

# UWB 시스템의 간섭 신호에 대한 GPS 보호 비 분석

## Analysis of the Protection Ratio of GPS System in the Presence of RF Interference Radiated by UWB System

조인경 · 심용섭 · 이일규\* · 조현묵\* · 홍헌진\*\*

In-Kyoung Cho · Yong-Sup Shim · Il-Kyoo Lee\* · Hyun-Mook Cho\* · Hyun-Jin Hong\*\*

### 요 약

본 논문은 안전 서비스를 제공하는 Global Positioning System(GPS) 보호 비(Ratio of Interference to Noise:  $I/N$ ) 도출을 위해 Ultra Wide Band(UWB)로부터 GPS 간섭 영향을 분석하였다. GPS 측위 오차 2.5 m 이하를 만족하기 위한 UWB 송신기와 GPS 수신기 사이의 최소 보호 거리를 산출하였고, 최소 결합 손실 방법(Minimum Coupling Loss: MCL)을 이용하여 측위 오차를 만족하는 UWB 송신기와 GPS 수신기 사이의 보호 거리 값에 근거하여 GPS 시스템의 보호비( $I/N$ )를 도출하였다. 그 결과, 측위 오차 2.5 m 이하를 만족하기 위한 GPS 보호 거리는 10 m 이상으로 계산되었고, 이를 만족하기 위한 GPS 보호비( $I/N$ )는  $-20$  dB 이하로 도출되었다. 제안된 GPS 시스템 보호비는 국제전기통신연합(ITU-R)에서 제안한 GPS 시스템 중 안전 서비스에 해당하는 보호비( $I/N$ )를 만족 시킴을 확인하였다. 또한, 본 논문을 통해 얻어진 GPS 보호 비의 결과는 안정적인 국내 GPS 시스템 운용을 위한 기준으로 이용될 수 있다.

### Abstract

This paper analyzes potential interference effects of Ultra Wide Band(UWB) on Global Positioning System(GPS) which is providing safety service. For the interference analysis, positioning error method is used to determine the minimum protection distance to meet positioning error of 2.5 m below and Minimum Coupling Loss(MCL) method is used to determine the required protection ratio( $I/N$ ) from the protection distance of UWB transmitter and GPS receiver to meet positioning error of 2.5 m below. In a result, the minimum protection distance to meet positioning error of 2.5 m below was about 10 m and the protection ratio to meet positioning error 2.5 m below was  $-20$  dB. The protection ratio proposed in this paper is the same value of the protection ratio of safety service proposed by ITU-R. The obtained protection ratio can be used for the protection standard of domestic GPS system for the safe of life service.

Key words : Global Positioning System, Ultra Wide Band, Minimum Coupling Loss, Positioning Error

### I. 서 론

GPS(Global Positioning System)는 수십 개의 인공 위성으로부터 수신된 전파 신호를 해석하여 수신자의 위치를 파악하는 시스템이다. 원래는 군사 목적

으로 개발하였지만 현재는 민간용으로 많이 이용되고 있으며, 높은 정확도와 안정도가 필요한 안전 및 항공 항법 분야에서 광범위하게 이용되어지고 있다<sup>[1]</sup>. 최근 다양한 무선기기의 등장으로 인해 주파수의 수요가 증가하면서 인접 채널 간의 간섭 가능성이

공주대학교 정보통신공학과(Department of Information & Communication Engineering, Kongju University)

\*공주대학교 전기전자제어공학부(Department of Electrical, Electronic & Control Engineering, Kongju University)

\*\*한국전자통신연구원 스펙트럼공학팀(Spectrum Engineering Team in ETRI)

· 논문 번호 : 20101005-02S

· 교신저자 : 이일규(e-mail : leeik@kongju.ac.kr)

