

논문-99-4-2-10

내용 기반 동영상 검색을 위한 컬러 및 모션 특징 추출 알고리즘

김 영 재***, 이 철 희**, 권 용 무*

Color and Motion Feature Extraction Algorithm for Content-Based Video Retrieval

Young-Jae Kim***, Chul-Hee Lee**, and Yong-Moo Kwon*

요 약

본 논문에서는 내용 기반 동영상 검색을 위하여 컬러 정보 및 모션 정보를 사용하는 효율적인 자동 특징 추출 알고리즘을 제안하고, 이를 동영상 검색 시스템에 적용한다. 컬러 정보의 경우 기존의 key-frame단위의 컬러 특징 추출의 한계를 극복하고, 동영상의 컬러 히스토그램 정보와 컬러의 공간분포 정보를 반영할 수 있는 컬러 특징 추출 알고리즘을 제안한다. 또한 MPEG-1 동영상 내의 모션 벡터와 컬러 정보를 조합한 컬러-모션 특징을 추출하여, 기존의 위치 기반 특징 추출 알고리즘의 한계를 극복하였다. 최종적으로 추출된 특징을 이용한 검색 시스템을 구현하여, 제안된 알고리즘의 성능을 평가하였다.

Abstract

This paper presents an efficient and automatic color and motion feature extraction algorithm for content-based MPEG-1 video retrieval. Based on the proposed method, a video retrieval system is implemented. For color feature, the proposed algorithm considers dynamic color information in video data, and thereby can overcome the limits of the previous key-frame based method. For motion feature, we utilize the motion vector in MPEG-1 video with color information, and extract the color-motion feature. The proposed algorithm can solve the weakness of the previous location based motion feature method. Finally, the proposed method is evaluated within the implemented video retrieval system.

I. 서 론

동영상과 정지영상, 음성, 그래픽 데이터 등을 포함하는 멀티미디어 데이터는 최근 관련기술의 발달로 인해 그 양과 수요가 급격하게 증가하였다. 그 중에서도 동영상은 동일 데이터 안에 영상과 음성 등 다른 멀티미디어 데이터의 정보를 포함하기 때문에 일반적으로 다른 데이터에 비해 큰 용량을 가진다는 특징이 있다. 그러나 데이터 저장 기기의 발달과 코딩기법의 세계표준화 등으로 인해 경제

적인 저장 및 전송이 가능하게 되었다. 따라서 멀티미디어 데이터 중에서도 동영상 데이터의 비중이 점차 커지고 있으며, 특히 통신망의 발달로 많은 동영상 데이터들을 손쉽게 접할 수 있다. 따라서 이러한 동영상 데이터의 양적인 증가로 인해 많은 데이터베이스로부터 원하는 데이터를 검색하는, 효율적인 자동 검색 알고리즘이 요구되었다. 지금까지 많은 동영상 검색 시스템에 대한 연구가 수행되었으며^{[1][2]}, 검색 대상 동영상의 종류도 다양화되었다. 본 논문에서는 표준화 제정과 함께 그 수요가 급격히 증가하고 있는 MPEG-1 동영상을 대상으로, 이들의 검색을 위한 특징 추출 알고리즘을 제안한다. 본 논문에서는 특정한 응용분야 없이 일반적인 동영상을 대상으로 하는 검색을 목표로 하고 있으므로, 동영상의 경우 가장 일반적으로 고

* 한국과학기술연구원 영상미디어연구센터
Imaging Media Research Center, KIST

**연세대학교 전기·컴퓨터공학과
Electrical and Computer Engineering, Yonsei University

려할 수 있는 컬러와 모션 특징 추출 알고리즘을 제안한다. 우선 컬러 특징의 경우 MPEG-1 동영상의 특징을 이용한 DC 영상의 추출과^[5] 이들에 대한 컬러 특징 추출을 수행하였으며, 동영상 내의 다양한 컬러 정보 반영과 함께 이들의 공간 분포를 고려할 수 있는 특징 추출 알고리즘을 제안한다.

모션 특징 추출의 경우는 MPEG-1 동영상 내의 모션 벡터를 이용하여 특징을 추출하게 된다. 기존의 모션 벡터를 이용한 특징 추출 알고리즘이 화면 내 위치만을 기반으로 한 것인데 비해, 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 모션 벡터와 컬러 정보의 조합을 통한 컬러-모션 특징을 추출하며, 또한 양자화 된 컬러 그룹에 속하는 화소들의 좌표값의 평균과 이에 대한 분산을 특징으로 이용하여 보다 정확하고 효율적인 모션 특징을 추출한다.

II. 관련 연구

제안하는 동영상 검색 및 특징 추출 알고리즘은 동영상 데이터의 증가와 더불어 많은 연구가 진행되어 왔다^{[3][4]}. 일반적으로 동영상의 특징 추출은 컬러 및 모션 두 가지 특징을 사용하는데, 컬러 특징의 경우는 동영상을 shot 단위로 분할하여 각 shot을 대표할 수 있는 key-frame을 추출한 뒤 이에 대한 컬러 특징을 추출하는 것이 대표적인 방법이다. 정지영상 내에서의 컬러 특징은 내부에서의 이동(translation), 회전(rotation), 축척(scale)에 불변하다는 장점을 가지고 있기 때문에 이를 기반으로 한 검색기법이 광범위하게 연구되어 왔으며, 이에 대한 주요 연구 결과로서는 Swain의 컬러 히스토그램 인터섹션 방법^[6], Mehtre의 컬러 참조 테이블 방법^[7], 그리고 Stricker의 누적 히스토그램 방법^[8] 등이 제안되었다.

