

지식베이스를 활용하는 의료 영상 관리 자동화 시스템 설계

박미화* · 조경은* · 김용욱* · 엄기현* · 조형제* · 김준태*

1. 서 론

유사이래 질병은 인간에게 항상 고통을 주는 대표적인 요인 중 하나이다. 인간은 질병을 진료할 수 있는 여러 가지 의료 기기를 개발해 왔으며, 그 중에서도 영상 촬영기는 활용도가 크게 증가하고 있는 장비이다. 최근에는 컴퓨터와 통신 기술의 발전에 힘입어 의료 영상 저장 전송 시스템(Picture Archiving and Communication Systems, PACS)을 사용하는 경향이 커지고 있다. PACS는 현재까지 알려진 의료 정보 시스템중에 의료 영상 정보를 가장 잘 활용하는 대표적인 것이다. 이는 필름 시스템에 비해 진료의 정확성, 영상 관리 용이성, 무공해 등에 기인한다. 이미 국외 의료 선진국은 물론이고 국내 여러 기관에서도 국산화하여 상용 시스템을 보급하고 있다[1].

그러나, 이 시스템의 경우 의료 영상의 저장, 전송 등의 기본적인 시스템 자체 기능에 충실한 반면, 진료 활동에 필요한 응용 상위층에서의 의료 영상 정보의 가용성 증대, 진료 정보의 효율적 관리, 의료 서비스의 질 향상 등은 전혀 고려되지 않고 있다. 영상에 대한 내용 기반(content-based) 검색이나 의미 기반(semantic-based) 검색 기능이 지원되지 않아 의료 영상 정보의 가용성이 떨어지고 있으며, 진료 정보와 관련이 있으면서도

서로 별도로 관리함에 따라 두 종류의 정보간의 연계성이 부족한 편이다.

이러한 한계를 극복하고 의료 활동에 필요한 고급 정보를 제공할 수 있도록 하기 위하여, 인체 구조의 지식베이스를 활용하여 의료 영상을 자동 처리하고, 추출한 내용 기반 특성과 각종 진료 정보를 포함하는 의료 영상 데이터베이스로 구축하며, 검색 정확도가 높은 내용 기반 검색 기법을 연구 개발하는 것이 필요하다.

이를 위한 연구는 크게 네 가지 세부 연구 분야로 구성될 수 있다. 첫째, 영상에 대한 특징 추출과 객체 분할을 하기 위해 의료 영상을 전처리하는 알고리즘을 연구하고, 영상에 대한 기본 특징 정보와 영상을 객체 단위로 분할한 정보를 제공하는 영상처리 분야와, 둘째, 영상 처리 결과와 진단 정보, 전문가의 전문 지식을 활용하여 질병이 있는 영상과 정상인의 영상에 대한 영상/객체 특징을 학습하고 증상별로 영상을 분류하는 규칙을 생성하는 지식베이스 분야, 셋째, 영상 처리 결과와 환자 정보, 진료 정보, 지식베이스를 이용한 영상/객체 분류 정보, 검색 효율 향상을 위한 인덱스 정보 등을 구조화하고 데이터베이스에 자동 저장하는 데이터베이스 생성 분야, 마지막으로 지식베이스를 활용해서 의료 영상 데이터베이스에 대한 다양한 내용 기반 검색을 수행하고 결과를 제시하는 데이터베이스 검색 분야이다.

* 동국대학교 컴퓨터·멀티미디어공학과

이를 위해, 본 논문에서는 영상 처리 기술을 이용하여 뇌 MRI의 특징들을 자동 추출하고, 환자의 진료 정보와 함께 데이터베이스로 구조화한 다음, 전문가의 지식과 뇌 MRI의 특징 정보, 뇌 질병 영역에 대한 특징 정보를 기반으로 구축한 지식베이스와 특징 인덱스들을 활용하여 뇌 MRI에 대한 내용 기반 검색과 함께 진단 정보를 제공할 수 있는 의료 영상 관리 자동화 시스템을 소개한다.

의료 영상 관리 자동화 시스템은 연구 분야별로 영상처리기, 지식베이스 관리기, 데이터베이스 생성기, 검색기로 구성된다. 의료 영상은 X-ray, CT, MRI, PET 등과 같이 여러 종류가 있으나, 공간 해상도와 대조 해상도가 높고 촬영 방향이 다양하고, 촬영 요소 또한 풍부한 MRI를 중심으로, 인간의 뇌에 발생하는 질병을 대상으로 설계하였다. 실험에 사용된 뇌 MRI는 정상인의 영상과 뇌종양, 뇌경색 환자의 영상을 고르게 사용하였으며, DBMS는 Oracle8을, 실험 시스템은 Visual C++과 JAVA로 구현하였다.

영상을 제외한 환자 정보와 진료 정보는 데이터베이스 생성기를 통해 데이터베이스에 바로 저장되며, 영상은 먼저 영상처리기를 통해 기본 특징 정보를 추출하고 의료 영상에 대한 질병 영역과 정상 영역을 구별하기 위해 분할된 다음, 지식베이스 관리기에서 환자의 진료 정보와 영상 처리기의 처리 결과를 참고하여 영상과 객체를 질병 종류에 따라 분류한다. 영상에 대한 모든 특징 정보와 지식베이스 분류 정보는 데이터베이스 생성기를 통해 의료 영상 데이터베이스에 저장되고 갱신된다. 사용자는 데이터베이스 검색기를 통해 키워드 기반의 검색과 의료 영상에 대한 내용 기반 검색을 수행할 수 있다. [그림 1]은 이러한 시스템 구성도이다.

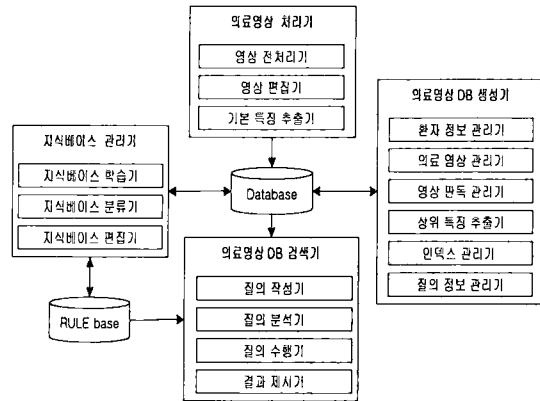


그림 1. 의료 영상 관리 자동화 시스템 구성도

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 2장에서는 의료 영상에 대한 기본 특징 추출과 영상 처리 기능을 담당하는 의료 영상 처리기와 영상 처리 기법을 설명한다. 3장에서는 뇌 구조에 대한 지식 베이스를 생성, 관리하는 지식 베이스 관리기와 핵심 기술들을 설명한다. 4장에서는 의료 영상 데이터베이스를 자동 생성하는 생성기를 설명하고, 5장에서는 구축된 지식베이스를 활용한 고급 내용 기반 검색 기법을 제공하는 검색기에 대해 기술한 다음 6장에서 결론을 맺는다.

2. 의료영상 처리기

의료영상 처리기는 의료영상 진단에 필요한 정보들을 자동 추출하여, 지식베이스를 활용하여 예상되는 이상 증세를 제시하기 위한 정보를 추출한다. 의료영상을 처리할 때는 수집된 의료영상의 특징을 분석하고 특징들을 분류해야 한다. 의료영상 처리기는 영상의 잡음제거나 영상 강화를 위한 전처리기, 영상의 특징을 추출하기 위한 영역분할기, 전역, 지역 특징 추출기로 구성된다 [그림 2]. 전역 특징은 원영상에서 추출한 히스토그램, 평균, 표준편차, 레이블 영상 등이며, 이들은 모두 정규화된 값과 원영상의 값을 유지한다. 지역특징

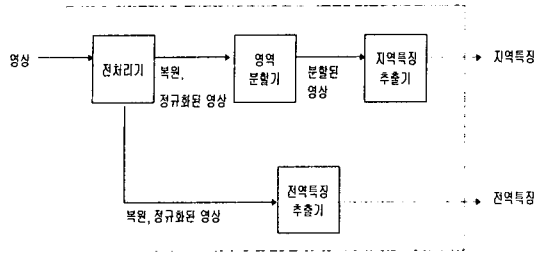


그림 2. 의료영상 처리기 구조도

은 전역특징 추출기의 영상 분할 단계에서 분할된 객체의 특징들이며 객체의 형태, MBR(Minimum Bounding Rectangle), 중심점, 면적, 색상의 평균과 표준편차 등이다. 전역, 지역 특징들은 의료영상 DB생성기와 의료영상 학습 및 분류기의 입력자료가 된다. 이 장에서는 의료 영상 처리기의 의료영상 특징 추출을 위한 단계와 방법들을 소개하고 효율적인 의료영상 처리 기법에 대한 연구 내용들을 기술한다.

2.1 뇌 영상 처리 방법

이 절에서는 뇌 MRI의 영역 분할과 특징 추출, 그리고 뇌의 영상 정합에 대한 관련 연구를 기술한다.

