

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



Marcio Ferreira Moreno

Um Middleware Declarativo para Sistemas de TV Digital Interativa

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Informática da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Luiz Fernando Gomes Soares
Co-orientador: Prof. Rogério Ferreira Rodrigues

Rio de Janeiro, abril de 2006.



Marcio Ferreira Moreno

Um Middleware Declarativo para Sistemas de TV Digital Interativa

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Informática da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Luiz Fernando Gomes Soares

Orientador

Departamento de Informática - PUC-Rio

Prof. Rogério Ferreira Rodrigues

Co-orientador

Departamento de Informática - PUC-Rio

Prof. Renato Fontoura de Gusmão Cerqueira

Departamento de Informática - PUC-Rio

Prof. Sérgio Colcher

Departamento de Informática - PUC-Rio

Prof. José Eugênio Leal

Coordenador Setorial do Centro

Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 12 de abril de 2006.

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

Marcio Ferreira Moreno

Graduou-se em Informática pela UFJF (Universidade Federal de Juiz de Fora) em 2004. Foi bolsista CNPq na área de Projetos Colaborativos assistidos por Redes durante a graduação.

Ficha Catalográfica

Moreno, Marcio Ferreira

Um Middleware Declarativo para Sistemas de TV Digital Interativa / Marcio Ferreira Moreno; orientador: Luiz Fernando Gomes Soares – Rio de Janeiro: PUC, Departamento de Informática, 2006.

105 f. ; 29,7 cm

Incluí referências bibliográficas.

1. Informática – Teses. 2. Middleware Declarativo. 3. TV Digital Interativa. 4. Sincronismo de Mídias. 5. Formador. 6. NCL. 7. MPEG-2. 8. DSM-CC. 9. DirectFB. 10. Video4Linux. I. Soares, Luiz Fernando Gomes. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

Este trabalho é dedicado

Aos meus pais, Jasmina e Wanderley, sábios lutadores que sempre mostraram, com exemplos, o caminho certo a ser trilhado. Eternos amores da minha vida.

Aos meus irmãos, Patrícia e Marcelo, meus ídolos. Sinônimos de amor, amizade, companheirismo, e inteligência.

À Suzana, um novo amor que está às margens da perfeição.

Agradecimentos

Agradeço, em primeiro lugar, ao meu orientador, Professor Luiz Fernando Gomes Soares, por todos os valiosos ensinamentos e por não medir esforços na sua orientação. Pela sua perfeição como pesquisador e orientador. Concentro nele todas as minhas ambições como cientista.

Agradeço também ao meu chefinho LF, por não existir problema que seu vitaminado cérebro não resolva. Sem querer incomodar, mas já incomodando: obrigado chefinho!

Em especial agradeço ao meu co-orientador, Professor Rogério Ferreira Rodrigues, por sua dedicação ao trabalho e pela orientação. Suas características (companheirismo, atenção, paciência e inteligência) foram fundamentais na concepção deste trabalho.

Agradeço ainda ao meu amigo Roger, pelo companheirismo na feijoada com caipirinha aos sábados e domingos de trabalho e pela preciosa e paciente ajuda na exaustiva depuração de código através de *couts*. Esse é mais F. que o bolinha.

Agradeço também ao bolinha pelas inúmeras noites viradas. Enquanto eu dormia e, recentemente, namorava, lá estava o bolinha para fazer meu trabalho.

Em especial, agradeço ao meu irmão, Marcelo, e minha cunhada, Lorenza, pelo apoio na moradia, carinho, incentivo e bons conselhos.

Agradeço também aos amigos do TeleMídia, pacientes receptores dos meus ruídos, em especial ao Júnior (o que mais sofreu), ao Carlão (pelas inúmeras madrugadas de trabalho), a Cavendish (por ceder o Carlão) e a Lambão (pela ajuda com o exibidor Lua). Agradeço ainda aos professores e funcionários da PUC-Rio, pela qualidade do ensino e qualidade que trazem à esta universidade.

Agradeço também aos membros da banca, pelos comentários, sugestões e revisões.

