

EMC 대책 • 설계 보고서



한국전자진흥협회
부설 EMC기술지원센터



1. 제품사진

- 제품 좌,우면



그림 1. 제품 좌,우면도

- 제품 분해

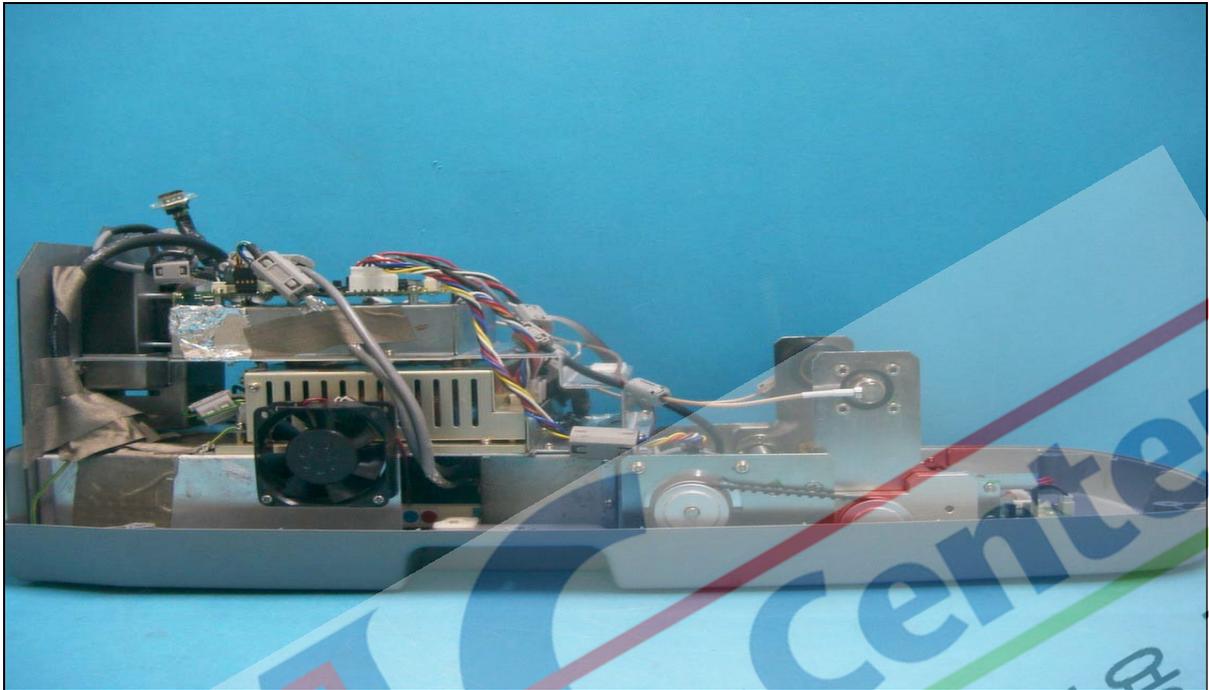


그림 2. 제품의 커버를 제거한 상태



2. 제품의 기술적 사양

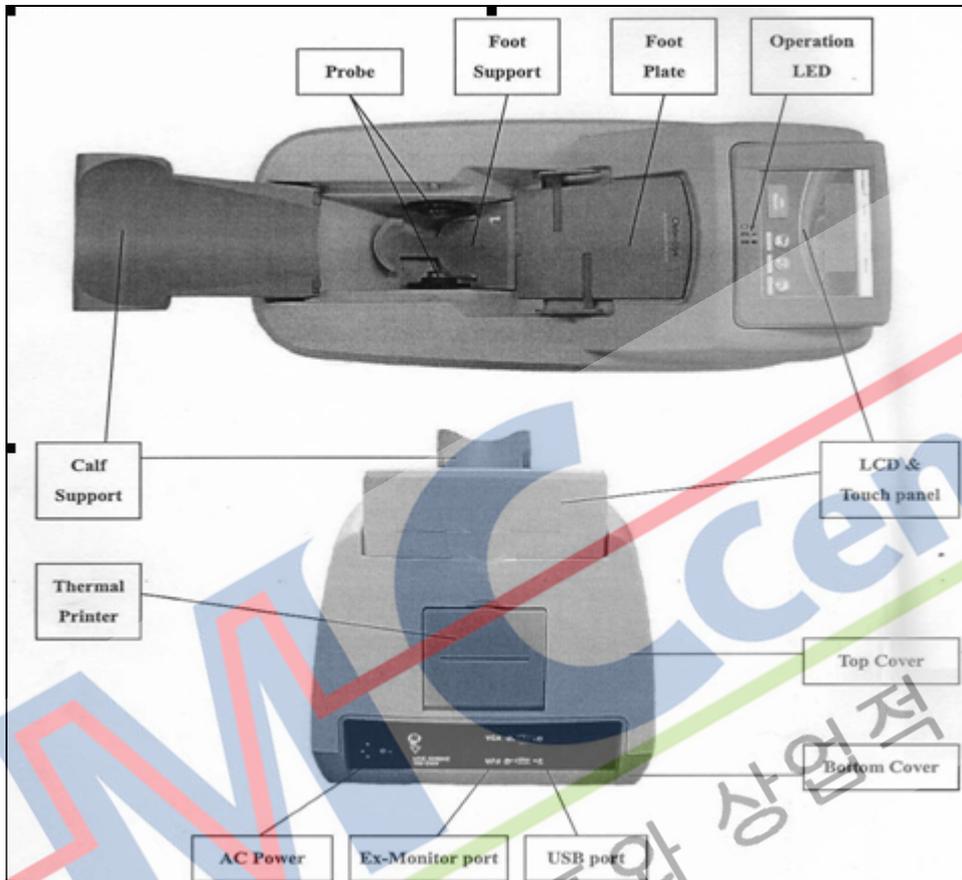
- 전원 : AC IN(100 -240Vac 50/60 Hz).
- 비디오 : VGA
- 초음파 : 0.5 MHz
- USB 포트

본 제품은 0.5 MHz 의 초음파를 사용하여 뼈의 밀도를 측정하는 기기로서 의료를 목적으로 제작된 제품이다.

내부에 PC를 탑재하고 Windows 시스템에 기반을 두고 만들었으며 측정된 데이터를 다른 화면으로 연결하여 자세히 볼 수 있도록 VGA 포트를 장착하고 있으며, 또한 외부 마우스나 키보드 등의 외부 장치와의 연결을 위해 USB 포트 또한 제공하고 있다.

이러한 제품의 유럽 수출을 위해서는 CE 마킹을 득해야 하며 그러기 위해서는 EN 60601-1-2 (의료용 기기에 EMC 규격)에 의거한 시험을 적용 받는다. 본 제품의 경우 PCB 보드 설계 시 신호선을 간결하게 처리하고 내층 및 외층에 넓은 Ground를 확보하여 노이즈를 감쇄 하기에 충분하도록 아주 잘 설계하였으며, 튼튼한 외장 실드와 안정된 전원을 사용하고 있어 EMC적으로 우수한 제품임을 알 수 있었다.

2.1 제품의 사양 및 동작 원리



측정 대상자의 다리를 상단부 발 지지대에 올려 놓은 후 양 옆에서 초음파를 발사 투과 시킨 후 그 결과를 헤드 부분의 모니터를 통해 알 수 있도록 동작 시킨다. 그 결과는 VGA 을 통하여 다른 모니터에서도 관찰할 수 있도록 하였으며 USB를 통하여 다른 장치에 데이터 전송 및 저장도 가능하도록 제작되었다.

