

A Survey of Packet loss Recovery Techniques for Streaming Audio

(Colin Perkins, Orion Hodson, and Vicky Hardman)

Prof. Dr. Célio V. N. Albuquerque

Etienne César R. de Oliveira
Doutorando em Computação

Objetivo e Motivações

O artigo aborda técnicas para recuperação de perdas de pacotes para aplicações de áudio em fluxo contínuo sobre redes *multicast* baseadas no protocolo IP. Características de perdas e atrasos em um canal *multicast* são abordadas e, partir desta discussão, os autores apresentam a necessidade de dispor de mecanismos de recuperação de pacotes perdidos. De acordo com os autores, as técnicas de recuperação podem ser divididas em baseadas no remetente (*sender-driven*) e baseadas no destinatário (*receiver-based*) e, destas, são detalhadas as seguintes: FEC (*Forward Error Correction*), Intercalação (*Interleaving*), Retransmissão (*Retransmission*), substituição por silêncio (*Silence Substitution – Insertion*), entre outras. Os autores concluem relacionando uma série de recomendações para correção de esquemas baseados nos requerimentos das aplicações e das condições da rede.

Proposta

As técnicas que requerem a participação do remetente do áudio em fluxo contínuo para efeito de recuperação de pacotes perdidos podem ser classificadas em retransmissão ativa (reativa) e retransmissão passiva (pró-ativa). De forma a simplificar a discussão, os autores diferenciaram uma unidade de dados de um pacote. Uma unidade de dados é um intervalo de dados de áudio, da mesma forma que é armazenada em uma ferramenta de áudio. Já um pacote, abrange uma ou mais unidades de dados, encapsuladas para transmissão sobre a rede. A figura 1 representa essa classificação.

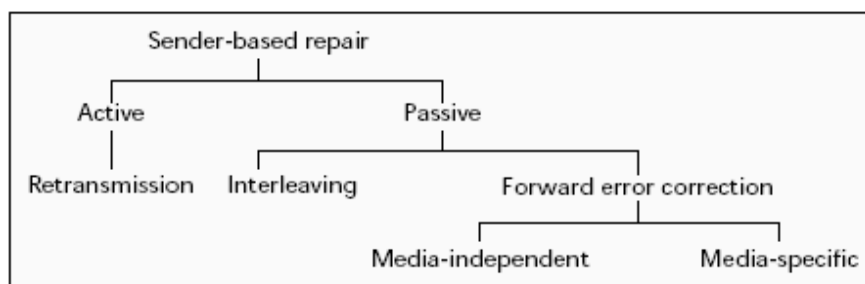


Figura 1 - Classificação dos Mecanismos de Recuperação

1. Retransmissão Passiva (Pró-ativa)

Técnicas FEC (*Forward Error Correction*) têm sido desenvolvidas com objetivo de reparar perdas de dados durante uma transmissão. Esses esquemas baseiam-se na inclusão de dados adicionais ao fluxo de áudio, podendo ser independente do conteúdo do fluxo de áudio (*Media-Independent FEC*) ou dependente do conteúdo do fluxo de áudio (*Media-Specific FEC*).

Dentre as técnicas baseadas em *Media-Independent FEC*, os autores abordam somente duas (a codificação por paridade (baseado em XOR) e a codificação Reed-Solomon), em função destas técnicas terem sido propostas para codificação do protocolo RTP (*Real-time Transport Protocol*). Entre as vantagens e desvantagens da técnica *Media-Independent FEC* podemos relacionar:

- Independência do tipo de mídia – a operação de FEC independe do conteúdo dos pacotes e a correção é apenas uma substituição do pacote perdido;
- Custo computacional – o custo computacional para realizar esta operação é relativamente pequeno e de simples implementação;
- Maior atraso e banda de transmissão – Um maior atraso imposto e o aumento da banda de transmissão são relacionados como desvantagens desta técnica.

A figura 2 apresenta um exemplo do esquema *Media-Independent FEC*.

