

가시광 통신 기반 출결 관리 시스템 설계 및 구현

김 소 용*, 김 철 민*, 고 석 주°

Design and Implementation of Smart Attendance-Absence Management System Based on Visible Light Communication

So-Yong Kim*, Cheol-Min Kim*, Seok-Joo Koh°

요 약

기존의 전자파를 사용하는 전자 출결 관리 시스템은 설치를 위해 상당한 비용이 들거나 편의성 측면에서 불편한 점이 많고 부정 출석에 취약하다는 문제점이 있다. 이 논문에서는 가시광 통신을 기반으로 한 출결 관리 시스템을 통해 이와 같은 문제점들을 해결하고자 한다. 가시광 통신이란 빛을 이용하여 통신하는 기술로써 건물 내의 설치된 LED 조명 인프라를 그대로 사용하기 때문에 설치비용이 절감되며 벽을 투과할 수 없는 가시광의 성질은 사용자가 오직 해당 장소에서만 서비스를 받도록 할 수 있어 부정 출석을 방지할 수 있다. 또한, 사용자는 스마트폰을 통해 가시광을 받아 출결 서비스를 받을 수 있으므로 편리하다. 이 논문에서는 제안하는 시스템을 사물인터넷 환경을 기반으로 설계하여 네트워크 환경에 제약받지 않고 수많은 조명을 쉽게 관리할 수 있도록 하였으며 테스트베드를 구축하여 정상 동작을 확인하였다. 또한, 성능 실험을 통해 5초 이내에 출결 처리가 완료되는 것을 확인하였다.

Key Words : VLC(Visible Light Communication), IoT(Internet of Things), Smart Attendance-Absence Management System, Services, Implementation

ABSTRACT

The existing attendance-absence management system is based on electromagnetic waves, and thus it tends to be high cost for installation and vulnerable to illegal attendance. In this paper, we propose a smart attendance-absence management system using the visible light communication(VLC). VLC can be used to reduce the installation cost because it is installed on the LED lighting device within the building. It is also useful to prevent illegal attendance since it cannot be penetrated through the wall. VLC is also helpful for a user to receive the visible light through the smartphone. The proposed smart attendance-absence management system is designed and implemented in the IoT environment so as to easily manage a lot of lights, and the management operations are experimented on the testbed. From the experimental results, we can see that the attendance-absence management operations have been completed within 4 seconds.

※ 이 논문은 2018학년도 경북대학교 국립대학육성사업 지원비에 의하여 연구되었음.

♦ First Author : School of Computer Science and Engineering, Kyungpook National University, thdyd324@gmail.com, 학생회원

° Corresponding Author : School of Computer Science and Engineering, Kyungpook National University, sjkoh@knu.ac.kr, 종신회원

* School of Computer Science and Engineering, Kyungpook National University, cheolminkim@vanilet.pe.kr, 학생회원

논문번호 : 201904-036-D-RN, Received April 2, 2019; Revised May 10, 2019; Accepted May 16, 2019

I. 서 론

최근 다양한 전자 기기들을 활용한 전자 출결 관리 시스템이 기존의 호명 식 출결 방식을 대체하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 전자 출결 관리 시스템은 학생의 출결 정보를 신속하고 정확하게 전송하여 처리하는 방법이 요구되며 이를 위해 RFID, NFC, 블루투스 등 전자파를 기반으로 한 많은 통신 기술들이 활용된다.^[1-3] 그러나 이러한 통신 기술을 기반으로 하는 출결 관리 시스템은 설치를 위해 상당한 비용이 들거나 편의성 측면에서 불편한 점이 많고 부정 출석에 취약하다는 단점이 있다.

이 논문에서는 이러한 단점을 해결하고 더 나은 출결 서비스를 제공하기 위해 가시광 통신을 기반으로 한 스마트 출결 시스템을 제안한다. 가시광 통신이란 기존 전자파를 사용하는 통신 방식과는 달리 빛을 이용하는 통신으로, 이 기술을 활용하면 전자파를 사용하면서 발생하는 여러 가지 문제들을 해결할 수 있다. 또한, 이 논문은 시스템을 사물인터넷 환경을 기반으로 전체 구조를 설계하여 네트워크 환경에 제약받지 않고 수많은 조명을 쉽게 관리할 수 있도록 하였다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 가시광 통신 및 사물인터넷 기술과 기존 전자 출결 서비스와의 관련 연구를 제시하고 3장에서는 제안하는 출결 관리 시스템의 설계를 기술한다. 4장에서는 구현 결과물을 통해 작동 시험 및 성능 분석을 하고 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

2.1 가시광 통신 기술

가시광 통신 기술은 빛을 초당 200번 이상 꺼짐과 켜짐을 반복하여 계속 켜있는 빛으로 인식하는 원리를 이용하여 조명의 기능과 무선통신의 기능을 동시에 실현 가능한 기술을 말한다. 가시광 통신은 가시광을 이용한 기존의 산업 인프라를 그대로 사용하여 어디서나 다양한 서비스를 이룰 수 있다는 장점이 있으며 전자파와는 달리 주파수 대역의 규제를 받지 않는 영역을 사용하기 때문에 사용허가를 받을 필요가 없다. 또한, 빛은 인간의 눈에 인지되기 때문에 데이터의 전송 가능 범위를 쉽게 파악할 수 있으며 인체에 해가 없으므로 전자파에 민감한 장소에서 사용할 수 있다.^[4]

가시광 통신 기술은 현재 국내 표준화 단체인 TTA(한국통신기술협회)에서 가시광 통신 서비스 실

무반을 설립하여 응용 서비스 모델 표준을 제정하고, 서비스 모델 표준에 따른 무선 가시광 송신 기술과 수신 기술, 가시광 MAC 프로토콜 및 응용 프로토콜 표준 등을 제정할 예정이다.^[5]

