

2 단계 결정 트리 학습을 이용한 뇌 MR 영상 분류

김용욱, 김준태
동국대학교 컴퓨터 공학과
e-mail : {yukim,jkim}@dgu.edu

Classification of Brain MR Images using 2 Level Decision Tree Learning

Yong Uk Kim, Jun tae Kim
Dept. of Computer Engineering, Dongguk University

요 약

본 논문에서는 학습을 수행하여 뇌 MR 이미지를 자동으로 분류하고 검색하는 시스템을 설계하였다. 이미지로부터 얻을 수 있는 정보는 크게 두 가지 부류로 나눌 수 있다. 이미지 자체로부터 얻을 수 있는 크기, 색상, 질감, 윤곽선 등의 하위레벨(low-level) 정보가 있고, 이미지 의미 해석에서 오는 전이, 포함, 방향, 등의 상위레벨(high-level) 정보가 있다. 이 논문은 의료 이미지에 대하여 상위 및 하위 레벨 정보의 각 특징을 살리고 효과적으로 검색하기 위해, 두 부류의 이미지 정보에 대한 결정 트리(Decision Tree) 학습을 2 단계로 적용하여 이미지를 분류하도록 시스템을 설계하였다.

1. 서론

80년대 기준에 존재하던 의료 관련 문서 및 영상과 같은 데이터들이 의료 정보화를 통해 Hospital Information System, Radiology Information System, Picture Archiving and Communication System 등의 다양한 의료 관련 시스템들로 개발되었으며, 90년대 중반 이후엔 이들 시스템들에 대하여 PACS를 기반으로 한 통합이 시도되었다.[2] 시간이 흐름에 따라 축적된 데이터의 증가와 각 시스템간의 데이터 공유가 시도되면서 온라인 데이터의 양은 급증하였다. 이에 따라 검색 시스템들이 등장하게 되었으며 특히 X-ray, CT 및 MRI 등의 이미지데이터에 대하여 효율적인 이미지 검색 시스템이 필요하게 되었다.[6][7]

이미지 검색 시스템은 크게 전문가의 의견이 개입된 시스템과 그렇지 않은 시스템으로 분류한다.[5] 전자는 이미지에 대하여 전문가가 직접 논리적인 의미나 의견을 제시하는 검색 시스템으로 주석 기반 검색 방법이 대표적인 경우이다. 이 방법은 높은 정확도를 얻을 수 있지만 수동 작업으로 인한 비용 손실이 크다. 반면 후자는 이미지 자체로부터 특성들을 추출하여 비교 검색하는 시스템으로 내용 기반 검색 방법에

서 주로 사용된다. 이러한 검색은 처리과정을 완전 자동화할 수 있지만 높은 정확도를 얻기가 어렵다.

이 논문에서, 우리는 의료 이미지에 대하여 지속적인 전문가의 개입 없이 높은 정확도를 얻을 수 있는 내용 기반검색을 위하여 두 단계의 기계 학습 방법으로 decision tree를 적용한다. 입력된 하나의 MR 이미지는 이미지 처리 모듈의 과정을 거쳐 여러 개의 객체로 세그멘테이션 된다. 세그멘테이션 된 각 객체는 기본 속성을 지닌다. 각 객체들은 기본 속성을 사용하는 decision tree에 의하여 분류된다. 분류 결과는 하나의 전체 이미지에 대한 논리적 속성을 만드는데 사용된다. 논리적 속성은 이미지에서 나타나는 종양이나 이상부위의 존재같이 이미지의 의미적인 구조나 객체들 사이의 공간적인 관계를 표현한다. 이 속성들을 두 번째 decision tree에 사용하여 최종적으로 이미지를 특정 카테고리에 할당한다. 각 decision tree의 학습은 개별적으로 수행된다.

실험에는 뇌 MR 이미지를 사용하였으며 첫 단계 학습에서 사용하기 위한 뇌의 각 부위의 명칭은 전문가에 의해 레이블 되었다.

