

# 초음파 센서를 이용한 모션 인식 수도꼭지 개발 및 연구

김동현\* · 유재호\* · 주종수\* · 안종필\* · 김재욱\*\*

Study in the Development of Motion Recognition Tap-water using Ultrasonic Sensors

Dong-Hyun Kim\* · Jae-Hoo Ryu\* · Jong-Soo Ju\* · Jong-Pil Ahn\* · Jae-Wook Kim\*\*

## 요약

기술의 발전은 사람의 삶을 편하게 개선했고, 더 쉽고 안전하고 간단하게 발전해 왔다. 우리는 주로 화장실에서 물의 온도를 맞추기 위해 뜨거운 물로 틀고 온도를 점점 맞춰가며 자신이 원하는 온도를 피부로 찾는다. 이러한 상황에서 ‘만약 물의 온도를 눈으로 볼 수 있고, 안전한 시스템을 포함하면서 화장실의 인테리어까지 도울 수 있는 장치가 있으면 어떨까’라는 생각을 했고, 안정성을 중요시하는 시스템을 만들고자 했다. LCD와 LED를 넣어 우리가 온도를 촉각적으로 느끼기 전에 시각적으로 먼저 알 수 있게 하여, 보다 나은 안전성을 확보하는 것이 가장 큰 목적이다. 실험 결과 수온 센서에서 감지되는 온도와 LCD에서 표시되는 온도는 실 온도와의 오차가 없었고 초음파 센서를 이용한 거리 측정 실험에서는 27cm까지는 오차가 발생하지 않았다. 28cm 이상부터는 2% 정도의 오차가 발생했지만, 수도꼭지라는 카테고리 안에서 사용하기에는 큰 불편함은 없다.

## ABSTRACT

Advances in technology have improved people's lives comfortably and have developed more easily, safely and simply. We usually turn on hot water to set the temperature of the water in the bathroom and gradually adjust the temperature to find the temperature we want with our skin. In this situation, I thought, "What if there is a device that can see the temperature of water with my eyes and help with the interior of the bathroom while including a safe system," and tried to create a system that values stability. For example, if a child accidentally changes the temperature of the water to high temperature while washing, he or she can get burned. And the biggest purpose is to secure better safety by adding LCDs and LEDs so that we can visually know the temperature before feeling it tactilely. As a result of the experiment, there was no error between the temperature detected by the water temperature sensor and the temperature displayed on the LCD, and no error occurred up to 27 cm in the distance measurement experiment using the ultrasonic sensor. There has been an error of about 2% since 28cm or older, but there is no significant inconvenience in using it within the category of faucets.

## 키워드

Tap Water, Servo-Motor, Temperature Sensor, Ultrasonic Sensor, Bluetooth  
수도꼭지, 서보 모터, 온도 센서, 초음파 센서, 블루투스

\* 남서울대학교 전자공학과(dream972727@naver.com, ryu2010kr@naver.com, jujongsu123@gmail.com, ajp9999@naver.com)

\*\* 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과

• 접수일 : 2021. 12. 21  
• 수정완료일 : 2022. 02. 17  
• 게재확정일 : 2022. 04. 17

• Received : Dec. 21, 2021, Revised : Feb. 17, 2022, Accepted : Apr. 17, 2022

• Corresponding Author : Jae-Wook Kim

Dept. of Electronic Engineering, Namseoul University,

Email : jwkim@nsu.ac.kr

## 1. 서론

과거에는 상상으로만 했던 화장실의 디지털화가 이제는 우리의 일상생활 속으로 들어왔다. 본 논문에서는 우리가 항상 이용해 왔고 앞으로도 이용할 화장실의 디지털화를 어떻게 하면 더 직관적이고 안전하게 만들 수 있을지에 대한 의문을 제기하면서 시작했다.

