

무선기기 보호를 위한 ISM 기기의 방사 한계치에 관한 연구

심용섭*, 이일규**, 홍선의*** 정회원

Study on Radiation Limit of ISM Equipment for Protecting Radio Device

Yong-Sup Shim*, Il-Kyoo Lee**, Seon-Eui Hong*** Regular Members

요 약

본 논문은 최근 급증하는 ISM(Industrial Scientific Medical) 기기 및 무선기기의 사용 증가에 따라 ISM 기기와 무선기기가 인접한 공간에서 운용될 경우 상호간에 간섭이 예측되는 상황에서, ISM 기기와 무선기기 상호간에 간섭 없이 양립할 수 있도록 ISM 기기의 방사 한계치 산출 방법을 제시하였다. ISM 기기의 방사 한계치는 원하는 무선기기의 신호에 무선기기 보호를 위해 요구되는 보호비를 적용하고 이에 보정 요소를 고려하여 산출한다. 이어서 한계치 산출이 요구되는 시나리오를 제시함과 동시에 MatLab GUI(Graphical User Interface)를 이용한 방사 한계치 산출 S/W를 구현하였다. 본 논문에서 제시한 ISM 기기의 방사 한계치 산출 방법은 ISM 기기로부터 무선기기를 보호하기 위한 방안으로 활용될 것으로 기대된다.

Key Words : Radiation, Limit, ISM Equipment, Radio Device, Interference, Protection

ABSTRACT

This paper suggests the method to calculate radiation limit of ISM(Industrial Scientific Medical) equipment in order to protect radio device in the situation that ISM equipment and radio device are operated in near distance. The factor for correction and protection ratio which is need for protecting radio device were considered to calculate radiation limit of ISM equipment. Also, the scenario which is required to limit radiation power of ISM equipment was referred and the S/W for calculation of radiation limit was developed by using GUI(Graphical User Interface) on Matlab. The suggested method for calculation of radiation limit of ISM equipment will be used to protect radio device from ISM equipment.

I. 서 론

최근 급속하게 진화해 온 통신 기술의 발전은 바쁜 현대인에게 시간과 장소에 구애 받지 않고 업무의 효율성을 극대화 할 수 있는 장점과 정보전달 능력의 새로운 패러다임을 제공하며 현대인의 삶에서 절대 배제할 수 없는 중요한 자원으로 인식되고 있다. 또한, 이동 통신 분야에서부터 의료 산업, 항공 및 우주 산업에 이르기까지 전파를 이용한 통신기술들은 우리 주변에서 쉽게 찾을 수 있다.

특히, 최근에는 RFID(Radio Frequency IDentification),

무선랜, 블루투스, 지그비 등과 같이 작은 전파를 사용하여 근거리에서 음성 및 영상 데이터전송, 원격제어 등의 산업 활동에 활용하거나 지하철, 버스에서 요금결제에도 이용하는 등 그 활용이 점차 다양해지고 있는 추세이다. 또한, ITU-R(International Telecommunication Union - Radiocommunication)에서는 통신설비의 전파용설비를 ISM(Industrial Scientific Medical) 기기로 규정[1]하고 ISM 기기 사용에 우선권을 부여한 ISM 대역을 지정하였고 미국 FCC(Federal Communication Commission)는 1985년 다양한 무선기술개발을 장려하기 위해 산업·과학·의료용으로 ISM 대역을 자유롭게 사용하도록 허락하였으며 한국

*공주대학교 정보통신공학과/한국전자통신연구원 (bestlla@kongju.ac.kr), **공주대학교 전기전자제어공학과 (leeik@kongju.ac.kr), 교신저자

***한국전자통신연구원 전자과공학연구팀 (sehong@etri.re.kr)

※ 본 연구는 방송통신위원회의 ETRI 연구개발 지원사업의 연구결과로 수행되었음(KCA-2011-08921-01304)

접수일자 : 2011년 7월 30일, 수정완료일자 : 2011년 11월 28일, 최종 게재확정일자 : 2011년 12월 15일

에서도 2001년 ISM 대역을 사용해 소출력 무선기기가 운용될 수 있도록 유권 해석하여 근거리 무선기기의 발전의 발판을 마련하였다.

