

뇌 MR 영상처리기의 설계 및 구현

조경은, 송미영, 조형제
동국대학교 컴퓨터멀티미디어공학과

Design and Implementation of Brain MR Image Processing Tool

Kyungeun Cho, Miyoung Song, Hyungje Cho
Dept. of Computer Multimedia Engineering, Dongguk University
E-mail : {cke, smy, chohj}@dongguk.edu

요 약

본 연구에서 설계하고 구현한 뇌 MR영상 처리기에서는 뇌 MR 영상에서 진단에 필요한 정보들을 자동 추출한다. 의료영상 처리 시에는 수집된 의료영상의 특징을 분석하고 특징들을 분류해야 하며 이를 위해서는 효율적인 특징 추출 알고리즘들이 필요하다. 뇌 MR 영상 처리기는 영상의 잡음제거나 영상 강화를 위한 전처리, 영상의 특징을 추출하기 위한 영역분할기와 전역, 지역 특징 추출기로 구성된다. 뇌 MR 영상 특징 추출을 위한 효율적인 의료영상 처리기의 개발 내용을 기술한다.

1. 서론

오늘날에는 뇌뿐만 아니라 인체의 다른 부분의 영상도 많이 연구되고 있는 추세이다. 이러한 의료영상을 이용한 연구들 가운데서 다음과 같은 다양한 연구 분야들이 있다. 뇌 영역의 분할에 대한 연구, 뇌종양 검출에 대한 연구, 심장의 움직임 측정에 대한 연구, 가슴 영상에 대한 연구, 복부 장기 영역 분할에 대한 연구, MR 영상의 정합에 대한 연구 그리고 3 차원 재구성에 대한 연구가 있으며 이 외에도 의료영상을 이용한 수 많은 연구들이 있다[1,2,3].

기존의 뇌 영역 분할 방법으로는 템플릿 매칭 방식, 경계 기반 분할 방식, 영역 확장에 기반한 방식, 임계치 기반 분할 방식, Snake 기반 방식, 워터세드 방식, 신경망을 이용한 방식, 퍼지 방식, 지식 기반 방식 등이 사용되어왔다[4]. 그러나 모든 뇌 영상들의 획득 환경과 영상질이 다르므로 모든 영상에 대해 일관적으로 적용되는 방법을 고안하기는 어렵다. 그러므

로 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 영상내의 찾고자 하는 특정부위 내부가 균질해야 하며 추출하고자 하는 부위가 주변과의 경계가 분명해야 하는 조건이 있다. 이러한 여러 단점을 보완할 수 있는 영역 분할 방식에 대한 연구들이 이루어지고 있는 추세이다.

영상 정합은 물리적으로 유사한 영상 내의 영역들을 기하학적으로 일치시키는 처리이며 대상 영상의 회전, 수평과 수직위치, 크기를 변환하면서 두 영상의 유사성이 최대가 되는 인자를 추출함으로써 성취된다. 최근까지 다양한 영상 정합 알고리즘이 연구 개발되고 있다.

일반적으로 활용되고 있는 의료영상은 주로 일련의 연속된 2 차원 영상들로 얻어지며 이와 같은 진단 영상들로부터 신체 기관을 재구성하는 작업은 관찰자의 훈련과 공간감에 매우 의존적이다. 이 문제는 3 차원 가시화 작업 수행을 통해 외과의사나 해부학자에

게 직접 보는 것과 같은 신체 기관의 영상을 보여줌으로 극복할 수 있다. 즉 의료에 있어 3 차원 가시화의 목적은 관찰자에게 의료 볼륨 자료로부터 정밀하고 실제적인 모습을 생성해 주는 것이다. 또한 3 차원의 재구성은 입력영상에 대해 정상 또는 비정상인가를 판별하고 영상의 다방향으로의 가시화를 위한 목적을 둔다[5].

