

# 전기에너지 절감을 위한 조명제어 유선통신 DALI 기술동향 분석

김대호 · 강현주 · 임상규 · 강태규 <한국전자통신연구원>

1876년 에디슨이 백열등을 발명하고 1887년 경 북궁내 고종과 왕비의 침전(寢殿)이었던 건청궁에 750개의 16축광 백열등이 설치된 이후 한국의 조명 산업은 어둠을 밝히는 데에만 집중하여 왔다[8]. 하지만 석유 자원의 고갈에 따른 전기 에너지 절감 노력에 조명도 비켜갈 수는 없었고 LED 조명의 등장과 함께 조명 산업에는 큰 변화를 요구하고 있다. 본 논문에서는 전기 에너지 절감을 위해 조명 제어 기술인 DALI 기술에 대하여 소개하고자 한다.

## 1. 조명 제어 통신 기술

1890년대부터 조명의 밝기 조절을 위한 디머(dimmer)가 사용되기 시작했지만 1960년대에 SCR(Silicon-controlled rectifier)을 이용한 저전압의 아날로그 디머가 개발되면서 조명의 밝기를 조절하는 본격적인 조명 제어 시대가 시작되었다[1].

### 1.1 아날로그 조명 제어

초기의 아날로그 디머는 0-15V DC, 0-28V DC, 0-24V AC 등 제조사별로 다양하게 생산되었다.

1970년대가 들어서면서 디머 표준화에 대한 노력이 시작되었고 이 시기에 탄생한 디밍(dimming) 방식이 0-10V DC 방식이다[1]. 다수의 업체가 0-10V 방식을 지지하면서 현재까지도 아날로그 디밍 방식의 산업 표준으로 인식되고 있다. 0-10V 방식은 0V일 때 0% 출력으로 꺼진 상태, 10V일 때 100% 출력으로 완전히 켜진 상태로 제어된다. 0-10V 방식은 완전히 꺼지면 다시 켜기 어려운 형광등에서는 1-10V로 변형되기도 했다. 밝기 조절은 1V 최소 밝기(꺼진 상태는 아님)에서부터 10V 최대 밝기까지 제어가 되고 0V는 꺼진 상태가 되는 방식이다.

0-10V 디밍 방식은 아직도 사용되고 있는 단순하면서 저렴한 방식이지만 한 가지 단점이 있다. 제어해야 할 조명이 늘어날수록 많은 디머와 배선이 필요하기 때문이다. 이러한 단점을 극복하기 위해 마이크로 프로세서와 다중화(Multiplex) 기술을 조명 제어에 적용하기 시작했다. 이렇게 등장한 기술이 아날로그 다중화 기술로 192개까지 제어가 가능한 AMX192(Analog MultipleXing)와 최초의 디지털 제어 방식인 K96이었다. 또한 미국에서 개발된 AMX192와 동시에 영국에서는 무대 조명 제어를 위해 아날로그 방식의 D54가 개발되고 각 나라에서 중심 기술이 되었다.

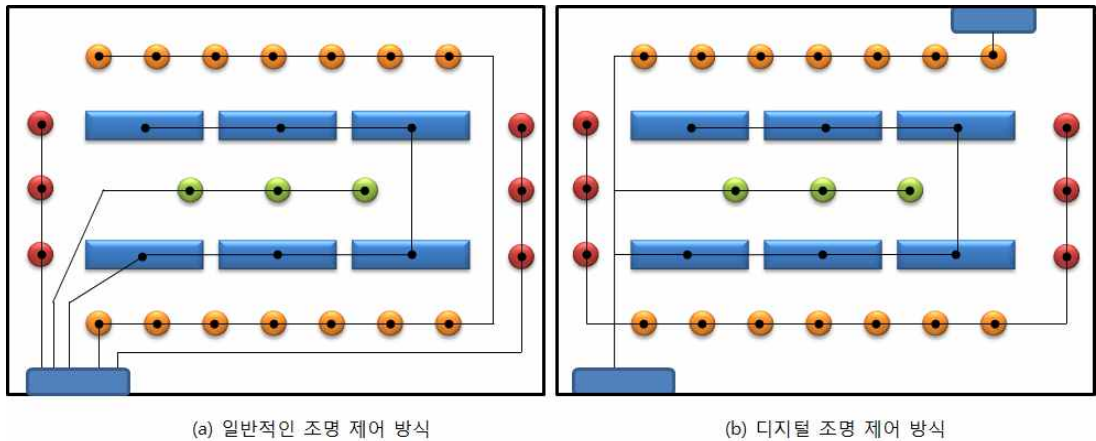


그림 1. 조명 제어 방식

## 1.2 디지털 조명제어

0-10V 제어 방식으로 단일화 되던 조명 제어 방식은 다중화 기술이 보급되면서 또다시 제조사별로 다양해지기 시작했다. 하지만 수요자들은 다양한 선택의 폭과 높은 가치 실현을 위하여 상호 운용성이 보장되는 표준화된 제품을 원했다. 이 결과로 등장한 표준이 DMX512 (Digital Multiplex with 512 pieces of information) 표준이다. DMX512 기술의 최초 규격은 1986년 미국의 공연 기술 학회인 USITT(United States Institute for Theatre Technology)에 의해 제정되었으며, 2004년에 ESTA (Entertainment Services and Technology Association)에서 ANSI(American National Standards Institute) 표준으로 개정되었다. 이 개정본이 흔히 DMX512로 통칭되는 DMX512-A 버전이며, 2008년과 2013년에 각각 개정 및 재 공인되었다. 한편, 2011년 초반에 북미의 ESTA와 영국의 PLASA (Professional Lighting and Sound Association)가 합병한 이후, ESTA의 기술 표준화 프로그램 (TSP: Technical Standards Program)은 PLASA의 기술 표준화 프로그램으로 변경되었다. 따라서 합병 이전에 제정된 표준들을 포함한 이미 제정된

표준 문서들의 유지 보수와 새로운 표준 제정은 현재 PLASA에서 담당하고 있다.

