

추적레이다에 의한 인체에 대한 영향(HERP) 및 전자파 간섭(EMI) 분석

김대오*, 신한섭**, 김태형***, 이효근****

The Analysis of Hazard of Electromagnetic Radiation to Personnel (HERP) & Electromagnetic Interference (EMI) by Tracking Radar

Dae-Oh Kim*, Han-Seop Shin**, Tae-Hyung Kim***, Hyo-Keun Lee****

Abstract

This paper analyze the hazard of electromagnetic radiation to personnel (HERP) and electromagnetic interference (EMI) by C-band tracking radar. Especially, this analysis defines the safety distance for the controlled & uncontrolled personnel from high power radiation of electromagnetic wave within the main beam of 3 degrees by C-band tracking radar. In addition to HERP, the analysis of electromagnetic interference between tracking radar and weather radar was accomplished to decide the safety distance for EMI protection.

초 록

본 논문에서는 추적레이다의 고출력 전자파에 의한 인체에 대한 영향(HERP)과 추적레이다 자체 장비에 대한 영향 및 동일한 C-Band 주파수 대역 사용으로 발생하는 기상레이다에 대한 전자파 간섭(EMI) 분석을 실시하여 장비 설치 구역 내 통제가 가능한 인원(Controlled Personnel)과 통제가 불가능한 인원(Uncontrolled Personnel)에 대한 최소 접근 제한거리를 산출하고 추적레이다 자체 장비에 대한 영향 및 동일한 주파수 대역 사용으로 발생하는 추적레이다와 기상레이다간의 전자파 간섭(EMI)을 해소하기 위한 방안을 제시하였다.

키워드 : 추적레이다(tracking radar), 인체에 대한 영향(HERP), 전자파 간섭(EMI), 기상레이다(weather radar)

1. 서 론

위성발사체의 발사에서 궤도 진입 시까지 정확하고 안정적인 비행 궤도 추적을 위하여 추적레이다를 운용하게 되며, 현재 우주센터에서는

발사체 추적을 위한 추적레이다를 우주센터와 제주추적소에 각각 1대씩 설치하여 운용할 계획이다.

추적레이다는 최대 2,000Km까지 장거리 추적을 위하여 250KW의 고출력의 전자파를 표적에

* 기술관리그룹/daeokim@kari.re.kr

*** 기술관리그룹/thkim@kari.re.kr

** 기술관리그룹/hsshin@kari.re.kr

**** 기술관리그룹/hklee@kari.re.kr

지향하여 송신한다. 이와 같이 고출력의 전자파가 안테나 이득(Gain) 43dBi와 빔폭(Beam Width) 1도의 예리한 빔(Beam)으로 표적에 집중되게 되면 빔폭(Beam Width) 내 근거리에서 인체에 직접 지향되는 것은 매우 위험하다.

따라서 이에 대한 명확한 분석을 통하여 초기 낮은 고도각에서 추적레이다 운용 구역 내 인원 접근에 대한 최소 안전거리를 설정하여야 한다.

또한, 추적레이다의 안테나 특성상 빔폭(Beam Width) 3도 이상의 2차 부엽(Side Lobe) 및 그 이상의 부엽(Side Lobe)을 통하여 방사 정방향이 아닌 측, 후방으로 방사되는 전력은 근 거리에 위치한 전자장비에 영향을 줄 수 있다. 따라서 추적레이다 안테나 바로 뒤에 위치하는 자체 전자장비에 대한 영향 분석과 함께 추적레이다와 동일한 C-Band 주파수 대역을 사용하는 기상레이다에 대해서도 전자파 간섭 분석이 필요하다.

본 논문에서는 추적레이다의 고출력 전자파에 의한 인체의 영향(HERP)과 추적레이다 자체 장비에 미치는 영향 및 동일한 C-Band 주파수 대역을 사용하는 기상레이다에 대한 전자파 간섭(EMI) 분석을 실시하였고, 이 분석 결과를 바탕으로 장비 운용 구역 내 인원 접근에 대한 제한 거리를 산출하고 추적레이다 자체 장비 및 기상레이다간에 발생하는 전자파 간섭(EMI)을 해소하기 위한 방안을 제시하였다.

