

인쇄회로기판 진동이 커넥터에 미치는 영향

허남일*, 김성철*, 송규섭*

(Vibration Test for PCB/Connector Assembly)

(Nam-il Her, Sung-Chul Kim, Kyu-Sop Song)

1. 서론

정보통신 시스템의 고속/고밀도화 요구에 따라 개발되고 있는 ATM(Asynchronous Transfer Mode) 교환기 시스템은 팬을 이용한 강제대류냉각 방식의 채택과 시스템이 설치되는 장소에 따른 여러 환경조건에 의한 진동 문제가 발생될 수 있다. 시스템의 진동으로 인한 피해중 커넥터 접촉부에서 전기적 특성의 변화는 고속으로 전송되는 신호의 왜곡을 유발시킬 수 있어 시스템 개발시 이에 대한 충분한 연구 및 시험이 요구되고 있다.

진동환경에서 커넥터 접촉부는 접촉면의 상대운동으로 인한 접촉저항의 증가와 순간적인 신호전달 중단을 가져오게 되며⁽¹⁾, 특히 PCB/Connector Assembly에서 커넥터 접촉부는 PCB(Printed Circuit Board)의 장착 조건 및 동적 거동에 따라 전기적 특성이 변할 수 있다. 시스템에서 커넥터의 동적 거동을 이해하기 위해서는 PCB를 포함하는 시스템내 여러 요소의 동적 특성 이해와 복잡한 해석과정이 요구되며⁽²⁾, 시스템 개발자는 진동 환경에서 이것의 시험 결과에 따라 커넥터의 사용을 결정해야 할 것이다.

커넥터의 전기적특성 시험법은 IEC⁽³⁾, EIA⁽⁴⁾ 등 여러 국제 규격에 제시되어 있으며, 본 연구의 대상이 된 ATM 교환기 시스템에서 PCB/Connector Assembly의 진동환경에서 접촉저항 측정과 관련된 접촉저항 임계치 및 측정법은 IEEE 규격⁽⁵⁾ 및 Bellcore 규격⁽⁶⁾⁻⁽⁷⁾에 규정되어 있다. Bellcore 에는 주어진 진동시험주기 전후에 IEC 규격의 LLC(R(Low Level Contact Resistance) 측정회로를 이용한 측정법이 규정되어 있고, 냉각팬 및 주위 환경진동이 가해지는 동안의 영향에 대한 시험법은 규정되어 있지 않다.

본 연구에서는 한국통신의 전자장비 운용환경시험⁽⁸⁾ 조건의 진동에서 ATM 교환기 시스템에 사용되는 PCB/Connector Assembly 커넥터 접촉부의 접촉저항 변화와 PCB 진동에 의한 영향을 시험하였다.

2. ATM 교환기용 PCB/Connector Assembly

2.1 구조적 특징

본 연구의 대상이 된 ATM 교환기 시스템용 PCB/Connector Assembly의 PCB 크기는 그림 1과 같이 415 mm(H) x 288 mm(D) x 1.6 mm(T)이며, 재질은 유리섬유 조직으로 보강된 불연 에폭시 수지로 높은 선밀도를 갖는 다층인쇄회로기판이 사용된다. 플러그-인 유니트(Plug-in unit)의 전면부 및 후면부에는 PCB의 휨을 방지하기 위한 스티프너가 장착되며, 전면부의 스티프너에는 플러그-인 유니트의 실/탈장을 위한 In-ejector와 온-보드(on-board) 전원 모듈의 입력전원 on/off 스위치가 부착된다.

플러그-인 유니트의 커넥터 배열은 후면부 스티프너 장착부를 중심으로 모듈형태의 커넥터들이 실장되게 되며, 하단부에는 전원패과의 상호접속을 위한 전원용 커넥터들이 실장되고 상단부에는 신호용 커넥터들이 실장된다. 사용되는 신호용 커넥터는 2 mm의 피치 간격을 기본으로 하는 미터단위의 상호접속 시스템이며, 24개의 신호접점을 수용하는 4열 x 6행의 길이 12 mm의 모듈을 기본블럭으로 접점의 손실없이 커넥터 모듈의 끝과 끝을 인접하여 실장할 수 있는 모듈형태를 갖는다. 고전력 전원 모듈, 미니-동축 커넥터 모듈 및 팅케이블 커넥터 모듈 등 하이브리드 커넥터 모듈 또한 12 mm의 기본블럭 크기를 갖는 신호용 커넥터와 인접하여 실장할 수 있도록 되어 있다.

