

논문 2010-05-17

# ISM 밴드용 임베디드 기기를 위한 전자기 혼신신호의 송신전력 제한치 도출

(Calculating Emission Power Limits of Electromagnetic  
Disturbance Signal for Embedded Systems in ISM Bands)

조면균\*, 김 식

(Myeon-gyun Cho, Shik Kim)

Abstract : Embedded systems widely used for wireless communication such as W-LAN, Bluetooth and ZigBee operate on ISM (Industrial, Scientific and Medical) band but they can be seriously affected by electromagnetic interference radiated from ISM apparatus. Therefore C.I.S.P.R. reports proposed limits for the protection of telecommunication from interference from ISM equipment. In this paper, we clarify the methods for calculating limits for disturbance signal for Embedded Systems in ISM band and propose simple way of calculating limits for interference signal in both above and below 1 GHz band cases.

Keywords : ISM band, Electromagnetic disturbance, Limit of emission power, W-LAN, Bluetooth

## 1. 서론

ISM (Industrial, Scientific and Medical) 대역은 최근 의료용 장비 및 전자레인지, 그리고 블루투스 및 단거리 무선 임베디드 시스템 등에 다양하게 사용되고 있으며 특히 무선랜 (W-LAN)은 2.4 GHz 대역을 이용함으로써 최근 무선통신 시스템으로 널리 사용되고 있다 [1-2][9]. 하지만 ISM 밴드와 같이 비허가 주파수대역을 이용하는 임베디드 시스템들이 늘어나면서, 동일한 주파수를 사용함에 따른 기기 간의 간섭이 발생하여 무선 통신기기의 정상적인 운용을 방해 하거나 접속실패 및 전송 속도 등의 성능저하를 발생시키는 혼신 혹은 간섭의 상황이 발생하고 있다. 특히 전자레인지를 동작시킬 때 발생하는 혼신신호에 의한 무선통신기기의 영향을 다룬 연구들이 소개되고 있다 [3-5].

국제적인 움직임으로는 가정에서 사용되는 각종 디지털 시스템들이 생명이나 재산에 직접영향을 미

칠 가능성을 인지하고 홈 네트워크의 EMC (Electro-magnetic Compatibility)의 표준을 마련하여 국제무역을 촉진하기 위한 움직임이 발생하였다 [6].

특히 국제 무선장해 특별위원회 (CISPR)에서는 CISPR23 보고서를 통하여 ISM기기와 무선통신기기간의 혼신모형을 발표하였으며, 2008년에는 무선 서비스를 보호하기 위한 간섭기의 제한치를 다루는 CISPR 16-4-4 보고서로 변경 및 통합을 제안함으로써 간섭원의 제한치를 계산할 수 있게 하였다 [7-8].

그러나 간섭원의 제한치를 일정 수준이하로 지정하려고 할 때, 각 파라미터의 범위를 어떻게 설정하여야 하는지에 대한 실험이나 보고가 턱없이 부족한 실정이다. 그러므로 실제 ISM 밴드를 사용하는 기기들의 혼신 신호의 세기를 규제할 때 구체적으로 각 파라미터를 어떤 범위에서 운용해야 하는지를 알 수 없었다.

본 논문에서는 최근에 제안된 국제표준 보고서를 바탕으로 통신서비스 보호를 위해 ISM 밴드를 사용하는 기기들의 전계 강도를 일정 제한치 이하로 규제할 수 있도록, 혼신기기의 제한치 계산하는 모델을 1GHz 이상 및 1GHz 이하의 대역에 대해서 각각 분석·제시하였다. 또한 시뮬레이션을 통하여

\* 교신저자 (Corresponding Author)

논문접수 : 2010. 07. 06., 수정일: 2010. 08. 12.

채택확정 : 2010. 08. 27.

조면균 : 세명대학교 정보통신학부

김 식 : 세명대학교 정보통신학부

허용가능 혼신원의 세기와 제한치 계산에 사용되는 각 파라미터와 간섭원의 송신전력 간의 상관관계를 도출함으로써 허용 가능한 혼신원의 제한치 세기를 계산하기 위한 실용적인 모델 및 입력 파라미터별 구체적인 적용 범위를 제시한다.

## II. 제한치 도출을 위한 모델

### 1. 원거리 결합모델 (Remote Coupling Model)

RF ISM 기기로부터 In-band 간섭을 받는 경우 복사(radiation) 제한치를 구하는 모델이다. 대상체 수신기에서 허용 가능한 간섭장 세기는  $e_{ir} = e_w / r_p$  로 나타낸다. 이때  $e_w$ ,  $r_p$  는 각각 회망신호의 세기와 혼신 보호비 이다.

