

# 릴리패드 아두이노(Lilypad Arduino)를 이용한 무용의상 디자인 연구

장수련 · 한아영 · 김이경\*

KAIST 문화기술대학원 석사과정

KAIST 문화기술대학원 석사과정

KAIST 문화기술대학원 교수\*

## 요약

공연예술에서 디지털 테크놀로지의 도입은 표현력의 확대와 시각적 효과의 다변화로 인해 기존의 공연 예술이 보여주었던 무대 디자인의 한계를 극복하고 작품의 상호 작용성을 극적으로 향상시켰다. 실제로 많은 무용예술가들이 안무창작에서부터 무용의상에 이르기까지 각 영역에 테크놀로지의 잠재력을 활용하여 무용예술의 끊임없는 발전과 변모를 꾀하고 있다. 컴퓨터의 소형화와 센서기술의 발달은 무용수의 신체 움직임을 몸짓 그 자체에 그치지 않고 소리와 빛으로 치환하는 것을 가능하게 하여 무용수가 표현해 낼 수 있는 범위를 확장시켰다. 그러나 무용수 입장에서 테크놀로지의 도입이 어떤 영향을 끼치고 있는지에 대한 연구는 미비한 것이 사실이다. 이에 따라 본 연구는 무용수의 표현능력을 확대시킬 수 있는 여러 공연요소 중 무용수의 몸과 가장 밀접하게 닿아있는 무용의상에 주목하여, 이 분야에서 테크놀로지 도입과 관련된 선행사례를 분석하였다. 또한 본 연구는 릴리패드 아두이노(Lilypad Arduino)라는 마이크로 컨트롤러 보드를 이용하여 실제 공연에 바로 적용이 가능한 디지털 의상을 디자인, 제작하고 춤추는 무용수에게 착용시켜봄으로써 그 효과를 측정하고자 했다. 실제 의상을 제작하는 데 있어, 무용수의 자연스러운 움직임을 방해하지 않고 작용성을 극대화하는 데 집중하였으며 무용의 시각적인 미를 향상시키기 위해 가속도 센서와 발광다이오드(LED)를 적용했다.

주제어: 디지털 패션, 무용의상, 릴리패드 아두이노, 무대의상 디자인, 디지털 퍼포먼스

## I. 서론

### 1. 연구 배경

모든 예술은 창작 당시 사회적 문화적 영향을 받아 창작되고 현대의 다양한 예술 장르에서 타 영역의 영향은 매우 중요한 요소를 차지하고 있다. 이와 같은 맥락에서 오늘 날 첨단기술의 발달이 예술에 미치는 영향 또한 무시할 수 없을 것이다. 특히 공연예술에서의 첨단기술의 도입은 표현력의 확대와 더불어 시각적 효과의 다변화로 기존의 공연예술이 보여주었던 무대의 한계를 극복하고 작품의 완성도를 극적으로 향상시켰다.<sup>1)</sup>

이러한 현상은 무용 창작 작업에서도 활발하게 이뤄지고 있다. 실제로 많은 무용예술가들이 안무 창작에서부터 무용의상에 이르기까지 각 영역에 테크놀로지를 도입, 활용하여 무용예술의 무한한 발전과 변모를 꾀하고 있다.<sup>2)</sup>

다른 공연예술과는 달리 오직 인간의 몸짓으로 모든 감정과 이야기를 표현해내는 예술인 무용공연에서의 테크놀로지의 도입은 단순히 무대배경에서 영상미디어를 활용한 시각적 효과 연출뿐만 아니라 관객과의 소통 측면에서도 변화를 가져왔다. 보다 구체적으로, 테크놀로지의 도입이 가져온 변화는 크게 세 가지 관점에서 분석해 볼 수 있다.

첫째, 무용안무 창작가의 관점이다. 무용 작품을 창작, 기획하는 예술가의 입장에서 테크놀로지의 도입은 다양한 측면에서 작품의 표현 가능성을 확장시켰다. 대표적인 사례로 머스 커닝햄(Merce Cunningham)과 그의 작품 활동을 들 수 있다. 현대 무용가 머스 커닝햄은 오랫동안 무용을 개발하고 무용 교육의 도구로 사용하기 위해 테크놀로지(technology)를 포용하였다.<sup>3)</sup>

일찍이 그는 컴퓨터 테크놀로지, 모션캡처(motion capture)와 3D기술을 안무에 활용하는 선구자적 면모를 보여줬는데, 특히 그의 작품 중 하나인 ‘바이

페드(Biped)’는 모션캡처 테크놀로지와 무용을 결합한 가장 성공적인 사례로 평가된다. 무용안무를 창작하는데 있어 컴퓨터 소프트웨어(software) 도입에 대해 그는 다음과 같이 밝혔다. “두발로 서면 서부터 우리는 붙잡혔고 그렇게 작업을 해야만 했다. 그러나 또 다른 방법으로 움직일 수도 있다. 그것이 움직임의 역사이다. 무용은 움직임이 무엇인가라는 문제를 다루면서 발견한 다양한 방법이다. 컴퓨터가 나에게 그러한 가능성을 열어주었다. 컴퓨터는 무용에 있어서 무엇이 가능한 것인가라고 하는 나의 생각의 폭을 넓혀주었다.”<sup>4)</sup> 이와 같은 그의 대답에서 알 수 있듯이 오늘 날 컴퓨터 테크놀로지는 무용 예술 안무 작업에 있어 새로운 발견과 가능성을 선사하고 있다. 한편, 무용수의 입장에서 테크놀로지의 도입은 보다 쉽고 효과적인 방법으로 관객에게 다가갈 수 있는 방법을 제시함과 동시에 무용수 표현력의 확장을 가능하게 했다. 컴퓨터의 소형화와 센서기술의 발달은 무용수의 움직임을 몸짓 그 자체에 그치지 않고 소리와 빛으로 치환하는 것을 가능하게 하며 무용수가 표현해 낼 수 있는 범위를 확장시켰다.

