

# LED기반 조명제어를 위한 PLASA 표준프로토콜 기술

최상일 · 고석주 (경북대학교 컴퓨터학부)

김현종 · 임상규 · 강태규 (한국전자통신연구원 LED통신연구실)

## 1 서 론

최근 LED 조명산업이 활성화를 띄고 있는 가운데, 수많은 조명 장치로 구성된 조명 제어 네트워크를 각 조명 장치들의 위치에 관계없이 원격으로 제어할 수 있도록 구성하고 효율적으로 장치들을 관리하기 위한 기술이 주목을 받고 있다[1-2].

전 세계적으로 조명장치제어를 위한 표준으로는 일반 사무실 및 건물의 원격조명제어를 위한 유럽 IEC(International Electro-technical Commission) TC34 기구의 DALI(Digital Addressable Lighting Interface) 표준과 무대조명 등의 엔터테인먼트 환경을 위한 미국 PLASA(Professional Lighting And Sound Association)[3] 표준기구의 DMX(Digital Multiplexer) 표준이 있다. 상기한 두 가지 조명제어 프로토콜 기술은 모두 최근 전력 소비 및 다양한 색의 표현이 가능한 LED 조명들로 이루어진 LED기반 조명제어 네트워크에 적용할 수 있다.

이에 본 고에서는 PLASA 표준기구에서 제정한 DMX512-A 및 Remote Device Management (RDM) 프로토콜 기술의 특징을 살펴본다. 나아가

최근 관심을 받고 있는 RDMnet, Architecture for Control Network(ACN), 그리고 DMX512-A 조명 네트워크에서 LED 기반 가시광 통신데이터 전송을 위한 DMX802(ANSI E1.45) 표준기술을 분석하여 조명제어 네트워크의 지금까지의 발전방향과 앞으로의 연구동향과 관련된 연구에 참고정보를 제공하고자 한다.

본 고는 다음과 같이 구성된다. 먼저 2절에서 원격 조명제어 네트워킹 기술 개요에 대하여 살펴보고, 3절에서 PLASA 표준의 기본 문서인 DMX512-A 및 RDM 프로토콜에 대하여 기술한다. 4절에서는 최근 관심을 받고 있는 PLASA 표준 기술에 대해 살펴본 뒤, 5절에서 결론을 맺는다.

## 2. 원격조명제어 네트워킹 기술 개요

원격조명제어 네트워킹 기술은 기존에 각 조명들을 관리자가 일일이 수동적으로 해당 조명의 설정 값을 변경하던 불편함을 해소하기 위해 개발되었다. 이를 위해, 관리 대상이 되는 조명들을 원격에서 자동적으로 제어할 수 있도록 제어기(controller)에 각 조명 기기를 등록시키고 해당 조명기기에 적절한 제어 메

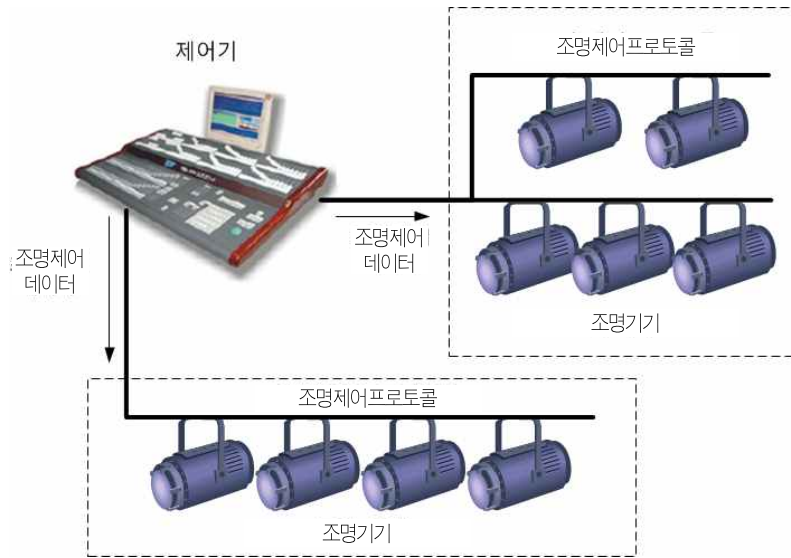


그림 1. 원격조명제어 네트워크

시지를 전송하여 조명기기의 설정 값들을 파악/변경하는 프로토콜이 개발되었다.

조명기기의 원격제어를 위한 연구는 과거부터 계속 되어왔으며 이와 관련된 기술로는 AMX192 (Analog Multiplexer 192) 및 DMX512(Digital Multiplexer 512)[4] 기술이 있다.

AMX192는 여러개의 멀티플렉서를 활용해 총 192개의 조명을 제어할 수 있는 기술로, 기존의 0-10V 방식과는 달리 시분할 방식을 통해 하나의 케이블을 이용하더라도 여러 조명기기를 동시에 관리할 수 있도록 하였다.

한편 조명기기에 대한 기술이 발달함에 따라 하나의 조명기기가 나타낼 수 있는 속성값이 다양해지고 생활공간을 구성하는 조명기기의 수가 많아짐에 따라 기존의 AMX192보다 더 많은 조명기기를 제어하고, 더 다양한 조명기기의 설정 값들을 제어할 수 있는 기술에 대한 필요성이 커지게 되었다. DMX512는 위와 같은 요구사항에 의해 개발된 기술이다. DMX512는 기존의 AMX192에서 사용하던 아날로그 방식을 디지털 방식으로 변경하고, 한 조명기기의

제어를 위해 8-bit의 펄스를 할당하였다. 각 펄스들 사이에 시간 틈을 둬으로써 구분을 하며 최대 512개 펄스까지 존재할 수 있기 때문에 한 번에 512개의 조명기기까지 제어가 가능하다.

그림 1은 최근 구성되는 원격조명제어 네트워크를 나타낸 그림이다. 그림과 같이 원격조명제어를 위해 여러 조명기기를 제어기와 유선 혹은 무선으로 연결하고, 정의된 제어 프로토콜에 맞는 제어 데이터를 조명기기로 전송함으로써 제어기가 여러 조명기기의 동작을 제어하게 된다. 현재에도 원격조명제어 네트워크의 구성을 확장하고 효율적으로 관리하며 다양한 환경에 적용하기 위한 연구가 계속되고 있으며, 세부 사항은 다음 절에서 기술한다.

