Comunicação Sincronizada de Dados Multimídias Pré-orquestrados[1]

Ronaldo Mussauer de Lima[2]
e-mail: mussauer@coe.ufrj.br

Otto Carlos Muniz B. Duarte
e-mail: otto@coe.ufrj.br

Grupo de Teleinformática e Automação (GTA)
Universidade Federal do Rio de Janeiro
COPPE/PEE - Programa de Engenharia Elétrica
C.P. 68504 - CEP 21945-970 - Rio de Janeiro - RJ - Brasil

Sumário

Este trabalho propõe um serviço de sincronização de dados multimídias pré-orquestrados. São apresentados o protocolo e a arquitetura de implementação para comunicação sincronizada. O artigo enfoca o problema da sincronização de dados multimídias em aplicações distribuídas em ambientes de rede de computadores. Classifica-se alguns elementos envolvidos em aplicações multimídias; descreve-se um método para modelar e prover uma comunicação sincronizada de informações multimídias; e descreve-se um mecanismo para planejar a recuperação de dados armazenados. A facilidade oferecida pelo serviço dá suporte a aplicações multimídias que envolvem dados pré-orquestrados armazenados em base de dados remotas, e viabiliza aplicações que comunicam dados através de canais com capacidade limitada.

Abstract

This work proposes a service for synchronization of pre-orchestrated multimedia data. The protocol and a implementation architecture for synchronized communication are presented. The paper focuses the multimedia data synchronization issue in distributed applications on a computer network environment. Some elements involved in multimedia applications are classified; a method to model and to provide synchronized communication of multimedia information is described; and a mechanism for scheduling retrieval of stored data is also described. The service offers support for multimedia applications, which involves pre-orchestrated data, stored on a remote database, and turns feasible applications which communicate data through a limited capacity channel.

1. Introdução

Nos últimos anos cresceu muito o interesse no desenvolvimento de aplicações que integrem diferentes mídias, tais como textos, gráficos, áudio e vídeo. Para esta classe de aplicações, denominada aplicações multimídias, estão envolvidos a geração, a representação, o processamento, o armazenamento e a disseminação integrada de informações, expressas em múltiplas mídias, as quais denotam o tipo de informação e podem ser dependentes ou independentes do tempo [1].

A composição temporal de diversas mídias em uma aplicação requer a utilização de técnicas de sincronização. No contexto de multimídia, o conceito de sincronização é

[1]Este trabalho foi realizado com recursos da UFRJ, FUJB, CNPq, PROTEM-CC e CAPES.
[2]Aluno de Mestrado do Programa de Engenharia Elétrica da COPPE/UFRJ.

amplo, incluindo o planejamento do acesso a recursos compartilhados, e a especificação e o controle de atividades conjuntas de processos cooperantes [1]. Mais restritamente, técnicas de sincronização são mecanismos destinados a coordenar a ordenação temporal dos eventos relacionados à aplicação. Considerando as dependências temporais entre as mídias e a necessidade de integração de dados heterogêneos, um sistema distribuído de informações multimídias deve prover serviços com suporte para comunicação e apresentação em tempo real e sincronizada, de forma a atender aos requisitos específicos das diferentes mídias e dos próprios usuários das aplicações, ou seja, garantindo a qualidade de serviço desejada [2,3,4]. Alguns parâmetros de qualidade de serviço que podem ser especificados, ou negociados entre o usuário e o sistema, são: vazão, atraso fim-a-fim, variação de atraso (*jitter*), taxa de perda de células, taxa de erro binária [5].

Diferentes técnicas têm sido propostas com o objetivo de atender aos diversos requisitos de sincronização. Apesar de nenhuma destas técnicas oferecer uma solução geral para o problema da sincronização, ou atender aos requisitos de todas as aplicações, verifica-se que cada técnica proposta apresenta vantagens e desvantagens, dependendo do tipo de aplicação que se deseja usar, dos tipos de fontes de dados envolvidos, do sistema de comunicação utilizado, dos recursos disponíveis etc [6].

A proposta de Nicolau [7] utiliza técnicas de sincronização baseadas em protocolos, identifica dois níveis de elementos de dados para definir pontos de sincronização e define três primitivas para estes pontos. A proposta de Escobar et al. [8] também utiliza técnicas baseadas em protocolos, insere estampas de tempo nos dados na fonte e utiliza um atraso de equalização em todos os destinos, fixando um atraso igual para todos os fluxos. Ramanathan & Rangan [9] propõem técnicas de realimentação para sincronizar sistemas multimídias distribuídos. A sincronização é implementada em servidores. A realimentação é utilizada para manter a sincronização intra e intermídias, associando estampas de tempo relativo a cada unidade de mídia. Courtiat & Carmo [10] definem um mecanismo de propósito geral, para sincronização intra e intermídias, baseado na identificação das relações causais entre unidades de informação de um ou vários fluxos. A técnica proposta por Qazi et al. [11], para comunicação de objetos multimídias distribuídos, utiliza um modelo estendido (XOCPN) da rede de Petri temporizada para composição de objetos, proposto por Little & Ghafoor [12,13]. Woo et al. [2] propõem duas camadas de protocolos de sincronização, baseadas no modelo XOCPN, uma para intramídia e outra para intermídias, as quais destinam-se à comunicação de informações multimídias pré-orquestradas.

