áudio, vídeo, aplicações ou arquivos) descritos através de metadados, que podem ser acessados pelos usuários finais. A fim de evitar ambigüidades, neste trabalho é adotada a convenção de que a definição no contexto de SOA engloba o conceito de serviço do mundo de TV digital, pois o acesso a áudio, vídeo ou arquivos remotos é um tipo de requisição feita por clientes através de protocolos bem definidos.

Essa abstração adotada do termo “serviço” é genérica e flexível o suficiente para cobrir não somente funcionalidades multimídia, como também o acesso a informações e aplicações locais (no PC) ou remotas (na Internet), como por exemplo, um serviço de *download* de arquivo ou de *streaming* de áudio e vídeo. Além disto, “serviço” também pode representar um *Web Service*, que disponibiliza sua interface pública na Web para acessos remotos. Os serviços podem ser acessados por aplicações nativas ou por aplicações transmitidas pela rede.

Adicionalmente, para a compreensão deste trabalho, faz-se necessária a diferenciação clara entre dois tipos de serviços, conforme ilustrado na Figura 4.2: os serviços de *middleware* e os serviços de aplicação. Os primeiros são os componentes que estão implementados e expostos, via API, na Camada de *Middleware* [6], enquanto os serviços de aplicação são componentes remotos que estão na Camada de Aplicações e servem às requisições de clientes, não fazendo parte do *middleware*. Estes serviços são desenvolvidos e disponibilizados por provedores independentes e acessados pelas partes clientes das aplicações que são executadas nos dispositivos móveis, as quais foram denominadas aplicações-cliente. Como exemplo, pode-se citar um *player*, *browser* e basicamente todas as aplicações que são executadas no dispositivo móvel e que fazem requisições de dados remotos.

Ao longo deste trabalho, quando a referência ao tipo de serviço não estiver explícita, deve-se entender por serviço de aplicação.



**Figura 4.2. Serviços de *middleware* x serviços de aplicação**

É importante ressaltar a diferença do acesso a serviços de aplicação das redes *broadcast* e *unicast*, denominados respectivamente de serviços *push* e serviços *pull*, conforme destacados na Tabela 4.1 abaixo. No caso das redes *unicast*, os serviços são acessados sob demanda, remotamente de um servidor, caracterizando os serviços *pull*. Por outro lado, no caso das redes *broadcast*, todos os dados estão, a todo momento, sendo transmitidos ciclicamente, através de um carrossel, para o dispositivo e são acessados localmente, sem que haja necessidade do cliente fazer uma requisição a um servidor remoto, o que caracteriza os serviços *push*.

Além dos serviços *push* e *pull*, há também a categoria dos serviços *local*, que são disponibilizados somente para acesso na máquina local. Estes últimos podem ser úteis para fazer o *download* de um serviço remoto e executá-lo localmente, por exemplo.

Serviços	<i>Push</i>	<i>Pull</i>	<i>Local</i>
Transmissão	um para muitos ( <i>broadcasting</i> )	um para um ( <i>streaming</i> )	um para um ( <i>downloading</i> )
Velocidade	Alta	Média	Muito Alta (local)
Conteúdo	Ao Vivo, disponível apenas uma vez	Sob demanda, disponível múltiplas vezes	Gravado, disponível sempre

**Tabela 4.1. Serviços *push*, *pull* e *local***

### **4.3.2 ARQUITETURA DO MIDDLEWARE**

A arquitetura do *middleware* desenvolvido [8], detalhada na Figura 4.3, está baseada em *Task Computing* [62], um *framework* orientado a usuário e baseado nas seguintes camadas, como detalhado na Seção 3.3.4:

- Camada de aplicações: representa as aplicações-cliente que são executadas nos dispositivos;
- Camada de *middleware*: provê uma API para a camada de aplicações com componentes para a descoberta, execução, monitoramento, gerenciamento e publicação de serviços de aplicação;
- Camada de serviços: contém as interfaces para acesso às descrições e aos componentes dos serviços de aplicação disponibilizados nas redes;
- Camada de realização: representa as implementações dos serviços de aplicação, que são acessados pelos clientes da camada de aplicações.

Esta separação em camadas é refletida tanto na lógica da arquitetura, quanto na de implementação. A camada de *middleware* é composta por seis serviços executados na parte cliente (*Profile Manager, Service and Application Manager, Service Search and Discovery - SSD, Network Monitor, Adaptation Engine e Billing*), bem como a parte servidora do *SSD e Billing*. Na camada de realização estão os serviços de aplicação que são disponibilizados pelos respectivos *Service Providers*.

A camada de serviços representa a interface do sistema para acessar os serviços de aplicações disponibilizados na rede. Ela possui as descrições, em formato de metadados, dos serviços, os quais são compostos por componentes. Estes componentes são as referências, disponibilizadas pelos provedores, para as respectivas implementações, localizadas na camada de realização.

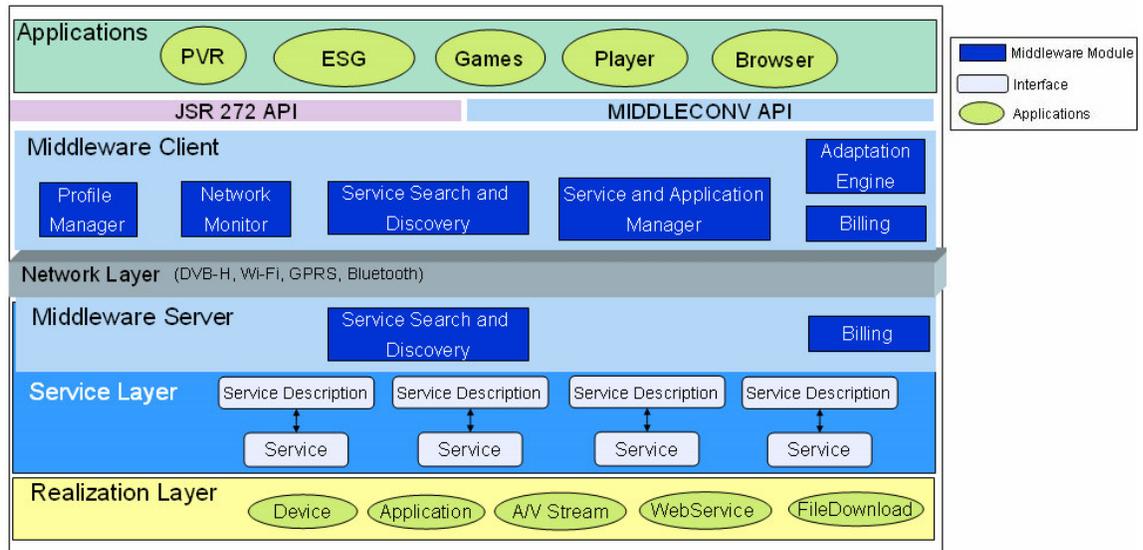


Figura 4.3. Arquitetura do *middleware*

#### 4.3.2.1 Arquitetura do ponto de vista do cliente móvel

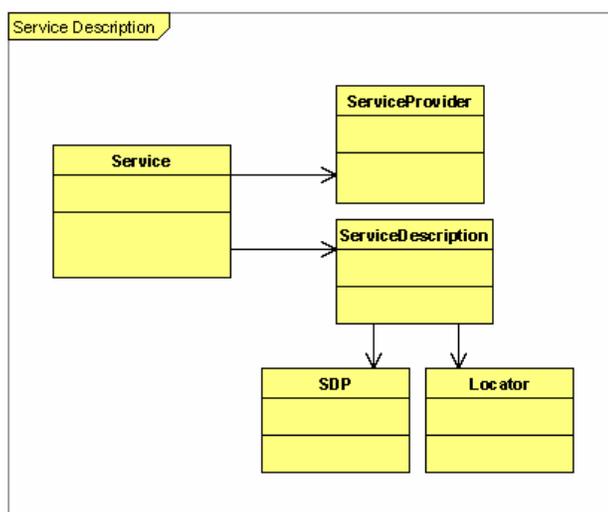
O Gerenciador de Perfis (*Profile Manager*) é o componente responsável por controlar as configurações dos perfis de usuário e de dispositivo. Os atributos relativos ao dispositivo representam o modelo, configuração de *hardware*, capacidade de processamento, memória, além das informações sobre os componentes de *software* instalados no dispositivo móvel. Por outro lado, o perfil do usuário inclui suas preferências, como favoritos, serviços bloqueados, *parental control* (controle de conteúdo restrito para crianças) e histórico de uso do sistema. Estas informações de perfis podem ser usadas para filtrar buscas por serviços, através das preferências do usuário, por exemplo.

O monitoramento das interfaces de rede do dispositivo (DVB-H, Wi-Fi, 3G) é feito pelo Gerenciador de Redes (*Network Monitor*), que verifica quais estão com conexões ativas e qual a intensidade do sinal a fim de identificar todos os serviços de aplicação disponíveis em um determinado instante. Quando uma conexão degrada, o monitor de redes notifica as aplicações interessadas de acordo com o padrão de projeto *Observer*<sup>14</sup>. Este monitoramento possibilita a adaptação das aplicações ao contexto de execução, por não propiciar a qualidade de serviço (QoS) desejada, por exemplo [40].

<sup>14</sup> O padrão de projeto *Observer*, também conhecido como *Publish-Subscribe*, é aquele no qual um editor (*publisher*, *observer*) possui uma lista de assinantes (*subscribers*, *listeners*), os quais são notificados toda vez que um evento de interesse ocorre.

Além de monitorar a rede, o *middleware* também provê para as aplicações-cliente uma API de busca e descoberta de serviços para realizar consultas por metadados nos servidores de nomes espalhados nas redes. O resultado desta busca pode conter serviços disponíveis de diferentes redes, podendo inclusive estar armazenado no dispositivo móvel.

A camada de serviços do *middleconv* agrega os atributos, metadados, referentes aos serviços de aplicação, com suas descrições e seus provedores, como mostrado na Figura 4.4. O provedor (*ServiceProvider*) representa a entidade responsável por disponibilizar e registrar o serviço no servidor de metadados do *middleconv*: *ESGProvider*, enquanto a descrição contém informações de alto nível, como nome, ícone, descrição textual e parâmetros de entrada e saída do serviço. Além dessas informações, a descrição possui uma ou mais referências para implementações de serviços, no formato *locator* [50] ou *Session Description Protocol (SDP)* [28].



**Figura 4.4. Diagrama de classes das descrições de serviços**

Para executar os serviços, o *middleware* contém um gerenciador que é responsável por iniciar, controlar o ciclo de vida e finalizar o serviço. Funções semelhantes de um gerenciador de aplicações do *middleware* de TV digital, como especificado por *Multimedia Home Platform (MHP)* [13] e *JSR 272* [37]. Executar o serviço pode ser iniciar uma aplicação, abrir um HTML, fazer *download* de um arquivo ou tocar um áudio e vídeo.

O *Adaptation Engine* é o componente que permite acesso ao ambiente de execução, possibilitando adaptação das aplicações, e dos respectivos serviços, e provendo gerenciamento de contexto, políticas e eventos [7]. Dentre os cenários idealizados para o uso do mecanismo de adaptação, destacam-se o suporte a *serviços redundantes*, ou seja, aqueles que têm a mesma semântica e estão disponibilizados em diferentes locais de redes, podendo

ser escolhidos dinamicamente de acordo com políticas pré-estabelecidas; bem como serviços complementares, que podem funcionar com diferentes níveis de interatividade e completude, de acordo com a qualidade do sinal e a quantidade de redes disponíveis.

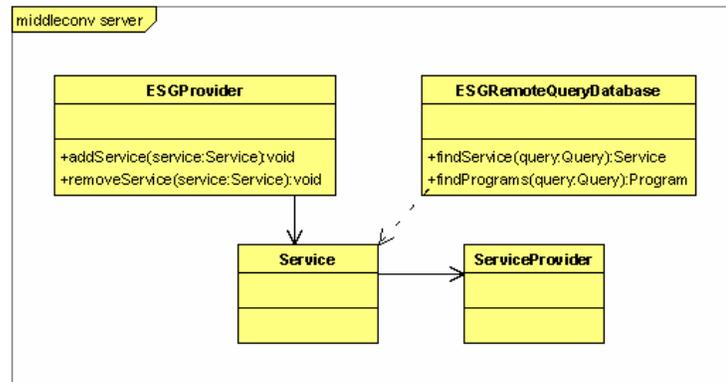
Em relação aos serviços redundantes, pode-se exemplificar um cenário em que no caso da rede de TV digital ficar indisponível, como, por exemplo, quando um carro com um aparelho de TV Móvel passa por um túnel, o mesmo serviço possa ser acessado via outra rede, como a de telefonia celular. Já para serviços complementares, um exemplo seria um serviço de compras, composto por um canal de TV, promoções virtuais (*e-vouchers*) e aplicações interativas de *e-commerce*. Neste exemplo, a interatividade só estaria disponível se sua respectiva rede estiver ativa e com qualidade de sinal aceitável, enquanto a promoção para lojas também estaria restrita para os dispositivos que estiverem fisicamente próximos às lojas reais e tenham descoberto o serviço de promoção, disponibilizado na rede local, através do *middleware*.

