

전자통신장비 서브랙 진동특성연구

○ 허남일*, 김원태*, 김형섭*, 한재섭*

(The Study on the Vibration Characteristic of Electronic Subrack System)

(Nam-Il Her, Won-Tae Kim, Hyoung-Sub Kim, Jae-Sub Han)

1. 서론

전자통신장비의 진동에 대한 연구는 시스템 개발에 따른 실장기술의 한 분야로 냉각시스템 구축, 전자파 차폐, 구조 해석 분야의 연구와 더불어 연구의 필요성이 증대되고 있다.

랙(rack), 서브랙(subrack), 회로기판(PCB), 부품 등으로 구성되는 전자통신장비는 임의의 주파수와 가속도 레벨의 진동이 가해지며, 이 외부 진동은 시스템이 설치된 건물과 랙 고정용 볼트를 통해 랙으로 전달되어 서브랙, 회로기판, 부품 순으로 전달되며, 전달된 진동수가 전자장비 각 부분의 고유진동수와 일치하게 될 때 공진부에 큰 변위와 고응력이 발생하여 시스템에 악영향을 미치게 된다.

전자통신 시스템에서의 진동으로 인한 피해는 PBA이탈, 피로 또는 고응력으로 인한 부품 조립부 파손, 나사 등의 조임기구 풀림 또는 파손 등이 있다. 특히 낮은 고유진동수를 갖는 PCB의 큰 진폭으로 인한 실장된 부품의 리이드부 파손이 일어날 수 있고, 공진시 표면실장 부품(SMD)의 파손에 치명적인 영향을 미치게 된다. 이와 같은 진동의 원인은 도로의 차동차와 건물내의 회전체에 의한 건물 진동, 내부의 냉각 팬 및 냉각 공기의 유동 마찰로 인한 진동, 장비의 운송 중에 발생하는 진동 등이 있다.

전자장비의 진동에 대한 연구는 1,2차 실장레벨인 부품에 치우쳐 제한적으로 수행되고 있으며, 본 시험의 subrack과 PBA와 관련된 3차 실장 레벨에서의 국내 진동 연구는 극히 미비하며, 국외에서는 일부 연구가들에 의해 연구가 진행되었다. Steinberg⁽¹⁾는 전자장비의 진동에 대한 폭넓은 연구를 수행하였고, Baker⁽²⁾⁻⁽⁴⁾는 QLCC의 진동피로 수명에 대한 연구와 부품 납땜부의 진동과 열적 피로에 대한 연구, wedge lock card guide의 진동 구속의 모델링에 대한 연구를 수행하였고, Chang⁽⁵⁾은 PWB의 최저고유진동수를 높이기 위한 부품 재배열에 대한 연구를 수행하였다. Singal⁽⁶⁾은 부가 질량이 있는 고정 지지된 사각판의 자유진동에 대한 연구를 하였고, Wong⁽⁷⁾은 SMD를 갖는 PCB의 실험적 모달해석과 동적응답을 연구하였다. Lau⁽⁸⁾는 굽힘, 비틀림, 열적 조건하의 fine pitch plastic quad flat pack lead와 용접부의 신뢰성에 대한 연구를 하였고, Pitarresi⁽⁹⁾⁻⁽¹¹⁾는

PCB의 진동에 대한 지지 위치에 대한 연구와, PCB진동의 유한요소 모델링과 해석 기법에 대한 연구를 수행하였다. 그리고 최근 Fluss⁽¹²⁾는 connector 진동시험 방법에 대한 연구를 수행하였다.

본 연구에서는 실제 사용되고 있는 TDX-10 교환기의 subrack과 보드에 대한 진동 특성과 이 보드가 subrack에 실장되었을 때 진동 특성을 연구하였으며, subrack이 rack에 실장되는 조건을 갖는 진동 시험용 jig를 제작하여 보드와 subrack을 실장한 후 강제 진동시의 진동 전달 특성을 알아보았다. 본 연구의 결과는 내진동 특성이 우수한 전자통신 시스템 설계와 CDMA 이동통신 시스템의 HINA subrack 구조설계와 같은 개발장비 환경시험의 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

2. 본론

본 연구에서는 SMD의 진동에 의한 피로 파괴의 원인이 되는 PCB의 공진에 근간을 두고 자유단과 subrack에 실장되었을 때 PCB의 고유진동수와 모드형상을 구하였고, 보드가 실장된 subrack을 강제진동시켰을 때 보드와 subrack에서의 진동전달 특성을 구하였다.

