18CTAP-C129797-02

철도 조명설비 에너지절감을 위한 지하터널 구간용 철도신호시스템과 연동한 폐회로 전력선 통신방식(CPLC)의 조명제어 기초 원천기술 개발 최종보고서

2019

국토교통과학기술진흥원

국토교통부

보안 과제( ), 일반 과제(√) / 공개(√), 비공개( )발간등록번호(11-B552989-000076-01)

국토교통기술촉진연구사업 사업 제 2차 연도 최종보고서

R&D /18CTAP-C129797-02

철도 조명설비 에너지절감을 위한 지하터널 구간용 철도신호시스템과 연동한 폐회로 전력선 통신방식 (CPLC)의 조명제어 기초 원천기술 개발 최종보고서

2019. 04. 12.

주관연구기관 / 서울과학기술대학교 산학협력단
위탁연구기관 / 서울교통공사
협동연구기관 / 한국조명연구원
협동연구기관 / (주)비츠로시스
협동연구기관 / (주)유니룩스

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제출문

제 출 문

국토교통과학기술진흥원 귀하

'철도 조명설비 에너지절감을 위한 지하터널 구간용 철도신호시스템과 연동한 폐회로 전력선 통신방식 (CPLC)의 조명제어 기초 원천기술 개발 최종보고서 '
(연구개발 기간 : 2017.04.01. ~ 2018.12.31.) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2019. 02. .

주관연구기관명 : 서울과학기술대학교 산학협력단 (이동훈) (인)

위탁연구기관명 : 서울교통공사 (김태호) (인)

협동연구기관명 : 한국조명연구원 (박현주) (인)

협동연구기관명 : (주)비츠로시스 (변석재) (인)

협동연구기관명 : (주)유니룩스 (김정호) (인)

주관연구기관책임자: 장우진
위탁연구기관책임자: 박정욱
협동연구기관책임자: 천석희
협동연구기관책임자: 김창식
협동연구기관책임자: 김정호

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	18CTAP-C129797-02	해당 단계 연구 기간	2017-04-01 ~ 2018-12-31	단계구분	2/2
연구사업명	중사업명				
	세부사업명	국토교통기술촉진연구사업			
연구과제명	대과제명				
	세부과제명	철도 조명설비 에너지절감을 위한 지하터널 구간용 철도신호시스템과 연동한 폐회로 전력선 통신방식(CPLC)의 조명제어 기초 원천기술 개발			
연구책임자	장우진	해당단계 참여연구원 수	총: 28 명 내부: 28 명 외부: 0 명	해당단계 연구비	정부: 370,000 천원 민간: 111,600 천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계: 494,000 천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 28 명 내부: 28 명 외부: 0 명	총 연구비	정부: 370,000 천원 민간: 111,600 천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계: 494,000 천원
연구기관명 및 소속 부서명	서울과학기술대학교 산학협력단			한국조명연구원 (주)비츠로시스 (주)유니룩스	
국제공동연구					
위탁연구	연구기관명: 서울교통공사			연구책임자: 박정욱	
※ 국내・외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 갈음					
연구개발성과의 보안등급 및 사유					

9대 성과 등록・기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설・장비	기술요약 정보	소프트웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명정보	생물자원	정보	실물
등록・기탁 번호	2288-4807, 1229-4691, 1743-3509	10-2018-0167131				ASSET_0006089					

국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설・장비 현황

구입기관	연구시설・장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약

현재 상시점등 상태로 운영되고 있는 지하철 터널구간 조명기구를 철도의 위치 정보

161

에 따라 전, 후방으로 조명을 on/off 제어하여 터널구간 조명기구 전기 에너지 사용량을 절감하고자 한다. 이를 위해 궤도회로의 신호를 수신하여 열차 위치정보를 수신하고, 보안 통신을 통해 조명제어 장치로 송신한다. 수신받은 열차 위치정보 데이터는 위치 따라 전방 현재 폐색, 전방 1.5개 폐색, 후방 1개 폐색의 구간을 점등하고, 나머지는 소등한다. 실증시험을 통해 에너지 절감을 기존대비 56 %를 달성하였다. 본 연구과제의 성과 목표인 에너지 절감 20%를 상회하는 결과를 얻었고, 실증시험간에 시스템의 오작동 없이 성공적으로 시험을 완료했다. 연구를 진행하면서 학술적 성과로, 국외 논문 게재 1건, 국내 논문 게재 3건, 국내외 학술대회 발표 10건 의 성과를 달성했으며, 특허 출원 1건, 소프트웨어 등록 1건, 시제품 제작 1건을 비롯해 실증시험의 신뢰성을 확보할 수 있는 공인 시험기관 시험성적서 2건 등의 성과를 달성했다.	

요약문

연구의 목적 및 내용	○ 철도와 지하철의 터널구간에 상시 점등되어있는 형광등기구를 철도신호 시스템의 조명위치 정보와 연동해 조광 및 on/off 제어가 가능한 고효율 LED 조명을 적용해 철도 에너지 효율을 극대화 한다. 첫 번째로 철도에서 차량의 이동에 따른 폐색회로 신호를 기반으로 차량의 위치를 파악하고 신호를 처리하는 방법에 대해 연구한다. 두 번째로 철도시스템에서 수신 한 차량 위치정보를 LED 조명 설비에 정보를 제공해 제어하는 방식에 대한 연구를 수행한다. 세 번째로 차량의 이동 위치와 조명기구의 거리 간에 따른 조도 제어 설정 방식과 그 근거를 확보한다. 그리고 위 세 가지 기술적인 문제를 해결하고 “지능형 에너지 세이빙 조명제어 시스템”이 구축되었을 시 얼마만큼의 에너지 절감 효과를 가져올 것인지에 대한 시뮬레이션을 행하고 실증시험을 통한 조명 에너지 절감 결과도출을 진행한다.
연구개발성과	○ 차량 위치정보 수집 기법, 개별 조명 통신 기법, 차량 이동에 따른 조광 제어 기법, 조도 및 에너지 사용량, 조광 제어 시뮬레이션. 국외 7건, 국내 4건의 논문 발표 외 5건의 논문 게재와 특허 출원. 당초 목표이던 20 %이상의 에너지 절감효과를 확인하였음. ○ 본 과제 수행을 통해 정량적 성과 및 해당 원천기술을 확보 하였음.
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	○ 활용계획 확보한 원천기술이 실용화될 수 있도록 실제 철도구간에 적용 하고자 함. 이를 위해 조명제어시스템의 소형화, 경량화, 추가적 알고리즘 개발, 다수의 역사를 한번에 제어 및 모니터링 할 수 있는 조명관제시스템의 개발을 추진할 계획임. ○ 기대효과 본 과제로 개발한 원천기술의 적용 범위가 광범위 하기 때문에, 과제 완료 시점으로부터 기술의 점진적 확장을 기대. 철도 시설이 노후되어 교체해야 할 부품, 시스템이 많은 지역 혹은 국가에 기술 적용 및 수출. 불필요한 시간에는 최대한의 에너지 세이빙을 실시하기 때문에, 터널에서 뿐 만 아니라, 지하철 역사 내부 모든 지점에도 제어가 가능함. 따라서, 제어 분야의 확대로 편의성 확보와 경제적 이익이 발생. 조명제어 및 모니터링 조명관제시스템까지 추가적으로 개발한다면, 국내를 시작으로 해외시장으로의 판매도 가능할 것으로 기대함.

국문핵심어 (5개 이내)	고효율 LED	스마트 조명	에너지 절감	조명제어	철도신호
영문핵심어 (5개 이내)	High efficient LED	Smart lighting	Energy saving	Lighting control	Railway signalling

본문 작성 양식

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요 ····· 6

가. 연구배경 ····· 6

나. 개발 목표 ····· 6

다. 개발 내용 및 범위 ····· 9

2. 연구수행내용 및 성과 ····· 23

가. 연구수행 체계도 및 일정 ····· 23

나. 국내외 기술 현황 분석 ····· 24

다. 연구 수행 내용 ····· 28

라. 연구수행 성과 ····· 53

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ····· 105

가. 성과 목표 ····· 105

나. 목표 달성 여부 ····· 106

다. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등) ····· 114

4. 연구개발성과의 활용 계획 등 ····· 119

붙임. 참고 문헌 ····· 121

붙임. 시제품_폐색인터페이스 매뉴얼 ····· 123

<별첨> 주관연구기관의 자체평가 의견서

1. 연구개발과제의 개요

가. 연구 배경

본 연구개발의 최종 목표는 철도 에너지 효율 극대화 및 운영비 절감을 위해 철도 지하의 지능형 에너지 세이빙 조명제어 시스템 구축 하는 것이다. 철도시스템을 통한 차량위치 정보를 파악해 차량의 이동위치와 조명기구 거리 간에 따른 조도제어를 실시하고, 철도시스템의 차량 위치정보의 보안을 강화하며 에너지 절감 효과의 시뮬레이션 연구를 통해 철도 조명 에너지 효율을 극대화하고자 함.

나. 개발 목표

본 연구개발의 최종 목표는 철도 에너지 효율 극대화 및 운영비 절감을 위해 철도 지하의 지능형 LED 조명제어 시스템을 대상으로 하여 i) 철도시스템을 통한 차량위치 정보 파악 및 LED 조명과의 통신 기법 ii) 차량의 이동위치에 따른 조도제어 연구 iii) 전류 계측을 통한 조명의 고장 보호 iv) 지능형 에너지 세이빙 조명제어 시스템 구축에 따른 에너지 절감 효과의 시뮬레이션 및 현장검증(실증) 연구를 수행하고자 함.

1) 연구개발의 최종 목표

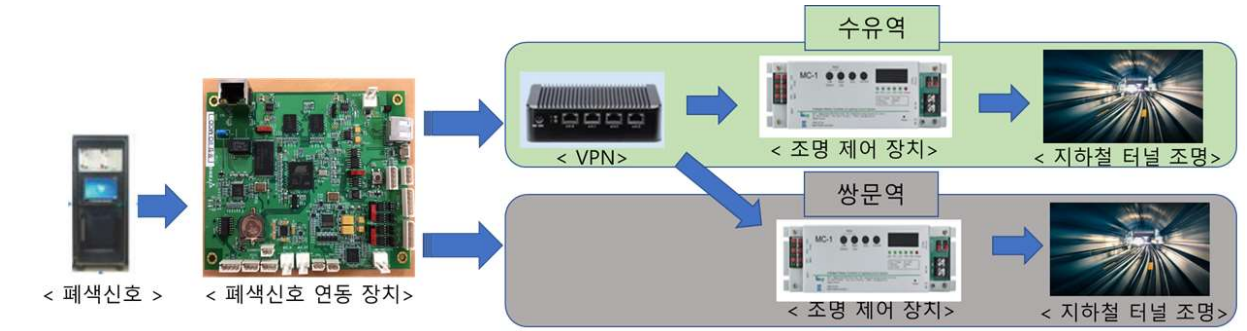
구분	내용
최종 목표	지능형 에너지 세이빙 조명 제어를 통한 철도 에너지 효율 극대화 및 운영비 절감
세부 목표	철도 폐색 구간을 이용한 차량 위치 수집 전략 개별 어드레스를 가진 조명과의 통신 기법 차량이 이동함에 따라 적절한 조명을 실시할 수 있는 조도 설정 보안을 위한 조광제어의 최소 조도 설정 시뮬레이션과 테스트 베드를 통한 시스템 최적화

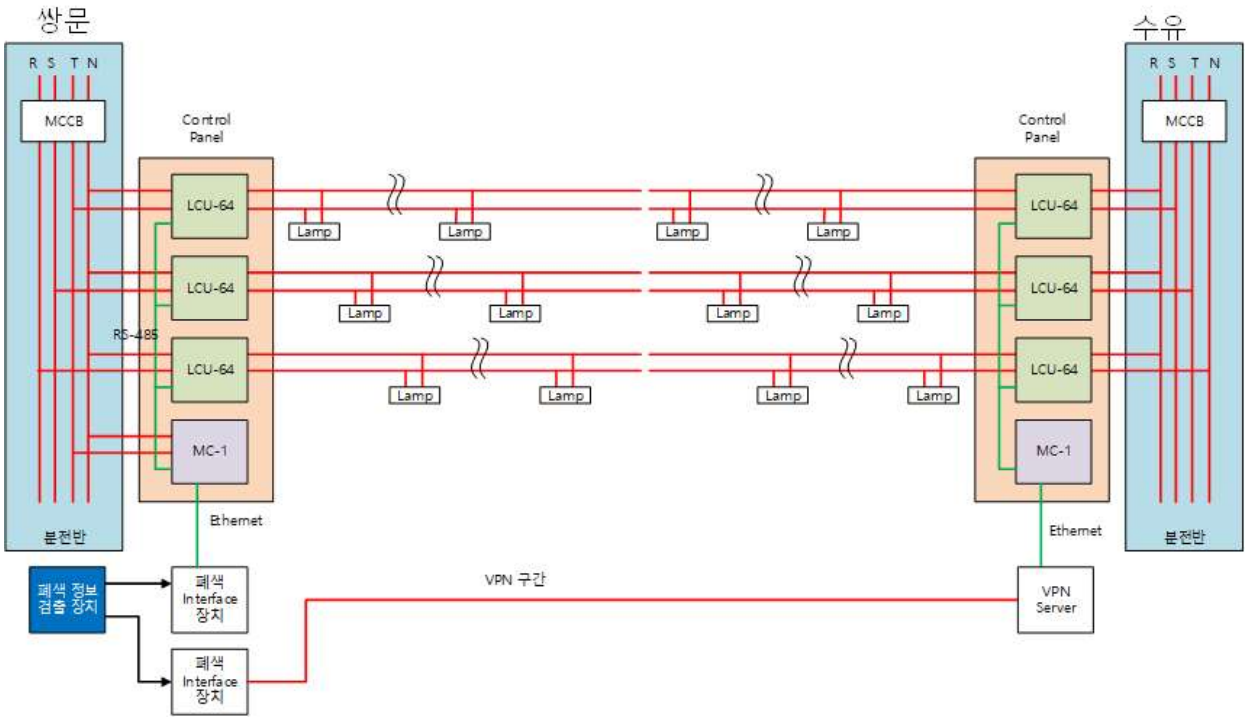
2) 기관별 연구개발 목표

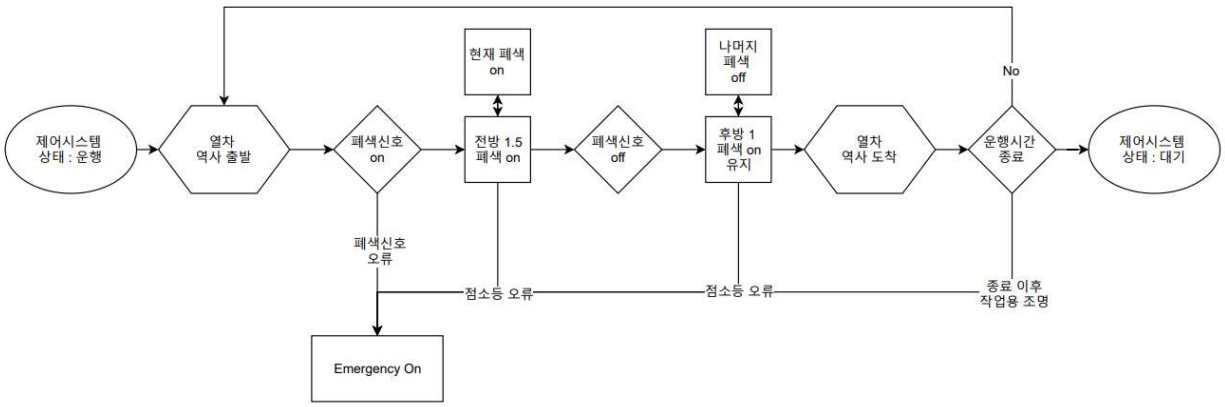
- 주관연구기관(서울과학기술대학교):
  - 터널 내부 조명 기준과 설치 근거 확립
  - 시스템 시뮬레이션 실시 및 테스트 베드 상의 실험 결과 비교를 통한 데이터 분석
- 공동연구기관(한국조명연구원):
  - 터널 내부 테스트 베드에 설치한 조명의 신뢰성 평가
  - 열차 운행 위치에 따른 조명제어 알고리즘 분석
- 위탁연구기관(서울교통공사):
  - 시스템의 테스트베드 적용을 위한 정보화 사업 보안성 검토 및 보안적합성 검증 업무 지원
  - 시스템의 테스트베드 적용을 위한 서울교통공사 시설물 내 설치 및 작업 전반에 관한 기술 지원

- 공동연구기관(비츠로시스):
  - 폐색 Data 수집용 개발보드를 이용한 현장 시험을 통한 통신의 장애 요소 파악
  - 폐색 Data수집 기법 개발보드 최적화
  - 열차의 운행에 따른 스케줄링 제어
  - 보안 알고리즘 탑재
- 공동연구기관(유니룩스):
  - CPLC 통신을 이용한 조명 제어 시스템 개발
    → 기존 1채널용을 3채널용으로 변경하여 개발 필요
  - 전류 모니터링을 통한 조명 관제 시스템 개발
  - 폐색 구간 정보(감지 및 탈출)에 따르는 시나리오 구성 및 설정용 UI 개발
  - 현장 설치
    * 전기실에 조명제어장치 설치
    * 램프에 수신부 설치 및 원상 복귀

3) 최종 개발 시스템 구성 및 알고리즘 흐름도





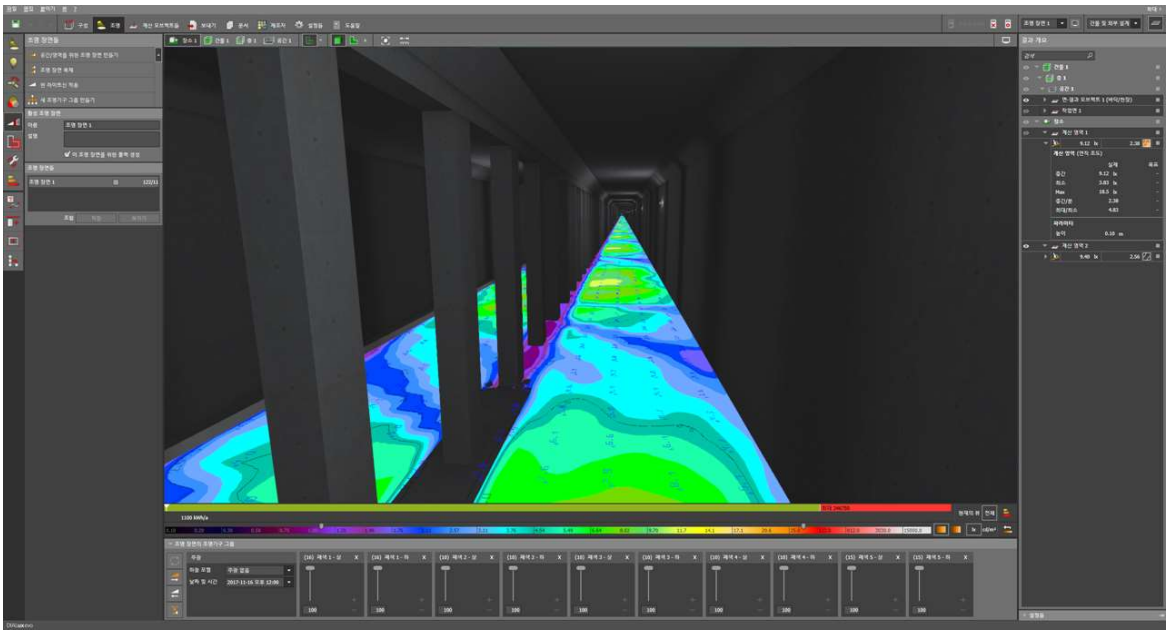


〈전체 시스템 구성 및 알고리즘 흐름도〉

다. 개발 내용 및 범위

- 주관연구기관(서울과학기술대학교):

○ 조도 시뮬레이션



터널 조도 시뮬레이션

현장에서 구축한 시뮬레이션 환경을 바탕으로 시뮬레이션 실시. 조명의 배광파일은 한국조명연구원의 배광시험기로 측정한 실측데이터를 입수. 조광 시의 에너지 소모 및 조명 환경을 파악하기 위한 조광 시뮬레이션 실시, data 확보.

수유 <> 쌍문 구간 터널 조명 현황

*평일 하루 운행 열차 :	234 대	*평일 하루 운행 시간 :	18.5 h	*한달 기준 평일 :	22 일
*주말 하루 운행 열차 :	194 대	*주말 하루 운행 시간 :	18.5 h	*한달 기준 주말 :	8 일

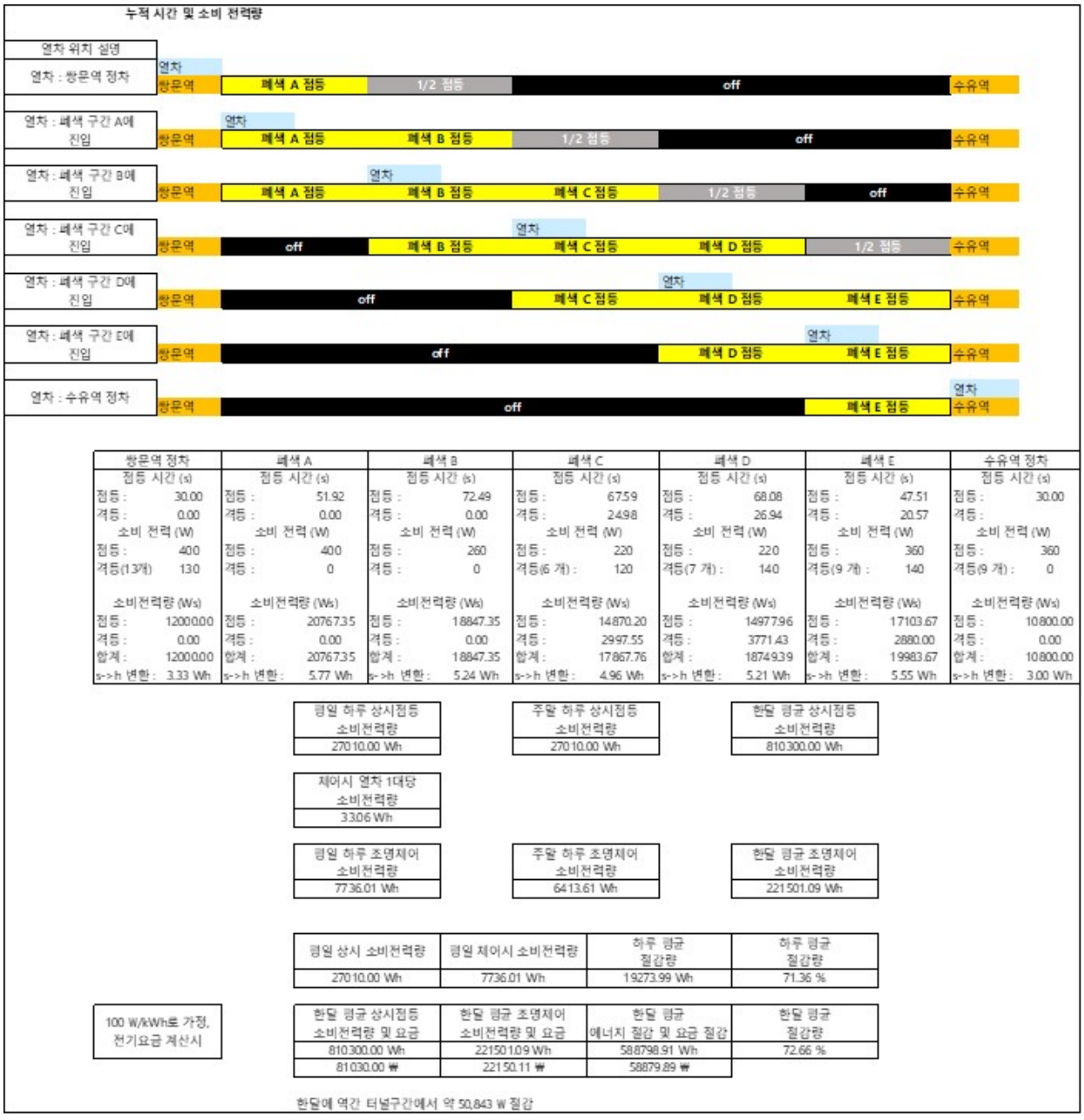
쌍문 ->							수유	
	Home	폐색 A	폐색 B	폐색 C	폐색 D	폐색 E	Home	Total
10m 간격		10				9		
20m 간격		10	13	11	11	9		
조명 개수(EA)		20	13	11	11	18		73
소비전력(W)								
20		400	260	220	220	360		1460 W
거리(m) :		255	275	210	205	280		1225 m
비율(%) :		20.82	22.45	17.14	16.73	22.86		100.00 %
시간(s) :	30.00 s	24.98	26.94	20.57	20.08	27.43	30.00 s	120.00 s

〈폐색 구간의 길이 및 설치 조명의 개수〉

현재 터널 내부 지하철 교체는 순차적으로 이루지고 있음. 테스트를 실시할 예정인 쌍문-수유 구간의 조명기구 설치 개수는 다음과 같음.

- 쌍문 ~ 수유 구간

- 해당구간 터널 조명설치 수량(하행선) : 70 개
· 쌍문역 종점부(100m이내 10m간격 설치) : 7 개
· 수유역 종점부(100m이내 10m간격 설치) : 9 개
· 그 외 구간(20m간격 설치) : 54 개



〈전방 2.5폐색 후방 1폐색 점등에 따른 에너지 절감량 예측〉

►철도의 진행 방향에 맞추어 전방 2.5 개, 후방 1개의 폐색구간을 100% 수준으로 운용하고, 나머지 폐색구간은 소등했을 시, 기존대비 약 80 %의 소비전력으로 운용이 가능.

►다만, 열차가 쌍문, 수유에 정차하는 시간을 포함하지 않았기 때문에 실제 A,B 및 E 폐색의 점등 시간이 길어질 수 있고, 따라서 실제 절감량은 줄어들 것으로 예상됨.

►역간 폐색 구간의 수는 총 5개 구간이며 열차 운행에 대한 정보는 공시된 열차운행 시간표에 따라서 시뮬레이션 했으며, 실증 시험 때에도 평상시 운행을 했음.

►각 폐색 구간의 길이와 구간별 설치된 조명기구의 개수 역시 8p의 표에서 확인할 수 있음.

►열차 진행에 따라 각 폐색 구간을 점유하는 시간을 통해서 시뮬레이션을 진행하였으며(9p) 조명 제어 시나리오는 11p의 램프 제어 패턴에 따랐음(실측).

- 터널조명 설치 기준(서울교통공사 전기설비관리규정 139조 3호)

제 5 절 터널조명

제139조(터널 조명) 터널내의 조명은 다음 각 호에 의한다.

1. 조명기구의 부착 위치는 신호기의 투시에 지장이 없는 장소에 부착한다.
2. 조명기구의 부착 높이는 레일면상 3m ~ 3.5m로 한다.
3. 조명기구의 부착 간격은 역사의 경우 종점부에서 100m까지는 명암의 급변화를 방지하기 위하여 10m 간격으로 하고 그 이외에는 20m를 표준으로 한다. 다만, 터널시점(열차진입)부의 간격은 예외로 한다.
4. 조명기구는 LED조명 사용을 표준으로 한다(단, 필요시 다른 종류의 조명등 사용)
5. 조명기구는 열차통과로 인한 진동 및 풍압에 충분히 견디어야 하며, 습기, 오염, 분진 등에 부식되지 않는 터널용의 것을 사용하여야 한다.



‹ 창동 ④ 쌍문 수유(강북구청) ›

출구 버스 열차시간 첫차·막차 급행시간

당고개(급) 08:40 - -

하행 - 오이도방면

첫차				막차			
종착역	평일	토요일	휴일	종착역	평일	토요일	휴일
오이도	05:34	05:39	05:39	오이도(급)	20:27	-	-
사당	05:39	05:34	05:34	남태령	-	23:05	23:05
안산	06:59	06:15	06:15	오이도	23:14	22:16	22:16
오이도(급)	18:28	-	-	안산	23:24	22:54	22:54
				산본	23:47	23:16	23:16
				사당	00:16	22:44	22:44
				서울역	00:33	23:33	23:33

‹ 쌍문 ④ 수유(강북구청) 미아 ›

출구 버스 열차시간 첫차·막차 급행시간

당고개(급) 08:37 - -

하행 - 오이도방면

첫차				막차			
종착역	평일	토요일	휴일	종착역	평일	토요일	휴일
오이도	05:37	05:42	05:42	오이도(급)	20:30	-	-
사당	05:42	05:37	05:37	남태령	-	23:08	23:08
안산	07:02	06:18	06:18	오이도	23:17	22:19	22:19
오이도(급)	18:31	-	-	안산	23:26	22:57	22:57
				산본	23:49	23:19	23:19
				사당	00:19	22:47	22:47
				서울역	00:35	23:36	23:36

수유, 쌍문의 열차 운행 시간표

Lamp: Lamp On / Lamp Off

폐색구간: 열차유(1) / 열차무(0)

1, 18	창동-쌍문 터널구간	쌍문역사 구간	쌍문제어 터널구간	수유제어 터널구간	수유역사 구간	수유-미아 터널구간
폐색구간	4S-473TK	4S-492TK	4S-515TK	4S-541TK	4S-568TK	4S-589TK	4S-610TK	4S-638LTK	4S-661LTK
폐색구간	4S-473TK	4S-492TK	4S-515TK	4S-541TK	4S-568TK	4S-589TK	4S-610TK	4S-638LTK	4S-661LTK

2	창동-쌍문 터널구간	쌍문역사 구간	쌍문제어 터널구간	수유제어 터널구간	수유역사 구간	수유-미아 터널구간
폐색구간	4S-473TK	4S-492TK	4S-515TK	4S-541TK	4S-568TK	4S-589TK	4S-610TK	4S-638LTK	4S-661LTK

3, 4	창동-쌍문 터널구간	쌍문역사 구간	쌍문제어 터널구간	수유제어 터널구간	수유역사 구간	수유-미아 터널구간
폐색구간	4S-473TK	4S-492TK	4S-515TK	4S-541TK	4S-568TK	4S-589TK	4S-610TK	4S-638LTK	4S-661LTK
폐색구간	4S-473TK	4S-492TK	4S-515TK	4S-541TK	4S-568TK	4S-589TK	4S-610TK	4S-638LTK	4S-661LTK

5, 6	창동-쌍문 터널구간	쌍문역사 구간	쌍문제어 터널구간	수유제어 터널구간	수유역사 구간	수유-미아 터널구간
폐색구간	4S-473TK	4S-492TK	4S-515TK	4S-541TK	4S-568TK	4S-589TK	4S-610TK	4S-638LTK	4S-661LTK
폐색구간	4S-473TK	4S-492TK	4S-515TK	4S-541TK	4S-568TK	4S-589TK	4S-610TK	4S-638LTK	4S-661LTK

7, 8	창동-쌍문 터널구간	쌍문역사 구간	쌍문제어 터널구간	수유제어 터널구간	수유역사 구간	수유-미아 터널구간
폐색구간	4S-473TK	4S-492TK	4S-515TK	4S-541TK	4S-568TK	4S-589TK	4S-610TK	4S-638LTK	4S-661LTK
폐색구간	4S-473TK	4S-492TK	4S-515TK	4S-541TK	4S-568TK	4S-589TK	4S-610TK	4S-638LTK	4S-661LTK

9	창동-쌍문 터널구간	쌍문역사 구간	쌍문제어 터널구간	수유제어 터널구간	수유역사 구간	수유-미아 터널구간
폐색구간	4S-473TK	4S-492TK	4S-515TK	4S-541TK	4S-568TK	4S-589TK	4S-610TK	4S-638LTK	4S-661LTK

10	창동-쌍문 터널구간	쌍문역사 구간	쌍문제어 터널구간	수유제어 터널구간	수유역사 구간	수유-미아 터널구간
폐색구간	4S-473TK	4S-492TK	4S-515TK	4S-541TK	4S-568TK	4S-589TK	4S-610TK	4S-638LTK	4S-661LTK

11	창동-쌍문 터널구간	쌍문역사 구간	쌍문제어 터널구간	수유제어 터널구간	수유역사 구간	수유-미아 터널구간
폐색구간	4S-473TK	4S-492TK	4S-515TK	4S-541TK	4S-568TK	4S-589TK	4S-610TK	4S-638LTK	4S-661LTK

12, 13	창동-쌍문 터널구간	쌍문역사 구간	쌍문제어 터널구간	수유제어 터널구간	수유역사 구간	수유-미아 터널구간
폐색구간	4S-473TK	4S-492TK	4S-515TK	4S-541TK	4S-568TK	4S-589TK	4S-610TK	4S-638LTK	4S-661LTK
폐색구간	4S-473TK	4S-492TK	4S-515TK	4S-541TK	4S-568TK	4S-589TK	4S-610TK	4S-638LTK	4S-661LTK

14, 15	창동-쌍문 터널구간	쌍문역사 구간	쌍문제어 터널구간	수유제어 터널구간	수유역사 구간	수유-미아 터널구간
폐색구간	4S-473TK	4S-492TK	4S-515TK	4S-541TK	4S-568TK	4S-589TK	4S-610TK	4S-638LTK	4S-661LTK
폐색구간	4S-473TK	4S-492TK	4S-515TK	4S-541TK	4S-568TK	4S-589TK	4S-610TK	4S-638LTK	4S-661LTK

16, 17	창동-쌍문 터널구간	쌍문역사 구간	쌍문제어 터널구간	수유제어 터널구간	수유역사 구간	수유-미아 터널구간
폐색구간	4S-473TK	4S-492TK	4S-515TK	4S-541TK	4S-568TK	4S-589TK	4S-610TK	4S-638LTK	4S-661LTK
폐색구간	4S-473TK	4S-492TK	4S-515TK	4S-541TK	4S-568TK	4S-589TK	4S-610TK	4S-638LTK	4S-661LTK

- 공동연구기관(한국조명연구원):

국제공인시험기관(KOLAS) 시험 성적서 발급

구분	평가 항목	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 (%)	개발 목표치		평가 방법
				1차년도	2차년도	
제품성능	1. CPLC 디밍제어 동작 (전력)	-	20	3단계 동작제어 확인 (on, off, 20%)	5단계 동작제어 확인 (on, off, 10%, 20%, 50%)	공인시험기관 시험성적서
	2. CPLC 디밍제어 동작 (조도)	-	20	3단계 동작제어 확인 (on, off, 20%)	5단계 동작제어 확인 (on, off, 10%, 20%, 50%)	공인시험기관 시험성적서
	3. 소비전력 (실증시험)	-	20	-	기존 소비전력 대비 18% 이상 절감	공인시험기관 시험성적서
	4. 조도 제어 확인(실증시험)	-	20	-	10 lx 이상	공인시험기관 시험성적서
	5. 소비전력 감시 기능(유지보수용) 확인(실증시험)	-	20	-	정상 동작 여부 확인(강제 소등에 따른 검출 확인)	공인시험기관 시험성적서

이번 연구의 목표인 에너지 효율 극대화에 대한 객관적이고 신뢰성 있는 결과를 확보하기 위하여 조명설비가 정상적으로 동작하는지에 대한 객관적 성과지표를 설정하여 연구를 수행토록 하고, 실증시험에서의 시험을 통한 객관적 데이터를 확보하고자 함.

유지보수 필수 요소인 소비전력 감시 기능을 실증시험에서 일부 조명을 강제 소등 시킨 후 사용 소비전력을 모니터링 하여 기능동작 여부를 확인 하고자 함.

- 위탁연구기관(서울교통공사):

시스템의 테스트베드 적용을 위한 정보화 사업 보안성 검토 및 보안적합성 검증 업무 지원

〈 관 련 규 정 〉

- 국가 정보보안 기본지침 제109조 ~ 제113조
- 서울특별시 정보통신 보안업무 처리규칙 제89조 ~ 제92조
- 서울교통공사 사규 정보보안업무처리규정 제54조 ~ 제56조

► 각 부서의 정보화사업 추진 시 보안대책을 강구하여야 하고, 안정성 확보를 위하여 사업 계획 단계에서 보안성검토를 정보보안담당관(정보보안처장)에게 의뢰하여야 함

○ 보안적합성 검증은 국가정보통신망의 보안수준을 제고하고 외부의 사이버 위협에 대응하기 위해 '전자정부법' 제56조 및 '공공기록물 관리에 관한 법률 시행령' 제5조에 의거, 국가·공공기관에 도입하는 정보보호시스템에 대한 안전성을 검증하는 제도

○ 국가정보원이 필요성을 인정하는 정보보호시스템의 경우에는 반드시 안전성이 확인된 CC 인증 제품 등 도입요건을 만족한 제품을 도입

○ 보안기능이 포함된 IT제품 도입 시 국가정보원에 보안적합성 검증을 신청해야 하며 검증결과 발견된 취약점을 제거한 후 운용

○ 서울교통공사는 주요 정보통신 기반시설로 지정된 시설 관리기관 이므로 네트워크장비 보안적합성 검증 대상기관에 해당

► 대상 사업

○ 기존 정형화된 정보화사업
- 홈페이지 구축·개선 등 웹 시스템 구축
- 민원·기자실 등 외부인용 무선랜 구축 및 무선랜 공유기 설치
- 민원·기자실내 외부인용 인터넷PC 및 교육장내 PC 설치
- 인사관리·복지관리 시스템 구축 등 인터넷 등 다른 정보통신망과 연결되지 않은 단순 내부직원 전용 정보시스템 구축
- 주요기반시설 취약점 분석·평가, 정보보안컨설팅 등 용역사업

○ 단일기능의 정보시스템 구축
- 회의용 영상통화시스템 등 원격 화상회의시스템 구축
- 주·정차 단속 및 하천감시용 등 CCTV 시스템 구축
- 백업시스템 구축, 대시민 콜센터시스템 구축, 인터넷전화 시스템 구축

○ 정보보호제품 도입 및 전산·통신장비 도입·교체
- 침입차단·탐지시스템, 가상사설망 장비(VPN)·USB 관리시스템 등 정보보호 제품 도입·교체
- 스위치·라우터 등 네트워크장비 및 서버 등 전산장비 도입·교체
- 전화·무전기 및 교환기 등 통신장비 도입·교체

○ 비밀·국가안보·정부정책과 관련되는 사업
- 비밀 등 국가기밀의 유통·관리와 관련되는 정보시스템 구축
- 외교·국방 등 국가안보상 중요한 정보통신망 구축
- 재난 대비 등 국가위기관리와 관련된 정보통신망 구축
- 에너지·교통·수자원 등 정보통신기반시설의 전자제어시스템 구축
- 외국 정부·기관 간 정보통신망 구축
- 정상회의 등 국제행사를 위한 정보통신망 구축
- 정부정책을 지원하는 정보통신망 구축

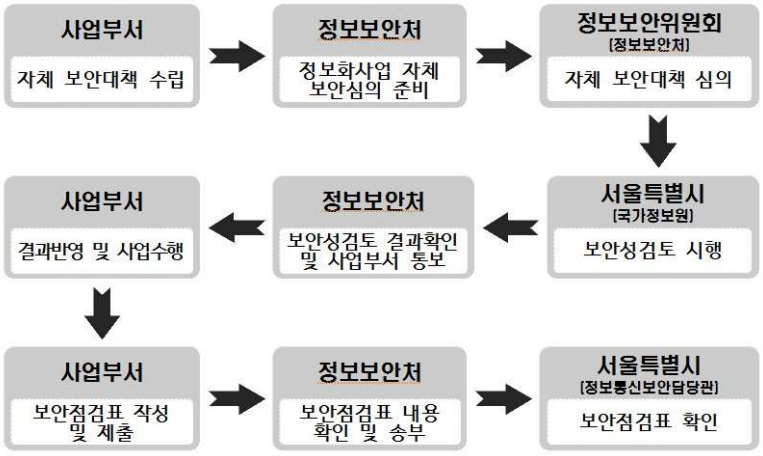
○ 대규모 예산투입과 다량의 DB자료를 처리하는 사업
- 대규모 정보시스템 구축(10억 이상) 정보화 사업
- 다량의 개인정보(100만명 이상)를 처리하는 정보시스템 구축
- 지리·환경정보 등 국가차원의 통합DB 구축

○ 외부기관간 망연동 등 보안상 취약 사업
- 다수 기관이 공동 활용하기 위한 정보시스템 구축 및 망연동
- 내부 전상망 또는 폐쇄망을 인터넷이나 타 기관의 전산망 등 다른 정보통신망과 연동하는 경우
- 원격근무 지원시스템 구축

○ 보안정책 과제 및 최신 IT기술 적용
- 업무망·인터넷 분리 정보화 사업
- 업무망 ↔ 인터넷 간 자료교환 시스템 구축
- 보안관제센터(보안관제시스템) 구축
- 업무망과 연결되는 무선네트워크 시스템 구축

○ 그 밖에 정보보안담당관이 보안성검토가 필요하다고 판단되는 정보화 사업

► 서울교통공사 보안성검토 진행 절차



시스템의 테스트 베드 적용을 위한 서울교통공사 시설물 내 설치 및 작업 전반에 관한 기술 지원

► 열차위치정보 전송을 위한 철도신호 운영부서 기술자료 제공



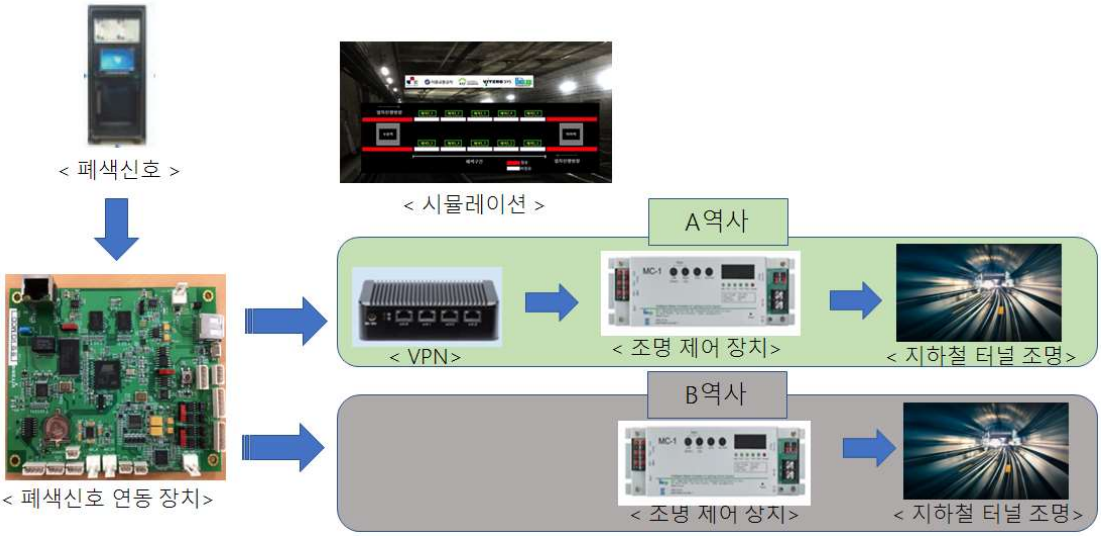
〈열차위치정보 전송을 위한 신호기계실 장치〉

열차위치정보 전송을 위하여 신호기계실에서 인터페이스하는 AF궤도회로 분석장치는 서울교통공사 3,4호선의 신호기계실별 고장감시장치 컴퓨터를 하나의 네트워크 폐쇄망으로 구성해 각각의 IP를 부여하여 AF궤도회로 장치의 동작상태 데이터를 분석하고 유지보수자에게 점검 데이터를 알려주는 기능을 하며 자장치와 모장치로 구분.

AF궤도회로들의 통신모듈들과 허브를 통한 직접적인 IP통신으로 열차의 점유정보, 궤도회로 레벨값, 주파수 등 모든 구도회로 정보를 공유.

- 공동연구기관(비츠로시스):

○ 폐색신호 인터페이스 시스템 구성



〈 터널조명제어의 구성도〉

본 장치는 열차의 폐색신호를 TLDS(Traffic Level Display System)로부터 수신하여 터널내의 조명 장치의 on/off하는 장치로 열차의 운전에 방해가 되지않게 2폐색 구간전에 조명 장치의 on 하고, 열차가 지나간 다음에 off을 하여 상시 조명등에 on되어 발생하는 전기료를 절감하는 장치로 고안 됨.

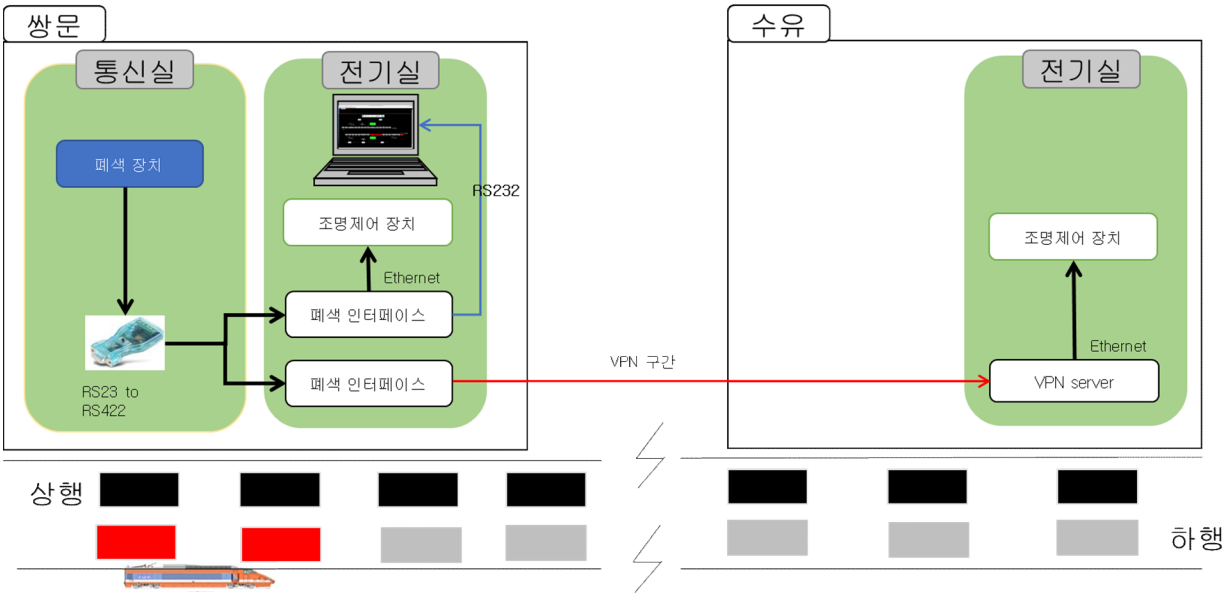
개발 장치를 설치하고 상시 조명 장치가 on 인 상태와 on/off 제어인 상태의 기관사의 운전에 방해가 되는지 여부를 확인한 결과 차이점이 없다는 말씀을 들을 수 있었음.

평일과 주말의 열차 운행 횟수에는 차이가 있지만 약 50%의 전기료 절감을 확인할 수 있었음.

기본 구성은
1) TLDS 장치 : 기존 지하철에 존재하는 장치
2) 폐색 신호을 수신하는 장치 + VPN client : 연구 과제를 위한 개발 한 장치
3) 조명을 제어하는 조명 제어 장치 : 연구 과제를 위한 개발 한 장치
4) 다른 역사간 데이터 보호을 위한 VPN 장비
5) 폐색 신호의 정확성을 테스트 및 확인 하는 모의 시뮬레이션 장비 : 자사의 사용 프로그램의 열차의 시험운행이 가능 하도록 설정

등으로 크게 5가지로 구성되어 있음.

○ 현장 장비의 구성



〈그림 〉 현장의 구성

현장의 시험은 폐색 신호를 수신 받은 기기는 통신실에서 폐색 신호를 취득하여 RS422로 전기실로 데이터를 전송하여 쌍문역의 전기실의 조명 장치에 전달하고, 수유역의 조명 장치로는 VPN 구간을 통고하여 데이터를 전송.

VPN 장비를 사용한 이유는 지하철은 국가 기관 산업이므로 외부에 데이터의 전송을 원칙적으로 차단해야 하므로, CC 인증을 받은 VPN과 폐색 신호를 수신하는 장치에 VPN client을 설치하여 해당 구간의 데이터는 암호화 하여 전송.

VPN server은 암호화 된 데이터를 암호화 키를 사용하여 평문으로 해석하여 해당 조명 장치에 데이터를 전송.

- 공동연구기관(유니룩스):

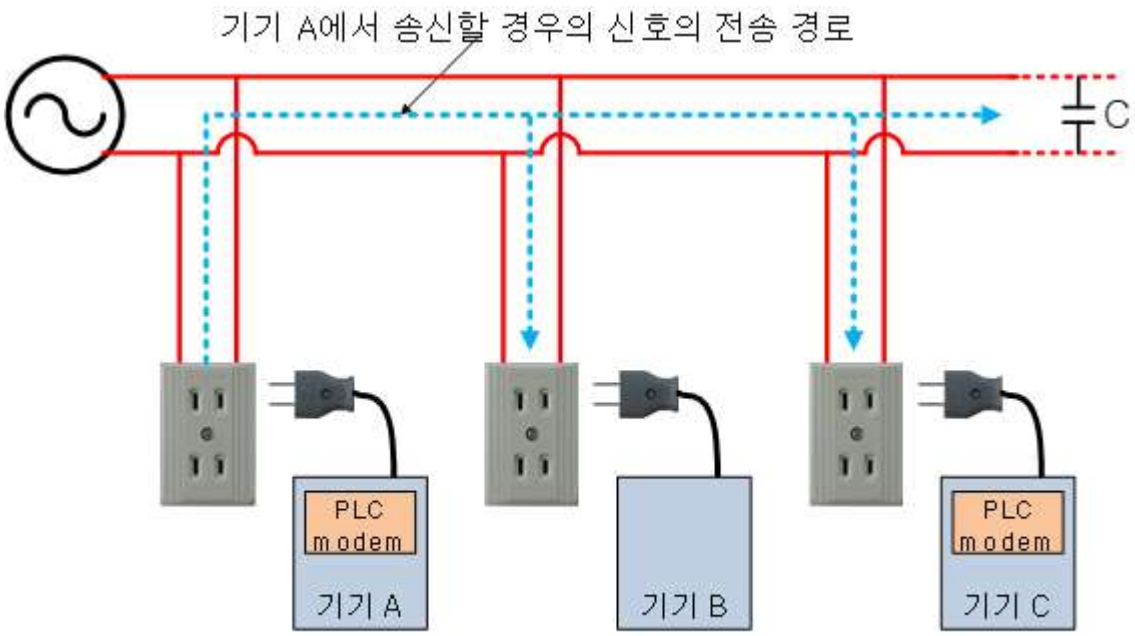
*폐회로 전력선 통신(CPLC)에 관한 세부자료는 참고문헌 56, 57 문건을 참조.

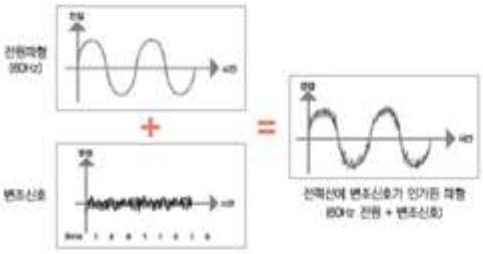
○ CPLC 통신 기법을 이용한 조명기구 제어

기존의 PLC 통신의 경우, 고전력이 흐르는 전력선에 정보를 담은 변조 신호를 가해 통신을 하는 방식이며 이 신호를 수신하기 위해서는 변조된 신호를 복조해야 하며, PLC 전용 수신기가 필요하게 됨. 그러나 PLC 통신 방식에서 매우 큰 60 [Hz] 교류가 변조 신호의 강력한 잡음으로 작용하기 때문에 통신 환경이 나쁨.

또한 전력선은 여러 개의 선을 전선관에 넣는 경우가 많기 때문에 주파수가 높을수록 혼선이 생겨 잡음이 더 많아짐. 또한, 접지나 정전 용량, 그리고 배선 방법에 따라 감쇄가 급속도로 일어날 수 있음. 다른 관점에서는 부하 특성에 따라 전송선의 입력 임피던스나 출력 임피던스가 바뀌는 문제로 반사파 특성이 쉽게 바뀐다는 문제점이 있음.

- 기존 PLC의 문제점





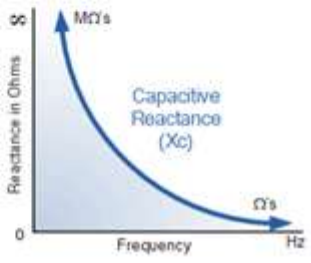
통신 원리

송신 측(기기 A)에서는 매우 높은 주파수(~ 30MHz)의 Carrier 에 정보를 실어(변조 : Modulation) 60Hz의 전력 계통에 중첩시켜서 신호를 전송하고,
수신 측(기기 C)에서는 이 신호를 수신하여 복조(Demodulation)하여 송수신하는 방식

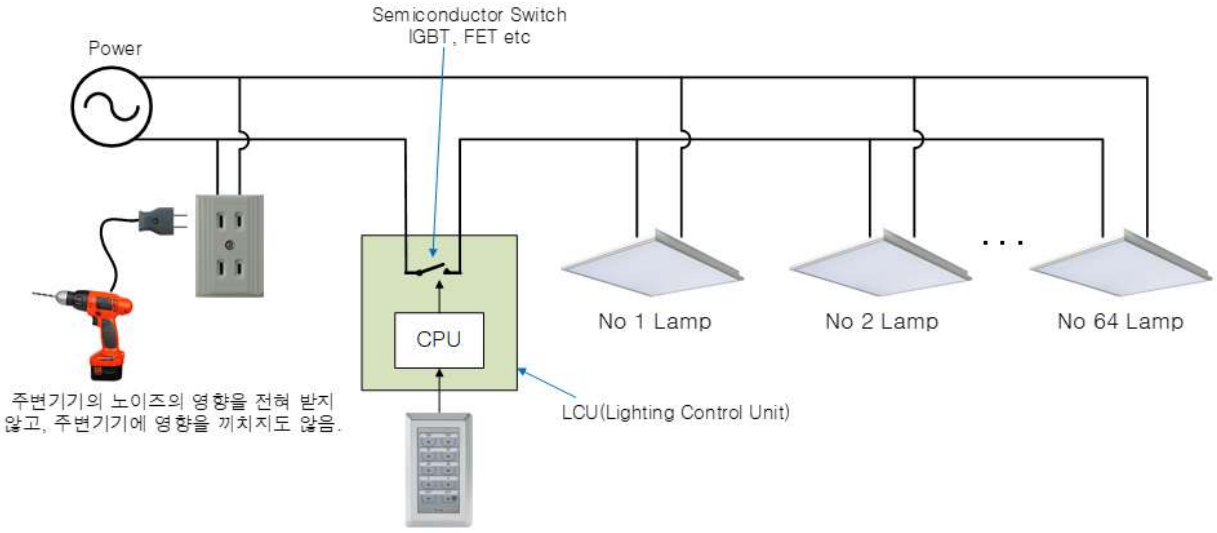
문제점

- 주변기기(기기B:청소기 등)에서 발생하는 노이즈의 영향으로 통신장애가 발생할 수 있음
- 주변기기(기기B:오디오 장치 등)에는 신호가 노이즈로 작용
- 계통에 케퍼시터(C)가 있을 경우
  교류저항Xc(Capacitive Reactance) 는 아래 수식과 같이 계산된다.
  즉 전원주파수(60Hz)에 대해서는 높은 저항값을 갖게 되어 거의 영향을 미치지 않지만,
  전송하고자 하는 신호(Carrier)에 대해서는 매우 낮은 임피던스를 갖게 되어 신호가 거의 단락된 상태가 된다. 이와 같이 되면 신호가 전달되지 않는다.
  이를 해결하기 위해 우측과 같이 부하와 계통 사이에 필터를 삽입하는 제품이 등장하였다.

$$Xc = \frac{1}{2\pi fC} \quad (f = \text{Frequency})$$



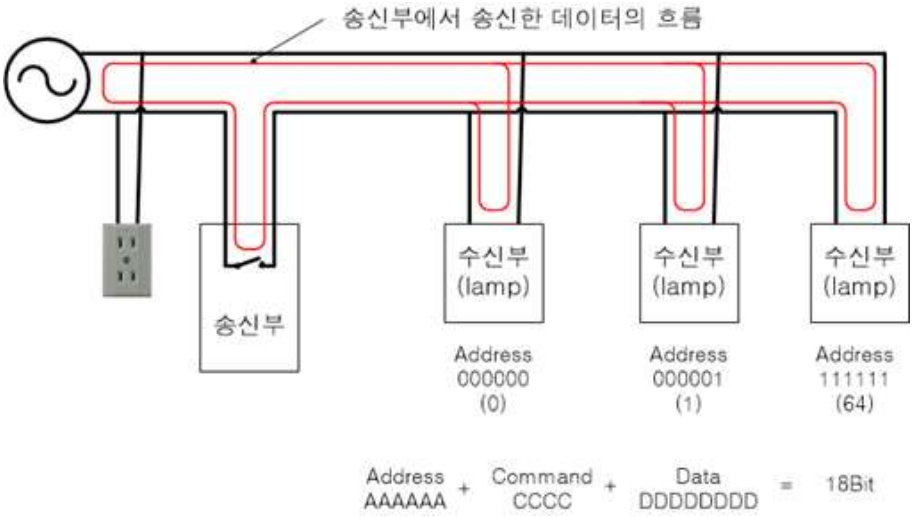
- PLC의 주요한 문제점은 잡음(noise), 감쇄(attenuation), 부하 특성(load).



