

설계 유효범위 이상에서의 RBN/DGPS 정밀도 및 신뢰성에 관한 연구

고광섭* · 심재관** · 최창묵** · 정세모***

A Study on Accuracy and Reliability Characteristics of RBN/DGPS over the
Designed Effective Service Area

Ko, Kwang Soob · Shim, Jae Kwan** · Choi, Chang Mook** · Chung, Se Mo****

〈 목 차 〉	
Abstract	IV. RBN/DGPS 정확도/신뢰도 분석 및 평가
I. 서론	V. 결론
II. DGPS 구성 및 운영체제	참고문헌
III. RBN/DGPS 기준국 전계강도 시뮬레이션	

Abstract

When the GPS system was come to the operation, the U.S Coast Guard initiated development of differential GPS system based on a marine radiobeacon. It has rapidly been spread out to many countries. DGPS equals to P(Y) code in a positioning accuracy. USA has recently determined to expand the coverage of DGPS to inland in order to install a nationwide DGPS chain.

Korea is under processing for improving the DGPS as a nationwide positioning system. Before expanding the service area inside Korea, we need to verify the relation between the field strength and DGPS accuracy for the service area. The Japanese DGPS data is received in the southern part of the Korean peninsula. The Korean DGPS was not a complete system, so we selected the Japanese DGPS data as a model for the study.

This paper investigate accuracy and reliability characteristics of RBN/DGPS over the effective service area.

Through the experimental and simulation study, we obtained the reliable and stable positioning accuracy in the southern part of the Korean peninsula.

* 해군사관학교 항해학과 및 군사과학대학원 교수

** 군사과학대학원 석사과정

*** 한국해양대학교 교수

In addition, the characteristics of RBN/DGPS were examined in the land over the effective coverage from Japan. The results would be a basic reference to research the RBN/DGPS in Korea.

I. 서론

한국 및 주변국의 해양용 DGPS망이 완성되면 한반도 외해 공해상을 포함한 EEZ 영역에서 활동하는 모든 선박 및 항공기에서 DGPS 정보 위치를 자유롭게 사용할 수 있다. 그러나 각국이 설계유효범위를 자국의 사용자를 고려하여 제한하고 있음에도 불구하고 해상에서의 전파전달이 설계유효거리보다 훨씬 멀리 미치고 있어서 인접국 DGPS 위치정보 서비스 영역이 상당부분 중첩되고 있다. 뿐만 아니라 RBN/DGPS를 연계한 위치정보망 확장에 대한 필요성이 제기되고 있는 현실이다.

본 논문은 설계유효거리 약 200 km(해상기준)보다 넓게 DGPS 정보 서비스 범위가 미치고 있는 것으로 알려진 인접국(일본) DGPS 체계를 모델로 선정하여 해상 및 내륙에서의 시뮬레이션 전계강도와 실측 RBN/DGPS 정밀도 및 신뢰도 상관관계를 분석 검토하였다.

본 연구를 통해 한반도 인근 해역에서 최소한 3개 정도의 일본 DGPS국이 2 DRMS(Distance Root Mean Square) 10 m 미만의 정밀도 수준을 유지하고 있음을 확인하였고, 내륙 일부에서도 동일한 결과를 얻었다. 뿐만 아니라 RBN/DGPS를 확장한 내륙용 통합 위치정보망 설계 기초자료를 얻을 수 있었다.

II. DGPS 구성 및 운영체계

2.1 한국의 DGPS 체계 및 운영

지난 1996년 4월 22일, 해양수산부 주관 아래 한국형 DGPS 국가망 설치를 위한 DGPS 신호가 장기곶 기준국에서 첫 시험 발사된 이래 한반도 전 해역을 사용 범위로 하는 DGPS 국가망 설계가 끝났다. 이후 2000년 말까지 8개 기준국 모두가 설치되면, 한국에서도 본격적인 DGPS 시대가 열리게

되어, 사회 여러 분야에서 정밀 위치정보의 활용에 의한 변화가 올 것으로 보인다.

국내 DGPS 체계의 기본 구성으로 1 곳의 중앙관리사무소와 8 개소의 지역 DGPS 기준국, 그리고 지역 DGPS 기준국의 작동상태를 점검하기 위한 8 개소의 이용감시국 등으로 구성된다.

중앙관리 사무소는 무인으로 운영되는 기준국과 감시국을 원격 통제하기 위해 대전에 위치하며, 지역 DGPS 기준국은 팔미도, 어청도, 거문도, 마라도, 영도, 장기곶, 울릉도 도동, 주문진에, 이용감시국은 소청도, 옹도, 소흑산도, 추자도, 소매물도, 죽변, 대진, 독도의 등대 내에 위치하도록 되어 있다.