A Tarifação de Serviços (*Billing*) define como estes serão remunerados pelo seu uso através de modelos e políticas de tarifação. Além disto, também é desejável haver mecanismos de *Digital Rights Management* (DRM) para proteger o acesso a conteúdo restrito. Neste caso, é necessário que haja formas de liberar as requisições aos clientes com os devidos direitos de acesso, baseado em uma arquitetura padronizada, como *Open Mobile Alliance* DRM, por exemplo [54].

#### **4.3.2.2 Arquitetura do ponto de vista do servidor**

Em relação à parte servidora do *middleconv*, existem três componentes: *ESGProvider*, *ESGRemoteQueryDatabase* e *ServiceProvider*, como ilustrado na Figura 4.5. O provedor de *ESG* atua como um servidor de nomes distribuído para o mecanismo de busca de serviços do *middleware*; o *ESGRemoteQueryDatabase* é a interface para fazer consultas por serviços e programas, enquanto o provedor de serviços (*ServiceProvider*) é a entidade que os disponibiliza na rede.

Internamente, o *ESGProvider* guarda uma lista de serviços de aplicação disponíveis na rede com as respectivas descrições, as quais incluem: identificador, endereços de rede e metadados, permitindo que haja consulta nos serviços cadastrados através da API de *Service Search and Discovery* do *middleware*. Além disso, o *ESGProvider* possui interfaces para publicar os serviços, possibilitando que *ServiceProviders* ou aplicações possam adicioná-los ou removê-los do repositório, conforme estabelecido no requisito RB04 (deve ser possível registrar e remover descrições de serviços do provedor de *ESG*).



**Figura 4.5. Diagrama de classes do servidor *middleconv***

O `ServiceProvider` é uma entidade responsável pelo serviço publicado na rede, incluindo os metadados contidos na descrição e a integridade daquele que se encontra em execução, não sendo um serviço do *middleware*. Outra função do provedor é decompor e agrupar os serviços em sub-componentes logicamente independentes, denominados `ServiceComponents`.

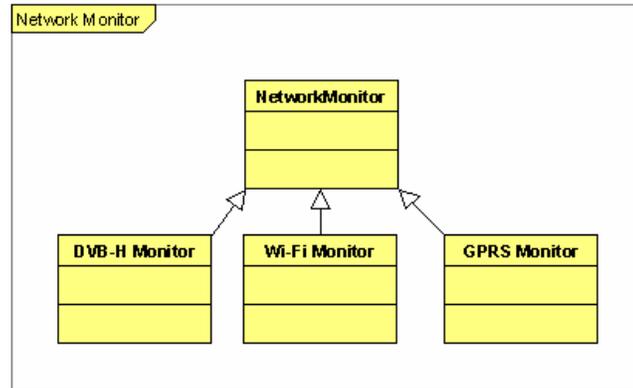
#### 4.4 MIDDLECONV: PRINCIPAIS SERVIÇOS

Nesta seção serão detalhados os principais serviços do *middleware*, que são o foco deste trabalho: o Monitor de Redes, a Busca de Descoberta de Serviços e o Gerenciador de Serviços e Aplicações.

##### 4.4.1 MONITOR DE REDES

O monitor de redes é o componente que possibilita o acompanhamento dinâmico da qualidade do sinal e da disponibilidade dos serviços de aplicação ativos em cada rede. Apesar da API uniforme de acesso às aplicações, o gerenciador de redes tem uma instanciação específica para tratar os diferentes padrões e protocolos utilizados. Como mostrado na Figura 4.6, no dispositivo móvel pode haver um gerenciador para a rede DVB-H, um para a rede Wi-Fi e outro para a rede GPRS, por exemplo.

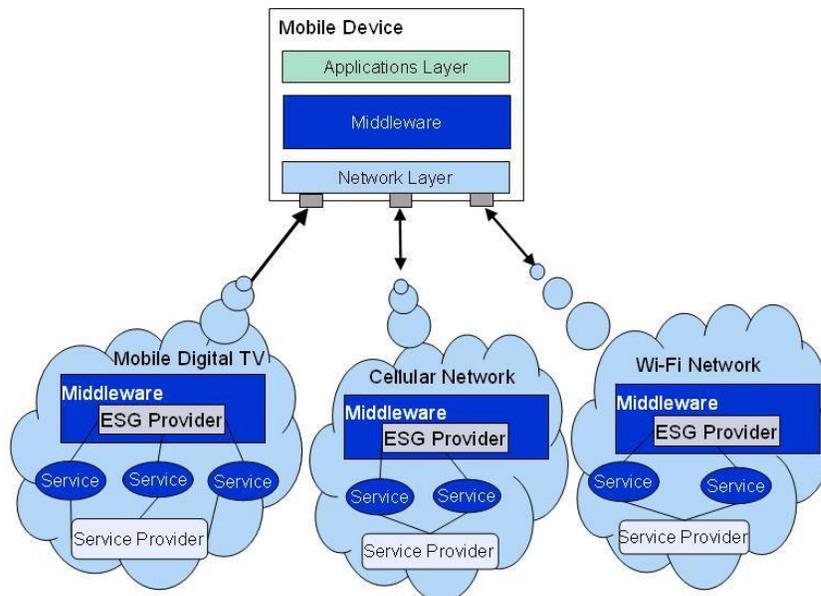
Através deste monitoramento é possível se registrar para receber notificações de variações na qualidade do sinal de uma determinada rede a fim de possibilitar que as aplicações se adaptem às mudanças no ambiente de execução.



**Figura 4.6.** Diagrama de classes do gerenciador de redes

#### 4.4.2 BUSCA E DESCOBERTA DE SERVIÇOS

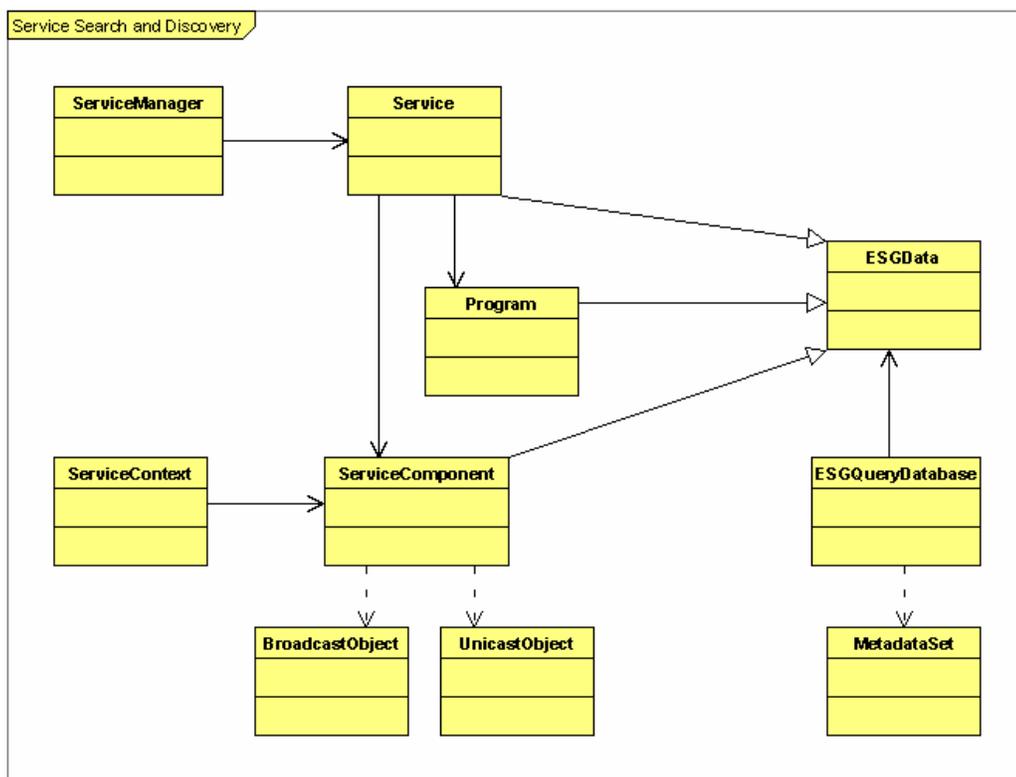
O mecanismo de Busca e Descoberta de Serviços (*Service Search and Discovery*) do *middleware* é realizado por dois componentes: *ESGQueryDatabase* e *ESGProvider*. Como mostra a Figura 4.7, cada rede tem seu provedor de *ESG* que registra os serviços ativos no momento.



**Figura 4.7.** *Middleware* distribuído nas diferentes redes

A arquitetura para o mecanismo de descoberta é baseada no diagrama de classes da JSR 272, estendendo o contexto da mesma para acessar serviços por redes *unicast*, adicionando as classes *ServiceManager* e *UnicastObject*.

O diagrama de classes da camada de serviços está representado na Figura 4.8 e pode ser dividido logicamente em três partes. A primeira é correspondente às classes básicas, acessadas pelos clientes e pelo *middleware*, que compõem o serviço e seus atributos, como *ServiceDescription* e *ServiceProvider*, bem como os componentes associados, que podem ser oriundos das redes *unicast* ou *broadcast* para os *UnicastObject* e *BroadcastObject*, respectivamente. A segunda pode ser definida como a classe do *middleware* responsável pelo gerenciamento dos serviços: *ServiceManager*. Restando para o *ESGQueryDatabase* a parte relativa ao repositório de descrições de serviços, *ESGData*, que possibilita consultas baseadas em padrões de metadados pré-definidos, *MetadataSet*.

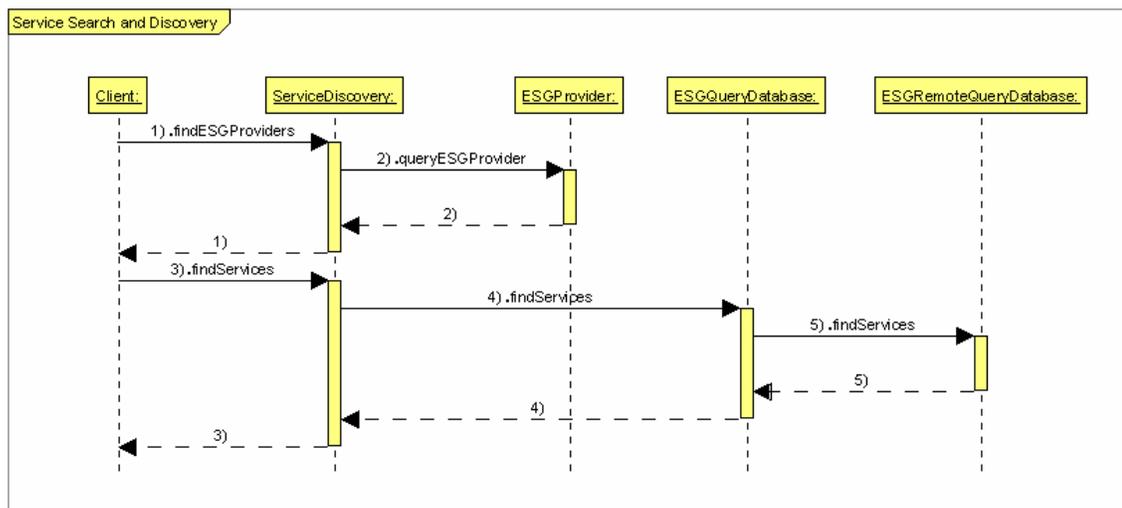


**Figura 4.8. Diagrama de classes da busca e descoberta de serviços**

Na Figura 4.9 está descrita a seqüência de execução do mecanismo de descoberta. Através do *Service Discovery* é possível ter acesso a todos os *ESG Providers* disponíveis em cada rede, ação que é denominada *ESG bootstrap* (inicialização) e realizada através do método *findESGProviders*. Após descobrir os provedores de *ESG*, podem-se fazer consultas, baseadas em metadados, por serviços através da interface *ESGQueryDatabase*, a qual retorna como resultado uma lista de descrições de serviços (*Service Description*) que

podem estar em diferentes formatos de metadados *ESG*, de acordo com as capacidades do cliente, como *TV-Anytime* [65], *DVB-H* [18], *OAI* [53].

