

멀티센서기반 무대배우 이동에 따른 FOV가변형 LED조명 제어 시스템

구은자*, 차재상**, 김대호**, 박명숙***©

LED lighting control system using the variable FOV according to movements of stage actors based on multi sensor

EunJa Koo*, Jaesang Cha**, Daeho Kim**, Myungsook Park***© *Regular Members*

요 약

현재 현대인들의 소득수준 향상과 여가시간 증대, 가치관의 변화 등으로 인해 문화산업의 중요성이 부각됨과 동시에 예술, 전시, 공연에 대한 수요가 점차 커지고 있다. 그러나 국내 기술력이 저조하여 무대연출 장비를 수입품에 의존하고 있는 경우가 많다. 특히 조명연출 분야에서는 배우의 동선을 파악하고, 조명을 제어해야 할 필요가 있는데 IT기술을 이용할 수 있음에도 불구하고 육안으로 배우를 인식하여 수기적으로 제어하는 경우가 일반적이다. 센서 응용하더라도 배우인지를 위해 단순한 형태의 단일 센서만 응용하기 때문에 무대 전체조명의 온-오프에 따라 배우감지 및 추적이 불가능한 경우도 생긴다. 따라서 본 논문에서는 무대배우를 보다 효과적으로 추적할 수 있는 멀티센서 기반 알고리즘과 무대 조명연출을 유연하게 할 수 있는 LED(light emitting diode)조명 FOV(field of view) 및 가변형 제어 시스템을 제안하였다. 또한 제안한 시스템과 알고리즘을 바탕으로 핵심적인 하드웨어 및 소프트웨어를 구현하고 전체 시스템 연동실험을 통해 실용성과 구현가능성을 입증하였다. 추가적으로 구현된 센서모듈의 출력력을 실측하고 제안한 FOV가변형 LED조명 시스템의 성능을 시뮬레이션함으로써 제안한 시스템의 유용성을 입증하였다.

Key Words : LED control, variable FOV, stage actors tracking, multi-sensor

ABSTRACT

Recently, an importance of culture industry has been emphasized through an increased income level, spare time and changed values of modern people. And demands of the performance, arts, exhibit are steadily being increased. However the stage equipment depends on foreign manufactures on account of the inactive domestic technical skills. Especially in the lighting direction part, it is essential to control the lighting source and detect the moving line of actors but it generally uses the manual control type and realization of actor's moving line regardless of existing IT-based technologies. Also the system operation of existing sensor-based tracking and detecting technologies depends on the main lighting source of the stage. Therefore, this paper proposed LED lighting control system using the variable FOV and multi sensor-based tracking algorithm, which are possible to efficiently track the stage actors and direct the stage lights. Also we demonstrated the practicality and possibility of realization through the integrated experiment of the proposed system and implementation of the salient hardware, software. Additionally, the usefulness of proposed system was demonstrated using performance simulations and actual measurements of implemented sensor output.

I. 서 론

현재 문화산업시대, 문화자본주의시대라고 일컫는 21세기에서 정보 및 IT기술이 접목된 감성과 문화시대로 전이되는

문화기반 경제체제로 진입하고 있다. 창의성과 아이디어, IT기반 기술력을 기반으로 고부가 가치를 창출해낼 수 있는 문화산업이 주목받으면서 급성장 하고 있으며 독자적인 산업으로써의 가치뿐만 아니라 다른 산업으로까지 그 활용범위

*경희대학교대학원 공연예술학과 예술경영박사수료

**서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과 및 NID융합기술대학원

***경희대학교 무용학부 © 교신저자 scdc305@hanmail.net

접수일자 : 2012년 10월 23일, 수정완료일자 : 2012년 11월 5일, 최종 게재확정일자 : 2012년 11월 12일

와 영역을 확장하고 있다. 또한 현대인들의 소득수준 향상과 여가시간 증대, 가치관의 변화 등으로 인해 문화, 공연, 예술에 대한 관심과 욕구가 크게 성장하였다[1].

