

CODIFICAÇÃO ADPCM A TAXA DE BITS VARIÁVEL PARA

EQUIPAMENTOS MULTIPLICADORES DE CIRCUITOS DIGITAIS

César Henrique Belinazo

José Sindi Yamamoto

Centro de Pesquisa e Desenvolvimento - CPqD/TELEBRÁS

KM 118,5 Rodovia Campinas - Mogi Mirim (SP-340)

Caixa Postal 1579

Tel.: (0192) 59-1396

CEP 13085 - Campinas - SP

RESUMO

Neste trabalho é discutido o uso da codificação ADPCM ("Adaptive Differential Pulse Code Modulation") a taxa de bits variável (40, 32, 24 e 16 Kbit/s) combinado com a técnica DSI ("Digital Speech Interpolation") na implementação de um equipamento para aumentar a capacidade de transmissão de entroncamentos digitais. Neste equipamento, denominado Multiplicador de Circuitos Digitais (MCD), os sinais de voz devem ser codificados com 4, 3 ou 2 bits, dependendo das condições de tráfego. Para os sinais de dados na faixa de voz devem ser alocados continuamente 5 bits/amostra (40 Kbit/s) sob quaisquer condições de tráfego.

O uso da codificação ADPCM a taxas de bits variável de 40 a 16 Kbit/s é justificado baseado na probabilidade de ocorrência de "clipping" e nos resultados de desempenho apresentados pelo algoritmo de codificação.

I. INTRODUÇÃO

Uma técnica para aumentar a capacidade de transmissão de entroncamentos digitais, conhecida como DSI [1], consiste em aproveitar as pausas existentes nas conversações telefônicas para transmitir informações efetivas de outros canais. Estas pausas advêm do fato de que em uma conversação telefônica, enquanto um dos assinantes fala, o outro está apenas ouvindo (não se transmite nenhuma informação efetiva deste assinante que está ouvindo), e também das próprias pausas de pontuação e reflexão que são inerentes às conversações telefônicas. Como a sub-utilização dos entroncamentos devido a estas pausas é maior que 50%, é possível, então, duplicar a capacidade de transmissão destes entroncamentos, isto é, obter um fator de multiplicação ou ganho de 2:1 na capacidade do canal, utilizando-se da técnica DSI.

A codificação ADPCM, aproveitando-se da correlação existente entre as amostras sucessivas do sinal de voz, consegue, a uma taxa de 32 Kbit/s (4 bits/amostra), representar os sinais de voz com uma fidelidade muito próxima à da codificação PCM lei-A = 87,6, a qual utiliza uma taxa de 64 Kbit/s. Como a taxa de bits da

codificação ADPCM é a metade da utilizada na referida codificação PCM, é também possível obter um fator de multiplicação de 2:1 na capacidade do canal utilizando-se apenas a técnica de codificação ADPCM. Portanto, é possível a concepção de um equipamento MCD [2] que possibilita obter um fator de multiplicação de 4:1, através de uma arquitetura de processamento digital de sinais baseada na integração da técnica DSI com a codificação ADPCM a 32 Kbit/s.

Neste trabalho é mostrado, entretanto, que um fator de multiplicação maior, em torno de 6:1, pode ser obtido se uma codificação ADPCM a taxa de bits variável for utilizada, mantendo-se uma qualidade equivalente à codificação PCM lei-A.

II. MÉTODOS DE CONTROLE DE SATURAÇÃO EM SISTEMAS DSI

Uma questão associada à concepção de equipamentos MCD, diz respeito a como contornar a situação em que o número de canais ativos, aqueles com informação útil de voz, sinalização ou dados, exceder o número de canais de transmissão num determinado instante (condição de saturação).

Para contornar esta condição de saturação existem, basicamente, três métodos:

- i) "Freeze-out" dos canais excessivos;
- ii) Controle dinâmico do "freeze-out";
- iii) Alocação de um número menor de bits por canal e criação de novos canais com os bits extras.