2. 인체에 대한 영향 분석(HERP)

2.1 분석 조건

추적레이다로부터 송신되는 출력은 첨두출력(Peak Power)이 250KW인 고출력의 전자파이므로 송신하는 정방향을 기준으로 주엽(Main Lobe)과 1차 부엽(Side Lobe)을 포함하는 3도의 주 빔(Beam)영역에서 90% 이상의 큰 에너지가 방사된다. 이때 전력밀도(Power Density)는 거리에 따라 감소하게 되며, 일정 기준치 이상일 경우 인체에 영향을 미칠 수 있다.

따라서 이에 대한 정확한 분석을 통하여 추적레이다에 의한 전력밀도(Power Density)가 인체에 영향을 미치지 않는 기준치 이하로 낮아지는 거리를 설정하여야 한다.

본 분석에서 적용되는 기준 데이터는 추적레이다의 RF 특성에 따라 다음과 같이 정의된다. 먼저 안테나의 크기는 지름이 4m인 Cassegrain 형의 파라볼릭 안테나이며, 안테나 이득(G_{dB})은 43dBi이다. 송신 주파수 대역은 5.4 ~ 5.8GHz이며, 최대 출력(P_{Peak})은 송신기의 첨두출력(Peak Power) 250KW를 기준으로 송신손실(Transmission Loss) 4.5dB를 고려한 출력(P_{Peak}) 100KW이며, 동작비(Duty Cycle)는 1%이다.

추적레이다 송신 시 안테나로부터 방사되는 주엽(Main Lobe)의 빔폭(Beam Width)은 1도이나 본 분석에서는 주엽(Main Lobe)을 포함하여 1차 부엽(Side Lobe)까지를 정방향으로 포함시켜 최대 3도로 정의하였다.

정방향으로부터 3도 이상의 측, 후방으로 방사되는 2차 부엽(Side Lobe) 및 그 이상의 고차 부엽(Side Lobe)은 주엽(Main Lobe)에 비하여 30dB 이하의 값을 가지므로, 직접 노출되는 인체의 영향(HERP) 분석에서 제외하였다.

5.4 ~ 5.8GHz 대역에서 인체 안전을 위한 전력밀도(Power Density)의 제한조건은 "ANSI/IEEE C95.1-1991"^[1]에 따라 통제 가능한 인원(Controlled Personnel)은 $10\text{mW}/\text{cm}^2$ 이며, 통제가 불가능한 인원(Uncontrolled Personnel)은 $3.6\text{mW}/\text{cm}^2$ 이다.

여기서 통제 가능한 인원(Controlled Personnel)은 현재 자신이 전자파 영역 내 위치하고 있다는 사실을 인지하고 있는 인원을 의미하며, 통제가 불가능한 인원(Uncontrolled Personnel)은 이 영역 내 자신이 위치하고 있다는 사실을 인지하지 못한 인원을 의미한다.^[1]

2.2 분석 계산

추적레이다 안테나로부터의 거리에 따라 3도 이내에 포함된 주엽(Main Lobe)과 1차 부엽(Side

Lobe)의 전력밀도(Power Density)를 도시하면 그림 1과 같다.

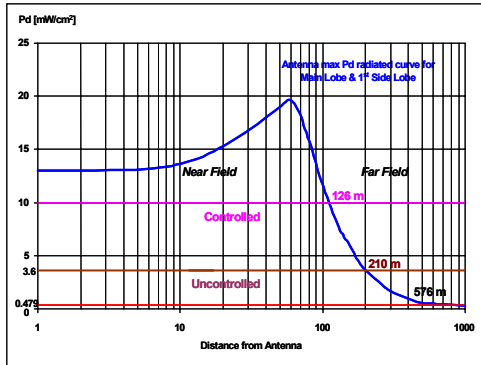


그림 1. 추적레이다 안테나로부터의 거리에 따른 주빔(Beam)의 전력밀도(Power Density)

ANSI/IEEE C95.1-1991에 따르면 통제 가능한 인원 (Controlled Personnel)은 전력밀도(Power Density)가 $10\text{mW}/\text{cm}^2$ 이하가 되는 거리에서, 통제가 불가능한 인원 (Uncontrolled Personnel)은 전력밀도(Power Density) 값이 $3.6\text{mW}/\text{cm}^2$ 이하가 되는 거리에서 안전거리가 확보됨을 알 수 있다.

따라서 ANSI/IEEE C95.1-1991에서 제시한 전력밀도(Power Density) 기준을 만족하는 안전거리는 다음과 같이 산출된다.

