

30 MHz 이하에서 무선 서비스와 유도성 시스템 간의 보호 거리 산출

심용섭*, 이일규°, 박승근*

Protection Distance Calculation Between Inductive Systems and Radiocommunication Services Using Frequency Below 30 MHz

Yong-Sup Shim*, Il-Kyoo Lee°, Seung-Keun Park*

요약

본 논문은 30 MHz 이하에서 동작하는 유도성 시스템과 전파통신 서비스의 공존을 위해서, 유도성 시스템의 간섭으로부터 전파통신 서비스를 보호하기 위한 보호 거리에 관한 것이다. 보호 거리 산출을 위해 유도성 시스템과 전파통신 서비스 간의 간섭 시나리오 모델을 제시하고 이를 기반으로 유도성 시스템의 방사 전력과 희생원의 허용 가능한 전계 강도를 비교하여 적용된 전파 모델에 따른 보호 거리를 산출하는 방법을 제안하였으며 이 방법을 적용한 RFID(Radio Frequency IDentification), PDP(Plasma Display Panel) TV의 간섭 분석을 통해, 30 MHz 이하의 전파통신 서비스 보호를 위한 보호 거리를 도출하였다. 제안한 방법은 2012년 6월 SG(Study Group) 1 회의에서 ISM 기기에 대한 결의 63과 관련된 ITU-R 권고서로 채택되어 유도성 시스템뿐만 아니라 무선전력 전송 및 전력선 통신 등에 의한 간섭 영향 분석에 활용될 전망이다.

Key Words : Inductive systems; Radiocommunication services; Protection distance.

ABSTRACT

This paper describes separation distance to protect radiocommunication services from the interference of inductive systems using frequencies below 30 MHz for the co-existence between radiocommunication services and inductive systems. For the analysis, the interference scenario model is proposed between inductive system and radiocommunication services. Then the calculation method of protection distance is suggested by comparing the radiation power of inductive system with the allowable interference level of victim services, radiocommunication services, according to the applied propagation model. Also, the protection distance for protecting radiocommunication services in the 30 MHz below is calculated through the interference analysis from RFID(Radio Frequency IDentification) and PDP(Plasma Display Panel) TV based on the suggested method. The proposed calculation method was adopted as ITU-R recommendation in related with resolution 63 at ITU-R SG(Study Group) 1 meeting in June, 2012. It will be available to use for the protection of radiocommunication services from the interference of wireless power transfer system and power line telecommunication system.

※ 본 연구는 방송통신위원회의 ETRI 연구개발 지원사업의 연구결과로 수행되었습니다. (KCA-2011-08921-01303)

◆ 주저자 : 공주대학교 정보통신공학과, 한국전자통신연구원 전파기술부 스마트전파인프라연구팀, sys@etri.re.kr, 정희원

° 교신저자 : 공주대학교 전기전자제어공학부, leeik@kongju.ac.kr, 종신회원

* 한국전자통신연구원 seungkp@etri.re.kr, 정희원

논문번호 : KICS2012-07-334, 접수일자 : 2012년 7월 31일, 최종논문접수일자 : 2012년 10월 22일

I. 서 론

주파수 자원은 국가마다 동일하게 주어진 자원으로 사용에 따라 소멸되지 않고 얼마든지 재사용이 가능한 반면에 중복되어 사용될 경우 간섭 문제가 발생하는 한정된 자원이다. 따라서 주파수 사용을 위해서는 국가적 차원뿐 만 아니라 국제적인 합의를 통해 공통된 표준으로써 관리되어야 하는 정보통신분야의 핵심 자원이다.

주파수 이용은 그 목적에 따라 정보와 에너지 전달, 그리고 탐지로 구분되며 최근 이용 흐름을 살펴보면, 초고속 광대역 특성의 통신용 설비 외에도 ISM(Industrial Scientific Medical) 기기를 포함한 전자기기 및 무선전력전송, 전력선통신 등으로 이용분야가 확장되고 있다.

이 중에서, RFID(Radio Frequency Identification)의 통신설비와 더불어 자기 유도 방식의 전파응용설비, PDP(Plasma Display Panel) TV, 무선전력전송 기기의 사용이 증가됨에 따라 이로부터 방출되는 자기장의 신호에 의해 기존의 전파통신 서비스와의 간섭 문제가 대두되고 있다.

이러한 상황에서, 전자기기의 방출을 규제하는 국제무선장해특별위원회 (CISPR : International Special Committee on Radio Interference)는 30 MHz 이하의 주파수에 대해 전도성 방출만을 규제하고 복사성 방출에 대한 규제가 마련되지 않았으며 ITU-R 차원에서 30 MHz 이하를 사용하는 유도성 시스템의 간섭 분석에 대한 모델이나 방법이 정립되지 않았다^[1].

이에 우리나라는 2011년 WRC-11에서의 초안 제출에 이어 2012년 ITU-R SG1 회의를 거쳐 유도성 시스템과 전파통신 서비스간의 양립성 확보를 위한 보호 거리 산출에 관한 권고서 “Protection distance calculation between inductive systems and radiocommunication services using frequencies below 30 MHz”가 채택되는 성과를 거두었다^[2].

본 논문은 채택된 권고안의 근거로써 유도성 시스템과 전파통신 서비스간의 전파 간섭 시나리오를 제공하고 간섭원의 방사전력 및 희생원의 허용 가능한 간섭 수준을 계산하여 경로손실을 나타내는 전파 모델을 바탕으로 한 보호거리의 산출 방법을 제시하였고 제시한 방법을 이용하여 RFID, PDP에 의한 간섭 사례를 분석하여 30 MHz 이하의 전파통신 서비스 보호를 위한 보호 거리를 도출하였다.

향후, 제시된 방법은 유도성 시스템뿐만 아니라 자기장을 발생하는 기기와 전파통신 서비스간의 전자기

양립성 평가에 활용될 것으로 기대된다.

II. 간섭 시나리오 모델 및 유도성 시스템

2.1. 간섭 시나리오

일반적으로 유도성 시스템의 유효 방사 전력 (Effective Radiated Power)은 자기 쌍극자 모멘트 (Magnetic Dipole Moment)로부터 구할 수 있다. 자기 쌍극자 모멘트는 안테나 루프의 표면에 생성되는 총 전류의 합으로, 맥스웰 방정식을 이용하여 특정 거리에서 측정된 자계 강도로부터 얻어진다. 유도성 시스템의 유효 방사 전력이 인접한 전파통신 서비스에 간섭으로 작용하는 경우, 전파통신 서비스를 보호하기 위해 유도성 시스템의 전계 강도는 전파통신 서비스의 허용 가능한 전계 강도보다 작은 값을 만족해야 한다. 따라서, 간섭원 유도성 시스템과 희생원 전파통신 서비스 간의 이격 거리를 설정하여 간섭 신호를 감쇄시키는 보호 거리가 요구된다. 보호 거리 산출을 위한 간섭 시나리오는 그림 1과 같다.

