

논문 2012-49-12-33

차량용 무선 비디오 시스템 내 EMI 노이즈 개선 방안

(Improved Design Method of a EMI(Electro Magnetic Interference Noise for Wireless Video System in Vehicle)

강 은 균*

(Eun Kyun Kang)

요 약

본 논문은 EMI(Electro Magnetic Interference) 잡음의 주된 원인인 각 회로의 임피던스 부정합, 고속 데이터 인터페이스 그리고 PCB(Printed Circuit Board) 상에서 전원/접지 구조에 의한 불안정 잡음을 주파수 대역별로 분석하여 각 원인별 잡음 개선 방안을 제시하였다. 또한 이를 통해 무선 비디오 데이터를 전송하는데 사용되는 차량용 무선 비디오 스트림 시스템 설계방안을 제안하였다. 잡음 개선 방안으로 회로 신호의 임피던스 정합과 PCB 라인의 내층 설계, 전원/접지 구조 개선을 통해 시스템의 잡음 개선을 수행하였다. 구현된 시스템은 EMI 규제에 따라 각 대역에서 40[dBuV/m]와 47[dBuV/m]내로 잡음 개선을 하였다.

Abstract

In this paper, we analyzed various noise in the video stream system that have largely influence on EMI noise. We presented the remedy for these various noises and then designed the wireless video streaming system for a vehicle. To minimize EMI noise, we derived the improvement of noise characteristic from impedance matching, new design of the inner layer of the PCB line design and new design of high-speed data Interfaces. As a result, the final system showed 40[dBuV/m] and 47[dBuV/m] dB in the each regulation band.

Keywords: Wireless video system, EMI Noise, Impedance Matching, Noise Reduction

I. 서 론

무선 통신 시스템의 지속적인 발전으로 많은 기능을 포함하여 제품의 성능 최적화가 매우 복잡하다. 제품의 크기가 줄어 휴대성은 좋아졌으나, 작은 공간에 다양하고 많은 부품들이 공존하게 되어 잡음, 사용시간, 소프트웨어 동작등 문제점이 많이 증가 하고 있다. 복잡한 기능을 가진 소자들을 통합하여 원칩화 하고, 그 통합 칩 형태로 제품화된 여러 가지 통합 칩들이 한정된 PCB(Printed Circuit Board)에 삽입되어 설계를 하게 된다. 이러한 칩들이 개발되면서 칩 내에서 각종 잡음

이 발생되고, 다른 기능들의 통합칩 에서 발생하는 잡음들이 다른 칩에 유입되어 시스템 내의 성능을 열화시키고 외부로 방사되어 타 전자 기기에 영향을 미치게 된다. 시스템 내 유기되는 잡음은 무선 통신 시스템의 경우 무선 송수신 성능에 많은 영향을 미치게 된다. 특히 그 잡음의 양은 수신 시스템에서의 감도 열화 정도를 보고 알 수 있다.

시스템 내의 잡음은 주로 임피던스 부정합, 전원/접지 구조에 의한 불안정 현상^[1], 클럭 주파수, 데이터 라인의 고속화^[7, 10] 등으로 인한 불필요한 신호 발생 등의 여러 원인들이 복합적으로 나타나 분석하기 어려운 형태로 나타난다. 또한 잡음 저감 후 대량 양산 하는 제품의 경우에도 일률적이지 않은 노이즈가 발생하고 노이즈 개선에 많은 어려움을 겪는다. 본 논문에서는 노이즈

* 정회원, 광운대학교 전자공학과
(Department of Electronic Engineering,
KWANGWOON University)

접수일자: 2012년9월13일, 수정완료일: 2012년11월22일

즈 발생 원인을 분석하고 양산성에 적합하도록 노이즈 개선 방법을 제시하여 차량용 무선 비디오 스트림 시스템 성능을 최적화 하였다.

II. 시스템 내 노이즈

시스템에서 잡음 발생은 전도와 방사 형태로 나눌 수 있으며 다음과 같은 기본적인 원리로 발생하게 된다.