모션 특징 추출 알고리즘에는 MPEG-1 동영상을 대상으로 하는 경우, 디코딩 된 이미지 시퀀스를 대상으로 컬러 기반의 계산을 행하는 방법과, 압축된 MPEG-1 동영상 내부에 이미 포함되어 있는 모션 벡터를 사용하는 방법이 대표적이다. 연속된 이미지 시퀀스로부터 직접 컬러 정보를 이용한 계산과정을 거치는 모션 특징 추출 알고리즘에는 여러 알고리즘이 제안되었으며^[10], 이들은 기본적으로 동영상을 이루고 있는 이미지 시퀀스로부터 직접 화소, 혹은 블록의 컬러 값을 기반으로 모션 특징을 추출하게 된다. 그러나 이러한 방법들은 일반적으로 특징을 추출하는데 필요한 계산량이 많다는 단점이 있다. 따라서 이를 해결하기 위해 압축된 MPEG-1 동영상 내에 이미 포함되

어 있는 모션 벡터를 이용하는 위치 기반 모션 인덱싱 방법이 제안되기도 하였다^[9]. 이 방법에서는 하나의 shot을 대상으로 처음, 중간, 마지막 프레임을 추출하고, 이들 세 프레임의 매크로 블록 내 모션 벡터로부터 각 모션 벡터의 방향을 양자화 한다. 다음으로 양자화 된 모션 벡터를 이용하여 매크로 블록의 위치에 따라 모션 히스토그램을 작성하여, 기존의 복잡한 계산 없이 MPEG-1 동영상의 특징을 이용한 모션 특징을 추출한다. 그러나 이 방법은 시간적인 세 단계의 프레임만을 대상으로, 단순히 위치를 기반으로 한 특정 모션의 존재여부만을 사용하는 문제가 있다.

III. 동영상 특징 추출 알고리즘

1. 개요

동영상 검색을 위한 특징 추출은 우선 shot단위로 분할된 동영상을 가정한다. 그림 1은 본 논문에서 제안하는 동영상 특징 추출 기법의 개요도를 보여준다.

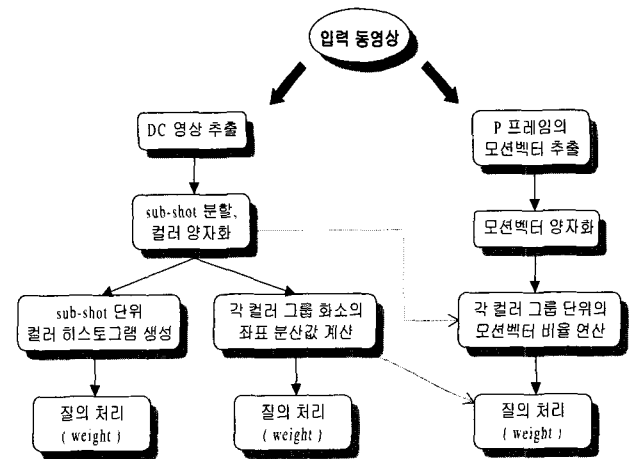


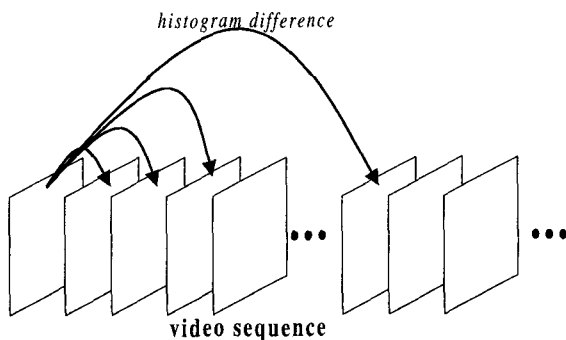
그림 2. 제안하는 특징 추출 기법
Fig. 1. The structure of proposed algorithm

그림에서 보는 바와 같이, 컬러 특징은 이웃 컬러 그룹간의 공간분포를 고려한 히스토그램 행렬과, 전체적인 공간 분포를 고려한 양자화 그룹 화소의 좌표 분산값을 특징으로 추출한다. 모션 특징은 모션 벡터와 컬러를 정합한 컬러-모션 특징을 추출하며, 이 과정에서 컬러 정보로 컬러 특징 추출 부분에서 구한 양자화 컬러 정보를 사용한다.

2. 컬러 특징 추출

2.1 sub-shot 단위의 컬러 특징 추출

앞 장에서 논한 바와 같이, 기존의 동영상 검색 시스템에서의 컬러 특징 추출은 shot 단위로 분할된 비디오에서, 한 장의 key-frame을 추출하여 이에 대한 컬러 특징을 추출한다^{[3][4]}. 여기에는 주어진 동영상을 shot 단위로 분할할 경우, 하나의 정지영상으로도 각 shot의 컬러 정보를 대표할 수 있다는 가정이 필요하다. 그러나 실질적으로 동영상 데이터는 많은 정지영상들의 나열이므로, 한 장의 정지영상으로 비디오 데이터의 영상 정보를 대표한다고 가정하는 것은 무리가 있다. 즉, 동영상 내의 컬러 정보는 시간의 흐름에 따라 다양할 수 있고, 특히 카메라 모션이 있는 경우나 객체의 크기가 변하는 경우는 하나의 shot이라 하더라도 많은 컬러 정보의 차이가 존재할 수 있다. 따라서 사용자가 어떤 부분의 컬러 정보를 질의하더라도 이를 반영할 수 있는 컬러 특징 추출 알고리즘이 필요하며, 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 컬러 정보에 따라 shot을 sub-shot으로 재분할한다. 본 논문에서는 MPEG-1 동영상의 DCT계수를 이용한 DC 영상을 추출하며^[5], 이들을 이용하여 sub-shot 단위의 재분할을 수행한다. 그리고 이렇게 재분할된 sub-shot 단위로 컬러 특징을 추출한다. 그림 2는 이와 같은 sub-shot 분할 과정을 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 sub-shot 분할은 추출된 DC 영상들의 히스토그램 차이를 이용한다. 그림의 화살표는 히스토그램 차이를 계산하는 두 영상을 나타내며, 이 값이 임계치를 넘으면 sub-shot을 분할하고 다음 프레임부터 동일 연산을 반복한다.