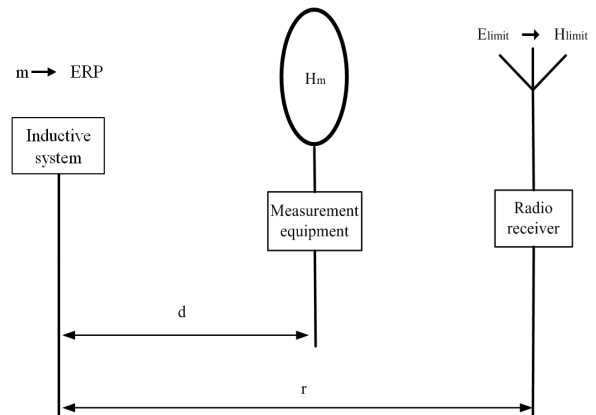


그림 1. 간섭 시나리오 모델
Fig. 1. Interference scenario model

그림 1에서, 간섭원 유도성 시스템을 기준으로 d [m] 만큼 떨어진 곳에 루프 안테나가 연결된 측정 장비가 위치하고 r [m] 의 이격 거리를 두고 희생원 전파통신 서비스가 동작하고 있다. 본 간섭 모델을 이용하여 장비로부터 측정된 자계 강도(H_m)는 자기 쌍극자 모멘트(m)로 환산되고 다시 방사 전력(ERP) 으로 변환된다. 변환된 유도성 시스템의 방사 전력은 전파통신 서비스의 수신기에서 허용 가능한 간섭 수준과의 비교를 통해, 수신기와 유도성 시스템의 거리에 따른 전파 모델을 고려하여 적정 보호 거리를 산출한다^[3].

2.2. 유도성 시스템의 방사 전력

전파통신 서비스에 영향을 주는 유도성 시스템의 간섭을 분석하기 위해서는 간섭 발생원에 대한 특성 파악이 선행되어야 하며 이를 고려한 적절한 측정을 기반으로 한 간섭 신호에 대한 적절적인 분석이 수행되어야 한다.

자기장을 방출하는 유도성 시스템으로는 유도가열기, RFID, 무선전력전송 장치, PDP TV 등이 있으며 유도 가열기의 경우, 그림 2과 같이 가열이 필요한 도체 주위에 높은 주파수의 전류를 입력하여 변화하는 자속선을 생성하고 이 자속이 도체를 통과함에 따라 도체에 기전력이 발생하며 이로부터 와전류가 유도된다. 유도된 와전류는 도체를 통과하게 되고 이 때, 소비되는 전력이 열에너지로 변환되는 원리로 동작된다.

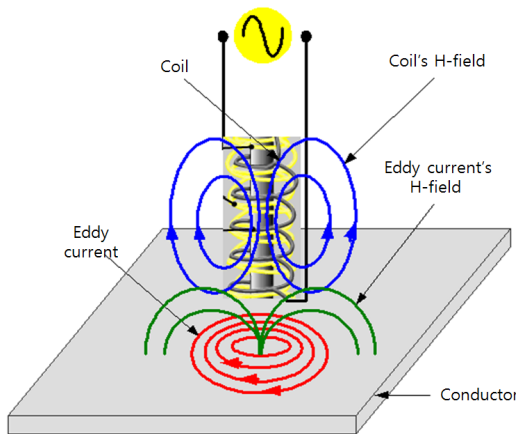


그림 2. 유도 가열기의 원리
Fig. 2. principle of induction heater

이러한 유도 가열기는 가정용 기기에서부터 산업 전 분야에 널리 사용되고 있어 전파통신 서비스에 영향을 미치는 주요 간섭원이라 할 수 있다. 또한, 전자 기기와 전파통신 서비스와의 간섭 사례로써, PDP TV에서 방사되는 간섭 신호가 AM 방송서비스에 영향을 미치는 것이 보고되어 관련 CISPR에서는 PDP TV의 방사 신호에 대한 규제를 논의 하고 있다⁴¹.

간섭으로 작용하는 유도성 시스템의 방사 전력은 loop로부터 방사되는 자계 강도를 이용하여 구할 수 있으며 이 자계 강도의 방사 특성은 그림 3과 같이 유도성 시스템의 루프를 기준으로 측방향인 Coaxial과 면방향의 Coplanar의 두 방향으로 방사된다.

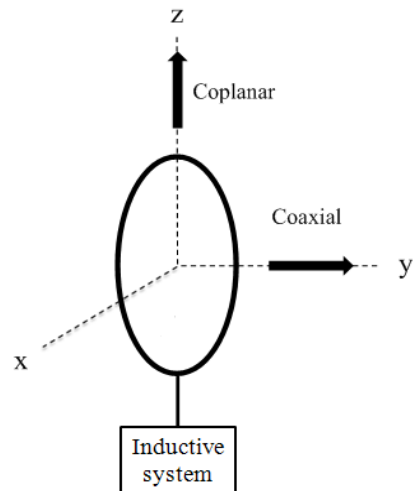


그림 3. Coaxial과 Coplanar 방향
Fig. 3. Direction of Coaxial and Coplanar

그림 3의 Coaxial과 Coplanar 방향에 대한 두 자계 강도의 크기는 유도성 시스템으로부터 떨어진 측정 지점의 거리 따라 결정되는데 두 방향의 자계 강도의 크기가 같아지는 특정 지점을 기준으로 짧은 거리에서는 Coaxial의 방향의 자계 강도가 우세하고, 먼 거리에서는 Coplanar의 방향의 자계 강도가 우세한 특징을 갖는다. 이러한 특성은 그림 4, 5와 같이 사용주파수에 의해 결정된다.

그림 4와 5에서 Coaxial 방향과 Coplanar 방향의 자계 강도의 크기가 일치하는 교차점의 거리(D)는 각각 56.19 m, 16.58 m이며 이를 기준으로 방향별 자계 강도의 우세를 판별할 수 있다.

