

CAE 기법을 이용한 1 DIN Car DVD Receiver 의 열설계

류 호 철[†] · 김 광 모* · 박 정 응* · 김 외 열* · 이 진 우*

Thermal Design of 1 DIN Car DVD Receiver Using CAE Technique

Ho Chul Ryu, Kwang Mo Kim, Jung Eung Park, Wae Yeul Kim and Jin Woo Lee

Key Words : Car DVD(차량용 DVD), Amp.(증폭기), Heat sink(방열기), Vent(통풍구), Fan(송풍기)

Abstract

In the present work, the practical thermal design process of 1 DIN car DVD receiver described. In the course of its efficient design, CAE technique was essentially used. CAE technique has reduced research period, man power and material cost but has increased research convenience, organized results and persuasive power. CAE technique helped to study parameters such as vent, fan and heat sink. Using these elements, it tried to meet optimal thermal solution. But safety standard, printed circuit board and framework mechanism should be considered as the constraint. To overcome these constraints, we tried to communicate and compromise with projectors in charge. After all, the price of those efforts has made the most competitive heat sink for heat dissipation in the 1 DIN car DVD receiver market. Moreover, we are trying to save \$3 per product by removing fan. This paper is supposed to show an example of the CAE technique and help thermal designers to make electronic packaging goods.

1. 서 론

기업의 제품 개발을 위한 연구는 상품성, 비용 절감, 기간 엄수가 핵심요소이다. 이러한 요구들을 만족시키기 위해서 CAE 기법을 이용한 제품개발이 필요하다. 본 논문에서는 효과적인 CAE 기법의 적용 예를 설명하고, 이를 통해 성공적인 제품 생산 결과를 보이도록 한다. 다루고자 하는 제품은 1 DIN Car DVD Receiver 이며, 연구의 핵심은 열설계이다.

1.1 1 DIN Car DVD Receiver 란?

요즘 카 스튜디오(Car Studio)란 신조어가 있다. 이것은 자동차 안에 라디오, CDP, MP3 등과 TV, DVD 등을 효과적으로 결합한 시스템을 말한다.

이중에서 자동차용 DVD 는 고도의 기술력이 요구되고 시장 도입기 단계에 있는 제품으로, 가정용 DVD 제품에 비해 월등히 높은 이익구조를 확보할 수 있는 제품이다. 특히 가정용 DVD 사업에 비해 높은 제품 신뢰도가 요구되는 분야로서, 진입장벽이 상대적으로 높아 중국업체의 공세를 극복할 수 있다. 자동차용 DVD 사업은 2003 년 현재 전세계 600 만대에서 2005 년 1,500 만대로 연평균 성장률이 58%로 고성장이 기대되는 시장이다. 크기에 따라 1 DIN 과 2 DIN 으로 나뉘는데, 딘(DIN)은 독일 공업규격으로 가로 178mm, 높이 50mm 이다. 보통 소형차는 1 DIN, 중·대형차는 2 DIN 을 채택한다. Receiver 는 Tuner 내장 제품을 의미하며 라디오나 위성방송을 수신한다. DVD 는 현재 200 만~400 만원의 가격대를 보이고 있다⁽¹⁾.

1.2 1 DIN Car DVD Receiver 제품개발의 핵심은 무엇인가?

1 DIN car DVD receiver 제품 개발의 핵심은 Amp.의 성능에 있다. Amp.란 미미한 입력신호를 우리가 들을 수 있게 증폭시켜주는 기기로서, 이

[†] LG 전자 우면동 R&D Campus DM(연)
E-mail : rhyoo3@lge.com
TEL : (02)526-4757 FAX : (02)526-4674

* LG 전자 우면동 R&D Campus DM(연)

신호를 받은 Speaker 는 아날로그 신호로 바꾸어 출력을 하게 된다. 이때 Amp. 및 회로의 효율이 좋으면 전기 에너지를 소리에너지로 변환시켜 Speaker 로 모두 보내주게 되지만, 실제로는 전기 에너지 중 Speaker 출력에 대한 Amp.의 손실에너지로 나뉘게 된다. 이때 Amp.의 손실에너지 중 대부분이 열 에너지로 빠져 나오게 되는데, 이것이 Thermal fail 의 원인이 된다⁽²⁾.

