

제한된 색을 갖는 디자인 영상 검색을 위한 색 특징

권태완, 박섭형
한림대학교 정보통신공학부

A Color Feature for Retrieving Design Images with limited Colors

Tae Wan Kwon, Seop Hyeong Park
Division of Information and Telecommunications Engineering
Hallym University
E-mail: twkwon@hallym.ac.kr, spark@hallym.ac.kr

Abstract

This paper proposes a new color feature and a corresponding distance measure for content-based retrieval of design images such as trade marks, patterns, logos, textile images, and icons. Simulation results with textile images show that the proposed method outperforms the traditional color-based retrieval methods which was originally proposed for content-based retrieval of natural images.

I. 서론

디지털 영상은 자연 영상과 그래픽 영상으로 구분할 수 있으며, 그래픽 영상은 다시 자연 영상처럼 많은 수의 색이 사용되는 영상과 제한된 수의 색을 갖는 디자인 영상으로 나눌 수 있다. 디자인 영상에는 상표, 문양, 디자인 도안, 웹 그래픽 영상, 아이콘, 직물 디자인 영상 등이 있다. 최근에 내용기반 영상검색에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으나, 자연 영상을 대상으로 한 연구에 많은 관심이 집중되었다.

지금까지 디자인 영상 검색과 관련된 연구로는 상표 검색 [1], 모양 특징을 이용한 아이콘 검색[2], 직물 디자인에서 모티프(motif)를 찾기 위해 평균 이동(mean-shift) 알고리즘을 적용하여 모티프를 분리하려는 연구[3], 직물 디자인의 질감 분석 [4] 등과 같이 제한된 분야의 연구 결과가 발표되었다. [5]에서는 제한된 색을 갖는 팔레트 영상(palette image)에 적용할 수 있는 하우스도프(Hausdorff) 거리에 기반한 색 팔레트 매칭 방법을 제안하였으나, 이 방법은 팔레트 내부의 색의 패턴만을 비교하여 유사도를 계산하므로 계산량이 적기는 하지만 비교

하는 영상의 수가 많아질수록 성능이 급속히 감소한다는 단점이 있다.

자연 영상과 디자인 영상은 색의 수나 질감 등의 특징이 상당히 다르기 때문에 효율적인 영상 검색을 위해서는 각 영상의 특징을 잘 표현할 수 있는 특징과 유사도를 찾아내는 것이 필요하다. 이 논문에서는 디자인 영상 검색을 위한 새로운 색특징과 유사도를 제안한다.

II. 색의 수가 제한된 디자인 영상의 색특징

일반적으로 디자인 영상은 자연영상과는 다른 특징을 가지고 있다. 디자인 영상은 배경과 모티프로 구성되고 이 두 개가 명확하게 구분되는 경우가 많다. 대개 배경은 단일 색이거나 비슷한 계열의 색으로 구성되어 있으며, 배경을 제외한 나머지 부분을 모티프로 해석할 수 있다. 또한, 디자인 영상에 사용되는 색의 수는 매우 작다. 예를 들어 직물 디자인에 사용되는 색의 개수는 15 개가 넘지 않는다[6]. 따라서 색상은 디자인을 구분하는 중요한 요소가 될 수 있다. 디자인 영상을 구분할 때 단일 색에 의한 느낌보다는 여러 가지 색이 공간적으로 섞여서 나타내는 감성적 분위기가 더 중요한 경우가 많다[7].

자연영상의 내용기반 검색에 사용되는 색특징 중에서 색 히스토그램에 기반하는 방법이 가장 널리 사용되고 있다[8]. 색 히스토그램에 기반하여 색특징을 표현하는 방법에는 전체 색 히스토그램(global color histogram)[8], 색 코렐로그램(color correlogram)[9], 국부 색 히스토그램(local color histogram)[10], 누적 색 히스토그램(cumulative color histogram)[9] 그리고 색 구조 히스토그램(color structure histogram)[11] 등이 있다.

색 히스토그램 특징에서 사용되는 거리 계산 방법으로는 동위 빈(bin-by-bin) 거리 계산과 교차빈(cross-bin) 거리 계산이 있다. 동위빈 거리 계산 방법은 서로 같은 위치에 있는 빈 사이의 거리만을 계산하는 방법으로 민코프스키(Minkowski-form) 거리, 히스토그램교차(histogram intersection)[8] 등이 있고, 교차빈 거리에는 이차형식(quadratic-form) 거리 등이 사용된다.

