

가시광 통신 기반 사물인터넷 환경 구축 및 실험

김소용*, 김철민*, 김병오**, 고석주(교신저자)*,
*경북대학교 컴퓨터학부
**㈜유양디앤유

e-mail: thdy324@gmail.com, cheolminkim@vanilet.pe.kr,
byungoh@yuyang.co.kr, sjkoh@knu.ac.kr

Internet of Things based on Visible Light Communications: Testbed Experimentations

So-Yong Kim*, Cheol-Min Kim*, Seok-Joo Koh*, Byung-Oh Kim
*School of Computer Science and Engineering, Kyungpook National University
** YUYANG DNU CO., LTD.

요 약

최근 LED 조명을 활용한 가시광 통신(VLC: Visible Light Communications)기술이 주목을 받고 있다. 가시광 통신 기술은 Bluetooth, ZigBee 등과 함께 새로운 인터넷 접속 기술로 활용될 수 있으나 전송 용량의 한계 때문에 실제 적용이 힘든 상황이다. 본 논문에서는 이 문제를 해결하기 위해 키-값 데이터베이스 패러다임을 적용한 가시광 통신 기반의 사물인터넷(IoT: Internet of Things) 모델을 제시한다. 제안하는 IoT 환경은 플랫폼 서버, 게이트웨이, VLC 송신기 및 VLC 수신기로 구성된다. IoT 통신을 위한 각 장비의 기능 및 프로토콜 스택을 설계하고 실험 환경에서 각 장치의 초기화 절차 및 데이터 전송 과정을 검증하였다. 실험결과, 각 장비의 초기 구동 시간을 포함하여 1 분 이내에 VLC 기반의 IoT 환경 구축이 가능함을 확인하였다.

1. 서론

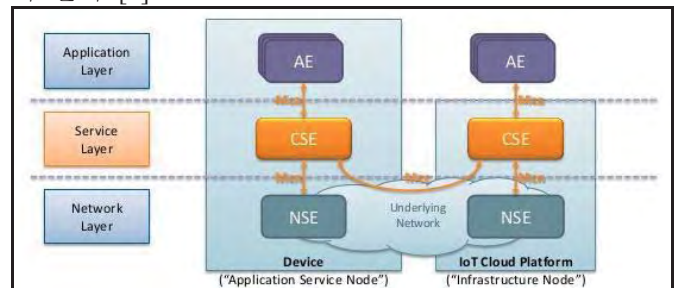
가시광 통신이란 조명용 발광 다이오드(LED)의 빛을 이용한 광무선 전송기술을 말한다. 이 기술은 현재 실내 위치인식 서비스, 대용량 멀티미디어 무선 서비스 그리고 자동차간 통신서비스와 같은 다양한 무선 기반 서비스의 구현을 위해 제안되고 있다 [1]. 그러나 현재 가시광 통신을 통해 전송할 수 있는 데이터의 용량이 매우 작기 때문에 이러한 서비스를 원활하게 제공하기 힘든 상황이다. 이를 해결하기 위해 많은 연구가 진행중에 있는데, 압축센싱(Compressive Sensing)기술을 통해 데이터를 압축하여 전송함으로써 전송 용량을 향상시키거나 [2], 전치 등화기(Pred-equalizer)와 광학설계(Optical Design)를 이용하여 신호 세기 저하를 막아 전송용량 및 거리 향상을 시키는 연구 등이 있다 [3]. 본 논문에서는 이 문제를 해결하기 위해 키-값 데이터베이스(Key-Value Database) 패러다임을 적용한 가시광 통신 기반 사물인터넷 시스템 모델을 제안한다. 서비스 데이터를 용량이 작은 키와 매칭하여 가시광 통신 시 데이터가 아닌 키를 전송하는 방식으로 전송용량의 문제를 해결한다. 본 모델은 플랫폼 서버, 게이트웨이, VLC 송신기 및 VLC 수신기로 구성되며 사물인터넷 통신을 위한 각 장치의 기능과 프로토콜 스택의 설계 및 테스트베드 구축으로, 각 장치의 초기화 절차 및 데이터 전송 과정을 검증

한다.