### 3. 조명 제어를 위한 PLASA 표준 프로토콜

PLASA[3] 표준기구에서는 LED 조명 제어를 통해 엔터테인먼트 무대를 구성하기 위한 다양한 표준 기술 개발을 수행하고 있으며 산하에 Camera Cranes, Control Protocols, Electrical Power,

표 1. PLASA의 Control Protocol WG 관련 표준

표준번호	표준 명칭	최신 개정일
ANSI E1.3	Entertainment Technology - Lighting Control Systems - 0 to 10V Analog Control Specification	June 28, 2011
ANSI E1.11	Entertainment Technology - USITT DMX512-A, Asynchronous Serial Digital Data Transmission Standard for Controlling Lighting Equipment and Accessories	March 13, 2013
ANSI E1.17	Entertainment Technology - Architecture for Control Networks	January 06, 2011
ANSI E1.20	Entertainment Technology - Remote Device Management (RDM) over USITT DMX512 Networks	January 04, 2011
ANSI E1.27-1	Entertainment Technology - Standard for Portable Control Cables for Use with USITT DMX512/1990 and E1.11 (DMX512-A) Products	June 28, 2011
ANSI E1.27-2	Entertainment Technology - Recommended Practice for Permanently Installed Control Cables for Use with ANSI E1.11 (DMX512-A) and USITT DMX512/1990 Products	June 06, 2006
ANSI E1.31	Entertainment Technology - Lightweight streaming protocol for transport of DMX512 using ACN	May 04, 2009
ANSI E1.37-1	Additional Message Sets for ANSI E1.20 (RDM) - Part 1, Dimmer Message Sets	January 13, 2012
ANSI E1.45	Unidirectional Transport of IEEE 802 data frames over ANSI E1.11 (DMX512-A)	August 27, 2013

Floors 및 Fog & Smoke 등의 다양한 Working Group(WG)를 두고 있다. 표 1은 지금까지 PLASA의 Control Protocol WG에서 제정한 표준 목록을 보여준다.

위의 표에서 알 수 있듯이, 현재 PLASA의 Control Protocol WG에서 제정한 표준들은 ANSI E1.11 표준인 DMX512-A와 ANSI E1.20 표준인 RDM의 활용성 및 기능을 확장하는 형식의 표준이 대부분이다. 따라서 본 장에서는 PLASA에서 Control Protocol WG의 표준 동향 파악을 위해 핵심 기술에 해당하는 DMX512-A와 RDM 프로토콜 기술에 대하여 살펴본다.

### 3.1 DMX512-A

DMX512-A[4]는 여러 DMX512의 채널을 묶어

512개 이상의 조명기기를 제어하기 위해 개발된 기술로, 이론적으로는  $2^7$ 개까지의 채널을 묶을 수 있어 최대 65,535개의 조명기기를 제어할 수 있다. 그림 2는 DMX512-A의 네트워킹 구조를 나타낸다.

DMX512-A는 물리 계층 위에 구현되어 있어 제어 메시지가 0과 1로 구성된 전기적 신호로 이루어져 있다. 하나의 링크를 통해 여러 조명기기에 제어 메시지를 전달하지만 별도의 흐름 제어 기법이 없기 때문에 여러 메시지가 동시에 전송되는 경우, 전기적 신호의 중첩으로 인해 오류가 발생하게 된다. 따라서 DMX512-A에서는 단방향 통신을 적용하여 제어기만이 조명기기로 제어 메시지를 보내고, 그에 대한 조명기기의 응답을 받지 않아 메시지의 중첩 현상을 방지했다. 또한 DMX512-A는 별도의 자동화된 조명기기 탐색 기법을 포함하지 않기 때문에 수작업 등을

특집 : 최근의 조명기기의 제어 및 네트워크 기술

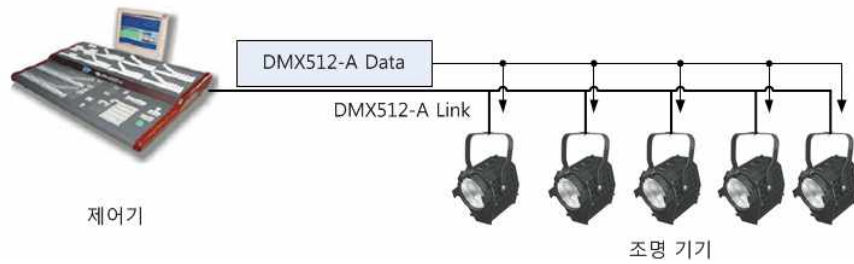


그림 2. DMX512-A 네트워크 구조

통해 제어기에 모든 조명기기를 등록시켜야 한다.

한편 0과 1로 구성된 전기적 신호를 통해 여러 조명기기에 대해 개별적인 제어 메시지를 전송해야 하기 때문에, 각 상대 단말의 주소를 명시하여 메시지를 전달하는 기존의 인터넷과는 제어 메시지의 형태가 다르다. 제어기는 각각의 조명기기에 제어 메시지를 전송할 때 개별적인 메시지를 보내지 않고, 하나의 긴

제어 메시지를 구성하여 전달한다. 하나의 제어 메시지 내에는 모든 조명기기들의 제어 정보가 들어있고, 이는 각각 일정한 타이밍을 유지하며 이어져있다. 제어기는 이러한 메시지를 조명기기가 파악할 수 있도록 초기 등록과정에서 각 조명기기마다 하나의 슬롯 번호를 할당하여, 전송된 전체 제어 메시지 가운데 해당 슬롯만을 확인하도록 한다.

