

# 뇌 MR 영상의 매핑을 위한 뇌 구성 요소의 특징 추출

채정숙<sup>\*</sup>, 조경은, 여인효, 김준태, 엄기현, 조형제  
동국대학교 컴퓨터공학과

## Feature Extraction of Brain Structural Elements for Brain MR Images Mapping

Jeongsook Chae<sup>\*</sup>, Kyungeun Cho, Inhyo Yeo, Juntae Kim, Kyhyun Um, Hyungje Cho  
Dept. of Computer Engineering, Dongguk University

### 요약

뇌 MR 영상에서 질환을 자동적으로 진단하고 판별하는 작업은 정상인의 뇌 영상과의 비교를 통해서 가능하다. 정상인과의 뇌 영상 비교를 통하여 보다 정확하게 질병에 대한 근거를 제시할 수가 있기 때문에 이러한 접근 방법들이 여러 의료영상 연구 분야에서 시도되고 있다. 정상인의 뇌 영상과의 비교를 위해서는 우선적으로 해결되어야 하는 것이 현재의 대상 영상이 정상인 뇌의 어느 위치의 영상과 일치하는지를 판별하는 문제이다. 따라서 본 연구는 이러한 뇌 매핑에 사용될 수 있는 특징들을 추출하기 위한 것으로, 뇌 매핑에 사용되는 특징들을 추출하기 위해서 뇌 MR 영상으로부터 머리 영역, 뇌영역, 뇌척수액영역 그리고 눈영역을 분할한 후 이들의 윤곽선, 최소사각형과 각 영역들의 픽셀 정보들을 찾아낸다. 이는 추후 연구할 뇌 매핑을 위한 대분류에 사용될 수 있다.

### 1. 서론

뇌 질환은 그 종류와 발병 시기에 따라 진단 및 치료의 범위가 달라지므로 정확한 질병의 조기진단 및 치료 계획을 세우는 일은 아주 중요하다. 현재 의료 영상 처리 연구분야는 관심을 두는 영역 분할에 대한 연구는 많이 이루어지고 있으나 보다 정확한 질병의 진단에 근거가 될 수 있는 정상인과의 영상 비교작업(mapping)에 관한 연구는 많이 이루어지지 않고 있다. 기존의 매핑에 관한 연구는 Polynomial Translation 방법 [6], 유사도 기반 방법 (Similarity Based Method) [1] 그리고 경계 기반 방법 (Boundary-Based Method) [5]이 있다. Polynomial Translation 방법은 많은 수의 landmark point 요구와 계산의 오차 문제를 야기하는 단점을 갖고 있다. 경계 기반 방법 (Boundary-Based Method)은 2-D 정합을 위해 영역의 경계로부

터 얻어진 정보를 사용하는데 반복적인 경계의 변형(deformation of boundaries)을 통해 결과를 얻는 방법을 사용한다. 이 방법은 정확하게 매핑을 수행하기 위해서는 탐색의 깊이를 증가시켜야 하므로 수행 시간이 오래 걸려 계산 비용이 많이 들고, 초기 정합의 어려움에 민감하다는 단점이 있다.

본 논문에서는 질병의 진단에 정확한 판단의 기준을 제공하는 매핑을 위한 전처리 단계로서 뇌 구성 요소 각각의 특징들을 추출한다. 추출된 특징으로부터 윤곽선과 크기정보를 산출한 후 이들 정보들로부터 영상 매핑을 위한 대분류를 하기 위해 정보화한다. 차후에 정상인의 뇌 영상에서 정보화된 특징들과 비정상인의 뇌 구성요소에서 정보화된 특징들로부터 매핑(rough mapping)을 통해 정상인의 어느 슬라이드와 일치하는지를 분류할 수 있을 것으로 고찰된다. 뇌 MR 영상 매핑을 위한 대분류 방법은 다음과 같다. 뇌영역이 머리 영역에서 차지하는 비율, 뇌척수액 영

본 연구는 1999년도 한국과학재단 특정기초연구(과제 번호: 1999-1-303-002-3) 내용의 일부임

역의 유무, 눈영역의 유무 정보를 이용하여 현재 입력된 이미지가 어느 슬라이드층에 속하는지를 대분류하고자 한다. 머리 전체 영역 내에서 뇌영역이 80% 이상을 차지하는 클래스, 뇌영역에 뇌척수액 영역을 포함하고 있는 클래스, 뇌영역이 눈영역을 포함하고 있는 클래스, 뇌영역이 머리 영역의 50% 미만의 체적을 갖는 4개의 클래스로 대분류가 가능하다고 본다. 결과적으로 이와 같은 분류 방법으로 임의의 비정상인 영상에 대해 추출되어진 각 특징들을 이용하여 정상인의 어느 슬라이드층에 포함되는지를 찾아내기 위한 매핑의 전처리단계로 사용될 수 있을 것으로 기대한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 뇌 구성요소의 특징들을 추출하기 위한 전처리 단계로 머리영역, 뇌영역, 뇌척수액 영역, 눈영역을 분할하는 방법과 특징 추출 방법을 설명하고, 3 장에서는 이로부터 추출된 특징들을 가지고 뇌 매핑에 적용할 수 있는 방법에 관한 고찰을 한다. 4 장에서는 실험 방법과 결과를 분석하며 결론을 맺는다.

