

---

# RTOS를 이용한 위폐검출 계수기의 구현

정원근\* · 신태민\*\* · 이진기\*\*\*

Implementation of counterfeit banknote detection counter using RTOS

Won-Geun Jung\* · Tae-Min Shin\*\*, Gun-Ki Lee\*\*\*

## 요 약

본 논문에서 일반 지폐 계수기에 권종구분 기능과 복수장 검출기능 그리고 위조지폐판별기능을 부가시킨 지폐계수기를 구현하였다. 권종구분에는 센서 신호 처리 기술, 위조지폐 판별에는 센서응용기술 및 정보처리 기술을 사용하였고, 고속계수에는 정밀 기구 설계 기술과 마이크로프로세서 응용기술을 사용하였다. 소프트웨어는 RTOS를 기반으로 한 C 언어를 사용하여 효과적인 제어 알고리즘과 실시간으로 신호를 처리함으로써 디버깅 및 추가 하드웨어와의 접목이 어려운 점을 개선하였다. 센서 디바이스로는 하드웨어 비용절감과 처리속도를 감안하여 포토다이오드와 포토다이오드 응용제품, 그리고 자기저항센서를 사용하였다. 마이크로 컨트롤러는 Intel I8051 코어를 사용한 필립스사의 PCF 80C552-24를 사용하였다. 실험 결과 컬러복사 및 컬러 프린트로 만든 위폐가 잘 구분되는 것을 확인하였으며, 계수 중 이권종이 있을 경우 구분해냄으로써 다른 지폐가 섞여 계수 되는 것을 방지 할 수 있었다.

## ABSTRACT

A banknote counter is a machine that automates counting the money in some agencies to treat much banknotes as well as general banking agencies. The banknote counter materialized in this paper is the machine that adds the function of banknote sorting, detecting plural banknote and detecting counterfeit banknote to an existing banknote counter. The technique of sensor signal processing are used for banknote sorting. The technique of sensor application and data processing are used for detecting counterfeit banknote. The technique of precision equipment design and microprocessor application are used for high speed count.

Software improved in debugging and difficulties to link with additional hardware. It was materialized through effective control algorithm and real-time signal processing with C-language on the basis of RTOS(real-time operating system)

Photodiode, its applications and a magnetic resistance sensor are used as a sensor device with regard to hardware cost-cutting and process velocity. PCF80C552-24 of Philips using Intel I8051 core is used as a control microprocessor.

---

\* 경상대학교 전자공학과 박사과정  
\*\*\* 경상대학교 전자공학과 교수(교신저자)

\*\* 연세대학교 의공학부 교수  
접수일자 : 2002. 4. 12

As the results so far achieved, counterfeit banknotes made by the use of a color duplicator and a color printer, are distinguished from real banknotes through mixing an optical with a magnetic sensor. and, in case that there are some different banknotes while counting, it is prevented for them to be counted without discriminating from the same kind of banknotes in addition to the function of banknote sorting.

## I. 서론

컬러복사기와 고성능 컬러프린터의 보급이 확대되면서 위조지폐가 새로운 사회문제로 대두되고 있다. 선진국에서는 컬러복사기에 위조지폐의 출처를 알아낼 수 있는 부호를 기록하게 하는 특수 기능을 탑재하는 등 늘어나는 위조지폐 범죄를 줄이기 위한 대책에 총력을 기울이고 있으나 위조지폐 제작기술도 날로 정교해지고 있다.

본 논문에서는 한국은행권을 기준으로 센서 신호처리 및 구동제어를 위한 전자제어회로와 센서 정보처리 알고리즘 및 제어 소프트웨어를 개발하고자 한다. 여기에 관련한 논문 수행내용으로서 실험을 통하여 적절한 센서를 선정하고, 지폐의 권종구분을 위한 패턴의 정의와 분류기준을 설정하였다. 그리고 하드웨어설계로는 위폐검출 기능과 마이크로 프로세서를 이용한 제어장치를 설계하였고, 소프트웨어개발로는 RTOS를 기반으로 C 언어를 사용하였다. 기존의 대부분의 계수기 구동용 소프트웨어는 어셈블리어로 개발되었기 때문에 디버깅과 추가 하드웨어와의 효과적인 접목이 어려운 단점이 있었다. 이를 RTOS를 기반으로 한 C 언어를 사용하여 개선하고, 효과적인 제어알고리즘 개발로 시스템의 유연성을 확보하고자 한다. 그리고 기존 계수기는 지폐가 복수장이 금지될 경우 에러를 내면서 시스템이 정지한다. 본 논문에서는 이러한 기존 계수기의 단점인 복수장 금지 에러를 없애고 복수장 카운터 기능을 추가함으로써 계수기의 성능을 향상시키고자 한다.

