

영상 검색을 위한 Radon 변형의 이용

서정만*

Using Radon Transform for Image Retrieval

Jeong-Man Seo *

요 약

전통적인 영상 검색 방법은 영상의 색인화와 검색에서 기본적인 특징으로 컬러, 모양, 그리고 질감 등을 사용한다. 우리는 이러한 특징들을 사용하지 않는 새로운 방법을 제시한다. 내용 기반 영상의 색인화와 검색을 위한 유사성 측정에 기하학적 방법을 사용한 시각적 특징을 제시한다. 이 방법은 Radon 변형이라고 한다. 이 방법은 복잡한 분리 방법이 없이 영상의 기하학적 분포에 따라 계산한다. 실험에서도 매우 뛰어난 검색 효과를 보이고 있다.

Abstract

The basic features in the indexing and retrieval of the image is used color, shape, and texture in traditional image retrieval method. We do not use these features and offers a new way. For content-based video indexing and retrieval, visual features used to measure the similarity of the geometric method is presented. This method is called the Radon transform. Without separation, this method is calculated based on the geometric distribution of image. In the experiment has a very good search results.

▶ Keyword : 영상 검색(Image Retrieval), Radon 변형(Radon Transform), 기하학적 방법
(Geometrical Method)

• 제1저자 : 서정만

• 투고일 : 2009. 06. 22, 심사일 : 2009. 06. 23, 게재확정일 : 2009. 06. 26.

* 한국재활복지대학 컴퓨터게임개발과 교수

I. 서론

최근 비약적인 멀티미디어 기술의 발전과 함께 수 많은 정보들이 멀티미디어화, 디지털화 되어, 스캐너, 디지털 카메라 등의 여러 가지 입력장치를 통하여 많은 양의 멀티미디어 콘텐츠가 만들어 지고 있다. 이러한 다양한 콘텐츠와 관련한 영상을 검색하는 것이 필요하게 되었다. 일반적으로 영상 데이터베이스의 검색에 있어서는 사용자가 적절한 키워드를 같이 입력하여 영상을 검색하도록 하고 있다. 따라서 사용자 입장에서 시각적인 예를 기반으로 원하는 영상 정보를 쉽게 검색 할 수 있도록 하는 시스템들도 필요하게 되었다[1].

하나의 영상을 대표할 수 있는 특징의 추출은 내용기반 영상검색에서 가장 중요한 것 중의 하나이다. 모양은 영상 내의 객체의 윤곽선을 나타내는 특징으로 인간이 시각적으로 이미지를 분류하거나 인식하는데 중요한 정보이다. 그렇지만 객체의 윤곽선을 정확하게 추출하기 어렵기 때문에 영상 검색을 위한 모양 특징은 일반적으로 상표 영상과 같이 객체와 배경의 구분이 명확한 영상에 국한되어 사용된다[2]. 초기의 가장 보편적인 방법인 내용-기반 영상 검색은 폭넓은 예제에 의한 쿼리 패러다임이다. 이는 영상의 출현을 선택된 예제 이미지로서 폭넓은 유사한 이미지를 검색하는 시스템이다. 초기에 Swain과 Ballard[27]에 의해 제시되었는데, 나중에 CBIR 시스템들[3,4,5,6,7,8]에 의해 채택된 방법이다. 하지만 이 방법은 데이터베이스에서 로고만 체크하는 것[9]과 같이 협소한 사용 영역을 가지고 있었다. 초기에 CBIR의 가능성을 증명하는 동안에 유사성 측정이나 시각적 묘사자의 성능 측정을 목적으로 오히려 더 많이 사용되었다.

부분적 예제에 의한 쿼리 패러다임은 나중에 소개되었다. 그들은 사용자들이 유사한 시각적 구성요소를 가지는 영상의 질의와 검색과 관련된 영상 구성요소의 확실한 선택을 허용했다. 이 방법은 보다 선택적이었고, 따라서 GQbE 보다 더 정확했다. [10]에서 관련 연구가 잘 나와 있으며, 영상 구성요소는 고정된 블록 세분화[11,12], 시각적 윤곽[13], 관심점의 선택[14], 히스토그램 백 프로젝션[15,16] 또는 지역 분할[17,18] 등으로서 정의되기도 하였다.