이 논문에서 구현한 뇌 MR 영상 처리기는 처리되는 의료 영상 데이터에서 진단에 필요한 정보들을 자동 추출하고, 지식베이스를 활용하여 예상되는 이상 증세를 제시할 수 있는 시스템 개발을 목적으로 한다. 여기서는 의료 영상에 가장 많이 사용하는 의료 이미지인 MR 영상 중에서 머리 부위의 질병에 대한 진단을 할 수 있는 시스템에 필요한 영상처리 시스템을 구축하였으며 이 영상 처리 시스템에서 의료 영상 이미지를 분석하고 처리하는 시스템을 자세하게 설명한다. 또한 이 영상 처리 시스템에서 제공하는 다양한 영상 처리 기능과 도구들 그리고 시스템의 특징들을 소개한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 뇌 MR 영상 처리기의 전체적인 구조를 설명하고, 구현 내용들을 기술한다. 영상 처리기는 크게 영상강화와 복구를 위한 전처리기 모듈, 영상 처리기법을 제공하는 영상 기능 처리기 모듈, 영상의 전역 특징과 지역 특징 등의 영상 특징 추출기 모듈, 기본 편집기능과 그리기 편집기능을 지원하는 편집기 모듈로 구성되어 있다. 이들 각각의 기능들을 살펴보도록 한다. 3 장에서는 구현환경을 기술하고 결론을 맺는다.

2. 뇌 MR 영상처리기

2.1 영상 상세 정보 입력기

1) 정보 입력

영상 상세 정보 입력 모듈은 해당 영상에 대한 환자의 상세한 정보를 입력할 수 있도록 되어 있다. 환자 정보, 영상정보, 병력 정보, 촬영 날짜 등으로 나누어서 입력할 수 있으며 환자 정보에는 성명, 나이, 직업, 성별을 입력하고 영상 정보에는 영상의 크기, 영상의 종류, 영상의 방향, 촬영 위치, 조영제의 사용 여부 등을 입력하며, 병력 정보에는 질병명, 기타 내용을 입력한다. 입력된 영상의 상세 정보들은 데이터 베이스에 저장되어 진다. 그림 1은 영상 상세 정보 입력 모듈의 사용자 인터페이스를 나타낸다.

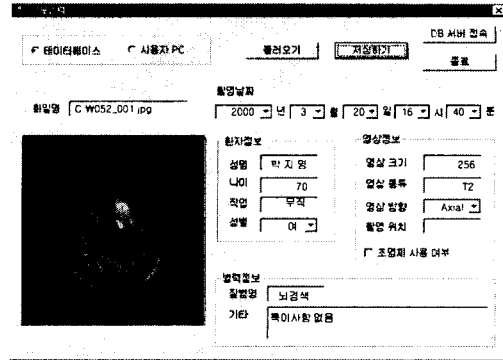


그림 1. 영상 상세 정보 입력 모듈의 사용자 인터페이스

2) 객체 정보 저장

의료영상은 한 장의 의료영상으로만 질병을 판단하지는 않는다. 여러 장의 의료영상들의 모임이나 특징들을 의사들이 보고 종합적으로 판단한다. 그러므로 각 의료영상들에는 의료영상들의 모임을 대표하는 분류정보를 생성한다. 환자 ID 정보는 서로 다른 환자의 의료영상 및 의료영상분류 정보를 구별하기 위한 일련의 번호체계 이며 CASE정보는 의료영상의 Study분류 정보 모임이다. Study 정보는 의료영상의 Series분류 정보의 모임이며 Series 정보는 의료영상의 MR 영상들의 모임이며 특히 판독 소견서는 Series단위로 작성한다. 영상에 대한 정보들은 모두 데이터베이스에 저장을 해서 통합 관리하도록 되어 있다. 각 영상들은 그림 2처럼 각 환자에 대해서 CASE, STUDY, SERIES, IMAGE의 계층적 구조로 저장된다. 따라서 데이터 베이스에 저장된 영상들을 조회하고자 할 때는 성명, CASE, STUDY, SERIES, IMAGE ID 등을 지정하여 조회할 수가 있다.