1. EMI 잡음 발생

키르히호프의 법칙에는 제 1 법칙인 전류의 법칙과 제2 법칙인 전압의 법칙이 있는데, 전류의 법칙은 임의의 폐회로 내에서 유입되는 전류와 유출되는 전류가 같다. 이 법칙은 모든 전류는 부하에서 소모되어 전류는 0[A]으로 그라운드를 통해서 원소스로 전달된다는 의미이다^[5]. 이 때, 그라운드는 0[ohm] 임피던스를 유지 하는 것으로 가정한다.

실제 시스템은 그라운드가 0[ohm] 임피던스가 되지 않기 때문에 전위차가 발생하게 된다. 이것은 PCB (Printed Circuit Board)의 내의 기생 성분들에 기인하게 되며, 그림 2와 같이 나타내어 질 수 있다. 그라운드의 최적 임피던스상태는 0[ohm]이어야 전위차가 발생되지 않는다. 그라운드에서 기생성분에 의해 전위차가 발생하는데 이것을 공통모드(common mode) 전압이라 한다.

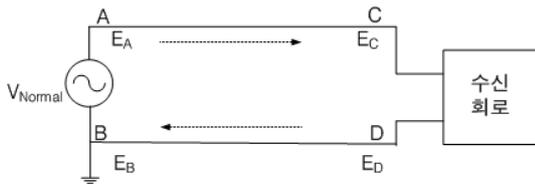


그림 1. 회로에서의 전류 경로
Fig. 1. The current path for ideal circuit.

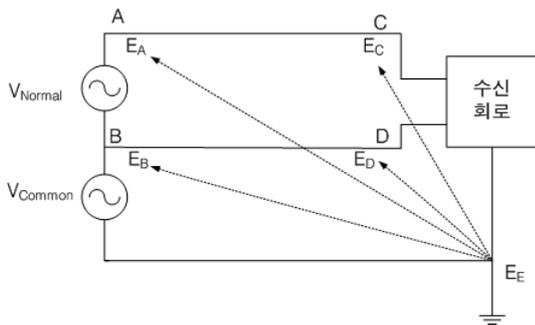


그림 2. 실제 회로에서의 전류의 경로
Fig. 2. The current path for the real circuit.

이 전압에 의해 전류가 흐르게 되고 다른 경로로 침해를 하거나 불요파로 생성되어 외부로 방사하게 된다.

EA에서 ED의 전압은 EE 를 기준으로 하여 측정하며 다음과 같이 정의를 할 수 있다^[2].

$$E_{A-B} = E_A - E_B \tag{1}$$

$$E_{C-D} = E_C - E_D \tag{2}$$

여기서,

E_{A-B} : A점과 B점 간 전압

E_{C-D} : C점과 D점 간 전압

회로에서 A점과 B점 간의 전압 = 0이어야 한다. 일반적으로 $E_A \neq E_B$ 일 때 A점과 B점 간의 전압 E_{A-B} 은 정상 모드 전압이라고 하고 E_B 는 공통 모드 전압이라고 한다. 공통 모드 전압은 불필요한 전압으로 발생하지 않아야 하며, 이 전압이 발생함으로써 각종 잡음을 야기 하게 된다.

2. EMI 잡음 분류

잡음의 방사 형태는 다음 두 가지의 커플링의 형태로 분류한다^[3, 6].

1) 용량성 커플링(Capacitive coupling)

도체간 거리가 가까울 경우 발생된 부유용량(Stray Capacitor)에 의해 인접한 회로의 전압레벨, 주파수, 스위칭 시간, 강한 신호 레벨 등이 전달된다.

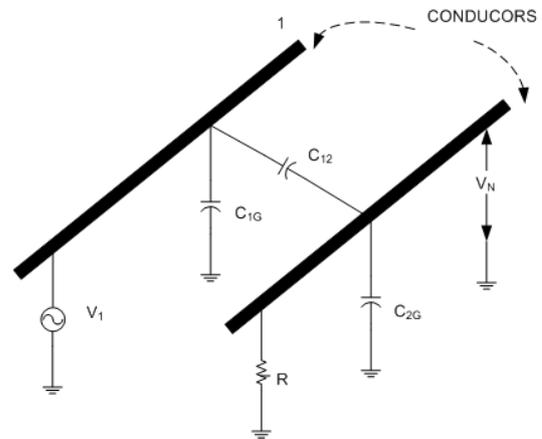


그림 3. 두 도체 사이의 용량성 커플링
Fig. 3. Capacitive coupling between two conductors.

