

# 음파 기반 교내 출결 시스템용 IoT 프로토콜 구현

조예현, 이수안, 문지환\*  
국립한밭대학교

20231035@edu.hanbat.ac.kr, 20231022@edu.hanbat.ac.kr, \*anschino@staff.hanbat.ac.kr

## Implementation of IoT Protocols for an Acoustic-Based On-Campus Attendance System

Yehyun Jo, Suan Lee and Jihwan Moon\*  
Hanbat National University

### 요 약

본 논문에서는 우리가 이전에 설계한 음파 기반 교내 출결 시스템용 IoT 프로토콜 중 4 가지의 실제 구현 과정과 결과를 다룬다. 설계 과정에서의 예상 결과와 구현에서 실제 걸린 시간을 측정한 결과를 분석해 두 결과 양상의 차이를 파악하고, 그 원인을 고찰한다. 또한, 가장 우수한 성능 지표를 보인 프로토콜을 확인하고, 이를 설계 결과와 비교하여 일치 여부를 검증한다.

### I. 서 론

사물인터넷(Internet-of-Things, IoT)은 네트워크를 활용해 스마트 팜, 자율주행자동차 등 다양한 기술을 실현할 수 있다 [1]. 그러나, Wifi 등의 전자기파 기반 프로토콜을 바탕으로 개발되었기 때문에 전파, 재난 등의 열악한 IT 인프라 환경에서는 기존 IoT 네트워크를 사용하는 것이 불가능하다. 따라서 이전 연구 [2]에서는 비전자기파의 한 종류인 음파를 기반으로 IoT 프로토콜 5 가지를 설계하고 구체적으로 교내 출석 시스템을 제시하였다. 이번 연구에서는 [2]에서 제시한 프로토콜 중 4 가지를 구현해 측정한 결과와 이전에 도출했던 시뮬레이션 결과와 비교 분석을 제공한다.

### II. 본론

음파 기반 교내 출결 시스템용 4 가지 IoT 프로토콜 구현을 위해 음파를 사용할 수 있는 오픈소스 ggwave 를 사용하였고, 해당 오픈소스는 python 기반이다. 또한 프로토콜 구현을 위해 실제 사용된 컴퓨터 수는 총 세 대로, 한 대는 출석을 확인하는 클라이언트 노드 A, 남은 두 대는 출석을 요청하는 노드로 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> 라 설정한다. 노드 B<sub>1</sub> 과 B<sub>2</sub> 는 서로 다른 OS 체계의 이기종 노드이다. 실험 장비 제약으로 인해 출석 요청 노드 B<sub>3</sub> 부터는 가상으로 노드를 만들어 홀수번째 노드 즉, B<sub>2i-1</sub> 은 B<sub>1</sub> 노드가 담당했고, 짝수번째 노드 즉, B<sub>2i</sub> 은 B<sub>2</sub> 노드가 담당해 측정했다.

첫 번째 프로토콜에서는 A 가 모든 B<sub>i</sub> 에게 첫번째 번호를 보내고 그 번호에 해당하는 B<sub>i</sub> 가 A 에게 재차 번호를 전송한다. 이때 A 가 송신 스트림을 닫고 수신 스트림을 여는 과정에서 약 0.5 초의 시간이 소요돼 신호를 바로 받을 수 없었다. 따라서, 번호를 보내는 B<sub>i</sub>에 약 0.5 초의 지연시간을 추가한다.

두 번째 프로토콜에서는 A 가 모든 B<sub>i</sub>,  $\forall i$  에 대한 고유번호 뒤에 각각 대기시간을 붙여 한 번에 전송할 때 B<sub>i</sub> 가 잘 전달받기 위해 0.2 초의 간격을 두었다. 그리고 대기시간은 첫 번째 프로토콜에서 언급한 문제를 해결하기 위한 0.5 초와 이기종 간의 OS 시간차이로 인한 오차를 줄일 수 있는 최적시간 2 초를 고려한다. 따라서 B<sub>1</sub> 의 대기시간은 0.5 초, B<sub>2</sub> 의 대기시간은 2.5 초를 부여해 2 초씩 대기 시간을 늘렸다.

