

# 뇌 MR 영상의 그룹핑을 위한 뇌척수액의 분류

채정숙, 조경은, 조형제  
한국전자통신연구원 우정기술 연구센터,  
안양대학교 디지털미디어학부, 동국대학교 컴퓨터멀티미디어공학과

## Classification of Cerebrospinal Fluid for Brain MR Images Grouping

Jeongsook Chae, Kyungeun Cho, Hyungje Cho  
Postal Technology Research Center, Electronics & Telecommunication Research Institute  
Division of Digital Media, Anyang University  
Dept. of Computer Multimedia Engineering, Dongguk University

### 요 약

뇌 MR 영상의 분석을 통해 질환을 자동적으로 진단하고 판별을 하기 위한 전처리 과정으로 정상인의 MR 영상 모델과 현재 고려되어지는 대상 영상과의 비교 작업이 요구된다. 이를 통해 보다 정확한 질병에 대한 근거를 제시함으로써 진단이 가능하게 된다. 이러한 비교 작업을 위해 우선적으로 해결해야 하는 것이 현재 대상 영상이 정상인의 MR 영상 시리즈 중 어느 위치의 영상과 일치하는 지를 판별해야 한다. 실질적으로 뇌 MR 시리즈는 영상의 특징에 따라 크게 몇 개의 그룹으로 분류된다. 그루핑 결과 뇌척수액이 존재하는 그룹은 또 다시 4 종류의 세부분류로 나누어지는데, 본 논문에서는 이 뇌 척수액의 모양에 따라 분류하는 알고리즘을 소개한다.

### 1. 서론

뇌 질환의 종류와 발병 시기에 따라 진단 및 치료 계획이 달라지므로 MR 영상의 분석을 통하여 이를 정량화 된 자료로 정보화하는 일은 질병의 조기 진단 및 치료의 계획을 세우는데 있어 아주 중요한 의학 영상처리 분야이다. 이는 매핑을 통해서 가능하게 되는데 질병의 위치와 크기의 판별뿐 아니라 시간 간격을 두고 촬영한 MR 영상에 대해서는 시간의 경과에 따른 병변의 관찰이 가능하게 된다.

매핑에 관한 기존 연구는 Polynomial Translation 방법 [1], 유사도 기반 방법 (Similarity Based Method) [2], 경계 기반 방법 (Boundary-Based Method)[3]이 있으며 최근에는 Knot Point[4]를 사용하는 방법과 뇌척수액 영역의 외곽선을 이용한 방법 [5]이 많이 연구되어지고 있다.

본 논문에서는 매핑을 하기 위한 전처리 단계로 정상인 모델의 영상 시리즈를 n개의 그룹으로 자동 생

성하는 그룹핑 알고리즘 중에서 뇌척수액이 있는 그룹의 세부 분류 알고리즘을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 뇌척수액의 세부 분류에 관한 내용을 언급하고, 3장에서는 세부 분류 알고리즘을 위한 조건들을 제시한다. 4장에서는 실험결과를 언급하고 결론을 맺는다.

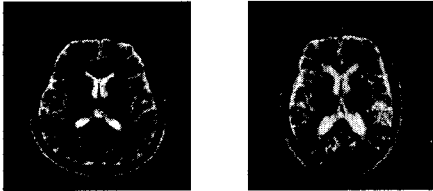
### 2. 뇌척수액 (cerebrospinal fluid)의 세부 분류

뇌 척수액(cerebrospinal fluid)은 뇌 및 척수 주위의 지주 막하강 (subarachnoid space)과 뇌실 (ventricles of brain) 내에 차있는 액체로서 뇌를 지지하며 기계적인 충격으로부터 뇌를 보호하는 역할을 한다.

뇌 척수액은 정상인과 비정상인 모두에게 존재하며 그 해부학적인 특징은 그대로 유지되나 사람마다 그 크기와 모양이 다르다. 특히 정상인의 경우 뇌 척수액의 크기가 작아 영역이 존재하는 프레임이 5~6장이나, 비정상인의 경우 질환의 정도에 따라 차이가

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

있지만 대부분이 뇌 척수액이 비대해지면서 존재하는 영역도 5~9장 정도의 프레임으로 그 수가 일정치가 않다. 다음 그림 1은 서로 다른 정상인과 비 정상인의 256 × 256 뇌 MR 영상에 대해 동일한 위치의 뇌 척수액을 비교한 그림이다.



