

2차원 투영 맵을 이용한 영상 검색 효율 개선

안상건, 이은애, 하석운
경상대학교 컴퓨터학과

Improvement of Image Retrieval Efficiency Using 2D Projection Maps

Sang-Gun An, Eun-Ae Lee, Seok-Wun Ha
Dept. of Computer Science, Gyeong-Sang Nat'l University

요 약

컬러 특징을 나타내는 전형적인 방법으로 RGB 컬러히스토그램이 있다. RGB 컬러 히스토그램은 RGB 컬러 공간을 일련의 bin으로 나누고 각 bin의 컬러 값에 대응하는 영상 픽셀의 빈도 수를 카운트하는 것으로 영상 검색에서 널리 쓰이고 있다. 그러나 RGB 컬러히스토그램은 영상의 미세한 장면 변화에도 크게 달라지기 때문에 검색 결과에 많은 영향을 줄 수 있다. 본 논문에서는 RGB 컬러히스토그램의 이러한 특성을 개선할 수 있는 새로운 컬러 특징 표현 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 RGB 컬러 공간으로부터 RG, GB, BR의 세 가지 평면으로 투영시킨 2차원 투영 맵(2D Projection Maps)을 사용한다. 영상 검색에 대한 실험 결과로부터 제안한 2차원 투영 맵이 RGB 컬러히스토그램보다 더 향상된 검색 효율을 나타내었다.

1. 서론

내용 기반 영상 검색에서 사용된 가장 보편적인 기술은 데이터베이스에 저장되어 있는 컬러 영상들의 컬러히스토그램에 기반하여 영상들을 비교하는 것이다. 컬러히스토그램은 컬러 영상의 컬러 분포를 기술한다. 컬러히스토그램의 특징은 질감이나 모양 등의 다른 특징을 사용하는 다음 단계의 처리를 위해서 검색 후보 영상들의 수를 감소시키기 위해 수행되는 컬러에 기반하는 전 처리에 사용된다 [1]. 주어진 질의 영상의 컬러히스토그램과 후보 영상들의 컬러히스토그램을 비교하여 그 유사성을 측정하고, 유사도가 높은 순으로 사용자가 원하는 수의 검색 후보 영상을 선택하게 된다.

RGB 컬러 공간으로부터 구해진 RGB 컬러히스토그램은 매우 유사한 두 영상의 경우에 그 장면에서의 미세한 차이만 있어도 컬러히스토그램이 매우 달라질 수 있기 때문에 바람직하지 못한 검색 결과를 가져올 수가 있다 [2].

또한, RGB 컬러 공간은 인간이 컬러를 인식하는 방법과 관련성이 적기 때문에 HSI 컬러 공간에 비해서 영상 검색에는 적절치 못한 것으로 알려져 있다 [3, 4, 5].

그러나 RGB 컬러 공간 자체는 영상 획득 도구로부터 형성되는 컬러 영상 신호와 직접적으로 관계되므로 컬러 공간의 변환 과정 없이 직접 이용할 수 있다 [6]. 따라서, RGB 컬러 공간에서 처리되며 영상의 미세한 변화에도 큰 영향을 받지 않는 컬러 특징 표현법이 요구된다.

본 논문에서는 RGB 컬러 공간으로부터 RG, GB, BR의 세 가지 평면으로 투영시킨 2차원 투영 맵(2D Projection Maps)을 새로운 컬러 특징 표현방법으로 제안한다. 컬러 영상의 특징을 비교할 때는 이들 세 가지 2차원 투영 맵을 1차원 투영 벡터로 전환하여 이들간의 유사성을 측정하게 된다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 전형적인 RGB 컬러히스토그램 방법에 대하여 약술하고,

3장에서는 제안한 2차원 투영 맵 방법을 기술한다. 4장에서는 실험결과와 평가, 5장에서 결론을 기술한다.

2. RGB 컬러히스토그램

RGB 컬러히스토그램을 구성하는 모든 bin은 영상이 가질 수 있는 가능한 모든 컬러의 수와 일대일로 대응되어 있다. RGB 컬러히스토그램을 구성하는 bin의 수는 컬러 영상의 크기에 관계없으며, 식 (1)과 같이 픽셀당 양자화 비트 수에 관계하므로 양자화 비트 수가 많을수록 컬러히스토그램의 bin 수가 크게 증가하게 된다.

$$N_{rgb} = 2^q \times 2^q \times 2^q \quad (1)$$

여기서 N_{rgb} 는 RGB 컬러 히스토그램의 bin 수, q 는 픽셀당 양자화 비트 수를 나타낸다. 일반 영상의 경우 픽셀당 양자화 비트 수는 8 이므로 16,772,216의 bin 수가 필요하게 된다. 이것은 너무 큰 배열을 요구하기 때문에 영상 검색에 있어서 현실적이지 못하다. 그래서 일반적으로 $q=5$ 혹은 $q=6$ 으로 변환하여 사용하고 있다.

