한국 연안의 DGPS 망 구축을 위한 장기갑 기준국으로 부터의 DGPS 측정에 관한 연구

이형욱*, 홍성래**, 고광섭***, 임정빈***, 정세모****

A Study on DGPS Test Using Chaggi-gap Reference Station to Construct DGPS Network in Korea Coast

*Hyeongwook Lee**, *Seongrae Hong***, *Kwangsub Ko****, *Jeongbin Yim****, *Semo Jung*****

〈목 차〉

1. 서 론
2. Marine Radiobeacon 방식에 의한 한국의 DGPS 시스템
 2.1 Marine Radiobeacon과 DGPS
 2.2 Marine Radiobeacon에 의한 한국의 DGPS 시스템
 2.3 한반도 주변의 DGNSS/ Marine Radiobeacon 시스템
3. 기준점 측량 및 분석
 3.1. 측정 시스템
 3.2 두 기준점에서의 정밀도 결과 및 분석
4. DGPS/Marine Radiobeacon에 의한 측정 실험 및 분석
5. 결 론
[참고문헌]

ABSTRACT

The test transmission of DGPS correction data has been carried out since early 1996. The data has been sent from marine radiobeacon station at Changgi Gap Lighthouse. It was the first test brosdcast of DGPS correction data based on midium frequency of marine radiobeacon where transmission power and rate are 300W and 100bps respectively. However, there has not been any scientific study on the characteristic of the accuracy of a marine DGPS/radiobeacon. Accordingly, this paper investigates the accuracy of the system, which is currently operating in 310KHz. As a result, planned 8 reference station and coverage verified that the differential positioning accuracy using the marine radiobeacon is sufficient to ensure the safety of marine activities around the coast of Korea(position error of distance 107NM at reference station was about 10m(drms)).

* 군사과학대학원 해양공학과 석사수료
** 군사과학대학원 해양공학과 석사과정
*** 해군사관학교 항해학과 교수
**** 한국해양대학교 해사수송과학과 교수

1. 서 론

NAVSTAR/GPS(Navigation System with Time and Ranging / Global Positioning System)는 위성 체계에 기반을 둔 위치 결정 시스템이다[3,5,6,10]. 이것은 미 국방성 주도로 1973년 군사적 목적으로 연구 개발에 착수 되어, 1995년 이후 지구상 전역에서 3차원 위치정보 획득을 위한 위성의 궤도 정보와 시간 정보등을 제공하고 있다[4]. 그러나 항공기의 착륙, 선박의 항구 진입이나 좁은 항로 및 특수 목적등과 같이 보다 높은 정밀성을 요구하는 항법에 이용되기에는 GPS 정밀도로는 불충분하다. 이는 GPS의 위치 정보에는 위성의 시계오차, 위성 궤도오차, 전리층 지연, 대류권 지연, 다중경로, 수신기 잡음등에 기인하는 오차를 내포하고 있을 뿐 아니라, 미국에 서 자국의 안전보장을 이유로 고의로 위성 시계 및 위성 궤도 정보에 오차를 주어 위치의 정확도를 떨어뜨리는 SA(Selective Availability) 정책을 실시하고 있기 때문이다.

따라서 범용의 SPS(Standard Positioning Service) GPS 정밀도는 수평면에서 100m, 수직면에서 156m(2drms) 정도여서 정밀 위치가 요구되는 분야에서는 사용할 수 없다[4]. 이 제약을 벗어나기 위한 노력이 1980년대 초반부터 두가지 방향으로 진행되었는데, 그중 하나는 반송파의 위상(Carrier Phase)을 이용한 방법이고, 다른 하나는 Differential GPS 이다. 반송파 위상측정방식은 정밀 측지용이며, DGPS (Differential GPS)는 실시간 항법용으로 주로 사용되고 있다[4,9]. DGPS는 기준국에서 보내주는 오차정보를 이용 자신의 위치를 정확히 측정할 수 있기 때문에 미국, 영국, 독일, 캐나다, 노르웨이, 네덜란드, 폴란드, 오스트레일리아, 일본 및 중국등 많은 나라에서 활용화 계획을 하고 있거나, 기 설치된 DGPS 시스템을 본격 사용하고 있다[1,2,12]. 우리나라는 해양수산부 주관으로 기 설치된 Marine Radiobeacon을 이용한 DGPS 전파를 1996년 초부터 장기갑 기준국으로부터 시험 발사를 하고 있는데, 이는 국가 기관에서 시도한 Radiobeacon에 의한 최초의 전파 발사이다. 현재의 계획은 대전에 주 통제국을 두고 주문진, 장기갑, 울릉도, 영도, 거문도, 마라도, 어청도, 팔미도 등대에 기준국을 설치 및 보강하여 우리나라 전해상을 광범위하게 커버하기 위하여 기준국 설치 준비를 위한 기초 연구가 진행중이다[7,13,14].

