

노즐 형태의 토출구를 이용한 냉난방 시트 성능에 관한 실험적 연구

정 정 훈¹⁾ · 김 성 철^{*1)} · 원 종 필¹⁾ · 노 상 호¹⁾ · 조 용 석²⁾

자동차부품연구원¹⁾ · 국민대학교 기계자동차공학부²⁾

A Experimental Study on the Performance of Climate Control Seats Using the Discharge Port of the Shape of Nozzle

Jung Hoon Jung¹⁾ · Sung Chul Kim^{*1)} · Jong Phil Won¹⁾ · Sang Ho Noh¹⁾ · Yong Seok Cho²⁾

¹⁾Korea Automotive Technology Institute, 74 Yongjeong-ri, Pungse-myeon, Cheonan-si, Chungnam 330-912, Korea

²⁾Department of Mechanical and Automotive Engineering, Kookmin University, Seoul 136-702, Korea

(Received 6 October 2008 / Accepted 10 December 2008)

Abstract : Research for climate control seats is being vigorously pursued because requests for passenger's thermal comfort are increasing. Recently, thermoelectric devices have been applied to automotive seats for both cooling and heating operations. The climate control seats using thermoelectric devices can rapidly control the air temperature passing through the devices and directly affect the thermal comfort of passengers. The performance characteristics of the climate control seats were analyzed by experiments for two different types of a leather covered seat and a mesh applied seat. Experimental results show that the cooling and heating performance for the mesh applied seat by using the discharge port of the shape of nozzle was improved significantly in comparison with that for the leather covered seat. The variation of temperature between the inlet air and the outlet air of the climate control seat for the enhanced mesh applied type was by -3.5°C at cooling mode, and was by 15.0°C at heating mode, after about 30 minutes, respectively. Also, it is possible to provide rapid thermal comfort to passengers sitting on the seat in the vehicle cabin by using the proposed climate control seat.

Key words : Climate control seat(냉난방 시트), Thermoelectric device(열전소자), Thermal comfort(열적 안락감), Peltier effect(펄티어 효과), Mesh hole(메쉬 홀)

Nomenclature

CMH : cubic meter per hour, m³/h
D : depth, mm
H : height, mm
W : width, mm
Φ : outer diameter

Subscript

max : maximum

1. 서론

최근 자동차의 개발 동향은 과거 성능만을 중시해 오던 것에서 성능과 안전은 기본이고 인간의 감성과 웰빙을 추구하는 인간 친화형 자동차 개발 요구가 증대되고 있는 상황이다. 이러한 테마의 하나로 자동차 실내 열적 안락감(thermal comfort)을 꼽을 수 있다. 실내 열적 환경을 좌우하는 여러 요인들이 있으나 그 중 시트는 신체와 직접 접촉하므로 그 중요성이 크다고 할 수 있다.¹⁾ 이러한 탑승자의 요구들을 만족시키기 위하여 각 국의 자동차 개발

*Corresponding author, E-mail: sckim@katech.re.kr

자들은 자동차용 냉난방 시트에 대한 연구 및 개발을 활발히 진행하고 있다.

자동차 시트는 프레임, 헤드레스트, 쿠션 패드, 백패드, 커버링 등으로 나누어진다. 기본적으로 쿠션 부분은 슬라이딩 기능을, 등받이 부분은 리클라이닝 기능을 가지고 있으며 헤드레스트 각도 조절, 시트 높낮이 조절, 앞뒤 거리 조절 기능 등이 추가된다. 일반적으로 시트가 갖추어야 할 가장 중요한 요건들은 안전성, 안락성, 편의성, 디자인, 경제성 등을 들 수 있다. 이와 같이 시트는 다양한 요건이 종합적으로 고려된 것이어서 일반 좌석과는 달리 인간공학과 감성공학이 깊게 반영되고 있다.²⁾ 차량 충돌시 목뼈 상해를 더 줄이는 능동적 헤드레스트, 냉난방 통풍 시트, 안마기능을 탑재한 시트 등이 그러한 예이다.

