Apresentação e Sincronização Multimídia no Ambiente SMmD

Laércio Augusto Baldochi Júnior

Orientadora

Prof^a. Dr^a. Maria da Graça Campos Pimentel

Dissertação¹ apresentada ao Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, da Universidade de São Paulo - USP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências – Área: Ciências da Computação e Matemática Computacional.

São Carlos, outubro de 1998

¹ Trabalho realizado com apoio financeiro da FAPESP, e, no contexto do Projeto SMmD, do ProTeM-CC/CNPq

*À minha mãe, Jaira,
e à minha irmã, Cidinha.*

*“Há três coisas que nunca voltam atrás:
a flecha lançada, a palavra pronunciada e a oportunidade perdida.”*

Provérbio chinês

*“É melhor estar preparado para uma oportunidade e não ter nenhuma,
do que ter uma oportunidade e não estar preparado.”*

Whitney Young Jr.

Agradecimentos

A Deus, pela vida e pelas oportunidades.

À minha mãe, Jaira, que sempre me apoiou incondicionalmente.

À minha irmã, Cidinha. Sem sua ajuda eu não teria chegado até aqui.

À Sílvia e Sandra, irmãs que, mesmo distantes, sempre mantiveram o elo fraterno que nos une.

À Rose, pelo incentivo, afeto e dedicação.

À Profa. Graça, por acreditar em meu potencial.

Aos amigos Luis Carlos e Daniel, companheiros de república, mestrado, festas, enfim, de todos os bons momentos vividos em São Carlos.

Aos amigos da pós-graduação, pelo companheirismo e amizade que tornaram as adversidades do mestrado mais amenas.

Ao pessoal do Laboratório Intermídia, pela ajuda inestimável na fase de implementação do meu trabalho.

Aos docentes e funcionários do ICMC-USP, que trabalham incansavelmente para fazer desse Instituto um centro de excelência em pesquisa e ensino na área da computação.

À FAPESP, pelo auxílio concedido, e a todos que de alguma forma tornaram este trabalho possível.

1. INTRODUÇÃO	1
2. MULTIMÍDIA: DEFINIÇÕES E CONCEITOS BÁSICOS	5
2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	5
2.2. CLASSIFICAÇÃO DE MÍDIAS	5
2.3. REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DE MÍDIAS	7
2.4. SISTEMAS MULTIMÍDIA	8
2.5. REQUISITOS PARA UM SISTEMA DE APRESENTAÇÃO MULTIMÍDIA	9
2.6. QUALIDADE DE SERVIÇO EM SISTEMAS MULTIMÍDIA DISTRIBUÍDOS	10
2.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	12
3. SINCRONIZAÇÃO MULTIMÍDIA	13
3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	13
3.2. NOÇÕES BÁSICAS DE SINCRONIZAÇÃO	14
3.2.1. <i>Relações de Sincronização</i>	14
3.2.2. <i>Sincronização Intra e Interobjeto</i>	15
3.2.3. <i>Unidades Lógicas de Dados</i>	16
3.2.4. <i>Especificação de Dependências Temporais</i>	18
3.3. REQUISITOS DE APRESENTAÇÃO	20
3.3.1. <i>Gap Problem</i>	20
3.3.2. <i>Sincronização Labial e Sincronização de Ponteiros</i>	22
3.4. MODELOS DE REFERÊNCIA PARA SINCRONIZAÇÃO MULTIMÍDIA	24
3.4.1. <i>A Camada de Mídia</i>	25
3.4.2. <i>A Camada de Stream</i>	26
3.4.3. <i>A Camada de Objeto</i>	27
3.4.4. <i>A Camada de Especificação</i>	28
3.5. MÉTODOS DE ESPECIFICAÇÃO DE SINCRONIZAÇÃO MULTIMÍDIA	29
3.5.1. <i>Especificações Baseadas em Intervalos</i>	29
3.5.2. <i>Especificação de Sincronização Baseada em Eixos</i>	32
3.5.3. <i>Especificação de Sincronização Baseada em Controle de Fluxo</i>	33
3.5.4. <i>Especificação de Sincronização Baseada em Eventos</i>	34
3.6. SINCRONIZAÇÃO EM AMBIENTES DISTRIBUÍDOS	35
3.7. QUALIDADE DE SERVIÇO	36
3.8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	37

4. PADRÕES PARA ESPECIFICAÇÃO DE APRESENTAÇÕES MULTIMÍDIA	39
4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	39
4.2. MHEG	39
4.2.1. O MHEG-5.....	41
4.2.2. A Hierarquia das Classes MHEG-5.....	43
4.2.3. Exemplo de Aplicação MHEG-5.....	51
4.3. SGML, XML E HYTIME	57
4.3.1. SGML.....	57
4.3.2. XML	58
4.3.3. HyTime.....	59
4.4. A RECOMENDAÇÃO SMIL.....	61
4.4.1. Criação de Documentos SMIL.....	63
4.4.2. O Elemento Switch.....	66
4.4.3. Atributos de Teste.....	67
4.4.4. Exemplos de Documentos SMIL.....	68
4.5. INTERSECÇÃO ENTRE OS PADRÕES MHEG E HYTIME E A RECOMENDAÇÃO SMIL.....	71
4.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
5. O PROJETO SMMD	74
5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	74
5.2. O AMBIENTE SMMD	75
5.3. A MÁQUINA MHEG DO PROJETO SMMD.....	78
5.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	80
6. O APPLET SYNC EVENT.....	81
6.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	81
6.2. CONTEXTO: O MÓDULO JHEG E A LINGUAGEM JAVA.....	82
6.3. IMPLEMENTAÇÃO DAS RELAÇÕES TEMPORAIS DE ALLEN	82
6.3.1. A Primeira Versão do Applet SyncEvent	83
6.3.2. A Segunda Versão do Applet SyncEvent.....	86
6.4. O APPLET SYNC EVENT NO CONTEXTO DOS PADRÕES HYTIME E MHEG	89
6.5. O APPLET SYNC EVENT E A LINGUAGEM SMIL	89
6.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
7. O MÓDULO DE APRESENTAÇÃO E SINCRONIZAÇÃO.....	91
7.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	91
7.2. A ARQUITETURA DO MÓDULO DE APRESENTAÇÃO E SINCRONIZAÇÃO.....	91
7.3. IMPLEMENTAÇÃO DE SINCRONIZAÇÃO NO MAS	94
7.3.1. Especificação de Sincronização Multimidia no Padrão MHEG-5.....	94

7.3.2. <i>Extensão do MHEG-5 para Suporte à Sincronização Multimídia</i>	96
7.4. APRESENTAÇÃO SOB DEMANDA E SINCRONIZAÇÃO MULTIMÍDIA	98
7.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
8. CONCLUSÃO	101
8.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	101
8.2. CONTRIBUIÇÕES GERADAS	102
8.3. TRABALHOS FUTUROS	103
8.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	104
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
APÊNDICE A	109
APÊNDICE B	114

Índice de Figuras

FIGURA 3.1 - SINCRONIZAÇÃO INTRA-OBJETO ENTRE FRAMES DE UMA SEQUÊNCIA DE VÍDEO [SN95]	16
FIGURA 3.2 - EXEMPLO DE SINCRONIZAÇÃO INTEROBJETO [SN95]	16
FIGURA 3.3 - VISÃO DAS ULDS DE UMA SINCRONIZAÇÃO LABIAL [SN95]	18
FIGURA 3.4 - SOLUÇÃO PARA O GAP PROBLEM ATRAVÉS DO MÉTODO DE BLOQUEIO RESTRITIVO [SN95]	21
FIGURA 3.5 - MODELO DE REFERÊNCIA DE QUATRO CAMADAS [MES93]	25
FIGURA 3.6 - RELAÇÕES TEMPORAIS BINÁRIAS [ALL83]	30
FIGURA 3.7 - OPERAÇÕES DO MODELO AVANÇADO DE SINCRONIZAÇÃO BASEADO EM INTERVALOS [WR94]	31
FIGURA 4.1 - APLICAÇÃO MHEG EM UM SERVIDOR, COM PARTES CARREGADAS EM UM CLIENTE [JR95].	42
FIGURA 4.2 - DIAGRAMA DA HIERARQUIA DE CLASSES MHEG-5.	44
FIGURA 4.3 - RECORTE DE TELA DA APLICAÇÃO "PRODUÇÃO DE MÍDIA DIGITAL"	52
FIGURA 4.4 - PARTE DA NOTAÇÃO TEXTUAL DA APLICAÇÃO "PRODUÇÃO DE MÍDIA DIGITAL"	54
FIGURA 4.5 - USO UM VALOR DE "DELAY" DENTRO DE UM ELEMENTO PAR	65
FIGURA 4.6 - USO UM VALOR DE "DELAY" DENTRO DE UM ELEMENTO SEQ	65
FIGURA 4.7 - ATRIBUTO DE SINCRONIZAÇÃO COM O ELEMENTO EVENT VALUE	65
FIGURA 4.8 - USO DO ELEMENTO SEQ EM UM DOCUMENTO SMIL.	68
FIGURA 4.9 - USO DO ELEMENTO PAR EM UM DOCUMENTO SMIL.	69
FIGURA 4.10 - USO DE ELEMENTOS PAR E SEQ INTERCALADOS EM UM DOCUMENTO SMIL.	70
FIGURA 4.11 - USO DO ELEMENTO SWITCH EM UM DOCUMENTO SMIL.	71
FIGURA 5.1 - O AMBIENTE SMMD [Tei98]	76
FIGURA 5.2 - MODELO DA MÁQUINA MHEG-5 DO PROJETO SMMD [Tei98]	78
FIGURA 6.1 - CÓDIGO HTML USADO NA ATIVAÇÃO DO APLET SYNCEVENT.	87
FIGURA 6.2 - INTERFACE DO APLET SYNCEVENT.	88
FIGURA 6.3 - TRANSFORMAÇÃO DE APLICAÇÕES SMIL EM APLICAÇÕES MHEG-5 E VICE-VERSA.	90
FIGURA 7.1 - ARQUITETURA DO MÓDULO MAS	92
FIGURA 7.2 - EXEMPLO DO USO DA AÇÃO RUNSYNC EM UMA APLICAÇÃO MHEG-5.	97
FIGURA B.1 - A INTERFACE PLAYER [JMP97]	116
FIGURA B.2 - EVENTOS GERADOS POR UM CONTROLLER [JMP97]	118
FIGURA B.3 - ESTADOS DE UM PLAYER	119
FIGURA B.4 - CORPO DO MÉTODO CONTROLLER UPDATE	125
FIGURA B.5 - MAPEAMENTO ENTRE O TEMPO DE MÍDIA E O TEMPO BASE [JMP97]	127

Índice de Tabelas

TABELA 3.1 - DEFINIÇÕES DE DEPENDÊNCIAS TEMPORAIS [BUF94].....	19
TABELA 3.2 - QUALIDADE DE SERVIÇO PARA PROPÓSITOS DE SINCRONIZAÇÃO [SN95]	37
TABELA 4.1 - LEGENDA DO DIAGRAMA DA HIERARQUIA DE CLASSES DO PADRÃO MHEG-5	44
TABELA B.1 - RETRIÇÕES À INVOCÇÃO DE MÉTODOS EM UM PLAYER [JMP97].....	121

O projeto SMmD – Sistemas Multimídia Distribuídos – investiga a construção de uma estrutura de *middleware* para dar suporte à implementação de aplicações multimídia interativas em ambientes distribuídos e heterogêneos. Para tanto, desenvolveu-se o Ambiente SMmD, o qual inclui módulos para armazenamento e recuperação de objetos de mídia tais como áudio e vídeo, e também módulos para autoria e intercâmbio de objetos multimídia em conformidade com o padrão ISO MHEG-5.

Esta dissertação descreve o trabalho de implementação de um dos módulos do Projeto SMmD, chamado Módulo de Apresentação e Sincronização (MAS). Este módulo foi implementado a partir de outro, chamado *Java MHEG-5 Engine* (JHEG), cuja função é interpretar e manipular objetos multimídia em conformidade com aquele padrão.

Inicialmente são apresentados o contexto, a motivação e os objetivos que levaram à execução deste trabalho. A seguir, é feita uma revisão dos conceitos relacionados à apresentação multimídia, enfatizando os aspectos relacionados à sincronização de seus componentes. Em seguida, apresenta-se o padrão MHEG-5 juntamente com outros padrões e recomendações relevantes no contexto deste trabalho.

Com o objetivo de contextualizar o trabalho, é apresentada, então, uma visão geral dos módulos que compõem o Ambiente SMmD, seguida de uma descrição do trabalho de pesquisa que resultou na implementação do *applet SyncEvent*, embrião do Módulo de Apresentação e Sincronização.

O Módulo de Apresentação e Sincronização, resultado principal deste trabalho, é então descrito, detalhando-se aspectos de sua arquitetura e de sua implementação. Finalmente, na conclusão, as contribuições deste trabalho são discutidas juntamente com suas limitações e possíveis trabalhos futuros, dentre os quais está a integração do MAS com os outros módulos do Projeto SMmD.

The SMmD Project – Distributed Multimedia Systems – is under investigation in order to provide middleware infrastructure for multimedia interactive applications in heterogeneous distributed environments. In this context, the SMmD Environment (ASMmD) has been developed, including modules for storage and retrieval of media objects such as audio and video, as well as modules for authoring, storing and delivering multimedia objects according to the MHEG-5 ISO standard.

This dissertation describes the work relative to the implementation of the Presentation and Synchronization Module (MAS) of the SMmD Project. This module was built integrated to another module, the *Java MHEG-5 Engine* (JHEG), that provides the parsing and decoding of multimedia objects conforming to that ISO standard.

Initially the context, motivation and objectives are presented, followed by a literature review of concepts relative to multimedia in general and synchronization in particular. Next, the MHEG-5 standard is presented along with other standards and recommendations relevant to the context of this work.

In order to properly contextualize the work, an overview of the modules that build up the SMmD Environment is then presented, followed by a description of the investigation and implementation of the *SyncEvent Applet*, which was the embryo of the Presentation and Synchronization Module.

The main result of this work, the Presentation and Synchronization Module (MAS), is introduced both from its architectural and implementation aspects. Finally, in the conclusion, the contributions of the work are discussed along with its limitations and related future work, which includes integrating the MAS with the remaining modules of the SMmD project.

1. Introdução

“Começar já é metade de toda ação.”

Provérbio grego

Na última década houve um crescimento explosivo no uso de dados e aplicações multimídia. Hoje em dia, computadores e redes processam e transmitem muito mais que apenas texto e imagens estáticas. Mídias contínuas, como vídeo e áudio, juntamente com mídias discretas, como gráficos, se tornaram parte de aplicações integradas de computador [Buf94].

As novas aplicações que estão surgindo fazem crescer a cada dia a necessidade de distribuição de dados e de processamento. Entre essas novas aplicações estão os grandes sistemas hipermídia, que são inerentemente distribuídos e por isso requerem a adoção de padrões para representação e intercâmbio de dados multimídia [LV95].

Um dos fatores que contribuiu para a evolução dos sistemas hipermídia foi a expansão e a disseminação da rede mundial de computadores *Internet*. No entanto, existem ainda várias limitações à plena utilização de hiperdocumentos que incorporem dados multimídia remotos.

Entre os serviços oferecidos pela *Internet*, um dos que mais se destaca é a WWW (*World Wide Web*). A WWW utiliza a linguagem HTML (*HyperText Markup Language*) para realizar o intercâmbio de documentos através da rede. Um documento HTML nada mais é que um arquivo texto com códigos de marcação especiais e que pode ser visualizado pelo usuário através de um programa navegador, como o *Netscape*TM, por exemplo.

A linguagem HTML se consolidou na WWW devido à sua simplicidade, tendo se tornado um padrão *de facto*. Qualquer pessoa com conhecimentos básicos em computação tem condições de produzir um documento HTML e disponibilizá-lo na WWW. No entanto, esta simplicidade impede que a linguagem HTML, na sua atual especificação, permita interações complexas com o usuário e represente objetos multimídia que possuam relações temporais. A fim de solucionar este problema, o *World Wide Web Consortium* (W3C) elaborou recentemente a recomendação

SMIL [W3C98a] — *Synchronized Multimedia Integration Language* — que provê uma linguagem para especificação de sincronização de objetos multimídia no contexto da WWW.

No entanto, existem diversos tipos de aplicações multimídia distribuídas que não usam os serviços da WWW. Entre eles pode-se citar aplicações de vídeo sob demanda, jogos em rede e a TV interativa ou TV digital. Direcionado para estas aplicações, a *International Standards Organisation* (ISO) desenvolveu o padrão MHEG (acrônimo de *Multimedia and Hypermedia information coding Expert Group*), o qual tem sido definido desde o início com a preocupação de viabilizar a troca de objetos multimídia em tempo real e sob demanda e facilitar a interação com o usuário, sem direcionar as aplicações para um contexto específico, como é o caso do SMIL.

Com o surgimento do padrão MHEG, alguns grupos de pesquisadores têm trabalhado no sentido de modelar e implementar ambientes adequados à execução de aplicações multimídia. Neste contexto se insere o projeto SMmD¹ [Tei94], do qual faz parte o trabalho relatado neste documento. O projeto SMmD utiliza o padrão MHEG-5 [ISO97] no desenvolvimento de uma estrutura de *middleware* (componentes de *software* do sistema situados entre sistemas operacionais genéricos e aplicações), chamada Ambiente SMmD, ou ASMmD [Tei98], oferecendo um conjunto de serviços para facilitar a construção de aplicações multimídia interativas.

Este documento aborda o desenvolvimento de um dos módulos do projeto SMmD, chamado MAS, Módulo de Apresentação e Sincronização. O MAS é o módulo que serve de interface entre os usuários e aplicações e a máquina MHEG-5 do projeto SMmD, chamada JHEG (*Java MHEG-5 Engine*) [Abr97], sendo responsável pela apresentação e pela sincronização das mídias que compõem um objeto multimídia e também pelo controle das interações dos usuários com o Ambiente SMmD.

¹ O Projeto SMmD (Sistemas Multimídia Distribuídos: Suporte, Estrutura e Aplicações) é suportado pelo CNPq através do ProTeM-CC fase 2, sob número 680077/94-4.

Esta dissertação possui, além deste capítulo introdutório, os seguintes capítulos:

- Capítulo 2 – *Multimídia: Definições e Conceitos Básicos*: define o termo multimídia, apresentando conceitos básicos relacionados a aplicações e sistemas multimídia.
- Capítulo 3 – *Sincronização Multimídia*: apresenta desde conceitos básicos, como a definição de sincronização intra e intermídia, até avançados, como os modelos de sincronização para apresentação multimídia. Este capítulo tem como finalidade embasar o leitor para o tema central deste trabalho, que é a implementação de sincronização multimídia no Módulo de Apresentação e Sincronização.
- Capítulo 4 – *Padrões para Especificação de Apresentações Multimídia*: descreve os padrões MHEG e HyTime e a recomendação SMIL. Maior ênfase é dada ao padrão MHEG, utilizado como base para o desenvolvimento do projeto SMmD.
- Capítulo 5 – *O Projeto SMmD*: apresenta o Ambiente SMmD, descrevendo seus principais módulos e o relacionamento entre eles.
- Capítulo 6 – *O Applet SyncEvent*: descreve o trabalho de pesquisa que antecedeu o desenvolvimento do MAS, enfatizando a implementação de um *applet* chamado *SyncEvent*. Este *applet* pode ser visto como uma versão simplificada do MAS. Sua implementação consistiu no embrião a partir do qual desenvolveu-se o Módulo de Apresentação e Sincronização.
- Capítulo 7 – *O Módulo de Apresentação e Sincronização*: detalha o funcionamento do MAS, apresentando sua arquitetura básica. Mostra também detalhes de sua implementação, sobretudo aqueles relacionados à implementação de sincronização multimídia, tema central do trabalho desenvolvido.
- Capítulo 8 – *Conclusão*: sintetiza as contribuições geradas pelo trabalho relatado neste documento e discute sua continuidade.

Além disso, são apresentadas nos apêndices as seguintes complementações ao texto desta dissertação:

- Apêndice A: Notação textual de uma aplicação MHEG-5 chamada “Produção de Mídia Digital”;
- Apêndice B: A *API Java Media Framework Player*, que estende a linguagem *Java* provendo facilidades para apresentação e sincronização multimídia.

"O homem só aprende quando ensina."

Aristóteles

2.1. Considerações Iniciais

O trabalho relatado neste documento aborda a apresentação de objetos multimídia e a interação dos usuários com estes objetos. A fim de capacitar o leitor para o devido entendimento do trabalho realizado, é necessário apresentar uma série de conceitos relacionados ao tema multimídia.

Além da própria definição da palavra multimídia, este capítulo apresenta os vários tipos de mídia existentes e seus critérios de classificação. Além disso, são também abordadas as principais características de um sistema multimídia, dando ênfase aos requisitos necessários a este tipo de sistema, como o suporte a programação *multithreading*, por exemplo. Finalizando, o capítulo aborda os problemas relacionados ao intercâmbio de mídia contínua nos sistemas multimídia distribuídos, destacando a importância dos parâmetros de qualidade de serviço no gerenciamento desses problemas.

2.2. Classificação de Mídias

Existem várias formas de se definir a palavra multimídia. De acordo com as definições do latim, pode-se dividir a palavra em dois radicais:

- Multi: muitos; múltiplos.
- Mídia (*medium*): meio; substância ou matéria através da qual alguma coisa é transmitida; meio de comunicação de massa, como jornal, revista ou televisão (do *American Heritage Dictionary*, 1991).

A descrição acima é derivada das formas comuns de interação humana, não sendo, portanto, muito exata, devendo ser adaptada ao processamento computacional. Em computação, mídia é normalmente descrita como sendo um meio de distribuição e apresentação de informação. Exemplos de mídia são texto, gráfico, voz, música, etc. Uma mídia pode ser classificada de acordo com diferentes critérios [SN95], entre eles:

- **Percepção:** Este critério envolve a forma na qual os humanos percebem a informação num ambiente computacional. Uma vez que as formas mais comuns de percepção são a visão e a audição, de acordo com este critério as mídias se dividem em mídias visíveis (texto, imagens e vídeo) e audíveis (música, barulho, voz);
- **Representação:** Aborda a forma na qual as mídias são representadas internamente pelos computadores. Nessa abordagem, os formatos de representação usados servem para classificar as mídias. A codificação ASCII, por exemplo, é usada para representar caracteres de um texto e o formato JPEG é usado para codificar uma imagem;
- **Apresentação:** Refere-se ao uso de ferramentas e dispositivos na entrada e saída de informações. Neste critério, o mais importante é definir através de qual mídia uma informação entra ou sai do computador. Assim, as mídias papel, tela (monitor de vídeo) e alto falantes são usados na saída de informações, enquanto que o teclado, o *mouse*, a câmera e o microfone são usados na entrada de dados;
- **Armazenamento:** Refere-se aos dispositivos usados no armazenamento de informações. No entanto, estes dispositivos não se limitam apenas aos componentes de um computador. Assim, uma folha de papel pode ser considerada uma mídia de armazenamento. Entre as principais mídias de armazenamento estão o disco rígido e o CD-ROM;
- **Transmissão:** Aborda os meios de comunicação (mídias) que possibilitam a transmissão de dados contínuos. Estes meios seriam as redes de computadores, compostas basicamente de fios e cabos de transmissão, como o cabo coaxial e as fibras óticas, além, é claro, do ar — meio de transmissão das comunicações sem fio (*wireless communications*);

- **Intercâmbio de informação:** Envolve todas as mídias usadas na transmissão de dados, ou seja, todas as mídias de armazenamento e transmissão de informações. Esta classificação é usada porque o processo de transmissão de dados muitas vezes usa mídias de armazenamento temporário, que podem ser transportadas para fora de uma rede de computadores até o destinatário através da transmissão direta entre diversas redes, ou através do uso conjunto de mídias de armazenamento e transmissão, como ocorre no sistema de correio eletrônico.

2.3. Representação Espacial de Mídias

Uma característica importante inerente a uma mídia é sua representação espacial. Cada espaço de representação consiste de uma ou mais dimensões de representação. Assim, a tela de um computador possui duas dimensões, não sendo, portanto, adequada para a representação de holografia, pois esta requer uma dimensão a mais. O tempo pode ocorrer dentro de cada espaço de representação como uma dimensão adicional, dividindo as mídias em dois tipos:

- **Mídias não dependentes de tempo (discretas):** são mídias nas quais a informação consiste exclusivamente de uma sequência de elementos individuais ou de um *continuum* sem o componente de tempo. Exemplos de mídias discretas são textos e gráficos. O processamento de mídias discretas deve acontecer o mais rápido possível. No entanto, este processamento não é crítico em relação ao tempo uma vez que a validade e a corretude dos dados não depende de condições temporais.
- **Mídias dependentes de tempo:** são mídias que têm seus valores modificados com o tempo. Neste tipo de mídia, a informação é expressa não somente por valores individuais, mas também pela ordem de ocorrência desses valores. Exemplos desse tipo de mídia são som e vídeo *full-motion*. O processamento dessas mídias é crítico em relação ao tempo porque a validade e a corretude dos dados depende de condições temporais.

As mídias dependentes de tempo são subdivididas em mídias contínuas e não contínuas. Áudio e vídeo são classificados como mídias contínuas porque são constituídos de elementos discretos (*frames* e *samples*) que ocorrem de forma periódica no tempo. Dessa forma, valores de representação que ocorrem de forma aperiódica, como comandos de controle em um

sistema de tempo real, não são caracterizados como mídia contínua, mesmo sendo dependentes de tempo.

2.4. Sistemas Multimídia

Baseado na definição de multimídia fornecida pelo *American Heritage Dictionary*, um sistema multimídia seria qualquer sistema que suportasse mais de um tipo de mídia. No entanto, esta caracterização baseada apenas em aspectos quantitativos é insuficiente para definir um sistema multimídia. Mais que quantidade, é importante avaliar a qualidade das mídias apresentadas por um sistema antes de dizer se este sistema é ou não multimídia [SN95]. Um sistema multimídia se distingue de outros sistemas através de quatro propriedades principais:

- Combinação de mídias: nem toda combinação arbitrária de mídias justifica o uso do termo multimídia. Este termo deve apenas ser usado quando se combinam mídias contínuas e discretas.
- Independência entre mídias: diferentes mídias devem ter um nível de independência satisfatório em relação umas às outras. Mídias como áudio e vídeo são, algumas vezes, coletadas de forma simultânea e mantidas numa mesma mídia de armazenamento. Um sistema não pode ser considerado multimídia somente por apresentar estas duas mídias, uma vez que entre elas existe um alto grau de dependência.
- Integração de mídias suportada por computador: um sistema multimídia deve ser capaz de combinar várias mídias de forma arbitrária. Para que isso seja possível, o sistema deve suportar relações de sincronização espacial, temporal e semântica. Assim, não basta que um sistema apresente várias mídias simultaneamente para que ele seja considerado multimídia, é necessário também que o sistema permita que estas mídias interajam entre si.
- Comunicação: um sistema multimídia deve ser capaz de se comunicar com outros sistemas. Como a maioria dos computadores atualmente estão interconectados, é interessante que o sistema suporte aplicações multimídia distribuídas, como, por exemplo, programas de vídeo conferência. O sistema multimídia deve permitir que uma informação possa ser não somente

criada, processada, apresentada e armazenada, mas também distribuída através da rede. Sistemas com estas características são chamados sistemas multimídia distribuídos.

2.5. Requisitos para um Sistema de Apresentação Multimídia

A apresentação de uma aplicação multimídia requer a execução simultânea, sequencial e independente de dados heterogêneos. O problema da apresentação multimídia se assemelha muito ao problema da execução de *threads* sequenciais e paralelas em computação concorrente [Buf94]. Muitas linguagens concorrentes, como CSP e Ada, suportam o conceito de *multithreading*. No entanto, a solução presente nas linguagens concorrentes não se adequa ao problema da apresentação multimídia, uma vez que estas linguagens estão direcionadas para a solução de problemas que necessitam de um alto *throughput*, como a solução paralela para a inversão de matrizes. Por outro lado, a apresentação multimídia se preocupa com a apresentação coerente de mídias heterogêneas ao usuário. Assim, existe um limite na velocidade de fornecimento dos dados acima da qual o usuário não consegue assimilar o conteúdo da apresentação. Para os sistemas computacionais comuns é sempre desejável produzir uma solução no menor tempo possível. Os sistemas multimídia, por outro lado, devem priorizar a apresentação, não a computação.

Um outro fator que diferencia os sistemas concorrentes dos sistemas multimídia é a forma de tratar os eventos dependentes de tempo. Nos sistemas concorrentes existe uma grande preocupação com a ordem dos eventos que ocorrem em paralelo. No entanto, não existe preocupação com a taxa de execução desses eventos (a performance da CPU não é considerada). Os dados multimídia dependentes de tempo, por outro lado, devem obedecer limitações de precedência e tempo de execução, ou seja, se um dado multimídia deve ser apresentado por 10 segundos, apresentá-lo por 9 ou por 11 segundos não é permitido.