로그량으로 표시하면 대상체 수신 안테나에서 허용 가능한 간섭장의 세기  $E_{ir}$ 은 회망신호의 세기에서 혼신 보호비를 뺀  $E_{ir} = E_w - R_p$ 로 표현가능하다. 그림 1과 같은 복사결합모델에서 수신기에서의 혼신신호장의 세기는 다음과 같다 [7].

$$E_i = E_w - R_p + M_{ir} + L_p + x20\log(r/d) \text{ [dB]} \quad (1)$$

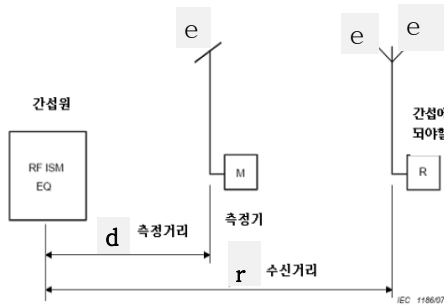


그림 1. 원거리 결합 모델

Fig. 1. Remote coupling model

이때  $M_{ir}$ ,  $L_p$ 는 각각 편파 어울림계수와 빌딩등에 의한 추가 감쇄계수를 의미한다.

## III. 대역별 혼신신호의 제한치 계산

### 1. 1GHz이하 대역의 혼신 제한치 계산

다음은 1GHz 이하여 대역에서 무선 수신안테나

에 혼신을 초래하는 복사결합의 경우 무선서비스를 보호하기 위한 혼신신호의 제한치를 구하는 방법이다. 회망 신호대 간섭비 R을 회망신호( $E_w$ ), 혼신신호( $E_i$ ), 전파감쇄손실( $L_o, L_b$ ) 및 안테나 이득( $G_w, G_i$ )등의 요소를 도입하여 표현한 것이다[8].

$$R = E_w + G_w - [E_i + G_i - L_o - L_b + M_{ir}] \quad (2)$$

식 (2)의 우항이 정규분포를 따른다고 가정을 하면 확률분포함수는 아래의 평균과 분산을 가진다 [8].

$$\mu_R = \mu_w + \mu_{Gw} - \mu_i - \mu_{Gi} + \mu_{Lo} + \mu_{Lb} - \mu_m \text{ dB} \quad (3.1)$$

$$\sigma_R^2 = \sigma_w^2 + \sigma_{Gw}^2 + \sigma_i^2 + \sigma_{Gi}^2 + \sigma_{Lo}^2 + \sigma_{Lb}^2 + \sigma_m^2 \text{ (dB)}^2 \quad (3.2)$$

그리고 정규분포의 법칙에 따라, 지정된 Qos를 획득할 신뢰도를 도출하여 표현하면 다음과 같다.

$$P(R > R_p) = F[-(R_p - \mu_R)/\sigma_R] = \alpha \quad (4.1)$$

$$\mu_R = R_p + t_\alpha \sigma_R, \text{ where } t_\alpha = F^{-1}(\alpha) \quad (4.2)$$

이에 위의 식들을 결합해 보면, 간섭 원으로부터 미리 설정된 거리에서의 허용가능한 간섭치의 평균값  $\mu_i$ 을 표현해 보면 아래와 같다.

$$\mu_i = \mu_w + \mu_{Gw} - \mu_{Gi} + \mu_{Lo} + \mu_{Lb} - \mu_m - R_p - t_\alpha [\sigma_w^2 + \sigma_{Gw}^2 + \sigma_i^2 + \sigma_{Gi}^2 + \sigma_{Lo}^2 + \sigma_{Lb}^2 + \sigma_m^2]^{1/2} \quad (5)$$

그리고 혼신신호의 평균값은 한계치 값보다 적어야 하므로 되어 최종적으로 위의 (3), (4), (5)의 식을 정리해 보면 최종 제한치는 다음으로 유도된다.

$$E_{Limit} = \mu_w + \mu_{Gw} - \mu_{Gi} + x \cdot 20 \lg(r/d) + \mu_{Lb} - \mu_m - R_p + t_\beta \sigma_i - t_\alpha [\sigma_w^2 + \sigma_{Gw}^2 + \sigma_i^2 + \sigma_{Gi}^2 + \sigma_{Lo}^2 + \sigma_{Lb}^2 + \sigma_m^2]^{1/2} \quad (6)$$

CISPR은 80%의 안전 신뢰도( $\beta$ )로 testing을 권고하기 때문에  $t_\beta = 0.84$ 로 대치 가능하다.

