

# 자동차용 공조 시스템 개발 동향

박 창 호

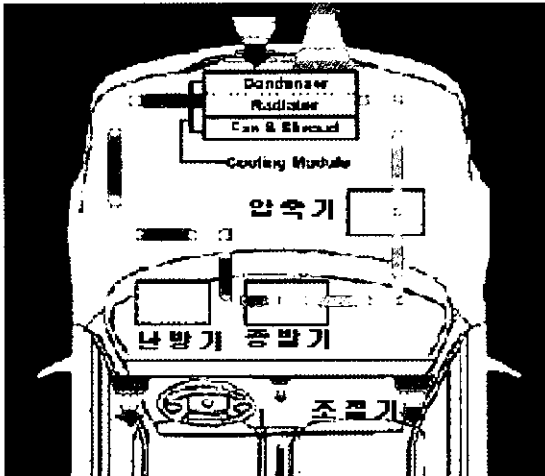
자동차용 공조장치는 자동차라는 제한된 공간 내에 설치되어 다양한 운전환경에서도 작동될 수 있어야 한다는 점을 제외하고는 일반 가정용이나 상업용 공조장치와 다를 바가 없다.

자동차는 인구의 증가와 생활환경의 발전과 더불어 이미 단순한 이동수단의 개념을 넘어 생활의 일부분이 되어 자동차의 보급률은 빠른 속도로 증가되어 왔는데 이와 같은 자동차의 보급률 증가되는 이유에는 안전 및 실내 쾌적성을 제공하는 자동차 공조장치에 의한 요인도 적지

않다.

이러한 자동차의 보급 확대는 21세기에 들면서 다양한 분야로부터 새로운 요구 환경에 직면하게 되었다. 이를테면 유류 소비량 증가 및 유가 불안에 따른 연비의 향상, 환경보존의 긴박한 필요성으로 인한 환경 친화적 차량 기술 요구, 그리고 다양한 소비자의 욕구를 만족시킬 수 있는 안전 편의성 향상 등의 요구를 수용할 수 있는 차세대 자동차 기술개발이 불가피하다.

자동차용 공조 시스템도 이러한 차세대 자동차 기술 개발동향에 대응하여 새로운 개념의 공조 시스템으로 변모하고 있으며, 여기서는 이러한 자동차용 신공조시스템의 개발동향을 자연환경 측면 과 사용자 환경 측면에서 소개하고자 한다.



〈그림 1〉 자동차용 공조장치 설치도

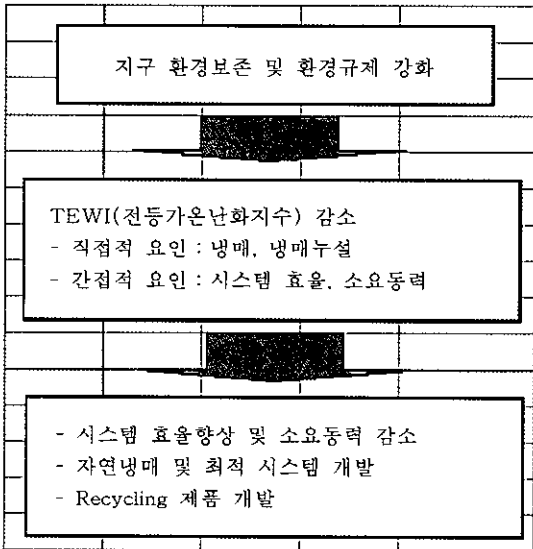
## 자연환경 측면

환경오염이 심각한 문제로 대두되면서 세계 각국은 자동차의 연비 및 배기가스를 규제하기 시작하였다. 따라서 세계 자동차 메이커는 석유 자원 고갈에 대비한 대체에너지 개발, 대기오염을 일으키는 질소산화물 (NOx) 배출규제 대응

및 지구온난화 관점에서 CO<sub>2</sub>배출량을 줄일 수 있는 새로운 개념의 환경친화적 고효율 저공해 자동차 개발을 진행하고 있으며 이와 함께 공조 장치에서도 또한 많은 대응기술 연구가 진행되고 있다.

