

스트립의 컬러영상을 이용한 요 분석기에 관한 연구

A Study on Urine Analyzer Using Color Images of Strip

조용현

Yong-Hyun Cho

대구가톨릭대학교 컴퓨터정보통신공학부

요 약

본 논문에서는 스트립의 컬러영상을 이용한 요 분석기의 개발을 제안하였다. 제안된 분석기에서 스트립의 컬러영상획득을 위해 이미지센서를 이용하였으며, 상이한 요성분에 반응하는 독립된 각 패드들의 영상을 한 번에 촬영하고, 촬영된 패드 컬러를 분석하여 요성분의 측정값을 출력하는 특징을 가지도록 하였다. 특히 개발된 장치는 11개의 요 성분을 측정 분석하는 장치로 프로세서에 의하여 측정된 색상을 처리함으로써 복잡한 과정을 없앨 수 있어 빠른 동작과 가벼우며, 소형화 되고, 가시적 판단 때보다 정확성을 매우 높일 수 있었다. 또한 유·무선의 통신인터페이스에 의하여 다른 검사기능을 가진 외부장비나 개인용 컴퓨터 및 의료기판이나 기타 요구하는 다른 곳으로 전송이 가능하도록 하였다.

키워드 : 요분석기, 스트립, 컬러영상

Abstract

This paper presents an urine analyzer using color images of strip. An image sensor has been used to acquire an color images. The analyzer has a characteristics which takes a pictures of independent each pad responding to urine items all at once, and outputs the measured urine values by analysing an acquired pad colors. This device measures and analyses 11 urine items, and has a speed-up operation, light weight, small size, and makes accurate observations by processing the measured colors using processor. The urine analyzer transmits the urine items to peripheral devices, personal computers, hospitals, and another places by using a telegraph and a wireless interfaces.

Key Words : Urine analyzer, Strip, Color image

1. 서 론

최근 삶의 질 향상에 의한 건강에 대한 관심이 고조되고 있다. 특히 실생활의 변화에 따라서 성인병의 급격한 증가로 이를 위한 검진이나 관찰이 절실하게 요구되고 있다. 당뇨를 비롯한 신장관련 환자의 급격한 증가와 임산부 등과 같은 지속적인 관찰에 따른 치료가 요구되는 환자의 수는 기하급수적으로 증가되고 있다[1-3]. 그 중에서도 당뇨나 비뇨기과 환자의 경우는 더욱 더 심각한 실정이다[2].

국내의 경우 당뇨병환자는 약 500만 명, 세계적으로는 약 2억 5천만 명에 달하고 있다. 최신 전국 유행병학 조사에 따르면 현재 중국에서는 약 5,000만 명에 달하는 인구가 당뇨병의 위협을 받고 있으며, 당뇨병이 향후 중국의 심각한 공보건 문제가 될 것으로 발표하였다. 하지만 현재 중국 당뇨병 환자 중 약 1.5%만 자가 혈당측정기를 보유하고 있으며, 구미 선진국의 경우 당뇨병 환자의 약 90% 이상이 자가 혈당측정기를 보유하고 있다.

따라서 당뇨병뿐만 아니라 신장병관련 환자나 임산부 등과 같은 지속적인 요검진이 요구되는 개인의 급속한 증가로 보다 저렴하면서도 정확한 요 분석기의 개발은 시급한 실정

이다[3,4].

