

텍스처 기반의 G2T 검색자 개발

이용환[†] · 조재훈* · 이상범* · 김영섭*

[†]단국대학교 전자 컴퓨터학부, *단국대학교 전자공학과

Implementation of G2T Descriptor of the based in Texture

Yong Whan Lee[†], Jae Hoon Cho*, Sang Bum Rhee* and Young Seop Kim*

[†]Department of Electronics and Computer Engineering, Dankook Univ.

*Department of Electronics Engineering, Dankook Univ.

ABSTRACT

The recent advances in digital imaging and computing technology have resulted in a rapid accumulation of digital media in the personal computing and entertainment industry. In addition, large collections of such data already exist in many scientific application domains such as the geographic information systems (GIS), digital library, trademark imaging, satellite imaging and medical imaging. Thus, the need for content-based retrieval from visual media, such as image and video data, is ever increasing rapidly in many applications.

Key Words : Texture descriptor, Image search, GLCM, Content-based Image Retrieval

1. 서 론

최근 웹(World Wide Web)의 발전으로 문자, 음성, 화상, 동화상 등 여러가지 다른 미디어를 조합하여 정보를 전달하여 처리하는 멀티미디어 기술의 중요성이 부각되면서 영상 검색 서비스가 필수적으로 요구되고 있다.

영상검색 방법 중의 하나인 내용기반 영상검색(Content-Based Image Retrieval)은 질의 영상으로부터 칼라(Color), 질감(Texture), 모양(Shape) 등과 같은 영상의 내용과 관련된 시각적 특징을 추출한 다음, 영상 데이터베이스(Database)로부터 미리 저장된 각각의 대상 영상 특징과 질의 영상의 특징과의 유사도를 측정하여, 질의 영상과 유사한 영상을 검색하는 기법으로 최근 다양한 방법들이 활발하게 연구되고 있다[1].

본 논문에서 다루어진 질감 특징은 구름, 나무, 벽돌, 직물 등과 같은 실세계 객체들의 표면특성과 관련된 중요한 특징으로 표면의 구조적인 배열과 주위 화소와

의 관계에 대한 정보를 나타낸다. 내용기반 영상 검색에 사용되는 질감 특징으로는 GLCM(gray-level co-occurrence matrix)을 이용한 통계적 질감특징[2], MPEG-7 기술자인 EHD(edge histogram descriptor)[3], 웨이블릿 모멘트[4] 등이 있다. 최근에는 영상내의 국부 밝기 변화를 잘 표현하는 BDIP(block difference inverse probabilities) 기술자와 영상이 가지는 질감의 부드럽고 거친 정도를 잘 표현하는 BVLC(block variance of local correlation coefficient) 기술자를 이용한 검색 기법이 제안된 바 있으며 낮은 특징의 차원에서도 비교적 성능이 우수한 검색 결과를 나타내는 효율적인 특징으로 알려져 있다. 하지만 이 방법은 각 서술자를 구하는데 있어 영상의 국부적 특성을 측정하기 위해 영상을 고정된 크기의 블록으로 나눈 다음 이 블록들로부터 추출되는데 같은 종류의 영상들이라도 서로 다른 해상도를 갖는 영상들이 한 영상 DB에 저장될 경우 저조한 성능을 나타낼 수 있다[5].

본 논문에서는 내용 기반의 영상검색에서 주로 사용되는 질감 정보에 관한 부분을 Gabor filter와 Co-occurrence matrices에 기반하여 영상의 특징 추출과 유사도 측정에 대하여 연구하였다. 논문에서 제안하고

[†]E-mail : hwany1458@yahoo.co.kr

있는 G2T(gabor wavelet and second-order statistics with Co-occurrence matrices) 알고리즘을 질감 특징 추출에서 주로 사용되는 GLCM과 Gabor Wavelet의 검색결과와 비교하여 성능을 평가하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안하는 질감 특징 추출과 유사도 계산에 대한 방향 벡터의 알고리즘을 설명한다. 3장에서는 실험 데이터를 통하여 제안 알고리즘의 성능을 분석하며 다양한 요소의 변경에 따른 성능을 평가한다. 4장에서는 제안된 알고리즘의 결론과 향후과제로 마무리한다.

