

---

# 중파대역을 사용하는 국내 NDGPS 기준국의 전파 간섭 분석

김영완\* · 지식근\*\*

## Analysis of Radio Interference for Korean NDGPS Reference Station using Medium Frequency Band

Young-wan Kim\* · Seok-keun Jee\*\*

### 요 약

국내 DGPS 기준국은 283.5 kHz~325 kHz 대역 주파수를 사용하여 200 bps 의 GPS 보정 신호를 MSK 방식으로 전송하고 있다. 6곳의 내륙기준국은 500 W 출력으로 80 km 영역을 서비스하며, 11곳의 해안기준국은 300 W 전력으로 185 km의 광역 지역에 전송된다. 내륙기준국과 해안기준국에 의해 국내 DGPS 서비스 영역은 이중 또는 삼중으로 제공될 수 있다. DGPS 기준국의 고출력 신호 전송으로 기준국간 간섭과 인접 무선국간 간섭 현상이 발생할 수 있으며, 다중서비스 영역에 위치한 사용자 단말기의 수신 성능은 간섭 영향을 받을 수 있다. 본 논문에서는 국내 DGPS 기준국에 대한 간섭 보호비를 정의하고, 중파대역 전파 모델을 통하여 기준국간 간섭과 인접무선국간 간섭 영향을 분석하고 사용자 단말기의 간섭을 분석한다.

### ABSTRACT

The Korean DGPS station transmits the 200 bps GPS enhancement signal using the MSK modulation in frequency range of 283.5 kHz to 325 kHz. The land-based stations of 6 sites provide the service area of 80 km with the output power of 500 W. The ocean-based stations of 11 sites provide the output power of 300 W, which provide the DGPS service to 185 km. Some places are serviced from two or three DGPS stations. The interferences among the DGPS stations using the high power can be occurred. Also, the performances of the user terminal in dual service area can be degraded. In this paper, the protection ratios for the DGPS service are defined. Using the MF wave propagation model, the interferences among the DGPS stations and the adjacent wireless ground stations are analyzed. Also, the performances of DGPS user terminals are analyzed in the viewpoint of interference.

### 키워드

위성항법보정시스템, DGPS 간섭, DGPS 간섭 보호비

### Key word

GPS augmentation system, DGPS interference, DGPS interference protection ratio

---

\* 증신회원 : 군산대학교 전파공학과 (ywkim@kunsan.ac.kr)

접수일자 : 2012. 03. 07

\*\* 정회원 : 군산대학교 전파공학과

심사완료일자 : 2012. 04. 06

## I. 서 론

국내 DGPS 기준국은 6곳의 내륙기준국과 11곳의 해안기준국을 통하여 GPS 보정 신호를 전송한다. 해안기준국은 300 W 전력으로 100 NM 영역을 서비스하며, 내륙기준국은 해안기준국 신호 전송이 어려운 내륙을 대상으로 500 W 신호로 80 km 영역을 서비스한다. DGPS 기준국은 283.5 kHz ~ 325 kHz 중파 대역 신호를 사용하여 200 bps 신호를 MSK 전송한다[1],[2].

국내 DGPS 기준국은 해안기준국과 내륙기준국을 사용하여 이중 또는 삼중 서비스 영역을 제공한다. 이러한 고효율을 갖는 DGPS 기준국 신호는 인접 DGPS 기준국까지 신호 전달이 가능하며, 대부분의 지역은 2곳 이상의 DGPS 기준국 신호를 수신할 수 있다. DGPS 기준국의 주파수 사용에 따라 기준국간 그리고 2곳 이상의 DGPS 기준국 신호 수신이 가능한 지역의 사용자 단말기는 간섭을 받을 수 있다. 아울러 DGPS 신호는 먼 지역까지 전송하므로 중파 대역 주파수를 사용하는 인접 무선국에 영향을 미칠 수 있다.