Essas consultas são feitas através da interface *ESGQueryDatabase*, especificada em [37], que provê mecanismos de definição e consulta aos formatos de metadados suportados pelo dispositivo. Através desta interface, é possível procurar serviços locais, das redes *broadcast* ou *unicast*. Para acessar esta interface nos servidores *ESGProvider*, foi instanciada uma classe no *middleconv* denominada *ESGRemoteQueryDatabase*, a qual realiza chamada de método remota no *ESGProvider*. Neste caso, a interface *ESGQueryDatabase* pode atuar como *proxy* ou *cache* do componente distribuído *ESGRemoteQueryDatabase*.



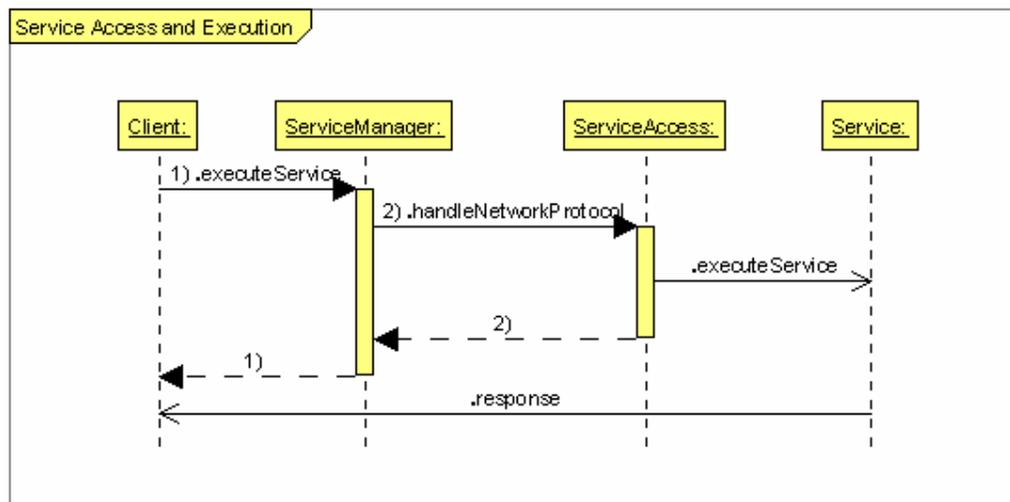
**Figura 4.9. Diagrama de seqüência da descoberta de serviços**

No caso das redes *broadcast*, caracterizadas pelos serviços *push*, não há necessidade de buscar os provedores de serviço, pois todos os dados estão sendo transmitidos continuamente no carrossel de dados. Conseqüentemente, é preciso apenas desencapsular o *ESG*, de acordo com o mecanismo de *ESG bootstrap* [15], definido no padrão de *broadcast* utilizado. Por outro lado, nas redes *unicast* é preciso descobrir os provedores de serviços disponíveis. Este processo de busca em redes locais é realizado pelo *Service Discovery* através de um protocolo estabelecido de descoberta em ambientes pervasivos, como *UPnP* [69], *mDNS* [51] ou *SLP* [27].

### 4.4.3 GERENCIADOR DE SERVIÇOS E APLICAÇÕES

Após realizar uma busca, o próximo passo é a execução do serviço escolhido. De acordo com o requisito RG01 (deve ser possível utilizar a informação adquirida através do mecanismo de descoberta para executar o serviço) definido anteriormente, as descrições, que são retornadas pelo *Service Search and Discovery*, devem conter as informações necessárias e suficientes para executar o respectivo serviço. Para atender a este requisito, a descrição dos serviços possui *locators* [50] e um arquivo SDP [28], através dos quais se pode descobrir o endereço (uma URI) e os detalhes de acesso do serviço.

A partir dos *locators*, ou dos arquivos SDP, pode-se executar o serviço acessando o mecanismo de execução do *middleware*. É possível que haja mais de um *locator* para uma mesma descrição de serviço, como também, um mesmo *locator* pode estar presente em mais de uma descrição. Desta forma, há uma clara separação entre descrições e implementações dos serviços.



**Figura 4.10. Diagrama de seqüência da execução de um serviço**

Caso haja mais de um *locator* para o mesmo serviço, é preciso escolher um para executar. Esta escolha pode ser feita pelo usuário ou pela aplicação, levando em consideração o contexto, o perfil do usuário, do dispositivo e a classificação de serviços (*local*, *push* e *pull*) mencionados anteriormente[40]. De acordo com o *locator* e o SDP, o *middleware* define qual o tratador responsável por acessar e executar o serviço escolhido e repassa à aplicação-cliente os respectivos dados, conforme demonstrado na Figura 4.10.

Neste *middleware* há uma completa separação entre a descrição do serviço de aplicação e sua implementação, ao mesmo tempo em que a busca e o acesso aos mesmos é

uniforme. Esta separação oferece flexibilidade a cenários pervasivos, como por exemplo: para salvar um serviço que está sendo transmitido pela rede *broadcast* localmente no dispositivo é preciso somente adicionar o *locator* apontando para o sistema de arquivos local na descrição do serviço e pode-se continuar usando a mesma descrição, ficando transparente para o usuário a fonte provedora do serviço.

#### **4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste capítulo foram apresentados a arquitetura e os componentes do *middleware* proposto, denominado *middleconv*. Primeiramente o escopo do *middleware* foi definido, estendendo os requisitos específicos de TV móvel para os cenários de convergência, e destacando as três categorias mais importantes: o mecanismo de busca e descoberta, o acesso às múltiplas redes e o gerenciamento dos serviços de aplicação.

Em seguida foi apresentada a visão geral do *middleconv* e foram esclarecidos os conceitos básicos sobre os termos usados nesta proposta, como a definição do termo “serviço”; ainda foi exposta uma contextualização sobre desenvolvimento e arquiteturas orientadas a serviços.

A arquitetura e a API do *middleconv* foram expostas, detalhando seus componentes e seus principais casos de uso. Dentre os serviços do *middleware*, foram destacados os mecanismos de busca e descoberta, de gerenciamento de serviços e de monitoramento de redes.

Este trabalho se diferencia dos trabalhos relacionados por propor um modelo uniforme de tratamento para dados transmitidos por redes de diferentes características, *unicast* e *broadcast*. Todos os serviços do *middleware* abstraem para as camadas superiores as tecnologias, os padrões e os protocolos envolvidos na descoberta, na transmissão, no acesso e na execução dos serviços de aplicação.

# 5 ESTUDO DE CASO: MEDIAPORT

## 5.1 INTRODUÇÃO

Para validar o *middleware* proposto, o qual foi detalhado no capítulo anterior, foi desenvolvida, como estudo de caso, uma aplicação de *Electronic Service Guide (ESG)* convergente que utiliza o *middleconv*. Esta aplicação se diferencia de um *ESG* comum porque é capaz de descobrir dinamicamente todos os serviços ativos nas diversas redes com as quais o dispositivo móvel se conecta, ficando transparente para o usuário final o meio de transporte dos dados. Por funcionar como um portal virtual de centralização e acesso a diferentes conteúdos multimídia, a aplicação de *ESG* convergente foi denominada *MediaPort*. Além do desenvolvimento desta aplicação, também foi implementado um subconjunto dos serviços do *middleconv* a fim de viabilizar o cenário motivador.

### 5.1.1 CENÁRIO

Nesta seção será exposto o cenário que motivou a proposta da aplicação *MediaPort*. Primeiramente, será apresentado o personagem João da Silva, um jovem profissional que gosta e tem acesso às novidades tecnológicas. As funcionalidades providas pelo *middleware* e aplicações-cliente, conforme ilustrado na Figura 4.3, na Camada de Aplicações, irão ajudá-lo a concretizar o seguinte cenário da convergência digital, que representa a linha de tempo em um dia da rotina de João:

- João da Silva acorda e, no ônibus, a caminho do trabalho, acessa o *MediaPort* para assistir às notícias do dia no seu dispositivo móvel.
  - Este serviço de notícias tem canais de TV com o noticiário do dia e *link* para acesso a conteúdo personalizado para os interesses de João, com conteúdo vindo da rede celular e da rede de TV;
- Ao chegar ao trabalho, o *ESG* do dispositivo se atualiza automaticamente com as aplicações da *intranet* do local, disponibilizando serviços de agenda de ramais e *Voice Over IP (VoIP)*.
  - O *MediaPort* detecta automaticamente a presença de uma rede local conhecida e descobre os serviços disponíveis, atualizando sua interface gráfica;

- Durante a tarde, João utiliza o dispositivo móvel para ouvir os canais de rádio transmitidos pela rede de TV digital e assiste a vídeos, votando nas suas músicas favoritas.
  - O serviço de rádio oferecido proporciona interatividade para o usuário, usando a rede de telefonia celular, por exemplo;
- À noite, João vai ao aeroporto embarcar rumo a uma viagem para visitar os parentes. Durante o caminho para o aeroporto e na espera para o embarque, ele pode assistir aos canais de TV disponíveis, acompanhando o campeonato de futebol, com acesso a estatísticas e tabelas.
  - Neste exemplo, os canais disponíveis foram acessados via rede de TV digital móvel ou através da rede IPTV do aeroporto, por exemplo;
- Ao chegar ao destino, João percebe que os canais de TV do seu celular estão atualizados com a programação local e, através da rede Wi-Fi do aeroporto, aparecem serviços novos no *MediaPort*, como mapa e sugestões de locais para visitação.
  - A aplica o *MediaPort*   notificada da descoberta de uma nova rede de TV digital e descobre os canais transmitidos. Os serviços da rede Wi-Fi são descobertos dinamicamente e disponibilizados para João.

  interessante ressaltar que do ponto de vista de João o importante   ter acesso ao conteúdo, independente do meio de transmissão dos dados. Este   o principal motivador da aplica o *MediaPort* e o foco do suporte do *middleconv* para concretiza o deste cenário.

## **5.2 AMBIENTE DE IMPLEMENTA O E EXECU O**

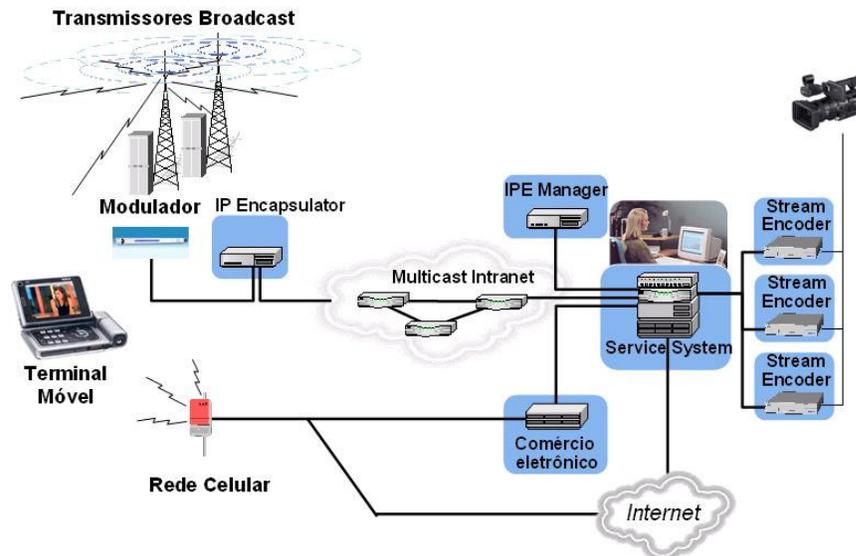
A plataforma de desenvolvimento e o ambiente de execu o para concretizar o cenário de João vão ser detalhados nas se oes seguintes. Primeiramente, serão apresentados os equipamentos utilizados, *hardware*, e em seguida serão descritos os programas, bibliotecas e dependências de *software* adotadas no desenvolvimento do estudo de caso.

### **5.2.1 HARDWARE**

Os equipamentos do estudo de caso consistem em um laboratório de TV digital móvel, no padrão DVB-H, uma rede sem fio Wi-Fi, um *notebook* com acesso a esta rede, uma antena de TV digital terrestre USB (*Universal Serial Bus*), no padrão DVB-T, e um dispositivo móvel Nokia Internet Tablet 770.

### 5.2.1.1 Laboratório de TV Digital Móvel

A realização dos testes e prova de conceito do trabalho proposto foram realizadas em cooperação com o Instituto Nokia de Tecnologia (INdT) [31], que disponibilizou acesso ao laboratório de TV digital móvel. Desta forma, foi possível implantar o sistema desenvolvido em um ambiente real de transmissão de TV móvel.



