

DCT 계수를 이용한 MPEG-7 컬러 기술자의 고속 추출

배빛나라, 이재욱, 노용만
한국정보통신대학원대학교(ICU), 멀티미디어 그룹
e-mail : {beetnara, ivjwlee, yro}@icu.ac.kr

Fast MPEG-7 Color Descriptor Extraction using DCT Coefficient

Beetnara Bae, Jae Wook Lee, and Yong Man Ro
Multimedia Group, Information & Communication University

요 약

멀티미디어의 내용 기반 검색을 위한 표준인 MPEG-7은 콘텐츠의 비주얼 내용 정보를 표현하기 위해 Part3에서 비주얼 기술자를 정의하고 있다. MPEG-7 비주얼 컬러 기술자에 의해 정의된 콘텐츠의 컬러 정보를 추출하기 위해서는 주파수 영역 정보를 공간 영역 정보로 변환해야 한다. 이때 변환 과정에서 수행되는 IDCT(Inverse DCT)의 연산 속도는 특징 추출 시간을 증가시키는 원인이 된다. 본 논문에서는 IDCT의 연산 시간을 최소화하는 방법으로 DCT 계수 영역에서 컬러 특징 정보를 빠르게 추출하는 방법에 대해 제안하였다. 제안한 방법에 대해 MPEG-7 실험 모듈과 공인 데이터 베이스를 이용하여 실험을 수행하였고 실험 결과, 검색율이 평균 5% 감소한 반면 추출 시간은 평균 80% 향상되었다.

1. 서론

최근의 인터넷과 멀티미디어 기술의 발전으로 멀티미디어 정보가 급격하게 증가함에 따라, 멀티미디어 정보를 보다 효율적으로 표현하고 검색할 수 있는 방법을 필요로 하게 되었다.

ISO/IEC JT11/SC29/WG11은 멀티미디어 정보를 콘텐츠 내용에 따른 검색을 수행하기 위하여 MPEG-7을 표준화하고 있다. MPEG-7은 콘텐츠의 컬러, 질감, 움직임, 모양 등의 특징을 추출하기 위한 비주얼 기술자를 정의하고 있다. 이런 대부분의 비주얼 기술자는 이미지 혹은 비디오의 공간 정보로부터 특징을 추출해야 하므로, 압축된 멀티미디어 정보로부터 복호화 시 수행되는 IDCT는 특징 추출 시간을 증가시키는 원인이 된다.

본 논문에서는 이런 문제를 해결하기 위해 IDCT 연

산 시간을 감소시켜 컬러 특징 추출 속도를 향상시키는 방법을 제안한다. 즉 DCT 계수 영역에서 IDCT의 연산 시간을 줄이고자 한다.

본 논문은 총 5장으로 구성되며, 2장에서는 MPEG-7 컬러 기술자에 대해, 3장에서는 제안한 컬러 특징 추출 기법에 대해서 설명하고 4장에서는 실험 결과, 마지막으로 5장에서는 결론을 제시한다.

2. MPEG-7 컬러 기술자의 개요

MPEG-7의 Part3에 규정된 컬러 기술자는 이미지 및 비디오의 컬러 정보를 추출하는 기술자이다.[3,4] MPEG-7 컬러 기술자는 7가지로, JPEG, MPEG-1,2의 헤더 정보로부터 추출할 수 있는 기술자와 이미지의 공간 정보로부터 추출할 수 있는 기술자로 분류된다.

별도의 추출 알고리즘 없이 헤더 정보로부터 획득

할 수 있는 기술자에는 컬러 공간을 의미하는 색 공간 기술자와 균일 양자화 값을 정의하는 색 양자화 기술자가 있다. 이미지 공간 정보로부터 추출할 수 있는 기술자에는 컬러 윤곽, 컬러 구조 히스토그램, 주요 컬러, 계층적 컬러 히스토그램, GoP(Group Of Picture)로 5가지가 있다. [3,4]

- ① 컬러 윤곽은 8x8 크기의 이미지에서 Y, Cb, Cr의 DCT 변환 후 계수 값으로 특징을 추출한다.
- ② 컬러 구조 히스토그램은 공간 영역에서 8x8 윈도우를 픽셀 단위로 이동시키면서 윈도우 내부의 컬러 bin의 존재 여부를 히스토그램으로 축적하여 컬러 bin의 공간적인 분포를 추출한다.
- ③ 주요 컬러는 GLA(Generalized Lloyd Algorithm)를 이용하여 컬러 bin들을 클러스터링 한다. 클러스터링은 공간 분포의 분산이 임계값 이하로 될 때 까지 반복된다.
- ④ 계층적 컬러 히스토그램은 HSV 컬러 공간에서 컬러 히스토그램을 구하고, h 변환(Harr Transform)을 이용하여 r계층적 특징을 획득한다.
- ⑤ GoP는 여러 프레임에 대해 계층적 컬러 히스토그램의 대표 값을 나타내기 때문에, 계층적 컬러 히스토그램과 동일한 추출 알고리즘을 이용한다.

