

## Extensões ao HMBS para Especificação de Apresentações Hipermedia

Fabiano Borges Paulo<sup>1-2</sup>

Paulo Cesar Masiero<sup>1</sup>

Maria Cristina Ferreira de Oliveira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ICMSC - Universidade de São Paulo - CP 668 - CEP 13560-970 - São Carlos - SP - Brasil  
{fbpaulo, masiero, ferreira}@icmsc.sc.usp.br.

Apoio Financeiro: CNPq

<sup>2</sup> Apoio Financeiro: Fapesp

### Abstract

Hypermedia refers to the integration of hypertext and multimedia in a single communication model. The use of models for specifying hypermedia applications (or hyperdocuments) provides a systematic approach towards development which can improve the quality of the final products. HMBS is a model which allows the specification of hypertext navigational requirements. In this work, the scope of HMBS is expanded with the inclusion of mechanisms that enable the specification of hypermedia requirements.

KEYWORDS: Hypermedia, Models, Statecharts, HMBS.

### 1. Introdução

Hipermedia refere-se à integração de hipertexto e multimídia em um único modelo de organização e recuperação de informações. Uma aplicação hipermedia, denominada hiperdocumento, herda dos hipertextos a não linearidade da organização da informação, bem como a possibilidade de navegação e de recuperação da informação através de ligações ("links"). Com a incorporação de recursos de multimídia, os hiperdocumentos constituem uma forma extremamente poderosa de expressão de informação. Aplicações hipermedia estão se tornando cada vez mais comuns e também mais complexas. Um exemplo disso é a WWW ("World Wide Web"), em que, além da utilização de recursos multimídia, há uma distribuição da hiperbase, a base de dados dos sistemas hipermedia, pela Internet. No que diz respeito às características multimídia dos hiperdocumentos, os requisitos de sincronização relacionados à apresentação de cadeias de dados dinâmicos, como vídeo e áudio, são aqueles de maior importância e os que exigem maior capacidade de representação dos modelos.

A literatura conta com vários modelos de especificação de documentos multimídia, muitos deles baseados em redes de Petri, que é uma técnica com características similares às características de statecharts, o que sugere que soluções disponíveis em uma técnica podem ser adaptadas para a outra. Entre os principais modelos baseados em redes de Petri para especificação de aplicações multimídia estão o OCPN, o XOCPN, o DTPN, o TSPN e o TSPN<sub>UI</sub>, apresentados na seção 2. Não há, em qualquer desses modelos, preocupação com a especificação de requisitos de hipertextos, de forma que nenhum deles pode ser considerado um modelo de hipermedia, o que

não ocorre com o AHM [Har94], entre outros. O HMBS ("Hypertext Model Based on Statecharts") [Oli95] é um modelo de especificação de hiperdocumentos que não é adequado para especificar requisitos de sincronização de dados multimídia, visto que não dispõe de mecanismos para especificação temporal. O objetivo deste trabalho é apresentar algumas extensões ao HMBS para torná-lo capaz de especificar apresentações multimídia. O seu foco principal é a sincronização de dados multimídia em hiperdocumentos.

O uso de statecharts como técnica formal subjacente garante ao HMBS um grande poder expressivo para a especificação de apresentações concorrentes de dados, o que constitui um passo inicial para a especificação formal de aplicações multimídia. Além do formalismo, statecharts possuem características que os tornam bastante convenientes para a especificação de hiperdocumentos. Um exemplo disso é a utilização da hierarquia entre estados para a obtenção de uma melhor organização da aplicação. Problemas clássicos, como a desorientação do usuário durante a navegação, podem ser diminuídos com o uso de informações genéricas associadas a estados em níveis mais altos da hierarquia e de informação detalhada em estados básicos. Outra característica importante decorrente do uso de statecharts é o fato de que a semântica de navegação já está disponível na técnica subjacente, eliminando a necessidade de maiores definições no modelo. Além disso, desenvolvedores habituados ao uso de máquinas de estados se beneficiariam com a disponibilidade de uma técnica similar, o que evitaria esforços de aprendizado e aumentaria a produtividade.

O restante deste trabalho está organizado da seguinte maneira: A seção 2 apresenta, brevemente, alguns dos principais modelos de especificação de documentos multimídia da literatura. A seção 3 contém uma visão geral do HMBS, juntamente com uma breve discussão sobre seus aspectos de sincronização. Na seção 4 são apresentados os principais requisitos de uma aplicação hipermídia distribuída. Na seção 5 são apresentadas as propostas de extensão ao HMBS, as quais são utilizadas em um exemplo, apresentado na seção 6. Finalmente, na seção 7, são apresentadas as conclusões deste trabalho.

## 2. Modelos para Especificação de Aplicações Multimídia

O modelo OCPN ("Object Composition Petri Net") [Lit90] é uma extensão de redes de Petri que associa durações e recursos aos lugares da rede. Assim, é possível especificar quais dados serão exibidos e por quanto tempo eles serão apresentados. Além disso, permanecem as características de concorrência e sincronização encontradas nas redes de Petri tradicionais. As deficiências do modelo OCPN são: o nível muito alto de granularidade da especificação e a ausência de mecanismos de especificação de operações de interação com o usuário. Para cobrir as deficiências relativas ao nível de granularidade do OCPN, o modelo XOCPN ("Extended Object Composition Petri Net") [Woo94] define dois tipos de lugares na rede: os de controle e os de objetos. Os lugares de objetos estão relacionados aos dados que devem ser apresentados, enquanto que os lugares de controle estão associados a ações que devem ser exercidas sobre os lugares de objetos no sentido de preservar as relações de sincronização. Os lugares de objetos são chamados SIUs ("Synchronization Interval Units") e os de controle são chamados IPPs ("Interstream Pacing Points") e ISPs ("Inter - object Synchronization Points"). Dessa forma, uma cadeia de dados é dividida em várias SIUs entre as quais são inseridos IPPs em pontos pré-calculados. Da mesma forma, os ISPs são inseridos entre as cadeias formadas por SIUs e IPPs. Além disso, o modelo XOCPN produz dois documentos de especificação no caso de aplicações distribuídas: um para o transmissor e um para o receptor.