2. 1GHz이상 대역의 혼신 제한치 계산

1GHz 이상의 ISM 대역을 사용하는 통신서비스가 복사결합 모델을 도입할 때 허용 가능한 간섭신호의 평균 크기는 식 (5)로부터 추정가능하다. 이때 수신된 혼신신호에 영향을 줄 수 있는 7개의 영향인자 (influence factor)인  $P_1 \sim P_7$ 의 평균치를  $\mu_{P_1} \sim \mu_{P_7}$ 의 형식으로 고려하여 구해진 제한치는 아래와 같다.

$$E_{Lim} = \mu_w - R_p + \mu_{P_1} - \mu_{P_2} + \mu_{P_3} + \mu_{P_4} + \mu_{P_5} + \mu_{P_6} + \mu_{P_7} + t_{\beta}\sigma_i - t_{\alpha}[\sigma_{P_1}^2 + \sigma_{P_2}^2 + \sigma_{P_3}^2 + \sigma_{P_4}^2 + \sigma_{P_5}^2 + \sigma_{P_6}^2 + \sigma_{P_7}^2]^{(1/2)} \quad (7)$$

이때  $\mu_{P_1} \sim \mu_{P_7}$ 은 각각 혼신원의 안테나 이득, 대상체 수신기의 안테나 이득, mobile에 의한 간섭감쇄 효과, 혼신신호의 한계치 margin 고려, 혼신신호의 대역폭에 따른 간섭고려, 혼신원과 대상체 사이의 거리고려, 추가적인 장애물에 의한 감쇄효과와의 고려이다[4].

IV. 간섭원 제한치 실험 결과

1. 1GHz이하 대역의 혼신 제한치 도출 실험

본 절에서는 1GHz이하의 대역을 사용하는 경우, 주요 파라미터가 변경됨에 따라 허용 가능한 간섭원의 제한치에 어떤 영향을 주는지를 살펴보는 실험을 수행해 본다. 먼저 표 1과 같은 실험환경을 가정한다. 이때 혼신 보호비(RP)와 수신 신뢰도( $\alpha$ )와 안전 신뢰도( $\beta$ )에 변화에 따른 제한치를 그려본다.

표 1. 1GHz이하 대역의 혼신 제한치 계산을 위한 파라미터

Table 1. Parameters for calculating the limit of disturbance signal in the freq. range below 1GHz

구분	희망 신호 전계 세기 (E <sub>w</sub> ) mV/m	수신단 희망신호의 안테나 이득 G <sub>w</sub> [dB]	수신단 혼신신호의 안테나 이득 G <sub>i</sub> [dB]	혼신 신호의 자유 공간 감쇄 [dB]	혼신 신호의 건물 진행 감쇄 (m <sub>l,w</sub> ) [dB]	편파결합계수 (m <sub>p</sub> ) [dB]
평균	20	10	8	19.77	12	-0.880
편차	2	2	2	3	2	0.1

측정 거리 d [m]	수신 거리 r[m]	전파진행계수 x (자유공간:1 그 외: 1~1.5)	혼신장으로부터 지정거리에서측정된혼신장 세기의 표준편차 s <sub>i</sub> [dB]	Protection Ratio (혼신 보호비) [dB]
3	20	1	2	20

그림 2와 그림 3로부터 혼신보호비가 높아짐에 따라 간섭원의 제한치는 적어져야 한다. 간섭량이 줄어들어야만 요구하는 통신 품질을 만족 할 수 있기 때문이다.

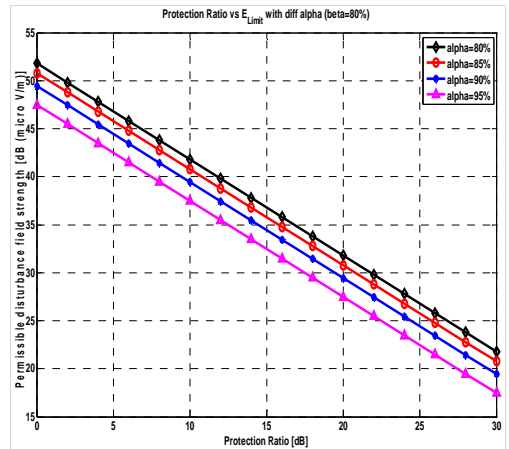


그림 2. 수신보호비(RP)와 수신신뢰도( $\alpha$ )에 따른 허용가능 혼신장의 제한치

Fig. 2. Limit of permissible disturbance signal power according to RP and  $\alpha$

그림 2에서는 수신신뢰도의 차이에 따른 허용가능 간섭 제한치를 나타내었는데, 수신신뢰도가 높아질수록 수신 SNR이 높아져야 하기 때문에 허용가능 간섭 제한치는 작아짐을 보였다.

그림 3에서는 안전신뢰도 즉  $\beta \times 100\%$ 의 신뢰도로 간섭원이 간섭 제한치 보다 적게 되도록 보장해야 하므로 간섭 제한치가 높아진다. 다시 말하면, 일련의 ISM 기기들이  $\beta \times 100\%$ 의 신뢰도로 항상 간섭 제한치를 만족함을 보장해야 하기 때문에 평균 간섭량 대비 간섭 제한치를 높임으로써 조건을 만족 시킬 수 있다.