Choi 등³⁾은 열전소자를 이용한 냉난방 카시트의 설계와 온도제어에 대한 성능시험을 수행하였다. Cengiz 등⁴⁾은 시트 커버의 재질에 따른 신체의 온도 변화를 실차 운행을 통한 실험을 수행하여 시트 커버링이 인체의 열적 안락감에 미치는 영향을 연구하였다. Choi 등⁵⁾은 인체 착좌면을 고려한 냉난방 시트 내 유로를 다양하게 변경한 실험을 통하여 연구를 진행하였다. Wolfe 등^{6,7)}은 CFD 해석을 위한 다양한 모델들을 제시하였으며, 여러 가지 시스템의 냉난방 시트를 변경하며 실차 실험을 통해 열적 안락감을 평가하였다.

자동차 냉난방 시트의 유형은 크게 두 가지로 나누어진다. 하나는 기존 HVAC(heating, ventilation and air conditioning) 모듈을 이용하는 시스템이 있다. 이러한 방식은 HVAC 모듈과 시트 사이에 추가 덕트를 구성하여 시트 공조를 구현하는데, 냉방시에는 증발기에서 열교환이 이루어진 냉기를 이용하며 난방의 경우에는 초기 엔진 시동시 열원이 부족하므로 PTC 히터를 이용한다. 다른 하나는 HVAC 모듈과는 독립적으로 작동하는 시트 공조이다. 이 방식은 내부에 블로워 및 열전소자 등의 구성부품이 추가 장착되고, 공기 공급 방식에 따라 푸쉬 타입과 풀 타입으로 구분이 되며 빠른 응답속도를 가지는 것과 HVAC 모듈과는 독립적으로 작동한다는 점에서 효율적인 측면의 이점이 있다.⁸⁾

본 연구를 통하여 열전소자 및 블로워를 이용한 공기 공급 방식의 시트공조 개발 및 필요한 좌석만 냉/난방을 제공하는 국부공조 실현으로 차량의 연비향상과 차세대 인간중심 공조시스템을 제공하고자 한다.

2. 시스템 구성 및 실험 장치

2.1 시스템 구성

본 연구에서 개발하고자 하는 자동차용 시트 공조의 기본 흐름도를 Fig. 1에 나타내었다. 냉난방 시트는 열전소자로부터의 냉기 또는 온기를 큰 열손실 없이 시트까지 공급할 수 있도록 하는 블로워 유닛과 덕트 유로로 구성된다. 이와 같은 냉난방 시트의 성능을 극대화하기 위해서는 열원의 핵심인 열전소자의 고온부 및 저온부의 특성을 높여야만 되고, 고온부의 열이 저온부로 전도되지 않도록 열전소자 자체의 인가전압에 대한 선택 및 적절한 공조 시스템을 구성하는 것이 매우 중요하다.

Fig. 2는 다공성 가죽 커버 시트, 초기의 메쉬홀 적용 시트와 개선된 메쉬홀 적용 시트 각각의 유동 토출홀의 위치를 보여주고 있다. 유동 분출홀은 성인 기준의 승차자가 온도 변화를 쉽게 느낄 수 있는 목부위와 대퇴부, 상체의 옆구리 부분에 위치하며, 이를 통해 운전자에게 쾌적한 열적 환경을 구현할 수 있다. Fig. 2(a), (b)에서 다공성 가죽 커버 시트 및 초기의 메쉬홀 적용 시트는 등받이부의 1,2,3,4번과 8,9,10,11번이 서로 대칭 구조이고 쿠션부의 5,6,7번과 12,13,14번이 대칭 구조로 되어있다. 블로어 및 열전소자 모듈은 등받이부, 착석부분으로 각각 하나씩 존재한다. 또한 개선된 메쉬홀 적용 시트는

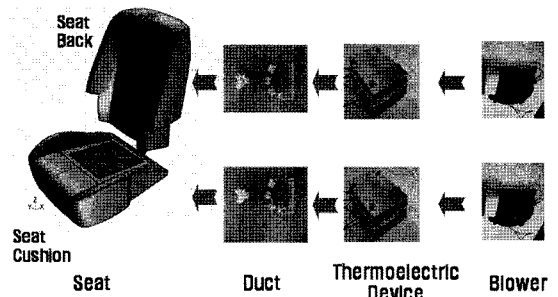
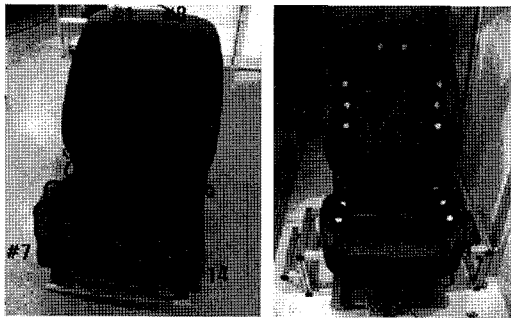
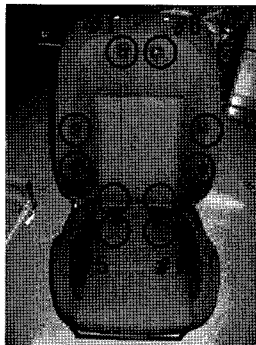