2.2 전자 출결 서비스를 위한 사물인터넷 기술

사물인터넷 기술은 현재 ITU-T, ISO/IEC, oneM2M, OCF 등 다양한 공식 표준화 기구에서 표준화를 진행 중이다. 이 논문은 국제 표준화 단체인 oneM2M 대해서 자세히 살펴본다.

oneM2M은 각 지역을 대표하는 표준기관들이 사물인터넷 서비스 플랫폼 표준 기술을 개발하는 것에 목적을 두고 결성된 조직으로 여기서 개발한 표준은 종단 간 사물인터넷 통신을 위한 응용 프로그램 논리를 제공하는 AE(Application Entity)와 사물인터넷의 다양한 AE를 공통으로 사용할 수 있는 기능들로 이루어진 CSE(Common Service Entity) 그리고 CSE에게 네트워크 서비스를 제공하는 NSC(Network Service Entity)로 구성되어 있다.

oneM2M에서는 장치를 노드로 표현하고 있으며 그 역할에 따라 필요한 구성 요소를 통해 구현된다. IN(Infrastructure Node)은 네트워크 인프라에서 사물 통신 서비스를 제공해주는 역할을 하는 노드로 CSE를 통해 구현되며 MN(Middle Node)은 장치 노드들과 네트워크 인프라를 연결해주는 게이트웨이 역할을 하는 노드로 CSE와 AE를 포함하여 구현된다. ADN(Application Dedicated Node)은 자원 제약적인 장치를 나타내는 노드로 AE를 통해 구현된다.^[6] 국내에서는 KETI에서 개발한 Mobius 플랫폼이 Node.js를 사용하여 JavaScript 언어로 개발되어 oneM2M 표준을 따른다.^[7]

2.3 전자 출결 관리 시스템 비교

기존의 전자파 기반 출결 관리 시스템은 RFID, NFC, 블루투스를 기반으로 많이 연구된다. 이 절에서는 이 시스템들의 특징들과 가시광 통신 기반 출결 관리 시스템의 특징을 설명하고 비교한다.

RFID와 NFC 기반 출결 관리 시스템은 태그를 각각의 실의 책상이나 학생증에 부착하여 판독기로 인증하는 태그 인식 방식을 사용한다.^[1,2] 그러나 이 방식은 설치비용이 많이 들며 사용자가 출석 요청을 위해 판독기로 이동해야 하는 불편함을 줄 수 있고 부정 출석에도 취약하다. 최근에는 블루투스를 이용한 비콘을 통해 위와 같은 태그 인식 방식의 단점을 개선하고자 하는 연구가 많이 되고 있지만, 이 방법도 몇 가지 문

제점이 있다. 블루투스 기반 비콘은 신호의 세기와 비콘의 UID를 통해 사용자가 비콘 근처에 정확히 위치하는지 파악한다.^[8-11] 그러나 이 방법은 위치 파악을 위해 추가적인 작업이 이루어져야 하며, 신호의 세기에 의존하기 때문에 여러 사용자가 동시에 이용할 수 있는 출결 시스템 환경에서는 간섭에 영향을 받을 수 있다. 또한, Wi-Fi 인프라의 보급이 일반화되면서 같은 주파수 대역을 사용하는 블루투스 기반 출결 관리 시스템은 통신에 영향을 줄 수 있다.

가시광 통신 기반 출결 관리 시스템은 가시광을 통해 이러한 문제점들을 해결할 수 있다. 이 시스템은 기존에 설치된 LED 조명 인프라를 그대로 활용하기 때문에 설치비용이 적고 위치가 고정된 LED 조명으로부터 가시광을 수신하여 출결 서비스를 받기 때문에 추가 작업 없이 사용자의 정확한 위치를 손쉽게 알 수 있다. 또한, 전자파 간섭으로부터 자유로우므로 기존에 설치된 인프라와 상관없이 시스템을 접목하기 쉬우며, 스마트폰을 들고 있으면 가시광을 받아 출결 서비스를 받을 수 있으므로 사용자에게 편의성을 제공할 수 있다. 이외에도 전파를 사용하는 블루투스와는 달리 가시광은 벽을 투과할 수 없으므로 사용자는 오직 해당 장소에서만 서비스를 받을 수 있어 부정 출석을 방지할 수 있으며, 전자파 기반의 출결 서비스는 눈에 보이지 않아 현재 서비스가 제공 중인지 파악하기 어렵지만, 가시광 통신 출결 서비스는 가시성을 가지기 때문에 서비스 제공 현황을 파악하기 쉽다.

III. VLC 기반 출결 관리 시스템 설계

3.1 VLC 기반 출결 관리 시스템 구조

그림 1은 이 논문에서 제안하는 VLC 기반 스마트 출결 관리 시스템의 구조를 나타낸다.

출결 관리 시스템에서 쓰이는 장비는 총 4가지로 IoT Server(IS), VLC Agent(VA), VLC Transmitter(VT), VLC Receiver(VR)로 구성되어 있다. 각 장비는 VLC 서비스를 제공하는 서버 측 장비와 서비스를 받는 클라이언트 측 장비로 구분되며, 서버 측 장비는 IS, VA, VT가 포함되고 클라이언트 측 장비로는 VR이 유일하게 포함된다. 각 장비에 대한 상세한 사항은 아래와 같다.

IS는 VLC 기반 출결 서비스를 VR에게 제공해주는 서버로 한 건물당 하나가 배치되며 건물에서 이루어지는 모든 출결 서비스를 담당한다. IS는 다른 서버 측 장비들의 작동 여부 및 상태 정보를 파악하고 있어 이상이 발생하였을 시 빠른 조치를 할 수 있다. 또한,

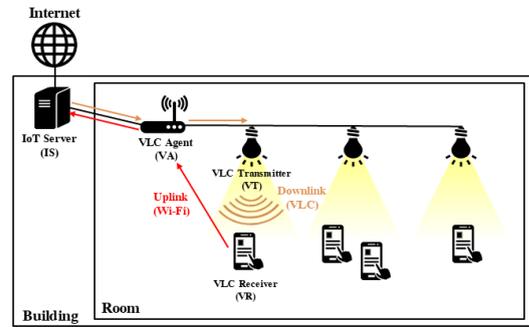


그림 1. VLC 기반 출결 관리 시스템 구조
Fig. 1. Attendance-Absence Management System Structure based on VLC

필요에 따라 인터넷을 통해 외부에 있는 다른 IS와 통신하여 서비스 규모를 확장할 수 있다.