2.1.1 뇌 MRI의 영역 분할과 특징 추출

질병 진단을 위한 전처리 단계로서 필수적으로 이루어져야 하는 절차가 영상 분할 단계이다. 뇌 MRI에서도 관심 있는 영역들을 추출하는 방법에 관한 많은 연구가 이루어지고 있다. 기존의 뇌 영역 분할 방법으로는 템플릿 매칭 방식, 경계 기반 분할 방식, 영역 확장에 기반한 방식, 임계치 기반 분할 방식, Snake 기반 방식, 워터셰드(water-shed) 방식, 신경망을 이용한 방식, 퍼지 방식, 지식 기반 방식 등이 사용되었다[2-4]. 그러나, 모든 뇌 영상들의 획득 환경과 영상 질이 다르므로 모든 영상에 대해 일관성 있게 적용되는 방법을 고

안하기는 어렵다. 그러므로, 영상의 질, 상태, 특징들이 많이 다른 이유로 인해 수동적인 방법을 병행해야 하는 경우도 많다. 의료영상 분할의 많은 부분이 수작업에 의존하고 있어 많은 시간과 비용을 소비하게 되므로 반자동 분할 방법들도 개발되고 있으나, 이 방법은 영상 내의 찾고자 하는 특정 부위 내부가 균질해야 하며 추출하고자 하는 부위가 주변과의 경계가 분명해야 하는 조건이 있다. 이러한 여러 단점을 보완할 수 있는 영역 분할 방식에 대한 연구들이 많이 이루어지고 있다[5].

2.1.2 뇌의 영상 정합

현재 의료 영상 처리 연구분야에서는 관심을 두는 영역 분할에 대한 연구에 비해 정확한 질병의 진단에 근거가 될 수 있는 정상인과의 영상 비교 작업(mapping)에 관한 연구는 많이 이루어지지 않고 있다. 뇌 MRI로부터 뇌의 해부학적인 구조를 분석하여 영역을 분할하고 이를 정량화된 자료로 정보화하는 일은 의학 영상 처리에 있어서 중요하다. 이러한 영역 분할을 한 후 영상 비교 작업을 하면 질병의 위치와 크기의 판별뿐 아니라 시간 간격을 두고 촬영한 MRI에 대해서는 시간의 경과에 따른 병변의 관찰이 가능하게 된다.

영상 정합에 관한 기존 연구로는 Polynomial Translation 방법, 유사도 기반 방법(Similarity Based Method), 경계 기반 방법(Boundary Based Method), Knot Point를 사용하는 방법에 관한 연구들이 있다[6]. Polynomial Translation 방법은 많은 수의 landmark point 요구와 계산의 오차 문제를 야기하는 단점을 갖고 있다. 경계 기반 방법은 2-D 정합을 위해 영역의 경계로부터 얻어진 정보를 사용하는데 경계의 변형(deformation of boundaries)을 통해 결과를 얻는 방법을 사용한다. 이 방법은 정확하게 영상 비교 작업을 수행하기 위해서는 탐색의 깊이를 증가시켜야 하므로

수행 시간이 오래 걸려 계산 비용이 많이 들고, 초기 정합의 어려움에 민감하다는 단점이 있다.

2.2 반전 영상과의 차이에 의한 뇌 MRI의 영역 분할

이 절에서는 T2 강조 영상의 일반적인 뇌 MRI에 통용될 수 있는 영상분할 기법을 설명한다. 백질, 회백질, 뇌척수액과 비정상 영역을 추출하는 방법과, 질병의 진단에 정확한 판단의 기준을 제공하는 영상 비교 작업을 위한 전처리 단계로서 뇌 구성 요소 각각의 특징들을 추출하는 방법을 설명한다.

2.2.1 머리 영역의 분할

뇌 MRI에서 머리 영역을 분할하기 위해서는 배경을 제거해야 한다. 배경색은 뇌 영역의 구성 요소보다 아주 낮은 명암값의 분포를 가지고 있으므로 히스토그램 분포를 이용하여 가장 낮은 값을 갖는 배경색을 제거함으로써 배경과 머리영역을 분리해 낼 수 있다. [그림 3]은 머리 영역을 분할한 결과를 보여주는 예이다.

2.2.2 뇌 영역의 분할

뇌 영역 추출은 추출된 머리 영역에 대해 처리된다. 뇌 영역의 외피와 분할하려는 내피 사이에는 아주 높은 명암값을 갖는 두개골층이 있다. 이 높은 명암값을 갖는 두개골층은 콘트라스트를 증가시켜 명암값이 두드러지게 한 후 히스토그램 분석을 통해 외피와 뇌 영역으로 분할된다. 이 결과

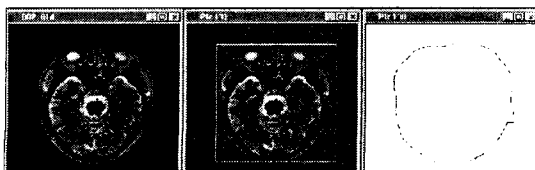


그림 3. 머리 영역의 분할

영상에 대해 미처 제거되지 않은 눈과 외피를 평균 두피와 근육층 길이 만큼 런LENGTH(run-length) 알고리즘으로 제거하여 뇌 영역만을 분리한다. 예로 뇌 영역을 분할한 결과가 [그림 4]이다.

2.2.3 백질 영역과 회백질 · 뇌척수액 · 비정상 영역의 분할

영역 분할을 위한 전처리 단계로는 각 영상의 평균 밝기를 구한 후 너무 어두운 영상에 대해서는 콘트라스트를 높여서 명암대비를 증가시키는 효과를 추가하여 영역 분할을 더 명확하게 해주는 단계를 수행한다.

뇌 영역에서 회백질 · 뇌척수액 · 비정상 영역과 백질 영역을 분리해내는 방법은, T2 강조 영상의 반전 영상에서는 백질 영역이 높은 명암값을, 회백질 · 뇌척수액 · 비정상 영역이 낮은 명암값을 가지고, T2 강조 영상에서는 백질 영역이 낮은 명암값을, 회백질 · 뇌척수액 · 비정상 영역이 높은 명암값을 지니게 되는 특징을 이용한다. 그래서 T2 반전 영상에서 T2 원본 영상을 빼면 회백질 · 뇌척수액 · 비정상 영역은 음수의 명암값을 갖게 되고, 나머지 백질 영역은 임의의 회색빛 명암값을 지니게 된다. 결과적으로 백질 영역과 회백질 · 뇌척수액 · 비정상 영역이 뚜렷이 구분되는 특징을 이용해 영역을 분할한다. [그림 5 (a)]는 뇌영상이 분할된 원영상이고, [그림 5 (b)]는 분할된 뇌 영역의 영상과 반전 영상에서 원영상을 빼 차이 영상을 보여준다. [그림 5 (c)]는 위의 방법으로 분할된 백질 영역을 나타낸다. [그림 5 (d)]는

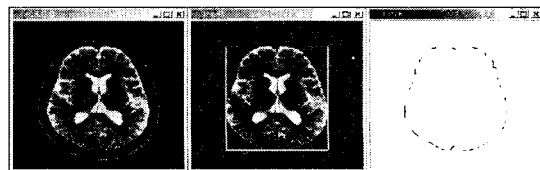


그림 4. 뇌 영역의 분할

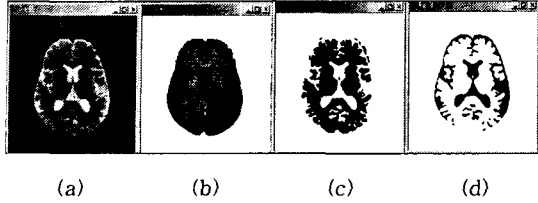


그림 5. (a) 뇌영역이 분할된 원영상 (b) 반전 영상과 원본 영상의 차이영상 (c) 백질 영역 (d) 회백질·뇌척수액·비정상 영역

분할된 회백질·뇌척수액·비정상 영역을 나타낸다.

2.2.4 뇌척수액 영역의 분할

뇌척수액 영역을 분할하기 위해서는 뇌척수액 영역은 뇌의 정중앙에 위치하고 있다는 지식을 이용한다. 또한 뇌척수액 영역을 분할하기 위한 후보지역을 뇌의 크기에 비례하여 산출하고 눈의 유무에 따라 뇌척수액 영역의 후보에 포함시킨다. [그림 6]은 예로 뇌척수액 영역을 분할한 결과가 나타난다. 각 그림은 왼쪽부터 차례로 원본 영상, 분할된 회백질·뇌척수액·비정상 영역, 추출된 뇌척수액 영역, 추출된 뇌척수액 영역의 윤곽선을 나타낸다.

2.2.5 비정상 영역의 분할

질병의 자동 진단을 위한 전처리에서 필수적으로 이루어져야 하는 단계가 비정상적인 영역을 추출하는 단계이다. 여기서 추출된 비정상적인 영역은 차후에 종양이나 질병으로 판단되는 영역의 후보영역이 된다. 이 절에서는 뇌의 질병 진단에 사용할 수 있는 자료를 제공하기 위한 뇌 영상에

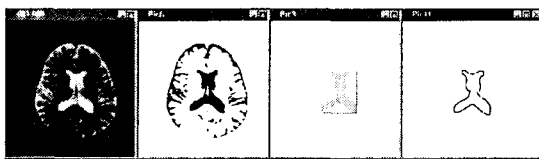


그림 6. 뇌척수액 영역의 분할

서의 비정상 영역 추출 방법을 설명한다.