2. 관련연구

2.1 의료 이미지의 특징

의료 이미지는 일반 이미지와는 몇 가지 다른 특성을 띤다. 첫째, 다양한 색상 및 질감을 띠는 일반적인 이미지와는 달리 대부분이 그레이 색상이고 질감의 특징이 두드러지지 않는다. 둘째, 이미지에 나타나는 각 부위는 비슷한 형태를 띤다. 셋째, 의료 이미지에 나타나는 신체, 혈관 등의 구조적인 형태 및 관계가 매우 복잡하며, 그 특징 값 또한 미세하다. 그 외에 X-ray, CT, MRI 등 이미지의 종류에 따라서도 각기 다른 차이를 보인다.[5]

이 논문에서 사용할 Magnetic Resonance Image(MRI: 자기 공명 영상)은 인체에 해가 없는 자석(magnet)과 고주파(radiofrequency)만을 이용하여 신체 조직의 원자핵에 핵 자기 공명 영상을 일으켜 그 원자핵의 밀도 및 물리화학적 특성을 영상화 한 것이다.[1] MRI는 CT에 비해 공간 해상력(spatial resolution)과 대조도(contrast)가 모두 뛰어나며 횡단 영상(axial image) 뿐만 아니라 관상 영상(coronal image)과 시상 영상(sagittal image)들을 얻을 수 있는 장점이 있기 때문에 최근에는 중추신경계 질환의 영상진단에서 CT보다 진단적 가치가 높다고 평가되어 있다. 그러나 석회화된 병소, 48시간이내의 급성출혈, 뇌조(cistern)나 뇌구(sulci)내의 출혈 등은 CT영상이 MRI보다 뛰어나다.[1]

2.2 이미지 검색 시스템

일반적으로 이미지에서 얻을 수 있는 정보는 두 가지가 있다. 하나는 그 자체가 지니는 표면적인 정보로서 윤곽, 면적, 지름, 모양, 길이, 윤곽, 색상, 질감 등의 특징이고, 나머지 하나는 표면적 정보 외에 이미지가 내포하고 있는 의미적인(semantic) 정보이다.

이와 같이 이미지에서 얻을 수 있는 정보에 따라 이미지 검색 방법도 크게 두 가지 방법으로 분류할 수 있다. 첫째는 주석 기반 검색(annotation-based retrieval)이다. 이는 이미지에 대한 전문가의 의견을 주석으로 처리하여 검색에 이용하는 방법이다. 이미지 자체를 의미적으로 잘 표현할 수는 있는 방법이다. 하지만 일일이 수공 작업을 해야 하므로 시간비용이 크며 단어의 선정에 따라 검색 결과가 달라질 수 있다. 둘째는 내용 기반 검색(content-based retrieval)이다. 내용 기반 검색은 특징 추출에 따라 두 가지 접근 방법이 있는데 하나는 중심, 크기, 색상, 히스토그램, 윤곽선 등 이미지 자체로부터 얻을 수 있는 표면적인 특징을 자동적으로 추출하여 검색 및 분류하는 방법이다. 이미지 자체로 검색할 수 있으며 전문가의 개입이 없는 자동화 시스템을 만들 수 있지만 유사한 특징을 보이는 다른 의미의 영상이 있을 경우 정확도가 떨어지는 경향이 있다. 대표적인 예로는 QBIC (Query By Image Content)이 있다.[4] QBIC은 속성으로 평균 색상, 히스토그램 색상, 질감, 패턴, 모양, 위치를 사용하고 있다. 또 다른 내용 기반 검색 방식은 영상의 기본 속성 뿐만 아니라 의미적인 구조를 나타내는 논리적인 속성을 사용하는 방법이다. 이 접근 방법은 높은 정확

도를 얻을 수 있지만 대부분 논리적인 속성을 추출하는데 전문가의 도움이 필요하다. 이 접근 방법을 사용하는 의료 이미지 검색 시스템은 KMeD가 있다.[6]

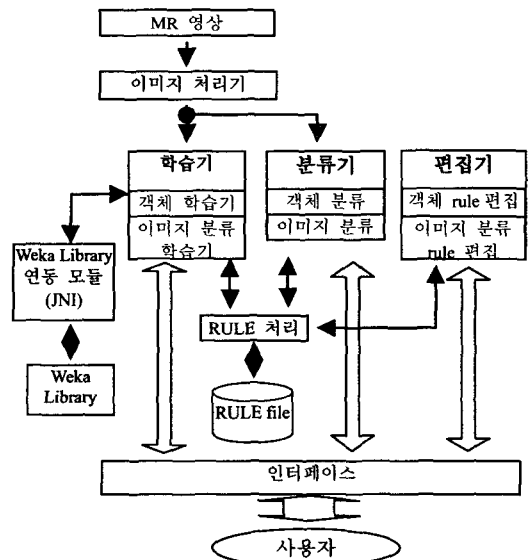
KMeD(Knowledge-based Multimedia Medical Distributed Database System)는 기본 속성으로 윤곽선(contour), 면적(area), 원형률(circumference), 모양(shape)을 사용하고 논리적 속성으로 객체 쌍으로부터 방향(direction)을 사용한다. 분류 방법은 Instance-based MDISC(Multiple Distribution Sensitive Clustering) 알고리즘을 사용하고, 결과로 TAH(Type Abstraction Hierarchy)를 생성한다.

