

다중센서 양변기에 관한 연구

임정빈* · 박남기* · 최보겸* · 김연경* · 김재욱**

A Study on the Multi-sensor Toilet

Jeong-Been Lim* · Nam-Ki Park* · Bo-Gyeom Choi* · Yeon-Koung Kim* · Jae-Wook Kim**

요약

본 논문은 변기 커버 자동 개폐식 기능을 갖춘 물 내림 시스템을 연구하였다. 커버 위에 부착된 적외선 센서의 감지 여부에 따라 작동하게 된다. 열림 기능의 적외선 센서가 감지 되면 변기 커버의 서보모터를 구동시켜 커버를 올리도록 설정하였고, 닫힘 기능의 적외선 센서가 감지되면 커버를 내리도록 설정하였다. 커버 내부에 기울기 센서를 달아서 커버가 내려가는 것에 동작하도록 설정한 뒤 이것이 작동되면 변기 레버와 연결되어 있는 서보모터가 공급 구의 마개를 열어 물을 내려보내는 방식이다. 또한, 물을 내려보내는 과정 중에서 물이 막혔을 때 알리기 위한 비접촉 수위센서와 LED 기능을 이용해 다음 사용자가 양변기를 이용할 때 겪을 수 있는 불편을 최소화하였고, 변기가 닫혀있는 동안 세균 증식을 막기 위해 UV-LED 기능도 구현하였다.

ABSTRACT

In this paper, a flushing system with automatic opening and closing function of the toilet cover was studied. It works by an infrared sensor attached to the cover is detected or not. When the infrared sensor of the open function detects it, the servomotor is driven on the toilet cover to raise the cover, and when the infrared sensor with the close function detects the infrared sensor, the cover is set to be lowered. A tilt sensor is attached to the inside of the cover to operate when the cover goes down, and when this is activated, the servomotor connected to the toilet lever opens the stopper of the supply port and sends water down. In addition, we minimized the inconveniences for the next user when they use the toilet by using the non-contact water level sensor and LED function to notice the water is clogged during the flushing process. Also, we implemented UV-LED function to prevent bacterial growth while the toilet is closed.

키워드

Servo Motor, Tilt Sensor, Liquid Level Sensor, LED, Infrared Sensor
서보 모터, 기울기 센서, 수위 센서, LED, 적외선 센서

* 남서울대학교 전자공학과 (wjdqsl1148@naver.com, c960701@naver.com, yeonk7189@naver.com, ng5079@naver.com)

** 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과

• 접수일 : 2021. 10. 20
• 수정완료일 : 2021. 12. 19
• 게재확정일 : 2022. 02. 17

• Received : Oct. 20, 2021, Revised : Dec. 19, 2021, Accepted : Feb. 17, 2022

• Corresponding Author : Jae-Wook Kim

Dept. of Electronic Engineering, Namseoul University,

Email : jwkim@nsu.ac.kr

1. 서론

우리가 일상적으로 화장실을 이용할 때 변기 뚜껑을 닫아야 한다는 말을 들곤 한다. 이는 단지 냄새나 외관상의 문제가 아니라 각종 오물에서 생성되는 세균이 번식하지 못하도록 미연에 방지하기 위함이다. 아직까지도 불일을 보고 변기 뚜껑을 닫는 습관을 기르지 못한 사람들이 많은데 여러 세균에 감염되지 않기 위해서는 용변 후에 반드시 변기 뚜껑을 내리는 것이 좋다[1].

용변을 본 뒤 물을 내리면 물이 회오리치듯 내려가는 것을 볼 수 있다. 이때 물방울로 인해 용변에 있던 세균이 튈 수 있는데 대변에는 50만~60만 마리의 살아있는 세균이 있고 만일 변기 뚜껑을 연 채 물을 내릴 경우 세균이 물과 함께 분무 되어 6m 이상 공기 중으로 날아가 화장실 안에 퍼지게 된다. 결국 변기 뚜껑 하나를 닫지 않아 자유로워진 세균과 바이러스들은 화장실에서 벗어나 이곳저곳 떠다니다 사람들의 손이 닿는 문이나 칫솔 등 얼굴에 닿는 수건에까지 영향을 미칠 수 있다. 특히나 미국에서 증례보고 된 코로나바이러스 환자 중에서 대변에서도 그 세균이 검출되었기 때문에 흔하진 않지만 이론상으로 전파될 수 있기 때문에 변기 뚜껑을 닫지 않고 물을 내릴 경우 수압에 의해 튀어 오른 균들이 호흡기를 통해 체내에 들어갈 수 있으므로 꼭 변기 커버를 닫아야 한다[2].

