

신경망과 그래픽 기법을 이용한 심전도 결과지 이미징 시스템

An ECG Document Imaging System based on Neural Network and Graphic Techniques

김진상, 최상열, 배인호¹, 김윤년²

¹ 대구시 달서구 신당동 계명대학교 컴퓨터공학과
E-mail: {jsk, el2idea, inobae}@kmu.ac.kr

² 대구시 중구 동산동 계명대학교 의과대학 내과
E-mail: ynkim@dsmc.or.kr

요 약

병원의 각종 측정 장비에서 출력되는 결과지나 의사들이 작성한 기록지를 스캔하여 이미지 형태로 저장하는 이미징 시스템 개발이 크게 요구되고 있다. 본 논문에서는 신경망과 그래픽 기법을 사용하여 대학병원 심전도실에서 사용되는 여섯 종류의 심전도 출력지를 이미지 형태로 저장하고 검색하는 이미징 시스템의 설계와 구현에 대해 논하였다. 구현된 시스템은 여섯 종류의 심전도 출력지를 분류하고, 분류된 각 출력지에 인쇄된 중요한 측정 데이터를 인식하여 데이터베이스에 저장한다. 심전도 출력지의 분류는 각 샘플 서식들의 평균 히스토그램을 구한 다음 새로운 출력지가 들어올 때 평균 히스토그램과의 거리가 가장 가까운 출력지로 분류하는 nearest-neighbor 방법을 사용하였다. 출력지에 인쇄된 데이터의 인식을 위해 먼저 XML로 작성한 출력지별 추출 정보를 기반으로 스캔한 이미지의 영역 분할 작업을 수행한다. 분할된 영역들은 신경망을 이용해 문자 인식을 하고, 인식된 문자들이 데이터베이스의 해당 속성값으로 저장된다. 스캔한 출력지는 의사들이 주석을 붙이거나 조건 검색을 위해 이미지 형태로 저장된다.

Key Words : ECG, Neural Network, OCR, Nearest Neighbor

1. 서 론

지식 정보의 표현 및 관리 매체로 기업과 공공기관 등에서 널리 사용되던 종이문서는 차츰 전자문서로 전환되고 있다. 예를 들어, 병원에서는 환자의 진료와 진단 및 처방에 관한 모든 내용을 전자문서로 저장하는 전자의무기록시스템(EMR, electronic medical system)의 도입을 서두르고 있으며, 이에 따라 다양한 기능을 가진 제품들이 개발되고 있다[1].

하지만 대학병원과 같은 대형 의료기관에서는 많은 수의 의료 장비들을 사용하고 있으며, 각각의 장비들은 서로 다른 양식의 종이 문서를 출력하고 있어서 종이문서에 대한 관리가 여전히 시급한 문제로 대두된다[2]. 검사 결과지로 출력된 종이문서는 전문의들의 판독 결과와 주석 등이 추가되어 있어서 경우에 따라 신속한 검색이 필요하고, 특히 의학적으로 중요한 정보의 발견을 위한 데이터 마이닝을 위해

서도 스캐닝을 통한 전자문서로의 전환이 필수적이다.

의료 장비 중 심장의 전기적 활동을 그래프로 표현하는 심전도(ECG, electrocardiogram) 측정의 경우 보편적으로 사용되는 12-lead ECG부터 Treadmill 등 다양한 장비들이 사용되며, 각 장비들마다 서로 다른 양식의 측정 결과를 출력한다. 따라서 이들 장비에서 출력된 결과지 역시 전자문서로 전환된 이미징 시스템의 개발이 중요하게 요구되고 있다. 심전도 이미징 시스템은 출력된 결과지의 이미지뿐만 아니라, 결과지 내에 나타난 환자 정보와 심전도 정보의 정확한 인식도 함께 필요하고, 나아가 환자별로 분류된 다양한 출력지에 대한 형식의 분류도 같이 이루어져야 한다.

따라서 본 연구에서는 심전도 결과지를 스캐닝하여 이미지화 하고, 이미지를 통해 심전도 장비를 분류하며, 이미지가 포함하고 있는 문자 및 수치 데이터를 인식하여 속성값을 데이

터베이스에 저장하여 관리하는 응용 프로그램을 개발하였다. 이미지를 통해 심전도 장비를 분류하는 과정은 히스토그램을 이용한 nearest-neighbor 알고리즘을 이용하였고 [3], 문자 인식은 일반적인 다층 전방향 신경망 알고리즘을 사용하였다.

