

# 뇌의 자기공명(MR) 영상에서 백질과 회백질의 추출

°유현경\*, 박종원\*, 송창준\*\*

\*충남대학교 공과대학 정보통신공학과, \*\*충남대학교 의과대학 진단방사선과

## The Segmentation of white matter and gray matter from brain MR Image

°Hyun-Kyung Yoo\*, Jong-Won Park\* and Chang-June Song\*\*

\*Dept. of Information and Communications Engineering, Chungnam National University and

\*\*Dept. of Diagnostic Radiology, Chungnam National University

### 요 약

본 논문에서는 뇌의 자기공명(이하 MR로 줄임) 영상에서 양측 대뇌반구의 뇌백질과 뇌회백질의 추출에 관하여 연구하였다. MR 영상은 특정 장치에서 일정한 gray level 값을 유지하는 전산화단층촬영(이하 CT로 줄임) 영상과는 달리 사람마다 gray level 값이 다르며 한 사람에 대해서도 각 슬라이스에 따라 gray level 값이 다르므로 각 슬라이스별로 조직의 특성을 파악하여 백질과 회백질의 추출에 이용하였다. 먼저 뇌를 둘러싸고 있는 두피, 근육, 두개골과 함께 안구를 제거한 후 두개강 내에 위치한 뇌간과 소뇌의 특성을 차례로 인식하여 대뇌반구로부터 분리한 후 제거하였다. 또한 추출된 대뇌의 영상으로부터 백질과 회백질의 체적을 구하고, 뇌신경계 진단방사선과 전문의의 manual 작업과 비교하여 본 논문에서 제시한 방법의 정확도를 검증하였다.

### 1. 서론

CT(Computed Tomography)나 MRI(Magnetic Resonance Imaging)를 이용한 의학영상의 발달은 뇌신경계 질환의 진단에 도움을 주고 있다. 현재까지는 뇌의 백질과 회백질의 추출에 대한 연구가 아직 미흡한 실정이며, 치매나 뇌성마비와 같은 대뇌반구의 후천적 혹은 선천적 퇴행성 뇌질환의 경우에는 뇌백질 혹은 뇌회백질의 위축으로 체적이 감소하게 되므로[1][2] 백질과 회백질을 추출하고 체적을 구하여[3] 병변의 진단에 유용하게 사용할 수 있다. 또한 국내의적으로 백질과 회백질의 정확한 체적 계산이 이루어지지 않는 현실을 감안하여 본 연구에서는 뇌의 MR 영상에서 안구와 대뇌의 외피 부분, 뇌간, 소뇌영역을 제거하여 백질과 회백질을 추출하고 그 체적을 구하는 방법에 대하여 연구하였다.

### 2. 백질과 회백질 추출을 위한 제안 및 절차

뇌의 MR 영상은 ACR/NEMA version 2.0으로서 DICOM 형식의 파일이다. 보통 한 사람에 대하여 100개 이상의 슬라이스가 얻어지고 있으나, 여러 가지 스펙트로 자기공명 영상기법 중 대뇌의 백질과 회백질 부분이 잘 나타난 축상의 proton density image(양자밀도영상)와 T2 weighted image(T2 강조영상)는 각각 15 슬라이스 내외로 얻어지고 있다. 한 슬라이스의 matrix는 256×256 크기이고, 각 픽셀은 8bit로서 0에서 255 범위의 gray level로 표시될 수 있으며, 본 연구에서는 다시 PGM(Portable Gray Map) 형식의 파일로 변환하여 처리하였다. 그리고 이러한 영상 화일의 헤더부분에는 픽셀 크기와 슬라이

스 간격 등의 물리적 정보 및 환자의 신상에 대한 정보가 포함되어 있다.[4] 백질과 회백질의 추출을 위한 전체적인 과정은 (그림 1)과 같다.

|           |             |                    |
|-----------|-------------|--------------------|
| 전 처리      |             |                    |
| 영상의 배경 제거 | 안구와 대뇌외피 제거 | 백질과 회백질의 추출, 체적 계산 |
| 뇌의 외피 제거  | 뇌간 및 소뇌 제거  |                    |

