

디지털 교환기의 냉각기술 동향과 실험적 고찰

朴鍾興, 宋圭燮, 金廣秀, 林禮燮
韓國電子通信研究所 機構裝置研究室

I. 머리말

전자산업에서 사용되는 시스템의 소형화와 연산속도의 증가로 인하여 시스템의 내부에서 발생하는 열량도 증가되고 있으며 이 열을 외부로 방출시키는 열전달의 공학적 기술도 점차 그 중요성이 높아지고 있다. 진공관에서 반도체 부품으로의 대체는 디지털 교환기와 컴퓨터 등의 체적을 급속하게 감소시켜 왔고 기타 측정장비와 같은 전자장비도 유사한 과정을 거쳐왔다. 저밀도 실장시대에서는 특별한 고려를 하지 않아도 자연스런 공기순환이나 복사에 의해 열이 외부로 방출되어서 시스템의 열적인 문제는 거의 없었다. 그러나 부품으로부터 제거해야 할 열량이 60년대 초에 부품당 0.1~0.3W에서 크기의 변화는 거의 없이 최근에는 10~20W까지 증가되어 과거와 같은 자연적인 열방출은 기대하기 어렵게 되었다. 대부분의 전자장비들은 수십 내지 수백개의 반도체 부품으로 구성되어 있어서 이와 같이 발열량이 증가하게 되면 시스템 내부의 온도가 올라가서 각 부품간에는 신호전송 시간이 지연되고 신호가 잘못되는 등 시스템의 신뢰성(reliability)이 급격하게 떨어지게 되므로 더욱 고밀도화 하고 있는 전자장비의 발전에 장애요인이 되고 있다. 단지 한개 부품의 오기능과 파손으로 인하여 시스템 전체가 영향을 받는 경우가 있기 때문에 부품의 동작온도 범위내에서 운영하여야 고유 성능과 신뢰도를 보장할 수 있다. 따라서 전자장비의 발전에 대응하는 냉각기술의 발전이 필수적이라고 할 수 있다.

발생된 열을 외부로 방출시켜서 시스템을 냉각시키는 방법은 전자산업의 급격한 변화와 더불어 다양화되고 있지만 크게 공기냉각기술(air cooling technology), 전도냉각기술(conduction cooling technology),

접촉식 액체냉각기술(direct liquid cooling) 등으로 분류할 수 있다. 공기냉각기술은 주로 저전력, 저밀도 전자장비를 냉각시키는데 적용되며 이 방식을 적용한 전자장비로서 대표적으로 히타치 SiC 램 모듈, IBM 4381, 미쓰비시 모듈 등이 있다. 특히 IBM 4381은 충격식 공기분사 방식을 이용하여 열전달 효과를 높이고 있다. 전도 냉각기술은 부품에 피스톤 등을 부착시켜 전도를 통한 열전달 효과를 높이는 것이다. IBM 3090의 TCM(thermal conduction module), NEC SX의 LCM(liquid cooled module), 하니웰 DPS 88의 SLIC(silent liquid integral cooled), 스펀리 Univac 1100/90 등이 이 방식을 적용한 실제 시스템이다. 접촉식 액체냉각기술은 가장 높은 열전달 특성이 있어 주로 고전력, 고밀도 전자장비를 냉각시키는데 적용되고 있으며 이 기술을 적용한 전자장비로서는 Cray-2 슈퍼컴퓨터와 IBM의 LEM(liquid encapsulated module) 등이 있다. Cray-2 슈퍼컴퓨터에서는 200갤런의 냉매를 사용하여 강제 액체냉각을 이용하고 있으며 IBM의 LEM은 액체의 상변화를 이용한 방식이다.^[1, 2, 3, 4, 5]

이상과 같이 많은 냉각방법 중에서 개발하려는 시스템에 어떤 냉각방식을 적용하는가에 대한 기준은 시스템의 용도, 환경, 크기, 발열량 등을 복합적으로 고려해야 되나 일반적으로 그림 1과 같이 발열밀도(단위면적당 발열량)를 기준으로 선택하고 있다. 고속도의 연산이 필요한 대형컴퓨터와 같이 개발주기가 짧고 수명도 5년 정도인 시스템에서는 발열밀도가 높아 특수한 냉각방법을 개발하여 사용하고 있고 상대적으로 여기에 들어가는 비용이 크게 차지하고 있다. 반면에 일반 산업용 전자장비에서는 장비의 경쟁가격을 낮추고 유지보수 비용을 절감하기 위

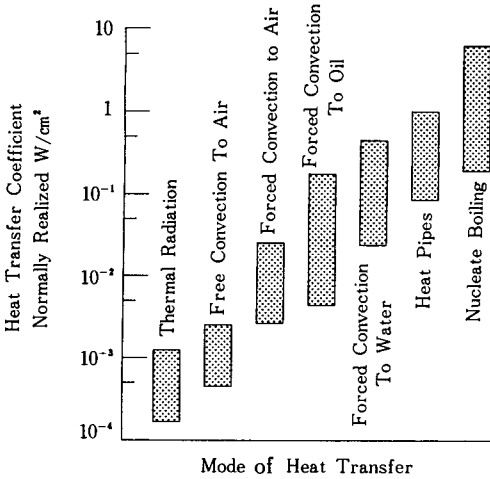


그림 1. 발열밀도에 따른 여러가지 열전달 방식

해 자연적으로 순환하는 공기를 이용한 자연대류 냉각방식도 많이 사용하고 있다.