본 논문은 이러한 기술개발을 통해 마이크로 프로세서 응용기술 및 센서 응용기술 등을 실제 적용시켜 위폐 검출 계수기를 구현하고 제반 성능을 고찰하였다.

## II. 지폐의 특징벡터 추출

위조지폐를 식별할 수 있는 가장 일반적인 방법은 시각으로 확인하는 방법과 지폐의 촉감으로 느끼는 방법 두 가지가 있다. 그 중 눈으로 확인할 수 있는 방법으로는 지폐를 빛에 비추어 보이는 은화와 지폐를 복사나 스캐닝 할 경우 생기는 광간섭(물결)무늬를 확인하는 등의 시각적인 특징을 보는 것이 있고, 촉감으로 느끼는 방법은 지폐 특유의 재질의 느낌과 시각장애인을 위한 점자를 들 수 있겠다. 그러나 이러한 방법으로는 실제 위조 지폐를 구분하는 기기에 적용하기에는 많은 어려움이 있다. 시각으로 확인하는 방법으로는 화상처리를 들 수 있지만 현재 위폐 제조 기술은 컴퓨터 스캔기술과 컬러복사기의 발달로 일반인들이 구분할 수 없을 정도의 정밀한 위폐를 만들고 있으므로 위폐판별이 어려운 실정일 뿐 아니라 화상처리에 관련된 센서 및 주변회로가 고가이기 때문에 상용화가 힘들다. 촉감센서 또한 실제 적용할 수 있는 센서가 거의 없는 실정이다. 따라서 본 논문에서는 지폐의 광학적 특징과 자성 특징을 이용하여 위폐를 구분한다. 지폐의 광학적 특징을 이용한 것으로는 적외선 반사, 자외선반사, 형광 성분, 이권종 구분이 있으며, 자성 특징을 이용한 것으로는 지폐의 자기 성분과 두께 검지가 있다<sup>1) 4)</sup>.

### 1. 적외선 반사

적외선을 지폐에 방사하여 고유의 특성을 분석함으로써 지폐에 사용된 잉크성분에 대한 반응 특성을 기준 데이터와 비교하여 위폐를 판별한다. 지폐에 사용되는 잉크성분은 일반적으로 사용되는 잉크와 구분된다. 따라서 지폐에 적외선을 방사하면 지폐의 잉크에서 반사되는 적외선 영역의 고유 특성을 분석함으로써 위폐를 판별한다.

## 2. 자외선 반사

특정파장의 자외선 광원을 지폐에 방사하여 지폐의 재질에 의해 반사되어 나타나는 분광특성을 이용하여 위폐를 판별한다. 지폐의 재질은 일반 종이와는 아주 다르게 생산된다. 따라서 지폐에 자외선을 비추게 되면 그 고유의 특정 파장을 반사한다. 그 특정 파장을 자외선 영역에서의 고유 특성을 분석함으로써 위폐를 판별한다.

## 3. 형광 성분

특정 파장의 자외선 광원을 지폐에 방사하여 지폐의 재질에는 포함되어 있지 않은 형광물질에 의해 반사되는 형광 파장을 검출하여 위폐를 판별한다. 한국은행권의 지폐에 일부 도포 되어있는 형광물질은 자외선에 의해 가시광선 영역의 형광 빛을 발하게 된다. 이 형광 파장이 한국은행권 지폐에서 500nm~550nm 사이에 존재하지만 그 반사 파장이 아주 미약하여 검지가 어렵다. 따라서 그 형광물질이 도포 되어 있는 부분인 가운데 부분을 제외한 오른쪽과 왼쪽 부분 중 한쪽에 자외선 광원을 비추어 진폐에는 포함되어 있지 않은 형광물질에 의한 반사파장을 받아들여 위폐를 구분한다.

