

자동차용 공기분배장치의 성능개선에 관한 실험적 연구

유 성 연*, 이 대 웅†, 김 진 혁*

*충남대학교 BK21 메카트로닉스사업단, 한라공조 기술연구소

An Experimental Study on Performance Improvement of Automotive Air Handling System

Seong-Yeon Yoo*, Dae-Woong Lee[†], Jin-Hyuck Kim*

*BK21 Mechatronics Group at Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea
Halla Climate Control Corp., 1689-1, Shinil-Dong, Daedok Gu, Daejeon 306-230, Korea

(Received April 17, 2007; revision received August 8, 2007)

ABSTRACT: Compact semi-center type automotive air handling system(AHS) is developed in this study and it's performance is compared with the conventional 3-pieces type air handling system. The pressure drop is measured at component level and system level, and air flow rate and air distribution of discharge air through each ducts from air handling system are measured. System level characteristics of pressure drop at face and windshield discharge mode and air flow rate are investigated, and also temperature control linearities are tested. The volume of the air handling system package is reduced about 20%. And air flow rate increase about 5 to 20% compared to the conventional 3-pieces type air handling system at each discharge mode with significantly improved air pressure drop both component and system level. Also, air distribution and temperature controllability meet to evaluation criteria.

Key words: Automotive air handling system(자동차용 공기분배장치), Air flow distribution(풍량 배분), Performance improvement(성능개선), Pressure drop(압력강화), Temperature control (온도조절)

1. 서 론

생활수준의 향상과 함께 최근 자동차의 상품성 평가척도가 안정성, 쾌적성 및 편리성 등으로 전환되고 있는 추세이다.

자동차용 공기분배장치는 사용자가 활동하는 영역의 환경을 조절하는 장치로, 차실내의 풍량과 온도를 적절히 제어하고, 분배하여 운전자나 승객에게 쾌적한 환경을 제공한다. 이러한 공조

장치는 인간과 직접 접촉하는 부분으로 좁은 공간에서의 답답함을 극복하고 보다 편안한 환경을 제공하기 위하여 많은 연구가 진행되고 있으며, 최근에는 인간의 감성까지 고려한 공기분배장치들이 요구되고 있는 실정이다.

일반적으로 자동차용 공기분배장치는 각 차종(車種)에 따라 요구되는 성능이 달라지기 때문에 시작(prototype)모델의 제작과 성능평가, 수정을 거치면서 성능최적화를 하고 있는 실정이다. 따라서 공기분배장치에 대한 기존 연구자들의 연구 동향은 신차(新車)설명서, 또는 기술교본에 간략히 기술된 것이 고작이다.⁽¹⁻³⁾ Okada et al.⁽⁴⁾은 센서에 의하여 측정된 차 실내 온도를 이용하여 최

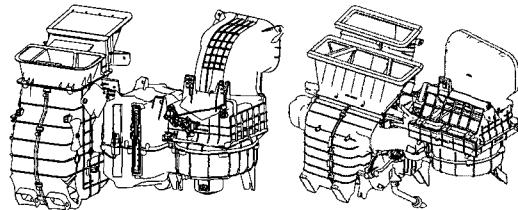
† Corresponding author

Tel.: +82-42-930-6734; fax: +82-42-930-6992

E-mail address: dwlee@mail.hcc.co.kr

대 난방영역에서는 에어컨을 정지하고, 최대 냉방영역에서는 히터코아로 바람을 보내지 않고 바이пас스 하는 구조의 공기분배장치를 개발하였다. 이러한 공기분배장치는 최대 냉방에서 최대 난방 까지 자동으로 온도조절도아의 작동궤도를 조절하여 토출되는 공기온도를 조절하는 방식으로 기존방식의 공기분배장치가 장착된 차량 보다 약 50%정도 주행연비가 향상 되었다. Bratton⁽⁵⁾은 차 실내를 운전자석과 승객석으로 구분하고, 각 좌석의 일사량차이, 개인적 취향, 운동량 및 탑승자가 입고 있는 옷 등을 고려하여, 운전자와 승객 모두가 최대 쾌적성을 느낄 수 있도록 한 좌우 독립제어형 공기분배장치를 소개하였다. 이는 토출 공기의 방향은 물론이고, 토출 공기의 온도 까지도 완전히 별개로 제어되는 공기분배장치로 일사센서와 실내온도센서를 설치하여 승객석과 운전자석의 온도 차이를 각각 감지하여 독립적으로 제어할 수 있도록 한 공기분배장치이다. Eisenhour et al.⁽⁶⁾은 자동차에서 공기분배장치의 성능 최적화 방법과 과정에 대하여 실험적으로 언급하고 있으며, Shikata et al.⁽⁷⁾은 송풍기 팬을 2층으로 구성하여 차 실내를 순환하는 공기와 실외의 신선한 외부공기를 동시에 또는 독립적으로 유입할 수 있도록 한 송풍기 유닛을 개발하였다. 또한 공기분배장치 내부도 2층으로 나누어 겨울철에 순환하는 따뜻한 공기가 발 방향으로 토출되도록 하여 난방성능을 향상시키고, 습기가 낮은 차가운 외부공기는 유리창 방향으로 토출되게 하여 제상성능을 높인 이층류(two layer) 공기분배장치를 소개하였다. 이러한 이층류 공기분배장치의 적용으로 차 실내 평균온도가 5 °C 높아졌고, 난방부하는 30% 감소하였다.