Number	
Packet	
Description	<p>① ' SPACE ' for BREAK      ② ' MARK ' After BREAK</p> <p>③ Slot Time                      ④ START Bit</p> <p>⑤ Least Significant Data Bit    ⑥ Most Significant Data Bit</p> <p>⑦ Stop Bit                        ⑧ ' MARK ' Time Between slots</p> <p>⑨ ' MARK ' Before BREAK    ⑩ DMX512 Packet</p> <p>⑪ START CODE                    ⑫ Slot 1 Data</p>

그림 3. DMX512-A 제어 메시지 구성 및 각 필드 의미

다수의 조명기기를 제어하기 때문에 하나의 제어 메시지가 전송되는 시간은 매우 길다. 따라서 DMX512-A에서는 제어기와 조명기기가 서로 제어 메시지의 시작 및 각 조명기기를 위한 슬롯 사이의 시간 간격에 대한 규칙을 만들어 조명기기가 제어 메시지를 확인할 때 잘못된 동기화로 인한 오류를 막는다. 그림 3은 이러한 DMX512-A의 제어 메시지 구성을 나타낸다.

제어기는 제어 메시지의 시작을 알리기 위해 '① SPACE for BREAK' 시간 동안 0을 전송한다. 그 후 '② MARK after BREAK' 시간 동안 1을 전송하여 하나의 slot이 곧 시작됨을 표현한다. 슬롯의 시작 부에서는 먼저 '④ START Bit' 시간 동안 0을 전송하여 하나의 슬롯이 시작됨을 알린다. 그 이후 이어지는 8개의 펄스가 해당 슬롯에 할당된 조명기기를 위한 제어 내용을 나타낸다.

여기에서 첫 번째 슬롯의 경우 Slot 0으로 할당되어 '⑩ START CODE'를 나타낸다. Start Code는 뒤에 이어지는 데이터의 내용이 어떤 프로토콜인지를 나타내기 위한 Slot으로 DMX512-A 망을 활용하는 다른 프로토콜을 위해 작성된 내용이다. DMX512-A의 조명기기 제어 목적일 경우, NULL 값이 들어간다. 하나의 슬롯 데이터가 전송된 후에는 두 번의 '⑦ Stop Bit' 동안 1을 전송하여 슬롯 데이터의 전송이 끝났음을 알리고, '⑧ MARK Time Between Slots' 동안 1을 전송하여 이 후에 새로운 Slot 메시지가 옴을 알린다.

한편, '④ START Bit', '⑫ Slot Data', 그리고 두

개의 '⑦ Stop Bit'를 합쳐 하나의 '③ Slot Time'으로 정의하고, 첫 Slot Time이 끝난 후 '⑧ MARK Time Between Slot' 후 이어지는 두 번째 Slot Time의 Slot Data부터는 각 Slot에 해당하는 조명기기의 제어 내용이 나타나게 된다. 이러한 방식으로 각 조명기기들을 위한 Slot Time이 모두 전송되면, 마지막으로 '⑨ MARK Before BREAK' 동안 1을 전송하여 제어 메시지가 끝남을 알린다.

### 3.2 RDM

RDM 프로토콜[5-6]은 조명기기의 성능이 발달함에 따라 더욱 다양한 기능을 가진 조명기기들을 DMX512-A 기반의 조명 제어 네트워크에서 효율적으로 관리하기 위해 개발된 프로토콜이다.

RDM은 기존의 DMX512-A 망에서 동작하는 제어용 프로토콜이지만 DMX512-A와는 큰 차이를 가진다. DMX512-A가 단방향 통신을 사용하는 반면에, RDM은 양방향 통신을 활용하여 제어기에서 조명기기로 제어 메시지를 보낸 후 응답 메시지를 수신한다. 양방향 통신으로 인해 발생할 수 있는 메시지 간의 중첩을 막기 위해 RDM에서는 오로지 제어기만이 메시지 전송의 시작을 할 수 있는 폴링 시스템을 적용하였다.

그림 4는 RDM 네트워킹 구조를 보여준다. 효과적인 조명기기의 제어를 위해 RDM은 기존의 DMX512-A가 지원하지 않았던 조명기기 탐색(discovery)의 기능을 포함하여, 설정(configure), 감시(monitor) 및 관리(manage) 기능을 지원

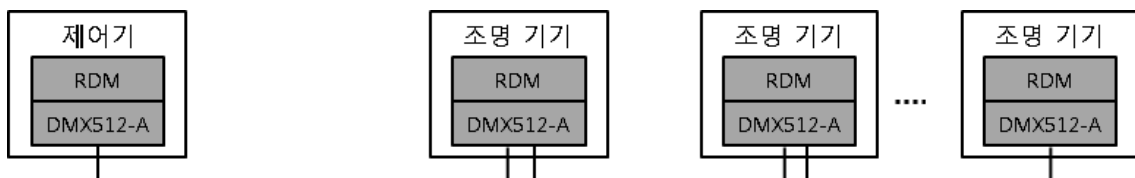


그림 4. RDM 네트워킹 구조

한다. RDM의 메시지는 크게 탐색을 위한 Discovery Command와 설정, 감시 및 관리를 위한 Get/Set Command로 나눌 수 있다. 표 2는 RDM이 제공하는 메시지의 종류를 나타낸다.

표 2. RDM 메시지 종류

메시지 종류	From	To
Discovery_Command	제어기	디바이스
Discovery_Command_Response	디바이스	제어기
Get_Command	제어기	디바이스
Get_Command_Response	디바이스	제어기
Set_Command	제어기	디바이스
Set_Command_Response	디바이스	제어기

### A. 디바이스 탐색

RDM 프로토콜은 DMX512-A 망에 존재하는 조명기기를 탐색하기 위해, 이진 탐색 트리(binary search tree) 기법을 사용한다. 조명기기가 탐색을 위해 사용하는 Discovery\_Command 메시지는 탐색 관점에서 3가지 유형으로 분류할 수 있다. 첫 번째는 이진 트리의 탐색 범위를 지정하는 Disc\_Unique\_Branch 메시지이고, 두 번째와 세 번째는 Command 메시지에 대한 응답 여부를 지정하는 Disc\_Mute 메시지(무응답)와 Disc\_Un\_Mute 메시지(응답)이다. 이 메시지들을 활용한 RDM의 탐색 절차는 그림 5와 같다.

RDM에서 각 조명기기는 고유한 Unique ID (UID)를 가지고 있기 때문에, 제어기는 이를 활용하여 탐색을 수행한다. 먼저 제어기는 전체 조명기기가 수신할 수 있는 Broadcast 주소로 Disc\_Un\_Mute 메시지를 전송하여 망 내에 존재하는 모든 조명기기가 제어기의 Discovery\_Command에 응답하도록 설정한다. 이 과정이 끝나면, UID 탐색 범위를

lower와 upper로 지정하여 Disc\_Unique\_Branch를 전송한다.

