

내용기반 이미지 및 비디오 검색 시스템 성능분석에 관한 연구

A Study on the Performance Analysis of Content-based Image & Video Retrieval Systems

김 성 희(Seong-Hee Kim)*

초 록

본 논문에서는 먼저 이미지 및 비디오 내용기반 검색 시스템 개념 및 유형을 분석 한 후 현재 상용중인 내용기반 검색시스템 5개를 선정해서 기존의 선행연구 및 각 시스템 홈페이지를 방문하여 성능을 분석 하였다. 그 결과 멀티미디어 정보검색의 효율성을 개선하기 위해서는 내용기반 검색과 주석기반 검색을 병행하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

ABSTRACT

The paper examined the concepts and features of content-based Image and Video retrieval systems. It then analyzed the retrieval performance of on five content_based retrieval systems in terms of usability and retrieval features. The results showed that the combination of content_based retrieval techniques and meta-data based retrieval will be able to improve the retrieval effectiveness.

키워드: 이미지, 비디오, 내용기반 검색, 주석기반검색
Image, Video, Content Based Retrieval

* 중앙대학교 문헌정보학과 부교수(seonghee@cau.ac.kr)
논문접수일자 2004년 11월 29일 논문심사일자 2004년 12월 2일 게재확정일자 2004년 12월 20일

1. 서론

웹(WWW)의 급속한 발전으로 인한 웹 콘텐츠의 증가와 네트워크의 고속화와 함께 각종 멀티미디어의 압축기술과 같은 멀티미디어 기술의 발전에 힘입어 멀티미디어 정보의 사용량이 급증하게 되었다. 이러한 멀티미디어 정보들은 image, video, audio, voice 등 다양한 형태로 표현되고 있으며, 멀티미디어 정보의 증가와 함께 멀티미디어정보 생성, 가공, 교환 및 필요한 정보를 검색하는 등의 요구가 늘어나게 되었다.

지금까지의 멀티미디어 검색 방법은 사람이 각 이미지의 특징을 기술하고, 사용자 또한 키워드를 이용해 검색을 하는 주석기반 검색이 주류를 이루었다. 이 방법은 제한된 범위 내에서는 효율적인 검색 결과를 제공하지만 대용량의 데이터에 대해 적용할 경우 색인 구축을 위해 인력이나 시간 면에서 많은 비용이 든다. 또한 색인 구축자와 검색자의 견해가 일치하지 않을 경우 검색의 효율이 저하되며, 무엇보다 이미지가 갖는 복잡한 속성을 텍스트만으로 표현하기 어렵다는 문제가 있다(Jacobs 1995: A. Finkelstein, and D. H. Salesin 1995).

이에 따라 소규모 데이터베이스를 대상으로 하던 기존의 검색방법들이 그 한계에 도달하여, 빠르고 정확한 검색을 위해 저장된 데이터를 효율적으로 저장, 관리, 검색할 수 있는 새로운 방법이 필요하게 되었다.

내용기반 검색은 텍스트 기반 검색의 단점을 개선하기 위한 방법으로 멀티미디어 데이터에서 내용으로 표현되는 특징 데이터를 추출하고 이를 기반으로 검색을 수행한다. 즉, 내용기반

검색 시스템들은 이미지나 비디오 등에서 얻은 특징정보와 사용자가 제공한 질의어나 질의이미지를 사용하여 검색한 후 결과를 제시해준다.

현재 내용기반 이미지검색 방법은 활발히 연구되어 디지털 라이브러리, 의료관리 시스템, 홈쇼핑과 같은 광범위한 분야에 적용될 수 있는 시스템이 상용화되거나 시범적으로 사용되고 있다(Gudivada and V.V. Raghavan 1995)

본 논문에서는 먼저 이미지 및 비디오 내용기반 검색 시스템 개념 및 유형을 분석 한 후 현재 상용중인 내용기반 검색시스템 5개를 선정해서 기존의 선행연구 및 각 시스템 홈페이지를 방문하여 성능을 분석 하였다. 이런 연구 결과는 미래의 내용기반 이미지 및 비디오 검색 시스템 구현을 위한 기초 자료로써 제공할 수 있을 것이다. 본 논문의 제한점으로는 비디오 검색은 동영상뿐 아니라 오디오, voice 등 다양한 형태가 포함되나 여기서는 동영상으로 제한하였다.

2. 내용기반 이미지 및 비디오 검색

내용기반 검색 시스템은 검색하고자 하는 데이터의 종류에 따라 크게 이미지와 비디오검색 시스템으로 나눌 수 있다.

2.1 내용기반 이미지 검색

이미지의 경우 검색 대상이 되는 이미지의 여러 특성을 추출하고, 이용자가 질의로 준 이

미지의 특성과 유사한 특성을 가진 이미지를 검색 결과로 알려준다. 사용되는 이미지 특성에는 색상, 질감, 형태 등이 있다. 이미지에 텍스트로 설명을 붙이고 키워드를 사용하여 원하는 데이터에 대해 질의를 할 수도 있다.

이미지에 대한 일반적인 내용기반 검색 기법들은 이미지의 색이나 질감, 형태 등의 특징을 사용한다. 이러한 시스템에서는 처음에 이미지의 특징들이 자동으로 추출되어 이미지와 함께 인덱싱되어 데이터베이스에 저장된다. 사용자는 질의로 원하는 색이나 질감 등을 포함하는 이미지를 요청하거나 원하는 이미지의 형태를 스케치하는 방식으로 내용 기반 질의를 할 수 있다. 질의 결과는 정확한 이미지가 반환되기 보다는 요청한 이미지와 비슷한 이미지들의 집합이 반환된다.

첫 번째 예는 사용자가 그린 대략적인 스케치 또는 복사본 이미지로써 이미지 데이터를 검색할 수 있는 방법이다. 이 경우에는 이미지 데이터의 특징 값을 나타내기 위하여 아이콘 이미지를 사용한다. 아이콘 이미지는 원래의 이미지 데이터를 작은 크기로 축소한 것을 의미하며, 데이터베이스에 저장된 각각의 이미지들은 형태와 색상에 대한 아이콘 이미지를 가지고 있으며 검색 시에 아이콘 이미지를 대상으로 검색을 하게 된다. 이러한 접근 방식은 다양한 형태의 이미지 데이터를 다룰 수 있다는 장점이 있으나 유사한 이미지를 검색하기 위해 모든 데이터를 픽셀 대 픽셀 비교로 순차적 검색방법을 사용하므로 매우 비효율적이다. 두 번째 예는 이미지 데이터로부터 형태적 특징과

