
셀룰러 오토마타를 이용한 뇌 영역 추출에 관한 연구

이승용* · 허창우* · 류광렬*

The Cerebro-region Extraction Using Cellular Automata

Seung-young Lee* · Chang-wu Hur* · Kwang-ryol Ryu*

요 약

본 논문은 뇌 자기공명영상에 대해 셀룰러 오토마타를 이용하여 뇌 영역을 추출한 연구이다. 입력된 뇌 자기공명영상의 배경영상을 임계값으로 제거한다. 임계값은 히스토그램 분석기법으로 설정된다. 분리된 영상정보는 셀룰러 오토마타 규칙을 적용하여 뇌 영역을 추출한다. 실험결과 평균 PSNR은 42dB 이상 향상되었으며, 상관도 측정 결과 98% 이상 일치되었다. 본 연구 결과는 의료 뇌 영상의 자동 진단 시스템 등에 활용 할 수 있다.

ABSTRACT

This paper describes the extraction method for cerebro-region using cellular automata from the cerebrum MR images. The cerebro-region extracted from applying the cellular automata rules obtained from histogram distribution analysis after removing the background image from the cerebro-region by determining the critical value. The experiment results showed that PSNR is 42dB on the image quality and the correlation factor is estimated 98%. And the result can be used as the medical auto-diagnostics system of cerebrum.

1. 서 론

대부분의 뇌 관련 의료영상은 영상촬영 기기에 따라 구분되고 이를 기반으로 진단을 위한 시스템 연구가 진행되고 있다. 뇌 영상은 컴퓨터 단층영상(CTI : Computed Tomography Image), 자기공명영상(MRI : Magnetic Resonance Image), 단일광자방출단층영상(SPECTI : Single Photon Emission Computed Tomography Image), 양전자 방출단층촬영영상(PETI : Positron Emission Tomography Image) 등으로 구분되며 의사들에게 환자의 치료나 수술을 위한 진단정보를 제공한다 [1][4]. 질병의 발생 여부의 판단은 전문의의 경험과 지식에 의해 주관적으로 이루어지고 있다. 이

에 자동으로 진단하는 시스템과 3차원영상으로 재구성하는 시스템개발의 필요성이 증가 되고 있다[2][3]. 이러한 시스템 개발의 선행과정으로 의료영상 중 진단 대상영역을 추출하는 기법이 요구된다. 진단 대상영역을 추출하는 방법으로 경계 기반 분할 방식, 스네이크(Snake)방식, 워터셰드(Watershed)방식 등의 여러 방법들이 연구 되고 있으나 본 연구에서는 셀룰러 오토마타(CA : Cellular Automata)를 이용하여 정확하게 뇌 영역만을 자동으로 추출한다. 그 과정은 입력된 MR T2 영상의 배경 영상을 제거하고 히스토그램 분석으로 뇌 영역을 추출하기 위한 임계값을 도출한 후 임계값을 CA 규칙에 적용하여 추출한다. CA를 이용한 기법의 성능 평가를 위해 원 MR T2영상

*목원대학교

접수일자 : 2003. 12. 3

의 뇌 영역을 수작업으로 추출하고 적용된 기법으로 추출한 영상을 비교 분석한다.

II. 뇌 영역 추출

2.1 전 처리 과정

뇌 영역 추출하는데 불필요한 배경영상을 제거하기 위하여 뇌 MRI는 히스토그램 분포를 이용하여 분석한다. 그림 1의 히스토그램 분포에서 15이하 그레이레벨 값에 많은 픽셀들이 집중되어 있다. 이러한 픽셀들은 MRI 중 배경 부분과 두개골을 구성하고 있으며, 65이상의 그레이레벨 값 픽셀들은 뇌의 외피와 뇌 영역을 구성한다.