자연영상 검색에 사용되는 색 히스토그램은 배경과 모티프를 구분하지 않기 때문에 디자인 영상의 색특징을 효과적으로 표현할 수 없다. 또한, 디자인 영상에는 작은 수의 색만 사용되기 때문에 색 히스토그램에서 몇 개의 빈에만 값이 존재하는 현상이 발생한다. 이러한 이유 때문에 기존의 거리 계산 방법을 사용하여 디자인 영상을 검색하면 전혀 다른 영상이 검색되는 경우가 많다.

III. 색의 수가 제한된 디자인 영상 검색을 위한 색특징과 유사도

이 논문에서는 앞에서 언급한 문제점을 개선하기 위하여 디자인 영상의 특징을 고려하여 다음과 같은 새로운 색특징과 거리를 제안한다.

제안하는 색특징은 RGB 공간에서 계산한 정규화된 배경색 히스토그램(normalized background color histogram)과 모티프 색 히스토그램(normalized motif color histogram)이다. 배경과 모티프 색 히스토그램은 R, G, B 채널을 각각 6개의 구역으로 균일하게 양자화한 후에 구하였다.


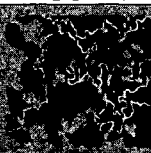
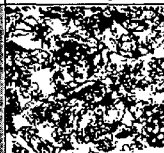



각각의 색 히스토그램을 구하기 위한 방법은 다음과 같다. 먼저 디자인 영상을 배경과 모티프로 구분한다. 디자인 영상 중에서 가장 복잡하다고 볼 수 있는 직물 디자인은 단일 모티프를 가지기도 하고 다중 모티프를 가지기도 한다. 또한 단일 모티프가 일정한 패턴을 가지고 반복되는 경우도 있으므로 모티프 각각을 분리하는 것은 불가능할 뿐더러 의미도 없다. 반면에 배경은 단일 색이거나 유사한 계열의 색으로 구성되는 경우가 많다. 따라서 배경 색을 찾아 배경을 분리하는 것이 영상에서 모티프를 직접 찾아서 분리하는 것 보다 쉽다.

디자인 영상에서 배경을 분할하기 위하여 k-means 알고리즘을 이용하였다. K-means 알고리즘은 구현이 쉽고 성능이 우수하기는 하지만 영역의 개수를 나타내는 k 값을 초기에 인위적으로 설정해야 하는 단점이 있다. 디자인 영상에 사용된 색의 종류는 디자인에 따라 다르기 때문에 k 값도 디자인에 따라서 달라져야 한다. 본 논문에서는 다음과 같은 전처리 과정을 통해서 k의 초기값을 결정하였다. 디자인 영상에서 주로 사용되는 색의 계열은 R, G, B의 가법 혼합(additive color

mixing)에 의한 주요색 6개(red, green, blue, magenta, yellow, cyan)에 흑(black), 백(white)을 더한 8 계열이다[7]. 따라서 디자인 영상의 배경색을 8 계열로 구분하였다. 이와 같은 특징에 착안하여 R, G, B 채널을 각각 2개의 빈으로 균일하게 양자화한 8개의 색 영역으로 나눈 다음에 픽셀이 존재하는 영역의 수를 k 값으로 결정하여 k-means 알고리즘을 수행하였다.

이와 같은 방법으로 영상의 색을 클러스터링한 후에 영상의 외각 화소들의 색분포를 조사하여 가장 빈도수가 높은 색 클러스터를 배경 영역으로 선택하고, 영상 전체에서 배경을 제외한 나머지 부분을 모티프로 가정하였다. 표 1은 제안하는 분할기법과 자연영상에서 분할 성능이 우수하다고 알려진 Blobworld 시스템[12]의 분할 결과를 비교한 것이다. 두 결과를 살펴 보면 제안하는 방법이 복잡한 직물 디자인 영상에서도 배경과 모티프를 잘 구분하는 것을 알 수 있다.

