섬유근접센서를 이용한 장기투약자의 복약 관리 시스템 기초 연구

임도휘, 호종갑, 유수한, 이유정, 민세동
순천향대학교 의료IT공학과
ljws2s2@naver.com, hodori1988@naver.com, youshl0107@naver.com,
dldbwjd33@naver.com, sedongmin@sch.ac.kr

A Preliminary Study on the Medication Management System of the Patients Requiring a Long-term using Textile Proximity Sensor

Do Hwi Im, JongGab Ho, Su Han Yoo, Yoo Jung Lee, Se Dong Min
Dept. of Medical IT Engineering, Soonchunhyang University

요 약

본 논문에서는 장기투약자의 복약 관리 시스템 개발의 기초 연구로 Textile proximity pressure sensor를 개발하였고, 약통의 무게 감지를 통하여 약의 복용 여부를 판별하는 연구를 수행하였다. 실험은 총 2가지로, 약의 개수에 따른 baseline검출 실험과 약 한알의 무게 도출 실험을 수행하였다. 잡음을 제거하기 위해 5 point의 이동평균필터(MAF: Moving average filter)를 적용하였다. 본 논문을 통해 얻은 결과는 차후 장기 투약이 필요한 환자로 하여금 규칙적으로 약을 복용하도록 하여 만성질환의 완치율을 높이는 데 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

1. 서론

오늘날 현대 사회는 고령화 사회로 진입함에 따라 65세 이상의 인구 중 만성 질환을 1가지 이상 앓고 있는 환자 비율이 88.5%로 나타났다[1]. 우리나라의 경우 고령화 속도가 세계에서 유래가 없을 정도로 빠르게 진행되고 있어, 고령인구 비가 높아짐에 따라 노인 만성질환 환자 비 또한 증가하는 추세에 있다[2].

그럼에도 불구하고 많은 환자들은 처방 받은 대로 약을 복용하지 않아 충분한 치료 효과를 내지 못하고 있다. 특히 만성 질환자와 같은 장기 투약 환자의 경우 상태가 조금만 호전되어도 환자 스스로 약 복용을 중단하여 병이 재발하는 경우가 잦다. UN에서도 21세기의 새로운 보건 정책 목표로 만성질환을 최우선으로 선정한 바 있으며, 대한민국 사망 원인 중 만성질환으로 인한 사망이 전체 사망률의 50%를 차지한다[3].

이와 관련한 연구들로는 결핵 환자와 같은 장기 투약 환자를 위한 스마트 약상자를 이용한 디지털 직접 복약 관리(DDOT: Digital Directly Observed Therapy) 시스템 개발 연구나 봉지로 포장된 약을 배출 및 감지하는 스마트 약상자를 통한 원격 약복용 시스템 개발 연구 등이 활발히 이루어지고 있다[4-5]. 또한, 장기 투약 환자들의 복약 관리를 위해 현재 시중에도 휴대성을 강조한 스마트폰 케이스 형태의 약통이나 약 복용시간을 알려주는 어플리케이션, 요일별로 칸이 나누어져 정해진 요일과 시간에만 열리는 약통 등 여러 스마트 약통들이 출시되어 있다.

본 논문의 목표는 Textile proximity pressure sensor를 이용하여 장기투약자의 복약관리 시스템을 개발의 기초연구로써 환자의 복약을 돕기 위해 약 복용 여부를 판별할 수 있는 센서 개발 연구를 수행하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장 본론에서는 시스템 구성과 실험 방법 및 데이터 분석에 대해 설명하고 있으며 3장에서는 실험 결과를, 4장에서는 결론 및 고찰에 대해 서술하였다.

2. 본론

2.1 시스템 구성

(그림 1) 시스템 설계

(그림 1)은 장기투약 환자의 약복용 여부를 판별하기 위한 시스템 구성이다. 전도성 섬유와 의료용 천 반창고를 이용하여 실험에 사용한 약통의 바닥면의 형태에 맞게 측

정 센서를 개발하였고, 센서를 통해 획득한 데이터를 디지털 신호로 변환하여 확인하기 위해 TI Instrument사의 FDC1004 CDC(Capacitor to Digital Converter)칩이 내장된 측정보드를 사용하였다. 센서에서 획득한 값은 컴퓨터와 측정 보드 간의 통신으로 전송해 C# 프로그램을 통하여 실시간으로 데이터를 확인할 수 있도록 구성하였다.