그 중 공연의 경우 국내를 넘어서 언어장벽을 극복하는 수단으로서 한류열풍과 함께 세계적으로 확장되고 있다. 그러나 공연과 무대를 연출할 수 있는 국내 IT기술력이 다소 부진하여 무대연출 장비의 경우 주로 해외장비에 의존하고 있는 실정이기 때문에 효과적이고, 실용성이 높은 무대연출 기술을 위한 연구 개발이 필요하다. 한편 무대 연출 기술의 경우 조명, 영상, 음향 등 다양한 분야의 기술이 접목가능한데 본 논문에서는 조명연출에 초점을 두고 있다. 무대조명 기술의 경우 배경색감 및 특정대상에 대한 강조가 중요하며, 무대에 있는 배우를 항상 강조하기 위한 수단으로서 조명을 활용하게 된다. 그러나 기존 무대조명에서는 배우의 움직임을 약속된 동선을 따라 수기적인 방식으로 직접 제어하는 경우가 일반적이며, 무대에서는 시나리오 전개를 위하여 주조명원이 꺼지고 켜지는 경우가 많은데, 조명이 꺼져 있는 경우 육안으로 배우의 위치와 동선을 파악하기 어렵기 때문에 IT기술 접목을 통해 배우를 추적하고 조명을 제어 할 수 있는 시스템의 도입이 필요하다[2][3]. 따라서 본 논문에서는 멀티센서를 이용하여 무대배우를 보다 효과적으로 추적할 수 있는 알고리즘을 제시하고, 추적된 결과를 통해 LED조명의 지향각(FOV)을 가변적으로 제어 가능한 자유도가 높은 무대 조명연출 시스템을 제안하고자 한다. 또한 제안한 알고리즘을 바탕으로 필수적인 하드웨어를 구성하고, 소프트웨어 구현을 통하여 시연 가능한 시스템을 구현함으로써 실용성과 유용성을 입증하고자 한다.

II. FOV가변형 LED조명 제어 시스템 구성 및 무대배우 추적 알고리즘

본 논문에서 제안하는 시스템은 무대에서 보다 효과적인 조명연출을 위해서 배우의 움직임을 멀티센서를 이용해 감지 및 추적하며, 실시간으로 배우 감지정보 확인과 LED조명의 FOV 및 지향각 제어가 가능한 시스템이다. 제안하는 시스템의 구성은 그림 1과 같다.

무대 위에는 배우들이 위치해 있다고 가정하며, 배우들의 유무와 움직임을 감지하기 위하여 초음파, 적외선, 이미지 센서를 사용한다. 감지된 센서데이터는 MCU기반 통합제어 보드에서 후처리할 수 있으며, MCU기반 통합제어 보드에서는 시리얼통신을 이용하여 메인서버에 배우들의 감지 및 추적 정보를 전달한다. 이미지센서 기반 영상데이터의 경우는 대용량이기 때문에 효율성을 위해 IP망을 통해 직접 메인서버에 데이터를 전달한다. 메인서버에서는 네트워크망 구성이 가능하여 PC, 스마트단말, 기타 네트워크 기반 컴퓨팅환경에서 웹기반 인터페이스를 통하여 배우의 추적/감지 정보 수신

과 제어 명령 전송이 가능하다. 메인서버에서는 사용자로부터 수신받은 제어데이터를 시리얼 통신을 이용하여 LED 제어 드라이버에 전달하며, LED 드라이버에서는 전송된 프로토콜에 의거하여 조명의 색상 및 지향각을 제어한다.

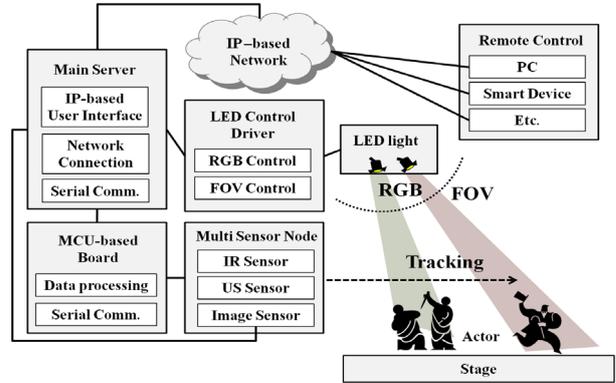


그림 1. 무대배우에 따른 FOV가변형 LED조명 제어 시스템 구성

무대에서는 시나리오 및 연출을 위해 주 조명을 켜고 끄는 과정이 빈번하게 이루어지며, 이미지 센서만 이용할 경우 주조명이 꺼진 상태에서는 배우의 추적 및 감지가 불가능하기 때문에 지속적인 무대배우의 추적 및 감지를 위해 초음파, 적외선 센서의 융합을 통한 방식과 이미지센서를 이용한 방식을 융합하여 사용한다. 무대배우 추적을 통한 LED조명 제어의 절차는 그림 2와 같다.