예를 들어 2번 램프를 Off하고 싶을 때의 필요한 데이터의 내용
(Command가 0100이면 Off명령으로 정의 된 경우)

그러나 CPLC(Closed Circuit PLC 폐회로 전력선 통신방식)을 이용하면 PLC의 문제점을 보완할 수 있음. 아래의 그림은 CPLC 통신 방식을 나타내고 있는 그림이며, 각각 연결된 램프에 수신부에 어드레스를 부여해 송신부에서 전력선을 통해 통신이 가능함.

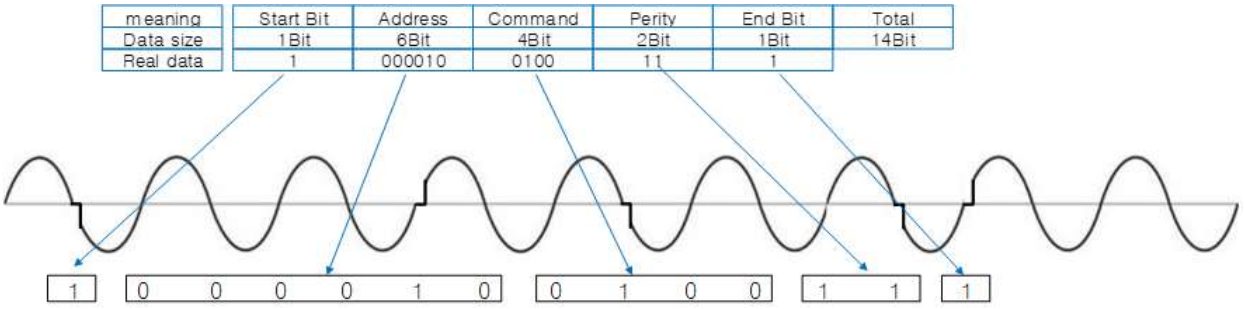
폐회로 전력선 통신방식은 송신부(스위치)를 통한 폐회로에서만 동작함. 조명에만 적용이 가능하며 다른 기기에 영향을 주지 않고 받지도 않음. 따라서 노이즈에 매우 강한 모습을 보이고 수신부의 회로가 매우 간단함. 등기구와는 전원선 이외의 어떤 배선도 필요 없이 등기구를 개별로 제어가 가능함. 또한, 수신부의 회로가 매우 간단하고, 가격이 저렴하며 실장 면적이 작은 것이 장점.

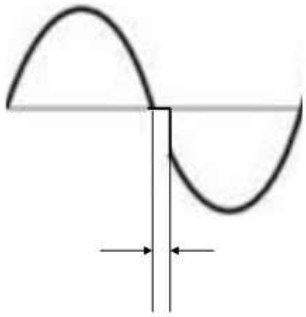


〈그림 〉 폐회로 전력선통신 방식 (Closed Circuit PLC)

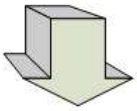
○ CPLC 통신 기법을 이용한 조명기구 제어

CPLC 통신기법은, 교류 전원의 Zero-cross 부분을 제어해 통신하는 방식으로, 전원에 영향이 극히 적음. 60Hz 상용 전원에 사용하기 때문에, 통신 속도는 120bit/s 이다.





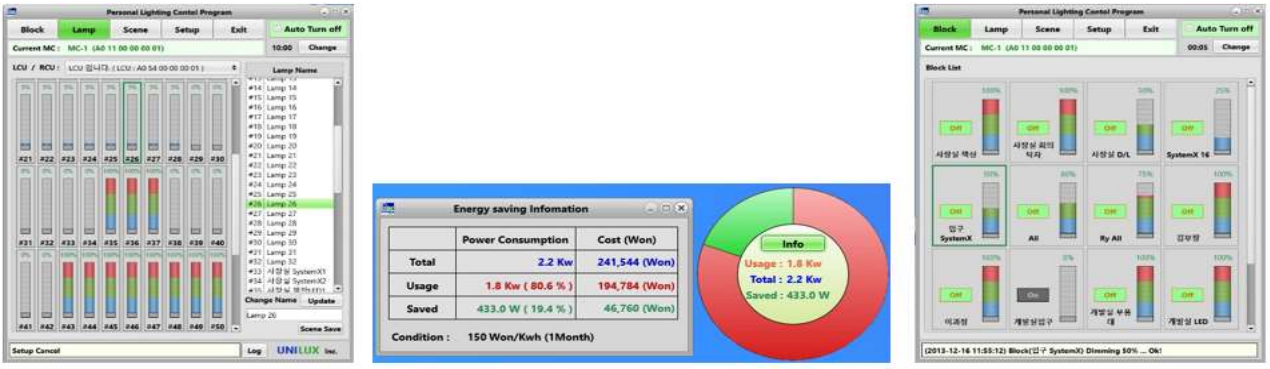
'1'을 송신 할 때만 Zero Cross근방에서 짧은 시간 Off 시킴.



등기구에 장착된 수신부에서는 Off구간이 있는가를 판단하면 송신한 데이터를 읽을 수 있음

조명제어장치의 스위칭 소자에 의해 Off된 구간

대부분의 지하철의 터널 구간은 반은 A역사의 전기실에서 나머지 반은 B역사의 전기실에서 관리를 하고, 폐식 신호를 수신하는 곳은 A역사 또는 B역사 한곳에서 존재. 그러므로 폐색 신호는 한곳에서 수신에 데이터를 다른 역사에 전달하여 제어가 필요.



조명관제시스템



Master Controller(MC)



Lighting Control Unit(LCU)



Relay Control Unit(RCU)

〈그림 13〉 제어 유닛 및 관제시스템

만일 전구간의 지하철 터널을 제어 한다면 중앙의 센터에서 폐색 신호을 수신 받아 VPN으로 데이터를 암호화하여 각각의 전기실에서 폐색 신호를 이용하여 터널의 조명 장치를 제어가 가능.

기존의 MC와 LCU 3대를 통합한 기능의 장치 개발

조명 컨트롤 유닛을 통한 개별 조명 제어 및 관제시스템을 통한 에너지 사용량 모니터링. 전류 계측을 통한 고장조명 파악으로 순찰 인건비 감소 도모.

항목	DALI 등 유선방식	무선방식	CPLC방식	CPLC방식의 장점
배선	유선	각 방의 Gateway 까지는 LAN 연결 방 안의 Gateway와 등기구 사이는 무선	일체의 별도 배선이 필요 없음	시공이 가장 간단
통신거리	300 m	30 m이나 Mesh통신을 이용하여 연장 가능	제한 없음 (3 km까지 인증)	실질적 제한이 없으므로 가로등 터널등 등에도 적용 가능
통신 신뢰성	높은 편이나 주위 환경에 영향을 받음	통신의 음영 지역이 발생할 가능성이 있음	매우 높음	타 방식 대비 압도적 신뢰성
그룹제어	복잡	복자	매우 간단	-
scene 제어	16 개의 scene 저장	-	64개의 scene 저장	경관조명 등 다양한 응용 가능
전력 감시기능	불가	불가	내장	에너지 사용량 분석 및 절전 가능
절전 기능	상시 대기	상시 대기	램프가 모두 off면 전원차단으로 대기전력 0	휴일 등의 대기전력을 완전히 차단하여 에너지 절약
취부 면적	큼	크고 안테나 노출	작고 안테나 필요없음(	-
가격	시공비 등 매우 고가	복잡한 시공, 통신모듈 드이 고가	타 방식 대비 30 % 이상 저렴	-

〈CPLC 통신과 타 통신방식의 비교〉

2. 연구수행내용 및 성과

가. 연구수행 체계도 및 일정

연구개발과제	
과제명	철도 조명설비 에너지절감을 위한 지하터널 구간용 철도신호시스템과 연동한 폐회로 전력선 통신방식(CPLC)의 조명제어 기초 원천기술 개발

기 관 별 참 여 현 황			
구 분	기관수	인원수	총인원 수
산 업 계	2	5	22
대 학	1	3	
국공립(연)			
출 연 (연)	2	14	
기 타			

주 관 연 구 기 관	공 동 연 구 기 관	위 탁 연 구 기 관	공 동 연 구 기 관
서울과학기술대학교	한국조명연구원	서울교통공사	비츠로시스
참 여 연 구 원 주관연구책임자 (장우진)외 2명	**참 여 연 구 원** 공동연구책임자 (천석희)외 6명	**참 여 연 구 원** 연구책임자 (박정욱)외 6명	**참 여 연 구 원** 연구책임자 (김창식)외 2명
담당연구개발내용 - 지능형 에너지 세이빙 조명제어 시스템을 구축하기 위한 각 기관별 협의 및 회의 진행 - 터널 내부 조명 기준과 설치 근거 조사 - 시스템 시뮬레이션을 위한 3D 조명설계 시뮬레이션 환경 구축	**담당연구개발내용** - 차량이 이동함에 따라 적절한 수준의 조명을 실시할 수 있는 조도 설정방법 연구	**담당연구개발내용** - 시스템의 정보화 사업 보안성 검토 및 보안적합성 검증 업무 지원 - 시스템의 서울교통공사 시설물 내 설치 및 작업 전반에 관한 기술 지원	**담당연구개발내용** - 폐색구간의 릴레이 접점 Data 취득 및 통신 시스템 개발 - SSLVPN서버를 이용한 역과 역 사이의 통신 보안 준수

공 동 연 구 기 관
유니룩스
참 여 연 구 원 위탁연구책임자 (김정호)외 1명
담당연구개발내용 - CPLC 통신을 이용한 개별 조명기구 제어 전략 - 폐색 구간 정보에 따른 조명제어 시스템 구현

○ 추진일정

구분	연구과제명 (연구 수행기관)	관련 성과목표/지표			세부추진내용 (연구수행 Activity)	Activity별 산출물	소요 연구비 (백만원)	1차년도				2차년도			
		핵심성과	단위성과	질적 성과지표				1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
총괄															
주관	철도 조명설비 에너지절감을 위한 지하터널 구간용 철도신호시스템과 연동한 폐회로 전력선 통신방식(CPLC)의 조명제어 기초 원천기술 개발 (과기대, 서울교통공사, 한구조명연구원)	제어 방식 제안	1-1	1-1-①	on/off 제어 시뮬레이션	조명환경 및 에너지 효율 논문 및 보고서	80								
				1-1-②	조광 제어 시뮬레이션		60								
				1-1-③	on/off + 조광 제어 시뮬레이션		60								
		제어방식의 에너지 절감 효과 검증	1-2	A-2-①	on/off 제어 시뮬레이션	공인 시험기관 시험서 및 논문	50								
				1-2-②	조광 제어 시뮬레이션		40								
				1-2-③	on/off + 조광 제어 시뮬레이션		40								
공동	철도 조명설비 에너지절감을 위한 지하터널 구간용 철도신호시스템과 연동한 폐회로 전력선 통신방식(CPLC)의 조명제어 기초 원천기술 개발 (과기대, 서울교통공사, 한국조명연구원, 비츠로시스, 유니룩스)	폐색신호에 의한 조명 제어신호 발생	3-1	2-1-①	센싱 신호와 제어기 동작 간의 신호의 오차율을 낮춰 오작동을 0%가 되도록 한다	보고서 및 논문	154								

○ 연구 내용

나. 국내외 기술 현황 분석

○ 국내 현황 분석

- LED는 에너지 절약(energy saving)과 고효율(high efficacy), 장수명(long life), 친환경(environmental friendliness), 작은 크기(small volume) 등과 같은 장점으로 차세대 조명광원으로 주목받고 있음

- 조명기기 자체의 고 효율화는 이미 형광등 내에서도 꾸준히 진행되어 왔으며, 현재 LED 조명의 상업화는 환경 규제와 에너지 소모를 최소화시키기 위하여 백열등 대체 조명으로서 주목을 받고 있음

상용화 수준		'12	'15	'18
LED 광소자 광효율 (lm/W)	실험실	176	200	240
	상용(cool 白)	164	188	240
	상용(warm白)	139	163	235
	가격 ($/klm)	5	2	1
	한국 로드맵 (상용)	160	190	220
LED 조명기기 광효율 (lm/W)	광원모듈효율 (lm/W, cool 白)	164	188	210
	열효율 (%)	91	95	95
	Driver 효율 (%)	91	95	95
	Fixture 효율 (%)	88	95	95
	조명기기 총효율 (%)	73	86	88
	상용 LED 조명효율 (lm/W, cool 白)	121	161	180
	상용 LED 조명효율 (lm/W, warm 白)	101	140	180
	한국 로드맵 (상용)	130	160	180

〈표 1〉 LED 조명 효율 향상 목표 : 미국, DOE 및 한국의 로드맵

- 과거에 비해 30% 가량 전력 소비를 줄인 첨단 인버터 방식의 삼파장 형광등은 많은 인기를 누리고 있으나 향후 소비전력을 보다 획기적으로 줄일 수 있는 LED 조명과 같은 신기술이 주목 받게 될 것임

- 향후 LED 조명은 백열등과 동등 수준 및 형광등의 60% 수준의 가격 경쟁력을 갖출 것으로 예상

- 에너지 절감을 위한 LED 조명시스템 제어를 실현하기 위해 통합 제어 IC, 스마트조명기기, 통합 제어 시스템에 대한 기술 수준은 미국 등 선진사에 비해 70 ~ 80% 수준이나, 우리나라는 반도체, IT H/W S/W 등 조명시스템 관련 요소 기술이 세계적 수준으로 이를 활용하면 세계 시장을 선도할 가능성이 높음

- 현재 정부 시책에 따라 에너지 절감의 중요성이 부각되면서 건설사 중심으로 조명 개발 회사와 연계하여 대형 건물 단위의 에너지 절감형 조명시스템을 적용되고 있음. 에너지 관점에서 전기절감에 목표를 둔 LED 조명 제어 기술은 네크워크 기술과의 융합에 의해 그 효과를 발현되고 있음

○ 국외 현황 분석

- 세계 주요국은 LED시장 선점을 위해 적극적인 R&D 투자와 함께 시장 활성화를 위한 규제 도입 등의 정책을 적극 전개 중
- '20년까지 200lm/W의 고효율 파워칩 개발, 10년간 5,000억원 투자(미국), 21세기 광 프로젝트(일본) 등이 있음
- 각국에서는 백열전구 퇴출 정책, 대대적인 공공 시범사업 실시, 장비 보조금(중국), 에코 포인트 제도(일본)를 실시 함

- 현재 일본 중심의 글로벌 LED 조명시장이 최대 소비시장인 점차 미국과 중국으로 중심축이 옮겨갈 것으로 전망되며 이러한 전망 이유는 첫째, 가장 큰 잠재시장인 미국에서 캘리포니아주를 시

작으로 2013년 하반기부터 백열등 사용 규제가 확산되고, 둘째 중국에서 국가적 성장산업 중 하나로 LED 산업을 지원(LED 조명기구에 대한 보조금을 지속적으로 지급)하는 가운데 백열등 사용 규제가 한층 강화될 계획이기 때문.

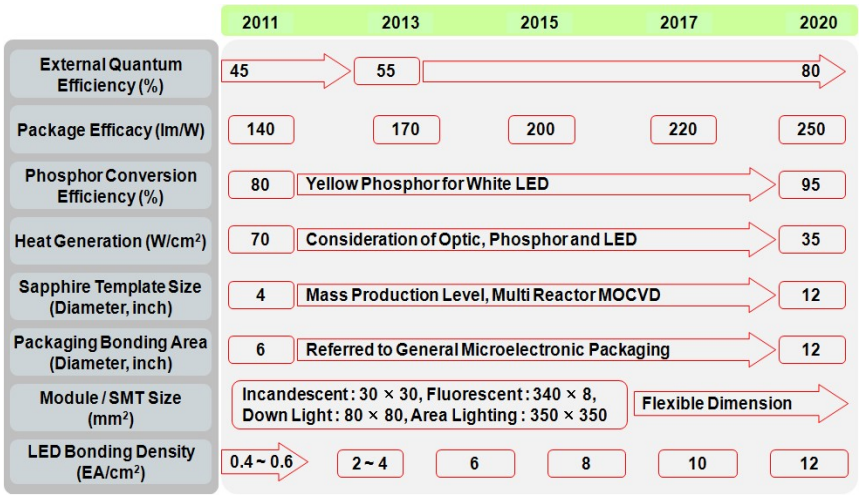
- 최근 Nichia나 Cree, Philips, Osram 등에서 180lm/W(백열램프는 약 10~50lm/W)이상의 고효율 LED를 개발하였으며, 미국 에너지성(DOE: Department of Energy)에서는 조명용 LED 광원의 효율이 2020년에 258lm/W가 실현될 것으로 예상

- Warm White 기준 250 lm/W의 효율 달성은 백열등의 16 배, 형광등의 3배로서 전력 소모는 현재 수준의 2 배 이상을 절감할 수 있을 것을 판단됨

- 분야별 선진국 대비 국내 개발 수준은 평균 80 % 이상의 수준임

국가	주요 정책
미국	○ NEXT Generation Lighting Initiative (Vision 2020) - 2020년까지 200lm/W개발, 조명시장 50% 점유, 10년간 5,000억원 투자 ○ LED 상용화 지원 (7개 프로그램 운영) - SSL Quailty Advocates - CALiPER Program - GATEWAY Demonstrations - Design Competitions - Technical Information Network for SSL - Standards Development - Municipal Consortium
일본	○ Eco-point 제도 도입 - 친환경 가전제품(TV, 냉장고 등) 구매시 포인트 적립 및 제품 구입시 포인트 활용/ '11.4월까지 한시적으로 LED전구는 1/2포인트 가격으로 구매 ○ 통산성을 중심으로 Light for 21C 프로젝트 추진 - 120lm/W 진행, 조명으로 사용되는 에너지의 20% 감소 추진
중국	○ 대대적 시범사업 - 5개지역(심천, 샤먼, 대련, 상해, 남창)에 '국가 반도체조명 산업화 기지' 선정 - 10개 도시 만개 LED 전등 시범프로젝트 추진 ○ 장비 보조금 총 7,800만 달러 지원 ○ 2010년 11월 LED 조명에 대한 국가표준 제정
대만	○ 2012년에 대만의 모든 가로등을 LED로 교체할 것이라고 발표

〈표 2〉 국외 주요 정책 현황



〈표 3〉 LED 기술의 변화와 전망

- 건물 및 지역 단위 전력 사용을 지능화 할 수 있도록 통신 기술과 센서 및 노드 제어 기술에 대한 연구가 진행되고 있음

- 현재 터널등은 터널외의 환경을 고려하여 터널 내의 조명의 밝기가 자동 조절되는 인공지능 조명이 개발 되고 있음

○ 현재 역사 조명을 제어하는 기술은 일본의 역사 색온도 조절 등의 기술들이 개발되고 있으나, 터널구간 내부의 조명을 제어하는 기술은 찾아보기 힘들다. 그 이유로는 우선, 우리나라를 제외한 다른 나라에서는 아직 터널구간의 조명을 형광램프를 사용하고 있기 때문이다.

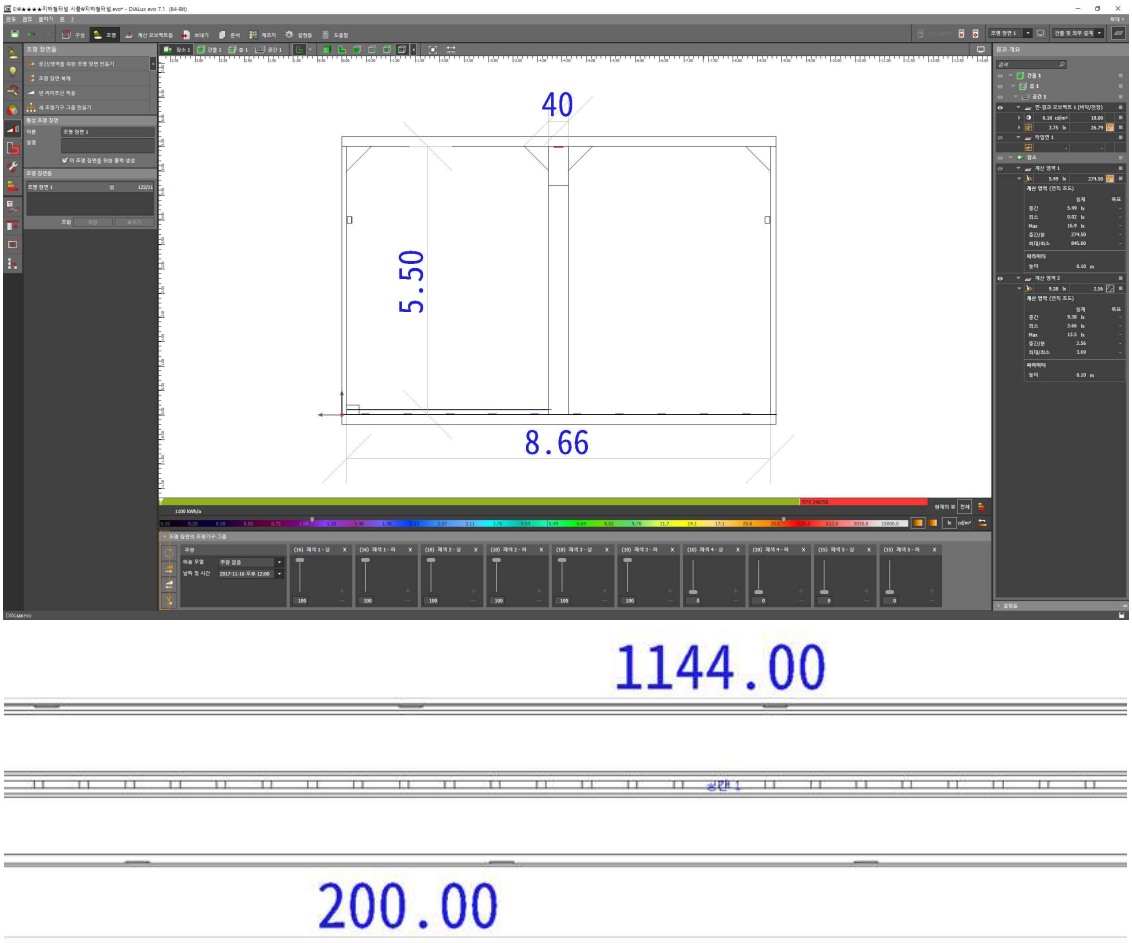
○ 기존의 시스템은 형광램프를 사용한 조명기구이고, 상시 점등상태이다. 정부 계획으로 인해 LED 램프로의 교체가 이루어졌고, 형광램프 대비 LED램프를 사용함으로써 에너지 절감을 실시하고 있다. 다만, 교체함으로써 얻을 수 있는 에너지 절감비율(고효율 조명기구 교체 20 %)에 더해 제어를 통한 더 큰 비율의 에너지를 절감(실측 Data 기준, 56 %)할 수 있음.

○ 기존의 시스템 대비 본 연구의 결과를 통해 얻을 수 있는 조명제어 시스템의 향상점은 다음과 같음

1) 단순 LED 조명으로 교체하는 것 보다 더 큰 에너지를 절감할 수 있음(20 % -〉 56 %)
2) 운행시간 기준으로 56 % 이고, 운행 종료 후 공사가 없는 날 까지 더하면 절감률은 더 커질 수 있음.
3) 기존의 설치된 조명에 따로 통신 케이블을 포설하지 않아도 됨.
4) 기존의 폐색회로의 접점신호를 사용하기 때문에 추가 설치비용이 들지 않고 고장 발생 시 폐색 신호와 연동되기 때문에 유연한 대처가 가능.
5) 열차 운행 종료 시점에서, 조명기구를 순차적으로 on/off 하여 전류를 체크를 통해 고장이 발생한 조명기구를 파악할 수 있음.
6) 더 오랜 시간 소등하기 때문에 조명기구의 수명이 늘어남.

다. 연구수행 내용

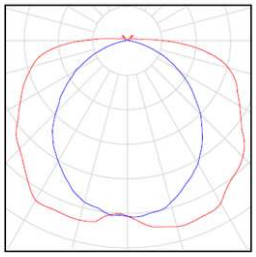
1) 조도 시뮬레이션



〈현장 실측 데이터를 통한 시뮬레이션 환경 구축〉

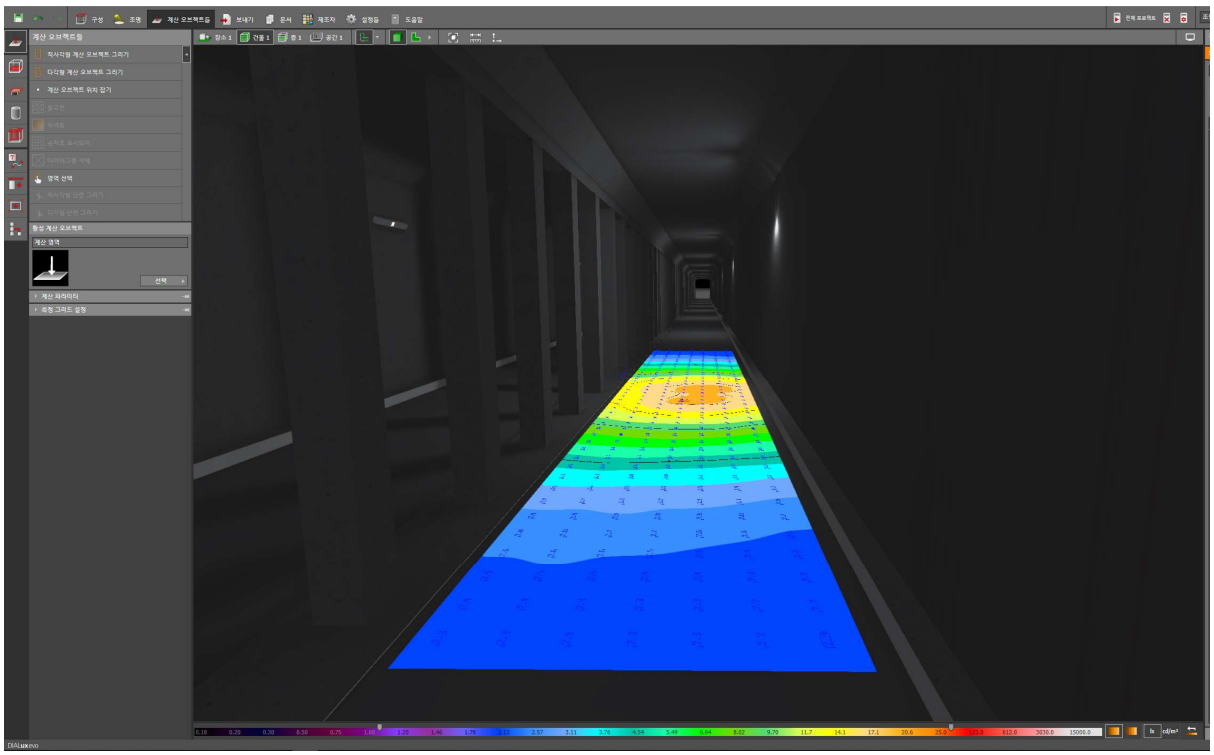
DIALux

지하철터널

갯수	조명기구 (발광)		
122	DIALux - 발광 1 설비품: 1x 기구 효율: 100% 램프의 광속: 2108 lm 조명기구들 광속: 2108 lm 성능: 17.0 W 광효율: 124.0 lm/W 비색 정보 1x: CCT 3000 K, CRI 100		

램프의 총 광속: 257176 lm, 조명기구의 총 광속: 257176 lm, 전체 성능: 2074.0 W, 광효율: 124.0 lm/W

〈실제 사용중인 조명기구 데이터를 통한 시뮬레이션 진행〉



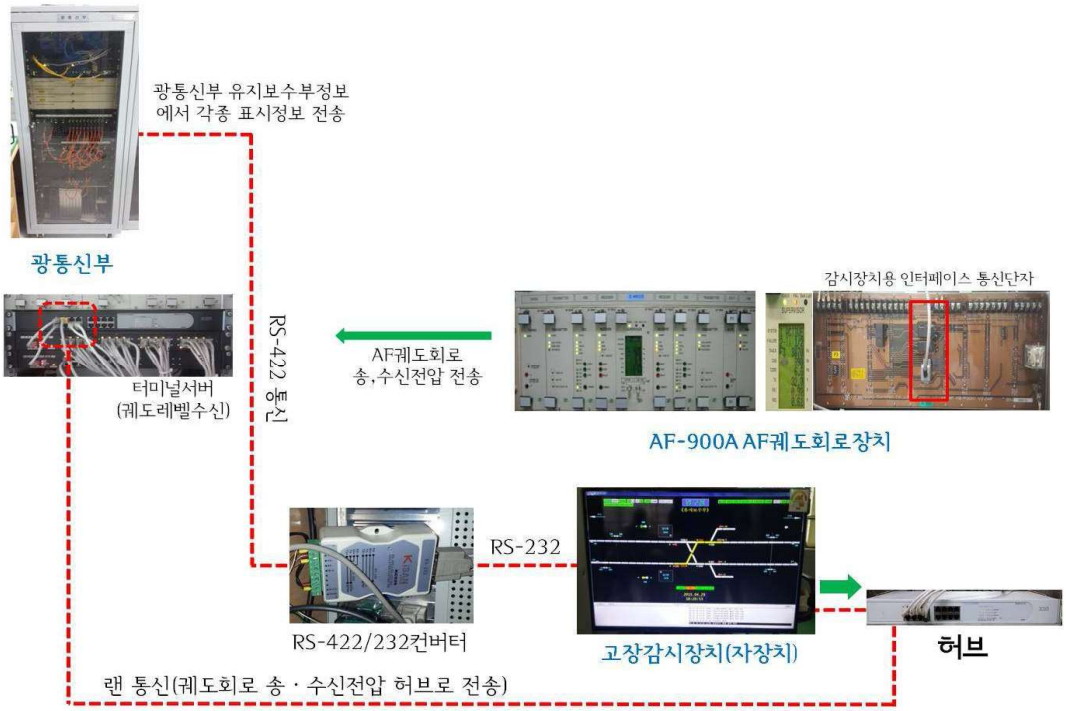
〈선로 바닥면 조도 시뮬레이션〉

2) 열차 위치정보 수신을 위한 통신 프로토콜 분석

도시철도 터널 내 열차의 위치를 알려주는 궤도회로 데이터는 역에 위치한 신호기계실로 모두 전송된다. 신호기계실로 전송된 Data를 이용해 열차 위치에 따라 조명을 제어할 목적을 달성하기 위해서는 Data를 수집할 수 있는 장치가 필요하고, 또한 조명제어 장치와의 연계가 가능하기 위해서는 고장감시장치의 통신프로토콜에 대한 정확한 분석이 필요하다.

○ 고장감시장치 설비구성 및 열차위치정보 전송 루트

- 고장감시장치 설비구성



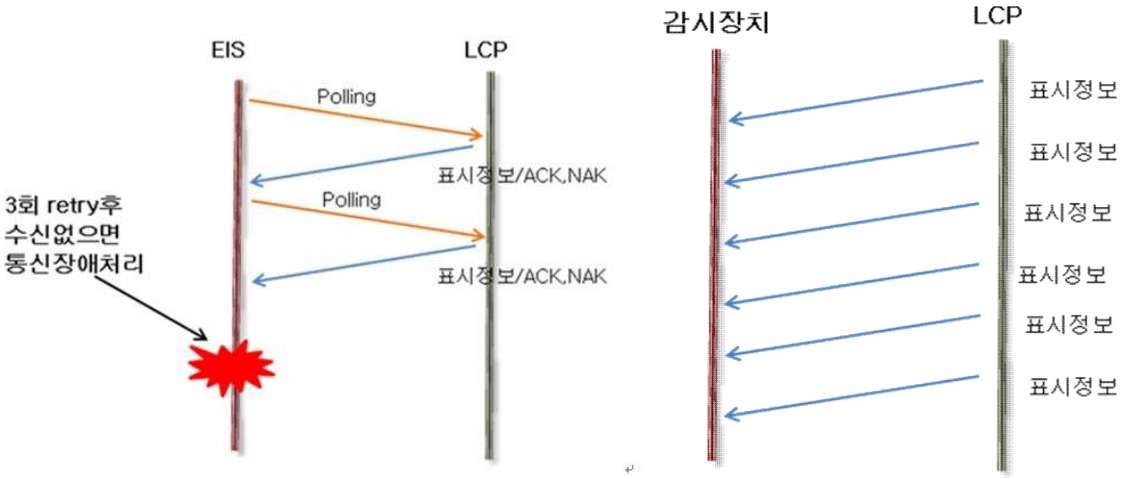
○ 열차위치정보 전송 루트

광통신부 유지보수부 통신단자에서 각종 표시정보 고장감시장치 자장치로 전송 ⇒ RS-422/232 컨버터를 통해 고장감시자장치로 전송 ⇒ 고장감시장치 자장치 ⇒ 랜 ⇒ 허브

AF궤도회로 송·수신전압 마더보드에서 시리얼통신으로 터미널서버로 전송 ⇒ 터미널서버로 수집된 궤도레벨정보 허브로 전송(랜통신) ⇒

○ 고장감시장치 Data 프로토콜 분석

- 통신방식 : RS232C, 속도(9600BPS), 스톱비트(1), 패리티(no), 흐름제어(없음)
- Data 프로토콜 구조



〈전자연동장치와 LCP간 통신(좌), 감시장치와 LCP간 통신(우)〉

○ LCP에서 지하철 위치 정보 Data를 고장감시장치로 RS-232통신을 이용해 송신하게 된다.

구분	ESC	W	FrameNo		Length	Data	CR
size(byte)	1	1	2		2	n	1
value	0x1B	0x57	0x30	0x30	-	-	0x0D

- ESC (1byte) : 0x1B
- W (1byte) : 역 상태 정보 (0x57)
- FrameNo (2byte) : 역 상태 프레임 번호 십진수 문자열 (0x30, 0x30)
- Length (2byte) : Data 필드의 길이, 십진수 문자열
  예〉 값이 0x31 0x34 이면 Data 필드의 길이는 14*4 = 56byte
- Data (N byte) : 역 상태 정보
- CR (1byte) : 0x0D

○ 결론

- 열차의 위치정보는 PLC가 존재하는 기계실에서는 PLC의 통신포트에 직접 연결하여 수신하면 되나, 미아역은 PLC가 없기 때문에 열차의 운행에 직접적인 관련이 없는 고장감시장치 자장치(산업용 컴퓨터)의 통신 포트를 이용하여야 한다.

- 고장감시장치 자장치와 전자연동장치 간의 프로토콜은 16진수 헥사코드이며 역상태는 6개의 프레임으로 이루어진 구조를 가진다.

- 궤도회로 번호로 구성된 TK 헥사코드의 ON/OFF 정보를 통하여 열차의 위치를 파악할 수 있다.

3) 등기구 리시버(노드) 설치 위치에 관한 기술적 검토

- 새로 교체하는 등기구의 빈공간이 여유가 있기 때문에 리시버를 등기구 내에 삽입하는 방법이 먼지와 진동으로 인한 장애를 예방할 수 있다고 판단됨.
- 등기구내에 리시버를 설치하는 일정은 등기구 제작업체와 협의하여 유니룩스에서 직접 설치하며 전기1사업소에서 일정을 협의하여 추 후 도시철도연구원으로 통보.
- 등기구내의 리시버 유무는 연구과제 종료 후 장애 발생의 원인이 될 수 있으므로 철거를 원칙으로 함.
- 등기구 리시버 설치는 철거 시 최소한의 작업과 일정을 고려.

○ 터널 조명 제어 시스템의 알고리즘 구현 문의

- 기본적인 4호선 열차 스케쥴을 통해 마지막 열차를 기준으로 심야 작업시간은 전구간 ON으로 작동할 수 있어야 함
- 영업시간 중 전차선 단전 시 터널 조명을 전구간 ON으로 작동할 수 있도록 알고리즘을 구현하는 방안이 마련되어야 함
- 열차의 장애를 판단하여 전구간 ON으로 작동할 수 있는 기준이 마련되어야 함
  ex. 테스트베드 구간 내에 15분이상 열차 진입이 없을 경우 등
  ex. 테스트베드 구간 내에서 열차가 10분 이상 이동이 없을 경우 등

○ 테스트베드 구간 내에 쌍문과 수유의 구분지점 문의

- 당고개역 하선 기준으로 5K143 ~ 5K770 구간의 조명등이 쌍문 전기실에서 제어
- 당고개역 하선 기준으로 5K780 ~ 6K393 구간의 조명등이 수유 전기실에서 제어

○ 결론

- 현재 쌍문~수유 구간에 설치할 등기구는 제작 중이며 쌍문~수유 구간의 케이블 간선 교체를 위한 준비 작업은 완료
- 등기구 설치는 5월 중순부터 시작할 예정이며 본 교체 작업으로 등기구들이 RST 상의 순차적인 배치가 가능함
- 리시버(노드) 설치는 먼지와 진동으로 인한 장애를 예방하기 위하여 등기구 내에 삽입하는 방안이 최우선으로 판단됨
- 등기구내의 리시버는 연구과제 종료 후 장애 발생의 원인이 될 수 있으므로 철거를 원칙으로 함
- 열차 운행의 다양한 상황과 장애 발생을 고려하여 터널 조명 제어 시스템의 알고리즘을 구현하여야 함

4) Test-bed 현장 자료조사

○ 쌍문전기실↔수유전기실 간 통신 시험
- 쌍문전기실↔수유전기실 간 케이블 루트 조사
- 쌍문~수유구간 터널조명 설비조사

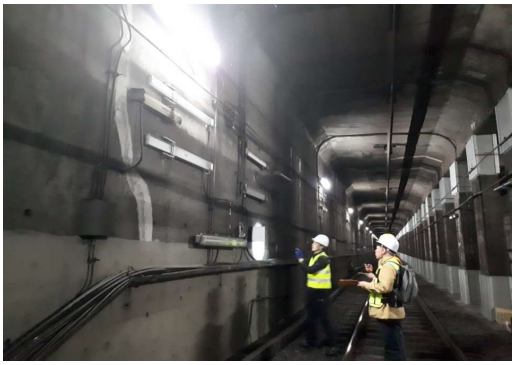
○ 전기실 간 통신 시험은 수유 전기실의 통신불량으로 인해 송수신 확인 불가
- 정보통신처와 수유 전기실 현장 점검 후 재시험 일정 논의
- 테스트 베드 구간 내 조명설비 개수는 70개이며 폐색 당 10~15개 내외
- 쌍문 전기실과 신호기계실은 인접하고 있으며 기계실 간 케이블 포설은 벽에 임시로 막아놓은 구멍을 통해 연결 가능



쌍문 전기실 통신시험 준비



수유 전기실 통신시험 준비





쌍문~수유 구간 터널 등기구 조사



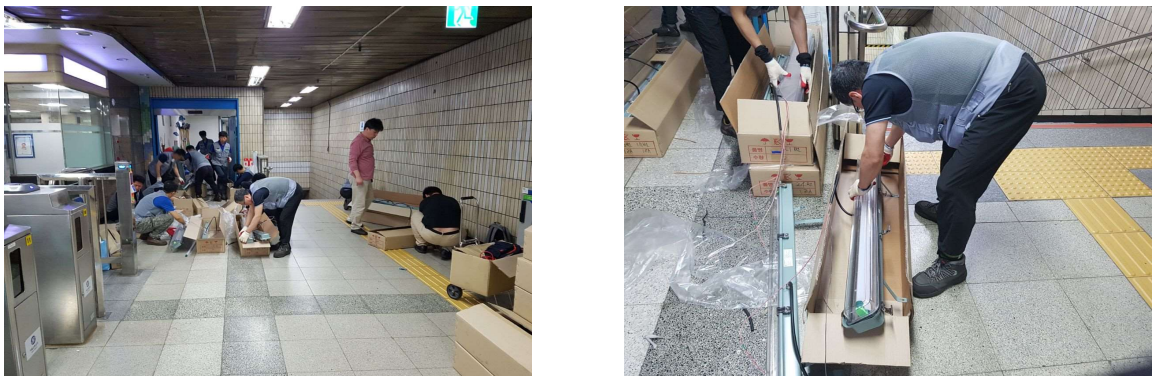
쌍문 신호기계실 케이블 루트 점검



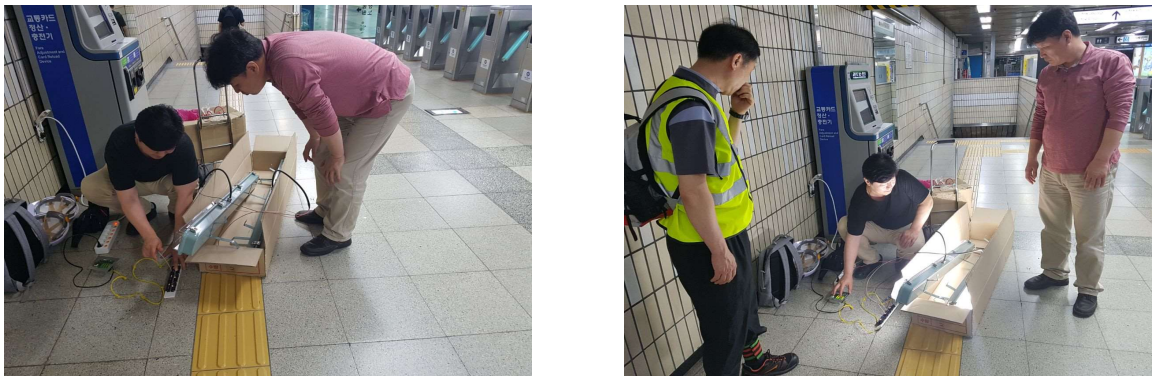
쌍문 전기실 케이블 루트 점검

○ Test-Bed 조명설치

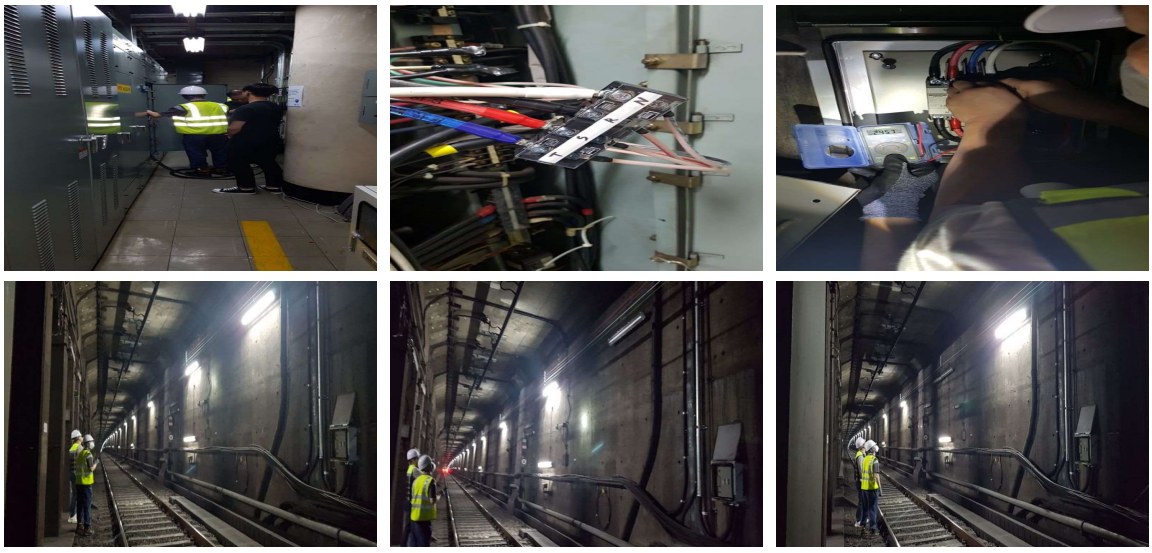
- 터널 조명설비 램프테스트 실시
- 터널 내 조명설비 설치
- 등기구 램프테스트 결과 양호



터널 등기구 조립



터널 조명설비 램프테스트 실시



〈조명기구 설치 후 테스트〉

○ 외함, 전력량계, 조명제어장치 설치

- 쌍문 신호기계실 조명제어장치 연결 및 설치 완료
- 조명제어장치 수유 통신테스트 완료
- 수유전기실 전력량계 설치 완료
- 쌍문전기실, 수유전기실 외함 설치

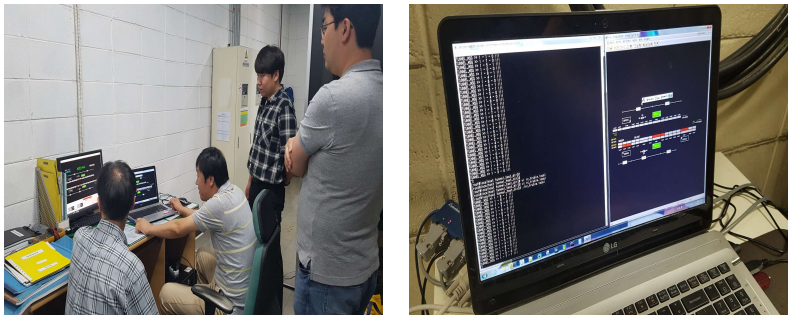


〈외함 및 전력량계 설치〉

5) 현장 연동시험

○ 제어부 로그 분석

- 비츠로시스 HMI와 신호기계실 HMI 일치
- 로그 수집 완료
- 현장 제어 시물레이션 시나리오 생성 완료



〈현장 연동시험 로그 분석〉

- 단전 후 시스템 기동, Rush Time을 적용한 시뮬레이션으로 가동
- 전방 1.5폐색, 후방 1폐색으로 시험

- 각 궤도에 1명씩 대기하며 조명 점등, 소등여부 점검
- 시나리오에 따라 실제 조명 동작 양호

○ 실증시험 현장 확인

- 첫 열차는 상시점등, 열차 지나간 후 일시 소등
- 기관사 측 탑승 시 조명 점등 육안으로 확인 어려움
- 차장 측 탑승 시 조명 소등 육안으로 확인불가
  ↳영상 촬영 결과 (슬로우모션으로) 마지막 직선구간에서의 소등 확인
- 반대편(상선)열차 탑승 시 조명제어 정상적으로 작동



〈현장 조명 제어 확인〉

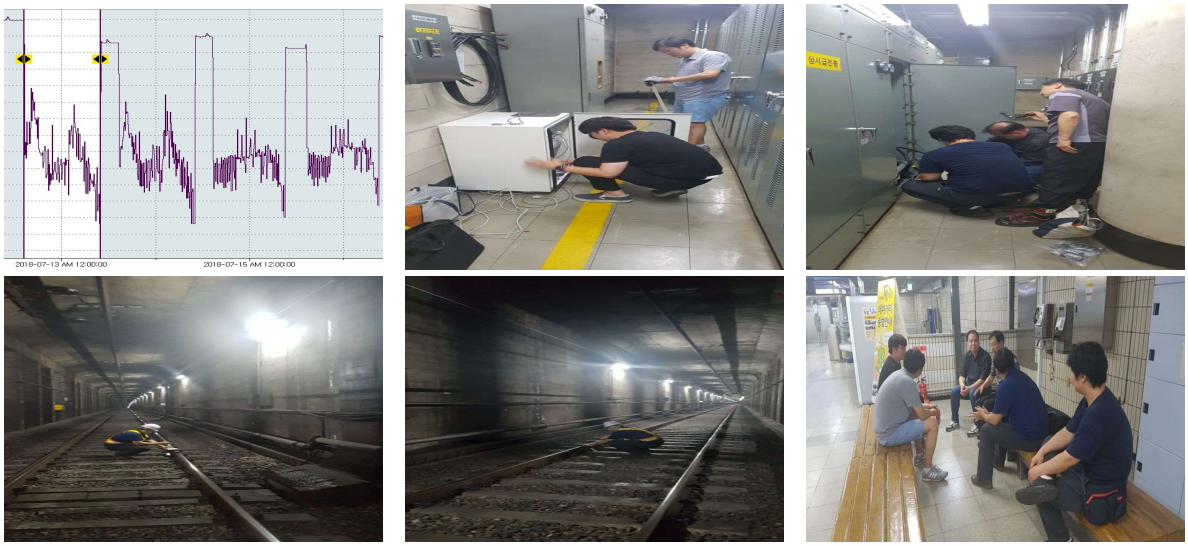
○ 실증시험 후 철거

- 시험결과 조명 전력소비량 약46% 절약
- 운행시간, 비운행시간 정상운영 확인 (전력량계 분석)
- By pass 정상동작 확인
- 철거 전 필요한 시험에 대하여 논의

○ 실증시험
- 유니룩스 장비로 on-off 제어 하여 실증시험
- 폐색구간 강제소등하여 외함에서 전류 측정 (제어 전,후)
- 조도 측정은 등 바로 앞 (가장 밝음), 조명과 조명사이 측정 (가장 어두움)
- 10m, 15m, 20m 간격 조명 조도 측정

○ 장비 철거
- 비츠로시스 쌍문역 전기실, 신호기계실, 수유역 전기실 장비 철거
  (장비 철거 후 신호기계실 유지보수부 정상동작 확인)

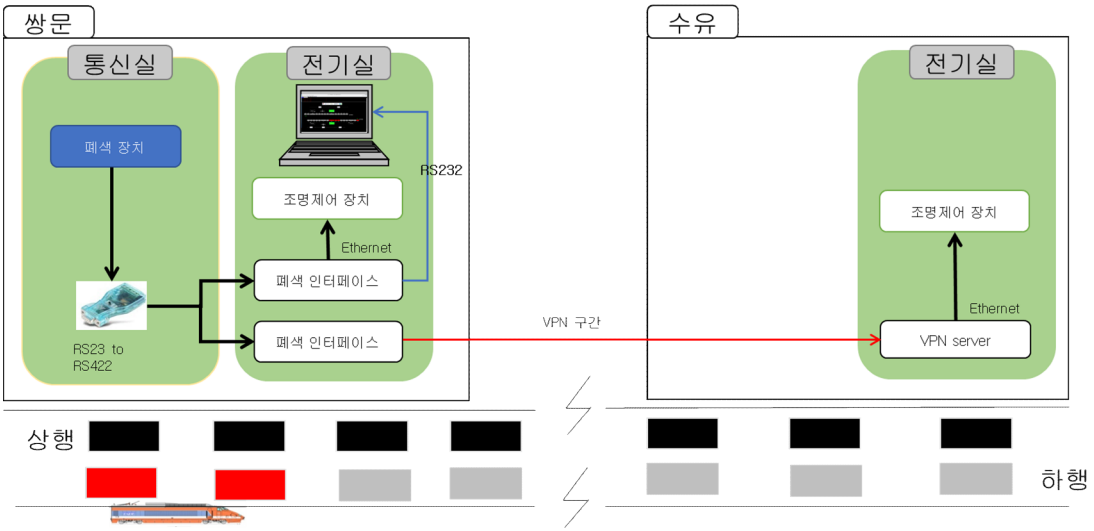
- 유니룩스 쌍문역 전기실, 수유역 전기실 장비 철거
  (장비 철거 후 조명 정상동작 확인)
- 조명연구원 쌍문역 전기실, 수유역 전기실 장비 철거



〈Test-bed 철거 작업〉

- 시험결과 조명 전력소비량 약46% 절약
- 실증시험 결과 예상 결과 값 이상 결과 도출
- 시험장비 철거 후 현장설비 정상동작 확인

6) 폐색 신호 인터페이스 장치 개발

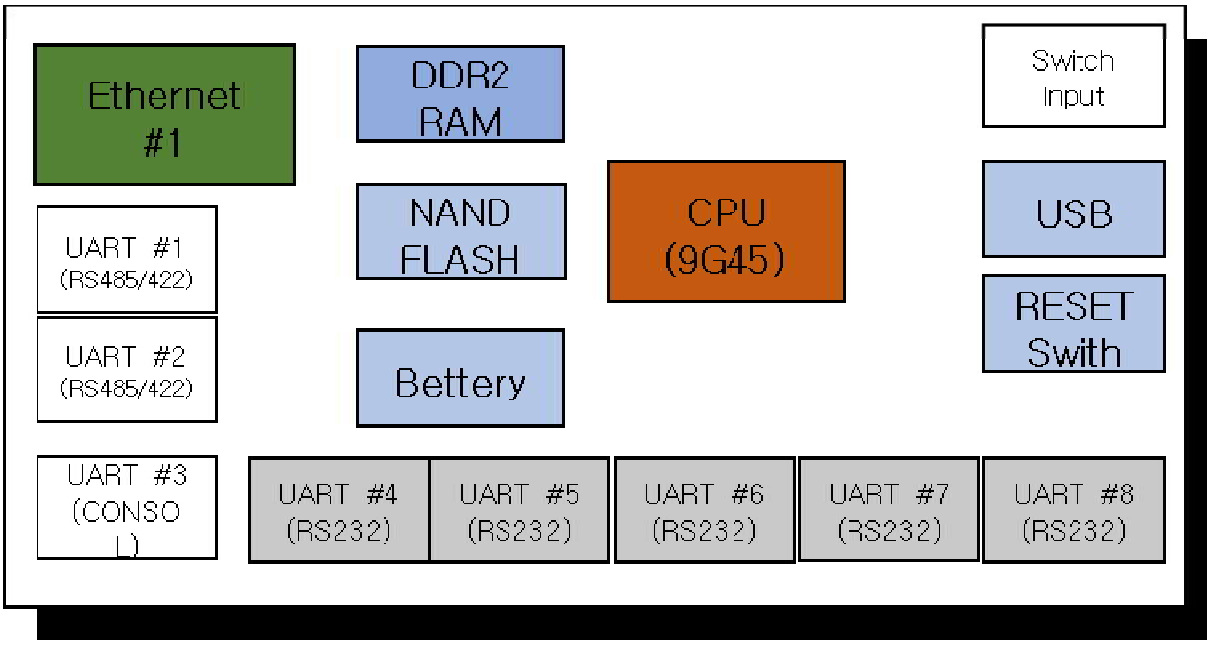


인터페이스 개요도

가) 보드의 스펙

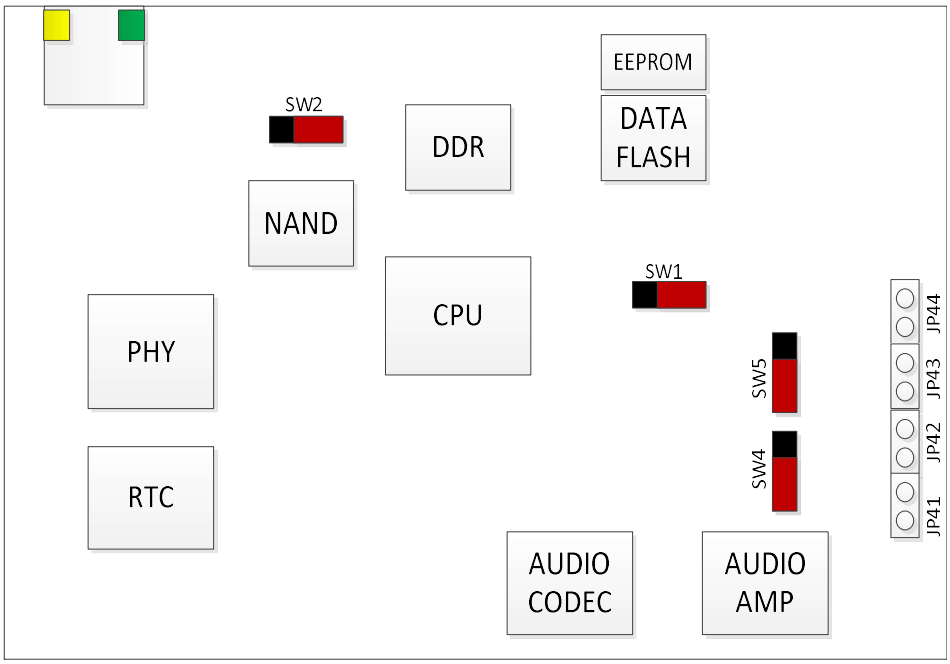
기능	품명	설명
CPU 부	CPU	AT91SAM9G45-400Mhz
	RAM	128MB
	FLASH	128MB
	DATA FLASH	8MB
	LAN	1개
	RS422	2개
	RS232	5 개
	Console	115200bps baud rate Front panel Program Download 기능 보드 상태 출력 기능
	보드 사양	1.6T, 6layer , FR4
POWER	5V	1.5 A (Maximum)
사용 환경	사용 온도	-30 ~ 60 °C
	보관 온도	-30 - 80 °C
	사용 습도	5 - 85 % (non-condensing)

나) Block Diagram



〈 블록다이아 그램〉

다) 보드의 점퍼 설정



다-1) 점퍼의 기능

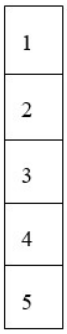
	점퍼의 위치	기능	Default Setting
SW1	1-2	Disable DATA FLASH	
	2-3	Enable DATA FLASH	Default Seething
SW2	1-2	Disable NAND FLASH	
	2-3	Enable NAND FLASH	Default seething
SW3	1-2	RS485	
	2-3	RS422	Default seething
SW4	1-2	RS485	
	2-3	RS422	Default seething

다-2) console/DM 핀맵



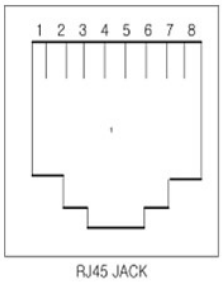
핀 번호	내용
1	GND
2	TX
3	RX

다-3) RS422 핀맵



핀 번호	내용
1	TX+
2	TX-
3	RX+
4	RX-
5	GND

다-4) Ethernet

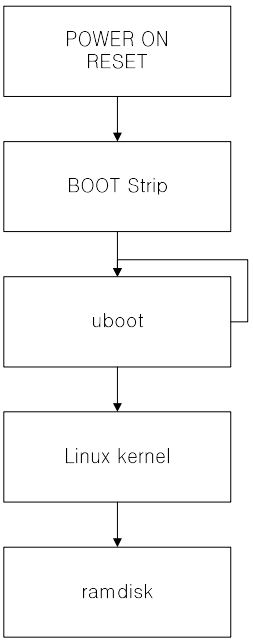


핀 번호	내용
1	TX +
2	TX -
3	RX +
4	
5	
6	RX -
7	
8	

라) Memory Map

Memory	ADDRESS	CS	용도
DATA FLASH	C000 0000 ~ C000 83FF	SPI0	Bootstrap
	C000 8400 ~ C004 83FF		U-boot
	C004 8400 ~ C004 C5FF		Environment
	C004 C600 ~ C014 C5FF		Logo
	C014 C730 ~ C041 FFFF		Spare
NAND FLASH	0000 0000 ~ 003F FFFF	NCS3	Kernel image
	0100 0000 ~ 05FF FFFF		Ramdisk image
NOR FLASH		NCS0	Reserved

마) Booting 순서



〈보드 부팅 순서〉

바) 실제 사진



〈보드의 실제 구성〉

사) 함체의 구성





〈함체의 실제 사진 및 설명〉

아) 장비의 기능



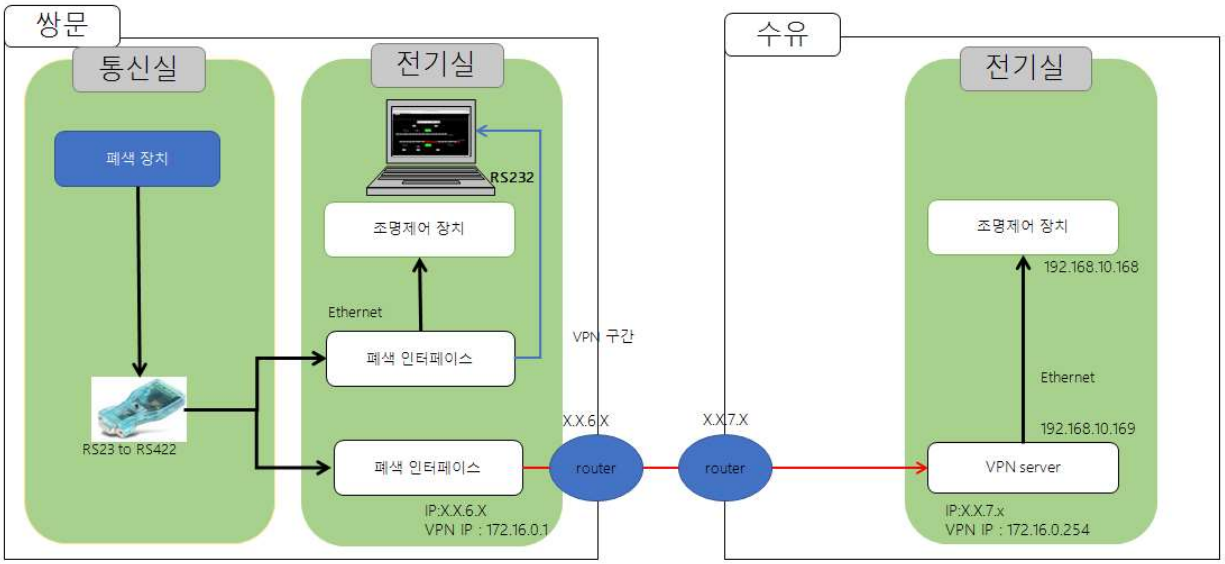
〈페색인터페이스 장비〉

기능	설명	비고
POWER	전원의 ON/OFF 표시	
RUN	보드의 동작 상태 표시	주기적으로 점등
RESET	보드를 초기화	
비상스위치	폐색 장치가 이상시 터널의 등을 모두 점등	
전원	전원을 ON/OFF 스위치	
monitor	페색 신호 수신부	
console	페색 인터페이스 장치 콘솔	

7) 통신케이블의 구성

가) 망의 구성

현장의 망의 구성은 다음과 같다.
단 IP 주소는 보안상의 문제가 있어서 표현하지 않았고, 내부의 IP만 표현을 했다.



