

EHF/SHF대역을 고려한 군 위성통신의 LPI성능에 관한 연구

정희원 김인겸*, 백해현*, 안호성*

Low Probability of Intercept(LPI) Performance in jamming and nonjamming environments for SHF and EHF satellite communication systems

Ihn-kyeom Kim*, Hae-hyeon Baek*, Ho-Seong Ahn* *Regular Members*

요 약

군 위성통신에 있어서 전술단말에 대한 LPI기법을 이용한 은닉통신에 대한 분석은 위성 시스템의 항 방해효과 의 성능을 좌우하는 중요한 설계변수이다. 그러므로, 본 연구에서는 전평시 환경을 고려한 시나리오를 기초로 LPI 시스템 분석을 수행하여 설계 제한요소를 도출하였으며, SHF/EHF대역에서 중계기, 전술단말 등을 가정하여 시스템 성능분석 및 비교를 통하여 군 운용환경에서 전술단말에 대한 방어능력을 파악하였다. 아울러, Intercept range(Ri)를 전/평시 환경을 고려하여 대역폭과 재머 전력을 기준으로 LPI성능분석을 하였다.

ABSTRACT

The basic purpose of an LPI capability for a military satellite communications system is to prevent the enemy from locating our communications system, which will decrease the effect of jamming and physical attack. In this paper, we analyzed the quality factors for the essential components of the LPI system which provide some advantage to the cooperative transmitter and receiver over the jammer and intercept receiver. For the analysis, we modeled and simulated the SHF/EHF satellite system and terminal based on uplink jamming environments. And, we also analyzed survivability level against the jamming condition through the performance comparison in Dualband(SHF/EHF). From the analysis results, it is found that factor affecting the intercept range in a jamming environment is the EIRP of the jammer and available spread bandwidth.

I. 서 론

일반 상용통신과는 달리 군 위성통신에서는 임의 의 단말에 대해서 LPI기법(Low probability of Intercept techniques)을 이용한 은닉통신에 대한 연구는 필수적이다. 일반적으로 통신하고자하는 단말 의 위치가 노출되면 적의 물리적 공격이 쉬워지기 때문에 소형 이동 단말의 경우에 더욱 그러하다. 대형단말의 경우는 소형단말의 경우보다 물리적 보호 가 용이하기 때문에 방사신호에 대한 위협이 덜한

편이다. 일반적으로 전술단말의 경우 2가지의 위협 요소를 가지는데 첫째로, 통신을 방해하는 상대방은 신호의 감지를 통하여 위치를 찾아내 파괴시키는 방안과 둘째로, 가로챈 신호를 분석해서 변조방식 등과 같은 메시지의 내용을 추론해 인위적인 데이터 신호를 만들어 내거나 허위정보를 만들어 유리 하게 이끌어 가는 방식이 있다. 때때로 비통신 인가 자들은 메시지내의 포함된 내용을 알아내기 보다는 전송의 유무만을 감지하는 것이 효과적인 경우가 있다. 이러한 결과를 근거로하여 매일 군 활동의 정

* 국방과학 연구소(ikkim@sunam.kreonet.re.kr)

