

철도차량 조명 환경연구

강옥구* · 장우진
 (Oggoo Gang · Woojin Jang)
 서울산업대학교

요약

육상 운송수단의 중심에 있는 철도차량의 조명 환경을 현재 운행되고 있는 KTX, 새마을, 무궁화호를 중심으로 조사하여 현재의 조명환경을 파악하고 차량별 조도 비교 및 사용광원을 검토하여 에너지 절약 및 철도차량 조명환경 개선을 연구함으로써 쾌적하고 안락한 철도조명 환경을 만들고자 한다.

1. 서론

철도는 1814년 스티븐슨이 증기기관차를 발명 후 영국이 1825년 철도건설을 시작하였으며, 그 후로 많은 나라들의 지속적인 철도건설과 철도 차량의 발전을 통하여 현대는 전 세계 육상운송의 대표적인 수송수단으로 자리 잡고 있다. 우리나라에 철도가 도입된 시기는 1896년 9월 일본의 경인철도 주식회사가 인천 제물포에서 서울 노량진 까지 건설한 33.2km가 한국 철도의 시작이었다. 이후 한국 철도는 지속적인 발전을 통하여 현재는 고속철도인 KTX의 시대를 맞이하고 있으며, 한국 철도의 역사는 금년(2007년)에 111년을 맞이하게 되었으며 동서남북으로 운행되는 철도와 대도시의 지하철이 우리나라의 육상 및 지하 수송수단의 주도적 역할을 하고 있다.

이러한 철도의 중요성을 고려하여 현재 운행되는 철도 중 경부선 KTX, 새마을호, 무궁화호의 철도 차량 조명 환경 연구를 함으로써 현재의 조명환경을 파악하고 우리나라의 국민소득에 적합한 차량조명 환경 및 개선방안의 연구를 통해 안전하고 쾌적한 철도차량의 조명 환경을 이루고자 한다.

2. 본론

2.1. 조명 전원 설비

2.1.1. 조명용 전압과 주파수

일반조명 : AC 220V, 60Hz

국부조명 : DC 24V

2.1.2 전원 구성과 전압방식

1) KTX

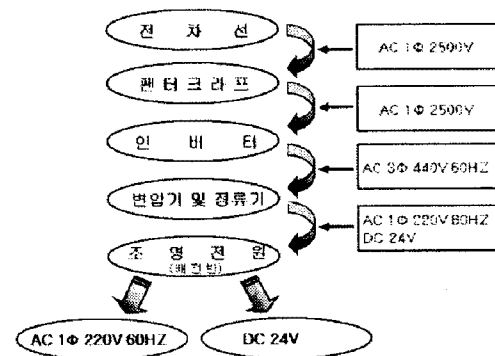


그림 1. KTX 전원계통과 전압방식

2) 새마을호(신차량)

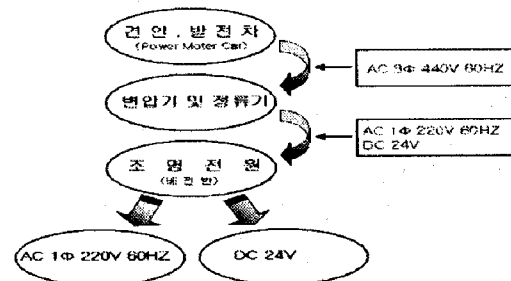


그림 2. 새마을호 신차량 전원계통과 전압방식

3) 무궁화호, 새마을호(구차량)

