

I. 서론

현재 도로상에 설치되어 있는 표지는 다양한 정보 전달을 위해 여러 표지가 병설되어 있고, 이러한 상황은 운전자에게 큰 혼란을 주고 있다. 경찰청에서는 주의 표지, 규제 표지 및 지시표지는 상호관련이 있는 경우를 제외하고 병설하지 않아야 하며, 동일한 종류의 표지라도 필요 이상으로 병설해서는 안 된다고 언급하고 있다[1]. 또한, 현재의 도로표지에 관한 신기술은 조명 및 LED 적용을 통해 야간 상황에서의 시인성은 개선하였지만, 표지 병설은 여전히 운전자에게 큰 혼란을 주고 있다. 이러한 문제점을 극복하고자, 가변형 도로표지가 적용되어 오고 있다. 가변형 도로표지는 국내에서는 주로 LED(발광 다이오드), 유럽에서는 프리즘식을 많이 사용해보고 있다. LED는 발광 다이오드 소자를 통해 기초적인 문구와 형상을 제공하며, 프리즘식은 삼각형의 면에 각기 다른 정보를 넣어 3가지의 정보를 제공하는 방식이다. 이러한 방법은 디스플레이 자체의 한계가 있어 제한된 표출 정보를 제공해오고 있다.

본 연구에서는 현재의 가변형 도로표지의 기술 및 특허 동향을 알아보고, 최신 차세대 디스플레이를 제시하여 경제적, 기술적인 관점에서 비교하고자 한다. 또한, 제시한 차세대 디스플레이와 일반 도로표지와의 휘도 대비 실험을 수행하여, 도로 표지의 대체 가능성을 알아보고자 한다.

II. 본론

1. 기존 가변형 도로 표지 기술 및 특허 동향

1.1 기존 가변형 도로표지 기술 동향

기존 가변형 도로 표지에 관한 동향은 국내와 국외로 나누어 살펴보았다. 국내에서 가변형 도로 표지는 도로 표지에 LED를 적용하여, 어린이 보호구역에서 주로 사용되어 오고 있다. [그림 1]은 서울시 노원구와 양천구의 어린이 보호구역에 적용된 가변형 도로 표지를 나타낸 것이다. 통행하는 운전자의 주행 속도에 따라서 경고를 전달하는 역할을 한다.



그림 1. 서울시 노원구와 양천구의 어린이 보호 구역 가변형 도로 표지[2]

영국의 Dambach사의 가변형 도로 표지는 고속도로 표, 안전 경고표지, 주차안내를 위해 적용되어오고 있다. LED 디스플레이를 도로 표지에 적용하여, 주차장의 남은 자리의 수를 제공하는 시스템이다.



그림 2. Dambach UK사의 주차 안내 가변형 도로 표지[3]

핀란드의 Safe Road사는 프리즘식 가변형 도로표지를 통하여 가변 정보를 제공해오고 있다. 프리즘식 표지는 알루미늄과 스테인레스 소재로 하여 3개의 패널로 구성되며, 삼각형 패널의 회전을 통해 3가지의 다른 교통 정보를 제공한다. 프리즘식 표지는 LED 디스플레이에 비하여 제공하는 이미지는 한정되어 있지만, 설치 비용이 낮은 장점이 있다. 또한, 운영에너지가 낮아 태양열을 통하여 충분히 운영이 가능한 장점이 있다. 본 표지는 터널부 경고, 공사 중 경고, 우회, 도로 폐쇄를 목적으로 정보를 제공한다.

네덜란드에서는 프리즘식 표지를 혼잡, 주요 사고, 타당한 노선에 대한 도중 정보를 전달하고자 설치하였다. 이러한 가변정보는 도로 상황에 따라 더 많은 정보를

제공하므로, 이용자의 만족을 높일 수 있다[4].



그림 3. 핀란드 Safe Road사의 프리즘식 가변형 도로 표지[5]

기존 가변형 도로표지의 문헌 고찰 결과, 국내에서는 LED가 주로 사용되고, 유럽에서는 프리즘식 표지가 많이 사용되는 것으로 나타났다. LED표지는 다양한 표현이 가능하지만 표현 해상도가 낮은 단점이 있고, 프리즘식 표지는 설치비가 저렴하지만, 제공 화면이 3개로 제약되어 있는 단점이 있었다.