**Figura 5.1. Laboratório de TV digital móvel**

A Figura 5.1 apresenta um cenário básico de um sistema de TV digital móvel, composto pelo acesso a uma rede *broadcast* e a uma *unicast*, bem como pelos servidores para gerenciar a configuração e a transmissão do conteúdo. Esta mesma estrutura foi usada como plataforma para os testes do sistema desenvolvido neste trabalho, entretanto, nos componentes do laboratório do INdT, não há rede de telefonia celular nem subsistema de comércio eletrônico.

No sistema do laboratório, o fluxo de áudio e vídeo é capturado por um dispositivo de captura, que pode ser, por exemplo, uma câmera digital de vídeo ou placa de captura de TV instalados em um computador. Depois de capturado, o sinal é enviado para o *Stream Encoder*, que consiste num codificador de sinal capaz de adequar o fluxo de dados para formatos digitais comprimidos, adequados para a transmissão móvel. O *Stream Encoder* também pode receber sinais oriundos de outras fontes, como um arquivo ou um sinal em formato digital não apropriado para a transmissão; neste caso, realiza-se uma

transcodificação<sup>15</sup> do sinal, transformando diferentes formatos de entrada em uma codificação apropriada.

O fluxo codificado é transmitido através de uma rede *multicast* para o *Service System*<sup>16</sup>, que é o dispositivo responsável por gerenciar os canais e conteúdos relacionados que serão enviados para a rede de TV. O *Service System* agrega os dados relativos à programação dos diversos canais de TV e envia este conteúdo e informações de controle aos *IP Encapsulators (IPE)* e *IPE Managers*, respectivamente.

Os dados de controle são utilizados pelo *IPE Manager* para gerenciar e configurar um conjunto de *IP-Encapsulators* (existe um *IPE* para cada célula da rede DVB-H). O *IP Encapsulator*, como o nome sugere, encapsula os fluxos de dados IP em um MPEG-2 *Transport Stream*, como definido no padrão DVB-H, detalhado no Capítulo 2.

Os pacotes encapsulados são enviados ao modulador. A escolha do tipo de modulação a ser usada depende de fatores técnicos, mas está bastante relacionada com a largura de banda e robustez do sinal. A transmissão em massa para os dispositivos móveis é realizada através desse modulador, que possui baixa potência de saída, mas é suficiente para radiar o sinal através de uma pequena antena.

Durante os testes, além de um dispositivo móvel usado para monitorar a transmissão, utilizou-se uma placa receptora de sinal DVB-T acoplada à porta USB de um *notebook*. O acesso ao fluxo de dados transmitidos do laboratório de TV digital móvel foi feito através desta placa, da qual foram extraídos os dados IP da transmissão *broadcast*, que estavam no padrão DVB-H. Esta camada de acesso aos dados da rede de TV digital móvel foi desenvolvida pelo INdT.

### 5.2.1.2 Hotspots Wi-Fi

Com a finalidade de possibilitar o acesso a diferentes redes provedoras de serviços, e não ficar restrito ao transporte *broadcast*, foram utilizadas redes locais sem fio (*WLAN*) com transmissão Wi-Fi, conhecidas como *hotspots*. Nestas redes foram implantados provedores de serviços, como por exemplo, servidores de *streaming*, além da parte servidora do *middleconv* para fins de busca e descoberta de serviços.

Esses *hotspots* tiveram a função, no estudo de caso, de demonstrar o uso de redes *unicast* através do *middleconv* que, juntamente com o acesso a redes *broadcast*, é o objetivo

---

<sup>15</sup> *Transcodificar*: é o ato de converter um formato digital em outro. Isto envolve decodificar o formato original em um formato intermediário e depois codificar estes dados no formato destino.

<sup>16</sup> O *Service System* faz parte da solução proprietária da Nokia para TV digital móvel.

da proposta deste trabalho. As *intranets* foram utilizadas como redes provedoras de serviços *pull*, em vez da Internet, por serem um ambiente mais controlado, possibilitando melhor gerenciamento da qualidade de serviço.

### 5.2.1.3 Dispositivo Móvel

Como plataforma alvo para o desenvolvimento deste projeto foi escolhido o Nokia 770 Internet Tablet [52], ilustrado na Figura 5.2 abaixo, que é um dispositivo móvel com tela *touch-screen*, resolução 800x480, com comunicação Wi-Fi e *Bluetooth*, baseado em tecnologias de código aberto (*open source*), possuindo sistema operacional Linux e uma plataforma de desenvolvimento *open source*, denominada *Maemo* [45].



**Figura 5.2. Nokia 770 Internet Tablet**

A escolha do Nokia 770 como plataforma alvo para o projeto foi feita levando em consideração a flexibilidade para adaptar e configurar o sistema, desde a camada de sistema operacional (SO) até a de aplicações, que a plataforma *Maemo* oferece por estar baseada em projetos de código aberto. Entretanto, apesar desta flexibilidade, não é possível acessar a rede de TV digital móvel através do Nokia 770, uma vez que este não possui antena DVB-H e ainda não é possível conectar uma antena DVB-T na sua porta USB. A implementação completa do estudo de caso foi realizada em um *notebook* com sistema operacional Linux e com acesso à rede DVB-H e à rede Wi-Fi, como mostra a Figura 5.3. O acesso a duas conexões de redes, uma *broadcast* e outra *unicast*, respectivamente, é essencial no cenário apresentado a fim de demonstrar os serviços de gerenciamento propostos no *middleware*.



**Figura 5.3. Notebook conectado com antena DVB-T USB**

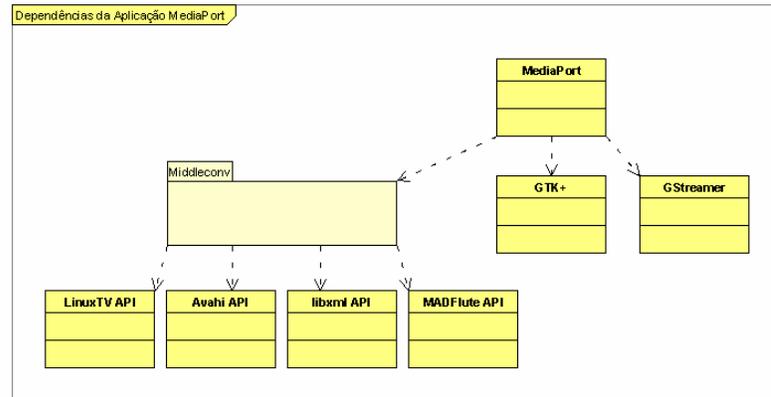
O conjunto de dependências e bibliotecas utilizadas no desenvolvimento dos programas de teste para o *notebook* foi escolhido para ser compatível com a plataforma de execução do *Maemo*. Isso porque a plataforma alvo continuou sendo o Nokia 770. A fim de demonstrar a viabilidade de executar os programas desenvolvidos na plataforma *Maemo*, uma versão simplificada do projeto foi portada para o Nokia 770 (acessando somente serviços através de redes Wi-Fi).

### 5.2.2 SOFTWARE

O ambiente de software para o estudo de caso foi baseado em tecnologias e projetos contidos na plataforma *Maemo*, que executa uma distribuição Debian customizada do Linux. No *notebook* foi utilizada a distribuição Ubuntu, que também é baseada no Debian. Além do sistema operacional, foram utilizadas as seguintes dependências de software existentes no *Maemo*: GStreamer [26], como *framework* multimídia para tocar o A/V; libxml, como *parser XML* para os arquivos de *ESG* dos diferentes padrões; GTK+, para o desenvolvimento da interface gráfica; LinuxTV, para acessar os *drivers* das placas receptoras de TV digital.

Todo o desenvolvimento foi feito orientado a objetos utilizando a linguagem de programação C, através da extensão GObject que faz parte da GLib, uma biblioteca padrão do GNOME com funções básicas para auxiliar o desenvolvimento de aplicações. Como suporte para a implementação do mecanismo de descoberta de serviços do *middleware*, foi utilizada a biblioteca Avahi [4], um projeto *open source*, que implementa o protocolo

*Multicast DNS* (mDNS) [51]<sup>17</sup>, para a publicação e descoberta de serviços em redes locais, sem necessidade de nenhuma configuração prévia. A biblioteca *open source* MAD-FLUTE [44] foi utilizada para acesso a arquivos transmitidos via protocolo FLUTE nas redes *broadcast*. Na Figura 5.4 abaixo estão ilustradas as respectivas dependências da aplicação *MediaPort* e do *middleconv*.

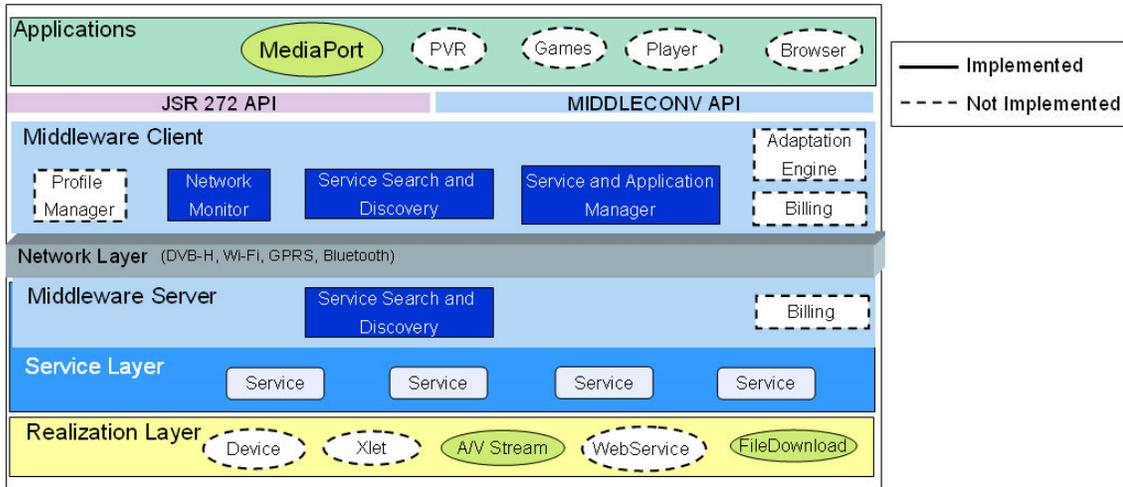


**Figura 5.4. Dependências da aplicação *MediaPort***

### 5.3 MIDDLECONV: IMPLEMENTAÇÃO

Apenas alguns serviços foram selecionados para implementação a fim de prover suporte ao cenário idealizado na aplicação de *ESG* convergente. Cada serviço do *middleconv* teve uma implementação visando ao acesso às redes locais sem fio e à rede *broadcast* de TV digital. Na Figura 5.5 está ilustrada a arquitetura implementada do *middleconv*, baseada na Figura 4.3 apresentada no Capítulo 4, com os componentes que não foram implementados contornados com linhas pontilhadas.

<sup>17</sup> O protocolo mDNS é a base para a descoberta de serviços utilizada pela Apple, denominada *Bonjour* ([www.apple.com/macosx/features/bonjour](http://www.apple.com/macosx/features/bonjour)) e está presente no Mac OS X 10.2, desde 2002. Atualmente este protocolo pode ser encontrado em uma grande variedade de dispositivos e programas, como impressoras, PVRs, pontos de acesso Wi-Fi e programas de compartilhamento de músicas.



**Figura 5.5. Serviços do *middleware* implementados**

O *Service Search and Discovery* foi implementado para redes *unicast* utilizando a biblioteca Avahi para descoberta dos provedores de *ESG* nas redes locais. Além disso, também foi implementado um protocolo simples baseado em HTTP para fazer as consultas nos repositórios de *ESG* remotos, através da interface de *ESGQueryDatabase* [37]. O retorno destas solicitações remotas é um arquivo no formato XML com os metadados dos serviços cadastrados descritos em algum padrão de *ESG* especificado na requisição do cliente. Na implementação, o cliente requisita os serviços informando quais são os padrões de metadados suportados no dispositivo móvel e o servidor responde com metadados em um padrão compatível com os parâmetros da requisição. Na implementação do *middleware* foram suportados os padrões de metadados *ESG* de DVB-H [18] e *Open Air Interface (OAI)* [53].

