

모바일기기 배터리용 초소형 파워 커넥터 해석

Analysis of Small-sized Power Connectors for Mobile Device Batteries

이 근 명*, 오 응**, 유 성 규** 송 병 석***

Keun-Myoung Lee*, Ung Oh**, Sung-kyu Yoo**, Byeong-Suk Song***

Abstract

As the number of smartphone users grows, number of applications and the expected overall functionality in a smartphone grow simultaneously. With ever-so increasing expectations comes intense competition to squeeze in myriads of functions in a limited space that is only getting 'slimmer' by the year. In order to achieve this, companies often decrease the size of components in smartphones - battery connectors in particular. While they may fit, smaller battery connectors have their disadvantages due to the heat generated by the high current flow in the circuits. In collaborating with Korea's leading battery connector manufacturers, this research presents current issues and design concepts that should be considered when engineers design power connectors based on their electrical and thermal analysis.

요 약

스마트폰과 같은 모바일기기가 경박단소화 되고 작은 공간에 보다 많은 기능을 넣기 위한 경쟁이 치열해 지면서 내부에 사용되는 부품의 소형화가 급속히 진행되고 있다. 모바일 기기에서 메인보드와 배터리를 연결하는 배터리 커넥터의 경우도 마찬가지로 소형화되고 있으나 타 부품과 달리 커넥터 상에 흐르는 전류의 용량에 따른 발열 문제로 인해 소형화에 어려움이 있다. 본 논문은 모바일 커넥터 시장을 리드하고 있는 국내 기업과의 연구 협력을 통해 진행되었으며 국내 최초로 개발된 모바일 배터리용 초소형 커넥터에 대한 전기/열해석을 바탕으로 초소형 파워커넥터 커넥터 설계 시 고려하여야 하는 부분과 이러한 요소들에 대한 설계 방향을 제시한다.

Key words : Mobile Device, Battery, High Power Connector, Multi-physics, Simulation

* Smart Device Center, CEWIT Korea

** Certificate & Test Center, CEWIT Korea

★ Corresponding author

songbs@cewit.re.kr, +32-626-1531

※ Acknowledgment

Manuscript received Feb. 13, 2015; revised Mar. 16, 2015 ; accepted Mar. 21, 2015

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

스마트폰의 등장으로 모바일기기는 급속한 발전을 거듭하여 최근에는 구글 글라스와 같은 웨어러블디바이스와 같은 형태로 진화하고 있다. 모바일 디바이스의 기능은 점점 더 고도화되고 있으며 사용자의 필요에 부응하는 다양한 기능을 추가하기 위한 부품의 소형화가 요구되고 있다. 모바일 디바이스의 사용 시간과 성능에 영향을 끼치는 배터리의 용량 또한 점차 늘어나고 있으며 고용량 배터리와 PCB를 연결하는 파워커넥터 역시 높은 전류 용량에 대응하면서 소형화를 위해 기존에 적용되던 파워커넥터와 비교하여 매우 작은 형태로 개발되고 있다.

현재 일본의 Hirose, SMK 등이 배터리용 초소형 파워커넥터 제품을 내놓고 있으며 Molex를 비롯한 국내외의 다른 주요 커넥터 제조사들 또한 제품 개발을 위한 연구를 진행하고 있다. Hirose 는 최대 4A 급 (4A/pin) 의 초소형 파워커넥터를 출시하였고 SMK 또한 4A 급 (4A/pin) 으로 높이가 0.9 mm 인 제품을 출시하였다 (그림 1).

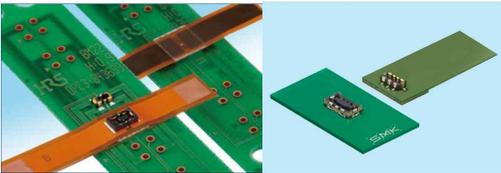


Fig. 1. Hirose BM-22 (Left), SMK FB-5 Series (Right)
그림 1. Hirose BM-22 (좌), SMK FB-5 Series(우)

배터리용 초소형 커넥터의 경우 작은 크기에 고용량의 전류를 흘려야 하므로 기존의 파워 커넥터와 달리 여러 가지 문제를 갖게 된다. 커넥터에 사용되는 핀의 경우 일정 수준 이상의 탄성을 가져야만 플러그와 소켓의 연결이 안정적으로 유지될 수 있으므로 전기저항이 낮다고 하여 사용할 수는 없고 Insertion Force, Withdrawal Force 등의 기계적 특성과, 진동, 충격과 같은 신뢰성을 만족시킬 수 있는 재질을 사용하여야 한다. 그러므로 고용량의 전류가 높은 전기저항을 갖는 커넥터 핀을 통과하면서 발생하게 되는 열은 모바일 디바이스의 특성상 밀폐된 좁은 공간 내에서는 강제대류 또는 자연대류에 의해 쉽게 방열되지 않으므로 발열 문제는 모바일용 초소형 파워커넥터 설계에서 가장 중요하게 다루어야 하는 문제가 된다. 본 논문에서는 이러한 발열 문제를 해결하기 위한 설계 방안을 제시한다.

