



Carlos Roberto da Costa Ferreira

Interpolação Modificada de LSF's

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Elétrica da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Abraham Alcaim

Rio de Janeiro

Abril de 2006



Carlos Roberto da Costa Ferreira

Interpolação Modificada de LSF's

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Abraham Alcaim
Orientador

Centro de Estudos em Telecomunicações – PUC-Rio

Prof. Fernando Gil Vianna Resende Jr.
COPPE/UFRJ

Prof. Sergio Lima Netto
COPPE/UFRJ

Prof. José Eugenio Leal
Coordenador Setorial do Centro
Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 07 de abril de 2006

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Carlos Roberto da Costa Ferreira

Graduou-se em Engenharia de Telecomunicações na Universidade Federal Fluminense.

Ficha Catalográfica

Ferreira, Carlos Roberto da Costa

Interpolação modificada de LSF's / Carlos Roberto da Costa Ferreira ; orientador: Abraham Alcaim. – Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Engenharia Elétrica, 2006.

75 f. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Elétrica.

Inclui referências bibliográficas.

1. Engenharia elétrica – Teses 2. Processamento de sinais 3. Técnicas digitais. 4. Sistema de processamento da fala. I. Alcaim, Abraham. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Elétrica. III. Título.

CDD: 621.3

Agradecimentos

Ao meu orientador Abraham Alcaim.

Aos meus pais e demais familiares.

Aos colegas do CETUC

A CAPES.

Resumo

Ferreira, Carlos Roberto da Costa; Alcaim, Abraham (Orientador). **Interpolação Modificada de LSF's**. Rio de Janeiro, 2006. 75p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Os novos serviços de telecomunicações têm impulsionado o desenvolvimento de melhorias nos algoritmos de codificação de voz, devido à necessidade de se melhorar a qualidade da voz codificada, utilizando a menor taxa de transmissão possível. Esta dissertação analisa e propõe melhorias em um método para o ajuste de parâmetros LSFs de modo a torná-los mais precisos, minimizando as perdas no processo de interpolação de LSFs codificadas. Com isso, a percepção de qualidade da voz sintetizada na saída do decodificador é aumentada, sem que seja necessário aumento da taxa de transmissão. É apresentada de modo detalhado toda a dedução matemática do método citado. Para a avaliação de desempenho das melhorias propostas, o processo de ajuste é implementado em um codificador a taxas médias inferiores a 2 kb/s. Os resultados confirmam que é possível obter redução significativa nas medidas de distorção com a utilização do ajuste de LSFs.

Palavras-chave

Engenharia Elétrica; Processamento de Sinais; Técnicas Digitais; Sistema de Processamento da Fala.

Abstract

Ferreira, Carlos Roberto da Costa; Alcaim, Abraham (Advisor). **Modified Interpolation of LSF's**. Rio de Janeiro, 2006. 75p. MSc. Dissertation - Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The new telecommunications services have been pushing forward the development of improvements in speech coding, because of the need to improve coded speech quality, using the smallest transmission rate possible. This thesis analyzes and proposes improvements in a method to adjust LSF parameters so they get more accurate, minimizing the losses in the coded LSFs interpolation process. With this, the synthesized speech perceptual quality in the decoder exit is increased, without having to increase the transmission rate. The mathematical deduction of the method is presented in a detailed way. To evaluate the performance of the proposed improvements, the adjust process is implemented in a speech coder with mean rates less than 2 kb/s. The results confirmed that is possible to obtain significant reduction in distortion measures using the adjustment of LSFs.

Keywords

Electrical Engineering; Signal Processing; Digital Technics; Speech Processing System.

Sumário

1. Introdução	10
1.1. Motivação e Objetivos	10
1.2. Organização da Dissertação	11
2. Codificação de Voz	13
2.1. Análise LPC	14
2.2. Parâmetros LSF	16
2.3. Descrição do codificador	17
3. Ajuste das LSF's usando a distância LSF euclidiana ponderada (d_{LSF})	19
3.1. Interpolação linear das LSF's e a distância LSF euclidiana ponderada (d_{LSF})	19
3.2. Ajuste sem atraso	22
3.3. Ajuste com atraso	24
3.4. A distorção espectral (DE) e os coeficientes de otimização	27
3.5. Condições experimentais e resultados de simulações	29
3.5.1. Simulações com os coeficientes apresentados em [11]	30
3.5.2. Obtenção dos novos coeficientes de otimização	31
3.6. Desempenho dos novos coeficientes minimizando a DE	33
3.6.1. Análise dos resultados obtidos antes da quantização	33
3.6.2. Análise dos resultados obtidos após a quantização	37
3.6.3. Resultados da medida PESQ	41
3.7. Desempenho dos novos coeficientes minimizando a d_{LSF}	41
3.7.1. Análise dos resultados obtidos antes da quantização	41
3.7.2. Análise dos resultados obtidos após a quantização	46
3.7.3. Resultados da medida PESQ	49
4. Ajuste de LSF's usando a distorção espectral (DE) aproximada	51
4.1. Aproximação da DE através da d_{LSF}	51
4.2. Expressão da DE em função dos coeficientes LSF	56
4.3. Ajuste visando minimizar a DE aproximada	57
4.3.1. Ajuste sem atraso	57
4.3.2. Ajuste com atraso	60
4.4. Resultados de simulação usando minimização da DE aproximada	62
4.4.1. Análise dos resultados obtidos antes da quantização	62
4.4.2. Análise dos resultados obtidos após a quantização	65
4.4.3. Resultados da medida PESQ	60
5. Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros	70
5.1. Resumo e principais conclusões	70
5.2. Sugestões para Trabalhos Futuros	72
Referências bibliográficas	74

