

레이다 간섭 보호 기준에 따른 레이다 간 상호 간섭 영향 분석

Inter-Radar Interference Impact Analysis on the Basis of Radar Interference Protection Criteria

양 주 열 · 정 정 수 · 곽 영 길

Joo-Youl Yang · Jung-Soo Jung · Young-Kil Kwag

요 약

레이다는 높은 송신 출력과 광대역 주파수를 사용하므로 레이다 상호간의 간섭이 레이다의 탐지 성능에 매우 치명적인 영향을 줄 수 있다. 본 논문에서는 ITU-R에서 권고하는 레이다 국제 간섭 보호 기준에 대한 근거를 제시하고, 지상, 항공, 위성 레이다 종류별 간섭 영향을 분석하여 레이다 상호간 간섭 모델을 정립하였다. 그리고 제시된 간섭 모델을 이용하여 시뮬레이션을 통하여 레이다 운용 환경에 따른 간섭 영향을 분석하였다.

Abstract

Inter-radar interferences may cause the critical impact to the radar detection performance because radar operates with high power and wideband. In this paper, the international criteria for radar interference protection is reviewed based on the ITU-R recommendation, and the radar interference analysis model is presented by taking into account the radar operating environments such as ground, airborne and spaceborne radars. Finally, the simulation results are presented with the interference impact analysis in various radar environments.

Key words : Interference Protection Criteria, Radar Interference Model, Interference Analysis

I. 서 론

레이다(RADAR: Radio Detection And Ranging)는 표적을 검출하기 위해 전자파 신호를 방사한 후 반사되어 돌아온 신호를 수신하여 표적에 대한 정보를 추출하는 시스템이다. 레이다의 운용 주파수 대역은 400 MHz 대역에서 35 GHz 대역까지 광범위하고 다른 시스템에 비하여 상대적으로 높은 송신 전력을 사용하므로 동일한 대역에서 운용되는 타 레이다에 간섭을 야기할 수 있다. 국제전기통신연합 전파 통신 부문(ITU-R)에서는 레이다의 용도에 따라 운용 대역과 대역폭을 규정하고 각 주요 대역별 간섭 보호 기준을 제시하였으며, 이는 각국에서 준용하여

운용되고 있다^[1]. 그러나 국내에서는 간섭 보호 기준과 레이다 상호간의 간섭 영향을 체계적으로 분석하기 위한 자료 및 평가 방법을 가지고 있지 못한 실정이다. 따라서 국제 간섭 보호 기준에 근거하여 레이다의 방사 전력으로 인한 특정거리에서 레이다 상호간의 간섭 영향에 대한 평가 방법과 간섭 영향 파라미터를 정립할 필요가 있다. 본 논문의 II장에서는 ITU-R에서 공고한 간섭의 정의와 종류 및 레이다 국제 간섭 보호 기준에 대한 근거를 제시하고 III장에서는 레이다 간섭 신호의 모델을 제시하였다. IV장에서는 레이다 상호간 간섭 영향을 평가하기 위한 시뮬레이션을 수행하고, V장에서는 레이다 환경에 따른 간섭 영향을 종합적으로 분석하였다.

「본 연구는 전파연구소 레이다 전파간섭 평가기준에 관한 연구과제의 일부로 지원되었음.
한국항공대학교 항공전자공학과(Department of Avionics Engineering, Korea Aerospace University)
· 논문 번호 : 20080328-042
· 수정완료일자 : 2008년 5월 16일

II. 레이다 전파간섭

2-1 레이다 간섭 정의

ITU-R에서는 간섭을 하나 또는 여러 개의 방사, 혹은 통신 시스템의 전기적 유도에 의한 성능 저하 또는 정보의 손실을 가져오는 원치 않는 신호에 의한 영향으로 정의한다. 간섭의 종류는 허용 간섭(permissible interference), 용인 간섭(accepted interference), 유해 간섭(harmful interference)으로 분류하며, 간섭 신호의 유형은 표 1과 같다^[2].

간섭이 존재하는 방위각 영역 내에서 간섭의 전력 스펙트럼 밀도는 레이다의 열 잡음 전력 스펙트럼 밀도와 합으로 표현된다. 레이다 잡음 전력을 N , 외부 간섭 전력을 I 로 표시한다면, 총 잡음 전력은 $I+N$ 이다. ITU-R에서 규정한 간섭 보호 기준은 잡음 전력이 N 에서 $I+N$ 으로 증가함에 따른 반사 신호의 S/N 비 감소를 기반으로 정하였다. 레이다의 잡음비 $(I+N)/N$ 이 1 dB 증가할 때 I/N 은 -6 dB의 성능 감소를 가져오며, 이는 레이다에 허용된 성능 감소의 최대치이다^[3].