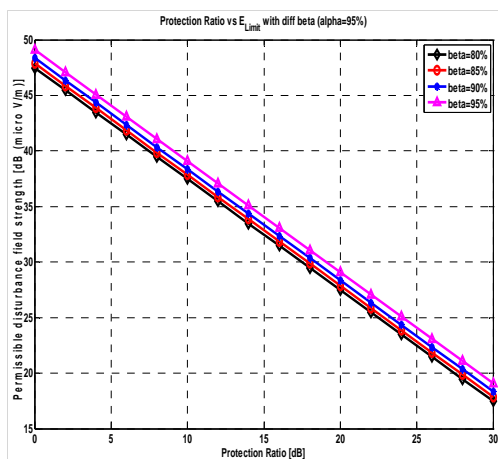


그림 3. 수신보호비(RP)와 안전신뢰도( $\beta$ )에 따른 허용가능 혼신장의 제한치

Fig. 3. Limit of permissible disturbance signal power according to RP and  $\beta$

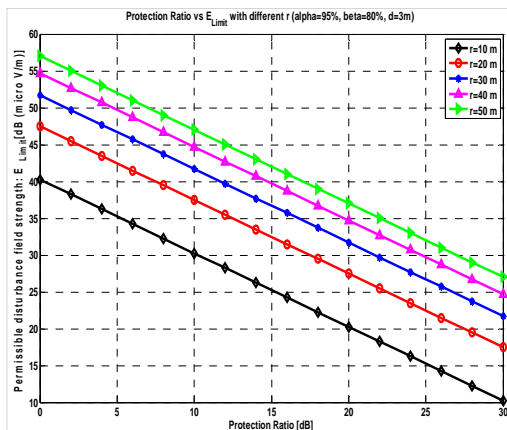


그림 4. 수신보호비(RP)와 수신거리 r에 따른 허용가능 혼신장의 제한치

Fig. 4. Limit of permissible disturbance signal power according to RP and receiving distance r

그림 4에서는 측정거리를 3m로 고정하고 간섭원 과 대상체 수신기 간의 거리를 [10 20 30 40 50] m 로 변화시키며 결과를 본 것이고, 그림 5는 간섭원과 수신기 간의 거리를 30m로 고정하고 측정거리 d를 [2 3 4 5 6] m로 변화하면서 그런 결과 이다. 이때 각각의  $\alpha$ 와  $\beta$ 는 0.95와 0.8을 가정 하였다. 거리(r)이 멀수록 혼신신호의 감쇄가 심해 지므로 허용가능 혼신장 제한치 값을 크게 가져갈 수 있는 여유가 발생하게 된다. 반면 측정거리가 멀 어지면 원신호 대비 혼신신호의 간섭이 두드러지므

로 혼신장 제한치가 작게 됨을 알 수 있다.

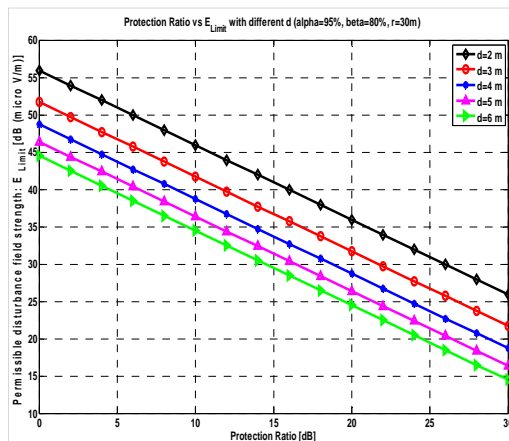


그림 5. 수신보호비(RP)와 측정거리 d (m)에 따른 허용가능 혼신장의 제한치

Fig. 5. Limit of permissible disturbance signal power according to RP and estimation distance d

다음은 3 by 7의 행렬로 구성된 파라미터 matrix중에서 2개의 main 파라미터가 특정 간섭장의 제한치를 만족시키면서 어떤 상관관계를 가지는 지 알아보기 위한 실험이다.