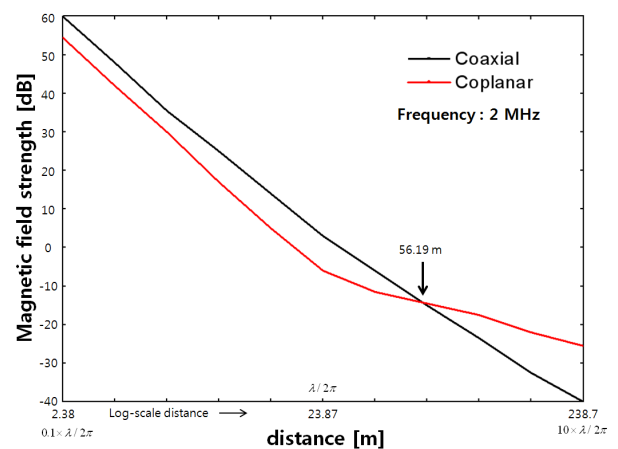


그림 4. 거리에 따른 Coaxial과 Coplanar의 크기 비교 (주파수 : 2 MHz)
Fig. 4. Comparison of amplitude with Coaxial and Coplanar according to distance (2 MHz)

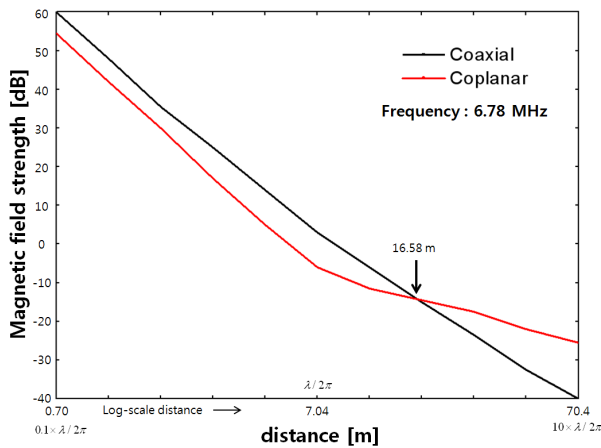


그림 5. 거리에 따른 Coaxial과 Coplanar의 크기 비교 (주파수 : 6.78 MHz)
 Fig. 5. Comparison of amplitude with Coaxial and Coplanar according to distance (6.78 MHz)

교차점의 거리는 주파수(f)에 따라 식 1을 통해 구할 수 있다.

$$D(m) = 2.354 \times \frac{3 \times 10^8}{f(\text{Hz}) \times 2\pi} \quad (1)$$

식 1로부터 얻어진 교차점(D)와 측정 거리(d)를 비교하여 자계 강도를 선택하는데, $d < D$ 일 경우, Coaxial 방향을 선택하고 $d > D$ 일 경우, Coplanar 방향의 자계 강도를 선택한다.

선택된 자계 강도로부터 자기쌍극자모멘트(m)를 구하기 위해 Coaxial과 Coplanar의 방향에 따라 각각 식 2와 3을 이용한다.

$$m_{coaxial} = |H_m| \frac{2\pi\lambda_r d^3}{\sqrt{\lambda_r^2 + d^2}} \quad (2)$$

$$m_{coplanar} = |H_m| 4\pi \frac{\lambda_r^2 d^3}{\sqrt{\lambda_r^4 - \lambda_r^2 d^2 + d^4}} \quad (3)$$

여기서,

$$\lambda_r : \lambda / 2\pi.$$

앞서 얻어진 자기쌍극자모멘트는 식 4에 의해 유효 방사 전력 [kW]으로 변환되어 간섭을 일으키는 유도성 시스템의 방사 전력으로 정의된다.

$$ERP = \frac{1}{1000} \frac{20}{\lambda_r^2} m^2 \quad (4)$$

III. 희생원 및 전파 모델

3.1. 희생원의 허용 가능한 전계강도

전파통신 서비스의 보호를 위해 허용 가능한 전계강도는 배경 잡음과 보호비(Protection criteria)를 기준으로 결정한다.

먼저, 배경 잡음을 이용하는 방법은 ITU-R P.372에서 언급한 잡음 지수(F_a : Noise Figure)를 전계강도로 변환하여 희생원에서 허용 가능한 전계강도로 결정하는 것이다⁵⁾. ITU-R P.372에 언급된 F_a 로부터 주파수에 따른 전계강도로의 변환을 위해 식 5를 이용한다.

$$E_{noise} = F_a - 95.5 + 20\log f_{\text{MHz}} + 10\log b \quad (5)$$

여기서,

E_{noise} : 측정대역폭 b에 대한 전계 강도[dBuV/m]

F_a : 중심주파수[MHz]에서의 잡음 지수

f : 주파수[MHz], b : 측정대역폭[Hz]

배경 잡음으로는 지구의 대기 내에서 자연 방전으로 인해 발생하는 전기적 잡음인 대기 잡음(atmospheric noise)과 인간이 사용하는 기계 기구에 의해 발생하는 일체의 잡음인 인공 잡음(man-made noise)로 구분한다.

식 5를 통해 변환된 배경 잡음으로써 대기 잡음은 실제로 발생하는 잡음 수준이 지시한 값보다 낮은 수준을 갖는 확률 20%, 50%, 80%로 구분되고 인공 잡음은 지역에 따라서 깊은 시골지역(quit rural), 시골 지역(rural), 주거지역(residential), 도심지역(business)로 구분된다.

식 5로부터 얻어진 배경 잡음은 식 6과 같이 희생원의 수신대역폭으로 보상한다.

$$E_{noise} = E_{noise,b} + 10\log(b_{victim}/b_{noise}) \quad (6)$$

여기서,

$E_{noise,b}$: 측정 대역폭 2.7 kHz의 전계강도[dBuV/m]

b_{victim} : 희생원의 수신대역폭, b_{noise} : 2.7 kHz

간섭원이 광대역 특성을 가질 경우, 대역폭 비(BWR : Bandwidth Ratio)를 고려하여 식 7과 같이

허용 가능한 전계강도(E_{limit})를 산출한다.

$$E_{limit} = E_{noise} + BWR \quad (7)$$

식 7에서의 대역폭 비는 식 8과 같이 정의되고 간섭원의 측정 대역폭이 희생원의 대역폭보다 작은 경우에는 적용하지 않는다.

$$BWR = 10\log(b_{measuring}/b_{victim}) \quad (8)$$

여기서,

$b_{measuring}$: 간섭원의 측정 대역폭.

희생원의 안정된 통신을 보장하기 위해 요구되는 보호비를 이용하여 허용 가능한 전계 강도를 구하는 방법으로써, 원하는 신호와 잡음 신호의 비(SNR)의 개념을 그림 6과 같이 나타내었다⁶⁾. SNR을 결정할 때, 높은 SNR을 적용하면 희생원의 통신 품질이 향상되지만 다른 서비스에 간섭으로 작용할 수 있으므로 보호가 요구되는 희생원 RF 특성뿐만 아니라 사용 지역의 전파 환경, 주요 잡음의 수준을 종합적으로 고려하여 결정된다.