Finalmente, agradeço à CAPES, a PUC-Rio e ao Laboratório TeleMídia pela estrutura, infra-estrutura e todo tipo de apoio, inclusive financeiro, fundamentais à realização deste trabalho.

Resumo

Moreno, Marcio Ferreira. **Um Middleware Declarativo para Sistemas de TV Digital Interativa**. Rio de Janeiro, 2006. 105 páginas. Dissertação de Mestrado - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A evolução das técnicas de codificação digital, aliada aos esquemas eficientes de modulação para transmissões digitais, tornou possível o advento da TV digital (TVD). Entretanto, obter baixo custo nos terminais de acesso é fator crucial para o sucesso da TVD aberta, principalmente nos países em desenvolvimento. Para que o baixo custo comprometa o mínimo possível dos recursos dos terminais de acesso, é interessante que eles estejam isentos de custos adicionais como, por exemplo, software, propriedade intelectual e royalties. Um dos principais pontos para tornar isso possível concentra-se na escolha do middleware (que faz uso de mecanismos definidos por protocolos de comunicação, sistema operacional e suas bibliotecas) para suporte às aplicações. A maioria dos middlewares declarativos existentes privilegiam a interatividade em detrimento da sincronização. Entretanto, na maioria das vezes as aplicações de TVD devem lidar com a sincronização de objetos de diferentes tipos de mídia, além dos objetos de vídeo e áudio que compõem o fluxo principal. Assim, o sincronismo de mídias deve ser o foco da linguagem declarativa a ser utilizada pelo middleware, tratando a interatividade como um caso particular do sincronismo. Este trabalho tem como objetivo propor um middleware declarativo para sistemas de TVD interativa com foco no sincronismo de mídias. Na implementação do middleware proposto, a arquitetura modular do Formador HyperProp, que serviu como base dessa implementação, foi reestruturada em um perfil simples, direcionado à TVD, e reimplementada na Linguagem C++. Todos os exibidores de mídia desenvolvidos atendem aos requisitos dos terminais de acesso de baixo custo.

Palavras-chave

Middleware Declarativo; TV Digital Interativa; Sincronismo de Mídias; Formador; NCL; MPEG-2; DSM-CC; DirectFB; Video4Linux.

Abstract

Moreno, Marcio Ferreira. **A Declarative Middleware to Interactive TV Systems**. Rio de Janeiro, 2006. 105 pages. Master Thesis - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The evolution of digital modulation techniques and the efficient schemes for digital transmissions have allowed the advent of the digital TV. Conceiving low cost receivers is one of the main challenges to broaden digital TV use, mainly in non-developed countries. As a consequence, low cost requirements should not burden receiver resources that should try to reduce their costs in items such as software copyright and royalties. In this scenario, the middleware (which use mechanisms defined by the communication protocols, the operational system and its libraries) conception plays an important role.

A great number of declarative middlewares focuses on user interaction instead of synchronization, in its broad sense. However, the majority of digital TV applications deals with different types of media-object synchronization, beyond the audio and video that compose the main stream. Thus, the declarative middleware language focus should be placed on synchronism, having user interaction as a special synchronization case. This is the goal of this work.

The middleware implementation presented in this work is based on the modular architecture of the HyperProp Formatter, whose architecture was reorganized in a simple profile for digital TV systems. The implementation was carried out using C++ language, and all media players were developed to run in low cost receivers.

Key words

Declarative Middleware; Interactive TV; Digital TV; Media Synchronism; Formatter; NCL; MPEG-2; DSM-CC; DirectFB; Video4Linux.

