

# 일반 철도차량의 HVAC 시스템

국내에서 일반 철도차량에 적용되고 있는 냉난방 및 환기시스템을 소개하고자 한다.

조영민

한국철도기술연구원 궤도토목연구본부 (ymcho@krii.re.kr)

도로교통에서 발생하는 다양한 문제를 해결할 수 있는 대안으로서 철도의 효용가치가 점차 커지고 있으며, 이에 따라 교통수단 중 철도가 차지하는 비율도 급격히 증가하고 있다. 특히, 2004년 4월 경부고속철도의 개통과 함께 철도의 수송 분담률이 크게 증가하였는데, 이는 철도의 경제성, 정시성, 친환경성, 대량 수송성 등의 여러 가지 장점 위에 고속성이 더해졌기 때문에 가능해진 것이며, 앞으로도 철도의 이용률은 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 그러나 철도 차량은 많은 사람들이 이용하는 좁고, 폐쇄된 공간이며, 다양한 오염원에 노출되어 있으므로 철도차량의 공조시스템은 매우 중요하다.

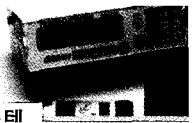
## 철도차량의 공조시스템

공조시스템이란 실내나 특정장소의 공기조건을 그 공간의 용도 및 목적에 따라서 외부의 여러 조건에 좌우되는 일이 없이 쾌적한 상태로 조정하여 유지하는 것이다. 객실의 쾌적성을 최대화하기 위해서는 실내공기의 네 가지 요소인 온도, 습도, 공기유속 및 청결도를 적절히 제어하여야 하는데, 이런 측면에서 객실의 공조시스템 기술은 매우 중요하다. 객실의 공조시스템은 적은 소요 동력으로 객실의 온도, 습도, 풍량, 공기질을 종합적으로 제어하여 실내 환경을 최적의 상태로 유지시켜 줄 수 있어야 한다.

## 국내 기존선 철도차량의 공기조화시스템 현황

철도차량에 있어서 승객의 쾌적성에 관한 문제는 승차감, 온도, 환기 등에 대한 것이나 쾌적성의 요구 수준이 시대에 따라 변화하고 있어, 아직도 많은 실험 및 연구가 행해지고 있다. 일반적으로 철도차량의 쾌적성에는 진동, 소음, 온도, 습도, 조명, 좌석의 공간과 형상 등 여러 가지 요인이 관계되어 있는데, 특히 온도, 습도, 환기 등은 계절에 따라 조건이 달라지므로 승객이 쾌적한 느낌을 받을 수 있도록 하는 공기조화시스템의 개발은 여전히 중요한 과제이다.

철도 차량의 공기조화시스템은 신선한 공기를 공급하는 환기장치와 실내를 쾌적한 온도로 유지하는 냉·난방장치, 온도조절기 등의 부속장치, 각부에 냉방, 난방 공기를 보내는 덕트 등으로 구성되며, 이들을 차량의 제한된 공간에 적절히 배치하여 사용하고 있다. 현재 국내 대부분의 객차는 냉방장치를 지붕에 탑재한 분산식 또는 반집중식을 채택하고 있으며, 난방장치는 좌석 밑에 전기난방기를 설치하고 차량단부에 환기장치를 설치하여 강제통풍을 하는 냉난방 및 환기 구조를 적용하고 있다. 공기조화 방식은 냉방과 난방의 독립적 공급 형태에서 난방의 부분적 온도제어방식으로 진전되어 왔으나 환기와 관련한 총괄제어나 난방열 공급의 부분제어 등은 현재 적용되지 않고 있다.



### 국내 기존 열차의 공기조화시스템 적용 현황

국내 철도 차량에서는 지붕의 유니트쿨러 커버에 취부되어 있는 통풍기를 통하여 객실에 신선한 공기를 공급하고, 객실의 더러워진 공기는 차량단부의 지붕에 설치되어 있는 배기팬 (11 또는 15 m<sup>3</sup>/min)에 의해 객실 양쪽의 통풍구를 통하여 외기로 배출하고 있다.

