

웨이브릿을 이용한 영역 분할과 칼라 코렐로그램을 이용한 내용기반 영상검색

°예병길*, 안강식*, 안명석**, 조석제*

*한국해양대학교 제어계측공학과, **한국해양대학교 컴퓨터공학과

전화 : 051-410-4929 / 핸드폰 : 016-531-2792

Content-Based Image Retrieval Using Color Correlogram From an Image Segmented by the Wavelet Transform

Byung-Kil Ye, Kang-Sik Ahn, Myung-Suk An, Seok-Je Cho
Dept. of Control and Instrumentation, Korea Maritime University
E-mail : chamkil@kmce.kmaritime.ac.kr

Abstract

최근 효과적인 내용기반 영상검색을 위해 특징 추출 방법이 많이 연구되고 있다. 특히 칼라 정보를 이용하여 특징을 얻는 방법은 여러 가지 장점 때문에 많이 사용되고 있다.

본 논문에서는 칼라 코렐로그램(color correlogram) 기반의 새로운 특징 추출 방법을 제안한다. 제안한 방법은 웨이브릿 변환 계수를 사용하여 영상을 복잡한 영역과 그렇지 않은 영역으로 분할하고, 각 영역의 칼라 코렐로그램을 영상의 특징으로 사용해 영상을 검색하는 방법이다. 제안한 방법으로 영상을 검색하는 방법은 기존의 칼라 코렐로그램을 이용한 방법보다 성능이 우수함을 실험에서 확인할 수 있었다.

I. 서론

최근 인터넷과 멀티미디어 기술이 발전함에 따라 영상 데이터의 양이 급속히 증가하고 있다. 이를 효율적으로 관리하기 위해 내용기반 영상검색 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다^{[1][2]}. 내용기반 영상검색 기술은 영상을 분석하여 얻어진 특징 정보를 이용해 유사한 영상을 검색하는 기술이다. 따라서 효과적으로 영상을 검색하기 위해서는 영상의 특징을 추출하는 기술이

아주 중요하다^[3-5].

영상의 특징을 추출하기 위해 칼라, 질감 및 형태 정보를 이용한다. 이 중 칼라 정보는 변화에 둔감하고 특징을 얻어내는 방법이 간단하다는 이유 때문에 영상의 특징을 추출하기 위해 가장 많이 사용되어진다. 칼라 특징 정보를 추출하는 대표적인 방법은 칼라 히스토그램^[5]이 이용하는 것이다. 칼라 히스토그램은 구하기 쉬우나, 공간적인 정보가 없다는 문제 때문에 이를 개선하기 위해 최근 영상에서 칼라 코렐로그램^[6]을 얻는 방법이 제안되었다. 칼라 코렐로그램은 각 화소에서 일정 거리만큼 떨어진 화소에 어떤 칼라가 나타날 지를 확률로 표현한 것이다. 이는 영상의 공간 정보를 가지므로 칼라 코렐로그램을 이용해서 영상을 검색하면 칼라 히스토그램을 이용한 것보다 성능이 탁월하다. 그러나 전체에서 얻어지는 칼라 코렐로그램은 영상의 지역적인 특성을 표현하기 힘들고, 효과적인 영상검색을 위해선 특징의 크기가 커지는 단점이 있다. 그래서 영상검색의 성능을 좀 더 향상시키기 위해 영상의 공간적인 정보를 이용하여 영역을 세분화하여 특징을 얻을 필요가 있다.

기존의 칼라 코렐로그램을 이용한 영상검색의 성능을 향상시키기 위해, 본 논문에서는 웨이브릿 변환(wavelet transform)^[7]을 이용해 영상을 복잡한 영역과 그렇지 않은 영역으로 나누고 분할된 각 영역에서 칼라 코렐로그램을 얻어 영상을 검색하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 영상을 일정 크기의 부영역(subregion)으로

나누어 웨이브릿 변환한다. 웨이브릿 변환 영역 중 고주파 영역이 윤곽선 정보를 포함한다. 그래서 변환 영역의 에너지 값으로 복잡도를 계산하여 복잡한 영역과 그렇지 않은 영역으로 나눈다. 그리고 영상을 두 영역으로 나누어 칼라 코렐로그램을 구하면 영상의 부분적인 특성을 가지고 있으므로, 기존의 한 장의 영상에서 칼라 코렐로그램을 구하는 방법에 비해 적은 개수의 거리를 사용해도 영상을 특징을 효과적으로 표현할 수 있다. 또한 영상검색 기능도 향상시킬 수 있었다.