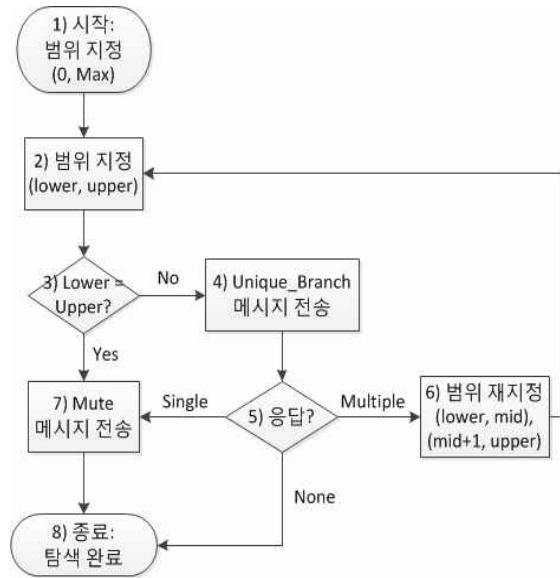


그림 5. RDM의 조명기기 탐색 절차

시작 단계에서 lower는 0, upper는 Max로 지정되어 탐색이 시작되지만, 탐색 중 만약 lower와 upper가 일치한다면 이는 단 하나의 UID로 탐색 메시지를 보낼 수 있기 때문에 해당 조명기기는 탐색되었음을 의미한다. 따라서 제어기는 해당 조명기기로 Disc\_Mute 메시지를 보내 추가로 전송되는 탐색 메시지에 해당 단말이 응답하지 않도록 설정한다. 만약 lower와 upper가 같지 않으면 제어기는 Disc\_Unique\_Branch 메시지를 보내고 조명기기로 부터 오는 응답 메시지를 기다린다. 이 때 하나의 응답 메시지가 오면 해당 조명기기의 탐색이 완료됐기 때문에 Disc\_Mute 메시지를 보내지만, 여러 응답 메시지가 오게 되면 신호의 중첩으로 인해 어떤 UID를 가진 조명기기가 존재하는지 정확히 파악할 수 없다. 하지만 여러 조명기기가 존재한다는 사실은 확신할 수 있기 때문에, 탐색 범위를 (lower, mid), (mid+1, upper)로 세분화하여 각각 탐색 절차를 수행한다.

제어기는 상기의 방식으로 망 내에 존재하는 모든 조명기기를 탐색할 때까지 탐색 과정을 수행한다.

## B. 디바이스 관리

RDM은 각 조명기기에 대한 탐색을 통해 네트워크를 구성한 후 조명기기 속성값을 조회 및 설정하는 기능을 수행한다. 그림 6은 조명기기에 대한 감시 및 제어를 위해 제어기와 조명기기 사이에서 주고받는 메시지의 흐름을 나타낸다.

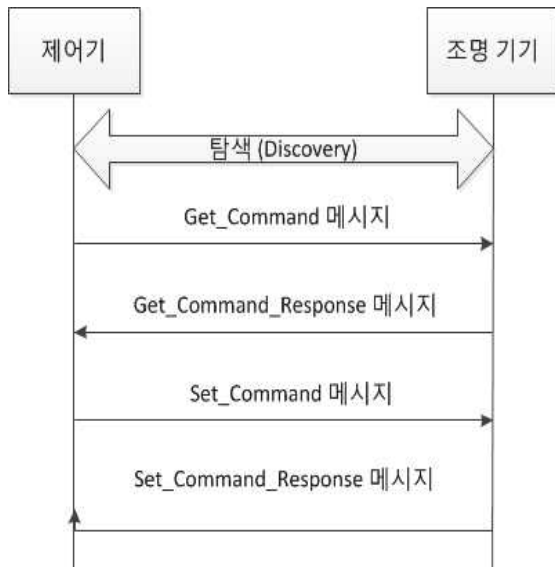


그림 6. RDM의 조명기기 감시 및 제어 흐름

먼저 제어기는 Get\_Command 메시지를 조명기기에 보냄으로써 메시지가 포함하고 있는 설정 값의 정보를 요청하고, 조명기기는 Get\_Command\_Response 메시지에 자신의 설정 값을 포함하여 제어기로 보낸다. 조명기기의 설정 값을 변경하기 위해서 제어기는 변경하려는 속성값의 종류 및 값을 Set\_Command 메시지에 포함하여 조명기기로 보내고, 조명기기는 자신의 설정 값을 Set\_Command 메시지에 기록된 값으로 변경하고 그에 대한 응답으로 Set\_Command\_Response 메

시지를 제어기로 보낸다.

예를 들어 PAN\_INVERT와 TILT\_INVERT는 조명의 움직임 조절하는 조명기기의 속성값이다. 제어기는 먼저 Get\_Command 메시지의 속성값을 PAN\_INVERT로 작성하여 조명기기로 보내면, 조명기기는 Get\_Command\_Response 메시지에 자신의 현재 PAN\_INVERT 값을 포함하여 제어기로 보낸다. 수신된 값을 확인한 후, 제어기가 조명기기의 PAN\_INVERT 값을 변경하고 싶다면 Set\_Command 메시지의 속성값을 PAN\_INVERT로 작성하고 원하는 변경값을 Data에 넣어 조명기기로 보낸다. Set\_Command 메시지를 수신한 조명기기는 PAN\_INVERT 값을 수신된 메시지의 Data 값으로 변경하고 그에 대한 응답으로 Set\_Command\_Response 메시지를 제어기로 보낸다.

위와 같은 동작을 제어기가 하기 위해서 제어기는 특정 조명기기의 UID, 전송하는 메시지의 종류, 그리고 속성값과 같은 내용이 담긴 메시지를 전송해야 한다.

