

# 300kHz대의 NDGPS 시스템 설계를 위한 해·육상경로 DGPS 전파의 전파특성 분석

김경태\* · 김민정\*\* · 정재용\*\*\* · 고광섭\*\*\*\*

\*한국해양대학교 해사수송과학부 석사과정  
\*\*한국해양대학교 제어계측공학과 박사수료  
\*\*\*한국해양대학교 시뮬레이션센터 연구원  
\*\*\*\*해군사관학교 교수

## The Analysis on radio wave propagation of DGPS on Sea & Land path for the design of 300kHz bands NDGPS

Kyung-Tae Kim\* · Min-Jung Kim\*\* · Ja-Yong Jung\*\*\* · Kwang-Soob Ko\*\*\*\*

\*Graduate School of KMU, Division of Maritime Transportation Science  
\*\*Graduate School of KMU, Division of Mechanical Information Engineering  
\*\*\*Marine Simulation Education and Training Center of KMU  
\*\*\*\*Prof. of Korea Navy Academy

**요 약** : 현 시점에서 한국은 8개의 DGPS국을 설치하여 운영 중에 있고, 앞으로 3개의 국을 추가하여 우리나라의 전 해역을 2중으로 커버할 계획으로 있다. 한국의 관련 정부기관에서는 NDGPS를 설치하여 우리나라 전 지역의 해상은 물론 육상의 전 지역에서의 자동차에서도 활용할 수 있는 방안을 추진 중에 있다. 이 연구에서는 해상 DGPS기지국을 근간으로 사용하여 NDGPS로 육상의 전역을 커버하기 위하여 추가로 필요로 하는 NDGPS 기지국을 평가하였다. 그리고, 300kHz대 주파수의 해상 및 육상에서의 전파특성을 실측하여, 이의 결과에 따른 한국에서의 NDGPS시스템에서 필요로 하는 전반적인 사항을 제시하였다.

**핵심용어** : 전계강도, 전세기위성항법장치, 디지털피에스, 엔디지털피에스, 전파항법

**Abstract** : The Ministry of Maritime Affairs and Fisheries in Korea completed the installation of 8 maritime DGPS stations and is to going install 3 additional Maritime DGPS stations for the enhancement of dual coverage in Korean coasts until Oct. 2002. Moreover, Korean government decided to provide the NDGPS service over the whole Korean inland area, which will be scheduled to complete until June. 2004. On this paper to evaluate the possibility of using maritime DGPS site as an element of NDGPS and to evaluate the required number of additional NDGPS sites, the propagation characteristics of the radio waves of 300kHz bands on sea and land path are studied. With the result of study, the conceptual design of Korean NDGPS System is proposed, which consists of 5 NDGPS sites with modified antenna and three coverage monitoring sites.

**Key words** : Field strength, DGPS, NDGPS, Radio Navigation system

## 1. 서 론

전 세계 위성측위시스템(GPS:Global Positioning System)은 지구상의 거의 모든 국가가 사용하고있으며, 사실상 미국의 주 도하에 놓여있다.

유럽에서는 독자적인 항법시스템인 갈릴레오(Galileo:유럽이

중심이 되어 개발중인 비 군사용 위성항법시스템으로 GNSS2 라고도 부른다)를 구축할 것을 결정하고 2008년까지는 서비스를 시작할 계획이나 아직 실제 작동까지는 많은 난관이 남아 있다.

러시아의 GLONASS(Global Navigation Satellite System) 역시 정상작동을 하려면 약 10년의 기간이 필요한 실정이다.

또한 위성측위시스템에 대한 Integrity를 높이고 위치정밀도를 높이기 위하여 위치보정방법을 이용하고 있는데 이 역시 GPS가 앞서가고 있다.

데이터 통신을 위한 방법으로는 인터넷, VHF, FM, AM,

\* 종신회원, kkt10579@hanmail.net, (051)410-4232  
\*\* 종신회원, violet313@hanmail.net, 019-525-5405  
\*\*\* 정회원, capt-jyiong@hanmail.net, 051)410-4766  
\*\*\*\* 종신회원, ksko@navy.ac.kr, (055)549-1131

Inmarsat, RBN(Radio Beacon), LORAN-C 등이 있는데, 일본의 순수한 상업적 차원의 FM-DARC(Data Radio Channel:87-108.0 MHz)방송식과 정부차원으로 미국(해안경비대)의 중파 MSK (Minimum Shift Keying)방식(285-320kHz) 또는 유럽의 (해상청 또는 수로국) LORAN의 변형(100kHz)인 유로픽스(Eurofix) 방식이 있으며, 전세계적으로는 현재 우리나라와 같이 RBN/DGPS가 주류를 이루고 있으며, 또한 NDGPS를 계획하고 있다.

미국은 GPS에 대한 백업으로 LORAN과 기타 항공용으로는 관성항법과 VOR(VHF Omni Direction Range)등을 검토하고 있으나 기본적인 인프라로서 LORAN이 유력시되고 있다.