〈망의 구성〉

VPN을 사용하는 경우 VPN clinet는 ID와 password을 넣게 되어 있고, server와 연결이 되면 VPN IP을 할당 받아서 해당 ip로 통신을 한다.

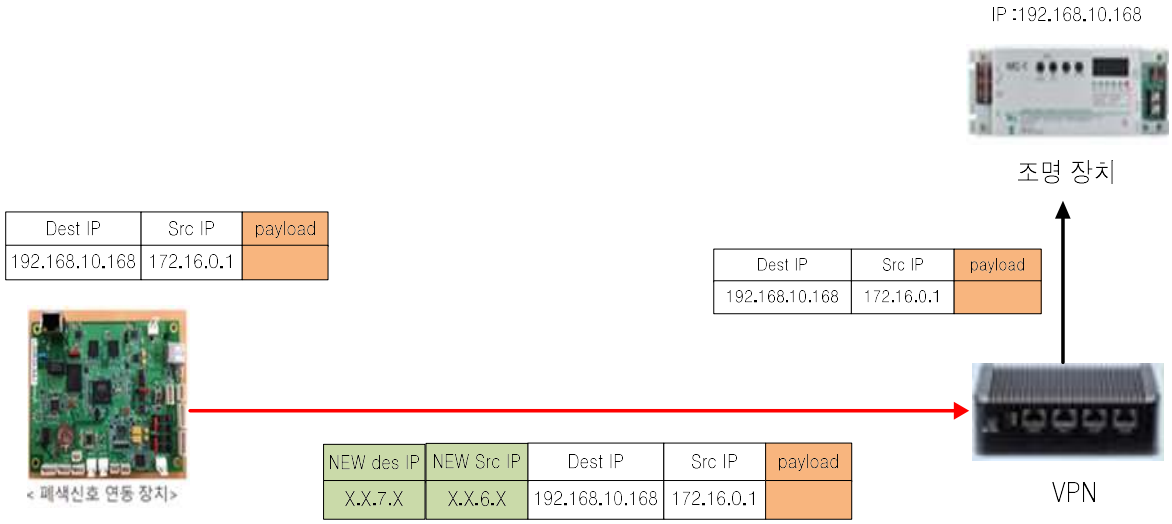
해당 VPN clinet ID 와 password는 VPN server에서 설정이 필요하고, ID와 password는 VPN client에서 처음 VPN server에 접속시 필요하고 중요하게 보관해야 한다.
즉 B역사의 조명제어 장치의 IP 어드레스는 외부에 노출되지 않는다.

해당 제품의 패킷을 모니터링 해보면 다음과 같다.

X.X.7.X	X.X.6.X	192.168.10.168	172.16.0.1	data

〈데이터 전송〉

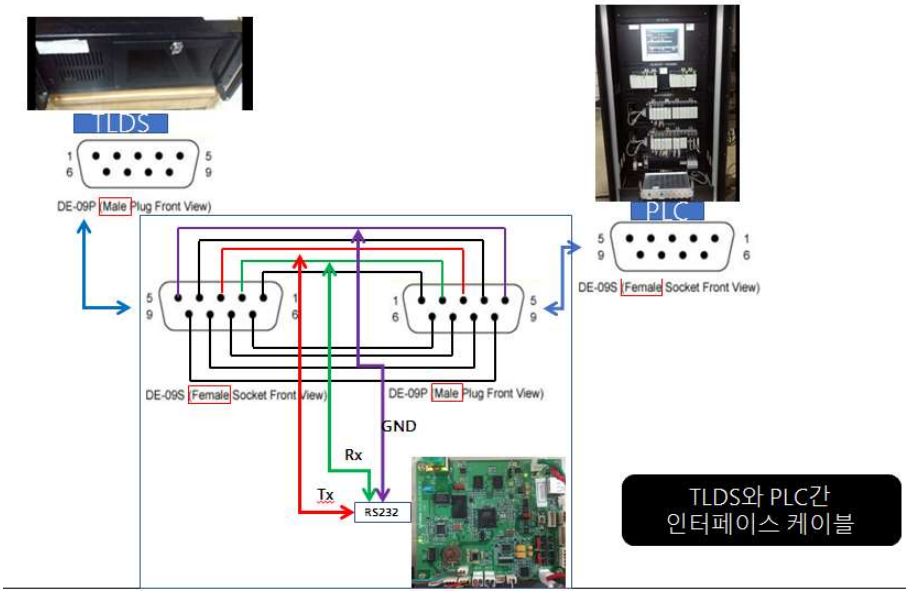
상기 그림처럼 VPN에서 할당된 IP로 내부적으로 터널링을 맺어 통신을 시도하고, 해당 data는 Aria, Seed, ASE128등 기타 암호화 알고리즘을 사용하여 데이터를 보호한다.



〈 VPN을 사용한 패킷 〉

상기 그림과 같이 패킷이 전송되므로 최종 목적지의 주소는 외부에서 확인이 불가능하다. 그리고 모든 데이터는 일단 VPN과 터널링이 맺어진 상태에서 데이터를 전송이 가능하므로 VPN 접속시 설정하는 ID와 PASSWORD을 모르는 경우는 접속이 불가능하다.

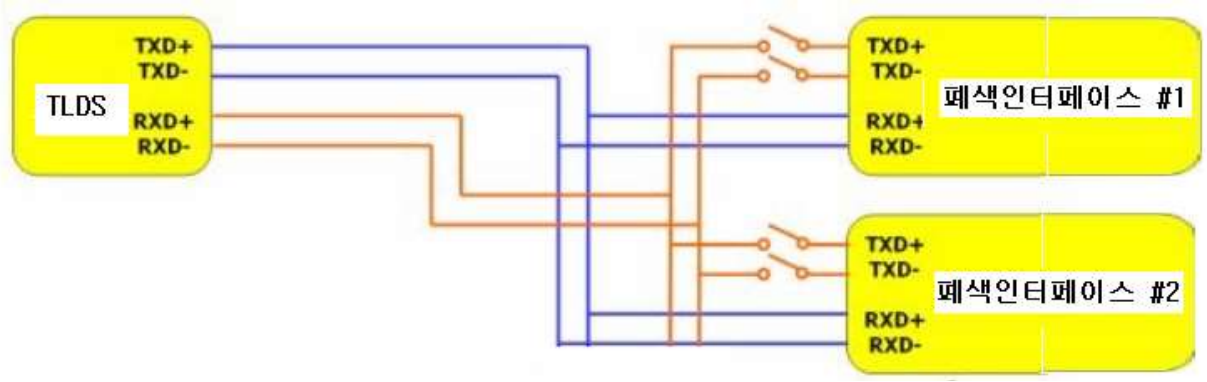
나) 폐색 인터페이스 케이블



〈폐식 신호 인터페이스 케이블〉

상기 그림과 같이 폐색 신호는 TLDS에서 RS232 신호을 받아서 다음 그림과 같이 케이블을 만들어서 데이터를 모니터링 하였고, 해당 신호는 수신 데이터만 수신을 하여 기존의 시스템에는 아무런 부하를 주지 않는다.

위의 그림과 같은 케이블은 RS232신호를 모니터링하는 곳에서는 일반적으로 사용하는 방식으로 TLDS와 PLC간의 데이터중에서 PLC에서 TLDS로 보내는 데이터을 수신하여 현재 열차의 폐색 신호를 분석하는데 사용된다.



〈 TLDS 와 폐색장치의 연결 케이블 〉

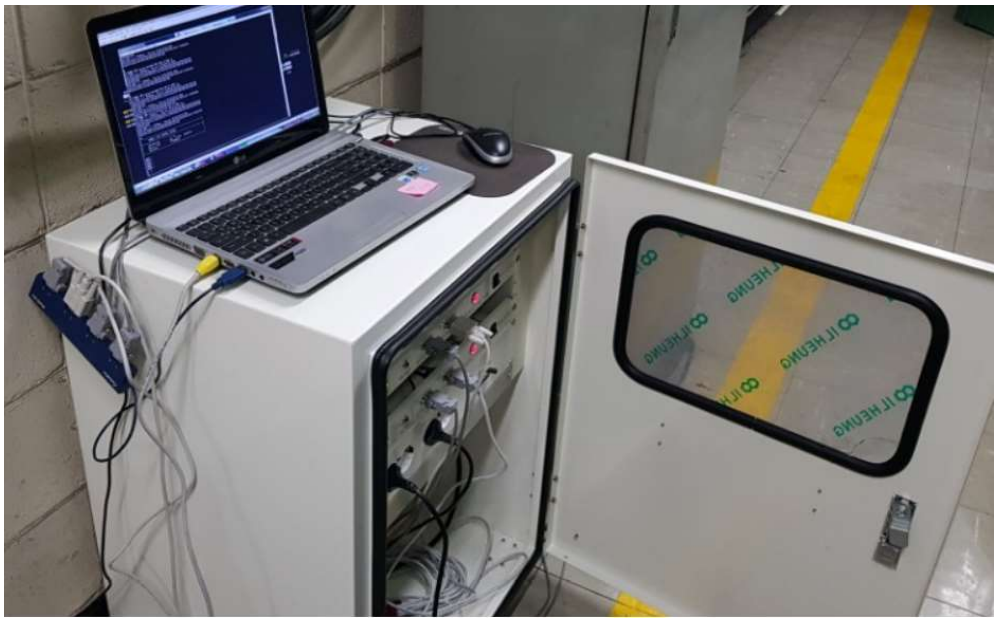
다) 케이블 연결 사진



〈 폐색 인터페이스 케이블 〉



〈 RS232 to RS422 converter 〉



〈 페색 인터페이스 장치 〉



〈 조명 제어 장치 〉

8) 폐색신호 기반 조명제어 장치 구성

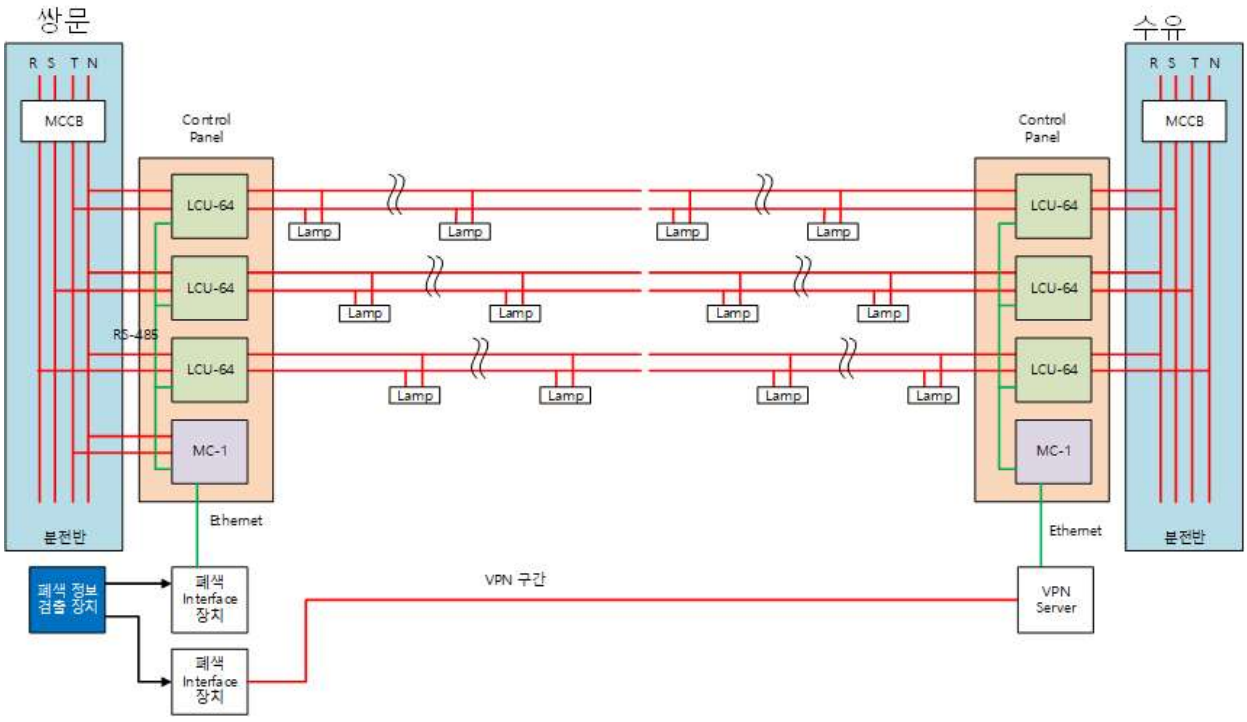
- 폐색구간 감지 장치로부터 Ethernet통신으로 폐색 구간 진출입 정보를 수신

- 전방 점등 제어 : 새로운 폐색 구간에 진입하면 해당 폐색 구간의 전방 2.5폐색 구간의 조명을 100%로 점등

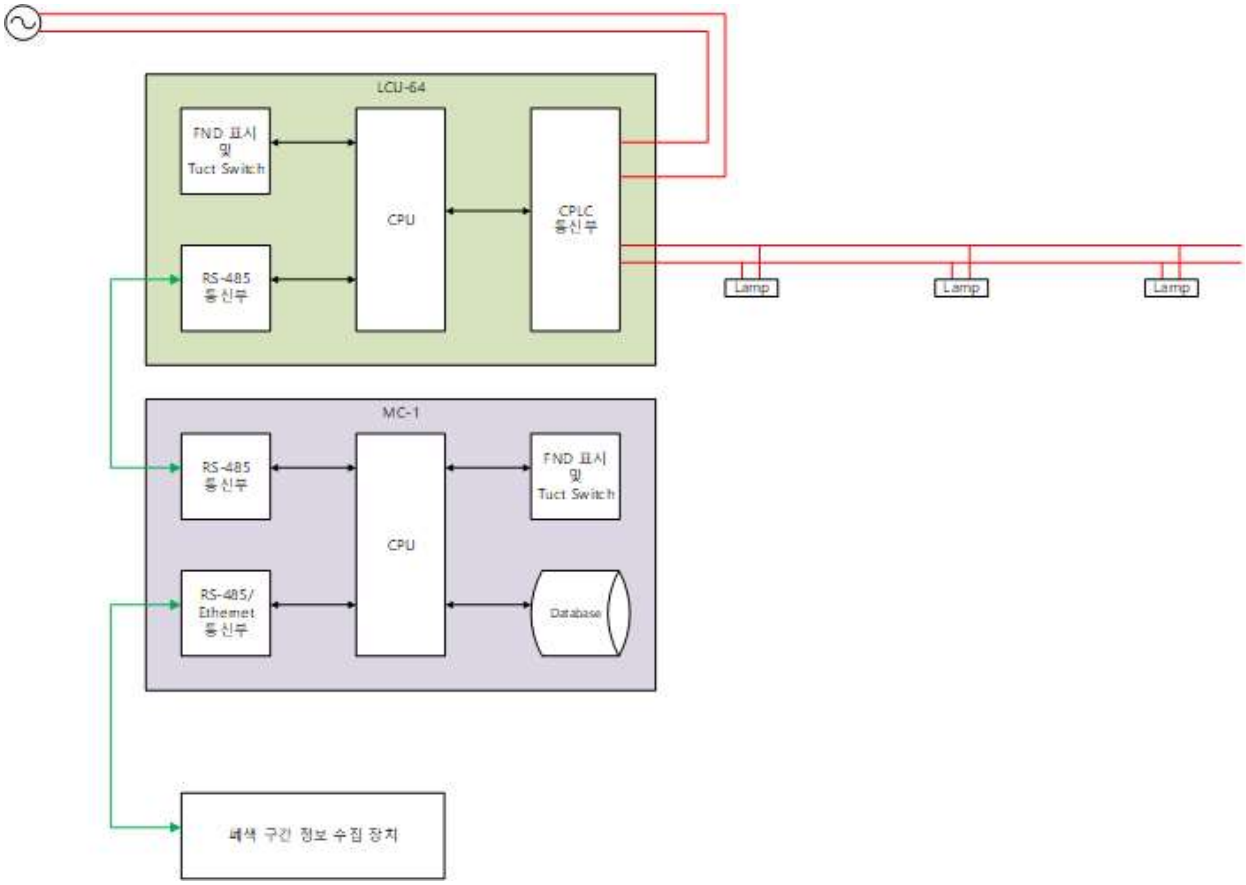
- 후방 소등 제어 : 두 폐색 구간을 벗어난 것이 감지되면 완전 소등 제어

- 운행 시간중임에도 불구하고 일정 시간 폐색 구간 진출입 정보의 변화가 없으면 사고로 판단하고 전구간 점등 on 제어

- 운행 시간 종료 후에는 전구간 점등 제어(설정에 따라 선택 가능)



〈조명제어 시스템 개요도〉


LCU-64
FND 표시
및
Tuct Switch
CPU
CPLC
통신부
RS-485
통신부
Lamp
Lamp
Lamp
MC-1
RS-485
통신부
FND 표시
및
Tuct Switch
CPU
RS-485/
Ethernet
통신부
Database
폐색 구간 정보 수집 장치

〈각 장치의 내부 구성〉

〈조명기구 어드레스 설정 및 제어 시나리오〉

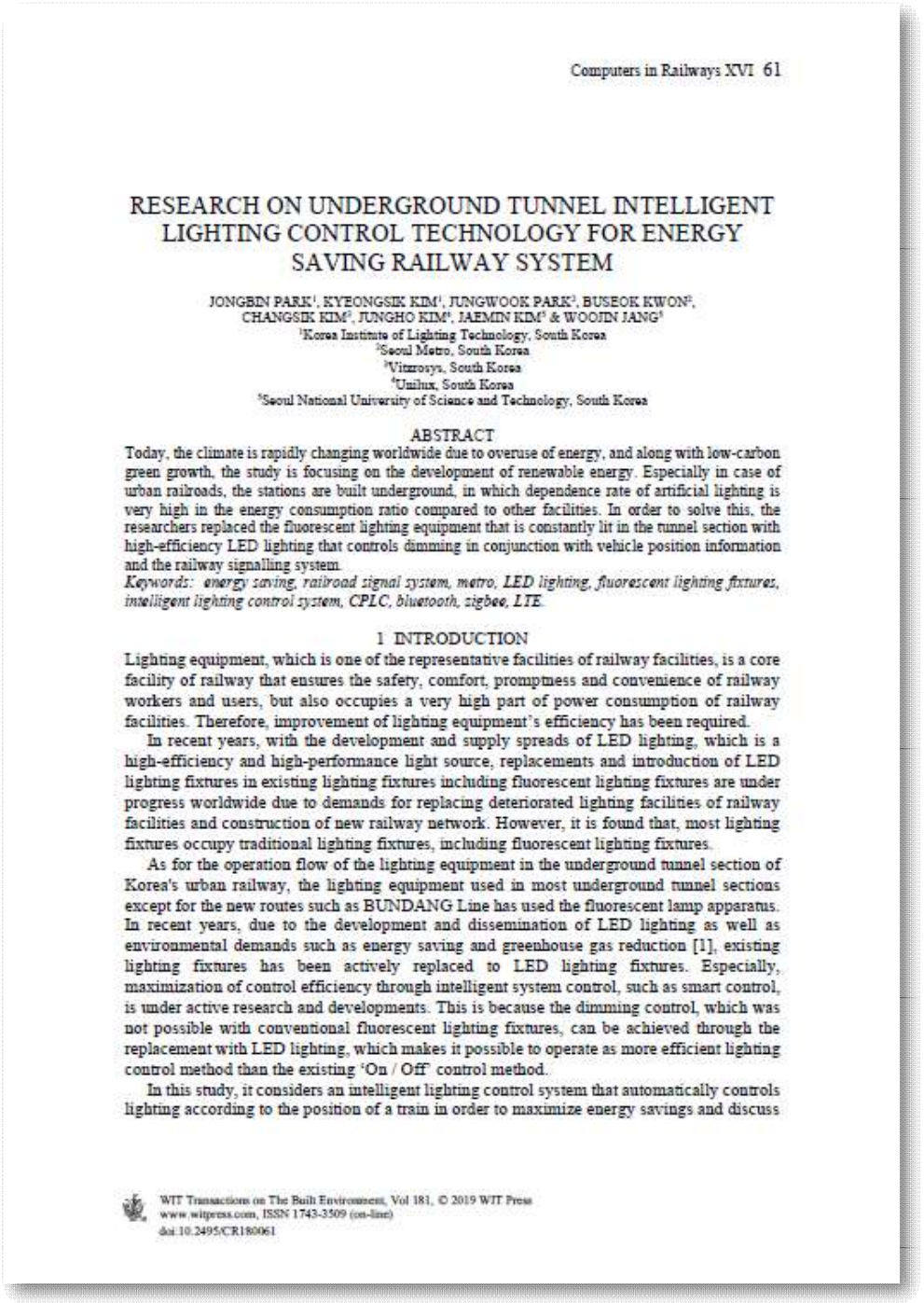
〈열차 이동에 따른 제어 check list〉

라. 연구수행 성과

구분		1차 연도	2차 연도	계	비고
1. 국외 논문 게재	SCI				
	비SCI		1	1	
	계		1	1	
2. 국외 논문 발표	SCI				
	비SCI	3	4	7	Asia Lighting Conference
	계	3	4	7	
3. 국내 논문 게재	SCI				
	비SCI	2	1	3	
	계	2	1	3	
4. 국내 논문 발표	SCI				
	비SCI	3	1	4	한국도시철도학회 추계학술대회, 한국조명·전기설비학회 춘계학술대회
	계	3	1	4	
5. 등록·기탁 대상 성과물	S/W 등록		1	1	
6. 기타	시제품		1	1	
	일자리 창출				
	터널 조명 시스템 시뮬레이션	1		1	시뮬레이션 결과
	공인시험기관 시험성적서	1	1	2	CPLC 디밍제어 동작(전력) 및 CPLC 디밍제어동작(조도)

성과 1). 국외 논문 게재

논문명	RESEARCH ON UNDERGROUND TUNNEL INTELLIGENT LIGHTING CONTROL TECHNOLOGY FOR ENERGY SAVING RAILWAY SYSTEM							
번호	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI 여부	게재일	등록 번호
1	WIT Transactions on The Built Environment	박종빈	2018	영국	WIT Transactions on The Built Environment	비 SCI	2018. 11.06.	1743-3509



RESEARCH ON UNDERGROUND TUNNEL INTELLIGENT LIGHTING CONTROL TECHNOLOGY FOR ENERGY SAVING RAILWAY SYSTEM

JONGBIN PARK[1], KYEONGSIK KIM[1], JUNGWOOK PARK[2], BUSEOK KWON[2], CHANGSIK KIM[2], JUNGHO KIM[4], JAEMIN KIM[5] & WOOJIN JANG[5]
[1]Korea Institute of Lighting Technology, South Korea
[2]Seoul Metro, South Korea
[3]Vitzrosys, South Korea
[4]Unilux, South Korea
[5]Seoul National University of Science and Technology, South Korea

ABSTRACT
Today, the climate is rapidly changing worldwide due to overuse of energy, and along with low-carbon green growth, the study is focusing on the development of renewable energy. Especially in case of urban railroads, the stations are built underground, in which dependence rate of artificial lighting is very high in the energy consumption ratio compared to other facilities. In order to solve this, the researchers replaced the fluorescent lighting equipment that is constantly lit in the tunnel section with high-efficiency LED lighting that controls dimming in conjunction with vehicle position information and the railway signalling system.
Keywords: energy saving, railroad signal system, metro, LED lighting, fluorescent lighting fixtures, intelligent lighting control system, CPLC, bluetooth, zigbee, LTE.

1 INTRODUCTION

Lighting equipment, which is one of the representative facilities of railway facilities, is a core facility of railway that ensures the safety, comfort, promptness and convenience of railway workers and users, but also occupies a very high part of power consumption of railway facilities. Therefore, improvement of lighting equipment's efficiency has been required.

In recent years, with the development and supply spreads of LED lighting, which is a high-efficiency and high-performance light source, replacements and introduction of LED lighting fixtures in existing lighting fixtures including fluorescent lighting fixtures are under progress worldwide due to demands for replacing deteriorated lighting facilities of railway facilities and construction of new railway network. However, it is found that, most lighting fixtures occupy traditional lighting fixtures, including fluorescent lighting fixtures.

As for the operation flow of the lighting equipment in the underground tunnel section of Korea's urban railway, the lighting equipment used in most underground tunnel sections except for the new routes such as BUNDANG Line has used the fluorescent lamp apparatus. In recent years, due to the development and dissemination of LED lighting as well as environmental demands such as energy saving and greenhouse gas reduction [1], existing lighting fixtures has been actively replaced to LED lighting fixtures. Especially, maximization of control efficiency through intelligent system control, such as smart control, is under active research and developments. This is because the dimming control, which was not possible with conventional fluorescent lighting fixtures, can be achieved through the replacement with LED lighting, which makes it possible to operate as more efficient lighting control method than the existing 'On / Off' control method.

In this study, it considers an intelligent lighting control system that automatically controls lighting according to the position of a train in order to maximize energy savings and discuss

WIT Transactions on The Built Environment, Vol 181, © 2019 WIT Press
www.witpress.com, ISSN 1743-3509 (on-line)
doi:10.2495/CR180061

성과 2) 국외 논문 발표

논문명	Subway tunnel lighting control system linked with vehicle location information				
번호	학술대회명	주저자명	국명	기관명	발표일
1	The 10th Asia Lighting Conference	김재민	중국	Asia Lighting Conference	2017.07.18

Subway tunnel lighting control system linked with vehicle location information

Jaemin Kim, Woojin Jang*
Seoul National University of Science & Technology, Seoul, Korea

ABSTRACT

The lighting of the subway tunnel section is constantly on. Although it has been replaced with high-efficiency LED lighting fixtures, proper control must be supported to maximize the energy efficiency of LED lighting fixtures. Therefore, in this paper, we will carry out research for building a subway tunnel lighting control system linked to subway location information. This study is conducted over two years, and the first year is under way. Next year, it plans to conduct a demonstration on a test bed.

Keywords: Energy saving, Lighting control, Railway signalling, Smart Lighting

1. INTRODUCTION

Currently, railway lighting in underground tunnels is operated at all times. The government has been replacing existing fluorescent lighting fixtures with LED lighting, but the efficiency of energy saving has not been maximized due to the lack of proper control. By utilizing the advantage of easy control of LED lighting, when the train does not pass, maximized energy efficiency can be obtained through control such as lighting at minimum level required for security. Therefore, we want to study and construct intelligent energy saving lighting control system in subway tunnel section. This study is conducted over two years, and the first year is under way.

2. Research Outline

The smart lighting control system turns on illumination only for required sections as the vehicle moves in the tunnel, turns off after the vehicle has moved, or dims the dimming with minimal illuminance required for security. In order to construct this control system, i) a method of collecting blocking circuit signal according to the movement of the vehicle on a railway ii) a method of transmitting the vehicle position information collected from a railway system to an LED lighting facility iii) illuminance levels such as tunnel section, station front and rear, and ground access section is needed.

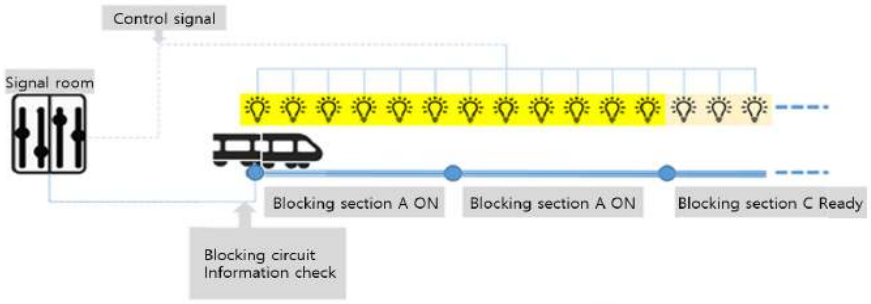


Figure 1 Dimming Control Section Example

1

논문명	THE Study on Efficient Lighting Control of Urban Railway Underground Tunnel Section				
번호	학술대회명	주저자명	국명	기관명	발표일
2	The 10th Asia Lighting Conference	박종빈	중국	Asia Lighting Conference	2017.07.18

THE STUDY ON EFFICIENT LIGHTING CONTROL OF URBAN RAILWAY UNDERGROUND TUNNEL SECTION

Park Jong-Bin *, Kim Kyeong-Sik*, Cho Sang-Mook*, Chun Suk-Hee*, Jang Woo-Jin**

Korea Institute of Lighting Technology, Bucheon, Korea*

Seoul National University of Science and Technology, Korea**

1. INTRODUCTION

As for the operation flow of the lighting equipment in the underground tunnel section of Korea's urban railway, the lighting equipment used in most underground tunnel sections except for the new routes such as BUNDANG Line has used the fluorescent lamp apparatus, In recent years, due to the development and dissemination of LED lighting as well as environmental demands such as energy saving and greenhouse gas reduction [1], LED lighting has been actively being replaced, Especially, maximization of control efficiency through intelligent system control, that is, smart control, is actively researched and developed. This is because the dimming control, which was not possible with conventional fluorescent lamp appliances, can be achieved through the replacement with LED lighting, which makes it possible to operate as a more efficient lighting control method than the current simple on / off control method. In this study, we consider a system that automatically controls the lighting according to the position of the train, and discuss the efficient lighting control method using the railroad signal system as the main information collecting device. [2]



<Figure 1 – METRO(USA) Underground Tunnel Fluorescent Lamp>

2. LIGHTING CONTROL AND DESIGN

2.1. COMPARISON OF LIGHTING FIXTURES

Fluorescent lamps used in fluorescent lamp appliances have a nominal life of about 8,000 to 12,000 hours, which makes it difficult to control the dimming and is very vulnerable to on / off environments. In the case of LED lighting, it guarantees rated life about 30 000 ~ 50 000 hours or more, has dimming control, has excellent durability in on / off environment, and various controls are possible.

2.2. CONVENTIONAL LIGHTING EQUIPMENT CONTROL METHOD

Conventional lighting equipment control method was able to control on / off through the switchboard in the electric room adjacent to the station. However, since there is a minimum illumination standard in the subway tunnel section of the city railway, it is operated in the form of always lighting.

2.3. LIGHTING CONTROL EQUIPMENT CONNECTED WITH RAILROAD SIGNAL SYSTEM

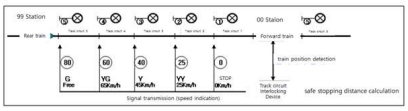
In order to improve the energy efficiency by dimming control according to the position of the vehicle by means of efficient lighting control, consideration has been taken. In order to collect the position information of the vehicle, instead of adding a sensor or a separate position sensing function, We considered the method of collecting the position information of the train using the railroad signal system's block signal and transmitting the information to each lighting facility to control..

2.4. RAILROAD SIGNAL SYSTEM

The railroad signal system monitors the progress of a train in real time and confirms automatic route setting, train evacuation, interchange, speed of operation, mistake of driver, system failure, securing safety first, It is the main system to improve.

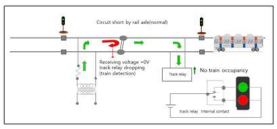
2.5. COLLECTING BLOCK SIGNAL INFORMATION

In the railroad signal system, an block section is defined through an block device, and when the train enters, a device which prevents other trains from entering the section is called an block equipment, Figure 2 shows a conceptual diagram of the fixed block system. The occlusion interval is divided to establish the orbit, It refers to a method of detecting a train track by which it occupies a certain track circuit and automatically sending a signal display or a car signal to a trailing train.



<Figure 2 – Fixed block system Conceptual diagram>

In the fixed block system, the communication between the train and the ground is used to control the speed of the train, and the rail is constituted by an electric circuit, which automatically detects the presence of the train in the track circuit when the rail is shorted by the axle.



<Figure 3 – Track relay Conceptual diagram>

2.6. DELIVERY OF LOCATION INFORMATION

The information of the train occupancy detection method is used to collect information in the signal equipment room, and control signals are transmitted for each illumination to control illumination of the front tunnel section according to the train movement. Using railroad signal system, there is no problem collecting train information, but you have to worry about how to send the collected information to individual lighting facilities. Recently, various communication control solutions such as Wi-fi, ZigBee, and Bluetooth have been provided, Recently, various communication control solutions such as Wi-fi, ZigBee, and Bluetooth have been provided. However, since the underground tunnel section of the urban railway is a public facility to be used by multiple users, there is a possibility of terrorism and various risk factors It is necessary to study how to handle the transmission of location information of the railroad signal system.

2.7. LIGHTING CONTROL ALGORITHM

Even if the transmission of the position information is resolved, it will be necessary to construct an optimal lighting control algorithm according to the position of the railway vehicle. Lighting control algorithms will need to be configured according to various factors such as train time, location, location, type of train, and number of passengers.

3. CONCLUSION

The essence of this research is to effectively control each lighting by simply and clearly communicating the "transfer of location information" and to maximize the efficiency of system control by finding optimized "lighting control algorithms". The purpose of this study is to propose a method to collect, transmit and control train position information in conjunction with railroad signal system for efficient control of lighting facilities used in underground tunnel sections of urban railway. Currently, "intelligent energy saving lighting control system" Are under study.

논문명	The Study on Railway Lighting Environment Applicable to System Lighting and Natural Lighting				
번호	학술대회명	주저자명	국명	기관명	발표일
3	The 10th Asia Lighting Conference	김경식	중국	Asia Lighting Conference	2017.07.18

THE STUDY ON RAILWAY LIGHTING ENVIRONMENT APPLICABLE TO SYSTEM LIGHTING AND NATURAL LIGHTING

Kim Kyeong-Sik*, Park Jong-Bin*, Chun Suk-Hee*, Cho Sang-Mook*, Jang Woo-Jin**
Korea Institute of Lighting Technology, Bucheon, Korea*
Seoul National University of Science and Technology, Korea**

1. INTRODUCTION

The railway station is a facility with very difficult conditions for lighting design due to large space and high floor height. In most cases, urban railroads are constructed in underground space and are blocked from virtually every natural light Railway facilities have the highest dependency on the energy of lighting among the various energy consumers and are in a Vulnerable state. To solve this problem, In addition to lighting control technology using system lighting, a railway lighting environment capable of natural lighting should be constructed.

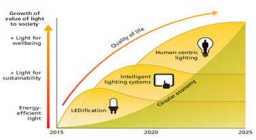
2. LIGHTING DESIGN AND APPLICATION METHOD

The railway lighting plan should pay attention to the fact that there are many floating population when using the railway, so it is necessary to secure the liquidity in the lighting plan. The passengers' moving places are indirect and direct lighting to create a cozy atmosphere, Passengers' moving routes include indirect lighting and direct lighting to eliminate glare, There are issues to be considered such as safety induction when raising and lowering, and maintenance cost reduction using lighting control by planning the continuous lighting at the platform podium. System lighting is a system that creates various functions and lighting environment as well as lighting-specific functions by detecting the user's movement and environmental characteristics and automatically adapting the lighting to the situation by fusing them with IT technology. It has a purpose for building a lighting environment.

2.1 APPLICATION TECHNOLOGY

2.1.1 SYSTEM LIGHTING

The initial system illumination was mainly focused on dimming-oriented lighting control, focusing on smart ballasts, switches, and sensors designed to control indoor and outdoor lighting such as fluorescent lamps and HID lamps. Recently, the system lighting is connected with sensors, switches, etc., mainly through LED lighting, and various interface control functions are added. It is also intended to provide a variety of functions and lighting environments such as Human Centric Lighting, lighting for user convenience, and lighting for energy saving. In the future, the development of system lighting is expected to evolve into a massive system industry such as Smart City based on the progress of various fusion technologies and control technology, which can be applied to the design of railway lighting environment



<Figure 1 – Evolution of LED Lighting>

2.1.2 NATURAL LIGHTING

At present, natural light system technology is optical fiber, optical duct, and reflective mirror system. Fiber optic natural light is the most flexible design product, but economical efficiency is low due to low light transmission and high cost. However, it is possible to use solar energy by transferring solar light in any situation or place, and it is possible to save fossil energy by replacing lighting in larger and underground buildings and civil engineering.

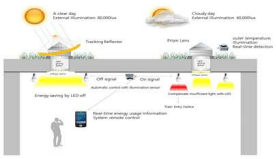
The optical duct system is capable of accommodating both direct sunlight and scattered light, and is excellent in operation efficiency during the year, and consists of three units of a light collecting part, a transmitting part, and a light emitting part. The condensing part refracts the light to collect the sunlight, the transmission part transports the light to the room, and the scattering part plays a role of scattering the light evenly.




<Figure 2 – Natural lighting application example of railway station>

3. LIGHTING DESIGN

The use of lighting in the railway station plays a role in changing the atmosphere of the space, but the natural light is lacking in the utilization due to the light quantity control, the monotony of the light color, and the restriction of the night time zone. In particular, it is difficult to continuously utilize the light because of the difference between the illuminance of the cloudy day and the sunny day. To solve these problems, the natural daylight system is illuminated during the daytime, and the LED light is illuminated by the system light at night time. This can be used to minimize the use of artificial lighting and to reduce system energy consumption. On a cloudy day when the external light quantity is insufficient, a portion of the LED light is turned on to compensate for insufficient sunlight, thereby overcoming vulnerability from external environment in natural light. In addition, it is possible to visually provide information on the seasonal and temporal spatial atmosphere and user safety, The illuminance sensor constantly checks the light intensity of the natural light system, so that only the light intensity is operated in the reference illuminance, Temperature sensor, RF sensor for motion detection, etc., it is possible to automatically control the LED lighting installed in the vicinity together with the natural lighting system.



<Figure 3 – Railway lighting environment with system lighting and natural lighting>

4. CONCLUSION

The urban railway space, which is closely related to the daily life of modern people, demands a pleasant and stable environment from the monotony of the underground space to the present. In order to create such a pleasant and stable environment, systematic construction of the railway lighting environment is of utmost importance. Beyond simply acting as a light to illuminate and ensure vision, It is expected to play a role as emotional illumination that can recognize various environments in the future by utilizing lighting control such as emotion regulation through natural light, health promotion, and psychological stability in the future.

논문명	Experimental Verification of Lighting Control System of Subway Tunnel Section of Closed Circuit Power Line Communication (CPLC) System Linked with Railway Signal System				
번호	학술대회명	주저자명	국명	기관명	발표일
4	The 11th Asia Lighting Conference	김재민	일본	Asia Lighting Conference	2018.09.13

Experimental Verification of Lighting Control System of Subway Tunnel Section of Closed Circuit Power Line Communication (CPLC) System Linked with Railway Signal System

Jaemin Kim*, Jungho Kim**, Jungwook Park***, Heekuk Shin***, Sanghyeon Ko*, Woojin Jang*

Seoul National University of Science & Technology, Seoul, Korea*

Unilux, Seongnam, Korea**

Seoulmetro, Seoul, Korea***

ABSTRACT

The lighting of the subway tunnel section is being replaced by high efficiency LED lighting of fluorescent lamps. However, to maximize the benefits of LED lighting, proper control measures are required. In this study, we intend to construct a smart lighting control system that can turn on and off the subway tunnel section according to the location information of the vehicle. Simulation shows about 60% savings, and we want to see actual savings through experimental verification.

Keywords: Energy saving, Lighting control, Railway tunnel lighting, Smart Lighting

1. INTRODUCTION

Currently, railway lights in the underground tunnel section are always on. Although it is currently being replaced by LED lights with current fluorescent light equipment under government initiative, it has not been able to maximize energy cycling due to lack of proper control [1][2]. LED lighting needs to take advantage of easy to control. When a train is not passing, the control is used to turn off the lights for maximum energy efficiency. In this study, we are going to establish an intelligent energy cutting light control system for subway tunnel sections and verify the savings based on the verification tests.

2. Research Outline

The smart lighting control system is an on / off control system that turns on the lighting only for required sections as the vehicle moves in the tunnel and turn off the lighting after the vehicle has moved. Vehicle position information will be collected through blocking circuit signals installed in existing infrastructure, and CPLC (Closed Circuit Power Line Communication) is the communication method [3].

2.1 Lighting control scenario

The control scenario for the train progress lights up one rear section, one current section, and one front 1.5 sections, as the train enters the segment. Figure 1, for example, when a train enters section C, the section that is illuminated is lit up by B, C, D, and 1/2 of E.

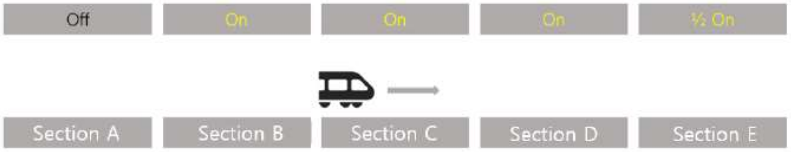


Figure 1 Control scenario Example

논문명	Study on LIGHTING CONTROL ALGORITHM FOR SMART LIGHTING CONTROL IN URBAN RAILWAY				
번호	학술대회명	주저자명	국명	기관명	발표일
5	The 11th Asia Lighting Conference	박종빈	일본	Asia Lighting Conference	2018.09.13

STUDY ON LIGHTING CONTROL ALGORITHM FOR SMART LIGHTING CONTROL IN URBAN RAILWAY

Jongbin Park*, Changsik Kim**, Youngseok Kim**, Jaehyoun Kim**, Woojin Jang***

Korea Institute of Lighting Technology*, Vitzrosys**, Seoul National University of Science and Technology***

ABSTRACT

Most of the urban railways are operated by underground section, and the underground section lighting system is operated in the form of constantly lighting, so unnecessary electric power is wasted, thus necessity of efficient lighting control has been raised.

In this paper, we propose an efficient smart lighting control method in the urban railway area, and especially study the lighting control algorithm which is essential for smart lighting control.

1. INTRODUCTION

Lighting equipment, which is one of the representative facilities of railway facilities, is a core facility of railway that ensures the safety, comfort, promptness and convenience of railway workers and users, but also occupies a very high part of power consumption of railway facilities. Therefore, improvement of lighting equipment's efficiency has been required. [1]

In this study, it considers an intelligent lighting control system that automatically controls lighting according to the position of a train in order to maximize energy savings, and discuss efficient lighting control methods linked to a railway signalling system as a key information collecting device. [2] In particular, we have examined the lighting control algorithm that is essential for smart lighting control.

2. Smart Lighting Control in Urban Railway

2.1 Control of Lighting Systems in connection with Railway Signal System

Smart lighting control on urban railways should be considered stable, efficient, and low-cost control methods, and as one of the optimized methods, we have chosen to link with the railway signal system.

2.2 Railroad signal system

The railroad signal system monitors the progress of a train in real time and confirms automatic route setting, train evacuation, interchange, speed of operation, mistake of driver, system failure, securing safety first; it is a key system for operation improvement of the train.

2.3 Collecting block signal information

Figure 1 is a conceptual diagram of a track circuit device. It uses train-to-terrestrial communication to control the speed of a train in a fixed-closure manner. It consists of an electric circuit and the circuit is connected to the track circuit automatically detects the presence or absence of a train.

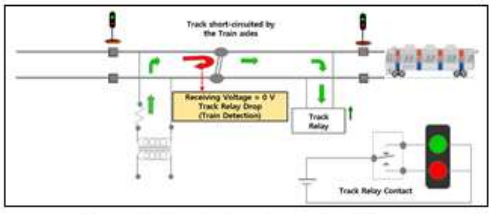


Figure 1: Track relay Conceptual diagram

논문명	A Study on the Development Status of Lighting Control System Technology for Energy Efficiency Improvement of Urban Railway				
번호	학술대회명	주저자명	국명	기관명	발표일
6	The 11th Asia Lighting Conference	김경식	일본	Asia Lighting Conference	2018.09.13

A Study on the Development Status of Lighting Control System Technology for Energy Efficiency Improvement of Urban Railway

kyeongsik Kim, Jongbin Park, Jungsu Kim, Sangmook Cho

Korea Institute of Lighting Technology

ABSTRACT

In Korea, we continue to maintain our greenhouse gas reduction policy, Under the Framework Act on Carbon Green Growth, a system has been established to set emissions targets for greenhouse gas emissions from buildings and vehicles owned or leased by railway-related public institutions and manage emissions. Accordingly, various types of lighting control systems for controlling the lighting installed in the urban railway station and the vehicle base have been applied as a method for reducing the amount of power consumed in the urban railway. In this paper, we study on the technology and development status of lighting control system to reduce the electric power of these urban railway lighting facilities.

Keywords: urban railway lighting, natural light, piezoelectric Energy

1. INTRODUCTION

Recently, the demand for energy for urban railways has been increasing due to the enlargement of urban railways, and global interest in the development of technologies using renewable energy and eco-friendly energy sources is increasing. Accordingly, it is necessary to build efficient lighting control system technology through energy saving by using renewable energy and eco-friendly energy source for lighting installed in urban railway and vehicle base.

2. Lighting Control System

2.1 Natural Lighting

There has been a continuing interest in preserving the global environment around the world. In the field of architecture, eco-friendly building certification system and passive house related to renewable energy are becoming more prominent than in the past. Since the electric energy consumed by artificial lighting is a considerable part of the urban railway, the optimal design method and illumination analysis method of natural light systems such as windows, shades, and daylight control systems have been studied through regional climate analysis to maximize the use of natural light from the beginning of design.

The concept of natural light is divided into two types: the inflow of daylight using the outer surface of the building, which enables the work lighting or background lighting required at a certain point to be provided.

2.1 .1 Natural Lighting system

It is a natural light system that uses the components of the building to infiltrate the natural light of the outside into the room. It is a natural light method that has been used so far with the beginning of residential life. This natural light method is determined by various factors, and the size and location of the window is affected by the size and location of the window, type of window, permeability, shape of the building, direction of the building, and interior components. It is composed of one part of the building design and is classified into passive natural lighting method compared with the facility type natural lighting method. Natural natural light systems can be classified according to the location of windows such as side windows and skyscrapers, and can be divided into cases where they are more actively applied to building plans for natural lighting purposes such as atriums and light shelves.

논문명	RESEARCH ON UNDERGROUND TUNNEL INTELLIGENT LIGHTING CONTROL TECHNOLOGY FOR ENERGY SAVING RAILWAY SYSTEM				
번호	학술대회명	주저자명	국명	기관명	발표일
7	COMPRAIL2018	박종빈	포르투갈	WIT Transactions on The Built Environment	2018.07.03.

RESEARCH ON UNDERGROUND TUNNEL INTELLIGENT LIGHTING CONTROL TECHNOLOGY FOR ENERGY SAVING RAILWAY SYSTEM

JONGBIN PARK[1], KYEONGSIK KIM[1], JUNGWOOK PARK[2], BUSEOK KWON[2], CHANGSIK KIM[2], JUNGHO KIM[4], JAEMIN KIM[5] & WOOJIN JANG[5]
[1]Korea Institute of Lighting Technology, South Korea
[2]Seoul Metro, South Korea
[3]Vitzrosys, South Korea
[4]Unilux, South Korea
[5]Seoul National University of Science and Technology, South Korea

ABSTRACT
Today, the climate is rapidly changing worldwide due to overuse of energy, and along with low-carbon green growth, the study is focusing on the development of renewable energy. Especially in case of urban railroads, the stations are built underground, in which dependence rate of artificial lighting is very high in the energy consumption ratio compared to other facilities. In order to solve this, the researchers replaced the fluorescent lighting equipment that is constantly lit in the tunnel section with high-efficiency LED lighting that controls dimming in conjunction with vehicle position information and the railway signalling system.
Keywords: energy saving, railroad signal system, metro, LED lighting, fluorescent lighting fixtures, intelligent lighting control system, CPLC, bluetooth, zigbee, LTE.

1 INTRODUCTION

Lighting equipment, which is one of the representative facilities of railway facilities, is a core facility of railway that ensures the safety, comfort, promptness and convenience of railway workers and users, but also occupies a very high part of power consumption of railway facilities. Therefore, improvement of lighting equipment's efficiency has been required.

In recent years, with the development and supply spreads of LED lighting, which is a high-efficiency and high-performance light source, replacements and introduction of LED lighting fixtures in existing lighting fixtures including fluorescent lighting fixtures are under progress worldwide due to demands for replacing deteriorated lighting facilities of railway facilities and construction of new railway network. However, it is found that, most lighting fixtures occupy traditional lighting fixtures, including fluorescent lighting fixtures.

As for the operation flow of the lighting equipment in the underground tunnel section of Korea's urban railway, the lighting equipment used in most underground tunnel sections except for the new routes such as BUNDANG Line has used the fluorescent lamp apparatus. In recent years, due to the development and dissemination of LED lighting as well as environmental demands such as energy saving and greenhouse gas reduction [1], existing lighting fixtures has been actively replaced to LED lighting fixtures. Especially, maximization of control efficiency through intelligent system control, such as smart control, is under active research and developments. This is because the dimming control, which was not possible with conventional fluorescent lighting fixtures, can be achieved through the replacement with LED lighting, which makes it possible to operate as more efficient lighting control method than the existing 'On / Off' control method.

In this study, it considers an intelligent lighting control system that automatically controls lighting according to the position of a train in order to maximize energy savings and discuss

WIT Transactions on The Built Environment, Vol 181, © 2019 WIT Press
www.witpress.com, ISSN 1743-3509 (on-line)
doi:10.2495/CR180061

성과 3) 국내 논문 게재

논문명	철도 신호시스템과 연동한 폐회로 전력선 통신 방식(CPLC)의 지하철 터널구간 조명제어 시스템 시뮬레이션 분석							
번호	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI 여부	게재일	등록 번호
1	조명전기설비학회 논문지	김재민	Vol.32 No.1	대한민국	한국조명전기설비학회	비SCI	2018. 01.04.	1229-4691

Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers (2018) 32(1) : 27~31
http://dx.doi.org/10.5207/JIEIE.2018.32.1.027 ISSN 1229-4691(Print) ISSN 2287-5034(Online)
논문 32-1-4

철도 신호시스템과 연동한 폐회로 전력선 통신 방식(CPLC)의 지하철 터널구간 조명제어 시스템 시뮬레이션 분석

(Simulation Analysis of Lighting Control System of Subway Tunnel Section of Closed Loop Power Line Communication System (CPLC) Linked with Railway Signal System)

김재민* · 장우진**
(Jaemin Kim · Woojin Jang)

Abstract

In order to maximize railway energy efficiency and reduce operating costs, the intelligent LED lighting control system in the underground of the railway is used as an in-house, i) the vehicle location information is grasped through the railway system and the communication method with the LED lighting, ii) Research on lighting control iii) study on energy saving effect of intelligent energy saving lighting control system construction and simulation analysis.

Key Words : Energy Saving, Lighting Simulation, Railway Tunnel Lighting, Smart Lighting

1. 서 론

최근 세계적으로 석유, 석탄과 같은 화석연료의 고갈에 대한 위기의식 및 국가 온실가스 배출 제한으로 인해 고효율・저소비전력의 에너지 정책이 시행되고 있다[1]. 조명에서도 마찬가지로 고효율 조명기구를 사용해야 하고 적절한 제어를 통해 에너지 효율을 극대화해야 한다. 인버터나 동기기의 효율은 지속적인 발전을 통해 임계점에 다다른 반면, 조명은 고효율 조명기구의 출현과 급속 발전의 이유로 다른 분야보다 에너지 절감의 기회가 크다[2]. 이러한 이유로 경전철이나 신분당선 신설 노선을 제외하고는 형광등기구를 사용하고 있었으나, 2013년 서울시와 한국정책금융공사의 도시철도 LED 보급 업무 협약을 통해 서울교통공사 주도하에 지하철 243개 역사 및 터널 구간의 조명을 친환경 LED 조명으로 교체하는 계획을 수립하였다. 이러한 계획에 따라 2017년 까지 약 80%의 교체가 진행되고 있는 상황이다. 하지만, 이 LED 조명은 별다른 제어없이 운행시간 중에는 상시점등 상태로 유지되고 있다.

