

## T-50 항공기 인터컴시스템 일점접지 적용에 관한 연구

석민준\*, 남용석

## A Research on the Application of Single Point Ground for Intercom of T-50 Advanced Trainer

Min Joon Seok\* and Yong Seok Nam

Defesne Agency for Technology and Quality

## ABSTRACT

Aircraft communication system which provides internal communications between pilots in an aircraft and external communications between pilots and operators in ground tower with them. It is very important equipment in terms of mission and safety. It wouldn't meet performance requirements with only functions of transmission and receiving of signals. It should provide highly clear voice quality without any noise. This paper analyzes the cause of noise during internal communications and summarizes the design changes applying single point ground concept to solve the problem. It also describes the results of flight test to verify the design changes.

## 초 록

항공기에 있어서 통신장비는 조종사간 내부통신과 타항공기 및 지상관제탑과의 외부통신을 가능케하는 장비로서 임무 수행 및 안전에 있어서 매우 중요하다. 따라서 송수신 기능의 구현만으로는 요구되는 성능요구조건을 만족했다고 할 수 없고, 잡음이 없는 맑고 깨끗한 통신품질을 제공해야 한다. 본 논문에서는 T-50 항공기(고등훈련기) 운용 중에 발생된 내부통신 잡음 현상에 대한 원인을 분석하고, 이 현상에 대한 개선을 위해 Single Point Ground 설계 개념을 적용한 결과를 정리하였다. 또한 설계 개선사항에 대한 검증을 위한 비행시험 결과를 함께 기술하였다.

**Key Words** : T-50(고등훈련기), Single Point Ground(일점접지), Noise(잡음)

## I. 서 론

T-50 항공기의 통신시스템은 Fig. 1과 같이 무전기, 인터컴, ASU(Antenna Select Unit), 안테나로 구성되어 있다. 무전기는 외부와의 무선신호 송수신 기능, 인터컴은 내부통화기능 및 외부통신시의 음성 제어 기능, ASU는 상/하단 안테나

선택 기능 그리고 안테나는 무선신호를 외부로 방사하는 기능을 담당한다. 이러한 통신시스템의 구성품들의 기능이 잘 구현될 때, 항공기에서는 조종사간의 내부통화와 타 항공기 및 지상타워와의 외부 통화가 가능하다.