한편 유럽에서는 유로픽스를 운용중이며, 역시 근본이 되는 시스템은 LORAN 시스템이다. 이러한 백업시스템의 특징은 모두 지상항법을 결합할 수 있다는 것으로 이는 국제전파항로표지의 동향이기도 하다.

해양수산부에서 위성항법에 대한 백업시스템으로 유로픽스에 대한 비공식 조사로서 Loran-C 전파의 내륙지방 침투능력을 금년 9월에 측정하여 2001년 FERN(S Far East Radio Navigation Service)회의에서 발표하였는데, 측정구역인 남한지역 전역을 커버하는 것으로 나타났다.[4]

현재 우리나라는 8개의 해상용 DGPS를 1차적으로 완성하였으며, 3개의 해상용 DGPS국의 추가 구축 및 보완에 주력하고 있다. 그리고 2004년까지 NDGPS 서비스를 목표로 그 기본설계에 들어가 있으며, 역시 백업용으로 Loran-C를 이용한 지상항법겸용방식인 유로픽스도 고려중이다.

본 연구는 300kHz 대의 NDGPS 시스템 설계를 위해 해상용 DGPS의 해상 및 육상경로DGPS 전파의 전파특성분석을 분석하였으며, 특히 기준국 별 전계강도 커버리지를 통해 NDGPS 구축에 대한 기초자료를 도출하였다.

## 2. NDGPS의 개요

### 2.1 NDGPS의 정의와 목표

NDGPS(Nationwide Differential Global Positioning System)란 기존의 해양용 DGPS와 같은 주파수대의 DGPS 서비스를 전국에 걸쳐 제공하는 방식이며, 이러한 시도는 미국이 그 발상의 선구이며, 노르웨이(3개의 AM 송신국의 부 주파수에 있어서 DGPS신호를 송신하고 있으며, Kvitsøy:1314kHz, 2×600kW, Vigra:630kHz, 100kW, røst:670kHz, 20kW 등), NELS(Eurofix의 통신방식으로 거의 북유럽 전체에 DGPS 서비스를 제공), 일본(일본 아마츄어 통신위성인 JAMSAT을 통하여 일본전역에 DGPS 신호송신) 등에서 유사한 서비스를 하고있으나, 국가차원의 서비스로 NDGPS라 부르고 있는 것은 미국뿐이다.

미국은 공법(Public Law 105-66)의 346조에 의하여 운수성(DOT : Department of Transportation)의 주관 하에 DGPS시스템을 설계, 설치, 운영하도록 규정되어 있으며, 산하의 USCG

(US Coast Guard) 주관 하에 1999. 3. 15을 기하여 해상용 DGPS(연안 항만입구 및 미시시피강)의 전면운용(FOC)을 선언하였고, 내륙용 DGPS(NDGPS)망은 2002.12.31 완성을 목표로 한 제1단계사업(이용률 99.97%, 위치정밀도 1~3m, 이용범위 미대륙(CONUS)과 알래스카)을 진행중이며, 2003.12.31로 예정된 제2단계 계획에서는 이용범위의 2중화로 이용률 Five-Nine(99.999%)을 목표로 하고있다.

이 사업의 원활한 수행을 위하여 미공군(USAF:US Air Force), 미육군기술국(USACE:U.S. Army Corps of Engineering), 미국 해양대기행정국(NOAA:National Oceanic and Atmospheric Administration), 연방철도국(F.R.A:Federal Railroad Administration), 연방도로국(FHWA:Federal Highway Administration), 미국연안경비대(USCG), 교통부 비서국(OST:Office of Secretary of Transportation)간에 1998년 11월 6일에 합의 각서(MOA:Memorandum of Agreement)가 작성되었으며, 그 중요한 내용은 미국전역에 산재한 53개소의 USAF 지상 비상통신망(GWEN:Ground Wave Emergency Network) 기지의 부지와 설비를 영구적 또는 일시적으로 운수성에 관리 이관하는 일과 방송표준인 USCG 사령관지침서 M.16577.1을 승인한 것과 각 기관의 역할분담을 명시한 일 등이다.[5]

제 1단계 계획에서는 65~75개의 기준국의 신설을 필요로 할 것으로 전망하고, 제 2단계 계획완성까지는 125~135개의 기준국을 요할 것으로 전망된다.

### 2.2 한국의 NDGPS 계획

한국정부는 2004년 말까지 NDGPS 서비스를 제공하기로 결정하고 기본 설계에 들어가 있다. 설계목표는 500Hz 대역, RTCM SC 104(Radio Technical Commission for Maritime Service Special Commission-104) 포맷의 신호, 전계강도 40dB 이상을 목표로 한국내륙지방에 서비스하는 것이다. 모든 RSIM(Reference Station and Integrity Monitor)국과 Coverage 모니터 국은 무인이며, 대전에 위치한 해양수산부 위성항법센터에 의해 모니터링 및 컨트롤을 한다. 위치 정확도 목표는 1-3m이며, 이용률 목표치는 99.7%로 잡고있다.