국내 기존 철도차량의 냉방기는 현재 새마을호, 무궁화호, 전동차의 경우 지붕취부형, 고속철도, 신형 무궁화호의 경우 객차하단 취부형을 취하고 있다. 그림 1에 냉방기 탑재 위치에 따른 성능을 비교하여 나타내었다.

현재 새마을호나 무궁화호, 전동차의 경우 냉방기를 차량의 지붕에 돌출 또는 매립하여 장착하고 있

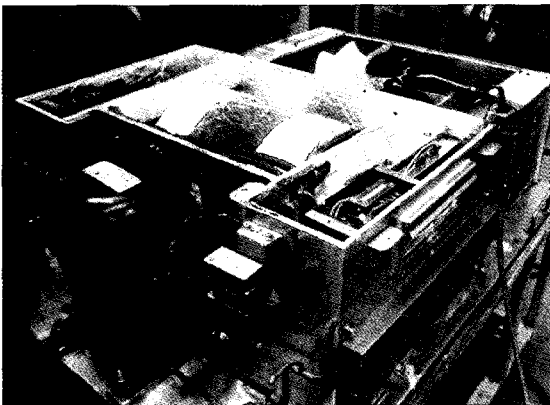
고 천장의 닥트와 연결하여 냉방을 하는 형태를 취하고 있다(그림 2~5 참조). 에어컨 유닛은 2~6대까지 설치되어 있으며, 객실 통로 측에 설치된 냉·난방 배전반과 실내 흡입공기 입구 내면에 있는 실내온도 조절기에 의해 제어·운반된다. 각 유닛은 별도로 분리·독립되어 있으며 송풍 (ventilation), 반-냉방(half-cooling), 전-냉방 (full-cooling) 등의 수동 선택운전이 가능하도록 되어 있다.

표 1에 무궁화호 객차와 새마을호 객차의 냉방기 주요 제원을 나타내었다. 무궁화 객차의 냉방장치는 닥트가 필요 없는 지붕장착 분산형 방식을 채택하고 있고, 새마을 객차의 냉방장치는 닥트로 공기흐름을 조절하는 지붕장착 반집중식 방식을 채택하고 있다.

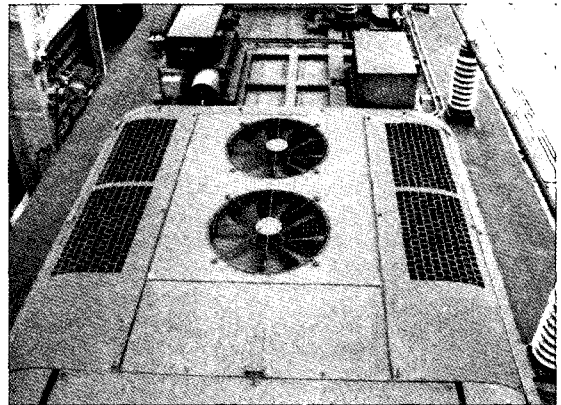
표 2는 철도차량용 난방기의 주요 제원을 나타낸 것이다. 난방장치는 객실의 난방을 위하여 전기난방

객차내 취부	객차하단 취부 (분산형)	객차하단 취부 (분산형)	지붕 취부 (집중형)	지붕 취부 (분산형)
장점 보수점검 치내 가능 차량 무게 중심 낮다 단점 객실 내 공간축소 실내 반입 목적, 소음	장점 차량 무게중심 저하 보수점검 지상에서 가능 단점 차량하부 큰 공간 요구 토출구 구조 나이	장점 소음을 유산 실차 객수의 응동성 단점 보수 점검 용이 제치내 증가	장점 차량 취부 용이 보수점검 용이 단점 무게중심이 높다 소음이 크다	장점 차량하단 공간 활용 토출 닥트 불필요 단점 보수점검 증대 냉방기 설치비 증가

