

라디오 비이콘형 NDGPS 위성측위 보정시스템 구축을 위한 기초 연구

고광섭^{*} · 최창목^{**} · 정세모^{***} · 김종철^{****}

^{*} 해군사관학교 · ^{**} 해군 · ^{***} 한국해양대학교 · ^{****} 항공우주연구소

A Bastic Study on Implementation of NDGPS System Based on RBN/DGPS

Ko, Kwang Soob^{*} · Choi, Chang Mook^{**} · Chung, Se Mo^{***}

^{*} ROK Naval Academy · ^{**} Navy · ^{***} Korea Maritime University

^{****} Korea Aerospace Research Institute

요 약

DGPS는 미 군사용 신호를 이용한 정밀도 수준을 제공할 수 있는 위성항법 시스템으로써 30여개 국가에서 해양용 국가망 위주로 구축되고 있다. 특히 미국은 해양용 DGPS 국가망을 내륙으로 확장한 NDGPS(Nationwide DGPS)체계 구축을 2002년까지 완성할 예정이다. 우리나라도 해양용 국가망을 운영하여 해양활동을 하는 사용자에게 3차원 고정밀 위치정보를 제공하고 있다. 근래에 우리나라 연안에 구축 되어 사용중인 해양용 라디오비이콘형 DGPS망을 육상으로 연계한 서비스범위 확대방안이 논의되고 있다. 본 연구는 NDGPS에 대한 기초연구로서 운용중인 DGPS 기준국신호를 모델로 하여 해상 전파 설계치 대비 거리 및 지형변화에 따른 전계강도 변화를 분석 하였다.

1. 서 론

GPS는 육·해·공 어느 곳에서나 민·관·군 모든 사용자에게 3차원 고정밀 실시간 위치정보는 물론 이동속도 및 정확한 시간을 동시에 제공할 수 있는 특성 때문에 밀레니엄 시대의 많은 분야에서 정보화, 자동화 및 위치정보 데이터 베이스 구축에 선도적 역할을 하고 있다. 유럽을 비롯한 선진국에서 지속적으로 GPS관리의 다국적화 및 SA정책(위성신호에 고의적인 오차정보를 실어 정밀도를 떨어뜨리게 하는 정책) 중지를 미국 측에 요구해 온 바 있다. 그동안 끊임없이 논란이 되어왔던 SA정책을 2000년 5월 1일 자정을 기하여 미국이 전격 중단함으로써 단독 측위 GPS 수신기 정밀도를 향상시켰으나 아직 군사용 P코드 수준에는 못 미치고 있다.

한편, 러시아의 위성항법체계 GLONASS는 설계상 정밀도 측면에서 GPS와 비슷하지만, 러시아의 경제여건 때문에 초래되는 관리상의 문제로 여전히 신뢰도가 떨어지고 있으며, GPS에 대한 견제책으로 유럽연합을 중심으로 새로운 위성항법체계(GALILILEO시스템)가 2008년경 구축될 전망이나 정밀도는 SA가 없는 현재의 GPS 수신기 수준

으로 예상된다.

그 외 일본이나 중국의 경우 미국주도로 운영되고 있는 위성항법 체계에 대한 의구심을 갖고 있으며, 일부 전문가나 정책관리들 가운데는 독자적인 위성항법체계 구축이 필요하다고 문제제기를 하고있으나 막대한 예산 및 관리능력 등의 이유로 아직까지 구체화되고 있지는 못한 현실이다. 더불어 불과 수년 전보다 위성항법 체계의 현저한 향상에도 불구하고, 다양한 분야에서 보다 정밀하고 NETWORK화된 통합형태의 위성항법 정보서비스 체계가 요구되고있는바 육해공 통합망 성격의 NDGPS(Nationwide DGPS)에 대한 관심이 최근 고조되고 있다[1].

본 연구는 표준화, NETWORK화 및 범용화 측면에서 전세계적으로 선도적 역할을 하고있는 해양용 라디오 비이콘형 DGPS 시스템(Marine Radio-beacon DGPS)을 육상으로 확장하여 NDGPS 시스템 구축에 대한 기초연구로서 우리나라에서 운영 중인 해양용 RBN/DGPS 기준국 한 개를 선정하여 DGPS 신호의 해상 대비 육상 유효범위와 전계강도 분석을 중심으로 시도되었다. 연구결과는 향후 RBN/DGPS시스템을 연계한 국내의

NDGPS 구축시 유효 서비스 예측, 전파 사각지역 예측 및 기준국 선정 등에 보탬이 될 것으로 판단된다.