신호용 커넥터 모듈은 백플레인에 핀(male) 커넥터가 실장되고 플러그-인 유니트에 소켓(female) 커넥터가 실장된다. 소켓 커넥터의 접점은 낮은 삽입력을 유지하도록 이중 빔 접점(dual beam contact) 형상으로 되어 있으며, 커넥터 하우징의 push-fit 썩기(peg) 및 press-fit pin tail에 의하여 플러그인 유니트에 실장된다. 백플레인에 실장되는 신호용 커넥터는 백플레인 PTH(Pin Through Hole)과 커넥터 핀이 금속-대-금속 접촉의 비납땜 접속방식인 compliant press-fit 핀이 사용된다.

*한국전자통신연구소

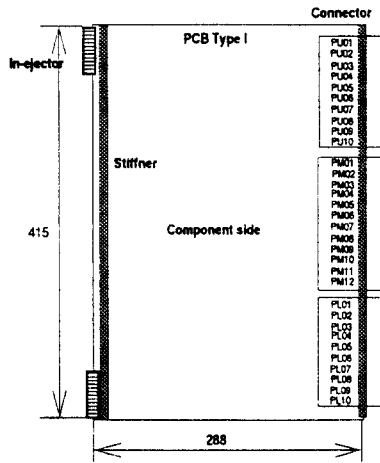


그림 1. ATM 교환기용 플러그-인 유닛 type I

2.2 커넥터 특성

커넥터는 환경, 기계, 전기적인 여러 특성의 시험을 요구하고 있으며 본 연구와 관련된 LLC R 측정법은 전기적 특성시험 중의 한방법으로, 진동환경에서 신호용 커넥터의 접촉저항을 측정하는 것이다. 커넥터의 접점은 Phosphor-bronze 이며, 접촉영역은 니켈 도금후 최소 0.8 mm 두께의 금으로 도금되어 있다. 신호용 커넥터의 접점당 삽입력은 최대 0.7 N 이고 탈장력은 0.2 N 이다. 그림 2는 커넥터에 의해 연결된 백플레인과 PCB에서의 접촉저항 측정점을 나타낸 것이다. 신호용 커넥터핀의 접촉저항 임계치는 표 1과 같으며, 진동시험 전후 접촉저항의 변화값이 10 mΩ 이하 이어야 한다.

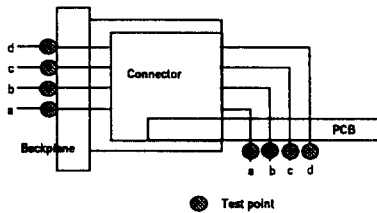


그림 2. 접촉저항 측정점

표 1. 신호용 커넥터의 접촉저항 임계치

위 치	접촉저항 임계치(mΩ max.)
Row a	25
Row b	35
Row c	40
Row d	45

2.3 Bellcore의 측정방법

Bellcore 규격에는 PCB/Connector Assembly의 진동 및 충격시험에 대한 시험법이 제시되어 있으며, 접촉저항 측정값으로 커넥터 핀의 절연피름 파손 상태를 판단하고 있다. 시험장치는 그림 3과 같은 IEC 규격에 제시된 LLC R 측정기를 이용하도록 되어 있다. 시험 과정은 시험편을 T1과 T2 사이에 연결하고 회로에 전진(Forward) 방향과 후진(Reverse) 방향으로 전원을 공급했을 때 측정되는 전류와 전압으로 부터 커넥터 접촉부의 접촉저항을 측정하는 것으로, 측정 시기는 진동과 충격 전후이다.

$$R = |V_f - V_r| / |I_f + I_r|$$

여기서 R=contact resistance in ohms

V_f =forward voltage drop in volts

V_r =reverse voltage drop in volts

I_f =forward test current in amperes

I_r =reverse test current in amperes

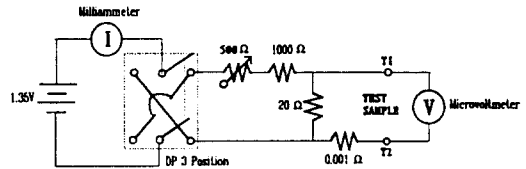


그림 3. LLC R 측정회로

3. 시험장치 및 방법

3.1 시편 및 지그

본 연구를 위해 ATM 교환기에서 사용되는 것과 같은 커넥터가 부착된 베어보드(Bare board) 및 백플레인(Backplane)을 제작하였으며, 실장되는 부품의 질량(Mass) 효과를 위해 베어보드에 알루미늄을 부착하였다. 베어보드의 크기는 415 mm(H) x 288 mm(D) x 1.6 mm(T)이며 재질은 유리섬유 조직으로 보강된 불연 에폭시 수지이다. 백플레인의 크기는 170 mm(H) x 445 mm(D) x 2.4 mm(T)로 설계된 진동시험 지그에 부착되어 실제 시스템에서 보드의 실장조건이 이루어지도록 하였으며, 재질은 베어보드의 경우와 같다. 부품의 Mass 효과를 위한 알루미늄의 크기는 50 mm x 50 mm x 5 mm 이며, 베어보드에 3 x 5 의 배열로 15개를 부착하였다. 보드의 공진주파수에서 이 Mass로 인한 영향은 베어보드의 공진이 커넥터에 미치는 영향 보다 클 것으로 기대된다.

