

해상용 DGPS의 육상 활용에 관한 연구

고광섭* · 최창묵** · 정세모***

A Study on Availability of Marine DGPS in Land

Ko, Kwang Soob · Choi, Chang Mook · Chung, Se Mo

〈목 차〉	
Abstract	Ⅲ. 실측 전계강도를 통한 감쇄 크기 도출 및 분석
I. 서론	V. 결론
Ⅱ. 해상용 DGPS 육상 활용을 위한 기준국 전계강도 모델링	참고문헌
Ⅳ. 전파 환경 분류 및 기본식 도출	

Abstract

The DGPS is used to improve the accuracy of the GPS by determining the positioning error at a known location and subsequently transmitting the determined error, or corrective factors, to users of the GPS operating in the same geographical area.

The accuracy of the DGPS available to real-time users is published in the Federal Radio-Navigation Plan to be better than 10 meters, although users often experience accuracies of better than 3 meters.

USA recently decided to expand the marine DGPS service for land applications and initiated the Nationwide DGPS chain.

Korea is processing for improving the marine DGPS. We have not achieved Full Operational Capability. But after announcing FOC, we have to begin expansion of DGPS into land.

This paper investigate the availability of marine DGPS in land.

The results will provide a basic guide for estimation of a propagation loss of the marine DGPS frequency in land.

* 해군사관학교 · 군사과학대학원 교수
** 군사과학대학원 석사과정
*** 한국해양대학교 교수

1. 서 론

GPS(Global Positioning System)는 미 국방성에서 자국의 군사목적용을 위하여 개발한 것으로 지구 상 어디에서나 기상조건에 구애받지 않고 표준 좌표체계에서의 위치, 속도, 시간 측정을 가능하게 해주는 인공위성을 이용한 최첨단 항법체계이다.

그러나 이 항법체계 시스템을 미 국방성이 단독으로 관리를 하고 있는 관계로 일반 사용자에게 허가된 범위의 정보는 성능 및 신뢰성 문제에서 제약이 있다. 따라서 발전 된 것이 GPS 정보를 차분 보정함으로써 일부의 오차를 제거하여 정밀도를 향상시키는 DGPS(Differential GPS) 시스템이다.

미국에서는 FOC(Full Operational Capability)를 선언한 USCG의 해상용 DGPS의 가치를 인정하였으며, 지금은 정부 부처의 통합된 체제 속에서 DGPS 시스템을 내륙으로 연계한 NDGPS(Nationwide Differential Global Positioning System)을 구축하고 있다.

한국의 경우는 시대의 부응에 뒤지지 않게 해양 수상부 주관 기존의 연안 Marine Radio Beacon을 이용하여 1996년 시험 발사한 이래, 2000년 말까지 8개 기준국 설치를 목표로 하고 있다. 그러나 육상에서는 이런 시스템 구축이 미흡한 현실이다. 분야별 혹은 사용자 별로 추진 중이라고 알려지고 있으나, 그 보다는 통합 위치정보 인프라 구축으로 국가망을 유지하는 것이 투자대 효과 면에서 상당한 이익이 있을 것 같다.

본 논문은 실측과 시뮬레이션을 통하여 해상용 DGPS를 내륙으로 연계할 시 발생하는 감쇄의 크기 및 전계강도 기본식을 도출하고, 정밀도 분석 및 이용 가능여부 확인을 위하여 연구되었다.

II. 해상용 DGPS 육상 활용을 위한 기준국 전계강도 모델링

2.1 전계강도 모델링 고려사항

COMDINST M 16577.1에 의하면 유효 범위 내

에서의 최소 전계강도는 100bps 신호송출의 경우 $75 \mu\text{V/m}$ 이상, 200bps 신호송출의 경우 $100 \mu\text{V/m}$ 이상일 것을 요구하고 있지만, 이 기준은 보호비 및 안정성을 고려한 경우이고, 특별한 문제가 없다면 $10 \mu\text{V/m}$ 정도면 가능하다고 되어있다.

또한 DGPS 수신기 사양을 보면, 신호레벨이 $10 \mu\text{V/m}$ 이상으로 하고 있다.