지구온난화와 관련하여 자동차용 공조장치가 사용하는 냉매는 온실효과가 높은 물질이므로 지금까지 사용하던 GWP(지구온난화 지수) 대신에 TEWI(Total Equivalent Warming Impact)라는 새로운 지표를 사용하는데 이는 냉매의 누설에 의한 직접적인 CO<sub>2</sub> 환산배출량과 공조장치 구동에 따른 엔진 연료 소비량 증가에 따른 간접적 CO<sub>2</sub> 환산 배출량을 합한 것이다. 자동차용 공조장치에 사용되는 냉매 종류별 TEWI(100년 기준)를 보면 CO<sub>2</sub>를 1로 했을 때 R134a는 1300이며 R12는 8500 정도이다.

이러한 관점에서 자동차용 공조장치의 대응 방향은 <그림 2>와 같이 최적 냉매의 선정, 냉매 충전량 최소화 및 공조장치의 소요 동력 최소화로 요약할 수 있다.



<그림 2> 환경친화적 공조장치 개발방향

### 이산화탄소 냉매 시스템 개발

R134a라고 불리우는 HFC계 냉매는 오존층 파괴지수는 "0" 이지만 앞에서 언급하였듯이 TEWI가 높기 때문에 유럽을 중심으로 HFCs계 냉매도 규제하려는 움직임이 있어 이에 대한 냉매개발이 CO<sub>2</sub>와 같은 자연냉매 개발을 중심으로 진행되고 있다.

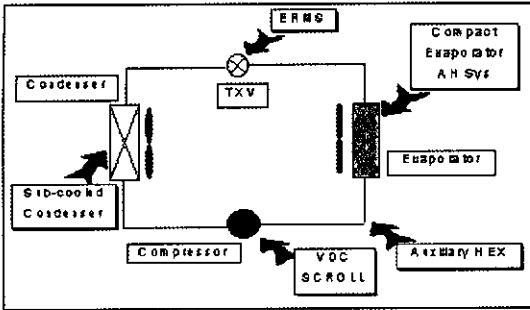
CO<sub>2</sub>는 비독성, 비가연성이며 열전달성이 우수한 물질로서 현재까지의 연구결과로는 대부분의 운전조건에서 CO<sub>2</sub>를 냉매로 사용하는 시스템이 기존 시스템의 성능을 능가하는 것으로 나타났으며 2000년 미국 Phoenix에서 개최되었던 SAE Alternate Refrigerant Symposium에서의 Demo 차량 평가에서 실차 성능이 이미 확인되었다. 그러나 작동압력이 높기 때문에 이의 실용화를 위하여는 아직 해결해야 할 문제는 많으나 유럽의 CAR MAKER들은 2005년에 양산 할 계획을 발표하였다.

CO<sub>2</sub>냉매시스템은 현재의 R134a 냉매시스템에 비하여 작동 압력이 13~15 MPa 정도로, 높기 때문에 구성부품의 내압력 특성의 확보가 전제로 되고 있으나 Heat Pump 시스템으로의 역사 이כל이 가능하다. 전기자동차, 연료전지 자동차와 같이 난방용 열원이 없는 차세대 자동차에서는 일석이조의 효과가 있기 때문에 현재까지로는 가장 현실적인 자연친화적 신냉매 시스템으로 인식되고 있다.

### 고효율 R-134a 시스템

CO<sub>2</sub> 냉매 시스템이 TEWI를 낮추기 위한 대체기술이라고 한다면 고효율 R134a 시스템은 직접적인 TEWI 감소계획이라고 할 수 있다. 즉, 현재의 R134a 시스템 구성부품 들의 효율 향상 및 중량감소를 통하여 엔진의 부하를 감소시켜 CO<sub>2</sub> 배출량을 감소시키는 기술이다.

