

## 고성능 터널조명 측정시스템 개발

(Development of a High Performance Measuring System for Tunnel Lighting)

황재산\* · 한중성\*\* · 남동훈\*\*\* · 김 훈\*\*

(Jae-San Hwang\* · Jong-Sung Han\*\* · Dong-Hoon Nam\*\*\* · Hoon Kim\*\*)

(\*동일전자, \*\*강원대학교 전기전자공학부, \*\*\*한국도로공사)

### 요 약

차량에 탑재하여 60km/h 이상의 고속으로 주행하면서 터널의 노면조도 분포 및 휘도를 측정할 수 있는 하드웨어 측정 장치, 측정용 소프트웨어, 분석용 소프트웨어를 개발하였다. 또한 탈부착이 가능하고 이동의 용이한 차량부착용 장치를 개발하였다.

### 1. 서 론

터널의 조명수준을 파악하여 적절한 유지관리가 행해지기 위해서는 도로교통의 여건상 신속하고 신뢰적인 조도분포를 계측하는 측정시스템의 필요하다. 도로교통에 영향을 주지 않으면서 안전하고 신속하게 노면의 조도 및 휘도분포를 측정하기 위해서는 차량을 이용한 측정시스템을 구성하는 것이 바람직하다.

일부 선진국에서는 차량에 탑재하여 자동으로 계측, 분석하는 시스템을 개발하고 실제로 터널조명 관리에 사용함으로써 많은 이득을 얻고 있다 [1,2]. 본 연구팀에서는 2005년~2007년에 걸쳐 '차량을 이용한 조도측정용 2분할 측정시스템 개발' 등 일련의 연구를 수행하여, 차량을 이용한 터널 및 도로조명 수준을 측정하였으며, 노면의 조도 및 휘도 데이터의 수집방법을 검증한 바가 있다 [3~6].

본 연구에서는 이러한 선행연구 결과를 바탕으로 터널조명 측정을 용이하게 수행하고 별도의 교통 통제가 필요치 않도록 60km/h 이상의 고속 주행을 하면서 조도, 휘도를 측정하고, 기구적으로는 탈부착이 가능하며 이동의 용이성을 갖춘 고성능 터널조명 측정시스템을 개발하였다. 아울러 측정된 자료를 분석하기 위한 별도의 분석용 소프트웨어도 개발하였다.

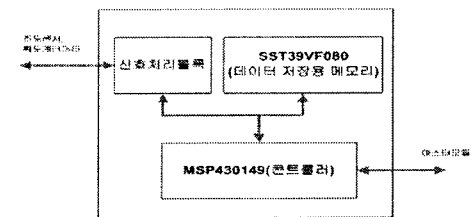
### 2. 터널조명 측정시스템의 구성

이 측정시스템은 조도측정모듈 5개, 휘도측정모듈 1개, 마스터모듈 1개, 거리계측모듈, 전원 콘트롤부,

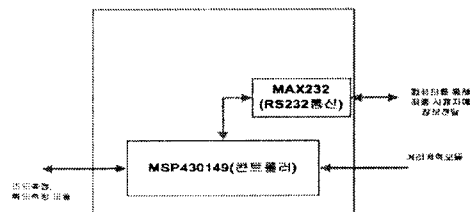
측정용 PC, 기구프레임으로 구성되며, 시스템 블록도는 그림 1과 같다.

고속측정이 가능하도록 조도측정모듈과 휘도측정모듈은 별도의 신호처리 작업을 하였으며, 제공된 차량이 이동시 범용의 거리신호를 제공하지 않아 외부에 별도의 거리계측모듈을 설치하였다. 조도측정모듈은 전방에 2개, 후방에 2개, 천장에 1개가 설치되고, 전방과 후방 조도모듈은 2분할 수광 방식을 사용하여 차량 그림자의 영향을 제거했다.

휘도계는 조수석에 운전자의 눈높이와 동일하게 설치되었다. 각각의 측정 모듈은 고속에서 측정된 데이터를 내장된 메모리를 이용하여 임시로 저장한 후, 마스터모듈에 의해 측정용 PC로 전달된다.



(a) 조도·휘도 측정모듈 블록도



(b) 마스터 모듈 블록도  
그림 1. 시스템 세부 블록도

기구물은 차량에 고정된 고정기구물과 탈부착이 가능한 부착 기구물로 구성되고, 부착기구물은 고정기구물과 측정모듈을 연결하는 역할을 하며, 측정모듈을 고정하기 위하여, 클램프 및 고정핀을 제공한다.