II. 본론

1. 기존 연구

파워커넥터에 관한 기존의 연구들은 주로 전력전송에 사용되는 고전류용 커넥터에 집중되어 왔다[2-4]. 최근에는 기술의 융합에 의해 자동차의 전장화가 가속화되고 환경오염에 의한 각국의 탄소배출 규제에 의해 전기자동차 개발이 활발해짐에 따라 자동차용 전장품에 대한 관심이 높아지면서 자동차용 커넥터에 관한 연구들이 진행되었다[5-9]. 자동차에서 전장 부품의 비중은 2015년에 40%까지 확대될 것으로 예상되며 도요타의 하이브리드카인 프리우스는 이미 제조원가의 47%가 전장 부분이 차지하고 있다. 또한 전기

자동차의 경우 전장품의 비중이 70%에 달할 것으로 전망되어 커넥터를 비롯한 차량용 부품에 관한 연구는 앞으로도 다양한 방법으로 진행될 것으로 예상된다. 그러나 차량용 커넥터의 연구는 차량이라는 사용환경의 특성에 의해 주로 안정성, 전자파차폐, EMI 등에 집중되고 있으며 본 논문에서 주로 다루고자 하는 온도상승 문제의 경우는 깊이 다루어지지 않았다[8]. 모바일용 초소형커넥터의 경우 PCB에 실장되어 모바일 기기 내부에서 사용되어야 하는 사용환경의 특성에 따라 이러한 기존의 파워커넥터와는 다른 관점에서 연구 및 분석되어야 한다. 모바일기기의 경우 부품들이 소형화되고 있으나 초소형 파워커넥터의 경우 세계적으로 2개 업체만이 개발한 상태이며 관련 연구 또한 아직 부족한 상태로 국내에서는 본 연구결과를 기초로 개발이 진행 중에 있다.

2. 시뮬레이션 설계

본 논문에서 분석하는 초소형 파워커넥터는 현재 출시된 경쟁사 제품과 비교하여 더 작은 크기를 목표로 하고 있다. 실장 면적이 BM-22 (4.24 × 2.64 × 0.9 mm) 보다는 작고 SB-5 (2.6 × 2.3 × 0.9 mm) 보다는 다소 크지만 체결 시의 높이는 더 낮게 설계되었다. 매우 작은 크기이나 복잡한 형상으로 인해 시뮬레이션 소프트웨어로 CAD 데이터를 Import 하여 시뮬레이션용 모델을 설계하였으며 시뮬레이션에서도 출된 결과는 다시 설계에 반영되었다.

시뮬레이션은 ANSYS 사의 HFSS와 Icepak을 이용하여 연성해석을 수행하였으며 HFSS 시뮬레이션을 통해 도출된 Volume Loss Density 를 CFD (Computational Fluid Dynamics) 툴인 Icepak 에서 Import 하여 열해석을 진행하였다.

커넥터의 열해석을 수행하기 위해 커넥터와 PCB, 신호선의 패턴에 대한 모델링이 요구된다. PCB의 형상, 신호선 패턴에 따라 달라지는 방열 특성을 확인하고 이에 따라 커넥터 설계 및 적용에 필요한 요소들을 확인한다. 또한 커넥터에서 발생하는 열을 효과적으로 방출하기 위해 전도, 대류, 복사의 관점에서 열의 이동에 대해 검토한다.

가. 커넥터 구성 요소별 특성

커넥터의 핀과 패키지에 사용되는 재료의 전기적, 열적 특성은 발열에 영향을 미치는 중요한 요소이다. 특히 커넥터에 사용되는 핀은 직접 전력을 전달하는 가장 중요한 부분으로 핀의 전기전도도와 패키지의 비열에 따라 발열량이 좌우된다. 그림 2 는 본 논문에서 시뮬레이션에 적용한 초소형 커넥터로 상하부에 LCP 재료의 패키지와 상부의 터미널, 하부의 소켓으

로 구성되어 진다.

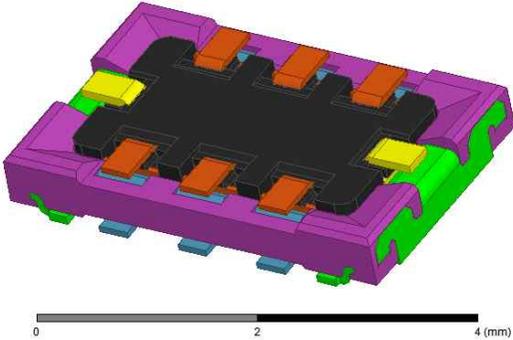


Fig. 2. Small size Power Connector for Mobile Device
 그림 2. 모바일기기 배터리용 초소형 파워커넥터 프로토타입

커넥터 자체의 발열 및 방열 특성을 확인하기 위하여 그림 3 과 같이 PCB와 신호선의 면적을 최소화하여 단순한 모델을 구성하였다.