표 1. Blobworld와 제안하는 알고리즘의 영상분할 비교

원본 영상	Blobworld 기법으로 분할한 결과	제안하는 분할기법으로 분할한 결과
		
		

정규화된 색 히스토그램을 다음과 같이 정의하자.

$$H = \{h_x\}, x = (i, j, k), 0 \leq i, j, k < 6 \quad (1)$$

중요색(dominant color)의 빈의 위치는 다음과 같다.

$$x_d = \max_x^{-1} \{h_x\} \quad (2)$$

색을 기준으로 디자인 영상을 판단하는 경우에 비록 같은 색은 아니더라도 같은 분위기의 색을 가진 영상을 유사하다고 판단하는 경우가 많다. 그러나 색의 수가 작은 영상의 히스토그램을 구하면 값이 0인 빈의 수가 많기 때문에 동위빈 거리 계산방법으로는 유사한 색을 가진 영상을 검색하기 어렵다. 특정한 색과 유사한 색은 색공간에서 물리적으로 인접한 빈에 있는 색으로 볼 수 있으므로 본 논문에서는 유사 영상의 거리 척도를 다음과 같이 정의한다.

질 의 영상 Q의 모티프와 배경을 각각 Q_m 과 Q_b 라 하고, 비교 영상 C의 모티프와 배경을 각각 C_m 과 C_b 라 하자. 그

러면 각 영상의 색 히스토그램 각각 $H^{Q_m} = \{h_x^{Q_m}\}$, $H^{Q_b} = \{h_x^{Q_b}\}$, $H^{C_m} = \{h_x^{C_m}\}$, $H^{C_b} = \{h_x^{C_b}\}$ 로 표시할 수 있다. 두 영상 사이의 거리 $d(Q, C)$ 를 다음과 같은 정규 가중 거리[13]로 정의한다.

$$d(Q, C) = wd(C_m - Q_m) + (1-w)d(C_b - Q_b) \\ = w \left| \sum_{x \in N(x_d)} h_x^{Q_m} - h_x^{C_m} \right| + (1-w) \left| \sum_{y \in N(y_d)} h_y^{Q_b} - h_y^{C_b} \right| \quad (3)$$

여기에서 x_d 와 y_d 는 각각 Q_m 과 Q_b 의 중요색 bin의 위치를 의미하고, $N(x_d)$ 과 $N(y_d)$ 는 각각 x_d 와 y_d 를 포함하는 이웃 bin의 집합으로 다음과 같이 정의된다.

$$N(x_d) = \{h_x \mid x = x_d + (l, m, n), -1 \leq l, m, n \leq 1\} \quad (4)$$

$$N(y_d) = \{h_y \mid y = y_d + (l, m, n), -1 \leq l, m, n \leq 1\} \quad (5)$$

단, 식 (4)와 (5)에서 $x = (i, j, k)$ 라 하면, $0 \leq i, j, k < 6$ 이어야 한다. 따라서 x_d 가 색공간의 가장자리가 아닌 내부에 있다면 $N(x_d)$ 에는 27개의 bin이 포함된다.

IV. 디자인 영상 검색 알고리즘

제안하는 색특징과 거리척도를 사용한 직물 디자인 영상 검색 알고리즘은 다음과 같다.

영상검색 알고리즘은 다음과 같이 2 단계로 구성된다. 1 단계에서는 질의 영상의 배경 색 히스토그램에서 bin의 빈도수를 조사하여 배경이 단일 색으로 구성되어 있는지를 판별한다. 특정 bin의 빈도수가 전체의 T_1 % 이상이면 그 영상의 배경은 단일 색으로 판단한다. 질의 영상의 배경이 단일 색으로 구성된 경우에는 그 색을 중요 색으로 지정하고 제안한 거리비교 방법으로 비교 영상과의 유사도를 계산한다. 단일 색을 갖지 않는 경우에는 전체의 T_2 % 이상의 빈도수를 갖는 bin들의 유사도를 계산한다. T_2 % 이하의 bin들은 배경 분할 과정의 오류에 의해 배경으로 잘못 판단된 색이거나 배경을 구성하는데 영향이 없는 색으로 가정한다. T_1 과 T_2 는 실험적으로 구했는데, 이 논문에서는 각각 50, 10을 사용하였다.

2 단계에서는 1 단계 검색 결과에서 T_3 %만을 비교 영상으로 사용한다. 질의 영상의 모티프 색 히스토그램에서 T_4 % 이상의 빈도수를 갖는 bin들만을 사용하여 비교 영상의 모티프 색 히스토그램과의 유사도를 계산한다.

만약 모티프의 유사도만으로 검색할 경우 배경에 의해 1 단계 검색을 했더라도 모티프에 의한 영향이 검색 결과에 크게 작용하므로 최종 검색 단계에서는 식 (3)에 정의된 모티프와 배경의 정규 가중 거리를 사용한다. T_3, T_4, W 는 실험에 의하여 각각 50, 10, 0.7를 사용하였다.