1.3 1 DIN Car DVD Receiver 와 1 DIN Car CD Receiver 의 차이점은?

CD 의 경우 Pick-up 주위 온도가 40°C 기준 80°C 이하로 되어있는 반면, DVD 의 경우 70°C 로 더욱 엄격하였다. 이는 Disk 의 Data 를 읽고 쓰기 위한 Pick-up 의 신호 Source 를 만드는 LD (Laser Diode)가 열에 민감하게 반응, 성능에 영향을 미치기 때문이다. 즉 DVD LD 는 CD LD 에 비해 Laser 파장이 780nm 에서 650nm 로 짧아 에너지가 높고 열에 대한 영향을 많이 받기 때문에 Fan 을 사용하게 된다⁽³⁾. 따라서 열설계의 중요성이 부각된다. 회로적으로 DVD IC 가 추가되지만 이에 의한 발열 효과는 크지않다.

2. 경쟁사 제품의 Benchmarking

현재 출시된 선진 경쟁사의 1 DIN car DVD receiver 및 1 DIN car CD receiver 에 대한 발열 수준 및 Thermal design idea 를 찾아보고, 이를 통해 보다 낫은 기술을 제품에 적용하고자 하였다. Benchmarking 은 출시된 모든 경쟁사 제품에 대해 이루어 졌고, 열설계 경향 및 결과는 대동소이함으로 여기서는 대표적인 예에 대해 설명하고자 한다. Benchmarking 을 위한 실험 절차 및 결과는 다음과 같다.

2.1 제품 신뢰성 규격

제품 신뢰성 규격은 회사마다 다를 수 있으므로 엄격한 규격을 따르는 것이 바람직하다. 만약 규격이 정해지지 않은 제품을 개발한다면, 유사한 제품의 안전 표준 규격⁽⁴⁾을 참조할 수 있다.

2.2 실험장비의 Setting

Calibration 을 받은 실험 계측기를 이용해 실험 Data 를 얻어 신뢰할 수 있는 결과를 얻었다. 실험 장비로는 정성적인 온도분포를 확인할 Nikon LAIRD-S270 IR camera 와 정량적인 온도 값을 얻기 위한 Thermocouple 과 YOKOGAWA data



Fig. 1 Experimental apparatus

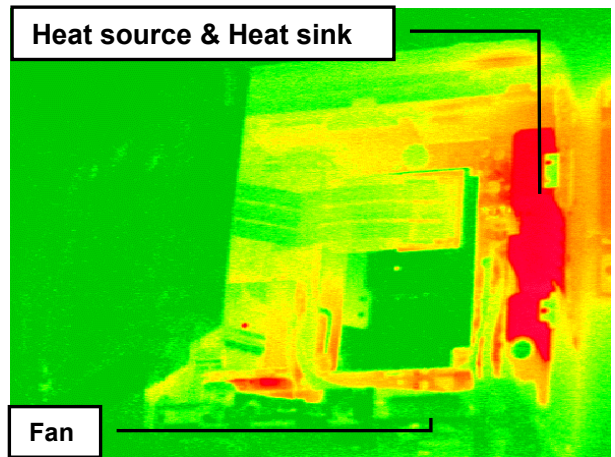


Fig. 2 IR image of competitor's product

acquisition unit, 그리고 1 kHz signal 및 Speaker 의 소비전력을 측정하기 위한 Tektronix TDS 694C Oscilloscope, 전원을 공급하기 위한 HP DC power supply 를 사용 하였고, Speaker 를 대신하여 Dummy 저항을 사용하였다(Fig. 1).

