

360° 전방위 화각을 가진 Dash Camera의 EMI 대응을 위한 Board 개발

Development of Board for EMI on Dash Camera with 360° Omnidirectional Angle

이 희 열*, 이 선 구**, 이 승 호***★
Hee-Yeol Lee*, Sun-Gu Lee**, Seung-Ho Lee***★

Abstract

In this paper, The proposed board is developed by EMI compliant Dash Camera with 360° omni angle. The proposed board is designed by designing DM and CM input noise reduction circuit and applying active EMI filter coupling circuit. The DM and CM input noise reduction circuit design uses a differential op amp circuit to obtain the DM noise coupled to the input signal via the parasitic capacitance(CP). In order to simplify the circuit by applying the active EMI filter coupling circuit, a noise separator is installed to compensate the noise of the EMI source to compensate the CM and DM active filter simultaneously. In order to evaluate the performance of the board for the proposed EMI response, an authorized accreditation body has confirmed that the electromagnetic certification standard for each frequency band is satisfied.

요 약

본 논문에서는 360° 전방위 화각을 가진 Dash Camera의 EMI 대응을 위한 보드 설계를 제안한다. 제안된 보드는 DM 및 CM 입력 노이즈 감소회로를 설계하고 능동 EMI 필터 결합회로를 적용하여 개발한다. DM 및 CM 입력 노이즈 감소회로 설계부분에서는 기생적 커패시턴스(CP)을 통해 입력 신호로 커플링된 DM 잡음을 얻기 위한 차동 연산 증폭기 회로를 사용한다. 능동 EMI 필터 결합회로를 적용하여 설계하는 부분에서는 회로의 간략화를 위하여 EMI 소스의 노이즈를 분리하여 보상해 주기 위하여 노이즈 분리를 설치하여 CM과 DM 능동필터를 동시에 보상한다. 제안된 EMI 대응을 위한 보드의 성능을 평가하기 위하여 공인 인정기관에서 실험한 결과, 각각의 주파수 대역에 따른 전자파 인증규격이 만족됨을 확인하였다.

Key words : Dash Camera, Electric Magnetic Interference, Noise Reduction, Active OP AMP Filter, Electromagnetic Wave

* Dept. Electronics Engineering, Hanbat National University

** ITI Co. Ltd

*** Dept. Electronics&Control Engineering, Hanbat National University

★ Corresponding author

shlee@cad.hanbat.ac.kr, 042-821-1137

※ Acknowledgment

This work was supported by the Human Resource Training Program for Regional Innovation and Creativity through the Ministry of Education and National Research Foundation of Korea(NRF-2015H1C1A1035818)

Manuscript received Aug. 7, 2017, revised Aug. 24, 2017, accepted Sep. 1, 2017

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.

I. 서론

현재 무선 주파수를 사용하는 기기는 전파관리법에 의한 규제를 받고 있다. 전자기기에서 발생하는 노이즈에 의해 다른 전자기기에 간섭이 일어나 오작동을 유발하는 EMI(Electro Magnetic Interference) 상태 때문이다.[1] 현재 다양한 전자기기들이 EMI 규제를 받고 있으며 차량에서 사용되는 전자기기 또한 이에 해당한다. 차량에서 EMI 규제를 받는 대표적인 기기로 차량용 블랙박스라고 불리는 Dash Camera가 있다. Dash Camera 경우에 차량 내부 부착을 위해서 엔지니어링 플라스틱 재질을 사용한 경우에 전자파 차단이 어렵다. 이때 페라이트 코어를 사용하면 저주파 전원 노이즈의 감소가 가능하나, 노이즈에 대한 완벽한 EMI 대응을 위해서는 별도의 EMI 방지회로 제작이 필요하다.[2]

본 논문에서는 첫 번째로, DM 및 CM 입력 노이즈 감소회로를 설계하는 것을 제안한다. 두 번째로, 능동 EMI 필터 결합회로를 설계하는 것을 제안한다.

II. 본론

1. DM 및 CM 입력 노이즈 감소회로 설계

능동 연산 증폭기 필터는 바람직한 차동모드(DM) 신호의 대역을 제한하지만 원치 않는 DM 잡음을 여과시킨다.[3] 때문에 능동 연산 증폭기 필터 회로는 대역폭 내에서 EMI와 PCB의 잡음을 크게 줄일 수 있음에도 크게 활용되지 못하고 있다. 본 논문에서는 기생적 커패시턴스(CP)을 통해 입력 신호로 커플링 된 DM 잡음을 얻기 위한 차동 연산 증폭기 회로를 설계한다.[4] 그림 1은 제안하는 능동 연산 증폭기 필터 회로의 DM 및 CM 입력 노이즈 감소 회로이다.