영상 검색을 보다 세련되게 하기 위하여 텍스트 검색으로부터 연관된 피드백 방법들이 성공적으로 CBIR에 적용되었다[19]. 검색된 영상 중에서 사용자는 검색과 관련 있는지 없는지와 재검색 할 것인지를 명시할 수 있었다. 유사성 측정을 세련되게 하기 위해서, 이는 사용자의 선호도에 따라서 검색된 영상은 GQbE 보다 효율적일 수 있었다.

II. 관련연구

최근 컴퓨터 처리 기술과 멀티미디어 및 초고속통신망 기술의 발달로 인하여, 문자, 소리, 영상 그리고 동영상과 같은 폭넓은 멀티미디어 데이터를 매우 쉽게 얻으려는 사용자의 요구와 이에 부응하려는 멀티미디어 제공자의 노력이 매우 빠르게 커지고 있다. 특히, 영상 데이터베이스 검색 방법을 크게 문자기반, 내용기반, 의미론에 기반을 둔 검색 방법으로 나눌 수 있다. 이 중에서 내용기반 영상검색은 첫째, 컬러의 정보는 하나의 영상에서 객체 식별을 단순하게 하는 강력한 특징으로, 각 화소간의 유사성은 컬러값의 차이에 의해 판단되는 영상의 내용요소인 컬러기반 영상 검색, 둘째, 객체의 윤곽을 나타내는 모양 정보는 패턴 인식분야에서 중요한 부분인데 모양 형태의 윤곽선을 임의의 정확도를 갖는 다각형으로 근사화시키고, 이를 벡터화 하여 영상 데이터의 특징값으로 사용하는 모양 정보기반 영상 검색[1], 셋째, MPEG-7에서 표준화된 균질한 질감을 검색하기 위한 서술자를 이용하여 검색하는 질감정보기반 영상 검색, 넷째, 예지 정보를 히스토그램화 시키면 예지 자체로 충분히 특징 값이 될 수 있는 예지 정보기반 영상 검색으로 나누어 질수 있는데 그들이 구성하고 있는 전체적인 물체의 모양이나 공간적인 관계와 같은 영상의 특징과 속성을 추출하여 영상 자료간의 유사성을 향상시켜 영상을 검색하는 방법으로 추출한 특징 벡터를 색인화를 수행하기 위한 정보로 저장하는 시스템을 구현할 수 있다는 장점이 있어 많은 연구가 되어오고 있다.

2.1 컬러기반 영상 검색

일반적으로 내용을 기반으로 한 영상 검색방법은 영상으로부터 추출된 특징인 질감, 컬러 그리고 모양 등의 정보를 활용한다. 이 중에서 컬러 정보는 하나의 영상에서 객체 식별을 단순하게 하는 강력한 특징으로 각 화소간의 유사성은 컬러값의 차이에 의해 판단된다. 여기에는 일반적으로 컬러 히스토그램, 상관도표, 확률밀도함수 그리고 그래프 등을 이용하여 표현하고, 그에 따른 스칼라 측도 값을 검색에 이용한다[1].

2.2 모양 정보기반 영상 검색

객체의 윤곽을 나타내는 모양 정보는 패턴 인식분야에서 중요한 부분을 차지하는데, 모양 형태의 윤곽선을 임의의 정확도를 갖는 다각형으로 근사화시켜 이를 벡터화함으로 영상 데이터의 특징값으로 사용하고, 여기서 얻은 벡터화된 영상

데이터의 특징값들은 각 모양을 형성하는 에지간의 거리, 방향, 각도 등을 평가하여 데이터의 유사성을 비교 평가한다.

모양 정보를 이용한 대표적인 연구로는 Grosky와 James 등에 의한 영상검색 방법 연구[30]가 있다.

2.3 질감정보기반 영상 검색

영상 처리에 있어서 질감은 항공사진에 의한 지형 분석, 생체의 조직이나 세포의 현미경 사진의 분석등에 이용된다. 통계적인 방법은 질감의 성질을 산출하기 위한 가장 단순한 접근법으로 나뭇결, 모래밭, 잔디와 같이 결이 곱고 규칙적이 지 못한 것을 분석하는데 사용된다.