2.1 보드 진동

2.1.1 자유단 조건

그림1은 본 실험에 사용된 TDX-10 교환기용 보드(MCCA)이다. 보드의 뒷 모서리에는 2개의 커넥터와 보드의 힘을 방지하기 위한 보강재가 붙어 있고, 앞 모서리에는 보드의 힘을 방지하기 위한 보강재가 있으며, 하부에는 보드의 장/탈착을 위한 in-ejector가 있다. 보드의 재료는 GFRP로 표면에는 부품들이 거의 균일하게 실장되어 있다. 보드에 표시된 숫자는 진동 시험시 가속도센서의 부착 위치이고 충격해머로 가진되는 점은 18번이다.

그림2는 자유단을 갖는 보드의 진동 시험 장치도이다. 완전한 자유단 경계 조건을 갖는 시험은 불가능하므로 보드 한쪽을 공중에 매달아 시험하였다. ZONIC사의 WCA 4108 desktop system, structcel motion sensor 5개, GK 219C impact hammer, structcel differential amplifier, power amplifier, patch panel, macintosh(quadra-950), printer

*한국전자통신연구소

(tek.) 등의 장비와 WCA power modal software 등을 이용하여 보드의 고유진동수와 모드형상을 구하였다.

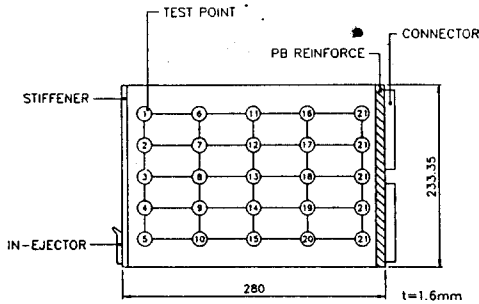


Fig. 1 Test board

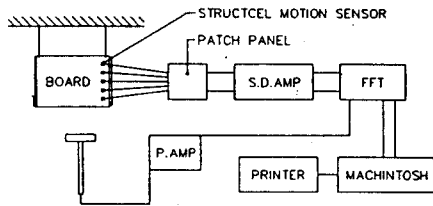


Fig. 2 Vibration test system with impact hammer

가속도센서 5개를 보드의 뒷면 1-5번에 붙인뒤 충격 해머로 18번을 5회 가진해 평균한 FRF를 구하고, 다시 센서를 6-10번으로 옮긴 후 같은 점을 가진하는 방법으로 25개의 측정점에 대한 FRF(frequency response function)을 구하였다. 시험 주파수 범위는 전자장비의 환경시험 주파수 영역인 10-150Hz 을 포함하는 0-200Hz 이었고 frame size는 1024이다. 충격 해머에 의한 force는 rectangular window, 가속도 센서의 response는 exponential window를 씴었다.

그림3은 자유단을 갖는 보드의 1-5번의 측정점에서 구한 FRF선도를 나타낸 것이다. 5개의 측정점 모두가 150Hz 이내에서 동일 주파수의 극치점 4개를 나타내고 있어서 이 주파수들에서 모드가 존재한다는 것을 알 수 있다. 그림4는 1번 측정점에서의 FRF선도(실선)와 1-25번 측정점에서의 FRF를 MDOF(점선)로 나타낸 것이다. 그림4에서와 같은 주파수들에서 4개의 극치점이 서로 일치하였다.

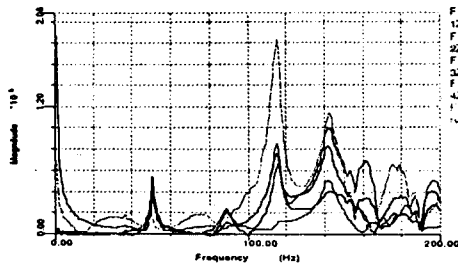


Fig. 3 FRF of board with free boundary condition

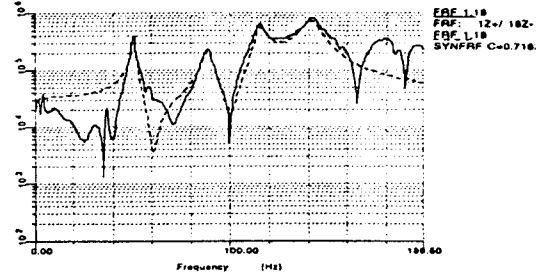


Fig. 4 SYSFRF of board with free boundary condition

그림5는 자유단을 갖는 보드의 모드 형상을 보여준다. 1차 고유진동수 50.7 Hz에서 보드의 굽힘 모드, 2차 고유진동수 88.7Hz에서 비틀림 모드, 3차 고유진동수 115Hz에서 굽힘 모드, 4차 고유진동수 141.4Hz에서 비틀림 모드를 보이고 있다.