마지막으로 관객의 관점에서 보자면 이와 같은 변화는 보다 다양한 시각적 효과를 제공하여 작품의 이해를 돕고 공연에 관객의 참여도를 증가시키고 있다. 이에 따라 오늘 날 공연에서 관객은 이전 보다 더욱 주체적이고 능동적인 특성을 지니게 되었고 공연에 따라 작품을 편집, 재구성하는 창작의 역할까지 부여받게 되었다. 즉, 컴퓨터 테크놀로지의 도입으로 공연예술은 과거 일방적이었던 전달방식에서 벗어나 관객과 쌍방향적인 소통을 추구하게 된 것이다.<sup>5)</sup>

### 2. 연구목적

지금까지 무용예술에 테크놀로지의 도입과 관련된 대부분의 연구는 앞서 언급한 세 가지 관점

중 무용공연에서 무대배경이 되는 영상미디어의 도입과 안무창작을 위해 개발된 소프트웨어 프로그램 및 관객과의 상호작용에 집중돼 있다. 이에 비하면 무용수 입장에서 테크놀로지의 도입이 어떤 영향을 끼치고 있는지에 대한 연구는 미비한 것이 사실이다.

이에 따라 본 연구에서는 무용수에 주목, 그들의 표현능력을 확장시킬 수 있는 여러 공연요소 중 무용수의 몸과 가장 밀접하게 닿아있는 무용의상을 선택하여 이 분야에서 테크놀로지 도입과 관련된 선행사례를 분석하였다. 이를 통해 Birringer의 「Wearable Performance」(2009)에서 명시된 바와 같이 의상은 영상, 건축, 순수예술 등 다양한 분야의 전문가들이 패션디자이너와 함께 활발하게 공동 작업을 해 온 분야 중 하나로 공학기술자와의 공동작업도 다양한 방식으로 진행되고 있음을 알 수 있다.

나아가 문헌연구에만 그치지 않고 이를 기반으로 실제 무용공연에서 바로 적용이 가능한 디지털 의상을 디자인, 제작하고 무용수에게 착용시켜봄으로써 그 효과를 바로 측정하고자 했다. 이를 위해 릴리패드 아두이노(LilyPad Arduino)가 이용되었다. 릴리패드 아두이노는 직물에 손쉽게 부착하여 사용할 수 있도록 디자인 된 마이크로 컨트롤러보드(micro controller board)로서 직물기반 컴퓨팅환경을 제공한다.<sup>6)</sup>

한편, 실제 의상을 제작하는 데 있어, 무용수의 자연스러운 움직임을 방해하지 않고 착용성을 극대화하는 데 집중하였으며 무용의 시각적인 미를 보다 강조하였다. 관객에게 지적, 정서적 감동을 주기 위해 가장 효과적인 매개체로 빛에 주목, 가속도 센서와 발광다이오드(LED)를 이용했다. 결과적으로 움직임에 따라 빛의 세기가 변화하여 무용수의 몸짓을 시각적으로 표현할 수 있는 디지털 무용 의상을 도출해낼 수 있었다.

## II. 선행연구

### 1. 무용과 테크놀로지의 결합

무용의상 연구에서는 무용의 작품성을 보다 돋보이게 하기 위한 예술적, 창의적, 효과적인 표현 방법에 대한 새로운 시도와 연구가 필요하다.<sup>7)</sup> 특히 무용 표현의 형태를 확장, 강화시키고 이전과 다른 새로운 공연형태를 창조해 내기 위한 무용과 테크놀로지의 결합은 당대 선구적인 예술가들에 의해 오래전부터 시도되어 왔다. 컴퓨터 기술이 발달함에 따라 무용공연과 그 중에서도 의상에 적용될 수 있는 기술의 형태 또한 첨단화되고 다양화되는 양상을 보인다.

#### 1) 로이 플러(Loie Fuller)의 무대의상(1869~1928)

19세기 말의 대표적인 무용수로 손꼽히는 로이 플러는 신체의 움직임에 의상을 통해 표현함으로써 세기말의 주요 스펙터클(spectacle)을 만들어냄과 동시에 새로운 조명 기술을 무대 연출에 도입했다. 그녀는 당시 막 실용화되기 시작한 전기조명, 채색 셀룰로이드(celluloid), 환등기, 그 외 무대공학상의 다른 기자재를 갖고 끊임없는 실험을 한 것으로 유명하다.

특히 여러 조명 장치를 자신이 휘두르는 긴 치맛자락에 비치게 하여 마치 무용의상의 색상이 끊임없이 변화하고 스스로 빛을 내고 있는 것과 동일한 효과를 얻은 무용의상은 그녀의 대표작으로 손꼽힌다<그림 1>. 이와 같은 작업을 통해 로이 플러는 신체의 움직임보다는 빛과 그 조작을 통해 움직임의 완성을 이루고자 했다.<sup>8)</sup>

이를 통해 알 수 있듯이 조명과 의상은 로이 플러의 무용작품에서 가장 중요한 요소라고 할 수 있다. 여기서 의상은 무용수의 자유로운 인체 표현을 더욱 강조하는 요소가 되었고, 조명은 의상의 움직임과 더불어 다양한 색채 표현을 가능하게

하여 환상적인 분위기를 연출하였다.



<그림 1> 로이 플러의 무대의상, 1902  
(출처: [www.loc.gov](http://www.loc.gov))

또한 그녀는 조명 연출에 그치지 않고 의상 자체에 발광성 물질을 가공하는 방법을 연구하기도 하였는데 당시 대표적인 과학자인 Pierre Curie, Marie Curie와 Thomas Edison으로부터 조연을 얻어 라듐(radium)이 칼슘(calcium)과의 조합에 의해 약한 불을 낼 수 있음을 알게 됐고, 이를 옷단에 가공하였다. 이 의상에 의한 춤은 라듐댄스(radium dance)라고 불렸으며 지금까지 볼 수 없었던 색깔을 이용하여 어두운 무대 위에 곤충이 움직이는 것 같은 혹은 추상적인 형태를 만드는 것 같은 느낌을 표현해 냈다.<sup>9)</sup> 그녀의 작업을 통해 우리는 무용작품에서 의상이 차지하는 비중과 영향력에 대해 다시 한 번 고찰해 볼 수 있다.