레이다 표적 탐지 거리는 간섭에 의해 저하되는 레이다의 주요 성능 중 하나로 I/N 비와의 관계는 탐지하고자 하는 표적의 종류에 따라 다르다. 간섭이 없는 경우 점표적 레이다, 위성 SAR, 기상 레이다 방정식은 각각 식 (1)~(3)과 같다^[4].

$$\frac{S_N}{N} = \frac{P_t G_t}{4\pi R_N^2} \cdot \frac{\sigma}{4\pi R_N^2} \cdot \frac{G_R \lambda^2}{4\pi L_{bf} N} \quad (1)$$

$$\frac{S_N}{N} = \frac{P_{av} A_r^2 \sigma B_r}{8\pi R^3 N \lambda v} \quad (2)$$

$$\frac{S_N}{N} = \frac{P_t G_t}{4\pi R_N^2} \cdot \frac{\pi^2 \sum_i \sigma_i}{16} \cdot \frac{c\tau}{2} \cdot \frac{1}{2\ln 2} \cdot \frac{\lambda^2}{4\pi} \cdot \frac{1}{L_{bf}} \cdot \frac{1}{N} \quad (3)$$

여기서 S_N 은 잡음만 존재할 때의 레이다에 수신되는 신호 전력, N 은 수신부의 잡음 전력, P_t 는 최대 송신 전력, P_{av} 는 평균 송신 전력, G_t 는 송신 안테나 이득, R_N 은 표적 탐지 거리, σ 는 표적 RCS, L_{bf} 는 자유 공간 전송 손실, G_R 은 수신 안테나 이득, λ 는 운용 파장, A_r 은 유효 개구 면적, B_r 은 수신기의 대역폭, v 는 플랫폼 이동 속도를 각각 나타낸다.

제시된 각 종류별 레이다 방정식을 살펴보면 표적의 S/N 비가 점표적 레이다는 R^4 , 위성 SAR는 R^3 , 기상 레이다는 R^2 에 반비례한다. 레이다 표적 탐지 거리는 S/N 에 대한 함수이므로 표적 탐지 거리 손실은 기준 잡음 N 이 간섭으로 인하여 증가된 간섭 잡음 $N+I$ 로 증가할 때 R_N 이 R_{N+I} 로 감소하는 비율로서 표현된다.

그림 1에서 국제 간섭 보호 기준인 -6 dB의 I/N 비는 0.26의 I/N 과 동일하며, $I/N = -6$ dB인 환경에서 점표적 레이다는 5.6%, 위성 SAR는 7.4%, 기상 레이다는 10.9%의 탐지 거리 손실을 갖는다.

표 1. 간섭 신호의 유형

Table 1. Interference signal types.

신호 타입	설명
Continuous Wave(CW)	수신기 출력의 밴드 폭보다 훨씬 작은 밴드 폭을 가지는 연속된 신호
Noise-Like	수신기 RF 밴드 폭의 Gaussian White Noise와 유사하거나 같은 영향을 주는 연속된 신호
Pulse	일정 시간 동안 On-Off를 반복하는 신호이며, 펄스 폭과 펄스 반복 주기로 표현
Impulse	수신기의 임펄스 응답보다 더 작은 밴드 폭을 가지는 펄스 신호
Same as Desired Signal	모든 변조 신호의 파라미터가 표적 신호와 같을 때의 신호