논문번호 : 98420-0923, 접수일자 : 1998년 9월 23일

도를 평가하며 좀더 세밀한 분석을 하는데 도움을 준다. 내용에는 전력레벨, 대역폭등을 감시하는데 예를 들어 단말의 수와 종류 등을 유추하기도 한다. 지향성 안테나를 사용하여 수신 전계가 강한 곳을 지향하여 송신기를 기준으로 한 단말의 방향 탐지도 가능하게 된다. 그러므로 정보를 가로채는 위협 요소는 단말의 확인을 목적으로 통신 영역을 탐색하는 적의 수신능력에 의해 결정된다. 만일 EHF대역에서 운용된다면 X대역이나 UHF대역에서 운용하는 것보다 지상단말의 낮은 LPI적용이 가능해진다. 일반적으로 소형이동 단말 전송시 최대 감지거리는 주파수의 3/2곱에 따라서 역비례 하게된다. 신호의 가로채기는 신호 자체를 대역 확산하면 어렵게 되므로 은의 통신을 원하는 임의의 신호가 적절한 변조 기법이 적용되었다고 할 수 있다. 따라서, 송신신호의 낮은 전력 스펙트럼 밀도를 얻기 위해 넓은 각의 부엽파의 억압과 대역확산 변조방식이 적용된다. LPI단말은 요구하는 데이터 전송속도와 현 잼밍 레벨과 일치하는 낮은 송신전력이 사용된다. 설계고려 사항으로는 재머 단말의 형태, 인터셉트 범위, 재머 수, 수신기의 민감도(sensitivity)가 포함된다. 이와 같이 다양한 설계변수를 요하는 전장환경에서 타 장비에 의해 감지되는 지상단말의 확률은 중요한 고려 요소이므로, 본 연구에서는 LPI시스템 성능 분석을 목적으로 전술환경에서 가상 시나리오를 설정하여 nonjamming환경과 jamming환경에서 관련된 설계 변수^[1]와 감지 제한 요소에 대한 관계를 분석하였다. 또한, 위성시스템에서 LPI효과에 대한 성능 평가를 위해, 위성 중계기, 단말별 사양, LPI분석을 위한 제안사항 등을 설정하여 성능 평가에 적용하였다. 이를 기초로, SHF (7/8GHz)와 EHF(20/44GHz)대역을 기준으로 각 전술 단말(TS, PS, NS, LE, PE) 즉, 차량용/휴대용/함정용에 대한 LPI성능을 비교하여 군 운용 환경에서 전술 단말에 대한 방어능력을 파악하였다. 아울러, 전 평시 환경에 따른 Intercept range(Ri)를 평시와 전시 환경을 고려하여 통신대역폭과 인터셉트 대역폭비와 재머 전력 과 같은 주요 성능 변수를 기준으로 LPI성능분석과 EHF/SHF대역의 성능비교를 수행하였다.

II. 운용환경에 따른 LPI분석

1. Nonjamming환경을 고려한 LPI분석

잼밍이 없는 경우 지상단말의통신 제어국과 인

터셉터 사이의 인터셉터 범위 (Ri)에 대한 LPI 분석은 다음과 같다. 먼저 이를 위한 LPI위성통신 시스템의 모델링은 그림1과 같으며 관계식에 대한 유도과정은 다음과 같다.

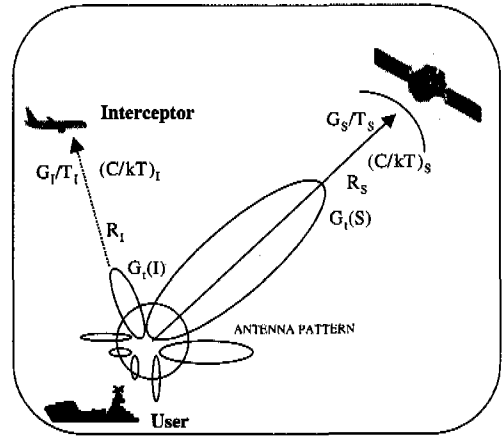


그림 1. 평시의 군통신 환경 시스템 모델링

일반적으로, 잼밍이 없는 환경에서 위성수신기의 캐리어전력(Cs)대 잡음 전력 밀도(No)비는 식(1)과 같다.

$$Cs/No = PtGst \cdot (\lambda/4\pi R_s)^2 \cdot Gsr/Tsr \cdot 1/LskM$$

단, Pt는 제어국의 송신전력(W) (1)

No는 열잡음 전력 밀도(kT)

k는 볼츠만 상수로서 1.38×10^{-23} (J/k)

위성 수신기에서 비트에너지(Ebs)대 잡음 전력 밀도(No)는 식(2)와 같다.

$$Ebs/No = C/NoR_D = PtGst/MR_D \cdot (\lambda/4\pi R_s)^2 \cdot Gsr/Tsr \cdot 1/Lsk \quad (2)$$

따라서, 인터셉터의 수신기에서 수신전력 대 잡음 전력밀도비는 식(3)과 같이 유도된다.

$$C_i/No = P_T G_{it} \cdot (\lambda/4\pi R_i)^2 \cdot G_{IR}/T_{IR} \cdot 1/Lsk \quad (3)$$

식(2)를 식(3)에 대입하여 서술하면 식(4)의 관계식이 도출된다.

$$C_i/No = [G_{it}/G_{st} \cdot G_{ir}/G_{sr} \cdot (R_s/R_i)^2$$

$$\cdot L_s/L_i \cdot T_{sr}/T_{ir}] \cdot [MRd \cdot E_b/N_o] \quad (4)$$

Chip Radiometer에서 감지가 유효한 SNR은 식(5)와 같이 표시된다⁸⁾.

