

상이한 칼라집합 기반의 칼라분포간 유사도

김동균*, 김성영**, 김민환*
*부산대학교 컴퓨터공학과
**창원전문대학 멀티미디어과

Similarity between Color Distributions based on Different Color Sets

DongKyun Kim*, SungYoung Kim**, MinHwan Kim*,
*Dept. of Computer Engineering, Pusan National Univ.

**Dept. of Multimedia, Changwon College

E-mail : cs9309@pusan.ac.kr, sykim@changwon-c.ac.kr, mhkim@pusan.ac.kr

요 약

영상에서의 칼라분포 정보는 영상간의 유사성을 표현하는데 매우 유용하여 내용기반 영상검색 분야에서 기본적으로 사용하고 있다. 이때, 영상 데이터베이스에서의 각 영상에 대하여 동일한 방식으로 (비)균일하게 양자화하여 표현한 칼라 히스토그램이 주로 사용되고 있다. 그러나, 전체 영상에 대하여 동일한 개수의 고정된 양자화를 통해 칼라분포 정보를 표현하는데, 여러 가지 문제점과 성능 차이가 있어 다양한 해결 방안이 연구되고 있다. 본 논문에서는, 적응적 양자화 방법으로 각 영상의 칼라분포 정보를 표현하되, 상이한 양자화 칼라간의 유사도를 정의하여 칼라 히스토그램 인터섹션 방법과 유사하게 영상간의 칼라분포 유사도를 계산하는 방법을 제안한다. 양자화 칼라간의 유사도는 거리에 반비례하면서 두 양자화 칼라의 작은 빈도값에 비례하도록 정의하였다. 영상간의 칼라분포 유사도는 칼라 히스토그램 인터섹션 방법을 생산자-소비자 모델로 해석하여 구하는 방법을 제안한다. 제안한 방법에 의해 기존의 칼라 히스토그램 인터섹션 방법보다 향상된 결과를 얻을 수 있음을 실험을 통해 확인하였다.

1. 서론

영상에서의 칼라분포 정보는 영상간의 유사성을 표현하는데 매우 유용하여 내용기반 영상검색 분야에서 많이 활용하고 있다. 이때, 영상 데이터베이스에서의 각 영상에 대하여 동일한 방식으로 칼라를 균일 또는 비균일하게 양자화하여 표현한 칼라 히스토그램을 주로 사용한다.

칼라 히스토그램 사이의 유사도 계산에는 칼라 히스토그램 인터섹션 방법[1]을 주로 많이 사용한다. 이것은 연산이 간단하다는 장점이 있지만 동일한 칼라 집합으로 구성된 히스토그램간에만 적용이 가능하다. 그러나, 영상 데이터베이스의 모든 영상에 대한 칼라 분포 정보를 어떤 한 동일한 양자화 방법에 의해 표현하면, 각 영상의 칼라분포 정보를 효과적으로 표현하기에는 한계가 있다. 한편, 양자화 개수 및 양자화

구간 설정에 따라, 큰 양자화 에러가 발생하거나 양자화 경계의 강제 설정에 의한 부적합한 칼라 분할 현상이 발생한다. 예를 들어, 그림 1과 같이 영상의 칼라분포를 2차원적으로 개념화시켜 표현하였다고 가정하자. 그림 1의 (b)와 (c)는 주어진 영상의 칼라분포(그림 1(a))를 각각 4개와 16개로 균일 양자화하여 표현한 것이다. 양자화 개수를 작게 하면 양자화 에러가 너무 커지게 되며, 크게 하면 불필요한 칼라 빈(bin)의 수가 증가하게 됨을 알 수 있다. 한편, 양자화 경계에 의해 유사한 칼라가 서로 다른 빈으로 분할되는 문제점을 공통적으로 보인다. 이런 현상은 그림 1(d)과 같은 적응적 양자화 방법[7]으로 완화시킬 수 있다. 그러나, 각 영상마다 서로 다른 칼라 집합을 갖게 되어 칼라 히스토그램 인터섹션을 적용할 수 없다. 따라서, 상이한 칼라 빈으로 구성되는 히스토그램에 대하여 유사도를 계산할 수 있는 방법이 요구된다.