색상 특징을 추출하여 원하는 이미지를 검색할 수 있는 방법이다. 컬러 히스토그램과 정적으로 분할된 이미지 영역으로부터 외곽선을 추출하여 공간상의 관계를 포함하는 형태 정보를 추출하여 이미지 비교에 사용하며, 이들을 효과적이고 빠르게 비교 검색하기 위해서 색상 성분 에 대한 특징 값은 R 트리, 형태의 특징 값은 변형된 트라이로 인덱싱하는 방법등이 있다(Guttman 1984). 이미지의 색, 질감, 형태뿐 아니라 스케치방식의 질의를 모두 처리해주는 대표적인 시스템으로 IBM Almaden 연구소에서 개발된 QBIC(Query By Image Content)¹⁾이 있다. 이 시스템은 사용자에게 이미지의 색상이나 질감, 형태 등과 같은 다양한 속성에 기반을 둔 시각적 질의를 제공할 뿐만 아니라 제한된 범위내의 비디오 검색이 가능하다. QBIC은 또한 사용자로 하여금 데이터베이스내의 이미지에 대하여 적절한 키워드로 주석을 붙일 수 있도록 허용함으로써 제한적이나마 주석에 기반을 둔 검색도 가능하다. 반면에 Columbia 대학에서 개발한 VisualSEEk은 WWW에 기반을 두어서 원하는 이미지를 검색하는 내용기반 이미지 검색 시스템으로 QBIC에서와 유사한 검색을 제공할 뿐만 아니라 이미지 내의 객체영역에 대한 색상과 객체영역의 공간정보 사이의 상관관계를 더 자세히 묘사할 수 있는 인터페이스를 제공한다. 이 시스템은 객체영역의 크기와 공간적 위치정보에 대한 향상된 인덱싱 기법을 이용함으로써 복잡하게 결합된 다양한 색상/공간 및 색상/질감, 주석에 기반을 둔 문자/이미지 질의를 제공한다.

1) <http://www.qbic.almaden.ibm.com>.

이미지에 대한 내용기반 검색의 다른 방법으로 이미지의 원래 데이터(raw data)로부터 직접 특징을 추출하는 것이 아니라 일단 직교 변환 등을 시켜 변환된 데이터로부터 특징들을 추출하는 방법이 있다. 하나의 예로 웨이브릿 변환(Wavelet Transform)을 통해 특징을 추출하는 방법을 들 수 있다(이주영, 조성배 1997). 웨이브릿 변환은 기본함수로 사인, 코사인 함수뿐만 아니라 좀더 복잡한 웨이브릿 모함수를 사용할 수 있고, 푸리에 변환에는 없는 공간에 대한 특성, 즉 저주파 밴드는 이미지 전체의 특징을 잘 나타내고 고주파 밴드는 국부적인 특성을 갖고 있다는 장점이 있다. 첫 번째 웨이브릿 변환기법은 이미지 데이터로부터 외곽 선을 추출한 후 웨이브릿 변환을 이 외곽 선 데이터에 적용하여 그 결과로 나온 특징 벡터를 이미지 전체의 형태에 대한 특징으로 표현한 것이다. 따라서 사용자는 그래픽 도구를 이용하여 원하는 이미지의 전체적인 그림을 그리거나 스캐너 등을 통해 읽어들이ն 예제 이미지를 선택함으로써 원하는 이미지를 검색할 수 있다. 반면에 두 번째 웨이브릿 기법은 이미지의 색, 질감, 형태의 모든 특징을 함께 변환에 적용한다. 또한 이미지의 웨이브릿 계수를 통한 내용 표현 문제 뿐 아니라 데이터 압축 문제도 하나의 통합된 프레임웍(framework)에서 수행된다. 즉 이미지들은 압축이 되면서 색, 질감, 형태 등의 특징에 의해서 인덱싱 되며, 사용자는 색, 질감, 형태 또는 이들의 조합을 통한 질의를 할 수 있다. MIT의 Photobook은 이미지의 통계적인 성질에 기반을 둔 KL(Karhunen-Loeve)변환을 적용한 내용 기반의 이미지 검색 시스템이다. 이 시스템은 KL

변환을 사용하여 이미지를 몇 개의 주성분 값으로 표현하였으며, 이미지를 공간으로 변환하기 위한 기저 벡터로 이미지의 벡터로부터 구한 공분산 행렬의 고유벡터를 사용했다(이미수, 황본우, 이성환 1997). 이 방식의 특징은 이미지 구별에 필요한 성분만을 추출하여 압축을 하였고 다시 원래의 이미지로 복원이 가능하다는 것이다. 이 시스템은 얼굴인식 분야 등에 응용되었는데, 기존의 얼굴 윤곽선 등의 특징 점들을 통한 매칭 방법과는 다르게 얼굴의 표정 등 얼굴에 약간의 변형을 주어도 같은 얼굴을 찾아낼 수가 있다

2.2 내용기반 비디오검색

동영상에 대한 내용기반 검색을 위해서는 동영상 데이터를 색인하기 위한 비디오 파싱기법과 사용자가 원하는 데이터를 쉽게 검색할 수 있는 사용자 인터페이스, 제한된 저장 공간에 대용량 비디오를 효율적으로 저장하기 위한 비디오 데이터 압축 및 저장 방법 등의 기술들이 필요하다. 동영상에 대한 내용기반 검색기법은 보는 관점에 따라 여러 가지로 분류할 수 있다. 특히 동영상에서 내용검색을 하기 위해 사용할 수 있는 정보들, 즉 이미지정보, 문자정보, 오디오 정보 중 어떤 정보들을 사용하였는가에 따라 내용기반 검색 기법들을 분류할 수 있다.

동영상의 내용기반 검색을 위하여 가장 일반적으로 사용할 수 있는 정보는 이미지정보이다. 이미지정보는 주로 비디오를 장면 분할할 때에 사용되며 이를 통하여 구조적인 비디오 브라우징을 할 수 있다. 비디오를 구성하는 최소단위는 필름 한 장에 해당하며 하나의 이미지를 나

타내는 프레임이다. 비디오에서 장면의 전환이 이루어지는 부분을 컷(cut)이라고 하고, 컷으로 구분되며 하나의 카메라 동작에 의해 촬영된 작은 비디오 단위를 샷(shot), 논리적인 내용이 같은 연속된 샷으로 이루어진 단위를 에피소드(episode)라 한다(신동일, 신동규 2002).