2.2 제품의 블록도

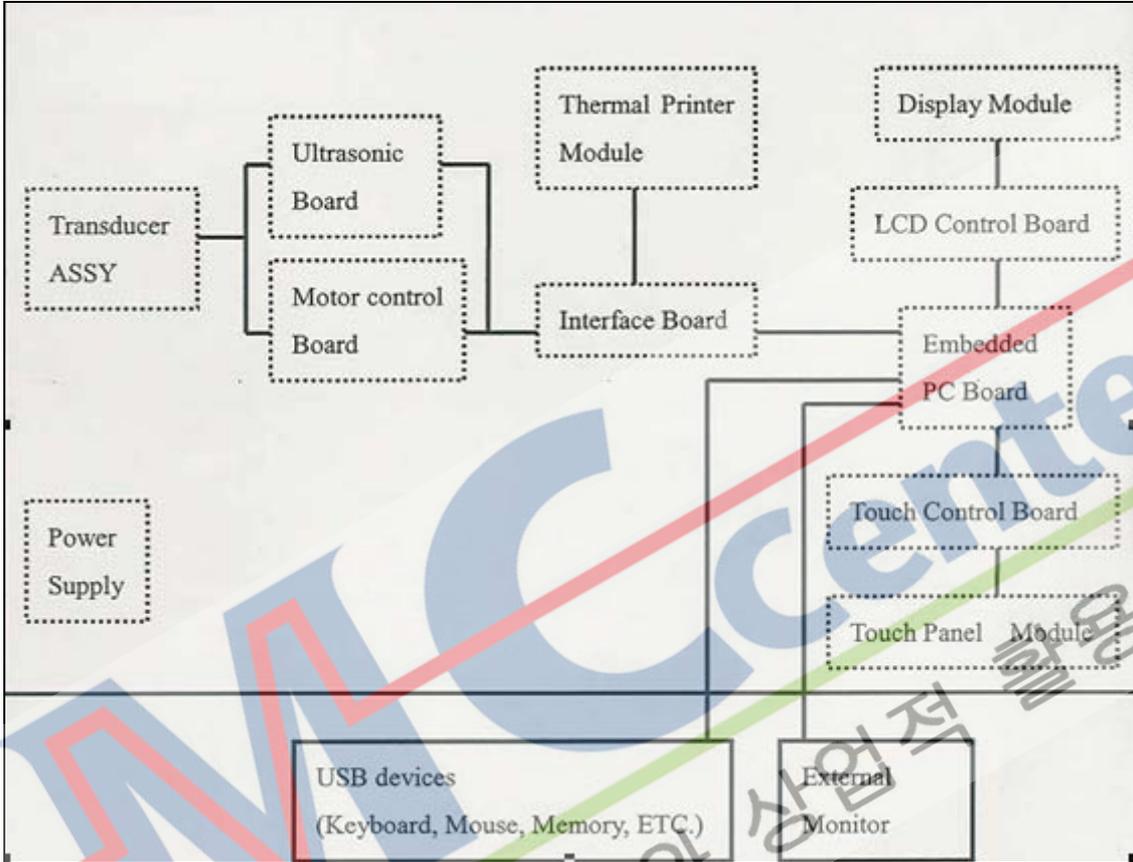


그림 3 제품의 블록도

2.3 PCB 구조 및 회로도 사양

- PCB 구조

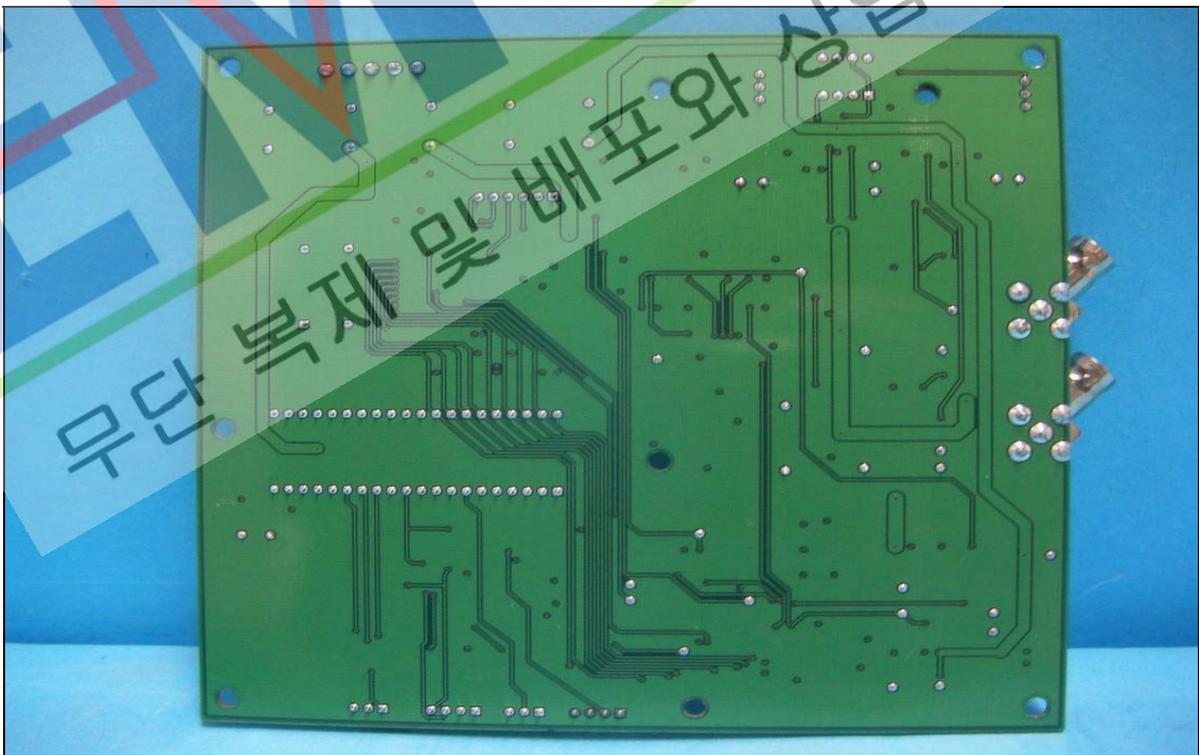
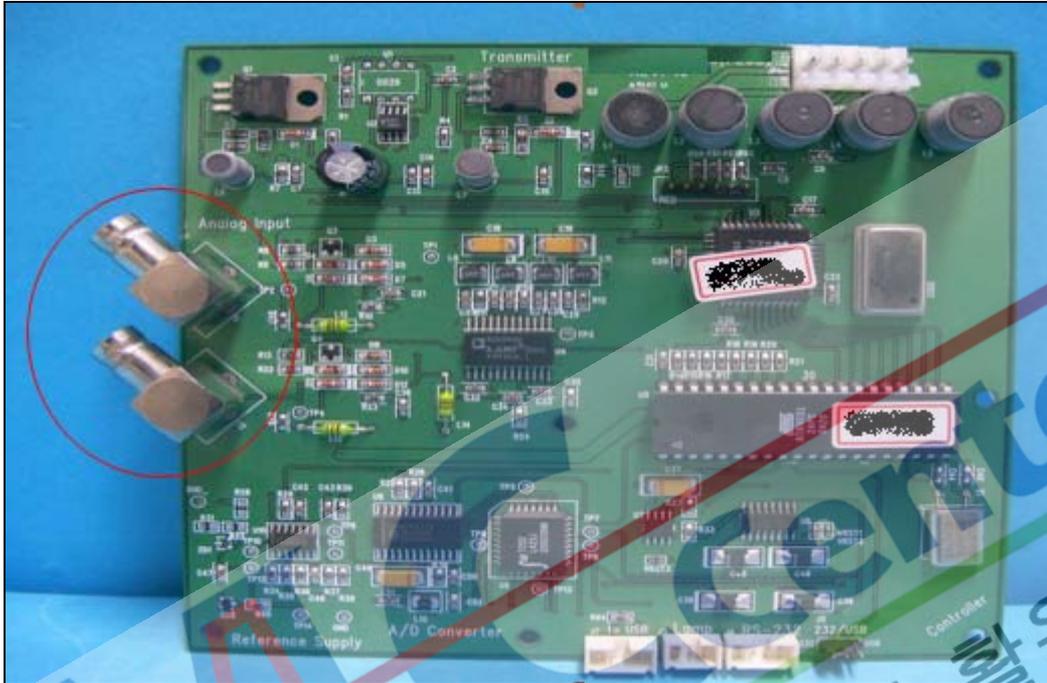


