
구도선 기반 사진 검색 시스템의 설계 및 구현

A Design and Implementation of Photo Searching System Based on the Compositional Line

황주연, Jooyeon Hwang*, 임동섭, Dongsup Lim**, 백두원, Doowon Paik***

요약 ~ 본 연구에서는 선이 사용된 사진으로 구성된 DB 에서 선의 특징 값을 고려하여 구도가 유사한 사진을 검색하는 시스템을 제안한다. 검색 방법에 사용되는 구도 유사도를 측정하는 방법을 개발하기 위해 실제로 사람이 유사한 사진을 결정할 때 어떤 특징 값이 중요한 영향을 미치는지 조사하였다. 이를 바탕으로 구도 유사도를 측정하는 방법을 개발하여 검색 시스템에 적용하였다. 제안 검색 시스템의 성능을 검증하기 위해 Precision 과 Recall 을 평가한다.

Abstract In this paper, we propose a line composition based searching system which retrieves compositionally similar photo from the DB of the line-compositional photos. To develop the measure of compositional similarity, we carried out a survey to find which feature is discriminative for retrieving. Based on the results of the survey, we developed the measure of compositional similarity and it was applied the proposed searching system. We also show the results of the recall and the precision to evaluate the performance of the proposed system.

Keywords : *line, composition, photographic, retrieving*

본 연구는 서울시 산학연 협력사업(10581C093113) 지원으로 수행되었음.

*주저자 : 송실대학교 미디어학과 대학원 e-mail: zooyouny@gmail.com

**공동저자 : 송실대학교 미디어학과 대학원 e-mail: picmuse@naver.com

***교신저자 : 송실대학교 미디어학과 부교수; e-mail: ssudlab@gmail.com

1. 서론

사람들은 자신이 촬영한 사진을 다른 사람이 촬영한 유사한 사진과 비교 하고 싶어 한다. 유사한 사진을 찾는 일은 내용기반 검색 분야에서 중요한 문제로 다양한 연구가 진행되어 왔다. 단순하고 대표적인 방법으로 color histogram 을 사용하여 유사한 색이 사용된 사진을 찾는 방법이 있다[1,2]. 다른 접근 방법으로 공간 정보를 고려한 방법들도 개발되었다. 이미지 내부에 존재하는 오브젝트나 영역의 위치나 크기, 또는 다른 오브젝트와의 위치 관계 등을 고려하여 공간적으로 유사한 구성을 가진 이미지를 찾는 방법들이 있다[3,4,5].

사진 학에서 언급하는 사진의 기본 요소 중 하나인 선은 사진의 느낌에 큰 영향을 미친다. 유사한 사진을 찾을 때 사진에 사용된 선을 고려하면 구도가 유사한 사진을 검색하는데 도움이 될 수 있다. 그럼에도 그 동안 유사한 사진을 찾는 연구에서 선은 비중 있게 고려되지 않았다.

본 연구에서는 사진의 구도 유사도에 영향을 미치는 선의 특징 요소를 찾고 이를 바탕으로 유사도를 측정하는 방법을 제안한다. 또한 구도가 유사한 사진을 검색하는 검색시스템을 구현하고 그 성능을 평가한다.

2. 구도 유사성

본 장에서는 사진의 구도 유사도에 영향을 미치는 선의 특징 요소를 찾기 위한 접근 방법에 대해 기술하고, 이를 바탕으로 구도 유사도를 측정하는 방법 개발에 대해 기술한다.

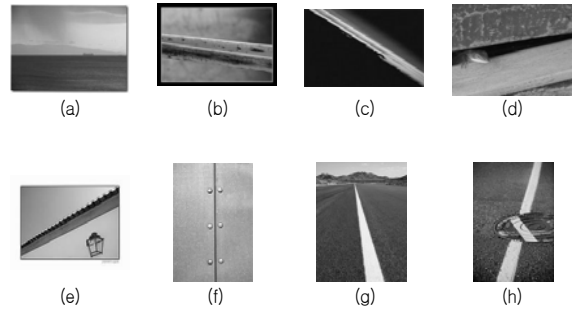
구도 유사도에 영향을 미치는 선의 특징 요소를 찾는 과정은 다음과 같다.