하지만 통신시스템의 품질보증은 단순히 통화기능의 구현 여부만 확인하는 것이 아니라 의사

† Received: March 27, 2014 Accepted: July 31, 2014

\* Corresponding author, E-mail : zoony777@gmail.com

<http://journal.ksas.or.kr/>

pISSN 1225-1348 / eISSN 2287-6871

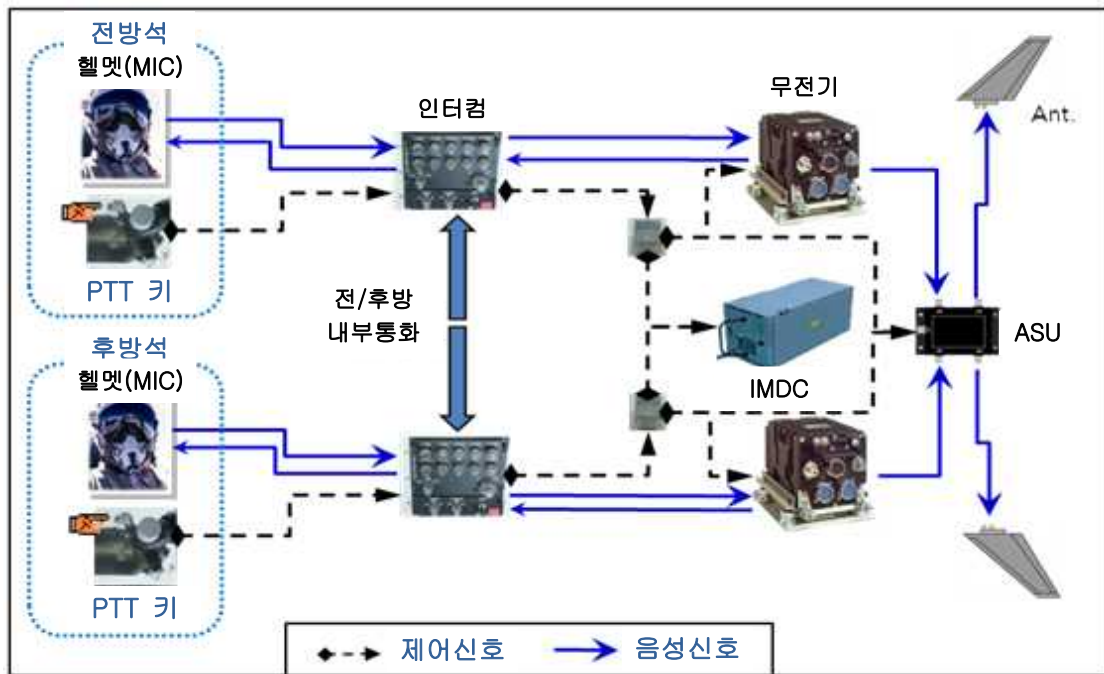


Fig. 1. T-50 Communication System

전달이 얼마나 명료하게 이루어지는지를 확인하여야 한다. 만약 잡음이나 간섭으로 인해 통신품질이 저조할 경우 조종사의 임무 피로도가 올라가 임무수행에 효율이 떨어질 수가 있다.

한편, T-50 항공기 운용 중 조종사로부터 내부통신잡음과 관련된 불만사항이 접수되었다. 문제점은 통신시에 '쇠'소리 잡음과 하울링(확성기 같은 울림현상)이 발생되어 비행임무 수행에 애로가 된다는 것이었다.

본 논문에서는 T-50 항공기 운용 중 발생한 '쇠'소리 잡음과 하울링 현상의 원인을 분석하고 Single Point Ground 설계를 적용하여 개선한 결과를 제시하고자 한다.

## II. 원인 분석

### 2.1 FTA 분석

'쇠'소리 잡음과 하울링에 대한 근본원인을 분석하기 위해 Fig. 2와 같이 내부통신 시스템에 대한 FTA(Fault Tree Analysis)를 수행하였다. FTA 결과 '쇠'소리 잡음과 하울링을 유발할 수 있는 인자는 인터컴 인터페이스 문제, LRU 자체 결함, 배선조립체 체결상태 미흡, EMI/EMC 문제로 구분할 수 있었다. FTA 분석 결과에 따라 각 추정원인에 대한 시험을 수행함으로써 근본원인을 파악하였다.

### 2.2 추정원인별 시험결과

FTA 분석 결과를 토대로 인터컴의 모든 커넥터 핀에 대한 잡음 영향성을 확인하는 인터컴 인터페이스 시험, 각 LRU를 하나씩 교체하면서 잡음이 사라지는지 확인하는 LRU 교체 시험, 배선조립체 신품교체 및 체결상태 점검, 각 장비의 EMI/EMC 적합성 확인 및 접지 설계 검토를 수행하였다.

인터컴 인터페이스 시험은 인터컴이 항공기 및 항공전자 장비의 전원 인터페이스 요구도인 MIL-STD-704D를 충족하지 못할 경우 잡음발생의

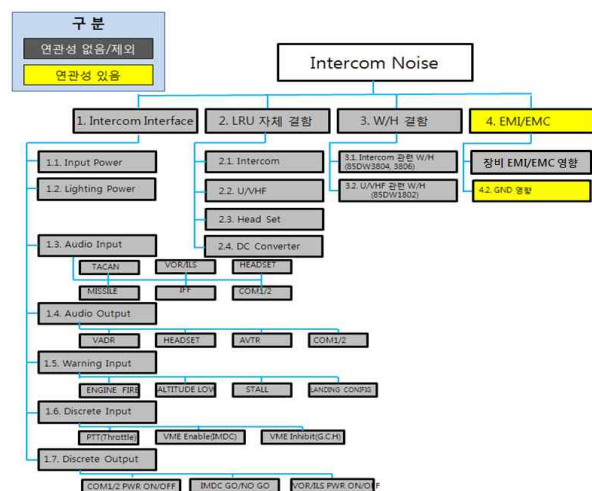


Fig. 2. Intercom Noise FTA Result

Table 1. Intercom Interface Test Result

구분	항목	요구도	시험결과
Input Power	Input Power	22 ~ 29 VDC	양호
Lighting Power	Lighting Power		양호
Audio Input	TACAN		양호
	MISSLE		양호
	VOR/ILS		양호
	IFF		양호
	HEADSET		양호
	COM1/2		양호
Audio Output	VADR		양호
	HEADSET		양호
	AVTR		양호
	COM1/2		양호
Warning Input	Engine Fire		양호
	Altitude Low		양호
	Stall		양호
	Landing Config		양호
Discrete Input	PTT		양호
	VME Enable		양호
	VME Inhibit		양호
Discrete Output	COM1/2 PWR On/Off		양호
	IMDC GO/NO GO	양호	
	VOR/ILS PWR On/Off	양호	