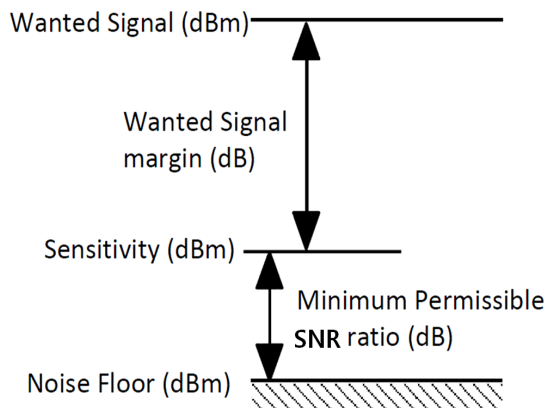


그림 6. SNR의 개념
Fig. 6. Concept of SNR

희생원으로 고려할 수 있는 다양한 전파통신 서비스들의 보호비는 “UWB(Ultra-Wideband) 기기에 의한 전파통신 서비스의 영향”에 관한 권고서 ITU-R SM.1757에서 찾아볼 수 있다⁷⁾.

희생원의 허용 가능한 전계강도는 수신기에서 수신 가능한 최소 수신 감도(Sensitivity)의 크기에 요구되는 보호비와 대역폭비를 식 9와 같이 적용한다.

$$E_{limit} = E_{min} - SNR + BWR \quad (9)$$

여기서,

E_{min} : 수신기의 수신 감도

식 9의 허용 가능한 전계강도는 식 10과 같이 자유공간 파동임피던스를 이용하여 허용 가능한 자계강도로 변환할 수 있다.

$$H_{limit} = 10^{\frac{E_{limit} - 120 - 51.5}{20}} \quad (10)$$

3.2. 전파 모델에 따른 보호 거리

전파통신 서비스 보호를 위해 요구되는 보호 거리는 유도성 시스템으로부터 발생하는 간섭전력이 경로 손실을 거쳐 희생원의 허용 가능한 간섭수준으로 감쇄되는 물리적인 거리를 의미한다. 따라서, 간섭전력의 경로 손실을 결정하는 적절한 전파 모델이 요구된다. 적용된 전파 모델은 지상파(Ground wave)와 자유공간(Free space) 모델을 이용하며 각 모델에서의 거리에 따라 근역장(Near-field)과 원역장(Far-field)으로 크게 구분된다. 세부적으로 그림 7과 같이 유도성 시스템으로부터 떨어진 희생원의 수신기 위치에 따라서 근역장 내부(inside the near field), 근역장 근접(close to the near field), 근거리(nearby), 중거리(middle) 영역으로 나누어진다⁸⁾.

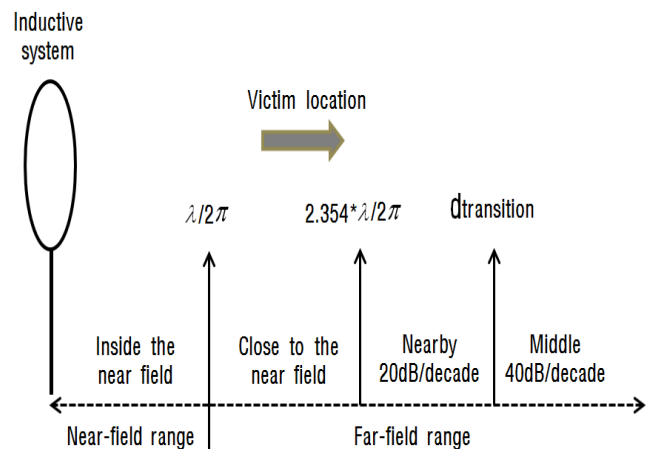


그림 7. 거리에 따른 전파 모델
Fig. 7. Propagation model according to distance

그림 7에서, $d_{transition}$ 은 20 dB/decade와 40 dB/decade의 경로 손실이 동일한 점근선의 교차점으로, 원역장에서 중거리와 근거리 영역을 구분하는 거리를 나타내며 식 11과 같이 정의 된다.

$$d_{transition} = 1000 \times 10^{-\left(\frac{E_{20} - E_{40}}{20}\right)} \quad (11)$$

여기서,

E_{20} : 20 dB/decade의 경로 손실로 109.5 dBuV/m

E_{40} : 1 kW의 신호에 40 dB/decade의 경로 손실을 적용할 경우, 1 km 떨어진 거리의 세기^[9].

식 11을 이용하여 $d_{transition}$ 과 E_{20} (109.5 dBuV/m)을 통해 E_{40} 을 구하는 과정은 그림 8, 9와 같이 거리에 따라 20 dB/decade와 40 dB/decade의 경로 손실 곡선으로부터 구할 수 있다.

그림 8과 9에서 맨 하단의 GW(Ground Wave) 곡선은 경로 손실의 경향을 나타내는데 짧은 거리에서 20 dB/decade의 경로 손실로 감쇄되다가 $d_{transition}$ 을 기준으로 40 dB/decade로 변화되어 감쇄됨을 나타낸다.

$d_{transition}$ 의 위치에 따라, 그림 8의 1 km 이내에 위치하는 경우와 그림 9의 1 km 이상의 거리에 위치하는 경우로 구분해서 E_{40} 을 구한다. 먼저, $d_{transition}$ 이 1 km 보다 작은 경우에는 E_{20} 의 전계 강도로부터 1 km와 $d_{transition}$ 과의 거리 차이에 대한 20 dB/decade를 적용한 경로 손실을 더해준 값이 $d_{transition}$ 에서의 전계 강도 값이 된다.

이 값으로부터 다시 1 km와 $d_{transition}$ 과의 거리 차이에 대한 40 dB/decade를 적용한 경로 손실을 빼주어 1 km에서의 E_{40} 을 계산한다. 이어서, $d_{transition}$ 이 1 km 보다 큰 경우에도 같은 방법으로 E_{40} 을 계산한다.

E_{20} 으로부터 E_{40} 을 얻기 위해 요구되는 $d_{transition}$ 는 ITU-R P.368에서 지면과의 전파 특성에 관한 S/W tool인 GRWAVE에 의해 분석된 그래프 곡선으로부터 얻을 수 있으며 주파수와 도전율(Conductivity), 유전율(Permittivity)에 따라 산출된다.