우리는 손을 씻을 때 적절한 온도를 맞추기 위해 직접 손에 물을 문혀봐야만 했다. 하지만 이제는 물을 들고 물이 나올 때 물의 온도가 얼마인지 모르는 상황에서 물의 온도를 촉각적으로 느껴 볼 필요 없이, 수도꼭지 머리 부분에 RGB LED를 넣어 현재 나오는 물의 온도를 촉각적으로 느끼기 전에 시각적으로 먼저 확인할 수 있게 하였다. 그리고 물을 틀어놓았을 때 특정 온도 이상의 값(고온 혹은 저온)이 측정되면 스스로 단수시켜 물의 흐름을 차단시킬 수 있다.

한국 소비자 위해 감시 시스템인 CISS(Consumer Injury Surveillance System)에 접수된 전체 안전사고 건수와 0세부터 14세까지의 어린이 안전사고 건수에 대한 비교를 표 1을 참고하여 확인할 수 있다.

표 1은 어린이 안전사고 현황으로 전체 안전사고 건수 중에 어린이 안전사고 비율은 30% 후반의 비율을 차지하는 만큼 사고율이 높은 편이고 최근 4년간의 기록이 이를 뒷받침하고 있다[1].

표 1. 어린이 안전사고 현황 [단위 : 건]  
Table 1. Status of child safety accidents

Sortation	2016	2017	2018	2019
Total Safety Accident	69,018	71,000	72,013	73,007
Child Safety Accident	22,545	25,699	24,097	24,971
Child Safety Accident Rate(%)	32.7	36.2	33.5	34.2

표 2는 화상 증상 세부 현황으로 열에 의한 화상과 뜨거운 액체 또는 증기로 인한 화상이 매년 유지 혹은 증가하는 것을 확인할 수 있다. 아이들의 화상과 관련된 문제는 끊임없이 제기되어왔으며 안전성에 대한 문제를 해결해야 한다.

표 2. 화상 세부 현황 [단위 : 건]  
Table 2. Detailed status of burn symptoms

Symptoms	2016	2017	2018	2019
Thermal Burn	434	413	401	462
Scald	353	380	300	333
Electrical Burn	27	25	16	29

물이 나올 때 특정 온도 이상의 값이 감지되면 자동으로 단수시켜 뜨거운 물의 흐름을 제어해 화상과 같은 안전과 직결된 문제에 대한 해결법을 시스템화 하였다. 특정 온도 이상의 값이 감지되었을 때 자동으로 물의 흐름을 차단할 수 있는 자동 개폐 시스템을 넣음으로써 최소한 화장실에서만큼은 아이들이 화상을 입을 수 있는 요소들을 모두 제거하였고, 우리는 '뜨거운 액체에 대한 화상 사고 건수를 줄여 보자'라는 방향성을 가지고 연구에 임하게 되었다.

## II. 스마트 수도꼭지 설계 및 제작

### 2.1 스마트 수도꼭지의 구성 및 설계

물의 온도와 초음파 센서의 거리를 직접적으로 보여주는 LCD, 수온에 따른 LED 색 변화, 초음파 센서와 서보 모터를 통한 일정 거리 인식 시 자동 개폐 그리고 앱 인벤터를 활용한 모바일 원격 제어 등을 탑재한 스마트 수도꼭지를 설계 및 제작하였다.

먼저 특정 온도의 시인성을 고려하여 물의 온도와 초음파 센서와의 거리를 직접적으로 보여주는 LCD는 실시간으로 변하는 온도와 초음파 센서와의 거리도 표시하여 물의 온도를 시각적으로 먼저 확인할 수 있도록 하였다.

그리고 현대 사회에서는 제품이 주변 환경과 얼마나 어우러지고 아름다워 보이느냐가 제품 구매를 할 때 중요한 요소로 적용된다. 이로 미루어봤을 때 제품에서 보이는 가장 매력적인 부분은 바로 디스플레이와 IoT이다. 특히 IoT는 최근 4차 산업혁명을 필두로 하여 차세대 산업 동력을 찾는데 범국가적으로 몰두하고 있고 이 4차 산업혁명의 핵심은 결국 IoT이다[2].