No método i), durante a condição de saturação, os canais em excesso sofrem perda parcial de informação ("freeze-out") até que um canal de transmissão se torne disponível. Este método causa, portanto, uma degradação na qualidade de transmissão devido aos cortes ("clipping") no início dos surtos de sinais de voz. Um dos critérios normalmente aceitos para sistemas de alta qualidade é que a porcentagem de "clipping" que excede 50 ms deve ser menor que 2% [1].

Quando um fator de multiplicação maior é desejado, o método ii) pode ser usado. Neste método, a fim de garantir uma boa qualidade de voz durante condições de alto tráfego, o "freeze-out" é controlado e mantido abaixo de 5%, às custas de uma diminuição do fator de multiplicação.

O último método para controlar a condição de saturação consiste em alocar uma quantidade menor de bits por amostra para cada canal ativo, criando assim novos canais com os bits extras (canais de saturação) e evitando-se a ocorrência de "freeze-out". Este método causa uma redução na relação sinal/ruído de quantização durante o período de saturação devido ao menor número de bits por amostra. Entretanto, um ponto importante a ser observado é que a própria contribuição do ruído de linha mascara o acréscimo no ruído de quantização mas não pode mascarar a degradação devido à ocorrência de "freeze-out".

A figura 1 mostra o efeito do fator de multiplicação na qualidade do sinal de voz em termos de duração do "clipping" considerando-se uma taxa de ocupação de 80%, atividade média de 40% e um equipamento MCD com 244 bits disponíveis no frame para tráfego de voz. Três curvas são mostradas: a curva a) mostra a fração de "freeze-out" quando é usada uma codificação ADPCM a taxa fixa de 32 Kbit/s; a curva b) mostra a fração de "freeze-out" quando é usada uma codificação a taxa de bits variando de 32 até 24 Kbit/s, e a curva c) quando a taxa de

bits varia de 32 até 16 Kbit/s. Considerando-se o limite de 2% para "clipping" que excedem 50 ms, o método i) possibilita obter um fator de multiplicação de 5:1 sem uma severa degradação. Entretanto, com a criação de canais de saturação de 3 e 2 bits, segundo o método iii), um fator de multiplicação de até 8:1 pode ser obtido mantendo-se a probabilidade de ocorrência de "clipping" maior que 50 ms abaixo do limiar de 2%.

### III) CODEC ADPCM A TAXA DE BITS VARIÁVEL [3]

O codificador ADPCM considerado neste trabalho transcodifica sinais PCM de 8 bits, segundo a lei-A = 87,6, para ADPCM com comprimento variável (2, 3, 4 ou 5 bits). Analogamente, o decodificador transcodifica as amostras ADPCM para sinais PCM. Quando operando a taxas de 40 e 24 Kbit/s, o algoritmo ADPCM Variável mantém total compatibilidade com a recomendação G.72z [4], enquanto que a 32 Kbit/s mantém total compatibilidade com a recomendação G.721 [5]. A taxa de 16 Kbit/s, é obtida mudando-se o quantizador (apenas as características de quantização e os parâmetros envolvidos no processo de adaptação do quantizador foram reotimizados) enquanto que a estrutura do preditor é mantida de acordo com a recomendação G.721.

O codec ADPCM Variável opera a 40 Kbit/s para a transmissão de sinais de dados via modem. No caso de sinais de voz, o codec ADPCM Variável opera a uma taxa variável entre 32 e 16 Kbit/s, dependendo da atividade do canal.

### IV. DESEMPENHO DO CODEC ADPCM VARIÁVEL

Embora utilizando-se um codec ADPCM Variável de 40 a 16 Kbit/s seja possível obter um fator de multiplicação de 8:1 sob o ponto de vista de ocorrência de "clipping", a taxa média de bits do codec ADPCM Variável torna-se muito baixa, situando-se entre 24 e 16 Kbit/s, como pode ser visto na figura 2. Entretanto, testes subjetivos têm mostrado que a qualidade do codec ADPCM Variável a taxa de bits de aproximadamente 30 Kbit/s é praticamente equivalente à da codificação PCM lei-A. Esta taxa de bits corresponde ao caso de um equipamento MCD que recebe 6 tributários MCP-30 (180 canais de voz), considerando-se uma taxa de ocupação de 80% e atividade média em torno de 40%, com 244

bits disponíveis no frame para tráfego de voz.