그림 1. 백질과 회백질 추출 과정

### 3. 전처리과정(Preprocessing)

초기에 뇌의 영상은 gray level 값이 거의 0에 가까운 검은 배경을 갖고 있다(그림 5(a)). 이러한 부분은 백질과 회백질의 추출과는 무관한 부분으로 gray level 값의 차이를 이용하여 사전에 제거하도록 한다. 배경이 제거되고 남은 뇌의 영상에는 백질과 회백질을 타원 형태의 근육이 둘러싸고 있다. 이러한 부분도 본 연구에서 취급하고자 하는 ROI(region of interest)에 해당되지 않는 부분으로 미리 제거하도록 한다. 외피와 뇌 내부의 회백질 사이에는 검은 색의 신호강도가 없는 두개골이 띠 모양으로 존재하므로 이러한 검은 두개골을 추적하고, 추적된 두개골과 함께 근육층을 제거함으로써 백질과 회백질 부분으로부터 분리하였다. (그림 5(c))는 전처리 과정을 통해 검은 배경과 근육이 제거된 영상이다.

### 4. 백질과 회백질 추출

#### 4.1 안구와 대뇌의 외피 부분 제거

배경과 근육이 제거된 proton density image(양자밀도 영상)에 안구와 대뇌의 외피 부분이 있다. 이 부분은 boundary에 접하는 영역이므로 먼저 픽셀을 조사하여 그 픽셀이 boundary인 edge인지를 인식한 후 edge에 해당하는 픽셀일 경우만 알고리즘을 적용시켰다.

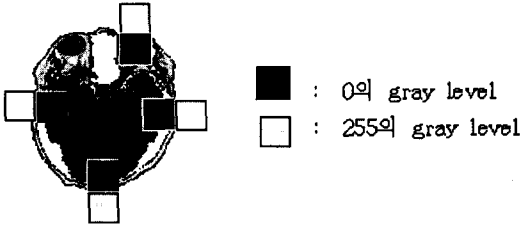


그림 2. edge로 인식되는 4가지 경우

또한 MR 영상은 조직에 따라 일정한 gray level 값을 갖지 않으므로 edge를 찾는 과정에서는 영상을 0과 255 값으로 이루어진 binary로 보고 알고리즘을 구현하였다. (그림 2)의 4가지 경우에 edge로 인식이 되며, edge를 찾으면 인접한 주위 8개의 픽셀 값을 조사해서 connectivity를 고려한다. 8개의 픽셀 중에 255 값인 픽셀 수가 4개 이상이면 그 픽셀은 제거해야 할 noise로 인식되어 255 값으로 바꾼다. 이런 과정을 거쳐 아래 (그림 3(b))에서 보는 바와 같이 connectivity가 감소하게 되며 (그림 3(c))에서는 object에서 떨어진 영역을 object와 다른 gray level 값으로 표현을 해 보았고 이 영역을 제거하여 (그림 3(d))의 결과를 얻었다.



그림 3. 안구와 대뇌의 외피 부분 제거 과정

#### 4.2 뇌간과 소뇌 제거

connectivity를 고려하여 object로부터 안구와 대뇌의 외피 부분을 제거하는 것과는 달리 뇌간과 소뇌는 두개강 내에 위치하고 대뇌반구에 둘러싸여 있을 뿐 아니라 gray level 값도 백질, 회백질 조직과 비슷하여 추출에 어려움이 있었다.

본 논문에서 접근한 방법은 뇌간이 있는 영역은 모든 영상

의 중심에 위치하고 있으므로 먼저 region splitting 과정으로 뇌간과 소뇌가 있는 영역을 한정한다(그림 4(a)). 그런 다음 5×5 matrix를 써서 뇌간 영역의 gray level 값을 조사하여(그림 4(b)) 얻어진 범위에 ±5의 gray level 값에 해당하는 영역을 포함시켜 뇌간이라 인식하여 분리한다(그림 5(e)). 분리된 영상에서 3×3 matrix를 써서 connectivity를 고려하여 다듬어 뇌간 영상을 얻고(그림 5(f)), 이 이미지를 원 이미지에 적용하여 그림 5(g)와 같이 뇌간이 제거된 이미지를 얻는다.

