

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



Guilherme Machado Goehringer

**Algoritmo Rápido de Estimação
Adaptativo ao Movimento Aplicado ao
Codificador Padrão H.264/AVC**

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 En-
genharia Elétrica da PUC-Rio

Orientador: Prof. Abraham Alcaim

Rio de Janeiro
Setembro de 2007



Guilherme Machado Goehringer

**Algoritmo Rápido de Estimação
Adaptativo ao Movimento Aplicado ao
Codificador Padrão H.264/AVC**

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

Departamento de Engenharia Elétrica — PUC-Rio

Prof. Eduardo Antônio Barros da Silva

COPPE/UFRJ

Prof. Gelson Vieira Mendonça

COPPE/UFRJ

Prof. José Eugênio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico —
PUC-Rio

Rio de Janeiro, 14 de Setembro de 2007

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

Guilherme Machado Goehringer

Graduou-se em Engenharia Elétrica na Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Rio de Janeiro, Brasil), onde cursou a ênfase em Engenharia de Telecomunicações. Desde sua formação atuou em empresas, desenvolveu trabalhos acadêmicos e ministrou palestras e treinamentos na área de processamento digital de imagens, especializando-se em compressão de vídeo.

Ficha Catalográfica

Goehringer, Guilherme Machado

Algoritmo Rápido de Estimação Adaptativo ao Movimento Aplicado ao Codificador Padrão H.264/AVC/ Guilherme Machado Goehringer; orientador: Abraham Alcaim. — Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Engenharia Elétrica, 2007.

v., 78 f: il. ; 29,7 cm

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

Inclui referências bibliográficas.

1. Engenharia Elétrica. 2. Sistemas de TV Digital. 3. Processamento Digital de Imagens. 4. Padrões de Compressão de Vídeo. 5. Estimação de Movimento. I. Alcaim, Abraham. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Elétrica. III. Título.

CDD: 510

Agradecimentos

Ao meu orientador Professor Abraham Alcaim pelo apoio, dedicação, conhecimento e incentivo no desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus pais Ivalda de Oliveira Machado Goehringer e Richard Hermann Goehringer e a minha namorada Marina Bueno que sempre me apoiaram nos momentos difíceis, dando o suporte necessário para que essa dissertação de Mestrado se tornasse realidade.

Aos amigos Leonardo Coelho e Juliana Freire pelas aulas em linguagem de programação.

Aos meus amigos da Sky que me apoiaram no caminho desta jornada.

Resumo

Goeringer, Guilherme Machado; Alcaim, Abraham (Orientador). **Algoritmo Rápido de Estimação Adaptativo ao Movimento Aplicado ao Codificador Padrão H.264/AVC**. Rio de Janeiro, 2007. 78p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

As técnicas de estimação de movimento utilizadas nos padrões de compressão de vídeo proporcionam a utilização mais eficiente dos recursos de transmissão e armazenamento, através da redução do número de bits necessários para representar um sinal de vídeo e da conservação da qualidade do conteúdo que está sendo processado. O objetivo dessa dissertação de Mestrado é propor um novo algoritmo capaz de reduzir a grande complexidade computacional envolvida nestas técnicas, mantendo a qualidade do sinal reconstruído. Dessa maneira, apresenta-se um algoritmo AUMHS (*Adaptive Unsymmetrical-cross Multi-Hexagon-grid Search*) o qual traz como principais modificações ao algoritmo UMHS (*Unsymmetrical-cross Multi-Hexagon-grid Search*) a implementação de uma medida de movimento que classifica as cenas de uma sequência de vídeo de acordo com o movimento detectado para posterior adequação dos parâmetros de estimação de movimento e de outros parâmetros do codificador. Como resultado apresenta-se um ganho expressivo na velocidade de processamento, e conseqüente redução do custo computacional, conservando-se a qualidade obtida pelos principais algoritmos da literatura. O algoritmo foi implementado no codificador do padrão H.264/AVC onde realizou-se análises comparativas de desempenho com os algoritmos UMHS e FSA através da medição de parâmetros como PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*), tempo de processamento do codificador, tempo de processamento do módulo de estimação de movimento, taxa de bits utilizada e avaliação subjetiva informal.

Palavras-chave

Processamento Digital de Imagens; Padrões de Compressão de Vídeo; Algoritmos de Estimação de Movimento; Codificadores de Vídeo; Sistemas de TV Digital; Avaliação Subjetiva; Avaliação Objetiva.