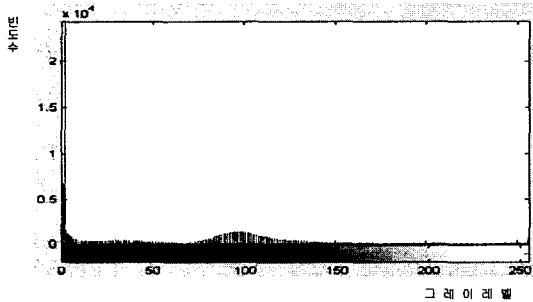


그림 1. 뇌 MRI의 히스토그램 분포
Fig.1. Cerebrum MRI histogram distribution

뇌 MRI의 영역들 간 픽셀들의 그레이레벨 분포가 다른 점을 이용하여 배경영상을 제거한다. 영상의 픽셀 스캔방식은 지그재그 스캔방식으로 스캔시 임계값 이상의 픽셀일 경우 현재 픽셀이 위치한 행의 마지막 열로 이동하여 반대방향으로 스캔한다. 반대방향 스캔시 임계값 이상의 픽셀일 경우 다음 행의 첫 번째 열로 이동하여 다시 지그재그 스캔을 한다. 픽셀처리는 임계값 이하의 픽셀은 그레이레벨값 255로 변환하고 임계값 이상의 픽셀은 현재 값을 유지한다. 10 x 10 테스트 영상의 기본적인 스캔 경로는 그림 2와 같이 좌측상단 픽셀 (1, 1)에서 시작하여 우측으로 순차적으로 스캔 하고 그레이레벨 15 이상의 값에 이르면 우측 끝 픽셀(3, 10)으로 이동하여 역으로 진행하

며 스캔 한다. 이러한 과정으로 마지막 픽셀 (10, 10)까지 진행된다.

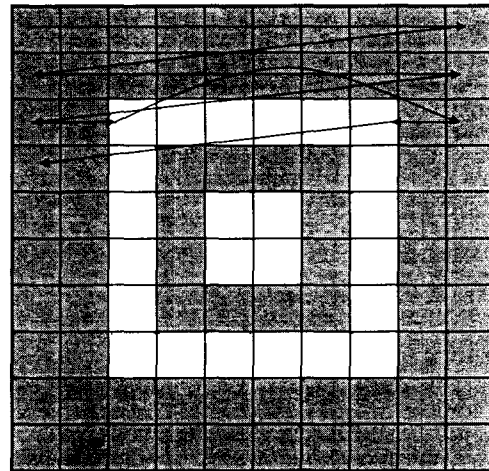


그림 2. 테스트 영상 스캔 경로
Fig.2. Scan path of test image

2.2 CA와 대상영역 추출

CA를 이용하기 위해 변이 규칙을 설정하고 그 기반으로 영상의 대상영역을 추출한다. CA는 이산적인 동적 시스템으로 시간, 공간적으로 유한한 상태를 갖는 특성이 있으며 셀(Cell)들은 이웃한 셀들과 공간상에 일정한 격자(Lattice)로 정렬되어 1또는 0의 2진 상태를 갖는다. 또한 이웃한 셀의 상태에 따라 종속적이며 현재 상태에서 다음상태로 변이하는 규칙을 결정한다. 이러한 CA를 이용하여 뇌 영역을 추출하기 위한 변이 규칙을 설정한다. 설정방법은 각 셀은 두 가지 상태를 갖고 현재 상태에 있는 셀을 코어 셀이라고 정하면 이웃한 4개의 셀들의 상태와 코어 셀에 따라서 자신의 상태를 결정한다. 즉 이웃한 셀과 코어 셀의 그레이레벨 임계값 이상인 셀 수의 합이 3개 이상일 경우 코어 셀은 자신의 그레이레벨 값을 유지하고 3개 이하 이면 그레이레벨 값 0으로 대체한다. 이 과정을 식으로 표현하면 식(1), (2)와 같다.

$$\sigma = \frac{P_{i-1}(t) + P_i(t) + P_{i+1}(t) + P_{i-m}(t) + P_{i+m}(t)}{P_{i-m}(t) + P_{i+m}(t)} \quad (1)$$

$$P_i(t+1) = \begin{cases} P_i(t), & (\sigma \geq 3) \\ 0, & \text{기타} \end{cases} \quad (2)$$

여기서 p_i 는 코어 셀을 나타내고 σ 는 이웃한 셀들과 코어 셀들 중 임계값 이상인 셀들의 개수이다.