Outra extensão ao OCPN é o modelo DTPN ("Dynamic Timed Petri Net") [Pra93], cujo objetivo é especificar ações típicas da interação com o usuário, tais como "parar", "continuar", "congelar", "descongelar" e "inverter a direção de apresentação", entre outras. O modelo utiliza blocos de construção, ou seja, mini-especificações pré-definidas, para facilitar o trabalho de especificação do autor. Assim, ao definir um lugar da rede DTPN e associá-lo a um recurso, o autor da aplicação específica, automaticamente, vários tipos de interação com o usuário. Os blocos de construção oferecem a operação de reverter a apresentação. No entanto, a apresentação no sentido contrário deve ser especificada com um outro conjunto de lugares. O mecanismo semântico que suporta as interações com o usuário no modelo DTPN é a preempção. O modelo define, dinamicamente, cadeias de dados primárias e secundárias, de acordo com a cadeia que recebe a interação. Assim, os eventos que ocorrem na cadeia de dados primária determinam a preempção da apresentação dos demais dados, fazendo com que a apresentação seja re-sincronizada.

Seguindo outra abordagem, o modelo TSPN ("Time Stream Petri Net") [Dia93] permite especificar apresentações multimídia ressaltando os requisitos temporais em aplicações distribuídas. O modelo produz uma especificação com nível de granularidade bastante fino e trata todas as falhas encontradas em modelos com a mesma preocupação, como o OCPN e o XOCPN. As principais características do TSPN são: a associação de uma tupla  $[\alpha, \eta, \beta]$  aos arcos que entram nas transições e a associação de tipos às transições que possuem mais de um lugar de entrada. Os elementos  $\alpha, \eta, \beta$  da tupla representam a duração nominal da apresentação do recurso associado ao lugar ( $\eta$ ), e as folgas anterior ( $\alpha$ ) e posterior ( $\beta$ ) para que a transição dispare. Os tipos associados às transições determinam a política de sincronização entre as cadeias de dados apresentadas concorrentemente. O modelo propõe nove tipos de transições, os quais têm por base três tipos principais: "strong-or", que faz com que a transição dispare se ao menos uma cadeia de dados for corretamente apresentada; "weak-and", que exige que todas as cadeias tenham sido apresentadas para então disparar a transição; e "master", que considera somente a apresentação de uma cadeia específica (definida como "master") para permitir o disparo.

O modelo TSPN<sub>UI</sub> ("Time Stream Petri Net with User Interaction") [Coo95] é uma extensão do TSPN que inclui uma versão melhorada do mecanismo de especificação das interações com o usuário e blocos de construção do modelo DTPN. O TSPN<sub>UI</sub> elimina as distinções entre cadeias de dados primárias e secundárias e a especificação da apresentação reversa em separado, além de permitir que a especificação seja feita em vários níveis de abstração e granularidade. Além disso, lança mão da composição de interações com o usuário primitivas para a definição de novas ações de interação, sendo adequado para a especificação de aplicações multimídia distribuídas com interações com o usuário.

## 3. Uma visão do HMBS

O HMBS utiliza statecharts para especificar a organização estrutural e a semântica de navegação de hiperdocumentos. A estrutura de um hiperdocumento é definida pela organização hierárquica dos estados do statechart, os quais são mapeados para as respectivas porções de informação, ou páginas. Somente os estados básicos e os do tipo OR são mapeados para páginas, ficando os do tipo AND reservados para a especificação de apresentação concorrente de informações (de mídias potencialmente diferentes). As transições entre os estados representam, com os próprios rótulos, as âncoras e respectivas ligações entre as páginas, definindo os caminhos de navegação disponíveis ao usuário daquele hiperdocumento. Com isso, toda navegação

permitida para o usuário é baseada na execução do statechart a partir de uma determinada configuração inicial. O resultado é a apresentação da informação contida nas páginas associadas aos estados da nova configuração. O mecanismo de representação dos dispositivos de visualização da informação é um conjunto de "readers", responsáveis pela interpretação da informação e pelo seu envio ao sistema de apresentação. Além disso, o modelo permite controlar o nível de hierarquia em que a informação será apresentada, bem como controlar o acesso a porções de informação. O nível de hierarquia é uma definição do modelo e o controle de acesso pode ser obtido através do uso de variáveis e estados do statechart.

Um hiperdocumento é definido como uma sêxtupla  $(ST, P, R, M, L, V)$  em que:

- $ST$  é o statechart que define a estrutura do hiperdocumento.
- $P$  é o conjunto de páginas que define o conteúdo do hiperdocumento. O conjunto de páginas possui um elemento especial: a página nula, usada para especificar que não há informação associada a um estado.
- $R$  é o conjunto de "readers", ou seja, abstrações dos dispositivos que convertem uma representação de máquina em um objeto de uma mídia específica.
- $M$ :  $S_n \rightarrow P$  é uma função valorada que mapeia um subconjunto de estados em páginas, onde o conjunto  $S_n$  é formado pelos estados do tipo OR e pelos estados básicos do statechart.
- $L$  é o nível de "browsing" do hiperdocumento, ou nível de visibilidade, usado para definir a profundidade da hierarquia do statechart a ser apresentada durante a navegação.
- $V$ :  $P \rightarrow R$  é o relacionamento de visualização que associa cada página do hiperdocumento com um único "reader" capaz de interpretá-la.

A definição de statechart utilizada pelo HMBS é um subconjunto dos statecharts como definidos em [Har87], possuindo somente as características necessárias à especificação de hipertextos. Ela não inclui o mecanismo de propagação de eventos através de ações, nem os símbolos de história, além de outras características mais complexas que a técnica oferece. Dessa forma, um statechart  $ST$  no HMBS é definido como uma ócupla  $ST = \langle S, \rho, \psi, \delta, V, C, E, T \rangle$  onde:

- $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$  é o conjunto de estados.
- $\rho: S \rightarrow 2^S$  é a função de hierarquia que associa cada estado ao conjunto de seus subestados.
- $\psi: S \rightarrow \{\text{AND}, \text{OR}\}$  é a função de tipo de decomposição.
- $\delta: S \rightarrow 2^S$  é a função "default".
- $V$  é o conjunto de expressões contendo nomes de variáveis de um conjunto de variáveis lógicas  $V_p$  com valores iniciais conhecidos. O conjunto  $V = V_p$  é, portanto, dado por  $V_T \cup V_F$ , em que  $V_T$  é o conjunto de variáveis cujo valor inicial é *true* e  $V_F$  é o conjunto de variáveis cujo valor inicial é *false*.
- $C$  é o conjunto de condições, que podem ser *T (true)*, *F (false)* ou expressões lógicas.
- $E$  é o conjunto de expressões de eventos, que podem estar contidas no conjunto de eventos primitivos  $E_p$ , ou podem estar combinadas com condições, na forma  $e[c]$ .

- $T$  é o conjunto de transições, definidas por triplas  $(X, r, Y)$ , onde  $X$  é o conjunto de estados de origem,  $r$  é o rótulo (uma expressão de eventos) e  $Y$  é o conjunto de estados de destino. Uma transição dispara se a expressão de eventos  $r$  resultar em *T (true)* e se o sistema estiver no conjunto de estados  $X$ .