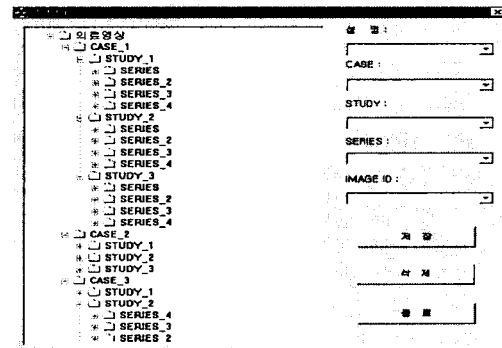


그림 2. 객체 정보 저장 사용자 인터페이스

2.2 영상 처리기

1) 전처리 모듈

영상 전처리는 영상의 내용과 형태의 특성에 따라 다양한 기법을 적용하여 원영상을 보다 더 뚜렷이 구분하기 위한 영상 결과를 얻기 위해 영상을 조작하는 방법으로 영상을 개선하거나 복원하는 방법 등이 있다. 본 연구에서 구현된 시스템의 영상 전처리 기능으로는 영상을 부드럽게 하는 로우 패스 필터, 영상의 경계를 날카롭게 하는 하이패스 필터, 명암차에 따라 영상에 효과를 주는 엠보싱 기능, 잡음제거에 유용한 미디언 필터, 다양한 에지 연산자들, 영상 정보를 주는 히스토그램 등 다양한 기능들이 있다. 다음 각 항에서 구현된 기능들을 간략하게 설명한다.

가. 필터링(Filtering)

- ① 저주파 필터(Lowpass Filter) : 뇌 영상의 영역 분할시에 인접 픽셀들 간의 차이를 줄이는 방법으로 특정 픽셀값 주위의 픽셀들의 평균값으로 그 픽셀의 값을 대체하는 방법으로 사용된다.
- ② 고주파 필터(Highpass Filter) : 뇌 영상을 처리할 때 더 날카로운 영상을 원할 때나 시각적으로 더 좋은 영상을 필요할 때 사용한다.
- ③ 엠보싱 효과(Embossing) : 뇌 영상에서는 경계선을 두드러지게 하는 데 사용된다.
- ④ 미디언 필터(Median Filter) : 뇌 영상의 전처리에 잡음 제거에 사용된다.

나. 에지 연산자(Edge Operator)

의료영상 처리 시스템에서 사용 가능한 에지 연산자는 다음과 같다.

- ① 소벨 연산자(Sobel Operator) : 밝기차를 이용한 뇌 영상 에지를 추출하는 데 사용한다.
- ② 가우시안 연산자(Gaussian Operator) : 가우시안 스무딩 함수에 기반한 에지 연산자는 뇌 영상의 잡음을 줄이는 데 사용한다.
- ③ 라플라시안 연산자(Laplacian Operator) : 뇌 영상 분할 시의 전처리 단계에서 윤곽의 뚜렷한 부분만을 추출하고자 할 때 사용한다.
- ④ 로버트 연산자(Robert Operator) : 로버트 연산자는 다른 마스크보다 크기는 작지만 효과적으로 사용할 수 있다. 이 연산자는 잡음에 매우 민감하며, 돌출된 영상의 값들을 잘 평균화시킨다.

다. 픽셀 정보와 관련된 기능

디지털 영상 처리에서 가장 간단하면서 유용한 도구 중의 하나가 히스토그램이다. 히스토그램이란 영상 안에서 픽셀들에 대한 명암값의 분포를 나타내는 것이다. 이러한 명암값의 분포를 조정하는 기능들로 양자화, 히스토그램 균일화 방법들이 있다.

① 양자화 : 양자화는 사용되는 색상수를 감소하여 얻어지는 효과를 보여준다. 즉, 표현하고자 하는 색상의 수를 256 단계, 64 단계, 16 단계, 8 단계, 4 단계 등으로 줄여나갈 수가 있다. 의료영상에서는 영역 분할 단계에서 이용된다.