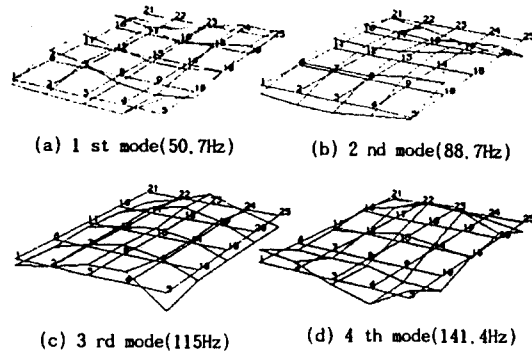


Fig. 5 Mode shape of board with free boundary condition

2.1.2 Subrack에 실장된 보드

그림6은 보드가 실장되는 subrack으로 subrack의 뒷면은 커넥터가 붙어 있는 backplane이 볼트로 고정되어 있고 보드의 정 위치 고정을 위해 보드 가이드가 subrack의 내부 상/하부에 붙여진다. Subrack의 전면에는 rack에 고정하기 위한 구멍이 2개씩 가공되어 있으며, 측면에는 subrack을 rack에 실장하기 위한 슬라이딩부가 있다. Subrack의 재료는 알루미늄이다. 이 subrack에 그림1의 보드를 실장하여 자유단을 갖는 보드의 진동 시험과 같은 방법으로 고유진동수와 모드 형상을 구하였다.

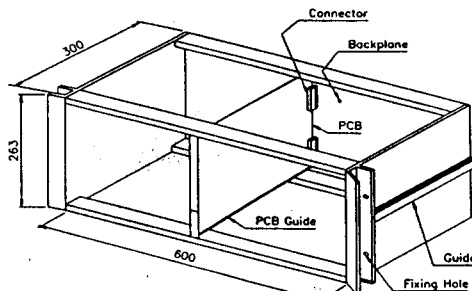


Fig. 6 Test subrack

그림7은 1번 측정점에서 보드의 모드 형상을 나타낸 것이다. 1차 진동수는 57.7Hz이었고, 2차 진동수는 114.4Hz, 3차 진동수는 135.5Hz, 4차 진동수는 172.5Hz이었다. 시험 보드의 경계조건은 한 번이 커넥터에 의해 구속되고, 마주 보는 변의 in-ejector부위가 구속되었으며, 다른 두변은 보드 가이드에 올려져 있는 조건이었다.

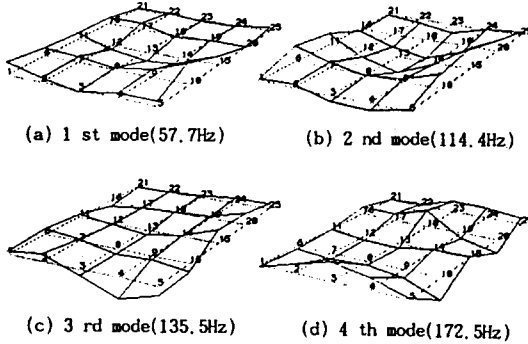


Fig.7 Mode shape of board in subrack

2.2 강제 진동

2.2.1 Jig 설계 및 시험

실제 rack에 실장된 subrack의 조건에서 보드의 강제 진동 특성을 알기 위해 subrack 고정용 jig를 제작하였다. jig는 shaker의 head와 결합되는 원형판, 시험물을 고정하는 박스형 fixture, fixture와 원형판을 연결하는 사각판으로 이루어졌다. jig의 무게는 90kg으로 시험물의 최대 무게를 30kg으로 할때 3배의 무게비를 갖게 설계하였으며, shaker의 제한적인 용량을 고려하여 원형판과 사각판은 알루미늄으로, fixture는 형강을 이용하였으며, 이것의 기본 설계에서는 FEM 상용 코드인 ANSYS4.4A를 이용하여 진동 해석을 하였다. 그림 8은 제작된 jig의 shaker 위에서 공진점 검출 시험도이다. 본 시험 주파수 영역인 10-150Hz의 x,y,z축 시험에서 공진 주파수가 존재하지 않았다. 그림 9-11은 x,y,z축에 대한 jig의 자유단 경계조건을 갖을 때 FRF선도를 나타낸 것이다. x,z축 시험에서는 150Hz 이상에서 고유진동수가 존재하였으나 y축 시험에서는 120Hz 근처에서 fixture의 한 부재에서 진동수가 존재하였다.