## 3. DGPS 전파전파의 모델링

### 3.1 DGPS 전파의 전계강도 고려사항

특정지점에서 특정 송신국의 신호를 수신하기 위해서는 그 지점에 있어서의 S/N비(신호대 잡음비, 그 지점에 있어서의 송신국 신호의 세기와 그 지점의 잡음신호의 비)가 당해 신호수신기가 신호를 재생할 수 있는 S/N 비보다 높아야 한다.

ITU-R 823에 의하면 DGPS 수신기를 설계할 때의 요건은 수신기의 대역폭 500Hz의 범위에서 S/N 비 7dB 이상으로, 1000비트당 1비트 이내의 오차율로 신호의 재생이 가능하여야 하는 것으로 규정되어 있고, COMDINST M 16577.1에 의하면

유효범위 내에서의 최소전계강도는 100bps 신호송출의 경우  $75 \mu\text{V/m}$ (37.5dB over  $\mu\text{V/m}$ )이상, 200bps 신호송출의 경우  $100 \mu\text{V/m}$ (40.0dB  $\mu\text{V/m}$ ) 이상일 것을 요구하고 있으며,[3] 본 연구에 사용한 DGPS 수신기 사양에는 신호레벨이  $10 \mu\text{V/m}$ (20dB) 이상으로 되어있다.[1]

따라서 위 두 기준을 만족하고 우리나라 해양용 DGPS의 기본설계 요구사항인 200bps 기준으로 40.0dB(over  $\mu\text{V/m}$ )이상을 만족하는 것을 측정의 기준으로 설정하였다.

3.2 거리변화에 따른 전계강도 예측

300kHz대의 전계강도 감쇄에 대한 명확한 식이 없어 ITU-R 435-6에 도시된 그림 4의 지표파 감쇄곡선을 이용하여 최소 자승법으로 다음과 같은 식(4)와 (5)를 도출하여 사용하였는데 그림 5에 보인 바와 같이 계산결과가 도표와 상당히 일치하였다. 최소자승법은 관련된 오차가 주어진 값( $Y_i$ )과 근사식 상의 값( $y_i$ )의 차를 제공해서 모두 합한 값을 최소로 할때, 최선의 근사식을 유도해내는 것으로,

근사식을 다음과 같은 식으로 가정하면,

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n \quad (1)$$

오차는,

$$e_i = Y_i - y_i = Y_i - a_0 - a_1x_i - a_2x_i^2 - \dots - a_nx_i^n \quad (2)$$

제곱의 합은,

$$S = \sum_{i=1}^N e_i^2 = \sum_{i=1}^N (Y_i - a_0 - a_1x_i - a_2x_i^2 - \dots - a_nx_i^n)^2 \quad (3)$$

최소점에서 모든 편도함수  $\frac{\partial S}{\partial a_0}, \frac{\partial S}{\partial a_1}, \dots, \frac{\partial S}{\partial a_n}$  은 0 이 된다.

이 때 식은 n+1개가 된다. 이를 행렬로 표시하여 연립방정식을 풀면 선형근사함수식을 예측할 수 있다.

본 논문에서는 2차, 3차, 4차 함수로 유추하여 보다 정확한 그래프를 각 기준국의 실험식으로 하였으며, 그림 2의 기본식은 2차함수만으로 충분하였다.

$$F_s(\text{해상경로}) = 94.50153 + 0.9682 \times \log d - 1.4314 \times (\log d)^2 + 10 \log_{10} \left( \frac{P_r}{1000} \right) \quad (4)$$

$$F_L(\text{육상경로}) = 106.7346 - 8.2880 \times \log d - 1.3087 \times (\log d)^2 + 10 \log_{10} \left( \frac{P_r}{1000} \right) \quad (5)$$

$F$  는  $1 \mu\text{V/m}$ 에 대한 데시벨

$P_r$  는 복사출력(W)

$d$  는 킬로미터 단위의 송신국으로부터 거리

복사출력( $P_r$ )은 송신기출력과 안테나의 효율에 달려있다.

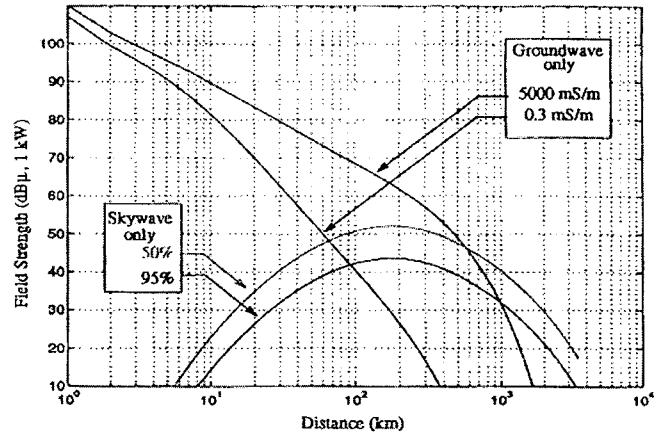


Fig. 1 Groundwave and skywave field strength variations with range

기본식 (4)와 (5)의 값을 ITU-R 435-6 도표값과 비교하여 그림 2에 도시하였다.