2. 심전도(ECG)

심전도는 신체 표면에서 측정 가능한 심장의 전기적 활성 단계를 나타내는 전기 신호다. 또한 심전도 결과지는 이러한 전기 신호를 파형으로 나타내고 시간에 따른 변화를 그래프와 수치 데이터로 나타내고 이를 출력한 것이라 할 수 있다.

결과지는 크게 몇 가지 서식으로 분류되며, 한 가지 서식 내에서도 서로 다른 형식이 존재하므로 이 서식들을 분류해 낼 필요가 있다. 서식이 분류되었다면 해당 서식에서 포함하고 있는 수치 데이터들을 인식하게 된다. 하지만 서식별 수치 데이터의 위치와 종류가 제각기 다르기 때문에 이를 서식 별로 정의하고 있어야 한다.

그림 1은 12-lead 심전도 결과지 샘플 이미지의 일부분이다. 이 이미지에서는 Rate, PR, QRSD, QT, QTc, P, QRS, T 의 값이 인식될 수치 데이터이다. 이미지에서 사각형 영역으로 표시된 부분이 서식에서 인식해야 할 영역이다.

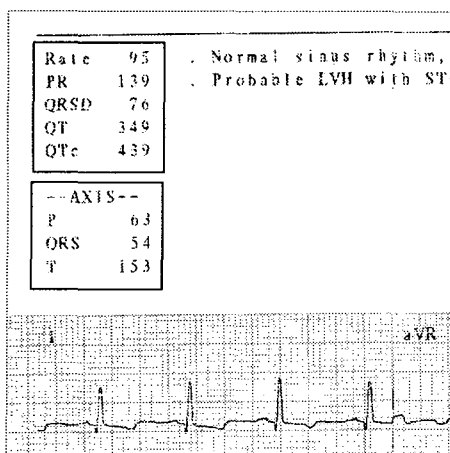


그림 1. ECG 결과지 샘플

3. 데이터 추출

심전도 결과지 데이터를 인식하기 위해서는 먼저 서식 분류가 필요하다. 따라서 특징 추출을 통한 서식 분류를 한 후에 좀 더 정확한 인

식을 위해서 이미지 보정 작업을 수행한다. 마지막으로 해당 서식에 수치 데이터의 위치 및 형식 데이터를 이용해 인식을 수행한다.

3.1 서식정보 자료구조

서식데이터를 분류하거나 인식을 위해서는 기본정보가 필요하다. 이는 XML로 저장하여 관리하였으며 형식은 표 1과 같다.

표 1. 서식 정보 저장 XML

```

<Document>
  <Form Type="1" Desc="A">
    <Edge>
      <Rect>100,140,1000,120</Rect>
    </Edge>
    <Regions>
      <Region>
        <Pos>90, 1, 220, 100</Pos>
        <Annotation>Rate</Annotation>
        <Expr>Rate ##</Expr>
        <HistXNoise>0</HistXNoise>
        <HistYNoise>2</HistYNoise>
        <BlockGap>35</BlockGap>
      </Region>
    </Regions>
  </Form>
</Document>
    
```

이 XML에는 서식의 종류, 경계선 검출 영역, 인식 영역 등의 정보가 포함되어 있다. 이 중 인식 영역의 아래에는 세부 항목들이 있는데 이는 영역 내 문단이 어떻게 구성되어 있는지에 대한 정보가 포함되어 있어서 인식 오류를 줄일 수 있다.

3.2 이미지 분류

이미지 분류는 각각의 서식이 가지고 있는 특징을 추출하여, 그 특징 값이 가장 가까운 서식으로 분류 하는 nearest-neighbor 방법이 가장 효과적이라 할 수 있다.

예를 들면, A, B, C의 세 가지 타입의 서식이 있을 경우에 A는 붉은색 성분을 포함하고 B와 C는 포함하지 않으나 B와 C는 포함하고 있는 문자들의 위치가 다를 경우를 가정한다. 이 때 A 및 B와 C가 가지는 특징을 분석하고 특징을 가지고 있는 영역을 구한다음, 새로운 이미지가 입력되었을 때 특징 영역에 대해 색 성분, 유사도 등의 특징 값을 측정하여 그 값이 가장 근접한 서식으로 분류한다.

3.3 이미지 보정

서식이 분류되면 인식을 위해 이미지를 보정

할 필요가 있다. 왜냐하면 이미지는 스캐너를 통해 들어오기 때문에 스캔 과정에서 이미지가 기울어 질 수 있다. 그래서 글자 영역 추출의 정확도가 떨어지므로, 서식별로 존재하는 기준선을 측정하여 기울임을 보정한다.

