

LED를 사용한 무대 표현 기술 확장을 위한 디지털 의상 플랫폼

Digital Costume Platform for the Expansion of Stage Representation Technology using LEDs

오승원, 한민수
KAIST 정보통신공학과

Seung-Won Oh(swoh@kaist.ac.kr), Min-Soo Hahn(mshahn@ee.kaist.ac.kr)

요약

최근 LED는 조명, 광고판, 디스플레이 등 다양한 분야에 널리 활용되고 있다. 이번 연구에서 우리는 공연에서 사용하기 위한 무대 의상에 LED 기술을 융합시키는 방법을 다룬다. 우리는 공연 환경의 요구 조건들을 충족시키기 위해서 무선 네트워크, 임베디드 시스템, 컨트롤 재킷, 디지털 스킨, 패턴저작도구로 구성된 디지털 의상 플랫폼을 제안하며, 이것은 LED 조명 효과를 가진 디지털 의상을 만드는데 활용된다. 임베디드 시스템은 무선 네트워크를 통해 공연 제어 시스템으로부터 제어 신호를 받고 그에 따라 실시간으로 LED 빛의 색 변화를 제어한다. 임베디드 시스템을 장착할 수 있도록 설계된 조끼 형태의 컨트롤 재킷은 임베디드 시스템과 LED를 연결하는 커넥터 역할을 하고, LED가 디자인된 외피 개념의 디지털 스킨은 연출가의 의도에 따라 의상에 디자인된 LED에 의해 그 자체로 발광체가 된다. 패턴저작도구는 타임라인 기반으로 LED 빛의 색이 변화하는 다양한 패턴들을 만드는 것을 도와준다. 디지털 의상은 새로운 형식의 움직이는 조명으로 활용되며 무대 표현 기술의 확장을 가능하게 한다. 우리는 디지털 의상 플랫폼을 적용한 디지털 의상을 제작하여 실제 공연에서 사용함으로써 디지털 의상 플랫폼의 안정적인 사용성과 활용 가능성을 검증하였다.

■ 중심어 : | 의상 | LED | 조명 | 임베디드 시스템 | 공연 |

Abstract

Recently, LEDs are used in various fields such as lightings, billboards, displays, and so on. In this paper, we tried to combine a costume with LEDs in a performance environment. To meet the environmental requirements, we propose a digital costume platform which consists of wireless network, an embedded system, a control jacket, a digital skin, and a pattern authoring tool. It is utilized for making a digital costume with LED lighting effects. The embedded system controls LED lighting according to the signals from a show control system through wireless networks. The control jacket can carry the embedded system and connect it with LEDs. The digital skin means a costume with LEDs. The LEDs were designed to fit in performance concept in point of aesthetic. The pattern authoring tool enables users to make timeline-based changing patterns of LED lighting. The proposed platform is a new lighting element in performances. It can expand stage representation techniques and be used as a special effect. It will play a role as a moving light in performances. We evaluated stable operations of our platform by employing it in live performances.

■ keyword : | Costume | LED | Lighting | Embedded System | Performance |

* 본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2011년도 콘텐츠 산업기술지원사업의 연구결과로 수행되었습니다.

접수번호 : #111205-002

심사완료일 : 2012년 02월 03일

접수일자 : 2011년 12월 05일

교신저자 : 한민수, e-mail : mshahn@ee.kaist.ac.kr

I. 서론

LED의 사용이 대중화되면서 LED는 새로운 조명기구로써 주목을 받을 뿐만 아니라 다양한 분야에 널리 활용되고 있다. 낮은 소비 전력과 소형화는 LED의 가장 큰 장점이며 긴 수명과 빠른 발광 속도는 LED의 활용범위를 넓히는 데 중요한 역할을 한다. 이러한 장점들을 바탕으로 LED는 조명뿐만 아니라 디스플레이, 광고판, 안전용품 등 많은 분야에 널리 사용되고 있다.