1.2 기존 가변형 도로표지 특허 동향

본 연구에서의 특허동향은 특허 검색 웹사이트인 Wisdomain을 활용하였다. 국내 특허를 대상으로 국제 특허 분류(IPC)를 비교한 결과, [그림 4]와 같은 결과를 얻었다. 가변형 도로 표지 관련하여 등록된 특허 중에서 도로 분야가 대부분인 것으로 나타났으며, 특허에 등록된 기술은 LED를 주로 활용 하였다. 미국 특허를 대상으로 국제 특허 분류(IPC)를 비교한 결과, 교통 제어 시스템에 가장 많은 특허가 보유된 것으로 나타났으며, 운영 방법론과 시스템이 주를 이루었다. 유럽의 경우 미국과 마찬가지로 교통제어시스템이 가장 높은 비중을 보였고, 운영 시스템이 주를 이루었다. 또한, 기술 동향에서 언급한 프리즘식 표지를 확인 할 수 있었다.

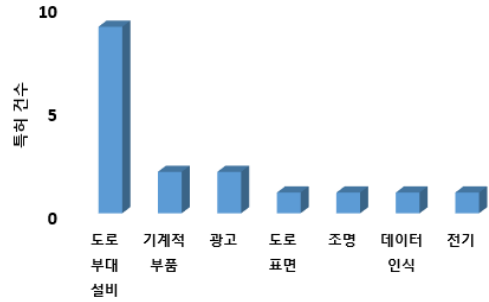


그림 4. 기존 가변형 도로표지 IPC 결과(국내)

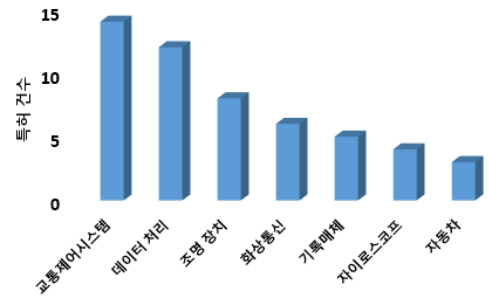


그림 5. 기존 가변형 도로표지 IPC 결과(미국)

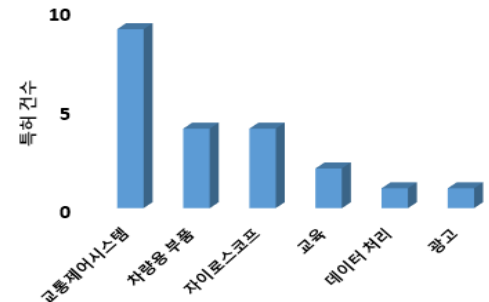


그림 6. 기존 가변형 도로표지 IPC 결과(유럽)

2. 차세대 디스플레이 기술 및 시장 동향

본 연구에서는 차세대 가변형 도로 표지를 위한 디스플레이로 가볍고, 고해상도를 갖춘 디스플레이를 검토 하였고, 투명 디스플레이와 플렉시블 디스플레이를 대상으로 하여 기술 및 특허 동향을 알아보았다.

2.1 투명 디스플레이 기술동향

투명 디스플레이는 화면의 투과도를 통해서 화면의

뒷부분이 보이는 특징이 있고, 구현 가능한 기술도 다양하다. 투명 디스플레이의 종류로는 투명 TFEL, 투명 OLED, 투명 LED 디스플레이가 있다.

투명TFEL은 무기 형광체 속에 가속된 전자가 지나가면서 형광 물질을 작용시켜 빛을 발생시키는 원리이다. 투명TFEL은 투명 전극과 무기형광체, 절연막으로 구성되며, 투명한 특성을 가진 무기 형광체와 절연막이 투명 디스플레이를 구현 가능하게 한다. 투명 TFEL은 수명이 길고, 온도, 물리적 충격에 대한 신뢰성이 높은 장점이 있다[6].

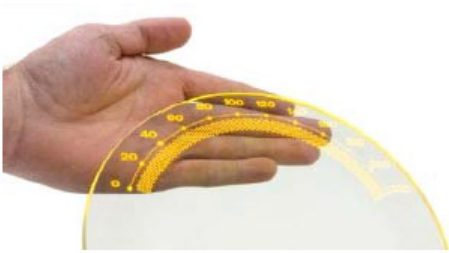


그림 7. 투명 TFEL 형태[6]

투명 OLED는 유기 발광층 양쪽에서 전자와 정공을 주입하고, 이들이 유기 발광층 안에서 결합되면서 빛을 발생시키는 원리이다. 일반적으로 투명한 유기발광층은 양쪽 전극을 투명하게 하면 투명한 디스플레이를 만들 수 있다[6]. 투명 OLED는 [그림 8]과 같이 자동차 내부의 네비게이션으로도 응용되고 있다.