Abstract

Goeringer, Guilherme Machado; Alcaim, Abraham (Advisor). **Fast Motion Adaptive Estimation Algorithm Applied to the H.261/AVC Standard Coder**. Rio de Janeiro, 2007. 78p. MSc. Dissertation – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The motion estimation techniques used by the vídeo compression standards provide an efficient utilization of the transmission and storage resources, through the reduction of the number of bits required to represent a video signal and the conservation of the content quality that is being processed. The objective of this work is to propose a new algorithm capable of reducing the great computational complexity involved in the motion estimation techniques, keeping the quality of the reconstructed signal. In this way, we present an algorithm called AUMHS (Adaptive Unsymmetrical-cross Multi-Hexagon-grid Search) which brings as main modifications relative to the UMHS (Unsymmetrical-cross Multi-Hexagon-grid Search) the implementation of a movement measure that can classify the scenes of a video sequence according to the motion detected for posterior adequacy of the motion estimation and others coder parameters. As result we present an expressive gain in the processing speed, and consequent computational cost reduction, conserving the same quality of the main algorithms published in the literature. The algorithm was implemented in the H.264/AVC coder in order to proceed with comparative analysis of performance together with the UMHS and FSA algorithms, measuring parameters as PSNR (Peak Signal you the Noise Ratio), coding processing time, motion estimation time, bit rate, and informal subjective evaluation.

Keywords

Digital Image Processing; Video Compression Standards; Motion Estimation Algorithms; Video Coders; Digital TV Systems; Subjective Evaluation; Objective Evaluation.

Conteúdo

1	Introdução	11
1.1	Motivação e Relevância	11
1.2	Objetivos da Dissertação	13
1.3	Organização do Texto	13
2	Técnicas de Codificação de Vídeo	14
2.1	Princípios de Codificação de Vídeo	14
2.2	Codificação Espacial	15
2.3	Codificação Temporal	23
3	Técnicas Utilizadas no Padrão H.264/AVC	26
3.1	Introdução	26
3.2	Camada de Abstração de Rede	27
3.3	Camada de Codificação de Vídeo	27
3.4	Perfis e Níveis	33
4	Descrição dos Algoritmos de Estimação de Movimento	35
4.1	Introdução	35
4.2	Casamento de Blocos	35
5	Algoritmo UMHS Adaptativo ao Movimento	44
5.1	Introdução	44
5.2	Algoritmo AUMHexagonS	45
6	Análise dos Resultados	53
6.1	Introdução	53
6.2	Ambiente das Simulações	53
6.3	Parâmetros das Simulações	54
6.4	Resultados	57
7	Sumário e Conclusões	73
7.1	Conclusões	73
7.2	Contribuições	74
7.3	Trabalhos Futuros	74
	Referências Bibliográficas	76

Lista de Figuras

2.1	Processo realizado pela DCT 2D	15
2.2	Funções base da DCT 8 x 8	16
2.3	Exemplo de Transformação pela DCT	17
2.4	Erro de Quantização	18
2.5	Quantizadores Escalares	20
2.6	Coeficientes DCT quantizados com dois passos de quantização diferentes	21
2.7	Varredura Zig-Zag	22
2.8	<i>Run-Length Coding</i>	22
2.9	Codificador com predição inter-quadros	23
2.10	(a) Ordem Temporal (b) Ordem de Codificação	25
3.1	Camadas do padrão H.264	27
3.2	Estrutura básica de um CODEC H.264	28
3.3	Tipos de blocos para estimação de movimento no padrão H.264	29
3.4	Múltiplos quadros para referência no padrão H.264	30
3.5	Subdivisão da imagem em <i>slices</i>	30
3.6	Subdivisão de uma imagem em <i>slices</i> , utilizando FMO	31
3.7	(a) Sem filtro <i>deblocking</i> (b) Com filtro <i>deblocking</i>	33
5.1	Processo de busca do algoritmo UMHExagonS, com W=16	47
5.2	Blocos usados para cálculo do preditor mediano	47
5.3	Tipos de blocos para estimação de movimento no padrão H.264	49
6.1	Quadro de imagem, da sequência <i>walk</i> , codificado com os algoritmos FSA, UMHS e AUMHS.	59
6.2	Quadro de imagem, da sequência <i>foreman</i> , codificado com os algoritmos FSA, UMHS e AUMHS.	61
6.3	Quadro de imagem, da sequência <i>container</i> , codificado com os algoritmos FSA, UMHS e AUMHS.	63
6.4	Quadro de imagem, da sequência <i>stockholm</i> , codificado com o algoritmo FSA.	68
6.5	Quadro de imagem, da sequência <i>stockholm</i> , codificado com o algoritmo UMHS.	69
6.6	Quadro de imagem, da sequência <i>stockholm</i> , codificado com o algoritmo AUMHS.	69
6.7	Quadro de imagem, da sequência <i>stockholm</i> , codificado com o algoritmo FSA.	71
6.8	Quadro de imagem, da sequência <i>stockholm</i> , codificado com o algoritmo UMHS.	71
6.9	Quadro de imagem, da sequência <i>stockholm</i> , codificado com o algoritmo AUMHS.	72