최근 LED가 널리 사용되면서 사람이 입은 의상에 LED를 적용하려는 시도들이 있었다. 이것은 의상에 LED를 부착시켜 사람이 옷을 입은 상태에서 빛의 발현이 가능하도록 하는 것을 의미하며, 우리는 이번 논문에서 LED가 디자인된 의상을 디지털 의상이라고 정의하였다. 공연을 위한 무대 의상에 LED를 접목시켜 조명의 역할을 가능하게 하는 디지털 의상을 활용한 기존의 많은 사례들이 있었다. 특히 2000년대 중반부터 패션쇼나 대형야외공연에서 빛의 새로운 연출 효과로써 디지털 의상을 사용하였다. 예를 들면, 2007년 후세인 살라얀의 기후 관련 컬렉션에 LED를 사용한 드레스가 소개되었고[1], 장이모 감독이 연출한 2008년 베이징 올림픽 개막식에서도 디지털 의상과 대규모 LED 조명 연출 시스템이 사용되었다. 또한 영화 ‘스텝 3’에서도 디지털 의상을 입고 댄서들이 춤을 추는 장면을 볼 수 있다.

일반적으로 공연에서 조명은 가장 중요한 연출 요소 중 하나이다. 조명은 시나리오에 맞게 공연의 전체적인 분위기를 조성할 뿐만 아니라 다양한 연출 표현을 보조하는 역할을 한다. 디지털 의상을 활용한 조명 연출 역시 공연에서 중요한 요소로 활용될 수 있다. 지금까지의 의상은 등장인물을 나타내는 특색 있는 의상을 의미했다면, LED 조명 기술을 결합하여 제작된 디지털 의상은 공연에서 하나의 조명의 역할 또한 갖게 된다. 배우가 의상을 입고 시나리오에 따라 다양한 행동들을 표현함에 따라 디지털 의상은 기존의 조명과 달리 움직이는 조명으로써 가능하게 된다. 이는 새로운 연출 효과를 만들어내며 무대 표현 기술의 확장을 가능하게 한다.

이번 논문에서 우리는 공연에서 디지털 의상을 사용하기 위한 디지털 의상 플랫폼을 제안한다. 공연에서 디지털 의상을 활용하기 위해서 우리는 공연의 다양한 환경적 특성들을 고려해야만 한다. 공연에는 다양한 장치들이 사용되는데 이러한 장치들은 감독의 지시에 따라 각 콘솔을 담당하는 사람들에 의해 실시간으로 제어된다. 그러므로 공연에 사용되는 장치들은 언제 어디서나 감독의 의도에 따라 실시간으로 제어가 가능해야 한다. 제어 방식에는 유선과 무선이 있는데 디지털 의상은 배우가 입고 움직이는 상태이므로 담당자는 감독의 지시에 따라 디지털 의상을 원격에서 무선으로 제어할 수 있어야 한다. 그리고 공연은 가능한 모든 예기치 않은 상황을 대비해야 하며 만약 장비에서 문제가 발생하더라도 공연은 계속 진행되어야 한다. 그러므로 공연 중 문제가 발생했을 때 배우에 의한 수동 제어가 가능해야 하고 고장 발생 시 유지보수가 용이해야 한다. 또한 상황에 따라 급변하는 연출 의도에 즉각적으로 대응할 수 있어야 한다. 제안된 플랫폼은 이러한 공연의 특성을 고려하여 개발되었다.

II. 관련연구

디지털 의상을 만들기 위해 LED를 의상에 접목시키는 다양한 방법들이 연구되고 있다. 관련 연구는 크게 빛의 연출이 가능한 소재를 개발하는 연구와 LED 제어 시스템에 관한 연구로 나눌 수 있다.

먼저 광섬유를 활용한 새로운 형태의 섬유 소재를 사용하여 의상에서 빛의 발현이 가능하도록 하는 방법들이 있다[2][3]. MIT Medialab 에서는 섬유와 컴퓨팅의 융합을 통해 새로운 방식의 연결이 가능한 섬유 소재를 제안하였다[4]. 또한 Philips 에서 개발한 Lumalive 는 유연한 14x14 LED 배열의 디스플레이 패널을 포함한다[5]. 그리고 Papadopoulos은 타일 형태의 LED 모듈을 연결하여 만든 드레스를 제안하였다[6]. 이러한 연구들과 기존의 공연에 사용되었던 디지털 의상들은 실험적으로 제작되거나 일회성으로 제작된 경우가 많고 미리 프로그래밍 되거나 반복적인 빛의 연출만 가능하다.