Fig. 1 Schematic diagram of climate control seat



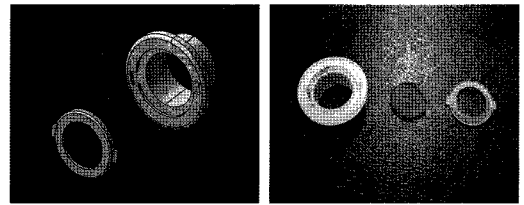
(a) Leather covered seat (b) Initial mesh applied seat



(c) Enhanced mesh applied seat

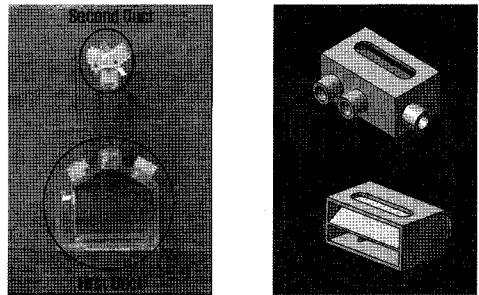
Fig. 2 Prototypes of climate control seats

Fig. 2(c)에서 나타난 바와 같이, 1,2,3,4,5번과 6,7,8,9,10번의 유로 구조가 서로 대칭이다. 여기서 블로어는 기존 모델과 마찬가지로 등받이부, 착석 부분으로 각각 하나씩 존재하지만 열전소자 모듈은 성능 확보를 위해 등받이부에 하나가 추가 사용되었다. Fig. 3은 메쉬홀 적용 시트에서의 유동 분출을 원활하게 하기 위해 제작된 메쉬홀더이며, 이는 모델링을 한 후 RP(rapid prototype)로 제작하였다. Fig. 4(a)는 초기의 메쉬홀 적용 시트의 덕트 형상으로 열전소자를 통과한 유동이 1, 2차에 걸쳐서 유동 분배되어 토출되는 구조로 되어있다. Fig. 4(b)는 개선된 메쉬홀 적용 시트의 덕트로 유동박리에 의한 와류



(a) CAD modeling (b) Prototype

Fig. 3 Mesh holder and cap



(a) Initial mesh applied seat (b) Enhanced mesh applied seat

Fig. 4 Shape of duct for air flow division

현상을 줄이기 위해 유동의 분배를 간결화시킨 모델이다. Table 1은 다공성 가죽 커버 시트, 초기의 메쉬홀 적용 시트와 개선된 메쉬홀 적용 시트를 구성하는 각 요소들의 제원을 각각 나타내었다.

2.2 실험 장치 및 방법

시제품의 성능 평가는 온·습도 조절이 가능한 환경 챔버 내에서 수행되었다. 설정 온도 범위는 -35℃부터 65℃까지 조절된다. 이는 실제 차량의 여름철 및 겨울철의 여러 가변 조건들을 구현할 수 있도록 설계되었다. Fig. 5에서 나타난 바와 같이, 냉난방 시트의 성능을 평가하기 위해서는 열전대(thermocouple)를 적용하여 온도 변화를 측정하였다. 열전대는 정밀도 ±0.1℃의 T-Type으로 최대 측정온도 200℃이고, 열전대의 위치는 냉난방 시트의 표면 근

Table 1 System specifications of climate control seats

Component	Perforated leather covered seat and initial mesh applied seat	Enhanced mesh applied seat
Blower	Sirroco Fan Type, 36 CMH, 2EA	Sirroco fan type, 60 CMH, 2EA
Thermoelectric device	$Q_{max} = 83W (V_{max} = 24V)$, 2EA	$Q_{max} = 83W (V_{max} = 24V)$, 3EA
Duct	Acrylic, W50×H20×D40 (mm ³), 2EA	Resin, W50×H20×D32 (mm ³), 3EA
Channel	Polyurethane tube, I. D.: φ8 mm, O. D. φ12 mm	Polyurethane tube, I. D.: φ11.5mm, O. D. φ16 mm