II. RBN/DGPS 와 NDGPS

2.1 RBN/DGPS 체계

DGPS는 이미 정확히 알고 있는 기준국 위치 정보와 위성으로부터 전달되어온 정보를 상호 비교하여 그 결과(결정오차/보정치)를 동일 위성으로부터 정보를 받는 사용자에게 RBN 통신망을 통해 전달함으로써 사용자가 기준국에서 파악된 오차만큼 보정할 수 있도록 하여 사용자가 정확한 위치정보를 제공받도록 하는 시스템이다. 주요 RBN/DGPS 체계의 구성 요소는 GPS 위성 사용자, 정확한 RBN/DGPS 기준국, 조정국, RBN 등이다. 위치 파악을 위한 위성 총족 수는 4개로 이루어져 있으며, 각 위성에서는 지속적으로 위성 정보를 기준국 및 사용자, 조정국 등으로 정보를 제공하고 있다. 그러나, GPS 위성 정보는 시스템 오차를 비롯 다양한 오차를 내포하고 있다. 이 결과오차/보정치는 MSK(Minimum Shifting Keying) 기술에 의해 변조되고 RTCM(Radio Technical Commission for Maritime) 표준형으로 방송, 전파된다. 조정국은 결과오차/보정치의 전송상황을 감시하거나 DGPS 구성요소를 중앙 제어하는 전반적인 DGPS 체계를 감시하게 된다. RBN은 방송시설로써 위성으로부터 수신된 정보와 기준국간의 위치정보 오차량을 사용자에게 보낼 수 있는 시설로 안테나를 포함한다.

사용자는 위성으로부터 직접 받은 GPS 위성정보와 RBN에 의해 수신된 DGPS 정보(결과오차/보정치)를 사용자가 보유하고 있는 수신장비를 이용, 데이터 처리를 하여 정확한 사용자 위치 파악과 각종 정보를 제공받게 된다.

2.2 RTCM 표준화

GPS 수신기에서 받아들여지는 각종 정보는 특정한 형식을 가지고 받아들일 필요가 있다. 이에 따라 두가지 분류의 Format이 이용되고 있다. 종류에 따라 양호한 GPS 수신기는 실시간 데이터 입력이 되도록 되어 있지만, 이미 위치정보를 내장하고 있는 수신기의 경우, 즉 후처리 보정 데이터를 가지고 운영되는 수신기의 경우에는 정보 교환 Format이 RINEX(Receiver Independent Exchange)이며, 실시간 데이터를 이용하는 경우는 RTCM SC-104(Radio Technical Commission for Maritime Special Committee 104, 최신 version 2.2)로 RTCM SC-104 Format 혹은 RTCM이라고도 한다. 이 RTCM SC-104는 현재 운용 중인 수정정보 전송 뿐만 아니라 RTCA-

WAAS(Radio Technical Commission for Aviation-Wide Area Augmentation System)과 RTCA-LADGPS (RTCA-Local Area Differential GPS) 등 폭 넓은 기능의 Format으로 이용되고 있다. 이러한 기능의 Format을 갖기 위한 DGPS의 표준설정은 미국 해사 무선기술 위원회(RTCM)에 의해 이루어져 전 세계적으로 사용이 권장되어 오고 있다. 미국, 캐나다, 유럽지역에서는 DGPS 보정치 송출방식을 RTCM Format에 의거 실시하고 있으며, 이 방식은 지상항법이나 추적 시스템에서도 적용되고 있으며 표준화 되어가고 있다.

2.3 NDGPS 체계

NDGPS는 GPS 위치정보를 차분 보정하여 정밀도를 향상시키는 USCG(United States Coast Guard)의 DGPS 시스템을 내륙으로 확장한 시스템으로서 육해공 통합망의 성격을 갖고있다. NDGPS 계획은 USCG의 해양용 DGPS 구축이 계기가 되어 USCG를 비롯 DOT(Department Of Transportation), FAA(Federal Aviation Agency), USAF(United States Air Force), USACE(United States Army Corps of Engineers) 등 11개 부처와 주정부가 DGPS의 전국적인 서비스를 위해 기존의 해양용 USCG DGPS망 외에 67~100여개 기준국을 추가하여 총 170여개의 DGPS국을 운용하도록 되어 있다. USCG가 망구축, 운용 및 관리 책임으로 되어 있는 NDGPS 구축 계획은 경제효과 뿐 아니라 NGS(National Geodetic Survey), NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration) 등의 상시 관측소와 연계하여 통합 운용함으로써 위치정보 관련 자료를 공유하는 목적도 포함된 것으로 알려져 있다. 미국 전역에 걸쳐 2000년까지 단일 커버리지, 2002년까지는 2중 커버리지 망을 구축 완료토록 되어 있다[1,2]. 이 계획의 특징 중의 하나는 기존의 GWEN(Ground Wave Emergency Network)을 개조하여 NDGPS국으로 전환하는 것이다. 현재 NDGPS의 가장 핵심적인 사항이라 할 수 있는 중파(285~320kHz) 커버리지에 대한 구체적인 연구가 수행되고 있는 것으로 알려지고 있다. 즉, 육상에서 비콘 주파수를 사용하여 최적의 NDGPS망을 구축하기 위해서는 DGPS국 상호간의 전파간섭 문제 및 도전을 변화 등에 의한 유효 커버리지 예측이 가장 큰 현안 문제로 대두되고 있는 것으로 알려져 있다.