[표 1] 한국의 DGPS 기준국

Station	Lat'(N) Long'(E)	Coverage (Km)	Frequency (KHz)	Bit rate (bps)
Yong Do	35° 02.9'N 129° 05.6'E	93	300	200
Palmi Do	37° 21.3'N 126° 30.8'E	185	313	200
Geomun Do	34° 00.3'N 127° 19.5'E	185	287	200
Jumunjin	37° 53.7'N 128° 50.2'E	185	295	200
Echong Do	36° 07.2'N 125° 58.1'E	185	295	200
Mara Do	33° 06.8'N 126° 16.3'E	185	290	200
Changgigog	36° 04.5'N 129° 34.3'E	185	310	200
Ulung Do	35° 02.9'N 130° 55.2'E	185	319	100

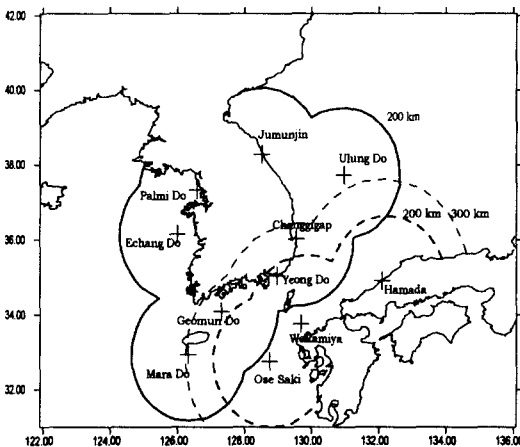
지역 DGPS 기준국은 외부와의 통신단절에도 기능을 수행할 수 있도록 한 시설에 기준국, 경보감시국, MSK 변조송신국 등이 설치되어 독자운영방식의 시설로 운영된다. 또한 안테나를 제외한 많은

시설을 사고에 대비하여 중복 설치함으로써 가동률을 높이도록 되어 있으며, 방송메시지는 RTCM 포맷 9를 기준으로 하였으며, 전송속도 200bps, 송신기 출력 300W로 되어 있다. 국제항로표지협회(IALA)에 신청된 한국의 DGPS망의 기준국은 모두 8개로 이에 대한 자료는 [표 1]에 수록하였다.

2.2 일본의 DGPS 체계 및 운영

일본의 DGPS는 1999년 내에 총 27개의 기준국으로 일본 전체를 사용영역으로 하는 완성된 체계로 운용될 예정이다. 일본의 DGPS 운영은 일본 해상보안청(JMSA: Japanese Maritime Safety Agency)에 의해 24시간 운영체제를 갖추고 있으며, 동경에는 주제어국 DGPS 센터와 13개의 지방 무인 DGPS 기준국으로 구성되어 있다. 주제어국은 실시간으로 DGPS 보정치(Correction 데이터)와 해상 중파방송(Marine Radiobeacon)에 의해 송출되는 방송(Message) 내용을 감시하고, GPS 위성으로부터 수신된 각종 데이터를 저장, 분석한다. 일본의 DGPS는 Transmitting rate 200 bps이고, Message type 3, 5, 6, 7, 9, 16으로 각 기준국의 유효 거리는 200 km로 설계되었다. 그러나 DGPS 데이터의 수신은 이보다 훨씬 넓은 범위에서 이루어지고 있음이 학계에 보고되고 있다.

일본 DGPS의 기본 서비스 구역 200 km와 추가



[그림 1] 한국 - 일본 DGPS 수신권

수신권을 고려한 한국 남부지역에서의 일본 DGPS의 수신권은 [그림 1]에 도시하였다.

III. RBN/DGPS 기준국 전계강도 시뮬레이션

3.1 DGPS 기준국의 전계강도 요건

DGPS 기준국의 송신신호를 수신하기 위해서는 수신점에서의 S/N비(신호대 잡음비), 즉 송신국 신호의 세기와 그 지점의 잡음신호의 비가 신호수신기의 신호재생 S/N비 보다 높아야 한다[9].

ITU-R823에 의하면 DGPS 수신기를 설계할 때의 요건은 수신기 대역폭 500 Hz의 범위에서 S/N 7.0 dB 이상으로, 1000 비트당 1 비트 이내의 오차율로 신호재생이 가능하여야 하는 것으로 규정되어 있고, COMDINST M16577.1에 의하면 유효범위 내에서의 최소 전계강도는 100 bps 신호송출의 경우 $75.0 \mu V/m$ (37.5 dB $\mu V/m$) 이상, 200 bps 신호송출의 경우 $100 V \mu/m$ (40.0 dB $\mu V/m$) 이상일 것을 요구하고 있다.