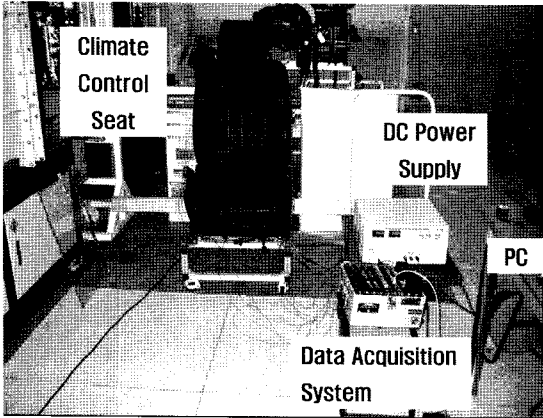


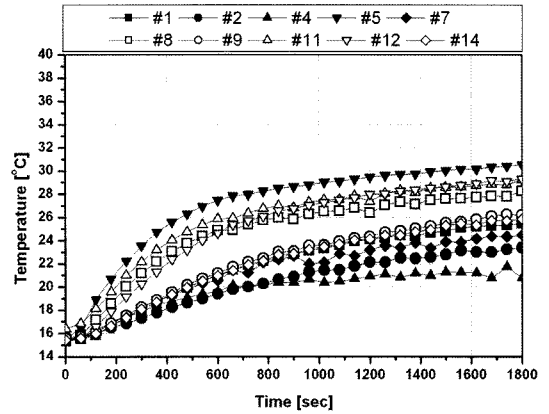
Fig. 5 Experimental apparatus of climate control seat

처에 위치하였으며 총 14개 지점에서 온도를 측정하였다. 데이터 획득 장치는 Gantner사의 24채널에서 데이터를 얻도록 구성하였으며, 컴퓨터를 연결하여 통신을 이용한 실시간 자료를 획득하였다. 냉난방 시트의 열전소자와 블로어 구동을 위해 최대 30V, 20A를 지원하는 직류 전원공급기를 사용하여 실제 차량의 정격 전압 12V를 냉난방 시트에 인가하였다. 환경 챔버에서 공급되는 초기 공기온도 조건들의 신뢰성을 검토하기 위해 냉방 및 난방에서의 절대평균오차를 계산해본 결과 각각 $\pm 0.16^{\circ}\text{C}$, $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 를 나타내었다.

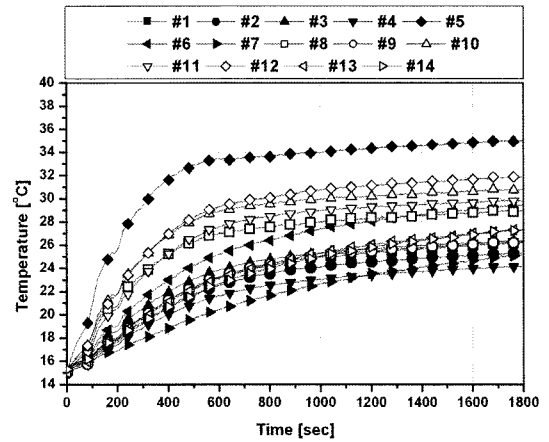
3. 실험 결과 및 분석

3.1 메쉬홀 적용에 따른 영향

우선 외기온도 15°C , 상대습도 20%의 조건에서 난방 모드로 실험을 수행하였다. Fig. 6(a)는 다공성 가죽 재질의 커버가 씌워진 시트에서의 측정결과이다. 시스템의 전원이 공급된 후 급격한 온도 상승이 이루어지다가 증가율이 감소하면서 서서히 안정된 상태가 됨을 알 수 있다. 1800초(30분)에서 최대 성능을 보이는 5번 토출홀과 최저 성능을 보이는 4번 토출홀의 온도 편차는 8.8°C 로 나타났다. 이것은 각 토출홀 유로별 열저항이 다르기 때문이다. 열전소자 내의 전열핀에서의 열손실 및 압력강하가 발생하며, 유동 분배 덕트 및 유로 분기용 소형 덕트에서 각각 유로 열저항이 발생한다. 반면 Fig. 6(b)는 초기의 메쉬홀 적용 시트의 측정결과이다. 쿠션부 5, 12