O HMBS permite que o autor defina o nível de visualização do hiperdocumento através do atributo  $L$  ("level"). Um documento para o qual  $L = 0$  tem exibidas todas as páginas associadas aos estados básicos que estão ativos numa determinada configuração. Com  $L = 1$ , as páginas exibidas serão aquelas pertencentes ao conjunto das páginas mapeadas para os estados pertencentes à configuração básica e aos seus ancestrais imediatos, e assim por diante.

Outro recurso provido pelo modelo HMBS é o de visões hierárquicas. Trata-se de um mecanismo de navegação que permite que o usuário visualize as páginas associadas a estados em níveis de hierarquia acima daquele em que está navegando, diminuindo a sua eventual desorientação. Um exemplo disso é a navegação por um hiperdocumento que contém um livro. Com o mecanismo de visões hierárquicas, é possível ao usuário subir na hierarquia para descobrir em que seção, capítulo, etc, ele está navegando num determinado momento. A idéia por trás das visões hierárquicas é uma combinação do nível de navegação com a estrutura hierárquica do statechart subjacente ao hiperdocumento.

A capacidade de especificar concorrência entre estados dos statecharts possibilita ao HMBS especificar a exibição simultânea de páginas. Pelo mesmo motivo, o modelo permite a definição de caminhos concorrentes de navegação. Quando se pensa em informações estáticas, mesmo em mídias diferentes, como texto e imagens, por exemplo, a característica concorrente dos statecharts constitui uma ferramenta poderosa e, eventualmente, suficiente para a especificação de sincronização.

Os problemas aparecem quando seqüências de dados, estáticas e dinâmicas, precisam ser sincronizadas como, por exemplo, os trechos de áudio, texto de legenda e desenhos, que compõem uma animação. Nesse caso, as exibições das páginas que contém os objetos de mídias diferentes não necessariamente iniciam ou terminam simultaneamente. Requisitos como esses são comuns em documentos multimídia e, com a noção de hipermídia, vêm sendo incorporados aos requisitos estruturais e navegacionais dos hiperdocumentos.

Pela definição de statechart utilizada pelo HMBS, as transições sempre estão associadas a eventos externos, funcionando como ligações de hipertexto. Dessa forma, o tempo de visualização do conteúdo de uma página é sempre determinado pelo usuário, o que é indesejável na especificação de aplicações multimídia em que, independentemente da noção de visita a um nó, a apresentação pode prosseguir sem a intervenção do usuário. Os nós do statechart não possuem qualquer associação com tempo, de forma que também não é possível especificar a duração da exibição de uma página. Assim, pode-se perceber que a extensão do HMBS para a especificação de requisitos multimídia requer uma extensão de statecharts. Essa questão é abordada na seção 5. A seguir são apresentados os requisitos de apresentações hipermídia, incluindo as distribuídas.

#### 4. Requisitos de uma apresentação hipermídia distribuída

Visto que hipermídia é a integração das características de hipertexto e multimídia em um só modelo, a modelagem de hiperdocumentos deve cobrir os requisitos estruturais e navegacionais de hipertexto, bem como os requisitos temporais de multimídia. A figura 1 ilustra uma das formas de se combinar hipertexto e multimídia: fazendo com que os componentes do hipertexto contenham apresentações multimídia. Esse modelo cobre duas características de hipermídia: a

navegação hiperestruturada através do documento e a apresentação multimídia da informação. Essa abordagem, bastante simples, pode ser conveniente para vários tipos de aplicações hipermedia, mas pode se mostrar limitada em termos de flexibilização do processo de autoria e até mesmo de visualização por parte do usuário.

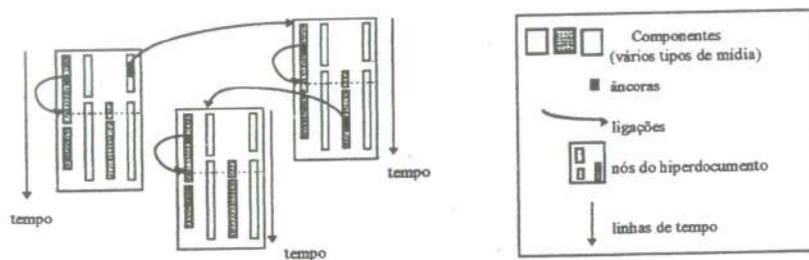


Figura 1 - Hipermídia (adaptado de [Har94])

Segundo Cooper [Coo95], as aplicações multimídia podem ser divididas em dois grandes grupos: as distribuídas e as não distribuídas. As aplicações não distribuídas são aquelas em que os locais de origem e destino das apresentações coincidem, sendo que as apresentações são compostas por dados supridos localmente, como CDROMs, discos rígidos e câmeras. Já as aplicações distribuídas são caracterizadas por suportarem a integração de várias mídias supridas através de uma rede de computadores. Além disso, tanto para aplicações distribuídas, como para as não distribuídas, os dados podem ser oriundos de fontes pré-arranjadas ou de tempo real. Da mesma forma, unindo-se os domínios de hipertexto e multimídia, as aplicações hipermedia estão sujeitas à mesma classificação.

Os requisitos de sincronização de aplicações multimídia distribuídas podem ser classificados em quatro grupos: requisitos de "stream" ou cadeia de dados; de comunicação; de interação usuário-computador e de expressividade.

Uma cadeia de dados é um conjunto de dados utilizado em um intervalo contíguo de apresentação e com origem em um único local. Um local de origem não é equivalente a um único local físico, de forma que várias cadeias de dados podem ter origem em um único local físico, e vários locais físicos podem ser requeridos para originar uma cadeia de dados. Além disso, todos os dados entregues pela rede devem ser sincronizados no lugar de destino, independentemente de terem origem em um ou mais locais físicos. A adição de locais de origem à aplicação não aumenta a complexidade da especificação.

Os locais de destino, por sua vez, descrevem os únicos locais físicos que aceitam cadeias de dados para apresentação, de forma que uma localização física, nesse caso, se relaciona com muitas cadeias de dados. Uma aplicação pode requerer muitos locais de destino. Quando isso ocorre, a apresentação requer que as cadeias de dados das várias mídias observem a mesma relação temporal em todos os pontos distintos da rede. Assim, a adição de locais de destino à aplicação adiciona complexidade à especificação.