2-2 국제 간섭 보호 기준

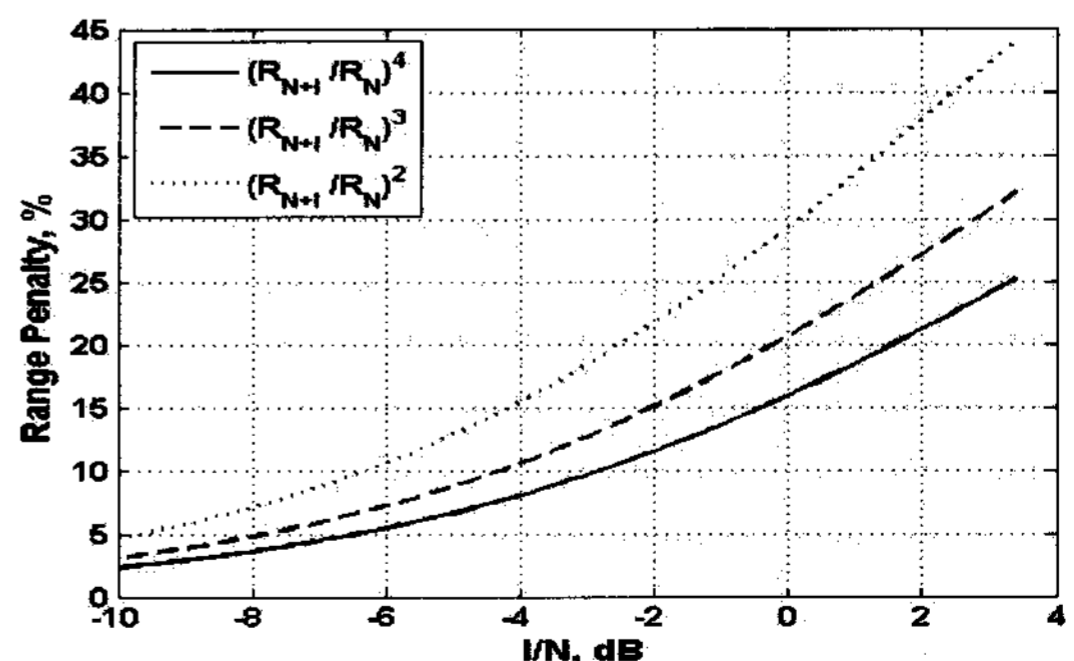


그림 1. 레이다 탐지 거리 손실
Fig. 1. Radar detection range loss.

표 2. 레이다 국제 간섭 보호 기준

Table 2. Interference protection criteria for radar.

대역	레이다 주파수 대역 및 업무	CW와 Noise-like	ITU-R 권고문
UHF	420~450 MHz 무선 측위	$I/N \leq -6$ dB	M. 1462
L	1,215~1,400 MHz 무선 표정	$I/N \leq -6$ dB	M. 1463
S	2,700~2,900 MHz 무선 항행 및 기상	$I/N \leq -10$ dB	M. 1464
	2,900~3,100 MHz 해상 무선 항행	$I/N \leq -6$ dB	M. 1313
	2,900~3,100 MHz 무선 표정 및 기상	$I/N \leq -6$ dB	M. 1460
	3,100~3,700 MHz 무선 표정	$I/N \leq -6$ dB	M. 1465
C	5,250~5,850 MHz 무선 측위, 항공 무선 항행 및 기상	$I/N \leq -6$ dB	M. 1638
X	8,500~1,050 MHz 무선 측위	$I/N \leq -6$ dB	M. 1796
Ku	13.75~14 GHz 무선 측위 및 무선 항행	$I/N \leq -6$ dB	M. 1644
	15.7~1.73 GHz 무선 측위	$I/N \leq -6$ dB	M. 1730
Ka	31.8~33.4 GHz 무선 항행	$I/N \leq -6$ dB	M. 1466
	33.4~36 GHz 무선 표정	$I/N \leq -6$ dB	M. 1640

ITU-R에서는 레이다가 운용되는 대부분 대역에서 레이다 성능 감소의 최대 허용 범위인 $I/N \leq -6$ dB의 간섭 보호 기준을 권고한다. 하지만 무선 항행 업무로 할당된 S대역의 일부 대역에서는 간섭이 항공 안전에 악영향을 미칠 수 있으므로 $I/N \leq -10$ dB의 엄격한 기준을 적용하고 있다. 표 2는 ITU-R에서 권고하는 레이다 운용 대역별 간섭 보호 기준과 제시된 권고문을 나타낸다^[1].

III. 레이다 간섭 신호 모델

간섭 레이다의 안테나를 통해 방사된 방사 전력은 레이다간 이격 거리만큼 전력이 감쇄된 후 피간섭 레이다의 안테나로 수신된다. 이와 같은 간섭 전력 I 는 dB 단위로 식 (4)로 표현될 수 있다.

$$I = P + G_t + G_r - L_{bf} \quad (4)$$

여기서 G_t 는 간섭 레이다의 안테나 이득, G_r 는 피간섭 레이다의 안테나 이득, L_{bf} 는 자유 공간 전송 손실이다^[5]. P 는 피간섭 레이다에 영향을 미치는 방사 전력으로 식 (5)와 같고, 평균 방사 전력 P_{av} 는 식 (6)으로 표현된다.

$$P = P_{av} + FDR \quad (5)$$

$$P_{av} = 10 \log(P_t \cdot \tau \cdot PRF) \quad (6)$$

여기서 τ 와 PRF 는 펄스 폭과 펄스 반복 주파수를 나타내며, FDR (Frequency Dependant Rejection)은 송수신 운용 대역과 대역폭 차이에 대한 함수로 식 (7)로 표현된다.