A proposta deste artigo é apresentar um dos trabalhos desenvolvidos no Grupo de Teleinformática e Automação (GTA) da UFRJ, o qual objetiva a implementação de um serviço para comunicação sincronizada de informações multimídias, destinada a aplicações distribuídas, em tempo real, envolvendo dados armazenados e pré-orquestrados. As técnicas de sincronização utilizadas se baseiam nas propostas de Qazi et al. [11] e Woo et al. [2], pelo fato da técnica envolvida nestas propostas se aplicar bem para a finalidade deste trabalho.

Este artigo está organizado da seguinte maneira. Na Seção 2 é apresentada a classificação de alguns elementos multimídias. Na Seção 3 é descrita uma técnica para modelagem e comunicação de informações multimídias utilizando o modelo XOCPN. Na Seção 4 é descrito um método para planejamento da recuperação de dados armazenados. A Seção 5 descreve algumas estratégias de sincronização para serem

utilizadas pelo modelo XOCPN. Na Seção 6 é apresentado o serviço proposto, incluindo suas primitivas; o protocolo de sincronização, incluindo a descrição das unidades de dados de protocolo e dos procedimentos, relacionando-os com o modelo XOCPN; a descrição das estruturas de dados da XOCPN; e a arquitetura de implementação utilizada, incluindo seus módulos de gerenciamento otimizado de memória, gerenciamento de temporizações e escalonamento de tarefas com prioridades. A Seção 7 apresenta as considerações finais.

2. Classificação de elementos multimídias

Através de dispositivos e interfaces específicos, os sistemas de computação capturam e registram eventos do ambiente externo. As informações provenientes desta captura podem ser apresentadas imediatamente ou transferidas através de uma rede de computadores para serem apresentadas em instalações remotas; ou podem, também, ser armazenadas em dispositivos apropriados, para posterior recuperação e apresentação. Os dispositivos dos quais se obtém os dados podem ser classificados em **Fontes de dados ao vivo** - dispositivos que capturam os eventos do meio externo, convertendo-os em dados para o sistema, gerando dados em tempo real, na mesma taxa em que são requeridos para consumo (e.g., câmeras de vídeo) - e **Fontes de dados armazenados** - dispositivos que armazenam os dados capturados, podendo gerar dados a taxas diferentes da qual foram capturados e/ou serão apresentados (e.g., CD-ROM).

Os dados multimídias podem ser **isócronos** ou **não-isócronos**. Dados isócronos, ou contínuos, referem-se aos dados gerados a partir da captura à uma taxa constante de um evento que se sucede continuamente. Por possuírem uma dependência temporal implícita em sua geração, estes dados devem ser apresentados continuamente no tempo para que possuam significado [6]. Dados relativos a áudio e vídeo são um exemplo deste tipo. Por outro lado, dados não-isócronos não possuem relação com taxa de captura, geração, comunicação ou apresentação. O mais importante no que se refere a estes dados é a composição espacial dos mesmos no momento da apresentação. Alguns exemplos deste tipo de dados são textos, gráficos e desenhos. Além disto, um conjunto de dados pode possuir uma relação temporal sintética com outro conjunto, ou seja, é possível existir entre eles uma relação temporal formulada explicitamente. Neste caso, estes dados recebem a denominação de **pré-orquestrados**. Desta forma, fontes de dados ao vivo não geram dados pré-orquestrados. A relação temporal sintética entre um determinado conjunto de dados é formulada e os dados, com as respectivas relações temporais, são armazenados para posterior recuperação. Um exemplo é uma apresentação de gráficos com respectivos textos explicativos.

A sincronização de dados multimídias pode ser classificada em **Sincronização intramídia** - a qual trata as dependências temporais dos dados relativos à uma mídia individual, coordenando a comunicação dos dados referentes à mídia de forma ordenada e temporizada - e **Sincronização intermídias** - a qual trata as relações temporais entre mídias, ou seja, mais de uma mídia estão envolvidas e as relações temporais entre elas podem ser contínuas no tempo ou não.

3. Modelagem e comunicação de dados multimídias

Um caminho para especificar de forma clara e tratar mais facilmente as relações temporais entre as mídias é utilizar um método para modelar os dados e suas relações.

Um método usado para especificar a sincronização e as relações entre os dados é proposto por Little et al. [12], o qual utiliza um modelo para composição de objetos multimídias, baseado em redes de Petri temporizadas (*Object Composition Petri Net* - OCPN). O modelo OCPN foi elaborado a partir dos modelos de redes de Petri temporizadas, pelo fato destes possuírem atributos de representação de eventos concorrentes e assíncronos. A OCPN incorpora, modifica e acrescenta características a estes modelos. Um objeto multimídia é constituído por elementos de dados relativos à uma determinada mídia. Através da OCPN, é possível especificar as diversas relações temporais entre objetos multimídias [13], já que ela descreve efetivamente relações do tipo "antes", "depois", "durante", "iniciar junto", "terminar junto" etc. O modelo OCPN especifica, ainda, a utilização de recursos (relacionados com os tipos de objetos, tais como áudio, vídeo, texto etc) pelos lugares da rede Petri. As OCPNs são representadas por grafos e especificadas pela tupla {T, P, A, D, R, M}, explicada adiante.