2.2 Textile proximity pressure sensor

(그림 2) Textile proximity pressure sensor

Textile proximity pressure sensor의 제작에 사용된 전도성 섬유는 폴리에스터 섬유에 구리와 니켈을 도금 처리하여 도전성을 가지게 한 재료의 일종으로, 섬유 고유의 유연성을 우수한 도전성과 함께 가져 가공성이 좋아 엔지니어가 요구하는 모양과 특성을 가질 수 있고, 도체인 물체 또는 센서의 전극 환경과 다른 유전속성을 가진 어떤 물체라도 감지할 수 있는 장점이 있다. 우리가 개발한 Textile proximity pressure sensor는 총 2개의 전도성 섬유의 층으로 구성하였다. 맨 위층이 측정이 되는 센서부이고, 아래층은 Shield층으로 구성하였다. 그리고 두 전도성 섬유가 맞닿게 되면 서로 전도되므로 이를 막기 위해 사이에 의료용 천 반창고를 한층 위치시켰다. 마지막으로, 센서가 바닥에 직접적으로 닿지 않도록 의료용 천반창고가 가장 밑바닥에 놓이도록 구성하였다. (그림 2)

2.3 실험 방법

(그림 3) 실험에 사용한 약통과 정제된 원형의 알약

본 연구에서는 장기 투약 환자의 약 복용 여부를 판단하기 위해, 약을 한 알 꺼낸 뒤 내려 놓는다는 동작만을 수행한다고 가정하였다.(그림 3) 그런 다음, 약 한 알의 무게를 도출하기 위해 총 2가지 실험을 진행하였다.

첫째로, 약통안의 약 개수에 따른 Baseline(오차범위 평균)을 정해주기 위해, 총 3가지 경우에 대해 각각 20번씩 약통을 들었다 놨다 하면서 실험을 진행하였다(표 1).

<표 1> Baseline 검출 실험 프로토콜

Baseline 검출 실험	1. 빈 약통인 경우
	2. 절반의 약이 들어있는 경우
	3. 약이 가득 찬 경우

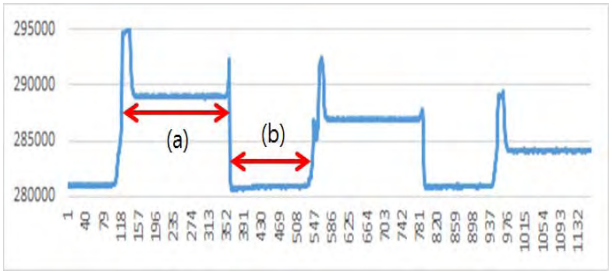
이후, 5초간 측정된 각 데이터들의 평균을 낸 다음 양끝의 10개 데이터를 뺀 중앙 10개의 데이터로 평균값을 도출해내어 Baseline을 설정 해 주었다.

둘째로, 약 한 알의 무게를 도출해내기 위해 약통에 100개의 약을 넣은 상태에서 한 알, 20알, 50알을 꺼내는 실험도 진행하였다.

약 한 알의 무게를 추정해내기 위해 약통에 100개의 약을 넣어둔 상태에서 하나도 남지 않을 때 까지 한 알, 20알, 50알씩 약을 꺼내며 데이터를 측정하는 과정을 20회씩 실시하였다. 이때, 한 알씩 꺼낼 때에는 약통을 들지 않은 상태에서 약을 꺼냈고, 나머지 경우에는 약을 뺄 때마다 약통을 들고 꺼냈다. 그런 다음, 5초간 측정된 각 데이터들의 평균을 내어 약이 줄어들 때의 데이터 값이 일정하게 감소하는지 비교하였다.

2.4 데이터 분석

제작한 센서 위에 약통을 두고 측정 보드와 연결하여 Sampling Rate를 100Hz로 설정하였고, 실시간으로 데이터를 획득하였다. (그림 4)

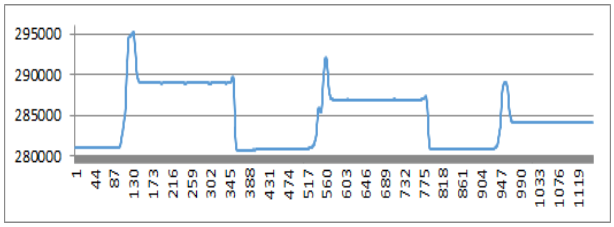


(그림 4) Raw Signal 샘플 데이터
a) 약통이 센서 위에 있을 경우, b) 약통을 들었을 경우

위의 그래프에서 급격한 데이터의 상승이 나타나는 지점은 약을 꺼낼 때에 값이 급격히 커진 것을 의미한다.

