

효율적인 복용 관리를 위한 IoT 기반 스마트 약상자

박재환*, 이현정^o, 권남규*

*영남대학교 전자공학과,

^o영남대학교 전자공학과

e-mail: {keyboard_tab*, hjhjs2hj*}@ynu.ac.kr, namkyu@yu.ac.kr*

IoT-based Smart Pillbox for Efficient Medication Management

Jaehwan Park*, Hyeon Jeong Lee^o, Nam Kyu Kwon*

*Dept. of Electronic Engineering, Yeungnam University,

^oDept. of Electronic Engineering, Yeungnam University

● 요약 ●

본 연구에서는 약 관리를 효율적으로 할 수 있는 IoT 기반의 스마트 약상자를 개발하였다. 약을 정기적으로 먹어야 하는 사용자에 대해 약 복용 현황 및 남아 있는 약의 상황 등을 모니터링 하여 효과적으로 관리할 수 있다. 이를 위해 약을 보관할 수 있는 상자를 3D 프린터를 이용하여 제작하였으며, 사용자의 복용 현황을 나타내주는 LCD를 전면에 배치했다. 또한, 약상자 내부에 있는 서보모터를 활용하여 정해진 복용 시간에 정해진 양만큼의 약을 제공할 수 있도록 하였다. 제안하는 스마트 약상자를 이용하여 사용자의 복용을 효율적으로 관리할 수 있으며 복용 순응도를 높이고 약물의 오남용을 막는데 도움을 줄 수 있다.

키워드: 복용(Taking medicine), 순응도(Compliance), IoT, 스마트 약상자(Smart pillbox)

I. Introduction

처방받은 약이나 건강식품의 복용시간은 식후 30분, 취침 전 공복 등으로 다양하다. 위와 같은 약 복용법은 약물에 의한 위장 장애라는 부작용을 감소시킨다. 또 약이 흡수돼 우리 몸속에서 일정하게 약물 농도를 유지할 수 있도록 식사시간에 맞춰 규칙적으로 의약품을 복용하도록 돕기 위한 방법이기도 하다 [1]. 대표적인 예로 혈압약이 있으며, 연구결과에 의하면 혈압약을 적절하게 복용하지 않는 환자들이 첫 처방 후 2년 내 뇌졸중으로 사망할 위험이 4배 높고, 10년 내에는 3배 높은 것으로 나타났다 [2]. 또한 약을 복용하고 있는 사람들의 약물 순응 수준은 94.2%, 불순응 수준은 5.8%로 나타났다 [3]. 약물 불순응의 원인으로는 '약 먹는 것을 잊어버려서'가 82명 (57.3%)로 가장 많은 분포를 보였다. 위와 같은 연구결과에서 약물 불순응도에 대한 문제 인식이 꾸준히 제기되고 있으며, 특정 약은 잊을 경우 부작용이 심하다는 것을 알 수 있다. 최근 원격 약복용 모니터링을 위한 스마트 약상자 개발에 대한 연구가 진행되어 왔고, 웹 어플리케이션을 통해 약복용 서버와 통신하여 복용 순응도를 효과적으로 향상시킬 수 있다.

그러나 약국/병원에서 사용자의 복용 처방을 서버에 입력해야 하므로 주기적으로 처방받아서 먹어야 하는 약들에 대해서는 복용 순응도를 높일 수 있지만, 개인의 건강식품 복용에는 적용하는 것이 적절하지 않으며, 이에 대해 개선될 여지가 있다. 그리고 복용 순응도를 잘

지키고 있는지 매년 인터넷으로 확인하는 부분에도 한계가 있다.

위 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 환자가 복용해야 하는 약과 개인이 소비하는 건강기능 식품의 관리에 도움을 제공하는 시스템을 제안한다. 스마트폰 어플리케이션을 이용하여 사용자의 복용을 편리하게 관리할 수 있고, 사용자가 직접 스마트 약상자 입구에 약을 넣어 처방받은 약 뿐만이 아닌 개인의 건강식품까지 복용 순응도를 높일 수 있게 하였다.