표 2. Target CISPR Limit을 만족하는 파라미터의 상관관계를 구하기 위한 입력 파라미터 행렬

Table 2. Input matrix for achieving the correlation between parameters with satisfying target CISPR limit

$R_p$	수신 신뢰 도 $\alpha$	안전 신뢰 도 $\beta$	파 진행계 수 x	수신 거리 r	측정 거리 d	-
$\mu_w$	$\mu_{Gw}$	$\mu_{Gi}$	$\mu_{Lo}$	$\mu_{Lb}$	$\mu_m$	-
$\sigma_w$	$\sigma_{Gw}$	$\sigma_i$	$\sigma_{Lo}$	$\sigma_{Lb}$	$\sigma_m$	

표 2에서 제시된 것과 같이 입력 파라미터 행렬 을 구성한다. 먼저 입력행렬 [2,1]을 지정하고  $\mu_{Gw}$  (희망신호의 안테나 이득)의 범위를 입력하고 또 다른 주요 파라미터로 [2,2]을 선택하면  $\mu_{Gi}$  (간섭원의 안테나 이득)이 target  $E_{Lmit}$ 를 만족하도록 출력 값으로 도출된다. 이것으로 두 파라미터 요소사이의 관계를 유추할 수 있다.

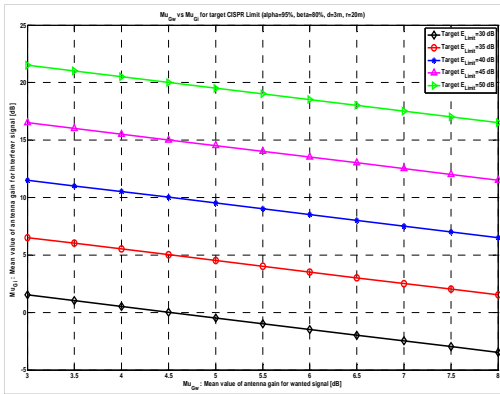


그림 6. Target 혼신원 제한치를 만족하는  $\mu_{Gw}$ 와  $\mu_{Gi}$ 의 상관관계

Fig. 6. Correlation between  $\mu_{Gw}$  and  $\mu_{Gi}$  with satisfying target CISPR limit

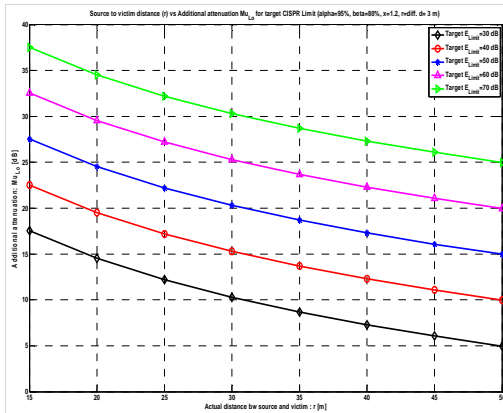


그림 7. Target 혼신원 제한치를 만족하는 거리 r(m)와 건물의 감쇄  $\mu_{P7}$ 의 관계

Fig. 7. Correlation between r(m) and  $\mu_{P7}$  with satisfying target CISPR limit

그림 6에서는 target E\_Limit를 만족하면서, 수신기에서의 희망신호에 대한 안테나 이득 ( $\mu_{Gw}$ )와 간섭신호에 대한 이득 ( $\mu_{Gi}$ )사이에서 어떤 관계가 있는지 나타낸 그림이다. 두 파라미터 간에는 반비례의 관계가 성립하여, 지정된 E\_Limit을 만족하기 위해서 한쪽이 커지면 나머지 한쪽은 작아져야 하는 반비례 관계임을 확인시켜 주고 있다.

그림 7은 건물에 의한 추가적인 건물에 의한 감쇄요인( $\mu_{Lo}$ )이 있는 경우에 target 혼신장의 세기를 만족시키는 간섭원과 대상체 수신기의 거리 r의 상관관계를 나타낸 것으로, 2차 통계적 반비례 관계에 있음을 증명하고 있다.

## 2. 1GHz 이상 대역의 혼신 제한치 도출 실험

본 절에서는 1GHz 대역 이상에서의 무선 서비스에서 주요 파라미터의 변경이 허용 가능한 간섭원의 제한치에 어떤 영향을 주는지를 살펴보는 실험을 수행해 본다. 이때 표 3과 같은 실험환경을 가정한다. 이때 혼신 보호비(RP)와 수신 신뢰도( $\alpha$ )와 안전 신뢰도( $\beta$ )에 변화에 따른 제한치( $E_{Limit}$ )를 그림 8과 그림 9에서 그려본다.