본고에서는 수십년의 사용기간과 높은 신뢰도가 요구되는 디지털 전자교환기를 대상으로 냉각기술의 동향을 고찰하고자 한다. 먼저 기존의 교환기들이 어떤 식으로 시스템 내부의 온도를 제어하는 지와 시스템 개발초기에 열적인 상황을 예측하는 방법에 대해 기술한 뒤에 현재 국내에서 개발중인 TDX-10TM 디지털 교환기에서 사용된 기술을 언급하고자 한다.

II. 디지털 교환기의 냉각기술

1. 냉각방식의 선택

디지털 교환기는 정보통신 산업의 질적인 향상에 기계 기여해 왔고 앞으로도 계속적으로 종합정보통신망 구축에 필요한 중요한 시스템이다. 최근에 들어서는 개발주기가 단축되었으나 다른 전자장비보다는 사용수명이 길고 높은 신뢰도가 요구되는 시스템이므로 여기에 사용하는 냉각기술도 이와 같은 특성에 맞추어 선택하여야 한다. 앞서 언급한 많은 냉각 기술 중에서 장시간 사용에 무리가 없고 유지보수비용도 적으며 별도의 장치로 인한 신뢰도 저하등을 초래하지 않는 방법은 자연대류 냉각방식이다. 특히 디지털 교환기는 비교적 발열밀도가 낮고 집적도도 높지 않기 때문에 공기유동에 대한 효율적인 기구물만을 사용한 자연대류 냉각방식의 선택은 타당하게 된다. 후지쯔사의 D70, ITT사의 S1240, 스웨덴 Ericsson사의 AXE-10, 국내에서 개발한 TDX와 같은

디지털 교환기도 냉각을 위한 별도의 장치없이 시스템 사이에 공기가 원활히 흐르도록 하는 문과 공기 편향판 만을 사용하는 자연대류 냉각방식을 채택하고 있다. 단지 최근들어 이 회사들이 보다 우수한 디지털 교환기를 개발함에 따라 발열밀도도 증가되어 강제대류를 혼합시켜서 사용하는 냉각방식도 개발 응용되고 있고 AT&T사의 NO.5 ESS 디지털 교환기 등 일부 회사에서는 팬을 사용한 강제대류 냉각방식만을 사용하는 사례도 있다. 앞으로 디지털 교환기의 실장밀도가 증가될 수록 기존의 자연대류 냉각방식 이외의 냉각기술을 적용하는 사례도 점차 늘어날 것이다.^{16,17}

자연대류 냉각방식을 채택하는 디지털 교환기들은 대부분 랙(또는 캐비닛)내에 다수의 PBA(printed board assembly)가 탑재된 쉘프(shelf)를 5내지 6개씩 상하로 적층하고 있다. 냉각공기는 랙의 하부에서 유입되고 상부로 오르면서 전자부품들을 냉각시키고 상부면을 통해서 빠져나가고 있다. 이러한 원칙하에서 현재 사용중인 냉각구조의 방식은 그림2와 같이 분류될 수 있다. 그림2에서 (a)와 같은 방식은 직렬냉각(serial cooling) 구조라고 하며 같은 유량의 공기가 모든 쉘프를 냉각시키며 별도의 기구물을 사용하지 않아 시스템을 보다 작게 할 수 있는 장점이 있다. 다만 쉘프를 따라 흐르는 공기가 위로 갈수록 계속 더워져 시스템내에 고른 온도분포를 얻기에는

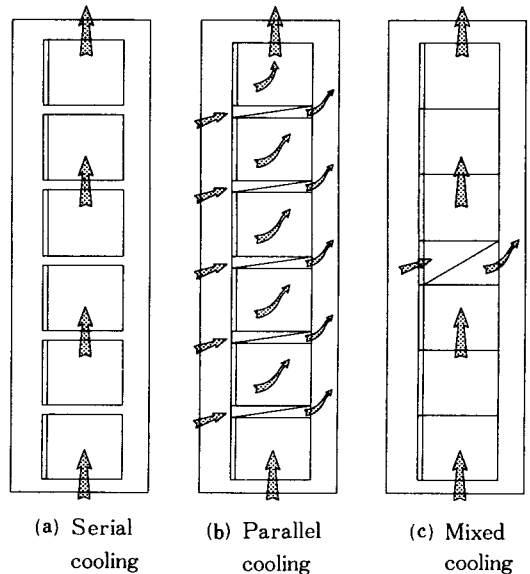


그림 2. 디지털 교환기의 냉각공기 흐름도

적절하지 못하다. (b)와 같은 방식은 병렬냉각(parallel cooling) 구조라고 하며 냉각공기의 흐름을 셀프마다 분리하여 셀프의 입구에는 모두 같은 온도의 주위 공기가 들어가게 되어 온도분포를 고르게 하는데는 효율적이다. 하지만 셀프마다 공기를 분리하는 일정 높이의 공기편향판(air baffle)이 설치되므로 시스템의 높이가 높아지는 단점이 있다. (c)방법은 앞의 두 방법을 혼합시킨 것으로 2~3개의 셀프단위로 공기편향판을 설치하여 냉각효율도 높이고 시스템의 높이도 적절히 유지할 수 있는 방법이다. 이 (c)방식의 냉각구조가 현재 비교적 많이 사용되고 있으며 필요에 따라 공기편향판의 위치변경이나 구조변경을 통해서 특성에 맞도록 조정할 수 있는 장점도 있다.