기본식(4)의 가장 큰 오차범위가 3dB  $\mu\text{V/m}$  였고, 기본식(5)의 경우 거의 일치하였는데, 이는 육상경로 전파의 전파감쇄의 정도가 커서 2차 함수를 기본으로 하는 실험식의 굴곡과 유사하기 때문이라 판단된다.

3.3 복사출력

300kHz의 DGPS(Radio Beacon)송신전파의 전파는 지표파의 형태로 전달되며, 지표파의 감쇄는 대지도전율에 크게 좌우된다.

대지도전율과 지구의 굴곡까지를 감안한 지표파 감쇄도[8]에 의하면, 300kHz 1kW 복사출력의 경우 송신국에서 100해리(115 마일)지점에서는 약  $1.4\text{mV/m}$ (62.9dB)가 얻어지며, 약 22.9dB의 여유가 생기며, 설계마진 2.9dB를 두면 실제로 필요한 복사전력은 약 10W로 예상할 수 있다.

그리고 우리나라 송신안테나의 복사효율은 약 5%이상을 목

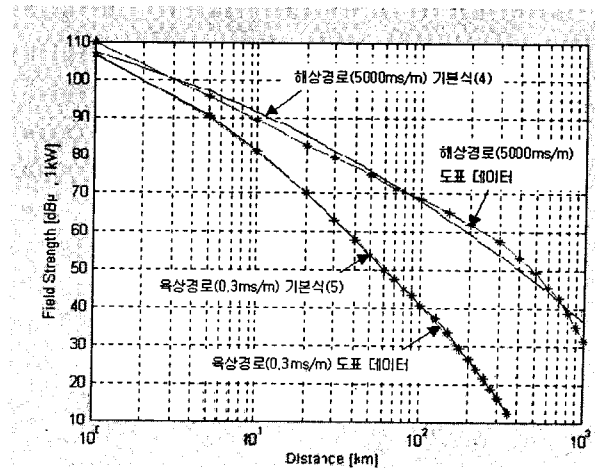


Fig. 2. The verification of calculated data

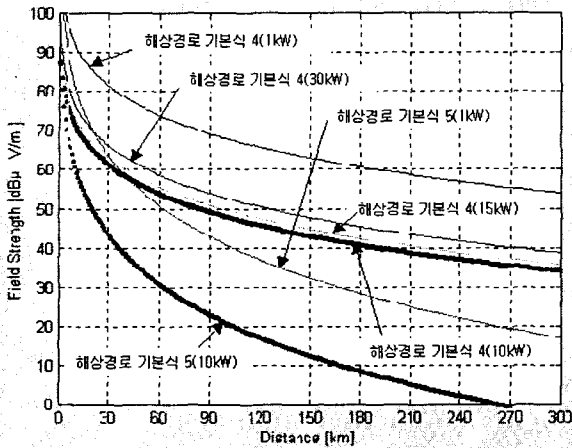


Fig. 3 The comparison of field strength with various radiation powers

표로 설계하였으며, 300W 송신출력을 감안할 때 약 15W 정도로 추정할 수 있다.[7]

그림 3은 해·육상 기본식(4),(5)에 각각의 복사출력값을 대입한 결과를 비교한 그림이다.

### 4. 전계강도 측정결과 및 분석

#### 4.1. 측정시스템 구성 및 측정방법

##### 4.1.1 해상경로

DGPS 전파의 육상경로 측정을 위해 각 정확한 측정자료에 따른 분석이 필요하였다. 해상에서 실제 원하는 대로 측정하기가 개인에게는 쉬운 일이 아니지만 다행히 2000년도에 건조된 해양수산부 조사선 한빛호를 이용하여 측정할 기회를 가지게 되었다.

##### 4.1.2 육상경로

한국내륙 지역에서의 DGPS 전계강도 측정을 위해 Trimble사의 NT300D 수신기와 노트북 컴퓨터를 차량에 설치하여 전국에 걸쳐 도로를 따라 측정을 하였다.

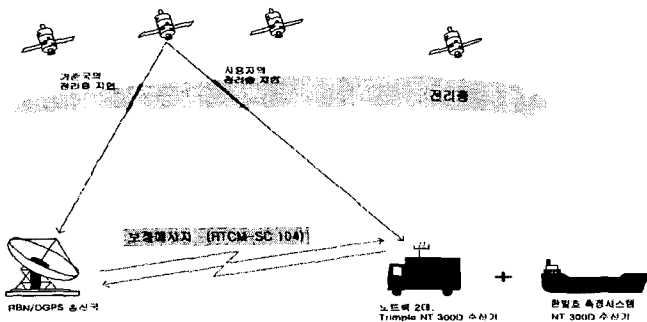


Fig. 4 Realtime DGPS field strength measurements system

모델링에는 Matlab을 이용하였고, Contour 프로그램은 (주) IESTEK의 도움을 받아 작성하였다.

기본 알고리즘은 해양수산부 조사선 한빛호의 전파측정 시스템과 비슷하며, 실시간 저장되는 데이터는 측정된 dB값을  $\mu$  V/m로 환산한 평균값을 다시 dB로 환산하였으므로 단순히 dB를 평균한 값보다 정확하였다.