2.3 Weka 기계 학습 라이브러리

본 논문에서는 학습 및 분류에 Weka 라이브러리의 J48 알고리즘을 사용한다.[3] Weka는 뉴질랜드의 Waikato 대학에서 진행하는 “Weka Machine Learning” 프로젝트의 결과로서, 기존의 기계 학습 알고리즘 및 자체 개발한 알고리즘을 Java를 사용하여 만든 공개 소프트웨어이다. 지원되는 알고리즘은 Decision Tree, k-Nearest Neighbor, Naïve Bayes, Association rules 등이 있다.

J48은 ID3 다음에 나온 C4.5 decision tree를 java로 동일하게 구현한 것이다. decision tree는 분할 정복(divide-and-conquer) 방식으로 데이터를 구분해나가며 트리 형식으로 자료를 구조화 한다. 분할하기 위한 속성의 선정은 불확실성(entropy)이 낮을수록 분할이 극명하게 된다는 이론을 이용하는 information Gain의 수치에 따라 선정된다.

3. 시스템 구조와 기능



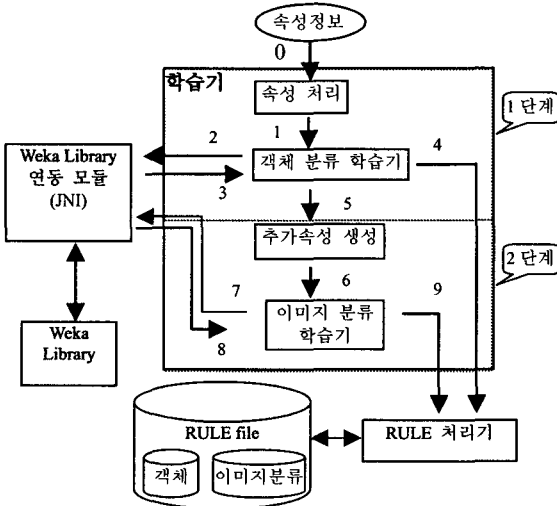
<그림 1> 전체 시스템 구조

<그림 1>에서 보듯이 전체 시스템 구조는 이미지 처리, 학습기, 분류기, Rule 지식 베이스와 지식베이스 편집 부분, Weka 연동부분으로 이루어진다. 학습기는 객체 분류 학습기와 이미지 분류 학습기 두 단계

로 이루어져 있고 분류기도 객체 분류기와 이미지 분류기로 이루어져 있다. 이미지 처리 부분은 학습과 분류할 때 공통적으로 사용된다. Rule 지식베이스 부분은 객체 분류 학습과 이미지 분류 학습에 대하여 각각 객체 분류 Rule 지식베이스와 이미지 분류 Rule 지식베이스로 이루어져 있다.

이미지 처리 모듈은 이미지를 정규화 한 다음, 이미지를 구성하는 각 부위를 단편화 한다. 분할하기 전의 큰 원본 이미지를 전역 이미지(global image)라 하고, 각 분할된 작은 이미지를 지역 이미지(local image) 혹은 객체라 한다. 이 두 가지 종류의 이미지로부터 표면적인 1 단계 학습을 위한 하위 속성(low-level feature)을 추출한다. 1 단계 학습의 목적은 하위 속성을 이용하여 단편화 된 객체의 명칭을 학습 및 인식하기 위해 사용된다. 하위 속성으로 사용하는 것들은 외곽선, 면적, 길이, 지름, MBR(Minimum Bounding Rectangle), 원형률, 색상 히스토그램 이다.

이미지 처리를 통해 얻은 하위 속성은 속성 처리를 통하여 학습기에 적합한 구조로 이루어진다. 그리고 속성은 <그림 2>와 같이 객체 분류 학습기에 적용되며 결과로 객체 분류 지식베이스를 구축한다. 객체 분류 학습기는 Weka 기계 학습 라이브러리와 연동하고 있으며, 이 라이브러리의 J48 을 사용한다. 학습을 통해 생성된 규칙(Rules)들은 객체 분류 지식베이스에 저장된다. 객체 분류 지식베이스의 목적은 실제 분류에 사용할 때 전역 이미지에서 단편화 된 지역 이미지들의 객체를 분류하기 위한 것이다.