2.4 에지정보기반 영상 검색

영상에서 에지를 정확히 추출하기 어려움으로 인하여 영상 검색의 경우 에지 자체를 특징 값으로 사용하는 것 보다 모양이나 질감 등의 다른 특징 값을 추출하기 위해 에지 검출을 사용하는 경우가 대부분이다. 에지를 추출하는 방법에 크게 영상을 그레이 영상으로 변환한 후 추출하는 방법과 컬러 영상의 각 채널로부터 추출하여 결합시키는 방법으로 나눌수 있다.

디지털 라이브러리에서 영상의 검색은 유용한 콘텐츠의 증가와 디지털 이미징에서 애플리케이션 도메인 수의 증가로 인하여 더욱더 확장되고 있다. 예제에 의한 쿼리는 첫 번째 CBIR(Content-Based Image Retrieval) 패러다임 [20,21]이고 단연 가장 보편적인 연구 활동이었다. 하지만 Boujemaa and al. [22]의 패러다임은 다중 검색 요구사항을 만족시킬 수 없었다. 또한 그들은 논리 집합인 지역 카테고리 방법을 제시했다[23]. 이 시스템은 풍부한 사용자 표현식과 단순하고 빠른 직관적인 시스템이다. 현존하는 시스템들을 위의 두 가지 관점을 동시에 만족시키지 못한다. 가장 잘 알려진 예제에 의한 쿼리 방법은 사용자 표현식을 빈약하게 제공하고 단순한 반복식을 요구한다. 반면에 스케치에 의한 예제[23,24]는 복잡한 그리기 반복을 제외하고는 풍부한 사용자 표현식을 준다. 다른 효과적인 인덱싱 구조는 QBIC에서 R-트리, 변환된 레스[26,23], 또는 다중 변환 에레이 [12]과 같은 구분 예제에 의한 질의에 사용되기도 하였다.

우리는 기하학적 변환에 의한 이미지 검색 방법을 제시한다. 이 방법은 파라미터 공간에서 영상의 프로젝션을 계산하는 방법이다. 이 방법은 실험에서 중요한 발전을 보여준다.

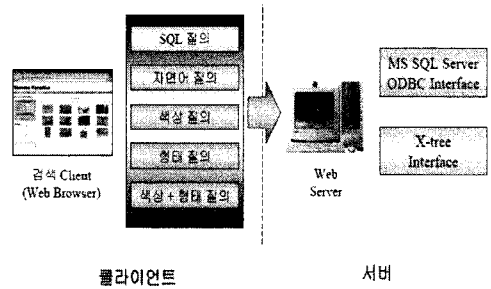


그림 1. 객체기반 영상 검색 시스템
Fig 1. search of system for object -base

그림1에서 객체기반 영상 검색 시스템을 보여주고 있다. 이 시스템에서 클라이언트에서 필요한 질의문을 만들어서 웹 서버에게 전달하면 웹서버에서 질의문을 분석하여 필요한 자료를 서버로부터 데이터를 획득하여 클라이언트에게 다시 보내주는 시스템이다[29].

III. Radon 변형

영상의 시각적 특징들은 Radon 변형을 기반으로 한 방법으로로서 다음과 같이 정의 된다.

$$ge(a, \theta) = \int_{-\infty}^{\infty} \int f(x, y) \delta(x \cos \theta + y \sin \theta - a) dx dy \quad (1)$$

함수 $ge(a, \theta)$ 는 오프셋 a 와 각도 θ 에서 $f(x, y)$ 의 1차원 프로젝션이다. 이는 또한 회전되는 좌표 체계 (s, u) 에서도 표현될 수 있다.

$$ge(a, \theta) = \int_{-\infty}^{\infty} f(s \cos \theta - u \sin \theta, s \sin \theta + u \cos \theta) du \quad (2)$$

노그램(sinogram) 이라 불리는 함수 $ge(a, \theta)$ 는 오프셋 a 와 각도 θ 에서 $f(x, y)$ 의 1차원 프로젝션이다. $f(x, y)$ 의 변화는 a 에서 $ge(a, \theta)$ 의 이동과 θ 에서 $ge(a, \theta)$ 의 변형의 원인이 되는 각도의 변화이다. 이는 객체의 이동, 회전, 축적의 변화 때문에 생기는 이동과 각도의 변화이다. 변화된 공간에서

의 단순한 변형들은 표 1과 같다. 이들 특징들은 유사한 영상 검색에 사용될 수 있다. 게다가, 영상의 내부적 관계와 방법의 자기 상호 작용 때문에 유사성에 랭크를 정할 수 있다.