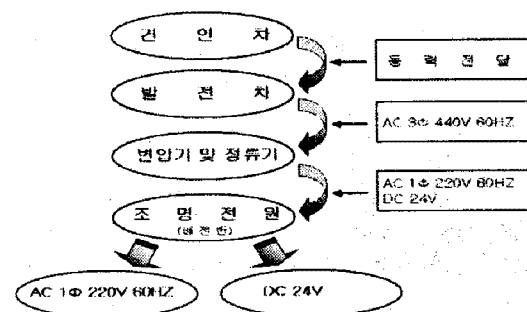


그림 3. 무궁화호, 새마을(구)전원계통과 전압방식

2.2. 조명방식

2.2.1. 광원의 종류 및 용량

표 1. 객실 전반조명

차량구분	광원의 종류	용량(W)	설치위치
KTX	형광등	40	천장
		20	측벽
새마을	형광등	40	천장
무궁화	형광등	40	천장

표 2. 국부조명

차량구분	광원의 종류	용량(W)	설치위치
KTX	백열전구	8	선반 하부(독서용)
새마을	LED	2.4	선반 하부(독서용)
무궁화	백열전구	5 이하	선반 하부(독서용)

표 3. 화장실

차량구분	광원의 종류	용량(W)	설치위치
KTX	형광등	20	측벽
새마을	백열전구	60	측벽
무궁화	백열전구	60	측벽

표 4. 연결구간

차량구분	광원의 종류	용량(W)	설치위치
KTX	형광등	20	천장
새마을	백열전구	60	천장
무궁화	백열전구	60	천장

2.2.2. 등기구 형태 및 조명 환경 조사

1) KTX 차량 조명환경

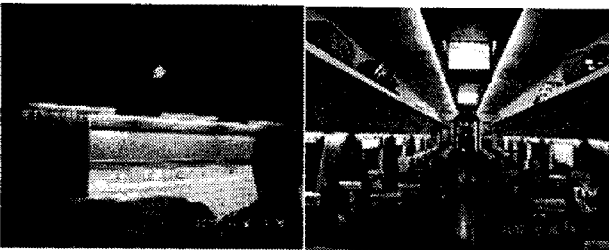


그림 4. 객실

그림 4.1 객실2



그림 5. 화장실

그림 6. 연결구간

2) 새마을호 차량 조명환경

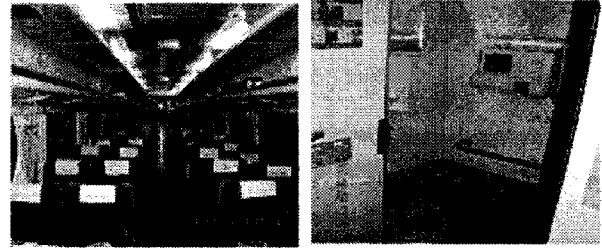


그림 7. 객실

그림 8. 화장실

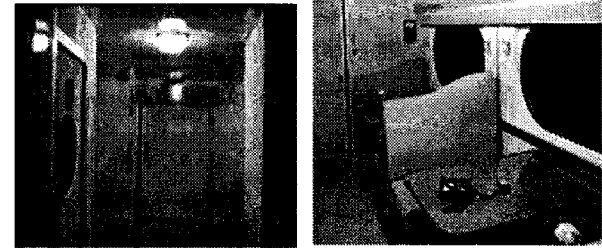


그림 9. 연결구간

그림 10. 식당칸

3) 무궁화호 차량 환경조명



그림 11. 객실

그림 12. 연결구간

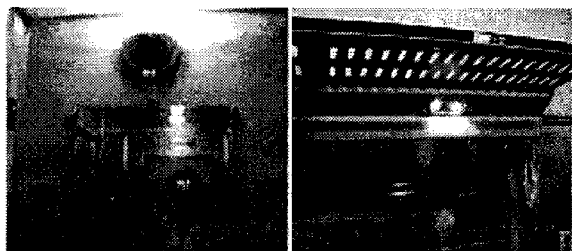


그림 13. 화장실

그림 14. 객실 국부조명

2.3 차량내부 조명등 위치

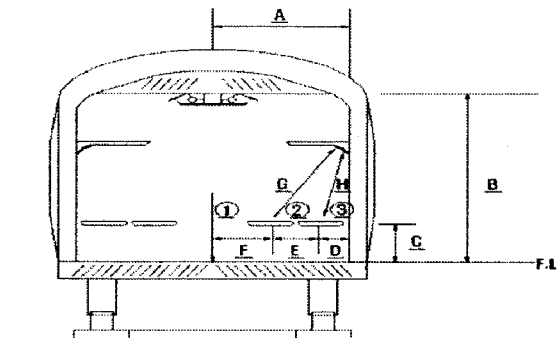


그림 15. 차량 객실 조명등 위치도

표 5. 차량객실 조도측정 위치 [단위: mm]