#### 4.2 해상경로 전계강도 측정결과 분석

그림 5는 해상경로 기본실험식 (4)와 영도, 거문도, 주문진, 장기곶, 울릉도 마라도 기준국의 실측치에 대한 모델링 결과로 전계강도  $40\text{dB}\mu\text{V/m}$  기준으로 영도 기준국 112km, 거문도 기준국 165km, 주문진 기준국 125km, 장기곶 기준국 208km, 마라도 기준국 140km 였으며, 울릉도 기준국은 300km 이상이었다.

울릉도 기준국은 설계 성능보다 높게, 영도, 마라도, 주문진 기준국은 낮게 나왔으며, 장기곶 및 거문도 기준국은 근사치에 설계치( $40\text{dB}\mu\text{V/m}$ 에서 180km)와 매우 유사한 감쇠율을 보이고 있다.

이는 어느 정도 예상했던 결과로서 영도와 마라도 기준국은 휘프형 안테나로 높이가 30m 및 22.9m(나머지 기준국은 45m)이며, 특히 영도기준국은 지대가 낮고 내륙방향으로 높은산이 가로막고 있다. 주문진 기준국은 지선식 철탑안테나로 장소 협소로 인해 어스 래디얼(Earth Radial)이 짧게 설치되어 있어 설계성능에 미치지 못하고 있다.

복사효율에 있어서는 한국의 해양용 DGPS국의 송신기 출력은 300W로 발표되어 있으나, 안테나 효율을 감안한 복사출력은 언급된 바 없으며, 설계목표치로서 효율 5% 이상으로 설정하고 해상경로의 이용범위를 국으로부터 100NM로 설정하여 설계되었다는 언급이 있을 뿐이다.

해상경로 실측결과를 해상경로 기본식(4)에 복사효율을 대입하여 근사치를 구한 결과 그림 6에서 보듯이 장기곶 기준국이 16W로 기본설계 예상 효율 5%에 가장 근접하였으며, 거문도

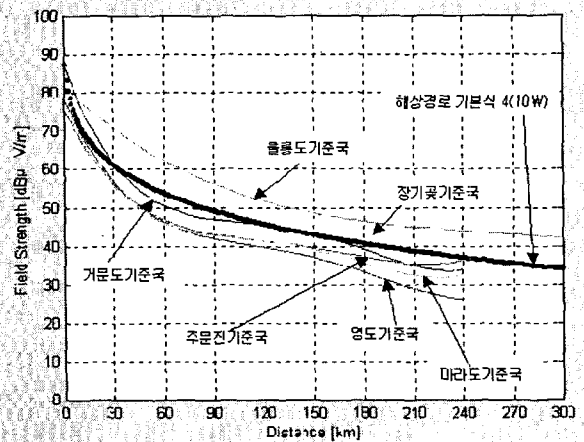


Fig. 5 The comparison of field strength of propagation path on sea by DGPS reference station

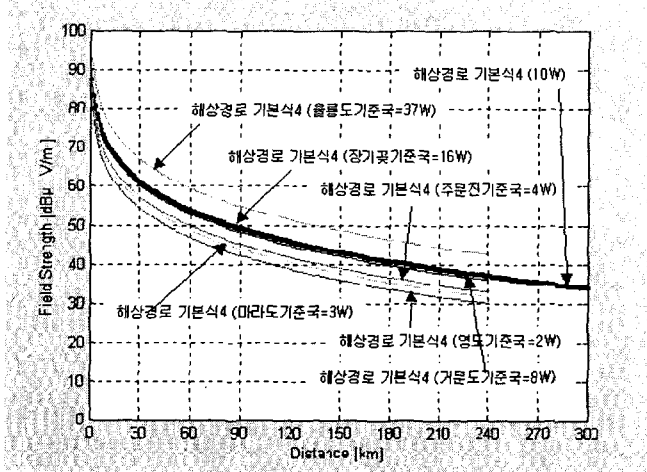


Fig. 6 The estimation of radiation powers by field strength(sea path)

기준국은 8W로 지표파 감쇠도에 따른 예상 복사출력 10W에 가장 근접하였다.

따라서 우리나라 해양용 DGPS 기준국은 장기곶 및 거문도 기준국을 기준으로 볼 수 있다.

#### 4.3 육상경로 전계강도 측정결과 분석

그림 7은 영도 기준국을 중심으로 육상경로 방향별 전계강도를 비교한 것으로 진주/순천방향은 약 50km였으며, 울산/경주방향, 밀양/합천방향은 40km에도 미치지 못하였는데, 이는 영도 기준국의 위치상의 문제점과 안테나의 성능 때문으로 판단된다.