비정상 영역을 분할하는 방법으로는 다음과 같은 방법들이 있다. 회백질이나 뇌척수액과 같은 부위는 뇌 영역 내부에서 대칭성을 가진다. 즉 뇌의 중심을 따라 좌, 우의 영상을 포개어 보면 좌측과 우측에 나타난 부위가 상당 부분 겹쳐지는 것을 알 수 있다. 이러한 특성을 이용하여 뇌 영역으로부터 질병 부위를 판별하게 된다. 또는 모델 기반 방법으로 정상인의 뇌를 구성하여 전체적인 뇌의 모델을 구축한다. 뇌의 입력 영상에 대해 우선적으로 분할하고, 이를 구축된 정상인의 뇌의 구조와 비교하여 일치되지 않는 분할 영상은 질병 부위라고 예측한다[7].

여기서는 분할된 회백질·뇌척수액·비정상 영역에서 추출된 뇌척수액 영역과 정상인에 대한 회백질 영역의 두께 통계[8]에 의한 정보를 가지고 비정상 영역을 추출하는 방법을 사용한다. 몇 개의 정상인 뇌 MRI 시리즈에 대해서 뇌척수액 영역을 걸러낸 후 런렌스를 적용하여 짧은 런들을 없앤다. 그런 후 남은 블랍(Blob)들의 MBR을 구하여 그 중 가장 큰 것을 남기고 여러 슬라이드에 대해서 회백질 영역의 평균 크기를 구한다. 임의의 뇌 MRI를 입력하면 같은 과정을 반복하고 앞에서 구한 표준 크기를 가지고 그 크기 이상인 MBR을 남기면 비정상 영역들이 추출된다. [그림 7]은 비정상 영역을 추출한 결과를 예로 나타낸 것이다.

2.3 실험 결과 및 분석

의료 영상 처리기의 영상분할과 특징 추출 성

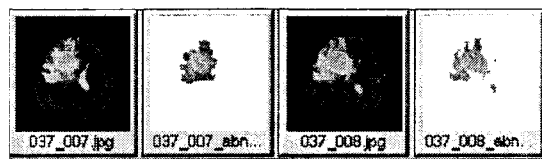


그림 7. 비정상 영역 추출 결과

능을 분석하기 위하여 실험을 하였다. 실험 영상은 뇌 MRI의 T2 강조 영상을 사용하였다. 총 73 시리즈의 실험 영상에는 뇌경색, 뇌종양 환자 및 정상인을 포함한 다양한 슬라이드가 포함되어 있다. 슬라이드수는 대략 1460 개의 영상이다. 모든 슬라이드에 대해서 영상분할 알고리즘을 적용하여 특징들을 추출하여 정확도를 측정하였다. [표 1]은 각 영역분할과 특징 추출에 대한 실험 결과를 나타낸 것이다.

실험 결과에서 머리영역의 분할은 100%의 좋은 결과를 나타내며, 뇌 영역 분할은 91.4% 정도의 정확도를 얻었다. 육안으로 확인했을 경우에 잘못 분할된 회백질 · 뇌척수액 · 비정상 영역과 백질 영역은 58 개로서 대략 96.0%의 인식률을 보였다. 뇌척수액 영역의 오인식 내용을 분석하면, 뇌척수액 영역이 있는 영역에 대한 추출은 100% 이루어졌으나 실제적으로 뇌척수액 영역이 아닌 부분이 검출된 경우가 1460개 중 170 개이다. 이는 뇌척수액이 없는 영상에서 뇌척수액 영역과 위치, 크기, 명암값이 비슷한 객체가 추출되어 뇌척수액 영역으로 오인식이 된 경우들이다. 이는 차후에 잡음을 처리하는 후처리과정을 두어 보완한다. 비정상 영역의 추출은 뇌척수액 영역의 추출 결과에 많은 영향을 받는다. 이는 비정상 객체 추출시에 뇌척수액 영역을 제거하는 처리가 포함되기 때문이다.

표 1. 영역 분할에 대한 정확도

추출대상	오인식 개수/ 1460 개	정인식률
머리 영역	0 / 1460	100.0(%)
뇌 영역	125 / 1460	91.4(%)
백질영역 추출	58 / 1460	96.0(%)
뇌척수액 영역	170 / 1460	88.4(%)
비정상 영역	198 / 1460	86.4(%)

3. 의료 영상 지식베이스 관리기

지식베이스 관리기는 지식베이스를 생성 및 수정하고 활용할 수 있는 기능을 제공할 수 있도록 학습기, 분류기, 편집기로 구성된다. 학습기는 의료 영상 처리기에 의해 처리된 영상의 기본 특징 정보와 객체의 분할 정보를 받아서 지식베이스를 구축하며, 분류기는 지식베이스를 활용하여 영상과 객체를 분류한다. 편집기는 지식베이스에 대한 수동 편집 기능을 제공한다. 지식베이스의 구성은 분할된 객체의 해부학적 명칭을 부여하는 객체 지식베이스와 명칭이 부여된 객체들 사이의 논리적 관계 이용하는 영상 지식베이스로 구분된다. 따라서, 학습기와 분류기는 각각 객체와 영상 두 가지 레벨로 구성되며, 학습과 분류를 위해 내용 기반(content-based) 방법과 기계 학습(machine learning) 방법인 결정 트리(decision tree) 기법을 개별적으로 적용한다. 즉, 학습기와 분류기는 의료 영상 처리기에서 분할한 각 영상 객체에 대한 학습 및 분류 과정과 영상 자체에 대한 학습 및 분류 과정을 독립적으로 진행함으로써, 영상 자체와 영상에 포함된 객체를 질환이나 형태에 따라 분류할 수 있다.

3.1 의료 영상의 특징 정보

의료 영상에서 얻을 수 있는 정보는 두 가지로 분류된다. 하나는 영상이 내포하는 원시 정보이고, 나머지 하나는 영상 각 부분간의 논리적인 관계나 영상 전체가 나타내는 의미 정보이다.

원시 정보는 기본적인 의료 영상 분석 작업으로 얻을 수 있는 속성으로 본 논문에서는 이러한 속성을 “영상 하위-레벨 정보”라 부른다. 이 정보의 종류는 크게 색상(color), 질감(texture), 모양(shape) 등이 있다. 각 정보들은 여러 개의 속성들

로 세분화할 수 있다. 예를 들어, 모양 정보는 형태 면에서 윤곽선, 원형 정도, 네모난 정도 등으로 나타낼 수 있으며 기하학적인 면에서 면적, 지름, 길이 등으로 나타낼 수 있다[9].

기존의 내용 기반 영상 검색 방법들은 이러한 하위-레벨 정보를 이용하여 처리한다. 이는 색상, 질감, 모양, 위치 정보 등 영상 자체로부터 얻을 수 있는 표면적인 특징을 자동적으로 추출하여 분류하고 검색하는 방법이다. 이 방법의 특징은 영상 자체로 검색할 수 있으며 전문가의 개입이 없는 자동화 시스템을 만들 수 있다는 장점이 있다. 하지만 영상의 의미적인 면 혹은 논리적인 면을 제외하기 때문에 의미가 같은 다른 모양 혹은 다른 색의 영상은 검색하지 못한다는 단점이 있다.

하위-레벨 속성을 이용한 상용 영상 검색 시스템은 QBIC, VIR, Visual Retrieval Ware가 있다. QBIC(Query By Image Content)은 IBM에서 개발한 영상 검색엔진으로 사용자가 색상 비율, 분포, 위치 및 그래픽으로 표현된 영상 질감을 통해 컬렉션의 미디어 내용을 검색할 수 있도록 한 것이다[10]. 예를 들어, 색상 팔레트에서 색상을 지정하거나 샘플 영상에서 질감을 선택하는 방법이 있다. 평균 색상, 히스토그램 색상, 질감, 패턴, 모양, 위치 등의 속성을 사용한다[11].

의미 정보는 기본적인 색상, 질감, 모양들을 활용하여 추출한 영상의 논리적인 구조나 전체 영상의 의미로서 “영상 상위-레벨 정보”라 한다[12, 13]. 영상 하위-레벨 정보의 제약에 비해 영상 상위-레벨 정보는 여러 종류가 있다. 각 객체간의 거리, 전체 영상 상에서 각 객체의 방향, 각 객체의 겹쳐있는 정도, 제한적인 도메인에서 객체의 위치를 통한 객체의 명칭 등 수 많은 정보들이 있다[13]. KMeD(Knowledge-based Multimedia Medical Distributed Database System)는 의료 영상과 문자를 사용하여 의료용 멀티미디어 분산 DB

에 질의하는 시스템으로 의료 영상 처리 시 기본 속성으로 윤곽선(contour), 면적(area), 원형율(circumference), 모양 등을 사용하고 논리적 속성으로 객체 쌍으로부터 방향(direction) 등을 사용한다[12,14]. 분류 방법은 자체 개발한 Instance-based MDISC (Multiple Distribution Sensitive Clustering) 알고리즘을 사용하고, 결과로 TAH (Type Abstraction Hierarchy)를 생성한다[12].

3.2 의료 영상 학습 및 분류

의료 영상에 대한 하위-레벨 속성과 상위-레벨 속성은 의료 영상 및 구성 객체별 지식베이스를 구축할 때 이용된다. 의료 영상 및 구성 객체별 지식베이스는 상위-레벨과 하위-레벨 각각의 정보에 대하여 기계 학습 방법인 결정 트리 기법을 순차적으로 적용하여 구축한다. 의료 영상 및 구성 객체별 지식베이스는 속성 종류에 대한 개별적인 기계 학습을 적용함으로써, 검색과정에서 표면적, 논리적 속성들의 특성을 최대한 이용할 수 있으므로 검색 성능을 향상시킬 수 있다. [그림 8]은 의료 영상 및 구성 객체별 지식베이스 관리기를 도식화한 것이다.