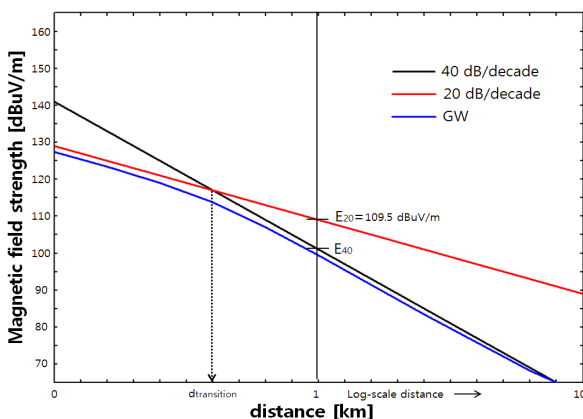


그림 8. $d_{transition} < 1$ km인 경우
Fig. 8. in case of $d_{transition} < 1$ km

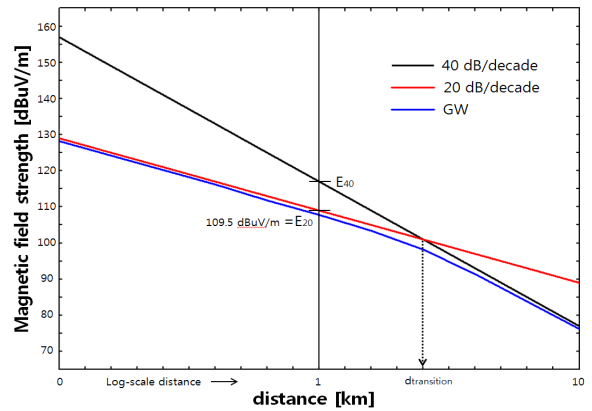


그림 9. $d_{transition} > 1$ km인 경우
Fig. 9. in case of $d_{transition} > 1$ km

그림 10은 지면의 형태를 규정하는 도전율(σ)과 유전율(ϵ)을 적용했을 때, 주파수에 따른 $d_{transition}$ 을 나타낸다. 그림 10의 $d_{transition}$ 은 참고문헌 [3]에서 얻을 수 있으며 지상파 전파 모델의 중거리 영역에 대한 보호 거리 계산에 사용된다.

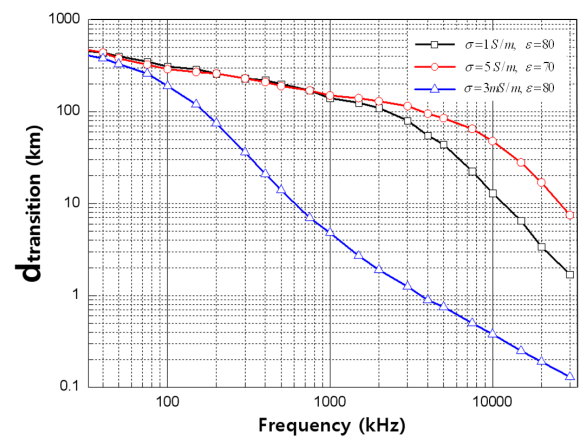


그림 10. σ 과 ϵ 에 따른 $d_{transition}$
Fig. 10. $d_{transition}$ according to σ and ϵ

$d_{transition}$ 을 이용한 중거리 영역을 포함하여 전파 모델에 따른 보호 거리 계산 과정은 그림 11과 같이 나타낼 수 있다.

먼저, 지상파 모델을 적용할 경우, 중거리 영역에서 보호 거리를 계산하는 식 12를 통해 거리 r 을 계산한다.

$$r = 1000 \times 10^{\frac{E_{int} - E_{limit}}{40}} \quad (12)$$

식 12에서 E_{int} 는 1 km의 거리에서의 간섭 수준으로 식 13을 통해 계산한다.