Um esquema de apresentação multimídia deve capturar a precedência dos componentes e obedecer as limitações de tempo impostas pelas aplicações. Uma metodologia de especificação para apresentações multimídia deve incluir a representação da semântica de tempo real e concorrência e também prover formas de modelagem hierárquica. A natureza da apresentação de dados multimídia também implica outros requerimentos, como a possibilidade de reverter uma

apresentação, de permitir acesso aleatório a qualquer ponto da mesma, de especificar temporização de forma parcial ou incompleta, de permitir o compartilhamento de componentes sincronizados entre aplicações e de prover meios de armazenagem de informações de controle [Buf94].

2.6. Qualidade de Serviço em Sistemas Multimídia Distribuídos

A importância da informação multimídia e da comunicação cresce com o aumento de consumidores potenciais dessa informação que estão conectados a alguma rede. Espera-se para um futuro próximo que os sistemas multimídia sejam acessíveis em larga escala e possam prover funções de distribuição similares à rede mundial de telefones e à *Internet*. No entanto, a difusão dos sistemas multimídia distribuídos esbarra nos problemas envolvidos no intercâmbio de mídia contínua [Buf94].

O termo mídia contínua, como já foi dito, refere-se à dimensão temporal de mídias como áudio e vídeo, nas quais a informação se resume a uma sequência de amostras, cada uma com uma posição específica no tempo. Os requisitos de tempo envolvidos são reforçados durante o processo de apresentação e captura, quando os dados são visualizados pelos usuários. Além disso, dados de mídia contínua possuem geralmente um volume considerável. Estes dois fatores devem ser considerados no projeto de sistemas multimídia, diferenciando estes sistemas dos convencionais, sobretudo nos aspectos de gerenciamento de processos, arquivos e rede.

A fim de atender aos requisitos existentes no intercâmbio de mídia contínua, o gerenciamento de recursos, função principal de um sistema operacional, deve atender a uma nova classe de serviços, na qual restrições de tempo e níveis de serviço negociáveis devem ser satisfeitos. Assim, para a maioria das aplicações de mídia contínua é possível estabelecer níveis de serviço flexíveis, que variam de acordo com a carga do sistema. A flexibilidade do nível de serviço é estabelecida através de um processo de negociação entre a aplicação e o gerenciador de recursos local. O termo qualidade de serviço (*QoS - Quality of Service*) é usado para representar os requerimentos da aplicação a um dado recurso [Buf94].

Parâmetros típicos de qualidade de serviço são: resolução máxima e mínima, taxa de erros permitida, limites de atraso e *jitter* aceitáveis. Resolução máxima e mínima referem-se à qualidade em que são exibidos objetos visíveis, como texto, imagem e vídeo. Taxa de erros está ligada aos protocolos de transporte de *streams* de vídeo e áudio. O parâmetro atraso refere-se ao tempo gasto no processo de intercâmbio de um dado multimídia entre a fonte e o destino. Por fim, *jitter* refere-se à variação desse atraso. Assim, se cada *frame* de um vídeo demora exatamente 10 ms entre a fonte e o destino, o *jitter* é igual a zero (não há variação no atraso). No entanto, devido a oscilações na carga da rede, quase sempre ocorrem variações no atraso durante o processo de transporte de um *stream*. A fim de oferecer uma boa qualidade de serviço na apresentação de uma mídia contínua, como áudio ou vídeo, o sistema multimídia deve tentar manter o valor do *jitter* constante e o mais próximo de zero possível.

O paradigma para gerenciamento de recursos no contexto de mídia contínua é baseado no fato de que algumas aplicações requerem garantias determinísticas de serviço, enquanto outras requerem garantias probabilísticas, ou ainda, garantias mínimas de serviço. Garantias determinísticas e probabilísticas podem ser asseguradas desde que fatores como carga do sistema, espaço de *buffer* e escalonamento de processos possam ser monitorados e controlados. O que diferencia as duas formas de garantia citadas é que as probabilísticas são mais flexíveis, permitindo que o gerenciador de recursos admita um maior volume de tráfego, o que leva a uma melhor utilização do sistema. Aplicações que requerem garantias de performance mínimas podem ser atendidas na política do melhor esforço (*best effort basis*).

O gerenciador de recursos do sistema controla os níveis de serviço oferecidos. Assim, para uma dada classe de serviços, o gerenciador executa um teste de admissibilidade quando um recurso é solicitado. O teste determina se uma tabela de serviços que atenda os requisitos dos clientes pode ser construída. Em caso afirmativo, a solicitação é atendida. Caso contrário, o gerenciador de recursos pode recomendar classes de serviço de mais baixo nível que possam estar disponíveis. O gerenciador de recursos mantém uma função de escalonamento através da qual os clientes admitidos são atendidos. Durante o ciclo de serviços, o gerenciador monitora o uso que cada aplicação faz dos recursos de modo a evitar que uma sobrecarga inesperada, gerada por um cliente, não cause a deteriorização dos serviços prestados a outros clientes.

A natureza temporal das amostras de áudio e vídeo digital requer que parâmetros de *QoS* como atraso e *jitter* variem o mínimo possível do ponto de geração ou recuperação até o ponto de apresentação. Este requerimento é conhecido como *sincronização intramídia*. Quando vários *streams* de mídia contínua são apresentados em paralelo, geralmente a partir de diferentes pontos de geração ou recuperação, problemas referentes a relacionamentos temporais acontecem. Faz-se necessário então, realizar um ajuste de temporização entre as mídias envolvidas. Este ajuste é conhecido como *sincronização intermídia*. Os aspectos envolvidos na sincronização de mídias inter-relacionadas serão discutidos no próximo capítulo.

2.7. Considerações Finais

Neste capítulo foram introduzidos conceitos básicos que serão de grande utilidade para o entendimento dos assuntos apresentados no restante deste documento. Vários critérios de classificação de mídias foram apresentados, dos quais vale relembrar aquele que classifica uma mídia de acordo com as relações temporais entre seus componentes, identificando as mídias que são dependentes de tempo e as que não são. A importância dessa classificação está no fato de que as dependências temporais envolvendo mídias são um dos principais assuntos deste documento. A especificação dessas dependências recebe o nome de sincronização multimídia, assunto do próximo capítulo.

Além dos critérios de classificação de mídias, dois outros assuntos relevantes foram abordados neste capítulo. O primeiro refere-se aos sistemas multimídia e aos requisitos que tais sistemas devem possuir a fim de apresentar corretamente composições multimídia. O segundo refere-se aos problemas relacionados ao intercâmbio multimídia em sistemas distribuídos, abordando o uso de parâmetros de qualidade de serviço no sentido de estabelecer limites máximos para o atraso e o *jitter* no transporte de mídias contínuas.

3. Sincronização Multimídia

"Temos UMA boca e DOIS ouvidos, mas jamais nos comportamos proporcionalmente."

Provérbio chinês

3.1. Considerações Iniciais

A palavra sincronização refere-se a tempo, e sincronização em sistemas multimídia refere-se às relações temporais entre os objetos de mídia do sistema. Estas relações envolvem objetos de mídia dependentes de tempo (mídias contínuas) e objetos de mídia não dependentes de tempo (mídias discretas). Um exemplo de sincronização de mídias contínuas é a sincronização entre a informação visual e acústica na televisão. Nos sistemas multimídia, uma sincronização semelhante deve ser provida para a apresentação de áudio e vídeo. Um exemplo de relações temporais entre mídias dependentes e não dependentes de tempo é o *slide show*, onde a apresentação de slides (mídia discreta) deve ser sincronizada com um áudio (mídia contínua) que comenta cada slide.

A sincronização de mídias é realizada por vários componentes de um sistema multimídia, como o sistema operacional, o sistema de comunicação, os gerenciadores de bancos de dados e as aplicações. Dessa forma, a sincronização deve ser analisada em vários níveis em um sistema multimídia [SN95].

O sistema operacional e as camadas básicas de comunicação manipulam *streams* de mídia com o objetivo de evitar a ocorrência de *jitter* na apresentação das unidades de cada *stream*. Imediatamente acima do sistema operacional existe uma camada que dá suporte em tempo de execução para a sincronização de múltiplos *streams* de mídia. O objetivo desta camada é manter as relações temporais entre vários *streams* que participam de uma mesma apresentação. Em seguida, existe a camada que dá suporte em tempo real à sincronização de mídias dependentes e não dependentes de tempo, além de também manipular a interação dos usuários [MES93]. Esta

camada será abordada com mais profundidade, pois é nela que se insere o padrão MHEG — assunto abordado no próximo capítulo.

Este capítulo está organizado da seguinte forma: a Seção 3.2 introduz os conceitos básicos sobre sincronização multimídia; a Seção 3.3 aborda problemas relacionados à apresentação síncrona de objetos de mídia inter-relacionados; a Seção 3.4 comenta modelos de referência para apresentação multimídia, dando maior ênfase ao modelo de camadas proposto por *Meyer, Effelsberg & Steinmetz* [MES93]; a Seção 3.5 trata dos métodos de especificação de sincronização multimídia; a Seção 3.6 aborda problemas de sincronização em ambientes distribuídos; a Seção 3.7 apresenta os parâmetros de qualidade de serviço (*QoS*) relacionados à sincronização multimídia; e, finalmente, a Seção 3.8 faz algumas considerações a respeito da importância dos assuntos abordados neste capítulo.

3.2. Noções Básicas de Sincronização

O processamento de mídias integradas é uma das principais características dos sistemas multimídia. A principal razão da necessidade de integração de mídias é a dependência inerente entre a informação codificada em diferentes objetos de mídia. Estas dependências devem ser mantidas durante os processos de armazenamento, manipulação, comunicação, captura, e sobretudo, apresentação desses objetos. A tarefa de manter as interdependências temporais entre objetos de mídia recebe o nome de sincronização multimídia [SN95].

Nesta seção são apresentados os conceitos básicos de sincronização, abordando as relações de sincronização existentes, as formas de especificação de dependências temporais entre objetos de mídia, as unidades lógicas de dados (ULDs - usadas na sincronização fina), e também a sincronização intra e interobjeto.

3.2.1. Relações de Sincronização

A palavra sincronização está diretamente ligada ao fator tempo. No entanto, a palavra sincronização refere-se não somente às relações temporais, mas também às relações espaciais e de conteúdo dos objetos de mídia [SN95].

As *relações de conteúdo* definem a dependência de objetos de mídia a algum dado. Por exemplo, o conteúdo de uma planilha pode estar associado a um gráfico que representa seus dados. Dessa forma, qualquer mudança nos dados da planilha implica uma mudança no gráfico exibido. Documentos com esta característica são chamados documentos multimídia integrados. A sincronização multimídia é muito importante neste tipo de documentos.

As *relações espaciais*, também conhecidas como relações de *layout*, servem para definir um espaço de apresentação de objetos de mídia em um dispositivo de saída em um certo momento do tempo. Assim, se o dispositivo de saída tem duas dimensões (monitor ou folha de papel), as relações de *layout* especificam a área bidimensional a ser usada em um dado momento da apresentação.

As *relações temporais*, por sua vez, definem dependências de tempo entre diferentes objetos de mídia. Estas relações devem ser consideradas em qualquer apresentação que envolva objetos de mídia dependentes de tempo. Apesar da existência das relações espaciais e de conteúdo, a sincronização em sistemas multimídia refere-se sobretudo aos aspectos temporais do relacionamento entre objetos de mídia, tendo as relações espaciais e de conteúdo normalmente pouca importância dentro desse contexto.

3.2.2. Sincronização Intra e Interobjeto

Existem relações temporais entre *as unidades de um objeto de mídia* dependente de tempo e relações temporais entre *diferentes objetos de mídia*. As primeiras definem a sincronização que deve existir entre as componentes de um mesmo objeto, ou seja, sincronização intra-objeto. As últimas, definem a sincronização existente entre objetos de mídia distintos, chamada sincronização interobjeto [SN95].

Um exemplo de sincronização intra-objeto é a relação temporal existente entre os *frames* de uma sequência de vídeo. Para um vídeo com taxa de 25 *frames* por segundo, cada *frame* deve ser exibido por 40 ms. A Figura 3.1 mostra este exemplo para uma sequência de vídeo que apresenta uma bola em movimento vertical.

Figura 3.1 - Sincronização intra-objeto entre frames de uma sequência de vídeo [SN95]

A sincronização interobjeto deve ocorrer em toda e qualquer apresentação que envolva dois ou mais objetos de mídia, onde pelo menos um deles é um objeto de mídia contínua. A Figura 3.2 mostra um exemplo de sincronização interobjeto no qual objetos de mídia como áudio, vídeo, animação e imagens estáticas são apresentados. Estes objetos devem ser apresentados de forma ordenada no tempo, mantendo as dependências temporais especificadas.

Figura 3.2 - Exemplo de sincronização interobjeto [SN95]

3.2.3. Unidades Lógicas de Dados

Objetos de mídia dependentes de tempo geralmente são constituídos de uma sequência de unidades de informação. Estas unidades de informação são chamadas unidades lógicas de dados (ULDs) [SN95].

Na maioria das vezes existem vários níveis de granularidade de ULDs em um objeto. Um exemplo disso é, por exemplo, um objeto de vídeo não comprimido dividido em cenas e *frames*. Cada *frame* pode ser particionado em áreas de 16×16 *pixels*. Cada *pixel* é dividido em *luminance values* e *chrominance values*. Todas estas unidades são candidatas a se tornar ULD do objeto.

Os níveis de granularidade implicam uma decomposição hierárquica dos objetos de mídia. Existem dois tipos de hierarquia:

- Hierarquia de conteúdo: gerada pelo conteúdo do objeto de mídia. Assim, uma sinfonia é composta por movimentos, que por sua vez são compostos por notas musicais;
- Hierarquia de codificação: baseada na forma em que os dados estão codificados. Nesta hierarquia, um movimento de uma sinfonia pode ser representado por um objeto de mídia. Cada objeto que representa um movimento pode ser dividido em blocos de amostras. As amostras seriam, então, o nível mais baixo na hierarquia de codificação.

As ULDs são ainda classificadas em abertas e fechadas. ULDs fechadas são aquelas que têm uma duração pré-definida. Exemplos de ULDs fechadas são as ULDs que compõem objetos de mídia contínua armazenados, como áudio e vídeo. ULDs abertas, por sua vez, são aquelas que não possuem duração pré-definida. As ULDs abertas ocorrem, por exemplo, nos objetos de mídia que envolvem interação do usuário.

Classificação das Unidades Lógicas de Dados

Para vídeo digital, geralmente os *frames* são selecionados como ULDs. Por exemplo, para um vídeo com 30 *frames* por segundo, cada ULD tem a duração de 1/30 segundos.

Em alguns casos, a ULD é muito pequena para ser manipulada. É o que acontece com os *streams* de áudio, nos quais a duração de cada unidade física tem uma dimensão muito reduzida, o que faz com que cada ULD seja formada por um bloco de amostras (geralmente composto de 512 amostras).

A importância das ULDs pode ser melhor observada quando se deseja realizar sincronização labial (*lip synchronization*). A Figura 3.3 mostra um exemplo de sincronização labial entre um objeto de áudio e um objeto de vídeo. Através do uso de ULDs, é possível especificar que o *frame n* do objeto de vídeo deve ser apresentado simultaneamente à amostra *m* do objeto de áudio.

Figura 3.3 - Visão das ULDs de uma sincronização labial [SN95]

3.2.4. Especificação de Dependências Temporais

O processo de autoria de apresentações multimídia consiste basicamente em se especificar relações, a maioria dependentes de tempo, entre os componentes da aplicação. O sistema multimídia, por sua vez, deve interpretar estas especificações e prover a apresentação adequada. Interpretar especificações significa processar cada item da apresentação de acordo com os parâmetros de sincronização estabelecidos no processo de autoria. Portanto, os modelos de tempo são importantes tanto no processo de autoria (especificação de relações temporais) quanto no processo de apresentação (identificação de relações temporais). Existem diversos tipos de dependências temporais, que variam de acordo com a forma em que os dados são capturados ou apresentados [Buf94]. A Tabela 3.1 mostra algumas definições de dependências temporais.

Dependências de tempo presentes no momento da captura dos dados são chamadas *naturais* ou *implícitas*. Um exemplo de dependência *natural* é aquela existente entre objetos de vídeo e áudio capturados simultaneamente. Estes *streams* de dados são descritos como *contínuos*, uma vez que os elementos de dados gravados são exibidos de forma contígua no tempo. Por outro lado, dados também podem ser capturados sem nenhuma ordem específica (por exemplo, um conjunto de

fotografias). Sem uma dependência de tempo, estes dados são ditos *estáticos*. Dados *estáticos* podem ter relações temporais *sintéticas*, ou seja, relações temporais criadas artificialmente.

Tabela 3.1- Definições de dependências temporais [Buf94]

tipo de mídia	dependência temporal
Estática	Nenhuma dependência temporal
Discreta	Um único elemento
Transiente	Efêmera
Natural ou implícita	Dependência temporal do mundo real
Sintética	Dependência temporal criada artificialmente
Contínua	Execução contígua no tempo
Persistente	Mantida em um banco de dados
Ao vivo	Dados gerados em tempo real
Dados armazenados	Dados pré-gravados e armazenados

A combinação de dependências temporais *naturais* e *sintéticas* descrevem os requerimentos temporais de qualquer apresentação multimídia pré-orquestrada [Buf94]. No momento da apresentação, os dados podem manter suas dependências temporais naturais ou podem ser “forçados” a participar de relacionamentos temporais sintéticos. Um relacionamento *sintético* possui uma dependência temporal fabricada de acordo com as necessidades da aplicação. Por exemplo, um filme (longa metragem) consiste de uma sequência de cenas gravadas. Estas cenas são gravadas naturalmente, mas arranjadas de forma artificial durante o processo de edição do filme. De forma similar, uma animação é uma ordenação sintética de dados estáticos. Uma fonte de dados “*ao vivo*” é uma fonte gerada dinamicamente e em tempo real, contrastando com as fontes de dados *pré-armazenados*. As relações sintéticas são válidas apenas para dados armazenados, uma vez que não é possível reordenar ou conhecer os valores futuros de uma fonte gerada “*ao vivo*”.

Dados multimídia podem ainda ser classificados de acordo com a duração de sua existência e de sua apresentação. Um objeto *persistente* é aquele que existe durante toda a execução da aplicação. Um objeto *não persistente* é criado dinamicamente e descartado quando obsoleto. Com relação à apresentação, um objeto *transiente* é definido como um objeto que é apresentado por uma curta duração de tempo.

É importante observar que as definições de dependências temporais não são mutuamente exclusivas, ou seja, um mesmo objeto de mídia pode se enquadrar em duas ou mais dessas definições.

3.3. Requisitos de Apresentação

A fim de apresentar corretamente dados multimídia na interface do usuário, a sincronização é fundamental. Não é possível, no entanto, mensurar objetivamente a sincronização a partir do ponto de vista subjetivo da percepção humana, uma vez que esta varia de pessoa para pessoa. Portanto, apenas critérios heurísticos podem determinar se a apresentação de um *stream* está sincronizada ou não [SN95]. Nesta seção são apresentados experimentos extensivos que abordam a percepção humana da sincronização em diferentes mídias.

Os requisitos de apresentação incluem, para sincronização intra-objeto, a precisão relacionada aos atrasos na apresentação das ULDs de um *stream* qualquer e, para sincronização interobjeto, a precisão na apresentação paralela de objetos de mídia.

Um outro requisito de apresentação que deve ser considerado é o problema gerado pelo bloqueio de um *stream* que está sendo apresentado de forma síncrona com outros objetos de mídia. Este problema é conhecido como *gap problem*, e será abordado a seguir.

3.3.1. Gap Problem

Uma apresentação multimídia pode ser composta por um ou mais *streams* de dados que, na maioria das vezes, são capturados e armazenados separadamente em servidores de mídia contínua. A aplicação encarregada de mostrar esta apresentação deve, então, solicitar aos servidores de mídia os *streams* requeridos e sincronizá-los, apresentando-os em paralelo. Mas, o que acontece se um dos *streams* for interrompido, mesmo que temporariamente, antes do seu término normal? Nesse caso, a aplicação deve prover artifícios para controlar o problema, minimizando ao máximo o efeito causado na apresentação como um todo. O problema causado pela interrupção de um *stream* é chamado *gap problem*.

Duas soluções são propostas para o *gap problem* [SN95]. A primeira, conhecida como bloqueio restritivo, consiste em se repetir a última ou as últimas amostras do *stream* recebidas antes de sua interrupção, ou ainda prover um *stream* alternativo que possa ser usado caso ocorra um *gap*. A outra forma baseia-se na realização de uma reamostragem de um ou mais *streams* com o propósito de restabelecer a sincronização perdida devido a um *gap*. A solução mais indicada para o problema varia de acordo com a duração do *gap*, uma vez que o mesmo pode durar desde alguns milissegundos até vários minutos. Cabe à aplicação (e não ao sistema multimídia) optar pela melhor solução. As soluções para este problema são detalhadamente abordadas a seguir.

Método do Bloqueio Restritivo

O método do bloqueio restritivo, como já foi dito, consiste em se repetir a última ou as últimas amostras de um *stream* interrompido. Assim, para um *stream* de vídeo, o último *frame* recebido é mostrado como uma imagem estática. Uma outra forma de solução do problema através de bloqueio restritivo consiste na especificação de uma apresentação alternativa, que é apresentada toda vez que um *gap* excede um determinado limite de tempo. A Figura 3.4 mostra esta solução. Nela pode-se observar que, quando ocorre um *gap* no *stream* de áudio, uma apresentação alternativa é acionada, cobrindo a falta do *stream* interrompido.

Figura 3.4 - Solução para o Gap Problem através do Método de Bloqueio Restritivo [SN95]

Método da Reamostragem de um *Stream*

O problema gerado por um *gap* em um *stream* pode ser também solucionado através da reamostragem desse *stream*, desde que o *gap* tenha uma duração curta (de no máximo alguns segundos). A solução consiste em aumentar ou diminuir a velocidade em que o *stream* é apresentado, até que se alcance a sincronização desejada. Este tipo de solução é conhecida como reamostragem *on-line*. A reamostragem de um *stream* pode também ser usada para sincronizar mídias capturadas a partir de dispositivos diferentes, que podem, e muitas vezes têm, uma precisão insuficiente em seus cristais de *clock*. Um exemplo disso ocorre quando se captura um concerto musical com dispositivos de áudio e vídeo diferentes. A duração da apresentação dessas duas mídias de acordo com a taxa de amostragem das sequências de áudio e vídeo armazenadas pode variar. É necessário então, fazer a reamostragem de um dos *streams* de forma a se obter a sincronização requerida. Este processo recebe o nome de reamostragem *off-line*, uma vez que os *streams* se encontram armazenados (não são gerados ou recebidos via rede em tempo real).

A percepção humana da reamostragem de *streams* depende muito do tipo de mídia utilizado. No caso de vídeo, a reamostragem através da inserção ou remoção de *frames* pode ser feita sem muitos problemas — é o que acontece nas conversões NTSC/PAL. Por outro lado, a reamostragem de *streams* de áudio é bem mais complexa. Um usuário certamente se sentirá desconfortável ao ouvir um trecho de áudio que possua blocos repetidos ou removidos. Além disso, mudanças na taxa de *playback* podem ser facilmente percebidas pelo usuário, uma vez que essa mudança causa uma variação instantânea na frequência do áudio. Todos estes problemas inviabilizam a reamostragem *on-line* de *streams* de áudio [SN95].

3.3.2. Sincronização Labial e Sincronização de Ponteiros

A sincronização labial (*lip synchronization*) e a sincronização de ponteiros referem-se aos relacionamentos temporais entre *streams* de áudio e vídeo que possuem um alto grau de acoplamento, isto é, são fortemente inter-relacionados.

Sincronização Labial

A sincronização labial deve ser observada no caso de apresentações que envolvam uma pessoa falando. Se o usuário percebe uma falta de sincronismo entre os movimentos dos lábios do interlocutor e as palavras que estão sendo olvidas, então diz-se que os *streams* não estão em sincronismo. A diferença de tempo entre ULDs de áudio e vídeo relacionados é chamada *skew* (variação). Quando $skew = 0$, a apresentação está em sincronismo, quando $skew < 0$, o áudio está atrasado em relação ao vídeo e, finalmente, quando $skew > 0$, o vídeo está atrasado em relação ao áudio.

Experimentos realizados no *IBM European Networking Center* [SE93] mostram que pequenas variações na sincronização dos *streams* (para mais ou para menos) são praticamente imperceptíveis à maioria dos usuários. Dessa forma, variações de -80 ms até +80 ms não são percebidas pela maioria das pessoas, portanto, variações dentro desse intervalo são consideradas aceitáveis. É importante destacar, no entanto, que a percepção humana da sincronização labial é extremamente subjetiva. O experimento mostra casos de pessoas que não percebiam a falta de sincronismo entre áudio e vídeo mesmo com variações inferiores a -160 ms e superiores a +160 ms.

Sincronização de Ponteiros

Com o advento do Trabalho Cooperativo Suportado por Computador — CSCW (*Computer-Supported Cooperative Work*) — câmeras e microfones passaram a ser incorporadas às estações de trabalho dos usuários, permitindo que discussões de trabalho sejam feitas *on-line* através do computador. Neste tipo de trabalho, um mesmo objeto pode ser manipulado por vários usuários remotos. Cada usuário deve ter um *feedback* das suas ações e perceber as ações dos outros participantes em tempo real.

Um problema inerente ao ambiente CSCW é a sincronização entre a voz de um usuário e suas ações, realizadas com o *mouse*. Assim, se um usuário aponta um determinado objeto e fala algo sobre ele, os demais usuários devem ver o ponteiro se posicionar sobre o referido objeto no

mesmo instante em que ouvem a referência àquele objeto. O problema da sincronização de voz e ponteiro não é tão drástico quanto o problema da sincronização labial, e variações de até 500 ms (para mais e para menos) não são perceptíveis para a maioria dos usuários.

3.4. Modelos de Referência para Sincronização Multimídia

Os modelos de referência para sincronização multimídia são necessários para [SN95]:

- entender os diversos requisitos relacionados à sincronização multimídia;
- identificar e estruturar mecanismos de *run-time* que suportem a execução de sincronização;
- identificar a interface existente entre esses mecanismos de *run-time*;
- comparar soluções para o problema de sincronização multimídia.

Algumas classificações foram propostas na tentativa de se estabelecer um modelo de referência. *Little & Ghafoor* [LG90], por exemplo, propuseram a classificação de objetos multimídia de acordo com a sincronização intermídia e intramídia utilizada. *Ehley, Furth & Ilyas* [EFI94] propuseram uma classificação baseada no controle remoto ou local da sincronização de objetos de mídia. Por fim, *Meyer, Effelsberg & Steinmetz* [MES93] propuseram uma classificação baseada em camadas de sincronização.

A classificação de *Meyer, Effelsberg & Steinmetz* possui quatro camadas, como mostra a Figura 3.5. A primeira, chamada camada de mídia, é responsável pela sincronização *intrastream* entre mídias dependentes de tempo. A segunda, conhecida como camada de *stream*, realiza a sincronização entre *streams* de mídia (sincronização *interstream*). A terceira, chamada camada de objeto, é responsável pela apresentação de mídias dependentes e não dependentes de tempo. Finalmente, a quarta camada, conhecida como camada de especificação, permite a autoria de aplicações multimídia [MES93]. Cada uma das quatro camadas do modelo será detalhadamente abordada a seguir.

Figura 3.5 - Modelo de referência de quatro camadas [MES93]

3.4.1. A Camada de Mídia

Na camada de mídia, uma aplicação opera sobre um único *stream* de mídia contínua, o qual é tratado como uma sequência de ULDs. A abstração oferecida nessa camada consiste de uma interface independente de dispositivo com operações como:

read(deviceHandle, ULD) ou *write(deviceHandle, ULD)*.

Usando esta camada, a própria aplicação é responsável pela sincronização *intrastream*. Neste caso, a sincronização é feita através do uso de mecanismos de controle de fluxo entre um dispositivo produtor e um dispositivo consumidor de *streams*. No caso especial de sincronização labial, a sincronização *interstream* pode ser provida facilmente através do entrelaçamento (*interleaving*) de *frames* simultâneos de áudio e vídeo dentro da mesma ULD. Assim, as implementações da camada de mídia podem ser classificadas em implementações simples e implementações que provêem acesso a *streams* de mídia entrelaçados.

3.4.2. A Camada de *Stream*

A camada de *stream* opera sobre *streams* de mídia contínua provendo sincronização *intrastream*, e também sobre grupos de *streams* de mídia provendo sincronização *interstream* quando a apresentação paralela de *streams* é necessária. A abstração oferecida nesta camada é a noção de *stream* com parâmetros de temporização relacionados à qualidade de serviço (*QoS*) para sincronização *intra* e *interstream*.

Mídias contínuas são vistas pela camada de *stream* como um fluxo de dados que possui condições temporais implícitas; ULDs individuais não são visíveis. Os *streams* são executados em um ambiente de tempo real, onde todo processamento é regido por especificações temporais bem definidas. Por outro lado, aplicações que usam os serviços da camada de *stream* são executadas em um ambiente chamado NRTE (*Non Real-Time Environment*), no qual o processamento de eventos é controlado pela política de escalonamento do sistema operacional.

Alguns exemplos de operações invocadas a partir do NRTE por aplicações que desejam manipular *streams* e grupos de *streams* são:

- *start(stream);*
- *stop(stream);*
- *create_group(list_of_streams);*
- *start(group)* e
- *stop(group).*

A interação de *streams* com mídias não dependentes de tempo e com o usuário é feita através da junção de eventos aos *streams* de mídia contínua. A operação abaixo, por exemplo, realiza uma junção deste tipo:

setcuepoint(stream/group, at, event).

