

# 조명네트워크 기반 VLC 통합 서비스 구조

2014년 04월

경북대학교 통신프로토콜연구실

최상일 (overcycos@gmail.com)

## 요 약

스마트폰의 대중화와 함께 인터넷 사용자들은 고정 단말을 활용한 유선 통신에서 이동 단말을 활용한 무선 통신으로 그 성향이 급격히 변화해가고 있으며, 이 추세에 맞춰 여러 연구기관에서는 보다 효율적이고 빠른 무선 통신 연구를 진행해가고 있다. 여러 무선 통신 관련 연구 가운데, 최근 IEEE 802.15.7 표준으로 제정된 가시광 통신은 그 효율과 활용 측면에서 큰 관심을 받고 있지만 현재 연구되고 있는 부분은 대부분 통신 성능 개선 및 활용 시나리오 측면으로 실생활 VLC 서비스 제공을 위한 구조에 대한 연구는 진행되고 있지 않다. 따라서 본 문서에서는 VLC 서비스를 실생활에 적용하기 위한 조명네트워크 기반 VLC 통합 서비스 구조를 제안한다. 먼저 조명네트워크 기반 VLC 통합 서비스를 효율적으로 활용할 수 있는 시나리오를 바탕으로 필요 기능 및 특성을 알아보고, 이를 토대로 통합 서비스 구조를 설계한다. 또한, VLC 통합 서비스를 위한 세부 절차로서 단말 등록 및 해지, 접속 확인, 단말 이동, 그리고 상태 정보 전송의 동작 방식을 기술한다. 제안하는 서비스 구조는 사용자 단말의 효율적인 관리 및 사용자의 피드백 메시지 활용을 통해 효율적인 VLC 서비스 제공이 가능할 것으로 기대된다.

## 목 차

1. 서론 .....	2
2. VLC 관련 연구 동향.....	2
3. VLC 통합 서비스 구조 .....	4
4. VLC 통합 서비스 절차 .....	9
5. 결론 .....	14
참고 문헌.....	14

## 1. 서론

스마트폰의 보급과 함께 인터넷 사용자의 성향은 기존의 고정된 PC를 활용한 유선 통신에서 이동 단말을 활용한 무선 통신으로 급격히 변해가고 있으며 이 변화는 시간이 갈수록 더욱더 심화될 것으로 전망된다[1]. 이러한 추세에 맞게 현재 여러 연구기관에서는 보다 효율적이고 빠른 무선 통신과 관련된 기술에 대한 연구를 진행해 가고 있으며, 기존에 제안된 무선 통신 기술인 Bluetooth, Zigbee, IrDA (Infrared Data Association), Wi-Fi, 그리고 UWB (Ultra-wideband)에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. 이 가운데, 최근 IEEE 802.15.7 표준으로 제정된 가시광 통신은[2] 생활 공간에 반드시 설치되는 조명과 함께 존재하며 조명등의 빛을 통해 데이터 통신을 한다는 점에서 큰 관심을 받고 있다. 이러한 가시광 통신에 대한 관심이 커지면서 해당 분야에 대한 연구도 현재 활발히 진행되고 있지만 현재 진행되고 있는 가시광 통신 연구는 대부분 통신 성능 개선 및 특정 시나리오에서의 가시광 통신 기술 활용에 관련된 것으로 서비스 제공을 위한 통합 구조에 관련된 연구는 진행되고 있지 않다.

본 문서에서는 가시광 통신의 실생활 적용에 필요한 조명네트워크 기반 가시광 통신 통합 서비스 구조를 제안한다. 제안되는 통합 서비스 구조는 실생활에서 효율적으로 가시광 통신을 활용하기 위해 필요한 기능 및 특성을 분석하여 해당 기능을 위한 메시지 및 절차를 정의한다. 정의된 메시지 및 절차로 구성된 통합 서비스 구조는 향후 가시광 통신의 실생활 적용 단계에서 주요 참조자료로 사용될 수 있을 것으로 기대한다.

본 문서는 다음과 같이 구성된다. 먼저 2장에서 가시광 통신 관련 연구 동향을 살펴보고 3장에서 가시광 통신 서비스 구조를 설계한다. 4장에서는 3장에서 설계된 기능구조를 바탕으로 세부적인 절차와 메시지 흐름을 기술하고, 5장에서는 본 문서의 결론을 맺는다.

## 2. VLC 관련 연구 동향

가시광 통신을 위한 통합 서비스 구조를 제안하기 위해서는 현재 가시광 통신 분야에서 중점적으로 연구되고 있는 여러 기술들에 대해 조사해봄으로써 해당 분야의 동향을 파악하고 통합 서비스 구조가 갖추어야 할 요구사항을 확인할 필요가 있다. 따라서 이 장에서는 최근 가시광 통신 분야에서 주목을 받고 있는 Li-Fi, Indoor VLC, 그리고 V<sup>2</sup>LC 기술에 대한 설명 및 각 연구 주제에서의 현재 중점적으로 연구되고 있는 내용에 관해 서술한다.

### 2.1. Li-Fi

Li-Fi는 Light Fidelity의 약자로 현재 사용되고 있는 무선 기술인 Wi-Fi를 대체할 수 있는 기술로서 기대를 받고 있다[3]. 기존의 Wi-Fi가 무선 AP를 주변에 두고 무선 단말과 무선 AP가 전파를 활용하여 통신을 하는 것과는 달리 Li-Fi는 LED 조명등이 네트워크 데이터 전달의 중간자 역할을 하여 전파가 아닌 가시광을 통해 Wi-Fi나 광섬유를 통한 통신과 유사한 방식의 고속

통신을 가능케 하는 기술이다.

현재 각 연구기관에서는 Li-Fi 기술에 많은 관심을 가지며 다양한 연구를 진행해가고 있다. 본 기술을 특정 시나리오에 접목하여 효율적으로 활용하기 위한 목적으로 진행되고 있는 연구의 한 부분으로 항공기내에 Li-Fi 기술을 적용함으로써 그 안전성 및 편리성을 증명하는 연구[4]가 진행되었다. 또한 실생활에서 항상 켜 있어야 하는 LED 조명등의 빛을 통해 무선 통신을 수행하는 만큼 조명등의 깜빡임 및 신호의 동기화에 대한 연구[5]도 지속적으로 이루어지고 있으며, 사용자가 Li-Fi의 사용에 불편함을 가지지 않도록 가시광 통신 속도 향상에 관련된 연구[6]도 수행되고 있다.