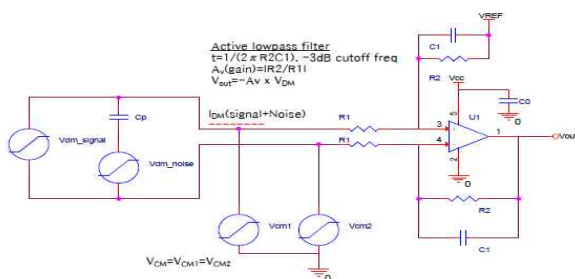


Fig. 1. DM and CM input noise reduction circuit of active OP AMP filter circuit
그림 1. 능동 연산 증폭기 필터 회로의 DM 및 CM 입력 노이즈 감소 회로

그림 1에서 DM 잡음을 얻기 위하여 1% 이하의 R_2 와 온도 특성이 낮고(NPO, COG) 허용공차가 5% 이하인 C_1 을 통해 차단 주파수를 회상 신호

대역폭 바로 위에 설정하여 고주파수를 10진 저항마다 20dB씩 감쇠시켰다. 회로에서 공통모드(CM) 잡음 소스들도 이 회로의 입력에서 잡음이 발생한다. CM 잡음은 두 연산 증폭기 입력에서 동일한 잡음전압이라 할 수 있으며, 연산 증폭기가 측정하거나 조절하려는 의도상의 차동 모드에는 속하지 않는다. 연산 증폭기의 주된 장점은 그 차동 입력 스테이지 아키텍처와 차동 증폭기로 구성되었을 때, CM 잡음을 거부할 수 있는 능력에 있다. CMRR(Common Mode Rejection Ratio)는 모든 증폭기에 지정돼 있지만, 회로의 전체 CMRR에 반드시 입력 효과와 피드백 레지스터가 포함되어야 한다. 또한 레지스터 변화는 CMRR에 크게 영향을 미치므로 허용공차가 0.01%의 우수한 매칭 레지스터를 사용하여 CMRR을 달성하였다. 잡음이 회로의 능동 대역폭 내에 있을 때 CM 잡음을 OP AMP 회로의 CMRR 거부 레벨은 식 (1)을 사용하여 계산하였으며 $CMRR_{TOTAL}$ 은 식 (2)를 이용해 dB로 변환시켰다.

$$CMRR_{TOTAL} = \frac{0.5(1+A_v)}{0.5(1+A_v)\left(\frac{1}{CMRR_{AMP}}\right) + 2\left(\frac{R_{TOL}}{100}\right)} \quad (1)$$

$$CMRR_{TOTAL}(dB) = 20\log_{10}(CMRR_{TOTAL}) \quad (2)$$

식 (1)에서 A_v 는 연산 증폭기의 폐회로 이득을 나타내고 R_{TOL} 은 R_1 과 R_2 의 허용공차의 백분율을 나타내고 $CMRR_{AMP}$ 는 CMRR에 대한 10진 형식의 데이터시트 지정을 나타낸다.

이후 연산 증폭기의 RFI에 대한 내성 강화를 위하여 DM 및 CM 필터를 사용하여 차이-증폭기를 구성한다. 그림 2는 수동 EMI/RFI 입력 필터로 개선된 고주파수 내성회로이다.

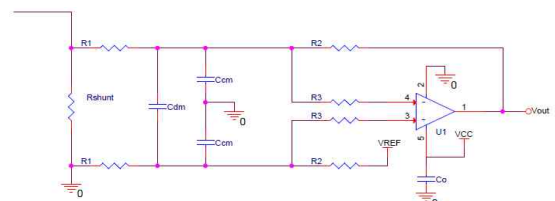


Fig. 2. Improved high frequency immunity circuit with passive EMI / RFI input filter

그림 2. 수동 EMI/RFI 입력 필터로 개선된 고주파수 내성회로

해당 회로는 외부 EMI/RFI 필터를 연산 증폭기의 입력에 추가한 것으로 내부 EMI 필터가 포함돼 있지 않은 디바이스 설계의 유일한 방법으로 더 높은 EMI 주파수에 대응한다. 입력 필터가 없을 때

이 회로 Gain은 $|R_2/R_1|$ 로 수동 입력 필터를 추가하여 CDM 커패시터가 그 증폭기의 위상 마진을 줄이지 않도록 R_3 를 사용한다. DM Lowpass 필터는 2개의 R_1 , C_{CM} 과 C_{DM} 로 구성하고 CM Lowpass 필터는 양쪽 R_1 과 양쪽 C_{CM} 을 사용한다. 식(3)과 식(4)는 DM 및 CM 필터의 -3dB 차단 주파수에 관한 방정식이다.