표 1. Radon 변형의 특징
Table 1. Properties of Radon Transform

구분	함수 $f(x,y)=fp(r,\phi)$	Radon 변형 $ge(a-x0\cos\theta-y0\sin\theta,\theta)$
이동	$f(x-x0,y-y0)$	$ge(a,\theta)$
회전	$fp(r,\phi+\theta0)$	$ge(a,\theta-\theta0)$
축적	$f(kx,ky)$	$ge(ks,\theta/ k)$

본 방법은 다음의 과정을 거쳐 계산된다.

- 1) 식 (2)를 사용하여 영상 $f(x,y)$ 가 파라미터 공간 $ge(a, \theta)$ 로 변화한다.
- 2) $ge(a,\theta)$ 의 모달 $ge(a_0,\theta_0)$ 를 찾는다.
- 3) 새로운 원점에서 (a_0,θ_0) 를 만들기 위해 a 와 θ 의 주위에 배치하여 $ge(a,\theta)$ 를 $ge'(a,\theta)$ 로 이동한다.
- 4) $ge(a_0,\theta_0)$ 로 나누어 $ge'(a,\theta)$ 를 단일화 수행한다.

본 방법의 몇 가지 특징들은 다음과 같다.

- 1) 이동 불변 - $ge(a_0,\theta_0)$ 원점의 이동은 a 와 함께 배치하므로 영상의 이동은 불변한다.
- 2) 회전 불변 - $ge(a_0,\theta_0)$ 에서 원점의 이동은 θ 와 함께 배치하므로 영상의 회전은 불변한다.
- 3) 축적과 기하학적 정보 - 본 방법은 축적의 불변은 아니다. 축적은 전체 이미지의 인지에 사용된다. 이는 영상에서 다양한 객체에 따른 기하학적 관계를 정의한다.
- 4) 특징들의 조합 - 대부분의 특징들은 추출되어 색인화된다. 이때 공간적인정보와 특징들 사이의 관계는 잃게 된다. 본 방법은 이들 정보들을 보존하도록 하였다. 색인화 영상이 흑백 영상이면 본 방법은 텍스처와 강도사이의 관계를 보존하도록 하였다. 색인화 영상이 컬러 영상이면 텍스처와 컬러사이의 관계를 보존하도록 하였다.
- 5) 불변의 강도와 대비 - $ge(a_0,\theta_0)$ 로 나누어 단일화를 수행하여 강도와 대비를 불변으로 만든다.
- 6) 노이즈에 무감각 - 본 방법의 장점은 노이즈에 강건하다는 것이다. 집적 프로세스 함수는 낮은 단계 필터로서, 영상의 사이즈가 커지면 노이즈의 평균값은 0에 가까워진다.

IV. 실험

본 논문에서는 실험을 위하여 Pentium IV 2GHz 컴퓨터 시스템에 Visual C++로 프로그램을 구현하여 사용하였으며, 영상은 인터넷에서 다운받은 1000개의 영상을 바탕으로 검색을 수행하도록 하였다.

아래의 그림 1은 총을 질의어로 주었을 경우 검색 결과로서 나온 그림들을 나타낸다. 맨 첫 번째 그림은 질의어로 준 총을 나타낸다.

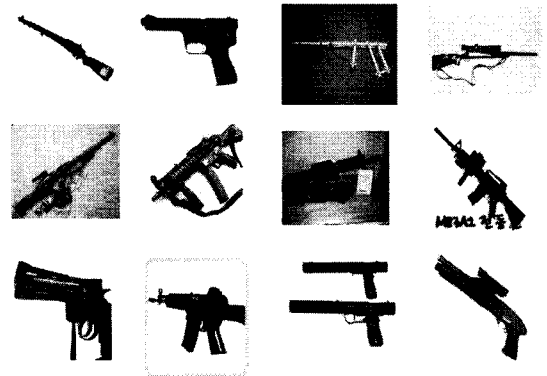


그림 1. 쿼리 결과 1
Fig. 1. Query Result 1

아래의 그림2는 모자를 질의어로 주었을 경우의 검색 결과를 나타낸다. 역시 첫 번째 모자 영상은 질의어로 준 모자를 나타낸다.