Por outro lado, nas redes *broadcast*, onde os *ESGs* são transmitidos continuamente, os seus provedores são descobertos através de uma varredura de frequências na rede DVB-H, podendo ser acessados através dos métodos da interface *ESGQueryDatabase*. Estas consultas podem retornar todos os serviços cadastrados ou apenas os que satisfaçam uma operação lógica definida nos metadados suportados pelo provedor de *ESG*.

Para o gerenciador de serviços, foi desenvolvida a parte de acesso a *streaming* de vídeo e *download* de arquivos, tanto via redes *unicast* quanto *broadcast*. O *download* de arquivos nas redes *unicast* e *broadcast* foram feitos, respectivamente, através dos protocolos HTTP e FLUTE, o qual faz parte do padrão IPDC, detalhado anteriormente na Seção 3.2.1. O *Network Monitor* foi implementado nas redes *unicast* através da biblioteca Avahi, possibilitando a notificação de serviços adicionados ou removidos da rede, enquanto, nas

redes *broadcast*, foram utilizadas funções fornecidas pelos *drivers* das antenas de TV digital para acessar a intensidade do sinal.

O *middleconv* foi implementado de forma distribuída, com uma parte cliente e outra servidora. O cliente do *middleware* deve ser instalado no dispositivo móvel e a parte servidora nos nós da rede que irão disponibilizar um repositório de *ESG*.

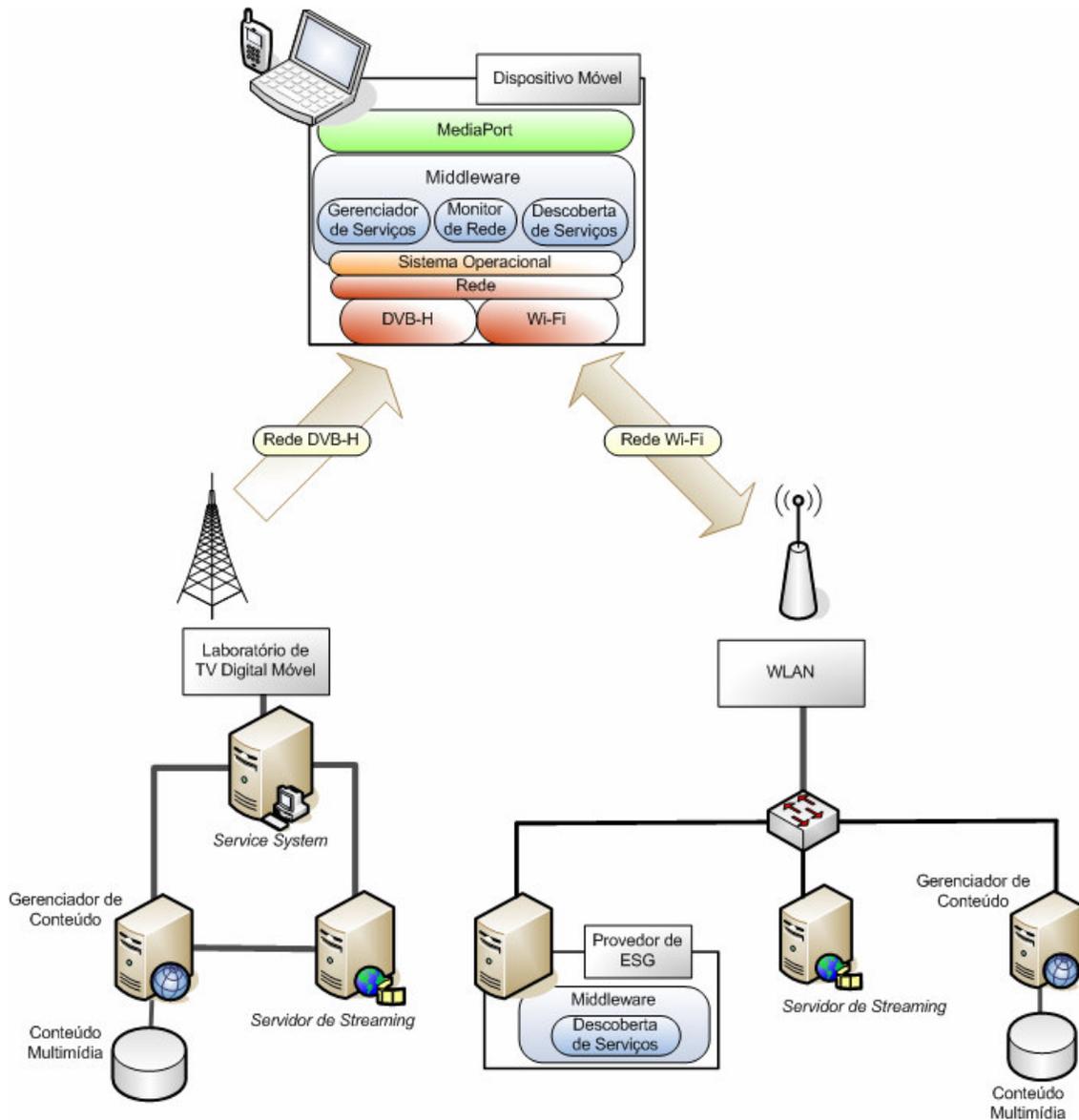
No cenário do estudo de caso, as redes que provêem serviços podem ser constituídas de vários provedores de conteúdo, tanto em redes locais, quanto em redes *broadcast* DVB-H.

#### **5.4 IMPLEMENTAÇÃO DA APLICAÇÃO MEDIAPORT**

Como prova de conceito do trabalho proposto, foi desenvolvido um portal de serviços multimídia, denominado *MediaPort*, que disponibiliza os serviços encontrados em todas as redes para o usuário. Esta aplicação utiliza o serviço de monitoramento do *middleware* para manter a lista de serviços ativos atualizada sempre que ocorre uma conexão, desconexão de rede ou uma notificação de mudança nos provedores de *ESG*.

Através do *MediaPort* é possível acessar diferentes serviços multimídias (aplicações, A/V, HTML) de maneira uniforme, independente da rede provedora. No desenvolvimento do estudo de caso foi adicionado suporte a serviços de aplicação do tipo *streaming* de áudio/vídeo e *download* de arquivos. Destaca-se que este último é utilizado pelo próprio serviço de busca e descoberta do *middleconv* para acessar os arquivos XML remotos dos *ESGs* disponibilizados em redes *unicast*.

Os serviços de aplicação foram disponibilizados nas redes de TV digital móvel e Wi-Fi, separadamente, como pode ser notado na Figura 5.6. Nestas duas redes foram disponibilizados serviços de *streaming* de A/V, os quais foram encontrados e acessados através do mecanismo de busca e descoberta do *middleconv*.



**Figura 5.6. Cenário de implantação da aplicação *MediaPort***

A fim de disponibilizar um serviço na aplicação *MediaPort*, é preciso registrá-lo no servidor de nomes do *middleconv* representado pelo *ESGProvider*, como definido no diagrama de arquitetura da Seção 4.3.2.2. No caso da TV digital, o ato de implantar um serviço representa a adição de metadados descritivos no *ESG* e o envio dos dados (um arquivo ou *stream* de áudio e vídeo) através do carrossel de dados [36], que fica transmitindo arquivos ciclicamente na rede *broadcast*. Para este fim, foi utilizada a solução proprietária da Nokia para criação e gerenciamento de serviços para TV digital móvel: o *Service System*.

### 5.4.1 CENÁRIO IMPLEMENTADO

Com relação ao cenário descrito na primeira seção deste capítulo, foram feitas algumas simplificações para adequá-lo ao ambiente de implantação. Na aplicação implementada, João da Silva, o personagem, poderá acessar arquivos e fluxos de áudio e vídeo transmitidos pelas redes de TV digital móvel DVB-H e Wi-Fi. Com estas devidas simplificações, o cenário implementado pode ser resumido nas ações descritas a seguir que, apesar de mais curtas do que as do cenário de João da Silva, mantêm o foco na convergência de serviços acessados dinamicamente através das múltiplas interfaces de redes dos dispositivos móveis.



**Figura 5.7. Aplicação *MediaPort***

Ao iniciar a aplicação *MediaPort*, aparece a tela exibida na Figura 5.7, de modo que o gerenciamento de redes do *middleconv* é ativado para detectar as interfaces de redes e as respectivas conexões ativas. A fim de monitorar as conexões ativas das redes *unicast* é feita uma consulta *multicast* de tempos em tempos, utilizando o protocolo mDNS [51] para descobrir todos os provedores de *ESG* disponíveis. Ao detectar a presença de um provedor, a aplicação *MediaPort* mostra uma tela perguntando ao usuário se deseja adicionar os serviços disponíveis neste provedor, como ilustrado na Figura 5.8. Esta tela de confirmação pode ser desabilitada, caso o usuário opte por adicionar novos serviços descobertos automaticamente.



**Figura 5.8. Descoberta de provedor de *ESG* na rede Wi-Fi**

Por outro lado, nas redes *broadcast* é feita uma varredura no espaço de frequências, de acordo com o padrão adotado, a fim de detectar a presença de alguma rede de TV móvel e, conseqüentemente, a transmissão do *ESG* correspondente no dispositivo móvel. Esta varredura é feita somente na inicialização da aplicação ou por requisição do usuário, pois as redes de TV digital móvel só devem variar quando há mudança de cidade ou estado, ao contrário dos *hotspots* Wi-Fi que mudam constantemente e são sempre monitorados.

A Figura 5.9 mostra as telas de varredura de frequências, feita durante a busca pelas redes de TV digital móvel disponíveis, e da escolha da rede DVB-H encontrada.



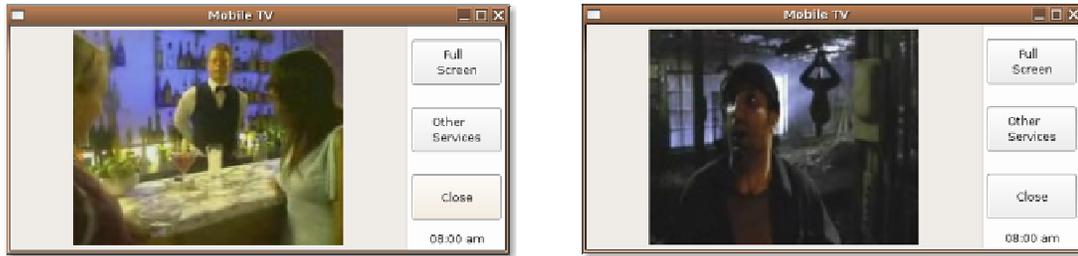
**Figura 5.9.** Varredura de frequência e escolha da rede DVB-H

Após detectar todos os provedores de *ESG* disponíveis nas interfaces de redes ativas, é realizada uma consulta pelos serviços cadastrados nos respectivos provedores. Para acessar os serviços que possuem horário de exibição, o *ESG* pode ser exibido através de uma interface gráfica em grade, semelhante a um *EPG* tradicional de TV, como mostrado na Figura 5.10. Neste caso, são dispostos os serviços, independente da rede provedora, agrupados pelas informações de canal e horário de exibição.



**Figura 5.10.** *ESG* convergente na aplicação *MediaPort*

Ao selecionar um serviço de áudio e vídeo disponível, a aplicação executa o fluxo de dados através do *player* do *GStreamer* dentro da janela do *MediaPort*, como ilustrado na Figura 5.11, utilizando o mecanismo de execução de serviços do *middleconv*.



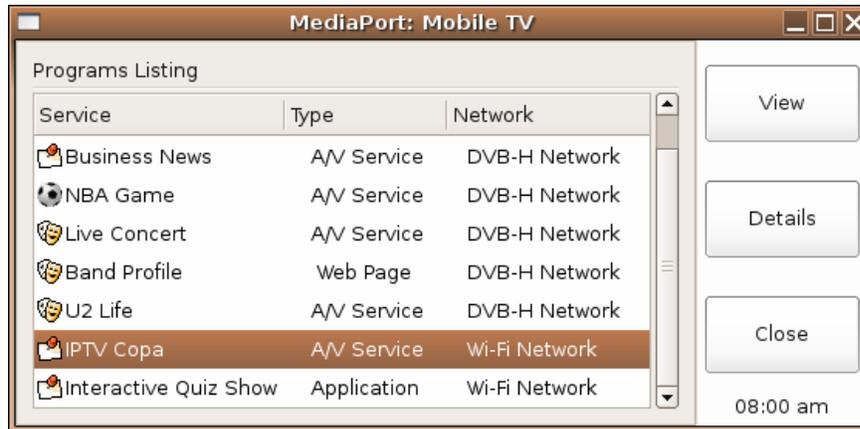
**Figura 5.11. A/V tocando na aplicação *MediaPort***

Através do *MediaPort* também é possível acessar detalhes dos serviços ativos. A tela ilustrada na Figura 5.12 abaixo mostra os serviços disponíveis em um dado instante, os seus tipos e suas redes provedoras. Neste caso, pode-se observar que há somente serviços da rede DVB-H, dos quais um representa uma página HTML, que pode ser visualizada através de um *browser*, sendo os outros fluxos de áudio e vídeo.