## 2) 팰린드롬(Palindrome) 무용단(1982~현재)

독일 Erlangen 대학의 Robert Wechsler 교수에 의해 창시된 팰린드롬(Palindrome) 무용단 <그림 2>는 무용과 컴퓨터 테크놀로지의 결합 가능성에 대한 실험과 실용화를 연구하고 이러한 연구를 바탕으로 실제 수준 높은 공연을 선보이는 것으로 유명하다.

이 중 대표적인 사례로는 일렉트로드(electrode)를 무용수의 몸에 부착하여 근육의 수축과 이완에 따라 다른 경로의 음이 들리도록 장치하고, 또한

무대 조명도 이러한 근육의 움직임에 의해 조절되도록 구성된 시도를 들 수 있다. 그 결과 실제로 무용수의 움직임과 심장박동을 통해 음악과 조명이 조절되었다. 즉 무용의 앞부분과 끝부분의 무용동작이 같은 경우라 할지라도, 무용수의 심장은 동작이 느려진다고 해도 공연이 진행됨에 따라 계속하여 빨리 뛰게 되므로 앞부분과 끝부분의 음과 조명이 다르게 나타나는 것이다.



<그림 2> 팰린드롬 무용단, 1995  
(출처: <http://www.palindrome.de>)

이 밖에도 팰린드롬 무용단은 모션캡처 기술을 응용하여 터치라인(touch line)과 CRAT라는 두 종류의 소프트웨어를 개발하였다. 터치라인은 무용수의 움직임에 따라 음악이 연주되도록 만든 프로그램이고 CRAT는 무용수가 입을 옷의 색상과 컴퓨터가 연결되어 의상의 색에 따라 각각의 무용수들을 인식, 관찰 가능케 한 프로그램이다.

이와 같은 첨단 기술의 활용에 힘입어 무용수는 연주자의 역할까지도 수행할 수 있게 되었다. 또한 관객석에도 터치라인 기술을 접목시킴으로써 관객들의 움직임이 무용 음악에 반영될 수 있게 하면서 관객과의 상호작용 방식에도 큰 영향을 끼

쳤다.<sup>10)</sup>

### 3) 오디오 발레리나(The Audio Ballerinas)

Benoit Maubrey가 이끄는 오디오 그룹(Die Audio Gruppe)은 독일 베를린에서 활발히 활동 중인 예술가 집단으로 주변 환경 변화에 따라 작동하는 음향 증폭기와 LED등 다양한 전자기기를 부착한 일렉트로닉 의상을 개발해 실험적인 퍼포먼스(performance)를 진행하고 있다<그림 3>. 그 중에서도 90년대 초반부터 지금까지 일반 공연장이 아닌 전 세계 거리 곳곳을 대상으로 시연되고 있는 작품인 오디오 발레리나는 기본적으로 무용수의 움직임과 공연장소의 빛과 소리에 따라 반응하는 광센서와 이에 따라 소리를 발생하게 하는 오디오 기기를 이용한 작품이다.



<그림 3> 『오디오 발레리나의 아마하(Yamaha) 공연』, 2003  
(출처: <http://www.benoitmaubrey.com/Audio%20Ballerinas.pdf>)

여기에 경우에 따라 MP3, 녹음기, 마이크, 미니 컴퓨터 등 다양한 기기들이 추가되었고 이 모든 전자기기들은 그들이 새롭게 디자인한 튜튀(tutu)에 장착되었다. 이 의상은 보통 발레 무용수들이 입는 치마를 의미하는 튜튀와 형태는 유사하지만 그들 목적에 맞게 어느 정도 두께가 있으면서도 신축성 있는 투명한 합성수지 플라스틱소재를 이용해 제작됐다.<sup>11)</sup> 이 의상은 무용수들이 공연을 어떤 공간에서 하느냐에 따라 매번 다른 느낌의 음악을 만들어내고 이에 따른 다양한 안무를 가능

케 하여 이전에는 없던 새로운 공공 공연예술 형식을 탄생시켰다. 또한 이 의상은 관객들에게 그들의 행동 혹은 존재 자체가 무용수 안무에 영향을 끼칠 수 있다는 점을 인지시키는 데 큰 역할을 수행하여 관객과 무용수의 상호작용을 증진시켰다. 그러나 무용의상의 착용성과 심미성을 고려해 보면, 이 의상은 이 공연이 아닌 다른 작품에서는 쉽게 적용되기 힘들다는 한계를 지닌다.

### 4) 퓨처 시티스케이프 II(Future Cityscapes II)

- 부제: 타인의 숨결, 2009

카이스트 문화기술대학원 디지털 퍼포먼스센터에서 기획, 제작한 퓨처 시티스케이프 II(부제: 타인의 숨결)는 디지털(digital) 음악, 미디어아트(media art)를 현대무용, 마임에 접목시킨 새로운 형식의 무대예술작품이다. 본 작품은 미래도시의 찬란한 외관 혹은 첨단화된 풍경보다는 그 도시에서 삶을 살아가는 사람들의 일상과 영혼에 주목하여 그들 간의 관계를 표현하고자 했다<그림 4>. 이와 같은 기획의도를 관객에게 전달하는 데에는 영상과 음악, 미디어 설치물 외에도 무용의상이 주요매체로 사용되었다.

이 공연을 위해 제작된 의상은 인간이 가진 생체신호의 전기적 흐름을 이용해 공연 중 의상과 다른 사람 사이의 신체적 접촉이 있을 때 피부 전도에 의해 흐른 전류가 LED를 작동시키도록 하였



<그림 4> 『퓨처 시티스케이프 II  
- 부제: 타인의 숨결』, 2009  
(출처: <http://www.imbc.com/broad/tv/culture/artzoom/>)

다. 의상은 기본적으로 역동적인 무용 동작을 고려해 타이즈 소재로 제작되었으며 의상 외관상 노출될 수밖에 없는 전선은 하나의 디자인 요소로 활용되었다. 공연의 주제인 미래도시 내 인간의 교류와 상호작용은 이 의상 컨셉과 일치를 이루어 공연 중 무용수들이 서로의 신체적 접촉을 통해 나누는 교감을 LED 시각 효과로 표현함으로써 관객들이 보다 쉽게 확인할 수 있도록 하였다. 그러나 전자회로보드자체의 크기가 큰 편이고 전선의 두께가 굵어 타이트한 의상에 부착했을 경우, 무용수의 움직임에 제한을 줄 수 있다는 점에서 한계를 지닌다.