그림 1은 8 비트로 양자화 된 하나의 일물 영상을 5 비트로 변환 시킨 후의 RGB 컬러히스토그램을 나타내었다. 일물 영상이 가지고 있는 컬러들을 대응하는 bin에 누적시킨 결과이다. 여기서 총 bin 수는 32,768 ($2^5 \times 2^5 \times 2^5$)이다.

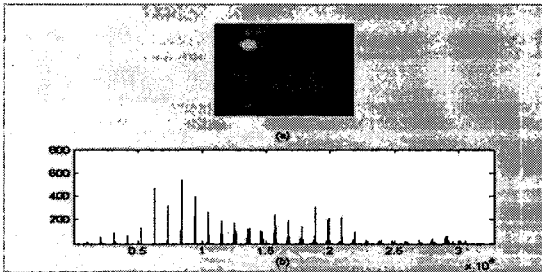


그림 1. (a) 일물 영상, (b) RGB 컬러히스토그램

3. 2차원 투영 맵

그림 2는 그림 1의 일물 영상에 대한 R, G, B 채널의 밝기 값을 RGB 컬러 공간 상에 점으로 나타낸 3차원 맵이다.

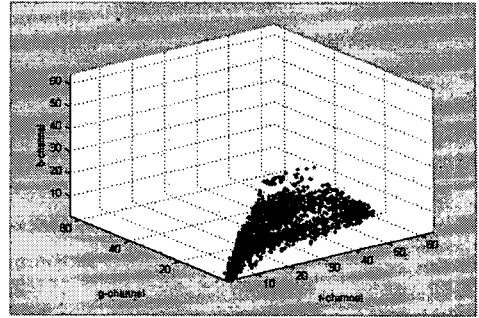


그림 2. 일물 영상의 RGB 컬러 공간 맵
그림 2의 RGB 컬러 공간 맵을 RG 면과 BG 면, 그리고 BR 면에 투영하면 세 개의 2차원 투영 맵을 구할 수 있다. 먼저 R 채널의 밝기 정수 값으로 횡축의 bin을 구성하고 G 채널의 밝기 정수 값으로 종축의 bin을 구성한다. 그리고 R 채널과 G 채널의 동일한 위치에 있는 픽셀들의 각각의 밝기 값에 대응하는 좌표에 한 점을 대응시키면 RG 채널에 투영된 2차원 맵을 구할 수 있다. 동일한 방법으로 GB 투영 맵과 BR 투영 맵을 구한다.

이들 맵은 밝기 값을 가지는 좌표 점에 대해서는 1의 값을, 그렇지 않은 좌표 점에 대해서는 0의 값을 대응함으로써 2차원 투영 행렬로 나타낼 수 있다. 예를 들어 R, G, B 채널의 동일한 위치에 있는 픽셀의 밝기 값을 $h(r)$, $h(g)$, $h(b)$ 라 하고, 그림 3에서와 같이 이들 값에 대응하는 좌표 축의 bin의 위치를 $R(h(r))$, $G(h(g))$, $B(h(b))$ 라 하면, 다음 식 (2), 식 (3)을 사용하여 각각의 투영 맵의 한 점에 대응하는 좌표 $P(R, G)$, $P(G, B)$, $P(B, R)$ 를 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 P(R, G) &= \begin{cases} 1, & \text{at } R(h(r)), G(h(g)) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \\
 P(G, B) &= \begin{cases} 1, & \text{at } G(h(g)), B(h(b)) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \\
 P(B, R) &= \begin{cases} 1, & \text{at } B(h(b)), R(h(r)) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)
 \end{aligned}$$

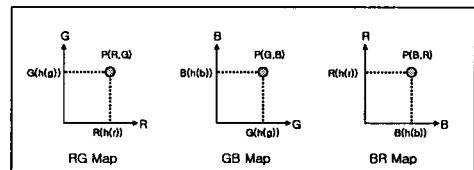


그림 3. 2차원 투영 맵의 형성

컬러 영상의 모든 픽셀에 대하여 위의 과정을 처리하면 세 개의 2차원 투영 맵을 구할 수 있다. RGB

컬러히스토그램은 동일한 컬러에 대해서 그 수가 누적되는데 반하여, 제안하는 2차원 투영 맵은 그 컬러가 존재하는가의 여부를 나타내기 때문에 미세한 장면 변화에는 큰 영향을 받지 않는 특성을 가지게 된다. 그림 4는 일몰 영상의 RG, GB, BR의 세 가지 2차원 투영 맵을 나타낸 것이다.