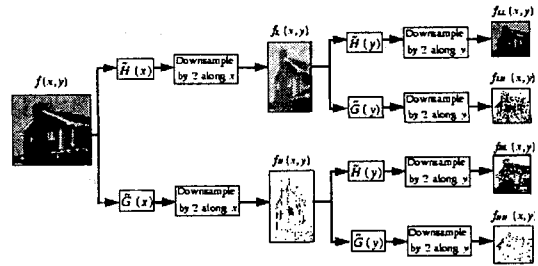


그림 1. 웨이브릿 변환

II. 웨이브릿 변환을 이용한 영역 분할

2.1 웨이브릿 변환

웨이브릿 변환은 주어진 함수 $f(x,y)$ 를 웨이브릿 평면에 투사하여 여러 개의 해상도로 분해하는 것이다^[7]. 웨이브릿 평면은 서로 다른 해상도를 갖는 기저함수들의 집합으로 구성되어 있다. 웨이브릿 변환에서의 기저함수들은 원형 웨이브릿을 확장(dilation)과 천이(translation)를 시킴으로써 만들어진다. 이에 대한 웨이브릿 기저함수들의 선형결합은 식 (1)과 같다.

$$\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right), \quad a, b \in \mathbb{R}, a \neq 0 \quad (1)$$

여기서 a 는 스케일링 변수이고, b 는 천이변수이다. 어떤 신호 $f(t)$ 에 대한 연속 웨이브릿 변환(continuous wavelet transform)은 식 (2)와 같다.

$$Wf(a,b) = \frac{1}{|a|} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (2)$$

그림 1은 2차원 웨이브릿 변환의 분해 과정과 결과를 나타내고 있다.

2.2 영역 분할

영역을 분할하기 위해 주어진 칼라 영상을 겹침이 있는 부영역으로 나눈다. 우선 부영역의 칼라성분을 흑백 성분으로 바꾼 후 웨이브릿 변환한다. 계산량을 줄이기 위해서 대각방향 고주파영역 계수들의 에너지 값만 구

하여 복잡성을 판별한다. 대각방향 고주파영역 에너지 값 E^D 를 구하는 과정은 식 (3)과 같다.

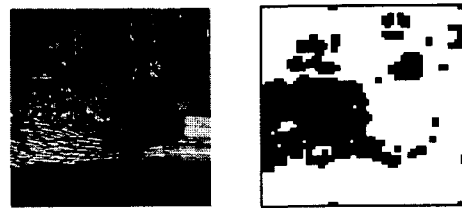
$$E^D = \frac{1}{i \times j} \sum_i \sum_j \{f_{HH}(i,j)\}^2 \quad (3)$$

여기서 $f_{HH}(i,j)$ 는 대각선 고주파 영역의 각 계수들을 나타내고, i, j 는 변환 계수의 위치를 나타낸다. 이렇게 구해진 에너지 값을 이용하여 영역의 복잡성을 판별한다. 복잡성을 구하기 위해 식 (4)을 사용한다.

$$C(x,y) = \begin{cases} 0, & E^D \geq T \\ 1, & E^D < T \end{cases} \quad (4)$$

여기서 T 는 임계값이다.

그리고, 부영역의 이동 시 이전 영역과 현재 영역이 겹치는 경우, 한 곳 이상에서 복잡한 영역이 있다면 부영역을 복잡한 영역으로 정한다. 그림 2(a)는 입력 영상이고, 그림 2(b)는 2(a)를 복잡성에 의해 분할한 결과를 나타내고 있다. 그림 2(b)의 검은 부분은 복잡한 부분이다.



