

상업용 코드를 이용한 차량용 HVAC module의 유동에 관한 전산모사

김 학 범^{*1}, 홍 성 립^{*2}, 정 덕 수^{*3}

The Numerical Simulation of Fluid Flow in an Automotive HVAC module by using Commercial Code

H. B. KIM^{*1}, S. R. HONG^{*2} and D. S. CHUNG^{*3}

The studying is to analyze characteristic of air flow and is used to design in an automotive HVAC module. The RNG k-e turbulence model with the Upwind Difference convection scheme and an unstructured hybrid mesh with arbitrary matching method were applied to the simulation. The comparing air flow characteristic of the basic HVAC module and total HVAC module with blower were discussed in the paper.

Key Words: HVAC, Ventmode, Blower unit, Air flow rate, Evaporator, Heater, 전면풍, 풍배

1. 서 론

여전히 차량용 에어컨은 차량 구입시 선택 의장품이지만, 대다수 구매자가 기본적으로 선택하고 있고, 또한 에어컨은 운전자의 감성에 직접적인 영향을 미치고 있어, 차량평가에 중요한 잣대가 되어 지고 있다. 이러한 추세에 발 맞추어 차량용 공조 시스템을 제작하는 업체에서는 좀더 운전자에게 안락감과 쾌적성등의 감성을 높임과 동시에 고효율의 시스템 개발을 위해 다방면으로 연구를 하고 있으며, CFD는 그 중 중요한 도구로 이용되고 있다.

본 연구에서는 차량용 HVAC(Heating Ventilation and Air Conditioning) system을 대상으로 하였다. HVAC system은 차량내부의 각 모드(Def., Foot, Vent, Airmix, Bi-Level mode) 및 온도, 풍량을 제

어하는 장치이다. Fig.1에서 보는 바와 같이 양산 제조되는 HVAC module은 세 가지 방식에 의해 구분되어지고 있다. 각 방식의 장단점은 Table 1에 나타내었다. 이러한 HVAC module의 유동해석은 이미 각 공조회사에서 선행되어 연구되었고 현재는 설계의 한 과정으로 정착되었다.

그러나, HVAC module 해석은 형상이 복잡하고 범위가 크기 때문에 통상적으로 HVAC module에서 Blower unit를 제외한 기본 module을 대상으로 수행하고 있다.[3] 따라서 Blower unit에서 유입되는 풍속 분포가 고려되지 않았으며, 특히 Evaporator(이하 Eva.라 명함)은 Blower unit에서 유입되는 공기의 풍속에 따라서 전면풍속분포(이하 전명풍이라 명함)가 달라지기 때문에 유입부의 풍속에 대한 고찰이 필요하다.

본 연구에서는 Blower unit를 배제한 기본 module과 포함한 통합 module 해석을 통하여 Eva.의 전면풍 분포를 비교하여 향후 HVAC module 해석의 범위에 대한 기준으로 삼았다. 또한 HVAC module 내부의 유동특성을 파악하여 설계에 적용하