따라서 본 연구에서는 폐색 회로의 신호와 연동해 차량의 위치정보를 수집하고, 차량이 운행하는 데 필요한 전방 2개 폐색 구간의 조명을 점등하고, 나머지 구간의 조명은 소등하는 방식으로 제어를 실시하고자

* Main author : Ph.D. course in Dept. of information & electrical engineering, Seoul National University of Science and Technology
** Corresponding author : Professor of Dept. of information & electrical engineering, Seoul National University of Science and Technology
Tel : 개인정보 표시제한 Fax : 02-949-2754
E-mail : kjm4599@gmail.com
Received : 2017. 11. 27.
Accepted : 2017. 12. 8.

Copyright ⓒ 2018 KIIEE All right's reserved
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/)which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

논문명	열차위치정보와 연동한 폐회로 전력선 통신(CPLC) 기반의 터널구간 LED 조명제어장치 구축을 위한 개념 설계							
번호	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI 여부	게재일	등록 번호
2	한국도시철도학회 논문집	권부석	Vol 5, No. 4	대한민국	한국도시철도학회	비SCI	2017. 12. 30.	2288-4807

Journal of Korean Society for Urban Railway
Vol.5, No.4, pp.1083-1091, December 2017

열차위치정보와 연동한 폐회로 전력선 통신(CPLC) 기반의 터널구간 LED 조명제어장치 구축을 위한 개념 설계

권부석[1] · 박정욱[1] · 장우진[2]* · 박종빈[3] · 김정호[4] · 김창식[5]

[1]서울교통공사 [2]교수, 서울과학기술대학교 [3]한국조명연구원 [4]유니룩스 [5]비츠로시스

Conceptual Design for construction of Closed Circuit Power Line Communication(CPLC) based Tunnel Lighting Control Technology in Linked with Train Location Information

Bu-Seok Kwon[1] · Jung-Wook Park[1] · Woo-Jin Jang[2]* · Jong-Bin Park[3] · Jung-Ho Kim[4] · Chang-Sik Kim[5]

[1]Seoulmetro [2]Professor, Seoul National University of Science and Technology

[3]Korea Institute of Lighting Technology [4]Unilux [5]Vitzrosys

요약(Abstract)

조명은 글로벌 전기의 19%를 소비하는 분야로, 에너지 비용과 온실가스 배출량을 감소시키기 위한 각국 정부의 대책 마련이 분주한 가운데 LED조명이 그 대안으로 확대되고 있는 추세이다. LED 조명기구는 소비전력이 적고, 수명이 기존의 전구에 비해 길어 고효율, 친환경적이며 제어가 용이하다. 이러한 이유로 각종 사회 기반 시설에 적용되고 있으며 철도분야도 마찬가지다. 따라서 본 논문에서는 철도의 에너지 효율성 향상과 운영비 절감을 위해 열차의 진행 위치에 따라 조명을 자동으로 제어하는 시스템을 고려하였으며, 주요한 정보수집 장치로서 철도신호시스템의 열차위치정보를 활용한 조명제어 장치 개념 모델에 대하여 제시하고자 한다.

Lighting is a field that consumes 19% of global electricity, and LED lighting is expanding as alternative measures are being taken by governments to reduce energy costs and greenhouse gas emissions. LED lighting fixtures have low power consumption and long service life compared to conventional bulbs, which is highly efficient, environmentally friendly and easy to control. For this reason, it is applied to various social infrastructures as well as the railway sector. Therefore, in this paper, we consider a system that automatically controls lighting according to the position of the train in order to improve the energy efficiency of the railway and reduce the operating cost. As a main information gathering device, we propose a conceptual model for lighting control method using train position information of railway signaling system.

핵심용어(Keywords)

철도터널, LED 조명제어, 폐회로 전력선 통신, 열차위치정보, 스마트 조명

Railway Tunnel, LED Lighting control, Closed Circuit power line communication, Train location information, Smart lighting

1. 서 론

투 고 일 : 2017년 11월 21일
심 사 일 : 2017년 12월 19일
게재확정일 : 2017년 12월 30일

* Corresponding author : Woo-jin Jang
Tel.: +82-2-970-6414
E-mail : hlight@seoultech.ac.kr

우리나라의 도시철도 터널 구간에서의 조명설비 운영 흐름을 살펴보면 최근의 경전철, 신분당선 등 신설 노선을 제외한 대부분의 지하터널 구간에 사용되는 조명설비는 형광등 기구를 사용하여 왔으나, 최근에는 LED 조명의 개발 및 보급과 함께 에너지절감, 온실가스 절감 등 환경적 차원에서의 사회적 요구로 인하여 LED 조명으로의

논문명	열차선로 지하터널 구간의 조명제어시스템 연구							
번호	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI 여부	게재일	등록 번호
3	조명전기설비학회 논문지	박종빈	Vol.33 No.3	대한민국	한국조명전기설비학회	비 SCI	2019.03.(예정)	1229-4691

Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers (2019) 33(3) : 1~9
http://dx.doi.org/10.5207/JIEIE.2019.33.3.001 ISSN 1229-4691(Print) ISSN 2287-5034(Online)

논문 33-3-1

열차선로 지하터널 구간의 조명제어시스템 연구

(Lighting control system for underground tunnel section of railway line)

박종빈* · 장우진†
(Jongbin Park · Woojin Jang)

Abstract

To reduce the energy of lighting equipment used in underground tunnel section of railway line, using the train location information of the railroad signal system, the lighting control system is developed with an algorithm to set and operate the lighting control section according to the location of train movement. This is the result of a study on the development direction of lighting control algorithm and system, through a demonstration test.

Key Words : Railroad Signal System, LED, Energy Saving, Lighting Control System & Algorithm

1. 서 론

1.1 연구 추진 배경

인류는 지속가능한 미래를 위하여 다양한 연구를 해오고 있으며, 지속가능한 미래를 위해서는 신 · 재생에너지의 개발을 포함하여, 현재 인류가 보유하고 있는 에너지 자원을 어떻게 최적화하여 활용할 것인지에 대한 연구가 수반되어야 한다. 인류가 많이 사용하는 에너지는 전기에너지이며, 이 중 조명전력은 총 전기에너지 발전량의 약 20% 를 사용할 만큼 많은 비중을 차지하고 있다.

조명전력이 에너지 사용량의 높은 비중을 차지하는 만큼 효율적인 사용이 요구되어 왔으며, 최근에는 LED 광원의 개발 · 보급으로 인하여 조명설비의 교체만으로도 에너지 절감에 크게 기여하고 있으며, 특히 국내에서는 공공시설물에 활발하게 적용되고 있다.

공공시설물 중 하나인 철도시설물의 국내 조명설치 흐름을 보면, 2013년부터 시작하여 현재까지 LED 조명으로의 교체가 활발하게 이루어지고 있는 대표적인 공공시설물이라고 할 수 있겠다.

철도시설물의 조명설비는 크게 철도역사와 철도선로 구간에 설치된 조명설비로 구분할 수 있는데, 이 중에서 철도선로 구간에서의 조명설비는 열차운영자 및 승객의 안전을 위해서 매우 중요한 설비이다.

철도선로 구간 중 지하터널 구간에 사용하는 조명설비의 경우 지하공간에서 발생할 수 있는 안전, 재난 등

† Corresponding Author : Professor of Dept. of information & electrical engineering, Seoul National University of Science and Technology
* Senior Researcher, Korea Institute of Lighting Technology Ph.D. course in Dept. of Railroad Electrical and Signalling Engineering, Graduate School of Railroad, Seoul National University of Science and Technology
Tel : 032-670-3884, Fax : 032-670-8889
E-mail : koreabini@kilt.re.kr
Received : 2018. 12. 29. / Revised : 2019. 1. 20.
Accepted :

Copyright © 2019 KIIEE All right's reserved
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/)which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

성과 4) 국내 논문 발표

논문명	40W급 LED 평면 조명기구의 광특성 비교평가에 관한 연구				
번호	**학술대회명**	**주저자명**	**국명**	**기관명**	**발표일**
1	한국조명 · 전기설비학회 춘계학술대회	이창연	대한민국	조명전기설비학회	2017.05.25.

2017년도 조명·전기설비학회 춘계학술대회 논문집 2017. 5. 24~26

40W급 LED 평면 조명기구의 광특성 비교평가에 관한 연구

이창연*, 천석희, 황명근
한국조명연구원

The Study on Comparison and Optical Characteristics of LED FLF for 40W Class

Chang-Yeon Lee, Suk-Hee Chun, Myung-Keun Hwang
Korea Institute of Lighting Technology

Abstract - We performed by each of the illumination and simulation space for the size to the data by the IES format file Integrating sphere and Goniophotometer measurements for 40W class LED flat lighting fixtures(FLF) Optical Characteristics studied.

1. 서 론

현재의 조명기술은 전기적, 광학적 특성 향상과 더불어 디지털 제어(digital control), ICT/IoT 가 가미된 융 복합 시스템 조명(system lighting)과 스마트 조명(Smart Lighting)기술로 발전해 가고 있다[1, 2, 3, 4]. 이러한 LED조명에서 많이 사용되는 40W급 LED 평면조명기구(Flat Lighting Fixtures, FLF)의 배광측정에 의한 IES format file(LID)배광데이터로 공간 사이즈에 대한 각각의 광특성을 비교 평가하였다[5].

2. 본 론

2.1. 측정 및 평가 장비

LED 램프 40W급을 대상으로 분석 및 평가를 위해서 광속구 시스템(HAAS-1200(2.0m), EVERFINE社)와 배광측정기(NeoLight 8000, PMACS社), 그리고 배광측정기에서 생산된 IES format file을 가지고 조명 설계 프로그램인 ReLux(Switzerland)를 사용하여 제품별 조도비교 및 시뮬레이션을 시행하였다.



그림 1. 40W급 LED 평면 조명기구
Fig. 1. LED Flat Lighting Fixtures for 40W Class



그림 2. 배광측정기와 광속구 시스템
Fig. 2. Goniophotometer and Integrating Sphere System

2.2. 구획설정

우선 구획설정의 크기는 가로(6.0m)×세로(6.0m)×높이(2.8m)로 하고 LED등기구 높이(Height of luminaire plane)는 KS기준인 천정 높이 2.8m로 하고 시뮬레이션 조건인 유지 보수율(MF, Maintenance factor)는 0.8로 설정하였다.
또한, 작업면 기준 높이(Height of the reference plane)는 0.75m로 설정하였고, 반사율(Reflectance ratio)은 벽면(Wall) 50%, 천정(Ceiling) 70%, 바닥(Floor)면 20%로 설정하여 시행하였다.

2.3. 측정결과

40W급 LED면조명기구의 각각의 제품별 광특성 비교평가는 표1과 그림 3과 같다.

표 1. 40W급 LED면조명의 광특성 비교
Table 1. Optical Characteristics of LED Flat Lighting for 40W Class

Items	제품 1	제품 2	제품 3
Power[W]	40	30	44
Efficacy[lm/W]	117.57	103.45	81.09
공간 크기(Size)	36m²	36m²	36m²
평균 조도(E_{av})	116 lx	97 lx	85 lx
최대 조도(E_{max})	318 lx	264 lx	233 lx
최소 조도(E_{min})	33 lx	27 lx	24 lx
균제 균제도(E_{min}/E_{av})	0.28	0.28	0.28

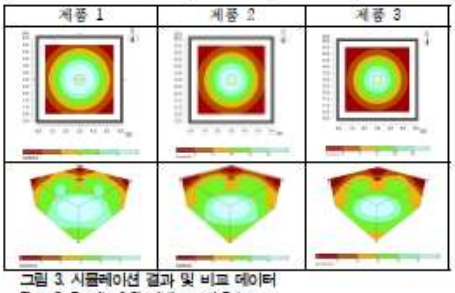


그림 3. 시뮬레이션 결과 및 비교 데이터
Fig. 3. Result of Simulation and Data

3. 결 론

측정한 결과를 분석하여 보면 LED 면조명(600 X 600mm)제품에 대하여 전기적, 광학적 특성을 비교 평가하였고 시뮬레이션 결과를 제시하였다. LED 평면 조명등기구 제품의 종합 균제도(Uniformity, Uo)는 같게 나타났지만, 제품 1의 평균조도(E_{av})가 116 lx 로서 타 제품(97, 85 lx)보다 19, 31 lx 정도 높게 나타났고, 효율은 117.57 lm/W로서 높게 나타났다. 추후 이러한 제품을 이용한 ICT/IoT가 가미된 융 복합 시스템 조명(system lighting)과 스마트 조명(Smart Lighting)기술로 연구를 계속해서 조명에서의 각종 신호규격 및 통신의 프로토콜, 조도, CCT, CRI 등의 최적화를 연구할 계획이다.

참 고 문 헌

[1] 장우진, 황명근, 이정섭, "HID 조명제어", 시윤교과서, 2011. 3.
[2] 김후, 이민욱, "IT융합 스마트조명 기술", 한국통신학회(정보와통신) 28(5), pp. 10-14, 2011. 4.
[3] 신대식, 김후, "사용자 요구조도 만족 스마트 조명 관리시스템", 조명·전기설비학회논문지 27(6), pp1-8, 2013. 6.
[4] 이주형, 김민태, 최한섭, "사물인터넷(IoT) 기반 조명환경 구현을 위한 기존 스마트조명제어 시스템 개선 방법 연구", 한국조명·전기설비학회 학술대회논문집, 2015.5.
[5] 황명근, 임종빈, 이석희, 정희석, 권기태 외2 "LID광원과 CNT광원 조명의 특성비교", 한국조명·전기설비학회 학술대회논문집, pp. 102-103, 2011.11.

논문명	도시철도 지하터널 구간에서의 효율적 조명제어 방안 연구				
번호	**학술대회명**	**주저자명**	**국명**	**기관명**	**발표일**
2	한국조명 · 전기설비학회 춘계학술대회	박종빈	대한민국	조명전기설비학회	2017.05.25.

도시철도 지하터널 구간에서의 효율적 조명제어 방안 연구

박종빈*, 조상묵*, 천석희*, 장우진**
한국조명연구원*, 서울과학기술대**

Study on Efficient Lighting Control of Urban Railway Underground Tunnel Section

Jong-Bin Park*, Sang-Muk Cho*, Suk-Hee Chun*, Woo-jin Jang**
Korea Institute of Lighting Technology*, Seoul National University of Science and Technology**

Abstract - This study is to research "Intelligent Energy Saving Lighting Control System", which controls lighting equipments by detecting location information of railway vehicle through connection with railway signaling system for efficient lighting equipment control used in urban railway underground tunnel section.

1. 서 론

국내의 도시철도 지하터널 구간에서의 조명설비 운영 효율을 살펴보면 분당선 등 신설 노선을 제외한 대부분의 지하터널 구간에 사용되는 조명설비는 형광등기구를 사용하여 왔으나, 최근에는 LED 조명의 개발·보급과 함께 에너지절감, 온실가스 절감[1] 등 환경적 차원에서의 사회적 요구로 인하여 LED 조명으로의 교체공사가 활발하게 진행되고 있으며, LED 조명으로의 교체는 기존 형광등기구에서는 불가했던 디밍제어가 가능해져 현재의 단순한 on/off 제어방식 보다 효율적인 조명제어 방법으로의 운영이 가능해 짐에 따라, 이에 철도신호시스템과 연계한 효율적 조명제어 방안을 연구해 보고자 한다.

2. 본 론

2.1. 조명설비의 비교

형광등기구에 사용되는 형광램프는 정격수명이 약 8000 ~ 12000 시간 정도로, 디밍 제어가 어려우며, 개폐(on/off) 환경에 매우 취약한 단점을 가지고 있다. LED 조명의 경우 정격수명 약 30000 ~ 50000 시간 이상을 보증하고 있으며, 디밍 제어가 가능하고 개폐(on/off) 환경에 뛰어난 내구성을 가지고 있어, 다양한 제어가 가능하다.

2.2. 기존 조명설비 제어 방식

기존 조명설비의 제어 방식은 인접한 역의 전기실에서 배전반을 통한 on/off 제어가 가능했으나, 도시철도 지하터널 구간에서의 최소 조도 기준이 존재하기 때문에 실질적으로는 상시 점등의 형태로 운영하고 있다.

2.3. 철도신호시스템과 연계한 조명설비 제어

효율적 조명제어의 방법으로 차량의 위치에 따른 디밍제어를 실시하여 에너지 효율을 높이는 방법을 고려 하였으며, 차량의 위치 정보를 수집하기 위하여 센서나, 별도의 위치감지 기능을 추가하는 것이 아니라, 기존의 철도신호시스템의 폐색신호를 활용하여 열차의 위치정보를 수집하고 그 정보를 각 조명설비에 전달하여 제어하는 방식을 고려하였다.

2.4. 철도신호시스템

철도신호시스템은 열차의 진행 위치를 실시간으로 파악하여 자동 진로설정, 열차의 대피, 교행, 운행속도, 운전자의 실수, 시스템 고장 여부를 확인하여 최우선적으로 안전을 확보하고, 열차의 운용효율을 향상시키는 주요한 시스템이다.

2.5. 폐색 신호 정보 수집

철도신호시스템에서 폐색 장치를 통해 폐색 구간을 경하고, 열차가 진입할 시 그 구간에 다른 열차가 들어오지 못하게 하는 장치를 폐색장치라 하며, 그림 1. 은 고정 폐색방식의 개념도를 나타내는데 폐색 구간을 분할하여 궤도를 설치하고, 열차가 어떤 궤도 회로를 점유하였느냐에 따라 이를 검지하여 뒤에서 따라오는 열차에게 자동으로 신호 현시 또는 차상 신호를 전송토록 하는 방식이다.



그림 1. 고정폐색방식 개념도

고정 폐색방식에서 열차의 속도를 제어하기 위해 열차와 지상간의 통신을 이용하며, 레일을 전기회로로 구성하여 이 회로가 차축에 의해 레일이 단락될 때, 궤도회로 내에 열차의 유무를 자동적으로 검지한다.



그림 2. 궤도회로 장치의 개념도

2.6. 위치정보의 전달 및 조명제어 알고리즘

철도신호시스템에서 수집된 차량의 위치정보를 조명설비로 전달하기 위해서는 다양한 방법 및 기술이 요구되며, 더불어 철도차량의 위치에 따른 최적의 조명제어 알고리즘을 구축해서 시스템에 적용해야 한다.

3. 결 론

본 연구는 도시철도 지하터널 구간에서 사용하는 조명설비의 효율적 제어를 위해 철도신호시스템과 연계하여 열차위치정보를 수집, 전송, 제어하는 방법을 제안하였으며, 현재 "지능형 에너지 세이빙 조명제어 시스템"을 연구 중에 있다.

감사의 글

이 논문은 2017년도 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행중인 연구임니다.

참 고 문 헌

[1] Jong-Bin Park, Analysis of Environmental Effect by Replacement of Luminaires at Railway Station, Seoul National University of Science and Technology, 2017.

논문명	열차위치정보와 연동한 폐회로 전력선 통신방식의 터널구간 LED 조명제어 기술 개발에 관한 연구				
번호	**학술대회명**	**주저자명**	**국명**	**기관명**	**발표일**
3	한국도시철도학회 추계학술대회	권부석	대한민국	한국도시철도학회	2017.09.21.

열차위치정보와 연동한 폐회로 전력선 통신방식의 터널구간 LED 조명제어 기술 개발에 관한 연구

서울교통공사 Seoul Metro

권부석*, 박정욱†*, 노금균*, 박종빈**

*서울교통공사, †서울교통공사, **한국조명연구원

1. 서 론

LED(Light Emitting Diode) 조명기구는 소비전력이 적고, 수명이 기존의 전구에 비해 길어 고효율, 친환경적이며 제어가 용이하다. 따라서 각종 사회 기반 시설에 적용되고 있으며 철도분야도 마찬가지다. 본 논문에서는 도시철도 열차위치정보와 폐회로 전력선 통신방식(CPLC)을 이용한 터널 내 LED 조명을 제어하는 시스템 개발을 위하여 철도신호설비와 조명설비 간의 열차위치 데이터 연계방안에 대하여 제시하고자 한다.

2. 도시철도 터널 조명 기술 현황

도시철도 지하터널 구간에서의 조명설비 중앙 감시제어 통합선 등 신호 노선을 제외한 대부분의 지하터널 구간에 사용되는 조명설비는 백열등기구를 사용하여 왔으며, 최근에는 LED 조명의 개발·보급과 함께 에너지절감, 온실가스 감축 등 환경적 차원에서의 사회적 요구로 인하여 LED 조명으로의 교체공사가 활발하게 진행되고 있다.

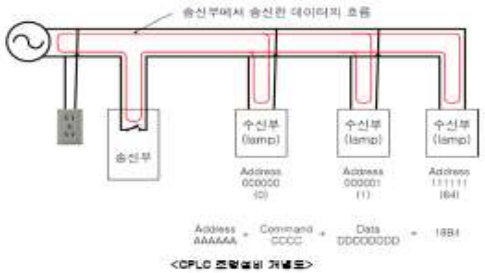


<서울교통공사의 터널조명 >

하지만 터널 내 상시 점등으로 인한 비효율적인 에너지 소비의 절감을 위해 철도 차량의 위치에 따른 디밍제어 또는 회색구간의 일괄 on/off 제어를 실시하여 에너지 효율을 높이는 방법이 필요하다.

따라서, 차량의 위치 정보를 수집하기 위하여 레서나 별도의 위치탐지 기능을 추가하는 것이 아니라, 기존의 철도신호시스템의 폐색신호를 활용하여 열차의 위치정보를 수집하고 그 정보를 CPLC를 통하여 각 조명설비에 전달하여 제어하는 방식을 고안하였다.

3. 폐회로 전력선 통신방식(CPLC)



<CPLC 조명설비 개념도>

CPLC(Closed Circuit PLC 폐회로 전력선 통신방식)는 전철의 조명설비 형표의 수신부에 어드레스를 부여해 송신부에서 전력선을 통해 통신이 가능하고 폐회로 전력선 통신방식은 송신부(스위치)를 통한 폐회로에서만 통작한다. 조명이외 적용이 가능하여 다른 기기에 영향을 주지 않고 방지도 장기 마련이 노이즈에 매우 강한 모습을 보이고 수신부의 회로가 매우 단순하다.

통기구와는 전력선 이외의 어떤 배선도 필요 없이 통기구를 개별로 제어가 가능하고, 수신부의 회로가 매우 단순하고, 가격이 저렴하여 설치 경제이 적은 것이 장점이다.

4. 터널 폐색정보와 CPLC간 인터페이스



<열차 폐색정보와 CPLC 조명설비간 인터페이스 개념도>

열차 위치정보를 얻할 신호기계실에서 얻을 연기실로 전송하기 위해 신호기계실의 열차 위치정보(위도로로 또는 열차 감시장치 등)를 이용하여 연기실로 폐색구간별 위치 정보를 전송하는 시스템 구축하고 수집한 위치 정보를 통하여 폐회로 전력선 통신방식을 통한 각 조명 별로 제어 신호를 생성해 열차 이동에 따른 전방 터널구간의 조명을 제어한다.

철도의 전력 발생에 따라서 2개 폐색구간을 100% 부동으로 운용하고, 나머지 폐색구간은 최소조도 설정(20%, 변경 가능) 또는 점등으로 설정하를 시, 기존대비 최대 61 %의 소비전력으로 운용이 가능하다.

5. 서울교통공사 테스트 베드(4호선 쌍문~수유)

- 쌍문~수유 구간(1,248m)
- 위도회로 구분 : 상선 5개, 하선 5개, 평균길이 약250m
- 회색구간 터널 조명설치 구분
- 쌍문~수유 구간 상선 설치 수량 : 73개
  - 쌍문역 종점부(100m이내 10m간격 설치) : 10개
  - 수유역 종점부(100m이내 10m간격 설치) : 10개
  - 그 외 구간(1K048m구간 내 20m간격 설치) : 약53개
- 터널조명 설치 기준(서울교통공사 전기설비정비규정 139조)
  제139조(터널 조명) 터널내의 조명은 다음 각 호에 의한다.
  1. 조명기구의 부착 위치는 선로기준 측면에 지장이 없는 천장에 부착한다.
  2. 조명기구의 부착 높이는 궤도면상 3m~3.5m로 한다.
  3. 조명기구의 부착 간격은 도시지역 정거장부에서 100m지점는 열차의 원활운행 감안하여 약 10m 간격으로 하고 그 이외에는 20m를 표준으로 한다. 단, 터널시작(또는종단)부의 간격은 예외로 한다.



<서울교통공사 터널 조명 개량>

6. 결론

본 연구의 핵심은 도시철도 터널 구간의 열차 위치 정보의 전달을 실용화관점으로 원활하게 연동하여 각 조명을 효과적으로 제어하는 것이며, 또한 효과적인 조명제어 알고리즘을 찾아내어 시스템 제어의 효율성을 극대화 하는 것이다.

현재 도시철도 지하터널 구간에서 사용하는 조명설비의 효율적 제어를 위해 철도신호시스템과 연계하여 열차위치정보를 수집, 전달, 제어하는 방법을 제안하고자 한 것이며, 현재 "지능형 에너지 세이빙 조명제어 시스템"을 연구 중에 있다.

논문명	철도 차량 위치정보와 연동한 CPLC방식의 지하철 터널구간 조명제어 시스템 에너지 평가				
번호	학술대회명	주저자명	국명	기관명	발표일
4	2018 조명·전기설비학회 춘계학술대회	김재민	대한민국	조명전기설비학회	2018.05.16.

2018년도 조명·전기설비학회 춘계학술대회 논문집 2018. 5. 16~18.

철도 차량 위치정보와 연동한 CPLC방식의 지하철 터널구간 조명제어 시스템 에너지 평가

김재민*, 장우진**
서울과학기술대학교

Energy Evaluation of Lighting Control System of Subway Tunnel Section of Closed Loop Power Line Communication System (CPLC) Linked with Railway Signal System

Jaemin Kim*, Woojin Jang**
Seoul National University of Science and Technology

Abstract - The lighting of the subway tunnel section is being replaced by high efficiency LED lighting from fluorescent lamps. However, in order to maximize the benefits of LED lighting, an appropriate control method is required. In this study, we intend to construct a smart lighting control system that can turn on and off the lighting of the subway tunnel section according to the location information of the vehicle. The power consumption is measured for each control scenario in the simulation step, and the energy saving amount is estimated.

1. 서 론

세계적으로 화석연료의 고갈에 대한 위기의식이 증가하고 있고, 온실가스의 배출 제한으로 고효율 기구 사용을 장려하는 정책들이 시행되고 있다[1]. 서울교통공사의 243개 역사 및 터널 구간의 조명을 친환경 LED 조명으로 교체하는 계획을 수립했고, 2017년까지 약 80 %의 교체가 이루어졌다. 하지만, 교체된 LED 조명들은 기존의 방식 그대로 24시간 상시점등을 실시하고 있다. 물론, 1차적인 에너지 절감이 이루어졌지만, 에너지 절감을 극대화하기 위해서는 LED조명에 적절한 제어가 필요하다.

2. 본 론

2.1. 열차 위치 추적

본 연구에서는 열차의 위치를 추적하여 열차 위치에 따라 구간별로 제어를 하고자 한다. 기존의 지하철도 설비를 이용하면, 큰 비용을 들이지 않고 열차의 위치 정보를 확인할 수 있다. 지하철 터널의 각 폐색회로를 이용하여 열차의 위치를 파악한다.

2.2. 폐회로 전력선 통신[2]

도시철도 터널구간에서의 통신은 장해요소가 많다. 저비용·고효율의 조명제어를 위한 통신 방법으로 폐회로 전력선 통신(CPLC : Closed circuit PLC) 방법을 검토했다. 이 통신 방식은 단순한 구성에, 높은 신뢰도를 가지고 있다.

2.3. 시뮬레이션 및 시나리오

본 연구에서 고려하고 있는 지하철 터널구간은, 서울 도시철도 4호선의 미아 - 수유 구간이고, 추후 연구에서의 테스트베드 구간이다. 시뮬레이션을 실시하기 전, 교체된 LED 조명기구에 대한 배광 데이터를 이용해 조도 시뮬레이션을 실시하였고, 평균조도 9,12 [lx]로 터널 조명 설비 규정[3][4] 조도를 만족함을 확인했다.



그림 1. 시뮬레이션 시나리오
Fig. 1. Simulation scenario

열차가 폐색구간에 진입하는 기점으로 전방 2개의 폐색구간 조명만 점등하는 on/off 시뮬레이션이다. 시뮬레이션 결과, 기존 대비 소비 전력량은 53 % 절감되었다. 표 1의 결과는 열차 1대를 기준으로 한 소비전력량 비교이며, 평일 하루 운행시간을 기준으로 3,313 [Wh], 주말 하루 운행시간을 기준으로 2,700 [Wh]를 절약할 수 있다. 월 평균 절감량은 약 94,486 [Wh]이다.

표 1. 시뮬레이션의 소비 전력량 비교
Table 1. Comparison of power consumption of simulation

폐색구간	소비 전력량 [Wh]	
	상시 점등	시뮬레이션
A	1,037 [W] × 90 [s]	1,36
B		1,7
C		2,55
D		2,55
E		3,82
계	25,9	11,98

3. 결 론

실제 테스트베드 예정지의 구간별 조명제어를 시뮬레이션 했고, 이에 따른 에너지 절감량을 확인할 수 있었다. 그러나, 제어변수 설정에 있어서 역과 역 사이에 설치되어 있는 폐색 구간은 서로 길이가 다름을 인지해야 한다. 그렇기 때문에, 열차가 각 폐색 구간을 지나는 시간이 서로 다를 것이고, 이에 따라 실제 측정값은 시뮬레이션과 차이가 있을 것으로 생각된다. 다음으로 고려할 것은 기관사의 불안감을 해소시킬 수 있는 조명 방법을 실시해야 하고, 이에 대해서는 차량을 운행하는 기관사와의 협의가 필요할 것으로 보인다. 시뮬레이션을 통한 에너지 절감량을 확인했지만, 실제 테스트베드의 설치 공사에 필요한 비용과, 설치 전, 후의 전력소비량 측정을 통해 보다 정확한 결과를 통해 다음 연구를 진행하고자 한다.

감사의 글
본 연구는 국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음 (과제번호 17CTAP-C129797-01)

참 고 문 헌

[1] Park Jong Bin et al., "The Study on Efficient Lighting Control of Urban Railway Underground Tunnel Section," The 10th Asia Lighting Conference, Poster Book, Asia Lighting Conference pp.465, 2017
[2] Kim, jungho, "Closed Circuit Power Line Communication By Using Phasecontrol Method," KOR Patent, No.1004461880000, 2004
[3] Korea Design Standard, "KDS 31 70 50 : Tunnel lighting facilities," 2016
[4] Seoulmetro, "Chapter 5 Tunnel Lighting, Electrical Equipment Management Regulations," 2017

성과 5) 특허 출원

발명의 명칭	열차선로 지하터널 구간의 조명제어 시스템		
출원 번호	**출원 일자**	**출원인 명칭**	**발명자 성명**
10-2018-0167131	2018.12.21	재단법인 한국조명연구원 외 4명	박종빈, 장우진, 박정욱, 김창식, 김정호

관 인 생 략

출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자 2018.12.21
특 기 사 항 심사청구(유) 공개신청(무)
출 원 번 호 10-2018-0167131 (접수번호 1-1-2018-1289888-18)
출원인 명칭 재단법인 한국조명연구원(2-2001-037649-2) 외 4명
대 리 인 성 명 최덕용(9-1998-000568-0)
발 명 자 성 명 박종빈 장우진 박정욱 김창식 김정호
발 명 의 명 칭 열차선로 지하터널 구간의 조명제어시스템

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.

2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호

3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식

4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.

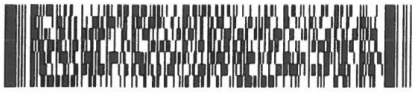
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.

6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000

7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.

8.기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

KeapsP1.2 2018-12-21



9199800056801011101000045300000000

특허출원서

【출원구분】 특허출원

【출원인】

【명칭】 재단법인 한국조명연구원

【특허고객번호】 2-2001-037649-2

【출원인】

【명칭】 서울과학기술대학교 산학협력단

【특허고객번호】 2-2004-021001-3

【출원인】

【명칭】 서울교통공사

【특허고객번호】 1-2017-035481-5

【출원인】

【명칭】 주식회사 비츠로시스

【특허고객번호】 1-1999-053815-7

【출원인】

【명칭】 (주)유니룩스

【특허고객번호】 1-2001-047414-7

【대리인】

【성명】 최덕용

【대리인번호】 9-1998-000568-0

【포괄위임등록번호】 2018-090517-8

【포괄위임등록번호】 2010-048332-4

【발명의 국문명칭】 열차선로 지하터널 구간의 조명제어시스템

【발명의 영문명칭】 Lighting control system for underground tunnel section of train line



【발명의 설명】

【발명의 명칭】

열차선로 지하터널 구간의 조명제어시스템{Lighting control system for underground tunnel section of train line}

【기술분야】

<0001> 본 발명은 열차선로 지하터널 구간의 조명제어시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 열차선로의 폐색신호를 이용하여 열차의 실시간 위치정보를 수집하고, 수집된 열차의 위치정보를 활용하여 지하터널 열차운행구간에 설치된 조명등을 조명구간별로 자동 제어함으로써 불필요한 전력소모를 방지하도록 한 열차선로 지하터널 구간의 조명제어시스템에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

<0002> 종래, 열차선로 지하터널 구간에는 조명등이 설치되는 데 이 조명등은 상시 점등된 상태를 유지하고 있다.

<0003> 열차가 운행되지도 않는데 조명등이 점등된 상태를 유지함으로써 불필요한 전력소모에 대한 문제점이 제기되었다.

<0004> 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위한 일환으로 공개실용신안공보 20-2011-0000869에는 열차검지센서 또는 궤도회로의 열차점유정보를 이용한 지하철(철도)터널구간 조명제어가 개시된다.

<0005> 상기 기술은 승강장 열차진입정보를 이용한 열차 통행 시 점등방식으로, 열차가 승강장에 정차하면 근접센서 또는 레일밀착센서 등 기존의 열차점유정보기술

성과 5) S/W 등록

소프트웨어 등록증

등록번호	ASSET_0006089
등록일	2019년 01월 09일
등록구분	국가연구개발사업 성과물, 소프트웨어(기술상세정보)
등록기관	유니룩스 경기도 성남시 중원구 사기막골로 124, 314(상대원동 SKN 테크노파크 메가동)
등록명	CPLC통신을 이용한 지하철 터널구간 조명제어

NTIS 소프트웨어 ID	201812280046	성과발생연도	2018년
과제고유번호	1615009268	과제기준년도	2017년
과제명	철도 조명설비 에너지절감을 위한 지하터널 구간용 철도신호시스템과 연동한 폐회로 전력선 통신방식(CPLC)의 조명제어 기초 원천기술 개발		

위의 소프트웨어는 국가연구개발사업을 통해 창출된 성과로서,
소프트웨어 분야 연구성과 관리·유통 전담기관에 등록되었음을 증명합니다.

nipa
National IT Industry Promotion Agency

2019년 01월 09일

정보통신산업진흥원

충청북도 진천군 덕산면 정통로 10

성과 6-1) 시제품

*폐색신호 수집 인터페이스 장치는 별첨 문서로 포함

가) 시스템 개요

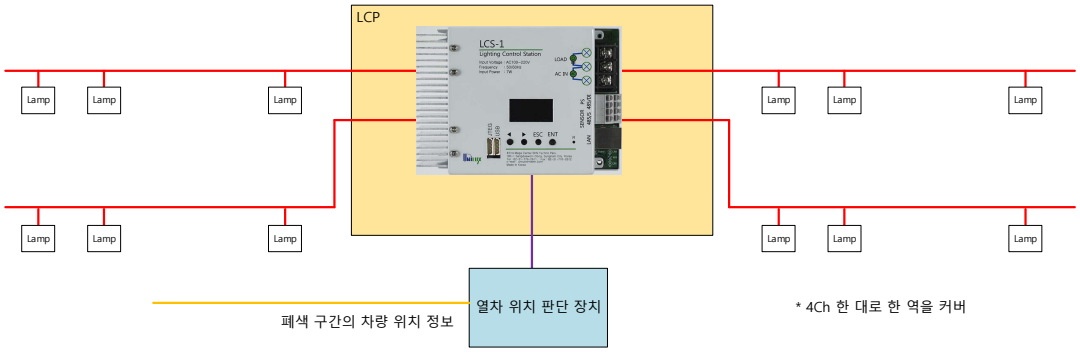
가-1) 목적

- 철도시스템을 통한 차량위치 정보를 파악해 차량의 이동위치와 조명기구 거리 간에 따른 조도제어를 실시하고, 철도시스템의 차량 위치정보의 보안을 강화하며 에너지 절감 효과의 시뮬레이션 연구를 통해 철도 조명 에너지 효율을 극대화하고자 함.

가-2) 시스템 구성

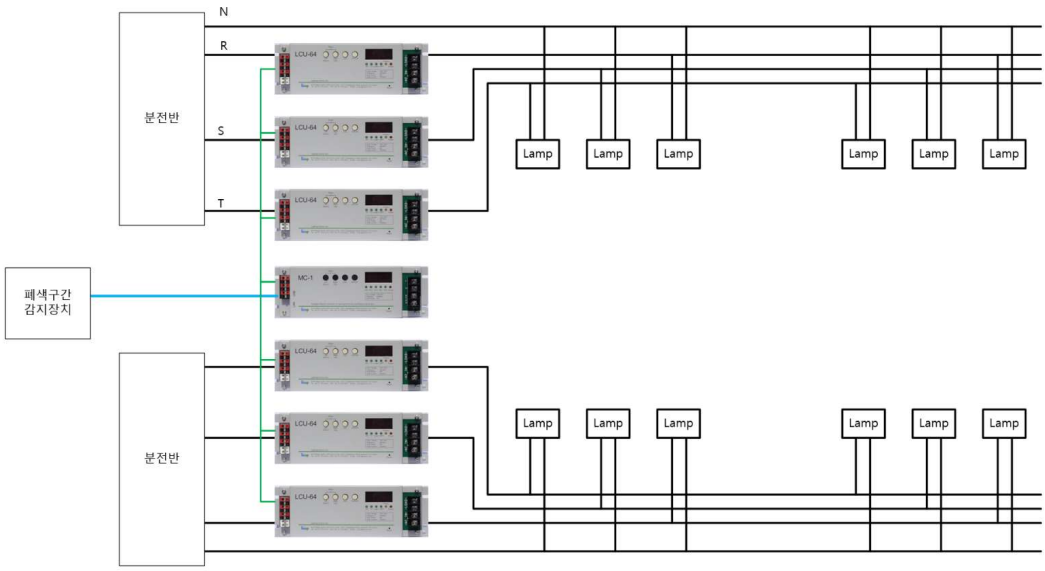
가-2-1) 당초의 계획안

- 램프의 부하는 크지 않으므로 단상 한 회선으로 결선되어 있는 것을 전제로 하였음.



가-2-2) 현장 답사 후의 계획안

- 현장 실사 결과 상균형을 위해 한 측의 조명도 3상으로 구성되어 있었으며 이의 제어를 위해서는 각 상별로 제어장치가 필요함. 따라서 시스템 구성을 하기와 같이 변경하기로 하였음



나) 개발 내용

나-1) Master Controller

나-1-1) 사양

a) 통신 기능

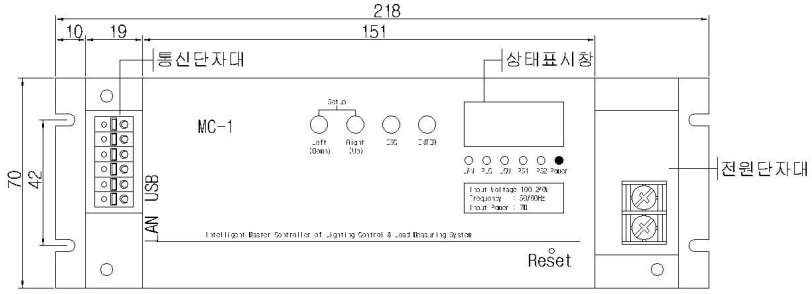
- 폐색 구간 감지 장치와 Ethernet으로 통신
- CPLC Controller와 RS-485로 통신
- 폐색 구간 감지에 따르는 제어 방법 설정을 위해 PC와는 Ethernet으로 통신
- 설정된 table은 PC를 제거하여도 Master Controller에 그 정보를 보관하여 독립적으로 운전 가능하도록 함.

b) 폐색 구간 감지에 따른 동작

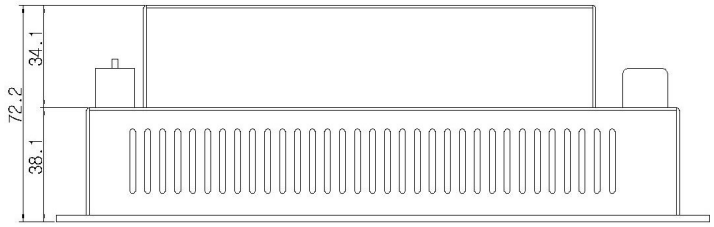
- 폐색 구간 진입이 감지되면 진행 앞 방향에 대해서는 2구간 앞까지 100% 점등
- 폐색 구간 탈출이 감지되면 감지된 구간은 설정한 조도로 점등
- 폐색 구간 탈출이 감지된 구간의 뒷 구간은 Off

나-1-2) 기구구조





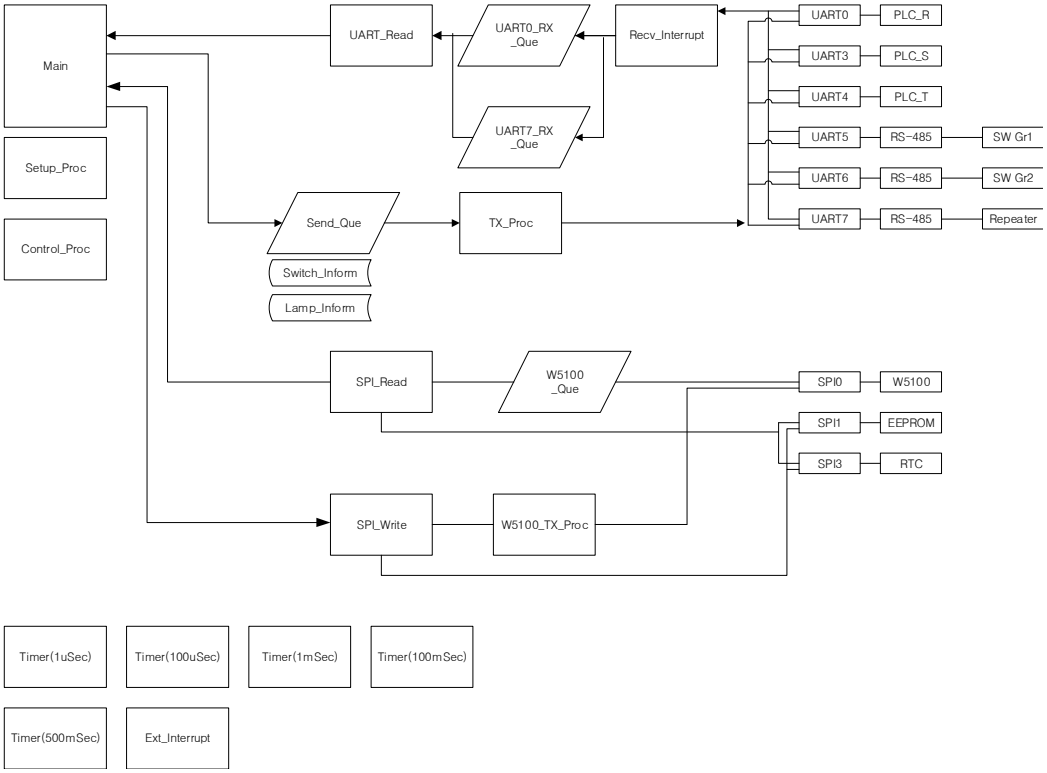
정면도



측면도

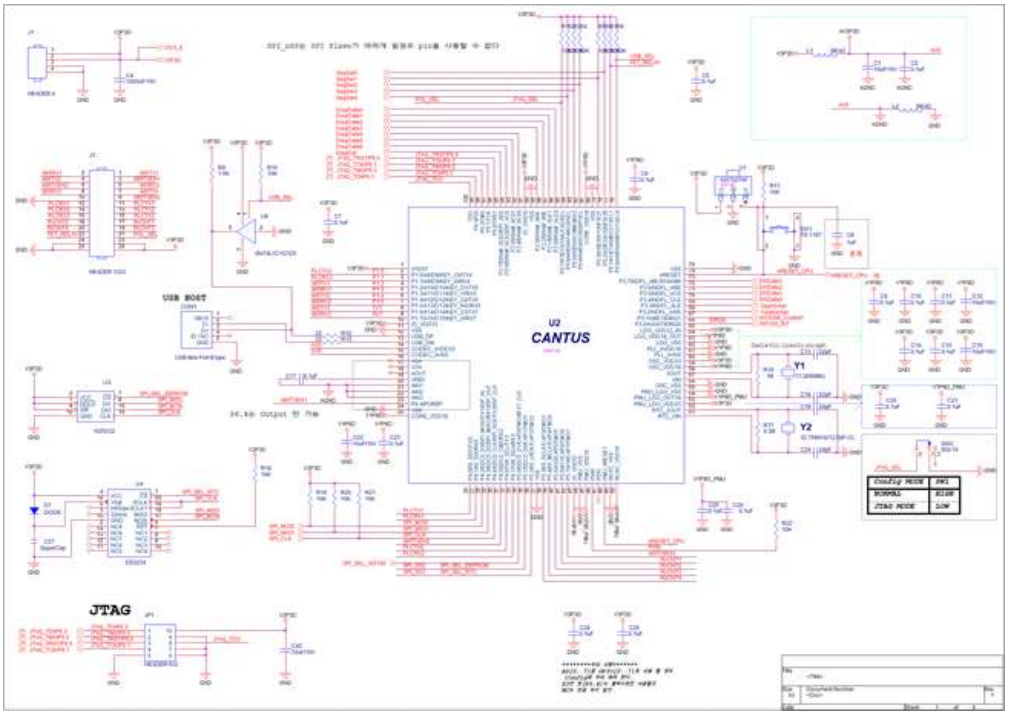
〈MC-1 기구구조〉

나-1-3) Control & Data Flow

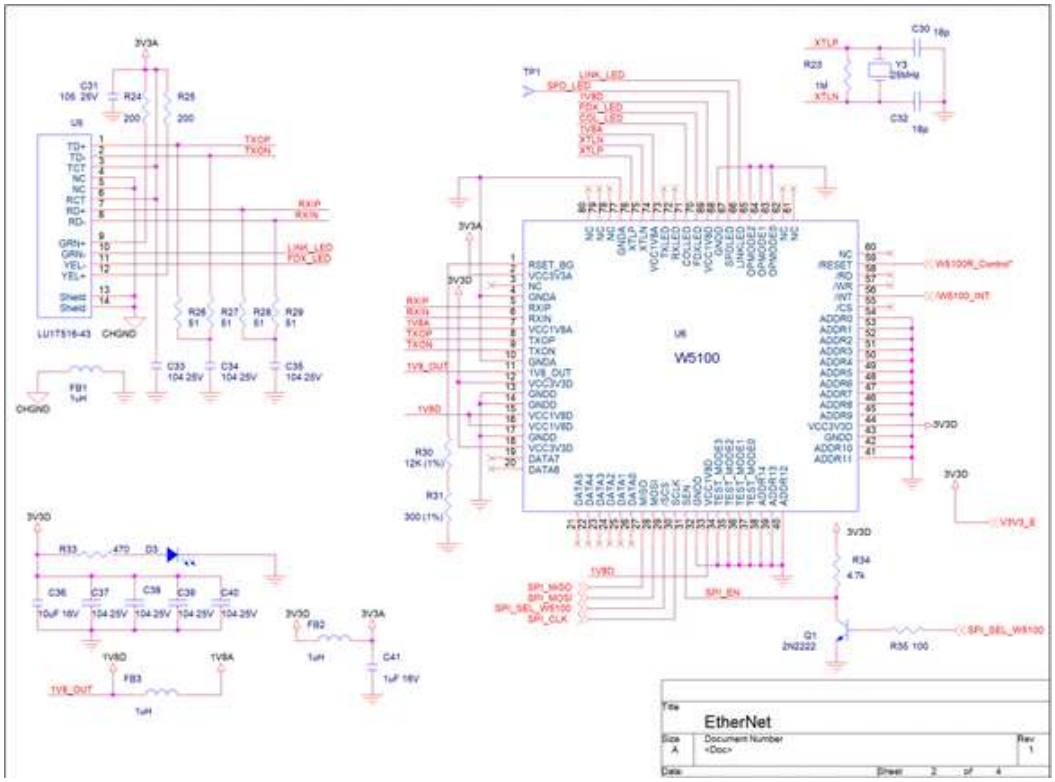


나-1-4) 회로

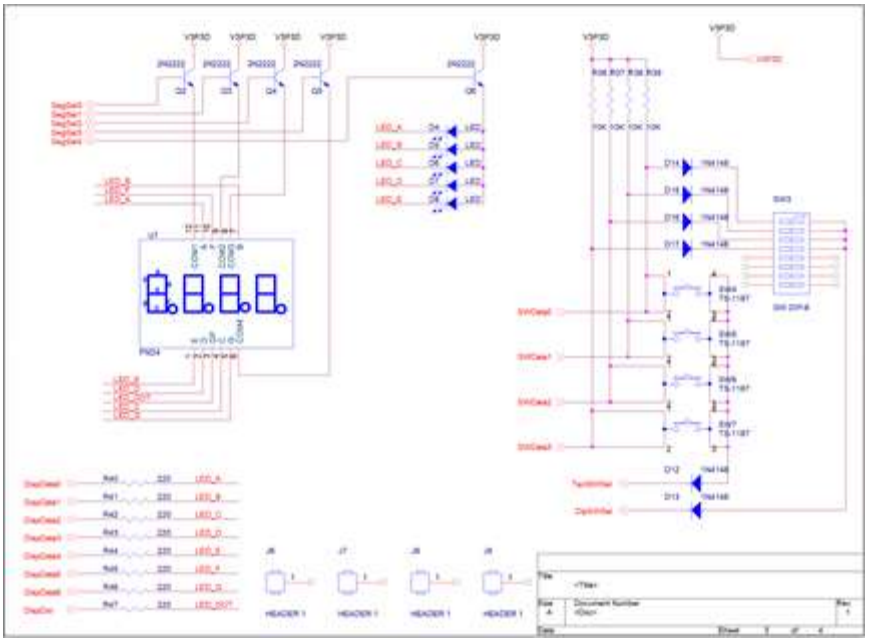
a) CPU Part



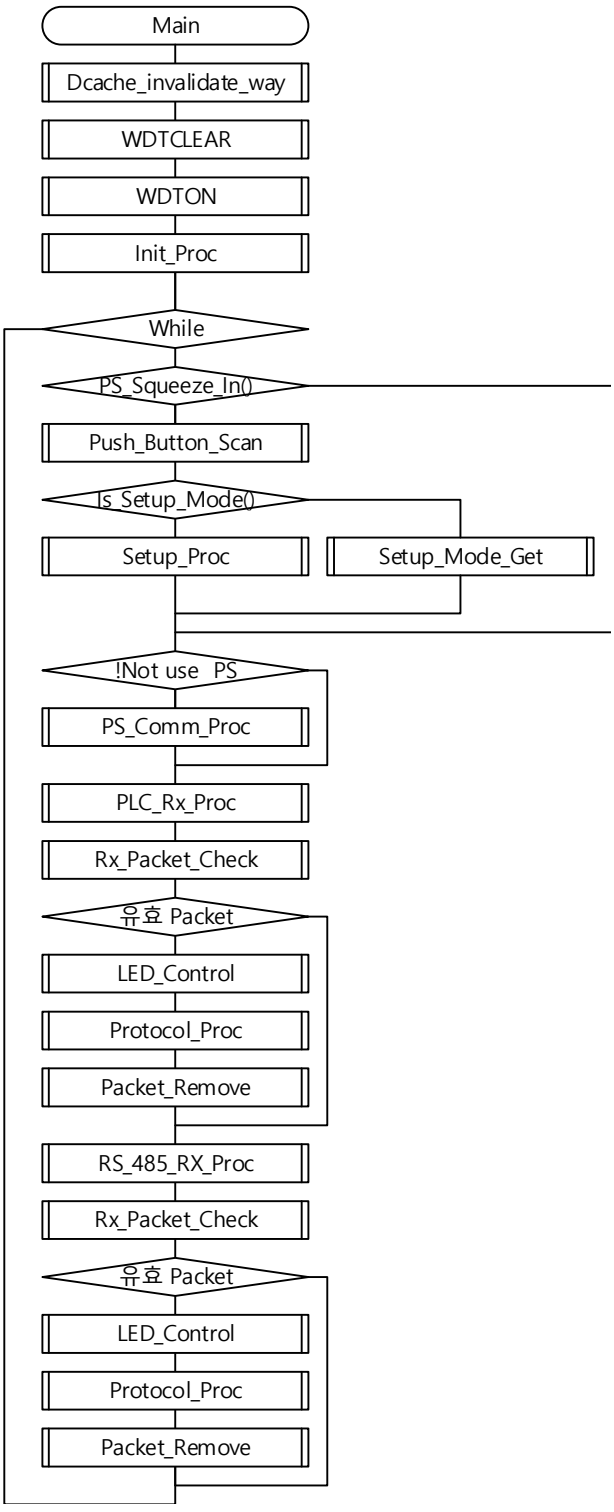
b) Ethernet Controller Part



c) IO Part



나-1-5) Main Module의 Flow Chart



나-2) CPLC Controller

나-2-1) 사양

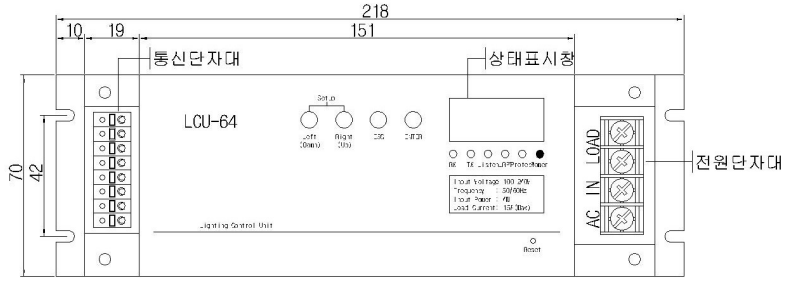
a) 통신 기능
- 조명기구와는 CPLC 통신
- Master Controller와는 RS-485로 통신

b) Lamp 제어 기능
- Master Controller의 명령에 따라 제어
- 15A 이내에서 최대 64개의 Address에 대한 제어 가능
- 중복된 Address 허용
- 수동 제어 기능

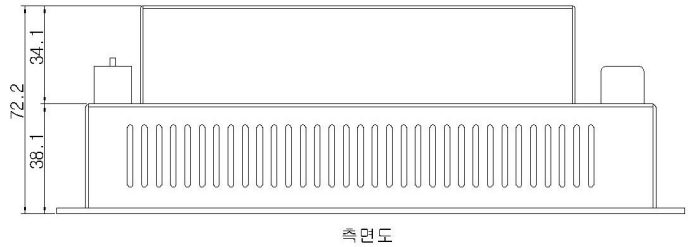
c) 전류 측정 기능
- 전용 CT를 내장하여 전류를 계측
- 점등 상태와 전류치의 관계로 이상 유무를 판단
- 이상 발견시 상시 점등이 가능토록 설계