ITU-R 322-3에 의한 1MHz의 한국근해의 잡음 강도는 평균 74.6dB이며 최대치는 여름철 00:00~00:40의 75dB(Fam above kTb)이다. 이 75dB를 주파수 300kHz의 잡음 전계강도로 환산하면 $8.4\text{dB} \mu\text{V/m}$ 가 되며, 따라서, ITU-R 823이 요구하는 S/N 비 7dB $\mu\text{V/m}$ 를 더하면 DGPS 전파의 세기가 16dB $\mu\text{V/m}$ 이상이어야 한다.

표 1 해군사관학교 연구실 정점에서 정밀도 분석 결과

구 분	기선거리 (km)	정밀도 (2DRMS)	실 측 전계강도 (dB $\mu\text{V/m}$)	
한 국	영 도	43	1.53 m	43.5
	거문도	174	3.27 m	29.5
일 본	와카미야	172	2.31 m	30.5
	오세사키	293	2.01 m	18.5
	하마다	342	4.15 m	18.7

그리고 표 1의 진해 해군사관학교 연구실에서 DGPS 정밀도 분석을 보면, 거리가 293 km 떨어진 오세사키 기준국의 전계강도가 18.5 dB $\mu\text{V/m}$ 이고, 거리가 174 km 떨어진 거문도 기준국의 전계강도는 29.5 dB $\mu\text{V/m}$ 이며, 거리가 43 km인 영도 기준국의 전계강도가 43.5 dB $\mu\text{V/m}$ 로 측정되었지만, 수신이 모두 100% 되었을 뿐만 아니라 정밀도면에서도 2DRMS 1-3 m를 유지하였다.

따라서 본 논문에서는 DGPS 전파의 전계강도를 20.0dB $\mu\text{V/m}$ 이상으로 설정하였다.

2.2 전계강도 시뮬레이션

ITU-R의 보고서에 도시된 그림 1의 지표파를

이용하여 최소 자승법으로 다음과 같은 (1)식을 도출하였다.

$$F_g = 94.50153 + 0.96822 \times \log d - 1.43139 \times (\log d)^2 + 10 \log_{10} \left(\frac{P_r}{1000} \right) \quad (1)$$

F_g 는 $1 \mu\text{V/m}$ 에 대한 데시벨

P_r 는 복사출력(W)

d_{km} 는 송신국으로부터의 거리(km)

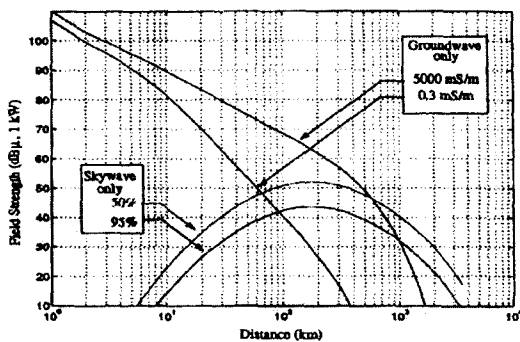


그림 1 ITU-R 도표 값

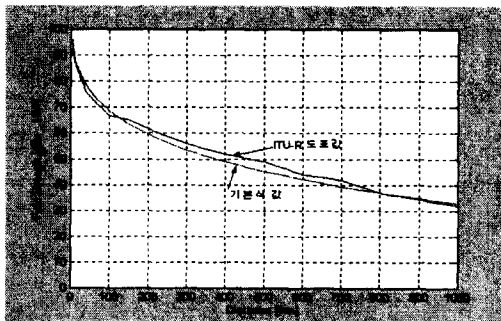


그림 2 ITU-R 도표 데이터와 최소 자승법으로 유추한 식 비교

그리고 영도, 거문도, 어청도, 팔미도 DGPS 기준국의 전계강도를 실측하여 최소 자승법을 이용 기본식을 유추하였으며, (1)식과 비교 분석하였다.

또한, 우리나라 DGPS국은 송신기 출력 300W를 기준으로 100NM(185km)내에 $40.0\text{dB} \mu\text{V/m}$ 를 만족하도록 설계되었으므로 유효 범위를 얻기 위해

우리나라 DGPS국 레디오비콘 안테나의 복사출력을 (1)식에 의거 10W로 추정하였다.

