Journal of the Korea Convergence Society
Vol. 12. No. 1, pp. 127-132, 2021

ISSN 2233-4890 / eISSN 2713-6353
https://doi.org/10.15207/JKCS.2021.12.1.127

로드셀과 자이로센서를 융합한 수액 감지 시스템 설계 및 오차 검증

김선칠
계명대학교 의용공학과 교수

Design and Error Verification of Intravenous Injection Detection System that Combines Load Cell and Gyro Sensor

Seon-Chil Kim
Professor, Department of Biomedical Engineering, Keimyung University

요 약 의료기관에서 사용되는 수액 모니터링 시스템은 원격으로 환자에게 투입된 수액량과 투여의 종료시점 정보를 제공하기 위해서 개발되었다. 수액 투입량을 측정하기 위해서는 수액 내부에서 외부로 나가는 정량을 무게로 혹은 유량을 측정센서로 측정할 수 있다. 여기에 적용되는 장치의 기준은 정확성, 경계성이다. 또한 소형으로 환자에게 수액 설치 시 사용에 용이해야 한다. 의료기관에서는 측정값의 정확도가 높아야 하며, 경제적으로 저가의 장치를 요구하고 있다. 본 연구에서는 저가의 소형 무게 중심 로드셀 센서를 적용하였으며, 측정값의 정확도를 위해 자이로센서와 융합하여 외부 움직임에 의한 아트펙트를 줄이는 알고리즘을 적용하였다. 그 결과 측정의 오차를 줄일 수 있어 수액 모니터링 측정값의 정확도를 향상시키는 효과를 확인하였다.

주제어 : 수액, 로드셀, 자이로 센서, 모니터링, 간호

Abstract The intravenous injection monitoring system used by medical institutions was developed to remotely provide patients with the amount of intravenous injected and the termination point of the injection. In order to measure the amount of intravenous injection input, the weight or flow rate of the level going out from the inside to outside of the intravenous injection can be observed with a measuring sensor. The criteria for devices that apply herein are accuracy and vigilance. In addition, it is compact and should be easy to use when installing intravenous injection on patients. In medical institutions, the accuracy of the measured values must be high, and economically inexpensive devices are required. In this study, low-cost small-weight-centered load cell sensors were applied, and algorithms were applied to reduce the artefact by external movement by converging with gyro sensors for accuracy of measurements. As a result, it was possible to reduce the error of measurement, thereby improving the accuracy of the intravenous injection monitoring measurement value.

Key Words : Intravenous Injection, Load Cell, Gyro Sensor, Monitoring, Nursing

*This work was supported by project for Collabo R&D between Industry, Academy, and Research Institute funded by Korea Ministry of SMEs and Startups in 2020.(Project No. S2879502).
*Corresponding Author : Seon-Chil Kim(chil@kmu.ac.kr)
Received December 10, 2020 Revised January 7, 2021
Accepted January 20, 2021 Published January 28, 2021

1. 서론

병원에서 인체에 사용되는 수액은 삼투압, pH, 무기염류 조성 등을 혈청과 같이 만든 체액의 대용으로, 혈액이나 수분을 보충하기 위해 사용한다[1]. 수액 처방시스템은 일반적으로 대상자에게 특정 성분을 정해진 시간동안 주입하기 위해 사용되어지므로, 환자나 보호자는 수액의 주사 종료 시점을 예상하여 간호사나 의료진을 호출하고 있으나, 수면 등 특정 시간에 수액 투여가 종료될 경우 환자나 보호자에게 어려움을 줄 수 있다[2].

