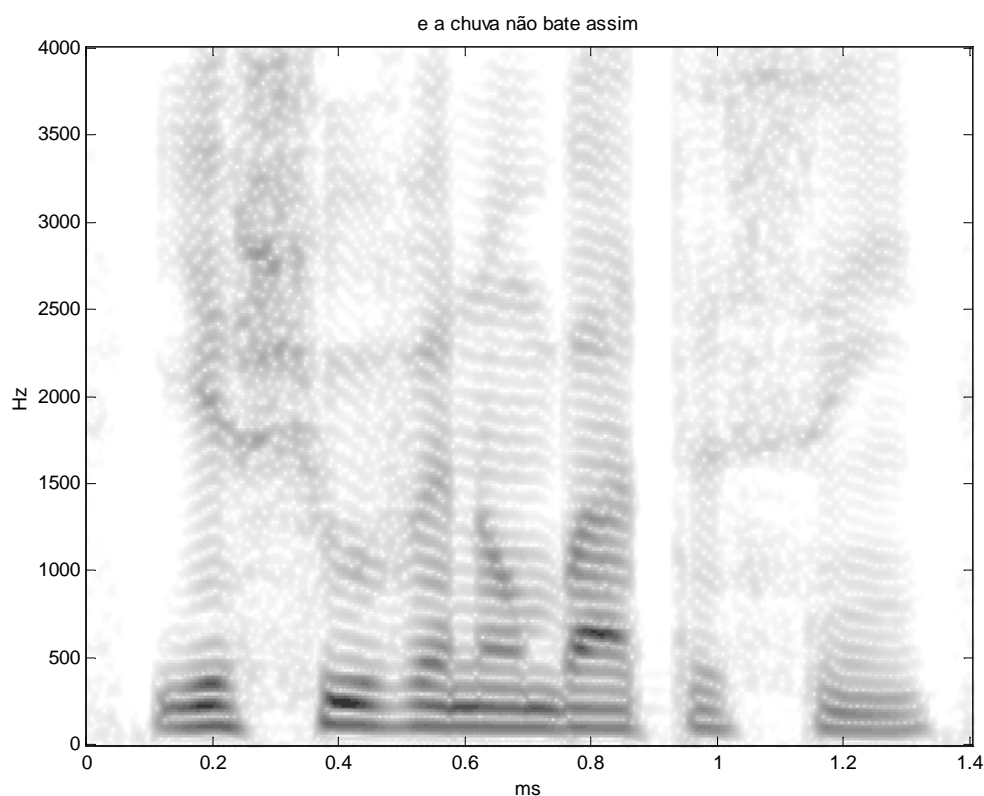


INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ELECTRÓNICA E
TELECOMUNICAÇÕES E DE COMPUTADORES
SECÇÃO DE COMUNICAÇÕES E PROCESSAMENTO DE SINAIS



PROCESSAMENTO DIGITAL DE FALA

CARLOS EDUARDO DE MENESES RIBEIRO

Mai de 2012

ÍNDICE:

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Processamento digital de fala	2
1.1.1 <i>Codificação de fala</i>	2
1.1.2 <i>Síntese de fala</i>	3
1.1.3 <i>Reconhecimento de fala</i>	4
1.1.4 <i>Verificação e identificação do orador</i>	4
1.2 Objectivos deste texto	5

1ª PARTE

PRODUÇÃO E MODELAÇÃO DE FALA

2. PRODUÇÃO DE FALA.....	11
2.1 O processo de produção de fala.....	12
2.1.1 <i>Vozeamento</i>	13
2.1.2 <i>Formantes</i>	15
2.2 Classificação fonética	16
2.2.1 <i>Vogais</i>	19
2.2.2 <i>Glides</i>	23
2.2.3 <i>Oclusivas</i>	24
2.2.4 <i>Fricativas</i>	25
2.2.5 <i>Nasais</i>	26
2.2.6 <i>Líquidas</i>	27
2.2.7 <i>Ponto de articulação das consoantes</i>	28
2.3 Coarticulação	28
2.4 Transcrição Fonética	29
3. ANÁLISE DE FALA	29
3.1 Predição Linear	30
3.1.1 <i>Codificação por predição - princípios gerais</i>	31
3.1.2 <i>Preditor de primeira ordem unitário</i>	33
3.1.3 <i>Preditor de primeira ordem adaptativo</i>	35
3.1.4 <i>Predição linear de sinais de fala</i>	37
3.1.5 <i>Filtro de síntese de predição linear</i>	39
3.1.6 <i>Estimação da envolvente espectral</i>	41
3.1.7 <i>Modelo do tracto vocal</i>	42
3.1.8 <i>Métodos de análise</i>	43
3.2 Coeficientes LSF	47