지금까지 개발된 요 분석기들은 소변의 성분을 검사하기 위해 대부분 스트립의 색변화를 추출함에 있어 분광분석법 [5-7]을 이용하고 있다. 이는 광원으로 백색광원 또는 각 파장 대역의 파장을 조사하는 LED를 사용하고 있으며, 시료가 착색된 스트립에서 반사 또는 분산되는 광을 검출하기 위하여 포토다이오드와 같은 수광소자를 사용한다. 구체적으로 미국의 Bayer사의 CLINTEC ATLAS는 백색광원으로 할로겐램프를 사용한다. 특히 광 모듈은 직경 3mm의 광섬유 다발 12개를 만든 후 1개의 광섬유 다발은 백색광을 포토다이오드로 직접 조사하도록 하여 할로겐램프의 출력을 측정하여 보정하도록 하고, 11개의 광섬유 다발은 백색광을 스트립 패드에 45도 각도로 조사시켜 스트립 패드의 정색 반응을 측정하도록 한다. 그리고 스테핑 모터를 사용하여 칼라 필터를 회전시키면서 스트립 패드에 나타나는 정색 반응에 의한 분산 광 중 Red, Green, Blue파장 대역의 신호를 순차적으로 11개의 포토다이오드에 입사시키도록 설계하였다[2,8].

하지만 전술한 이런 제품에서는 광원의 열로 인한 장비내의 광학부문의 손상이 발생되고, 광학구조가 복잡하여 제품의 부피가 크고 무게가 무겁다. 독일의 Boehringer Mannheim 사 Midtron M은 Dual Type으로 광 모듈이 스트립 패드와 같은 방향으로 이동하면서 스트립의 정색반응을 검출한다. 각각의 광 모듈은 3개의 LED 즉, Red, Green, Blue의 LED

접수일자 : 2007년 11월 10일

완료일자 : 2007년 12월 2일

와 1개의 포토다이오드로 구성되어 있으며, 2개의 광 모듈이 검사항목을 측정하기 위하여 각각 30~40초가 소요된다. 이 제품 역시 광학모듈의 운송 메커니즘이 복잡하여 제품이 크고 무거운 단점이 있다. 이처럼 지금까지 개발된 분광분석법에 기반을 둔 장치들은 복잡한 하드웨어 구조를 가져 비경제적이다. 따라서 보다 정확하면서도 간단한 구조를 가지는 저렴한 장치의 개발이 절실하다.

본 논문에서는 요 검사 스트립의 색상 변화를 이미지화하여 관련 데이터를 추출함으로써, 여러 가지 항목을 동시에 측정할 수 있는 장치를 개발한다. 이는 이미지센서를 이용하여 색 정보를 직접 획득함으로써 좀 더 정확하고 빠른 자료처리가 가능하며, 하드웨어적인 구조의 간단화로 충분한 경쟁력을 갖춘 장치를 개발하기 위함이다. 특히 당 성분뿐만 아니라 요에 함유된 여러 가지 물질 즉, 우로빌리노겐(urobilinogen), 당분(glucose), 케톤(ketones), 빌리루빈(bilirubin), 단백질(protein) 아질산염(nitrite), 혈중수소농도(pH), 잠혈(occult blood), 비중(specific gravity), 백혈구(leukocytes), 비타민 C 등을 측정하여 질환의 진단에 유용하게 사용할 수 있는 고신뢰성의 경제적인 요 분석기를 개발하고자 한다.

2. 분석기의 구성과 회로 및 동작

개인건강에 대한 관심이 고조되면서 생체신호를 이용한 검사들이 많이 이루어지고 있다[2]. 그 중에서도 요의 검사를 통한 건강검진 및 관리에 중점을 둔 연구들이 활발하게 이루어지고 있다[4]. 여기에서는 보다 쉽고 정밀하게 요를 검사할 수 있는 장치와 컴퓨터와 같은 저장장치를 통한 검사자료의 보존 및 의사에게 개인의 건강자료를 실시간으로 전달할 수 있는 통신인터페이스를 가지는 요 분석기를 설계·개발하는 것이다.

요 검사 시 스트립의 색상 변화를 감지하여 당을 측정할 수 있으므로 손쉽게 측정이 가능하다는 장점이 있다[2]. 또한 임신부나 신장관련 비뇨기 환자와 같이 신체의 건강상태를 지속적으로 관찰해야하는 경우 요 분석은 절대적으로 요구되는 한 가지 대안이다. 따라서 이러한 목적으로 개인이 휴대 가능하면서도 정밀도를 가지는 장치의 개발은 매우 높은 사업성을 가진다.