2.3 IR camera 를 이용한 온도분포 확인

IR camera 를 이용하면 온도분포 확인을 통해 실험 측정해야 될 소자를 파악하고, 필요 없는 소자는 걸러낼 수 있으며, 열설계 Focus 를 어디에 맞추어야 하는지 판단할 수 있다. IR camera 를 이용하여 정량적인 온도측정을 하는 경우 동일지점에 IR camera 와 Thermocouple 을 이용한 측정값의 차이를 보정 및 검증 해주어야 한다. 본 실험에서는 정성적인 온도분포 확인을 위해 IR camera 를 사용했으며, 그 결과 Heat source 가 포함된 Heat sink 영역의 온도가 가장 높게 나왔다(Fig. 2). 따라서 Thermocouple 을 이용한 온도측정 실험은 주요 발열부인 Heat sink 영역에 Focus 를 맞췄다.

2.4 Thermocouple 을 이용한 온도측정

온도측정은 Simulation 에 필요한 정보들에 대해 수행하였다. 실험 결과 최고온도는 Heat source 인 Amp.에서 측정 되었으며 대기온도 25°C 기준에서 108°C 를 나타내었다(Fig. 3). 볼륨은 소비전력과 비례관계에 있으며, 볼륨이 증가함에도 불구하고 Amp. 온도가 증가하다가 감소한 것은 Amp.의 정상작동을 위한 한계성능보다 많은 부하가 걸렸기 때문이며, Oscilloscope 를 이용하여 Speaker 의 출력 파형을 Monitoring 한 결과 Signal 이 왜곡되었음을 알 수 있었다. 왜곡현상은 Clip 되었다고 하며 볼륨이 증가할수록 심해진다⁽⁵⁾.

3. Simple Model Simulation

Simple model 은 Simulation⁽⁶⁾ 시간단축이 목적이며, 정량적 온도예측이 아닌 Parameter 변화에 따른 온도경향을 보고자 하였다. 변수들은 온도에 영향을 많이 주는 요소들로 Vent 의 사이즈 및 위치, Heat sink 및 Heat source 의 위치, Fan 의 위치가 도출되었다. Mesh 수는 5 만개 이하이고, 15 분 이내에 해를 도출하였다. Simulation 시에는 Parameter 만 변화를 주었고, 그 외의 것은 동일한 조건을 유지하였다.

3.1 경쟁사 제품에 대한 Simple model simulation

경쟁사 제품들은 Fig. 2 와 같이 측면에 Heat source 와 Heat sink 를 두고 뒷면에 설치된 Fan 을 이용하여 Amp.를 냉각 시키거나, Amp.를 외장형으로 만들어 방열문제를 해결하고 있다. 이러한 경쟁사 Model 들에 대해 Amp. 온도를 더 낮출 수 있도록 Parameter 들을 변화시키며 Simulation 을 진행하였다. 이때 기구, 회로 담당자와의 협의를 통

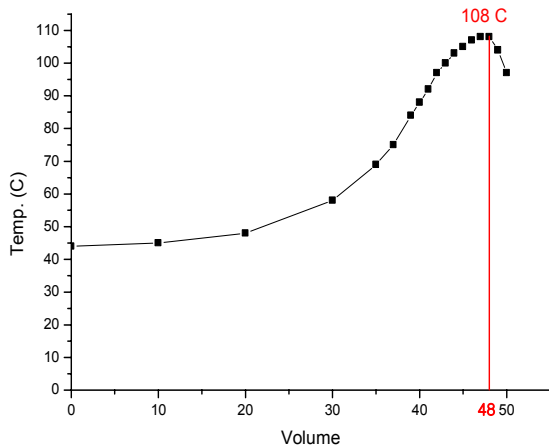


Fig. 3 Experimental amp. temp. of competitor's product

해 실현 가능한 아이템들 위주로 Simulation 을 진행하였다. 이를 통해 협력적인 업무관계의 형성뿐만 아니라 불필요한 업무 시간을 줄일 수 있었다. 하지만 기구, 회로 담당자들을 설득시켜서라도 꼭 해보고 싶은 Parameter 의 변화에 대해서는 따로 Simulation 을 진행하였다. 이때 문제의 접근은 Newton 의 냉각법칙⁽⁷⁾에 근거하여 진행하였으며, 다음과 같다.