나-2-2) 기구구조





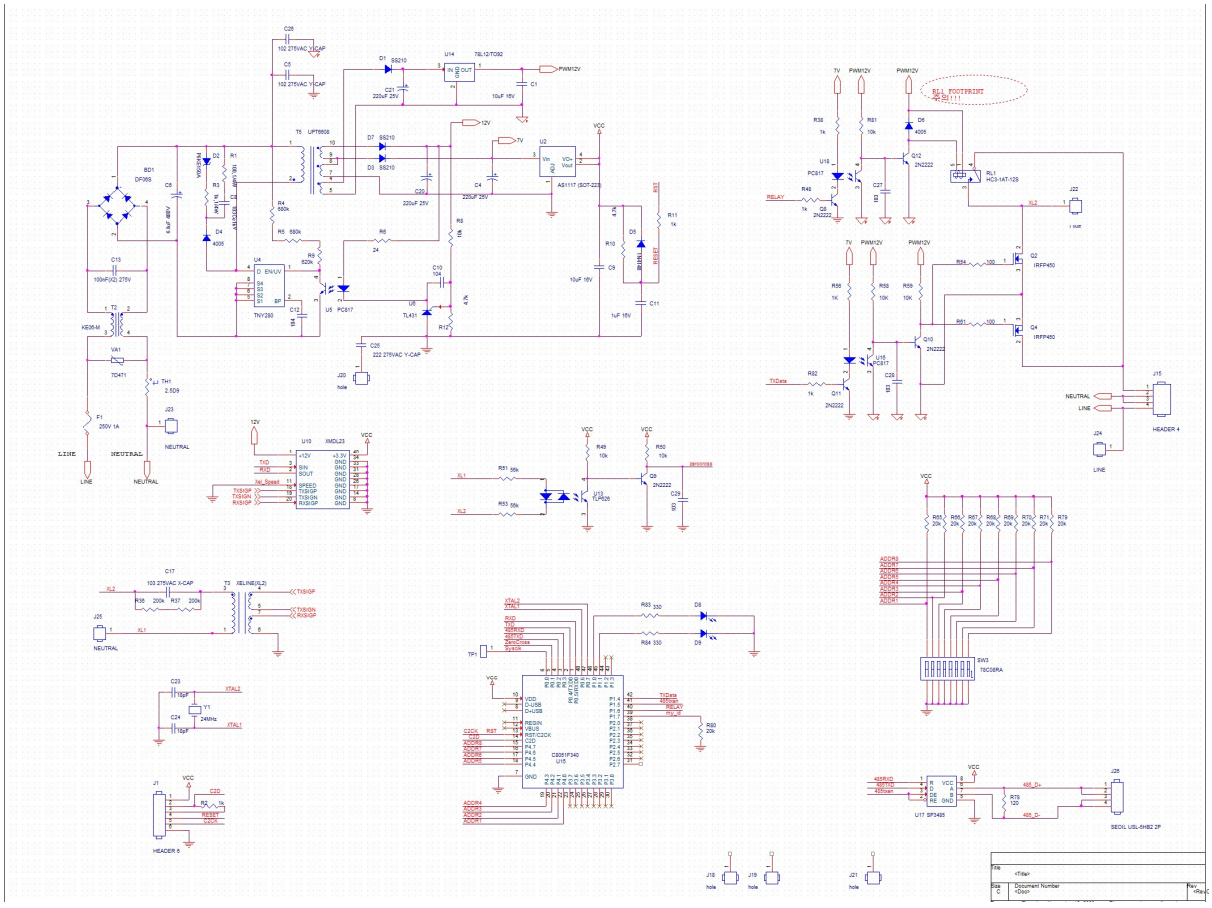
정면도



측면도

〈LCU-64 기구구조〉

나-2-3) 회로



나-3) CPLC Reciever

나-3-1) 사양

a) 통신 기능

- CPLC로 전송된 신호를 수신
- Address 등을 확인하고 Dimming Signal 출력

b) Dimming Signal 제어 기능

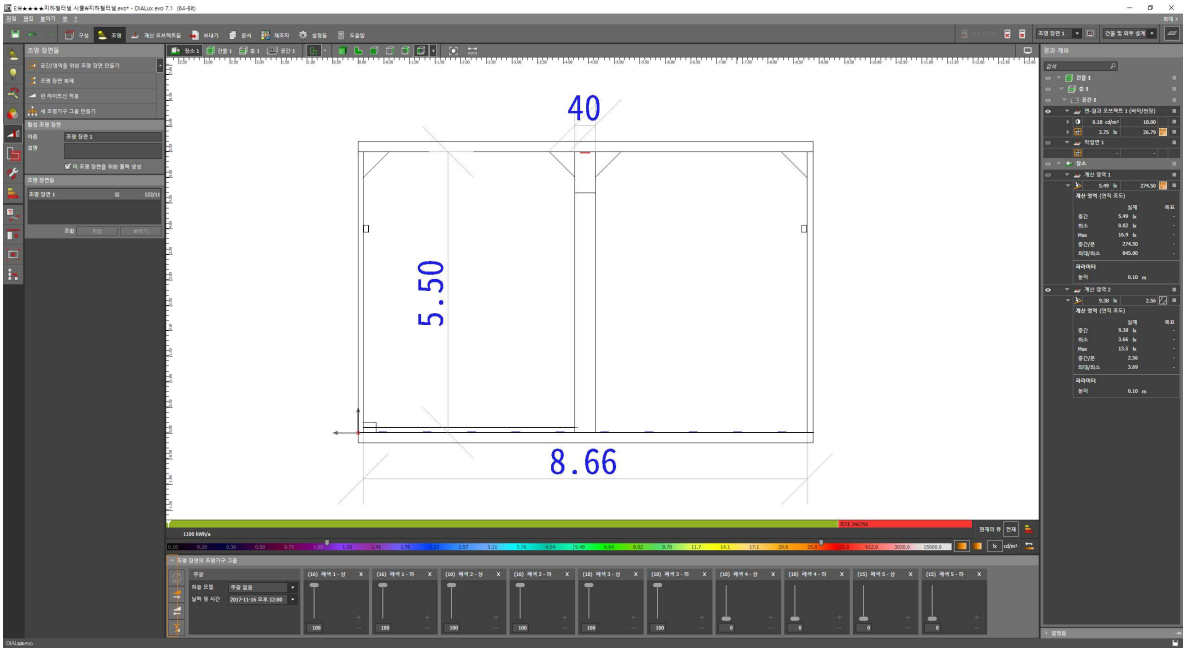
- 0 ~ 10V 방식
- PWM 방식

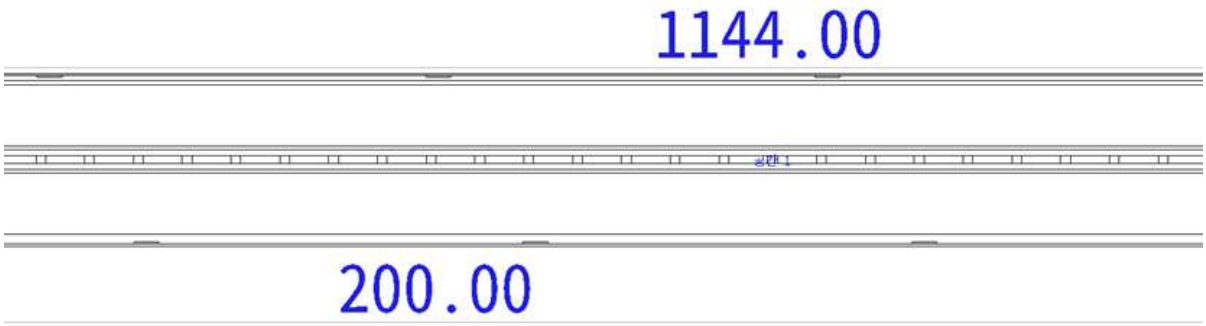
나-3-2) 기구구조



성과 6-2) 터널 조도 시뮬레이션

시뮬레이션 환경 구축

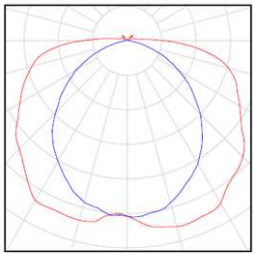






〈터널조명 시뮬레이션 환경 구축〉

지하철터널

갯수	조명기구 (발광)		
122	DIALux - 발광 1 설비품: 1x 기구 효율: 100% 램프의 광속: 2108 lm 조명기구들 광속: 2108 lm 성능: 17.0 W 광효율: 124.0 lm/W 비색 정보 1x: CCT 3000 K, CRI 100		

램프의 총 광속: 257176 lm, 조명기구의 총 광속: 257176 lm, 전체 성능: 2074.0 W, 광효율: 124.0 lm/W

지하철터널

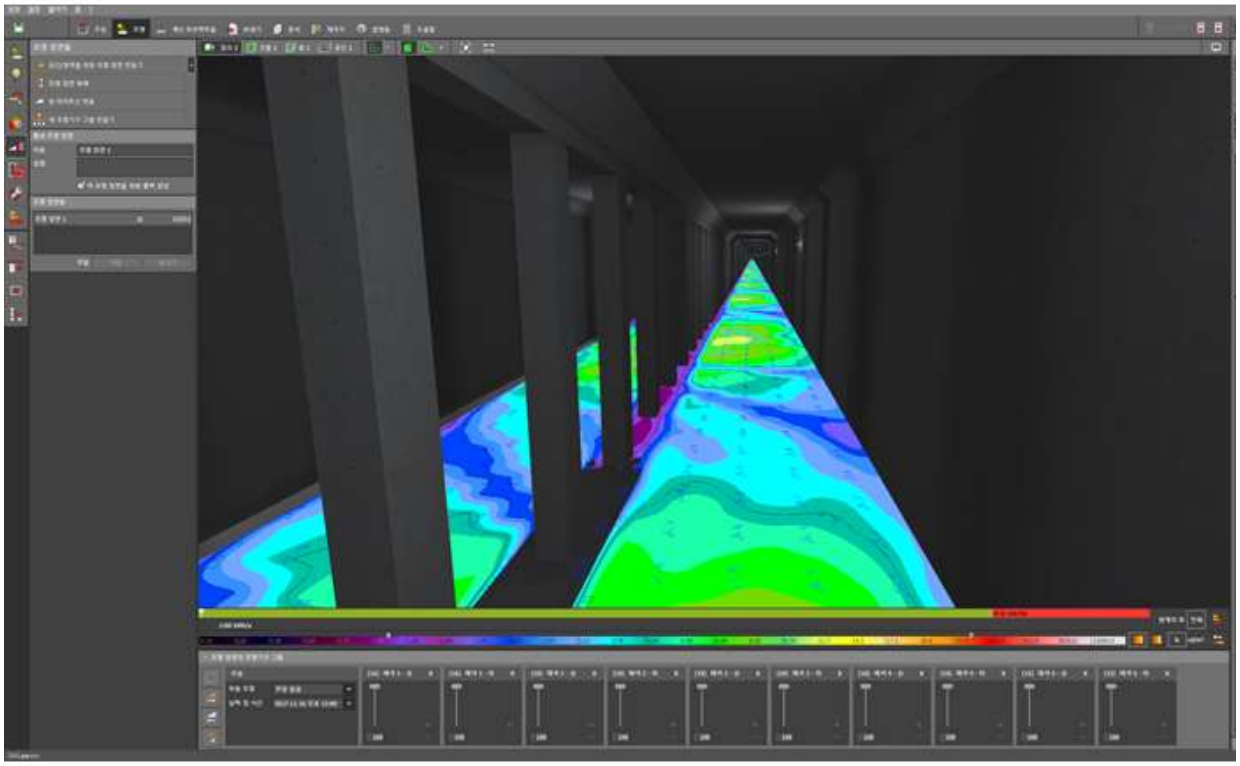
Nr.	컨트롤 그룹	조명기구
1	컨트롤 그룹 34	16 x DIALux -
2	컨트롤 그룹 35	16 x DIALux -
3	컨트롤 그룹 36	10 x DIALux -
4	컨트롤 그룹 37	10 x DIALux -
5	컨트롤 그룹 38	10 x DIALux -
6	컨트롤 그룹 39	10 x DIALux -
7	컨트롤 그룹 40	10 x DIALux -
8	컨트롤 그룹 41	10 x DIALux -
9	컨트롤 그룹 43	15 x DIALux -
10	컨트롤 그룹 44	15 x DIALux -

조명 장면 1

컨트롤 그룹	조광 레벨	컨트롤 그룹	조광 레벨	컨트롤 그룹	조광 레벨
컨트롤 그룹 34	100%	컨트롤 그룹 38	100%	컨트롤 그룹 43	100%
컨트롤 그룹 35	100%	컨트롤 그룹 39	100%	컨트롤 그룹 44	100%
컨트롤 그룹 36	100%	컨트롤 그룹 40	100%		
컨트롤 그룹 37	100%	컨트롤 그룹 41	100%		

〈조명기구 제원 및 컨트롤 그룹 설정〉

2-2. 상시점등 시뮬레이션

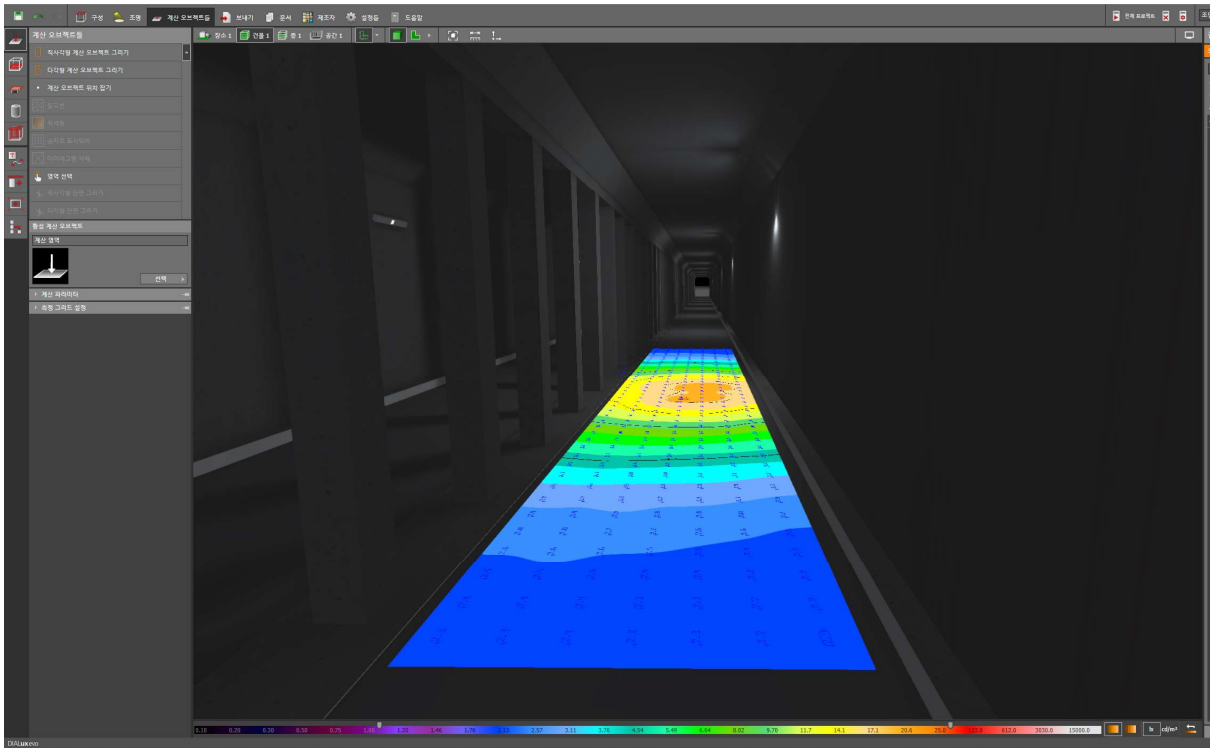


〈상시점등 시뮬레이션〉

조도	lx	규정
평균	11.1	5~10 lx
최소	2.52	
최대	31.6	
최대 / 최소	12.54	-

현재 설치상태의 조명환경 시뮬레이션으로, 바닥면 평균조도 값이 규정인 5 lx를 만족함을 확인할 수 있음.

2-2. 제어 상태 시뮬레이션



조도	lx	규정
평균	8.42 lx	5~10 lx
최소	2.13 lx	
최대	30.9 lx	
최대 / 최소	12.25 lx	-

조명을 제어를 실시한 상태로, 반대쪽 선로의 조명을 off 시킨 상태. 현재 진행중인 구간의 조도를 확인했을 때 역시 기준인 5 lx를 만족함을 알 수 있음.

cm	0	3	60	120	180	240	300	360	420	480	540	600	660	720	780	840	900	960	1000
390	13.4		14.2	13.8	12.6	11.3	9.9	8.4	6.9	5.8	5	4.2	3.5	3.2	2.8	2.6	2.3	1.1	1
330	16.2		16.7	15.7	14.7	13.2	10.8	9.1	7.6	6.2	5.1	4.3	3.6	3.1	2.8	2.6	2.3	1.1	1.1
270	18.8		19.3	18.3	16.9	14.4	11.8	10.1	8	6.5	5.3	4.3	3.7	3.4	2.8	2.5	2.3	1.2	1.3
210	20.5		21.5	21.4	17.8	15	12.6	10.2	8.1	6.4	5.2	4.3	3.7	3.2	2.86	2.5	2.1	2	1.2
150	22.2		27.8	20.7	18	15	12.6	10	7.8	6.3	5.1	4.3	3.6	3.1	2.7	2.5	2	1.7	1
120		31.7																	
90	20.3		22.6	19.4	16.7	14.3	11.6	9.1	7.48	5.9	4.9	4.1	3.4	3	2.6	2.4	1.9	1.5	0.9
30	14.4		16.9	15.7	14.3	12	9.9	8.2	6.7	5.5	4.6	4.1	3.3	2.8	2.5	2.3	1.9	1.2	0.9

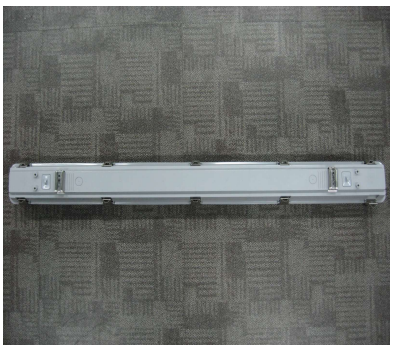
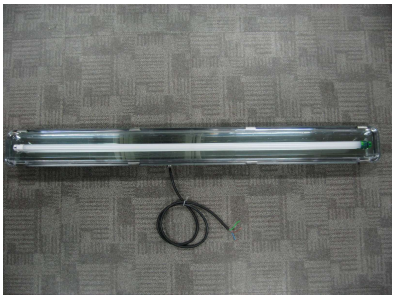
〈실제 측정값〉

위의 구간에 대한 실제 측정을 실시 했을 때, 유사한 결과가 나왔고, 공인 시험 성적서의 조도값(붉은 색 조도 값) 역시 확인할 수 있으므로, 시뮬레이션 결과 값은 신뢰할 수 있음.

성과 6-3) 공인시험기관 시험

○ 터널용 조명기구 전기적, 광학적 특성 비교
- 지하철 터널 구간에 적용하는 조명기구의 전기적, 광학적 특성을 확인하기 위하여, 형광등 기구, LED등기구 등의 제품을 구매하여 성능 측정을 통하여 특성을 확인하였음.

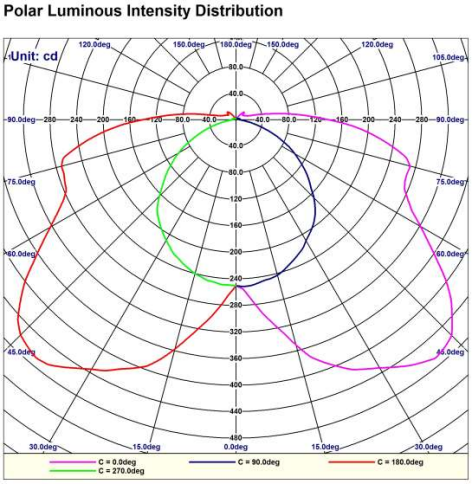
〈측정 시료 사진〉

구분	품명	등기구 전면	등기구 후면
1	SUS 방습등 (형광램프 FLR 32 W 1 등용)		
2	LED SUS 방습등 (직관형 LED 램프 (17 W)		
3	LED SUS 방습등 (LED 모듈 20 W)		
4	LED SUS 방습등 (직관형 LED 램프 13 W)		

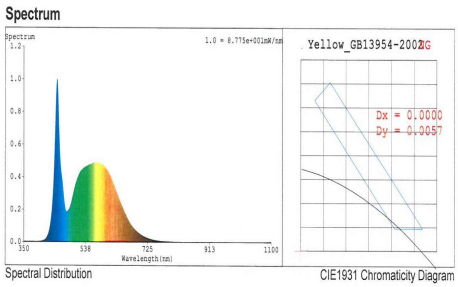
〈전기적, 광학적 특성 표〉

전기적, 광학적 특성 표

구분	품명	사용광원	소비 전력 (W)	전광 선속 (lm)	광효율 (lm/W)	연색 지수	상관 색온도 (K)
1	SUS 방습등	형광램프 (FLR32W1등용)	32	1 684	57	81	6 117



배광곡선



Colorimetric Parameters

Chromaticity Coordinate: x = 0.3316 y = 0.3461 / u' = 0.2044 v' = 0.4799 (duv=2.92e-03)

CCT= 5538K Prcp WL: Ld=547.3nm Purity=3.4%

Peak WL: Lp=452nm FWHM: =18.5nm Ratio:R=14.6% G=80.7% B=4.7%

Render Index: Ra = 82.0

R1 =80 R2 =87 R3 =90 R4 =82 R5 =81 R6 =81 R7 =87

R8 =68 R9 =5 R10=67 R11=81 R12=56 R13=82 R14=95 R15=76

LEVEL:OUT WHITE:ANSI_5700K

스펙트럼 분포

Illumination Levels

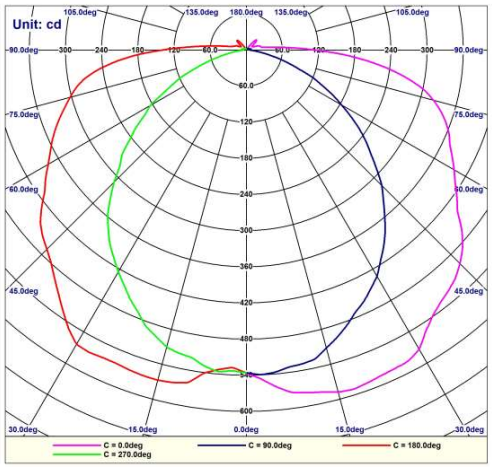
y (m)	-3.0	-2.4	-1.8	-1.2	-0.6	0.0	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0
3.0	7.1	8.0	8.8	9.2	9.4	9.5	9.5	9.1	8.3	7.3	6.2
	8.3	9.4	10.4	11.1	11.5	11.8	11.8	11.4	10.4	9.3	8.1
2.4	9.5	11.0	12.2	13.3	13.9	14.4	14.6	14.4	13.2	11.8	10.3
	10.9	12.7	14.3	15.7	16.8	17.5	18.0	17.8	16.8	14.8	13.0
1.8	12.5	14.5	16.8	18.5	20.0	21.2	22.0	22.1	20.6	18.4	16.0
	13.8	16.4	18.9	21.4	23.5	25.2	26.5	27.1	25.3	22.7	19.6
1.2	15.2	18.2	21.3	24.5	27.1	29.4	31.2	32.0	30.2	27.2	23.6
	16.4	19.8	23.4	27.2	30.5	33.3	35.7	37.1	35.1	31.8	27.7
0.6	17.3	21.0	25.2	29.5	33.2	36.8	39.5	41.3	39.3	35.8	31.2
	17.9	21.9	26.3	31.0	34.9	38.9	42.0	44.4	42.2	38.6	33.6
0.0	18.1	22.2	26.7	31.4	35.5	39.5	43.0	45.1	43.1	39.5	34.3
	17.9	21.9	26.3	30.9	34.9	38.6	41.9	44.3	42.2	38.6	33.4
-0.6	17.3	21.0	25.2	29.4	33.1	36.5	39.4	41.2	39.2	35.8	30.9
	16.3	19.8	23.4	27.1	30.3	33.2	35.6	36.9	35.0	31.6	27.4
-1.2	15.2	18.1	21.2	24.4	26.9	29.3	31.0	31.9	30.0	27.1	23.4
	13.8	16.4	18.8	21.3	23.3	25.0	26.2	26.9	24.9	22.5	19.4
-1.8	12.3	14.5	16.5	18.3	19.8	21.1	21.8	21.8	20.4	18.2	15.9
	10.9	12.7	14.3	15.5	16.6	17.3	17.8	17.6	16.4	14.6	12.8
-2.4	9.5	11.0	12.2	13.1	13.7	14.2	14.4	14.2	13.0	11.6	10.2
	8.3	9.4	10.3	11.0	11.3	11.5	11.6	11.2	10.2	9.1	7.9
-3.0	7.1	8.0	8.7	9.0	9.2	9.3	9.3	8.9	8.1	7.2	6.1

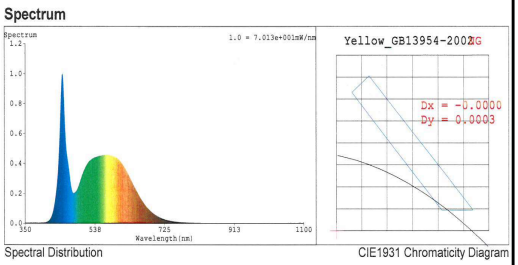
Horizontal Illuminance
All illuminance values in lux
Table Average: 21.12 Table Maximum: 45.06 Table Minimum: 6.117
Mounting Height = 2.7 m

Average	21
Max	45
Min	6

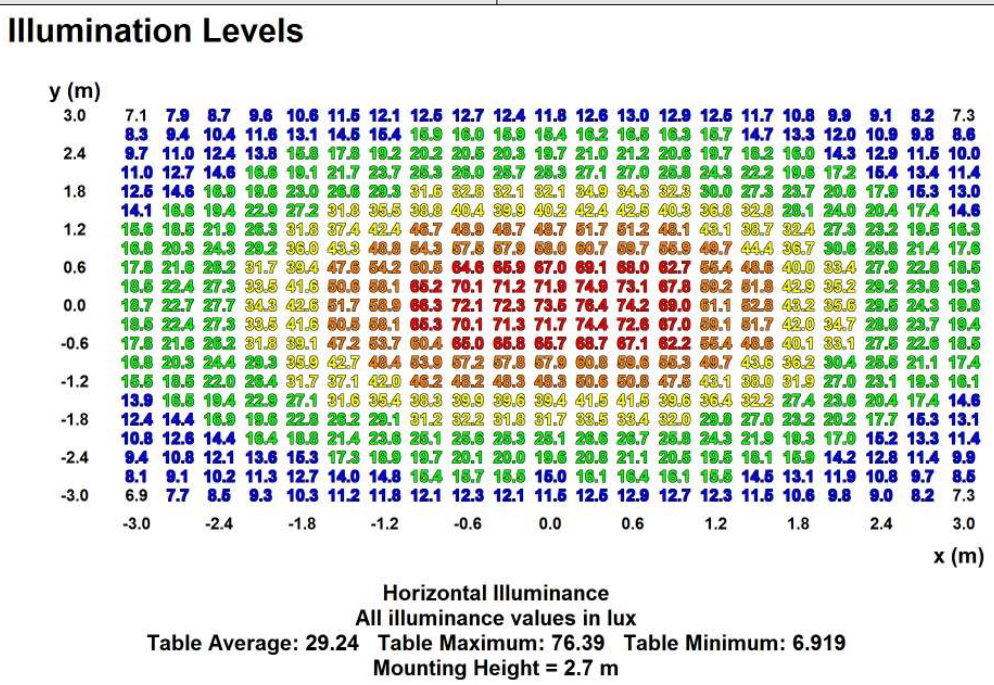
조도 분포도(lx)(3 m x 3 m, 높이 2,7 m)

구분	품명	사용광원	소비 전력 (W)	전광 선속 (lm)	광효율 (lm/W)	연색 지수	상관 색온도 (K)
2	LED SUS 방습등	직관형 LED 램프 (17 W)	17	2 108	112	85	5 843





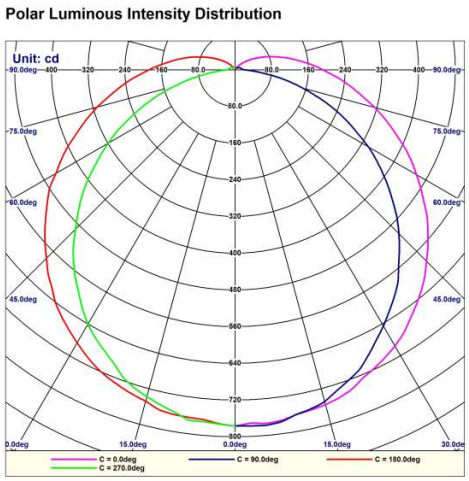
배광곡선	스펙트럼 분포

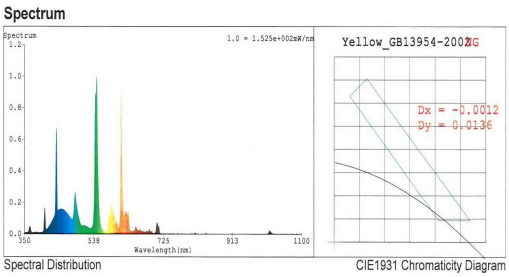


Average	29
Max	76
Min	6

조도 분포도(lx)(3 m x 3 m, 높이 2,7 m)

구분	품명	사용광원	소비 전력 (W)	전광 선속 (lm)	광효율 (lm/W)	연색 지수	상관 색온도 (K)
3	LED SUS 방습등	LED 모듈 (디밍용 20 W)	20	2 804	136	82	5 538





Colorimetric Parameters
Chromaticity Coordinate: x = 0.3188 y = 0.3434 / u' = 0.1967 v' = 0.4767 (duv=7.49e-03)
CCT= 6117K Prcp WL: Ld=500.9nm Purity=4.5%
Peak WL: Lp=545nm FWHM: =8.6nm Ratio:R=17.8% G=76.0% B=6.1%

Render Index: Ra = 81.0
R1 =93 R2 =88 R3 =53 R4 =85 R5 =85 R6 =75 R7 =87
R8 =82 R9 =33 R10=42 R11=72 R12=57 R13=92 R14=70 R15=96
LEVEL:OUT WHITE:ANSI_6500K

배광곡선 | 스펙트럼 분포

Illumination Levels

y (m)																				
3.0	9.0	10.1	11.4	12.7	14.1	15.4	16.7	17.8	18.6	19.2	19.4	19.1	18.5	17.8	16.7	15.4	14.0	12.7	11.4	10.1	9.0
	10.4	11.9	13.6	15.4	17.1	18.9	20.6	22.2	23.5	24.2	24.5	24.1	23.3	22.3	20.7	18.9	17.1	15.4	13.6	11.9	10.4
2.4	12.0	13.8	16.0	18.4	20.7	23.1	25.5	27.7	29.4	30.5	30.8	30.5	29.4	27.8	25.6	23.2	20.7	18.4	16.1	13.9	12.0
	13.7	16.0	18.6	21.7	24.9	28.3	31.5	34.4	36.8	38.5	39.0	38.3	36.8	34.5	31.5	28.3	25.0	21.7	18.8	16.1	13.8
1.8	15.6	18.4	21.7	25.4	29.6	34.2	38.4	42.4	45.8	48.0	48.6	48.1	46.0	42.7	38.7	34.2	29.9	25.7	21.9	18.6	15.8
	17.5	20.9	24.9	29.5	34.5	40.3	46.1	51.8	56.1	59.2	59.8	59.4	56.1	52.0	46.5	40.7	35.1	29.9	25.2	21.2	17.6
1.2	19.3	23.2	28.0	33.7	40.0	47.2	54.4	61.6	67.5	71.2	72.8	71.4	67.5	61.7	54.7	47.8	40.5	34.0	28.3	23.5	19.5
	20.8	25.3	30.8	37.4	45.1	53.7	62.4	71.0	78.7	83.4	85.3	83.5	78.6	71.2	63.0	54.1	45.6	37.8	31.1	25.6	21.0
0.6	22.0	27.0	33.2	40.5	49.1	58.9	69.3	79.1	88.1	94.7	96.6	94.5	88.7	79.5	69.8	59.5	49.6	40.9	33.4	27.3	22.2
	22.7	28.0	34.6	42.3	51.7	62.3	73.8	84.8	94.9	101	104	102	95.0	85.2	74.2	62.9	52.3	42.8	34.9	28.3	22.9
0.0	22.9	28.1	34.9	43.1	52.6	63.5	75.3	86.5	96.9	103	106	104	96.9	87.5	75.5	64.1	53.2	43.5	35.4	28.6	23.2
	22.8	27.9	34.4	42.2	51.6	62.3	73.4	84.2	94.3	101	104	101	94.6	84.9	74.0	62.7	52.1	42.7	34.8	28.2	22.9
-0.6	21.8	26.8	32.8	40.0	48.6	58.3	68.7	78.2	87.0	93.6	95.4	93.4	87.5	78.7	69.1	59.0	49.5	40.7	33.2	27.1	22.1
	20.4	24.9	30.3	36.8	44.4	52.8	61.9	70.2	77.3	82.2	84.6	82.7	77.9	70.5	62.1	53.2	45.0	37.5	30.8	25.4	20.8
-1.2	18.8	22.8	27.5	33.1	39.5	46.5	53.8	60.4	66.2	69.9	71.3	70.5	66.8	61.0	54.0	46.7	39.7	33.6	27.9	23.2	19.2
	17.0	20.5	24.4	29.0	34.2	39.8	45.3	50.4	54.9	57.8	59.3	58.2	55.4	50.7	45.6	39.9	34.3	29.3	24.8	20.8	17.4
-1.8	15.2	18.0	21.2	25.0	29.0	33.2	37.3	41.2	44.6	46.8	47.9	47.3	45.1	41.7	37.8	33.6	29.3	25.1	21.5	18.3	15.6
	13.4	15.6	18.2	21.1	24.3	27.3	30.4	33.5	35.9	37.4	38.3	37.7	36.2	33.9	30.8	27.8	24.6	21.3	18.4	15.9	13.6
-2.4	11.6	13.4	15.5	17.7	20.1	22.3	24.6	26.8	28.6	29.8	30.3	29.9	28.8	27.1	25.0	22.7	20.4	18.0	15.7	13.7	11.9
	10.0	11.5	13.1	14.7	16.4	18.1	19.9	21.5	22.6	23.4	23.8	23.6	22.9	21.7	20.3	18.5	16.8	15.1	13.3	11.7	10.2
-3.0	8.6	9.8	11.0	12.2	13.4	14.7	16.1	17.1	17.9	18.5	18.8	18.6	18.0	17.4	16.4	15.1	13.8	12.5	11.1	9.9	8.8
	-3.0		-2.4		-1.8		-1.2		-0.6		0.0		0.6		1.2		1.8		2.4		3.0

x (m)

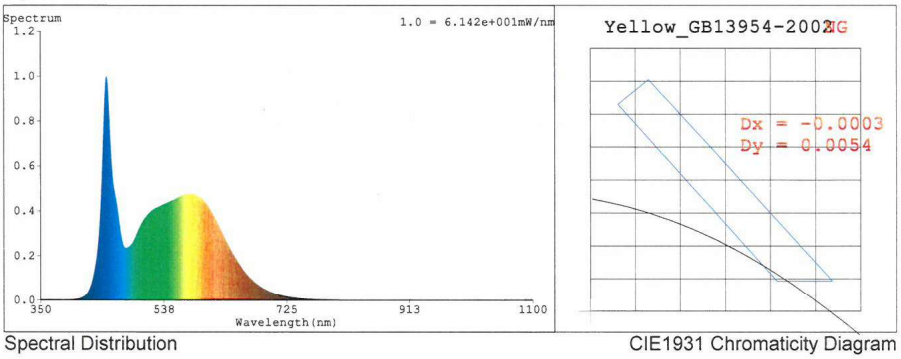
Horizontal Illuminance
All illuminance values in lux
Table Average: 38.26 Table Maximum: 106.5 Table Minimum: 8.625
Mounting Height = 2.7 m

Average	38
Max	106
Min	8

조도 분포도(lx)(3 m x 3 m, 높이 2,7 m)

구분	품명	사용광원	소비 전력 (W)	전광 선속 (lm)	광효율 (lm/W)	연색 지수	상관 색온도 (K)
4	LED SUS 방습등	직관형 LED 램프 (13 W)	13	-	-	82	5 873

Spectrum



Spectral Distribution CIE1931 Chromaticity Diagram

Colorimetric Parameters

Chromaticity Coordinate: x = 0.3243 y = 0.3395 / u' = 0.2019 v' = 0.4755 (duv=2.90e-03)

CCT= 5873K Prcp WL: Ld=500.6nm Purity=2.8%

Peak WL: Lp=450nm FWHM: =19.3nm Ratio:R=14.0% G=80.6% B=5.4%

Render Index: Ra = 82.3

R1 =80 R2 =88 R3 =93 R4 =82 R5 =81 R6 =83 R7 =86

R8 =65 R9 =-3 R10=72 R11=81 R12=60 R13=82 R14=97 R15=74

LEVEL:OUT WHITE:ANSI_5700K

스펙트럼 분포

○ 국제공인시험기관(KOLAS) 시험

- 1차년도의 개발 목표는 동작제어(소비전력), 동작제어(조도)의 3단계 제어가 가능하도록 구현하는 것임.

- 공동연구기관에서 제작한 CPLC 제어를 적용한 조명기구 시제품에 대하여 시험을 진행 하였고, 결과를 첨부하였음.(시험성적서 참조)

이번 연구의 목표인 에너지 효율 극대화에 대한 객관적이고 신뢰성 있는 결과를 확보하기 위하여 CPLC 디밍제어를 통한 조명설비가 정상적으로 동작하는지에 대한 객관적 성과지표를 설정하여 연구를 수행토록 하고, 실증시험에서의 시험을 통한 객관적 데이터를 확보하고자 함.
유지보수 필수 요소인 소비전력 감시 기능을 실증시험에서 일부 조명을 강제 소등 시킨 후 사용 소비전력을 모니터링 하여 기능동작 여부를 확인 하고자 함.

구분	평가 항목	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 (%)	개발 목표치		평가 방법
				1차년도	2차년도	
제품성능	1. CPLC 디밍제어 동작 (전력)	-	20	3단계 동작제어 확인 (on, off, 20%)	5단계 동작제어 확인 (on, off, 10%, 20%, 50%)	공인시험기관 시험성적서
	2. CPLC 디밍제어 동작 (조도)	-	20	3단계 동작제어 확인 (on, off, 20%)	5단계 동작제어 확인 (on, off, 10%, 20%, 50%)	공인시험기관 시험성적서
	3. 소비전력 (실증시험)	-	20	-	기존 소비전력 대비 18% 이상 절감	공인시험기관 시험성적서
	4. 조도 제어 확인(실증시험)	-	20	-	10 lx 이상	공인시험기관 시험성적서
	5. 소비전력 감시 기능(유지보수용) 확인(실증시험)	-	20	-	정상 동작 여부 확인(강제 소등에 따른 검출 확인)	공인시험기관 시험성적서

Korea Institute of Lighting Technology
한국조명연구원

성적서 번호 Report No.
KILT1711-F05233

시 험 성 적 서

1. 의뢰자
   - ㅇ 회 사 명 : (주)유니룩스
   - ㅇ 주　　소 : 경기도 성남시 중원구 사기막골로 124 (상대원동) SKN테크노파크 메가동 314호
   - ㅇ 의뢰일자 : 2017. 11. 23
2. 성적서 용도 : 제출용 [국토교통과학기술진흥원]
3. 시험 규격/항목 : 의뢰자 제시 규격 / 디밍제어 동작(소비전력), 디밍제어 동작(조도)
4. 시험 기간 : 2017. 11. 23 ~ 2017. 11. 24
5. 시험 환경
   - ㅇ 온도 : (24 ± 3) ℃
   - ㅇ 습도 : (45 ± 10) % R.H.
6. 시험 결과 : 시험결과 참조

시료정보

품　목 : CPLC 시제품
모델명 : CPLC-01
정　격 : 220 V~, 60 Hz, 90 W

비고
1. 이 성적서의 시험결과는 시험 의뢰자가 제공한 시료에 한하며, 시험성적서는 용도 이외의 사용을 금합니다.
2. 한국조명연구원의 사전 승인 없이 이 성적서의 일부를 복제하여 사용할 수 없습니다.
3. KILT 천공표시가 없는 성적서는 원본이 아닙니다.
4. 성적서 진위확인을 위해서는 아래의 연락처로 연락주시기 바랍니다.

시 험 자 : 이 금　　기술책임자 : 서 정 호

2017. 11. 24

한 국 조 명 연 구 원 장

(14523) 경기도 부천시 원미구 도약로 261 대우테크노파크 A-403
TEL : 032-670 - 8888, FAX : 032-670 - 8889

Korea Institute of Lighting Technology
한국조명연구원

성적서 번호 Report No.
KILT1711-F05233

시 험 결 과

1. 시험결과

시험항목	시험방법 및 기준치	단위	시험결과	비고
디밍제어 동작 (소비전력)	On(100 %) 동작 실행시 소비전력 측정값	W	89.5	LED 등기구 5개 연결하여 측정
	On(20 %) 동작 실행시 소비전력 측정값	W	22.9	
	off(0 %) 동작 실행시 소비전력 측정값	W	10.7	
디밍제어 동작 (조도)	On(100 %) 동작 실행시 조도 측정값 (측정 거리 : 1 m)	lx	172	LED 등기구 1개 연결하여 측정
	On(20 %) 동작 실행시 조도 측정값 (측정 거리 : 1 m)	lx	82	
	off(0 %) 동작 실행시 조도 측정값 (측정 거리 : 1 m)	lx	0	

※ 본 시험은 의뢰자가 제출한 시료에 대하여 시험한 결과입니다.

복사본 COPY

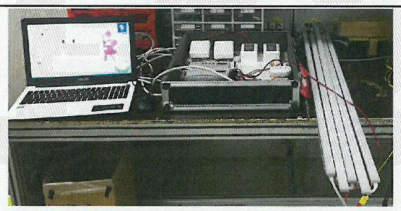
Korea Institute of Lighting Technology
KILT 한국조명연구원

성적서 번호 Report No.
KILT1711-F05233

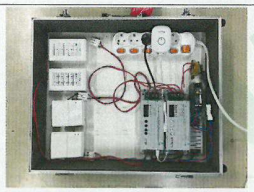
시 험 결 과

2. 측정시료

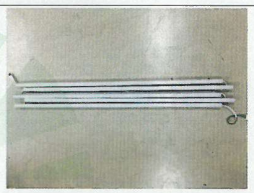
[시료 사진]



[측정시료]



[측정시료-제어부]



[측정시료-광원부]

[시료 사진-측정 전경]



[소비전력 측정]

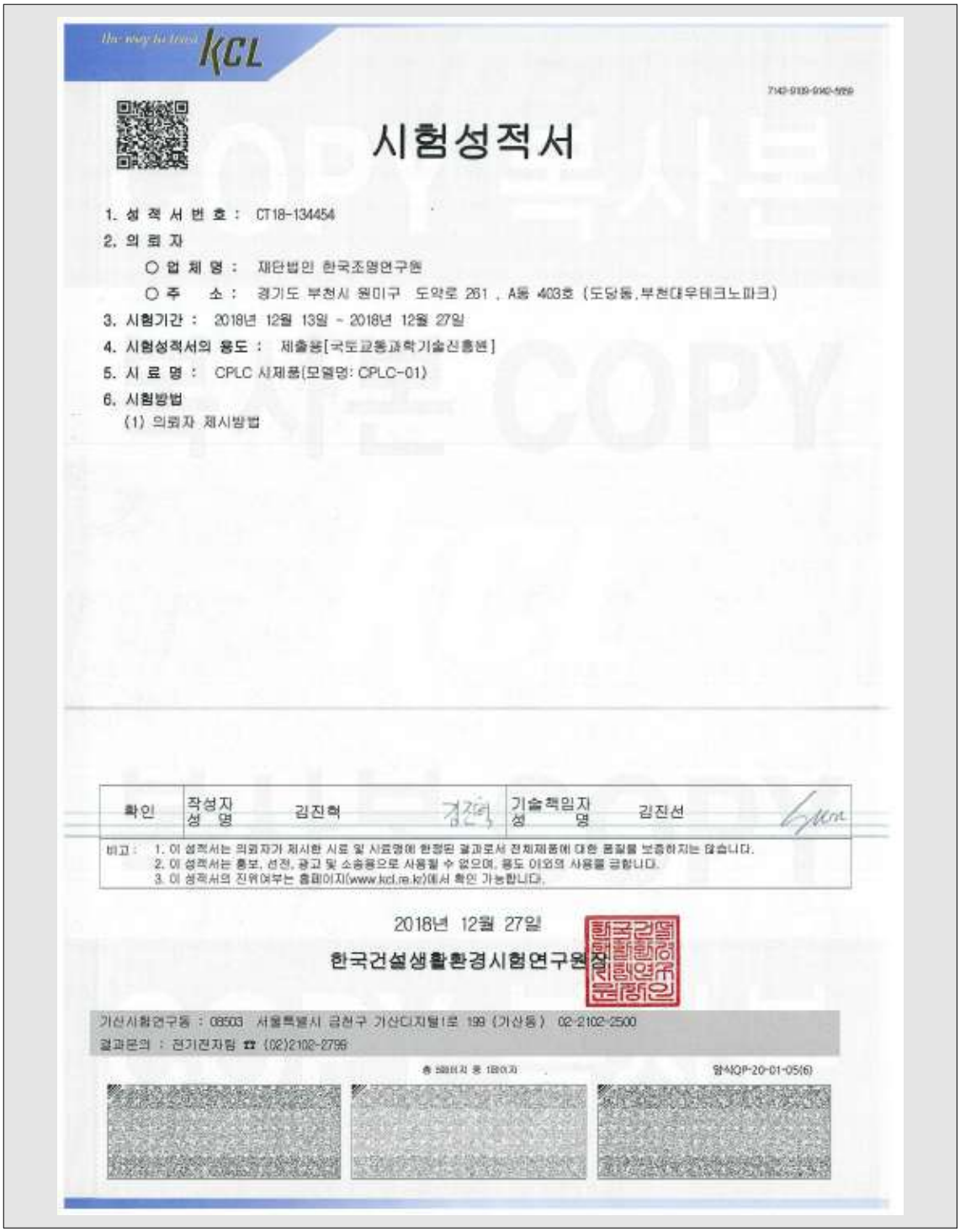


[조도 측정]

■ 평가항목 :

1. CPLC 디밍제어 동작(전력 측정) : 5단계 제어 동작 확인 하였음.
2. CPLC 디밍제어 동작(조도 측정) : 5단계 제어 동작 확인 하였음.

[시험성적서 첨부 page 1 of 5]



KCL

시험성적서

1. 성 적 서 번 호 : CT18-134454
2. 의 뢰 자
   ○ 업 체 명 : 재단법인 한국조명연구원
   ○ 주 소 : 경기도 부천시 원미구 도약로 261 , A동 403호 (도당동,부천대우테크노파크)
3. 시험기간 : 2018년 12월 13일 ~ 2018년 12월 27일
4. 시험성적서의 용도 : 제출용[국토교통과학기술진흥원]
5. 시 료 명 : CPLC 시제품(모델명: CPLC-01)
6. 시험방법
   (1) 의뢰자 제시방법

확인	작성자 성 명	김진학	기술책임자 성 명	김진선

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.

2018년 12월 27일

한국건설생활환경시험연구원장

가산시험연구동 : 08503 서울특별시 금천구 가산디지털1로 199 (가산동) 02-2102-2500
결과문의 : 전기전자팀 ☎ (02)2102-2799

양식QP-20-01-05(6)

SAMPLE COPY

시험성적서

성적서번호 : CT1B-134454

7. 시험결과

시험항목	단위	시험방법	시험결과			시험환경
			시험조건		측정값	
소비전력	W	의뢰자 제시방법	LED 등기구 4개 사용	1단계(100%)	42.1	(25 ± 3) ℃, (45 ± 15) % R.H.
				2단계(50%),	35.2	
				3단계(20%),	22.1	
				4단계(10%),	15.7	
				5단계(off(0%))	8.0	
조도	lx		LED 등기구 1개(백색) 사용	1단계(100%)	265	
				2단계(50%),	201	
				3단계(20%),	106	
				4단계(10%),	57	
				5단계(off(0%))	0	

비고

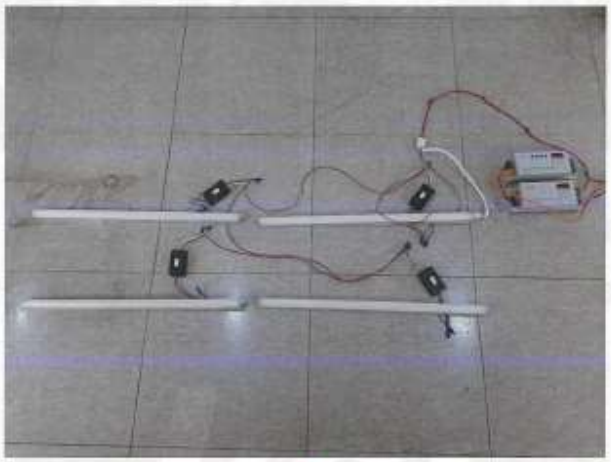
1. 의뢰자 제시방법: 시험품에 AC 220 V, 60 Hz 의 전원을 공급한 후 작동단계별 소비전력 및 조도를 측정한다.
   - 소비전력 측정 시: LED등기구는 4개 사용하여 측정
   - 조도 측정 시: LED등기구 1개 사용하여 측정
2. 시료정보
- 제조사: (주)유니텍스 / 경기도 성남시 중원구 사기막골로 124(상대원동) SKN테크노파크 메가동 314호
- 품목: CPLC 시제품
- 모델명: CPLC-02
- 정격: 220 V~, 60 Hz, 40 W

KCL

시험성적서

성적서번호 : CT18-134454

8. 시료 사진











KCL

시험성적서

성적서번호 : CT18-134454

8. 작동 사진



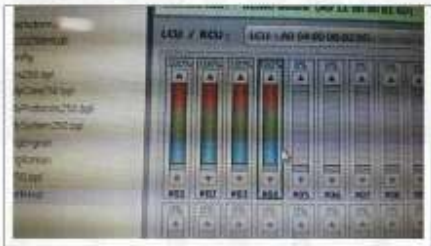




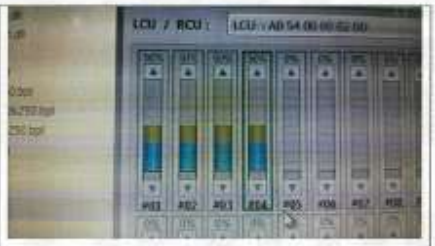
시험성적서

성적서번호 : CT18-134454

9. 디밍 조절 장면



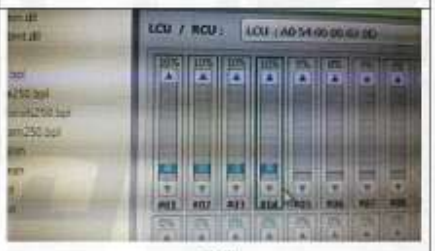
100 %



50 %



20 %



10 %



0%

--- 이 하 여 백 ---

■ 평가항목 :

1. 소비전력(실증시험) : 쌍문역 - 수유역 구간의 조명제어 실증시 에너지로거로 전력량 측정을 진행한 결과 조명제어 실시 전 대비 전체 전력량 절감률 46.8%로 측정 되었음. 수유역 구간의 경우는 53.7%의 절감률을 보였음.
2. 조도 제어 확인(실증시험) : 실증시험시 디밍 제어를 적용 하지 않는 패턴을 적용하였기 때문에, 점등상태(100%) 에서 조도를 측정 하였음. 이번 실증시험의 제어와는 무관하게 터널내의 조명설치가 잘 못되어 있어 등기구 사이의 조도값이 목표치(10 lx 이상) 및 철도터널기준치(5 lx ~ 10 lx) 보다 낮은 암지대가 발생하였음.
3. 소비전력 감시 기능(유지보수용) 확인(실증시험) : 소비전력 감시 기능의 동작이 정상 작동하는 것을 확인하였음.

[시험성적서 첨부 page 1 of 7]



Korea Institute of Lighting Technology
KILT 한국조명연구원

성적서 번호
Report No.
KILT1812-F06997

시 험 성 적 서

1. 의뢰자
 ○ 회 사 명 : (주)유니룩스
 ○ 주 소 : 경기도 성남시 중원구 사기막골로 124 (상대원동) SKN테크노파크 메가동 314호
 ○ 접수일자 : 2018. 01. 02
2. 성적서 용도 : 제출용 [국토교통과학기술진흥원]
3. 시험 규격/항목 : 의뢰자 제시 규격 / 소비전력(전력량), 조도제어 확인, 소비전력 감시기능 동작 확인
4. 시험 기간 : 2018. 07. 05 ~ 2018. 07. 20
5. 시험 환경
 ○ 온도 : (24 ± 3) ℃
 ○ 습도 : (45 ± 20) % R.H.
6. 시험 결과 : 시험결과 참조

시료정보
품 목 : CPLC 시제품(실증시험용)
모델명 : -
정 격 : 220 V, 60 Hz

비고 1. 이 성적서의 시험결과는 시험 의뢰자가 제공한 시료에 한하며, 시험성적서는 용도 이외의 사용을 금합니다.
2. 한국조명연구원의 사전 승인 없이 이 성적서의 일부를 복제하여 사용할 수 없습니다.
3. KILT 한공표시가 없는 성적서는 원본이 아닙니다.
4. 성적서 진위확인을 위해서는 아래의 연락처로 연락주시기 바랍니다.

시 험 자 박 종 빈
기술책임자 서 철 호

2018. 12. 21

한 국 조 명 연 구 원 장

(14520) 경기도 부천시 도약로 261 대성테크노파크 A-403
TEL : 032-670-8888, FAX : 032-670-8889

양식-KILT-P-20-01B page 1 of 7 한국조명연구원(KILT)

Korea Institute of Lighting Technology
KILT 한국조명연구원

성적서 번호 Report No.
KILT1812-F06997

시 험 결 과

1.1 시험결과 : 소비전력(전력량)

시험항목	시험방법 및 기준치	단위	시험결과	비고
소비전력 (전력량)	실증시험 장소에 설치된 조명설비의 상시 점등시 전력량을 측정한 값 (측정일시 : 2018. 07. 05. 목, 05:30 ~ 24:00)	kWh	23.329	· 측정장소 : 쌍문역 조명설비 제어반
	실증시험 장소에 설치된 조명설비의 상시 점등시 전력량을 측정한 값 (측정일시 : 2018. 07. 06. 금, 05:30 ~ 24:00)	kWh	23.33	
	실증시험 장소에 설치된 조명설비의 상시 점등시 전력량을 측정한 값 (측정일시 : 2018. 07. 07. 토, 05:30 ~ 24:00)	kWh	23.334	
	실증시험 장소에 설치된 조명설비의 상시 점등시 전력량을 측정한 값 (측정일시 : 2018. 07. 08. 일, 05:30 ~ 24:00)	kWh	23.34	
소비전력 (전력량)	실증시험 장소에 설치된 조명설비를 조명제어시스템의 조명제어 동작시 전력량을 측정한 값 (측정일시 : 2018. 07. 12. 목, 05:30 ~ 24:00)	kWh	14.285	· 측정장소 : 쌍문역 조명설비 제어반
	실증시험 장소에 설치된 조명설비를 조명제어시스템의 조명제어 동작시 전력량을 측정한 값 (측정일시 : 2018. 07. 13. 금, 05:30 ~ 24:00)	kWh	14.106	
	실증시험 장소에 설치된 조명설비를 조명제어시스템의 조명제어 동작시 전력량을 측정한 값 (측정일시 : 2018. 07. 14. 토, 05:30 ~ 24:00)	kWh	13.662	
	실증시험 장소에 설치된 조명설비를 조명제어시스템의 조명제어 동작시 전력량을 측정한 값 (측정일시 : 2018. 07. 15. 일, 05:30 ~ 24:00)	kWh	14.084	
소비전력 (전력량)	실증시험 장소에 설치된 조명설비의 상시 점등시 전력량을 측정한 값 (측정일시 : 2018. 07. 05. 목, 05:30 ~ 24:00)	kWh	16.433	· 측정장소 : 수유역 조명설비 제어반
	실증시험 장소에 설치된 조명설비의 상시 점등시 전력량을 측정한 값 (측정일시 : 2018. 07. 06. 금, 05:30 ~ 24:00)	kWh	16.429	
	실증시험 장소에 설치된 조명설비의 상시 점등시 전력량을 측정한 값 (측정일시 : 2018. 07. 07. 토, 05:30 ~ 24:00)	kWh	16.441	
	실증시험 장소에 설치된 조명설비의 상시 점등시 전력량을 측정한 값 (측정일시 : 2018. 07. 08. 일, 05:30 ~ 24:00)	kWh	16.443	
소비전력 (전력량)	실증시험 장소에 설치된 조명설비를 조명제어시스템의 조명제어 동작시 전력량을 측정한 값 (측정일시 : 2018. 07. 12. 목, 05:30 ~ 24:00)	kWh	7.935	· 측정장소 : 수유역 조명설비 제어반
	실증시험 장소에 설치된 조명설비를 조명제어시스템의 조명제어 동작시 전력량을 측정한 값 (측정일시 : 2018. 07. 13. 금, 05:30 ~ 24:00)	kWh	7.807	
	실증시험 장소에 설치된 조명설비를 조명제어시스템의 조명제어 동작시 전력량을 측정한 값 (측정일시 : 2018. 07. 14. 토, 05:30 ~ 24:00)	kWh	7.249	
	실증시험 장소에 설치된 조명설비를 조명제어시스템의 조명제어 동작시 전력량을 측정한 값 (측정일시 : 2018. 07. 15. 일, 05:30 ~ 24:00)	kWh	7.436	

※ 본 시험은 의뢰자가 제시한 실증시험 장소(서울메트로 4호선 쌍문역 - 수유역 지하터널 구간)의 조명설비 제어반에서 전력량을 측정한 결과입니다.

