

---

# 3G 네트워크 기반 광센서를 이용한 맥박측정시스템에 관한 연구

배성환\* · 임익현\*\*

A Study on 3G Networked Pulse Measurement System Using Optical Sensor

Sung-Hwan Bae\* · Ik-Hyun Lim\*\*

## 요 약

최근 사람들의 평균 수명이 늘어남으로써 노령인구, 장애인, 주기적으로 자신의 건강상태를 확인하는 사람 등에게 원격 의료서비스를 제공하기 위한 건강관리에 관심이 고조되고 있다. 가정생활에서의 기초적인 건강 상태 확인 및 의료 도우미 시스템은 고가의 의료장비를 이용하지 않고 저렴한 비용으로 확인이 가능해야 하며 간단한 방식으로 활용할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 광센서를 이용하여 손가락 끝의 맥박신호 정보를 검출하고 맥박신호의 이상 유무나 맥박간격의 규칙성 정보를 분석할 수 있는 3G 네트워크 기반의 맥박측정 시스템을 개발하고 적합성을 검토하였다.

## ABSTRACT

Recently, it has been increasing attention on health care that can provide remote medical service to an aging population, people with disabilities and people having a medical checkup periodically due to increasing people's average life span. Home health care system should provide reasonable cost, on-line basic health status monitoring, embedded basic medical helper function and intuitive interface. In this paper, we developed a prototype of 3G networked pulse measurement system that can detect pulse signal information from subject's fingertip using the optical sensor. The prototype had been analyzed in terms of abnormalities, feeling, timing and pulse counting accuracy. Finally we evaluated its suitability.

## 키워드

3G 네트워크, 광센서, 맥박측정, 건강관리,  
3G Network, Optical Sensor, Pulse Measurement, Health Care

## 1. 서 론

현대 사회의 스트레스 장애 및 기타요인에 의한 각종 질병이 만연함에 따라 최근 개인 건강관리에 대한 관심이 높아지고 있다. 그에 따라 생체신호(맥박, 혈압, 심전도 등) 센서기술 및 무선 정보통신 기술이 급

속도로 발전하고 있으며 이러한 기술을 이용한 건강관리시스템 개발에 대한 연구가 진행되고 있다[1].

현재의 고령화 사회 도래는 노인의 의료비 등이 증가하고 있으며, 건강관리기기 등의 지능형 무선 네트워크 구축의 필요성이 증가하고 있다[2]. 이러한 시스템을 개발하기 위해서는 기술적 문제뿐만 아니라 가

---

\* 한려대학교 멀티미디어정보통신공학과(hlu008@hanmail.net)  
접수일자 : 2012. 07. 23

\*\* 한려대학교 토목환경공학과(lim3135@lycos.co.kr)  
심사(수정)일자 : 2012. 11. 23

게재확정일자 : 2012. 12. 10

격문제, 사용자 중심의 인터페이스 등이 제공되어야 한다. 심전도 검사를 통하여 맥박의 이상 유무 및 심장 질환의 검진은 병원에서 고가의 장비를 통하여 검사할 수 있는 항목이다.

그러나 가정생활에서 기초적인 건강상태 확인 및 의료 도우미 시스템은 저렴한 비용으로 확인이 가능해야 하며 독거노인, 장애인, 주기적으로 자신의 건강상태를 확인하는 사람 등이 활용할 수 있는 간단한 방식으로 이루어져야 한다[1, 3, 4]. 따라서 저렴한 비용으로 주기적인 측정을 통하여 이상 유무를 판단할 수 있고, 이러한 정보를 네트워크를 통하여 전문가에게 자문을 구할 수도 있고, 건강에 이상이 발생할 경우 병원에 검진을 유도할 수 있어야 한다.

본 논문에서는 광센서를 이용하여 간편하게 얻을 수 있으면서도 기본적으로 유용한 많은 정보를 가지고 있는 손가락 끝의 맥박신호 정보를 검출하고 맥박신호의 이상 유무나 맥박간격의 규칙성 정보를 분석할 수 있는 3G 네트워크 기반의 맥박측정시스템을 개발한다. 또한 제안된 시스템을 유무선 통신망에 적용함으로써 다양한 분야의 활용이 가능함을 확인한다.