$$Q = h \cdot A \cdot (T_w - T_\infty) \quad (1)$$

- Q: 열량, W
- h: 열전달 계수, W/(m²·K)
- A: 열전달 면적, m²
- T: 온도, K

아래 첨자 w 과 ∞는 Wall 과 대기 온도를 의미한다. Simple model simulation 을 진행하면서 1 DIN car DVD receiver 의 구조에서 열량을 많이 빼내기 위해 Dominant 하게 영향을 줄 수 있는 변수들을 찾은 결과 열전달 면적 A 를 넓히는 것과 열전달 계수 h 를 증가시키는 것이 용이함을 알 수 있었다. Heat source 와 Fan 의 위치는 일직선상에 있을수록 유동저항의 감소로 인해 유동과 Heat sink 의 접촉면적이 늘어났으며, Fan 과 Heat source 가 가까울수록 h가 증가하여 온도 저감에 유리하였다.

3.2 Vent size 및 위치에 관한 고찰

앞서 언급한 결과 외에 주목할만한 것은 Vent size 및 위치에 관한 것인데 경쟁사 제품들이 Vent 개구율(Fig. 4)에 최대한 많이, 그리고 크게 뚫고자 노력한 흔적을 볼 수 있었다. Vent 는 안전 규격을 위한 부품을 제외한 모든 영역에 뚫려 있지만 Vent 의 개구율이 높다고 무조건 Amp. 온도 저감

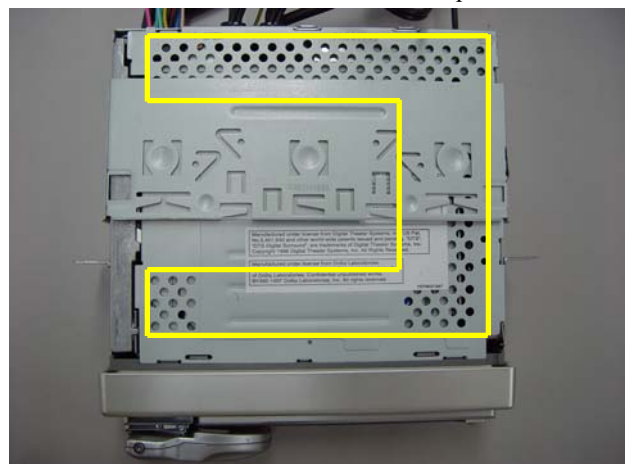


Fig. 4 Vent configuration of competitor's product

에 효과가 있는 것은 아니다. 오히려 Flow path 를 고려하지 않아 Heat source 로는 유동이 흐르지 않고, 이물질이 들어가 오작동의 원인을 제공하고, EMI 에 불리하다. 물론 자연대류 효과를 기대하고 Amp. 이외의 발열부에 대한 방열을 위해 Vent 를 최대한 많이 뚫었을 수도 있지만, 그 효과는 강제 대류의 열전달에 비해 자연대류의 것이 미비하고, Fan 에 대해 Vent 를 집중하여 주요 발열부를 냉각하는 것이 전체적인 System 방열에 더 효과적이었다. 따라서 동일조건, 동일 개구율을 유지한 Simple model 상태에서 Vent 최적화를 진행하였으며 그 결과 Fig. 5 와 같은 일반적인 형상의 Vent 에 비해 Vent 의 Size 가 20% 밖에 안 되는 Fig. 6 의 Heat source 온도가 15°C 나 낮다는 결과를 얻었다. 이는 외부로부터 유입되는 차가운 공기가 Heat source 및 Heat sink 를 최대한 많이 지나도록, 즉 열전달 면적을 넓히도록 Flow path 를 고려하여 설계 하였기 때문이다.