## 4. 지폐의 자기 성분

지폐에 분포되어있는 자기 잉크에 의해 감지되는 자기성분을 검출하여 위폐를 판별한다. 자기 센서로는 홀소자와 자기저항 소자가 있으며, 패턴 인식용으로는 주로 자기 저항 소자 중 BS 시리즈를 사용한다. BS 시리즈는 자계에 의해 저항 값이 변화하는 인듐, 안티모나이드(InSb)를 자기저항 소자와, 여기에 자기 바이어스를 부여하는 영구자석으로 구성되어 있다. 검지면 전면에 자성체가 접근하면 자기 저항체에 작용하는 자속밀도가 변화하여 출력신호가 얻어진다. 특징으로는 피검출체와의 갭(gap)특성과 S/N비가 뛰어나고 접촉부에 특수 급속을 사용하고 있기 때문에 내마모성이 우수하다. 그리고 주파수 의존성이 낮기 때문에 지폐의 자기성분의 패턴 인식용으로 사용할 수 있다. 본 논문에서도 지폐의 자기성분을 인식하는 센서로서 BS 시리즈의 자기 저항소자를 사용하여 위폐를 구분한다.

## 5. 이권종 구분

지폐의 권종을 구분하기 위해서는 지폐의 오염 및

훼손 그리고 지폐가 놓여 있는 방향에 관계없이 권종의 인식이 되어야 한다. 우선 생각할 수 있는 방법으로 화상처리에 의한 방법을 들 수 있다. 그러나 여기에는 두 가지 문제점이 있다. 첫번째 문제로 고속처리의 필요성이다. 10초 이내에 100매의 지폐를 계수 하여야 하기 때문에 구동장치 제어 및 동작시간을 고려할 때 30ms이내에 정보처리 결과를 산출해야 한다. 두 번째로 가격 경쟁력의 확보 즉 경제성이다. 영상센서 종류는 그 자체만으로 고가이고 주변회로도 복잡하여 전체적이 원가 상승 효과를 가져온다. 따라서 본 논문에서는 컬러 센서를 사용해 이 두 가지 단점인 가격 경쟁력과 처리 속도를 감안해 사용하였다. 컬러 센서는 백색광에 포함된 고유의 파장 대역을 검지하는 일종의 광 센서로 포토다이오드가 그 기본으로 되어 있다. 직접형 컬러 센서는 RED, GREEN, BLUE의 3개로 분류된 단색 센서를 일체화한 것으로 그 구조는 R, G, B로 분해하는 3매의 컬러 필터와 3개의 포토다이오드로 각각 구성되어 있다. 본 논문에서도 직접형 컬러 센서를 사용하여 R, G, B LED로 빛을 방사하고 지폐에 반사된 R, G, B 검출신호를 각각 증폭한 후 받아 들여 A/D 컨버터로 디지털화 하여 지폐에서 분포하고 있는 색성분으로 지폐의 권종을 구분한다.

## 6. 지폐두께

지폐두께 감지에 사용한 자기 저항 소자는 강자성 박막으로 형성된 디바이스로 자계 강도가 300 Oe 이상으로 매우 뛰어나고 자속 감지 방식으로 고속도 검출이 가능하다. 자기 저항 소자는 소자의 자기 포화 영역에서 사용한다.

## III. 지폐 계수기의 설계

### 1. 하드웨어설계

제어시스템 구성을 보면 적외선 영역의 투과용 센서인 카운터 센서와 위폐감별을 위한 적외선 반사 센서, 자외선 반사, 형광반사, 자기 성분의 4가지 센서와 권종 구분을 위한 컬러센서, 복수장 검출을 위한 두께 센서의 신호를 받아서 잡음신호를 제거하는 아날로그 필터와 적절한 신호로 변환하여 주는 증폭부, 이 증폭된 아날로그 신호를 디지털 시스템에서 처리할 수 있

는 데이터 형태로 변환 시켜주는 A/D 변환부, A/D 변환된 디지털 신호를 처리하는 마이크로 프로세서, 그리고 현재 값을 볼 수 있게 해주는 DISPLAY와 외부 입력 장치인 KEYBOARD, 그리고 시스템 전체를 구동하여 주는 구동 MECHANISM부로 구성되어 있다.