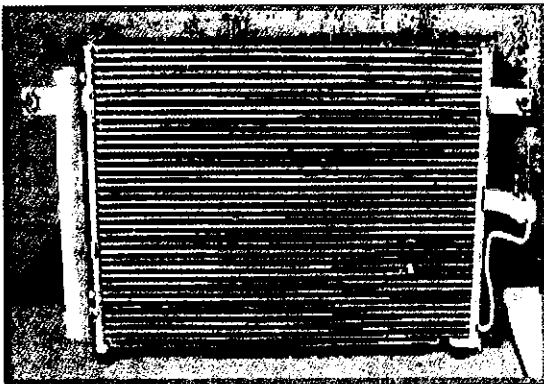
이 고효율 R134a 시스템 기술 중 응축기(Condenser), 압축기(Compressor) 및 팽창장치의 예를 들어 설명하고자 한다.



<그림 3> 고효율 R-134a 시스템 개요

• 수액기 일체형 응축기

기존의 자동차용 공조시스템에서는 응축기와 잉여냉매 저장 기능 및 액체 상태의 냉매만을 증발기로 선별 공급하기 위한 수액기(Receiver Drier)가 분리 설치되었으나 최근에는 수액기능을 응축기에 포함시켜 응축된 냉매를 효율적으로 활용하기 위한 수액기 일체형 응축기(IRDS: Integrated Receiver Drier Sub-cooled Condenser)가 개발되어 공조시스템에 충전 되는 R134a 양을 약 15~20% 정도 감소시킬 수 있었으며 냉매 고압 감소를 통한 엔진의 부하감소 및 부품통합을 통한 단순화를 실현할 수 있다. 이는 TEWI에 영향을 미치는 직, 간접적 요인을 동시에 감소시킬 수 있는 신기술이다.



<그림 4> 수액기 일체형 과냉각 응축기

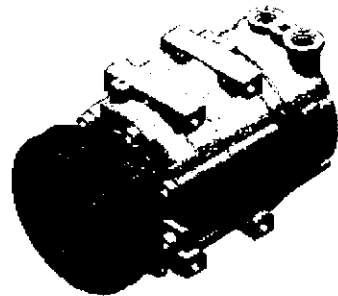
• 가변용량식 압축기

압축기는 공조장치의 심장이라 할 만큼 중요한 기능품이며, 개발 및 제조 과정 등에서 고도의 기술성을 요구하는 부품이다. TEWI의 감소를 위하여는 압축기의 소요동력 최소화 및 중량 감소가 요구되고 있다. 현재 양산되고 있는 Swashplate Type 압축기는 사판(Swashplate)의 각도가 일정한 각도로 고정된 것이므로 에어컨의 부하에 관계없이 엔진의 회전수(차량의 속도)에 비례하여 고정된 토출량으로 작동되므로 이러한 단점을 보완하여 에어컨의 부하 변동에 대응하여 압축기의 사판각도를 변화 시켜 토출량을 변화시킬 수 있는 가변용량식 압축기(Variable Displacement Compressor)가 개발되는 추세이다. 이런 가변용량식 압축기는 에어컨 부하변동에 대응하여 토출량을 변화 시켜 운전성(Drivability)를 향상시키며 엔진의 부하를 감소시켜 연비를 향상시키며 배기가스량 감소에 공헌을 하게 된다.

다음으로는 현재 각 차량제조회사에서 개발 중인 하이브리드엔진 및 연료전지 차량에서는 구동원이 전기이기 때문에 압축기를 엔진의 풀리와 벨트로 연결하여 구동시키는 현재의 구동방식은 불가능하므로 벨트 대신에 전기모터로 구동되는 전기식 압축기의 개발이 활발해 질 것으로 예상된다.

