

전자파내성 시험의 방해 요인 분석

박윤현* · 김영길*

*아주대학교

Disturbing Factor Analysis of Radiated Susceptibility Test

Yoon-hyun Park* · Young-kil Kim**

*Ajou University

E-mail : pyh8070@ajou.ac.kr

요 약

본 논문에서는 EMC(electromagnetic compatibility) 시험 규격 KN 61000-4-3 '방사성 RF 전자기장 내성 시험'에서 사용되는 균일장과 이를 바탕으로 하여 시험 시 균일하게 인가되는 전계강도에 대한 환경 변화 요소를 파악하여 방해요인을 분석한다

ABSTRACT

In this paper, EMC (electromagnetic compatibility) test standard KN61000-4-3 "radiated RF electromagnetic field and uniformity chapter immunity test" has been used in, this is the electric field strength to be uniformly applied at the time of the test based on environment to understand the elements of change to analyze the interference factor

키워드

균일장, 전자파 방사 내성, 전자기장

I. 서 론

EMC TEST업계에서 가장 이슈가 되고 있는 시험은 전자파 내성(RS)이다. 과거와는 다르게 대부분의 전자기기들이 휴대성을 강조하면서 제품의 경량화로 인해 제품의 함체가 얇고 가벼운 재질을 사용함으로써 전자파 방사 내성에 취약해졌기 때문이다. 이런 문제들로 인해 많은 시험소에서 전자파 방사 내성 시험에 있어서 좀 더 시간적인 측면과 기술적인 측면을 많이 투자하고 있고, 규격에서 명시하고 있는 정확한 전계강도를 인가하기 위해서 Field Uniformity 평가 시에도 환경적인 변화요소들을 접목시키려고 노력하고 있다.

그러나 복합적인 기능을 가진 시스템과 시험기자재에 따른 여러 주변기기들 속에서 안테나를 통해 공기 중으로 방사 되는 전계가 시험기자재 뿐만 아니라 주변기기나 환경적인 요인에 의해

결합 혹은 반사되어 시험기자재에 어떤 영향을 끼칠 수 있는지 검증되지 않았기 때문에 본 논문에서는 실제 시험 시 적용 할 수 있는 환경적 변화를 통해 규격에서 요구하는 균일장이 형성되어 올바른 전계가 인가되는지 검증 하려 한다.

II. 전자파 내성 시험 방법 및 전기장 교정

2.1 전파 내성 시험 방법

전자파 방사 내성 시험은 전자파에너지에 대한 전기, 전자 장비의 내성 요구에 관한 것으로 전기 및 전자 장비의 성능이 방사성 무선주파수 전자파에너지의 영향을 받을 때, 그 내성 평가에 대한 일반적인 기준을 확립하는 것이다.

전자파 방사 내성 시험 시 탁상형 기기 시험의 메커니즘은 그림 1과 같다.

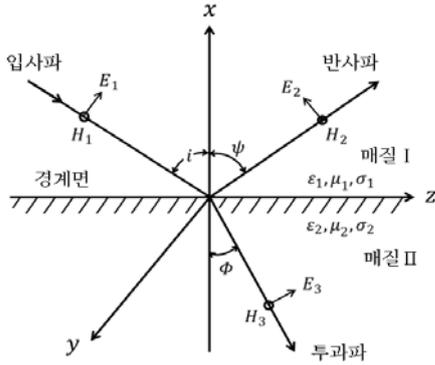


그림 4. 수직편파의 반사와 투과

전계가 입사면에 평행인 수직편파는 그림 4와 같이 $x=0$ 인 평면을 경계면으로 하는 경우 전계는 x 축 및 z 축 성분 E_x 와 E_z 로 나눌 수 있으며, 자계는 y 축 성분 H_y 뿐이다. 입사파, 반사파, 투과파의 전계를 E_1, E_2, E_3 , 자계를 H_1, H_2, H_3 , 입사각, 반사각, 굴절각을 i, ψ, ϕ 라고 하면

$$\begin{aligned} E_{1z} &= E_1 \cos i \\ E_{2z} &= -E_2 \cos \psi \\ E_{3z} &= E_3 \cos \phi \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} H_{1y} &= \frac{E_1}{Z_1} \\ H_{2y} &= \frac{E_2}{Z_1} \\ H_{3y} &= \frac{E_3}{Z_2} \end{aligned} \quad (2)$$