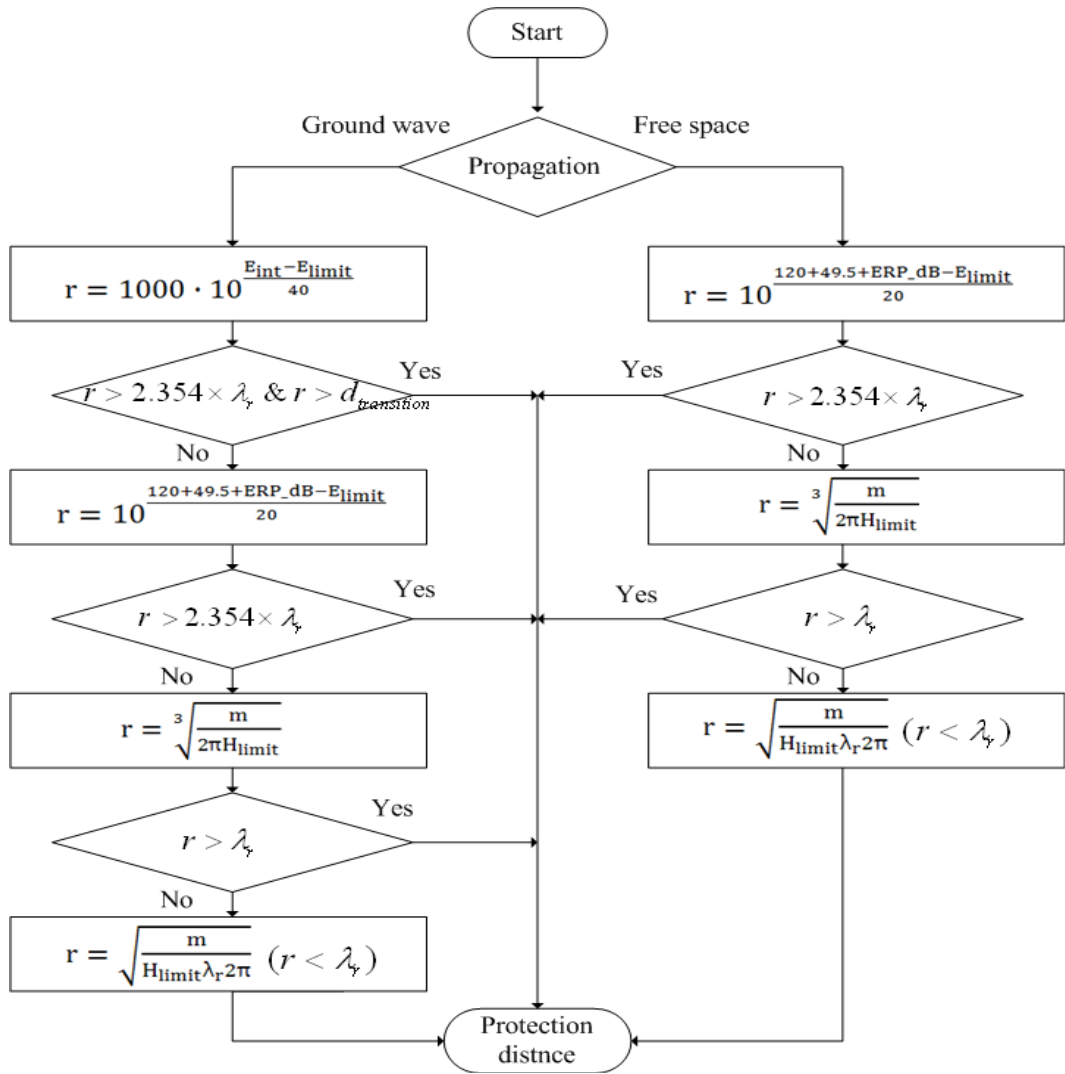


그림 11. 보호 거리 계산 과정
Fig. 11. Calculation process of protection distance

$$E_{int} = E_{40} + ERP_{dB} \quad (13)$$

식 12로부터 얻어진 거리가 유도성 시스템의 위치로부터 중거리 영역($r > \lambda_r \times 2.354$ and $r > d_{transition}$)에 해당되는 경우에 이 거리는 전파통신 서비스 보호를 위한 보호 거리로 정해지고, 중거리 영역에 해당되지 않는 경우에는 근거리 영역에 대한 보호 거리를 계산하는 식 14를 이용하여 거리를 다시 구한다.

$$r = 10^{\frac{120 + 49.5 + ERP_{dB} - E_{limit}}{20}} \quad (14)$$

마찬가지로, 식 14로부터 얻어진 거리가 근거리 영역($r > \lambda_r \times 2.354$)에 해당하는 경우에 보호 거리로

결정되고, 근거리영역에 속하지 않을 경우 근역장 근접 영역에 대한 식 15로부터 거리를 산출한다.

$$r = \sqrt{\frac{m}{H_{limit} \lambda_r 2\pi}} \quad (15)$$

식 15의 산출된 거리가 근역장 근접 영역($r > \lambda_r$)에 해당하는 경우에 보호거리로 결정되고, 해당되지 않으면 식 16을 통해 얻어진 거리가 근역장 내부의 영역($r < \lambda_r$)에 대한 보호 거리가 된다.

$$r = \sqrt[3]{\frac{m}{2\pi H_{limit}}} \quad (16)$$

자유공간 모델을 적용할 경우에는 지상파 모델과는

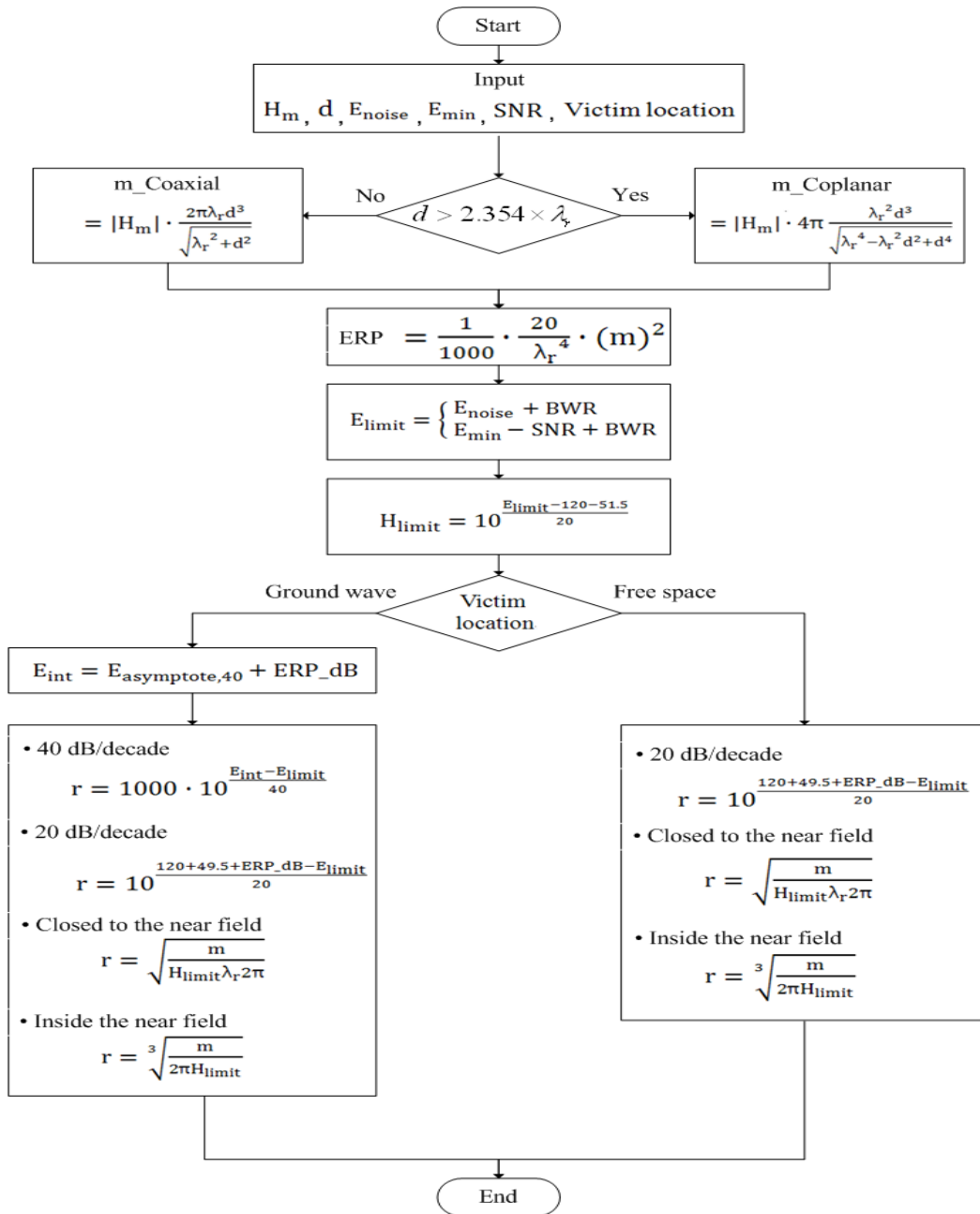


그림 12. 보호 거리 산출 흐름도
 Fig. 12. Flowchart of calculating protection distance

다르게 중거리 영역이 존재하지 않으므로 근거리영역에서 보호 거리를 산출하는 식 14에서부터 보호 거리를 산출하는 과정을 반복한다. 앞서 언급한 내용을 바탕으로 30 MHz 이하의 대역에서 유도성 시스템으로부터 전파통신 서비스 보호를 위해 요구되는 보호 거리를 산출하는 흐름도를 그림 12와 같이 정리하였다.