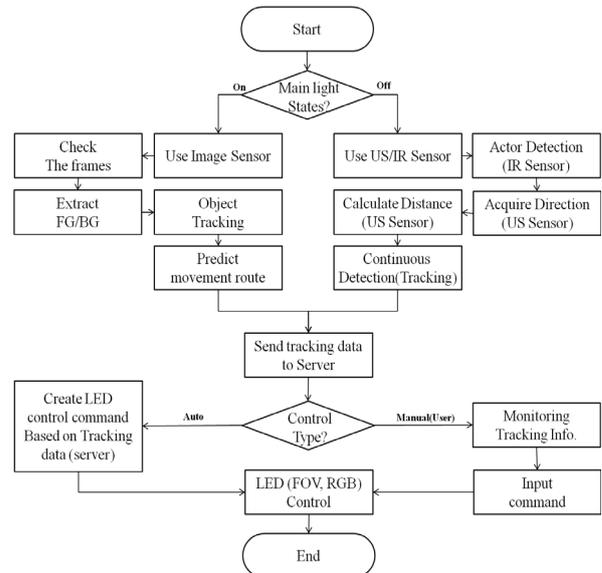


그림 2. 무대배우 추적을 통한 LED조명 제어 절차

제안한 시스템에서는 무대의 주조명이 켜져 있는 경우에는 이미지 센서를 이용한 무대배우 추적알고리즘을 실행한다. 이미지센서를 통한 영상을 취득 후 영상에서 배경화면(BG:background)과 전경화면(FG:foreground)을 추출하게 된다. 전경화면을 분리하여 객체를 추적할 수 있으며, 이동패

턴에 따른 경로예측을 통해 추적 및 감지율을 향상 시킨다. 배경 모델링 기반 추적방식으로는 W4, AGMM 방식[4][5] 등 다양한 방식이 있으나 본 논문에서는 구현이 용이한 AGMM방식을 이용하였다.

한편 무대의 조명명이 꺼져 있는 경우에는 초음파 및 적외선센서를 혼용하여 무대배우를 추적하며, 1차적으로 적외선센서를 이용하여 무대배우의 감지유무를 판단하고 2차적으로 초음파센서를 이용하여 배우와 센서간의 거리를 계산하고 보다 정확하게 배우의 방향을 예측한다. 초음파를 이용한 사용자와의 거리 측정에는 TOA, TDOA, AOA를 통하여 추정할 수 있으며, 다수의 초음파센서를 통해 얻어진 거리값을 이용하여 삼각측량에 의거하여 배우의 위치 추적[6]이 가능하다.

III. 무대배우 추적형 LED 제어 시스템 구현 및 실험

본 논문에서 제안한 멀티센서기반 무대배우 이동에 따른 FOV가변형 LED조명 제어 시스템 구현을 위하여 멀티센서 데이터 처리가 가능한 MCU기반 통합제어보드를 구현하였으며, 해당 보드에서는 초음파, 적외선, 이미지센서를 포함하고 있다. 구현한 MCU기반 보드를 그림 3에서 보이고 있다.

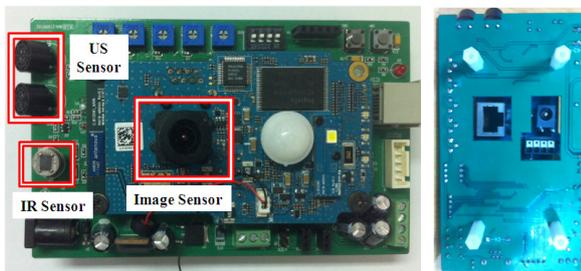


그림 3. 멀티센서 기반 배우추적형 MCU 보드

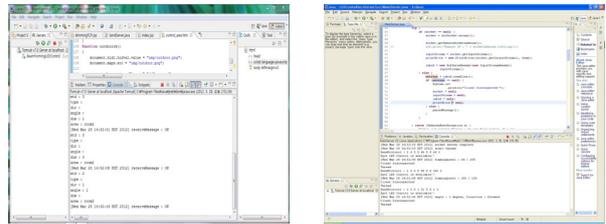
초음파센서는 'MA40S4R/S' 제품을 이용하였으며, 적외선센서는 'LHi 874/878', 이미지센서의 경우 LG사의 LW130W제품을 이용하였다. MCU보드의 메인 프로세서는 PIC16F1519를 사용하였으며, 485 통신과 출력포트를 이용하여 메인서버와 통신이 가능하다. 이미지센서의 경우 Ethernet 포트가 있어 IP기반 통신을 통해서 서버에 영상데이터를 직접 전송한다. LED 조명제어를 위한 드라이버 및 스폿조명은 참고문헌[7]에서의 개발환경과 동일하며, 해당 스폿조명의 경우 R,G,B 컴포넌트가 없어 별도의 LED조명(모델명 DK-SLB-500-25F)과 해당조명을 제어하기 위한 LED드라이버를 이용하였다.