그림 4. 초음파 보드 전, 후면

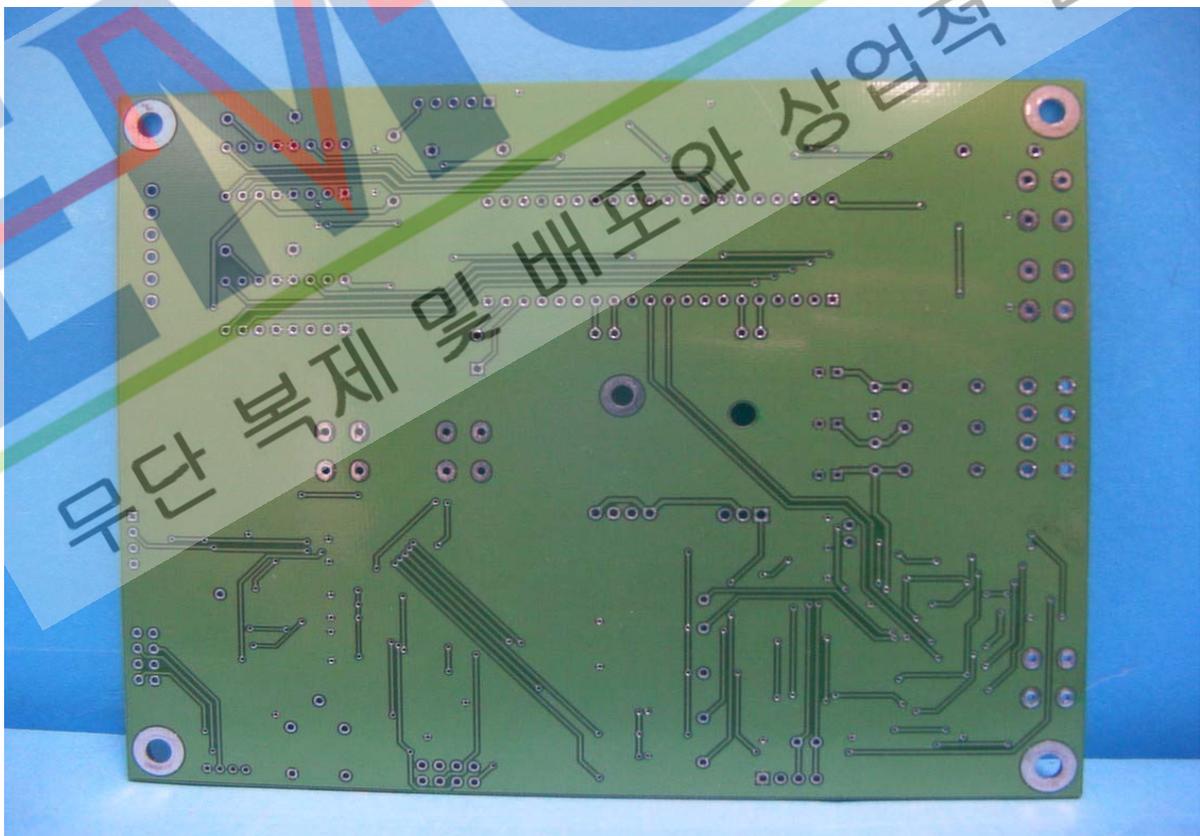
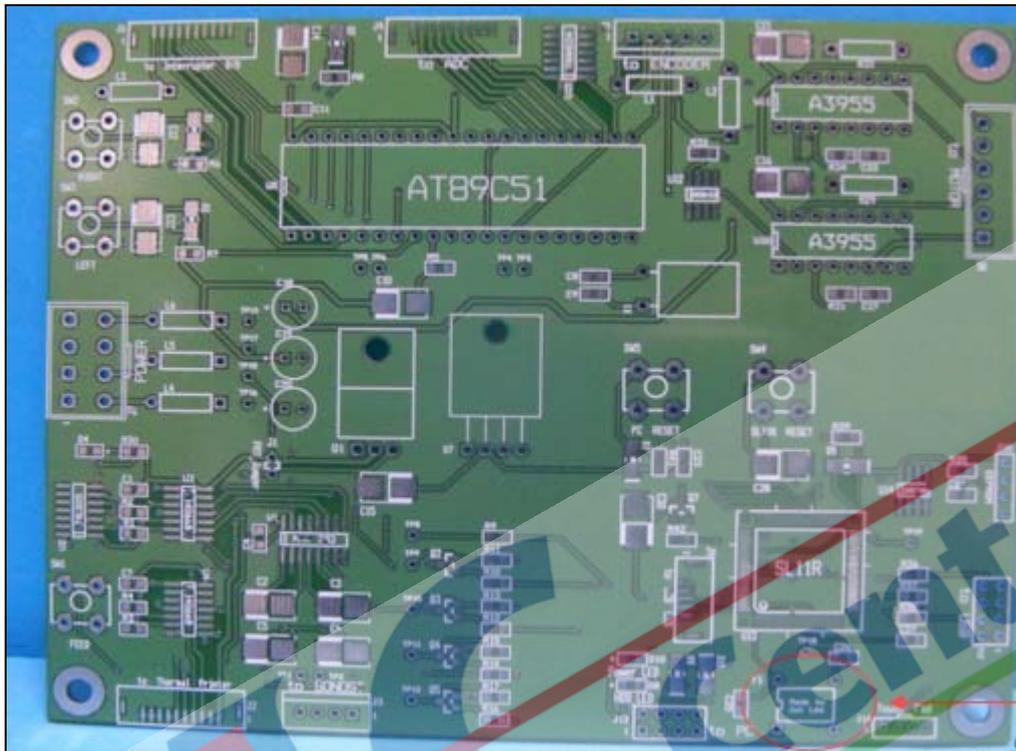


그림 5 컨트롤 보드 전,후면



3. 전자파 문제 사전 검토 및 문제 제기

본 골밀도 측정기는 크게 5부분으로 이루어진 복잡한 구조를 가지고 있다.
5부분을 열거 하자면 다음과 같다.