더불어 ISM 기기는 용접 및 열처리 등 공장과 같은 산업 환경에서 주로 사용되어 왔지만 관련 기술의 발전과 더불어 가정용 전자레인지, 초음파 세척기 등과 같은 생활 편의용 제품이 등장하고 있고 의료용으로 자기공명영상장치(MRI : Magnetic resonance Imaging)를 통한 영상진단, 고주파 치료기를 통한 근육통증의 완화 등 우리 생활 가까운 곳에서 폭넓게 ISM 기기들이 활용되고 있다[2],[3].

이와 같이 ISM 대역에서 소출력 무선기기뿐만 아니라 다양한 ISM 기기들이 사용됨에 따라 ISM 기기와 소출력 무선기기가 근접거리에서 사용될 경우 상호간에 간섭의 가능성이 증가하고 있다. 이러한 상황에서 무선기기는 그 목적이 정보 전달이라는 측면에서 단순 장비로 구분되는 ISM 기기보다 높은 중요성을 갖기 때문에 ISM 기기보다 우선적으로 보호되어야 한다.

따라서 본 논문은 ISM 기기로부터 무선기기를 보호하기 위해 ISM 기기의 방사 전력을 제한하는 방법으로써, 그 적정 한계치를 산출하기 위한 모델을 제시하고 산출 과정을 설명하였다. 또한 한계치를 산출이 요구되는 시나리오를 제시함과 동시에 매트랩 GUI(Graphical User Interface)를 이용한 한계치 산출 S/W를 구현하였다.

본 논문에서 제시한 ISM 기기의 한계치 산출 방법은 보호하고자 하는 무선기기에 따라 요구되는 보호비를 고려하기 때문에 요구되는 보호비를 변화시켜 다양한 무선기기의 보호에 활용될 수 있다. 따라서 본 논문을 바탕으로 ISM 기기와 무선기기가 서로 양립할 수 있는 환경 조성에 기여할 것으로 사료된다.

II. 한계치 산출 방법

ISM 기기의 한계치를 산출하기 위해서는 ISM 기기의 간섭 신호가 무선기기에 미치는 영향 분석을 위한 간섭 모델이 요구된다. 본 장에서는 한계치 산출을 위해 적용되는 간섭 모델을 제시하고 이 간섭 모델을 이용한 한계치의 산출 과정을 유도하였다.

1. 간섭 모델

피간섭원 무선기기에 영향을 미치는 간섭원 ISM 기기의 간섭을 분석하여 ISM 기기의 한계치 산출하는 모델은 그림 1과 같이 간섭원과 피간섭원 사이에 측정 장비가 위치한다 [4].

여기서,

e_w : ISM 기기로부터 거리 r (m) 떨어진 곳에서 무선기기의 안테나로 수신된 원하는 신호의 장 세기

e_{ir} : 무선기기의 안테나에 허용되는 간섭신호의 장 세기

r_p : 보호비($e_{ir} = e_w/r_p$)

m_{ir} : 무선기기의 안테나 편파와 간섭신호 e_{ir} 의 편파에

대한 보정 파라미터

l_b : 빌딩이나 다른 장애물의 차폐 요소

d : ISM 기기와 측정 장비간의 거리(m)

p : 통계적 확률 요소

x : 파장 전파계수

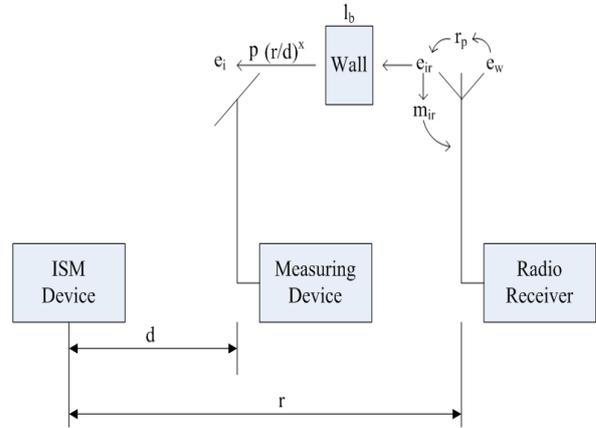


그림 1. 간섭 모델

무선기기의 원하는 신호와 ISM 기기의 간섭 신호 간에 보호비를 고려하여 ISM 기기의 한계치를 산출하고 보다 정확도를 높이기 위해 각 파라미터를 보정한다.