진주/순천 방향의 남해안 산악지대 역시 타 방향과 마찬가지로 산세가 험하나 다소 긴 커버리지를 보이는 것은 방향성으로 보아 영도 기준국 위치의 영향이 작고, 해상경로(태종대에서 진해방면)를 조금이나마 경유하기 때문인 것으로 판단된다. 이 결과에서 기준국 근처 높은 산악지형의 영향이 치명적임을 설명

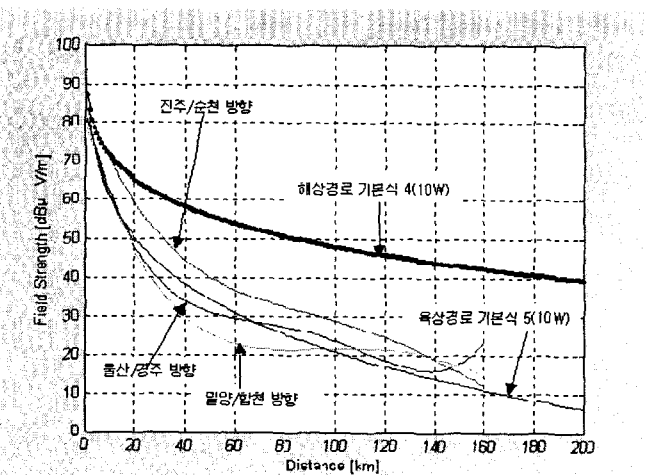


Fig. 7 The comparison of field strength of propagation path on land from Yong Do reference station(by direction)

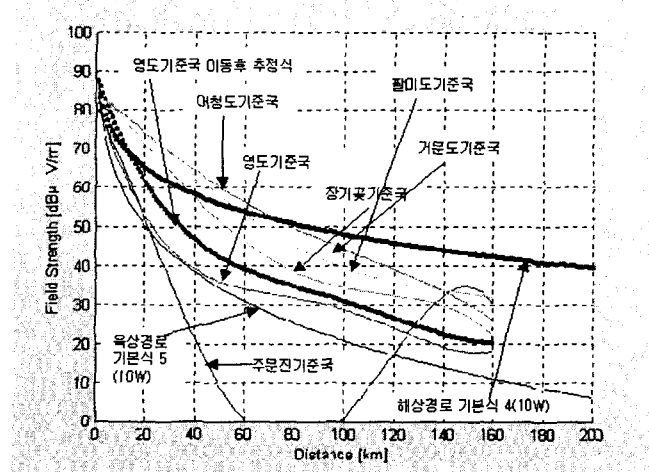


Fig. 8 The comparison of field strength of propagation path on land by DGPS reference stations

해주며, 주문진 기준국도 이와 유사한 결과를 나타내고 있다.

그림 8은 해·육상 기본식 (4) 와 (5), 영도, 주문진, 장기곶, 거문도, 어청도, 및 팔미도의 전계강도를 비교한 그래프이다.

기준국이 해상에 설치되어있는 거문도, 어청도 및 팔미도의 전계강도는 육상경로 기본식의 약 220~250% 성능인 90~110km의 커버리지를 보이며, 영도 및 주문진기준국의 전계강도는 약90~100%로 30~50km, 장기곶 기준국은 두 부류의 중간 값인 약 160~200%로 70~80km의 결과가 나왔다.

거문도, 어청도 및 팔미도 기준국은 해상경로를 거치며, 장기곶 기준국 역시 일부 해상경로를 거치며 주위에 높은 산이 없으므로 내륙지방 기준국과는 환경이 다르다.

그리고 주문진 기준국은 Earth Radial이 제대로 설치되지 못했고, 영도 기준국은 안테나 길이가 다른 DGPS국 보다 짧아 성능 면에서 문제가 있어 내륙기준국에 직접 활용하기에는 문제가 있다.

따라서 내륙기준국 이용범위는 기존의 해상용 DGPS측정결과로는 정확한 예측이 어렵다.

그러나 영도 기준국을 입지조건이 보다 유리한 곳으로 옮기고, 기본 설계성능을 유지 할 때 가장 유사한 결과가 도출 될 것으로 판단되며, 그 결과는 장기곶 기준국(70~80km)보다는 커버리지가 다소 짧고, 영도 기준국(30~50km) 보다는 다소 확장된 커버리지를 보일 것이다. 그리고 예측할 수 있는 커버리지는 장기곶 기준국 과 영도 기준국 해상경로 전계강도 비교결과 (장기곶:208km, 영도:120km)와 장기곶 기준국의 육상경로 커버리지 75km를 감안하면 약 50~60km(기본식의 약 130~150%) 정도로 기대할 수 있다. 영도 기준국 이동 후 전계강도 커버리지(50~60km) 추정식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 F = & 89.45609945610408 - 1.81856708106832d \\
 & + 0.02466686091690d^2 - 0.00016237697488d^3 \\
 & + 0.00000038971445d^4
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

### 5. 한국 NDGPS시스템 구성의 제안

#### 5.1 NDGPS 기준국의 송신안테나

한국의 해상용 DGPS 송신국 설계에서는 45m의 철탑모노폴 안테나를 기준으로 하였고, 용량증가를 위하여 철탑 스테이(stay:지지색)중에서 최상단부 약 30%를 톱로드(Top Load)로 사용하는 방법( $h'/h=0.3, n=4$ )을 채택하여 300W의 송신기 출력을 입력하여 15W의 복사출력을 발사할 것을 목표로 하였다(복사효율 5%). 그 결과 해상경로의 경우 거의 100해리의 이용범위를 얻었지만, 내륙지방은 전파감쇠가 심하여 이용범위가 40km(태백산맥 북부)에서 78km(태백산맥 남부)로 줄어들어서 내륙을 커버하기 위해서는 9개의 기준국 및 송신국이 필요하다는 결론이 나온다.