**Figura 5.12. Serviços da rede DVB-H na aplicação *MediaPort***

No momento em que for detectado um provedor de *ESG* na conexão Wi-Fi do dispositivo móvel, será apresentada a tela demonstrada anteriormente, na Figura 5.8, a fim de confirmar a adição dos serviços recém descobertos. Após a confirmação, a interface gráfica se atualiza, adicionando os respectivos serviços neste provedor, como mostra a Figura 5.13 abaixo. Nesta figura, pode-se notar a presença de dois serviços encontrados na rede Wi-Fi: um fluxo de áudio e vídeo e uma aplicação interativa (o suporte para execução de aplicações transmitidas através da rede não foi implementado no *middleconv*).



**Figura 5.13. Serviços das redes DVB-H e Wi-Fi na aplicação *MediaPort***

Quando uma conexão de rede cai ou um serviço é removido do provedor de *ESG*, a aplicação *MediaPort* é notificada pelo *middleware* e atualiza a interface gráfica do usuário informando a desconexão, como mostra a Figura 5.14, removendo os serviços de aplicação que não estão mais disponíveis. Após esta desconexão, os serviços da rede Wi-Fi, demonstrados na Figura 5.13, ficam indisponíveis e a tela da aplicação *MediaPort* se atualiza para listar apenas os serviços disponíveis na rede DVB-H, voltando para o estado da Figura 5.12.



**Figura 5.14. Desconexão do provedor de *ESG* na rede Wi-Fi**

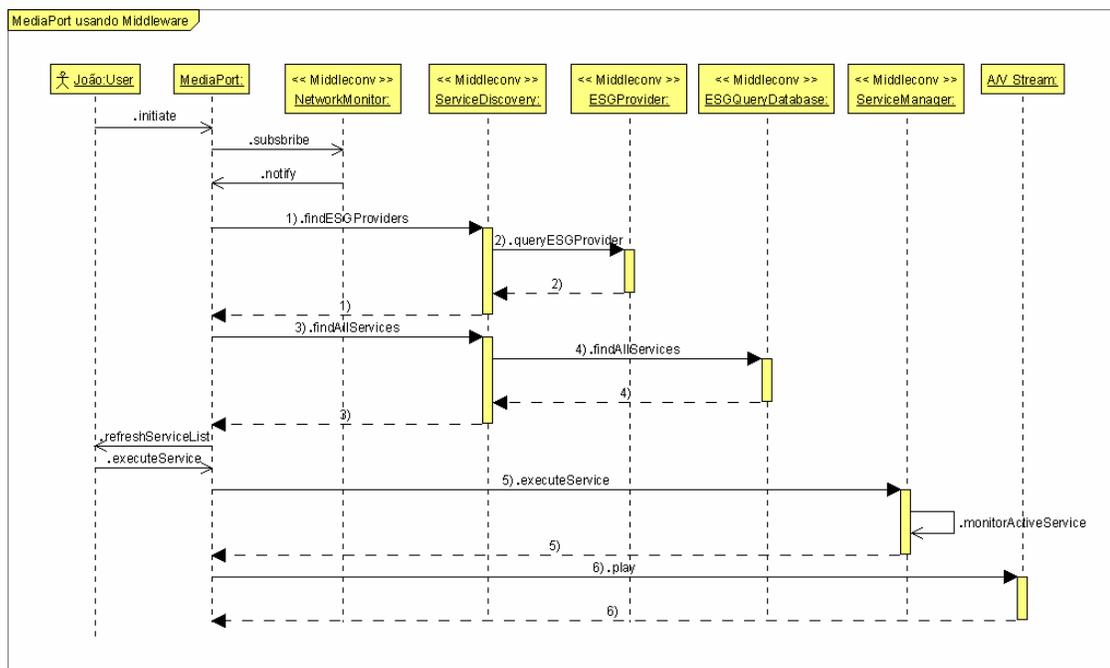
Todos os *screenshots* anteriores foram feitos no *notebook* com acesso a DVB-H e Wi-Fi, mas a aplicação *MediaPort* e o *middleconv* também foram portados para o dispositivo Nokia 770, como ilustra a Figura 5.15. Vale salientar que este dispositivo móvel, como mencionado anteriormente na Seção 5.2.1.3, ainda não tem suporte para a recepção de dados de TV digital móvel, portanto é possível acessar os serviços somente através de redes Wi-Fi.



**Figura 5.15.** Aplicação *MediaPort* executando no Nokia 770

### 5.5 *MEDIAPORT USANDO O MIDDLECONV*

A concretização deste cenário é facilitada pelo uso dos serviços de *middleware* apresentados neste trabalho. No diagrama de seqüência mostrado na Figura 5.16 está detalhado o fluxo de execução sob o ponto de vista do *middleware* a partir do momento em que uma rede nova é encontrada no cenário até a execução de um serviço de *streaming* de áudio e vídeo (A/V).



**Figura 5.16.** Diagrama de seqüência da aplicação *MediaPort* usando o *middleconv*

Ao ser iniciada pelo usuário, a aplicação *MediaPort* se cadastra como *listener* para ser notificada de mudanças nas conexões das interfaces de rede através do *Network Monitor*. Quando identifica uma nova conexão de rede, o *Network Monitor* notifica todos os *listeners*

registrados da mudança no *status* de conexões, inclusive o *MediaPort*. Em seguida, o *Service Discovery* é iniciado pela aplicação, com a chamada da função `findESGProviders`, a fim de descobrir se há provedores de serviços disponíveis na rede. Caso haja algum na rede recém conectada, é realizada a operação `findAllServices` para descobrir todos os serviços ativos registrados no *ESGProvider*. A partir desse momento, o terminal já contém as descrições para os serviços da nova rede e, portanto, atualiza e adapta as referências daqueles que estão disponíveis.

A operação `findAllServices` do *ESGProvider* retorna uma lista de *Service Description*, arquivos XML no formato de algum padrão de *ESG* suportado pelo sistema. No Apêndice A estão dispostas duas descrições de serviço de A/V nos formatos suportados pelo *middleware*, DVB-H [18] e OAI [53]. Através destes arquivos de metadados XML, a aplicação *MediaPort* mostra uma representação visual na interface gráfica dos serviços descobertos para o usuário. Quando este seleciona um dos serviços disponíveis, o mecanismo de *Service Execution* do *middleware* é acionado para tratar a requisição ou o fluxo de dados correspondente, dependendo do tipo de serviço e da rede acessada, tornando-o ativo, e tendo seu ciclo de vida gerenciado pelo *Service Manager*.

A fim de executar um serviço descoberto, é preciso especificar seu *locator* ou o arquivo SDP [28], que define o protocolo de transporte, o endereço IP e a porta de acesso na respectiva rede. A partir deste protocolo (`dvb://`, ou `http://`, ou `cri://`), o gerenciador de serviços verifica se há suporte no dispositivo e, caso positivo, o conteúdo IP é desencapsulado. Na Figura 5.17 abaixo está representado um exemplo de arquivo SDP para uma sessão de *streaming* de A/V. Neste arquivo pode-se identificar o nome da sessão, o endereço IP, bem como informações de descrição das mídias transmitidas.

```

v=0
o=dco 689 3352449600 IN IP4 172.19.141.21
s=A/V Session SDP
c=IN IP6 FF15:0:0:0:0:1:0
t=3352470000 3352512600
a=LiveStream:integer;1
a=StreamCount:integer;2
a=FileName:string;"broadcast.sdp"
m=video 10008 RTP/AVP 96
i=Session 689
c=IN IP6 FF15:0:0:0:0:1:A00
b=AS:240
a=rtpmap:96 H263-2000/90000
a=mimetype:string;"video/H263-2000"
a=PayloadWirePacket:string;"rtp"
a=fmtp:96 profile=0; level=30
a=framesize:96 176-144
a=mpeg4-esid:201
m=audio 10010 RTP/AVP 97
i=Session 689
c=IN IP6 FF15:0:0:0:0:1:A00
b=AS:23
a=rtpmap:97 AMR-WB/16000
a=mimetype:string;"audio/AMR-WB"
a=PayloadWirePacket:string;"rtp"
a=fmtp:97 octet-align=1
a=mpeg4-esid:101

```

**Figura 5.17. Exemplo de arquivo SDP para uma sessão de A/V**

Adicionalmente, o arquivo SDP também define o tipo e formato de codificação do conteúdo transmitido. No exemplo da Figura 5.17, estão destacados os atributos que descrevem que o vídeo está codificado em H263 e o áudio em AMR-WB. No caso da rede DVB-H, é preciso requisitar ao receptor para sintonizar no fluxo de dados correspondente ao endereço descrito no arquivo SDP. Por fim, o conteúdo de áudio e vídeo é acessado e repassado, pelo gerenciador do *middleware*, para a pilha IP do dispositivo, ficando disponível para a aplicação-cliente, que tenha requisitado a execução do serviço de *streaming*.

## 5.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo foi apresentado o cenário motivador de João da Silva com a aplicação *MediaPort*. Em seguida, os ambientes, de *hardware* e *software*, para o desenvolvimento, execução e implantação do estudo de caso foram detalhados. Por fim, o escopo da implementação foi definido e o protótipo da aplicação *MediaPort*, usando o *middleconv*, executando e acessando serviços da rede de TV digital móvel e Wi-Fi foi demonstrado e detalhado.

É importante ressaltar que os serviços do *middleconv* propostos podem ser usados para outras aplicações que necessitem acessar diferentes redes em cenários de convergência móvel,

como uma aplicação de busca de serviços personalizados (favoritos), propagandas cientes de contexto, entre outras possibilidades.

Apesar de haver diversos estudos, tanto na área de descoberta de serviços, quanto na área de TV digital, o principal diferencial deste trabalho é propor um mecanismo uniforme de descoberta e gerenciamento de serviços em um cenário de convergência de TV móvel e redes *unicast*.

## 6 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentado o *middleconv*: uma proposta de serviços de *middleware* para suporte à convergência de serviços de TV móvel, telefonia celular e WLAN, cuja arquitetura foi detalhada com foco nos mecanismos de busca e gerenciamento de serviços, e monitoramento de redes. Foi demonstrado um estudo de caso com o desenvolvimento da aplicação *MediaPort*, utilizando o *middleware*, implantada em dispositivos móveis, com acesso a redes de TV digital móvel e Wi-Fi.

Neste capítulo, são apresentadas as principais contribuições do trabalho, direções para trabalhos futuros e considerações finais.

### 6.1 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES

Com os resultados deste trabalho, as aplicações desenvolvidas podem se beneficiar da gama de serviços disponíveis em redes de TV digital móvel, celular e WLAN; ao mesmo tempo, os serviços disponíveis na Internet podem ser complementados com os dados providos pela rede *broadcast*, sob a forma de aplicações e conteúdo multimídia. Esta cooperação, entre diferentes plataformas, utilizando protocolos e serviços comuns, dará o suporte necessário aos sistemas pervasivos, criando novas oportunidades para cenários e funcionalidades, que não seriam possíveis utilizando cada rede separadamente.

As principais contribuições do trabalho desenvolvido foram:

- Extensão da JSR 272 e do mecanismo de busca de serviços proposto por DVB-H a fim de descobrir *ESGs* de diferentes fontes e acessar serviços através de redes *unicast*; além da possibilidade de monitorar as redes e os serviços ativos;
- Especificação da arquitetura de referência e implementação de serviços de *middleware* para suporte ao monitoramento de redes, à descoberta e à gerência de serviços de aplicações, considerando o cenário de convergência entre redes *broadcast* e *unicast*;
- Definição, baseada no cenário motivador de João da Silva, e implementação da aplicação *ESG* convergente *MediaPort*, como prova de conceito dos serviços de *middleware* propostos, executando em ambiente de laboratório, com acesso simultâneo a uma rede de TV digital móvel e a redes Wi-Fi.