2. 시스템의 온도예측 방법

디지틀 교환기를 개발하고 생산하는 많은 회사들은 냉각방식의 선택과 더불어 시스템 개발초기에 냉각설계 지침서를 이용하여 기구설계에 반영하고 있으며 이 지침서를 이용하여 개발될 시스템의 온도분포, 공기유동 방식 등을 예측하고 있다. 이 예측방법은 PBA 사이에 형성된 수직채널의 열전달 현상을 기본으로 해서 60년대부터 연구되었고 80년대 초반에는 시스템의 온도분포를 예측하는데 사용될 수 있도록 여러가지 상관관계식들이 보고되었다. 이들을 이용하여 전자장비 냉각설계자들은 별도의 실험을 수행하지 않고 발열밀도, 장치의 높이, PBA 간격을 기준으로 온도상승값을 예측하고 있다.^[8,9,10,11] 매끄러운 표면, 균일 발열조건 및 유동저항 요소들을 무시한다는 가정하에서 유도된 이 상관관계식들은 발열조건과 수정채널 레이리 수(modified channel rayleigh number)의 범위에 따라 여러가지로 분류 권고되고 있으며 그중에서 디지틀 교환기와 같이 구성된 시스템에서 온도예측을 위해 비교적 많이 사용되는 것은 PBA의 발열이 대칭이라는 가정이 추가되는 사용되는 식(1)과 같은 것이다.

$$Nu = [48/Ra'' + 2.51/(Ra'')^{0.4}]^{-0.5} \quad (1)$$

여기서

$$Nu_{b,a} = qb/k(T_{b,m, \max} - T_o), \text{ Nusselt Number}$$

$$Ra'' = pg\beta qb^5 c_p / 1 \nu k^2, \text{ Modified Channel Rayleigh Number}$$

T_o : Ambient Temperature, °C

q = Heat Flux, W/m²

b : PBA Channel Spacing, m

l : Rack(Cabinet) Height, m

g : Acceleration of Gravity(9.81m/s²)

이 수식은 수직채널에 대한 여러가지 실험적 결과를 분석해서 유도된 것으로 실험상황에서는 잘 맞고 있다. 그러나 실제의 시스템에서는 이 수식이 유도된 가정과 차이가 나는 부분이 많으므로 이 식을 사용해서 온도를 예측하려면 개발될 시스템의 크기, 발열량, 냉각구조 등과 같은 제반사항에 대해 좀더 세밀한 검토가 필요할 것이다. 식(1)이외에도 Aung^[16]이 제안한 nomogram을 사용해서 온도를 예측하는 방법과 직접 수직채널을 대상으로 유체역학적 방정식을 컴퓨터로 수치계산을 하여 예측하는 방법등도 있으나 이들에 대한 내용은 다음 기회로 미루기로 한다.

III. TDX-10 디지틀 교환기의 냉각성능에 대한 실험적 고찰

현재 국내에서 개발중인 TDX-10 디지틀 교환기도 앞에 언급한 바와 같이 시스템에 알맞은 냉각구조를 선택하고 시스템 구성후의 온도를 예측하는 지침서가 사용되고 있다. 여기에 그치지 않고 실제의 냉각성능을 향상시키기 위한 많은 연구가 수행되고 있으며 그 중 실험적으로 연구된 것에 대해 고찰해 보기로 한다.^[12,13,14,15,16]

1. 실험장치 및 실험방법

TDX-10 디지틀 교환기의 냉각 성능향상을 위한 여러가지 실험은 시스템이 운영되는 환경과 가능한 동일하게 하기 위해 TDX-10 기구장치를 그대로 사용하여 내부에 발열보드를 설치하고 외부커버를 부착하여 그림 3 과 같이 기본 장치를 구성하였다. 한개의 랙을 실험대상으로 하였고 한 랙에 6개의 셀프가 설치된다. 실험에서 열원으로 사용한 발열보드는 그림 4 와 같으며 크기는 TDX-10 표준 PBA와 같은 233.35mm(H)×280mm(L)×1.6mm(T)이며, 재질은 표면의 발열을 균일하게 하기 위해 동박이 입혀진 에폭시 글라스를 사용하였다. 발열보드의 한쪽면에는 15mm(H)×260mm(L)×4mm(T)크기에 저항이 50 오옴인 발열체를 5개씩 직렬 연결하여 발열보드당 저항값을 250오옴이 되도록 하였고 발열보드 단위 이후는 모두 병렬 연결하였으며, 각 발열체는 0.2mm 직경의 니크롬선을 온도판에 균일하게 감아서 제작하였다. 발열체와 발열보드의 접합은 접촉 저항을 줄이고 열