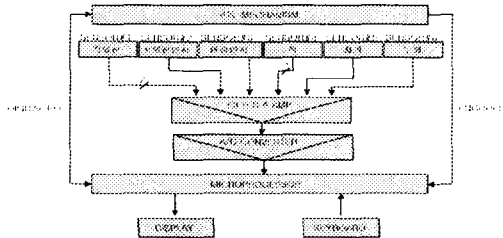


그림 1. 제어시스템 구성도  
Fig. 1 Block diagram of control system

본 논문에서 사용한 마이크로제어기는 인텔의 8비트 I8051 코어를 사용한 필립스의 PCF 80C552-24를 사용하였다. 여기에는 두개의 PWM, 8×10-bit A/D 컨버터, 5×8-bit I/O Port, 8-bit Input Port, Two 16-bit timer/event counter, Two serial interface 가 내장되어 있으며, 외부에 8k×8 ROM, 256×8 RAM을 사용하여 프로그램 할 수 있게 되어 있다. 여기에서 컴퓨터에서의 프로그램 다운로드를 위한 SIO(serial input output) 포트를 사용한다<sup>[3]</sup>.

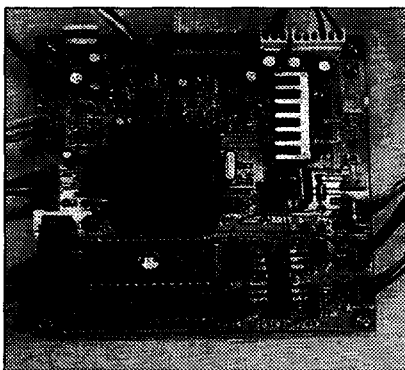


그림 2. 구현된 CPU 보드  
Fig. 2 Implemented CPU board

구동용으로 사용하는 두 개의 DC 모터는 PWM 신호로 구동한다. PWM(pulse width modulation)이란 1kHz~10kHz의 기본 주기를 갖는 기본 펄스열을 가변하여

듀티비(duty ratio)에 아날로그 정보를 매입하는 방식이다. 또한 마이크로제어기로 DC 모터를 구동할 때, D/A 변환된 아날로그 신호로 모터를 제어하는 것보다 PWM 신호에 의한 스위칭을 사용하는 것이 회로가 간단하게 되고 효율도 좋다. 설계된 CPU 보드에서 PWM 신호의 펄스폭은 모터의 축에 연결되어있는 엔코더 신호와 비교하여 조절된다.

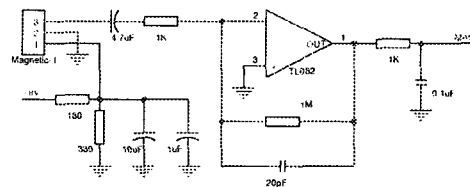


그림 3. 마그네틱 센서 증폭회로  
Fig. 3 Magnetic sensor AMP circuit

본 논문에서 사용한 센서인 포토다이오드와 자기저항소자의 출력 전류는 극히 미약하기 때문에 연산증폭기로 2단 증폭을 하였다. 포토다이오드에서 출력된 미약한 신호는 1차 증폭된다. 증폭된 출력신호에는 전원에 포함된 스위칭 노이즈 뿐만 아니라 계수기 시스템 전체를 구동하는 DC 모터에서도 잡음이 생긴다. 이 잡음은 감지 신호와 같이 증폭되어 증폭된 출력 신호에는 감지 신호와 구분이 어렵다. 따라서 본 논문에서는 증폭된 신호를 1차 저역 통과 액티브 필터를 사용하여 잡음을 제어하였다.

자기 센서는 센서의 출력이 미약하여 AC 증폭으로 하였고 온도 변화에 의한 센서출력의 직류 변동을 고려하여 설계하였다. 지폐 두께검출에서는 감지 로울러 축에 소형 영구자석을 부착하고(그림 4 참조), 축이 용지 두께에 따라 변동하게 되면 이를 자속밀도에 따라 내부저항 값이 변하는 자기저항소자를 이용하여 용지의 두께를 전기신호로 변환, 이를 처리함으로써 최대 2mm까지 겹쳐져 있어도 정확한 두께정보의 추출이 가능할 뿐만 아니라 영구자석도 소형(3x3x3mm<sup>3</sup>이내)이면 충분하고, 자기저항(MR)센서도 소형 트랜지스터 크기(4x3x2mm<sup>3</sup>) 정도이기 때문에 기기내에 장착이 용이한 장점이 있다. 특히 두께정보를 가장 원초적으로 반영하고 있는 감지 로울러 축으로부터 직접 검출하기 때문에 다른 기계적인 오차나 전기장적 영향을 최소화할 수 있다.

