

# SMD의 패드 정렬이 PCB 전송 특성에 미치는 영향

## Effects on PCB Transmission Characteristics by SMD Pad Alignment

김 창 균\*, 이 성 수\*

Chang-Gyun Kim\*, Seongsoo Lee\*

### Abstract

Many SMDs (surface mount device) are mounted and mutually connected on a PCB (printed circuit board). System performance degrades when their transmission characteristics are bad. Pads connecting a PCB and SMDs affects PCB transmission characteristics significantly, so pad should be properly aligned to optimize impedance matching. In this paper, effects on PCB transmission characteristics are simulated by pad alignment. When frequency is relatively low, pad alignment seldom affect PCB transmission characteristics, but it affects more and more when frequency or pad size becomes larger. Therefore, pad alignment should be carefully chosen based on target frequency and pad size. Especially, the proposed edge-aligned pad is generally more advantageous over the conventional centered-aligned pad in 12~16 GHz Ku-band frequency.

### 요 약

인쇄 회로 기판(PCB: printed circuit board)에는 다수의 표면 실장 부품(SMD: surface mount device)이 장착되어 상호 연결되며, 이들을 연결하는 배선의 전송 특성이 나빠지면 시스템의 성능이 감소하게 된다. PCB와 SMD를 연결하는 패드는 PCB 전송 특성에 큰 영향을 미치기 때문에 패드의 위치도 최적화되어야 한다. 본 논문에서는 패드 정렬이 PCB 전송 특성에 미치는 영향을 시뮬레이션 하였다. 주파수가 비교적 낮은 경우에는 패드 정렬이 PCB 전송 특성에 큰 영향을 미치지 않지만 주파수가 높아지거나 패드 크기가 커질수록 패드 정렬에 따른 영향이 커진다. 따라서 목표 주파수와 패드 크기에 따라 세심하게 패드 정렬을 선택할 필요가 있다. 특히 12~18 GHz의 Ku-밴드 주파수 대역에서는 기존의 중앙 정렬 패드보다 제안하는 측면 정렬 패드가 전체적으로 유리하다.

*Key words : Impedance Matching, Pad Shape, Surface Mount Device, Printed Circuit Board, Edge-Aligned*

\* School of Electronic Engineering, Soongsil University

★ Corresponding author

E-mail : sslee@ssu.ac.kr, Tel : 82-2-820-0692

※ Acknowledgment

“This research was supported by the MOTIE (Ministry of Trade, Industry & Energy) (10080649) and KSRC (Korea Semiconductor Research Consortium) support program for the development of the future semiconductor device.”

Manuscript received Sep. 13, 2018; revised Sep. 19, 2018; accepted Sep. 20, 2018.

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

최근 전자 장치의 주파수 대역이 계속 높아지면서 최대 동작 속도가 설계된 대로 나오지 않는 경우가 많아졌는데, 이는 회로 설계의 문제보다는 인쇄 회로 기판(PCB: printed circuit board)의 설계 문제가 더 많다고 알려져 있다. PCB에는 다수의 표면 실장 부품(SMD: surface mount device)이 장착 및 연결되며 이들을 연결하는 배선의 전송 특성이 나빠지면 최대 동작 속도가 감소하게 된다. 특히 8~12 GHz X-밴드[1]나 12~18 GHz Ku-밴드

[2]처럼 매우 높은 주파수 대역을 사용하는 전자 장치에서는 이 문제가 매우 심각하다.

SMD는 PCB와 패드(pad)로 연결되는데, 대부분의 PCB 설계자는 PCB 배선 규격을 설계할 때 패드를 고려하지 않는다. 그러나 패드는 엄연한 기생 성분이며 PCB 전송 특성에 영향을 미칠 수 있다. 패드는 다른 전송 선로와 같이 미소 구간(infinitesimal interval)으로 나누어 그림 1과 같이 모델링할 수 있다. 이때,  $z$ 는 전력을 전달하는 방향의 길이,  $\Delta z$ 는 미소 구간의 길이,  $R, L, G, C$ 는 각각 단위 길이 당 저항, 인덕턴스, 컨덕턴스, 캐패시턴스를 의미한다. 그림 1에서 전압  $V(z)$ 과 전류  $I(z)$ 는 식 (1),(2)와 같이 표현되며, 전송 선로의 전 구간을 매우 많은 미소 구간으로 나누어 식 (1),(2)를 기반으로 수치 해석을 수행할 수 있다.