If histogram difference > threshold, the sub-shot is declared.
 그림 2. sub-shot 분할 과정
 Fig. 2. The process of sub-shot segmentation

2.2 히스토그램 행렬 비교 방법

본 논문에서는 정지영상 단위의 컬러 특징 추출의 한계를 극복하기 위해, 양자화 컬러 그룹간의 공간적 분포 상황을 고려하고 동영상 내에 존재할 수 있는 여러 컬러들의 다양한 상관관계를 반영한 히스토그램 행렬 비교 방법^[11]을 사용한다. 또한 이 방법이 정지 영상을 대상으로 하는 것이므로, 이를 동영상의 컬러 정보 추출에 적합하도록 개선시켜 sub-shot 단위로 동적인 컬러 정보를 반영하는 동적 컬러 히스토그램 행렬을 생성한다. 정지 영상을 대상으로 한 컬러 히스토그램 행렬 생성과정은 아래와 같다.

- ① 컬러 양자화 과정 후, 주어진 영상의 분할된 그룹에 대해 번호 매김(labeling)을 한다.
- ② 분할된 그룹들의 경계에 해당하는 화소들의 4-neighborhood에 포함되는 이웃 화소들을 선택한다. 이때 선택된 화소의 중복 선택을 허용한다.
- ③ 선택된 그룹 번호를 확인하고, 그 그룹번호의 수를 계산한다.
- ④ 행렬의 대각 성분에 전체 화소에 대한 자신의 그룹에 해당하는 화소의 비율을 대입한다.
- ⑤ 행렬의 비대각 성분에 각 그룹들에 대한 이미 계산된, 이웃하는 그룹들의 전체 화소에 대한 비율을 대입한다.

그림 3은 한 장의 정지 영상에 대해 생성된 히스토그램 행렬의 예를 나타낸다.

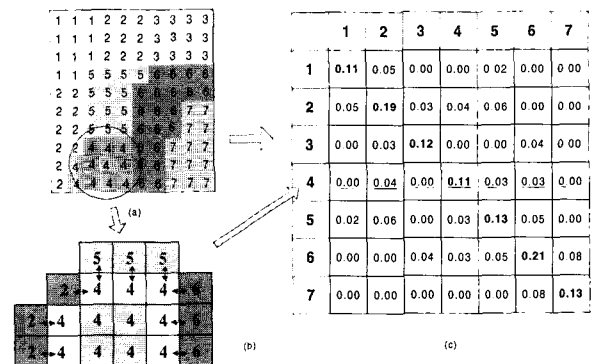


그림 3. 히스토그램 행렬 생성의 예
 Fig. 3. The example of histogram matrix generation

그림 3-(a)는 양자화를 끝낸 후 번호 매김된 영상이고, 이를 바탕으로 생성된 히스토그램 행렬이 그림 3-(c)

에 나와있다. 그림 3-(b)는 그림 3-(a)를 일부 확대한 것인데, 그룹 4와 인접한 화소(4-neighborhood)를 카운트하여 행렬의 비대각 성분이 결정되는 것을 보여준다.

이와 같이 생성된 행렬의 대각 성분은 양자화된 그룹의 히스토그램을 나타내고, 행렬의 비대각 성분은 번호 매김된 후의 영상에서 각각의 행과 열의 그룹이 이웃하는 경우의 히스토그램을 나타내며, 이것으로 인해 영상 내의 공간상에서 각 칼라 그룹간의 연관성을 알 수가 있다. 따라서 이러한 히스토그램 행렬은 대각 성분을 통해 기존의 히스토그램 기법을 살리면서, 비대각 성분을 통한 컬러 공간상의 각 그룹간의 관계를 고려할 수 있도록 한다.

2.3 sub-shot 단위의 컬러 히스토그램 행렬

앞 절에서 설명한 히스토그램 행렬은 정지영상을 대상으로 하는 알고리즘이므로, 본 논문에서는 이를 동영상의 특징 추출에 적합하도록 개선시키는 방법을 제안한다. 따라서 재분할 된 sub-shot 단위의 히스토그램을 구하여 전체 sub-shot의 컬러 정보를 반영할 수 있도록 하며, 이를 기반으로 한 sub-shot 단위의 히스토그램 행렬을 생성한다. 결과적으로 주어진 동영상의 컬러 특징은 각 sub-shot에 대한 히스토그램 행렬로써 표현되어 동영상 내의 다양한

컬러 정보와 이웃 컬러 그룹간의 상관관계를 반영하게 되며, 이 때 sub-shot 단위의 히스토그램 행렬은 하나의 sub-shot 내에 속하는 프레임들의 히스토그램 행렬 각 성분의 평균을 구함으로써 생성된다. 그러나 여러 개의 히스토그램 행렬에 대해 각 성분의 평균을 구해 행렬의 성분을 결정하게 되면, 여러 성분을 하나의 값으로 나타내는데 따른 정확도의 문제가 생길 수 있으므로, 본 논문에서는 이들 sub-shot 단위의 히스토그램 행렬의 생성 시 행렬 내 각 성분의 분산을 함께 구해 같은 크기의 정방 행렬로써 나타내고, 이를 이용한 히스토그램 행렬의 보정을 통해 보다 정확한 컬러 정보를 반영하였다. 그림 4가 이상의 과정을 나타낸다.

그림 4에서 보듯이, sub-shot 단위로 생성된 히스토그램 행렬은 평균과 분산 두 가지 값에 대해 생성된다. 표 1이 이들 각 성분의 의미를 나타낸다. 그림 4에서 결과로 나온 각 행렬의 $M(i,j)$ 와 $V(i,j)$ 는 평균 행렬과 분산 행렬의 각 원소를 뜻하며, 번호 ①, ②, ③, ④는 각 행렬의 대각 성분과 비대각 성분을 나타낸다. 표 1에서 보는 바와 같이 $V(i,j)$ 성분을 $M(i,j)$ 성분에 대한 신뢰도의 척도로 생각할 수 있으며, 이 값이 임계치를 넘게되면 구해진 값을 '0'으로 고쳐 최종적인 컬러 특징으로 추출하게 된다. 그리고 이때의 임계치는 실험적으로 결정되었다.