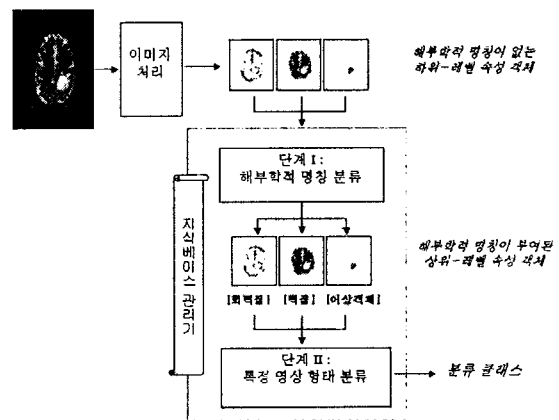


그림 8. 지식베이스 관리기

지식베이스 관리기는 의료 영상 처리기에서 전 처리 과정을 통해 잡음이 제거되고 정규화된 영상과, 기본 특징들, 분할된 객체 영상을 이용한다. 이때, 원본 영상에서 얻은 하위-레벨 속성을 전역 영상(global image) 속성이라 하고 원본 영상을 전역 영상이라 한다. 또한 각 분할된 영상에서 얻은 하위-레벨 속성을 지역 영상(local image) 속성 혹은 객체 속성이라 하고 작은 영상을 지역 영상 혹은 객체라고도 한다. 이 두 가지 종류의 영상 속성 중에 전역 영상 속성은 의료 영상 학습기에서 각 객체의 관계를 추출할 때 사용하며, 객체 학습기에서는 지역 영상들의 하위-레벨 속성만 사용한다.

3.2.1 객체 학습기와 분류기

객체 학습기는 의료 영상 객체의 해부학적인 명칭에 대한 규칙을 생성하여 뇌 구조와 형태에 관한 지식베이스를 구축한다. 즉, 의료 영상 처리를 통하여 얻은 분할 객체의 하위-레벨 정보를 입력받아 학습하고 해부학적인 명칭을 분류할 수 있는 규칙(rule)을 생성하는 것이다. 객체 분류기는 학습기에서 구축된 규칙을 적용하여 객체들을 백질, 회백질, 뇌척수액, 종양 등으로 분류한다.

학습 및 분류에 사용되는 하위 속성으로는 밝기, 면적, 중심점, 돌출 정도, 원형율, MBR 등이 있다. 돌출정도는 객체의 모난 정도를 의미하며, 원형율과 함께 이상 부위 즉, 질환 부위를 구별하기 위해 사용한다. 뇌 MRI에서 회백질과 백질 객체는 모난 정도가 심한 반면 뇌척수액과 질환부위, 특히 종양 부위는 돌출 정도가 심하지 않고, 원형율 또한 1에 가장 근접한 값을 갖는다.

학습을 통해 생성된 규칙들은 규칙 화일로 저장되며, 분류 과정에서 전역 영상에서 분할된 지역 영상들(객체)을 분류하고 해부학적 명칭을 부여하기 위해 사용된다. 학습기와 분류기를 통해,

뇌 MRI는 백질, 회백질, 뇌척수액, 그리고 종양과 같은 이상 객체를 갖는 구조로 분류된다.

3.2.2 영상 학습기와 분류기

영상 학습기는 분류된 객체간의 관계에서 상위 레벨 속성을 추출하여 질환이나 형태 등의 특정 의료 영상에 따라 영상 분류를 할 수 있는 결정 트리를 생성한다. 영상 학습에 사용되는 속성은 뇌척수액 유무와 이상 객체의 유무, 뇌 영역 중심과 이상 객체 중심과의 거리, 이상 객체의 방향, 이상 객체와 뇌척수액과의 인접 관계 등과 각 분할 객체들의 밝기 비율과 면적 비율 등이다. 이와 같이 재구성 및 추출된 상위 및 하위 수준 속성을 적용하여 영상을 학습하고 그 결과로 영상 분류 규칙을 생성한다. 각 전역 영상들은 영상 분류 규칙에 따라 특정 영상 범주에 할당된다.

3.3 실험 결과 및 분석

실험은 253개의 데이터를 가지고 10등분하여 1부류는 테스트에 사용하고 나머지 9부류를 학습에 사용하면서 각각 10개의 부류가 한번은 테스트에 이용되도록 순환하는 방법으로 결정 트리 학습 및 분류를 적용하였다. 실험을 위해 뇌 MRI 의료 영상을 분할 하고, 원본 영상에 대한 하위-레벨 속성과, 분할 객체에 대한 속성을 추출한다. 원본 영상에 대한 하위-레벨 속성 즉, 전역영상 속성은 의료 영상 학습기에서 사용한다. 의료 영상 처리 과정이 끝나면, 학습을 위해서 전문가의 조언 혹은 의료 전문 자료에 따라 각 객체에 해부학적인 명칭을 부여한다. 각 객체는 객체 학습기를 통하여 분류되고, 규칙 기반 지식 베이스를 생성하게 된다. 실험 결과 정상인의 경우 정확도가 약 96.8%이며, 정상인 10명과 비정상인 즉, 질환을 가진 사람 60명에 대한 총 객체 4998개를 분류하는 경우 [표 2]와 같은 결과를 보인다.

표 2. 분류 결과

분류 결과	분류 인스턴스 개수	정확도
정확히 분류된 것	4891	97.86%
잘못 분류된 것	107	2.14%

[표 3]은 k개의 속성 성질이 인접한 이웃끼리 그룹화하는 알고리즘인 k-근접 요소(k-nearest neighbor, kNN) 알고리즘을 사용하여 분류하였을 때와 비교한 실험 결과이다. 객체의 수가 적을 경우에는 kNN이 더 높은 성능을 보이나, 객체의 숫자가 많아질수록 결정 트리 방법이 높은 정확도를 나타낸다.

4. 의료 영상 데이터베이스 생성기

의료 영상 데이터베이스 생성기는 병원에서 발생된 수 많은 환자의 뇌 MRI들을 저장하고 미리 구축된 지식베이스를 이용한 진단 및 영상 검색 기능을 지원하기 위한 의료 영상 데이터베이스를 자동으로 생성하는 시스템이다. [그림 9]는 세부 모듈들과 그들간의 관계를 이용하여 생성기의 구성을 나타낸 것이다. 본 장에서는 의료 영상 데이터베이스를 구축하기 위한 모델과 내용 기반 검색에 사용할 인덱스 키 추출 기법과 인덱스 생성 기법을 설명한다.

표 3. kNN과의 비교

	학습 방법	객체 수	정확도
k-nearest neighbor	80% 학습 20%테스트	4954	93.96%
decision tree algorithm	80% 학습 20%테스트	4954	97.84%
k-nearest neighbor	80% 학습 20%테스트	4998	93.8%
decision tree algorithm	80% 학습 20%테스트	4998	97.8%

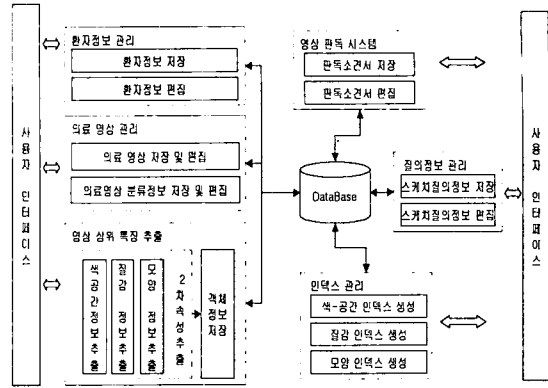


그림 9. 의료 영상 데이터베이스 생성기 구조도

4.1 의료 영상 데이터베이스 모델

생성기에서는 다양한 영상 정보들을 논리적으로 표현하고 구조화할 수 있는 데이터 구조를 구축하기 위해 의료정보 검색과 저장에 요구되는 자료를 분석하여 필요한 정보의 구성요소와 속성, 관계를 추출하였다. 한 장의 의료 영상은 영상 정보 객체들로 표현되고 데이터베이스에 저장된 모든 영상들은 영상 정보 체계로 분류된다.

영상 정보 객체에는 환자 병력정보와 의료 영상, 영상 판독소견, 진단정보, 영상 기본 특징 정보, 클래스 정보, 인덱스키, 마지막으로 질의 작성에 필요한 정보들이 있다. 환자들의 병력정보는 진단을 위한 환자 개인 정보로서, 성별, 나이, 거주 지역, 신체 특징 정보, 병력 등의 데이터를 의미한다. 의료 영상의 기본 특징 정보는 내용 기반 검색을 하기 위한 영상의 색-공간 정보, 영상에 포함된 객체에 대한 위치, 크기, 모양(윤곽선), 면적, MBR, 질감 정보 등이 해당된다. 영상에 대한 클래스 정보는 지식베이스를 기반으로 영상과 영상에 포함된 객체를 분류한 정보로서, 기본적인 진단에 이용되는 중요한 정보이다.

의료 영상은 한 장의 의료 영상으로만 질병을 판단하지는 않고, 여러 장의 의료 영상들에 대한

특징들을 종합적으로 판단한다. 따라서, 각 의료 영상들에는 의료 영상들의 모임을 분류하는 정보 체계가 필요하다. 의료 영상들의 정보 체계는 [그림 10]과 같다.

