DMX over IP 의 LED 조명 제어 네트워크 분석

김유진*, 김인수, 박성희, 강태규, 한동원
한국전자통신연구원 융합기술연구부문 그린컴퓨팅연구부 LED 통신연구팀
대전광역시 유성구 가정로 138
E-mail*: youjin@etri.re.kr

DMX over IP based LED Lighting Control Networks Analysis

Youjin Kim*, Insu Kim, Seong-hee Park, Tae-gyu Kang
LED Communication Research Team
Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI)
E-mail*: youjin@etri.re.kr

요 약

네트워크를 이용한 LED 조명의 제어는 최근 IP(Internet Protocol)을 이용한 조명 제어와 융합되어 단순한 디밍(Dimming)제어 뿐만 아니라, 미디어 파사드(Media facade), 카이네틱 아트(Kinetic Art)등의 새로운 조명 분야로 범위가 확대 되고 있다. 본 논문에서는 다양화 되는 네트워크 기반의 제어 방식 중 DMX over IP 에 대하여 멀티케스트-다중화 방식(Multicast & Multiplexing)으로 분석 및 시뮬레이션 하였다. 그 결과 1 만개 이상의 채널 수를 가지는 규모가 큰(large volume) 조명 네트워크 시스템의 경우 채널의 개수 증가가 delay-throughput 에 영향이 적음을 알 수 있다.

1. 서론

최근 LED 를 이용한 실 내외의 경관조명, 인테리어 조명, 감성조명 등 다양한 조명 응용이 증가함에 따라, 이것을 제어하기 위한 DMX, DALI 등 기존 조명[6,7] 제어 네트워크의 확장 및 용량 증가가 요구되어 왔다. 이러한 요구에, 일반적으로 가장 널리 사용되는 Ethernet 을 조명 제어에 사용하는 방안인 DMX over IP 과 Art-Net [4, 5]등이 제시되었다.

본 논문은 DMX over IP 와 Art-Net 등에서 기본이 되는 Ethernet 을 이용한 조명 제어 방식을 참고문헌[1, 2, 3]을 기반으로 분석을 하고 이 중 멀티케스트-다중화 방식(Multicast & Multiplexing)을 이용하여 DMX over IP 의 성능을 분석한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 DMX over IP 중심으로 LED 조명 시스템의 제어 네트워크에 대한 설명하고, 3 장에서는 DMX over IP 에 대한 분석 설명과 시뮬레이션을 수행한다. 마지막 4 장에서는 결론을 기술 한다.

2. LED 조명제어 네트워크와 DMX over IP

최근 LED 감성조명(Mood Lighting)의 사용이 늘어나면서 종래의 디밍 가능한 백색등 제어와는 다른 특징이 존재 한다. 즉, 네트워크로 연결된 감성조명은 RGB 칼라 LED 를 제어하여 다양한 색상 변화를 나타내므로 백색등 제어보다는 더 많은 제어 및 데이터 트래픽을 요구 한다. 또한 감성조명이 미디어 파사드, 카이네틱 아트 등에 활용이 되면서, 멀티미디어 컨텐츠를 실시간으로 LED 조명에 연출 되도록 요구한다. 그림 1 은 네트워크에의 제어 되는 백색등과 감성조명이 같이 사용되는 경우의 시스템 구성 예이다.

IP 기반의 조명제어는 Ethernet 을 조명기구에 직접 연결을 하는 방법보다 컨버터(Converter)를 사용하여 조명 제어 버스에 연결하는 구조가 일반적이다. 조명 제어를 위한 표준 프로토콜은 DMX512(Digital Multiplex 512), DALI(Digital Addressable Lighting Interface) 등이 존재한다[6, 7].

DMX512 는 1980 년대 초부터 조명제어에 널리 사용되어온 시리얼 프로토콜(serial protocol)로 250kbps 속도로 약 1 초에 40 데이터 프레임이 전송된다. 각 DMX 프레임은 512 개 채널 정보를 가질 수 있다. 실내조명 제어나 엔터테인먼트 조명으로 많이 이용되고 있으나 많은 제약 사항들이 존재 한다[6, 7].

디밍 레벨을 256 단계로 정하여 칼라 조명의 경우 오랫동안 천천히 페이딩 효과를 줄 때 갑자기 빛의 색이 변하는 문제가 존재한다. 512 개 채널로 고정된 용량의 한계를 가지고 있고, 통신 오류 보정(error correction)에 관한 기능이 없으며, 단 방향(Simplex) 통신으로, 실제로 케이블 길이가 최대 250m 로 제한이 되는 등 네트워크 확장에 문제가 있다.

그림 1. 네트워크 제어의 LED 조명 시스템 구성 예

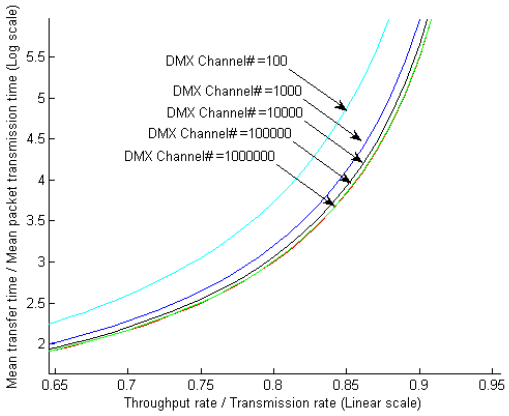
최근의 조명은 인텔리전트 한 기능을 많이 포함하는 추세 이고 양방향 통신에 대한 요구가 증가하여 표준에서는 RDM (Remote Device Management) 기능을 정의하였다. 그러나, 기본적으로 DMX 네트워크를 사용하는 제약 사항이 존재 하므로 Ethernet 을 이용한 조명제어의 요구가 지속적으로 요구 되었다.

