

3 Trabalhos Relacionados

Vários trabalhos têm sido publicados sobre a edição de dados audiovisuais, discutindo os mais diversos problemas envolvidos, podendo ser classificados de acordo com o tipo de mídia em que operam, seus objetivos e as técnicas e algoritmos utilizados. A maior parte dos trabalhos, no entanto, lida com aspectos relacionados a apenas um tipo de mídia. Em relação a vídeos MPEG, a maioria dos trabalhos visa o controle da taxa de bits em fluxos de vídeo, operações de corte e concatenação de trechos de vídeos e o controle do *VBV buffer*.

Conforme mencionado no Capítulo 1, os principais aspectos a serem considerados em um sistema de ajuste elástico para fluxos MPEG são, em relação ao fluxo de vídeo, a estratégia de aceleração e desaceleração, considerando a interdependência temporal entre os diferentes quadros, e o controle sobre o *buffer* de entrada do decodificador. A reconstrução do relógio de referência utilizado pelo codificador e a manutenção da sincronização entre os diversos fluxos de mídias são os itens mais relevantes relativos à manutenção da conformidade em relação ao fluxo MPEG de Sistemas.

Os trabalhos apresentados neste capítulo foram agrupados de acordo com a aplicabilidade dos conceitos apresentados em relação aos aspectos do ajuste elástico, mesmo quando possuem objetivos diferentes ou quando sugerem métodos que podem ser adaptados para aquele fim. É importante, no entanto, a compreensão do contexto que cada trabalho possui para que se possam avaliar as respectivas contribuições. Nos casos em que um único trabalho propuser solução para mais de um problema, seu contexto e objetivo serão apresentados apenas uma vez, evitando-se redundância.

Essa abordagem possibilita uma análise mais ampla da literatura pertinente, não se atendo somente a trabalhos e sistemas cujo fim seja a modificação do tempo de exibição de fluxos de vídeo. Outras propostas que aparentemente poderiam ser utilizadas para o ajuste elástico também são mencionadas, indicando-se suas restrições.

Visto que a apresentação completa de cada idéia ou algoritmo necessita ser precedida da descrição minuciosa de todos os aspectos de cada problema envolvido no ajuste elástico, o Capítulo 4 apresenta o detalhamento de cada problema e as soluções desenvolvidas, incluindo tanto técnicas e idéias oriundas dos trabalhos relacionados quanto os algoritmos desenvolvidos nesta dissertação, salientando a autoria de cada um deles. Essa estruturação possibilita que os problemas e alternativas de solução estejam reunidos e facilita a compreensão de cada algoritmo.

Considerando todos os trabalhos analisados, é importante notar que nenhum deles apresenta soluções simultaneamente para todos os problemas advindos do ajuste elástico em fluxos audiovisuais, particularmente fluxos MPEG-2 de Sistemas. Esta dissertação analisa todos os problemas e apresenta alternativas de solução.

3.1. Edição em Fluxos MPEG de Vídeo

Diversas técnicas de diminuição da velocidade de exibição de fluxos audiovisuais são enunciadas por Omoigui *et al.* (Omoigui et al., 1999), apresentando resultados de experimentos que inferem sobre a forma como os usuários percebem as alterações de velocidade de exibição de dados audiovisuais, através de manipulações discretas e contínuas das taxas de exibição. Em relação a fluxos de vídeo, são discutidas apenas as técnicas de descarte uniforme de quadros e de alteração da taxa de apresentação de quadros do fluxo.

Explicações sucintas das principais técnicas de processamento aplicadas diretamente em fluxos comprimidos de vídeo são encontradas em (Wee et al., 2002), destacando-se o processamento de coeficientes DCT e de vetores de movimento, e a conversão de tipos de quadros. Os autores separam os algoritmos de processamento que atuam diretamente nos objetos de vídeo comprimidos em algoritmos de transcodificação, que alteram o formato de compressão do vídeo, e de edição, que processam e realizam operações de edição em um fluxo de vídeo. Considerando as diferentes camadas da estrutura do fluxo de vídeo e os requisitos de controle de ocupação do *buffer* de entrada do receptor, os métodos de manipulação de fluxos comprimidos são agrupados em quatro tipos:

processamento no domínio DCT; processamento de vetores de movimento; processamento de controle de taxa; e conversão de tipos de quadros.

3.2. Compressão e Expansão em Vídeo

Ramanujan *et al.* (Ramanujan et al., 1997) apresentam uma arquitetura de transmissão capaz de adaptar um fluxo de vídeo às flutuações da qualidade de serviço oferecida por redes IP. Nesse sistema cliente-servidor, a adaptação da taxa de transmissão é obtida através da divisão do fluxo MPEG de Vídeo original em diferentes camadas e a criação de descritores contendo as informações de cada camada. Os dados são transportados através do protocolo UDP, enquanto que as informações de controle trafegam via TCP. O receptor informa, periodicamente, o estado do serviço percebido, incluindo os dados sobre a taxa de perda de pacotes.