<그림 2> 학습기 내부 구조

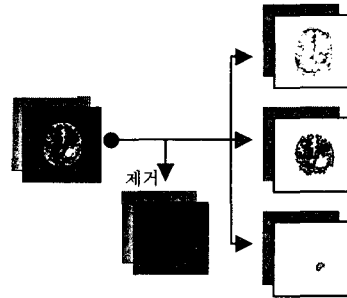
1 단계 학습이 이루어진 후 각 객체와 속성들은 2 단계 학습에 이용된다.<그림 2> 2 단계 학습의 목적은 분류된 객체간의 관계에서 상위레벨 속성을 추출하여 원본 이미지를 분류할 수 있는 decision tree 를 생성하는 것이다. 2 단계에서는 추가 속성 생성기를 사용하여 각 객체간의 공간적인 관계를 추출한다. 추가적인 속성은 원본과 세그멘테이션 객체의 중심간 거리, 방향,

부위 명칭 등이 있다. 재 구성 및 추출된 상위 및 하위 수준 속성을 적용하여 두 번째 단계인 이미지 분류 학습기를 학습하고 그 결과로 이미지 분류 지식베이스를 구축한다. 이 지식베이스에 따라 각 전역 이미지는 특정 이미지 카테고리에 할당된다.

마지막으로 편집기는 생성된 지식베이스에 접근하여 수동으로 지식베이스를 수정, 삭제, 추가, 생성할 수 있도록 한다.

4. Examples

이 장에서는 간단한 예를 통하여 학습을 위한 준비 과정, 학습 그리고 분류 과정을 설명한다. 준비 과정의 목적은 객체 정보를 얻는 것으로 이미지 처리와 객체 명칭 부여 과정이다. 이미지 처리 부분은 <그림 3>에서 보듯이 뇌 MR 영상을 세그멘테이션 한다. 그리고 원본 이미지에 대한 전역 속성을, 세그멘테이션 객체에 대한 지역 속성을 <표 2>와 같이 추출한다. 또한 속성 추출과 함께 환자 ID 및 영상 종류, 원본과 세그멘테이션 이미지와의 정보도 함께 <표 1>과 같이 표시하여 준다. 영상 번호는 환자 ID 에 포함되어 있다. 이미지 처리 과정이 끝나면 각 객체는 전문가에 의하여 명칭이 부여된다.



<그림 3> 뇌 MRI 세그멘테이션의 예

| 환자 ID | 영상 종류 | 세그멘테이션 수 |
|--------|-------|----------|
| M6-001 | MR-T2 | 3 |

<표 1> 환자 및 영상 관계 정보 형태

| 속성 | 값 |
|-----------------|---------------|
| MBR LU-X | 55 |
| MBR LU-Y | 59 |
| MBR RD-X | 187 |
| MBR RD-Y | 209 |
| 색상 히스토그램(255 개) | 0, ..., 24787 |
| 색상 히스토그램 평균 | 120 |

<표 2> MBR 및 색상 히스토그램 정보

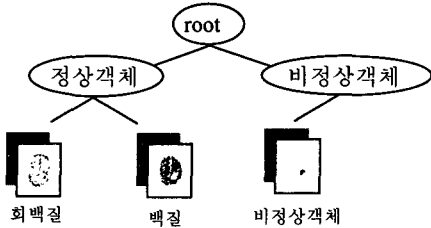
학습 과정 1 단계인 객체 분류 학습기는 준비 과정을 거친 객체 정보를 이용하고, 학습의 결과로서 객체 분류 decision tree 를 생성한다. 학습 과정 2 단계에서는 준비 과정을 거친 객체 정보를 이용하여 <표 3>과

같은 추가 속성을 생성한다. 그리고 2 단계 이미지 분류 학습기는 생성한 속성을 이용하여 원본 이미지에 대한 이미지 분류 decision tree를 생성한다.

| | | |
|--------|------------|---------|
| 중심간 거리 | 방향 | 부위 관계 |
| 80.9 | South-East | 원본-이상객체 |