그림 2. 쿼리 결과 2
Fig. 2. Query Result 2

기존 시스템과 Radon 시스템과의 평가는 표 2와 같이 내릴 수 있었다. 기존의 방법은 개별적 컬러나 형태, 텍스처만을 특징으로 하지만, 제안한 방법은 특징을 이용하기는 하지

만 한 가지 특징에 치우치지 않는 장점이 있다. 또한 유사성 측정에서 형태학적 방법이 아닌 기하학적 방법을 사용하며, 검색시간도 기존의 방법보다 더 빠른 것이 특징이다.

표 2. 시스템 평가
Table 2. System Evaluation

항목	기존방법	Radon 방법
특징	개별적 컬러, 형태, 텍스트	특징을 이용하기는 하지만 한 가지 특징에 치우치지 않음
유사성 측정	형태학적 방법	기하학적 방법
검색 시간	길음	짧음

IV. 결론

기존의 방법은 개별적 컬러나 형태, 텍스트만을 특징으로 하지만, 제한한 방법은 특징을 이용하기는 하지만 한 가지 특징에 치우치지 않는 장점이 있다. 또한 유사성 측정에서 형태학적 방법이 아닌 기하학적 방법을 사용하며, 검색시간도 기존의 방법보다 더 빠른 것이 특징이다.

그러므로 영상 검색할 때 우리는 기존의 방법과는 다른 영상의 내용 정보를 추출하는 기하학적인 방법을 제시한다. 내용 기반 영상의 색인화와 검색을 위한 유사성 측정에 기하학적 방법을 사용한 시각적 특징을 이용한 방법으로서 Radon 변형이라고 한다. 이 방법은 복잡한 분리 방법이 없이 영상의 기하학적 분포에 따라 계산한다. 영상의 이동, 회전, 그리고 축척에 따라서 뛰어난 검색 효과와 컬러, 형태, 텍스트의 한 가지 특징에 치우치지 않고 있음을 실험을 통하여 보여 주었다.

참고문헌

[1] 박구락, "데이터마이닝을 위한 내용기반 영상검색 기술", 한국 인터넷 정보학회, 제3권, 제4호, 23-31쪽, 2002년 12월

[2] 천영덕, 성중기, 김남철, "칼라 및 다해상도 질감 특징 결합에 의한 영상검색", 한국통신학회논문지, 제30권, 제9C호, 930-938쪽, 2005년 9월

[3] M. Flickner and al. Query by image and video content: the qbic system. IEEE Computer, Vol. 28, No. 9, pp. 23-32, 1995.

[4] A. Pentland, R. Picard, and S. Sclaro. Photobook: Content-based manipulation of image databases. SPIE Storage and Retrieval for Image and Video Databases, II(2185), Feb. 1994.

[5] A. Gupta and al. The virage image search engine: an open framework for image management. SPIE Storage and Retrieval for Image and Video Databases, 2670, 1996.

[6] T. Huang, S. Mehrotra, and K. Ramchandran. Multimedia analysis and retrieval system (mars) project. Proceedings of the 33rd Annual Clinic on Library Application of Data Processing - Digital Image Access and Retrieval, 1996.

[7] S. Sclaro, L. Taycher, and M. La Cascia. Imagerover: A content-based image browser for the world wide web. IEEE Workshop on Content-based Access of Image and Video Libraries (CBAIVL), June 1997.

[8] C. Nastar, M. Mitschke, C. Meilhac, and N. Boujemaa. Surname: A flexible content-based image retrieval system. ACM Multimedia Conference Proceedings, Bristol, UK, 1998.

[9] I. J. Cox, M. L. Miller, and T. P. Minka. The bayesian image retrieval system, pichunter: Theory, implementation and psychological experiments. IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 9, No. 1, pp. 20-37, 2000.

[10] J. Fauqueur. Contributions to image retrieval by their visual components. PhD Thesis, UVSQ - INRIA, (in french), 2003. <http://www.rocq.inria.fr/~fauqueur/recherche/>

[11] B. Moghaddam, H. Biermann, and D. Margaritis. Denying image content with multiple regions of interest. IEEE Workshop on Content-Based Access of Image and Video Libraries (CBAIVL), 1999.

