

뇌 MR 영상의 특징 추출을 이용한 그룹핑

채정숙^o 조경은 조형제

동국대학교 컴퓨터공학과

{jschae, cke, chohj}@dongguk.edu

Brain MR Images Grouping By Feature Extraction

Jeong-Sook Chae^o Kyung-Eun Cho Hyung-Je Cho

Dept. of Computer Engineering, Dongguk University

요약

뇌 MR 영상의 분석을 통해 질환을 자동적으로 진단하고 판별을 하기 위한 전처리 단계에서 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 일치하는지를 판별해야 한다. 실질적으로 뇌 MR 시리즈는 영상의 특징에 따라 크게 몇 개의 그룹으로 분류된다. 따라서 본 논문에서는 매핑을 위한 각 구성 요소의 특징을 추출해 자동으로 뇌 영상의 그룹핑을 함으로써 매핑시 고려되어지는 슬라이드의 범위를 좁혀 줄뿐만 아니라 영상의 질에 따라 부분적인 손실이 있다 하더라도 전후 관계 정보를 이용하여 유추가 가능한 방법을 제시한다. 800여개의 T2 MR 강조 영상에 대해서 실험을 행하여 비교적 정확한 그룹핑 결과를 유도할 수 있었음을 확인하였다.

1. 서론

뇌 질환의 종류와 발병 시기에 따라 진단 및 치료 계획이 달라지므로 MR 영상의 분석을 통하여 이를 정량화된 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 생성하는 그룹핑 알고리즘을 제시한다. MR 영상 촬영기의 환경에 따라 다양한 질의 영상이 생성되므로 가장 정확한 영상을 찾는 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 그룹핑을 함으로써 매핑의 오류를 줄이기 위한 방법으로 자동적으로 그룹핑을 하는 방법을 제안한다. MR 영상의 영역을 분할 후 정상인의 각 분할된 영역에 대해 MBR(Minimum Boundary Rectangle)과, 면적비, 윤곽선을 산출하여 여러 장의 슬라이드 시리즈를 자동으로 그룹핑을 함으로써 매핑을 위한 보다 정확한 객관화된 정보를 제공하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 그룹핑에 사용되는 뇌 구성 요소들을 소개하며, 3장에서는 추출된 특징으로부터 n개의 그룹으로 자동 생성하는 방법에 대해 기술한다. 4장에서는 실험 방법과 결과를 분석하며, 5장에서 결론을 맺는다.

2. 그룹핑을 위한 뇌 MR 영상 구성 요소의 특징 추출

본 장에서는 뇌 MR 영상의 그룹핑에 필요한 구성요소와 사용하게 되는 특징에 대해서 기술한다.

뇌 영상을 이루고 있는 구성요소들의 특징 추출단계[6]를 통해 추출된 MBR과 면적비는 자동 그룹핑을 하는 정보로 사용되며 각 영역의 윤곽선 정보는 차후 매핑을 위한 정보로 사용될 것이다. 그림1은 뇌 MR 영상의 그룹핑 개념도를 나타낸다. 뇌 영상 시리즈에서 추출되어진 특징 요소들을 이용하여 자동적으로 그룹핑을 하게 된다.

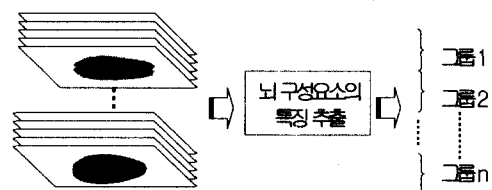


그림 1 MR 슬라이드 시리즈의 자동 그룹핑

그룹핑에 사용되는 구성요소는 머리 영역, 뇌 영역, 뇌척수액 영역, 그리고 눈 영역이다. 뇌 MR 영상에서 머리 영역을 분할하기 위해서는 배경색으로부터의 분리가 이루어져야 한다. 배경색은 뇌 구성요소보다 아주 낮은 명

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

암값의 분포를 가지고 있으므로 히스토그램 분석을 이용하여 배경과 머리 영역을 분리해낸다. 이때 배경색과 비슷한 분포를 갖는 머리 내부 영역의 손상은 원본 영상과 마스크 연산을 통해 복원한다.

뇌 영역의 추출은 전 단계에서 추출된 머리 영역에 대해서 고려되어진다. 뇌 영역은 외부 두피와 분할하고자 하는 뇌 영역을 둘러싸고 있는 내피사이 존재하는 높은 명암값을 갖는 두개골층을 분할함으로써 추출이 가능하다. 이 두개골층은 콘트라스트를 증가시켜 명암값이 두드러지게 한 후 히스토그램 분석을 통해 외부 두피와 뇌 영역의 세그먼트로 분리한다. 이 결과 영상에 대해 미처 제거되지 않은 눈과 외부 두피를 평균 두피와 근육층 길이 만큼 런LENGTH 알고리즘으로 제거하여 뇌 영역만을 분리해낸다. 이때 영상의 촬영 당시 환경에 따라 모든 영상에 대해 동일한 결과를 얻을 수가 없으므로 전처리 단계로 디더링(dithering) 알고리즘[8]을 적용하여 영상의 픽셀값을 주위 영상과 평균하여 처리함으로써 히스토그램 분석만을 통한 뇌 영역 추출의 에러를 개선할 수 있었다.