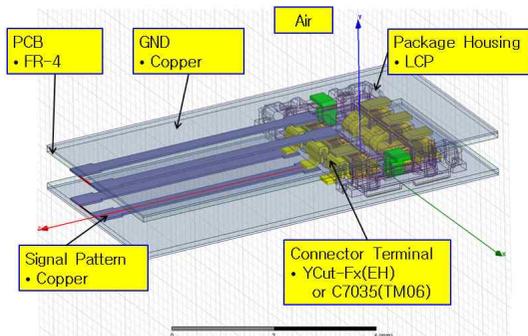


Fig. 3. Simplified model for Connector Simulation
 그림 3. 커넥터 시뮬레이션을 위한 단순 모델

(1) 커넥터 패키지

커넥터 패키지에 사용된 재료는 LCP (Liquid Crystal Polymer) 의 일종으로 커넥터 패키지에 많이 사용되며 표 1. 과 같은 특성을 갖는다.

(2) 커넥터 핀

핀에 적용되는 도전체는 커넥터와 스프링 류에 사용되는 구리 합금 제품인 O(Material A) 와 Y(Material B) 의 2가지이며 도전율을 비롯한 물성은 표 2와 같다. IACS 가 높을수록 전기전도도가 높아지나 일반적으로 가격 또한 상승하므로 적용을 위해서는 목표로 하는 전류 용량과 발열량, 응용 분야에 따

라 적합한 재질을 선정하여야 한다.

Table 1. Material Properties of LCP

표 1. LCP 의 물성

ITEM	Unit	Value
Mass Density	kg/m ³	1.7357544
Specific Heat	J/kg/°C	980
Thermal Conductivity	W/m-°C	0.487 (371 °C)
		0.473 (341 °C)
		0.456 (310 °C)
		0.454 (280 °C)
		0.45 (250 °C)
		0.445 (220 °C)
		0.446 (190 °C)
		0.429 (160 °C)
		0.429 (130 °C)
		0.412 (100 °C)
		0.404 (69 °C)
		0.388 (37 °C)

Table 2. Material Properties of Connector Pin

표 2. 커넥터 핀의 물성

ITEM (Unit)	O(Material A)	Y(Material B)
Conductivity (S/m)	25,567,520	7,554,040
Thermal Conductivity (W/m·K)	200.0	50
Specific Heat (J/kg°C)	390	400
Mass Density (kg/m ³)	8820	8680

(3) PCB

PCB 는 일반적으로 많이 사용되는 FR-4 를 사용하였으며 물성은 표 3. 과 같다. PCB Layer의 Stack-up 구성과 Copper Layer 의 두께, 형태 또한 발열량에 영향을 미치는 중요한 요소이나 사용 환경에 따라 형상은 달라질 수 있으므로 본 논문에서는 제조사에서 제공하는 샘플용 테스트 키트를 참조로 한다.

Table 3. Material Properties of PCB
표 3. PCB 의 물성

ITEM (Unit)	FR-4	Copper
Conductivity (S/m)	-	58,000,000
Thermal Conductivity (W/m·K)	0.35	387.6
Specific Heat (J/kg·°C)	1300	195 / 0 °C 195 / 77 °C 397 / 373 °C 397 / 1000 °C
Mass Density (kg/m ³)	8820	8680

(4) 신호선

커넥터와 연결되어 배터리에 전력을 전달하는 신호 패턴은 PCB 의 Top 과 Bottom 면에 구성되며 전기 전도도가 우수한 Copper 재질이 일반적으로 사용된다. 초소형 커넥터의 경우 커넥터 자체의 방열 특성이 낮기 때문에 PCB와 함께 방열 특성을 좌우하는 중요한 요소가 된다. 패턴의 두께는 PCB 제조사의 제품에 따라 정해지게 되므로 선폭을 조절하여 방열 특성을 확인할 수 있으며 설계 시 전체 설계에 영향을 주지 않는 한도 내에서 조절되어야 한다.

나. 시뮬레이션 조건

모바일기기에서 사용하는 배터리는 DC 전류를 발생시키므로 DC 해석용 툴을 사용하여 해석하여야 하나 본 논문에서 시뮬레이션에 사용한 HFSS 는 고주파 해석을 위한 툴로 DC 해석을 지원하지 않는다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 저주파인 1KHz의 전류 소스를 이용하였으며 극히 낮은 저주파의 경우 DC 전류의 경우와 동일한 발열효과를 나타내는 것으로 본다. 저주파의 경우 DC 와 거의 동일한 해석 결과를 나타내는 부분에 대한 검증은 ANSYS사에서 자사의 DC 해석 툴인 Maxwell 과의 비교를 통해 확인된 사항을 바탕으로 하며 본 논문에서는 발열에 영향을 미치는 요소들과 그 영향을 분석하기 위한 것이므로 이에 대한 검증은 다루지 않는다.