## 2.2. Indoor VLC

Indoor VLC는 건물 내에서 LED 조명등을 활용하여 가시광 통신을 보급하는 기술로서 데이터 통신뿐만 아니라 단말이 통신을 수행하고 있는 LED 조명등의 위치를 활용한 다양한 부가 서비스 및 기술에 대한 연구가 진행되고 있다. 대표적으로는 단말과 통신 중인 LED 조명등의 위치를 통해 사용자의 위치를 파악하는 가시광 통신 기반 위치 추정 기술에 대한 연구가 진행되고 있으며[7], 한 단말에 여러 개의 수신기를 부착하여 더 빠른 통신 속도를 나타내기 위한 연구[8]도 진행되고 있다. 또한 효율적인 가시광 통신을 위해 리소스 할당에 관한 연구[9] 및 전력 소모의 감소에 관련된 연구[10]도 진행되고 있으며, Li-Fi와 마찬가지로 Indoor VLC에서도 통신 속도 향상에 대한 연구는 꾸준히 진행되고 있다.

## 2.3. V<sup>2</sup>LC

V<sup>2</sup>LC는 Vehicular Visible Light Communication의 약자로 가시광 통신 기술을 차량에 접목한 것이다. 이 연구에서는 차량이 주행 중에 가시광 통신을 활용해 네트워크와 통신을 하는 바탕에서 이루어지고 있으며, 차량의 전조등 및 후미등을 활용한 데이터 전송과 가로등 및 신호등을 통한 데이터 수신 시나리오를 중점적으로 다루고 있다. 두 연구 분야 모두 움직이는 차량과 정보 교환을 하는 만큼 차량 간 조명들이 효율적으로 데이터 교환을 할 수 있는 조명 간 각도 및 조명의 세기에 대한 연구를 진행하고 있다[11]. 또한, 차량을 활용한 가시광 통신의 경우 기존의 실내 가시광 통신과는 달리 태양광과 같은 데이터 전송을 수행하는 조명등 외의 다른 조명 요소가 매우 많다. 따라서 V<sup>2</sup>LC에서는 효율적인 데이터 수신을 위한 잡음 감지 및 처리에 관련된 연구도 활발히 진행되고 있다[12].

### 3. VLC 통합 서비스 구조

#### 3.1. 설계 고려사항

본 문서에서 제안하는 구조는 기본적으로 표준화기구인 PLASA에서 제정한 조명 네트워크의 표준들을 참조 모델로 고려한다[13]. 이는 인터넷 상의 서비스 공급자가 콘텐츠를 사용자에게 제공하려 하더라도, 결국 조명을 통해 사용자의 단말로 데이터가 전송되어야 하므로 조명 네트워크에서의 통신 경로를 무시할 수 없다. 또한 PLASA 내에서도 가시광 통신을 위한 표준인 ANSI E1.45의 제정을 진행하는 등 가시광 통신을 받아들이기 위한 준비를 하고 있다[14]. 따라서 본 문서에서는 기존 인터넷 환경과 PLASA의 조명 네트워크 환경이 효율적으로 연동되어 동작할 수 있는 구조에 초점을 맞춘다. 이러한 기본 설계 방향에 따라 조명 네트워크를 통한 가시광 통신 통합 서비스 구조 설계를 위해 다음 사항을 고려한다.

- 사용자의 단말은 이동 단말로 가정하여, 조명등 사이를 자유롭게 이동한다고 가정  
이동과 무선 환경의 중요성이 증가하고 있는 현재의 추세에 따라, 가시광을 통해 데이터를 수신 받는 단말은 이동 단말이 주가 될 것으로 전망되고 있다. 따라서 사용자 단말은 이동성을 가진 이동 단말을 기본으로 본다.
- 공급자의 콘텐츠 데이터와 사용자 피드백 메시지 정의  
본 문서에서는 현재의 무선 및 유선 인터넷 망과 PLASA의 조명 네트워크 망을 참조하여 구조를 설계했기 때문에, PLASA의 가시광 통신 관련 표준인 ANSI E1.45에 따라 공급자의 콘텐츠 데이터를 기업의 광고와 같은 내용으로 수신기를 장착한 사용자들에게 모두 전달되는 것으로 가정한다. 또한 수신된 메시지의 오류 확인 및 메시지에 대한 사용자의 대응을 파악하기 위해 본 문서에서는 사용자의 피드백 메시지를 정의했고, 무조건적인 정보의 제공이 아닌 합의적인 상호 정보 제공을 위해 인증 과정을 거친 사용자만에 암호화된 공급자의 콘텐츠 데이터를 확인할 수 있으며, 이 사용자들의 상태를 피드백 메시지로 관리 하도록 한다.
- 콘텐츠 데이터와 사용자 피드백의 경로 분리  
PLASA에서 제정한 ANSI E1.45의 표준에 맞게 서비스 공급자의 콘텐츠 데이터를 전송하기 위해서는 기존 조명 네트워크인 Digital Multiplexer-512 (DMX-512A) 망을 거쳐야 한다. 하지만 기존 조명 네트워크의 망 자체가 콘텐츠를 전송하기 위한 용도가 아닌 조명의 전원 및 속성 조절을 위한 제어 망으로 고안된 것으로 콘텐츠 데이터 이 외의 사용자 피드백 메시지 또한 동일한 DMX-512A 망을 통하게 된다면 기존 조명 속성 조절을 위한 제어 메시지의 전송에 문제가 발생할 수 있다. 따라서 원활한 DMX-512A 망 활용 및 사용자 피드백 메시지 분석을 위해 서비스 공급자의 콘텐츠 데이터는 기존 조명 네트워크인 DMX-512A 망을 활용하고, 사용자 피드백 메시지는 사용자 이동 단말의 LTE 망으로 전송한다.

### 3.2. 엔티티

기존 유 무선 인터넷 망과 조명 네트워크의 효율적인 연동을 위해 본 문서에서는 조명 네트워크 기반 가시광 통신 통합 서비스 구조의 중요한 네 개의 엔티티를 정의한다.

- 콘텐츠 서버 (Contents Server)

콘텐츠 서버는 서비스 공급자가 제공하고자 하는 데이터를 전송하는 주체로서 개인 혹은 기업을 통해 운영되며 인터넷 환경을 기반으로 존재한다. 또한 인터넷 환경 내에는 각 개인 및 기업의 목적에 따라 여러 개의 콘텐츠 서버가 존재할 수 있으며 여러 개의 제어기로 콘텐츠 데이터를 전송할 수 있다. 때문에 일반적으로 각 콘텐츠 서버는 서로 다른 데이터를 제공하는 것으로 가정했지만, 상황에 따라서는 동일한 데이터를 전송하는 콘텐츠 서버가 존재할 수도 있다.

