

# 1 Introdução

Uma aplicação hipermídia é formada por um conjunto de informações distribuídas no tempo e espaço. Assim, cada aplicação, além do seu conteúdo (vídeo, áudio, texto, imagem etc.), contém a especificação da sincronização espaço-temporal das suas mídias. Um mesmo conjunto de mídias pode ser utilizado em diferentes aplicações, cada uma com sua própria especificação de sincronização espaço-temporal.

A especificação do sincronismo temporal entre objetos de mídia em uma aplicação pode ser realizada em relação a intervalos absolutos de um eixo temporal. No entanto, essa abordagem só é adequada quando os instantes temporais dos relacionamentos entre as mídias são deterministicamente conhecidos em tempo de especificação da aplicação e não se alteram durante a sua apresentação. Nas aplicações onde o sincronismo depende da ocorrência de eventos<sup>1</sup> com duração variável ou mesmo imprevisível no momento da especificação, é imperativo que essa especificação seja realizada de forma relativa à ocorrência desses eventos, independente do instante temporal em que eles ocorrem e se de fato eles irão ocorrer.

Nas aplicações especificadas de forma relativa, a apresentação pode ter de ser iniciada sem que todos os eventos que deverão ser processados sejam conhecidos a priori. No entanto, quando os momentos temporais absolutos de ocorrência dos eventos não podem ser ao menos previstos, pode ser difícil preservar a qualidade da apresentação, como será discutido na próxima seção.

Nesta tese, um conjunto de estruturas de dados é proposto com o objetivo de permitir que os momentos temporais para a ocorrência dos eventos possam ser calculados com precisão em tempo de exibição, e previstos (em todas as suas possibilidades) em tempo de carga da aplicação. A principal estrutura proposta, base de todas as outras, é formada por um grafo temporal de dependências,

---

<sup>1</sup> Qualquer ocorrência no tempo de duração finita ou, na maioria das vezes, infinitesimal (Pérez-Luque, 1996).

denominado HTG (*Hypermedia Temporal Graph*), baseado nos relacionamentos entre os eventos definidos na aplicação. Os momentos absolutos do sincronismo temporal são calculados a partir desse grafo. Quando a aplicação define eventos imprevisíveis e adaptações, como usualmente acontece nas aplicações hipermídia, esses momentos somente podem ser completamente calculados durante a apresentação, porém imediatamente antes que os momentos das ocorrências dos eventos considerados sejam alcançados.

Este capítulo prossegue descrevendo funcionalidades desejáveis em um sistema hipermídia, quer para o aumento da qualidade de uma apresentação, quer para uma melhor utilização de recursos (usualmente escassos na maioria dos casos), que dependem de informações sobre o sincronismo temporal entre os eventos definidos pelas aplicações. Essas funcionalidades servem como motivações para o trabalho desenvolvido nesta tese, bem como para evidenciar as contribuições alcançadas no trabalho. Após essa breve contextualização, os objetivos desta tese são estabelecidos e a estrutura do restante deste documento é apresentada.

## **1.1. Motivação**

### **1.1.1. Controle do Tempo da Apresentação e da Transmissão**

O controle do sincronismo temporal nas aplicações permite que os usuários possam posicionar as apresentações em um momento qualquer no tempo, retrocedendo a apresentação ou avançando até um ponto desejado. Esse controle também é necessário para que os usuários possam pausar uma aplicação e recomeçá-la algum tempo depois, próximo ao momento da pausa (por exemplo, na troca e retorno entre canais em um sistema de TV digital) ou mesmo dias ou semanas após essa interrupção (por exemplo, na gravação de uma aplicação de TV digital em um *Personal Video Recorder* - PVR para posterior continuação). Além de útil aos usuários assistentes da aplicação (por exemplo, os telespectadores de um sistema de TV digital) em geral, essas funcionalidades (pausa, recomeço, avanço etc.) são particularmente úteis para os desenvolvedores das aplicações, que constantemente precisam visualizar os resultados das modificações realizadas em

suas especificações, sem que seja necessário recomeçar, desde o início a apresentação, a cada modificação.

Como exemplo, nos Sistemas de TV Digital Interativa (STVDI) em geral (ABNT, 2009; ARIB, 2005; ATSC 2005; ETSI, 2005), telespectadores podem, ao sintonizar um canal, começar a assistir uma apresentação (um programa de TV) já iniciada. Nesse caso, para preservar a semântica da aplicação, pode ser necessário que a apresentação seja realizada a partir do ponto em que o vídeo principal dessa aplicação esteja sendo exibido. Mais ainda, como já mencionado, telespectadores podem sintonizar diversos canais sequencialmente, entrando e saindo em várias aplicações, em diferentes pontos de suas apresentações.

Para posicionar uma apresentação em um momento qualquer de sua duração, os instantes temporais para a ocorrência dos eventos devem ser conhecidos ou probabilisticamente preditos. Nesta tese, esses instantes temporais fazem parte de um plano de apresentação, construído passo a passo no tempo, a partir do HTG construído para a aplicação, mencionado na seção anterior.

