

## 6 Conclusões

Nesta dissertação foram apresentadas propostas voltadas para a integração das facilidades do padrão MPEG-4 às funcionalidades da linguagem NCL e do sistema HyperProp. Entre essas propostas foram abordadas as conversões de documentos NCL para XMT-O e vice-versa. Além da tradução entre esses formatos, também foi apresentada a incorporação de componentes, codificados segundo o MPEG-4, a documentos multimídia/hipermídia especificados na linguagem NCL. Outra proposta, relativa à autoria de documentos MPEG-4, foi o uso de templates na linguagem XMT-O, a fim de estender a semântica original das suas composições.

### 6.1. Contribuições da Dissertação

As vantagens alcançadas pelas propostas desta dissertação representam as principais contribuições deste trabalho, que podem ser sintetizadas em:

- Representação de documentos hipermídia em ambos os formatos NCL e MPEG-4 (XMT-O);
- Exibição no sistema HyperProp de componentes MPEG-4 incorporados a documentos NCL;
- Definição de relacionamentos, anteriormente não permitidos, entre componentes MPEG-4 e outros objetos e composições NCL, onde se incluem outros componentes MPEG-4;
- Especificação de templates hipermídia para a linguagem XMT-O.

Para obter a representação de documentos nos formatos NCL e MPEG-4, uma instância do *framework* para compiladores NCL foi implementada. Além desse *framework*, um outro, para a conversão de documentos XMT-O foi proposto, a partir do qual duas outras instâncias foram implementadas, uma voltada à conversão de documentos XMT-O para NCL e outra à conversão dos documentos XMT-O, obtidos a partir de documentos NCL, para XMT-A.

As conversões implementadas permitem que as ferramentas existentes, particularmente aquelas voltadas para a autoria e apresentação, possam ser utilizadas nos documentos especificados nos formatos NCL e XMT-O. Para realizar a conversão entre esses formatos foi conduzido um estudo, onde perfis de interoperabilidade foram definidos.

Com o objetivo de especificar componentes MPEG-4 em documentos NCL, foi adicionado ao conjunto de ferramentas de exibição do sistema HyperProp um exibidor MPEG-4. Esse exibidor controla a apresentação desses componentes, informando ao controlador do sistema os eventos nele ocorridos. No exibidor, os componentes MPEG-4 comportam-se como objetos NCL de mídia contínua. Porém, a fim de estender a representação semântica desses componentes, foi proposta também a sua representação como composições NCL.

Para definir os relacionamentos entre os componentes MPEG-4, elos e conectores, definidos na linguagem NCL, foram utilizados, estabelecendo semânticas diversas aos relacionamentos entre esses componentes. Aplicados a um ambiente de TV digital interativa, os componentes MPEG-4 correspondem à codificação do conteúdo audiovisual existente nos canais para transmissão. Nesse ambiente e em outros mais, onde a codificação do MPEG-4 for adotada, torna-se possível estabelecer relacionamentos, anteriormente não permitidos, entre os componentes desse padrão (MPEG-4) e outros nós NCL, que podem ser outros componentes MPEG-4 ou outros tipos de objetos NCL.

Ainda com relação à autoria de documentos MPEG-4, esta dissertação apresentou como estruturas hipermídia semiprontas podem ser utilizadas no estabelecimento de novas semânticas para composições XMT-O. Essas estruturas, definidas como templates hipermídia, permitem a especificação de relações de inclusão e eventos que podem ser herdados, após o seu processamento, pelas composições XMT-O.

## **6.2. Trabalhos Futuros**

As propostas desta dissertação oferecem a possibilidade de alguns trabalhos futuros, entre os quais têm-se os seguintes:

- Implementação da conversão direta entre os formatos MPEG-4 (XMT-O, XMT-A) e objetos do modelo de dados (modelo de apresentação) do formatador HyperProp;
- Desenvolvimento e integração ao sistema HyperProp de novas ferramentas de exibição MPEG-4;
- Representação de componentes MPEG-4 através de nós atômicos especificados em documentos hipermídia;
- Especificação de conectores hipermídia aplicados à linguagem XMT-O;
- Implementação de uma estrutura para o armazenamento integrado dos objetos de mídia em conjunto com a especificação dos documentos NCL;
- Desenvolvimento de uma arquitetura distribuída para os módulos do formatador no sistema HyperProp.

#### *Conversão MPEG-4 no modelo de apresentação*

Os conversores apresentados nesta dissertação possuem uma estrutura modular, idealizada para a utilização em uma arquitetura em camadas, onde as conversões são processadas sequencialmente. Embora essa arquitetura seja flexível, permitindo diversas organizações dos módulos, o que favorece sua aplicação a vários projetos, em termos de eficiência essa abordagem pode não ser satisfatória. Para otimizar as tarefas de conversão e ao mesmo tempo integrá-las ao sistema HyperProp, é necessário que os documentos MPEG-4, em qualquer dos três formatos utilizados para a sua especificação, possam ser diretamente convertidos para os objetos do modelo de apresentação do formatador do sistema, representados internamente ao formatador desse sistema e vice-versa.