Por exigir comunicação e apresentação com taxa controlada, a sincronização de objetos relacionados que apresentam uma dependência temporal contínua é mais crítica. Qazi et al. [11] propõem um modelo estendido da OCPN, denominado XOCPN (*eXtended* OCPN), o qual divide os objetos em sub-objetos, com a finalidade de melhor coordenar e manter as relações temporais contínuas entre diversas mídias. Cada sub-objeto é chamado de unidade de intervalo de sincronização (*Synchronization Interval Unit* - SIU). O modelo estendido é gerado a partir das informações contidas na OCPN e visa uma sincronização mais eficiente de dados isócronos, apesar de utilizado também para dados não-isócronos. As XOCPNs são, também, representadas por grafos e especificadas pela tupla {T, P, A, D, R, M, Y, Z}, onde:

$T = \{t_1, t_2, ..., t_n\}$ é um conjunto de transições;
$P = \{p_1, p_2, ..., p_m\}$ é um conjunto de *m* lugares;
$A = \{TxP\} \cup \{PxT\} \rightarrow I$, $I = \{1, 2, ...\}$ é um conjunto de arcos diretos;
$D: P \rightarrow \{d_1, d_2\}$ onde d_1, d_2 são números reais e representam o atraso antes de uma ação e a duração da ação, respectivamente;
$R: P \rightarrow \{r_1, r_2, ..., r_k\}$ é um mapeamento a partir do conjunto de lugares para o conjunto de recursos, correspondendo a objetos de vídeo, áudio, imagem ou texto;
$M: P \rightarrow I$, $I = \{0, 1, 2, ...\}$ é um mapeamento a partir do conjunto de lugares para o conjunto de inteiros, que representam o número de fichas do lugar;
$Y: P \rightarrow$ {Iniciar-recursos, Liberar-recursos, Apresentar-SIU, Transmitir-SIU, Sincronizar-intermídias} é um mapeamento a partir do conjunto de lugares para o conjunto de tipos de ações a serem desempenhadas durante a comunicação;
$Z: P \rightarrow$ {Endereços} é um mapeamento a partir do conjunto de lugares para os endereços dos parâmetros de qualidade de serviço, para o endereço de um sub-objeto (SIU) e para o endereço dos requisitos de sincronização.

Para realizar a comunicação de informações multimídias pré-orquestradas, é fundamental que se estabeleça um planejamento da transmissão e da recepção dos dados [14], pois independente dos atrasos randômicos da rede, os dados devem ser entregues ao destino em tempo para sua apresentação. E para que o receptor possa melhor controlar a apresentação dos objetos multimídias, o transmissor deve realizar a transmissão de cada sub-objeto no tempo apropriado. Desta forma, as XOCPNs são definidas no transmissor e no receptor, possuindo funções para sincronização de múltiplos fluxos. No transmissor, a XOCPN responsabiliza-se por planejar a transmissão

dos sub-objetos, utilizando informações sobre os atrasos da rede e a capacidade do canal de comunicação. Na recepção, a XOCPN responsabiliza-se por compensar irregularidades ocorridas durante a comunicação dos dados, tais como perda ou atraso de sub-objetos. As XOCPNs são geradas a partir da OCPN. A Fig. 1 apresenta um exemplo de uma OCPN simples, com 30 segundos de duração total de apresentação, e as correspondentes XOCPNs de recepção e de transmissão.