2.1 분석기의 구성

요 분석기는 이미지센서 모듈을 이용하여 상이한 생체 특성에 반응하는 시료가 구획된 여러 개의 패드들을 포함하는 측정영역을 한 번에 촬영하며, 촬영된 이미지 상에서 각각의 생체 성분에 반응하는 칼라를 분석하여 각 생체 데이터에 대한 측정값을 산출·출력하는 특징을 가지도록 한다.

패드의 측정영역을 한 번에 촬영함은 복잡한 운송 메커니즘을 없앨 수 있어 가볍고 소형화된 요 분석기를 제공할 수 있는 효과를 얻기 위함이다. 또한 이미지 센서로 입력되는 이미지 상에서 패드의 색을 분석함으로써 가시적으로 판단할 때보다 그 정밀도를 매우 높일 수 있는 효과가 있다.

한편 분석기는 스트립의 색 변화에 따라 생체 특성별 측정값을 산출하여 외부기기로 전송하도록 함으로써 다른 기능을 가진 검사장비와도 연결 가능하고, PC등을 통하여 검사결과를 의료기관에 전송하는 것도 가능하도록 함으로써 데이터에 기초하여 지속적인 관리를 받을 수 있다는 장점이 가진다. 특히 스트립의 색 변화가 정상 범위를 벗어나면 경고 메시지를 출력하도록 함으로써 일반인도 자신의 건강상태를 제

크하여 위험상태를 사전에 알 수 있어 건강악화를 미리 방지하는 효과도 있다. 특히 혈압이나 맥박 등의 생체신호 측정 장치와 조합하면 종합적인 의료보조 시스템으로 충분한 가치가 있을 것이다.

개발될 요분석기의 구성도는 다음의 그림 1과 같다. 여기서 요의 색을 직접 이용하는 요분석기는 자료를 처리하는 MPU와 관련된 프로세서부, 색 센서부, 외부 인터페이스부, 자료 표시부, 자료 저장부, Keypad 등으로 구성된다.

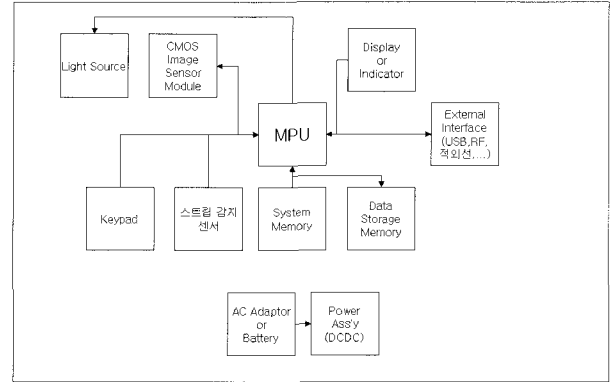


그림 1. 요분석기의 구성도

Fig. 1. Block diagram of urine analyzer

2.2 분석기의 회로

제안된 구성도를 바탕으로 개발된 요분석기는 크게 암실에서 스트립을 촬영하기 위한 이미지센서 모듈인 카메라부, 영상을 처리하고 분석하기 위한 프로세서부, 사용자가 장치를 운용하기 위한 User Interface부, 자료의 저장과 PC와의 통신 및 원격제어를 위한 Peripheral부와 장치의 전원 공급을 위한 전원부로 나눌 수 있다. 다음의 그림 2는 개발된 장치의 회로도이다.