본 연구에서는 기존의 획침식(3-pieces type) 공기분배장치에서 증발기(evaporator)와 히터코아(heater core)를 나란히 배치하여 크기를 축소하면서, 성능을 향상한 반일체형(semi-center type) 공기분배장치의 개발과정을 소개하였다. 반일체형 공기분배장치는 각각의 증발기와 히터코아, 덕트들(ducts)과 이들을 조립한 공기분배장치에 대하여 공기측 압력손실을 개선하였고, 공기분배장치에서의 공기유동, 즉, 토출 풍량과 배분율 및 토출 방향에 따른 공기분배장치의 열적 거동 등 차량에서 요구되는 공기분배장치의 성능에 대하여 실험으로 최적화 하였다.



(a) 3-Pieces type (b) Semi-center type
Fig. 1 Schematic of automotive air handling systems.

2. 자동차용 공기분배장치

Fig. 1은 자동차에서 공기분배장치의 개략도를 보여주고 있다. Fig. 1(a)를 기준으로 보면, 공기분배장치는 통상 맨 좌측부터 히터 유닛(heater unit), 증발기 유닛(evaporator unit), 송풍기 유닛(blower unit)으로 구성된다. 기존에는 이들 3개의 유닛을 차량의 좌우방향을 따라 직렬로 합체하고, 차 실내 계기판(instrument panel) 아래에 설치하여 증발기를 통과한 차가운 공기나 히터코아를 지난 더운 공기를 차 실내로 공급하여 냉·난방을 하였다. 그러나 최근에는 빠른 시간내 차 실내를 냉방, 난방 할 수 있는 속효성이 요구되기 때문에 보다 많은 풍량을 필요로 하고, 자동차에서 편의성을 제공하기 위하여 사용되는 각종 전자장치들의 증가로 협소한 차 실내는 더욱 협소해지고 있다. 따라서 차실내 공간의 활용도를 높이기 위하여 보다 작은 크기의 공기분배장치의 개발이 요구되며, 이러한 요구에 부합하여 개발된 공기분배장치가 Fig. 1(b)와 같은 밀집 반일체

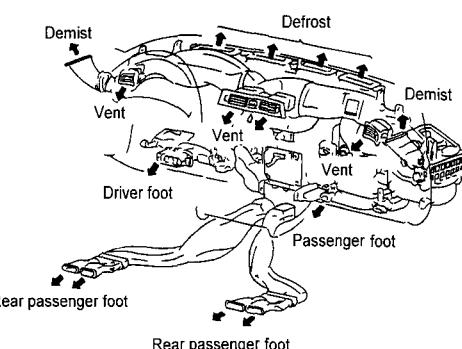


Fig. 2 Schematic of air discharge mode for automotive air handling system.

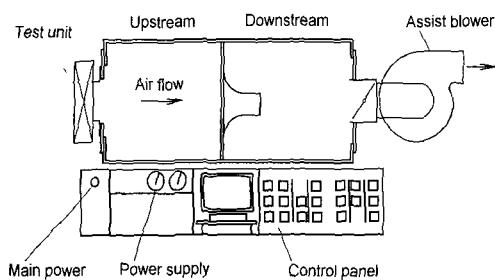


Fig. 3 Schematic of pressure drop test apparatus.