3.3 Heat sink 와 Heat source 를 뒷면에 설치 열설계 개선점을 찾더라도 회로, 기구적 제약 때문에 제품에 적용 못하는 경우가 있다. 하지만

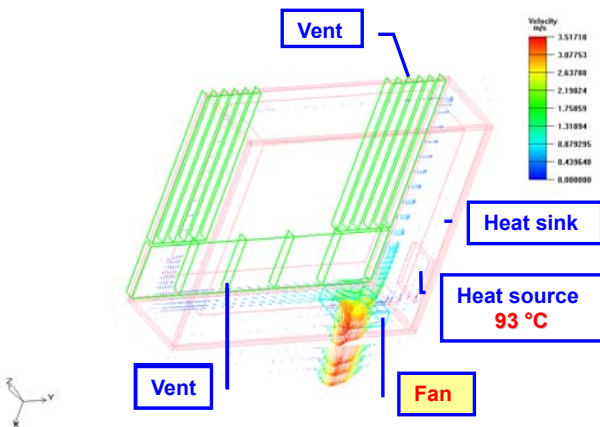


Fig. 5 Simulation result of competitor's product

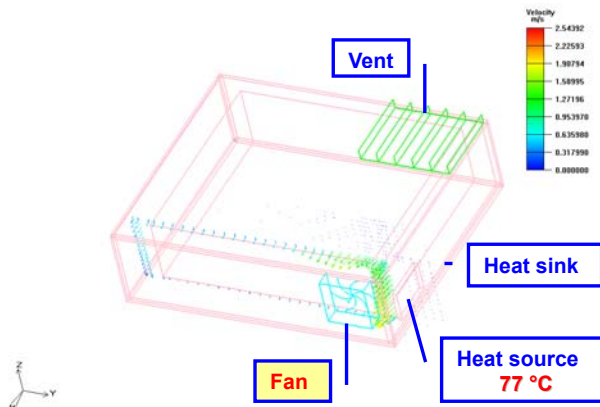


Fig. 6 Simulation result of optimal vent geometry

Fan 과 Heat source 는 가까울수록 h 의 증가에 유리하다는 앞선 결론을 가지고 Fig. 7 과 같이 Heat sink 와 Heat source 를 Fan 이 있던 뒷면에 설치해 보았다. 그 결과 Vent 가 최적화된 경쟁사 Model 인 Fig. 6 보다 Vent 최적화, Heat sink 의 Fin 높이 조정 등 온도 저감 요소들의 여지가 남아 있음에도 불구하고 Heat source 온도는 12°C 저감 되었다. 따라서 구조에 대한 확신으로 회로, 기구 담당자와의 협의를 거쳐 Heat sink 와 Heat source 는 Fig. 7 와 같이 Fan 과 동일한 면에 두기로 합의를 얻었다.

4. Detailed Model Simulation

Simple model 은 Heat source, vent, fan 의 위치를 결정할 큰 그림을 그리는 과정이라면 Detailed model 은 허용 가능한 범위 내에서 Heat sink 의 형상, Fin 의 설계, Fan 의 사이즈 및 성능, Vent 의 형

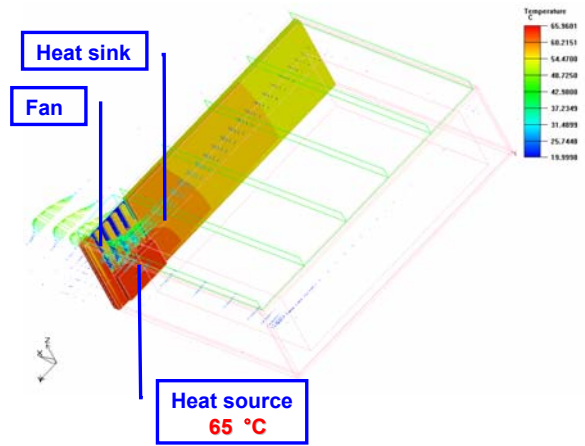


Fig. 7 New position of heat sink and heat source (Rear side)