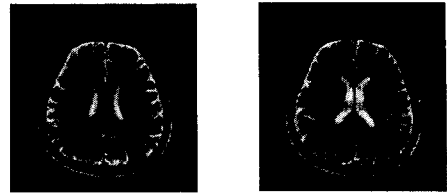
(a) 정상인 뇌 척수액 (b) 비 정상인 뇌 척수액

그림 1. 정상인과 비정상인의 뇌 척수액

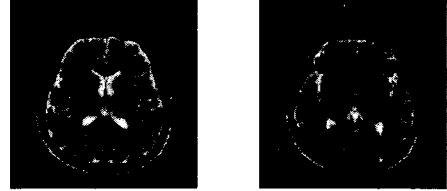
뇌 척수액의 세부 분류는 그 크기와 모양에 따라 대략 4종류로 나뉘게 된다. 매개 변수는 3장에서 추출된 뇌척수액의 MBR, 윤곽선, 면적비의 특징 정보를 가지고 고려된다. 뇌 척수액이 나타나기 시작하는 첫 번째 프레임은 뇌 영역의 가운데 중심위치에서 좌우 대칭을 이루는 분할된 뇌 척수액이 존재하며, 그림 2의 (가) 그림에 해당한다.

두번째는 뇌 척수액이 하나의 큰 영역으로 나타나며, 가운데 1/4 영역이 팽 찬 분포를 갖는 뇌 척수액이 존재하며 그림 2의 (나) 그림이 이에 해당한다. 이와 반대로 뇌척수액의 가운데 1/4 영역이 팽 차지 않은 분포를 나타내거나 위·아래가 분할된 뇌 척수액은 그림 2의 (다) 그림에 해당한다.

마지막으로 가운데 중심위치에 기다란 막대 모양을 갖는 뇌 척수액과 좌우 대칭 위치에 작은 영역의 뇌 척수액이 존재하며, 그림 2의 (라) 그림이 이에 해당한다



(가) 뇌 척수액 1 (나) 뇌 척수액 2



(다) 뇌 척수액 3 (라) 뇌 척수액 4

그림 2. 뇌 척수액의 4 분류

### 3. 뇌척수액 (cerebrospinal fluid)의 세부 분류 조건

뇌 척수액의 모양에 따라 4종류로 분류가 되는데, 이를 분류하는 조건을 살펴보면 다음과 같다.

#### 1) 분류 1

분류 1은 뇌 척수액이 좌우 두 개로 존재하는 경우 이들 서로간의 좌우 대칭 정보를 이용하여 분류가 가능하며, 이를 도식화한 그림이 그림 3에 제시된다.

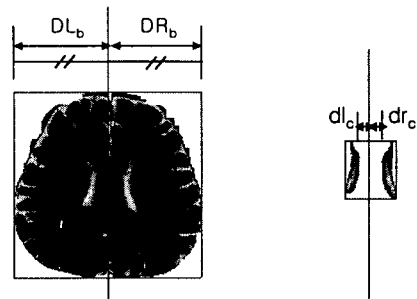


그림 3. 뇌 척수액의 분류 1

$DL_b$  : 뇌 영역의 중심점에서 좌측으로 1/2의 너비  
 $DR_b$  : 뇌 영역의 중심점에서 우측으로 1/2의 너비

$$D_i(\text{brain}) = \frac{DRb - |DLb - DRb|}{DRb}$$

이 식에 의해  $D_i(\text{brain}) = 1$ 의 값을 갖는 경우 뇌 영역이 좌우 대칭임을 알 수 있다. 이때 뇌 척수액의 유사도의 계산이 가능하게 된다. 뇌 영역 MBR에서 뇌 척수액의 유사도 계산은 좌우로 분할된 뇌 영역으로부터 고려되며 먼저 좌측 뇌 척수액의 유사도를 산출하는 식은 다음과 같다.

$$DistL = (DLb, dlc) = 1 - \frac{|DLb - dlc|}{|DLb| + |dlc|}$$

DistL : 유사성 측정치( $L_i$  - norm)

DLb : 분할된 뇌 영역의 좌측 너비

dlc : 뇌 영역의 중심점에서 우측의 뇌 척수액과의 거리

이 식에서 DistL는 좌측의 분할된 뇌 영역과 뇌 척수액의 유사도 거리를 구한 것이다.

$$DistR = (DRb, drc) = 1 - \frac{|DRb - drc|}{|DRb| + |drc|}$$

DistR : 유사성 측정치( $R_i$  - norm)

DRb : 분할된 뇌 영역의 우측 너비

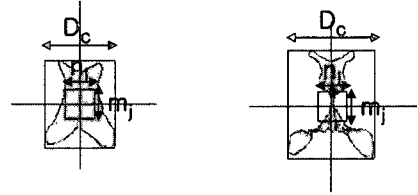
drc : 뇌 영역의 중심점에서 우측의 뇌 척수액과의 거리

이 식에서 산출된 DistR은 분할된 우측 뇌 영역과 뇌 척수액 영역의 유사도 거리를 산출한 것이다. 이렇게 구해진 DistL 와 DistR이 서로 유사한 값을 갖을 때 서로 대칭이라고 판단하여 세부 분류한다. 여기서 유사도의 오차는 전체 영상에 대한 평균값인 0.2로 설정한다.

$$\text{Classification1(similarity)}: \frac{|DistL - DistR|}{\max\{DistL, DistR\}} \leq 0.2$$

## 2) 분류 2 와 분류 3

분류 2는 뇌 척수액이 큰 영역으로 한 개 존재하는 경우에 뇌 척수액의 내부 중심 영역의 밀도 분포 정보로 분류하게 된다. 먼저 뇌 척수액의 MBR 내에서 중심위치의 1/4 영역의 밀도를 산출해 항상 90% 이상이면 분류 2로, 90% 이하이면 분류 3으로 구분한다. 그림 4에 결과 그림이 나타난다.