3.3	Estimação de formantes.....	49
3.3.1	<i>Método dos máximos do espectro.....</i>	49
3.3.2	<i>Método das raízes do filtro de predição linear.....</i>	50
3.3.3	<i>Método dos coeficientes LSF.....</i>	51
3.4	Análise cepstral.....	53
3.5	Estimação da Frequência Fundamental.....	56
3.5.1	<i>Método da Autocorrelação.....</i>	56
3.5.2	<i>Método da função de correlação cruzada normalizada.....</i>	59
3.5.3	<i>Métodos no domínio da frequência.....</i>	60
3.5.4	<i>Pitch Fraccionário.....</i>	60
3.6	Identificação do género do orador.....	61
3.7	Detecção de actividade de voz.....	63
3.7.1	<i>Detecção de palavras isoladas.....</i>	63
3.7.2	<i>Detecção de fala contínua.....</i>	66
4.	SÍNTESE DE FALA.....	67
4.1	Síntese por predição linear.....	70
4.1.1	<i>Predição de longa duração.....</i>	70
4.1.2	<i>Vocoder LPC.....</i>	72
4.2	Modelo do pulso glotal.....	73
4.3	Síntese sinusoidal.....	76
4.4	Síntese de formantes.....	77
4.5	Síntese por concatenação.....	79
4.6	Disfarce da informação.....	81

2ª PARTE

CODIFICAÇÃO DE FALA

5.	ATRIBUTOS DOS CODIFICADORES DE FALA.....	87
5.1	Débito binário.....	88
5.2	Qualidade.....	90
5.2.1	<i>MOS.....</i>	92
5.2.2	<i>Inteligibilidade.....</i>	92
5.2.3	<i>Reconhecibilidade do orador.....</i>	94
5.3	Atraso.....	95

5.4 Complexidade e memória necessária	96
5.5 Sensibilidade a erros de canal	97
5.6 Conclusões	99
6. QUANTIFICAÇÃO	101
6.1 Quantificação uniforme.....	102
6.2 Quantificação não uniforme	103
6.3 Quantificação óptima.....	109
6.4 Quantificação vectorial	112
6.5 Quantificação dos coeficientes LPC	115
6.5.1 <i>Coefficientes de Reflexão</i>	116
6.5.2 <i>Coefficientes LAR</i>	116
6.5.3 <i>Coefficientes LSF</i>	117
6.6 Quantificação de F0.....	119
7. MÉTODOS DE CODIFICAÇÃO DE FALA	121
7.1 Codificação de forma de onda	126
7.1.1 <i>Codificadores no domínio do tempo</i>	126
7.1.2 <i>Codificadores no domínio da frequência</i>	130
7.2 Vcoders	132
7.3 Codificação análise-por-síntese baseada em predição linear	135
7.3.1 <i>Codificador multi-pulso</i>	138
7.3.2 <i>Codificador RPE</i>	139
7.3.3 <i>Codificador CELP</i>	140
7.3.4 <i>Codificador LD-CELP</i>	145
7.3.5 <i>Codificador CS-ACELP</i>	147
7.4 Codificação sinusoidal	151
7.5 Codificação MELP	155
7.6 Codificação WI	159
7.7 Codificação a muito baixo débito binário	163
7.7.1 <i>Quantificação vectorial</i>	164
7.7.2 <i>Interpolação entre tramas</i>	164
7.7.3 <i>Quantificação de super-tramas</i>	165
7.7.4 <i>Quantificação matricial</i>	166
7.7.5 <i>Quantificação segmental</i>	167
7.8 Conclusões e perspectivas futuras	172

3ª PARTE

RECONHECIMENTO DE FALA

8. INTRODUÇÃO AO RECONHECIMENTO DE FALA	
9. DTW	
10. MODELOS DE MARKOV NÃO OBSERVÁVEIS.....	171
10.1 Processo Discreto de Markov	190
10.2 Elementos de um HMM	193
10.3 Geração de sequências de símbolos.....	194
10.4 Os três problemas básicos dos HMM.....	194
10.5 Determinação da probab. de uma sequência de observações ...	195
10.6 Determinação da sequência de estados.....	198
10.7 Estimação de parâmetros	199
10.8 Aplicação dos HMM em reconhecimento.....	201
11. VERIFICAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DO ORADOR	
LISTA DE ACRÓNIMOS.....	205
BIBLIOGRAFIA	209

1ª PARTE

PRODUÇÃO E

MODELAÇÃO DE FALA

2ª PARTE
CODIFICAÇÃO DE FALA

3ª PARTE

RECONHECIMENTO DE FALA