세 번째 프로토콜에서는 측정을 위해 순서를 부여했고, 그 순서에 맞게 모든 B<sub>i</sub> 가 A 에게 자신의 암호를 전송한다. A 는 수신한 모든 암호를 해석해 모든 B<sub>i</sub> 에게 전송한다. 각 B<sub>i</sub> 는 수신한 해석된 암호와 고유번호가 일치하면 자신의 고유번호를 전송한다. 이때, A 와 B<sub>i</sub> 노드 모두 송수신 스트림을 열고 닫는 과정이 많아 첫번째 프로토콜과 동일한 문제가 발생하여 0.5 초의 지연시간을 추가해 준다. 또한, A 가 해석된 암호를 전송할 때 두번째 프로토콜과 같이 한 번에 보내기 때문에 B<sub>i</sub>가 잘 전달받기 위해 0.2 초의 간격을 두었다.

네 번째 프로토콜에서는 A 가 모든 B<sub>i</sub> 에게 임의의 시스템 시작 신호 '25'를 전송한다. 신호를 수신한 B<sub>i</sub> 는 time.monotonic()을 실행해 B<sub>i</sub> 에게 사전에 할당된 대기 시간과 프로그램 실행 시간이 일치할 경우, B<sub>i</sub> 가 자신의 고유 번호를 전송한다. 이때 B<sub>i</sub> 에게 할당된 대기 시간은 2 초이다. 따라서 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, ..., B<sub>n</sub> 의 대기 시간은 두 번째 프로토콜과 동일하다.

그림 1 은 출석을 요구하는 노드의 개수에 따른 시뮬레이션과 실제 구현 환경에서의 지연 시간 추이를 나타낸다. 시뮬레이션 결과와 구현 결과의 동향은 비슷하지만, 범위(scale)가 다른 양상을 보였다. 먼저 첫 번째 이유로 설계 및 시뮬레이션 시 설정한 송신 지연 시간과 실제 지연 시간에서의 상이함을 생각해 볼 수 있다. 또한, 설계 시뮬레이션에서는 고려하지 않았던 송수신 스트림이 전환되는 시간이 존재함을 확인하였고,