- 제어기 (Controller)

제어기는 PLASA 의 RDM(Remote Device Management)에서 정의하고 있는 조명 기기 제어를 위한 E1.20 Controller와 ANSI E1.45에서 정의하고 있는 가시광 통신 데이터 전송을 위한 E1.45 Controller의 기능을 통합한 Controller로, 인터넷과 조명 네트워크의 사이에 위치하여 인터넷을 통해 수신 받은 데이터를 조명 네트워크의 포맷에 맞게 다시 작성하여 조명 기기로 전달하는 기능을 가진다. 또한 제어기는 사용자 단말과 관련된 정보를 관리하는 서비스 매니저(Service Manager)의 기능도 함께 수행하여 사용자 단말로부터 무선 인터넷 망을 통해 사용자의 메시지를 수신 및 관리하며 콘텐츠 서버의 요청이 있을 경우, 해당 정보를 콘텐츠 서버에게 제공한다.

- 조명 기기 (Lighting Device)

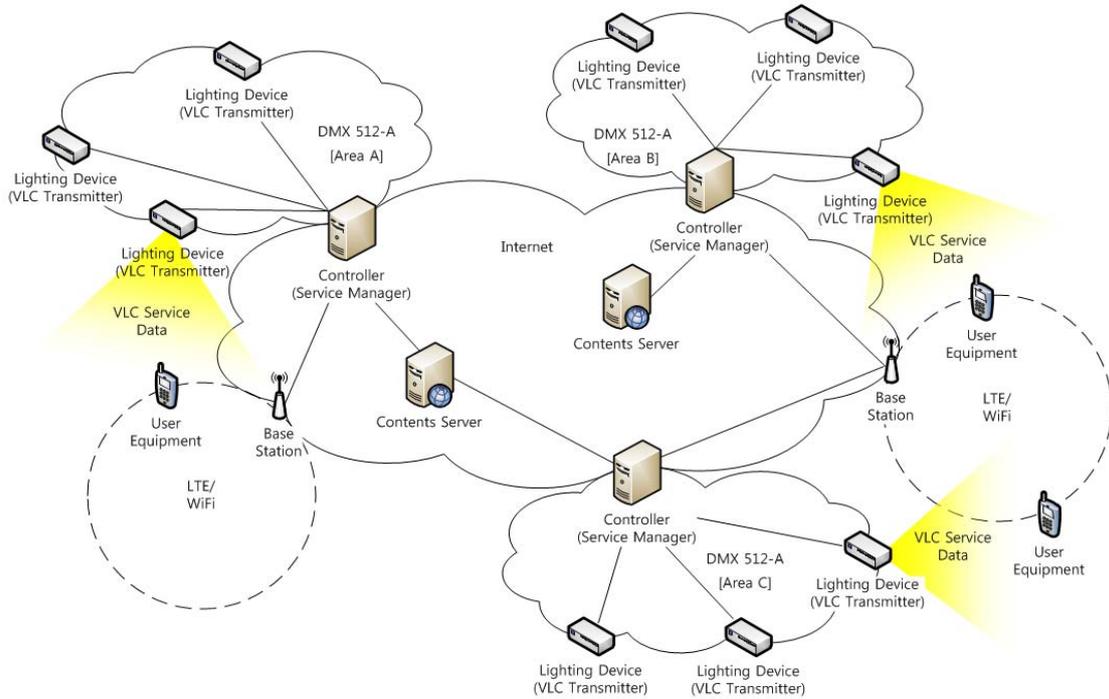
조명 기기는 제어기로부터 수신 받은 데이터를 가시광으로 사용자 단말에게 전달하는 기능을 수행한다.

- 사용자 단말 (User Equipment)

사용자 단말은 가시광 서비스를 위한 수신기가 부착된 사용자의 장비로서, 스마트폰과 같은 이동 통신이 가능한 장비로서 가정한다. 사용자 단말은 인증 과정을 거친 후에, 조명 기기로부터 가시광을 통해 수신 받은 데이터를 확인할 수 있다. 또한 제어기와 LTE 와 같은 무선 통신을 활용하여 접속 위치, 상태 정보, 그리고 수신 메시지에 대한 피드백 정보 등을 전달하여 사용자 단말의 관리 정보를 제어기가 보관할 수 있도록 한다.

### 3.3. 서비스 구조

본 문서에서 정의한 조명 네트워크를 위한 가시광 통신 통합 서비스 구조는 아래 그림과 같다.



< 1> 가

위의 장에서 설명한대로 인터넷 망 내에는 사용자에게 컨텐츠 데이터를 전송하기 위한 여러 개의 컨텐츠 서버가 존재하고, 각 컨텐츠 서버는 하나 이상의 제어기로 컨텐츠 데이터를 전송할 수 있다. 또한 PLASA의 RDM 표준에 따라, 각 조명 네트워크 내에서는 하나의 제어기만이 동작 가능하기 때문에 각 조명 네트워크 망마다 하나의 제어기가 존재하며, 동일한 조명 네트워크에 존재하는 모든 조명 기기는 조명 네트워크 망 내의 유일한 제어기를 통해 서비스 데이터를 수신 받게 된다. 조명 기기는 수신 받은 데이터를 가시광으로 사용자 단말에 데이터를 전달한다. 사용자 단말은 가시광 통신을 위한 수신기를 부착하고 있기 때문에 조명 기기로부터 데이터를 수신 받을 수 있으며, 조명 네트워크의 트래픽 혼잡을 막기 위해 LTE 혹은 Wifi와 같은 이동 단말 자체의 무선 인터넷 망을 피드백 채널로써 활용한다. 사용자 단말은 이 채널을 통해 제어기로 서비스 정보에 대한 사용자의 피드백 및 사용자 단말 관리에 필요한 정보들을 제어기로 전송하고, 해당 정보들은 제어기가 관리한다. 추후 사용자의 피드백 메시지 활용을 위해 서비스 공급자가 해당 정보를 요청하거나 일정 기간 이상 메시지를 보관한 경우, 축적된 사용자 단말의 정보를 인터넷 망을 통해 컨텐츠 서버로 전송한다.