De acordo com o estado da rede de comunicação, o servidor escolhe um nível de adaptação a ser provido, definido como um conjunto de camadas do vídeo original. Nessa alternativa, as camadas são criadas *a priori* e armazenadas no servidor. Elas podem ser enviadas de forma independente, transferindo para o módulo cliente a responsabilidade sobre a interpretação das diferentes camadas, reconstruindo o fluxo MPEG e o enviando para o decodificador ou, através da utilização de um decodificador especializado, enviando as diferentes camadas diretamente para o decodificador. Uma alternativa é a transcodificação das diferentes camadas em um novo fluxo MPEG no servidor, poupando o cliente desse trabalho.

As camadas são definidas através do descarte de quadros e da remoção de parte dos coeficientes DCT sem, no entanto, levar em consideração qualquer aspecto relativo ao controle de ocupação do *buffer*. Essas operações, além do controle da taxa exigida na rede, podem ser adaptadas para a realização da compressão ou expansão do fluxo de vídeo. Porém, a necessidade de criação *off line* dos níveis a serem utilizados inviabilizam seu uso para o controle de exibição de vídeos por formatadores.

Omoighi *et al.* (Omoigui et al., 1999) argumentam que a compressão de um fluxo de mídia contínua pode ser realizada de forma linear ou considerando o conteúdo de cada mídia que compõe o fluxo. No primeiro caso, o ajuste é

efetuado de forma homogênea em todos os fluxos elementares. No segundo, a taxa de compressão pode variar de um ponto para outro, no tempo. Descrevem, também, o método de compressão para sistemas cliente-servidor, através do armazenamento de múltiplas cópias de cada vídeo, cada qual codificada de acordo com um fator de ajuste diferente. O fluxo é transmitido conforme o fator de ajuste solicitado pelo cliente.

Essa alternativa utiliza grande recurso de armazenamento e pode apresentar alto tempo de resposta ao ser modificado o fator de ajuste devido ao processo de mudança do fluxo a ser transmitido. A escolha do fator de ajuste é limitada e discreta, determinada pelas diferentes cópias pré-armazenadas.

Hemy *et al.* (Hemy et al., 2000) apresentam um sistema para transmissão ponto-multiponto de fluxos MPEG de Sistemas em redes IP, conforme mostrado na Figura 15. O filtro intermediário implementa um algoritmo de adaptação responsável por adequar os dados audiovisuais de entrada às características de cada subrede de saída. O principal objetivo é garantir que cada cliente receba um fluxo contínuo de dados audiovisuais mesmo durante estados de congestionamento ou escassez de recursos nas redes de comunicação. A estratégia utilizada para diminuir os requisitos de banda passante necessária da rede é o descarte seletivo de quadros e o efeito percebido em cada decodificador é similar ao que ocorre por perda de pacotes. Uma vez que a escolha dos quadros a serem eliminados prioriza os quadros que não servem de base para a codificação de outros, esse esquema melhora a qualidade final do vídeo exibido.

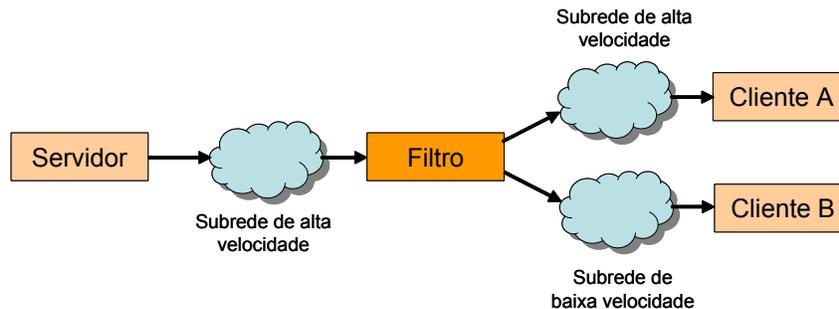


Figura 15: Arquitetura de distribuição de vídeo em redes IP.

Para controlar a taxa em bits do fluxo que trafega em cada subrede, cada cliente monitora a taxa de perda de pacotes percebida e solicita, ao filtro, qualquer modificação da taxa de transmissão necessária. A sincronização entre os fluxos de

áudio e vídeo é provida pelo próprio decodificador e nenhum cuidado é adotado em relação ao controle do *buffer* de entrada do decodificador.

O descarte seletivo de quadros pode ser adaptado para a realização da compressão de fluxos de vídeo.

Cha *et al.* (Cha *et al.*, 2003) apresentam um sistema de filtragem de fluxo MPEG-1 em tempo real, representado na Figura 16, objetivando a diminuição dos requisitos de banda passante necessária para um fluxo de vídeo através do descarte dinâmico de quadros. O ponto principal é o algoritmo desenvolvido para a manutenção da sincronização entre os fluxos de vídeo e áudio. Este sistema pode ser utilizado em aplicações tais como *Video on Demand* e transmissões *multicast* de vídeo, onde a utilização eficiente dos recursos da rede é necessária para a provisão do serviço.