먼저 추적레이다의 사용 주파수를 5.4GHz로 정의하면 파장(λ)은 식 (1)과 같이 0.0556m이다.

$$\lambda = 300 / f (\text{GHz}) = 0.0556 \text{ meter} \quad (1)$$

전력밀도(Power Density) 계산을 위하여 안테나의 평균전력(P_{AVG})을 구하면 식 (2)와 같이 1,000W이며,

$$P_{AVG} = P_{PEAK} * \text{Duty Cycle} = 100,000 \text{ W} * 0.01 = 1,000 \text{ W} \quad (2)$$

안테나 이득인자(Antenna Gain Factor) G는 식 (3)와 같이 19,953이다.

$$G = 10^{G_{dB}/10} = 10^{43/10} = 19,953 \quad (3)$$

따라서 식 (4)에 표시된 거리에 따른 전력밀도(Power Density) 계산식으로부터 통제 가능한 인원 (Controlled Personnel) 및 통제가 불가능한 인원 (Uncontrolled Personnel)에 대한 안전거리를 산출하면 다음과 같다.

$$Pd_{R_{ff}} = P_{AVG} * G / (4\pi R_{ff}^2) \quad (4)$$

통제가 가능한 인원 (Controlled Personnel)은 추적레이다 안테나로부터 126m 이상의 거리에서, 통제가 불가능한 인원 (Uncontrolled Personnel)은 210m 이상의 거리에서 안전거리가 확보됨을 알 수 있다.

Far Field 조건을 만족하는 거리(R_{ff})는 식 (5)의 계산식에 따라 576m이고, 이때의 전력밀도($Pd_{R_{ff}}$) 값은 식 (4)을 이용하면 $0.475\text{mW}/\text{cm}^2$ 로 계산된다.

$$R_{ff} = (2L^2) / \lambda = (2 * 4^2) / 0.0556 \text{ meter} = 576 \text{ meter} \quad (5)$$

2.3 분석 결과

추적레이다 운용 시 주엽(Main Lobe)과 1차 부엽(Side Lobe)을 포함한 3도 범위의 주 발사 방향에서 직접적으로 인체에 미치는 영향을 분석하면 추적레이다 안테나로부터 통제가 가능한 인원 (Controlled Personnel)은 최소 거리 126m 이상, 통제가 불가능한 인원 (Uncontrolled Personnel)은 최소 210m 이상의 안전거리가 확보되어야 함을 알 수 있다.

3. 추적레이다 자체 장비에 대한 전자파 영향 분석

3.1 분석 조건

추적레이다로부터 고출력의 전자파가 표적으로 방사되면 그림 2와 같이 주엽(Main Lobe)과 1차 부엽(Side Lobe)을 포함하는 3도 이내의 주빔(Beam)외에 2차 이상의 부엽(Side Lobe)이 전 방향으로 방사된다.

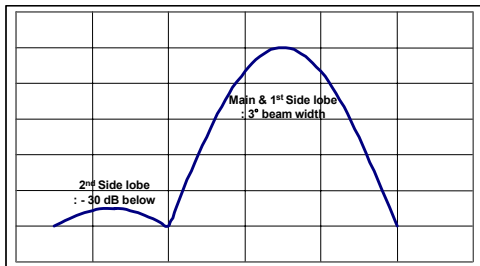


그림 2. 추적레이다 안테나의 주엽(Main Beam) & 부엽 (Side Lobe) 패턴

추적레이다와 같은 고출력의 송신 장비는 전자파가 방사되는 표적의 정방향이나 아니더라도 주빔(Beam)이 아닌 2차 이상의 부엽(Side Lobe)들에 의하여 안테나와 가까운 위치에 인접한 장비들에 영향을 미칠 가능성이 있다.

현재 추적레이다가 설치되는 우주센터 및 제주추적소에서 고출력을 송신하는 추적레이다 안테나와 가장 인접한 장비는 추적레이다 장비실에 위치하는 바로 추적레이다 자체 장비이며, 따라서 이에 대한 영향을 검토하는 것이 필요하다.

일반적으로 전자 장비는 10V/m 이상의 전기장(Electric Field) 영역에 노출되지 않는 것이 요구된다.¹²⁾

추적레이다 안테나로부터 발생되는 2차 이상의 부엽(Side Lobe)들에 의한 추적레이다 자체 장비에 미치는 영향을 분석하기 위하여 다음과 같이 조건을 정의한다.