*1 정희원, (주) 두원공조 기술연구소 주임연구원

*2 (주) 두원공조 기술연구소 시스템팀 책임연구원

*3 (주) 두원공조 기술연구소 연구소장

*E-mail : kimhb31@korea.com

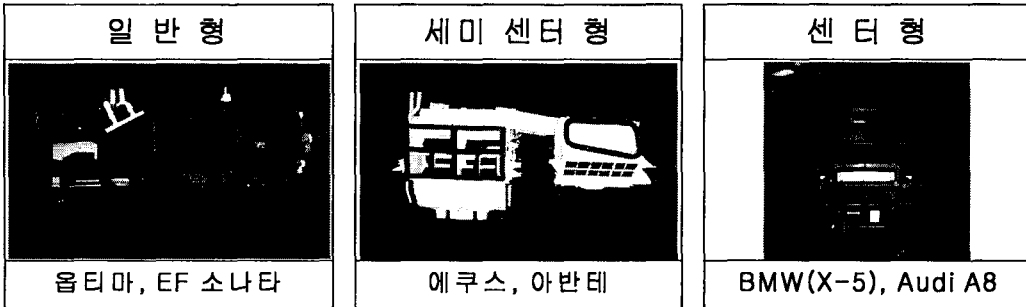


Fig.1 HVAC module type

Table 1 Comparison of each HVAC module

구분	일반형	세미센터형	센터형
장점	- 전후부 공간차지가 작음	- 혼합형, 슬립화 가능 - 최근 가장 많이 채택	- 통기저항이 작음 - 우측공간 활용도 큼
단점	- 유니트의 통기저항이 큼	- 우측공간 활용도가 작음	- 전후부 공간차지가 큼

었다. 본 연구에 사용된 S/W는 격자 생성용으로는 ICEMCFD v4.2.2와 열 유체 해석용으로 범용 상용 코드인 STAR-CD v3.15를 사용하였다. 계산에 사용된 장비는 RS6000/270 이다.

에서는 Vent mode를 대상으로 하였다.

2. 본 문

2.1 모델 및 격자

Fig.2는 본 연구 대상의 CAD model로서, 세미 센터형이다. Fig.3은 본 모델에 대한 유동의 흐름의 개념을 나타내었다.

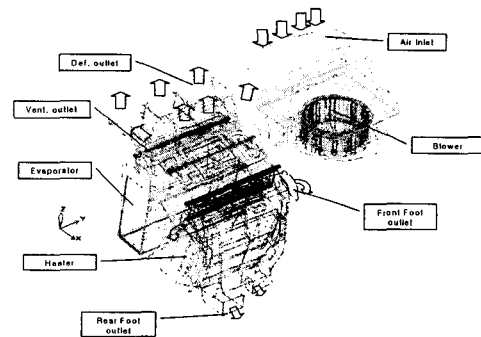


Fig.3 Schematic drawing of the model

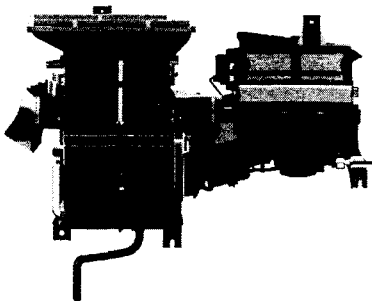


Fig.2 3D CAD of the HVAC module

본 모델을 전산모사하기 위하여 먼저 Blower unit 를 제외한 기본 모듈과 Blower unit를 포함한 모듈 을 Fig.4와 같이 격자를 생성하였다.

격자계는 비정렬Unstructural grid 격자계로서, 형상이 복잡한 영역은 사면체격자(Tetrahedra)를 그리고 비교적 단순한 형상은 육면체격자(Hexahedra)를 사용하여 형상을 최대한 반영하였으며, 격자수를 최소화 하였다. 상용코드에서 제공되는 Arbitrary match method를 이용하여 상이한 두 격자를 연결하여 수행하였다. 본 연구에 사용된 모델의 격자수는 기본모듈은 50만개, Blower를 포함한 모델은 100만 개이다.