스마트 약상자의 케이스는 3D 프린터로 제작하였으며 총 두 종류의 약을 보관할 수 있다. 블루투스 통신 시스템을 이용하여 사용자의 스마트폰 어플리케이션과 연동을 할 수 있으며 사용자가 직접 복용해야 할 약들에 대해 알람 설정을 할 수 있다. 제안하는 시스템은 정기적으로 복용해야 할 약들에 대한 관리를 효율적으로 할 수 있게 한다.

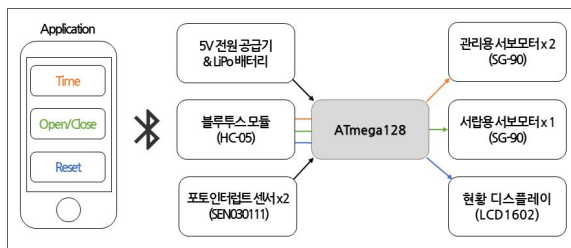
II. Preliminaries

1. 전체 시스템 구성

1.1 전체 시스템 구성

전체적인 시스템 구성은 그림 1과 같으며 AVR 기반의 ATmega128을 이용하여 제어한다. 또한 스마트폰 어플리케이션과의 블루투스 통신을 위해 블루투스 모듈(HC-05)을 사용한다.

하드웨어 제어를 위해 서보모터(SG-90)를 사용하였다. 연구에서 사용한 서보모터는 Pulse Width Modulation(PWM) 제어를 통하여 $-90^\circ \sim 90^\circ$ 까지 작동한다. 사용자의 약 복용 현황 및 약 상자의 남은 약의 관리는 LCD를 사용해서 모니터링 할 수 있도록 한다. 약의 배출을 감지하기 위해 포토 인터럽트 센서 모듈(SEN030111)을 사용하며, 이 센서는 두 수광소자, 발광소자 사이에 물체가 존재하면 빛이 차단되고, 빛의 차단 유무로 물체의 존재를 판단하는 원리로 작동한다. 전원 공급을 위해 5V 충전 가능 전원 공급기(JBATT-U5-LC)와 리튬폴리머 배터리(5000mAh)를 사용한다.



Time : 알람 설정, Open/Close : 서랍 잠금 및 해제, Reset : 약 현황 초기화

Fig. 1. 전체 시스템 구성도

III. The Proposed Scheme

1. 외부 케이스

약상자의 케이스는 3D 프린터를 이용하여 제작하였다. 케이스 제작에 쓰인 3D 프린터는 Cubicon Single Plus 320C를 사용하였으며 3D 모델링 프로그램은 Autodesk의 TinkerCAD를 이용했다.

그림 2는 케이스의 3D 모델링을 보여준다. 케이스 크기는 76mm x 88mm x 80mm 이며 상단부는 약을 보관하는 공간이며 왼쪽 칸과 오른쪽 칸이 있으며 각 공간의 크기는 41mm x 20mm로 동일하다. 중단부는 약이 하단부로 통과하는 공간이 있으며 크기는 13mm x 15mm 이다. 이는 서보모터에 부착된 판으로 가려지는 부분이며 바로 아래에 포토 인터럽트 모듈이 위치한다. 마지막으로, 하단부에는 약이 배출될 때 약을 보관할 서랍이 있으며, 서랍 잠금장치를 위한 서보모터가 있다. 이 서랍은 앞뒤로 꺼내고 넣을 수 있게 설계하였다.