DGPS 이용범위내의 전계강도는 잡음전계강도 측정기로 광범위하게 측정하는 방법도 있으나, ITU가 조사 발표한 세계 각 지역의 잡음 강도표를 사용하는 것이 통상이다.

ITU-R 322-3에 의한 1 MHz의 한국 근해의 잡음강도는 평균 74.6 dB이며, 최대치는 여름철 00:00 ~ 00:40의 75.0 dB이다. 이 75.0 dB를 주파수 300 KHz의 잡음 전계강도로 환산하면 8.4 dB가 되며, 따라서 ITU-R823이 요구하는 S/N비 7.0 dB를 더하면 DGPS 전파의 세기가 16.0 dB 이상이어야 한다. 이 두 가지 요건을 모두 만족시키는 위한 DGPS 전파의 전계강도는 200 bps 기준으로 40.0 dB 이상이면 가능하다할 수 있다[10].

3.2 지표파의 전계강도

300 KHz 주파수대에서 RBN에 의해 전송되어지는 신호는 주로 지구 표면을 통해 전파되는 지표파이다. 이는 매질의 특성에 따라 감쇄가 결정되며,

모래에서 가장 최소이고, 다음이 해수, 도전율이 가장 나쁜 산악지형이 감쇄가 가장 크다[11].

전리층 반사에 의한 공간파는 기준국으로부터 100 km 벗어난 지점에서부터 시작하여 약 200 km에서 크게 나타나며 경우에 따라서 훨씬 원거리에서도 수신되지만 일반적으로 DGPS 시스템 설계시 공간파 영향은 무시한다. 이는 RBN/DGPS 유효거리를 기준국과 사용자간의 유효 기선거리이내(200 km 내외)로 해야하는 이유와 중파의 주전파 모드를 지표파로 고려한 이유이다.

지표파 전계강도는 방사되는 신호출력, 송신기와 수신기사이의 거리, 신호가 전파되는 지상의 도전율에 달려있다. 만약 신호가 완전히 전도되는 면에서 전파된다고 가정하면, 수신 전계강도는 다음 식(1)과 같이 주어진다.

$$E_{s, dB\mu} = 20 \log_{10} \left(\frac{3 \times 10^5}{d_{km}} \right) + 10 \log_{10} \left(\frac{P_{rad}}{1000} \right) \dots (1)$$

$E_{s, dB\mu}$ 는 1 $\mu V/m$ 에 대한 dB로 측정되며, P_{rad} 는 복사출력, d_{km} 는 km 거리이다. 상기 전계강도식은 역거리 법칙으로 알려져 있고 근거리일수록 정확하다. 복사출력(P_{rad})은 송신기출력과 안테나의 효율에 달려있다.

RBN 송신기는 통상 안테나에 50 W 또는 100 W로 지속적으로 공급하며 안테나의 효율은 가변적일 수도 있으나 약 2% 정도이다. RBN/DGPS의 주경로인 해수에 대한 전계강도는 해수 도전율에서 작은 변화에 민감하지 않으므로 비교적 정확히 예측될 수 있으나 대지에 대한 전계강도에서 신호강도는 다소 큰 도전율 변화에 민감하므로 정확히 예측하기 어렵다.

RBN/DGPS 신호의 주된 전파 경로가 해상임에도 불구하고 신호가 내륙 산악 등 매질이 다른 경로를 전파시는 정확한 전계강도 계산을 위해 혼합도전율을 고려할 필요가 있다. 혼합경로에 대한 전계강도 계산시 Millington 방법 등이 사용되기도 하지만 각 구역별 도전율이 명확히 알려지지 않은 상태에서 본 방법을 적용하기는 곤란하다.

본 논문에서는 전계강도 시뮬레이션시 국내 내

륙에 대한 대지 도전율 값이 정확히 알려지지 않은 상태이고 선정된 기준국(일본) RBN/DGPS의 주경로가 해상임을 감안하여 특정 지역의 대지 도전율을 고려하지 않았다.