IV. RFID와 PDP의 간섭 사례 분석

예상 가능한 간섭 시나리오에 대한 분석으로, 본 논문

문에서 제안한 보호 거리 산출 방법을 이용하여 간섭원 RFID와 PDP로부터 동대역을 사용하는 전파통신 서비스에 미치는 간섭을 각각 분석하였다.

4.1. RFID의 간섭 영향 분석

자계 유도식 RFID의 허용치는 무선설비 규칙 제 97조에 의해 기본파 및 스퓨리어스 영역의 불요발사에 대해 마련되어 있다¹¹⁾. 허용치는 사용주파수에 따라 150 kHz의 주파수를 기준으로, 이하에서 자계강도의 허용치로, 이상에서 전계강도의 허용치로 규정되어

있다. 이 때 검출 모드는 준침두이고 RFID로부터 10 m 떨어진 거리의 안테나에서 측정한다.

먼저, 150 kHz 이하에서의 자계 강도 허용치는 그림 13과 같으며 150 kHz 이하의 주파수를 사용하는 희생원으로 무선항해 시스템인 Omega, Decca, Loran-C로 설정하였다.

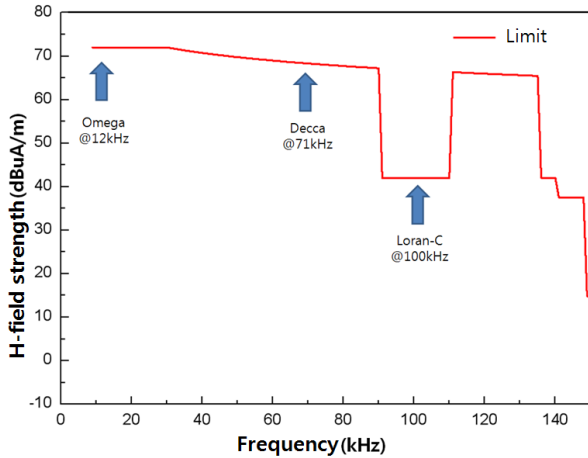


그림 13. 150 kHz 이하의 대역에서 RFID의 허용치 및 희생원
Fig. 13. limit of RFID and victim in the 150 kHz below

이어서, 전계강도로 규정된 150 kHz ~ 30 MHz 대역에서의 허용치는 원역장의 자유공간 파동임피던스를 적용하여 그림 14와 같이 자계 강도로 환산하였으며 항공 무선 항행, 디지털 라디오 방송, 아마추어 무선, 해양 무선 서비스가 희생원으로 고려되었다.

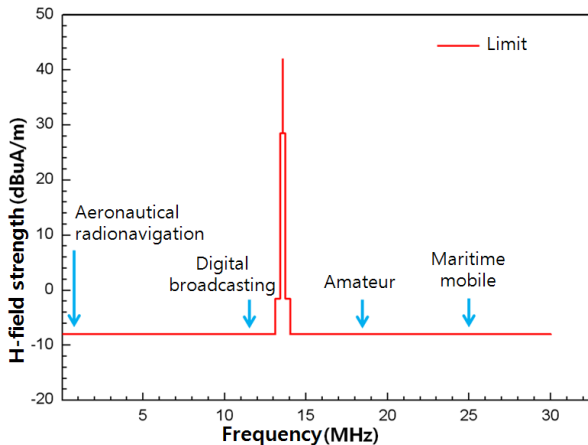


그림 14. 150 kHz ~ 30 MHz의 대역에서 RFID의 허용치 및 희생원
Fig. 14. limit of RFID and victim in the 150 kHz ~ 30 MHz

그림 13, 14에서 RFID의 방사 허용치를 적용하여 각각의 희생원에 미치는 간섭 분석을 표 1에 나타내었다.

표 1. RFID와 전파통신 서비스와의 간섭 분석
Table 1. Interference analysis between RFID and radiocommunication services

Victim	Frequency	Limit	Protection distance
Omega	12 kHz	72 dBuA/m	133 m
Decca	71 kHz	68.2 dBuA/m	230 m
Loran-C	100 kHz	72 dBuA/m	322 m
Aeronautical radionavigation	500 kHz	-8 dBuA/m	19 m
Digital broadcasting	11.6 MHz	-8 dBuA/m	825 m
Amateur	18.1 MHz	-8 dBuA/m	720 m
Maritime mobile	25.1 MHz	-8 dBuA/m	637 m

표 1의 분석 결과, 항공 무선 항행 서비스를 제외하고 상대적으로 높은 주파수대역(10 MHz 이상)을 사용하는 전파통신 서비스는 RFID의 간섭으로부터 보호받기 위해 보다 엄격한 보호 거리가 요구된다.

4.2. PDP의 간섭 분석 영향 분석

가정 및 주변 환경에서 흔히 볼 수 있는 PDP TV의 자계 강도는 전자파무반사실에서 측정값을 이용한다. 즉, PDP TV로부터 3 m 떨어진 루프안테나로 측정된 자계 강도는 그림 15와 같이 주파수 대역 150 kHz ~ 30 MHz의 침투치 값을 적용하였다.

그림 15에 나타낸 PDP 간섭 신호로부터 희생원 아날로그 라디오 방송, 아마추어 무선, 지상 이동, 항공 이동, 고정, 천문 무선, 디지털 방송 서비스에 대한 간섭 분석 결과를 표 2에 나타내었다.