#### 5) 세렌딕티코드(The Serendiptichord) 2009

세렌딕티코드는 연구 제목임과 동시에 현대 무용 공연에서의 사용을 목적으로 제작된 착용 가능한 새로운 개념의 악기를 의미한다. 이 연구는 주어진 음악에 맞춰 무용을 하던 기존 공연형태를 벗어나 무용수의 움직임을 기반으로 음악이 연주되는 공연형태를 제시하고 이에 적합한 기기를 선보였다는 점에서 의의를 갖는다. 나아가 이 연구의 목적은 무용동작을 특별히 제작된 착용형 기기를 통해 음악으로 변환하는 것에만 있는 것이 아니라 이러한 과정 전체를 무용수와 관객 모두에게 명확하게 전달하고 공연을 함께 즐길 수 있도록 하는 데에 있다.

이 착용형 기기는 무용수가 어깨위에 얹혀서 착용할 수 있는 독특한 도넛 형태와 신체 혹은 의복 어디에든 손쉽게 부착할 수 있는 작고 가벼운 손바닥 크기의 강낭콩 모양의 형태로 구분되어 있으며 각 부분에는 무용수의 움직임을 감지할 수 있는 3차원 가속도 센서가 내장되어 있다<그림 5>. 이 센서에서 감지된 무용수의 움직임은 일정한 값으로 변환되어 음악 소프트웨어 프로그램으로 실시간 전달되고 이에 따라 음악이 연주되는 것이다. 구체적으로 무용수는 머리를 이용한 동작

을 통해 연주되는 음의 강도(intensity)와 속도(velocity)를 조절할 수 있으며 나머지 두 개의 강낭콩 모양 패드를 이용하면 음의 빈도(frequency)에 영향을 줄 수 있다. 또한 움직임의 빠르기를 이용해 음악 볼륨을 키웠다가 줄일 수 있도록 하였다<sup>12)</sup>.



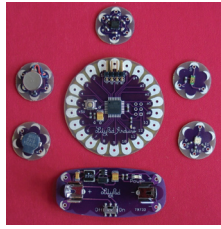
<그림 5> 세렌딕티코드를 착용한 무용수의 공연  
『ACM Creativity & Cognition Conference』, 2009  
(출처: 『The Serendiptichord: A wearable instrument for contemporary dance performance』, 2010, p.6)

선행연구 사례를 살펴본 결과, 오래 전부터 무용공연 및 의상에서 테크놀로지의 도입이 매우 다양한 형태로 이뤄지고 있다는 점을 알 수 있었다. 이는 단순히 무용수의 표현능력의 범위를 확장시키는 것에 그치지 않고 새로운 무용예술 형태를 가능케 하며 무용창작활동 자체에 큰 영향을 끼치고 있었다. 또한 기술적 측면에서 보면, 시간의 흐름에 따라 무용 의상에 적용 가능한 기술 형태가 점차 다양화, 소형화되고 있음을 파악할 수 있다. 이와 같은 양상은 본 연구에서 프로토타입(prototype) 제작을 위해 사용한 릴리패드 아두이노를 통해서 다시 한 번 확실하게 확인할 수 있을 것이다.

## 2. 릴리패드 아두이노의 개념 및 활용방안

### 1) 개념 및 활용방안

미국 MIT Leah Buechley 교수 연구실에서 개발



<그림 6> 릴리패드 아두이노 키트, 2008  
(출처: 『The LilyPad Arduino: Toward Wearable Engineering for Everyone』, 2008, p.13)

한 릴리패드 아두이노는 원단에 부착하여 사용하는데 어려움이 없도록 디자인 된 꽃잎 모양의 마이크로 컨트롤러 보드이다<그림 6>. 이 보드는 전자 전기공학 분야의 배경지식이 전혀 없는 연구원, 디자이너, 학생들도 창의성을 표현하는 수단으로서 공학 기술을 쉽게 접근하고 이용할 수 있도록 하기 위해 개발되었다. 이를 통해 사용자는 그들이 입던 옷 혹은 장갑, 모자, 가방 등 액세서리에 여러 가지 센서와 LED를 간편하게 부착하고 간단한 상호작용이 가능한 인터랙티브(interactive) 작품을 구현해 낼 수 있다.<sup>13)</sup>

릴리패드를 개발한 연구진은 이 보드의 사용성을 검증하기 위해 전자전기공학과 무관하고 프로그래밍 경험이 전혀 없는 참가자들을 모집하여 워크샵을 진행하였다. ‘Learn to build your own Electronic

Fashion’이라는 제목으로 진행된 워크샵은 릴리패드를 일반 사용자에게 소개하고 이용 방법을 교육하는 시간과 실제 작품을 제작해 보는 시간으로 구성되었다. 그 결과 일반 성인들뿐만 아니라 중 고등학생들도 굉장히 흥미로워하며 적극적으로 참여하는 모습을 보였으며 단 한 번의 교육을 통해 자신만의 일렉트로닉 패션을 창조해낼 수 있음을 증명하였다.

워크샵 참가자는 본인이 원하는 인터랙티브 작품을 제작하는 과정에서 메인보드와 전원장치, 각종 센서 등을 납땜 할 필요 없이 전도성 실을 이용해 마치 단추를 원단에 바느질하여 다는 것처럼 서로 연결하기만 하면 됐다. 이 워크샵을 통해 제작된 몇 가지 결과물을 정리, 소개하자면 다음 표와 같다<표 1>.<sup>14)</sup> 이처럼 전자회로와 프로그래밍에 대한 기본 교육을 받은 사용자는 개발자가 제공하는 오픈소스 프로그램(open source program)과 몇 가지 부품을 이용하여 어렵지 않게 릴리패드 아두이노를 활용하고 그들만의 작품을 만들어 낼 수 있었다. 릴리패드 아두이노가 갖는 주요 장점을 정리하면 아래와 같다<표 2>.