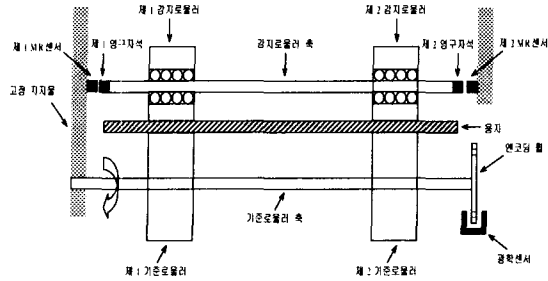


그림 4. 구현된 지폐두께 검지 장치의 정면도  
Fig. 4. Front view of implemented paper-density detector

따라서 충실한 두께정보를 얻을 수 있어 신뢰성을 향상시킬 수 있으며 저렴한 가격의 용지두께 검출방법을 제공할 수 있는 특징이 있다. 기준 롤러의 진원도 오차 및 회전운동에 의한 관성오차에 의한 두께정보의 왜곡을 기준 롤러 축에 직결된 엔코딩 휠의 회전각도 정보와 동기시켜 A/D변환한 후, 마이크로프로세서에서 신호처리에 의해 보상함으로써 보다 신뢰성 있는 두께정보의 추출이 가능하다.

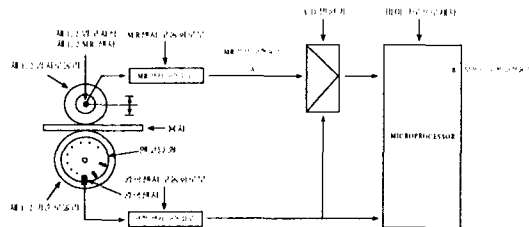


그림 5. 지폐 두께 검출기의 신호 흐름도  
Fig. 5 Signal relation diagram of paper-density detector

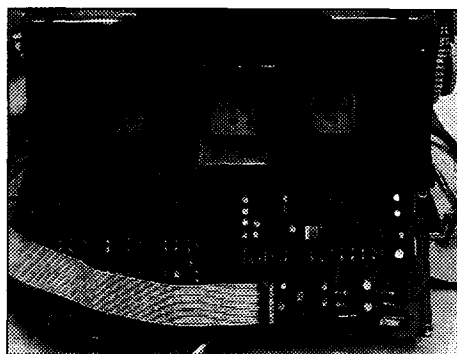


그림 6. 구현된 AMP 보드  
Fig. 6 Implemented AMP board

## 2. 소프트웨어 설계

본 논문에서는 리얼타임 OS의 하나인 RTX-51을 사용하여 이용하여 실시간 위계 검출에 적용시켰다. RTX-51 실시간 운영 체제는 8051계열의 다중작업 커널(kernel)이다. RTX-51 실시간 커널은 시스템 설계와 프로그래밍을 간단하게 하고 시간 한계 이벤트(time critical events)에 빠른 반응이 필요한 복잡한 응용프로그램의 디버깅을 간단하게 한다. 커널은 C51 컴파일러에 완전히 직접되어 있으며 사용하기 쉽다. RTX-51은 8051 마이크로 프로세서에 대해 빠른 속도와 간결한 코드를 생성하도록 치중되었고, 대부분의 8051 응용프로그램에 대해 C51 컴파일러는 어셈블리 언어의 속도와 코드 효율성에 일치하도록 C 언어로 프로그래밍 할 때 소프트웨어 개발자에게 유연성을 제공하기 때문에 C 언어와 같은 고수준의 언어를 사용하면 어셈블리 프로그래밍에 비해 여러 가지 장점이 있다. 프로세서의 명령세트에 관한 지식이 필요 없으며, 8051의 메모리 구조에 관한 기본적인 지식이 필요하지만 반드시 필요한 것은 아니다. 어셈블리 프로그래밍과 비교해서 프로그램 개발 시간과 디버깅 시간이 획기적으로 줄어들었으며, 많은 표준 루틴을 제공하는 라이브러리 파일이 응용프로그램에 편입되었다. 현재 루틴을 C 언어에서 모듈 프로그래밍 기법을 사용해서 새로운 프로그램에서 재 사용할 수 있고, C 컴파일러는 거의 대부분의 타겟 시스템(target system)에 사용될 수 있으며 다른 프로세서나 환경에 맞춰지거나 빠르고 쉽게 변환될 수 있다.<sup>[2][5][6]</sup>

