

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
ELÉTRICA

**SMS COMO CANAL DE INTERATIVIDADE PARA DISPOSITIVOS
PORTÁTEIS**

LUIZ FILIPE DA SILVA SOUZA PINTO

MANAUS

2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
ELÉTRICA

LUIZ FILIPE DA SILVA SOUZA PINTO

**SMS COMO CANAL DE INTERATIVIDADE PARA DISPOSITIVOS
PORTÁTEIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade do Amazonas, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica, área de concentração Controle e Automação de Sistemas.

Orientador: Prof. Dr.-Ing. Vicente Ferreira de Lucena Júnior

MANAUS

2012

Ficha Catalográfica
(Catalogação realizada pela Biblioteca Central da UFAM)

P659s Pinto, Luiz Filipe da Silva Souza.
SMS como canal de interatividade para dispositivos portáteis / Luiz Filipe da Silva Souza Pinto. - 2012.
90 f. : il. color..
Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) — Universidade Federal do Amazonas.
Orientador: Prof. Dr. Vicente Ferreira de Lucena Júnior.

1. Comunicações digitais 2. Sistema de telefonia digital 3. Telefone celular
I. Lucena Júnior, Vicente Ferreira de, orientador II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

CDU (1997):621.39:654.027.3 (043.3)

LUIZ FILIPE DA SILVA SOUZA PINTO

**SMS COMO CANAL DE INTERATIVIDADE PARA
DISPOSITIVOS PORTÁTEIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica na área de concentração Controle e Automação de Sistemas.

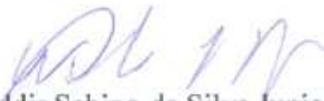
Aprovado em 27 de dezembro de 2012.

BANCA EXAMINADORA



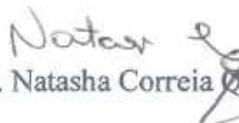
Prof. Dr.- Ing Vicente Ferreira de Lucena Junior, Presidente

Universidade Federal do Amazonas- UFAM



Prof. Dr. Waldir Sabino da Silva Junior, Membro

Universidade Federal do Amazonas- UFAM



Prof. Dra. Natasha Correia Queiroz Lino, Membro

Universidade Federal da Paraíba- UFPB

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter me dado saúde, força física e mental para a conclusão deste trabalho.

Agradeço a minha esposa e ao meu filho pela compreensão nos momentos de ausência.

Agradeço a minha mãe e irmã pelo enorme apoio durante este período.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr.-Ing. Vicente Ferreira de Lucena Júnior pela constante motivação e incentivo.

Por fim, mas não menos importante, agradeço “in memoriam” ao meu pai por ter sido um grande educador, incentivador do saber e do conhecimento, além de ter sido um professor dedicado a esta universidade, que por isso me motivou a dar mais esse avanço em minha vida acadêmica.

RESUMO

A TV digital está cada vez mais presente na vida dos brasileiros, pois ano após ano, um número grande de pessoas está migrando do sistema analógico para o digital, uma vez que o sistema analógico tem data certa para seu encerramento. Com o avanço da TV digital, é possível notar melhoras significativas nas tecnologias de áudio e vídeo usadas, como também é possível estabelecer uma interação entre o telespectador e o dispositivo receptor. No Brasil, tal interação ocorre através do *middleware* Ginga, tecnologia desenvolvida por pesquisadores brasileiros para padronizar o conteúdo interativo enviado aos dispositivos capazes de interpretá-lo. Além dos televisores, outro dispositivo bastante popular é o telefone celular, que está presente de forma expressiva ao longo do país. A tecnologia adotada pelo Brasil para transmissão digital do sinal de TV, permite que o telefone celular receba a programação dedicada a dispositivos portáteis de forma aberta e gratuita. O telefone celular possui uma certa vantagem em relação ao aparelho de televisão no quesito conectividade. Uma vez que o telefone celular está na maior parte do tempo conectado a uma rede de telefonia, podendo ser 2G, 2.5G, 3G e em um futuro próximo 4G, enquanto que o aparelho de televisão está em sua maior parte do tempo *offline* (desconectado). Este trabalho apresenta uma proposta para o uso do serviço de SMS como canal de interatividade, também conhecido como canal de retorno, para recepção portátil. Este serviço está presente em todos os telefones celulares, e por isso, pode contribuir para a popularização do uso da tecnologia de TV digital no país.

Palavras-chave: TV digital, Ginga, interatividade, SMS, receptor portátil, 1seg.

ABSTRACT

Digital TV is increasingly present in the lives of Brazilians, because year after year, a large number of people are migrating from analog to digital as the analog system has a date for its shutdown. With the advancement of digital TV, you may notice significant improvements in audio and video technology used, it is also possible to establish an interaction between the viewer and the TV receiver device. In Brazil, this interaction occurs through the Ginga middleware technology developed by Brazilian researchers to standardize the interactive content sent to devices able to interpret it. In addition to televisions, another popular device is the mobile phone, which is present in a significant way across the country. The technology adopted by Brazil for the digital transmission of television signals, allows the phone to receive programming dedicated to portable devices in open and free way. The phone has a certain advantage over television due to its connectivity. Once the mobile phone is on most of the time connected to a telephone network, and may be 2G, 2.5G, 3G and 4G in the near future, while the television set is for the most part of the time offline (disconnected). This work presents a proposal to use the SMS service as interactive channel, also known as the return channel, for portable reception. This service is present in all mobile phones, and therefore may contribute to the popularization of the use of digital TV technology in the country.

Keywords: Digital TV, Ginga, interactivity, SMS, portable receiver, 1seg.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Cenário interativo no sistema de TV analógico	15
Figura 2 - Arquitetura básica da rede para implantação do service de SMS	22
Figura 3 - DVB-MHP Perfis 1, 2 e 3 (MHP WHITE PAPER, 2007)	29
Figura 4 - Arquitetura básica do MHP (REIMERS, 2006)	29
Figura 5 - Divisão dos segmentos no ISDB-T	31
Figura 6 - Arquitetura Ginga (ABNT NBR 15606-5).....	35
Figura 7 - Panorama mundial da TV digital (ITU-D Regional Development Forums, 2010).....	36
Figura 8 - Fluxo do canal de interatividade	38
Figura 9 - Arquitetura do Canal de Interatividade.....	39
Figura 10 – Canal de interatividade via rede <i>ad hoc</i>	48
Figura 11 – Jogo interativo na TV móvel (SMS-Based Human-Hosted Interactive TV in Finland, 2008)	53
Figura 12 – Quiz como forma de entretenimento na TV (SMS-Based Human-Hosted Interactive TV in Finland, 2008).....	54
Figura 13 - Módulo de extensão do LUA	60
Figura 14 - Sintax do evento <i>post</i> do NCLua	60
Figura 15 - Estrutura padrão de um SMS.....	61
Figura 16 - Uso de porta SMS para envio/recebimento de mensagem.....	62
Figura 17 – Estrutura de um SMS contendo UDH	64
Figura 18: Distribuição mundial de uso dos sistemas operacionais móveis. (GARTNER, 2011).....	66
Figura 19 – Arquitetura do middleware Ginga-NC. (SOUZA,2012).....	69
Figura 20 – Módulo Lua	70
Figura 21 - Diagrama de Classe – Extensões Lua e Máquina Lua	72
Figura 22 - Diagrama de sequência do envio de um SMS	73
Figura 23 – Diagrama de classe do modulo SMS.....	74
Figura 24 - Tela principal da aplicação	77
Figura 25 – Registrando uma porta SMS	78
Figura 26 - Código fonte para envio de um SMS	79

Figura 27 - Código fonte para tartar chegada de um SMS	79
Figura 28 - Resultado parcial.....	80
Figura 29 – Aplicação Eleições 2012	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de recepção no ISDB-T (ABNT NBR 15604).....	32
Tabela 2 - Resoluções suportadas em dispositivos portáteis	34
Tabela 3 - Diferenças entre os perfis de receptores portáteis dos padrões de TV japonês e brasileiro (SOUZA, 2012).....	35
Tabela 4 – Características dos cenários de referência	49
Tabela 5 – Formatos de TV interativa pelo mundo	51
Tabela 6 – Critérios comparativos entre SMS e <i>Ad hoc</i>	56
Tabela 7 - Faixa de portas usadas	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AI	Aplicação Interativa
AIN	Aplicação Interativa NCL
API	Application Programming Interface
ATSC	Advanced Television System Committee
bps	bits per second
DASE	DTV Application Software Environment
DOM	Document Object Model
DSM-CC	Digital Storage Media – Command and Control
DVB	Digital Video Broadcasting
fps	frames per second
GPLv2	GNU General Public License version 2
HAVI	Home Audio/Video Interoperability
HDTV	High Definition TV
IANA	Internet Assigned Numbers Authority
ISDB	International Standard for Digital Broadcasting
ISDB-T	ISDB Terrestrial
ITU	International Telecommunication Union
Kbps	Kilo bits per second
MB	Mega Bytes
MIME	Multipurpose Internet Mail Extensions,
NCL	Nested Context Language
NCM	Nested Context Model
OS	Operating System
PDU	Protocol Description Unit
PPGEE	Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica
PPGI	Programa de Pós Graduação e Informática
PUC-Rio	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
RAM	Random Access Memory
RFC	Request For Comment

ROM	Read OnlyMemory
SAX	Simple API for XML
SBTVD	Sistema Brasileiro de TV Digital
SDTV	Standard Definition TV
SIM	Subscriber Identity Module
SMS	Short Message Service
STB	Set-Top Box
TS	Transport Stream
TVD	TV Digital
XML	eXtensible Markup Language
3GPP	3rd Generation Partnership Project

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1.	Motivação.....	15
1.2.	Problema.....	16
1.3.	Objetivos	18
1.4.	Organização dos Capítulos.....	19
2	TECNOLOGIAS ASSOCIADAS.....	21
2.1	SMS	21
2.2	TV Digital	25
2.3	Canal de Interatividade	36
2.4	Principais tecnologias para o canal de interatividade	40
2.5	Resumo sobre Tecnologias Associadas	42
3	TRABALHOS RELACIONADOS	43
3.1	Trabalhos Envolvendo SMS e Canal de Interatividade para TV Digital.....	43
3.2	Canal de Interatividade <i>Ad Hoc</i>	46
3.3	TV Interativa Baseada em SMS.....	50
3.4	Resumo comparativo entre a solução proposta e os trabalhos relacionados	55
4	PROPOSIÇÃO DE UM MECANISMO DE INTERATIVIDADE PARA TV DIGITAL PORTÁTIL	58
4.1	A linguagem Lua no contexto de interatividade.....	59
4.2	Formato da Mensagem.....	60
4.3	Tamanho da Mensagem	63
4.4	Mensagens múltiplas.....	63
4.5	Síntese do Mecanismo de Interatividade Proposto	65
5	IMPLEMENTAÇÃO DO MÓDULO DE INTERATIVIDADE VIA SMS	66
5.1	Sistema Operacional	66
5.2	Arquitetura	68

5.3	Síntese da Implementação	75
6	TESTES FUNCIONAIS DO SISTEMA COMPLETO	76
6.1.1	Aplicação: <i>Reality Show</i>	76
6.1.2	Servidor SMS	79
6.2	Aplicação: Eleições 2012	81
6.3	Resumo sobre os Testes Realizados.....	82
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	83
7.1	Avaliação dos resultados	83
7.2	Dificuldades encontradas	84
7.3	Trabalhos futuros.....	85
	REFERÊNCIAS	86
	APÊNDICE A – PUBLICAÇÕES	90

1 Introdução

A televisão gratuita é um meio de entretenimento bastante utilizado no mundo. O Brasil não é exceção, e cerca de 90% da população possui pelo menos um dispositivo televisor em sua residência, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2003). Em dezembro de 2007, o Brasil deu o início à era da TV digital com a inauguração do novo sistema de TV baseado no padrão japonês ISDB-T, o qual significa Padrão Internacional para Transmissão Digital Terrestre. Além do Brasil, outros países ao redor do globo adotaram ou estão adotando este modelo. Segundo o Forum SBTVD (Forum SBTVD, 2011) o ISDB-T passa a ser o padrão de TV digital adotado por 10 países: além do Brasil, já o haviam adotado Peru, Argentina, Chile, Venezuela, Equador, Costa Rica, Paraguai, Filipinas e o Japão, que o desenvolveu.

Programas de TV costumam ser bastante populares, especialmente os programas do tipo *reality show* que envolvem o confinamento de pessoas em casas ou lugares com espaço limitado. Nesses programas, os participantes são vistos pelos telespectadores em todo o país. Toda semana há uma votação para decidir qual o participante deve deixar o programa. Neste momento, os votos dos telespectadores entram em ação. É necessário tomar nota das informações para a votação. Por exemplo, o número que o telespectador precisa enviar uma mensagem SMS e qual nome deve conter em tal mensagem. A Figura 1 ilustra o cenário de interação aqui descrito, que reflete o contexto do sistema de TV analógico. O telespectador precisa realizar uma série de ações para expressar sua opinião e interagir através de seu voto. Pessoas com pouca educação ou analfabetas têm dificuldade em executar a seqüência de ações descritas, devido à correta forma gramatical exigida no corpo da mensagem.

Com o surgimento da televisão digital interativa, é possível reduzir o número de etapas necessárias para interagir com um programa para uma única ação (TUOMI, 2008). Por exemplo: a votação em um participante, basta pressionar um único botão no receptor portátil do telespectador, deixando o usuário fora das fases de editar a mensagem e digitar o número correto. Portanto, este trabalho visa

demonstrar o uso de mensagens curtas de texto como uma solução para o canal interativo para receptores portáteis de TV digital.

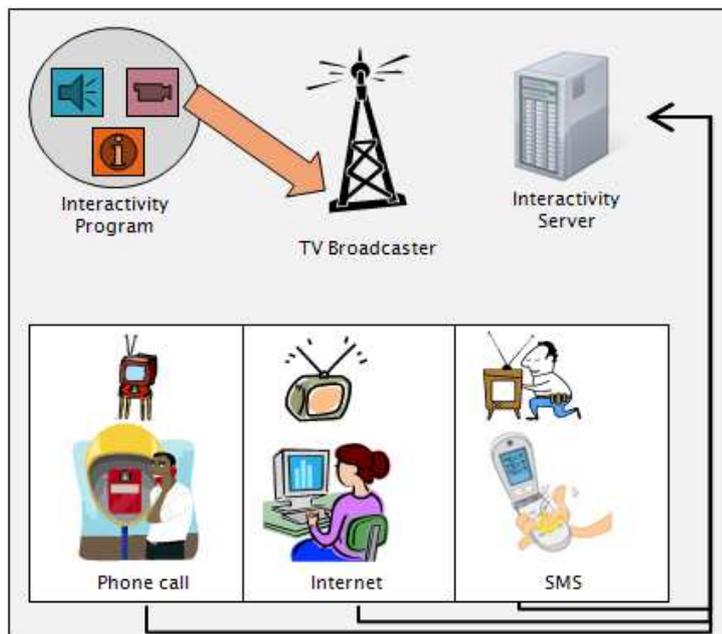


Figura 1- Cenário interativo no sistema de TV analógico

1.1. Motivação

Em países emergentes, ou pouco desenvolvidos, o principal meio de comunicação e entretenimento é a TV aberta (IBGE, 2003). Provedores de conteúdo interativo para sistemas de TV digital, principalmente portáteis, podem tirar proveito de serviços SMS (*Short Message Service*) como mecanismo de canal de interatividade. As mensagens SMS são bastante utilizadas como forma de interação do telespectador com os programas de TV (TUOMI, 2008). Para que o telespectador possa interagir com a programação televisionada, e participar das promoções, é necessário que ele possua, além de seu televisor, um telefone móvel de forma que ele possa enviar uma mensagem de texto ao número informado pelo programa de TV. Neste cenário, duas situações podem ocorrer:

- O usuário pode enviar uma mensagem incorreta;
- O usuário pode enviar a mensagem correta para um número incorreto.

Em ambos os casos ele está sujeito a ser tarifado pela mensagem, e sem saber que não está participando da promoção a qual ele deseja participar. Este problema pode ser resolvido em padrões de TV digital com suporte a canal de interatividade, como é o caso das transmissões adotadas pelo Brasil dedicadas a receptores portáteis.

Uma das vantagens dos sistemas de TV digital em relação aos sistemas analógicos está relacionado ao suporte de conteúdos interativos (SOARES, 2009). Neste cenário, o usuário de TV tem a capacidade de interagir com um programa sem a necessidade de dispositivos secundários. Dispositivos portáteis têm sido muito atraentes no contexto de TV interativa. Uma das vantagens da uso do canal de interatividade via serviço de mensagem curta (SMS) sobre receptores portáteis está relacionada ao fato destes terminais possuírem uma infraestrutura pronta para a rede, e bastante utilizada pela população. Assim, é possível chegar a um grande número de pessoas participando e interagindo com o programa televisivo, gerando entrada para ambas, as emissoras de TV e operadoras de telefonia móvel. Neste contexto, também é possível abrir um leque de possibilidades para diversas áreas, tais como aplicações interativas subsidiadas pelo governo, pois as pessoas poderiam visualizar informações de fundo de garantia, a priorização de obras e como responder a questionários de pesquisa de saúde sobre surtos de doenças, entre outros. A maneira pela qual é possível explorar SMS como canal de retorno no aplicativo interativo no sistema ISDB-T é através do middleware Ginga (NBR 15606-5, 2008).

1.2. Problema

O objetivo do projeto do sistema brasileiro de televisão digital (SBTVD), segundo o decreto presidencial 4.901 de 26 de novembro de 2003, é de implantar uma plataforma tecnológica digital baseada em televisão que promova a inclusão social por meio do acesso à informação (BRASIL, 2003). A escolha dessa estratégia derivou do fato de 90% das residências brasileiras possuírem um aparelho de televisão. Neste sentido, o Sistema Brasileiro de TV Digital, conhecido como SBTVD, será a porta de entrada para o mundo da informação para uma parte significativa da população brasileira, ainda sem acesso aos serviços digitais.

Os desafios que se configuram para a implantação do canal de interatividade vão além da utilização de tecnologias já existentes, tal como o sistema de telefonia fixa comutada (STFC), devem existir compromissos entre a viabilidade técnica e a econômica ao estabelecer o canal de interatividade, uma vez que o sistema brasileiro de televisão digital tem seu foco concentrado nas diretrizes sociais, sendo este, seu grande diferencial quando comparado aos atuais sistemas de televisão digital. Portanto, qualquer solução de canal de interatividade que se venha a desenvolver para o sistema brasileiro de televisão digital, terá que ir ao encontro das inclusões social e digital.

As diversidades de cenários, de aplicações e de serviços exigirão grande flexibilidade do sistema, possibilitando a coexistência de diferentes redes e provedores de serviços e/ou conteúdo para o canal de interatividade, de modo a atender níveis diferenciados de exigências de custo e de tráfego (número de usuários, taxas de transmissão, latência, etc.); partindo-se do atendimento à população de baixa renda em condições mínimas satisfatórias até atingir níveis de desempenho elaborados.

Para atender a inclusão digital e social, será importante que ao menos uma solução viabilize baixo custo para os usuários, tanto de aquisição e manutenção de equipamentos, como de tarifação pelo uso do canal de interatividade. O requisito de baixo custo, associado ao cenário de convergência de redes e de serviços, irá demandar a criação de um novo modelo de exploração de serviços e a elaboração de nova regulamentação de sustentação aplicável. A tarifação deve ser muito bem analisada, pois se a população de baixa renda arcar integralmente com os custos decorrentes da implantação e utilização do canal de interatividade, os serviços podem se tornar inviáveis.

A idéia do padrão adotado pelo Brasil tanto para transmissão quanto para interatividade é fortemente baseada na inclusão digital e social tendo um importante caráter educativo, de saúde e de prestação de serviços públicos, além de sua função de entretenimento. De acordo com o decreto presidencial 4.901 de 26 de novembro de 2003, o baixo custo da solução utilizada é primordial para o sucesso do sistema em questão, e muitas das tecnologias de acesso à internet existentes

no Brasil não são acessíveis para a grande parte da população, devido ao preço cobrado ou por questões geográficas.

Este problema de definição de um canal de interatividade ótimo, não existe nos países europeus, pois a TV digital é bastante difundida, porque a infraestrutura da internet de banda larga existente serve como meio de comunicação para o canal de retorno.

O sucesso do sistema no Brasil deverá partir do atendimento à população de baixa renda, em condições mínimas satisfatórias de desempenho, até atingir níveis mais maduros para a população de classes mais elevadas, considerando não somente as características técnicas, mas principalmente a função social do canal de interatividade.

1.3. Objetivos

Este trabalho tem como objetivo mostrar a viabilidade de se usar mensagens de texto SMS como alternativa ao canal de interatividade no contexto de TV digital para dispositivos portáteis onde qualquer tipo de dado possa ser trafegado via SMS sem restrição de tamanho ou tipo. Para que isto aconteça, faz-se necessário a realização de análises aprofundadas acerca deste protocolo de comunicação, além da recepção do sinal televisivo em telefones celular.