Índice

1 Introdução	13
1.1. Motivação	14
1.2. Objetivos	19
1.3. Organização do Documento	21
2 Trabalhos Relacionados	22
2.1. DVB-HTML	22
2.2. DASE Declarativo	32
2.3. BML	39
2.4. Análise Comparativa	46
3 Tecnologias Relacionadas	49
3.1. MPEG-2 Sistemas	49
3.2. DSM-CC	53
3.3. Modelo de Apresentação	58
3.4. Sistemas Operacionais para Terminais de Acesso	60
3.5. DirectFB	61
4 Arquitetura do Middleware <i>Maestro</i>	65
4.1. Arquitetura Modular	65
4.2. Módulo Sintonizador	66
4.3. Módulo Filtro de Seções	69
4.4. Módulo DSM-CC	70
4.5. Núcleo e Exibidores	74
5 Descrição da Implementação	81
5.1. Bibliotecas Utilizadas	82
5.2. Núcleo	84
5.3. Exibidores	87
6 Conclusões e Trabalhos Futuros	97

Lista de figuras

Figura 1: (a) Padrões reconhecidos pelo <i>User Agent</i> DVB-HTML. (b) Arquitetura Middleware MHP (Procedural + Declarativo)	23
Figura Tabela 32: Propriedades CSS sobre o Modelo de Apresentação MHP	27
Figura 3: Cadastro de aplicação DVB-HTML em um evento DOM, que pode ser a tradução de um evento DSM-CC	31
Figura 4: Arquitetura do Middleware DASE (Declarativo + Procedural)	33
Figura 5: Arquitetura do Middleware ARIB (Declarativo + Procedural)	40
Figura 6: Exemplo do Uso de Atributos para Controle de Exibição de Fluxo	43
Figura 7: Relacionamento entre SIs e fluxos elementares.	51
Figura 8: Estrutura de Diretórios.	55
Figura 9: Divisão da Estrutura de Diretórios da Figura 8 em Módulos.	55
Figura 10: Disposição dos Módulos da Figura 9 no Carrossel de Objetos.	55
Figura 11: Exemplo de Sincronismo através de Eventos DSM-CC.	58
Figura 12: Modelo de Apresentação da TV Digital.	59
Figura 13: Diagrama de Interfaces do DirectFB	62
Figura 14: Modelo de Apresentação sob a Ótica do DirectFB	63
Figura 15: Arquitetura Modular do Middleware <i>Maestro</i> .	66
Figura 16: Diagrama de Classes central do Núcleo do <i>Maestro</i> com principais métodos.	85
Figura 17: Diagrama de Classes para a implementação dos Exibidores.	87
Figura 18: Diagrama de Classes do Gerenciador de Layout.	95

Lista de tabelas

Tabela 1: Módulos XHTML utilizados por DVB-HTML.	25
Tabela 2: Precondições dos Eventos Definidos no Módulo <i>DVB Intrinsic Events</i> .	26
Figura Tabela 32: Propriedades CSS sobre o Modelo de Apresentação MHP	27
Tabela 4: Módulos DOM utilizados por DVB-HTML.	28
Tabela 5: Módulos XHTML utilizados por XDML.	35
Tabela 6: Módulos DOM utilizados por DASE.	37
Tabela 7: Módulos XHTML utilizados por BML.	41
Tabela 8: Tipos de eventos <i>beitem</i> e suas respectivas semânticas.	42
Tabela 9: Módulos DOM utilizados por BML.	45
Tabela 10: Estrutura de uma Seção Privada MPEG-2 (ISO, 2000a)	53
Tabela 11: Exemplo de Objeto de Evento DSM-CC.	57
Tabela 12: API oferecida pelo <i>NetworkInterfaceManager</i> .	67
Tabela 13: API oferecida pelo <i>NetworkInterface</i> .	68
Tabela 14: API oferecida pelo <i>NetworkInterfaceController</i> .	69
Tabela 15: API oferecida pelo <i>SectionFilter</i> .	70
Tabela 16: API oferecida pelo <i>ServiceDomain</i> .	71
Tabela 17: API oferecida pelo <i>StreamEventObject</i> .	73
Tabela 18: API oferecida pelo <i>StreamEvent</i> .	73
Tabela 19: API oferecida pelo <i>PrivateBaseManager</i> .	75
Tabela 20: Eventos DSM-CC interpretados pelo sub-módulo Gerenciador DSM-CC.	77