그러나 실제 공연에서 사용하기 위해서는 앞에서 언급한 것처럼 연출 의도에 즉각적으로 대응하며 무선 제어가 가능해야 한다.

다음으로 LED 조명을 제어하기 위해 DMX512 프로토콜 기반의 Zigbee 통신을 사용하는 ZDMX 모듈을 개발한 연구가 있었다[7]. ZDMX 모듈을 이용한 LED 조명 시스템은 경관조명 같은 광대역 LED 조명 연출에 탁월한 성능을 보였다. DMX512 프로토콜은 일반적으로 조명의 색 변화를 제어하는데 가장 널리 사용되는 방식이다. 하지만 이러한 방식의 제어 시스템은 부피와 무게 때문에 사람이 입고 움직여야 하는 디지털 의상에 사용하기에는 용이하지 못하다. 그리고 Zigbee의 비교적 짧은 무선 통신 거리는 대규모 무대 공연에는 적합하지 않다.

이번 논문에서 우리는 공연용 무대 의상에 특화된 디지털 의상을 만들고 이를 활용하기 위한 플랫폼을 제안한다. 그러나 이번 연구에서는 기존 사례들처럼 단순히 LED를 의상에 부착시켜 LED를 활용하여 정해진 패턴에 따라 빛의 변화를 보여주는 것이 아니라 공연의 특성을 고려하여 비전문가들이 손쉽게 활용 가능한 디지털 의상 플랫폼을 제안한다.

이것은 단지 기술적인 요소만을 다루는 것이 아니라 의상을 포함하는 공연 예술이라는 분야에 기술적인 부분을 융합시키기 과정에서 발생하는 문제점들을 고려해야만 한다. LED를 활용한 다양한 빛의 패턴 변화를 표현하는 것뿐만 아니라 이러한 문제점들을 해결하기 위해 우리는 각각의 요소들을 모듈화 하여 디지털 의상 플랫폼을 구성하였다. 그러므로 고장 시 수리 및 교체가 용이하고 플랫폼의 재활용 가능한 부분들을 활용함으로써 공연의 비용 절감 효과에도 기여할 수 있다. 또한 디지털 의상 플랫폼을 사용함으로써 무선 통신을 통해 손쉽게 다양한 빛의 패턴 변화를 제어할 수 있기 때문에 공연에서 감독의 급변하는 연출효과에 대한 요구 사항을 수용할 수 있다.

본문에서는 제안된 디지털 의상 플랫폼의 구성과 각 요소에 대한 상세한 설명과 제작된 디지털 의상 플랫폼을 실제 공연에 활용한 사례를 보여주고 맺음말로 마무리 할 것이다.