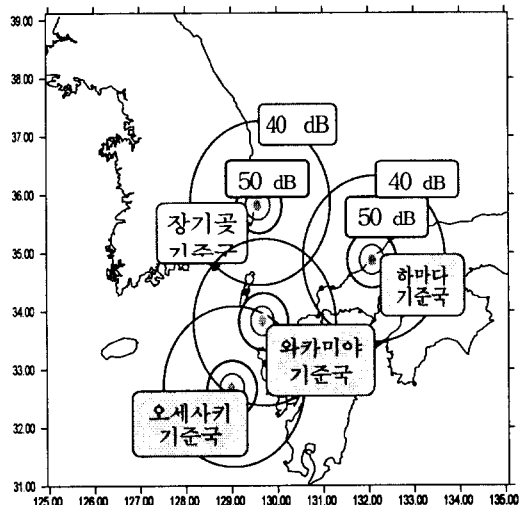
3.3 전계강도 시뮬레이션

DGPS 유효범위 예측은 사용자의 안전한 시스템 이용이 될 수 있는 지역 유지와 특정 위치에서 이용할 기준국의 선택, 그리고 위치 정보의 정밀도/신뢰도 등에 중요한 정보를 제공한다.

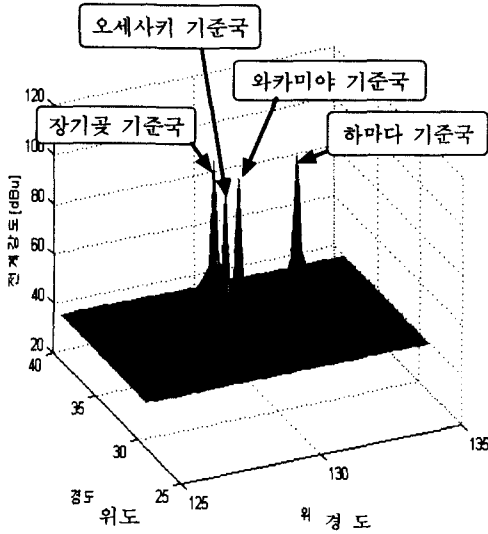
특정영역에서의 전계강도의 세기는 기본적으로 전계강도 예측시 사용되는 기선거리, 안테나 복사출력 및 도전율 외에 인접 기준국과의 간섭과 지형 등에 따라 변화할 수 있다.

전계강도 시뮬레이션시 일본의 경우 기선거리 200 km에서 40 dB $\mu V/m$, 복사출력 30 W를 사용하였고, 기준국으로부터 거리 환산시 항정선 항법을 사용하였다. 계산의 정확성을 위하여 최소 경위도 값에서 최대값으로 1분마다 계산되도록 하였으며, 거리는 킬로미터로 환산하였다.

전계강도식에 거리와 복사전력을 입력하여 전계강도값(dB $\mu V/m$)을 구하였다. 그리고, 전계강도 시뮬레이션 결과를 [그림 2]와 [그림 3]과 같이 2차원과 3차원 그래프로 도시하였다.



[그림 2] 한반도 인근 일본 기준국의 전계강도(2-D)



(그림 3) 한반도 인근 일본 기준국의 전계강도(3-D)

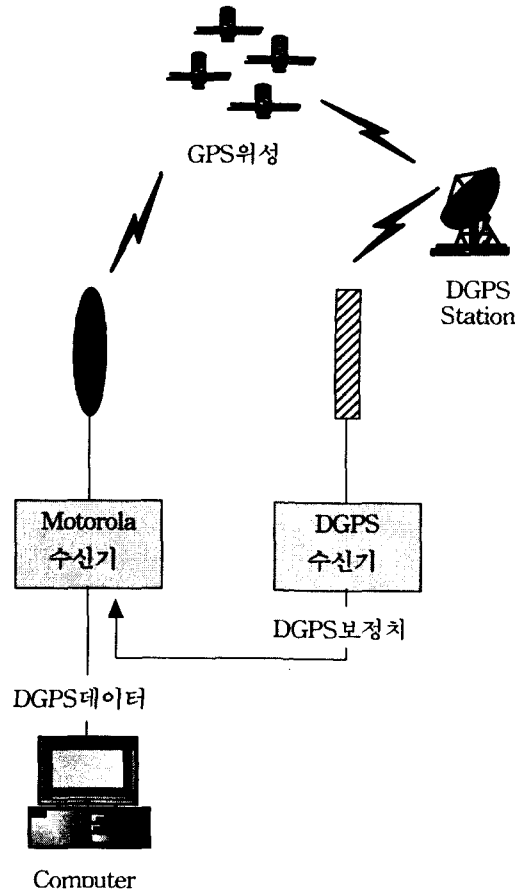
전계강도 시뮬레이션 대상 기준국은 한반도 남해안에 인접한 오세사키, 와카미야 및 하마다 기준국을 택하였다. 이중 오세사키 기준국과 하마다 기준국 DGPS 신호는 데이터 수신에 이루어진 진해 연구실까지 지형 장애가 적은 반면에 와카미야 기준국은 중간에 대마도가 가로 놓여있다.