향후 미국의 NDGPS 구축이 완성되었을 때에는 정도 차량항법 등 육상 사용자에게 영향을 미칠 것인가는 우리나라의 위성항법 시스템 관련분야에 크게 영향을 끼칠 것으로 예상된다.

국내 DGPS 체계는 1 곳의 중앙관리 사무소와 8개소의 지역 DGPS 기준국, 그리고 지역 DGPS 기준국, 그리고 8개소의 이용감시국 등으로 구성된다.

방송 메시지는 RTCM 포맷 3,5,7,9,16를 기준으로 하였으며, 전송속도 200bps, 송신기 출력 300W로 되어있다. 우리나라에서의 NDGPS구축은 기 사용 중인 RBN/DGPS를 육상으로 연계하여 활용하는 방법이 논의된 이후 정부 관계 부처에서 위성측위 시스템 이용 기술 개발 전략의 일환으로 많은 관심을 갖고 추진중에 있다 [1].

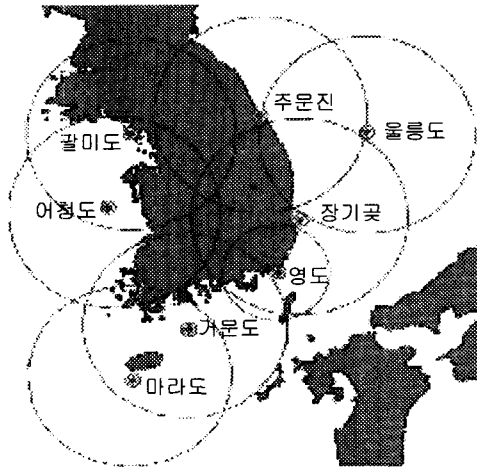


그림 10. 한국의 해양용 DGPS망

III. 육상에서의 RBN/DGPS 전계강도 크기 및 결과분석

3.1 DGPS 유효범위 전계강도 요건 및 설정

특정지점에서 특정 송신국의 신호를 수신하기 위해서는 그 지점에 있어서의 S/N비(신호 대 잡음비)가 신호수신기가 신호를 재생할 수 있는 S/N비 보다 높아야 한다.

ITU-R(International Telecommunication Union - Report) 823에 의하면 DGPS 수신기 설계요건은 수신기 대역폭 500Hz의 범위에서 S/N비 7dB 이상으로, 1000비트당 1비트 이내의 오차율로 신호 재생이 가능하여야 하는 것으로 규정되어 있고, COMDINST M 16577.1에 의하면 유효 범위 내에서의 최소 전계강도는 100bps 신호송출의 경우 $75 \mu V/m$ ($37.5dB \mu V/m$) 이상, 200bps 신호송출의 경우 $100 \mu V/m$ ($40.0dB \mu V/m$) 이상일 것을 요구하고 있지만, 이 기준은 보호비 및 안정성을 고려한 경우이고, 특별한 문제가 없다면 $10 \mu V/m$ ($20dB \mu V/m$) 정도면 가능하다고 되어있다 [3]. 그리고 잡음 전계강도는 보통 ITU가 조사 발표한 세계 각 지역의 잡음 강도표를 사용한다.

ITU-R 322-3에 의한 1MHz의 한국근해의 잡음 강도는 평균 $74.6dB$ 이며 최대치는 여름철 00:00~

00:40의 $75dB$ (Fam above kTb)이다. 이 $75dB$ 를 주파수 300kHz의 잡음 전계강도로 환산하면 $8.4dB \mu V/m$ 가 되며, 따라서, ITU-R 823이 요구하는 S/N 비 7dB를 더하면 DGPS 전파의 세기가 $16dB$ 이상이어야 한다.

