
국내 DGPS 내륙 기준국의 출력 증강에 따른 서비스 영역 분석

김영완*

Service Coverage Enhancement due to Output Power of Korean Land-based DGPS

Young-Wan Kim*

본 연구는 국토해양부 소관 연구개발사업의 연구비 지원에 의해 수행된 연구임(No. PJT200340)

요 약

우리나라는 GPS 보정시스템인 DGPS 위성항법보정시스템이 해안용 11곳과 내륙용 6곳의 기준국이 설치 되어 운용되고 있다. 내륙 기준국은 위성항법 보정신호를 500W 출력으로 서비스하고 있으나, 산간 지역 등 국내 지역에 따라 음영지역이 발생한다. 본 논문에서는 내륙 기준국의 출력을 1kW 이내에서 증강할 경우, 내륙 기준국별 서비스 영역을 해석하고, 6곳의 내륙 기준국과 11곳의 해안 기준국과의 이중 서비스 영역을 고려하여 국내 내륙지역의 DGPS 서비스 음영지역을 분석한다. DGPS 전파 모델로는 중파 대역 전파 모델을 사용하고, 내륙 지역의 도전율은 보정된 지표 도전율을 적용하여 출력에 따른 서비스 영역을 해석한다.

ABSTRACT

The DGPS systems that is a GPS augmentation system were installed for ocean- and land-service. The ocean-based reference station of 11 site and the land-based reference station of 6 sites are operating for ocean- and land-service. Although the land-based reference stations provide the output power of 500W, the service shadow regions are occurred due to mountain lands and building area. In this paper, the service coverages for land-based reference stations are analyzed in conditions of output power enhancements of reference station. The service shadow areas are deduced from service coverages of land-based reference stations and ocean-based reference stations. The medium frequency-band wave propagation models are considered as DGPS wave propagation model. The service coverages are analyzed by considering the compensated ground surface-conductivity.

키워드

위성항법보정시스템, GPS 보정 시스템, DGPS 서비스 영역

Key word

DGPS, GPS augmentation system, DGPS service coverage

* 종신회원 : 군산대학교(ywkim@kunsan.ac.kr)

접수일자 : 2011. 06. 10

심사완료일자 : 2011. 07. 04

I. 서 론

우리나라의 DGPS 시스템은 1999년 8월 팔미도를 시작으로 해양용 DGPS 기준국 11곳이 설치되었으며, 2004년 6월 운용이 시작된 무주 기준국을 시작으로 2009년 7월 춘천 기준국까지 6곳의 내륙용 DGPS 기준국이 구축되어 운용되고 있다. 따라서 우리나라의 DGPS 시스템은 우리나라 영해를 포함한 전국토를 대상으로 GPS 위성항법보정 시스템인 NDGPS 서비스를 운용하게 되었다[1].

NDGPS 시스템은 GNSS의 위치 오차를 보정하기 위한 보정 데이터의 생성과 정보를 전송하는 시스템으로, 정교한 보정데이터를 산출하기 위한 알고리즘 개발과 시스템 개선 작업에 대한 지속적인 연구개발이 이루어지고 있다. 그러나 정교한 보정데이터 생성 못지않게 사용자에게 보정데이터를 전송하는 전파전파(電波傳播) 환경 구축 및 서비스 가용도 확보를 위한 보정데이터 수신을 향상이 아울러 필요하다.

NDGPS 전파 전달 환경이 거의 균일한 해상과 달리 육상에서는 전파 경로상에 놓여 있는 다양한 요인과 환경 변수로 인해 전파수신 상황이 다양하게 발생된다. 이로 인하여 광역지역 관점에서는 면적대비 높은 수신율을 나타내는 범위 일지라도, 부분적으로 서비스 음영지역이 발생되고 있다. 더욱이 우리나라처럼 산악과 구릉이 많은 자연환경에서 내륙 DGPS 기준국 사이의 배치간격이 약 100~150여 km에 이르는 상황에서는 부분적인 전파 음영지역이 불가피하게 발생된다. 따라서 우리나라 전국토를 서비스 영역으로 하는 NDGPS 시스템의 가용도를 향상하기 위해서는 서비스 음영지역의 분석과 이에 대한 개선이 요구되고 있다.