DMX512가 미국을 중심으로 조명의 색상과 동작 등의 제어가 필요한 엔터테인먼트 조명 제어에 주로 사용되었다면 유럽에서는 빌딩에 설치된 조명 제어를 위하여 DALI가 주로 사용되었다. 빌딩 조명 제어에 주로 사용되었던 아날로그 방식의 0-10V 조명 제어 방식의 단점을 극복하기 위해 1991년에 8비트 맨체스터 코드(Manchester code)를 기반으로 하는 DSI(Digital Serial Interface) 프로토콜 기술이 소개 되었고, 이후 DSI 규격은 DALI 표준의 기초가 되었다. DALI 표준은 형광등 안정기 표준인 IEC 60929 “AC and/or DC-supplied electronic control gear for tubular fluorescent lamps - Performance requirements” 표준에서 디지털 조명 제어를 위하여 부록(Annex E)으로 설명되기 시작하였으며 2009년에 IEC 62386으로 정식 표준이 되었다. IEC 62386 DALI Edition1.0 표준은 한국어로 번역되어 KS 표준으로도 제정되어 있다. 현재 DALI 표준은 다양한 사용자 입력 방식을 수용하기 위하여 IEC 62386 DALI Edition 2.0을 준비 중에 있다.

### 1.3 조명 제어를 위한 통신 기술

지금까지 조명 제어의 역사는 아날로그 디밍에서 시작하여 디지털 다중화에 이르기까지 조명 제어만을 위한 통신 방식 개발이 주류였다면 현재 조명 제어 분야에서는 상대적으로 고도로 발달된 유무선 통신 기술의 도입이 시도되고 있다. 유선통신에서 가장 대중화되어 있는 Ethernet 기술과 전력과 통신이 동시에 가능하여 별도의 조명 제어를 위한 통신 케이블이 필요 없는 전력선 통신(PLC : Power Line Communication) 기술이 대안으로 제시되고 있다. 유선통신 기술을 이용하여 조명 네트워크를 구성할 경우에는 고속 통신이 가능하고 거리나 장애물에 대한 제약이 적은 장점이 있지만 별도의 통신 선로를 설치해야 한다는 단점이 있다.

유선통신의 단점을 극복하기 위해 무선통신 기술을 사용한 제품들도 나오고 있다. 적용되는 무선통신 기술로는 인터넷의 보급으로 Ethernet과 함께 가장 대중화된 무선통신 기술인 WiFi, 조명 제어를 위한 전용 프로토콜(ZLL : ZigBee Light Link)을 제공하는 ZigBee, 무선 리모컨의 적외선 통신(IrDA : Infrared Data Association)등이 새로운 조명 제어를 위한 통신 방식으로 소개되고 있다. 최근에는 저전력의 블루투스 4.0기술을 기반으로 스마트폰을 이용하여 조명을 제어하는 기술이 소개되기도 하였다. 무선통신 기술을 이용하면 별도의 유선 네트워크 구성이 필요 없어 기 설치된 조명에 적용하기 용이하다는 장점이 있지만 조명 제어를 위한 통신 거리의 한계, 장애물에 대한 제약, 연결 가능한 무선 노드의 수 제한 등이 단점으로 지적되고 있다.

## 2. DALI 기술 소개

### 2.1 IEC 62386 DALI Ed1.0 기술

IEC 62386 Digital Addressable Lighting

Interface 국제 표준은 일반 요구사항을 담고 있는 Part 101, 102 문서와 개별 컨트롤 기어(Control gear)들에 대한 특별 요구사항을 담고 있는 Part 201~209 문서로 나눌 수 있다.

일반 요구사항을 담고 있는 Part 101 문서는 DALI 표준의 전반적인 시스템 및 전기적 신호 규격을 다루고 있으며, Part 102 문서는 프로토콜 규격, 신호 타이밍, 동작 방식, 제어를 위한 각종 명령어 등을 다루고 있다. 특히 Part 102 문서에는 DALI 인증에 사용되는 DALI 프로토콜에 대한 시험 절차를 설명하고 있다. IEC 62386 DALI Ed1의 각 파트별 문서는 다음 표와 같다[2-3].

표 1. IEC 62386 DALI Ed1.0 표준 문서 리스트

Part No.	Title	Date
General requirements -		
101	System	2009.06
102	Control gear	2009.06
Particular requirements for control gear -		
201	Fluorescent Lamps (device type 0)	2009.06
202	Self-contained emergency lighting (device type 1)	2009.06
203	Discharge lamps (excluding fluorescent lamps) (device type 2)	2009.06
204	Low voltage halogen lamps (device type 3)	2009.06
205	Supply voltage controller for incandescent lamps (device type 4)	2009.06
206	Conversion from digital signal into d. c. voltage (device type 5)	2009.06
207	LED modules (device type 6)	2009.08
208	Switching function (device type 7)	2009.06
209	Colour control (device type 8)	2011.06
210	Sequencer (device type 9)	2011.04