Lista de Tabelas

2.1	Exemplo de Quantização de Coeficientes DCT com três Passos de Quantização diferentes.	20
6.1	Resultado das simulações com o algoritmo FSA utilizando a sequência <i>walk</i> .	58
6.2	Resultado das simulações com o algoritmo UMHS utilizando a sequência <i>walk</i> .	58
6.3	Resultado das simulações com o algoritmo AUMHS utilizando a sequência <i>walk</i> .	59
6.4	Análise comparativa entre os algoritmos FSA e AUMHS para a sequência <i>walk</i> .	59
6.5	Análise comparativa entre os algoritmos UMHS e AUMHS para a sequência <i>walk</i> .	60
6.6	Resultado das simulações com o algoritmo FSA utilizando a sequência <i>foreman</i> .	60
6.7	Resultado das simulações com o algoritmo UMHS utilizando a sequência <i>foreman</i> .	61
6.8	Resultado das simulações com o algoritmo AUMHS utilizando a sequência <i>foreman</i> .	61
6.9	Análise comparativa entre os algoritmos FSA e AUMHS para a sequência <i>foreman</i> .	62
6.10	Análise comparativa entre os algoritmos UMHS e AUMHS para a sequência <i>foreman</i> .	62
6.11	Resultado das simulações com o algoritmo FSA utilizando a sequência <i>container</i> .	63
6.12	Resultado das simulações com o algoritmo UMHS utilizando a sequência <i>container</i> .	63
6.13	Resultado das simulações com o algoritmo AUMHS utilizando a sequência <i>container</i> .	64
6.14	Análise comparativa entre os algoritmos FSA e AUMHS para a sequência <i>container</i> .	64
6.15	Análise comparativa entre os algoritmos UMHS e AUMHS para a sequência <i>container</i> .	65
6.16	Resultado das simulações com o algoritmo FSA utilizando a sequência <i>stockholm</i> e o primeiro conjunto de parâmetros de simulação.	65
6.17	Resultado das simulações com o algoritmo UMHS utilizando a sequência <i>stockholm</i> e o primeiro conjunto de parâmetros de simulação.	66
6.18	Resultado das simulações com o algoritmo AUMHS utilizando a sequência <i>stockholm</i> e o primeiro conjunto de parâmetros de simulação.	66

6.19	Análise comparativa entre os algoritmos FSA e AUMHS para a sequência <i>stockholm</i> e o primeiro conjunto de parâmetros de simulação.	67
6.20	Análise comparativa entre os algoritmos UMHS e AUMHS para a sequência <i>stockholm</i> e o primeiro conjunto de parâmetros de simulação.	67
6.21	Resultado das simulações com o algoritmo FSA utilizando a sequência <i>stockholm</i> e o segundo conjunto de parâmetros de simulação.	68
6.22	Resultado das simulações com o algoritmo UMHS utilizando a sequência <i>stockholm</i> e o segundo conjunto de parâmetros de simulação.	69
6.23	Resultado das simulações com o algoritmo AUMHS utilizando a sequência <i>stockholm</i> e o segundo conjunto de parâmetros de simulação.	70
6.24	Análise comparativa entre os algoritmos FSA e AUMHS para a sequência <i>stockholm</i> e o segundo conjunto de parâmetros de simulação.	70
6.25	Análise comparativa entre os algoritmos UMHS e AUMHS para a sequência <i>stockholm</i> e o segundo conjunto de parâmetros de simulação.	70