$$f_{C_{DM}} = \frac{1}{0.5\pi(2R_1)(2C_{DM} + 2C_{CM})} \quad (3)$$

$$f_{C_{CM}} = \frac{1}{2\pi(R_1)(C_{CM})} \quad (4)$$

$f_{C_{DM}}$ 은 연산 증폭기에서 희망하는 대역폭 위의 주파수로 설정하고 높은 주파수를 위하여 CDM보다 1/10 이상 작게 설정하여 $f_{C_{DM}}$ 에 미치는 영향을 최소화한다. $f_{C_{CM}}$ 은 $f_{C_{DM}}$ 보다 더 높은 주파수에 설정되었으며 EMI 경화 디바이스를 이용하여 설계를 간소화한다.

2. 능동 EMI 필터 결합회로 설계

CM 노이즈는 라인과 접지사이에 존재하는 ESC(기생 커패시터) C_p 에 의해 $I\pi = C_p dv/dt$ 만큼 발생하고 LISN에서 노이즈 전압의 크기는 $V_n = RC_p dv/dt$ 이다. 그림 3은 CM 노이즈 진행 경로이다.

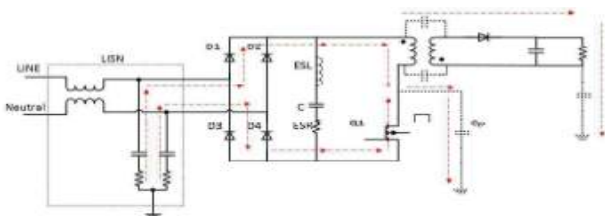


Fig. 3. CM Noise path
그림 3. CM 노이즈 진행 경로

CM 노이즈는 상기 회로와 같이 중성선과 접지사이에 기생 커패시터에 의한 경로로 누설되어 흐르는 전류로 나타나므로 노이즈 전류와 위상이 180°인 전류를 선과 중성선에 주입하여 노이즈 전류가 LISN으로 유입되는 것을 차단한다. 그림 4는 CM 능동 EMI 필터이다.

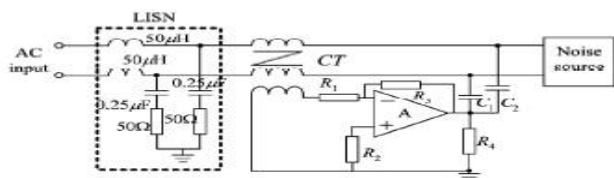


Fig. 4. CM active EMI filter
그림 4. CM 능동 EMI 필터

그림 5의 DM 노이즈 경로에서 DM 노이즈는 정류용 벌크 C의 기생 인덕턴스와 기생저항이 결합하여 전압원($V_1 = L di/dt$, $V_r = R_i$)의 형태로 발생하므로 발생한 노이즈 진폭의 크기와 동일한 전압을 만들어 Trans를 통해 중성선에 주입하여 제거한다. 그림 6은 DM 노이즈 EMI Filter이다.

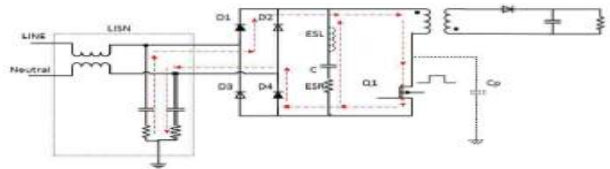


Fig. 5. DM Noise path
그림 5. DM 노이즈 경로

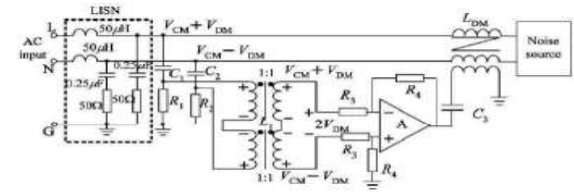


Fig. 6. DM active EMI filter
그림 6. DM 능동 EMI 필터

Dash camera는 회로의 간략화를 위하여 EMI 소스의 노이즈를 분리하여 보상해 주기 위하여 노이즈 분리를 설치하여 CM과 DM 능동필터를 동시에 보상한다.[5] 그림 7은 CM-DM 결합 필터이다.