• 전자제어식 냉방장치

지금까지의 자동차용 냉방장치는 TXV



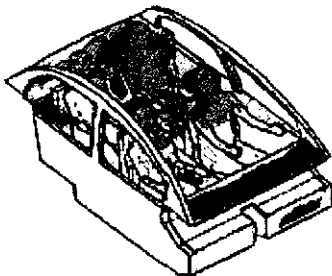
<그림 5> 가변용량식 압축기

(Thermal Expansion Valve)라 불리는 팽창밸브를 사용하고 있으나 냉매 흐름제어 정도가 정밀하지 못한 단점을 가지고 있다. 이런 측면에서 냉매의 효율적인 관리, 제어를 위하여 시스템 내부의 냉매관련 정보 및 냉방부하에 대한 정보를 입력 받아 팽창밸브의 조절 기능을 정밀하게 제어하는 ERMS(Electronic Refrigerant management System)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 ERMS는 앞선 언급한 가변용량식 압축기와 연계되어 자동차의 동력소요를 최소화하면서 최대의 냉방성능을 발휘할 수 있는 차세대 냉방시스템의 주류를 이룰 것으로 예상된다.

**냉난방 부하감소 기술**

냉난방 장치의 동력소모는 조절 대상인 차량 실내의 열적 부하와 직접적인 관계가 있다. 다시 말하면 냉난방 장치의 개별 구성부품의 효율향상 및 중량감소 등을 통하여 동력소모를 최소화할 수 있지만 자동차의 단열성 향상을 통한 냉난방 부하감소 기술에 초점이 맞춰지고 있다.

미국 Visteon사에서 발표한 EEV(Energy Efficient Vehicle) 기술은 경량소재 사용 및 특수 코팅처리 된 폴리카보네이트 단열 유리창 및 단열성이 우수한 차체 내장재 적용을 CAE 기술을 이용하여 최적화함으로써 냉난방 부하를 약 60%~ 80% 정도 감소시킬 수 있는 것으로 예상하고 있다. 이 기술이 실용화되면 냉난방 장치의 경량화에 따른 연비향상, 자외선 침투로 인한 차 내부 표면 손상 감소 및 열부하 감소로 인한 안전성 향상 등의 효과를 기대하고 있다.



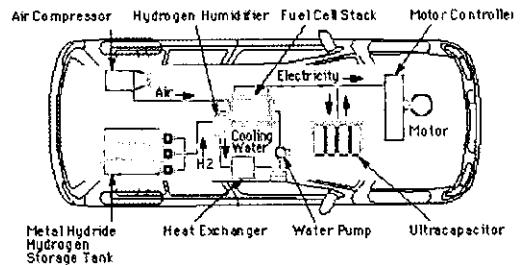
<그림 6> 차량실내 쾌적성 CAE 해석

**연료전지 추진 하이브리드 전기자동차 대용 기술**

연료전지(Fuel Cell)의 원리는 이미 1839년에 물이 전기 분해되는 현상의 역반응이 가능함을 알게 되면서 최초로 알려졌으며 지금은 고효율과 공해가 없는 차세대 에너지원으로 주목받고 있으며 에너지 혁명을 촉발할 실용적인 연료전지 개발과 응용이 선진업체를 중심으로 이루어지고 있다.

연료전지를 자동차의 동력원으로 사용하고자 한 시도는 80년도 말부터 시작되었으며 선진 자동차업체 들은 2003년 미국 캘리포니아주의 Zero Emission 규제의 실용화를 배경으로 가장 현실성 있는 대처 방안을 연료전지 자동차에서 찾고 있다.

이러한 경향은 공조장치에 있어서는 압축기 동력원이 전기식이라는 변화 이외에 연료전지 관련 Thermal management부분에서 필요로 하는 열교환기 등의 공조관련 기술이 부차적으로 개발되어야 하는 기획이기도 하다.



<그림 7> 연료전지 추진 차량의 구성도

**42 볼트 시스템**

현재의 고급 승용차는 일반적으로 최대 2.8kW의 전력을 필요로 하지만 부품의 전기 전자화로 인하여 보다 많은 전력이 필요할 것으로 예상되며, 한층 고압의 전원 시스템이 요구될 것이다. 차세대 자동차는 42 볼트의 고전압 시스템을 채택하여 효율 및 엔진의 연비를 향상시키려 추진

하고 있으며 2004년 전후에서 실용화될 것으로 전망되고 있다.