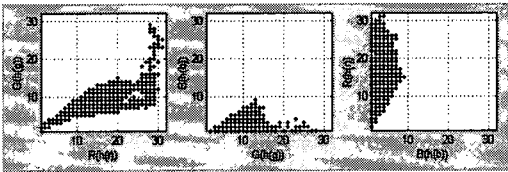


그림 4. 일몰 영상 2차원 투영 맵

내용 기반 영상 검색에서 2차원 투영 맵을 사용하여 질의 영상과 검색 대상 영상들 사이의 유사성을 측정하기 위해서는 다음 식 (3)에서와 같이 이 세 가지 2차원 투영 맵에 대응하는 행렬을 연결하여 만든 1차원 투영 벡터를 사용한다.

$$I = \{RG(1, 1), \dots, RG(2^q, 2^q), GB(1, 1), \dots, GB(2^q, 2^q), BR(1, 1), \dots, BR(2^q, 2^q)\}$$

$$N_{2dm} = 2^q \times 2^q \times 3 \quad (3)$$

여기서 I 는 1차원 투영 벡터, N_{2dm} 은 1차원 투영 벡터의 bin 수, q 는 픽셀당 양자화 비트 수를 나타낸다. $q=5$ 인 경우, 형성되는 1차원 투영 벡터의 총 bin 수는 3,072 ($2^5 \times 2^5 \times 3$)이다. 이것은 5 비트 양자화의 경우, RGB 컬러히스토그램의 경우보다 약 10.7 (32,768 / 3,072)배 만큼이나 bin 수를 절약할 수 있어서 처리 속도에 있어서도 크게 향상시킬 수 있음을 보여준다.

4. 실험결과 및 평가

유사성을 측정하는 데는 유클리드 거리 측정법을 적용하였다. 질의 영상의 2차원 투영 맵을 1차원으로 변환한 1차원 투영 벡터를 I_p , 후보 영상의 1차원 투영 벡터를 I_c 라 하면, 이들 간의 유클리드 거리 E_d 는 다음 식 (4)와 같다.

$$I_p = \{I_p(1), \dots, I_p(n)\}$$

$$I_c = \{I_c(1), \dots, I_c(n)\}$$

$$E_d = \sqrt{\sum_{i=1}^n I_p(i) - I_c(i)^2}$$

(4)

여기서 n 은 $2^q \times 2^q \times 3$ 이다.

제안한 2차원 투영 맵 방법을 적용했을 때의 컬러 영상 검색 성능을 평가하기 위해서 그림 5에서와 같은 일련의 시간 연속으로 촬영된 5매의 일몰 영상들을 포함하는 다른 100개의 일몰 영상 데이터베이스를 적용하였으며, 이들 5매의 영상들을 차례대로 질의 영상으로 했을 때의 검색 결과를 RGB 컬러히스토그램 방법을 적용했을 때의 검색 결과와 비교해 보았다.



그림 5. 5매의 연속 일몰 영상 (질의 영상)

이들 연속 일몰 영상들은 거의 유사한 컬러와 장면을 가지는 것으로 볼 수 있다.

먼저 이들 영상 중에서 첫번째 영상을 질의로 하였을 때, RGB 컬러히스토그램 방법과 2차원 투영 맵 방법을 적용한 검색 결과를 그림 6과 7에 나타내었다.

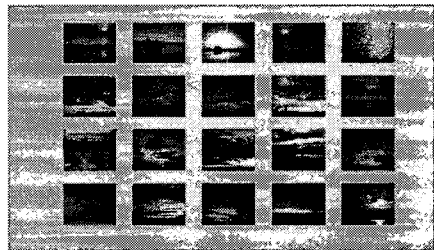


그림 6. RGB 컬러히스토그램 적용 결과

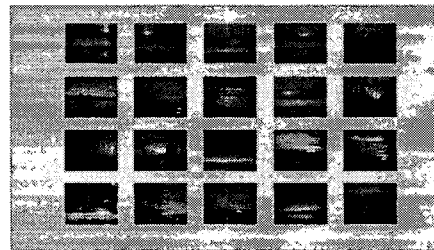


그림 7. 2차원 투영 맵 적용 결과

RGB 컬러히스토그램을 적용한 경우에는 5매의 연속 일몰 영상 중에서 우선순위 5위 내에 검색된 영상은

들 뿐이다. 그러나 2차원 투영 맵을 적용한 경우에는 우선순위 5위 내에 4개의 영상이 검색 되었다. 표 1은 나머지 연속 영상들을 차례대로 질의 영상으로 했을 때의 검색 결과를 나타낸 것이다.