1. 여러 사람에게 Query 사진들을 주고 각 Query 사진에 대해 DB 에서 구도가 유사하다고 판단되는 사진에 투표하도록 한다. 이때 DB 에 있는 한 이미지는 여러 개의 Query 사진으로부터 중복 투표가 가능하다.
2. 1 의 결과로부터 각 Query 사진에 대해 유사한 정도를 계산한다.
3. DB 에 있는 각 사진에 대해 대표선을 추출하고 대표선의 각도, 위치, 세기를 계산한다.
4. 3 종류의 선의 특징 요소(각도, 위치, 세기)중 유사도가 높은 사진의 그룹과 그렇지 않은 그룹간에 특징 값의 분포가 분별되는 특징 요소를 찾는다.

2.1 분별적 특징 요소

피실험자를 13 명의 사람으로 구성하였고, Query 사진은 선의 각도가 0 에서 180 사이에 서로 다르게 분포하는

8 개의 Query 사진을 사용하였다(그림 1). DB 는 사진 내에 사용된 선의 각도, 위치, 세기가 다양하고 고르게 분포하도록 구성하였다.



〈그림 1〉 분별적인 특징 요소를 찾는데 사용된 Query 사진

13 명의 사람에게 Query 사진을 주고 첫 번째 과정대로 투표를 수행하였다. 투표과정을 마친 후 각 Query 사진에 대해 DB 내 사진과의 유사도를 식(1)을 이용하여 측정하였다.

$$Similarity_{q,t} = \frac{Score_{q,t}}{\sum_i Score_{i,t}} \quad (1)$$

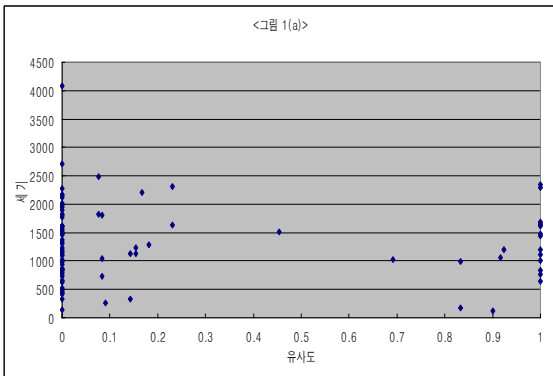
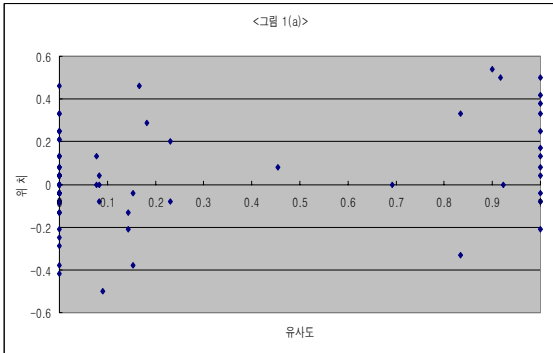
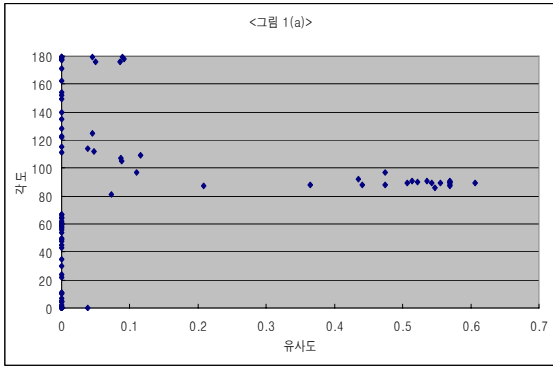
q : Query 사진 인덱스

t : DB 사진 인덱스

$Score_{q,t}$: 사진 q 에 대한 사진 t 의 득표수

다음 과정으로 이미지에 사용된 대표선을 추출하기 위해 Hough Transform 을 사용한다. 우선, Hough Transform 을 수행 하기 전에 이미지의 사이즈를 Normalize 한 뒤 Edge 를 검출하고, 그런 다음 Edge 이미지에 Hough Transform 을 적용한 후 최대값을 찾아 이를 대표선으로 하였다. Hough Transform 의 voting 과정에서는 강한 edge 일수록 더 많이 voting 하도록 하였고, edge 의 각도와 hough 공간 상에서의 각도가 다를수록 더 적게 voting 하도록 설계하였다. 결과적으로 같은 방향으로 쭉 뻗고 강한 선일 수록 Hough 공간에서 높은 값으로 나타낼 수 있도록 하였다.