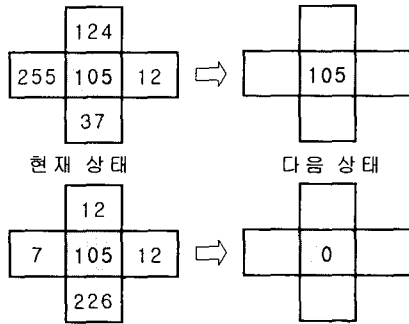


그림 3. 규칙에 따른 코어 셀 처리
Fig.3. Core cell processing by rule

변이 규칙에 따라 코어 셀을 처리 하는 과정은 그림 3에서 임계값을 100이라 하면 상단의 그림은 현재상태에서 임계값보다 높은 셀들이 세 개 이므로 코어 셀은 다음상태에서 자신의 그레이 레벨 값을 유지 하고 하단의 그림은 임계값 이상의 셀들이 두개 이므로 다음상태에서 0의 값으로 변한다. 이와 같은 일련의 규칙을 적용하여 뇌 영역을 추출하기 전에 배경이 제거된 MRI를 분석한다. 중앙의 뇌 영역과 그레이 레벨 값 65이하인 두개골 영역, 이를 덮고 있는 외피로 구분되며 두개골 영역으로 인해 뇌 영역은 폐쇄되어있다. 이러한 영상의 특징으로부터 임계값 65를 도출하고 변이 규칙에 적용한다. 추출 하고자 하는 뇌 영역의 한 위치로부터 CA 규칙을 적용하면 뇌 영상의 대상 영역을 제외한 두개골 영역과 외피 영역이 제거된다.

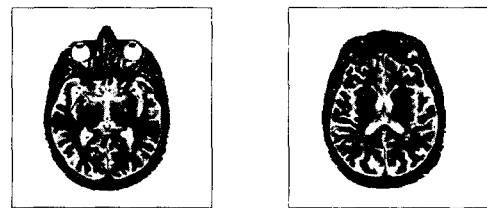
III. 실험 및 고찰

실험과정은 추출된 영상과 수작업 영상을 비교 한다. 실험에 사용된 영상은 53장의 뇌의 축 상면 MR T2영상으로 512 x 512의 크기와 256개의 그

레이 레벨 값을 갖는다. 배경 제거에 사용된 임계값 15와 뇌 영역 추출을 위한 CA규칙에 적용되는 임계값 65는 MRI의 히스토그램 분포를 고려하여 적용하였다. 그림 4는 입력된 MR T2 영상을 임계값 15를 적용하여 배경을 제거한 영상이다. 뇌 영역의 거리에 따라 그레이 레벨분포를 그래프로 나타낸 결과 그림 5에서 x축은 실험영상에 대한 세로방향의 픽셀위치를 나타내며 y축은 그레이레벨을 나타낸다. 픽셀들은 그레이 레벨 값이 70에서 240까지 분포되고 65이하 값을 갖는 픽셀은 존재 하지 않는다. 그림 6은 뇌 영상의 그레이 레벨 분포에 따른 임계값을 CA에 적용하여 규칙에 따라서 뇌 영역을 추출한 결과 영상이다.



(a)MR T2 영상



(b)MR T2 배경 제거 영상

그림 4. 배경영상 제거 결과
Fig.4. Removed background images

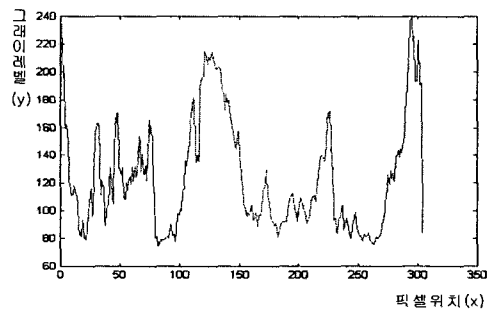
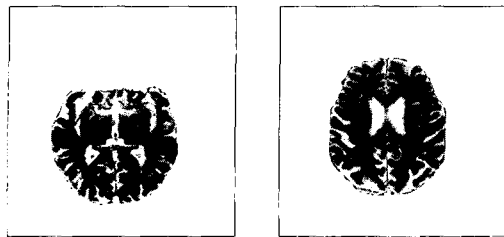
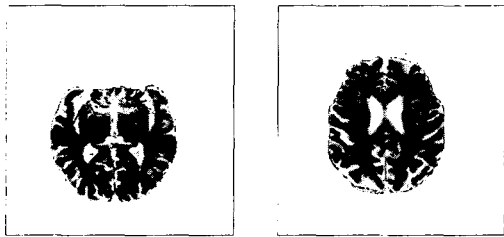