본 논문에서는 내륙 기준국의 서비스 영역을 향상하기 위하여 내륙 기준국의 출력을 증강하고, 증강된 출력에 대한 서비스 영역을 분석한다. 내륙 기준국의 출력은 500W로 운용중이나 1kW의 출력 용량을 갖고 있으므로, 1kW 이내의 출력 증강에 대한 서비스 영역을 6곳의 기준국과 11곳의 해양용 기준국 서비스 영역과 이 중 서비스 영역을 해석하여 내륙지역의 DGPS 서비스 음영지역을 분석한다. 전파 전파 모델로는 중파 대역 전파 모델을 사용하며, 지표 도전율은 보정된 국내 지표 도전율을 적용하여 다양한 출력에 대한 서비스 음영

지역을 해석한다.

II. NDGPS 전파 전파

2.1. 중파 대역 전파 모델링

중파 대역 전파는 상공파와 지상파로 나뉘어지며, 지상파는 표면파와 공간파로 분류된다. 공간파는 송신단에서 수신단으로 직접 전파되는 직접파와 지표나 지상의 건축물에 의해 반사되어 전파하는 반사파로 나뉘고, 표면파는 지표를 따라 전파되는 파이다. 그림 1과 같이 중파 대역의 지상파 전파를 나타내었으며, 중파 대역의 전파는 공간파보다는 표면파의 진행이 우세하며, 지표의 도전율이나 유전율에 영향을 받는다[2].

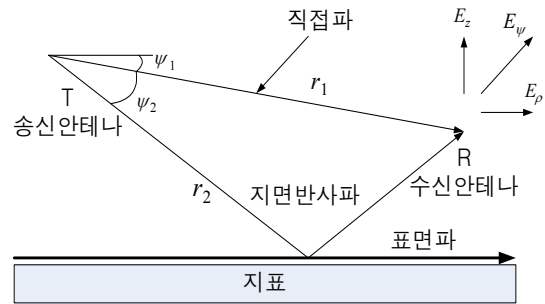


그림 1. 지상파 구조
Fig. 1. Ground wave configuration.

그림 1과 같이 송신 안테나 T가 도전된 표면위에 있을 때, 거리 r 떨어진 수신 안테나 R에 인가되는 전압 V는 직접파와 지면반사파의 벡터 합으로 표현된다.

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

여기서, I는 송신 안테나에 흐르는 전류이며, Q₁과 Q₂는 각각 송·수신 안테나의 폴라 다이어그램이다. 그리고 R은 지면에서의 반사계수이며, Q는 상수이다.

식 (1)은 VHF 이상의 주파수 대역에서 정확한 결과를 나타내지만, 중파 대역의 전파 특성은 표면파에 대한 영향을 포함하여야 한다.

$$V = QI \left\{ Q_1 \frac{\exp(-jkr_1)}{r_1} + Q_2 \frac{\exp(-jkr_2)}{r_2} + S \frac{\exp(-jkr_2)}{r_2} \right\} \quad (2)$$

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

식 (2)의 표면파는 HF와 더 낮은 주파수 대역에서 전파에 가장 큰 영향을 미친다. 송수신점 T와 R이 지면에 가까울 경우, 직접파와 지면반사파가 서로 상쇄되므로 표면파만이 전파에 영향을 미친다. 따라서, 대지의 도전을 중요한 상수로 작용하며, 수평편파는 대지에 의해 매우 심한 감쇄 현상을 가지므로, 표면파를 이용한 통신에서는 수직 편파를 사용한다.

식 (2)로부터 중파 대역의 수직 편파의 전계 세기는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$|E_z| = \frac{300}{r} \sqrt{P} |A| \quad (3)$$

여기서 P(kW)는 방사된 전력이며, r(km)은 경로의 거리, 그리고 E_z (mV/m)는 전계 강도이다. 또한 A는 감쇄요소이며, 상수 300은 단형 모노폴 안테나를 가정하였을 경우, 1kW 방사시 1km 거리에서 수신되는 전계 강도의 세기에 의해 결정된 값이다.

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

$$\chi = \frac{1.8 \times 10^{10} \cdot \sigma}{f} \quad (4)$$

$$\tan b = \frac{\epsilon + 1}{\chi}$$

$$p = \frac{\pi}{\chi} \cdot \frac{r}{\lambda} \cdot \cos b$$

식 (4)에서 p는 수치적 거리이며, b와 p 파라미터를 구하여, Ronglong Li의 empirical approximations에 의해 감쇄요소 A를 구할 수 있다[3].

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

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

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

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

식 (5)의 감쇄요소는 b와 p의 함수이며, b와 p는 대지의 도전을과 유전을 그리고 주파수 함수이므로, 대지의 도전을 값이 크게 영향을 미친다. 따라서 본 논문에서는 대지의 도전을 값으로 국토해양부의 보정된 우리나라의 대지 도전을 지도를 적용한다.

