

Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

Trần Mạnh Tuấn

Nén ảnh trong thông tin số thế hệ sau

Chuyên ngành: Kỹ thuật Viễn thông

- Mã số: 62.52.70.05

- Họ và tên NCS: Trần Mạnh Tuấn

- Người hướng dẫn khoa học:

1- TS. Phùng Kim Anh

2- TS. Nguyễn Hữu Hậu

LỜI CAM ĐOAN

Tôi cam đoan các kết quả nghiên cứu đưa ra trong luận án này dựa trên các kết quả thu được trong quá trình nghiên cứu của riêng tôi, không sao chép bất kỳ kết quả nghiên cứu nào của các tác giả khác. Nội dung của luận án có tham khảo và sử dụng một số thông tin, tài liệu từ các nguồn sách, tạp chí được liệt kê trong danh mục các tài liệu tham khảo.

Trần Mạnh Tuấn

LỜI CẢM ƠN

Luận án Tiến sĩ kỹ thuật này được thực hiện tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông. Tôi xin chân thành cảm ơn TS. Phùng Kim Anh và TS. Nguyễn Hữu Hậu đã trực tiếp tận tình hướng dẫn, giúp đỡ, tạo mọi điều kiện thuận lợi cho tôi trong suốt quá trình nghiên cứu.

Tôi xin cảm ơn Ban lãnh đạo Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông, khoa Quốc tế và Sau đại học đã giúp đỡ tôi rất nhiều trong quá trình nghiên cứu, tạo mọi điều kiện thuận lợi về mặt thủ tục cho hoạt động nghiên cứu của tôi.

Tôi xin cảm ơn tập thể lãnh đạo Cục Viễn thông - Bộ Thông tin và Truyền thông cùng các đồng nghiệp đã luôn động viên, tạo điều kiện thuận lợi để tôi hoàn thành luận án.

Cuối cùng, tôi xin được bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc tới toàn thể gia đình, bạn bè đã luôn động viên, khích lệ tinh thần để tôi có đủ nghị lực hoàn thành luận án.

Trần Mạnh Tuấn

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
MỤC LỤC.....	iii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT.....	v
DANH MỤC CÁC BẢNG.....	vii
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ	viii
MỞ ĐẦU.....	1
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ NÉN VIDEO.....	7
1.1. Giới thiệu.....	7
1.2. Độ dư trong tín hiệu video, nhu cầu cần thiết nén video	8
1.2.1. Độ dư trong tín hiệu video	8
1.2.2. Nhu cầu cần thiết nén video	13
1.3. Khái niệm về nén video	13
1.4. Yêu cầu về ứng dụng nén video, một số kỹ thuật nén video	18
1.4.1. Yêu cầu về ứng dụng nén video	18
1.4.2. Một số kỹ thuật nén video	21
1.5. Kết luận	33
CHƯƠNG 2: TỔNG QUAN VỀ ƯỚC LƯỢNG CHUYỂN ĐỘNG CỦA ẢNH...34	
2.1. Giới thiệu.....	34
2.2. Ước lượng chuyển động và các phương pháp ước lượng chuyển động	34
2.2.1. Ước lượng chuyển động.....	34
2.2.2. Các phương pháp ước lượng chuyển động.....	39
2.3. Kết luận	62
CHƯƠNG 3: ƯỚC LƯỢNG CHUYỂN ĐỘNG BẰNG CÁC GIẢI PHÁP MỚI...64	
3.1. Giới thiệu.....	64
3.2. Ước lượng chuyển động bằng Kalman	65
3.2.1. Đặt bài toán.....	65
3.2.2. Ước lượng chuyển động của ảnh bằng thuật toán Kalman	66
3.3. Ước lượng chuyển động tối ưu của ảnh trong video.....	72
3.3.1. Đặt bài toán.....	72
3.3.2. Ước lượng chuyển động tối ưu của ảnh trong video.....	73

3.4. Ước lượng chuyển động của ảnh bằng phương pháp mù	76
3.4.1. Đặt bài toán.....	76
3.4.2. Ước lượng chuyển động của ảnh bằng phương pháp mù.....	77
3.5. Kết luận	92
CHƯƠNG 4: MỘT SỐ KẾT QUẢ TÍNH TOÁN SỐ	94
4.1. Giới thiệu.....	94
4.2. Thiết lập mô phỏng	94
4.2.1. Phương pháp Bayes	94
4.2.2. Phương pháp Kalman	97
4.3. Kết quả và bàn luận.....	100
4.4. Kết luận	109
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	110
DANH MỤC CÔNG TRÌNH CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ	113
DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO	114