HVAC system에서는 일반적으로 5가지 mode (Vent, Def, Foot, D/F, Bi-Level)가 있는데, 본 연구

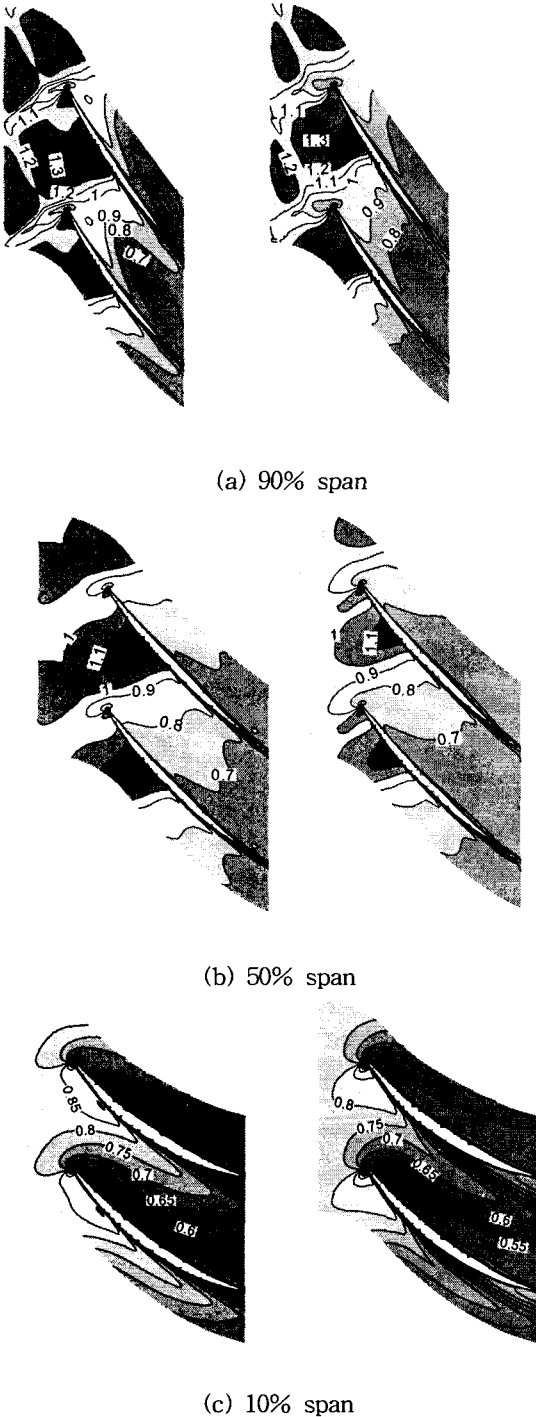


Fig. 6 Calculated Contours of relative Mach number at near peak efficiency(left) and at near stall(right)

실험결과보다 약간 빠르게 예측하였다. 그러나 수치 해석 결과는 실험 결과와 유사한 경향을 보이며, 전압비와 단열효율의 상승비의 차이가 크지 않다는 점에서 대체로 좋은 예측을 보였다.

Fig. 5는 수치 해석에 의한 50% span에서의 축방향으로의 평균 전압 및 정압을 나타낸 것이다. 정압은 동익을 지나는 동안 충격파로 인하여 큰 폭으로 압력이 상승하며, 정익을 지나는 동안에는 서서히 증가함을 알 수 있다. 또한 전압은 정압과 마찬가지로 동익을 지날 때는 큰 폭으로 증가하나, 정익을 지날 때는 거의 일정함을 알 수 있다. 인공 점성의 도입으로 충격파의 발생으로 인한 압력 상승 곡선들은 불안정한 진동 현상을 보이지 않고, 부드러운 형태를 지니고 있음을 알 수 있다.

Fig. 6은 동익의 최고 효율과 실속 및 서지 가까이에서 허브로부터 각각 10%, 50%, 90% 스펜에서의 상대 마하 속도장을 나타낸 것이다. 10% 스펜에서는 입구 마하 수가 약 0.85 정도로 아음속 영역의 유동이며, 블레이드 앞전(lead edge)의 흡입면(suction surface)에서만 약간의 초음속 영역이 나타난다. 50% 스펜에서는 입구 마하 수가 약 1.0이며, 블레이드 앞전의 흡입면에서 가속이 일어나 초음속 영역이 나타나며, 그로 인하여 충격파가 발생하게 된다. 이 경우에는 블레이드의 흡입면에서 충격파가 발생하여 블레이드의 압력면(pressure surface) 쪽으로 전파되며, 이 때 큰 폭의 압력 상승이 일어난다. 90% 스펜에서는 입구 마하 수가 약 1.2로 초음속 유동이며, 최고효율점에서 블레이드의 앞전의 압력면에서 충격파가 발생하여 흡입면에 전파되거나 스톨 및 서지점에서 흡입면에서 충격파가 발생하여 압력면 쪽으로 전파된다. 질량 유량을 감소시켜 최고 효율점에서 실속 및 서지점으로 갈수록 충격파의 발생 영역이 블레이드의 앞전으로 가는 것을 볼 수 있으며, 이것은 축방향 유속의 감소와 반경 방향의 유속의 증가로 인한 영향으로 사료된다.