#### *Novas ferramentas de exibição MPEG-4 integradas ao HyperProp*

Nesta dissertação uma ferramenta de exibição para componentes MPEG-4 foi adicionada ao sistema HyperProp. No entanto, essa ferramenta limita os tipos de eventos informados ao formatador. Como exemplo, foi apresentada nesta dissertação uma ferramenta capaz de reportar eventos internos aos componentes MPEG-4, especificados através dos sensores e rotas. Esse tipo de evento não tem suporte na ferramenta atualmente integrada ao sistema. Além desses eventos, outros poderiam ser informados, como, por exemplo, eventos de transição

estabelecidos pelas relações temporais no modelo *FlexTime*. Para abranger todos esses eventos, novos adaptadores devem ser desenvolvidos para exibidores MPEG-4.

*Representação de componentes MPEG-4 através de nós atômicos especificados em documentos hipermídia*

A codificação linear do conteúdo audiovisual, adotada nos padrões MPEG 1 e 2, gera objetos de mídia que, normalmente, são representados em documentos multimídia/hipermídia através de nós atômicos. Por outro lado, no padrão MPEG-4, ao contrário dos padrões MPEG anteriores, a codificação é baseada em objetos individuais, cujas propriedades e relacionamentos são especificados internamente ao componente MPEG-4, através de um formato próprio. Dessa forma, conforme apresentado no Capítulo 4, a especificação dos componentes MPEG-4 em documentos multimídia/hipermídia pode ser realizada através de nós de composição.

A representação dos componentes MPEG-4 utilizando nós de composição necessita que os objetos internos a essas composições (objetos definidos na cena MPEG-4) sejam especificados no documento, além disso, devem ser especificados os possíveis mapeamentos entre os eventos definidos internamente a essa composição (sensores) e os eventos externos, definidos no documento multimídia/hipermídia.

Uma solução mais abrangente poderia unificar a representação do conteúdo audiovisual, gerado pelos padrões MPEG, nos documentos multimídia/hipermídia. Nessa solução os objetos de mídia codificados segundo o padrão MPEG-4 também poderiam estar representados através de nós atômicos, facilitando a tarefa de especificação dos autores, pois os objetos internos à cena MPEG-4, bem como o mapeamento dos eventos internos à cena com os eventos especificados no documento, não necessitariam estar especificados no documento multimídia/hipermídia. No entanto, essa solução necessita que sejam definidos, na linguagem de autoria dos documentos multimídia/hipermídia, um conjunto de âncoras, relativas aos nós atômicos MPEG-4, capazes de representar o universo dos eventos que possam ocorrer internamente às cenas MPEG-4.

### *Novos perfis XMT-O com conectores e templates*

Templates aplicados à linguagem XMT-O facilitam a autoria de documentos MPEG-4, através da construção de estruturas semânticas formadas por relações de inclusão e eventos, reusáveis por diferentes composições. Além dos templates, conectores hipermídia podem ser empregados a fim de aumentar a capacidade de autoria da linguagem XMT-O. Através do uso de conectores, relacionamentos podem ser estabelecidos por elos que, ao contrário daqueles definidos originalmente em XMT-O, podem associar tanto objetos externos quanto internos à cena audiovisual. Para a inclusão de conectores, um novo perfil de XMT-O deve ser especificado, aqui denominado XC-XMT-O, através da adição dos módulos *XConnector* e *Linking* de NCL, aos módulos de XMT-O. Além desse perfil, um outro pode ser definido, a fim de permitir o uso simultâneo de conectores e templates, aqui denominado X-XMT-O. Esse perfil deve conter, além dos módulos *XConnector* e *Linking*, o módulo *XTemplate*.

### *Armazenamento integrado da estrutura e conteúdo de um documento*

Em relação ao armazenamento, no MPEG-4 o conteúdo e as especificações dos documentos podem ser armazenados e distribuídos de forma integrada, o que facilita a obtenção do sincronismo entre as diversas mídias de uma cena ou programa. A fim de utilizar essa estrutura integrada, documentos NCL podem ser convertidos para MPEG-4, porém, nesse caso, esses documentos deverão ser apresentados em exibidores MPEG-4. Para prover o armazenamento integrado de documentos NCL, e ao mesmo tempo, permitir que o formatador do sistema HyperProp realize a apresentação, é necessário definir uma estrutura de dados específica para o formato NCL, que contenha a especificação do documento e o conteúdo dos objetos de mídia nele referenciados; uma espécie de BIFS-NCL.