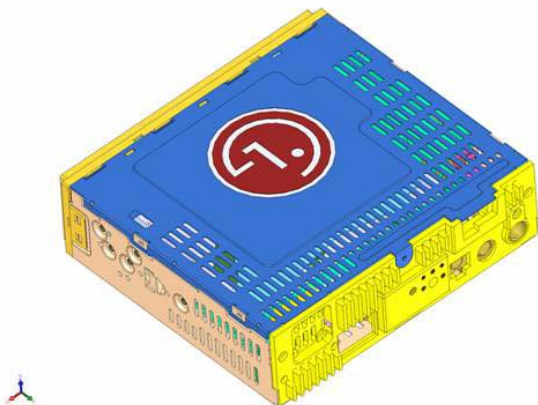


Fig. 8 CAD

상, 발열소자의 위치 등 작은 그림을 그리는 과정이다. 기구담당자의 CAD 자료(Fig. 8)를 이용하여 Modeling 을 진행하고 실제품과 유사한 형상에 대해 수치 계산을 진행함으로 정확성을 최대한 높였다. 이렇게 만들어진 Detailed model 에 대해 성능 향상을 위한 몇 가지 Tuning 을 진행하여 온도 개선점을 도출하였고, 이를 이용해 1 DIN car DVD receiver 의 Sample 을 제작하였다. Mesh 수는 50 만 개 이상이다.

4.1 Detailed model 의 Design

4.1.1 Heat sink 의 형상

Heat sink 는 Fin 의 pitch 를 고려⁽⁸⁾하여 최대한 Fin 의 개수를 늘렸다. 특히 유동이 빠져 나가는 Fan 영역의 Fin 높이를 제한 조건들을 고려하여 최대한 올려, 열전달 면적 A 를 넓혀 냉각 효과를 극대화 하였다. 열전달 계수 h 를 증가시키기 위해 Heat source 를 Fan 밑에 두었고, Heat sink 에 구멍을 뚫어 자연 통풍이 가능하도록 하였다.

4.1.2 Fan 사이즈, 위치 및 성능

Fan 사이즈는 기구적 공간의 제약으로 경쟁사보다 작은 것을 선택하였다. 인터넷을 통해 각 제조사가 제시한 Fan 의 P-Q curve 를 조사하고, Fan 의 Sample 을 얻어 Fig. 9 와 같이 간이 성능 Test 를 통해 Fan 을 선정하였다. Fan 특성곡선과 정확히 일치하지는 않지만, 유사한 성능 결과를 아주 손쉽게 얻을 수 있었다.

4.1.3 Vent 의 형상

Vent 의 형상은 Fan 에 흡입되는 유동을 집중시키고 유동 저항을 줄여, 열전달 계수 h 를 늘려서 Heat source 의 열을 빼나갈 수 있도록 설계하는 것이 바람직하다⁽⁹⁾. 그래서 Sample 제작시 일반적인