그림 7은 RDM의 메시지 형식을 나타낸다. RDM은 DMX512-A와 동일한 망을 사용하기 때문에, DMX512-A 메시지와의 구분을 위해 Start Code에 NULL 값이 아닌 0xCC를 사용한다. Sub-Start Code는 추후 확장될 버전을 위해 예약되어진 Code이며, 현재 RDM 표준에서는 0x01 값을 사용한다. Message Length는 메시지의 길이를 나타내기 위해 사용되는 값으로 Start Code부터 Checksum High까지의 Slot(8bit 단위) 수를 나타낸다. Destination 및 Source UID는 제어기 및 송수신 조명기기의 UID를 나타낸다.

Transaction Number는 메시지가 전송된 숫자를 나타내는 값으로 초기 값은 0에서 시작하여 메시지가 전송될 때마다 1씩 증가하여 최대 255까지 증가한다. Port ID/Response Type은 메시지가 요청 메시

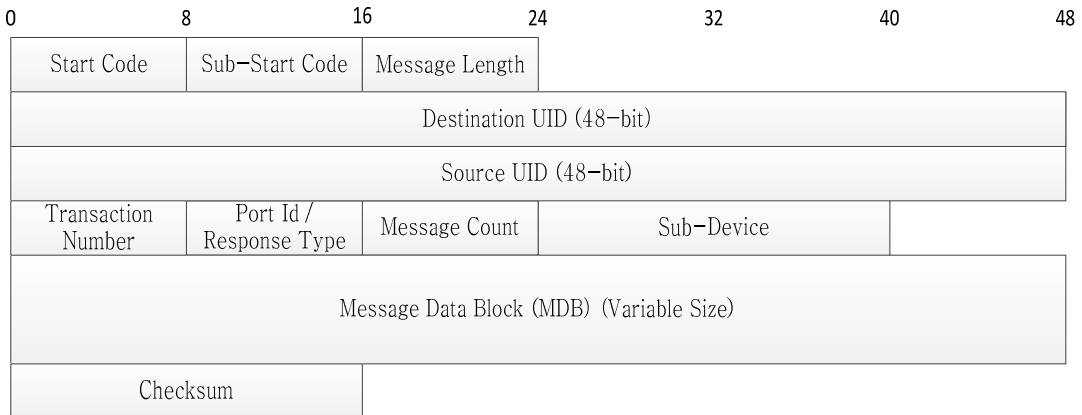


그림 7. RDM 메시지 형식

지일 경우, 메시지가 전송되는 Port의 ID(1~255)를 사용하고 Response일 때 Response Type으로 Discovery, Get, Set 메시지에 따른 응답 유형(ACK, ACK\_TIMER 등)을 나타낸다.

Message Count는 조명기기가 제어기로 보낼 추가적인 데이터의 수를 나타내는 것으로 조명기기가 보내려는 데이터의 길이가 매우 큰 경우 여러 메시지로 나누어 이를 전송하게 되는데, Message Count의 값을 남은 메시지의 개수로 설정함으로써 제어기에 추가적인 메시지가 남아 있음을 알린다. Sub-Device는 같은 속성값으로 설정되어 있는 조명기기의 수를 나타내고, Checksum은 메시지의 유효성을 알아내기 위해 메시지 전체 Slot의 값을 더하여 값을 산출하며 Message Data Block(MDB)는 실제 RDM의 제어 메시지를 포함한다.

#### 4. 최근 표준기술 개발 동향

PLASA에서는 최근 DMX512-A와 RDM 기술을 고도화하기 위한 표준개발에 주력하고 있다. 특히 인터넷 망을 활용한 조명제어 기술과 최근 각광을 받고 있는 LED 조명 기반 가시광 통신(Visible Light

Communication)을 지원하는 표준 개발에 큰 관심을 두고 있다. 이 절에서는 위와 관련된 표준으로 ANSI E1.17(ACN), BSR E1.33(RDMnet), 그리고 ANSI E1.45 표준에 대해 살펴본다.

##### 4.1 ACN: E1.17

ANSI E1.17 표준은 ACN(Architecture for Control Networks)[7] 표준으로 최근 엔터테인먼트 산업에서 요구되는 다양한 영상/음향 정보들을 IP(Internet Protocol) 기반의 네트워크를 통해 전송하기 위해 제안되었다.

그림 8은 ACN의 네트워킹 구조를 나타낸다. ACN 표준기술은 인터넷(IP) 기반의 네트워크를 통해 조명기기를 제어하기 위해 개발되었으며 RDM 프로토콜의 조명기기 탐색/감시/관리 기능을 제공한다. 이를 위해 SLP(Service Location Protocol), SDT(Session Data Transport) 및 DMP(Device Management Protocol) 등의 다양한 프로토콜을 사용한다.

ACN에서 가장 핵심적인 프로토콜은 SLP, SDT, 그리고 DMP이다. 먼저 SLP[8] 프로토콜은 IETF RFC2608 표준으로 ACN에서 조명기기의 탐색을