Os dados em uma cadeia são identificados pelo tipo de meio que utilizam, mas uma especificação mais precisa requer também a identificação do tipo de dependência temporal dessas cadeias de dados. Os dados dependentes de tempo, ou dados de mídias contínuas, dependem da

apresentação contínua do meio para que a semântica da apresentação tenha algum significado, não sendo considerados completos até que a mensagem recebida tenha sido completamente apresentada. Já os dados independentes de tempo, ou mídias discretas, não necessitam de uma apresentação contínua do meio, sendo considerados completos tão logo tenham sido apresentados.

A especificação dos momentos inicial e final da apresentação de uma cadeia de dados é fornecida por intervalos de apresentação, cuja representação mais importante e frequentemente utilizada é a de intervalos temporais, na qual um intervalo é representado por dois instantes de tempo [All83]. A abordagem de intervalos temporais é conveniente para ambientes de mídias interativas com características não determinísticas.

Os dados podem ser obtidos de fontes de tempo real ou de fontes pré-arranjadas. Um modelo de especificação de documentos multimídia deve prover uma forma independente de dispositivo para especificar o tipo de origem de dados e as operações que estes suportam. Além disso, são necessários mecanismos para especificar as características dos dispositivos de apresentação para que estes possam suportar a qualidade requerida pela aplicação.

Os requisitos de comunicação estão associados ao tipo de meio, com diferentes exigências quanto a características de tráfego, manipulação de erros e atrasos no sistema de comunicação subjacente. As mídias discretas requerem cuidados com a explosão de tráfego, são altamente sensíveis a erros de transmissão e têm baixa sensibilidade a atrasos. Já as mídias contínuas exigem garantia de sua apresentação contígua e são relativamente insensíveis a erros de transmissão.

O fato de que a rede pode ou não ter condições de atender aos requisitos de uma apresentação em um certo momento gera a necessidade de uma negociação relativa à qualidade de serviço quando da requisição de um serviço de comunicação. Os parâmetros de qualidade de serviço que acabam se tornando requisitos de comunicação são o atraso ("delay") na transmissão entre o local de origem e o de destino, a taxa de desempenho e o "jitter". O atraso pode ser inserido na especificação na forma de requisito não funcional. A taxa de desempenho é um requisito derivado do tipo de meio e especifica, normalmente, com qual velocidade o sistema irá manipular e exibir os dados.

O "jitter", o requisito de comunicação de granularidade mais fina, é definido como a variação instantânea nos atrasos, ou ainda, como a diferença entre o momento "mais adiantado" e o momento "mais atrasado" em que um dado pode ser apresentado. Esta última definição pressupõe que a variação é simétrica em torno do tempo ideal de apresentação, o que não é sempre verdade: há especificações que podem precisar de maior maleabilidade quanto a essas diferenças. O efeito do "jitter" é a introdução ou a remoção de vazios na entrega dos dados, resultando em uma apresentação ininteligível ou desagradável. Dessa forma, a especificação precisa incluir o grau de sensibilidade da apresentação de cada unidade para tolerar diferenças com relação ao tempo ideal de apresentação dos dados. Dentre os modelos baseados em redes de Petri citados na seção 2, os únicos que permitem especificar o "jitter" são o TSPN e o TSPN<sub>UT</sub>.

Os requisitos de interação usuário-computador estão relacionados com as operações que o usuário pode realizar sobre a apresentação das mídias como, por exemplo, parar ou inverter a apresentação de um vídeo, aumentar o volume de um áudio e, o que é de maior interesse para apresentações hipermedia, seguir ligações através da apresentação, ou seja, navegar por documentos multimídia organizados como um hipertexto.

Os requisitos de expressividade estão distribuídos em duas categorias: os baseados na aplicação e os exigidos pelo desenvolvedor. Na primeira delas, o principal exemplo é o nível de

granularidade para o controle de sincronização, que pode ser grosso ou fino. Na categoria dos requisitos de expressividade exigidos pelo desenvolvedor, destaca-se o nível de abstração. Idealmente, a abordagem de especificação deve ser flexível o suficiente para permitir que o desenvolvedor especifique a aplicação no nível de abstração em que desejar, seja ele alto ou baixo. Para hipermídia, é interessante que o modelo permita composições hierárquicas e definição de contextos de ligação ou seja, a especificação de quais componentes estão envolvidos na origem e no destino de uma ligação, e como essa relação se reflete durante a navegação. De maneira especial, como consequência da incorporação de multimídia, é esperado que o modelo permita especificar, de forma conveniente, ligações entre componentes desse tipo.

## 5. Propostas de Extensões ao HMBS

### 5.1. Especificação de tempo com maior precisão

O uso do HMBS para a especificação de apresentações multimídia requer a adição de novas características ao modelo, de forma que os requisitos mencionados na seção 4 (ou parte deles) possam ser satisfeitos. A característica dinâmica dessas aplicações exige do modelo mecanismos para especificar mudanças de estado de forma exclusivamente temporal. Assim, o uso de "timeouts" é, aparentemente, o primeiro passo para a especificação do tempo de ativação de um estado nos statecharts. No entanto, o mecanismo de "timeout" mostra-se bastante limitado, dado que nenhuma informação referente a atrasos é incluída na especificação, não satisfazendo os requisitos de comunicação. Esse fato sugere a adoção da notação de "timed statecharts" [Pnu92], ou statecharts temporais, permitindo a especificação de intervalos de tempo que condicionam o disparo de uma transição. Essa variação mostra-se mais eficiente, visto que, além da duração da ativação do estado, é possível especificar o atraso com que a transição pode disparar.

Não fosse a existência do requisito "jitter", o problema estaria resolvido com o uso de statecharts temporais. O fato é que esse requisito deve ser especificado e o uso de um intervalo temporal delimitado por dois instantes não é suficiente, visto que, para especificar o "jitter", são necessários três parâmetros. Adotando a abordagem dos modelos TSPN e TSPN<sub>UI</sub>, está-se propondo uma nova notação a ser incorporada às expressões de eventos nos statecharts. Trata-se de uma tripla [min, n, max] que pode acompanhar a expressão de eventos informando: por quanto tempo, idealmente, o estado permanecerá ativo (n); a partir de qual instante a transição poderá disparar antes que o tempo ideal de permanência no estado tenha sido atingido (min); e qual instante delimita o atraso máximo para o disparo da transição (max). Assim, uma expressão de eventos nessa extensão de statecharts tem a seguinte forma:

t: [ev] | [min, n, max] [c] / a, onde

t é um identificador de transição sem qualquer efeito semântico;

ev é uma expressão de eventos como definida nos statecharts convencionais;

min, n e max formam a tripla com informações temporais;

c é uma expressão condicional; e

a é uma expressão de ações.