2.2. 내륙 기준국의 전파 특성

내륙은 해양과 다르게 대지 도전을이 다른 영역을 전파하므로, 단일 도전을 경로 손실보다는 혼합경로 모델을 적용한다. 혼합경로는 단일경로와 달리 송신단 T에서의 송신 세기가 수신단 R에 도달시 도전을과 유전을 변화로 신호 세기가 변화한다. 따라서 각 구간에서 Millington method 혼합경로 식을 사용한다[4].

그림 2는 2개 경로를 전파하는 지형에 대한 Millington method를 나타내고 있다. Millington method는 Millington의 forward 방식과 backward 방식을 적용하고 평균값을 취하여 Millington's prediction 지점을 구할 수 있다 [5].

$$E_{ford} = E(\sigma_1, \Delta_1) - E(\sigma_2, \Delta_1) + E(\sigma_2, \Delta_1 + \Delta_2) \quad (6)$$

$$E_{back} = E(\sigma_2, \Delta_2) - E(\sigma_1, \Delta_2) + E(\sigma_1, \Delta_2 + \Delta_1)$$

$$E_{tot} = \frac{1}{2} (E_{ford} + E_{back})$$

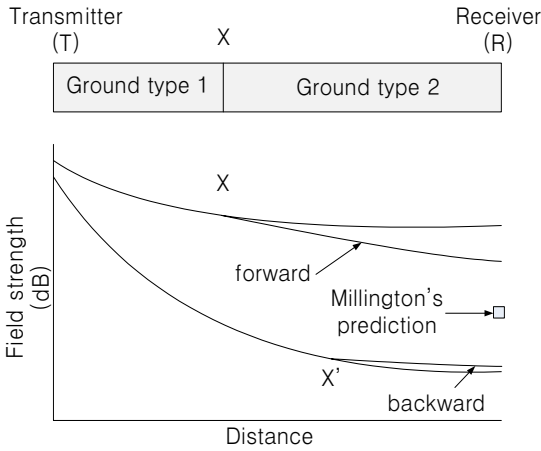


그림 2. 2개 경로를 전파하는 지형에 대한 Millington method.
Fig. 2 Millington method for surface wave with 2 path.

여기서, σ_1 과 Δ_1 은 대지 유형 1(ground type 1)의 도전율과 경로거리이며, σ_2 과 Δ_2 는 대지 유형 2(ground type 2)의 도전율과 경로거리이다.

동일하게 3개 경로에 대하여 적용하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

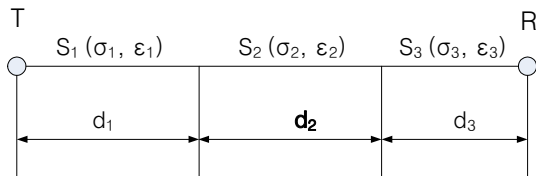


그림 3. 3개 경로를 전파하는 지형에 대한 Millington method.
Fig. 3 Millington method for surface wave with 3 path.

$$E_{ford} = E(\sigma_1, d_1) - E(\sigma_2, d_1) + E(\sigma_2, d_1 + d_2) \quad (7)$$

$$- E(\sigma_3, d_1 + d_2) + E(\sigma_3, d_1 + d_2 + d_3)$$

$$E_{back} = E(\sigma_3, d_3) - E(\sigma_2, d_3) + E(\sigma_2, d_3 + d_2)$$

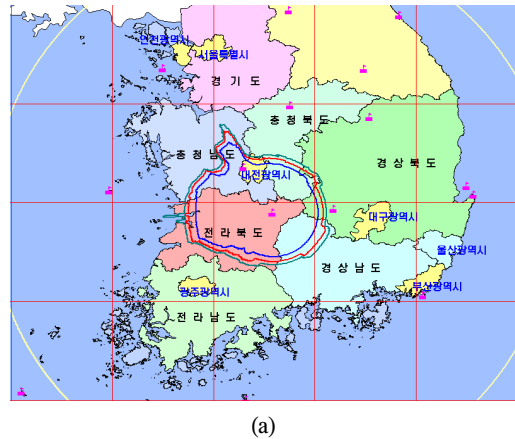
$$- E(\sigma_1, d_3 + d_2) + E(\sigma_1, d_3 + d_2 + d_1)$$