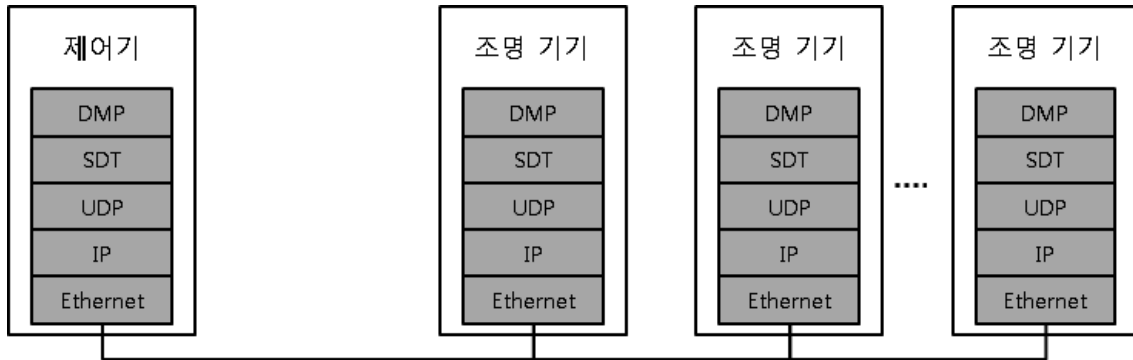


그림 8. ACN 네트워킹 구조

위해 사용된다. SLP를 통해 조명기기의 탐색이 끝나면 제어기는 SDT 프로토콜을 활용하여 각 조명기기와의 신뢰성 있는 통신을 위한 경로를 생성하기 위해 세션 참가 메시지를 각 조명기기로 보낸다. 세션 수립이 완료되면 제어기와 조명기기 사이의 세션은 총 두 개의 채널과 채널을 이용하지 않는 두 개의 경로를 가지고 목적에 따라 서로 다른 4개의 채널을 활용하여 메시지를 전송한다. 생성된 채널을 통해 전송되는 메시지는 순서, 오류 및 재전송에 대한 처리를 제공하기 때문에, 잘못 전송된 메시지에 대해서는 조명기기의 응답을 통해 올바른 메시지를 다시 전송하여 신뢰성 있는 메시지 전송을 제공한다. 신뢰성 있는 메시지 전송을 위한 과정이 모두 종료되어 더 이상 메시지 전송이 필요하지 않을 경우, 세션 내의 채널은 Leave를 통해 종료되고 세션도 Disconnect를 통해 해제된다.

DMP 프로토콜은 조명기기의 설정 값에 대한 처리에 초점이 맞춰진 프로토콜로 크게 세 가지의 기능을 수행한다. 먼저 Get/Set 메시지를 통한 조명기기의 설정 값 제어가 있다. 제어기는 조명기기로 DMP의 Get 메시지를 통해 설정 값을 획득할 수 있고, Set 메시지를 통해 해당 설정 값을 변경할 수 있다. 두 번째로는 속성값의 실제 값과 가상 값 매핑 제어이다. 조명기기의 속성 실제 값이 매우 긴 경우, 이를 대체

하기 위해 DMP에서는 가상 값으로 매핑 시키는데, 제어기는 DMP 메시지를 통해 조명기기에 매핑을 위한 공간을 할당하고, 실제 값과 가상 값의 매핑 정보를 할당 혹은 해제한다. 마지막은 비동기 이벤트 보고 기능이다. 기존 RDM은 폴링 시스템을 활용하여 조명기기의 갑작스러운 변화에 대한 보고를 받지 못했지만, DMP에서는 비동기 이벤트 보고 기능을 통해 조명기기의 변화를 실시간으로 파악할 수 있다. 제어기가 조명기기에 DMP 메시지를 보내 이벤트 보고를 요청하면, 조명기기는 특정 설정 값이 변경될 때마다 Event 메시지를 보내 해당 내용을 보고하며, 이는 제어기가 DMP 메시지를 통해 비동기 이벤트 보고 기능을 해제할 때 까지 유지된다.

#### 4.2 RDMnet: E1.33

BSR E1.33(RDMnet) 표준[9]은 ACN과 유사한 형태로 IP 네트워크에서 조명기기를 제어하는 목적을 가진 프로토콜이지만, 새로운 프로토콜의 정의가 아닌 기존의 RDM을 활용한다는 측면에서 차이가 있다.

RDMnet은 조명기기의 탐색을 위해 ACN과 유사하게 SLP를 활용한다. 한편 메시지 전송을 위해 ACN에서 SDT를 정의한 것과는 달리 RDMnet은

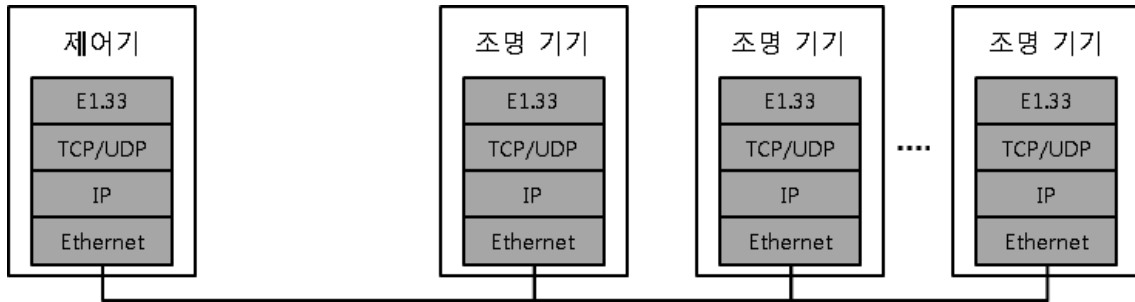


그림 9. RDMnet 네트워크 구조

기존의 인터넷 전송 프로토콜인 UDP와 TCP를 사용하고, 총 세 가지 종류의 통신 모드가 존재한다. 첫 번째는 제어기가 조명기기를 제어할 때 사용하는 Unicast UDP 연결, 두 번째는 해당 조명기기의 관리를 담당하는 제어기로 지속적인 조명기기의 상태를 전송하기 위한 TCP 연결, 마지막으로 네트워크 상에 존재하는 여러 제어기 간에 현재 보유하고 있는 조명기기 간의 상태 정보 교환을 위한 TCP 연결이다.

그림 9는 RDMnet의 네트워크 구조를 나타낸다. RDMnet은 각 조명기기의 제어를 위해 E1.33 계층에서 메시지를 생성하고, 해당 내용을 TCP 혹은 UDP를 통해 전달한다. 조명기기 제어 및 원격조명 제어 네트워크 유지를 위해 E1.33 계층에서 보내는 메시지의 종류는 총 4가지로, RDMnet, E1.33 Status, E1.33 Controller, 그리고 Change Notification이다.

RDMnet은 제어기가 조명기기의 속성값을 설정 혹은 변경하기 위한 메시지로 기존의 RDM 프로토콜에서 정의한 Start Code를 가진 메시지가 여기에 내용에서 사용된다. E1.33 Status는 E1.33 요청 메시지에 따른 조명기기의 Status code를 반환하기 위해서 사용된다.