도체에 유도되는 고주파 신호의 경우 Skin Effect 에 의해 도체 표면으로 전류가 집중되게 되므로 주파수가 높아질수록 작은 면적으로 인한 저항이 증가하는 효과가 나타나게 되나 도체가 충분히 작을 경우 주파수가 낮다면 Skin depth 가 도체의 전 영역에 걸쳐서 분포하게 되므로 DC 와 마찬가지로 도체의 표면 뿐 아니라 내부까지 전류가 흐르게 된다[1]. 1KHz

에서 Copper 의 Skin Depth 는 2.08 mm 이며 Y(Material B)의 경우 5.70 mm 이나 본 논문에서 다루는 초소형 파워커넥터의 터미널의 두께는 0.065 mm, 폭은 0.3 mm 에 불과하다. 따라서 일반적인 HFSS 시뮬레이션의 경우와 달리 도체 내부 해석을 진행하도록 시뮬레이션을 설정하여야 한다. 내부 해석을 진행한 경우와 그렇지 않은 경우의 시뮬레이션 결과 다른 조건이 동일한 경우 표면해석만 진행하였을 경우보다 내부해석을 진행한 경우 6~7 °C 정도가 더 낮게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 동일한 크기의 전류가 표면에 집중될 경우 단위 면적당 저항의 크기가 커지는 효과로 인해 발열량이 더 높아지기 때문으로 이해할 수 있다. 따라서 해석 대상의 크기가 Skin Depth 보다 커서 표면해석만 진행하여도 되는 경우와 달리 내부해석을 함께 진행하여야만 시뮬레이션의 정확도가 높아지게 된다.

3. 방열 요소 분석

그림 2 의 단순 모델을 이용하여 커넥터 자체의 방열 특성에 대한 분석을 수행하여 확인된 사항들을 실제 제작에 반영하였다.

가. 터미널의 재질

터미널의 재질을 O(Material A) 와 Y(Material B) 로 각각 적용하고 커넥터의 목표 전류 용량인 4A를 흘렸을 경우 커넥터에서 발생하는 최대 온도는 표 3 과 같다.

Table 4. Maximum temperature of Connector Using Simplified model

표 4. 단순 모델을 이용한 커넥터 최대 온도 (4A)

Terminal Material	Y (Material B)	O (Material A)
Max Temp.(°C)	171.2	101.1

동일한 조건에서 도전율이 높은 O(Material A)를 사용한 경우 도전율이 낮은 Y(Material B)를 사용한 경우보다 최대 온도가 70.1 °C 더 낮게 나오는 것을 확인할 수 있다. 그러나 O(Material A)를 적용하더라도 최대 온도가 101.1 °C 로 커넥터의 최대 동작 온도인 85 °C 보다 16.1 °C 더 높은 상태이므로 커넥터 자체만으로는 목표로 하는 4A 의 전류 용량을 만족시킬 수 없다.

나. PCB 형상

커넥터 자체의 방열 특성이 낮기 때문에 커넥터가

실장되는 PCB 와 터미널에 연결되는 신호 패턴을 통해 방열이 이루어지도록 하여야 한다.

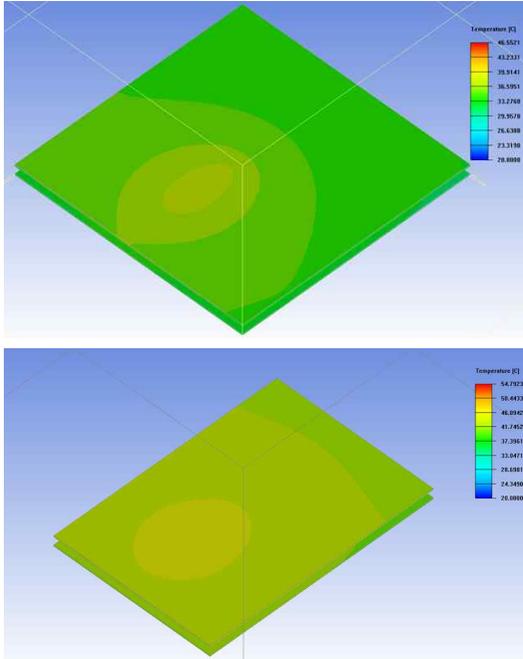


Fig. 4. Temperature change due to PCB size (Upper : 400mm², Lower : 288mm²)

그림 4. PCB 면적에 따른 온도 분포 (위 : 400mm² 아래 : 288mm²)

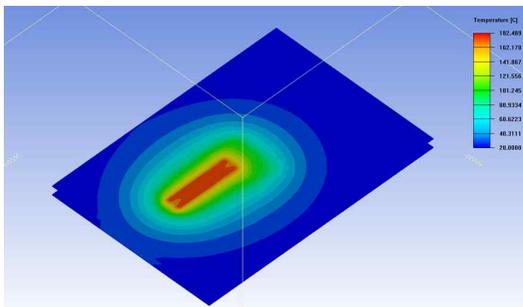


Fig. 5. Temperature without inner Copper Layer (288mm²)
그림 5. PCB 내층의 Copper Layer를 제거한 경우의 온도 분포 (288mm²)

PCB 가 넓어질수록 방열판 역할을 하면서 커넥터의 최대 온도가 낮아짐을 확인할 수 있다. 그림 3은 PCB 내층의 Copper Layer를 제거한 경우의 PCB의 온도 분포를 나타낸 것이다. 열전도율이 낮은 FR-4의

경우 방열 효과가 떨어지면서 오히려 방열을 방해하여 커넥터의 최대 온도가 상승(최대 184℃)하는 것을 볼 수 있다.