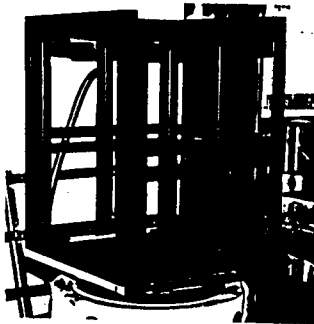


Fig.8 Resonance test of jig

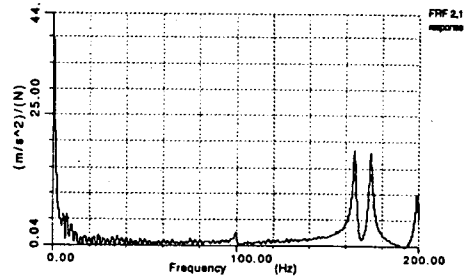


Fig.9 X-direction FRF of jig

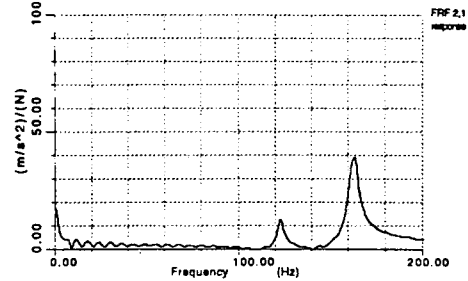


Fig.10 Y-direction FRF of jig

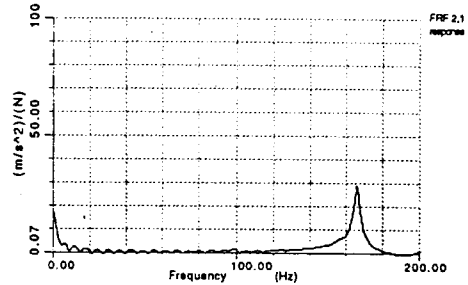


Fig.11 Z-direction FRF of jig

2.2.2 Subrack z축 강제진동

그림8의 jig을 이용하여 subrack의 강제 진동 시험을 수행하였다. 시험에 사용된 장치는 Ling Electronic, Inc.의 진동 시험 장치로 그림12와 같다. Shaker의 head에 subrack이 실제 시스템과 같은 조건으로 jig에 고정되고, jig에 reference accelerometer가 붙여지고, subrack 또는 보드에 전달된 진동의 크기를 감지하는 response accelerometer가 부착된다. 가속도계에 의해 측정된 값은 charge amplifier와 DCS-8000SR controller에 의해 가진 주파수에서 가속도 값으로 나타난다. 시험 setting 조건에 따라 생성된 가진 신호가 power amplifier를 통해 shaker에 전달된다. shaker는 electro dynamic force generator로 냉각을 위한 blower와 air bearing 역할을 하는 air compressor가 있다.

그림 13은 subrack의 z축 가진 시험 장면이다. 시험시 가진 조건은 전자장비 진동 시험에 관한 KS 및 KT(한국통신) 규격에 근거한 10-150Hz의 sine파 진동으로 가속도 레벨은 0.1-0.5g로 sweep rate는 1 Oct/min이다.

Subrack에 MCCA 보드를 비롯하여 실제 사용되는 보드를 완전히 실장하여 subrack의 중앙에 실장된 MCCA 보드의 진동 영향을 시험하였다. MCCA 보드의 중심에 가진 방향과 수

직하게 부착된 가속도계가 감지한 0.1-0.5g의 가진 레벨에 따른 가속도 크기를 주파수 대역별로 그림14에 나타내었다. subrack의 1차 공진인 43-45Hz에서 보드의 진동에 영향을 주고 있음이 나타났으며, 48-49Hz, 76-77Hz, 122-123Hz에서 보드가 진동함을 알 수 있었다. 그림15는 z축 가진 시험과 같은 조건에서 가속도계의 위치만 subrack의 상단에 부착했을 때 subrack의 공진을 주파수 대역별로 나타낸 것이다. 44-45Hz에서 subrack이 처음 공진하였고, 67-68Hz에서 두번째 공진하였다.