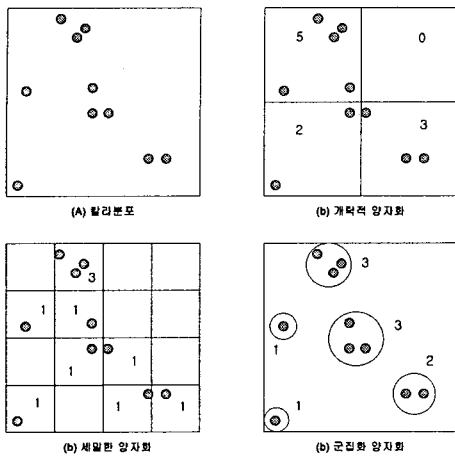


그림 1. 균일 양자화의 문제점 및 균집화 양자화 결과

상이한 칼라 빈의 히스토그램에 대한 유사도 계산에 적용할 수 있는 QBIC[2]시스템에서의 Quadratic Form Distance[3]는 질의 히스토그램의 각 빈에 대해 비교 히스토그램의 모든 빈들을 조사(Cross-Bin Dissimilarity)하되, 빈 사이의 칼라 차이를 고려하면 좀더 정확한 유사도 값을 측정할 수 있다는 논리를 기반으로 두고 있다. 하지만, 모든 빈들을 조사해야 함에 따라 유사도 계산을 위한 연산량이 많아지고, 영상 상호간의 유사도가 과대 평가되는 경향 때문에 부적절한 유사도 값이 산출되는 단점이 있다[4].

상이한 칼라분포간의 유사도를 측정할 수 있는 다른 방법으로서 EMD(Earth Mover's Distance)[5]를 들 수 있다. 여기에서는 질의 히스토그램과 비교대상 히스토그램의 빈도값들을 각각 해당 크기의 흙덩어리와 구덩이로 간주하여, 흙으로 구덩이를 메우는데 필요한 최소 작업량을 두 칼라 히스토그램간의 비유사도(dissimilarity)로 간주한다. 그러나, 이 방법에서는 물리적인 칼라 유사도 개념을 적용할 수 없기 때문에 흙 덩어리와 구덩이의 모든 조합에 대하여 다루어야 하며, 아울러 흙의 배분에 대한 최적화 문제를 풀기 위해 많은 연산을 수행해야 하는 부담이 있다. 이에 따라, 기존의 칼라 히스토그램에 확장하여 적용할 수가 없다. 즉, 많은 칼라 빈으로 구성된 경우에는 연산 시간이 많이 걸려 적용하기 어려우며, 반대로 적은 칼라 빈의 히스토그램에 대해서는 비유사도 개념을 적용하기 어려운 문제점이 있기 때문이다[5].

본 논문에서는, 칼라간의 유사도 정의를 통해 영상간의 유사도 계산에는 유사도가 높은 칼라들만이 반

영되도록 함으로써, 불필요한 연산량을 줄이는 방법을 제안한다. 아울러, 칼라 유사도에 비례하게 질의 히스토그램의 칼라 빈도값을 비교대상 히스토그램의 칼라 빈에 배분하고, 비교대상 히스토그램 입장에서는 어떠한 칼라 빈에서 받을 수 있는 빈도값은 자신의 빈도값을 넘지 못하게 하는 원칙을 적용한 후, 두 영상간의 유사도를 비교대상 히스토그램에서 받은 빈도값의 총합으로 정의하는 방법을 제안한다. 이 방법은 고정 양자화에 의한 칼라 히스토그램의 유사도 계산에도 적용할 수 있다.