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT

BDM	Block Distortion Measure	Độ đo biến dạng khối
BMA	Block-Matching Algorithm	Thuật toán phối hợp khối
BMME	Block-Matching Motion Estimation	Ước lượng chuyển động phối hợp khối
DC	Direct Current	Dòng một chiều
DCT	Discrete Cosine Transform	Biến đổi Cosine rời rạc
DFD	Displaced Frame Difference	Hiệu dịch chuyển khung
DFT	Discrete Fourier Transform	Biến đổi Fourier rời rạc
DMS	Discrete Memoryless Source	Nguồn không nhớ rời rạc
DPCM	Differential Pulse Code Modulation	Điều chế xung mã vi sai
DVB-H	Digital Video Broadcasting - Handheld	Phát quảng bá video kỹ thuật số - Thiết bị cầm tay
ECC	Error Correction Code	Mã sửa sai
FD	Frame Difference	Độ lệch khung
FFT	Fast Fourier Transform	Biến đổi Fourier nhanh
FT	Fourier Transform	Biến đổi Fourier
HD	Horizontal Difference	Độ lệch trục ngang
HDTV	High Definition Television	Truyền hình độ phân giải cao
HVS	Human Visual System	Hệ thống nhìn của con người
IBM	Ideal Binary Mask	Mặt nạ nhị phân lý tưởng
IDCT	Inverse DCT	Biến đổi ngược DCT
IDFT	Inverse DFT	Biến đổi ngược DFT
KLT	Karhunen-Loève Transform	Biến đổi Karhunen-Loève
LMS	Least Mean Square	Bình phương trung bình tối thiểu
MAE	Mean Absolute Error	Sai số tuyệt đối trung bình
MAP	Maximum <i>A posteriori</i> Probability	Cực đại xác suất hậu nghiệm
MC	Motion Compensation	Bù chuyển động

ML	Maximum Likelihood	Hợp lý cực đại
MPEG	Moving Picture Experts Group	Nhóm chuyên gia về hình ảnh động
MRF	Markov Random Field	Trường ngẫu nhiên Markov
MSE	Mean Squared Error	Sai số trung bình bình phương
NCCF	Normalized Cross Correlation Function	Hàm tương quan chéo chuẩn hóa
NGN	Next Generation Network	Mạng thế hệ kế tiếp
NTSC	National Television System Committee	Ủy ban truyền hình quốc gia
PSNR	Peak Signal to Noise Ratio	Tỷ số tín hiệu đỉnh trên nhiễu
SAD	Sum of Absolute Differences	Tổng các sai phân tuyệt đối
SSD	Sum Squared Difference	Tổng các sai phân bình phương
TSVQ	Tree-Structured Vector Quantizers	Lượng tử vectơ có cấu trúc cây
TV	Television	Máy thu hình
VD	Vertical Difference	Độ lệch trục đứng
VLC	Variable Length Coding	Mã hóa với độ dài từ mã thay đổi
VQ	Vector Quantization	Lượng tử vectơ
2D	Two-Dimensional	2 chiều
3D	Three-Dimensional	3 chiều
3G	Third-Generation	Thế hệ thứ ba

DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 2.1 Độ phức tạp tính toán của SSD, SAD và NCCF với khối $N \times N$	51
Bảng 4.1 Bảng thống kê thời gian tính toán theo phương pháp Bayes.....	107
Bảng 4.2 Bảng thống kê thời gian tính toán theo phương pháp Kalman.....	108