III. 실측 전계강도를 통한 감쇄크기 도출 및 분석

3.1 측정 시스템 구성

그림 3은 데이터 수신을 위한 측정 장비 구성도로 DGPS 데이터 및 전계강도 수집을 위해 Trimble사의 4000DS DGPS 수신기와 ProBeacon 비콘 수신기를 이용하여 데이터를 노트북 컴퓨터에 저장하였다.

데이터는 GPGGA NMEA Format(Global Positioning System Fix Data Format)으로 수신하였다. 시뮬레이션은 Matlab을 이용하였고, Contour는 Surfer를 이용하여 나타내었다.

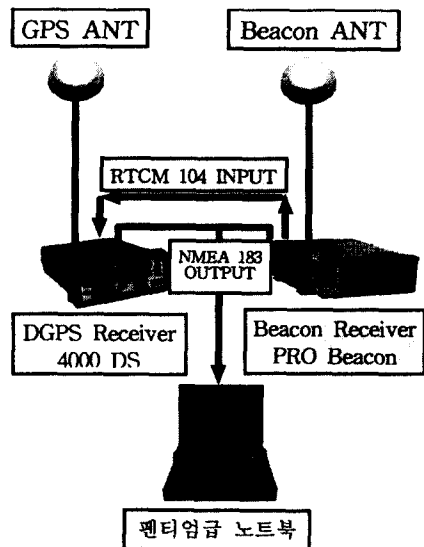


그림 3 데이터 측정 구성도

3.2 시뮬레이션과 실측 전계강도 비교 분석.

그림 4는 데이터 수집구역이다.

남해안에서는 영도 기준국으로부터 5개 방향(울

산, 북쪽, 밀양, 합천, 진주방향 / 대략 30도 방향)으로 기준을 설정하고 거리 증가에 따른 전계강도와 데이터 수신 가능여부를 확인 하였으며, 내륙 중앙에서는 수신여부와 전계강도, 이중 커버리지 여부를 확인하였다.

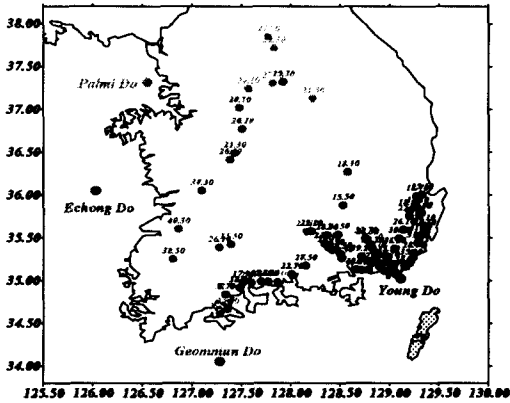


그림 4 데이터 수집 구역

그림 5는 각각의 기준국으로부터 실측 전계강도 등전선을 도시하였다.

영도기준국은 울산 방향은 100 km 까지 DGPS 데이터가 수신되었으며, 북쪽 방향은 85 km, 밀양 방향은 60 km, 합천 방향은 100 km, 진주방향은

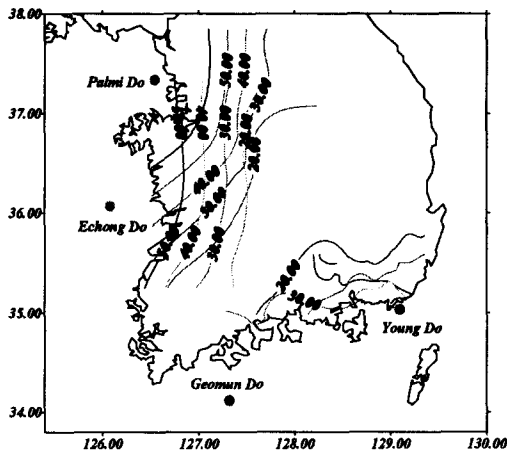


그림 5 영도, 거문도, 어청도, 팔미도 기준국으로부터 실측치 등전선

145 km까지 수신되었다.

그리고 거문도 기준국, 어청도 기준국, 팔미도 기준국은 각각 240 km, 170 km, 140 km까지 수신되었다.