### 3.4. 프로토콜 스택

본 문서의 구조에서는 사용자에게 제공될 콘텐츠 데이터가 전달되는 경로와 사용자의 피드백 메시지가 전달되는 경로가 분리되어 있기 때문에, 이 두 경우를 나누어 프로토콜 스택을 정의한다.

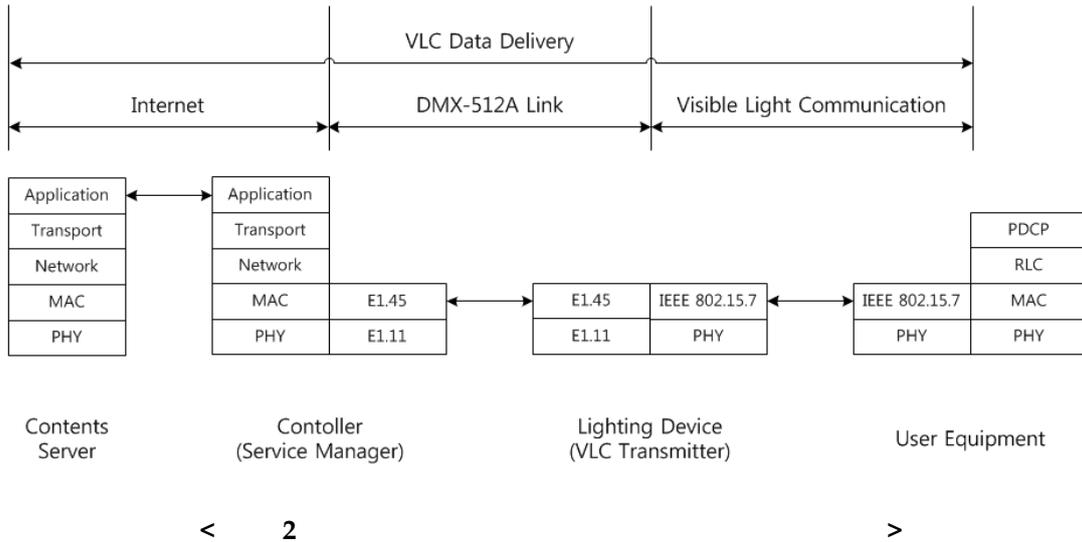
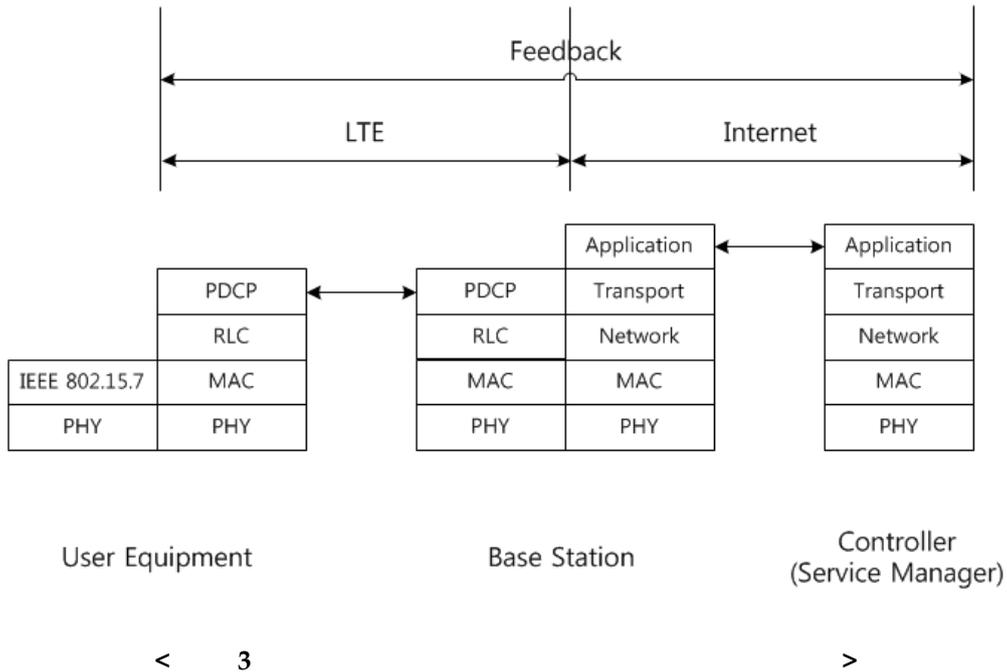


그림 2는 콘텐츠 서버에서 사용자 단말로 서비스 데이터를 전송하는 과정에서 거치는 각 관련 엔티티들의 프로토콜 스택을 나타낸다. 사용자에게 제공하기 위한 서비스 데이터를 가진 콘텐츠 서버는 인터넷 환경에 존재하는 엔티티이기 때문에 TCP/IP 5계층으로 표현되며 해당 정보는 인터넷 망을 통해 제어기로 전달된다. 제어기는 인터넷 망과 조명 네트워크를 연결하는 중간자로서 수신 받은 서비스 데이터를 조명 네트워크 망에 적합하도록 변경한다. 이 과정에서 물리 계층으로서 DMX-512A의 표준인 E1.11를 이용하고, 데이터의 포맷은 DMX-512A망 기반의 가시광 통신을 위한 데이터 전송 표준인 E1.45를 활용한다. 해당 데이터는 조명 기기까지 전달되며 조명 기기는 수신 받은 조명 네트워크 기반의 데이터 포맷을 가시광 통신에 적합한 포맷으로 변경한다. 이 과정에서 가시광 통신의 표준인 IEEE 802.15.7에 따라 물리 계층과 MAC 계층을 구성한다. 제어기로부터 받은 데이터를 가시광 통신에 적합한 포맷으로 변경한 조명 기기는 해당 내용을 수신기가 부착된 사용자 단말로 전달하고, 사용자 단말은 해당 정보를 확인하게 된다. 결과적으로 사용자가 수신 받은 서비스 데이터는 총 두 번의 포맷 변경이 이루어지게 된다.

아래의 그림 3은 메시지가 전달되는 두 번째 경로인 피드백의 전송 과정에서 거치는 각 관련 엔티티들의 프로토콜 스택을 나타낸 그림이다.