그림 8. 투명 OLED 네비게이션[7]

투명 LED 디스플레이는 건물 외벽에 설치하여 스크린처럼 활용하는 미디어파사드와 작고 간단한 사인 보

드에 적용되어 오고 있다.

2.2 플렉시블 디스플레이 기술동향

플렉시블 디스플레이는 기본 디스플레이인 LCD와 유기 EL이 유연성을 가질 수 있도록, 플라스틱이나 얇은 유리 등에 디스플레이를 구성하는 방법이다. 플렉시블 디스플레이는 얇고, 가벼우며, 깨지지 않는 장점이 있다. 또한, 플라스틱 같은 기판위에 디스플레이를 제작하여 가볍고 깨지지 않으며, 필요시 다양한 모양으로 가공이 가능하다[8].



그림 9. 플렉시블 디스플레이 사용 예[8]

플렉시블 디스플레이는 자체 표시 특성을 유지하기 위해서 기존 기술과 차별적인 높은 기능을 지닌 재료와 적합한 공정, 장비 기술 개발이 요구되어 많은 연구 개발을 필요로 한다. 국내의 플렉시블 디스플레이 산업은 모듈 분야에서 선도적으로 이루어지고 있지만, 원천 기술 및 응용분야에서 뒤처지고 있어, 경쟁력 확보를 위해 연구개발이 필요하다[9].

2.3 차세대 디스플레이 시장동향

국내의 디스플레이 시장은 2012년 세계 시장의 50% 이상을 점유하고 있으며, 국내의 2012년 수출 및 생산은 2008년 대비하여 국내시장은 약 15배, 세계시장은 12배 증가해오고 있다. 본 연구에서 차세대 디스플레이로 제시한 플렉시블 디스플레이와 투명 OLED 디스플레이는 기술 발전과 소비자의 욕구에 의하여 시장이 크게 증가해오고 있는 중이다. 또한, 차세대 디스플레이의 세계시장 규모는 2014년 177억 달러에서 2018년 590억 달러로 약 3.3배 증가할 것으로 전망된다[10].

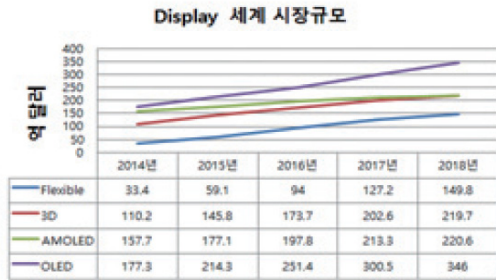


그림 10. 차세대 디스플레이 시장규모 전망[10]

3. 기존과 차세대의 디스플레이 기술 비교

본 연구에서는 대표적인 기존 가변형 도로표지인 LED와 OLED의 경제적 비교를 수행하였다. 경제적 비교는 설치비, 유지비와 연결되는 전력소모량, 교체주기를 선정하여 비교하였다. 본 비교에서 LED는 실제 시판되고 있는 서울의 모기업의 제품의 전력 소모량과 설치비를 참고하였으며, OLED는 본 연구의 실험에 사용된 디스플레이의 가격 및 규격을 참고하였다. 또한, 본 경제적 비교는 실제 현장 설치 시 갖춰야 할 지주와 같은 제반시설을 제외하고, 디스플레이 자체만을 고려한 제한적인 가정 하에서 진행하였다. 비교 결과는 표 1과 같다. OLED는 LED에 비해 약 5.5배 높은 결과를 보였으며, 전력소모 또한 5.5배 높은 결과를 보였다.

또한, 이재홍(2009)은 LED 가변형 도로표지의 교체주기를 수년에서 10년으로 언급하였고, OLED에 비해 장기간으로 나타냈다[11]. 이러한 점을 고려하였을 때, 경제적인 관점에서는 OLED는 가변형 도로표지에 있어 LED 도로표지에 비해 한계가 있는 것으로 판단된다. 하지만, 최근 2년간 수분 차단과 향상된 접착필름 및 박막을 활용해 OLED의 수명 및 내구성을 증진시키기 위한 특허출원이 급증하고 있는 추세이다[12]. 또한, 현재 OLED 패널의 제조단가가 높지만, 원가 절감이 연평균 30%씩 이루어질 전망이다[13]. 이러한 동향과 관련기술 발전은 설치비 저감 및 교체 주기 증가로 인한 유지비 감소를 유도하고, LED와의 비교하여 열세한 경제적 측면을 완화시킬 수 있을 것으로 판단된다.