Objetivos específicos:

- Identificar através do que já foi publicado na literatura, quais são os principais dados que serão trafegados pelo canal de retorno no contexto de aplicações sociais, com a finalidade de proporcionar a inclusão digital no país.
- Analisar a viabilidade e propor um mecanismo para estender o atual suporte ao serviço de SMS, no que diz respeito ao tamanho e tipo do dado transmitido, e também a garantia de entrega dos pacotes.
- Desenvolver um módulo de extensão do middleware Ginga-NCL para dispositivos portáteis, com o objetivo de permitir o envio de dados via SMS do dispositivo receptor para o servidor de conteúdo interativo.

- Desenvolver um módulo de recepção dos dados pelo servidor de conteúdo, afim de garantir o correto uso dos dados trafegados pelo canal de interatividade, além de validar a viabilidade técnica por trás deste trabalho.

1.4. Organização dos Capítulos

Esta seção apresenta de forma resumida o que o leitor vai encontrar nos próximos capítulos desta dissertação.

O Capítulo 2 discorre sobre as tecnologias relacionadas a este trabalho para facilitar o entendimento da solução proposta. Este capítulo está dividido em três partes, onde a primeira seção apresenta uma visão geral sobre o SMS. A segunda parte discorre sobre o conceito de TV digital e os principais padrões adotados ao redor do mundo, bem como no Brasil. A última parte apresenta uma visão geral sobre o canal de interatividade, assim como as principais tecnologias utilizadas para estabelecer a conexão necessária para transportar as informações até o servidor interativo.

No Capítulo 3 são apresentados os trabalhos relacionados ao uso do canal de interatividade proposto. O primeiro trabalho apresenta um estudo sobre o uso de redes *ad hoc* como canal de retorno. O segundo trabalho apresenta uma análise das possíveis formas de interação entre o usuário e a TV interativa. Ao final deste capítulo será apresentado uma análise comparativa entre os trabalhos existentes e esta proposta, a fim de identificar os pontos ausentes nos trabalhos relacionados, e que serão levados em consideração na elaboração deste trabalho.

O Capítulo 4 apresenta o módulo de extensão do middleware Ginga-NCL, cujo o objetivo é disponibilizar um mecanismo de interatividade capaz de se comunicar através do envio de mensagens curtas (SMS) para o servidor de conteúdo interativo. Este capítulo discorre sobre como esta mensagem deve ser criada, qual o formato que esta mensagem deve conter, seu tamanho limite e de que forma este mecanismo se integra com o middleware Ginga-NCL.

Os detalhes de implementação são apresentados no Capítulo 5. A primeira seção deste capítulo apresenta a motivação para a escolha do sistema operacional móvel que foi utilizado de forma a melhor suportar este trabalho. Depois será

mostrado uma visão geral de arquitetura desenvolvida, e também os principais componentes criados.

O Capítulo 6 apresenta os testes funcionais realizados para a validação do mecanismo de uso do Serviço de Mensagens Curtas (SMS) como canal de interatividade. Nele são apresentadas as aplicações NCL utilizadas para testar o envio e o recebimento de SMS.

No Capítulo 7 são apresentadas as considerações finais sobre o trabalho realizado, dando destaque para a avaliação dos resultados alcançados, as dificuldades encontradas e algumas sugestões para os possíveis trabalhos futuros.

2 Tecnologias Associadas

Neste capítulo são apresentados técnicas básicas para o entendimento do trabalho proposto. Dentre as principais tecnologias relacionadas destacam-se: o Serviço de Mensagens Curtas (SMS), os fundamentos de TV Digital e o canal de retorno ou canal de interatividade.

2.1 SMS

Serviço de Mensagens Curtas (SMS) é um serviço sem fio, globalmente aceito, que permite a transmissão de mensagens entre assinantes de telefonia móvel e sistemas externos, tais como correio eletrônico e correio de voz. O SMS apareceu no cenário sem fio em 1991 na Europa e originalmente foi projetado como parte do sistema de comunicação móvel global, conhecido como GSM, padrão digital de telefone celular, e agora está disponível num vasto leque de redes, incluindo redes 3G.

SMS fornece um mecanismo para a transmissão de mensagens curtas para e a partir de dispositivos sem fios. O serviço faz uso de um centro de serviços de mensagem curtas (SMSC), que atua como um sistema de armazenamento e envio para mensagens curtas. A rede sem fio fornece os mecanismos necessários para encontrar a estação de destino e transporta mensagens curtas entre os SMSCs e estações sem fio. Em contraste com outros serviços de transmissão de mensagem de texto já existentes como *paggers*, os elementos do serviço são projetados para fornecer garantia de entrega de mensagens de texto para o destino. Além disso, o SMS suporta vários mecanismos de entrada que permitem a interligação com as fontes de mensagens e diferentes destinos. A Figura 2 representa a arquitetura básica da rede para uma implantação a fim de manusear múltiplas fontes de entrada, incluindo um sistema de correio de voz, mensagens baseadas na Web, integração de e-mail, e outras entidades externas de mensagens curtas (ESMEs). A comunicação com os elementos de rede sem fio, como o registro de localização residencial (HLR) e centro de comutação móvel (MSC) é conseguida através do ponto de transferência de sinal (STP).

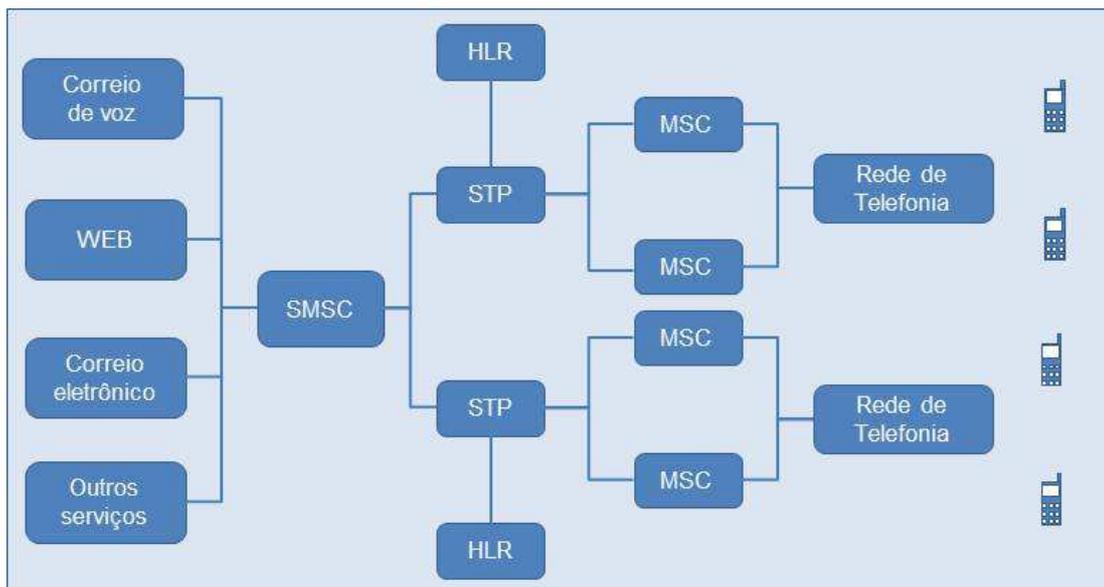


Figura 2 - Arquitetura básica da rede para implantação do serviço de SMS

A seguir encontra-se um breve detalhamento dos principais elementos que formam a rede em questão:

- **Entidade Externa de Mensagens Curtas (ESME)** – Por ESME entende-se qualquer dispositivo que pode receber ou enviar mensagens curtas. A entidade externa de mensagens curtas pode estar localizada na rede fixa, em um dispositivo móvel, ou em um outro centro de serviço. Como exemplo de ESME tem-se os serviços de correio de voz, serviços web, correio eletrônico, dentre outros.
- **Centro de Serviço de Mensagens Curtas (SMSC)** - SMSC é uma combinação de hardware e software responsável pela recepção, armazenamento e transmissão de uma mensagem curta entre uma entidade externa e um dispositivo móvel ou entre dois dispositivos móveis. O SMSC deve ter alta confiabilidade, capacidade para novos assinantes, e alta capacidade de transferência de mensagens. Isto consiste de uma fila de envio que recebe os pedidos de envio de SMS e verifica a disponibilidade do aparelho de telefone associado ao número. Se estiver disponível, envia a mensagem. Se não, coloca na fila para tentar posteriormente. Dependendo

do tipo de plataforma de SMSC e do protocolo utilizado pela aplicação emissora, as seguintes funcionalidades são observadas:

- Um prazo de armazenamento das mensagens de vários dias, com mecanismo inteligente de reenvio. Desta forma, diferentemente do *Pager*, a mensagem não é perdida se o assinante não estiver disponível na hora da primeira tentativa de envio. A mensagem sofrerá um atraso, mas será encaminhada.
 - A possibilidade de priorizar as mensagens, estabelecendo grau de prioridade. Isto significa que uma mensagem mais urgente será entregue primeiro.
 - A notificação de entrega para a fonte emissora.
-
- **Ponto de transferência de sinal (STP)** – O STP funciona como uma central da rede de sinalização e assegura que o fluxo de mensagens alcance o receptor correto. O STP não influencia a mensagem de forma alguma . ele só lê seu endereço do ponto de sinalização e encaminha a mensagem para adiante na rede de sinalização.

 - **Registro de localização residencial (HLR)** - O HLR é um banco de dados utilizado para armazenamento e gestão de assinaturas e perfis de serviço. Após interrogado pelo SMSC, o HLR fornece a informação de encaminhamento para o assinante indicado. Além disso, se a estação de destino não estiver disponível quando a entrega da mensagem for solicitada, é função do HLR informar ao SMSC o momento em que a estação é reconhecida pela rede móvel como acessível, e, assim, a mensagem pode ser entregue.

 - **Centro de comutação móvel (MSC)** - O MSC executa as funções de comutação das chamadas de sistema e controles para e de outros sistemas

de telefonia e dados. O MSC entrega a mensagem curta para o assinante móvel específico através da estação de base adequada.

- **Rede de telefonia** - A rede de telefonia é definida em cada uma das diferentes tecnologias sem fios: GSM, TDMA e CDMA. Estes padrões especificam como os sinais de voz ou de dados são transferidos do MSC para o dispositivo móvel e vice-versa, bem como a utilização das frequências de transmissão, considerando-se a largura de banda e as restrições do sistema disponíveis.
- **Dispositivo móvel** - O dispositivo móvel é o terminal sem fio capaz de receber e originar mensagens curtas. Geralmente, estes dispositivos têm sido telefones celulares digitais, porém mais recentemente a aplicação de SMS foi estendida para outros terminais, como computadores portáteis, PDAs e GPSs. As capacidades do terminal variam dependendo da tecnologia sem fio suportada. Algumas funcionalidades, embora definidas na especificação do SMS para uma tecnologia sem fio, podem não ser totalmente suportadas no terminal, o que pode representar uma limitação nos serviços que o transportador pode proporcionar. Essa tendência, entretanto, está desaparecendo devido a fusões e aquisições entre as empresas prestadoras de serviços, na qual exige-se funcionalidades uniformes pela nova empresa. Além disso, alguns fabricantes podem incluir funcionalidades adicionais, não considerados na especificação, na tentativa de oferecer um produto mais atraente para os prestadores de serviços, bem como para os usuários finais.

Uma característica distintiva do serviço é que um aparelho móvel ativo é capaz de receber ou enviar uma mensagem curta em qualquer momento, independentemente de uma voz ou chamada de dados estar em andamento. Em algumas implementações, isso pode depender da MSC ou da capacidade do SMSC. O SMS também garante a entrega da mensagem curta pela rede. Falhas temporárias devido à estações receptoras indisponíveis são identificadas, e a mensagem curta é armazenada no SMSC até que o dispositivo de destino se torne disponível.

O SMS é caracterizado por entrega fora-de-banda de pacote e de baixa largura de banda de transferência de mensagens, o que resulta em um meio altamente eficiente para a transmissão de rajadas de dados. Os pedidos iniciais de SMS focaram na eliminação dos *paggers* alfanuméricos, permitindo duas vias de mensagens de propósito geral e serviços de notificação, principalmente para correio de voz. Como a tecnologia e as redes evoluíram, uma variedade de serviços foram introduzidos, incluindo e-mail, serviços bancários interativos, serviços de informação tais como cotações de ações e integração com aplicações baseadas na Internet. Aplicações de dados sem fio incluem o download de cartões de módulo de identificação do assinante (SIM) para a ativação, débito, edição de perfil, pontos de vendas sem fio, e outras aplicações de serviços, tais como leitura automática de medidores, sensoriamento remoto, serviços baseados em localização. Além disso, a integração com a Internet impulsionou o desenvolvimento de mensagens baseadas na Web e outras aplicações de mensagens interativas, tais como mensagens instantâneas, jogos e bate-papo.

2.2 TV Digital

O documento 11/112-E criado pela União Internacional de Telecomunicações – ITU traz o modelo de referência para a televisão digital que é seguido pelos três padrões públicos – o ATSC, o DVB e o ISDB. É possível dividir estes sistemas de TV digital em três principais funcionalidades (FISCHER, 2008):

1. **Codificação do sinal e compressão**, responsável pela codificação dos sinais de áudio, vídeo e dados em fluxos elementares.
2. **Multiplexação e transporte**, responsável por multiplexar os fluxos elementares de áudio, vídeo e o fluxo elementar de dados, caso disponível, em um único fluxo denominado fluxo de transporte.
3. **Codificação de canal e modulação**, cujo objetivo é de transformar o fluxo de transporte recém gerado em um sinal passível de transmissão por um meio físico, neste caso, o ar.

Na parte de codificação de sinal e multiplexação há um consenso na utilização do padrão MPEG-2 por parte dos três padrões, uma vez que a norma

MPEG-2 foi desenvolvida visando atender a aplicações no universo da TV Digital e se divide em 3 partes fundamentais: MPEG-2 sistemas, vídeo e áudio (COLLINS, 2001). Já para a codificação de canal e modulação, cada um dos padrões adota uma solução diferente. Segue abaixo um breve detalhamento destes padrões, assim como os aspectos positivos do padrão escolhido para ser usado no Brasil.

2.2.1 Advanced Television Systems Committee (ATSC)

Este padrão atualmente é utilizado nos Estados Unidos, Canadá, Taiwan, Coréia do Sul e México (JONES, 2006). Sua denominação é proveniente de uma organização de padronização americana, também com o nome ATSC, responsável por regulamentar todas as características deste modelo de TV digital (WU *et al*, 2006). O ATSC emprega a modulação *Vestigial Sideband* de oito níveis (8-VSB) (COLLINS, 2001). Esta modulação que, de maneira simplificada, é a evolução das modulações utilizadas nos sistemas analógicos, porém este esquema de modulação apresenta dificuldades na recepção em antenas internas tornando inviável a utilização deste serviço em terminais portáteis (FISCHER, 2008).

DTV Application Software Environment (DASE)

O DASE, desenvolvido entre 1996 e 2003 é o padrão de *middleware* para permitir o desenvolvimento, distribuição e gerenciamento de aplicações sobre uma infraestrutura unificada baseada no padrão ATSC.

A especificação do DASE suporta quatro camadas de apresentação que podem apresentar os conteúdos sobrepostos na tela. A primeira camada (de traz para frente) armazena a imagem de fundo, a segunda é usada pelo vídeo, a terceira para gráficos e a quarta para legendas (CRINON *et al*, 2006). O *middleware* DASE especifica um formato de conteúdo padrão em um ambiente que suporta aplicativos como documentos de hipermídia, escritos de forma declarativa, e também suporta programas procedurais compilados. Os aplicativos declarativos DASE permitem o uso de várias tecnologias Web, tais como XHTML, CSS (Cascading Style Sheets), ECMAScript, e DOM (Document Object Model), bem

como tipos de conteúdo mono-mídia, tais como imagens fixas do tipo JPEG ou PNG, imagens animadas com extensão MNG, bitmap, fluxo de áudio e fluxo de vídeo. Os aplicativos procedurais DASE permitem o uso de programas Java compilados com base no *Java Media Framework*, Java TV, bem como na interface com o usuário da organização HAVi e nas interfaces de programação de aplicativos específicos do DASE.

2.2.2 Digital Video Broadcasting (DVB)

Este padrão é o mais difundido pelo mundo, sendo utilizado em diversos países da Europa, Oceania, Ásia, África e alguns países da América do Sul. O projeto é um consórcio iniciado em setembro de 1993 e composto por mais de 300 membros, incluindo fabricantes de equipamentos, operadoras de redes, desenvolvedores de software e órgãos de regulamentação de 35 países (FERNANDES, 2004).

De acordo com Bolaño (BOLAÑO,2004) o DVB foi desenvolvido após a criação do padrão ATSC. Desta forma, alguns erros presentes no padrão americano foram evitados, tais como maior imunidade a ruídos através de um novo esquema de modulação, o COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing), possibilitando também a recepção móvel do sinal de TV Digital, além de operar com canais de 6, 7 ou 8 MHz. Assim como em outros sistemas de TV digital, o sinal digital de entrada é um fluxo de transporte do tipo MPEG2-TS (LADEBUSCH & LISS, 2006). Porém, Reimers (REIMERS, 2006) discute que com o tempo, uma maior variedade de formatos de áudio foi requisitada pelas emissoras e passou a ser suportado pelo DVB, como o Dolby AC-3, DTS e o AAC (MPEG-4).

Em geral, os fluxos primários do DVB são compostos de áudio, vídeo e dados. Por dados é possível exemplificar serviços como teletexto, legendas, TV Anytime, pacotes IP e serviços baseados no carrossel de dados. Os serviços DVB são tipicamente compostos de uma grade variedade de programas carregados por diversos canais de transmissão. Para facilitar o acesso aos serviços pelos usuários, ou seja, ser capaz de sintonizar em um canal e navegar dentre os programas, foi definido uma série de tabelas, conhecido como Informação do Serviço (SI) ou DVB-SI (REIMERS, 2006), são elas:

- **Network Information Table** (NIT): informa o nome da rede, a frequência usada pelos serviços, dentre outras informações relacionadas a rede de transmissão.
- **Service Description Table** (SDT): informa a quantidade de serviços que existem na frequência sintonizada, qual é o serviço primário e quais são os serviços secundários. Informa também a quantidade de canais de áudio disponível para cada serviço.
- **Event Information Table** (EIT): aponta as principais informações contidas no guia de programação como nome do evento, hora de início e fim, descrição do evento, etc.

Além das informações de serviço (SI), existe também o módulo de informação específica do programa (PSI), onde as informações são enviadas de acordo com o padrão MPEG2-TS.

Multimedia Home Platform (MHP)

Multimedia Home Platform (MHP) é o middleware projetado pelo consórcio DVB para a televisão digital interativa (REIMERS, 2006). O MHP permite a recepção e execução de aplicações interativas baseadas na linguagem Java para rodar em um aparelho de televisão via um *set-top box*. A aplicação interativa de televisão pode ser entregue através do próprio canal de transmissão, juntamente com áudio e vídeo. Estas aplicações podem ser, por exemplo, os serviços de informação, jogos, votação interativa, e-mail, etc. Aplicações MHP podem usar um canal de retorno adicional que tem de suportar IP (MORRIS, 2005). Conforme detalhado na Figura 3, a especificação do MHP oferece um conjunto de funcionalidades necessárias para três diferentes perfis de aplicações (MHP WHITE PAPER, 2007):

1. *Enhanced Broadcast*: serviços de broadcast unidirecional, ou que necessitam apenas interatividade local;
2. *Interactive Broadcast*: serviços interativos adicionais, através de um canal de interatividade bidirecional. É definido como um super conjunto do *Enhanced Broadcast*,

3. *Internet Access*: fornece um conjunto de recursos de software necessários para comunicação global através da internet.