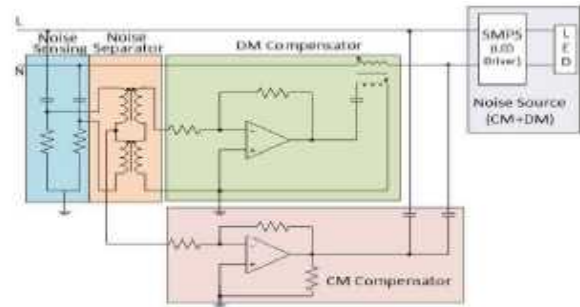


Fig. 7. CM-DM coupling filter
그림 7. CM-DM 결합 필터

3. 성능 실험

가. 실험 방법

본 논문에서 제안한 그림 8의 시스템의 EMI 대응 성능을 평가하기 위하여 그림 9와 같이 공인 인정기관의 전파가 차단된 실험 환경에서 주파수 대역에 따라 전자파 방사 실험하였다.



Fig. 8. Dash Camera board with 360 ° omnidirectional angle of view
 그림 8. 360° 전방위 화각을 가진 Dash Camera 보드



Fig. 9. Experimental environment in which the public accreditation body's propagation is blocked
 그림 9. 공인 인정기관의 전파가 차단된 실험 환경

나. 실험 결과

실험 결과는 표 1과 같이 전자파방사 대역이 30 ~ 230MHz 일 때 30dB μ V/m, 230 ~ 1000MHz 일 때 35dB μ V/m, 1000 ~ 3000MHz 일 때 47dB μ V/m, 3000 ~ 6000MHz 일 때 51dB μ V/m로 측정되어 각각의 주파수 대역에 따른 전자파 인증규격을 만족됨이 확인되었다. 그림 10은 주파수 대역에 따른 전자파 측정 결과이다.

Table 1. Experimental results of the proposed system
 표 1. 제안하는 시스템의 실험 결과

Frequency Bandwidth (MHz)	Standard (dB μ V/m)	Result (dB μ V/m)
30 ~ 230	40	30
230 ~ 1000	47	35
1000 ~ 3000	70	47
3000 ~ 6000	74	51

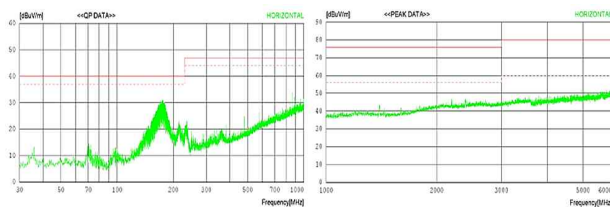


Fig. 10. Electromagnetic measurement results according to frequency band
 그림 10. 주파수 대역에 따른 전자파 측정 결과

III 결론

본 논문에서는 360° 전방위 화각을 가진 Dash Camera의 EMI 대응을 위한 보드 설계를 제안하였다. 제안된 보드는 DM 및 CM입력 노이즈 감소 회로를 설계하고 능동 EMI 필터 결합회로를 적용하여 개발하였다. 제안된 EMI 대응을 위한 보드의 성능을 평가하기 위하여 공인 인정기관에서 실험한 결과, 각각의 주파수 대역에 따른 전자파 인증규격이 만족됨을 확인하였다. 향후 연구과제로는 DC-DC 컨버터가 넓은 전압범위에서 고효율을 갖도록 절전형으로 설계하여 차량의 배터리에 불필요한 부하가 없도록 하는 연구가 필요하다.

References

[1] Sun-Mook Hwang, Chang-Su Huh, "The Susceptibility of LNA(Low Noise Amplifier) Due To Front-Door Coupling Under Narrow-Band High Power Electromagnetic Wave", *Journal of IKEEE*, Vol.19, no.3, pp. 440-446, 2015.
 DOI : 10.7471/ikeee.2015.19.3.440

[2] M. Hamzaoui, P. Besnier, M. Drissi. "Black box representation of electronic equipments for EMI simulation: a physical approach", *Microelectronics, 2004. ICM 2004 Proceedings. The 16th International Conference on. IEEE*, 2004.
 DOI : 10.7471/ikeee.2015.19.3.440

[3] Chan-Soo Park, "Characteristics Analysis of the CM and DM Noise Separator in EMI", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.17, No.5 pp. 49-55, 2016.
 DOI : 10.5762/KAIS.2016.17.5.49

[4] Seong-Ho Lee, Hee-Chang Kang, "Crosstalk and Noise Reduction in Wireless In-house Optical Interconnection Using Differential Amplifiers", *Journal of IKEES*, Vol.9, no.5, pp. 660-667, 1998.

[5] Feng Lin, Dan Y. Chen, "Reduction of power supply EMI emission by switching frequency modulation", *IEEE Transactions on Power Electronics*, Vol.9, no.1, pp. 132-137, 1994.
 DOI : 10.1109/63.285504