Assim, quando um *stream* em processo de *playback* encontra um evento de interação, este evento é enviado à aplicação, que, nesta camada, é responsável pelo processamento de objetos de mídia não dependentes de tempo e por interações com o usuário.

As implementações da camada de *stream* podem ser classificadas de acordo com o suporte dado à distribuição (fim-a-fim ou local), de acordo com os tipos de garantia de serviço oferecidos (melhor esforço ou determinístico) e de acordo com o tipo de *stream* suportado (analogico e/ou digital) [SN95].

Uma aplicação usando a camada de *stream* é responsável por iniciar, finalizar e agrupar *streams*, e, além disso, deve definir os parâmetros de *QoS* que serão utilizados pela camada de *stream*. A aplicação também é responsável pela sincronização de *streams* com objetos de mídia não dependentes de tempo.

3.4.3. A Camada de Objeto

A camada de objeto opera sobre todos os tipos de mídia, oferecendo às aplicações a abstração de uma apresentação sincronizada. A camada de objeto recebe uma especificação de sincronização multimídia como entrada e gera uma apresentação sincronizada como saída. As funções localizadas na camada de objeto são responsáveis pela execução de roteiros completos de apresentação que incluem a apresentação de objetos de mídia não contínua e chamadas à camada de *stream*. Além disso, a camada de objeto é responsável por iniciar a preparação de ações que são necessárias a fim de se obter uma apresentação corretamente sincronizada. A camada de objeto não manipula a sincronização *intrastream* e *interstream*. Para este propósito ela usa os serviços da camada de *stream*.

Um exemplo de implementação da camada de objeto é a especificação MHEG, assunto do próximo capítulo. Uma possível implementação dessa camada pode ser feita através de um sistema *run-time* MHEG, conhecido como MHEG *engine*. A função do MHEG *engine* é avaliar o *status* de objetos e realizar operações (ações) como *prepare*, *run*, *stop* e *destroy* sobre estes objetos. No caso de objetos de mídia dependentes de tempo, a operação *run* pode ser mapeada

para a inicialização de um *stream* de mídia na camada de *stream*. No caso de um objeto de mídia não dependente de tempo, a operação *run* faz com que o objeto seja diretamente apresentado.

A fim de apresentar corretamente um objeto, o MHEG *engine* necessita de um tempo para a preparação do mesmo (operação *prepare*). Isto ocorre porque, no caso de objetos de mídia contínua, o *engine* deve contactar a camada de *stream* para que ela apresente o referido objeto. No caso de objetos de mídia discretos, a preparação é necessária a fim de que os dispositivos de saída sejam preparados para a apresentação do objeto.

Neste contexto, a tarefa de uma aplicação que deseja utilizar a camada de objeto é fornecer uma especificação de sincronização adequada.

3.4.4. A Camada de Especificação

Esta camada é uma camada aberta, que não oferece nenhuma interface específica. Ela inclui aplicações e ferramentas que permitem a criação de especificações de sincronização. Exemplos dessas aplicações e ferramentas são editores de sincronização, editores de documentos multimídia, sistemas de autoria e ferramentas de conversão, capazes de converter especificações para um formato aceitável pela camada de objeto, como, por exemplo, um formatador de documentos multimídia que produz especificações MHEG.

Uma outra função da camada de especificação é mapear os requerimentos de *QoS* do nível de usuário para os serviços oferecidos pela interface da camada de objeto.

Os métodos de especificação de sincronização podem ser classificados em quatro categorias principais [SN95]:

- Especificações baseadas em intervalos, que permitem a especificação de relações temporais entre intervalos de tempo das apresentações de objetos de mídia;
- Especificações baseadas em eixos, que relacionam eventos de apresentação com eixos que são compartilhados pelos objetos da apresentação;

- Especificações baseadas em controle de fluxo, nas quais o fluxo da apresentação é sincronizado em pontos de sincronização pré-estabelecidos;
- Especificações baseadas em eventos, nas quais a ocorrência de eventos durante a apresentação das mídias dispara a execução de ações.

Cada um desses métodos de especificação de sincronização é detalhadamente descrito a seguir.

3.5. Métodos de Especificação de Sincronização Multimídia

Para a especificação de sincronização de múltiplos objetos de mídia, incluindo interação do usuário, métodos sofisticados de especificação devem ser usados. Nesta seção, os principais métodos de especificação de sincronização multimídia são abordados.

3.5.1. Especificações Baseadas em Intervalos

Através do conceito de instante e intervalo é possível estabelecer um modelo de tempo conceitual aplicável ao problema de sincronização multimídia [Buf94]. Em primeiro lugar, é importante definir o que é um instante e o que é um intervalo.

Um instante é um momento de comprimento zero no tempo, como por exemplo 4:00 da tarde. Por outro lado, um intervalo de tempo é definido como sendo o comprimento (duração) entre dois instantes. Assim, dados dois instantes a e b , sendo $b > a$, o comprimento do intervalo é dado por $b - a$, ou seja, a diferença entre os instantes final e inicial. Uma outra forma de especificar intervalos usa comparações ao invés de pontos. Nesta forma de especificação, um intervalo é definido em função de outro ou outros intervalos, o que possibilita a geração de relações temporais.

Segundo Allen [All83], existem treze formas nas quais dois intervalos podem se relacionar no tempo. Estas relações estão representadas graficamente na Figura 3.6. É importante observar que as treze relações são representadas por sete casos, uma vez que seis deles são inversos. Por exemplo, *before* é a relação inversa de *after*, ou de forma equivalente, $after^{-1}$ é a relação inversa de *after*; além disso, *a equals b* é o mesmo que *b equals a*.

Figura 3.6 - Relações temporais binárias [All83]

É possível estender as 13 relações temporais binárias básicas através do modelo avançado de sincronização baseado em intervalos, proposto por *Wahl e Rothermel* [WR94]. Neste modelo, 29 relações relevantes à apresentação multimídia são obtidas a partir de disjunções das relações básicas entre intervalos mostradas na Figura 3.6. A fim de simplificar a especificação de sincronização, dez operadores foram definidos para manipular as relações entre os intervalos. As operações básicas do modelo estendido são mostradas na Figura 3.7.

Este modelo permite que se defina tanto a duração de objetos de mídia dependentes de tempo quanto a duração de objetos de mídia não dependentes de tempo. Dessa forma, é possível definir, por exemplo, a duração de uma interação com o usuário. A facilidade de manipular interações com o usuário é um dos pontos fortes deste modelo.

Usando o modelo avançado de sincronização baseado em intervalos pode-se especificar, por exemplo, a apresentação de um *slide show*, onde $Slide_i$ ($1 \leq i \leq n$) e um objeto de áudio possuem as seguintes relações temporais:

Slide_i co-início(0) Áudio

Slide_i antes(0) Slide_{i+1} ($1 \leq i \leq n-1$)

Figura 3.7 - Operações do modelo avançado de sincronização baseado em intervalos [WR94]

Um outro ponto forte deste modelo é a simplicidade da especificação. Para expressar a sincronização labial entre um objeto de vídeo e um objeto de áudio, basta apenas a seguinte especificação:

Áudio while(0,0) Vídeo

As principais desvantagens deste modelo estão ligadas à falta de mecanismos que permitam a especificação de relações temporais diretamente entre as subunidades (ULDs) de cada objeto. Além disso, este modelo não suporta especificações de parâmetros de *skew*.

3.5.2. Especificação de Sincronização Baseada em Eixos

Em uma especificação baseada em eixos, os eventos de uma apresentação, como o início e o fim da apresentação de uma mídia, são mapeados para eixos que são compartilhados por todos os objetos da apresentação. Existem duas formas de se especificar sincronização através do uso de eixos:

- Sincronização baseada em um temporizador global: Neste método, cada objeto de mídia é colocado em um eixo de tempo que representa uma abstração do tempo real. Este método de especificação é usado, por exemplo, no projeto *Athena Muse* [HSA89], no qual a sincronização é feita colocando-se todos os objetos em um eixo de tempo. Como os objetos são independentes uns dos outros, a remoção de um objeto não afeta a sincronização de outro. Com algumas modificações, este tipo de especificação é também usado no modelo de mídias ativas [TGD91]. Neste modelo, um tempo global é mantido, o qual é acessível a todos os objetos. Cada objeto pode mapear este tempo global para seu tempo local. Quando a distorção entre os tempos global e local excede um dado limite, é necessário fazer ressincronização com o tempo global.
- Sincronização baseada em eixos virtuais: Neste método, ao invés de se usar um único eixo que represente uma abstração do tempo real, são usados diversos eixos, criando um espaço de coordenadas virtual. Esta forma de especificação é útil quando um objeto de mídia já possui uma forma de representação própria no tempo, como as notas musicais de uma canção [SN95]. Nesta especificação, um conjunto de eixos virtuais são mapeados para eixos reais durante o processo de execução da apresentação. Um dos pontos fortes dessa especificação é que ela apresenta uma abstração adequada para conteúdos de mídia, facilitando o entendimento do usuário. O padrão HyTime, abordado no próximo capítulo, utiliza este método para especificar sincronização entre dois ou mais componentes de uma apresentação multimídia.

3.5.3. Especificação de Sincronização Baseada em Controle de Fluxo

Nas especificações baseadas em controle de fluxo, o fluxo da apresentação de *threads* concorrentes é sincronizado em pontos pré-definidos da apresentação. Existem três formas de se especificar sincronização através do controle de fluxo [SN95]:

- **Especificação hierárquica básica:** Descrições de sincronização hierárquica são baseadas em duas operações de sincronização básicas: sincronização serial de ações (seqüência de slides, por exemplo) e sincronização paralela de ações (apresentação síncrona de áudio e vídeo, por exemplo). Em uma especificação de sincronização hierárquica, os objetos multimídia são representados através de uma árvore, na qual os nós denotam apresentação serial ou paralela de suas sub-árvores. A especificação hierárquica é largamente usada devido à facilidade de compreensão de sua estrutura básica. No entanto, esta especificação apresenta uma série de limitações; uma delas, e talvez a mais grave, é o fato de que cada ação só pode ser sincronizada em seu início ou seu fim. Isto significa, por exemplo, que a apresentação de subtítulos em partes de uma seqüência de vídeo requer que a seqüência seja dividida em vários componentes consecutivos.
- **Especificação de sincronização através do uso de pontos de referência:** Neste tipo de especificação, cada objeto de mídia é considerado como uma seqüência de unidades lógicas de dados (ULDs). O início e o fim de cada objeto de mídia, bem como o início de cada sub-unidade dependente de tempo desse objeto são considerados pontos de referência. A sincronização entre objetos é então definida pela conexão de pontos de referência desses objetos. Um conjunto de pontos de referência conectados é chamado ponto de sincronização. A apresentação das sub-unidades que participam de um mesmo ponto de sincronização deve ser iniciada ou finalizada quando este ponto de sincronização é alcançado. Este método de sincronização especifica relações temporais entre objetos sem fazer referência explícita ao tempo. Esta especificação permite que sejam feitas sincronizações em qualquer instante durante o processo de apresentação de um objeto. Além disso, a apresentação de objetos de duração desconhecida pode ser facilmente integrada. Esta especificação é também muito fácil de ser usada por ser extremamente intuitiva.

- *Especificação de sincronização através de Redes de Petri:* É possível especificar sincronização através do uso de *Redes de Petri*. Para tanto, basta estender os conceitos das *Redes de Petri* com especificações de duração [LG92], criando uma Rede de Petri temporizada. As regras para uma *Rede de Petri* temporizada são as seguintes:
 - uma transição ocorre se todos os locais de entrada contêm um *token* não bloqueante;
 - se uma transição ocorre, um *token* é removido de cada local de entrada e um *token* é adicionado a cada local de saída;
 - um *token* adicionado a um novo local fica bloqueado durante a duração que é atribuída a este local.

Para objetos de mídia dependentes de tempo, cada local na *Rede de Petri* representa uma ULD. Dessa forma, a sincronização fina pode ser modelada através da conexão de ULDs apropriadas.

3.5.4. Especificação de Sincronização Baseada em Eventos

No caso da sincronização baseada em eventos, as ações de apresentação são iniciadas por eventos de sincronização. Ações típicas de apresentação são:

- inicie uma apresentação;
- interrompa uma apresentação;
- prepare uma apresentação.

Os eventos que iniciam ações de apresentação podem ser externos (gerados por um *timer*, por exemplo) ou internos à apresentação, gerados por um objeto de mídia dependente de tempo que alcançou uma ULD específica. Este modelo de especificação é facilmente estendido a novos tipos de sincronização. O padrão MHEG-5, a ser discutido no capítulo 4, utiliza este modelo de sincronização para apresentação de objetos de mídia que possuem relações temporais.

3.6. Sincronização em Ambientes Distribuídos

A sincronização em um ambiente distribuído é mais complexa que em um ambiente local. Isto ocorre devido ao armazenamento distribuído das informações de sincronização e dos objetos de mídia envolvidos em uma apresentação. O processo de comunicação entre os locais de armazenamento e apresentação introduz atrasos e *jitter* adicionais, que devem ser considerados no processo de apresentação.

No local de apresentação, os componentes do sistemas precisam ter disponíveis as informações de sincronização de um objeto de mídia no momento em que este objeto deve ser apresentado. Existem três formas básicas de se enviar informações de sincronização a um local de apresentação, são elas [SN95]:

- Envio de toda a informação de sincronização antes do início da apresentação: Esta técnica é freqüentemente usada no caso de sincronização sintética. Neste caso, a aplicação que está sendo executada no local de apresentação acessa a camada de objeto passando a especificação previamente recebida, ou uma referência a ela, como parâmetro. Esta técnica tem como vantagem a facilidade de implementação e como desvantagem o atraso gerado antes do início da apresentação (tempo gasto no recebimento da especificação de sincronização).
- Uso de um canal adicional de sincronização: Este método é usado quando se deseja sincronizar objetos de mídia que estão sendo gerados em tempo real a partir de uma única fonte. Neste caso, a informação de sincronização de um dado objeto não é previamente conhecida, estando geralmente disponível apenas no momento em que o objeto deve ser apresentado, o que traz maior complexidade ao processo de sincronização. A vantagem dessa técnica é que nela as informações de sincronização não são responsáveis pelo atraso na apresentação de objetos multimídia.
- Uso de streams de dados multiplexados: Esta técnica baseia-se na multiplexação de dois ou mais *streams* de dados em um único canal de comunicação. A vantagem da multiplexação é que as informações de sincronização são enviadas juntamente com as unidades de mídia. Este procedimento não gera nenhum atraso adicional e dispensa o uso de um canal extra para a

informação de sincronização. Por outro lado, é difícil usar este método quando os objetos de mídia que devem ser sincronizados estão armazenados em locais diferentes. Um exemplo de multiplexação de *streams* é o padrão MPEG [Key94], onde um único *stream* combina áudio, vídeo e informações de sincronização entre as duas mídias.

3.7. Qualidade de Serviço

Na Seção 2.6, os aspectos genéricos a respeito de qualidade de serviço (*QoS*) foram apresentados. Nesta seção, o assunto *qualidade de serviço* é abordado com relação à sincronização intermídia. A qualidade de serviço está presente tanto na sincronização intramídia, envolvendo objetos de mídia isolados, quanto na sincronização intermídia, onde dois ou mais objetos de mídia possuem relações temporais.

A especificação de *QoS* para um objeto de mídia inclui a qualidade que cada uma de suas ULDs deve apresentar, bem como a precisão das relações temporais entre as ULDs desse objeto, caso o mesmo seja um objeto de mídia dependente de tempo. Assim, se uma especificação de *QoS* para um *stream* de vídeo determina que sejam mostrados 30 *frames* por segundo, então cada *frame* deve ser exibido por exatamente 1/30 segundos a fim de se atender à especificação de qualidade de serviço requisitada.

Parâmetros de *QoS* são também importantes na sincronização intermídia. Estes parâmetros são usados, por exemplo, para indicar o máximo *skew* permitido na apresentação síncrona de duas mídias. Dessa forma, para uma apresentação de áudio e vídeo que envolva sincronização labial, o parâmetro *skew* não deve ser superior a 80 ms. A Tabela 3.2 mostra alguns valores de *QoS* usados na sincronização de pares de mídia.

Tabela 3.2 - Qualidade de Serviço para propósitos de sincronização [SN95]

Objetos	Modo de Apresentação	Qualidade de Serviço
Vídeo	Animação	Correlacionado
	Áudio	Sincronização Labial
	Imagem	Sobreposto
		Não-sobreposto
	Texto	Sobreposto
		Não-sobreposto
Áudio	Animação	Correlação de eventos (dança)
	Áudio	Fortemente acoplados (<i>stereo</i>)
		Fracamente acoplados (modo de diálogo com vários participantes)
		Fracamente acoplados (música em <i>background</i>)
	Imagem	Fortemente acoplados (música com respectivas notas musicais)
		Fracamente acoplados (<i>slide show</i>)
	Texto	Anotação textual
	Ponteiro	Áudio relacionado ao item que o ponteiro aponta

3.8. Considerações Finais

Este capítulo apresentou conceitos básicos relacionados ao tema sincronização multimídia. Os conceitos apresentados visam fornecer o embasamento teórico para o entendimento do trabalho descrito neste documento.

A apresentação simultânea de dois ou mais objetos de mídia em um sistema que suporte programação *multithreading* é uma tarefa relativamente simples, desde que não existam dependências temporais entre tais objetos. No entanto, não faz sentido falar em uma apresentação

multimídia que não possua relações temporais entre seus componentes. Logo, todo e qualquer sistema que se proponha a apresentar objetos multimídia deve ser capaz de interpretar e executar especificações de sincronização.

Um sistema apresentador de objetos multimídia deve ser capaz de interpretar e executar não somente especificações de sincronização intermídia, como também especificações de sincronização intramídia. Tais especificações são também chamadas de parâmetros de qualidade de serviço, uma vez que através delas pode-se especificar, por exemplo, a qualidade da apresentação de um *stream* de áudio ou de vídeo.

O trabalho descrito neste documento usa os conceitos apresentados neste capítulo a fim de prover sincronização inter e intramídia na apresentação de composições multimídia.

4. Padrões Para Especificação de Apresentações Multimídia

"A primeira lei da natureza é a tolerância - já que temos todos uma porção de erros e fraquezas."

Voltaire

4.1. Considerações Iniciais

O mercado de aplicações multimídia é, atualmente, composto por inúmeros fabricantes que utilizam tecnologia proprietária para a codificação e o armazenamento de tais aplicações. No entanto, os sistemas de comunicação atuais que interligam várias redes são constituídos por uma grande diversidade de tecnologias que interoperam. Em sistemas heterogêneos como estes, a interoperabilidade só é alcançada quando são utilizados padrões abertos. Deste modo, tornou-se necessária a criação de padrões que permitam a reutilização de objetos multimídia em diferentes ambientes, por diferentes aplicações.

Este capítulo apresenta alguns destes padrões, como é o caso do MHEG, do HyTime e do SMIL, que são abordados nas Seções 4.2, 4.3 e 4.4, respectivamente. A Seção 4.5 traz um comparativo desses três padrões, abordando suas potencialidades e similaridades. Finalmente, a Seção 4.6 fecha este capítulo, traçando algumas considerações a respeito da importância dos padrões no contexto do intercâmbio multimídia.

4.2. MHEG

O padrão MHEG (acrônimo de *Multimedia and Hypermedia information coding Expert Group*) representa um esforço da ISO para a definição de representação e codificação de objetos multimídia e hipermídia com o objetivo de permitir o intercâmbio desses objetos por aplicações e serviços.

O padrão MHEG é, atualmente, composto por seis partes — partes 1 a 7, exceto a parte 2. A parte 2 do padrão MHEG foi cancelada antes de alcançar o *status* de padrão internacional. O MHEG-2 definiria a codificação do MHEG-1 através da linguagem SGML, permitindo o

intercâmbio de dados estruturados entre sistemas, independentemente de aplicações. A seguir são descritas as seis partes do padrão MHEG:

- Parte 1: Representação de objetos MHEG, usando a notação ASN.1.

O MHEG-1 define objetos multimídia, seus comportamentos, as ações que lhes podem ser aplicadas e suas representações de intercâmbio no formato ASN.1 (*Abstract Syntax Notation One*) [ISO90a] [ISO90b], permitindo que interpretadores MHEG possam compartilhar tais objetos. O MHEG-1 não permite, como o MHEG-5, um formato textual alternativo de representação. A complexidade do formato adotado levou à não aceitação comercial desta parte do padrão.

- Parte 3: Representação do intercâmbio de *scripts* MHEG.

O MHEG-3 define a representação, codificação e semântica de *scripts* capazes de serem intercambiados como parte de uma aplicação MHEG. Define também os requisitos mínimos que uma máquina MHEG deve possuir para suportar a interpretação de tais *scripts*. Os objetos *script* devem ser interpretados por uma máquina virtual, chamada SIR (*Script Interchange Representation*), que deve ser independente de máquina ou sistema operacional.

- Parte 4: Procedimentos de registro MHEG.

O MHEG-4 define o procedimento de registro para objetos e formatos suportados pelo padrão MHEG.

- Parte 5: Suporte para aplicações interativas básicas.

O MHEG-5 tem como função principal dar suporte à aplicações multimídia interativas em ambientes de recursos mínimos. O projeto *SMmD* [Tei94], no qual este trabalho se insere, está fundamentado nesta parte do padrão MHEG. Por este motivo, a parte 5 do padrão será abordada em detalhes na Seção 4.2.1.

- Parte 6: Suporte para aplicações interativas avançadas.

O MHEG-6 foi criado para estender a parte 5 do padrão provendo capacidade de processamento e funções de comunicação. Para tanto, o MHEG-6 representa objetos do tipo programas e *applets* usando a representação *bytecode* da linguagem *Java* como formato de intercâmbio. Isto torna necessária a presença da máquina virtual *Java* dentro da máquina MHEG-6, bem como um conjunto de APIs básicas (*java.lang*, *java.util*, *java.io*) cuja função é prover acesso às funcionalidades da plataforma hospedeira. Além disso, existe uma API específica, denominada *iso.mheg5*, que permite que um programa *Java* possa acessar os objetos de uma aplicação MHEG-5 e as funcionalidades da máquina MHEG-5.

- Parte 7: Interoperabilidade e testes de conformidade.

A parte 7 do padrão MHEG ainda está em fase de desenvolvimento. Seu objetivo é especificar testes de interoperabilidade e conformidade para máquinas e aplicações MHEG-5. Para este propósito, além de definir um conjunto de testes de interoperabilidade e conformidade, o MHEG-7 também define objetos e uma máquina MHEG-5 de referência. O objetivo desta parte do padrão é fornecer um guia claro e não ambíguo para a implementação de aplicações e máquinas, promovendo assim, um incentivo ao desenvolvimento de aplicações e ferramentas MHEG-5.

A seção a seguir faz uma abordagem detalhada da parte 5 do padrão MHEG, uma vez que o MHEG-5 foi o padrão eleito para representar intercâmbio multimídia no contexto do projeto SMmD.

4.2.1. O MHEG-5

O padrão MHEG-5 [ISO97] foi desenvolvido para suportar a distribuição de objetos multimídia interativos em arquiteturas cliente-servidor com plataformas de diferentes tipos [JR95]. O MHEG-5 define uma forma final de representação para o intercâmbio de objetos. Estes objetos consistem basicamente de código declarativo, apesar de existirem meios de se fazer chamadas a códigos procedurais. Os objetos MHEG-5 passam pelo processo de autoria uma única vez e podem rodar em qualquer plataforma que suporte o padrão.

A principal função do padrão MHEG-5 é definir a sintaxe e a semântica de um conjunto de classes de objetos que possam ser usados para a interoperabilidade de aplicações multimídia entre plataformas de recursos mínimos, como é o caso, por exemplo, da TV interativa.

O funcionamento básico da arquitetura definida pelo padrão MHEG-5 é simples. Os objetos MHEG-5 são mantidos em um servidor. Quando um cliente deseja carregar um objeto ele solicita este objeto ao servidor que faz a transferência do mesmo para o cliente requisitante. O objeto não é enviado de uma só vez através da rede, e sim por partes, de acordo com a necessidade do cliente. Ao chegar no cliente, o objeto MHEG é decodificado, interpretado e apresentado por um *run-time engine* que se encarrega também de gerenciar as interações com o usuário. A Figura 4.1 mostra o processo de intercâmbio de objetos multimídia no MHEG-5.

Figura 4.1 - Aplicação MHEG em um servidor, com partes carregadas em um cliente [JR95].

O padrão MHEG-5 é direcionado para alguns tipos particulares de aplicações, como vídeo em demanda, notícias em demanda, *home-shopping* interativo, etc. Os maiores objetivos do MHEG-5 são os seguintes [JR95]:

- Prover um padrão para o desenvolvimento de aplicações multimídia cliente-servidor destinadas a rodar em plataformas com recursos mínimos;

- Definir uma forma final de representação codificada para o intercâmbio de objetos entre plataformas de diferentes tipos;
- Prover as bases para um nível de conformidade concreta, garantindo que um objeto em conformidade com o padrão MHEG-5 irá rodar em todos os terminais em conformidade com este padrão;
- Permitir que o *run-time engine* do cliente seja “pequeno” e “fácil” de implementar;
- Impedir que as limitações na arquitetura dos clientes influencie o desenvolvimento das aplicações;
- Permitir o desenvolvimento de uma ampla variedade de aplicações. Isto significa prover acesso a bibliotecas externas. Uma aplicação usando bibliotecas externas é apenas parcialmente portátil;
- Garantir que o código de um objeto seja seguro, ou seja, que este código não irá danificar nenhum outro código no cliente, e nem tão pouco colocar o cliente em um estado anormal;
- Promover o desenvolvimento rápido de aplicações através da disponibilização de primitivas de alto nível e de um paradigma declarativo para o desenvolvimento de aplicações.

A próxima seção apresenta uma visão geral da hierarquia de classes do padrão MHEG-5.

4.2.2. A Hierarquia das Classes MHEG-5

A informação contida em uma aplicação MHEG-5 é estruturada segundo a hierarquia de classes apresentada na Figura 4.2. Esta figura utiliza a simbologia definida no modelo OMT (*Object Modeling Technique*) [Rum91] para representar graficamente a relação de hierarquia das classes MHEG-5. A Tabela 4.1 mostra as estruturas utilizadas para representar a hierarquia e os relacionamentos entre as classes MHEG-5.

Tabela 4.1 - Legenda do diagrama da hierarquia de classes do padrão MHEG-5

Classe Concreta Nome da classe em negrito
Classe abstrata Nome da classe em estilo normal
Relacionamentos de herança ou generalização de classes
Relacionamentos de composição ou agregação de classes
Multiplicidade de associações

Figura 4.2 - Diagrama da hierarquia de classes MHEG-5.

As classes básicas da hierarquia MHEG-5, juntamente com outras, importantes no contexto do trabalho desenvolvido nesta dissertação, são abordadas a seguir:

- **Root**

Superclasse abstrata, comum a todas as classes MHEG-5. Serve para prover um mecanismo uniforme de identificação de objetos e especifica uma semântica geral para a preparação/destruição e ativação/desativação de objetos, incluindo a notificação de mudanças na disponibilidade de um objeto e em seu *RunningStatus* (propriedade de um objeto MHEG-5 que serve para determinar se o mesmo está ou não em execução em um dado momento). Estes mecanismos gerais de funcionamento dos objetos são então especializados à medida que se desce na hierarquia de classes.

- **Group**

Classe abstrata que gerencia o agrupamento de objetos da classe *Ingredient*, fazendo com que estes objetos se tornem uma única entidade de intercâmbio. Objetos do tipo *Group* podem ser endereçados e recuperados independentemente de um servidor. Um objeto do tipo *Group* pode ser especializado em objetos *Scene* e *Application*, conforme mostra a Figura 4.2.

- **Ingredient**

Classe abstrata que fornece atributos comuns a todos os objetos que podem ser incluídos em uma aplicação ou cena. Objetos como *bitmap*, *text*, *button*, *audio*, *video*, etc., são definidos como instâncias de subclasses da classe *Ingredient*.

Esta classe define atributos relacionados ao conteúdo, formato de codificação e tamanho de um objeto. Define ainda se um objeto deve ser iniciado em seu estado ativo ou não e se um objeto deve permanecer ativado durante a transição entre cenas.

As classes *Link*, *Program*, *Variable*, *Presentable*, *Palette*, *Font* e *Cursor Shape* são subclasses da classe *Ingredient*, conforme mostra a Figura 4.2.

- *Application*

Uma aplicação MHEG-5 é organizada estruturalmente em um objeto *Application* e um ou mais objetos *Scene*. O objeto *Application* representa o ponto de entrada que realiza a transição para a primeira cena de uma apresentação. Geralmente, esta transição ocorre com a execução da ação *OnStartup*, que é automaticamente invocada quando o objeto *Application* se torna ativo.

Os objetos dessa classe são grupos de objetos da classe *Ingredient* que podem estar presentes em várias cenas, permitindo assim, uma apresentação contínua de conteúdos de mídia (por exemplo, um *bitmap* pode servir de papel de parede para todas as cenas de uma aplicação).