한반도 남해안까지 40 dBμV/m 크기의 전계강도를 유지하는 일본 DGPS 기준국은 와카미야 기준국외에는 없으며, 와카미야 기준국 전파 역시 연안에 인접한 내륙 일부를 제외하고는 설계 전계강도에 미치지 못함을 알 수 있다.

IV. RBN/DGPS 정확도/신뢰도 분석 및 평가

4.1 측정 시스템 구성

[그림 4]는 데이터 수신을 위한 장비 구성으로 DGPS 데이터 수집을 위해 Shipmate사의 RS5660 DGPS 수신기를 이용하였으며, 수신된 보정치는 Motorola사 Oncore GPS(Model No. VPEVAL0002, 8 channel)로 전송되어 데이터 처리를 통해 Computer에 저장하였다.



(그림 4) 데이터 수신장비 구성도

데이터는 GPGGA NMEA Format(Global Positioning System Fix Data Format)으로 수신하였으며, 'procomm' 프로그램을 이용하였다. 수집된 DGPS 데이터 분석은 Excel, Origin을 이용하였다.

연구실 옥상 측량정점은 대전 국립천문대를 기준으로 측정된 진해 국방연구소에서 2.5 km 거리이며, 측지용 GPS인 Trimble Series 4400을 이용하여 측량하여 정밀도 0.01 m 미만을 가지고 있다. 이 측량정점은 위도 35° 07'44.980716"N($\sigma = 0.0012$ m), 경도 128° 39'54.001101"E($\sigma = 0.0009$ m), 고도 33.786 m(MSL, $\sigma = 0.0021$ m)이다.

분석에 필요한 위도, 경도의 거리(m)환산은 연구실이 위치한 진해지역을 대표로 선정하여 '위도

: 경도'비를 산출하였다. 이 지역에서의 위도 : 경도비는 1:0.8837로 실측되어 이를 바탕으로 위도 1'(1 nm)을 1852 m, 경도 1'을 1637 m로 하였으며, 고도 데이터는 Geoid Separation을 고려한 MSL (Mean Sea Level)로 구했다.

4.2 결과분석

본 연구에서 선정된 수신장소는 진해연구실과 환경부 선정 지상기준점[15]이며, 활용 DGPS 기준국은 한반도 연안에서 수신이 수월하고, 정밀도와 신뢰도가 양호한 것으로 확인된 오세사키 기준국을 주대상으로 하였다.

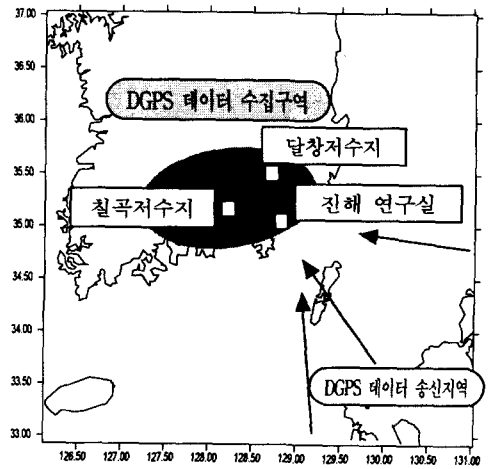
[표 5] DGPS 데이터 수신 기준점

구분	지상 기준점	위 치	좌 표	직선거리 (오세사키)
해안 지역	진 해 연구실	경 남 진해시 앵곡동	35:07:44.98 N 128:39:54.00 E	140NM (259km)
근거리 산악 지역	칠 곡 저수지	경 남 의령군 가례면	35:20:59.74 N 128:10:38.58 E	155NM (287km)
원거리 평야 지역	달 창 저수지	경 남 달성군 옥포면	35:38:12.15 N 128:28:23.89 E	175NM (324km)