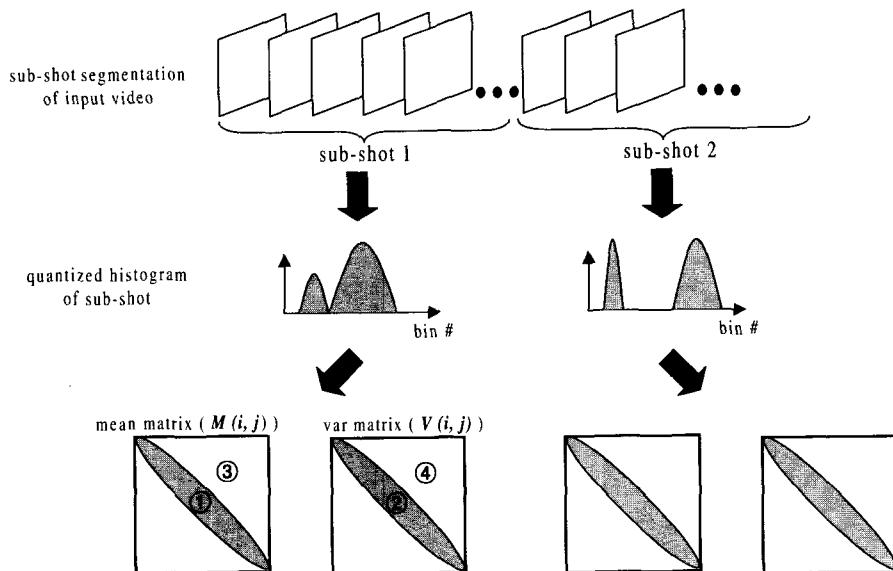


그림 4. sub-shot 단위의 히스토그램 행렬
Fig. 4. Histogram matrix by sub-shot unit

표 1. 평균과 분산 행렬의 각 성분
Table 1. The elements of the mean and variance matrix

번호	성분	의미
①	평균 행렬의 대각 성분	sub-shot 내에서 양자화 컬러 그룹이 차지하는 평균
②	분산 행렬의 대각 성분	sub-shot 내 양자화 컬러 그룹의 변화 정도. 컬러 그룹의 평균값(①의 각 성분)에 대한 신뢰도의 척도. 분산이 적음 = 양자화 컬러 그룹의 변화가 적음 -> 대응되는 평균값에 대한 신뢰도가 커짐. IF $V(i,j) > \text{threshold value}$, $M(i,j) = 0 (i=j)$
③	평균 행렬의 비대각 성분	sub-shot 내에서 양자화 컬러 그룹들간의 상관관계의 평균.
④	분산 행렬의 비 대각 성분	sub-shot 내 양자화 컬러 그룹들간의 상관관계의 변화 정도. 상관관계의 평균값(③의 각 성분)에 대한 신뢰도의 척도. 분산이 적음 = 상관관계의 변화가 적음 -> 대응되는 평균값에 대한 신뢰도가 커짐. IF $V(i,j) > \text{threshold value}$, $M(i,j) = 0 (i \neq j)$

2.4 양자화 컬러 그룹의 좌표 분산값 계산

이웃 양자화 컬러 그룹간의 상관관계를 반영하기 위한 컬러 히스토그램 행렬과 함께, 각 컬러 그룹의 전체적인 공간분포를 고려하기 위한 좌표 분산값을 아래 과정과 같이 계산한다.

- ① 입력된 동영상의 sub-shot 단위로 양자화 컬러 히스토그램을 계산한다.
- ② 각 프레임에서, 양자화된 컬러 그룹에 해당하는 화소에 대한 번호 매김(labeling)을 한다.
- ③ 각 프레임 별로 분할된 각 컬러 그룹에 해당하는 화소들의 좌표값에 대한 분산을 구한다.
- ④ 각각의 프레임에 대한 분산 값이 양자화 컬러 그룹별로 나온다.
- ⑤ 컬러 그룹별로 계산된 분산들의 평균(mean of variance)을 계산하여 저장한다.

여기서 좌표 분산 값은 양자화 컬러 그룹에 해당하는 화소들이 갖는 분포 정도를 의미하며, 동영상의 프레임 단위로 연산을 행한 뒤 그룹별 분산의 평균을 구하게 된다. 위의 계산 과정의 ③항의 컬러 그룹에 해당하는 화소의 좌표 분산값의 계산을 위한 식이 각각 식 (1), 식 (2)에 나와있다. 식 (1)을 통해 각 컬러 그룹 화소의 좌표 평균을 계산하고, 이를 이용하여 식 (2)와 같이 컬러 그룹 화소의 분산을 계산한다.

$$M_i = \frac{1}{N_i} \sum_{(k,l) \in R_i} f(k,l) \tag{1}$$

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{N_i} \sum_{(k,l) \in R_i} (f(k,l) - M_i)^2 \tag{2}$$

여기서 M_i 는 i 번째 그룹에 해당하는 화소들의 좌표값에 대한 평균값이고, σ_i^2 는 i 번째 그룹에 해당하는 화소들의 좌표값에 대한 분산값이다. R_i 는 i 번째 그룹에 속하는 화소들의 집합, N_i 는 R_i 에 속하는 화소들의 수, $f(k,l)$ 은 해당 화소들의 x, y 좌표값을 나타낸다. 따라서 이렇게 생성된 분산의 평균값을 특징으로 추출하여, 앞 절의 동적 컬러 히스토그램의 이웃 컬러 그룹간의 상관관계와 함께, 각 컬러 그룹의 전체적인 공간분포를 고려할 수 있도록 한다.