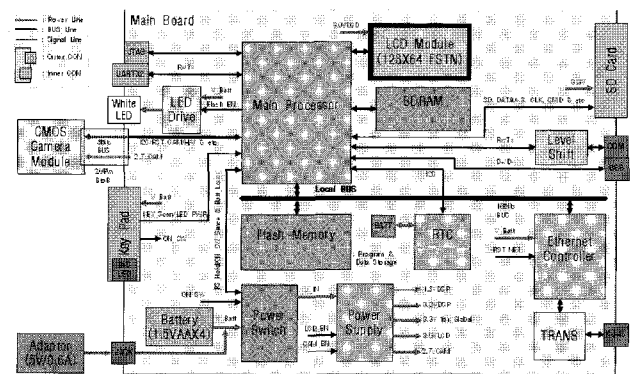


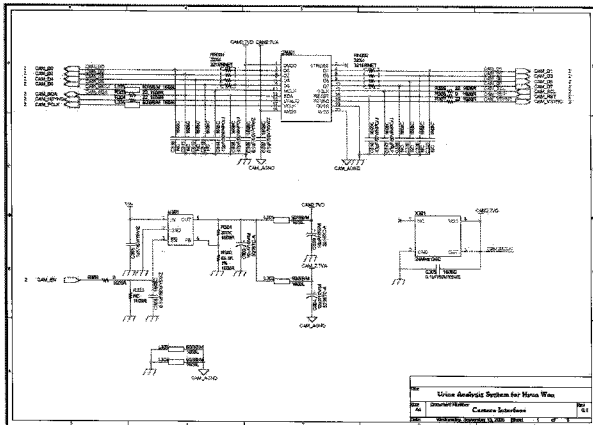
그림 2. 요분석기의 회로도

Fig. 2. Circuit diagram of urine analyzer

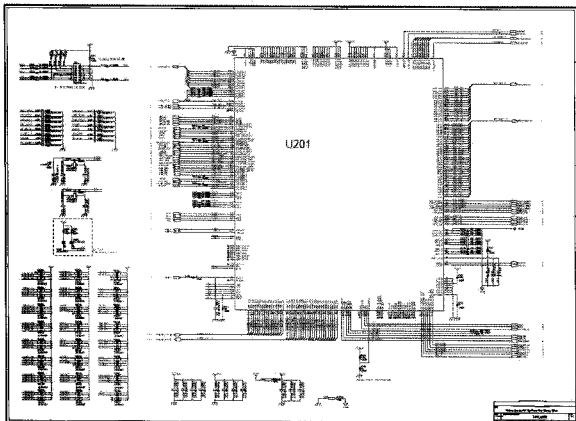
그림 2에서 주요 기능부들의 구성을 요약하면 다음과 같다. 먼저 카메라부는 스트립을 촬영하는 부분으로, 카메라는 이미지센서 모듈로 RAW-BMP 8bits Format의 영상을 출력한다. 프로세서부는 촬영된 영상을 변환·분석하고 장치내의 모든 기능들을 제어하며 주프로세서와 고용량 영상처리 등의 Buffering을 위한 메모리 및 RTC로 구성된다. 또한 User Interface부는 사용자의 조작과 결과 확인을 위한 곳으로, 전원의 ON/OFF, SET, UP/DOWN 등의 조작을 위한 Key 입력 등으로 구성되어 있다. Peripheral부는 자료저장

및 PC로의 전송과 원격제어를 담당하며, 외부저장 및 입출력 장치들, 그리고 원격제어 네트워크를 위한 LAN Port로 구성된다. 한편 전원부는 내부회로의 전원 공급부로, Battery와 Adapter를 겸용할 수 있으며, 높은 효율의 안정된 전압 및 전류를 공급할 수 있도록 구성하였다.

다음의 그림 3에서는 위에서 서술된 5개의 주요 부분 중에서 카메라부와 프로세서부의 회로만을 각각 나타낸 것이다. 그림 3(a)은 스트립을 촬영하는 부분으로, 카메라는 VGA급 1/4" CMOS Image Sensor Module를 이용하였고, Light Source로는 고휘도 백색 LED 4개를 나란히 배열하여 구성하였으며, RAW-BMP 8bits Format의 영상을 출력한다. 그림 3(b)의 프로세서부는 촬영된 영상을 변환·분석하고 장치 내의 모든 부분을 제어하는 곳으로, ARM7 Core가 내장된 프로세서와 고용량 영상처리 등의 Buffering을 위한 16Mbytes SDRAM, Program과 Data 저장을 위한 1Mbyte의 Nor-Flash ROM, 그리고 RTC로 구성하였다.