2. 한계치 유도

ISM 기기의 한계치를 유도하기 위해 원하는 신호세기 e_w 가 정해지고 무선기기 수신기의 보호비 r_p 가 결정되면 ISM 기기로부터 떨어진 측정거리 d 에서 간섭원 역할을 하는 ISM 기기로부터 복사되는 간섭 신호의 허용 가능한 장 세기, e_i 를 계산한다. 이 때, 거리 d 와 함께 ISM 기기와 무선기기 사이의 거리 r 에 대한 거리보상, 전파 및 건물의 감쇄 특성, 안테나 편파 등을 반영하여 식 1과 같이 계산된다.

$$e_i = [(e_w/r_p)m_{ir}l_b(r/d)^x] \quad (1)$$

식 1의 간섭 신호 세기를 로그 스케일을 적용하여 식 2와 같이 나타내어 계산 과정을 용이하게 한다.

$$E_i = E_w - R_p + M_{ir} + L_b + P + X20\log(r/d) \quad (2)$$

무선기기의 수신된 신호가 수신감도(Sensitivity) 이상의 크기로 수신되어 안정된 통신을 보장받을 수 있는 확률 q 는 평균과 표준편차를 갖는 보호비 $R_p(mR_s, S_R)$ 가 R_p^* 보다 클 확률로 주어지며 식 3과 같이 표현된다.

$$P[R_p(mR_s, S_R) > R_p^*] = q \quad (3)$$

여기서,

$P[\]$: 확률함수

$R_p(mR_s, S_R)$: 식 2의 R_p 에 대한 확률변수로 수신 안테나

입 력단에서 측정된 신호 대 잡음비(보호비)로써 평균 mR 과 표준편차 sR을 가짐

Rp* : Rp(mR,sR)의 특정한 신호 대 잡음 비
 q : 원활한 무선통신을 보장하는 확률 값

식 2의 각 확률 변수 Ew, Gw, Ei, Gi, Lo, Lb, Mir이 가 우시안 확률 분포를 가지므로 보호비에 대하여 각 가우시안 분포의 평균과 표준편차를 Rp(mR,sR)로 나열하면 식 4와 같다.

$$R_p(m_R, s_R) = E_w(m_w, s_w) + G_w(m_{Gw}, s_{Gw}) - [E_i(m_i, s_i) + G_i(m_{Gi}, s_{Gi}) - L_o(m_{Lo}, s_{Lo}) - L_b(m_{Lb}, s_{Lb}) + M_{ir}(m_{Mir}, s_{Mir})] \quad (4)$$

여기서,

- Ew : 원하는 신호의 장 세기
- Ei : 간섭 신호의 장세기
- Gw : 원하는 신호의 무선기기 수신안테나 이득
- Gi : 간섭 신호의 무선기기 수신안테나 이득
- Lo : 장애물이 없는 환경에서의 경로손실
- Lb : 장애물의 감쇄, 각각 평균(m)과 표준편차(s)를 가짐
- Mir : 간섭 신호와 무선기기 안테나 편차 차이에 의한 손 실, 각각, 평균(m)과 표준편차(s)를 가짐

가우시안 확률이론을 바탕으로 식 4에 나열된 확률 변수 Rp의 평균과 표준편차를 각각 정리하면 식 5와 6을 얻을 수 있다.

$$m_R = m_w + m_{Gw} - m_i - m_{Gi} + m_{Lo} + m_{Lb} - m_{Mir} \quad (5)$$

$$s_R = \sqrt{s_w^2 + s_i^2 + s_{Gw}^2 + s_{Gi}^2 + s_{Lo}^2 + s_{Lb}^2 + s_{Mir}^2} \quad (6)$$

식 4의 보호비를 평균이 0이고 표준편차가 1인 분포함수 로 정규화시켜 식 7을 얻는다[5].

$$P[R_p(m_R, s_R) > R_p^*] = F[-(R_p^* - m_R)/S_R] = q \quad (7)$$

여기서,

F[] : 정규화 분포함수

식 7에서 평균 mR은 가우시안 분포의 역함수를 이용하여 식 8과 같이 나타낸다.

$$m_R = R_p^* + t_q s_R \quad (8)$$

여기서,

tq : F-1[q]

식 5와 6에서 구해진 평균과 표준편차를 식 8에 대입하 여 간섭 신호의 평균값 mi를 식 9와 같이 구한다.

$$m_i = m_w + m_{Gw} - m_{Gi} + m_{Lo} + m_{Lb} - m_{Mir} - R_p^* - t_q \sqrt{s_w^2 + s_i^2 + s_{Gw}^2 + s_{Gi}^2 + s_{Lo}^2 + s_{Lb}^2 + s_{Mir}^2} \quad (9)$$