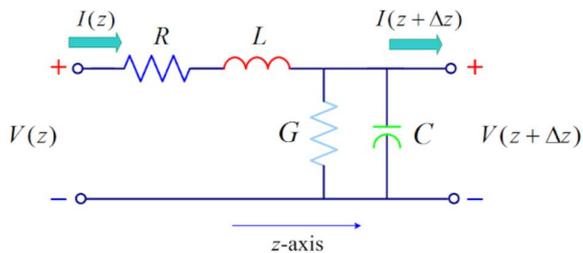


Fig. 1. Infinitesimal model of stripline.

그림 1. 전송 선로의 미세 모델

Table 1. MLCC size.

표 1. MLCC 크기

MLCC Code	MLCC Length (mm)	MLCC Width (mm)	Pad Size (mm×mm)
1005	1.00	0.50	0.6×0.6
1608	1.60	0.80	1.0×1.0
2012	2.00	1.25	1.5×1.5
3225	3.20	2.50	2.0×2.0

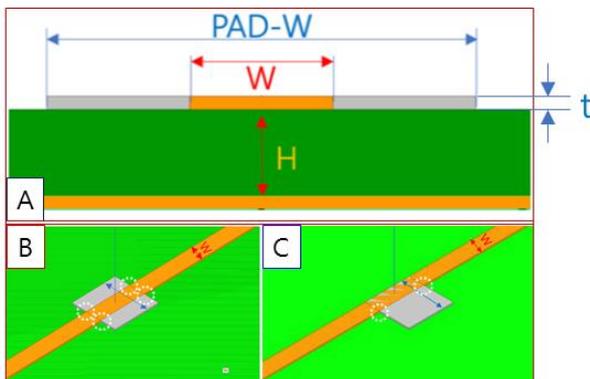


Fig. 2. Stripline shape and pad alignment.

그림 2. 전송 선로 형태 및 패드 정렬 방식

$$V(z) = (R + j\omega L)\Delta z I(z) + V(z + \Delta z) \quad (1)$$

$$I(z) = (G + j\omega C)\Delta z V(z + \Delta z) + I(z + \Delta z) \quad (2)$$

기존 연구에서도 패드가 PCB 전송 특성에 영향을 미친다는 것이 알려져 있다[3],[4]. 본 논문에서는 다양한 주파수 대역에서 다양한 패드 크기에 대해 패드의 정렬 방식을 바꾸어가며 수치 해석으로 PCB 전송 특성의 척도인 S21을 계산하여 패드의 정렬 방식이 미치는 영향을 살펴본다. 또한, 기존처럼 패드를 전송 선로의 중앙에 정렬하는 방식과 달리, 패드를 전송 선로의 측면에 정렬하는 방식을 제안하고 기존 방식과 성능을 비교한다.

## II. 전송 선로 및 패드의 모델링

SMD를 장착하기 위한 패드 크기는 SMD 소자에 따라 다르며, 본 논문에서는 표 1과 같이 대표적인 SMD 소자인 적층 세라믹 캐패시터(MLCC: multi-layer ceramic capacitor)의 4개 크기 규격인 MLCC 1005, 1608, 2012, 3225[5]에 대해 모델링하고 시뮬레이션을 통해 S21을 계산하였다.