Em relação à preservação da qualidade da apresentação, a exibição de cada conteúdo de mídia em uma aplicação exige o gerenciamento dos seus exibidores, que normalmente devem ser individualmente instanciados antes dos momentos previstos para cada exibição, evitando a ocorrência de atrasos e dessincronização. A partir do HTG, esta tese também propõe a construção de um plano de carregamento de exibidores, contendo os momentos apropriados para a instanciação de cada exibidor, durante uma apresentação.

Para preservar a qualidade da apresentação, não somente os exibidores devem ser instanciados em tempo hábil, mas os conteúdos das mídias também devem estar disponíveis para apresentação. Nas apresentações distribuídas não é necessário que todas as mídias definidas em uma aplicação tenham sido recebidas para que uma apresentação seja iniciada. Na verdade, esperar que todas as mídias sejam recebidas pode inserir um atraso desnecessário, além de exigir que a máquina de apresentação disponha de espaço suficiente para armazenar, ainda que temporariamente, todo o conteúdo de uma aplicação, o que não é o caso esperado em receptores de TV digital.

O recebimento do conteúdo das mídias simultaneamente à apresentação pode ser realizado através de solicitações aos servidores. Para realizar essas solicitações em tempo hábil, é necessário não só conhecer os instantes temporais

das ocorrências dos eventos nas aplicações, mas também conhecer as características do sistema de comunicação utilizado. Para realizar a solicitação dos conteúdos das mídias, esta tese propõe a construção de dois planos, também baseados no HTG, o plano de pré-busca, para canais onde não é oferecida nenhuma forma de alocação dos recursos no sistema de transporte e o plano de QoS, para sistemas que garantam a entrega do conteúdo solicitado mediante a negociação de parâmetros, como a taxa de transferência, a variação estatística do retardo etc.

Os conteúdos das mídias, no entanto, também podem ser enviados aos clientes sem que requisições individuais sejam realizadas (*pushed data*). Nesse caso, informações sobre o sincronismo temporal das aplicações também devem estar presentes, mas agora, nos servidores. Novamente, o HTG, neste caso construído no servidor, é proposto como a estrutura básica para a construção de outro plano, o plano de distribuição que, no caso particular dos STVDI, deve controlar os momentos em que os conteúdos das mídias devem estar presentes em uma estrutura cíclica de envio dos dados, o carrossel DSM-CC (ISO/IEC, 1998) no caso da maioria dos sistemas e em particular no sistema nipo-brasileiro (ISDB-T<sub>B</sub>) (ABNT, 2009).

A construção desses vários planos é muito difícil, senão impossível, quando uma aplicação é descrita em uma linguagem imperativa. Essa é a razão pela qual nenhum STVDI hoje oferece as facilidades mencionadas acima, como será discutido no capítulo sobre trabalhos relacionados. NCL (*Nested Context Language*) (ABNT, 2009; Soares, 2006a), adotada no padrão ISDB-T<sub>B</sub> e pelo ITU-T<sup>2</sup> para IPTV (H.761) (ITU-T, 2009), é uma linguagem declarativa baseada em eventos e essas suas características viabilizaram a proposta desta tese.

### **1.1.2. Edição Simultânea à Apresentação**

A autoria e a apresentação das aplicações hipermídia são usualmente tarefas independentes. No entanto, pode não ser possível que as aplicações sejam completamente especificadas (construídas) antes do início da apresentação. Esse é o caso, por exemplo, das aplicações com conteúdos produzidos ao vivo, onde,

---

<sup>2</sup> <http://www.itu.int/ITU-T>

além do conteúdo ser desconhecido antes do início da apresentação, também pode não ser possível especificar todos os relacionamentos espaciais e temporais entre as mídias a priori. Em outras palavras, a aplicação é projetada “ao vivo”. Como exemplo, em uma partida de futebol transmitida ao vivo, uma pausa inesperada para atendimento médico a um jogador poderia ser utilizada para adicionar uma propaganda (outra mídia) semanticamente relacionada com o atendimento em questão.

Em algumas propostas, mencionadas no próximo capítulo, as alterações de apresentações realizadas ao vivo não são registradas na especificação da aplicação, anteriormente enviada ao sistema de apresentação. Como consequência, uma posterior apresentação da aplicação não levará em conta tais alterações.

Para preservar a semântica das aplicações geradas ao vivo, esta tese propõe uma sintaxe de transferência formada por comandos que, quando são recebidos nos clientes, modificam não apenas a apresentação, mas também a especificação das aplicações. Na verdade, comandos de edição podem ser considerados como APIs para a construção do HTG em tempo de exibição.