그림 4는 PCB의 실장 조건과 동일하게 제작된 진동시험 지그이다. 지그의 옆면에는 PCB 가이드레일, 뒷면은 백플레인(Backplane)이 부착되어 가진기의 진동이 전달될 때 백플레인에 전달되어 PCB 레벨의 진동시험이 이루어지도록 하였다. 시편에 대한 지그의 무게비가 10 이상이고, 지그의 공진시험 결과 본 연구의 시험 진동주파수 범위(10~150 Hz)보다 큰 200 Hz 이상에서 공진점이 검출되어 본 시험에 적합함을 확인할 수 있었다.

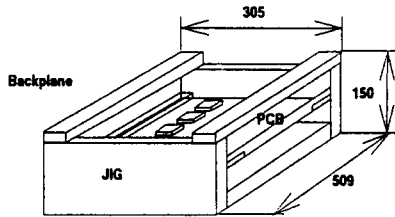


그림 4. 진동시험 지그

3.2 LLCR 회로 구축

PCB/Connector Assembly는 다수의 커넥터로 연결된 구조로 각 위치에 따른 접촉저항의 동시 측정이 요구되어 그림 5와 같이 변형된 LLCR 회로를 다채널로 구성하여 측정에 이용하였다. 이 회로의 IEC에 규정된 LLCR 회로와의 차이는 Forward 방향의 측정 전압에서 T1과 T2사이의 전압(V_2)을 측정하는 것으로 진동중에 발생하는 측정신호의 연속적인 측정을 위해 전류의 방향을 바꾸는 스위치를 제거한 것이다. 그리고 전류 측정을 위해 0.2Ω 의 저항을 연결하고, 이 저항체 양단에 걸리는 전압(V_1)을 측정하여 Milliammeter의 사용을 대신하였다. V_2 과 V_1 에서의 측정 전압으로부터 접촉저항(R)을 구한다.

$$I_1 = V_1 / 0.2$$

$$R = V_2 / I_1$$

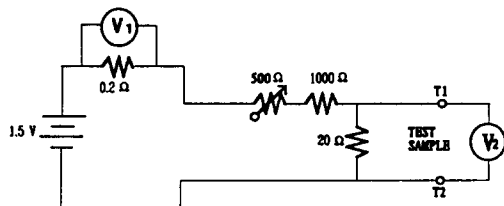


그림 5. 수정된 LLCR 측정회로

3.3 CR 측정

그림 6은 본 연구의 진동실험 장치도이다. PCB/Connector Assembly가 부착된 지그가 가진기(Ling electronic, A395) 위에 고정되고, LLCR 회로에 커넥터 측정점이 연결되며, 이 회로는 다시 Data logger(Fluke, 2286)에 연결되어 진동주기동안 측정 전압을 연속적으로 기록하게 된다. 기록된 전압으로부터 접촉저항을 계산한다.

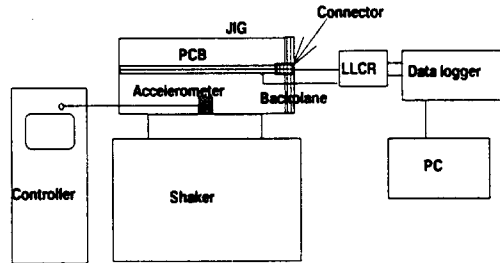


그림 6. PCB/Connector Assembly 진동실험 장치도

커넥터의 접촉저항 측정점은 총 5개로 위치는 다음과 같다.