## 2. 뇌 구성 요소의 특징 추출

2 장에서는 뇌 MR 영상에서 각 구성요소들을 분할하는 방법과 정상인 슬라이드와의 매핑을 위한 대분류에 사용되어질 머리영역, 뇌영역, 뇌척수액 영역 그리고 눈영역 분할하는 방법과 각 분할된 영역에서 특징들을 추출하는 방법을 설명한다.

### 2.1 머리 영역의 추출

뇌 MR 영상에서 머리 영역을 분할하기 위해 우선적으로 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. 머리 영역을 추출하여 각 특징들을 정보화 하는 과정이 그림 1에 나타난다.

배경색을 제거한 영상에서 남은 영상은 머리 영상이다. 뇌의 가장자리 부분인 외피는 배경색보다 항상 더 밝은 명암 값을 가지고 있는 특징 때문에 외피로 둘러싸인 머리 영역만이 남는다. 그러나 외피 내부는 배경색에 가까운 명암 값이 부분적으로 채워져 있으므로 히스토그램 분석에 의한 배경을 제거하는 단계에서 비슷한 명암값이 뇌의 내부에서 부분적으로 손상될 경우가 있다. 그러므로 머리 영역 내부의 영상을 복원하기 머리 영역을 분할한 후에 채우기 알고리즘

을 적용한다. 일단 머리 영역을 분할하기 위해 배경색과 머리 영역에 대해서 이진화를 한 후 블랍 칼라링 (Blob Coloring) 알고리즘 [2]을 적용한다.



그림 1 머리 영역 분할 및 특징 추출 단계

이렇게 해서 구해진 뇌 구성요소 영역에 대해 최소사각형(MBR)을 구한 후 가장 큰 MBR이 머리 영역이라 간주하고 윤곽선과 크기정보를 구한다. 윤곽선을 구하기 위한 방법으로 이진 이미지의 8 방향 체인 코드 알고리즘 [2]을 사용하여 구해진 윤곽선에 대해서 채우기 알고리즘을 적용하여 원본 이미지를 다시 복원한다. 채우기 알고리즘으로는 4 방향 픽셀 검사 방법을 적용한다. 그림 2에서처럼 이미 윤곽선이 구해진 전체 영상에서 좌에서 우로 픽셀 검사를 하여 그 픽셀의 값이 윤곽선이 아니면 그 픽셀의 값을 0 즉 검은색으로 만들고 윤곽선이면 이 행의 검사는 중단하고 다음 행의 픽셀 값을 검사한다. 이러한 방법으로 그림 2처럼 화살표 방향으로 좌에서 우로, 위에서 좌로, 위에서 아래로, 아래에서 위로 각각 4 방향에 대해 적용시켜 윤곽선에 대한 마스크를 만든다.

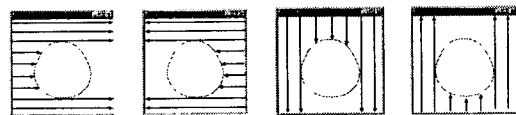


그림 2 채우기 알고리즘의 4방향 픽셀 검사 방법

결과적으로 윤곽선 안의 영역은 흰색으로 바깥쪽은 검은색으로 나타내는데 이를 반전시켜서 윤곽선 안의 영역을 검은색으로 만들고 이 마스크로 원본이미지와 더하기 연산을 한다. 결과적으로 그림 3에서처럼 윤곽선 안의 영역에 원본 이미지가 채워지므로 전처리 단계로 인해 훼손된 원본 이미지를 복구한다.

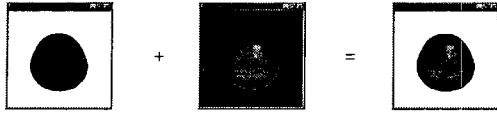


그림 3 원본 이미지 복원

머리 영역 분할 및 윤곽선 추출 과정을 거친 최종 결과가 그림 4에 나타난다.