$$FDR = 10 \log \frac{\int_0^\infty P(f) df}{\int_0^\infty P(f) |H(f)|^2 df} \quad (7)$$

$P(f)$ 와 $H(f)$ 는 송신 신호의 전력 스펙트럼 밀도와 수신기의 주파수 응답이다. L_{bf} 값과 FDR 을 고려하면 피간섭 레이다에 수신되는 간섭 전력 I 는 식 (8)과 같다^[6].

$$I = P_{av} + FDR + G_t + G_r - 32.44 + 20 \log(fR) \quad (8)$$

여기서 f 는 간섭 레이다의 중심 주파수, R 은 레이다간 이격 거리이다.

레이다 상호간의 간섭 모델은 회전하는 간섭 레이다의 방사 전력이 고정된 방향을 조향하는 피간섭 레이다에 수신되는 환경을 고려하여 그림 2와 같다. 그림 2에서 f_t , B_t 는 간섭 레이다의 중심 주파수와 대역폭이며 f_r , B_r 은 피간섭 레이다의 중심 주파수와 대역폭을 나타낸다. 피간섭 레이다의 고도각은 동일 관측 선상(line-of-sight)에서 간섭이 존재할 때 0° 로 설정하였다.

IV. 레이다 간섭 시뮬레이션

4-1 시뮬레이션 환경

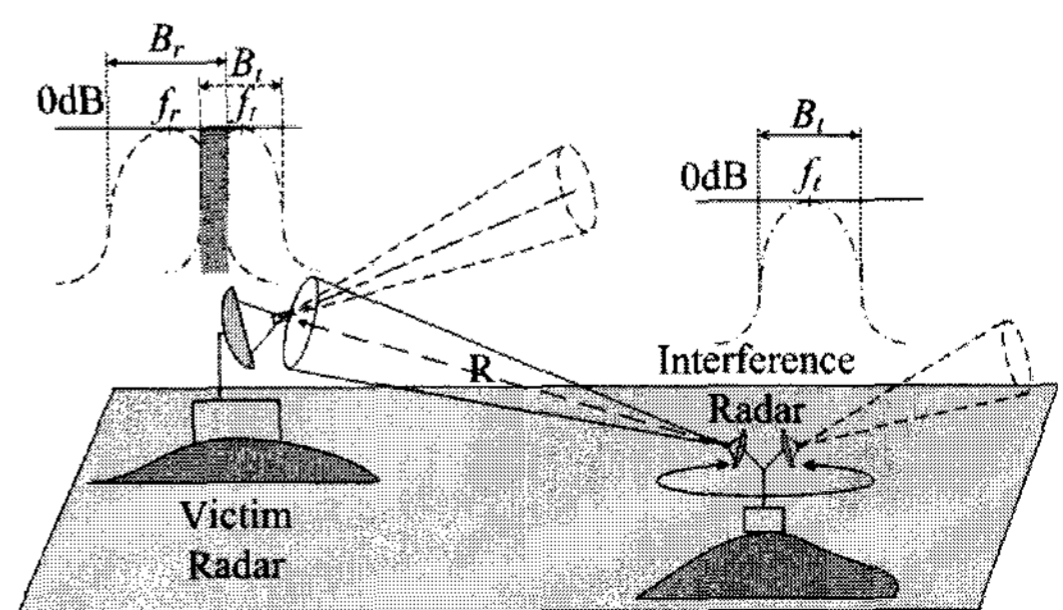


그림 2. 레이다 상호간 간섭 모델
Fig. 2. Interference model between inter-radar.

표 3. 지상 레이더간 시뮬레이션 파라미터

Table 3. Ground radar parameters.

Parameter	간섭 레이더	피간섭 레이더
송신 전력	35 kW	31 kW
펄스 폭	1 μ s	1 μ s
주 빔 이득	40 dBi	42.2 dBi
운용 대역	9,375 MHz	9,375 MHz
수신 대역폭(3 dB)	-	1 MHz
방사 대역폭(3 dB)	1 MHz	-
PRF	500 Hz	7,690 Hz
잡음 상수	5 dB	5 dB

현재 운용중인 지상 레이더 주변에 새로운 지상 레이더가 운용될 경우 상호간에 간섭 영향이 존재할 가능성이 있다. 따라서 그림 2에서 제시된 모델을 기본으로 하여 기존의 레이더는 피간섭 레이더로 새로운 레이더는 간섭 레이더로 설정하여 간섭 영향을 분석하였다. 수행된 시뮬레이션 파라미터는 표 3과 같고, 안테나 패턴은 지향성 안테나의 이득 패턴을 사용하였다^{[7],[8]}.