3. 컬러-모션 특징 추출

MPEG-1 동영상의 프레임 중 P 프레임에는 앞단의 I 나 P 프레임과의 움직임 정보가 매크로 블록 단위의 벡터 형태로 저장되어 있다. 따라서 이들 순방향 모션 벡터를 이용하면 연속적인 움직임 정보를 추출할 수 있으며, 앞서 밝힌 바와 같이 본 논문에서는 이를 양자화 컬러 그룹별로 연산한다. 양자화 컬러 그룹은 앞절의 컬러 특징 추출에서 사용되었던 양자화 컬러 그룹을 사용한다.

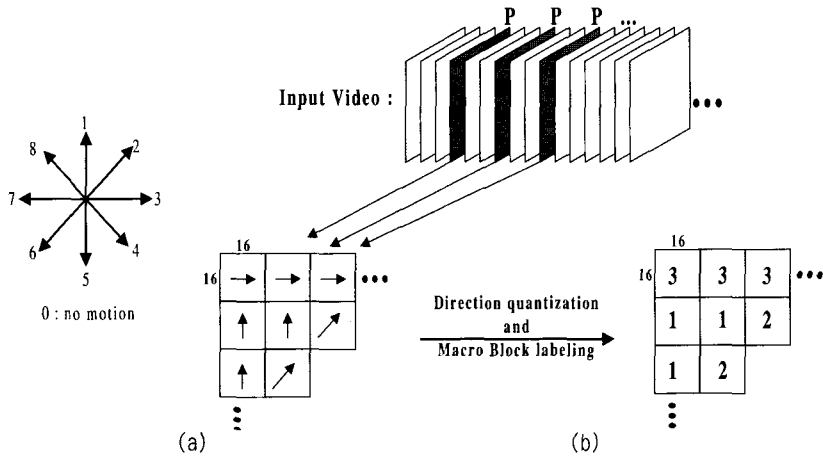


그림 5. 모션 벡터의 양자화 및 매크로 블록 레이블링
 Fig. 5. Quantization of motion vector direction and macro block labeling

연산의 대상이 되는 순방향 모션 벡터는 시간 순으로 입력되는 P 프레임내에 저장되어 있다. 각각의 P 프레임에서 추출된 모션 벡터는, 우선 위의 그림 5-(a)와 같이 8 방향으로 양자화 된다. 방향의 양자화는 읽어들이는 모션 벡터의 각(angle)을 구하고 이에 대한 삼각함수 값을 이용하여 구하게 되며, 각 방향은 번호로써 표현된다. 모션이 없는 경우는 '0' 으로 나타내고, 입력된 P 프레임 내 각각의 매크로 블록을 저장된 모션 벡터가 갖는 방향에 따라 해당 방향의 번호로 번호 매김한다. 그림 5-(b)가 이를 나타내고 있다. 이 때 입력된 프레임에 대한 DC 영상과, 이들에 대한 양자화 컬러 그룹이 컬러 특징 추출을 위해 이미 생성되어 있으므로, 이들 컬러 정보와 앞서 행한 모션 정보와의 정합을 행하여 양자화 컬러 그룹 단위의 모션 정보를 구한다. 이 때 모션 특징 추출은 한 shot을 대상으로 이루어지므로, 전체 shot을 대상으로 각 컬러 그룹의 모션 정보를 구하는 것임을 고려해야 한다. 특징 추출의 간략한 과정은 다음과 같다. 우선 시간 순서대로 입력되는 모든 P 프레임에 대해, 양자화 컬러 그룹들이 차지하는 화소의 수를 계산하고, 각각의 컬러 그룹에 대해 이들의 위치에 있는 매크로 블록의 방향 번호를 읽어들이는. 입력된 동영상에 대해 j 번째 양자화 컬러 그룹에 대한 모션 벡터의 연산이 그림 6에 나와있다.

이상의 과정을 입력된 동영상의 모든 P 프레임에 대해 행하면, 결국 하나의 양자화 컬러 그룹에 대해, 이 컬러 그룹에 대응되는 방향별 모션 벡터의 수와, 전체 shot에서 차지하는 화소의 수가 카운트된다. 이렇게 계산된 컬러 그룹별 모션의 레이블링수를 전체 화소수로 나누어 정규화

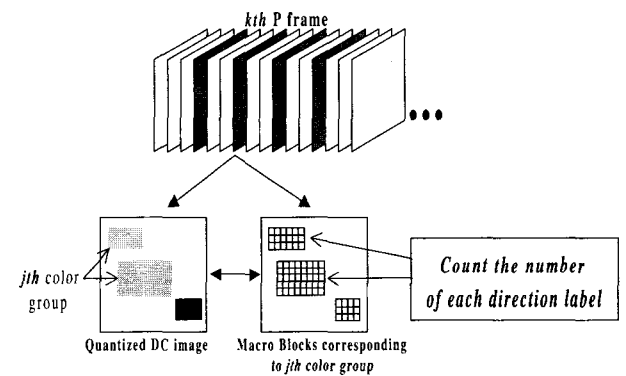


그림 6. 컬러 그룹에 따른 모션 벡터 연산
 Fig. 6. Motion vector computation by color group

		color group number →					
		0	1	2	...	j	...
direction label ↓	0						
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						

그림 7. 컬러-모션 행렬의 생성
 Fig. 7. Generation of color-motion matrix

하면, 그림 7과 같은 모션 행렬이 생성된다. 그림 7과 같이 생성된 행렬은 양자화 컬러 그룹이 shot 전체를 통해 갖는 각 방향의 비율을 계산해 준 결과가 되며, 각 성분을