1. PC 메인보드
2. 전원부
3. 초음파 발생 및 모터 제어부
4. 마이크 컨트롤부
5. 디스플레이부

5부분중 1,2,5번은 직접 제작한 게 아니어서 대책 순위 중 후 순위로 정하였다.

3번 초음파 발생 및 모터 제어부는 좋은 차폐를 사용하고 있으며, PCB 구조 또한 전자파적으로 안정되게 설계 되어 있으나 케이블 연결부가 차폐 밖으로 나와 있어 차폐효과를 감소 시키고 있다.

4번 마이크 컨트롤부는 48 MHz의 클럭과 USB 케이블, 영상신호 케이블 등 케이블이 많아 전자파 발생의 좋은 경로를 제공하고 있다.

또한 전체적으로 너무 많은 케이블들이 사용되고 있어 케이블에 의한 전자파 대책이 시급함을 알 수 있다.



4. 노이즈/EMC 문제 분석

4.1 초기 제품의 시험결과

- 그림 6 참조

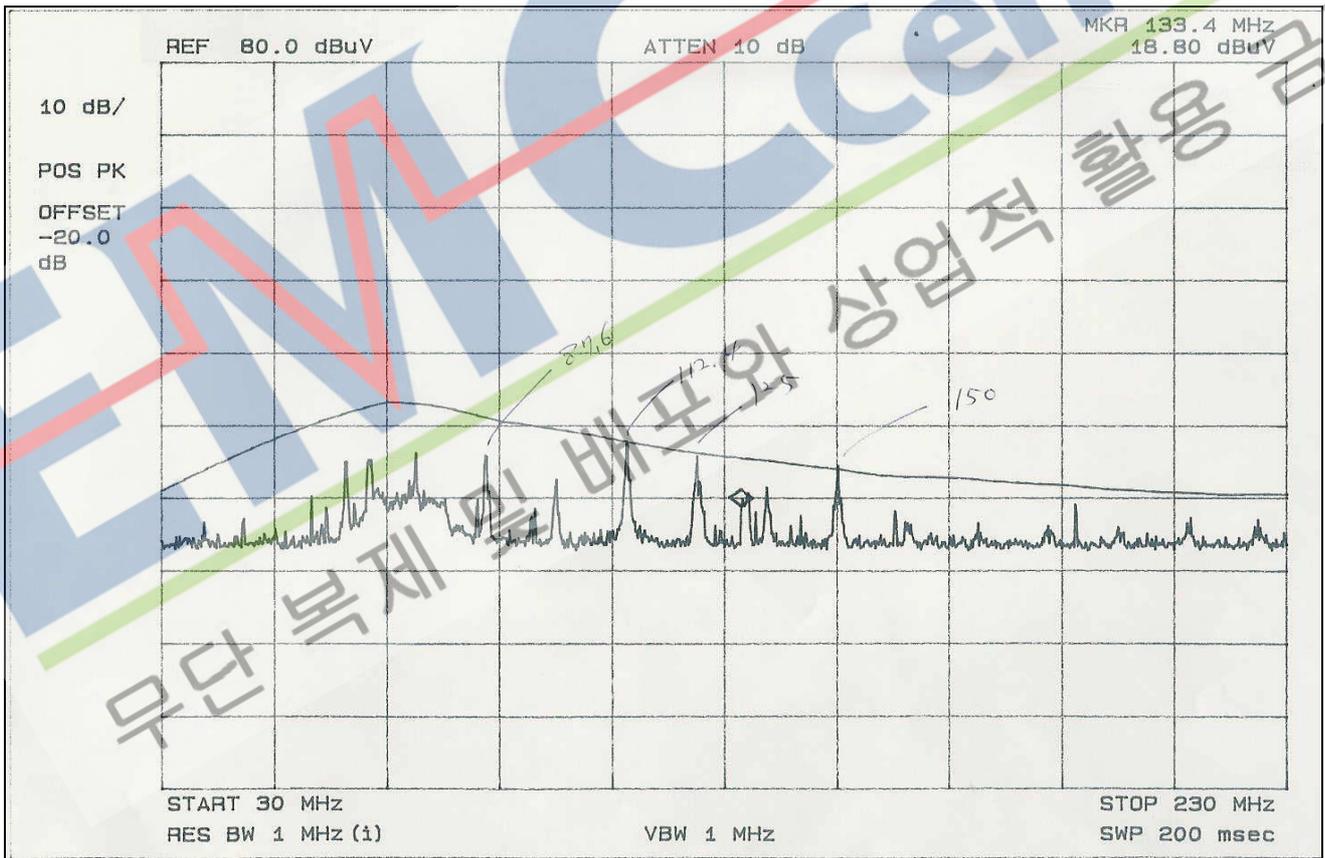
4.2 각 Sub-System별 동작조건에 따른 시험결과

- 초음파를 발생하여 골밀도를 측정하는 모드에서 시험을 진행하였음.