항공 레이더와 위성 SAR에 의한 지상 레이더의 간섭 영향은 고유의 운용 환경을 고려해야 한다. 항공 레이더는 무선 항행 업무를 수행하므로 일반적으로 지상 레이더에 영향을 끼치지 않는다. 하지만 상대적으로 저고도에 있는 비행체를 탐지하고 탐지 궤도에 지상 레이더가 운용되고 있을 경우 지상 레이더에 영향을 미치므로 이와 같은 환경에서 간섭 영향을 분석하였다. 위성 SAR는 항상 지상을 조향하므로 탐지 궤도에 지상 레이더가 운용되는 환경을 고려하여 위성 SAR의 안테나 패턴 변화에 따른 간섭 영향 분석을 수행하였다^[9]. 간섭 원인 항공 이동 레이더와 위성 SAR의 파라미터는 표 4에 제시되었으며, 대기 감쇄는 X대역에서는 영향이 작으므로 크게 고려되지 않았다^{[7],[9]}.

4-2 시뮬레이션 결과

본 논문의 피간섭 레이더의 최대 허용 간섭 전력은 -6 dB의 국제 간섭 보호 기준과 $N=KTBF$ 식을 고려하면 -144.98 dBW이다. 대표적인 시뮬레이션 결과는 일반적인 레이더 운용 환경에서의 간섭 영향으로 그림 3과 4에 나타내었다.

표 4. 항공 이동 레이더와 위성 SAR 파라미터

Table 4. Airborne and spaceborne SAR parameters.

Parameter	항공 이동 레이더	SAR
송신 전력	17 kW	25 kW
펄스 폭	0.285 μ s	10 μ s
주 빔 이득	32.5 dBi	42.5 dBi
운용 대역	9,375 MHz	9,600 MHz
방사 대역폭	3.1 MHz	450 MHz
PRF	200 Hz	515 Hz
고도(이격 거리)	-	506 km(540 km)

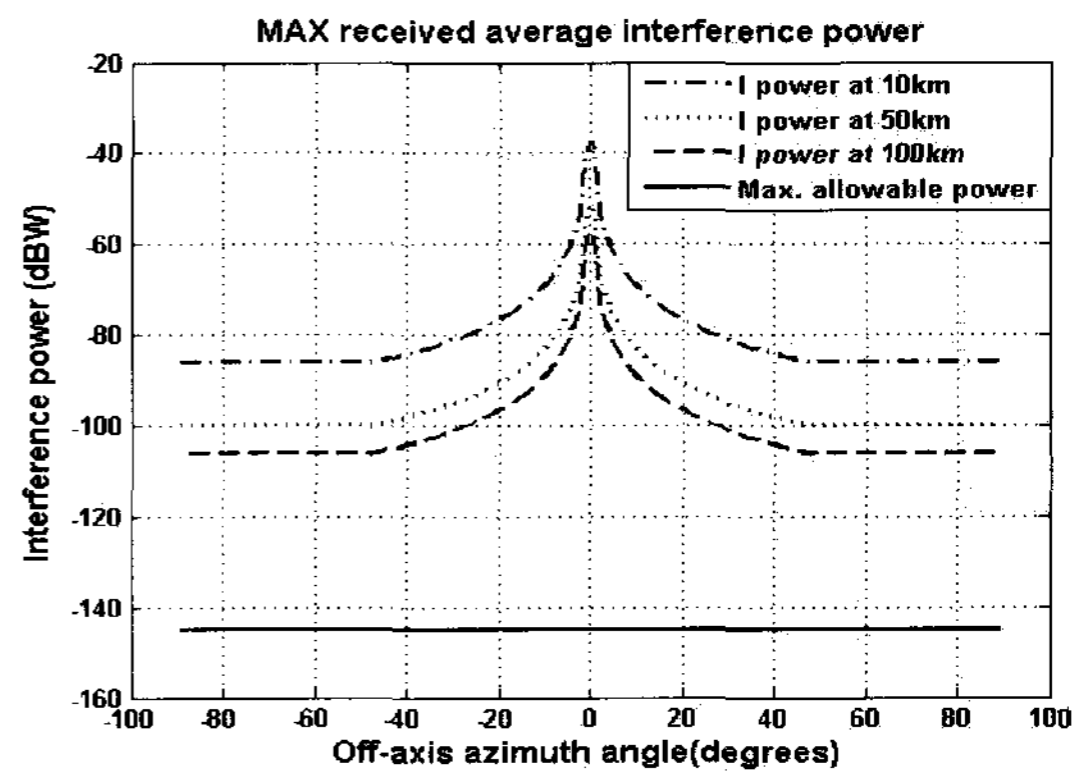


그림 3. 고도각 0°일 때 간섭 전력
Fig. 3. Interference power at elevation of 0°.