기호	KTX	새마을	무궁화
A	1300	1370	1450
B	2200	2240	2390
C	620	600	550
D	330	350	350
E	500	500	500
F	470	520	600
G	1250	1150	1300
H	1050	980	1100

조도 측정 위치

- ① 통로 중앙바닥
- ② 내측 책받침 중앙
- ③ 창측 책받침 중앙

2.4. 조명 제어방식

조명 시스템 제어는 다음과 같다.

- 1) 기관사제어 : 서비스실에서 스위치를 사용하여 열차의 전체 조명을 개별적으로 조정.
- 2) 운전요원 및 유지보수요원 : 누름 버튼을 이용하여 각 객차의 내부 조명을 제어함.
- 3) 승객 및 기타 : 누름버튼은 각 좌석의 독서 등을 제어함

2.5 차량내부 조명 환경

2.5.1. 기준조도 (철도수송기관)

표 6. KS A 3011 산업표준 조도기준

위 치	조도분류	조도(lx)	적용 조도(lx)
객차 연결 복도 승하차, 좌석통로	C	15-20-30	20
독서	D	30-40-60	40
식당, 주방	E	60-100-150	100
일반 조명	C	15-20-30	20
화장실	D	30-40-60	40

2.5.2 실제측정 조도

- 1) 측정 조도표 (KTX)- 주간

1. 측정환경 : 주간 (17:01~ 17:49)
2. 차량객실 : 일반실
3. 호선명칭 : 경부선
4. 구 간 : 대전 → 동대구
5. 측 정 일 : 2007. 10. 08
6. 위치별 측정조도
(날씨 : 맑음, 측정위치 : 햇빛방향)

표 7. KTX 주간 조도 측정표

위 치	구 분	조명환경	측정 조도(lx)	비 고
역정차시 좌석 책 받침대 (커튼: 무)	창측	주광, 조명	550	대전역
	내측	주광, 조명	170	
좌석 책 받침대 (커튼: 무)	창측	주광, 조명	1450	받침대높이 H:FL+ 620mm 창측 (창으로부터) 330mm 내측 (창으로부터) :830mm
	내측	주광, 조명	570	
좌석 책 받침대 (커튼: 유)	창측	주광, 조명	40	
	내측	주광, 조명	30	
통로	중앙 부분	주광, 조명 커튼 : 유 (바닥기준)	20	창으로부터 통로중앙까지 1300mm
		주광, 조명 커튼 : 무 (바닥기준)	40	
연결구간	승하차 승강로	주광, 조명	170	바닥기준
화장실		조명	20	바닥기준
터널	통과시	조명	20	책받침대 : FL+ 620mm
			10	바닥 기준

- 2) 측정 조도표 (KTX)- 야간

1. 측정환경 : 야간 (19:05 ~ 19:54)
2. 차량객실 : 일반실
3. 호선명칭 : 경부선
4. 구 간 : 동대구→ 대전
5. 측 정 일 : 2007. 10. 08
6. 위치별 측정조도