일반적으로 Ei는 전계강도 기준치 Elim 보다 작은 값을 가지므로 정규화 과정을 통해 식 10의 관계를 도출할 수 있다.

$$P[E_i < E_{lim}] = F[(E_{lim} - m_i)/s_i] = b \quad (10)$$

가우시안 분포함수의 역함수를 식 10에 적용하면 전계강 도 허용치 Elim 는 식 11과 같이 정리된다.

$$E_{lim} = m_w + m_{Gw} - m_{Gi} + X20\log(r/d) + m_{Lb} - m_{Mir} - R_p^* + t_b s_i - t_q \sqrt{s_w^2 + s_i^2 + s_{Gw}^2 + s_{Gi}^2 + s_{Lo}^2 + s_{Lb}^2 + s_{Mir}^2} \quad (11)$$

식 11은 ISM 기기의 방사 한계치 산출을 위해 사용되고 식에서 tq와 tb 값을 설정할 때, 가우시안 분포의 80 %에 해당하는 0.84를 입력하여 계산한다.

III. 한계치 산출의 예

1. 한계치 산출 시나리오

ISM 기기의 간섭 신호가 무선기기에 영향을 미치는 시나 리오는 그림 2와 같이 예상할 수 있다. 그림과 같이 신호 발생기, 아크용접기, 유도가열기, 고주파치료기 등의 ISM 기기의 방사 파위가 무선기기의 수신기로 수신되어 간섭이 발생한다[6],[7].

ISM 기기와 무선기기 사이의 이격 거리가 커짐에 따라 ISM 기기의 간섭 영향이 감소함을 이용하여 간섭을 최소화 하는 공간적 방법도 있으나 보다 원천적인 방법으로써 간섭 원으로써 유발되는 ISM 기기 방사 파위의 제한이 요구된다.



그림 2. 간섭 시나리오

간섭 시나리오에서 ISM 방사 한계치 산출을 필요한 간섭 원과 피간섭원의 파라미터의 예를 표 1에 나타내었으며 이

파라미터를 식 11에 대입하여 ISM 기기의 방사 제한치를 산출한다.

각각의 파라미터들은 장비 및 기기의 규격이나 측정을 통해 얻어지며 전파 전파 특성 등 시나리오의 특징에 따라 결정된다. 따라서 보다 합리적인 ISM 기기의 방사 제한치를 산출하기 위해서 정확한 파라미터의 입력이 중요하다.

표 1. 간섭시나리오의 파라미터

파라미터	값
시험 측정거리(d)	3 m
ISM 기기와 무선기기간 거리(r)	20 m
자유공간 계수(x)	1
보호비(R _p)	10 dB
t _a , t _b	0.84
원하는 신호의 전계강도(G _w)의 평균 및 표준편차	20 dBuV/m, 3 dB
원하는 신호에 대한 수신안테나 이득(G _w)의 평균 및 표준편차	2 dB, 3 dB
ISM 신호에 대한 수신안테나 이득(G _i)의 평균 및 표준편차	2 dB, 3 dB
경로 손실(L _o)의 평균 및 표준편차	16.478 dB, 3 dB
장애물 손실(L _b)의 평균 및 표준편차	4 dB, 3 dB
안테나 편파 일치(M _{ir})의 평균 및 표준편차	-0.88dB, 3 dB
방해 ISM 신호(E _i)의 표준편차	3 dB

2. 한계치 산출 S/W 구현

ISM 기기의 방사 제한치 산출을 위한 매텔랩 GUI(Graphical User Interface) 기반의 S/W를 그림 3과 같이 구현하였다. 표 1에 나타난 파라미터를 구현된 S/W에 입력하여 ISM 기기의 방사 제한치를 산출한다.