Na figura 3 estão mostradas as curvas de relação sinal/ruído em função da potência média, segundo o método 2 da recomendação G.712, para o codec ADPCM Variável operando a taxa média de 30 Kbit/s e para os codecs a taxas fixas de 40, 32, 24 e 16 Kbit/s. Na figura 3.a, a relação sinal/ruído mostrada é para uma senóide de 820 Hz e, na figura 3.b, de 1.020 Hz. A degradação ocorrida, comparando-se o codec ADPCM Variável operando a 30 Kbit/s ao codec ADPCM a 32 Kbit/s é de, aproximadamente, 2 dB em média.

Na tabela 1 são apresentados os resultados de relação sinal-ruído segmental média e total, para um sinal de voz compostos de três frases masculinas e três frases femininas com duração de aproximadamente 6 segundos. Observa-se que a degradação para a taxa média de 30 Kbit/s é inferior para o sinal de voz do que para uma senóide e esta degradação não é perceptível subjetivamente.

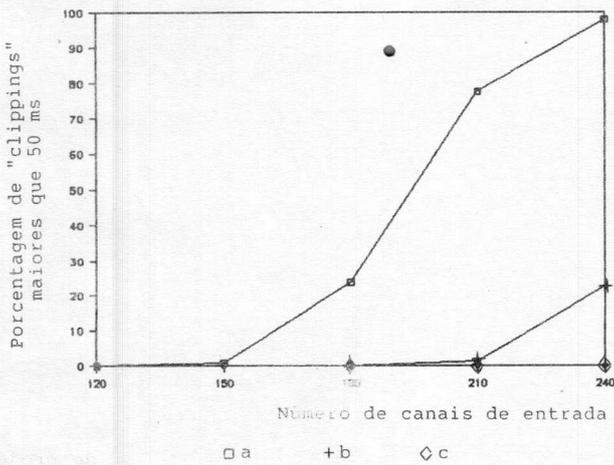


FIGURA 1 - Degradação em função do número de canais de entrada

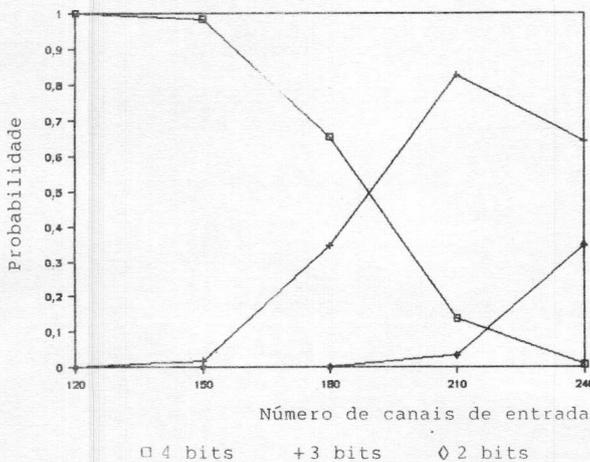
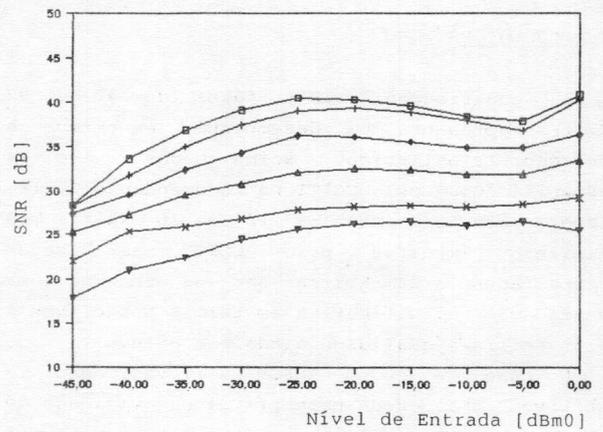
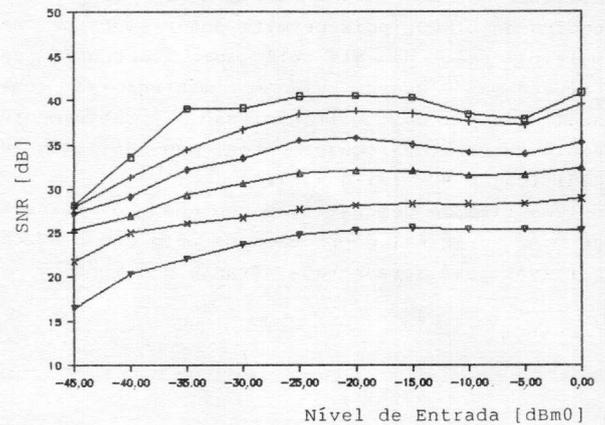