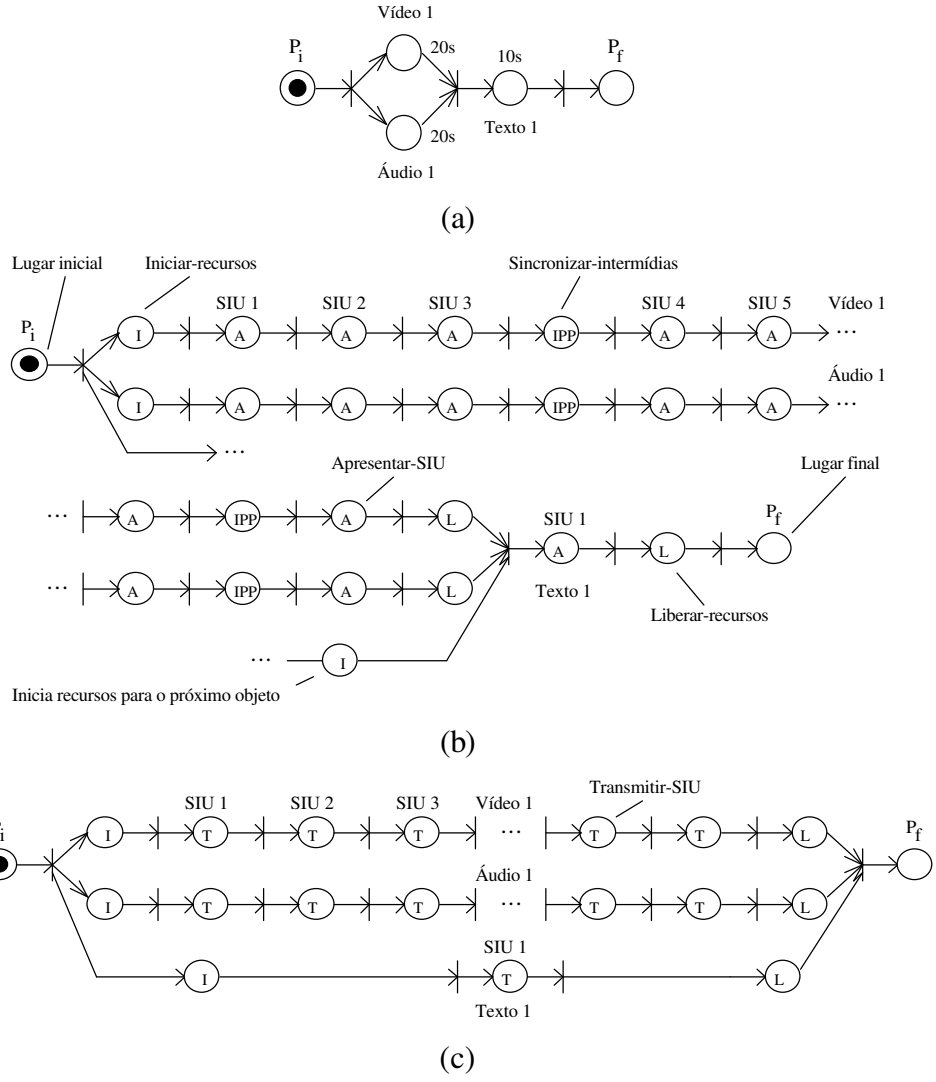

Figura 1. Representação da (a) OCPN e da XOCPN (b) receptora e (c) transmissora.

As SIUs são devidamente indexadas por números de seqüência, para que a XOCPN na recepção possa identificá-las e apresentá-las no instante planejado. A função Y especifica os tipos de ação que caracterizam os lugares na XOCPN, que podem ser **Iniciar-recursos (I)**, **Liberar-recursos (L)**, **Apresentar-SIU (A)**, **Transmitir-SIU (T)** e **Sincronizar-intermídias (IPP)**.

4. Planejamento da recuperação de dados armazenados

Na comunicação de dados a partir da fonte até o destino, existe uma latência λ provocada por diversos procedimentos como a geração dos dados, a codificação, a

compressão (quando utilizada), o empacotamento, a transmissão, e pelos atrasos randômicos introduzidos pela rede [13]. Quando a aplicação envolve dados pré-orquestrados e os parâmetros insuficientes referem-se à vazão e/ou valores máximos de atraso, é possível satisfazer os requisitos de tempo real da aplicação, embora utilizando uma largura de banda limitada, empregando um planejamento adequado da recuperação (e conseqüentemente da transmissão) de dados armazenados, baseado nas informações contidas na XOCPN. O planejamento deve ser feito de forma a acomodar os requisitos de largura de banda exigidos pelos objetos multimídias dentro da capacidade disponível do canal, a partir de informações sobre as características de tráfego dos dados.

Little & Ghafoor [13,15] propõem um método para planejar a recuperação de dados dos dispositivos de armazenamento, levando em conta as latências em cada componente do sistema usado para transportar os dados da fonte até o destino, e utilizando as informações contidas na OCPN. O método é baseado no critério de maximização do uso de um único canal de comunicação, sem excedê-lo, empregando *buffers* na recepção. Abaixo são descritos os passos envolvidos neste método, que objetiva calcular os tempos de recuperação dos objetos pertencentes a cada mídia.

O atraso total fim-a-fim para um pacote[3] de dados é decomposto em três componentes:

- $\mathbf{D}_p$ - um atraso constante correspondendo aos atrasos na propagação do pacote;
- $\mathbf{D}_t$ - um atraso constante proporcional ao tamanho do pacote, sendo determinado por S_m/C, sendo C a capacidade do canal e S_m o tamanho do pacote para uma mídia m;
- $\mathbf{D}_v$ - uma componente variável determinada pelo tráfego do canal.

Assim, para pacotes individuais de tamanho S_m,

$$D_{fim\text{-}a\text{-}fim} = Dp + D_t + D_v \qquad (1)$$

Definindo ϕ_i como o instante da recuperação do objeto i; π_i como o instante da apresentação do pacote i no destino; e T_i como o tempo decorrido entre a recuperação do objeto (pacote) i e sua apresentação, tem-se que $T_i = \pi_i - \phi_i$. A determinação de T_i é baseada na probabilidade selecionada de recebimento de um pacote atrasado, chamada de P_a. A partir de P_a, da função F de distribuição cumulativa dos atrasos entre chegadas de pacotes no canal, Fig. 2, e da equação (1), tem-se que:

$$T_i = Dp + S_m/C + F^{-1}(1 - P_a), \qquad (2)$$

para pacotes individuais, onde $F^{-1}(p)$ determina o atraso d para $p = F(d) = P(D_v \leq d)$.

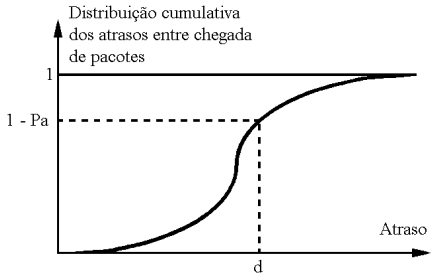

Figura 2. Gráfico da função F de distribuição cumulativa dos atrasos.

[3]Quando o enfoque for o da comunicação dos dados pela rede, estes serão tratados como pacotes.