II. 시스템 구성

2.1 시스템 구성 및 동작 원리

그림 1은 구현한 시스템의 구성도이다. 프로그램을 구동하기 위한 MCU는 두 개의 아두이노를 사용하였다. 적외선 센서와 기울기 센서를 각각의 아두이노에 연결한다. 적외선 센서와 연동된 아두이노는 커버 위에 부착된 2개의 적외선 센서가 사람의 손을 감지하면 변기를 개폐시키는 서보모터가 상황에 따라 동작한다. 다른 아두이노는 커버 내부에 부착된 기울기 센서가 커버가 닫힐 때 동작을 시키면서 레버와 연결되어 있는 서보모터와 물을 공급하는 공급부 부분을 개방시키면서 물을 내려보내도록 한다. 변기 물을 내렸

을 때 막힘 기능을 알 수 있도록 비접촉 수위센서를 이용하였고 일정 수위에 물이 감지되면 막혔다고 판단해 LED를 점멸시켜 다음 사람이 막힌 상태에서 이용하지 않도록 구성하였다.

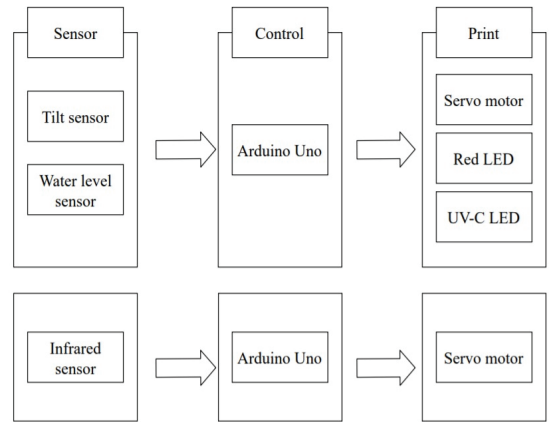


그림 1. 시스템 구성도
Fig. 1 System Configuration Chart

2.2 동작 알고리즘

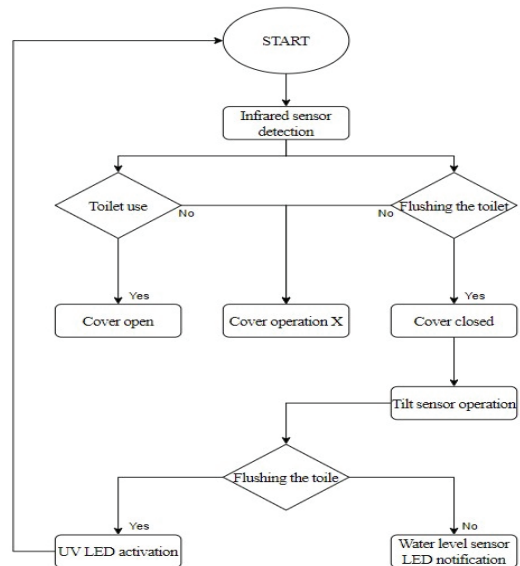


그림 2. 시스템 동작 알고리즘
Fig. 2 System motion algorithm

그림 2와 같이 본 연구에서 제안하는 자동개폐식 시스템의 기능은 크게 커버 열림 기능 적외선 센서와

커버 닫힘 기능 적외선 센서 2가지로 구분한다. 첫 번째 기능은 사용자가 불일을 볼 때 변기 커버를 개방시키는 방법이다. 인체 적외선을 이용해 센서와 손이 근접하면 센서가 열림 기능으로 감지하여 서보모터를 동작시킨다. 두 번째 기능은 사용자가 불 일을 다 보고 물을 내릴 때 변기 커버 닫힘 기능과 변기가 닫히면서 동작하는 기울기 센서로 인해 레버와 연결된 서보모터가 공급부를 개방시키면서 물을 내려보낸다. 물을 내려보낼 때 공기 중으로 산란하는 세균들을 UV-LED로 박멸시키고 또한, 물이 막혔을 때를 대비해 비접촉 수위 센서를 이용해 LED ON/OFF 기능을 통해 알람 기능을 추가하였다. 이 기능은 다음 사용자가 막혀있는 변기를 사용하지 않도록 구현하면서 피해를 보지 않도록 설계하였다.

2.4 하드웨어 구성

2.4.1 입력부

입력부로 사용하고 있는 센서는 적외선 근접센서이다. 이 센서는 발광 수광의 역할이 나누어져 있어서 빛을 발산하는 적외선 LED 부분과 반사된 빛을 받아들이는 포토트랜지스터로 구성된 수광부를 통해 반사되는 적외선을 수신한다[3]. 또한 가변 저항을 이용해서 장애물의 인식 거리를 조절할 수 있다.