첫째, 추적레이다 안테나를 통하여 송신되는 전자파는 그림 3과 같이 주빔(Beam)의 반치각(3dB Beam Width) 1도와 1차 부엽(Side Lobe)을 포함하여 3도의 각도로 표적에 방사되며, 추적레이다 안테나 측, 후방에 위치하는 장비실 내

레이다 장비에 직접 지향하지 않는 것으로 가정한다.

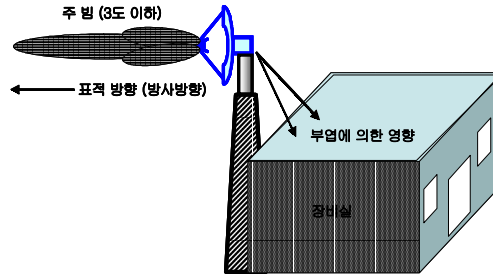


그림 3. 추적레이다 설치 현황

둘째, 2차 이상의 부엽(Side Lobe)의 이득(Gain)은 그림 2에서 나타난 것과 같이 주엽(Main Lobe)의 이득(Gain)보다 30dB 이하인 값을 갖는다. 따라서 안테나 주엽(Main Lobe)의 이득(Gain)이 43dBi이므로 2차 이상의 부엽(Side Lobe)은 30dB만큼 감소하며, 최대 13dBi를 넘지 않는다.

3.2 분석 계산

추적레이다의 2차 이상의 부엽(Side Lobe)에 의한 측, 후방 방사가 장비실의 자체 장비에 미치는 영향을 분석하면 다음과 같다.

추적레이다로부터 생성되는 2차 이상의 부엽(Side Lobe)의 이득인자(Gain Factor)는 식 (6)과 같이 19.953이며,

$$G_{SL} = 10^{G_{SLAB}/10} = 10^{13/10} = 19.953 \quad (6)$$

Far Field에서의 부엽(Side Lobe)의 전자파 전력($P_{PeakSLR_{ff}}$)은 식 (7)과 같이 0.478W/m²로 계산된다.

$$\begin{aligned} P_{PeakSLR_{ff}} &= P_{PEAK} * G_{SL} / (4\pi R_{ff}^2) \\ &= 100,000 * 19.953 / 4 * 3.14 * 576^2 \quad (7) \\ &= 0.478 W/m^2 \end{aligned}$$

추적레이다 안테나로부터의 거리에 따라 3도 이상의 안테나의 측, 후방으로 방사되는 2차 이

상 부엽(Side Lobe)의 전력밀도(Power Density)를 도시하면 그림 4와 같다.

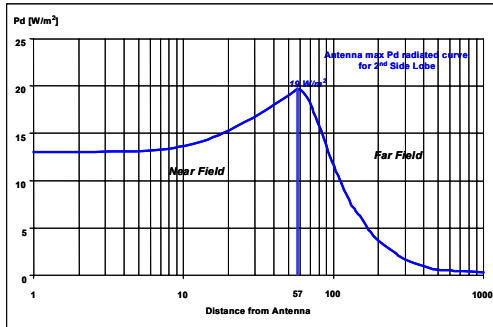


그림 4. 안테나로부터의 거리에 따른 2차 이상 부엽(Side Lobe)의 전력 밀도(Power Density)

2차 이상 부엽(Side Lobe)의 최대 전력밀도(Power Density)는 약 57m 위치에서 $19\text{W}/\text{m}^2$ 으로 가장 크게 나타나며, 추적레이다 안테나와의 거리 증가에 따라 감소한다.

최대 전력밀도(Power Density)인 $19\text{W}/\text{m}^2$ 에서 Near Field Wave Impedance $3,770\Omega$ 을 적용한 전기장도(Electric Field Strength)는 식 (8)과 같이 $267.6\text{V}/\text{m}$ 으로 산출된다.^[3]

$$E_{SLPeak} = \sqrt{P_{d_{max}} * Z} = \sqrt{19 * 3,770} = 267.6 \text{ V/m} \quad (8)$$

초기에 정의한 것과 같이 전자파의 영향과 관련하여 건물 내 위치한 장비가 전장의 세기가 $10\text{V}/\text{m}$ 을 넘지 않아야 하므로 요구되는 감쇠량은 식 (9)와 같이 28.55dB 가 된다.

$$Attenuation (A) = 20 \text{Log} (267.6/10) = 28.55 \text{ dB} \quad (9)$$

실제 추적레이다 장비실은 안테나로부터 20m 이내에 위치하여 57m에서의 최대 요구 감쇠량보다 다소 낮아지나 본 분석에서는 최대값 $19\text{W}/\text{m}^2$ 를 적용하여 분석을 실시하였다.