- *Scene*

Classe que tem por função permitir a apresentação multimídia de acordo com eixos temporais e espaciais. Assim como acontece com a classe *Application*, apenas um objeto da classe *Scene* pode estar ativo em um dado momento. A navegação através das cenas de um objeto *Application* é realizada através da ação *TransitionTo*, a qual fecha a cena corrente, inclusive seus objetos, e ativa uma nova cena.

O atributo *SceneCoordinateSystem* especifica o espaço de apresentação 2D para uma cena. Se uma interação do usuário ocorre neste espaço, um evento do tipo *UserInput* é gerado. Uma cena também suporta temporizadores (*timers*). Um evento do tipo *Timer* ocorre quando um temporizador expira.

- *Presentable*

Classe abstrata que especifica atributos comuns para objetos que encapsulam informação que pode ser vista ou ouvida pelo usuário. As ações *Run* e *Stop* ativam e terminam a apresentação de objetos desta classe, gerando os eventos *IsRunning* e *IsStopped*.

As classes *Audio*, *Visible*, *TokenGroup* e *Stream* são especializações da classe *Presentable*, como mostra a Figura 4.2.

- ***Visible***

Classe abstrata que especializa a classe *Presentable* provendo recursos para apresentação de objetos dentro do espaço 2D definido por uma cena. Os atributos *OriginalBoxSize* e *OriginalPosition* definidos nesta classe especificam, respectivamente, o tamanho e a posição de uma caixa que contém um objeto em relação ao espaço de apresentação da cena. As ações *SetSize* e *SetPosition* modificam os valores correntes desses atributos.

A classe *Visible* possui alguns objetos especializados, detalhados a seguir.

- ◆ ***Bitmap***

Objeto responsável por apresentar um vetor bidimensional de *pixels*. Possui um atributo chamado *Tiling*, que especifica se o conteúdo gráfico deverá ser replicado ou não na caixa definida para conter o objeto. Possui também uma ação, chamada *ScaleBitmap*, cuja função é alterar o tamanho do objeto.

- ◆ ***LineArt* e *DynamicLineArt***

LineArt é um objeto responsável por definir a funcionalidade associada com a representação vetorial de objetos gráficos. O objeto *DynamicLineArt* provê recursos para se gerar, automaticamente e em tempo de execução, linhas e curvas em uma área retangular pré-definida.

- ◆ ***Text***

Objeto que representa uma *string* de texto que possui um conjunto de atributos de apresentação associados. Estes atributos especificam tipos de fonte e formatação que devem ser aplicados à *string*.

- ***Interactable***

Classe abstrata cuja principal função é permitir ao usuário interagir com objetos de suas subclasses, que são as seguintes:

- ♦ ***Hotspot, PushButton e SwitchButton***

Estas subclasses implementam capacidades de seleção de botões e geram o evento *IsSelected* para indicar a interação do usuário com seus objetos.

- ♦ ***Hypertext***

Esta classe estende a classe *Text* provendo o conceito de âncoras. Quando selecionadas, estas âncoras ligam um conteúdo de texto a outra informação associada.

- ♦ ***Slider***

Classe responsável por prover objetos gráficos usados para ajustar um valor numérico dentro de um intervalo específico. Um objeto, semelhante a um termômetro, que mostra, durante a transferência de um arquivo, a quantidade de dados transferidos em relação à quantidade de dados total, é um exemplo de *Slider*.

- ♦ ***EntryField***

Classe responsável por prover caixas de texto com as quais os usuários podem interagir, modificando e inserindo textos.

- ***Link***

Classe que implementa um mecanismo do tipo evento-ação através de seus objetos, os quais são constituídos de duas partes: uma condição (*LinkCondition*) e um efeito (*LinkEffect*). A *LinkCondition* consiste de um *EventSource*, que é uma referência ao objeto no qual o evento

ocorreu, um *EventType*, que especifica o tipo de evento ocorrido e um possível *EventData*, que especifica um valor associado ao evento.

O *LinkEffect* consiste de um conjunto de ações que devem ser executadas em sequência como o resultado do disparo de um *Link*. Cada ação deve especificar o objeto ao qual a mesma está direcionada e, possivelmente, outros parâmetros que dependem do tipo da ação a ser executada. O MHEG-5 especifica mais de 100 tipos diferentes de ações.

- ***Stream***

Classe que controla a apresentação sincronizada de dados audiovisuais multiplexados (como um arquivo MPEG, por exemplo). Um objeto *Stream* consiste de uma lista de componentes das classes *Video*, *Audio* e *RTGraphics* (abordados a seguir).

O atributo *ContentData* do objeto *Stream* refere-se a toda multiplexação de mídias, e não a cada um de seus componentes. Assim, se um *Stream* está sendo apresentado sob demanda, não é possível interferir na sincronização existente entre seus componentes de mídia. O máximo que se pode fazer é escolher quais componentes serão apresentados. Isto significa que só é possível fazer uma ressincronização do *Stream off-line*, ou seja, depois que o mesmo tenha sido inteiramente recebido do servidor.

O objeto *Stream* possui os seguintes atributos:

- ***Multiplex***: Lista de objetos multiplexados (objetos das classes *Video*, *Audio* e *RTGraphics*);
- ***Storage***: Indica se uma composição de mídia contínua deve ser carregada na memória para depois ser apresentada, ou se ela deve ser apresentada sob demanda, à medida que é transferida de um servidor;
- ***Looping***: Indica o número de vezes que o *Stream* deverá ser apresentado em sequência;

- **Speed:** Fornece a velocidade na qual um *stream* é apresentado. Esta velocidade pode ser alterada através da ação *SetSpeed*;
- **CounterPosition:** Fornece a posição temporal do *frame* corrente de um *stream* em relação ao seu tempo total de apresentação em velocidade normal. A unidade de medida desta posição temporal depende da implementação utilizada. As implementações realizadas no contexto dessa dissertação utilizam milissegundos como unidade temporal a fim de manter compatibilidade com a API JMF *Player* (abordada no Apêndice B). O atributo *CounterPosition* pode ser ajustado através da ação *SetCounterPosition*;
- **CounterEndPosition:** Fornece a posição temporal do último *frame* do *stream* a ser apresentado, também em relação ao seu tempo total de apresentação em velocidade normal. Este atributo pode ser ajustado através da ação *SetCounterEndPosition*;
- **CounterTriggers:** Lista de valores representando posições temporais nas quais o *player* responsável pela apresentação do *stream* deverá gerar eventos do tipo *CounterTrigger*. Esta lista é gerada através da ação *SetCounterTrigger*.

Como já foi dito anteriormente, um objeto *Stream* pode ser composto por objetos das classes *Audio*, *Video* e *RTGraphics*. Essas três classes são sucintamente descritas a seguir.

- **Audio**

Define atributos e ações relacionadas a um *stream* de áudio, que deve ser componente de um objeto *Stream*. Possui o atributo *Volume*, utilizado para ajustar o volume de apresentação. Este ajuste é feito através da ação *SetVolume*. A ação *GetVolume* tem como função obter o volume corrente de uma apresentação.

- **Video**

Define atributos e ações relacionadas a um *stream* de vídeo que deve, assim como o objeto *Audio*, ser componente de um objeto *Stream*. Esta classe define a ação

ScaleVideo(XScale, YScale), cuja função é adaptar a janela de apresentação do vídeo de forma que o mesmo preencha as dimensões fornecidas por *XScale* e *YScale*.

- ***RTGraphics***

Define atributos e ações relacionadas a objetos gráficos não persistentes, definidos como um *stream* elementar de um objeto *Stream* multiplexado.

A próxima seção apresenta um exemplo de aplicação MHEG-5 que ilustra o funcionamento da hierarquia de classes apresentada.

4.2.3. Exemplo de Aplicação MHEG-5

Uma aplicação multimídia pode ser vista como um conjunto de objetos interconectados através de relações espaciais, temporais e de sincronização que envolvem múltiplos formatos de mídia, composição estrutural, associações do tipo “evento-ação”, navegação e interação do usuário. Controlar a apresentação de conteúdos de mídia dependentes de tempo, como *streams* de áudio e/ou vídeo, requer suporte específico. A apresentação desses *streams* demanda não apenas funções de controle como as existentes em um vídeo cassete (*play*, *pause*, *fast-forward*, etc.), como também a capacidade de manipular eventos gerados durante sua apresentação [Ech98].

O padrão MHEG-5 representa uma aplicação, ou objeto multimídia, como um conjunto de cenas, sendo que uma aplicação pode conter objetos comuns a todas as cenas. Uma cena é responsável pela apresentação temporal e espacial de conteúdo *audiovisual*, como imagens, textos e *streams* de áudio e vídeo. A interação entre uma cena e o usuário se dá através de elementos gráficos como botões, *sliders* e caixas de texto. Cada cena, assim como seus componentes e a aplicação que a contém, são entidades capazes de expressar comportamento através do uso de *links*, que são associações do tipo “evento-ação”. Eventos podem ser gerados pelos usuários, pela expiração de um *timer*, pela apresentação de um *stream* e devido a condições internas da máquina MHEG.

Um exemplo de aplicação MHEG-5 é mostrado na Figura 4.3. Esta aplicação, chamada “Produção de Mídia Digital”, aborda o uso de equipamentos de áudio e vídeo para aquisição de

imagens e sons e sua posterior digitalização. A Figura 4.3 mostra um recorte de tela capturado no momento da exibição do objeto “cena1”.

Figura 4.3 - Recorte de tela da aplicação "Produção de Mídia Digital"

Esta cena consiste de:

- Um texto de título;
- Um *video clip*, que apresenta os equipamentos usados na captura e digitalização de mídias contínuas;
- Um subtítulo, abaixo da janela de apresentação do vídeo, que fornece informações adicionais a respeito das imagens mostradas;

- Botões de interação, à direita da janela do vídeo, usados para ativar porções específicas do *video clip*;
- Um conjunto de botões, na parte inferior da tela, que provêem funções de controle similares às daquelas de um vídeo cassete;
- Um botão que permite encerrar a cena.

Os objetos da cena descrita se relacionam da seguinte maneira:

- Os subtítulos, mostrados abaixo da janela do vídeo, são sincronizados com a apresentação do *stream* de vídeo. Assim, toda vez que um assunto novo é abordado no vídeo, o subtítulo é automaticamente modificado;
- Os botões de interação servem para ativar um trecho específico do vídeo *clip*. Dessa forma, se o usuário clicar no botão “Digitalização de Vídeo”, o *stream* será apresentado a partir do primeiro *frame* que aborda o assunto escolhido;
- Os botões de controle manipulam a exibição do *video clip*, provendo funções como apresentar (play), parar (pause) e adiantar (>>).

O padrão MHEG-5 é estruturado de acordo com um modelo orientado a objetos. Neste modelo, as ações são métodos relacionados a objetos de diferentes classes, usadas para prover um comportamento específico, como por exemplo, preparação e ativação de objetos, controle de uma apresentação ou de ações do usuário, etc. A fim de permitir interoperabilidade entre sistemas heterogêneos, o MHEG-5 especifica uma sintaxe precisa de codificação para suas aplicações, permitindo o uso de duas notações: a notação ASN.1, também usada na parte I do padrão MHEG, e uma notação textual. A Figura 4.4 mostra trechos da notação textual usada na aplicação “Produção de Mídia Digital”. O código completo dessa aplicação encontra-se disponível no Apêndice A.


```

01 { :Application
02   :ObjectIdentifier ("startup" 0)
03   :OnStartup ( :TransitionTo
04     ( ("cenal.mhg" 0) 1) )
05   //Ativação da primeira cena
06 }
07
08 { :Scene
09   :ObjectIdentifier ("cenal.mhg" 1)
10   :OnStartup ( //Seqüência de ações
11     //de inicialização
12   ...
13   :SetCounterTrigger (10 1 1000)
14   //Ajuste de um evento temporizado
15   //para o objeto 10 (Stream)
16   ...
17 )
18
19 :GroupItems ( //Definição de
20   //ingredientes e links da cena
21
22 { :Text // Primeiro Subtítulo
23   :ObjectIdentifier 41
24   :InitiallyActive false
25   :ContentData :IncludedContent
26   "Captura de Vídeo"
27   :OriginalBoxSize (370 60)
28   :OriginalPosition (180 300)
29   :FontRef "Helvetica"
30   :FontAttributes
31   "style=normal,size=20"
32   :TextColour "222"
33   :BackgroundColour "44"
34 }
35
36 { :Stream
37   :ObjectIdentifier 10
38   :InitiallyActive false
39   :ContentData :ReferencedContent
40     "file:c:\users\baldochi\mas\
41     midia\aqvis_video.avi"
42   :Multiplex (
43     (1{ :Video
44       :OriginalBoxSize (10 10)
45       :OriginalPosition (150 123)
46       :ObjectIdentifier 11
47       :InitiallyActive false
48     ) )
49     (2{ :audio
50       :ObjectIdentifier 12
51       :InitiallyActive false
52     ) )
53   )
54   :Storage stream
55   :Looping 1
56   :Termination freeze
57 }
58
59 { :Push-button //Botão para ativar
60   //uma parte específica do stream
61   :ObjectIdentifier 61
62   :InitiallyActive true
63   :OriginalBoxSize (170 30)
64   :OriginalPosition (360 130)
65   :Label "Captura de Vídeo"
66 }
67 ... // mais 18 objetos
68 // do tipo presentable
69
70 { :Link //a apresentação do Stream
71   //alcança uma posição
72   //temporal pré-definida
73   :ObjectIdentifier 201
74   :InitiallyActive true
75   :EventSource 10
76   :EventType CounterTrigger
77   :EventData 1 //Ajustado no
78   //Startup através da instrução
79   //SetCounterTrigger (10 1 1000)
80   :LinkEffect ( :Run 41 )
81 }
82
83 { :Link //Botão que seleciona uma
84   //parte específica
85   //do stream ativado
86   :ObjectIdentifier 219
87   :InitiallyActive true
88   :EventSource 61
89   :EventType IsSelected
90   :LinkEffect (
91     :SetCounterPosition(10 1000 0)
92     :Run 10) ) //Posição do stream
93   //ajustada e stream executado
94 }
95
96 ... // Mais 24 links ...
97
98 }
99
100
101 :SceneCoordinateSystem (650 450)
102 // Dimensionamento do espaço
103 de apresentação da cena.
104 }

```

Figura 4.4 - Parte da notação textual da aplicação "Produção de Mídia Digital"

A aplicação “Produção de Mídia Digital” é composta por dois arquivos, chamados “*startup*” e “*cenal.mhg*”. O arquivo “*startup*” contém o objeto *application*, que representa o ponto de entrada a partir do qual se dá a transição para a primeira (e única) cena da aplicação. Esta transição é feita através da ação *TransitionTo*, que é invocada no momento do carregamento do arquivo *startup*, pois é neste momento que a ação *OnStartUp* é executada. O objeto *application* se encontra definido entre as linhas 01 e 06 da Figura 4.4.

Entre as linhas 08 e 104 encontra-se definido o objeto *Scene*, chamado “*cenal*”. No processo de *startup* do objeto *Scene* são definidos uma série de eventos temporizados através da ação *SetCounterTrigger*. A Figura 4.4 mostra um desses eventos na linha 13. A ação *SetCounterTrigger* (10 1 1000) especifica que um link deve ser disparado toda vez que o objeto *Stream* alcançar a posição de 1 segundo de exibição em relação ao seu tempo total.

A seguir, a partir da linha 19, são agrupados todos os ingredientes do objeto *Scene*. Inicialmente aparecem os ingredientes do tipo *Presentable*, como *Text* (linha 22), *Stream* (linha 36) e *PushButton* (linha 59). A seguir, são declarados 26 objetos do tipo *Link*, dos quais dois são mostrados nas linhas 70 e 83.

Cada um dos objetos *Ingredient* possui uma série de atributos, que podem estar definidos em sua própria classe, ou podem ser herdados de suas superclasses. O objeto *PushButton*, por exemplo, definido entre as linhas 59 e 66, possui os seguintes atributos:

- *ObjectIdentifier*: valor numérico que serve para identificar um objeto do tipo *Ingredient*. É herdado da classe *Root*;
- *InitiallyActive*: determina se um objeto deve ou não ser ativado no início da apresentação de uma cena ou aplicação. É herdado da classe *Ingredient*;
- *OriginalBoxSize* e *OriginalPosition*: determinam o tamanho e a posição de objetos visíveis. São herdados da classe *Visible*;

- *Label*: especifica um rótulo para o objeto *PushButton*. É definido na própria classe *PushButton*.

Um outro atributo importante, que aparece na linhas 25 (objeto *Text*) e na linha 39 (objeto *Stream*), é o atributo *ContentData*, no qual se armazena a informação a ser exibida por um objeto. Esta informação pode estar codificada no próprio objeto ou seu código pode ser armazenado em um arquivo externo. No primeiro caso, usa-se o atributo *IncludedContent* para denotar que a codificação que segue consiste na informação a ser apresentada, conforme ilustra as linhas 25 e 26. No segundo caso, usa-se o atributo *ReferencedContent* para denotar que a informação que segue é um endereço de um arquivo que contém a codificação de um objeto de mídia. Este caso é mostrado nas linhas 39 a 41.

A aplicação “*Produção de Mídia Digital*” usa objetos do tipo *Link* para responder a dois tipos específicos de eventos: os gerados pela criação de *CounterTriggers* no processo de *startup* do objeto *Scene*, e aqueles gerados pela interação do usuário com os botões de controle da aplicação (*play*, *pause*, *fast-forward*, etc.). A Figura 4.4 mostra um exemplo de cada um dos tipos citados, como detalhado a seguir.

Entre as linhas 70 e 81 define-se o primeiro objeto *Link*. A condição para o disparo desse *link*, ou seja, sua *LinkCondition*, é que ocorra um evento no objeto cujo identificador é 10 (*EventSource 10*), tal evento seja um *CounterTrigger* (*EventType CounterTrigger*) e que este evento tenha uma codificação igual a 1 (*EventData 1*). Se as três condições anteriores forem satisfeitas, o efeito do disparo desse *Link*, ou seja, seu *LinkEffect*, será a apresentação do objeto 41 (*LinkEffect (:Run 41))*.

Usando objetos do tipo *Link* é possível especificar eventos temporizados (síncronos) para um objeto específico, como um objeto *Stream*, ou para uma cena (neste caso usando-se *timers*). É possível também especificar eventos assíncronos, como a interação do usuário com botões de controle de uma aplicação. É isto que é feito entre as linhas 83 e 94. O objeto *Link* criado por este código será disparado se ocorrer um evento com o objeto 61 (*EventSource 61*) e tal evento for a seleção desse objeto (*EventType IsSelected*). Neste caso, o efeito do disparo desse

Link será a execução de duas ações elementares (um *LinkEffect* pode conter um número arbitrário de ações elementares), como mostram as linhas 91 a 94 da Figura 4.4.

Finalmente, o atributo *SceneCoordinateSystem*, definido na linha 101, tem por função dimensionar o espaço de apresentação do objeto *Scene*.

O exemplo de aplicação mostrado na Figura 4.4 tem como função ilustrar o uso das principais classes do padrão MHEG-5 no contexto do trabalho desenvolvido nesta dissertação. Para se obter uma descrição mais detalhada da funcionalidade de cada classe deve-se consultar o documento do padrão MHEG-5 [ISO97].

A próxima seção aborda outros padrões usados na especificação de apresentações multimídia, como o SGML, o XML e o HyTime. Em seguida, é apresentada a recomendação SMIL.

4.3. SGML, XML e HyTime

HyTime (*Hypermedia/Time-Based Structuring Language*) [ISO92] é uma linguagem de marcação padrão usada na representação de aplicações multimídia/hipermídia e documentos baseados em tempo em termos de suas estruturas lógicas [Ste95]. O HyTime estende o padrão SGML (*Standard Generalized Markup Language*) [ISO76] adicionando algumas convenções sintáticas, chamadas formas arquiteturais, com as quais representa certas construções semânticas. O HyTime não pode ser entendido ou avaliado sem que se entenda, ainda que superficialmente, a importância e a utilidade do padrão SGML, no qual ele se baseia.

O XML [W3C98b], por sua vez, consiste em um subconjunto simplificado do padrão SGML, especialmente projetado com o objetivo de facilitar o uso de recursos providos pelo SGML no contexto da *World Wide Web*. Cada um desses padrões se encontra descrito nas seções a seguir.

4.3.1. SGML

O padrão SGML define uma linguagem genérica para descrição da estrutura de documentos, permitindo a criação de linguagens específicas que definem a estrutura de um tipo de documento.

Pode-se dizer que SGML é uma meta-linguagem que permite a especificação de linguagens. Assim como a *Backus Naur Form* (BNF) formaliza a especificação de linguagens de programação, SGML formaliza a definição de linguagens de estruturação de documentos [Pim95].

Cada documento SGML, portanto, está associado a uma linguagem que o define. Essa linguagem é formalizada em um DTD (*Document Type Definition*), o qual estabelece: a) que tipos de elementos podem existir em um documento; b) que atributos esses elementos podem ter; e c) como as instâncias desses tipos estão hierarquicamente relacionadas.

A linguagem especificada em um DTD fornece apenas a estrutura lógica de um documento, não sendo dada nenhuma informação a respeito da semântica de apresentação do documento. Deste modo, para um livro, por exemplo, é dada a estrutura de seus capítulos e seções, mas nada é definido a respeito do formato de apresentação das páginas, colunas, ou qual o tipo de caractere utilizado. Isso significa que é de responsabilidade da aplicação que processa um documento SGML especificar como as instâncias dos elementos devem ser visualizadas no documento final.

4.3.2. XML

A linguagem de marcação padrão XML (*eXtensible Markup Language*) [W3C98b] foi desenvolvida pelo *World Wide Web Consortium* (W3C) com o objetivo de permitir a especificação de documentos Web mais extensíveis, melhor estruturados e validados, uma vez que a linguagem HTML, usada na criação desses documentos, não dispõe de tais recursos.

A linguagem HTML consiste em uma especificação SGML que define um conjunto de elementos (*tags*) a partir dos quais é possível especificar a estrutura de documentos. A utilização de um conjunto fixo e pequeno de elementos permite que se deixe a especificação da linguagem fora dos documentos HTML, possibilitando a criação de aplicações de forma muito mais simples e rápida. Em contrapartida, esta facilidade limita a linguagem HTML em importantes aspectos, relacionados, sobretudo, com a extensibilidade, estruturação e validação de seus documentos.

A linguagem XML se propõe a resolver tais limitações. Para tanto, seu desenvolvimento foi feito a partir do SGML, sendo considerada um subconjunto deste. A necessidade de se desenvolver uma linguagem nova a partir de algo mais amplo já existente vem do fato de que a linguagem SGML possui uma série de recursos opcionais não necessários para as aplicações desenvolvidas para a WWW, consistindo em uma razão custo/benefício pouco atraente para as empresas que desenvolvem navegadores comerciais [Bos97].

4.3.3. HyTime

Padrão que estende o SGML, definindo como um DTD deve ser utilizado para descrever a estrutura de hiperdocumentos baseados em ligações e objetos multimídia. O HyTime pode ser visto também como uma aplicação SGML, uma vez que é definido por um meta-DTD, o qual formaliza regras para a criação de documentos hipermídia [Pim95].

A estrutura formal de um documento HyTime deve ser considerada na criação, no processamento e no intercâmbio deste documento. Nesse contexto, HyTime é uma meta-linguagem que define regras para:

- a representação de ligações hipertexto;
- o escalonamento de eventos no espaço e no tempo;
- a sincronização desses eventos.

O padrão HyTime formaliza regras sobre objetos estruturados de informação, de modo a permitir a definição de ligações para/de componentes desses objetos através de mecanismos e modelos responsáveis pela identificação, localização e ligação dos mesmos.

Em relação à informação multimídia, o HyTime fornece mecanismos e modelos para o estabelecimento de ligações entre elementos de informação multimídia multidimensional, e para fazer o escalonamento destes elementos de informação no espaço e no tempo.

O HyTime, assim como o SGML, não define a semântica de apresentação da informação, nada especificando sobre aspectos relativos a um tipo específico de mídia ou interface de apresentação.

O conjunto de regras definido pelo HyTime é conhecido como formas arquiteturais. Tais regras são agrupadas em seis módulos, que são os seguintes [Ste95]:

- *Base Module*: consiste de um agrupamento de formas arquiteturais básicas, fundamentadas no padrão SGML.
- *Location Address Module*: manipula a criação de ponteiros para informação, independentemente de seu tipo ou localização. É o módulo mais importante e complexo do padrão HyTime.
- *Hyperlinks Module*: Provê suporte para o estabelecimento de hiperligações entre partes específicas de informação identificadas pelas formas arquiteturais providas pelo módulo *Location Address*.
- *Measurement Module*: serve para expressar a extensão numérica e/ou a localização de objetos em domínios mensuráveis tais como espaço, tempo e *streams* de dados.
- *Scheduling Module*: permite que eventos sejam escalonados em eixos de coordenadas definidos como *finite coordinate spaces* (fcs), que possuem um número arbitrário de eixos correspondentes a domínios arbitrários de medida.
- *Rendition Module*: estende as funções oferecidas pelo *Scheduling Module*, permitindo especificar como um objeto pode ser preparado para apresentação, ou como um evento de um *fcs* pode ser mapeado em outro *fcs*.

Um hiperdocumento em conformidade com o HyTime não precisa utilizar todas as formas arquiteturais definidas pelo padrão. Uma aplicação pode incorporar apenas os módulos

necessários ao seu hiperdocumento e omitir o resto. Para isso, todo hiperdocumento HyTime especifica, em sua declaração, quais módulos e opções são necessários ao seu processamento.

O HyTime define um *engine* capaz de validar documentos em conformidade com o padrão. Este *engine* consiste de um software que, rodando sob uma aplicação, reconhece construtores HyTime e realiza processamento independente da aplicação. Além de validar documentos HyTime, o *engine* deve fazer interface com servidores de bases de dados para identificar e ter acesso a âncoras, e deve também realizar os cálculos necessários para localizar eventos consistentemente num espaço de coordenadas, independente dos escalonamentos associados ou das unidades de medida associadas.

4.4. A Recomendação SMIL

SMIL (*Synchronized Multimedia Integrated Language*) [W3C98a] é uma recomendação do W3C — *World Wide Web Consortium* — para especificação de sincronização de objetos multimídia no contexto da WWW. Esta recomendação define mecanismos que possibilitam combinar objetos como áudio, vídeo, texto e imagens em uma única apresentação multimídia sincronizada.

A linguagem SMIL é uma linguagem de marcação bastante parecida com o HTML, e como ele, precisa apenas de um editor de texto para ser utilizada. Além disso, seu paradigma declarativo, baseado em um *timeline*, é bem mais simples de ser entendido que os *scripts*, em geral complexos, que realizam sincronização multimídia no ambiente Web [Bro98].

Uma das maiores vantagens trazidas pelo SMIL está na flexibilidade de sua arquitetura, que permite que diferentes objetos sejam transportados por diferentes protocolos. Assim, um objeto de mídia estática, como um texto ou uma imagem, pode ser recuperado através do protocolo HTTP, enquanto que um objeto de mídia contínua, como um vídeo ou um áudio, pode ser recuperado através do protocolo RTSP — *Real Time Streammig Protocol* [IET98] — permitindo que o *stream* seja apresentado sob demanda.

Outros benefícios trazidos pelo SMIL são os seguintes:

- Conformidade com o padrão *XML (eXtensible Markup Language)*: a aceitação pelo mercado do *XML* (já existem *browsers* comerciais que suportam este padrão) leva a crer que o mercado também venha a adotar o *SMIL* como padrão para a criação de apresentações multimídia baseadas na *Web*;
- Simplicidade e facilidade de aprender: com cerca de seis elementos de *layout* é possível construir uma aplicação *SMIL*. Relações de sincronização complexas podem ser expressas com o uso de apenas dois elementos, *parallel* e *sequential*;
- Seleção de um objeto de acordo com a banda passante disponível: é possível expressar que um objeto de mídia, como um *stream* de áudio, por exemplo, esteja disponível em diferentes versões, cada uma delas tendo sido codificadas para uma determinada quantidade de banda passante. Isto garante que um *stream* seja apresentado mesmo quando existe somente uma pequena banda passante disponível;
- Seleção de idioma: é possível expressar que uma faixa de áudio esteja disponível em vários idiomas, aumentando assim a audiência potencial de um conteúdo de mídia;
- Reusabilidade de objetos de mídia: todos os componentes de uma apresentação multimídia podem ser referenciados através de URLs ao invés de serem fisicamente embutidos dentro de arquivos *SMIL*. Isso possibilita, por exemplo, que um vídeo armazenado em uma biblioteca de vídeos digitais possa ser reutilizado por várias apresentações;
- Balanceamento de carga: diferentes objetos de mídia de uma apresentação podem ser armazenados em diferentes servidores. Este é outro benefício trazido pelo uso de URLs ao invés de embutir objetos de mídia no corpo de documentos *SMIL*;
- Ligações hipertexto temporais: o *SMIL* oferece os mesmos recursos de hiperligações providos pela linguagem *HTML*, acrescentando recursos necessários à manipulação de apresentações baseadas em tempo;

- Integração de formatos de mídia: é possível integrar qualquer formato, proprietário ou não, em um documento SMIL. Para tanto, basta que o *Player* SMIL (objeto capaz de processar dados codificados de acordo com a recomendação SMIL) seja capaz de apresentar os formatos envolvidos. Isto explica porque empresas como *Netscape*, *Microsoft* e *RealNetworks*, que lidam com formatos proprietários e possuem interesses distintos, estão envolvidas na elaboração da linguagem SMIL.