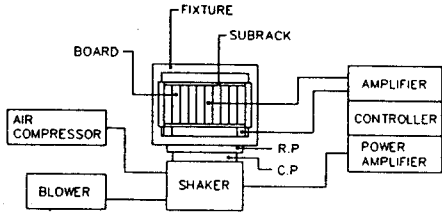


Fig.12 Vibration test system with shaker

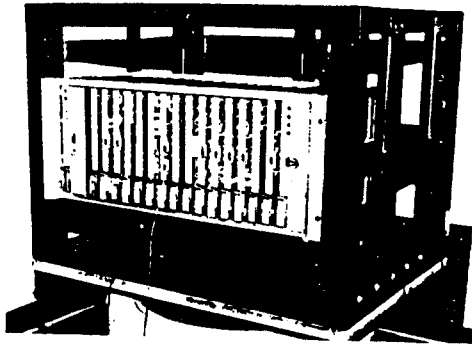


Fig.13 Z-direction vibration test with shaker

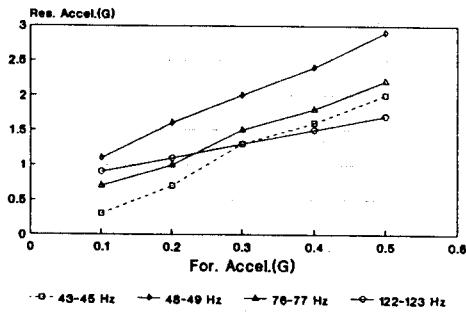


Fig.14 Vibration of board in subrack on z-direction force

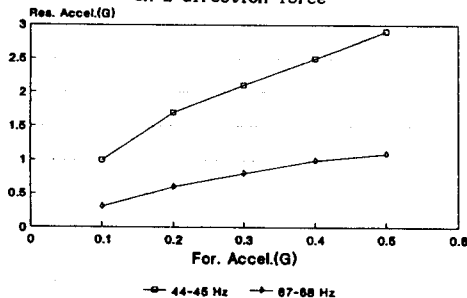


Fig.15 Vibration of subrack on z-direction force

2.2.3 Subrack x축 강제진동

보드의 공진이 일어나는 방향과 같은 방향으로 subrack을 가진하였을 때 보드의 진동 레벨을 시험하였다. 가진 주파수와 진동 레벨은 앞의 z축 가진 시험에서의 값이며, 실장된 보드의 수는 보드의 진동과 subrack의 공진 관계를 알기 위해 MCCA 보드 1장으로 제한하였다.

그림16은 x축으로 가진되는 subrack의 시험 장면이다. Subrack의 중앙에 MCCA 보드가 실장되고 보드의 중앙에 가진 방향과 같은 방향으로 가속도계가 부착되어 보드의 공진과 subrack의 공진에 따른 보드의 가속도 레벨을 감지하게 된다. 이때 특정 주파수 영역에서 보드가 진동하는 가속도 레벨을 가진 레벨에 따라 그림17에 나타내었다. subrack의 1차 공진인 29-30Hz에서 보드도 심하게 진동하였고, 48-49Hz, 73-74Hz, 125-127Hz에서 보드가 진동하였다. 그림 18은 x축 가진에 대한 앞 시험의 경우와 같은 조건에서 보드를 제거하고 가속도계를 subrack의 상단에 부착하였을 때 subrack의 가속도 레벨을 나타낸 것이다. 33-43Hz에서 큰 진폭의 subrack 1차 공진이 발생하였고, 116-117Hz에서 2차 공진이 발생하였다.

