

# 차량용 공조시스템의 현황 및 고속버스의 실내 공기 환경 측정

유호천\*, 노경환\*\*

\*울산대학교 건축학부(hcyoo@mail.ulsan.ac.kr)  
\*\*울산대학교 대학원 건축학과(n3423@naver.com)

## The Assessing the HVAC system and Measurements of Indoor Air Quality of Highway Bus

Yoo, Ho-Chun\*, Noh, Kyoung Hwan\*\*

\*Dept. of Architecture, University of Ulsan (hcyoo@mail.ulsan.ac.kr),  
\*\*Dept. of Architecture, Graduate School, University of Ulsan (n3423@naver.com),

### Abstract

---

The current focus of domestic car industry is moving from technological development to reducing greenhouse gas. This study investigates and measures the HVAC system and indoor air condition of highway buses, which is conducted to develop a HVAC system using natural energy in the future.

The measurements show that thermal balance is not fulfilled because heating sources are randomly placed, and relative humidity is in the 20 percent range both in HVAC and non-HVAC systems, which is far below 40%, or the highest thermal comfort level. CO<sub>2</sub> concentration was found to be an average of 1500 ppm, but not more than 2522 ppm with 15 persons on board, and with 29 persons on board, an average of 2053 ppm, but not more than 3066 ppm, both of which far exceed allowed CO<sub>2</sub> concentration level, or 1000 ppm. Generally, highway buses drop by rest stops and open doors for 15 to 20 minutes for getting in fresh air. But its air improvement effect is temporary, and it exacerbates indoor air condition.

Keywords : 버스 공조 시스템(Bus HVAC System), 버스 실내 공기환경(Bus Indoor air condition), 에너지절약(Energy conservation)

---

### 1. 서 론

전 세계적으로 지구환경대책이 큰 이슈로 큰 부상하는 가운데 국내에서도 저탄소 녹색

성장을 이룩하기 위한 에너지 절약이 요구되고 있다.

대한민국은 교토의정서 발효당시 개발도상국으로 분류되어 의무 감축 국가의 위치에서 벗어나 있지만 2014년 새로이 체결될 포

스트 교토 의정서에서는 감축 의무를 피해가기 어려울것 이라는 전망이 지배적이다. 특히나 국내의 산업은 중공업 중심을 자동차, 건축, 토목 등 온실가스의 배출이 많이 발생하는 부문으로 치우쳐 있어 더욱 치명적일 수 있다. 그러므로 국내 각 분야의 기술적 향상을 통하여 탄소를 적게 배출하는 선에서 현재의 산업수준을 유지 및 발전 해 나가야 할 것으로 보인다.

따라서 본 논문에서는 자연에너지를 도입하는 고속버스 공조시스템의 개발의 선행연구를 위한 차량 공조시스템의 현황 및 실제 고속버스의 실내환경을 측정을 실시 하였다.

## 2. 현재의 차량 실내 환경 및 공조시스템

사회의 복잡화와 세분화에 따라, 현대인들은 하루의 대부분을 실내에서 보내고 있는 것으로 보고되고 있다. 실제로 국내의 경우 24시간 중 건물(집, 사무실, 학교 등)에서 18.7시간, 차 실내에서 1.2시간, 그리고 외부에서 2.1시간을 보내는 것으로 조사되었다. 삶의 여유로움과 환경오염으로부터 자신을 지키려는 인간본능이 중요시되면서, 차 실내의 공기질에 많은 관심이 집중되고 있다.

### 2.1 차량 실내 환경

자동차 실내 공기 오염물질을 분류하면 크게 외부로부터 유입되는 오염물질(승객의 승하차시 묻어오는 오염물질 포함)과 실내에서 발생하는 오염물질로는 배기가스, 미세먼지(PM), 꽃가루, 중금속, 미생물 등이 있으며 실내발생 오염물질로는 내장재에서 발생하는 각종 휘발성 유기화합물(VOCs), 인간에 의하여 배출하는 Co<sub>2</sub>, 땀, 담배냄새 등을 들 수 있겠다. 차량의 실내는 매우 제한된 공간으로 차내 공기질은 탑승객의 수, 내장재 및 외부요인(대기오염, 증발기 표면의 오염물질 등)에 의해 크게 영향을 받고 있다.