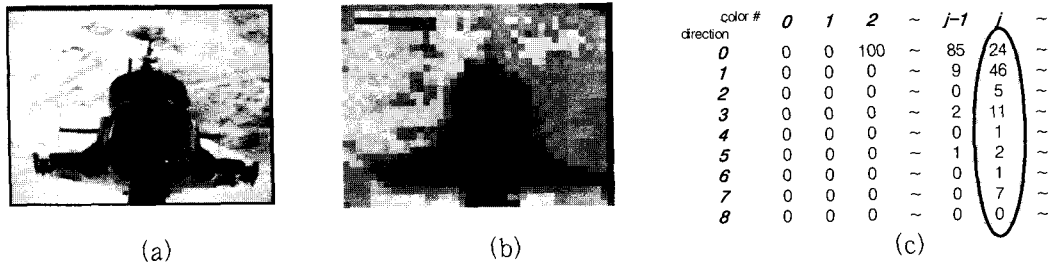


그림 8. 양자화 컬러 그룹의 움직임 방향
Fig. 8. Motion information of quantized color group

$m(i,j)$ 로 표현할 수 있다. $m(i,j)$ 는 shot내에서 j 번째 양자화 컬러 그룹이 i 방향을 갖는 비율을 나타낸다.

컬러-모션 행렬의 실제 적용 예가 그림 8에 나와있다. 그림 8-(a)는 실제 화면을 나타내며, 화면 가운데의 객체는 위로 떠오르는 움직임을 가지고 있다. 그림 8-(b)는 이에 해당하는 양자화 된 DC 영상을 나타낸다. 그림 8-(c)는 앞서의 알고리즘을 적용한 결과 나온 모션 행렬의 일부를 나타내며, 표시된 부분은 움직이는 객체에 해당하는 컬러 그룹이 shot 전체에 대해 갖는 각 방향의 비율을 나타낸다.

그림 8-(c)에서 보는 바와 같이 위로 이동하는 객체에 해당하는 양자화 컬러 그룹이 갖는 각 방향의 비율은 '1' 방향의 것이 가장 큰 값을 나타내고 있으며, 이 방향은 앞의 양자화 방향에서 윗방향을 나타냄을 알 수 있다. 이렇게 최종적으로 생성된

컬러-모션 행렬이 입력 동영상의 모션 특징으로 저장된다.

IV. 시스템 구현 및 결과 고찰

본 논문에서 제안된 컬러와 컬러-모션 특징을 이용한 동영상 검색 시스템을 구현하였다. 컬러 특징 정합은 식 (3)과 같이 컬러 히스토그램 행렬의 차이 D_{mat}^c 과 좌표 분산값의 차이 D_{var}^c 의 합으로 이루어진다.

$$D_{Q,I}^c = (W_1 \times D_{mat}^c) + (W_2 \times D_{var}^c) \quad (3)$$

여기서 Q, I는 각각 질의 동영상과 데이터베이스 내의

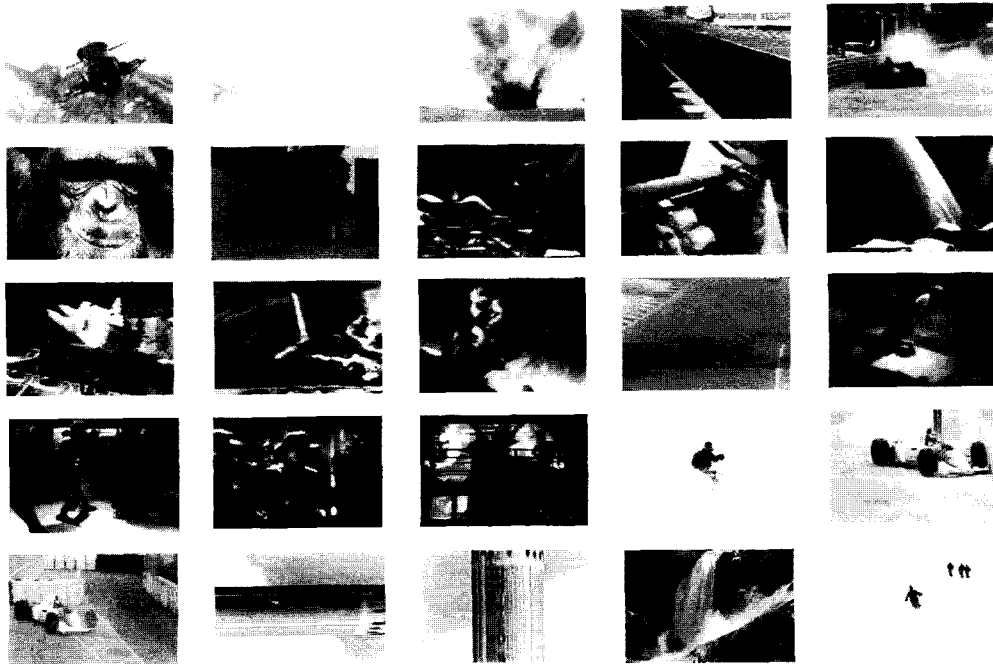


그림 9. 실험에 사용된 동영상의 일부
Fig. 9. The part of experimental video database

동영상을 나타내고, 행렬의 차이값과 좌표 분산의 차이값은 각각의 최대값으로 나누어져 정규화 된 값이다. 둘의 가중치는 본 실험에서는 0.5로 동일한 상태이다. 모션 특징 정합은 제안된 컬러-모션 행렬의 차이값으로 나타나며, 컬러 특징으로 추출된 좌표 분산값을 이용해 연산을 행한다. 즉 모션의 차이를 구하는 데 있어 화면에 존재하지 않는 컬러 그룹까지 연산하는 것은 비효율적이므로, 질의 동영상 내 각 컬러 그룹의 좌표 분산값이 0이 아닌 열만을 대상으로 차이값을 연산한다. 결국 질의 동영상과 데이터베이스의 동영상과의 유사도는 식 (4)와 같이 나타낼 수 있으며, 각각의 가중치 W_c, W_m 은 사용자가 선택할 수 있게 하였다. 여기서 $D_{Q,I}^m$ 는 계산된 컬러-모션 행렬 차이의 정규화 값이다.

$$D_{Q,I} = W_c \times D_{Q,I}^c + W_m \times D_{Q,I}^m \quad (4)$$

본 논문에서 제안한 컬러 특징 추출 알고리즘의 목적이 기존의 key-frame 기반 검색의 한계를 극복하고자 하는 것이었으므로, 구현된 시스템 하에서 두 방법에 대한 실험과 평가를 실시하였다. 그림 9는 실험에 사용한 동영상 데이터의 일부를 보여준다. 실험 데이터베이스는 해상도 352×240의 MPEG-1 동영상으로 구축되었다.