## II. 시스템 구성

평소 자신의 기초적인 건강상태를 확인하는 가장 대표적인 방법은 주기적 맥박이나 혈압을 체크함으로써 가능하다[1, 3, 4]. 혈압과 맥박을 측정은 크게 두 가지 방법으로 나눌 수 있는데 첫 번째, 오실로메트릭(oscillometric) 방법은 커프(cuff)가 일정한 속도로 팽창하고 수축할 때 형성되는 혈압 펄스(신호)를 분석하여 측정하게 된다[5]. 여기서 사용되는 센서는 압전 효과를 이용하는 진동센서로서 혈관으로 혈류가 지나갈 때의 압력을 이용한다.

두 번째, 코르트코프(korotkoff) 방법은 청진기를 이용한 의사들의 측정방식이다[6]. 커프가 일정한 속도로 팽창하고 수축할 때 혈관의 맥박소리를 듣고 측정하게 된다. 이는 소형의 마이크로폰을 이용하여 심장이 뿜 때 나는 소리를 이용한다고 할 수 있다.

최근 과학기술의 발전에 따라 맥박의 측정에 광센서[7, 8, 9]를 사용하여 인체의 미약한 신호를 검출하는 방법이 연구되고 있다[1, 4]. 이에 본 논문에서는

생체신호(맥박 및 혈압, 심전도 등) 측정에 센서기술과 유무선 정보통신기술의 접목하고자 한다. 제안된 3G 네트워크 기반의 맥박측정시스템은 광센서를 이용하여 손가락 끝의 맥박신호 정보를 검출하고 맥박신호의 이상 유무나 맥박간격의 규칙성 정보를 분석한다. 또한 IT 기기를 이용하여 유무선 통신망에 적용함으로써 다양한 분야의 활용이 가능하다. 그림 1에는 제안된 맥박측정시스템의 구성을 보인다.



그림 1. 맥박측정시스템 구성  
Fig. 1 Pulse measurement system configuration

## III. 설계 및 구현

### 3.1 광센서 회로

광센서 회로는 그림 2와 같이 제작하였다.

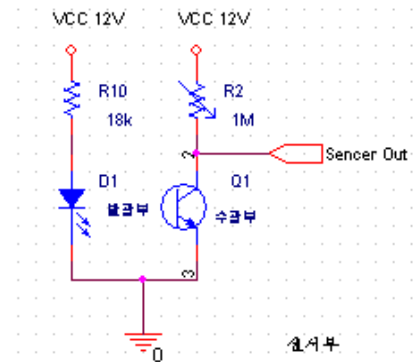


그림 2. 광센서 회로  
Fig. 2 Optical sensor circuit

적외선 이미터, 디텍터는 적외포토 인터럽트 ST-1KLA를 사용하였다. 광센서의 출력파형은 그림 3과 같은 DC 5V에 약 10mV의 리플로 나타난다.

디텍터의 출력을 약 1,000배 정도 증폭해야 하므로 포토 인터럽트 자체의 출력을 가능한 높여 S/N를 향상시킨다. 이미터에는 규격의 허용범위 이내 최대 전류를 흘려 큰 적외광 출력을 내도록 한다. 디텍터의 포토 트랜지스터도 전원전압과 부하저항을 높여서 조금이라도 큰 이득이 얻어지도록 한다.

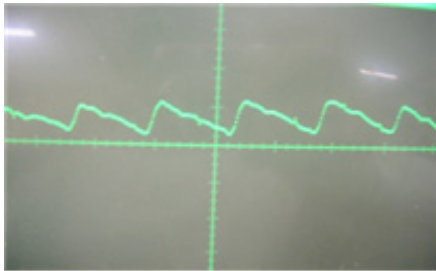


그림 3. 광센서의 출력파형  
Fig. 3 Output waveform of optical sensor

### 3.2 증폭 및 커플링 회로

디텍터의 출력을 약 1,000배 정도 증폭하기 위해 안정한 고감도의 OP앰프 4개가 하나의 패키지 안에 들어있는 OP앰프 LM2902를 사용한다. LM2902의 4개 유닛중 1개를 증폭회로에 사용하고 나머지는 슈미트 트리거로 1개를 이용한다. 또한 안정된 커플링을 위해 OP앰프 LM358을 사용한다.