Fig. 7과 Fig. 8은 각각 최고 효율점과 실속 및 서지점에서의 동익 표면의 정압의 분포를 나타낸 것이다. 흡입면의 정압 분포가 충격파의 영향으로 좁은 영역에서 급격히 증가함을 알 수 있다. 또한 최고 효율점의 충격파가 실속 및 서지점의 충격파보다 좀더 블레이드의 앞전에 발생하는 것을 알 수 있다. 그로 인하여 실속 및 서지점에서의 압력 상승이 최고 효율점의 압력 상승보다 높게 나오며, 블레이드 표면에

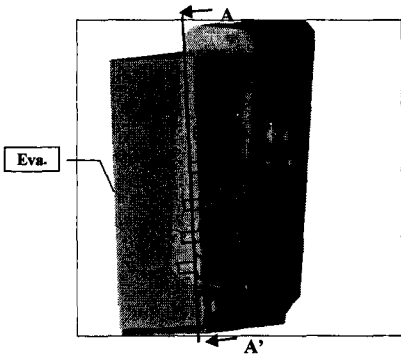


Fig.6 (a) the section view position

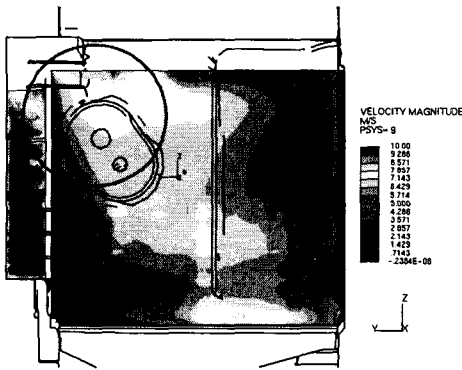


Fig.6 (b) Velocity magnitude contour of basic HVAC module front Eva.

Blower unit를 제외한 기본 module (Fig.6 (b))에서 는 전체적으로 Eva의 상단에 속도가 크고, 하단의 입구 영역은 상대적으로 작은 값을 보이고 있다. 반면, Blower unit를 포함한 통합 module의 전면풍은 (Fig.6 (c)) Eva. 중앙부에서 속도크기가 큼을 알수 있다. 이러한 차이는 Fig.7 (a), (b)의 유입속도 분포의 차이로 인한 것인데 Fig.7에서 알 수 있듯이 기본 module에서 는 하단부에서 유입속도가 크며 Blower unit를 포함한 해석에서는 중앙에 속도가 크다.

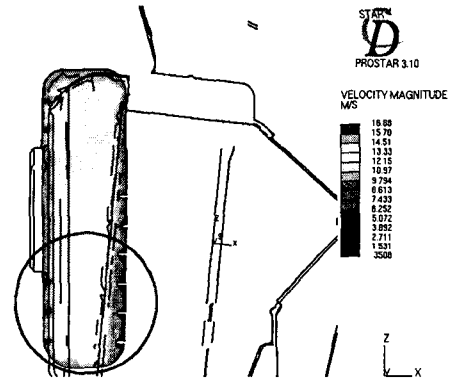


Fig.7 (a) Velocity magnitude contour at the inlet of pre-eva. region (without the blower unit)

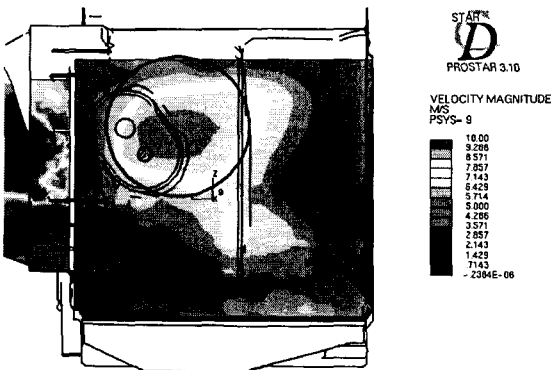


Fig.6 (c) Velocity magnitude contour of total HVAC module front Eva.