2. 상이한 칼라 집합 기반의 칼라분포간 유사도 계산

2.1 칼라 히스토그램 인터섹션의 해석

칼라 히스토그램 인터섹션은 동일한 칼라 빈으로 구성된 히스토그램 사이에 유사도를 계산하는 방법으로서 수식 (1)과 같이 정의된다. 질의 히스토그램과 비교대상 히스토그램의 각 칼라 빈(bin)별로 작은 빈도값을 취하여 모두 합한 후, 질의 히스토그램의 총 빈도값으로 나누어 정규화한다. 여기에서, 질의 히스토그램과 비교대상 히스토그램을 각각 생산자와 소비자라고 간주하고, 각 칼라 빈을 생산 품목 및 소비 품목으로 간주하여, 수식 (1)의 분모 부분을 소비자에 의한 총 소비 품목 개수로 해석할 수 있다. 그러면, 인터섹션 결과는 소비자가 소비한 총 물품의 개수를 생산자가 생산한 총 물품의 개수로 나눈 값으로서, 생산의 적합성 정도를 측정하는 요소로 볼 수 있다.

$$HI(I_q, I_d) = \frac{\sum \min\{H_q(i), H_d(i)\}}{\sum H_q(i)} \quad (1)$$

2.2 유사 품목 정의 및 배분 원칙의 필요성

생산자-소비자 모델을 상이한 칼라 집합의 영상에 적용하기 위해서는 개념을 일부 확장할 필요성이 있다. 먼저 생산 품목과 소비 품목이 일치하지 않는 것이 일반적이므로, 생산자는 소비자가 원하는 사양을 만족시켜 줄 수 있는 유사 생산 품목을 선정하여 공급할 필요가 있다. 이때, 소비자의 만족도도 고려할 필요가 있다. 한편, 만약 어떤 한 생산 품목이 여러 개의 소비 품목을 대체할 수 있다면, 생산자는 효과적으로 이 품목을 배분하는 방안을 강구해야 한다.

예를 들어, 그림 2에서 어떤 생산 품목의 대체 가능 범위를 점선 원으로 표현하였다면, 생산 품목 A는 두

가지 소비 품목에 대한 유사 품목으로 사용할 수가 있고, B는 하나의 소비 품목만을 대체할 수 있다. 소비 품목 (가)는 양쪽으로부터 각각 생산품을 공급받을 수 있다고 해석할 수 있다. 한편, 소비자의 대체 만족도는 유사 생산 품목과 소비 품목간의 거리에 반비례한다고 볼 수 있다.

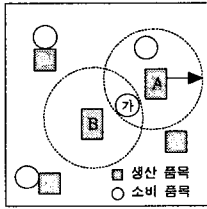


그림 2. 각 생산 품목에 대한 유사 품목 선정 예

2.3 칼라간의 유사도 정의

소비자의 만족도를 고려한 유사 품목의 범위 선정 문제는 칼라분포에 있어서는 칼라간의 유사도 정의와 관련지을 수 있다. 소비자의 만족도는 품목간의 거리에 반비례한다고 간주할 수 있으므로, 수식 (2)와 같이 정의할 수 있다.

$$S(c_q(i), c_d(j)) = \frac{1}{1 + aD}$$

$$D = \begin{cases} d(c_q(i), c_d(j)), & \text{if } d(c_q(i), c_d(j)) \leq r \\ \infty, & \text{o/w} \end{cases}$$

여기에서, a 는 품목간 거리에 대한 가중치이며, r 은 유사 품목의 범위를 결정하는 임계값으로서 그림 2에서의 점선 원의 반지름에 해당한다. 두 칼라간의 유사도는 수식 (2)의 소비자 만족도로 정의할 수 있으며, 그림 3과 같은 형태를 갖는다.