4.4.1. Criação de Documentos SMIL

A linguagem SMIL é, como já foi dito, uma linguagem de marcação em conformidade com o padrão *XML*, usada na apresentação de objetos multimídia dependentes de tempo. Um arquivo SMIL pode ser gerado por qualquer editor de texto e tem a extensão “*.smi*”. O formato de um documento SMIL lembra bastante o formato dos documentos HTML, sendo que vários elementos (*tags*) do HTML também existem no SMIL com o mesmo nome e funções bastante semelhantes.

Todo documento SMIL deve começar com o elemento `<smil>` e terminar com o elemento `</smil>`, da mesma forma que todo documento HTML começa com o elemento `<html>` e termina com o elemento `</html>`. Além dessa, outras semelhanças também existem. Um documento SMIL possui área de cabeçalho, denotada pelos elementos `<head>` e `</head>` e área de corpo, situada entre os elementos `<body>` e `</body>`, onde são inseridas as informações que serão exibidas na janela do *browser*.

Apesar da aparente semelhança, o SMIL traz, naturalmente, uma série de elementos que não existem no HTML, como, por exemplo, *audio*, *video*, *par* e *seq*. Os dois primeiros permitem especificar a utilização de objetos de mídia contínua, que devem ser recuperados a partir de URLs. Os dois últimos, por sua vez, especificam relações de temporização e/ou sincronização entre dois ou mais objetos de mídia e são chamados elementos de sincronização.

O elemento *seq* é usado para expressar que vários objetos de mídia devem ser apresentados em sequência, o que significa que os filhos de um elemento *seq* formam uma sequência temporal.

O elemento *par* é usado para expressar que vários elementos sincronizados ocorrem em paralelo, o que significa que os filhos de um elemento *par* podem ter uma ordenação temporal arbitrária, mas que deve ser mantida ao longo do tempo.

Além dos elementos *audio* e *video* já citados, os elementos *ref*, *img*, *text* e *textstream* são também elementos que representam (encapsulam) objetos de mídia, como texto, áudio, vídeo e imagens, sendo, por este motivo, chamados elementos de mídia. Um elemento de mídia pode ser incluído em um documento SMIL por referência (usando-se URLs) ou podem ser diretamente embutidos no corpo do documento. O uso de URLs é mais recomendado, uma vez que permite reusabilidade de objetos e um melhor balanceamento de carga nos servidores de mídia.

A apresentação dos objetos de mídia embutidos nos elementos acima é executada de acordo com os atributos desses elementos. Tais atributos servem para especificar a área em que uma mídia visual será exibida, o início e o fim de sua apresentação, suas relações temporais e de sincronização, enfim, toda a informação que a caracterize isoladamente e no contexto de uma apresentação multimídia. Abaixo são listados os principais atributos dos elementos que representam objetos de mídia (boa parte desses atributos são aplicáveis também aos elementos *par* e *seq*):

- ***begin***: especifica o tempo para o início explícito de um elemento. Este atributo pode conter dois tipos de valores:
 - ***delay-value***: valor de atraso medido em tempo de apresentação (tempo de mídia) cuja semântica depende do primeiro ancestral que seja um elemento de sincronização:
 - se o ancestral for um elemento *par*, o *delay-value* define um atraso a ser contado a partir do início do tempo de mídia do ancestral, como mostra a Figura 4.5;
 - se o ancestral for um elemento *seq*, o *delay-value* define um atraso a ser computado a partir do fim do ancestral, conforme mostra a Figura 4.6.
- ***event-value***: o elemento inicia quando um certo evento acontece, conforme mostra a Figura 4.7.

Figura 4.5 - Uso um valor de "delay" dentro de um elemento par

Figura 4.6 - Uso um valor de "delay" dentro de um elemento seq

Figura 4.7 - Atributo de sincronização com o elemento event value

Na Figura 4.7, o elemento *Audio* (id="a") inicia 6 segundos após um tempo inicial *t0*. O elemento *img*, por sua vez, é iniciado 4 segundos após o início do elemento *Audio*, ou seja, a apresentação do elemento *img* depende da ocorrência de um evento no elemento *Audio*. Assim, se o elemento *Audio* não puder ser apresentado (por um problema de comunicação, por exemplo), o elemento *img* também não será apresentado.

- ***dur***: Especifica a duração explícita de um elemento, que pode ser uma unidade de tempo qualquer ou a string "*indefinite*".
- ***end***: Especifica o fim da apresentação de um elemento. O atributo *end* pode ter os mesmos tipos de valores que o atributo *begin*.
- ***clip-begin***: Especifica o início de um *sub-clip* de um objeto de mídia contínua (como um áudio ou um vídeo) a partir de um *offset* obtido a partir do início do objeto de mídia em questão. O valor desse atributo consiste de um especificador métrico, seguido de um valor de tempo cuja sintaxe e semântica dependem do especificador métrico.
- ***clip-end***: Especifica o fim de um *sub-clip* de um objeto de mídia contínua que deve ser executado. Possui a mesma sintaxe e semântica que o atributo *clip-begin*.

Além dos atributos citados acima, os elementos *par* e *seq*, juntamente com os elementos que representam objetos de mídia ainda possuem outros importantes atributos, como o *system-bitrate* e o *system-language*, por exemplo. Uma vez que estes atributos estão fortemente associados ao elemento *switch*, eles serão abordados após sua apresentação, mais especificamente na Seção 4.4.3.

4.4.2. O Elemento *Switch*

O elemento *switch* permite a um autor especificar um conjunto de elementos alternativos a partir dos quais apenas um elemento aceitável deve ser escolhido. Um elemento é considerado aceitável se o mesmo for um elemento SMIL, se seu tipo de mídia associada puder ser

decodificado, e se todos os seus atributos de teste (ver Seção 4.4.3) forem avaliados como “verdadeiros”.

Quando um *switch* é usado, um elemento é escolhido da seguinte forma: o *Player* avalia os elementos na ordem em que eles ocorrem dentro do *switch*. O primeiro elemento aceitável é selecionado em detrimento de todos os outros elementos dentro do *switch* (inclusive aqueles que ainda não tiverem sido avaliados).

Assim, é importante que os autores sigam uma ordem de prioridade, colocando dentro do *switch* primeiro as opções mais desejáveis e por último as menos desejáveis. Além disso, deve-se também colocar uma alternativa que nunca falhe como última opção, para que se evite que nenhuma das opções seja contemplada (a menos que isto seja explicitamente desejado). A Seção 4.4.4 apresenta um exemplo de documento SMIL que usa o elemento *switch*.

4.4.3. Atributos de Teste

A linguagem SMIL define uma lista de atributos de teste que podem ser usados em conjunto com qualquer elemento de sincronização e têm a função de testar as capacidades e configurações de um sistema. Quando um desses atributos é avaliado como “falso”, o elemento associado a ele é ignorado.

A avaliação de boa parte dos atributos de teste está ligada às preferências do usuário, que podem ser ajustadas através de uma caixa de diálogo provida pelo apresentador SMIL. Os atributos de teste mais relevantes definidos na versão 1.0 da linguagem SMIL são abordados a seguir.

- *System-bitrate*: Este atributo especifica uma banda passante média, em bits por segundo, necessária para que o elemento associado ao atributo seja apresentado. Este atributo é avaliado como “verdadeiro” se a banda passante disponível para o sistema for maior ou igual à do atributo e “falso” se ela for menor. Usando o *system-bitrate* é possível, por exemplo, disponibilizar duas versões de um mesmo vídeo. A primeira, de mais alta resolução, é direcionada para os usuários que possuem conexões rápidas e a segunda, de mais baixa resolução, é direcionada para usuários que possuem conexões lentas.

- *System-language*: O valor desse atributo pode ser qualquer idioma relacionado no documento RFC 1766 [Alv95]. O atributo é avaliado como “verdadeiro” se indicar um idioma que conste nas “preferências do usuário”. Assim, é possível disponibilizar um texto ou um áudio em diversos idiomas, especializando o público alvo de um conteúdo de mídia.
- *System-captions*: Atributo usado para permitir o uso de um texto redundante equivalente a um áudio. Este atributo tem como função permitir que portadores de deficiência auditiva possam utilizar sistemas que fazem uso de mensagens de áudio. O atributo é avaliado como “verdadeiro” caso o usuário tenha optado, nas “preferências do usuário”, por ver as mensagens redundantes e, como “falso”, caso contrário.

4.4.4. Exemplos de Documentos SMIL

Um arquivo SMIL pode ser gerado em qualquer editor ou processador de texto e então salvo como documento texto e com a extensão “.smi”. A seguir são mostrados alguns exemplos de documentos SMIL que usam os elementos abordados nas seções anteriores.

A Figura 4.8 mostra um exemplo de documento SMIL no qual dois objetos de áudio são apresentados em sequência, pois estão contidos dentro de um elemento *seq*. Já a Figura 4.9, mostra um exemplo do uso do elemento *par*, que serve para apresentar mídias paralelamente.

```
<smil>
  <head>
    <meta name="author" content="Laércio Baldochi"/>
    <meta name="title" content="Seqüência de Áudios"/>
    <meta name="copyright" content="(c)1998 Laércio Baldochi"/>
  </head>
  <body>
    <seq>
      <Audio src="Audio/musica1.wav"/>
      <Audio src="Audio/musica2.snd"/>
    </seq>
  </body>
</smil>
```

Figura 4.8 - Uso do elemento *seq* em um documento SMIL.

```
<smil>
  <head>
    <meta name="author" content="Laércio Baldochi"/>
    <meta name="title" content="Seqüência de Áudios"/>
    <meta name="copyright" content="(c)1998 Laércio Baldochi"/>
  </head>
  <body>
    <par>
      <Audio src="musical.snd" clip-begin="30.4s" clip-end="60.4s"/>
      <Audio src="musica2.ra" delay="28s" clip_begin="2.4s" clip-end="13.7s">
    </par>
  </body>
</smil>
```

Figura 4.9 - Uso do elemento *par* em um documento SMIL.

O exemplo mostrado na Figura 4.9 traz uma série de atributos que modificam os elementos de mídia e de sincronização existentes no documento. Os atributos de temporização alteram o funcionamento do elemento *par* de forma a fazer com que os *clips* de vídeo comecem em tempos diferentes. O primeiro *clip* inicia imediatamente, mas começa a tocar na posição 30,4 segundos a partir do início de sua linha de tempo. Como este *clip* termina na posição 60,4 segundos de sua linha de tempo, o mesmo será tocado por exatamente 30 segundos. O segundo *clip* é atrasado por 28 segundos, o que significa que este irá se sobrepor ao primeiro por 2 segundos. Ele começa na posição 2,4 e termina na posição 13,7 segundos, sendo, portanto, apresentado por 11,3 segundos. O tempo total de apresentação desse grupo de elementos de mídia será 30 segundos do primeiro *clip*, mais 13,7 segundos do segundo *clip*, menos 2 segundos gastos na sobreposição dos dois *clips*, o que resulta em 39,3 segundos.

O terceiro exemplo, mostrado na Figura 4.10, apresenta o uso de elementos *par* e *seq* intercalados.


```
<smil>
  <head>
    <meta name="author" content="Laércio Baldochi"/>
    <meta name="title" content="Seqüência de elementos par e seq"/>
    <meta name="copyright" content="(c)1998 Laércio Baldochi"/>
  </head>
  <body>
    <seq>
      mídia 1
      <par>
        mídia 2
        mídia 3
      </par>
      mídia 4
    </seq>
  </body>
</smil>
```

Figura 4.10 - Uso de elementos *par* e *seq* intercalados em um documento SMIL.

A funcionalidade provida pela intercalação de *par* e *seq* no documento da Figura 4.10 é a seguinte: inicialmente a mídia 1 é apresentada. Quando a mídia 1 termina, as mídias 2 e 3 são apresentadas simultaneamente. Quando ambas terminam, a mídia 4 é apresentada.

Finalmente, o documento da Figura 4.11 mostra o uso do elemento *switch* e dos atributos de teste. Este documento oferece três possibilidades para a execução de uma apresentação multimídia. A escolha do tipo da apresentação está relacionada com a velocidade da conexão disponível pelo usuário. Para um usuário que tenha uma conexão do tipo “*dual ISDN*” ou mais rápida, a avaliação do primeiro atributo de teste será verdadeira, sendo que as demais não serão sequer analisadas. Para um usuário que tenha uma conexão do tipo “*single ISDN*”, a avaliação do primeiro atributo será falsa e a do segundo verdadeira, sendo a terceira não avaliada. Para usuários conectados via modem, a 28.800 Kbps, apenas o terceiro atributo será avaliado como verdadeiro.

```

<smil>
  <head>
    <meta name="author" content="Laércio Baldochi"/>
    <meta name="title" content="Uso do elemento switch "/>
    <meta name="copyright" content="(c)1998 Laércio Baldochi"/>
  </head>
  <body>
    <switch>
      <par system-bitrate=75000>
        <Audio src="Audio/musica1.snd"/>
        <Video src="Video/musica1.avi"/>
        <image src="lyrics/musica1.gif"/>
      </par>
      <par system-bitrate=47000>
        <Audio src="Audio/musica2.snd"/>
        <Video src="Video/musica2.avi"/>
        <image src="lyrics/musica2.gif"/>
      </par>
      <par system-bitrate=28000>
        <Audio src="Audio/musica3.snd"/>
        <Video src="Video/musica3.avi"/>
        <image src="lyrics/musica3.gif"/>
      </par>
    </switch>
  </body>
</smil>

```

Figura 4.11 - Uso do elemento switch em um documento SMIL.

4.5. Intersecção entre os padrões MHEG e HyTime e a recomendação SMIL

Os padrões MHEG e HyTime e a recomendação SMIL possuem diversas similaridades, que, no entanto, não são aparentes à primeira vista. Baseando-se em suas definições, tem-se que o MHEG está direcionado para a definição da estrutura e regras de apresentação de objetos multimídia; o HyTime está direcionado para a definição da estrutura de hiperdocumentos; e o SMIL está direcionado para a definição de apresentações multimídia sincronizadas no contexto da WWW.

No entanto, a partir de uma análise mais aprofundada de cada um desses padrões, percebe-se uma série de coincidências. O HyTime, por exemplo, permite a inclusão de informação multimídia em seus hiperdocumentos. Objetos MHEG, por sua vez, podem incluir especificação de ligações entre objetos. Finalmente, o SMIL permite tanto a definição da estrutura e regras de apresentação de objetos multimídia, como também a possibilidade de interligar estes objetos através do uso de hiperligações.

Comparando-se especificamente o HyTime e o MHEG, vê-se que ambos apresentam-se como padrões que permitem especificar elementos comuns de modo diferente, sendo necessário um *engine* apropriado para a apresentação de cada um deles. Vale observar que um dos padrões aceitos para especificação de objetos MHEG é o HyTime, o que significa que MHEG suporta HyTime. Por outro lado, o HyTime também permite a especificação de outros padrões para definição de seus elementos. Isso significa que o MHEG pode ser especificado como sendo o padrão de um elemento HyTime [Pim95].

Uma outra possibilidade de intersecção entre estes dois padrões está no uso cooperativo de ambos. Segundo Rutledge et al. [Rut97], os padrões HyTime e MHEG (mais particularmente a parte 5 deste padrão) podem desempenhar papéis complementares em ambientes hipermídia abertos. Um exemplo de cooperação entre eles seria o uso do padrão MHEG-5 para a codificação de apresentações de documentos HyTime, como discutido anteriormente por Pimentel [Pim95].

O SMIL, por sua vez, busca oferecer os recursos providos pelos padrões MHEG e HyTime para o ambiente da WWW. A fim de se firmar neste ambiente, o SMIL se espelha no HTML, buscando conquistar adeptos pela sua simplicidade [Bro98]. Dentre as várias semelhanças entre o HyTime e o SMIL está o fato de ambos serem baseados em padrões anteriores, a saber SGML e XML, respectivamente. Isto explica o fato do HyTime ser mais poderoso, e também mais complexo, que o SMIL, uma vez que o XML é uma simplificação do SGML.

Certamente a maior vantagem do SMIL sobre os dois padrões apresentados neste capítulo, principalmente o HyTime, está no fato deste se basear no XML, que já é considerado um padrão aceito no contexto da WWW (*browsers* como o *Internet Explorer 4.0* suportam XML). A importância da WWW no contexto das aplicações hipermídia leva a crer que o SMIL tem tudo

para se tornar um padrão largamente utilizado para a especificação de apresentações multimídia dentro do contexto da *World Wide Web*.

Entretanto, vale frisar que estes padrões são complementares, como demonstram as propostas recentes para suportar aplicações multimídia no contexto da WWW discutidas por Rutledge et al. [Rut98] e Price [Pri98].

4.6. Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentados dois padrões (MHEG e HyTime) e uma recomendação do W3C (SMIL) usados na especificação e no intercâmbio de hiperdocumentos e objetos multimídia. Dos três, maior ênfase foi dada ao padrão MHEG-5, utilizado como base para o desenvolvimento deste trabalho.

Os sistemas hipermídia estão em constante evolução, demandando que cada vez mais os padrões permitam a especificação de aplicações com mais e mais recursos. Essa necessidade faz surgir novos padrões ou recomendações do W3C, como é o caso do XML e do SMIL, que vêm para suprir a falta de linguagens capazes de especificar relações de sincronização multimídia no ambiente da WWW.

Mais que simplesmente apresentar características dos padrões de intercâmbio multimídia, este capítulo preocupou-se em compará-los, mostrando sobretudo a relação do SMIL com padrões já existentes como é o caso do MHEG e do HyTime.

"A grandeza não consiste em receber honras, mas em merecê-las."

Aristóteles

5.1. Considerações Iniciais

A evolução que tem ocorrido nos últimos anos nas redes de computadores e nas plataformas de sistemas distribuídos direcionaram as pesquisas na área de multimídia para soluções naturalmente distribuídas. As soluções atuais acomodam dados e aplicações multimídia em uma mesma plataforma, limitando-os à capacidade do meio de armazenamento e ao desempenho do *hardware* que os hospeda. As soluções distribuídas, por outro lado, mantêm os dados espalhados pela rede, utilizando-os no momento em que a aplicação os solicitar. Isto amplia significativamente a flexibilização no desenvolvimento de aplicações e de transferência de documentos multimídia [Tre95].

No entanto, a implementação de tais soluções depende do avanço da tecnologia disponível em áreas como compressão de dados, tráfego de dados para transferência de mídia contínua e em tempo real (vídeo e animação, por exemplo), armazenamento e recuperação de dados, e sincronização multimídia. O objetivo principal do Projeto SMmD consiste em propor soluções a fim de superar as limitações existentes nestas áreas, contribuindo, assim, para o desenvolvimento de aplicações multimídia distribuídas.

O projeto SMmD [Tei94] propõe constituir-se em uma estrutura de *middleware* (componentes de *software* do sistema situados entre sistemas operacionais genéricos e aplicações), oferecendo um conjunto de serviços para facilitar a construção de aplicações multimídia interativas e tratar de questões de sincronização e manipulação de mídia contínua em ambiente distribuído e heterogêneo.

O projeto acompanha a tendência de desenvolvimento de sistemas abertos multimídia em ambientes distribuídos, que propicia a construção de aplicações de características diferentes das contempladas pelas técnicas atuais [Tei98]. Assim, aplicações como trabalho cooperativo com suporte computadorizado e sistemas abertos hipermídia, que permitem a composição de documentos a partir de objetos multimídia (compostos por elementos de diversas mídias e armazenados em bases de dados distribuídas), tornam-se viáveis.

Este capítulo está organizado da seguinte forma: a Seção 5.2 apresenta o Ambiente SMmD, descrevendo seus principais módulos e como estes módulos se inter-relacionam; a Seção 5.3 descreve em detalhes a máquina MHEG-5 desenvolvida para o Ambiente SMmD; por fim, a Seção 5.4 conclui este capítulo fazendo algumas considerações a respeito da importância do Ambiente SMmD no contexto da apresentação multimídia em ambientes distribuídos e heterogêneos.

5.2. O Ambiente SMmD

A estrutura de *middleware* do projeto SMmD, chamada de ASMmD [Tei98] — Ambiente SMmD — constitui-se de um conjunto de softwares, devidamente integrados, com o objetivo de propiciar suporte ao desenvolvimento e execução de aplicações multimídia distribuídas que manipulam e realizam o intercâmbio de objetos em conformidade com o padrão MHEG-5.

A arquitetura do Ambiente SMmD é mostrada na Figura 5.1. Esta arquitetura é baseada em modelos de arquitetura propostos pelo DAVIC [DAV96] — *Digital Audio Visual Council* — para dispositivos do tipo *set top boxes*, a serem usados pela TV interativa e por aplicações de vídeo sob demanda. Os módulos principais desta arquitetura são discutidos a seguir.

O Módulo de Apresentação e Sincronização, MAS, é o módulo responsável pela apresentação e pela sincronização espacial e temporal, intramídia e intermídia, das mídias que compõem um objeto multimídia. Além disso, é responsável também pelo controle das interfaces com o usuário e com as aplicações.

APL: Aplicações
BDMm : Base de Dados Multimídia
CLSM: Componentes Locais de Servidores de Mídia
E/S: Dispositivos de Entrada e Saída
JHEG: Java MHEG-5 Engine

MAS: Módulo de Apresentação e Sincronização
SOMm: Servidor de Objetos Multimídia
U: Usuários
UIR: Unidade de Interface de Rede
SV: Servidor Remoto de Vídeo
SA: Servidor Remoto de Áudio
SMH5: Servidor MHEG-5 Remoto

Figura 5.1 - O Ambiente SMmD [Tei98]

De forma geral, pode-se dizer que o MAS serve de interface entre as aplicações e os demais módulos do Ambiente SMmD. Assim, quando uma aplicação solicita ao MAS a apresentação de um objeto de mídia, este passa uma referência ao objeto para o módulo JHEG (*Java MHEG-5 Engine*), que, por sua vez, carrega o objeto, decodifica sua informação e passa esta informação de volta ao MAS. O MAS, então, apresenta o objeto de acordo com as especificações requeridas pela aplicação. Os componentes de mídia a serem apresentados podem estar incluídos no objeto multimídia em questão ou apenas referenciados. Neste último caso, o MAS deve acionar o

módulo Componentes Locais de Servidores de Mídia, CLSM, para que este os recupere à partir de servidores remotos. A conexão entre o CLSM e os servidores de mídia remotos é realizada através da Unidade de Interface de Rede, UIR.

O módulo JHEG — *Java MHEG-5 Engine* — implementa uma máquina MHEG-5 responsável por disponibilizar objetos para processamento e apresentação. Tais objetos podem estar em uma memória *cache* local, em servidores MHEG-5 remotos ou no módulo Servidor de Objetos Multimídia, SOMm, que é o servidor MHEG-5 local e proprietário do ambiente SMmD.

O módulo SOMm [VS97] [SVF97], implementado com o Sistema Gerenciador de Banco de Dados O2, permite a armazenagem e a recuperação de objetos MHEG-5. A informação fornecida no momento da criação de um novo objeto é armazenada em um banco de dados obedecendo a estrutura de classes definida pelo MHEG-5, sob gerenciamento do sistema O2.

As aplicações usam o módulo SOMm tanto para armazenar novos objetos quanto para recuperar referências a objetos já armazenados. As referências resultantes de uma consulta feita por uma aplicação são passadas para os módulos JHEG e MAS, que realizam a recuperação, o processamento e a apresentação do objeto correspondente.

Um autor pode interagir diretamente com o módulo SOMm usando uma ferramenta de autoria para objetos MHEG-5 chamada SMART [SV98]. Esta ferramenta está totalmente integrada ao módulo SOMm, e, como ele, foi também desenvolvida em O2.

Finalmente, o ASMmD conta ainda com dois módulos de servidores de mídia remotos: o Servidor de Áudio (SA) e o Servidor de Vídeo (SV). O primeiro foi desenvolvido sob a plataforma distribuída ANSAware e o segundo usa PVM como mecanismo de comunicação. A interface desses servidores com o MAS é feita através do módulo CLSM. Maiores informações a respeito dos módulos SA e SV podem ser obtidos, respectivamente, em [FT97] e [AT96].

Entre todos os módulos do Ambiente SMmD, dois são mais relevantes do ponto de vista desta dissertação. O primeiro é o módulo JHEG, descrito na seção a seguir. O outro, é o módulo MAS, implementado a partir do JHEG e detalhadamente descrito no Capítulo 7.

5.3. A Máquina MHEG do projeto SMmD

O primeiro passo na geração do middleware proposto pelo projeto SMmD foi a implementação de uma máquina MHEG-5, conhecida como JHEG — *Java MHEG-5 Engine* [Abr97] — cujo modelo é apresentado na Figura 5.2 e descrito a seguir.

Figura 5.2 - Modelo da máquina MHEG-5 do projeto SMmD [Tei98]

O *Object Processor* é o módulo responsável pela interpretação efetiva de objetos *MHEG-5* e pela execução de ações. Quando objetos *link* devem ser ativados, o *Object Processor* os registra no módulo *Link Engine*, onde é mantida uma tabela de mapeamento de *LinkConditions* em *LinkEffects*. O *Object Store* fornece objetos preparados ao *Object Processor*, e o *Object Decoder* cuida da decodificação e preparação de objetos *MHEG-5*.

O *engine* MHEG-5 é ativado por uma aplicação qualquer que indica a identificação e a localização do primeiro objeto aplicação ou cena a ser executado. Uma vez que o *Object Processor* tem a posse do objeto a ser processado, ele requisita ao *Object Store* o objeto já preparado. O *Object Store* mantém um *cache* com objetos *scene* preparados a priori, com o objetivo de minimizar o atraso no tempo de acesso. Estes objetos podem ter sido preparados antecipadamente, ou então, terem sido preparados em momento anterior e guardados no *cache*, por, eventualmente, apresentarem alta probabilidade de voltarem a ser requisitados dentro de um intervalo de tempo curto. Se o *Object Store* não dispuser do objeto requerido, ele invoca o *Object Decoder* ou o módulo Servidor de Objetos Multimídia (SOMm) para que um deles obtenha o objeto, o decodifique e o prepare.

Com base no tipo do objeto a ser processado, o *Object Processor* identifica os atributos a serem consultados na estrutura resultante da preparação do objeto, e as medidas iniciais implícitas que devem ser tomadas. Se estiver processando um objeto *application* ou *scene*, por exemplo, o *Object Processor* inicia a execução do objeto *Action* especificado no atributo *OnStartUp*. As ações elementares são colocadas todas em uma fila e processadas ordenadamente. Os objetos *link* encontrados pelo *Object Processor* em objetos *Scene* ou *Application* são registrados na *Link Table*.

Alguns eventos podem ocorrer como consequência das atividades de processamento do *Object Processor* (eventos síncronos) ou gerados por processos assíncronos à máquina MHEG-5, como manifestações do usuário, vencimento de temporizadores, etc. No caso dos eventos externos (assíncronos), as ocorrências são reportadas ao *Object Processor* através de primitivas do tipo *ExternalInput()*, traduzidas em eventos reconhecidos pelo padrão e, assim como eventos síncronos, anunciadas ao *Link Engine*.

Ao receber a notificação de ocorrência de algum evento, o *Link Engine* consulta os *Links* registrados para determinar se e quais devem ser disparados. Finalmente, quando um *link* é disparado, o *Link Engine* utiliza a primitiva *ProcessAction()* para informar ao *Object Processor* quais objetos *Action* devem ser processados.

5.4. Considerações Finais

Existem atualmente no mercado vários produtos que suportam aplicações multimídia interativas tratando de questões de sincronismo e manipulação de mídia contínua. Entretanto, esses produtos são adequados apenas para sistemas *stand-alone*. O que diferencia a arquitetura *SMmD* desses produtos é seu enfoque ao tratamento dessas questões em ambiente distribuído e heterogêneo.

No sentido de desenvolver a estrutura de *middleware* que possibilite o intercâmbio de objetos multimídia em sistemas distribuídos e heterogêneos, o primeiro passo foi especificar e implementar uma máquina MHEG-5, chamada JHEG, responsável pela codificação, decodificação e execução de objetos MHEG-5. Todos os demais módulos do projeto *SMmD* deverão interagir, direta ou indiretamente, com o JHEG a fim de proporcionar a funcionalidade adequada à estrutura de *middleware* como um todo. Dessa forma, o módulo apresentador, por exemplo, recebe do JHEG objetos e/ou referências a objetos que devem ser apresentados, e passa a este módulo eventuais interações do usuário com esses objetos. A interação do módulo apresentador com o JHEG será detalhadamente especificada no Capítulo 7.

“Ao ver uma luz no fim do túnel, certifique-se que não é o trem.”

Anônimo

6.1. Considerações Iniciais

A implementação do Módulo de Apresentação e Sincronização (MAS), descrito em detalhes no Capítulo 7, foi precedida de um trabalho de pesquisa que visou determinar as tarefas mais críticas em termos de implementação e a melhor forma de implementá-las.