이와 같이 릴리패드 아두이노는 다른 마이크로 컨트롤러에 비해 가격이 저렴하다는 점과 납땜 할 필요 없이 전도성 실을 이용해 원단에 쉽게 부착할 수 있으며, 오픈소스를 통해서 초보자들도 어

<표 1> 릴리패드 아두이노 워크샵 결과물 정리

설명	필요부품	제작자
터치 센서티브 셔츠 (touch-sensitive shirt): 센서가 부착된 특정 부위를 터치하면 재밌는 소리를 만들어내는 셔츠	메인보드, 스피커, 전원장치, 전도성 직물, 피부 저항 센서(skin resistance sensors)	여학생(17살)
폴리스햇(police hat): 버튼을 누르면 모자의 사이렌 작동	메인보드, 전원장치, 스피커, 스위치	남학생(10살)
포춘 텔링 셔츠 (fortune-telling shirts): 착용자가 버튼을 누르면 무작위로 셔츠위에 새겨진 간단한 문구 (예: most definitely) 옆에 LED가 켜지면서 답을 준다.	메인보드, 전원장치, LED, 스위치	선생님
착용자를 깨우는 모자(a hat that keeps its wearer awake): 착용자의 머리가 가슴 쪽으로 기울어지는 순간(꾸벅 꾸벅 조는 상황)을 감지하여 그 때마다 모터 진동과 소리를 발생시켜 착용자를 깨우는 모자	메인보드, 전원장치, 스피커, 가속도계(accelerometer), 진동모터	대학원생

<표 2> 릴리패드 아두이노의 주요 특징 분류

특징	설명
저렴한 가격	아두이노 보드는 다른 마이크로 컨트롤러 플랫폼에 비해 상대적으로 저렴하다
크로스 플랫폼 (cross platform)	대부분의 마이크로 컨트롤러시스템 운영체제가 윈도우(Windows) 로 제한되는 반면, 아두이노 소프트웨어는 윈도우외에도 매킨토시(Macintosh) 및 리눅스(Linux) 운영체제에서도 실행이 가능하다.
오픈소스 (open source)	아두이노는 전문가뿐만 아니라 초보자들도 쉽게 접근할 수 있도록 소프트웨어(software)의 설계도에 해당하는 소스코드(source code)를 무상으로 공개하고 있다. 릴리패드 아두이노 기술을 공유함으로써 누구나 자유롭게 소프트웨어 개발, 개량에 참여할 수 있도록 한다.

렵지 않게 활용할 수 있다는 특징 때문에 다양한 분야에서 활용되고 있다.



<그림 7> 리아 뷔클리 『Turn signal biking jacket』, 2008  
(출처: <http://web.media.mit.edu>)

<표 1>에서 제시된 워크샵 결과물 외에 대표적인 적용 사례로는 Leah Buechley 교수가 직접 진행한 『Turn Signal Jacket』 프로젝트<그림 7>을 예로 들 수 있다. 이 프로젝트는 자전거 이용자들의 안전을 위해 고안된 것으로서 기존 자켓에 LED를 부착해서 야간 시 신호를 받아 방향 표시등의 역할을 할 수 있도록 디자인되었다. 양쪽 손목부에는 신호를 개별적으로 조작할 수 있는 스위치가 부착되어 있고, 자켓의 뒷면에는 LED가 방향 표시등의 모양으로 수놓아져 있다.

단순히 의상뿐만 아니라 릴리패드 아두이노를 새로운 형식의 공연을 기획하는 데 활용한 사례 또한 찾아 볼 수 있었다. LED 어번 카펫 『LED-s Urban Carpet』이라는 명칭의 이 프로젝트 <그림

8>은 LED가 내장된 카펫(carpet)을 주요소재로 하여 일종의 게임 형태의 공연을 제안한다. 연구자들은 이 카펫을 임의의 공간에 설치한 후, 그 위를 지나가는 보행자 움직임에 따라 LED 불빛의 패턴이 실시간으로 반응, 변화할 수 있도록 하였다. 이 프로젝트의 목표는 서로 처음 보는 익명의 사람들이 하나의 인터페이스를 통해 동일한 사회적 상호작용을 경험하고 나아가 즉흥 퍼포먼스에 무의식적으로 참여할 수 있도록 하는 데 있다<sup>15)</sup>.



<그림 8> 『LED-s Urban Carpet』, 2006  
(출처: 『LED-s Urban Carpet: a portable Interactive Installation for Urban Environments』, 2006 p.25)

### III. 프로토타입 구현 및 평가

위 사례를 통해 살펴본 바와 같이 릴리패드 아두이노는 다양한 분야에서 활용되고 있다. 특히 식물에 부착하는 것이 용이하여 스마트웨어(smart



ware) 뿐만 아니라, 스포츠웨어, 일상복에 이르기 까지 활용범위가 확대되고 있다. 그러나 실제 공연의상에서 릴리패드 아두이노를 활용한 사례는 극히 드문 것을 확인할 수 있었다. 이번 연구는 무용수의 자연스러운 움직임을 방해하지 않고 의상의 착용성을 극대화하도록 디자인되는 무용복의 특성상을 고려하여 좀 더 밀접하게 의복에 부착할 수 있는 형태의 프로토타입을 구현하기 위해 릴리패드 아두이노를 적용하였다.