VA는 IS와 VR이 직접 통신하기 어려운 상황에서 게이트웨이 역할을 하는 장비로 방마다 하나씩 배치되어 방에 있는 모든 VT를 관리한다. 또한, 무선 AP 모드를 통해 Wi-Fi로 VR의 출석 요청을 IS에게 전달할 수 있으며 편의에 따라서 VR에게 인터넷 서비스를 제공해줄 수 있다.

VT는 IS의 출결 서비스를 VR에게 VLC로 제공하는 조명 장비로 조명과 통신 역할을 동시에 하며 주기적으로 IS나 VA에게 자신의 상태를 보고한다.

VR은 VLC를 통해 IS의 서비스를 받는 장비로 서비스 유형에 따라서 특정 장소에 고정되거나 스마트폰을 통해 구현될 수 있다. 또한, 장비의 여건에 따라 출결 서비스 요청을 VLC를 통해 VT로 하거나 VA의 Wi-Fi를 이용할 수 있다.

3.2 출결 서비스 제공 방법

출결 서비스는 IS에 저장된 출결 일정표와 출석부를 참조하여 제공된다. 표 1과 표 2는 각각 출결 일정표와 출석부의 형식을 예시로 나타낸 것이다.

출결 일정표에는 출결 일정들이 기록되어 있으며 각 일정을 식별하기 위한 이름(Name)과 출결 서비스가 이루어지는 장소(Location) 및 날짜(Date)를 가진다. 장소는 서비스에 따라 건물 전체를 지정하거나 특정 방만을 지정할 수 있고 사물인터넷 표준에 따라 여러 리소스 형태로 표현될 수 있다. 날짜는 서비스가 필요한 요일을 지정하여 매주 정해진 날짜에 서비스를 제공하기 위해 사용한다.

출석 인정 기간(Approval)과 지각 처리 기간(Late)은 출결 서비스가 활성화되는 기간을 나타내며 이 기간에 출결 서비스가 필요한 클라이언트들은 서버 측

표 1. 출결 일정표
Table 1. Attendance-Absence Schedule

School				
Name	Location	Days	Approval	Late
COMP-724	/ITS/RoomB102	Mon,Tue	08:00-08:15	08:15-11:30
COMP-402	/ITS/Room304	Mon-Fri	10:00-10:15	10:15-15:30
ITEC-401	/ITS/Room529	Mon,Fri	13:00-13:15	13:15-16:30
Company				
Name	Location	Days	Approval	Late
ITBuilding	/IT	Mon-Fri	09:00-09:15	09:15-18:00
Computer Department	/IT/Room301, /IT/Room302, /IT/Room303	Mon-Fri	10:00-11:00	11:00-18:00

표 2. 출석부
Table 2. Attendance List

COMP-724		
Client ID	Client Name	State
2018220889	So-Yong Kim	Approval
2018203392	Ashley Allen	Approval
2013920192	Bruce Baker	Late
2014348391	Camila Campbell	X
2015594032	Daniel Davis	X

에게 출석 요청을 할 수 있다. 서버 측은 출석 인정 기간에 클라이언트의 출석 요청이 왔다면 해당 클라이언트를 출석 인정으로 처리하고 이 기간이 만료된 후 지각 처리 기간에 요청이 왔다면 지각으로 처리한다. 지각 처리 기간이 만료되면 출결 서비스를 비활성화하고 남은 클라이언트는 모두 결석 처리한다.

출석부는 출결 일정에 관련된 클라이언트들을 나타내며 출결 일정의 수만큼 존재한다. 서버 측은 각 클라이언트의 출결 처리를 끝내면 출결 결과 상태를 출석부에 저장한다.

3.3 VLC 프레임 구조 설계

출결 서비스에서 사용하는 VLC 프레임의 유형은 총 4가지로 IDLE, ACTIVE, VERIFY, RESULT이다. 각 프레임의 역할은 다음과 같다.

IDLE 프레임은 출결 서비스가 활성화되지 않은 상태에서 단순히 조명 역할만 하기 위해 사용된다. VR은 이 프레임을 수신할 시 아무런 행동을 취하지 않는다.

ACTIVE 프레임은 출결 서비스가 활성화되었음을 VR에게 알리는 역할을 한다. 이 프레임을 VR이 수신할 시 서버 측에게 출석 요청을 한다.

VERIFY 프레임은 서버 측에서 클라이언트 측이

부정한 방법으로 출석 요청을 하였을 때 이를 검증하기 위해 사용된다. 서버 측은 VR에게 출석 요청을 받으면 VR의 식별 정보와 무작위로 생성한 Cookie 값을 매칭하고 이 값을 VERIFY 프레임으로 전송한다. VR이 서비스 장소가 아닌 곳에서 부정 출석을 시도하였다면 VT에게 VERIFY 프레임을 받지 못해 출석할 수 없게 된다.

RESULT 프레임은 출결 처리 후 VR에게 결과를 통보하기 위해 사용된다. VR의 출석 요청 과정은 이 프레임을 수신하면서 끝난다. VERIFY와 RESULT 프레임은 IDLE과 ACTIVE 프레임과는 달리 출석 요청 시에만 한 번 전송된다.

그림 2는 VLC 프레임 구조를 나타낸 것이다.