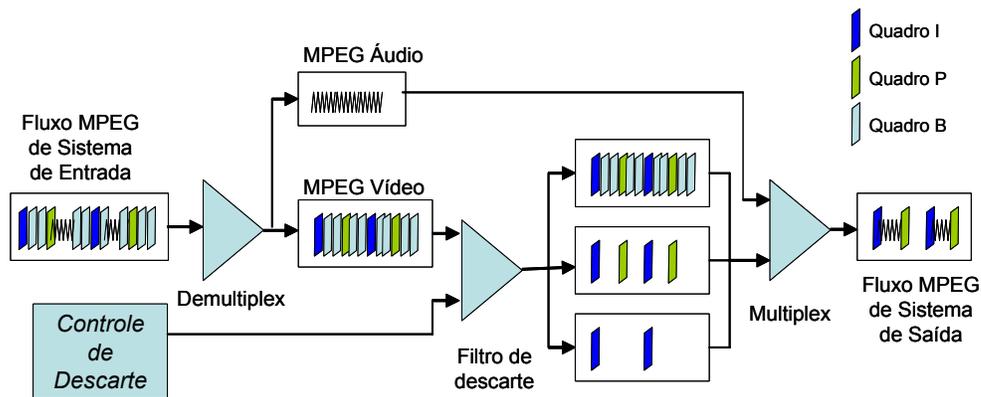


Figura 16: Descarte dinâmico de quadros em fluxo MPEG de Sistemas.

Para a obtenção de um fluxo MPEG de Sistemas com taxa em bits menor, o sistema utiliza a técnica de descarte dinâmico de quadros do fluxo de vídeo. O sistema, no entanto, não realiza nenhuma operação para a manutenção do controle da ocupação do *buffer* de recepção do fluxo de vídeo. O fluxo de áudio, por exigir uma banda passante muito menor que o de vídeo, não sofre modificações.

Após a demultiplexação do fluxo de entrada, o módulo de descarte de quadros analisa as informações dos fluxos de vídeo e de áudio. Para o vídeo, são armazenados a posição do quadro no *buffer*, tipo de quadro, número do GOP e valores de DTS e PTS. As informações de áudio incluem o tamanho do quadro e o PTS. O fluxo de vídeo é, então, ajustado, segundo a política de descarte, e enviado para o módulo de multiplexação, juntamente com o fluxo de áudio. A Figura 16

apresenta três resultados da política de descarte: a não modificação do fluxo; a retirada apenas dos quadros B; e a eliminação de todos os quadros P e B.

O módulo de multiplexação agrupa os fluxos de vídeo ajustado e de áudio, produzindo um fluxo MPEG de Sistemas válido.

Por ser adequado à redução da banda passante exigida pelo fluxo audiovisual, sem que haja alteração da velocidade de exibição, o sistema descrito por (Cha et al., 2003) não lida com problemas tais como o controle dos valores do parâmetro *temporal_reference* de cada figura e a estratégia correlacionada de ajuste elástico entre os diversos fluxos de áudio e vídeo. Além disso, o sistema também não realiza nenhum controle sobre a ocupação do *buffer* do decodificador.

Song e Chun (Song & Chun, 2003) desenvolveram algoritmos para o controle dinâmico da taxa de quadros e para a alocação de bits por quadro com o intuito de tornar mais eficiente a codificação de vídeos segundo o padrão MPEG-2. O algoritmo de controle da taxa de quadros é dito virtual, uma vez que a sintaxe do padrão requer que esse parâmetro seja constante. O algoritmo é implementado em três fases.

Inicialmente, o fluxo de vídeo de entrada é transformado para o modo progressivo, não permitindo a existência de trechos codificados no modo entrelaçado. Em seguida, o fluxo é dividido em janelas de observação, normalmente definidas como um GOP, onde são avaliadas as mudanças entre quadros consecutivos. Para trechos com poucas mudanças, é definida uma taxa virtual de quadros menor. Isso é obtido através da manipulação dos macroblocos dos quadros com pouca atividade de movimento, diminuindo seus tamanhos através da marcação dos seus macroblocos como *skipped macroblocks*, os quais são ignorados pelo decodificador. Dessa forma, os trechos que contêm maior atividade de movimento podem ser codificados com uma maior quantidade de bits, melhorando a qualidade percebida pelo usuário. Para realizar essa codificação, foram propostas pequenas alterações no algoritmo de alocação de bits TM5 do MPEG-2.

Uma vez que a sintaxe do MPEG-2 não permite que todos os macroblocos de um quadro sejam codificados como *skipped macroblocks*, ocasionando o descarte de todo o quadro, o algoritmo apresentado não é adequado para a realização do ajuste elástico. Por outro lado, o algoritmo pode ser utilizado para o

controle de ocupação do *buffer* do decodificador, cujo funcionamento sofre impacto das operações de ajuste elástico.