증폭회로의 첫째단과 두번째단은 반전 증폭회로이다. 반전 증폭회로에 있어서 이득은 출력에서 입력으로 케환하는 회로의 저항값과 반전입력에 접속되는 저항값의 비로 정해지지만, 실제 회로에서는 들어가는 다른 조건들의 이유로 정확하게 계산되지 않으므로 약간의 여유를 둘 필요가 있다.

박동신호를 통과시켜 DC성분을 제거하고 주파수가 높은 잡음을 차단하는 필터는 2번째 단인데, 앰프 입력의 10μF 커패시터와 Vcc와 GND 사이의 전압을 잡아주는 100kΩ의 저항이다. 앰프에서는 출력과 입력간의 콘덴서를 통해 케환을 걸어서 주파수 특성을 얻는 방법이 있다. 여기에 사용하는 콘덴서는 무극성 콘덴서가 필요한데, 맥파가 약 1Hz의 저주파이므로 전해콘덴서가 적합하지만 극성이므로 두 개의 전해콘덴서를

같은 극끼리 묶어 직렬로 연결한다. 앰프는 직류증폭에 가깝고 취급하는 신호도 저주파이므로 배선상의 배치에 주의는 없지만 가급적 배선을 짧게 할 것과 전원배선 등의 임피던스가 변동하지 않도록 배려하면 충분하다. 센서부는 시판하고 있는 70mm×45mm 정도의 만능기판에 쉽게 실장 할 수 있다.

증폭 및 커플링 회로도에는 그림 4와 같고, 그림 5는 커플링 회로의 출력파형을 보여주고 있다.

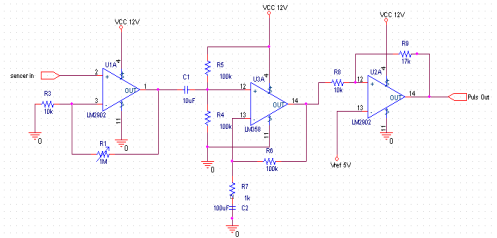


그림 4. 증폭 및 커플링 회로도  
Fig. 4 Circuit for amplification and coupling

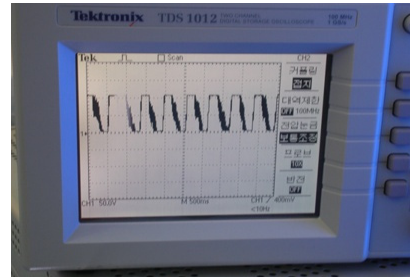


그림 5. 커플링 회로의 출력파형  
Fig. 5 Output waveform of coupling circuit

### 3.3 슈미트 트리거 회로

파형이 둔화하면 오동작이 생긴다. 디지털 회로는 “H”레벨과 “L”레벨로 신호가 표시되기 때문에 신호의 전달에 잘못이 없다는 점이 큰 특징이지만, 디지털 신호의 파형에 이상이 있으면 “H”와 “L” 레벨이외의 구간이 존재하게 된다. 따라서 이 파형이 둔해져 있는 기간에 들어오면 디지털 IC는 판단(“H”나 “L”의)을 잘못할 가능성이 매우 크게 된다. 또, 둔화된 파형이 여러 개의 디지털 IC에 입력될 경우 각각 스레쉬홀드(threshold) 전압의 불균일에 따라서 레벨 한정의 시간적인 벗어남으로 오동작을 초래하게 된다.