3. DMX over IP 의 DMX 채널 증가 분석

라이팅 매니저는 최종 목적지인 조명기기에게 제어 메시지를 전송한다. 조명기기는 각각의 고유한 어드레스를 가지고 있으며, 라이팅 매니저에서 보낸 이더넷 프레임 형태의 제어 메시지를 E2D(Ethernet to DMX)컨버터에서 DMX 통신이 가능하도록 프로토콜을 변환하여 조명기기에게 전송한다. 이때 DMX 통신이 데이지체인 형태로 연결되므로 자신의 주소에만 해당하는 명령을 받는 통신을 하여 Multi-drop bus topology 로 구성된다.

E2D 의 구현에 따라, Ethernet 포트 1 개당 복수개의 출력을 가지는 DMX 포트를 가질 수 있다. 따라서, $N_{E2D} \leq N_{DMX-P}$ 로 가정한다. 여기서, N_{E2D} 는 E2D 컨버터의 개수를 나타낸다. N_{DMX-P} 는 DMX 포트의 개수를 나타낸다.

시뮬레이션에서는 DMX512 프로토콜 특징을 고려하여, 라이팅 매니저에서 DMX 포트까지의 제어 메시지가 전달되는 구간의 제어 방식 중 멀티케스트-다중화 방식(Multicast & Multiplexing) 을 이용하여 분석한다.



(그림 2) DMX 채널 목록 개수에 따른 평균 전송시간 비교

이 방식은 I 개의 DMX 채널 목록을 다중화 시켜 하나의 제어 메시지에 담아 한꺼번에 모든 E2D 컨버터에 보내는 방법이다. 그러므로 라이팅 매니저는 한 번의 조명 연출을 위해 제어메시지는 $\lceil K/I \rceil \times N_{E2D}$ 번 처리된다. 여기서, K 는 라이팅 매니저가 조명 연출을 위해 제어해야 할 전체 채널 개수이다. 이 방식은 감성조명, 미디어 파사드 등에서 RGB 칼라 LED 픽셀을 제어하여 다양한 색상변화를 통한 연출을 제어할 때 사용이 되나, 주로 반복적이고 정해진 조명 콘텐트의 표현에 적합한 제어 방식이다.

상기 조건에서 참고문헌[1,2,3]의 전송지연함수를 이용한 시뮬레이션 결과는 그림 2 와 같다. 그림 2 는 DMX 채널 목록의 개수를 증가 시킬 때 평균 전송시간을 나타낸다. DMX 채널수가 적은 규모(Small volume)의 조명 네트워크와 DMX 채널수가 많은 큰 규모(Large volume)의 비교로 일정 규모가(여기서는 10000 개 이상) 넘어가면 지연 및 쓰루풋(delay-throughput)에 영향이 적음을 알 수 있다.

4. 결론

Ethernet 기반의 유무선 LED 조명제어가 향후 널리 사용 될 것으로 예상된다. IP 기반의 조명 네트워크 제어는 네트워크의 구성 및 설정에 따라 성능의 차이가 있을 수 있지만, 본 논문에서는 멀티케스트-다중화 방식(Multicast & Multiplexing)을 이용한 분석을 제시하였다. LED 조명 제어 네트워크는 현재의 유무선 인터넷(Internet) 망과 결합되어 더욱 효율적인 조명제어 서비스를 가능하게 할 것이고, 이러한 조명제어 기술은 결국 에너지 효율의 극대화로 이어져 이산화탄소 배출의 경감 등 Green IT 가 가능 할 것이다.

감사의 글(Acknowledgment)

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 IT 신 성장동력핵심기술개발 사업의 일환으로 수행하였음. [KI002180, Full Color 감성조명, 제어 및 네트워크 기술 개발(RGB LED 네트워크 융합기술 개발)]

참고문헌

[1] M. Chung, M. Piao, and J. Park, "Performance analysis of Ethernet-based IPC schemes for high-capacity router systems," *International Conference on Information Networking*, vol. 3, pp. 1473~1482, Feb. 2003.

[2] S. Lam, "A carrier sense multiple access protocol for local networks," *Computer Networks*, vol. 4, pp. 21~32, 1980.

[3] W. Bux, "Local-area sub-networks: a performance comparison," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 29, pp. 1465~1473, Oct. 1981.

[4] Simon Newton, "Art-Net and Wireless Routers," Asia-Pacific Conference on Communications, Perth, Western Australia, pp.857~861, Oct. 2005.

[5] Artistic License, "What is Art-Net?" http://www.artisticlicence.com/WebSiteMaster/App%20Notes/appnote013.pdf

[6] American National Standard E1.11-2004, Entertainment Technology USITT DMX512-A, Asynchronous Serial Digital Data Transmission Standard for Controlling Lighting Equipment and Accessories, Entertainment Services and Technology Association, USA, 2004.

[7] DALI, IEC 62386-101, Digital addressable lighting interface – Part 101: General requirements – System, Edition 1.0, 2009-06