본 논문에서는 국내 DGPS 기준국의 동일채널 및 인접채널 간섭보호비를 정의하고, 기준국간 그리고 사용자 단말기에 대한 간섭 영향을 분석한다. 아울러 중파 대역을 사용하는 인접 무선국에 대한 간섭 영향을 분석한다. 동일채널과 인접채널 주파수를 갖는 DGPS 기준국 분석과 중파 대역 전파 모델을 적용하여 동일채널과 인접채널에 간섭 정도를 분석하며, 사용자 단말기의 수신 제약을 통하여 DGPS 수신 영향을 분석한다.

## II. NDGPS 전파 전파

### 2.1. DGPS 전파 모델

그림 1은 지표파 전파를 나타내며, 중파대역 신호는 표면파를 포함하여 나타낼 수 있다[3]-[6].

$$V = QI \left\{ Q_1 \frac{\exp(-jkr_1)}{r_1} + Q_2 \frac{\exp(-jkr_2)}{r_2} + S \frac{\exp(-jkr_2)}{r_2} \right\} \quad (1)$$

여기서 S는 표면의 전기적 성질, 파의 편파, 주파수, 송수신단의 위치에 따라 달라지는 양이다.

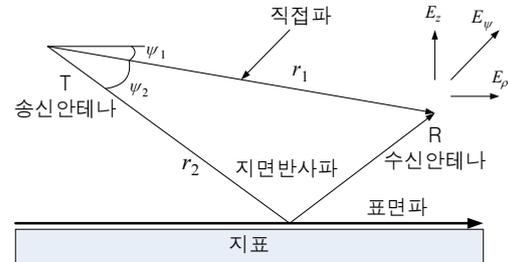


그림 1. 지표파 종류  
Fig. 1 Ground wave configuration.

식 (1)로부터 DGPS 중파 대역의 수직 편파의 전계 세기는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$|E_z| = \frac{300}{r} \sqrt{P} |A| \quad (2)$$

여기서 P(kW)는 방사된 전력이며, r(km)은 경로의 거리, 그리고 A는 감쇄 요소이다.

감쇄 요소 A는 주파수(f)와 송·수신단 거리(r), 그리고 대지 도전율(σ)과 유전율(ε)에 의해 구할 수 있다.

$$A_{1(p,b)} = \frac{1}{2p-3.7} \quad (b < 5^\circ, \quad p > 45) \quad (3)$$

$$A_{2(p,b)} = e^{-0.43p+0.01p^2} \quad (b < 5^\circ, \quad p \leq 45)$$

$$A_{3(p,b)} = e^{-0.43p+0.01p^2} - \frac{\sqrt{2}}{2} \sin b e^{-\frac{5p}{8}} \quad (b > 5^\circ, \quad p \leq 45)$$

$$A_{4(p,b)} = \frac{1}{2p-3.7} - \frac{\sqrt{2}}{2} \sin b e^{-\frac{5p}{8}} \quad (b > 5^\circ, \quad p > 45)$$

여기서, 변수 χ, b 그리고 p는 다음과 같다.

$$\chi = \frac{1.8 \times 10^{10} \cdot \sigma}{f}, \quad \tan b = \frac{\epsilon+1}{\chi}, \quad p = \frac{\pi}{\chi} \cdot \frac{r}{\lambda} \cdot \cos b.$$

식 (3)의 감쇄요소는  $b$ 와  $p$ 의 함수이며,  $b$ 와  $p$ 는 대지의 도전율과 유전율 그리고 주파수 함수이므로, 본 논문에서는 국토해양부의 보정된 우리나라의 대지 도전율을 적용한다[2].

2.2. DGPS 간섭 기준

본 절에서는 DGPS 기준국에 대한 간섭보호비를 정의한다. 동일 주파수를 사용하는 기준국간 동일채널 간섭보호비와 인접채널 주파수를 사용하는 인접채널 간섭보호비는 표 1의 DGPS 서비스 기준과 전계 강도 변화를 고려한 페이드 마진(Fade margin)을 고려한다. 그림 2는 DGPS 기준국의 동일채널과 인접채널의 간섭보호비 기준을 보여준다.