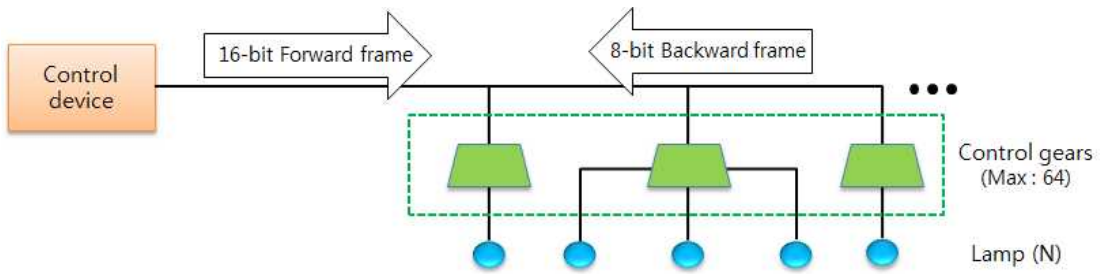


그림 2. IEC 62386 DALI Ed1 시스템 구성

### 2.1.1 Control device와 control gear

DALI 시스템에는 control device와 control gear라는 두 가지의 장치가 있다. Control device는 control gear를 제어하기 위해 명령어를 보내는 장치이고 control gear는 control device가 전송한 명령어를 수신하여 이에 따라 램프를 직접 제어하는 역할을 수행한다. Control gear는 공급되는 전원과 하나 또는 다수의 램프 사이에 위치하여 램프에 공급되는 공급 전압, 전류 제한, 시동 전압 및 예열 전류 등을 제어한다. 하나의 DALI 시스템에서

control device는 하나만 존재하고 control gear는 최대 64개가 연결 가능하다. 앞선 정의에서 보았듯이 control gear 하나가 램프 하나와만 연결되는 것이 아니므로 램프의 개수가 64개로 제한되는 것은 아니다.

### 2.1.2 DALI interface

Control device와 control gear는 인터페이스에 연결되는데 2개의 와이어로 구성되어 DALI 고유의 전기적 특성을 가진다. DALI 인터페이스는 허용되

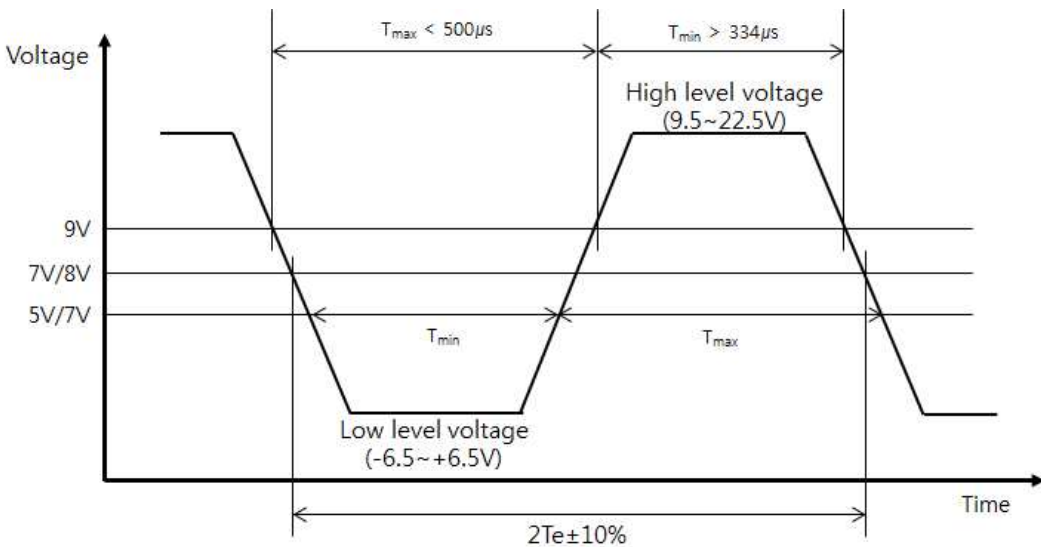


그림 3. DALI 인터페이스의 전기적 신호 - Bi-phase coded "1"

는 높은 수준과 낮은 수준의 전압 범위를 정의하는데 높은 수준은 9.5V에서 22.5V 사이, 낮은 수준은 -6.5V에서 +6.5V사이로 정의된다. 일반적으로는 높은 수준은 16V, 낮은 수준은 0V이고 8V에서 임계 전압이 형성된다. 이러한 두 수준으로 디지털 데이터를 구분하게 되는데 낮은 수준에서 높은 수준으로, 즉 0V에서 16V로 전압이 천이되면 “1”, 높은 수준(16V)에서 낮은 수준(0V)로 천이되면 “0”이 된다 (Bi-phase code). 이런 전압의 천이는 정해진 시간 내에서 이루어져야 하는데 DALI 시스템은 데이터 속도가 1200bps로 정의되어 832 $\mu$ s 내에서 천이가 이루어져야 한다. DALI 표준(Part 102)에서는 이 시간의 반인 416.67 $\mu$ s를 단위시간  $T_e$ 로 정의하고 있다.  $T_e$ 는 DALI 신호를 정의하는 기본 단위로 16비트로 구성된 포워드 프레임(Forward frame)은 시작비트(1비트, Start bit)와 정지비트(2비트, Stop bit)를 포함하여  $19*2T_e$ 로, 8비트로 구성된 백워드 프레임(Backward frame)은  $11*2T_e$ 로 구성되며, 포워드 프레임 사이에는  $22T_e$ 이상, 포워드 프레임과 백워드 프레임 사이에는  $7*2T_e$  간격을 유지하여야 한다.