표 3. 1GHz이상 대역의 혼신 제한치 계산을 위한 파라미터

Table 3. Parameter for calculating the limit of disturbance signal in the freq. range above 1GHz

구분	희망신호 전계세기( $E_w$ ) $\mu V/m$	간섭원의 복사패턴 ( $P_1$ )[dB] (3~8dB)	희망신호방향 대비 간섭방향 안테나이득( $P_2$ ) [dB] ( $\mu_{P2}=G_w-G_i$ )	이동국이 혼신원과 거리유지및 이동성고려( $P_3$ ) [dB] (0~9dB)
평균	20	5	3	7
편차	-	2	2	1

구분	혼신원의 방사레벨과 제한치의 차이고려( $P_4$ ) [dB] (0~24dB)	혼신원과무선서비스의 대역폭 고려( $P_5$ ) [dB]	혼신신호의자유공간감쇄( $P_6$ ) [ $\mu_{P6}=x*20*lg_{10}(r/d)$ ] [dB]	건물혹은장애물에의한추가적인 감쇄고려( $P_7$ ) [dB] (0~20dB)
평균	10	-1.76	24	12
편차	2	1	2	3

측정거리 d [m]	수신거리 r [m]	전파진행계수 x (자유공간:1 그 외:1~1.5)	혼신장으로부터지정거리에서 측정된 혼신장세기의 표준편차 $\sigma$	희망신호의 bandwidth (B <sub>w</sub> :B <sub>want</sub> ) [Mhz]	간섭신호의 bandwidth (B <sub>n</sub> :B <sub>noise</sub> ) [Mhz]	측정신기의 bandwidth (B <sub>m</sub> :B <sub>meas</sub> ) [Mhz]
3	20	1	2	20	30	40

그림 8에서는 수신신뢰도가 높아질수록 수신 SNR이 높아져야 하기 때문에 허용가능 간섭 제한치는 작아짐을 보여준다. 그림 9에서는 안전신뢰도,  $\beta \times 100\%$ 의 신뢰도로 간섭원이 간섭 제한치 보다 적게 되도록 보장해야 하므로 간섭 제한치가 높아진다. 즉 일련의 ISM 기기들이 지정 신뢰도로 항상 간섭 제한치를 만족함을 보장해야 하기 때문에 평균 간섭량 대비 간섭 제한치를 높임으로써 조건을 만족시킬 수 있다.

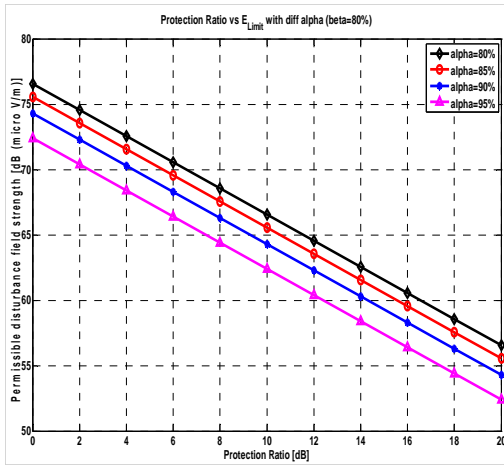


그림 8. 1GHz대역 이상에서의 수신보호비(RP)와 수신신뢰도(a)에 따른 허용가능 혼신장의 제한치  
Fig. 8. Limit of permissible disturbance signal power above 1GHz according to  $\alpha$  and RP

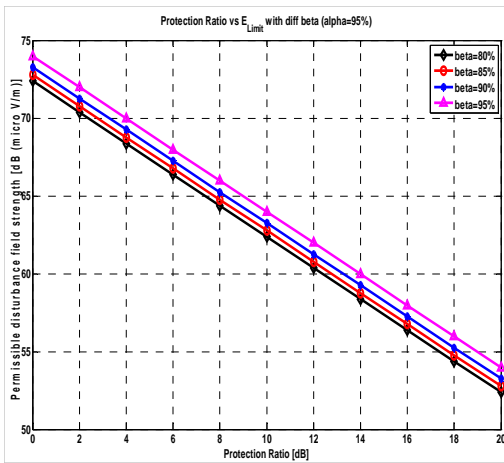


그림 9. 1GHz대역 이상에서의 수신보호비(RP)와 안전신뢰도(beta)에 따른 허용가능 혼신장의 제한치  
Fig. 9. Limit of permissible disturbance signal power above 1GHz according to  $\beta$  and RP

다음은 3 by 8의 행렬로 구성된 파라미터 matrix중에서 2개의 main 파라미터가 특정 간섭장의 제한치를 만족시키면서 어떤 상관관계를 가지는지 알아보기 위한 실험이다. 먼저 안전 신뢰도( $\beta$ )는 CISPR의 권고안처럼 80%로 가정하고 아래의 표 4와 같이 입력 파라미터 행렬을 구성한다. 먼저 입력 행렬 [2,2]을 지정하고  $\mu_{p1}$ 의 범위를 입력하고 또 다른 주요 파라미터로 [2,3]을 선택하면  $\mu_{p2}$ 가 target  $E_{Limit}$ 를 만족하도록 출력 값으로 도출된

다. 이것으로 두 파라미터 요소사이의 관계를 그림 10에서 그림 12로부터 유추할 수 있다.