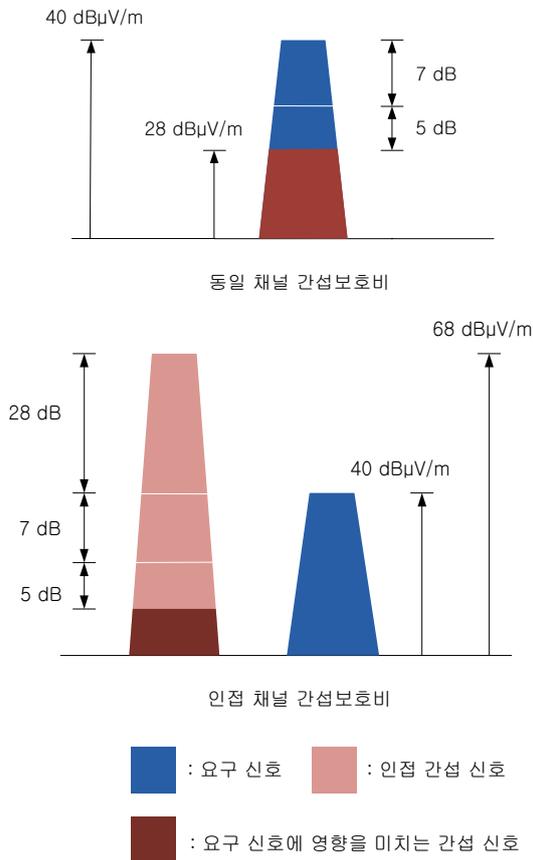


그림 2. DGPS 기준국의 간섭보호비.  
Fig. 2 Protection ratio for DGPS service.

여기서, DGPS 서비스의 최저 SNR은 표 1과 같이 ITU-R 823 규정을 따른다. 또한, 최저 수신 한계 레벨은 40 dBμV/m이며, 인접채널 신호의 억압레벨은 수신기 성능을 고려하여 40 dB를 적용한다.

DGPS 신호는 온도 및 계절별에 따라 수신 전계 강도가 변하며, 여름보다는 겨울철 전계 강도가 대기 상태에 따라 약 3 dB 정도의 다소 높은 세기를 가질 수 있다[7]. 따라서 계절별 전계 강도 변화율을 고려하여 페이드 마진은 3 dB를 적용하며, 잡음대 간섭 전력의 비( $N/I$ )는 2 dB를 고려한다. 이와 같은 DGPS 간섭보호비로부터 DGPS의 동일채널 간섭신호는 28 dBμV/m까지 허용할 수 있으며, 인접채널은 68 dBμV/m 전계 강도를 갖는 간섭신호를 허용할 수 있다.

표 1. DGPS의 서비스 정의  
Table. 1 Service Standard of DGPS

구 분	서비스 기준	비 고
최대 커버리지	100NM (185Km)	해양기준 (내륙 80Km)
최저 수신한계 레벨	40 dBμV/m	
최저 SNR	8 dB 이상	7 dB 이상 (ITU-R 823)
측정 수신기 한계 레벨	20 dBμV/m	

III. DGPS 기준국의 전파간섭

DGPS 기준국의 동일채널 간섭과 인접채널 간섭을 분석하기 위하여 내륙기준국 6곳과 해안기준국 11곳의 전송 주파수를 분석한다. 표 2는 내륙기준국 6곳과 해안기준국 11곳의 사용 주파수를 보여준다[2]. 표 2로부터 DGPS 기준국간 동일 주파수를 사용하는 동일채널 기준국(여청도-주문진)과 기준국간 최소 주파수 간격을 갖는 인접채널 기준국(주문진-성주 외)을 대상으로 하며, 최소 주파수를 갖는 인접채널 기준국은 1 kHz 주파수 간격을 갖는다.