기준선을 이용하여 기울기를 보정하기 위해서는 먼저 경계선 검출 알고리즘을 적용한다. 그리고 팽창 필터를 사용하여 검출된 기준선 영역을 넓혀준다. 이는 기준선이 얇거나 노이즈에 의해 끊어짐이 발생하여 기준선이 검출되지 않는 경우를 방지하기 위해서이다. 마지막으로 검출된 기준선의 영역 좌표를 이용해 변위를 구해 기울기를 계산할 수 있다.

그림 2는 그림 1의 이미지에 경계선 검출 필터를 적용한 것이고, 그림 3은 그림 2에 팽창 필터를 적용한 후 이미지이다. 기준선이 이전 과정의 그림에 비해 뚜렷해진 것을 확인할 수 있다. 그림 4는 검출된 기준을 이용해 기울기를 보정한 후의 이미지이다.

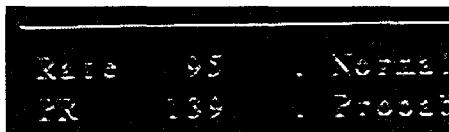


그림 2. 경계선 필터 적용 후

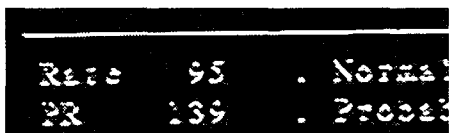


그림 3. 팽창 필터 적용 후

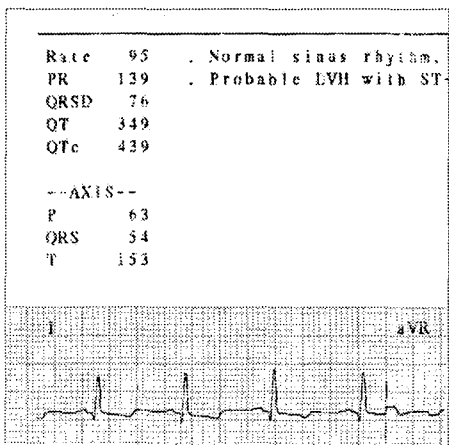


그림 4. 기울기 보정 후

3.3 영역 추출과 인식

인식 작업은 사용자가 정의한 영역 내에서 각각의 문자 영역을 분할한 뒤 신경망을 이용해 인식하게 된다. 이러한 인식 작업을 위해서는 영역 분할이 큰 비중을 차지한다. 영역을

분할할 때는 다양한 변수가 작용한다. 대상 이미지의 스캔과정이나 취급과정에서 발생할 수 있는 노이즈 등이 그 대표적인 예이다.

따라서 본 연구에서는 이러한 문제를 극복하기 위해 다음과 같은 몇 가지의 단계를 거쳐서 영역을 분할하였다:

- 1) Y축 기준 라인 분할, 2) 픽셀 추적 분할
- 3) 분할된 영역 크기 분석, 4) 비정상 이미지 재분할

첫 번째 과정은 Y축을 기준으로 히스토그램을 분석하여 라인을 분할하는 것이다. 두 번째는 분할된 각각의 라인 이미지를 Y축 중심 위치로부터 우측 끝까지 탐색하면서 임계치 이하의 색상을 가진 픽셀에 대해 이 픽셀을 이웃한 8개의 픽셀 값의 차이에 따라 같은 문자 영역인지 판별하여 영역 검출한다. 픽셀 추적을 통해서 검출된 영역들 중에 이미지 비율이 적당하지 않은 영역은 하나 이상의 문자를 포함한다고 예상할 수 있다. 따라서 이러한 영역들에 대해서 영역을 재분할 한다.

4. 심전도 관리자

본 연구에서는 심전도 이미지 인식 모듈을 이용하여 이미지의 관리시스템을 개발하였다. 사용자가 심전도 결과지의 스캔 작업을 시작하면 인식 모듈을 사용하여 결과지를 스캔하여 분류 및 인식 과정을 수행하여 서식별, 환자별로 분류하여 보여준다. 따라서 사용자는 모든 작업이 끝난 뒤 검수만을 수행하면 되기 때문에 역할이 최소화 된다.

4.1 시스템 구성

다음은 구축된 심전도 이미징 시스템의 간략한 구성도이다.

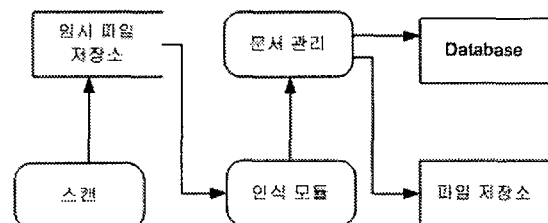


그림 5. 시스템 구성도

과정을 살펴보면 심전도 결과지들은 스캐너를 통해 로컬 임시공간에 이미지 파일로 저장되고, 인식 모듈을 통해 서식 분류, 영역 검출, 인식 과정을 통해 결과 정보들을 저장한다.