4.2 내용 기반 검색을 위한 영상 특징 정보

내용 기반 검색은 영상이 가지고 있는 본래의 객관적인 요소, 즉 영상 자체를 대표하는 기본 특징 정보를 대상으로 검색을 수행하는 것이다. 내용 기반 검색을 위한 대표적인 속성으로는 영상의 색상, 질감, 영상에 포함된 객체의 형태, 위치정보, MBR, 객체들간의 공간 관계 등이 있다.

4.2.1 색상 특징

색은 그 내용이 보는 각도에 따른 변형과 회전에 무관한 장점으로 인해 영상 검색에서 가장 일반적으로 사용된다. 이러한 이유로 색 히스토그램(histogram)[15], 색 응집 벡터(color coherent vector)[16], 색 연관 히스토그램(color correlogram)[17], 이진 색상 집합(binary color set)[18] 등의 방법들이 제시되어왔다.

색 히스토그램을 이용한 방법은 색 구성과 이의 출현 빈도 유사성을 이용하는 것으로 전혀 다른 영상이라도 유사한 색 구성과 출현 빈도를 가질 수 있기 때문에 시각적으로 유사하지 않은 영상이 검색될 가능성이 있다. 이러한 현상은 영상상의 색이 어느 부분에 표현되었는지를 고려하는

색 응집 벡터 이용 방법과 색 연관 히스토그램 이용 방법으로 보완될 수 있다. 색 응집 벡터를 이용한 방법의 경우, 픽셀 단위의 색 위치에 대한 인접도 또는 응집도를 고려하는 경우로 색 히스토그램 방법에 비해 정확한 유사 영상 검색이 가능하지만 특징 추출과 검색 비용이 높다. 색 연관 히스토그램을 이용하는 방법은 색 영역의 위치적 유사성과 색의 유사성을 기준으로 유사 영상을 판단하는 것이다. 이는 사람이 영상을 비교하는 방법과 유사하며 색 히스토그램 방법과 색 응집 벡터 방법에 색과 위치정보를 이용하는 좀 더 자연스러운 방법이다.

본 연구에서는 뇌영상에 대한 256 그레이 색상을 126 색상으로 정량화한 다음, 색 모델 정보의 유사성을 판단하기 위해 영상의 색 구성 유사성, 유사 색 영역의 위치 유사성을 모두 만족하는 영상을 유사 영상이라고 판정한다[19]. 두 영상의 색 구성이 유사하고 이의 색 영역이 위치적으로 겹치게 될 경우 유사한 영상이 되는 것이다.

4.2.2 질감 특징

영상의 여러 가지 특징 중 질감 정보는 영상 검색의 수단으로 사용될 수 있는 중요한 속성을 가지고 있는 정보이다. 특히 칼라 영상뿐만 아니라 의료 영상과 같은 그레이 레벨 영상에서도 추출할 수 있기 때문에, 생체 조직과 세포의 현미경 사진 분석에 대한 응용에도 이용된다. 최근에는 대부분이 그레이 레벨인 MRI나 CT 스캔 같은 의료 영상에 적용하는 연구가 활발히 진행 중이다. 특히, MRI의 조직 분할과 특성화에 영상 질감 특징을 주로 이용한다.

의료 영상의 질감은 MR 신호 집중도의 공간적 분포, 즉, 질감은 국부 티슈구조의 중요한 특징이나 병증을 표현한다. 일상적으로 방사선의의 병을 찾거나 진단할 때 집중도, 균일성, 거침, 규칙성,

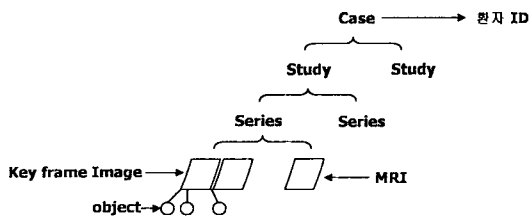


그림 10. 의료 영상 데이터베이스 정보 체계

방향성, 조악함, 부드러움, 과립성 등과 같은 질감 특징을 주로 사용한다[20]. 본 연구에서는 뇌 MRI 영상에 대한 다단계 Wavelet 변환을 수행한 후, 생성된 부밴드에서 영상의 시각적인 속성을 대표할 수 있는 에너지 값을 추출하여 활용한다.

4.2.3 모양 특징

영상의 객체의 모양 특징을 표현하는 방법은 경계 기반(boundary-based) 방법과 영역 기반(region-based) 방법으로 분류된다[21]. 경계 기반 방법에서 객체의 모양 특징은 직경, 면적, 중심, 전체 모양을 나타내는 사각형 또는 삼각형 등과 같은 전반적인 모양으로부터 추출되는 전역적인 특징과 다각형 근사(polygon approximation)[22], 곡률(curvature)[23], 푸리에 서술자(Fourier descriptor), 모멘트, 체인 코드 등과 같은 모양의 지역적인 영역으로부터 추출되는 지역적인 특징이 있다.

본 연구에서는 윤곽선상의 모든 점을 객체 모양의 식별에 이용한다면 시간이 많이 소모되기 때문에, 윤곽선을 대표하는 우세점들의 순서 집합으로 객체의 모양 특징을 표현한다.

객체 모양의 지역적인 특징을 이용한 우세 점 추출과 정규화 방법에 대한 기존의 연구와 달리, 우세 점들을 찾기 위해 객체의 무게 중심을 이용하여 같은 모양을 가진 객체에 대하여 항상 일정한 시작점을 찾음으로써 우세 점들을 빠르게 찾는 방안을 이용한다. 이 방법은 우세점 추출 과정과 정규화 과정으로 구성된다. 이는, 같은 모양을 가진 객체에 대하여 항상 일정한 시작점을 찾음으로써 우세 점들을 빠르게 찾을 수 있다는 장점이 있다[25].

4.3 영상 특징 인덱스 생성 기법

영상 특징에 대한 유사 검색의 성능향상을 위

해서는 고차원 인덱스가 필요하다. 내용 기반의 영상을 검색하기 위한 대표적인 고차원 인덱스 기법으로 R-트리, R*-트리, Hilbert R-트리, TV-트리, SS-트리, X-트리, SR-트리 등이 있다[24]. 그러나 기존의 고차원 인덱스 기법은 주로 특징 데이터의 환경이 저차원일 경우에는 좋은 검색성능을 보여주고 있으나 영상 데이터와 같은 고차원의 멀티미디어 데이터를 사용할 경우, 검색 성능이 급격히 감소하는 차원의 저주 현상이 발생한다[24]. 본 연구에서는 고차원 데이터를 지원하는 인덱스를 연구함과 동시에 색-공간, 질감, 모양과 같은 고차원 데이터를 대표하는 속성을 저차원으로 변환하는 인덱스 키 생성 기법을 이용한다.

4.3.1 색-공간 인덱스 키

색-공간 인덱스 키는 색-공간 특징 추출 절차를 통해 구해진 대표 색 구성키 DCC와 대표 색 분포키 DCD 시그너처(signature)를 이용한다.

의료 영상의 경우, Gray 값이 [0:255]의 값을 가지므로 256 차원의 벡터로 표현된다. 이러한 고차원 특징 벡터에 대한 표현과 유사도 비교 계산 비용은 매우 높아 저차원 벡터로 바꾸는 방법이 일반적으로 사용된다. 따라서 표현하는 색의 가지수를 감소시키기 위해 색 양자화(color quantization) 방법, 대표 색(dominant color) 방법, 영상 전체에 대한 평균 RGB 값을 구하는 방법 등을 사용한다.

본 연구에서는 색 양자화를 통해 축소된 색 모델에 대해 영상을 구분할 수 있는 대표 색들을 추출하여 이의 구성을 일련의 비트열 형태로 표현한다. 이를 대표 색 구성(Dominant Color Composition; DCC) 시그너처라 한다[19].

색 영역에 대한 색-공간 정보의 표현은 부분적으로 겹치는 퍼지 영역(fuzzy region) 방법, 동일 크기로 분할된 겹치지 않는 영역을 이용하는 방

법, MBR 방법, 2차원 문자열 계열을 사용하는 방법[19] 등이 있다. 몇 가지 방법은 시그너처를 사용하기도 한다.

영상을 구성하는 색-공간 정보는 색 영역이 표현된 위치와 차지하는 영역의 범위에 대한 비교 연산이 쉽도록 추출하고 표현해야 한다. 이를 위해, 본 연구에서는 영상을 $n \times n$ 으로 균등 분할하여 영역 집합 $R = \{R(x, y) | 0 \leq x, y \leq n-1\}$ 을 구한다. 그 다음 추출한 대표 색에 대한 영역을 2차원 좌표상의 x 축과 y 축으로 분해하여 각 축 상에서 차지하는 영역을 비트열로 표현하여 이를 1차원 형태로 표현한다. 이렇게 표현된 영상의 색-공간 특징 정보를 대표 색 분포(Domiant Color Distribution; DCD) 시그너처라 정의한다.

4.3.2 질감 인덱스 키

질감에 대한 인덱스 키는 이상 객체를 포함한 MRI에 대해 영상과 이상 객체 부분에 대한 3단계 Wavelet에 적용한 다음, 각 부밴드에 대한 에너지 값을 구하고, 질감 특징들 중에서 변별력이 비교적 뛰어난 속성을 인덱스 키로 사용한다. 원 영상에 대한 10개의 에너지 값을 전역 질감 특징이라 하며, 이상 객체 부분에 대한 10개의 에너지 값을 지역 질감 특징이라 한다. 질감 인덱스 키는 전역 질감 특징 10개 중에서 가장 변별력이 나온, 고대역 부밴드 W_2^D 와 W_8^D , 지역 질감 특징 10개 중에서 변별력이 나온 저대역 부밴드 W_4^H , W_4^V 를 사용한다. 전역 특징과 지역 특징에 대한 인덱스 키는 1400여 개의 의료 영상을 10개의 특징들로 분류 실험한 변별력 테스트 결과를 이용한다.