표 4. CISPRLimit을 만족하는 각 파라미터들의 상관관계를 위한 파라미터 행렬 (3×8 행렬)

Table 4. Parameter matrix for achieving correlation between parameters with satisfying CISPR limit

$R_p$	수신신뢰도	$B_{w\text{ant}}$	$B_{n\text{oise}}$	$B_{m\text{eas}}$	파진행계수 $x$	거리 $r$	측정거리 $d$
$\mu_w$	$\mu_{p1}$	$\mu_{p2}$	$\mu_{p3}$	$\mu_{p4}$	$\mu_{p5}$	$\mu_{p6}$	$\mu_{p7}$
$\sigma_i$	$\sigma_{p1}$	$\sigma_{p2}$	$\sigma_{p3}$	$\sigma_{p4}$	$\sigma_{p5}$	$\sigma_{p6}$	$\sigma_{p7}$

그림 10과 11에서는 목표  $E_{Limit}$ 를 만족하면서, 파진행계수( $x$ )와 간섭원과 대상체 수신기사이의 거리  $r$ 변화에 따라 희망 신호의 평균 세기( $\mu_w$ )가 어떤 상관관계가 있는지를 알기위한 실험이다.

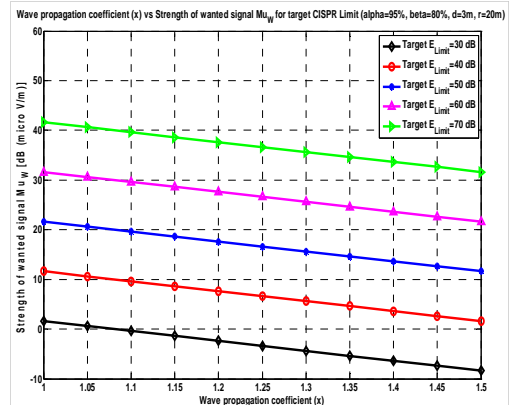


그림 10. Target  $E_{Limit}$ 를 만족하는 파진행계수( $x$ )와 희망신호세기  $\mu_w$ 의 관계

Fig. 10. Correlation between  $x$  and  $\mu_w$  with satisfying target  $E_{limit}$

식 (7)에서 송신 제한치( $E_{Limit}$ )가 고정되면 우측항의 희망신호세기( $\mu_w$ ), 파진행계수 효과( $\mu_{p5}$ )와 거리에 의한 효과( $\mu_{p6}$ )가 서로 반비례의 관계에 있기 때문에 실험 결과에서도 반비례의 효과가 있음을 보여주게 된다.

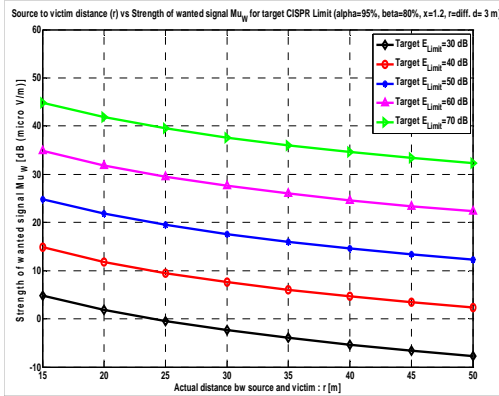


그림 11. Target E\_Limit를 만족하는 거리 r(m)와 회망신호세기  $\mu_w$ 의 관계

Fig. 11. Correlation between  $x$  and  $\mu_w$  with satisfying target E\_limit

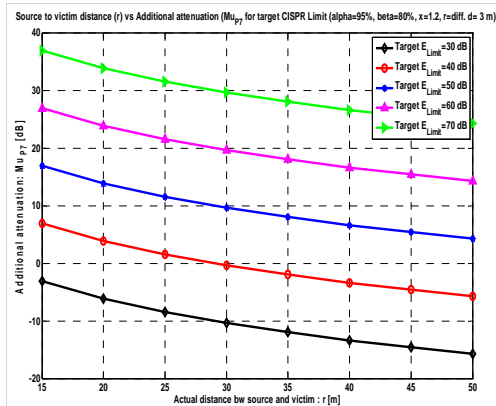


그림 12. Target E\_Limit을 만족하는 거리 r(m)와 건물에 의한 감쇄  $\mu_{P7}$ 의 관계

Fig. 12. Correlation between  $r$ (m) and  $\mu_{P7}$  with satisfying target E\_limit

그림 12는 건물에 의한 추가적인 건물에 의한 감쇄요인( $\mu_{P7}$ )이 있는 경우에 목표 혼신장의 세기 ( $E_{Limit}$ )를 만족시키는 간섭원과 대상체 수신기의 거리  $r$ 의 상관관계를 그림으로 나타낸 것이다. 추가적 감쇄 파라미터  $\mu_{P7}$ 과 간섭원과 대상체의 거리  $r$ 은 모두 송신 제한치를 높일 수 있는 여유를 주는 요소이므로 송신전력의 제한치를 지정한 경우 두 파라미터는 반비례의 관계가 된다.