여기서, 도체2에 유기되는 잡음전압은 다음과 같다.

$$V_n = \frac{j\omega [C_{12}/(C_{12} + C_{2G})]}{j\omega + 1/R(C_{12} + C_{2G})} V_1 \quad (3)$$

도체2에서 R이 저 임피던스라면 다음과 같이 잡음 전압을 나타낼 수 있다.

$$R \ll \frac{1}{j\omega(C_{12} + C_{2G})}$$

$$V_N = j\omega R C_{12} V_1 \quad (4)$$

그러나, R이 고임피던스 상태라면 그라운드에 영향을 줄 수 있기 때문에 무시 할 수 없다. 따라서, 다음과 같이 잡음 전압을 나타낼 수 있다.

$$R \gg \frac{1}{j\omega(C_{12} + C_{2G})}$$

$$V_N = \left(\frac{C_{12}}{C_{12} + C_{2G}} \right) V_1 \quad (5)$$

2) 유도성 커플링 (Inductive coupling)

도체간 거리가 가까울 경우 발생된 상호인덕턴스에 의해 유도성 커플링의 잡음원이 전달된다^[3].

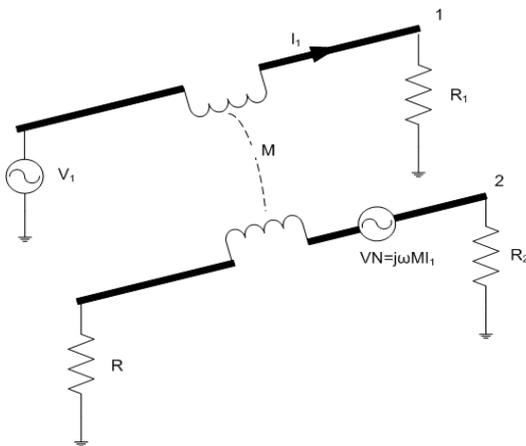


그림 4. 두 도체 사이의 유도성 커플링
Fig. 4. Inductive coupling between two conductors.

두 도체간 상호인덕턴스는 다음과 같다.

$$M_{12} = \frac{\phi_{12}}{I_1} \quad (6)$$

여기서,

M_{12} : 두 도체간 상호 인덕턴스

ϕ_{12} : 도체1에서 도체2로 야기되는 자속

도체2에 유도되는 잡음 전압은 다음과 같다.

$$V_N = j\omega M I_1 = M \frac{di_1}{dt} \quad (7)$$

III. 차량용 무선 비디오 스트림 시스템

1. 시스템 구성

차량용 무선 비디오 스트림 시스템 블록도는 다음과 같다.

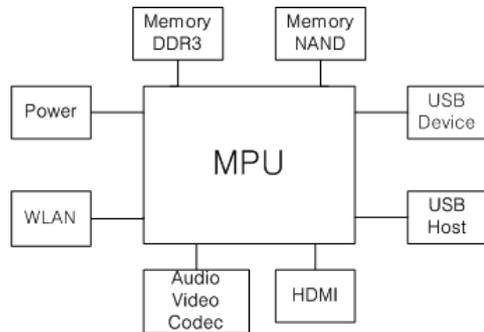


그림 5. 차량 무선 비디오 스트림 시스템 블록도
Fig. 5. CAR Wireless video stream system block diagram.

무선 비디오 시스템 구성은 기본적으로 메모리, 인터페이스(HDMI, USB), WLAN 통신, 전원 블록으로 구성 되어 있다.

스마트폰과 각종 기기와 무선으로 연결하고 디스플레이 장치와 유선으로 연결되어 스마트폰내의 비디오 데이터를 전송한다. 무선으로 연결할 때에는 WLAN (Wireless Local Area Network)으로 연결하고 디스플레이 장치와 연결할 때는 HDMI 케이블로 연결하여 비디오를 시청할 수 있다.