한편 차내 탑승자의 호흡에 의해 생성되

는 이산화 탄소가스는 그 농도가 지나칠시 산소의 결핍으로 활동능력저하, 판단력이나 집중력이 저하되어 사물의 인지도가 떨어져 인체에 악영향을 미칠뿐 아니라 사고의 위험성까지 내포하고 있으며, 차량의 배기에서 뿜어져 나오는 질소산화물(Nox), 일산화탄소(CO), 황산화물(SOx), 중금속(Pb) 등의 유해가스는 운전자에 중추신경의 둔화로 두통, 현기증을 유발하여 운전자의 건강을 위협하게 된다. 여기에 부가하여 실내에서의 흡연이나, 교외주행시 유입되는 분뇨 등의 악취는 여성 운전자와 어린이 탑승자의 불쾌감을 가중하게 된다.<sup>1)</sup>

### 2.2 주요 국가들의 차량 실내 기준

주요 국가들은 자동차 관련 실내공기질기준에 대한 기준 제정에 관심을 기울이고 있으며 국내에서도 자동차 실내의 공기질에 대한 관심이 높아지고 있다. 자동차 산업의 경쟁력은 과거의 기계적 성능의 차이에서 최근에는 디자인의 차별화와 더불어 환경규제의 달성 유무에 달려 있다고 할 수 있다.

특히 최근 자동차 관련 환경규제는 미국을 비롯하여 유럽연합(EU)의 자동차 폐기물과 재활용에 관한 ELV(End of life vehicles)와 배기가스에 관련된 EURO II, III, IV가 있다. 2007년 10월 ISO/TC146/SC6의 WG인 “Car interior”에서 ISO/WD 16000-26<sup>2)</sup>이 제안 되었다.

일본은 일본자동차공업회(JAMA)를 중심으로 자동차 실내의 휘발성유기화합물(VOCs) 측정규격을 자국표준(JIS)으로 2008년에 제정 하였으며 이를 구체화 하기위해 노력하고 있다.

독일은 독일자동차공업협회(VDA)에서 자동차 내장재의 VOC 방출량 평가방법 (VDA 270, VDA275, VDA276, VDA 277 등)을 제

1) 자동차 실내 공기질 현황, 양원호, 공기청정기술지, 2008.6

2) Indoor air-Part26: Road vehicle test stand-Specification and method for the determination of volatile oranic compounds in car interiors

시하였고 TUV Rheinland Group에서 자동차 내장재에 대한 “Allergy Free” 인증제도 등을 운영하고 있으며 이를 유럽표준 및 국제표준화 하기 위한 기초기술자료를 구축 중에 있다.

이상과 같이 자동차 실내공기의 총휘발성 유기화합물(TVOC) 측정방법과 권고기준은 국가별로 자체 가이드라인을 보유하고 있는 실정이며, ISO/wd 16000-26이 향후 국제표준시험방법으로 구체화될 경우, 규제치 제정 등을 통한 환경규제의 일환으로 대두될 것으로 예상되고 있다.<sup>3)</sup>

### 2.3 버스 공조시스템 현황

버스용 공조장치인 버스에어컨이 국내에 보급되기 시작한 1980년대 중반이후 외국에서 도입되어 국산화 과정을 거친 후 1990년대 후반까지 승용차량 에어컨의 획기적인 기술발전과는 달리 버스 에어컨은 도입초기 모델에서 장시간 기술발전 없이 획일적인 디자인과 기능으로 적용되어 왔으나, 2000년 전반기부터 높이규제에 의한 외형 디자인이 변경되기 시작하면서 내부부품의 기술변화를 초래하였다. 특히 차량연비개선을 위한 에어컨의 경량화를 위한 열교환 효율이 향상된 응축기가 적용되었으며, 소음 및 진동의 최소화를 위한 내구수명이 연장된 모터류의 적용과 차량실내의 쾌적함을 향상시키기 위한 실내온도 자동 컨트롤러가 적용되기 시작하였다.