Em (Kantarci & Tunali, 2003), é apresentado um sistema de distribuição de vídeos MPEG-1, representado na Figura 17, utilizando o protocolo RTP para a transmissão dos pacotes de vídeo e do RTCP para a coleta de informações estatísticas sobre a transmissão. Para adequar-se às condições dinâmicas do estado da rede de comunicação, o sistema insere um *buffer* na entrada do receptor e, através do monitoramento de sua ocupação, implementa um mecanismo de realimentação em que o módulo cliente avisa ao módulo servidor sobre o estado do *buffer*.

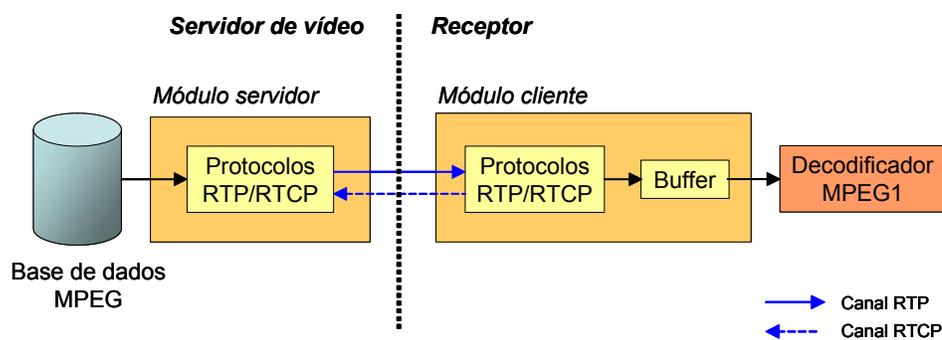


Figura 17: Arquitetura do sistema desenvolvido por Kantarci *et al.*

Em situações de congestionamento da rede de comunicação, o servidor realiza operações de descarte de quadros no fluxo a ser transmitido. Para realizar o controle da ocupação do *buffer* inserido no receptor, o servidor, através das informações fornecidas pelo módulo cliente, adota um algoritmo que inclui duas operações: a alteração do intervalo de tempo entre o envio de pacotes RTP consecutivos contendo dados de vídeo e o descarte seletivo de quadros.

A primeira técnica é adequada para pequenos ajustes. Em situações iminentes de *underflow*, o servidor realiza o descarte de quadros. Neste caso, o servidor escolhe adequadamente os quadros a serem descartados, de maneira que os quadros selecionados para serem transmitidos possam ser decodificados, ou seja, estes quadros não possuem referências a figuras descartadas. Quando o nível de ocupação está próximo ao limiar de *overflow*, o servidor deixa de realizar o descarte, aumentando o número de quadros transmitidos.

O controle sobre o *buffer* do módulo cliente não produz situações de *underflow* ou *overflow* para o *buffer* do decodificador MPEG-1, uma vez que sua

principal função é prevenir ou atenuar os efeitos devidos a congestionamentos na rede de comunicação. A operação de descarte de quadros, realizada pelo sistema, é percebida pelo decodificador como perda de quadros e as ações conseqüentes dependem da implementação do exibidor do vídeo. A vantagem do esquema de descarte seletivo em relação ao processo de perda de pacotes pela rede de comunicação é a garantia de que os quadros recebidos podem ser corretamente decodificados.

O mecanismo de controle de ocupação do *buffer* e a técnica de descarte de quadros podem ser utilizados em sistemas de ajuste elástico, assim como a forma de comunicação entre o servidor e o cliente. Para tanto, devem ser considerados os aspectos relativos à continuidade da contagem de quadros e a sincronização entre os fluxos relacionados de áudio e vídeo.

3.3. Controle de Ocupação do *Buffer*

Meng e Chang publicaram diversos trabalhos sobre a edição de fluxos de vídeo comprimidos, sem que seja requerida a completa decodificação dos mesmos e mantendo a conformidade com o padrão MPEG (Meng & Chang, 1996, 1997). São discutidos métodos de controle de ocupação do *buffer* do decodificador em aplicações de corte e concatenação de trechos de vídeos.

Uma vez que o corte pode ocorrer em uma posição arbitrária do trecho de vídeo, essa operação não mantém a integridade do GOP em que o corte é realizado, fazendo com que algumas figuras dessa estrutura tenham que sofrer conversão de tipo, com o intuito de eliminar suas dependências temporais em relação às figuras descartadas. A conversão de tipo é efetuada através da decodificação e recodificação de figuras. O processo de recodificação necessita seguir os mesmos tipos de restrições que a codificação original, particularmente os referentes à taxa de bits e ao controle da ocupação do *buffer* do decodificador.

A operação de concatenação também impacta no controle da ocupação do *buffer* do decodificador. Situações de *overflow* ou *underflow* podem ocorrer e dependem do cálculo de ocupação do *buffer* realizado para cada fluxo de vídeo. Poderá haver *overflow* se o nível de ocupação do *buffer* após a última figura do primeiro segmento de vídeo for maior que o nível previsto, durante o processo de

codificação do segundo vídeo, para ser alcançado imediatamente antes da primeira figura do segundo segmento a ser concatenado. Também o fato dos codificadores do primeiro e do segundo fluxo de vídeo não garantirem uma taxa de codificação estritamente fixa, podendo haver pequenos desvios que são compensados em outras figuras, pode acarretar em situações de *overflow* ou *underflow* após a operação de concatenação.