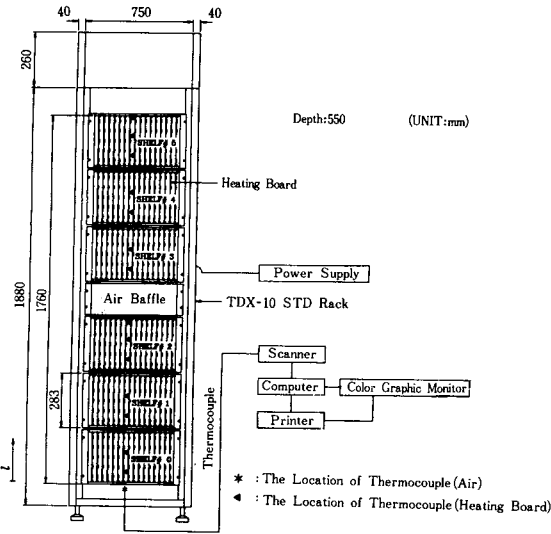


그림 3. 실험장치 구성도

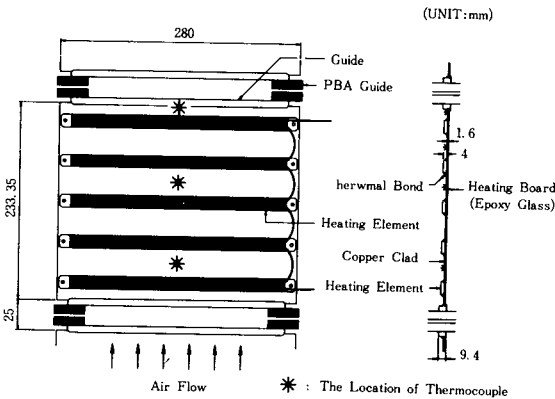


그림 4. 발열보드의 구조도

전달 효과를 높이기 위해 열전도성이 높은 접착제 (Thermalloy Inco. 4952)를 사용하였다. 온도 측정용 센서는 T-형 열전대로 직경을 2mm 이내로 하여 공기 유동에 방해를 줄일 수 있도록 하였고 각 쉘프의 중앙에 있는 발열보드에 2~3개씩 표면에 부착하였다. 이 열전대로부터 나오는 일정 시간간격으로 스캐닝하는 스캐너 (Measurement Group System 4000, Thermocouple Scanner 4290), 데이터를 처리할 수 있는 컴퓨터 (Measurement System 4000, 4215 Executive 4000, 출력을 위한 프린터 (Epson EX-800) 및 시간의 경과에 따른 입력 온도의 변화를 그래프화

할 수 있는 칼라 모니터 (Princeton Graphic System, HX-12+)로 구성된 온도 측정장비를 이용하여 분석하였다.

실험 방법은 TDX-10 시스템이 자연대류 상태에서 냉각이 이루어지므로 랙의 외부 공기가 정지 상태에 머물러 있도록 주위의 강제 순환 요인을 제거하였으며 발열보드 입력전압을 슬라이더스로 조정하여 각 발열보드당 소모전력을 15W, 20W의 두가지 경우로 비교하였고, 시스템이 열적으로 정상 상태에 도달했는지를 확인하기 위해 칼라 모니터로 온도 변화를 관찰한 후 충분히 안정화되어 온도 변화가 없을 때 각 측정 위치의 온도값을 기록하였다.

2. 실험결과 및 분석

실험의 결과로서는 발열보드의 소모전력에 따른 온도변화, 공기편향판의 영향, PBA의 가이드 형상에 따른 랙 내부의 온도변화, 부품높이가 온도변화에 주는 영향 및 PBA 채널내의 온도분포 등을 나타내었다. 각각의 그래프에 나타난 온도는 랙 하단 공기 유입구 온도(18°C)에 대한 각 센서 온도 (발열보드의 표면 온도)의 증가량 즉, 온도 상승값으로 나타내었다.

1) 발열보드의 소모전력에 따른 온도변화

그림 5는 발열보드의 소모전력에 따른 랙 내부의 온도변화를 나타낸 것이다. 랙내 최고온도의 위치는 최상단 쉘프임을 알 수 있다. 공기편향판을 중심으로 상하의 온도 분포 특성은 거의 유사하며 발열보드당 소모 전력이 15W에서 20W로 증가함에 따라 온도는 각 입구부분에서 6°C, 출구부분에서 12°C의 증가를

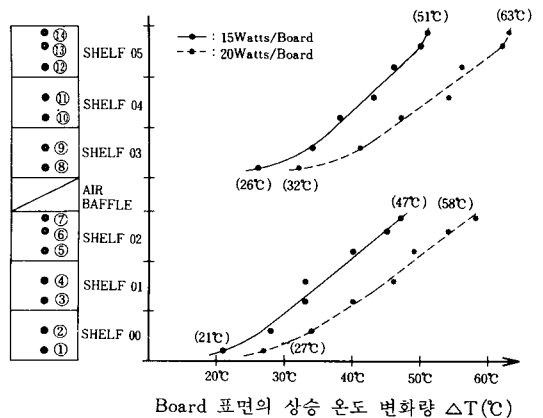


그림 5. 보드당 발열량에 따른 온도 분포도

보이고 있어 소모전력이 증가할 경우 하단보다 상단 측 셸프의 온도 상승이 더 큼을 알 수 있다.