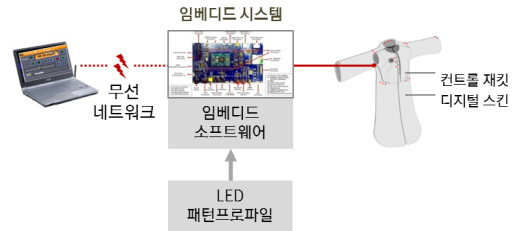


그림 1. 디지털 의상 플랫폼 구성도

III. 디지털 의상 플랫폼

1. 디지털 의상 플랫폼 구성도

[그림 1]에서처럼, 디지털 의상 플랫폼은 5가지 요소(무선 네트워크, 임베디드 시스템, 컨트롤 재킷, 디지털 스킨, 그리고 LED 패턴프로파일을 만드는 패턴저작도구)로 구성된다. 먼저, 원격 무선 제어를 위한 안정된 무선 네트워크 시스템이 필요하다. 다음으로, 디지털 의상 전용 임베디드 시스템은 무선 네트워크를 통해 제어 신호를 받고 그에 따라 실시간으로 LED 빛의 색 변화를 제어한다. 그리고 배우가 임베디드 시스템을 착용하기 위해 재킷 형태의 의상이 필요하며 임베디드 시스템을 장착할 수 있는 컨트롤 재킷은 임베디드 시스템과 LED를 연결하는 커넥터 역할을 한다. 마지막으로, LED가 디자인된 외피 개념의 의상을 디지털 스킨이라고 정의한다. 디지털 스킨은 연출가의 의도에 따라 LED가 부착된 의상을 의미하고 LED에 의해 그 자체로 발광체가 된다.

2. 무선 네트워크 구성

의상은 공연 중에 배우가 입고 움직이는 제약조건을 가지기 때문에 디지털 의상을 사용하기 위해서 무선 네트워크 구성은 필수적이다. 소규모 극장에서 5명 이하로 디지털 의상을 사용할 경우에는 일반적으로 사용하는 무선 공유기만을 사용해도 안정적으로 운용할 수 있다. 하지만 대형 야외 공연에서 많은 수의 디지털 의상을 사용할 경우에는 별도의 무선 네트워크 시스템을 구성해야 한다. 여러 형태의 다양한 조건의 공연에서 사

용 가능성을 검증하기 위해서 우리는 강도 높은 요구사항을 정의하고 무선 네트워크 실험을 진행하였다[8]. 실험 결과는 IEEE 802.11s 무선 메쉬 네트워크를 통해 간섭이 심하고ダイナ미한 움직임이 있는 환경에서 안정적인 무선 통신 운용이 가능함을 보여주었다. [그림 2]에서처럼, 무선 메쉬 네트워크는 트랜스미터간의 멀티홉 통신을 하여 메쉬 형태로 망을 운영하기 때문에 중간에 한 개의 AP가 문제가 생기더라도 스스로 망을 복구하여 신뢰도를 높일 수 있다. 그러므로 무선 메쉬 시스템은 홉을 통해 무선 영역을 확장하기 때문에 문제에 민감한 공연 무선 시스템에 적합한 유연하고 신뢰성 있는 무선망이라고 볼 수 있다.

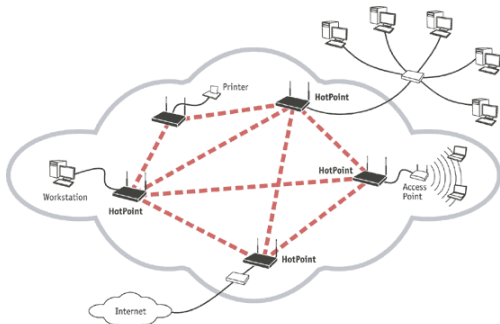


그림 2. 무선 메쉬 네트워크

3. 임베디드 시스템

디지털 의상은 하나의 움직이는 조명 장치이기 때문에 무대 공연에서 사용하기 위해서는 제어 장치가 필요하다. 그러므로 우리는 [그림 3]과 같은 디지털 의상 전용 임베디드 시스템을 개발하였다[9]. 일반적으로 공연을 진행하기 위해서 공연장에는 무선 AP를 포함한 네트워크 환경이 갖추어진다. 그리고 여러 장치들을 사용하는 큰 규모의 공연에서는 무대 장치들을 제어하기 위한 공연 제어 시스템이 존재한다. 감독은 공연 제어 시스템을 사용하여 모든 무대 장치들을 통제한다. 임베디드 시스템은 배우가 입는 의상에 장착되고, 의상에 디자인된 LED들과 연결된다. 무선 통신을 통해 임베디드 시스템은 공연 제어 시스템으로부터 시나리오에 따른 제어 신호를 받고 그에 따라 LED 빛의 변화를 제어함