O problema de *overflow* é resolvido através da inserção de bits de enchimento sempre que a ocupação do *buffer* atingir um nível alto. Para evitar situações de *underflow*, os autores propõem dois métodos: a inserção de seqüências sintéticas de desvanecimento entre os trechos de vídeo a serem concatenados; e o descarte seletivo de coeficientes DCT antes da operação de concatenação. O efeito de inserção ou descarte de bits e coeficientes DCT no nível de ocupação do *buffer* será detalhado no Capítulo 4.

Apesar de Meng e Chang terem desenvolvido diversos trabalhos sobre a edição em fluxos MPEG, suas técnicas consideram apenas a manipulação de vídeos e requerem a decodificação parcial para a obtenção dos coeficientes DCT. O método adotado em (Meng & Chang, 1996) para a modificação do tipo de figuras não é adequado para a realização de ajuste elástico visto que os processos de decodificação e recodificação necessitam de alto poder de processamento e tempo, não sendo adequado para aplicações que requerem baixa latência e pequena variação de atraso. As técnicas de controle de ocupação do *buffer*, com exceção do método de inserção de seqüência sintética, são alternativas viáveis nos algoritmos de ajuste elástico e serão discutidas posteriormente.

Wee e Vasudev (Wee & Vasudev, 1997) também propõem algoritmos para realização de operações de corte e concatenação de segmentos de vídeos no formato MPEG, através da eliminação das dependências temporais em relação a quadros que não fazem parte do fluxo resultante obtida pela conversão de quadros, premissa semelhante à utilizada por Meng e Chang. Para evitar situações de *underflow* e *overflow*, dois métodos são especificados. Caso os níveis de ocupação de *buffer* em cada segmento de vídeo, próximo ao ponto de concatenação, for similar, conforme previsto nas codificações originais de cada fluxo, é adotada a requantização de coeficientes DCT pertencentes a figuras próximas ao ponto de concatenação. Caso contrário, é adotada a conversão de quadros I para P como forma de evitar o *underflow*.

A técnica de requantização de coeficientes DCT pode ser adotada em sistemas de ajuste elástico e será melhor discutida no Capítulo 4.

Wang e Woods (Wang & Woods, 2000) também estudaram os métodos de conversão de tipo de quadros visando o controle da ocupação do *buffer* do decodificador devido à realização de operações de corte e concatenação de segmentos de vídeo. Operações de conversão de tipo são aplicadas para eliminar a dependência temporal em relação a quadros que não pertencerão ao fluxo resultante. Para evitar situações de *underflow* decorrentes da concatenação, os autores propõem a conversão de quadros, localizados após o ponto de junção dos segmentos, do tipo I para o tipo P, diminuindo a quantidade de bits utilizada para essas figuras.

A utilização de mecanismos de conversão como único meio para fazer o controle da ocupação do *buffer* requer alto poder de processamento e não permite um ajuste preciso da quantidade de bits utilizada em cada figura e, conseqüentemente, do controle do *buffer*, o que faz com que sua aplicação em sistemas de ajuste elástico deva considerar essas restrições.

Lu *et al.* (Lu et al., 2000) apresentam um esquema de recodificação de segmentos de vídeo, sem que seja necessária a modificação de todo o fluxo. Seu objetivo é permitir a modificação da qualidade de trechos de um vídeo comprimido sem demandar a recodificação completa do fluxo. A proposta inclui algoritmos de alocação de bits, utilizado no processo de recodificação, e de ajuste no nível de ocupação do *buffer*. O algoritmo de alocação de bits determina a quantidade de bits a ser utilizada na codificação de cada figura tendo como ponto de partida um fluxo de vídeo já comprimido. Dessa forma, o algoritmo necessita conhecer os tamanhos de todas as figuras do vídeo comprimido para que possa determinar a correta alocação e evitar situações de *underflow* e *overflow*. Portanto, a prevenção de situações de *underflow* e *overflow* é obtida através da escolha da quantidade de bits que cada figura recodificada deve conter.

Essa característica inviabiliza sua utilização em sistemas de ajuste elástico em tempo real, pois o tamanho de cada figura do fluxo só é uma informação disponível se o sistema de ajuste elástico receber todo o objeto de vídeo antes da realização das operações de ajuste.

Hong *et al.* (Hong et al., 2003) propõem um novo esquema de controle de ocupação do *buffer* do decodificador utilizando um modelo de estimação da

distorção e da taxa (modelo de estimação R-D) resultantes da codificação de um fluxo de vídeo, visando permitir a predição da quantidade de bits e da distorção obtidas em função da escolha do parâmetro de quantização. Os objetivos são aprimorar a qualidade de exibição do fluxo codificado em aplicações que exigem pequeno atraso, através de algoritmos de codificação de baixa complexidade, evitando situações de *underflow* e *overflow* do *buffer* de decodificação. Dessa forma, o esquema proposto tem função semelhante ao modelo TM5, sugerido pelo padrão MPEG-2.