일반적으로 적용되는 건물 외벽의 감쇠량은 13dB 이며,^[2] 이를 기준으로 계산할 경우 최소 16dB 이상을 감쇠시킬 수 있는 장치가 건물에

필요하게 된다.

따라서 추적레이다의 장비실 건축 시 건물 자체 외벽에 의한 감쇠량 13dB 와 그림 5와 같이 외벽 내 Screen Net을 설치하여 16dB 을 감쇠시킴으로써 총 29dB 를 감쇠시키는 것이 필요하다.

추적레이다 장비실 건물에 Screen Net을 사용할 경우 운용주파수에 따라 Screen Net의 두께(d)와 Hole의 가로 길이(l) 및 Hole의 세로 길이(h)에 따른 감쇠량(A_{NET})을 산출하는 식은 식 (10)과 같다.^[4]

$$Attenuation (A_{NET}) = 100 - 20 \text{Log} (l) - 20 \text{Log} (f) + 20 \text{Log} (1 + 2.3 \text{Log} (l/h)) + 30 (d/l) \quad (10)$$

여기서 l과 h의 단위는 mm이며, f는 MHz, d는 mm이다.

이와 같이 추적레이다 장비실에 Screen Net을 사용하여 장비를 $10\text{V}/\text{m}$ 이상의 전기장(Electric Field) 영역에 노출되지 않도록 하기 위해서는 건물 자체 외벽에 의한 감쇠량 13dB 와 추가적인 감쇠 16dB 와 마진 4dB 를 포함하여 총 33dB 만큼 감쇠시킬 필요가 있다.

따라서 Screen Net의 규격은 식 (10)에 따라 가로 길이(l) 4mm , 세로 길이(h) 4mm 이며, 두께(d)는 1mm 로 계산된다.

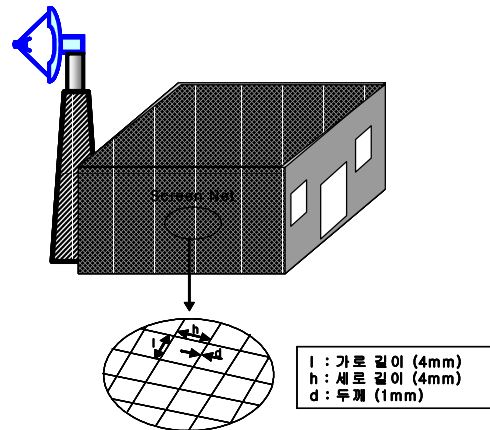


그림 5. 추적레이다의 Screen Net 설치 현황

3.3 분석 결과

추적레이다로부터 발생하는 2차 이상의 부엽(Side Lobe)에 의하여 추적레이다 자체 장비에 미치는 영향을 분석한 결과 건물 외벽 자체에 의한 감쇠 13dB을 포함하여 건물에 Screen Net을 설치하여 장비실 내로 유입되는 전계강도를 총 33dB까지 감쇠시켜 추적레이다 안테나로부터 생성되는 2차 이상의 부엽(Side Lobe)에 의한 영향을 기준값 이하로 낮출 수 있다.

4. 기상레이다에 대한 전자파 간섭 분석

4.1 분석 조건

추적레이다와 동일한 주파수 대역인 C-Band 대역을 사용하는 기상레이다의 경우 근거리에서 추적레이다와 동시 운용 시, 보다 정확한 전자파 간섭 분석이 필요하다.

먼저 추적레이다 및 기상레이다의 전자 장비가 10V/m 이상의 전기장(Electric Field) 영역에 노출되지 않아야 한다는 요구조건을 동일하게 적용하고 추적레이다와 기상레이다가 상호 정 방향으로 송신하지 않는 것을 가정하여 추적레이다로부터 생성되는 2차 이상 부엽(Side Lobe)의 이득인자(Gain Factor)를 계산하면 식 (11)과 같이 19.953으로 계산된다.