으로 표현할 수 있다. 위의 식들은 경계조건을 만족시켜야 하므로

$$\begin{cases} E_{1z} + E_{2z} = E_{3z} \\ H_{1y} + H_{2y} = H_{3y} \end{cases} \quad (3)$$

이 되며, 이 식에 (1), (2)에 대입하면

$$E_1 \cos i - E_2 \cos \psi = E_3 \cos \phi \quad (4)$$

$$\frac{k_1}{\mu_1} E_1 + \frac{k_1}{\mu_1} E_2 = \frac{k_2}{\mu_2} E_3 \quad (5)$$

이 된다. 스넬의 법칙에 의하여 입사각과 반사각은 서로 같고 굴절률 n 은

$$\begin{cases} i = \psi \\ n = \frac{\sin i}{\sin \phi} = \frac{k_2}{k_1} \end{cases} \quad (6)$$

식 (6)과 같이 표시된다. 따라서 반사계수 R_1 과 투과계수 T_1 은 각각 식 (7), (8)과 같이 된다.

$$R_1 = \frac{E_2}{E_1} = \frac{\mu_1 n^2 \cos i - \mu_2 \sqrt{n^2 - \sin^2 i}}{\mu_1 n^2 \cos i + \mu_2 \sqrt{n^2 - \sin^2 i}} \quad (7)$$

$$T_1 = \frac{E_3}{E_1} = \frac{2\mu_2 n \cos i}{\mu_1 n^2 \cos i + \mu_2 \sqrt{n^2 - \sin^2 i}} \quad (8)$$

3.1.2 수평편파의 반사

전계가 입사면에 수직인 수평편파는 그림 5와 같이 $x=0$ 인 평면을 경계면으로 하는 경우 전계는 y 축 방향의 성분 E_y 뿐이며, 자계는 x 축 및 z 축 성분 H_x 와 H_z 로 나눌 수 있다.

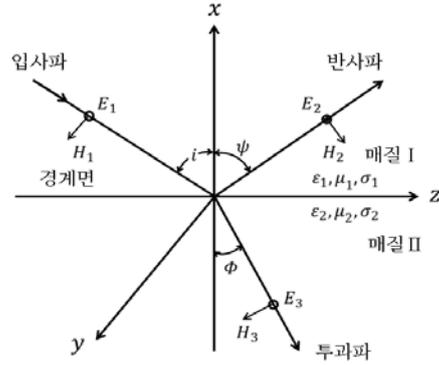


그림 5. 수직편파의 반사와 투과

경계면에서 전계와 자계는 경계조건을 만족시켜야 하므로

$$\begin{aligned} E_{1y} + E_{2y} &= E_{3y} \\ H_{1z} + H_{2z} &= H_{3z} \\ \mu_1 H_{1x} + \mu_1 H_{2x} &= \mu_3 H_{3x} \end{aligned} \quad (9)$$

가 된다. 여기서 $E_{1y} = E_1, E_{2y} = E_2, E_{3y} = E_3$ 이고, $i = \psi$ 이므로

$$\begin{aligned} H_{1z} &= \frac{E_1}{Z_1} \cos i \\ H_{2z} &= -\frac{E_2}{Z_1} \cos i \\ H_{3z} &= \frac{E_3}{Z_2} \cos \phi \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned}
 H_{1x} &= \frac{E_1}{Z_1} \sin i \\
 H_{2x} &= -\frac{E_2}{Z_1} \sin i \\
 H_{3x} &= \frac{E_3}{Z_2} \sin \phi
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

가 된다. 이 식들을 식 (9)에 대입 하여 구하게 되면 다음과 같이 반사계수 R_2 와 투과계수 T_2 를 구할 수 있다.

$$R_2 = \frac{E_2}{E_1} = \frac{\mu_2 \cos i - \mu_1 \sqrt{n^2 - \sin^2 i}}{\mu_1 \cos i + \mu_1 \sqrt{n^2 - \sin^2 i}}
 \tag{12}$$

$$T_2 = \frac{E_3}{E_1} = \frac{2\mu_2 \cos i}{\mu_2 \cos i + \mu_1 \sqrt{n^2 - \sin^2 i}}
 \tag{13}$$

3.2 전자파의 결합

전자파는 용량 및 유도 결합이 아니라도 노이즈가 전자파 형태로 공간을 통하여 전달 될 수 있다. 용량성 결합 및 유도성 결합 계산을 위해 이용되는 방법은 주파수가 증가하고 선로가 전기적으로 길어지게 되면 분리된 선로 사이의 거리가 클 때 결합은 용량성이나 유도성으로 간주될 수 없다. 대신 장해원으로 부터의 에너지는 다른 선로에 닿는 전자파의 형태로 전파되어 전자파장해를 유발한다. 이런 결합 방식을 복사성 장해라고 한다.