VT ID는 서버 측에서 각 VT의 위치를 식별하기 위한 영역으로 사물인터넷 표준에 따른 리소스 형태로 표현하기 위해 4byte를 사용한다. VR은 이를 이용하여 정확한 자신의 위치를 서버 측에게 알릴 수 있다. Type은 VLC 프레임의 유형을 구분하기 위한 영역으로 1byte를 사용한다. State는 RESULT 프레임에서 출결 결과를 통보하기 위해 사용되는 영역으로 1byte를 사용한다. 결과 상태는 출석 인정(Approval), 지각(Late), 중복(Checked)으로 3가지이며 출석 인정과 지각의 경우 클라이언트의 요청 시간에 따라 처리된 결과를 응답할 때 사용하고, 중복은 이미 출결 처리를 완료한 클라이언트가 출결 요청을 할 시 검증을 거치지 않고 응답할 때 사용된다. Cookie는 VERIFY 프레임에서 부정 출결을 검증하기 위해 서버 측에서 무작위로 생성된 4byte 값을 VR에게 전송하기 위해 사용한다. Client ID는 VR이 VT에서 전송하는 VERIFY 프레임과 RESULT 프레임이 자신의 것임을 식별하기 위해 사용되는 영역으로 10byte를 사용한다.

VT ID (4bytes)	Type (1byte)	State (1byte)	Cookie (4bytes)	Client ID (10bytes)
-------------------	-----------------	------------------	--------------------	------------------------

그림 2. VLC 프레임 구조
Fig. 2. VLC Frame Structure

표 3. 프레임 유형 정의
Table 3. Frame Type Define

Frame Type	Field			
	Type	State	Cookie	Client ID
IDLE	0	Not used	Not used	Not used
ACTIVE	1	Not used	Not used	Not used
VERIFY	2	Not used	Used	Used
RESULT	3	Used	Not used	Used

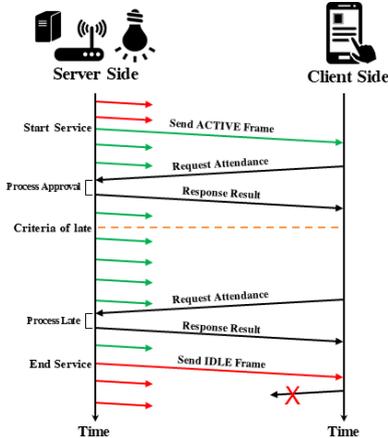


그림 3. 출석 인정 및 지각, 결석 판정 방식
Fig. 3. Way to decide Attendance Approval and Late, Absence

표 3은 프레임의 유형별로 사용되는 영역을 표시한 것이다.

그림 3은 VLC 프레임을 이용하여 출석 인정 및 지각, 결석을 판정하는 방식을 나타낸다.

출결 서비스가 활성화되지 않았을 경우 VT는 일반적인 조명의 역할만 하게 되고 IDLE 프레임을 전송한다. 출결 일정에 표시된 시간이 되면 서버 측은 해당 장소에 출결 서비스를 활성화하기 위해 그 장소에 있는 VT에게 IDLE 프레임에서 ACTIVE 프레임으로 전환 시킨다. 클라이언트 측이 ACTIVE 프레임을 수신하면 ACTIVE 프레임에 포함된 VT ID와 자신의 식별 정보를 포함하여 서버 측에게 출석 요청을 하고, 서버 측은 이를 검증하기 위해 해당 VT로 VERIFY 프레임을 전송한다.

출결 일정에 표시된 지각 처리 기간이 끝나면 서버 측은 출석부의 아직 처리되지 않은 남은 인원들을 결석 처리한 후 ACTIVE 프레임에서 IDLE 프레임으로 전환하여 조명의 역할만을 하게 된다.

3.4 프로토콜 스택 설계

그림 4는 VLC 기반 출결 서비스를 위해 설계된 장치의 프로토콜 스택을 나타낸 것이다.

IS와 VA간의 통신은 네트워크 상황에 따라 HTTP 나 CoAP중 선택하여 사용할 수 있으며 IS는 VA들과 거리가 멀 수 있으므로 이더넷을 이용한다.

VA는 자신이 관리하는 모든 VT와 효율적으로 통신하기 위해 MQTT를 사용하며, 두 장비는 비교적 가까운 거리에 설치되기 때문에 Wi-Fi를 이용한다. VT는 VA에게서 수신한 메시지를 참조하여 VLC 프레임

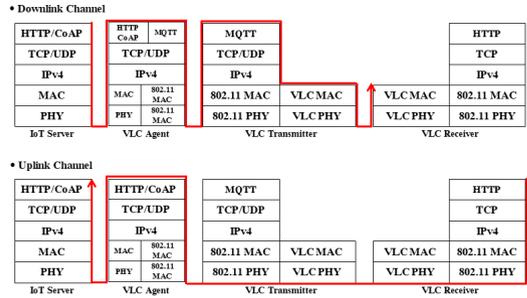


그림 4. 프로토콜 스택 구조
Fig. 4. Protocol Stack Structure

을 만들고 VLC로 전송한다.

VR은 VLC로 서버 측의 메시지를 수신할 수 있으며 HTTP나 CoAP을 이용하여 서버 측에게 출석 요청을 할 수 있다.

3.5 메시지 유형

표 4는 출결 관리 시스템에서 사용되는 메시지 유형이다.

Attendance Request 메시지는 VR이 출석 요청을 위해 사용하는 메시지로 VT의 위치 정보와 자신의 식별 정보를 포함한다. VA는 이 메시지를 받으면 자신의 위치 정보를 추가하여 IS에게 전달하는데 이를 통해 IS는 VR의 정확한 위치를 식별한다. Verification Request 메시지는 VR이 서버 측에게 받은 Cookie 값을 회신하여 자신의 출석 요청이 정당한 방법임을 증명하기 위해 사용한다. IS가 이 메시지를 수신하면 자신이 생성했던 Cookie 값과 비교하고 결과를 VR에게 알린다. Entire VT 메시지는 VA가 관리하는 모든 VT의 프레임을 IDLE 프레임이나 ACTIVE 프레임으로 전환하기 위해 사용한다. Specific VT 메시지는 VA가 관리하는 특정 VT에게 VERIFY 프레임과 RESULT 프레임을 준비시키기 위해 사용한다.