### *Formatador HyperProp distribuído*

Nos exibidores MPEG-4 não são implementados métodos que tenham por objetivo garantir a qualidade das apresentações, de acordo com a sincronização entre objetos especificadas pelo usuário, a não ser a simples linearização em *timeline*. Nesse padrão, as especificações em BIFS, por princípio temporalmente lineares, impedem que, durante a apresentação, as especificações originais dos

autores sejam conhecidas, premissa básica para garantir a correta execução dos relacionamentos nos documentos multimídia/hipermídia.

No formatador do sistema HyperProp, ao contrário dos exibidores MPEG-4, o recebimento da especificação dos relacionamentos temporais de um documento é a etapa inicial para a apresentação. A partir dessa especificação, o formatador define um plano de execução, criando cadeias temporais baseadas nos relacionamentos entre os conteúdos da apresentação (Rodrigues, 2003). As cadeias temporais podem ser representadas por grafos, onde seus nós correspondem ao conteúdo da apresentação e suas arestas às relações previsíveis entre os nós. Essas cadeias preservam as dependências entre os conteúdos da apresentação, permitindo que ajustes possam ser realizados de acordo com as intenções do autor. O conteúdo dos documentos é obtido através de requisições realizadas pelo formatador ao servidor de armazenamento, no tempo previsto para a exibição dos objetos de uma apresentação qualquer.

Nos sistemas de transmissão de TV digital interativa, a comunicação é, usualmente, assimétrica. Na utilização do canal de comunicação prevalece a transmissão do servidor de difusão para os aparelhos receptores. Nesse cenário, cada apresentação é transmitida a um grande número de usuários (clientes) sem requisições individuais. Os conteúdos chegam temporalmente sincronizados (*timeline*) à medida que é necessária sua exibição. Na maioria dos sistemas atuais, existe uma limitação da interatividade entre os ambientes de execução e armazenamento. Na realidade, as requisições por parte do ambiente de execução se restringem a aspectos relacionados à interatividade local (informações já enviadas por difusão) e à personalização da apresentação (não da informação), ainda assim, quando permitidos pelo autor do programa.

Uma solução mais abrangente poderia unir as vantagens dos dois cenários descritos nos dois parágrafos anteriores, levando ainda em conta a possibilidade da integração, em um único fluxo, como discutido no item anterior, da especificação dos relacionamentos de um documento e o conteúdo de seus objetos. Um fluxo, nesse caso, integraria uma cadeia temporal aos dados dos objetos que relaciona. A concatenação dos vários fluxos, correspondentes às várias cadeias temporais de um documento, permitiria a exibição completa do mesmo. Um fluxo seria requisitado pelo controlador da exibição (formatador), mas não haveria necessidade de haver uma requisição para cada objeto do fluxo,

como hoje acontece no sistema HyperProp. Mais ainda, o conteúdo dos objetos transportados pelo fluxo poderia ser recebido à medida que fosse necessária sua exibição. No contexto do sistema HyperProp, essa solução requer uma distribuição dos módulos do seu formatador, com o objetivo de compartilhar suas tarefas entre os ambientes.

Em um formatador distribuído, adequado a esse novo cenário, a construção das cadeias temporais poderia ser realizada no ambiente de armazenamento para posterior transmissão ao ambiente de execução, integrada ao conteúdo dos seus objetos de mídia, através de uma estrutura em *timeline* contendo os seus instantes de exibição. Essa estrutura poderia, inclusive, ser gerada em tempo real (transmissões ao vivo), por módulos do formatador alocados no ambiente de armazenamento.

É importante mencionar que a definição de uma arquitetura distribuída para os módulos do formatador hipermídia pode também ser aplicada a outros cenários, que não envolvam, necessariamente, a comunicação entre os ambientes de armazenamento e execução. Como exemplo, considere o cenário colaborativo, caracterizado pela distribuição das ferramentas de exibição do formatador em múltiplos usuários. Individualmente, as interações de um usuário constituem eventos imprevisíveis, que levam o formatador a alterar a cadeia temporal hipermídia principal de um usuário específico. No entanto, nesse cenário colaborativo, as alterações em uma apresentação devem ser atualizadas para todos que a estejam compartilhando, como no caso de aplicações multimídia/hipermídia que utilizem grupos de colaboração, onde se incluem aplicações de teleconferência, ensino à distância, jogos, entre outras. De uma forma mais geral, pode-se então pensar em um formatador distribuído com parte de seus módulos nos vários servidores (ambiente de armazenamento), outra parte de seus módulos (por exemplo as ferramentas de exibição) espalhados entre várias plataformas de exibição e, ainda, com a possibilidade de outros módulos em algum ponto central do controle da exibição.