그림 6은 해상 기본식과 영도 기준국의 전계강도 식과의 비교 그래프이다.

185 km에서 40 dB $\mu V/m$ 로 설계된 영도 기준국은 20 dB $\mu V/m$ 를 기준으로 할 때, 해상 커버리지가 2배이상 늘어 날 것이다.

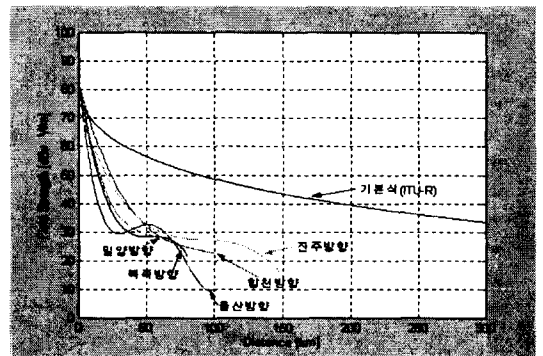


그림 6 영도 기준국으로부터 실측으로 유추한 식과 ITU-R 도표 유추식을 비교

이것을 ITU-R 유추 기본 식에 대입 역으로 유추한 바, 395 km에서 20 dB $\mu V/m$ 를 나타내었다. 따라서 울산 방향은 25%, 북쪽 방향은 22%, 밀양 방향은 17%, 합천 방향은 25%, 진주 방향은 37% 성능치를 나타내었다.

또한 울산 방향에서 밀양 방향으로서는 커버리지가 감소하고, 밀양 방향에서 진주 방향으로서는 커버리지가 증가하는 것을 볼 때, 밀양 방향의 산세가 험악함을 알 수가 있다. 그리고 영도 기준국은 바로 뒤에 태종대라는 작은 산을 등지고 있기 때문에 내륙으로 커버리지가 상당히 감소한다. 기준국에서 1 km 정도 떨어진 태종대 입구에서 전계강도가 30%가 감소하는 것을 볼 때, 그 수치는 상당히 큰 것을 알 수 있다. 거문도 기준국과 비교해 볼 때, 같은 방향이면서도 커버리지가 95 km가 증가하는 것은 50 km 정도의 바다의 영향도 있지만, 등지고 있는 태종대의 영향도 상당히 크다고 생각한다. 따

라서 태중대의 기준국을 산 정상으로 옮긴다면, 커 버리지는 약 50 km 정도 증가 할 것이다.

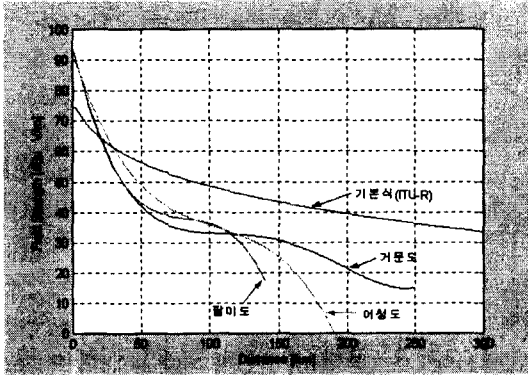


그림 7 거문도/어청도/팔미도 기준국으로부터 실 측으로 유추한 식과 ITU-R 도표 유추식 비교

그림 7은 해상 기본식과 거문도, 어청도 팔미도의 전계강도 식과의 비교 그래프이다.

거문도 기준국의 진주방향과 어청도, 팔미도 기준국은 각각 61%, 43%, 36%의 성능치를 나타내었다.

어청도 기준국이 팔미도 기준국보다 더 원거리를 전파하는 것은 어청도 보다 팔미도 근처에 놓여 있는 많은 도서의 영향일 것이다.

IV. 전파환경 분류 및 기본식 도출

전파의 전파에 있어서 중요한 것은 송·수신거리, 주파수, 전파 시기 등 많은 것이 있지만, 보다 중요한 요소는 전파환경요소이다.

전파가 어떠한 환경경로로 전파하느냐에 따라서 감쇄의 크기가 달라지고 지상파 중 직접파, 지표파, 회절파의 극심한 변화가 나타난다.