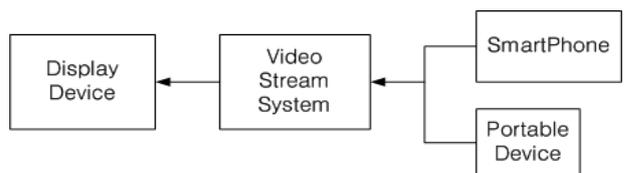


그림 6. 차량 무선 비디오 스트림 시스템 블록도
Fig. 6. CAR Wireless video stream system block diagram.

IV. 무선 비디오 스트림 시스템 잡음 분석

1. 전자파 방사 기준

전자파 방사기준은 국립전파연구원 KN22 전자파 방해방지 기준 문서의 제시 되어 있다.^[4, 8]

EMI 규격인 전자파 방해 방지 기준은 사용 용도에 따라 A급과 B급 기기로 나뉘며, A급 기기는 산업용으로 사용이 되고, B급 기기는 가정용으로 사용이 되는 기기를 말한다.

본 논문에서 측정된 기기는 B급 기기로 분류 하여 기기를 시험 하였다. 시험은 3m 챔버에서 측정 하였고, 허용한 도치는 30~230[MHz]대역에서는 40[dBuV/m] 이고, 230~1000[MHz]대역에서는 47[dBuV/m]를 적용 하여 측정 하였다. 3m 챔버는 간이 시험용 측정 챔버로서 여기서 허용기준치40[dBuV/m]과 47[dBuV/m]를 통과하게 되면 실제 측정 챔버인 10m 챔버에서의 규격을 통과할 수 있다.

표 1. 전자파 장애 방지 기준
Table 1. Standards of prevent for electromagnetic interference.

주파수범위 [MHz]	준침두치 허용기준 [dBuV/m]	
	A급기기	B급기기
30 ~ 230	40	30
230 ~ 1000	47	37

2. 차량용 무선 비디오 스트림 시스템 잡음 분석

처음 제작된 차량용 무선 비디오 시스템을 EMI 챔버에서 초기 측정하였다.

거의 모든 시스템들은 제작 후 초기 상태는 전압, PCB 아트웍 상태, 부품 배치, 그라운드 임피던스 상태 등이 불안정하여 EMI 규격 한도치를 초과하는 경우가

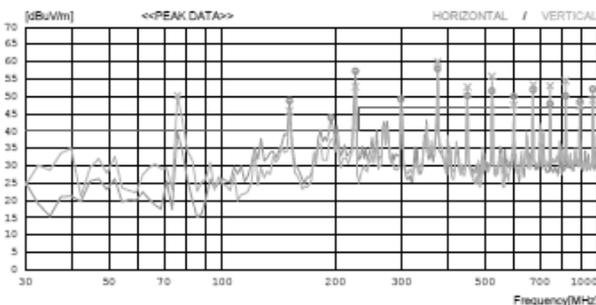


그림 7. 시스템 초기 측정 결과
Fig. 7. system start measurement result.

표 2. 시스템 초기 잡음 주파수 대역 결과
Table 2. Results of system initial noise frequency band.

No.	Frequency [MHz]		Result [dBuV]		limit [dBuV]
	H	V	H	V	
1	X	76.075	X	64.2	40
2	151.25	151.25	55.8	56.3	40
3	194.9	X	53.8	X	40
4	226.425	226.425	60.2	65.4	40
5	299.175	X	57.1	X	47
6	374.35	374.35	65.2	63.9	47
7	449.524	449.524	59.6	54.5	47
8	522.274	522.274	61.3	56.3	47
9	597.449	597.449	52.3	57.1	47
10	672.623	672.623	54.7	54.1	47
11	745.373	745.373	51.9	50.1	47
12	820.547	820.547	53.5	52.6	47
13	895.722	895.722	47.4	50.5	47
14	968.472	968.472	48.8	53	47

대부분이다. 따라서 이에 대한 잡음 발생 원인을 파악 하여야 한다. 측정 시에는 수평과 수직축으로 안테나 방향을 움직여서 스캔을 한 후 측정값이 높은 주파수 대역과 전압 레벨을 표시하게 된다.