Este trabalho de pesquisa teve como principal função determinar a ferramenta a ser utilizada no desenvolvimento do MAS. A ferramenta escolhida foi a linguagem *Java*, estendida pela API *Java Media Framework Player* (JMF Player), abordada em detalhes no Apêndice B.

Durante esta fase do trabalho, inúmeros testes foram feitos com o objetivo de verificar se a ferramenta escolhida era capaz de apresentar mídias, sobretudo mídias contínuas, obedecendo relações de sincronização intra e intermídia. Entre eles está a implementação do *applet SyncEvent*, a partir do qual foi desenvolvido o Módulo de Apresentação e Sincronização. Este capítulo relata o trabalho de pesquisa que levou à escolha da ferramenta adotada, enfatizando a implementação do *applet SyncEvent*, embrião do Módulo de Apresentação e Sincronização.

O assunto a ser abordado neste capítulo está estruturado da seguinte forma: a Seção 6.2 contextualiza o início do trabalho de desenvolvimento do MAS, mostrando a necessidade de integração deste com o módulo JHEG; a Seção 6.3 aborda a implementação do *applet SyncEvent*, descrevendo o processo de desenvolvimento de suas duas versões; a Seção 6.4 demonstra a viabilidade do uso do *applet SyncEvent* como apresentador, no contexto da WWW, de relações temporais especificadas através de padrões como HyTime e MHEG; a Seção 6.5 demonstra a relevância do mecanismo de apresentação proposto tendo como argumento o surgimento da

linguagem SMIL; finalmente, a Seção 6.6 faz algumas considerações sobre a importância do *applet SyncEvent* no contexto dessa dissertação.

6.2. Contexto: o Módulo JHEG e a Linguagem Java

A implementação do módulo JHEG – *Java MHEG-5 Engine* – iniciou-se cerca de um ano antes da implementação do MAS. Os pesquisadores envolvidos na implementação do JHEG elegeram *Java* como ferramenta para desenvolvimento deste módulo. Tal escolha se deu, principalmente, devido à portabilidade inerente às aplicações *Java*, uma vez que era desejável que a máquina MHEG pudesse ser executada no maior número possível de plataformas.

Diante desse fato, e levando em consideração a forte interação entre o MAS e o JHEG, a ferramenta mais indicada para a implementação do MAS seria a linguagem *Java*. O uso da linguagem *Java* na implementação desses dois módulos, além de trazer a vantagem óbvia de facilitar a comunicação de ambos, era também interessante no nível global do projeto SMmD, pois a adoção de uma mesma ferramenta estaria colaborando para a unicidade do projeto.

No entanto, nesta época a linguagem *Java* praticamente não dispunha de nenhum mecanismo que facilitasse a manipulação de mídias contínuas, o que a tornava pouco apropriada para a implementação do MAS. A seção a seguir relata as primeiras implementações de apresentadores multimídia feitas em *Java* e o trabalho realizado na tentativa de superar as limitações da linguagem *Java* no tocante à manipulação de mídias contínuas.

6.3. Implementação das Relações Temporais de Allen

Com o intuito de se verificar a viabilidade de utilização da linguagem *Java* na implementação de um apresentador multimídia, o primeiro passo foi a implementação de um *applet* capaz de apresentar duas mídias contínuas obedecendo as 13 relações temporais binárias propostas por Allen, ilustradas na Figura 3.6.

O primeiro problema para o desenvolvimento deste *applet* surgiu antes mesmo do início de sua implementação. Este problema estava relacionado com a ausência de suporte para manipulação

de mídias contínuas na linguagem *Java*, uma vez que, naquela época, o ambiente provido pela *Java Virtual Machine* possibilitava apenas a apresentação de áudio, sem, no entanto, prover nenhuma facilidade para o controle de execução do mesmo. Isto significava que, apesar de ser possível disparar um áudio em um dado momento, não era possível manter o controle sobre a apresentação deste áudio, ou seja, não era possível fazer operações como *pause*, *resume*, *fast-forward* e *backward* com o mesmo.

Uma forma de se superar as limitações da linguagem *Java* proposta naquela época foi a implementação de código nativo, em linguagem C ou C++, responsável por prover a implementação das rotinas necessárias à apresentação de mídias contínuas. Seria necessário então, disponibilizar tais rotinas em uma biblioteca e acioná-las a partir de programas implementados em *Java*.

Esta idéia, no entanto, não parecia ser a mais indicada no contexto do trabalho. Isto porque, além das dificuldades inerentes à programação em baixo nível, as rotinas desenvolvidas para manipulação de mídias contínuas deveriam ser implementadas para cada plataforma na qual se desejasse disponibilizar o apresentador.

Apesar das dificuldades inerentes à implementação de código nativo, esta parecia ser a única solução para permitir a apresentação de mídias contínuas pelo MAS. No entanto, antes de realizar esta tarefa era necessário verificar se a linguagem *Java* oferecia suporte para a apresentação simultânea de mídias, ou seja, era necessário testar se sua característica *multithreading* era mesmo adequada à apresentação multimídia. Para tanto foi implementada a primeira versão do *applet SyncEvent*, descrita a seguir.

6.3.1. A Primeira Versão do Applet SyncEvent

A especificação inicial do *applet SyncEvent* tinha como objetivo torná-lo capaz de apresentar duas mídias contínuas (áudio e vídeo) de forma que as mesmas pudessem ser apresentadas de acordo com as 13 relações temporais binárias de Allen. No entanto, a primeira versão do *applet SyncEvent* acabou se tornando um produto bem mais modesto, devido às seguintes limitações impostas pelo ambiente de desenvolvimento *Java* (JDK – *Java Development Kit*) usado:

- Não era possível apresentar vídeo, conforme explicado na seção anterior;
- Não se tinha controle sobre a apresentação de um áudio. Isto gerava uma série de implicações, das quais a mais importante era a ausência de notificação do término da apresentação do áudio, impossibilitando a implementação da relação binária *A after B* (considerando-se que a mídia B seja um áudio).

A fim de remediar estes problemas e testar as características *multithreading* da linguagem *Java* na tarefa de apresentação multimídia, implementou-se a primeira versão do *applet SyncEvent* usando-se uma animação no lugar do vídeo e um parâmetro adicional na chamada do *applet*, que informava a duração do *stream* de áudio, de forma a possibilitar a implementação da relação binária *A after B*.

A animação consistia de um texto, cujas porções eram mostradas na tela através de um efeito de rolagem da mesma. Assim, cada linha do texto surgia na parte inferior da tela e rolava até a parte superior, dando a idéia de movimento. O áudio consistia da leitura deste texto de forma que, quando ambos eram apresentados de acordo com a relação temporal *A equals B*, o usuário poderia acompanhar o áudio lendo a mensagem na tela.

A implementação da primeira versão do *applet SyncEvent* foi feita utilizando-se duas *threads* explícitas, criadas para manipular a recuperação e a apresentação de cada uma das mídias de forma independente e paralela. Nesta versão, a implementação das relações temporais entre as mídias é feita através de comunicação entre as duas *threads*, e as sincronizações ocorrem através da suspensão temporária de uma delas.

Assim, para se apresentar as mídias segundo a relação temporal *A after B*, onde A é o texto e B é o áudio, suspende-se inicialmente a *thread* que manipula o áudio (colocando-a para “dormir”) e inicia-se a *thread* que controla a apresentação do texto. Ao concluir sua apresentação, a *thread* envolvida na apresentação do texto “acorda” a *thread* que estava dormindo e esta realiza a apresentação do áudio.

A primeira versão do *applet SyncEvent* foi usada para comprovar a proposta de especificação das treze relações temporais binárias de Allen usando-se HyTime [Pim97a] [Pim97b], de forma a possibilitar que uma ou mais dessas especificações possam ser incluídas em um documento HTML, produzindo um documento HTML estendido. De acordo com a proposta, o documento HTML estendido serve de entrada para um tradutor capaz de converter especificações HyTime em ativações ao *applet SyncEvent*, gerando um segundo arquivo HTML que contem tais ativações no lugar do código HyTime.

O arquivo HTML gerado pelo tradutor é então apresentado por um navegador que ofereça suporte à apresentação de *applets Java*, possibilitando que o *applet SyncEvent* apresente as mídias de acordo com as especificações HyTime contidas no arquivo HTML original.

Além de ter sido uma contribuição importante para a comprovação da proposta do artigo descrito acima, a primeira versão do *applet SyncEvent* também serviu para demonstrar que a linguagem *Java*, graças à sua característica *multithreading*, era apropriada para a implementação de apresentadores multimídia. Restava, entretanto, o problema da ausência de suporte à apresentação de mídias contínuas.

Felizmente, nesta época, foi disponibilizada a primeira versão beta da API *JMF Player*. Esta API, estende a linguagem *Java* provendo não só facilidades para a apresentação de mídias contínuas, como também formas de se expressar relações de temporização e sincronização entre essas mídias.

Com o surgimento desta API foi possível reescrever o *applet SyncEvent*, desta vez possibilitando que qualquer par de mídias contínuas (áudio e vídeo, vídeo e vídeo, etc.) fosse apresentado de acordo com as relações temporais binárias propostas por Allen. A seção a seguir descreve a implementação da segunda versão do *applet SyncEvent*.

6.3.2. A Segunda Versão do Applet SyncEvent

As facilidades providas pela API JMF *Player* tornaram possível a implementação de um *applet* muito mais funcional, atendendo todos os requisitos que não puderam ser satisfeitos na primeira versão do *SyncEvent*.

Nesta implementação, cada uma das mídias foi associada a um JMF *Player*, que é um objeto que processa um fluxo de dados à medida que o tempo transcorre, apresentando-os em um instante preciso (o Apêndice B aborda com detalhes o funcionamento dos *Players* no contexto da API JMF). Esta API fornece uma série de facilidades para apresentação sincronizada de *Players*, permitindo a sincronização de um número arbitrário de *Players*, e, portanto, de mídias.

No contexto do mecanismo de apresentação multimídia à partir de especificações HyTime apresentado na seção anterior, a segunda versão do *applet SyncEvent* possibilitou a especificação HyTime de relações de temporização e sincronização entre mídias arbitrárias. Na primeira versão do *applet* as mídias deviam ser, obrigatoriamente, um áudio e um texto. Na segunda versão passou a ser possível, através de pequenas alterações no código fonte do *applet*, o uso de um par qualquer de mídias contínuas, tornando o mecanismo proposto no artigo muito mais flexível.

Além disso, graças às facilidades providas pela API JMF *Player*, foi possível estender a funcionalidade do *applet* permitindo que ele expresse não somente as relações temporais propostas por Allen como também o modelo avançado de sincronização baseado em intervalos proposto por Wahl e Rothermel [WR94], mostrado na Figura 3.7.

A Figura 6.1 mostra um exemplo de código HTML escrito para ativar o *applet SyncEvent*. Este código, gerado a partir do tradutor HyTime/HTML para o caso da relação temporal binária *A equals B*, contém parâmetros que informam ao *applet* o nome e a localização das mídias a serem apresentadas, bem como parâmetros que especificam o tipo da relação temporal binária a ser usada na apresentação. A seguir, são especificadas as funções de cada um dos parâmetros usados na ativação do *applet SyncEvent*, para o caso específico do código mostrado na Figura 6.1:

- *audioFile* e *videoFile*: indicam a URL dos *streams* de áudio e vídeo a serem apresentados;

- *startA* e *startV*: indicam posições temporais, a partir de um instante *t0*, nas quais deve se iniciar a apresentação das mídias de áudio e vídeo, respectivamente;
- *durA* e *durV*: indicam a duração da apresentação das mídias áudio e vídeo, respectivamente. Se a duração especificada for maior que a duração total da apresentação da respectiva mídia, deve-se apresentar a mesma em *looping* até que a duração total seja alcançada. Caso contrário, se a duração especificada for menor que a duração total da mídia, deve-se interromper a apresentação quando a mesma alcançar o tempo indicado pelo parâmetro. Quando se especifica duração igual a zero significa que a mídia deve ser totalmente apresentada uma única vez. Esses parâmetros são necessários a fim de se implementar as relações temporais avançadas propostas por *Wahl e Rothermel*.

```
<html>

<head>
<title>SyncEvent</title>
</head>

<applet code="syncevent"
        width="500" height="400">
  <param name="audioFile" value="count.au">
  <param name="videoFile" value="count.avi">

  <param name="startA" value="0">
  <param name="startV" value="0">
  <param name="durA" value="0">
  <param name="durV" value="0">
</applet>

</body>
</html>
```

Figura 6.1 - Código HTML usado na ativação do applet SyncEvent.

A Figura 6.2 apresenta um recorte de tela do applet *SyncEvent* executando a relação temporal binária *A equals B*, onde *A* é um *stream* de áudio (*count.au*) e *B* é um *stream* de vídeo (*count.avi*). As mídias utilizadas implementam um contador que avança uma unidade por segundo. Este exemplo demonstra que o applet implementa fielmente as relações temporais, mantendo a sincronização especificada durante toda a apresentação da mídia. No caso da relação

A equals B, o avanço de uma unidade do contador no vídeo representa o avanço de uma unidade na contagem feita pelo áudio. Assim, quando se vê o número 6 na tela, ouve-se a palavra “seis” sendo pronunciada.

Figura 6.2 - Interface do Applet SyncEvent.

Para o caso da relação *A during B*, especificando um atraso de cinco segundos para a apresentação da mídia A, ou seja, $startA = 5000$, a exibição dos cinco primeiros números não seria acompanhada de áudio. Quando o vídeo estivesse exibindo o número 6, seria ouvida a palavra “um”, na exibição do número 7, ouviria-se a palavra “dois” e assim sucessivamente.

6.4. O Applet SyncEvent no Contexto dos Padrões HyTime e MHEG

O *applet SyncEvent*, como já ressaltado na seção anterior, teve uma importância significativa na validação da proposta de apresentação multimídia sincronizada no ambiente provido pela World Wide Web (WWW) a partir de especificações HyTime. No entanto, mais relevante que a validação desta proposta, é o fato de que este mesmo processo poderia ser realizado utilizando-se outros padrões, como MHEG-5, por exemplo.

Isto significa que, implementando-se um tradutor capaz de transformar aplicações MHEG-5 em ativações ao *applet SyncEvent* seria possível apresentar tais aplicações no contexto da WWW (se as mesmas envolvessem apenas um objeto áudio e um objeto vídeo, evidentemente). Este fato consistiu em um indicativo de que a implementação do MAS era perfeitamente viável utilizando-se a linguagem *Java* estendida pela API *JMF Player*. Por outro lado, este mesmo fato mostrou que o padrão MHEG-5 não era apropriado para especificar relações de sincronização, nem mesmo relações simples, como as relações temporais binárias de Allen, uma vez que não possui elementos capazes de expressar que dois objetos devem ser apresentados de forma síncrona. As deficiências do padrão MHEG-5 na especificação de sincronização e suas implicações no desenvolvimento do MAS são abordadas em detalhes no Capítulo 7.

6.5. O Applet SyncEvent e a Linguagem SMIL

O surgimento da linguagem SMIL, desenvolvida recentemente pelos pesquisadores do World Wide Web Consortium (W3C) com o intuito de prover maior interatividade ao ambiente estático da WWW, comprova a relevância do *applet SyncEvent* e do mecanismo de especificação de sincronização e apresentação sincronizada proposta por Pimentel et al. [Pim97a] [Pim97b]. Esta proposta, desenvolvida muito antes do surgimento da linguagem SMIL, implementa a mesma funcionalidade a que se propõe a referida linguagem, e demonstra a viabilidade do uso de padrões como HyTime na especificação de relações de sincronização.

Uma consideração importante no contexto desta dissertação é que um mecanismo de mapeamento semelhante pode ser implementado usando os padrões MHEG e SMIL com a finalidade de estender o Ambiente SMmD para o contexto da WWW. Este mapeamento

possibilitaria, através da implementação de um tradutor, que aplicações MHEG-5 fossem apresentadas por navegadores que oferecessem suporte à linguagem SMIL. Usando o mesmo raciocínio, seria também possível implementar um tradutor responsável pela conversão de aplicações SMIL em aplicações MHEG-5, possibilitando que as mesmas sejam apresentadas pelo Ambiente SMmD. A Figura 6.3 ilustra este mapeamento. Um esquema semelhante, envolvendo os padrões MHEG-5 e SGML/HyTime, foi recentemente proposto por Rutledge et al. [Rut97].

Figura 6.3 - Transformação de aplicações SMIL em aplicações MHEG-5 e vice-versa.

6.6. Considerações Finais

A implementação do *applet SyncEvent* foi fundamental para o desenvolvimento do Módulo de Apresentação e Sincronização, uma vez que demonstrou na prática a viabilidade de se usar a linguagem *Java* estendida pela API *JMF Player* na sua implementação.

Além disso, a experiência adquirida neste trabalho de implementação foi muito valiosa, sobretudo no que se relaciona ao funcionamento da API *JMF Player*. Enfim, pode-se dizer que o *applet SyncEvent* foi o embrião a partir do qual foi gerado o Módulo de Apresentação e Sincronização.

7. O Módulo de Apresentação e Sincronização

“Os pequenos atos que se executam são melhores que todos aqueles grandes que se planejam.”

George C. Marshall

7.1. Considerações Iniciais

Neste capítulo é apresentado o MAS — Módulo de Apresentação e Sincronização — cuja implementação consiste no resultado prático do trabalho de mestrado relatado neste documento. As seções a seguir abordam, detalhadamente, o trabalho de projeto e implementação deste módulo, enfatizando, sobretudo, a implementação de sincronização multimídia, tema central do trabalho desenvolvido.

7.2. A Arquitetura do Módulo de Apresentação e Sincronização

O MAS é responsável por três tarefas:

- a)* analisar arquivos MHEG-5, criando instâncias dos objetos especificados nestes arquivos e passando-as para o módulo *Java MHEG-5 Engine* (JHEG);
- b)* apresentar nos dispositivos de saída do usuário objetos MHEG-5, obedecendo eventuais especificações de sincronização;
- c)* relatar ao JHEG quaisquer interações do usuário com tais objetos.

A Figura 7.1 mostra os principais componentes da arquitetura do MAS. O módulo Analisador Sintático MHEG-5 (ASMH5) é o módulo responsável pela realização da tarefa (*a*). Os módulos Gerenciador de Apresentações Multimídia (GAM), Apresentador de Mídia Estática (AME), Apresentador de Mídia Contínua (AMC) e Apresentador de Mídias Sincronizadas (AMS) foram desenvolvidos com a finalidade de prover a funcionalidade exigida pela tarefa (*b*). O módulo Interface Usuário-JHEG (IUJ), por sua vez, foi desenvolvido para prover a funcionalidade exigida pela tarefa (*c*).

AMC: Apresentador de Mídia Contínua
 AME: Apresentador de Mídia Estática
 AMS: Apresentador de Mídias Sincronizadas
 ASMHS: Analisador Sintático MHEG-5
 CLSM: Componentes Locais de Servidores de Mídia

E/S: Dispositivos de Entrada e Saída
 GAM: Gerenciador de Apresentações Multimídia
 IUI: Interface Usuário-JHEG
 JHEG: Java MHEG-5 Engine
 MAS: Módulo de Apresentação e Sincronização
 UIR: Unidade de Interface de Rede

Figura 7.1 - Arquitetura do Módulo MAS

O módulo GAM é responsável por prover interface com o JHEG, recebendo dele objetos MHEG-5, ou referências a tais objetos, juntamente com ações MHEG-5 que devam ser executadas em tais objetos. A principal função do GAM é identificar o tipo de ação que deve ser executada em um objeto e escolher um dos três módulos responsáveis pela apresentação do referido objeto nos dispositivos de entrada e saída.

Os módulos responsáveis pela efetiva apresentação de objetos de mídia nos dispositivos de entrada e saída são os seguintes:

- **AME - Apresentador de Mídia Estática:** responsável por manipular objetos de mídia estática e objetos MHEG-5 do tipo *Interactibles*, tais como textos, imagens, botões, etc.;
- **AMC - Apresentador de Mídia Contínua:** responsável por manipular objetos do tipo *Stream*, como áudio e vídeo. Este módulo foi implementado a partir da API *JMF Player*, sendo capaz de apresentar vários formatos de mídia contínua;
- **AMS - Apresentador de Mídias Sincronizadas:** Responsável por gerenciar a apresentação de duas ou mais mídias sincronizadas. Este módulo usa os serviços providos pelos módulos AME e AMC para apresentar mídias estáticas e contínuas, garantindo que as apresentações dessas mídias obedeçam as especificações de sincronização a elas associadas.

Assim, se o GAM recebe do JHEG uma ação que deve ser executada em um objeto de mídia estática que não está envolvido em uma apresentação multimídia sincronizada, o GAM ativa o módulo AME para que este realize a ação. De forma semelhante, se o GAM recebe do JHEG uma ação que deve ser executada em um objeto de mídia contínua que não esteja envolvido em uma apresentação multimídia sincronizada, o GAM ativa então o módulo AMC para que a ação seja efetivamente executada. Por outro lado, se a ação a ser realizada envolver um ou mais objetos participantes de uma apresentação multimídia sincronizada, o GAM ativa o módulo AMS para que este realize a ação levando em conta as relações de sincronização existentes entre o(s) objeto(s) envolvido(s) na ação e os demais objetos participantes da apresentação multimídia em questão.

Uma outra função do MAS, não menos importante que a apresentação multimídia, é a captura das interações do usuário com os elementos de uma apresentação (objetos MHEG-5 do tipo *Interactibles*). Estas interações produzem eventos que devem ser passados ao módulo JHEG para que este os processe. O trabalho de capturar estas interações e passá-las ao JHEG é função do módulo IUJ, que, conforme o próprio nome diz, é o módulo responsável por prover uma interface entre o Usuário e o MHEG-5 *Engine* (JHEG). Cada interação do usuário é traduzida em um

evento que, passado ao JHEG, é colocado na tabela de eventos (*event table*), sendo posteriormente avaliado e executado pelo *engine*.

7.3. Implementação de Sincronização no MAS

O nível de abstração provido pelo padrão MHEG-5 deixa várias questões em aberto, como, por exemplo, o esquema de endereçamento para objetos MHEG-5. Tal fato traz sérias restrições à interoperabilidade de aplicações MHEG, fazendo com que uma aplicação MHEG-5 tenha comportamentos diferentes quando executada por diferentes MHEG-5 *engines*. A especificação de sincronização multimídia não é, assim como o esquema de endereçamento para objetos MHEG, explicitamente especificada pelo padrão, sendo necessárias adaptações ao mesmo a fim de se prover a implementação necessária.

A seção a seguir descreve o mecanismo de especificação de sincronização existente no padrão MHEG-5, abordando suas deficiências. Em seguida, a Seção 7.3.2 propõe uma extensão ao padrão com o objetivo de suprir estas deficiências.

7.3.1. Especificação de Sincronização Multimídia no Padrão MHEG-5

O padrão MHEG-5 provê duas formas de se especificar sincronização multimídia. A primeira delas baseia-se no uso de *timers*, implementados através de uma lista que representa as posições temporais nas quais uma cena deve receber eventos do tipo *TimerFired*. A segunda está associada à apresentação de *streams* de mídia contínua. Estes *streams* podem possuir uma lista de valores representando as posições temporais nas quais o *Player* encarregado de sua apresentação deve gerar eventos do tipo *CounterTrigger*.

Através do uso de *timers* é possível sincronizar a apresentação de uma cena a partir de um eixo de tempo global, comum a todos os elementos da cena. A criação de um *timer* é feita através da execução da ação *SetTimer* na cena ativa. Cada *Timer* da lista de *Timers* possui um identificador único, uma posição temporal expressa em milissegundos e uma ação a ser executada quando o evento *TimerFired* ocorrer.

O uso de *CounterTriggers*, como já foi dito, está relacionado à apresentação de *streams*. A sincronização feita através do uso de *CounterTriggers* refere-se sempre ao tempo da mídia contínua que está sendo apresentada. Assim, operações como *pause*, *fast-forward* e *backward* realizadas no *stream* alteram os eventos *CounterTrigger*, gerando reflexos em todas as mídias a ele associadas. Eventos do tipo *CounterTrigger* são registrados através da ação *SetCounterTrigger*, que especifica um identificador único para o *CounterTrigger*, uma posição temporal expressa em milissegundos e uma ação a ser executada quando o evento ocorrer. Os *CounterTriggers* consistem em uma forma de se especificar sincronização através do uso de pontos de referência, conforme explicado na Seção 3.5.3.

A implementação desses mecanismos de sincronização é feita através do uso de *threads* de monitoramento. No caso dos *timers*, criou-se uma *thread* que monitora um eixo de tempo global, cujo início (*t0*) corresponde ao início da apresentação de uma cena. Esta *thread* é responsável pela checagem periódica da lista de *timers* da cena, devendo gerar um evento do tipo *TimerFired* toda vez que uma entrada da lista possuir um tempo igual ou menor ao tempo global. No caso dos *CounterTriggers*, foi necessário criar uma *thread* de monitoramento para cada *stream* a ser apresentado em uma cena. A tarefa executada por cada uma dessas *threads* é semelhante à tarefa executada pela *thread* que controla os *timers* de uma cena. A única diferença é que a primeira usa um eixo de tempo global, comum a todos os elementos de uma cena, enquanto as últimas se baseiam no tempo de mídia de cada *stream*, gerando eventos do tipo *CounterTrigger* toda vez que uma entrada de sua lista possuir um tempo menor ou igual ao tempo de mídia de seu respectivo *stream*.

O problema existente com o mecanismo de especificação de sincronização multimídia existente no padrão MHEG-5 é que ele não permite a especificação explícita de relações de sincronização entre dois ou mais objetos de mídia contínua (*streams*). A sincronização entre estes objetos possível no contexto da notação textual do padrão MHEG-5 consiste em se multiplexar (codificar) os *streams* que se deseja apresentar sincronamente em um único objeto *Stream*. É isto que foi feito na aplicação “Produção de Mídia Digital”, exemplo discutido no Capítulo 4, cujo código é mostrado na Figura 4.4 daquele capítulo. O áudio e o vídeo usados na aplicação foram multiplexados no momento de suas capturas, resultando em um único *stream*. No entanto, se

uma aplicação exigir que estes componentes sejam apresentados de forma síncrona, mas com um atraso de n segundos de um em relação ao outro (por exemplo, o áudio deve ser iniciado 5 segundos após o vídeo, e manter este atraso ao longo da apresentação) será necessário demultiplexar o *stream* e recodificá-lo de acordo com esta nova especificação de sincronização.

A fim de se possibilitar a especificação explícita de relações de sincronização entre dois ou mais objetos de mídia contínua no contexto do Ambiente SMmD, foi necessário estender a notação textual do padrão MHEG-5, criando uma nova ação chamada *RunSync*, cuja função é especificar que dois ou mais objetos de mídia contínua devem ser apresentados simultaneamente, mantendo, ao longo de suas apresentações, relações de sincronização previamente especificadas. A seção a seguir descreve o funcionamento da ação *RunSync* e faz algumas considerações referentes à extensão do padrão MHEG-5 no contexto do Ambiente SMmD.

7.3.2. Extensão do MHEG-5 para Suporte à Sincronização Multimídia

A ação *RunSync* estende a notação textual do padrão MHEG-5 provendo formas de se especificar explicitamente relações de sincronização entre objetos de mídia contínua. Seu funcionamento é bastante similar ao da ação *Run*, definida na classe *Presentable* do MHEG-5. A diferença entre a ação *Run* e a ação *RunSync* é que a primeira tem como parâmetro apenas um objeto MHEG-5, enquanto a *RunSync* possui uma lista de objetos MHEG-5 sincronizados como parâmetros. Assim, quando o módulo GAM encontra uma ação do tipo *RunSync*, ele sabe que deverá ativar o módulo AMS para realizar a ação solicitada pelo JHEG.

A implementação da ação *RunSync* resolve o problema da especificação de sincronização entre objetos de mídia contínua, tomando possível a execução de qualquer uma das relações temporais avançadas propostas por Wahl e Rothermel, ilustradas na Figura 3.7. Mais que isso, a ação *RunSync* permite que se especifique relações de sincronização entre n *streams* regidos por um mesmo eixo temporal. A Figura 7.2 mostra trechos de uma aplicação MHEG-5 que utiliza a ação *RunSync*.

<pre> {:Scene :ObjectIdentifier ("cena2.mhg" 1) :GroupItems ({:Stream // Stream de vídeo (AVI) :ObjectIdentifier 10 :InitiallyActive false :ContentData :ReferencedContent "file:c:\users\baldochi\mas \midia\count.avi" :Multiplex ((1 {:Video :OriginalBoxSize (10 10) :OriginalPosition (150 80) :ObjectIdentifier 11 :InitiallyActive false })) :Storage stream :Looping 1 :Termination freeze) {:Stream \\ Stream de Áudio (AU) :ObjectIdentifier 20 :InitiallyActive false :ContentData :ReferencedContent "file:c:\users\baldochi\mas \midia\count.au" :Multiplex ((1 {:Audio :ObjectIdentifier 21 :InitiallyActive false })) :Storage stream :Looping 1) </pre>	<pre> {:PushButton //Botão que ativa a //apresentação dos //Streams :ObjectIdentifier 51 :InitiallyActive true :OriginalBoxSize (50 30) :OriginalPosition (260 440) :Label "PLAY" } ... // Mais 4 objetos PushButton {:Link //Dispara quando o //PushButton 51 é clicado :ObjectIdentifier 101 :InitiallyActive true :EventSource 51 :EventType IsSelected :LinkEffect (:RunSync 10 0 20 0) //A ação RunSync especifica //que os objetos 10 e 20 devem //ser apresentados de forma //síncrona, e que ambos devem //ser iniciados em t0 = 0.) ... // Mais 4 objetos Link) :SceneCoordinateSystem (650 550) //Dimensionamento do espaço // de apresentação da cena } </pre>
--	---

Figura 7.2 - Exemplo do uso da ação *RunSync* em uma aplicação MHEG-5.