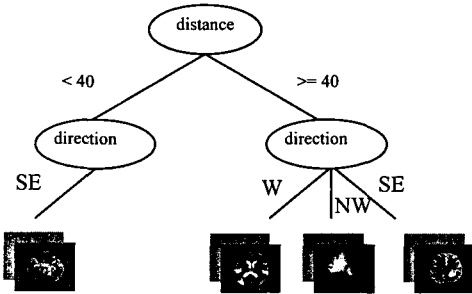
<표 3> 2 단계 추가된 속성

분류 과정은 학습을 통하여 얻어진 객체 분류 decision tree와 이미지 분류 decision tree를 사용한다. 먼저 이미지는 이미지 처리를 통하여 속성을 지닌 객체로 분할된다. 각 객체는 1 단계 객체 분류 decision tree에 적용되어 <그림 4>와 같이 분류된다.

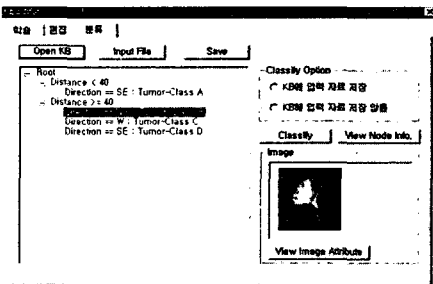


<그림 4> 1 단계 학습에 따른 분류의 예

1 단계를 통과하면 추가 속성 생성기는 각 객체의 관계에서 <표 3>과 같은 속성을 생성하고 2 단계 분류기에 넘겨준다. 2 단계 분류기인 이미지 분류기는 객체들로 이루어진 원본 이미지와 속성을 이미지 분류 decision tree에 적용한다. <그림 5>는 분류된 이미지들의 예이며 <그림 6>은 2 단계 이미지 분류기의 예이다.



<그림 5> 2 단계 영상을 분류한 예



<그림 6> 2 단계 이미지 분류기의 예

현재 시스템을 구현하고 있는 상태이기 때문에 간단한 속성만을 이용하여 시스템의 구조와 절차를 보였다. 현재 실험에 사용할 이미지로 뇌 MRI T2 이미지 정상인 10 명분과 질환이 있는 비정상인 63 명분을 준비하고 있으며 이들의 질환별 분류는 <표 4>와 같다.

| | |
|-------|-----|
| 질환 | 사람수 |
| 정상인 | 10 |
| 뇌경색 | 33 |
| 전이암 | 5 |
| 교종 | 11 |
| 수막종 | 6 |
| 이형종 | 1 |
| 두개인두종 | 2 |
| 시신경교종 | 1 |

<표 4> 실험 데이터의 질환별 분류

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 이미지 하위 정보에 대해 1 단계 학습 그리고 이미지 논리 정보에 대한 2 단계 학습을 적용하여, 효과적인 학습 및 분류를 수행할 수 있도록 시스템을 설계하였다. 앞으로 실제 데이터를 이용하여 학습 및 분류의 정확도 실험을 수행할 예정이며, 각 질환별로 나타나는 발생 부위, 호발 연령대, 남녀 비율과 같은 특징을 분석하여 2 단계 학습에 가장 효과적인 속성을 찾는 방법을 연구할 것이다.

참고문헌

- [1] 대한 신경 외과 학회, *신경 외과학*, 2000
- [2] F. Sauer and M. Kabuka, "Multimedia technology in the radiology department", *Proceedings of the second ACM international conference on Multimedia*, Pages 263 - 269, 1994
- [3] Ian H. Witten and Eibe Frank, *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques with JAVA Implementations*, Morgan Kaufmann, 2000
- [4] M. Flickner et al, "Query by image Content: The QBIC System", *IEEE Computer Special issue on Content Based Retrieval*, Vol. 28, No.9, 1995.
- [5] M. Sonka, V. Hlavac, R. Boyle, *Image Processing Analysis, and Machine Vision*, PWS Publishing, 1999
- [6] W. W. Chu, A. F. Cardenas and R. K. Taira, "KMeD: A knowledge-based multimedia medical distributed database system", *Information Systems*, 1995
- [7] W. W. Chu, C. C. Hsu, I. T. Jeong, and R. K. Taira, "Content-Based Image Retrieval Using Metadata and Relaxation Techniques", *Managing Multimedia Data: Using Metadata to Integrate and Apply Digital Data*, edited by Wolfgang Klas and Amit Sheth, McGraw Hill, 1998.