무선 비디오 스트림 시스템의 잡음 주파수 대역의 분포를 근거로 하여 다음과 같은 불안정 현상이 발생한 것을 분석 하였다.

- 1) PCB(Printed Circuit Board) 내층 구조 설계
- 2) 전원/그라운드 불안정 해소
- 3) HDMI RGB PCB 배선 /HDMI 케이블 길이에 따른 잡음 증가/ HDMI clock 잡음
- 4) USB 인터페이스 회로 전원 라인 잡음

V. 시스템 EMI 개선 방안

무선 비디오 스트림 시스템의 잡음 주파수 대역을 분석하여 기능 블록에 따른 발생원을 찾아 분류하였고, 그에 따른 잡음 개선을 위한 대책을 세웠다. 본 논문에서 잡음 주파수 대역을 분류하여 개선하는 방법을 구체적으로 제시하게 되었다. 대부분의 시스템들은 아날로그 신호와 디지털 신호가 혼재된 시스템이기 때문에 잡음의 형태도 복합적으로 일어나기 때문에 분류가 어렵다.

1. PCB(Printed Circuit Board) 내층 구조

무선 비디오 스트림 시스템에서 사용된 PCB의 구조는 4층 기판을 이용하였고 Fr-4($\epsilon_r=4.2 \sim 4.5$) 기판을 사용하였다.

4층은 Top층과 Bottom층이 있고 그 내부에 두 개의 층이 삽입된 구조이다. 위의 구조를 이용하면 IC 핀의 개수가 복잡하여도 내층 배선이 용이 하고 잡음 개선 능력이 좋아 질 수 있다.

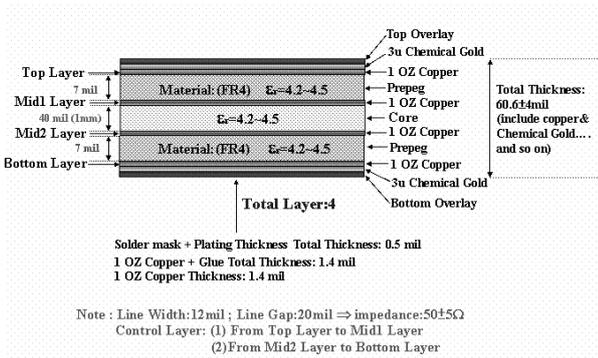


그림 8. PCB 단면 구조 (4층 배열)
 Fig. 8. PCB layer structure (4 layer array).

2. 전원/그라운드

시스템이 전체적으로 전류 소모특성이 불안정하기 때문에 30MHz에서 1GHz까지 전체 대역에서 30[dBuV/m] ~ 40dB[dBuV/m] 정도의 레벨로 높게 나타나게 된다. 따라서, 그라운드 면적이 넓어질 수 있도록 아트웍을 수정하였고, 전류 소모 특성과 각 기능의 특성을 최적화하여 그라운드의 안정성을 높였다.

3. HDMI 인터페이스 회로

HDMI(High Definition Multimedia Interface) 는 고속 비압축 방식의 디지털 오디오/비디오 규격으로 10 Gbit/s의 고속 통신을 한다.

HDMI 회로에서는 151.25MHz, 194.9MHz, 226.425MHz, 299.17MHz, 449.524MHz, 895.722MHz, 968.472MHz의 대역이 잡음으로 방사되고 있는 것으로 분석 되었다.

HDMI 인터페이스에서는 RGB 데이터라인, 클럭주파수의 체배 성분, 동작시 연결 데이터 케이블의 잡음 방사 형태로 잡음을 분류 할 수 있다.