형(compact semi-center type) 공기분배장치이다. 히터 유닛에 증발기와 히터코아를 나란히 차량의 전후방향으로 배치하여 증발기 유닛을 없애고, 기존의 증발기 유닛이 장착되는 공간을 활용 할 수 있도록 하였다.⁽⁸⁾

자동차에서 공기분배장치는 차 실내 탑승자의 요구에 따라 더운 공기 또는 차가워진 공기를 직접 차 실내로 공급하거나, 또는 이들 더운 공기와 차가운 공기를 적절히 혼합하여 온도조절을 한 후 Fig. 2에 표시된 것처럼 사용자의 선택에 의하여 각각 얼굴 방향(face mode), 발 방향(foot mode), 제상 방향(defrost mode)으로 단독 혹은 복합적으로 송풍함으로써 편의성이 결정된다. 일반적으로 공기분배장치에서 송풍되는 형태를 보면 얼굴 방향은 주로 여름철 냉방용으로 많이 사용되고, 발 방향은 겨울철 난방용으로 사용되며, 제상 방향은 차량의 전면과 측면 유리의 제상 혹은 제습에 주로 사용되는 모드이다. 이외에도 이들의 중간 형태인 얼굴-발 방향(bi-level mode), 발-제상 방향(mix mode) 등이 사용되기도 한다.⁽⁹⁾

3. 실험장치 및 방법

3.1 압력손실 실험장치

Fig. 3은 증발기와 히터코아, 각 단품 덕트류와 이들을 포함한 공기분배장치의 압력손실 실험에 사용된 장치의 개략도이다. 장치는 국제 규격 ANSI /ASHRAE 51-1985, ANSI/AMCA 210-85를 만족하는 Torrington사의 FM600모델이다.

FM600은 실험 대상에 따라 배기(exhaust)와 공급(supply) 모드의 선택이 가능하다. 풍량의 측정범위는 7~1020 m³/h이며, 5개 노즐($\phi=19.05, 25.4, 40.6, 50.8, 76.2$ mm)들을 조합하여 $\pm 2.0\%$ 의 정확도로 체적공기량을 측정한다. 또한 노즐상류(upstream)에 위치한 2개의 T-type 열전대를 이용하여 공기 온도를 측정하고, 습도 변환계와 기압 변환계로 측정한 상대습도와 대기압력은 정확한 풍량계산을 위하여 공기밀도의 보정값으로 사용된다. 습도 센서는 Rotronic사의 CH8303모델로 $\pm 1.0\%$ 의 오차를 가지고 0~100%의 상대습도를 측정한다. 압력측정은 노즐 전후의 차압을 Japan Technology의 Kavlico P500계열의 압전센서를 이용하여 측정하였으며, 오차는 $\pm 0.1\%$ 이내이다.

압력손실 실험은 횡치식과 반일체형 공조장치의 증발기와 히터코아 단품을 실험장치에 설치한 후 공급 풍량을 변화하면서 이때 열교환기를 지나는 공기의 압력손실을 측정하였다. 각 덕트들에 대하여도 동일한 방법으로 압력손실이 측정되었으며, 공기분배장치의 압력손실 측정은 이들 열교환기와 내부의 형상구조를 포함하고 있는 히터 유닛, 증발기 유닛과 송풍기 유닛, 덕트류 등 전체 공기분배장치에서의 공기축 압력손실을 측정하였다.

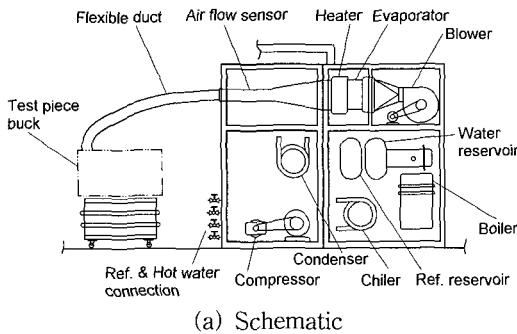
3.2 풍량배분 실험장치

풍량배분 실험은 공기분배장치에서 선택되는 각 모드별 덕트 출구를 빠져나오는 바람의 양을 측정하고, 차 실내의 편의성과 연관 지어 상하 또는 좌우로 배분되는 바람의 비율을 살펴보는 실험으로 Table 1에 풍량측정에 사용된 풍량계의 제원을 나타내었다. 실험 장치는 Torrington사에서 제작한 FM150 모델로, 크기가 작고 차량전원과 동일한 12 V의 직류전원을 사용하기 때문에 차 실내에서 휴대하면서 풍량측정이 가능하다.

풍량은 4개의 노즐($\phi=19.05, 25.4, 40.6, 50.8$ mm)

Table 1 Specifications of portable air flow meter

Model	FM 150	
Power range (V)	DC 11~13	
Temperature range (°C)	10~40	
Measurement range (m ³ /h)	5~80	
Relative humidity (%)	0~90	
Pressure range (Pa)	196~304	



Air flow range	85~250 m³/h
Air temperature control	-29~65 °C
Temperature range	10~40 °C
Cooling system	2-stage, R-22
Heating system	Electric, SST

(b) Specification

Fig. 4 Schematic and specifications of EHAD.