찾아진 뇌간을 중심으로 소뇌 영역을 한정한 후 뇌간에서와 같은 방법으로 소뇌 영역의 gray level 값을 조사하여 뇌간과 함께 소뇌를 분리한다(그림 5(h)). 찾아진 뇌간과 소뇌 영상을 다듬어(그림 5(i)) 원 영상에 적용하여 원래의 픽셀 값을 갖는 백질과 회백질을 추출한다(그림 5(j)).

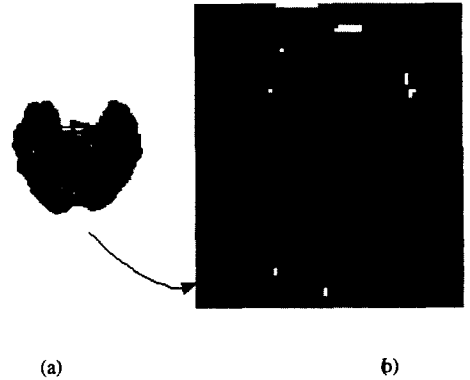


그림 4. (a) 뇌간과 소뇌 영역 한정 (b) 5×5 matrix를 적용하여 뇌간과 소뇌 각각의 gray level 값 조사

#### 5. 백질과 회백질의 체적 계산과 비교

백질과 회백질이 추출되고 난 후, 각 슬라이스에서 분리된 백질과 회백질의 면적을 이용하여 전체 백질과 회백질의 체적을 계산할 수 있다.[5][6] 면적 및 체적을 계산하기 위해 영상 슬라이스의 헤더에 있는 정보를 이용한다. 헤더에는 MR 영상에 대한 여러 물리적 정보 및 환자의 신상에 대한 정보까지 다양하게 나타나 있다. 이러한 정보에서 각 픽셀의 크기 및 슬라이스 사이의 간격에 대한 정보가 이용되며 체적의 계산은 다음과 같다.

$$V = \sum_{i=1}^{N-1} \left( (W_x \times X \times Y) \rho_i S_i + (W_x \times X \times Y) \rho_{i+1} S_{i+1} \right) / 2 \times D$$

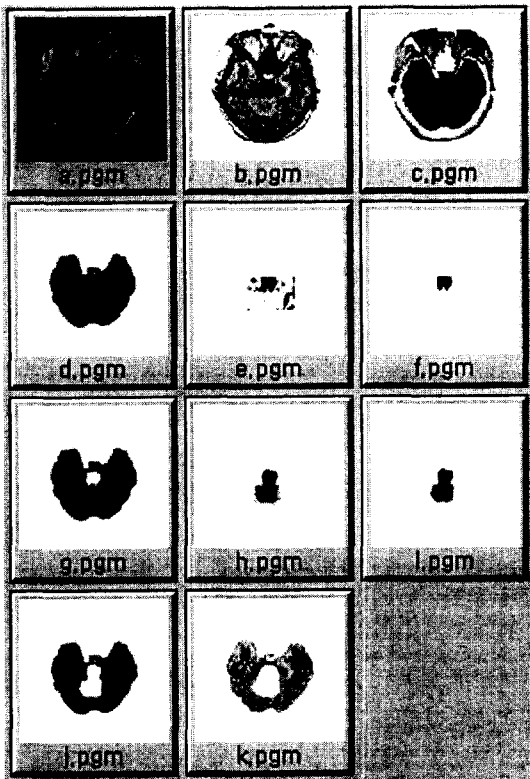


그림 5. (a) 초기 영상 (b) 평준화 영상 (c) 배경과 근육층이 제거된 영상 (d) 안구와 대뇌의 외피 부분이 제거된 영상 (e) 뇌간 영역 설정과 뇌간 추출 (f) e를 다듬어 뇌간을 추출한 영상 (g) 뇌간을 제거한 영상 (h) 뇌간과 소뇌 추출 (i) 뇌간과 소뇌 다듬기 (j) 뇌간과 소뇌가 제거된 백질과 회백질로 이루어진 최종 영상 (k) 뇌신경계 진단방사선과 전문의에 의해 manual 과 정으로 얻어진 백질과 회백질 영상