4.3.3 모양 인덱스 키

모양에 대한 인덱스 키는 객체 윤곽선에 대한 정규화된 우세점들의 순서 리스트를 이용한다. 재귀적 윤곽선 알고리즘을 적용하여 추출한 우세

점들은 절대 좌표에서 표현되므로 객체의 크기 변화와 회전 시 항상 일정한 값을 가지지 않는다. 그래서, 객체의 모양 특징이 항상 일정하도록 하기 위해 w 개의 우세 점들의 집합 $U = \{p_{i_1}, p_{i_2}, \dots, p_{i_w}\}$ 을 극좌표로 정규화하여 거리 r , 각도 θ 를 갖는 w 개의 (r_k, θ_k) 를 인덱스 키로 사용한다. 모든 영상에 포함된 객체의 시작점 (r, θ) 는 항상 $(1.0, 0)$ 를 가진다[25].

5. 의료 영상 데이터베이스 검색기

의료 영상 검색 기법은 영상 질의를 표현하는 질의어와 이를 처리하는 질의 처리 기술, 다양하고 복잡한 질의 처리 결과들을 통합하는 질의 통합 기법, 유사도 순으로 정렬된 질의 결과를 사용자에게 제시하는 질의 결과 제시 기법으로 나눌 수 있다. 또한, 영상 데이터를 사용자가 원하는 형태로 확대, 축소, 회전할 수 있도록 제공하는 영상 강화 기능도 요구된다. [그림 11]은 검색기의 구성도이다. 본 장에서는 의료 영상 데이터베이스에서 검색에 사용할 수 있는 질의 유형에 대해 설명하고, 각 특징별 내용 기반 검색 방안과 최종 결과

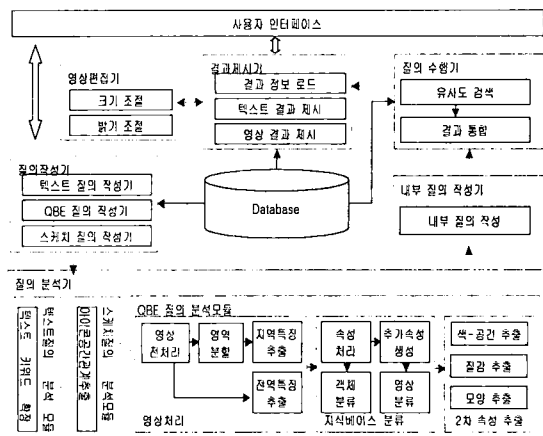


그림 11. 의료 영상 데이터베이스 검색기 구성도

통합 기법, 결과 제시 기법을 설명한다.

5.1 의료 영상 데이터베이스 질의 유형

영상 데이터베이스 검색 시스템에서 사용하는 질의는 단순질의와 복합질의로 나눌 수 있다. 단순 질의는 텍스트 키워드 질의와 색상 질의, 질감 질의, 모자이크 질의, 모양 질의, 위치 질의, 공간 질의 등과 같은 내용 기반 질의를 들 수 있다. 복합 질의는 예제 영상을 이용한 QBE 질의와 스케치 질의를 들 수 있다.

의료 영상 DB검색기는 일반적인 영상 DB검색 시스템에서 사용하는 단순질의와 복합 질의를 기초로 비전문가가 사용하기 쉬운 형식의 질의를 이용한다. 의료 영상 DB검색기에서 사용하는 질의는 텍스트 키워드 질의와 QBE 질의, 그리고 사용자가 미리 정의된 질병 아이콘과 템플릿 영상을 이용하여 질의를 작성할 수 있도록 하는 스케치 질의이다.

QBE 질의([그림 12])는 사용자가 시스템에 예제 영상을 제시하여 가장 유사한 영상을 검색하는

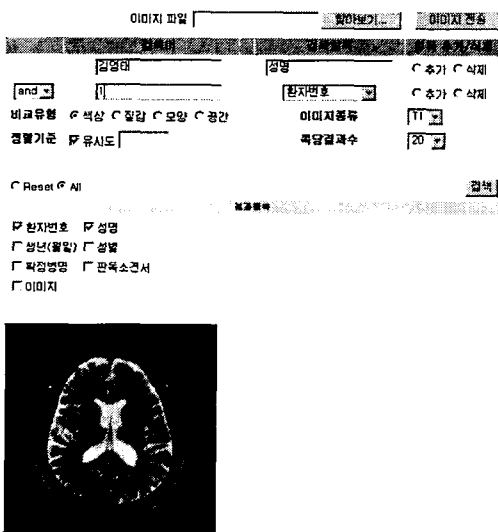


그림 12. QBE 질의 작성 화면

방법으로 기존의 내용 기반 영상 검색 시스템에서 가장 많이 사용하고 있다. QBE 질의 방법은 사용자가 영상의 특징을 알지 못해도 질의할 수 있고, 질의 작성에 개입할 필요가 없다는 장점이 있다. 본 연구에서는 색상, 질감, 모양 질의 외에 텍스트 질의를 포함한 복합 질의를 지원한다.

스케치 질의([그림 13])은 사용자가 질의하고자 하는 질의 영상의 객체 모양, 색, 화면 레이아웃 등을 직접 조작 방식으로 그려서 질의하는 방법이다. 본 연구에서는 질병이 있는 뇌 MRI를 사용자가 의도하는 대로 쉽고 빠르게 작성할 수 있는 템플릿 영상과 아이콘을 이용한 스케치 질의를 사용한다[27].

5.2 지식베이스를 활용한 내용 기반 검색 방안

텍스트 키워드 질의를 제외한 QBE 질의와 스케치 질의는 유사한 영상을 검색하는 내용 기반 검색기법을 사용한다. 따라서 기존의 완전 일치(exact matching) 검색이 아닌 유사(similarity) 검색을 사용한다. 즉, 영상 데이터베이스 검색 시스템의 질의 처리 기법은, 완전 일치 검색을 지원

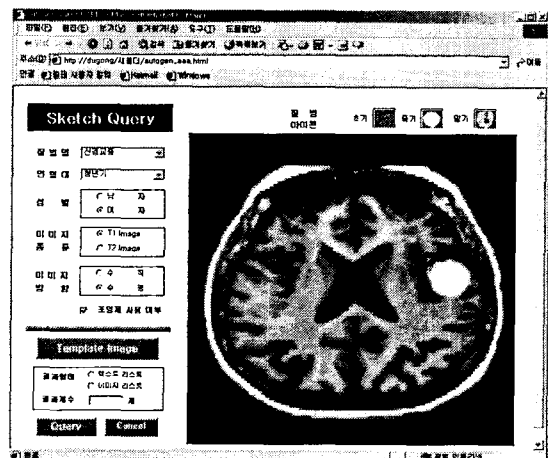


그림 13. 스케치 질의 작성 화면

하는 관계형 데이터베이스 관리시스템의 질의 처리 기법과는 다르게 된다. 대부분의 영상 검색 시스템에서는 유사 검색을 위해 유사도 함수를 사용한다[28]. 따라서, 본 연구에서는 색상, 모양, 질감과 같은 기본 특징 정보 비교를 위한 유사 비교 알고리즘과 또한 검색 성능 향상을 위해 각 특징 질의 결과들을 신속하고 정확하게 통합하는 결과 통합 모듈을 두고 있다[28].

5.2.1 색-공간 특징을 이용한 유사 검색 방안

색-공간 특징을 이용한 유사 영상 검색은 우선 DCC 시그니처를 사용하여 유사한 대표 색 구성을 가지는 후보 유사 영상들을 추출한다. 그 후, 실제 색에 대한 유사도와 DCD 시그니처를 이용하여 색-공간 유사도를 구한 다음 유사도 점수가 높은 후보 유사 영상들 순서로 미리 정의한 임계값 t 를 만족하는 영상들을 최종 결과로 출력한다. [그림 14]는 색-공간 특징을 사용해 후보 유사 영상을 검색하는 절차를 도식화한 것이다.

5.2.2 질감 특징을 이용한 유사 검색 방안

영상의 검색 과정은 원본 영상로부터 얻어진 각각의 영상에 대한 방향성을 가진 특징 집합에서 검색을 하게 된다. 먼저 검색의 효율성을 높이기 위해 시각에 민감하고 정보의 대부분을 가지고 있는 저주파 성분을 가진 영상에 대하여 미리 계산을 해놓은 각 객체의 저주파 영상의 특징과 유사도를 계산한다. 이후에 유사성이 높은 객체의

나머지 특징들에 대하여 대각선 성분, 수평 성분, 수직 성분에 대한 특징치에 따른 객체를 검색하고 검색의 유사도 계산에 따라 순서대로 영상을 출력한다. 거리 비교 함수는 유클리디안 거리 함수를 이용한다.