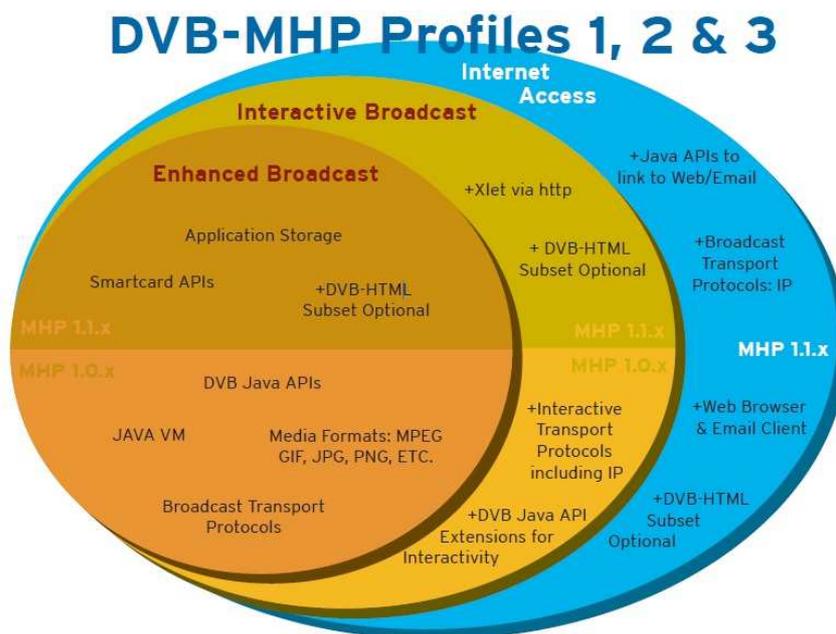


Figura 3 - DVB-MHP Perfis 1, 2 e 3 (MHP WHITE PAPER, 2007)

A Figura 4 mostra de uma maneira trivial o middleware MHP. A arquitetura básica do MHP começa com os componentes de hardware e sistema operacional, que podem variar de fabricante para fabricante. Sobre o sistema básico, o MHP define como núcleo da plataforma DVB uma máquina virtual Java (JVM), em conformidade com a especificação fornecida pela *Sun Microsystems*, que fornece várias interfaces de programação, algumas das quais são baseadas em elementos da *PersonalJava*, apenas na especificação do MHP 1.0, sendo posteriormente a *PersonalJava* substituída pelo seu sucessor chamado de *Personal Basis Profile* (PBP), definido pela *Java Community Process* (JCP).



Figura 4 - Arquitetura básica do MHP (REIMERS, 2006)

Outras APIs foram desenvolvidas para atender requisitos específicos da TV Digital, como o *Digital Audio Visual Council* (DAVIC), a *Home Audio Visual Initiative* (HAVi) – que define o conjunto de *widgets* da interface com o usuário, e a especificação da Sun Microsystems para televisão, conhecida como JavaTV (PIESING, 2006). O conjunto total de APIs cria a API MHP na qual aplicações interoperáveis, ou seja, aplicações que são transmitidas para o terminal MHP, podem ser executadas (MHP WHITE PAPER, 2007).

2.2.3 Integrated Services Digital Broadcasting (ISDB)

Conforme descrito por Fernandes (FERNANDES,2004), o padrão ISDB-T foi promovido através de um grupo denominado DiBEG (Japanese Digital Broadcasting Experts Group), formado por várias empresas e operadoras de televisão. Posteriormente estas especificações foram padronizadas pela *Association of Radio Industries and Business* (ARIB) e pela *Japan Cable Television Engineering Association* (JCTEA). Segundo Zuffo (ZUFFO,2003), este modelo apresenta características semelhantes ao padrão Europeu, além de proporcionar um diferencial em relação ao sistema de segmentação no espectro do canal transmitido, viabilizando a alocação flexível de serviços de rádio, SDTV, HDTV e TV móvel. Diferente do padrão DVB-T, o ISDB-T emprega fortemente a tecnologia HDTV, oferece melhor imunidade a ruídos, além de oferecer o serviço de portabilidade, ou seja, será possível obter a recepção de conteúdo de alta qualidade tanto de imagem como de áudio através de equipamentos portáteis.

Em comum com os demais padrões mundiais, o sinal de entrada digital para o sistema de transmissão ISDB-T é um fluxo de transporte MPEG-2 composto de pacotes de dados de 188 bytes. Uma diferença-chave com relação ao DVB-T é o uso da *band-segmented transmission OFDM* (BST-OFDM). Esta é uma abordagem para segmentação de dados que permitem que a banda seja alocada para vários serviços, incluindo dados, rádio, televisão em definição padrão (SDTV), e televisão em alta definição (HDTV) de maneira mais flexível, serviços móveis e portáteis (COLLINS, 2001), permitindo que sejam transmitidos dados, imagem e som, com tipos de modulação e taxas de transmissão diferentes. Esta abordagem traz de fato

uma transmissão hierárquica e a possibilidade de recepção parcial do conteúdo transmitido (UEHARA, 2006).

O ISDB é uma sistema concebido para múltiplas aplicações, e não apenas para o serviço de televisão. Tendo em vista tal princípio, as portadoras são agrupadas em 13 segmentos, denominados de *Data Segment* (FISCHER, 2008). Em teoria, um canal de 6 MHz poderia ser dividido entre 13 serviços ou emissoras diferentes, embora na prática, para o serviço de televisão, os segmentos são agrupados em camadas, podendo-se ter no máximo três camadas. Os segmentos são numerados de 0 a 12, e estão dispostos conforme indicados na Figura 5.

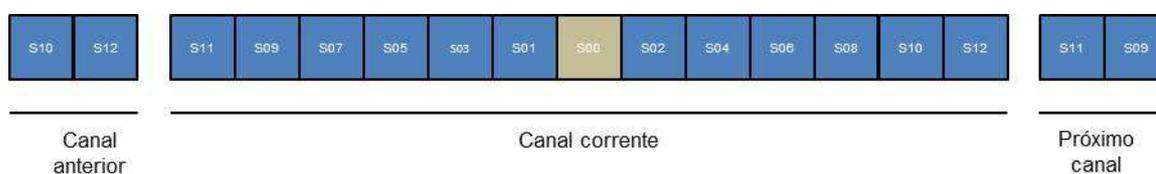


Figura 5 - Divisão dos segmentos no ISDB-T

Para o serviço de televisão, todos os segmentos são utilizados. Tal como o DVB, o ISDB-T admite a transmissão hierárquica, ou seja, que parte dos sinais sejam transmitidos com um grau de robustez maior que o restante do sinal. No caso do ISDB-T, os sinais podem ser agrupados em três diferentes níveis de robustez, tais níveis são denominados camadas (FISCHER, 2008). Essas camadas podem ser utilizadas para transportar diferentes trechos de informação do mesmo programa, ou programas totalmente diferentes. Dentro de cada camada, os diferentes segmentos adotam os mesmos parâmetros de transmissão. No caso de transmissão portátil, o segmento central, é modulado especialmente para este propósito em uma camada separada.

A Tabela 1 detalha as diferenças entre a receptores do tipo fixo, móvel e portátil.

	Dispositivo Fixo	Dispositivo Móvel	Dispositivo Portátil
Descrição	São os <i>set-top boxes</i> e os televisores com a solução integrada.	Recepção equivalente ao dispositivo fixo, porém com	Dispositivos com tela pequena, normalmente até 7 polegadas, energizados por uma bateria

		tamanho reduzido. Exemplo: laptop	interna. Exemplo: telefone celular, GPS.
Decodificação	13 segmentos	13 segmentos	Apenas o segmento central (OneSeg)

Tabela 1 - Tipos de recepção no ISDB-T (ABNT NBR 15604)

Broadcast Markup Language (*BML*)

Broadcast Markup Language (BML) é o ambiente declarativo do *middleware* ARIB para processamento de dados transmitidos no ISDB-T japonês, de acordo com. O BML é totalmente baseado no XML e utiliza um esboço inicial do XHTML 1.0. Alguns subsets do CSS 1 e 2 são suportados para controle do layout da tela e controle da apresentação, bem como o ECMAScript para controle dos conteúdos (GOULART, 2009). O Document Object Model (DOM) é usado como interface entre o script e o conjunto de tags baseadas em XML.

Para a transmissão dos documentos BML e mídias por ele referenciadas, utiliza-se o DSM-CC. O sistema de carrossel de dados é mais fácil de manipular e a recepção destes dados necessita de menor overhead do que o sistema de carrossel de objetos. Cada módulo transmitido pelo carrossel de dados é ajustado de acordo com o formato de entidade definido no HTTP/1.1. Esta entidade consiste de um corpo de entidade para armazenar um documento BML e mídia e uma entidade cabeçalho para descrever os metadados, como o tamanho do arquivo. O protocolo *Multipurpose Internet Mail Extension* (MIME) é usado para empacotar documentos multi-BML ou um conjunto de mídias em um módulo. Ao contrário do MIME definido na RFC 2045, não é necessário converter dados binários em texto neste formato de entidades, sendo possível armazenar dados como imagens sem alterar seu formato.

2.2.4 Sistema Brasileiro De Televisão Digital Terrestre (SBTVD)

A modulação COFDM, além de tecnicamente superior é mais adequada às condições brasileiras que a modulação 8VSB do ATSC, e, portanto, foi proposto à

ANATEL que o sistema de TV digital adotado pelo Brasil utilizasse a modulação COFDM (ABERT/SET, 2000).

Bolaño (BOLAÑO,2004) menciona que os argumentos que conduziram o grupo ABERT/SET a chegar a tal conclusão são de que a modulação COFDM apresenta uma melhor performance em relação à imunidade de ruídos além de acarretar um custo inferior aos telespectadores, uma característica interessante, uma vez que os aparelhos de televisão estão presentes em mais de 90% dos domicílios brasileiros. Após escolhida a modulação que melhor se acomoda em nosso sistema de difusão de TV, a próxima etapa foi a escolha entre os padrões DVB-T e ISDB-T. Então foram levadas em considerações as vantagens e desvantagens de cada sistema, e observou-se uma propriedade conveniente particular do sistema ISDB-T, que é apontado como um sistema flexível de transmissão de TV digital e capaz de fornecer três modulações hierárquicas para terminais fixos, móveis e portáteis, sem a necessidade de uma frequência de transmissão adicional, tornando o processo mais barato do que o DVB-T.

De acordo com a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL,2000), outro fator importante que favoreceu a escolha do padrão ISDB-T foi a possibilidade de criação de uma nova distribuição de canais no território brasileiro. Sendo assim, os novos canais disponíveis seriam utilizados para a transmissão do sinal digital, enquanto que os canais já utilizados atualmente continuariam transmitindo o sinal analógico por um determinado período de tempo, até a Anatel decretar o fim da transmissão do sinal analógico, que está previsto para 30 de junho 2016, segundo resolução n.º 407, de 30 de junho de 2005.

Para atender um grande número de dispositivos portáteis, e assim popularizar a tecnologia, o padrão brasileiro segundo a norma ABNT NBR 15604 define como mandatório o suporte a decodificação de vídeo nos formatos CIF, QVGA e SQVGA, de acordo com a Tabela 2. A resolução CIF é uma melhoria do padrão brasileiro, pois não aparece na especificação do padrão japonês.

Formato de vídeo de saída	Razão de aspecto	Número de linhas decodificadas
SQVGA	4:3	160 x 120
SQVGA	16:9	160 x 90

QVGA	4:3	320 x 240
QVGA	16:9	320 x 180
CIF	4:3	352 x 288

Tabela 2 - Resoluções suportadas em dispositivos portáteis

Ginga

Ginga é o middleware desenvolvido para o sistema brasileiro de TV digital – SBTVD para tratar interatividade. O Ginga é uma camada de abstração das diversas plataformas, hardwares e sistemas operacionais, existentes para facilitar o desenvolvimento de aplicações interativas para TV digital. Ele é constituído por um conjunto de tecnologias padronizadas e inovações brasileiras que o tornam a especificação de middleware mais avançada (GINGA, 2011). Desde sua concepção, o Ginga levou em consideração a necessidade de inclusão social, digital e a obrigação do compartilhamento de conhecimento de forma livre, pois é uma tecnologia que leva ao cidadão todos os meios para que ele obtenha acesso à informação, educação a distância e serviços sociais apenas usando sua TV, o meio de comunicação mais usado do país. Ginga é uma especificação aberta, de fácil aprendizagem e livre de *royalties*, permitindo que todas as pessoas interessadas possam produzir conteúdo interativo, o que dará novo impulso às TVs comunitárias e à produção de conteúdo pelas grandes emissoras.

As aplicações Ginga são classificadas sob duas categorias, dependendo do teor de seus conteúdos. Essas categorias de aplicações são chamadas de aplicações declarativas e aplicações procedurais, respectivamente (ABNT NBR 15606-2, 2008). Os ambientes de aplicação são igualmente classificados em duas categorias, dependendo se eles processam aplicações declarativas ou procedurais, sendo então chamados de Ginga-NCL e Ginga-J, respectivamente. Para os telefones celulares, que são considerados dispositivos portáteis, apenas os módulos NCL são obrigatórios, deixando o suporte a códigos procedurais através da linguagem Lua. A Figura 6 mostra os principais componentes da arquitetura do middleware Ginga, sendo que para o escopo de telefones celulares, os módulos descritores como Opcional não são necessários.

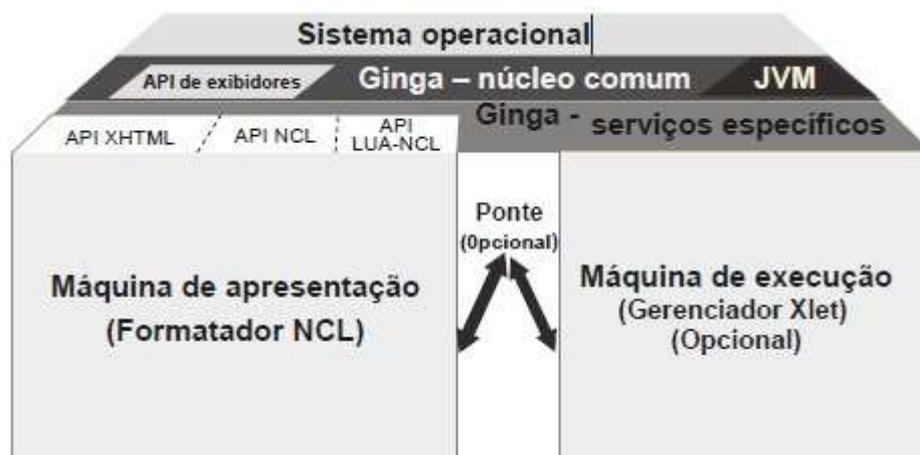


Figura 6 - Arquitetura Ginga (ABNT NBR 15606-5)

Após sua adoção pelo Brasil, o sistema ISDB-T sofreu modificações em suas especificações. Dentre as melhorias incorporadas ao padrão destaca-se o suporte a interatividade através do middleware Ginga. A Tabela 3 apresenta de forma resumida as principais diferenças entre os padrões: japonês e brasileiro em relação aos receptores portáteis.

	Japão	Brasil
Decodificação de Vídeo	H.264 AVC Baseline Level 1.2	H.264 AVC Baseline Level 1.3
Formato de Vídeo	QVGA 320x240 e 320 x180	SQVGA 160x120, 160 x90 QVGA 320x240 e 320 x180 CIF 352x288
Decodificação de Áudio	MPEG-2 AAC SBR	MPEG-4 HE AAC Nível 2 SBR + PS
Taxa de Quadros	15 quadros por segundo	5, 10, 12, 15, 24 e 30 quadros por segundo
Middleware de Interatividade	BML	Ginga-NCL
Transporte de Dados	DSM-CC Carrossel de Dados	DSM-CC Carrossel de Objetos

Tabela 3 - Diferenças entre os perfis de receptores portáteis dos padrões de TV japonês e brasileiro (SOUZA, 2012)

Para completar esta seção, a Figura 7 mostra o panorama mundial do uso da TV digital e como ele está dividido até o presente momento. É possível notar que a China tem um padrão próprio chamado de *Digital Multimedia Broadcast*

(DMB), este padrão não foi detalhado nesta seção por ser um sistema adotado apenas pela China, diferentemente dos três grandes padrões detalhados acima.

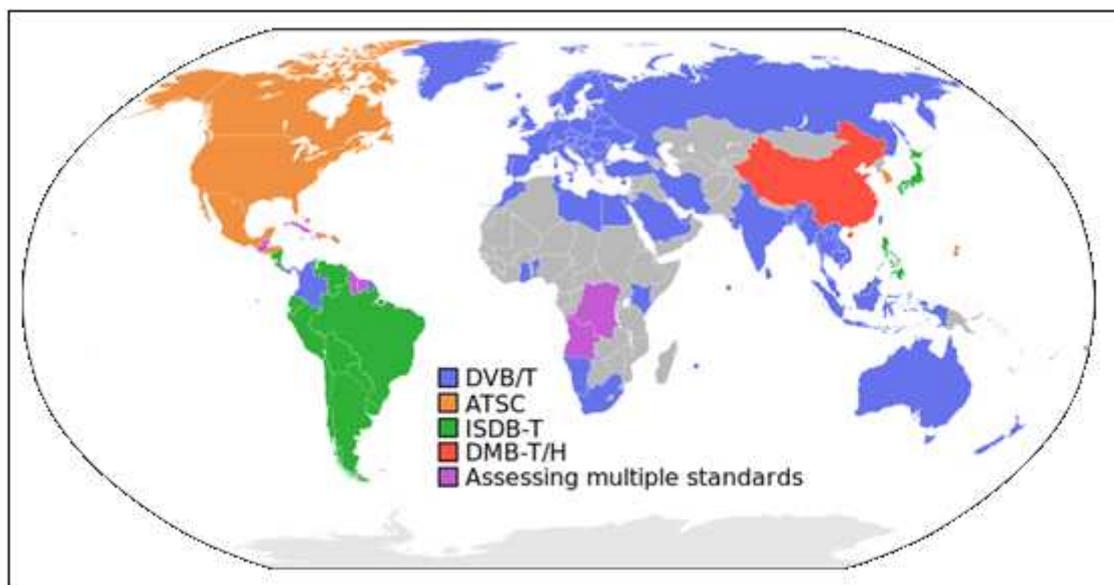


Figura 7 - Panorama mundial da TV digital (ITU-D Regional Development Forums, 2010)

2.3 Canal de Interatividade

Canal de retorno ou canal de interatividade é a maneira que uma aplicação interativa utiliza para se comunicar com o ambiente externo, e esta comunicação possibilita ao usuário interagir encaminhando ou recebendo dados das emissoras ou de geradores de conteúdos.

O canal de retorno é constituído através da junção das redes televisivas com as redes de telecomunicações, resultando em dois canais de comunicação: canal de difusão e canal de retorno propriamente dito (MORRIS e SMITH-CHAIGNEU, 2005). O canal de difusão estabelece a comunicação no sentido emissora-usuário, e esta comunicação pode ser multiponto (*broadcast*) ou ponto a ponto (*unicast*). Já o canal de retorno é compreendido por qualquer tecnologia de redes de acesso de telecomunicações que estabeleça a comunicação no sentido usuário-emissora. Deste modo a comunicação poderá ocorrer no sentido emissora-usuário e usuário-emissora.

Um fator importante para se analisar qual o melhor canal de retorno para um determinado dispositivo é avaliar previamente qual o tipo de interatividade

predominante para cada padrão de TV digital. O tipo mais básico de interatividade é chamado de **interatividade local**, nesse modelo a interação do usuário é limitada a serviços locais disponíveis pela aplicação como, por exemplo, consultar o guia de programação, consultar a classificação indicativa para a programação atual, dentre outros.

O segundo nível de interatividade disponível é chamado de **interatividade unidirecional**, onde o dispositivo receptor apenas envia dados através de canal de retorno para os servidores das emissoras ou qualquer gerador de conteúdo responsável. Este modelo de interatividade é bastante usado em aplicações com o propósito de votar em um determinado produto ou pessoa. O terceiro nível de interatividade é a **bidirecional**, neste modelo há a possibilidade de receber e enviar dados através da aplicação interativa, e isto permite ao usuário receber dados não provenientes das emissoras, por exemplo, permitindo a navegação na Web. O quarto e último nível é chamado de **interatividade plena**, que através da banda larga, o receptor pode enviar dados de uma forma mais eficaz (SOARES, 2009).

O sistema brasileiro de TV digital suporta os quatro níveis de interatividade, assim como os principais sistemas de TV digital terrestre existente. A Figura 8 mostra o ciclo exercido pelo dispositivo receptor aonde a informação chega pelo canal de radiodifusão e, após processamento, é enviada a um servidor de conteúdo para tratamento.