장해원과 피해기기 사이의 거리에 따라서 원거리장 복사성 장해와 근거리장 복사성 장해로 더 나누어질 수 있다. 피해기기 회로가 전자파장해원으로부터 충분히 멀리 있어서 전자기장이 거리에 따라 $\frac{1}{r}$ 로 감소하는 경우 원거리 전자기장 조건이 우세하게 되며, 그렇지 않은 경우 $\frac{1}{r}, \frac{1}{r^2},$

$\frac{1}{r^3}$ 로 감소하는 전자기장 성분의 혼합과 더불어 근거리 전자기장복사 조건하에서 결합이 발생하게 된다. 그러므로 이런 조건하에서의 결합과 전기적으로 긴 선로에서의 전파는 매우 복잡한 문제이며 간단한 개념만으로는 쉽게 설명할 수 없으므로 실험을 통해 결합에 대한 영향을 검증해 보고자 한다.

IV. 시험 환경 및 시스템 구성

4.1 시험 환경

검증을 하기에 앞서 시험 할 무반사실에 균일장이 규격에 적합한지 확인하기 위해 일정 전기장 교정을 통해서 확인 하였다. 그림 6, 7은 검증

에 사용할 무반사실이 규격에서 요구하는 공칭값의 -0 dB ~ +6 dB 내에 있으며 시험에 사용하기 적합하다는 것을 의미한다.

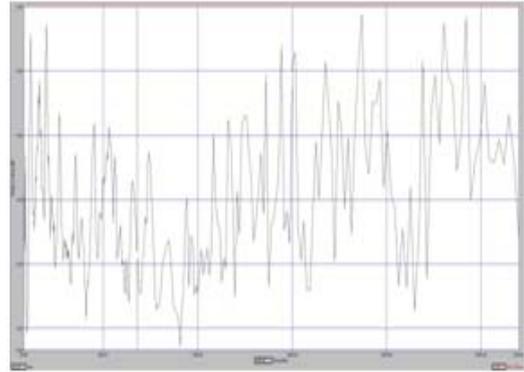


그림 6. 일정 전기장 교정 수평편과 결과

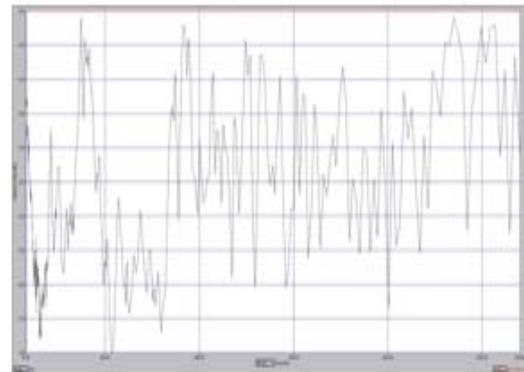


그림 7. 일정 전기장 교정 수직편과 결과

4.2 장비 구성

검증에 사용할 장비는 표 1과 같으며, 구성은 그림 6과 같다.

표 1. 시험 장비

품명	모델명	제조사
SIGNAL GENERATOR	8648C	AGLIENT
POWER METER	E4419B	AGLIENT
AMP	250W1000 AM3	AR
FIELD PROBE	FL7006	AR
LOG PERIODIC ANTENNA	LPDA-0803	TDK