버스 공조장치는 승용차량용 공조장치와는 달리 시장수요의 한계성과 대용량 열교환 장치가 요구되는 관계로 승용 공조장치의 기술개발의 속도와 현저히 차이나는 것이 현실이다. 버스 공조 장치는 실내온도를 조절하는 에어컨과 히터 그리고 실내 공기를 환기시키는 환기장치로 구성된다. 과거에는 이 공조장치가 개별적으로 구동되었지만 최근에 이르러 3가지 복합기능을 상화 조합하여 실내

공기의 상태를 조절 가능한 통합 제어장치가 구성되고 있다.

고속버스의 경우 모든 창문이 밀폐되어 있으며, 오랫동안 실내에서 단위면적당 많은 인원이 상주하므로 고속버스 실내의 공기질은 다른 실내 경우보다 크게 악화되어 있다고 할 수 있다. 자연에너지를 도입한 고속버스의 공조시스템은 고속버스가 도심을 벗어나 시외로 달리기 시작하면 주변의 공기질도 매우 좋아져 환기를 통하여 공기질을 크게 향상시킬 수 있다. 그러나 현재 고속버스들은 환기에 대한 충분한 고려가 없어 운전자가 환기를 시도하지 않고 냉방을 하는 경우를 많이 볼 수 있다.<sup>4)</sup>

## 3. 고속버스 실내 환경 현장 측정

현재 실제로 운행되고 있는 고속버스의 실내환경을 파악하기 위하여 다음과 같은 측정을 실시 하였다.

### 3.1 1차 측정

측정한 요소는 실내 건구온도, 실내 상대습도, 이산화탄소 농도로 그림 1에서와 같이 버스의 앞, 중간, 뒤 세 지점의 건구온도 및 상대습도에 대하여 1분 간격으로 측정 하였으며 이산화탄소의 농도는 10분간격으로 측정 하였다.

표 1 1차 측정 개요

측정일시	2009년 3월 6일
운행구간	울산고속버스 터미널 -서울 고속버스 터미널 총 거리 : 389.69km
이용차량	금호고속 28인승 우등버스
탑승인원	운전기사 포함 15명 (15/29)
운행시간	18:00 - 23:04 총 운행시간 5시간 4분
경유지	중부내륙고속국도 선산휴게소 20:30 - 20:51 총 경유시간 21분

3) 자동차 실내 공기질시험방법 개발동향, 이운규, 공기청정기술지. 2008.6

4) 버스용 공조시스템의 기술동향, 김병화, 설비저널 2006.10.

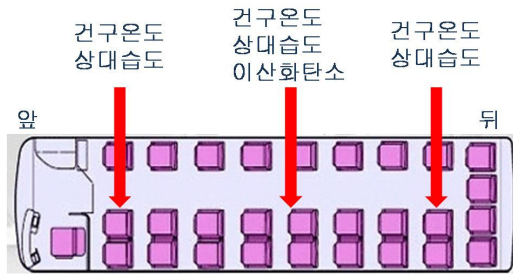


그림 3 1차 측정 버스 내부 측정지점 및 측정요소

측정일인 2009년 3월 6일의 서울의 일평균 기온이 1.6℃로 3월 들어 가장 낮은 일 평균 기온을 기록했을 정도로 체감온도가 낮았고 야간운행이었으므로 난방이 실시 되었다.