본 경제적 비교는 제한적인 가정 하에서 진행한 것으로, 향후, 시공비, 유지관리비 등의 경제성 분석 측면에서의 필요하다고 판단된다.

표 1. LED와 OLED 경제적 비교(3.6m×1.2m 기준)

구분	LED	OLED
설치비	2,820,000원	15,750,000원
전력소모	73W	405W
교체주기	약 수년~10년 (한국도로공사)	2.85년

본 연구에서는 기존 가변형 도로표지로 사용되는 LED와 차세대 디스플레이로 선정된 투명OLED 디스플레이를 대상으로 야외 적용성, 비용, 정보 제공량을 문헌고찰을 근거하여 [그림 11]과 같이 비교 하였다. 도로 정보 제공을 위해 사용되고 있는 LED 디스플레이의 경우 아직 개발이 진행 중인 OLED에 비해 야외적용성이 높다고 판단된다. 하지만, OLED는 영하 40℃~영상 100℃까지 견딜 수 있는 장점이 있으며, 수분과 산소의 유입을 막아 내구성을 높이는 연구가 활발하게 진행 중이다. 비용적인 측면은 디스플레이 자체만으로 보았을 경우 OLED가 LED에 비해 월등히 높지만, 제약된 문구로 정보를 제공하는 LED에 비하여 고품질의 정보를 표현 할 수 있다.

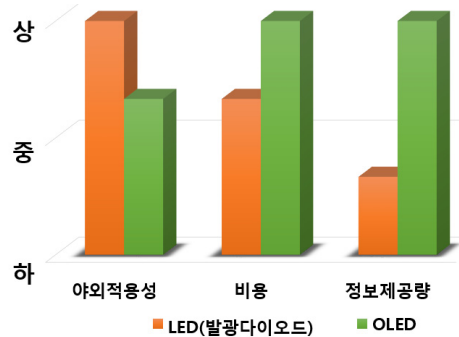


그림 11. 디스플레이별 비교

4. OLED와 도로표지의 휘도대비 실험

본 연구에서는 문헌고찰 통해 살펴본 투명 디스플레이 중 OLED 디스플레이와 일반 도로표지를 대상으로 휘도 대비 실험을 수행하였다.

※ 용어 정의[14]

- 휘도: 광원의 단위 면적당 밝기의 정도. 발광원 또는 투과면이나 반사면의 표면 밝기. 단위: cd/m^2

- 휘도비: 휘도 대비를 정하는 한 방법으로, 보려고 하는 물체와 그와 인접하는 배경의 휘도 또는 광속 발산도를 B1, B2로 하고, B2/B1 또는 B1/B2를 휘도비라 함
- 휘도대비: 보려고 하는 물체와 그와 인접하는 물체의 휘도 또는 광속 발산도를 B1, B2로 하고, 이들 차이의 정도를 그 비, 차 등으로 나타낸 것을 말함

OLED 디스플레이는 일반 LCD에 비해 백라이트가 필요 없는 자체 발광기능을 가져 얇고, 순수한 색을 표현 할 수 있다. 본 실험은 OLED 디스플레이와 일반 도로표지 모형에 야간 환경을 모사하여 휘도대비를 통한 시인성을 판단하고자 하였다. 실험에 사용한 OLED 디스플레이는 현재 시중에 판매되는 OLED TV를 이용하였고, 컴퓨터의 도로표지 이미지를 전송하여 화면에 표출하였다.



그림 12. OLED 디스플레이

휘도 측정을 위해 사용한 휘도계는 MINOLTA사의 점휘도계(CS-100 모델)을 이용하였다. 실험은 빛이 없는 암실에서 진행하였으며, 광원을 OLED 디스플레이와 도로표지 모형에 투사하여 야간 상황의 자동차 헤드램프 불빛을 모사하였다. OLED 디스플레이와 도로 표지 모형의 휘도 대비 결과를 통계적으로 차이를 알아보고자 각각 5회 측정하였다.