비디오를 샷으로 구분하는 작업을 비디오 분할(video segmentation)이라고 하며, 비디오 분할을 위해 장면의 전환점인 컷을 검출하는 작업을 컷검출(cut detection)이라고 한다. 비디오는 연속된 프레임의 집합이므로 연속된 장면에서는 인접한 프레임 사이의 유사성이 강하고 장면의 전환이 이루어지는 부분에서는 프레임 사이의 유사성이 상대적으로 약하다. 따라서 컷을 추출하기 위해서는 비디오 요소의 프레임간의 차이를 이용하여 그 요소의 연속성을 계산하고 불연속 지점을 컷으로 간주한다. 지금까지 컷검출을 위한 다양한 알고리즘이 연구되었다. 자동으로 컷을 검출하기 위한 방법으로는 히스토그램의 차이 비교, 화소간의 차이 비교, 에지 변화 비교, 압축 상관 계수 비교, 유사율 측정법, 그리고 움직임 벡터 비교 등이 있다. 히스토그램 기반의 방법은 같은 장면으로 분류해야 할 프레임들의 색상 분포는 거의 비슷하다는 성질을 이용하여 각 프레임간의 히스토그램 차이를 계산해 정해진 임계 값을 넘을 경우 컷으로 판단한다. 화소간의 차이 비교 방법은 화면을 구성하는 화소들은 히스토그램과 마찬가지로 동일한 장면 내에서 변화가 적다는 성질을 이용하여 각 프레임의 화소들을 비교해 차이가 임계 값을 초과하면 그 프레임 간에는 장면 전환이 있다고 본다. 유사율 측정법은 개개의 화소를 비교하는 것이 아니라 연

속된 프레임들에서 대응하는 일정 영역의 통계치를 비교하는 방법이며, 에지 기반의 방법에서는 주요 성분 에지를 파악하고 프레임 간에 에지 단위의 비교를 수행함으로써 특정 객체가 다음 프레임에 포함되어 있는지 또는 변화가 어떻게 이루어지는지를 판단한다. 압축 상관 계수의 비교법에서는 연속된 프레임의 DCT (Discret Cosine Transform) 계수의 차이를 구하고, 이러한 차이를 이용해 장면 변화를 검출하고자 하는 방법이다. 움직임 벡터의 비교 방법에서는 MPEG 데이터로부터 얻어지는 움직임 벡터를 사용하여 이동 물체의 움직임 분석뿐 아니라 카메라의 움직임, 예를 들면 줌(zoom) 또는 패닝(panning) 등과 같은 카메라의 연산을 인식함으로써 장면 변화를 보다 정확하게 검출하고자 하였다.

다음으로 동영상의 내용검색을 위하여 사용될 수 있는 정보는 이미지 내에 있는 문자정보이다. 이미지 내에 있는 문자정보는 우선 비디오 촬영 시 장면과 같이 찍혀 장면 내에 포함되어 있는 문자와, 특정한 내용 또는 설명을 부여하기 위해 비디오 이미지에 부가적으로 인코딩된 시그널 형태의 주석(closed caption)이나 인위적으로 삽입된 문자 등으로 구분할 수 있다. 일반적으로 장면 내에 포함되어 있는 문자들은 해상도가 낮고 글자 형태와 크기가 다양하기 때문에 추출과 인식이 쉽지 않을뿐더러 의도하지 않은 배경화면의 문자인 경우도 많기 때문에 내용검색 기법에서 잘 사용되지 않는다. 반면에 주석이나 삽입된 문자는 문자의 크기나 위치가 일정하고 이미지의 내용을 설명하기 때문에 내용기반 인텍싱에 효율적으로 용될 수 있다.

마지막으로 동영상의 내용검색을 위하여 사용될 수 있는 정보는 이미지 내에 있는 오디오 정보이다. 오디오에 있는 음향정보나 음악 등을 분석하여 구조적인 비디오의 장면 분할을 할 수 있을 뿐만 아니라 오디오내의 음성정보를 인식하여 대응하는 문자 정보로 변환한 후 인덱스를 만들어 내용기반 검색에 사용할 수 있다

3. 상용 이미지 및 비디오 정보 검색 시스템 성능분석

3.1 이미지 및 비디오 정보검색 시스템 개요

현재 미국의 경우 내용기반 이미지 및 비디오 검색시스템은 크게 상업용, 연구용으로 구분되어 약 70여개의 시스템이 있는 것으로 조사되었다. 이들 중에서 현재 상업용으로 이용 가능한 시스템 5개를 선정하여 조사하였다.

3.1.1 QBIC²⁾ 시스템

QBIC(Query by Image Content) 시스템은 IBM Almaden 연구소에서 개발되었으며 컬러, 형태, 질감 등의 내용을 기반으로 하는 이미지 검색 및 제한된 범위 내의 비디오 검색이 가능한 시스템이다. QBIC은 이미지뿐만 아니라 비디오 데이터도 지원하는 시스템으로써 샷의 검출, 샷에 대한 대표 프레임 생성과 객체의 움직임에 이용하여 데이터베이스를 구성한다. QBIC 시스템은 이용자에게 이미지의

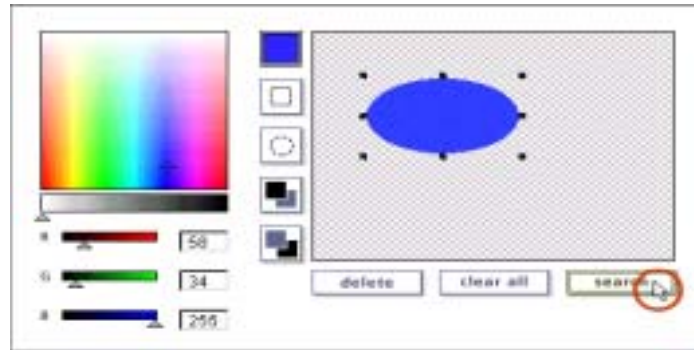
컬러나 형태, 질감 등과 같은 다양한 속성을 기반으로 하는 시각적 질의를 제공한다. 시각적 질의란 이용자가 이미지 검색을 위하여 실제 이미지나 스케치 이미지 등의 시각적인 요소를 이용하여 질의하는 것을 의미한다. 예를 들어 이용자가 원하는 컬러 구성을 "Color1: x%, Color2: y%, Color3: z%"와 같이 기술하여 검색하면 그와 비슷한 색 구성을 갖는 이미지들이 데이터베이스로부터 검색되어 제시된다.

형태를 이용하는 경우에는 유클리디언 거리를 유사도 계산으로 사용하며 이용자가 찾고자 하는 이미지를 스케치하면 그것과 유사한 이미지를 찾아주는 기능도 제공된다. 그리고 이용자가 이미지에 대하여 키워드도 주석을 붙일 수 있도록 허용하여 텍스트를 기반으로 하는 검색 기능도 제공한다.

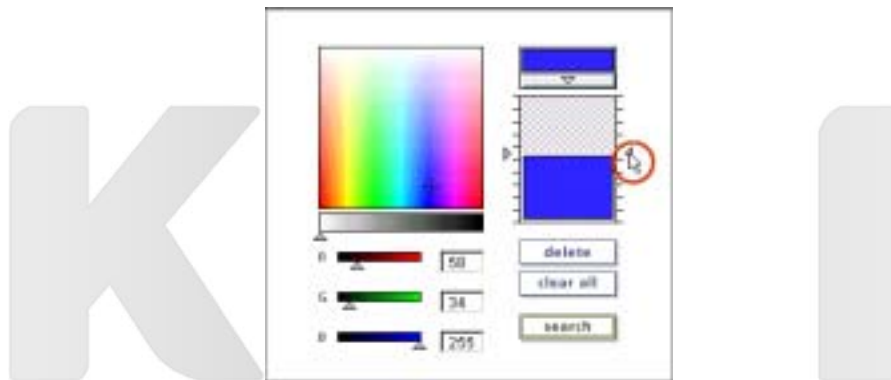
QBIC 시스템은 특정 응용 분야에 적합한 시스템으로 질의 인터페이스가 복잡하고 체계적이지 않아서 일반 이용자의 측면에서는 이용하기가 어렵다. 그리고 키워드를 입력하려면 부분적인 수작업 단계를 거쳐야 한다. QBIC 시스템은 현재 웹 상에서 서비스를 제공하고 있으며 지속적으로 발전되고 있다.