그러나 이것은 비용 대 효과 면에서 거의 실현 불가능하다. 따라서 안테나의 복사효율을 증가시키는 방법이 이용범위나 비용면에서 효율적이다. 안테나의 복사효율을 증가시키는 방안으로 모노폴 안테나의 높이가 90m이고, 톱로드수  $n=6$ , 톱로드의 경사  $33.7^\circ$ ( $h/\rho=1.5$ ), 톱로드의 능동소자의 길이 35%( $h'/h=0.35$ )인 그림 31의 안테나를 사용할 경우, 복사효율 74~69.7%, 즉 복사효율을 현재의 5%에 비하여 14~15배 증가시키므로 내륙지역 NDGPS국을 5-6개소로 줄일 수 있다.(그림 9 참조)

#### 5.2 NDGPS를 위한 내륙국(기준국 및 송신국)과 감시국

기존의 해양용 DGPS(MDGPS국)의 이용범위에 들지 않는 내륙지방에 NDGPS 서비스를 하기 위하여 그림 33에 보인 바와 같이 5개소의 새로운 NDGPS국을 설치할 경우, 이들 기준국의 이용범위 감시를 위하여 3개소의 이용범위감시국 시설이 필요할 것이다.

NDGPS를 위한 내륙국(기준국 및 송신국)은 송신기 출력 300W, 송신안테나는 90m급 6분 래디얼의 모노폴안테나에 100m 30분 래디얼 어스를 설치하여 복사효율 74%를 확보하여야 한다.(안테나 복사효율 74%로 하였을 때 기준국 이용범위는 기준국 1~4는 90km, 기준국 5는 100km로 간주)

각 기준국의 블록선도는 현존하는 MDGPS국과 같은 구성이며, 보정송신국의 송신안테나를 제외한 모든 구성은 이중화(ON-DUTY 및 STAND-BY)하여 이용율 99.8%를 유지하며, 원격감시제어국은 현존하는 대전의 해양수산부 위성항법 중앙사무소가 담당하고 통신망은 한국통신의 전용선을 이용한다.

이용범위감시국에는 DGPS 신호강도와 신호 대 잡음비를 측정할 수 있는 GPS 수신기와 이 데이터를 통신선에 연결할 수 있는 MODEM 및 이를 지원하는 통신회선과 전원이 필요할 뿐이므로, 이러한 설비를 소형컨테이너에 수용하고, 가능하면 먼 사무소, 동사무소 또는 지서의 옥상을 임차하여 설치하는 것이 바람직하고, 무인으로 운영되며, 대전에 소재 한 위성항법 중앙

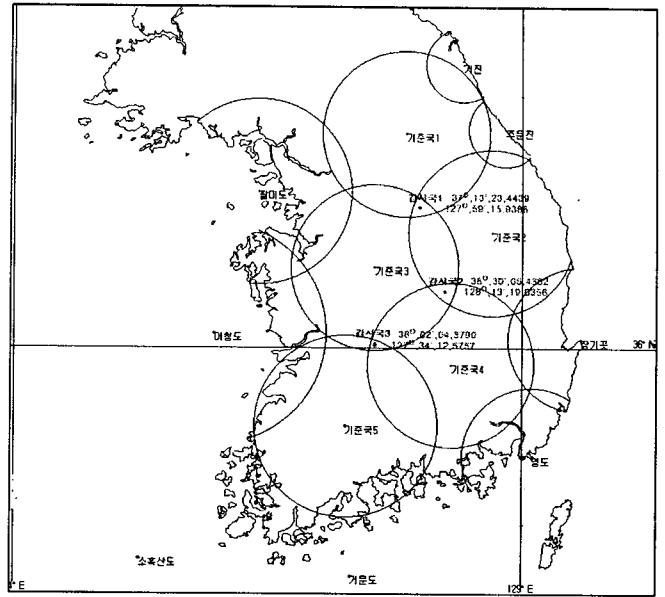


Fig. 9 Inland reference station and integrity monitor station position for NDGPS

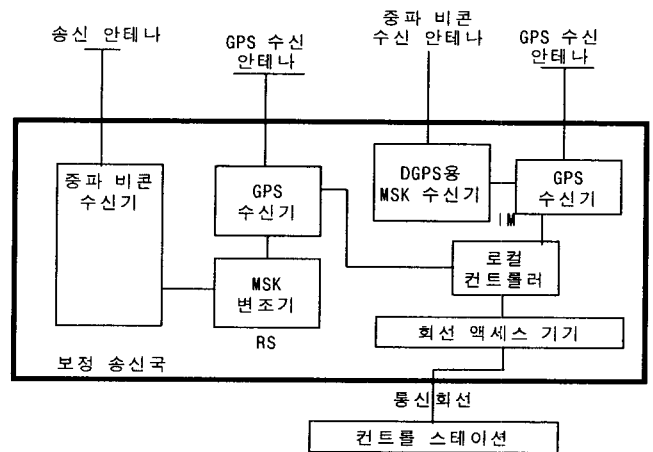


Fig. 10 NDGPS reference station and integrity monitor(RSIM) diagram

사무소에서 원격 운영하도록 한다.