### 1. 디자인 프로세스

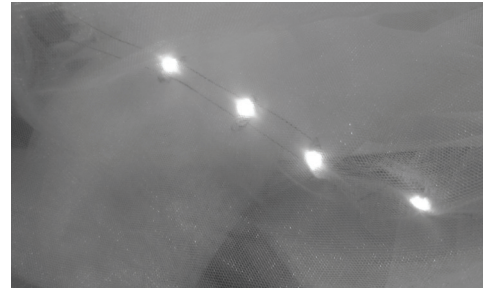
아래 제시된 디자인 프로세스는 아이디어 회의를 통해 컨셉이 결정되고 이에 따라 의상디자인이 결정된 이후의 본격적인 프로토타입 제작과정을 중심으로 정리되었다. 디자인 프로세스를 통해 구현된 의상의 컨셉은 앞서 언급한 바와 같이 무용의 시각적인 미를 보다 강조하여 관객에게 지적, 정서적 감동을 주기 위한 무용의상으로서 우리는 이를 구현하기 위한 가장 효과적인 매개체로 빛에 주목하였다. 무용수의 움직임을 인지하고 이를 빛으로 표현하기 위해 LED와 가속도센서가 사용되었다. 이에 따라 결과적으로 움직임에 따라 빛의 세기가 변화하여 무용수의 몸짓을 시각적으로 극대화 할 수 있는 디지털 무용 의상이 제작되었다. 구체적인 디자인 프로세스는 다음과 같다.

#### 1) 의상 패턴 제작 및 소재 선택

우선 발레리나 무용복 디자인에서 착안하여 스커트를 디자인하고 기본 패턴을 제작하였다. 스커트 외 상의의 경우 패턴을 따로 제작하지 않고 기존에 있던 민소매티를 이용하였다. 패턴 제작 외에 컨셉을 제대로 표현할 수 있는 소재 선택이 이 과정에서 이루어졌다.

무용수의 동작과 동시에 스커트가 움직여야 하고 LED의 빛이 자연스럽게 투과되어야 하는 점을

고려하여 다양한 소재를 이용, <그림 9>와 같이 실험해 본 결과 쉬폰(chiffon)과 같은 얇은 소재의 원단이 효과적이라고 판단되었다.

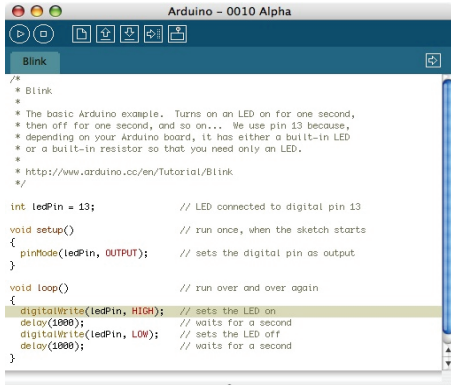


<그림 9> 쉬폰 원단 위 LED 빛의 세기 테스트  
(출처: 2010년 12월 4일 직접 제작)

#### 2) 아두이노 코딩(Arduino Cording) 작업

아두이노 홈페이지에서 무료로 제공하는 아두이노 소프트웨어를 다운로드한 후, LED와 가속도 센서의 연동에 대한 프로그래밍 작업을 통해 아두이노 보드에 값을 입력하는 과정이다. 릴리패드 아두이노 개발자들은 홈페이지를 이용, 처음 프로그램을 접하는 사용자들을 위해 소프트웨어의 설치과정 및 LED를 켜는데 필요한 기본적인 코딩소스의 활용방법에 대한 쉽고 자세한 설명을 사진자료와 함께 제공하고 있다<그림 10>. 이 때문에 프로그래밍 경험이 전혀 없던 사용자라도 하루 정도의 시간을 투자하면 어려움 없이 작업을 시작할 수 있다.

이번 실험의 경우, LED를 작동시키기 위해서 기본적으로 프로그램에 저장된 라이브러리를 활용하였다. 이 밖에 가속도 센서에서 받아들이는 x,y,z 축의 절대값 차이가 30 이상인 경우와 50 이상인 경우로 나누어 LED의 빛이 들어오도록 코딩하였다. 이에 따라 동작의 크기가 작을 경우, 사용된 11개의 LED 중 5개만이 작동하였고 무용수가 좀 더 큰 동작을 할 경우, 모든 LED가 작동하도록 하였다.



<그림 10> 기본 제공되는 릴리패드 아두이노 소프트웨어와 LED작동에 필요한 프로그래밍 작업, 2010년 11월 28일 (출처: [http://web.media.mit.edu/~leah/LilyPad/04\\_lights.html](http://web.media.mit.edu/~leah/LilyPad/04_lights.html))

### 3) LED 패턴 디자인

본 프로토타입은 회전이나 점프와 같은 하체의 움직임이 많은 무용 동작에 초점을 맞춰 무용수의 움직임을 극대화하여 표현할 수 있도록 스커트 밑단 부분에 LED를 부착하였다. LED 패턴 디자인이란 여러 개의 LED를 의복에 부착하는 데 있어서 서로 다른 전극이 겹치는 부분이 없도록 하기 위해 전도성 실이 겹으로 드러나는 부분을 실제 작업 전 미리 초크를 사용하여 확인해보는 단계를 의미한다<그림 11>.

### 4) 릴리패드 아두이노와 스위치, LED의 연결:

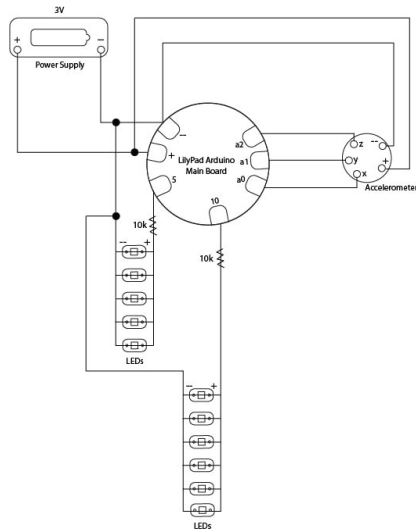
전도성 실의 사용

이 과정에서는 무엇보다 전도성 실이 서로 겹



<그림 11> LED 패턴 디자인 테스트 (출처: 2010년 12월 4일 직접 제작)

치거나 엉키게 될 경우 전력 공급에 문제가 발생하므로 최대한 양극(+)과 음극(-)부분의 실이 서로 겹치지 않도록 주의해야 한다. 따라서 실제로 바느질을 시작하기 전에 간단한 회로스케치를 디자인하여 미리 확인해 보는 것이 중요하다. <그림 12>는 스케치한 회로 모습이다. 회로 스케치에서 보이는 검은색 점은 전도성 실이 서로 겹쳐지는 부분을 나타낸다. 물론 서로 다른 극의 실이 아닌 같은 극의 실이 만날 수 있도록 주의해야 한다.