② 히스토그램 평활화 : 어떤 영상의 명암값 분포가 빈약할 때 히스토그램 평활화라고 불리는 영상처리에 의해 향상될 수 있다. 히스토그램 평활화의 궁극적인 목적은 일정한 분포를 가진 히스토그램을 생성하는 것이다. 그림 3은 전처리 도구 사용자 인터페이스의 양자화 기능을 선택한 화면이다.

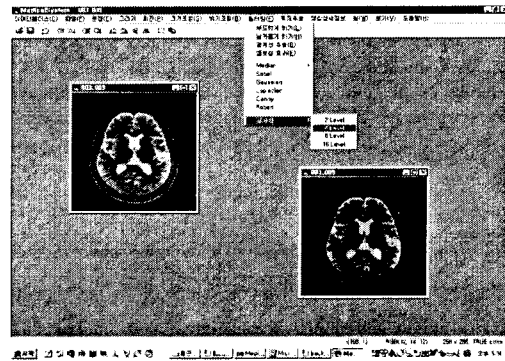


그림 3. 전처리 도구 사용자 인터페이스

2) 기능 처리기 모듈

검색 질의에 대한 영상을 제시할 경우 영상 처리기 사용자가 원영상에 조작을 가하는 처리기로 원영상에 기본적인 조작을 처리하는 기본 영상 연산 기능들이 있다. 기본 영상 연산은 원영상 또는 원하는 위치의 부분영상을 확대/축소, 크기 조절, 회전 등의 기본적인 처리 기능들을 제공한다.

가. 크기 도구 모듈

사용자가 영상의 크기를 조정하여 특정 부위를 세밀하게 보기 위해 사용되는 기능이다. 크기도구 모듈의 기능을 원 영상의 전체 영역이나 부분적인 영역을 선택할 수 있는 기능을 지원하며 사용자가 원하는 크기로 확대 또는 축소할 수 있는 기능들을 제공한다.

나. 밝기 조절 도구 모듈

MR영상을 촬영할 당시의 상황 등 많은 조건들에 따라 영상의 질이 다르다. 따라서 육안으로도 식별이 곤란한 영상들이 존재한다. 또한 특정 부위를 관찰하거나 유심히 봐야 할 경우에 따라 영상의 밝기를 조절할 필요가 있다. 따라서 가중치를 설정하여 영상의 밝기를 조절한다. 또는 영상의 경계를 강화하여 영상을 더욱 선명하게 만들고 싶을 때 콘트라스트를 조절할 수 있다. 그림 4는 밝기 조절 사용자 인터페이스를 나타낸 화면이다.

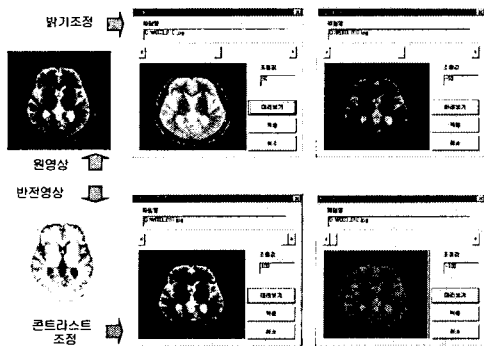


그림 4. 밝기 조절 사용자 인터페이스

3) 특징 추출기 모듈

의료영상 처리기의 특징 추출기는 크게 전역 특징 추출기와 지역 특징 추출기로 구성되며 그 구조도가 그림 5에 나타난다. 전역 특징 추출기는 입력영상이나 원영상을 조작하여 영상 전체의 특징들을 추출하며, 지역 특징 추출기는 전역 특징에서 영상 분할을 한 후 경계 검출을 한 결과 영상을 통해 추출된 레이블 영상에 대한 특징들을 추출한다[6,7].