자동차용 공조장치 중 압축기는 엔진의 동력을 벨트를 통하여 전달 받아 압축기를 구동 시키는 벨트 구동방식을 사용하고 있으나 42 볼트 시스템에 적용되면 워터펌프, 파워스티어링 펌프 등과 함께 전기 구동식으로 변화될 것으로 예측되고 있다. 압축기가 전동식으로 변경될 경우에는 단순한 압축기 만의 변경이 아닌 공조시스템의 제어 방식의 변화로 이어질 것이므로 이에 대한 연구개발도 진행되고 있다.

### 사용자 환경 측면

사회적 문화적 환경이 더욱 향상되면서 자동차용 공조장치에 대한 탑승자의 쾌적성, 편의성에 대한 욕구는 더욱 증대되고 있다. 지금까지 공조장치는 각종 구성품들의 성능 및 효율향상 노력은 지속되고 있지만 그 대상이 차량의 실내 공간 전체를 대상으로 하였다고 말할 수 있다. 즉, 각 좌석별 공조와 더불어 개인의 기호까지 반영할 수는 없었다. 따라서 향후에는 각 좌석별 개별 공조 시스템 및 차량 실내의 거주성 확보를 위한 공조장치의 소형화, 그리고 공조기기의 작동 소음 최저화가 자동차용 공조장치가 갖추어야 할 필수 요건이 될 것이다.

#### 개별 국부 공조 시스템

현재 EQUUS에는 Triple Zone 공조장치가 개발 적용되었으나, 차세대 자동차용 공조장치는 각각의 탑승자에게 개별적으로 최상의 쾌적환경을 제공하기 위하여 개별 국부 공조시스템(Quad Zone Personal Climate Control System)에 대한 연구가 진행되고 있다.

하지만 차 실내 공간을 독립적으로 온도 조절할 수 있더라도 사용자가 빈번히 조작을 해야 한다면 쾌적환경이라고 말할 수 없기에 태양광의 투사방향을 감지하여 독립적으로 보상에 주

는 <그림 8>과 같은 양방향 일사센서(Dual Sun Sensor)와 실내의 습도에 따라 성애제거를 자동으로 실시해 주는 전자동 시스템이 개발되었다.

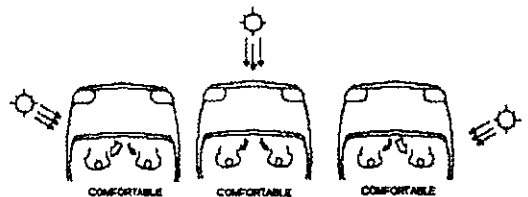
이러한 개별 국부 공조시스템은 인체의 온도 및 바람의 세기, 방향 등에 관한 민감도(반응도)를 감성공학 측면에서 분석하여 센서기술에 반영함으로써 모든 탑승자를 개별적으로 만족시킬 수 있는 기술 개발을 목표로 하고 있다.

#### 고효율 열교환기의 개발

연비 향상을 위한 공조장치의 중량 감소 추세뿐만 아니라 차량 실내의 거주공간 확대 및 각종 편의장치 들의 추가 경향에 따라 공조장치의 소형화가 요구되고 있다. 이런 요구에 부응하여 열교환기들은 성능은 동등수준이면서 두께와 중량은 약 10%~20% 정도 감소시키기 위하여 Fin 및 Tube 분야에서 새로운 설계, 제조기술이 개발되고 있다.

이렇듯 자동차용 공조장치의 열교환기는 <그림 9>와 같이 크기와 중량감소를 통한 Slim화 추세가 지속될 것이며 관련부품과의 통합 또는 기능 흡수를 통한 일체화(Modularity)의 개발 추세가 가속되고 있는데, 예를 들면 <그림 10>과 같이 라디에타(Radiator)와 응축기(Condenser)를 일체화 시켜 소재를 알루미늄으로 일원화한 IHEX(Integrated Heat Exchanger)의 기술개발은 Recycling 개념도 만족시킬 수 있는 대표적인 예이다.