A semântica pretendida com essa notação é a descrita a seguir. Quando o estado de origem se torna ativo, um "timer" interno a esse estado é iniciado. A transição poderá disparar se a expressão ev ou [min,n,max] e a condição c resultarem em true e se, no caso de expressões [min,n,max] o valor do "timer" for, no mínimo, igual a min. No entanto, a maior probabilidade é

de que a transição dispare em um momento muito próximo de n, o tempo ideal de duração do estado de origem. Se o "timer" atingir o valor max, então a transição dispara, mesmo que a funcionalidade associada ao estado, no caso, a apresentação da cadeia de dados, não tenha sido concluída.

O uso de propagação de eventos, não utilizado pelo HMBS, mas definido em statecharts, é o mecanismo proposto para a especificação de pontos de sincronização. Essa extensão diz respeito somente ao melhor uso da técnica subjacente ao modelo, não implicando em novas notações. Juntamente com o uso de expressões temporais na forma proposta acima, o mecanismo de propagação de eventos permite especificar os requisitos de dinamicidade e de sincronização de apresentações multimídia, sem, no entanto, perder as características de especificação de hipertexto, já existentes no HMBS.

### 5.2. Manipulação de tempo

Como visto, aplicações multimídia possibilitam interações bastante típicas com o usuário. Muitas dessas interações, diferentemente das ligações de hipertexto, exigem do modelo a capacidade de manipular a referência temporal da apresentação, ou seja, fazer com que a apresentação reinicie a partir de um outro ponto de sua linha de tempo.

Apesar de especificar relacionamentos temporais de forma mais precisa, a extensão de statecharts apresentada até este ponto não oferece um mecanismo de controle de tempo do modelo, impossibilitando a especificação de alterações nas relações temporais. A consequência desse fato é que as interações com o usuário não podem ser especificadas de forma conveniente. O problema relacionado com as interações com o usuário em apresentações multimídia é considerado no exemplo a seguir, ilustrado na figura 2.

Considerando que uma apresentação é representada, em um alto nível de abstração, pelo estado "Apresentando", do tipo AND, cujos estados filhos representam, cada um, uma cadeia de dados, pretende-se especificar o par de interações "congelar" e "descongelar". Uma solução bastante intuitiva é adicionar um estado "Congelado" à especificação, juntamente com um par de transições como apresentado na figura 2.

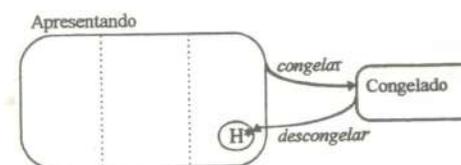


Figura 2 - Um exemplo de interação com o usuário típica de multimídia

Dessa forma, quando da ocorrência do evento congelar, a apresentação pararia onde estivesse e permaneceria no estado "Congelado" até a ocorrência do evento descongelar. Nesse momento, a apresentação voltaria ao estado "Apresentando" por história, ou seja, para a configuração em que se encontrava antes desse estado ser desativado.

O que ocorre com essa abordagem é que a especificação se torna dependente da granularidade, ou seja, mesmo com a apresentação sendo retomada a partir da configuração em que estava quando foi congelada, as cadeias de dados associadas aos estados da configuração serão apresentadas desde o início. O resultado é que alguns dados poderão ser reapresentados.

Isso se deve à semântica dos statecharts [Har87], que faz com que as atividades (as funcionalidades) de um estado sejam reiniciadas sempre que ele for ativado, mesmo quando essa ativação se der por história.

Problemas desse tipo ocorrem também com as interações "saltar", "alterar velocidade" e com alguns tipos de ligações envolvendo apresentações multimídia no destino. A solução para esses problemas demanda um tipo especial de história que, além de recuperar a última configuração de um estado, recupere também as suas informações temporais associadas, mais especificamente, aquelas referentes ao tempo de ativação do estado. Dessa forma, a adição de uma nova característica aos statecharts é proposta, denominada história temporal. O símbolo de um relógio associado a uma transição indica que a entrada no estado se dá por história temporal.

Informalmente, pode-se dizer que o mecanismo que está por trás de um símbolo de história temporal é um relacionamento entre o estado e um "timer", indicando o tempo de ativação desse estado. Esse "timer" é o mesmo utilizado nas transições temporais. Quando o estado é desativado, sua configuração mais recente é armazenada juntamente com o valor do seu "timer". Assim, quando o estado for ativado por história temporal, sua última configuração se tornará ativa e o valor do seu "timer" será restabelecido com a quantidade de tempo decorrida até o momento em que o estado foi desativado. Se o estado for ativado por uma transição sem história temporal, até mesmo com história convencional, o valor do "timer" será zerado. Essa solução permite que um descongelamento de apresentação retorne exatamente ao ponto onde ocorreu o congelamento, fazendo com que a especificação se torne mais realística e independente de granularidade. O símbolo de história temporal também pode ser estendido para atuar em profundidade. Assim, o uso de um asterisco junto ao símbolo do relógio indica que, além do valor do "timer" do estado destino da transição, serão recuperados também os valores dos "timers" de todos os seus subestados.

Além das extensões realizadas em statecharts, o próprio HMBS necessita de modificações para que possa acomodar as especificações de requisitos multimídia. A principal modificação se refere ao mapeamento V, entre páginas e "readers". Quando se trata de aplicações multimídia, é necessário um mecanismo mais sofisticado que, além de interpretar os dados, possa manipular seus atributos de apresentação como velocidade, cores, fontes de texto, volume, parâmetros de qualidade de serviço, etc. Mais do que isso, esse mecanismo deve manipular atributos relativos à coordenação espacial das cadeias de dados, além de especificar alocação e liberação de recursos, requisito crucial em aplicações distribuídas. Diante da limitação imposta pelos "readers" do HMBS em relação às necessidades identificadas, e com base na solução adotada pelo modelo AHM [Har94], é proposto que o mapeamento V seja modificado da seguinte maneira:

V:  $P_p \rightarrow C$  é o relacionamento de visualização que associa um conjunto de páginas do hiperdocumento a um único *canal* que é capaz de manipular os atributos de apresentação de alto nível, coordenar espacialmente o conteúdo da página, e tratar da alocação e liberação de recursos para a apresentação das cadeias de dados associadas a cada página.

C: é o conjunto de canais que constituem abstrações de dispositivos de interpretação, visualização e coordenação espacial de cadeias de dados. Um canal, ou parte dele, pode receber as operações genéricas de alocação, liberação e modificação de atributos.