$$E_{tot} = \frac{1}{2}(E_{ford} + E_{back})$$

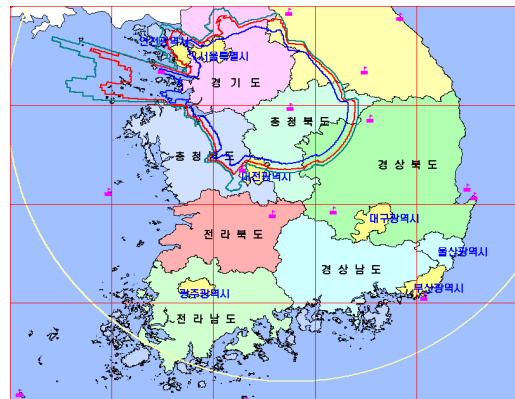
III. 내륙 기준국의 서비스 영역

3.1. 내륙 기준국 출력 대비 서비스 영역

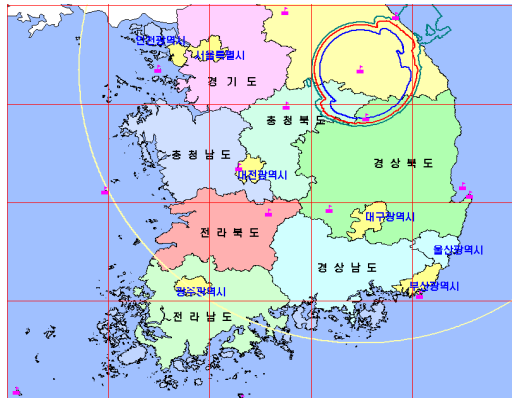
국내 내륙 DGPS 기준국의 수신 전계 한계치 $40 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ 를 적용하여 서비스 영역을 분석하면 그림 4와 같다. 그림 4는 대표적으로 무주 기준국과 평창 기준국 그리고 충주 기준국과 성주 기준국의 출력 대비 서비스 영역을 보여주고 있다. 기준국의 출력은 500W(청색), 700W(적색) 그리고 900W(녹색)를 적용하였으며, 기준국 안테나의 효율은 설계 목표값인 10%를 적용하였다. 그림에서와 같이 500W 출력을 기준으로 700W 출력으로 증강할 경우 서비스 영역은 약 1.15배 증가하며, 900W로 증강할 경우 500W 출력 대비 약 1.3배 증가하고 있으며, 지형의 대지 도전을 변화에 따라 서비스 영역의 변화가 발생되고 있다.



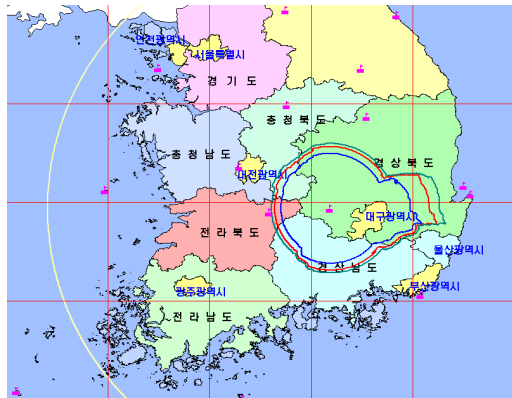
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 4. 기준국 출력 대비 서비스 영역, (a) 무주, (b) 충주, (c) 평창, (d) 성주 기준국.

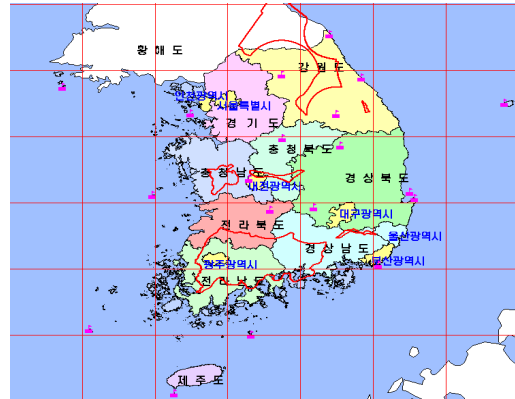
Fig. 4. Service coverage due to output power of reference station, (a) Muju, (b) Chungju, (c) Pyeongchang, (d) Seongju reference station.