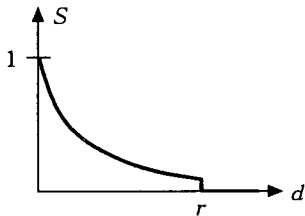


그림 3. 소비자 만족도 및 칼라 유사도 곡선

2.4 생산자의 유사 품목 배분 원칙

생산자는 유사 품목을 소비자의 만족도를 최대화시킬 수 있도록 배분할 필요가 있다. 따라서, 소비자의 만족도와 더불어 생산 및 소비 품목의 수량을 함께 고려하여야 한다. 이에, 본 논문에서는 수식 (3)과 같

이 배분효용성을 먼저 정의하였다.

$$C(c_q(i), c_d(j)) = \min\{H_q(i), H_d(j)\} S(c_q(i), c_d(j)) \tag{3}$$

여기에서, $H_q(i)$ 와 $H_d(j)$ 는 질의 영상 I_a 와 비교대상 영상 I_b 의 i 및 j 번째 칼라 빈의 빈도값을 각각 나타낸다. 즉, 유사 생산 품목 및 소비 품목의 수량을 나타낸다. 생산자는 이 배분효용성에 비례하여 유사 품목을 배분한다.

2.5 소비자의 유사 품목 수용 원칙

소비자는 자신에게 공급되는 유사 품목 중에서 만족도를 최대화할 수 있도록 수용하면 된다. 예를 들어, 자신이 필요로 하는 품목 소요량은 30개인데, 두 가지 유사 품목이 각각 20개와 15개가 주어진다면, 만족도가 높은 것부터 수용하여 30개를 채우면 된다.

2.6 영상간의 유사도 계산

두 영상의 칼라분포에 대한 유사도는 소비자 영상에서 소비한 총 물품의 개수를 생산자의 총 생산량으로 나누어 정규화된 값으로 얻을 수 있다. 이 과정을 그림 4의 예를 이용하여 설명할 수 있다.

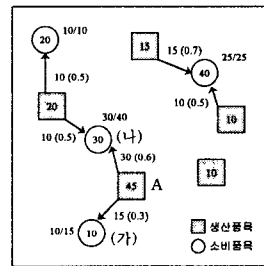


그림 4. 상이한 칼라 집합 영상간의 유사도 계산을 위한 생산자-소비자 모델의 개념적인 적용 예

그림 3에서의 사각형 및 원 안의 숫자는 각각 해당 품목의 생산량과 소비량을 나타내며, 화살표의 숫자는 공급량과 배분효용성(괄호안 숫자)을 나타낸다. 생산 품목 A에 대한 유사 품목이 (가)와 (나)로 선택된 경우에 있어, 각각의 배분효용성에 비례하게 총 45개를 15개와 30개씩 공급하였음을 나타낸다. 소비 품목 (나)에서는 공급되는 총 40개의 유사 품목 중에서 30개를 소비하였음을 나타낸다. 최종적으로 소비자가 소요한 물품의 총 수량은 75개로서, 영상간의 유사도는 총 생산량 100으로 나누어 0.75이다.

이러한 생산자-소비자 모델은 동일한 칼라 집합으로 표현된 영상에 대해 칼라 히스토그램 인터섹션과

동일한 동작이 가능하다. 유사 품목을 선정할 때 임계값의 크기를 양자화 예라리의 두 배보다 작은 값을 사용함으로써, 같은 칼라 빈끼리만 유사하도록 정의할 수 있다. 따라서, 생산자 품목과 소비자 수요 품목이 같아지며, 기존의 칼라히스토그램 인터섹션 결과값과 동일한 값을 얻을 수 있다.

3. 실험 결과 및 토의

실험에 사용한 영상은 Corel에서 제공되는 호랑이 영상을 이용하였다. 선택된 영상들은 황호와 백호로 구성되어 있다. 영상 정합의 변별력을 높이기 위해 영상의 전역적 칼라 분포 대신에 중심 객체를 추출[6]하여 사용하였다.