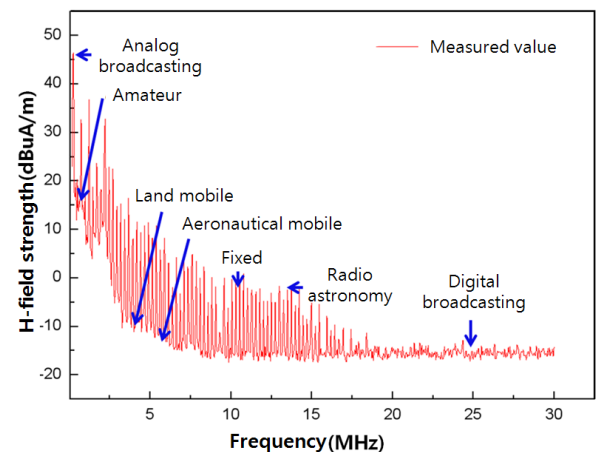


그림 15. 150 kHz ~ 30 MHz의 대역에서 PDP의 방사치 및 희생원
Fig. 15. radiation value of PDP and victim in the 150 kHz ~ 30 MHz

표 2. PDP와 전파통신 서비스와의 간섭 분석
Table 2. Interference analysis between PDP and radiocommunication services

Victim	Frequency	Limit	Protection distance
Analog broadcasting	200 kHz	46 dBuA/m	38 m
Amateur	1.8 MHz	6.7 dBuA/m	17 m
Land mobile	4.8 MHz	-11 dBuA/m	14 m
Aeronautical mobile	6.7 MHz	-14 dBuA/m	11 m
Fixed	11.5 MHz	-2.7 dBuA/m	169 m
Radio astronomy	13.4 MHz	-16.1 dBuA/m	166 m
Digital broadcasting	25.8 MHz	-14.5 dBuA/m	63 m

표 2의 분석 결과, PDP로부터 방사되는 간섭 신호는 고정 및 천문 무선 서비스에 큰 영향을 주어 이를 보호하기 위해 보다 높은 수준의 보호 거리가 요구된다.

그림 16은 희생원 아마추어 무선, 지상 이동, 고정 서비스에 대하여 간섭원 PDP의 자계강도 크기 변화에 따라 요구되는 보호 거리를 나타낸 것으로 그림 16의 보호 거리는 잠재적 간섭 환경에서의 적용 가능성 등을 고려하여 현재 진행 중인 PDP 방사 허용치 마련에 참고 자료로 활용될 수 있다.

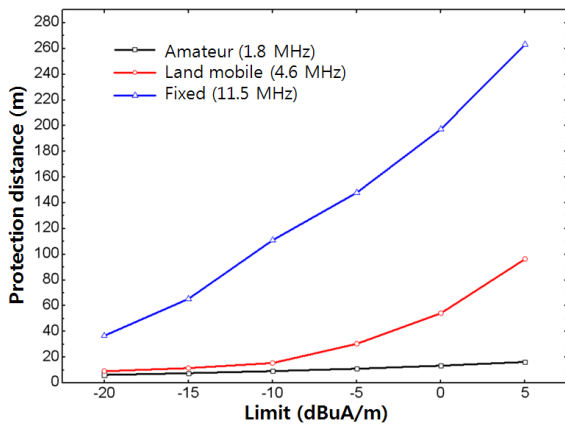


그림 16. 설정한 자계강도 허용치에 대해 요구되는 보호 거리
Fig. 16. Required protection distance according to applied magnetic field strength limit

V. 결 론

전파응용 설비로 자기 유도식 ISM 기기 및 다양한 유도성 시스템에 대한 이용 증가는 필연적으로 기존의 전파통신 서비스와의 간섭 문제에 직면하게 되고 관련 EMC(Electromagnetic Compatibility) 분야에서는 30 MHz 이하의 대역에서 복사성 방출에 대한 규제의 필요성이 꾸준히 제기되고 있다.

이러한 상황에서 본 논문에서 언급한 30 MHz 이하의 대역에서 유도성 시스템으로부터 전파통신 서비스를 보호하기 위한 보호 거리 산출 기법은 2012년 6월 ITU-R SG1에서 국제 표준화 회의에 제출되었으며, 회원국들의 토론 및 검토를 거쳐 권고서로 채택되었다.

향후, 본 권고서의 보호 거리 산출 기법은 자기장 발생 기기와 무선 기기의 전자파 양립성 평가에 활용되고 나아가 무선전력전송 및 HF 대역의 전력선 통신 등으로 확장되어 유도성 시스템과 전파통신 서비스의 공존에 기여할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] CISPR, "Industrial, scientific and medical (ISM) radio frequency equipment electromagnetic disturbance characteristics limit and methods of measurement," *CISPR Publication 11*, Jun. 2004.
- [2] ITU-R, "Protection distance calculation between inductive systems and radiocommunication services using frequencies below 30 MHz," *recommendation ITU-R SM.2028*, Sep. 2012.
- [3] ERC, "Propagation model and interference range calculation for Inductive Systems 10 kHz ~ 30 MHz," *ERC Report 69*, Aug. 1999.
- [4] IEC PAS 62825, "Methods of measurement and limits for radiated disturbances from plasma display panel TVs in the frequency range 150 kHz to 30 MHz," *IEC/CISPR/I*, Aug. 2012.
- [5] ITU-R, "Radio noise," *ITU-R Recommendation P.372*, Oct. 2009.
- [6] CEPT, "SEAMCAT Handbook," *ECO*, pp. 20, Jan. 2010.
- [7] ITU-R, "Impact of devices using

ultra-wideband technology on systems operating within radiocommunication services,” *ITU-R Recommendation SM.1757*, May. 2006.

- [8] ERC, “Compatibility study for generic limits for the emission levels of inductive SRDs below 30 MHz,” *ERC Report 67*, Oct. 2005.
- [9] ITU-R, “Ground-wave propagation curves for frequencies between 10 kHz and 30 MHz,” *ITU-R Recommendation P.368-9*, Jan. 2007.
- [10] Notification of Korea Communications Commission 2012-Number 12, “Radio equipment regulation,” Mar. 2012.

심 용 섭 (Yong-Sup Shim)



1995년 2월 공주대학교 전기
전자정보공학과 학사
2010년 2월 공주대학교 정보
통신공학과 석사
2010년 9월~현재 한국전자통
신연구원 위촉연구원
2011년 3월~현재 공주대학교

정보통신공학과 박사과정
<관심분야> 전파 간섭, EMC

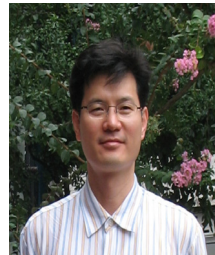
이 일 규 (Il-Kyoo Lee)



1992년 2월 충남대학교 전자공
학과 학사
1994년 2월 충남대학교 전자공
학과 석사
2003년 2월 충남대학교 전자공
학과 박사
1997년~2004년 한국전자통신

연구원 선임연구원
2004년 3월~현재 공주대학교 전기전자제어공학부
부교수
<관심분야> RF 부품 및 시스템, 안테나 및 전파
전파, 전파 간섭

박 승 근 (Seung-Keun Park)



1991년 2월 고려대학교 응용
통계공학과 학사
1993년 2월 고려대학교 응용
통계공학과 석사
2004년 2월 충북대학교 정보
통신 공학과 박사
1992년 8월~현재 한국전자통

신연구원 책임 연구원
<관심분야> 디지털 통신, 스펙트럼공학