- PU01-c열-3행
- PU01-a열-6행
- PM05-d열-3행
- PM10-a열-2행
- PM10-c열-6행

본 진동 시험은 한국통신의 품질표준서-4101에 규정된 교환전송설비 운용환경 진동시험 조건에 따라 수행되었다. 품질표준서에는 시스템에 대해 정현파 진동으로 10~150 Hz, 0.1 g, 1 oct/min, 3축으로 각각 40분 진동시험도중 또는 시험후 정상동작 해야한다고 규정하고 있다. 본 시험은 보드레벨의 진동시험으로, 가진기의 진동방향을 PCB의 공진방향과 일치시켜 40분 동안 1 g, 10~150 Hz의 정현파가 5회 sweep될 때 PCB 공진에 의한 접촉저항의 변화를 시험하였다. 이때 진동가속도값을 1 g로 한 이유는 PCB/Connector Assembly대한 진동환경에서 커넥터 접촉저항 측정시 시스템에서의 전달률을 10으로 가정하여 시험하도록 규정된 Bellcore의 시험법을 따른 것이다.

4. 시험결과

4.1 PCB 고유진동수 측정

먼저 본 시험에 사용된 PCB의 실제 실장되는 조건에서 진동특성을 알기 위해 ZONIC FFT를 이용하여 진동시험을 수행하였다. 표 2는 본 시험에 사용된 PCB의 고유진동수를 정리한 것으로, 진동시험 주파수범위인 150 Hz 내에서 4개의 고유진동수가 존재함을 알 수 있었다. Mass가 부착된 보드의 경우 베어보드에 비해 질량 증가로 인해 1차 고유진동수가 낮게 측정되었다. 그림 7은 베어보드의 FRF선도이고, 그림 8은 질량이 추가된 베어보드의 FRF선도이다.

표 2. PCB 고유진동수

구 분	고유진동수 (Hz)			
	1st	2nd	3rd	4th
Bare board	44.3	73.2	91.1	105.2
Bare board with mass	32.5	57.2	108.5	126.2

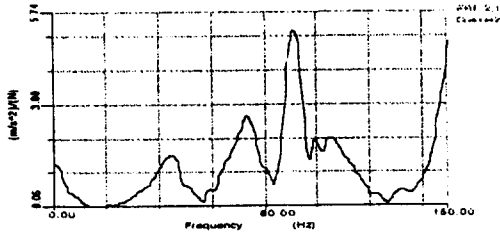


그림 7. 베어보드의 FRF선도

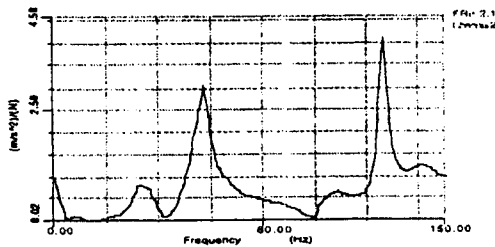


그림 8. 질량이 추가된 베어보드의 FRF선도

4.2 CR 측정결과

진동가속도를 시스템에서의 전달률을 10으로 가정하여 1 g로 하고 PCB의 진동방향에 대해 정현파를 주파수 범위 10~150 Hz, 1 oct/min의 속도로 40분 동안 가진될 때 총 5개 측정점에서 접촉저항이 측정되었다. 진동이 10~150 Hz로 sweep될 때마다 보드는 4개의 고유진동수에서 공진

현상이 발생하여 가진기의 진동가속도보다 큰 진동이 커넥터에 전달되는 것이 관찰되었다. 표 3은 한국통신의 교환전송설비 운용환경 진동시험 조건에 근거한 PCB레벨의 진동시험 동안 커넥터 접촉저항의 변화를 나타낸 것이다. 모든 측정점에서 IEEE규격에서 제시한 임계치 이하의 접촉저항이 측정되었고, 접촉저항의 변화량(ΔCR)이 질량이 추가된 베어보드의 PU01-a열-6행 측정핀을 제외하고 10 m Ω 이하였다. 베어보드에 질량이 추가된 경우 접촉저항의 변화량이 질량이 추가되지 않은 경우에 비해 크게 나타났다고, 이로부터 PCB의 질량 증가는 커넥터 접촉저항의 증가를 유발시킬 수 있다는 것이 예측되었다.

그림 9는 베어보드의 경우, 측정점 PU01-a열-3행, PM05-d열-3행, PM10-c열-6행에서 진동전 약 3분과 진동후 1분의 측정치를 포함하여 총 44분 동안 5초 간격으로 측정된 접촉저항의 변화를 나타낸 것이다. 핀의 열에 따라 접촉저항값이 차이를 보이고 있지만 모두 임계치 이하이고, 변화량도 5 m Ω 이내이다.

그림 10은 질량이 추가된 베어보드의 경우, PU01-a열-3행, PM05-d열-3행, PM10-c열-6행에서 진동전 약 1분과 진동후 1분의 측정치를 포함하여 총 44분 동안 5초 간격으로 측정된 접촉저항의 변화를 나타낸 것이다. 모든 측정점에서 접촉저항 측정치는 임계치 이하로 진동이 가해지는 동안에도 커넥터핀은 안정된 전기적특성을 갖고있음을 알 수 있다.