을 가지고 공기분배장치의 각 덕트 끝단에서 토출되는 바람의 체적공기량을 $\pm 2.0\%$ 의 정확도를 가지고 측정한다. 풍량계는 FM600 실험 장치와 동일하게 상대습도와 대기압력값을 측정하여 공기밀도의 보정 값으로 사용한다.

실험은 증발기와 히터코아, 각 덕트를 포함한 공기분배장치를 실제 차량과 동일한 조건으로 설치 후 송풍기 유닛의 직류모터에 12V의 전원을 공급하여 팬을 구동하면서 측정하였다. 사용된 전원공급기(power supply)는 International P.S의 Mouser모델로 $\pm 0.2\%$ 의 정확도를 갖는다. 실험 조건으로는 상온에서 측정하였으며, 증발기와 히터코아로는 냉매와 냉각수를 공급하지 않았고, 단순히 공기측 압력손실만 고려될 수 있도록 하였다. 실험의 정확성을 기하기 위하여 실험에 사용된 횡치식과 반일체형 공기분배장치의 각 유닛들의 연결부는 밀봉하였으며, 송풍기에 사용된 직류모터는 동일 시료를 사용하였다.

3.3 온도제어 실험장치

온도제어 실험에 사용된 EHAD(Evaporator, Heating and Air flow Device)의 개략도를 Fig. 4에 나타내었다. EHAD는 개방형(open loop) 냉동시스템과 보일러(boiler)를 구비하고 있어 실제 자

동차 공기분배장치의 모든 현상을 모사실험(simulation)할 수 있다. 즉 증발기와 히터코아로는 각각 냉매와 냉각수의 공급이 가능하며, 공기온도, 습도, 공기유량, 냉매온도, 냉매압력, 냉각수 온도, 냉각수 유량 등 매우 넓은 범위의 제어가 가능하다.

온도제어성 실험은 자동차의 환경조건을 보사한 시험 절차에 따라 히터코아로 85°C의 냉각수를 6 l/min으로 공급하였으며, -5°C의 차가운 공기를 덕트를 통하여 송풍기 입구로 공급하였다. 이때 송풍기 팬의 구동은 전원공급기를 이용하여 직류모터에 6V의 전원을 공급하였다. 각 덕트로 토출되는 공기의 온도측정에는 T-type 열전대를 사용하였으며, 얼굴(face) 토출구에 4개, 유리창(windshield) 토출구에 6개, 발(foot)측 토출구에 4개를 설치하였다. 온도조절 도어(temperature control door)의 작동은 계기판(control panel)과 연결 후 최대 냉방위치(cool)와 최대 난방위치(hot)를 일정한 등간격으로 나눈 후 한 등분씩 도아를 이동하면서, 각 등분마다 토출구의 공기온도가 안정되는 시점에서의 온도를 측정하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 압력손실 실험

Fig. 5는 횡치식과 반일체형 공기분배장치의 각 열교환기와 덕트류 및 공기분배장치에서의 압력손실 실험결과를 보여주고 있다. 각각의 증발기와 히터코아를 지나는 공기측 압력손실을 풍량의 변화에 따라 측정하였고, 얼굴방향과 유리창방향으로 바람을 유도하는 각 덕트들의 압력손실, 그리고 이를 열교환기와 덕트들을 장착한 공기분배장치에서의 압력손실을 비교하였다.

먼저 Fig. 5에서 맨 하단의 증발기와 히터코아 단품에 대하여 풍량 - 압력손실을 보면 반일체형 공기분배장치의 증발기와 히터코아가 횡치식 공기분배장치의 증발기와 히터코아보다 압력손실이 감소하는 것을 알 수 있다. 반일체형 공기분배장치에 사용된 열교환기는 기존의 횡치식에 사용된 증발기와 히터코아와는 다른 새로운 형태의 열교환기가 사용되었기 때문이다. 다음으로 가운데 그림에서 반일체형과 횡치식 공기분배장치의 덕트들, 즉 공기분배장치에서 송객의 얼굴까지 바