Para exercer controle sobre os canais, um conjunto de ações especiais deve ser utilizado nos statecharts. As ações especiais definidas são as seguintes:

- *allocate\_channel* (nome do canal, [posicionamento = x,y,...], [atributos específicos da "stream"], [velocidade de apresentação])
- *release\_channel* (nome do canal | all)
- *set\_channel* (nome do canal | all, [posicionamento= x,y,...], [atributos específicos da "stream"], [velocidade de apresentação])

A ação *allocate\_channel* permite a alocação de um canal que será destinado a um certo conjunto de páginas. Uma vez alocado, esse canal estará constantemente exibindo o dado mais recente que lhe foi submetido, mesmo que o estado correspondente (via mapeamentos V e M) seja desativado. O canal deixará de exibir dados somente quando for liberado através da ação *release\_channel*. É importante salientar que a semântica de navegação pretendida com o uso de canais difere do uso de "readers", visto que, neste último caso, quando o estado é desativado a informação correspondente deixa de ser exibida. Com a semântica dos "readers", torna-se impossível a especificação de interações como "congelar" e "descongelar", o que não ocorre com os canais. Finalmente, a ação *set\_channel* permite que valores de atributos de um determinado canal sejam modificados. A interação com o usuário que mais se utiliza dessa ação é a de alterar a velocidade da apresentação. Essa interação precisa alterar, com o mesmo fator, a velocidade de apresentação de todos os canais que estão sendo utilizados, de forma que se decidiu pelo argumento all como nome de canal, indicando "todos os canais em uso". Esse argumento pode ser utilizado pelas ações *release\_channel* e *set\_channel*.

Outro detalhe importante relativo à utilização de canais é a manipulação mais precisa de recursos, definindo melhor qual porção dos recursos do sistema será utilizada. Em termos práticos, isso quer dizer, por exemplo, que um trecho de vídeo pode estar associado com o canal de vídeo na posição determinada por (x1,y1,x2,y2), e isso não significa que, enquanto essa cadeia de vídeo estiver sendo apresentada, uma outra não o estará. Isso é possível, desde que a outra cadeia tenha alocado uma outra posição do canal. A definição e as restrições de uso de canais, bem como as transições temporais, não foram ainda formalizadas. Ainda assim, esse mecanismo conceitual tem se mostrado bastante útil na especificação de apresentações multimídia.

## 6. Um exemplo

Para ilustrar as extensões propostas na seção 5, consideramos um exemplo de apresentação hiperdocumental, que consiste de um hiperdocumento sobre cardiologia composto de oito componentes. Sete desses componentes contém informações estáticas que, para efeito didático, podem ser consideradas como textuais apenas. O oitavo componente é uma apresentação multimídia do coração humano (retirado de [Little90]). Nessa apresentação são utilizadas oito cadeias de dados das seguintes mídias: imagens estáticas, imagens em movimento, vídeo, áudio e texto.

O hiperdocumento é composto de uma página de introdução a partir da qual o usuário pode seguir uma ligação para duas outras páginas: uma contendo um histórico do assunto e outra contendo o tópico cardiologia. Estando na página que contém o histórico, o usuário tem somente a opção de voltar para a página de introdução. A partir da página sobre cardiologia, o usuário pode seguir uma ligação para a página sobre hospitais, ou para uma página sobre médicos famosos. No entanto, a ligação mais importante disponível na página de cardiologia é a que leva à apresentação multimídia sobre o coração. As páginas sobre hospitais e sobre médicos famosos possuem ligações que levam o usuário de volta à página sobre cardiologia. Essas páginas possuem também ligações que levam de uma para a outra.

Quando o usuário segue a ligação a partir da página sobre cardiologia para a apresentação multimídia do coração, é apresentada uma região vazia de tela e um dispositivo de interface, por exemplo, um botão, que permite iniciar a apresentação. Iniciada a apresentação, são exibidos dois textos: um com informações específicas e outro com informações relacionadas; duas imagens estáticas: um ícone com um coração, e uma imagem do corpo humano com a localização do órgão; um vídeo; um áudio; e duas animações, mostrando uma rotação, em dois cortes diferentes, da imagem do coração.

A apresentação completa tem duração de dezoito segundos, a mesma duração dos textos e das imagens estáticas. O áudio e o vídeo começam a ser apresentados 4.5 segundos após o início da apresentação, sendo exibidos até o final. Não há exigência de que os quadros do vídeo sejam sincronizados com os trechos de áudio durante os 13.5 segundos em que são apresentados. A animação das figuras do coração é composta de duas cadeias de imagens, ambas compostas de seis quadros com duração de 3 segundos cada. Os quadros das duas cadeias sempre devem ser apresentados em pares e re-sincronizados a cada 3 segundos. O "jitter" máximo permitido para esses quadros é de 10 milissegundos, tendo o mesmo valor para os trechos de áudio e vídeo.

Para o caso das imagens estáticas e dos textos, o "jitter" permitido é de 30 milissegundos. Além disso, o usuário pode seguir duas ligações quando estiver em qualquer ponto da apresentação: uma levando a uma página de texto com mais detalhes sobre o coração, e outra com um texto contendo informações sobre a apresentação. A partir de ambas as páginas, o usuário poderá seguir uma ligação de volta para a apresentação, que será retomada a partir do ponto onde estava quando a ligação foi seguida. Além das ligações, as possíveis interações com o usuário durante a apresentação são: "terminar", "congelar", "descongelar", "reiniciar" e "modificar a velocidade de apresentação", além da já mencionada "iniciar".

A especificação do hiperdocumento é feita em dois níveis de abstração: um que descreve o hiperdocumento como um hipertexto (figura 3), e outro que expande o estado que contém a apresentação multimídia (figura 4). A granularidade de tempo utilizada é de um milissegundo por passo de execução do statechart. Na especificação da figura 3, com exceção dos símbolos de história temporal associados ao estado "CoraçãoMM", o que se pode ver é uma especificação de hipertexto típica do HMBS. Os estados estão associados a páginas e, propositadamente, não foi feita qualquer menção a canais ou "readers", já que, para um hipertexto, qualquer das duas abstrações pode ser utilizada. As transições representam as ligações entre as páginas associadas aos estados e determinam os caminhos de navegação. Assim, quando a apresentação multimídia estiver sendo apresentada, o usuário terá disponíveis três âncoras: "voltar", "detalhes" e "sobre...". No caso das ligações "detalhes" e "sobre...", a volta à apresentação multimídia se dará por história temporal, o que não ocorre caso o usuário tenha visitado o nó sobre *cardiologia*.