### 2.1.3 Master-Slave 구조

DALI 시스템에서 DALI 인터페이스는 2선을 control device와 다수의 control gear가 공유하는 Bus 형태로 구성되기 때문에 무분별한 프레임 전송에 따른 프레임 충돌로 인한 데이터의 손실을 방지하기 위해 논리적으로 마스터(Master)-슬레이브(Slave) 구조를 가진다. 마스터는 인터페이스에 전송되는 데이터를 제어하는 역할로 명령어를 전달하는 포워드 프레임을 생성하는 역할을 수행하고, 슬레이브는 마스터에서 생성된 명령어를 수신하여 반응하는 역할을 수행한다. 슬레이브의 반응에는 램프의 점등이나 밝기 조절과 같은 동작과 포워드 프레임에 대한 응답인 백워드 프레임을 전송하는 동작들이 있

다. 또한 마스터 역할은 control device가 담당하고 슬레이브 역할은 control gear가 수행한다. 요약하자면 control device는 마스터로써 포워드 프레임을 생성하고 control gear는 슬레이브로써 포워드 프레임을 통해 전달된 명령어를 수행하거나 백워드 프레임을 생성하는 것이다.

### 2.1.4 Forward frame 구조

포워드 프레임은 1비트의 시작비트, 8비트의 주소 바이트, 8비트의 데이터 바이트 그리고 2비트의 정지비트로 구성되어 있다. 시작비트는 항상 “1”이며 정지비트는 항상  $4T_e$  시간동안 높은 수준을 유지한다.

8비트의 주소 바이트(구조 : YAAA AAAS)는 개별주소(Short address)와 그룹주소(Group address)를 구분하는 1비트의 Y비트, 주소를 나타내는 6비트의 A비트, 포워드 프레임의 하위 8비트 데이터의 종류를 구분하는 S비트로 구분된다. Y비트가 “0”이면 개별주소, “1”이면 그룹주소, 방송주소(Broadcast) 또는 특별 명령어(Special command)이다. S비트가 “0”이면 데이터 바이트에 램프의 출력을 직접 제어하는 데이터를 포함하고 있고 “1”이면 명령어가 포함되어 있다.

주소 바이트에서 Y비트가 “0”일 때 개별주소는 6비트의 A비트이므로 표현 가능한 주소 개수는 64개가 된다. Y비트가 “1”일 때는 A비트는 그룹주소, 방송주소 또는 특별 명령어가 되는데 A비트가 “000 000”에서 “001 111”까지는 그룹주소(16개), “111 111”은 방송주소가 되고 마지막 S비트는 데이터 바이트의 종류에 따라 결정된다. 위 A비트에 빠진 “010 000”에서 “111 110”까지는 특별 명령어가 되는데 이때 S비트는 “0”과 “1”에 상관없이 모두 특별 명령어가 된다. 즉, “1010 0000”에서 “1111 1101”까지는 모두 데이터 바이트와 함께 16비트의 특별 명령어가 된다.



예를 들어 1번 control gear에 램프 출력 레벨 255를 명령한다면 개별주소 제어이므로 Y비트는 “0”이 되고 개별주소가 1번이므로 A비트는 “000 001”, 데이터 바이트가 램프 출력 레벨이므로 S비트는 “0”, 출력 레벨이 255이므로 데이터 바이트는 “1111 1111”이 되어 포워드 프레임은 “0000 0010 1111 1111”이 된다.

10번 그룹에 “OFF” 명령을 한다면 Y=1, A=“001 010”, S=1, OFF command=“0000 0000”이므로 “1001 0101 0000 0000”이 된다.

### 2.1.5 Backward frame 구조

포워드 프레임 중에서 질문 명령어(Query command)나 메모리 기록 명령어(Write memory command)를 control gear가 수신하면 그에 대응하는 백워드 프레임을 전송하여야 한다. 백워드 프레임은 1비트의 시작비트, 8비트의 데이터 바이트 그리고 2비트의 정지비트로 구성되어 있다. 백워드 프레임은 포워드 프레임의 응답 프레임으로 응답이 Yes 일 때는 데이터 바이트가 “1111 1111”로 하여 응답하고, No일 경우에는 응답을 하지 않는다. Yes 또는 No와 같은 응답이 아닌 경우에는 8비트 정보를 데이터 바이트에 넣어 응답한다.

예를 들어 명령어 146(YAAA AAA1 1001 0010) QUERY LAMP FAILURE는 해당 주소의 램프 동작에 문제가 있는지 질문하는 명령어로 Yes 응답 또는 무응답하게 된다. 명령어 153(YAAA AAA1 1001 1001) QUERY DEVICE TYPE은 control gear에 연결된 램프의 종류를 묻는 질문으로 해당하는 종류를 8비트 수로 응답하면 되고 만약 하나 이상의 종류가 연결되어 있다면 255로 응답하게 된다.

DALI의 프레임이 포워드 프레임이 16비트, 백워드 프레임이 8비트로 제한되다보니 하나의 프레임으로 제어를 완성할 수 없는 경우도 있다. 이러한 경우

에는 여러 포워드 프레임의 조합으로 하나의 제어를 완성하기도 한다. 예를 들어, 자동 주소 할당을 위해서 control gear는 3바이트의 랜덤 주소(Random address)를 생성하게 되는데 이 랜덤 주소를 control device에서 확인하기 위해서는 백워드 프레임이 1바이트밖에 응답하지 못하므로 3번의 포워드 프레임을 전송하여 8비트씩 나누어 확인하여야 한다.