(a) 입력 영상 (b)영역 분할 영상

그림 2. 영역 분할

III. 칼라 코렐로그램 획득

3.1 칼라 코렐로그램

칼라 코렐로그램은 각 화소에서 일정 거리만큼 떨어진 화소에 어떤 칼라가 나타날 지를 확률로 표현한 것이다^[6]. m 개의 칼라로 양자화된 영상 I 에서 화소 간 거리가 k 인 화소의 칼라 c_i 와 c_j 에 대한 칼라 코렐로그램 $\gamma_{\alpha,\beta}^{(k)}(I)$ 를 구하면 식 (3)와 같다.

$$\gamma_{\alpha,\beta}^{(k)}(I) = \Pr [p_a \in I_i \mid |p_a - p_b| = k] \quad (3)$$

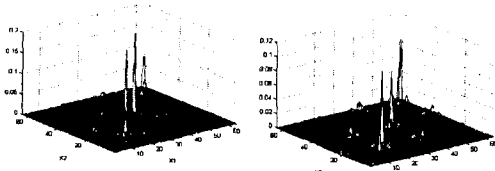
여기서, $\Pr[\cdot]$ 은 확률, $i, j=0,1,\dots,m$ 그리고 I_i, I_j 는 영상에서 i, j 번째 칼라를 가지는 모든 화소를 나타낸다. 화소간 거리 $|p_a - p_b|$ 는 식 (4)와 같다.

$$|p_a - p_b| = \max(|x_a - x_b|, |y_a - y_b|) \quad (4)$$

여기서, $p_a = (x_a, y_a) \in I, p_b = (x_b, y_b) \in I$ 이고, $\max(x, y)$ 는 x, y 중 큰 값이다. 칼라 코렐로그램은 일정거리에 있는 화소의 칼라 정보를 포함하므로 화소 간의 연관성을 나타낸다.

3.2 분할된 영역에서의 칼라 코렐로그램 획득

24비트인 칼라로 이루어진 영상에서 칼라 코렐로그램을 획득할 경우 크기가 커지고 색의 변화에 민감해지기 때문에 효과적인 칼라 코렐로그램을 얻기 위해 주어진 영상의 칼라를 일정한 수로 양자화한다. 양자화된 칼라로 이루어진 영상을 이용하여, 웨이브릿 변환을 이용해 복잡한 영역과 그렇지 않은 영역으로 분할된 각 영역에서 칼라 코렐로그램을 얻는다. 그림 3은 그림 2의 복잡한 영역과 그렇지 않은 영역의 칼라 코렐로그램을 나타낸다.



(a) 복잡한 영역 (b) 복잡하지 않은 영역
그림 3. 그림 2의 칼라 코렐로그램

IV. 유사도 측정에 의한 영상검색

복잡한 영역과 그렇지 않은 영역의 칼라 히스토그램을 비교하기 위해 식 (5)와 같이 히스토그램 인터섹션 (histogram intersection)을 사용하여 유사도를 측정한다.

$$HI(I, I') = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \{\alpha \min(I_{k(i,j)}, I'_{k(i,j)}) + \beta \min(I_{n(i,j)}, I'_{n(i,j)})\} \quad (5)$$

여기서, I 와 I' 는 비교할 두 영상, n 은 칼라 양자화 개수, 그리고 α, β 는 상수이다. 그리고 $I_{k(i,j)}$ 와 $I_{n(i,j)}$ 는 영상 I 의 복잡한 영역과 그렇지 않은 영역의 칼라 코렐로그램이다. 영상검색에서 식(5)에 의해 유사도 $HI(I, I')$ 가 큰 영상을 결과 영상으로 검색한다.

V. 실험 및 고찰

제안한 방법의 효율성을 검증하기 위해 638장의 서로 크기가 다른 영상을 실험에 사용하였다. 칼라 좌표계는 RGB 좌표계를 사용하였으며 칼라 양자화는 64 단계로 하였다.

복잡도를 확인하기 위한 부영역의 크기를 16×16 으로 하고, 칼라 코렐로그램을 구할 때 화소 간 거리 $k=1$ 로 하였다. 그리고 복잡한 영역과 복잡하지 않은 영역으로 나눌 때 부영역의 이동거리를 6 화소로 하였다. 영역의 복잡성을 나누는 임계값 T 는 임의로 0.6으로 하고, 에너지 값이 임계값 이상이면 복잡한 부분으로 정하여 실험하였다. 그리고 상수 α, β 는 각각 1로 하였다.

제안한 방법의 성능을 비교하기 위해 질의에 대한 정답의 개수를 나타내는 재현율(recall)과 정답으로 나온 영상의 순위 합을 나타내는 스코프(scope)를 사용하였다^[6]. 재현율은 식 (6)으로 구해질 수 있다.

$$Recall = \frac{SC}{SCD} \quad (6)$$

여기서, SC 는 결과로 나온 정답 영상의 수이고, SCD 는 데이터베이스에 존재하는 정답 영상의 수이다. 사용한

특징의 성능은 스코프에 의해 얻어진 정답 영상에 대한 재현율을 구함으로써 평가된다.