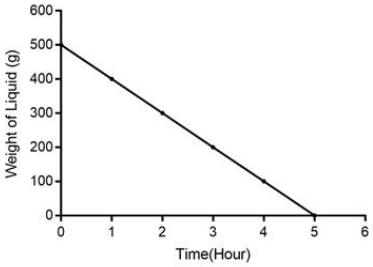
국내 의료기관 내의 환자 간호인력은 인구 고령화와 입원 환자의 증가, 핵가족화와 가족기능의 축소, COVID-19와 같은 전염병 등으로 보호자에 의한 환자 돌봄이 더욱 어려워지고 있는 실정이다[3,4]. 최근 간병, 간호 통합으로 보호자 없는 병상이 증가됨에 따라 간호업무가 증가하고 있는 추세이다[5]. 의료기관에서 대상자에게 수액을 주입하면 일반적으로 지속적인 관리가 필요하며 보통 간호사 1명당 10~15명의 환자를 담당하고 있어 환자 당 수액 확인 시간 주기는 2시간 정도, 수액 확인 시 소요시간은 10-15분 정도로 월 평균 수액 관련 작업으로 약 90시간을 소요하고 있다고 보고된다[6]. 따라서 간호사의 업무를 줄이기 위해 수액주사에 대한 원격 전산 모니터링을 구현할 수 있는 환경이 필요하며, 이를 위한 시간관리 및 주입량 조절에 기술개발도 필요하다[7]. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하고자 무게중심의 로드셀 센서를 이용한 수액 원격감지 시스템을 개발하고자 한다. 기존 수액모니터링 제품을 분석한 결과 모두 고가이고 부피가 커서 경제성과 이동성, 부착성 등에 어려움이 있으며, 무엇보다 정확성과 측정 오차를 줄이는 방법에 대한 제시가 부족한 것으로 나타났다[8]. 따라서 본 실험에서는 기본적으로 무게 중심의 수액 용량을 계산하고 환자의 움직임에 따라 발생되는 센서 측정값의 오차를 줄이기 위한 방법을 연구 제안하였다. 수액의 투입 종료시점과 투입시간에 대한 시간 투입정보를 시각화하여 얻는 방법이 기존 방법이라면 본 연구에서는 무게중심의 원리를 적용하여 시간 대비 용량의 변화를 정량적으로 관찰하고자 한다. 본 연구방법에서 중요한 문제는 수액 시스템에 전달되는 움직임의 노이즈 문제를 해결하는 것이다. 바닥에서 1.8~2 M에 위치하는 수액팩과 수액 거치대의 움직임은 로드셀 센서에 영향을 준다. 이러한 문제점을 해결하고자 자이로 센서와 융합하여 움직임에 대한 보정값을 적용하는 알고리즘을 개발하여 정확성을 높이고자 연구 개발하였다.

본 연구에서는 수액의 주입방식을 고려하여 이동 휴대용 거치대를 통해 수액을 투여할 경우 로드셀과 자이로 센서를 이용하여 투입량에 대한 오차를 줄이는 정량 측정 개선 연구방법을 제시하여 본 장치의 설계방식을 제안하고자 동일한 조건으로 센서의 측정 정확성을 평가하였다.

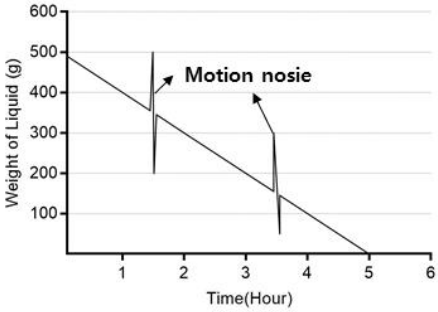
2. 실험 방법 및 재료

2.1 로드셀 센서 시스템 제작

본 연구 개발기술은 무게를 감지하는 로드셀 센서로 투입 수액의 잔량을 확인하는데 적용하고자 한다. 먼저 센서로 수액 무게를 측정하여 전달하면 제어부의 프로그램에서 전기 신호로 재해석하면 무게 단위로 표시할 수 있으며, 이를 수액 잔량으로 환산하는 매칭 알고리즘을 통해 정보를 기입하는 방식을 적용하였다. Fig. 1과 같이 수액 양은 초기에 많았다가 주입하면서 수액량이 줄어드는 형태로 이루어진다. Fig. 1-(a)는 정상적인 수액량의 감소를 표현하고 있으며, Fig. 1-(b)는 측정장치의 움직임에 따른 측정값의 노이즈에 의해 오차가 발생하는 변화를 보여주고 있다.