2. 질감 기반의 검색 기술자

영상의 내용 표현요소 중 질감을 이용한 분석 방법은 크게 원형의 규칙적인 공간상의 배열을 다루는 구조적인 방법과 영상 안의 각 화소 사이의 상호관계를 분석하는 통계적인 방법으로 나눌 수 있다. 구조적인 방법은 질감의 구조가 규칙적으로 반복되는 기하학적인 도형의 배열을 분석하는데 이용된다. 통계적인 방법은 질감 성질을 묘사하기 위한 가장 단순한 접근법으로, 한 영상을 대표하는 통계 값을 얻기 위하여 일반적으로 화소들간의 공간적인 상호관계를 분석한다. 따라서 본 연구에서는 통계적인 방법으로 질감 인식에 기여하는 명암도의 공간적 의존성을 표시하기 위해 Co-occurrence matrices를 사용하였다[6].

2.1. G2T 기술자를 이용한 특징 추출 방법

질감 특징을 추출하기 위해 이용된 G2T 기술자는 Gabor wavelet을 확장하여 질감을 추출한다.

이 방법에서 Gabor wavelet 질감 추출은 확장되어 적절한 질감 특징으로 혼합된다. second-order를 이용한 통계 계산은 두 가지로 확장되어 특징을 추출하고 간단한 회전에 대한 정규화된 특징 벡터를 추출한다. First-order를 이용한 통계 계산에서는 평균값과 표준편차를 이용하여 단일 픽셀에 대한 영상 값을 나타낸다. Second-order를 이용한 통계 계산에서는 Contrast, Energy, Correlation (상관관계)와 같이 픽셀 쌍을 이용한다. 따라서 second-order를 이용한 통계 계산에서는 더욱 효율적으로 정확한 질감 특징을 추출할 수 있다.

G2T 기술자 추출 과정을 요약하면 다음과 같다.

1. 컬러 공간 변환과 Gabor filter 구성
2. Gabor wavelet을 이용한 변환
3. 선형적 양자화 수행
4. Co-occurrence를 만들고 계산된 second-order의

통계화

5. 특징 벡터 균일화

두 번째 단계의 Gabor wavelet을 이용한 변환은 Fig. 1와 같이 Gabor filter 구조의 파라미터에서 두 개의 스케일과 네 개의 방향을 가진다. 네 개의 레벨 정수 양자화, 네 개의 변위(Fig. 1과 같이 0°, 45°, 90°와 135°)와 네 개의 통계적 질감 특징(contrast, correlation, energy and homogeneity)은 각각 세 번째와 네 번째 단계에서 응용된다. 다섯 번째 단계에서는 각 방향에 대한 총 에너지를 계산하고, 계산된 방향 중에서 가장 높은 에너지를 가지고 있는 방향을 선택한다. 따라서 처음 위치부터 순차적으로 가장 높은 방향에 대해 특징 요소들 추출한다.

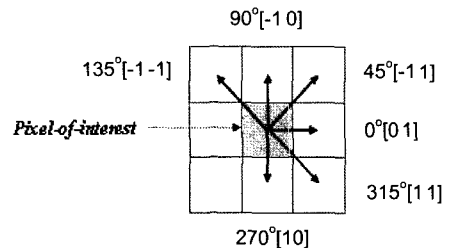


Fig. 1. Spatial Relationships of Pixels that are defined by Displacement.

2.2. 유사도 측정

영상 데이터베이스로부터 질의 영상과 유사한 영상들을 검색하기 위하여 유사도 척도를 사용하여 유사도를 계산한다.

본 연구에서는 질의 영상과 영상 데이터베이스 내에 저장된 영상들간의 유사도를 측정하기 위해 다음과 같은 거리 유사도 측정을 하였다.

$$D(Q, T)_{GR} = \sum_s \sum_o d_{s,o}(f^q, f^o) \quad (1)$$

여기에서 s 와 o 는 범위의 수와 방향을 나타내고, d 는 아래와 같다.

$$d_{s,o}(f^q, f^o) = \sqrt{(c_{s,o}^q - c_{s,o}^o)^2 + (r_{s,o}^q - r_{s,o}^o)^2 + (e_{s,o}^q - e_{s,o}^o)^2 + (h_{s,o}^q - h_{s,o}^o)^2} \quad (2)$$

여기에서 $c_{s,o}$, $r_{s,o}$, $e_{s,o}$ 와 $h_{s,o}$ 는 Contrast (명암도 차이를 측정하는 특징), Correlation (명암도의 대비를 측정하는 특징), Energy (명암도의 균일성을 측정하는 특징), Homogeneity (명암도의 동질성을 측정하는 특징)를 나타낸다.