$$S/N = C_f/N_o \cdot \xi \cdot \sqrt{T/W_f} \quad (5)$$

여기서, ξ 는 에너지 감지기 출력에서 가우시안 통계치에 의한 에러보정 인자로서 $W_f T$ 곱이 10이상의 조건시 대략 1로서 가정이 된다. 또한, T 는 전송 데이터의 총시간을 의미한다. 메시지의 시간은 식(6)과 같이 표현가능하다.

$$T = N_D/R_D \quad (6)$$

단일 인터셉터의 SNR이 임의 값 d_T 를 초과한다면, 통신신호에 대한 감지확률 P_D 과 오동작 확률 P_{FA} 에 대한 검출이 가능하다⁸⁾. 그러므로, 감지도(detectability)에 대한 기준^[3]은 다음과 같이 식(7)로서 표현된다.

$$S/N = d_T \leq [G_{it}/G_{st} \cdot G_{ir}/G_{sr} \cdot (R_s/R_i)]^2 \cdot L_s/L_i \cdot T_{sr}/T_{ir} \cdot [MRd/\xi \cdot E_b/N_o \cdot \sqrt{T/W_f}] \quad (7)$$

따라서, 인터셉터의 감지기의 거리(range)는 식(8)로서 정리된다.

$$R_i = R_s \cdot [G_{it} \cdot L_s/L_i \cdot T_{sr}/T_{ir} \cdot M/\xi \cdot E_b/N_o \cdot \sqrt{RdNd}]^{1/2} \cdot (G_{ir}/G_{sr})^{1/2} / G_{st}^{1/2} \cdot dt^{1/2} W_f^{1/4} \quad (8)$$

여기서 R_s 는 단말과 위성간 거리, G_{it} 는 인터셉터 방향으로의 송신안테나 이득, G_{ir} 는 인터셉터의 수신안테나 이득, G_{st} 는 통신단말의 송신안테나 이득, G_{sr} 는 위성 수신안테나 이득, ξ 는 에너지 검출기에서의 보정 인자, L_s/L_i 는 각각 위성과 단말간의 공간 손실 및 단말과 인터셉터간 손실, T_{sr}/T_{ir} 는 각각 위성과 인터셉터내에 존재하는 시스템 잡음온도, M 는 단말과 위성링크간 마진, R_D 는 메시지 데이터율, N_D 는 심벌수, d_T 는 인터셉터 수신기에서의 유효한 S/N비, W_f/W 는 각각 인터셉터 수신대역폭 대 총 전송대역폭임.

2. Jamming환경을 고려한 LPI분석

상향링크 잼밍을 고려시 Jammer EIRP가 충분히 커서 위성에서의 열잡음 레벨이 미미하다는 가정하에 분석하였다.

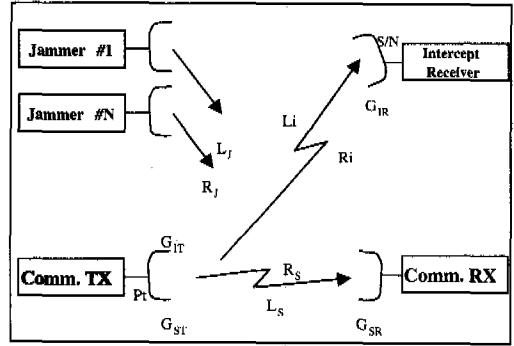


그림 2. 잼밍환경시 LPI 시스템 모델링

위성에서 정보 비트에너지(E_b)대 총 잡음전력 밀도($N_o + J_o$) 비는 대략 다음 식(9)와 같이

$$E_b/(N_o + J_o) = C_s/(N_o + J_o)Rd \cong C_s/J_oRd, J_o \gg N_o \quad (9)$$

표현이 가능하다⁴⁾. 처리이득이 상당히 크기 때문에 (즉, $W/R_D \gg 1$) 잼밍 잡음의 확률 밀도 함수는 가우시안 함수로 접근이 가능하다. 그러므로 열잡음에 대한 BER 대 E_b/N_o 커브는 E_b/J_o 로 대체가 되어진다. 따라서, 위성에서의 신호대 잼밍 전력비는 다음 식(10)과 같이 전개 된다.