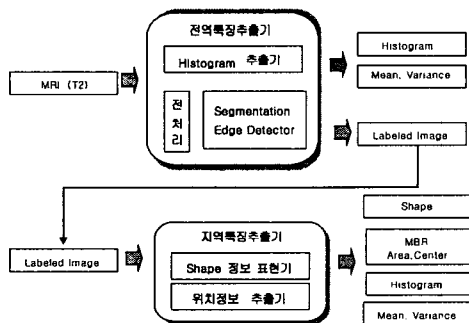


그림 5. 특징 추출기

가. 영상 기본 특징 정보

① 전역 특징

전역 특징은 원영상에서 전체적인 특징들을 추출하는 것으로 히스토그램, 평균, 표준편차, 레이블 영상 등을 특징으로 추출하며 이들 모두는 정규화된 값과 원영상의 값을 유지한다. 표 1은 전역 특징 정보를 나타낸다.

전역 특징 정보	내용
히스토그램 (Histogram)	원영상의 각 픽셀 값인 색상의 분포도
평균(Mean), 표준편차(Variance)	영상의 색상 평균과 표준편차
레이블영상 (Labeled Image)	분할된 영역에 대한 위치 정보

표 1. 전역 특징 정보

이들 전역 특징 정보들은 전역 특징 추출기에 의해서 추출되어진다. 전역 특징 추출기는 히스토그램, 평균, 표준편차 추출기와 영상 분할기로 구성된다. 히스토그램 추출기에서는 원영상의 색상의 분포도를 추출하거나 원영상의 색상 분포도를 조작한 후 색상 분포도를 추출한다. 평균/표준 편차 추출기는 영상의 전체적인 색상들의 평균이나 표준편차를 추출한다. 영상 분할기에서는 원 영상에서 직접 영상을 분할할 수 있지만 원 영상에 잡음이 첨가되어 영상이 흐려지는 경우에 효과적인 영상 분할을 얻을 수 없으므로 잡음제거, 영상 강화 등의 전처리를 거쳐 영상을 분할한다.

② 지역특징

지역특징은 전역특징 추출기의 영상 분할 단계를 거쳐 분할된 영역인 객체의 지역적인 특징들을 추출하는 것으로 객체의 형태(Shape), 최소사각형(MBR), 중심점(Center), 면적(Area: 체적), 색상의 평균(Mean)과 표준편차(Variance)를 추출한다. 표 2는 이들 지역 특징 정보를 보여준다.

지역 특징 정보	내용
형태(Shape)	분할된 영역의 객체 형태의 Edge정보와 위치 정보
최소사각형(MBR)	객체를 둘러싸고 있는 최소 사각형의 크기
중심점(Center)	객체의 중심점
면적(Area)	객체들의 면적이나 체적
평균(Mean), 표준편차(Variance)	객체들의 색상의 평균과 표준편차

표 2. 지역 특징 정보

지역 특징 정보들은 전역 특징 추출기의 영상 분할기에 의해 추출된 각 객체(Labeled Image)들에 대해 지역 특징 추출기에 의해 추출되어진다. 지역 특징

추출기는 면적 추출기, 형태 추출기, 위치정보 추출기, 평균/표준편차 추출기, 히스토그램 추출기로 구성되며 각 객체들은 추출기를 통해서 각 객체별 특징들을 추출한다.

나. 영상 특징 추출 모듈

이 절에서는 전역 및 특징들을 추출할 때 사용되는 히스토그램, 픽셀 정보(총픽셀수, 분산, 평균)들의 모듈 출력 결과를 기술한다.

- ① 히스토그램 : 히스토그램은 한 영상 안에서 각 픽셀에 대한 명암 값의 분포를 나타내는 것이다.
- ② 픽셀 정보 (총픽셀수, 분산, 평균) : 주어진 영상에 대한 기초적인 정보로서 총픽셀수, 분산, 평균값을 구하게 된다. 총픽셀수는 영상의 전체 픽셀의 개수이며, 평균은 전체 픽셀의 명암값의 평균으로 각 픽셀들의 명암값을 모두 더해서 총픽셀수로 나눈 값이 평균값이 된다.