IEC 62386 DALI 표준 문서는 제어 절차에 대한 설명이 부족한 면이 있다. 예를 들어 동일한 명령어를 두 번 연속으로 전송해야 한다거나 어떤 명령어를 전송하기 위해서는 먼저 다른 명령어를 전송해야 하는 경우가 있는데 이러한 절차에 대한 설명을 시험 절차로 대신하고 있다. DALI 개발과 인증을 위해서는 명령어의 종류와 기능 및 시험 절차에 대한 숙지가 필요하다.

## 2.2 IEC 62386 DALI Ed2.0

### 2.2.1 DALI Ed1.0과 Ed2.0의 차이점

DALI Edition2(Ed2)는 2013년 1월부터 시작하여 2014년 5월 현재 출판 바로 전단계인 FDIS(Final Draft International Standard) 단계에 있다. DALI Ed2는 멀티 마스터를 지원하는 것이 가장 큰 특징이다. DALI Bus에 두 개 이상의 마스터가 존재하고 마스터들 사이의 프레임 송신 규칙이 없기 때문에 프레임의 충돌 가능성이 있다. 이러한 충돌 가능성에 대한 대책으로 혼잡 회피(congestion avoidance), 혼잡 감지(congestion detection), 혼잡 복구(congestion recovery) 기능을 추가하였다. 또한 DALI Ed2에서는 조명 제어를 위한 장치로 사용될 수 있는 스위치, 디머, 센서 등과 같은 입력 장치(input device) 개념을 도입하면서 Ed1의 control device와 같이 control gear를 제어하는 역할과 입력 장치와 control gear를 연결하는 매개체 역할을 수행

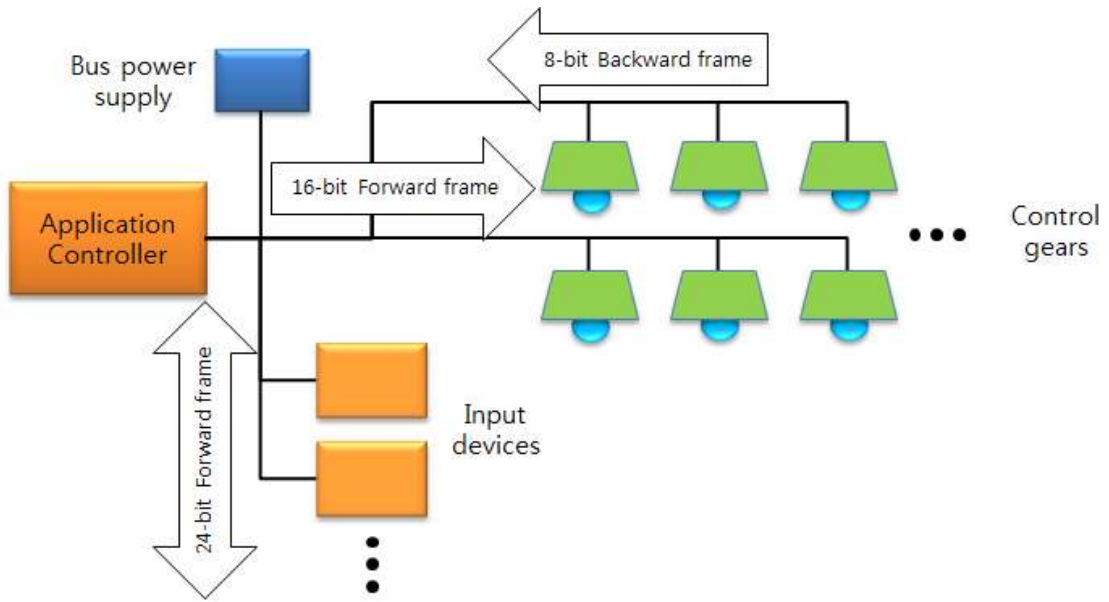


그림 4. IEC 62386 DALI Ed2 시스템 구성

하는 응용 제어기(application controller) 개념을 함께 도입 하였다. Ed2에서는 응용 제어기와 입력 장치를 합쳐 control device라 한다. 또한 DALI를 이용하여 장거리 또는 다수의 조명을 제어하기 위해서는 별도의 전원 공급 장치를 사용하게 되는데 DALI Ed1에서는 별도로 정의하지 않았던 전원 공급 장치(Bus power supply)를 추가하고 전원 공급 능력에 대한 요구사항을 정의하고 있다[4-6].

응용 제어기와 입력 장치들과의 통신을 위하여 Ed2에서는 24비트 길이의 포워드 프레임에 추가하여 기존의 16비트 포워드 프레임과 추가된 24비트 포워드 프레임으로 구분하였으며, control gear는 24비트 포워드 프레임을 무시함으로써 입력 장치와 control gear간은 직접적으로 정보를 주고받을 수 없도록 제한했다. Ed2는 기존 fade time/rate에 extended fade time(base/multiplier)를 정의하고 있다. 또한 앞서 Ed1에서 설명한 인터페이스의 Timing 규격에서는  $T_c$  개념과 10% 오차 허용 범위를 두었다면, Ed2에서는 Receiver timing과

Transmitter timing, Gray areas를 이용하여, 최소/최대 타이밍 값을 정의해 두었다.

## 2.2.2 표준 문서 구성 변경

멀티 마스터와 입력 장치 개념을 도입함에 따라 표준 문서의 구성도 변경되었다. 일반 요구사항을 정의한 기존의 “Part 101 : System components”, “Part 102 : control gear” 요구사항 문서가 Edition 2.0으로 수정되었고, “Part 103 : control device” 요구사항 문서가 추가 되었다. “Part 103 : Control device” 요구사항 문서에는 단일 응용 제어기, 복수 응용 제어기 및 입력 장치에 대한 정의와 응용 제어기와 입력 장치간의 통신을 위한 24비트 포워드 프레임과 추가된 명령어들에 대한 설명을 담고 있다.