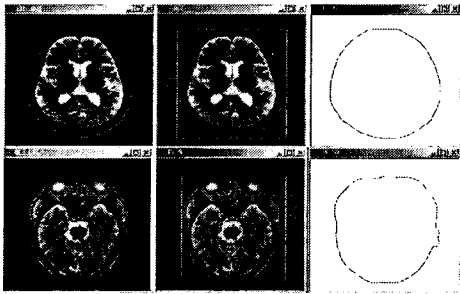


그림 4 머리 영역의 분할 결과와 특징 추출

## 2.2 뇌 영역의 추출

이 절에서는 뇌 MR 영상에서 분리되어진 머리 영역을 대상으로 뇌영역을 추출하는 방법을 설명한다. 각 단계가 그림 5에 나타난다.

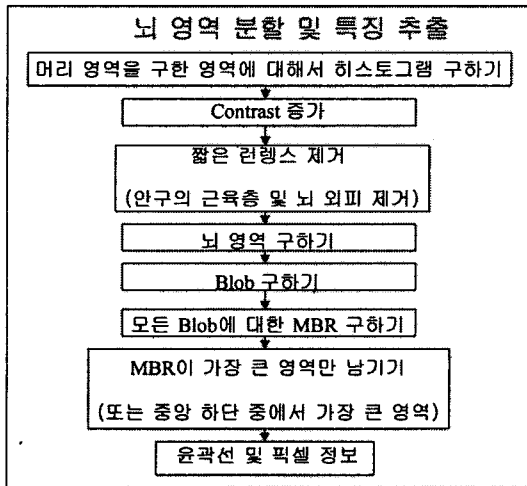


그림 5 뇌 영역 분할 및 특징 추출 단계

뇌 영역 추출은 추출된 머리 영역으로부터 고려되어진다. 뇌 영역은 외피와 분할하고자 하는 내피 사이에는 아주 높은 명암값을 갖는 두개골층이 있다. 이 높은 명암값을 갖는 두개골층은 콘트라스트를 증가시켜 명암값이 두드러지게 한 후 히스토그램 분석을 통해 외피와 뇌 영역의 세그먼트로 분리한다. 이 결과 영상에 대해 미처 제거되지 않은 눈과 외피를 평균 두

피와 근육층 길이 만큼 런LENGTH 알고리즘으로 제거하여 뇌 영역만을 분리한다. 뇌 영역을 분할한 결과와 특징 추출결과가 그림 6에 나타난다

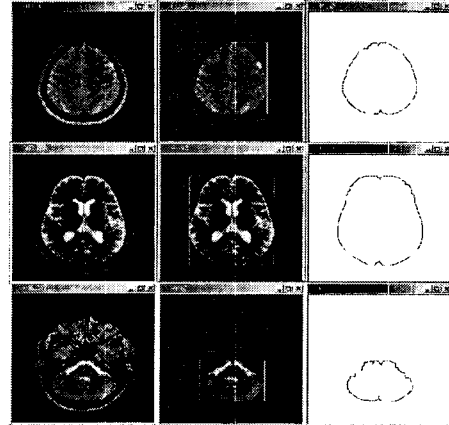


그림 6 뇌 영역의 분할 결과와 특징추출

## 2.3 눈 영역의 추출

눈 영역은 머리 영역의 상단부에 나타난다는 사실을 가지고 추출된다. 입력되는 머리 영역에 대해서 이미지 반전을 적용한 후 콘트라스트를 최대한 높여주고 5x5 미디안 필터를 적용시켜 잡음을 제거한다. 이를 블랍 칼라링 알고리즘을 적용한 후 머리 전체 영역의 상위 1/5 영역을 후보영역이라 간주하고 이 영역내에 포함되는 블랍에 대해서 MBR과 밀도를 구한다. 이를 만족하는 블랍에 대해 눈의 영역은 MBR의 면적에서 70 %이상을 차지하므로 밀도가 이 임계값 이하의 눈영역이 아니라고 간주하고 제거한다. 그림 7, 8, 9는 눈을 추출한 결과이다.

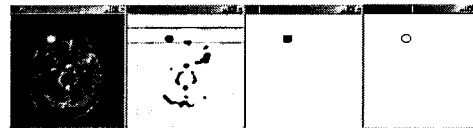


그림 7 한쪽 눈이 검출된 결과

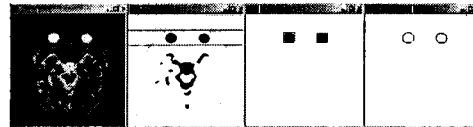


그림 8 양쪽 눈이 검출된 결과



그림 9 눈이 없는 경우에 검출되지 않은 결과

### 2.4 뇌척수액 영역의 추출

뇌 척수액은 뇌 영역으로 추출된 이미지를 반전한 후 콘트라스트를 최대값으로 증가시켜 뇌척수액과 회백질의 두드러지는 명암대비 성질을 이용하여 추출한다. 이렇게 나온 결과 영상에 대해 블랍 칼라링 알고리즘을 적용 후 뇌척수액 영역의 후보영역을 뇌 너비의 1/3, 뇌 높이의 1/3로 두고 이 범위 안에 포함되는 블랍을 뇌척수액 영역으로 추출한다. 그림 10은 뇌척수액 영역을 분할한 결과이다.