(a) Perforated leather covered seat

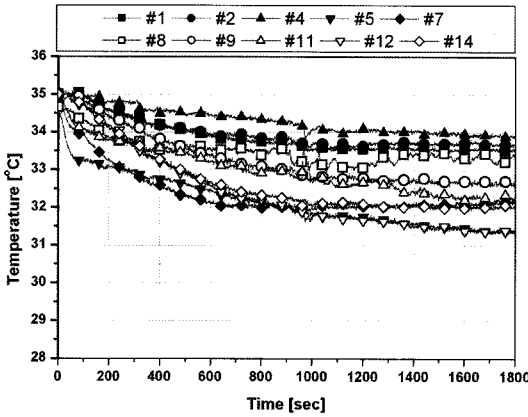


(b) Initial mesh applied seat

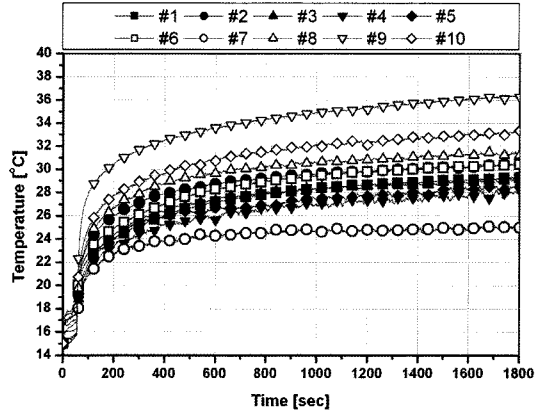
Fig. 6 Temperature distribution at heating mode

번 토출홀이 가장 좋은 성능을 보이며, 그 이유는 열전소자를 통과하여 시트 표면까지 도달하는 유로가 가장 짧아 열손실이 적었기 때문이다. 6,7,13,14번은 5,12번에 비해 유로의 길이가 길어지고 곡관의 형태이다. 곡관의 휨각도는 유로에 따라 다르며 최대 60° 이고 방향이 변하는 관로의 손실 영향으로 인해 열손실이 많이 발생한 것으로 판단된다. 메쉬홀 적용 시트의 경우가 가죽 커버 시트와 비교하여 살펴보면, 난방에 대한 응답성이 빨라짐을 알 수 있고 최대 온도를 나타내는 시트의 지점에서 가죽 커버 시트와 비교하여 4°C 정도가 더 증가하였다.

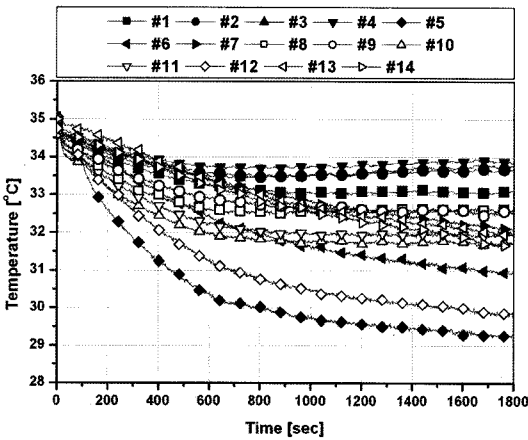
Fig. 7(a)와 (b)는 외기온도 35°C , 상대습도 60%의 조건에서 냉방 모드로 실험한 결과, 토출홀 위치에 따른 온도 분포가 난방 모드에서와 유사한 경향임