O planejamento da recuperação dos objetos é feito no sentido inverso, ou seja, primeiro é calculado o tempo de recuperação do último objeto (ϕ_n) a ser apresentado e por último o do primeiro objeto (ϕ_1). O método define como planejamento ótimo aquele que minimiza os tempos de controle, otimizando assim a utilização do canal e minimizando a quantidade de *buffer* na recepção. As limitações que determinam o tempo de controle mínimo são:

$$\pi_i \geq \phi_i + T_i \quad (3)$$

$$\phi_{i-1} \leq \phi_i - T_{i-1} + Dp \quad (4)$$

onde a inequação (3) especifica que um objeto não pode ser apresentado antes do instante de sua chegada ao destino, e a inequação (4) representa o tempo de recuperação mínimo entre dois objetos sucessivos, para um canal congestionado, tomando em consideração o tempo de transmissão do pacote (D_t) e os atrasos variáveis do canal (D_v), devido à capacidade finita do mesmo.

Considerando as duas limitações anteriores, o próximo passo é determinar ϕ_i, $\forall i$. Como a inequação (3) é válida $\forall i$, deduz-se que:

$$\phi_{i-1} \leq \pi_{i-1} - T_{i-1} \quad (5)$$

Observando as inequações (4) e (5), verifica-se duas desigualdades para ϕ_{i-1}. De forma a determinar ϕ_{i-1} é feita uma avaliação do estado do canal (ocioso ou congestionado). Com o auxílio da Fig. 3, é possível verificar que $\phi_i \geq \pi_{i-1} - Dp$ identifica o canal como ocioso, e que $\phi_i < \pi_{i-1} - Dp$ identifica o canal como congestionado. Assim, tem-se que:

$$\pi_{i-1} \leq \phi_i + Dp \text{ para o canal ocioso, e} \quad (6)$$

$$\pi_{i-1} > \phi_i + Dp \text{ para o canal congestionado.} \quad (7)$$

A partir da inequação (6), verifica-se que ϕ_{i-1} na inequação (5) é menor ou igual a ϕ_{i-1} na inequação (4), donde conclui-se que a inequação (5) indica o valor máximo de ϕ_{i-1} para um canal ocioso. Como deseja-se um tempo de controle mínimo, tem-se que:

$$\phi_{i-1} = \pi_{i-1} - T_{i-1} \text{ para o canal ocioso.} \quad (8)$$

Por outro lado, a partir da inequação (7) constata-se que ϕ_{i-1} na inequação (5) é maior do que ϕ_{i-1} na inequação (4), donde conclui-se que a inequação (4) indica o valor máximo de ϕ_{i-1} para um canal congestionado. Como deseja-se um tempo de controle mínimo, tem-se que:

$$\phi_{i-1} = \phi_i - T_{i-1} + Dp \text{ para o canal congestionado.} \quad (9)$$

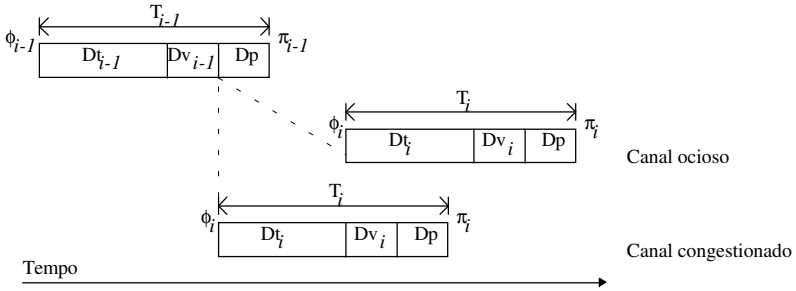

Figura 3. Planejamento da recuperação dos dados.

Desta forma, o cálculo do instante de recuperação de cada objeto (ϕ_i) leva em consideração o trânsito dos outros objetos através do canal. Primeiro é estabelecido o instante de recuperação ótimo do *n*-ésimo objeto, $\phi_n = \pi_n - T_n$, e utilizando iterativamente as inequações (6) e (7) estabelece-se completamente o planejamento ótimo, o qual pode ser calculado para os sub-objetos da XOCPN. A partir do cálculo do planejamento, é possível determinar os valores de d_1 e d_2, do componente D, da tupla da XOCPN de transmissão.

5. Estratégias de sincronização utilizadas pela XOCPN

O planejamento da recuperação e da transmissão dos dados por si só não garante uma apresentação síncrona no destino, principalmente quando os dados são provenientes de fontes distribuídas. O comportamento não determinístico da rede introduz erros e variações de atraso nos pacotes. Em vista disto, algumas medidas para compensar e/ou corrigir problemas relacionados com a sincronização dos dados devem ser tomadas pelo receptor, de forma a manter as relações temporais especificadas pela XOCPN e a qualidade de apresentação desejada [2]. Estas medidas envolvem a aplicação de estratégias (ou políticas) de sincronização [11], tais como estratégia bloqueante, estratégia não bloqueante e estratégia bloqueante restrita. A escolha da(s) estratégia(s) depende principalmente do tipo de sincronização envolvido: intramídia ou intermídias.