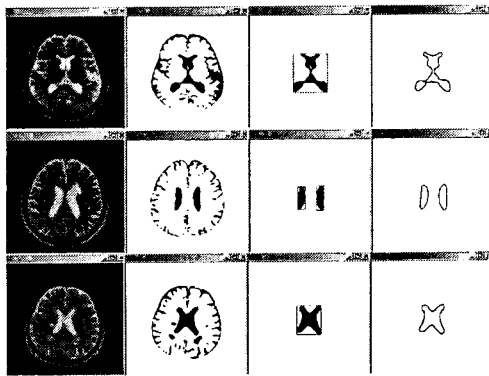


그림 10 뇌 척수액 영역의 분할과 윤곽선 추출

### 3. 실험 방법 및 결과 분석

본 논문에서는 실험 대상으로 MR 영상을 사용하였으며, 총 30 세트의 정상인과 비정상 환자에 대한 영상을 가지고 실험하였다. 한 세트는 20 개의 영상으로 이루어져 있으며 MR T2 강조 영상으로 실험하였다. 대분류를 위하여 사용하게 될 분할된 영역들에 대해서 정확도를 측정하였다. 측정 대상은 머리영역, 뇌영역, 뇌척수액 영역, 눈영역이다. 영역 분할의 정확도 판별은 사람이 분할했을 경우와 비교하여 산출하였다. 표 1은 각 영역분할에 대한 정확도를 나타낸다.

추출 대상	오인식 개수 / 600 개	정인식률
머리 영역	0 / 600	100.0 (%)
뇌 영역	50 / 600	91.7 (%)
뇌척수액 영역	68 / 600	88.7 (%)
눈 영역	35 / 600	94.2 (%)

표 1 영역 분할에 대한 정확도

실험 결과에서도 볼 수 있듯이 머리영역의 분할은 100%의 좋은 결과를 나타낸다. 눈 영역의 오인식은 뇌 영역의 분할에도 영향을 미친다. 눈영역이 잘못 추출되었을 경우에 적용되는 런랩스 알고리즘의 적용범위 오차가 뇌영역 추출의 오인식에 영향을 미친다. 뇌

척수액 영역의 오인식을 분석하면 뇌척수액 영역이 있는 영역에 대한 추출은 100%이루어졌으나 실제적으로 뇌척수액 영역이 아닌 부분이 검출된 경우가 600 개 중 68 개로서 오인식이 발생하였다. 이는 뇌척수액이 없는 영상에서 뇌척수액 영역과 위치, 크기, 명암값이 비슷한 객체가 추출되어 뇌척수액 영역으로 오인식이 된 경우들이다. 이는 차후에 잡음을 처리하는 후처리과정을 두어 보완을 해야 할 것이다. 또한 눈영역 역시 눈이 있는 영상에 대해선 눈 영역들이 모두 정확히 추출되었으나 눈의 후보영역 안에 눈과 비슷한 밀도분포를 가지고 있는 회백질 영역이 눈영역으로 오인식된 경우가 대부분이다.

### 4. 결론 및 향후 연구과제

이 논문은 뇌 매핑에 사용되는 특징들을 추출하기 위해서 뇌 MR 영상에서 머리영역, 뇌영역, 뇌척수액영역 그리고 눈영역을 분할한 후 이들의 윤곽선, 최소사각형 그리고 각 영역들의 픽셀 정보들을 추출하는 방법을 제안했다. 또한 이러한 특징들을 이용하여 뇌 매핑을 할 수 있는 방법에 대하여 고찰했다. 향후 연구과제로는 각 영역분할의 오인식률을 감소하기 위한 후처리에 관련된 구현과 앞에서 제시한 대분류 알고리즘의 구현이 요구된다. 또한 더 미세한 매핑을 위한 방법에 대한 연구가 필요하겠다.

#### [참고문헌]

- [1] R. Bajcsy and S. Kovacic, "Multiresolution elastic matching." CVGIP Vol. 46, pp. 1-21, 1989
- [2] D.H. Ballard and C.M. Brown, "Computer Vision", Prentice Hall, 1982
- [3] C. Davatzikos, et al. "Brain image registration based on curve mapping", Biomedical Image Analysis, Proceedings of the IEEE Workshop, pp. 245-254, 1994
- [4] C. Davatzikos, et al. "Image registration based on boundary mapping", IEEE Medical Imaging, Vol. 15 No. 1, pp 112-115, 1996
- [5] M. Moshfegi, "Elastic matching of multimodality medical images," CVGIP Vol. 53, No.3, pp. 271-282, 1991
- [6] G. Subsol, et al. "First steps towards automatic building of anatomical atlases," INRIA, TR 2216, 1994