본 논문은 장기갑 기준국에서 국내 최초로 시험 발사중인 DGPS의 실 데이터를 수집, 분석하여 한국에서의 Radiobeacon을 이용한 DGPS 시스템 망 구축을 위한 기초자료를 제공하기 위하여 시도 되었다.

2. Marine Radiobeacon 방식에 의한 한국의 DGPS 시스템

2.1 Marine Radiobeacon과 DGPS

기준국의 DGPS 보정치를 사용자에게 보내기 위한 국제 통신 포맷은 RTCM 방식이며 이를 전송하기 위한 방법으로써 많은 국가에서 285 - 325 KHz 대역에서 운용되고있는 Radiobeacon 시스템을 채택하고 있는 실정이다. 이는 Radiobeacon이 전통적으로 항해하는 선박에 상대 방위를 제공하기 위해 전세계

연안에 고루 분포되어 있을 뿐 아니라 데이터 전송 시 방위 정보와 DGPS 보정치를 동시에 전송 할 수 있는 잇점이 있다. 또한 기 설치된 Radiobeacon에 의한 DGPS 자료의 방송 시스템은 단지 GPS 기준국, MSK 변조기 및 종합 감시국이 요구되며, 새로운 Radiobeacon 설치 경우에도 요구되는 변환기와 안테나가 비교적 저렴하여 경제적인 부담이 작다. Radiobeacon /DGPS 신호는 지상파로 전달하고 거리 한계는 바다에서 실험시 보통 300Km 이상이다[2]. 이러한 이유로 DGPS/Radiobeacon을 전세계적으로 설치하고 있는 실정이다. IALA (International Association of Lighthouse Authorities)는 Marine Radiobeacon에 대한 전세계적인 자료를 보유하고 있으며, 이에 대한 정보를 사용자에게 제공하고 있다.

2.2 Marine Radiobeacon에 의한 한국의 DGPS 시스템

해양 수산부는 장기갑 등대에 독자 시스템 DGPS 기준국을 설치하여 1996년 부터 시험 운영하고 있다. 장기갑의 DGPS 기준국에서는 기존의 Radiobeacon 주파수 310KHz를 사용하고 있으며, 출력 300W, 100bps의 신호 속도로 DGPS 보정치를 전송하고 있다. 또한 유효 범위는 100NM 정도로 알려져 있다. 기준국의 의사거리 측정 수신기는 Trimble Series 4000을 이용하여 실측하며, 보이는 위성의 의사거리를 수정하여 전송하고 있다.

한국의 DGPS Network 구성에 대한 연구 및 설계는 초기 단계로서 주 통제국은 대전 부근이며, 설치 장소는 기존의 Radiobeacon 국 7개 장소와 추가 가능 기준국 1~2개 중에서 동해로 부터 주문진, 장기갑, 울릉도, 영도, 거문도, 마라도, 어청도, 팔미도 등대로 8곳을 계획하고 있다[6]. 한국의 실정에 맞는 DGPS Network 구성은 어느 특정 기업에서 주관해야할 성질이 아니고 국가 기관에서 수행해야하는 공식사업인 관계로 정부 지원아래 수행 될것으로 보인다. 또한 세계 모든 국가가 자국의 이익을 위해 국가차원에서 DGPS Network 구성을 서두르고 있음을 감안 세계적 추세에 부응하고 한국 실정에 맞는 한국형 DGPS/Marine Radiobeacon 시스템이 수년내 완성될것으로 보인다. Figure 1은 예정 후보지를 기준으로 100NM의 범위를 나타낸 것이다[6].

2.3 한반도 주변의 DGNSS/ Marine Radiobeacon 시스템

한반도 주변 국가의 DGNSS(Differential Global Navigation Satellite System)의 현황을 Figure 2에 나타내었다.

일본은 1995년 12월 이후 DGPS 보정 자료를 전송 시험하고 있는데(Turugi-saki, Daioh-saki), 해양 안전국이 운영하는 일본의 MF 레이디오 비콘 방송국은 일본 연안을 따라 위치해 있다. 준비 중인 18개의 방송국은 200Km 범위로 작동하는 만족할 만한 서비스 지역을 나타내며, 기타 4개국은 머지않아 제공할 방송국이다. 주통제국은 도쿄에 설치되어 있으며, 1997년말 5개 이상의 방송국에서 수정 자료를 전송할 준비를 하고 있을 뿐만 아니라, 2000년 초까지 27개의 방송국으로 일본의 DGPS 자료 전송망을 설치할 계획이다[1].