(가) 분류 2

(나) 분류 3

그림 4. 뇌 척수액의 분류 2, 3

$D_c$  = 뇌 척수액의 너비

$n_i$  = 뇌 척수액의 1/4 영역의 가로 너비

$m_i$  = 뇌 척수액의 1/4 영역의 세로 너비

뇌 척수액의 내부 면적의 계산은 다음 계산식으로 나타낼 수 있다.

$$A = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m f(i, j)$$

A : 면적

i = 가로축의 픽셀 값 (i = 1, 2, ..., n)

j = 세로축의 픽셀 값 (j = 1, 2, ..., m)

여기서 다음 면적비율의 조건에 따라 분류 2,

$$\text{Classification 2 : } A \geq 90.0\%$$

그리고

$$\text{Classification 3 : } A < 90.0\%$$

분류 3으로 분류된다.

## 3) 분류 4

뇌 척수액의 네 번째 분류는 뇌 척수액 MBR이 한 개이고 분류 2와 분류 3의 조건을 만족하지 않는 경우에 좌우 대칭의 작은 뇌 척수액이 한 개 이상 존재하는 정보를 가지고 분류된다. 다음 그림 5는 분류 4 조건을 도식화한 결과 그림이다.

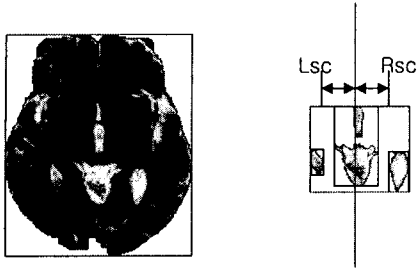


그림 5. 뇌 척수액의 분류 4

Lsc = 뇌 척수액 영역의 중심점에서 좌측으로 1/2의 왼쪽에 존재하는 작은 뇌 척수액 MBR 사이의 너비

Rsc = 뇌 척수액 영역의 중심점에서 좌측으로 1/2의 오른쪽에 존재하는 작은 뇌 척수액 MBR 사이의 너비

$$\text{Classification 4} = \frac{|Lsc - Rsc|}{\max\{Lsc, Rsc\}} \leq 0.2$$

서로 유사한 값을 갖을 때 대칭으로 판단하며, 유사도의 허용 오차는 0.2로 한다.

#### 4. 실험결과 및 결론

이 논문은 그룹핑 결과내에서 뇌척수액의 모양별로 세부 분류하는 알고리즘을 소개하였다. 실험은 뇌 MR T2영상에 대해서 행해졌다. 실제 비정상인 총 40명의 800여 개의 영상과 정상인 10명의 200여 개의 영상에 대한 분류 알고리즘에 대한 실험이 행해졌다. 1000여 개의 영상에서 뇌척수액의 세부분류 알고리즘을 적용한 결과 정확도가 93% 정도였다.

향후 연구과제로는 각 영역분할의 오인식률을 감소하기 위한 알고리즘 개선이 요구되며 매핑을 위한 방법에 대한 연구가 필요하다. 또한 다른 종류의 영상과의 정합을 통해 질병 부위를 정확히 추출하여 진단이 가능하게 하는 연구가 필요하다.

#### [참고문헌]

[1] G. Subsol, et al. "First steps towards automatic

building of anatomical atlases," INRIA, TR 2216, 1994

- [2] R. Bajcsy and S. Kovacic, "Multiresolution elastic matching." CVGIP Vol. 46, pp. 1-21, 1989
- [3] M. Moshfegi, "Elastic matching of multimodality medical images," CVGIP Vol. 53, No.3, pp. 271-282, 1991
- [4] Cohen, F.S.; Zhengwei Yang; Zhaohui Huang; Nianov, J. "Automatic matching of homologous histological sections" Biomedical Engineering, IEEE Transactions on , Volume: 45 Issue: 5 , May 1998 Page(s): 642 -649
- [5] Davatzikos, C. "Nonlinear registration of brain images using deformable models" Mathematical Methods in Biomedical Image Analysis, 1996., Proceedings of the Workshop on , 1996
- [6] 채정숙 외 5인, 뇌 MR영상의 매핑을 위한 뇌 구성요소의 특징추출, 한국멀티미디어학회 추계학술 발표논문집, 제4권 제1호, 2001
- [7] D.H. Ballard and C.M. Brown, "Computer Vision", Prentice Hall, 1982
- [8] Crane, Randy, "A Simplified Approach to Image Processing", Prentice Hall, 1996.