5.2.3 모양 특징을 이용한 유사 검색 방안

영상 객체에 대한 유사성 검색 방안으로 객체 모양의 전역 특징과 지역 특징을 이용한 방법이 있다. 객체의 전역 특징을 이용한 유사성 검색 방법은 각 객체간의 절대적인 거리를 비교함으로써 검색이 이루어지므로 부분 검색을 지원할 수 없다. 이 검색 방법들은 객체 모양의 두 가지의 전역 특징인 elongation과 compactness를 이용하여 검색 공간을 줄임으로써 빠른 검색을 수행하는 방법, 접촉점, 각도 시퀀스의 조합으로 객체의 모양 시그니처를 생성하고 푸리에 변환을 이용하여 모양 시그니처의 차수를 줄임으로써 검색하는 방법, 면적, 원형, 최대 회전 축, 대수 모멘트 등의 22개의 전역 특징을 이용한 검색 방법이 있다. 객체의 지역 특징을 이용한 방법은 각 특징간의 상대 거리를 계산함으로써 부분 검색을 지원한다. 그러나, 이 방법들은 객체의 모양 특징에 대한 시작점을 기준으로 검색을 하지 않으므로 false drop이 커지게 된다[29,30].

모양에 대한 유사 검색에서는 부분 검색과 전체 검색을 지원하도록 한다. 질의 객체 A와 영상 객체 B의 각 특징간의 유사도 값이 모양 특징의 지역 가중치 δ 내에 존재하는 총 개수(k)가 A의 모양 특징 개수 w 의 70%이상이라면 B를 유사 후보로 지정하고 유사도 함수 $d(A, B)$ 를 적용한다. 영상 객체간의 유사성 비교를 위해 [식 1]과 같이 유사도 함수 d 를 정의한다.

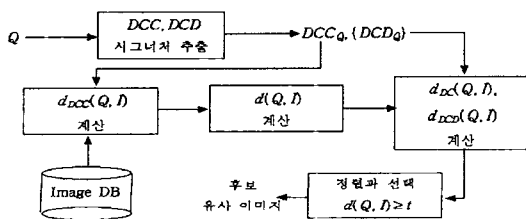


그림 14. 색-공간 특징을 이용한 유사 영상 검색 절차

$$d(A, B) = \lambda \cdot \frac{\sum_{i=1}^k d_i}{k}, (\lambda = 1 + (w - k) / w) \dots \text{ [식 1]}$$

λ 는 모양의 전역 가중치로서 $1 \leq \lambda \leq 1.3$ 의 범위 내에 존재한다.

5.3 질의 결과 통합 방안

색상, 질감, 모양과 같은 단일 특징에 대한 질의는 유사도 계산 함수를 이용하여 유사도를 계산하고 유사도 점수가 높은 객체들을 순서대로 추출하거나 인덱스를 구축하여 가장 유사한 객체를 검색한다. 이러한 질의를 단순질의라 한다. 그러나 (color = 'red') ∧ (shape = 'round')와 같이 여러 개의 질의들이 논리 연산자(∧, ∨, ¬)로 결합된 스케치와 QBE 같은 복합 질의는 단순 질의와는 다른 질의 처리 알고리즘이 필요하다. 복합 질의를 처리하기 위해 대부분의 시스템들은 결합된 여러 특징 조건들을 분리해서 개별적으로 처리한 후 그 결과를 통합하는 방법을 사용하고 있다 [31-34]. 이러한 방법은 인덱스가 없을 경우, 데이터베이스에 대한 I/O가 증가하게 되며, 개별 질의 유사도에 대한 MIN/MAX 연산만을 제공하고 있다. 본 연구에서는 퍼지 집합 이론을 이용하여 의료 영상 데이터베이스 검색 시스템에서 발생하는 복합 질의를 수행하기 위한 복합 질의문 계획 생성 알고리즘을 이용한다.

논리곱 복합 질의(Conjunction Combination Query) Ft($A_1 \wedge \dots \wedge A_m$)은 단순 질의 A_1, \dots, A_m 을 모두 만족하는 객체 x 를 찾는 것이다. 다시 말해서 모든 질의 조건을 만족하는 객체를 찾아 만족도가 높은 순서대로 상위 k 개를 찾아오는 것이다. 각 단순 질의 A_i 에 대해 이를 만족하는 상위 유사 집합을 X_i 라 정의하면 우리가 찾는 객체는 적어도 k 개의 원소를 포함하는 집합 $\bigcap_{i=1}^m X_i$ 에 속한다는 것을 알 수 있다. 제안 알고리즘은 질의 결과 집합에 대한 최소 유사도를 유추해서 각 단순 질의에 대해 최소 유사도를 넘는 후보

객체들만을 선출한 후 모든 단순 질의를 만족하는 객체들을 최종적으로 추출한다. 즉, 하나의 단순 질의 A_i 를 먼저 수행한 후 X_i 에 속하는 객체들의 최소 유사도를 α 라 정의하고 나머지 단순 질의들에 대해 α 를 넘는 유사도를 가지는 객체들을 추출하여 추출된 원자들의 교집합을 구하는 것이다. 직관적으로 단조 함수 t 에 대해 $x \in \bigcap_{i=1}^m X_i$, $\mu_Q(x)$ 가 최소인 x 의 유사도를 α 라 정의하면 $y \in \bigcap_{i=1}^m X_i$ 인 y 에 대해 $\mu_Q(y) \geq \mu_Q(x) = \alpha$ 임을 알 수 있다[28].

논리합 복합 질의(Disjunction Combination query) Ft($A_1 \vee \dots \vee A_m$)은 단순 질의 $A_1 \dots A_m$ 에 대해 하나 이상의 단순 질의를 만족하는 객체 x 를 찾는 것이다. 따라서 논리합 질의를 처리하는 알고리즘은 논리곱 질의를 처리하는 알고리즘에 비해 간단한 형태를 갖게 된다. 논리곱 질의와는 달리 각 단순 질의 A_i 를 만족하는 상위 유사 집합을 X_i 라 정의하면 우리가 찾는 객체는 적어도 k 개의 원소를 포함하는 집합 $\bigcup_{i=1}^m A_i$ 에 속한다는 것을 알 수 있다[28].

5.4 질의 결과의 가시화 방안

의료 영상 검색 시스템의 질의 결과 시각화 부분은 진단에 가장 큰 영향을 미치는 중요한 부분이다. 의료 영상 시각화 시스템들이 다루는 데이터의 유형을 분류해보면 크게 MRI, CT, X-Ray, PET, UltraSound 등을 들 수 있다. 뇌 MRI의 경우에는 다중의 매체가 질병이 가장 두드러지게 나타나는 대표영상(Key Frame)을 중심으로 복잡하게 관련되어 있다. 또한, 영상의 수가 방대하기 때문에 공간 제약적인 화면에서 모든 영상을 동시에 보기란 더욱 어려운 실정이다.

본 연구에서는 이와 같은 문제에 초점을 맞추어 진단이 가능한 화질과 효과적인 공간 활용으로

웹 환경에서 빠른 속도로 의료 영상을 제시한다. 3차원 블록 메타포어를 이용한 결과 제시 방법은 MRI를 유사도 값에 따라 영상을 특징별, 종류별로 구분하여 배치한다. 검색 결과 제시에 사용되는 뇌 MRI는 한 환자의 뇌 MRI 중 해당 질병이 가장 두드러지게 나타나는 영상을 대표 영상으로 사용한다[35].

6. 결론

본 논문에서는 대용량의 의료 영상을 자동 분석하고 검색하는 의료 영상 관리 자동화 시스템을 설명하였다. 이 시스템은 의료 영상 데이터를 저장하는 시점에 진단에 필요한 정보들을 자동 추출하고, 지식베이스를 활용하여 예상되는 이상 증세를 제시하기도 하며, 다양한 질의 방식으로 사용자의 정보 요구 사항을 표현하고 질의 처리 과정을 통하여 원하는 의료 영상 정보를 검색한다. 이를 위해, 이 의료 영상 관리 자동화 시스템을, 영상 처리기와 지식베이스 관리기, 데이터베이스 생성기와 검색기의 네 모듈로 구성한 것이다.

의료 영상 관리 자동화 시스템 개발 연구를 통해, 의료 영상 데이터에 대한 영상 처리 기법과 지식베이스 구축 기술, 의료 영상 데이터베이스 관련 기술을 확보할 수 있었다. 또한 현재의 여러 의료 영상 정보 시스템에 대해 통합된 모델을 제시할 수 있으며, 지능적 의료 영상 정보 검색 기술을 확보할 수 있다. 본 연구의 개발 결과는, PACS에 접목하여 그 기능을 한 차원 높일 수 있을 것이다. 또한 데이터 베이스 관리 기술과 지식베이스 관리 기술은 각종 의료 영상 데이터베이스 구축과 진단 정보를 제공하는 전문가 시스템에 활용될 수 있으며, 영상 처리 기술은 생체 특징을 이용한 생체 인증 기술과 영상 패턴 인식 기술에 이용할 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] 탁계래, 김우생, 이상범, "의료 영상 저장 전송 시스템(PACS)의 발전 및 연구 동향", 한국정보과학회지, 제16권 제12호, 1998, pp6-12
- [2] R. Sammouda, N. Niki, and H. Nishitani, "A comparison of Hopfield Neural Network and Boltzmann Machine in Segmenting MR Images of the Brain", IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. 43, No. 6, pp. 3361-3369, 1996
- [3] C. Li, D. B. Goldgof, and L. O. Hall, "Knowledge-Based Classification and Tissue Labeling of MR Image of Human Brain", IEEE Transactions on Medical Imaging, Vol. 12, No. 4, pp. 740-750, 1993
- [4] M.C. Clark, et al, "MRI Segmentation using Fuzzy Clustering Techniques", IEEE Engineering in Medicine and Biology, pp. 730-742, 1994
- [5] W.L. Sibbitt, W.M. Brooks, "Semi-Automated Segmentation of Dual Echo MR Images", Proceedings of the 20th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Vol. 20, No. 2, pp. 602-604, 1998
- [6] C. Davatzikos, J.L. Prince, and R.N. Bryan, "Image Registration Based On Boundary Mapping", IEEE Transaction on Medical Imaging, Vol.15, No.1, pp. 112-115, 1996
- [7] M.C. Clark, L.O. Hall, D.B. Goldgof, R. Velthuizen, F.R. Murtagh, M.S. Silbiger, "Automatic Tumor Segmentation Using Knowledge-Based Techniques", IEEE Transactions on Medical Imaging, Vol. 17, No. 2, pp. 187-201, 1998
- [8] F. Kruggel, D. Yves von Cramon, "Measuring the cortical thickness MRI segmentation procedure", IEEE Workshop on Mathematical Methods in Biomedical Image Analysis, pp. 154-161, 2000
- [9] M. Sonka, V. Hlavac, R. Boyle, *Image Proc-*