그림 4는 질의영상에 대해 제안한 방법으로 얻어지는 결과 영상을 유사도가 높은 순서대로 나타낸 것이다. 그림에서 보여지는 것처럼 제안한 방법의 결과가 좋을 수 있다. 표 1은 영상의 질의에 대한 스코프의 재현율을 비교한 것으로 제안한 방법이 주어진 스코프에 대해 기존 코렐로그램 방법보다 결과가 우수하게 나타남을 알 수 있다. 그리고 실험 조건에서 제안한 방법의 특징 양은 기존의 코렐로그램의 2/3배이다. 즉, 제안한 방법은 기존 방법보다 적은 개수의 특징을 사용해 영상검색 성능을 향상시킬 수 있다.

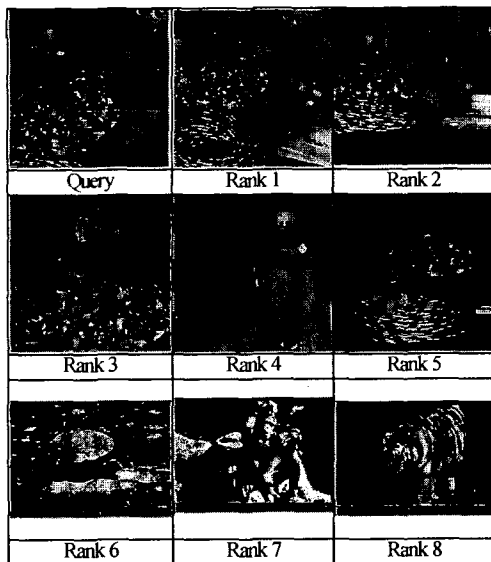


그림 4. 질의에 대한 검색 결과

표 1. 스코프와 재현율을 고려한 비교

스코프	재현율			
	제안 방법		기존 방법	
	총합	평균	총합	평균
5	14.053	0.878	13.267	0.829
10	14.664	0.917	14.160	0.885
20	14.830	0.927	14.270	0.890
30	15.500	0.969	14.666	0.917

VI. 결론

본 논문에서는 웨이브릿 변환을 이용하여 영상을 복잡한 영역과 그렇지 않은 영역으로 분할하고 분할된 각 영역에서의 칼라 코렐로그램을 이용하여 영상을 검색하는 방법을 제안하였다.

내용기반 영상검색에서 영상의 특징을 얼마나 잘 추출하느냐에 따라 검색 성능이 좌우된다. 제안한 방법은 영상을 복잡성에 의해 분할하여 칼라 코렐로그램을 획득하여 영상의 특징으로 사용하였다. 이는 기존의 칼라 코렐로그램을 특징으로 사용하는 영상검색의 성능과 계산량을 개선할 수 있다. 실험을 통해서 제안한 방법이 기존의 칼라 코렐로그램보다 적은 특징 크기로서 보다 우수한 검색 결과를 얻을 수 있음을 확인하였다.

참고문헌

- [1] J. Smith and S. Chang, " Visual-SEEK: A Fully Automated Content-Based Image Query System," *ACM, Multimedia*, Nov. 1996.
- [2] 노형기 외, " 내용기반 영상 정보 검색 기술의 현황," *전자공학회지*, Vol. 25, No. 8, pp. 798-806, 1998.
- [3] G. Pass and R. Zabih, " Histogram Refinement for Content-Based Image Retrieval," *ACM, J. of Multimedia Syst.* Vol. 7, No. 3, pp. 234-240, 1999.
- [4] M. Christel and D. Martin, " Information Visualization within a Digital Video Library," *J. of Intelligent Information Syst.* Vol. 11, No. 3, pp. 235-257, 1998.
- [5] M. Swain and D. Ballard, " Color Indexing," *Int. J. of Computer. Vision*, Vol. 7, No. 1, pp. 11-32, 1991.
- [6] J. Huang, S. Kumar, M. Mitra, W. Zhu, and R.Zabih, " Spatial Color Indexing and Applications," *Int. J. of Computer Vision*, Vol. 35, No. 3, pp. 245-268, 1999.
- [7] S. Mallat, " A theory for multiresolution signal decomposition: The wavelet representation," *IEEE Trans. on PAMI*. Vol. 11, pp. 674-693, July 1989.