$$C_s/J = PtG_{st}/PjG_j \cdot G_{sr}/G_{sj} \cdot L_j/L_s \cdot (R_j/R_s)^{1/2} \cdot M^{-1} = PtG_{st}/PjG_j \cdot L_j/MLs \cdot \gamma^2 \quad (10)$$

식(9)와 식(10)을 이용하여 식(11)을 유도한다.

$$E_b/J_o = C_s/J \cdot W/Rd = C_s/J \cdot K = PtG_{st}/PjG_j \cdot aK \cdot L_j/LsM \cdot \gamma^2 \quad (11)$$

단, 대역확산이득은 $K=W/R_D$ 이다. 또한,식(11)을 식(3)에 대입하여 전개하면 식(12)의 결과식을 얻는다.

$$C_i/N_o = E_b/J_o \cdot (L_s/L_iL_i) \cdot PjG_jM/aK \cdot G_{it}G_{ir}/G_{st}^2 \cdot C^2/(4\pi R_i)^2 kT_{ir} \quad (12)$$

식(5)와 식(6)을 이용하여 식(12)에 대입하여 전개하면 다음식(13)을 얻어 인터셉터에서의 검출가능한 SNR비의 표현이 가능하다.

$$S/N = dt \leq E_b/J_o \cdot (L_s/L_i) \cdot MPjG_j/aK \cdot G_{it}G_{ir}/G_{st}$$

$$\gamma^2 \cdot C^2 / (4\pi f)^2 R_i^2 K T_{ir} \cdot \sqrt{N_d / R_d W_i} \quad (13)$$

그러므로, 식(13)을 인터셉터 거리로서 재 표현하면 식(14)와 같은 최종식을 얻게된다.

$$R_i = [(C/4\pi)^2 \cdot (E_b/J_0) \cdot M / T_{irdt} \cdot (L_s/L_j L_i) \cdot \sqrt{N_d R_d}]^{1/2} \cdot (P_j G_j)^{1/2} \cdot (G_{ir}/G_{it})^{1/2} / f_{ya}^{1/2} \cdot G_{st}^{1/2} W^{1/2} W_i^{1/2} \quad (14)$$

여기서, E_b/J_0 는 위성수신기에서 비트 에너지대 재머전력 밀도비, $P_j G_j$ 재머의 유효방사전력, L_j 는 잼밍 채널에서의 부가손실, k 는 볼츠만 상수, a 는 잼밍 신호에 대한 위성 안테나 분 리도 (G_{sb}/G_{st}), γ 는 위성과 단말/재머 간의 거리 비, R_i 는 재머와 위성수신기간 거리임.

III. 시나리오 설정 및 제안사항

본 제안에서의 분석은 함정용 단말 또는 항공 기에 의한 제어와 항공기에 의한 인터셉터를 운용하는 시나리오를 가정하여 서술했으며 위 성통신 시스템은 SHF 대역과 EHF대역을 사용 한다. 일반적으로 항방해(AJ)와 LPI를 제공하는 신호처리 기법은 직접확산(DS:Direct sequence pseudonoise) 기법과 주파수 도약 (Frequency hopping)기법이 있으며 이같은 변조기법이 적용 되었다고 가정한다.

1. 운용 시나리오

LPI 통신을 위한 가상 시나리오는 다양한 경 우가 존재한다. 첫째로, 함정 단말이나 항 공 기를 이용한 제어국, 위성, 인터셉터와 지 상 에 설치 된 대형 재머 등으로 구성된 모 델을 생각할 수 있을 것이며, 둘째로는 항 공기를 이용한 Radio 중계기, 통신용 해군 함, 인터셉트용 공격 헬기 등 으로 구성된 해 상 위주 의 운용 환경도 있을 것이며, 또 다 른 경우로는 통신 용 잠수함, 위성, Interceptor 용 헬기, 적해군 함을 통한 상향 링크 재 머 등의 시나 리오 등 을 가정할 수 있다. 공격 헬기의 경우 는 자 치 방어 Jammer, 신 호 감지 수신기, anti-ship 무기 등을 대부분 보유 하고 있다. 본 연 구에서는 아래와 같 은 그림3) 의 함정용 단 말을 기준으로 한 해 상에 서의 가상 시나 리오를 기 준 으로 적용하였다.