3.2. 출력 대비 국내 NDGPS 서비스 영역

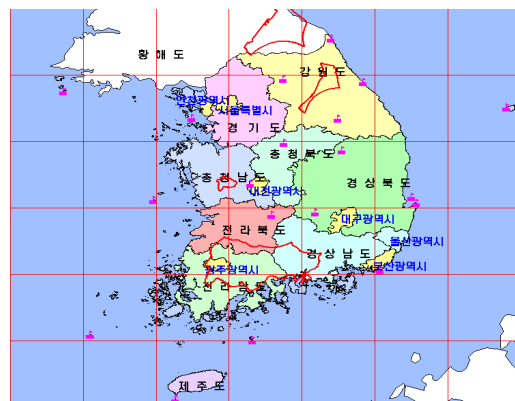
국내 내륙의 DGPS 서비스 음영지역을 분석하기 위하여 6곳의 내륙 기준국의 출력 대비 서비스 영역과 11곳의 해양용 기준국의 서비스 영역을 해석한다. 해양용 기준국의 서비스 영역은 해양 영역뿐만 아니라, 내륙 지역으로 전파가 진행되므로 이에 대한 전파 전파는 동일하게 2장의 전파 모델을 적용한다. 여기서, 해양용 기준국의 출력은 300W를 고려하며, 해양용 기준국의 안테나는 내륙 기준국에 비해 소형 안테나와 열악한 지형에 설치 운영하고 있으므로 안테나 효율은 3.7%~6%를 고려한다.

그림 5는 내륙 기준국의 출력이 500W일 경우와 700W 일 경우, 그리고 900W 일 경우의 국내 NDGPS의 서비스 음영지역을 나타내고 있다. 그림으로부터 내륙 기준국의 출력을 증강할 경우, 서비스 음영지역(적색선 내)은 줄어들고 있으나 일정 지역에서는 900W 출력 증가에도 불구하고 서비스 음영지역이 발생되고 있음을 알 수 있다.

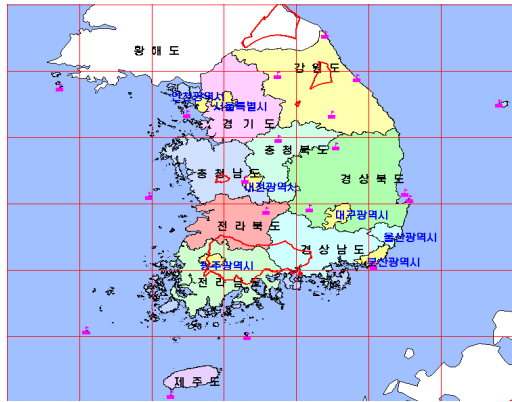
서비스 음영지역이 발생하는 주요 원인은 산악 지형으로 이루어진 국내 지형 현상으로 지역에 따라 중파 대역 신호의 전파 감쇄가 크게 발생하고 있음을 알 수 있다. 따라서 산악 지형을 포함하는 인근 지역에서 발생하는 음영지역 해소를 위해서는 기준국의 설치 운영 또는 중계 시설이 필요할 수 있다.



(a)



(b)



(c)

그림 5. 국내 NDGPS의 서비스 음영지역, (a) 500W, (b) 700W, 그리고 (c) 900W일 경우.
 Fig. 5. Service blockage area of Korean NDGPS for (a) 500W, (b) 700W, and (c) 900W power.

IV. 결 론

본 논문에서는 내륙 기준국의 출력 증강에 따른 DGPS 서비스 영역을 분석하고, 분석한 서비스 영역과 해양용 기준국의 서비스 영역을 이중화하여 국내 DGPS의 서비스 음영지역을 분석하였다.

국내 산악 지형 분포로 인하여 산악을 포함하는 인근 지역에서 서비스 음영지역이 주로 발생하며, 국내 전 지역을 DGPS 서비스 영역으로 산정하기 위해서는 음영지역을 서비스할 수 있는 기준국의 설치와 운영 또는 중계장치가 요구될 수 있으며, 안테나 효율 등 기준국의 정확한 제원 분석을 통하여 보다 정확한 서비스 음영 지역 분석이 필요하다.

참고문헌

[1] 조선재, DGPS 기준국 및 전공역 위성항법 신호분석에 관한 연구, 세종대학교 대학원 석사학위논문, 2005
 [2] N, DeMinco, "Ground-Wave Analysis Model for MF Broadcast Systems", NTIA Report 86-203, 1986.

[3] R. Li, "The Accuracy of Norton's Empirical Approximations for Groundwave Attenuation", IEEE Trans. on AP, vol. 31, no. 4, pp. 624-628, 1983.
 [4] 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.
 [5] 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.

저자소개



김영완(Young-wan Kim)

1983년 경북대학교 전자공학사
 1985년 경북대학교 전자공학석사
 2003년 충남대학교 전자공학박사
 1984~1990년 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