(a)



(b)

그림 3. 카메라부 (a) 및 프로세서부 (b)의 회로도
Fig. 3. Circuits of camera (a) and processor (b)

2.3 분석기의 동작

설계 구성된 분석기의 동작과정을 정리하면 다음의 그림 4와 같다. 여기 5개의 각 과정들을 좀 더 상세히 알아보면 다음과 같이 정리할 수 있다.

스트립의 촬영/변환 과정은 CMOS Camera의 출력인 4:2:2의 RAW Data를 BMP Format으로 변환한다. 각 패드 영역 추출과정에서는 각 패드의 영역을 추출한다. 현재는 각

항목별로 좌표를 고정시키고 10x10 Pixel 크기의 영상을 추출하였으며, 향후 패드영역에 적응적으로 활용하기 위한 영상 처리기법이 연구 중이다. 또한 각 패드별 색 검출/보정/변환 과정에서는 추출된 패드의 색상을 계산하고 Focus나 조명의 편차로 인한 색상의 오류들을 보정한다. 그리고 각 항목별 측정값 산출 과정은 각 패드별로 처리된 색상들을 생체 데이터로 변환 및 대입하여 측정값을 산출한다. 마지막으로 측정값의 출력/저장/전송 과정에서는 측정된 결과들을 사용자의 요구에 따라 LCD나 Printer로 출력하거나, 내부 또는 외부 메모리에 저장하거나 PC나 Network상의 다른 Host/Client로 전송하는 과정이다.

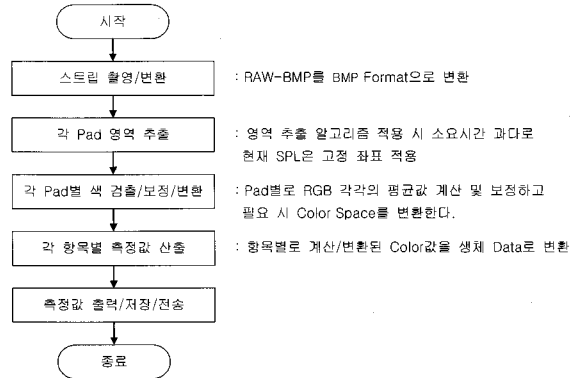


그림 4. 분석 흐름도

Fig. 4. Flow chart of analysis

3. 제안된 분석기의 적용실험 및 결과분석

요 분석을 위해 설계·제작된 분석기는 독일 Roche Diagnostics GmbH사의 'Combur-10-Test M' 스트립을 대상으로 실험하였으며, 이는 요 내에 포함된 11개의 성분을 측정할 수 있다. 그림 5는 조건표이다. 이들 성분들을 이용하면 간, 신장, 요로 등의 진단이 가능하다.

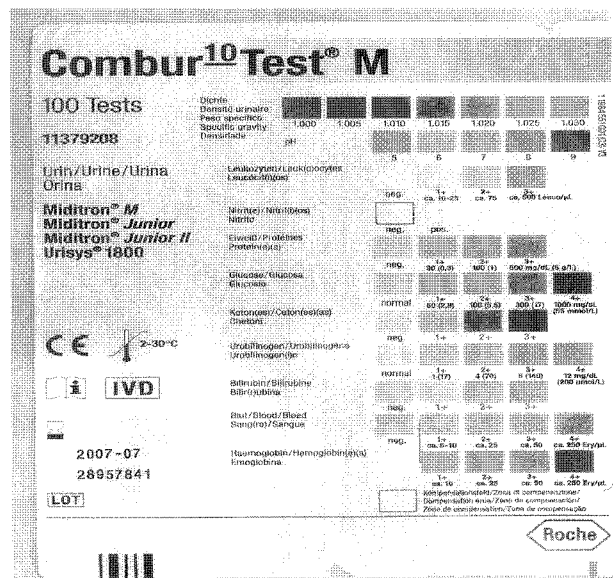


그림 5. Combur-10-Test M의 스트립 조건표

Fig. 5. Strip chart of Combur-10-Test M

한편 이용된 스트립으로 요 사를 실시할 경우 검사항목과 정밀도를 살펴보면 다음의 표 1과 같다. 표 1에서 11가지 각 성분들의 측정범위와 단위, 그리고 측정단계를 알 수 있다.