입력 장치들을 위한 문서들도 추가 예정인데 300번대 Part 번호를 할당하게 되었다. 현재 진행 중인 문서로는 “Part 301 : Push buttons and

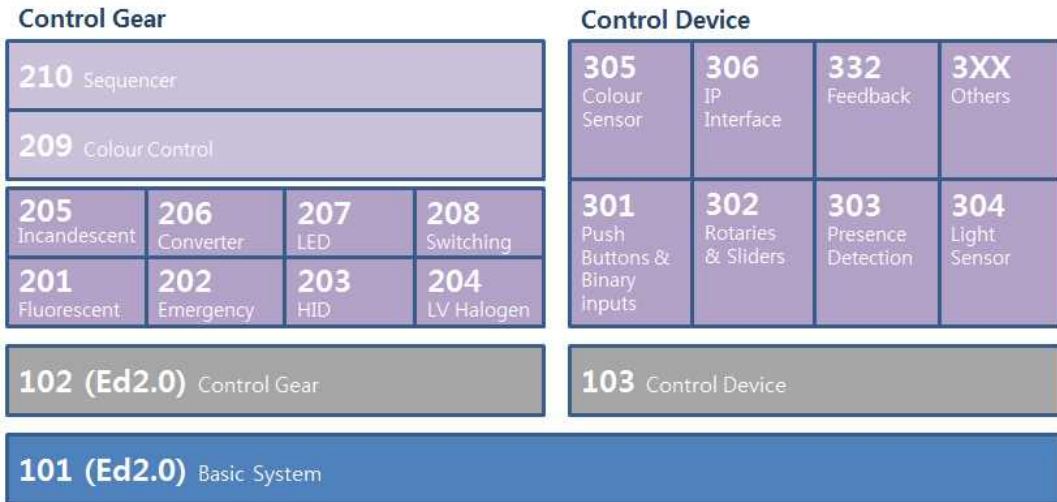


그림 5. DALI Standard Framework[9]

binary inputs”, “Part 332 : Feedback” 문서가 있으며 기고서로 제안되고 있는 문서로는 “Part 303 : Presence detection”, “Part 304 : Light sensor”, “Part 306 : IP interface” 등으로 한국(한국전자통신연구원)이 주도하고 있다.

### 2.2.3 지능형 조명제어 시스템으로의 진화

DALI Ed2.0으로의 변화에는 사용자 요구사항이 많이 반영되었다. 기존의 DALI 시스템은 제어기와 조명이 표준화되어 제조사와 무관하게 제어기와 조명을 선택하여 설치하기까지는 쉽게 가능했다. 하지만 제어기 이외에 스위치나 재질 센서와 같은 센서들을 함께 설치하려면 특정 제조사의 DALI 시스템 구성을 따를 수밖에 없었다. 즉 DALI 시스템을 이용하여 좀 더 지능화된 조명 제어 시스템을 구축하기 위해서는 특정 제조사의 제품군을 함께 이용하여야 했다.

이러한 기존 DALI 시스템의 한계점을 극복하기 위하여 DALI Ed2.0에서는 조명 제어를 담당하는 마스터 기능의 control device 수를 늘려 사용자가 어디서든 조명을 제어할 수 있도록 멀티 마스터 기능

을 추가하였고, 제조사별로 다양한 방식으로 제공되었던 각종 입력 장치들을 DALI 시스템의 일부로 받아들여 표준화된 입력 장치를 사용할 수 있게 되었다. 겉으로 들어나 디자인적인 요소로써 사용자의 선택을 이끌었던 스위치, 센서 등이 입력 장치로 표준화되면서 사용자들은 제조사에 무관하게 원하는 스타일의 스위치와 센서들을 선택할 수 있게 될 것으로 보인다. 또한 IP 인터페이스를 제공함으로써 스마트폰, PC등을 사용하여 인터넷을 통한 조명 제어 및 관리가 가능해 질 것으로 보인다.

## 3. 조명제어 기술 변화 전망

### 3.1 조명의 진화

LED조명의 개발은 조명 기술의 패러다임을 바꾸기 시작했다. 단순히 전원을 광원에 연결하면 빛을 내던 조명에서 밝기, 색상, 색온도 등 빛을 자유자재로 제어할 수 있게 된 것이다. LED 조명은 형광등, 백열등, 메탈등과 달리 디지털 제어가 용이해졌고 또한 필요해졌다. 디지털 제어 기술의 적용으로 DALI Ed2



와 같은 디지털 조명 제어 기술의 발전을 이끌어 냈고 또다시 조명의 발전에도 영향을 주고 있다. 이러한 선순환 관계의 최신 경향에는 시스템 조명(ISL : Intelligent System Lighting)이라는 새로운 영역을 만들고 있다.

ISL은 전기를 받아서 불을 끄고 켜는 단순 조명에서 주변과 상황을 인지하여 프로세싱을 거쳐 조명 자체뿐만 아니라 주변 조명, 장치들, 서버등과 통신할 수 있는 조명을 의미한다. 조명 시스템이 조명 제어 서버, 통신 장비, 조명, 사용자 제어 장치로 구성된 것을 의미한다면, 시스템 조명은 하나의 조명이 조명 기능, 센싱 기능, 통신 기능 등을 수용하여 하나의 시스템처럼 구성된 것을 의미한다.