· 수정완료일자 : 2011년 1월 13일

높아지고 있다<sup>[2]</sup>. 특히, 공공의 안전을 위한 GPS 시스템은 다른 무선 서비스보다 중요성을 갖는 서비스로 분류된다. 따라서 주파수 신호 측면에서 잠재적 간섭의 가능성을 가진 간섭원으로부터 GPS 시스템을 보호해야 한다. 보호 방안으로는 원하는 GPS 신호를 높이는 방법과 원하지 않는 신호(간섭 신호)를 제한하는 방법이 있으며, GPS 시스템의 보호 비(Ratio of Interference to Noise:  $I/N$ )에 따라 결정된다. 본 논문에서는 각 위성에서 두 가지의 다른 주파수 신호를 발생시키는데 그 중  $L_1$  반송파(1,575.42 MHz)에 해당하는 GPS 시스템과 원하지 않는 신호인 초 광대역 UWB 시스템에 의한 간섭 영향을 분석하였다<sup>[3]</sup>. 또한 간섭원은 다양한 UWB 시스템 중 실외 통신용 휴대 UWB 시스템을 설정하였다<sup>[4]</sup>. 일반적으로 C/A 코드를 이용한 표준 GPS(Standard Positioning GPS)인 경우에 3 m 이내의 측위 오차가 가능하고, 군사용 GPS인 경우에는 0.3 m 이내의 측위 오차 성능을 갖고 있다. 본 논문에서는 표준 GPS 성능을 고려하여 2.5 m 측위 오차 값을 성능 요구사항으로 가정하여 측위 오차와 신호 대 잡음 비( $C/N$ ) 관계 분석을 바탕으로 GPS 시스템 간섭 보호 거리 및 GPS 시스템의 보호 비( $I/N$ )를 도출하였다<sup>[5]</sup>.

## II. 측위 오차에 따른 보호 거리

### 2.1 간섭시나리오 및 파라미터

간섭 시나리오는 그림 1과 같이 UWB가 GPS 수신기에 근접해지면서 GPS 성능에 간섭 영향을 준다.

따라서 두 시스템 간의 보호 거리에 의해서 GPS 성능 척도인 측위 오차에 열화가 발생된다. 피간섭 원으로서 분석에 이용되는 GPS 시스템의 특성을 표

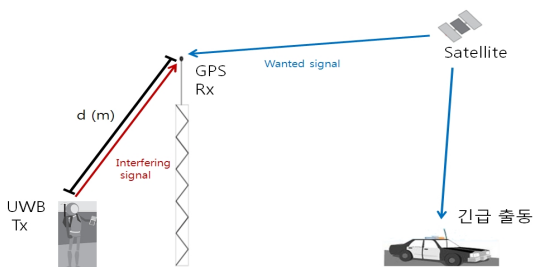


그림 1. UWB에 의한 GPS 간섭 시나리오  
Fig. 1. Interference scenario of GPS from UWB.

표 1. GPS 시스템 파라미터  
Table 1. Parameters of GPS system.

파라미터	값	단위
주파수	1,575.42	MHz
열잡음	-174	dBm/Hz
대역폭	2.046	MHz
Noise floor	-108	dBm/MHz
보호비( $I/N$ )	-20	dB
수신 파워	-130	dBm
송신 파워	43.4	dBm
전파 모델	자유 공간	-
커버리지	10	m
수신 안테나 이득	0	dBi
안테나 높이	1.5	m

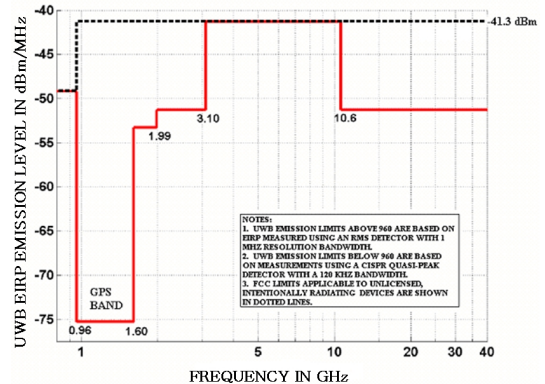


그림 2. 실외 통신용 방사 마스크  
Fig. 2. Emission mask of the outside communication.

1에 나타내었다.

간섭원인 실외통신용 UWB 시스템의 방사 파워는 미국연방통신위원회(Federal Communications Commission: FCC)의 규격에 따라 그림 2와 같이 나타내었다<sup>[6]</sup>.