표 1. 스트립의 검사항목과 정밀도

Table 1. Inspection items and precisions of strip.

No	Item	Description	Unit	Strip	Remark
1	Specific Gravity	1.000-1.030	-	0.005	
2	pH	5-9	-	1	
3	Leucocytes	neg. / 1+(ca.10-25Leuco/uL)-3+(ca.500Leuco/uL)	Leuco/uL	4	
4	Nitrite	neg. / pos.	-	2	
5	Protein	neg. / 1+(30mg/dL)-3+(500mg/dL)	mg/dL	4	
6	Glucose	normal / 1+(50mg/dL)-4+(1000mg/dL)	mg/dL	5	
7	Ketone	neg. / 1-3+	-	4	
8	Urobilinogen	normal / 1+(1mg/dL)-4+(12mg/dL)	mg/dL	5	
9	Bilirubin	neg. / 1-3+	-	4	
10	Blood	neg. / 1+(ca.5-10Ery/uL)-4+(ca.250Ery/uL)	Ery/uL	5	
11	Hemoglobin	neg. / 1+(ca.10Ery/uL)-4+(ca.250Ery/uL)	Ery/uL	5	

스트립 내 각 패드의 색상과 생체 성분데이터를 각각 비교한다. 이는 각 성분의 변화에 따른 촬영된 색상의 변화를 분석하기 위함이다. 즉 비중부터 비타민까지 11개 각각의 성분들이 변화에 따라 RGB 또는 HSI 성분의 변화를 조사하기 위함이다. 다음의 그림 6은 한 예로 비중의 변화에 따른 색상의 변화를 각각 나타낸 것이다.

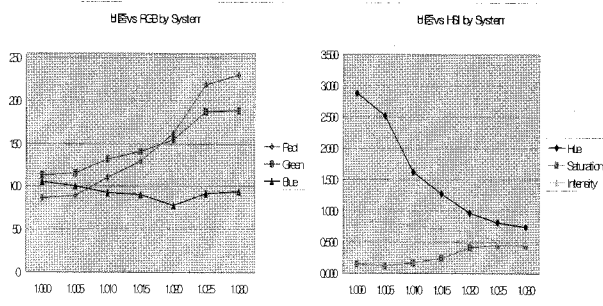


그림 6. 비중의 변화에 따른 색상의 변화

Fig. 6. RGB and HSI changes by specific gravity

여기서 보면, RGB의 경우는 Red 성분이 HSI에서는 Hue 성분이 각각 비중의 변화에 대해 가장 잘 반응하는 것을 알 수 있다. 이는 비중의 측정을 위해서는 Red나 Hue의 색상 변화를 이용하는 것이 바람직하다는 것을 알 수 있다. 본 논문에서는 11개 성분에 대한 이들 색상의 변화를 모두 측정하여 분석하고, 이를 바탕으로 성분의 분석을 위한 장치를 개발하였다.

그림 7은 스트립을 이용하여 실제 측정시료와 측정시료인 스트립으로부터 얻어진 색상 데이터로부터 RGB 값과 판단값을 각각 나타낸 것이다. 그림에서 보면 측정시료에 표시된 판단값을 그대로 나타내며, 이는 기준을 위한 자료로 이용된다. 여기서 11가지 패드의 색상은 잘 검출되고, 이에 따른 판단도 조건표와 일치함을 알 수 있다.