Na figura 4, o estado "CoraçãoMM" é decomposto e a apresentação multimídia é especificada. Os pontos importantes nessa especificação são aqueles em que os conceitos introduzidos na seção 5 são utilizados. Para exemplificar o uso de transições temporais, pode-se considerar somente as especificações das animações, contidas nos estados "Img1" e "Img2". A apresentação inicia nos estados "im1-1" e "im2-1", as primeiras imagens de cada animação. As transições que levam, respectivamente, de "im1-1" para "im1-2" e de "im2-1" para "im2-2", assim como as seguintes, possuem uma tupla [2990, 3000, 3010], indicando que a transição deverá disparar, idealmente, após terem decorridos 3000 milissegundos de ativação do estado de origem. No entanto a especificação está dizendo também que a transição poderá disparar se tiverem decorridos pelo menos 2990 milissegundos, e que, se o limite máximo de 3010 milissegundos for

alcançado, a transição deverá disparar de qualquer forma. Outra informação contida nos rótulos dessas transições diz respeito às regras de sincronização. Os eventos internos sI2 e sI1, gerados pelas ações dessas transições, combinados com a expressão lógica dos eventos como "[2990,3000,3010] or sI2 / sI1" especificam que, quando uma das transições disparar, a outra também será disparada, garantindo a sincronização. Com essa notação os requisitos de sincronização e o "jitter" são especificados.

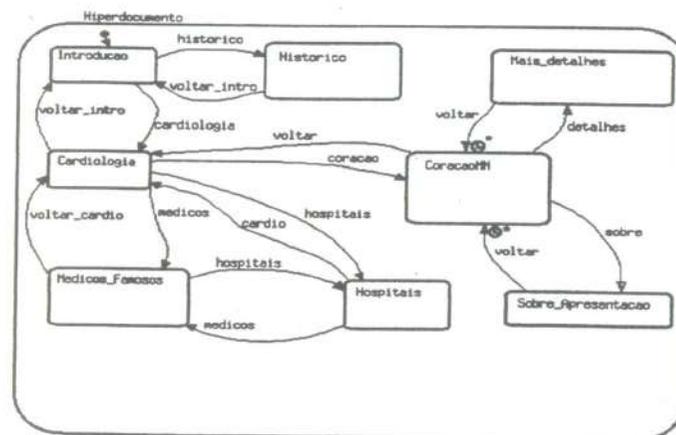


Figura 3 - Primeiro nível de abstração da especificação do hiperdocumento

As interações com o usuário são especificadas pelas transições congelar, descongelar, iniciar, alterar\_velocidade, reiniciar e terminar. Todas essas interações utilizam, de alguma forma, um dos novos conceitos introduzidos na seção 5. A interação de início, apesar do fato de a transição iniciar não estar associada diretamente a qualquer ação ou símbolo de história, especifica o primeiro passo para que a apresentação ocorra. Por si só, o evento iniciar especifica uma entrada normal no estado "Apresentação". No entanto, há transições nos subestados de "Apresentação" que possuem ações `allocate_channel`, permitindo que os recursos corretos sejam alocados, de forma que os dados possam ser exibidos.

Na figura 4, somente o nome do canal e sua posição na tela são especificados, mas vários outros atributos poderiam ser iniciados nesse ponto. O evento `terminar` está associado a uma ação `release_channel(all)`, especificando que, se o usuário encerrar a apresentação, todos os canais em uso serão liberados. O par de transições congelar e descongelar funciona exatamente como descrito na seção 5, isto é, a ocorrência do evento descongelar irá retomar a apresentação na configuração e no tempo exatos em que ela se encontrava no momento em que o evento congelar ocorreu. Isso graças ao símbolo de história temporal, usado também na transição `alterar_velocidade`. Nessa transição, a ideia é sair do estado de apresentação, utilizar a ação `set_channel(all, speed = ...)` para modificar a velocidade de apresentação de todos os canais em uso e voltar ao estado no ponto exato em que a apresentação estava quando a interação ocorreu. Isso é obtido com o símbolo de história temporal combinado com a utilização de um atributo de apresentação de alto nível dos canais. A transição reiniciar é acompanhada de uma ação `release_channel(all)`. Isso se deve ao fato de que, como não há símbolo de história associado à transição, a entrada no estado "Apresentação" será realizada por "default", quando serão

requisitadas novas alocações de canais. Se os canais não fossem liberados nessa transição, o sistema de apresentação acusaria um erro, já que estariam sendo solicitadas alocações de canais já alocados.

A ocorrência de um evento *descongelar* imediatamente após a ocorrência de um evento *terminar* provocaria um erro, visto que os canais são liberados pela transição associada ao evento *terminar*. Problemas como esse podem ser resolvidos com o uso de variáveis de controle ou de ações especiais como *clear\_history*, já definida para statecharts convencionais.

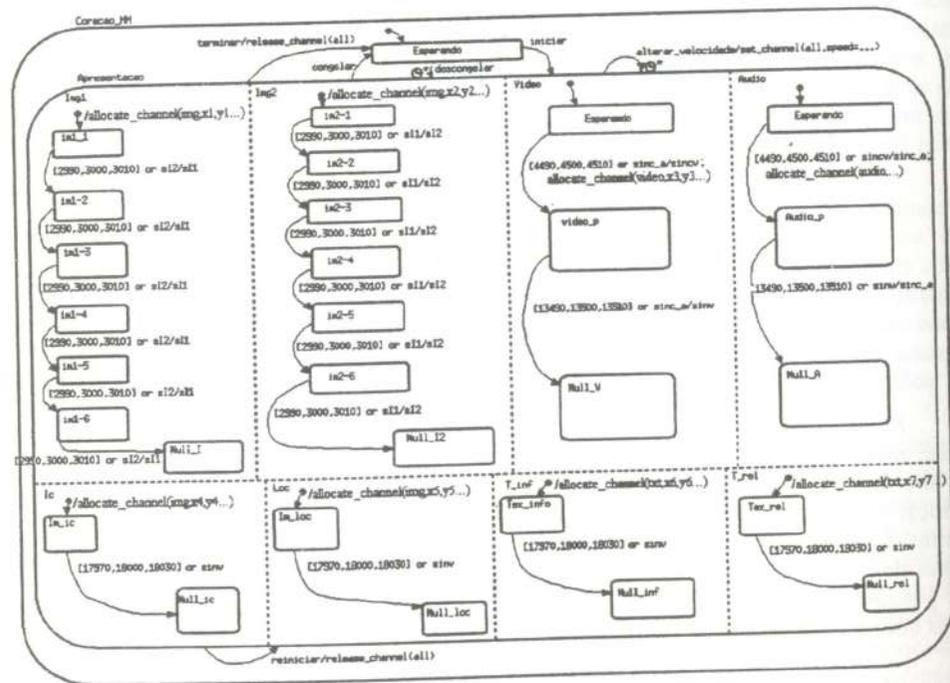


Figura 4 - Segundo nível de abstração do hiperdocumento

As demais cadeias de dados têm suas apresentações especificadas de maneira análoga à que foi mostrada para a animação nos estados "Img1" e "Img2". Uma outra observação é quanto ao uso do evento interno *simv*, gerado pela especificação da cadeia de vídeo, para a finalização da apresentação. Com isso, todas as outras cadeias de dados, exceto as envolvidas na animação, irão terminar simultaneamente com a cadeia de vídeo.