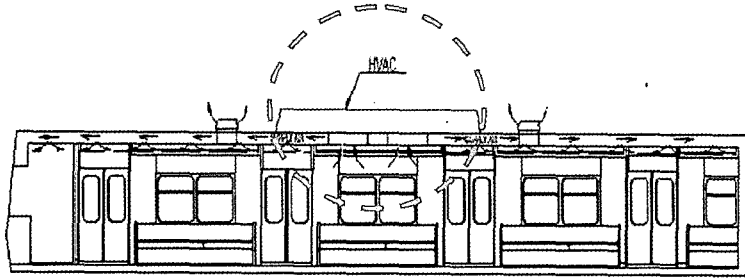
[그림 1] 냉방기 탑재 위치에 따른 성능 비교



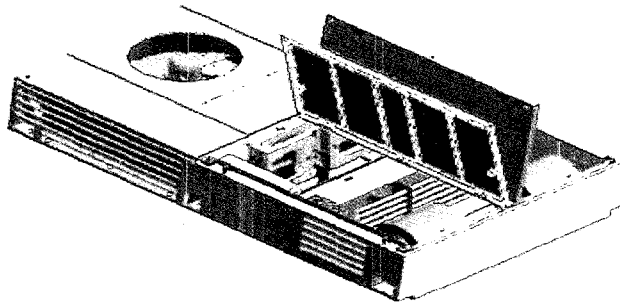
[그림 2] 새마을호의 냉방기



[그림 3] 전동차의 냉방기



[그림 4] 전동차의 냉방기 설치 위치



[그림 5] 전동차의 냉방기 설계도

<표 1> 철도 차량용 냉방기의 주요 제원

구분	차량	새마을호	구형 무궁화호
적용		1992년 제작차량	1992년 제작차량
형식		지붕탑재형, 반집중식	HTC-0550, 천정 장착식
소요수량 (unit)		2세트 (PMC: 1세트)	6세트
전원	제어전원	AC단상 100 V/60 Hz	AC단상 100 V/60Hz
	주전원	AC3상 440 V/60 Hz	AC3상 440 V/60 Hz
표준 냉방능력		15,000 kcal/h	5,500 kcal/h
실내순환 풍량		-	-
표준 소비전력		8 kW	약 3.0 kW
표준 소비전류			약 2.9 A
비고		소음: 72 dB(A) 이하	

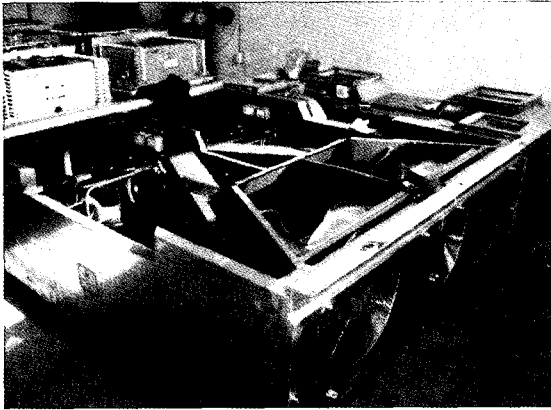
기가 창측 바닥으로 분산 배치되어 있으며, 전기난방기의 제어는 객차의 냉난방 배전반에서 하고 냉난방 전환스위치를 '쑤' 위치로 하면 1개의 발열체가 작동하고 '쑤' 위치로 하면 2개의 발열체가 작동하

<표 2> 철도 차량용 난방기의 주요 제원

구분	차량	새마을호	구형 무궁화호
적용		1992년 제작차량	1992년 제작차량
형식		전기난방기	전기난방기
소요수량 (unit)		30개	32개
전원		220 V	440 V
표준난방능력		600 W	600 W

도록 되어 있다.

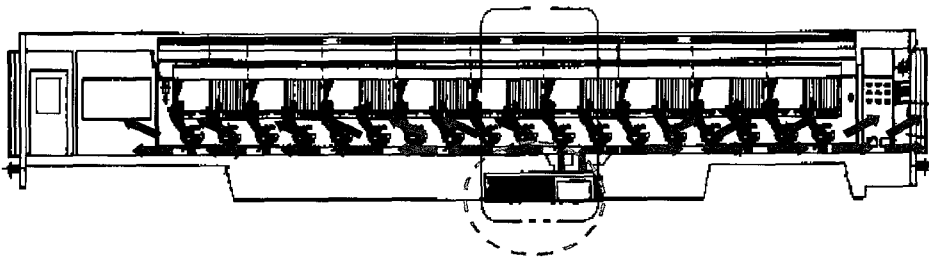
신형무궁화호의 경우 냉방기가 차량하부에 설치되어 있으며, 냉방 및 난방을 동시에 취하는 공조시스템 형식으로 차량 하부에 냉·난방 및 환기가 동시에 가능한 유닛 1대가 장착되어 있고, 객실 내 온도를 설정하면 자동으로 설정 온도를 유지하도록 되어 있다. 그림 6~9는 신형무궁화호의 하부취부식 냉난방기 및 실내 급기 덕트의 모습이고, 표 3은 국내 철도차량용 공조기의 사양을 비교한 것이다.