원인이 될 수 있으므로 인터컴의 Input Power, Lighting Power, Audio Input, Audio Output, Warning Input, Discrete Input, Discrete Output의 전압을 측정하였고 측정 결과 Table 1과 같이 모두 요구도를 충족하였다.

LRU 교체 시험은 특정 LRU의 불량에 잡음 발생의 원인 될 수 있으므로 통신시스템의 주요 LRU인 인터컴, 무전기 및 헤드셋과 전원공급장치인 DC 컨버터를 차례로 신제품으로 교체하면서 잡음 문제가 해소되는지 확인하였다. 확인결과 각 Table 2와 같이 LRU 자체 문제는 아닌 것으로 판단되었다.

배선조립체 시험은 관련 배선조립체의 자체 불량 및 체결상태가 미흡할 경우 음성신호의 왜곡이 발생되어 잡음으로 들릴 수 있으므로 관련 배선조립체를 신제품으로 교체하고 체결상태를 확인한 결과 Table 3과 같이 특이사항을 확인할 수 없었다.

마지막으로 각 장비의 EMI/EMC가 적합하지 않거나 접지 설계가 미흡할 경우 잡음을 유발

Table 2. LRU Test Result

LRU	시험내용	시험결과
인터컴	전/후방식 인터컴 교체	특이사항 없음
무전기	무전기 2대(COM1/COM2) 교체	특이사항 없음
헤드셋	전/후방식 헤드셋 교체	특이사항 없음
DC 컨버터	DC 컨버터 교체	특이사항 없음

Table 3. Wire Harness Test Result

구분	시험내용	시험결과
인터컴 배선조립체	신품교체 및 장착상태 확인	특이사항 없음
무전기 배선조립체	신품교체 및 장착상태 확인	특이사항 없음

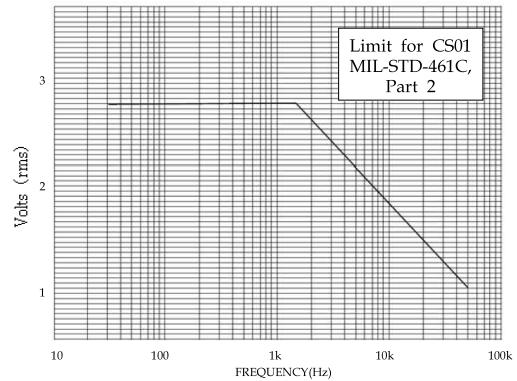


Fig. 3. CS01

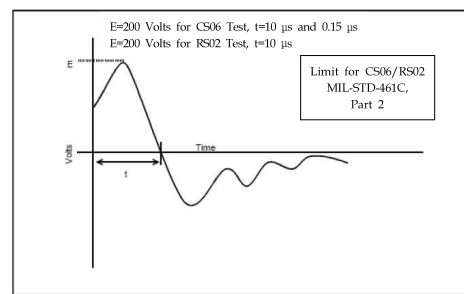


Fig. 4. CS06

할 수 있으므로 인터컴과 무전기를 대상으로 항전장비의 전자기 적합성 요구도인 MIL-STD-461C에 따라 CS01, CS06 시험을 Fig. 3, Fig. 4와 같이 수행하였으며 동시에 접지설계 내용을 분석하였다. 그 결과 각 장비의 EMI/EMC 적합성은 Table 4와 같이 양호하였으나 접지 설계 검토 시 T-50 항공기 통신시스템은 타항공기(KT-1 등) 통

Table 4. Equipment EMI/EMC Test Result

시험항목	시험내용	시험결과
CS01	전원노이즈 인가 후 작동점검	양호
CS06	전원 Spike(200V) 인가 후 작동점검	양호

신시스템이 Ground Loop Noise를 방지하기 위하여 Single Point Ground를 적용하고 있는 것에 반해 Multi Point Ground가 적용되어 있어 Ground Loop Noise에 의한 잡음 유입에 취약하게 설계되어 있었다.