그림 10은 구축된 동영상 데이터 베이스들을 대상으로 구현된 검색 프로그램을 나타낸다. 구현된 프로그램은 Pentium II Processor 상에서 Visual C++ 6.0으로 제작됐으며, 사용자가 원하는 동영상을 불러서 이와 유사한 동영상을 검색, 제시하는 구조로 되어있다. 검색된 결과는 그 유사도에 따라 정지 영상 형태로 나타나고, 모든 동영상은 media player를 이용하여 재생과 정지 등이 가능하다. 검색 결과는 정지영상의 더블 클릭을 통해 재생된다. 제안된

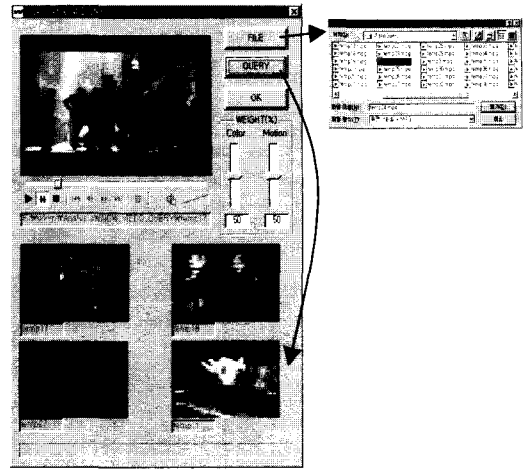


그림 10. 구현된 검색 프로그램
Fig. 10. The implemented retrieval system

표 2. 그룹으로 생성된 동영상 데이터베이스의 일부
Table 2. The part of group-generated video database

Group 1	1, 2, 3	Group 4	7, 14	Group 7	27, 28, 29
Group 2	4, 5	Group 5	17, 18	Group 8	30, 31, 38, 39
Group 3	6, 22, 34, 35	Group 6	19, 40	Group 9	36, 37

알고리즘의 평가를 위하여, 실험 동영상 데이터베이스는 표 4와 같이 같은 내용을 담고있는 동영상끼리 하나의 그룹으로 생성되었고, 그림 11이 이렇게 하나의 그룹으로 묶인 동영상의 예를 나타낸다. 표 4는 전체 데이터베이스의 일부에 대한 그룹과 이에 속한 동영상을 나타내며, 각 동영상은 번호로써 표기되었다. 실험의 객관성을 위해 컬러 정보가 확연히 구분되는 것들끼리 그룹으로 생성하였으며, 다른 여러 사람의 의견을 종합하여 질의 동영상에 따른

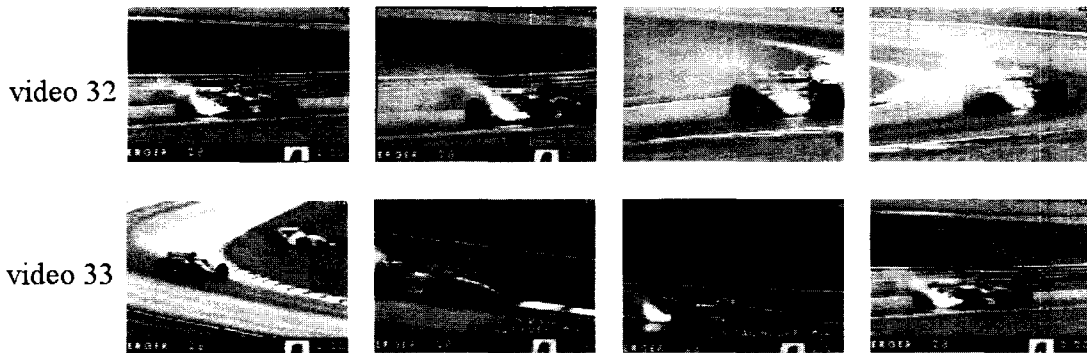


그림 11 하나의 그룹으로 생성된 동영상의 예
Fig. 11. The example of group-generated video database

결과 동영상의 정답 여부를 결정하였다. 이렇게 구성된 전체 데이터베이스에 대해, 질의 및 검색 실험을 행하여 원하는 결과가 나오는 경우와 그렇지 못한 경우를 확인해 성능을 평가하였다.

본 논문에서 제안한 알고리즘의 목적은 여러 동영상들의 효과적인 유사도(similarity) 측정을 목적으로 한다. 따라서 식 (5)와 같이 유사한 가운데 검색 결과로 나오지 않는 경우를 고려한 'recall' 항목으로 제안된 알고리즘의 정확도를 평가하였다. 제안된 방법은 컬러 특징만 사용한 경우와 컬러와 모션 특징 두가지를 복합적으로 사용한 경우에 대해 실험하였으며, key-frame 기반 방법은 추출된 key-frame에 대해 본 논문과 동일한 양자화 과정을 거친 히스토그램 정보로써 검색을 행하였다. 식 (5)에서 correct는 제대로 찾은 결과의 수를 나타내고, missed는 찾지 못한 결과의 수를 나타내며, 그 결과가 표 3에 나와있다.

$$recall = \frac{correct}{correct + missed} * 100 (\%) \quad (5)$$

표 3. 제안된 방법과 기존 방법의 정확도 비교
Table 3. The accuracy comparison between the previous and proposed methods

검색 방법	recall (%)
제안된 방법 ($W_c = 0.8, W_m = 0.2$)	96.7
제안된 방법 ($W_c = 1.0, W_m = 0.0$)	94.4
key-frame 기반 방법 (Global Histogram)	90.0

실험결과, 제안된 방법이 기존의 key-frame 기반 방법보다 더 높은 recall 수치를 나타내고 있으며, 컬러와 컬러-모션 특징을 복합적으로 사용한 경우 더 좋은 성능을 나타내고 있다.