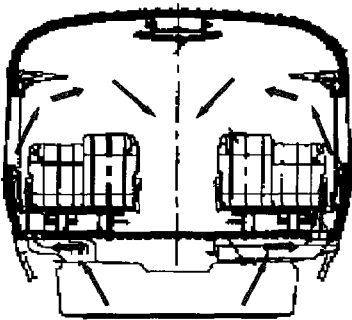
[그림 6] 신형무궁화호의 냉난방기



[그림 7] 신형무궁화호의 닥트



[그림 8] 신형무궁화호의 냉난방기 설치 위치



[그림 9] 신형무궁화호의 공기유동

<표 3> 국내 철도차량용 공조기의 사양비교

구 분	전동차	새마을호	신형무궁화호
냉방기 장착형식	상부돌출형	완전매립형	하부취부형
장착대수	2	2	1
냉방용량(Kcal/hr/unit)	20,000	15,000	34,000
공급공기량(ℓ/s)	916	716	1500
리턴공기량(ℓ/s)		467	1200
신선공기량(ℓ/s)		250	300
중량(kg)	450	500	1050
히터장착(난방용량, kW)	×	○(3)	○(27)
냉매	R22	R22	R22

### 국내 고속열차의 공기조화시스템 적용 현황

국내에 도입된 고속철도차량은 프랑스 알스톰사의 공조기술을 적용했으며, 모든 차량의 공기조화시스템은 완전히 통합, 밀폐되며 각 차량에서 환기와 온

도가 제어될 수 있도록 설치되었다. 각 차량의 공조 시스템은 2개의 냉난방 장치로 구성되며, 각각의 냉난방장치는 차량에 필요한 냉난방 용량의 반씩을 공급하도록 되어 있다.

공기의 유동경로를 살펴보면 신선 외부공기가 차량내로 흡입되어 배기된 실내공기와 섞여 냉난방된 후 실내로 공급되며, 실내공기는 외기흡입구의 반대측벽의 바닥쪽 흡으로 흡입된다. 차량 내 배기는 측벽의 배기구와 화장실, 서비스 공간을 통하여 배기되며 배기된 공기는 일부 전기장치의 냉각에 사용되고, 일부는 외부공기와 섞여 재순환된다. 고속철도의 객실 온도변화량은 초기 설정 값의  $-1\sim 2^{\circ}\text{C}$  이내에서 자동 조절되어야 하며, 작동 중 속도변화에도 온도는  $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$  이하로 유지되도록 되어 있다. 그 외 국내외 고속철도의 공조시스템에 대한 자세한 내용은 다음 원고의 '고속철도의 HVAC시스템 (한국철도기술연구원 남성원 박사)' 부분을 참고하기 바란다.

## 향후 공기조화시스템 전망

최근 객실의 실내공기질 수준이 좋지 않다는 환경부의 조사결과 발표에 따라 객실의 공기질 개선에 대한 필요성이 고조되고 있다. 그러나 우리나라의 경우 열차나 지하철과 같은 대중 교통수단의 객실에서의 실내공기질에 관한 기준이 없을 뿐 아니라 관련된 연구도 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다. 따라서 향후 객실에서의 공기오염으로 건강상 위해 요소에 대한 저감 방안 및 오염원에 대한 종합적인 관리방안 마련이 시급히 요구된다. 현재 객실의 실내공기질을 쾌적하게 유지할 수 있는 청정개념을 도입한 철도차량 공조시스템의 연구가 이루어지고 있으며, 향후 실차에 적용되면 객실의 쾌적성을 더욱 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. (㉔)