따라서 단순히 PCB 면적을 늘이는 것이 아니라 내층의 Copper Layer를 통해 열이 전도될 수 있도록 구성되어야 하며 이는 PCB 설계 시 커넥터 하부 Layer에 전원층과 GND 층을 의도적으로 배치하고 열이 전도되어 잘 빠져나갈 수 있도록 패턴을 형성하여야 한다.

표 4 는 커넥터가 실장되는 PCB 의 면적을 넓혔을 경우 커넥터의 최대 온도가 어떻게 되는지 확인한 것이다.

Table 5. Maximum temperature of Connector with different PCB size (4A)

표 5. PCB 면적에 따른 커넥터 최대 온도 (4A)

PCB size	288 mm ²	400 mm ²
Max Temp.(℃)	54.8	46.6

다. 신호선의 패턴

신호선 패턴과 커넥터의 열 전달 경로를 살펴보면 커넥터 자체의 물리적 크기가 매우 작음으로 인해 식 1과 같이 면적 A에 비례하는 커넥터 자체의 복사에 의한 방열은 전도에 의한 방열에 비해 매우 작다. (h : 대류상수, T_w : 표면온도, T_{∞} :주변온도)

$$Q_{convection} = hA(T_w - T_{\infty}) \tag{1}$$

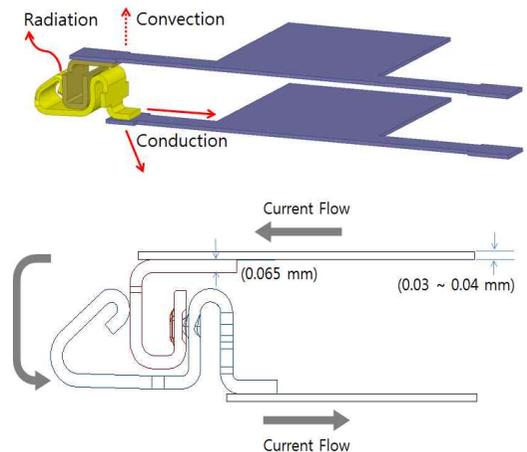


그림 6. Thermal transfer and Current flow of connector
그림 6. 커넥터의 열 전달 경로와 전류의 흐름

커넥터 핀은 LCP 재질의 패키지로 하우징 되어 있으므로 대류로 인한 열전달 또한 크지 않다. 따라서 대부분 전도에 의한 방열이 이루어지므로 커넥터 핀의 형상을 변경하여 저항을 줄이는 것이 방열을 해결하는 가장 효과적인 방법이나 목표로 하는 커넥터 크기의 제한과 초소형 커넥터 제조 공정의 난이도로 인해 형상 변경은 매우 제한적이다. 커넥터 핀의 전류 흐름 방향에 대한 단면적이 고정되고 핀의 길이 또한 변경할 수 없다고 할 때 커넥터 핀에서 발생하는 발열량은 고정된 전류 하에서 일정하다. 따라서 커넥터 핀에 연결되는 신호 패턴의 형상에 따라 방열 특성이 결정된다. 구리로 된 신호선 패턴은 핀에 사용된 재료보다 전기전도도가 2.27배이다. 그러나 핀의 두께는 0.065mm 로 일반적으로 PCB 의 Top 층에 사용되는 신호선 패턴의 두께 (0.03~0.04 mm)에 비해 1.6~2.16배 두껍다. 따라서 PCB 상에서 핀의 폭과 동일하게 신호선 폭을 라우팅할 경우 단위길이당 저항은 거의 동일하게 되어 핀에서 발생하는 열을 효과적으로 방열하지 못하게 된다. 높은 곳에서 낮은 곳으로 전달되는 열의 이동 특성에 따라 핀에서 발생한 열이 신호선 패턴을 통해 전달되도록 하는 방열 효과를 얻기 위해서는 신호선 패턴에서 발생하는 단위체적당 발열(q_{Trace})이 핀에서 발생하는 단위체적당 발열(q_{con})보다 작아야 한다. (식 2)

$$q_{con} > q_{Trace} \tag{2}$$

커넥터 핀의 단면적이 고정되어 있다고 할 때 신호선 패턴과 커넥터 핀의 선폭의 비(x)에 따른 단위체적당 발열량(q)을 비교하여 보고자 한다.

단위 체적당 발열량의 기본 정의로부터 아래 식(3), (4)가 도출된다. (P :소모전력, A :단면적, L :길이, ρ :비저항)

$$q_{con} = \frac{P_{con}}{A_{con}L_{con}} = \rho_{con} \frac{I^2}{A_{con}^2} \tag{3}$$

$$q_{Trace} = \frac{P_{Trace}}{A_{Trace}L_{Trace}} = \rho_{Trace} \frac{I^2}{A_{Trace}^2} \tag{4}$$

커넥터 핀의 단면적이 고정되어 있다고 할 때 커넥터 핀과 신호선 패턴의 폭의 비는 아래 식 (5) 과 같이 기술할 수 있다. (w :폭, h :높이)

$$A_{Trace} = w_{Trace} h_{Trace} = x \cdot w_{con} \frac{h_{con}}{2} \tag{5}$$

$$= \frac{x}{2} (w_{con} h_{con}) = \frac{x}{2} A_{con}$$

위 식 (3), (4) 와 물성치에 근거한 아래 식(6)로부터 식(7) 가 도출된다.