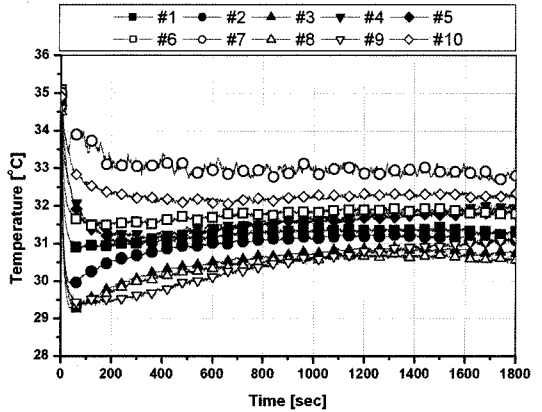
(a) Perforated leather covered seat



(a) Heating mode



(b) Initial mesh applied seat



(b) Cooling mode

Fig. 7 Temperature distribution at cooling mode

Fig. 8 Temperature distribution for enhanced mesh applied seat

을 알 수 있다. 메쉬홀 적용 후 유동 분출이 원활해짐에 따라 가죽 커버 시트에 비해 응답성이 더 빨라짐을 알 수 있고 최소 온도 지점에서의 온도 비교는 메쉬홀 적용 시트가 2°C 정도 더 낮아졌다.

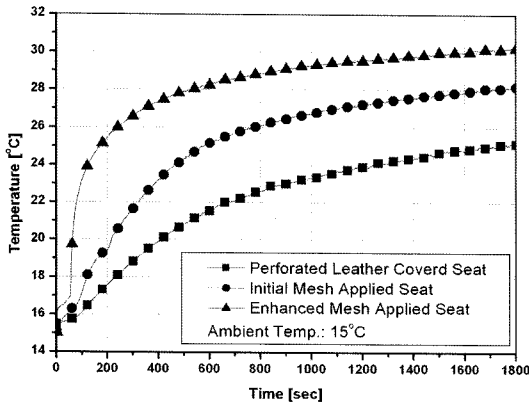
3.2 열전소자 용량증대 및 유로 개선의 영향

Fig. 8(a)는 개선된 메쉬홀 적용 시트에 대한 난방의 경우로, 등받이부에 열전소자 하나가 추가로 설치되고 블로어 용량이 증대되었으며 유로가 개선됨으로써, 1800초 지난 후에 토출홀 지점에서 기존 메쉬홀 적용 시트보다 전체적으로 온도가 증가하였다. Fig. 8(b)는 개선된 메쉬홀 적용 시트의 냉방 운전시, 토출홀 위치에 따라 온도 편차가 크게 나타나지만 초기에 응답성이 전반적으로 좋은 경향을 보

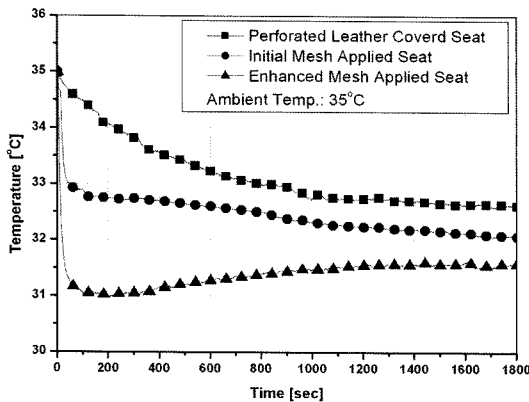
였다. 이후에 열전소자의 고온부의 열이 저온부로 전도되는 현상에 의해서 일부 토출홀에서의 온도가 약간 상승하였다.

3.3 토출홀 평균 온도에 의한 모델 비교 평가

Fig. 9는 가죽 커버로 씌워진 시트, 메쉬홀을 적용한 시트와 개선된 메쉬홀 적용 시트의 토출홀 평균 온도 변화를 비교한 것이다. Fig. 9(a)에서 알 수 있는 바와 같이, 초기 메쉬홀 적용 시트의 난방 모드 작동 후 1800초 지점의 평균온도는 15°C에서 28.1°C로 $\Delta T=13.1^\circ\text{C}$ 의 온도 변화를 나타내었으며, 이는 메쉬홀 적용 전 가죽시트의 $\Delta T=10.1^\circ\text{C}$ 에 비하여 온도기준 난방 성능이 약 30% 증가하였다. 여기에 추가적으로 개선된 메쉬홀 적용 시제품은 같은 지



(a) Heating mode



(b) Cooling mode

Fig. 9 Average temperature distribution of perforated leather covered seat, initial mesh applied seat and enhanced mesh applied seat

점에서의 $\Delta T=15.0^{\circ}\text{C}$ 로 기존 메쉬홀 적용 시트 보다도 난방 성능이 약 15% 향상되었다. 또한 초기 작동 시 동 시간대에서 보다 빠른 온도 변화를 나타내고 있음을 Fig. 9(a)를 통하여 확인할 수 있다.