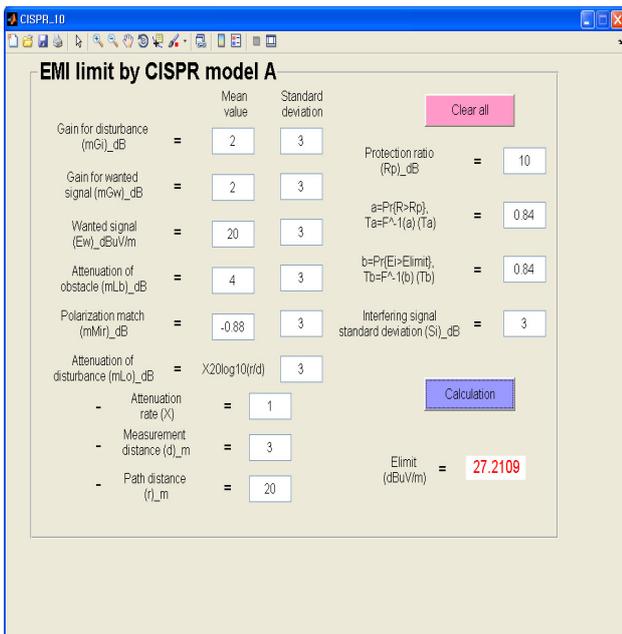


그림 3. 구현된 ISM 방사 제한치 산출 S/W

구현된 ISM 기기의 방사 제한치 산출 S/W를 이용하여 표 1의 파라미터에 따른 ISM 기기의 방사 제한치 27.21 dBuV/m가 산출되었다. 이에 따라 ISM 기기의 방사 파워를 산출된 제한치 이하로 출력하여 무선기기를 보호할 수 있다.

V. 결론

본 논문은 향후 ISM 기기와 무선기기 간의 예상되는 간섭시나리오에 적합한 간섭 모델을 제시하고 간섭 모델을 바탕으로 무선기기 보호를 위한 ISM 기기의 방사 한계치 산출 방법을 설명하였다. 제시한 모델은 원하는 신호 파워와 무선기기가 가지는 보호비를 통해 ISM 기기의 방사 한계치를 산출하는 방법으로써, 보호하고자 하는 무선기기에 따른 고유 보호비를 적용할 수 있어 다양한 ISM 기기에 대한 방사 한계치 산출에 활용될 수 있다.

따라서, 본 방법을 이용하여 ISM 기기로부터 무선기기를 보호하기 위한 ISM 기기의 방사 한계치를 산출하여 ISM 기기와 무선기기 간의 양립성 확보에 기여할 것이다. 더불어 보다 실제 상황에 가까운 간섭 모델에 대한 추가적인 연구가 요구된다.

참고 문헌

- [1] 박승근, 박진아, "국내 ISM 산업 활성화를 위한 제도개선 방향", 전자통신동향분석, 제22권, 제2호, pp. 102-113, 2007년 4월.
- [2] 박진아, 박승근, "ISM 기기의 전파간섭 모형 및 방사 기준치 분석", 전자통신동향분석, 제24권, 제6호, pp.133-143, 2009년 12월.
- [3] 박진아, 박승근, "ISM 전파이용과 전파 관리", 전파진흥, 한국전파진흥협회, 2008년
- [4] Technical Report CISPR 16-4-4, "Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods", CISPR in IEC, July. 2007.
- [5] HOGG, R.V. and Craig, A.T., "Introduction to Mathematical Statistics", Dedition 2, Macmillan N.Y. 1965.
- [6] 심용섭, 이일규, 박승근, 민경일, "ISM 기기에 의한 디지털 방송 서비스 간섭 영향 분석", 한국정보기술학회논문지, 제9권, 제2호, 2011년 2월.
- [7] 박진아, 박승근, "2.4GHz ISM 대역에서 IEEE 802.11b 기반의 무선랜과 RF 전구의 전파간섭 분석", 전자통신동향분석, 제21권, 제6호, pp.202-211 2006년 12월.

저 자

심 용 섭 (Yong-Sup Shim) 정회원



2005년 2월 : 공주대학교
전기전자공학과 학사졸업
2010년 2월 : 공주대학교
정보통신공학과 석사졸업
2010년 9월~현재 : 한국전자통신
연구원 위촉연구원
2011년 3월~현재 : 공주대학교 정보통신공학과 박사과정

<관심분야> RF 시스템, 전파 간섭, EMC

이 일 규 (Il-Kyoo Lee) 정회원



1994년 2월 : 충남대학교
전자공학과 석사졸업
2003년 2월 : 충남대학교
전자공학과 박사졸업
1997년 9월~2004년 : 한국전자통신
연구원 선임연구원
2004년 3월~현재 : 공주대학교 전기전자제어공학부 부교수

<관심분야> RF 부품 및 시스템, 안테나 및 전파 전파,
전파 간섭

홍 선 의 (Seon-Eui Hong) 정회원



1997년 2월 : 충남대학교
전파공학과 학사졸업
1999년 2월 : 충남대학교
전파공학과 석사졸업
1999년~현재 : 한국전자통신연구원
전자파공학연구팀 선임연구원

<관심분야> 전파 간섭, 전자파 노출량 해석