위에서 언급한 것과 같이, 본 문서에서 사용자의 피드백 메시지는 조명 네트워크 망의 혼잡성을 고려하여 사용자 단말이 보유한 무선 통신을 활용하여 전달된다. 위의 그림에서는 사용자의 단말을 이동 단말인 스마트폰으로 가정하여 LTE 망을 통해 피드백 메시지가 전송되는 형태로 나타냈다. 먼저 피드백을 전송하기 위해 사용자 단말은 피드백 메시지를 현재의 LTE 프로토콜 계층을 바탕으로 구성하여 기지국으로 전송한다. 사용자 단말의 피드백 메시지를 받은 기지국은 해당 메시지를 인터넷 환경에 맞는 TCP/IP 5계층의 메시지로 변환하고 그 내용을 제어기에게 보내 준다. 마지막으로 피드백 메시지를 받은 제어기는 내용을 파악하고 후에 콘텐츠 서버로 제공하기 위해 관련 내용을 보관한다.

위의 각 그림에 대한 설명에서 든 예 외에, 전달되는 서비스 메시지가 아닌 사용자 단말의 관리를 위한 메시지일 경우 요청 메시지는 그림 2와는 달리 제어기에서 시작하여 조명 기기를 통해 사용자 단말로 전달되고 그에 따른 응답 메시지는 그림 3과 같이 사용자 단말에서 기지국을 거쳐 제어기로 전달된다. 만약 등록 절차와 같이 사용자 단말이 먼저 제어기로 메시지를 보내야 하는 경우, 메시지는 먼저 기지국을 거쳐 제어기로 전달되고 그에 맞는 응답 메시지는 제어기에서 조명 기기를 거쳐 사용자 단말로 전달된다. 즉, 제어기 혹은 콘텐츠 서버에서 사용자 단말로 메시지를 보낼 때에는 항상 조명 기기를 거치는 조명 네트워크 망을 사용하고, 사용자 단말에서 제어기로 메시지를 보낼 때에는 항상 기지국을 거치는 이동 단말의 무선 통신 망(LTE망)을 사용한다.

## 4. VLC 통합 서비스 절차

조명 네트워크 기반 가시광 통신 통합 서비스 구조의 효율성을 위해서는 사용자의 피드백 메시지 관리와 마찬가지로 사용자 단말의 관리 또한 매우 핵심적이다. 따라서 이 장에서는 사용자 단말을 관리하는데 필요한 절차를 고려하고 해당 절차를 수행하기 위해 필요한 메시지들을 정의한다. 사용자 단말의 효율적인 관리를 위해서는 피드백을 제공하게 되는 사용자와의 상호 합의적인 관계를 이루는 것이 중요하다. 따라서 본 문서에서는 사용자 단말이 믿을 수 있는 인증서버를 통해 인증을 받은 후에 서비스 데이터를 확인할 수 있다고 가정하여 사용자 단말의 가시광 통신 세션 참여, 세션 종료, 접속 확인, 조명등 사이에서의 핸드오버, 그리고 사용자 단말 상태 관리의 다섯 가지 절차를 정의한다. 이 장에서는 우선 각 절차에 사용되는 메시지들을 정의한 뒤, 정의된 메시지들을 활용한 조명 네트워크 기반 가시광 통신 통합 서비스 구조의 절차를 정의한다.

### 4.1. 메시지

조명 네트워크 기반 가시광 통신 통합 서비스 구조에서 콘텐츠 서버의 서비스 메시지가 사용자 단말로 전송되는 과정에서 총 두 번 포맷이 변경된다. 이는 메시지가 전송되는 망이 변경되어 해당 망의 표준에 따른 포맷으로 변경해야 하기 때문이다. 따라서 이 장에서는 우선 각 망에서 전송되는 서비스 메시지를 구분한 뒤, 사용자 단말 관리 절차에 활용되는 메시지를 정의한다.

< 1. 가 >

메시지 이름	출발지	목적지
콘텐츠 데이터	콘텐츠 서버 (Contents Server)	제어기 (Controller)
E1.45 데이터	제어기 (Controller)	조명 기기 (Lighting Device)
VLC 데이터	조명 기기 (Lighting Device)	사용자 단말 (User Equipment)

표 1은 조명 네트워크 기반 가시광 통신 통합 서비스 구조에서 사용되는 데이터 메시지의 종류를 나타낸다. 위에서 언급된 내용과 같이 세 종류의 메시지가 발생하는 이유는 각 네트워크를 지나가는 과정에서 해당 네트워크의 표준에 맞는 포맷으로 변경되는 절차가 존재하기 때문이다. 따라서 그림 2에서 확인된 내용처럼 각 네트워크가 변경되는 중간 위치에 존재하는 엔티티에서는 메시지의 변화가 발생하게 된다. 본 문서에서는 인터넷 상에 존재하는 콘텐츠 서버에서 인터넷과 조명 네트워크 망을 잇는 제어기로 전달되는 메시지를 콘텐츠 데이터로, 조명 네트워크 망의 시작점인 제어기에서 조명 네트워크와 가시광 통신망을 잇는 조명 기기로 전달되는 메시지를 PLASA의 가시광 통신 데이터 전송을 위한 표준의 이름을 붙여 E1.45 데이터로, 그리고 가시광 통신망의 시작점인 조명 기기에서 사용자 단말로 전달되는 메시지를 가시광 통신의 이름을 붙여 VLC 데이터로 정의한다.

아래의 표 2에서는 후에 소개할 조명 네트워크 기반 가시광 통신 통합 서비스 구조에서 활용하는 사용자 단말 관리를 위한 절차에 활용되는 메시지를 정의한다.

번호	메시지 이름	출발지	목적지
1	Service Join	사용자 단말	제어기
2	Service Join Ack	제어기	사용자 단말
3	Heartbeat	제어기	사용자 단말
4	Heartbeat Ack	사용자 단말	제어기
5	Service Leave	사용자 단말	제어기
6	Servie Leave Ack	제어기	사용자 단말
7	Handover	사용자 단말	제어기
8	Handover Ack	제어기	사용자 단말
9	Status Update	사용자 단말	제어기
10	Status Report	컨텐츠 서버	제어기
11	Status Reply	제어기	컨텐츠 서버
12	Aggregation Status Report	제어기	컨텐츠 서버

각 절차에 대한 상세한 흐름을 아래의 장에서 다룰 예정이기 때문에, 본 장에서는 각 메시지들의 목적과 어떤 절차에 활용되는 지에 대한 내용만 다루기로 한다. 1~2의 메시지는 인증된 사용자들만이 가시광 데이터를 수신할 수 있도록 가시광 통신 세션을 만드는 사용자 단말의 세션 참여에 활용되고, 3~4의 메시지는 사용자 접속 확인 및 수동적 세션 종료에 사용된다. 5~6의 메시지는 사용자 단말의 능동적 세션 종료에 사용되고, 7~8의 메시지는 효율적인 사용자 단말의 위치 정보 파악을 위해 조명등 사이에서의 단말 핸드오버 절차에 사용된다. 마지막으로 9~12의 메시지는 사용자 단말의 정보 수집 및 해당 정보의 컨텐츠 서버에서의 활용을 위한 단말 상태 관리 및 컨텐츠 서버로의 단말 정보 보고 절차에 활용된다.