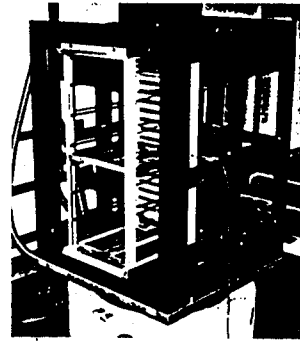


Fig.16 X-direction vibration test with shaker

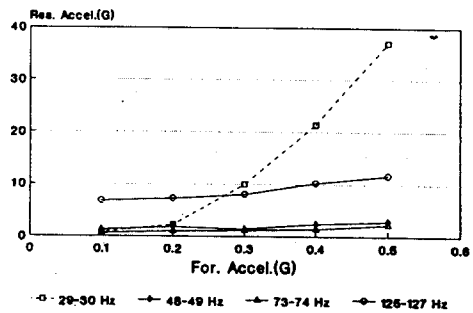


Fig.17 Vibration of board in subrack on x-direction force

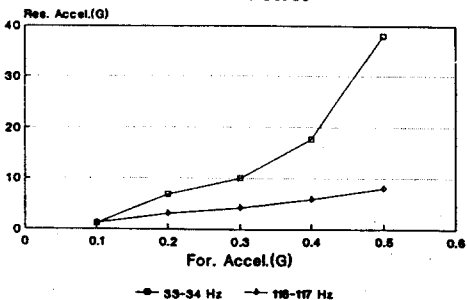


Fig.18 Vibration of subrack on x-direction force

3. 결론

본 연구에서는 실제 사용되는 TDX-10 교환기의 subrack과 보드에 대한 진동 특성이 연구되었다. 보드의 자유단 경계조건과 실제 실장되는 경계조건에서의 고유진동수와 모드 형상이 구해졌으며, subrack의 실장조건이 고려된 jig를 제작하여 실제 시스템이 받게 될 진동 레벨의 가진시험을 수행하였고, subrack과 보드의 진동 전달 특성에 대한 다음의 사항을 알 수 있었다.

1. Subrack에 실장된 보드의 환경시험 주파수 영역(10-150Hz)에 대한 고유진동수는 3개 존재한다.
2. Subrack의 x축 강제진동시, 보드의 1차 고유진동수 보다 낮은 subrack의 1차 공진진동수가 존재하며, 가진력이 증가함에 따라 이 진동수에서의 보드 진동이 다른 주파수에서의 보드 진동 보다 크게 증가하였다.
3. Subrack의 z축 강제진동시, 보드의 1차 공진진동수 보다 낮은 Subrack의 1차 공진이 존재하였으며, 가진력의 증가에 따른 이 진동수에서 보드의 진동 증가는 다른 주파수에서 진동 증가와 비슷하였다.
4. 주파수 영역 10-150Hz에서 subrack은 2번 공진하게 되고, 1차 공진은 보드의 진동에 영향을 미친다.

참고 문헌

- (1) Steinberg, D.S., 1988, "Vibration Analysis for Electronic Equipment," John Wiley and Sons.
- (2) Baker, D.B., 1993, "Estimating the Vibration Fatigue Life of Quad Leaded Surface Mount Components," T. of ASME, J. of Electronic Packaging, Vol. 115, pp. 195-200.
- (3) Baker, D.B., 1990, "Combined Vibrational and Thermal Solder Joint Fatigue-A Generalized Strain Versus Life Approach," T. of ASME, J. of Electronic Packaging, Vol. 112, pp. 129-134.
- (4) Baker, D.B., 1993, "Modeling the Vibration Restraints of Wedge Lock Card Guides," T. of ASME, J. of Electronic Packaging, Vol. 115, pp. 189-194.
- (5) Chang, T.S., 1993, "Component Rearrangement on Printed Wiring Board to Maximize the Fundamental Natural Frequency," T. of ASME, J. of Electronic Packaging, Vol. 115, pp. 312-321.
- (6) Singal, R.K., 1992, "A General Analytical Solution for Free Vibration of Rectangular Plates Resting on Fixed Supports and with Attached Masses," T. of ASME, J. of Electronic Packaging, Vol. 114, pp. 239-245.
- (7) Wong, T.L., 1991, "Experimental Model Analysis and Dynamic Response Prediction of PC Boards with Surface Mount Electronic Components," T. of ASME, J. of Electronic Packaging, Vol. 113, pp. 244-249.
- (8) Lau, J., 1993, "Reliability of Fine Pitch Plastic Quad Flat Pack Leads and Solder Joints under Bending, Twisting, and Thermal Conditions," T. of ASME, J. of Electronic Packaging, Vol. 115, pp. 322-328.
- (9) Pitarresi, J.M., 1993, "A Design Approach for the Systematic Improvement of Support Locations for

- Vibrating Circuit Cards," T. of ASME, J. of Electronic Packaging, Vol. 115, pp. 118-123.
- (10) Pitarresi, J.M., 1991, "The Smeared Property Technique for the FE Vibration Analysis of Printed Circuit Cards," T. of ASME, J. of Electronic Packaging, Vol. 113, pp. 250-257.
- (11) Pitarresi, J.M., 1992, "Comparison of Modeling Techniques for the Vibration Analysis of Printed Circuit Cards," T. of ASME, J. of Electronic Packaging, Vol. 114, pp. 378-383.
- (12) Fluss, H.S., 1994, "Methodology for the Vibration Testing of Connectors," IEEE, pp. 839-844.