계산에 사용한 전송 선로 형태 및 패드 정렬은 그림 2와 같다. 그림 2의 A는 전송 선로의 단면도이며, 전송 선로의 폭은  $W$ , 전송 선로의 두께는  $t$ , PCB 두께는  $H$ , 패드의 크기는 PAD- $W$ 이다. PAD- $W$ 는 표 1과 같이 4 가지로 다르게 바뀌가며 시뮬레이션을 수행하였으며,  $W, H$ 는 50 Ω 임피던스 정합을 위해 각각 0.176 mm, 0.1 mm로 결정하였다.  $t$ 는 일반적으로 PCB에서 많이 사용하는 값인 0.018 mm로 가정하였다. PCB의 크기도 다소나마 영향을 미치는데 본 논문에서는 60 mm × 30 mm로 가정하였다. S21 계산은 3D 전자기장 시뮬레이터인 HFSS[6]를 사용하였다.

그림 2의 B, C는 서로 다른 두 가지 패드 정렬을 나타낸다. B는 기존 방식으로 패드가 전송 선로의 중앙에 정렬되어 있으며 C는 제안하는 방식으로 패드가 전송 선로의 한 쪽에 정렬되어 있다.

그림 2의 C와 같이 기존에 잘 사용하지 않는 정렬 방식을 본 논문에서 새로 제안한 이유는 다음과 같다. 일반적으로 전송 선로에 패드가 들어가면 전송 선로의 폭이 갑자기 커졌다가 다시 작아지는 것으로 해석되기 때문에, 그림 2의 흰색 점선으로 표시한 부분에서 반사가 일어나기 쉽다. 따라서 임피

턴스 정합 측면에서는 흰색 점선으로 표시된 반사 유발 영역의 개수가 적은 그림 2의 C가 유리할 것으로 예상하여 이를 제안하였다.

### III. 패드에서의 반사 시뮬레이션

2장에서 예상한 대로 패드에서 반사가 많이 일어나는 지를 확인하기 위해 그림 3과 같이 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 3의 A, B는 각각 그림 2의 패드와 전송 선로에서 신호 진행 방향에 직각으로 자른 단면을 나타낸 것이며, 하늘색과 파란색 곡선은 이 단면에서의 귀환 전류를 시뮬레이션 한 값이다. 그림 3의 A, B에서 알 수 있듯이 패드에서의 귀환 전류가 훨씬 높으므로 패드에서 반사가 크게 일어나고 있음을 나타낸다.

그림 4는 전송 선로를 따라가는 자기장의 세기를 나타낸 것이다. 노란색 화살표는 신호 진행 방향이

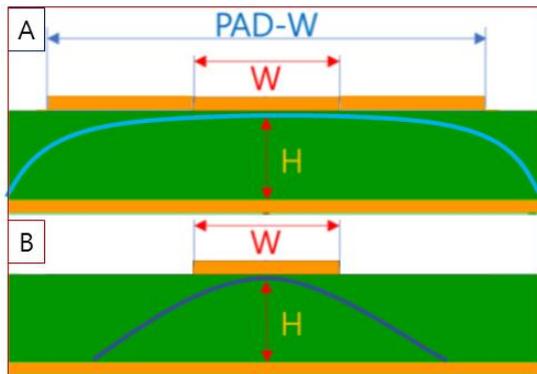


Fig. 3. Simulation results of return current.  
그림 3. 귀환 전류 시뮬레이션 결과

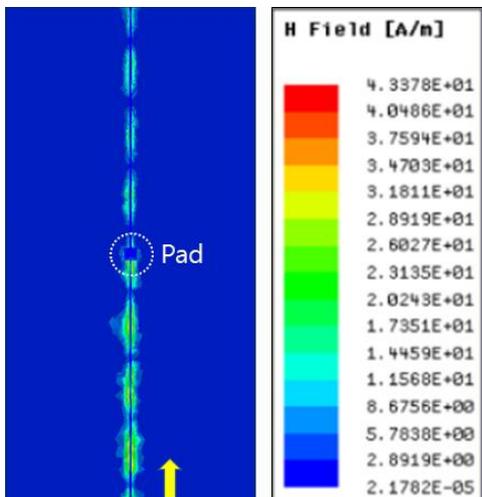


Fig. 4. Simulation results of magnetic field along stripline.  
그림 4. 전송 선로를 따라가는 자기장 시뮬레이션 결과

며, 흰색 점선 내부의 작은 사각형이 패드이다. 패드를 경계로 위쪽(즉 진행 방향으로 볼 때 패드 이전)보다 아래쪽(즉 진행 방향으로 볼 때 패드 이후)의 자기장 세기가 훨씬 높는데 그 이유는 패드에서의 반사가 매우 높아서 패드를 경계로 위쪽(즉 진행 방향으로 볼 때 패드 이전)에는 신호 전력의 일부가 상실되고 그만큼이 패드를 경계로 아래쪽(즉 진행 방향으로 볼 때 패드 이후)에 더해졌기 때문이다.