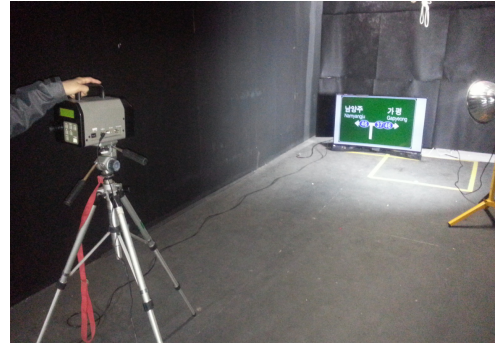


그림 13. 점휘도계를 이용한 휘도 측정

일반적으로 휘도비가 낮을수록, 휘도대비가 높을수록 운전자는 대상을 잘 식별 할 수 있다. 실험결과, OLED의 평균 휘도비는 도로표지 모형의 휘도비에 비해 약 5% 낮은 결과를 나타내었다. 또한, OLED의 휘도 대비는 도로 표지 모형의 휘도 대비보다 약 5% 높은 결과를 나타내었다. 본 실험을 통해 OLED 디스플레이의 휘도 대비는 도로 표지 모형의 휘도 대비보다 근소하게 높은 결과를 판단 할 수 있었다.

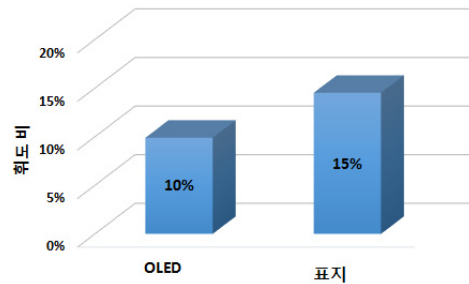


그림 14. 휘도 비 결과

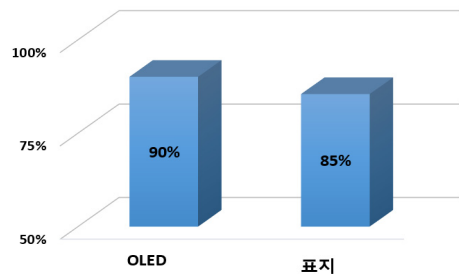


그림 15. 휘도 대비 결과

본 연구에서는 통계적으로 OLED 디스플레이와 도로 표지 모형의 휘도 대비 차이를 판단하고자 독립표본 T 검정을 수행하였다. 본 연구에서는 범용적인 통계 분석 프로그램인 SPSS를 활용하였다. 정규성 검정 결과, 유의 확률이 0.05보다 크므로 독립표본 T 검정을 진행하였다.

등분산 검정 결과 유의 확률이 0.889를 나타내어 0.05보다 크므로 등분산을 만족하였고, 독립표본 T검정 결과 유의 확률이 0.000을 나타내어 0.05보다 작으므로 OLED 디스플레이와 도로표지 모형간의 휘도 대비는 통계적으로 차이가 있었다.

본 실험을 통하여 최신 디스플레이 기술인 OLED 디스플레이에서 표출하는 도로 표지가 일반 도로 표지에 비하여 휘도 대비로 판단하였을 때 통계적으로 유의미한 효과가 있다고 판단되었다. 하지만, 본 실험은 제한적인 상황에서 진행한 것으로 실제 상황을 모사하기 위한 추가 실험과 피험자를 통한 검증도 필요하다고 판단된다. 또한, 디스플레이 표지를 야외공간에 적용하였을 경우 가장 큰 문제점은 허상현상(Sun-Phantom)으로 이를 극복 가능한지에 대한 추가 실험도 필요하다고 판단되었다.

※ 허상현상[15]

- 허상현상이란 표출해야할 메시지, 심볼 등이 태양 광으로 인해 관독이 힘들도록 비쳐지는 현상임. 이러한 현상은 태양빛에 노출된 도로 시설물 모두에게 영향을 미치며, 특히 시인성을 유도하는 시설물에 더욱 중요한 요소임.

III. 결론

본 연구는 기존에 사용되는 가변형 도로표지의 정보 제공을 높이기 위하여 새로운 디스플레이를 제시하고, 비교하는 연구를 수행하였다. 또한, 본 연구에서 제시한 차세대 디스플레이와 기존 도로표지간의 휘도 대비 실험을 수행하여, 도로 표지 대체 가능성을 알아보고자 하였다.