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ

Hình 1.1 Nén video trong truyền video.....	8
Hình 1.2 Hàm tự tương quan theo chiều ngang của một số bức ảnh.....	9
Hình 1.3 Phổ công suất đặc trưng của tín hiệu TV quảng bá	10
Hình 1.4 (a) khung thứ 21 và (b) khung thứ 22 của dãy ảnh “Hoa hậu Mỹ”	11
Hình 1.5 Hệ thống nén video tổng quát	15
Hình 1.6 Tính chu kỳ tái cấu trúc của DFT và DCT.....	25
Hình 1.7 Biến đổi DCT ảnh của Lena: (a) ảnh gốc, (b) ảnh tái cấu trúc	26
Hình 1.8 (a) Khối con 8×8 ảnh gốc của Lena; (b) Các hệ số DCT.....	26
Hình 1.9 Ước lượng chuyển động phối hợp tốt nhất	31
Hình 1.10 Biểu diễn thuật toán tìm kiếm ba bước	32
Hình 2.1 Hình chiếu chuyển động.....	35
Hình 2.2 Ước lượng chuyển động phối hợp khối	48
Hình 2.3 Tái xác lập chất lượng của SSD, SAD, NCCF	50
Hình 2.4 Ba loại hồi quy khác nhau.....	52
Hình 2.5 Phương pháp dốc nhất.....	54
Hình 2.6 Mô tả phương pháp Newton-Raphson	57
Hình 4.1 a) Khung 1512 và b) Khung 1513 của videoclip-1	100
Hình 4.2 a) Khung 434 và b) Khung 435 của videoclip-2.....	101
Hình 4.3 Trường chuyển động của videoclip-1, phương pháp Bayes ($\lambda=100$)	102
Hình 4.4 Trường chuyển động của videoclip-1, phương pháp Bayes ($\lambda=1500$)	102
Hình 4.5 Trường chuyển động của videoclip-1, phương pháp Kalman ($L=10$)	104
Hình 4.6 Trường chuyển động của videoclip-1, phương pháp Kalman ($L=100$) ...	104
Hình 4.7 Trường chuyển động của videoclip-2, phương pháp Bayes ($\lambda=100$)	106
Hình 4.8 Trường chuyển động của videoclip-2, phương pháp Kalman ($L=100$) ...	106
Hình 4.9 Đồ thị biểu diễn thời gian tính toán theo phương pháp Bayes.....	107
Hình 4.10 Đồ thị biểu diễn thời gian tính toán theo phương pháp Kalman.....	108

MỞ ĐẦU

Giới thiệu

Nén video là chủ đề đã và đang thu hút sự quan tâm của các nhà nghiên cứu trên thế giới. Việc tìm giải pháp nén video luôn hướng tới mục tiêu làm sao tăng hiệu quả nén trong khi giảm thiểu sự biến dạng hình ảnh mà quá trình nén gây ra. Hai yêu cầu này thường mâu thuẫn với nhau. Vì vậy, tùy ứng dụng cụ thể mà người ta chọn giải pháp nén phù hợp để dung hòa giữa hai yếu tố.

Hiện nay trên thế giới cũng như ở Việt Nam đã triển khai mạng thông tin thế hệ sau. Một trong các đặc điểm của mạng thông tin thế hệ sau là truyền tải tất cả các thông tin và các dịch vụ trên cơ sở sử dụng công nghệ chuyển mạch mềm, cho phép cung cấp các dịch vụ đa phương tiện đến người sử dụng. Trong đó, các dịch vụ đa phương tiện sử dụng video bao gồm: điện thoại video, hội nghị truyền hình, y tế từ xa, đào tạo từ xa, xem các chương trình video phát quảng bá hoặc theo yêu cầu... Các dịch vụ của mạng thông tin thế hệ sau không chỉ trong suốt trên mạng cố định mà với xu thế hội tụ cố định - di động thì chúng cũng phải trong suốt đến tận máy đầu cuối di động. Để đáp ứng yêu cầu đó, cần tìm ra các phương pháp nén video hiệu quả để giải quyết một số bài toán đặt ra ở đây là:

- Nguồn tài nguyên tần số của môi trường vô tuyến là hữu hạn, vì vậy có giải pháp gì để tăng hiệu suất sử dụng tài nguyên đó.
- Kênh truyền dẫn vô tuyến có tác động tiềm tàng của nhiễu, vì vậy có thuật toán xử lý tín hiệu mà chống được ảnh hưởng đó không.
- Thiết bị đầu cuối di động có kích thước bé, nguồn năng lượng pin cung cấp cho nó hạn chế, vì vậy có giải pháp nào để tăng tốc độ xử lý nhằm tiết kiệm nguồn điện.

Nhiều công trình nghiên cứu đã được công bố tập trung vào giải pháp nén tín hiệu video với mục tiêu là giảm băng tần cần thiết giành cho phổ tần tín hiệu video.