그림 4에서는 LED조명을 제어하고 무대배우 추적을 위한 소프트웨어로서, IP기반 멀티센서 기반 추적 및 감지 데

이터와 LED제어 데이터 송수신이 가능한 콘솔프로그램과 무대배우 추적 영상이 스트리밍을 위해 사용한 UI를 보이고 있다.



(a) 추적영상 스트리밍 히스토리 (b) 배우추적 영상 스트리밍 UI



(c) IP기반 센서/제어데이터 수신 (d) IP기반 센서/제어데이터 전송

그림 4. LED 제어를 위한 IP기반 소프트웨어

소프트웨어는 Windows 운영체제 기반에서 Java 및 JSP, HTML5, CSS 3.0을 이용하여 구현하였으며, java COMM2 라이브러리를 통해 시리얼 통신부분을 구현하였다. 또한 TCP/IP 기반의 소켓프로그래밍을 통하여 사용자 인터페이스부를 구현하였다. 영상데이터 스트리밍 서버로서 wowza media server를 이용하였으며, 소프트웨어 기반 영상 스트리밍 기능을 구현 하였다. 웹 기반으로 시스템을 구현하였기 때문에, PC는 물론 스마트폰 등 네트워크만 가능하면 데이터를 송수신할 수 있다. 그림 4에서는 스마트폰(i-Phone)을 이용하여 LED조명을 원격제어하고 있는 모습을 보이고 있다.



그림 5. 스마트폰을 이용한 LED조명 FOV 및 RGB제어

사용자는 스마트폰을 통해 사용자 인터페이스를 서버로부터 서비스 받으며, 무대에 위치해있는 배우의 추적영상과 센서데이터도 제공받을 수 있다. 또한, LED조명의 FOV, 지향각 및 RGB 색상을 수동적으로 혹은 시스템 측면에서 자동적으로 제어할 수 있다. LED조명의 FOV 및 지향각을

가변시킴으로써 넓은 커버리지의 유연한 조명연출이 가능하며, 웹기반 시스템으로 멀티센서를 사용함으로써 무대에 위치한 배우의 추적 및 감지 정보를 사용되는 컴퓨팅환경의 OS 및 플랫폼, 장소에 독립적으로 제공받을 수 있다. 즉, 관리자는 언제-어디서나 배우의 동선과 무대의 현황을 인식하면서 조명연출을 할 수 있다. 그림 6에서는 구축된 무대배우 추적형 LED제어 시스템을 이용하여 LED조명의 RGB 제어 실험 결과를 보이고 있다.



그림 6. LED조명의 RGB 제어

LED조명의 색상은 R, G, B로 구성되어 각 채널마다 0부터 255까지 표현이 되어 다양한 색상제어가 가능함을 확인할 수 있다. 본 장에서는 논문에서 제시한 시스템의 핵심 기능을 구현하고 동작 및 주요기능에 대한 실험을 통하여 정상 동작을 확인함으로써 제안 시스템의 실용성과 구현가능성을 입증하였다.

IV. LED 제어 시스템 기능검증 및 성능 분석

구현한 멀티센서기반 무대배우 추적 및 감지 기능을 검증하기 위하여 센서의 거리에 따른 출력값을 실측하고 분석하였으며, FOV가변형 LED조명 시스템의 우수성을 입증하고자 성능평가를 수행하였다. 그림 7에서는 거리에 따른 초음파센서 출력 데이터를 측정된 결과 값을 보이고 있다.