표 2. DGPS 기준국의 전송 주파수  
Table. 2 Transmission frequency of DGPS station

기준국	소청도	팔미도	어청도	소흑산도	마라도	충주
주파수 (kHz)	323	313	295	298	290	318
기준국	거문도	영도	호미곶	울릉도	주문진	춘천
주파수 (kHz)	287	300	310	319	295	286
기준국	저진	무주	영주	평창	성주	
주파수 (kHz)	292	322	289	303	296	

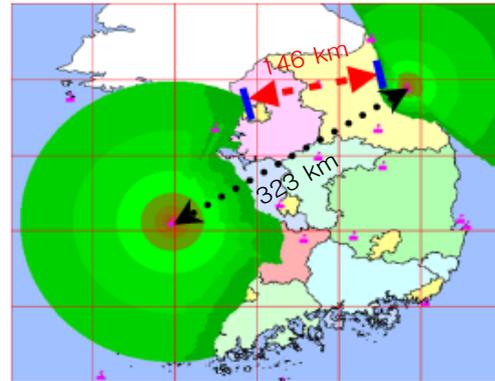
표 3. DGPS 기준국간 이격거리  
Table. 3 Distance among the DGPS stations

구분	동일 채널	인접 채널 (1 kHz 간격)					
	어청도	주문진	성주	무주	영주	충주	춘천
	주문진	성주	어청도	소청도	마라도	울릉도	거문도
기선거리 (km)	323	225	201	328	466	277	439
이격거리 (km)	146	85	21	18	274	51	201

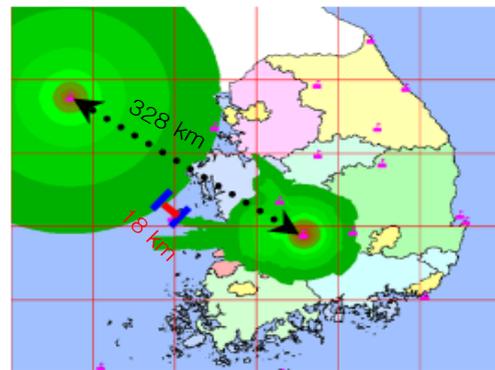
동일 주파수를 사용하는 기준국은 해안기준국인 어청도 기준국과 주문진 기준국으로, 어청도와 주문진 기준국간 전파는 내륙을 통과하므로 해양보다는 낮은 대지도전율에 의해 전파 감쇠가 크게 증가한다. 최소 주파수 간격을 갖는 기준국(주문진-성주 외)간 DGPS 신호도 내륙을 기준으로 전파하므로 상대적으로 가용 전파 수신 거리가 낮아 상대 기준국 서비스 영역으로 전파되는 DGPS 신호는 낮을 수 있다.

여기서, 기준국 좌표를 사용하여 기준국간 기선거리를 산출하고, 식 (2)와 식 (3)을 적용하여 기준국에 의한 전계 강도를 산출하여 최저 수신한계 레벨을 갖는 서비스 영역을 정의한다. 그리고 DGPS 기준국의 최저 수신한계 레벨을 갖는 서비스 영역간 이격되어 있는 거리를 산출한다. 표 3은 동일채널 기준국간 그리고 인접채널 기준국간 기선거리와 최저 수신한계 영역간 이격거리

를 보여준다. 표 3의 동일채널 기준국간 그리고 인접채널 기준국간 기선거리와 최저 수신한계 영역간 이격거리는 그림 3에서 정의한다. 그림 3은 동일채널과 무주-소청도 인접채널 기준국의 서비스 영역, 기준국 중심간 기선거리와 서비스간 이격거리를 보여준다.



(a)



(b)

그림 3. 동일채널과 인접채널 기준국 서비스 영역, (a) 동일채널과 (b) 인접채널.