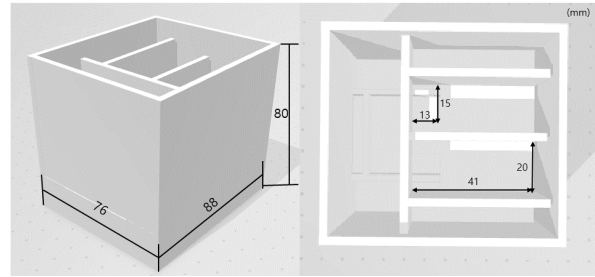


Fig. 2. 약상자 케이스 3D 모델링

2. 시스템 어플리케이션

약상자 시스템에서 사용하기 위해 개발한 어플리케이션은 안드로이드 기반의 어플리케이션이며, 웹기반 안드로이드 앱 개발 플랫폼인 MIT APP Inventor2를 이용하였다 [4].

어플리케이션의 인터페이스는 그림 3, 4와 같다. 케이스와의 통신을 위하여 블루투스 연결 버튼이 있으며 두 개의 약 보관 공간에 대해 알람 시간을 설정하는 버튼이 있다. 또한, 약상자 케이스의 서랍 잠금장치를 열고 잠그는 기능을 하는 'open', 'close' 버튼이 어플리케이션 하단에 있다. 마지막으로, LCD에 표시한 각 약 복용 횟수를 초기화 할 수 있는 버튼 'r', 'R'이 있다. 사용자가 설정한 알람 시간이 되면 스마트폰 상단바에 알람이 울리며 사용자가 알 수 있도록 한다.



Fig. 3. 어플리케이션 실행 화면

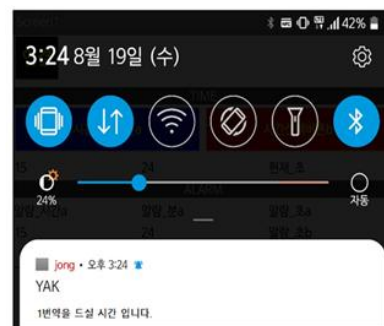


Fig. 4. 스마트폰 복약 알림

3. 시스템 알고리즘

그림 5 는 전체적인 시스템 순서도를 보여준다. 개발한 약상자 시스템은 ATmega128을 통해 제어한다. 약상자 케이스의 상단부에 약을 보관하며 어플리케이션에서 설정한 시간이 되면 블루투스 USART 통신을 이용하여 MCU에 신호를 보낸다. 신호를 받으면 인터럽트 서비스 루틴을 이용하여 해당 신호에 맞는 동작을 실행하며 설정한 시간이 되었을 경우 관리용 서보모터가 작동하여 약을 배출한다. 관리용 서보모터가 작동할 때 PWM 제어를 이용하며, Duty ratio에 비례하여 서보모터의 각도가 설정되기 때문에 Duty ratio를 천천히 늘려가며 모터를 작동시켜 서보모터에 부착된 판에 의해 가려진 중단부의 구멍을 열어 약을 떨어뜨리게 만든다. 이때 약이 떨어진다면 하단에 있는 포토 인터럽트 모듈에 의해 감지가 되며 바로 서보모터를 작동시켜 통로를 막는 방법으로 구현하였다. 사용자가 각 약을 소비할 때마다 개수를 카운트하여 얼마나 복용했는지 사용자가 알 수 있도록 전면에 부착된 LCD에 표시한다. 또한 10개 이상 복용하였을 경우 스마트폰 어플리케이션을 통해 알림을 보내 사용자가 인지하도록 하였다.