### 2.2 스마트 수도꼭지 구성도

그림 1은 스마트 수도꼭지를 블록화시켜 나타낸 것

이다. 초음파 센서, 수온 센서, 앱 인벤터가 아두이노 유노에게 신호를 전달하고 블루투스를 통한 자동 개폐 시스템이 가능하도록 구성하였다[3].

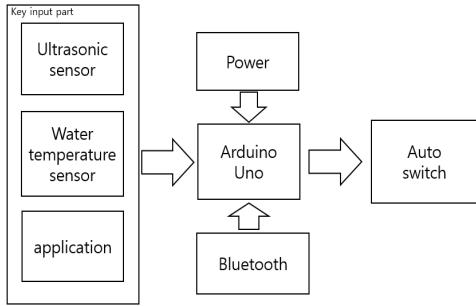


그림 1. 스마트 수도꼭지의 구성  
Fig. 1 The composition of smart faucets

그림 2는 스마트 수도꼭지 알고리즘으로 앱 인벤터를 최상위 제어계층으로 넣어 앱을 통한 제어를 제일 우선순위로 놓았다. 혹여나 수도꼭지 자체에서 오류가 발생했을 시에 앱을 통한 제어를 가능하게 하여 오류에 대한 대비책을 마련하기 위해 우선순위로 사용하였다.

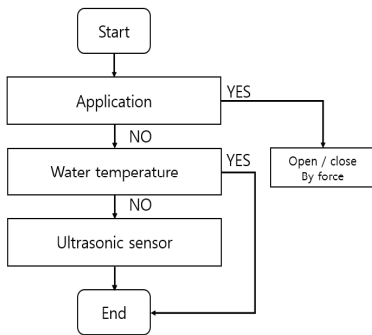


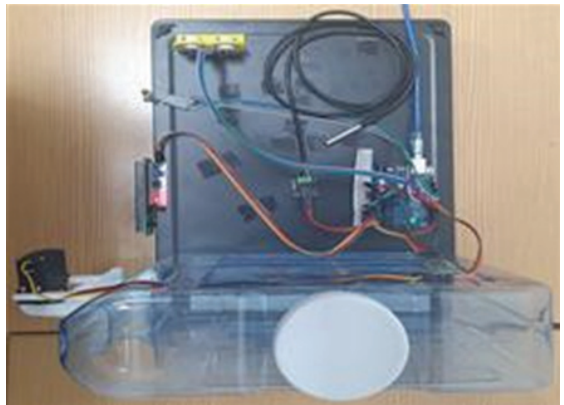
그림 2. 스마트 수도꼭지 원리  
Fig. 2 Smart faucet algorithm

그림 3은 최종 외관 디자인에서 중점적으로 보여주는 부분은 자동 개폐기를 넣음으로써 초음파 센서와 3D 프린터를 이용한 서보 모터를 통하여 일정 거리를 인식할 수 있고 그 거리에 따라 물의 흐름을 자동으로 개폐하여 동작할 수 있게 하는 시스템이다[4]. 또한 특정 온도 이상이 감지되면 자동으로 물의 흐름

을 차단하는 기능을 추가하였다. 자동으로 차단되는 특정 온도 값을 40°C로 설정한다면, 40°C 이상의 온도가 감지됐을 시에는 초음파 센서의 동작에도 서보 모터가 우선으로 작동하여 자동으로 단수가 되게끔 하여 안전성을 더욱 추구하였다.



(a) Frontal



(b) Plane

그림 3. 최종 모습

Fig. 3 The final exterior design

### 2.3 앱 인벤터

스마트폰 보급률이 95%인 우리나라에서 앱을 통한 제어를 할 수 있는 것은 이제 당연하게 되었다[5]. 사회적 흐름을 읽고 안정성 및 편리성을 위한 제어 시스템을 앱 인벤터를 통해 동작할 수 있도록 하였다[6]. 앱 인벤터는 블록 명령문들을 사용하여 논리를 구성한다는 면에서 스크래치와 비슷하지만 애플리케이션 개발에 있어서 사용자 인터페이스의 레이아웃과

디자인을 먼저 구상한다는 면에서 실제 애플리케이션을 만드는 데 더 가까운 툴이다[7].