일반적으로 랙 높이에 따른 온도상승은 선형적으로 변화하고 있으나 냉각 공기 유입구 부근에서는 경계층이 발달되고 있기 때문에 높이에 따른 온도상승률이 급격하였고, 출구 부근에서는 랙 외부와의 복사 열전달 등의 영향으로 온도 상승률이 완만하여 지고 있다.

2) 공기편향판의 냉각효과

먼저 공기편향판이 랙 내부의 온도분포에 어떤 영향을 주는지 알아보기 위해서 실험장치에서 공기편향판을 없애고 네번째 셸프를 세번째 셸프 위에 바로 설치한 후에 온도를 측정하고 그 결과를 그림6에 나타내었다. 하부에 있는 3개의 셸프에서는 공기편향판의 유무에 상관없이 온도 변화량이 거의 동일하였으나 상부측에 있는 3개의 셸프에서는 많은 차이점이 있었다. 네번째 셸프의 입구측 온도(표면온도)의 증가량(그림 6의 8번 위치 온도)을 비교하면 32°C와 57°C로 15°C의 차이가 나타났으며 이 차이는 최상단 셸프의 출구 부분까지 계속되었다. 네번째 셸프의 온도 표면온도가 첫번째 셸프의 온도 표면온도보다 5°C 정도 높게 나타난 것은 공기편향판 하부의 셸프에서 발생한 더운 공기의 일부가 앞쪽 문과 셸프 사이의 통로를 통해 유입되고 또한 주위 온도의 수직적 상승에 기인한 것으로 보인다. 즉 공기편향판을 사용한 랙 내부 냉각 효과는 공기편향판 상측 셸프에서의 온도 및 랙내 최고 온도 상승치를 15°C 정

도 감소시키는 것으로 나타났다.

또한 공기편향판의 경사각도와 수량이 랙 내부의 온도 분포에 어떤 영향을 주는 지 알아보기 위하여 실험 장치에서 PBA 가이드를 간격이 20mm인 것으로 교체하고 랙의 높이를 변경하지 않으면서 공기편향판을 두개 설치할 수 있도록 높이가 절반인 새로운 공기편향판을 제작하였다. 이 1/2 높이 공기편향판을 두번째 셸프 위와 네번째 셸프 위에 설치하였으며 발열보드의 소모전력 20W일 때 기존의 구성과 비교 실험을 하였다. 그림 7은 그 결과를 나타낸 것이다. 비교설명을 위하여 기존의 공기편향판이 한개 있는 경우를 case 1, 1/2 높이의 공기편향판이 두개 있는 경우를 case 2라고 하였다. 그림에서 [] 내부의 수치는 입구온도 45°C일 때의 온도 변화량이며, () 내부의 수치는 18°C일 때, 그리고 () *는 18°C일 때의 동일 위치내에서의 case 1에 대한 case 2의 변화를 나타낸다. 두 경우를 비교하여 볼 때 랙 내부의 최고 온도 상승치는 두가지 유입구 공기의 온도에서 거의 동일하게 나타났다. Case 1의 경우 최고온도 상승 위치가 최상단 셸프에서 나타나지만 case 2의 경우는 두번째 공기편향판 바로 밑의 셸프(네번째 셸프)에서 나타남을 알 수 있다. 이는 공기편향판이 상부 셸프에는 하부의 더워진 공기를 차단하고 외부의 공기를 유입시킨다고 할 수 있으나, 하부 셸프에는 발열보드의 냉각에 필요한 공기의 흐름을 방해하는 요소로 작용하고 있기 때문이다. 또한 최상단 셸프의 온도가 네번째 셸프의 온도보다 낮은