그림 2와 같이 안전 서비스를 제공하는 GPS 시스템의 주파수 대역인 1,575.42 MHz에 해당하는 UWB 방사 파워는 -75.3 dBm/MHz임을 알 수 있고, 이를 간섭원의 송신 파워로 설정한다.

### 2-2 보호 거리 산출

GPS 시스템의 측위 오차는 안정된 GPS 신호의 수신을 위해 보장되어야 하는 값으로 이에 따라 신

호 대 잡음비(C/N)에 영향을 준다. 즉, GPS 시스템의 측위 오차(m)가 커짐에 따라 C/N 값이 작아진다<sup>[7]</sup>. 따라서 본 논문에서는 측위 오차 값과 C/N의 관계를 시뮬레이션해서 분석하였다. 분석된 C/N 값에 따라 GPS 수신기에 허용되는 간섭 파워 및 UWB 시스템과 GPS 시스템의 보호 거리를 산출하였다. 두 시스템 간의 보호 거리를 산출하기 위한 측위 오차와 C/N과의 관계는 다음 식 (1)과 같다<sup>[8]</sup>.

$$\left(\frac{\sigma}{T_s}\right)^2 = \frac{\Delta B_L}{2(C/N_0)} \left[1 + \frac{2/T_i}{(2-\Delta)(C/N_0)}\right] \times Ch^2 \quad (1)$$

여기서  $\sigma$ 는 측위 오차(m),  $\Delta$ (early late spacing)은 0.2 chips와 1 chips,  $B_L$ (loop bandwidth)은 0.5 Hz,  $T_i$ (integration period)는 20 ms,  $T_s$ (Symbol period)는 1/2(ch), Ch(chip rate)는 1.023 Mbps를 나타내고, 식 (1)을 정리하여 측위 오차  $\sigma$ 에 관한 식 (2)로 나타내었다.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Delta B_L}{2(C/N_0)} \left[1 + \frac{2/T_j}{(2-\Delta)(C/N_0)}\right]} \times Ch \times T_s \quad (2)$$

식 (2)에서 symbol period와 chip period의 관계와 chip rate와 chip period의 관계를 이용하여 식 (3)을 산출하였다.

$$Ch \times T_s = \frac{1}{T_c} \times \frac{T_c}{2} = \frac{1}{2} \quad (3)$$

여기서,  $T_c$ 는 chip time(BPSK)을 나타낸다.

식 (3)에서 계산된 값을 이용해 측위 오차에 관한 식으로 정리하면 식 (4)를 얻는다.

$$\sigma = \frac{\sqrt{\frac{\Delta B_L}{2(C/N_0)} \left[1 + \frac{2/T_j}{(2-\Delta)(C/N_0)}\right]}}{2} \quad (4)$$

측위 오차와 C/N의 관계를 분석하기 위해 파라미터 값들을 이용하여 시뮬레이션을 실행하였는데, 그림 3과 같이 두 early late spacing 중에서 1 chips일 때가 0.2 chips 때보다 측위 오차가 더 커지는 것과 C/N의 값이 작을 때 두 chips의 측위 오차는 더 큰 차이가 있다는 것을 확인하였다. 또한, 측위 오차에 따른 C/N 값을 도출하여 표 2에 나타내었다.

이 시뮬레이션 결과 측위 오차가 작아짐에 따라

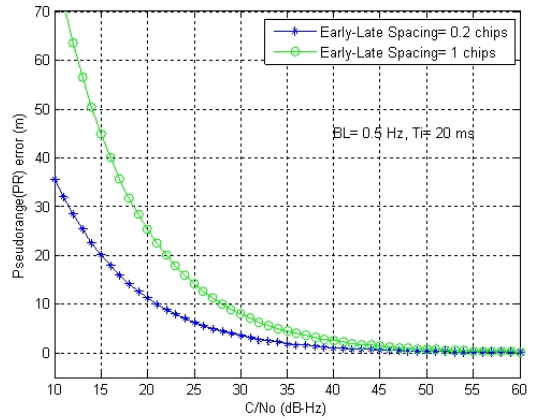


그림 3. C/N과 측위 오차의 관계

Fig. 3. Relationship between C/N and positioning error.