Korea Institute of Lighting Technology
KILT 한국조명연구원

성적서 번호 Report No.
KILT1812-F06997

시 험 결 과

1.2 시험사진 : 소비전력(전력량)

[측정 전경]



[쌍문역 - 조명설비 제어반(조명제어시스템)]



[수유역 - 조명설비 제어반(조명제어시스템)]



[열차위치(폐색) 모니터링 및 인터페이스 시스템]



[열차위치(폐색) 모니터링 및 인터페이스 시스템 화면]

[터널구간 전경]



[쌍문역 - 지하터널 구간]



[수유역 - 지하터널 구간]

Korea Institute of Lighting Technology
KILT 한국조명연구원

성적서 번호 Report No.
KILT1812-F06997

시 험 결 과

2.1 시험결과 : 조도제어 확인

시험 항목	시험방법 및 기준치	단위	시험 결과	비고
조도	실증시험 장소에 10 m 간격으로 설치된 조명설비의 조명제어 동작(점등상태)시 조도를 측정한 값 (측정위치 : 조명설비 설치 시작점, 측정면에서 광원부의 높이 : 4 m)	lx	35.9	· 측정장소 : 쌍문역 - 수유역 지하터널 구간 · 측정일시 : 2018. 07. 20. 금, 04:00 ~ 05:00
	실증시험 장소에 10 m 간격으로 설치된 조명설비의 조명제어 동작(점등상태)시 조도를 측정한 값 (측정위치 : 조명설비 간 5 m 지점, 측정면에서 광원부의 높이 : 4 m)	lx	11.5	
	실증시험 장소에 10 m 간격으로 설치된 조명설비의 조명제어 동작(점등상태)시 조도를 측정한 값 (측정위치 : 조명설비 설치 종료점, 측정면에서 광원부의 높이 : 4 m)	lx	33.7	
	실증시험 장소에 15 m 간격으로 설치된 조명설비의 조명제어 동작(점등상태)시 조도를 측정한 값 (측정위치 : 조명설비 설치 시작점, 측정면에서 광원부의 높이 : 4 m)	lx	32.6	
	실증시험 장소에 15 m 간격으로 설치된 조명설비의 조명제어 동작(점등상태)시 조도를 측정한 값 (측정위치 : 조명설비 간 7.5 m 지점, 측정면에서 광원부의 높이 : 4 m)	lx	3.0	
	실증시험 장소에 15 m 간격으로 설치된 조명설비의 조명제어 동작(점등상태)시 조도를 측정한 값 (측정위치 : 조명설비 설치 종료점, 측정면에서 광원부의 높이 : 4 m)	lx	34.8	
	실증시험 장소에 20 m 간격으로 설치된 조명설비의 조명제어 동작(점등상태)시 조도를 측정한 값 (측정위치 : 조명설비 설치 시작점, 측정면에서 광원부의 높이 : 4 m)	lx	34.7	
	실증시험 장소에 20 m 간격으로 설치된 조명설비의 조명제어 동작(점등상태)시 조도를 측정한 값 (측정위치 : 조명설비 간 10 m 지점, 측정면에서 광원부의 높이 : 4 m)	lx	0.9	
	실증시험 장소에 20 m 간격으로 설치된 조명설비의 조명제어 동작(점등상태)시 조도를 측정한 값 (측정위치 : 조명설비 설치 종료점, 측정면에서 광원부의 높이 : 4 m)	lx	31.7	

※ 본 시험은 의뢰자가 제시한 실증시험 장소(서울메트로 4호선 쌍문역 - 수유역 지하터널 구간)의 조도를 측정한 결과입니다.

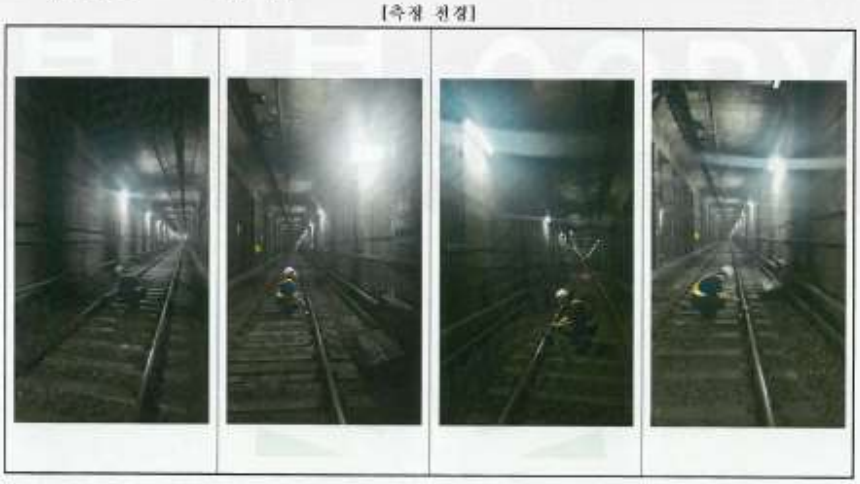
Korea Institute of Lighting Technology
한국조명연구원

성적서 번호 Report No.
KILT1812-F06997

시 험 결 과

2.2 시험사진 : 조도제어 확인

[측정 전경]



[터널구간 전경]



[쌍문역 - 지하터널 구간]



[수유역 - 지하터널 구간]

Korea Institute of Lighting Technology
KILT 한국조명연구원

성적서 번호 Report No.
KILT1812-F06997

시 험 결 과

3.1 시험결과 : 소비전력 감시기능 동작 확인

시험항목	시험방법 및 기준치	단위	시험결과	비고
소비전력 감시기능 동작확인	실증시험 장소에 설치된 조명설비 설치 구간의 점등·소등에 따른 조명제어시스템에서의 조명전력 감시기능의 동작 상태를 확인 (동작상태 : 쌍문역 제어 구간 전체 조명설비 점등시)	-	첨부 문서 참조 (7 페이지)	· 측정장소 : 쌍문역 - 수유역 지하터널 구간 · 측정일시 : 2018. 07. 20. 금, 01:00 ~ 02:00)
	실증시험 장소에 설치된 조명설비 설치 구간의 점등·소등에 따른 조명제어시스템에서의 조명전력 감시기능의 동작 상태를 확인 (동작상태 : 쌍문역 제어 구간 1-1 조명설비 소등시)	-	첨부 문서 참조 (7 페이지)	
	실증시험 장소에 설치된 조명설비 설치 구간의 점등·소등에 따른 조명제어시스템에서의 조명전력 감시기능의 동작 상태를 확인 (동작상태 : 쌍문역 제어 구간 1-1, 1-2 조명설비 소등시)	-	첨부 문서 참조 (7 페이지)	
	실증시험 장소에 설치된 조명설비 설치 구간의 점등·소등에 따른 조명제어시스템에서의 조명전력 감시기능의 동작 상태를 확인 (동작상태 : 쌍문역 제어 구간 1-1, 1-2, 2-1 조명설비 소등시)	-	첨부 문서 참조 (7 페이지)	
	실증시험 장소에 설치된 조명설비 설치 구간의 점등·소등에 따른 조명제어시스템에서의 조명전력 감시기능의 동작 상태를 확인 (동작상태 : 쌍문역 제어 구간 1-1, 1-2, 2-1, 2-2 조명설비 소등시)	-	첨부 문서 참조 (7 페이지)	

※ 본 시험은 의뢰자가 제시한 실증시험 장소(서울메트로 4호선 쌍문역 - 수유역 지하터널 구간)의 조명설비 제어반에서 조명제어시스템의 동작 상태를 확인한 결과입니다.

Korea Institute of Lighting Technology
KILT 한국조명연구원

성적서 번호 Report No.
KILT1812-F06997

시 험 결 과

3.2 시험사진 : 소비전력 감시기능 동작 확인

[측정 전경]

제어구분	조명제어시스템 동작 제어 화면	조명제어시스템 감시기능 동작 확인
전체 점등시		
1-1 소등		
1-1, 1-2 소등		
1-1, 1-2, 2-1 소등		
1-1, 1-2, 2-1, 2-2 소등		

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

가. 성과 목표

○ 성과점검 기준표

구분	핵심성과 (CTE)		단위성과		성과점검기준						양적 성과 건수
					질적 성과지표		목표치	달성치	측정방법	검증방법	가중치	
주관	1	터널 조명 에너지 절감	1-1	제어방식 제안	①	on/off	20 % 절감	-	시뮬레이션	보고서	20	특허 : 출원 건 등록 건 논문 : 2 건 시제품 : 건 S/W : 건
					②	조광	15 % 절감	-	시뮬레이션	보고서	10	
					③	on/off + 조광	18 % 절감	-	시뮬레이션	보고서	10	
			1-2	제어방식의 에너지 절감 효과 검증	①	on/off	20 % 절감	-	실측	실측	10	특허 : 출원 1 건 등록 건 논문 : 2 건 시제품 : 0 건 S/W : 1 건 공인 시험기관 성적서 2 건
					②	조광	15 % 절감	-	실측	실측	10	
					③	on/off + 조광	18 % 절감	-	실측	실측	10	
공동	2	폐색신호에 의한 조명 제어신호 발생	2-1	폐색신호에 의한 조명 제어신호 발생	①	신호변환	오차발생률 0 %	-	실측	실측	30	특허 : 출원 건 등록 건 논문 : 건 시제품 : 1 건 S/W : 건
계											100	특허 : 출원 1 건 등록 건 논문 : 4 건 시제품 : 1 건 S/W : 1 건 공인 시험기관 성적서 1 건

나. 목표 달성 여부

성과지표	최소 성과 목표	달성 성과 목표	달성률
SCI(E)급 학술지 게재			
일반학술지게재	4건	4건	100 %
국내외 논문 발표	-	7건	추가 달성
특허출원	1건	1건	100 %
특허등록	-		
디자인 등록	공인 시험기관 시험성적 1건	공인시험기관 시험성적서 3건	300 %
소프트웨어		S/W 등록 1건	추가 달성
시제품	시제품 1건	시제품 1건	100 %
하드웨어			
기타			
에너지 절감	20 %	56 %	280 %
신호변환 오차 발생률	0 %	0 %	100 %

1) 에너지 절감 확인

쌍문 - 수유 터널구간의 실증시험에서 측정한 전력량을 토대로 에너지 절감을 확인했음. 우선, 기존의 시스템인 상시점등 상태에서 차량 운해시간에 대한 에너지 사용량을 확인하기 위해, 실증시험 전 측정을 실시하였음. 평일과 주말, 공휴일의 열차 운행 대수가 다르기 때문에 평일 2일과 주말 2일의 데이터를 확보했음. 쌍문과 수유역 각각 데이터가 존재하는 이유는, 터널 구간의 조명이 절반으로 나뉘어 각 역에서 전력을 공급하기 때문임.

1. 평균전압(v) : 216~217(상별 상이)/ 역률 :0.95~0.96(상별상이)
2. 조명수량: 73개/ 제어수량 : 69개
3. 조명 1개당 17.27 W

부하 2 A = 8.14

구분	역구분	측정월일	요일	측정시간(한국)	전력량(kWh)	부하 제외 전력량 (kWh)
상시점등	쌍문	07월 05일	목	5시 30분-24시	23.329	15.189
상시점등	쌍문	07월 06일	금	5시 30분-24시	23.33	15.19
상시점등	쌍문	07월 07일	토	5시 30분-24시	23.334	15.194
상시점등	쌍문	07월 08일	일	5시 30분-24시	23.34	15.2
상시점등	수유	07월 05일	목	5시 30분-24시	16.433	
상시점등	수유	07월 06일	금	5시 30분-24시	16.429	
상시점등	수유	07월 07일	토	5시 30분-24시	16.441	
상시점등	수유	07월 08일	일	5시 30분-24시	16.443	

구분	역구분	측정월일	요일	측정시간(한국)	전력량(kWh)	
점등제어시	쌍문	07월 12일	목	5시 30분-24시	14.285	6.145
점등제어시	쌍문	07월 13일	금	5시 30분-24시	14.106	5.966
점등제어시	쌍문	07월 14일	토	5시 30분-24시	13.662	5.522
점등제어시	쌍문	07월 15일	일	5시 30분-24시	14.084	5.944
점등제어시	수유	07월 12일	목	5시 30분-24시	7.935	
점등제어시	수유	07월 13일	금	5시 30분-24시	7.807	
점등제어시	수유	07월 14일	토	5시 30분-24시	7.249	
점등제어시	수유	07월 15일	일	5시 30분-24시	7.426	

〈소비 전력량 실측 데이터〉

측정 당시, 쌍문역 구간의 전력선에 조명 이외의 2 A 부하가 접속되어 있었기 때문에, 2 A에 대한 소비전력량을 제외하고 절감률을 확인했음.

	측정시간(h)	요일	전력량(kWh)	전력량(kWh)		
상시점등	18.5	목	31.622	평일 평균	상시제어 한달 평균 (kWh)	948.763
		금	31.619	**31.6205**		
		토	31.635	주말 평균		
		일	31.643	**31.639**		
점등제어		목	14.08	평일 평균		
		금	13.773	**13.9265**	점등제어 한달 평균 (kWh)	410.947
		토	12.771	주말 평균		
		일	13.37	**13.0705**		

한달 = 평일 22 + 주말 8일
전기요금 = 1kWh 당 100 원

상시 - 제어 (kWh)
537.82

한달 전기요금 절감량(원)
53,782

절감률 (%) (상시-제어)/상시 x 100
56.69

1년 전기요금 절감량(원)
645,379

〈점등제어시 절감량 비교〉

주간 에너지 절감량은 평일 5일 + 주말 2일 = 7일, 한 달 30일로 확장했을 시, 평일 22 주말 8일로 계산했음.

한달 평균 소비 전력량은, 상시점등시에 약 949 kWh이고, 조명 제어시에는 약 411 kWh이다. 따라서 절감률은 약 56.7 %이다. 시뮬레이션의 70 %와 차이가 나는 이유는, 러시아워 등의 소요로 인해 열차와 열차 사이의 간격이 좁아 점등 시간이 늘어나는 상황을 제외했기 때문으로 보인다.

최초 목표로 설정했던 에너지 사용량 20 % 절감을 훨씬 상회하는 값을 도출함.

투자 대비 회수기간을 확인하면 다음과 같다. 조명 제어 유닛인 LCU 가 R, S, T 각 상별로 설치해야 하기 때문에 총 3 개의 LCU를 사용했다. 만약, 조명기구가 1개의 상에 설치된다면, LCU는 1개로 충분하다. 이외에, 폐색 신호를 수신하여 조명제어 장치로 통신하는 VPN 서버와 이 신호를 처리하는 MCU가 각각 설치되었다.

실증 시험에 사용한 비용으로 투자 대비 회수기간을 따져보면, 약 16.3 년의 기간이 걸릴 것으로 예상된다. 따라서, 향후 3상 통합형 LCU 개발과 함께 비용절감을 위한 추가적 연구개발이 필요할 것으로 보인다.

	설치비용		
품목	수량	개당 가격	총 가격
노드	70	15,000	1,050,000
MCU	1	1,500,000	1,500,000
LCU	3	1,000,000	3,000,000
VPN Server	1	5,000,000	5,000,000
		Total	10,550,000

적용 예시
실제로 적용하게 된다면, 1 개 역사에서 1 set의 조명 제어 기기를 설치하게 되고, 그로 인한 투자대비 회수기간은 옆의 표와 같다.

투자대비 회수기간	
16.3	년

〈투자회수 기간 분석〉

위 의 항목에서, MCU와 LCU를 통합하여 하나의 제어시스템을 만드는 것을 전제로, 후속 연구를 진행할 예정이며, VPN 서버 역시 통합 시스템에 탑재하는 형식으로 개발할 예정이다.

	설치비용		
품목	**수량(개)**	**개당 가격(원)**	**총 가격 (원)**
노드	70	10,000	700,000
통합형	1	4,000,000	4,000,000
Total			4,700,000

적용 예시
1개 역사에서 통합형 제어장치를 통해서 제어하고, 이러한 제어장치를 대량으로 생산할 경우 생산단가를 낮추어 회수기간을 줄일 수 있음.

투자대비 회수기간(년)
7.3

〈통합형 투자회수 기간 분석〉

유지보수 비용을 제외하고 생각했을 때, 통합형 제어장치를 개발 하고, 지하철 1개 노선 혹은 전 구간 등으로 확장시킨다면, 투자 대비 회수기간을 줄일 수 있을 것으로 보인다. 이 기간은 조명기구의 하자 보증기간인 7년까지 줄어들 수 있을 것으로 예상되며, 본 과제를 통해 개발된 기초원천기술과 통합관제 구현이 가능한 조명관제시스템까지 개발이 이루어진다면, ROI 및 관리적 측면에서 효율적 유지관리를 할 수 있을 것으로 예상된다.

추가적으로, 유지보수 절감비용을 확인했을 때, 기존의 시스템과 대비하여 추가적으로 절감할 수 있는 부분은

1. 고장검출을 통한 유지보수 인건비 절감
2. 램프 소등시간이 늘어남에 따른 램프 수명 증가로 인한 교체비용 절감

이다.

1 번 항목의 고장 검출 기능으로 인해, 기존에 조명기구 고장여부를 연 2회 인력을 사용하여 수동적으로 확인하던 비용을 연 1회로 줄일 수 있다. 연 1회로 줄인 이유는 고장이 검출 되었을 때 인건비가 소모되는 경우 때문이다. 2 번 항목의 램프 수명증가는 기존 대비 약 3년의 수명이 증가했다. 형광램프와 달리, LED 조명기구는 on/off 의 횟수가 늘어나도 램프 수명에 영향을 미치지 않는다. 따라서, 잦은 점소등이 문제가되지 않는다. 또한, 소등 시간이 늘어남에 따라 램프의 수명이 증가했고, 이에 따라 교체주기가 늘어남으로써 연간 교체 비용이 해당 시험 구간에 300,300원, 3년 총합 900,900원이 발생했다.

이를 표로 정리하면, 다음과 같다.

	설치비용				적용 예시
품목	수량(개)	개당 가격(원)	총 가격 (원)		1개 역사에서 통합형 제어장치를 통해서 제어하고, 이러한 제어장치를 대량으로 생산할 경우 생산단가를 낮추어 회수기간을 줄일 수 있음.
노드	70	10,000	700,000		
통합형	1	4,000,000	4,000,000		
Total			4,700,000		
					투자대비 회수기간(년)
					7.3

	유지보수 절감 비용					(야간=*1.5)	인건비(원)
품목	인원	금액(원)	횟수	연간 비용		반장	229779
인건비	반장+인부	229779+188141	연 1회	417,920		인부	188141
Total				417,920			
램프수명증가	연1430 원	3년 증가	70 개	고정비용			900,900

누적 절감 비용 (원)						
연차	설치비	램프수명증가액	유지보수 절감액	전기요금 절감액	절감비용 합	차익
1	4,700,000	900,900	417,920	645,379	1,964,199	- 2,735,801
2	4,700,000	900,900	835,840	1,290,758	3,027,498	- 1,672,502
3	4,700,000	900,900	1,253,760	1,936,138	4,090,798	- 609,202
4	4,700,000	900,900	1,671,680	2,581,517	5,154,097	454,097
5	4,700,000	900,900	2,089,600	3,226,896	6,217,396	1,517,396
6	4,700,000	900,900	2,507,520	3,872,275	7,280,695	2,580,695
7	4,700,000	900,900	2,925,440	4,517,654	8,343,994	3,643,994

〈유지보수 비용을 포함한 비용차익〉

추세 그래프를 확인하면 다음과 같다.

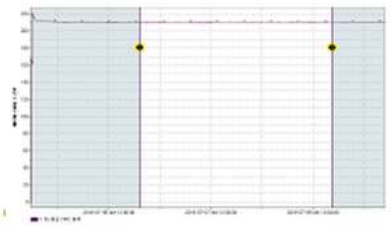
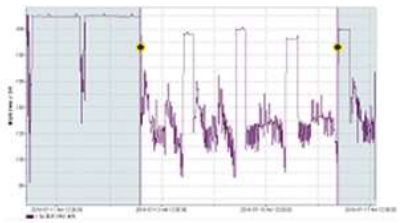


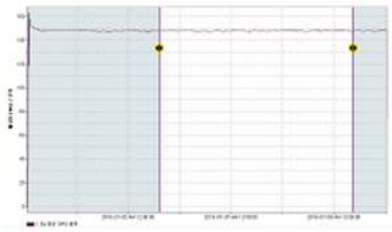
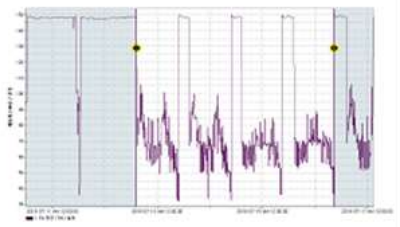
〈연차별 비용차익〉

유지보수 비용을 포함해서 생각했을 때, 현재 설치비용 4,700,000원에서, 램프 수명 증가액 3년분을 고정비용으로 제외하고, 연간 유지보수 비용 절감액과 전기요금 절감액을 합하여 설치비용에서 제외하게 되면, 약 3.57년의 투자회수기간이 산정된다.

위의 산출에서 사용된 인건비(반장과 인부)는 2019년 표준 노무비를 참고하였다.

2) 실측 결과를 토대로 노선 확장 분석.

구분/제어구분	측정일시	전력량	측정그래프
수유-쌍문 (쌍문 계측) / 상시 점등시	2018.07.05.(목) 05:30 ~ 2018.07.08.(일) 24:00 (장비 시간은 UTC 기준임)	유효 에너지, 순방향 114.132 kWh 유효 에너지, 역방향 0.000 kWh 총 유효 에너지 114.132 kWh 최대 수요 1.274 kW 2018-07-08 AM 4:20:00 토폴로지: 3-ph Wye 시작 날짜: 2018-07-05 PM 2:30:00 종료: 2018-07-09 AM 9:00:00 Duration: 3일 18시 30분 0초 수요 간격: 10분 수요 간격 수: 543 비용: 0.1$/kWh, 순방향; 0$/kWh, 역방향	
수유-쌍문 (쌍문 계측) / 조명제어시	2018.07.12.(목) 05:30 ~ 2018.07.15.(일) 24:00 (장비 시간은 UTC 기준임)	유효 에너지, 순방향 74.285 kWh 유효 에너지, 역방향 0.000 kWh 총 유효 에너지 74.285 kWh 최대 수요 1.210 kW 2018-07-14 PM 1:10:00 토폴로지: 3-ph Wye 시작 날짜: 2018-07-12 PM 2:30:00 종료: 2018-07-16 AM 9:00:00 Duration: 3일 18시 30분 0초 수요 간격: 10분 수요 간격 수: 543 비용: 0.1$/kWh, 순방향; 0$/kWh, 역방향	

구분/제어구분	측정일시	전력량	측정그래프
수유-쌍문 (수유 계측) / 상시 점등시	2018.07.05.(목) 05:30 ~ 2018.07.08.(일) 24:00 (장비 시간은 UTC 기준임)	유효 에너지, 순방향 80.382 kWh 유효 에너지, 역방향 0.000 kWh 총 유효 에너지 80.382 kWh 최대 수요 893.2 W 2018-07-08 AM 1:30:00 토폴로지: 3-ph Wye 시작 날짜: 2018-07-05 PM 2:30:00 종료: 2018-07-09 AM 9:00:00 Duration: 3일 18시 30분 0초 수요 간격: 10분 수요 간격 수: 543 비용: 0.1$/kWh, 순방향; 0$/kWh, 역방향	
수유-쌍문 (수유 계측) / 조명제어시	2018.07.12.(목) 05:30 ~ 2018.07.15.(일) 24:00 (장비 시간은 UTC 기준임)	유효 에너지, 순방향 43.864 kWh 유효 에너지, 역방향 0.000 kWh 총 유효 에너지 43.864 kWh 최대 수요 901.2 W 2018-07-14 AM 10:10:00 토폴로지: 3-ph Wye 시작 날짜: 2018-07-12 PM 2:30:00 종료: 2018-07-16 AM 9:00:00 Duration: 3일 18시 30분 0초 수요 간격: 10분 수요 간격 수: 543 비용: 0.1$/kWh, 순방향; 0$/kWh, 역방향	

현장 실증시험 실측 결과를 토대로 절감률을 확인했다. 위의 나-1) 절에서 언급한 절감률 과 같이 56 % 이상의 절감률을 달성했다. 이는 한달 평균치이다.

본 연구개발 과제를 수행함에 있어 사전 조사 및 해외 사례를 조사하였으나, 터널구간의 조명제어를 통한 에너지 절감 사례는 찾아보기 힘들었다. 그에 대한 가장 큰 이유는 '한국을 제외한 다른 나라에서는 터널구간에 LED 조명기구를 사용하지 않는다.' 에 있다. 형광램프 및 기타 전통광원을 사용한 조명 시스템에도 당연히 제어를 실시할 수 있지만, 잦은 점소등을 비롯한 제어 때문에 램프의 수명이 줄어드는 손실이 발생하게 된다. 따라서 LED 조명이 아니면 제어를 통한 이점을 크게 가질 수 없는 부분이 있다. 하지만 정부 주관으로 전체 조명을 LED로 교체한 우리나라의 경우에는 보다 쉽게 제어를 실시할 수 있고, 그로인해 수명이 짧아지는 손해는 피할 수 있다.

현재 지하철 터널구간의 구성은 각 구간이 대동소이하다. 폐색 구간의 개수나 길이의 차이만 있을 뿐이다. 그렇기 때문에, 각 폐색 구간별 위치를 확인할 수 있는 시점에서 전방의 시야 확보를 위한 조명기구의 개수(조명기구의 간격은 일정하다)만 개별 어드레스를 통해 제어해주기만 하면 된다. 물론, 각 구간마다의 폐색구간의 길이를 알아야 할 필요가 있지만, 조명 어드레스 매핑을 통해 같은 알고리즘으로 적용할 수 있다.

그렇기 때문에 이를 서울메트로의 5 ~ 8호선으로 확장하여 효과를 분석했을 때, 조명기구 설치수량은 약 22,603개, 소비 전력량은 384,251 kWh, 연간 사용시간은 7,665 시간 이 된다.
뿐만 아니라, 에너지 절감량과 절감 금액을 비롯하여 온실가스 절감량 및 CO2 흡수량을 따졌을 때 아래와 같은 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

구 분	소비전력 (W/개)	설치수량 (개)	전력량 (kWh)	사용시간 (h/yr)	연간전력량 (kWh)	전력단가 (원/kWh)	사용금액 (천원)
형광등기구	32	22,603	723,296	7,665	5,544,064	107.41	595,487
LED 조명기구	17	22,603	384,251	7,665	2,945,284	107.41	316,353
조명제어 시스템 적용후	17	22603	219,023	7,665	1,678,811	107.41	180,321
LED 조명 교체시 에너지 절감량 (kWh)/yr)	= 절감 전력량(kWh/년) = 전력량(형광등기구/교체전) – 전력량(LED 조명기구/교체후) = 5,544,064 kWh – 2,945,284 kWh = 2,598,780 kWh						
조명제어 시스템 적용후 에너지 절감량 (kWh)/yr	= 절감 전력량(kWh/년) = 전력량(형광등기구/교체전) – (전력량(LED 조명기구/교체후) x 0.57(조명제어로 인한 에너지 감소계수)) = 5,544,064 kWh – (2,945,284 kWh x 0.57) = 3,865,252 kWh						
절감 금액 (천원/년)	= 에너지 절감량(kWh/yr) x 전력단가(Won/kWh) = 3,865,252 kWh x 107.41 원/kWh = 415,167천원						
온실가스 절감량 (kgCO2/년)	= CO_2 배출절감(kg) = 에너지 절감량 x 배출계수 = 3,865,252 kWh x 0.4716 kgCO_2/kWh = 1,822,853 kgCO_2/yr						
나무 심는 효과 (그루)	= 1,822,853 (kgCO_2/yr) / 5 (kgCO_2/yr) = 364,571 그루(소나무 30년생)						
※ 소나무(30년생) 한 그루당 CO_2 흡수량 : 5 (kgCO_2/yr)[1]							

〈서울메트로 5 ~ 8 호선 터널구간 설비 및 절감 효과 분석〉

3) 폐색 신호수집 및 신호변환 오차율 발생 확인

실증시험시에 각 역의 신호실에서 폐색 신호를 수집하였다. 열차의 위치정보를 확인하고, 이 신호를 조명제어 유닛으로 VPN을 거친 보안통신을 실시하였고, 실증시험을 위한 사전 준비 상황에서, LAN 포트가 닫혀있는 등의 사소한 문제가 발생하였으나 교통공사의 협조를 통해 해결되었다. 실증 시험에서는 실제로 열차가 운행되고 있기 때문에 시스템에 결함이 생기면 치명적일 수 있으므로 사전 테스트를 거듭 진행하였다. 사전 테스트의 방법은 다음과 같다.

1) 폐색정보 수집장치와 조명제어장치를 모두 설치하고, 상시점등 상태로 운행한다.
2) 운행중인 열차의 폐색 신호를 수신하여, 레코딩을 실시한다.
3) 열차운행이 종료된 시점 이후로, 레코딩 된 신호를 전송한다. 이 때 1)의 시스템은 '상시점등' 상태가 아닌, 'on/off' 제어 상태로 설정한다.
4) 연구자들이 각 폐색구간 별로 위치하여 무전기 등 통신 기구를 통해 실제 열차 진행에 따른 제어가 실시되는지 확인한다.
5) 러시아워나, 그보다 더 좁은 간격의 열차 운행도 설정하여 정상작동 여부를 확인한다.
6) 비상시를 가정하고, '비상 모드'를 통해, 전체 조명이 점등되는지 여부를 확인한다.
7) 레코딩 된 폐색 데이터를 사용하지 않고, 직접적인 단락을 통해 조명의 점등을 확인한다.

위와 같은 사전 테스트를 4 ~ 5 일간 거듭 진행한 후, 실증시험에 돌입했고, 실증시험 기간 동안 공인기관에서 현장시험에 대한 시험도 같이 진행했고, 단 한 번의 신호 손실이나 오작동이 없음을 확인할 수 있었다.

다. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

○ Dimming 제어에 대한 고찰

최초 개발 기획 및 제안시에 on/off 또는 on/off + dimming 제어까지 계획을 세우고 연구개발을 시작했으나, 레일이 교차되는 부분이 아닌 이상에는 최소조도를 유지할 필요가 없음을 지하철 운영사인 서울교통공사와의 회의를 통하여 확인 하였고, 본 실증시험시에는 dimming 제어는 시스템적 개발은 하고 실증시험시에는 on/off 방식만 적용하는 것으로 방법을 채택했다. dimming 제어는 초기 자본이 많이 들고, on/off 제어보다 에너지 절감의 기회가 적은것도 하나의 이유이다. 최종적으로는 제한적으로 점등하는 전방 1개 폐색에 더해 1/2 구간을 추가로 on 제어하는 방법으로 진행하게 되었다. (기관사의 시야 확보에 무리가 없는 수준을 파악한 후 격등제어 실시한 것임)

dimming 제어기능의 구현은 현 실증시험에서는 제외 되었으나, 시제품을 통해 개발 및 성능을 구현 하였으며, 디밍 제어기능의 정상적 동작여부를 확인하기 위하여 공인시험기관에서 시험을 진행하였고, 5단계 제어 기능을 구현하였다.

결론적으로 서울지하철과는 다른 환경의 지하철 터널구간이 다양하게 존재하기 때문에, 현장 맞춤형의 on/off + dimming 제어를 할 수 있는 기술 개발을 완료하였으며, 수요자의 요구에 따라 dimming 제어가 유용하게 적용될 수 있을 것으로 보인다.



KCL

시험성적서

성적서번호 : CT18-134454

7. 시험결과

시험항목	단위	시험방법	시험결과			시험환경
			시험조건		측정값	
소비전력	W	의뢰자 제시방법	LED 등기구 4개 사용	1단계(100%)	42.1	(25 ± 3) ℃, (45 ± 15) % R.H.
				2단계(50%),	35.2	
				3단계(20%),	22.1	
				4단계(10%),	15.7	
				5단계(off(0%))	8.0	
조도	lx		LED 등기구 1개(백색) 사용	1단계(100%)	265	
				2단계(50%),	201	
				3단계(20%),	106	
				4단계(10%),	57	
				5단계(off(0%))	0	

비고

1. 의뢰자 제시방법: 시험품에 AC 220 V, 60 Hz 의 전원을 공급한 후 작동단계별 소비전력 및 조도를 측정한다.
   - 소비전력 측정 시: LED등기구는 4개 사용하여 측정
   - 조도 측정 시: LED등기구 1개 사용하여 측정
2. 시료정보
   - 제조사: (주)뮤니텍스 / 경기도 성남시 중원구 사기막골로 124(상대원동) SKN테크노파크 메가동 314호
   - 품목: CPLC 시제품
   - 모델명: CPLC-MZ
   - 정격: 220 V~, 60 Hz, 40 W

양식QP-20-01-06(5)

〈Dimming control 작동에 대한 시험성적서〉

○ 기관사의 시야 확보와 공항장애 방지

각 구간을 on/off 제어를 실시하면서, 기관사가 열차를 운행함에 있어서 전방 시야가 확보되지 않는다면 안전에 있어 치명적일 수 있고, 또한 운전자의 심리적 상태 등을 반영하여 공항장애 등의 문제가 발생할 수 있다. 그렇기 때문에 운전자의 시야가 확보되지 않는다면 에너지 절감 자체가 성립 될 수 없다.



〈실제 주행중 기관사 시야〉

최초에, 전방 2 개 폐색을 점등하는 방식으로 더 높은 에너지 절감을 꾀하고자 했으나, 안정성에 더 큰 비중을 두어, 열차 전방 1.5개 폐색, 후방 1개 폐색구간의 점등제어를 실시했다. 실제 실증시험기간 중에, 서울교통공사의 협조를 통해 기관실에 교통공사 직원과 동승하여 운행중 조명 상태를 확인하였으며, 이는 동영상으로 기록했다.

또한, 시험 구간에 대한 운행에 대해 기관사에게 전방의 시야에 대한 질문을 했고, 밝기의 저하나 전방 시야확보의 어려움은 없었다는 답변을 받을 수 있었다. 실제로 1.5 개의 폐색을 점등시키기 때문에 그 이후의 조명이 점등되는 상황을 집중하지 않으면 알아차릴 수 없었다. 즉, 상시점등시의 시야 확보상황과 다르지 않았다.

마찬가지로, 후방 폐색 역시 1개 폐색을 점등시키는 방식으로 제어했고, 기관사 운전석에 서울교통공사 직원과 동승하여 확인을 하였고, 불안 요소나 시야 확보에 무리가 없다는 답변을 받을 수 있었다.

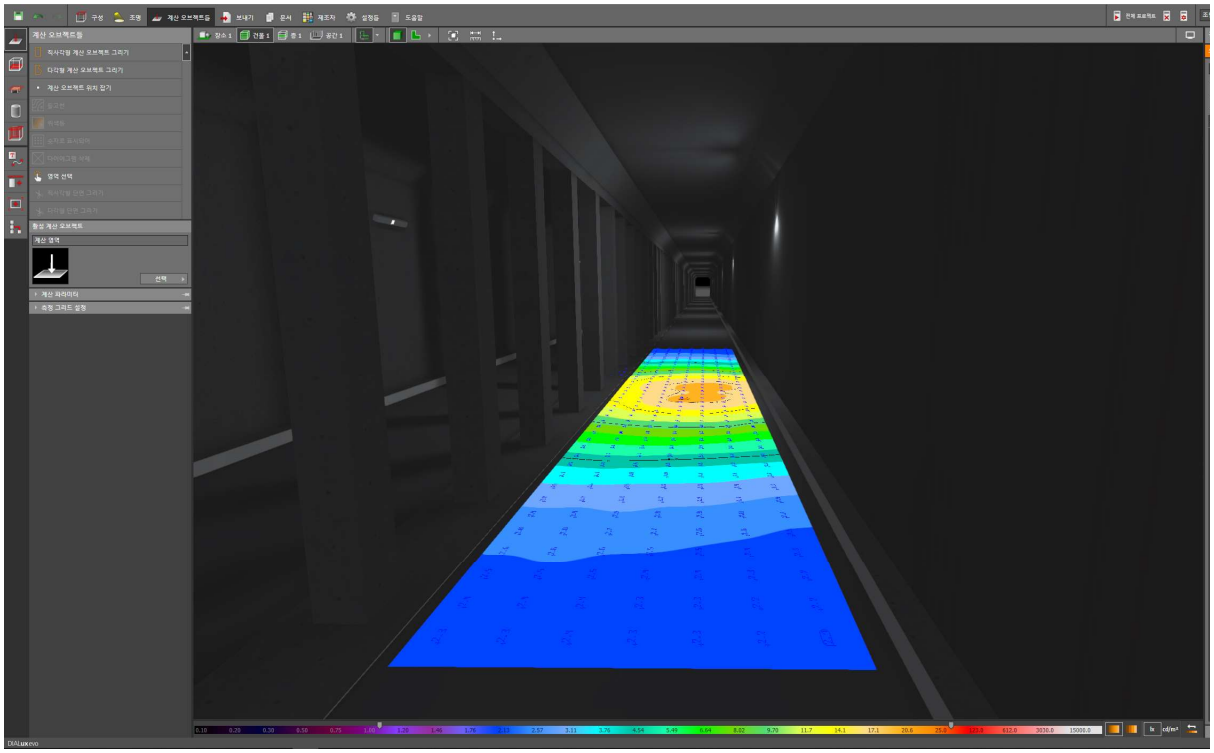
실증시험이 진행되는 기간 동안 기관사에게 해당 구간에 대한 제어 시험이 진행되고 있음을 충분히 공지했고, 실제 구간을 통과하는 동안 불편요소는 발견되지 않았다.

반대편 차선에서 운행하는 열차 역시 제어 구간의 조명이 소등되어 있을 때에도, 충분한 조도(~ 〉5lx : KDS 31 70 50 : 2016, 터널조명 설비)이 확보되었으므로 장애 요소를 확인할 수 없었다.

○ 시뮬레이션을 실시함에 있어, 객관성을 확립하기 위한 근거 확보

본 과제에서 사용한 조도 시뮬레이션 프로그램은 DIALux evo v.8.1 이다. on/off 제어 실시하게 되면, 열차가 주행중이지 않은 차선은 off 상태이고, 이에 따라 바닥면 조도가 기준 조도보다 낮아지면, 더 높은 출력의 LED 램프를 사용하거나 더 많은 등기구를 설치해야 하는 시간과 비용적으로 많은 문제가 발생하게 된다. 이런 문제를 미리 파악하고자 시뮬레이션 프로그램을 통해 조도를 확인했다.

실제 시뮬레이션 값과 실측 값의 차이를 확인하기 위해, 우선 공인시험기관의 의뢰를 통해 바닥면의 공인 조도값을 확보하였고, 동일한 조건으로, 시뮬레이션을 실시하였다.



〈on/off 제어 시뮬레이션〉

cm	0	3	60	120	180	240	300	360	420	480	540	600	660	720	780	840	900	960	1000
390	13.4		14.2	13.8	12.6	11.3	9.9	8.4	6.9	5.8	5	4.2	3.5	3.2	2.8	2.6	2.3	1.1	1
330	16.2		16.7	15.7	14.7	13.2	10.8	9.1	7.6	6.2	5.1	4.3	3.6	3.1	2.8	2.6	2.3	1.1	1.1
270	18.8		19.3	18.3	16.9	14.4	11.8	10.1	8	6.5	5.3	4.3	3.7	3.4	2.8	2.5	2.3	1.2	1.3
210	20.5		21.5	21.4	17.8	15	12.6	10.2	8.1	6.4	5.2	4.3	3.7	3.2	2.86	2.5	2.1	2	1.2
150	22.2		27.8	20.7	18	15	12.6	10	7.8	6.3	5.1	4.3	3.6	3.1	2.7	2.5	2	1.7	1
120		31.7																	
90	20.3		22.6	19.4	16.7	14.3	11.6	9.1	7.48	5.9	4.9	4.1	3.4	3	2.6	2.4	1.9	1.5	0.9
30	14.4		16.9	15.7	14.3	12	9.9	8.2	6.7	5.5	4.6	4.1	3.3	2.8	2.5	2.3	1.9	1.2	0.9

〈시뮬레이션 구간 실측 조도값〉



Korea Institute of Lighting Technology
KILT 한국조명연구원

성적서 번호
Report No.
KILT1812-F06997

시 험 결 과

2.2 시험사진 : 조도제어 확인

[측정 전경]

[터널구간 전경]

[쌍문역 - 지하터널 구간] [수유역 - 지하터널 구간]

양식-KILT-P-20-01B page 3 of 7 한국조명연구원(KILT)



Korea Institute of Lighting Technology
KILT 한국조명연구원

성적서 번호
Report No.
KILT1812-F06997

시 험 결 과

2.1 시험결과 : 조도제어 확인

시험 항목	시험방법 및 기준치	단위	시험 결과	비고
조도	실증시험 장소에 10 m 간격으로 설치된 조명설비의 조명제어 동작(점등상태)시 조도를 측정한 값 (측정위치 : 조명설비 설치 시작점, 측정면에서 광원부의 높이 : 4 m)	lx	35.9	- 측정장소 : 쌍문역 - 수유역 지하터널 구간 - 측정일시 : 2018. 07. 20. 금, 04:00 ~ 05:00
	실증시험 장소에 10 m 간격으로 설치된 조명설비의 조명제어 동작(점등상태)시 조도를 측정한 값 (측정위치 : 조명설비 간 5 m 지점, 측정면에서 광원부의 높이 : 4 m)	lx	11.5	
	실증시험 장소에 10 m 간격으로 설치된 조명설비의 조명제어 동작(점등상태)시 조도를 측정한 값 (측정위치 : 조명설비 설치 종료점, 측정면에서 광원부의 높이 : 4 m)	lx	33.7	
	실증시험 장소에 15 m 간격으로 설치된 조명설비의 조명제어 동작(점등상태)시 조도를 측정한 값 (측정위치 : 조명설비 설치 시작점, 측정면에서 광원부의 높이 : 4 m)	lx	32.6	
	실증시험 장소에 15 m 간격으로 설치된 조명설비의 조명제어 동작(점등상태)시 조도를 측정한 값 (측정위치 : 조명설비 간 7.5 m 지점, 측정면에서 광원부의 높이 : 4 m)	lx	3.0	
	실증시험 장소에 15 m 간격으로 설치된 조명설비의 조명제어 동작(점등상태)시 조도를 측정한 값 (측정위치 : 조명설비 설치 종료점, 측정면에서 광원부의 높이 : 4 m)	lx	34.8	
	실증시험 장소에 20 m 간격으로 설치된 조명설비의 조명제어 동작(점등상태)시 조도를 측정한 값 (측정위치 : 조명설비 설치 시작점, 측정면에서 광원부의 높이 : 4 m)	lx	34.7	
	실증시험 장소에 20 m 간격으로 설치된 조명설비의 조명제어 동작(점등상태)시 조도를 측정한 값 (측정위치 : 조명설비 간 10 m 지점, 측정면에서 광원부의 높이 : 4 m)	lx	0.9	
	실증시험 장소에 20 m 간격으로 설치된 조명설비의 조명제어 동작(점등상태)시 조도를 측정한 값 (측정위치 : 조명설비 설치 종료점, 측정면에서 광원부의 높이 : 4 m)	lx	31.7	

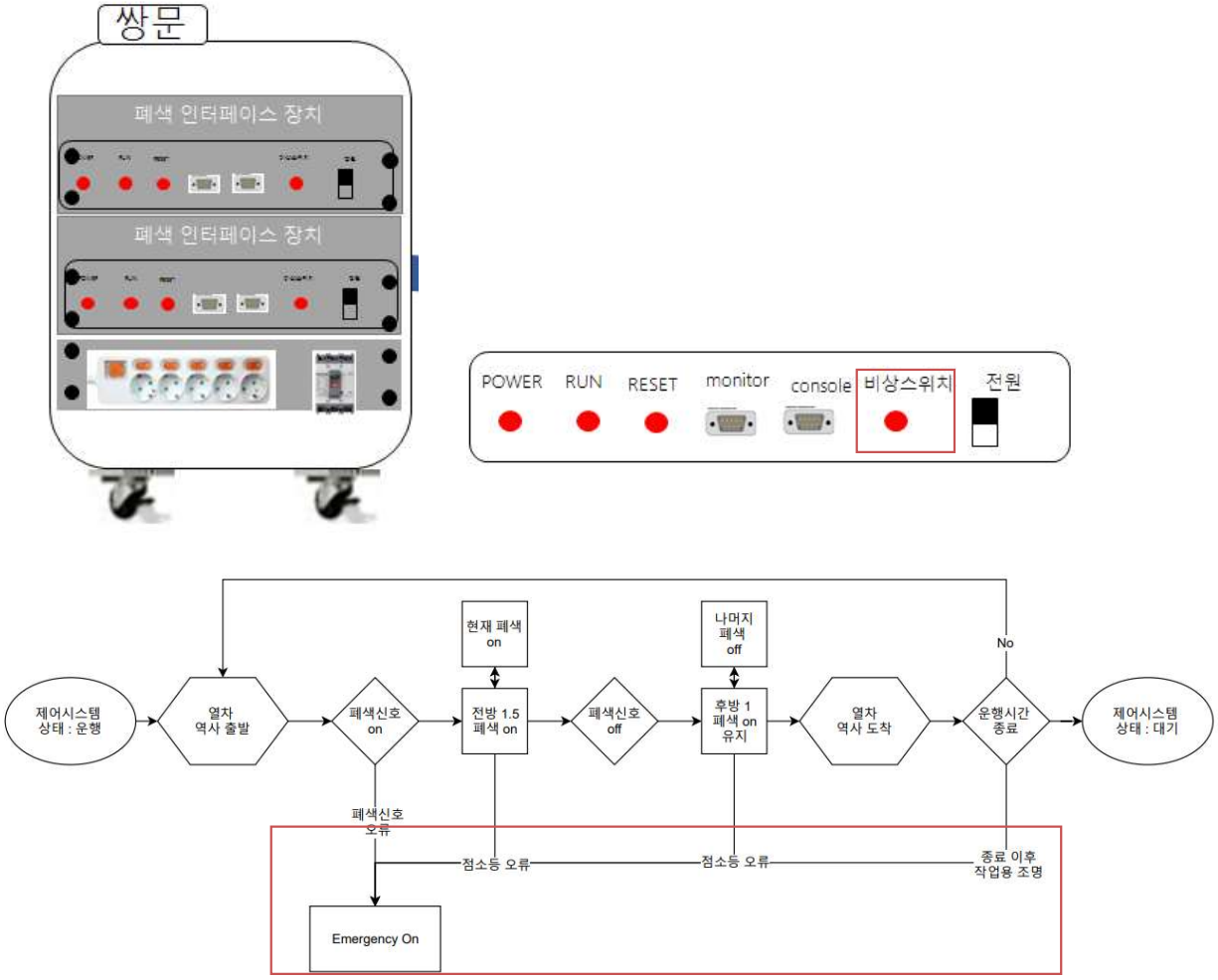
※ 본 시험은 의뢰자가 제시한 실증시험 장소(서울메트로 4호선 쌍문역 - 수유역 지하터널 구간)의 조도를 측정한 결과입니다.

양식-KILT-P-20-01B page 4 of 7 한국조명연구원(KILT)

〈공인 시험성적서 조도값〉

공인 시험성적서에 나와있는 조도 값과 시뮬레이션 조도값, 그리고 같은 구간에 대한 실측 조도값에 대한 비교를 통해, 시뮬레이션 값은 충분히 실측값과 유사하고, 신뢰성이 있음을 확인할 수 있었다.

○ 비상점등을 위한 알고리즘 탑재



〈비상 점등 스위치 및 알고리즘〉

열차가 진행함에 있어 폐색신호를 기반으로 조명의 제어가 이루어진다. 신호 불능으로 열차가 폐색 신호가 on 상태에서 일정시간 이상 off 되지 않으면, 자동적으로 제어구간 내의 모든 조명이 점등되도록 알고리즘을 설정했다. 이와 별개로, 사고 발생 시나 기타 수동적으로 제어가 필요할 경우에도 직접 비상스위치를 통해 구간 내의 모든 조명을 점등할 수 있다.

4. 연구개발성과의 활용 계획 등

○ 추가 연구의 필요성

► 확보한 원천기술이 실용화될 수 있도록 국내외의 실제 지하철, 철도구간에 적용 하고자 함.
► 본 사업에서의 연구결과는 단일 구간의 원천기술 확보를 위한 실증시험이었기 때문에 ROI (Return On Investment)가 다소 높게 나오는 것으로 확인되었으나, 공공시설물인 철도시설물의 에너지 낭비를 큰 폭으로 줄여 국내 및 세계 오존배출량에 기여 할 수 있다는 점에서 경제적, 환경적으로 높은 성과를 거두었다고 할 수 있음
► 열차위치 정보와 높은 에너지 절감을 할 수 있는 원천기술이 확보 되었으나, 실제 역사의 적용을 위해서는 개발된 조명제어시스템의 소형화, 경량화, 추가적 알고리즘 개발 및 다수의 역사를 통합 제어 및 모니터링 할 수 있는 조명관제시스템의 개발을 추진할 계획임.
► 공공시설물 및 공공전기요금 절감, 환경적 파급력을 고려하여 정부 및 지자체 등 관계기관의 연구지원 및 관심이 필요한 사업임.

○ 기술적 측면

► LED 보급 촉진 규정이나, 고효율화 사업으로 점점 커져가는 LED 시장에서 사용자의 Needs를 반영한 제어를 통해, 편의성 제공
► 불필요한 시간에는 최대한의 에너지 세이빙을 실시하기 때문에, 터널에서 뿐 만 아니라, 지하철 역사 내부 모든 지점에도 제어가 가능함. 따라서, 제어분야의 확대로 편의성 확보와 경제적 이익이 발생.
► 스마트 에너지 세이빙 조명 시스템의 영역확대로, 시민들도 충분히 좋은 조명을 향유할 수 있으며, 이를 통한 시민의 삶의 질 향상

○ 경제적 · 산업적 측면

► 도시철도터널 조명 방법의 개선을 통한 승무원 및 기타 지하시설 근로자의 업무능률 및 생산성 향상.
► 하이츠(Heitz) 이론과 “Multi-Year Program Plan”의 로드맵으로 살펴보면 2년에서 2.5년마다 2배씩 성장하는 광효율 향상을 여전히 이어갈 것이라 보이며, 이러한 예측을 바탕으로 LED 조명은 유지관리 비용뿐 만이 아니라 초기투자비용 측면에서도 기존의 등기구보다 경제성이 우수해 질 수 있음을 예측할 수 있음
► 철도라는 공공시설은 주·야간을 가리지 않고 운영이 되며, 등기구가 장시간 점등되어 생애주기가 빠르게 도래 하는 특성이 있다. 이에 LED 조명은 형광등에 비하여 수명이 길며, LED 조명을 제어 하였을 시 수명이 월등히 상승되므로 교체주기가 길어져 현장 유지보수자의 편의 및 안전을 도모 가능하며, 운영자의 측면에서 바라볼 때 운영비 절감이 가능함
► 향후 조명제어시스템의 신설노설 적용 및 관제 범위까지 적용 시 에너지 절감 효과를 더욱 기대 할 수 있음
► 본 연구과제로 하여금 효율적인 조명을 비교 선택할 수 있었고 더 나아가 미래의 발전된 LED 조명의 모습 또한 유추해낼 수 있었으며 LED 조명의 경제성에 대한 가이드라인을 제시할 수 있음.
► 국내 도시철도 터널 유형에 관계없이 열차의 위치정보를 통한 터널 조명 관리기술을 확립

하는데 기여할 수 있을 것이며, 국내 도시철도의 에너지 절감을 통한 대국민 홍보자료로 이용이 가능함. 국내를 시작으로 해외 철도조명설비 제어시장 선점에 적극 활용함.

○ 사회적 측면

► 도시철도 승무원의 전방 터널 시야 확보 개선과 안전성 향상에 따른 국민의 철도이용의 편리성, 쾌적성, 이용 만족도 등을 향상시키고, 에너지 절감을 통한 철도의 친환경 이미지 제고
► 서울을 세계적 LED조명 도시로 특화하여 최첨단 LED 도시로서의 위상 제고
► 효율적인 LED 사용의 표본으로, 다른 사업장의 LED 교체 및 보급사업의 롤 모델이 됨
► 조명제어시스템으로 인하여 나타나는 가시적인 이익 외에 직접적으로 나타나지 않는 요소들과 소비전력 절감에 따라 발전소 부하 경감과 건설비용 등의 절약, 더 나아가 화석연료의 사용이 감소함에 따른 생태파괴 축소와 CO2 발생 감소로 절감되는 환경비용과 같은 개인의 이익에 국한된 비용이 아닌 범국가적 인 사회적 직·간접비용의 절감까지 적용 가능함

붙임. 참고문헌

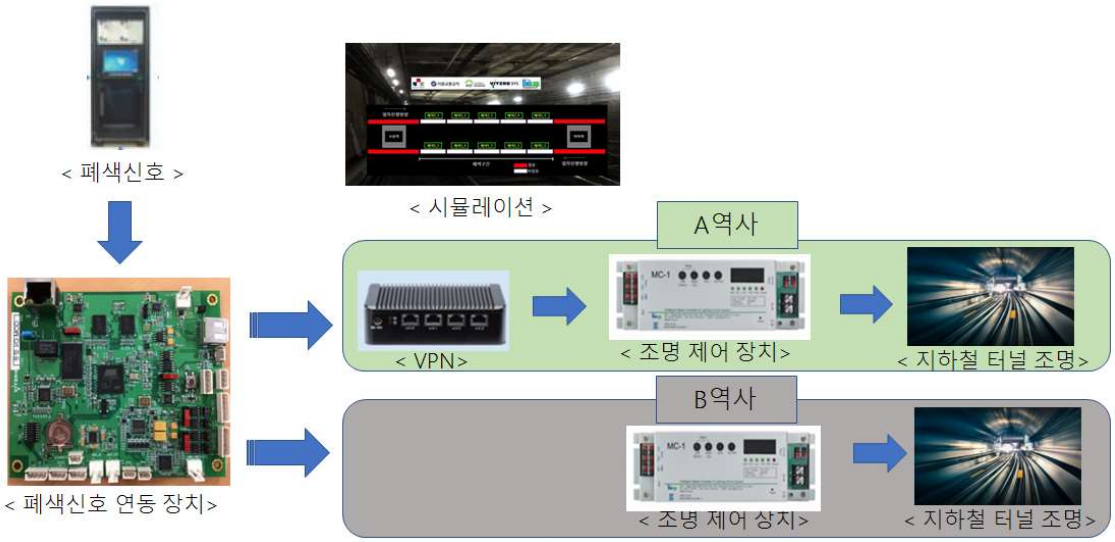
1. IEC 60598-1 : 2014 / AMD1 : 2017 Ed : 8.0, Luminaires - Part 1 : General requirements and tests.
2. IEC 60598-2-1 : 1979 / AMD1 : 1987 / Ed : 1.0, Amendment1 - Luminaires. Part 2 : Particular requirements - Section One : Fixed general purpose luminaires.
3. IEC 60838-2-2 : 2006 + AMD1 : 2012 Ed : 1.1, Miscellaneous lamp holders Part2-2:Particular requirements Connectors for LED-modules.
4. IEC 61347-1 : 2015 + AMD1 : 2017 / Ed : 3.1, Lamp control gear-Part1 : General and safety requirements.
5. IEC 61347-2-13 : 2014 + AMD1 : 2016 / Ed : 2.1, Lamp control gear Part 2 - 13 : Particular requirements for d.c. or a.c. supplied electronic control gear for LED modules.
6. IEC 62031 : 2018 / Ed : 2.0, LED modules for general lighting - Safety specifications.
7. IEC 62384 : 2006 + AMD1 : 2009 / Ed : 1.1, DC or AC supplied electronic control gear for LED modules Performance requirements.
8. IEC 62560 : 2011 + AMD1 : 2015 / Ed : 1.1, Self-ballasted LED-lamps for general lighting services by voltage > 50 V - Safety specifications.
9. IEC 62717 : 2014 + AMD1 : 2015 / Ed : 1.1, LED modules for general lighting-Performance requirements.
10. K 10021 : 2010, 직관형LED램프(컨버터외장형)용등기구 - 안전요구사항.
11. K 20002 : 2010, 직관형 LED 램프(컨버터 외장형)용 램프홀더.
12. K 60529 : 2003, 외곽에 따른 보호 등급 분류(IP 코드).
13. K 60598-2-22 : 2000, 조명기구 제 2 - 22 부 : 비상조명용 등기구에 대한 개별 요구사항.
14. K 61347-2-11 : 2009, 램프구동장치 제 2 - 11 부 : 기타 조명기구용 전자회로의 개별 요구사항.
15. K 61347-2-13 : 2012, 램프구동장치 제 2 - 13 부 : LED 모듈용 DC/AC 전원 전자 구동장치에 대한 개별요구사항.
16. K 61347-2-7 : 2003, 램프구동장치 제 2 - 7 부 : 직류 입력 비상등용 전자식 안정기 개별 요구사항.
17. KC 10023 : 2015, 안정기 내장형 LED 램프.
18. KC 10025 : 2017, 형광램프 대체형 LED 램프 - 컨버터 내장형.
19. KC 20001 : 2015, 직관형 LED 램프 - 컨버터 외장형 - 안전 및 성능요구사항.
20. KC 60529 : 2015, 외곽에 따른 보호등급 분류(IP등급).
21. KC 60598-1 : 2015, 등기구 제 1 부 : 일반 요구사항 및 시험.
22. KC 60598-2-1 : 2015, 등기구 제 2 - 1 부 : 고정형 등기구 개별 요구사항.
23. KC 61347-1 : 2015, 램프구동장치 - 제 1 부 : 일반 및 안전 요구사항.
24. KC 61347-2-13 : 2015 램프구동장치 제 2 - 13 부 : LED 모듈용 DC/AC 구동장치 - 개별 요구사항.
25. KC 62031 : 2015, 일반 조명용 LED 모듈 - 안전요구사항.
26. KC 62384 : 2014, LED 모듈용 DC/AC 구동장치 - 성능요구사항.
27. KS C 7651 : 2018, 컨버터 내장형 LED 램프.