3. 실험결과

3.1. 검색 효율성 계산

검색 효율성을 평가하기 위한 방법으로 재현도(Recall)와 정확도(Precision)를 계산하고 이에 대한 재현도 대비 정확도 그래프(P-R Graph)를 사용하였다. 정확도는 검색 결과 이미지 수(Number of Retrieved Images)에 대해 질의 이미지와 유사한 이미지 수(Number of Relevant Images)의 비율을 의미하며, 재현도는 질의 이미지와 유사한 이미지 수에 대해 검색 결과 이미지 수의 비율을 의미한다. 유사한 이미지의 객관적 평가 기준은 질의 이미지와 동일한 카테고리에 포함되는지의 여부를 통하여 측정하였다.

재현도와 정확도를 확률적으로 표현하면 수식(3), 수식(4)와 같다. 집합 A는 질의 이미지와 유사한 이미지로 동일한 카테고리에 포함되는 이미지 집합이고, 집합 B는 질의 이미지를 통한 검색 결과 이미지 집합이다.

$$recall = P(B|A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)} = \frac{a}{a+c} \quad (3)$$

a는 검색 결과 내에서 질의 이미지와 유사한 이미지들의 수이고 b는 검색 결과 내에서 질의 이미지와 유사도가 적절하지 않은 이미지들의 수이며 c는 질의 이미지와 유사한 이미지이면서 검색되지 않은 이미지들의 수이다.

$$precision = P(B|A) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)} = \frac{a}{a+b} \quad (4)$$

질의 과정은 카테고리의 각 영상을 차례로 질의 영상과 비교한다. 그러므로 질의는 데이터베이스에 있는 모든 영상의 수와 동일하게 수행된다. 예를 들어, VisTex 데이터베이스에서 1,251번의 실험을 수행하게 된다.

3.2. 영상 데이터베이스

VisTex 영상 데이터베이스를 이용하여 제안된 기술자를 평가한다. VisTex 영상 데이터베이스는 일반적으로 영상 프로세싱과 질감 특징의 분석을 위하여 사용되고 있는 데이터베이스이다. 본 연구에서는 VisTex 영상 데이터베이스[7] 중 일부분에 해당하는 질감 영상 139개를 임의적으로 선별하여 영상의 크기를 512x512 크기로 각각 정규화 하였다. 정규화된 512x512영상은 256x256크기로 분할하여 139개의 영상을 556개의 영상으로 만들었다.

256x256으로 분할하여 얻어진 556개의 영상은 질감 특징의 변화를 위해 영상 자체를 회전하여 방향성에

변화를 주었다. 그리하여 연구에 사용된 데이터세트는 분할영상 556개, 회전영상 556개 초기 139개 영상의 크기를 128x128로 재구성한 영상을 합하여 총 1,251개의 영상을 사용하였다.

3.3. 실험 결과

Fig. 2는 G2T 기술자와 비교를 위한 다른 기술자들의 실험 결과를 보여주고 있다.

이 실험은 검색 결과의 랭킹을 5%, 10%, 15%, 20%, 그리고 25%로 구분하여 재현도(Recall)와 정확도(Precision) 곡선을 비교하였다. 실험에 사용된 총 1,251개의 영상은 각 랭킹에 따라 63, 125, 188, 250 그리고 313개의 영상을 갖는다.

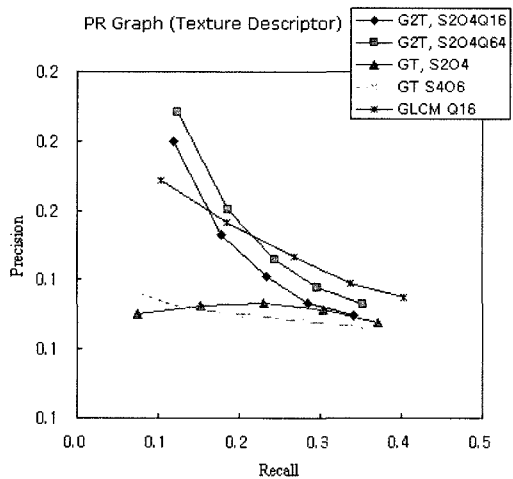


Fig. 2. Recall and Precision Curve to Compare among Other Methods.

