

# 실내 라돈 농도 감지 및 제어를 위한 IoT 시스템

윤지원\*, 박정규\*\*

\*창신대학교 카리스교양대학

\*창신대학교 스마트융합공학부 컴퓨터전공

e-mail: jwyoona@cs.ac.kr, jkpark@cs.ac.kr

## IoT System for Detecting and Controlling Indoor Radon Concentration

Ji Won Yoon\*, Jung Kyu Park\*\*

\*CHARIS College of Liberal Arts, Changshin University

\*\*Dept. of Computer Engineering, Changshin University

### 요약

최근에 가정에 라돈을 방출하는 가구에 대한 위험성이 많이 제시되고 있다. 라돈은 폐암의 주요 원인 중 하나로 인식되고 있으나 무색 무취 형태로 파악하기 힘든 특성을 가지고 있다. 본 연구에서는 가정 내 라돈 가스 농도를 감지하고 예측하는 IoT 시스템을 제안한다. 이 시스템은 라돈 센서와 자동 스위치를 사용하여 라돈 농도를 모니터링하고 제어합니다. 또한, 웹 애플리케이션을 통해 라돈 농도를 실시간으로 확인하고 팬을 제어할 수 있다. 실제 환경에서 테스트한 결과, 시스템은 평균 93%의 라돈 농도 감소를 보였다. 논문에서 제안하는 라돈 농도 모니터링 IoT 시스템은 공공 건물 및 주택에서의 활용이 가능하다. 이러한 기술은 라돈에 대한 인식을 높이고 건강한 생활을 지원하는데 도움이 될 것으로 기대한다

밀폐된 환경에서는 라돈의 존재로 인한 폐암 발병 위험이 노출과 관련하여 비례적으로 증가한다. 3~16%의 95% 신뢰 구간으로 측정된 평균 농도의 Bq/m<sup>3</sup> 당 8%의 위험이 증가한다. 특히, 밀폐된 공간의 라돈은 폐암 사망의 약 9%를 차지하며 유럽 전체 암 사망의 약 2%를 차지한다. 예로, 포르투갈 북부에서는 1995년에서 2004년 사이에 8514명의 사망자가 폐암으로 인해 발생했으며 지역의 암석학적 체질로 인해 1565~2406명이 라돈, 즉 전체의 18~28%와 관련이 있을 수 있는 것으로 추정된다.

가정 내부에 라돈이 축적되는 것을 방지하기 위한 전통적인 해결책이 있습니다. 1단계는 센서를 이용하여 라돈을 검출하는 것이다. 센서를 사용하여 수집한 데이터를 이용하여 완화 방법을 적용할 수 있다. 일반적으로 완화 방법은 라돈 가스의 유입이나 제거하는 것을 의미한다.

본 연구에서는 IoT 기술을 활용하여 실내 라돈 농도를 모니터링하고 제어를 할 수 있는 시스템을 제안한다. 이를 통해서 센서를 통해서 수집된 데이터를 기반으로 행동이 가능한 지능형 시스템을 구현하는 것이 목표이다[2].

## 1. 서론

라돈(Radon, Rn)은 비활성 기체의 마지막 원소이자 전자수가 가장 많은 방사선 원소이다. 그리고 라돈은 냄새, 색, 맛이 없는 무색 무취의 기체이고 공기 보다 약 8배 무겁다. 라돈은 지각을 구성하는 암석이나 토양 중에 천연적으로 존재하는 우라늄(238U)과 토륨(232Th)의 방사성 붕괴에 의해서 만들어진 라듐(226Ra)이 붕괴할 때 생성된다. 이런 이유로 라돈은 자연 방사성 물질로 지구 어디에나 존재할 수 있다[1].

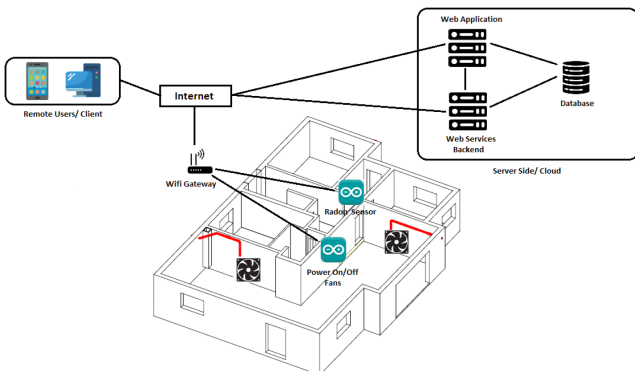
그러나 보통 라돈에 대한 정보를 받지 못하고 심지어 이 가스의 존재를 알지 못하는 경우가 많다. 라돈이 냄새가 나지 않고 보이지 않기 때문에 사람들은 관련된 위험을 무시하는 경향이 있다. 라돈은 집과 같이 일상 생활에 노출될 수 있는 방사선을 내는 물질이며 폐암을 유발하는 것으로 알려져 있다. 최근에는 라돈을 방출하는 침대와 같이 일상 생활의 제품이 문제가 되는 것을 뉴스에서 나와 큰 이슈가 되었다.

라돈에 노출된 흡연 경험자의 폐암 위험은 노출되지 않은 흡연 경험자보다 높으며, 비흡연자의 경우에도 라돈 노출은 폐암 발생 위험을 높일 수 있습니다. 또한 공기 중 라돈 노출 농도가 낮을수록 암의 발생 위험은 낮아진다고 알려져 있다.