대표선 추출 과정을 마친 후 DB 상에 존재하는 모든 이미지를 유사도와 특징 요소 별 수치 영역에 표현해 보았다(그림 2). 실험 결과를 관찰해 보면 각도에 대해서는 유사한 이미지 그룹의 분포와 그렇지 않은 그룹의 분포가 분별적으로 나타난 반면, 위치 값이나 Hough Space 상에서의 세기 값은 분별적이지 않은 결과를 나타냈다. 그림으로 나타내지는 않았지만 다른 Query 사진에 대해서도 동일한 결과가 나타났다. 이런 결과를 통해 대표선의 각도를 고려하면 유사한 사진들을 선별해 낼 수 있음을 알 수 있다.



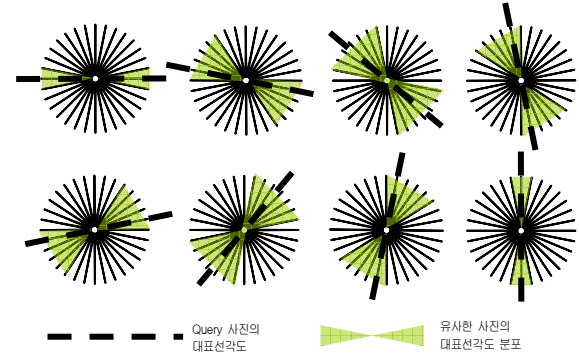
〈그림 2〉 Query 사진 〈그림 1(a)〉에 대한 DB 내 이미지들의 유사도에 따른 특징 값 분포

2.2 Query 사진의 대표선 각도별 유사이미지의 대표선 각도 분포

한편 Query 사진의 대표선의 각도에 따라 유사 이미지 그룹의 대표선 각도의 분포를 정리하면 대략 〈그림 3〉과 같이 나타낼 수 있다. Query 사진의 대표선이 수평선이나 수직선인 경우 대응되는 각도의 분포 범위가 좁고 그 외에 기울어진 대각선인 경우는 비교적 대응 되는 분포 범위가 넓은 경향을 나타냈다.

수평선에 가깝지만 약간 기울어진 선인 경우는 수평각을 포함하여 대응 분포 범위가 넓고 수직선에 가깝지만 약간 기울어진 선인 경우에도 마찬가지로 수직각을 포함하여 대응 분포 범위가 넓은 경향을 나타낸다.

3 장에서는 이러한 결과를 반영하여 Query 이미지와 DB 내 이미지의 유사도를 측정하는 measure 와 이를 이용한 검색 시스템 구현과 관련하여 기술한다.



〈그림 3〉 Query 사진 대표선의 각도 별 유사한 사진을 대표선의 각도 분포

3. 유사도 측정 방법

본 장에서는 Query 사진의 대표선 각도에 따라 유사한 사진의 대표선 각도의 분포가 다르다는 실험결과를 바탕으로 구도 유사도를 측정하는 measure 에 대해 기술한다.

임의의 Query 사진에 대해 DB 에서 유사한 사진을 검색할 때 DB 내에 존재하는 각 사진과 어느 정도 유사한지를 계산하기 위해서 2.1 장에서 언급하였듯이 대표선의 각도 차이를 이용할 수 있다. 하지만 각도 차이를 그대로 사용하게 되면 수직이나 수평에 가까운 각도의 대표선이 포함된 사진의 경우 유사하지 않은 사진이 검색 결과에 포함되는 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서는 유사도를 계산하기 위해 식(2)와 같이 query 사진 대표선의 각도에 따라 각도 차이 값에 가중치를 적용하였다.

$$\text{Distance}(\theta_q, \theta_i) = \begin{cases} |\Delta(\theta_q, \theta_i)| / W_{ccw}(\theta_q) & , \text{if } \Delta(\theta_q, \theta_i) \geq 0 \\ |\Delta(\theta_q, \theta_i)| / W_{cw}(\theta_q) & , \text{if } \Delta(\theta_q, \theta_i) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