2. 제안 사항

이같은 사실을 전제로 다음과 같은 가정이 필요하다. 인터셉터 안테나는 단말의 주빔 에 서 위치할 것이라고 생각하기는 어려우므로 인터 셉터 수신기의 신호 에너지는 단말 안 테나 방사 패턴에서 부엽파를 통한 방사량 이라고 가정된다. 아울러, 적에 의해 감지될 신호는 단말 안테나의 방사 패턴과 매우 밀접 하다고 가정한다. 또한, 인터셉터의 위치는 단 말의 부엽파의 수신이 가능한 곳에 위치한 다 고 가정한다.그러므로, 주빔에서 방사된 전 력량 은 운용 주파수 보다는 안테나 설계가 주요한 함수가 된다. 부가적으로, 상향 링크 의 잼밍 신호는 고정 용/함정용 단말 에 의한 방해이며, 통신 단말의 송신전력은 가변 이어서 위성과 수신단말의 BER이 일정하게

유지되도록 설계 되었고, 인터셉터의 범위는 $P_D=90\%$, 오동작율 (false alarm rate) = 10^{-10} 을 기준 으로 분석하 였다. 아울러, 위성을 이용한 단말간의 통신 시 인터셉트 가능거리 에 대한 성능을 분석하 기 위 해 SHF/EHF용 단말(표1)과 적용 가능한 위 성 중계기의 사양 을 적용한다.

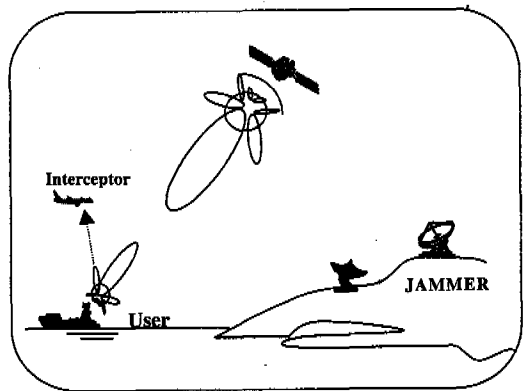


그림 3. LPI 시나리오

IV. 성능분석 및 평가

신호 감지에 대한 전형적인 인격거리는 다음과 같이 평가된다. 표1)의 단말별 데이터는 SHF/EHF 대역에서 단말의 통신환경 시나리오를 보여준다. 위 성 안테나는 regional beam을 구분하는데 최대화하 였다. 데이터율은 stressed채널을 가정하였고 대역확 산 기법은 60MHz의 중계기 대역폭을 전체 사용하

다는 가정으로 제안하였다. 또한 메시지길이는 약 1000비트를 사용하였다. 이격거리를 결정하는 중요한 변수 중 하나인 인터셉터 안테나 이득의 경우는 통신환경의 시나리오나 전략에 따라 매우 넓은 범위를 가진다. 송신기의 위치가 알려지지 않았다면 인터셉터는 통신영역내의 송신기를 확인하기 위해 넓은 빔폭의 안테나를 사용해야만 한다. 그러한 안테나는 대략 3-6dB정도의 이득만을 가질 것이다. 다른 한편, 송신기의 위치가 정확하게 알려지고 통신활동이 적의 감시기에 나타난다면 인터셉터는 이격거리를 증가 시키기 위해 고이득 안테나의 사용이 가능하므로 40dB가량의 이득을 최대값으로 하였다. 단말에 대한 LPI분석에 대한 효과를 정리하면 다음과 같다.

표 1. 중계기/육상용 단말 사양(SHF/EHF)

| 항목 | SHF대역(7/8G) | | | EHF대역(20/44G) | |
|------------|-------------|----------|----------|---------------|----------|
| | 차량용 (TS) | 휴대용 (PS) | 합정용 (NS) | 차량용 (LE) | 휴대용 (PE) |
| EIRP (dBW) | 85 | 39 | 70 | 72 | 48 |
| G/T (dB/K) | 30 | 6 | 10 | 19 | 11 |
| GRI(dB) | 6~40 | 6~40 | 6~40 | 6~40 | 6~40 |
| GTS(dB) | 55 | 32 | 37 | 52 | 49 |
| Ts(K) | 900K | 900K | 900K | 1300K | 1300K |
| Tl(K) | 450K | 450K | 450K | 550K | 550K |
| M(dB) | 2dB | 2dB | 2dB | 2dB | 2dB |
| R(bps) | 2400 | 2400 | 2400 | 2400 | 2400 |
| Rs(km) | 4만km | 4만km | 4만km | 4만km | 4만km |

| 항목 | 중계기 | SHF Payload | EHF Payload |
|------------|--------|-------------|-------------|
| | 빔 Type | | Regional |
| 안테나이득(GRS) | | 31dBi | 41dBi |
| 안테나빔폭(deg) | | 3 | 1 |
| 대역폭 | | 60MHz | 2000MHz |
| G/T(dB/K) | | 1.45 | 9.8 |