#### 4.2. 절차

이 장에서는 위에서 정의한 메시지들을 활용한 조명 네트워크 기반 가시광 통신 통합 서비스 구조의 절차를 정의한다.

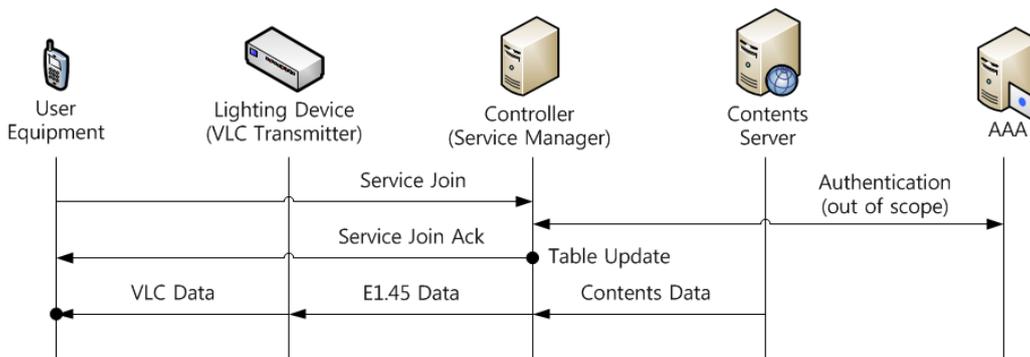


그림 4는 사용자 단말이 공인된 인증 서버를 통한 인증과정을 거쳐 제어기에 등록하는 절차를 나타낸다. 이 과정에서 사용자 단말은 Service Join 메시지를 LTE 망을 통해 제어기로 전달하고 제어기는 공인된 인증 서버를 통한 인증과정을 거친 뒤, 세션이 수립된 사용자 단말의 정보를 보관한다. 그리고 Service Join의 응답 메시지로 서비스 데이터의 암호화를 풀 수 있는 키를 포함한 Service Join Ack 메시지를 전송한다. 이런 절차를 통해 세션이 수립되면 사용자 단말은 콘텐츠 서버가 보내는 서비스 데이터를 제어기와 조명기기를 거쳐 수신하게 되고, Service Join Ack 메시지의 복호화 키를 통해 해당 내용을 확인할 수 있다.

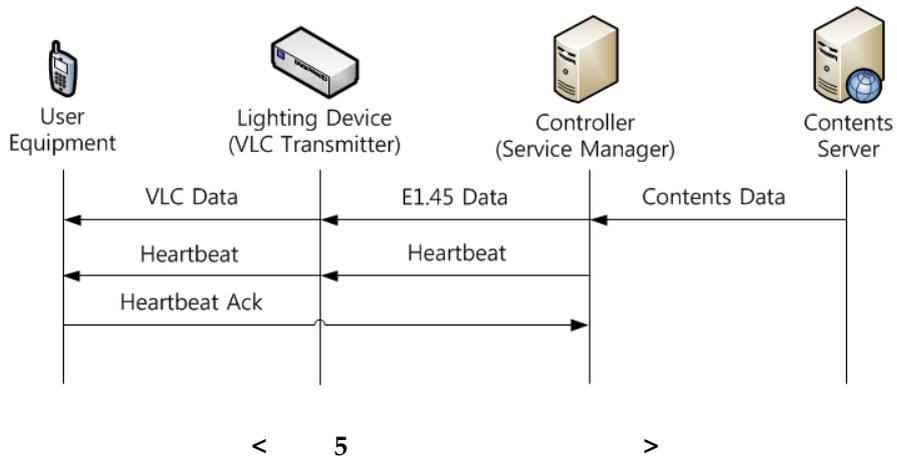


그림 5는 Service Join 메시지를 통해 세션에 참여한 단말이 현재 접속중인지 확인하기 위한 사용자 단말 세션 확인 절차를 나타낸다. 제어기는 세션에 참여한 사용자 단말의 접속 상태를 파악하기 위해 지속적으로 Heartbeat 메시지를 조명기기를 거쳐 사용자 단말에게 전달한다. 이 때, 사용자 단말이 접속중인 상태라면 Heartbeat Ack 메시지를 LTE 망을 통해 제어기로 전달하여 현재 자신의 접속 상태를 제어기에 알린다. 만약 사용자 단말의 접속이 강제로 종료되어 일정 시간 내에 Heartbeat Ack 메시지가 제어기로 돌아오지 않으면 해당 사용자 단말이 접속 종료되었다고 판단하여 세션 참여와 관련된 정보를 제거한다. 이와 관련된 내용은 수동적 세션 종료로 아래의 그림 7에서 다룬다.

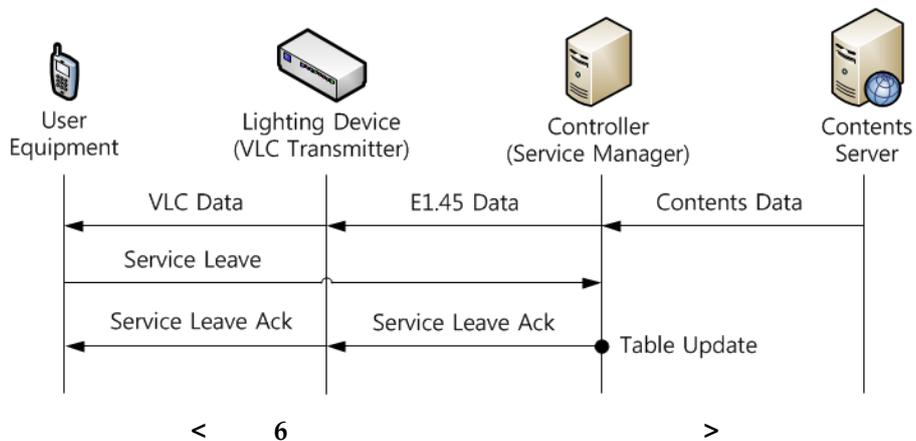


그림 6은 사용자 단말이 현재 세션의 참여를 종료하기 위해 제어기로 먼저 메시지를 보내는 능동적 세션 종료 절차를 나타낸다. 세션 참여를 종료하려는 사용자 단말은 LTE 망을 통해 Service Leave 메시지를 제어기로 전달한다. Service Leave 메시지를 받은 제어기는 현재 저장하고 있는 사용자 단말의 세션 참여 관련 정보를 제거한 뒤, 응답으로 Service Leave Ack 메시지를 조명기기를 거쳐 전달한다.