표 2. 측위 오차로부터 C/N의 관계

Table 2. Relation of C/N from positioning error.

$\Delta$ (chips)	측위 오차(m)	C/N(dB)
0.2	35.5	10
	11.2	20
	3.5	30
	1.1	40
	0	50
1	79	10
	25	20
	7.9	30
	2.5	40
	0	50

C/N 값이 커짐을 알 수 있었고, 본 논문에서는 1 chip에서 측위 오차 2.5 m를 만족하기 위한 C/N의 값을 분석하여 GPS 수신기에 허용되는 UWB 파워를 구하였다. 신호와 잡음비의 관계는 식 (5)와 같다.

$$(C/N) = P - (N_0 + NF + I_{UWB} + N_{self} + N_{other}) \quad (5)$$

여기서  $P$ (GPS 수신 레벨)는  $-130$  dBm이고,  $NF$ (잡음지수)는 3 dB이다.  $N_{self}$ (내부 잡음)와  $N_{other}$ (기타 잡음)에 의한 영향은 고려하지 않았다. 열잡음( $N_0$ )은 식 (6)과 같다.

$$\text{Thermal Noise(dBm)} = 10 \log(KTB) + 30 \quad (6)$$

여기서  $K$ (볼츠만 상수)는  $1.38 \times 10^{-23}$ ,  $T$ (절대 온도)는

표 3. 요구 측위 오차를 만족하기 위한 GPS 수신기에 허용된 간섭 파워

Table 3. Allowable interference power at GPS receiver to meet the required positioning error.

측위 오차 (m)	C/N (dB)	UWB 파워_GPS Rx(dBm/MHz)
2.5	40	-128.69

300, B(대역폭)는 1 Hz이다. 따라서 단위 dBw를 dBm로 환산한 후에 식 (5)에 있는 파라미터 값들을 이용하여 GPS 수신기에 허용되는 UWB 간섭 파워( $I_{UWB}$ )를 표 3에 나타내었다.

식 (5)에서 산출된 GPS 수신기에 허용되는 UWB 간섭 파워로부터 식 (7)을 이용하여 자유 공간에서의 경로 손실을 구한다.

$$I_{UWB} = EIRP_{UWB} - L_P + G_{RX} + 10\log(N) \quad (7)$$

여기서 UWB 송신 파워(Effective Isotropically Radiated Power:  $UWB_{EIRP}$ )는  $-75.3$  dBm/MHz이고,  $G_{RX}$ (안테나 이득)는 3 dB,  $N$ (간섭원의 수)은 1개로 설정하였을 때 경로 손실은 56.39 dB가 계산되었고, GPS 시스템의 보호 거리는 식 (8)과 같다.

$$L_P = 20\log\left(\frac{4\pi \cdot d \cdot f}{c}\right) \quad (8)$$

여기서  $f$ (GPS 주파수)= $1,575.42 \times 10^6$  Hz,  $c$ (빛 속도)는  $3 \times 10^8$  m/s이고 식 (7)로부터 산출된 경로 손실을 적용하여 두 시스템 간의 최소 보호 거리는 약 10 m로 산출되었다.

### III. MCL 방법을 이용한 GPS 보호비(I/N) 산출

#### 3-1 최소 결합 손실 방법(MCL)

최소 결합 손실 방법(MCL)이란 한 사업자에 속한 사용자 신호가 인접 사업자 신호에 미칠 수 있는 간섭이 가장 클 때 즉, 결합 손실(coupling loss)이 가장 적을 때를 고려하여 이러한 최악의 가정 하에서도 시스템이 안정적으로 동작할 수 있도록 이격 거리를 구하는 방식이다<sup>[9]</sup>. 따라서 MCL을 이용해 UWB와 GPS간 보호 거리 관계로부터 GPS 보호 비를 분석하였다.

표 4. MCL 방법을 이용한 GPS 보호 비 산출

Table 4. GPS protection ratio calculation by using MCL method.