여기서 θ_q 는 Query 사진의 대표선 각도이고 θ_i 는 $\Delta(\theta_i, \theta_q)$ 는 두 각도의 차이 중 예각 값이다. 그리고 θ_2 가 θ_1 를 중심으로 시계 방향에 있으면 부호가 음수, 아니면 양수이다. $W_{cw}(\theta_q)$ 함수는 가중치 함수로써 θ_q 에서 시계 방향이 수직이나 수평에 가까울수록 값이 작아지고 멀어질수록 값이 커지도록 설계하였다. $W_{ccw}(\theta_q)$ 함수도 방향을 제외하고는 동일하다.

식(2)는 수평이나 수직선 방향 근처에서는 각도 차이값을 작은 수로 나눔으로써 차이값에 민감하게 반응하고, 사선 방향으로서는 작은 값으로 나눔으로써 차이값에 둔감하게 반응하는 성질을 갖는다. 구도의 차이를 계산할 때 식(2)를 사용하면 각도차이를 그대로 사용하는 것보다 검색 결과가 좋아질 수 있다.

4. 검색 시스템 구현 및 성능평가

본 연구에서는 제안된 measure 의 성능을 검증하기 위해 단순한 검색 시스템을 구현하였고, 여러 개의 query 사진에 대해 검색된 결과의 Precision 과 Recall 을 비교 평가 하였다.

구현된 검색 시스템은 선이 사용된 사진을 입력으로 주었을 때 DB 로부터 구도가 유사한 사진을 유사한 순서대로 출력한다. DB 는 선이 사용된 사진 100 여장으로 구성하였고 각 사진은 번호와 대표선의 각도 값을 갖고 있도록 하였다. 검색 과정은 다음과 같다.

1. Query 사진 입력
2. Query 사진의 대표선 추출
3. Query 사진의 대표선 각도와 DB 내 존재하는 모든 각 사진의 대표선 각도의 Distance 를 계산
4. Distance 가 작은 순서대로 DB 사진 번호를 출력

구현된 검색 시스템의 성능을 평가하기 위해 본 논문에서 제안한 가중치가 적용된 distance 를 사용한 결과와 각도 차이를 그대로 사용한 방법의 결과를 비교 하였다. 성능 평가에 사용된 precision 과 recall 은 다음과 같은 식을 사용하였다.

$$A_k^j = \sum_{i=0}^{k-1} V_i(\text{detections})$$

$$B_k^j = \sum_{i=0}^{k-1} 1.0 - V_i(\text{falses})$$

$$C_k^j = \sum_{i=k}^{N-1} V_i(\text{misses})$$

$$\text{Recall} : R_k^j = \frac{A_k^j}{A_k^j + C_k^j}$$

$$\text{Precision} : P_k^j = \frac{A_k^j}{A_k^j + B_k^j}$$

-j : the index of query image

-k : the rank of the retrieval result

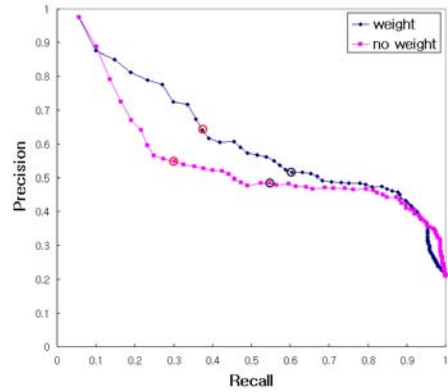
-V_i : the subjective relevance of i th image

여기서 V_i 는 Query 사진과 i 번째 검색 결과로 나온 이미지와의 유사도로써 제안 방법의 성능 평가를 위해 여러 사람으로부터 실험하여 얻은 통계적 수치이며 0 에서 1 사이의 값을 갖도록 정규화 하였다.