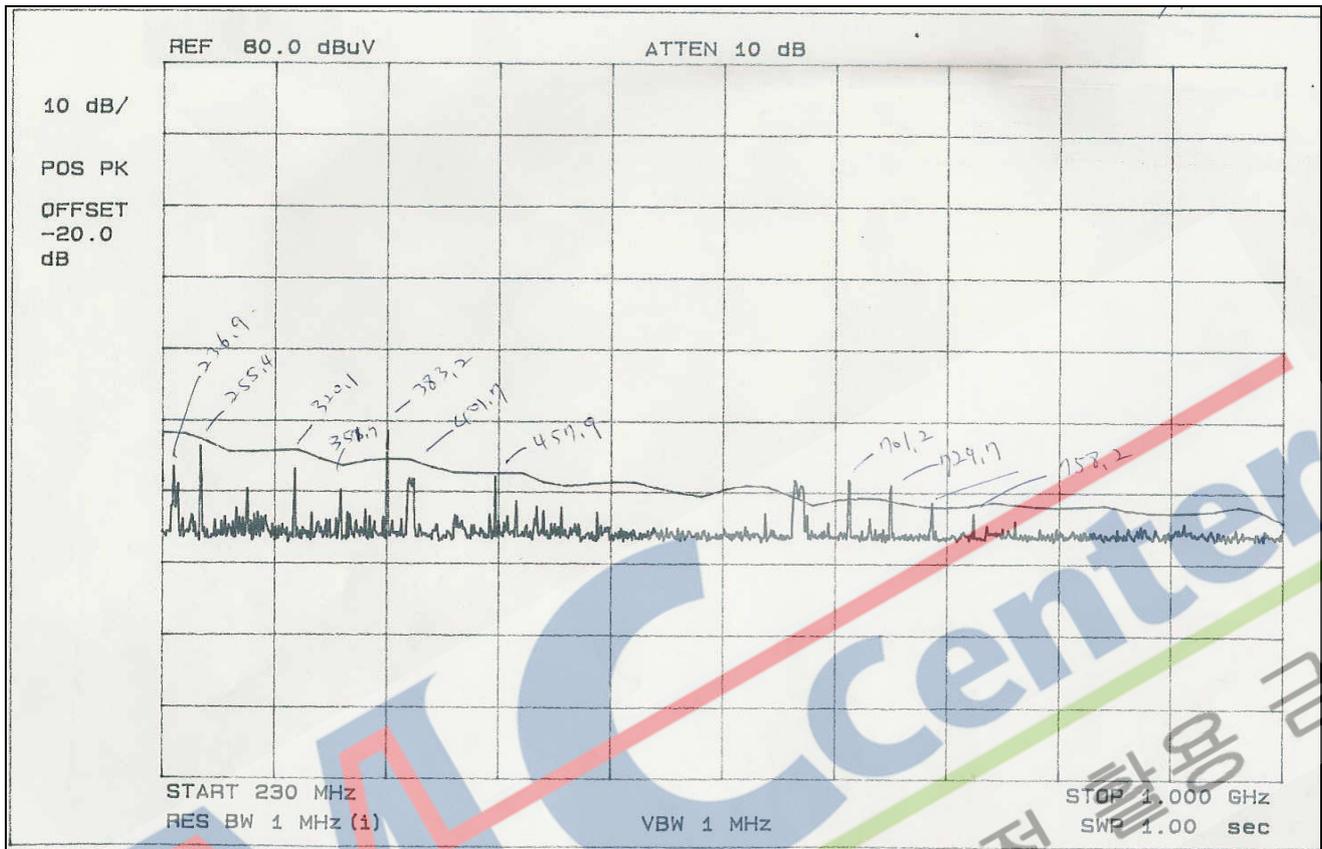
4.3 소스원 분석

- Pre-Test 시험결과 분석에 따른 각 Sub-Part별 노이즈 소스원 분석

1) 초기 Data



30Mhz - 230Mhz



230Mhz - 1Ghz

그림 6. 초기 측정 결과

초기 시험 결과 30MHz에서 230MHz 에서는 전체적으로 안정된 특성을 보이고 있으나, 데이터를 보면 112MHz, 125MHz, 150MHz 의 클럭성 노이즈가 약간 노 마진 상태임을 알 수 있다. 230MHz 에서 1GHz 사이의 데이터도 전체적으로 안정된 특성을 보이고 있으나, 383 MHz 와 701 MHz, 729MHz, 758MHz 의 클럭성 노이즈가 제한치를 넘어서고 있음을 알 수 있다. 이러한 클럭은 앞에서 언급하였던 48 MHz 마이크 콘트롤부의 클럭과 내부 PC의 메모리 클럭 등이 케이블을 통하여 외부로 방출되고 있음을 확인하였다.

- 시스템 차폐효과에 의한 노이즈 현상 분석

: 본체 내부의 주요 PCB에 대해서는 금속 차폐물을 사용하여 전체적으로 노이즈의 방사를 억제하고 있으나 케이블을 통한 방사가 주류를 이루고 있다.

- 기타 사항

: 전원 자체의 노이즈는 상당히 양호하나 출력 전원을 공급하는 전원선이 노이즈 방사에 영향을 주고 있다.

4.4 Coupling 노이즈 분석

- CLK Oscillator 의한 노이즈와 그 밖에 Coupling현상에 의해 발생하는 노이즈 분석

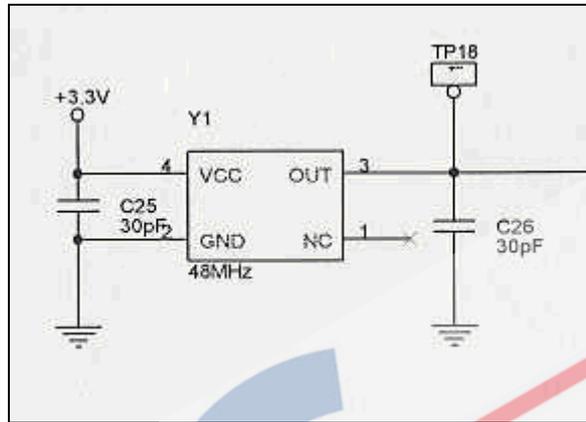


그림 7. 발진 회로

상기 회로에서 보듯이 마이크 컨트롤부의 48 MHz 발진기가 아무런 차폐없는 PCB에 마운팅 되어 있어 이 클럭의 체배 주파수가 노이즈 방사에 영향을 주고 있다.

4.5 기타 노이즈 분석

- 기타 노이즈가 발생할 수 있는 소스원 분석

이 제품의 경우는 케이블에 대한 대책이 주요한 방향임을 알수 있다.

방사를 일으키는 소스는 내부 회로에 있으나 그 주요한 매개경로인 케이블이 너무 많아 차폐효과를 무력하게 할뿐 아니라 방사를 위한 안테나의 역할을 하고 있다.

5. EMC를 고려한 설계·대책 및 결과

5.1 회로 부품 추가 사항

- 1) Clamp Filter
- 2) Shield Form
- 3) Conductive Tape

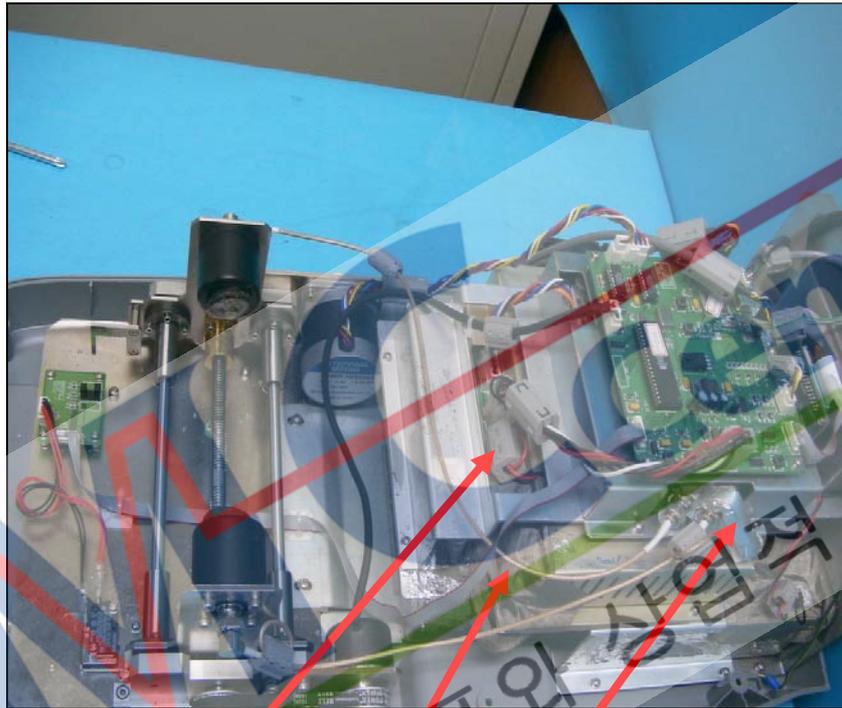
5.2 System 측면의 추가 및 수정사항

- 변경사항에 대한 EMC 관련 근거 제시

: 케이블 등에 손쉽게 삽입하여 쓸 수 있는 Clamp Filter의 특성

5.3 제품의 시험결과 전·후 사진

5.3.1 시험 후 사진



1 2 3

- 1 : 각 케이블에 Clamp Filter 삽입
- 2 : 오픈된 차폐에 Conductive Tape 부착
- 3 : 모터제어 케이블 연결부에 Shield Form 사용

5.4 시험 후 설계·대책 변경 안에 대한 설명

내부 PC, 전원부는 아웃 소싱한 관계로 회로나 PCB에 대한 대책을 할 수 없다는 의뢰인의 요청에 따라 제한된 조건하에서 전자파 대책을 진행해야 하는바, 그 중 내부 사용 주파수의 하모닉 주파수 방사에 주요 매개 경로인 케이블에 다음과 같은 장점을 고려, Clamp Filter를 삽입하여 EMC 대책을 진행키로 하였다.