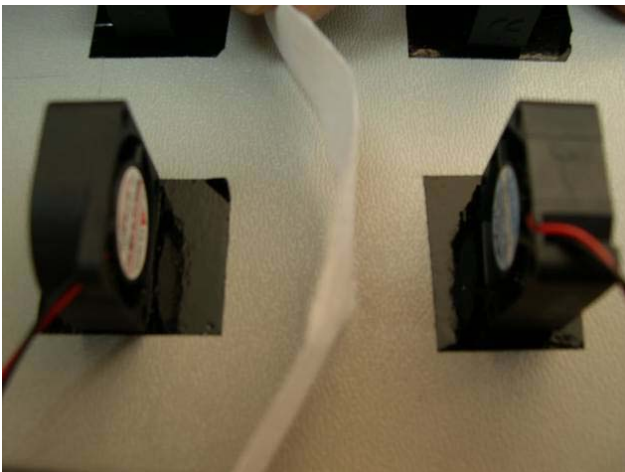


Fig. 9 Fan performance test

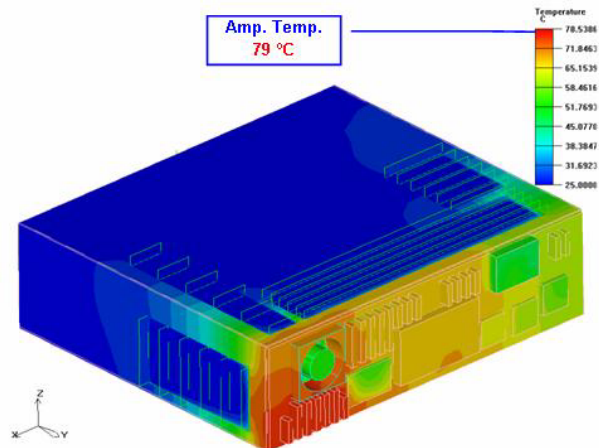


Fig. 10 Simulation result of the detailed model

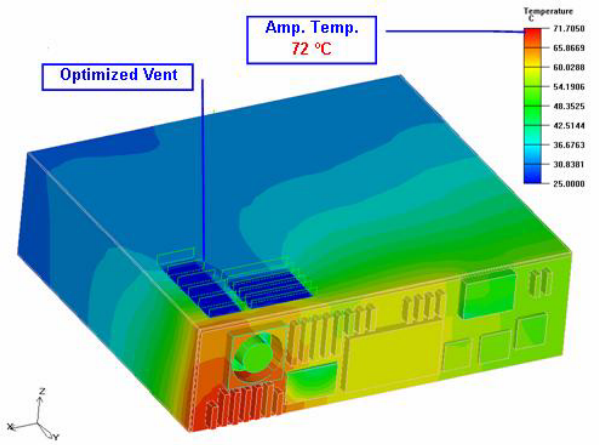


Fig. 11 Simulation result of the vent optimized detailed model

경쟁사 제품의 Vent 형상과 동일한 수준에서 Vent 를 제작하고, 실험을 통해 검증한 후 필요 없는 Vent 들은 모두 막기로 했다. 그리고 Fanless 가 되면 자연대류에 의한 냉각을 이용해야 하므로 Vent 구멍이 많을수록 유리하기 때문에, 이러한 여지를 남겨두고자 하였다.

4.2 Detailed model 의 Simulation 결과

Amp.온도를 예측하기 위해 소모 전력 중 방열로 소모되는 에너지의 양을 계산하였다. 회로담당자와 Amp. Manual, 그리고 경쟁사 Benchmarking 결과에 준거하여 몇 가지 가정을 한 후 방열로 소모되는 에너지의 값을 도출하였고, 이를 Simulation 에 적용하였다. 결과는 Fig. 10 과 같고, 이에 대해 Vent 의 최적화 수행하여 Fig. 11 과 같이 7°C 저감 시켰다.

5. 1 DIN car DVD receiver 의 Sample 실험결과

5.1 1 DIN car DVD receiver sample

Fig. 12 에서 보듯이 Heat source 의 열은 위에 있는 열전달 접촉 면적 A 를 최대한 넓은 Fin 으로 올라가게 된다. 이때 방열 Fin 에 뭉쳐있는 열은 Fan 을 이용하여 System 외부로 빼낸다. 이때 Fan 으로 들어 가는 차가운 공기는 Fan 과 Heat sink 바로 위에 뚫려있는 Vent 를 이용함으로 열전달 계수 h 를 증가시키고, Fan 특성곡선에서 유량 확보에 유리한 고지를 점한다