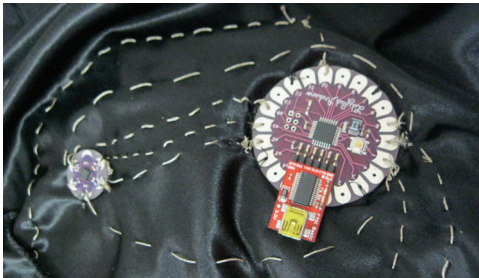
<그림 12> 회로 스케치, 2011 (출처: 2010년 11월 28일 직접 제작)

### 5) 가속도 센서 연동

릴리패드 가속도 센서(LilyPad Accelerometer ADXL335)는 신체의 관절운동이나 경사도 변화, 혹은 진동을 감지하는 기능을 갖고 있다. 이 센서를 이용해 무용수의 동작으로 인해 스커트가 움직일 때마다 그 변화를 체크하여 LED가 반응할 수 있도록 하였다. 가속도 센서는 무용수의 움직임에 따라 가장 변형이 크게 일어나는 스커트 밑단 부분에 부착되었다.

#### 6) 샘플 원단에 부착 후 확인

여러 번의 가봉과정을 통한 확인 작업 후 실제로 최종 의상에 사용할 원단에 LED를 전도성 실을 사용해 부착하였다. 이 과정에서 LED 빛의 세기를 확인하고 LED 추가 장착 여부를 결정할 수 있다<그림 13>.



<그림 13> 원단에 부착된 메인보드와 가속도센서  
(출처: 2010년 12월 4일 직접 제작)

#### 7) 최종 시스템 및 의상 구현

본 연구에서는 연구자 소유의 민소매티에 직접 디자인하고 제작한 치마를 봉제하는 리폼 형식으로 최종 의상을 구현하였으며 LED와 기타 전자회로 부품이 바로 눈에 띄지 않도록 하기 위해 쉬폰 소재를 한 겹 더 덧대는 방식을 선택하였다. LED에 비해 상대적으로 크기가 큰 릴리패드 아두이노 패드는 치마 안쪽에 연결하였으며 배터리의 경우, 무용수의 움직임에 방해하지 않고 무게감을 덜 느끼게 하기 위하여 허리선에 부착하였다.

## 2. 프로토타입 평가

무용수의 움직임의 크기를 의상에 부착된 가속도센서를 이용해 측정하고, 움직임에 큰 변화가 발생할 때마다 LED불빛이 예상했던 대로 반응하는지 확인하고자 간단한 테스트를 진행하였다. 또한 이 테스트를 통해 제작된 무용의상이 무용수의 움직임에 방해가 되지 않는지를 확인하고자 했으며 나아가 실제 무용 공연에 적용가능anz지를 판단해 보고자 하였다.

실험 대상으로 현대무용을 전공한 학생(여자, 28)을 선정하고 프로토타입 의상을 착용시킨 후 10분간 즉흥무용을 요청하였다. 이러한 과정은 모두 비디오와 카메라로 기록되었다. 실험은 일반 무용 연습실과 유사한 환경을 갖춘 세미나실에서 실시되었다. 세미나실 한 면에는 유리벽이 설치되어 있으며 무용동작에 방해가 될 만한 책상 및 의자는 모두 제거하였다. 무용수의 동작에 따라 LED가 제대로 반응하는지 확인하기 위해 직접 조명은 사용하지 않고 외부 간접 조명(유리벽 맞은편 방의 조명)을 사용하여 낮은 조도의 환경을 조성하였다<그림 14>.

실험 결과 무용수의 동작에 따라 LED가 의도했던 대로 반응하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 실험 후 시행된 간단한 인터뷰(interview)에서 실험참여자인 무용수는 제작된 프로토타입 의상이 무용동작을 하는데 큰 방해가 되지 않았다고 답했으며 녹화된 영상에 상당히 만족하는 모습을 보였다.



<그림 14> 프로토타입을 착용한 무용수의 움직임과 LED 반응 실험 (출처: 2010년 12월 16일 직접 촬영)

결과적으로 무용수는 어두운 환경에서도 관객에게 무용수의 움직임을 빛의 이미지로 표현하며 보다 쉽게 전달할 수 있었고, 보는 사람의 입장에서는 동작에 따라 자연스럽게 변화하는 빛을 통해 무용수의 움직임에 집중하기가 더 용이했다. 이는 디지털 무용의상이 무용수의 움직임을 시각적으로 극대화하여 관객에게 새로운 형태로 표현할 수 있는 효과적인 표현수단이 될 수 있음을 암시한다.

## IV. 결론 및 발전방향

본 연구는 무용공연에 사용되는 의상 디자인에서 디지털 테크놀로지가 도입된 배경을 관련 사례들을 통해 살펴보았다. 이를 통해 무용의상에서 테크놀로지가 무용수의 표현범위 및 방법을 확대 시키고 동시에 관객과의 소통을 위한 효과적인 수단으로 활용된다는 것을 확인하였다. 이러한 배경을 바탕으로 본 연구에서 또한 실제 퍼포먼스에서 적용될 수 있는 디지털 무용 의상디자인에 대해 논의하고자 하였다. 지금까지 무용예술에서의 테크놀로지 도입과 관련된 대부분의 연구는 무용안무 창작가의 관점에서 영상미디어의 도입과 몇몇의 소프트웨어에 대해서만 다루어져 왔다. 이에 본 연구는 무용수의상에서의 테크놀로지의 도입이 어떤 영향을 끼치고 있는지에 대한 연구는 부족하다고 판단하고 무용수의 표현능력을 확장시킬 수 있는 디지털의상에 대해서 제시하고자 하였다. 이를 위해 실제 무용수의 움직임 시각적으로 극대화할 수 있는 무용의상을 제작하여 현장에서 도입할 수 있는 디자인 프로세스를 도출하였다. 특히 본 연구에서 활용된 릴리패드 아두이노가 의복형태의 인터페이스로 발전하는 데 매우 적합한 형태라는 것을 확인할 수 있었고, 앞으로 공연의상 제작에서 릴리패드 아두이노의 활용 가능성을 예측할 수 있었다.