대부분의 DGPS 수신기 신호레벨은 $10 \mu V/m$ 이상으로 하고 있다. 또한 표 1의 기초실측 결과에서 보듯이 거리가 293km 떨어진 오세사키 기준국의 전계강도가 $18.5dB \mu V/m$ 이고, 거리가 174km 떨어진 거문도 기준국의 전계강도는 $29.5dB \mu V/m$ 이며, 거리가 43km인 영도 기준국의 전계강도가 $43.5dB \mu V/m$ 로 측정되었고, 수신 이 모두 100% 되었을 뿐만 아니라 정밀도면에서도 2DRMS 1~3m를 유지하였다.

따라서 본 연구에서는 DGPS 전파의 전계강도를 $20.0dB \mu V/m$ 이상으로 설정하였다.

표 1. 해군사관학교 연구실 정점에서의 측정치 분석

구 분	기선거리 (km)	정밀도 (2DRMS)	실측 전계강도 ($dB \mu V/m$)	
한 국	영 도	43	1.53 m	43.5
	거 문 도	174	3.27 m	29.5
일 본	와카미야	172	2.31 m	30.5
	오세사키	293	2.01 m	18.5
	하 마 다	342	4.15 m	18.7

3.2 DGPS 설계전계강도 추정식

ITU-R의에서 제공된 자료를 이용하여 최소 자승법으로 다음과 같은 식(1)을 도출하였다[4,5].

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

F_g 는 $1 \mu V/m$ 에 대한 데시벨

P_r 는 복사출력(W)

d 는 킬로미터 단위의 송신국으로부터 거리
복사출력 (P_r)은 송신기출력과 안테나의 효율에 달려있다.

우리나라 해양용 DGPS국은 송신기 출력 300W를 기준으로 100NM (185km) 내에 $40.0dB \mu V/m$ 을 만족하도록 설계되었으므로 우리나라 DGPS국 레디오비콘 안테나의 복사출력을 (1)식에 의거 10W로 추정하였다. 이때 복사출력 추정시는 지표파 만을 사용하였다.

3.3 RBN/DGPS 전계강도 측정 시스템 구성 및 결과분석

DGPS 데이터 및 전계강도 수집을 위해 Trimble사의 4000DS DGPS 수신기와 ProBeacon 비콘 수신기를 이용하였으며, GPGGA NMEA Format(Global Positioning System Fix Data Format)으로 수신하였다. 데이터 수집구역은 영도 기준국으로부터 5개 방향(울산, 북쪽, 밀양, 합천, 진주방향 / 대략 30도 방향)을 택하였으며, 거리 증가에 따른 전계강도 변화, 수신율 및 정밀도 등을 측정하였다.

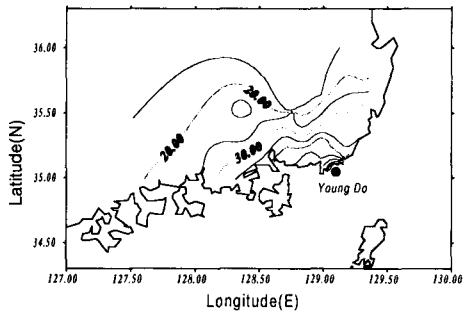


그림 2. 영도 기준국으로부터의 전계강도

그림 2에 영도 기준국으로부터 5가지 방향(울산, 북쪽, 밀양, 합천, 진주 방향)으로의 실측전계강도를 도시하였다. 그림 3은 해상 기본식에 의한 전계강도와 내륙에서의 영도 DGPS 신호의 추정식을 이용한 전계강도를 비교한 결과이다.

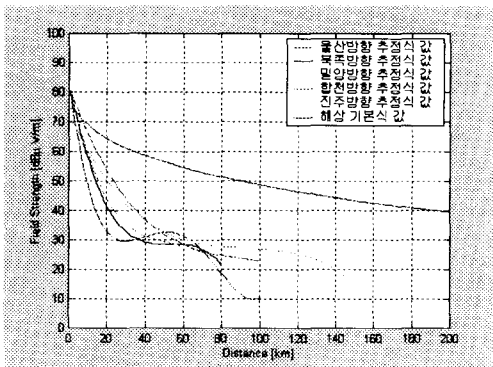


그림 3. 해양용 DGPS의 육상 및 해상 전파 경로 전계강도 비교(영도 DGPS 신호 기준)