파라미터	값	단위	식
주파수	1,575.42	MHz	$F$
열잡음	-174	dBm/Hz	$KT$
기준 대역폭	1	MHz	$Bref$
수신 대역폭	2.046	MHz	$B$
잡음 지수	3	dB	$NF$
Noise floor	-108	dBm	$N$
보호기준	-10	dB	$I/N$
허용 가능한 간섭 파워	-118	dBm	$I$
UWB EIRP	-72.2	dBm	$P = -75.3 + 10\log(2.046)$
안테나 이득	3	dB	$GR$
라인 손실	2	dB	$LR$
경로 손실	46.8	dB	$L_P$
보호 거리	3.29	m	$D$

#### 3-2 GPS 시스템의 보호 비(I/N) 산출

GPS 시스템의 보호 비와 두 시스템 간의 보호 거리의 관계를 분석하기 위해 파라미터 값을 표 4에 요약하였다.

Noise floor는 열잡음, 수신 대역폭, 잡음 지수를 적용하여 다음 식 (9)과 같이 계산된다.

$$N = KT + B + NF \quad (9)$$

따라서 허용 가능한 UWB 간섭 파워는 noise floor에 간섭 기준( $I/N$ )을 적용하여 계산하였고, UWB 송신 파워( $UWB_{EIRP}$ )는 GPS 시스템의 대역폭을 고려하여 구하였다. 또한, 경로 손실은 산출된 UWB 송신 파워와 안테나 이득, 라인 손실, 허용된 간섭 파워를 적용하여 식 (10)과 같이 구한다.

$$L_P = P + GR - LR - I \quad (10)$$

식 (10)로부터 구한 경로 손실과 자유 공간 손실 모델을 적용하여 보호 거리를 식 (11)과 같이 얻는다<sup>[10]</sup>.

$$20\log(D) = 46.8 \text{ dB} - 20\log(1,575.42 \text{ MHz}) + 27.5 \quad (11)$$

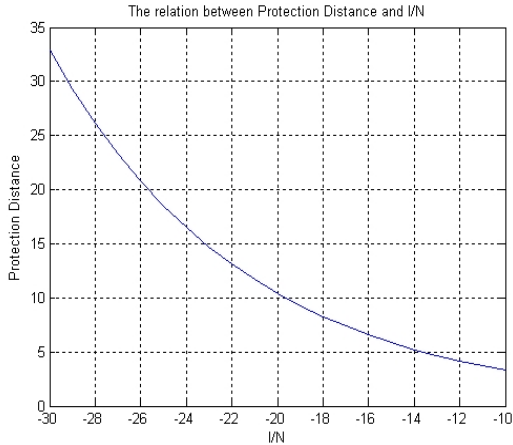


그림 4. GPS 보호 비(I/N)와 보호 거리의 관계  
Fig. 4. Relationship between I/N and protection distance.

표 5. 두 시스템 간의 보호 거리에 따른 I/N 값  
Table 5. I/N value according to the protection distance.

보호 거리(m)	I/N(dB)
3.29	-10
5.86	-15
10.41	-20
18.52	-25
32.93	-30

분석 결과, GPS 보호 비 값(I/N) -10 dB를 만족하기 위한 두 시스템 간의 보호 이격 거리는 3.29 m 이상이 되어야 함을 확인하였다. 또한, 두 시스템 간의 보호 거리와 GPS 보호 비(I/N)의 관계를 시뮬레이션 분석하여 그림 4에 나타내었다. 그 결과를 표 5에 요약하였다.

측위 오차 2.5 m 이하를 만족하기 위한 UWB 송신기와 GPS 수신기 간의 보호 거리는 약 10 m 이상으로 산출되고, 두 시스템 간의 보호 거리가 약 10 m 이상을 만족하기 위해서는 GPS 보호 비(I/N)는 -20 dB 이하여야 함을 확인하였다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 초 광대역 실의 통신용 UWB 시스템에 의한 안전 서비스용 GPS 시스템의 간섭 영향 분석을 하였다. 분석을 위해 UWB 시스템이 안전 서