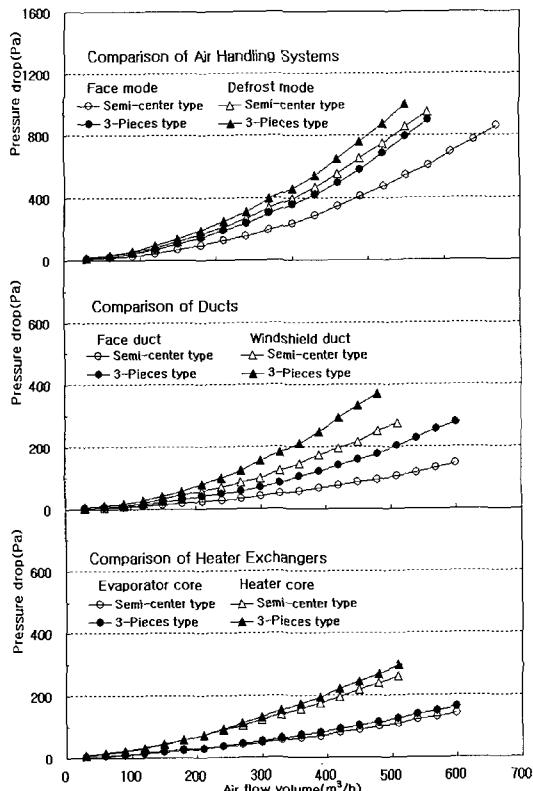


Fig. 5 Comparison of pressure drop at component level and system level.

람을 유도하는 열굴 덕트와 공기분배장치에서 자동차의 전면유리창으로 바람을 유도하는 유리창 덕트의 압력손실을 비교해 보았다. 반일체형 공기분배장치에 사용된 덕트들의 압력손실이 횡치식 공기분배장치에 사용된 덕트들보다 현저하게 감소하는 것을 알 수 있다. 덕트에서의 압력손실을 최소화하기 위하여 수차례의 전산유체해석을 바탕으로 최적 덕트설계가 이루어졌다. 마지막으로 맨 위의 그림은 반일체형과 횡치식 공기분배장치에서 열굴 모드와 제상 모드, 두 가지 토출모드에 대하여 공기측 압력손실을 비교하였다. 두 가지 토출모드 모두에서 반일체형 공기분배장치가 횡치식 공기분배장치보다 압력손실이 감소하는 것을 볼 수 있다. 즉, 증발기와 히터코아를 하나의 유닛에 적층하여 밀집형으로 공기분배장치를 구성하여 패키지의 축소와 전체 공기분배장치에서의 압력손실 감소를 동시에 만족하는 새로운 공기분배장치를 개발하였다.

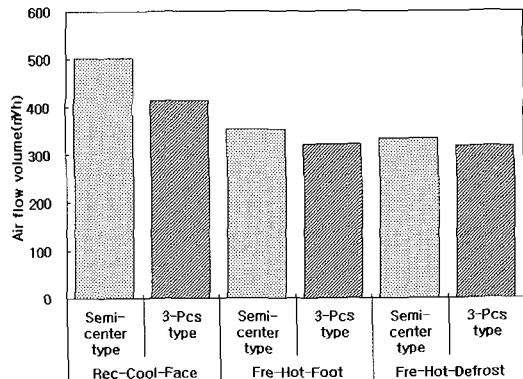


Fig. 6 Comparison of air flow rate at various discharge mode.

4.2 풍량배분 실험

풍량은 공기분배장치에서 증발기와 히터코아를 통과하는 바람의 양을 의미하며, 냉방성능 및 난방성능을 증가시키기 위하여 통상적으로 풍량을 증가시키는 방법을 주로 사용하고 있다. 따라서 바람의 양은 주어진 공기분배장치에서 가급적이면 크게 토출될 수 있도록 설계되고 있다. 풍량 배분은 패작성을 결정하는 하나의 척도로써, 좌우배분의 경우 차 실내에서 운전자와 승객을 기준으로 좌우가 균일한 양으로 바람이 토출되도록 설계하고 있으며, 상하배분은 탑승자의 얼굴과 발을 기준으로 발로 토출되는 공기가 얼굴로 토출되는 공기보다 높은 온도의 공기가 토출되어야만 하며, 더운 공기는 사람의 얼굴에 직접 토출되지 않아야 한다. 만약 반대로 더운 공기가 사람의 얼굴에 직접 부딪치게 된다면, 건조한 공기로 인하여 불쾌감을 느끼게 되고, 장시간 지속될 때에는 졸음운전까지 야기하여 안전운행에도 해를 끼칠 수 있다.⁽¹⁰⁾

Fig. 6은 본 실험에 사용된 반일체형과 횡치식 공기분배장치에 대하여 각 모드(face mode, foot mode, defrost mode)에서 덕트를 통하여 토출되는 풍량 측정결과를 보여주고 있다. 이때 온도조절도아와 공기유입도아의 위치는 두 공기분배장치가 모두 같은 위치이다. 토출되는 바람의 양은 사용모드에 따라 공기분배장치 내에서의 통기저항이 달라지기 때문에 토출 풍량도 다르게 되며, 상대적으로 통기저항이 큰 발 모드와 제상 모드에서 토출되는 풍량이 얼굴 모드로 토출되는 풍