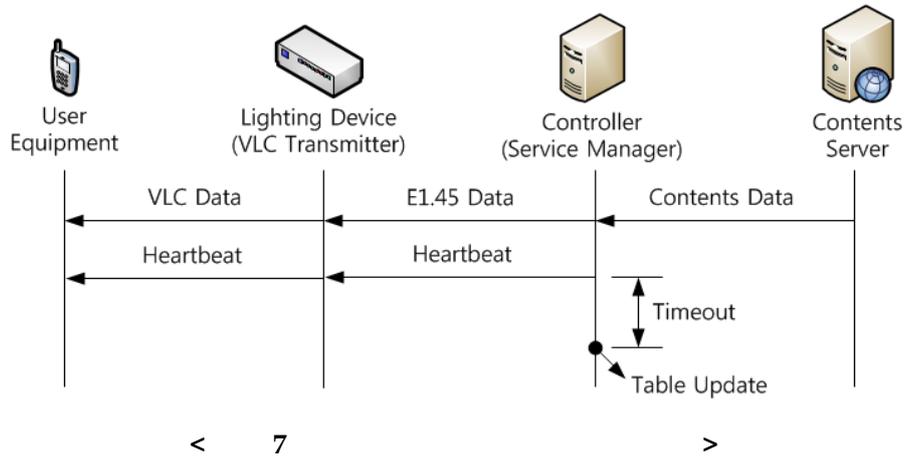


그림 7은 사용자가 능동적으로 세션 참여를 종료하는 것이 아니라 단말의 강제적 종료로 인한 수동적 세션 종료 절차를 나타낸다. 제어기는 사용자 단말의 접속 여부를 파악하기 위해 그림 5에서 설명한 것 처럼 주기적으로 Heartbeat 메시지를 조명 기기를 거쳐 전달한다. 만약 세션에 참여 중인 사용자 단말이 강제적 종료와 같은 방식으로 세션에서 사라진 경우 Heartbeat Ack 메시지가 제어기로 오지 않는다. 이 때, 제어기는 Heartbeat 메시지를 전송하고 일정 시간동안 해당 메시지의 응답이 오기를 기다린다. 정해진 시간 내에 사용자 단말로부터 Heartbeat Ack 메시지가 도착하지 않으면 제어기는 사용자 단말과의 세션이 종료됐다고 판단하고 보관중인 사용자 단말의 세션 참여와 관련된 정보를 제거한다.

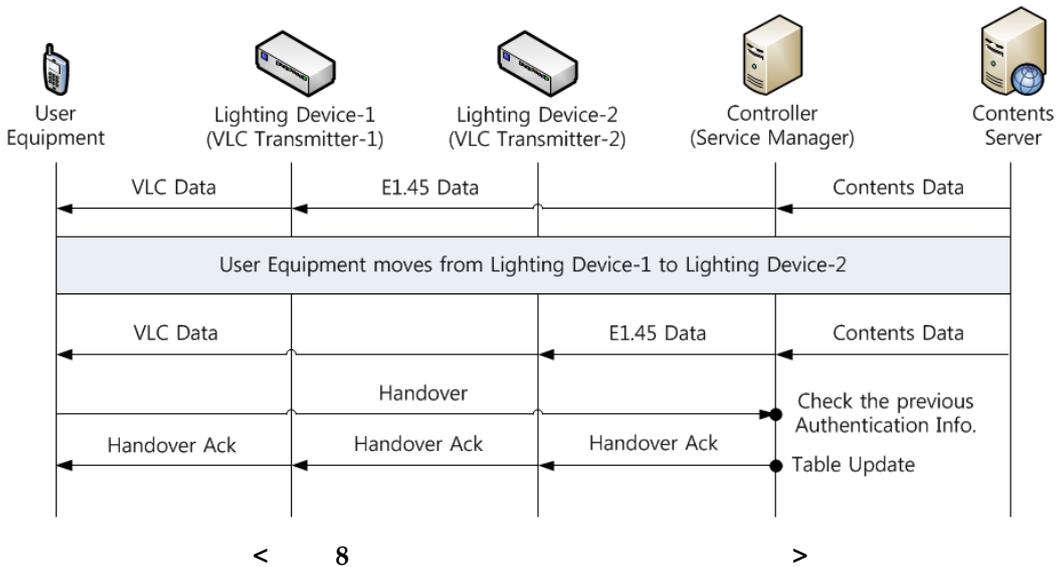
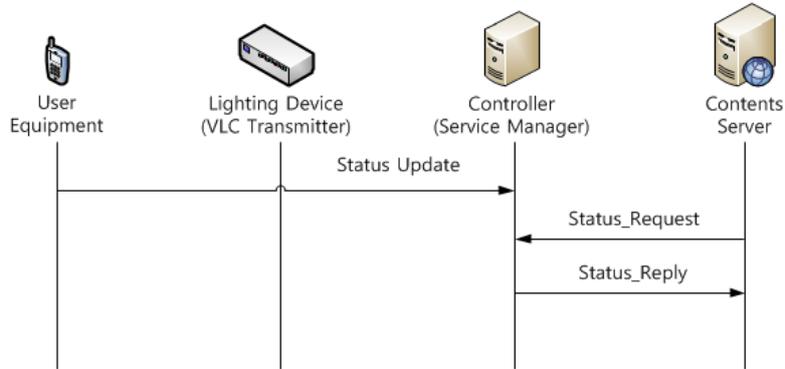
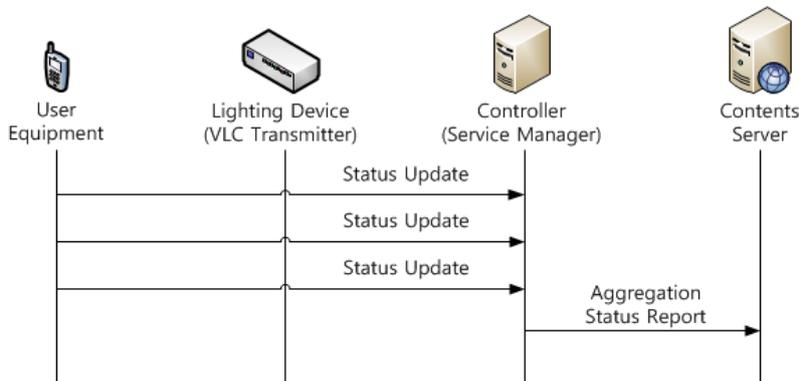