비스용 GPS 시스템에 간섭을 주는 시나리오를 구성하였고, 측위 오차와 신호 대 잡음비(C/N)의 관계를 분석하였다. 한 예로 측위 오차 2.5 m 이하를 선정하여 만족하기 위한 C/N 값과 GPS 수신기에 허용되는 최대 UWB 간섭 파워를 구하여 UWB 송신기와 GPS 수신기 사이의 보호 거리가 약 10 m이어야 함을 확인하였다. 또한, 최소 결합 손실 방법을 이용하여 10 m 이상 보호 거리를 만족하기 위한 GPS 보호 비(I/N = -20 dB)를 도출하였다. 이 값은 ITU-R에서 제안한 안전 서비스를 제공하는 GPS 보호 비(I/N = -20 dB)와 같은 값을 확인하였다. 따라서 분석 결과를 통해 도출된 안전서비스용 GPS 시스템 보호 비 값은 국내 안정적인 GPS 시스템의 운용을 위한 기준으로 제공할 것으로 기대된다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 성경모 외 2명, *Global Positioning System*, 한국과학기술정보연구원, pp. 9-13, 2003년.
- [2] TTA Standard, "전파통신 업무별 보호비", 한국정보통신기술협회, pp. 1-5, 2002년 12월.
- [3] FCC, "Revision of Part 15 of the commission's rules regarding ultra-wideband transmission systems", *FCC, ET docket 98-153*, Feb. 1998.
- [4] M. Hamalainen, V. Hovinen, R. Tesi, J. H. Iinatti and M. Latva-aho, "On the UWB system coexistence with GSM900, UMTS/WCDMA and GPS", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 20, no. 9, Dec. 2002.
- [5] Philp A. Dafesh, Paul Hanson, and Robert Yowell, "A portable UWB to GPS emission simulator", *IEEE*, pp. 405-413, Apr. 2004.
- [6] Fyfe, Peter, Kovach, Karl, "Navstar GPS space segment navigation/user interfaces", *ICD-GPS-200c*, pp. 15, Dec. 1994.
- [7] P. A. Dafesh, R. T. Bow, M. D. Partridge, and T. Fan, "Simulation and hardware demonstration of new L2 civilian GPS ranging codes", *Proceedings ION national Technical Meeting*, San Diego, pp. 925-930, Jan. 2002.
- [8] Jack K. Holmes, "Noncoherent late minus early po-

wer code tracking loop performance with front end filtering", *ION 97*, Kansas city Missouri, p. 583, Sep. 1997.

[9] Radio Technology & Compatibility Group, "RTCG report No. 385, GSM/Anti-theft Equipment(888-889 MHz) compatibility", *Radiocommunications Agency*,

pp. 12-18, Apr. 1997.

[10] Task group 1 of the European radiocommunications committee, ERC report[TG1/02], "Adjacent band compatibility between UWMTS and other services in the 2 GHz band", Output from Edinburgh, pp. 22-24, Feb. 1999.

### 조 인 경



2009년 2월: 공주대학교 정보통신공학과 (공학사)  
2010년 3월~현재: 공주대학교 정보통신공학과 석사과정  
[주 관심분야] 전파간섭, RF 시스템

### 조 현 목



1989년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학사)  
1991년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학석사)  
1995년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학박사)  
1995년~현재: 공주대학교 전기전자제어공학부 교수

[주 관심분야] 혼성 모드 IC 설계, 저전력 소자 설계, 통신용 IC 설계

### 심 용 섭



2005년 2월: 공주대학교 전기전자정보공학과 (공학사)  
2010년 2월: 공주대학교 정보통신공학과 석사과정  
2010년 9월~현재: 한국전자통신연구원 위촉연구원  
[주 관심분야] RF 시스템, 전파 간섭, EMC

### 홍 헌 진



1986년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학사)  
1990년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학석사)  
2003년 2월: 충남대학교 전자공학과 박사수료  
1990년 2월~현재: 한국전자통신연구원 책임연구원

[주 관심분야] 스펙트럼 엔지니어링, 전파전파, RF 기술

### 이 일 규



1994년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학석사)  
2003년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학박사)  
1997년~2004년: 한국전자통신연구원 선임연구원  
2004년~현재: 공주대학교 전기전자제어공학부 부교수

[주 관심분야] RFID/USN 기술, 이동 무선 통신, 안테나 및 전파전파, 통방융합기술, 전파 간섭