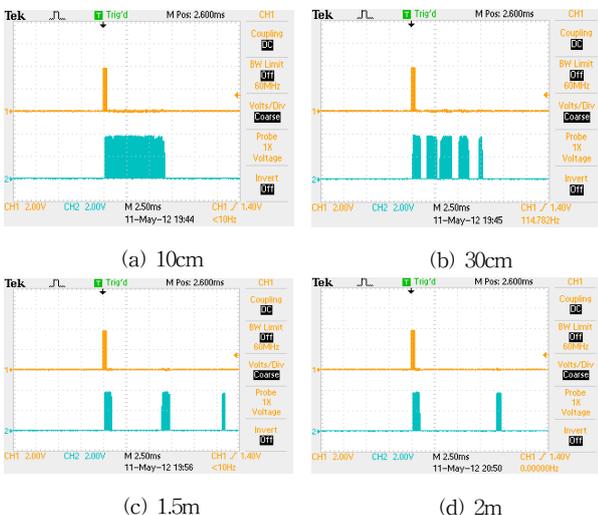


그림 7. 거리별 센서데이터 출력

센서의 기능검증을 위하여 센서와 감지대상의 거리를 10, 30cm, 1.5, 2m 로 다양하게 설정하여 실험을 진행하였으며, 거리에 따라 비례하게 출력전압을 나타내고 있음을 확인할 수 있다. 위 실험을 통하여 본 논문에서 구현한 시스템이 2m 거리에서도 정상 동작이 가능함을 검증하였다.

제한된 시스템에서 LED조명이 제공할 수 있는 서비스의 커버리지를 분석하기 위해서는 그림 8과 같이 높이(H), FOV, FOV가변형 제어 시스템의 FOV 가변각(α)의 기본 요소 필요하며, 해당 정보를 이용하여 2차원적으로 LED조명이 제공할 수 있는 서비스 커버리지에 대한 성능을 시뮬레이션 하였다.

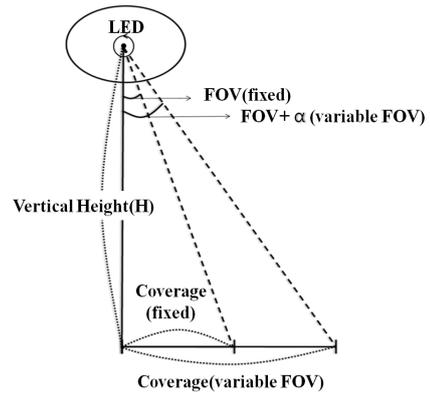


그림 8. FOV가변형 LED조명의 커버리지

시뮬레이션을 위해 기존 제한된 FOV를 제공하는 LED조명의 FOV값을 45°, 60°, 75°로 설정하였으며, 무대와 LED조명의 거리(높이)는 3m, FOV가변형 제어시스템에서의 가변 가능한 가변각의 범위(α)는 0에서 60°로 설정하여 LED조명의 커버 가능한 영역을 시뮬레이션 한 결과는 그림 9와 같으며, 높이를 2m ~ 4.5m로 설정하고 가변각의 범위를 45°로 설정한 시뮬레이션 결과는 그림 10과 같다.