$$G_{SL} = 10^{G_{SLAB}/10} = 10^{13/10} = 19.953 \quad (11)$$

추적레이다 및 기상레이다의 장비실 외벽에 의한 전자파 차단효과 13dB를 고려하면, 식 (12)에 의하여 외부로부터 노출되어지는 허용 전계강도(E_{SL})는 44.7V/m가 된다.

$$E_{SL} = 10^{((Attenuation/20) + 1)} \quad (12)$$

따라서 허용 전자파 전력(P_{SL})은 식 (13)에 의하여 $0.53W/m^2$ 가 되며,

$$P_{SL} = \frac{E_{SL}^2}{Z} \quad (13)$$

전자파 영향으로부터 안전거리(R)는 식 (14)에 의하여 547m로 산출된다.

$$R = \sqrt{\frac{P_{PEAK} * G_{SL}}{4 * \pi * P_{SL}}} \quad (14)$$

식 (14)의 계산식을 바탕으로 추적레이다와 기상레이다와의 거리에 따른 전자파 전력(P_{SL})을 도시하면 그림 6과 같다.

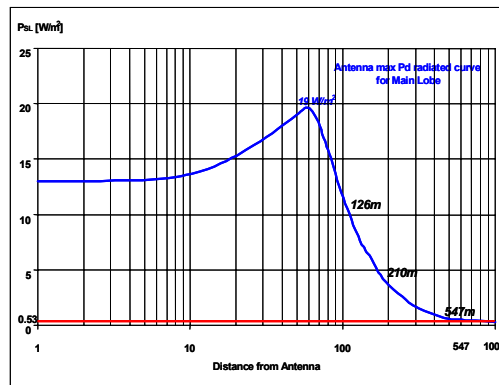


그림 6. 각 안테나로부터의 거리에 따른 2차 이상 부엽(Side Lobe)의 전력 밀도(Power Density)

추적레이다와 기상레이다를 허용 전자파 전력(P_{SL})이 $0.53W/m^2$ 이하가 되는 거리 547m 이상으로 이격시킬 경우 2차 이상의 부엽(Side Lobe)에 의하여 발생하는 상호 장비 간섭은 없을 것으로 판단된다.

그러나 송신출력이 250KW로 매우 높은 출력을 송신하는 기상레이다의 경우 추적레이다로의 직접적인 발사 방향이 아니더라도 추적레이다와 근거리에 설치 시 기상레이다로부터 발생하는 부엽(Side Lobe)에 의하여 추적레이다 건물 내 장비실이 아닌 건물 외부에 위치한 RF Front End부의 LNA가 Saturation 될 수 있는 가능성을 배제할 수 없다.

현재 우주센터의 운용 개념상 추적레이다와

기상레이다는 발사 전까지 동시 운용이 필요하므로 기상레이다와 추적레이다의 2차 이상 부엽(Side Lobe)에 따른 분석과 별개로 추적레이다의 LNA가 Saturation 될 수 있는 가능성을 검토하여 두 장비 간 적절한 설치 조건 및 배치 기준을 결정하는 것이 필요하다.

4.2 분석 계산

기상레이다와 추적레이다의 2차 이상 부엽(Side Lobe)에 따른 분석과 별개로 추적레이다의 LNA가 Saturation 될 수 있는 가능성을 분석하기 위하여 적용되는 기상레이다의 RF 특성은 다음과 같다.

송신출력(P_t)은 250KW(84dBm)이며, 기상레이다로부터 송신되는 부엽(Side Lobe)의 이득(G_t)은 17dBi, 추적레이다로부터 수신되는 부엽(Side Lobe)의 안테나 이득(G_r)은 8dBi, 기상레이다의 파장(λ^2)은 5.65GHz 기준으로 $-25.5\text{dB}/\text{m}^2$, 손실(L)은 4.5dB, 교차편파손실(Cross Polarization Loss)은 10dB로 정의한다.

현재 추적레이다의 LNA 입력단에서 Saturation 되는 전력(P_{Sat})의 레벨은 -15dBm 이상이므로 [5] 기상레이다로부터 입력되는 수신 전력(P_r) 레벨이 -15dBm 이하가 되도록 거리를 조정하여 P_{Sat} 값을 낮추어야 한다.