2. 관련연구

2-1) oneM2M

oneM2M 은 2012 년 7 월 사물인터넷의 국제 공통 표준 규격 개발을 하기 위해 7 개의 표준 개발 기구간의 제휴 협약을 기반으로 구성된 조직을 말한다. oneM2M 은 ITU-T(International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector)에서 정의한 IoT Reference 모델의 4 계층 중 서비스 플랫폼 계층의 표준화를 진행중에 있고 그 아키텍처는 아래 그림과 같다 [4].



(그림 1) oneM2M 아키텍처

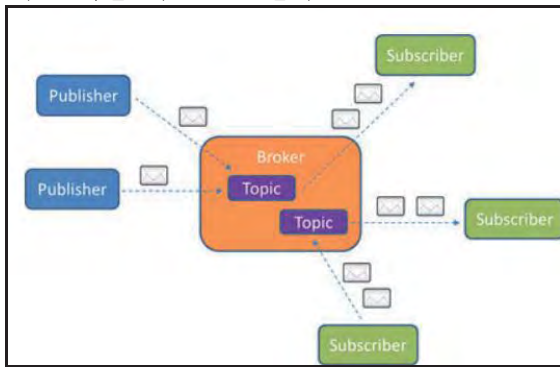
oneM2M 아키텍처는 애플리케이션 엔티티(AE: Application Entity), 공통 서비스 엔티티(CSE: Common

Service Entity), 네트워크 서비스 엔티티(NSE: Underlying Network Services Entity)로 이루어져 있다. AE는 M2M Application 서비스를 제공하고 CSE는 서비스 도메인 내에서 공통적으로 사용할 수 있는 공통 서비스 기능(CSF: Common Services Function)을 제공하며 NSE는 공통 서비스 엔티티가 이용할 수 있는 네트워크 기반의 서비스들을 제공한다.

또한 oneM2M 아키텍처는 장치를 노드로 표현하고 있으며 4 가지 노드 타입을 정의하고 있다. Infrastructure Node(IN)은 CSE를 포함한 서버를 나타내고 Middle Node(MN)는 CSE 및 AE를 포함한 게이트웨이를 나타낸다. Application Service Node(ASN)는 CSE 및 AE를 포함한 M2M 장치를 나타내고 Application Dedicated Node(ADN)는 AE를 포함한 자원 제약적인 장치를 나타낸다 [5].

2-2) MQTT

MQTT(Message Queueing Telemetry Transport)는 CPU, RAM, 배터리 등과 같은 제한적인 자원을 가진 임베디드 장치를 제한된 네트워크에서 비동기 통신을 가능하게 해주는 경량 메시징 프로토콜이다. MQTT는 아래 그림과 같은 발행자/구독자 (Publisher/Subscriber) 패턴과 토픽을 기반으로 한다.



(그림 2) MQTT 구조도

발행자인 경우, 토픽에 메시지를 발행하고, 구독자인 경우, 특정 토픽에 등록되어 토픽에 게시된 모든 메시지를 수신할 수 있다 [6].

3. VLC 기반 IoT 시스템 모델

아래 그림은 본 논문에서 제안하는 oneM2M 표준을 이용한 가시광 통신 기반 사물인터넷 환경 모델이다.



(그림 3) 전체 시스템 구조도

플랫폼 서버는 전체 장치를 관리하는 oneM2M 표

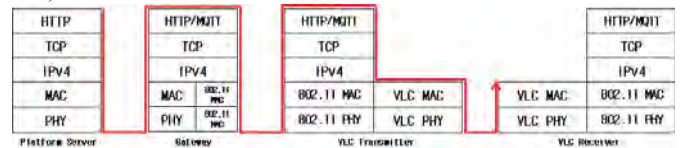
준의 IN-CSE에 해당한다. 게이트웨이와 VLC 송/수신기에 공통 서비스를 제공하고 각 장치가 전송한 데이터를 처리하며, 사용자의 제어신호를 처리한다.

게이트웨이는 VLC 장치와 플랫폼 서버를 중개하는 oneM2M 표준의 MN-CSE에 해당하며 가시광 통신에 쓰일 서비스 데이터와 키를 보유하고 있어 VLC 장치에 요청에 따라 이를 전송하는 역할을 한다. 그리고 Wi-Fi를 이용하여 VLC 수신기의 상향 채널을 제공한다.