5.2 1 DIN car DVD receiver sample 의 실험결과

Fig. 13 에서 보는 바와 같이 경쟁사 제품 대비 동일 소비전력 수준에서 Amp. 온도가 30°C 이 상 낮게 측정되었고 Detailed model 에서 예측한 Amp. 온도와 유사한 결과를 얻었다. 이는 CAE 기법을 이용한 1 DIN car DVD receiver 의 열설계가 성공적으로 이루어 졌음을 보여준다. 그리고 Amp. 출력



Fig. 12 Sample on the detailed model

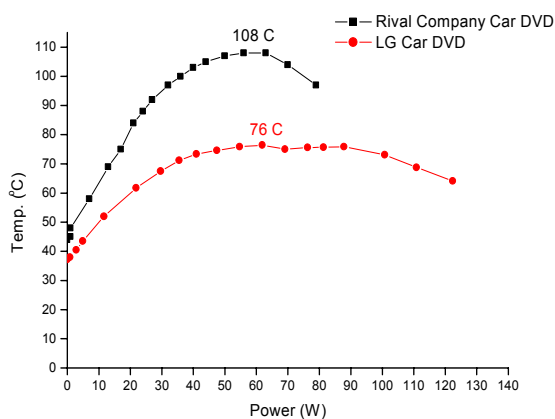


Fig. 13 Experimental results of the amp. temp.

도 공평하게 비교하기 위해, 실제로 동일한 Amp. 를 사용한 CD 제품과 Fan 을 제거하고 동일한 조건에서 온도를 비교해본 결과 낮게 온도가 형성되는 것을 확인하였으며⁽¹⁰⁾, 이를 통해 Heat sink 는 경쟁력이 있음을 확인하였다.

6. 결론

CAE 기법을 이용하여 설계한 1 DIN car DVD receiver 의 Heat sink 는 Fan 을 제거하고도 Car audio 제품 규격을 통과한, 동일한 Amp.를 사용한 1 DIN car CD 에 비해 측정 온도가 낮게 나왔다⁽¹⁰⁾. 이는 Fan 제거를 통해 개당 \$3 의 비용을 저감할 뿐만 아니라 소음, 먼지 문제 해결 및 고객에게 강력한 Sales point 로 Appeal 할 수 있는 장점을 가진다. 결국 CAE 기법을 이용하여 제품개발에 필요한 기간, 노력, 비용뿐만 아니라 Heat source 의 온도까지 낮춰 경쟁사 보다 열적으로 우수한 1 DIN car DVD receiver 를 설계하였고, 본 연구에 사용된 Detailed model 을 이용하여 추후 제작할 Car DVD 관련 제품들에 열설계를 수평전개를 할 수 있어 그 파급효과가 크다.

참고문헌

- (1) Byung Oh Jung, Jun, 2003, 'Enjoy your own car studio', Web published.
- (2) 'Energy transformation & Energy loss', Web published.
- (3) Sang Yeup Nam, 1998, 'Technology of DVD & CD/R/CD-RW,' pp.67-68.
- (4) American National Standard, 1998, "Safety of information technology equipment" Canadian Standards Association, pp. 118-120.
- (5) LG electronics co. DAV Division, 2003, "Reliability test manual for the car audio product," pp. 18-19.
- (6) ICEPAK, Icepak reference manual, 2003, Fleunt Inc. <http://www.icepak.com>.
- (7) J. P. Holman, 1992, "Heat transfer," McGraw-Hill, 7^{ed}. pp. 22.
- (8) H. C. Ryu, D. Kim, and S. J. Kim, 2002, "Experimental analysis of shrouded pin fin heat sinks for electronic equipment cooling," Proc. Int. Electronics Packaging Conference, pp. 261-266.
- (9) M. Tuner, and C. Rotron, "All you need to know about fans," Web published.
- (10) Ho chul Ryu, Feb. 2004. 'Experimental report on the working sample', LG electronics co., Project report.