Ground Loop Noise는 작은 잡음이라도 증폭되어 '쇠'소리와 같은 잡음과 하울링을 발생시켜 음성신호의 품질을 떨어뜨릴 수 있다. T-50 항공기 통신시스템의 다중으로 연결된 접지 핀을 모두 제거하고 하나의 접지 핀으로만 연결하는 Single Point Ground를 적용한 결과 '쇠'소리 잡음 및 하울링이 사라지는 것을 확인하였다. 따라서 T-50 항공기의 내부통신 문제점은 잘못된 접지 설계에 기인하는 것임을 확인하였다.

### III. Single Point Ground 개념

#### 3.1 접지와 쉴드의 목적

접지는 전자회로와 등전위 접지층 사이에 전도도를 형성하여 안정적인 전압과 전류의 흐름 보장하기 위한 것이다. 접지를 잘못할 경우 Shock Hazard, Ground Loop, 그리고 Common Mode Coupling에 의해 인명피해나 장비의 손상 그리고 전자기적 간섭의 원인이 될 수 있으므로 신중하게 설계를 할 필요가 있다.

통신시스템에서 간섭(잡음)을 감소하기 위한 방법 중 하나가 쉴드(Shield)이다. Fig. 5와 같이 외부 전위  $V_1$ 이 존재할 경우  $V_1$ 으로부터 금속 쉴드로 차폐된 내부공간에는 전하  $Q_2$ 가 발생하지 않기 때문이다.

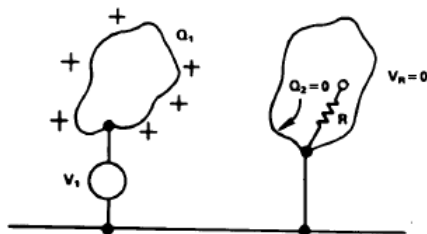


Fig. 5. Concept of Shield

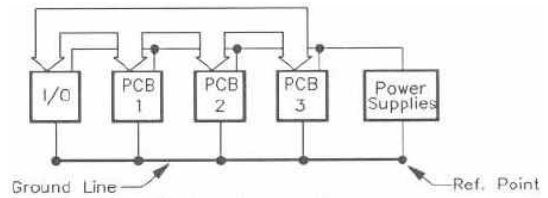


Fig. 6. Series Connection

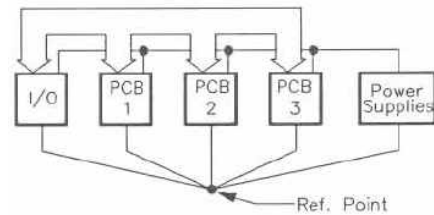


Fig. 7. Parallel Connection

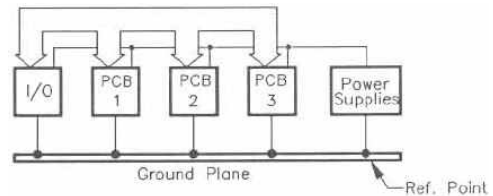


Fig. 8. Multi Point Connection

#### 3.2 접지 종류

전자회로에서 접지의 종류는 Single Point Ground와 Multi Point Ground로 구분할 수 있다. Single Point Ground는 Series 연결과 Parallel 연결 형태로 나눌 수 있다. Series 연결은 간단하면서도 경제적인 방법이지만 Impedance Coupling에 의한 간섭이 발생할 수 있다. Parallel 연결은 Impedance Coupling 간섭은 없지만 Wire의 사용이 많아질 수 있고 Ground Line 자체의 높은 Impedance로 인해 EMI의 원인이 될 수 있다. 그리고 Multi Point Ground는 여러 개의 회로를 접지층에 연결하는 설계방법으로 번개보호 등의 이점은 있지만 통신시스템과 같이 민감한 장비에는 Point 간의 기준 전위의 차이에 따른 Ground Loop Noise 간섭이 발생할 수 있다.