커버의 물 내림 기능을 담당하는 입력부 중 하나는 기울기 센서이다. 이 센서는 VCC, GND, DOUT 3개의 핀으로 구성되어 있으며 MCU 아두이노 디지털 출력으로 사용될 수 있다. VCC는 3V~5.5V까지 사용될 수 있으며 이 센서는 진동 또는 기울어짐에 따라 센서를 동작 시킬 수 있다.

다른 입력부는 수위센서이다. 이 센서는 VCC, GND, AOUT으로 구성되어 있고, VCC는 2.0V~5.0V에서 사용된다. 동작은 트랜지스터에 의한 전류 증폭의 응용 프로그램이다[4].

2.4.2 제어부

본 논문에서 제어부로 사용하고 있는 것은 아두이노 우노(Arduino Uno)이다. 아두이노 시리즈 중 가장 기본형으로 14개의 디지털 포트, 6개의 아날로그 포트 구성되어 있으며 입출력 핀이 14개 중 6개가 PWM의 모터 제어가 가능하며, 또한 확장 실드를 장착할 수 있어서 많은 센서들을 부착할 수 있다[5].

2.4.3 출력부

출력부로 MG 946R 서보모터를 이용하였다. 이 서보모터는 센서에 따른 각각의 역할을 한다. 첫 번째 기능은 적외선 센서로부터 신호를 받아 변기 커버를 여닫는 역할을 하고, 두 번째 기능은 변기 커버의 기울기 센서가 감지됨에 따라서 서보모터와 연결되어있는 레버를 당겨 물을 내리는 방식이다.

우리가 사용한 서보모터는 약 0~180° 범위의 회전각을 가진다. 서보모터의 회전 각도의 원리는 그림 3과 같이 PWM(펄스 폭 변조) 방식으로 제어한다. 전체 20ms의 PWM 주기 중 1~2ms 사이의 과형을 통해 각도를 제어한다. 1ms만큼 HIGH 신호를 주면 90°, 2ms만큼 준다면 180°를 가르킨다.

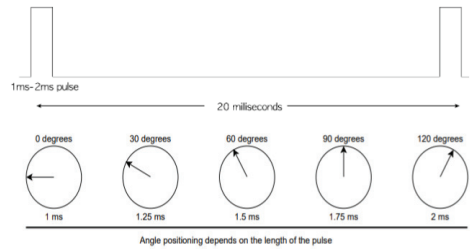


그림 3. 펄스 폭에 따른 각도 변화
Fig. 3 Angular change with pulse width

그 외 하드웨어로 변기 커버 내부에 부착되는 UV-C LED이다. 이 UV-C LED는 변기 뚜껑이 닫히면 자동으로 살균 기능을 하도록 하며, 뚜껑을 열면 살균 기능을 멈추도록 하여 에너지를 절약하도록 하였다. 이것은 약 99.9%의 살균 효과를 보여주고, 253.7nm의 주파수대의 자외선을 방출해 세균과 바이러스를 순식간에 죽이고 전파를 막는 데 효과적이다. 또한 변기 커버가 닫히면 360° 사방으로 세균을 박멸하고 긴 시간 필요 없이 5분이면 효율적으로 살균이 되는 것이 특징이다[6].

III. 실험 및 고찰

3.1 적외선 센서 거리에 따른 감지 실험

표 1은 사용자가 변기를 이용할 때, 변기 앞에 서있는 경우와 불일을 보고 물을 내릴 경우, 또 물을 내리고 자리에서 떠나는 3가지 경우를 비교하였다. 감지

거리를 길게 하면 화장실에 들어올 때는 변기 커버가 미리 열려서 팬찰지만 불일을 보고 자리에서 떠날 때, 감지범위가 예민하므로 단혀있어야 할 변기 커버가 감지가 되어 개방되는 경우가 있다. 따라서 오작동 할 수 있는 경우가 생길 수 있어 근접 적외선 센서의 민감도를 조절하였다[7].