[12] J. Malki, N. Boujemaa, C. Nastar, and A. Winter. Region queries without segmentation for image retrieval by content. In Proc. of International Conference on Visual Information

- System (VIS), pp. 115-122, 1999.
- [13] A. DelBimbo and E. Vicario. Using weighted spatial relationships in retrieval by visual contents. IEEE workshop on Image and Video Libraries, June 1998.
- [14] V. Gouet and N. Boujemaa. Object-based queries using color points of interest. IEEE Workshop on Content-Based Access of Image and Video Libraries (CBAIVL), 2001.
- [15] M. Swain and D. Ballard. Color indexing. International Journal of Computer Vision (IJCV), Vol. 7, No. 1, pp. 11-32, 1991.
- [16] J. R. Smith and S. F. Chang. Tools and techniques for color image retrieval. IST/SPIE Proceedings, pp. 426-437, 1996.
- [17] C. Carson and al. Blobworld: A system for region-based image indexing and retrieval. Proc. of International Conference on Visual Information System, LNCS Vol. 1614, pp. 509-517, 1999.
- [18] J. Fauqueur and N. Boujemaa. Region-based image retrieval: Fast coarse segmentation and ne color description. Journal of Visual Languages and Computing (JVLC), special issue on Visual Information Systems, Vol. 15, No. 1, pp. 69-95, 2004.
- [19] I. J. Cox, M. L. Miller, and T. P. Minka. The bayesian image retrieval system, pichunter: Theory, implementation and psychological experiments. IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 9, No. 1, pp. 20-37, 2000.
- [20] W. Niblack, R. Barber, W. Equitz, M. Flickner, and al. The QBic project: querying images by content using color, texture, and shape. Proc. SPIE (Storage and Retrieval for Image and Video Databases), 1908, pp. 173-187, 1993.
- [21] M. Swain and D. Ballard. Color indexing. International Journal of Computer Vision (IJCV), Vol. 7, No. 1, pp. 11-32, 1991.
- [22] N. Boujemaa, J. Fauqueur, and V. Gouet. What's beyond query by example? book chapter from Trends and Advances in Content-Based Image and Video Retrieval, L. Shapiro, H.P. Kriegel, R. Veltkamp (ed.). LNCS, Springer Verlag, 2004.
- [23] J. Fauqueur and N. Boujemaa. Mental image search by boolean composition of region categories. to appear in Multimedia Tools and Applications, 2004.
- [24] J. R. Smith and S. F. Chang. Visualseek: A fully automated content-based image query system. ACM Multimedia Conference, Boston, MA, USA, pp. 87-98, 1996.
- [25] A. DelBimbo and P. Pala. Visual image retrieval by elastic matching of user sketches. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 19, No. 2, february 1997.
- [26] D. Squire, W. Muller, H. Muller, and J. Raki. Content-based query of image databases, inspirations from text retrieval: inverted les, frequency-based weights and relevance feedback. 11th Scandinavian Conference on Image Analysis (SCIA) Kangerlussuaq, Greenland, 1999.
- [27] N. Taniguchi, H. Akama, and M. Yamamuro. Multiple inverted array index structure for asymmetric similarity measure. Proceedings of Challenge of Image Retrieval, 1998.
- [28] M. Swain and D. Ballard. Color indexing. International Journal of Computer Vision (IJCV), Vol. 7, No. 1, pp. 11-32, 1991.
- [29] jjoyeol.springnote.com/.../attachments/126774
- [30] W. I. Grosky, "multimedia Information Systems", IEEE Multimedia, Vol.1, No. 1, Spring 1994.

저자 소개



서 정 만

1988년 ~ 1993년 엘지전자 컴퓨터
연구소 주임연구원

1993년 ~ 1999년 삼성중공업 중앙
연구소 선임연구원

2000년 ~ 2002년 극동정보대학 컴
퓨터게임개발과 교수

2003년 충북대학교 컴퓨터공학과 박사

2002년 ~ 현재

한국재활복지대학 컴퓨터게임개발과 교수

관심분야 : 실시간처리, 게임프로그래
밍, 가상현실, 데이터베이스