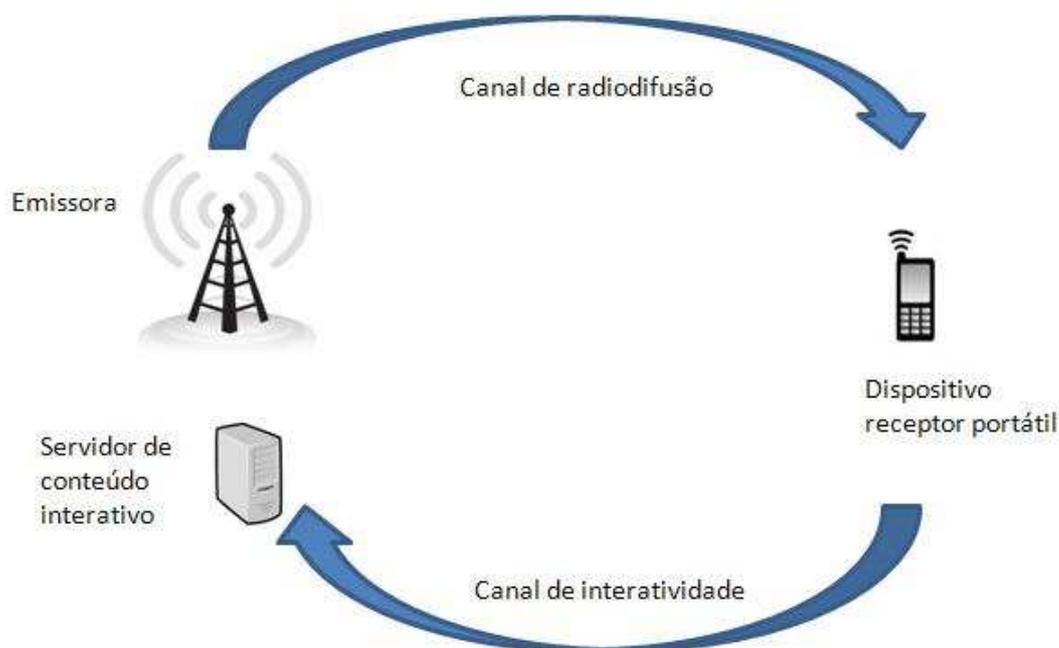


Figura 8 - Fluxo do canal de interatividade

Para realizar as inclusões digital e social, o SBTVD deverá prover serviços e aplicações baseados em interatividade, bem como contribuir para a otimização e modernização dos programas de governo e de prestação de serviços públicos. Há fortes expectativas da sociedade quanto a baixo custo, uma rede de educação a distância, além de conexão à Internet. A constituição do canal de interatividade é determinante para que o SBTVD alcance estes objetivos com sucesso. A grande questão a ser respondida para o canal de interatividade, no contexto do SBTVD, não é tecnológica, mas custo e abrangência da solução das redes de telecomunicações que sustentarão o canal de interatividade.

Muitas das tecnologias existentes atenderiam perfeitamente as demandas técnicas, no entanto, para a efetivação das inclusões digital e social no país, é necessário que o canal de interatividade esteja disponível a baixo custo para a maior parte da população, inclusive em regiões onde não existem, atualmente, nem os meios de comunicação mais básicos, como a telefonia fixa. A solução de canal de interatividade deverá ser adequada para cada contexto em particular, considerando-se aspectos populacionais, geográficos, técnicos e socioeconômicos.

A importante questão da tarifação deverá ser muito bem analisada, pois a população de baixa renda não poderá arcar com custos elevados, sejam decorrentes de implementação ou manutenção do canal de interatividade. Como alternativas, poderão ser criados serviços gratuitos de utilidade pública, serviços subsidiados por outros que sejam tarifados, tarifação diferenciada conforme o horário de utilização, etc. Outras formas de subsídio poderão ser aplicadas, ao se considerar o custo de implantação de novas redes, tal como o compartilhamento de uma mesma rede entre usuários isentos, pagantes parcialmente e pagantes integralmente.

A Figura 9 representa o mesmo canal de interatividade apresentando seus vários subsistemas. Uma das características importantes da arquitetura citada é a diversidade de alternativas tecnológicas para a implementação do acesso ao canal de retorno. Essa diversidade é muito importante porque oferece soluções para dificuldades técnicas, otimização de recursos e exigências distintas em adequação aos diferentes cenários geográficos, populacionais, socioeconômico e de redes de comunicação. Essas tecnologias não são excludentes, admitindo, inclusive, que novas tecnologias sejam agregadas em complementaridade.

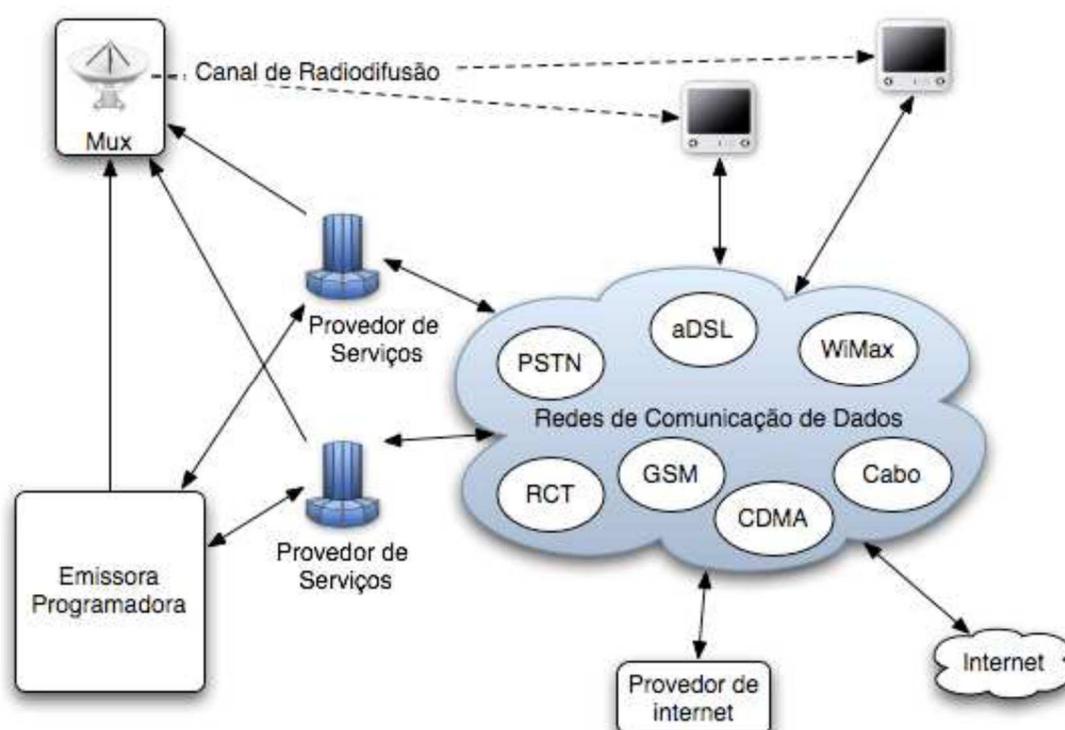


Figura 9 - Arquitetura do Canal de Interatividade (ZIMERMANN, 2007)

2.4 Principais tecnologias para o canal de interatividade

Segundo a norma ABNT NBR 15607, as propostas para o canal de interatividade são focadas em flexibilidade e estão fortemente baseadas no protocolo TCP/IP. As tecnologias abaixo estão listadas na norma citada acima e pelo menos uma delas deve ser suportada por cada dispositivo.

Acesso por modems discados

Transmite dados através de uma linha telefônica ou de outra linha de comunicação. Possui um custo por tempo de uso, além da ocupação da linha telefônica. Ainda é realidade para muitos brasileiros.

Acesso ethernet

Protocolo de rede do padrão IEEE que especifica como os dados são posicionados e recuperados de um meio de transmissão de alta velocidade, deve ser o tipo de conexão mais popular existente. Existe um custo referente à mensalidade, além da infraestrutura envolvida.

Acesso ISDN

Conhecida como linha dedicada, esta tecnologia usa a linha telefônica comum para envio e recebimento de pacote. Apesar da não ocupação da linha telefônica, como acontece com o modem discado, ainda há o custo referente à mensalidade.

Acesso GSM

É a tecnologia móvel mais popular do país segundo a Anatel (ANATEL,2010), 89,02% dos 155 milhões de aparelhos em uso no país usam redes GSM. Do ponto de vista do consumidor, a vantagem do GSM é a elevada cobertura geográfica, além dos serviços oferecidos com baixos custos, como por exemplo, a troca de mensagens de texto (SMS), que foi originalmente desenvolvida para a rede GSM. A vantagem para as operadoras tem sido o baixo custo de infraestrutura. Com o uso dos sistemas GSM-GPRS e GSM-EDGE é possível transmitir e

receber dados em alta velocidade. Custos mensais são cobrados pela operadora caso o cliente tenha interesse nestes serviços.

Acesso CDMA

Esta tecnologia é utilizada tanto para a telefonia celular quanto para o rastreamento via satélite (GPS) para a logística de transporte. É a tecnologia que possibilita um melhor desempenho em aplicativos multimídia, como áudio, vídeo e imagem, além de transmissão de voz pelo celular. Além disso, é esta tecnologia que permite um conjunto de serviços inovadores e uma velocidade de transmissão desses aplicativos que nenhuma outra tecnologia propicia, já que é muito mais ajustada à era da comunicação interativa. Custos mensais são cobrados pela operadora caso o cliente tenha interesse nestes serviços.

Acesso WI-FI

É uma tecnologia de rede local sem fio baseada no padrão IEEE 802.11. Troca dados por onda de rádio, da mesma forma que os telefones celulares. Os pontos disponíveis com esta tecnologia normalmente são pontos comerciais e cobram uma pequena taxa para um certo período de uso.

Acesso Wimax

O padrão IEEE 802.16 especifica uma interface sem fio para oferecer acesso banda larga a distâncias típicas de 6 a 9 km. Este padrão é similar ao padrão WI-FI, que já é bastante difundido, porém agrega conhecimentos e recursos mais recentes, visando seu melhor desempenho na comunicação. Seu objetivo é diminuir custos de infraestrutura de banda larga para conexão com o usuário final, e desta maneira, oferecer o serviço de uma forma mais econômica.

Das tecnologias existentes, as que possuem maior penetração atualmente no país são as redes de celulares GSM e CDMA, que somadas geram uma grandeza de aproximadamente 150 milhões de aparelhos celulares no país, segundo a Anatel (ANATEL, 2010).

2.5 Resumo sobre Tecnologias Associadas

Neste capítulo foram apresentadas, de forma sucinta, as principais tecnologias relacionadas ao mecanismo de extensão do middleware Ginga-NCL para terminais receptores portáteis. A TV digital interativa abrange uma área bastante vasta, no entanto, o trabalho proposto tem como foco apenas o sinal digital *oneseg* do sistema ISDB-T, dedicado a terminais portáteis. O capítulo a seguir discorre sobre os trabalhos relacionados ao uso do canal de interatividade, onde serão apresentados trabalhos com o objetivo similar ao desta dissertação.

3 Trabalhos Relacionados

Este capítulo discorre sobre os trabalhos relacionados ao uso do canal de interatividade como meio de comunicação no contexto de TV digital interativa. Existem diversos trabalhos relacionados a este tema e a seção 3.1 apresenta algum deles de forma sucinta. Nas próximas seções, dois outros trabalhos serão estudados de forma mais abrangentes. A seção 3.2 apresenta as características do uso de redes *ad hoc* como canal de interatividade para TV digital interativa no Brasil. A seção 3.3 descreve o uso de SMS como forma de interação entre o expectador e a TV interativa. A última seção deste capítulo faz um resumo comparativo entre os trabalhos relacionados e a solução proposta nesta dissertação.

3.1 Trabalhos Envolvendo SMS e Canal de Interatividade para TV Digital

No artigo intitulado “*Interactive Television: New Genres, New Format, New Content*” apresentado por Jens F. Jensen, mostra que a forma mais comum de TV interativa é provavelmente a interação entre as diversas mídias. No entanto, como a maioria dos lugares ainda não tem sistemas avançados de TV e decodificadores digitais, tem sido comum, nos últimos anos, estabelecer várias formas de interação bidirecional para produzir programas interativos ou momentos interativos em programas de TV. Isso significa que outras mídias terão funções de estabelecer o canal de retorno entre o telespectador e a emissora. De acordo com o autor, estas mídias podem ser o telefone, o *e-mail*, a *web*, o *chat*, o fax ou o SMS, que por sua vez, foi estabelecido temporariamente no papel de canal de retorno interativo. Dentre os vários formatos de mídias, o SMS ganhou grande penetração durante os últimos anos através do telefone celular como canal de retorno em transmissão de TV ao vivo. Esta forma já teve sua própria notação: SMS TV. O relatório de pesquisa, levando o título de “*SMS TV: Interactive Television Reinvented*” (DUSSELDORP et al, 2002), aponta para um dos mais inesperados desenvolvimentos dentro da área de TV interativa, que foi o fato das emissoras de TV terem apostado no SMS como um novo canal de retorno para enriquecer seus programas com características interativas. De acordo com Dusseldorp, as empresas de radiodifusão usam o SMS para televisão interativa, porque o telefone móvel, ao lado da TV e rádio, é o único meio de massa real entre as pessoas. Deste

modo, a penetração do telefone móvel ultrapassa a penetração de televisão interativa real, por exemplo, os assinantes de televisão digital com canal de retorno. Além disso, o SMS TV é muito mais rentável do que a maioria das soluções de TV interativa. Finalmente, a tecnologia SMS é conhecida e popular entre os usuários, em que a utilização do telefone celular para mensagens de texto para a maioria dos usuários aparecem como quase tão intuitiva como a utilização de controle remoto. Ao mesmo tempo, este tipo de interatividade ajuda de uma forma muito direta a gerar receitas adicionais provenientes dos telespectadores que pagam para enviar mensagens através do seu telefone celular. Assim, os aplicativos SMS tornaram-se um grande sucesso comercial. Dusseldorp escreve: "SMS não é mais um truque, e as empresas mais importantes de televisão não estão prestes a perder seus benefícios. Esta tendência transcende as promessas de alta tecnologia que acompanharam o crescimento da *Web*, porque radialistas, produtores e operadoras de telecomunicações podem realmente ganhar dinheiro com SMS".

Outro artigo relacionado ao uso de SMS foi elaborado por Petros Kavassalis et al e se chama "*SMS Interactive TV: the convergence of television and mobile networks*". Neste trabalho, os autores exploraram a forma precisa de convergência da televisão e das redes móveis, acerca dos desenvolvimentos atuais e futuros da televisão interativa por SMS, ao criar uma estrutura intelectual baseada na economia da mudança técnica, o que pode contribuir para fornecer respostas para o potencial futuro desta atividade emergente. Há um certo tempo, os canais de televisão europeus começaram a usar o serviço de SMS como uma ferramenta que permite aos usuários interagir com os programas de televisão e emissoras para gerar receitas devido aos preços do serviço de SMS. Essa convergência é esperada para acontecer, e o serviço de mensagens SMS, permitiu o desenvolvimento de novos serviços de televisão interativa. Segundo os autores, este é um realístico caminho de desenvolvimento para a televisão interativa, após muitos anos de tentativas frustradas, em vez de tornar as redes de transmissões interativas ou convergentes com computadores e com a internet. O artigo abrange as questões técnicas, econômicas e organizacionais para explorar os vários aspectos de um novo serviço, que se expande rapidamente em torno das televisões do mundo e promete tornar-se muito mais rico em funcionalidade.

De uma forma similar, estes dois artigos apresentados abordam a relevância do uso do SMS no ambiente televisivo para aumentar tanto a audiência dos programas quanto a gerar ganhos adicionais aos envolvidos. Pode-se observar que ambos os trabalhos abordam a convergência entre a televisão e o aparelho celular, pois este tem sido o principal modelo de negócio nos últimos tempos. Caso o telespectador não esteja de posse de ambos os aparelhos, o telefone celular e a TV, a interação com a programação não será possível, uma vez que os dois aparelhos são necessários. A idéia deste trabalho é de unificar esta interação em apenas um dispositivo, capaz de receber o sinal da TV e também de enviar mensagens SMS como forma de interação entre o telespectador e o programa interativo.

O grande desafio para otimizar a interação com a audiência é encontrar um canal de interatividade que satisfaça esta demanda de forma apropriada. No artigo “Canal de Retorno para TV interativa utilizando espaços em branco: uma nova aplicação para 802.22 WRAN” elaborado por João Paulo Miranda *et al* propõem o uso do padrão 802.22 para ser utilizado como canal de retorno. O padrão IEEE 802.22 – WRAN - Rede de Área Regional Sem Fio, é uma nova tecnologia de acesso que se baseia em Rádio Cognitivo (RC) para oferecer serviços de dados sem licença para áreas rurais e pouco povoadas usando espaços brancos do espectro de frequências de TV. Acesso ao Banco de Geo-localização (ABG) e Sensoriamento de Espectro Cooperativo (SEC) são recursos baseados em RC que melhoram o processo de Seleção Dinâmica de Frequências (SDF) usado nas WRAN. Devido à sua alta eficiência, ABG pode ser adotado como o único meio para determinar a disponibilidade de canais. O SEC é menos eficiente e menos complexo, e não requer grandes investimentos em infra-estrutura, por exemplo, para construir e manter um banco de dados. Os autores propõem a utilização do padrão 802.22 como tecnologia de acesso para fornecer o canal de retorno para a iTV, pois estão interessados com as configurações para o SEC que devem ser selecionadas para cumprir os requisitos de SDF do 802.22, incluindo a precisão de detecção geral e taxa de dados mínimo por dispositivo. Os autores mostram através de análise numérica que estes requisitos dão origem a um conjunto não único de configurações que atendem o alvo de detecção de precisão ou a taxa de dados de destino por dispositivo. Para as configurações que garantam ambas as metas, que

mostram que o número de dispositivos envolvidos que cooperam entre si em SEC pode ser limitado a seis por canal. Para escolher uma entre várias configurações possíveis, foi introduzido o conceito de ganho de agilidade como uma regra de desempate para mostrar que este critério pode ser usado para minimizar os atrasos de detecção.

Apesar do *ISDB* ser um padrão de TV digital que não exige qualquer tecnologia de acesso para fornecer o canal de interatividade, as tecnologias consideradas para este propósito costumam exigir que as emissoras cooperem (partilhando as receitas) com as telecomunicações ou prestadores de serviços de internet. No caso do padrão IEEE 802.22, ele foi projetado para operar nas faixas de transmissão de TV ao garantir que nenhuma interferência prejudicial seja causada à operação em exercício, ou seja, TV digital e analógica sendo transmitida simultaneamente, ou dispositivos de baixa potência licenciados, como microfones sem fio devem gerar ruídos que podem inviabilizar o trabalho descrito no artigo citado. Outro fator que impossibilita a massificação da idéia proposta por MIRANDA *et al* (2011) vem da Resolução nº 41/2007 de 31 de janeiro de 2007 do Ministério das Comunicações, que diz ter desenvolvido estudos e protótipos, durante o projeto do SBTVD, para a utilização da tecnologia WRAN no perfil de 700MHz, que abrange de fato, uma faixa que se estende de 400 a 900MHz como suporte ao canal de retorno e, portanto, à função de interatividade para a TV digital. Porém, esta faixa de frequência está congestionada nos grandes centros urbanos do país, tornando seu uso possível apenas nas regiões mais esparsas, como as áreas rurais e as cidades pouco povoadas do interior do país.

3.2 Canal de Interatividade *Ad Hoc*

Miguel Elias M. Campista *et al* no artigo intitulado “O Canal de Retorno *Ad Hoc*: uma solução de baixo custo para TV interativa brasileira” analisam a viabilidade de uma rede *ad hoc* comunitária para construir um canal de retorno compartilhado. Nesta abordagem, eles sugerem que os *set-top boxes* ligados aos televisores sejam os nós da rede comunitária e que todo o tráfego seja direcionado para um *gateway* que encaminha o tráfego para a emissora de TV. Segundo os autores, as principais vantagens de um canal de retorno *ad hoc* são:

- Uma rede *ad hoc* comunitária não requer uma infraestrutura de telecomunicações.
- Comunicações multipontos podem atingir grandes distâncias.
- Outros serviços de Internet podem ser fornecidos sem custos adicionais.

A conectividade e a capacidade de redes *ad hoc* é o tema de muitos estudos, mas a maioria dos estudos de avaliação de desempenho consideram redes *ad hoc* homogêneas. A análise feita pelos autores distingue-se pela característica de que todo o tráfego seja transmitido para e a partir de um determinado nó, o *gateway*, o qual se torna o gargalo da rede. Outra característica é o período de atividade de um nó, uma vez que ele está associado a um conjunto televisivo, pode-se esperar que alguns nós vão estar *offline* durante o dia. Foi analisado a conectividade para saber quantos nós devem estar *online* para garantir uma "infraestrutura mínima" de modo a proporcionar acesso a todos os usuários da rede.

O padrão IEEE 802.11 no modo *ad hoc* elimina a infraestrutura de rede e conseqüentemente, as estações devem se comunicar diretamente entre si. Se o destino está fora de alcance, os vizinhos cooperaram como roteadores e encaminham pacotes de dados através de múltiplos saltos. Assim, o modo *ad hoc* representa uma solução flexível e de baixo custo para o canal de interatividade. Outras vantagens do modo *ad hoc* são auto-organização e auto-configuração. O trabalho do Miguel Campista *et al* (CAMPISTA,2007) analisa o canal de retorno *ad hoc* baseado no padrão IEEE 802.11g, que atinge taxas de dados de até 54 Mb/s. IEEE 802.11 opera em 2,4 GHz, uma licença livre de banda ISM. Isso também ajuda a manter o custo baixo. Nessa abordagem, cada nó ou terminal de acesso é um *set-top box* ligado a uma TV. Há também um *gateway*, que liga a rede

comunitária para a internet e para a emissora de TV. Cada nó deve ser capaz de comunicar com o *gateway*, diretamente ou através de saltos múltiplos. A Figura 10 ilustra o sinal da estação de televisão que é enviado utilizando difusão terrestre e as informações de interatividade, no qual devem retornar através do canal de interatividade via rede *ad hoc*. Terminais de acesso fornecem conectividade de rede, encaminhando os pacotes de dados para o *gateway*. Obviamente, o *gateway* pode tornar-se um ponto de estrangulamento, caso em que mais *gateways* podem ser gradativamente implantados.