### 6. 결론

DGNSS는 항법시스템의 핵심 서비스로써 또 효율적인 수단으로써 앞으로 10년 이상 존속할 것이다. 따라서 NDGPS 서비스의 추진은 매우 고무적이다.

또한 "위성항법방식(GNSS)과 이를 보완하는 DGNSS 개발에서 지상 전파항법 방식과 위성항법 방식의 결합"은 필연적이며, 위성항법과 지상항법을 함께 사용한다는 것은 이용률과 고장경보기능을 향상시키고 유사시(위성시스템 사용 불가시) 우

리나라의 안보와 사용자의 안전을 지켜줄 것이다.

이러한 항법시스템의 첫걸음으로써 우리나라의 NDGPS 시스템의 구축은 중요하며, 지상항법 겸용이 가능한 유로픽스가 그 다음 단계가 될 것이다.

본 연구는 우리나라 해양수산부에서 추진중인 NDGPS 서비스를 위한 연구로써 DGPS 전파의 해상 및 육상경로 전파의 전파특성을 분석하였으며, 아래와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

첫째, 해양용 DGPS 전파 측정결과 해상경로는 전계강도  $40\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$  기준으로 영도 기준국 112km, 거문도 기준국 165km, 주문진 기준국 125km, 장기곶 기준국 228km, 마라도 기준국 140km 였으며, 울릉도 기준국은 300km 이상이였으며, 육상경로는 전계강도  $40\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$  기준으로 영도 기준국 40km, 거문도 기준국 112km, 주문진 기준국 35km, 장기곶 기준국 80km, 어청도 기준국 118km 였으며, 팔미도 기준국은 120km의 커버리지를 갖고 있음을 확인하였으며, 이를 토대로 각 기준국의 기본 실험식을 모델링을 통해 도출하였다.

둘째, 해양용 DGPS 전파의 해상경로 전계강도 커버리지 측정결과로부터 DGPS국들의 복사효율을 추정할 수 있었으며, 장기곶 기준국(16W) 및 거문도 기준국(8W)이 기본 설계성능과 가장 유사한 결과를 나타내었다.

셋째, NDGPS 설계시 내륙기준국 이용범위는 장기곶 기준국 보다는 커버리지가 다소 짧고 영도 기준국 보다는 다소 확장된 커버리지로 약 50~60km로 추정할 수 있었다.

넷째, 우리나라 내륙지방의 지형을 고려한 결과 산맥으로 둘러싸여 있는 지형은 30~40km, 일반 산악지형은 50~60km, 평야 및 낮은 산악지형은 70~80km였으며, 이를 토대로 하여 NDGPS의 설계시 9개의 NDGPS 기준국이 필요하나, 비용 대 효과 면을 고려해 볼 때 기존 해양용 DGPS국(영도 및 어청도)의 개량, 계획중인 3개의 해양용 DGPS국의 완성 및 약 74%의 복사효율을 기대할 수 있는 안테나를 사용하면 5개의 NDGPS

기준국으로 가능함을 확인하였다.

실측에서 Trimble사의 NT300D 수신기는 전계강도 20dB에서도 위치는 단절 없이 표시되어 실제 사용자에게는 훨씬 안정된 서비스 제공이 가능할 것이다. 반면 산맥으로 완전히 둘러싸인 분지의 경우와 건물에 의한 차폐효과는 상당히 심하게 나타나는 것으로 확인(대관령 및 한계령부근은 거의 전파가 도달하지 않음)되었다. 이 분야에 대한 연구는 계속되어야 하며, 영도 기준국 개선 후의 전계강도 및 NDGPS 설치 후 보다 정확한 측정이 병행되어야 할 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] 고광섭, 이희제, 정세모, "극동아시아 DGPS 기준국들의 커버리지 예측에 관한 고찰" 1999
- [2] 고광섭, 최창목, "한국 내륙에서의 해양용 DGPS 유효범위 및 전계강도 분석" 2001
- [3] Navigation Vol.43.No.4 Last.et.al : Coverage Prediction Model(by ION UK) p.455
- [4] The Tenth Session of Far East Radionavigation Service, September 2001, Chapter CS10/5
- [5] 1999 "FRP" 3.3.4.1~2
- [6] USCG, "Broadcast standard for the USCG DGPS Navigation Service COMDTINST M16577.1", 1993. 4
- [7] 정세모 외, "DGPS 설치를 위한 조사연구 기본 및 실시설계 보고서", 해양수산부, 1997
- [8] F. E. Terman "Electronic and Radio Communication Engineering" Mc-Graw Hill, pp.807) 1955

원고접수일 : 2001년 10월 30일

원고채택일 : 2002년 03월 18일