FIGURA 2 - Probabilidade de codificação com 4, 3 e 2 bits em função do número de canais de entrada



a)



b)

□ 64 kbit/s    + 40 kbit/s    ◇ 32 kbit/s  
 △ 30 kbit/s    × 24 kbit/s    ▽ 16 kbit/s

FIGURA 3 - Curvas de relação sinal/ruído  
 a) senóide de 820 Hz  
 b) senóide de 1.020 Hz

Taxa de Codificação (kbit/s)	Relação Sinal/Ruído (dB)	
	total	segmental
40	25,33	25,62
32	20,78	21,68
30	19,17	20,00
24	15,78	16,36
16	11,98	12,01

TABELA 1 - Relação sinal/ruído para sinal de voz

## V. CONCLUSÕES

A codificação ADPCM a taxas de 40 e 32 Kbit/s apresenta um desempenho, em termos de relação sinal/ruído, acima dos limites especificados pelo CCITT na recomendação G.712. Embora para as taxas de 24 e 16 Kbit/s os limites impostos pelo CCITT não sejam respeitados, a 24 Kbit/s não se observa uma degradação significativa em termos subjetivos e a 16 Kbit/s a qualidade ainda é aceitável.

No caso do codec ADPCM Variável, não se observou uma queda perceptível na qualidade do sinal de voz em relação aos resultados obtidos pelo codec a taxa fixa de 32 Kbit/s, pois o codec ADPCM Variável trabalha na maioria das vezes na taxa de 32 Kbit/s e, apenas esporadicamente, nas taxas de 24 ou 16 Kbit/s.

Estes resultados mostram que é vantajoso a utilização do codec ADPCM Variável em um equipamento MCD, pois permite obter um fator de multiplicação de até 6:1 com ocorrência de "freeze-out" quase nula e mantendo-se uma qualidade de transmissão praticamente equivalente à dos equipamentos que utilizam a codificação PCM lei-A = 87,6.

Uma fita de demonstração contendo os sinais de voz original e processados pelo codec ADPCM Variável será apresentada durante o simpósio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - S.J. Campanella, "Digital Speech Interpolation", Comsat Technical Review, Vol.6, nº1, pp.127-158, Spring 1976.
- 2 - J.S. Yamamoto, "Multiplicador de Circuitos Digitais - MXD.120", Relatório Técnico PDS - 022/87, CPqD, Outubro de 1987.
- 3 - C.H. Belinazo, "Codificador / Decodificador ADPCM com taxa de bits variável - 40, 32, 24 e 16 Kbit/s", Relatório Técnico PDS - 026/88, CPqD, Março de 1988.
- 4 - CCITT, "Extensions of Recommendation G.72z ADPCM to 24 and 40 Kbit/s for DCME Application", Julho de 1987.
- 5 - CCITT, "32 Kbit/s Adaptive Differential Pulse Code Modulation (ADPCM)", livro vermelho, Recomendação G.721, Outubro de 1984.