표 4. 채널 별 메시지 유형
Table 4. Message Type by Channel

Message	From	To	Object
Attendance Request	VR	IS	Request Attendance
Verification Request	VR	IS	Request Verification for Correct Way
Entire VT	IS	VA	Configure VLC Frame of All VTs
Specific VT	IS	VA	Configure VLC Frame of Specific VT
Heartbeat	VT	VA	Report VT State
State Check	IS	VA	Check VT State
Register	VA/VT	IS/VA	Register Resource for IoT

Heartbeat 메시지는 VT가 자신의 상태를 VA에게 전달하기 위해 사용하며 State Check 메시지는 VA가 관리하는 모든 VT의 상태를 조회하기 위해 사용한다. Register 메시지는 각 장비가 사물인터넷 환경에서 자신의 리소스를 등록하는 용도로 사용한다.

3.6 프로토콜 동작 과정

그림 5는 서버 측 장비의 초기화 과정을 나타낸 것이다.

IS는 전원이 켜지면 다른 장비들과 통신하기 위한 리소스를 생성하고 출결 일정표를 확인하여 정해진 시간에 서비스가 활성화될 수 있도록 준비한다. VA는 전원이 켜지면 IS를 탐색하여 자신의 리소스를 등록하고 IS는 이를 통해 여러 VA를 식별할 수 있게 된다. 등록을 마친 VA는 VT의 등록을 기다린다. VT는 전원이 켜지면 VA를 탐색하여 자신의 리소스를 등록하고 VT는 IDLE 프레임을 준비한다.

그림 6은 출결 요청을 처리하는 과정을 나타낸 것이다. IS는 출결 서비스를 활성화하기 위해 출결 일정에 표시된 장소에 있는 VA에게 Entire VT 메시지를 전송하고 VA는 자신이 관리하는 모든 VT를 IDLE 프레임에서 ACTIVE 프레임으로 전환해 출결 서비스를 활성화 시킨다. VR은 ACTIVE 프레임을 수신하면 VA에게 Attendance Request 메시지를 전송하고 메시지 손실 시 재전송을 위해 타이머를 설정한다. VA는 이 메시지를 자신의 위치 정보를 포함해서 IS에게 전달하고 IS는 VR의 식별 정보를 출석부에서 확인하여 Cookie 값을 생성 후 Specific VT 메시지로 이를 전송한다. VA는 이 메시지를 참조하여 해당 VT에게 VERIFY 프레임을 준비시키고, VR이 VERIFY 프레

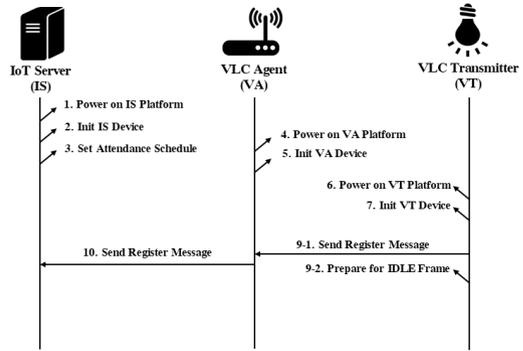


그림 5. 서버 측 장비 초기화 과정
Fig. 5. Initialization Process for Server Side Equipments

임을 성공적으로 수신한다면 Verification Request 메시지를 VA를 통해 IS에게 전송한다. IS는 VR의 정보와 Cookie 값이 일치하는지 검증하고 출결 일정을 참조하여 출석 인정 및 지각 처리를 한 후, 결과를 Specific VT 메시지로 전송한다. VA는 이 메시지를 VT에게 전달하여 RESULT 프레임으로 VR에게 결과를 통보한다.

그림 7은 VT의 상태를 감시하기 위한 과정이다. VA는 VT가 자신의 상태를 담은 Heartbeat 메시지를 받게 되면 VT State Table을 업데이트하고 VT 정보의 유효 기간을 초기화한다. 그러나 VT에 문제가 발생하여 메시지를 보내지 못해 유효 기간이 만료된다면, VA는 해당 VT의 등록 정보를 삭제하고 시스템의 관리자가 빠르게 조치를 하도록 알려준다. 또한, IS는 VA에게 필요에 따라 State Check 메시지를 통해 VT State Table의 현황을 요구할 수 있다.