으로써 다양한 조명 효과를 연출한다. 제한된 임베디드 시스템은 LED 제어를 위해 PWM 포트를 사용하며, 30개의 PWM 포트를 이용하여 최대 10가지의 서로 연결된 삼색 LED 그룹들을 제어할 수 있다. PWM 방식을 사용함으로써 밝기를 조절하여 다양한 색의 변화를 만들 수 있다. Samsung S3C6410 Mobile Processor가 임베디드 시스템을 위한 CPU로써 장착되었고 시스템의 메모리 용량은 1GB이다. 또한 USB, Serial, SD Card 같은 다양한 확장 인터페이스를 포함한다. 전체적인 하드웨어 구성도는 [그림 4]와 같다. 시스템을 위해 포팅된 운영체제는 Window CE 6.0이고, 소프트웨어 개발 환경은 Visual Studio 2005와 WinCE이다.

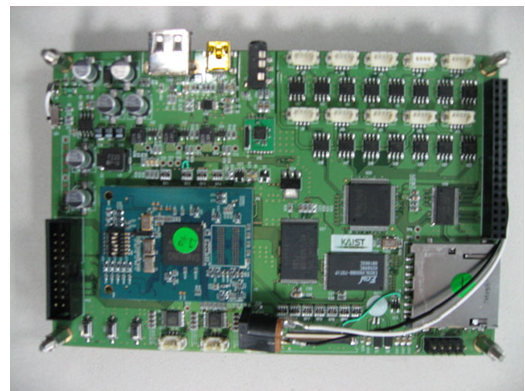


그림 3. 디지털 의상 전용 임베디드 시스템

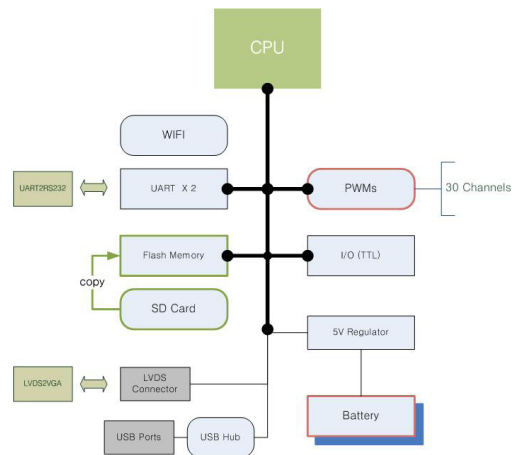


그림 4. 임베디드 시스템 하드웨어 구성도

4. 컨트롤 재킷

컨트롤 재킷은 디지털 의상의 LED 제어를 위한 임베디드 시스템과 배터리를 장착할 수 있는 조끼형태의 옷이다. 이것은 공연자의 움직임을 방해하지 않고 디지털 스킨의 심미적 조건에 부합하도록 무게와 부피를 최소화하면서 주요 하드웨어를 보호한다. 또한 컨트롤 재킷은 디지털 스킨의 LED와 임베디드 시스템의 연결이 용이하도록 연결 확장 전선 라인을 포함한다. [그림 5]는 컨트롤 재킷을 위한 설계 도면이고 [그림 6]은 컨트롤 재킷의 완성된 형태이다. 사용된 소재는 네오프렌(Neoprene)이고 이것은 기존 직물에 비해 신축성과 내마모성이 뛰어나다.

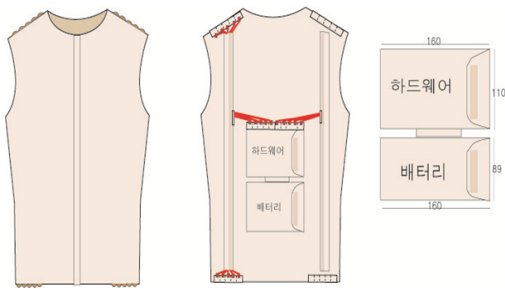


그림 5. 컨트롤 재킷 도면



그림 6. 컨트롤 재킷 완성품

5. 디지털 스킨

디지털 스킨은 LED 빛의 발현을 위한 외피 개념의 의상이다. 공연 연출의 목적에 따라 LED 보드는 의상의 적절한 위치에 부착된다. 연출 시나리오에 따라