E1.33은 IP 네트워크에 구현되어 있기 때문에, 메시지의 충돌로 인한 오류 제어가 아래의 계층에서

이루어진다. 따라서 표준 자체에서 여러 제어기가 존재할 수 있음을 가정하고 있다. 한편 여러 제어기가 존재할 수 있는 가능성으로 인해 의도치 않게 다른 제어기에 의한 조명기기의 속성값 변경 혹은 제어기 간의 변경된 속성값 동기화가 이루어질 필요성이 생기게 되었다. E1.33 Controller와 Change Notification은 위와 같은 조명기기의 변경된 속성값의 동기화를 위한 메시지이다. E1.33 Controller는 네트워크 내에 존재하는 제어기 간에 사용하는 메시지로 자신이 담당하고 있는 조명기기의 현재 속성값을 다른 제어기로 보내 서로가 가진 값의 동기화에 사용된다. Change Notification은 다른 제어기로 인해 조명기기의 속성값이 변경될 경우, 해당 조명기기를 담당하는 제어기에게 변경 사실을 알리는 목적으로 사용된다.

### 4.3 DMX802: E1.45

ANSI E1.45는 Unidirectional Transport of IEEE 802 data frames over ANSI E1.11(DMX512-A)[10-11]로 최근 각광받고 있는 가시광 통신(Visible Light Communication, VLC) 기술을 조명 제어 네트워크에 적용하기 위해 한국의 ETRI에서 제안하고 개발한 표준이다. 그림 10은 DMX802의 네트워크 구조를 나타낸다.

DMX802는 기존의 DMX512-A 망을 그대로 사

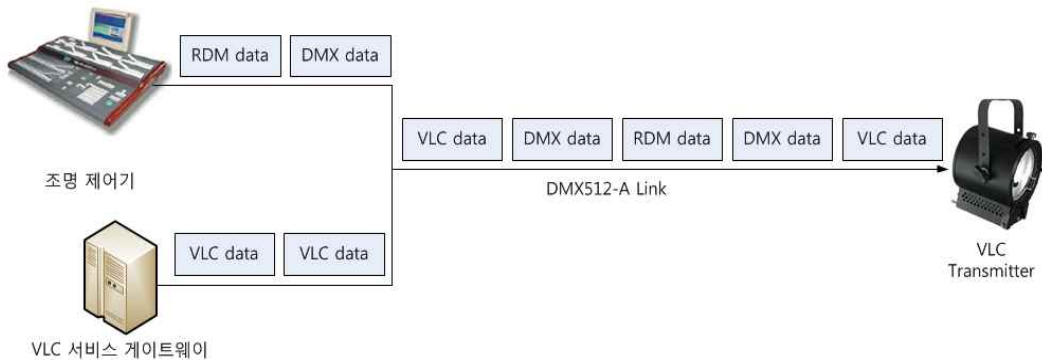


그림 10. DMX802 네트워킹 구조

Break & MAB	Alternate START Code	Version	Length	Fragmentation Information		IEEE 802 Payload	CRC	MBB
				IEEE 802 Sequence Number	Remainder			
	1 octet	1 octet	2 octets	1 octet	1 octet	1 octet ~ 505 octets	2 octets	

그림 11. E1.45 메시지 구조

용하는 기술이기 때문에, 기존의 RDM 메시지와 DMX512-A의 메시지가 함께 전달된다. 조명기기를 통해 VLC 통신을 수행할 경우, 먼저 VLC 서비스 게이트웨이는 해당 데이터를 DMX512-A 망을 통해 VLC transmitter로 전달한다. 메시지를 받은 VLC transmitter는 해당 VLC 메시지의 내용을 확인하고, IEEE 802.15.7 표준 규격에 맞게 VLC 데이터를 무선으로 전송한다. DMX802는 기존의 DMX512-A Link에서 다른 표준의 메시지들과는 차별성을 보이며 전송되어야 하고, 내부에 조명기기의 속성값이 아닌 VLC 데이터를 포함한다는 점에서 기존 기술과는 큰 차이를 보인다. 아래의 그림 11은 E1.45의 메시지 구조를 나타낸다.

DMX512-A 망을 그대로 사용하기 때문에, ANSI E1.45 표준에서도 메시지를 전송하기 전에 기존 DMX512-A의 Timing에 맞게 'BREAK' 동안 0, 'Mark After Break' 동안 1을 전송하여 메시

지의 시작을 알린다. 그 뒤 Alternate Start Code가 전송된다. Alternate Start Code는 다양한 프로토콜의 메시지가 전달될 수 있는 DMX512-A 망에서 현재 전송되는 메시지가 어떤 프로토콜에 관련된 것인지 확인할 수 있도록 한다. DMX512-A 표준에서는 이 값을 NULL 값으로 정의하고 있고, RDM 표준에서는 이 값을 0xCC로 정의하고 있다. 위의 메시지에서 사용되는 E1.45 표준을 위한 Alternate Start Code 값은 0x92이다. 이 과정이 끝나면, 현재 전송되고 있는 메시지는 IEEE 802 정보를 가진 E1.45 메시지라는 사실을 알리는 과정이 끝났기 때문에 그 뒤부터는 데이터 처리에 필요한 정보가 포함된다.

Version은 이 메시지에서 사용하고 있는 E1.45 프로토콜의 버전을 나타내는 필드로 현재 사용되는 값은 0x01이다. Length는 Start Code를 포함한 전체 메시지의 길이를 나타낸다.

IEEE 802 정보는 그 길이가 매우 길어 하나의 E1.45 메시지 내에 포함할 수 없는 경우가 발생할 수 있다. 이를 위해 Fragmentation Information은 IEEE 802 정보의 Fragment 정보를 포함한다. 먼저 IEEE 802 Sequence Number 필드를 통해 현재 전송되고 있는 메시지의 Sequence Number와 남은 Fragment의 수인 Remainder를 보낸다. 하나의 IEEE 802 정보가 나뉘어져 전송되는 경우, 두 메시지는 동일한 IEEE 802 Sequence Number를 가지지만 서로 다른 Remainder를 통해 어떤 메시지가 앞의 메시지이며 앞으로 몇 개의 메시지가 남았는지를 알려준다.

IEEE 802 Payload는 전송하려는 IEEE 802 정보를 포함하고, CRC는 메시지의 오류 검증에 활용되는 값이다. 하나의 E1.45 메시지가 전달되고 나면, 그 뒤에 'Mark Before Break' 동안 1을 전송하여 메시지 전달이 완료됨을 알린다.

## 5. 결 론

지금까지 본 고에서는 PLASA 표준의 근간이 되는 DMX512-A 기술과 RDM 프로토콜 기술에 대해 살펴보고, 최근의 조명기기 및 기술 발달에 따른 표준 개발 동향을 파악하기 위해 ACN, RDMnet, E1.45에 대해 살펴보았다.