그림 8은 사용자 단말이 인접한 다른 조명등으로 이동하여 기존과는 다른 조명등을 통해 서비스 데이터를 수신하는 핸드오버가 발생했을 경우, 해당 제어기에 기록된 사용자 단말의 현재 위치 정보를 수정하는 절차를 나타낸다. 사용자 단말은 수신된 데이터의 조명 기기 식별자 확인을 통해 어떤 조명 기기를 통해 서비스 데이터를 받았는지 파악 가능하다. 따라서 해당 식별자가 변경된 경우, 사용자 단말은 자신의 이동 사실을 확인하고 LTE 망을 통해 제어기로 Handover 메시지를 전달한다. Handover 메시지를 받은 제어기는 세션 참여시의 인증 정보를 확인하여 해당 사용자 단말의 본인 여부를 파악하고 저장하고 있던 사용자 단말의 위치 정보를 변경한다. 그리고 Handover 메시지의 응답으로 Handover Ack 메시지를 조명 기기를 거쳐 전달한다.



< 9 >

그림 9는 사용자 단말이 지속적으로 제어기로 자신의 상태를 전달하는 절차와 제어기가 보관 중인 사용자 단말의 정보를 콘텐츠 서버의 요청으로 해당 서버에 전달하는 절차를 나타낸다. 본문서에서 제안하는 구조에서는 사용자 단말의 이동 정보와 같은 여러 데이터를 사업자 측에서 활용할 수 있도록 세션에 참여한 사용자 단말은 지속적으로 상태 정보를 제어기로 전달해야 한다. 이는 사용자 단말이 LTE 망을 통해 제어기로 Status Update 메시지를 보내는 형태로 이루어진다. 또한 콘텐츠 서버가 사용자 단말들의 정보를 확인하고자 할 때에는 Status\_Request 메시지를 인터넷 망을 통해 제어기로 전달한다. Status\_Request 메시지를 받은 제어기는 이에 대한 응답으로 사용자 단말들의 정보를 포함한 Status\_Reply 메시지를 인터넷 망을 통해 콘텐츠 서버로 보낸다.



< 10 >

그림 10은 일정 기간동안 콘텐츠 서버에서 사용자 단말에 대한 정보 요청이 없을 경우, 제어기가 콘텐츠 서버의 요청 없이 보관 중인 사용자 단말의 정보를 보내는 절차를 나타낸다. 그림 9에서 설명한 것 처럼, 사용자 단말은 지속적으로 LTE 망을 통해 제어기로 Status Update 메시지를 보낸다. Status Update 메시지를 받은 제어기는 해당 정보를 보관하며 콘텐츠 서버에서의 정보 요청을 기다린다. 하지만 일정 기간동안 콘텐츠 서버에서 사용자 단말 정보의 요청이 없을 경우, 제어기가 먼저 지금까지 보관된 사용자 단말들의 정보를 포함한 Aggregation Status Report 메시지를 콘텐츠 서버로 전송하여 해당 서버가 누적된 사용자 단말의 정보를 활용할 수 있도록 전송한다.

## 5. 결론

지금까지 본 문서에서는 가시광 통신의 실제 적용을 위해 필요한 조명 네트워크 기반 가시광 통신 통합 서비스 구조를 제안하였다. 유사한 연구에 대한 파악 및 현재 가시광 통신 분야의 연구 방향에 대한 파악을 하기 위해 먼저 기존 연구내용을 토대로 통합 서비스 구조에 대한 필요성을 파악했고, 효율적인 실생활 가시광 서비스 제공 및 사용자의 피드백 활용을 위해 필요한 기능 구조와 절차를 제안하였다. 제안된 구조는 기존의 인터넷 통신과 가시광 통신을 융합하여 통신의 혼잡성을 줄이고 효율적인 사용자 관리 및 피드백 활용이 가능하기 때문에 차후 가시광 통신의 상용화에서 주요 요소기술로 고려될 수 있을 것이다.

## 참고 문헌

- [1] Srinivan Seshan, "Implications of Emerging Mobile Wireless Network Technologies on the Future Internet", NSFWMPPG Workshop, 2006.
- [2] IEEE Std for Local and Metropolitan Area Networks – Part 15.7: Short-Range Wireless Optical Communication Using Visible Light, September, 2011.
- [3] Li-Fi Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/Li-Fi/>.
- [4] Wat, K., et al., "Visible Light Communication (Li-Fi)", International Journal of Engineering Research & Technology, October, 2013.
- [5] Anand, M., et al., "A novel modulation scheme for visible light communication", 2010 Annual IEEE India Conference (INDICON), 17-19, December, 2010.
- [6] Grobe, L., et al., "High-Speed Visible Light Communication Systems", IEEE Communications Magazine, December, 2013.
- [7] Yang, S.H., et al., "Indoor Location Estimation Based on LED Visible Light Communication Using Multiple Optical Receivers", IEEE Communications Letters, September, 2013.
- [8] Cheng, R., et al., "Indoor multisource channel characteristic for visible light

- communication”, The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications, August, 2013.
- [9] Kim, W.C., et al., “Efficient Resource Allocation Scheme for Visible-Light Communication System”, Broadband Access Communication Technologies III, 72340M, January, 2009.
- [10] Din, I., et al., “Energy-Efficient Brightness Control and Data Transmission for Visible Light Communication”, IEEE Photonics Technology Letters, April, 2014.
- [11] Cailean, A., et al., “Visible Light Communications: Application to Cooperation Between Vehicles and Road Infrastructures”, 2012 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), June, 2012.
- [12] Cen, L., “Enabling Vehicular Visible Light Communication (V<sup>2</sup>LC) Networks”, The Seventh ACM International Workshop of VehiculAr Inter-NETworking (VANET 2010), September, 2010.
- [13] PLASA: <http://www.plasa.org/>
- [14] ANSI E1.45 – 2013 Unidirectional Transport of IEEE 802 data frames over ANSI E1.11 (DMX512-A).