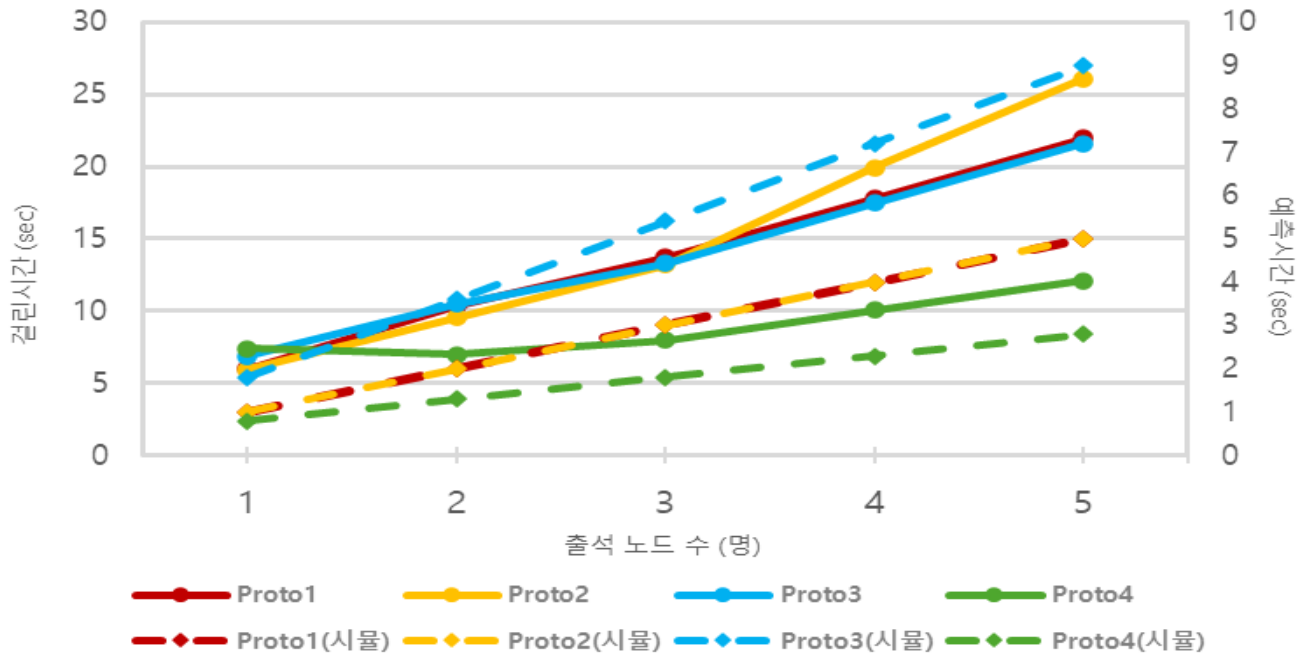


그림 1. 시뮬레이션, 실제 측정 그래프

출석 노드 수 (명)	1	2	3	4	5
프로토콜					
Proto1(시뮬)	1	2	3	4	5
Proto2(시뮬)	1	2	3	4	5
Proto3(시뮬)	1.8	3.6	5.4	7.2	9
Proto4(시뮬)	0.8	1.3	1.8	2.3	2.8
Proto1	5.969	10.348	13.719	17.797	21.969
Proto2	5.953	9.531	13.188	19.922	26.078
Proto3	6.891	10.485	13.281	17.469	21.625
Proto4	7.391	6.969	7.984	10.047	12.078

표 1. 시뮬레이션, 실제 측정 결과 (단위: sec)

약 0.5 초의 시간이 추가되어 시뮬레이션과 실제 구현 간 지연 시간 범위 차이에 영향을 주었을 것으로 분석된다.

결과적으로 이전 연구 [2]에서 제안한 IoT 프로토콜들의 지연 시간 경향과 본 논문에서의 실제 구현을 바탕으로 측정된 결과들을 비교해 보았을 때, 네 번째 프로토콜의 결과가 가장 적은 시간 소모를 보여 제일 효율적인 프로토콜이라 판단한다.

### III. 결론

본 논문에서는 앞서 제시한 전자기와 네트워크가 연결되지 않은 환경에서도 통신 가능한 음파기반 출석체크 시스템과 그에 기반한 데이터 전송 프로토콜 4 가지를 실제 구현하였다. 또한, 시뮬레이션 결과와 실제 구현해 측정한 결과를 비교해 시뮬레이션과 다른 이유를 분석하고, 구현한 프로토콜 중 가장 적은 시간이 소요되는 프로토콜을 확인했다.

추후 위에서 구현하지 못한 프로토콜에 대해 재 구현 및 구현에 성공한 프로토콜은 간섭, 신호 미 수신 등의 여러 상황에서도 송수신이 원활하도록 보완할 필요가 있다.

### ACKNOWLEDGMENT

This research was partially supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(2021R111A3050126)

This work was partially supported by the IITP(Institute of Information & Communications Technology Planning & Evaluation)-ITRC(Information Technology Research Center) grant funded by the Korea government(Ministry of Science and ICT)(IITP-2026-RS-2024-00437886, 50%)

### 참 고 문 헌

- [1] P. Yesankar, P. Gourshettiwar, P. Gote, M. M. Jiet and A. Gadkari, "The Impact of 5G Technology on the Functionality and Performance of Internet of Things (IoT) Devices," *2024 8th International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)*, Kirtipur, Nepal, 2024, pp. 230-235
- [2] 이수안, 조예현, 문지환, "음파 기반 교내 출결 시스템용 IoT 프로토콜 설계", 한국통신학회 학술대회논문집, 강원, 2025.