### 3.2 2차 측정

표 2 2차 측정 개요

측정일시	2009년 3월 8일
운행구간	동서울시외버스 터미널 -울산 시외버스 터미널 총 거리 : 385.71km
이용차량	경남여객 28인승 우등버스
탑승인원	운전기사 포함 29명 (29/29)
운행시간	13:50 - 18:25 총 운행시간 4시간 35분
경유지	중부내륙고속국도 전산휴게소 16:07 - 16:22 총 경유시간 15분



그림 4 1차 측정 버스 내부 측정지점 및 측정요소

2차 측정은 1차 측정과 마찬가지로 서울-울산간을 운행하는 고속버스에서 이루어 졌으며 1차 측정과의 차이점으로는 버스 탑승 인원이 1차 측정인 15명보다 2배 가량 많은

29명이 탑승한 채로 측정 되었다는 것이다.

그리고 1차 측정에서는 건구온도와 상대습도의 측정을 앞, 중간, 뒤 세 지점에서 시행 하였지만 2차측정에서는 버스의 앞, 뒤 두 지점에서만 측정하였으며 중간 지점에서는 이산화탄소만 측정 하였다.

### 3.3 1차 측정 결과

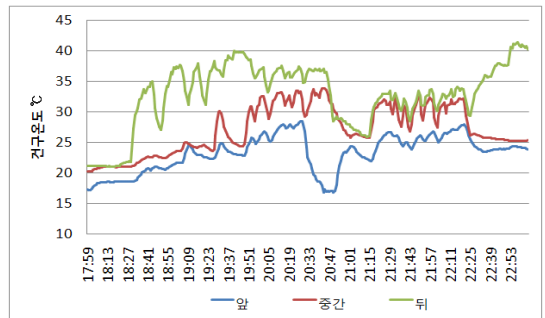


그림 5 1차측정 건구온도 변화

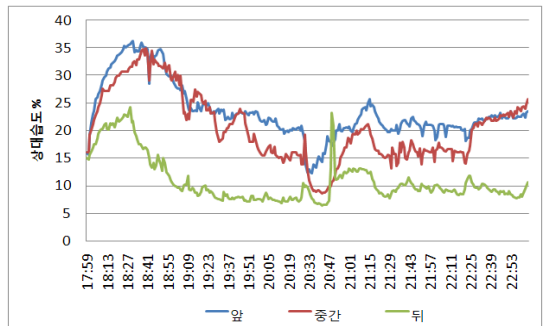


그림 6 1차측정 상대 습도 변화

1차측정은 난방공조를 실시하는 환경에서 측정을 한 결과 난방을 시작한 18:30분부터 모든 측정 지점에서의 온도상승이 휴게소 도착인 20:30분까지 이어졌다. 특히 난방 열원에 가까운 버스 뒷부분의 측정지점은 난방 실시 후 급격한 온도 상승을 보이며 최고 40℃에 달하는 고온을 보여 주었다. 그에 비해 나머지 난방열원에서 떨어진 나머지 두 지점은 완만한 상승을 보이며 최고 온도가 약 30℃ 전후까지 상승 하였다. 휴게소에 도

착한 20:30분부터 21분간 차량 출입문을 개방한 결과 출입문에서 가까운 앞 지점은 26℃에서 16℃까지 온도가 하강하였으나 나머지 중간, 뒷부분은 개방시간동안 큰 온도의 하강없이 평균 30℃의 온도를 유지 하였다. 휴게소를 떠난 후의 앞 지점은 온도가 상승하고 중간과 뒷지점은 온도가 반대로 하강하여 25℃ 정도로 평형을 이루었다.