LED 빛의 색 변화를 제어하기 위해 의상에 디자인된 LED 보드들은 커넥터를 통해 디지털 의상 임베디드 시스템에 연결된다. 공연에 사용되는 의상이라는 조건은 하드웨어의 안정성 측면에서 적합하지 않은 환경이므로 이를 고려하여 파손 가능한 부위를 최소화하고 고장 시 쉽게 교체가 가능하도록 하드웨어의 각 요소들을 제작해야 한다. 그러므로 [그림 7]과 같은 LED 보드 모듈을 제작하였다. Red, Green, Blue 세 가지 색을 사용하는 자연스러운 컬러 표현을 위한 Tri-color LED를 사용하고 의상에 적용하기에 적합하도록 두께가 얇으면서도 내구성이 있는 0.7mm 인쇄회로기판(PCB)을 사용하였으며, 탈착이 용이한 소형 4핀 커넥터를 사용하였다.

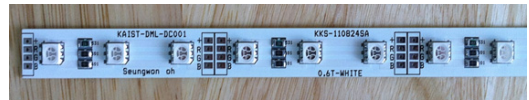


그림 7. LED 보드 모듈

LED 모듈은 3개의 LED와 양쪽에 커넥터를 연결할 수 있는 4핀 포트 구성된다. 그러므로 원하는 길이에 맞게 3개의 LED 단위로 잘라서 사용할 수 있다. 또한 [그림 8]에서처럼, 하나의 직선 형태로 표현하기 어려운 부분은 모듈 단위로 커넥터를 연결하여 다양한 모양으로 의상에 부착시킬 수 있다. 모듈 단위로 구성할 경우 LED 고장 시 필요한 부분만 쉽게 교체할 수 있는 장점을 갖는다.

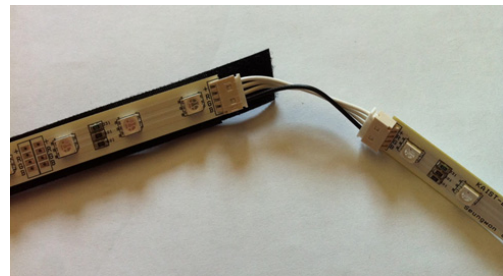


그림 8. LED 모듈 커넥터 연결

우리의 몸은 벽과 같은 평평한 면이 아니라 곡면이기 때문에 의상에 LED 보드를 붙이는 작업은 쉽지 않다.

그러므로 LED가 부착되는 위치에 맞게 적절한 PCB를 사용하여 LED 보드를 제작해야 한다. PCB는 얇고 유연한 것에서부터 두껍지만 내구성이 강한 것까지 다양한 제품들이 존재한다. 그러므로 유연성과 내구성을 고려하여 LED 사용 위치에 적합한 PCB를 선택해야 한다.

디지털 스킨은 일반적으로 공연에서 기획하는 의상 연출에 맞게 디자인된다. 디지털 의상 플랫폼을 적용하기 위해 제작된 디지털 스킨은 [그림 9]와 같다. 제안된 디지털 스킨을 사용한 LED 빛의 연출 의도는 치마를 활용한 면 단위의 조명 효과이다. 그러나 LED는 일반적으로 LED 각각에서 빛이 발현되기 때문에 점 단위의 조명 연출에 활용된다. 그러므로 치마가 전체적으로 하나의 조명처럼 연출되도록 하기 위해 우리는 치마 안쪽에 LED를 부착시키고 점 단위의 빛을 분산시키기 위해 난반사 발생이 용이한 소재를 활용하여 다소 풍성한 느낌의 치마를 디자인하였다.