Lista de figuras

Figura 2.1 – Posição do ajuste de LSFs no codificador	13
Figura 2.2 – Modelo de produção da fala	14
Figura 2.3 – Interpolação de parâmetros LSF	15
Figura 2.4 – Diagrama em blocos do codificador e do decodificador	18
Figura 3.1 – Relação entre os coeficientes LSF e o sinal de voz	20
Figura 3.2 – Comparação entre os coeficientes LSF referências e interpolados	21
Figura 3.3 – Tendência dos novos coeficientes de otimização	32
Figura 3.4 – DE média antes da quantização utilizando os novos coeficientes	34
Figura 3.5 - Outliers de 2-4% antes da quantização utilizando os novos coeficientes	35
Figura 3.6 - Outliers >4% antes da quantização utilizando os novos coeficientes	36
Figura 3.7 - d_{LSF} antes da quantização utilizando os novos coeficientes	37
Figura 3.8 - DE média após a quantização utilizando os novos coeficientes	38
Figura 3.9 – Outliers 2-4% após a quantização utilizando os novos coeficientes	39
Figura 3.10 – Outliers >4% após a quantização utilizando os novos coeficientes	40
Figura 3.11 – d_{LSF} após a quantização utilizando os novos	40
Figura 3.12 – DE média antes da quantização utilizando os novos coeficientes	43
Figura 3.13 – Outliers 2-4% antes da quantização utilizando os novos coeficientes	44
Figura 3.14 – Outliers >4% antes da quantização utilizando os novos coeficientes	44
Figura 3.15 – d_{LSF} antes da quantização utilizando os novos coeficientes	45
Figura 3.16 – DE média após a quantização utilizando novos coeficientes	47
Figura 3.17 – Outliers 2-4% após a quantização utilizando novos	48
Figura 3.18 – Outliers >4% após a quantização utilizando novos coeficientes	48
Figura 3.20 – d_{LSF} após a quantização utilizando novos coeficientes	49
Figura 4.1 – Gráfico de dispersão mostrando a relação entre DE e d_{LSF}	52
Figura 4.2 – DE média x número de sub-quadros	63
Figura 4.3 – Outliers de 2-4% x número de sub-quadros	64
Figura 4.4 – Outliers >4% x número de sub-quadros	64
Figura 4.5 – d_{LSF} x número de sub-quadros	65
Figura 4.6 – DE média x número de sub-quadros	66
Figura 4.7 – Outliers 2-4% x número de sub-quadros	67
Figura 4.8 – Outliers >4% x número de sub-quadros	68
Figura 4.9 – d_{LSF} x número de sub-quadros	68

Lista de tabelas

Tabela 2.1 – Alocação de bits.	17
Tabela 3.1 – Coeficientes de otimização apresentados em [11].	28
Tabela 3.2 – Medidas referenciais realizadas sem ajuste de LSF's.	30
Tabela 3.3 – Medidas antes do quantizador utilizando coeficientes apresentados em [11].	30
Tabela 3.4 – Medidas após a quantização utilizando coeficientes apresentados em [11].	31
Tabela 3.5 – Novos coeficientes de otimização que minimizam a DE.	32
Tabela 3.6 – Novos coeficientes de otimização que minimizam a d_{LSF} .	33
Tabela 3.7 – Medidas antes de quantizar minimizando DE utilizando novos coeficientes.	33
Tabela 3.8 - Medidas após quantizar minimizando a DE utilizando os novos coeficientes.	37
Tabela 3.9 – Resultados da medida PESQ.	41
Tabela 3.10 – Medidas antes de quantizar minimizando a d_{LSF} com novos coeficientes..	42
Tabela 3.11 – Medidas após a quantização minimizando a d_{LSF} com novos coeficientes.	46
Tabela 3.12 – Resultados da medida PESQ	50
Tabela 4.1 – Avaliação da aproximação da DE	56
Tabela 4.2 – Resultados obtidos antes da quantização	62
Tabela 4.3 – Resultados obtidos após a quantização.	65
Tabela 4.4 – Resultados da medida PESQ	69