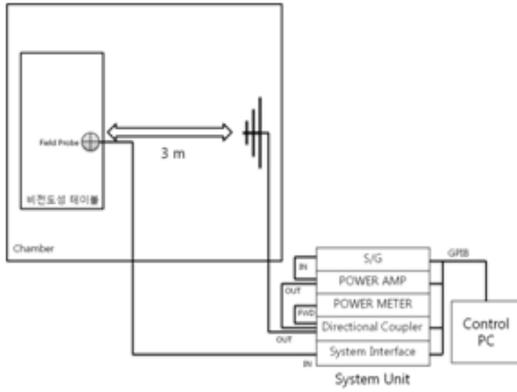


그림 8. 시스템 구성



그림 11. EUT, AE Arrange

V. 시험 배치와 방법

5.1 시험 배치



그림 9. Field Probe Arrange



그림 12. EUT, REFLECTOR Arrange

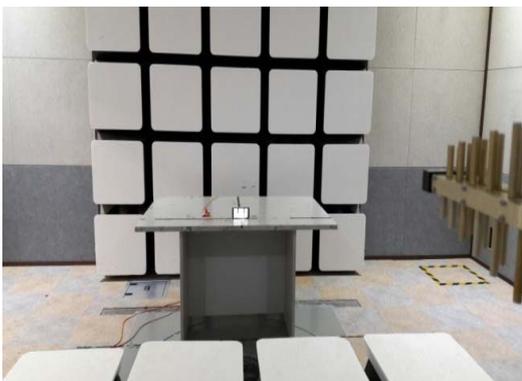


그림 10. EUT Arrange

검증을 하기 위해 그림 9, 10, 11, 12과 같은 구성으로 시험에 대한 각각 전계 강도를 비교 분석해 보기로 한다. 검증에 사용 하게 될 시험 기자재는 규격에서 가장 많은 면에 전계강도를 인가해야 하는 휴대폰이며, 균일장 16 Point중 탁상형 배치에서 주로 사용 되는 Point인 2, 3 포인트에서 검증하기로 한다.

처음 Field Probe로 One Point Calibration을 통해 전계 값을 Reference Value로 가지며, 시험 기재를 배치했을 때의 영향과 주변기기를 배치하였을 때의 영향, 반사체(거울)을 배치했을 때의 전계의 결과 값을 비교하기로 한다.