Apresentando vantagens em relação ao modelo TM5 em aplicações que requerem baixo poder computacional, o esquema é apropriado para o processo de definição do valor do *quantum* a ser utilizado na codificação de cada macrobloco. Sua aplicação como algoritmo de controle da ocupação do *buffer* do decodificador não é adequada visto exigir o cálculo da transformada discreta de cossenos inversa I-DCT (*Inverse DCT*).

Cheng *et al.* (Cheng et al., 2004) apresentam um esquema de conversão de tipo de quadro que requer a aplicação da transformada I-DCT, ou seja, realiza a decodificação parcial dos coeficientes DCT, com a finalidade de efetuar a concatenação de segmentos de vídeo. Considerando as restrições impostas pelo *buffer* VBV, os autores adotam o algoritmo de controle de taxa desenvolvido por He e Mitra (He & Mitra, 2002), que utiliza os valores do parâmetro *vbv_delay* e da ocupação do *buffer* do decodificador para calcular o número de bits que cada figura deve conter.

O processamento necessário para as operações de decodificação e recodificação, onde é adotado o modelo TM5 para alocação de bits, faz com que esse método não seja adequado para aplicações de ajuste elástico.

3.4. Sincronização Intra e Intermídia

Talreja e Rangan (Talreja & Rangan, 1997) discutem técnicas de edição de dados audiovisuais adequadas para fluxos MPEG de Sistemas. Um dos objetivos é a apresentação de um esquema eficiente de indexação de vídeos, acelerando o processo de acesso randômico, como meio para realizar operações de edição diretamente em fluxos comprimidos, tais como corte, cópia e concatenação de

segmentos de fluxos MPEG de Sistemas. Também é descrito um sistema de gerenciamento de dados audiovisuais, indexando diferentes conteúdos e formatos de mídia.

Em relação às operações de edição, Talreja e Rangan discutem algoritmos de corte e concatenação dos fluxos de áudio e vídeo que compõem um fluxo MPEG de forma correlacionada, ou seja, mantendo a sincronização entre os mesmos e sendo adequados tanto para fluxos de programa quanto para fluxos de transporte. Em relação à edição de fluxos de vídeo, os autores discutem operações de corte realizadas nos limites de um GOP e de uma figura, salientando a facilidade da manipulação nos limites de GOP fechados. A edição em qualquer parte do fluxo requer a eliminação das dependências temporais porventura existentes entre as figuras que estarão presentes no fluxo resultante e as que serão eliminadas.

Diferentemente dos algoritmos de conversão de tipos de quadros, os autores propõem a manutenção, no fluxo resultante, das figuras utilizadas como referência na codificação de figuras que efetivamente deveriam compor o fluxo resultante. Para que essas figuras extras não sejam exibidas, seus valores de SCR ou PCR, conforme o tipo do fluxo multiplexado, são alterados de forma a que o decodificador descarte estas figuras. Esse processo evita a necessidade de decodificação dos coeficientes DCT.

O processo de descarte pelo decodificador decorre da atualização contínua do valor do relógio de referência (STC) pelo decodificador. Se o valor de SCR ou PCR de uma figura for inferior ao valor atualizado do STC, significa que esta figura foi recebida com atraso, o que faz com que o decodificador não a exiba. Assim, Talreja e Rangan propõem que as figuras extras sejam mantidas no fluxo resultante e que os respectivos valores de SCR ou PCR causem o descarte no processo de decodificação. Nenhuma consideração sobre a ocupação do *buffer* do decodificador é apresentada.

Assim, para a sincronização intermídia, os autores propõem o descarte de PES de áudio de acordo com os valores de PTS dos quadros que serão mantidos no fluxo resultante. Esse algoritmo, no entanto, desconsidera os efeitos produzidos no áudio devido ao descarte simples de amostras.

O esquema de transmissão proposto por Kuo *et al.* (Kuo et al., 2001) visa compensar os efeitos introduzidos pela rede de comunicação na apresentação de

fluxos audiovisuais. Através da utilização do protocolo de transporte de dados RTP e de um *buffer* circular, são atenuados os efeitos do *jitter* e é realizada a reordenação dos pacotes RTP recebidos, garantindo a correta seqüência dos dados.

Após a reordenação, os dados de cada mídia são encaminhados para uma fila FIFO específica, onde, para cada pacote de dados, é determinado o instante de sua apresentação. Essa informação é obtida por meio das marcas de tempo presentes no fluxo e no primeiro pacote recebido de cada mídia.