따라서 디지털 IC에 대해서 직접 둔해진 파형을 입

력하는 것은 피해야한다. 특히 둔해진 파형에 민감한 IC의 경우에는 입력신호 파형의 최저 상승 시간을 규정하는데 있어서 주의해야한다(특히 C-MOS의 클럭 신호). 일반적으로 슈미트 트리거 회로는 스톱스틸드 전압에 히스테리시스를 가지고 있어서 노이즈에 강하게 된다는 특징을 가지고 있다.

제안된 시스템의 본 회로에서는 그림 6과 같이 두 단으로 나누어 슈미트 트리거 회로를 구성하였다. 첫째 단은 커플링 출력회로를 상승은 8V, 하강은 3V로 잡아 잡음을 최소화 시켰으며 두번째단은 PIC 외부인터럽트로 사용이 가능 하게 하고 PIC 회로로부터의 피드백 되는 잡음을 차단하기 위해 포토커플러와 74LS14를 통해 5V로 다시 한 번 슈미트 트리거 하였다.

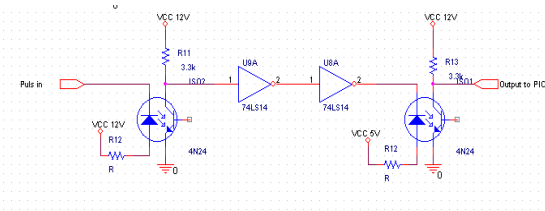


그림 6. 제안된 슈미트 트리거 회로  
Fig. 6 Proposed schmitt trigger circuit

슈미트 트리거 회로의 출력파형은 그림 7과 같은 구형파(0V~5V)이므로 특별한 처리과정 없이 마이크로프로세서의 입력 신호로 사용이 가능하다.

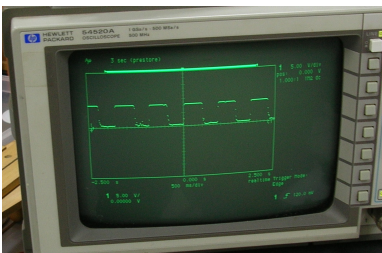


그림 7. 슈미트 회로의 출력파형  
Fig. 7 Output waveform of schmitt trigger circuit

### 3.4 분당 맥박수와 맥박간격 측정

맥박 센서신호의 처리를 위하여 마이크로프로세서 ATMEGA 162를 사용하였다. ATMEGA 162는 AD 변환, 타이머 카운터, CCP 등 다양한 기능을 가지고 있다. 또한 다양한 내장함수를 이용하여 프로그램을

작성할 수 있다.

본 논문에서 사용한 기능은 외부인터럽트를 통한 카운터 기능이다. 슈미트 트리거 회로 출력 단에서 나온 구형파를 외부인터럽트로 하여 하강에지에서 카운트를 시작하여 다음 인터럽트 발생시까지 카운트 한다. 분당 맥박 수는 일정시간동안의 인터럽트 수를 분당 계산하여 나타내고 규칙성은 각 인터럽트 사이의 카운트 수로 확인 할 수 있도록 하였다. 카운트 주기는 1ms단위로 이루어지며 이는 프리스케일러의 분주비를 통해 얻을 수 있다. 마이크로프로세서에서 측정된 맥박간격 정보는 무선 송수신 장치를 통하여 서버에 전송하는 기능을 갖도록 프로그램 하였다.

### 3.5 서버 프로그램

서버 PC에서는 마이크로프로세서로부터 수신된 맥박간격 정보를 분석하여 분당 맥박 수와 규칙성 정보를 추출하여 측정 결과를 보여준다. 규칙성 정보는 정상(O), 다소 불규칙(Δ), 불규칙(x)으로 구분된다. 분당 맥박 수와 규칙성 정보는 표 1과 같은 기준을 가지고 측정 결과를 보여주는 기능과 SMS를 이용하여 휴대폰에 메시지를 전송하는 기능을 수행한다.