QBIC은 컬러, 질감검색은 지원하지만 형태 검색이나 공간, 위치정보는 지원하지 않는다. 또한, relevance feedback도 지원하지 못하고 있다. 운영체제는 Mac, Unix, win 98/NT 등이 가능하며 프로그래밍어는 c/c++이다. QBIC에서 처리가능한 포맷으로는 BMP, GIF, JPG/JPEG, PGM, PPM, TIF/TIFF, TGA 등이 있다.

2) <http://wwwqbic.almaden.ibm.com>



(그림 1) QBIC 모양탐색화면



(그림 2) QBIC 칼라검색화면

3. 1. 2 Excalibur Visual RetrievalWare³⁾
 Excalibur사에 의해 개발된 시스템으로 C, C++과 Java, Tcl/TK 해석기, 견본프로그램, 소스코드 및 매뉴얼로 구성되어 있다. Visual RetrievalWare 시스템은 신경망을 이용하여 정보처리를 하고 있으며 프로그램 언어로는 c/c++, Java, TCL/TK등이며 운영체제는 Unix: win 98/2000/NT등이다. 지원가능한 이미지 포맷으로는 BMP: DDIF: GIF: JPEG: PNG: PPM: TIFF 등이다.

칼라검색과 형태검색은 지원하나 공간, 위치 검색은 불가능하다. 질감검색과 순위출력이 가능하다. MPEG-1, MPEG-2 비디오 포맷 및 다중프로세서 컴퓨터를 위한 다중쓰레드(multi-threaded) 탐색능력 지원등도 가능하다. Excalibur사의 Visual RetrievalWare의 웹기반 데모는 vrm.excalib.com에서 이용가능하다. Excalibur Visual RetrievalWare Software Developers Kit은 50,000파운드이고 추가 설치 비용이 필요하다.

3) www.excalib.com

3. 1. 3 ImageFinder⁴⁾ & Video Finder
 Attrasoft사는 이미지 및 비디오를 인식, 검증, 검색을 개발하는 업체이다. 대표적인 시스템으로는 Imagfinder와 Video Finder가 있다.

(1) ImageFinder

Attrasoft사에 의해서 개발된 ImageFinder는 윈도우를 운영체제로 하는 내용기반 검색시스템이다. Attrasoft사는 세 가지의 이미지 검색 프로그램을 만들었는데, ImageFinder, Internet ImageFinder, ImageHunt 이다. 이 각각의 프로그램들의 근간이 되는 기술은 모두 같으며, 단지 각 프로그램은 그래픽 유저 인터페이스(GUI)에서 약간의 차이만을 보이고 있을 뿐이다. 모든 소프트웨어의 평가본들은 www.attrasoft.com에서 다운로드 받을 수 있다.

Attrasoft사의 이미지 검색 소프트웨어의 기본은 PolyNet으로서, 이는 Attrasoft사의 1세대 neural network simulation 소프트웨어인 Boltzmann Machine(ABM)에서 파생되

어 나왔다. 이미지 매칭은 표 1과 같은 구조를 갖고 있다. PolyNet 소프트웨어는 분류와 패턴인식이라는 두 가지 기본 임무를 수행한다. 분류는 패턴들을 탐색하고 할당하는 역할을 하며, 패턴 인식은 패턴이 주어진 분류나 패턴 조각들과 일치하는 지를 확인하는 역할을 한다. ImageFinder는 이미지당 약 10개의 필터과정을 거치게 함으로써 정교한 검색을 하고자 시도하고 있다. 표 1은 Image의 기본적인 필터링 기능들이다.

ImageFinder에 사용되는 언어는 JAVA이고 운영체제는 win98/2000/NT이다. 지원 이미지 포맷은 BMP, GIF, JPEG.이다(www.attrasoft.com).

(2) Video Finder

Video Finder역시 Attrasoft사에서 개발한 제품으로 비디오에 있는 물체를 인식하고 각 물체가 비디오에서 나타나는 시점과 끝나는 시점을 분석해주고 비디오 상에서 물체를 트래킹해주고 좌표점(coordinates)을 알려준다.

(표 1) Imagefinder의 필터링 종류

ImageFinder	필터	
이미지 전처리	Edge filter	이용자가 찾는 주요 특징을 강조하는 기능
	Threshold filter	백그라운드를 축소하는 기능
	CleanUp filter	에러검출을 줄이기 위해 결과이미지를 부드럽게 하는 기능
정규화	Reduction filter	AMB(Attrasoft Boltzmann Machine)라 부르는 검색엔진을 이용해서 정규화 시킴
특징 추출	Bio filter	ABM 엔진이 이미지 처리에 앞서 특징 추출 및 매칭 과정을 거치는데 이 목적은 바람직하지 않은 이미지를 제거하기 위한 것임
	Neural filter	Bio filter를 통해 잘못 검색된 이미지의 80%를 제거할 수 있고 Neural Filter를 통해 잘못 검색된 이미지의 19%를 제거할 수 있음

4) www.attrasoft.com

VideoFinder를 실행시키기 위해서는 256 RAM이 필요하고 소프트웨어로는 Windows 95/98/ME/2000/XP, Internet explorer, Java 2 Runtime Environment; and Java Media Framework(JMF)등이다. 처리 가능한 비디오 포맷으로는 JMF(Java Media Framework)이다. 즉, VideoFinder는 Imagefinder에 sun의 JMF 기반 비디오 인터페이스를 추가한 것이라 볼수 있다. VideoFinder의 사용예를 살펴보면 비디오 “Wedding singer”에 다음 그림 3같은 자동차가 나오는지 나오면 언제, 얼마나 나오는지를 검색하면 그림 4와 같은 결과가 나타난다.

그림 4에서 00052.jpg는 첫 번째 검색된 이미지 바로 이전의 이미지이고 00059.jpg는 마지막으로 검색된 바로 다음 이미지이다.

- 검색된 내용을 분석해보면 다음과 같다.
- 프레임수: 106.7
- 기간: 106.7초
- 초당 프레임수: 10

- 시작프레임: 550(55초)
- 마지막프레임: 650(65초)
- 매치된 프레임: 53-58

위의 분석에 따르면 질의예제와 매치된 프레임수는 1067개이고 질의에 일치한 장면의 검색된 상영시간은 106.7초이다. 이중에 실제의 질의에 해당되는 장면이 나타나는 프레임은 53부터 58까지이다.