센서가 근접센서로 주변 환경에 민감하여 Raw Signal에 잡음이 많이 섞여있어 5 point의 이동 평균 필터(MAF: Moving Average Filter)를 사용(식 1)하여 Raw Signal의 잡음을 제거하는 과정을 수행하였다. (그림 5)

$$y[n] = \frac{1}{N}\sum_{k=0}^{N-1} x[n-k] \qquad (1)$$



(그림 5) 이동평균필터 적용 후 데이터

3. 실험 결과

첫 번째 Baseline 검출 실험에서, 각 실험에 대해 10개 값의 평균을 산출한 결과, 빈 약통일 때는 320,326, 절반이 든 약통일 때는 328,843, 가득 찬 약통일 때 337,161의 평균값을 갖는 것으로 나타났다.(그림 6-8) 그리고 세 값 사이의 오차를 보면 8,400정도로, 약 50알이 8,400의 데이터 값을 가지므로 약 한 알의 값은 160정도인 것으로 나타났다.

또한 빈 약통에서 약통이 가득 찰수록 즉, 약통 안에 약의 개수가 증가할수록 측정 데이터들 간의 차이가 커지는 것을 볼 수 있는데, 이를 통해 섬유 근접 센서는 약통 안에 약의 밀도에 따라 감지하는 값이 변하는 것으로 나타났다.

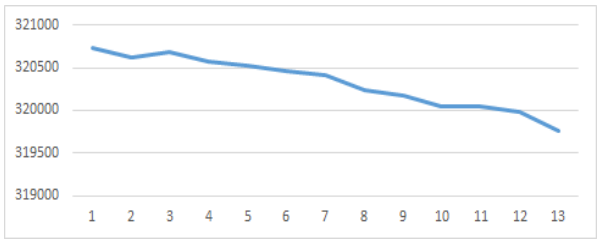


그림 6. 빈 약통의 Baseline측정 데이터

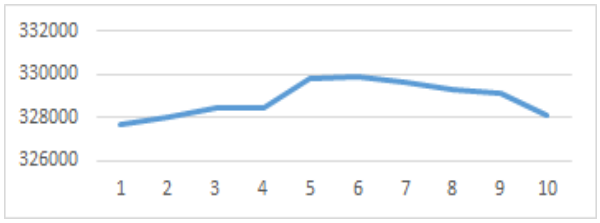


그림 7. 절반이 든 약통 Baseline 측정 데이터

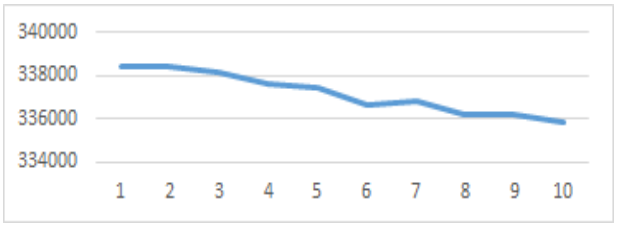


그림 8. 가득 찬 약통 Baseline 측정 데이터

두 번째 한 알의 무게를 검출하는 실험 중, 한 알씩 꺼냈을 때의 경우를 보면 약 a부터 e지점까지 데이터는 각각 343,523, 343,471, 343,469, 343,441, 343,434순으로 나타났다. 약 한 개를 꺼낼 때, 평균적으로 18정도 값이 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. (그림 9)

약을 20개씩 꺼내는 경우, 각 지점에서 데이터는 343,660, 343, 595, 343,668, 343,593, 343,382순으로 나타났다. 즉, 한번에 약을 20개씩 꺼낼 때, 평균적으로 169정도 값이 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. (그림 10)

마지막으로 약을 50개씩 꺼내는 경우, 각각 298,998, 286,918, 284,140순으로 나타났고 평균적으로 2,429정도 값이 줄어드는 것으로 나타났다. (그림 11)