그림 8은 실제 방뇨된 요로부터 얻어진 시료의 RGB 값을 바탕으로 나타낸 것 실험결과이다. 여기서 촬영된 색상은 보정 후 요성분의 색상이 되며, 이를 바탕으로 기준 색상과 비교하여 최종 판단값을 추출하게 된다. 요의 성분분석 결과에 따른 임상적인 소견은 전문가의 의견을 참고로 추가 구성되어야 할 것이다.

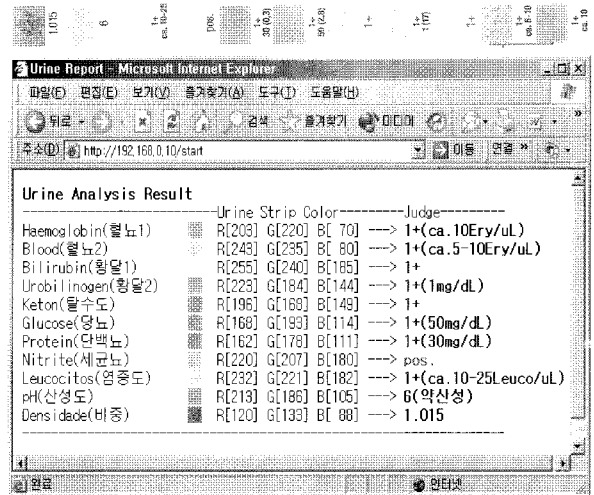


그림 7. 측정시료 및 얻어진 색상값과 판단값

Fig. 7. Measuring sample, color and judge values

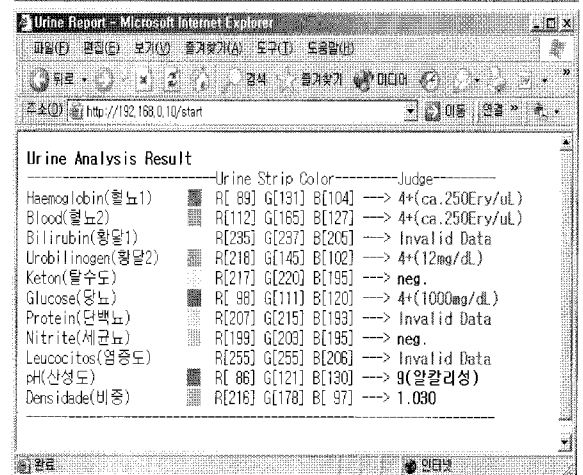
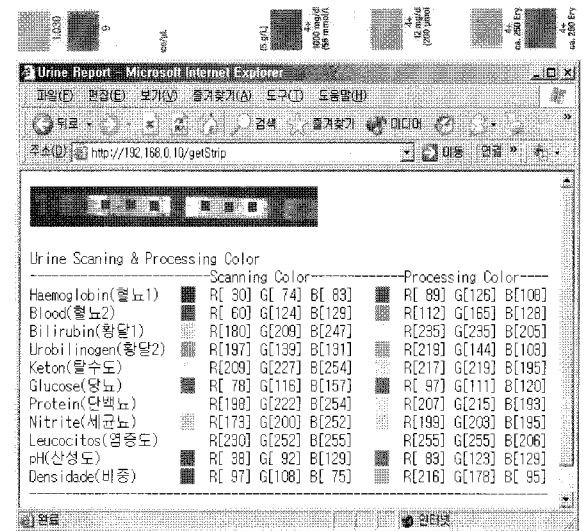


그림 8. 요에 의해 색상이 변화된 실험결과

Fig. 8. Experimental results by changed color of urine

다음의 그림 9는 본 논문에서 개발한 장치의 내부도 및 외형도를 나타낸 것이다.