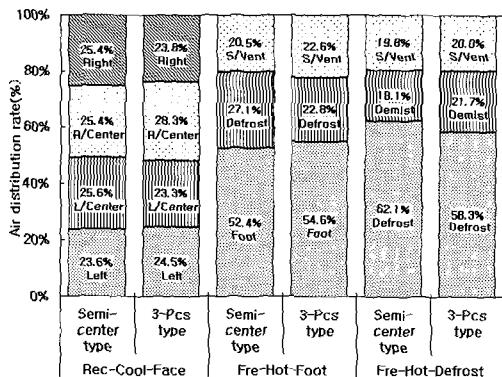
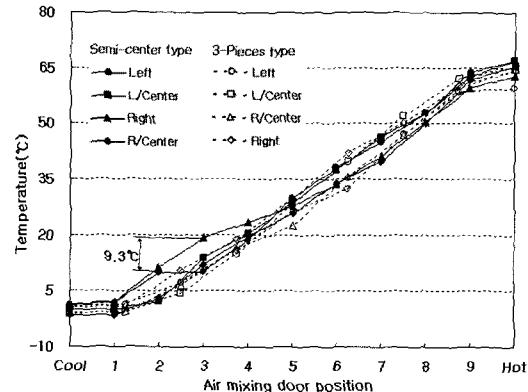


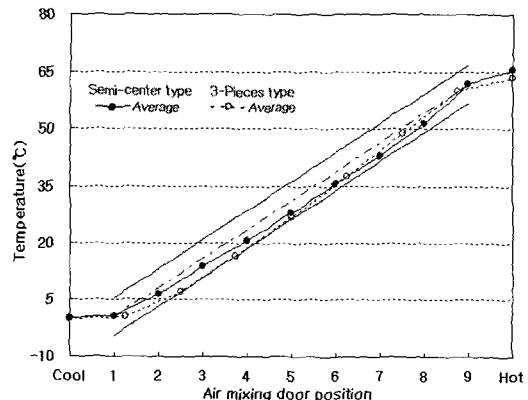
Fig. 7 Comparison of air flow distribution at various discharge mode.

량보다 적게 측정되었다. 전 사용 모드에서 반일체형 공기분배장치의 토출 풍량이 횡치식 보다 높게 나타났으며, 특히 압력손실 실험결과에서와 같이 얼굴 모드에서 큰 풍량 차이를 보였다.

Fig. 7은 얼굴 모드에서 좌우로 토출되는 바람의 배분율과 발 모드, 제상 모드에서 상하로 토출되는 풍량의 배분을 나타낸 것이다. 먼저 얼굴 모드에서 토출되는 바람의 배분율을 보면 두 공기분배장치 모두 각 4군데로(right, right center, left center, left) 비교적 고르게 토출되고 있으나, 반일체형 공기분배장치가 조금 더 균일하게 분배되는 경향을 보이고 있다. 발 모드와 제상 모드에서 각 공기분배장치의 상하로 토출되는 배분율의 차이는 각각의 차량에서 요구되는 특성에 맞게 두 공기분배장치가 약간씩 다르게 설계되었기 때문이다. 또한 발 모드와 제상 모드에서는 얼굴



(a) Temperature difference



(b) Linearity

Fig. 9 Temperature control characteristics at face mode.

로 토출되는 풍량이 발 방향으로 토출되는 풍량보다 작기 때문에 더운 바람이 얼굴로 직접가는 양을 최소화 하고 있다. 제상 모드에서는 전면유리로 토출되는 풍량이 반일체형 공기분배장치가 횡치식보다 좀 더 많이 토출되어 제상과 제습 성능에 유리함을 알 수 있다.

이와 같이 자동차용 공기분배장치의 설계에 있어서 바람의 배분율은 사용자의 편안성과 제상 성능을 고려하여야 하며, 본 실험에 사용된 반일체형 공기분배장치의 바람 배분율은 이 모두를 고려하였다.

Fig. 8은 본 실험에 사용된 반일체형과 횡치식 공기분배장치의 크기와 얼굴 모드에서의 토출 풍량을 비교하고 있다. 반일체형 공기분배장치는 기존의 횡치식 공조시스템 보다 대략 20% 정도 체적이 작으면서도 더 많은 풍량을 가진다.