$$\rho_{Trace} = \frac{\rho_{con}}{2.27} \tag{6}$$

$$q_{Trace}(x) = \frac{1}{2.27} \rho_{con} \frac{I_{con}^2}{\left(\frac{x}{2}\right)^2 A_{con}^2} = \frac{1.762}{x^2} q_{con} \tag{7}$$

만약 신호선 패턴의 폭이 커넥터 핀의 폭과 같다면 ($x = 1$) 신호선 패턴에서 발생하는 단위체적당 발열량은 커넥터 핀에서 발생하는 단위체적당 발열량에 비해 1.762 배가 크게 되므로 원활한 열전달을 기대하기 어렵다. 산술적으로 신호선 패턴의 폭이 커넥터 핀의 폭보다 1.32배 ($x = 1.32$) 이상이 될 때 신호선 패턴 쪽으로의 열전달이 이루어지게 될 것이다. 내부 발열이 있는 정상상태의 열전도의 경우 온도 분포에 대한 해는 푸리에의 열전도방정식에 의해서 구해지게 되고 신호선 패턴의 길이에 따른 온도 분포와 열전달에 미치는 영향을 확인할 수 있을 것이나 본 논문에서는 시뮬레이션 설정의 시작점을 찾기 위해 커넥터 핀과 신호선 패턴의 폭의 비에 따른 단위체적당 발열량을 비교하여 시뮬레이션에 필요한 신호선 패턴의 폭에 대한 요구사항을 확인하고 시뮬레이션을 통해 온도 분포를 확인하였다.

신호선의 경우 인접 설계에 영향을 미치지 않는 범위 내에서 설계자가 패턴을 구성할 수 있으므로 방열 특성을 개선하기 위해 형상이 가능하다. 본 논문에서는 식(7)에서 확인된 값을 기준으로 신호선의 폭을 넓혀 단위체적당 발열량을 줄이고 위치를 변경하면서 방열에 미치는 영향을 확인하였다. 방열을 위한 패턴과 커넥터와의 거리가 가까울 수록(그림 7), 신호선의 폭이 넓어질수록(그림 8) 방열에 유리함을 확인할 수 있다.

방열패턴을 4mm²으로 형성하여 신호선에 위치한 경우 (그림 8) 1mm² 패턴을 사용한 경우(그림 7)보다 최대 온도가 약 5℃ 정도 감소하였다.

목표로 하는 커넥터의 발열 수준을 맞추기 위하여 설계된 패턴은 그림 9와 같다. 패턴상의 홀은 연결을 위하여 형성된 것이며 잘려진 부분은 인접 패턴을 고려하여 형성된 것이다.

실제 적용 시에는 인접 회로와 사용 환경을 고려하여 그 크기와 형상이 변경될 수 있을 것이다. 이러한 결과를 바탕으로 커넥터의 효과적인 방열을 위해 발열에 영향을 주는 요소들이 반영되어 구성된 모델 (그림 10)에서의 시뮬레이션 결과 4A에서 커넥터의 최대온도는 39.9 ℃ 이다.

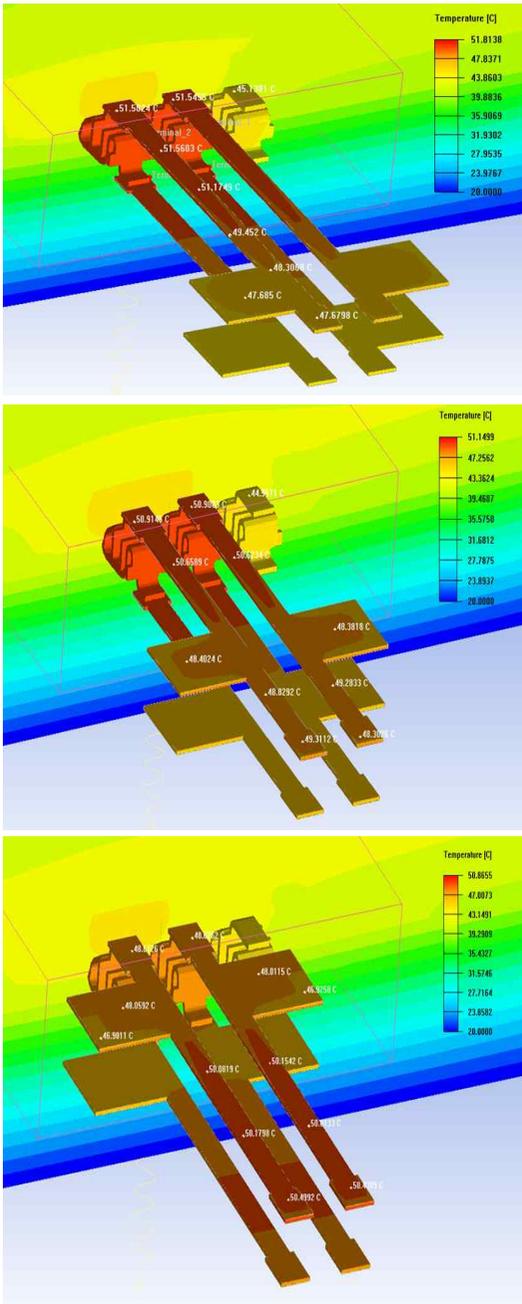


그림 7. Temperature Change with the heat sink (1mm x 1mm) location (Max temperature - Upper : 51.8°C, Mid : 51.1°C, Lower : 50.9°C)