### IV. 패드 정렬에 따른 S21 시뮬레이션

표 1의 4 가지 패드 크기인 0.6 mm × 0.6 mm, 1.0 mm × 1.0 mm, 1.5 mm × 1.5 mm, 2.0 mm × 2.0 mm에 대해 기존의 중앙 정렬과 제안하는 측면 정렬에 대한 S21을 0~18 GHz 사이의 주파수 대역

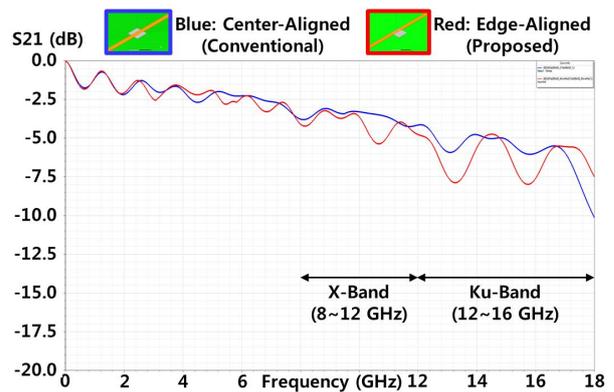


Fig. 5. S21 simulation results when pad size is 0.6 mm × 0.6 mm.

그림 5. 패드 크기가 0.6 mm × 0.6 mm일 때의 S21 시뮬레이션 결과

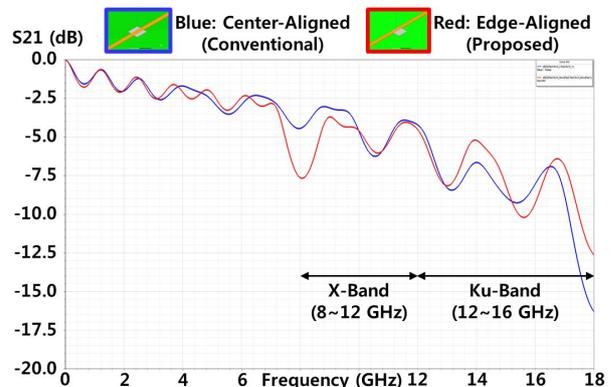


Fig. 6. S21 simulation results when pad size is 1.0 mm × 1.0 mm.

그림 6. 패드 크기가 1.0 mm × 1.0 mm일 때의 S21 시뮬레이션 결과

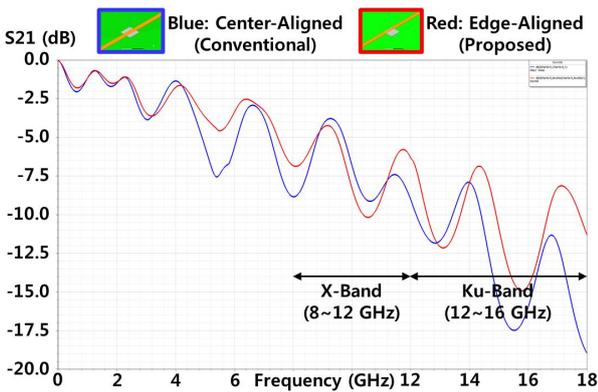


Fig. 7. S21 simulation results when pad size is 1.5 mm × 1.5 mm.