## 6.2 TRABALHOS FUTUROS

Destacam-se aqui algumas possibilidades para continuação deste trabalho:

- Estender o cenário do ambiente convergente de TV digital móvel para incluir redes *ad-hoc* e *peer-to-peer* [23];
- Prover suporte à ciência de contexto para especificar e desenvolver os mecanismos de adaptação das aplicações no *middleware*, com foco em TV digital móvel [7] [9];

Com relação ao trabalho de implementação realizado, existem diversos caminhos para continuação, dentre os quais se pode ressaltar:

- Dar suporte à linguagem de programação JAVA, implementar as interfaces JNI (*Java Native Interface*) [39] para a JSR 272 [37], baseadas nos serviços nativos desenvolvidos neste trabalho;
- Implementar o gerenciador de aplicações para possibilitar o *download* e execução de aplicações, com suporte de máquinas virtuais JAVA;
- Propor um mecanismo de busca e descoberta de serviços baseado em *Web Services*;
- Dar suporte a outros protocolos de busca de serviços em redes pervasivas, como UPnP [69] e SLP [27], estendendo estes protocolos de propósito genérico para descobrir e acessar os serviços de TV interativa.

## 6.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho desenvolvido nesta dissertação foi motivado pela convergência das tecnologias de redes dos dispositivos móveis. Este cenário abre muitas possibilidades para idéias inovadoras e mudanças no que hoje é aceito como produtos, mercados e serviços bem estabelecidos. A TV digital móvel também não está livre deste processo, e mesmo já sendo uma tecnologia inovadora por si só, estão surgindo novas possibilidades com a convergência com a Internet, por exemplo. Por esta razão, a TV móvel foi escolhida como o cenário de convergência pesquisado neste trabalho.

Os protótipos desenvolvidos (*middleconv* e *MediaPort*) foram implantados, em cooperação com o Instituto Nokia de Tecnologia (INdT), em ambiente de laboratório, com acesso simultâneo a uma rede de TV digital móvel e a redes Wi-Fi.

Como últimas considerações, deve-se enfatizar que a convergência entre redes de TV móvel e WLANs, explorada nesse trabalho, é apenas mais um passo no processo de

convergência de serviços e redes rumo à realização da visão de computação pervasiva de Mark Weiser [72]. Cada vez mais, será possível a criação de conteúdos descentralizados e acessíveis por um maior número de pessoas através de um maior número de dispositivos e meios de comunicação. À medida que a infra-estrutura tecnológica ficar transparente, o foco da computação deve se concentrar no conteúdo, nas funcionalidades providas pelos serviços, e na experiência do usuário final.

# REFERÊNCIAS

- [1] Arjona, A. "Internet Protocol Datacasting – Transparent Interactivity Using Different Communication Channels". Master Thesis from the Telecommunications Software and Multimedia Laboratory, Helsinki University of Technology, 2005.
- [2] ATSC. A/100: DTV Application Software Environment - Level 1 (DASE-1). ATSC Standard, 2003.
- [3] ATSC. A/53: ATSC Digital Television Standard. ATSC Standard, 2004.
- [4] Avahi: open source service discovery library. Disponível em: <http://avahi.org/>. Último acesso, Agosto 2006.
- [5] Berg, M., Butterfield, S., Cosmas, J., Casagrande, P., Garrec, D., Guiraudou, M., Martinez, G., Launay, E., Mazieres, B., Milanesio, D. "CISMUNDUS: convergence of digital broadcast and mobile telecommunications". Disponível em: Proceedings of the IBC 2003 Conference, Amsterdam, September 2003.
- [6] Bernstein, P. A. "Middleware: a model for distributed system services". Communications of the ACM, 39(2):86--98, 1996.
- [7] Costa, Marcos. "Um Modelo de *Middleware* Adaptativo". Dissertação de Mestrado, Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco, Setembro 2004.
- [8] Cunha, L., Ferraz, C. "Um modelo dinâmico para a descoberta de serviços convergentes em um cenário de TV digital móvel". Em: II Workshop de TV Digital (WTVD) no Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores (SBRC), Junho 2006.
- [9] Dey, A. K. Understanding and Using Context. ACM Personal and Ubiquitous Computing Journal, v.5, n.1, p. 4-7, 2001.
- [10] DMB. ETSI TS 102 428 v1.1.1: Digital Audio Broadcasting (DAB); DMB video service; User Application Specification, Junho 2005.
- [11] Dosch, C. and Owens, T. "The Pan European Integrated INSTINCT Project - Making the Convergence of Digital Broadcasting and Mobile Communication a Reality". In: DVB World 2004 International Conference. Dublin, Ireland, Março 2004.
- [12] DVB. *Digital Video Broadcasting*. Disponível em: [www.dvb.org](http://www.dvb.org/). Último acesso, Agosto 2006.
- [13] DVB-MHP. ETSI TS 102 812: Multimedia Home Platform (MHP) Specification 1.1.1. ETSI Standard, 2003.

- [14] DVB-GEM. ETSI TS 102 819: Globally Executable MHP (GEM). ETSI Standard, 2004.
- [15] DVB-H Online, “Technical Specifications / IP Datacast DVB-H”. Disponível em: [www.dvb-h-online.org/technology.htm](http://www.dvb-h-online.org/technology.htm). Último acesso, Agosto 2006.
- [16] DVB-H. A97 IP Datacast Over DVB-H: Use Cases and Services. Disponível em: [http://www.dvb-h.org/PDF/a097.tm3349r2.cbms1166r11.IPDC\\_Use\\_Cases.pdf](http://www.dvb-h.org/PDF/a097.tm3349r2.cbms1166r11.IPDC_Use_Cases.pdf). Último acesso, Agosto 2006.
- [17] DVB-H. A98 IP Datacast Over DVB-H: Architecture. Disponível em: [http://www.dvb-h.org/PDF/a098.tm3347r2.cbms1168r15.IPDC\\_Architecture.pdf](http://www.dvb-h.org/PDF/a098.tm3347r2.cbms1168r15.IPDC_Architecture.pdf). Último acesso, Agosto 2006.
- [18] DVB-H. A99 IP Datacast Over DVB-H: Electronic Service Guide. Disponível em: [http://www.dvb-h.org/PDF/a098.tm3347r2.cbms1168r15.IPDC\\_Architecture.pdf](http://www.dvb-h.org/PDF/a098.tm3347r2.cbms1168r15.IPDC_Architecture.pdf). Último acesso, Agosto 2006.
- [19] Faria, G., Henriksson, J. A., Stare, E. and Talmola, P. "DVB-H: Digital Broadcast Services to Handheld Devices". In: Proc. IEEE, vol. 94, no. 1, pp. 194-209, Janeiro 2006.
- [20] Frattasi, S. Fathi, H. Fitzek, F.H.P. Prasad, R. Katz, M.D. “Defining 4G technology from the user’s perspective”. In Network, IEEE, Volume: 20, Issue: 1, pp. 35- 41, Aalborg Univ., Denmark, Janeiro, 2006
- [21] Flynn, B. “Digital TV, Internet & Mobile Convergence – Developments and Projections for Europe”. In: Digiscope Report, London: Phillips Global Media, 2000.
- [22] Gartner. “Forecast: Mobile Terminals, Worldwide, 2000-2009”. Disponível em: <http://www.gartner.com/DisplayDocument?id=483696>. 18 de Julho, 2005.
- [23] Gatis, I. “Um *Middleware* para Construção de Aplicações de TV digital Distribuídas baseadas no Modelo P2P”. Dissertação de Mestrado, Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco, Janeiro 2006.
- [24] Greenstein, S. and Khanna, T. “What does convergence mean?”. In Yoffie D.B (Ed.), Computing in the Age of Digital Convergence. Boston, MA: Harvard Business School Free Press, pages 201-225, 1997.
- [25] GSM Association. Disponível em: [www.gsmworld.com/](http://www.gsmworld.com/). Último acesso, Junho 2006.
- [26] GStreamer: *open source multimedia framework*. Disponível em: [gstreamer.freedesktop.org/](http://gstreamer.freedesktop.org/). Último acesso, Agosto 2006.
- [27] Guttman, E., Perkins, C., Veizades, J., and Day, M. “Service Location Protocol, version 2”. IETF request for comments (RFC) 2608, Junho 1999.

- [28] Handley, M., Jacobson, V., Perkins, C. “Session Description Protocol”. IETF request for comments (RFC) 4566, Julho 2006.
- [29] Informa Telecom & Media. “Mobile TV: Broadcast and Mobile Multimedia”. Disponível em: <http://www.informatm.com/>. Último acesso, Agosto 2006.
- [30] INSTINCT (*IP-Based Networks, Services and Terminals for Converging Systems*). Disponível em: <http://dea.brunel.ac.uk/instinct/> . Último acesso, Agosto 2006.
- [31] Instituto Nokia de Tecnologia – INdT. Disponível em: <http://www.indt.org.br/>. Último acesso, Agosto 2006.
- [32] IP Datacasting - IPDC. Disponível em: [www.ipdc-forum.org](http://www.ipdc-forum.org). Último acesso, Agosto 2006.
- [33] ISDB-T. Digital Terrestrial Television Broadcasting System. Disponível em: <http://www.dibeg.org/techp/isdb/isdbt.htm>. Último acesso, Agosto 2006.
- [34] ISDB. ARIB STD-B23: Application Execution Engine Platform for Digital Broadcasting. ISDB Standard, 2004.
- [35] ISO/IEC MPEG-7 Overview (ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N4980). Disponível em: [www.chiariglione.org/mpeg/standards/mpeg-7/mpeg-7.htm](http://www.chiariglione.org/mpeg/standards/mpeg-7/mpeg-7.htm). Último acesso, Agosto 2006.
- [36] ISO/IEC 13818-6: Information Technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information - Part 6: Extensions for DSM-CC, 1998.
- [37] Java Specification Request 272, *Status*: In Progress: “JSR 272: Mobile Broadcast Service API for Handheld Terminals”. Disponível em: [www.jcp.org/en/jsr/detail?id=272/](http://www.jcp.org/en/jsr/detail?id=272/). Último acesso, em Agosto 2006.
- [38] Jini Specification. Disponível em: [www.sun.com/software/jini/specs](http://www.sun.com/software/jini/specs). Último acesso em Agosto 2006.
- [39] JNI (*Java Native Interface*). Disponível em: <http://java.sun.com/j2se/1.5.0/docs/guide/jni/>. Último acesso em Agosto 2006.
- [40] Kon, F., Costa, F., Blair, G., Campbell, R. “The case for reflective middleware”. *Communications of the ACM* 45(6): 33-38 (2002).
- [41] Leban, M. “Internet Search for TV Content based on *TV-Anytime*.” IEEE EUROCON, 2003.
- [42] Lu, K. Y. “Interaction Design Principles For Interactive Television”. Master Thesis in Information Design and Technology, Georgia Institute of Technology. Maio 2005.
- [43] McGovern, J., Ambler S., Stevens, E., Linn, J., Sharan, V., and Jo., E. *Practical Guide to Enterprise Architecture*. Prentice Hall, 2003.

- [44] MAD-FLUTE: *open source implementation of the FLUTE protocol*. Disponível em: <http://atm.tut.fi/mad/>. Último acesso, Agosto 2006.
- [45] Maemo. Disponível em: [www.maemo.org](http://www.maemo.org). Último acesso em Agosto 2006.
- [46] MBMS (*Mobile Broadcast / Multicast Service*). MediaLab – White Paper. Disponível em: <http://www.medialab.sonera.fi/workspace/MBMSWhitePaper.pdf>. Último acesso em Julho 2006.
- [47] MediaFLO. *Media Distribution System - Product Overview*, Qualcomm Incorporated, Disponível em: [http://www.qualcomm.com/mediaflo/news/pdf/flo\\_whitepaper.pdf](http://www.qualcomm.com/mediaflo/news/pdf/flo_whitepaper.pdf), Último acesso em Agosto 2006.
- [48] MIDP (*Mobile Information Device Profile*). Disponível em: <http://java.sun.com/products/midp>. Último acesso em Agosto 2006.
- [49] Molyneux, S. “Broadband internet: Future applications and challenges”. In J. Vince & R. Earnshaw (Eds.). *Digital convergence: The information revolution* (pp. 3-12). U.K.: Springer-Verlag, 1999.
- [50] Morris, S. Smith-Chaigneau, A. *Interactive TV Standard: A Guide to MHP, OCAP and JavaTV*. Linacre House: Focal Press, 2005.
- [51] *Multicast DNS (mDNS)*. Disponível em: [www.multicastdns.org/](http://www.multicastdns.org/). Último acesso, Agosto 2006.
- [52] Nokia 770 Internet Tablet. Disponível em: [www.nokia.com/770](http://www.nokia.com/770). Último acesso, em Agosto 2006.
- [53] Open Air Interface (OAI) 1.0 Disponível em: [www.mobiletv.nokia.com/solutions/airif/specification.php](http://www.mobiletv.nokia.com/solutions/airif/specification.php). Último acesso, em Agosto 2006.
- [54] Open Mobile Alliance - Digital Rights Management V2.0. Disponível em: [http://www.openmobilealliance.org/release\\_program/drm\\_v2\\_0.html](http://www.openmobilealliance.org/release_program/drm_v2_0.html). Último acesso, em Agosto 2006.
- [55] Pagani, M. “Multimedia and Interactive Digital TV: Managing the Opportunities Created by Digital Convergence”. IRM Press 2003.
- [56] Paiva, F. “SVA: A caminho da consolidação”. TELETIME, Número 79, p.22, 2005.
- [57] Papazoglou, M., and Georgakopoulos, D. “Service oriented computing”. *Communications of the ACM* 46(10):25–28, 2003.
- [58] Rauschenbach, U., Heuer, J., Illgner, K. “Next-Generation Interactive Broadcast Services”. In *Proceedings WSDB 2004 - 5th Workshop Digital Broadcasting*, Erlangen, Germany, Setembro 2004.