## 2. 시스템 구현

### 2.1 시스템 구조

본 연구에서 IoT를 활용하여 시스템 디자인을 제안하고 실제 실험을 수행하였다. 시스템은 최근 연구에 많이 사용되는 임베디드 시스템과 센서를 사용하였다. 구현을 위해서 시스템 아키텍처는 클라이언트-서버 모델을 기반으로 하였다. 이 모델은 분산형 애플리케이션 구조, 즉 서비스 제공자, 서버, 서비스를 요청하는 프로세스, 고객 간에 작업으로 구분된다. 그림 1은 연구에서 제안하는 시스템의 구조를 보여준다.



[그림 1] 제안하는 시스템 구조

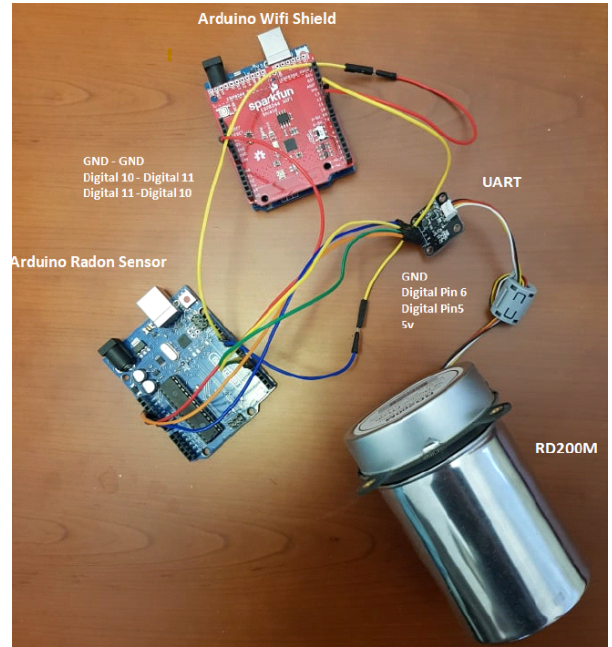
시스템의 클라이언트는 휴대폰에서 브라우저를 사용하는 사용자나 아두이노 장치 등으로 구분할 수 있다. 아두이노는 라돈 검출 센서와 방출을 위한 팬 스위치를 가지고 있으며 HTTP 프로토콜을 이용해서 REST API를 호출할 수 있도록 구현하였다. 원격 사용자는 HTTP 요청을 통해 웹 브라우저를 통해서 센서로 측정되는 데이터를 실시간으로 모니터링할 수 있으며, 팬의 동작 상태를 확인 할 수 있다.

서버 쪽에는 3개의 가상 머신이 있는데 아파치 서버인 웹 애플리케이션, 클래스피시의 웹 서비스, SQL 서버의 데이터베이스가 구현되어 있다. 웹 서버는 데이터를 검색하거나 데이터베이스에 대한 작업을 수행하기 위해 다양한 웹 서비스를 호출한다.

## 2.2 시스템 구현

연구에서 제안하는 시스템을 구현하기 위해서 2개의 아두이노를 사용하였다. 그 이유는 아두이노의 통신 한계로 인해 두 개의 아두이노가 사용되었는데, 아두이노는 매 초마다 센서에서 데이터를 검색하므로 네트워크에 연결할 수 없기 때문이다. 10분마다 판독값이 수집되면 아두이노는 네트워크에 연결된 아두이노에게 데이터를 전송하고, 아두이노는 웹 서비스인 "AddLectureWs"를 호출하여 서버에 데이터를 전송한다. 판독 과정은 아두이노에 연결된 상태에서 시작되며, 이 중 하나는 타이머로 작동하는 동시 스레드와 다른 하나는 UART와 센서 라이브러리를 통해 센서 데이터를 수집할 수 있다.

타이머가 읽기 시간인 10분에 도달하면 아두이노는 세이딩된 와이파이기가 있는 아두이노에 판독값을 시리얼로 전송하여 요청을 구성한 다음 전송된 데이터를 처리하는 웹 서비스인 "AddLecture"를 호출하여 데이터를 추가한다. 그림 2는 구현한 IoT 시스템의 일부분을 보여준다.



[그림 2] IoT 기반 라돈 검출 시스템

## 3. 결론

본 연구에서는 IoT 기술을 사용하여 가정 내 라돈 가스를 감지, 완화 및 예측하는 솔루션을 개발을 목표로 하였다. 라돈 문제가 있는 주거지에서 시스템을 테스트하여 실제 시스템의 적절한 기능과 효과를 검증할 수 있었습니다. 결과를 분석한 결과, 검사 초기를 기준으로 한 라돈 농도 값을 고려하면 평균 93% 정도 라돈 수치가 상당히 감소한 것을 확인할 수 있었다.

### 참고문헌

- [1] J. Hu, G. Yang, M. Hegedűs, K. Iwaoka, M. Hosoda and S. Tokonami, "Numerical modeling of the sources and behaviors of 222Rn, 220Rn and their progenies in the indoor environment-A review", Journal of Environmental Radioactivity, vol.189, pp.40-47, March, 2018.
- [2] F. Pereira, S. I. Lopes, N. B. Carvalho and A. Curado, "RnProbe: A LoRa-Enabled IoT Edge Device for Integrated Radon Risk Management", IEEE Access, vol. 8, pp. 203488-203502, November, 2020.