Clamp Filter의 장점

- 특별히 회로적인 변경을 하지 않아도 된다.
- PCB 변경 또한 필요하지 않다.
- 제품의 기능에 아무런 영향도 주지 않으면서 새로운 부품 삽입으로 인한 영향이 없다.
- 간단하면서 탁월한 효과를 보인다.
- 회로나 대책점에 대하여 완전 아이솔레이션이 되기 때문에 임피던스 매칭 등 회로적 커플링으로 인한 2차적 문제가 없다.

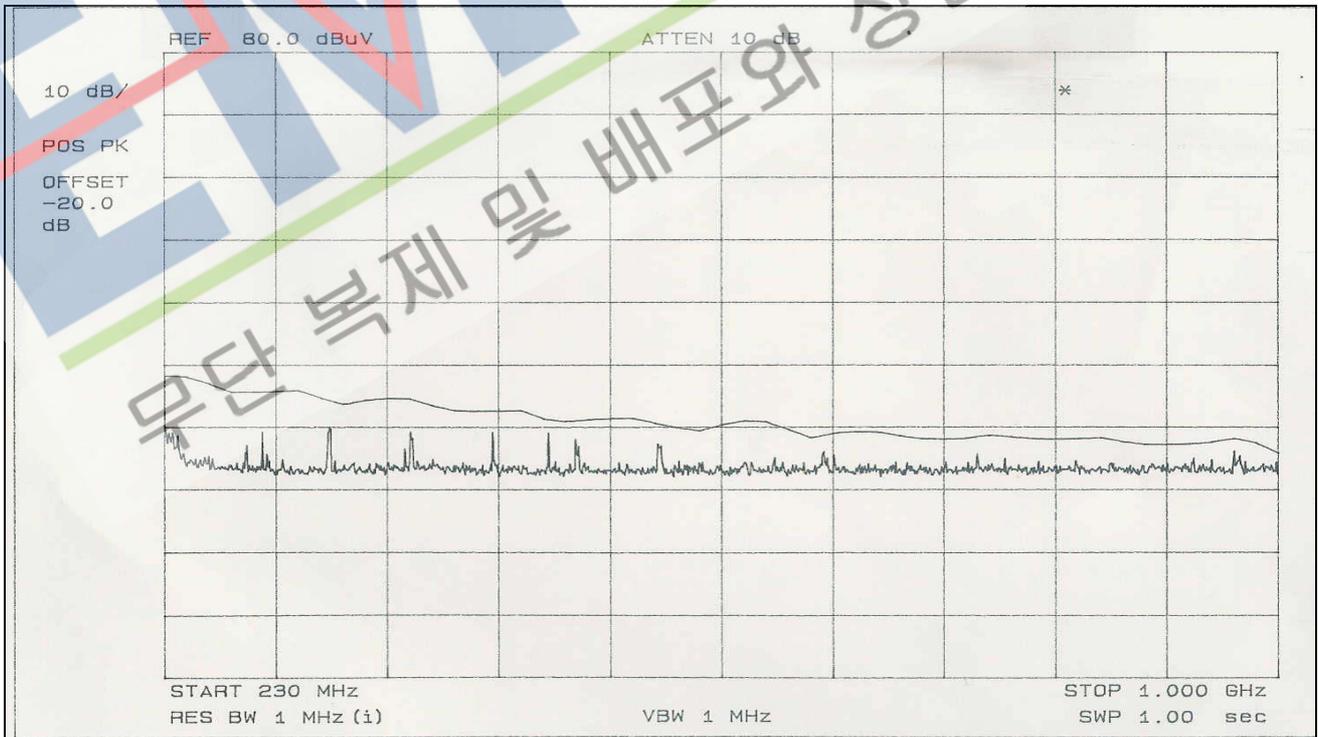
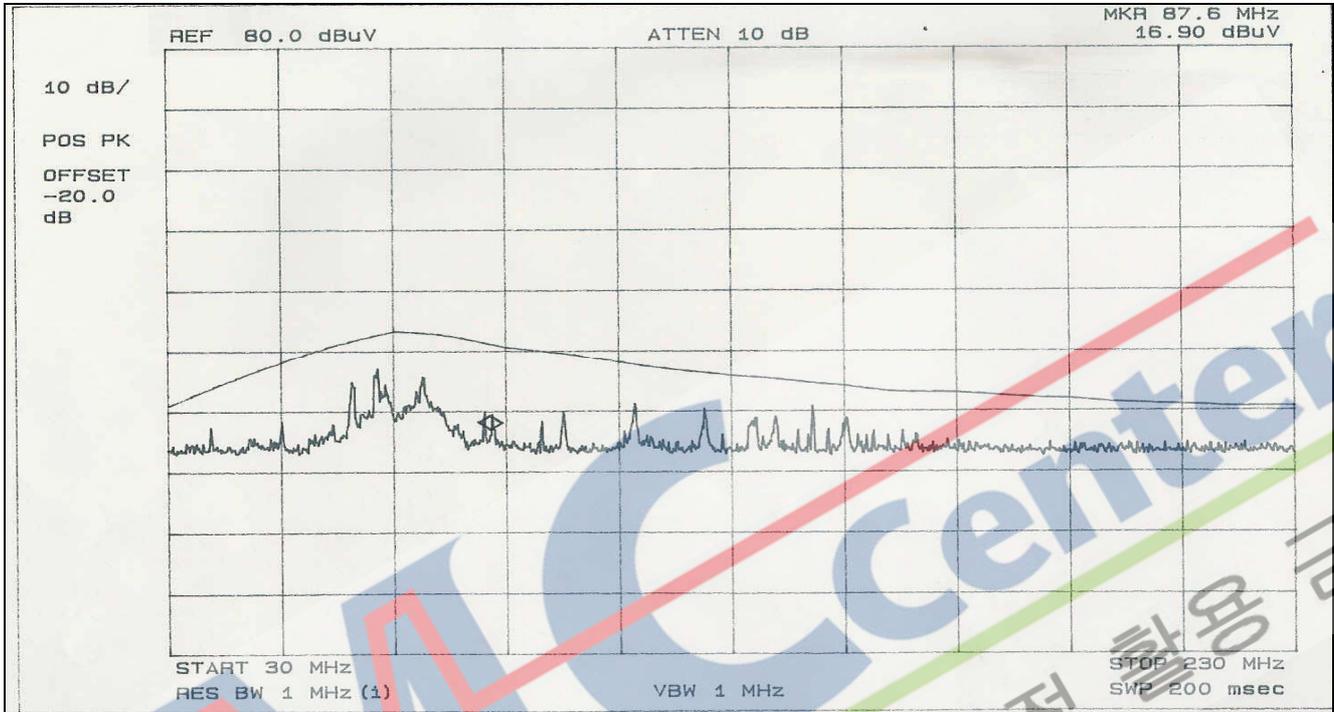
또한, 오픈된 실드로 인하여 방사되는 부분에 전도성 테이프를 적용하여 실드를 보강하였다. 특히, 모터 컨트롤부의 컨넥터간 접지 보강을 위해 Shield Form을 사용하여 접지를 강화 시켜 노이즈의 방사를 억제 하였다.

그 결과 상당수 방사하던 사용 주파수의 하모닉 방사 성분을 모두 제한치 이하의 노이즈 특성이 좋은 제품을 만들 수 있었다.