더 나아가 최근에는 모듈개념을 더욱 확대시킨 차량 전면부의 IFEM(Integrated Front End



<그림 8> 양방향 일사센서

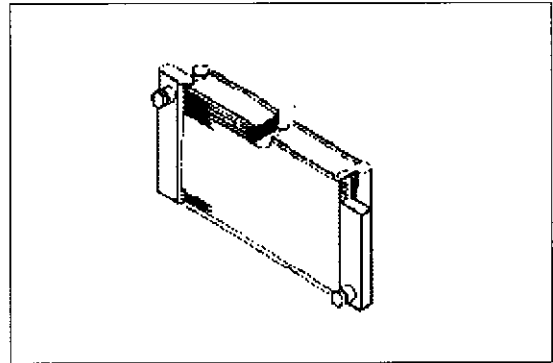
Module) 및 차량실내의 Cockpit Module이 개발되어 차량에 적용될 단계이다.

**고효율 모터 개발**

자동차용 공조장치에는 응축기용 송풍장치와 증발기 및 난방기용 송풍장치가 있는데 대부분의 송풍장치는 몇 개의 미리 정해진 단계별로 기계적으로 제어되기 때문에 소음 및 전력소모 측면에서 효율적이지 못한 단점을 가지고 있다. 탑승자의 쾌적성, 정숙성 향상 및 차량 동력소모 최소화를 위하여 송풍장치의 회전속도 제어를 PWM 방식으로 하는 Brushless Motor의 개발이 확대되고 있다.

**유해가스 및 냄새 제거**

최근 미국 내 언론은 차량의 실내가 푸른곰팡이 등의 미생물 및 VOC 가스 등으로 오염되고 있음을 보도한 적이 있다. 이는 차량 제작시 사용되는 내장재와 접착제로부터 발생하는 이른바 "새차 냄새"와 더불어 도심지역 통과 시 외부로부터 유입되는 오염된 공기로 인한 것으로, 상쾌한 공간 창출을 위하여 미세먼지 및 냄새 제거를 위하여 Odor/Particle Filter가 개발되었다. 자

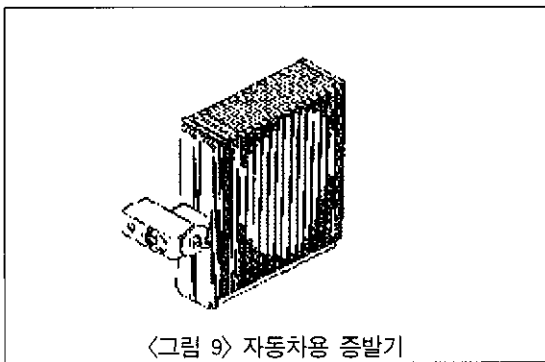


〈그림 10〉 자동차용 일체형 열교환기

동차의 특성 상 필터의 교환주기가 가능한 길어야 하는 점과 필터의 포집성능은 압력손실과 비례한다는 점을 감안할 때, 효율적인 필터의 개발은 아직도 계속되는 숙제이다. 또한 오염된 외부공기가 실내로 유입되는 것을 사전에 차단하기 위한 유해가스 차단센서(Air Quality Sensor)가 함께 적용되고 있는 추세이다. 하지만 아직 다양한 가스에 대한 감지 센서는 아직 개발 중인바 이에 대한 개발이 가속화 될 것이다.

**맺음말**

21세기에 들어서면서 자동차용 공조장치는 큰 변혁을 앞두고 있다. 가장 큰 변화는 자연환경 대응이지만, 인간친화적인 공조장치로의 기술개발이 필연적이다. 자동차의 개발동향에 대응 개발해야 하는 것이 자동차용 공조장치이지만, 인간(탑승자)를 만족시킬 수 없는 공조장치는 그 의미가 없으므로 궁극적인 개발 목표는 인간친화적인 공조장치가 될 것이다. ㉞



〈그림 9〉 자동차용 증발기