모든 과정이 끝난 후 사용자가 정보를 수정한다. 작업이 완료되면 인식된 정보들과 이미지 파일들은 서버의 데이터베이스와 파일 저장소에 각각 저장되게 된다. 저장된 정보들은 여러 가지 조건을 바탕으로 검색할 수 있다.

4.2 문서관리

구축된 시스템은 문서 이미징 시스템으로서 필요한 여러 가지 기능을 포함하고 있다. 중요한 기능을 살펴보면 다음과 같다:

- 1) 서식별, 환자별 이미지 관리, 2) 크기별 썸네일 보기, 3) 이미지 주석 첨가

그림 6은 이미지 인식모듈 부분에서 사용했던 이미지를 응용프로그램을 통해 스캔한 화면이다. 스캔된 이미지는 썸네일로 보여 주며, 선택하면 큰 이미지로 볼 수 있고, 또 하단부에는 이미지에서 인식된 속성 값들이 리스트로 보여 진다.

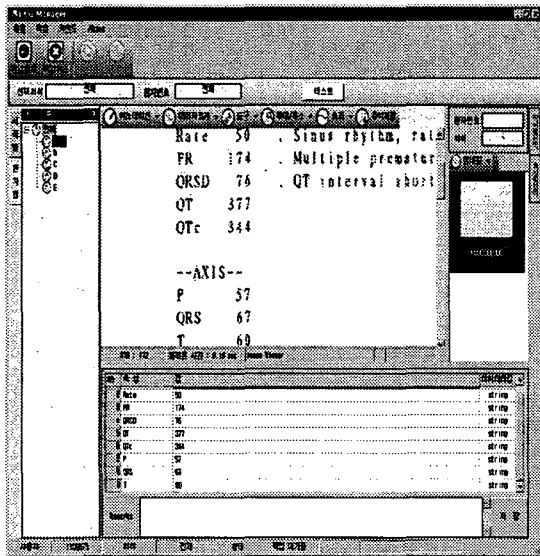


그림 6. 응용프로그램 메인

4.2속성별검색

심전도 이미지들이 가지고 있는 속성값을 활용하는 방안으로는 속성별 검색을 들 수 있다. 이 속성별 검색은 이미지가 가지고 있는 속성을 조건으로 이미지를 검색하는 것이다. 그림 7은 속성검색을 하는 화면으로서, 'A'서식에 대해서 'Rate >= 50 AND QT >= 200'의 조건을 만족하는 모든 이미지들을 검색한다.

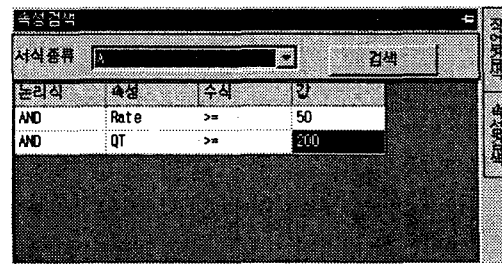


그림 7. 속성 검색

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 심전도 결과지를 이미지화하여, 양식별로 분류하고, 이미지의 속성 값을 인식하는 이미징 시스템 개발에 관해 논하였다. 개발한 시스템은 6 종류의 심전도 결과 이미지의 자동 분류, 보정, 인식이 가능하며, 종이에 출력된 심전도 결과지의 관리에 필요한 시간, 공간, 인력의 낭비를 줄일 수 있다. 또한 저장된 속성 값을 이용하여 데이터 마이닝을 할 수 있을 것으로 기대한다.

향후 과제로는 심전도 결과 이미지에서 나타나는 파형을 추출하여 학습함으로써[4], 심장 질환 가능성 발견할 수 있는 기능을 구현하는 것이다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업 (RTI04-01-01) 지원으로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] S. Rehm and S. Kraft, "Electronic Medical Records: The FPM Vendor Survey," Family Practice Management, pp. 45-54, 2001.
- [2] G. Thoma, "Communications Engineering Branch Annual Report," 2002.
- [3] T. Lehmann *et al*, "Automatic Categorization of Medical Images for Content-based Retrieval and Data Mining," Computerized Medical Imaging and Graphics, vol. 29, numbers 2-3, pages 143-155, 2005.
- [4] C. Nuggent *al al*, "The Role of Neural Networks in Computerized Classification of the Electrocardiogram," Neural Networks in Healthcare, pp. 60-80, 2006.