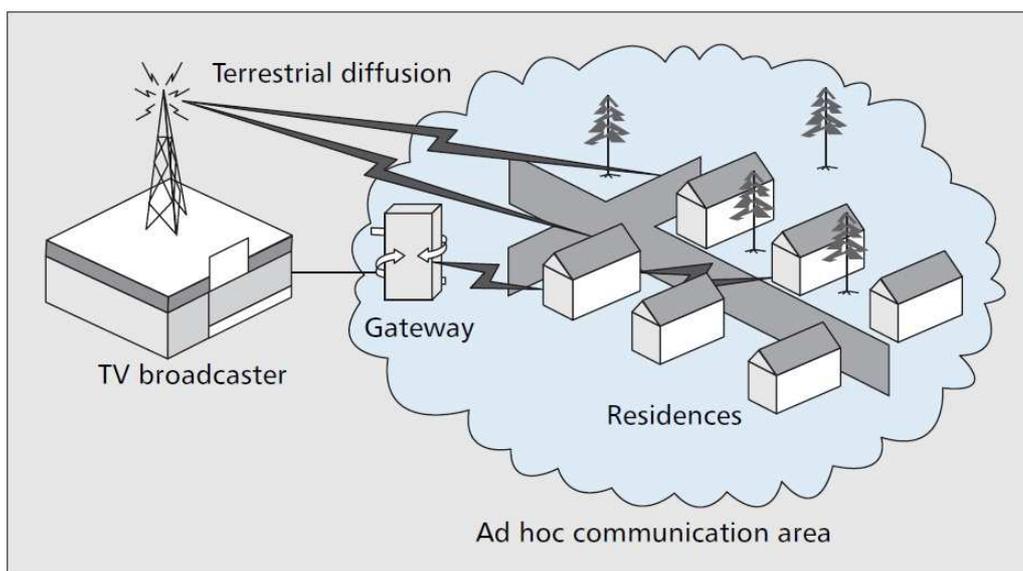


Figura 10 – Canal de interatividade via rede *ad hoc* (CAMPISTA, 2007)

Apesar do seu baixo custo de implantação, o uso de uma rede *ad hoc* como um canal de retorno, tem um inconveniente grave, a má conectividade. Ao contrário das outras tecnologias, redes *ad hoc* podem não estar disponíveis, pois dependem de comunicações multi-saltos. Como os nós dependem uns dos outros para enviar informações para o *gateway*, estes devem ter um número mínimo de *set-top boxes* ligados para garantir que os usuários fiquem conectados ao *gateway*. A conectividade de rede *ad hoc* depende do número de terminais de acesso de uma região, o seu alcance de transmissão, e o intervalo de tempo em que eles estarão ligados. Além disso, assume-se que todas as residências terão, pelo menos, um terminal de acesso do tipo *set-top box* com suporte a rede sem fio integrado.

3.2.1 Cenários Brasileiros de Referência

O Brasil é um país de proporções continentais em seu tamanho e, conseqüentemente, tem regiões diferentes com várias densidade demográficas, características geográficas e sociais. O trabalho de Campista *et al* considerou dois cenários para sua simulação: uma região urbana densamente povoada com residências em montanhas e uma região altamente urbana povoada com residências verticais. Os parâmetros dos dois cenários de referência baseiam-se em dados reais obtidos do IBGE. O primeiro cenário representa a Rocinha, a maior favela do Rio de Janeiro. O segundo cenário escolhido foi Copacabana por ser uma área densa do Rio de Janeiro, na sua maioria composta de edifícios residenciais. A Tabela 4 apresenta os parâmetros de interesse para ambos os cenários.

Parâmetros	Rocinha	Copacabana
Area Total (km ²)	1.4	4.1
Area Residencial (km ²)	1.4	2.5
Número de residências	17.000	61.000
Densidade (residências/ km ²)	12,142	24,797
Disposição dos Nós	Grid	3D Grid

Tabela 4 – Características dos cenários de referência

A potência da transmissão, a atenuação do sinal, e a sensibilidade de recepção de interfaces de rede sem fio foram levadas em conta para avaliar a transmissão e os intervalos de interferência do canal de retorno *ad hoc*. Os autores deste trabalho utilizaram uma potência de transmissão de 18 dBm, ou 63,1 mW, típico de muitos roteadores comerciais sem fio. Outro aspecto fundamental é a posição do *gateway*, durante a simulação, que sempre foi posicionado em um único ponto no vértice da área de simulação, o que leva a um pior caso durante a análise. As simulações empregaram um nível de confiança de 95 por cento.

3.2.2 Análise de Conectividade

Esta análise avaliou a quantidade de terminais que devem estar ligados para garantir que a maioria dos terminais estejam conectados, bem como o respectivo

taxa de transmissão. Um terminal é considerado conectado se ele tem pelo menos um caminho para o *gateway*. Foi escrito um simulador para realizar esta análise, usando o algoritmo de Dijkstra para calcular o caminho mais curto para o *gateway*. Em seguida, o simulador calcula a percentagem de nós ligados. Os nós foram colocados em uma área quadrada de acordo com os valores reais para área residencial e densidade visto na Tabela 4. O alcance de transmissão física chega a taxas 1-54 Mb/s, de acordo com a norma IEEE 802.11g.

Os nós que se encontram ligados são escolhidos aleatoriamente na grade para cada ensaio de simulação. Na Rocinha, notou-se uma conectividade alta na rede para todas as taxas de transmissão. Em 1 Mb/s, apenas 10 por cento dos nós são necessários para atingir alta conectividade, enquanto que 30 por cento são necessários a taxa de 11 Mb/s. Por outro lado, as transmissões de 54 Mb/s exige que 90 por cento dos nós estejam conectados. Quanto maior a taxa, melhores relações sinal-ruído são exigidas para decodificar corretamente o sinal na recepção. Por isso, aumentar a taxa de transmissão significa diminuir o alcance da transmissão. Em Copacabana, observou-se que com 5 por cento dos nós conectados, um alto nível de conectividade foi atingido. Como Copacabana é composto de edifícios, a probabilidade de encontrar pelo menos um nó terminal próximo é alta. Assim, um elevado nível de ligação é obtida para uma menor percentagem de nós, quando comparado com a Rocinha. Por outro lado, na Rocinha, uma alta conectividade usando altas taxas só pôde ser atingida com seis dBi de ganho na antena. Sem antena, a conectividade não seria possível em 36 e 54 Mb/s, porque, em média, a distância entre os prédios em Copacabana é maior do que entre as residências da Rocinha. Note-se que em ambos os cenários a conectividade foi conseguida com uma baixa quantidade de nós ligados. Além disso, os terminais podem reduzir a taxa de dados durante períodos de baixa audiência, aumentando a faixa de transmissão para conservar a conectividade de rede.

3.3 TV Interativa Baseada em SMS

Pauliina Tuomi em seu artigo intitulado “TV Interativa Apresentada por Humanos Baseada em SMS na Finlândia” descreve os vários formatos que existem por traz da TV interativa na Finlândia e que, segundo a autora, logo se espalhará

para outros países. Este trabalho é baseado em um estudo qualitativo sobre o envio de SMS em programas interativos como jogos, especificamente jogos na TV móvel e os jogos chamados “quizz”, onde o jogo consiste em acertar a maior quantidade de perguntas sobre um tema específico. A Tabela 5 exemplifica os diversos tipos de interatividades usados até o presente momento.

Formato iTV	Nível de Interação	Tecnologia
TV-Chat. Bate-papo em diferentes programas de TV.	Comunicação síncrona, retorno instantâneo.	Telefone celular, mensagens SMS.
Jogos na TV móvel e Quizz.	Comunicação síncrona, retorno instantâneo.	Telefone celular, telefone fixo, mensagens SMS.
TV interativa – formatos baseado em votação.	Comunicação assíncrona.	Telefone celular, telefone fixo, mensagens SMS.
Anúncio interativo na TV.	Comunicação assíncrona.	Telefone celular, mensagens SMS.
Escolhas interativas de valor agregado para as emissoras de TV.	Comunicação assíncrona.	Internet

Tabela 5 – Formatos de TV interativa pelo mundo

Este estudo foi conduzido através de gravação de amostras de programas de TV interativa junto com as discussões correspondentes ao programa, e depois esse conteúdo foi analisado pela autora. O papel do apresentador nestes programas foi analisado e discutido para responder as seguintes perguntas: Por que o entretenimento interativo é popular? Quais as diferentes dimensões podem ser encontrados? Como poderia este campo ser usado de forma mais eficaz e quais são os aspectos de desenvolvimento que deve-se prestar atenção ao projetar entretenimento para iTV?

De acordo com a autora, houve um pico em pesquisas por conteúdo interativo na Finlândia entre 2003 e 2005, quando as primeiras pesquisas foram publicadas sobre bate-papo na TV. Contudo, o entusiasmo acabou após o bate-

papo na TV se tornar um formato do dia a dia. Jogos na TV móvel seguiram e usaram a mesma técnica: mensagens SMS. Estes jogos na TV móvel se tornaram tão populares quanto os programas de bate-papo usando a TV. A quantidade de tempo que as pessoas usam estes formatos interativos está crescendo razoavelmente na TV. A interação é melhor vista em mídias cruzadas. Mídia cruzada significa conexão entre dispositivos móveis, internet e a televisão, onde o mesmo conteúdo é usado em diferentes plataformas. Mídia cruzada melhora a experiência entre a TV e os telefones móveis. Jogos na TV móvel e os *quizzes* representam novas maneiras de uso da TV. Por exemplo, um usuário poderia participar em um bate-papo na TV enviando uma mensagem de texto (SMS) de boas vindas e quase imediatamente ver seu texto na tela da TV. Esta forma de entretenimento logo foi adotada pelos produtores de programas interativos baseados em SMS.

No início, eram jogos onde o usuário poderia participar através de mensagem de texto, apenas escolhendo a coordenada correta para atingir um certo alvo. Jogos eram frequentemente baseados em resolução de problema e a interação entre o jogador e o jogo era limitado a mensagem de texto. Com o passar dos anos, os jogos evoluíram e um apresentador foi inserido neste contexto. O apresentador estava agora jogando contra o usuário sentado em seu sofá. Por exemplo, um jogo baseado em tentativas de acertar uma bola de neve no apresentador. Como a participação ocorria via SMS, teoricamente todas as pessoas seriam capazes de participar. O nível de interação cresceu absurdamente segundo a autora, pois era possível competir contra pessoas conhecidas, no papel de apresentadores. E o mais importante era receber uma resposta para a sua ação. A Figura 11 exemplifica um jogo onde cada mensagem/movimento custa aproximadamente um euro. Geralmente, não há prêmios, apenas a honra de ganhar usando o seu nome ou apelido. No entanto, tendo uma mensagem de texto enviada através do telefone celular cria uma sensação de poder, depois de ter feito o apresentador reagir ao seu comando. Cada mensagem computada retorna um *feedback* instantaneamente.



Figura 11 – Jogo interativo na TV móvel (SMS-Based Human-Hosted Interactive TV in Finland, 2008)

Outro tipo de entretenimento interativo na TV é o chamado quiz ou questionário, veja a Figura 12. Programas de questionários tem estado na televisão desde que a TV nasceu. No entanto, este novo tipo de quiz na TV começou logo após o lançamento dos primeiros jogos de TV móvel. Estes questionários são baseadas no tempo e as reações dos participantes. As perguntas do quiz são geralmente ridiculamente fáceis e todo mundo sabe a resposta certa. Por exemplo: "Qual é a moeda na Finlândia? A) Euro, B) Rupia ou C) dólar? Os questionários podem ser categorizados por quanto eles realmente medem da inteligência dos participantes. Os testes mais altos no ranking são testes que a inteligência acadêmica é medida, e os piores testes se baseiam na sorte e adivinhação (FISKE, 1987). Pode-se participar de um quiz usando ambos os telefones, móveis e terrestres. As versões e prêmios desses quizzes variam, mas geralmente o prêmio é grande o suficiente para fazer as pessoas querem dar uma tentativa.



Figura 12 – Quiz como forma de entretenimento na TV (SMS-Based Human-Hosted Interactive TV in Finland, 2008)

Um apresentador de programa é muito ativo e exigente com os telespectadores. O papel do anfitrião em jogos de questionários é fazer com que os telespectadores participem e paguem. Pode-se dizer que o apresentador de programa interativo na TV é quase um vendedor. O apresentador de programa está na posição de ativar os consumidores a adquirirem o maior número de participantes possível. Nesta nova cultura de acolhimento é possível comunicar-se com as "estrelas" de TV por mensagens de texto (SMS), o que não era possível antes. Depois que os formatos interativos começaram a utilizar apresentadores humanos, a maioria das mensagens começaram a ser destinadas aos apresentadores. Isto é uma característica importante para o aumento da participação em formatos atuais de TV interativa

Consumidores parecem querer verdadeiro "poder" para ter efeito sobre os formatos de TV e conteúdos. Atualmente, os consumidores não têm muito efeito sobre assuntos importantes na sociedade, apenas, por exemplo, em formatos de programas baseado no voto. O entretenimento iTV é um enorme campo que poderia ser usado de forma muito mais eficaz para facilitar a influência das pessoas sobre os assuntos importantes da sociedade.

3.4 Resumo comparativo entre a solução proposta e os trabalhos relacionados

O trabalho de Campista *et al* sobre canal de retorno através de redes *ad hoc*, apesar de ter seu foco na recepção residencial e não na recepção móvel, tem uma certa similaridade com este trabalho, principalmente no aspecto de serem soluções de baixo custo tanto para implantação quanto para utilização do serviço de canal de interatividade. Para se conectar a rede *ad hoc*, o telespectador teria que comprar um set-top box com rede sem fio. A idéia deste trabalho vai um pouco além, pois é possível a reutilização do aparelho celular do telespectador. O único requisito é que o celular envie e receba SMS, e isso pode ser observado nos cerca de 155 milhões de aparelhos em uso no país (ANATEL, 2010). O SMS é um serviço presente em todas as categorias de telefone móvel, desde os modelos inferiores até os modelos ultra modernos.

A infraestrutura é outro ponto que precisa ser levado em consideração, pois pode comprometer a disponibilidade do serviço. Este trabalho herda toda a infraestrutura da rede de telefonia celular do usuário, que desde 1990 vem expandindo e instalando novas estações rádio-base, também conhecida como ERBs, por todo o território nacional (ANATEL). Com isso, é possível entender que as principais cidades brasileiras já apresentam as condições mínimas para o uso do canal de interatividade através do envio e recebimento de SMS. Voltando ao trabalho de Campista *et al*, as redes *ad hoc* são conhecidas por não precisarem de infraestrutura tal como um *backbone* ou pontos de acesso configurados antecipadamente. Os nós se comunicam com conexão física entre eles, criando uma rede em tempo real, na qual alguns dos dispositivos da rede fazem parte dela apenas durante a sessão de comunicação. No contexto televisivo, essa falta de infraestrutura pode ser um problema que afetará a disponibilidade do serviço nos horários de pouca audiência televisiva como por exemplo, pela manhã e durante a madrugada.

A Tabela 6 mostra de forma resumida um comparação entre a solução proposta neste trabalho baseada em SMS e a solução proposta por Campista *et al* utilizando redes *ad hoc*.

Critérios	SMS	Redes <i>ad hoc</i>
Baixo custo	+	+
Infraestrutura	+	-
Cobertura	+	-
Alta taxa de transfêrencia	-	+

Tabela 6 – Critérios comparativos entre SMS e *Ad hoc*

Um ponto favorável para o uso de redes *ad hoc* é a alta taxa de transferência, que pode chegar até a 54Mb/s contra alguns bytes para cada mensagem curta enviada, podendo chegar a alguns quilo bytes. Porém isso não desqualifica esta abordagem pois o conteúdo utilizado pela interatividade móvel requer um pequeno uso de dados que pode ser embutido em uma ou em algumas mensagens.

De forma geral, a utilização do SMS como canal de interatividade em dispositivos portáteis têm se mostrado mais eficiente tanto para utilização quanto para a implantação do serviço.

O trabalho de Tuomi intitulado “TV Interativa Apresentada por Humanos Baseada em SMS na Finlândia” apresenta os principais formatos de interatividade já utilizados ao longo do tempo não só na Finlândia, mas também em vários outros países do mundo incluindo o Brasil. Contudo, dá para perceber que o envio de mensagens curtas é feito de forma manual pelo usuário, que pode desperdiçar algumas mensagens se for enviada para o número errado.

A idéia deste trabalho é de suportar que estes mesmos formatos de interatividades descritos na Tabela 5, possam ser utilizados pelas emissoras de TV, porém de forma automatizada, ou seja, o usuário não mais enviaria o SMS por conta própria, e sim usaria o módulo de interatividade móvel do middleware Ginga para realizar tal procedimento. Desta forma, através de uma simples interação entre o usuário e o aplicativo interativo rodando no telefone celular, a mensagem SMS poderia ser enviada para o número esperado, para futuramente, ser computada. Caso o servidor interativo, mande uma mensagem de resposta, esta mesma também seria interpretada pelo middleware Ginga e passada para a

aplicação interativa renderizar o conteúdo da resposta de forma apropriada para que o usuário possa entender da forma correta.

4 Proposição de um Mecanismo de Interatividade Para TV Digital Portátil

O serviço de mensagens curtas é um serviço disponível em telefones celulares digitais que permite o envio de mensagens com até 255 caracteres para usuários da rede GSM e 160 caracteres para usuários da rede CDMA, de acordo com a especificação técnica da 3GPP (TS 23.040,2010). O envio de mensagens de textos (SMS) como canal de interatividade é opcional para dispositivos de recepção fixa, como os set-top boxes, por exemplo. No entanto, é fortemente recomendado para dispositivos móveis, por se tratar de uma alternativa ao protocolo TCP.

Para cumprir o papel de inclusão digital e social será fundamental a garantia de interatividade entre usuários e um sistema de promoção de serviços e aplicações. Isto representará o estabelecimento de um sistema onde cada usuário, individualmente, poderá interagir, encaminhando ou recebendo informações e solicitações às emissoras ou às empresas geradoras de conteúdo.

A cobrança da tarifa deve ser levada em consideração, pois se a população de baixa renda tiver custos elevados decorrentes da implantação e utilização do canal de interatividade, os serviços podem se tornar inviáveis. Uma alternativa adicional é a criação de serviços gratuitos e de utilidade pública, podendo assim contribuir para a otimização e modernização dos programas de governo e de prestação de serviços públicos como, por exemplo, serviço para ensino a distância, saúde pública, acesso a bancos, entre outros serviços.

Este capítulo apresenta o módulo de extensão do middleware Ginga-NCL, cujo o objetivo é disponibilizar um mecanismo de interatividade capaz de se comunicar através do envio de mensagens curtas (SMS) para o servidor de conteúdo interativo. A Seção 4.1 discorre como a linguagem de programação Lua pode ser utilizada para a criação do suporte ao envio e recebimento de SMS através do Ginga-NCL. A Seção 4.2 apresenta como a mensagem deve ser construída e qual o formato que esta mensagem deve conter. A Seção 4.3 discute sobre o tamanho máximo que cada mensagem deve conter para que seu envio seja

possível. A Seção 4.4 discorre sobre o envio de múltiplas mensagens, caso o conteúdo a ser transmitido não caiba em apenas uma mensagem.

4.1 A linguagem Lua no contexto de interatividade

A linguagem de script Lua, desenvolvida pela PUC-RJ, é adotada pelo Ginga-NCL para tratar eventos procedurais no ambiente de TV digital, e para isso houve uma integração entre Lua e NCL, onde o resultado é conhecido como objeto NCLua. A linguagem Lua foi estendida com quatro novos módulos funcionais para uso dos scripts NCLua (SANT'ANNA *et al*, 2008), são eles:

- módulo de evento: permite que objetos NCLua se comuniquem com o documento NCL e outras entidades externas.
- módulo *canvas*: oferece funcionalidades para desenhar objetos gráficos na região do NCLua.
- módulo de configurações: oferece acesso às variáveis definidas no objeto *settings* do documento NCL, objeto do tipo “application/x-ncl-settings”.
- módulo de persistência: exporta uma tabela com variáveis persistentes entre execuções de objetos imperativos.

Vale destacar o módulo de evento, pois ele oferece uma maneira de se comunicar de forma assíncrona com o formatador NCL ou outras entidades externas, como por exemplo o canal de interatividade. A principal vantagem do uso do paradigma de eventos é a sua característica de baixo acoplamento entre as entidades do sistema, onde a remoção ou adição de uma entidade não acarreta mudanças internas em nenhuma outra entidade.