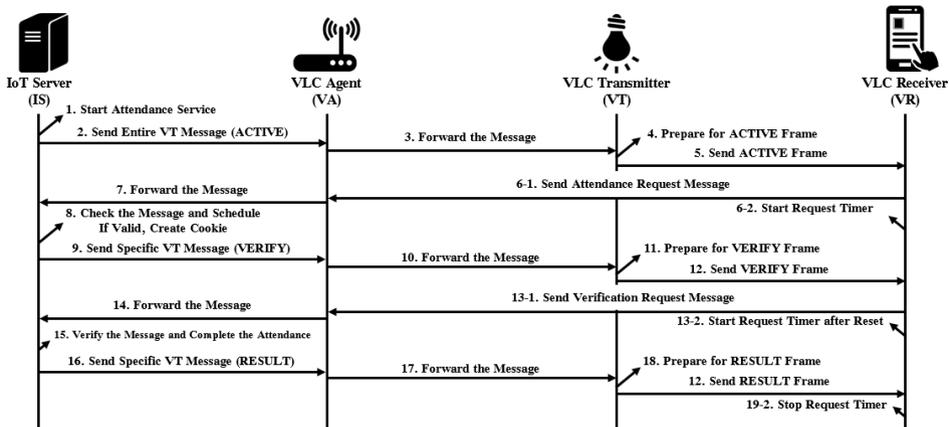


그림 6. 출결 요청 처리 과정
Fig. 6. Attendance Request Process

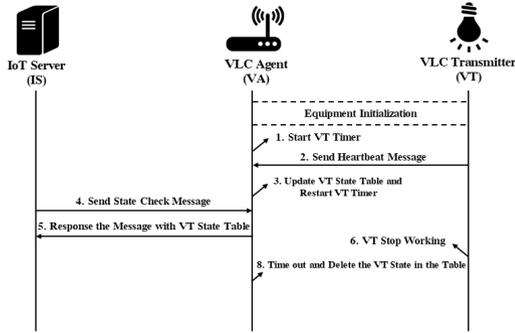


그림 7. VT 상태 감지 과정
Fig. 7. Monitoring Process of VT State

3.7 사물인터넷 기반 리소스 모델 설계

출결 관리 시스템을 사물인터넷 환경에서 구현하기 위해 oneM2M 표준에 맞춰 리소스 모델을 설계하였다. 그림 8은 리소스 모델의 구조를 나타낸다.

IS는 가시광 통신 기반 네트워크 인프라에서 출결 서비스를 제공하기 위해 IN-CSE로 구현하며 IS의 리소스 명은 어떤 건물을 관리하는지 식별할 수 있는 URI 형태로 설정한다. 또한, IS는 VR의 메시지들을 "/ClientMessage" 컨테이너 리소스를 통해 수신할 수 있으며 건물 내에 존재하는 모든 VA 리소스를 등록하고 있다.

VA는 IS와 VT 간에 게이트웨이 역할을 위해 MN-CSE로 구현하며 리소스명은 VA가 위치한 방을 나타낼 수 있도록 URI 형태로 설정한다. 또한, VA는 "/*"과 "/specVT" 컨테이너 리소스를 통해 IS의 Entire VT 메시지와 Specific VT 메시지를 수신할 수 있으며, 자신이 관리하는 모든 VT의 리소스를 등록하고 있다. VT에게서 Heartbeat 메시지가 오지 않을 경우, VA는 해당 VT의 리소스를 제거하여 현재 작동 중인 VT만을 관리할 수 있도록 한다.

VT는 IS가 요청한 VLC 프레임 준비와 상태 보고를 포함하는 제한된 기능만을 수행하기 때문에 ADN-AE로 구현되고 리소스명은 같은 방에 있는 다

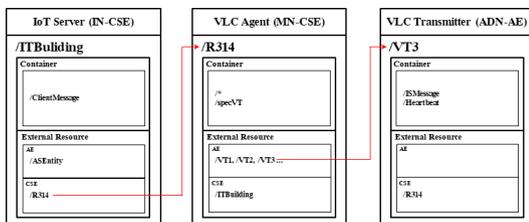


그림 8. oneM2M 기반 출결 관리 시스템 리소스 모델
Fig. 8. Resource Model of Attendance-Absence Management System based on oneM2M

른 VT와 중복되지 않게 설정한다. 또한 VT는 "/ISMessage" 컨테이너 리소스를 통해 IS의 메시지를 참조하여 VLC 프레임을 준비시킬 수 있고, "/Heartbeat" 컨테이너 리소스를 통해 자신의 현 상태를 주기적으로 VA에게 보고할 수 있다.

IV. 출석 관리 시스템 구현 및 결과

4.1 시스템 구현 환경

표 5는 테스트베드를 구축하기 위해 쓰인 각 장비의 구현 환경을 나타낸 것이다.

IS는 Intel CPU를 사용하는 Window 환경에서 구현하였으며, IN-CSE 역할을 위해 Mobius 플랫폼을 활용하였다. VA와 VT는 Raspberry Pi를 통해 Linux 환경에서 구현하였으며, 각각 MN-CSE와 ADN-AE 역할을 위해 nCube-Rosemary 플랫폼과 nCube-Thyme 플랫폼을 활용하였다. VR은 안드로이드 애플리케이션을 통해 구현하였다. 그림 9는 표 5를 기반으로 구축된 테스트베드의 모습이다.

그림 11은 VR의 안드로이드 애플리케이션 UI의 모습이다. 애플리케이션을 실행하고 VA의 IP주소를

표 5. 출석 관리 시스템 구현 환경

Table 5. Environment Implementation of Attendance Management System

	IS	VA	VT	VR
OS	Window 10 Pro	Rasbian 9 (stretch)	Rasbian 9 (stretch)	Android 8.0.0 (Oreo)
Device	Desktop (Intel i5-6600)	Raspberry pi 3B+	Raspberry pi 2B	Samsung A5(2017)
Platform	Mobius	nCube Rosemary	nCube Thyme	Android Platform
Language	Javascript	Javascript	Javascript	Kotlin/Java

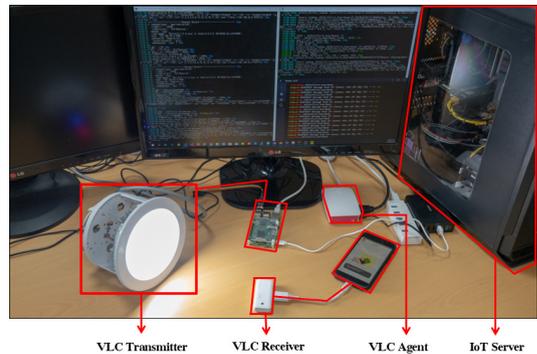


그림 9. 출결 관리 시스템 테스트베드 구축
Fig. 9. Testbed Implementation for Attendance-Absence Management System