그림 4의 앱 설계기를 이용한 레이아웃 설계를 보면 먼저 앱 인벤터를 통한 특정 온도 설정 및 제어를 할 수 있게 하였고, 인벤터를 통한 시간별 개폐 기능도 추가하였다. 최근 코로나19와 같은 전염병 예방의 목적으로 세계 보건 기구인 WHO와 병원에서는 30초 동안 손 씻기를 중요시하고 있다[8]. 이로 미루어봤을 때, 앱에 동작 시스템을 넣음으로써 우리가 일일이 시간을 재가면서 손을 씻을 필요 없이 물을 한 번 틀기 시작하면 자동으로 30초(혹은 그 이상, 이하의 사용자가 설정한 시간만큼) 동안 물이 나오고 스스로 단수시킬 수 있는 서보 모터를 넣어 타이머 기능을 할 수 있게 하였다.

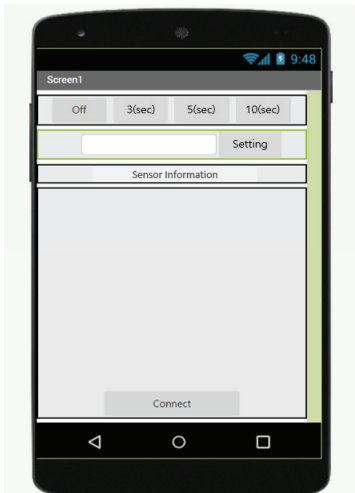


그림 4. 앱 디자인 설계  
Fig. 4 Layout design using an app designer

그림 4는 레이아웃 설계에 대한 구현단계로서 스마트폰 앱은 이벤트 기반 방식으로 동작한다. 앱 인벤터를 구성한 동작 시스템 구성도는 안드로이드 스마트폰 앱을 쉽게 개발할 수 있는 비주얼 프로그래밍 도구인 MIT 미디어랩에서 개발한 스크래치에 기반하고 있다[9].

### III. 실험 및 결과

표 3은 초음파 거리에 따른 오차 실험으로, 신체와 초음파 센서 사이의 거리에 따른 물의 단수 실험을 한 결과값으로 물이 나오는 개체와 신체 일부와의 거리에 대한 편차를 계산한 값이다. 초음파를 발생시켜 송신하는 부분과 송신된 초음파를 수신하는 부분으로 구성하고 펄스파 또는 연속파를 사용한다.

표 3. 초음파 거리를 이용한 오차 실험.  
Table 3. Experiment of error based on ultrasonic distance

Distance(cm)	Experiment(num)	Error(num)
5	20	0
9	20	0
12	20	0
17	20	0
24	20	0
25	20	2
27	20	3
30	20	4

연속파를 사용한 거리 측정은 송신부에서 초음파를 전송한 순간부터 수신부에 그 파가 도착한 순간의 시간 경과를 계산하여 수행한다[10]. 초음파 거리에 따른 단수 실험에서는 물이 나오는 개체와의 거리를 측정된 값으로 손을 가져다 대고 벨 때 자동으로 개폐가 되어 보다 직관적인 시스템으로 구축하였다[11]. 0~24cm까지는 오차값이 나오지 않았지만 25cm는 2회 27cm는 3회 30cm는 4회의 오차가 발생하였다. 이는 떨어진 거리에 비례해 오차 횟수가 증가하는 것을 알 수 있다.