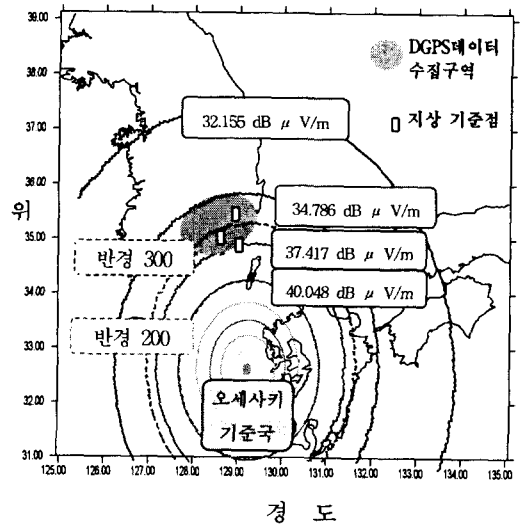
DGPS 수신구역을 내륙 250 ~ 350 km권까지 확장하므로써 유효거리보다 50 ~ 150 km 확장된 지점까지 전파되는 과정 중 매질의 변화 및 지형장애에 따른 전계강도 감쇄가 정밀도와 신뢰도에 끼치는 영향을 확인할 수 있도록 하였다.

대상 지상기준점 중 수신상태, 주변지형, 그리고 DGPS 기준국과의 거리등을 고려한 3 곳의 지상기준점[표 2]을 정하여 자료를 비교·분석하였다.

선정된 지상기준점은 [그림 5]와 같이 해안지역, 근거리 산악지역, 원거리 평야지역으로 구분하여 선정하였다. 상호 비교 대상 지역 선정 이전에 경상남도 진주시 남강댐, 창녕군 옥천저수지, 밀양시 초동저수지, 경상북도 칠곡군 동명저수지, 전라



(그림 5) 일본 DGPS 데이터 수집구역



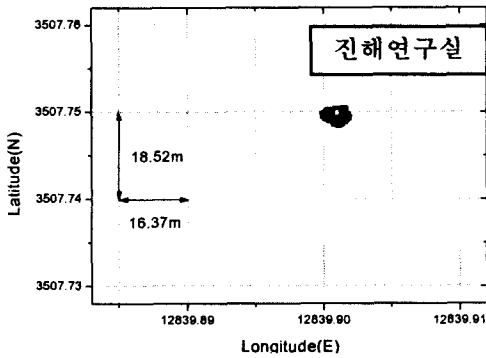
(그림 6) 기선거리별 시뮬레이션 전계강도

남도 구례군 효곡계, 남해군 남해대교 기준점 등 몇몇 장소에서도 실측을 하였다. 주변이 산악인 일부 지역의 경우 지형장애로 인해 데이터의 수신에 어려움이 있었으나, 대부분 양호한 위치 정밀도를 얻을 수 있어, 이를 토대로 비교가 될 수 있는 기준점을 선택하였다.

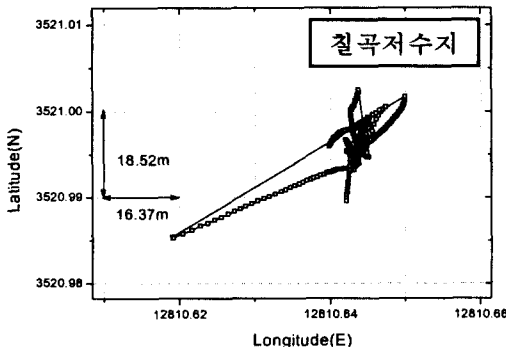
데이터 측정 구역내의 비교 대상 기준점에 대한

기선거리별 시뮬레이션 전계강도 권역도를 [그림 6]에 보였다.

측량정점을 알고 있는 진해 연구실 및 칠곡저수지, 달창저수지 기준점에서 일본 오세사키 기준국의 데이터를 실측하여 정밀도와 신뢰도를 파악하였다. 이에 대한 결과를 [그림 7]~[그림 9]에 보였으며, [표 3]에 기선거리 및 전계강도에 따른 정밀도 및 신뢰도를 수록하였다.



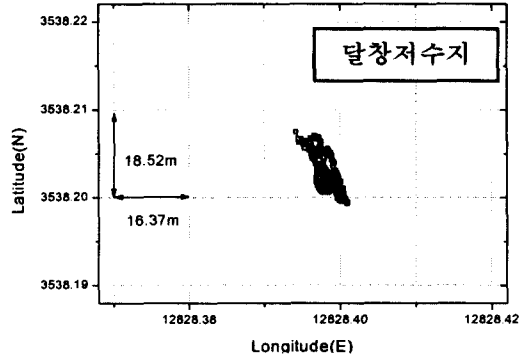
[그림 7] DGPS 데이터 분포(진해 연구실)



[그림 8] DGPS 데이터 분포(칠곡 저수지)

DGPS 데이터의 수신상태는 차량이동을 통해 3개국을 지속적으로 점검하였으나, 앞에서 언급한 바와 같이 해안지역과 내륙 평야지역 일부, 그리고 전파수신 여건이 우수한 산의 정상부근에서는 DGPS 보정치의 수신에 양호하였으며, 산악이나, 높은 건물 등 주변 장애요소가 있는 장소에서는 수

신이 거의 이루어지지 못하였다.