(a) Changes in fluid volume (weight) measurement over time



(b) Changes in fluid measurement value due to motion noise

Fig. 1. Changes in the amount of infusion solution over time

본 연구에서는 수액량 시간에 대한 변화에서 발생되는 노이즈 즉, 환자와 외부의 움직임에 의한 영향으로 발생되는 노이즈 오차를 제거하는 것이 중요하다. 이와 같은 형태는 모션 아트펙트(Motion Artifact)로 범위를 예측할 수 없기 때문에 큰 오차범위에서 움직인다면 잘못된 정보를 전달할 수 있다. 따라서 본 실험에서는 자이로센서를 이용하여 움직임을 센서에서 미리 감지하는 기술을 적용하였다. 이 때 발생되는 주파수 성분을 퓨리에 변환을 통해 움직임에 대한 총량을 제거하는 기술을 실험하였다.

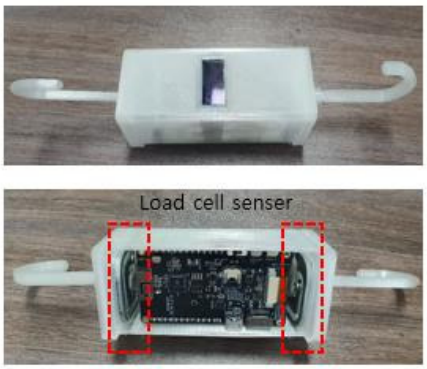


Fig. 2. Combined with load cell and gyro sensor

움직임을 감지하는 동안에 발생되는 진폭값을 측정하여 프로그램에서 변화 양만큼 자동삭제되는 방법으로 계산하여 움직임에서 발생되는 모션 아트펙트를 최소화 할 수 있다. 수액 윗부분에 설치할 측정장치는 Fig. 2와 같이 설계하여 배터리와 보드, 모니터링 액정을 삽입하는 형태로 설계하였다. 기존의 로드셀과 자이로센서의 보드는 Fig. 2와 같은 형태로 만들수 있어 최종 구현 목적에 맞는 고리형태의 외형 디자인을 제시하였다.

2.2 수액 측정 시스템 검증 실험

본 실험에서 수액량 변화를 감지하기 위해 로드셀 센서를 이용하였으나, 무게 측정값의 오차를 보정하기 위해 자이로센서 융합을 적용하였다. 따라서 수액 변화량의 오차를 줄이기 위해 사용된 자이로센서를 검증하기 위해 상하 좌우 자동 진동발생기를 Fig 3과 같이 제작하여 실험연구에 적용하였다. 1차 실험은 1000cc 수액을 시간당 40cc로 수액량을 고정하여 인공팔에 주입하였으며, 주입된 양을 1차적으로 검증하였다. 시간당 주입량은 임상에서 사용되는 20cc과 60cc사이에서 40cc를 적용하

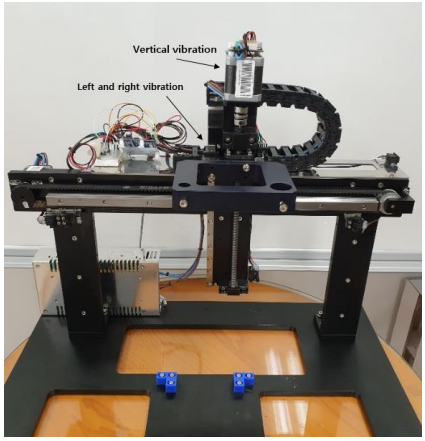


Fig. 3. Automatic vibration generator

였으며, 총 10회 실험을 통해 평균값과 표준편차를 구해서 로드셀센서 추출값의 정확성을 검정하였다. 2차 실험은 동일한 조건에 자동 진동발생기를 작동하여 받은 수액량을 10분, 20분, 30분, 1시간, 2시간, 3시간 동안 센서에서 얻은 값을 1차 실험에서 얻은 값과 비교하여 자이로센서의 역할을 확인하였다. 따라서 로드셀 센서만 사용한 경우와 로드셀과 자이로센서를 융합하여 얻은 측정값을 비교하여 차이가 있는지를 Fig. 4와 같이 실험하였다. 이때 자동진동발생기는 각 측정값에서 3초간 상하, 좌우로 동시에 작동하여 측정값의 평균 범위로 표현하였다.