Fig. 3 Service area of co-channel and adjacent channel DGPS station, (a) co-channel and (b) adjacent channel.

그림 3과 표 3으로부터 간섭을 발생할 수 있는 동일채널 기준국과 인접채널 기준국의 서비스 영역이 충분히 이격되어 있음을 알 수 있다. 따라서, 동일채널 기준국과 인접채널 기준국간 간섭 영향은 무시할 수 있다. 아울러 동일 주파수를 사용하는 기준국간 그리고 인접채널 주

파수를 사용하는 기준국간 영향은 양 기준국을 기선거리로 하는 전파 경로에 의해 전파된 DGPS 신호에 의해 상대국 서비스 영역에 위치하고 있는 수신기에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 그림 2의 간섭보호비를 적용하여 상대 기준국에 의한 DGPS 수신기의 영향을 분석한다. 동일한 방법으로 동일 주파수를 사용하는 동일채널 간섭과 인접채널 주파수를 사용하는 인접채널 간섭으로 구분한다. 동일채널 기준국과 인접채널 기준국간 수신 기준을 고려한 서비스 기선거리와 전계 강도는 표 4와 같다.

표 4. DGPS 기준국간 전계강도세기  
Table. 4 Electric field intensity among the DGPS stations

구분	동일 채널	인접 채널 (1 kHz)					
	어청도	주문진	성주	무주	영주	충주	춘천
	주문진	성주	어청도	소청도	마라도	울릉도	거문도
상대국 기선거리 (km)	295	146	78	150	381	114	316
	219	193	146	242	374	211	325
상대국 영역에서 전계강도 (dB $\mu$ V/m)	14	18	34	39	28	30	14
	10	20	32	40	10	30	18

여기서, ‘상대국 기선거리’는 한 DGPS 기준국 중심으로부터 동일채널 또는 인접채널 기준국의 최저 수신한계 레벨 지점까지의 거리이며, ‘상대국 영역에서의 전계 강도’는 한 DGPS 기준국의 신호가 상대국 최저 수신한계 레벨 지점에 전파된 전계 강도를 나타낸다. 즉, 동일채널인 경우 어청도 기준국으로부터 주문진 기준국의 최저 수신한계 레벨 지점까지의 기선거리는 약 295 km이며, 주문진 기준국으로부터 어청도 기준국의 최저 수신한계 레벨 지점까지의 기선거리는 약 219 km이다. 아울러, 어청도로부터 전파된 신호가 주문진 기준국의 최저 수신한계 레벨 지점에서의 전계 강도는 14 dB $\mu$ V/m이며, 주문진 기준국에서 전파된 신호에 대한 어청도 수신 한계레벨 지점에서 전계 강도는 10 dB $\mu$ V/m이다.

표 4로부터 그림 2의 DGPS 간섭보호비를 적용하면 동일채널과 인접채널 기준국간 간섭 정도를 구할 수 있다. 표 5는 DGPS 간섭보호비를 적용한 경우, 동일채널과 인접채널 DGPS 기준국의 간섭 정도를 나타내고 있다.

표 5. DGPS 기준국간 간섭 정도  
Table. 5 Interference degrees among the DGPS stations

구분	동일 채널	인접 채널 (1 kHz)					
	어청도	주문진	성주	무주	영주	충주	춘천
	주문진	성주	어청도	소청도	마라도	울릉도	거문도
최저 수신한계 레벨지점의 CNR (dBc)	26	62	46	41	52	50	66
	30	60	48	40	70	50	62
간섭 정도 (마진, dB)	14	50	34	29	40	38	54
	18	48	36	28	58	38	50