Fig. 9(b)에서는 초기 메쉬홀 적용 시트의 냉방 모드 작동 후, 1800초 지점의 온도가 35°C 에서 32.2°C 로 $\Delta T=-2.8^{\circ}\text{C}$ 변화하였으며, 메쉬홀 적용 전 가죽 시트의 $\Delta T=-2.3^{\circ}\text{C}$ 에 비해 온도기준 냉방 성능이 약 22% 향상되었다. 또한 개선된 시제품은 같은 지점에서 $\Delta T=-3.5^{\circ}\text{C}$ 로 기존 메쉬홀 적용 시트 보다 냉방 성능이 약 20% 증가하였다. 개선된 시제품의 평균 온도 변화가 초기에 급격히 떨어진 후 점진적으로 약 0.5°C 상승한 후 정상상태에 도달하는데 이것은 열전소자 고온부의 열이 저온부로 일부 전도되는 현상 때문이다.

4. 결론

본 연구에서는 승차자에게 열적 안락감을 제공할 수 있는 냉난방 시트의 구성 요소 부품의 열전소자 및 블로어를 이용하여 시스템을 설계 및 제작하였고, 시제품의 성능 평가를 수행하였다. 운전자에게 직접 냉기 및 온기를 토출하는 방식을 적용하여 다공성 가죽커버 시트 유형과 메쉬홀 적용 시트 유형의 냉난방 시스템 성능을 비교 분석하였다. 본 연구를 통해서 얻어진 결론은 다음과 같다.

- 1) 가죽 시트 커버링에 의해 열유동이 차단되어 냉난방 성능을 감소시키는 것을 확인하였으며, 메쉬홀을 적용함으로써 작동 30분 후 온도 기준으로 난방은 약 30%, 냉방은 약 22% 향상되었다. 또한 빠른 온도 변화의 응답성을 나타내어 메쉬홀 적용 시트를 장착할 경우 승차자들에게 보다 빠르게 안락한 열적 환경을 제공할 수 있다.
- 2) 등받이부에 열전소자 모듈을 하나 추가하고 블로어 용량을 증대하였으며 유로의 형상을 최대한 직관부를 많이 확보하도록 개선한 메쉬홀 적용 시트를 기존 메쉬홀 적용 시트와의 성능 비교한 결과, 기존 시트에 비하여 작동 30분 후 온도 기준으로 난방은 약 15%, 냉방은 약 20% 개선되었다.

References

- 1) J. H. Jung, S. C. Kim, J. P. Won and S. H. Noh, "Development of Climate Control Seats for Passenger Car Using the Thermoelectric Device," Fall Conference Proceedings, KSAE, pp.1083-1087, 2007.
- 2) S. K. Oh and J. H. Hwang, "Technological Trend of Vehicle Seat with Occupants Protection and Electronics," Spring Conference Proceedings, KSAE, pp.1253-1280, 2007.
- 3) H. S. Choi, Y. S. Kim, C. H. Jeon and S. K. Yun, "Hot and Cool Temperature Control of the Car-seat Utilizing the Thermoelectric Device," Translations of KSME, Vol.28, No.5, pp.518-525, 2004.
- 4) T. G. Cengiz and F. C. Babalik, "An on-the-road Experiment into the Thermal Comfort

- of Car Seats,” Applied Ergonomics, Vol.38, pp.337-347, 2007.
- 5) S. M. Choi, H. M. Yang, C. S. Kim and S. Y. Park, “A Study on the Air-Conditioning Performance of Vehicle Seat System,” Fall Conference Proceedings, KSAE, pp.1092-1099, 2007.
 - 6) N. Wolfe, X. Mu, L. Huang and P. Kadle “Cooling with Augmented Heated and Cooled Seats,” SAE 2007-01-1993, 2007.
 - 7) N. Wolfe, X. Mu, L. Huang and P. Kadle “Heating Aspects of Augmented Heated and Cooled Seats,” SAE 2008-01-0831, 2008.
 - 8) J. H. Jung, S. C. Kim, J. B. Kim, S. A. Cho, J. P. Won and S. H. Noh, “Performance Evaluation of a Climate Control Seat for Thermal Comfort in Vehicle Cabin,” KSAE 30th Anniversary Conference 2008 Proceedings, pp.999-1004, 2008.