#### 3.3 쉴드접지 설계

쉴드 접지를 설계할 때는 Fig. 9와 같이 동일한 기준 전위(Reference Potential)에 연결하여야 한다. 그리고 쉴드의 양끝단을 모두 접지 시키면 Fig. 10과 같이 하나의 쉴드 전류를 형성하여 Ground Loop Noise와 같은 문제를 야기할 수

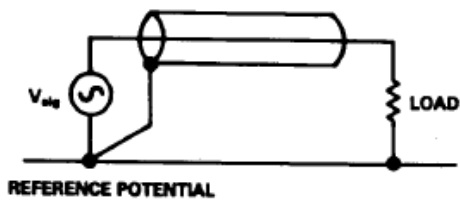


Fig. 9. Shield Wire Floating

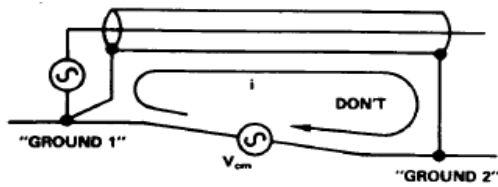


Fig. 10. Concept of Ground Loop Noise

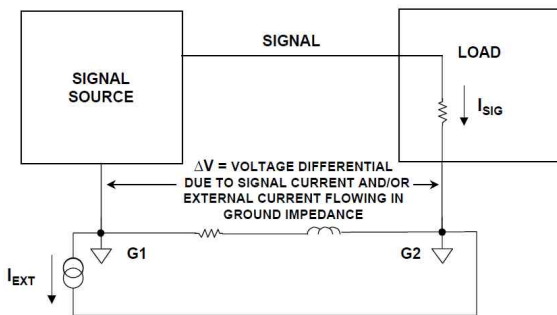


Fig. 11. Differential Voltage Grounding System

있으므로 Ground Loop Noise 방지를 위해 한쪽 끝을 Floating 시켜야 한다.

이와 같이 설계를 하지 않을 경우 Fig. 11과 같이 접지점 G1, G2 사이에 존재하는 임피던스에 의해 차동전압(ΔV)과 추가적인 전류(I<sub>EXT</sub>)가 형성되어 원치 않는 잡음을 발생시킬 수 있다.

### IV. Single Point Ground 적용

#### 4.1 Single Point Ground 적용 방안

T-50 항공기 기존의 내부통신시스템은 Fig. 12와 같이 Signal 및 Chassis Ground가 여러 개의 Ground Block으로 분산되어 있고 Ground 연결 Wire도 여러 개로 나뉘어져 있으며 각각의 Audio 수신단의 쉴드도 Ground에 직접 연결되어 있다. Ground Loop Noise를 제거하기 위하여 Fig. 13과 같이 Signal 및 Chassis Ground를 하나의 Ground Block으로 통일하고 여러개의 접지 wire를 하나로 일원화하였으며 Audio 수신단

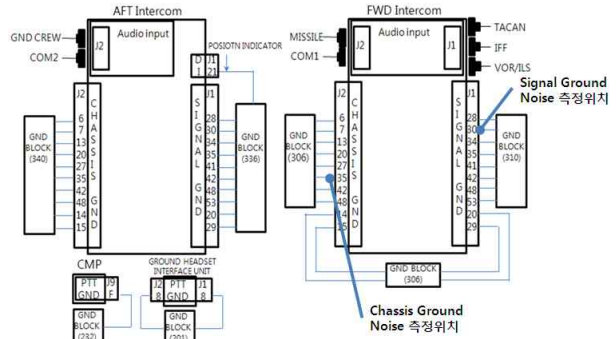


Fig. 12. Before Single Point Ground

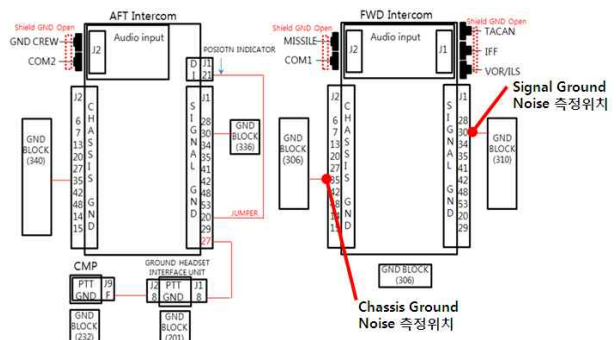


Fig. 13. After Single Point Ground

의 쉴드 Wire를 Floating 처리하였다.