O uso de estados sem páginas associadas (*Null\_ic*, *Null\_loc*, *Null\_V*, *Esperando*, etc) é um mecanismo que determina as fronteiras iniciais e finais das cadeias de dados. No caso das cadeias de vídeo e de áudio, o uso dos estados "Esperando" é uma forma de especificar uma relação temporal de diferença entre o instante de início dessas cadeias e o das demais. Os estados finais das cadeias de dados são utilizados para especificar o final da apresentação. Assim, quando todos os estados finais estiverem ativos, uma transição pode deixar o estado "Apresentação".

Esse exemplo ilustra um hiperdocumento completo, com características de hipertexto e de multimídia. As extensões propostas para os statecharts e para a definição original do HMBS possibilitam a especificação de todos os seus requisitos. Interações como "inverter a direção da apresentação" e "saltar" não podem ainda ser especificadas de forma conveniente, assim como não há no modelo um mecanismo que possibilite a especificação de uso de vários lugares de destino para a apresentação. A especificação de requisitos como parâmetros de qualidade de serviço pode ser feita através dos canais e, juntamente com o uso das extensões propostas para statecharts, o modelo torna-se capaz de especificar uma implementação distribuída do exemplo.

### 7. Conclusões

O HMBS, como definido originalmente em [Oli95], é um modelo de especificação de hiperdocumentos limitado no que se refere a requisitos de sincronização para hipermultimídia. Neste trabalho foram apresentadas algumas propostas de extensões ao modelo HMBS: extensões para especificação de requisitos temporais em statecharts e modificações na definição do modelo. A especificação de um exemplo de aplicação hipermultimídia mostrou que o modelo pode ter sua abrangência aumentada caso as extensões e modificações propostas sejam incorporadas.

Todos os requisitos de hipermultimídia descritos na seção 3 foram atendidos, explícita ou implicitamente. Os requisitos especificados implicitamente são: dependência temporal das cadeias de dados; tipos de fontes; e taxas de desempenho. No caso de taxas de desempenho e da dependência temporal, a especificação é indireta, visto que, a partir das restrições impostas pelas especificações temporais e pelos atributos dos canais, o implementador da aplicação deverá encontrar as melhores taxas com as quais o sistema irá trabalhar e apresentar os dados. Já o caso dos tipos de fontes pode ser resolvido com a especificação de atributos nos canais, ou seja, um atributo do canal pode informar se o dado vem de uma fonte pré-arranjada ou de uma fonte de tempo real.

Outro ponto interessante, decorrente da utilização de statecharts para a especificação de apresentações multimídia, diz respeito à utilidade ou à influência que o mecanismo de hierarquia exerce sobre as apresentações multimídia. Há casos como a apresentação de trechos de vídeo, em que poderiam ser utilizados estados filhos com a especificação de detalhes dos quadros especificados no estado pai, determinando um mecanismo de "zoom", por exemplo. O uso de hierarquia em especificações de multimídia é um assunto pouco explorado e que merece atenção.

As extensões propostas neste trabalho estão atualmente sendo exploradas na tentativa de um maior enriquecimento do modelo. A notação de história temporal está sendo estudada no sentido de se incorporar operadores aritméticos ao símbolo, de forma que, além de restaurar o "timer" do estado de destino, uma transição com história temporal possa modificar o valor desse "timer". Essa extensão acarretaria vários problemas semânticos, mas sua utilização aumentaria consideravelmente o poder de especificação do modelo. Interações como "saltar" para frente e para trás seriam resolvidas de forma imediata. Um outro ponto que vem sendo explorado no modelo é a disponibilização de blocos de construção ao usuário. Com esse recurso, o desenvolvimento se tornaria mais rápido e o trabalho do autor seria diminuído.

### Bibliografia

- [All83] Allen, J. F.; "Maintaining knowledge about temporal intervals". Communications of the ACM, volume 26, número 11, pg. 832-834. Novembro 1983

- [Coo95] Cooper, K. ; "TSPNUI: A Petri net model for specifying user interactions in multimedia presentations". Tese de Mestrado, The University of British Columbia, Canadá. 1995.
- [Dia93] Diaz, M e Senac, P.; "Time Stream Petri Nets: a model for multimedia streams synchronization". Proceedings of the International Conference on Multi-Media Modelling. Singapura. Novembro 1993.
- [Har87] Harel, D. "On the formal semantics of statecharts". Proceedings of the 2nd IEEE Symposium on Logic in Computer Science. Ithaca, New York, pg. 4-64. 1987.
- [Har94] Hardman, L., Bulterman, D.C.A. e Rossum, G.V.; "The Amsterdam Hypermedia Model". Communications of the ACM, volume 37, número 2, pg. 50-62. Fevereiro 1994.
- [Lit90] Little, T. e Ghafoor A. ; "Synchronization and storage for multimedia objects". IEEE Journal on Selected Areas in Communications, volume 8, número 3, pg. 413-427. Abril 1990.
- [Oli95] Oliveira, M.C.F., Turine, M. A. S. e Masiero, P. C.; "A statechart-based model for hypertext". Notas do ICMSC, Série Computação, número 19. Submetido ao ACM Transactions on Information Systems. 1995.
- [Pnu92] Pnuelli, A. e Kensten Y.; "Timed and hybrid statecharts and their textual representation". Formal Techniques in Real-Time and Fault-Tolerant Systems. Second International Symposium. Nijmegen, The Netherlands. Lecture Notes in Computer Science, vol 571, pg. 591-620. Springer Verlag. Janeiro 1992.
- [Pra93] Prabhakaran, B. e Raghavan, S. V.; "Synchronization models for multimedia presentation with user interaction". ACM Multimedia 93, Califórnia, USA, pg. 157-166. Junho 1993.
- [Woo94] Woo, M., Qazi N. e Ghafoor, A.; "A synchronization framework for communication of pre-orchestrated multimedia information". IEEE Network. Janeiro - Fevereiro 1994.