- [59] Schiek, U., Steckel P. "MHP-based mobile prototype implementing the INSTINCT middleware concept". 14th IST Mobile & Wireless Communications Summit, Dresden, Julho 2005.
- [60] Schilit, B.; Adams, N.; Want, R. Context-Aware Computing Applications. In Proceedings of the 1st International Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, 1994, pp. 85-90.
- [61] Schwalb, E. M. *iTV Handbook: Technologies and Standards*. Upper Saddle River: Prentice Hall PTR, 2003.
- [62] Song, Z., Labrou, Y., and Masuoka, R., "Dynamic Service Discovery and Management in *Task Computing*," pp. 310 - 318, MobiQuitous 2004, Boston, USA, Agosto 2004,.
- [63] Srivastava, H. O. *Interactive TV Technology and Markets*. Norwood: Artech House, 2002.
- [64] Staffans, L. "Internet Protocol Datacasting – A Technology Overview". Master Thesis from the Telecommunications Software and Multimedia Laboratory, Helsinki University of Technology, 2004.
- [65] *TV-Anytime*. Disponível em: <http://www.tv-anytime.org/> Último acesso, Agosto 2006.
- [66] *TV-Anytime. Requirements Series: R1 on TV-Anytime Environment*, Agosto 2000. Disponível em: <ftp://tva:tva@bbc.co.uk/Plenary/TV035r6.zip>. Último acesso, Agosto 2006.
- [67] *TV-Anytime*. ETSI TS 102 822-6-2 V1.2.1. Broadcast and On-line Services: Search, select, and rightful use of content on personal storage systems ("*TV-Anytime Phase 1*"); Part 6: Delivery of metadata over a bi-directional network; Sub-part 2: Service discovery. Setembro 2004.
- [68] Universal Description Discovery & Integration (UDDI), Version 3.0, T. Bellwood, et al. Disponível em: <http://uddi.org/pubs/uddi-v3.00-published-20020719.htm>. Último acesso, Agosto 2006.
- [69] UPnP (Universal Plug and Play). Disponível em: [www.upnp.org](http://www.upnp.org). Último acesso, Agosto 2006.
- [70] XML Schema, W3C Recommendation, Maio 2001. Disponível em: <http://www.w3.org/XML/Schema>. Último acesso, Agosto 2006.
- [71] *Web Services*, W3C. Disponível em: <http://www.w3.org/2002/ws/> Último acesso, Agosto 2006.
- [72] Weiser, M, "Computer for the 21st century". In: Scientific American, 265(3) 94-104, 1991.

# APÊNDICE A

Neste apêndice estão dispostos dois arquivos XML de um mesmo serviço de áudio e vídeo nos padrões de metadados dos *ESGs* do *Open Air Interface* (OAI) [53] e DVB-H [18].

Logo abaixo está a descrição do serviço no padrão OAI:

```

= <ESG-root>
= <Service id="12" version="1" type="1" baseCID="none">
  <Genre>1</Genre>
  <URI>service12</URI>
  <ExtensionURL language="EN">www.service12.com</ExtensionURL>
  <Name lang="EN">Recife Movie</Name>
  <Name lang="PT">Recife Filmes</Name>
  <Description lang="EN">The Recife movie channel</Description>
  <Description lang="PT">O canal de filmes do Recife</Description>
  <MediaTitle usage="1" id="10">service12.png</MediaTitle>
</Service>
= <Content id="220" version="1" serviceID="12" type="1">
  <Name lang="EN">Matrix Reloaded</Name>
</Content>
= <Content id="221" version="1" serviceID="12" type="1">
  <Name lang="EN">Bug's life</Name>
</Content>
= <Content id="222" version="1" serviceID="12" type="1">
  <Name lang="EN">Star War 3</Name>
</Content>
= <Content id="223" version="1" serviceID="12" type="1">
  <Name lang="EN">The Lord of the Ring</Name>
</Content>
= <ScheduleItem id="320" version="1" contentID="220" serviceID="12"
  startTime="1138708800" endTime="1138716000">
  <Name lang="EN">Matrix Reloaded</Name>
</ScheduleItem>
= <ScheduleItem id="321" version="1" contentID="221" serviceID="12"
  startTime="1138716000" endTime="1138717800">

```

```

    <Name lang="EN">Bug's life</Name>
  </ScheduleItem>
= <ScheduleItem id="322" version="1" contentID="222" serviceID="12"
  startTime="1138717800" endTime="1138719600">
  <Name lang="EN">Star War 3</Name>
  </ScheduleItem>
= <ScheduleItem id="323" version="1" contentID="223" serviceID="12"
  startTime="1138719600" endTime="1138721400">
  <Name lang="EN">The Lord of the Ring</Name>
  </ScheduleItem>
= <Access id="42" version="1" type="1" serviceID="12"
  accessURI="Recife_movie.dsp">
  <Name lang="EN">Recife Movie</Name>
  </Access>
</ESG-root>

```

A seguir está a descrição do mesmo serviço no formato DVB-H:

```

= <ESGMain xmlns="urn:dvb:ipdc:ESG:2005">
= <ESG>
= <ContentTable>
= <Content contentID="recife/service12/content1">
  <Title xml:lang="en" type="alternative">Matrix Reloaded</Title>
  <ServiceRef IDRef="recife/service12" />
</Content>
= <Content contentID="recife/service12/content2">
  <Title xml:lang="en" type="main">Bug's Life</Title>
  <ServiceRef IDRef="recife/service12" />
</Content>
= <Content contentID="recife/service12/content3">
  <Title xml:lang="en" type="secondary">Star Wars</Title>
  <ServiceRef IDRef="recife/service12" />
</Content>
= <Content contentID="recife/service12/content4">
  <Title xml:lang="en" type="secondary">Lord of the Rings</Title>
  <ServiceRef IDRef="recife/service12" />

```

```

    </Content>
  </ContentTable>
<ScheduleEventTable>
<ScheduleEvent scheduleID="recife/service12/schedule12">
  <PublishedStartTime>2006-08-04T04:30:00+00:00</PublishedStartTime>
  <PublishedEndTime>2006-08-04T06:30:00+00:00</PublishedEndTime>
  <ServiceRef IDRef="recife/service12" />
<ContentFragmentRef IDRef="recife/service12/content1">
  <ContentLocation>dvb://233a.4000.1240;741e@2006-08-
04T06:30:00+00:00Z/PT00H19M</ContentLocation>
</ContentFragmentRef>
</ScheduleEvent>
<ScheduleEvent scheduleID="recife/service12/schedule12">
  <PublishedStartTime>2006-08-04T06:30:00+00:00</PublishedStartTime>
  <PublishedEndTime>2006-08-04T07:00:00+00:00</PublishedEndTime>
  <ServiceRef IDRef="recife/service12" />
<ContentFragmentRef IDRef="recife/service12/content2">
  <ContentLocation>dvb://233a.4000.1240;741f@2006-08-
04T06:30:00+00:00Z/PT00H19M</ContentLocation>
</ContentFragmentRef>
</ScheduleEvent>
<ScheduleEvent scheduleID="recife/service12/schedule12">
  <PublishedStartTime>2006-08-04T07:00:00+00:00</PublishedStartTime>
  <PublishedEndTime>2006-08-04T07:30:00+00:00</PublishedEndTime>
  <ServiceRef IDRef="recife/service12" />
<ContentFragmentRef IDRef="recife/service12/content3">
  <ContentLocation>dvb://233a.4000.1240;7420@2006-08-
04T06:30:00+00:00Z/PT00H19M</ContentLocation>
</ContentFragmentRef>
</ScheduleEvent>
<ScheduleEvent scheduleID="recife/service12/schedule12">
  <PublishedStartTime>2006-08-04T07:30:00+00:00</PublishedStartTime>
  <PublishedEndTime>2006-08-04T08:00:00+00:00</PublishedEndTime>
  <ServiceRef IDRef="recife/service12" />
<ContentFragmentRef IDRef="recife/service12/content4">
  <ContentLocation>dvb://233a.4000.1240;7421@2006-08-
04T06:30:00+00:00Z/PT00H19M</ContentLocation>

```

```

        </ContentFragmentRef>
        </ScheduleEvent>
    </ScheduleEventTable>
<ServiceTable>
<Service serviceID="recife/service12" freeToAir="true" clearToAir="false">
    <ServiceName xml:lang="en" length="short">Recife Movies</ServiceName>
    <ServiceName xml:lang="pt" length="short">Recife Filmes</ServiceName>
    <ServiceNumber>12</ServiceNumber>
    <ServiceDescription xml:lang="en" length="medium">The Recife movie
        channel</ServiceDescription>
    <ServiceDescription xml:lang="pt" length="medium">O canal de filmes do
        Recife</ServiceDescription>
<ServiceGenre type="main" href="tvanytime">
    <Name preferred="true">1</Name>
    <Definition>Open Air Interface Genre Definition</Definition>
</ServiceGenre>
<ServiceLanguage>english</ServiceLanguage>
<ServiceProvider>
    <ProviderURI>http://www.provideruri.com/</ProviderURI>
    <ProviderName>My Service Provider</ProviderName>
    <ProviderLogo />
    <ProviderInformationURL>www.info.com</ProviderInformationURL>
</ServiceProvider>
</Service>
</ServiceTable>
<ServiceBundleTable />
<PurchaseTable />
<PurchaseChannelTable />
<AcquisitionTable />
</ESG>
</ESGMain>

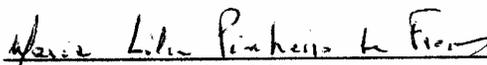
```



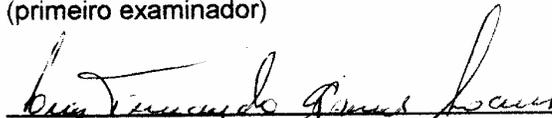
SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE INFORMÁTICA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

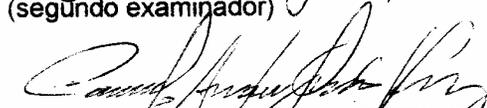
Ata de Defesa de Dissertação de Mestrado do  
Centro de Informática da Universidade Fe-  
deral de Pernambuco, 29 de agosto de  
2006.

Ao vigésimo nono dia do mês de agosto do ano dois mil e seis, às catorze horas, no Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco, teve início a **quingentésima sexagésima primeira** defesa de dissertação de Mestrado em Ciência da Computação intitulada **“Suporte à Convergência de Serviços em TV Digital Móvel e Redes sem Fio”** do candidato **Leonardo Sobral Cunha**, o qual já havia preenchido anteriormente as demais condições exigidas para a obtenção do grau de mestre. A Banca Examinadora, composta pelos professores Geber Lisboa Ramalho, pertencente ao Centro de Informática desta Universidade, Luiz Fernando Gomes Soares, pertencente ao Departamento de Informática da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro e Carlos André Guimarães Ferraz pertencente ao Centro de Informática desta Universidade, sendo o primeiro presidente da Banca Examinadora e o último orientador do trabalho de dissertação, resolveu: **Aprovar por unanimidade e dar o prazo de trinta dias para entrega da versão final do trabalho**. E para constar lavrei a presente ata que vai por mim assinada e pela Banca Examinadora. Recife, 29 de agosto de 2006.

  
\_\_\_\_\_  
Maria Lília Pinheiro de Freitas  
(secretária)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Geber Lisboa Ramalho  
(primeiro examinador)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Luiz Fernando Gomes Soares  
(segundo examinador)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Carlos André Guimarães Ferraz  
(terceiro examinador)