Na aplicação mostrada na Figura 7.2, dois *streams* distintos, um de áudio e outro de vídeo, codificados em formatos diferentes (AVI e AU) são apresentados de forma síncrona. A aplicação estabelece, através da ação *RunSync* (mostrada em negrito na figura), que os dois *streams* serão iniciados ao mesmo tempo e manterão a sincronização ao longo de suas apresentações. No entanto, é perfeitamente possível estabelecer, com um pequeno ajuste no código, um tempo de início aleatório para qualquer um dos *streams*.

A criação da ação *RunSync* possibilita que o MAS apresente aplicações multimídia que usem ou não os recursos de sincronização providos pela API *JMF Player*. Assim, esta pequena extensão realizada na notação do padrão MHEG-5 não modifica em nada a apresentação de aplicações que seguem o padrão original, mantendo o MAS em conformidade com o MHEG-5. No entanto, é evidente que aplicações que usarem a ação *RunSync* provavelmente não serão corretamente apresentadas por outras máquinas MHEG-5, ficando limitadas ao Ambiente SMmD.

7.4. Apresentação Sob Demanda e Sincronização Multimídia

A API *JMF Player* possibilita a apresentação sob demanda de *streams* de mídia contínua. Para tanto, basta que o arquivo a ser apresentado seja do tipo *streamable* (MPEG e “fast-start” *QuickTime*) e que a conexão entre cliente e servidor seja feita através do protocolo HTTP.

O processo de apresentação de um arquivo *streamable* através de uma conexão HTTP e sob demanda recebe o nome de *HTTP Streaming* e é provido automaticamente pela API *JMF Player*. Para iniciar uma apresentação sob demanda usando *HTTP Streaming* basta chamar o método *Start* em um *Player* que esteja no estado de *Prefetching* (fazendo transferência do *stream* que irá apresentar). Assim que houver uma quantidade de dados suficiente no *buffer* local, o *Player* inicia a apresentação do *stream*. Se a taxa de transferência for menor que a taxa de apresentação, o *buffer* certamente ficará vazio em um dado momento da apresentação. Neste caso, o *Player* gerará um evento chamado *DataStarvedEvent* e interromperá a apresentação da mídia.

Além do problema causado pela incompatibilidade entre taxa de transferência e taxa de apresentação, o *Gap Problem*, discutido no Capítulo 3, também é responsável pelo *DataStarvedEvent*. O *Gap Problem*, neste contexto, consiste na interrupção momentânea do processo de transferência de um *stream* causada por falha no servidor ou sobrecarga na rede que transporta o *stream*. O *Gap Problem* pode ser desastroso quando duas ou mais mídias contínuas estão sendo apresentadas sob demanda de forma síncrona. O MAS trata o *Gap Problem* monitorando a apresentação de todas as mídias sincronizadas. Quando ocorre um *Gap* em um *stream*, o *Player* responsável pela apresentação desse *stream* gera um *DataStarvedEvent*, que pode ser capturado

através do método *ControllerUpdate*¹. Ao receber a notificação de um *DataStarvedEvent* em um *Player* sincronizado, o MAS paralisa a apresentação dos demais *streams* envolvidos no processo de sincronização até que o *Player* que sofreu o *Gap* volte a receber dados e tenha em seu *buffer* uma quantidade de mídia razoável, evitando que o *buffer* fique vazio rapidamente, o que geraria uma sequência de eventos do tipo *DataStarvedEvent*.

O MAS reinicia a apresentação de um *Stream* após um *DataStarvedEvent* somente quando o *Player* acumula em seu *buffer* um volume de dados igual ou maior que 10% do volume total de dados do *Stream* como um todo. Isso é feito através do monitoramento da evolução da transferência do *Stream* em relação ao seu comprimento total. Este monitoramento é possível porque o método *ControllerUpdate* é capaz de capturar eventos do tipo *CachingControl*, os quais informam ao *Player* a chegada de dados em seu *buffer*, o que possibilita, inclusive, que se disponibilize um mostrador na tela que informa ao usuário a porcentagem de dados recebidos em relação ao comprimento total da mídia que está sendo apresentada.

7.5. Considerações Finais

Este capítulo apresentou o MAS, Módulo de Apresentação e Sincronização, abordando aspectos de seu projeto e implementação. O MAS representa a interface do projeto SMmD com o usuário. Através dele é possível testar o funcionamento de outros módulos, e, mais importante, é possível mostrar à comunidade científica o resultado prático do trabalho desenvolvido pelos pesquisadores do projeto SMmD.

A API JMF *Player*, apresentada em detalhes no Apêndice B, desempenhou um papel fundamental no desenvolvimento deste módulo. Sem ela, a implementação do MAS seria bem mais laboriosa, e os resultados obtidos certamente seriam mais modestos, sobretudo com relação à apresentação de mídias contínuas sincronizadas, pois seria necessário implementar rotinas de baixo nível para manipular as ULDs de cada *stream* envolvido em uma apresentação multimídia.

¹ O funcionamento do método *ControllerUpdate* está descrito na Seção B.5 (Apêndice B).

Como estas rotinas são dependentes de hardware, seria necessário construir um conjunto de rotinas para cada plataforma que se desejasse utilizar.

A implementação do Módulo MAS atingiu plenamente seu objetivo principal, que era prover o Ambiente SMmD de um mecanismo capaz de apresentar aplicações MHEG-5, compostas de objetos inter-relacionados através de relações de temporização e sincronização. No entanto, a implementação da interface entre o MAS e os outros módulos do Ambiente SMmD é ainda pequena e, em alguns casos, inexistente. Isso acontece, por exemplo, com os servidores de áudio e vídeo, que ainda não se encontram totalmente implementados. Isto faz com que apenas arquivos de mídia contínuas armazenados localmente ou disponíveis através de uma URL possam ser apresentados pelo ambiente.

Uma última consideração importante a ser feita é a extensão realizada na notação textual do padrão MHEG-5 através da incorporação da ação *RunSync*. Esta extensão traz como benefício a possibilidade de especificação de relações de sincronização explícitas no contexto das aplicações MHEG-5. O custo deste benefício é a limitação dessas aplicações ao Ambiente SMmD.

8. Conclusão

"No fim tudo dá certo, se não deu certo é porque ainda não chegou ao fim."

Fernando Sabino

8.1. Considerações Iniciais

O Projeto SMmD investiga a construção de uma estrutura de *middleware* para suporte à construção de aplicações multimídia interativas em ambientes distribuídos e heterogêneos. Nesse contexto foi desenvolvido o Ambiente SMmD, que inclui módulos para armazenamento e recuperação de objetos multimídia em conformidade com o padrão ISO MHEG-5. Esta dissertação descreveu o trabalho de implementação do Módulo de Apresentação e Sincronização (MAS) que, integrado ao módulo JHEG, provê a apresentação sincronizada de objetos multimídia em conformidade com o padrão MHEG-5.

O Módulo de Apresentação e Sincronização consiste na interface do projeto SMmD com o usuário, possibilitando demonstrar a funcionalidade de outros módulos que compõem o projeto. Procurou-se, com o trabalho desenvolvido, gerar contribuições para o desenvolvimento do modelo MHEG para aplicações multimídia distribuídas, sobretudo nos aspectos relacionados à implementação de mecanismos que possibilitem a apresentação de mídias contínuas sincronizadas.

Este capítulo se encontra subdividido da seguinte forma: a Seção 8.2 relaciona as contribuições geradas por este trabalho; a Seção 8.3 enumera algumas possibilidades de se dar continuidade ao trabalho desenvolvido; finalmente, a Seção 8.4 encerra esta dissertação resumindo os pontos mais relevantes do trabalho realizado.

8.2. Contribuições Geradas

Além do próprio Módulo de Apresentação e Sincronização, cuja implementação consiste no resultado prático desta dissertação, outras atividades foram realizadas, gerando contribuições importantes. Entre elas está a implementação do *applet SyncEvent*, através do qual foi possível demonstrar a viabilidade do esquema proposto por Pimentel et al. [Pim97a] [Pim97b] para apresentação de mídias contínuas sincronizadas, especificadas através do padrão HyTime de acordo com as relações temporais binárias propostas por Allen.

Também relacionado com o desenvolvimento do *applet SyncEvent* está o trabalho de pesquisa feito com a API JMF *Player*, através da qual foi possível realizar um mapeamento de objetos MHEG-5 para objetos *Player*, e assim implementar as funcionalidades necessárias à apresentação de mídias contínuas no contexto do MAS. Utilizando esta mesma API foi possível também implementar mecanismos capazes de interpretar dependências temporais entre duas ou mais mídias, possibilitando a implementação de mecanismos capazes de suportar a especificação de apresentações multimídia pré-orquestradas.

Entre as contribuições geradas diretamente pela implementação do MAS, a mais importante foi, sem dúvida, a implementação do módulo Apresentador de Mídias Sincronizadas (AMS), mostrado na Figura 7.1. Este módulo realiza o mapeamento de objetos e ações MHEG-5 em objetos e métodos *Java* responsáveis pela efetiva apresentação de mídias sincronizadas, provendo a funcionalidade necessária ao módulo MAS.

Além dessa, existem ainda três outras contribuições importantes geradas por este trabalho:

- Implementação das primitivas que permitem a comunicação entre os módulos MAS e JHEG;
- Definição de uma extensão para a notação textual do padrão MHEG-5, possibilitando a especificação de relações de sincronização entre dois ou mais objetos do tipo *Stream*;
- Expansão do analisador sintático MHEG-5 responsável por analisar arquivos MHEG-5 e criar instâncias dos objetos contidos nestes arquivos. Esta expansão foi feita para incorporar ao

analisador ações relacionadas com objetos *Stream*, sobretudo aquelas referentes à sincronização desses objetos, como a ação *Run.Sync*, por exemplo.

A seguir são discutidas algumas formas de se dar continuidade ao trabalho descrito nesta dissertação.

8.3. Trabalhos Futuros

Apesar de todos os módulos do projeto SMmD já estarem concluídos, ou em fase final de conclusão, o trabalho de integração desses módulos ainda é pequeno. Com exceção do JHEG e do MAS, que se encontram totalmente integrados, os demais módulos ainda necessitam de uma interface que os integrem ao Ambiente SMmD. De particular importância a este trabalho é a integração do MAS com os Servidores de Áudio, Vídeo e Objetos Multimídia. Esta integração consiste em um trabalho futuro desta dissertação em particular, e do Projeto SMmD em geral.

Um outro trabalho futuro, descrito na Seção 6.5 e ilustrado pela Figura 6.3, consiste na implementação de um tradutor capaz de transformar aplicações MHEG-5 em aplicações SMIL e vice-versa. Este tradutor possibilitaria a apresentação de aplicações MHEG-5 no contexto da WWW, ampliando significativamente o alcance do Ambiente SMmD. De forma análoga, este tradutor também permitiria que aplicações SMIL fossem apresentadas no Ambiente SMmD.

Uma outra proposta envolvendo a tradução de aplicações MHEG-5 em aplicações ou especificações em outros formatos ou padrões, consiste na elaboração de um DTD SGML que formalize o padrão MHEG-5. À partir da elaboração deste DTD seria possível criar ferramentas capazes de mapear aplicações MHEG-5 para qualquer formato que possa ser formalizado por um DTD SGML, como é o caso do HyTime e do SMIL, por exemplo. Rutledge et al. discute as formas de se realizar traduções semelhantes em uma série de artigos, entre os quais estão [Rut97] e [Rut98].

Uma última sugestão como trabalho futuro seria o estudo da viabilidade de se estender o uso do MAS para outros MHEG-5 *engines*. Para tanto seria necessário adaptar estes *engines* a fim de

que eles pudessem reconhecer a extensão feita pela inserção da ação *RunSync* na notação textual do MHEG-5 .

8.4. Considerações Finais

O trabalho descrito nesta dissertação alcançou plenamente seus objetivos, gerando uma série de contribuições já descritas. Entre os vários pontos positivos do trabalho realizado está a geração de um produto final, o Módulo de Apresentação e Sincronização, que, apesar de possuir algumas limitações, encontra-se totalmente funcional. Um outro ponto positivo do trabalho realizado foi o estudo comparativo de uma série de padrões e recomendações ligados à especificação de apresentações multimídia. A partir de tais estudos foi possível investigar possíveis relações entre estes padrões e recomendações, o que resultou em uma série de propostas para realização de trabalhos futuros.

Referências Bibliográficas

- [Abr97] I. C. Abrão; *Ambiente para o Intercâmbio de Objetos Multimídia em Sistemas Distribuídos e Heterogêneos*. Dissertação de Mestrado defendida junto ao PPG do DC-UFSCar, setembro, 1997.
- [All83] J. F. Allen; *Maintaining Knowledge about Temporal Intervals*. Communications of the ACM, pp. 832-843, novembro, 1983.
- [Alv95] H. Alvestrand; *RFC 1766 – Tags for the Identification of Languages*, março, 1995. Disponível em <ftp://ftp.internic.net/rfc/rfc1766.txt>.
- [AT96] A. de Angelis e C. A. C. Teixeira; *Serviço de Vídeo do Projeto SMmD*. Anais do XXIII Seminário Integrado de Software e Hardware - SEMISH'96, Recife-PE, pp. 309-320, agosto, 1996.
- [AWT97] *The AWT in 1.0 and 1.1*. Sun Micro Systems Inc, 1997. Disponível em <http://Java.sun.com/products/jdk/awt>.
- [Bos97] J. Bosak; *XML, Java and the Future of the Web*, março, 1997. Disponível em <http://sunsite.unc.edu/pub/sun-info/standards/xml/why/xmlapps.html>
- [Bro98] K. Brown; *Synchronizing the Web*, janeiro, 1998. Disponível em <http://webreview.com/98/01/09/feature/smil.html>.
- [Buf94] J. F. K. Buford et al.; *Multimedia Systems*. ACM Press, 1994.
- [DAV96] *DAVIC Specification; Technical Report*, 1996. Disponível em <http://www.davic.org>.
- [Ech98] M. Echiffre et al.; *MHEG-5 — Aims, Concepts, and Implementation Issues*. IEEE Multimedia, January/March Issue, vol. 5, no. 1, pp. 84-91, 1998.
- [EFI94] L. Ehley, B. Furth, M. Ilyas; *Evaluation of Multimedia Synchronization Techniques*. In Proceedings of the International Conference on Multimedia Computing and Systems, Boston, MA, pp.110-119, maio, 1994.
- [FT97] M. M. Ferreira e L. C. Trevelin; *Um Servidor de Áudio Distribuído com Edições Dinâmicas*. XXIII Conferência Latinoamericana de Informática, CLEI'97, Valparaíso, Chile, pp. 715-724, novembro, 1997.

- [GM96] J. Gosling, H. McGilton; *The Java Language Environment – A White Paper*. Sun Micro Systems Inc, Maio, 1996. Disponível em: <http://www.javasoft.com/docs/white/langenv/index.html>
- [HSA89] M. E. Hodges, R. M. Sasnett, M. S. Ackerman; *Athena Muse: A Construction Set for Multimedia Applications*. IEEE Software, pp. 37-43, janeiro, 1989.
- [IET98] IETF RFC 2326: *Real Time Streaming Protocol*. Draft, 1998. Disponível em ftp://ftp.isi.edu/in_notes/rfc2326.txt
- [ISO76] ISO 8879, *Standard Generalized Markup Language - SGML*, 1976.
- [ISO90a] ISO/IEC 8824, *Specification of Abstract Syntax Notation One - ASN.1*, 1990.
- [ISO90b] ISO/IEC 8825, *Specification of Basic Encoding Rules for Abstract Syntax Notation One - ASN.1*, 1990.
- [ISO92] ISO 10744, *Hypermedia/Time-Based Structuring Language - HyTime*, 1992.
- [ISO97] ISO/IEC 13522-5: *Information Technology – Coding of Multimedia and Hypermedia Information – Part 5: Support for Base Level Interactive Applications*, Março, 1997.
- [JB97] *JavaBeans API Specification*. Sun Micro Systems Inc, 1997. Disponível em: <http://javasoft.com/beans/docs/beans101.pdf>
- [JMP97] *Java Media Players Guide*, Version 1.0.1, Setembro, 1997. Disponível em: <http://developer.intel.com/ial/jmedia/Docs/JMFramework/JavaDoc/playerguide.pdf>
- [JR95] R. Joseph, J. Rosengren; *MHEG-5: An Overview*, 1995. Disponível em <http://fokus.gmd.de/oyma/mug/archives/documents/mheg-reader/rd1206.html>
- [Key94] J. Keyes; *Multimedia Handbook*. McGraw-Hill, 1994.
- [LG90] T. D. C. Little, A. Ghafoor; *Network Considerations for Distributed Multimedia Objects Composition and Communications*. IEEE Network Magazine, pp. 32-39, novembro, 1990.
- [LG92] T. D. C. Little, A. Ghafoor; *Scheduling of Bandwidth-Constrained Multimedia Traffic*. Computer Communication, pp. 381-387, julho, 1992.

- [LV95] T. D. C. Little, D. Venkatesh; *The Use o Multimedia Tecnology; Distance Learning*. Proceedings of the International Conference on Multimedia Networking, Aiuzu - Japan, pp. 03-17, setembro, 1995.
- [MES93] T. Meyer, W. Effelsberg, R. Steinmetz; *A Taxonomy on Multimedia Synchronization*. In Proceedings of the 4th International Workshop on Future Trends in Distributed Computing Systems, Lisbon, Portugal, setembro, 1993.
- [Pim95] M. Pimentel; *O HyTime no Contexto do Projeto SMmD*. Anais do I Workshop em Sistemas Hipermídia Distribuídos, pp. 67-77, 1995.
- [Pim97a] M. Pimentel et al.; *Relações Temporais em Objetos Multimídia: Especificação HyTime e Apresentação*. III Workshop em Sistemas Hipermídia e Multimídia, São Carlos, maio, 1997.
- [Pim97b] M. Pimentel et al.; *Temporal Relations in Multimedia Objects: WWW Presentation from HyTime Specification*. Proceedings of the IEEE Conference on Protocols for Multimedia Systems and Multimedia Networking, Santiago, Chile, novembro, 1997.
- [Pri98] R. Price; *Beyond SGML*. Proceedings of Digital Libraries 98, pp. 172-181, junho, 1998.
- [Rum91] J. Rumbaugh et al.; *Object Oriented Modeling and Design*. Prentice-Hall, 1991.
- [Rut97] L. Rutledge et al.; *Cooperative Use of MHEG-5 and HyTime*. Proceedings of Hypertexts and Hypermedia: Products, Tools, Methods, pp. 57-73, setembro, 1997.
- [Rut98] L. Rutledge et al.; *Practical Application on Existing Hypermedia Standards and Tools*, Proceedings of Digital Libraries 98, pp. 191-199, junho, 1998.
- [SE93] R. Steinmetz, C. Engler; *Human Perception of Media Synchronization*. Technical Report 43.9310, IBM European Networking Center Heidelberg, Heidelberg, Germany, 1993.
- [SN95] R. Steinmetz, K. Nahrstedt; *Multimedia: Computing, Communications & Applications*. Prentice Hall, 1995.
- [Ste95] R. Steven; *Multimedia Interchange Using SGML/HyTime — Part I: Structures*. IEEE Multimedia, Summer 1995.
- [Sun97] *Java and the Java Virtual Machine*, 1997. Disponível em <http://www.Java.sun.com>.

- [SV98] F. C. Santos e M. T. P. Vieira; *SMArT: Ambiente para Autoria de Aplicações MHEG-5*. IV Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Hiperemídia, Rio de Janeiro, pp. 39-50, maio, 1998.
- [SVF97] M. T. P. Santos, M. T. P. Vieira e J. M. Figueiredo; *Extensão de um Banco de Dados de Objetos MHEG-5 para Suportar Busca por Conteúdo*. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Banco de Dados, Fortaleza, pp. 107-121, outubro, 1997.
- [Tei94] C. A. Teixeira et al.; *SMmD – Sistemas Multimídia Distribuídos: Suporte, Estruturas e Aplicações. Plano de projeto temático aprovado no ProTeM-CC fase II*, CNPq - 1994.
- [Tei98] C. A. Teixeira et al.; *SMmD – A MHEG-5 Based Distributed Multimedia System*. ProTeM-CC Conference, Belo Horizonte, abril, 1998.
- [TGD91] D. Tsichritzis; S. Gibbs; L. Dami; *Active Media*. In *Object Composition* (D. Tsichritzis, ed.). Universite de Geneve, Centre Universitaire d'Informatique, Geneve, pp. 115-132, junho, 1991.
- [Tre95] L. C. Trevelin; *Projeto SMmD: uma Visão Geral*. Anais do I Workshop em Sistemas Hiperemídia Distribuídos, São Carlos, 1995.
- [VS97] M. T. P. Vieira e M. T. P. Santos; *Content-based Search on a MHEG-5 Standard-based Multimedia Database*. Proceedings of the QPMIDS DEXA 97, Toulouse-FR, pp. 154-159, setembro, 1997.
- [W3C98a] *Synchronized Multimedia Integration Language (SMIL) 1.0 Specification – W3C Proposed Recommendation*, abril, 1998. Disponível em <http://www.w3.org/TR/1998/PR-smil-19980409>
- [W3C98b] *Extensible Markup Language (XML) 1.0 – W3C Recommendation*, fevereiro, 1998. Disponível em <http://www.w3.org/TR/1998/REC-xml-19980210.html>
- [WR94] T. Wahl, K. Rothermel; *Representing Time in Multimedia Systems*. In Proceedings of the International Conference on Multimedia Computing and Systems, Boston, MA, pp. 538-543, maio, 1994.

Notação Textual da Aplicação *Produção de Mídia Digital*

```

{:Application
  :ObjectIdentifier ("startup" 0)
  :OnStartup ( :TransistionTo (("cenal.mhg" 0) 1) )
}

{:Scene
  :ObjectIdentifier ("aplic/cenal.mhg" 1)
  :OnStartup ( :SetCounterTrigger (10 1 1000)
    :SetCounterTrigger (10 2 39000)
    :SetCounterTrigger (10 3 40000)
    :SetCounterTrigger (10 4 53000)
    :SetCounterTrigger (10 5 54000)
    :SetCounterTrigger (10 6 65000)
    :SetCounterTrigger (10 7 66000)
    :SetCounterTrigger (10 8 79000)
    :SetCounterTrigger (10 9 80000)
    :SetCounterTrigger (10 10 85000)
    :SetCounterTrigger (10 11 86000)
    :SetCounterTrigger (10 12 94000)
    :SetCounterTrigger (10 13 95000)
    :SetCounterTrigger (10 14 131000)
    :SetCounterTrigger (10 15 132000)
    :SetCounterTrigger (10 16 151000)
    :SetCounterTrigger (10 17 152000)
    :SetCounterTrigger (10 18 171000))

  :GroupItems (

    { :Stream
      :ObjectIdentifier 10
      :InitiallyActive false
      :ContentData :ReferencedContent
      "file:c:\users\baldochi\mas\midia\aquis_video.avi"
      :Multiplex ( ( 8
        { :video
          :OriginalBoxSize (10 10)
          :OriginalPosition (150 123)
          :ObjectIdentifier 20
          :InitiallyActive true
        } ) )
      :Storage stream
      :Looping 1

      :Termination freeze
    }

    { :Text
      :ObjectIdentifier 40
      :InitiallyActive true
      :ContentData :IncludedContent "Produção
        de Mídia Digital"
      :OriginalBoxSize (370 60)
      :OriginalPosition (160 40)
      :FontRef "Helvetica"
      :FontAttributes "style=normal,size=30"
      :TextColour "222"
      :BackgroundColour "44"
    }

    { :Text
      :ObjectIdentifier 41
      :InitiallyActive false
      :ContentData :IncludedContent "Captura de
        Vídeo"
      :OriginalBoxSize (370 60)
      :OriginalPosition (180 300)
      :FontRef "Helvetica"
      :FontAttributes "style=normal,size=20"
      :TextColour "222"
      :BackgroundColour "44"
    }

    { :Text
      :ObjectIdentifier 42
      :InitiallyActive false
      :ContentData :IncludedContent "Câmeras
        de Vídeo"
      :OriginalBoxSize (370 60)
      :OriginalPosition (180 300)
      :FontRef "Helvetica"
      :FontAttributes "style=normal,size=20"
      :TextColour "222"
      :BackgroundColour "44"
    }
  }
}

```



```

{:Text
  :ObjectIdentifier 43
  :InitiallyActive false
  :ContentData :IncludedContent
    "Minicâmeras"
  :OriginalBoxSize (370 60)
  :OriginalPosition (180 300)
  :FontRef "Helvetica"
  :FontAttributes "style=normal,size=20"
  :TextColour "222"
  :BackgroundColour "44"
}

{:Text
  :ObjectIdentifier 44
  :InitiallyActive false
  :ContentData :IncludedContent "Video
    Blaster"
  :OriginalBoxSize (370 60)
  :OriginalPosition (180 300)
  :FontRef "Helvetica"
  :FontAttributes "style=normal,size=20"
  :TextColour "222"
  :BackgroundColour "44"
}

{:Text
  :ObjectIdentifier 45
  :InitiallyActive false
  :ContentData :IncludedContent
    "Microfones"
  :OriginalBoxSize (370 60)
  :OriginalPosition (180 300)
  :FontRef "Helvetica"
  :FontAttributes "style=normal,size=20"
  :TextColour "222"
  :BackgroundColour "44"
}

{:Text
  :ObjectIdentifier 46
  :InitiallyActive false
  :ContentData :IncludedContent "Mídias Pré-
    gravadas"
  :OriginalBoxSize (370 60)
  :OriginalPosition (180 300)
  :FontRef "Helvetica"
  :FontAttributes "style=normal,size=20"
  :TextColour "222"
  :BackgroundColour "44"
}

{:Text
  :ObjectIdentifier 47
  :InitiallyActive false
  :ContentData :IncludedContent
    "Sintetizadores"
  :OriginalBoxSize (370 60)
  :OriginalPosition (180 300)
  :FontRef "Helvetica"
  :FontAttributes "style=normal,size=20"
  :TextColour "222"
  :BackgroundColour "44"
}

{:Text
  :ObjectIdentifier 48
  :InitiallyActive false
  :ContentData :IncludedContent "Sound
    Blaster"
  :OriginalBoxSize (370 60)
  :OriginalPosition (180 300)
  :FontRef "Helvetica"
  :FontAttributes "style=normal,size=20"
  :TextColour "222"
  :BackgroundColour "44"
}

{:Text
  :ObjectIdentifier 49
  :InitiallyActive false
  :ContentData :IncludedContent "Scanners"
  :OriginalBoxSize (370 60)
  :OriginalPosition (180 300)
  :FontRef "Helvetica"
  :FontAttributes "style=normal,size=20"
  :TextColour "222"
  :BackgroundColour "44"
}

{:PushButton
  :ObjectIdentifier 61
  :InitiallyActive true
  :OriginalBoxSize (170 30)
  :OriginalPosition (360 130)
  :Label "Captura de Vídeo"
}

{:PushButton
  :ObjectIdentifier 62
  :InitiallyActive true
  :OriginalBoxSize (170 30)
  :OriginalPosition (360 160)
  :Label "Digitalização de Vídeo"
}

{:PushButton
  :ObjectIdentifier 63
  :InitiallyActive true
  :OriginalBoxSize (170 30)
  :OriginalPosition (360 190)
  :Label "Captura de Áudio"
}

```

```

}
:Label "FIM"
}

{:PushButton
  :ObjectIdentifier 64
  :InitiallyActive true
  :OriginalBoxSize (170 30)
  :OriginalPosition (360 220)
  :Label "Digitalização de Áudio"
}

{:PushButton
  :ObjectIdentifier 65
  :InitiallyActive true
  :OriginalBoxSize (170 30)
  :OriginalPosition (360 250)
  :Label "Captura de Imagens"
}

{:PushButton
  :ObjectIdentifier 66
  :InitiallyActive true
  :OriginalBoxSize (50 30)
  :OriginalPosition (260 440)
  :Label "PLAY"
}

{:PushButton
  :ObjectIdentifier 67
  :InitiallyActive true
  :OriginalBoxSize (60 30)
  :OriginalPosition (310 440)
  :Label "PAUSE"
}

{:PushButton
  :ObjectIdentifier 68
  :InitiallyActive true
  :OriginalBoxSize (35 30)
  :OriginalPosition (275 470)
  :Label "<<"
}

{:PushButton
  :ObjectIdentifier 69
  :InitiallyActive true
  :OriginalBoxSize (35 30)
  :OriginalPosition (310 470)
  :Label ">>"
}

{:PushButton
  :ObjectIdentifier 70
  :InitiallyActive true
  :OriginalBoxSize (80 30)
  :OriginalPosition (270 500)
}

{:Link
  :ObjectIdentifier 201
  :InitiallyActive true
  :EventSource 1
  :EventType CounterTriggerFired
  :EventData 1
  :LinkEffect ( :Run 41 )
}

{:Link
  :ObjectIdentifier 202
  :InitiallyActive true
  :EventSource 1
  :EventType CounterTriggerFired
  :EventData 2
  :LinkEffect ( :Stop 41 )
}

{:Link
  :ObjectIdentifier 203
  :InitiallyActive true
  :EventSource 1
  :EventType CounterTriggerFired
  :EventData 3
  :LinkEffect ( :Run 42 )
}

{:Link
  :ObjectIdentifier 204
  :InitiallyActive true
  :EventSource 1
  :EventType CounterTriggerFired
  :EventData 4
  :LinkEffect ( :Stop 42 )
}

{:Link
  :ObjectIdentifier 205
  :InitiallyActive true
  :EventSource 1
  :EventType CounterTriggerFired
  :EventData 5
  :LinkEffect ( :Run 43 )
}

{:Link
  :ObjectIdentifier 206
  :InitiallyActive true
  :EventSource 1
  :EventType CounterTriggerFired
  :EventData 6
  :LinkEffect ( :Stop 43 )
}