그림에 표시한 각 방향의 DGPS 전계강도 크기는 실측 전계강도를 이용 최소자승법으로 구한 추정식을 사용하였다. 해상전파 전계강도는 유효서비스 범위내 최소 전계강도를 20dBμV/m로 환산한 값이며, 이때 서비스 범위는 395km 정도이다. 실제로 일본의 하마다 기준국에서 부산의 송정해수욕장까지는 298 km 떨어져 있으나 수신율

및 정밀도가 범용의 DGPS 충족요건을 만족하면서 전계강도는 26dBμV/m 임을 확인한 바 있다[1]. 본 연구에서 DGPS 정밀도 및 수신율을 만족하면서 울산 방향은 100km, 북쪽 방향은 85km, 밀양 방향은 65km, 합천 방향은 100km, 진주 방향은 145km까지

20dBμV/m로 실측되어 각 방향으로 25%, 22%, 17%, 25%, 37% 정도의 해상경로 대비 육상경로상의 개략적인 성능을 나타내고 있음을 알 수 있었다. 뿐만 아니라 울산 방향에서 밀양 방향으로 커버리지가 감소하고, 밀양 방향에서 진주 방향으로 커버리지가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 영도 기준국 바로 뒤에 작은 산을 등지고 있는 관개로 내륙으로 커버리지가 현저히 감소하였다. 실제로 기준국에서 1km 정도 떨어진 태종대 입구에서 실측 전계강도가 30% 감소하는 것으로 확인되어 기준국으로부터 수신점에 이르는 전파 경로상의 지형여건의 영향이 커서 RBN/DGPS를 이용한 NDGPS 구축시 전파사각 지역 예측 및 2중 커버리지(필요시 3중 커버리지) 서비스를 위한 사전 연구 및 분석이 선결 과제임을 알았다.

IV. 결 론

본 연구는 RTCM형 RBN/DGPS를 이용한 NDGPS 구축에 대한 기초연구로서 현재 운용 중인 영도국 DGPS 기준국 신호를 모델로 하여 해상 전파 설계치 대비 거리 및 지형변화에 따른 전계강도 변화를 실측을 중심으로 분석하였다. 특히, RBN/DGPS 전파의 육상전파는 전파의 경로 환경에 따라 해상설계치와 크게 차이를 확인하였다. 우리나라 지형이 산악이 많은 점을 고려하여 한반도 전역을 서비스 하기 위한 RBN형 NDGPS 구축을 위해서는 운용 중인 RBN/DGPS를 기준으로 하여 내륙으로의 전계강도 감쇄 및 변화를 분석하여 필요시 2중 및 3중 커버리지 영역 및 음영구역을 찾아내는 것이 선결 과제임을 확인하였다.

향후 서해안 및 남해안의 DGPS 기준국을 모델로 하여 육상에서의 DGPS 전파 전파 감쇄현상 분석 및 NDGPS 기준국 위치선정을 위한 알고리즘 개발을 위해 지속 연구할 예정이다.

Reference

- [1] Federal Agency, "NDGPS 설치에 관한 MOA(Memorandum of Agreement)".
- [2] Jone J. Lemmon, Ronald L. Ketchum, "PERFORMANCE PARAMETER TRADEOFF ANALYSIS FOR A NATIONWIDE DIFFERENTIAL GPS SERVICE", ITS, NTIA.

- [3] USCG, "Broadcast standard for the USCG DGPS Navigation Service COMDTINST M16577.1", 1993. 4.
- [4] 고광섭, 이회재, 정세모, "극동아시아 DGPS 기준국들의 커버리지예측에 관한 연구", 한국항해학회 제 24권 5호, 2000, 12.
- [5] 고광섭, 심재관, 최창목, 정세모, "설계 유효범위이상에서의 RBN/DGPS 정밀도 및 신뢰성에 관한 연구", 한국항해학회 학회지 제24권 제3호, p. 157, 2000.
- [6] Shigekazu Shbuya, "A Basic Atlas of Radio-wave Propagation", Chapter 0/1/2/3.
- [7] 정세모 외, "DGPS 설치를 위한 조사연구 기본 및 실시설계 보고서", 해양수산부, 1997.
- [8] David Last, Gwyn Roerts, and Dorothy Poppe, "Designing Radiobeacon Differential Satellite Navigation Systems Using The Bangor Coverage-Prediction Model".
- [9] Per Enge, Peter Levin, and Andrew Hansen, "Coverage of DGPS/Radiobeacons", Navigation, Journal of The Institute of Navigation Vol. 39, No. 4, Winter 1992-93 Printed in U.S.A.
- [10] FHA, "Final Programmatic Environmental Assessment : NDGPS", 1999. 10.