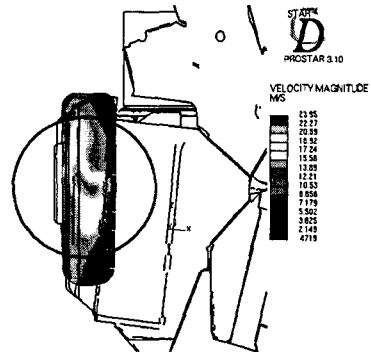


Fig.7 (b) Velocity magnitude contour at the inlet of pre-eva. region (with the blower unit)

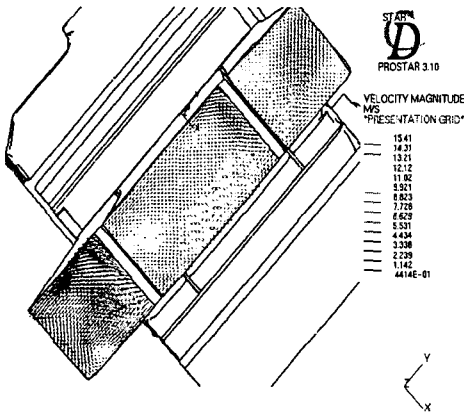


Fig.8 (a) Vector contour at outlet of the basic HVAC module

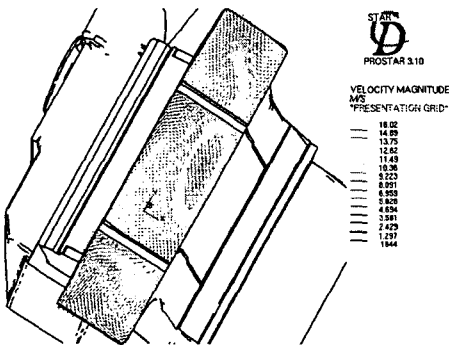


Fig.8 (b) Vector contour at outlet of the total HVAC module

있으며 Blower unit를 포함한 해석이 정량적이나 정성적으로 조금 정확하나 큰 차이는 보이지 않고 있다.

따라서 출구풍량배분(Distribution air flow rate at outlet 풍배라 명함) 개선을 위한 전산모사는 Blower unit를 배제한 분석이 유용하다고 판단된다

Vent. mode HVAC 내부의 유동특성은 Fig.9에서 확인 할 수 있듯이 Air mix door의 걸림턱(적색원 위치)에서 발생된 박리로 인해 저속재순환 영역이 발생하고 다시 출구의 Vent Door에 의해 주속도 성분이 바깥방향으로 유도되어 배출되고 있다.

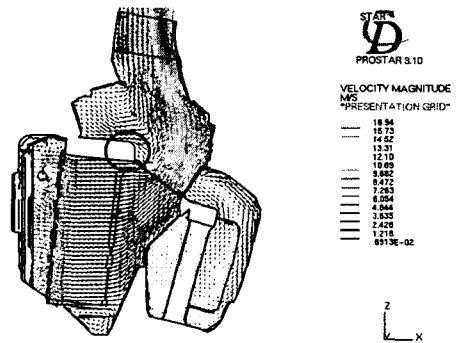


Fig.9 (a) The vector contour at the center of the basic HVAC module

2.3.2 출구의 풍배 비교

Fig.8는 출구의 속도벡터(Vector)분포를 보이고 있는데 두 모델간 유동패턴에 차이를 보이고 있지 않다. 이러한 원인은 Fig.9에서 보는 바와 같이 HVAC module의 내부유동 특성이 Eva. 통과하면서 일차적으로 속도가 1차적으로 동일 방향으로 정류가 되고 이후 상단 Vent. 출구의 Vent. Door position과 출구의 형상에 직접적인 영향을 받기 때문이다. 따라서 입구에서의 속도분포에 대한 오차가 출구에서 감쇄되어 동일한 패턴을 가지고 오게 된다.