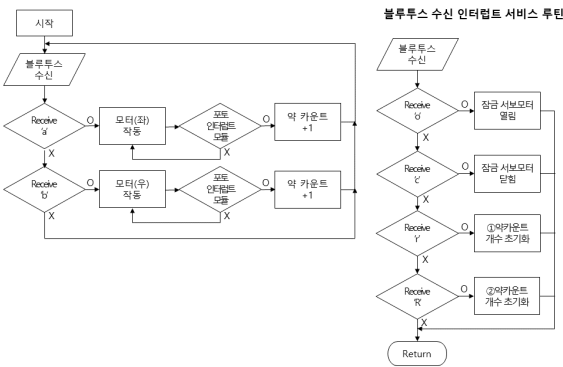


Fig. 5. 시스템 순서도

4. 관리용 서보모터 작동 방식에 대한 실험 및 고찰

제안하는 스마트 약상자 시스템에서 사용하는 관리용 서보모터는 PWM 방식을 이용하여 특정 각도로 제어한다. 초기 개발 당시, 약이 떨어지는 그림 6의 판을 한 번에 열 수 있는 PWM duty ratio를 관리용 서보모터에 적용하여 약을 사용자에게 공급하는 제어 방식을 사용하였다. 그러나, 이러한 제어 방식은 약이 여러 개 떨어진다든지 약이 원하는 개수만큼 떨어지지 않는 문제점이 빈번하게 발생하였고 이에 대한 개선이 필요하였다. 이를 위해, PWM duty ratio를 점진적으로 증가시켜 이 판을 천천히 여는 제어 방식을 테스트해 보았고 초기의 제어 방식보다 더 정확하게 약의 개수를 공급할 수 있는 점을 확인하였다.

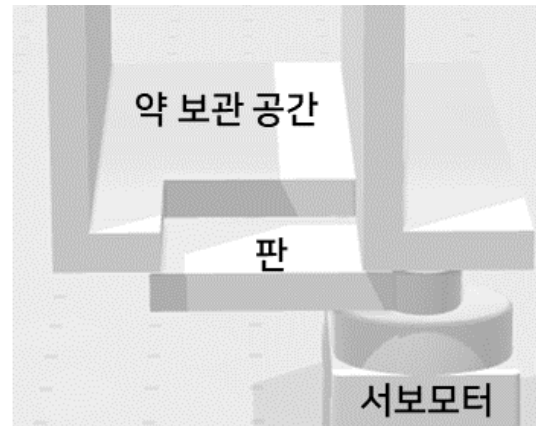


Fig. 6. 약상자 내부 구조

IV. Conclusions

본 논문에서는 환자 및 사용자가 규칙적으로 복용해야 하는 약을 효과적으로 관리할 수 있는 IoT 기반의 스마트 약상자를 개발하였다. 제안하는 스마트 약상자는 규칙적으로 복용이 필요한 약들을 관리할 수 있는 측면에서 장점이 있다. 또한, 블루투스 어플리케이션을 이용하여 사용자가 약을 복용할 시간을 자유롭게 설정할 수 있으며, 해당 시간이 되면 스마트폰 알림이 올라간다. 그리고, 약의 개수를 정확하게 공급하기 위해 두 가지 제어 방식을 고려했으며, 그 중 효과적인 것을 적용하였다. 이 시스템은 사용자의 복약 순응도를 높이고 더불어 약의 오남용도 방지할 수 있는데 도움을 준다.

본 연구는 두 가지 약에 대해 진행되었다는 점과 약의 크기에 따라서 공급하는 성능이 달라질 수 있다는 한계점이 있다. 향후 과제에서는 이러한 한계점을 개선할 수 있는 방안에 대해 연구가 진행될 필요가 있다.

ACKNOWLEDGEMENT

이 논문은 2020년도 대학혁신지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

REFERENCES

- [1] Yeon Wook Kang, "High blood pressure patients 4 times the risk of stroke death if blood pressure medications are not taken on time" Medical Today, July. 2013
- [2] Eun-Ha Gil, "Analysis of Factors Affecting Medication Adherence to Improve Life Care in Patients with Hypertension", Journal of the Korea Entertainment

Industry Association, Vol. 14, No. 2, pp.213-224, Feb. 2020.

- [3] Bo Ram Lee, "30% of chronically ill patients do not take 'medicine' in time... "The elderly, the risk of side effects is high", ChosunMedia, Mar. 2018
- [4] Mit App Inventor, <https://appinventor.mit.edu>