그러나 이번 연구에서 제작된 프로토타입은 릴리패드 아두이노가 무용복에 적용하였을 때 적합한 디바이스인지에 대해 검증해보는 수준에 그쳤기 때문에, 관객과의 상호작용에 어떠한 영향을 미쳤는지에 대한 실험과 평가가 부족하다는 한계가 있다. 따라서 다음 연구에서는 프로토타입을 좀 더 발전시켜 실제 관객과의 소통 측면에서 관객이 인지하는 반응을 평가하여 무용에서 디지털 의상의 효용가치에 대한 부분을 보충해야 하고 구현된 의상이 인터랙티브 아트로서 예술적 가치가

있는지에 대한 평가가 이루어져야 할 것이다. 하지만 본 논문은 비전문가들도 쉽게 활용할 수 있는 디지털 무용의상디자인에 대한 방법론을 제시했다는 점에 의의가 있다. 향후 이 연구 과제를 더욱 발전시키기 위해서는 무용의상의 특성에 관한 이론적 근거를 보충하고, 실제 퍼포먼스 환경에 적용할 수 있는 무용의상 디자인의 구현방법에 대해서도 실험을 진행해야 할 것이다.

## 참고문헌

- 1) 김효신 (2009). 무용 창작에서 영상 테크놀로지 활용에 관한 연구: <백색소음>, <돌아온 퍼즐속의 기억> 분석을 토대로, 성균관대학교 대학원 석사학위논문, p.68-73.
- 2) Biringer, J. & Danjoux, M. (2009). Wearable Performance, Digital Creativity, 20(1-2), pp.95-113.
- 3) 김현옥 (2009). 머스 커닝햄의 안무 “바이페드(Biped)”에 관한 연구, 대한무용학회 논문집, 59(-) pp.53-72.
- 4) Duke University Press (2004). Four Key Discoveries: Merce Cunningham Dance Company at Fifty, Theater, 34(2), pp.105.
- 5) 어경은 (2010). 관객참여를 활용한 미디어퍼포먼스 연구, 국민대학교 대학원 석사학위논문, p.5-23.
- 6) Lau, W., Nagi, G., Chan, S. & Cheung, J. (2009.3). Learning programming through fashion and design: a pilot summer course in wearable computing for middle school students, Proceeding of the 40th ACM technical symposium on Computer science education, Tennessee, p.505.
- 7) 김이경 (1995). Neo-Carmen의 무용의상 디자인 연구, 이화여자대학교 대학원 석사학위논문, p.101.
- 8) 이찬주 (2005). 모던댄스와 모던발레-근대, 춤 - All That Dance 1, 경기: 이브출판, pp.120-134.
- 9) 최유진 (2008). 로이플러의 무대의상에 관한 연구, 복식문화연구, 16(5), pp.878-890.
- 10) Marshall McLuhan (2001). 컴퓨터와 무용: 미래로 돌아가기, 김미애 옮김 (2001). 한국무용기록학회, 1(-), pp.187-196.
- 11) Die Audio Gruppe (2007). Performances with electro-acoustic clothes: creating and manipulating sounds through light, retrieved 2011. 6. 15. <http://www.benoitmaubrey.com/AudioBallerinas.pdf>
- 12) Murray-Browne, Tim. & Mainstone, D. & Bryan-Kinns, N. & Plumbley, M. (2010). The Serendipitchord: A

- wearable instrument for contemporary dance performance, Audio Engineering Society 128th Convention, London: UK, pp.1-8.
- 13) Buechley, L., Eisenberg, M., Catchen, J. & Crockett, A. (2008. 4). The LilyPad Arduino: Using computational textile to investigate engagement, aesthetic, and diversity in computer science education, Proceeding of the 26th annual SIGCHI conference on Human factors in computing system, Florence, pp.423-432.
  - 14) Buechley, L. & Eisenberg, M. (2008). The LilyPad Arduino: Toward Wearable Engineering for Everyone, *Pervasive Computing*, 7(2), pp.13-15.
  - 15) Briones, C. (2006). LED-s Urban Carpet: A portable Interactive Installation for Urban Environments, Masters thesis, University College London, pp.12-25.

# A Study on the Design of Dance Costumes using Lilypad Arduino

**Kang, Su Ryeon · Han, Ah Young · Kim, Yi Kyung<sup>+</sup>**

Master's course, Graduate School of Culture Technology, KAIST

Master's course, Graduate School of Culture Technology, KAIST

Professor, Graduate School of Culture Technology, KAIST<sup>+</sup>

## Abstract

With the expansion of expressive power and the diversification of visual effects, the introduction of digital technology in performing arts has helped to overcome the limitations of stage design in existing performing arts and improved the interactive quality of work dramatically. In fact, many dance artists are pursuing continuous development and transformation of dance by taking advantage of the potential of technology in areas ranging from creative choreography to costume design. Miniaturization of computers and the advancement of sensor technology have enabled the transformation of dancers' bodily movements into sound and light, expanding the scope of dancers' expressions. However, there is paucity of research on how the adoption of technology affects dancers. Accordingly, this study focuses on dance costume that is most closely associated with the body of the dancer out of the many components of performance that can expand the expressive capacity of dancers, and analyzes previous cases of technology adoption in this field. In addition, making use of a micro controller board called Lilypad Arduino, this study attempts to test the effects of a digital costume that can be readily applied to actual performances through the stages of design, construction and fitting. During the process of costume construction, focus was placed on maximizing wearability without interrupting the spontaneous movement of dancers on the one hand and enhancing the visual aesthetic of the dance through the application of a light-emitting diode (LED) and a speed sensor on the other hand.

Key words: digital fashion, dance costume, Lilypad Arduino, stage costume design, digital performance