3. 제안한 칼라 특징 추출 방법

3.1. DC 이미지의 추출

JPEG 표준은 블록 DCT(Discrete Cosine Transform)를 채택하고 있다. 블록 DCT는 8x8 크기의 블록에 대해 수행되며, 1개의 DC 성분과 63개의 AC 성분으로 구성된다.

DC 이미지는 각 DCT 블록의 DC 성분만으로 획득한 이미지로써 각 화소는 식(1)과 같이 원 이미지의 블록내의 화소 값의 평균값과 동일하다.

$$dc(i, j) = \frac{1}{64} \sum_{k=0}^7 \sum_{l=0}^7 f(i \times 8 + k, j \times 8 + l) \quad (1)$$

i 는 DC 이미지의 가로 위치, j 는 DC 이미지의 세로 위치를 의미하고 i, j 의 크기는 원 이미지의 크기의 1/8 이다. $dc(i, j)$ 는 DC 이미지의 i, j 위치의 화소

값, f 는 원 이미지의 화소 값이다.

이런 특성을 이용해서 DCT 계수 영역에서 IDCT과정 없이 DC 이미지를 식(2)와 같이 추출할 수 있고, DC 이미지의 크기는 원 이미지 크기의 1/64이 된다.

$$dd(i, j) = \sum_{u=0}^7 \sum_{v=0}^7 F(i \times 8 + u, j \times 8 + v) \delta(u) \delta(v) \quad \delta(k) = \begin{cases} 1 & k=0 \\ 0 & k \neq 0 \end{cases} \quad (2)$$

식(1)과 마찬가지로, i 는 DC 이미지의 가로 위치, j 는 DC 이미지의 세로 위치를 의미하고, i, j 크기는 원 이미지의 크기의 1/8 이다. $dc(i, j)$ 는 DCT 계수 영역에서 추출한 DC 이미지 i, j 위치의 화소 값, F 는 f 의 DCT 계수이다.

3.2. DCT 계수 영역에서 1/4 다운 샘플링(Down-Sampling)

IDCT 연산량을 줄이기 위한 방법으로 DCT 계수 영역에서 이미지의 크기를 줄여 IDCT의 연산량을 줄일 수 있는 방법이 있다.

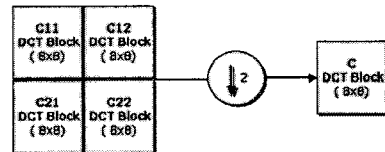


그림 1. DCT 계수 영역에서의 다운 샘플링

그림 1과 같이 입력된 JPEG 파일의 인접한 4개의 DCT 블록을 하나의 DCT 블록으로 다운 샘플링을 수행하여 이미지의 크기를 축소시킨다. 이 경우에 IDCT의 연산량은 원 이미지를 IDCT 한 경우에 비해 1/4로 줄어들게 되고, 영상의 크기도 원 이미지 크기의 1/4로 줄어든다.[2]

공간 영역에서의 1/4 다운 샘플링을 하기 위한 행렬은 식(3) 과 같이 Q_1, Q_2 로 정의하고, 식(5)와 같이 다운 샘플링을 수행한다.[2]

$$Q_1 = \begin{pmatrix} A \\ 0 \end{pmatrix}, \quad Q_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ A \end{pmatrix} \quad (3)$$

여기서 A 는 식(4)와 같고 0은 4x8 영 행렬이다.

$$A = \begin{pmatrix} 0.5 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0.5 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$x = \frac{1}{4}(Q_1x_1Q_1' + Q_1x_2Q_2' + Q_2x_3Q_2' + Q_2x_4Q_2') \quad (5)$$

DCT 계수 영역에서 식(5)와 같은 다운 샘플링 효과를 얻기 위한 연산은 식(6)과 같다.

$$X = \frac{1}{4}(U_1X_1U_1' + U_1X_2U_2' + U_2X_3U_1' + U_2X_4U_2') \quad (6)$$

U_1, U_2 는 참고 문헌 [2]에서 유도되었고, 식(7), 식(8)과 같다.