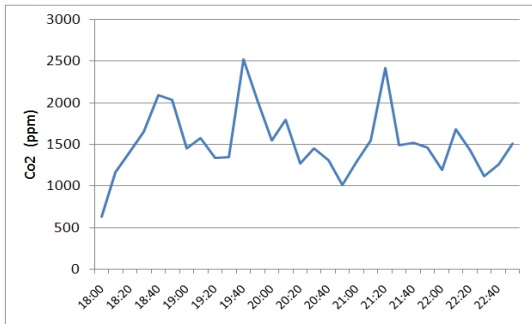


그림 7 1차측정 이산화탄소 변화

1차측정에서의 상대습도의 결과는 그림 5와 같다. 버스의 출발이후 난방을 시작하기 전인 18:30분까지는 모든 지점에서 상대습도가 15%에서 최고 35%까지 상승 하였으나 난방 시작 후 모든 지점에서의 절대 습도는 급격하게 감소하기 시작하였다. 휴게소에서의 출입문이 개방된 시간동안은 다시 모든 지점에서의 상대 습도가 상승하였으며 특히 출입문이 가까운 앞 지점에서는 12%에서 최고 25%까지 상승했음을 알 수 있었다.

1차 측정의 이산화탄소의 변화는 그림 6과 같다. 특히 아무도 탑승하지 않은 상태에서 630ppm의 양호한 양이 측정 되었으나 출발과 함께 급격히 상승하여 18:40분에는 2000ppm을 넘어섰고 최고 2500ppm의 이산화탄소가 측정 되었다.

### 3.4 2차 측정 결과

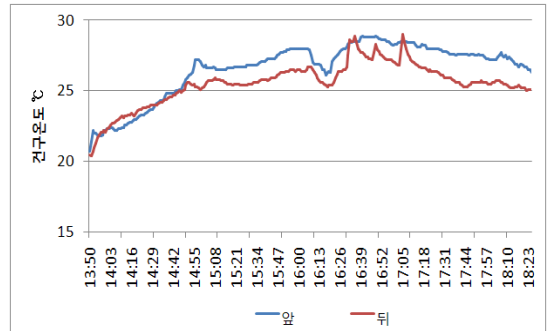


그림 8 2차측정 건구 온도 변화

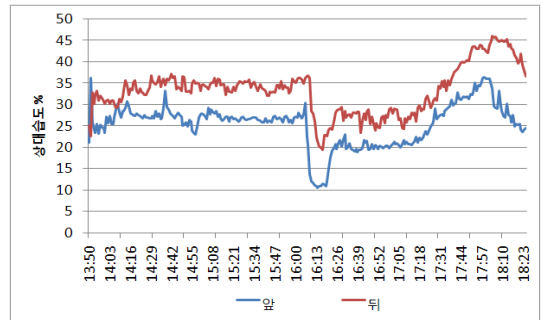


그림 9 2차측정 상대 습도 변화

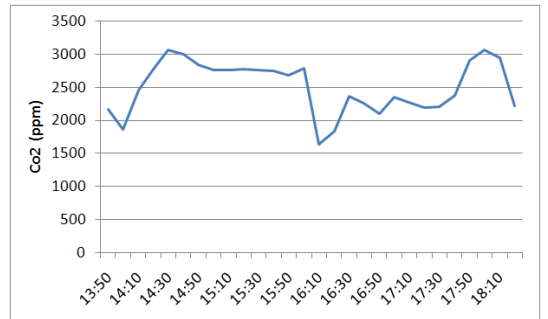


그림 10 2차측정 이산화탄소 변화

2차 측정의 건구온도와 상대습도의 변화는 그림7과 그림8과는 같다. 2차 측정은 승객이 1차 측정보다 많은 상태에서 난방을 전혀 하지 않은 상태에서 측정된 결과이다. 건구 온도의 경우 최초 두 지점에서 모두 약 20℃온도에서 출발하여 상승하기 시작 하였으며 휴게소에 도착하여 출입문을 개방 할 때까지 앞 지점은 28℃까지 뒷 지점은 26.7℃까지 비슷한 양상으로 상승 하였으며 출입문을 열 어두는 15분간 두 지점 모두 약 1.5℃가량의

기온하강이 있었고 휴게소 출발 이후 다시 최초 출발과 비슷한 양상으로 상승하는 모습을 보여주었다.