표 4는 LCD 판과 동시에 LED에 나오는 온도와 실제 온도와의 오차 실험 결과로서 LCD가 보여주는 온도와 실제 물의 온도의 정확도 차이를 검증하기 위해 시행한 실험이다. 결과값을 보면 LCD와 실 온도계의 온도 차이에 대한 오차가 발생하지 않는 것을 확인할 수 있다. 온도가 0~20℃일 때, 20~30℃일 때, 30℃ 이상일 때 모두 20회씩 실험을 진행하였고 모두 오차는 발생되지 않았다. LED 실험 결과를 참고하면 수온 센서에서 감지되는 온도와 실제 온도와의 오차가 없었다. 이는 사용자가 원하는 특정 온도로 값을 바꾸더라

도 각 온도에 따른 LED 색 변화는 오류 없이 특정 범위 내의 색을 방출할 수 있다는 것을 나타낸다.

표 4. LCD와 LED에 관한 온도 오차 실험  
Table 4. Experiment of error between LCD and LED and actual temperature

No.	Temperature (°C)	LED	Experiment (num)	Error
1	1	BLUE	20	No
2	13		20	No
3	20		20	No
4	21	GREEN	20	No
5	25		20	No
6	29		20	No
7	30	RED	20	No
8	41		20	No

그림 5는 온도에 따른 LED 색 변화를 보면 20°C 미만의 온도에서는 BLUE LED, 20~30°C 미만의 온도에서는 GREEN LED 그리고 30°C 이상의 온도에서는 RED LED로 빛을 내게 하여 직관적인 시스템을 구축하였다. 그리고 각 온도는 앱을 통해 사용자가 원하는 온도로 다시 설정하여 사용할 수 있게 하였다.

빛과 색을 응용한 조명의 적용과 활용은 빛의 환경에서 생활하는 사람들의 정서와 행동에 여러 영향을 미치게 되고 LED 조명으로 인한 색의 온도 변화는 매우 중요하게 여겨지고 있다[12]. 그리고 사람의 심리에 따라 조명에 대한 밝기, 색온도, 색채 등의 선호도가 다르며 피로도, 작업효율, 집중력 등에 영향을 미친다[13].



그림 5. 온도에 따른 LED 색상 변화  
Fig. 5 LED color changes depending on the temperature

#### IV. 결론

결론 본 논문에서는 삶의 변화 속에서 수도꼭지라는 하나의 장치를 주거환경의 빠른 변화에 맞춰 안전성과 편의성을 탑재한 스마트 수도꼭지에 대해 기술하였다. 우리는 안전성에 관한 시스템을 구축해야 했다. 그리고 최근 핸드폰 보급률이 95% 이상인 대한민국에서는 사물 인터넷 즉, IoT를 겸비한 시스템의 제품이 필요했다. 이를 미루어 보았을 때 수도꼭지와 IoT를 연결하여 특정 온도를 나타내는 LED, 물이 나오는 시간 그리고 특정 온도 이상이 되었을 때 단수시킬 온도 값 등을 핸드폰을 통해 조절하여 사용할 수 있게 하였다. 정해진 온도에 따라 LED의 색상이 변하고 초음파 센서를 통해 특정 거리를 인식하여 물의 흐름을 자동으로 조절할 수도 있게 하였다. 또한 앱 인벤터를 따로 분류하여 물이 나오는 시간을 조절할 수 있게 하였고 특정 온도 이상으로 물의 온도가 올라가거나 내려가게 되면 개폐 시스템이 물의 흐름을 자동으로 차단하여 단수시키는 안정성을 겸비하였다. 실험 결과 초음파 센서와의 거리가 27cm까지는 앱을 통한 제어가 오류 없이 동작하는 것을 확인할 수 있었고 수온 센서에서 감지되는 온도와 LCD에서 표시되는 온도는 실 온도와의 오차가 발생하지 않았다. 이는 사용자에게 맞게 특정 온도를 다시 설정하더라도 오차 없이 시스템을 사용할 수 있다는 것을 나타낸다. 앱 인벤터를 최상위 제어계층으로 둬으로써 수도꼭지 자체에서 오류가 발생하더라도 앱을 통한 제어가 가능하도록 설정하였다. 이러한 스마트 수도꼭지의 역할은 안전사고 예방 및 실생활에서의 편의성과 효율성을 증가시키는 것이다. 그러나 특정 온도에서만 물이 나오게 하는 자동제어 시스템이나 White LED 등을 사용한 디자인의 변화 그리고 스마트 수도꼭지를 욕조에서 사용하였을 경우, 물이 나오는 위치에 초음파 센서를 넣어 물을 받을 때 사용자의 설정에 맞춘 특정 거리가 인식되면 자동으로 제어되는 시스템 등 추후에 계속해서 개선해나갈수록 시스템에 대한 연구가 지속적으로 필요할 것으로 생각된다.