이상의 실험결과와 같이 목적된 혼신장의 세기를 만족시키기 위한 각각의 파라미터들의 상관관계를 알아보았다. ISM밴드를 사용하는 무선통신 임베

디드 기기가 감당할 수 있는 수준의 혼신장의 한계치를 만족하기 위해 각 파라미터들은 지정된 동작 범위 안에서 동작시키게 되면, 이에 따라 상응하는 다른 파라미터들의 허용 가능 동작범위를 실험으로부터 구해 낼 수 있다.

#### IV. 결론 및 토의

이상과 같이 1Ghz 근처를 사용하는 ISM 통신기기의 보호를 위하여 국제 무선험해특별위원회(CISPR)에서 권고하는 CISPR23 및 이것의 최근 수정 및 통합 본인 CISPR16-4-4의 내용을 분석하고, 혼신신호의 제한치를 구하는 식을 유도하였다. 그리고 1GHz이하 대역 및 1GHz 이상의 대역을 사용하는 ISM기기에서 허용 가능한 혼신원의 세기를 구하는 실질적인 모델을 정립 하였다.

컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 각 파라미터와 허용 가능한 혼신원의 세기 간의 상관관계를 살펴보았으며 target 혼신원의 세기를 만족하기 위한 파라미터별 동작 범위를 확인하였다.

본 논문에서는 ISM 밴드의 2가지 동작 주파수의 범위에 따라 무선통신을 사용하는 임베디드 시스템에 주는 간섭원의 영향을 최소화하기 위한 혼신원의 송신전력 제한치를 구하는 방법 및 주요 파라미터들의 역할에 대해 분석해 보았다. 하지만 여전히 혼신신호의 제한치를 결정하는 파라미터들이 다수 존재하므로, 각각의 파라미터들의 물리적인 동작 범위를 만족하면서 혼신신호의 세기를 제한치 이내로 만족시키기 위해서는 더 많은 실험이 필요하며 궁극적으로는 폐형(closed form)의 최적화식이 도출되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] S. Unawong, N. Morinaga, "Technique to improve the performance of wireless LAN under ISM interference environments", APCC/OECC' 99. Vol.1, pp. 18-22, Oct. 1999.
- [2] Jin-A Park, Seung-Keun Park, Kyoung-Rok Cho, "Experiments on radio interference between wireless LAN and other radio devices on a 2.4 GHz ISM band", VTC 2003-Spring. Vol.3, pp. 1798 -1801, April, 2003.
- [3] N. Golmie, F. Mouveaux, "Interference in the 2.4 GHz ISM band: impact on the Bluetooth access control performance", Communications, 2001. ICC 2001. IEEE International Conference on Vol.8, pp. 2540-2545, June, 2001.
- [4] S. Miyamoto, N. Morinaga, "Effect of microwave oven interference on the performance of digital radio communication systems", Proceeding of the ICC'97, pp. 51-55, June, 1997.
- [5] S. Unawong, S. Miyamoto, and N. Morinaga, "Effects of microwave oven interference on the performance of ISM-band DS/SS System", Proc. IEEE Int. Symp. on EMC, pp. 51-56, Aug, 1998.
- [6] Masuo Okamura, "Recent topics in CISPR", Electromagnetic Compatibility, 1999 International Symposium on, pp. 698-701, May, 1999.
- [7] "International electro-technical commission-determination of limits for ISM equipment", CISPR 23 1st edition Dec, 1987.
- [8] "Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods", CISPR 16-4-4, 2n edition, Jul, 2007.
- [9] 허수정, 이승환, 박용완, 신정훈, "텔레매틱스 서비스를 위한 차량 내 2.4GHz 대역의 근거리 무선 통신 환경 측정 시스템 구현", 대한임베디드 공학회논문지, 제1권, 제2호, 82-89쪽, 2006.

저 자 소 개

조 변 균



1994년 한양대학교  
전자통신공학사.  
1996년 한양대학교  
전자통신공학 석사.  
2006년 연세대학교  
전기전자공학 박사.

1996~2008년 : 삼성전자 통신연구소  
책임연구원.

현재, 세명대학교 정보통신학부 조교수.  
관심분야 : 이동통신, 임베디드 S/W,  
다중안테나.

Email : mg\_cho@semyung.ac.kr

김 식



1979년 : 경북대학교  
컴퓨터공학 학사.  
1991년 : 미국 Texas  
A&M 컴퓨터공학 석사.  
2004년 : 일본 오카야마  
현립대학 정보통신공학  
박사.

현재, 세명대학교 정보통신학부 교수.

관심분야 : 임베디드 S/W, Real-time OS.

Email : shikm@semyung.ac.kr