휴대용 단말은 낮은 안테나 이득에 기인하여 감시가 더욱 수월한데 OdBi의 부엽파를 가정하고 변조기법과 메시지 형태가 동일하다고 가정하면 이격거리는 광역빔 인터셉터 안테나를 사용시 50km로

증가하게 된다(그림4).

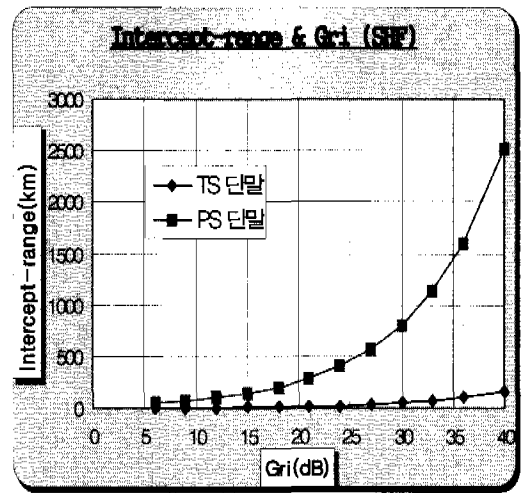


그림 4. SHF대역시 단말별 LPI성능분석

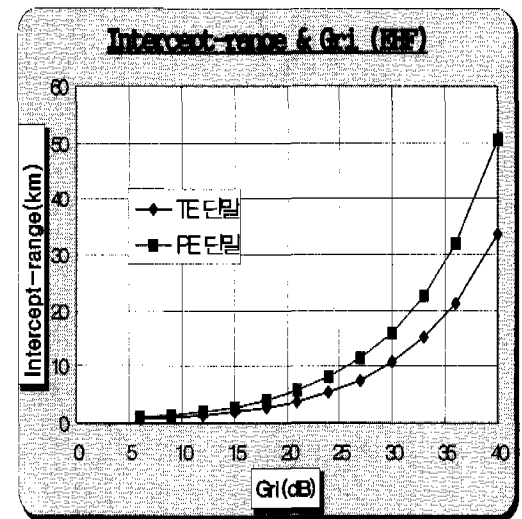


그림 5. EHF대역시 단말별 LPI성능분석

만일, 인터셉터가 고이득 안테나를 이용하게 되면 이러한 이격거리는 더욱 늘어나 최대 2500km가 되어 전파방해에 대하여 보호능력이 취약하게 나타나 운용환경에 대한 제한 등 방어수단이 강구되어야 할 것이다. 한편, 합정용과 차량용의 경우는 단말자체의 고유한 특성으로 향상된 이격거리(Ri)단축이 나타났는데 차량용의 경우는 수km에서 최대 200km 이하의 양호한 성능이 도출되었으며(그림4), 합정용

의 경우는 인터셉터 수신 안테나 이득이 최대 40dB 일때 탐지 가능거리는 약1000km로 나타났다. 따라서, 한반도 지형의 경우 협소한 지리적인 요인으로 인하여 AJ/LPI성능이 뛰어난 변조기법의 적용이 신중하게 고려되어야 할 것이다. EHF에서 이런 상황은 위성 안테나의 고 이득과 광 대역이 가능하므로 현저하게 개선된 결과로 나타났다.(그림5) X대역과 동일한 가정하에서 소형 차량 단말의 이격거리는 광역범 안테나 인터셉터에 대해서 1km이하가 되며, 협대역 빔의 경우는 34km의 결과치가 산출된다. 이 경우 인터셉터는 수km이내의 단말 감지 능력을 가지게 되는데 이런 거리는 항공기를 이용하여 감지한다면 관찰이나 재 공격받기 쉬운 거리가 될 것이다. 그러나 40dB로 인터셉터 안테나의 이득을 높이면 탐지 가능한 거리는 더욱 늘어나게 되는데 TE단말의 경우는 50km로 되었다. 이와같이 지상단말에 근거한 인터셉터의 경우는 실제로 가시거리 이내의 곳에서는 지상국으로부터 통신활동의 감시가 가능하게 될 것이다.