### 3. 터널조명 측정시스템의 사양

#### 3.1 휘도측정모듈

휘도측정모듈의 사용 휘도계는 TOPCON BM-5A10000 기종으로 시야각 1/10°의 사양을 갖고 있으며 조수석에 바닥으로부터 1.5m 높이에 설치하였다. 이때의 노면휘도 측정 대상점은 휘도계 설치점으로부터 전방 85m 지점으로 하였는데, 이는 바닥과 운전자 시선사이의 각도를 1°로 하여, 1.5m 높이에서 0.1°의 시야각을 갖는 휘도계를 사용하여 측정할 수 있는 노면의 최적 거리이기 때문이다.

#### 3.2 조도측정모듈

그림 2의 조도측정모듈은 미놀타 T10의 조도센서를 사용하였으며, 2분할 수광방식을 사용하여 측정차량으로 인한 그림자의 영향을 제거하였다. 기존 T10 조도계에서 제공되는 디지털 조도 데이터의 처리시간은 2~3초이므로, 60km/h이상의 고속 측정이 불가능하였으나, 조도센서의 아날로그 데이터를 디지털 데이터로 변환한 후, 마이크로프로세서에서 거리계측모듈의 한 주기(60cm)동안 버퍼링을 하여, 버퍼링한 데이터들 중에 측정 간격(20cm)에 해당하는 데이터를 골라 저장함으로써 고속 측정이 가능하도록 하였다.

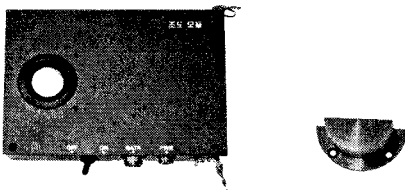


그림 2. 조도측정모듈과 2분할 수광방식 덮개

#### 3.3 마스터모듈, 전원 컨트롤부

마스터 모듈은 각각의 측정모듈들과 PC를 연결하는 역할을 한다. PC에서 내려온 명령을 측정모듈로, 명령에 대한 측정모듈의 응답을 PC로 전달한다. 전원 컨트롤부에서는 전체 시스템에 전원을 공급한다. 시스템의 전원은 차량 배터리로부터 공급 받고 있으며, 각각의 측정모듈은 전원케이블로 전원컨트롤부와 연결된다. 그림 3에 마스터모듈과 전원 컨트롤부의 모습을 보였다.

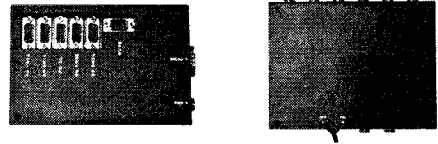


그림 3. 마스터모듈과 전원 컨트롤부

#### 3.4 거리계측모듈

조도측정모듈 및 휘도측정모듈에서 일정거리마다의 측정을 위해서는 자동차 주행거리를 검지하여 펄스 신호를 측정모듈로 전송하여야 한다. 거리계측센서는 1회전 할 때마다 4주기의 펄스를 출력하며, 실험용 차량은 60cm 마다 1주기의 펄스를 출력한다.

#### 3.5 실험용 차량

실험용 차량의 전방, 후방, 천장에는 조도측정모듈을 고정시키는 기구물이 설치되고, 조수석에는 휘도계, 휘도측정모듈, 마스터모듈, 전원컨트롤부, PC가 설치된다. 그림 4는 조립식 프레임에 2분할 조도센서와 휘도계가 부착된 차량 외관의 모습이다.



그림 4. 측정용 차량의 외관

#### 4. 측정 및 분석용 소프트웨어의 개발

##### 4.1 측정용 SW의 기본 개념 및 인터페이스

사용자는 PC를 이용하여 마스터모듈과 명령과 응답을 주고받으며, 마스터모듈은 각각의 측정모듈과 명령과 그에 대한 응답을 주고받는다. 측정이 모두 끝나면 마스터모듈은 PC로 각각의 측정데이터를 보낸다.

터널의 차선별로 데이터가 하나의 프로젝트로 저장되며, 프로젝트 경로와 이름을 저장할 수 있다. 측정용 소프트웨어에서 만들어진 프로젝트는 분석용 소프트웨어에서 불러와 측정데이터 검토에 사용된다. 그림 5는 측정용 소프트웨어의 설정창의 모습을 보인 것이다.

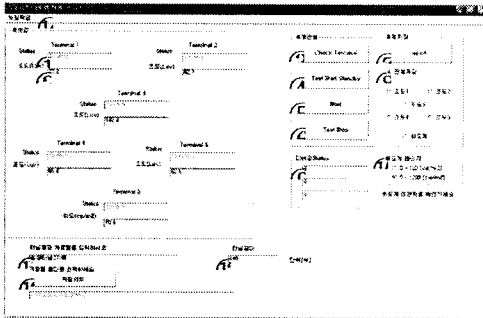


그림 5. 측정용 소프트웨어

##### 4.2 분석용 SW의 기본 개념 및 인터페이스

그림 6은 분석용 소프트웨어의 화면이다. 이것은 측정한 데이터를 분석, 검토하는데 사용된다. 분석용 소프트웨어는 측정데이터 별로 최대, 최소, 평균, 균제도 등의 데이터를 제공한다.