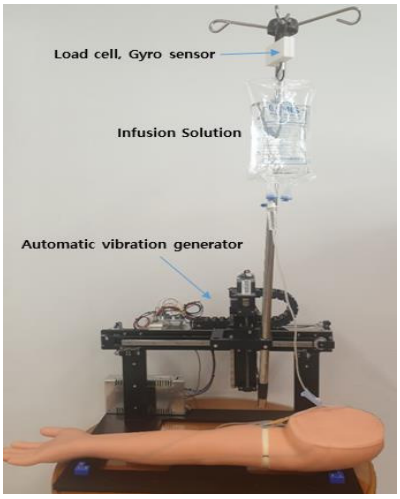
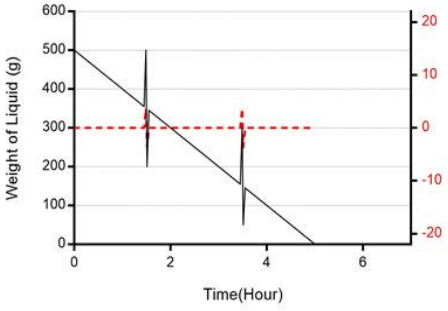


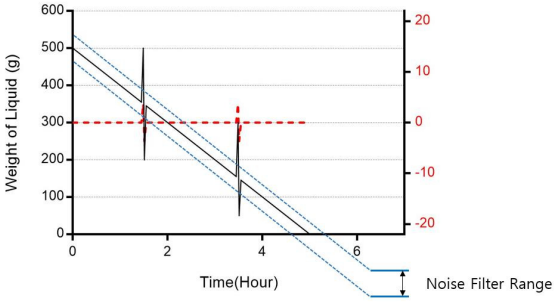
Fig. 4. Method for measuring the amount of sap input using artificial arm

3. 결과

수액 투입의 변화는 시간에 따른 수액량의 변화로 무게 중심의 변화량을 측정하면 수액 변화 정보를 얻을 수 있다. 무게 변화량은 로드셀로 측정할 수 있으며, 이때 발생되는 오차를 줄일 수 있는 방법은 제안한 방법과 같이 동일한 위치의 진폭값을 필터링하는 방법을 Fig. 5 (a) (b)과 같이 나타났다.



(a) Elimination of errors within the vibration range



(b) Range of noise filtering by error value

Fig. 5. Correction of error value due to external vibration when infusion is injected

Table 1. Load cell measurement value and actual input capacity verification

Time (Minutes)	Load cell Measurement value	Range of Measured values due to vibration	Standard Deviation (Load cell measurement value)	Actual input capacity	Difference in measured values
10	6.9	6.25±25	0.25	7.25	0.35
20	17.6	18.05±15	0.38	18.51	0.91
30	23.1	26.85±12	0.20	24.6	1.5
60	42	42.75±16	0.12	45	3
120	90	100.12±12	0.23	92	2
180	137	142.50±8	0.25	138	1

본 실험 결과에서와 같이 로드셀 센서에서 측정값과 실제 투입 수액용량을 측정해 본 결과 Table 1 과 같이 정확성이 높게 나왔으며, 외부 움직임에 대한 노이즈도 효과적으로 제거가 된다는 것을 확인하였다.