상대습도의 큰 변동이 없는 양상을 보여주었는데 휴게소 도착 전까지 앞 지점은 평균 27%의 뒷 지점은 평균 35%의 상대습도가 측정되었으며 휴게소에서의 출입문 개방 후 환기에 의하여 도착 직전보다 15%정도의 상대습도가 하강하였다. 휴게소 출발 이후 다시 두 지점의 상대습도는 급격한 상승을 그렸지만 두 지점 모두 일정 습도를 유지 하는 모습을 보여 주었다.

이산화탄소의 경우 1차 측정보다 2배 가량 많은 승객으로 인하여 출발당시 2167ppm에서 최고 3061ppm까지 상승하는 모습을 보였고 이후 휴게소 정차시 2786ppm이었던 이산화탄소 농도가 환기로 인하여 1629ppm까지 떨어지는 모습을 보였다.

표 3 1차, 2차 측정 평균치 비교

측 정		1차	2차
탑승승객		15/29	29/29
공조여부		난방	비 난방
건구 온도	앞	23.24℃	26.59℃
	중간	27.17℃	-
	뒤	32.86℃	25.55℃
상대 습도	앞	23.49%	25.48%
	중간	20.56%	-
	뒤	11.07%	33.31%
이산화탄소		1518	2053

표 3에서와 같이 밀폐된 고속버스에서 난방시 열원기가 있는 뒷부분의 온도는 32.86℃로 일반적인 실내환경에 비해 매우 불쾌감을 줄수 있으며 중간과 앞부분과의 온도 불균형을 초래 함을 알 수 있었으며 이산화탄소의 경우 국내 실내환경 기준치인 1000ppm을 훨씬 상회하는 수치가 측정되었다. 또한 인간이 가장 쾌적함을 느끼는 상대습도가 40%로 알려져 있는데 비해 1, 2차의 측정에서 측정된 수치는 이에 비해 매우 건조 하다는 결과를 보여 주었다.

## 5. 결론

차량 공조시스템의 현황 파악 및 실제 고속버스의 실내 환경을 측정을 실시 한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 사회가 발전함에 따라 사람의 생활 중 실내에서 지내는 시간이 늘어나고 있다. 특히 자동차 실내의 환경에 대한 관심이 높아지고 있으며 각 주요 국가들은 자동차 실내환경 기준강화에 주력하고 있다.
- (2) 실제 고속버스의 실내 공기 환경을 측정해본 결과 난방공조시 열원기의 배치 불균형으로 인하여 차량 내부에서 공기의 온열적 불균형을 이룬다.
- (3) 상대습도의 측정결과는 공조와 비공조 조건하에서 대부분 20%대로 온열 쾌적감의 최적 조건인 40%보다 훨씬 밑도는 결과를 보여주었다.
- (4) 이산화탄소의 농도의 측정결과 15명 탑승시 평균 1500ppm, 29명 탑승시 평균 2053ppm의 높은 수치를 나타내어 실내기준치인 1000ppm을 훨씬 웃도는 결과로 매우 취약함을 알 수 있었다.
- (5) 고속버스 운행시 정차하는 휴게소에서 출입문을 15~20분 가량 개방하는것으로 일시적인 개선으로 이어질뿐 이후 실내 환경은 다시 악화 됨을 확인 하였다.

## 참 고 문 헌

1. 유호천 외 1명, 공업화주택 냉난방시스템의 지열과 태양열 이용 가능성에 관한 연구, 1997,10
2. 김병화, 버스용 공조시스템의 기술 동향, 대한설비공학회 설비저널, 2006.10
3. 이운규, 자동차 실내공기질 시험방법 개발, 공기청정기술지, 2008.6
4. 양원호, 자동차 실내 공기질 현황, 공기청정기술지, 2008.6