3. 1. 4 VIR⁵⁾ Image Engine

Virage사에서 개발한 API가 갖추어진 텍스트 이미지 및 동영상 검색 엔진이다. ORACLE, Informix 등이 자체 DBMS에 멀티미디어 확장 모듈로 채택해서 판매하고 있을 정도로 시스템의 안정성이 뛰어나고 범용 기능을 갖고 있다. 프로그래밍언어는 C 이고 운영체제는 Unix: win 2000/NT이다. 검색방법으로는 칼라, 형태, 질감 검색이 가능하나 공간, 위치 검색은 지원하지 않는다. 순위 출력도 가능하다. 사용가능 이미지



(그림 3) 질의(자동차)

5) VIR: Visual Information Retrieval 시각 정보 검색



00053.jpg



00054.jpg



00057.jpg



00058.jpg



00052.jpg



00059.jpg

(그림 4) 그림 3 질의에 대한 결과

포맷으로는 BMP(os/w, windows), GIF, JPEG, MAC, PDC, PCX, PICT, PNG, PSD, RLE, SGI, SCT, TGA, TIFF 등이다.

VIR 엔진은 \$ 30,000에 판매된다. 그리고 CPU당 \$ 16,500의 추가 배치 비용이 소요된다.

VIR 이미지 엔진은 오라클 8i서버(엔터프라이즈 판), Infomix Sybase, Object Design, Objectivity(미국 Objectivity사)에서 데이터베이스와 연계되어 있다.

3. 1. 5 IMatch

IMatch는 Mario M. Westphal이 개발한 윈도우 운영체제의 이미지 관리 프로그램으로서 이용자가 직접 이미지 데이터베이스를 생성해서 관리 및 검색이 가능하다. 한개의 데이터베이스당 일반적으로 150000개의 이미지를 쉽게 처리할 수 있다. DB생성 후에는 서로 다른 저장위치, 포맷의 이미지들을 하나의 데이터베이스로 생성된다. 이때 각 이미지 파일이나 폴더 및 저장장치에 있는 이미지들은 복사하는 것이 아니라 각 이미지의 저장 경로만을 저장

한다. IMatch에 제공하는 기능으로는 다음과 같다.

- 이미지 편집
- 이미지 조직 및 분류
- 이미지에 주석 추가
- 다양한 이미지 포맷으로 변환가능(약 50개의 포맷으로 변환가능)
- 파일 이름, 사이즈, 날짜 및 시간, 주석, IPTC, EXIF 관련정보

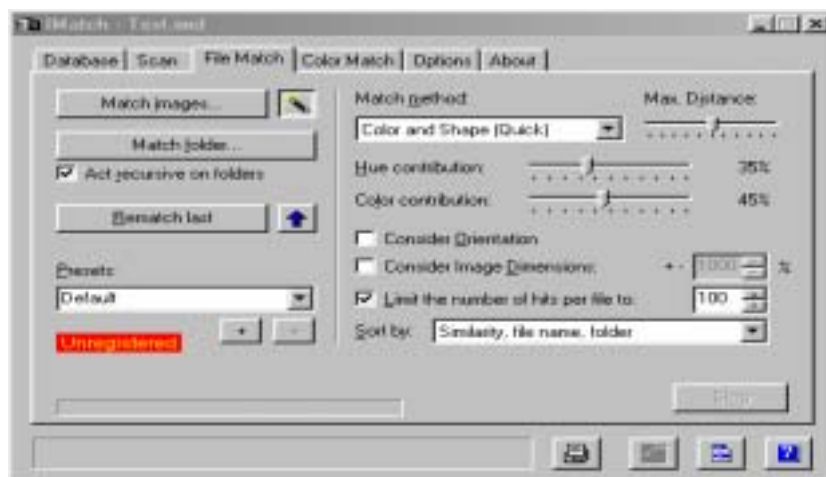
IMatch는 3개의 파일로 구성된다. 동일한 파일에 대해 파일 이름은 동일하나 확장자가 각기 다르다. 즉, .imd(메인 데이터베이스 파일), .imt(thumbnail DB), imc(database 목록)파일이다. Imatch 프로그램은 30일 무료 평가판이 있는데 이는 30일 동안 무료로 다운로드 받아 이용가능하다.

IMatch는 유사한 이미지들을 확인할 수 있는 여러가지의 CBIR(내용-기반 이미지검색) 매칭 방법을 제공한다.: 칼라 유사도, 칼라와

형태(Quick), 칼라와 형태(Fuzzy)와 칼라비율과 분포도(distribution)에 의한 검색이 가능하다. IMatch에서 처리가능한 이미지 포맷으로는 BMP, EMF, JPEG, PCT, PNG, TGA, TIF, and WMF.등이며 GIF 이미지 파일 포맷은 LZW가 UNISYS와의 라이선스 문제 때문에 IMatch에서 제공하지 못하고 있다. Imatch의 가장 큰 특징중의 하나는 user interface가 비교적 잘 설계되어 있다는 것이다. 다양한 버튼, 콤보박스, 슬라이더를 제공한다(그림 5).

이 시스템의 가격은 30일 평가판은 무료이나 IMatch 라이선스는 일인당 \$50.00이다.

이상에서 수많은 이미지 및 비디오 검색 시스템중에서 현재 많은 연구대상이 되고 있는 5개의 시스템을 중심으로 일반적인 시스템의 특성, 제공되는 검색기법, 운영체제, 가격등을 중심으로해서 살펴보았다. 이상의 내용을 종합하면 표 2, 표 3과 같다.



(그림 5) IMatch 유저 인터페이스

(표 2) 이미지 및 비디오 검색시스템의 일반적인 특성 요약

시스템 명칭	상업용 벤더	연구 지원	현재 사용 가능	응용 프로그램	웹 데모	코드	프로그램 언어	운영체제	이미지 포맷	가격	상업용 사용가능 여부
Excalibur Visual RetrievalWare SDK	y	n	y	n	y	y	c/c++ Java TCL/TK	Unix; win95/ 98/NT	BMP;DDIF; GIF;JPEG; PNG;PPM TIFF	₩50,000	y
Attrasoft ImageFinder	y	n	y	y	y	n	Java	win95/ 98/NT	BMP; :GIF;JPEG	\$9990	y
IMatch	y	n	y	y	n	n	c++	win95/ 98/2000/N T	BMP;EMF; JPEG;PCT; TGA TIFF;WMF		y
QBIC	y	n	y	y	y	y	c/c++	Mac;Unix; win95/ 98/NT	BMP;;GIF; JPEG;PPM TIFF;Tiff		y
VIR Image Engine	y	n	y	n		y	c	Unix; win95/ 98/NT		\$30,000	y

(표 3) 이미지 및 비디오 검색시스템의 검색방법

시스템 명칭	color (칼라)	shape (형태)	spatial location (공간, 위치정보)	texture (질감)	rank output (순위 출력)	relevance feedback
Excalibur Visual RetrievalWare SDK	y	y	n	y	y	?
Attrasoft ImageFinder	y	y	y	y	n	n
IMatch	y	y	n	n	y	y
QBIC	y		n	y	y	n
VIR Image Engine	y	y	n	y	y	?