[그림 9] DGPS 데이터 분포(달창 저수지)

[표 6] 오세사키 DGPS 데이터의 DRMS 비교(평균기준)

구 분	진해연구실	칠곡저수지	달창저수지	
기선거리	259 km	287 km	324 km	
시뮬레이션 전계강도	37.5 dB μ V/m	36.4 dB μ V/m	35.5 dB μ V/m	
DRMS	2.100 m	8.162 m	3.823 m	
표준편차	위도	1.209 m	3.965 m	3.295 m
	경도	1.717 m	7.196 m	2.250 m
	고도	3.484 m	13.456 m	5.602 m

오세사키 기준국의 경우 진해연구실까지 기선거리 259 km, 시뮬레이션 전계강도 37.5 dB μ V/m인 조건에서 안정된 데이터 수집이 이루어져 데이터의 DRMS 정밀도가 양호하게 나왔다. 또한 324 km 떨어진 달창저수지의 경우에도 시뮬레이션 전계강도 35.5 dB μ V/m 이하에서 양호한 수신에 이루어져, 데이터의 DRMS 정밀도가 5 m 미만의 양호한 결과가 나왔다.

그러나, 칠곡저수지의 경우는 기선거리가 287 km이고, 시뮬레이션 전계강도도 36.4 dB μ V/m로 오히려 달창저수지보다 조건이 좋았으나 데이터 수집 중 부분적으로 불안정한 데이터 수집이 이루어져 DRMS가 10 m 미만의 결과를 보였다. 이는

주변의 산악지형에 의한 영향으로 판단된다.

조사활동을 통해 해안지역과 기선거리 300 km 이내의 내륙 평야지역 및 전파수신 여건이 우수한 산의 정상부근에서는 비교적 DGPS 보정치 수신에 양호하였으나 평지에서 산악 깊숙이 이동할 경우 DGPS 보정치 수신상태가 불안정하였다. 이것은 앞에서 언급한 바와 같이 유효거리 200 km보다 훨씬 먼 지역을 실측 구역으로 선정할 이유도 있지만 데이터 수신지역에 인접한 산의 영향이 큰 것으로 나타났다.

V. 결 론

미 군사용 GPS 신호(P/Y-code)를 이용한 위치 정밀도 수준을 보장할 수 있는 해양용 DGPS 국가망이 미국, 유럽은 물론 일본, 중국 등 전세계 30 여개 이상의 국가에서 거의 완성된 상태에서 미국은 해양용 국가망을 확장한 내륙용 국가망을 구축 중이다.

해양용 국가망의 경우 유효 서비스 범위가 길어서 자국 이용자는 물론 자국의 이용자도 DGPS 정밀위치정보를 자유롭게 사용할 수 있다. 한·일 DGPS 위치정보 서비스구역은 하나의 좋은 예이다.

본 논문은 설계유효거리 약 200 km(해상전파 경로기준)보다 넓게 위치정보 서비스 범위가 미치고 있는 것으로 알려진 인접국 일본의 RBN/DGPS 체계를 모델로 선정하여 해상 및 내륙에서의 RBN/DGPS 위치정보 특성분석을 한 연구로써 주요 연구 결과는 아래와 같다.

첫째, 전계강도 계산 시뮬레이션 소프트웨어를 개발하였다. 임의의 기준국의 위치와 안테나 복사 출력, DGPS 위치정보 유효범위 등을 파라메타로 하고 경우에 따라 대권항법 및 항정선 항법을 선택하여 기선거리를 조정하여 계산할 수 있도록 프로그램하므로써 향후 DGPS 설계시 인접국간의 간섭 현상 연구 및 최적 DGPS 기준국 위치 확보 연구 등에 유효하게 사용할 수 있도록 하였다.

둘째, 한·일 RBN/DGPS 서비스 중첩 구역에서의 정밀도/신뢰도 분석을 하였다. 단독측위 데이터

와 비교시 약 25배정도 높게 나타났으며, 95% 신뢰도의 경우 5 m 이하로 나타나 일본 RBN/DGPS 서비스 범위가 설계유효거리보다 훨씬 먼 곳까지 미치고 있음을 확인하였다.