한국의 주도하에 2년여간 시스템 조명의 필요성과 요구사항을 꾸준히 IEC TC34 전체회의에서 발표하여 2013년 4월 9일 서울회의에서 IEC TC34 ISL Adhoc WG(Working Group)을 IEC TC34 COMEX 워킹 그룹 아래에 신설하였다. ISL WG은

현재 LED 조명에 부가 기능을 추가하여 지능화된 조명을 구축하는데 있어 발생할 수 있는 요구사항을 표준화하고 관련 구성 요소의 기능을 정의하는 것을 목표로 하고 있다.

ISL 표준이 완료되면 조명에 프로세싱 기능과 통신, 센싱 기능을 더하면서 사용자의 편의뿐만 아니라 에너지 절약으로 확대될 수 있으며, 해당 내용에 대한 표준화는 세계적으로 필요한 사항이 될 것이다. 또한 조명 네트워크와 조명 부품에 대한 표준화는 후발 중소기업의 경쟁력을 높이고 대기업과 중소기업의 상호 협력을 통한 선순환 생태계를 구축하여 고부가 가치 조명 산업 육성이 가능하다. 특히 유선통신 기능에서는 IEC 표준인 DALI 표준을 대표 기능으로 제안하고 있어 DALI 시스템 개발에 관심이 있는 제조사라면 ISL에도 함께 관심을 가질 필요가 있다.

현재 ISL WG은 2014년 1월부터 매년 2회 회의를 개최하고 E-mail을 통한 의견 교환을 진행하고 있다. 또한 ISL을 기반으로 조명 제어에 대한 표준화

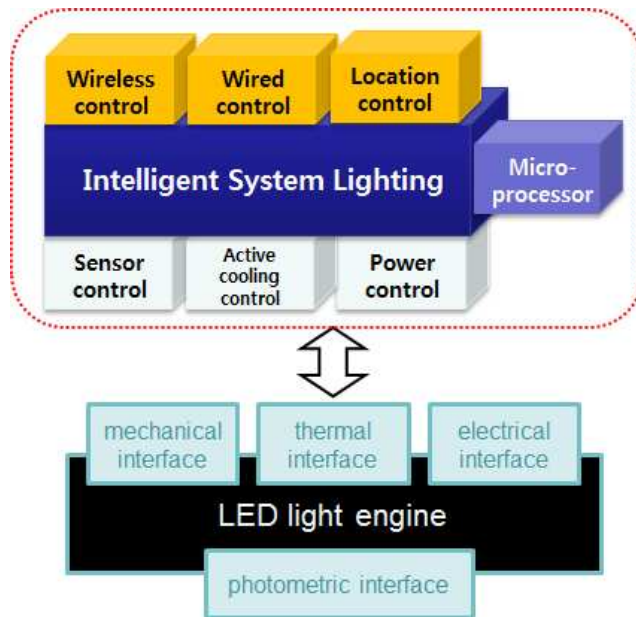


그림 6. Intelligent System Lighting의 기본 개념[10]

필요성을 많은 국가에서 인식하고 있어 IEC TC34의 의장단으로 구성된 AG2(Adversary Group 2)를 결성하여 2주에 한 번씩 국가 대표자가 전화 회의를 진행하고 있다.

### 3.2 Li-Fi와의 만남

조명 제어 기술에는 또 하나의 도전 과제가 남아 있다. 바로 Li-Fi(Light Fidelity) 기술과의 연계이다. Li-Fi 기술은 눈에 보이는 가시광 대역의 빛을 이용해 무선통신이 가능한 가시광 무선통신(VLC, Visible Light Communication) 기술을 바탕으로 하고 있으며 현재 일상생활에서 많이 사용하고 있는 Wi-Fi(Wireless Fidelity) 기술과의 차별성을 부각시키기 위해 2011년 영국의 에딘버러대학 해럴드 하스 교수에 의해 소개된 기술이다. LED 조명을 이용하여 인터넷 연결을 위한 무선통신 기능을 제공하기 위해서는 Li-Fi 기술이 적용된 LED 조명이 인터넷에 연결되어 있어야 한다는 것을 의미한다. 이를 위해서는 조명에 전원만 연결되는 것이 아니라 DALI나 DMX512와 같은 조명에 연결되는 통신 네트워크가 필요하며, 또한 DALI나 DMX512처럼 조명 제어 데이터만 전달할 수 있는 것이 아니라 인터넷 데이터도 전달이 가능하여야 함을 의미한다.

이러한 노력이 엔터테인먼트 분야의 조명제어 네트워크 국제표준을 제정하는 PLASA에서 최초로 진행 중이다. PLASA에서는 LED 조명을 이용하여 가시광 무선통신으로 송출할 데이터를 DMX512-A 조명 네트워크에 실어 브로드캐스트 전송하기 위한 규격으로 “ANSI E1.45 - 2013 Unidirectional Transport of IEEE 802 data frames over ANSI E1.11 (DMX512-a)” 표준을 2013년 8월에 제정하였다 [7]. 또한 E1.45 표준을 지원하는 조명을 한국전자통신연구원에서는 이미 개발하여 시연한 바 있다.

한편, E1.45를 지원하는 DMX512 조명은 가시광 무선통신이 가능한 조명이지만, DMX512 기술의 단방향 특성으로 인하여 VLC 데이터를 제공하는 제어 서버는 DMX512 네트워크에 연결된 조명기기들까지 단방향으로 VLC 데이터를 브로드캐스트 전송할 뿐이다. 이렇듯 기존의 DALI와 DMX512와 같은 조명 제어 네트워크는 마스터-슬레이브 구조로 인하여 제어기에서 조명으로의 단방향 정보 전달만 가능했지만 Li-Fi 조명은 조명에서 제어기로도 정보 전달이 가능한 쌍방향 정보 전달 네트워크가 필요하게 된다. Li-Fi와 같은 조명을 이용한 무선통신을 완성하기 위하여 유선통신의 Ethernet, PLC 등을 이용한 쌍방향 조명 네트워크 개발이 다양하게 진행 중에 있다.