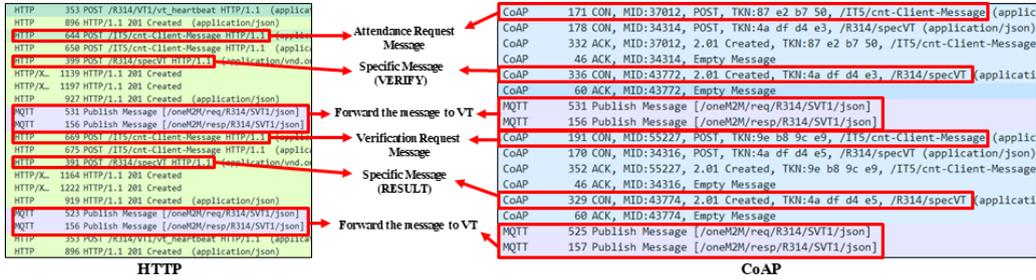


그림 10. 출석 처리 과정 캡처 화면
Fig. 10. Capture of Attendance Process

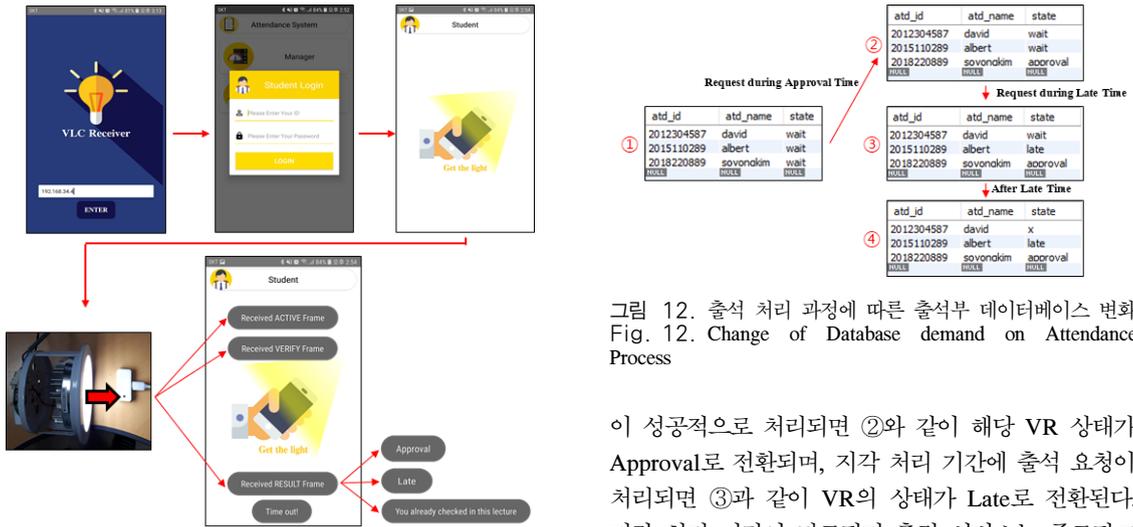


그림 11. 안드로이드 애플리케이션 UI
Fig. 11. Android Application UI

입력하면 VA를 탐색하여 작동 여부를 확인한다. 성공적으로 응답을 받을 때 IS에 등록된 계정을 이용하여 로그인할 수 있으며, 로그인에 성공하면 VLC 프레임을 수신하여 출석 요청을 할 수 있다. VLC 프레임을 수신한다면 메시지를 띄워 수신 상태를 사용자에게 알려 주며, RESULT 프레임의 경우 State 필드를 확인하여 결과 상태를 사용자에게 알린다.

4.2 출석 처리 과정 동작 확인

그림 12는 출석 처리 과정에 따른 출석부 데이터베이스의 변화를 나타내며 그림 10은 HTTP와 CoAP을 사용하여 진행된 출석 처리 과정을 Wireshark로 캡처한 모습을 나타낸다.

출결 서비스가 시작되기 전에는 ①과 같이 출석부에 있는 모든 VR의 상태가 wait로 표현된다. 출결 서비스가 시작되고 출석 인정 기간에 VR의 출석 요청

그림 12. 출석 처리 과정에 따른 출석부 데이터베이스 변화
Fig. 12. Change of Database demand on Attendance Process

이 성공적으로 처리되면 ②와 같이 해당 VR 상태가 Approval로 전환되며, 지각 처리 기간에 출석 요청이 처리되면 ③과 같이 VR의 상태가 Late로 전환된다. 지각 처리 기간이 만료되면 출결 서비스는 종료되고 ④와 같이 출결 처리되지 않은 VR들은 X로 결석 처리된다.

4.3 프로토콜별 출결 처리 성능 비교

출결 처리 성능 분석을 위해 VR이 ACTIVE 프레임 수신한 시간을 기준으로 RESULT 프레임을 통해 결과 통보를 받는 시간까지 측정하여 프로토콜별로 비교하였다. 그림 13은 출결 처리 시간을 10번 측정 후 최대, 최소 및 평균을 그래프로 나타낸 모습이다.

HTTP를 사용하였을 경우 출결 처리 시간은 최대 4.2초, 최소 3.8초의 시간이 소모되었으며 평균은 약 4.1초로 5초 이내에 출결 처리가 완료되는 성능을 보였다. CoAP은 최대 4.2초로 HTTP와 비슷한 시간을 소모하였지만, 최소 3.5초, 평균은 3.7초로 HTTP에 비해 적은 시간이 소모되는 것을 확인할 수 있었다.

그림 14는 출결 처리가 완료되고 중복 출결을 시도할 경우 처리되는 시간을 측정할 것이다.