셋째, 기선거리 변화에 따른 RBN/DGPS 정밀도 상대 비교 및 내륙에서의 전계강도 크기에 따른 정밀도 상관 분석을 통해 전파경로의 환경 등 외부요소가 DGPS 정밀도/신뢰도에 미치는 영향이 크게 작용할 수 있음을 확인하였다. 연구대상으로 선정된 3 개국 모두 2 DRMS 10 m 미만의 정밀도를 유지하고 있음이 확인되었으나, 수신점과의 기선거리가 157 km 인 와카미야 기준국의 정밀도가 259 km인 오세사키 기준국의 정밀도의 75% 수준임을 확인하였다.

일반적으로 기선거리가 멀어짐에 따라 데이터의 오차가 비례적으로 커져 정밀도가 떨어지는 것으로 알려져 있어 기선거리의 증가는 곧 오차의 증가와 비정밀로 인식되었지만, 금번 연구가 시행된 한 일간의 약 300 ~ 350 km의 기선거리까지도 DGPS의 유효 사용권에서 요구하는 DGPS의 정밀도와 신뢰도를 얻을 수 있음이 확인되었다.

해안이나 평지와 같이 장애요소가 적은 지역에서는 산악지역에 비해 양호한 데이터 수신과 정밀도를 보이고 있었다. 이와 같이 정밀도와 신뢰도에 큰 영향을 미치는 요소로는 수신지역의 주변 지형 상태이며, 지형에 따른 전계강도의 차이가 수신 데이터의 정밀도 차이를 발생시키는 주요 요인임을 알 수 있었다. 국토의 70% 이상이 산지형으로 이루어진 우리나라의 경우 내륙 DGPS망 구축시 해양용 DGPS 기준국 설계와는 달리 지형장애 정도를 고려한 기준이 마련되어야 할 것이다. 지상, 해상, 공중의 입체적인 통합 위치 정보망으로 발전하기 위한 다양한 응용 연구가 있어야 하겠으며, 한반도 전체를 수신권으로 하는 정밀 위치 정보망 구축이 빠른 시일 내에 이루어져 양질의 위치정보가 사회 전반에 이용되어야 하겠다.

Reference

- [1] Morihiro Dakayama, 1998, "Normal Operation

- of Marine Differential GPS in Japan”, 16th IALA Conference.
- [2] [http:// www. utexas.edu/depts/grg/gcraft /notes/GPS/GPS.html/](http://www.utexas.edu/depts/grg/gcraft/notes/GPS/GPS.html/), 1998, “Global Positioning System”.
- [3] Elliott D. Kaplan, 1996, “Understanding GPS”, Artech House, Boston · London, chap 3.
- [4] Radio Technical Commission for Marine Services, 1994, “RTCM Recommended Standards for Differential Navstar GPS Service” version 2.1
- [5] 김원수, 한 욱, 1999, “측지통계점 운용과 C-130 항공기 추적을 위한 GPS의 활용에 관한 연구”, 한국 지구과학회지 제20권 3호, 4장.
- [6] 고광섭 외, 1998, “Optimal 및 Suboptimal 기준점을 사용한 DGPS 설계 및 성능 평가”, 한국 해양정보통신학회.
- [7] 정세모 외, 1997, “DGPS 설치를 위한 조사연구 기본 및 실시설계”, 해양수산부.
- [8] Morihiko Dakayama, 1998, “DGPS Correction Data broadcasting in Japan by MF Marine Radiobeacon and Evaluation of the Positioning Accuracy”.
- [9] Dabao Saito 외, 1995, “이동통신 핸드북”, 성안당, 12장, p 205.
- [10] 이회재, 고광섭, 정세모, 1999, “극동아시아 DGPS 기준국들의 커버리지 예측에 관한 고찰”.
- [11] 대한전자공학회, 1998, “전파공학”, 청문각, 5장, p 144.
- [12] Motorola, 1996, “Motorola Manual for Oncore receiver software”, Version 10.0.
- [13] Novatel, 1995, “Novatel Manual for Oem-card software”, version 3.3.
- [14] FERNS Council 8th session Tokyo, Japan, 1999, “Condition of DGPS Interference in Japan”.
- [15] <http://152.99.129.35/gis/html/03/207.htm> [<http://www.me.go.kr>] “위성자료 - 지상기준점”
- [16] 고광섭, 심재관, 정세모, 1999, “한국남해안에서의 DGPS 정밀도 분석”, 한국 항해학회 학회지 제23권 제2호, p 55.