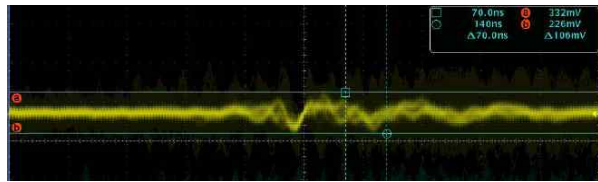
#### 4.2 Single Point Ground 적용시험 결과

Single Point Ground 적용 효과를 관찰하기 위해 Single Point Ground 적용 전/후 Signal 및 Chassis Ground Noise 측정과 비행시험을 수행하였다. Noise 측정 결과는 정식 설계변경 전 운용부대 방문을 통해 항공기의 제한적 접근 하에서 Audio 수신단의 쉴드선을 Floating 시키지 않은 측정결과이며 Table 5와 Fig. 14와 같이 Noise가 감소하였음을 알 수 있다. Audio 수신단의 쉴드선을 Floating 한다면 더 좋은 결과가 나올 것으로 판단된다.

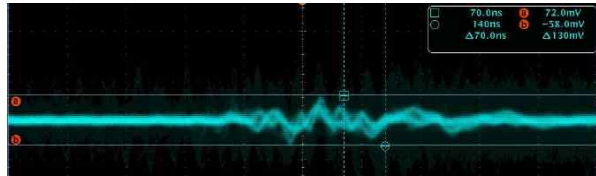
비행시험은 Audio 수신단의 쉴드를 Floating 한 Single Point Ground의 정식 설계변경이 적용된 후 수행하였으며 T-50 항공기 모델별 비행

Table 5. Noise Measurement Results

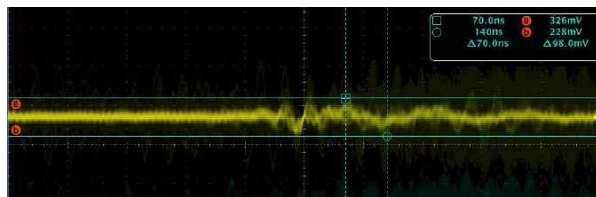
구분	적용전	적용후	차이
Signal Ground	106mVpp * Fig.11(a)	98mVpp *Fig.11(c)	8mVpp
Chassis Ground	130mVpp *Fig.11(b)	92mVpp *Fig.11(d)	38mVpp



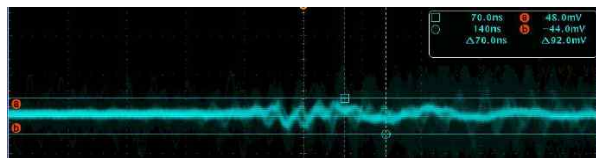
(a) Signal GND Noise(Before Single Point GND)



(b) Chassis GND Noise(Before Single Point GND)



(c) Signal GND Noise(After Single Point GND)



(d) Chassis GND Noise(After Single Point GND)

Fig. 14. Noise Measurement Results

시험결과는 Table 6에서 보는 바와 같이 총 92회 비행동안 ‘쇠~’소리 및 하울링에 의한 내부 잡음이 전혀 발생하지 않았음을 알 수 있다. 그리고 수치적 표현과는 별도로 내부잡음에 대한 만족여

Table 6. Flight Test Results

기종	모니터링 기간	적용 대수	비행 횟수	잡음발생 횟수
T-50	'12.2.3~'3.7	2대	15회	없음
T-50B	'12.2.3~'3.7	6대	47회	없음
TA-50	'12.2.20~'3.31	2대	30회	없음

부를 확인하기 위해 조종사 인터뷰를 수행하였고 내부잡음 개선에 대해 만족함 확인하였다.

### V. 결 론

T-50 항공기 내부통신잡음 현상은 Muliti Point Ground 설계 적용에 기인한 Ground Loop Noise가 원인이었으며 Single Point Ground를 적용한 후 Noise 감소를 확인하였고, 비행시험을 통해 최종 개선결과를 검증하였다.

### References

- 1) Alan Rich, "Shielding and Guarding", Analog Device Application Note, AN-347.
- 2) Choi, Kweon-hee, Lee, Byung-seok, and Kim, Kuk-jin, "Noise of Electronic Equipments Reductin Technology in Rolling Stock", *The proceeding of the Korean Society for Railway 2003 Autumn Conference*, Oct. 2003, pp.628~633.
- 3) Henry W. Ott, "Noise Reduction Techniques in Electronic Systems", 2nd Edition, 1988