Na sincronização intramídia, a qual responsabiliza-se pela continuidade da apresentação dos dados, uma forma de tratar os atrasos dos sub-objetos que não chegam em tempo para sua apresentação é utilizar a estratégia bloqueante (normalmente utilizada para fluxo de áudio). Neste caso, o processo de apresentação do fluxo correspondente é suspenso até a chegada do sub-objeto esperado. Uma outra forma é utilizar a estratégia bloqueante restrita (mais aplicável para fluxos de vídeo). Neste caso, o processo de apresentação é suspenso por um período de tempo pré-determinado e, após expirado este tempo, o sub-objeto anterior é reapresentado e o sub-objeto atrasado é descartado.

Na sincronização intermídias, a qual responsabiliza-se por manter as relações temporais entre diferentes mídias relacionadas, uma solução é inserir lugares específicos na rede de Petri (**Sincronizar-intermídias**) para permitir a implementação de uma determinada política de sincronização intermídias. Estes lugares são os Pontos de Compasso Intermídias (*Interstream Pacing Points* - IPPs), os quais aparecem indicados na XOCPN receptora, Fig. 1(b). A periodicidade destes lugares depende das mídias envolvidas e da qualidade de apresentação desejada. Uma política adequada para estes pontos é a utilização de uma estratégia não-bloqueante. Neste caso, sempre que este lugar for alcançado por um dos fluxos, o processo de apresentação deste informa ao dos outros fluxos relacionados a ele que o lugar foi alcançado. A partir desta informação, os processos de apresentação descartarão os sub-objetos anteriores ao lugar e continuarão a apresentação a partir deste ponto. Assim, as apresentações das mídias com fluxo lento são adiantadas de forma a manter a sincronização entre as mídias envolvidas.

6. Serviço proposto e a camada de sincronização

Para que os mecanismos de sincronização descritos possam ser implementados, é necessário definir o serviço que será utilizado para prover funções referentes à

comunicação dos dados e apresentação sincronizada dos mesmos no destino. O presente trabalho concentra estas funções em uma camada denominada **Sincronização**. Esta camada oferece serviços para aplicações que requerem comunicação e apresentação sincronizada de dados pré-orquestrados e armazenados em uma base de dados remota. As principais funções desta camada são as sincronizações intramídia e intermídias, utilizando estratégias específicas, a partir do modelo XOCPN.

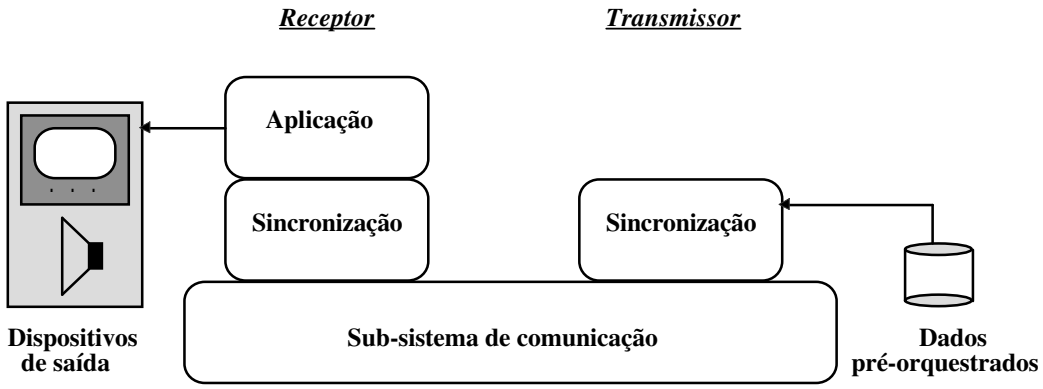

Figura 4. Lugar da Aplicação e da camada Sincronização.

Diferentes apresentações multimídias podem ser armazenadas, cada qual especificada por uma OCPN própria. Os dados pré-orquestrados, e as respectivas OCPNs, ficam armazenados em uma base de dados remota. O usuário da Aplicação seleciona a apresentação que quer assistir e os parâmetros de qualidade de apresentação. A Fig. 4 apresenta um esquema de utilização da Aplicação no receptor, e da camada Sincronização no receptor e no transmissor. As funções da camada sincronização são claramente assimétricas e, portanto, as funções executadas pelas entidades transmissora e receptora (conseqüentemente suas Máquinas de Estado) são distintas. Desta forma, as primitivas de serviço são definidas para a entidade de Sincronização receptora.

A Tabela 1, a seguir, apresenta as primitivas de serviço, com uma breve descrição e os respectivos parâmetros de cada uma delas.

Primitiva	Descrição	Parâmetros
SINC-INITIALIZE.Request	Pedido para iniciar a apresentação multimídia selecionada	Endereço Destino Apresentação selecionada Qualidade de apresentação
SINC-PLAYOUT.Indication	Indicação de apresentação de um sub-objeto (SIU)	Tipo do sub-objeto Tamanho do sub-objeto Sub-objeto (SIU)
SINC-STOP.Request	Pedido de interrupção da apresentação	Não tem
SINC-STOP.Indication	Indicação de falha ou de término dos dados do SIU	Condição de interrupção

Tabela 1. Primitivas de serviço de sincronização.