그림 5(a)는 균일 양자화된 영상에 대해 히스토그램 인터섹션을 적용하여 첫 번째의 질의 영상과 유사도가 높은 순서대로 정렬한 결과이다. 그림 5(b)는 적응적 양자화[7]된 영상에 대해 제안한 방법으로 유사도를 구하여 정렬한 결과이다. 히스토그램 인터섹션을 사용한 경우에 백호가 황호에 비해 질의 영상과의 유사도가 낮게 나오는 경우가 발생하는 것을 알 수 있다. 이것은 백호의 칼라가 일부 왜곡되었거나 양자화 단계에서 여러 칼라 빈으로 분리되었기 때문이다.



(a) 균일 양자화와 히스토그램 인터섹션 이용 결과

(b) 적응적 양자화와 제안된 방법 이용 결과
그림 5. 유사도에 따른 영상 검색 결과

그림 6은 호랑이 영상들을 균일 양자화하여 512개의 칼라 집합으로 히스토그램을 구한 후, 칼라 히스토그램 인터섹션 방법과 제안한 방법으로 검색한 결과를 나타낸다. 그림 5에서의 질의 영상에 대한 검색 결과를 백호와 황호로 구분하여 검색된 순서대로 유사도를 나타내었다. 여기에서도, 칼라 히스토그램 인터섹션 방법에서는 황호 영상의 유사도가 백호 영상보

다 유사도가 높게 나타나는 경우가 있음을 알 수 있다. 그러나, 제안한 방법은 균일 양자화된 히스토그램에 대해서도 매우 적합한 결과를 보임을 알 수 있다.

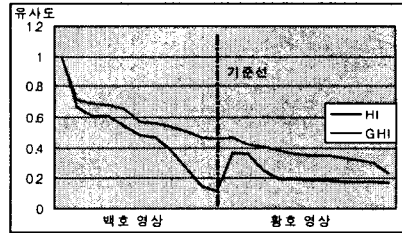


그림 6. 백호에 대한 영상 종류별 유사도 결과

4. 결론

본 논문에서는 칼라 히스토그램 인터섹션 방법을 생산자-소비자 모델로 개념화하여 상이한 칼라 집합을 갖는 영상들간의 유사도를 구하는 방법을 제안하였다. 실험을 통하여, 제안한 방법이 칼라 히스토그램 인터섹션 방법보다 적합한 유사도 결과를 보여주는 것을 확인하였으며, 또한 균일 양자화된 영상에 대해서도 적용할 수 있음을 보였다.

[참고 문헌]

- [1] M. Swain and D. Ballard, "Color Indexing," *Int'l J. of Computer Vision*, Vol. 7, No. 1, pp. 11-32, 1991
- [2] M. Flickner, et al. "Query by image and video content: The QBIC system," *IEEE Computer*, Vol. 28, No. 9, pp. 23-32, 1995
- [3] J. Hafner, H. Sawhney, W. Equitz, M. Flickner, and W. Niblack, "Efficient color histogram indexing for quadratic form distance functions," *Trans. PAMI*, Vol. 17, No. 7, pp. 729-736, 1995
- [4] M. Striker and M. Orgengo, "Similarity of color images," *Proc. SPIE Conf. (Storage and Retrieval for Image and Video Database III)*, Vol. 2420, pp. 381-392, 1995
- [5] Y. Rubner. Perceptual Metrics for Image database navigation. Ph.D. Thesis, Stanford Univ., 1999
- [6] 김성영, 권규복, 박창민, 김민환, "칼라 영상에서의 객체 영역 추출에 관한 연구", 한국멀티미디어학회 2001추계학술발표논문집, 부산, pp. 121-125, 2001
- [7] 길연희, 김민환, 김성영, 박창민, "내용 기반 검색을 위한 자연 영상의 칼라 양자화 방법," 한국멀티미디어학회 2000추계학술발표논문집, 서울, pp. 266-270, 2000