개선을 위해 HDMI 데이터 라인들을 내층으로 배선하여 그라운드층과 그라운드층 사이에 신호를 배선하는

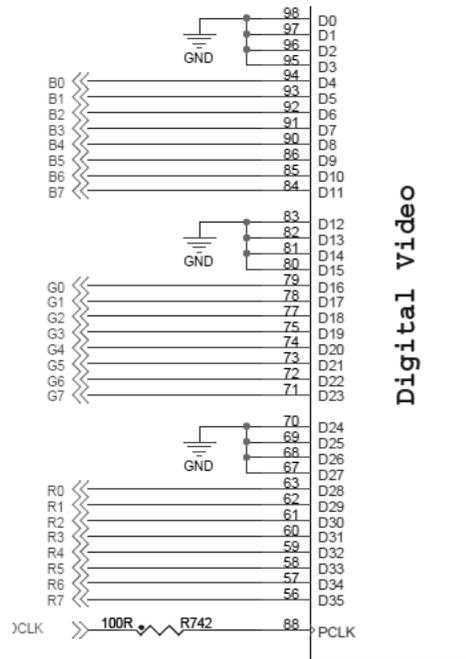


그림 9. HDMI 회로 비디오 RGB 데이터라인
 Fig. 9. HDMI circuit video RGB data line.

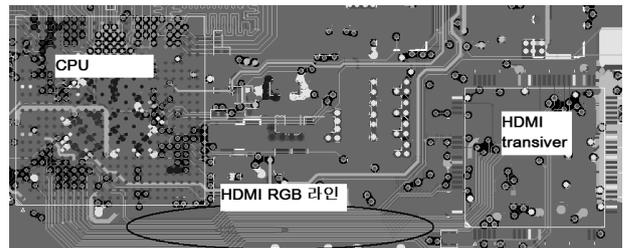


그림 10. HDMI RGB 라인 3층 내선 배치
 Fig. 10. The third internal layer Placement of HDMI RGB line.



그림 11. 페라이트 코어 장착 HDMI 케이블
 Fig. 11. Ferrite core insertion of HDMI cable.

스트립 라인 구조가 되게 하여 잡음원의 방사를 최소화 하였다. 또한 HDMI 는 22.5792MHz 의 클럭 주파수를 사용하는데 기판의 1층에 위치하였고, 배선길이가 길어

잡음 발생을 유발하였다. 이에 대한 개선방안으로 클럭의 배선을 내층으로 배치하였다.

HDMI 케이블의 길이에 따른 잡음의 방사가 크다.^[9] 따라서, 길이를 최대한 짧게 하여 페라이트 코어를 장착하여 사용하게 하였다. 본 논문에서 제작한 케이블 길이는 70cm 로 하여 제작되었다.

4. USB 인터페이스 라인

EMI 시험을 할 때에는 USB 케이블과 연결하여 기능이 동작하도록 하여 방사되는 잡음을 확인하였다. USB회로에서는 374.35MHz, 522.27MHz, 672.623MHz, 820.547MHz가 잡음으로 분석 되었다. 이를 개선하기 위해 USB 전원 배선에 Murata사의 power bead 470[ohm]과 10pF을 연결하여 저역 통과 대역 필터 형태로 구현하여 개선하였다. ADS(Advanced Design System)회로시뮬레이션을 위해 power bead(Murata사 제조)의 s-parameter를 이용하여 저역 통과 대역 필터를 설계 하였다.

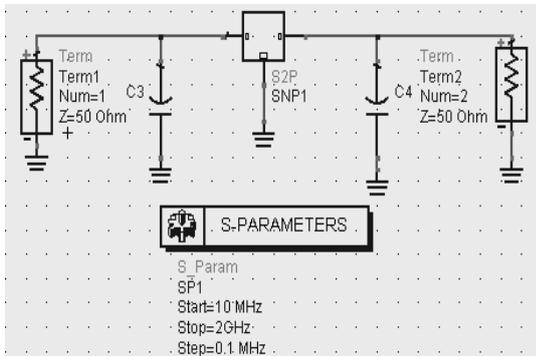


그림 12. 저역 통과 대역 필터 회로도
Fig. 12. The Low pass filter circuit.

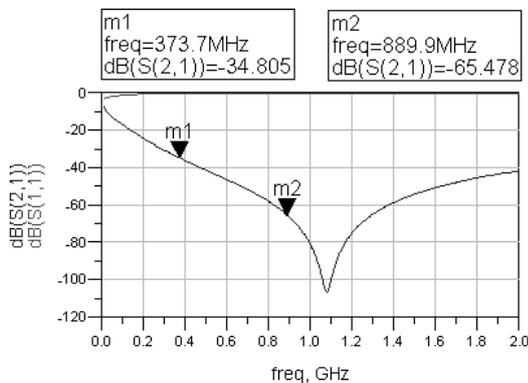


그림 13. 저역 통과 대역 필터 시뮬레이션결과
Fig. 13. Low pass filter simulation result.