6. 시험에 따른 설계·대책 측정결과 및 분석

6.1 설계·대책 후 데이터



7. 설계·대책 Design Rule

PCB 에서 발생하는 EMI 의 주요 원인이 되는 노이즈 현상에 대해 기술한다. EMI 방사는 PCB 시스템 내의 부품과 부품들 사이에 신호전송을 위한 트레이스 패턴, 그리고, 기구 또는 다층 구조 PCB 가 가진 자체 공진에 기인한다. 이것은 PCB 설계자가 PCB 를 디자인할 때 EMI/EMC 를 미처 고려하지 못하여 생기는 결과라 할 수 있다.

이러한 EMI 방사를 일으키는 노이즈 현상은 두 가지로 요약할 수 있는데, 전송선로간의 임피던스 부정합에 의한 반사파에 의해 발생하는 전도성 노이즈와 도전성의 경로가 없는 가까운 선로 사이에서 발생할 수 있는 유도성 노이즈 현상으로 볼 수 있다.

제품의 복잡성은 처리속도와 그 밖의 다른 요소들에 따라 변한다. 제품이 복잡할수록 RF 에너지를 방출할 가능성이 높고 또한 RF 에너지의 영향을 받기 쉬워진다.

PCB 에서의 EMI 문제가 발생했을 때, 이를 설명하는 단순한 모델에는 3 가지 요소가 있다.

- (1) 에너지의 발생원
- (2) 이 에너지에 의해 혼란을 일으키는 수용체
- (3) 발생원과 수용체간의 결합 경로

EMI 에 의한 방해가 존재하기 위해서는 이 세 가지를 모두 만족시켜야 한다. PCB 에서의 EMI 문제를 해결하기 위해서는 RF 방해의 발생원을 최대한으로 제거하는 PCB 를 설계하는 것이 가장 경제적인 접근 방법이다.

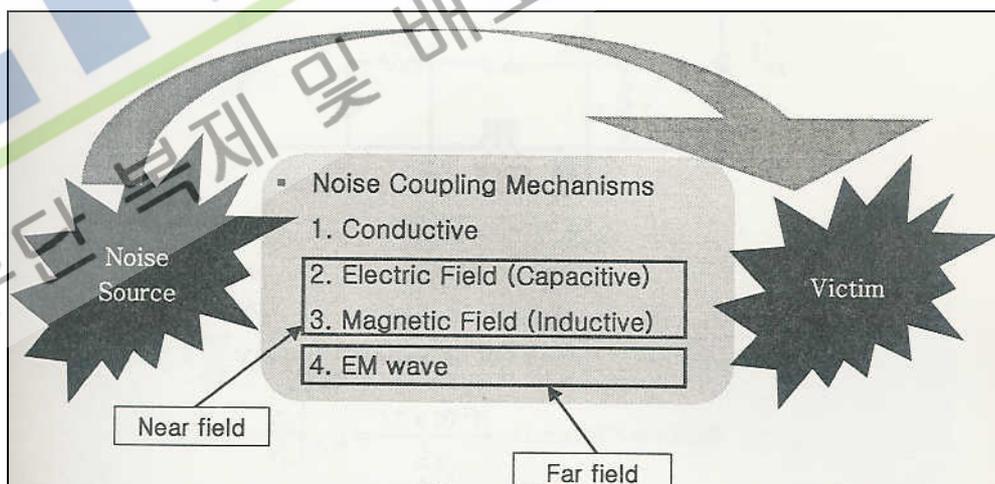


그림 8 EMI 발생의 문제 요소

7.1 케이블링

어떤 전자 기기가 그 기기 자체로는 전자파적으로 적합하게 설계되었을지라도 이 기기가 다른 장치 또는 기기와 케이블을 통하여 연결된다면 케이블을 통한 불요 전자파가 발생되어 그 적합성이 의심 받게 되는 경우가 비일비재 하다.

케이블은 일반적인 회로 부품보다 길고, 표면적 등 치수도 상당히 크다. 그러므로 이 케이블은 의도치 않은 전자파를 발생하기도 하고 또한 쉽게 노이즈를 받아들이기도 한다. 이로 인하여 선간 누화 또는 고속의 전기 신호에 대한 안테나 역할로 인해 많은 전자파적 애로 사항을 만들고 있다. 아래에 케이블에 의한 전자파적 영향을 실험한 그림을 보인다.