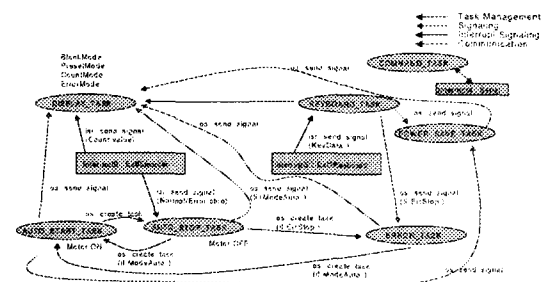


그림 7. 타스크간의 관계  
Fig. 7 Relation of task

그림 7은 본 논문에서 구성한 계수기의 전체 타스크간의 관계를 표시한 것이다. 그림에서 원으로 된 부

분은 각 타스크를 나타내고, 사각으로 된 부분은 인터럽트를 나타내고 있다. 각각의 타스크는 독립적으로 존재하며, 타스크 시그널링과 인터럽트 시그널링을 통해 서로 유기적으로 동작하고 있다. 계수기의 동작에서 가장 중요한 부분이 카운터를 하는 기능이므로 우선순위가 가장 높은 인터럽터 0에 엔코더를 부여함으로써 기본동작인 카운터를 수행하고 있다.

#### IV. 실험 및 고찰

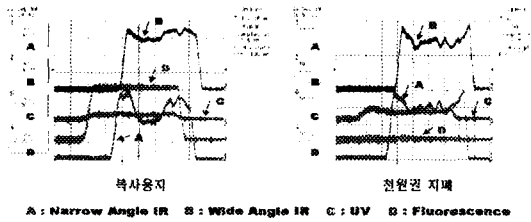


그림 8. 진폐와 위폐의 파형  
Fig. 8 Feature vector wavefrom of genuine and counterfeit banknotes

그림 8은 진폐와 위폐의 파형을 광원에 대한 반사 파형을 보여주는 것으로 복사용지의 파형과 천원권 지폐의 파형을 나타낸다. 뚜렷한 차이를 보이는 것이 D(형광)인 것을 알 수 있다. 이로서 진폐와 위폐를 구분하는 하나의 요소가 된다.

그림 8에서 알 수 있듯이 D(형광)파형이 천원권 지폐보다 복사 용지에서 현저하게 차이가 납을 알 수 있다. 이는 복사용지에서 형광성분 검출이 잘 됨을 단적으로 보여주는 것이다.

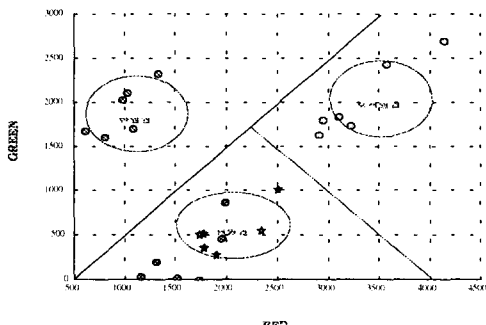


그림 9. 지폐의 색 분류  
Fig. 9 Pattern distribution of banknote

그림 9에서 권종에 따라 색의 구분이 뚜렷한 것을 알 수 있다. 천원권과 나머지 두 권종(오천원, 만원)을 구분 할 수 있는 것은 GREEN 성분으로 구분되며, 다시 오천원권과 만원권 구분은 RED 성분으로 구분할 수 있다.