V. 결론 및 향후계획

본 논문에서는 내용기반 동영상 검색을 위한 효과적이고 자동적인 특징 추출 알고리즘을 컬러와 모션 두 가지로 나누어 제안하고, 이를 이용한 검색 시스템을 구현하였다. 컬러 특징의 경우는 동영상의 다양한 컬러 정보의 반영을 위한 sub-shot 단위의 특징 추출을 행하고, 또한 컬러의 공간적인 분포를 고려하기 위한 히스토그램 행렬을 동영상에 맞게 개선하여 기존의 key-frame 기반 컬러 특징 추출의 한계를 극복하고자 하였다. 이와 동시에 생성된

히스토그램 행렬의 각 성분별 분산값을 이용하여 행렬의 정확도를 높이고, 전체적인 공간분포를 고려하기 위해 양자화 컬러 그룹의 좌표 분산값의 평균을 계산하여 특징으로 사용하였다. 모션 특징은 MPEG-1 동영상 내의 모션 벡터를 직접 이용하여 기존의 복잡한 계산 과정을 극복하고자 했고, 여기에 컬러 정보를 정합한 컬러-모션 특징을 추출하여 검색 효과를 높이고자 하였다. 결론적으로 제안된 알고리즘은 동영상에서 시간에 따라 변화하는 컬러의 동적인 변화를 고려한 검색을 지원하므로, 특히 화면 내의 컬러의 변화나 움직임이 많은 동영상 데이터에 대해 우수한 검색 결과를 나타낼 수 있다. 따라서 대부분의 동영상이 정지화면이 아닌 컬러의 움직임이 있는 데이터라고 할 때, 일반적인 동영상 검색에 있어 제안된 방법이 더 우수하다고 제안할 수 있다. 앞으로 다양한 동영상 검색을 위한 특징 추가와 함께, 보다 객관적인 정확도 평가를 위한 충분한 데이터 베이스의 구축이 향후과제로 남아있다.

참 고 문 헌

- [1] Chang S. F, Chen. W, Meng H. J, Sundaram. H, and Zhong. D, "A fully automated content-based video search engine supporting spatiotemporal queries," *IEEE Transactions on Circuits & Systems for Video Technology*, vol. 8, no. 5, pp. 602-615, 1998.
- [2] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "MPEG-7 context and objective," *MPEG98/N2207*, Tokyo, Mar. 1998.
- [3] Atsuo Yoshitaka and Tadao Ichikawa, "A survey on content-based retrieval for multimedia databases," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, vol. 11, no. 1, pp. 81-93, 1999.
- [4] Y. Aip. Asladogan, Clement. T. Yu, "Techniques and systems for image and video retrieval," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, vol. 11, no. 1, pp. 56-63, 1999.
- [5] B. L. Yeo and B. Liu, "A unified approach to temporal segmentation of motion JPEG and MPEG compressed video," *Internal Conf. on Multimedia Computing and Systems*, May. 1995.
- [6] M. J. Swain and D. H. Ballard, "Color indexing," *International Journal of Computer Vision*, vol. 7, no. 1, pp. 11-32, 1991.
- [7] B. M. Mehtre, M. S. Kankanhalli, A. D. Narsimhalu,

- and G. C. Man, "Color matching for image retrieval," *Pattern Recognition Letters* vol. 16, pp. 325-331, 1995.
- [8] X. Wan and C. C. Jay Kuo, "Color distribution analysis and quantization for image retrieval," *Proceeding of SPIE 2670*, pp. 8-16, 1996.
- [9] Zaher AGHBARI, Kunihiko KANEKO, and Akifumi MAKINOUCHE, "A motion-location based indexing method for retrieving MPEG videos," *proceedings of the Ninth International Workshop on Database and Expert Systems Applications*, pp. 102-107, 1998.
- [10] Christoph Stiller and Janusz Konrad, "Estimating Motion in image sequences," *IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE*, pp. 70-91, Jul. 1999.
- [11] 김익재, 이제호, 권용무, 박상희, "변형된 질의 영상에 강한 내용 기반 영상 검색 기법", *한국방송공학회지*, vol. 2, no. 1, pp. 74-83, Jun. 1997.

저 자 소 개



김 영 재

1975년 8월 29일생
 1994년 3월 ~ 1998년 2월 : 연세대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1998년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 대학원 전기·컴퓨터 공학과 석사과정
 1998년 3월 ~ 현재 : 한국과학기술연구원(KIST) 학생 연구원
 주관심분야 : 동영상 검색 기법, 영상 신호 처리



이 철 희

1980년 3월 ~ 1984년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1984년 3월 ~ 1986년 2월 : 서울대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1986년 9월 ~ 1987년 3월 : Technical University of Denmark (Researcher)
 1987년 8월 ~ 1992년 12월 : Purdue University Electrical Engineering(Ph. D.)
 1993년 7월 ~ 1996년 8월 : National Institutes of Health, Maryland, USA(Visiting fellow)
 1996년 9월 ~ 1999년 8월 : 연세대학교 기계전자공학부 조교수
 1996년 9월 ~ 현재 : 연세대학교 기계전자공학부 부교수
 주관심분야 : 신호처리, 영상처리, 패턴인식, 신경망



권 용 무

1980년 한양대학교 전자공학과 졸업
 1983년 한양대학교 전자공학 석사
 1992년 한양대학교 전자공학 박사
 1983년 ~ 현재 : 현재 한국과학기술연구원(KIST) 정보전자연구부 책임연구원
 주관심분야 : 멀티미디어 정보시스템, Immersive Telepresence