VI . 측정 결과

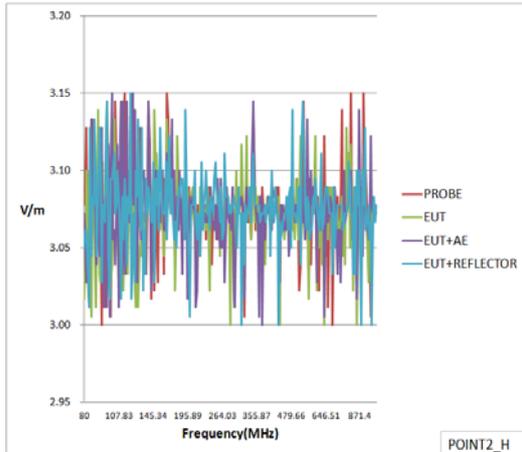


그림 13. Point 2 수평편파 결과

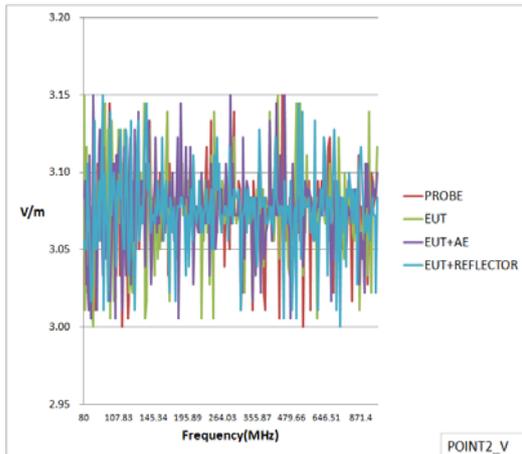


그림 14. Point 2 수직편파 결과

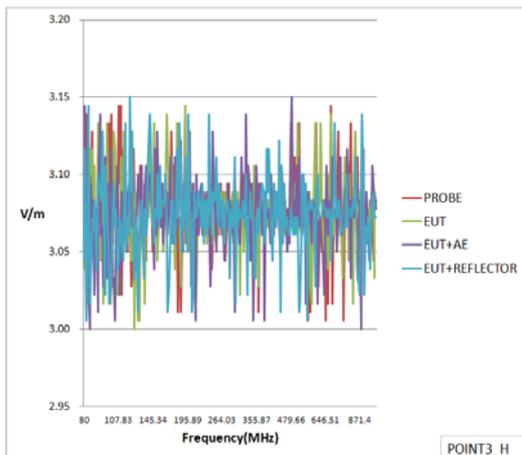


그림 15. Point 3 수평편파 결과

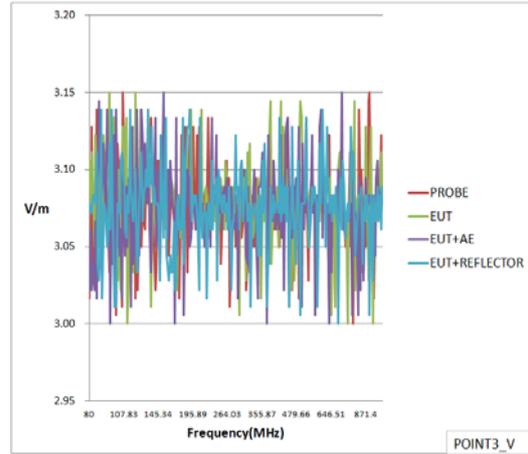


그림 16. Point 3 수직편파 결과

위의 그림 13, 14, 15, 16은 각각에 대한 Point 2와 3에 대한 시험 환경 변화 전계이며 X축은 주파수, Y축은 전계이다. 3 V를 인가하고 주파수와 배치에 따라서 전계가 조금씩 변하는 양상을 보이고 있다. 위 그래프들에 대한 변동 영향을 보기 위해 최대 전계와 최소 전계로 구분시켜 보았다.