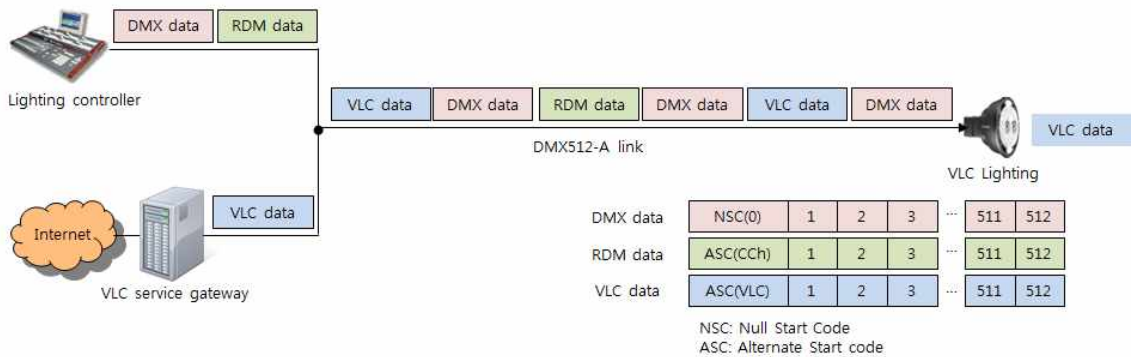


그림 7. DMX512기반 가시광 무선통신 네트워크[7]

#### 4. 맺음말

지금까지 조명 제어의 시작과 빌딩 조명 제어를 위한 DALI 기술 그리고 앞으로의 발전 방향을 예상해 보았다. DALI 기술이 한국에서는 아직 생소한 기술인 것이 사실이며, 또한 국제 표준이기는 하지만 전 세계적으로 사용되는 기술이기 보다는 유럽에서 성공한 기술이다. 반도체 신화를 가진 한국에서 LED 조명과 함께 조명 산업의 부흥을 노리고 있는 지금, DALI와 같은 국제 표준화된 조명 제어 기술 도입을 통하여 고부가가치 수출 산업으로의 성장을 기대해 본다.

본 연구는 미래창조과학부의 지원을 받는 지식경제 기술혁신사업[10040037]과 정보통신표준화 및 인증지원사업의 연구 결과로 수행되었음

#### 참고문헌

- [1] David Higgins, "History repeats itself as protocols progress", ESTA's Protocol, pp. 16-18, Spring 2000.
- [2] IEC 62386-101, "Digital addressable lighting interface - Part 101: General requirements - System", Edition 1.0, 2009.
- [3] IEC 62386-102, "Digital addressable lighting interface - Part 102: General requirements - Control gear", Edition 1.0, 2009.
- [4] IEC 62386-101 Ed2.0 Draft, "Digital addressable lighting interface - Part 101: General requirements - System components", Edition 2.0, 2013.
- [5] IEC 62386-102 Ed2.0 Draft, "Digital addressable lighting interface - Part 102: General requirements - Control gear", Edition 2.0, 2013.
- [6] IEC 62386-103 Draft, "Digital addressable lighting interface - Part 103: General requirements - Control device", Edition 1.0, 2013.
- [7] 임상규, Karl G. Ruling, 김인수, 장일순, "Entertainment Lighting Control Network Standardization to Support VLC Services", IEEE Communication Magazine, pp. 42~48, 2013.12.
- [8] 전화영, "[빛의 향연, LED조명] 조명의 역사와 발전, 그리고 LED", 월간전기 2011.6.
- [9] DALI AG, <http://www.dali-ag.org>
- [10] 강태규, "LED System Lighting Industry Strategy Using Convergence Technologies", LED Korea2014, 2014.2.12., COEX, Seoul.

#### ◇ 저자 소개 ◇



김대호(金大護)

1973년 6월 28일생. 1999년 8월 경북대학교 졸업. 2002년 2월 KAIST(구. 한국정보통신대학원대학교) 졸업(석사). 2002년 1월~현재 한국전자통신연구원 선임연구원. 2008년~2011년 9월 IEEE 802.15.7 가시광 무선통신 국제표준 활동. 2012년 6월~현재 IEC TC34 DALI 국제표준 활동.



강현주(姜賢珠)

1976년 12월 14일생. 1999년 8월 안동대학교 졸업. 2002년 2월 KAIST(구. 한국정보통신대학원대학교) 졸업(석사). 2002년 1월~현재 한국전자통신연구원 선임연구원. 2012년 6월~현재 IEC TC34 DALI 국제표준 활동.



임상규(林相圭)

1969년 9월 18일생. 1995년 2월 서강대학교 졸업. 1997년 2월 서강대학교 졸업(석사). 2001년 8월 서강대학교 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.



강태규(姜泰奎)

1961년 3월 29일생. 1996년 전자계산조직응용 정보처리기술사. 2002년 경기대학교 졸업(박사). 1989년 2월~현재 한국전자통신연구원 LED통신연구실 실장. 2007년 5월~현재 TTA 가시광 융합통신PG 의장. 2009년 3월~9월 IEEE 802.15.7 VLC Subcommittee 의장. 2012년 2월~현재 기술표준원 조명전문위원회(IEC TC 34) 위원.