VLC 송신기와 수신기는 가시광 통신으로 데이터를 송신하고 수신하는 VLC 장치로 oneM2M 표준의 ADN에 해당한다. VLC 송신기는 게이트웨이에게 데이터 키를 받아 가시광 통신으로 VLC 수신기에게 전송하고 VLC 수신기는 상향 채널을 이용하여 데이터 키에 해당하는 서비스 데이터를 요청하여 적절한 서비스를 제공한다.

4. 장치 간 프로토콜 스택

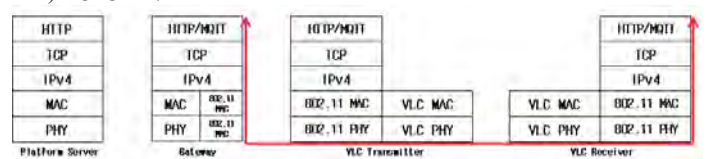
3-1) 하향 채널



(그림 4) 하향 채널

플랫폼 서버는 게이트웨이 초기화 시 필요한 데이터를 HTTP를 이용하여 인터넷 통신으로 전송하고 게이트웨이는 초기화 후 VLC 송신기에게 데이터 키를 Wi-Fi 통신을 통해 전송한다. VLC 송신기는 VLC 수신기에게 데이터 키를 가시광 통신으로 전송하고 VLC 수신기는 이를 이용해 게이트웨이에게 상향 채널을 통해 서비스 데이터를 요청한다.

3-2) 상향 채널

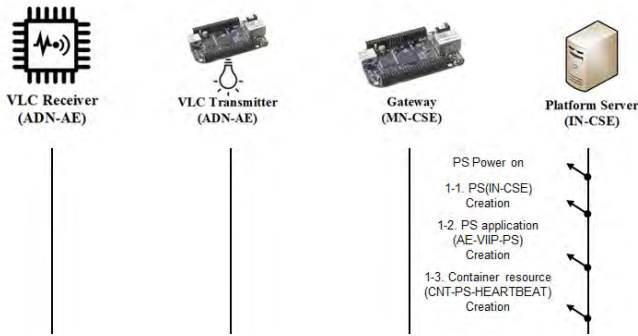


(그림 5) 상향 채널

VLC 수신기는 상향 채널로 서비스 데이터를 요청하는 HTTP 메시지를 전송하며 메시지에 데이터 키를 포함하여 전송한다. 게이트웨이는 수신한 데이터 키에 해당하는 서비스 데이터를 찾아 현재 구독중인 토픽으로 MQTT 메시지를 발행하고 같은 토픽을 구독 중인 VLC 수신기가 이를 받아 활용한다.

5. 장치 초기화 및 데이터 전송 과정

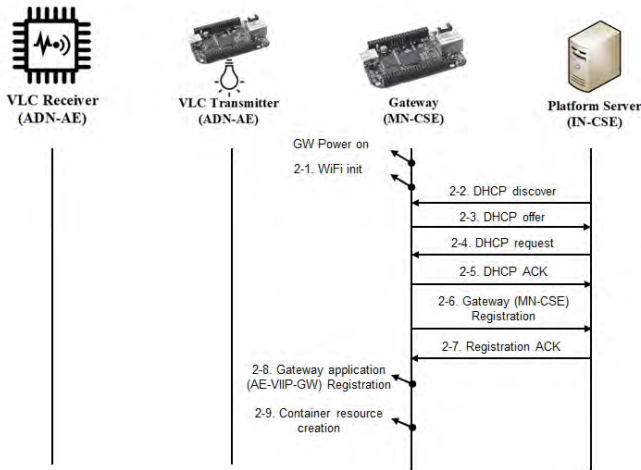
4-1) 플랫폼 서버 초기화



(그림 6) 플랫폼 서버 초기화

플랫폼 서버의 전원이 켜지면 DHCP 서비스를 시작하고 서비스 제공에 필요한 리소스를 생성한다. 추가적으로 각 장비의 상태를 확인하기 위해 데이터를 보관 및 전송할 수 있는 컨테이너 리소스를 등록하고 게이트웨이의 등록을 대기한다.