눈 영역을 추출하기 위해서는 추출된 뇌 영역에 대해 이미지 반전을 적용한 후 콘트라스트를 최대한 높여주고 5x5 미디안 필터를 적용시켜 잡음을 제거한다. 이를 블랍 칼라링[7] 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 이하인 것은 눈영역이 아니라고 간주하여 제거한다.

뇌 척수액 영역을 추출하기 위해서는 뇌 영역으로 추출된 결과 영상을 반전한 후 콘트라스트를 최대한으로 증가시켜 뇌척수액의 명암값이 두드러지는 성질을 이용하여 추출한다. 이 결과 영상에 대해 블랍 칼라링 알고리즘을 적용한 후 뇌 척수액 영역의 후보영역을 뇌 MBR의 1/3 영역내로 하고 이 영역내에 포함되는 1개 이상의 블랍을 뇌 척수액 영역으로 간주하게 된다.

뇌 구성 요소의 특징 추출단계에서 추출된 모든 요소에 대해서 MBR과 윤곽선을 구하고 면적비를 산출한다. 이 특징들은 다음 단계인 그룹핑에서 사용하게 된다. 그림 2는 뇌 구성요소의 특징을 추출한 결과 영상이다.

3. 추출된 뇌 구성요소의 그룹핑

뇌 MR 영상의 매핑을 위해 영상을 특징별로 그룹핑하기 위해 제안된 방법은 뇌 구성요소의 윤곽선과 MBR 정보를 가지고 고려되어진다. 2장에서 추출된 뇌 구성요소의 MBR, 윤곽선, 면적비를 정보화하고, 이 정보화된 특징들의 위치 관계와 포함 관계를 이용하여 자동으로 MR 영상 시리즈를 n개로 그룹핑을 한다. 한 사람의 MR 영상 시리즈는 그 질병의 위치나 그 정도에 따라 차등 간격을 두고 촬영을 하게 되므로 매핑을 하기 위해서 비

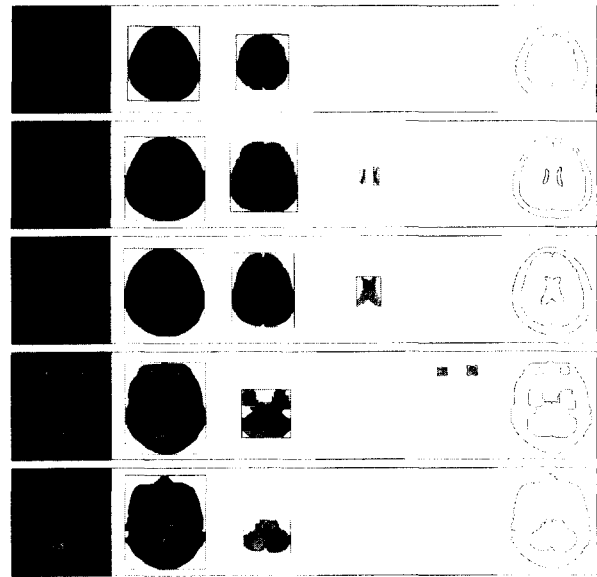
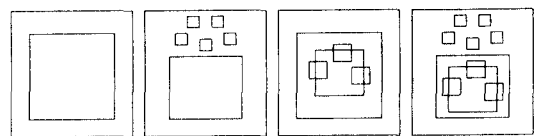


그림 2. 뇌 구성요소들의 특징 추출
(a) 원본 영상 (b) 머리 영역 MBR (c) 뇌 영역 MBR (d) 뇌 척수액 MBR (e) 눈 영역 MBR (f) 추출된 특징들의 윤곽선

교 대상이 되는 영상의 위치를 찾는 것은 그리 쉬운 일이 아니다. 따라서 뇌 영상의 구성요소별 추출된 특징들을 아래와 같이 제시한 조건에 의해 슬라이드 시리즈를 그룹화 한다면 매핑을 위해 고려되어지는 슬라이드의 범위를 축소시킴으로써 보다 정확한 매핑이 될 수 있는 근거 자료가 된다. 이러한 그룹화를 하기 위한 첫 번째 조건은 다음과 같다. 추출된 모든 영역의 MBR로부터 가장 큰 MBR 내부에 두번째로 큰 MBR이 하나 존재할 경우 그룹 1로 그룹핑이 되며, 이 그룹내에서 다시 뇌 MBR이 머리 MBR의 1/2 영역에 속하는 경우 그룹 5로 세부 그룹핑이 된다. 그림 2의(f)가 이에 해당된다. 두 번째로 가장 큰 MBR 내부에 두 번째로 큰 MBR이 하나 존재하고 그 MBR의 y 축으로 1/2 위치에서 상단으로 하나 이상의 작은 MBR이 존재할 경우 그룹 2로 그룹핑이 되며, 가장 큰 MBR 내부에 두 번째로 큰 MBR이 존재하고 그 내부에 1개 이상의 MBR이 존재하면 그룹 3으로 분류가 된다. 마지막으로 가장 큰 MBR 내부에 그룹 2의 조건과 그룹 3의 조건을 모두 만족하는 경우가 있으면 그룹 4로 그룹핑이 된다. 그림 3은 그룹핑의 조건을 도식화한 그림이다.