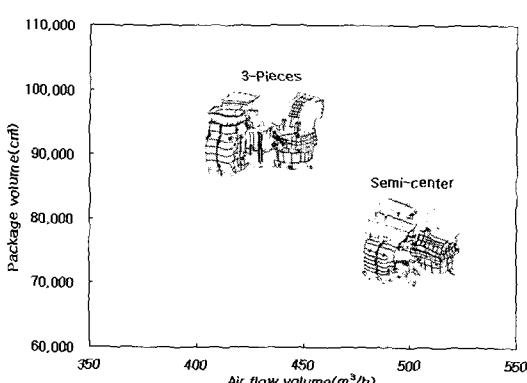
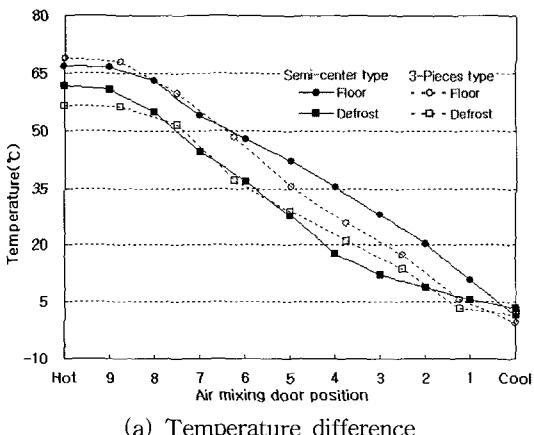


Fig. 8 Comparison of package and air flow rate for automotive air handling system.

4.3 온도제어 실험

두 공기분배장치에서 온도제어 성능은 실험으로 최적화되었기 때문에 큰 차이는 없으나, 일부 차이점에 대하여만 살펴보았다.

Fig. 9(a)는 얼굴 모드(face mode)에서 운전석과 승객석, 각 토출구 4군데간의 온도편차를 살펴보았고, Fig. 9(b)에 이를 온도를 평균한 직진성을 비교하였다. 온도조절도아(temperature control door)는 공기분배장치의 제어기와 연결하여 최대 냉방(cool)에서 최대 난방(hot)까지 일정하게 등간격으로 나누어 실험하였다. Fig. 9(a)를 보면 반일체형 공기분배장치의 경우 토출구 4군데간 최대 온도편차는 9.3 °C로 온도조절도아가 3 위치일 때이다. 이외 나머지 전 구간에서 토출되



(a) Temperature difference

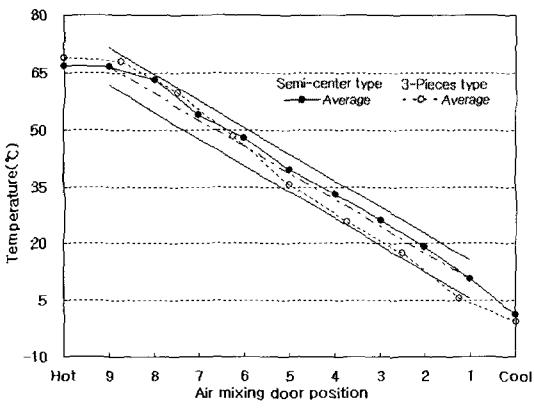


Fig. 10 Temperature control characteristics at foot mode.

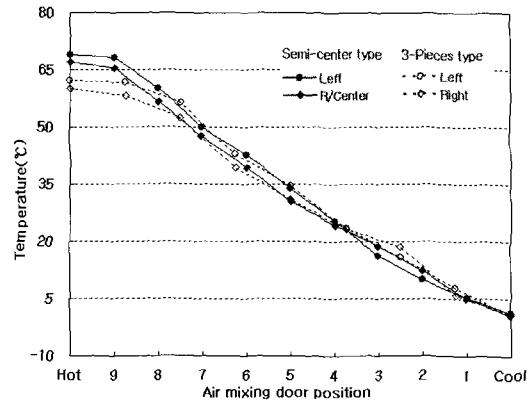


Fig. 11 Temperature control characteristics at defrost mode.

는 공기 온도는 5 °C 이내의 고른 편차를 보이고 있다. 횡치식 공기분배장치의 경우에는 온도조절도아 5위치에서 최대 9.5 °C의 온도차를 가진다. Fig. 9(b)는 4군데에서 토출되는 공기온도를 평균하여 직진성을 살펴본 것으로, 최대 냉방과 최대 난방을 제외한 전 온도조절도아위치에서 토출되는 공기온도는 상하 5 °C 이내에서 거의 선형적으로 증가하고 있다.