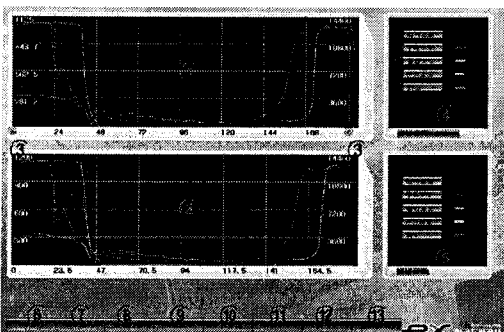
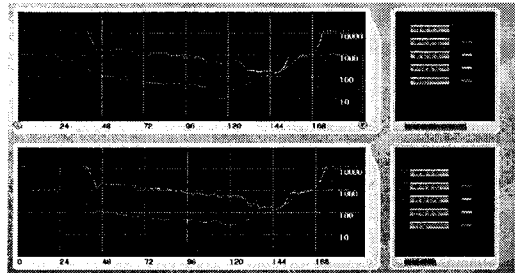


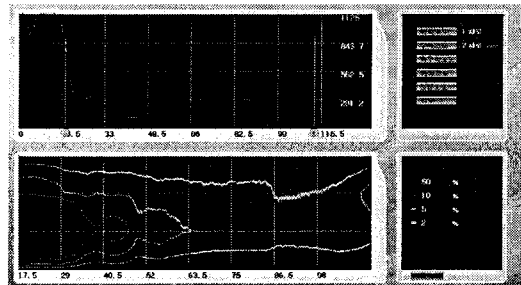
그림 6. 분석용 소프트웨어

##### (1) 로그 및 등고선 그래프 기능

측정결과 분석시 결과값의 차이가 클 경우에 로그수치로 그래프를 볼 수 있으며, 그래프의 가장 낮은 값을 조절 가능하게 하여 분석에 편리성을 주었다. 또한 등조도 혹은 등휘도 구간을 이어서 표시하는 기능으로, 그래프가 표시되는 기준은 수치와 퍼센트가 가능하다. 그림 7에 분석용 소프트웨어의 로그그래프와 등고선 그래프를 나타내었다.



(a) 로그 그래프



(b) 등고선 그래프

그림 7. 분석용 소프트웨어의 세부 기능

##### (2) 선택영역 확대 및 결과값 분석 기능

세부 분석이 필요한 구간에 대하여, 메인그래프에서 구간선택 아이콘을 사용하면, 서브그래프 영역에서 선택된 구간이 확대 된다. 또한 측정결과에 대한 분석 데이터를 제공하며, 표시되는 그래프를 개별적으로 선택하여 ON/OFF 시킬 수 있다.

#### 5. 결론

본 연구에서는 차량에 탑재하여 60km/h 이상의 고속으로 주행하면서 터널의 노면조도 분포 및 휘도를 측정할 수 있는 하드웨어적인 측정시스템을

구성하고, 하드웨어와 인터페이스 하여 측정 및 데이터를 분석할 수 있는 소프트웨어를 개발하였다. 또한 탈부착이 가능하고 이동의 용이성을 갖춘 차량부착용 장치도 개발하였다.

본 연구에서 개발한 '고성능 터널조명 측정시스템'은 60~80km/h 정도의 고속으로 운행하면서 측정이 가능하므로 측정시 교통의 흐름에 순응하면서 매우 조밀한 간격으로 노면의 조도 및 휘도를 측정할 수 있다. 이 측정시스템은 운전자의 안전을 향상시킬 수 있는 시각환경을 만들어주기 위한 터널 설계 및 유지보수에 필요한 데이터를 수집하는데 유용하게 이용될 것이다.

본 연구는 한국도로공사의 학술연구 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- [1] Rossi, The Development of a New Mobile Photometric Laboratory, CIE Midterm Meeting, 2005. 4
- [2] 일본도로공단, 자동차 조도측정시스템, Presentation 자료, 2005. 9
- [3] 한국도로공사, 고속국도 및 터널조명 계측기기 차량설치용 시스템 개발 및 운용 타당성 연구, 2005, 11
- [4] 한국토지공사, 도로조명 현황 분석 및 개선방안 도출, 최종보고서, 2006. 8
- [5] 한종성 외 5인, 차량을 이용한 조도측정용 2분할 측정시스템 개발, 한국조명전기설비학회 추계학술대회논문집, 2006. 11
- [6] 한국도로공사, 고속도로 터널조명 에너지절약 및 개선방안 연구, 최종보고서, 2007. 12