그림 3은 간섭 레이더와 피간섭 레이더가 동일 관측 선상에서 동작할 경우, 이격 거리에 따른 간섭 전력을 나타낸 결과이다. 피간섭 레이더에서의 간섭 전력은 이격 거리가 10 km일 때 최대 -37.25 dBW이고 간섭 레이더의 회전 에 따라 영향이 감소하였다. 또한, 이격 거리가 50 km, 100 km일 경우 간섭 전력이 -51.23 dBW, -57.25 dBW로 약해지지만 이격 거리 및 간섭 레이더의 회전과는 관계없이 간섭 전력은 항상 피간섭 레이더의 전 방위에서 허용된 간섭 전력 -144.98 dBW를 초과하였다.

그림 4는 피간섭 레이더의 고도각이 30°일 경우, 간섭 레이더의 회전 및 이격 거리를 고려한 간섭 전력이다. 피간섭 레이더의 부엽 이득 레벨이 고려되었으므로 그림 3의 결과보다 47 dBi 정도 감소한 결과가 나타난다. 이격 거리가 10 km인 경우, 간섭 레이더의 방사 전력은 항상 레이더 간섭 보호 기준을 초과하며, 이격 거리가 50 km일 때는 -38°~38°,

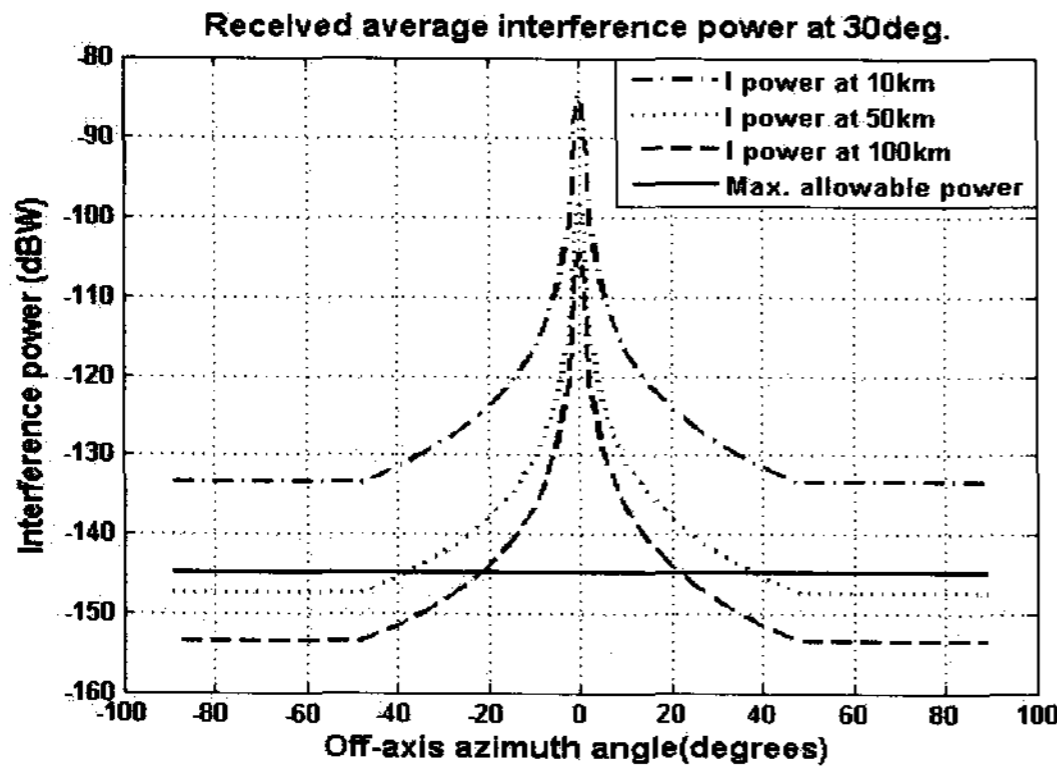


그림 4. 고도각 30°일 때 간섭 전력
Fig. 4. Interference power at elevation of 30°.

100 km인 경우는 -22°~22°에서 방사된 간섭 전력이 간섭 보호 기준을 초과하였다.