그림 7. 방열패턴(1mm x 1mm)의 위치에 따른 온도 변화 (최대온도 - 위 : 51.8°C, 가운데 : 51.1°C, 아래 : 50.9°C)

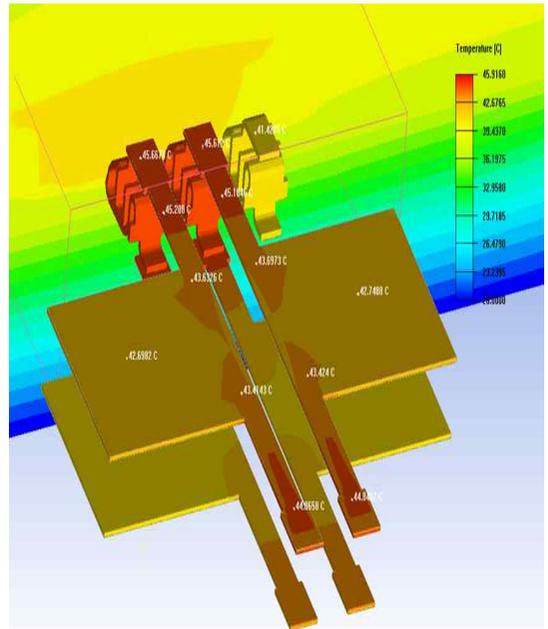


Fig. 8. Temperature Change with larger heat sink pattern (2mm x 2mm) (Max temperature - 45.9°C)

그림 8. 방열패턴 크기(2mm x 2mm) 증가에 따른 온도 변화 (최대온도 - 45.9°C)

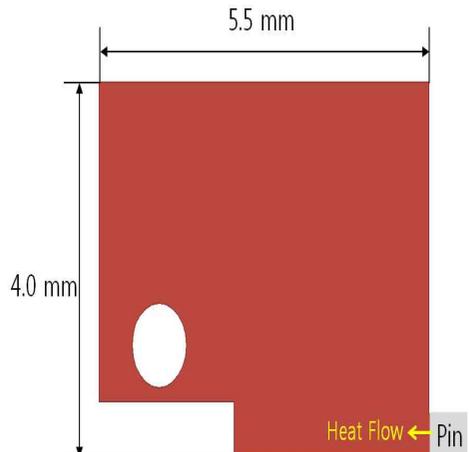


Fig. 9. Signal Pattern for target temperature of connector

그림 9. 커넥터의 온도 규격을 맞추기 위한 신호선 패턴

4. 고찰

이상과 같이 모바일기기 배터리용 초소형 파워커넥터의 방열 특성에 영향을 미치는 요소들에 대해서 확인한 사항에 대하여 설계시 반영하여 설계한 모델에서 최대온도는 39.9 °C 로 매우 낮은 수준으로써 모

바일 기기의 밀폐된 공간 내에서 사용할 경우에도 최대 동작 온도 범위인 85 ℃를 만족시키기에 적합한 결과이다.

매우 작은 크기에 비해 고전류를 인가하여야 함으로 인해 발생하는 발열 문제를 해결하기 위해서는 1) 커넥터 터미널의 재질, 2) PCB의 형상 및 구조, 3) 신호선의 형상과 배치가 매우 중요하며 이런 요소들을 이해하여 적절히 설계하여야 한다.

향후 실제 제작된 커넥터의 발열량을 측정하고 시

어가고 있어 향후 이와 관련된 연구도 점차 진행될 수 있을 것으로 생각하며 본 논문에서 확인된 결과들이 도움이 될 수 있을 것으로 기대한다.

References

[1] Harold A. Wheeler, "Formulas for the Skin Effect", Proceedings of the I.R.E, pp.412-424, 1942

[2] A. R. Susoeff, R. S. Hawke and K. S. Leighton, "A Mechanical Connector Design for High-Current, High-Coulomb Pulsed Power Systems", IEEE Transactions on Magnetics VOL. 29, NO. 1, JANUARY 1993, pp 1070-1075

[3] Rujian Fu, Song-Yul Choe, Robert L. Jackson, George T. Flowers, Michael J. Bozack, Liang Zhong, and Daegee Kim, "Vibration-Induced Changes in the Contact Resistance of High Power Electrical Connectors for Hybrid Vehicles", IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology, VOL. 2, NO. 2, FEBRUARY 2012, pp 185 - 193

[4] Amine BELOUFA, "Numerical and experimental optimization of mechanical stress, contact temperature and electrical contact resistance of power automotive connector", International Journal of Mechanics, Issue 4, VOL 4, 2010, pp 94-104