표 1. 거리에 따른 감지 실험
Table 1. Detection experiment according to distance

Distance(cm)	Number of operations / number of experiments
30	3 / 20
20	4 / 20
10	8 / 20
5	18 / 20
3	20 / 20

3.2 UV C LED 살균 후 오염도 측정

ATP(Adenosine Triphosphate)는 모든 생명의 기초대사 에너지원으로 사용되는 물질이다. 즉, 살아있는 모든 생명체와 유기물에는 ATP가 꼭 존재해야 한다. 그래서, 세균이나 바이러스 등의 미생물들뿐 아니라 사람의 피부나 먼지에도 ATP가 존재한다. 그러므로, ATP 측정기는 해당 표면이나 물질의 총체적 유기물 오염도를 측정할 때 사용하는 장비이다[8]. ATP 측정기는 미생물이나 유기물이 가지고 있는 ATP의 함량을 화학적인 반응을 이용하여 빛을 내게 하고, 그 빛의 세기를 수치화하여 오염도를 확인하는 장비이다. RLU(Relative Lite Units)라는 단위로 표현하며, 위 단위는 상대적인 빛의 세기를 측정한 단위이다.

보통 RLU 단위로 따졌을 때 500 이상 넘어가면 오염도가 심한 편이고, 100 미만으로 내려가면 오염도가 양호한 편이다. 측정봉에 아무것도 넣지 않고 측정봉 내부 측정 시 0~10 RLU 값이 나온다.

표 2는 변기에 부착하는 UV-C LED를 5분 사용하면 기준을 정했을 때 오염도 측정 결과이다. 90% 이상의 오염도 제거 효과를 내었고 10 미만으로 떨어졌기 때문에 UV-C LED의 효과가 좋다고 판단할 수 있다[9].

표 2. ATP측정기 오염도 실험 결과
Table 2. ATP meter contamination test result

Experiment location / Operation (minutes)	Toilet seat	Inside the toilet
0	80RLU	68RLU
5	34RLU	31RLU
10	8RLU	5RLU

3.3 수위센서 수위에 따른 LED 점멸

그림 4는 변기의 물이 막혔을 때, 수위에 따른 센서 출력값을 실험한 것이다. 물이 막혔을 때 감지되는 수위센서 수위는 표 3과 같이 0~5cm 사이로 0.5cm 이상 물이 감지되면 물이 막혔음을 알리도록 설정하였다. 따라서 LED가 점멸하기 위한 센서 평균 출력값은 380 이상으로 설정하였고, 그 이하로 출력될 경우 LED는 불이 들어오지 않는다. 따라서 표 3의 결과를 보면 0.5cm부터 400 이상의 값이 나와 LED가 점멸하고 1.5cm 이상부터는 평균적으로 600대의 센서 출력값이 나오는 것을 확인할 수 있었다[10].

표 3. 수위센서 수위에 따른 LED 점멸
Table 3. LED flashing according to the level of the water level sensor.

Operating range(cm)	Sensor output value	LED flashing
0	0	X
0.5	400	O
1	529	O
1.5	622	O
2	665	O
2.5	667	O
3 이상	650	O

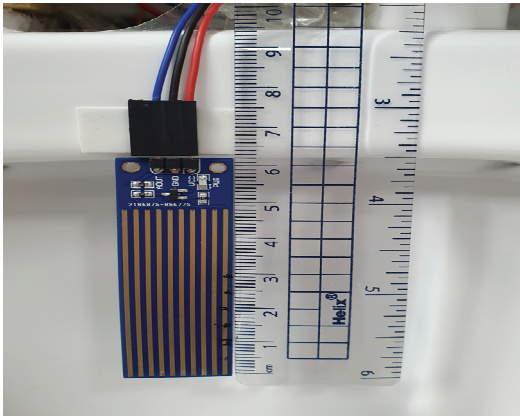


그림 4. 수위에 따른 출력값
Fig. 4 Output value according to the level

3.4 기울기 각도에 따른 작동 실험

그림 5와 같이 기울기 센서의 각도와 기울어지는 방향에 따라 서보모터가 동작하는 모습이다. 센서에는 기울어짐의 감도를 조절할 수 있는 저항이 있어 각도에 따라 출력값을 설정할 수 있다. 커버를 기울이면 HIGH 신호를 출력하고, 기울이지 않으면 LOW 신호를 출력한다.



그림 5. 기울기에 각도에 따른 모터 동작
Fig. 5 Motor operation according to the tilt angle

표 4는 각도에 따른 기울기 센서가 감지됨에 따라 서보모터가 동작하는 실험결과이다. 기울기의 각도는 30°~90°로 15°의 편차를 두고 실험하였다. 커버의 각도가 60° 이하로 내려가면 커버에 부착되어있는 기울기 센서가 신호를 받고 서보모터를 동작시키지만, 70° 이상으로 커지게 되면 기울기 센서가 감지되지 않으므로 동작하지 않는다[11].

표 4. 기울기 각도에 따른 서보모터 동작
Table 4. Servomotor movement according to the tilt angle.

