

7 Conclusões

Esta tese apresenta uma análise detalhada das principais questões envolvidas no projeto e implementação de sistemas para controle de apresentações hipermídia. Primeiramente (Capítulo 1), o trabalho posiciona a função de controle da execução (formatação) dentro da arquitetura dos sistemas hipermídia. Em seguida (Capítulo 2), a tese conduz um estudo das características comuns e também das características desejáveis de serem encontradas nos modelos para definição de hiperdocumentos. Foi possível constatar que, não somente a descrição dos documentos, mas também informações contextuais externas aos documentos são desejáveis de estarem disponíveis no momento da execução da apresentação, pois é natural que a formatação dos documentos seja tratada como uma aplicação orientada a contexto. A partir dos requisitos levantados, foi definido um modelo de documentos orientado à máquina de controle (formatador), baseado nos conceitos de eventos e elos. O modelo proposto permite que as especificações dos documentos sejam flexíveis, buscando favorecer a exploração das informações contextuais e a aplicação de técnicas de adaptação. O modelo também procura ser genérico e extensível para acomodar o controle de apresentações descritas em modelos de autoria hipermídia.

O passo seguinte do trabalho foi levantar os requisitos para o ambiente de execução hipermídia e, em especial, as funcionalidades desejáveis de serem encontradas nas implementações de formatadores. Nesse sentido, os Capítulos 3 e 4 discutem a estruturação dos componentes de formação, a integração entre ferramentas de exibição e formatadores, a integração entre ferramentas de diferentes desenvolvedores, a incorporação de mecanismos de pré-busca, a orquestração da qualidade de serviço das apresentações, tanto inter-mídia como intra-mídia, e o projeto e implementação de mecanismos de ajuste temporal dos componentes de um hiperdocumento.

As análises realizadas e a modelagem proposta para o projeto de ambientes de execução hipermídia são as duas principais contribuições desta tese. O resultado final foi uma arquitetura que integra três tipos de orquestração (orquestração da apresentação propriamente dita, orquestração da pré-busca e orquestração intra-mídia), mecanismos de adaptação das apresentações e mecanismos de consulta a informações contextuais. Todos esses aspectos de controle estão organizados de maneira modular e independentes das ferramentas responsáveis por exibir os conteúdos. O objetivo é facilitar a integração de formatadores, tanto a novas ferramentas de exibição que venham a ser desenvolvidas, como a adaptadores para exibidores que já existem e sejam utilizados em outros sistemas de apresentação hipermídia. A arquitetura proposta para o ambiente de execução também procura viabilizar a integração entre ferramentas de diferentes desenvolvedores (Rodrigues et al., 2001).

De um modo mais detalhado, é possível desmembrar as duas principais contribuições descritas no parágrafo anterior nos seguintes itens:

- especificação de um modelo hipermídia de execução propício à implementação de estratégias de adaptação;
- modelagem de um ambiente de execução hipermídia genérico;
- definição de uma API para integração de formatadores com exibidores genéricos;
- análise dos requisitos e modelagem de uma arquitetura genérica para mecanismos de pré-busca;
- análise dos requisitos e modelagem de uma arquitetura genérica para mecanismos de orquestração intra-mídia, integrada ao framework de orquestração de QoS proposto em (Gomes, 1999; Gomes et al., 2001);
- análise dos requisitos e modelagem de uma arquitetura genérica para mecanismos de adaptação dos documentos. O módulo de adaptação proposto prevê a incorporação de estratégias de ajuste dos tempos elásticos e de adaptação dos objetos em função das características da plataforma de exibição. Conforme discutido no Capítulo 2, o foco da pesquisa foi a adaptação em relação à infra-estrutura, mas adaptações simples orientadas ao perfil do usuário também podem ser aplicadas.

Adicionalmente, esta tese contribui com a implementação de um formatador hipermídia e de ferramentas de exibição para o sistema HyperProp (Capítulo 5). Essa implementação foi útil na validação das propostas desta pesquisa e, ao mesmo tempo, permitiu refinar as análises com uma visão das questões práticas no desenvolvimento de um ambiente de execução. Da mesma maneira que nas contribuições anteriores, é possível enumerar de modo mais detalhado os resultados obtidos com a implementação:

- implementação de ferramentas de exibição para os tipos básicos de mídia. No caso das mídias contínuas foram desenvolvidos adaptadores para o *Java Media Framework* da Sun;
- implementação de um módulo conversor que faz a tradução do modelo de documentos NCM para o modelo hipermídia de execução definido para o formatador;
- implementação de módulos conversores que fazem a tradução das linguagens NCL e SMIL (versão 1.0) para o modelo de documentos NCM;
- implementação de um módulo de pré-busca para melhorar a qualidade das apresentações hipermídia. Nesse caso, foram desenvolvidas estratégias para a compilação dos planos e escalonamento das ações;
- implementação de um módulo de adaptação integrado a um conjunto de algoritmos para cálculo de ajuste dos tempos elásticos, desenvolvidos em um projeto de cooperação com o grupo de pesquisa em otimização da Universidade Blaise Pascal.