[5] Bokhee Youn, Seihoon Cho ,Yongjoon Nho, Youmin Kim, Daegee Kim, Wanki Park, "Development of High-voltage Connector Used for High Efficient Vehicles", Korea Society of Automotive Engineers, Spring & Fall Conference Proceeding, pp 2399-2404, 2007

[6] S. W. Kim, J. W. Choi, H. L. Kim, N.J. Kang, K.S. Choi, H.P. Park, B.S. Cha, "A Study of Safety Evaluation for Automotive High-Voltage Connector Using FEM", Korean Society for Precision Engineering, Spring Conference Proceeding, pp 1261-1262, 2010.5

[7] H. L. Kim, J. W. Choi, S. W. Kim, N.J. Kang, K.S. Choi, H.P. Park, B.S. Cha, " A Study of electro-magnetic shield effectiveness for Automotive High Voltage Connector", Korean Society for Precision Engineering, Spring Conference Proceeding, pp 1263-1264, 2010.5

[8] Sung Woong Kim, Jung Wook Choi, Hyeung Rak Kim, Young Seok Kwon, Nam Jin Kang, Kyung Seok Choi, Hyung Pil Park, Baeg Soon Cha, "A

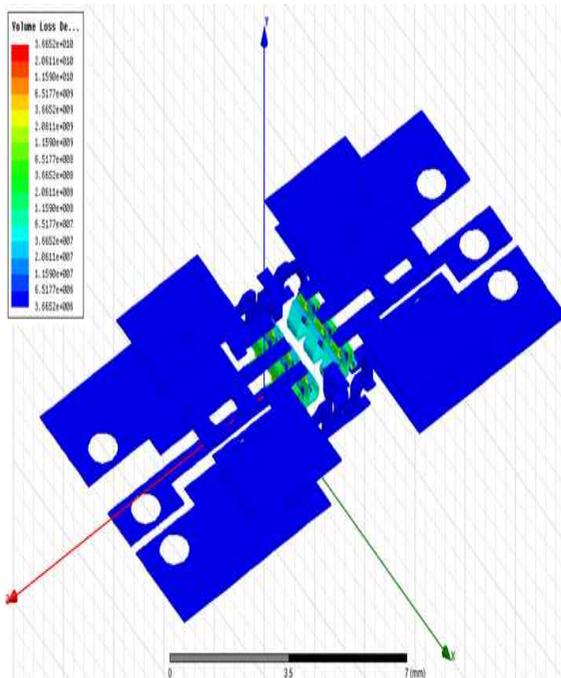


Fig. 10. Final Model (Max temperature - 39.9℃)

그림 10. 최종 모델 형상 (최대온도 - 39.9℃)

물레이션 결과와 비교하여 시물레이션의 정확도를 확인하는 작업이 추가적으로 필요할 것이다.

III 결론

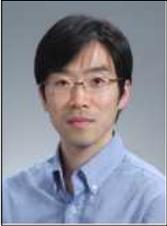
본 논문에서는 초소형 파워커넥터 설계 시 발생하는 문제점을 발열을 중심으로 분석하였다. 초고주파, 전력, 자동차 등과 같은 분야에 일반적으로 사용되는 대전력용 파워커넥터에 관한 연구는 국내외적으로 꾸준히 진행되어 왔으나 모바일 기기에 사용되는 초소형 파워커넥터의 경우 이와는 다른 접근 및 분석이 요구된다. 모바일 기기가 점차 소형화 및 고성능화됨에 따라 사용되는 부품들 또한 소형화 고성능화 되

Study on the Design of High-Voltage Connector for Green Car using FEM ", Journal of the Korean Society of Precision Engineering, pp.716-723 Vol.28 No.6, pp 716-723, 2011.6

[9] June-Sang Lee, Jongmin Kim, Ki-Hoon Nam, Hyeonju Bae, Jin-Tae Sung, Wansoo Nah, "EM Analysis of High Voltage Connector for Hybrid/Electric Vehicle", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, v.60 no.1, pp 131-137, 2011.1

BIOGRAPHY

Lee Keun-Myoung (Member)



1999 : BS degree in Electronic Engineering, Sogang University.
2001 : MS degree in Electronic Engineering, Sogang University.
2001~2010 : Senior Engineer, Samsung Electronics.
2010~current : Senior Research

Engineer, CEWIT Korea

Oh Ung (Member)



2000 : BS degree in Mechanics and Automobiles Engineering, Doowon Technical University College.
2009~2013 : Research Engineer, Lumi Micro
2013~current : Assistant Researcher, CEWIT Korea

Yoo Sung-Kyu (Member)



2003 : BS degree in Automobile System, Kyung Moon University.
2010 : MS degree in Industrial & Automobiles Engineering, Kyung Hee University.
2003~2013 : Assistant Researcher, KETI

2013~current : Assistant Researcher, CEWIT Korea

Song Byeong-Suk (Member)



1992 : BS degree in Material Engineering, Hanbat National University.
1997 : MS degree in Industrial & Management Systems Engineering, Kyung Hee University.
2010 : PhD degree in Industrial &

Management Systems Engineering, Kyung Hee University.

1985~1993 : Senior Researcher, ADD

1993~2011 : Principal Research Engineer, KETI

2011~current : Principal Research Engineer, CEWIT Korea