표 1. 맥박측정 결과  
Table. 1. Pulse measurement results

	맥박 수	규칙성 정보	비고
응급상황	40↓, 140↑	O, Δ, x	긴급 확인
서맥	60↓	Δ, x	
정상범위	60↑ - 100↓	x	
빈맥	100↑	Δ, x	

그러나 맥박측정 과정에서 오차가 발생 할 수 있다. 따라서 주기적으로 여러 번 측정하여 참고자료로 활용할 수 있을 것이다. 어지럼증, 심계항진(두근거림) 등의 자가 증상이 있으면 언제든지 병원 검진을 받도록 해야 한다.

이러한 맥박측정 결과는 멀리 떨어져 있는 가족이나 의료전문가에 실시간으로 휴대폰 문자메시지를 전송하여 자문을 받을 수 있도록 하였다. 또한 주기적인 맥박측정 결과는 저장되고 관리되는 정보를 통해서 자신의 기초적인 건강상태 측정 및 확인이 가능하며

노인, 심장질환, 당뇨병 등과 같은 질환을 가진 사람들에게도 도움을 줄 수 있다. 특히 맥박간격의 규칙성 정보는 부정맥을 가지고 있는 사람들에게 많은 도움이 될 것이다.

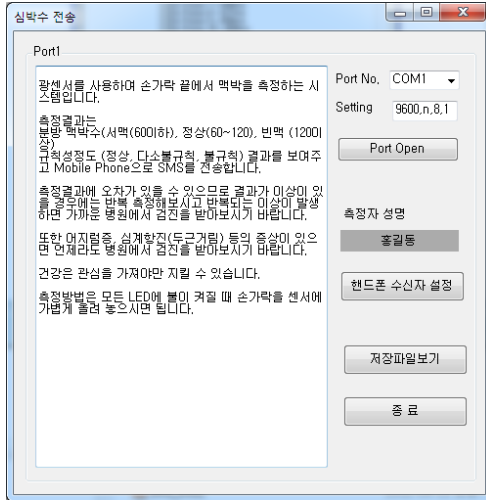


그림 8. 메인 프로그램 실행화면  
Fig. 8 Execution screen of main program

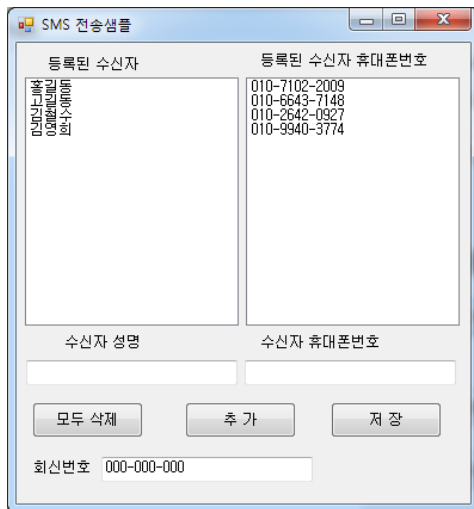


그림 9. 수신 휴대폰 설정  
Fig. 9 Receive configuration for mobile phone

그림 8은 메인 프로그램의 실행화면을 보여주고 있다. 메인화면에서는 측정 결과를 보여주고, 마이크로 프로세서와의 통신을 위한 포트 설정, 휴대폰 문자메

시지를 수신할 휴대폰 수신자 설정, 예전의 측정 결과를 저장하고 있는 파일을 볼 수 있다.

그림 9는 휴대폰 문자메시지 수신 설정화면을 보여주고 있다. 측정 결과는 실시간으로 다수의 휴대폰에 문자 메시지를 전송할 수 있다. 그림 10은 프로그램 메인화면에 측정 결과와 휴대폰에 수신된 문자 메시지 화면을 보여주고 있다.