O processo de manutenção da sincronização intermídia é similar ao utilizado pelos decodificadores MPEG. Inicialmente, é calculado o relógio de referência (RF) utilizado para a geração dos instantes de apresentação de cada mídia. A sincronização intermídia é realizada através da verificação, a intervalos regulares, do instante de apresentação do pacote de saída de cada fila. O período de *polling* P é escolhido como sendo menor que o intervalo de chegada dos pacotes. Caso o valor do instante de apresentação do pacote de saída de cada fila estiver compreendido no intervalo $\left[RF - \frac{P}{2}, RF + \frac{P}{2}\right]$, ele é enviado para seu respectivo decodificador. Se o valor do instante de apresentação for maior que $RF + \frac{P}{2}$, significa que os dados contidos nesse pacote ainda não devem ser apresentados e são mantidos na fila. Por último, se o valor do instante de apresentação for menor que $RF - \frac{P}{2}$, então o instante de apresentação desses dados já passou e o pacote deve ser descartado.

Esse mecanismo de sincronização não realiza qualquer modificação no fluxo audiovisual, ou seja, não mantém a conformidade dos dados em relação a qualquer padrão de compressão. O trabalho também não indica a forma de reconstrução do relógio de referência, de cuja determinação depende o desempenho do mecanismo proposto.

Conforme apresentado na Seção 3.2, Cha *et al.* (Cha et al., 2003) apresentam um sistema de filtragem de fluxo MPEG-1 cujo módulo de multiplexação agrupa os fluxos de vídeo ajustado e de áudio, utilizando o algoritmo de manutenção do sincronismo, o qual será detalhado no Capítulo 4. Esse algoritmo faz uso das informações obtidas nos outros estágios, tais como taxa de bits, taxa de quadros, tamanho do *buffer* de decodificação, entre outros,

para a determinação da ordem em que os quadros de áudio e vídeo devem ser multiplexados para formar o fluxo de sistema.

3.5. Recuperação da Referência de Relógio

Em (Yu & Nahrstedt, 2002) e (Yu & Nahrstedt, 2004), tem-se uma proposta de edição em vídeo com o intuito de não comprometer a recuperação do relógio no decodificador, atuando em fluxos MPEG-2 de transporte. O método baseia-se na importância do instante de chegada e do espaçamento entre os pacotes do fluxo de transporte, que carregam a informação do PCR, na reconstrução do relógio utilizado no processo de codificação.

A técnica é implementada através da manutenção, na linha do tempo, da posição dos pacotes com informação das amostras de relógio e envolve dois métodos: a inserção de pacotes nulos e a alteração da taxa de bits do fluxo audiovisual. Ambas as alternativas serão discutidas no próximo capítulo.

3.6. Exibidores de vídeo

Uma vez que o ajuste elástico realizado no receptor proporciona o controle e manutenção da qualidade final da apresentação conforme percebida pelo usuário e que poderia ser disponibilizado pelos exibidores de vídeo, são descritas, a seguir, as principais características de alguns dos principais exibidores quanto ao ajuste elástico do tempo, tais como: o Windows Media Player, o RealPlayer, o QuickTime, o PowerDVD, o WinDVD, o DivX Player e o Elecard MPEG-2 Player.

Windows Media Player 9 Series, da Microsoft

A Tabela 3 apresenta os tipos de arquivos que podem ser exibidos pelo Windows Media Player. O exibidor não possui, originalmente, o decodificador para arquivos no formato MPEG-2:

Tabela 3: Tipos de arquivos suportados pelo Windows Media Player.

Tipo de arquivo	Extensão do nome do arquivo
Music CD Playback (CD audio)	.cda
Audio Interchange File Format (AIFF)	.aif, .aifc, .aiff
Arquivos de áudio e vídeo do Windows Media	.asf, .asx, .wax, .wm, .wma, .wmd, .wmp, .wmv, .wmx, .wpl, .wvx
Arquivos de áudio e vídeo do Windows	.avi, .wav
Moving Picture Experts Group (MPEG)	.mpeg, .mpg, .mlv, .mp2, .mpa, .mpe, .mp2v, .mpv2
Musical Instrument Digital Interface (MIDI)	.mid, .midi, .rmi
AU (UNIX)	.au, .snd
MP3	.mp3, .m3u
DVD	.vob
Macromedia Flash	.swf

O Windows Media Player apenas disponibiliza o controle da velocidade de exibição de fluxos de áudio e vídeo para alguns formatos (arquivos com extensões: .wma, .wmv, .wm, .mp3, ou .asf), não permitindo o ajuste para fluxos de vídeo no formato MPEG. Para os formatos permitidos, essa função possibilita a seleção da velocidade de exibição entre 0,5 e 2,0.

RealPlayer Versão 10.5, da RealNetworks, Inc.

Esse exibidor utiliza qualquer decodificador de vídeo que esteja instalado, assim como os arquivos com as seguintes extensões:

Tabela 4: Tipos de arquivos do RealPlayer.

Tipo de arquivo	Extensão do nome do arquivo
RealAudio, RealVideo	.ra, .rax, .rv., .rvx, .rm, .rmx, .rmj, .rms
MPEG Audio	.mp3
MPEG Audio: AAC (incluindo arquivos iPod e iTunes)	.m4a, .m4p

O RealPlayer não disponibiliza, no entanto, a função de alteração de velocidade de exibição, exceto as opções de *fast-forward* e *fast-rewind*.