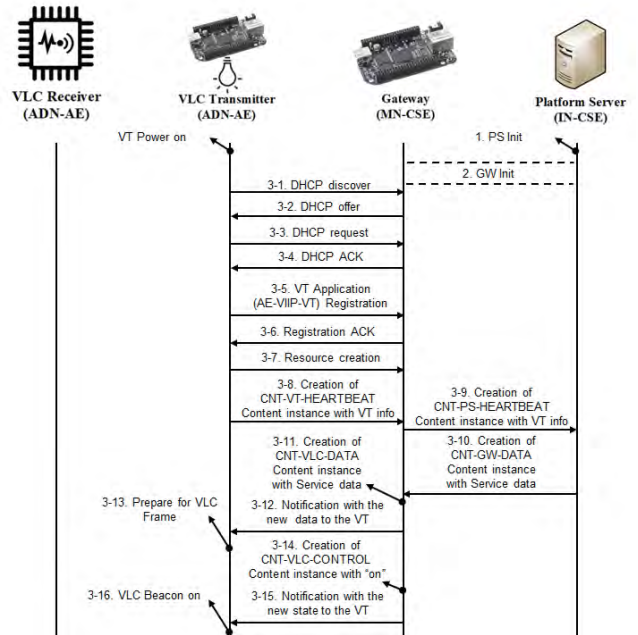
4-2) 게이트웨이 초기화



(그림 7) 게이트웨이 초기화

게이트웨이의 전원이 켜지면 플랫폼 서버를 찾아 자신을 등록하고 VLC 장치의 제어 및 관리를 위해 컨테이너 리소스를 등록한다. VLC 장치들과 통신을 하기 위해 Wi-Fi 설정을 하고 이들의 등록을 대기한다.

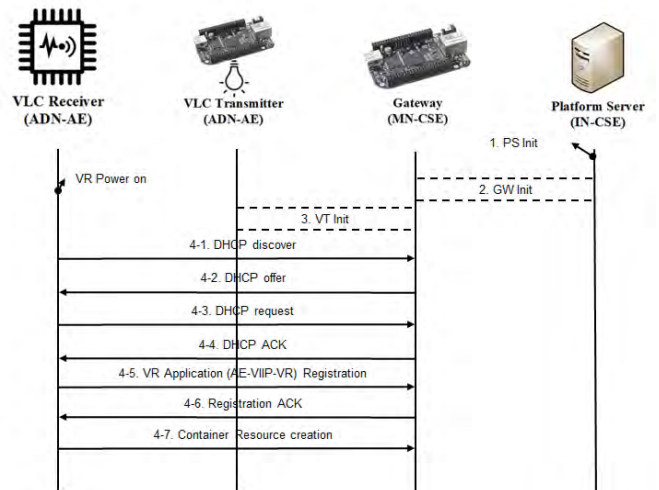
4-3) VLC 송신기 초기화



(그림 8) VLC 송신기 초기화

VLC 송신기의 전원이 켜지면 게이트웨이에 자신을 등록하고, 데이터 키 요청 및 장치 상태를 전송하기 위한 컨테이너 리소스를 등록한다. 이후 게이트웨이에 데이터 키를 요청하여 VLC 프레임을 준비하고 LED 를 켜다. 게이트웨이는 VLC 송신기가 등록되었음을 플랫폼 서버에게 알린다.

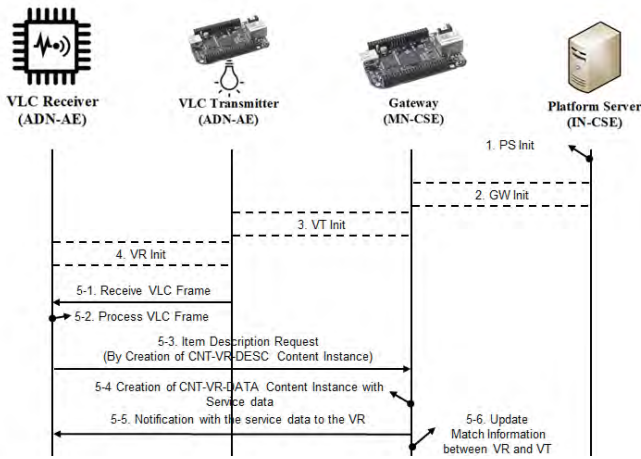
4-4) VLC 수신기 초기화



(그림 9) VLC 수신기 초기화

VLC 수신기의 전원이 켜지면 게이트웨이에 자신을 등록하고 서비스 데이터의 수신 및 장치 상태 전송을 위한 컨테이너 리소스를 등록한 뒤 VLC 프레임의 수신을 대기한다. 게이트웨이는 VLC 수신기가 등록되었음을 플랫폼 서버에게 알린다.