O protocolo de sincronização especifica cinco tipos de unidades de dados de protocolo (*Protocol Data Units* - PDUs):

IREQ Pedido de inicialização dos procedimentos de apresentação, enviada pelo receptor;
INETDT Pedido de inicialização de geração da XOCPN, enviada pelo transmissor;
IREADY Confirmação de término da geração da XOCPN, enviada pelo receptor;
IFAIL Indicação de falha na inicialização, enviada pelo receptor ou transmissor;
SIUDT Dados relativos ao sub-objeto, enviada pelo transmissor.

O procedimento inicial começa no receptor. A partir da seleção do usuário, a Aplicação envia a primitiva SINC-INITIALIZE.Request, com os respectivos parâmetros, para a entidade Sincronização. Esta entidade, então, através do subsistema de comunicação, envia a PDU IREQ para a entidade Sincronização do transmissor, requisitando o início dos procedimentos para a apresentação selecionada. Após receber a PDU, a entidade Sincronização do transmissor acessa a base de dados para ler as informações relativas a correspondente OCPN. A partir disto, ela envia a PDU INETDT, juntamente com as informações da OCPN, para a entidade Sincronização do receptor, realiza o planejamento da recuperação/transmissão dos dados e inicia a geração da XOCPN transmissora. Ao receber esta PDU, a entidade Sincronização do receptor inicia a geração da XOCPN receptora e envia, após completar a geração, a PDU IREADY para a entidade transmissora. Quando a entidade transmissora recebe esta PDU, as duas entidades Sincronização estão prontas para iniciar a execução das respectivas XOCPNs. Caso aconteça alguma falha em qualquer fase deste procedimento, esta é indicada através da PDU IFAIL. A Aplicação é notificada através da primitiva SINC-STOP.Indication.

Após o término de todo o procedimento inicial, as entidades Sincronização transmissora e receptora iniciam a execução das respectivas XOCPNs. Os lugares das XOCPNs executam procedimentos descritos no modelo e usam as primitivas de serviço de acesso ao subsistema de comunicação. Cada lugar **Iniciar-recursos** na XOCPN transmissora inicia o pedido de conexão. Os lugares **Transmitir-SIU** desempenham a transmissão dos sub-objetos, respeitando o planejamento da transmissão, enviando a PDU SIUDT no procedimento de transferência de dados do subsistema de comunicação. No destino, os lugares **Apresentar-SIU** recuperam o sub-objeto correspondente, no instante correto de sua respectiva apresentação, e enviam o mesmo para a aplicação através da primitiva SINC-PLAYOUT.Indication. Os lugares **Liberar-recursos** são usados para liberar a conexão correspondente, utilizando o procedimento de desconexão. A liberação das conexões é iniciada pelo transmissor após o término da transmissão dos objetos, e é notificada à Aplicação, no receptor, através da primitiva SINC-STOP.Indication. Porém, a Aplicação pode, a qualquer momento, interromper a apresentação usando a primitiva SINC-STOP.Request para liberar todas as conexões.

Na implementação da XOCPN, foram criadas duas estruturas de tamanho fixo. Uma delas representa os lugares (**Estrutura_Lugar**), contendo campos correspondentes aos elementos da tupla e um campo que aponta para a transição destino. A outra representa as transições (**Estrutura_Transição**), contendo um campo que aponta para o(s) lugare(s) de saída e um outro campo que contém o número de ações origem (lugares) que devem ser executadas antes do seu disparo. Durante a execução, este campo é decrementado ao término da execução de cada lugar de origem, e a transição dispara quando este campo chega a zero.

A definição da arquitetura de implementação, Fig. 5, baseou-se na arquitetura desenvolvida pelo GTA, denominada GTA/MM. A arquitetura GTA/MM serve como base para o desenvolvimento de sistemas de comunicação multimídias, com garantias de qualidade de serviço e transporte de alta velocidade [16,17].

O módulo de Gerenciamento de Memória (GM) oferece funções de alocação e liberação de estruturas de dados inerentes à arquitetura, como estruturas de primitivas e de parâmetros; e blocos de dados de tamanho fixo e dados de tamanho variável. O módulo de Escalonamento de Tarefas (ET) possui funções para inserir, executar e retirar tarefas de baixa, média e alta prioridade, para atender aos dados que possuem restrições temporais. No módulo de Gerenciamento de Temporizações (GT) são oferecidas funções para iniciar, criar, interromper, reiniciar e finalizar temporizadores.

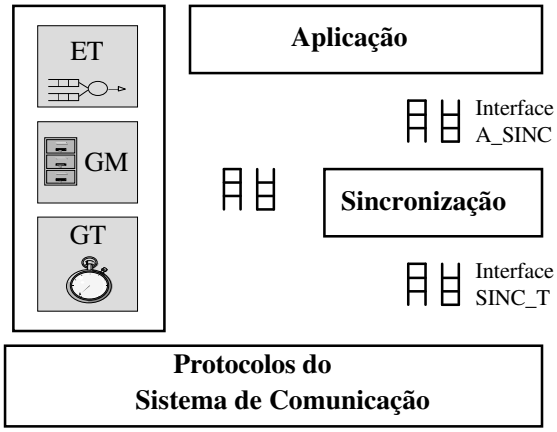

Figura 5. Arquitetura de implementação para comunicação sincronizada.