3. 2 이미지 및 비디오 검색시스템의 성능분석

본 연구에서는 3. 1에서 살펴본 상용 내용기반 이미지 검색시스템을 대상으로 성능평가를 Venter and Cooper(1997)의 연구 및 사이트 방문률 기초로 해서 분석하였다.

3. 2. 1 Usability 평가

Venter and Cooper(1997)는 내용기반 검색시스템중에서 분석정보가 입수 가능한 ImageFinder 및 Imatch에 대해 usability 평가를 하였다. 평가항목 선정은 Nielsen(1993)의 제언된 usability heuristic 항목을 중심

으로 해서 이루어 졌으며 이 평가의 목적은 사용자 인터페이스가 적절하게 설계되었는지를 파악하는 것이다. 그 결과는 표 4 및 표 5와 같다.

표에서 보는 바와 같이 Imatch의 경우 보통 수준의 평가 점수를 받았으나 ImageFinder의 경우 모든 항목에서 거의 최저점수에 가까운 낮은 점수를 받았다. 구체적으로 살펴보면 ImageFinder의 경우 시스템의 현재 진행(동작)상태의 표시 여부와 에러인식 및 회복기능부분에서 최저 점수를 받았다. 디자인과 도움말 기능 역시 상대적으로는 비교적 좋은 점수이나 보통이

하의 수준이다. 나머지 항목들 역시 모두 -2점으로 최저점수에 가까운 점수이다. Imatch의 경우 9개 평가항목중의 시스템의 동작상태 표시, 에러표시기능, 표현의 일관성, 문제점 인식의 용이성, 다양한 검색방법제공, 도움말 기능에서 전부 보통 보다 약간 높은 점수를 받았으며 나머지 항목들은 보통으로 나타났다. 물론 이상의 user interface는 평가판을 대상으로 했으나 이 평가판이 실제 프로그램과 거의 동일하다는 측면에서 보았을때 user interface에 대한 구체적인 개선방안이 절실히 요구된다 하겠다.

(표 4) ImageFinder의 usability평가

Heuristic 평가항목	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	NA
시스템 현재 동작상태의 표시	v							
시스템 이용자들이 쉽게 이해할 수 있는 용어의 사용		v						
이용자에게 적절한 에러 표시기능		v						
표현의 일관성과 표준		v						
에러방지기능		v						
시스템 이용의 문제점 인식의 용이성		v						
다양한 이용방법(초보자용 전문가용 구분등)제공		v						
디자인				v				
에러인식 및 회복기능	v							
도움말 기능				v				

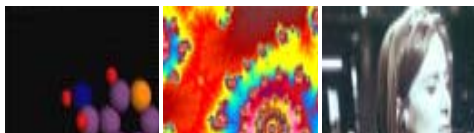
(표 5) Imatch의 usability평가 결과

Heuristic	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	NA
시스템 현재 동작상태의 표시					v			
시스템 이용자들이 쉽게 이해할 수 있는 용어의 사용				v				
이용자에게 적절한 에러 표시기능					v			
표현의 일관성과 표준					v			
에러방지				v				
시스템 이용의 문제점의 인식의 용이					v			
다양한 이용방법(초보자용 전문가용 구분등)제공					v			
디자인				v				
에러인식 및 회복기능				v				
도움말 기능					v			

3. 2. 2 검색 효율성 측정

내용 기반 검색(Content-based retrieval)은 멀티미디어 데이터로부터 형태, 색깔, 질감, 움직임 등의 특징적인 내용을 표현하는 특정 데이터를 자동으로 추출하여 저장하고 이를 바탕으로 이미지나, 비디오 클립 등을 질의로 입력하여 검색하는 방법이다. 따라서 이용자의 주관이 개입되지 않아 객관적인 검색이 가능하지만 검색의 효율성 측면에서는 부정적인 의견이 강하다. 즉, 그 동안 내용기반 이미지 및 비디오 검색의 효율성에 신뢰할 만한 연구결과는 거의 없으며 내용기반 검색의 효율성을 객관적으로 측정할 수 있는 기준도 아직 마련되어 있지 못한 실정이다. 다음은 영국 Manchester Visualization Center에서 협동 정보시스템 구축(JISC: Joint Information Systems Committee)을 위해 내용기반 이미지검색 실험을 하였다. 검색대상 시스템은 QBIC IMatch, Imagefinder를 선정해서 효율성 측정을 하였다. 실험 이미지는 1000개의 정지화상이었으며 포맷은 GIF, JPEG, PICT, TIFF 등 다양하였으나 모두 JPEG로 변환하였으며 더 이상의 압축은 실시하지 않았다. 질의는 global & local color검색을 위한 3개의 질의를 사용하였으며 texture 검색을 위해서는 2개의 질의를 수행 하였다.

(1) global & local color검색 질의 이미지



(2) texture 검색 질의 이미지



5개 시스템 중에서 QBIC IMatch, Imagefinder를 선정해서 효율성 측정을 하였는데 특별한 검색효율성 측정을 위한 적합성 판단이나 척도는 적용하지 않았다.

이 실험의 목적은 실제로 앞부분에서 나타난 검색 기법들이 실제로 작동하는지를 알아보고자 하는 것이었다. 예를 들면 전역칼라를 지원한다고 했을 경우 실제로 특정 질의 이미지에 나타난 칼라와 유사한 이미지가 검색되는지를 보고자 하였다. 검색결과의 적합성 판단은 전적으로 이용자의 결과에 대한 주관적인 판단에 따라 다르겠지만 그 결과를 보면 모든 실험 시스템들은 질의 이미지와 동일한 이미지를 검색할 수 있었다. 대체로 칼라와 질감검색의 경우 질의 이미지와 유사한 내용이 검색된 것으로 판단된다. 일부의 경우는 전혀 예상과는 다른 이미지가 검색 되었다. 검색결과가 이미지이기 때문에 이미지에 대한 배경지식을 갖고 있지 못할 경우 적합성을 판단하는 기준이 매우 어려웠다.

이상에서 살펴본바와 같이 이미지 내의 특징에 기반한 이미지검색 방법은 단일특징만을 이용할 경우 정확한 검색이 이루어 질 수 없으며 대용량의 데이터베이스에 적용하면 검색효율이 떨어질 수 있다는 결과들이 나왔다. 따라서 현재는 키워드 기반 검색방법과 병행되고 있는데, 여러 가지 특징추출을 위한 기술개발이 연구과제로 남아있다.

4. 내용기반 이미지 및 비디오 검색 시스템의 문제점 및 개선점

내용기반 검색이라는 용어는 1992년 Kato 에 의하여 제시된 이후 널리 사용되고 있다. 내용기반 검색은 이미지로부터 컬러(color), 질감(texture), 형태(shape)과 같은 이미지의 특징 또는 속성 등을 이용하여 검색하는 방법으로 자동적으로 이미지의 특징을 추출하여 데이터베이스에 저장하는 과정과 데이터베이스에서 사용자가 원하는 이미지를 자동으로 검색하는 과정을 포함한다.