V. 실험 및 성능 평가

제안하는 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 전체 색 히스토그램(GCH), 색 코릴로그램(CCO), 국부 색 히스토그램(LCH), 색 구조 히스토그램(CSH)을 제안하는 알고리즘과 비교하였다. 전체 색 히스토그램과 색 코릴로그램은 R, G, B 채널이 각각 4개의 bin으로 균일하게 양자화 된 RGB 색 공간을 사용하였으며, 국부 색 히스토그램은 전체 영상을 16개의 국부 영상으로 나누어 각각을 4개의 bin으로 양자화 된 색 히스토그램을 적용하였고, 색 구조 히스토그램은 HMMD(hue-max-min-diff)[5] 색 공간을 사용하였다.

실험 영상으로는 디자인 영상 중 직물 디자인 영상 1,600여 장을 사용하였다. 질의 영상으로는 직물 디자이너가 해당 질의 영상에 적합한 결과 영상을 뚜렷하게 구분할 수 있는 12장을 선택하였으며, 표 2는 실험에 사용한 평가 영상 12장을 정리한 것이다.

평가 척도로는 각각 다음과 같이 정의되는 정확률(precision)과 재현률(recall)을 사용하였다[14].

$$\text{정확률} = \frac{\text{검색된 결과 영상 중 적합한 영상의 개수}}{\text{검색된 영상의 전체 개수}}$$

$$\text{재현률} = \frac{\text{검색된 결과 영상 중 적합한 영상의 개수}}{\text{검색된 영상 중 적합한 영상의 개수}}$$

표 3, 4는 각각 검색 영상의 수를 100장으로 했을 때 GCH, CCO, LCH, SCH와 제안하는 알고리즘의 정확률과 재현률을 비교한 것이다. 각 입력 영상에 대해서 상대적으로 성능이 우수한 방법의 결과에 회색을 표시하였다.

각 방법의 검색 성능을 비교해 보면 제안하는 알고리즘의 성능이 모든 질의 영상에서 가장 우수하며, 다음으로 GCH와 LCH의 성능이 비슷하고, CSH와 CCO가 성능이 가장 낮다. 평균 정확률과 재현률을 비교하면, 기존 방법들의 성능이 비슷한 것을 알 수 있다. 특히 평균 재현률에서는 모두 0.4의 값을 넘지 못한다. 그러나 제안하는 알고리즘은 평균 재현률이 0.7로서 기존 방법에 비해 월등히 우수한 것을 알 수 있다.

VI. 결론

이 논문에서는 제한된 색을 갖는 디자인 영상 중에서 직물 디자인 영상 검색을 위한 새로운 색특징과 유사도를 제안하였다. 색특징으로는 배경과 모티프의 색 히스토그램을 사용하였으며, 중요 색 bin 주변의 27개 bin의 값만을 사용하여 유사도를 정의하였다.

제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 기존의 색 히스

프로그램의 여러 방법들과 비교 실험을 수행하였다. 실험 결과 제안한 알고리즘은 정확률과 재현률이 가장 높을 뿐아니라 계산량도 가장 적었다.

향후 디자인 영상의 질감 특징을 분석하여 디자인 영상에 적합한 질감 특징과 유사도에 관한 연구를 수행할 예정이다.