그림 9. 디지털 스킨 완성품

6. 패턴저작도구

패턴저작도구는 디지털 의상에 디자인된 LED에서 발현되는 빛의 변화를 나타내는 패턴들을 저작하기 위한 소프트웨어이다. 이것은 타임라인 기반으로 이루어지는 패턴의 변화 정보들을 XML 형식의 파일로 관리한다. 하나의 프로젝트 파일에서 여러 개의 패턴들을 저작할 수 있기 때문에 하나의 파일만을 사용하여 공연을 준비할 수 있다. 하나의 패턴은 최대 10 개의 채널에 각각의 타임라인 시간 축에 따라 빛의 변화 정보들을 저작할 수 있다. 패턴저작도구에서는 타임라인에 저작되는 하나의 변화 정보를 나타내는 요소를 unit으로 정의한다. 각각의 unit 요소는 시작하는 빛의 색 정보, 끝나는 빛의 색 정보, 전체 변화 시간, 타임라인에서의 시작 시간의 4 가지 정보로 구성된다. 타임라인 시간 축에 따라 이러한 unit들을 조합하여 다양한 패턴들을 저작할 수 있다. 또한 저작한 패턴들을 임의의 3D 모델정보에 적용하여 빛의 패턴 변화를 미리 확인할 수 있다 [10]. [그림 10]은 패턴저작도구의 실행화면을 보여준다.

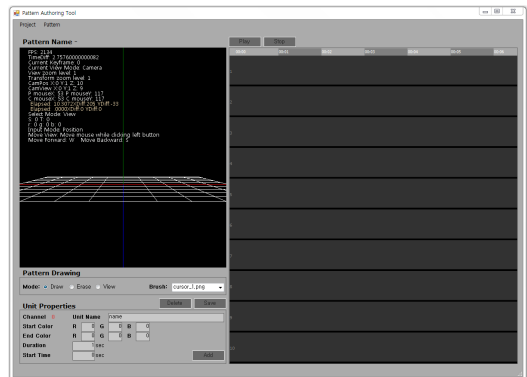


그림 10. 패턴저작도구

IV. 디지털 의상 시연

이번 논문에서 제안한 디지털 의상 플랫폼을 적용한 앞에서 언급한 무대 의상을 제작하여 ‘무사마마이’ 공연에 사용하였다. 대규모 야외 공연이 아닌 실내 공연이 었지만 실제 공연 환경에서 디지털 의상 플랫폼을 적용

해 볼 수 있었다. 우리는 [그림 11]에서처럼 무대 위에 위치한 공연에서 사용하는 장치들을 제어하기 위한 공간에서 무대 감독의 지시에 따라 공연 제어 시스템을 사용하여 원격으로 디지털 의상에 디자인된 LED를 활용한 빛의 변화를 연출하였다.



그림 11. 공연 제어 시스템 환경

제안한 시스템을 활용하여 상황에 따라 바뀌는 무대 감독의 연출 의도에 따라 패턴 변화를 실시간으로 조절하며 요구사항을 충족시킬 수 있었다. 또한 많은 연습 과정과 실제 공연을 진행하면서 우려했던 대로 LED 보드가 외부의 충격에 의해 제대로 동작하지 않는 상황이 발생하였지만 모듈화 되어 제작되었기 때문에 문제가 된 부분만 손쉽게 교체하여 문제 상황을 원활히 해결할 수 있었다. 디지털 의상 플랫폼은 모바일 환경에서 사

용되기 때문에 배터리를 사용하여 동작한다. 배터리의 종류는 다양하지만 크게 1차 전지와 2차 전지로 구분할 수 있다. 필요로 하는 전압과 전류를 구성하는데 있어서 두 가지 배터리는 부피와 가격 면에서 차이를 보인다. 그래서 우리는 연습을 위해서는 2차 전지를 사용하고 실제 공연에서는 1차 전지를 사용함으로써 비용을 절감하고 공연에서는 배터리의 부피를 최소화할 수 있었다.

[표 1]은 이번 시연에 사용된 디지털 의상 플랫폼의 하드웨어 성능을 정량적으로 평가한 것이다. 그리고 [그림 12]는 공연에서 시나리오에 따라 디지털 의상에 적용된 빛의 패턴 변화를 스틸 이미지로 보여준다.