한 가지 영상특징만을 사용하는 검색방법은 영상의 내용이 복잡해지고 비교할 영상이 많을수록 검색효율이 떨어진다. 따라서 최근에는 이들 특징들을 조합 할 뿐 아니라 지식기반 시스템, 컴퓨터 그래픽, 영상처리, DB관리 시스템, 정보검색 시스템 등 다양한 분야에서 아이디어를 모색하고 있다. 이와 함께 지원되는 검색지원기능은 키워드 검색, 특징기반 검색이 가능하다. 대부분의 검색엔진은 영상 데이터 특성에 따라 다른 검색기법을 적용함으로써 검색효율을 높이는 시도를 하고 있다. 지금까지 내용기반 검색 시스템에 관한 문제점을 이미지와 동영상으로 구분해서 살펴보기로 한다. 먼저 내용기반 이미지 검색의 문제점을 살펴보면 (A. Swami, R. Agrawal, and C. Faloutsos, 1993)

첫 번째로 컬러 히스토그램이나 텍스처는 저수준의 특징으로써 세부 영역 지정이나 문맥 정보가 없기 때문에 이러한 특징은 위치 정보가 부족하므로 빨간 자동차와 빨간 사과가 매칭될 수 있는 단점이 있다. 이러한 히스토그램

방법의 단점을 해결하기 위해 영상을 유사한 색상을 가진 영역으로 분할하여 분할된 영역에서 특성을 계산하는 방법으로 계산량이 매우 적을 뿐만 아니라 색상정보의 수가 적어 저장공간이 작은 장점을 지닌 색상-공간 정보를 함께 고려하기 위한 영상검색방법이 제안 되었다. 여기에서 영상의 영역분할방법은 패턴인식 분야에서 사용되던 방법으로 영역의 개수를 사용자가 임의로 지정할 수 있으며, 처리 속도가 빠른 장점을 지닌 순차영역분할방법을 영상검색에 도입하였고, 분할된 영역에서 영상의 특성을 추출하는 방법으로는 해당영역의 중점으로부터 계산한 거리 히스토그램을 특성벡터로 제안하였다(장정도 2002).

둘째, 내용기반 검색이 특정 분야에 한정되어 적용되고 있다. 따라서 특정분야의 전문가가 아닌 일반 사용자들이 편리하게 사용할 수 있는 내용기반 이미지 검색 시스템을 개발할 필요가 있다.

셋째, 대부분의 기존 이미지 검색이 부분 영역의 형태 특징 정보를 적용하지 않고, 전체 이미지의 특징 정보만을 활용하고 있다. 예를들어, 히스토그램이나 질감 등은 세부 영역 정보나 위치 정보가 부족하므로 비슷한 히스토그램 분포를 가지는 서로 다른 이미지가 검색될수 있다는 단점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 전체 이미지의 칼라 정보와 부분 영역의 칼라 정보를 같이 이용하여야 한다.

그러나 부분 영역을 이용한 기존의 방법들은 입력 이미지를 일정한 크기와 개수로 분할하여 모든 입력 이미지들에 대하여 동일하게 적용한다. 이러한 방법은 칼라 히스토그램이 유사한

서로 다른 이미지를 구별해 낼 수는 있지만, 부분 영역 자체가 형태 정보를 표현할 수 없다는 단점이 있다.

넷째, 윤곽 특징, 사각형 형태, 다각형 근사 등과 같은 형태 특징들은 물체의 위치에 매우 민감하며, 물체나 영역의 윤곽선 검출을 위해 강력한 영역 분할 알고리즘이 필요하다.

동영상 검색과 관련해서는 멀티미디어 정보를 검색하기 위한 많은 기술들이 개발되어 오고 있지만 내용기반 검색 분야에는 여전히 많은 문제점을 안고 있다.

첫째, 멀티미디어 객체의 특징을 자동 추출하는 방법과 관련해서 특징 추출의 완전성 문제이다.

둘째, 여러 비슷한 특징들을 기반으로 검색 색인 질의하는 방법으로 차원의 저주(Dimensionality curse)문제가 있다.

셋째, 멀티미디어 객체의 자동 특징 추출기능은 내용 분석이 요구되어 진다.

넷째, 내용 분석자를 개발하기 위해 필요한 내용 이해를 먼저 수행해야 한다.

이러한 문제를 해결하기 위해서 통계 또는 다차원 분석과 같은 유사성 기반의 색인방법을 좀더 체계적으로 연구하여 내용기반 검색에 응용할 필요가 있을 것이다.

이상에서 내용기반 이미지 및 비디오 검색 시스템의 문제점을 살펴보았는데 그 개선안을 살펴보면 첫째, 특징 벡터의 성질을 고려하는 것이 중요하다. 특징 추출 과정을 통해 생성된 특징 벡터를 사용하여 내용 기반 검색을 수행할 경우, 만약 특징 벡터의 각 차원의 중요도를 고려하여 가중치를 두어 검색한다면 그러한 조건을 고려한 색인 구조를 이용하는 것이 효

율적이다. 즉, 특정 색인 기술을 이용할 경우 항상 사용하는 특징 벡터의 성질에 잘 맞는지 여부를 판단하는 것이 중요하다. 둘째, 유사성 측정 함수의 성질을 고려해야 한다. 내용 기반 검색에서 두 이미지간의 유사성을 측정하기 위해 사용하는 함수의 성질을 잘 알아야 한다. 유클리드 거리 함수는 많은 경우에 유용하게 사용될 수 있으나 모든 경우에 일반적으로 적용될 수는 없다. 만약 색상 히스토그램처럼 특징 벡터들 사이에 간섭(cross-talk)이 존재한다면 이러한 것을 반영할 수 있는 2의 지수승배 형식을 가지는 거리 함수(quadratic distance bounding)를 이용해야 한다. 만약 이러한 거리 함수를 사용한다면 어떠한 다차원 색인 구조도 그대로 사용할 수 없다. 따라서, 내용 기반 검색 시스템에 색인 기술을 적용할 때는 사용하는 유사성 측정 함수의 성질을 잘 파악해야 한다. 셋째 사용하는 질의의 종류도 검색효율성에 영향을 미친다. 따라서, 내용 기반 이미지 검색에서 사용하는 질의의 종류를 잘 파악하여 이에 적합한 색인 구조를 이용하는 것이 바람직하다. 어떤 색인 구조들은 특정 질의에 대한 성능을 향상시키는데 초점을 두어 개발하였기 때문에 다른 종류의 질의에 대해서는 비효율 적일 수 있기 때문이다.