각도가 각기 다른 8 장의 Query 사진에 대해 실험한 결과 <그림 4>와 같이 나타났다. Query 사진 대표선의 각도가 수평, 수직에 가까운 경우 가중치를 적용한 방법이 가중치를 적용하지 않은 방법에 비해 대체적으로 좋은 성능을 나타내었다. 상위 10 위까지의 결과를 보면 가중치를 적용하지 않은 방법이 0.54 의 recall 과 0.30 의 Precision 결과를 보인 것에 비해 가중치를 적용한 방법은 각각 0.64, 0.37 의 결과를 나타냈다. 대표선의 각도가 약간 누운 대각인 경우는 상위 일부분이 유사한 결과를

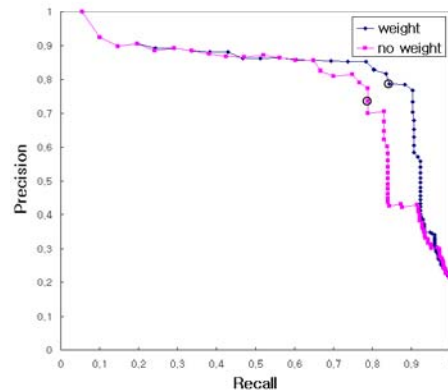
보이다가 검색 결과의 수가 많아지면서 가중치를 적용한 방법이 좋은 성능을 나타냈다. 대표선의 각도가 수평 또는 수직인 경우는 시계 방향과 반시계 방향의 가중치가 동일하기 때문에 예상대로 가중치를 적용하지 않은 방법과 동일한 성능을 나타냈다.

Retrieval Effectiveness



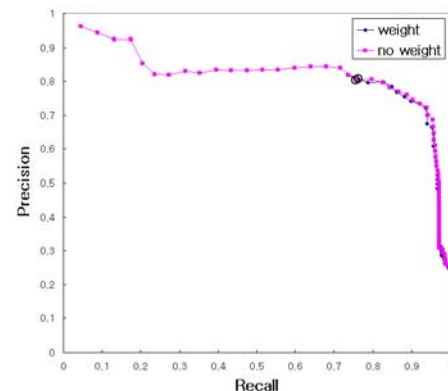
(a) 대표선의 각도가 수직, 수평에 가까운 Query 사진의 결과

Retrieval Effectiveness



(b) 대표선의 각도가 약간 누운 대각인 Query 사진의 결과

Retrieval Effectiveness



(c) 대표선의 각도가 수직, 수평인 Query 사진의 결과

<그림 4> 대표선의 각도가 수직, 수평에 가까운 Query 사진의 결과. "o" 마크는 상위 k 번째

까지 결과의 Precision 과 Recall 의 평균,
적색은 $k = 10$, 검은색은 $k = 20$.

5. 결론

본 연구에서는 사진의 구도 유사도에 영향을 미치는 선의 특징 요소를 찾았고 Query 사진의 대표선 각도에 따라 유사한 사진의 각도의 분포가 어떻게 달라지는지 실험을 통해 살펴보았다. 또한 그 분포의 특성을 고려하여 구도 유사도를 측정하는 방법을 제안하였고, 제안 방법이 적용된 간단한 검색시스템을 설계 및 구현하였다. 검색시스템의 성능을 검증하기 위하여 recall 과 precision 의 수치를 비교 평가 하였다. Query 사진 대표선의 각도에 따라 결과가 다르긴 했지만 대체적으로 제안 방법이 좋은 성능을 나타내었다.

참고문헌

- [1] M. Swain and D. Ballard, "Color indexing", *International Journal of Computer Vision*, 7(1), 1991.
- [2] J. R. Smith and S.-F. Chang, "Tools and techniques for color image retrieval", in *IS & T/SPIE Proceedings, Vol. 2670, Storage & Retrieval for Image and Video Databases IV*, 1995.
- [3] C. Faloutsos, M. Flickner, W. Niblack, D. Petkovic, W. Equitz, and R. Barber, "Efficient and Effective Querying by Image Content", Technical Report, *IBM Research Report*, 1993.
- [4] H. Lu, B. Ooi, and K. Tan, "Efficient image retrieval by color contents", in *Proc. of the 1994 Int. Conf. on Applications of Databases*, 1994.
- [5] J. R. Smith and S.-F. Chang, "Querying by color regions using the VisualSEEK content-based visual query system (M. T. Maybury, Ed.)", in *Intelligent Multimedia Information Retrieval*, 1996.