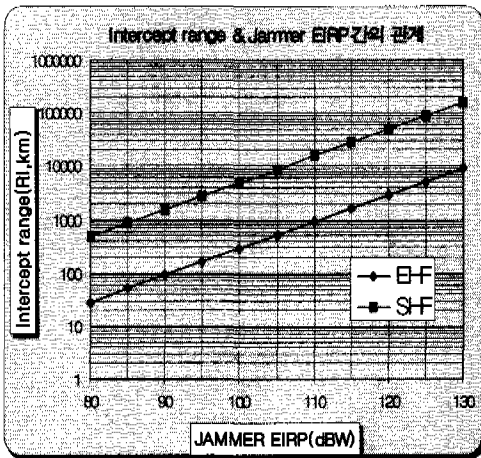


그림 6. 잼밍시 대역별 LPI성능분석

그림(6)은 인터셉트 범위와 재머 위협간의 관계를 8GHz와 44GHz의 전송대역폭에서 비교하여 나타내었다. 인터셉터의 수신대역폭 W_r 는 유용한 대역폭 W 와 같다는 가정에서 수행하였다. R_i 는 전송 주파수에 영향을 크게 받는데, 이는 가능한 대역폭 W 또는 확산 대역의 처리이득(W/R_i)에 영향을 끼치기 때문이다. 또한, 위성 안테나 분리도와 안테나 이득에도 크게 좌우됨을 볼 수 있다. 무엇보다, 인터셉터 거리의 영향을 미치는 가장 중요한 인자는 재머

전력(EIRP)이다. 그림(6)에서 재머 전력을 80dBW에서 130dBW로 고려하여 인터셉트 범위와의 관계를 도출했다. 분석결과 위협요소가 100dBW로서 EHF 대역으로 적용해보면 약 300km의 감지거리의 결과치가 나오며 같은 기준을 SHF에 적용해보면 10배의 감지거리가 확대되어 산출되었다.

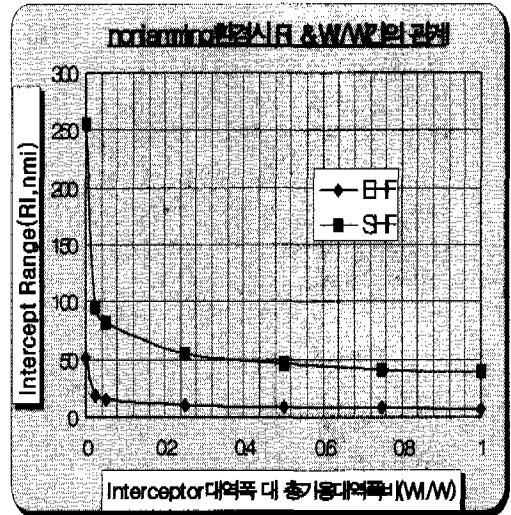


그림 7. 평시 대역별 LPI성능분석

또한, 그림(7)에서는 nonjamming시의 경우 인터셉트 범위와 통신 가능대역폭대 인터셉트 대역폭비를 기준으로 평가하였는데, $W_i/W=1$ 인 경우, 8GHz/44GHz에서의 인터셉트 범위는 각각 38nm과 7nm이다. 이 경우에서는 인터셉트 거리가 전송주파수와 밀접한 관계를 유지함을 알 수 있으며, 이는 대역확산 변조기법에 의한 처리이득이 결정되며 통신안테나와 인터셉터 안테나의 성능에 따른 효과를 알 수 있었다.