N: 추출된 백질과 회백질을 갖는 슬라이스의 수

$S_i$ : 슬라이스 번호

$W_p$ : 백질과 회백질을 구성하는 픽셀의 수

X: 한 픽셀의 가로길이

Y: 한 픽셀의 세로길이

본 논문에서 제안한 알고리즘을 총 10명의 MR 영상에 적용하여 보았다. 표 1은 그 결과를 뇌신경계 진단 방사선과 전문의의 manual 방식에 의해 분리된 영상(그림 5(k))과 비교하여, 추출된 백질과 회백질에 대해 체적의 평균을 계산한 것이다. 산출된 백질과 회백질의 체적의 평균에 있어 본 연구에 의한 알고리즘을 통해 추출한 체적과 의사의 manual에 의해 얻어진 체적은 2.2%의 오차를 보이고 있다.

|         | 본 연구에 의한 volume | Manual에 의한 volume | 오차   |
|---------|-----------------|-------------------|------|
| 백질과 회백질 | 0.785 liter     | 0.774 liter       | 2.2% |

표 1. 본 연구결과와 manual에 의한 체적 비교표

## 6. 결론 및 향후 연구 방향

지금까지 뇌의 MR 영상에서 백질과 회백질의 추출을 위해 안구와 대뇌의 외피 부분, 뇌간, 소뇌를 제거하는 방법을 설명하였다. 실제 뇌의 구조에서 백질과 회백질은 매우 복잡한 구조로 이루어져 있으며 특히 뇌간과 소뇌는 대뇌에 둘러싸여 있는 부분이라서 대뇌로부터 뇌간과 소뇌를 추출하는 것은 어려운 문제였다. 또한 MR 영상은 사람마다 다른 gray level 값을 가지며 또한 동일한 사람인 경우에도 슬라이스마다 다른 분포를 갖는다. 그래서 본 연구에서는 특정한 사람이나 슬라이스에 관계없이 뇌간과 소뇌의 gray level 값을 추정하는 방법으로 대뇌반구를 추출하여 체적을 구하고 뇌신경계 진단방사선과 전문의의 manual 영상과 비교하여 본 연구의 정확성을 뒷받침하였다.

이 연구 결과로 얻어진 백질과 회백질 영상에서 뇌의 백질과 회백질의 체적, 비율 등을 구하고[7] 이를 이용하여 대뇌의 위축을 보이는 백질이나 회백질의 퇴행성 질환을 조기에 정확히 진단하는 데에 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고 문헌

- [1] B. E. Tomlinson, G. Blessed, and M. Roth, "Observations on the [2] brains of demented old people," J. Neurol. Sci. 11, pp.205-242, 1970.
- [2] A. Brun and L. Gustafson, "Distribution of cerebral degeneration in Alzheimer's disease," Arch. Psychiatry, pp.15-33, 1976.
- [3] M. I. John, N. K. Tanna, G. T. Herman, "Analysis of brain and cerebrospinal volumes with MR imaging," Radiology, pp.115-122, 1991.
- [4] NEMA draft doc. *Digital Imaging and Communications in Medicine(DICOM)*
- [5] Naeem Shareef and DeLiang L. Wang, "Segmentation of Medical Images Using LEGION", IEEE Transactions on Medical Imaging, Vol.18, No.1, pp.74-91, Jan.1999.
- [6] Scott. E. Umbaugh, *Computer Vision and Image Processing: A Practical Approach Using CVIPtools*, Prentice Hall PTR, 1998.
- [7] 성운창, 유승화, 김원봉, 한기선, 박종원, "뇌의 MR 영상에서 부분 체적(partial volume)을 고려한 백질의 추출을 위한 연구", 충남대학교 산업기술연구소, pp.150-157, Jun.1999.