(a) 그룹 1 (b) 그룹 2 (c) 그룹 3 (d) 그룹 4
그림 3. 뇌 구성요소의 특징별 그룹화

그룹핑 알고리즘은 다음과 같다.

```

Given MR slide sets of normal  $U = \{x_1, \dots, x_n\}$ 
Feature Extraction of  $X_n$  with  $H_{head}, B_{brain}, C_{csf}, E_{eye}$ 
Parameter : Start point X = startX ,Start point Y = startY
            End point X = endX ,End point Y = endY
if (  $H_{head\_mbr} \geq B_{brain\_mbr}$  ) {
    if (  $B_{brain\_mbr} \geq C_{csf\_mbr}$  ) {
         $C_{csf\_mbr}.boundary(\&total\_pix\_cnt, m\_Boundary\_csf,$ 
            startX, startY, endX, endY);
        grouping 2;
    } else if (  $B_{brain\_mbr} \geq E_{eye\_mbr}$  ) {
         $E_{eye\_mbr}.boundary(\&total\_pix\_cnt, m\_Boundary\_eye,$ 
            startX, startY, endX, endY);
        grouping 3;
    } else if (  $B_{brain\_mbr} \geq C_{csf\_mbr} \geq E_{eye\_mbr}$  ) {
        Total_mbr_cnt =  $C_{csf\_mbr} + E_{eye\_mbr}$ ;
        Total_mbr_cnt.boundary(&total_pix_cnt,
            m_Boundary_total, startX, startY, endX, endY
            ,nMBR_List);
        grouping 4;
    } else {
        Percentage = (height_brain / height_head) * 100.0;
        if( Percentage > 50.0 ) grouping 1;
        else grouping 5;
         $B_{brain\_mbr}.boundary(\&total\_pix\_cnt,$ 
            m_Boundary_brain, startX, startY, endX, endY);
    }
}
    
```

4. 실험 방법 및 결과 분석

본 논문은 정상인과 비 정상인을 포함한 총 40 세트의 MR 영상을 사용하였으며 한 세트에는 약 20 개의 영상으로 이루어진 MR T2 강조 영상으로 실험하였다. 측정 대상은 전체 40세트의 영상에 대해 자동 그룹핑을 한 결과 다음 표1과 같은 그룹핑 률이 나타났다.

그룹 3	3	7.5(%)
그룹 4	24	60.0(%)
그룹 5	13	32.5(%)

표 1 그룹핑 결과

실험 결과 3 세트의 영상은 그룹 3로 분류되었는데 이는 촬영 당시 슬라이드 사이 간격이 넓게 촬영되거나 뇌

의 일부분 영상이 빠진 경우에 해당된다. 가장 많은 분포를 가지고 있는 그룹 4는 총 40세트에서 24세트로 대부분 많은 영상이 이 그룹에 해당된다. 그룹 5로 분류된 13 세트는 정상인의 경우 뇌 척수액과 눈 영역이 동시에 존재하는 경우가 드물지만, 비정상인의 경우 뇌 척수액이 정상인에 비해서 상당히 비대해지므로 눈 영역과 뇌 척수액이 동일위치에서 나타나는 경우가 있으며, 종양이나 기타 질병이 있는 경우도 눈 영역과 함께 존재하므로 이 그룹으로 속하는 결과를 나타냈다.

5. 결론 및 향후 연구과제

본 논문은 매핑에 사용되는 특징들을 추출하기 위해서 뇌 MR 영상의 머리영역, 뇌 영역, 뇌 척수액 영역 그리고 눈 영역을 분할한 후 이들의 윤곽선, MBR 그리고 각 영역들의 면적비를 산출하여 이들의 위치관계와 포함관계를 분석하고 이 분석결과로 슬라이드 시리즈를 자동으로 그룹핑하는 방법을 제안했다. 이러한 그룹핑을 함으로써 매핑시 고려되어지는 영상의 범위를 축소시켜 줌으로써 보다 정확한 매핑이 이루어질 수 있고, 윤곽선 정보를 이용한다면 3차원으로 뇌 구성을 가시화하는 것도 가능하게 된다. 향후 연구과제로는 각 영역분할의 오인식률을 감소하기 위한 알고리즘 개선이 요구되며 좀더 세분화된 매핑을 위한 방법에 대한 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 ,Page(s): 642-649, May 1998
- [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 춘계학술발표논문집, 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.