4. 고찰

의료기관의 간호, 간병 통합시스템으로 환자와 간호사의 접근성이 증가하고 있으며, 이에 따른 병원의 스마트 환경을 미리 구축하여 간호사 업무를 체계적으로 전산관리하고자 노력하고 있다[9,10]. 본 연구와 같이 의료기관에서 메뉴얼에 의해 수행하는 관리모드는 간호사 업무 중 여러 가지가 있으며, 그 중 혈압, 체온과 같이 생체정보 측정과 수액관리는 많은 비중을 차지하고 있어 매우 중요한 업무 중 하나이며, 수액 투여가 완료된 후 주입도구인 수액 세트의 제거가 늦어지면 일시적인 혈액응고로 위험한 요소가 발생된다[11]. 이러한 문제점을 해결하고자 원격관찰과 관리가 가능한 로드셀 기반의 수액관리 시스템을 개발하였다. 로드셀 센서는 힘이나 하중과 같은 물리량을 측정할 수 있는 센서이며, 로드셀에 힘이 가해지면 정량적 크기만큼 전기 신호가 발생하게 된다[12,13] 탄성체의 물리적인 변형정도를 저항으로 측정하는 스트레인 게이지(Strain Gage)를 이용하여 중량을 측정하였으며, 이는 측정 계량 정밀도가 높으면 부피 및 무게가 작다는 장점이 있다[14]. 따라서 본 연구에서는 로드셀을 이용하여 초기의 수액 무게를 측정 입력하는 표준 데이터를 정하고 이후에 변화하는 무게로 잔여 수액의 양을 추정하는 방법으로 기존의 시간을 적용하는 방법보다 정확도를 높이고자 하였다. 이러한 수액 시스템의 가장 문제점은 정확성과 경제성이다. 기존의 수액 모니터링 원격관리 시스템은 고가이고, 또한 적외선 센서로 독립적으로 운영하기에는 장치가 크며, 외부의 움직임의 오차에 노출되어 있다. 측정 기계장치 내부의 여러 조건을 충족하기 위해서는 센서에서 나오는 데이터의 정확성과 저가의 소형 측정장비가 필요하다.

따라서 수액모니터링 시스템은 효율적인 간호, 간병의 업무를 수행하기 위해 환자별 수액의 양을 제어할 수 있는 소형 단말기 개발에서 시작된다. 수액의 양을 제어하는 방법은 유량 조절 주입기(Flow Regulator)로 가능하며, 본 연구에서도 유량조절 주입기(DoSI FLOW, M1-002-009) 를 기준으로 조절된 양을 로드셀 센서로 측정하는 방식을 선택하여 실험하였다. 현재 시판되는 유

량 조절 주입기 정확성은 대체로 부정확한 점도 있었다 [15]. 그러나 투입속도를 제어할 수 있는 타 방법이 없어 본 연구에서 사용된 유량조절 주입기를 기반으로 실험하게 되어 실험의 한계점으로 사료된다. 기본적으로 병원에서 가장 많이 사용되어지는 수액은 NS(Normal Saline)이며 100ml, 250ml, 500ml, 1000ml, 3000ml 단위로 사용되고 있으며, 본 연구에는 각각의 용도를 다 사용하여 개발된 장치를 평가하였다. 그 표준 결과는 1000ml를 제시하였으나, 용량의 차이에 따른 변화 연구결과는 아직 없다. 그러나 향후에는 용량의 점도, 즉 수액 물질에 따른 투입속도에 대한 연구는 필요하다고 사료된다.

5. 결론

간호사의 업무 조절과 간병인 및 보호자의 효율적인 환자관리를 위해 본 연구에서는 수액 모니터링 시스템을 개발 검증하였다. 그 결과 로드셀과 자이로센서를 융합 사용하여 2% 이내의 오차를 줄이는 방법을 제시하였고 동시에 효과성도 검증하였다. 따라서 움직임에 따른 정확성을 개선한 수액 모니터링 시스템은 로드셀 센서와 자이로센서를 효과적으로 융합하는 기술이 필요하다고 사료된다.

REFERENCES

[1] J. N. Kim & K. H. Lee. (2012). Automatic Flow Control and Network Monitoring of IV Injection, *Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, 21(12),* 161-166.
DOI : 10.7735/ksmte.2012.21.1.161

[2] H. S. Lee & J. C. Oh. (2016). Studies on Effective Fluid Monitoring Terminal design with the Use oflocation-based service. *Journal of the KIECS, 11(4),* 421-426.
DOI : 10.13067/JKIECS.2016.11.4.421