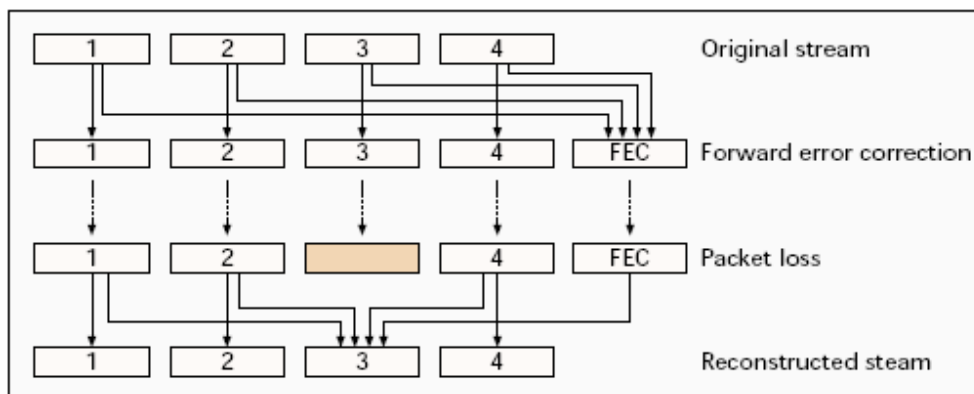


Figura 2 – *Media-Independent FEC*

Uma forma simples de proteção contra perda de pacotes é transmitir cada unidade de áudio em múltiplos pacotes. Se um pacote for perdido, outro pacote contendo a mesma unidade será capaz de encobrir a perda. A figura 3 exemplifica esta técnica.

A primeira cópia do áudio é referenciada como codificação primária, e as demais como codificação secundária. Cabe ao remetente determinar o tipo de codificação adotada para a codificação secundária, sendo, normalmente, uma codificação com qualidade inferior à da codificação primária e, conseqüentemente, que requeira uma menor banda de

transmissão. A baixa latência é pode ser relacionada como uma das vantagens, assim como o aumento na banda de transmissão uma das desvantagens.

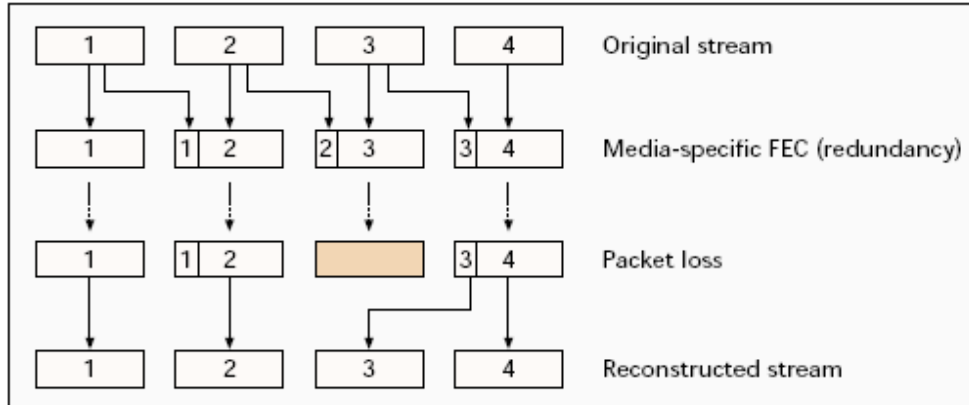


Figura 3 – *Media-Specific FEC*

Quando a unidade de dados é menor que o pacote de dados e o atraso fim-a-fim não é relevante, a técnica de *Interleaving* é benéfica para redução dos efeitos da perda de pacotes. As unidades de dados são reordenadas antes da transmissão, de forma que as unidades de dados adjacentes sejam separadas por uma distancia segura o suficiente para que possam ser ordenadas no destinatário. Por exemplo, caso a unidade de dados tenha 5 ms e o pacotes de dados 20 ms, então o primeiro pacote teria as unidade de dados 1, 5, 9 e 13, o segundo pacotes teria as unidades de dados 2, 6, 10 e 14, e assim sucessivamente. A figura 4 ilustra essa técnica.