Quanto ao protocolo do sistema de comunicação, a implementação que está sendo realizada utiliza protocolos da família TCP/IP. O acesso a estes protocolos é feito através de interfaces específicas, denominadas *sockets*. O ambiente de implementação utiliza estações de trabalho *Sparc Sun*, interconectadas por rede local tipo *Ethernet*. A implementação está sendo desenvolvida na linguagem de programação C, devido a sua portabilidade e eficiência. Para a captura de vídeo, está sendo utilizada a *SunVideo Card*, que captura vídeo colorido à 30 quadros/s e realiza compressão por *hardware*. Estão sendo utilizadas as funções da *XIL Imaging Library* [18], para o desenvolvimento de sistemas que utilizam a *SunVideo*. Para a interface gráfica com o usuário, está sendo utilizado o *toolkit Tcl/Tk*.

7. Considerações finais

Este artigo apresentou a definição de um serviço e a especificação de um protocolo de sincronização de dados multimídias pré-orquestrados. Este serviço destina-se a aplicações distribuídas em ambientes de redes de computadores, que requerem comunicação e apresentação sincronizada de informações multimídias pré-orquestradas e armazenadas em bases de dados remotas. Foram definidas as primitivas de serviço e as PDUs do protocolo; foram descritas as estruturas de dados que implementam o modelo XOCPN; e foi apresentada a arquitetura e o ambiente de implementação.

O serviço oferece facilidades para a viabilização de aplicações multimídias que comunicam dados através de canais com capacidade limitada, através do método para planejamento da recuperação de dados armazenados. Ao se fazer uso deste método, deve ser levado em conta o aumento da complexidade da implementação e o acréscimo de processamento requerido.

Referências

[1] Steinmetz, R., "Synchronization Properties in Multimedia Systems", *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 8, nº 3, pp. 401-12, abril de 1990.

[2] Woo, M.; Qazi, N.U. e Ghafoor, A., "A Synchronization Framework for Communication of Pre-orchestrated Multimedia Information", *IEEE Network*, vol. 8, nº 1, pp. 52-61, janeiro de 1994.

[3] Blakowski, G. e Steinmetz, R., "A Media Synchronization Survey: Reference Model, Specification, and Case Studies", *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 14, nº 1, pp. 5-35, janeiro de 1996.

[4] Little, T.D.C. e Ghafoor, A., "Network Considerations for Distributed Multimedia Object Composition and Communication", *IEEE Network*, vol. 4, nº 6, pp. 32-49, novembro de 1990.

[5] Shepherd, D., et al., "Protocol Support for Distributed Multimedia Applications", *Comput. Commun.*, vol. 15, nº 6, pp. 359-66, julho de 1992.

[6] Ehley, L.; Furht, B. e Ilyas, M., "Evaluation of Multimedia Synchronization Techniques", *Proc. of the International Conference on Multimedia Computing and Systems*, pp. 514-19, 14 a 19 de maio de 1994.

[7] Nicolaou, C., "An Architecture for Real-Time Multimedia Communication Systems", *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 8, nº 3, pp. 391-400, abril de 1990.

[8] Escobar, J.; Partridge, C. e Deutsch, D., "Flow Synchronization Protocol", *IEEE/ACM Trans. on Networking*, vol. 2, nº 2, pp. 111-21, abril de 1994.

[9] Ramanathan, S. e Rangan, P.V., "Feedback Techniques for Intra-Media Continuity and Inter-Media Synchronization in Distributed Multimedia Systems", *Computer Journal*, vol. 36, nº 1, pp. 19-31, 1993.

[10] Courtiat, J.-P.Carmo; L.F.R.C. e Oliveira, R.C., "A General-Purpose Multimedia Synchronization Mechanism Based on Causal Relations", *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 14, nº 1, pp. 185-95, janeiro de 1996.

[11] Qazi, N.U.; Woo, M. e Ghafoor, A., "A Synchronization and Communication Model for Distributed Multimedia Objects", *Proc. ACM Multimedia '93,* Anaheim, CA, pp. 147-56, agosto de 1993.

[12] Little, T.D.C. e Ghafoor, A., "Synchronization and Storage Models for Multimedia Objects", *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 8, nº 3, pp. 413-27, abril de 1990.

[13] Little, T.D.C. e Ghafoor, A., "Multimedia Synchronization Protocols for Broadband Integrated Services", *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 9, nº 9, pp. 1368-82, dezembro de 1991.

[14] Woo, M. e Ghafoor, A., "Multichannel Scheduling for Communication of Pre-orchestrated Multimedia Information (Homogeneous Channels Case)", *Proc. IEEE INFOCOM '94*, pp. 920-27, 1994.

[15] Little, T.D.C. e Ghafoor, A., "Scheduling of Bandwidth-Constrained Multimedia Traffic", *Comput. Commun.*, vol. 15, nº 6, pp. 381-87, julho de 1992.

[16] Albuquerque, C.V.N., "Arquitetura de Implementação de Alto Desempenho para Sistemas de Comunicação Multimídia", *Tese de Mestrado*, PEE-COPPE/UFRJ, abril de 1995.
[17] Nunes, M.D. e Duarte, O.C.M.B., "MCF: Um Protocolo Multidestinatário Configurável com Gerenciamento de Acesso por Fichas de Permissão", *XIV Simpósio Bras. de Redes de Computadores*, Fortaleza, pp. 159-77, maio de 1996.
[18] Sun Microsystems Inc., "XIL Programmer's Guide", 1994.