표 8. KTX 야간 조도 측정표

위 치	구 분	조명환경	측정 조도(lx)	비 고
역정차시 좌석 책받침대 (커튼 무)	창측	조명	60	동대구역
	내측	조명	30	

평상시 좌석 책받침대 (커튼: 무)	창측	조명	80	받침대 높이 H : FL+620mm 창측(창으로부터) : 330mm 내측(창으로부터) : 830mm
	내측	조명	30	
독서시 좌석 책받침대 (커튼: 유)	창측	조명	230	광원 종류 : 국부조명(독서용) 백열전구 8W투광등 전반조명 (통로:FL40W 백색 및 주광색, 창측:FL20W 주광색) 반간접 및 간접조명
	내측	조명	120	
통로	중앙부분	조명 (바닥 기준)	10	창측 으로부터 통로 중앙까지 : 1300mm
연결구간	승하차 승강로	조명	140	바닥기준주광색 사용광원:FL20W
화장실		조명	20	바닥기준주광색 사용광:FL20W

3) 새마을호 측정 조도표 - 주간

1. 측정환경 : 주간 (13:24 ~ 14:16)
2. 차량객실 : 일반실
3. 호선명칭 : 경부선
4. 구 간 : 영등포 → 천안
5. 측 정 일 : 2007. 10. 08
6. 위치별 측정조도 (날씨 : 맑음, 측정위치 : 햇볕방향)

표 9.새마을호 주간조도 측정표

위 치	구 분	조명 환경	측정 조도(lx)	비 고
역정차시 좌석 책받침대 커튼: 무	창측	주광, 조명	40	수원역
	내측	주광, 조명	30	
좌석 책받침대 커튼: 무)	창측	주광, 조명	18460	받침대높이: H FL+600mm 창측 창으로부터: 350mm 내측 창으로부터: 850mm
	내측	주광, 조명	1800	
좌석 책받침대 (커튼: 유)	창측	주광, 조명	300	
	내측	주광, 조명	150	
통로	중앙부분	주광, 조명 커튼:유 (바닥기준)	40	창측 으로부터 통로 중앙까지 : 1370mm
		주광, 조명 커튼:무 (바닥기준)	610	
연결구간	승하차 승강로	주광, 조명	1480	바닥기준
화장실		조명	10	바닥기준
식당칸		주광, 조명	1160	높이 H : 680mm

4) 측정 조도표 (새마을호)-야간

1. 측정환경 : 야간 (20:48 ~ 21:32)
2. 차량객실 : 일반실
3. 호선명칭 : 경부선
4. 구 간 : 대전 → 천안
5. 측 정 일 : 2007. 10. 08
6. 위치별 측정조도

표 10.새마을호 야간 조도 측정표

위 치	구 분	조명 환경	측정 조도(lx)	비 고
역정차시 좌석 책받침대 (커튼: 무)	창측	조명	60	대전역
	내측	조명	60	
평상시 좌석 책받침대 (커튼: 무)	창측	조명	30	받침대 높이 H : FL+600mm 창측(창으로부터) 350mm 내측(창으로부터) :850mm 광원 종류 : 국부조명(독서용) LED(0.1W*24개) 백색 투광등 전반조명 (FL40W)백색 간접조명
	내측	조명	40	
독서시 좌석 책받침대 (커튼: 유)	창측	조명	190	
	내측	조명	190	
통로	중앙부분	조명 바닥 기준	20	창으로부터 통로 중앙까지 : 1370mm
연결구간	승하차 승강로	조명	10	바닥기준, 사용광원: 백열전구60W
화장실		조명	10	바닥기준, 사용광원: 백열전구60W
식당 칸		조명	50~80	사용 등기구: 다운라이트 및 천장 직부등

5) 측정 조도(무궁화호) -주간

1. 측정환경 : 주간 (15:23 ~ 16:10)
2. 차량객실 : 일반실
3. 호선명칭 : 경부선
4. 구 간 : 천안 → 대전
5. 측 정 일 : 2007. 10. 08
6. 위치별 측정 조도 (날씨 : 맑음, 측정위치 : 햇볕 반대 방향)

표 11. 무궁화호 주간 조도측정

위 치	구 분	조명 환경	측정 조도(lx)	비 고
역정차시 좌석 책 받침대 (커튼: 무)	창측	주광, 조명	140	천안역
	내측	주광, 조명	120	