그림 7. 패드 크기가 1.5 mm × 1.5 mm일 때의 S21 시뮬레이션 결과

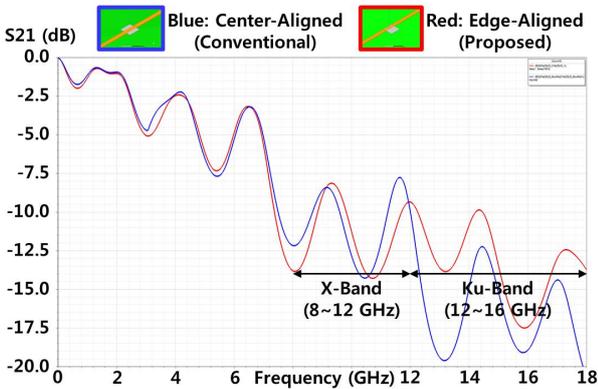


Fig. 8. S21 simulation results when pad size is 2.0 mm × 2.0 mm

그림 8. 패드 크기가 2.0 mm × 2.0 mm일 때의 S21 시뮬레이션 결과

에서 HFSS로 시뮬레이션을 수행하였다.

시뮬레이션 결과는 그림 5에서 그림 8가지로 나타났으며, 주파수가 비교적 낮은 경우에는 패드 정렬이 PCB 전송 특성에 큰 영향을 미치지 않지만 주파수가 높아지거나 패드 크기가 커질수록 패드 정렬에 따른 영향이 커진다는 것을 알 수 있다. 따라서 목표 주파수와 패드 크기에 따라 세심하게 패드 정렬을 선택할 필요가 있다. 특히 12~18 GHz의 Ku-밴드 주파수 대역에서는 기존의 중앙 정렬 패드보다 제안하는 측면 정렬 패드가 전체적으로 유리하다는 것을 알 수 있다.

**V. 결론**

PCB에서는 패드 또한 전송 특성에 큰 영향을 미

친다. 본 논문에서는 기존처럼 전송 선로 중앙에 패드를 정렬하는 방식 대신에 전송 선로 측면에 패드를 정렬하는 방식을 제안하였으며, 다양한 주파수와 패드 크기 별로 패드 정렬 방식이 PCB 전송 특성에 미치는 영향을 시뮬레이션 하였다.

시뮬레이션 결과, 주파수가 비교적 낮은 경우에는 패드 정렬이 PCB 전송 특성에 큰 영향을 미치지 않지만 주파수가 높아지거나 패드 크기가 커질수록 패드 정렬에 따른 영향이 커진다는 것을 알 수 있었다. 따라서 주파수가 높아지거나 패드 크기가 커지면 해당 주파수와 패드 크기에 적합한 패드 정렬을 골라서 사용하는 것이 바람직하다. 특히 12~16 GHz 대역인 Ku-밴드 대역에서는 기존 중앙 정렬보다 제안하는 측면 정렬이 전체적으로 훨씬 유리하다.

**References**

[1] Y. Kim, H. Dam, J. Hwang, and J. Baem “An X-band CMOS doppler motion sensor,” *Journal of the IEIE*, vol.55, no.3, pp.302-309, 2018. DOI:10.5573/ieie.2018.55.3.42

[2] J. Hilbertsson, *Simulation and evaluation of an active electrically scanned array (AESA) in Simulink*, Chalmers University of Technology, 2009.

[3] M. Choi, C. Kim, and S. Lee, “Analysis of the signal transmission characteristics with curvature of PCB pads,” *j.inst.Korean.electr.electron.eng*, vol.20, no.4, pp.416-419, 2016. DOI:10.7471/ikeee.2016.20.4.416

[4] C. Kim, P. Park, H. Jung, and S. Lee, “A study on PCB pad for high-speed signal processing for X-band controller,” *Proceedings of the KIMST Conference*, pp.1-2, 2018.

[5] [http://www.samsungsem.com/kr/support/library/product-catalog/\\_icsFiles/afieldfile/2017/09/13/MLCC.pdf](http://www.samsungsem.com/kr/support/library/product-catalog/_icsFiles/afieldfile/2017/09/13/MLCC.pdf)

[6] <https://www.ansys.com/products/electronics/ansys-hfss>