V. 결론

본 연구에서는 LPI분석을 위해 nonjamming과 jamming환경을 고려시 운용 시나리오에 따른 변수와 인터셉터의 수신감지도에 의한 변수효과를 고찰하였다. 신호를 감지하는 인터셉터의 능력은 수신기의 신호대 잡음비와 수신기종류에 따라 결정되는데, 시스템 성능에 영향을 미치는 통신요소로는 인터셉터 방향으로 방사된 신호전력, 전송주파수와 duration, message내의 심벌수, 확산대역폭, 잼밍 위

협정도, interceptor 대역폭, 인터셉터 수신성능지수 등으로 나타났다. 결과적으로 저명환경에서의 LPI 성능은 고주파 대역으로 올라갈수록 효과적인 대역확산 변조기법의 적용이 가능하며, EHF대역의 휴대용 단말의 이격거리(Ri)는 SHF대역단말보다 적음에도 불구하고 50배 가량 LPI성능이 향상되었다. 무엇보다, 인터셉트 거리의 영향을 미치는 가장 중요한 인자는 재머 전력(EIRP)인데 100dBW를 기준으로 EHF/ SHF대역으로 적용해보면 EHF 경우 SHF대역보다 10배이상 향상된 결과로 나타났다. 또한, nonjamming시, $W_i/W=1$ 인 경우, 8GHz/44GHz에서의 인터셉트 범위는 각각 38nmi과 7nmi로서 인터셉트 거리가 전송주파수와 밀접한 관계를 유지함을 알 수 있었다. 대역확산기법으로 PN코드에 의한 주파수 확산방식과 FH기법이 있으나 전자의 경우 송신된 신호의 스펙트럼은 매우 넓고 신호는 잡음성의 크기를 가지므로 항방해와 더불어 LPI에 우수한 특성을 보유하게된다. 반면에 FH기법의 경우 EHF 대역을 사용시 높은 AJ용 대역확보가 가능하지만 잘 설계된 인터셉트 수신기를 사용시 협대역 고출력 신호가 매 홉마다 송신되어 신호 감지가 가능하므로 비효율적이다. 그러므로, LPI성능향상을 위해서는 효과적인 변조기법의 사용과 아울러 위성탑재 처리기법을 적용하여 상향/하향링크를 최적화하고 잼밍신호에 의한 위성송신전력의 분배를 줄일 수 있기 때문에 이에 대한 고찰과 적용이 복합적으로 다루어져야한다. 무엇보다 한반도 지형에 대한 효과적인 범영역 설계와 군 운용환경에서 위협요소에 대한 분석이 선행되어야 효과적인 AJ/LPI전략의 수립이 가능할 것이다.

참고 문헌

[1] Gutman, L.L., and Prescott, G.E. "System Quality Factors for Low Probability of Intercept Communication," Proceedings of the 1989 IEEE International Conference on Systems Engineering pgs. 475-478, Dayton, Ohio, 24-26 August 1989.

[2] W.C Cummings, P.C Jain & L J Ricardi, "Fundamental performance characteristics that influence EHF MILSATCOM systems," IEEE Trans. commun., pp. 1423-1435, vol. COM-27, no. 10, October 1979.

[3] Three Days Intensive Short Course (Strategic/T

actical Communications by Satellites, Defense Communications Agency)

[4] A.B.Glenn, "Low Probability of Intercept," IEEE communication magazine., July 1983.

[5] Brown, D. and Nitardy, J., "Tactical LPI Communications," MILCOM '88, vol. VI, 1988, pp. 87-91

[6] KOREAN MILSATCOM SYSTEM FEASIBILITY STUDY(Final Study Report)

[7] N.F. Krasner, "Optimal Detection of Digitally Modulated Signals," IEEE Trans, on Comms., vol. COM-30, no. 5, May 1982, pp.885-895

[8] D.J.Edell, "Wideband, non-coherent, frequency-hopped waveforms and their hybrids in low-probability-of-intercept communications," Naval Research Laboratory Report 8025, November 8, 1976.

김 인 겸 (Ihn-kyeom Kim)

정회원

1964년 1월 19일생

1988년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 졸업

1990년 2월 : 동대학원 졸업

1990년 3월~현재 : 국방과학 연구소 선임 연구원

<주관심 분야> 정지제도 위성 통신 시스템, ECCM분야

백 해 현 (Hae-hyun Beak)

정회원

1962년 11월 26일생

1985년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 졸업

1985 3월~현재 : 국방과학 연구소 선임연구원

<주관심 분야> 정지제도 위성 통신 시스템, ECCM분야



안 호 성 (Ho-Seong Ahn)

정회원

1979년 2월 : 서강대학교 전자공학과 졸업

1993년 1월 : 미국 만모스대학교 전자공학과 대학원 졸업

1999년 2월 : 충남대학교 전자공학과 박사과정 수료

1979년 3월~현재 : 국방과학 연구소(책임연구원)



<주관심 분야> 위성통신, 망관리, 영상코딩