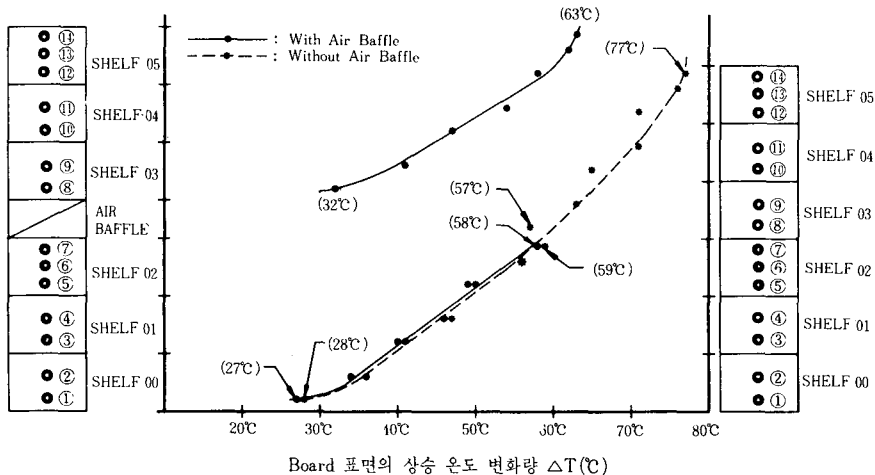


그림 6. 공기편향판의 유무에 따른 rack내 온도 분포도

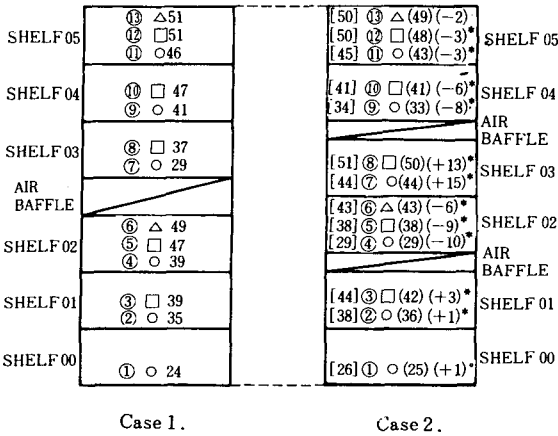


그림 7. 공기편향판의 경사각과 수량에 따른 온도 분포도

것은 출구측에 공기 유동의 방해요소가 없고 또한 복사에 의한 냉각 효과 등이 작용한 것으로 판단된다. 더욱이 기존의 연구문헌에 보면 일반적으로 공기편향판의 경사각도는 20° 이상 사용할 것을 권장하고 있는 것으로 미루어 볼때 case 2의 경우는 13° 경사각도로 많은 공기 저항을 유발하고 있다고 볼 수 있다. 랙 공기 유입구의 온도를 45°C로 상승시켜서 측정 한 온도 변화량의 분포도 18°C의 경우와 유사하였다. 결과적으로 1/2 높이의 공기편향판을 사용했을 때의 영향을 종합해 보면 랙 내부의 최고 온도를 낮추는 효과는 미미하였다. 그러나 셀프별 소모전력량과 회로적인 연결특성을 고려하여 적절히 셀프를 배열하면 온도 분포를 고르게 하는 잇점을 얻을 수 있을 것으로 보인다.

3) PBA 가이드 형상에 따른 랙내부의 온도변화
기존의 실험장치에서 PBA 간격은 그대로 유지하고 10mm 간격의 PBA 가이드를 20mm간격의 PBA 가이드로 교체하여 실험한 후에 두가지를 비교하여 그림 8에 나타내었다. PBA의 장차시 안내 역할을 하는 가이드는 유동체내 공기 유동의 방해 요소로 작용한다. 측정 결과에서도 가이드의 간격이 10mm에서 20mm로 확장되었을 때, 발열량 15W일 경우 약 9°C, 20W일 경우 약 10°C 정도 온도가 낮게 나타나고 있다. 즉 랙 내부의 온도 상승을 억제하기 위하여는 가능한 한 공기유동에 장애를 초래하는 모든 인자를 제거하여 주는 것이 효과적이다. 본래 랙의 PBA 위치 형상이 확정되면 PBA가 위치하지 않는 가이드들은 제거할 방침이었으며 이는 시험결과

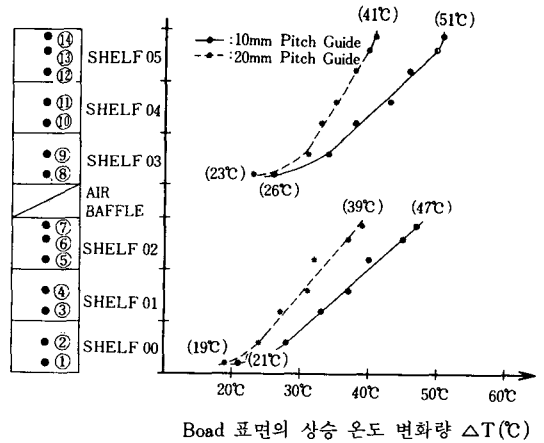


그림 8. 가이드(guide)의 피치 변화에 따른 온도 분포도

에 비추어 보아도 합당하다.

4) 부품의 높이가 온도변화에 미치는 영향

기존의 실험에서 15mm(W)×260(L)×6mm(T) 크기의 알루미늄 막대를 보드의 발열체 상부에 열전도성이 높은 접착제로 접착시켜 실제 PBA의 부품 높이가 높은 부분에 대응시켰다. 이와같은 돌출물은 공기유동 방해를 일으켜서 온도를 상승시키는 원인이 되므로 그 영향에 대해 실험을 하고 그 결과를 그림 9에 나타내었다. 그림에서와 같이 유동 방해물을 부착한 후의 온도는 부착전의 온도에 비해 공기편향판 하부에서는 세번째 셀프에서의 온도(그림 9의 4번 위치)가 11°C, 공기편향판 상부에서는 여섯번째 셀프에서의 온도(그림 9의 12번 위치)가 13°C 더 높게 나타남을 알 수 있다. 또 특이한 것은 유동방해물을 부착하기 전에 비해 부착한 후에는 세번째 및 여섯번째 셀프의 최상단의 온도가 그 바로 밑의 온도보다 더 낮게 나타나는 것을 알 수 있다. 이것은 유동 방해물 설치로 인하여 유동방해물 하부의 온도(그림 9의 5번, 12번 위치)는 급격히 상승하는 반면 최상단의 온도(그림 9의 6번, 13번 위치)는 복사효과에 의해 외부로 열이 전달되어 그다지 크게 상승되지 않고 있다. 본 실험에서 사용한 알루미늄 막대는 유동방해물로 작용하지만 열침(heat sink) 역할도하므로 열전도성이 낮은 플라스틱 막대를 사용하면 실제 시스템의 상황을 좀더 정확히 예측할 수 있을 것이다. 이상의 결과에 따르면 IC 소켓 등을 사용하여 부품 높이가 높아지면 공기유동 방해를 일으켜 보드당 발열량이 20W 일 때 최고 11~13°C 더 상승하