Tilt angle	Number of operations / number of experiments
30°	10 / 10
45°	10 / 10
60°	10 / 10
75°	0 / 10
90°	0 / 10

IV. 결론 및 향후 개선방향

우리가 생활을 하면서 가장 필요한 것 중 하나이자 없어서 안 될 양변기를 더욱 편리하고 청결하게 사용하고자 센서를 이용한 양변기를 구현하였다. 센서를 이용한 양변기는 아두이노 우노를 바탕으로 적외선 센서, 수위 감지 센서, 기울기 센서, UV-C LED, 서보모터를 이용하여 다양한 기능을 접목시켜 설계하였다. 현재도 많은 회사에서 양변기에 대해 다양한 기능을 내놓고 있지만 생활을 하면서 불편했던 여러 기능을 접목시킨 양변기를 만들고 싶었다. 본 논문에서 UV-C LED를 사용 후 세균의 측정 실험 결과 90%의 오염도 제거가 되는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 가정에서 뿐만 아니라 특히 공용화장실에서 상용화가 된다면 더럽다고 인식되어 있던 양변기의 인식이 조금은 달라져서 사람들의 불편함을 없애줄 수 있으리라 생각된다..

※ 위 논문은 “2021년 봄철학술대회 우수논문”입니다.

References

- [1] J. Kim, “The Load of Indicator Bacteria of Sanitary Ware in Public Restrooms,” *J. of Environmental Health Sciences*, vol. 40, no. 1, 2014, pp. 63-70.
- [2] M. Song, Z. Li, Y. Zhou, G. Tian, T. Ye, Z.

Zeng, J. Deng, H. Wan, Q. Li, and J. Liu, "Gastrointestinal involvement of COVID-19 and potential faecal transmission of SARS-COV-2," *J. of Zhejiang University. Science B. Biomedicine & biotechnology*, September 2020, pp. 749-751.

[3] B. Kim, "Design and Analysis of Collision Alarm Using Infrared Distance Sensor," *J. of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 24, no. 6, 2014, pp. 634-639.

[4] M. Kim, W. Qun, and H. Park, "A basic study for developing a smart cup to measure the water level," *RESKO Technical Conference 2017*, Gyeonggi-do, Korea, 2017, pp. 218-218.

[5] B. Kim, H. Lee, and D. Park, "Analysis of Microbial Sterilization and Photometric Performance of High Power UV-C LEDs," *Proc. of KIEE Annual Conf.*, Gangwon-do, Korea, May 2019, pp. 38-38.

[6] S. Park, H. Park, M. Pyo, and B. Lee, "Child-to-school Vehicle Safety Accident Prevention System Utilizing Video and PIR Sensors," *J of the KIECS*, vol. 14, no. 6, Dec. 31. 2019, pp. 1019-1024.

[7] D. Kim, "Development of a dust detection sensor system using an infrared sensor," Master's thesis, *Kyunghee University Graduate School*, 2014.

[8] M. Kang, "A study on the actual condition of biological contamination in the residential environment of some vulnerable groups," Master's Thesis, *Korea University Graduate School*, 2011.

[9] S. Cheon, S. Kim, K. Gil, D. Park, and S. Choi, "Analysis of UV LED Sterilization Performance for Phytoplankton," *J. of the Korean Society of Marine Engineering*, 2009, vol. 33, no. 6, pp. 959-964.

[10] J. Byun and Y. Uk, "The Synchronous Control System Design for Fodur Electric Cylinders," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 11, no. 12, Dec. 2016, pp. 1209-1218.

[10] S. Kim, "Remote water level monitoring system based on reflected optical power detection with an optical coupler for spent fuel pool at nuclear power plant," *J. of the KIECS*, vol. 14, no 3, 2019, pp. 505-512.

[11] J. Choi, "PID Controlled UAV Monitoring System for Fire-Event Detection," *J. of the KIECS*, vol. 15, no. 1, 2020, pp. 1-8.

저자 소개



임정빈(Jeong-Been Lim)

2016년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중
※ 주 관심분야 : 센서 응용



박남기(Nam-Ki Park)

2016년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중
※ 주 관심분야 : 반도체 응용



최보겸(Bo-Gyeom Choi)

2015년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중
※ 주 관심분야 : 센서 응용



김연경(Yeon-Koung Kim)

2020년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중
※ 주 관심분야 : 논리회로



김재욱(Jae-Wook Kim)

2006년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 전자공학과 부교수
※ 주 관심분야 : chip inductor 개발, 자성박막 및 소자 개발