Dentro do módulo de eventos, é possível listar os eventos tratadores de interatividade que são:

- TCP: para uma aplicação NCLua enviar ou receber dados através do protocolo *TCP*.
- SMS: para uma aplicação NCLua enviar ou receber dados através do serviço *SMS*.

A Figura 13 detalha a API existente para fornecer suporte ao envio e recebimento de mensagens curtas, de acordo com o capítulo 10 da norma ABNT NBR 15606-2.

Uma aplicação NCLua envia dados por SMS, postando eventos na forma:

```
evt = { class='sms', to='phone number', value=string }
```

De forma similar, uma aplicação NCLua recebe dados transportados por SMS, fazendo uso de eventos na forma:

```
evt = { class='sms', from='phone number', value=string }
```

Figura 13 - Módulo de extensão do LUA

Quando o evento SMS está pronto para o envio, ele deve ser enviado através do comando *post* mostrado na Figura 14:

```
...
Enviando um evento
event.post ( dest, evt )
...
```

Figura 14 - Sintax do evento *post* do NCLua

Onde:

- **evt**: o evento a ser postado.
- **dest**: é o parâmetro de destino do evento, podendo assumir os valores *'in'* ou *'out'*. O valor *'in'* é usado para enviar mensagens internas, ou seja, para a própria aplicação e *'out'* é usado para enviar mensagens para o formatador NCL. Caso o parâmetro *dest* seja omitido, o valor *'out'* é usado por padrão. A Figura 25 do capítulo 6 demonstra o uso do comando *post*.

4.2 Formato da Mensagem

É possível observar na Figura 15 o conteúdo padrão de uma mensagem SMS criada com o propósito de envio e recebimento de dados entre terminais móveis. No cabeçalho da mensagem não existe nenhum campo para informar que

a mensagem tem como destino o middleware Ginga, e portanto, não deve ser processada por nenhuma outra aplicação no dispositivo móvel.

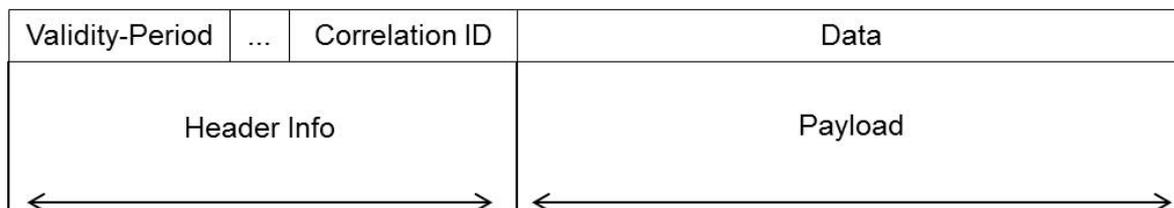


Figura 15 - Estrutura padrão de um SMS

Para solucionar este ponto, o conceito de porta foi utilizado. Esta facilidade usa um método similar a portas TCP/UDP em uma rede TCP/IP e permite que mensagens sejam roteadas apenas para a aplicação interessada em processar o conteúdo da mensagem, sendo ignoradas pela caixa de entrada do telefone celular, por exemplo.

Segundo a especificação do protocolo SMS pela 3GPP, é possível alocar 4 *bytes* para gerenciamento de portas de entrada e saída. Os dois primeiros *bytes* devem conter o valor da porta de destino e os dois últimos *bytes* representam a porta de origem, ou seja, o valor da porta em que o *middleware* Ginga está registrado, para recebimento de mensagens. A porta de origem pode ser utilizada pelo provedor de conteúdo interativo para estabelecer uma interatividade bidirecional com o *middleware* Ginga através de múltiplas mensagens curtas (SMS).

Para cada porta, de origem e de destino, o seu valor varia de 0 até 65535, usando 2 *bytes* de endereçamento. Porém, como mostrado na Tabela 7, nem todo valor pode ser alocado para ser utilizado para interatividade.

Valor	Descrição
0 - 15999	Número de porta UDP/TCP reservado pela <i>Internet Assigned Numbers Authority (IANA)</i>
16000 - 16999	Disponível para alocação por aplicações que fazem uso de SMS.
17000 - 49151	Número de porta UDP/TCP reservado pela <i>Internet Assigned Numbers Authority (IANA)</i>
49152 – 65535	Reservado para uso futuro pela 3GPP

Tabela 7 - Faixa de portas usadas

Tendo em vista os valores de porta disponíveis para aplicações externas, este trabalho fez uso do intervalo entre 16.000 e 16.999. A idéia neste ponto foi encontrar uma porta neste intervalo que não estivesse sendo usada por nenhuma outra aplicação e então registrá-la como sendo a porta escolhida para enviar e receber mensagens de texto para tratar a interatividade. Durante a fase de registro, o mesmo valor pode ser registrado para ambas as portas, de origem e de destino, como mostrado na Figura 16. Portanto, após a primeira mensagem ser enviada pelo canal de interatividade para o provedor de conteúdo interativo, o valor da porta de origem, responsável por receber e tratar mensagens do lado do middleware, também é enviado. Desta forma, o provedor de conteúdo interativo pode estabelecer uma nova conexão com o dispositivo móvel de forma bidirecional, sem precisar fazer uso do canal de radiodifusão novamente. Este procedimento será detalhado no capítulo 5.



Figura 16 - Uso de porta SMS para envio/recebimento de mensagem

Vale ressaltar que a abordagem do uso de portas específicas faz parte do protocolo SMS padronizado pelo 3GPP, e por isso permite deixar este trabalho genérico o suficiente para ser facilmente utilizado em qualquer telefone celular, independente de marca, que suporte a recepção do sinal ISDB-T, ou mesmo com outro padrão de televisão que suporte o serviço de mensagens curtas e canal de interatividade.

4.3 Tamanho da Mensagem

O tamanho do *payload* de uma mensagem curta convencional é limitado em 140 bytes ou 1120 bits. Estas mensagens podem ser codificadas de três maneiras distintas:

- **7-bit data language:** Este alfabeto consiste de 128 caracteres derivados do Latin, e é o alfabeto padrão para o serviço de mensagem curta na maioria dos países. Uma mensagem codificada desta maneira pode conter até 160 caracteres, onde $(1120 / 7 = 160)$.
- **8-bit data language:** Este alfabeto pode representar todos os caracteres do padrão *Unicode*, além da compatibilidade com o ASCII. Tem sido o padrão dominante para a *World-Wide Web*. Uma mensagem codificada desta maneira pode conter até 140 caracteres, onde $(1120 / 8 = 140)$.
- **UTF-16 data language:** Este alfabeto representa os caracteres em linguagens como arábico, chinês coreano, japonês, russo, sérvio e búlgaro. Os alfabetos que necessitam de 2 *bytes* para a codificação de um caracter devem ser codificados usando a codificação *UTF-16*, e por esse motivo a quantidade total de caracteres pode chegar a apenas 70 caracteres, onde $(1120 / 16 = 70)$.

Este trabalho teve como foco apenas a codificação de 8 bits pois com ela é possível enviar caracteres adicionais à tabela ASCII padrão, como caracteres de acentuação (acento agudo, circunflexo, crase, etc). Caso o conteúdo da mensagem não seja texto, e sim um conjunto de bytes representando um dado objeto, esta codificação se mostra totalmente compatível, sem a necessidade de conversões de tipos devido ao endereçamento disponível.

4.4 Mensagens múltiplas

A especificação do protocolo SMS estabelece uma maneira para dividir conteúdos com mais de 140 bytes em mensagens menores através do uso de uma abordagem chamada *concatenated SMS*. Esta abordagem quando presente, insere um campo chamado UDH (*user-data header*) no *payload* do SMS, como podemos

observar na Figura 17 – Estrutura de um SMS contendo UDH. Este campo contém informações sobre a segmentação da mensagem como número de referência, número total de mensagens e número de sequência. Para a maioria dos SMS individuais, o parâmetro UDH não estará presente, mas para SMS concatenados, o dispositivo móvel deve verificar o recebimento do UDH para permitir que se possa juntar a mensagem original.

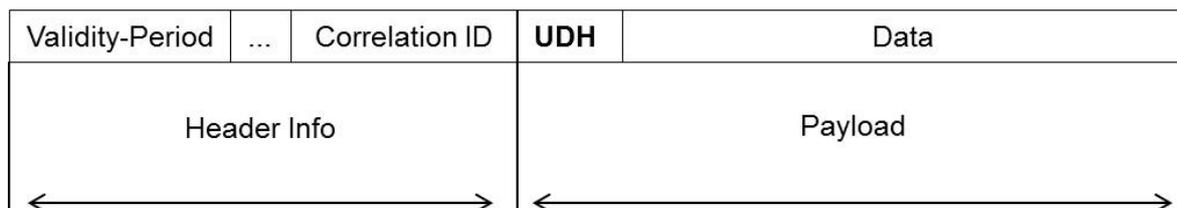


Figura 17 – Estrutura de um SMS contendo UDH

Para indicar que o *payload* contém um UDH, um marcador pertencente ao cabeçalho do SMS chamado de Indicador de UDH (UDHI) deve ser ligado. Isto diz ao telefone que é necessário separar o UDH do resto do *payload*. O telefone separa o UDH lendo o primeiro *byte* do *payload*, onde o número entre este *byte* é o comprimento do resto do UDH. O telefone, em seguida, sabe quantos *bytes* formam o UDH e pode separá-lo do resto da mensagem.

Como as informações sobre a segmentação de mensagens pertencem ao *payload* e não ao cabeçalho, o número de caracteres restantes disponíveis para uso tem que ser reduzido de acordo com a codificação escolhida. No caso do alfabeto padrão, codificado em *GSM 7 bits data*, o comprimento máximo de uma mensagem curta é de 153 caracteres (160-7). No caso da codificação 8-bits, o tamanho máximo de uma mensagem curta é de 134 caracteres (140-6). Para a codificação UTF-16, o tamanho máximo por mensagem curta é de 67 caracteres ((140-6)/2).

A quantidade total de mensagens que podem ser concatenadas deve conter um valor no intervalo 0 a 255, indicando o número total de mensagens curtas que devem ser concatenadas para formar a mensagem curta original. Este valor deve iniciar em 1 e permanecer constante para todas as mensagens segmentadas. Se o valor for zero, então a entidade beneficiária deve ignorar o elemento de informação toda. Levando em consideração o envio máximo de 255 mensagens múltiplas, a mensagem resultante pode conter 34KB de dados ou 39015 caracteres (255*153),

34170 caracteres (255*134) e 17085 caracteres (255*67), respectivamente para as codificações *de 7-bits, 8-bits e 16-bits*.

4.5 Síntese do Mecanismo de Interatividade Proposto

Este capítulo discorreu sobre o módulo de extensão do middleware Ginga-NCL, cujo o objetivo é disponibilizar um mecanismo de interatividade capaz de se comunicar através do uso do Serviço de Mensagens Curtas (SMS) para o servidor de conteúdo interativo. O suporte ao envio e recebimento de SMS pelo Ginga-NCL se dá através da linguagem de programação Lua. Isto foi apresentado na seção 4.1. As demais seções deste capítulo detalharam o conteúdo que uma mensagem curta precisa ter para que seu uso seja feito da melhor forma possível, por exemplo, como esta mensagem deve ser criada, qual o formato que ela deve conter, seu tamanho limite, como uma mensagem pode ser fragmentada em várias outras, e de que forma este mecanismo de integra com o middleware Ginga-NCL.

5 Implementação do Módulo de Interatividade via SMS

Este capítulo apresenta os detalhes de implementação que foram utilizados durante o desenvolvimento deste trabalho com o intuito de se criar um mecanismo de uso do canal de interatividade usando o serviço de SMS. Primeiramente será mostrado a motivação da escolha do sistema operacional utilizado durante a implementação, depois será mostrado uma visão geral da arquitetura desenvolvida, assim como os principais componentes criados.

5.1 Sistema Operacional

Os telefones celulares precisam de um sistema operacional móvel, leve e compacto para gerenciar os recursos do sistema fornecendo uma interface entre o telefone celular e o usuário. A capacidade de um sistema operacional impacta diretamente nas funcionalidades do dispositivo.

Dentre os principais sistemas operacionais para dispositivos móveis na atualidade destacam-se as plataformas Symbian, Android, BlackBerry, iOS, e Windows Mobile. A Figura 18 demonstra a distribuição mundial (em porcentagem) de uso dos principais sistemas operacionais móveis nos anos de 2009 e 2010 (GARTNER, 2011).

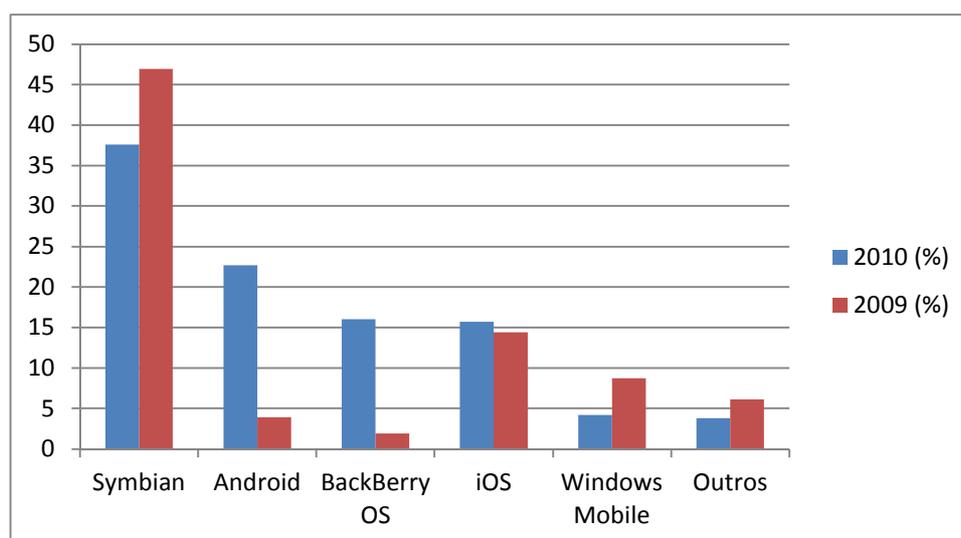


Figura 18: Distribuição mundial de uso dos sistemas operacionais móveis. (GARTNER, 2011)

Pelas informações do gráfico, é possível observar que o sistema operacional Symbian está presente em grande parte dos telefones inteligentes, chegando a

aproximadamente 50% da fatia do mercado mundial em 2009. Embora esse número tenha sido reduzido para 37% no ano de 2010, a plataforma Symbian ainda acumula uma quantidade expressiva de usuários.

Em sua dissertação de mestrado, Vitor Cruz (CRUZ,2008) realizou uma análise comparativa entre os sistemas operacionais móveis disponíveis, e observou que a plataforma Symbian possui características que permitem o desenvolvimento e a implantação do middleware Ginga sem a necessidade de adquirir ferramentas proprietárias.

O sistema operacional Symbian é um sistema multitarefa com diversas funcionalidades de baixo nível, disponíveis a todos os desenvolvedores, como por exemplo o uso de serviços e protocolos de comunicação, como Bluetooth, USB e SMS. Este ponto foi considerado positivo durante a escolha do sistema operacional, uma vez que o uso de APIs de baixo nível nos demais sistemas operacionais móveis costumam ser restritas apenas ao fabricante, excluindo qualquer tentativa de uso por parte dos desenvolvedores externos ao ecossistema.

A plataforma é composta pelos seguintes componentes de software (BABIN, 2007):

- **Kernel:** núcleo central da plataforma, responsável por gerenciar os recursos de memória do sistema, escalonar a execução de programas, alocar memória compartilhada, e tratar qualquer funcionalidade relacionada ao acesso privilegiado a CPU.
- **Bibliotecas Base:** bibliotecas de usuário, sistemas de arquivos, e gerenciador de banco de dados. A biblioteca de usuário contém APIs que provêm funcionalidades como manipulação de *strings*, listas encadeadas, funções matemáticas, dentre outras.
- **Protocolos e Serviços de Aplicação:** os protocolos e serviços de aplicações provêm acesso às funcionalidades e serviços de aplicação aos programas.
- **Framework de Aplicação:** implementa a funcionalidade base da interface gráfica de usuário.

- **Arquitetura de Comunicações:** provê suporte a serviços e protocolos de comunicação, como TCP/IP, Bluetooth, USB, SMS e mensagens de e-mail.
- **Bibliotecas de Funcionalidades de *Middleware*:** APIs e *frameworks* não cobertos nos itens anteriores, tais como serviços de multimídia, segurança da plataforma, etc.

Por questões de segurança, os serviços oferecidos pelo Symbian são baseados numa arquitetura Cliente/Servidor; onde o servidor atua no gerenciamento dos recursos disponibilizados aos programas através de APIs clientes. A manipulação de arquivos em Symbian é possível através dos serviços providos pelo servidor de arquivos. Analogamente, o acesso a recursos gráficos na plataforma é realizado através de serviços providos pelo servidor de janelas.

Embora Symbian possua suporte a execução de múltiplas *threads*, esta abordagem não é amplamente utilizada por desenvolvedores de aplicações para esta plataforma, por questões de desempenho de execução (BABIN, 2007). Ao invés de *threads*, Objetos Ativos são utilizados. Objetos Ativos simulam o comportamento de múltiplas *threads* de um único processo, porém são executados em uma única *thread*, a qual consiste de um escalonador ativo. O escalonador possui dois elementos fundamentais que garantem a simulação de *threads*: despachante de eventos e lista de objetos ativos.

Com base em estudos preliminares, foi observado que a conclusão de Cruz (CRUZ,2008) sobre a escolha da plataforma Symbian para a implementação do *middleware* Ginga, permanece válida nos dias atuais. Adicionalmente a este fator, este sistema operacional é amplamente utilizado por usuários de telefones inteligentes (GARTNER, 2011). Portanto, a plataforma Symbian foi escolhida como plataforma alvo para a implementação deste trabalho.

5.2 Arquitetura

Em sua dissertação de mestrado, Fábio Souza (SOUZA,2012) realizou uma implementação de um simulador Ginga-NCL para dispositivos portáteis. Este trabalho foi feito em conjunto, de forma a estender o trabalho de Souza para adicionar o suporte de envio e recebimento de mensagens curtas para suportar a

interatividade pelo middleware Ginga implementado. Primeiramente, vale mencionar a arquitetura do middleware por completo, de uma forma mais ampla, e posteriormente, serão mostrados os componentes desenvolvidos especificamente com o propósito do uso do canal de interatividade.

Souza (SOUZA,2012) apresentou a arquitetura do middleware Ginga para dispositivos portáteis. Pelo desenho representado na Figura 19 pode ser observado que esta arquitetura é semelhante à apresentada por CRUZ *et al* (2008), e também está dividida em dois subsistemas principais: Núcleo Ginga e Máquina de Apresentação.

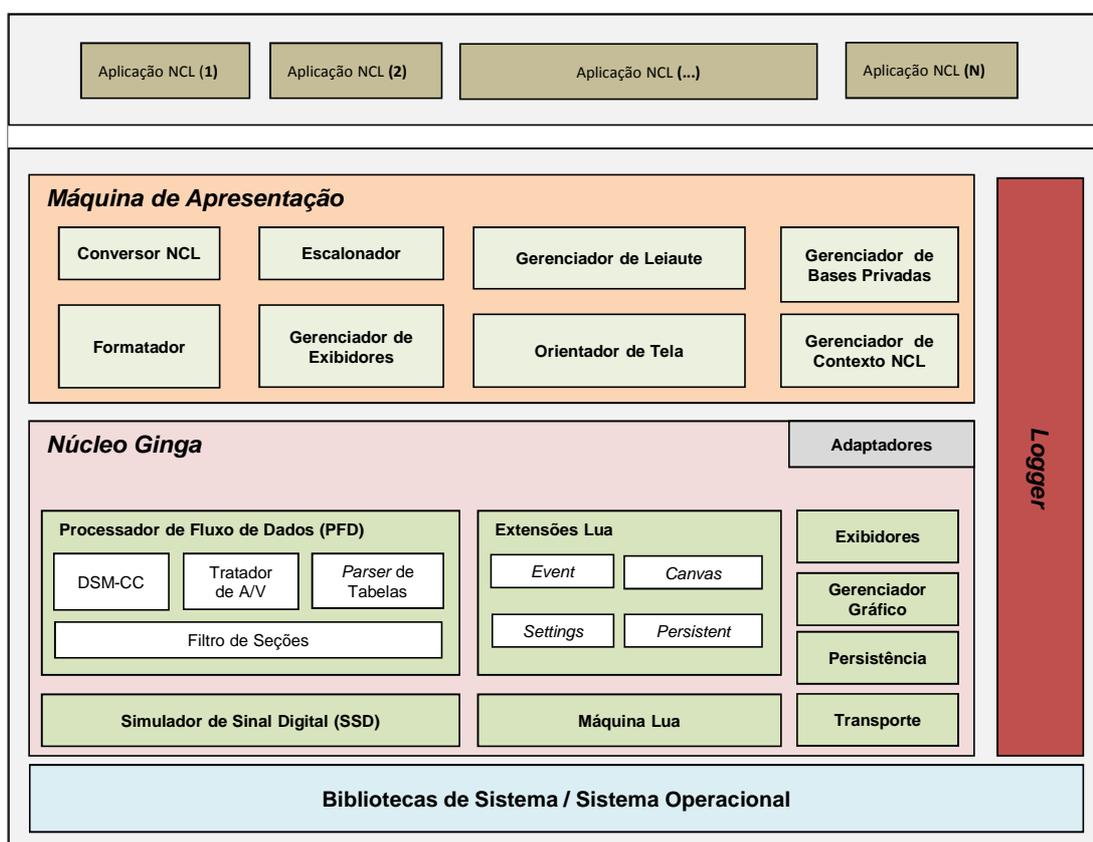


Figura 19 – Arquitetura do middleware Ginga-NCL. (SOUZA,2012)

A Máquina de Apresentação possui a finalidade de renderizar corretamente os diversos tipos de mídia definidos na aplicação NCL. Uma vez que os conteúdos interativos são extraídos do fluxo de transporte, e armazenados no sistema de arquivos, cabe à Máquina de Apresentação processar os documentos NCL, e gerenciar o ciclo de vida da aplicação interativa. Segundo atualizações da norma

brasileira ABNT NBR 15606, uma aplicação interativa pode informar o tipo de orientação de tela para sua exibição, portanto, a Máquina de Apresentação tem a responsabilidade de apresentar o conteúdo interativo na orientação de tela definida pelo desenvolvedor da aplicação interativa. Esta orientação pode ser ou vertical ou horizontal.