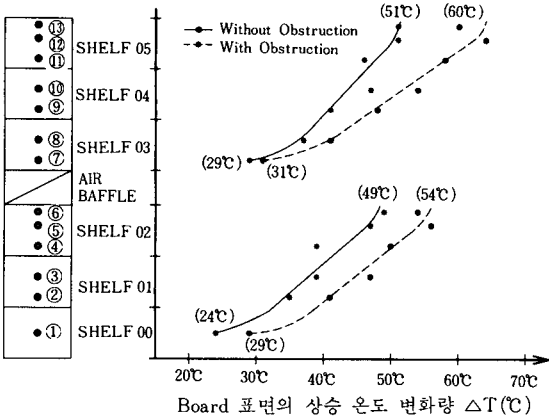


그림 9. 유동 방해물 유무에 따른 온도 분포도

로 가능한 한 소켓을 사용한 부품 또는 높이가 높은 부품을 사용하지 않는 것이 유리하다.

5) 발열보드 표면과 공기유동 채널내의 온도분포 실험장치의 두번째 쉘프에서 채널내에 5개의 센서를 설치하여 20W 조건에서 실험을 하고 그 결과는 그림10에 나타냈다. 그림에서 보는 바와 같이 온도분포는 비선형적이었으며 특히 표면측에서는 거리에 따른 온도 변화량이 급격하였다. 유동채널 내부에서는 공기흐름에 의한 유속분포가 표면에서는 유속이 없고 중앙부에서 유속이 없고 중앙부에서 최대가 되는 포물선을 형성하기 때문에 이에 따른 온도분포는 유속과 반대로 형성되는 것은 당연하다. 유동채널 폭이 20mm인 경우 표면온도와 유동채널 중앙부의 온도차는 15°C 정도로 나타났다. 이러한 온도분포는 유동형상과 발열조건에 따라 다르게 나타날 것이다. 따라서 반도체 제작사가 권고하고 있는 동작주위 온도가 실제 시스템 적용시에 반도체 주위의 어느점 온도를 의미하는 지를 정확히 알아야 할 것이다.

IV. 맺 음 말

전자산업에서 냉각기술의 필요성과 최근에 사용되고 있는 여러가지 냉각방식에 대해 기술한 후에 디지털 교환기에서 사용하는 냉각기술, 예측방법 및 실험적 연구들을 고찰하였다. 디지털 교환기는 다른 전자장비보다 수명이 길고 신뢰도도 높아야 되므로 장시간 사용에 무리가 없고 유지보수 비용이 적게 드는 자연대류 냉각방식을 많이 채택하고 있다. 따라

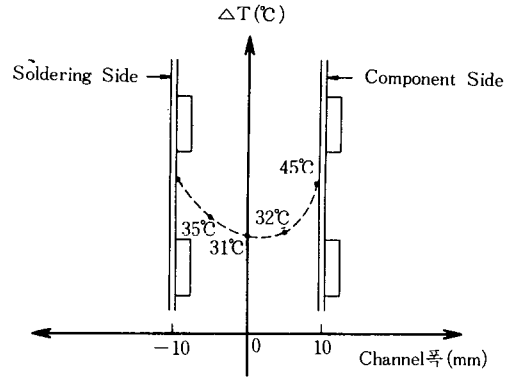


그림10. 자연대류 공기유동 채널의 온도 분포도

서 국내에서 개발중인 TDX-10 디지털 교환기도 이 방식을 채택하여 시스템이 열적으로 안전하게 운영될 수 있도록 설계되었으며 개발 초기단계에서 시스템에 주어질 열적인 상황을 예측하는 연구도 수행되어 개발과정에서 발생하는 많은 시행착오를 줄이고 있다. 이러한 냉각기술의 개발과 열적인 상황의 예측은 시스템 개발에 중요한 요인이 되었고 점차 고밀도 실장시대에서는 발열밀도가 높아져서 기존의 자연대류 냉각방식으로는 시스템 내부의 온도를 제어하는데 한계에 도달하게 될 것이므로 좀더 효율 좋은 냉각기술을 개발하는데 역점을 두어야 한다. 국내에서는 지금까지 시스템의 열적인 문제점에 대해 전자산업에 종사하는 많은 개발자들이 그 중요성을 인식하지 못하고 있고 이에 대한 연구개발도 미미한 실정이므로 앞으로 보다 우수한 디지털 교환기 등의 전자장비를 개발하기 위해선 시스템을 안정적으로 운영할 수 있도록 열적인 문제를 해결하는 냉각기술의 연구에 많은 투자를 해야 할 것이다.