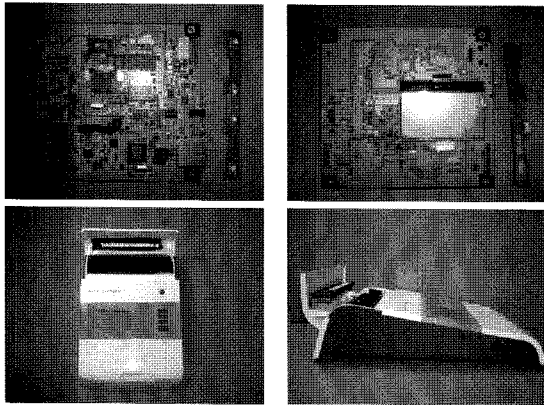


그림 9. 분석기의 내부 및 외형도

Fig. 9. Inside and outside pictures of urine analyzer

이상에서 11개의 요 성분 모두를 측정하기 위한 시작품을 설계·개발하였다. 하지만 임신부나 신장환자 등을 위한 목적에 부합된 장치는 4개 정도의 성분의 측정 분석만으로도 충분하여 크기나 무게 등을 더욱 더 줄일 수 있을 것이며, 향후 유·무선을 위한 통신 인터페이스를 추가함으로써 유비쿼터스 시대에 헬스케어에 위한 장치로도 충분한 가치가 있을 것이다.

4. 결 론

본 논문에서는 스트립의 컬러영상을 이용한 요 분석기의 개발을 제안하였다. 제안된 분석기에서 스트립의 컬러영상 획득을 위해 이미지센서를 이용하였으며, 상이한 생체특성에 반응하는 시료가 구획된 복수개의 패드들의 측정 영역을 한번에 촬영하고, 촬영된 영상에서 각각의 생체성분에 반응하는 패드 색을 분석하여 측정값을 산출·출력하는 특징을 가지도록 하였다.

개발된 장치는 11개의 요 성분을 측정 분석하는 장치로 프로세서에 의하여 측정된 색상을 보정·분석함으로써 복잡한 처리과정을 없앨 수 있어 가볍고 소형화되며, 가시적 판단 때보다 정밀도를 매우 높일 수 있었다. 또한 유무선의 통신인터페이스에 의하여 다른 검사기능을 가진 외부장비나 개인용 컴퓨터 및 의료기관이나 기타 요구하는 다른 곳으로 전송이 가능하도록 하였다.

향후 개발된 장치의 임상실험 및 유비쿼터스 시대에 헬스케어에 위한 장치로의 보완 개발이 뒤따라야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 박혜란, 정보경, 박노원, "요시험지 독기를 이용한 요검사의 비교분석," *임상병리와 정도관리*, 제 23권 제 1호, pp.239-246, 2001년
- [2] 한국임상병리학과교수협의회, "임상병리 검사학 개론", 고려의학, 2006년
- [3] 김경동 외 5, "요 검사 신빙도 조사 결과보고(2000), "임상병리와 정도관리, 제23권 제1호, pp.71-90, 2001년
- [4] I. Shimada, K. Nihei, and K. ItohR, "요 자동분석장치 Clinitek 500의 기초적 검토," *임상검사기기·시약*, 제 23권, pp.63-77, 2000년
- [5] <http://www.clinic-clinic.com/prblm/Lab/urinelaysis.asp>
- [6] "Uv-visible spectrophotometer" <http://cheric.org/ippage/d/ipdata/2004/03/file>
- [7] "근적외선 분광법의 이해(1)" <http://www.sjint.co.kr/up-file>
- [8] 김진형, 김정배, 이관세, 이승진, 전계록, "요분석 스트립의 정색반응에 대한 색도좌표 보정," *한국물리학회지*, 제 43권, pp.253-259, 2001년

저 자 소 개



조용현 (Yong-Hyun Cho)

1979년 : 경북대학교 전자공학과(공학사)

1981년 : 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)

1993년 : 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)

1983년~1984년 : 삼성전자(주)

1984년~1987년 : 한국전자통신연구원

1987년~1997년 : 영남이공대학 전자과 교수

1997년~현재 : 대구가톨릭대학교 컴퓨터 정보통신공학부 교수

관심분야 : 신경회로망, 영상신호처리 및 인식, 상황 인식, 전자교환기 등

Phone : +82-53-850-2747

Fax : +82-53-850-2740

E-mail : yhcho@cu.ac.kr