Fig.10은 출구 풍배를 실험값과 두 모델의 전산 모사결과와 비교한 그래프로 동일한 패턴을 보이고

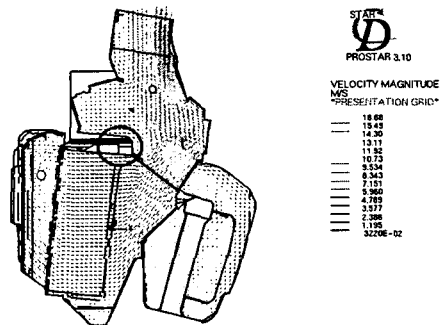


Fig.9 (b) The vector contour at the center of the total HVAC module

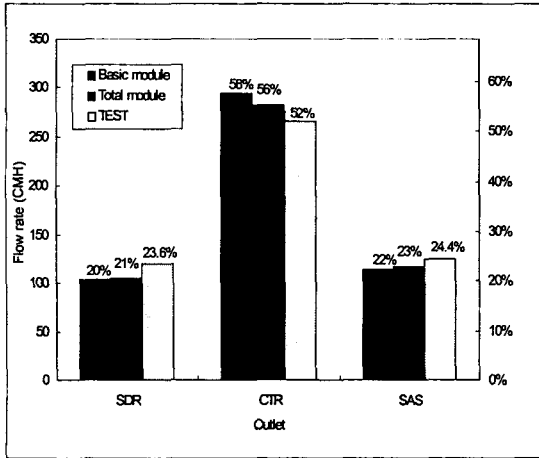


Fig. 10 the Comparison of air flow rate distribution at the HVAC module outlet

[3] Nam-Hyo Cho and Mi-Ro Kim, "Numerical investigation of fluid flow in an automotive HVAC module", SAE Paper No. 971778, Proc. of VTMS 3 Conference (Vehicle Thermal Management Systems), 1997, pp. 61-67,

[4] Kyung-Wook Baek, Eui-Yong Kwon, Han-Kyung Kim, Nam-Hyo Cho, "Analysis of Flow characteristics in an Automotive HVAC Blower Using CFD technique (in Korean)", Proc. KSAE Autumn Conference, Vol. II, 2000. pp. 1079-1087.

[5] CD-adapco Group "STAR-CD USER GUIDE v3.15" Chap.10 & 14, 2002

[6] CD-adapco Group "STAR-CD METHODOLOGY v3.15" Chap.8 & 13,, 2002

3. 결 론

두 해석을 통하여 다음과 같은 결론을 도출 하였다.

(1) Eva의 전면풍에서는 두 모델의 차이가 뚜렷하게 나타나고 있다. 따라서 Eva의 전면풍 개선 및 성능육성을 위한 HVAC module 해석은 Blower unit를 포함한 해석이 필요하다.

(2) 출구의 풍배는 Blower를 포함한 해석이 정확한 결과를 내고 있지만 실험결과와 비교해 보았을 때 정량적으로나 정성적으로 차이가 적었다. 따라서, Eva. 이후의 출구 풍배를 위한 설계시 좀더 빠른 분석을 위하여 Blower unit부를 제외한 분석이 시간비용 측면에서 유리하다.

참고문헌

[1] Ikuta, S., Tanaka, K., and Kato, K., "Numerical Simulation of Air and Heat Flow in a Heater Unit", SAE Paper(1989) 890574,

[2] Fischer, D., "Airflow Simulation Through Automotive Blowers Using Computational Fluid Dynamics", SAE Paper(1995) 950438,