표 1. 디지털 의상 플랫폼 하드웨어 성능

항목	성능
PWM 제어 분해능	50단계(꺼짐~최대밝기)
PWM 시간 분해능	20Hz(50ms간격으로LED밝기조절)
최대 전류 사용량	4A(약 200개 LED 사용)
통신 처리 시간	200ms 이내

V. 결론

우리는 이번 논문에서 디지털 의상 플랫폼을 제안하였다. 디지털 의상은 의상과 LED의 융합을 의미하며 새로운 조명 효과를 연출함으로써 무대 표현 기술의 확장을 가능하게 하고 공연에서 움직이는 조명의 역할로 활용된다. 제안된 디지털 의상 플랫폼은 공연 환경에서



그림 12. 디지털 의상 LED 연출

필요한 요구사항들을 충족시키기 위해 공연 환경의 특성들을 고려하여 개발되었다. 우리는 디지털 의상을 제작하였고 이를 실제 공연에 적용함으로써 제안한 디지털 의상 플랫폼의 안정적인 사용성과 활용 가능성을 검증하였다.

향후 연구로는 제안한 플랫폼의 사용 가치를 높이기 위해 다양한 조명 연출 기법들을 디지털 의상에 적용할 수 있는 방법에 대한 연구를 진행하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] http://www.husseinchalyan.com/#/past_collections.2007.2007_a_w_airborne/
- [2] M. Daniel, "Light Emitting Fabric," 미국 특허, 1980.
- [3] <http://www.lumigram.com/catalog/index.php>
- [4] D. Marculescu, R. Marculescu, N. Zamora, P. Stanley-Marbell, P. Khosla, S. Park, S. Jayaraman, S. Jung, C. Lauterbach, W. Weber, T. Kirstein, D. Cottet, J. Grzyb, G. Troster, M. Jones, T. Martin, and Z. Nakad, "Electronic textiles: A platform for pervasive computing," Proceedings of the IEEE, Vol.91, No.12, pp.1995-2018, 2003.
- [5] http://live.philips.com/index.php/ko_kr/video/philips-lumalive/26702555001
- [6] D. Papadopoulos and Z. eveland, "Day-for-Night Dress: Toward a Modular, Extensible and Reconfigurable Wearable Architecture," Avantex: International Forum for Innovative Apparel Textiles, 2007.
- [7] 김재인, 황부현, "DMX512 프로토콜 기반의 ZDMX 모듈을 이용한 광대역 LED 조명 시스템 구현", 한국콘텐츠학회논문지, 제10권, 제11호, pp.38-47, 2010.
- [8] 김태정, 조현상, 김진술, 한민수, "공연용 임베디드 시스템을 위한 무선 메시 네트워크 테스트", 한국지식정보기술학회논문지, 제5권, 제4호,

pp.155-161, 2010.

- [9] S. Oh, H. Byun, S. Jang, and M. Hahn, "A digital costume with a LED controller for outdoor performances," Proceedings of the 4th IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology, 2011.
- [10] 이동욱, 오승원, 김진술, 한민수, "디지털 의상 디자인을 위한 E-textiles 시간화 시스템", 한국지식정보기술학회논문지, 제6권, 제6호, pp.69-76, 2011.

저 자 소 개

오 승 원(Seung-Won Oh)

정희원



- 2007년 2월 : 성균관대학교 정보통신공학부 컴퓨터공학과(공학사)
- 2009년 2월 : KAIST 정보통신공학과 디지털미디어전공(공학석사)

• 2009년 3월 ~ 현재 : KAIST 정보통신공학과 디지털미디어전공 박사과정

<관심분야> : 디지털미디어, 인공지능, 패턴인식, 이동로봇, SLAM

한 민 수(Min-Soo Hahn)

정희원



- 1979년 2월 : 서울대학교 전자공학과(공학사)
- 1981년 2월 : 서울대학교 전자공학과(공학석사)
- 1989년 : Electrical and Electronics engineering, University of Florida, USA(공학박사)

• 1982년 ~ 1985년 : 한국표준과학연구원

• 1990년 ~ 1997년 : 한국전자통신연구원

• 1998년 ~ 현재 : KAIST 전자과 교수

<관심분야> : VoIP, 음성 신호 처리, 음성 합성, 디지털미디어