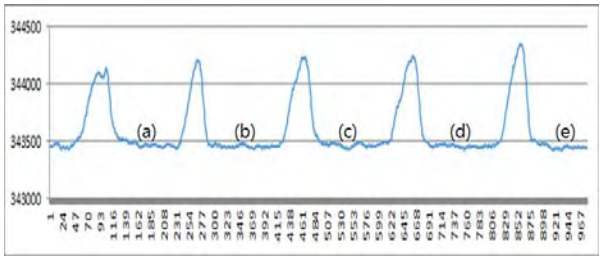


그림 9. 100알에서 한 알씩 꺼낸 데이터

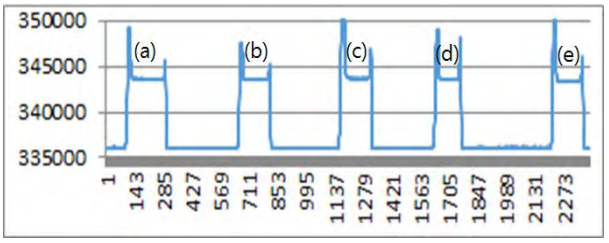


그림 10. 100알에서 20알 씩 꺼낸 데이터

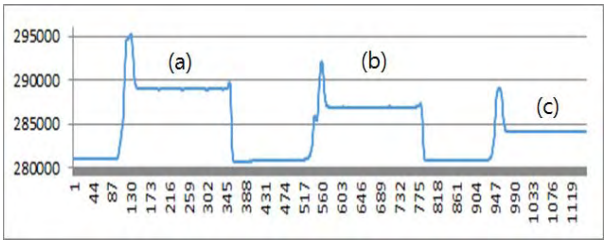


그림 11. 100알에서 50알 씩 꺼낸 데이터

4. 결론 및 고찰

본 논문에서는 약을 정기적으로 복용해야하는 장기투약자들의 복약을 돕기 위한 복약 관리 시스템의 기초연구로, Textile proximity pressure sensor개발을 통해 약통의 무게를 감지하여 복용 여부를 판별하는 연구를 수행하였다.

첫 번째 실험의 경우, 본 연구를 통해 실험 결과 약통 내부의 약들이 꺼낼 때 마다 재배치가 이루어져 측정 데이터의 Baseline이 변경되는 문제가 발생하였다. 또한 Textile proximity pressure sensor가 주변의 움직임에도 민감하게 반응하여 튀는 값이 발생하는 경우도 있었다.

두 번째 실험의 경우, 정확한 약 개수를 세기 위해 약 하나의 무게를 검출하고자 하였으나, 변하는 값이 매우 작게 나타났고, 약을 꺼낼 때마다 Baseline이 변하면서 검출

에 어려움을 겪었다.

이를 방지하고자 외부 자극을 최소화하고 주위 물체에 영향을 받지 않는 장소에서 실험을 진행하였고, 오차범위를 계산하여 문제를 해결하고자 하였다. 또한 이동평균필터를 적용하여 신호의 노이즈를 최대한 제거하고자 하였다. 하지만 이럼에도 불구하고 측정 데이터의 오차가 예상 값보다 크게 발생하여 실험에 어려움이 있었다.

차후 연구에서는, 높은 해상도를 갖는 Textile proximity pressure sensor 및 잡음기법을 개발하여 보다 정확한 복용관리 시스템을 개발할 것이다.

5. Acknowledgement

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 ICT융합고급인력과정지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2015-H8601-15-1009).

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단 바이오.의료기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2015M3A9D7067388).

참고문헌

[1] 민신홍, 김종임, “만성질환을 가진 노인의 약물복용이행 설명모형 구축”, 기본간호학회지 19(4), 463-473, 2012.11

[2] 정영호, “고령자의 복합만성질환 분석-외래이용을 중심으로”, Issue&Focus 196, 1-8, 2013.6

[3] 장숙랑, “한국 노인의 만성질환과 활동제한”, 보건복지포럼, 6-17, 2015.7

[4] 김범준, “장기 투약대상자의 약물순응도를 높이기 위한 스마트 약상자의 구현”, 한국전자통신학회 논문지 8(4), 611-617, 2013.4

[5] 최재훈 외, “만성질환자의 원격 약복용 관리를 위한 스마트 약상자”, 대한전자공학회 학술대회, 1519-1522, 2010.6