$$U_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.9060 & 0.4078 & -0.069 & 0.0190 & 0 & -0.0127 & 0.0286 & -0.0811 \\ 0 & 0.9809 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0.1951 \\ -0.3182 & 0.7759 & 0.4742 & -0.0811 & 0 & 0.0542 & -0.1964 & -0.1544 \\ 0 & 0 & 0.9240 & 0 & 0 & 0 & -0.3827 & 0 \\ 0.2126 & -0.3457 & 0.7079 & 0.4077 & 0 & -0.2725 & -0.2940 & 0.0688 \\ 0 & 0 & 0 & 0.8313 & 0 & -0.5555 & 0 & 0 \\ -0.1803 & -0.2724 & -0.3467 & 0.7197 & 0 & -0.4809 & 0.1436 & -0.0542 \end{pmatrix} \quad (7)$$

$$U_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0.9060 & 0.4078 & 0.069 & 0.0190 & 0 & -0.0127 & -0.0286 & -0.0811 \\ 0 & -0.9809 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1951 \\ 0.3182 & 0.7759 & -0.4742 & -0.0811 & 0 & 0.0542 & 0.1964 & -0.1544 \\ 0 & 0 & 0.9240 & 0 & 0 & 0 & -0.3827 & 0 \\ -0.2126 & -0.3457 & -0.7079 & 0.4077 & 0 & -0.2725 & 0.2940 & 0.0688 \\ 0 & 0 & 0 & -0.8313 & 0 & 0.5555 & 0 & 0 \\ 0.1803 & 0.2724 & 0.3467 & 0.7197 & 0 & -0.4809 & -0.1436 & -0.0542 \end{pmatrix} \quad (8)$$

3.3. 컬러 기술자의 적용

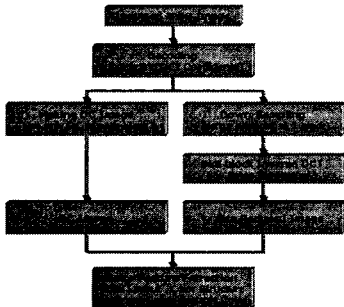


그림 2. DC 이미지와 1/4 다운 샘플링된 이미지를 이용한 컬러 특징 추출 방법

3.1절과 3.2절의 방식으로 추출된 DC 이미지와 1/4 작은 이미지를 이용하여 컬러 특징을 추출하게 되면, DC 이미지의 경우에 식(1)과 같이 평균값이 취해지면서 공간 정보의 손실이 발생하게 된다.

컬러 구조 히스토그램과 계층적 컬러 히스토그램과 같이 추출 알고리즘이 공간 영역에서 히스토그램을 기반으로 한 기술자는 검색 율(Retrieval Rate)이 감소된다. 이를 보완하기 위해 추출 시간의 향상 효과가

는 크지 않지만 보다 정확한 특징 값을 추출할 수 있는 3.2절의 방식으로 특징을 추출 할 수 있다.

그림 2는 제안된 방법에 대한 전체 흐름도 이다

4. 구현 및 고찰

4.1. 컬러 기술자의 데이터 베이스에 따른 추출 시간 비교

제안된 방법의 컬러 기술자 추출 시간을 실험을 위해 MPEG-7의 컬러 기술자 테스트를 위한 데이터 베이스인 CCD(Common Color Database)를 이용하였다.[5] CCD 이미지의 원 이미지 와 1/4 크기의 이미지는 JPEG 형식, CCD 이미지의 DC 이미지는 BMP 형식으로 구성하였다.[5]

표 1. 실험 결과로 얻은 추출 시간 비교

기술자	이미지 형태	추출시간 /이미지	추출 시간 감소율(%)
컬러 윤곽	DC 이미지	0.00095	82
	1/4 이미지	0.01474	74
	Original 이미지	0.05338	0
컬러 구조 히스토그램	DC 이미지	0.01602	88
	1/4 이미지	0.03809	60
	Original 이미지	0.13474	0
주요 컬러	DC 이미지	0.02723	99
	1/4 이미지	0.13708	72
	Original 이미지	0.48787	0
계층적 컬러 히스토그램	DC 이미지	0.00967	88
	1/4 이미지	0.02207	74
	Original 이미지	0.07998	0

[실험환경] CPU : 2.2GHz, RAM : 512MB, HDD : 7200rpm
 [데이터 베이스] CCD Database 5420 개
 [추출 시간 단위] 초 (Second)

표 1과 같이 DC 이미지를 이용한 추출 시간은 원 이미지를 이용했을 때보다 평균 90 % 정도로 제안 방법 사용하였을 때에도 평균 70% 줄어들었다. IDCT의 연산량이 감소하였고 이미지 크기의 축소로 인해 픽셀 수가 감소됨으로써 전체적인 추출 시간이 감소하였다.