A pesquisa realizada nesta tese também contribuiu para o refinamento do Modelo de Contextos Aninhados (Soares et al., 1998a; Soares et al., 1998b; Soares et al., 1999; Soares et al., 2000; Soares et al., 2003) e para a definição de um conjunto de módulos para autoria declarativa de documentos hipermídia (Antonacci et al., 2000; Muchaluat-Saade et al., 2002; Muchaluat-Saade, 2003; Rodrigues, 2002a). Além disso, o trabalho realizado colaborou para o estudo do uso de *model checker* na verificação formal da consistência temporal de apresentações (Felix et al., 2002) e para a definição de heurísticas para o ajuste das apresentações em tempo de execução (Medina et al., 2001).

Como trabalho futuro, pretende-se implementar um módulo gerente da orquestração intra-mídia, integrado a mecanismos de orquestração da QoS em sistemas operacionais e redes. Nesse sentido, o próximo passo é efetuar a junção com o controlador de admissão para sistemas operacionais Linux, desenvolvido por (Moreno, 2002), e também com a API para reserva de recursos em redes TCP/IP, definida em (Mota, 2001). Pretende-se também explorar o recurso da orquestração de pré-busca para integrar o formatador HyperProp a provedores com suporte à reserva de recursos antecipada (Berson et al., 1998; Degermark et al., 1995; Wolf et al., 1995).

Outro trabalho futuro é a atualização do conversor SMIL para oferecer suporte a especificações realizadas na versão 2.0 da linguagem (W3C, 2001a) e para tradução dos documentos diretamente no modelo de execução. Nessa linha, esforços também podem ser feitos para implementar conversores para outros modelos de entrada.

Um terceiro trabalho interessante é a implementação do proxy de informações contextuais do formatador HyperProp como um usuário de um mecanismo de gerência de contexto externo.

Ainda em termos de implementação, com a concretização dos serviços de informação contextual, estratégias mais precisas para a estimativa dos tempos de preparação podem ser desenvolvidas e incorporadas ao mecanismo de pré-busca do formatador HyperProp. Pretende-se também, embutir no formatador, técnicas de ajuste do plano de pré-busca em tempo de execução e estratégias que, na construção do plano, considerem as probabilidades de interatividade do usuário e a gerência do espaço em memória no cliente para armazenamento prévio dos conteúdos.

Dando continuidade à cooperação com o grupo de otimização da Universidade Blaise Pascal, pretende-se investigar o uso, na prática, dos diversos algoritmos propostos e implementados para ajuste otimizado dos tempos elásticos, não só em compilação, como também durante a execução dos documentos. Os estudos futuros pretendem considerar, além da minimização dos custos, outros critérios, como o número de objetos modificados e a distribuição dos ajustes entre os objetos. Uma investigação dos mecanismos de construção dos grafos de tensão também se faz necessária. É preciso estender a função geradora do grafo para que

considere não apenas os eventos externos, como também eventos de apresentação internos a um objeto. Outro aspecto que requer um estudo maior é o mapeamento das condições e restrições compostas, previstas pelo modelo de execução do formatador, nos nós e arestas do grafo de tensões. Talvez também seja preciso fazer uso no formatador de algoritmos que decomponham a cadeia temporal em estruturas que respeitem a topologia série-paralelo.

Ligada à questão da adaptação, está também o estudo da adequação do framework de formatação proposto nesta tese para acomodar técnicas de adaptação dos documentos orientadas ao usuário e orientadas à manipulação da quantidade de informação, discutidas na Seção 2.1.1.1.

Em andamento, encontra-se o projeto para realizar uma nova instanciação do framework para construção de ambientes de execução adequados para equipamentos receptores (*set-top boxes*) de sinais de televisão digital, a fim de utilizar os vários mecanismos de orquestração definidos nesta tese no controle de programas de TV interativa. Da mesma forma, poderia ser realizado um estudo da adequação do framework de formatação para instanciar formatadores que controlem a apresentação em clientes distribuídos, isto é, clientes cujos dispositivos de entrada e saída encontram-se espalhados em mais de uma estação, interligadas por um sistema de comunicação.

A idéia de distribuir os mecanismos de controle das apresentações hipermídia pode ser estendida, colocando o formatador como um conjunto de mecanismos que executam cooperativamente na plataforma cliente, na plataforma servidora e também em possíveis elementos intermediários (proxies, caches etc.). Esse tipo de generalização é um tópico em aberto, que merece um estudo mais detalhado. No entanto, espera-se que os resultados obtidos com este trabalho possam contribuir na busca de soluções para essa questão.

Por fim, espera-se que, com o refinamento dos componentes e das interfaces definidas na arquitetura proposta nesta tese, seja possível obter uma plataforma aberta para teste de novos algoritmos envolvidos no controle de apresentações de hiperdocumentos.