$$\text{평균}(E(X)) = \frac{\sum_{i=0}^{65535} i \cdot \text{번째픽셀의명암값}}{\text{총픽셀수}}$$

분산은 그 값들의 흩어진 정도를 나타내는 것으로 여기서는 픽셀에 대한 명암값의 분포가 얼마나 흩어져 있는지를 나타낸다. 분산을 구하는 공식은 X가 각 픽셀의 명암값이라고 하고 평균값을 E(X)라고 하면 $(X-E(X))^2$ 의 평균값 δ^2 을 분산이라고 한다.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{65535} (X-E(X))^2}{\text{총픽셀수}}}$$

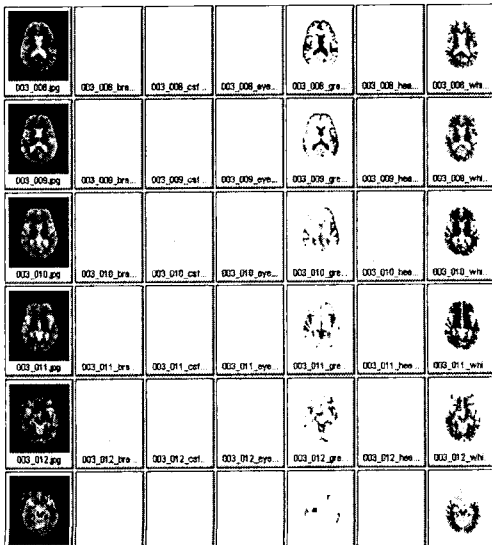


그림 6. 특징 추출 결과

그림 6은 한 시리즈의 특징 추출 결과 일부를 보여주고 그림 7은 특징 추출 사용자 인터페이스를 나타낸다.

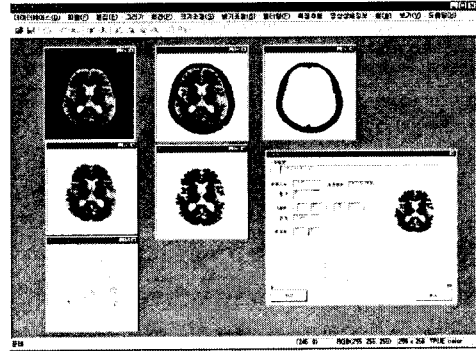


그림 7. 특징 추출 사용자 인터페이스

4) 편집기 모듈

사용자 영상 편집 기능으로는 크게 영상의 영역을 복사/삭제 기능, 작업의 되살리기 기능 등의 기본 편집기능과 영상의 중요한 부분을 표시하기 위한 그리기 편집 기능을 제공한다. 그리기 편집모듈은 다양한 종류의 도형, 선과 색상을 편집할 수 있도록 지원한다. 그리하여 의료영상에 중요한 부위나 특정부위를 표시하기 위한 그리기 편집 도구로 일반적인 그래픽물의 기본적인 그리기 도구들을 제공한다. 그림 8은 그리기 도구 사용자 인터페이스를 보여준다.

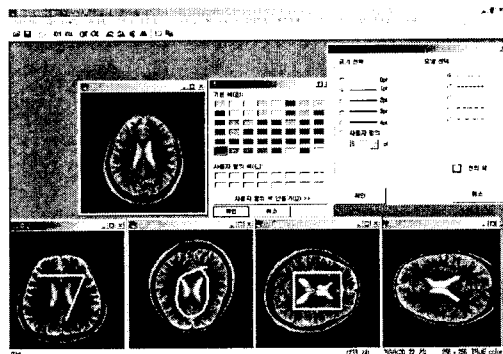


그림 8. 그리기 도구 사용자 인터페이스

5) 다중 영상보기 기능

그림 9는 다중 영상 보기 기능 인터페이스를 보여준다. 이는 하나의 시리즈 내의 모든 영상을 비교하고자 할 때 용이하게 사용가능하다.