O Núcleo Ginga oferece o suporte necessário para que a Máquina de Apresentação controle os elementos gráficos no momento correto. Entre suas principais funções estão aquelas para tratar da exibição dos vários objetos de mídia que compõem uma aplicação, como JPEG, MPEG-4, MP3, GIF, entre outros formatos. O Núcleo Ginga fornece também o controle do plano gráfico, o controle para obtenção dos dados transmitidos por difusão (*broadcast*) e pelo canal de interatividade (ou canal de retorno), para obtenção e transmissão de dados sob demanda. Além de funcionalidades para extração do conteúdo interativo do fluxo de transporte, o Núcleo Ginga provê à Máquina de Apresentação interfaces para decodificação de monomídias, acesso à rede de dados e interpretação de *scripts* Lua.

A Máquina de Apresentação e parte do Núcleo Ginga foram desenvolvidas e modeladas no trabalho de Souza. Agora serão mostrados os componentes que foram criados a partir daquele trabalho com o objetivo de suportar a interatividade através de SMS. A Figura 20 representa a fatia da arquitetura representada na Figura 19, que é responsável pela interatividade.

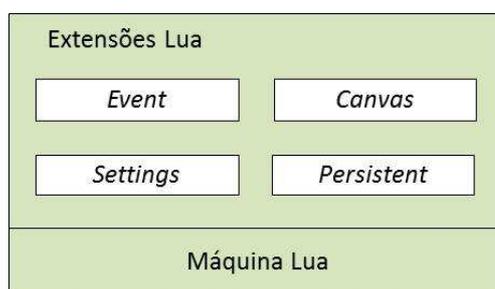


Figura 20 – Módulo Lua

O módulo Extensões Lua contempla os módulos de extensão da linguagem Lua (*Event*, *Canvas*, *Persistent* e *Settings*) definidos para o padrão ISDB-T e

referenciados como objetos de mídia NCLua. Este módulo interage com a Máquina Lua, responsável pela interpretação dos *scripts* da linguagem. A Máquina Lua requisita ao módulo Persistência os arquivos de monomídias referenciados nos *scripts* Lua.

A Máquina Lua foi portada para Symbian a partir do código disponibilizado na página oficial da linguagem Lua (LUA,2010). Ela foi implementada como uma biblioteca, escrita em C com o objetivo de interpretar códigos escrito em Lua. A Figura 21 detalha a comunicação entre a Máquina Lua e os quatro módulos de extensão da linguagem. O módulo *Lua Canvas*, o qual provê funcionalidades para manipulação de desenhos em regiões da tela, foi modelado na classe `LuaCanvas`. `LuaCanvas` herda de `CcoeControl` (*container* gráfico do *Symbian*), e faz o mapeamento das diretivas de desenhos *Canvas* em chamadas de métodos do sistema. As funcionalidades do módulo *Lua Persistent* são garantidas pela classe `LuaPersistent`, a qual faz uso de serviços do servidor de arquivos Symbian através da classe `RFs` (acesso ao sistema de arquivos no *Symbian*). O módulo *Lua Settings*, exporta uma tabela com variáveis contidas no nó *application/x-ginga-settings* do documento NCL, foi modelado na classe `LuaSettings`.

As responsabilidades do módulo *Lua Event* são garantidas pela classe `LuaEventHandler`, a qual faz o tratamento dos eventos Lua definidos em *scripts* NCLua. Para cada classe de evento Lua foi definida uma classe Symbian correspondente, como pode ser observado pelo diagrama de classe da Figura 21.

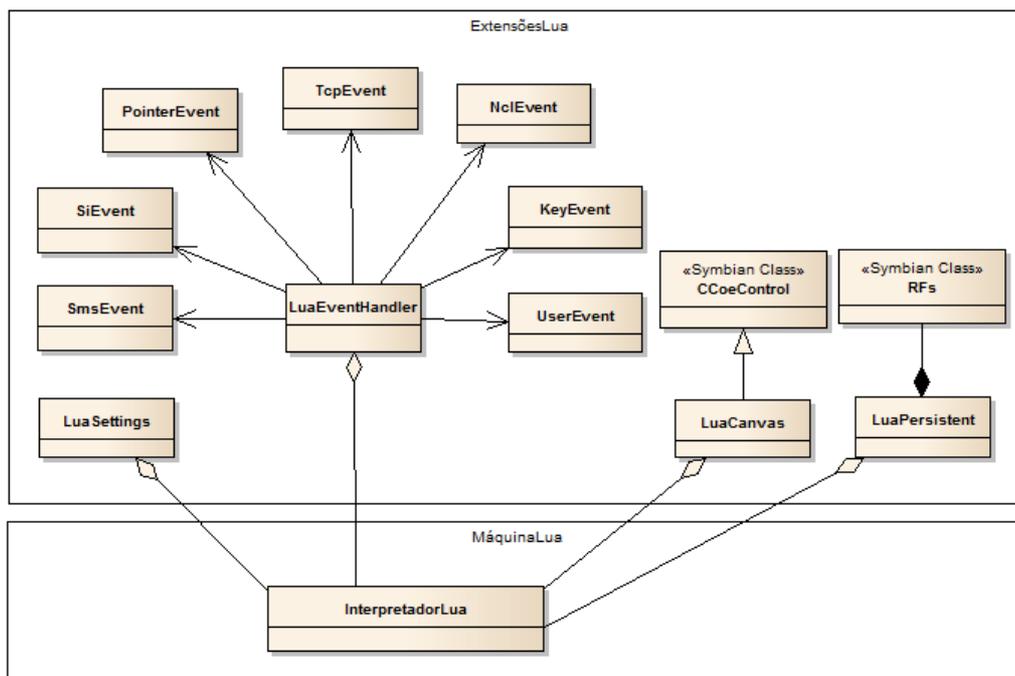


Figura 21 - Diagrama de Classe – Extensões Lua e Máquina Lua

A sequência implementada para o envio de uma mensagem SMS pelo canal de interatividade é ilustrada na Figura 22. As informações relativas ao envio de uma mensagem SMS são extraídas do código NCLua pela máquina virtual Lua e passadas ao `LuaExhibitor`, sub-componente do middleware Ginga responsável por interpretar scripts NCLua. Após a identificação do tipo do evento, o `LuaExhibitor` registra o evento no componente `LuaEventHandler`, responsável por tratar todos os eventos Lua no tempo correto. No momento que o tratador de eventos identifica que o evento de SMS deve ser processado, ele identifica o `LuaExhibitor` através do método `processSmsEvent()`, que repassa para o `SmsEngine` as informações de mensagem como número do telefone destino, número da porta para uso, se houver, e o conteúdo da mensagem. O `SmsEngine` é responsável por enviar a mensagem ao destinatário e notificar assincronamente o `LuaExhibitor` se a mensagem foi enviada com sucesso ou não.

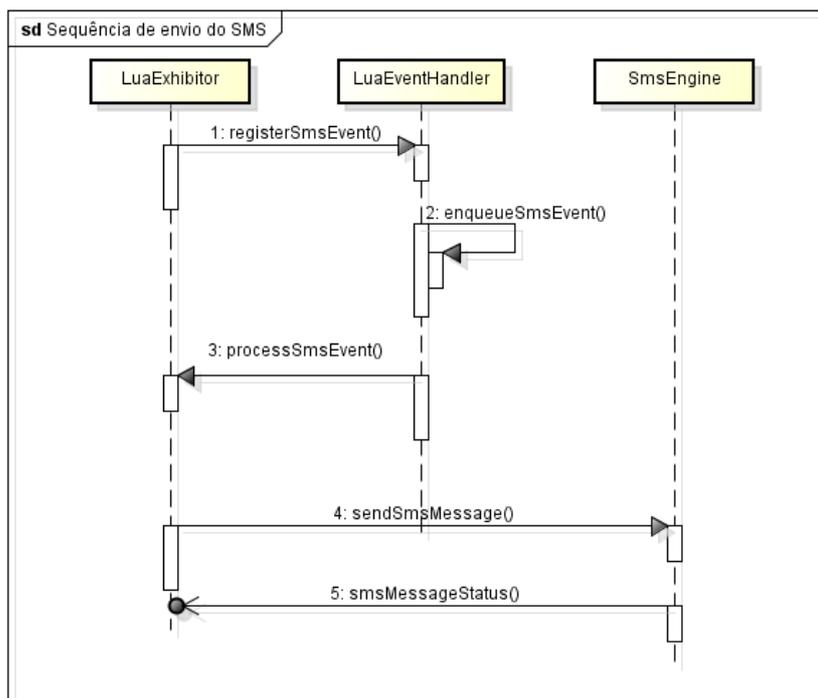


Figura 22 - Diagrama de sequência do envio de um SMS

A Figura 23 mostra os componentes que foram criados para dar o suporte necessário ao envio e recebimento de SMS por parte do middleware Ginga-NCL. O componente fundamental nesta implementação é o `SmsEngine`. Ele é a interface utilizada pelo `LuaExhibitor` para o gerenciamento de mensagens curtas. O `TsmsAddr` é utilizado pelo `SmsEngine` para configurar a porta que será utilizada pelo `socket` para envio da mensagem. As portas podem conter basicamente identificadores de dois tipos, de 8-bits e 16-bits de endereçamento. Para um melhor uso dos recursos nos telefones atuais, o `TsmsAddr` foi configurado para usar portas de 16 bits. Como já foi mostrado na Tabela 7 na seção 4.2, apesar de 2 bytes de endereçamento, apenas valores de portas entre 16000 e 16999 podem ser registrados por aplicações que queiram fazer uso de SMS. Portanto, é papel do `SmsEngine` procurar uma porta disponível neste intervalo e registrá-la como sendo de uso exclusivo do middleware Ginga. Este procedimento não é persistente, e precisa ser repetido toda vez que o middleware Ginga for carregado, podendo ter seu número de porta alterado entre uma sessão e outra. Durante a configuração do protocolo de unidade de descrição (PDU), o mesmo valor de porta é utilizado para configurar tanto a porta de destino como a porta de origem. Desta forma, após o

SMS ser enviado para o servidor tratador de conteúdo interativo, este servidor pode descobrir a porta de origem do middleware Ginga, e a partir daí redirecionar novas mensagens direto para a porta desejada, que será interpretada pelo Ginga novamente, de forma bidirecional.

Depois que o *socket* foi aberto na devida porta, cabe ao `CSmsMessage` a criação da mensagem propriamente dita para ser enviada ao centro de serviço (MSC). A classe `CSmsMessage` representa uma mensagem completa. Os dados que serão adicionados na mensagem vem do código NCLua, passando pelo `LuaExhibitor` e chegando ao `SmsEngine`, que por sua vez serializa a informação para então criar um `CSmsMessage`. Durante a criação desta classe é importante dizer a rota que esta mensagem vai seguir, neste caso é, *SMS-SUBMIT*, ou seja, ela vai sair do dispositivo móvel (MS) com destino ao centro de serviço (MSC). Depois de criado, o `CSmsMessage` é responsável por configurar o tipo de codificação a ser utilizado. Esta implementação adicionou suporte a codificação de 8 bits por entender que com este tipo de codificação, tanto textos com acentuação quanto dados em forma binárias pode ser codificados sem maiores dificuldades. O último passo antes do envio da mensagem é configurar o endereço do centro de serviço (MSC) a qual a mensagem será encaminhada, isto é responsabilidade do `SmsSettings`. Neste momento a mensagem será enviada para o centro de serviço (MSC) configurado, para então ser redirecionada para o telefone do provedor de conteúdo interativo.

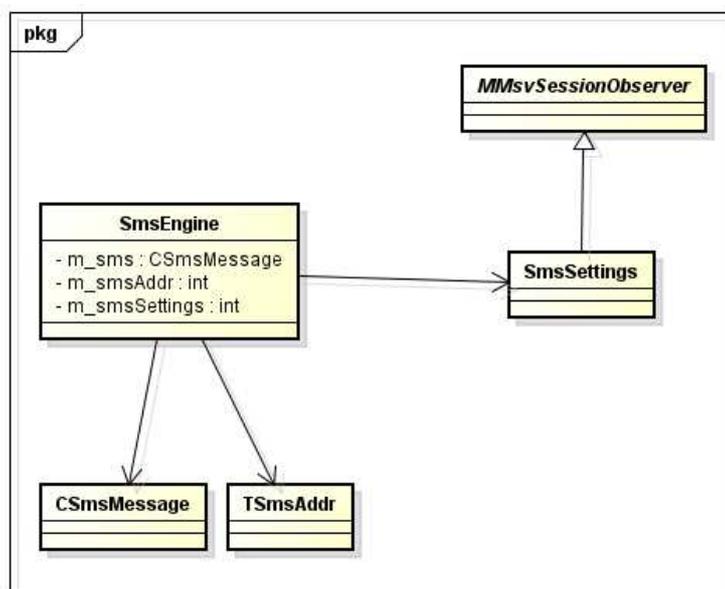


Figura 23 – Diagrama de classe do modulo SMS

5.3 Síntese da Implementação

Este capítulo apresentou a motivação que resultou a escolha do sistema operacional a ser usado por este trabalho. Dois pontos merecem ser destacados: quantidade de usuários que utilizam o sistema, e a possibilidade de uso de componentes especiais do sistema operacional. Com relação ao número de pessoas que utilizam o Symbian como sistema operacional móvel, pode-se notar que apesar da queda no número de usuários ao longo dos últimos anos, o número de usuários ativos é razoavelmente alto, chegando a quase 40% da fatia deste mercado altamente competitivo. O segundo ponto está relacionado a possibilidade do uso de diversas funcionalidades de baixo nível por parte dos programadores interessados, por exemplo, no uso de serviços e protocolos de comunicação, como o SMS. Nos demais sistemas operacionais avaliados, estas funcionalidades costumam ser acessíveis apenas pelo fabricante, impedindo que os demais desenvolvedores possam contribuir da mesma forma.

A seção seguinte discorreu sobre a implementação de um simulador Ginga-NCL para dispositivos portáteis, realizada por Souza (SOUZA, 2012), e quais pontos apresentaram interseção com este trabalho, uma vez que ambos os trabalhos foram realizados de forma paralela, a fim de se haver uma extensão no trabalho de Souza, por parte desta proposta. Por último, os principais diagramas foram apresentados para mostrar de forma objetiva a arquitetura resultante.

6 Testes Funcionais do Sistema Completo

Este capítulo tem como objetivo apresentar os testes realizados para validação do processo de envio e recebimento de SMS como canal de interatividade. A técnica escolhida para tal validação foi a de testes funcionais, também conhecidos como testes de caixa preta. O teste funcional avalia o comportamento externo do componente de software a ser testado, sem considerar o comportamento interno do mesmo. Dados de entrada são fornecidos, o teste é executado e o resultado obtido é comparado a um resultado esperado previamente conhecido. Como detalhes de implementação não são considerados, os casos de testes são todos derivados dos requisitos, que neste caso são:

- Enviar SMS para o número do telefone desejado contendo as informações necessárias de interatividade definidas pela aplicação interativa.
- Receber SMS do servidor de conteúdo para validar a comunicação bidirecional.

Desta forma, foi possível reduzir o escopo do teste para se concentrar apenas na funcionalidade de envio e recebimento de mensagens curtas, deixando outras funcionalidades do middleware fora destes testes.

Para realização dos testes funcionais foram utilizadas duas aplicações escritas em NCL/Lua desenvolvidas exclusivamente para estas validações. A primeira aplicação de teste faz uso de mensagens de textos SMS para eliminação de participantes de um *reality show* fictício. Além da aplicação interativa, uma segunda aplicação foi desenvolvida para simular o servidor de conteúdo. O objetivo deste servidor é de receber a mensagem curta, computar o processamento da votação e enviar uma mensagem de resposta com os dados da votação atualizados. A segunda aplicação simula um ambiente de eleição, onde é possível selecionar o candidato a ser votado através de opções de seleção da aplicação.

6.1.1 Aplicação: *Reality Show*

A idéia foi criar um cenário para simular um mecanismo de votação interativa para remover um participante de um grupo de três pessoas disponíveis, portanto, a aplicação *Reality Show* provê aos usuários de TV a capacidade de votar em um participante do programa, onde, por exemplo, um candidato pode ser eliminado do programa através da soma dos votos de todos os telespectadores. O voto é realizado de maneira simples, bastando que o usuário telespectador pressione uma única tecla, e confirme seu voto. O voto é enviado ao servidor de conteúdo interativo através de mensagens de texto SMS.

A Figura 24 mostra a tela principal do aplicativo responsável pelo envio da informação adequada para o servidor de conteúdo através do uso das teclas interativas no receptor. Teclas interativas, neste contexto, significa as quatro teclas coloridas: vermelho, verde, amarelo e azul. Esta informação será enviada através de uma mensagem SMS para o número de telefone do servidor definido em um script Lua.

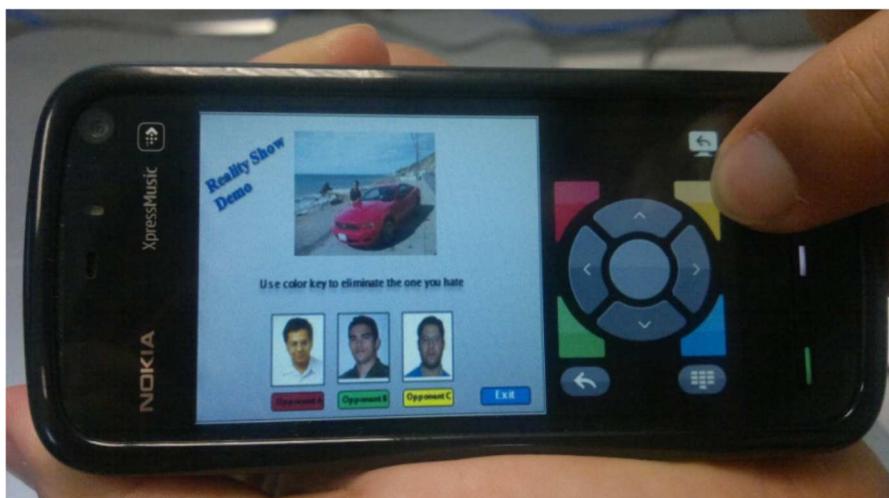


Figura 24 - Tela principal da aplicação

O primeiro passo antes de enviar a mensagem é registrar a porta que se deseja usar para o envio e recebimento de mensagens futuras no contexto desta aplicação. Esta etapa é feita no trecho de código da Figura 25. Mais detalhes sobre o uso de portas SMS, pode ser consultado na seção 4.2.

```

function registerSMS ()
  print('* Registering to receive sms')
  ret = event.post('out', {class='sms', type='register', port=smsport})
  print (ret)
end

```

Figura 25 – Registrando uma porta SMS

Para que o envio da mensagem possa ser interpretado de forma correta, primeiramente é preciso definir o formato da mensagem que será enviada, para que o servidor consiga fazer a análise e interpretar da forma correta.

O formato da mensagem é:

#ginga#XX#Y

Onde:

- **#**: caracter divisor de seção, o servidor espera 3 seções para esta aplicação.
- **'ginga'**: *string* contendo o valor da primeira seção.
- **XX**: a segunda seção deve conter dois caracteres representando o id da aplicação de votação, para que o servidor processe corretamente, pois ele pode processar multiplas aplicações simultaneamente.
- **Y**: a última seção contém o valor do participante a ser eliminado. Este valor pode ser um, dois ou três apenas, por isso, apenas um caracter foi reservado.