VI. 시스템 EMI 잡음 개선 결과

무선 비디오 스트림 시스템의 EMI 잡음을 분석하여 각 기능 블록 별로 개선책을 적용하여 다음과 같이 PCB를 제작하였다.

제작된 시스템 보드를 EMI 챔버에서 측정하여 다음

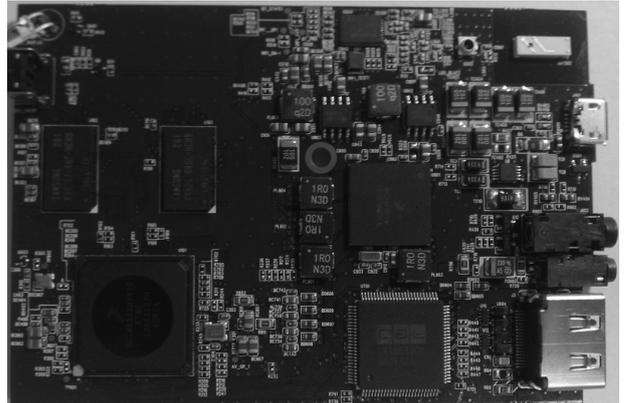


그림 14. 제작된 시스템 전면
Fig. 14. The manufactured system of top layer.

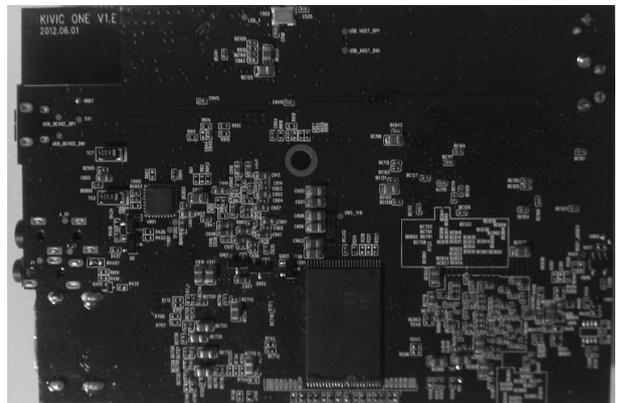


그림 15. 제작된 시스템 후면
Fig. 15. The manufactured system of bottom layer.

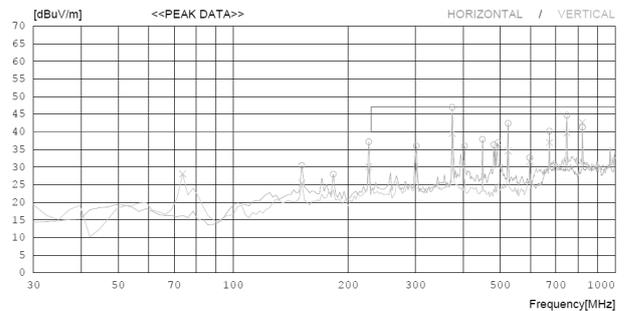


그림 16. 시스템 EMI 잡음 개선 후 결과
Fig. 16. The system measurement result after EMI noise reduction.

표 3. 시스템 EMI 잡음 개선 후 결과값
Table 3. Results of Improve to system EMI noise.

No	Frequency		RESULT		limit
	[MHz]		[dBuV]		[dBuV]
	H	V	H	V	
1	X	73.65	X	28.1	40
2	151.25	151.25	30.5	25.5	40
3	182.775	182.775	28	28.5	40
4	226.425	226.425	37.2	30.1	40
5	301.6	301.6	36	36	47
6	374.35	374.35	47	39.5	47
7	449.524	449.524	37.9	37	47
8	481.049	481.049	36.3	36	47
9	493.174	493.174	36.9	37	47
10	524.699	524.699	42.4	34.6	47
11	597.449	597.449	32.7	31.6	47
12	672.623	672.623	40.2	37	47
13	747.798	747.798	44.7	39.7	47
14	820.547	820.547	41.3	42.7	47

과 같이 개선된 결과를 보였다.