DMX512-A는 가장 초기에 개발된 표준으로 조명기기의 탐색 기능이 없고, 간단한 설정 변경에 활용되었다. RDM은 DMX512-A에 연결된 조명기기의 효과적인 제어를 위해 개발된 표준으로 조명기기의 탐색, 감시, 그리고 관리의 기능을 제공한다.

ACN은 DMX512-A에 국한되어 있는 환경을 확장하기 위해 IP 네트워크에서 원격조명제어를 하기 위한 목적으로 개발된 표준이고, RDMnet은 ACN을 활용하여 IP 네트워크에서 조명기기를 RDM을 통해 제어하기 위한 목적에서 개발된 표준이다. 마지막으

로 E1.45는 IEEE 802.15.7 표준의 메시지인 가시광 통신 데이터를 DMX512-A 망을 통해 전송하기 위해 개발된 표준이다.

최근 전 세계적으로 조명산업의 활성화와 함께 네트워크에서 조명 장치를 관리하기 위한 조명 네트워킹의 필요성이 증가하고 있다. 특히 엔터테인먼트 등의 타 산업과 연계하여 조명 네트워킹 기술의 효율적인 사용이 요구되고 있는 상황이다. 이에 수많은 조명 장치를 효과적으로 관리하고, 실생활에서 편리하게 활용할 수 있는 기술 개발이 요구되며, 향후 국내에서도 이에 대한 연구개발 및 표준화에 적극적인 관심을 기울일 필요가 있다.

## 참고문헌

- [1] 유영수, 문철훈, "임베디드 리눅스를 이용한 원격 조명 네트워크 시스템 구현," 대한전자공학회 추계학술대회, 2007.
- [2] 김유진, 김인수, 박성희, 강태규, 한동원, "DMX over IP의 LED 조명 제어 네트워크 분석," 한국정보처리학회 추계학술 발표대회, 2009.
- [3] Professional Lighting And Sound Association (PLASA), <http://tsp.plasa.org/>.
- [4] American National Standard Institute(ANSI), Asynchronous Serial Digital Data Transmission Standard for Controlling Lighting Equipment and Accessories, American National Standard E1.11, 2008.
- [5] American National Standard Institute(ANSI), Remote Device Management Over DMX512 Networks, American National Standard E1.20, 2006.
- [6] 이상현, 최상일, 고석주, 김인수, 임상규, 강태규, "조명 제어 네트워크에서 디바이스 관리를 위한 표준 프로토콜 기술 동향," 조명전기설비학회지, 제27권, 제2호, pp. 56 ~65, 2013.
- [7] American National Standard Institute(ANSI), Architecture for Control Networks, American National Standard E1.17, 2006.
- [8] E. Guttman, et al, Service Location Protocol, Version 2, IETF RFC 2608, June, 1999.
- [9] Board of Standards Review(BSR), Message Transport and Device Management of ANSI E1.20 (RDM) over IP Networks, Draft BSR E1.33, 2014.
- [10] American National Standard Institute(ANSI), Unidirectional Transport of IEEE 802 data frames over ANSI E1.11 (DMX512-A), American National Standard E1.45, 2013.
- [11] Sang-Kyu Lim, Karl G. Ruling, Insu Kim, Il Soon Jang, "Entertainment Lighting Control Network Standardization to Support VLC Services," IEEE Communications Magazine, Vol. 51, No. 12, pp.42-48, 2013.

**감사의 글**

본 연구는 미래창조과학부의 지원을 받는 정보통신 표준화 및 인증지원사업의 연구결과로 수행되었음.

◇ 저 자 소 개 ◇



**최상일(崔相一)**

1987년 9월 1일생. 2010년 경북대학교 컴퓨터학부 졸업. 2012년 경북대학교 컴퓨터학부 졸업(석사). 2012년~현재 경북대학교 컴퓨터학부 박사과정.

관심분야 : 컴퓨터통신, LED 조명 제어 네트워크



**고석주(高碩住)**

1969년 9월 11일생. 1992년 KAIST 졸업. 1994년 KAIST 졸업(석사). 1998년 KAIST 졸업(박사). 1998~2004년 ETRI 표준연구센터 선임연구원.

2004년~현재 경북대학교 컴퓨터학부 교수.

관심분야 : 미래인터넷, LED 조명 제어, 멀티캐스트



**김현중(金炫鐘)**

1978년 5월 11일생. 2006년 2월 충북대학교 졸업. 2013년 2월 충북대학교 졸업(박사). 2006~2010년 ETRI 위촉연구원. 2011년 9월~현재 ETRI LED

통신연구실 연구원. 2014년 3월~현재 PLASA 조명 제어 네트워크 국제 표준 활동.

관심분야 : 조명 제어 네트워크 및 프로토콜, 쌍방향 IT 조명, LED 가시광 무선통신



**임상규(林相圭)**

1969년 9월 18일생. 1995년 2월 서강대학교 졸업. 1997년 2월 서강대학교 대학원 졸업(석사). 2001년 8월 서강대학교 대학원 졸업(박사). 2001년 7월~현재 한국전자통신연구원 책임연구원. 2008년~현재 IEEE 802.15.7 가시광 무선통신 국제표준 개발, PLASA ANSI E1.45 국제표준 개발, PLASA TSP CPWG 멤버.

관심분야 : LED 가시광 무선통신, 조명 제어 네트워크, LED 감성 조명, 초고속 광통신



**강태규(姜泰奎)**

1961년 3월 29일생. 1996년 전자계산 조직응용 정보처리기술사. 2002년 경기대학교 졸업(박사). 1989년 2월~현재 한국전자통신연구원 LED통신연구팀 팀장. 2007년 5월~현재 TTA 가시광 통신 서비스 실무반 의장. 2009년 3월~9월 IEEE 802.15.7 VLC Subcommittee 의장. 2012년 2월~현재 기술표준원 조명전문위원회(IEC TC34) 위원.

관심분야 : LED 가시광 무선통신, 조명 제어 네트워크, LED 감성 조명, VLC-LED 드라이빙, 쌍방향 IT 조명 네트워킹 등