그림 10. 휴대폰에 수신된 SMS  
Fig. 10 Received SMS in mobile phone

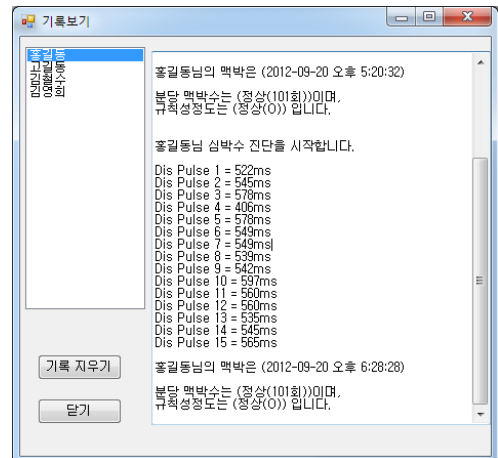


그림 11. 측정 결과 파일의 보기화면  
Fig. 11 View screen of measurement result file

그림 11은 지금까지의 측정 결과를 저장하고 있는 파일을 보기 위한 화면이다. 좌측의 이름을 더블 클릭하면 지금까지의 측정 결과를 볼 수 있다. 이러한 정보는 웹 서버와 연동하면 인터넷을 통해서 측정 결과를 볼 수 있으며, 유무선 통신망에 적용함으로써 다양한 분야의 활용이 가능하다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 손가락 끝의 맥박신호 정보를 검출하고 맥박신호의 이상 유무나 맥박간격의 규칙성 정보를 분석할 수 있는 3G 네트워크 기반의 맥박측정시스템을 개발하고 실제 테스트를 통해서 동작을 검증하였다. 또한, 제안된 시스템을 유무선 통신망에 적용함으로써 다양한 분야의 활용 가능성을 확인하였다.

향후 보다 더 다양하게 인체의 미약한 신호를 정확하게 검출하고 미세전압 변화의 흔들림 현상에 강한 인체신호 측정 모듈에 관한 연구를 통해서 다양한 분야에 활용이 가능하도록 할 예정이다.

#### 참고 문헌

- [1] 최영숙, 김경재, 홍우현, 류정탁, “광센서와 압력 센서를 이용한 맥박측정시스템 개발”, 한국산업정보학회논문지, 14권, 5호, pp. 149-154, 2009.
- [2] 이태웅, 손철수, 김원중, “스마트 폰을 이용한 지능형 홈 네트워크 시스템 구현”, 한국전자통신학회논문지, 6권, 4호, pp. 505-509, 2011.
- [3] 김청월, 구분주, 김종성, “자기 임피던스 센서를 이용한 맥박 측정”, 한국센서학회논문지, 15권, 2호, pp. 77-83, 2006.
- [4] 김신자, 이영우, “PIN type 소자를 이용한 맥박 측정 장치 및 알고리즘에 관한 연구”, 한국해양정보통신학회 추계학술발표대회 논문집, pp. 455-457, 2011.
- [5] 조정현, 이의진, 김상오, 윤길원, 정동근, “Photo-plethysmography를 이용한 맥박과 PTT 측정”, 한국광학회 하계학술발표대회 논문집, pp. 304-305, July 2005.
- [6] 서장원, “Blood Pressure Measurement and ABP Monitoring”, 대한신장학회지, 24권, 2호, pp. 432-437, 2005.
- [7] 김세기, 최병현, “광센서 개요와 전망, 세라미스트”, 8권, 4호, pp. 34-39, 2005.
- [8] 송제성, 김영주, “BSO와 YIG를 이용한 임펄스 전압, 전류 측정용 광센서 구현”, 한국전기전자재료학회논문지, 13권, 8호, pp. 688-693, 2000.
- [9] 소형종, 안형근, 한득영, “광센서의 이론 및 미래”, 한국전기전자재료학회지, 12권, 12호, pp. 39-47, 1999.

#### 저자 소개



#### 배성환(Sung-Hwan Bae)

1993년 2월 전북대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1995년 2월 전북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

2000년 2월 전북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

한려대학교 멀티미디어정보통신공학과 교수

※ 관심분야 : ASIC 테스트, 통신시스템 설계



#### 임익현(Ik-Hyun Lim)

1994년 2월 전북대학교 환경공학과 졸업(공학사)

1996년 2월 전북대학교 대학원 환경공학과 졸업(공학석사)

2001년 2월 전북대학교 대학원 환경공학과 졸업(공학박사)

한려대학교 토목환경공학과 교수

※ 관심분야 : GIS, Numeric Simulation, 대기오염관리