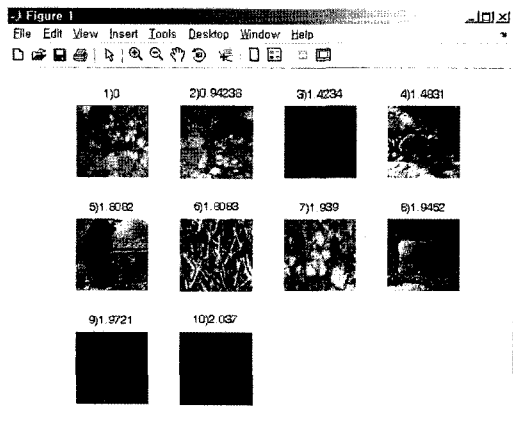


Fig. 3. Example of Search Results by G2T; Top left is the query image.

Fig. 3은 G2T 기술자를 이용하여 검색한 랭킹 10위에 해당하는 검색 결과를 보여주는데 이 그림에서 왼쪽 상위에 위치한 영상이 질의 영상이고 나머지 영상들이 기술자에 의해 검색된 결과 영상이다. 각 그림 위에 표시되어 있는 숫자는 영상의 랭킹과 질의 특징 벡터의 거리를 나타낸다.

3.4. 성능

Table 1은 구형환경 1.8GHz Pentium IV CPU, 512 Mbytes main memory, Windows XP professional OS의 환경에서 MATLAB7.0을 사용하여 각 기술자의 특징 추출과 검색에 따른 평균 처리시간을 계산한 결과이다. 해당 시간은 전체 이미지에 대해 총5회 검색을 수행하여 하나의 이미지에 대한 특징 추출과 검색을 수행하는데 걸린 시간에 대해 평균으로 계산되었다. C 프로그램을 이용하여 계산하면 더욱 빠른 성능을 얻을 수 있다.

Table 1. Computational characteristics of each methods.

	Feature Extract Time [sec/image]	Search Time [sec/image]	Feature Vector Dimension
	256×256 image	Top 10 Search	
GLCM	1.213	0.105	16
Gabor Wavelet	2.114+ δ	0.117	48
Our Descriptor	2.066+ δ	0.132	32

δ is time to create a Gabor filter (2.7 sec is needed for 2 scale and 4 orientation)

4. 결 론

본 논문에서는 내용 기반 영상 검색을 위하여 다해상도 질감 특징에 근거한 영상 검색 기법을 제안하였다. 질감 특징을 추출하기 위해 Gabor wavelet과 Co-occurrence matrices에 기반한 G2T 기술자를 이용하였고, 추출된 질감 특징의 효율적인 유사도 측정을 위해 각각

의 차원들과 표준편차 벡터들에 의해 정규화하였다. 제안된 G2T 기술자는 다른 칼라, 모양 기술자와 함께 사용할 수 있으며 함께 사용할 경우 하나의 기술자를 사용했을 때 보다 더욱 정확한 검색 능력을 가진다.

참고문헌

1. A. W. M. Smeulders, M.. Worring, S.Santini, A. Gupta, and R. Jain, "Content-based image retrieval at the end of the early years", IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. Vol. 22, pp 1349-1380, Dec. 2000.
2. Soh, L.-K.; Tsatsoulis, C, "Texture analysis of SAR sea ice imagery using gray level co-occurrence matrices", IEEE Geoscience and Remote Sensing, vol 37, pp 780-795, Mar. 1999.
3. ISO/IEC 15938-3/FDIS, Information technology multimedia content descriptor interface part 3 visual, ISO/IEC/JTC1/SC29/WG11, Doc. N4358, July 2001.
4. J. R. Smith and S-F Chang, "Transform features for texture classification and discrimination in large image databases", in Proc. IEEE Int. Conf. image Processing, Vol 3, pp 407-411, Nov. 1994.
5. Y. D. Chun, S. Y. Seo, and N. C. Kim, "Image retrieval using BDIP and BVLC moment", IEEE Trans, Circuits Syst. Video Technol, Vol. 13, pp 951-957, Sept. 2003.
6. Ramesh Jain. Rangachar Kasturi. Brian G. Schunck, "Machine Vision", ISBN 0-07-032018-7, pp 234-248, 1995
7. Website: <http://vismod.media.mit.edu/vismod/imagery/VisionTexture/information.html>
8. ISO/IEC JTC1/SC29/WG1N3506, "Image Search System Components and Standardization Scope Recommendations".
9. ISO/IEC JTC1/SC29/WG1N3641, "Test Platform, Image Database and Example Use Cases for Image Search", June, 2005
10. Akio Yamada, Mun-Kew Leong, Wo Chang, "ISO/IEC PDTR 24800: PDTR 24008 : Framework and System Components", ISO/IEC JTC1/SC29/WG, July 2006
11. Web Site : <http://www.mpeg.org>, <http://www.jpeg.org>