그림 5. 뇌 영역의 그레이레벨 분포
Fig.5. Graylevel distribution for cerebro-region



a. 실험영상1 b. 실험영상2

그림 6. CA에 의한 MR T2영상
Fig.6. MR T2 images using cellular automata



a. 실험영상1 b. 실험영상2

그림 7. 수작업에 의한 MR T2영상
Fig.7. MR T2 images

정확도 평가를 위해 수작업으로 그림 7과 같이 뇌 영역을 추출하였다. 실험영상 10쌍의 MR T2 영상을 수작업과 CA기법을 적용하여 비교한 결과 CA기법의 평균 PSNR이 42dB 개선되었다. 두 영상의 일치 정도를 상관계수에 의해 비교한 결과 98%이상 일치했다.

표1. T2영상별 PSNR과 상관도
Table1. PSNR and correlation of T2 images.

	PSNR(dB)	Correlation(%)
T2-1	43.41	99.47
T2-2	42.03	97.12
T2-3	43.28	98.11
T2-4	41.50	97.89
T2-5	42.73	99.84
T2-6	40.59	97.57
T2-7	40.49	99.46
T2-8	42.18	99.03
T2-9	42.76	97.64
T2-10	42.51	98.46
평균	42.11	98.46

IV. 결론

본 논문은 CA를 이용하여 뇌 MRI에 대한 영역을 추출한 연구이다. 그 과정은 입력된 뇌 자기공명영상의 배경영상을 히스토그램 분석기법으로 설정한 임계값에 의해 제거되고 그 분리된 영상에 셀룰러 오토마타 규칙을 적용하여 뇌 영역을 추출한다. 평가방법은 수작업으로 추출된 뇌영역추출영상과 CA에 의해 추출된 영역영상을 PSNR과 상관도로 실험 비교하였다. 그 결과 CA기법의 평균 PSNR이 42dB이상 영역추출영상에 대한 해상도가 향상되었고 두 영상의 일치정도를 나타내는 상관도를 비교한 결과 98%이상 일치하였다. 이 연구는 CA기법이 자동진단 분석시스템으로 활용가능성을 의미한다. 따라서 연구결과는 비교적 정확한 영역 추출이 요구되는 뇌의 체적계산 또는 3차원 의료영상재구성 등의 자동 진단 시스템에 활용 가능하다.

참고 문헌

- [1] R. C. Gonzalez, R. E. Woods , Digital Image Processing, Prentice Hall, 2002
- [2] M. Meriaux, "A Cellular Architecture for Image Synthesis", Microprocessing and Microprogramming, Vol.13, No.3, pp.179-187, 1983.
- [3] M. S. Atkins and B. T. Mackiewich, "Fully Automatic Segmentation of the Brain in MRI", IEEE Transaction on Medical Image, Vol.17, No.1, pp.98-107, 1998.
- [4] NEMA draft standards, "Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM)".

저자 소개



이승용(Seung-young Lee)

2003년 목원대학교 산업정보대학
원 전자정보통신공학과 공학석사
현재 목원대학교 대학원 IT공학과
박사과정



허창우(Chang-wu Hur)

1991년 연세대학교 전자공학과 공
학박사
1986 - 1994년 금성사 중앙 연구소
선임 연구원

현재 목원대학교 전자공학과 부교수



류광렬(Kwang-ryol Ryu)

1988년 경희대학교 공학박사
1996-1997년 University
of Pittsburgh 객원교수
현재 목원대학교 IT공학부 정교수