28. KS C 7652 : 2018, 컨버터 외장형 LED 램프.
29. KS C 7653 : 2018, 매입형 및 고정형 LED 등기구.
30. KS C 7654 : 2009, LED 비상 유도 등기구의 안전 및 성능 요구사항.
31. KS C 7655 : 2018, LED 모듈 전원공급용 컨버터.
32. KS C 7716 : 2018, LED 터널 등기구.
33. KS C IEC 60598-1 : 2011, 등기구 - 제 1 부 - 일반 요구사항 및 시험.
34. KS C IEC 60598-2-1 : 2002, 등기구 - 제 2-1 부 : 고정형 등기구 개별 요구사항.
35. KS C IEC 61347-2-13 : 2014, 램프 구동장치 - 제 2-13 부 : LED 모듈(DC / AC) - 개별 요구사항.
36. KS C IEC 62031 : 2014, 일반 조명용 LED 모듈 - 안전 규격.
37. KS C IEC 62717 : 2014, 일반 조명용 LED 모듈 - 성능 요구사항.
38. KS A 0068 : 2015, 광원색의 측정방법.
39. KS C 0075 : 2010, 광원의 연색성 평가 방법.
40. KS C 0076 : 1990, 광원의 분포온도 및 색온도. 상관색온도의 측정방법.
41. KS C 7612 : 1987, 조도 측정 방법.
42. 산업통상자원부 고시 제2018-99호, 효율관리기자재운용규정 - 38. 컨버터 내장형 LED 램프.
43. 산업통상자원부 고시 제2018-99호, 효율관리기자재운용규정 - 39. 컨버터 외장형 LED 램프.
44. 산업통상자원부 고시 제2018-125호, 고효율 에너지 기자재 보급 촉진에 관한 규정 - 9. LED 유도등.
45. 산업통상자원부 고시 제2018-125호, 고효율 에너지 기자재 보급 촉진에 관한 규정 20. 등기구.
46. 산업통상자원부 고시 제2018-125호, 고효율 에너지 기자재 보급 촉진에 관한 규정 21. LED 램프.
47. 한국철도시설공단 KR A 01040, 용어의 정의.
48. 한국철도시설공단 KR E 40470, 옥내 및 옥외 조명설비.
49. 한국철도시설공단 KRSA T 2016 - 3032 -R0, LED 조명등기구.
50. Park Jong Bin et al., 2017, The Study on Efficient Lighting Control of Urban Railway Underground Tunnel Section, The 10th Asia Lighting Conference, Foster Book, Asia Lighting Conference pp.465.
51. Jang, Woojin et al., 2008, Principles of lighting environment, 5th Ed., pp.393-411.
52 .Kim, jungho, 2004, Closed Circuit Power Line Communication By Using Phasecontrol Method," KOR Patent, No.1004461880000
53. Korea Design Standard, 2016, KDS 31 70 50 : Tunnel lighting facilities.
54. Seoulmetro, 2017, Chapter 5 Tunnel Lighting, Electrical Equipment Management Regulations.
55. KDS 31 70 50 : 2016, 터널조명 설비
56. 특허, 1004461880000, 제로크로스 직후의 낮은 전압부분에서의 위상제어를 이요한 폐회로 전력선 통신
57. 특허, 1012063860000, 폐회로의 전력선 통신시스템

붙임. 폐색신호 인터페이스 장치

1 시스템의 구성

1.1 시스템 구성



< 터널조명제어의 구성도>

본 장치는 열차의 폐색신호를 TLDS(Trafic Level Display System)로부터 수신하여 터널내의 조명 장치의 on/off하는 장치로 열차의 운전에 방해가 되지않게 2폐색 구간전에 조명 장치의 on 하고, 열차가 지나간 다음에 off을 하여 상시 조명등에 on되어 발생하는 전기료를 절감하는 장치로 고안 되었다.
개발 장치를 설치하고 상시 조명 장치가 on 인 상태와 on/off 제어인 상태의 기관사의 운전에 방해가 되는지 여부를 확인한 결과 차이점이 없다는 말씀을 들을 수 있었습니다.
평일과 주말의 열차 운행 횟수에는 차이가 있지만 약 50%의 전기료 절감을 확인할 수 있었습니다.

기본 구성은

TLDS 장치 : 기존 지하철에 존재하는 장치

폐색 신호을 수신하는 장치 + VPN client : 연구 과제를 위한 개발 한 장치

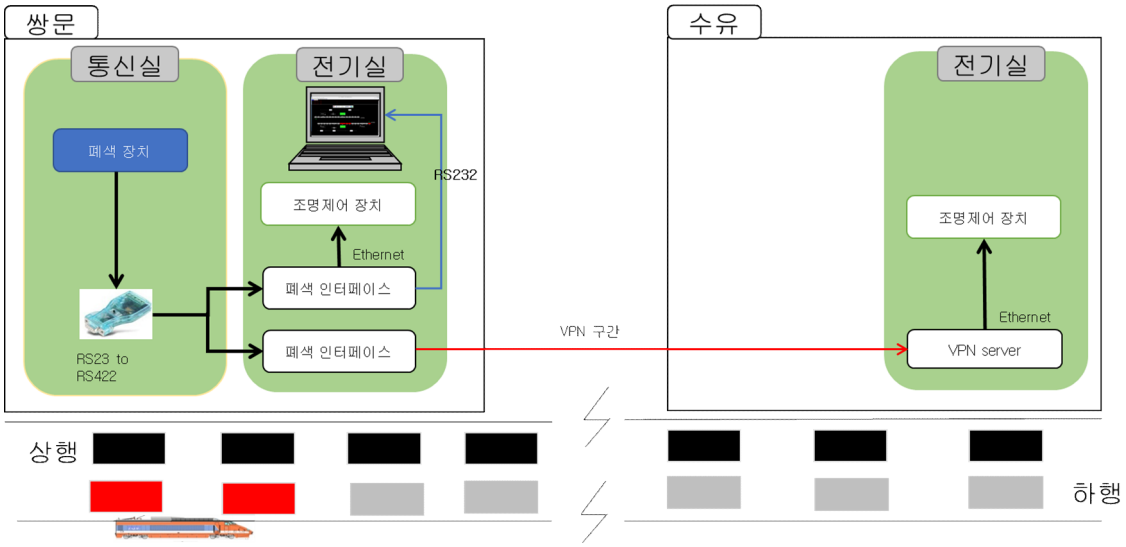
조명을 제어하는 조명 제어 장치 : 연구 과제를 위한 개발 한 장치

다른 역사간 데이터 보호을 위한 VPN 장비

폐색 신호의 정확성을 테스트 및 확인 하는 모의 시뮬레이션 장비 : 자사의 사용 프로그램의 열차의 시험운행이 가능 하도록 설정

등으로 크게 5가지로 구성되어 있다.

1.2 현장 장비의 구성



현장의 시험은 폐색 신호을 수신 받은 기기는 통신실에서 폐색 신호을 취득하여 RS422로 전기실로 데이터를 전송하여 쌍문역의 전기실의 조명 장치에 전달하고, 수유역의 조명 장치로는 VPN 구간을 통고하여 데이터를 전송한다.

VPN 장비를 사용한 이유는 지하철은 국가 기간 산업이므로 외부에 데이터의 전송을 원칙적으로 차단해야 하므로, CC 인증을 받은 VPN과 폐색 신호을 수신하는 장치에 VPN client을 설치하여 해당 구간의 데이터는 암호화 하여 전송한다.

VPN server은 암화화 된 데이터를 암호화 키를 사용하여 평문으로 해석하여 해당 조명 장치에 데이터를 전송한다.

대부문의 지하철의 터널 구간은 반은 A역사의 전기실에서 나머지 반은 B역사의 전기실에서 관리를 하고, 폐식 신호을 수신하는 곳은 A역사 또는 B역사 한곳에서 존재한다. 그러므로 폐색 신호는 한곳에서 수신에 데이터를 다른 역사에 전달하여 제어가 필요하다.

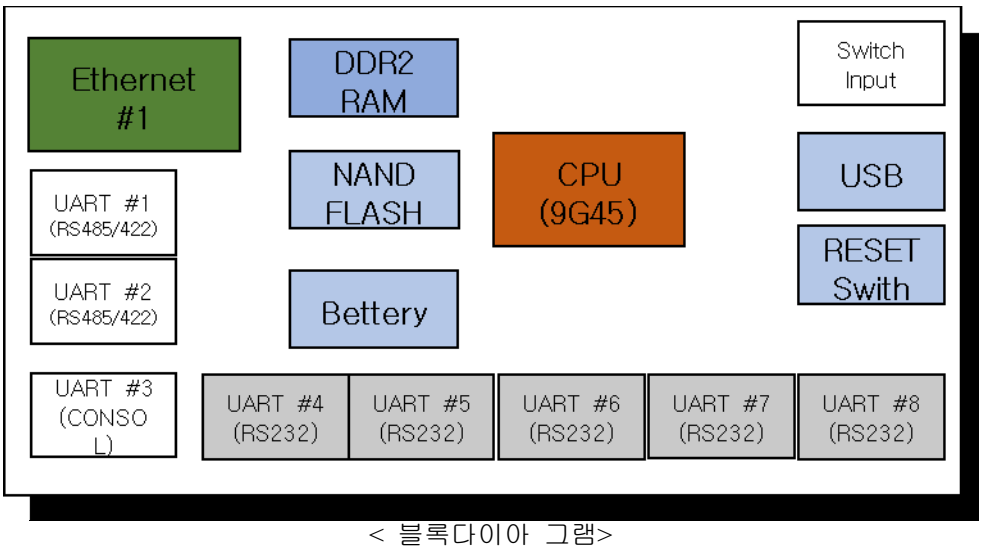
만일 전구간의 지하철 터널을 제어 한다면 중앙의 센터에서 폐색 신호을 수신 받아 VPN으로 데이터를 암호화하여 각각의 전기실에서 폐색 신호를 이용하여 터널의 조명 장치를 제어가 가능하다.

2 폐색인터페이스 장비

2.1 보드의 스펙

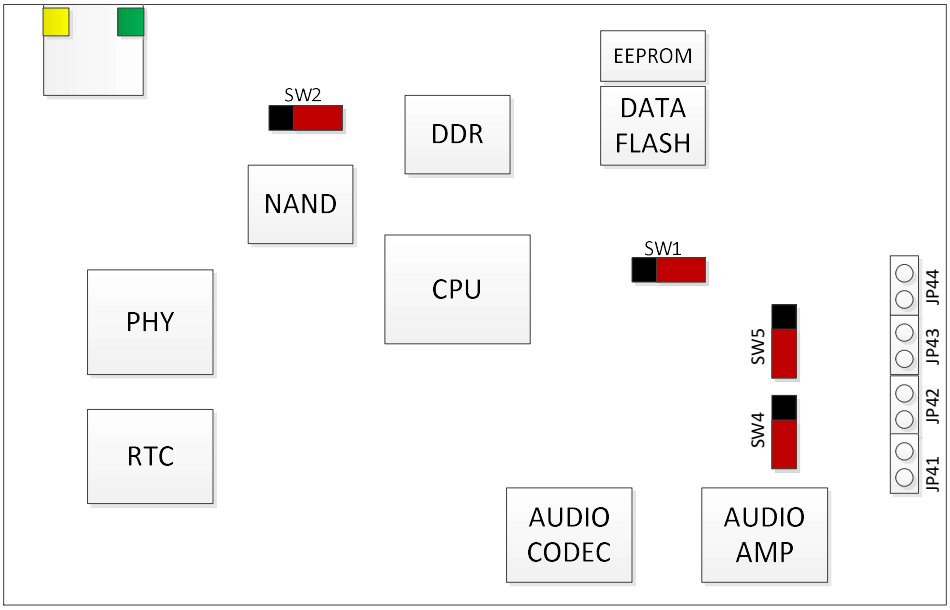
기능	품명	설명
CPU 부	CPU	AT91SAM9G45-400Mhz
	RAM	128MB
	FLASH	128MB
	DATA FLASH	8MB
	LAN	1개
	RS422	2개
	RS232	5 개
	Console	115200bps baud rate Front panel Program Download 기능 보드 상태 출력 기능
	보드 사양	1.6T, 6layer , FR4
POWER	5V	1.5 A (Maximum)
사용 환경	사용 온도	-30 ~ 60 °C
	보관 온도	-30 - 80 °C
	사용 습도	5 - 85 % (non-condensing)

2.2 Block Diagram



< 블록다이아 그램>

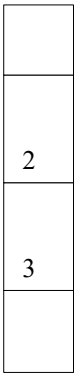
2.3 보드의 점퍼 설정



1) 점퍼의 기능

	점퍼의 위치	기능	Default Setting
SW1	1-2	Disable DATA FLASH	
	2-3	Enable DATA FLASH	Default Seething
SW2	1-2	Disable NAND FLASH	
	2-3	Enable NAND FLASH	Default seething
SW3	1-2	RS485	
	2-3	RS422	Default seething
SW4	1-2	RS485	
	2-3	RS422	Default seething

2) console/DM 핀맵

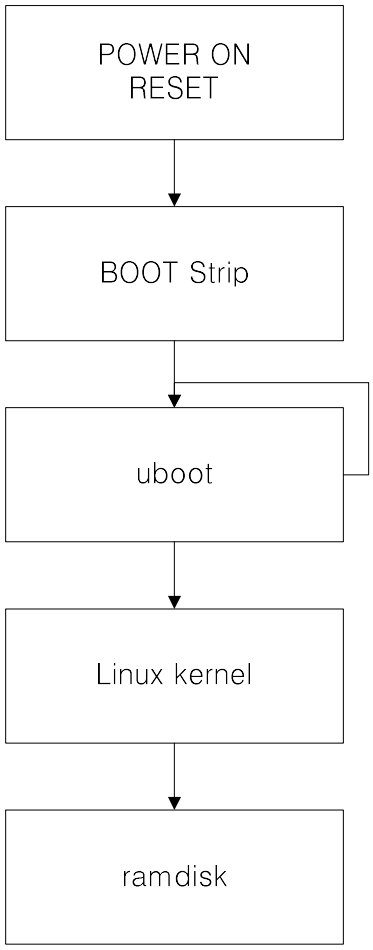


핀 번호	내용
1	GND
2	TX
3	RX

2.4 Memory Map

Memory	ADDRESS	CS	용도
DATA FLASH	C000 0000 ~ C000 83FF	SPI0	Bootstrap
	C000 8400 ~ C004 83FF		U-boot
	C004 8400 ~ C004 C5FF		Environment
	C004 C600 ~ C014 C5FF		Logo
	C014 C730 ~ C041 FFFF		Spare
NAND FLASH	0000 0000 ~ 003F FFFF	NCS3	Kernel image
	0100 0000 ~ 05FF FFFF		Ramdisk image
NOR FLASH		NCS0	Reserved

2.5 Booting 순서



기능	설명	비고
POWER	전원의 ON/OFF 표시	
RUN	보드의 동작 상태 표시	주기적으로 점등
RESET	보드를 초기화	
비상스위치	폐색 장치가 이상시 터널의 등을 모두 점등	
전원	전원을 ON/OFF 스위치	
monitor	폐색 신호 수신부	
console	폐색 인터페이스 장치 콘솔	

2.6 실제 사진



3 함체의 구성

3.1 함체 사진



< 함체의 사진>

3.2 함체 설명



3.3 장비의 기능



< 페색인터페이스 장비>

4 VPN server

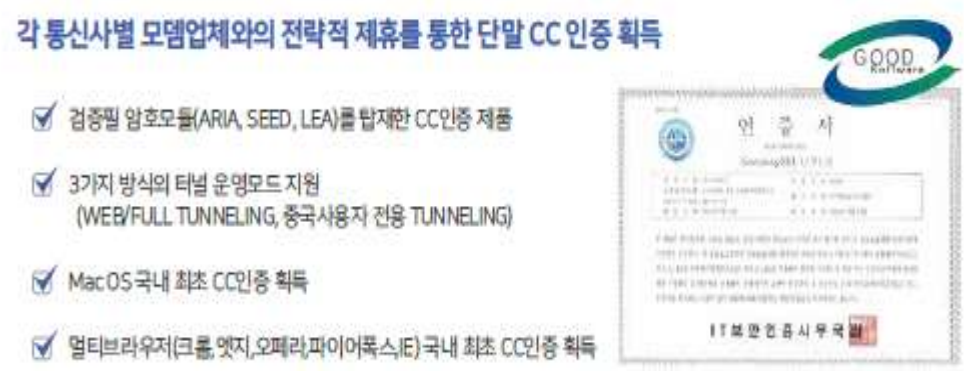


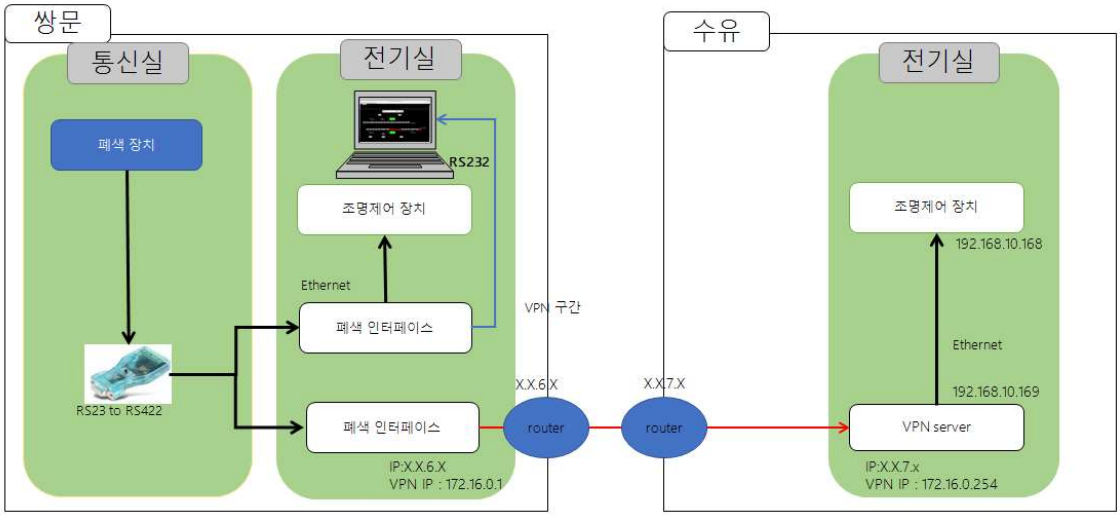
5 통신케이블의 구성

5.1 망의 구성

현장의 망의 구성은 다음과 같다.

단 IP 주소는 보안상의 문제가 있어서 표현하지 않았고, 내부의 IP만 표현을 했다.





< 망의 구성>

VPN을 사용하는 경우 VPN clinet는 ID와 password을 넣기 되어 있고, server와 연결이 되면 VPN IP을 할당 받아서 해당 ip로 통신을 한다.

해당 VPN clinet ID 와 password는 VPN server에서 설정이 필요하고, ID와 password는 VPN client에서 처음 VPN server에 접속시 필요하고 중요하게 보관해야 한다.

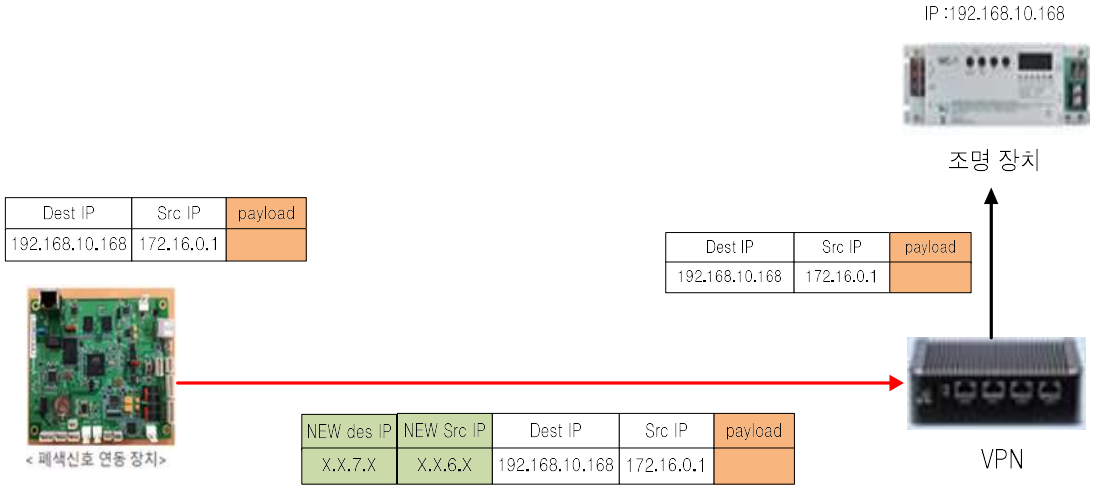
즉 B역사의 조명제어 장치의 IP 어드레스는 외부에 노출되지 않는다.

해당 제품의 패킷을 모니터링 해보면 다음과 같다.

X.X.7.X	X.X.6.X	192.168.10.168	172.16.0.1	data

< 데이터 전송>

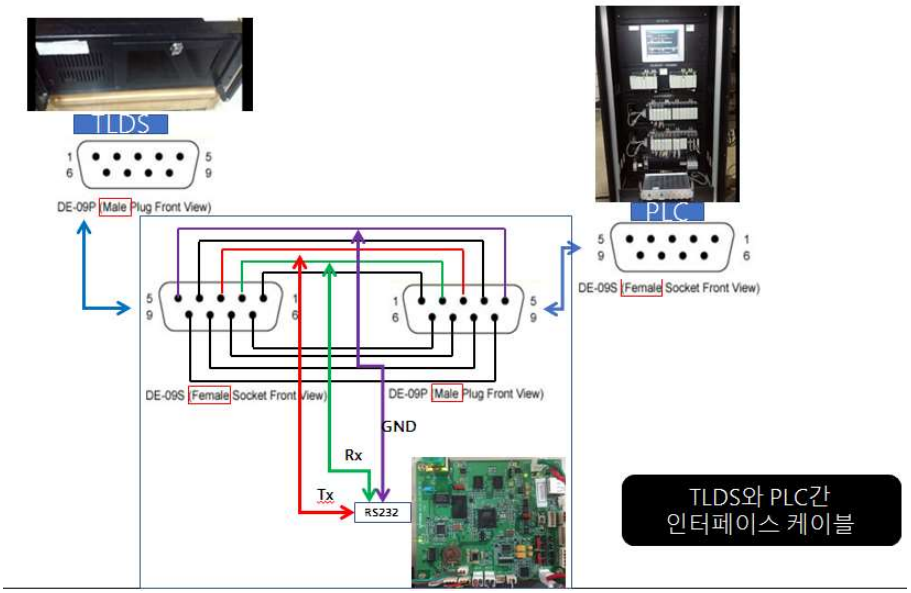
상기 그림처럼 VPN에서 할당된 IP로 내부적으로 터널링을 맺어 통신을 시도하고, 해당 data는 Aria, Seed, ASE128등 기타 암호화 알고리즘을 사용하여 데이터를 보호한다.



< VPN을 사용한 패킷 >

상기 그림과 같이 패킷이 전송되므로 최종 목적지의 주소는 외부에서 확인이 불가능하다. 그리고 모든 데이터는 일단 VPN과 터널링이 맺어진 상태에서 데이터를 전송이 가능하므로 VPN 접속시 설정하는 ID와 PASSWORD을 모르는 경우는 접속이 불가능하다.

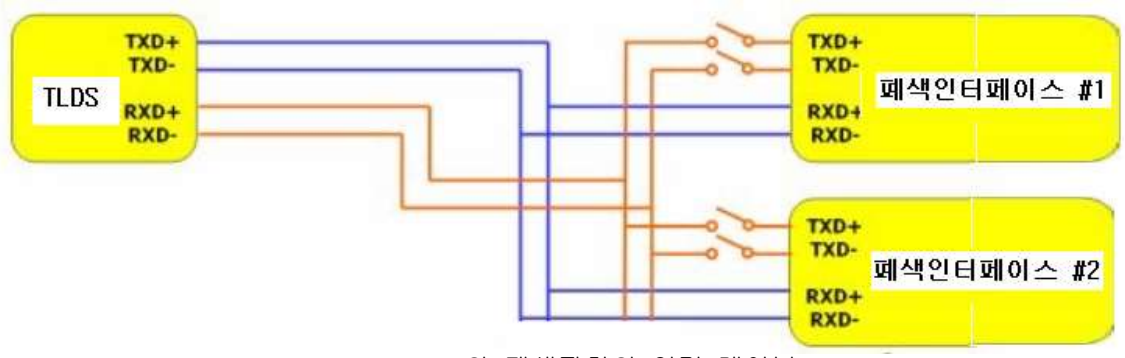
5.2 폐색 인터페이스 케이블



<폐식 신호 인터페이스 케이블>

상기 그림과 같이 폐색 신호는 TLDS에서 RS232 신호을 받아서 다음 그림과 같이 케이블을 만들어서 데이터를 모니터링 하였고, 해당 신호는 수신 데이터만 수신을 하여 기존의 시스템에는 아무런 부하를 주지 않는다.

위의 그림과 같은 케이블은 RS232신호를 모니터링하는 곳에서는 일반적으로 사용하는 방식으로 TLDS와 PLC간의 데이터중에서 PLC에서 TLDS로 보내는 데이터을 수신하여 현재 열차의 폐색 신호를 분석하는데 사용된다.



< TLDS 와 폐색장치의 연결 케이블 >

5.3 케이블 연결 사진



< 폐색 인터페이스 케이블 >



< RS232 to RS422 converter >



< 페색 인터페이스 장치 >



< 조명 제어 장치 >

6 이미지 굽기

6.1 EEPROM 굽기

롬 라이터를 사용하여 24C02를 굽는다. 굽는 방법은 다른 매뉴얼 참조

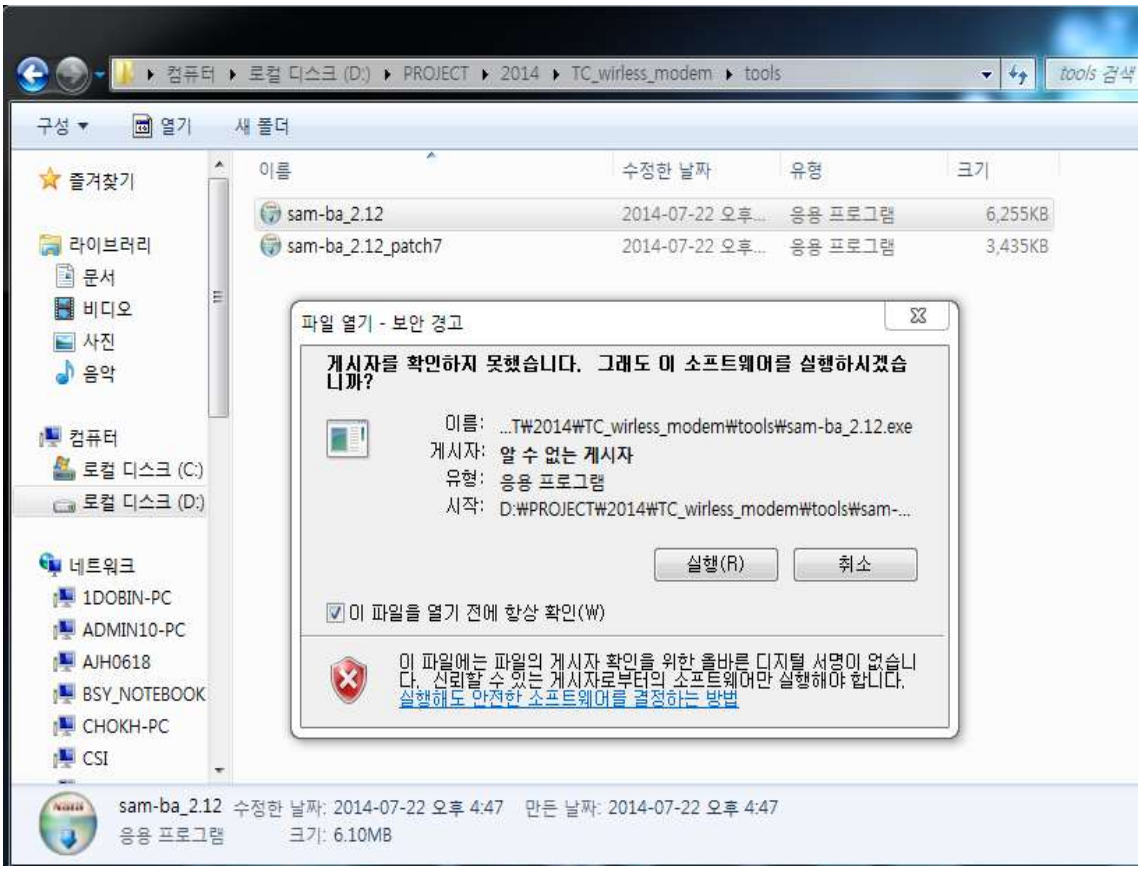
6.2 CPU에 이미지 굽기

6.2.1 환경 구성

Atmel사의 홈페이지에서 sam-ba_2.12와 sam-ba_2.12_patch7을 다운 받는다.

위의 프로그램을 다음과 같이 설치한다.

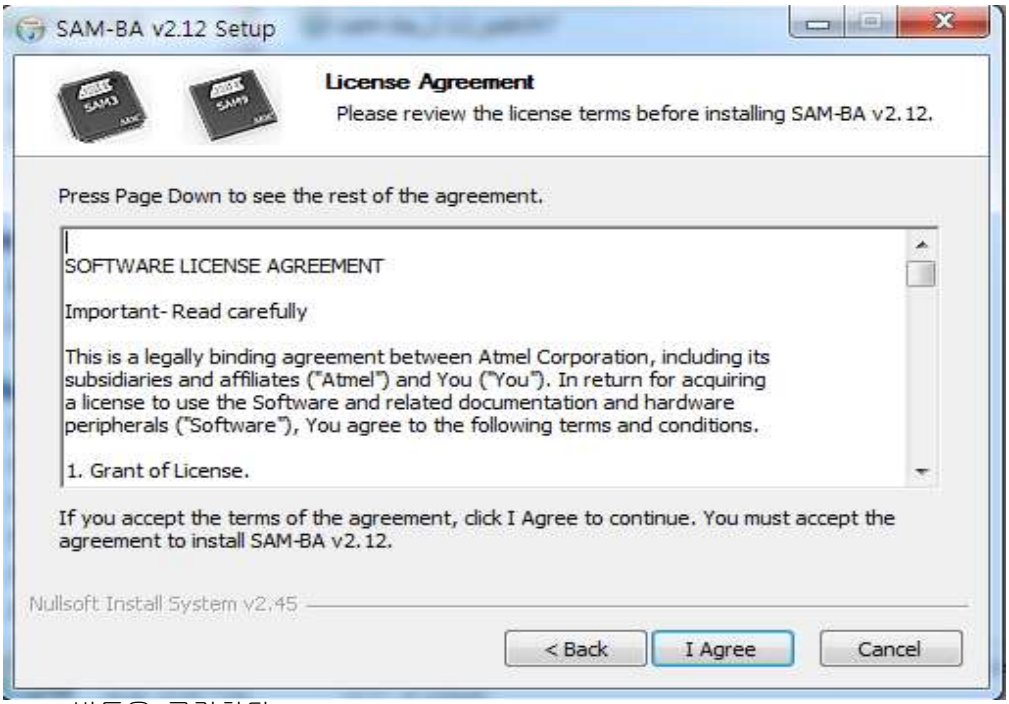
먼저 sam-ba_2.12 프로그램을 실행한다.



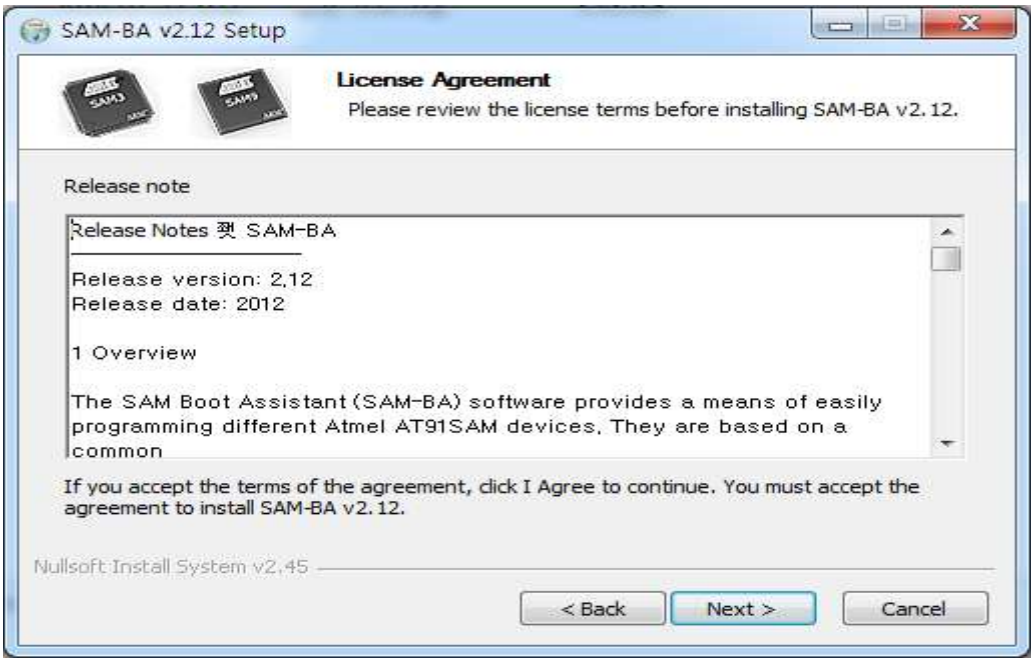
실행 버튼을 클릭한다.



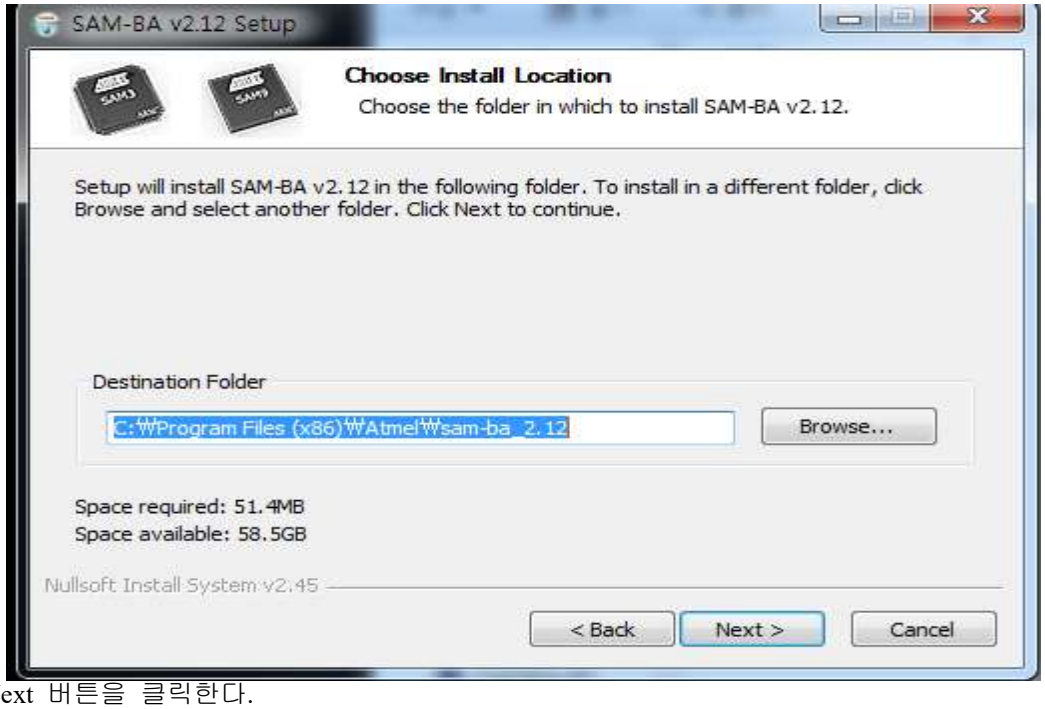
Next 버튼을 클릭한다.



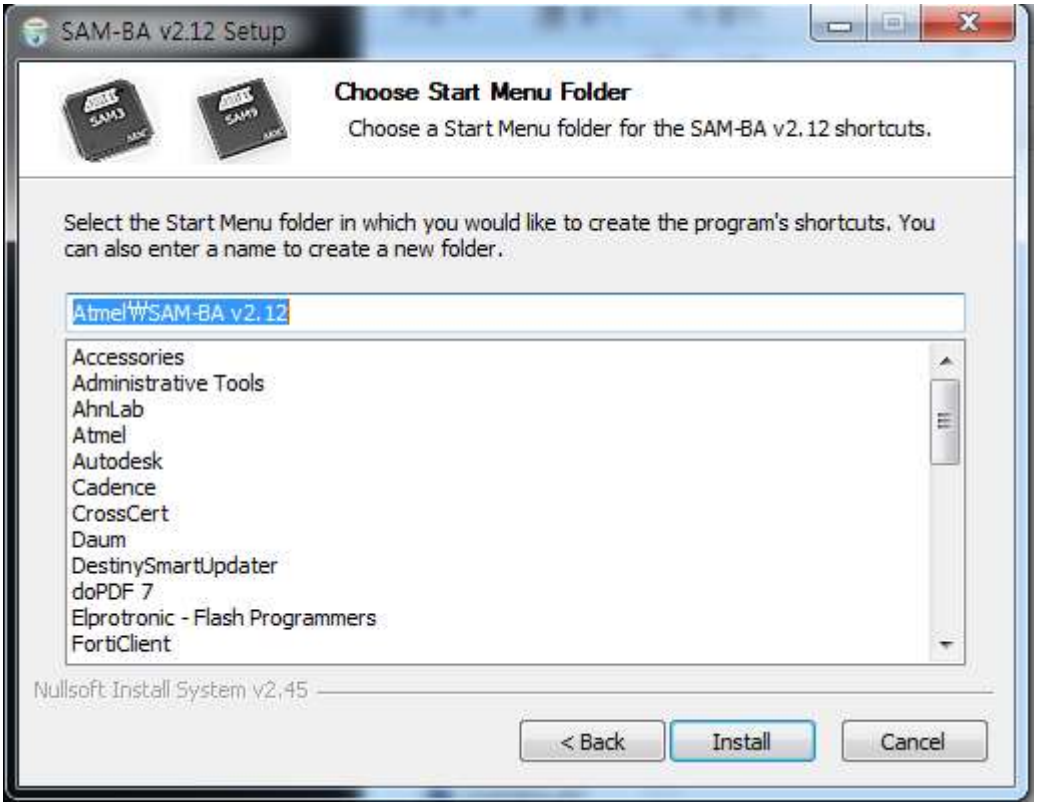
I agree 버튼을 클릭한다.



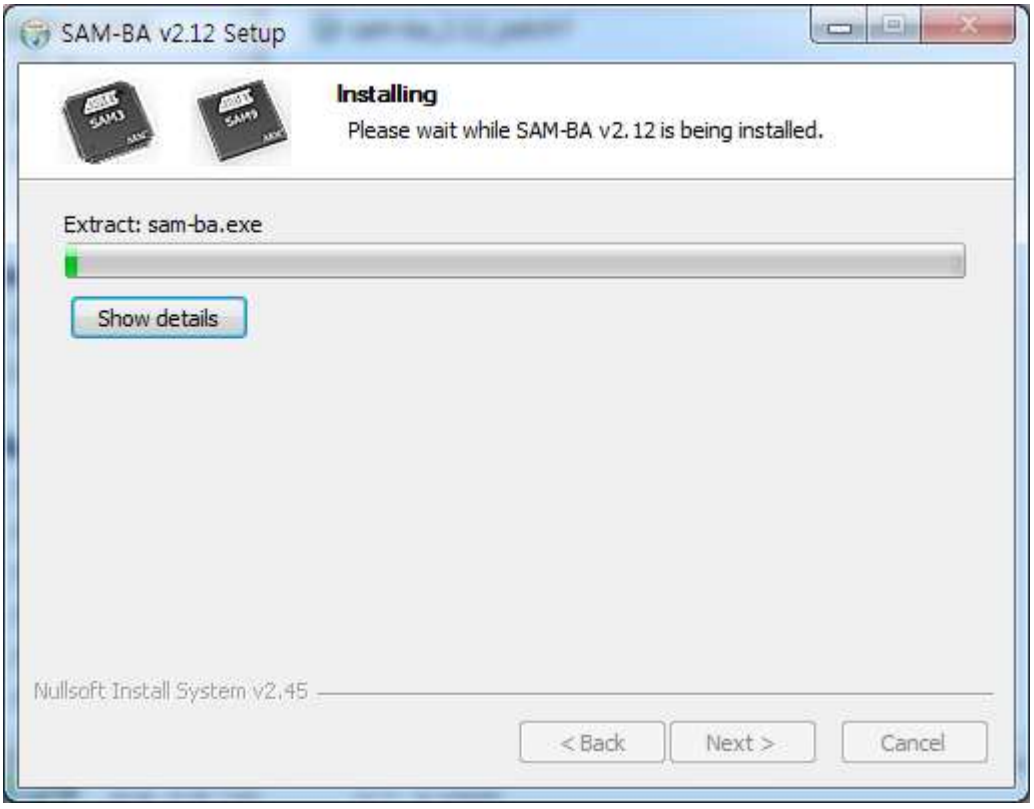
Next 버튼을 클릭한다.

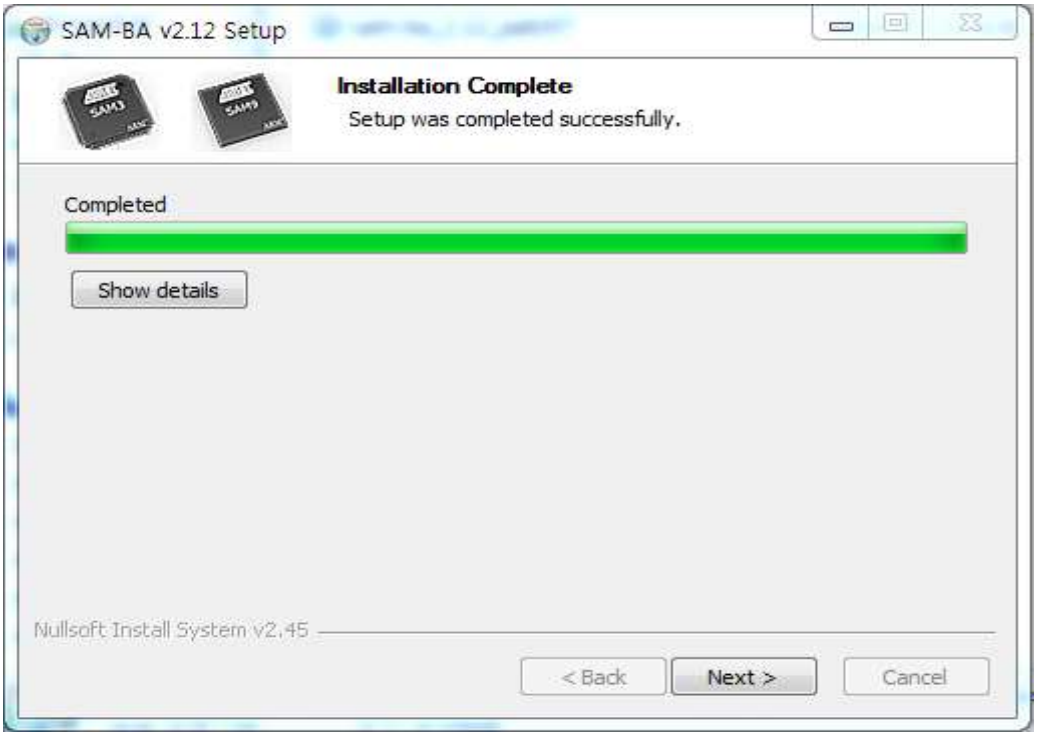


Next 버튼을 클릭한다.

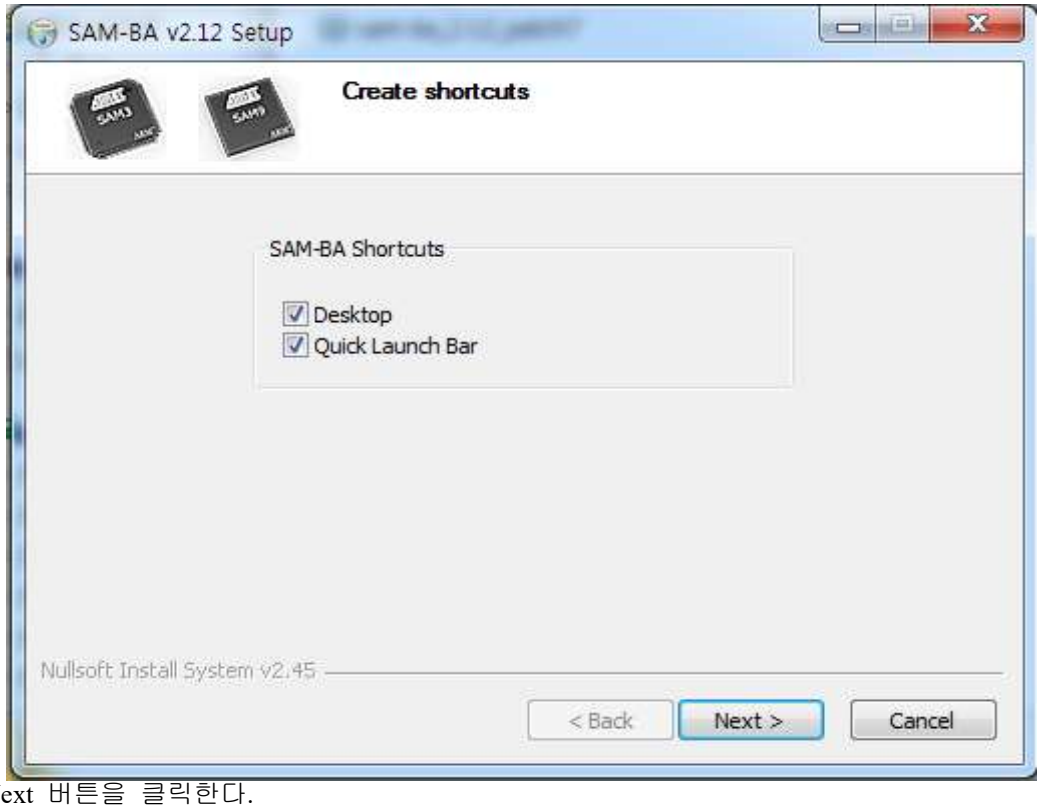


Install 버튼을 클릭한다.





Next 버튼을 클릭한다.

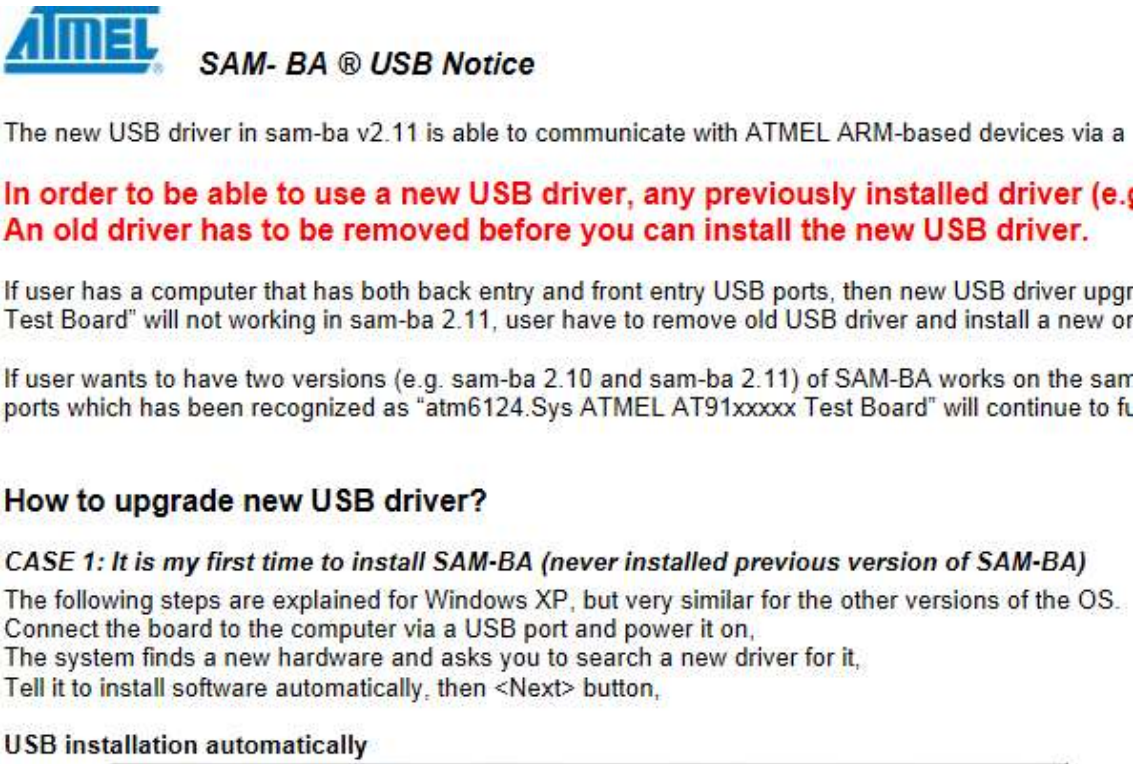


Next 버튼을 클릭한다.



Finsih버튼을 클릭한다.

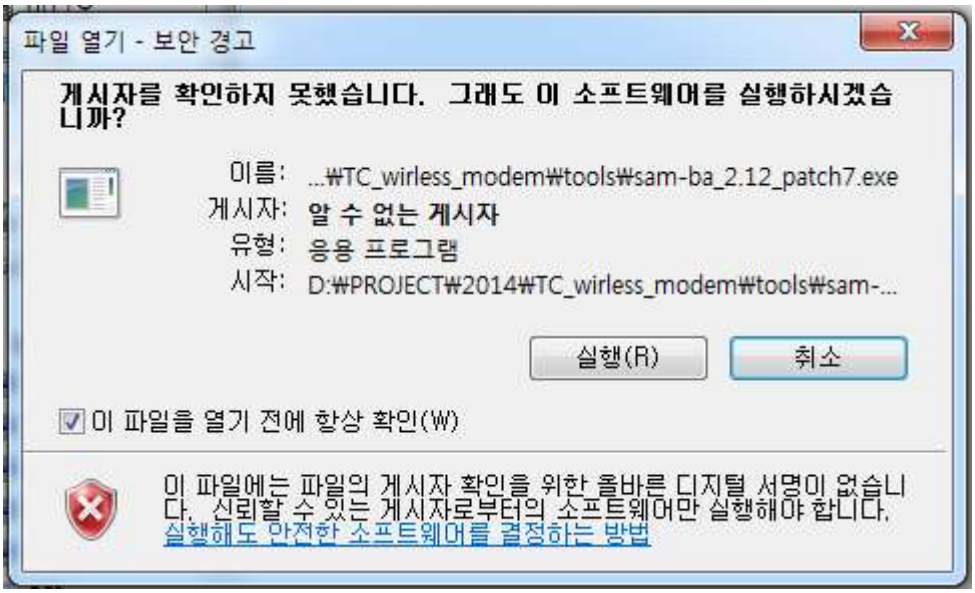
다음과 같은 화면이 나타난다.



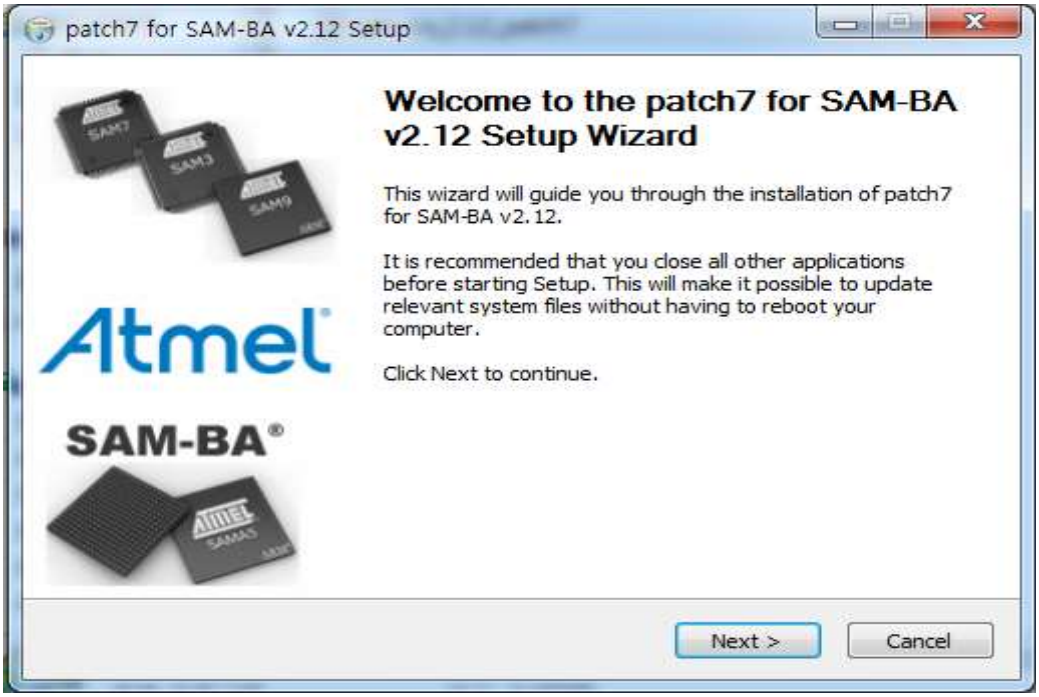
위의 화면은 USB 드라이버의 설치하는 방법에 대한 설명입니다.

교통신호 제어기 무선모뎀의 USB port에 PC와 연결하기 위해서 USB을 연결하면 자동으로 설정이 완료됩니다.

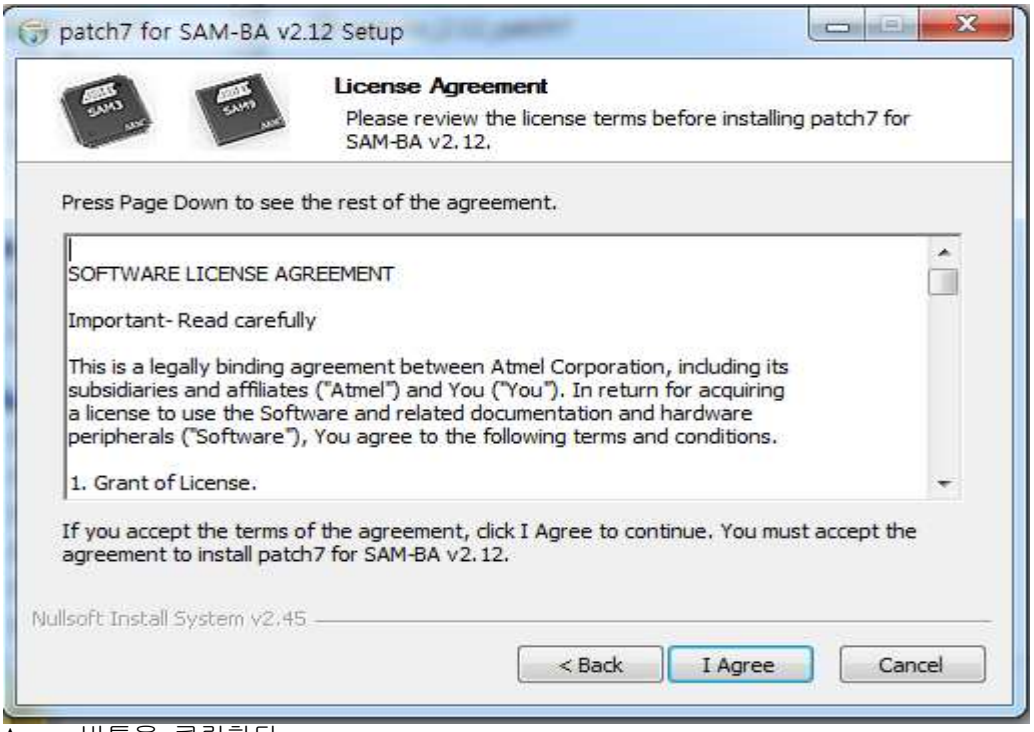
프로그램이 정상적으로 인스톨되면 sam-ba_2.12_patch7을 실행한다.