외국에서는 이런 중요성을 일찍이 인식하여 자국의 환경에 맞는 전파특성 연구를 하고 있다.

그러나 우리 나라는 아직 분류가 미흡한 상태이다. 따라서 외국의 환경분류 내용을 전 국토의 70%가 산악지역이며, 백두대간에 둘러싸인 우리

나라에 그대로 적용하기에는 문제가 있다.

따라서 본 논문에서는 셀구성을 한 지역에 한정하는 것이 아니라, 중파의 원거리 전파를 고려하여 셀을 폭넓게 선택하여 표 2와 같이 3 가지 환경으로 분류하여 기본식을 도출하였다.

표 2 우리나라 서해 및 남해안 지형의 넓은 의미의 지형 분류

분 류	구 분
1	일부의 바다와 완만한 산악지형
2	평야와 완만한 산악지형
3	험준한 산악지형

동해안에 대해서는 태백산맥으로 인하여 전파감쇄가 뚜렷하기 때문에 고려하지 않았으며, 남해안 일대와 서해안에 대하여 분류하였다.

기본식 이용에 있어서,

1 환경에는 (제한 : 170 km)

$$F = 91.89635793411446 - 1.33576890930034d + 0.01134398696287d^2 - 0.0000360198227d^3 \quad (2)$$

2 환경에는 (제한 : 240 km)

$$F = 94.43680735379576 - 1.84998380343049d + 0.02043577760813d^2 - 0.00009637924787d^3 + 0.00000015659916d^4 \quad (3)$$

3 환경에는 (제한 : 60 km)

$$F = 83.33473083182099 - 2.92952738520120d + 0.05543498343496d^2 - 0.00036902379901d^3 \quad (4)$$

이다.

V. 결 론

GPS 시스템의 정밀도를 향상 시키기 위해 만들어진 DGPS 시스템은 그 가치를 인정받았기 때문에 현재 우리나라에서 추진중인 해상용 DGPS 시스템을 정부 부처의 통합으로 내륙으로 확장할 필요성이 있다.

따라서, 본 논문은 해양용 DGPS의 육상 활용에

관한 기초 연구로써 내륙에서의 전계강도를 분석하여 아래와 같은 연구 결과를 도출하였다.

첫째, DGPS 기준국을 내륙으로 연계 할시 1 - 3 m의 양호한 정밀도는 물론, 영도 기준국은 울산 방향으로 100 km, 북쪽 방향은 85 km, 밀양 방향은 60 km, 함천방향은 100 km, 진주 방향은 145 km, 거문도 기준국은 진주 방향으로 240 km, 어청도 기준국은 170 km, 팔미도 기준국은 140 km까지 커버리지를 갖고 있음을 확인하였다.

둘째, 우리나라 지역분류에 따른 전계강도 기본식을 도출하였다.

셋째, 실측 전계강도를 이용 유추한 식과 ITU-R 도표에서 유추한 기본식과 비교함으로써 내륙으로 연계시 성능치를 확인하였다.

최초 해상용으로 구축된 DGPS 시스템은 내륙으로 연계하여 육상에서 사용가능 여부는 의심할 여지가 없다.

따라서 향후 보다 세부적인 육상에서의 감쇄크기 도출 및 전파의 전파연구를 통한 통합 위치정보 인프라 구축으로 국가망이 구축되었으면 한다.

Reference

- [1] Shigekazu Shbuya, "A Basic Atlas of Radio-wave Propagation", Chapter 0/1/2/3
- [2] 고광섭, 이회재, 정세모, "극동아시아 DGPS 기준국들의 커버리지 예측에 관한 고찰" 1999.
- [3] Jone J. Lemmon , Ronald L. Ketchum , "PERFORMANCE PARAMETER TRADEOFF ANALYSIS FOR A NATIONWIDE DIFFERENTIAL GPS SERVICE" , ITS, NTIA
- [4] David Last, Gwyn Roerts, and Dorothy Poppe, "Designing Radiobeacon Differential Satellite Navigation Systems Using The Bangor Coverage-Prediction Model".
- [5] USCG, "Broadcast standard for the USCG DGPS Navigation Service COMDTINST M16577.1", 1993. 4.