```

```
{:Link
  :ObjectIdentifier 207
  :InitiallyActive true
  :EventSource 1
  :EventType CounterTriggerFired
  :EventData 7
  :LinkEffect ( :Run 44 )
}
```

```
{:Link
  :ObjectIdentifier 208
  :InitiallyActive true
  :EventSource 1
  :EventType CounterTriggerFired
  :EventData 8
  :LinkEffect ( :Stop 44 )
}
```

```
{:Link
  :ObjectIdentifier 209
  :InitiallyActive true
  :EventSource 1
  :EventType CounterTriggerFired
  :EventData 9
  :LinkEffect ( :Run 45 )
}
```

```
{:Link
  :ObjectIdentifier 210
  :InitiallyActive true
  :EventSource 1
  :EventType CounterTriggerFired
  :EventData 10
  :LinkEffect ( :Stop 45 )
}
```

```
{:Link
  :ObjectIdentifier 211
  :InitiallyActive true
  :EventSource 1
  :EventType CounterTriggerFired
  :EventData 11
  :LinkEffect ( :Run 46 )
}
```

```
{:Link
  :ObjectIdentifier 212
  :InitiallyActive true
  :EventSource 1
  :EventType CounterTriggerFired
  :EventData 12
  :LinkEffect ( :Stop 46 )
}
```

```
{:Link
  :ObjectIdentifier 213
  :InitiallyActive true
  :EventSource 1
  :EventType CounterTriggerFired
  :EventData 13
  :LinkEffect ( :Run 47 )
}
```

```
{:Link
  :ObjectIdentifier 214
  :InitiallyActive true
  :EventSource 1
  :EventType CounterTriggerFired
  :EventData 14
  :LinkEffect ( :Stop 47 )
}
```

```
{:Link
  :ObjectIdentifier 215
  :InitiallyActive true
  :EventSource 1
  :EventType CounterTriggerFired
  :EventData 15
  :LinkEffect ( :Run 48 )
}
```

```
{:Link
  :ObjectIdentifier 216
  :InitiallyActive true
  :EventSource 1
  :EventType CounterTriggerFired
  :EventData 16
  :LinkEffect ( :Stop 48 )
}
```

```
{:Link
  :ObjectIdentifier 217
  :InitiallyActive true
  :EventSource 1
  :EventType CounterTriggerFired
  :EventData 17
  :LinkEffect ( :Run 49 )
}
```

```
{:Link
  :ObjectIdentifier 218
  :InitiallyActive true
  :EventSource 1
  :EventType CounterTriggerFired
  :EventData 18
  :LinkEffect ( :Stop 49 )
}
```

```
{:Link
  :ObjectIdentifier 102
  :InitiallyActive true
  :EventSource 51
  :EventType IsSelected
  :LinkEffect ( :Run 10 )
}
```

```
{:Link
  :ObjectIdentifier 103
  :InitiallyActive true
  :EventSource 52
  :EventType IsSelected
  :LinkEffect ( :SetSpeed (10 0 1) )
}
```

```
{:Link
  :ObjectIdentifier 104
  :InitiallyActive true
  :EventSource 53
  :EventType IsSelected
  :LinkEffect ( :SetCounterPosition
                (10 -3000 0) )
}
```

```
{:Link
  :ObjectIdentifier 105
  :InitiallyActive true
  :EventSource 54
  :EventType IsSelected
  :LinkEffect ( :SetCounterPosition
                (10 3000 0) )
}
```

```
{:Link
  :ObjectIdentifier 106
  :InitiallyActive true
  :EventSource 55
  :EventType IsSelected
  :LinkEffect ( :Quit "startup" )
}
```

```
)
:InputEventRegister 1
:SceneCoordinateSystem (650 550)
:MovingCursor true
}
```

A API Java Media Framework Player

O ambiente provido pela *Java Virtual Machine* [GM96] oferece suporte *multithreading* para a execução simultânea de várias tarefas. Assumindo que cada uma dessas tarefas seja a apresentação de uma mídia que obedeça relações temporais previamente estabelecidas, pode-se dizer que a linguagem *Java* é uma ferramenta adequada para o desenvolvimento de aplicações multimídia. No entanto, prover suporte *multithreading* não é tudo que se espera de tal ferramenta. É necessário também prover facilidades para a apresentação de cada uma das mídias que compõem uma apresentação multimídia.

Até a segunda metade de 1996, a linguagem *Java* dispunha apenas da API AWT (*Abstract Windowing Toolkit*) [AWT97] para exibir objetos na tela do usuário. Esta API possibilitava a apresentação de mídia discretas, como textos e *bitmaps*, mas, no entanto, não oferecia nenhum suporte para a apresentação de mídias contínuas. Nessa época, três empresas da indústria de hardware — *Intel*, *Sun Microsystems* e *Silicon Graphics* — interessadas sobretudo na difusão de seus produtos voltados à apresentação multimídia, iniciaram o desenvolvimento de uma API capaz de dar suporte à apresentação de mídias contínuas usando a *Java Virtual Machine*. Esta API recebeu o nome de *Java Media Framework Player* (JMF Player) [JMP97], pois é parte integrante da especificação *Java Media Framework* (JMF), que também especifica APIs para captura de mídia e vídeo/áudio conferência (ainda não disponíveis). A primeira versão da API JMF Player foi disponibilizada no início de 1997 pela *Intel* para plataformas *Windows 95/NT*. No segundo semestre de 1997, foi a vez da *Sun Microsystem* disponibilizar sua versão da API para plataformas *Solaris* e *Windows 95/NT*.

Com esta nova API, a linguagem *Java*, que já oferecia suporte *multithreading*, passou a oferecer também suporte à apresentação de mídias contínuas. Em sua configuração atual, a API JMF Player suporta uma variedade de tipos de conteúdo de mídia, como MPEG-1, MPEG-2,

QuickTime, AVI, WAV, AU e MIDI, sendo capaz de recuperar mídias contínuas de servidores remotos e apresentá-las. Além disso, a API *JMF Player* provê também suporte para sincronização intermídia, possibilitando que apresentações multimídia completamente sincronizadas sejam apresentadas.

Este apêndice está organizado da seguinte forma: a Seção B.1 apresenta o objeto *Player*, conceito central da API aqui apresentada; a Seção B.2 aborda os eventos de mídia que um objeto *Player* é capaz de capturar e tratar; a Seção B.3 trata dos estados de um objeto *Player*, mostrando quais ações podem ser executadas por um *Player* nos seus diversos estados de execução; a Seção B.4 aborda os métodos responsáveis por prover a funcionalidade de um objeto *Player*; a Seção B.5 apresenta a Interface *ControllerListerner*, através da qual um *Player* é notificado da ocorrência de eventos de mídia; finalmente, a Seção B.6 apresenta os mecanismos de gerenciamento de temporização e sincronização existentes na API *JMF Player*.

B.1. O Objeto *Player*

A API *JMF Player* introduz o conceito de *Player*, que nada mais é que um objeto que processa um fluxo de dados à medida que o tempo transcorre, apresentando-os em um instante preciso. A leitura de tais dados é feita a partir de um *DataSource*, o qual encapsula a localização da mídia e também o protocolo e o software usados para a distribuição da mesma. O *DataSource* de um *Player* é identificado por um *JMF MediaLocator* (classe do *JMF Player* que descreve a mídia apresentada por um *Player*) ou por um URL — *Universal Resource Locator*. Em sua configuração atual, a API *JMF Player* suporta os protocolos FILE, HTTP e RTP.

A fim de prover a funcionalidade requerida, um *JMF Player* implementa quatro interfaces básicas, mostradas na Figura B.1. São elas:

- *Interface Clock*: define as operações básicas de temporização e sincronização que um *Player* utiliza para controlar a apresentação de uma mídia;

- *Interface Controller*: estende a interface *Clock*, provendo métodos para obtenção ou alocação de recursos do sistema e pré-carregamento de dados a serem apresentados. Provê também um mecanismo de *listening* que permite a recepção de notificações de eventos de mídia;
- *Interface Duration*: provê meios de se determinar a duração da mídia que está sendo apresentada em um dado momento;
- *Interface Player*: estende a interface *Controller* provendo um painel de controle padrão para o usuário, que lhe permite controlar a execução de uma apresentação multimídia.

Figura B.1 - A Interface *Player* [JMP97]

B.2. Eventos de Mídia

O mecanismo de notificação de eventos do JMF *Player* permite que um programa responda a condições de erro especificamente relacionadas à apresentação de mídias contínuas, como falta de dados em uma transferência sob demanda ou indisponibilidade do recurso desejado. Este

sistema de eventos também provê um protocolo de notificação essencial à apresentação multimídia, já que toda vez que se chama um método assíncrono em um *Player* só é possível saber se o método foi corretamente executado através da recepção de um evento apropriado, relacionado com o método invocado.

Existem dois tipos de objetos JMF *Player* que geram eventos: objetos do tipo *GainControl* e do tipo *Controller*. Estes objetos seguem o padrão *Java Beans* [JB97] para geração de eventos.

Objetos do tipo *GainControl* geram apenas um tipo de evento, chamado *GainChangeEvent*. Este evento é gerado toda vez que um objeto do tipo *GainControl* recebe o foco (ou seja, é selecionado ou ativado). Para responder à mudança de foco deve-se implementar a interface *GainChangeListener*.

Objetos do tipo *Controller* podem gerar uma variedade de eventos derivados do evento *ControllerEvent*. Para receber eventos de um *Controller* deve-se implementar a interface *ControllerListener* (a interface *ControllerListener* é abordada em detalhes na seção B.5). A Figura B.2 mostra os eventos que podem ser gerados por um *Controller*.

Eventos do tipo *ControllerEvent* se dividem em três categorias: notificações de mudança (*change notifications*), eventos de fechamento (*closed events*) e eventos de transição (*transition events*), conforme indicado na Figura B.2.

Eventos de notificação de mudança, como *RateChangeEvent* e *DurationUpdateEvent*, indicam que algum atributo do *Player* se modificou, geralmente em resposta à invocação de um método. Por exemplo, um *Player* gera um evento do tipo *RateChangeEvent* quando sua taxa de apresentação é modificada pela invocação do método *setRate*.

Eventos de transição (*TransitionEvents*) permitem que um programa responda a mudanças no estado de um *Player*. Um *Player* gera eventos de transição toda vez que passa de um estado para outro (veja a Seção B.3 para maiores informações a respeito dos estados de um *Player*).

Figura B.2 - Eventos gerados por um Controller [JMP97]

Eventos de fechamento (*ControllerClosedEvents*) são gerados por um *Player* quando este realiza o processo de *shut-down*. Quando um *Player* gera um evento de fechamento ele não pode mais ser usado. Eventos de erro (*ControllerErrorEvents*) são um tipo especial de eventos de fechamento. É importante gerenciar os eventos de erro para que o programa possa responder ao mau funcionamento de um *Player*, minimizando o impacto desse mau funcionamento sobre o usuário.

B.3. Estados de um *Player*

A fim de estar apto para apresentar um arquivo de mídia contínua, um *Player* deve realizar uma série de operações relacionadas à obtenção de recursos para apresentação da mídia e ao carregamento dessa mídia a partir de um servidor remoto, se for o caso. Uma vez que essas operações podem consumir um tempo considerável, o *JMF Player* permite controlar a execução de cada uma delas definindo um conjunto de estados operacionais para os *Players* e provendo mecanismos de controle que permitem mudar um *Player* de um estado para outro.

Em um determinado instante um *Player* pode estar em um de seis estados possíveis. Estes estados, como mostra a Figura B.3 são os seguintes: *Unrealized*, *Realizing*, *Realized*, *Prefetching*, *Prefetched* e *Started*. Conhecer o estado de um *Player* é fundamental para seu gerenciamento, pois a maioria dos métodos definidos nas interfaces citadas na Seção B.1 só podem ser invocados em determinados estados de um *Player*.

Figura B.3 - Estados de um *Player*

Em condições normais de operação, um *Player* atravessa cada um dos estados mostrados na Figura B.3 até alcançar o estado *Started*. Resumidamente, estes estados podem ser descritos da seguinte forma:

- *Unrealized*: estado em que se encontra um *Player* quando acaba de ser instanciado. Neste estado, o *Player* não possui nenhuma informação a respeito da mídia que irá apresentar;

- *Realizing*: neste estado o *Player* está em processo de identificar quais recursos irá necessitar para a apresentação de seu *stream* de mídia. Para tanto, o *Player* faz um pré-carregamento de parte do *stream* para obter informações a respeito da mídia que irá apresentar;
- *Realized*: um *Player* alcança este estado quando, conhecendo o *stream* que deve apresentar, adquire todos os recursos de que necessita para apresentá-lo, com exceção dos recursos de uso exclusivo, que são aqueles que podem ser usados por apenas um *Player* em um dado instante;
- *Prefetching*: neste estado o *Player* realiza o carregamento em *buffers* locais do *stream* a ser apresentado e obtém recursos de uso exclusivo, como dispositivos que apresentam áudio, por exemplo;
- *Prefetched*: um *Player* alcança este estado quando está pronto para apresentar seu *stream*;
- *Started*: quando um *Player* alcança este estado, seu *clock* é ativado e o fluxo de dados do *stream* passa a ser processado à medida que o tempo transcorre.

Ao passar de um estado para outro, um *Player* gera eventos de transição (*TransitionEvents*). A Interface *ControllerListener* (abordada na Seção B.5) provê formas de se determinar em que estado um *Player* se encontra em um dado momento. Esta informação é importante porque a maioria dos métodos aplicáveis a um objeto *Player* só podem ser invocados em determinados estados. Quando um programa invoca um método ilegal para o estado corrente de um *Player*, o mesmo gera um erro ou uma exceção. A Tabela B.1 mostra as restrições existentes para a invocação dos principais métodos da interface *Player*.

Tabela B.1 - Retrições à invocação de métodos em um Player [JMP97]

<i>Método</i>	<i>Unrealized</i>	<i>Realized</i>	<i>Prefetched Player</i>	<i>Started</i>
<i>GetStartLatency</i>	NotRealized-Error	legal	legal	legal
<i>getTimeBase</i>	NotRealized-Error	legal	legal	legal
<i>setMediaTime</i>	NotRealized-Error	legal	legal	legal
<i>setRate</i>	NotRealized-Error	legal	legal	legal
<i>GetVisual-Component</i>	NotRealized-Error	legal	legal	legal
<i>GetControlPanel-Component</i>	NotRealized-Error	legal	legal	legal
<i>getGainControl</i>	NotRealized-Error	legal	legal	legal
<i>setStopTime</i>	NotRealized-Error	legal	legal	StopTimeSet-Error
<i>syncStart</i>	NotPrefetched-Error	NotPrefetched-Error	legal	ClockStarted-Error
<i>setTimeBase</i>	NotRealized-Error	legal	legal	ClockStarted-Error
<i>deallocate</i>	legal	legal	legal	ClockStarted-Error
<i>addController</i>	NotRealized-Error	legal	legal	ClockStarted-Error
<i>removeController</i>	NotRealized-Error	legal	legal	ClockStarted-Error
<i>mapToTimeBase</i>	ClockStopped-Exception	ClockStopped-Exception	ClockStopped-Exception	legal

B.4. Funcionamento Básico de um Player

O funcionamento básico de um *Player* é provido pelos métodos responsáveis pela transição de seus estados e pelo início e término da apresentação da mídia a ele associada. As interfaces *Clock* e *Player* definem os métodos usados para iniciar e parar um *Player*, enquanto que a interface *Controller* é responsável pela implementação dos métodos usados no gerenciamento de seus estados.

B.4.1. Iniciando e Parando um *Player*

Em geral, inicia-se a apresentação de um *Player* invocando-se o método *start*. O método *start* faz com que o *Player* inicie a apresentação de sua mídia associada o mais rápido possível. No entanto, a maioria dos *Players* não podem ser iniciados instantaneamente. Antes que possam iniciar, algumas condições a nível de *software* e *hardware* devem ser satisfeitas. Por exemplo, se o *Player* nunca tiver sido iniciado, será provavelmente necessário alocar *buffers* de memória para armazenar os dados de sua mídia associada. Se esta mídia estiver armazenada em um servidor remoto, o *Player* deverá estabelecer uma conexão de rede para que possa fazer a recuperação do arquivo de mídia antes de iniciar a apresentação.

A API JMF *Player* divide o processo de preparação de um *Player* para iniciar em duas fases, chamadas *Realizing* e *Prefetching*. As atividades realizadas nestas duas fases minimizam o tempo gasto pelo *Player* para começar a apresentar sua mídia associada quando o método *start* é invocado, ou seja, estas atividades minimizam o tempo de latência para o início da apresentação.

Para iniciar a apresentação de uma mídia pode-se usar, além do *start*, o método *syncStart*. O *syncStart* é usado quando deseja-se iniciar duas ou mais mídias sincronamente. A Seção B.6 – Gerenciamento de Temporização e Sincronização – aborda com detalhes a utilização do método *syncStart*.

É possível também iniciar a apresentação de um *stream* em um ponto específico do seu tempo de mídia. Para tanto, usa-se o método *setMediaTime* para ajustar o ponto do *stream* no qual deseja-se iniciar a apresentação. Em seguida, basta invocar o método *start* para que a apresentação inicie no ponto desejado.

Para interromper a apresentação de um *Player* invoca-se o método *stop*. No entanto, existem outras situações que causam a interrupção na apresentação de um *Player*. São elas:

- Quando o *Player* encontra um ponto de parada previamente especificado;
- Quando o *buffer* do *Player* fica vazio;
- Quando o *Player* recebe dados numa taxa muito baixa, impossibilitando que o mesmo mantenha a taxa de *playback* requerida pelo usuário;

Para especificar um ponto de parada usa-se o método *setStopTime*. Para obter um ponto de parada previamente especificado usa-se o método *getStopTime*. Para remover um ponto de parada previamente especificado usa-se o método *setStopTime* com a opção *UNSET*, ou seja, *setStopTime(UNSET)*.

B.4.2. Gerenciando os Estados de Um *Player*

Os métodos *start* e *stop*, já abordados, juntamente com os métodos *realize*, *prefetch*, *deallocate* e *close* são responsáveis por gerenciar a transição de estados de um *Player*. Para tanto, é necessário implementar a interface *ControllerListener*, que serve para invocar o método apropriado de acordo com as mudanças no estado do *Player*.

O gerenciamento dos estados de um *Player* é uma tarefa importantíssima, uma vez que a maioria dos métodos definidos para um *Player* só podem ser invocados em determinados estados de seu ciclo (ver Tabela B.1). Por exemplo, só é possível obter os componentes de um *Player* (componente visual, painel de controle, etc.) quando o mesmo já tiver concluído o processo de *Realizing*, ou seja, quando o *Player* receber o evento *RealizeCompleteEvent*.

Gerenciando os estados de um *Player* é possível prepará-lo para iniciar a exibição de seu arquivo de mídia associado, determinar o tempo de latência para que ele inicie a apresentação e fazer a liberação dos recursos usados por ele, quando a apresentação estiver concluída.

Determinando o Tempo de Latência de Início de um Player

Para se determinar o tempo necessário para iniciar um *Player* deve-se invocar o método *getStartLatency*. Para *Players* que possuem um tempo de latência de início variável, o valor retornado pelo método *getStartLatency* representa o maior tempo de latência de início possível. Para alguns tipos de mídia, não é possível determinar o tempo de latência de início e, nestes casos, o método *getStartLatency* retorna *LATENCY_UNKNOWN*.

O tempo de latência de início pode variar de acordo com o estado em que o *Player* se encontra. Assim, um *Player* que já tenha terminado o processo de *Prefetching* certamente terá um tempo de latência de início menor que um outro que ainda esteja no processo de *Prefetching* ou *Realizing*.

Liberação de Recursos Usados pelo Player

Após a apresentação de seu arquivo de mídia associado, um *Player* deve liberar os recursos utilizados na apresentação. O método *deallocate* tem a função de liberar todo recurso de uso exclusivo (placa de som, por exemplo) e minimizar o uso de recursos não exclusivos, como é o caso dos *buffers* de memória.

O método *deallocate* deve ser invocado quando o *Player* não estiver mais sendo usado. Um *applet*, por exemplo, deve chamar o método *deallocate* como parte de seu método *stop*. Quando um programa chama o método *deallocate*, ele libera recursos para uso do sistema, mas ainda mantém referências ao *Player*, podendo reiniciá-lo a qualquer momento.

O método *close*, ao contrário do método *deallocate*, deve ser chamado somente quando se tiver certeza que o *Player* não será mais executado. A chamada ao método *close* libera todos os recursos usados pelo *Player*, impossibilitando que ele seja reiniciado no futuro.

B.5. A Interface *ControllerListener*

Quando passa de um estado para outro, um *Player* gera eventos chamados *TransitionsEvents*. A ocorrência desses eventos pode ser capturada pela interface *ControllerListener*.

A interface *ControllerListener* é uma interface assíncrona usada para manipular eventos gerados por objetos do tipo *Controller*. Um *Controller* é um tipo mais simples de *Player* (*Player* é subclasse de *Controller*). O uso da interface *ControllerListener* permite gerenciar a temporização das operações de um *Player* que são potencialmente consumidoras de tempo, como *Realizing* e *Prefetching*.

A implementação da interface *ControllerListener* pela classe que está definindo um *Player* implica a correspondente implementação do método componente desta classe, chamado *ControllerUpdate*. Através da implementação deste método é feita a manipulação dos eventos gerados pelo *Player*.

O método *ControllerUpdate* é geralmente implementado como uma série de declarações *if-else*, detectando os eventos que são de interesse para a aplicação e que serão por ela tratados. Assim, a

organização básica do corpo do método *ControllerUpdate* pode ser representada pelo esquema mostrado na Figura B.4.

```
if (event instanceof EventType)
{
    // Aqui são colocados os eventos de resposta a este evento
}
else if (event instanceof OtherEventType)
{
    // Aqui são colocados os eventos de resposta a este outro evento
}
```

Figura B.4 - Corpo do método *ControllerUpdate*

Além da implementação da interface *ControllerListener*, é também necessária a invocação do método *addControllerListener*, especificando como *listener* dos eventos de controle do *Player* o próprio objeto da classe que define este *Player*. Esta sequência de ações obedece ao novo modelo de eventos da API AWT, disponibilizada a partir da versão 1.1 do *Java Development Kit* (JDK 1.1).

A API AWT realiza um papel importante na apresentação de um *Player*, pois é ela que oferece a interface gráfica usada pelo *Player* para apresentar vídeos e interagir com o usuário. Dessa forma, pode-se, resumidamente, definir que a apresentação de um *Player* é coordenada pelo modelo de temporização do JMF *Player*, enquanto que os componentes de interface são apresentados usando-se o pacote AWT. Neste contexto, é possível distinguir duas categorias básicas de componentes AWT em um *Player*:

- Componente Visual: onde o *Player* efetivamente apresenta seu *stream* de mídia. Só existe se o *stream* a ser apresentado possuir um componente de vídeo;

- Componentes de Controle: conjunto de botões, *sliders* e outros objetos integrantes do pacote AWT, que compõem um painel de controle permitindo ao usuário interagir com a mídia que está sendo apresentada pelo *Player*.

A interface *ControllerListener* é capaz de notificar, através de seu método *ControllerUpdate*, uma série de eventos que possibilitam monitorar o estado de um *Player* e capturar o resultado das interações que o usuário realiza em seus componentes de controle. Assim, o método *ControllerUpdate* recebe notificações tanto de eventos assíncronos gerados internamente pelo próprio *Player*, como também eventos assíncronos gerados através da interação do usuário com o painel de controle do *Player*.

De modo geral, a invocação de qualquer método em um *Player* tem como resultado a geração de um evento. Assim, quando se invoca o método *Start()* em um *Player*, o evento *StartEvent* será gerado, a não ser que o *Player* não possa ser iniciado. Neste caso, um evento de erro será gerado.

B.6. Gerenciamento de Temporização e Sincronização

As interfaces *TimeBase* e *Clock*, providas pela API JMF *Player*, definem mecanismos para gerenciamento de temporização e sincronização de mídias. Para tanto, estas interfaces utilizam os conceitos de tempo base (*time-base time*) e tempo de mídia (*media time*).

O tempo base representa um fluxo de tempo contínuo que não pode ser alterado. O tempo de mídia, por outro lado, representa um ponto no tempo do *stream* que o *Player* está apresentando. Tal ponto serve para referenciar o *frame* que está sendo correntemente apresentado pelo *Player*, ou seja, o tempo de mídia tem a finalidade de indicar a posição temporal do *frame* corrente com relação ao tempo total de um *stream* de mídia contínua que está sendo apresentado. A interface *Clock* define um mapeamento entre o tempo de mídia e o tempo base. Este mapeamento é mostrado na Figura B.5.

Figura B.5 - Mapeamento entre o tempo de mídia e o tempo base [JMP97]

Observando a Figura B.5, nota-se que a invocação do método *stop()* só paralisa o tempo de mídia; o tempo base continua a evoluir. O tempo base é geralmente fornecido pelo *System Clock* e medido em nanosegundos, podendo ser acessado através do método *Manager.getSystemTimeBase*.

Não são somente os métodos *start* e *stop* que modificam o valor do tempo de mídia. Através da invocação do método *setMediaTime* pode-se acessar qualquer ponto de um *stream*. É perfeitamente possível, portanto, iniciar a apresentação de um *stream* em qualquer ponto do seu tempo de mídia. De forma análoga, pode-se também ajustar o tempo de término da apresentação de um *stream*, usando como referência seu tempo de mídia. Para tanto basta usar o método *setStopTime*.

Em qualquer ponto da apresentação de um *stream* é possível obter o tempo de mídia e o tempo base correntes. Para tanto basta usar os métodos *getMediaTime* e *getTimeBaseTime*, respectivamente. A API JMF provê ainda métodos para se ajustar a taxa de apresentação de um *stream* (*setRate*) e para se conhecer a duração de um *stream* (*getDuration*), desde que o mesmo já tenha terminado seu processo de *Prefetching*.

A API JMF *Player* provê, ainda, facilidades para realizar a sincronização de dois ou mais *Players*. Existem duas formas de se realizar esta sincronização. A primeira delas consiste no controle manual da sincronização. A segunda, mais eficiente, consiste no uso de um *Player* para

gerenciar e sincronizar outros *Players*. A implementação dessas duas formas de sincronização é descrita a seguir.

- Sincronização manual de *Players*: para realizar a sincronização manual de *Players*, basta fazer com que o tempo base de todos os *Players* que se deseja sincronizar seja o mesmo e invocar o método *Syncstart* em todos os *Players*, levando em consideração o maior tempo de latência entre os *Players* envolvidos na sincronização. Para utilizar este esquema de sincronização é necessário capturar os eventos de transição gerados por cada *Player* envolvido na sincronização, uma vez que o método *SyncStart* só pode ser invocado em *Players* que tenham terminado o estado de *Prefetching*. De forma similar, é necessário capturar em todos os *Players* os eventos que respondem à invocação de um método, a fim de certificar que todos eles executaram corretamente o método invocado.
- Sincronização através do uso de um *Player* gerente: neste esquema, um *Player* é escolhido como gerente de um grupo de *Players* envolvidos em uma mesma apresentação sincronizada. As interações realizadas com o *Player* gerente são automaticamente repassadas aos demais *Players*, que, ao se subordinarem a um *Player* gerente, passam a ser chamados de *Controllers*. Através dos métodos *addController* e *removeController*, invocados no *Player* gerente, novos *Players* podem ser adicionados e removidos da lista de *Controllers*. Quando um *Player* passa a gerenciar um *Controller*, as seguintes ações são realizadas:
 - O *Controller* assume o tempo base do *Player*;
 - A duração do *Player* se torna a maior duração entre a sua e a de todos os *Controllers* sob sua gerência.
 - O tempo de latência do *Player* se torna o maior tempo de latência entre o seu e o de todos os *Controllers* sob sua gerência.

Neste esquema de sincronização, a invocação de um método no *Player* gerente é propagada por ele para os *Controllers* de forma apropriada. Assim, antes de repassar a invocação de um método para um *Controller*, o *Player* gerente se certifica que o mesmo está em um estado adequado para execução do referido método.