[3] J. H. Kim, S. J. Kim, E. T. Park, S. Y. Jeong & E. H. Lee. (2017), Policy Issues and New Direction for Conprehensive Nursing Service in the National Health Insurance. *Journal of Korean Acad Nurs Adm, 23(3),* 312-322.
DOI : 10.11111/jkana.2017.23.3.312

[4] S. J. You. (2013). Comparisons of the Nursing Workforce with Japan, and the U.S.. *The Journal of Digital Policy & Managemen, 11(6),* 275-287.
DOI : 10.14400/JDPM.2013.11.6.275

[5] T. J. Kim & J. O. Yu. (2018). Comparative Study of Clinical Nurses' Role Conflict, Emotional Labor and Nursing Performance between Comprehensive Nursing Care Service Wards and General Wards. *Journal of Muscle Jt Health, 25(1),* 12-20.
DOI : 10.5953/JMJH.2018.25.1.12

[6] M. K. Lee & D. Y. Jung. (2015). A Study of Nursing Tasks, Nurses' Job Stress and Job Satisfaction in Hospitals with No Guardianns. *Journal of Korean Acad Nurs Adm, 21(3),* 287-296.
DOI : 10.11111/jkana.2015.21.3.287

[7] D. L. Kasper, E. Braunwald, A. S. Fauci & T. R. Harrison. (2005). *Harrison's principles of Internal Medicine. 16thed.* New York: McGraw-Hill; 2005.

[8] R. Hagihghi, A. Razmjou, Y. Orooji, M. E. Warkiani & M. Asadnia. (2019). A miniaturized piezoresistive flow sensor for real-time monitoring of intravenous infusion. *Journal of Biomed Mater Research, 108(2),* 568-576.
DOI : 10.1002/jbm.b.34412

[9] S. J. Lee, H. J. Sim, A. R. Lee & T. R. Lee. (2013). The Design of Maternity Monitoring System Using USN in Maternity Hospital. *The Journal of Digital Policy & Management, 11(5),* 347-354.
DOI : 10.14400/JDPM.2013.11.5.347

[10] S. Moon & J. A. Lee. (2017). Correlates of Patient Safety Performance among Nurses from Hospitals with Less than 200 Beds. *Korean Journal of Adult Nursing, 29(4),* 393-405.
DOI : 10.7475/kjan.2017.29.4.393

[11] S. J. Kim. (2020). The Implementation of a Patient Data Management System with Real-time Vital Signs Monitoring. *Korea Information Processing Society, 27(1),* 314-317.
DOI : 10.3745/PKIPS.y2020.m05a.314

[12] C. M. Han, C. S. Yim & S. R. Lee. (2019). Forklift Weight Measurement System using Anchor Bolt Type Strain Gauge Sensor. *Journal of Advanced Navigation Technology, 23(2),* 200-206.
DOI : 10.12673/jant.2019.23.2.200

[13] C. Y. Lee & D. I. Gang. (2000). Finite Element Analysis of Nonlinear Behavior of a Column Type Sensing Element for Load Cell According to Design Parameters. *The Korean Society of Mechanical Engineers, 24(6),* 1540-1546.
DOI : 10.22634/KSME-A.2000.24.6.1540

[14] H. J. Seo, H. S. Jung, G. J. Ryu & T. W. Ch. (2012). High Accurate Creep Compensation of the Loadcell using the Strain Gaug. *Journal of IKEEE, 16(1), 34*-44.
DOI : 10.7471/ikeee.2012.16.1.034

[15] J. C. Stull, A. Erenberg & R. D. Leff. (1988). Flow rate variability from electronic infusion devices. *Crit Care Med, 16,* 888-91.
DOI : 10.1097/00003246-198809000-00014

김 선 칠(Seon-Chil Kim) [정회원]

· 2003년 2월 : 고려대학교 의료정보기기학과 (공학석사)
· 2009년 2월 : 경북대학교 의료정보학과 (의료정보학박사)
· 2003년 3월 ~ 2015년 8월 : 대구보건대학교 방사선과 교수
· 2015년 9월 ~ 현재 : 계명대학교 의용공학과 교수
· 관심분야 : 방사선 차폐, 의료기기, 의료정보
· E-Mail : chil@kmu.ac.kr