본 연구는 우선적으로 기존 가변형 도로 표지의 방식인 LED와 프리즘식 표지의 기술 동향을 파악하였다. 그 결과 국내에서는 LED 방식이 주로 사용되었고, 유럽에서는 프리즘식 표지가 주로 사용되어 오는 것으로 나타났다. 또한, 기존 가변형 도로표지를 대상으로 특허 동향을 알아본 결과 국내의 특허는 도로 부대설비, 미국과 유럽은 교통제어시스템에서 가장 높은 특허건수를 보유하는 것으로 나타났다.

본 연구는 가변형 도로 표지에 활용하고자 하는 차세대 디스플레이로 OLED 디스플레이를 제시하여, 기존 LED와의 경제적, 기술적 비교를 수행하였다. 경제적인 비교 결과 설치비, 전력 소모, 교체 주기에 있어, LED가 효과적인 결과를 보였지만, 관련 기술 개발과 제조 단가 감소로 향후에는 완화될 것으로 판단된다. 기술적인 비교 결과, OLED 디스플레이는 LED에 비해 다양한 정보제공 측면은 우수하지만, 야외 적용성과 비용은 미흡한 것으로 판단된다. 이 또한, 향후 관련 기술 개발과 원가 감소를 통해 극복할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구는 OLED디스플레이의 도로 표지 적용성을 알아보기 위하여 시중의 OLED 디스플레이와 도로 표지와 휘도 대비 실험을 수행하였다. 실험 결과, OLED는 일반 도로표지에 비해 약 5%의 휘도 대비가 높은 결과를 보였고, 통계적으로 차이가 유효하다는 결론을 얻었다.

본 연구에서 진행한 경제적 비교와 휘도 대비 실험은 제한적인 상황에서 진행한 것으로 향후, 다양한 변수를 고려한 연구가 수행되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] 경찰청, *교통안전표지 설치관리 매뉴얼*, pp.37-38, 2011.
- [2] Shon, <http://www.newsis.com/article>, 2011.
- [3] Dambach, http://www.roadtraffic-technology.com/contractors/driver_info/dambach, 2014.
- [4] 황상호, 유성준, 홍순진, *능동적 교통관리시스템 구축방안 연구*, 도로교통공단 교통과학연구원 연구보고서, 2012.

- [5] Safe Road, <http://saferoad.com/Products-and-Solutions/Signage/VMS/>, 2014.
- [6] 황치선, 박상희, 조경익, “투명디스플레이 기술 동향 및 전망”, ETRI 전자통신동향분석, 제25권, 제5호, pp.20-32, 2010.
- [7] TOVI, TOVI Navigation, <http://www.tovi.co.kr>, 2014.
- [8] 한국과학기술정보연구원, Flexible Display, 부품·소재 종합 정보망, <http://www.mctnet.org>, 2007.
- [9] 이정노, 한철중, “플렉서블 디스플레이 기술 현황 및 전망”, KEIT PD Issue Report, 2013.
- [10] 이종근, “OLED 기술 개발 및 공정 기술 동향과 시장 전망”, 대한전자공학회 전자공학회지, 1월호, 2015.
- [11] 이재홍, 가변전광표지(VMS) 최적교체주기 산정, 서울시립대학교 교통공학과 석사학위 논문, 2009.
- [12] 김지영, OLED 수명늘리는 ‘밀봉기술 특허출원’ 급등, Hello DD.com, 2014.
- [13] 박동완, “2014년 전환기를 맞이하는 LED 조명산업”, Korea Eximbank Issue Briefing, 2014.
- [14] 성안당, 건축용어사전, 네이버 지식백과, 2011.
- [15] 한국건설기술연구원, 에너지 절약형 경량 VMS 개발(3차년도), 한국건설기술연구원 주요사업 보고서, 2013.

문 학 룡(Hak-Ryong Moon)

정회원



- 2001년 8월 : 숭실대학교 전기공학(공학박사)
- 1997년 2월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 도로연구소 연구위원
- 2005년 2월 ~ 현재 : 한국과학기술원 대학 ITS공학과 부교수

<관심분야> : 지능형 교통 체계, 도로 환경

저 자 소 개

강 원 평(Won-Pyoung Kang)

정회원



- 2011년 2월 : 한양대학교 교통공학(공학사)
- 2013년 2월 : 한양대학교 교통공학(공학석사)
- 2012년 12월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 도로연구소 연구원

<관심분야> : 도로 환경, 도로 포장