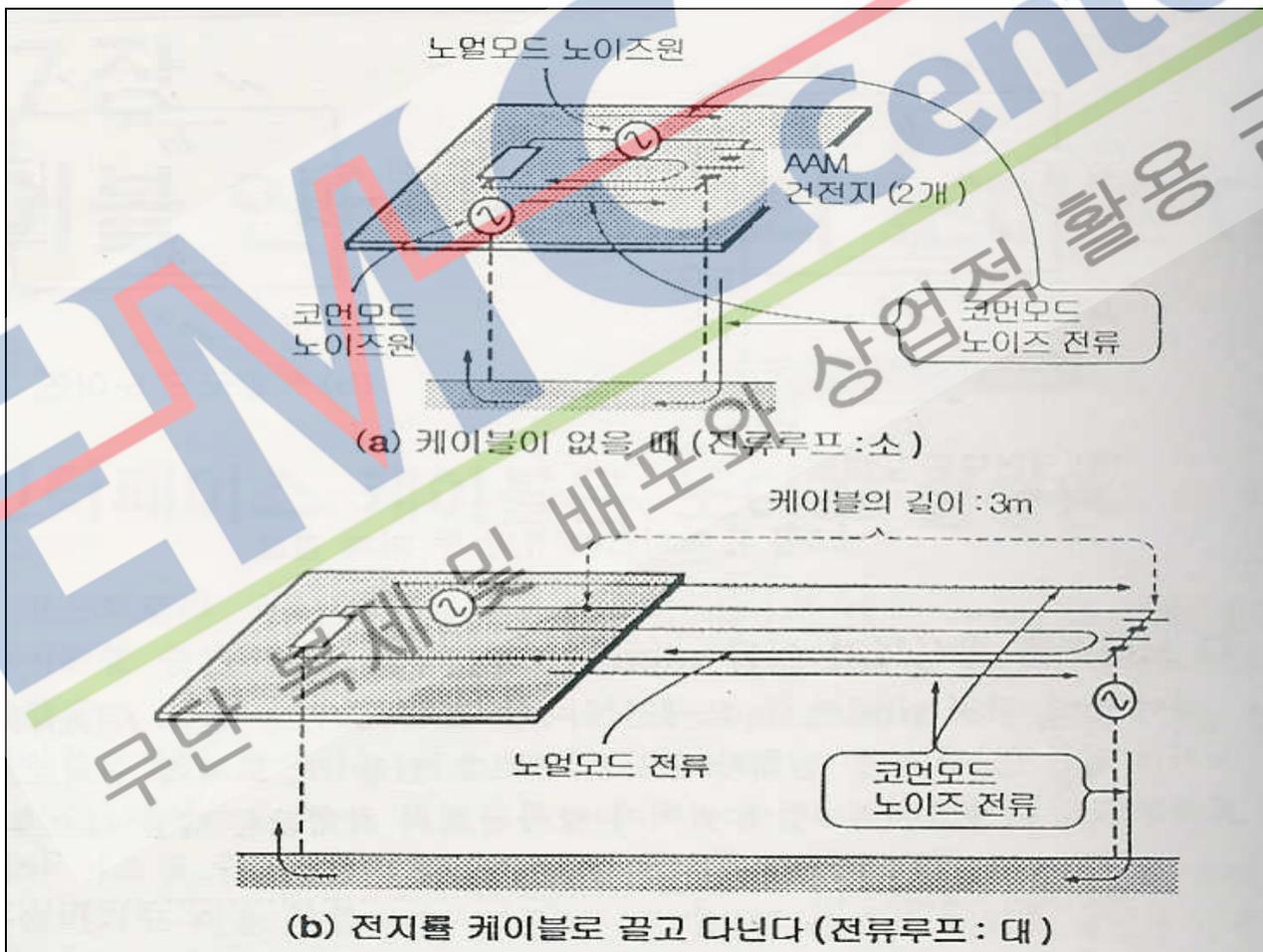


그림 9. 케이블의 길이에 따른 방사량 측정 방법의 예

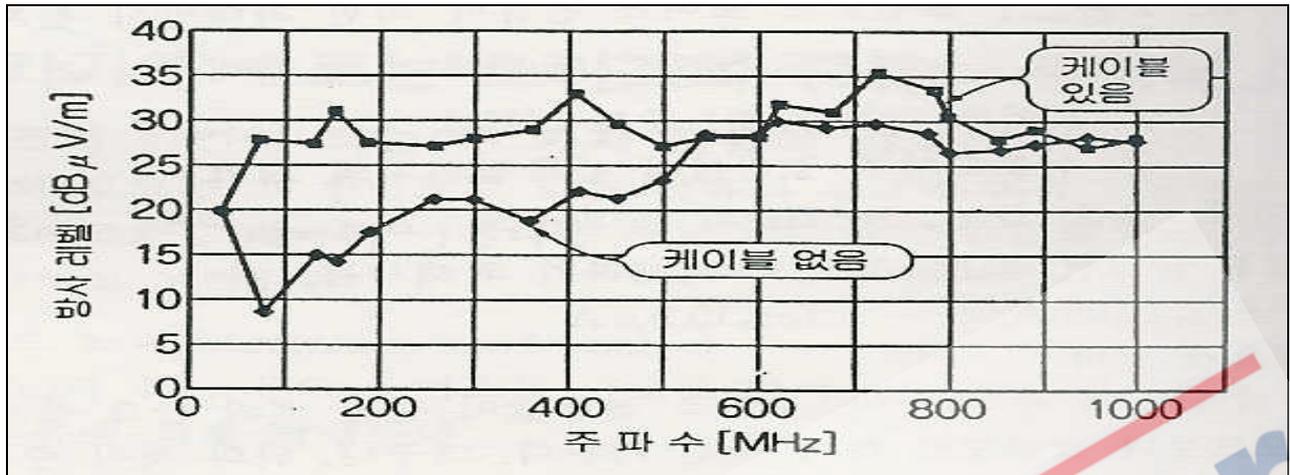


그림 10. 케이블 길이에 따른 전자파 측정 결과

위의 예에서 보듯이 케이블을 길게 늘이면 CM 및 DM의 전류 루프가 늘어나게 되고 예상치 않은 부분에서의 유도성 및 용량성 결합에 의해 노이즈가 유기 되기 때문에 큰 차이의 값이 측정되었다.

그러므로 제품 개발시 케이블이 연결되는 곳의 실드 Shell의 접지 연결 및 실드선 적용, 회로 내에서 코먼모드 초크 코일 등 적당한 방법으로 대책을 세우는 것이 노이즈 발생에 효과적인 대응책이다.

7.2 DESIGN Rule

Design Rule	내용	비고
Clamp Filter	EMI의 방사중 특히 선에 유기되어 방사하는 노이즈는 선에 클램프 필터를 삽입하여 그 에너지를 필터에서 소모시켜 방사량을 감소 시킨다.	
차폐 구조	PCB나 부품에서 방사되는 EMI 에너지를 외부로 방출 되지 않도록 적당한 두께 (Skin effect 에 의거 산정)의 금속체로 PCB와 회로를 감싼다.	



<p>각종 선의 처리</p>	<p>회로간 인터페이스를 위해 사용하는 선들은 가장 최적의 위치를 찾아 고정 시켜 불필요한 노이즈가 생기지 않도록 한다.</p>	
<p>신호 입력단</p>	<p>신호 입력단에 차폐구조물 적용으로 주변 회로에 유도방지와 출력단에 감쇄용 부품적용.</p>	
<p>RC Low-Pass Filter</p>	<p>데이터 라인에서 RC low-pass 필터에서 C값 또는 R 값을 조절하여 노이즈 성분을 저감 시킬 것(임피던스 고려)</p>	
<p>EMI 대응 PCB설계</p>	<p>Main Chip IC의 Vcc단에 근접 위치에 ceramic, electrolytic capacitor를 우선 배치 적용한다.</p> <p>양면PCB 설계 시에 부품면과 동박면의 Ground처리는 Thru-Hole의 분포를 균일하게 하고 최대한 다점으로 처리 / 중요한 접지처리는 Frame Ground 와 Main Chip Ground를 가능한 넓은 면적으로 연결한다.</p> <p>Signal, Data, Clock Line은 최대한 근거리로 선로를 연결하며 굵고 짧은 Pattern으로 처리하되 부득이한 경우 회로의 주파수를 감안하여 적절한 Multi-layer suppression Inductor (Chip Beads)를 특성에 부합하는 부품을 적용한다.</p> <p>Ground 와 Ground간에 존재하는 전압 및 임피던스를 최대 최소화하는 PCB설계가 원가 절감 및 쉽고 효율적인 노이즈 감쇄 및 신호의 흐름을 원활하게 하는 PCB설계</p>	



8. 종합적인 기술지원 내용 분석

종합적으로 본 제품에 대한 기술 지원은 다음과 같다.

- 초음파 제품의 CE 인증을 위한 규격 내용 전달.
- 제품의 EMI적 사전 시험 진행
- EMI 방사원 (Noise Source) 지적 및 방사 경로 파악
- EMI 방사 노이즈 대책
- 정전기 시험등 CE 인증을 위한 여타의 시험 진행 및 결과 판단
- EMI 부품 선정 및 사용법 설명

이중 EMI 대책은 아웃 소싱된 전원과 메인보드로 인해 회로를 보존한 상태에서 대책을 강구 해야 되는 어려움이 있었다.

이렇게 제한된 범위 내에서 노이즈의 주요 원인이면서 전달 경로인 케이블에 대하여 큰 효과를 볼 수 있는 Clamp Filter를 적용하였고 실드 보강을 위해 전도성 테이프 등을 사용하여 문제시된 부분의 EMI 노이즈를 대책할 수 있었다.

9. 향후 제품설계에 반영되어야 할 방향

본 제품은 향후 케이블 및 인터페이스 부분에 대한 PCB Pattern에서의 대책을 본문에서 추천한 방법 중 알맞은 것을 선택하여 적용하면 EMI 방사 문제 등 노이즈 대책에 부합하는 제품을 만들 수 있을 것이다.

신규로 개발 되는 제품에 대해서는 본문의 디자인 가이드에 따른 내용을 충실히 적용하여 제품 원가를 낮출 수 있도록 해야 하며,

차폐는 오픈되지 않도록 설계 하여야 하며 케이블은 가능한 실드선을 사용할 것을 권장한다.

Digital 고주파수의 신호를 다루는 제품에서는 부품의 특성 및 EMI에 대한 Guide 를 준수하는 PCB Lay-out를 유지하기를 적극 추천한다.