전체적인 잡음 레벨은 시스템의 각 기능을 최적화하여 그라운드를 안정화 하여 20[dBuV/m]~30[dBuV/m]로 약10~20[dB]정도가 저감되었다. 각 기능별로 분석된 잡음 주파수 대역에 대하여 잡음 레벨을 개선하여 규제치 이하로 저감하였다.

VII. 결 론

본 논문에서는 무선 비디오 스트림 시스템을 구현하여, 시스템 내에서 발생하는 EMI 잡음을 챔버에서 스캔하여 전자파 장해방지 기준에 제시된 허용 한도치30~230[MHz]는 40[dBuV/m]이고, 230~1000[MHz]는 47[dBuV/m]를 적용하여 측정 하였다. 측정 결과를 토대로 각 기능 블록 별로 발생하는 잡음 주파수 대역을 분석하여 그라운드 최적화, 고속 통신 라인은 내층 배선, 비드를 이용한 저역 통과 대역 필터 설계, 그리고 회로 성능 최적화를 통해서 EMI 잡음을 개선하였다. 개선 후 결과는 개선 전과 비교하여 약2 ~ 20[dB] 마진을 확보하며 잡음 개선을 하여, 우수한 EMI 잡음 개선 특성을 보였다. 이러한 잡음 개선 결과는 영상화질의 개선과 양호한 무선전송 데이터를 확보하게 되어 차량용 무선 비디오 스트림 시스템의 성능개선이 이루어짐을 확인하였다. 추후 HDMI, USB등의 기능 블록을

가진 제품들에 대하여 비슷한 잡음 주파수 대역 저감 대책에 많은 도움을 줄 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 이장훈, 이필수, 이태현, 김창균, 송인채, 위재경 “EMI 저감을 위해 분할된 전원/접지 평판 구조에서의 방사성 방출 분석” 전자공학회논문지-SD, 제 47권 SD편 제6호, page(s): 43-50 2010.6.
- [2] (주)무라타제작소 디바이스사업부 (주)동역메카트로닉스연구소 기술분석팀 공저, “전자회로의 노이즈 대책기술”, August. 2007.
- [3] R. J. Mohr, “Coupling Between Open and Shielded Wire Lines Over a Ground Plane”, IEEE TRANSACTIONS ON EMC VOL. EMC-9 NO. 2 SEPTEMBER 1967.
- [4] 국립전파연구원고시 제2012-13호 “전자파 장해 방지기준”, Jul. 2012.
- [5] ANALOG DEVICE, “high speed system applications section4. PC Board Layout and Design Tools”, 2006.
- [6] 최웅, 김윤정, 배민지, 김영수 “효율적인 PCB EMI 저감을 위한 far field 방사 패턴 및 H/V polarization 분석”, 대한전자공학회, 2007년도 하계 종합학술대회 논문집 I (통신/신호처리/산업전자) 제30권 제1호 page(s): 79-80 2007.7.
- [7] 김태홍, 이현진, 임영석 “고속 디지털 회로 PCB 상의 EMI 해석”, 전자공학회논문지-TC, 제42권 제12호 (통권 제342호) page(s): 159-164 2005.12.
- [8] 이재도 “데이터 선용 EMI Filter에 대한 해설” 전자공학회지, 제18권 제5호 (통권 제84호) page(s): 344-348 1991.5.
- [9] 김기채 “생활 주변 전기 전자기기의 EMI/EMC 문제” 전자공학회지, 제28권 제2호 (통권 제201호) page(s): 23-30 2001.2.
- [10] 김성식, 정의석, 조경록, “고속 Embedded Processor에서 EMI 최소화 회로” 전자공학회논문지-C, 제36권 제1호 page(s): 12-21 1999.1.

저 자 소 개



강 은 균(정회원)

1994년 호서대학교 제어계측
공학과 학사 졸업.

1998년 광운대학교 전자공학과
석사 졸업.

<주관심분야 : 무선통신, 반도체,
초고주파>