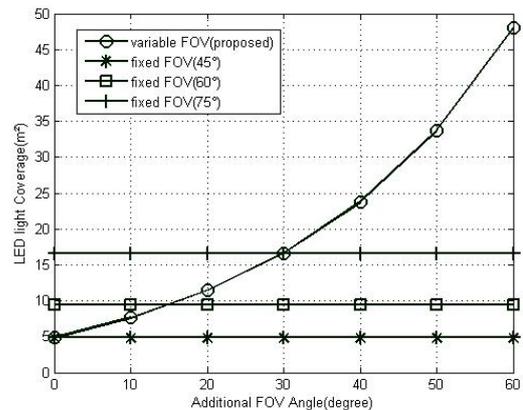


그림 9. FOV 가변각에 따른 LED조명의 커버리지 시뮬레이션

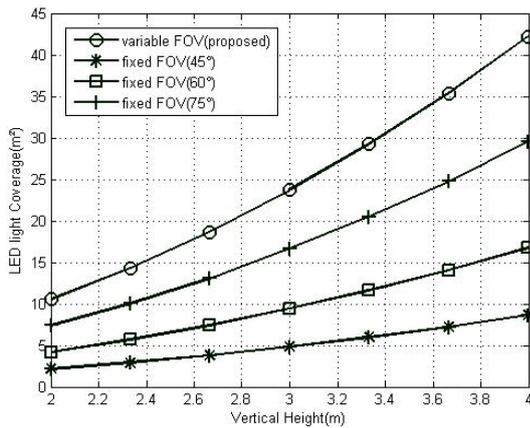


그림 10. 높이에 따른 FOV 가변형 LED조명 커버리지 시물레이션

그림 9에서 보면 제한된 FOV일 경우 45°, 60°, 75°에 따라서 4.8508, 9.4231, 16.6465m²의 커버리지를 가지지만, FOV 가변형 LED 제어 시스템의 경우 최대 48.0192m²의 커버리지가 계산되었다. 즉, 제한된 FOV를 갖는 조명에 비하여 경우에 따라 3배 ~ 10배 이상의 커버리지 확보 가능하다. 그림 10의 높이에 따른 시물레이션에서도 높이에 따라 LED의 밝기는 감소되었으나, 커버리지면에서는 기존 제한된 FOV를 갖는 조명방식에 비해서도 선형적으로 커버리지가 증가함을 확인할 수 있다. 본 실험을 통하여 제안한 FOV가변형 LED 조명 제어 시스템의 유용성을 입증하였다.

V. 결론

본 논문에서는 문화산업에서 공연 및 무대분야에서 IT기반 기술 융합에 대한 필요성을 인식하고, 무대연출을 위한 요소중 조명연출 과정에서 무대배우를 보다 효과적으로 추적할 수 있는 멀티센서 기반 알고리즘과 LED조명 지향각(FOV) 가변형 제어 시스템을 제안하였다. 또한 제안한 시스템과 알고리즘을 바탕으로 핵심적인 하드웨어를 구현하고, 소프트웨어 구현과 전체 시스템 연동실험을 통해 실용성과 구현가능성을 입증하였다. 또한, 구현된 센서모듈의 거리에 따른 출력데이터를 실측함으로써 2m내에서 시스템 구동이 가능함을 검증하였으며, FOV가변형 LED조명 시스템의 커버리지와 기존 제한된 FOV를 갖는 조명에 시스템과의 비교 시물레이션을 수행함으로써, 제안한 시스템이 3배 ~ 10배 이상의 커버리지 확보가 가능함을 입증하였다.

참고 문헌

[1] "무대분장을 위한 디자인 프로세스", 서경대학교 미용예술대학원 석사학위논문 임유경, 2011.8

[2] 김기연, "무대조명 시설개선에 관한 연구", 서경대 대학원 석사학위논문, 2011.8
 [3] 박종연, 이규민, "LED에 의한 무대조명의 조도제어 시스템", 강원대학교산업기술연구소, 산업기술연구 제 30권 B호 pp. 109-112, 2010.8
 [4] Ismail Haritaoglu, David Harwood, Larry S. Davis, "W4: Who? When? Where? What? A Real Time System for Detecting and Tracking People", International Conference on Face and Gesture Recognition, 1998.4
 [5] C. Stauffer, and W.E.L. Grimson, "Adaptive Background Mixture Models for Real-time Tracking.", In Proc. of International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Vol.2, pp.246-252, 1999
 [6] 김명구, "초음파 센서를 이용한 2차원 실내 측위 기법", 순천향대 대학원 석사학위 논문, 2008.2
 [7] 이정훈, 김찬, 차재상, "마이크로 컨트롤러를 이용한 LED통신의 선택적 빔 포밍 시스템 구현에 관한 연구", 통신위성우주산업연구회논문지 제 7권 1호 vol.7 no.1 pp.25-29, 2012.9

저자

구 은 자(EunJa Koo)



- 2003년 : 성균관대학교 공연예술학석사
- 2012년 : 경희대학교 공연예술학과 예술경영박사 수료
- 현재 : 청운대학교 공연기획경영학과 교수

<관심분야> : 공연기획, 무대연출, 멀티센서

차 재 상(Jaesang Cha)



- 2000년 : 일본 東北대학교 전자공학과 공학박사
- 2002년 : ETRI 이동통신연구소 무선전송기술팀 선임연구원
- 2008년 : 미국 플로리다 대학교 방문교수
- 2009년 ~ 현재 : 서울과학기술대학교

전자 IT미디어 공학과 교수

<관심분야> : USN, LED-IT 기술, 통신 시스템, 제어 및 모니터링 시스템

김 대 호(Daeho Kim)



- 2011년 : 서경대학교 컴퓨터과학과 학사 졸업
- 2011년 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 NID융합기술대학원 석사과정

<관심분야> : LED제어, 스마트폰 제어, 센서 네트워크, 객체 추적 시스템

박 명 속(Myungsook Park)



- 1994년 : 한양대학교고대학원 이학박사
- 현재 : 경희대학교 무용학부 교수

<관심분야> : 무용사, 무용연출, 배우 및 공연연출, 공연예술