### **1.1.3. Apresentação Distribuída através de Múltiplos Dispositivos**

Aplicações hipermídia são muitas vezes apresentadas em um único dispositivo, no entanto, principalmente em apresentações com assistência coletiva, o uso de diversos dispositivos pode agregar vantagens à apresentação. Dispositivos individuais podem ser utilizados, por exemplo, para evitar que uma apresentação seja modificada para todos, em função de interações realizadas por um usuário particular. Nesse caso, apenas o dispositivo do usuário que realizou a ação interativa deve receber o resultado da interação.

A transmissão de parte da aplicação para apresentação em um dispositivo individual, além de não interromper a assistência coletiva, permite que vários usuários possam interagir simultaneamente, o que não seria possível com um único dispositivo. Além disso, uma vez iniciada a apresentação nos dispositivos individuais, interações ou adaptações realizadas nessa apresentação individual poderiam levar a uma apresentação completamente diferente da apresentação dos demais usuários.

O uso de múltiplos dispositivos em apresentações hipermídia não é uma funcionalidade nova (Cesar, 2006; Cesar, 2007; Cesar, 2008; Dini, 2007; Schroyen, 2008), principalmente quando esses dispositivos são utilizados para entrada de dados ou mesmo para exibição dos conteúdos das mídias. Também existem várias propostas para a comunicação entre esses dispositivos. O foco da contribuição desta tese, no entanto, diz respeito a como esses dispositivos podem ser orquestrados para que o sincronismo seja preservado em uma apresentação.

Em uma aplicação, a ocorrência de um evento interativo pode provocar a distribuição de parte da apresentação para um dispositivo específico. Em seguida, o mesmo evento interativo pode ser utilizado para iniciar a mesma apresentação em outro dispositivo. Nesse caso, se os dispositivos fazem parte de um mesmo grupo, pode ser desejável que os dispositivos estejam visualizando a mesma apresentação, independente do momento em que a segunda interação, realizada a partir de outro dispositivo, ocorre. O posicionamento de parte da apresentação em um momento temporal qualquer é uma especialização do controle do tempo apresentado na Seção 1.1.1.

Sendo mais específico, o controle de uma aplicação distribuída em múltiplos dispositivos se resume no controle da distribuição do HTG. Esse é o foco da proposta deste trabalho.

Como se pode depreender, o foco desta tese está no grafo HTG: sua construção antes do início de uma aplicação; sua construção passo a passo ao vivo, através de comandos de edição, sua distribuição e controle em vários dispositivos de exibição; e a construção de vários planos para o controle da apresentação de uma aplicação com qualidade. Isso resume formalmente a próxima seção.

## **1.2. Objetivos**

Considerando a importância do controle temporal das aplicações hipermídia na preservação da qualidade das apresentações e de outras funcionalidades que dependam de informações sobre os instantes de ocorrência dos eventos nas apresentações, esta tese tem como primeiro objetivo facilitar o cálculo desses instantes temporais. Para cumprir esse objetivo, estruturas são propostas, a partir

da análise das características das aplicações hipermídia e dos modelos existentes para o controle das suas apresentações.

A principal estrutura proposta é o *Hypermedia Temporal Graph*. A partir desse grafo, outras estruturas, denominadas planos, também são propostas, contendo os instantes temporais para a execução dos eventos na apresentação das aplicações: plano de apresentação, plano de carregamento de exibidores, plano de pré-busca, plano de QoS e plano de distribuição (Costa, 2008).

Em relação à apresentação, esta tese pretende implementar funcionalidades associadas ao controle do tempo, permitindo que uma aplicação possa ser interrompida e iniciada em qualquer ponto de sua duração. Essa implementação inclui as estruturas de dados propostas e, portanto, pode servir de base para a implementação, em outros trabalhos, de outras funcionalidades que também dependam do controle do tempo das aplicações.

O suporte temporal, baseado no HTG, à edição ao vivo (Costa, 2006) e à exibição em múltiplos dispositivos (Costa, 2009; Soares, 2009a) também fazem parte dos objetivos desta tese. A implementação dessas funcionalidades, incluindo a interpretação dos comandos de edição ao vivo e do controle dos múltiplos dispositivos é proposta em conjunto com outro trabalho (Moreno, 2009), voltado à especificação do Ginga-NCL (Soares, 2007; Soares, 2010a).

### **1.3. Organização da Tese**

Esta tese encontra-se organizada como a seguir. O Capítulo 2 discute alguns dos principais modelos para o controle da apresentação, analisando as suas características em relação à implementação do controle do tempo, à edição ao vivo e à realização de apresentações distribuídas através de múltiplos dispositivos. O Capítulo 3 apresenta a definição do HTG e de suas estruturas relacionadas. O Capítulo 4 apresenta a representação de uma sintaxe de autoria específica, aplicações NCL, através do HTG. O Capítulo 5 trata da especificação do controle do tempo, através do conjunto de planos propostos para oferecer um controle avançado do sincronismo temporal das aplicações. O Capítulo 6 discute a edição ao vivo nas aplicações e também a realização de apresentações distribuídas

através de múltiplos dispositivos. Finalmente, o Capítulo 7 tece as considerações finais desta tese, destacando sua contribuição e os trabalhos futuros.