4-5) 데이터 전송

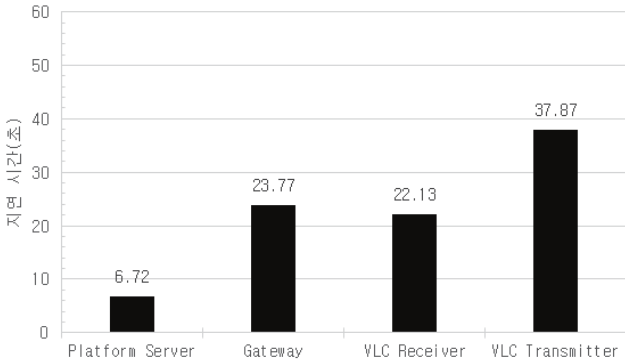


(그림 10) 데이터 전송

VLC 수신기가 VLC 송신기로부터 VLC 프레임을 수신하면 데이터 키를 추출하여 게이트웨이에게 전송하고 게이트웨이는 키와 매칭되는 서비스 데이터를 찾아 VLC 수신기에게 전송한다.

6. 성능 분석

각 장치마다 리소스 등록부터 초기화 과정을 마치는데 걸리는 지연 시간을 측정하여 성능 분석을 하였다. 아래의 표는 각 장치의 초기화 지연 시간의 평균치를 나타낸다.



(그림 11) 각 장비 초기화 지연시간

플랫폼 서버의 평균 지연 시간은 약 6.72 초로 유일하게 10 초 이내의 초기화가 가능하였으며 게이트웨이와 VLC 수신기는 약 20 초 초반의 지연 시간으로 플랫폼 서버의 약 3 배에 이르는 결과를 보였다. VLC 송신기의 평균 지연 시간은 약 37.87 초로 가장 긴 지연 시간을 가졌으며 전체적으로 모든 장치가 1 분 이내에 초기화를 끝내는 것을 확인하였다.

7. 결론

지금까지 가시광 통신의 전송용량의 한계를 해결하기 위해 키-값 데이터베이스 패러다임을 적용한 사물인터넷 환경 구축 모델에 대해 설명하였다. 각 장치의 상향 및 하향 채널을 포함한 프로토콜 스택과 통

신 절차를 제안하였고, 각 장치의 초기 구동 시간을 측정하여 1 분 이내의 사물 인터넷 환경 구축이 가능함을 확인하였다. 향후 서비스 데이터와 키를 플랫폼 서버에 저장하여 높은 확장성을 지원할 계획이다. 여러 개의 게이트웨이를 추가하여 전체 시스템을 확장하는 상황에서 본 연구와의 성능 차이를 분석할 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부의 정보통신방송표준개발지원사업(2018-0-00933)과 정보통신기술진흥센터의 SW 중심대학지원사업 연구결과로 수행되었음(2015-0-00912).

참고문헌

- [1] A. Jovicic, J. Li, and T. Richardson “Visible light communication: opportunities, challenges and the path to market” IEEE Communication. Mag., 51, pp 26
- [2] Eui-Suk Jung “Improvement in the Channel Capacity in Visible Light Emitting Diodes using Compressive Sensing” Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society Vol.15 No. 10
- [3] Do-Hoon Kwon “Performance Improvement for Visible Light Communications Using Pre-Equalizer and Optical Design” The Journal of Korea Information and Communications Society Vol.39 No.06
- [4] Man-Seong Lee “Web-based Resource Monitoring System using oneM2M Platforms in IoT environments” Korea Computer Congress 2018
- [5] In-Yong Kang “A Study on the Using Plans of IoT Platform complies with oneM2M Standard” Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences
- [6] Seung-Hyun Shim “Internet of Things and MQTT Technology” Korea Institute of Information Security and Cryptology Vol.24 No.6