표 3. 접촉저항 측정값

종 류	측 정 위 치	접촉저항(m Ω)			비 고
		최소	최대	ΔCR	
Bare board	PU01-c열-3행	17.7	20.0	2.3	
	PU01-a열-6행	9.5	12.9	3.4	
	PM05-d열-3행	24.4	29.1	4.7	
	PM10-a열-2행	9.4	14.0	4.6	
	PM10-c열-6행	16.5	21.0	4.5	
Bare board with mass	PU01-c열-3행	13.5	21.8	8.3	ΔCR 초과
	PU01-a열-6행	9.7	24.3	14.6	
	PM05-d열-3행	21.8	30.8	9.0	
	PM10-a열-2행	15.5	22.6	7.1	
	PM10-c열-6행	14.4	22.7	8.3	

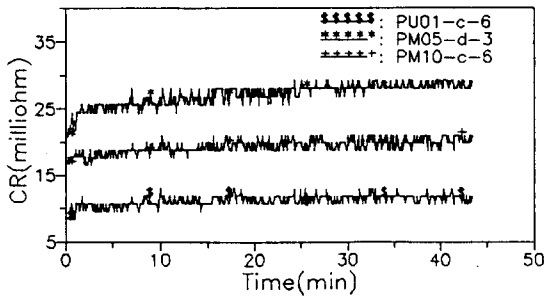


그림 9. 배어보드의 접촉저항 변화

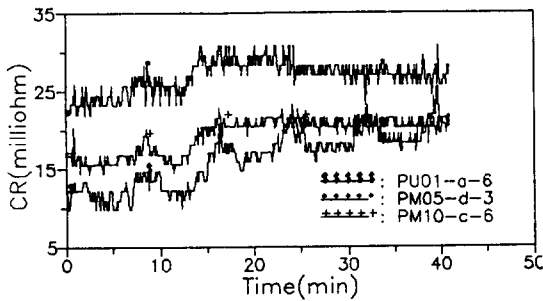


그림 10. 질량이 부가된 배어보드의 접촉저항 변화

5. 결론

본 연구에서는 한국통신의 전자장비 운용환경 진동시험 조건에서 ATM 교환기용 PCB/Connector Assembly의 커넥터 접촉저항을 측정하였으며, 다음의 결론을 얻을 수 있었다.

1. PCB 설계시, 부품의 고밀도 실장과 방열판의 과다 사용은 전체 보드 무게를 증가시켜 보드의 고유진동수를 저하시킨다.
2. ATM 교환기용 PCB/Connector Assembly에 대한 운용환경 진동시험 결과 측정된 커넥터 접촉저항값은 IEEE 규격의 규제치 이하로서 진동시험에서 안정된 전기적특성을 갖고 있다.
3. 배어보드에 질량을 부가시킬 경우 PCB 공진시 커넥터로의 에너지 전달이 증가하여 접촉저항의 변화가 질량을 부가하지 않은 배어보드의 경우보다 크게 나타났고, 이것으로부터 PCB의 지나친 질량 증가는 커넥터 접촉저항의 증가를 유발시킬 수 있다는 것이 예측된다.

참고문헌

- (1) Fluss, H.S., 1994, "Methodology for Vibration Testing of Connectors", IEEE, Transactions on Parts, Hybrids, and Components, pp. 839-844.
- (2) Steinberg, D.S., 1988, "Vibration Analysis for Electronic Equipment", John Wiley and Sons, New York, pp. 130-205.
- (3) IEC 512-2 Standard, 1985, "Electromechanical Components for Electronic Equipment; Basic Testing Procedures and Measuring Methods" pp. 13-21.
- (4) EIA 364-23A Standard, 1985, "Low Level Contact Resistance Test Procedure for Electronic Connectors".
- (5) IEEE P1301 Standard, 1990, "Detailed Standard for a Metric Equipment Practice for Microcomputers Using 2mm Connectors and Convection Cooling", pp. 59-61.
- (6) Bellcore TA-NWT-001273, 1992, "Generic Requirements for Separable Electrical Connectors Used in Telecommunications Hardware", pp. 41-62.
- (7) Bellcore TR-NWT-000063, 1993, "Network Equipment-Building System (NEBS) Generic Equipment Requirements", pp. 19-23.
- (8) 한국통신 품질표준서-4101, 1988, "전기통신설비의 환경 및 환경시험 요구조건", pp. 11-13.