- essing Analysis, and Machine Vision*, PWS Publishing, 1999
- [10] M. Flickner et al, "Query by image Content: The QBIC System", *IEEE Computer Special issue on Content Based Retrieval*, Vol. 28, No.9, 1995.
- [11] W. Niblack, R. Barber, W. Equitz, M. Flickner, E. Glasman, D. Petkovic, P. Yanker, C. Faloutsos, and G. Taubin, "Efficient and Effective Querying by Image Content", *Journal of Intelligent Information Systems*, 1994
- [12] W. W. Chu, C. C. Hsu, I. T. Jeong, and R. K. Taira, "Content-Based Image Retrieval Using Metadata and Relaxation Techniques", *Managing Multimedia Data: Using Metadata to Integrate and Apply Digital Data*, edited by Wolfgang Klas and Amit Sheth, McGraw Hill, 1998.
- [13] W. W. Chu, I. T. Jeong, and Ricky K. Taira, "A Semantic Modeling Approach for Image Retrieval by Content", *VLDB Journal*, 1994
- [14] W. W. Chu, A. F. Cardenas and R. K. Taira, "KMeD: A knowledge-based multimedia medical distributed database system", *Information Systems*, 1995
- [15] R. Brunelli, O. Mich, On the Use of Histograms for Image Retrieval, *Proceeding of the Multimedia Systems*, Vol.2, IEEE, Florence, Italy, June, 1999, pp. 143-147.
- [16] Greg Pass, Ramin Zabih, Justin Miller, Comparing Images Using Color Coherence Vectors, *Proceedings of the 4th ACM International Conference on Multimedia*, ACM, Boston, USA, November, 1996, pp.65-73.
- [17] J. Huang, S. R. Kumar, M. Mitra, W.J. Zhu, Spatial Color Indexing and Applications, *Proceedings of the 6th International Conference on Computer Vision*, IEEE, Bombay, India, January, 1998, pp.602-607.
- [18] J.R. Smith, S.F. Chang, Integrated Spatial and Feature Image Query, *Multimedia Systems*, Vol.7, No.2, Springer-Verlag, GW, March, 1999, pp.129-140.
- [19] Seongtaek Jo, Kyhyun Um, "A Signature Representation and Indexing Schema of Color-Spatial Information for Similar Image Retrieval", *IEEE Proceedings of the 1'st International Conference on Web Information Systems Engineering*, Vol 1, Hong Kong, China, 2000, pp.370-378.
- [20] Hamid Soltanian Zadeh, Reza Nezafat, Joe P. Windham, "Is there texture information in standard brain MRI?", *Image Processing*, SPIE vol.3661, Page(s): 737-748 Feb 1999
- [21] M. Safar, C. Shahabi, X. Sun, "IMAGE RETRIEVAL BY SHAPE: A COMPARATIVE STUDY", *IEEE Multimedia and Expo*, Vol.1, pp.141-144, 2000.
- [22] J. Wang, W. Chang, and R. Acharya, "Efficient and Effective Similar Shape Retrieval", *IEEE Multimedia Computing and Systems*, pp.875-879, 1999.
- [23] E. Miliotis, E. Petrakis, "Shape Retrieval Based on Dynamic Programming", *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 9, No.1, pp.141-147, 2000.
- [24] N.Katayama, S.Satoh, "The SR-tree: An Index Structure for High-Dimensional Nearest Neighbor Queries", *ACM SIGMOD*, 1997.
- [25] 김영태, 엄기현, "영상 DB의 인덱싱을 위한 객체의 모양 특징 표현 방안", *Korean DataBase Conference*, 17권 1호, 2001. 6
- [26] 이낙훈, 엄기현, "의료 영상 검색을 위한 아이콘 기반의 스케치 질의 작성 방안", *한국정보과학회, 가을 학술발표 논문집*, 27권2호, pp 122~124, 2000
- [27] C. Faloutsos, R. Barber, M. Flickner, J. Hafner, W. Niblack, D. Petkovic, W. Equiz, "Efficient and Effective Querying by Image Content", *Journal of Intelligent Information System(JIIS)*, 3(3), pp.231-262, July 1994.
- [28] 박미화, 엄기현, "내용 기반 영상 검색을 위한 복합 질의문 계획 생성 기법", *한국정보과학회논문*

- 지:데이타베이스, 27권4호, pp 562~571, 2000
- [29] J. Wang, W. Chang, and R. Acharya, "Efficient and Effective Similar Shape Retrieval", IEEE Multimedia Computing and Systems, pp.875-879, 1999.
- [30] W.I. Grosky, P. Neo, R. Mehrotra, "A pictorial index mechanism for model-based matching", Data Engineering, Fifth International Conference, pp.180-187, 1989.
- [31] Ronald Fagin, "Combining fuzzy information from multiple systems." In 15th ACM Symposium on Principles of Database Systems, pp.216-226, June 1996.
- [32] Guang-Ho Cha, Chin-Wan Chung, "Object-Oriented Retrieval Mechanism for Semistructured Image Collections," Proceedings of ACM Multimedia 98, Bristol, England, September 12-16, pp.323-332, 1998.
- [33] Gholamhosein Sheikholeslami, Wendy Chang and Aidong Zhang, "Semantic Clustering and Querying on Heterogeneous Features for Visual data," Proceedings ACM Multimedia 98, Bristol, England, September 12-16, pp.3-12, 1998.
- [34] Surya Nepal and M. V. Ramakrishna, "Query Processing Issues in Image(multimedia) Databases," Proceedings of Data Engineering, March 23-26, Sydney, Australia, pp.22-29, 1999.
- [35] 최용화, 엄기현, "3차원 블록 메타포어를 이용한 의료 영상의 질의 결과 시각화 방안", 한국멀티미디어학회, 추계 학술발표 논문집, 3권2호, pp 73~76, 2000



박 미 화

- 1999.9 ~ 현재 동국대학교 컴퓨터공학과 대학원(박사과정)
- 관심분야 : 데이터베이스, 이미지 데이터베이스, 멀티미디어 정보 검색



조 경 은

- 1989.3~1993.2 동국대학교, 전자계산학과(공학사)
- 1993.3~1995.2 동국대학교, 컴퓨터공학과 대학원(공학석사)
- 1995.3~2001.8 동국대학교, 컴퓨터공학과 대학원(공학박사)
- 관심분야 : 멀티미디어 정보처리, 컴퓨터비전, 컴퓨터 그래픽스, 형태인식



김 용 옥

- 1995.3~1999.2 동국대학교, 컴퓨터공학과(공학사)
- 1999.3~2001.2 동국대학교, 컴퓨터공학과 대학원(공학석사)
- 2001.3~현재 동국대학교, 컴퓨터공학과 대학원 (박사과정)
- 관심분야 : 인공지능, 기계학습, 전문가시스템



조 형 제

- 1969.3~1973.2 부산대학교, 전자 공학과(공학사)
- 1973.9~1975.8 한국과학기술원, 전기&전자 공학과 대학원 (공학석사)
- 1982.9~1986.2 한국과학기술원, 전기&전자 공학과 대학원 (공학박사)
- 1975.8~1982.8 금성통신(주)연구소 실장
- 1986. 2~현재 동국대학교 영상정보통신대학원 멀티미디어학과 교수
- 관심분야 : 멀티미디어 정보처리, 컴퓨터비전, 컴퓨터 그래픽스, 형태인식



엄 기 현

- 1971.3~1975.2 서울대학교, 응용수학과(공학사)
- 1975.3~1977.2 한국과학기술원, 전산학과 대학원(공학석사)
- 1986.3~1994.2 서울대학교, 컴퓨터공학과 대학원(공학박사)
- 1978.3~현재 동국대학교, 컴퓨터멀티미디어 공학과 정교수
- 1998.8~현재 한국멀티미디어학회 부회장
- 관심분야 : 멀티미디어 데이터베이스, 데이터베이스 시스템, 정보시스템



김 준 태

- 1986.2 서울대학교, 제어계측공학과(공학사)
- 1990.5 Univ. of Southern California, 전기공학(공학석사)
- 1993.8 Univ. of Southern California, 컴퓨터공학(공학박사)
- 1993~1994 Southern Methodist University, PostDoc
- 1995~현재 동국대학교, 컴퓨터공학과 부교수
- 관심분야 : 인공지능, 정보검색, 기계학습, 웹 에이전트.