표 5에 의하면, 동일채널 DGPS 기준국간 간섭 마진은 최소 14 dB이며, 인접채널 기준국간 간섭 마진은 최소 28 dB 이상이다. 따라서 DGPS 기준국간 간섭은 고려되지 않을 정도의 충분한 마진을 갖는다. 또한, DGPS 기준국에서 사용되는 283.5 kHz ~ 325 kHz 중파 대역에 허가된 200 kHz ~ 400 kHz 대역의 통신 무선국은 DGPS 기준국 주파수와 충분한 이격을 가지며, 그림 2의 간섭보호비로부터 상호간의 간섭 현상이 발생되지 않아 간섭 분석 대상으로 고려하지 않는다. 따라서, 300 W 출력을 갖는 해안기준국과 500 W 전력을 갖는 내륙기준국의 기준국간 상호 간섭 현상은 발생되지 않는다. 아울러, 수신기 성능에 간섭 신호로 작용하지 않음을 알 수 있다. 국내 DGPS 음영 서비스 구역을 해소하고, 서비스 영역을 향상시키기 위해서 국내 DGPS 기준국의 출력을 증강할 경우에도 표 5로부터 간섭마진이 최소 14 dB 이상이므로 1 kW 출력 전력을 갖는 국내 DGPS 기준국의 간섭 현상은 무시할 수 있다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 DGPS 서비스를 제공하고 있는 국내 내륙 DGPS 기준국과 해안 DGPS 기준국에 대한 간섭 현상을 분석하였다. DGPS 간섭 분석을 위하여 동일채널과 인접채널에 대한 간섭보호비를 정의하고, DGPS 사용 주파수 및 수신기 제원에 따른 기준국간 간섭 정도를 분석하였다. 또한 인접 무선국과의 간섭과 다중 서비스 영역에서 동작할 수 있는 수신기 성능에 대한 간섭을 분석하였다. 중파 대역을 사용하는 DGPS 기준국은 동일 채널과 인접채널 신호로부터 충분한 간섭 마진을 확보하고 있으며, 인접 무선국에 대한 간섭도 동일함을 알 수 있었다.

#### 참고문헌

- [1] 조선재, DGPS 기준국 및 전공역 위성항법 신호분석에 관한 연구, 세종대학교 대학원 석사학위논문, 2005.
- [2] 송글재, 전국망 위성항법보정시스템의 측위 정확도 분석 및 이용활성화 방안, 충남대학교 산업대학원 석사학위논문, 2007. 2.
- [3] N, DeMinco, "Ground-Wave Analysis Model for MF Broadcast Systems", *NTIA Report* 86-203, 1986.
- [4] R. Li, "The Accuracy of Norton's Empirical Approximations for Groundwave Attenuation", *IEEE Trans. on AP*, vol. 31, no. 4, pp. 624-628. 1983.
- [5] J.R. Wait, L. C. Walters, "Curves for Ground Wave Propagation over Mixed Land and Sea Paths", *IEEE Trans. on AP*, vol. 40, no. 5, pp. 38-45, 1998.
- [6] David Guerra, Gorka Prieto, et al., "Accuracy Analysis of the Millington's Prediction Method in the Medium Waveband", *IEEE Trans. on AP*, vol. 55, no. 2, pp. 500-507, 2007.
- [7] 전기준, "한국형 MDGPS의 계절별 측위 정확도 및 전파분석", 한밭대학교 석사논문, 2004.

#### 저자소개



김영완(Young-wan Kim)

1983년 경북대학교 전자공학사  
1985년 경북대학교 전자공학석사  
2003년 충남대학교 전자공학박사  
1984~1990 동양정밀공업(주)  
중앙연구소 과장

1990~1992 (주) 유영통신 이사  
1992~2004 한국전자통신연구원 책임연구원  
2004~현재 군산대학교 전파공학과 교수  
※관심분야: RF/Microwave 시스템 및 회로설계,  
디지털 위성방송/통신시스템, 마이크로파 소자



지석근(Seok-keun Jee)

1985년 부경대학교  
전자통신공학사  
1990년 부경대학교  
전자통신공학석사

1997년 부경대학교 전자공학박사  
1990~현재 군산대학교 전파공학과 교수  
※관심분야: 신호처리, 능동제어