Fig. 10은 발 모드(foot mode)로 토출되는 공기온도를 비교하였다. Fig. 10(a)는 발과 전면 유리창방향인 상하로 토출되는 공기온도를 비교한 것으로 앞서 언급한 바와 같이 얼굴보다는 발쪽으로 따뜻한 바람이 토출되고 있음을 알 수 있다. 반일체형 공기분배장치의 경우 얼굴과 발로 토출되는 온도의 차이가 전 구간에서 횡치식보다 크게 나타나므로 쾌적성 측면이 좀 더 고려되었다고 할 수 있겠다. 반일체형 공기분배장치의 경우 상하 최대온도 차이는 온도조절도아가 4위치에서 17.7 °C이나, 횡치식은 온도조절도아가 대략 6위치에서 10.4 °C 정도이다. Fig. 10(b)는 발로 토출되는 공기온도를 평균하여 직진성으로 나타내었다. 약간씩의 온도편차는 있으나, 전 구간에서 ± 5 °C 이내이며 선형적으로 감소하고 있다.

Fig. 11은 제상 모드(defrost mode)에서 자동차 전면 유리창방향으로 토출되는 공기온도를 보여주고 있다. 제상 모드는 겨울철 자동차 유리창에 생기는 성애를 없애기 위하여 주로 사용하는 모드로 운전자와 승객, 모두가 충분한 전방시계를 확보하기 위해서는 좌우가 균일한 온도로 토출되는 것이 좋다. 운전자와 승객석 모두를 고려한

좌우간 토출 공기 최대온도편차는 반일체형 공조 시스템의 경우 온도조절도아가 6위치에서 대략 3.3°C 정도이며, 횡치식 공조시스템은 3.6°C 정도이다. 제상 모드에서는 두 공기분배장치 모두 전 구간에서 거의 고른 온도편차를 보여주고 있다.

5. 결 론

밀집 반일체형 자동차 공기분배장치의 성능향상을 위하여 증발기, 히터코아 및 각 덕트류에 대하여 공기측 압력손실을 줄였으며, 장치를 보다 작게 구성하였다. 또한 반일체형 공기분배장치에 대하여 압력손실파, 각 사용자 모드별로 풍량, 풍량 배분율 및 온도제어성능을 실험하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 공기분배장치의 체적이 20% 정도 감소하였고, 사용 모드에 따라 풍량이 5~20% 증가한 밀집 반일체형 공기분배장치를 개발하였다.

(2) 반일체 공기분배장치용 단품 증발기는 풍량 $420 \text{ m}^3/\text{h}$ 에서 11.6% 압력손실이 감소되었고, 히터코아는 풍량 $330 \text{ m}^3/\text{h}$ 에서 약 8.4% 정도 압력손실이 감소하였다.

(3) 반일체 공기분배장치용 단품 덕트에서 얼굴 덕트는 풍량 $420 \text{ m}^3/\text{h}$ 에서 44% 압력손실이 감소하였고, 제상 덕트는 풍량 $330 \text{ m}^3/\text{h}$ 에서 약 31% 정도 압력손실이 감소하였다.

(4) 열교환기와 덕트를 포함한 반일체형 공기분배장치에서의 전체 압력손실은 얼굴 모드에서 풍량 $420 \text{ m}^3/\text{h}$ 기준으로 약 28% 압력손실을 감소하였고, 제상 모드인 경우 풍량 $330 \text{ m}^3/\text{h}$ 에서 약 13% 압력손실이 감소하였다.

(5) 반일체형 공기분배장치의 풍량배분과 온도제어성은 차량과 사용자 환경을 고려하여 최적화하였다.

참고문헌

1. Liges, D., Empson, T. and Jett, M., 1992, Design Process Guide, Ford, CCD., U.S.A.
2. Farah, R. and Anderson, G., 1992, Climate Control Product Engineering Training Manual, Ford, CCD., U.S.A.
3. NISSAN Co., 1996, User manual of Y33 series for CEDRIC, Japan.
4. Okada, T., Iijima, T. and Kakinuma, A., 1986, Development of Energy Saving Automatic Air conditioner, SAE, 860589.
5. Bratton, T. R., 1989, Development of a Fully Electronic Dual Climate Zone HVAC System, SAE, 890575.
6. Eisenhour, R. S., Kawakami, K. K. and Tsunada, N., 1996, HVAC System Analysis Method for Testing, SAE, 960684.
7. Shikata, K., Uemura, Y., Ichitani, Y., Uchida, G. and Kato, Y., 1999, Development of Two Layer HVAC Unit, SAE, 1999-01-1199.
8. Lee, D. W. and Yoo, S. Y., 2005, An Experimental study on performance of automotive HVAC system, Proceeding of the SAREK 2005 summer annual conference, pp. 1143-1148.
9. Lee, D. W. and Yoo, S. Y., 2004, A Numerical study for performance of automotive HVAC system, Korean Journal of Air Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 16, No. 11, pp. 1084-1091.
10. Kawamoto, H., Hosokawa, Y., Suto, M. and Nakajima, K., 1986, Comfort Evaluation of Heating and Air Conditioning Systems, SAE, 860590.