컬러 구조 히스토그램과 주요 컬러 기술자의 추출 시간이 급격하게 감소하는데, 이런 특성은 추출 알고리즘이 복잡한 기술자의 경우 입력 영상의 화소 수가 감소하였기 때문이다.

4.2. 컬러 기술자의 평균 검색 율 비교

4.1절에서 추출한 기술자의 검색 율을 측정하기 위하여 MPEG-7 컬러 기술자 테스트를 위한 표준 질의 이미지 리스트인 CCQ(Common Color Query) 를 이용하여 질의 이미지 데이터 베이스를 구성하였으며, 총 질의 이미지의 수는 48개이다. [5]

본 논문에서는 제안한 방식의 평균 검색 율을 측정하기 위하여 식(9)와 같이 각 기술자별로 평균 검색 율을 측정하였다.

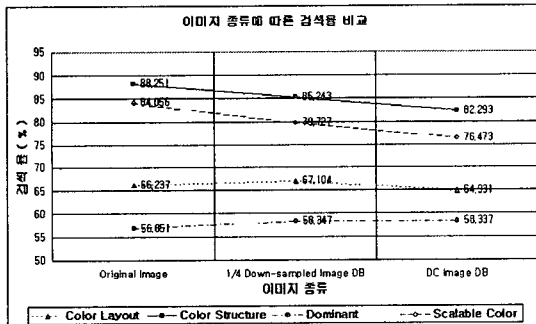


그림 3. 검색 율 비교

$$Av_Rate = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N Rate(k) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \frac{Correct(k)}{n(k)} \quad (9)$$

여기서, N 은 총 질의 이미지 수, Av_Rate 는 각 기술자의 평균 검색 율, $n(k)$ 는 k 번째 질의 이미지의 검색 이미지 수, $Correct(k)$ 는 k 번째 질의 이미지의 검색 이미지 중 질의 영상과 일치하는 이미지의 수, $Rate(k)$ 는 k 번째 질의 이미지의 검색 율을 의미한다.

그림 3에 의하면 컬러 윤곽은 특징 추출 과정에서 8x8 이미지를 생성하는 과정에서 평균을 취하기 때문에 DC 이미지의 경우에도 평균 검색 율과의 차이도 2% 이내였다.

주요 컬러는 DC 이미지 생성과정의 LPF(Low Pass Filtering) 효과에 의해 클러스터의 수가 감소하고 클러스터의 분산이 감소하여 평균 검색 율이 증가하였다.

컬러 구조 히스토그램과 계층적 컬러 히스토그램 기술자의 DC 이미지의 평균 검색 율은 DC 이미지 추

출 과정에서 손실로 인해서 감소하였고 DCT 계수 영역에서 1/4 다운 샘플링된 이미지를 이용하였을 때는 검색 율의 감소가 크지 않았다.

5. 결론

본 논문에서 제안한 DC 이미지나 DCT 계수 영역에서 decimated 수행된 이미지를 이용하여 컬러 특징을 추출한 결과, DC 이미지를 이용한 알고리즘의 경우, 특징 추출 시간은 향상되었으나, 히스토그램을 기반으로 한 기술자 경우는 평균 검색 율이 다소 저하되었다. 이를 보완하기 위해 DCT 계수 영역에서 1/4 다운 샘플링된 이미지를 이용하였다. 그 결과 평균 검색 율은 원 이미지의 평균 검색 율과 유사하였다. 본 연구에서는 DCT 계수 영역에서 컬러 기술자를 빠르게 추출할 수 있는 방법을 제시하였고, 이 방법은 압축 비디오에서 컬러 특징을 추출하는데 적용할 수 있다.

[참고문헌]

[1] Liu, Bede, "Rapid scene analysis on compressed video", IEEE transactions on circuits and systems for video technology : a publication of the Circuits and Systems Society, v.5 no.6, 1995, pp.533-544

[2] Merhav, N.; Bhaskaran, V., "Fast algorithms for DCT-domain image down-sampling and for inverse motion compensation", Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on , Volume: 7 Issue: 3 , June 1997, pp. 468 -476

[3] MPEG-7, "Text of ISO/IEC 15938-3/FDIS Information technology – Multimedia content description interface – Part 3 Visual", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N4358, July 2001, Sydney

[4] MPEG-7, "Text of ISO/IEC TR 15938-8 (Extraction and Use of MPEG-7 Descriptions)", ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11 N4918, July 2002, Klagenfurt

[5] MPEG-7, "Common Datasets and Queries in MPEG-7 Color Core Experiments", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, M5060, October 1999, Melbourne.