표 1. 연속 일물 영상 질의에 대한 검색 결과

	질의	순위					정확율
		질의1	질의2	질의3	질의4	질의5	
RGB Color Histogram	질의1	1	4	10			40%
	질의2	2	1	12		16	40%
	질의3	5		1			40%
	질의4	8			1		20%
	질의5	4	14			1	40%
2D Projection Map	질의1	1	2	4	9	3	80%
	질의2	3	1	5	14	2	80%
	질의3	4	3	1	9	6	60%
	질의4	4	6	5	1	2	80%
	질의5	4	2	5	8	1	80%

표 1은 5개의 각각의 질의에 대해 우선순위 5위 내에 질의 영상들이 검색되는 경우에 대해 정확율을 계산한 것으로, RGB 컬러히스토그램의 경우 평균 36%, 제안한 2차원 투영 맵의 경우 평균 76%의 정확율을 나타내었다.

기존의 내용 기반 영상 검색에서 컬러 특징의 기반으로 가장 보편적으로 적용되고 있는 RGB 컬러히스토그램 방법은 장면에 약간의 변화가 있으나 거의 동일한 컬러를 가지는 연속 일물 영상에 대해서 검색 결과가 만족스럽지 못한 반면, 제안한 2차원 투영 맵 방법은 매우 효과적인 검색 성능을 나타냄을 볼 수 있다.

위의 결과로부터 RGB 컬러히스토그램은 미세한 장면의 변화에도 컬러히스토그램이 크게 달라져서 검색 결과에 큰 영향을 미치지만, 제안한 2차원 투영 맵은 미세한 장면의 변화에도 거의 영향을 받지 않음을 알 수 있다.

따라서, 제안한 2차원 투영 맵은 기존의 RGB 컬러히스토그램에 비하여 컬러만을 기반하는 검색에 있어서는 그 성능을 크게 향상시킬 수 있다. 기존에 알려진 많은 내용 기반 영상 검색 시스템들이 RGB 컬러히스토그램 대신에 제안한 2차원 투영 맵을 사용할 경우, 더 나은 검색 결과를 얻을 수 있을 것이다. 특히 이 컬러 특징을 이용한 검색 결과를 토대로 질감이나 모양 등의 특징을 사용하는 검색 과정을 추가할 경우, 더욱 효과적인 검색이 가능할 것이다.

5. 결론

컬러 영상 검색 시스템들이 컬러 특징을 기반하는 검색에서 가장 보편적으로 사용하고 있는 RGB 컬러히스토그램보다 검색 성능을 향상시키는 새로운 컬러 특징 표현 방법을 제안하였다. 이 방법은 RGB 컬러공간 맵을 RG, GB, BR의 2차원 면으로 투영한 맵을 사용하기 때문에 이를 2차원 투영 맵 방법이라 하였다. 질의 영상에 대한 검색 결과로부터 제안한 방법이 기존의 RGB 컬러히스토그램 방법에 비해 더 나은 검색 효과를 나타냄을 확인하였다. 기존의 내용 기반 영상 검색 시스템이나 비디오 검색 시스템에 적용할 경우 바람직한 결과를 얻을 수 있을 것이다.

6. 참고문헌

[1] Y. Rui, T. Huang, and S. Chang, "Image Retrieval: Past, Present and Future", International Symposium on Multimedia Information Processing, Taiwan, 1997.
 [2] S. Sablak and T. E. Boul, Multilevel Color Histogram Representation of Color Images by Peaks for Omni Camera, Proceedings of the IASTED International Conference Signal and Image Processing, pp. 18-21, Oct., 1999.
 [3] A. Vellaikal and C.C.J.Kuo, Content based image retrieval using multiresolution histogram representation, SPIE Digital Image Storage and Archiving Systems, vol. 2606, pp. 312- 323, 1995.
 [4] H. J. Zhang, Y. Gong, C. Y. Low, and S. W. Smoliar, Image retrieval based on color feature: an evaluation study, SPIE Digital Image Storage and Archiving Systems, vol. 2606, pp. 212- 220, 1995.
 [5] X. Wan and C. C. J. Kuo, Pruned octree feature for interactive retrieval, SPIE Multimedia Storage and Archiving Systems II, vol. 3229, pp. 182-193, 1997
 [6] J. R. Smith and Shih-Fu Chang, Single Color Extraction and Image Query, International Conference on Image Processing (ICIP-95), Washington, DC, Oct. 1995