중복 출결 처리의 경우 서버 측은 출결을 위한 검

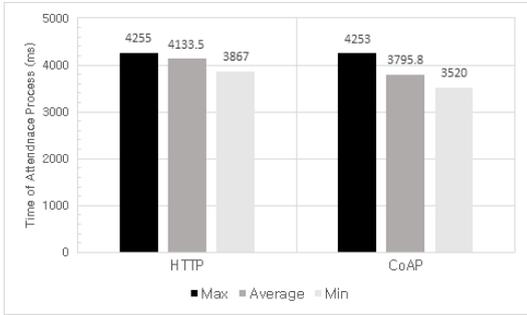


그림 13. 프로토콜별 출결 처리 시간 측정
Fig. 13. Measurement of Attendance Processing Time by Protocol

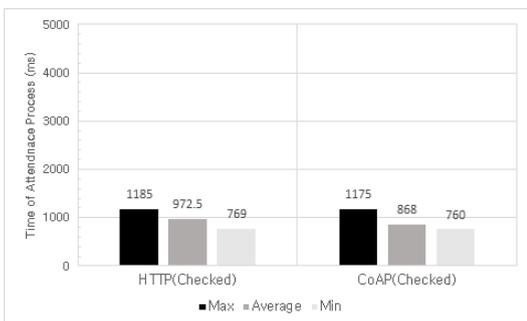


그림 14. 프로토콜별 중복 출결 처리 시간 측정
Fig. 14. Measurement of Duplicated Attendance Processing by Protocol

증 단계를 거칠 필요가 없으므로 일반적인 출결 처리 그래프보다 전반적으로 적은 시간이 소모되었다. HTTP의 경우 최대 1.2초, 최소 0.7초, 평균으로는 0.9초의 시간이 소모되면서 1초 이내의 처리가 완료되었다. CoAP의 경우 최대 1.1초로 HTTP와 미세한 차이만 있었지만, 최소와 평균 시간에서 HTTP에 비해 좋은 성능을 보였다.

이처럼 CoAP이 HTTP에 비해 성능이 좋게 나온 이유는 TCP 기반의 HTTP보다 UDP 기반의 CoAP이 상대적으로 가벼우며, CoAP 자체가 저 사양 노드와 통신하기 위해 설계된 가벼운 프로토콜이기 때문으로 판단된다.

V. 결 론

지금까지 가시광 통신을 기반으로 한 출결 관리 시스템을 사물인터넷 플랫폼상에서 구현하기 위해 전체 구조와 메시지 흐름 및 프로토콜 스택, 리소스를 설계하였고, 설계된 내용을 기반으로 Mobius 플랫폼을 활용하여 구현 및 작동 시험을 통해 동작 확인을 하였으

며, HTTP와 CoAP을 이용한 출결 처리 시간을 측정하여 성능 분석 및 비교를 통해 모두 5초 이내에 출결 처리 요청을 완료하는 것을 확인하였다.

추후 연구에서는 현재의 단방향 VLC 채널에서 하나의 VT를 기준으로 여러 사용자들의 출결을 효율적으로 처리하기 위해 VA가 출결 요청들을 스케줄링하는 연구를 진행할 것이다. 또한, 양방향 VLC 채널을 지원하는 환경을 고려하여 기존에 존재하는 여러 MAC 프로토콜을 적용하여 사용자들의 출결 요청 처리를 시험해보고 출결 시스템에 적합하게 MAC 프로토콜을 최적화하는 연구를 진행할 것이다.

References

- [1] S. H. Park, "The development of attendance management system using the RFID," *J. Korean Assoc. Inf. Edu.*, vol. 12, no. 2, pp. 139-146, 2006.
- [2] D. S. Cho, "An implementation of attendance management system using NFC," *J. KIICE*, vol. 17, no. 7, pp. 1639-1644, 2013.
- [3] Y. H. Park. "Attendance check system based on bluetooth beacons," in *Proc. KICS Int. Conf. Commun. 2015*, pp. 406-407, Jeju Island, Korea, Jun. 2015.
- [4] D. G. Oh, "LED visible light communication technology and prospect of development," *KEIT PD ISSUE*, vol. 7, no. 3, pp. 49-67, Sep. 2011.
- [5] T. G. Kang, "The convergence technology of LED illumination and visible light communication," *Electron. and Telecommun. Trends*, vol. 23, no. 5, pp. 32-47, Aug. 2008.
- [6] I. Y. Kang, "A study on the using plans of IoT platform complies with oneM2M standard," in *Proc. KICS Int. Conf. Commun. 2016*, pp. 1123-1124, Gangwon Province, Korea, Jan. 2016.
- [7] I. Y. Ahn, *Mobius*(2019), Retrieved Mar. 28, 2019, from <http://developers.iotocean.org/>.
- [8] H. H. Jung, "BLE-OTP authorization mechanism for iBeacon network security," *J. KISS*, vol. 42, no. 8, pp. 979-989, 2015.
- [9] M. B. Kim, "Neutralizing BLE beacon-based electronic attendance system using signal

imitation attack,” in *IEEE Access*, vol. 6, pp. 77921-77930, 2018.

- [10] B. G. A. Kumar, “A bluetooth low energy based system for smart short range surveillance,” in *Proc. IEEE Int. Conf. RTEICT*, pp. 1181-1184, Bangalore, 2016.
- [11] S. Noguchi, “Student attendance management system with bluetooth low energy beacon and android devices,” in *Proc. IEEE Int. Conf. Network-Based Inf. Syst.*, pp. 710-713, Taipei, 2015.

김 소 용 (So-Yong Kim)



2018년 2월 : 경운대학교 모바
일공학과 공학사
2018년 3월~현재 : 경북대학교
컴퓨터학부 석사과정
<관심분야> 사물인터넷, 가시
광 통신, 차량 통신
[ORCID:0000-0002-2158-8312]

김 철 민 (Cheol-Min Kim)



2015년 2월 : 경북대학교 컴퓨
터학부 공학사
2017년 2월 : 경북대학교 컴퓨
터학부 공학석사
2017년 3월~현재 : 경북대학교
컴퓨터학부 박사과정
<관심분야> 사물인터넷, 가시
광 통신, 차량 통신

[ORCID:0000-0002-5121-440X]

고 석 주 (Seok-Joo Koh)



1992년 2월 : KAIST 경영과학
과 공학사
1994년 2월 : KAIST 경영과학
과 공학석사
1998년 8월 : KAIST 산업공학
과 공학박사
1998년 8월~2004년 2월 :

ETRI 표준연구센터 선임연구원
2004년 3월~현재 : 경북대학교 컴퓨터학부 교수
<관심분야> 사물인터넷, 가시광 통신, 차량 통신
[ORCID:0000-0003-3429-2040]