V. 간섭 영향 분석

시뮬레이션 결과에서 간섭 전력의 증가 및 감소 요인을 파악하기 위해 각각의 파라미터 결과 값을 정리하여 표 5와 6에 나타내었다.

표 5는 간섭 레이다와 피간섭 레이다가 line-of-sight인 경우에 발생하는 최대 간섭 전력을 나타내었다. 제시된 파라미터 중 G_t , G_r , L_{bf} 은 레이다 운용 환경에 따라 변한다. 하지만 FDR 은 지상 레이다 상호간의 간섭 영향의 경우, 송수신 운용 대역폭이 1 MHz로 동일하여 0이 되므로 간섭 레이다에서

표 5. 주엽 레벨 간섭 영향 파라미터 값
Table 5. Parameter values in mainlobe coupling.

Parameter	주엽 레벨 간섭						
	레이다 상호간			항공 → 지상			SAR → 지상
이격 거리 (km)	10	50	100	1	5	10	540
P_{av} (dBW)	12.43			-0.13			21.1
G_t (dBi)	40			32.5			42.5
G_r (dBi)	42.2			42.2			42.2
L_{bf} (dB)	131.88	145.86	151.88	111.88	125.86	131.88	166.73
FDR (dB)	0			-4.9			-29.54
I (dBW)	-37.25	-51.23	-57.25	-42.21	-56.19	-62.21	-90.47
I/N (dB)	101.73	87.25	81.73	96.77	82.79	76.77	48.51

송신된 평균 방사 전력이 모두 피간섭 레이다에 수신됨을 알 수 있다. 항공 레이다에 의한 간섭 영향의 경우 3.1 MHz의 송신 대역폭 중 1 MHz의 대역만이 피간섭 레이다에 영향을 미치므로 -0.13 dBW의 평균 송신 전력에서 4.9 dB의 FDR 만큼 감소한 -5.03 dBW의 전력만이 피간섭 레이다에 영향을 미친다. 위성 SAR에 의한 간섭 영향은 450 MHz의 송신 대역폭 중 0.5 MHz 대역만이 피간섭 레이다에 영향을 미치므로 21.1 dBW의 송신 전력 중 29.54 dB의 FDR 만큼 감소한 -8.44 dBW의 전력이 피간섭 레이다에 수신됨을 알 수 있다.

표 6은 피간섭 레이다의 고도각이 30°일 때, 간섭 레이다의 30°의 방위각에서 방사된 간섭 전력을 나타내었다. 표 5와 비교해 보면 FDR 은 동일하지만 송수신 안테나의 주엽에 의한 이득이 아니라 부엽에 의한 이득으로 인해 간섭 전력이 크게 낮아졌음을 확인하였다.

FDR 에 따른 방사 전력의 분석 결과를 보면 FDR 이 상호간의 운용 대역폭과 대역폭에 따라 변하여 피간섭 레이다의 대역폭 외 대역으로의 방사 전력은 제거하는 것을 알 수 있다. 특히, FDR 은 송신 대역폭이 수신 대역폭보다 작거나 같은 경우 0의 값을 지니므로 간섭 레이다에서 송신된 평균 방사 전력이 모두 피간섭 레이다에 수신됨을 알 수 있고, 송신 대역폭이 증가할수록 또는 송수신 레이다의 운용 대역 차이로 인해 영향을 받는 수신 대역폭이 감소할수록

표 6. 부엽 레벨 간섭 영향 파라미터 값
Table 6. Parameter values in sidelobe coupling.

Parameter	부엽 레벨 간섭						
	레이다 상호간			항공 → 지상			SAR → 지상
이격 거리 (km)	10	50	100	1	5	10	540
P_{av} (dBW)	12.43			-0.13			21.1
G_t (dBi)	-3.9			-0.17			-5.5
G_r (dBi)	-5			-5			-5
L_{bf} (dB)	131.88	145.86	151.88	111.88	125.86	131.88	166.73
FDR (dB)	0			-4.91			-29.54
I (dBW)	-128.35	-142.33	-148.35	-122.09	-136.07	-142.09	-185.67
I/N (dB)	10.63	-3.33	-9.37	16.89	2.91	-3.11	-46.69

간섭 전력 크기가 감소함을 확인하였다. 또한, 안테나 이득과 자유 공간 전송 손실은 상호간의 시스템 운용 환경에 따라 변화하는 파라미터로써, 간섭은 주어진 환경에 따라 크게 변화함을 알 수 있다.

