

요분석 시스템 구현

Implementation on the Urine Analysis System

전 계록

부산대학교 의과대학 의공학 교실

grjeon@pusan.ac.kr

1. 서론

요검사는 주로 비색분석(colorimetric analysis)법에 의해 수행되어지는데, 측정된 스트립을 사람의 눈으로 참고치와 비교하는 육안 비색법과 스트립에 가시광선 영역의 광을 주사하여 스트립의 농도 변화를 검출하는 광도법이 병행되고 있다.

광학 계측용 임상의료장비에서는 장비의 정확도 및 재현성의 유지가 필수적이다. 하지만 현재 광계측용 장비의 입·출력 장치들은 색 공간 내에서 각각의 장치가 표현할 수 있는 색 영역에 다소 차이가 발생하고, 색 측정시 구성 요소들의 비선형적 특성에 의해 왜곡현상이 발생한다. 그리고 임상검사 장비간 독립된 특성, 대상 물질 및 광에 관련된 너무 많은 요소가 색 현상에 작용하고 있으며, 색의 과학적 표현을 위해서는 단순화 및 정규화 과정을 거쳐야 하는 과제가 존재한다. 또한 임상검사에서 장비간 일정한 재현성과 정밀도를 유지하기 위해서는 보정 기준인 색 모델을 개발하여야 한다는 문제점을 가지고 있다.

본 연구에서는 색을 인식하는 과정을 수식적으로 표현한 색도 좌표 변환 기법을 전처리과정에 도입하였고, 측정치의 통계적인 관리를 위하여 허용치법과 퍼지분류기를 구현하여 임상 전문가의 지식을 기반한 검사결과가 분류되도록하였다. 그리고 전처리과정에서 색도 좌표변환 기법과 분류기 구현으로 검사 결과의 신뢰도와 재현성을 높이도록 제안하였다.

2. 연구내용

본 연구에서는 현장 검사와 휴대용 검사가 가능하도록 하는 요분석 시스템을 구현하였다. 정확도 및 재현성이 높은 휴대형 요분석 시스템을 구현하기 위하여 다음과 같이 다섯 단계로 연구를 수행하였다. 먼저 광모듈의 형태에 따른 특성을 비교하였고, 두 번째로는 스트립의 반사 스펙트럼을 분석하였으며, 세 번째로는 요분석 시스템의 색 관리를 위한 전처리과정으로 광 출력값에 대한 보상을 수행하도록 하였다. 네 번째로는 선행 연구를 기초로 하여 요분석 시스템을 구현하였고, 마지막으로 전처리된 광 출력값을 분류하는 분류기 구현의 단계로 수행되었다.

2.1 광검출 소자에 대한 비교

본 연구에서 요분석 시스템을 구현하기 위하여 개발된 R, G, B chip LED와 photo diode로 구성된 광모듈은 메커니즘을 소형화할 수 있으며, 저가격대이며, 근접 point-line scan 방식으로 센서의 해상도를 조절할 수 있다.

2.2 요분석용 스트립의 스펙트럼 분석

요분석용 스트립의 정색반응에 따른 분광학적 특성을 기초 조사하기 위하여 분광 광도계로 스트립의 9 가지 검사항목의 각 등급에 대해 반사 스펙트럼을 측정 분석하고, 반사량의 차이를 정량적으로 확인

하였다.

2.3 요분석 시스템의 색 처리 과정

요분석 시스템에 사용되어진 LED의 광학적 특성이 각각 다르기 때문에 광 다이오드에서 검출되는 광량의 강도 또한 모두 다르게 나타나고 광모듈 메카니즘의 상태에 따라서 광 검출 결과가 동일하게 나타나지 않는다. 장비간 색 정보의 동일성을 유지하기 위한 요분석 시스템의 색 처리과정은 다음과 같은 여섯 가지 단계로 수행되었다. 첫 번째 단계는 광모듈의 구성 요소들 즉, 광학 메카니즘, 광원, 광검출 소자 및 시료의 특성에 따라 광 검출 특성의 변화를 관찰하는 과정이다. 두 번째 단계는 포토 다이오드에서 검출된 전류를 전압으로 변환하고, 이를 디지털 신호로 변환되는 과정이다. 세 번째 단계는 광학의 물리적인 특성과 광원의 불균일성, 주변 구조물에 의한 반사, 광센서의 비선형적 특성 등 여러 가지 요인들에 의해 발생하는 오차량을 보상하여 명암을 보정하는 단계이다. 네 번째 단계는 광원에 반응하는 센서의 특성이 광량에 따라 비선형적으로 변화하므로, 3 차 스플라인 보간법을 사용하여 측정값을 선형적으로 보상하였다. 다섯 번째 단계에서는 장비별 광학특성들은 CMF를 사용하여 분광학적 보상을 수행하기 위해 CIE 표준 2° 관측자 CMF를 기준하여 장비 독립적인 특성으로 보정하였다. 여섯 번째 단계에서는 색도좌표계간의 변환을 수행하는 단계로써 CIE XYZ 표색계에서 Lab 표색계 또는 CIE xyY 표색계 등으로 변환해 주는 과정이다.

2.4 요분석 시스템의 구성

본 연구에서는 요분석 시스템의 색관리에서 제안한 광검출 모듈의 색 처리과정에 의하여 요에 함유된 10 가지 성분들을 정성 및 반정량 분석할 수 있는 시스템을 제작하였다.

2.5 요분석 시스템의 분류기 구현

2.5.1 측정과 데이터 획득

본 연구를 수행하기 위하여 표준시약과 요분석용 스트립을 사용하여 총 9 개 항목에 대해 검사를 수행하였다. 요분석용 스트립의 정색반응결과는 광 모듈로부터 측정한 R, G, B의 광량을 스캔 방식으로 측정하였다.

2.5.2 분석 알고리즘 평가

구성된 요분석 시스템을 검증하기 위하여 여러 가지 알고리즘을 적용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 광검출 및 신호 보정 알고리즘으로 요분석용 스트립의 정색반응결과를 획득하였고, 각 항목별 측정치를 상대비율법과 특성 곡선을 이용한 사상, 색도 좌표 변환 기법 등으로 전처리하고 정규화하였으며, 측정치들의 분포 특성을 조사하였다. 그리고 여러 가지 방법으로 멤버십 함수를 설정하고 분류 알고리즘을 적용한 후, 관찰되는 분류 결과로써 분류 알고리즘을 비교·평가하고자 하였다.

2.5.3 요분석 시스템의 분류기 결과 비교

표준 시료를 측정한 데이터를 여러 가지 방법의 멤버십 함수와 분류기를 적용하여 분류한 결과, 허용치법과 퍼지 알고리즘을 복합적으로 구현한 분류기에서 가장 우수한 적응률을 나타내었다.

3. 결론

본 연구에서 구현된 요분석 시스템은 외란에 강인하며 안정적임을 알 수 있었다. 향후 본 연구에서 제안한 요분석시스템의 정도관리 프로그램 및 퍼지분류기를 이용하여 다양한 임상실험을 함으로서 객관적인 안정성과 신뢰성이 증명되리라 사료되며 이에 관한 연구를 지속적으로 수행할 계획이다.