參 考 文 獻

- [1] Kinshi Itoh, "Heat Management Faces Demand of High Thermal Density," Electronic Packaging and Production, Jan. 1987.
- [2] Dave S.Steinberg, *Cooling Techniques for Electronic Equipment*, John Wiley and Sones, 1980.
- [3] 이재현, "전자기기에서의 대량 열방출 처리", 대한기계학회지, vol. 26, no. 4, pp.317-324, 1986.

[4] Bergles, A.E, Chu, R.C, and Seely, J.H, "Survey of Heat Transfer Techniques Applied to Electronic Equipment," Proc. ASME Winter Annual Meeting, ASME, New York, 1972.

[5] Wataru Nakayama, "Thermal management of electronic equipment: A review of technology and research topics," *Applied Mechanics Review*, vol. 39, no. 12, Dec. 1986.

[6] Hiroshi Terasaki et al, "Component and packaging technology for D70 digital switching system," *FUJITSU*, vol. 34, no. 4, 1983.

[7] Ake Malhammer, "The thermal efficiency of cabinets cooled by natural convection," *IEEE*, CH2653-4/88/0000-0339, 1988.

[8] Avram Bar-Cohen, "Bounding relations for natural convection heat transfer from vertical printed circuit boards," *Proc. of IEEE*, vol. 73, no. 9, Sep. 1985.

[9] Charles E. Johnson, "Evaluation of correlations for natural convection cooling of electronic equipment," *Heat Transfer Engineering*, vol. 7, no. 1-2, 1986.

[10] 박종홍 외, "TDX-10¹mm 전자교환기의 열설계" 전자통신, vol. 10, no. 3, Oct. 1988.


[11] 전자통신연구소, "최적 열제어에 의한 시스템 신뢰도 향상에 관한 연구", 1987.

[12] 박종홍 외, "다수의 발열보드를 탑재한 캐비넷에서의 자연대류 냉각특성에 관한 실험적 연구", 대한기계학회 추계학술발표대회 초록집, 1990.

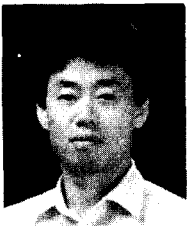
[13] Birnbreier, "Experimental investigation on the temperature rise of printed circuit boards in open cabinets with natural cooling," *ASME HTD*, vol. 20, pp. 19-24, 1981.

[14] R.I. Noronha, "Free convective cooling of cabinets containing heat dissipating components," in Proc. *Inst. Mechanical Eng.*, vol. 179, no. 13, pp. 439-450, 1965.

[15] Masaru Ishizuka, "Effects of power dissipation unit location and outlet vent area on the natural air cooling of electronic equipment," Proc. of 1st KSME-JSME Thermal and Fluid Engineering Conf., Nov. 1988.

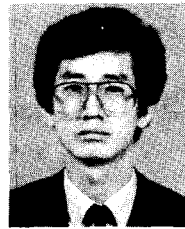
[16] Win Aung 외, "Free convection cooling of electronic system," *IEEE Trans. on Parts, Hybrids and Packaging*, vol. PHP-9, no. 2, June 1973. 

筆者紹介



朴 鍾 興
 1959年 12月 25日生
 1982年 2月 한양대학교
 기계공학과 졸업
 1990年 8月 한양대학교 대학원
 기계공학과(석사)

1982年 3月 한국전자통신연구소
 1990年 현재 한국전자통신연구소 기구장치연구실
 선임연구원

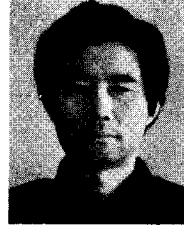


金 廣 秀
 1960年 12月 25日生
 1985年 2月 부산대학교
 기계공학과 졸업
 1987年 2月 부산대학교 대학원
 기계공학과(석사)

1987年 2月~1989年 9月 한국핵연료주식회사
 1989年 9月~현재 한국전자통신연구소 기구장치
 연구실 연구원



宋 圭 夔
 1957年 5月 25日生
 1981年 2月 부산대학교
 기계공학과 졸업



林 禮 夔
 1939年 4月 4日生
 1965年 2月 한양대학교
 기계공학과 졸업

1983年 3月 한국전자통신연구소
 1990年 현재 한국전자통신연구소 기구장치연구실
 연구원

1967年 2月 농업협동조합중앙회
 1979年 4月 중소기업은행
 1980年 4月 한국전자통신연구소
 1990年 현재 한국전자통신연구소 기구장치 연구실장

案 内

1991년도 본 학회 각 회원의 회비 인상이 다음과 같이 결정되어 알려드리
 오니 회원 여러분의 많은 협조 있으시기를 바랍니다.

- 다 음 -

구 분	년 회 비	입 회 비
정 회 원	25,000 원	10,000 원
준 회 원	15,000 원	5,000 원
학 생 회 원	10,000 원	없 음