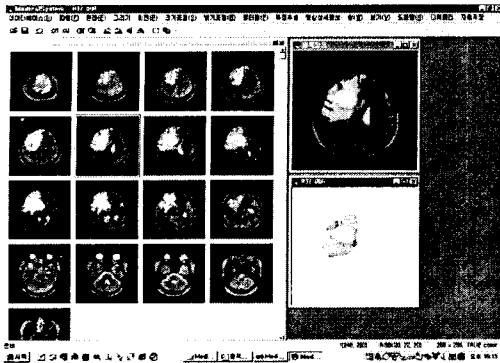


그림 9. 다중 영상 보기 기능

3. 구현환경

본 연구에서는 PC용 의료영상 처리 시스템을 구현하였다. 개발 언어로는 C++을 사용하였으며 Visual C++ 6.0 환경을 이용하여 윈도우즈 어플리케이션을 개발하였다.

의료영상 처리 및 관리 시스템은 객체 정보 입력기와 영상의 촬영정보와 촬영된 영상의 환자정보, 병력정보를 저장하고 관리하는 영상 상세 정보 입력기와 원영상의 강화와 복구를 위한 전처리기, 영상의 필요한 정보들을 추출하는 특징 추출기, 영상 내에 그림 그리기 등의 편집을 가능하게 하는 영상 편집기로 구성된다.

4. 결론 및 향후 연구 과제

본 연구는 의료영상 중에 가장 많이 사용하는 의료영상인 MR 영상 중에서 머리 부위의 질병에 대한 진단을 돕기 위한 영상처리기 구현에 관한 연구이다.

여기서는 일반적인 뇌 MR영상이면 통용될 수 있는 영상분할 알고리즘을 고안했으며, 각 뇌구성 요소들의 특징들을 추출하기 위해서 뇌 MR영상에서 머리 영역, 뇌 영역, 뇌척수액 영역 그리고 눈 영역을 분할한 후 이들의 윤곽선, 최소사각형 그리고 각 영역들의 픽셀 정보들을 추출하는 방법을 구현했다. 또한 질병에 대한 진단을 할 수 있는 시스템에 필요한 영상처리 시스템을 구축하여 입력되는 의료영상을 분석하고 처리하는 시스템을 구축하였다. 또한 다양한 영상 처리 기능과 도구들을 구축하였다.

현재 뇌 영역의 3 차원 가시화를 위한 연구 단계에 있으며, 3 차원 가시화를 위해서는 의료영상에서 뇌 영역 분할이 정확히 이루어져야 한다. 향후 과제는 영상의 정확한 영역분할 방법을 좀 더 개선하고 이를

바탕으로 3 차원 가시화가 이루어질 수 있도록 해야 하며 자동적으로 추출된 전역 및 지역 특징들을 이용하여 뇌의 질환을 판별할 수 있는 연구도 필요하다.

참고문헌

- [1] R. L. Arenson, et al. "The Digital Imaging Workstation", Radiology, 176:303-315, 1990
- [2] P. Kokol, "Some ideas about intelligent medical system design", 12th IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems, pp. 48-52, 1999
- [3] A.C. Dhanantwari and S. Stergiopoulos, "Adaptive processing to correct for organ motion artifacts in X-ray CT medical imaging systems", Sensor Array and Multichannel Signal Processing Workshop, IEEE, pp. 261-265, 2000.
- [4] 고선영, "영역 확장 기반 추적을 이용한 효율적인 3차원 의료 영상 분할 기법", 한국과학기술원 석사학위논문 1999
- [5] 김명희 외 2 인, "의료영상의 3차원 가시화기술 및 발전방향", 한국정보과학회지 제 16권, 제 12호, 1998.12, pp. 13-21
- [6] 백철화, "의료영상을 이용한 뇌기능 분석 기술", 한국정보과학회지 제 16권, 제 12호, 1998.12, pp. 32-35
- [7] 조경은 외 5인, "반전 이미지와의 차이에 의한 뇌 MR 영상의 영역 분할 기법", 한국멀티미디어학회 추계학술 발표논문집, 제4권 제1호, 2001