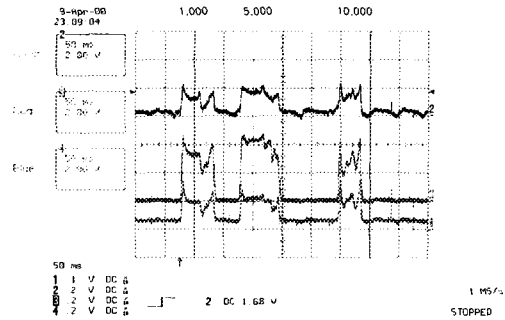


그림 10. 권종에 따른 색 파형  
Fig. 10 Color waveform of banknote

그림 10은 권종에 따른 색 파형을 나타내는 것으로, 천원권과 나머지 두 권종(오천원, 만원)을 구분 할 수 있는 것은 GREEN 성분이며, 오천원권과 만원권 구분은 RED 성분임을 알 수 있다.

자기저항 소자를 이용하여 지폐의 두께를 물러의 주축으로부터 직접 검출함으로써 고 신뢰성의 두께 정보를 검출하였다. 그림 11에서 용지1매와 용지2매, 용지3매를 뚜렷이 구분할 수 있다. 이를 통해 복수장 카운터 기능을 확보함으로써 기존의 계수기가 복수장이 카운터 될 경우 에러를 발생시켜 다시 처음부터 카운터 하던 것을 연속해서 복수장을 카운터 함으로써 계수속도를 현저히 향상 시켰다.

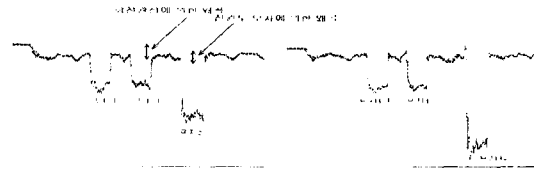


그림 11. 지폐두께에 따른 자기센서 출력파형  
Fig. 11 MR-sensor waveform of banknote-density

## V. 결론

본 논문에서 구현한 위폐 계수기는 광학 및 자기센서의 조합으로 위폐를 검출한다. 현재 발생 빈도가 높은 컬러 복사 및 컬러 프린트로 만든 위폐의 구분이 잘되는 것을 확인하였으며, 권종 구분 기능을 추가함으로써 계수 중 이권종이 있을 경우 구분해냄으로써 다른 지폐가 섞여 계수 되는 것을 방지 할 수 있었다. 그리고 RTOS를 기반으로 C 언어를 이용하여 소프트웨어를 개발함으로써 시스템의 유연성을 확보하고 소프트웨어적인 수정만으로 하드웨어적인 추가비용을 줄일 수 있게 하였다. 기존의 계수기들은 복수장이 급지 될 경우, 에러를 발생시켜 계수기 동작이 멈추었으나 본 논문에서는 이러한 단점을 제거하여 에러를 발생시키지 않고 복수장 카운트를 하여 고속 카운터를 실현하였으며 편리한 사용과 원활한 유지보수를 위한 자체 진단기능을 강화하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] Alex Ryer. "Light Measurement Hand- book" international light, 1998.
- [2] Thomas W. Schultz, "C and the 8051- Programming for Multitasking". Prentice Hall, 1993.
- [3] Philips. "80C552 Data Book", 1999.
- [4] 三洋電氣(株), "アモルファス光センサカタ ログ 光センサ", 1987-9.
- [5] Peterson Silberschatz. "Operating System Concepts", Prentice-Hall.
- [6] Jean J. Labrosse, "uC/OS The Real- Time Kernel", R&D Publications.
- [7] K.S.Fu and Rosenfeld. "Pattern Recog- nition and Image Processing", IEEE Trans. Info. Theory, Vol.C-25, pp.1336-1346, 1974.

## 저자소개

정원근(Won-Geun Jung)

현재 경상대학교 전자공학과 박사과정  
남해전문대학 전자통신과 겸임교수  
※관심분야 : 디지털 신호처리, 의용생체신호처리

이건기(Gun-Ki Lee)

현재 경상대학교 전자공학과 교수/공학연구원  
자동화 컴퓨터연구센터 연구원  
※관심분야 : 디지털 신호처리, 의용생체신호처리

신태민(Tae-Min Shin)

현재 연세대학교 보건과학대학 의공전자공학과 교수  
연세대학교 의용계측 및 재활공학연구센터(RRC)  
첨단의료기기 기술혁신센터(TIC) 산학협력부장  
※관심분야 : 의용계측, 의용컴퓨터, 실시간다중처리