VI. 결 론

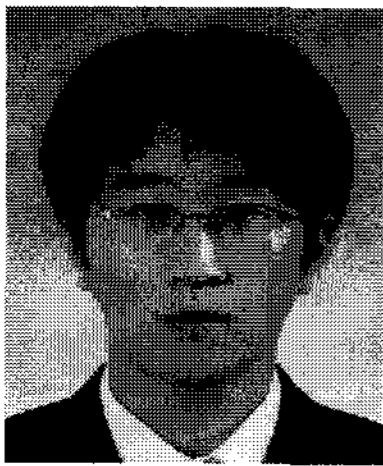
레이다 상호간의 간섭은 레이다의 탐지 성능을 약화시킬 수 있다. 본 논문에서는 ITU-R에서 권고하는 국제 레이다 간섭 보호 기준을 제시하고, 레이다 운용 환경을 고려한 레이다 간섭 모델을 적용하여 레이다 상호간 간섭 영향을 분석하였다. 간섭 영향 시뮬레이션은 지상, 항공, 위성 레이다 환경을 고려하여 수행하였으며, 종합적인 간섭 영향을 분석하였다. 제시된 간섭 분석 결과는 실제 국내에서 운용되는 레이다 상호간의 간섭 영향을 평가하는 기준과 양립성 평가에 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

[1] "Interference protection criteria phase 1-complication from existing sources", *NTIA Report 05-432*, 2005.
 [2] ITU-R Radio Regulations, "Articles", 2004.

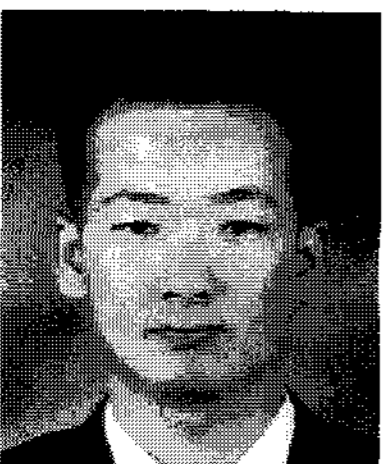
[3] RECOMMENDATIONS ITU-R M.1465-1, "Characteristics of and protection criteria for radars operating in the radiodetermination service in the frequency band 3,100~3,700 MHz", 2007.
 [4] REPORT ITU-R DOCUMENT 8B/231-E, "Radar Protection criteria in perspective", 2005.
 [5] RECOMMENDATIONS ITU-R PN.525-2, "Calculation of free-space attenuation", 1994.
 [6] RECOMMENDATIONS ITU-R SM.337-5, "Frequency and distance separations", 2007.
 [7] RECOMMENDATIONS ITU-R M.1796, "Characteristics of and protection criteria for terrestrial radars operating in the radiodetermination service in the frequency band 8,500~10,500 MHz", 2007.
 [8] "Interference analysis algorithms", *Joint Spectrum Center*, 1998.
 [9] REPORT ITU-R RS.2094, "Studies related to the compatibility between earth exploration-satellite service(active) and the radio-determination service in the 9,300~9,500 MHz and 9,800~10,000 MHz bands and between earth exploration-satellite service (active) and the fixed service in the 9,800~10,000 MHz", 2007.

양 주 열



2006년 2월: 한국항공대학교 항공 전자공학과 (공학사)
 2005년 3월~현재: 한국항공대학교 항공전자공학과 석사과정
 [주 관심분야] Radar Signal Processing, Radar Clutter and Target Detection, Adaptive Filter

정 정 수



2006년 2월: 한국항공대학교 항공 전자공학과 (공학사)
 2007년 3월~현재: 한국항공대학교 항공전자공학과 석사과정
 [주 관심분야] Radar Signal Processing, Interference Analysis, Target Tracking

곽 영 길



1976년 2월: 한국항공대학교 항공 통신공학과 (공학사)
 1981년 2월: 한국과학기술원 전기 전자공학과 (공학석사)
 1987년 6월: 미국오하이오대학교 전기 전자공학과 (공학박사)
 1976년 3월~2001년 3월: 국방과학 연구소 책임연구원, 레이다 및 SAR 연구실장
 1997년 2월~1999년 2월: 영국 Matra Marconi Space 위성 SAR 프로젝트 책임자
 2001년 3월~현재: 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신 공학부 교수 및 대학부설 항공전자연구소 소장 역임
 2002년 4월~현재: 한국전자과학회 레이다연구회 위원장
 2007년 9월~현재: 영국 옥스퍼드 대학교, Dept. of Engineering Science, Visiting Professor
 [주 관심분야] Radar System Design, Radar Signal Processing, Synthetic Aperture Radar Processing, UWB Antenna & UWB Radar Imaging