References

[1] Korea Consumer Agency, Hazard prevention team from the Information Service, "Editorial Department Analysis of children's burn accident hazard information analysis," *Safety Report*. 2019, pp. 1-50.

[2] Y. Koo, "Analysis on Big data, IoT, Artificial intelligence using Keyword Network," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 15, no. 6, 2020, pp. 1,137-1,144.

[3] C. Jung and W. Ju, Automatic Door Opening, and Closing Device using Bluetooth," In *Proc. IEEE Int. Conf. Communications*, Chungcheongnam-do, Korea, June 2021, pp. 310-310.

[4] C. Park, H. Lee, S. Park, and W. Kim. "Study on the Development of Sensors for Distance Measure Using Ultrasonic," *J. of Sensor Science and Technology*, vol. 23, no. 1, 2014, pp. 46-50.

[5] L. Silver and S. Cornibert, "Smartphone Ownership Is Growing Rapidly Around the World, but Not Always Equally," *Report*, Feb. 2019.

[6] B. Kim, "Computer Programming Education using App Inventor for Android," *J. of The Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 17, no. 2, pp. 467-472.

[7] J. Park, "A study on the effect of App Inventor in introductory Android programming course," In *Proc. of the Korean Society of Computer Information Conf.*, vol. 21, no. 2, July 2013, pp. 287-288.

[8] S. Chaung, "The Effect of Hand Washing Procedure Poster on the Hand Washing Behaviors," *J. of the Convergence on Culture Technology*, vol. 4, no. 3, Aug. 2018, pp. 269-274.

[9] N. Song, Y. Cho, and S. Choi, "Fabrication of a multi-functional one-chip sensor for detecting water depth, temperature, and conductivity," *J. of the Korean Sensors Society*, vol. 15, no. 1, 2006, pp. 7-12.

[10] J. Baek, J. Kim, A. Kim, J. Kim, E. Lee, and J. Jun, "The temperature change estimation studies using RGB sensors," In *Proc. IEEE Int. Conf. Communications*, Gangwon-do, Korea, June 2016, pp. 1513-1514.

[11] J. Lee, H. Lee, H. Lee, S. Kim, and H. Cho, "A study train door open-close perception control System using ultrasonic sensor," In *Proc. IEEE Int. Conf. Communications*, Jeju-do, Korea, May 2011, pp. 1681-1688.

[12] J. Kim and M. Kim, "Change of Sensitivity Perception Subsequent to the Difference in Color Temperature of Light in the Image," *J. of Korea Design Knowledge*, vol. 10, June 2009, pp. 102-111.

[13] S. Moon and Y. Kim, "Image Sensor Module for Detecting Spatial Color Temperature in Indoor Environment," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 1, Feb. 2017, pp. 1-8.

저자 소개

**김동현(Dong-Hyun Kim)**



2018년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중  
 ※ 관심분야 : 반도체 응용, 시스템 설계

**유재호(Jae-Ho Ryu)**

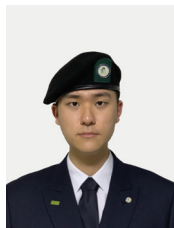


2018년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중  
 ※ 관심분야 : 논리회로



**주종수(Jong-Soo Ju)**

2018년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중  
※ 관심분야 : 센서응용



**안종필(Jong-Pil Ahn)**

2018년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중  
※ 관심분야 : 마이크로프로세서



**김재욱(Jae-Wook Kim)**

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