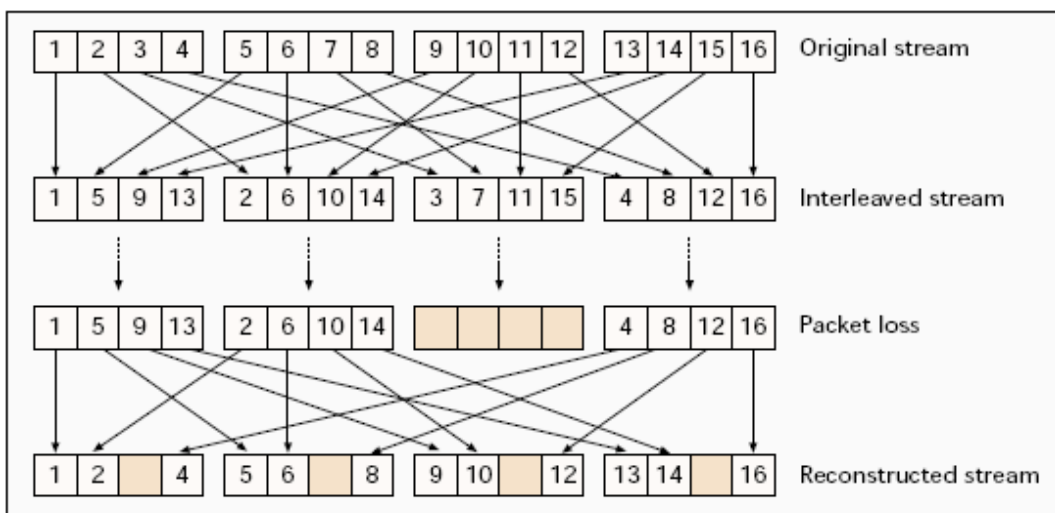


Figura 4 – *Interleaving*

A maior vantagem da técnica de *Interleaving* é que não requer aumento da taxa de transmissão, no entanto, há um aumento na latência para que a interpolação das unidades de dados possa ser realizada.

2. Retransmissão Ativa (Reativa)

Como as aplicações interativas requerem que o atraso fim-a-fim seja inferior a 250 ms, a técnica de retransmissão somente é adequada às aplicações mais tolerantes a atrasos.

A técnica SRM (*Scalable Reliable Multicast*) é amplamente utilizada. Quando um membro de uma transmissão *multicast* identifica a ocorrência de uma perda, ele aguardará por um período aleatório, calculado com base na distância do membro ao transmissor. Desta forma, os membros que encontram-se mais perto do transmissor e que também identificaram a perda irão enviar uma mensagem, também em *multicast*, solicitando a retransmissão do pacote perdido. Os demais membros que identificaram a mesma perda, e receberam a mensagem de retransmissão, não enviarão a sua própria mensagem de retransmissão, evitando que a rede seja inundada com mensagens de retransmissão.

Da mesma forma, membros que receberam a mensagem de retransmissão, e detêm o pacote perdido, podem enviar uma mensagem de resposta com o pacote perdido. Um mecanismo para evitar uma implosão de respostas é adotado.

Combinações de FEC e retransmissões foram propostas no intuito de prover aos membros de uma sessão *multicast* uma melhor qualidade na recepção.

3. Ocultação de Erros

Essas técnicas são utilizadas quando os esquemas de correção de erros e recuperação providos pelo transmissor são insuficientes para corrigir todos os erros, ou quando o transmissor de um fluxo contínuo de áudio é incapaz de participar do processo de recuperação de erros. O mecanismo de ocultação de erros baseia-se na substituição de um pacote perdido por um pacote similar ao original. Essa técnica aplica-se a transmissões com baixas perdas ($\leq 15\%$) e para pacotes pequenos (4-40 ms). Se as perdas se aproximam ao tamanho de fonema (5-100 ms), essa técnica torna-se ineficiente. Várias técnicas de inserção, interpolação e regeneração são abordadas pelos autores.

4. Recomendações

Para aplicações não interativas, onde a latência tem menos importância que a qualidade do sinal, os autores recomendam o uso da técnica de *Interleaving* associada a mecanismos de ocultação de erros. O esquema baseado em *Media-Independent FEC* apresenta uma performance melhor quando comparado com mecanismos de retransmissão, pois um pacote FEC pode corrigir muitos tipos de perdas.

Para aplicações interativas, tais como VoIP, o foco principal é minimizar o atraso fim-a-fim. Desta forma, é aceitável sacrificar a qualidade de forma que o atraso corresponda às expectativas. O atraso imposto pelas técnicas de *Interleaving*, Retransmissão e *Media-Independent FEC* não é aceitável para essas aplicações. Os autores recomendam o uso de técnicas baseadas em *Media-Specific FEC*, pois apresentam baixa latência e um acréscimo à banda de transmissão (*overhead*) aceitável.