좌석 책 받침대 (커튼: 무)	창측	주광, 조명	880	받침대높이 바닥+550mm 창측:창으로부터 350mm 내측:창으로부터 850mm
	내측	주광, 조명	510	
좌석 책 받침대 (커튼: 유)	창측	주광, 조명	120	
	내측	주광, 조명	100	
통로	중앙 부분	주광, 조명 커튼:유 바닥기준	100	창측으로부터 통로중앙까지 :1450mm
		주광, 조명 커튼:무 바닥기준	400	
연결구간	승하차 승강로	주광, 조명	1020	바닥기준
화장실		조명	10	바닥기준
터널	통과시	조명	50	좌석: 바닥+550mm
			40	바닥 기준

- 6) 측정 조도표(무궁화호)-야간
1. 측정환경 : 야간 (22:27 ~ 23:39)
 2. 차량객실 : 일반실
 3. 호선명칭 : 장항선
 4. 구 간 : 천안 → 용산
 5. 측 정 일 : 2007. 10. 08
 6. 위치별 측정조도

표 12. 무궁화호 야간 조도 측정표

위치	구분	조명 환경	측정 조도(lx)	비 고
역정차시 좌석 책받침대 (커튼: 무)	창측	조명	60	천안역
	내측	조명	40	
평상시 좌석 책받침대 (커튼: 무)	창측	조명	30	받침대 높이 H:FL+550mm창 (창으로부터) 350mm내측 (창으로부터) 850mm
	내측	조명	20	
독서시 좌석 책 받침대 (커튼: 유)	창측	조명	60	광원 종류 국부조명 (독서용) 백열전구5W이하 전반조명FL40W 백색 및 주광색 간접조명
	내측	조명	50	
통 로	중앙 부분	조명 (바닥 기준)	20	창으로부터 통로중앙까지 :1450mm
연결구간	승하차 승강로	조명	10	바닥기준 사용광원: 백열전구 60W
화장실		조명	10	바닥기준 사용광원: 백열전구 60W