참고문헌

- [1] Jau-Ling Shih and Ling-Hwei Chen, "A New System for Trademark Segmentation and Retrieval" Image and Vision Computing, Vol.19, pp.1011-1018, 2001.
- [2] Chan Yuk Ming, "Shape-Based Image Retrieval in Iconic Image Databases", Phd Thesis, Chinese Univ. of Hong Kong, June, 1999.
- [3] Jose M. Valiente, M Carmen Carretetro, Jose M Gomis and Francisco Albert, "Image Processing Tool for the Purpose of Textile Fabric Modeling", ADM Conf., Italy, Sep. 2001.
- [4] A. Bodnarova, J. A. Williams, M. Bennamoun, and K. Kubik, "Optimal Textural Features for Flaw Detection in Textile Materials", Proc. of the IEEE Region Conf. TENCON, pp.307-310, Brisbane, Australia, Dec.2-4, 1997.
- [5] Gerald Schaefer, Guoping Qiu and Graham Finlayson, "Retrieval of Palletised Colour Images", Proc. of SPIE 2000, Vol. 3972, pp. 483-493, San Jose, USA, 2000
- [6] 김채성, "날염 디자인 실기", 한국산업인력공단, 1996.
- [7] 정찬준, 오복식, "색채학", 한국산업인력공단, 1996.
- [8] M. J. Swain and D. H. Ballard, "Color Indexing", Int. Journal of Computer Vision, 7(1):11-32, 1991.
- [9] Jing Huang, S. Ravi Kumar, Mandar Mitra, Wei-Jing Zhu and Ramin Zabih, "Image Indexing Using Color Correlograms", IEEE CVPR Conf. Puerto Rico, June 1997.
- [10] Shengjiu Wang, "A Robust CBIR Approach Using Local Color Histograms", TR 01-13, Alberta Univ., Oct, 2001.
- [11] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N3398, "MPEG-7 Visual Part of the eXperimentation Model Version 6.0", March 2000.
- [12] C. Carson, M. Thomas, S. Belongie, J.M. Hellerstein and J. Malik, "BlobWorld: A System for Region-based Image Indexing and Retrieval", 3th Int. Conf. on Visual Information Systems, Lecture Notes in Computer Science, 1614, pp.509-516, 1999.
- [13] P. Piamsa-NGA, N. A. Alexandridis, S. Srakaew, G. Blankenship, G. Papakonstantinou, P. Tsanakas and S. Tzafestas, "Multi-Feature Content Based Image Retrieval," Proc. of International Conference on Computer Graphics and Imaging, 1998.
- [14] H.Miller, Wo. Miller, D. McG Squire and T. Pun, "Performance Evaluation in Content-Based Image Retrieval: Overview and Proposals", Pattern Recognition Letters, 22, 5, pp. 593-601, 2001.

표 1. 실험에 사용한 영상

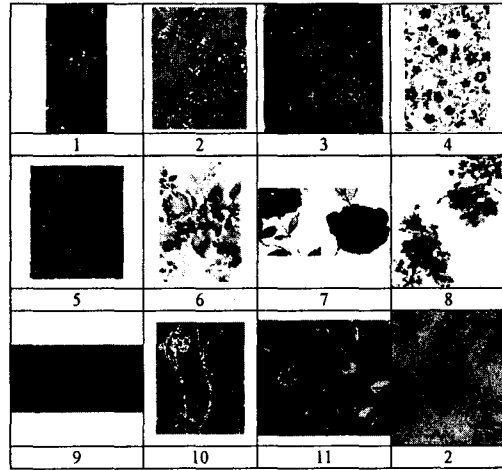


표 3. 100 장의 영상을 검색했을 때 GCH, CCO, LCH, CSH 와 제안하는 알고리즘의 정확률 비교

질의 영상	정확률 (precision)				
	GCH	CCO	LCH	CSH	제안하는 알고리즘
1	0.07	0.03	0.06	0.07	0.18
2	0.03	0.02	0.03	0.03	0.05
3	0.12	0.08	0.12	0.1	0.23
4	0.05	0.02	0.04	0.02	0.13
5	0.17	0.09	0.17	0.08	0.22
6	0.06	0.05	0.06	0.05	0.09
7	0.04	0.02	0.03	0.03	0.04
8	0.02	0.01	0.02	0.02	0.07
9	0.25	0.16	0.24	0.19	0.25
10	0.06	0.04	0.06	0.1	0.26
11	0.09	0.08	0.09	0.05	0.14
12	0.02	0.05	0.02	0.03	0.07
평균 정확률	0.08	0.05	0.08	0.06	0.14
최대값 개수	2	0	0	0	12

표 4. 100 장의 영상을 검색했을 때 GCH, CCO, LCH, CSH 와 제안하는 알고리즘의 재현률 비교

질의 영상	재현률 (recall)				
	GCH	CCO	LCH	CSH	제안하는 알고리즘
1	0.39	0.17	0.33	0.39	1.00
2	0.27	0.18	0.27	0.27	0.45
3	0.39	0.26	0.39	0.32	0.74
4	0.20	0.08	0.16	0.08	0.52
5	0.63	0.33	0.63	0.30	0.81
6	0.60	0.50	0.60	0.50	0.90
7	0.57	0.29	0.43	0.43	0.57
8	0.29	0.14	0.29	0.29	1.00
9	0.66	0.42	0.63	0.50	0.66
10	0.18	0.12	0.18	0.29	0.76
11	0.36	0.32	0.36	0.20	0.56
12	0.14	0.36	0.14	0.21	0.50
평균 재현률	0.39	0.26	0.37	0.32	0.71
최대값 개수	2	0	0	0	12