QuickTime Versões 5 e 7, da Apple Computer, Inc.

As versões 5 e 7 do exibidor QuickTime suportam os formatos relacionados na Tabela 5. A versão 5 não permite o ajuste elástico. A versão 7, assim como a versão Pro, permite que a velocidade de exibição de um vídeo seja alterada conforme um fator de ajuste compreendido no intervalo de 1 a 3.

Tabela 5: Tipos de arquivos do QuickTime.

Tipo de mídia	Formato
Vídeo	MPEG-1, MPEG-2, DV Tipo I, DV Tipo II, .ifo, .vob, .mlv, .m2v, .avi, .wmv, .dat, .vro
Áudio	MP3 e .wav

PowerDVD 5, da CyberLink

O PowerDVD 5 suporta os seguintes formatos de arquivos:

Tabela 6: Tipos de arquivos do PowerDVD.

Tipo de arquivo	Extensão do nome do arquivo
Music CD Playback (CD audio)	.cda
Arquivos de áudio e vídeo do Windows Media	.asf, .wma, .wmv
Arquivos de áudio e vídeo do Windows	.avi, .wav
Moving Picture Experts Group (MPEG-1 e 2)	.mpeg, .mpg, .mlv, .mp2, .mpa, .mpe, .mp2v, .mpv2, .m2v, .mp3
DVD	.vob

A velocidade de apresentação dos fluxos de vídeos, inclusive MPEG-1 e 2, pode ser modificada em valores discretos, permitindo a aceleração ou desaceleração através dos seguintes fatores de alteração da velocidade: 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2; 3; 4; 8; 16 e 32.

WinDVD 5 Platinum, da InterVideo, Inc

Este exibidor oferece suporte para a reprodução dos seguintes tipos de arquivos (alguns formatos dependem da versão utilizada):

Tabela 7: Tipos de arquivos do WinDVD.

Tipo de mídia	Formato
Vídeo	MPEG-1, MPEG-2, DV Tipo I, DV Tipo II, .ifo, .vob, .m1v, .m2v, .avi, .wmv, .dat, .vro
Áudio	MP3 e .wav

Para garantir que o áudio não seja afetado durante o alongamento ou compressão da duração de exibição de um fluxo contínuo, o WinDVD proporciona que a velocidade máxima e mínima de exibição do fluxo esteja definida entre 2x e 0,5x, em relação à velocidade original. O alongamento do tempo pode ser configurado de acordo com os seguintes incrementos: 0,5; 0,55; 0,6; 0,65; 0,7; 0,75; 0,8; 0,85; 0,9; 0,95; 1,0; 1,1; 1,15; 1,2; 1,25; 1,3; 1,5; 1,75 e 2,0.

DivX Player, da DivXNetworks, Inc

O exibidor DivX Player provê suporte para os formatos apresentados na Tabela 8:

Tabela 8: Tipos de arquivos do DivX Player.

Tipo de arquivo	Extensão do nome do arquivo
Arquivos de áudio e vídeo do Windows Media	.asf, .asx, .wm, .wma, .wmv
Arquivos de áudio e vídeo do Windows	.avi, .wav
Moving Picture Experts Group (MPEG-1 e 2)	.mpeg, .mpg, .m1v, .mp2, .mpa, .mpe, .mp2v, .mpv2, .mp3
DVD	.vob
Arquivos DivX	.divx, .div

Esse exibidor, no entanto, não provê controle sobre alteração do tempo de duração da reprodução de vídeos.

Elecard MPEG-2 Player Versão 2.1, da Moonlight Cordless Ltd.

O Elecard MPEG-2 Player suporta os relacionados na Tabela 9. Este exibidor permite que o ajuste elástico seja realizado no fluxo MPEG através de um fator de multiplicação com passo igual a 0,1, ou seja, o fluxo original pode ser apresentado mínima igual a 10% da velocidade original (fator igual a 0,1). Não há

limite para a velocidade máxima. O fator de multiplicação pode ser alterado durante a apresentação do fluxo.

Tabela 9: Tipos de arquivos do Elecard MPEG-2 Player.

Tipo de arquivo	Extensão do nome do arquivo
Arquivos de áudio e vídeo do Windows Media	.asf, .wmv
Arquivos de áudio e vídeo do Windows	.avi
Moving Picture Experts Group (MPEG-1 e 2), incluindo o formato HDTV previsto no ATSC	.mpeg, .mpg, .m1v, .mp2, .mpa, .mpe, .mp2v, .mpv2, .mp3
DVD	.vob
Arquivos DivX	.divx, .div

O ajuste é realizado através da modificação da taxa de apresentação de quadros (renderização), não sendo, portanto, realizado diretamente no fluxo MPEG. Essa estratégia é adequada para a realização do ajuste elástico no receptor, não sendo apropriada à adaptação em transmissores ou servidores intermediários por não produzir um novo fluxo MPEG.