2.5.3 기준 조도와 실제 조도의 비교 검토

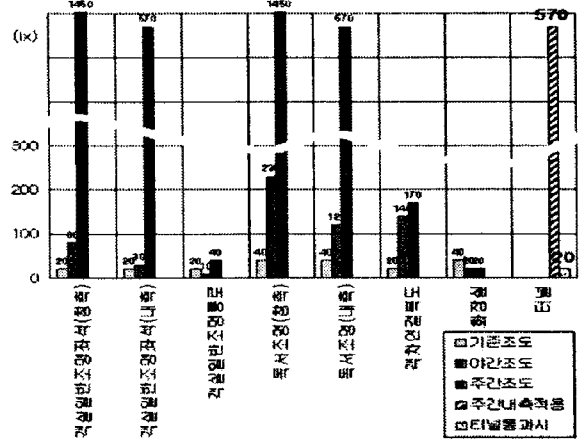


그림 16. KTX 기준조도와 실제조도 비교

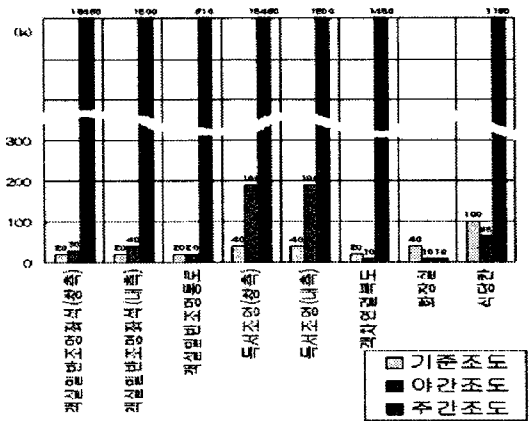


그림 17. 새마을호 기준조도와 실제조도 비교

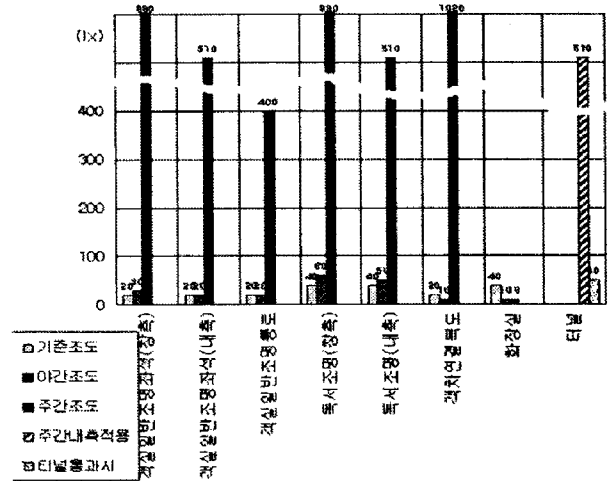


그림 18. 무궁화호 기준조도와 실제조도 비교

※ 상기 측정 조도는 차량객실 전반조명의 점등 상태에 따라 다를 수 있음.

2.5.4 조명환경 개선 방안 연구

1) 사용광원의 개선 검토

현재 사용광원이 차량객실 전반조명의 경우 FL 40W을 사용하고 있으며 국부조명으로 5W~8W을 사용하고 있으므로 다음과 같이 개선을 검토할 경우 에너지 절약 및 효율향상에 따른 경제성과 조도개선에 따른 객실 조명 환경의 향상을 가져올 수 있다.

표13. 기존 전반조명대비 개선 방안 비교

구분	기존광원(W)	-1안- 개선광원(W)	-2안- 개선광원(W)
종류	FL 40	FL 32	FL 28
소비전력	40x1.25=50	32x1.25=40	28x1.25=35
소비전력 비교(%)	100	80	70
소비전력 절약(%)	0	20	30

※ 형광등 소비전력 산정은 형광등 용량의 1.25배 (안정기 손실 등 고려)적용

표14. 국부조명(독서용) 개선방안 비교
<무궁화호, KTX>

구분	기존광원		개선광원(W)
	무궁화호	KTX	
종류	IL 5W	IL 8W	LED 2.4
조도비교	50-20=30	120-30=90	190-40=150
소비전력 비교(%)	100	160	48
조도비율(%)	100	300	500

※ 국부조명의 조도 산정은 전반조명이 있는 상태에서 국부조명을 점등하여 조도 측정을 하였으므로 순수 국부 조명 만의 측정이 불가능하여 다음 방식의 측정 조도에 의하여 산정하였음.

$$(전반조명 + 국부조명)조도 - (전반조명)조도 = 국부조명의 조도$$

3. 결론

기존 철도 차량의 조명환경을 조사한 결과 차량객실의 기존 형광등(40W)을 개선 1안 또는 2안(32W 또는 28W)으로 교체 시 에너지 절약을 20%~30% 절약할 수 있으며 무궁화호 및 KTX 국부조명(독서등)의 광원(5

W~8W)을LED(2.4W)

로 교체 시 에너지는 52%~112% 절약, 조도는 66% ~ 400 % 향상시킬 수 있음을 알 수 있었다. 그러므로 기존 철도 차량의 조명환경에서 광원만을 교체 하더라도 에너지 절약 및 조도 향상의 효과를 기대할 수 있다. 이에 더하여 적정의 조명기구를 채택한다면 더 큰 에너지 절약효과와 더욱 향상된 조명환경을 기대할 수 있다. 따라서, 추후 연구과제로 조명기구에 대한 고찰이 필요한 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] 장우진, 고효율조명기술, 아진 2006,3.
- [2] 한국 철도공사, 열차 조명 매뉴얼,2006,1.
- [3] 지철근, 조명환경원론, 문운당, 2004, 2.
- [4] M. David Egan, Victor Olgyay, Architectural Lighting, Second Edition, McGraw-Hill Science/Engineering/Math, 2001, 8.
- [5] 한국표준협회, KSA 3011 산업표준 조도기준.