식 (15)에 따라 기상레이다로부터 추적레이다의 LNA에 입력되는 수신 전력(P_{Sat}) 레벨이 기준치인 -15dBm 이하가 되도록 거리를 계산하면 R^2 가 최소 $62\text{dB}/\text{m}^2$ 이 되는 조건, 즉 두 장비간의 거리가 최소 1,258m 이상 이격되어야 수신 전력(P_{Sat}) 레벨이 기준치 이하로 낮아짐을 알 수 있다.

$$R^2 = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 P_{Sat} L XPol} \quad (15)$$

여기서 각 파라미터는 앞서 언급한 것과 같이 $P_t = 84\text{dBm}$, $G_t = 17\text{dB}$, $G_r = 8\text{dB}$, $\lambda^2 = -25.5\text{dB}/\text{m}^2$, $(4\pi)^2 = 22\text{dB}$, $L = 4.5\text{dB}$, $Xpol =$

10dB , $P_{Sat} = -15\text{dBm}$ 으로 정의한다.

4.3 분석 결과

추적레이다와 동일한 주파수 대역인 C-Band 대역을 사용하는 기상레이다를 추적레이다와 상호 전자파 간섭(EMI) 없이 동시 운용하기 위해서는 추적레이다와 기상레이다와의 2차 이상의 부엽(Side Lobe)에 의하여 상호 장비가 영향이 없는 최소 거리 조건을 분석하고 장비실이 아닌 건물 외부에 노출된 RF Front End부의 LNA가 Saturation 되지 않도록 두 장비간의 이격 거리를 계산하여 수신 레벨(P_{Sat})을 기준치 이하로 낮추는 것이 요구된다.

5. 결 론

본 논문에서는 추적레이다의 고출력 전자파에 의한 인체의 영향(HERP)과 추적레이다 자체 장비에 미치는 영향 및 동일한 C-Band 주파수 대역을 사용하는 기상레이다에 대하여 전자파 간섭(EMI) 분석을 실시하였고 그 분석결과를 바탕으로 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 추적레이다 운용 시 주엽(Main Lobe)과 1차 부엽(Side Lobe)을 포함한 3도 범위의 주 발사 방향에서 직접적으로 인체에 미치는 영향(HERP)을 분석하면 추적레이다 안테나로부터 통제가 가능한 인원 (Controlled Personnel)은 최소 거리 126m 이상, 통제가 불가능한 인원 (Uncontrolled Personnel)은 최소 210m 이상 안전거리를 확보하는 것이 필요하다.

둘째, 추적레이다로부터 발생되는 2차 이상의 부엽(Side Lobe)에 의하여 추적레이다 자체 장비에 미치는 영향을 분석한 결과 기준치 $10\text{V}/\text{m}$ 을 초과하는 전계강도가 장비에 유입되므로 건물 외벽 자체에 의한 감쇠 13dB 을 포함하여 건물에 Screen Net을 설치하여 장비실 내로 유입되는 전계강도를 총 33dB 까지 감쇠시켜 추적레이다 안테나로부터 생성되는 2차 이상의 부엽(Side

Lobe)에 의한 영향을 기준치 이하로 낮추는 것이 필요하다.

셋째, 추적레이다와 동일한 주파수 대역인 C-Band 대역을 사용하는 기상레이다를 추적레이다와 상호 전자파 간섭(EMI) 없이 동시 운용하기 위해서는 추적레이다와 기상레이다와의 2차 이상의 부엽(Side Lobe)에 의하여 상호 장비가 영향이 없는 최소 거리 조건을 분석하고 추가적으로 장비실이 아닌 건물 외부에 노출된 RF Front End부의 LNA가 Saturation 되지 않도록 두 장비 간 최소 거리를 1,258m 이상 이격시켜 수신되는 전력 레벨을 Saturation이 되지 않는 기준치 이하로 낮추는 것이 필요하다.

상기 분석 결과는 현재 우주센터 추적레이다 및 기상레이다의 장비 설치 및 배치에 적용될 예정이며, 우주센터 자체 전자장비와 외부 인접 타 장비와의 간섭 가능성에 대한 추가적인 검토가 필요하다.

참 고 문 헌

1. ANSI/IEEE C95.1-1991, IEEE Standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3KHz to 300GHz.
2. Donald R. J. White, Shielding Design.
3. Donald R. J. White, Electromagnetic Shielding Materials and Performance.
4. Mardeguian, Controlling Radiated Emission by Design.
5. Contract Agreement for C-Band Precision Tracking Instrumentation Radar.
6. R. C. Hansen, Volume 1, Chapter 1 - Aperture Theory.
7. Merrill I. Skolnik, Mcgraw-Hill, Second Edition, Radar Handbook.