비디오 검색과 관련해서는 주석 기반의 검색은 데이터에 대한 일관되고 정확한 표현이 어렵기 때문에, 색상 히스토그램 등을 이용하여 멀티미디어 데이터로부터 자동으로 추출하여 인덱스를 생성 관리하는 내용 기반의 검색이 병행되어야 하며, 주석 기반의 검색이 멀티미디어 데이터에 대한 모든 정보를 제공할 수

없더라도 객체들 간의 관계를 일관성 있게 해석할 수 있는 모델을 정립하여 의미 정보를 체계적으로 표현하기 위한 스키마를 구축한다면 효과적인 멀티미디어 검색이 될 수 있을 것이다. 즉, 멀티미디어 데이터가 갖는 방대한 정보에 비추어 보아 상위 레벨 내용에 기반을 둔 검색과 다른 하나는 그보다 하위 레벨 내용에 기반을 둔 검색 방법을 달리 적용하는 것이 바람직한 것으로 보인다. 먼저 하위 레벨의 내용에는 키워드, 형태, 색, 크기, 위치, 방향성, 멜로디 등이 포함될 수 있고, 상위 레벨의 내용에는 의미 정보들이 포함될 수 있다. 하위 레벨의 내용에 의한 검색은 사용자 질의가 부자연스러운 점은 있으나 시스템이 자동으로 검색할 수 있으므로 내용기반 검색 기법을 적극 활용하는 것이 좋을 것으로 보인다. 이런 경우 사용자의 주관이 개입되지 않아 객관적인 검색이 가능하고, 특정 정의역에 대해서는 좋은 결과가 나타날 것으로 기대된다.

반면, 상위 레벨의 내용에 의한 검색은 주로 의미 정보를 필요로 하는 검색이므로 은 멀티미디어 데이터에 대한 의미정보를 이용자가 미리 파악한 뒤에 이를 주석으로 작성하여 저장한 후에 데이터들을 기술한 질의에 나타난 내용들을 주석과 비교하여 관련된 데이터를 찾는 방법이 바람직 하다. 이 방법은 사람이 인식할 수 있는 모든 내용을 주석으로 처리할 수 있고 자동화된 방법을 알아내기 힘든 동영상 자료나 여러 개체들 간의 복잡한 관계들로 이루어진 동영상 자료의 의미를 쉽게 모델링할 수 있게 해주고, 이를 검색에 이용할 수 있게 해준다.

5. 결 론

컴퓨터의 발전이 서지 정보를 디지털 정보로 변환하게 하였고, 인터넷의 발전과 더불어 디지털 정보의 주류를 이루던 텍스트 정보는 다양한 형태의 멀티미디어 정보로 대체되었다. 이로 인해 기존의 텍스트 기반 정보 검색과 더불어 다양한 형태의 멀티미디어 정보 검색의 필요성이 대두되었다.

내용기반 이미지 검색은 윤곽 특징, 유한 요소 모델, 사각형 형태, 얼굴 특징, 다각형 근사, 컬러 히스토그램, 텍스처, 인공위성 사진들을 이용한 연구가 있었다. 이들 연구들의 문제점을 살펴보면, 첫 번째로 컬러 히스토그램이나 텍스처는 저수준의 특징으로써 세부 영역 지정이나 문맥 정보가 없기 때문에 이러한 특징은 위치 정보가 부족하므로 빨간 자동차와 빨간 사과가 매칭될 수 있는 단점이 있다. 두 번째로 윤곽 특징, 사각형 형태, 다각형 근사, 유한 요소 모델과 같은 형태 특징들은 저수준 특징과 고수준 특징의 중간 단계의 표현으로써, 물체의 위치에 매우 민감하여, 물체나 영역의 경계선 검출을 위해 강력한 영역 분할 알고리즘이 필요하다. 그러나 영역을 완전 자동으로 분할하는 기법이 없으며, 현재 대부분 반자동 영역 분할 기법을 적용하고 있다. 마지막으로 얼굴 특징이나, 인공위성 사진 같은 고수준 특징들은 세부 영역 지정이나, 문맥 정보가 필요하고 이미지의 특징 정보를 추출하고 검출하기 위해서 지능화된 화상 분석 도구가 필요하다. 또한 Relevance Feedback System 등을 적용함으로써 검색의 효율성 등을 향상시킬 수 있을 것이다.

특히, 비디오 검색과 관련해서 주석 기반의 검색은 데이터에 대한 일관되고 정확한 표현이 어렵기 때문에, 색상 히스토그램 등을 이용하여 멀티미디어 데이터로부터 자동으로 추출하여 인덱스를 생성 관리하는 내용 기반의 검색이 병행되어야 하며, 주석 기반의 검색이 멀

티미디어 데이터에 대한 모든 정보를 제공할 수 없더라도 객체들 간의 관계를 일관성 있게 해석할 수 있는 모델을 정립하여 의미 정보를 체계적으로 표현하기 위한 스키마를 구축한다면 효과적인 멀티미디어 검색이 될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

나연목. 1998. 멀티미디어 개론, 나남출판사.
 신동일, 신동규 공저. 2002. 『멀티미디어 데이터베이스 개론』, 서울: 인터비전.
 이주영, 조성배. 1997. 인간의 직관에 기반한 내용기반 영상 검색, 『인지과학회 춘계 학술발표 논문집』, 97-104.
 이미숙, 황본우, 이성환. 1997. 내용기반 영상 및 비디오 검색기술의 연구현황, 『정보과학회지』, 5: 10-19.
 장정도. 2002. 칼라 영상의 내용을 기반으로 한 영상검색 영남대학교 전자공학과.
 Berchtold, S., D. A. Keim, and H.-P. Kriegel. 1996. "The X-tree: An Indexing Structure for High-Dimensional Data," *Proc. the 22nd VLDB Conference, Bombay, India*, pp.28-39, September.
 Gudivada, V.N. and V.V. Raghavan. 1995. "Content-based image retrieval systems," *IEEE Computer*, pp.18-22, September.
 Guttman, A. 1984. "R-trees: a dynamic index structure for spatial searching," *Proc. ACM SIGMOD*, pp.47-57.
 Jacobs, C. E. A. Finkelstein, and D. H. Salesin. "Fast Multiresolution Image Query," *Proc. ACM SIGGRAPH, New York*.
 Katayama, N. and S. Satoh, "The SR-tree: An Index Structure for High-Dimensional Nearest Neighbor Queries," *Proc. ACM SIGMOD, Tucson, Arizona, May 1997*.
 Kato, T. Database Architecture for Content-Based Image Retrieval. In: *Proceedings of Society of the Photo-Optical Instrumentation Engineers: Image Storage and Retrieval, 1662, 1992. San Jose, California, USA, SPIE, 1992*
 Nielsen, J., *Usability Engineering*. AP Professional. 1993
 Pentland, A. R. W. Picard, and S. Sclaroff, "Photobook: Content-Based

- Manipulation of Image Database,” *International Journal of Computer Vision*, fall 1995.
- “Photobook: Content-Based Manipulation of Image Database,” *International Journal of Computer Vision*, fall 1995.
- Swami, A. R. Agrawal, and C. Faloutsos, “Efficient Similarity Search in Sequence Databases,” *FODO: International Conference on Foundations of Data Organization and Algorithms, Chicago, Illinois, USA*, 1993.
- Venters, C. C. and Cooper, M. D. A Review of Content-Based Image Retrieval Systems, JISC, March, 2000.



КСІ