O fragmento de código da Figura 26 foi escrito em Lua e mostra o procedimento para o envio de um SMS com base na opção selecionada pelo usuário. A mensagem resultante tem 11 caracteres, dos 160 caracteres disponíveis, uma vez que a codificação usada foi o alfabeto de *7-bit* (vide seção 4.3).

```

function send_vote( vote )
  option = 0
  if( vote == 'RED') then
    option = 1
  elseif( vote == 'GREEN') then
    option = 2
  elseif( vote == 'YELLOW') then
    option = 3
  end

  msg = string.format('#ginga#01#%d', option)
  ret = event.post('out', {class='sms', to=server_phone_number, value=msg} )

  if( ret == false ) then
    canvas:drawText(w/8, h/4, 'Cannot send SMS...')
  end
  return true
end

```

Figura 26 - Código fonte para envio de um SMS

Depois de enviar um SMS para o servidor, o aplicativo interativo está aguardando a mensagem de resposta contendo a confirmação do servidor e as informações parciais da votação até o momento. A Figura 27 mostra o algoritmo usado para lidar com o recebimento da mensagem SMS.

```

function handle_income_sms( evt )
  if( evt.class == 'sms') then
    red_person, green_person, yellow_person = parse_sms( evt.value )
    draw_graphic(red_person, green_person, yellow_person)
    return true
  end
  return false
end

```

Figura 27 - Código fonte para tratar chegada de um SMS

6.1.2 Servidor SMS

Para esta validação, não foi possível o uso de um SMS *gateway* atuando como um servidor profissional de SMS capaz de processar centenas de mensagens simultaneamente. Contudo, isso não foi problema, uma vez que o teste de desempenho da rede estava fora deste escopo. Como o objetivo era testar o envio

correto de apenas algumas mensagens, foi utilizado um telefone celular Symbian agindo como o servidor de conteúdo. A aplicação foi escrita em Symbian C++, e tem a finalidade de receber, processar e reenviar mensagens de texto para qualquer telefone móvel. Mensagens recebidas só serão computadas se elas estiverem no formato conhecido, caso contrário, elas serão ignoradas. Após a contagem, o servidor envia uma mensagem de resposta com os valores parciais da votação para que esta informação possa ser mostrada por todos os receptores envolvidos na votação. A mensagem de resposta enviada pelo servidor tem o seguinte formato:

“#ginga#01#XX;YY;ZZ”

A primeira seção contém o valor “ginga”, representando o servidor. A segunda seção apresenta a identificação da aplicação, neste caso é o valor 01. Por último, é possível visualizar os valores XX, YY e ZZ, eles são inteiros que representam a porcentagem de cada um dos três participantes. Quando a aplicação do cliente receber e interpretar esta informação, um gráfico será exibido contendo os valores parciais da votação como visto na Figura 28.

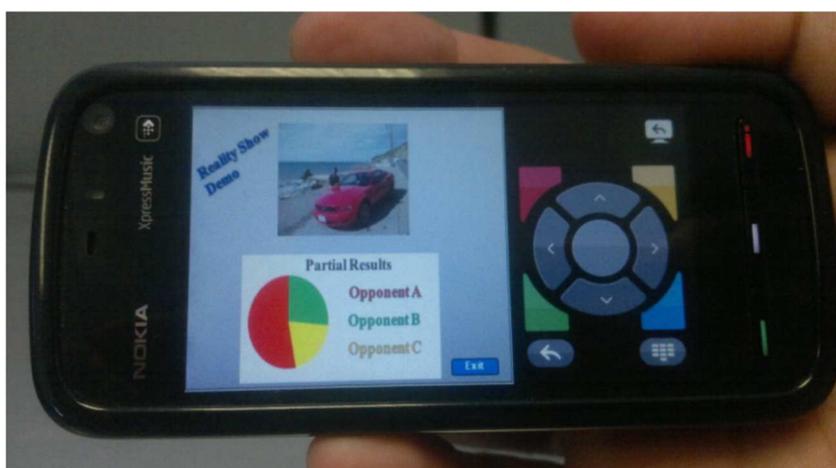


Figura 28 - Resultado parcial

6.2 Aplicação: Eleições 2012

A aplicação interativa Eleições 2012, apresentada na Figura 29, faz uso não só dos objetos de mídias como imagem e textos, mas também dos *scripts* NCLua. Eleições 2012 possui uma tela principal com opções de escolha para os candidatos a prefeito e a vereadores de uma cidade fictícia. Ao selecionar o candidato, o voto do usuário é enviado, via canal de interatividade, ao servidor de conteúdo interativo.



Figura 29 – Aplicação Eleições 2012

Este tipo de aplicação demonstra a potencialidade do padrão adotado pelo Brasil no que se refere à inclusão digital e social da população, uma vez que um maior número de pessoas poderiam facilmente participar de pesquisas de intenção de votos em determinados candidatos. Neste caso em particular, por se tratar de uma aplicação de cunho social, o SMS poderia ser enviado para um número gratuito, sendo subsidiado pelo governo, ou por uma empresa interessada na obtenção destas informações, assim como ocorre nos canais 0800 da telefonia móvel e fixa.

6.3 Resumo sobre os Testes Realizados

Baseado nos testes funcionais, também chamados de testes de caixa preta, onde os requisitos principais eram o de enviar e de receber SMS através do *middleware* Ginga-NCL, pôde-se concluir que os testes apresentados foram satisfatórios, pois foi possível validar o comportamento esperado de ambas as aplicações interativas testadas. As mensagens curtas foram interpretadas corretamente pelo módulo de SMS, pertencente ao *middleware* Ginga, e então enviadas ao destinatário correto. O módulo SMS também foi capaz de receber uma mensagem de confirmação do servidor interativo. Neste caso, o SMS chegou ao telefone celular pela porta correta, configurada previamente no código Lua, e por isso não apareceu na caixa de entrada do telefone celular. Desta forma, foi possível validar esta solução, e também mostrar a viabilidade técnica que envolve este trabalho.

7 Considerações Finais

O canal de interatividade é um grande desafio e um requisito imprescindível para o sucesso dos objetivos sociais do SBTVD, diferenciando-o de qualquer outro sistema implantado no mundo. O SBTVD não será caracterizado pelo padrão, mas pela sua finalidade social, indo muito além de melhorar a recepção de imagem para um telespectador passivo.

Além dos televisores, a tecnologia adotada pelo Brasil para transmissão digital do sinal de TV, permite que o telefone celular receba a programação dedicada a dispositivos portáteis de forma aberta e gratuita. Isto tem se mostrado um ponto favorável quando comparado com os televisores convencionais, uma vez que os telefones móveis estão conectados a uma rede de telefonia. Desta forma, a forte convergência entre as emissoras de TVs e as operadoras de telefonia permitem que o canal de interatividade seja usado de forma a garantir que pessoas de baixa renda possam usufruir deste serviço, sem a necessidade de contratação de planos extras.

Este trabalho apresentou uma proposta para o uso do serviço de SMS como canal de interatividade, também conhecido como canal de retorno. Este serviço está presente em todos os telefones celulares, e por isso, pode contribuir com uma solução de baixo custo para ser usada como canal de interatividade, e desta forma massificar o uso da TV digital interativa no Brasil e em todos os países que adotaram o ISDB-T como padrão televisivo.

7.1 Avaliação dos resultados

Dentre os principais pontos alcançados com este trabalho, pode-se apontar:

- O uso do SMS como canal de interatividade tem se mostrado uma alternativa viável se comparado aos principais modelos de interatividade desenvolvidos (vide Tabela 5) como por exemplo: programas baseados em votação, anúncio interativo, bate papo e jogos, onde o nível de interação costuma ser de forma assíncrona.

- Possibilidade de envio de SMS gratuito para as aplicações de cunho educativo, social e cultural. E desta forma, ir ao encontro dos objetivos do governo, ao criar o SBTVD, de inclusão digital da parcela menos favorecida da população brasileira.
- Artigos científicos publicados na conferência internacional Euro iTV 2011 (ver Apêndice A – Publicações).
- Contribuições para o Fórum SBTVD em relação o perfil de aplicações interativas destinadas à recepção portátil (1seg).

7.2 Dificuldades encontradas

Dentre as dificuldades encontradas durante a elaboração deste trabalho destacam-se:

- Inexistência de aplicações interativas que fizessem uso do SMS sendo transmitidas pelas emissoras. Este trabalho proposto foi testado extensivamente, porém apenas em laboratório, uma vez que até o presente momento, as emissoras não estão enviando aplicações capazes de enviar SMS como canal de interatividade.
- Constantes mudanças na norma brasileira de TV digital. A cada nova proposta apresentada pelos membros do Fórum de TV Digital, no papel de autoridade responsável por conduzir as melhorias do padrão televisivo no país, necessitava de um esforço extra para avaliar o impacto direto ou indireto que a suposta proposta poderia apresentar sobre este trabalho.

7.3 Trabalhos futuros

Como possível trabalho futuro, pode-se apontar o uso da futura rede de telefonia LTE (4G) para intensificar o uso do canal de interatividade por parte dos dispositivos celulares.

Outro possível trabalho seria o de portar este trabalho para outras plataformas alvos, como o iOS, Android, Windows Phone. Neste caso, existe um grande desafio, uma vez que componentes essenciais para uso de mensagens curtas costumam ficar restrito apenas ao proprietário do sistema operacional, impossibilitando que desenvolvedores terceiros consigam um acoplamento grande com componentes baixo nível da possível plataforma alvo.

Referências

3GPP TS 23.040. Technical realization of the Short Message Service (SMS). Disponível em <<http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/23040.htm>>. Último acesso em 24/11/2012.

ABNT NBR 15604. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Televisão digital terrestre - Receptores. São Paulo, SP, Brasil, 2008.

ABNT NBR 15603-1. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Televisão digital terrestre - Multiplexação e serviços de informação (SI) – Parte 1: SI do sistema de radiodifusão. São Paulo, SP, Brasil. 2008.

ABNT NBR 15603-2. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Televisão digital terrestre - Multiplexação e serviços de informação (SI) – Parte 2: Sintaxes e definições da informação básica de SI. São Paulo, SP, Brasil. 2008.

ABNT NBR 15606-2. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Televisão digital terrestre - Codificação de dados e especificações de transmissão para radiodifusão digital Parte 2: Giga-NCL para receptores fixos e móveis – Linguagem de aplicação XML para codificação de aplicações. São Paulo, SP, Brasil. 2008.

ABNT NBR 15606-5. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Televisão digital terrestre - Codificação de dados e especificações de transmissão para radiodifusão digital - Parte 5: Giga-NCL para receptores portáteis – Linguagem de aplicação XML para codificação de aplicações. São Paulo, SP, Brasil. 2008.

ABNT NBR 15607-1. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Televisão digital terrestre - Canal de interatividade Parte 1: Protocolos, interfaces físicas e interfaces de software. São Paulo, SP, Brasil, 2008.

ANATEL. Distribuição de celulares por tecnologia. Disponível em <<http://www.anatel.gov.br/Portal/exibirPortalNoticias.do?acao=carregaNoticia&codigo=18468>> Acesso em 24/11/2012.

BABIN, Steve. Developing Software for Symbian OS: A Beginner's Guide to Creating Symbian OS v9 Smartphone Applications in C++. Editora: John Wiley & Sons. pp. 64 - 77. ISBN: 978-0-470-72570-2. 2007.

BOLAÑO, César; VIEIRA, Vinícius R. TV digital no Brasil e no mundo: estado da arte. Revista de Economía Política de las Tecnologías de la Información y Comunicación, v. 6, n. 2, 2004. 33p.

BRASIL. Decreto Presidencial número 4.901. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/d4901.htm> Último acesso em 24/11/2012.

BRASIL. Resolução nº 41/2007, de 31 de janeiro de 2007. Disponível em <http://www.mc.gov.br/servicos/apresentacoes/doc_download/949-resolucao-n-41-de-31-de-janeiro-de-2007> Último acesso em 08/12/2012.

CAMPISTA, Miguel Elias M, MORAES, Igor M., ESPOSITO, Pedro M., AMODEI, Aurelio, CUNHA, Daniel, COSTA, Luís Henrique, DUARTE, Otto; The Ad Hoc Return Channel: A Low-Cost Solution for Brazilian Interactive Digital TV. Proceedings of the IEEE, vol. 45, pp. 136-143. 2007.

COLLINS, G. W; Fundamentals of Digital Television Transmission. John Wiley & Sons. pp.2-21. 1ª edição, 2001.

CRINON, R. J., BHAT, D., CATAPANO, D., THOMAS, G., LOO, J. T. V., BANG, G.; Data Broadcasting and Interactive Television. Proceedings of the IEEE, vol. 94, pp.102-118. 2006.

CRUZ, Vitor Medina; MORENO, Marcio Ferreira; SOARES, Luiz Fernando Gomes. Ginga-NCL: Implementação de Referência para Dispositivos Portáteis. WebMedia'08, Outubro 26/29/2008, Vila Velha, ES, Brasil.

DUSSELDORP, Monique Van; LEENDERTSE, Matthijs; CONTARDO, Paola. SMS TV: Interactive Television Reinvented. Van Dusseldorp & Partners. 2002.

ETSI TS 102 812 V1.2.2. Digital Video Broadcasting (DVB) – Multimedia Home Platform (MHP) Specification 1.1.1. European Telecommunications Standards Institute, TS 102 812 V1.2.2, 2006.

FERNANDES, Jorge; LEMOS, Guido; SILVEIRA, Gledson. Introdução à televisão digital interativa: arquitetura, protocolos, padrões e práticas. Anais do JAI-SBC. Salvador. 2004. 56p.

FISCHER, Walter. Digital Video and Audio Broadcasting Technology. A Practical Engineering Guide, second ed. Springer. p.175-188. 2008.

FISKE, J. Television culture. Editora: Routledge. p. 188. 1987.

GARTNER, Inc. Disponível em <<http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1372013>>. Último acesso em 24/11/2012.

GINGA. Site Oficial do middleware Ginga. <<http://www.ginga.org.br>>. Último acesso em 24/11/2012.

GOULART, L. J.; Estudo de Caso de uma extensão de Middlewares de TV Digital Interativa para suporte a Aplicações Residentes Não-Nativas. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista — Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Bauru, Brasil, 2009. Disponível em <http://www.dcce.ibilce.unesp.br/ppgcc/dissert/Diss-15-Jekimim.pdf>. Último acesso: 24/11/2012.

IBGE. Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios. Síntese de Indicadores de 2003. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2003/sintese_pnad2003.pdf>. Último acesso em 24/11/2012.

ITU-T J110. Basic principles for a worldwide common family of systems for the provision of interactive television services, p.4. 1997.

JENSEN, Jens F. Interactive Television: New Genres, New Format, New Content. Proceedings of the second Australasian conference on Interactive entertainment, pp. 89-96. 2005.

JONES, G. A., DEFILIPPIS, J. M., HOFFMANN, H., WILLIAMS, E. A.; Digital Television Station and Network Implementation. Proceedings of the IEEE, vol. 94, pp.22-36. 2006.

KAVASSALIS, Petros; BATIKAS, Michael; SABALIS Haralabos; ZAMANI, Themis; EUSTATHIOU, Simoni. SMS Interactive TV: the convergence of television and mobile networks. Proceedings on International Conference on Information and Communication Technologies: From Theory to Applications, pp. 223 – 224, 2004. DOI: 10.1109/ICTTA.2004.1307705.

KUSHCHU, e H KUSCU M. From e-Government to m-Government: Facing the Inevitable. International Conferences on Mobile Government in Europe, America and Asia. 2003. Disponível em <<http://www.mgovservice.ru/upload/uploadfiles/From%20eGov%20to%20mGov.pdf>>. Último acesso em 24/11/2012.

LUA, A Linguagem de Programação. Site Oficial da Linguagem. <http://code.google.com/p/alua/>. Último acesso em 24/11/2012.

MANHÃES, Marcus Aurélio Ribeiro; SHIEH, Pei Jen; LAMAS, Amilton da Costa; MACEDO, Pedro Eduardo de Oliveira. Canal de Interatividade em TV Digital. Cad. CPqD Tecnologia, Campinas, v. 1, n. 1, pp. 29-36. 2005.

MHP WHITE PAPER; Multimedia Home Platform White Paper, disponível em <[http://www.dvb.org/documents/white-papers/WP02%20\(MHP\).pdf](http://www.dvb.org/documents/white-papers/WP02%20(MHP).pdf)>. Último acesso em 24/11/2012.

MIRANDA, J.P; Tchouankem, H.; Kibilda, J.; DASILVA, L.A; Return path for interactive TV using white spaces: A novel application for 802.22 WRAN; Wireless Advanced (WiAd), pp. 95 - 100. 2011. DOI: 10.1109/WiAd.2011.5983293.

MORRIS, Steven; SMITH-CHAIGNEAU, Anthony. Interactive TV Standards: A Guide to MHP, OCAP, and JavaTV, p. 433-439, Ed. Focal Press, 2005.

NCL. Site Oficial da Linguagem Nested Context Language. <<http://www.ncl.org.br/pt-br/inicio>>. Último acesso em 24/11/2012.

PIESING, J.; The DVB Multimedia Home Platform (MHP) and Related Specifications. Proceedings of the IEEE, vol. 94, nº 1, pp. 237-247. 2006.

PUC-RIO, 2008. Disponível em <[http://www.tvdi.inf.br/site/artigos/Assuntos Diversos/NCLua - Objetos Imperativos Lua na Linguagem Declarativa NCL - SANT%27ANNA, CERQUEIRA, SOARES.pdf](http://www.tvdi.inf.br/site/artigos/Assuntos%20Diversos/NCLua%20Objetos%20Imperativos%20Lua%20na%20Linguagem%20Declarativa%20NCL%20-%20SANT%27ANNA,%20CERQUEIRA,%20SOARES.pdf)>. Último acesso em 24/11/2012.

REIMERS, U. H.; DVB - The Family of International Standards for Digital Video Broadcasting. Proceedings of the IEEE, vol. 94, pp.173-182. 2006.

SANT'ANNA, Francisco; NETO, Carlos de Salles Soares; BARBOSA, Simone Diniz Junqueira; SOARES; Luiz Fernando Gomes. Aplicações Declarativas NCL com Objetos NCLua Imperativos Embutidos. Monografias em Ciência da Computação. PUC-RIO, 2009. Disponível em: <ftp://ftp.inf.puc-rio.br/pub/docs/techreports/09_17_santanna.pdf> Último acesso em 24/11/2012

SANT'ANNA, Francisco; CERQUEIRA, Renato; SOARES, Luiz Fernando Gomes. NCLUA – Objetos Imperativos LUA na linguagem declarativa NCL.

SOARES, Luiz Fernando G; BARBOSA, Simone Diniz Junqueira. Programando em NCL 3.0: desenvolvimento de aplicações para middleware Ginga, TV digital e Web. Rio de Janeiro, p.22, Ed. Elsevier, 2009.

SOUZA, Fabio Gomes de. Simulador Ginga-NCL para Dispositivos Portáteis. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil. 2012.

TUOMI, Pauliina. SMS-Based Human-Hosted Interactive TV in Finland. Proceeding of uxTV'08, Silicon Valley, California, pp. 67-70. 2008. DOI: 10.1145/1453805.1453821.

UEHARA, M.; Application of MPEG-2 Systems to Terrestrial ISDB (ISDB-T). Proceedings of the IEEE, vol. 94, nº 1, pp. 261-268. 2006.

WU Y., HIRAKAWA S., REIMERS U. H., WHITAKER J.; Overview of Digital Television Development Worldwide. Proceedings of the IEEE, vol. 94, pp.8-21. 2006.

ZIMERMANN, Filipi. Canal de Retorno em TV Digital. Técnicas e abordagens para a efetivação da interatividade televisiva. Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Informática e Estatística. Florianópolis. 2007.

ZUFFO, Marcelo Knörich. TV digital aberta no Brasil: políticas estruturais para um modelo nacional. Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos Escola Politécnica, São Paulo. 2003. 16p.

Apêndice A – Publicações

Abaixo seguem publicações que foram resultados da pesquisa desenvolvida neste trabalho de dissertação.

A.2 SMS as interactive channel for portable digital TV receivers

PINTO Luiz Filipe da Silva Souza; SOUZA, Fábio Gomes De; LUCENA JR, Vicente Ferreira De. *SMS as interactive channel for portable digital TV receivers*. EuroITV Proceedings of the 9th international interactive conference on Interactive television, pp. 199 – 202. 2011. Lisbon, Portugal. DOI: 10.1145/2000119.2000160.

A.1 GEmPTV: Ginga-NCL Emulator for Portable Digital TV

SOUZA, Fábio Gomes De; PINTO Luiz Filipe da Silva Souza; LUCENA JR, Vicente Ferreira De. *GEmPTV: Ginga-NCL Emulator for Portable Digital TV*. Second Euro ITV Workshop on Interactive Digital TV in Emergent Economies at EuroITV 2011 in Lisbon, Portugal.