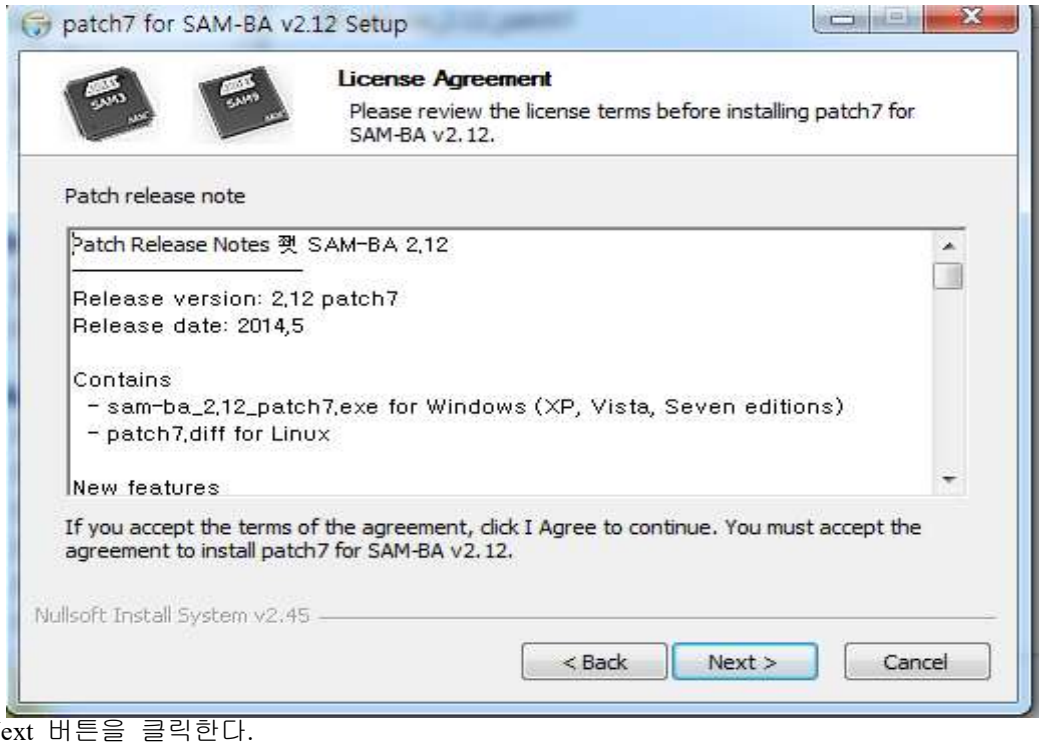
실행 버튼을 클릭한다.



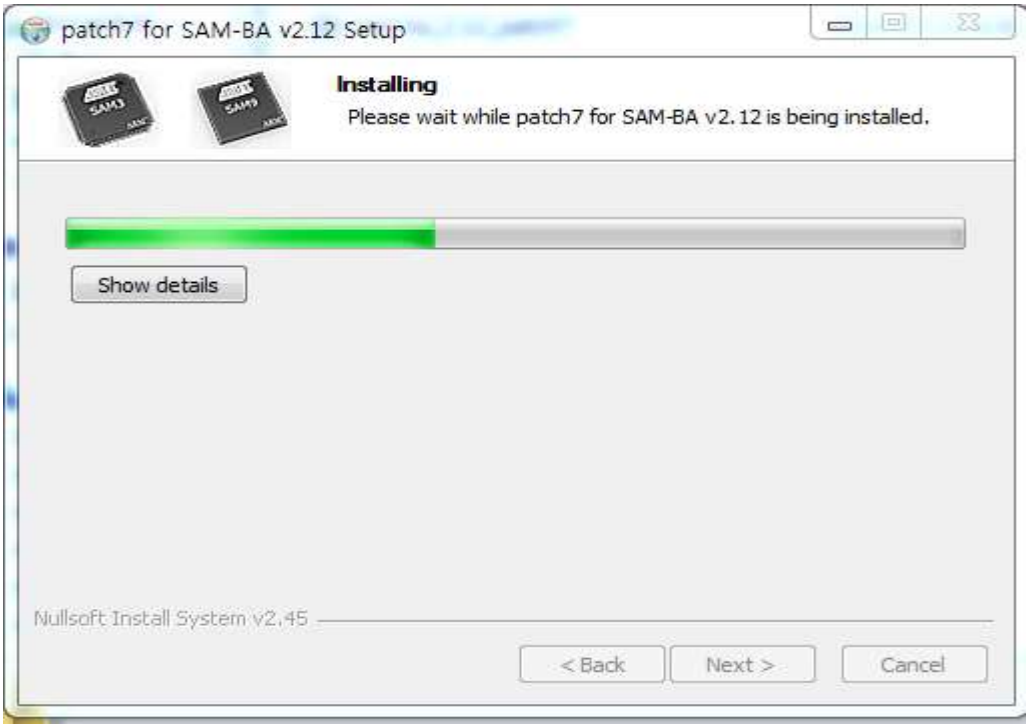
Next 버튼을 클릭한다.



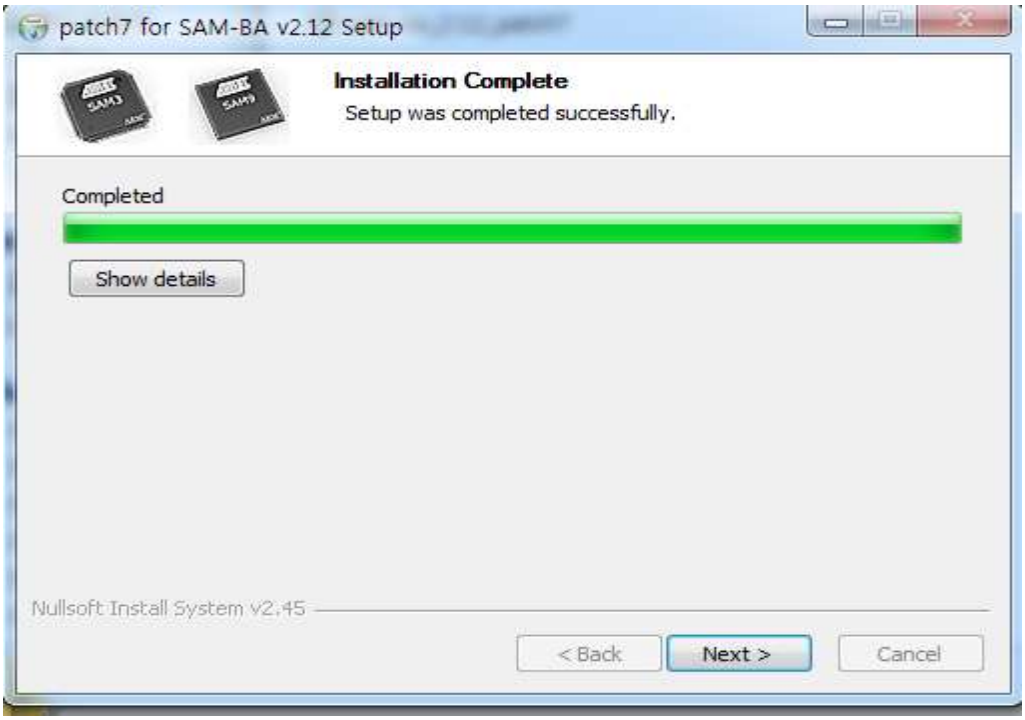
I Agree 버튼을 클릭한다.



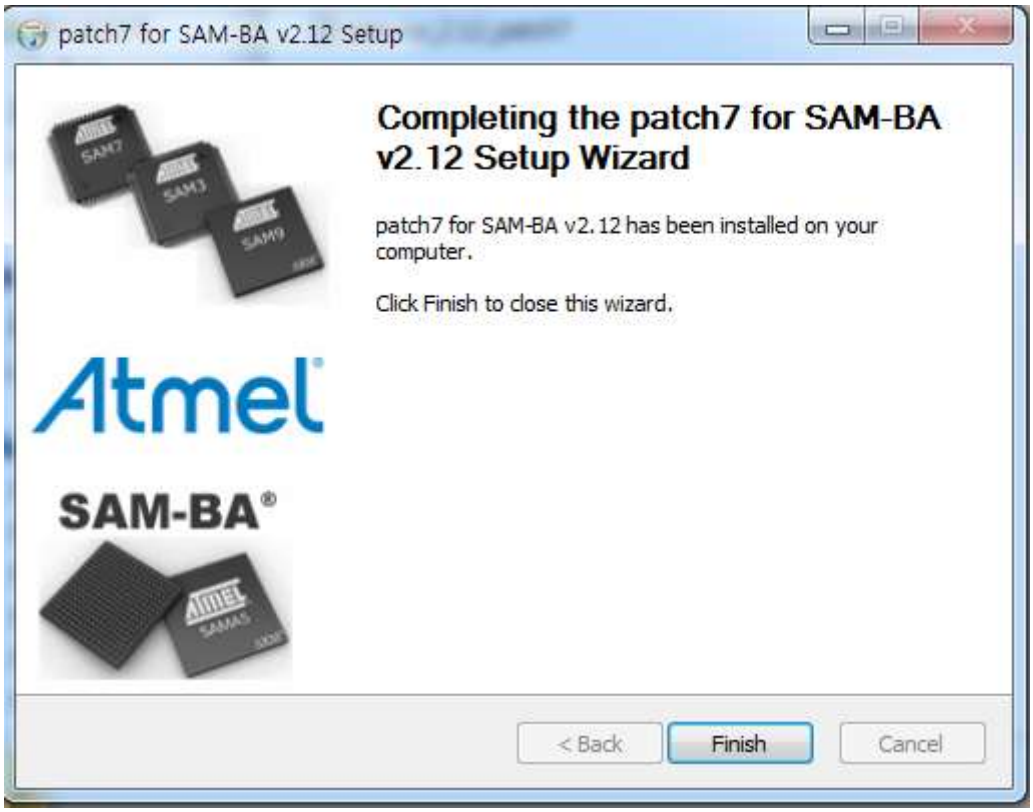
Next 버튼을 클릭한다.



Next 버튼을 클릭한다.



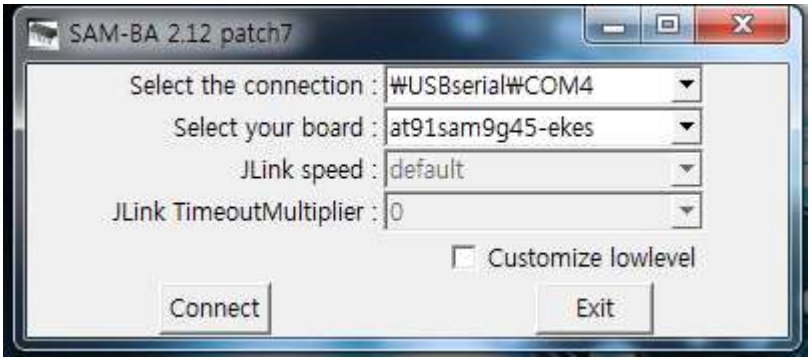
Finsih버튼을 클릭한다.



6.3 SAM-BA을 사용하여 bootstrap와 u-boot 이미지 굽기

6.3.1 Bootstrap 굽기

SW1, SW2,을 1-2로 설정, DL USB port에 usb cable을 연결하고,SAM-BA을 실행한다.



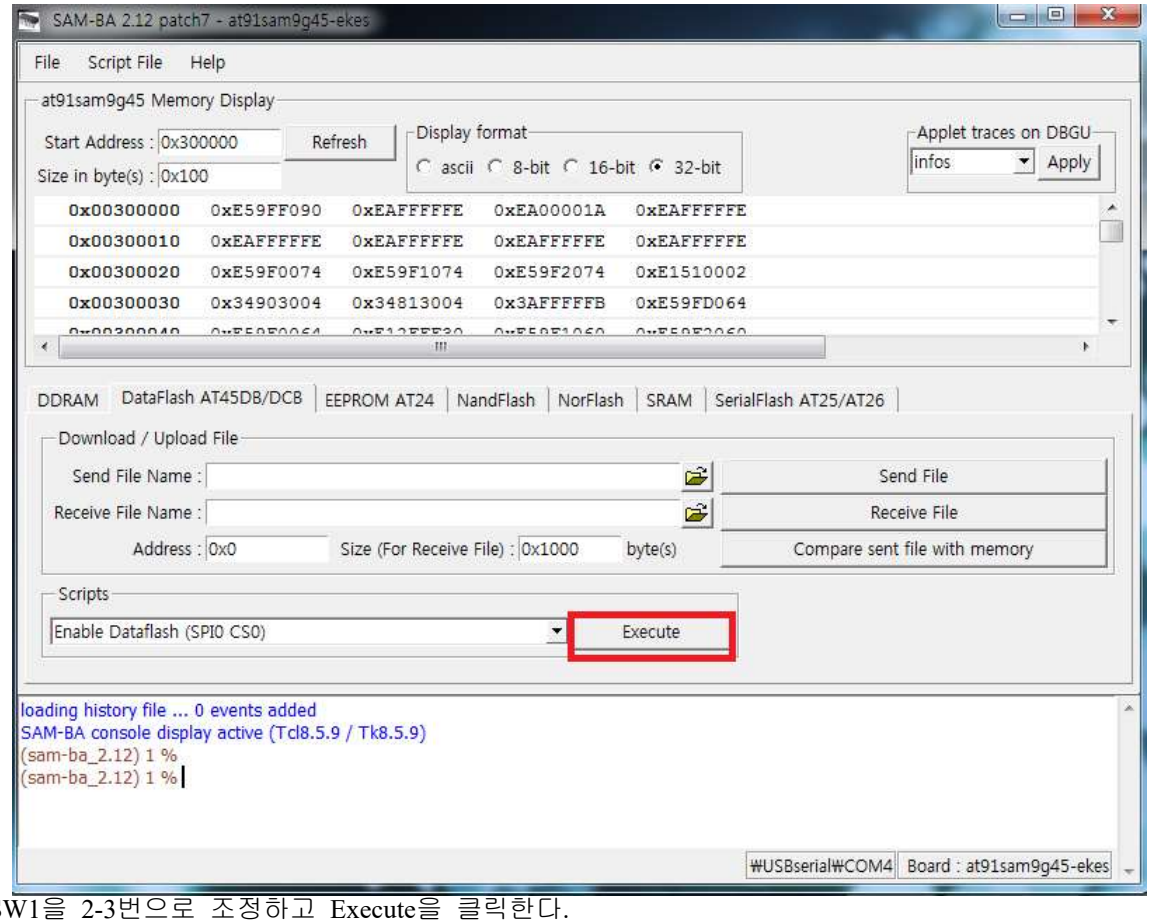
위의 그림에서

USBserial/COM4는 컴퓨터마다 다른 값으로 설정이 될수 있다.

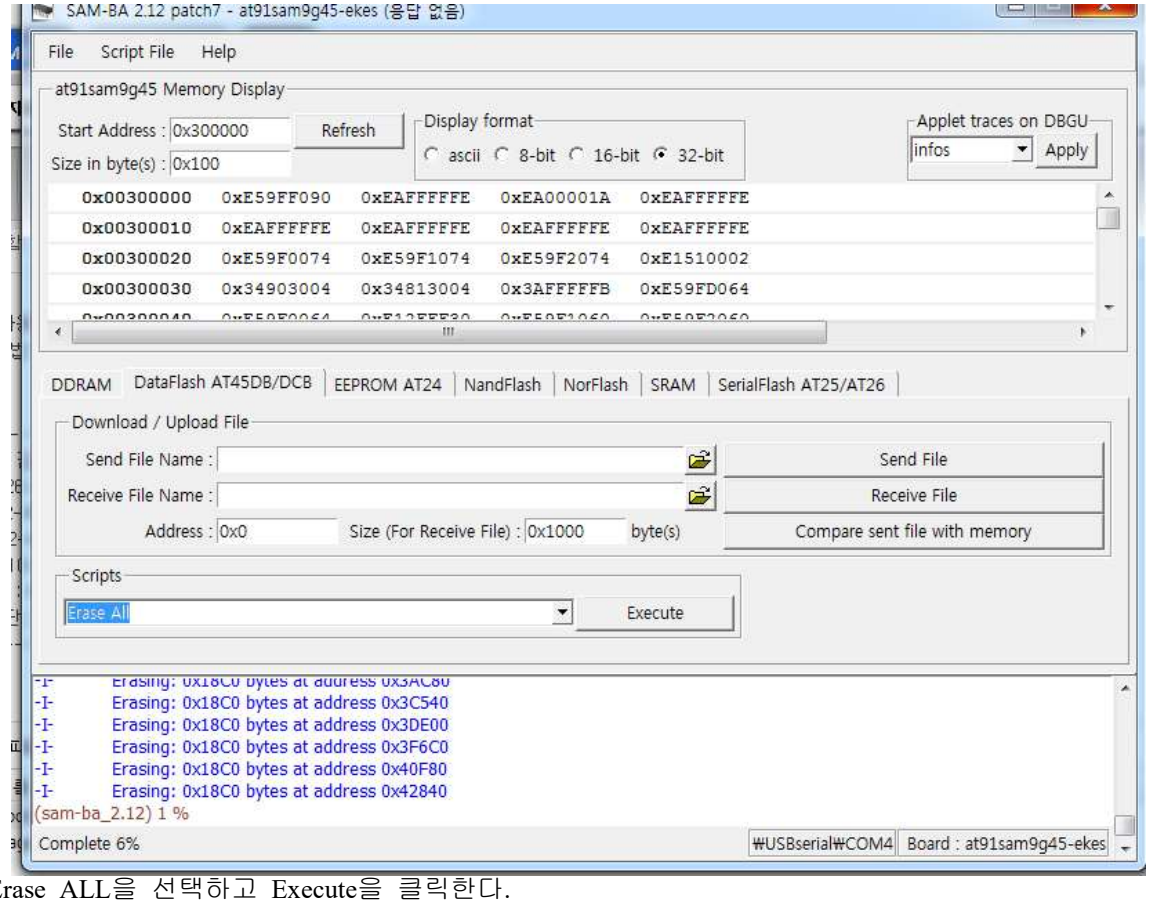
시리얼 포트가 보이지 않으면 SAM-BA의 인스톨을 다시 실행하여야 한다.

At91sam9g45-ekes로 보드를 설정한다.

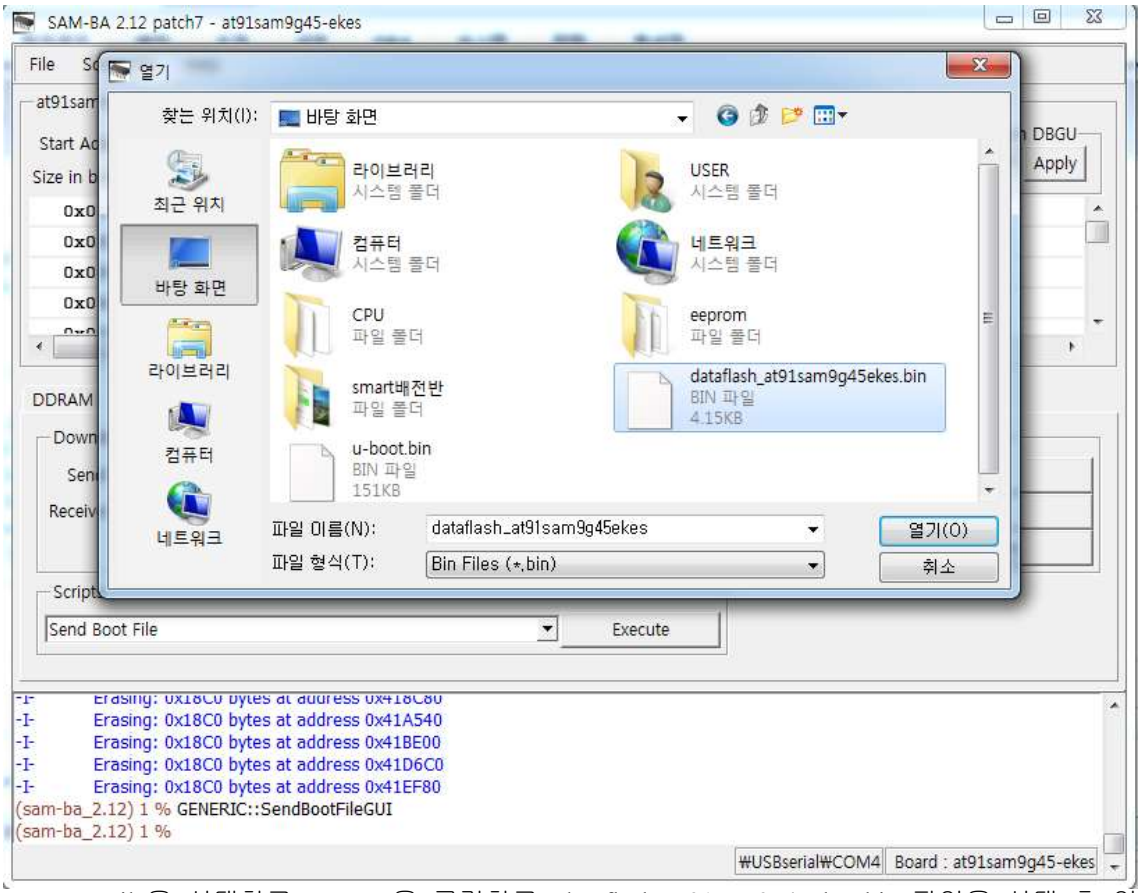
마지막으로 Connect을 클릭한다.



SW1을 2-3번으로 조정하고 Execute을 클릭한다.

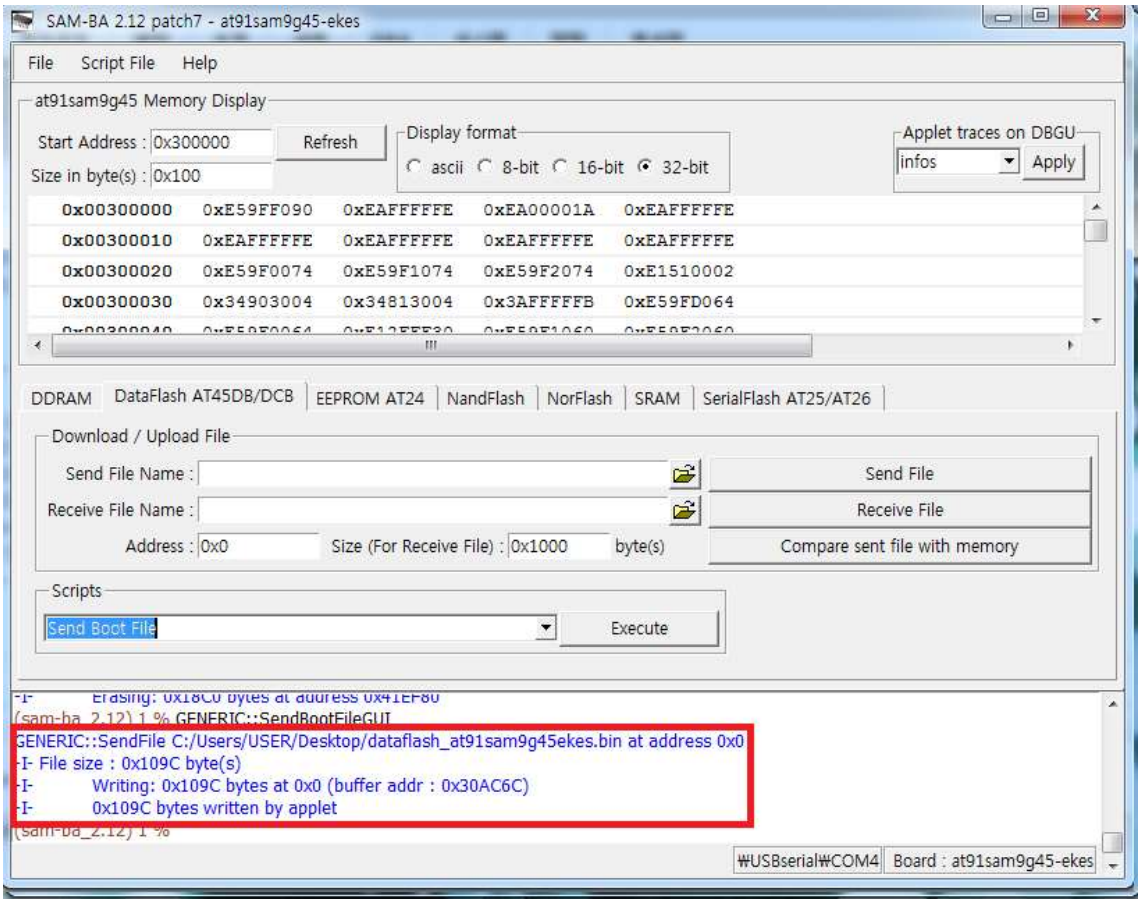


Erase ALL을 선택하고 Execute을 클릭한다.



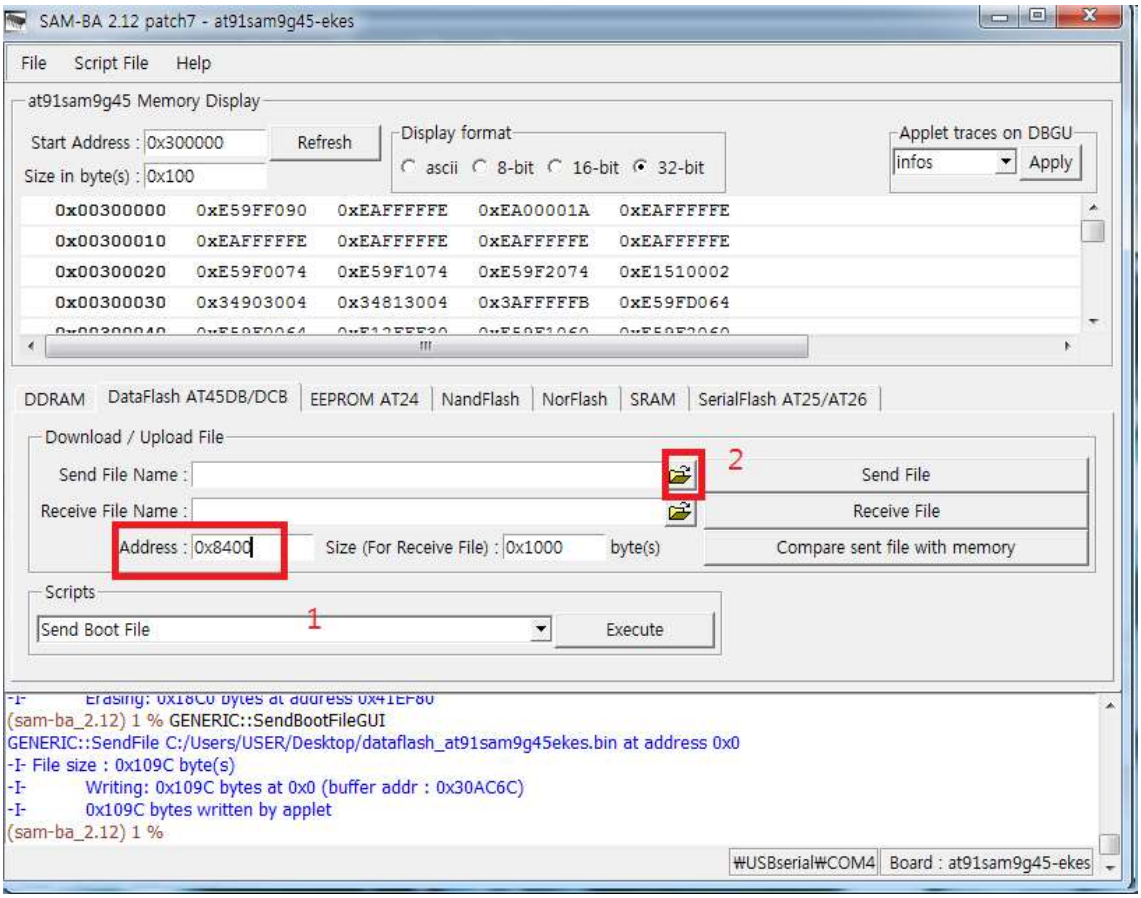
Sent Boot File을 선택하고 Execute을 클릭하고, dataflash_at91sam9g45ekes.bin 파일을 선택 후 열기를

클릭한다.

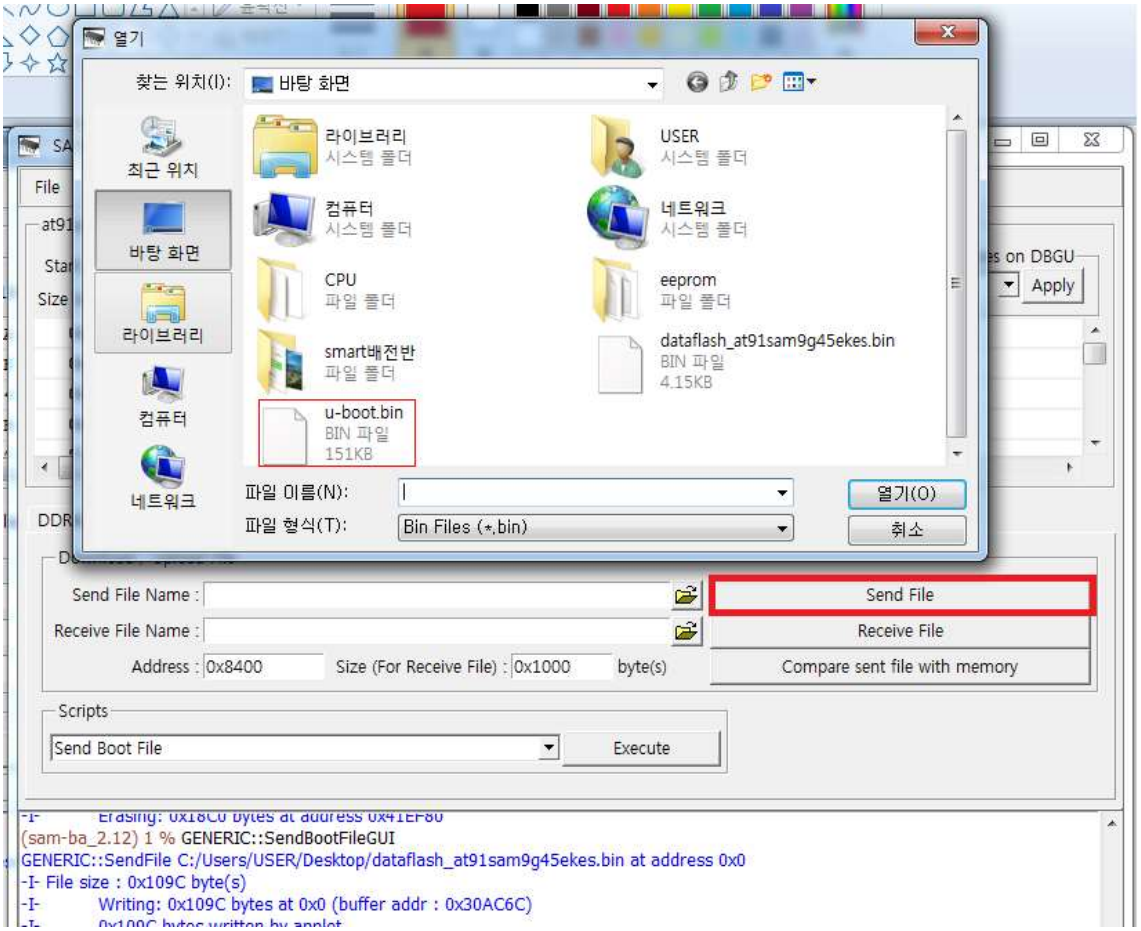


위의 적색 부분을 확인한다.

6.3.2 U-BOOT.BIN 파일 굽기



Address: 0x8400으로 선택후 2번을 클릭하여 이미지를 선택한다.



Send File을 클릭한다.

SW1을 2-3으로 바꾼다. 그리고 reset을 눌러서 다음과 같이 화면을 확인한다.

```
Start AT91Bootstrap...
U-Boot 1.3.4 (Aug  5 2014 - 18:15:52)

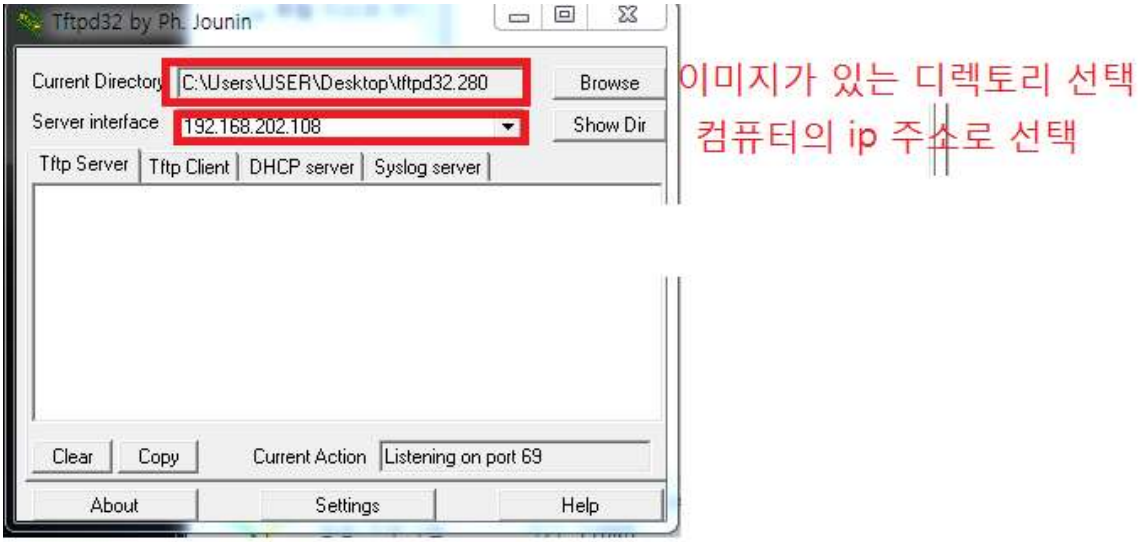
DRAM:  128 MB
NAND:  128 MiB
DataFlash:AT45DB321
Nb pages:    8192
Page Size:    528
Size= 4325376 bytes
Logical address: 0xC0000000
Area 0: C0000000 to C00083FF (RO) Bootstrap
Area 1: C0008400 to C00483FF      U-Boot
Area 2: C0048400 to C004C5FF      Environment
Area 3: C004C600 to C014C5FF      Logo
Area 4: C014C730 to C041FFFF      Spare
*** Warning - bad CRC, using default environment

In:    serial
Out:   serial
Err:   serial
Net:   macb0
Filesystem check: [00]
Hit any key to stop autoboot:  0
U-Boot>
```

6.4 TFTP32을 사용한 KERNEL, FILESYSTEM 굽기

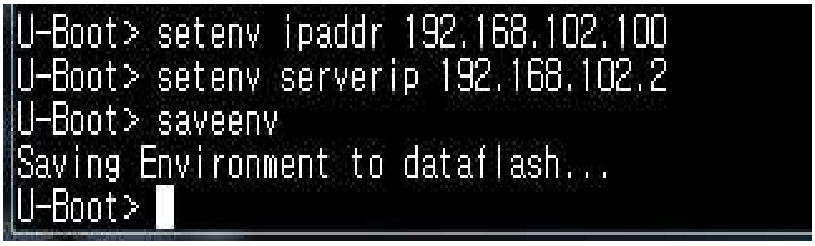
6.4.1 KERNEL 굽기

Tftp32을 실행하여 다음과 같이 환경을 구성하다.



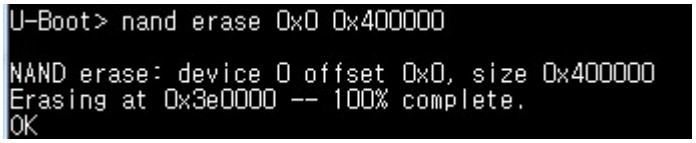
컴퓨터의 LAN 과 교통신호 제어기용 무선 모뎀의 LAN을 연결한다.
즉 컴퓨터의 랜카드의 LAN 케이블을 LAN #1 또는 LAN#2로 연결한다.

다음과 같이 Serverip, ipaddr을 수정한다. 여기에 표시한 주소는 각각의 환경에 따라서 틀릴 수 있다.



다음과 같은 방법으로 이미지를 다운로드 한다.

- 커널이미지가 다운로드 되는 NAND FLASH의 영역을 지운다.
  nand erase 0x0 0x400000



- Tftp 서버에서 커널 이미지를 sdram으로 복사한다.

  tftp 0x72000000 uImage.openwrt

```
U-Boot> tftp 0x72000000 uImage.openwrt
macb0: link up, 100Mbps full-duplex (lpa: 0x45e1)
Using macb0 device
TFTP from server 192.168.102.2; our IP address is 192.168.102.100
Filename 'uImage.openwrt'.
Load address: 0x72000000
Loading: ###################################################################
         ###################################################################
         ##################
done
Bytes transferred = 2172482 (212642 hex)
```

- 커널이미지를 NAND FLASH에 써넣는다.

  nand write.i 0x72000000 0x0 $(filesize)

```
U-Boot> nand write.i 0x72000000 0x0 $(filesize)

NAND write: device 0 offset 0x0, size 0x212642

Writing data at 0x212000 -- 100% complete.
 2172482 bytes written: OK
U-Boot>
```

6.4.2 6.4.2 FILESYSTEM 굽기

KERNEL 이미지 다운로드와 같은 방법으로 Tftp32을 실행하여 다음과 같이 환경을 구성한다.

컴퓨터의 LAN 과 LED BIT CPU 보드의 LAN을 연결한다.

serverip 를 확인한 후 내 PC의 IP주소를 serverip 주소로 수정한다.

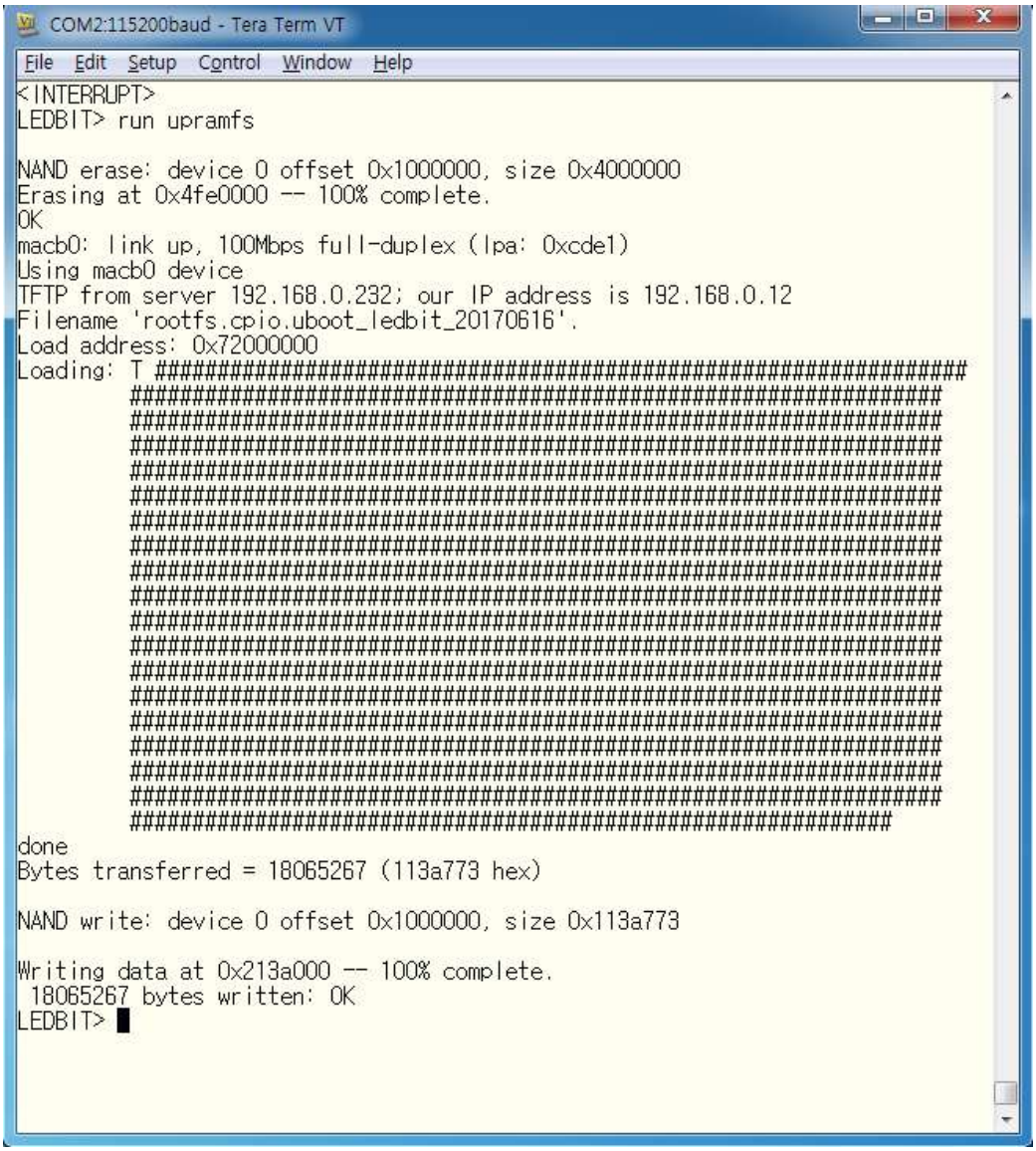
다운로드 하고자 하는 RAMDISK 파일 명을 확인한 후 ramdisk name을 아래와 같이 수정한다.

setenv ramdiskname [파일 명] [enter]

saveenv [enter]

```
LEDBIT> setenv ramdiskname rootfs.cpio.uboot_ledbit_20171031
LEDBIT> saveenv
Saving Environment to dataflash...
LEDBIT>
```

⑤ “run upramfs” 명령어를 입력하여 다음과 같이 RAMDISK 이미지가 다운로드 되는지 확인한다.



7 파일 설정

7.1 보드 IP 설정

7.1.1 설정 파일 위치 및 내용

파일의 위치는 /mnt/DB/system.ini 에 위치한다.

```
# cat /mnt/DB/system.ini
[interface/0]
name            = eth0
service         = static
address         = 192.168.10.169
netmask         = 255.255.255.0

[route/0]
destination     = 172.16.0.0
netmask         = 255.255.255.0
gateway         = 192.168.10.1
#
```

[interface/0] 항목의 service 항목에는 static(고정 IP) 및 dhcp(유동 IP) 설정한다.

[interface/0] 항목의 address 항목에는 static 에서 사용할 IP를 입력한다.

[interface/0] 항목의 netmask 항목에는 static 에서 사용할 subnet mask를 입력한다.

[route/0] 항목의 destination 항목에는 routing할 목적지를 설정한다.

[route/0] 항목의 netmask 항목에는 routing에서 사용할 subnet mask를 설정한다.

[route/0] 항목의 gateway 항목에는 routing에서 사용할 gateway IP를 설정한다.

Routing할 주소가 더 있다면 [route/1~8] 항목까지 추가가 가능하다.

7.1.2 7.1.2 설정 파일 수정방법

VI 에디터를 이용하여 수정한다.

```
# vi /mnt/DB/system.ini
```

수정 후에는 보드를 reboot해야 설정이 적용된다.

7.2 보드 Configuration

7.2.1 파일 위치 및 내용

파일의 위치는 /mnt/DB/syscfg.ini 에 위치한다.

```
#
# cat /mnt/DB/syscfg.ini
[vpn]
used = No

[lcp]
timeout = 10

[modbus]
slaveAddr = 1

[mod_serial]
type = RS-232
ComPort = 0
PortSpeed = 115200
DataBit = 8
StopBit = 1
parity = NONE

[lcp_serial]
type = RS-422
ComPort = 3
PortSpeed = 9600
DataBit = 8
StopBit = 1
parity = NONE

[tunnel_comm]
used = Yes
server_used = No
serverip   = 192.168.10.168
serverPort = 1000
poll       = 500
timeout    = 500
err_cnt    = 3
emergency  = 1

#
```

[vpn] 항목은 VPN 적용유무를 설정한다.

[lcp] 항목은 lcp 통신이상유무를 판단할 시간을 설정한다.

[modbus] 항목은 modbus 통신시 사용할 slave address를 설정한다.

[mod_serial] 항목은 Modbus Serial 통신에 대하여 Serial Port 파라미터를 설정한다.

[lcp_serial] 항목은 LCP 통신에 대하여 Serial Port 파라미터를 설정한다.

[tunnel_comm] 항목은 조명제어 장치와의 통신에 대하여 설정한다.

7.2.2 설정파일 수정방법

VI 에디터를 이용하여 파일을 편집한다.



편집 후에는 보드를 reboot해야 설정이 적용된다.

7.3 VPN 설정

7.3.1 파일 위치 및 내용

파일의 위치는 /mnt/DB/secuway/conf/client.info 에 위치한다. VPN 설정은 VPN 사용일 경우에만 설정이 적용된다.



userid는 VPN ID를 입력한다.

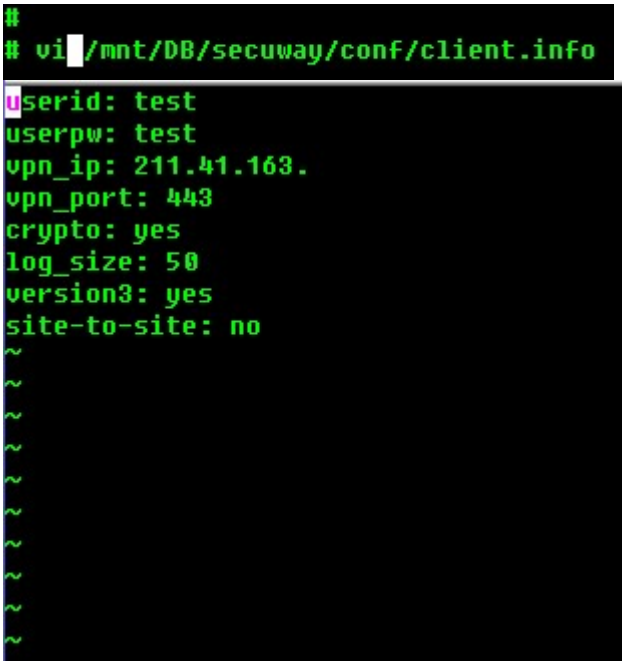
userpw는 VPN Password를 입력한다.

vpn_ip는 VPN IP를 입력한다.

나머지 항목은 기본설정대로 둔다.

7.3.2 설정파일 수정방법

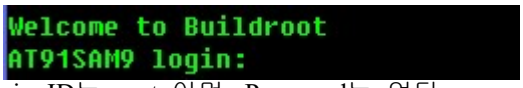
VI 에디터를 이용하여 파일을 수정한다. 수정 후에는 보드를 reboot해야 설정이 적용된다.



7.4 프로그램 Debug 설정

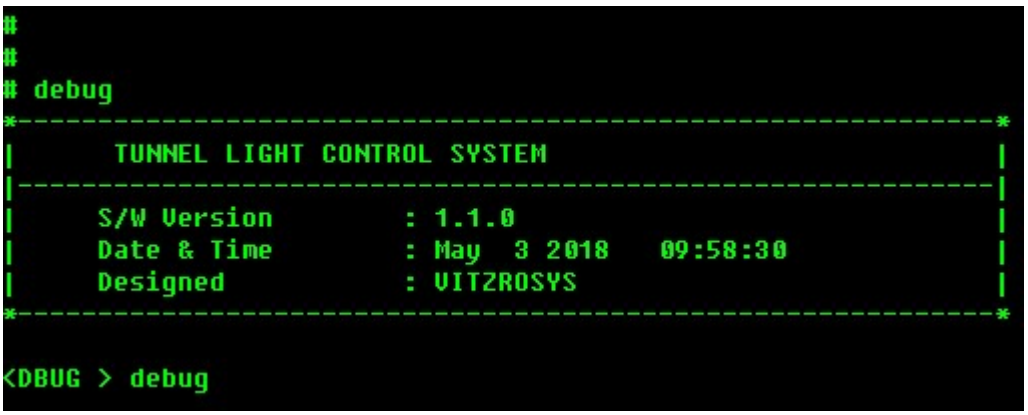
7.4.1 실행방법

1. 콘솔을 연결후 보드에 접속하면 아래와 같이 login 화면이 나타난다.

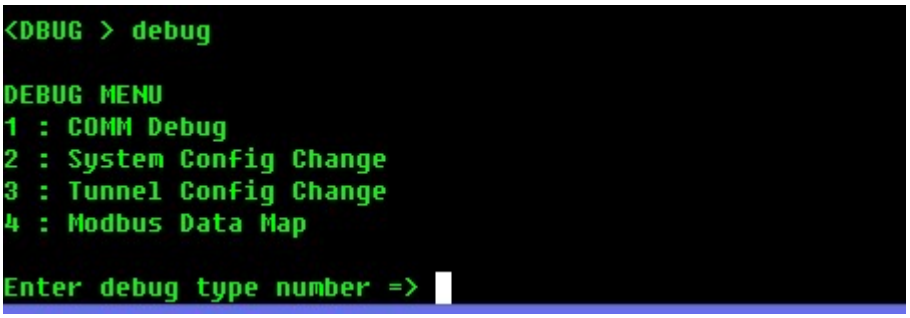


login ID는 root 이며, Password는 없다.

2. 실행시 debug를 입력하면 아래와 같은 화면이 나타난다.



3. debug 명령어를 치면 아래와 같은 메뉴화면이 나타난다.



4. 이때 디버그 메뉴 항목은 다음과 같다.

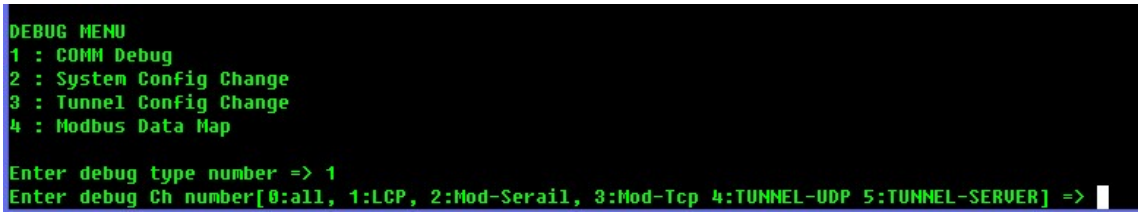
1: COMM Debug -> 통신상태 확인

2: System Config Change -> 시스템 설정 변경 메뉴

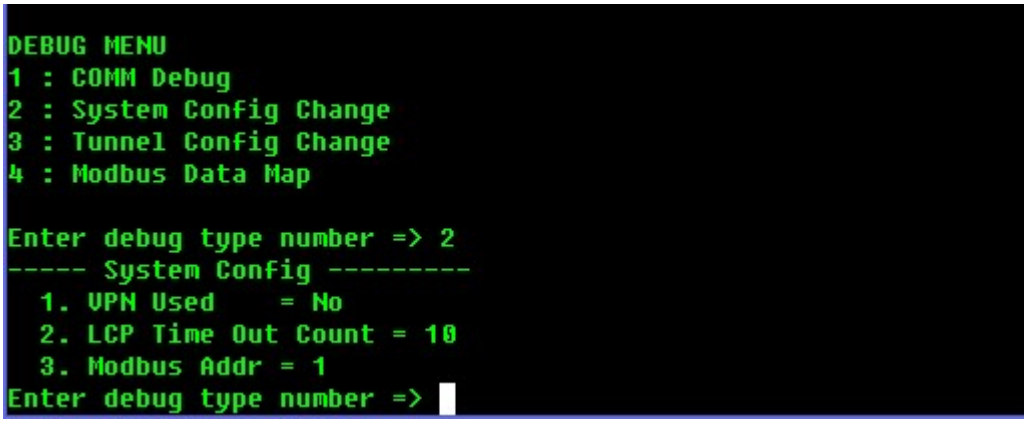
3: Tunnel Config Change -> 조명제어 장치 설정 변경 메뉴

4: Modbus Data Map -> LCP 통신후 Modbus 통신하기 위한 Memory Map 확인

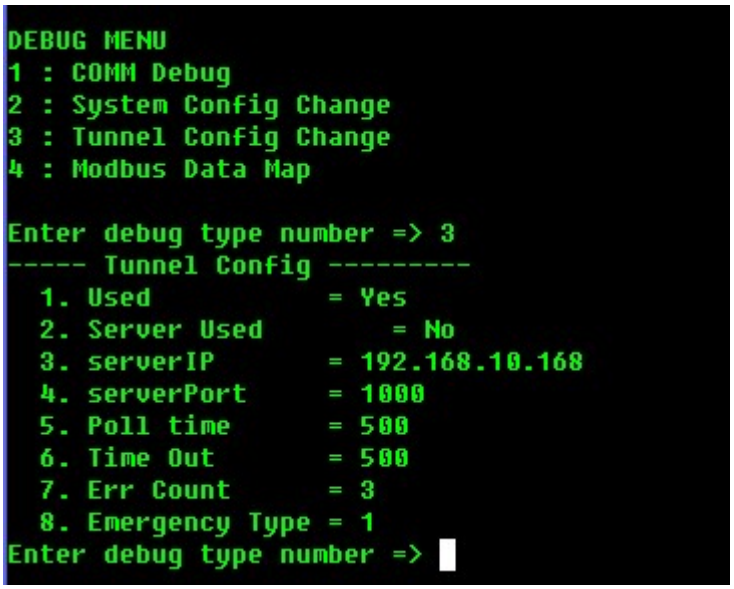
5. Comm Debug(1) 항목으로 들어가면 아래와 같은 화면이 나타나며 해당 번호 선택시 통신 디버깅 메시지를 확인할 수 있다.



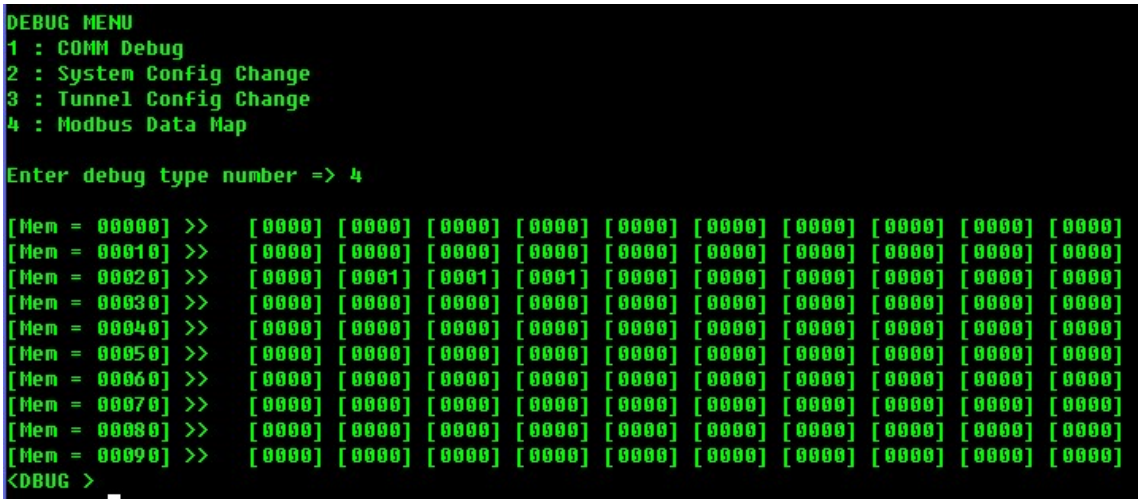
6. System Config Change(2) 항목으로 들어가면 아래와 같은 화면이 나타나며 해당 번호 선택후 내용을 수정할 수 있다.



7. Tunnel Config Change(3) 항목으로 들어가면 아래와 같은 화면이 나타나며 해당 번호 선택후 내용을 수정할 수 있다.



8. Modbus Data Map(4) 항목으로 들어가면 내부 Modbus Data Map을 확인할 수 있다.



9. System Config Change(2) 와 Tunnel Config Change(3) 항목 수정후에는 보드를 reboot 해야 설정이 적용된다.

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.