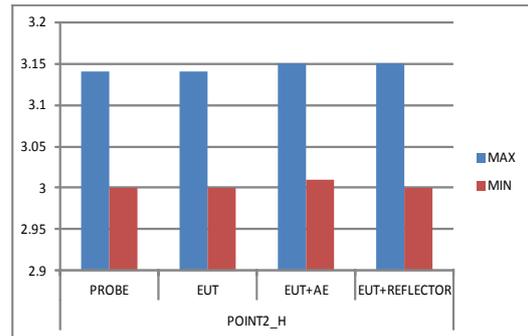


그림 17. Point 2 수평편파 최소, 최대값

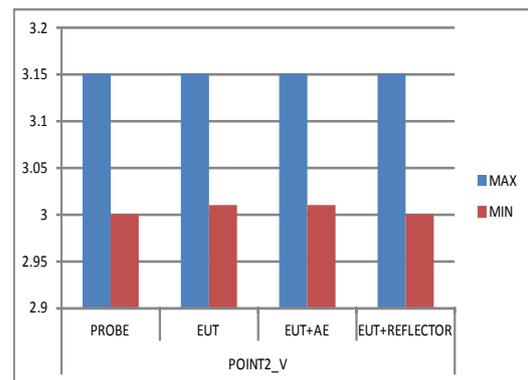


그림 18. Point 2 수직편파 최소, 최대값

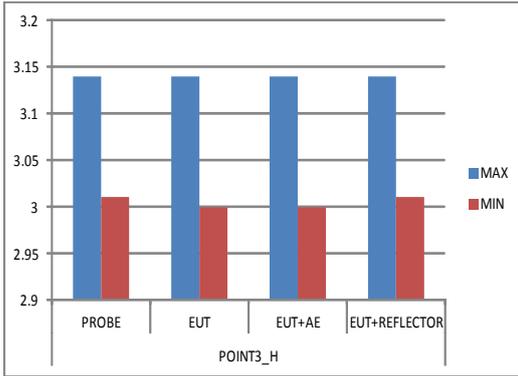


그림 19. Point 3 수평편과 최소, 최대값

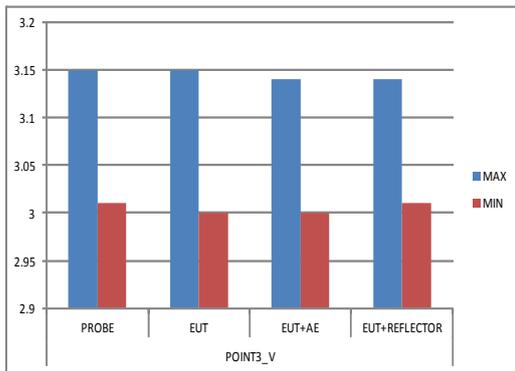


그림 20. Point 3 수직편과 최소, 최대값

그림 17, 18, 19, 20에 대해 시험 배치 별로 포인트에서 최대치는 3.15 V/m, 최소치는 3 V/m를 보이고 있다. 최대치와 최소치의 차이 0.15 V/m를 차이를 분석해 보았을 때 해당 시험의 측정불확도 4.4 dB(신뢰수준 약 95 %, $k = 2$)의 불확도 안에 전계 수치가 들어갈 뿐더러, 전계강도 허용 Windows에 의한 불확도 3 V/m에 대한 0.5 dB에 가까운 수치라고 할 수 있다.

본 시험에서는 위 결과에 나타나듯 각각의 시험 환경적 요소들이 시험기자재에 대한 전계 강도 인가에 큰 영향을 끼치지 못하다고 말할 수 있으며, 환경적인 요인에 대한 보다 시험 장비에 대한 불확도가 크다고 말할 수 있다.

VII . 결론

전자파 방사 내성 시험에 있어서 균일장은 KN 61000-4-3에 의해 규격적으로 시험 할 수 있는 기본이 되는 환경이다. 그렇기 때문에 시험에 있어서 가장 중요하면서도 민감하게 생각하는 부분이기도 하다.

본 연구에서는 챔버에 균일장이 형성된 후 실제 규격에서 시험하는 방법으로 재현함에 있어서 시험시 환경적인 요소에 의해서 균일장에 영향을 끼칠 수 있는 요인들에서 대해서 측정하여 각각

에 대해서 전계값을 비교하여 보았다. 시험시 사용된 챔버는 무선기기 전자파 내성을 사용할 수 있게 한 80 MHz ~ 2.7 GHz까지 균일장이 형성되었으며, 측정에 대한 포인트는 가장 많이 사용되는 주파수와 포인트인 1 GHz까지 2포인트와 3포인트가 수평, 수직에 대해 측정하였고, 측정시 사용된 시험기자재는 전자파 내성시 가장 시험시간이 많이 소요되는 휴대폰을 기준으로 하였다. 각각의 영향을 비교하기 위해서 포인트에서 PROBE를 이용해 One point calibration을 하며 비교하였으며, 비교 측정시 KN 61000-4-3에서 요구하는 동일한 배치를 사용하였다.

실험 측정값들을 비교 분석하였을 때, 주파수와 시험에 따른 결과값은 조금씩 차이가 있었다. 그러나 최종 시험 결과비교 따라 최대값은 3.15 V/m이며 최소값은 3 V/m로 나타났다. 이 값은 측정 불확도에 따라 4.4 dB(신뢰수준 약 95 %, $k = 2$) 에도 오차 범위 안에 들어갔으며, 전계강도 허용 Windows에 의한 불확도 3 V/m에 대한 0.5 dB 값에도 충분히 들어 갈 수 있는 수치였다. 이 시험 결과로 인해 환경적인 요인으로 균일장이 규격에서 요구한 환경이 만들어지지 않거나 한다는 것을 알 수 있었다. 하지만 올바르게 형성된 균일장에 다양한 시험기자재와 그에 따른 환경에 올바른 시험이 되기 위해서는 Power meter를 통한 전계강도 뿐만 아니라 Field Probe를 통한 실제 인가되는 전계도 항상 확인 하는 유연함을 갖춰야 할 것이다.

참고문헌

- [1] KN 61000-4-3 방사성 RF전자기장내성시험 방법
- [2] 민경찬, 전자파(emc)환경공학, (주)한국기술연구회, 171 페이지, 2008 년도
- [3] Christos Christopoulos, 전자파적합성의 원리와 기법, Jinhan M&B, 270 페이지, 2006년도
- [4] 이기학, 전자파 및 안테나 공학, 224 페이지, 1996 년도



박운현(Yoon-Hyun Park)

약력
한국산업기술대학교 전자공학과 학사
아주대학교 IT융합대학원 석사

※관심분야 : EMC



김영길(Young-Kil Kim)

약력
고려대학교 전자공학과 학사
한국과학기술원 석사
ENST(프랑스) 박사
아주대 전자공학과 교수
※관심분야 : 임베디드 시스템, 초음파 의료 기기, Mobile 의료정보 시스템, RFID Platform