중국은 1995년 말 총 22개의 Radiobeacon

국을 운영 중이며, 여기에 21개의 DGPS/ Radiobeacon 기준국을 위치시키려 하는데, 12개는 현존 기준국을 개조하고 9개는 신설할 계획이다. 현재는 6곳(발해만 3개, 산뚱반도 하단, 상하이, 하이난 섬 각 1개)에 DGPS 기준국을 설치하여 운영중이다. 보고된 자료에 의하면 DGPS 서비스 범위는 200NM이며, 중국 북부 해안과 상하이 부근 해안, 하이안 섬 근해에서의 위치 결정 서비스를 완벽히 제공하고 있다[12].

러시아는 러시아 자체 위성인 GLONASS를 이용한 DGLONASS를 사용하는데, 계획에 의하면 발틱해(2개), 흑해(1개), 카스피해(1개), 백해(4개), 북극 수로(8-12개), 기타(4개)이며, 1997년 까지 28-32개의 기준국을 구축할 예정이다. 한반도 주변 동북아시아에는 3개(Corsakovsky, Gamov, Vander Linda)의 기준국을 활용하여 정확한 위치 정보를 제공하고 있다.

Figure 2에 나타낸 서비스 범위는 기준국을 중심으로 100NM로 일정하게 나타낸것이기 때문에 각국에서 제시하는 서비스 범위와는 다소 차이가 있다. 한반도 주변의 DGNSS 서비스가 완벽히 제공되는 2000년 초에는 한반도 전해역에서 DGNSS에 의한 정확한 위치 정보가 제공될 것이다. 그러나 서해에서 중국과의 중첩, 동남해에서 일본과 중첩되는 곳에서의 전파 간섭에 대해서는 각국간의 이해관계를 원만히 해결 하여야 될 것이다.

3. 기준점 측량 및 분석

3.1. 측정 시스템

Figure 3는 본 연구에 사용된 DGPS 보정 데이터 수신 장치의 구성도이다. 데이터 측정을 위하여 DGPS 수신기는 Garmin사 GPSMAP 220 및 Shipmate사 RS 5900을 사용하였다. DGPS 수신기 자료는 실시간으로 수신된 정보를 컴퓨터에 저장하여 후처리하였고, 정밀 측량에 의하여 구한 2개의 장소인 장기갑 기준국과 연구실 옥상 기준점 안테나 위치를 비교 분석하였다.

3.2 두 기준점에서의 정밀도 결과 및 분석

1997년 5월 22일 장기갑 무선 표지국을 방문하여 자료를 수집하였다. 기준국의 통제국과 Radiobeacon 안테나의 거리는 약 50 m, 안테나의 높이는 38.1 m로 기준국 GPS 안테나와의 차이는 약 20 m 정도였다. 자료 수집 시 정확한 위치를 확인하기 위하여 기준국 GPS 안테나와 중복하여 Shipmate GPS 안테나를 설치하였다.

Figure 4는 약 25분간 수신된 Shipmate의 경위도 자료를 나타낸 것이다. 수신기에서 경위도 자료는 소수점 셋째 자리를 분으로 표시되었다.

Table 1은 기준국의 측량된 경위도와 DGPS 수신 자료의 평균 경위도를 비교한 것이다. 두 경위도를 비교 시 위도는 북쪽으로 0.01422" (0.4395 m), 동쪽으로 0.02208" (0.5553 m)의 변화가 있었으며, DGPS의 표준편차는 위도 0.0612" (1.8916 m), 경도 0.0648" (1.6297 m) 이었고, 측량된 경위도를 기준으로 한 DGPS의 2 drms는 4.9838 m 이었다.

장기갑 DGPS 기준국으로부터 72 nm 떨어진 연구실 옥상의 정밀 측량 위치에 DGPS

수신기를 설치한 후 보정 데이터를 수신하였다. 데이터 수신을 위하여 수일동안 지속적으로 Radiobeacon 수신기 전파 포착을 시도 하였으나, 신뢰할 수 있을 정도의 DGPS 보정치를 획득하는데는 많은 어려움이 있었다. 이는 장기갑 DGPS 기준국의 출력, 안테나 효율 및 전파 도달 거리에 기인한 수신점까지의 거리, 지형적인 영향인 것으로 판단되었다. 48시간 동안 신뢰할 수 있을 정도의 데이터 수신시간은 약 10분 정도였다.

Figure 5의 좌측에 NOVATEL 수신기(단독 GPS)에 의해 측정된 위치를 나타내었고, 우측에 Garmin DGPS 수신기로 DGPS 데이터 보정치를 수신하여 측정된 경도, 위도 위치를 나타내었다. GPS 단일 수신기에 의한 위치 정밀도와 Radiobeacon을 이용한 DGPS 시스템의 위치 정밀도에 대한 실측을 통해 확인 결과 DGPS 시스템에 대한 정밀도가 공통 오차를 제거하지 않은 단일 위치 정밀도보다 약 10배정도 우수함을 알 수 있다.

Table 2는 연구실 옥상에서 측량된 경위도와 DGPS 수신 자료의 평균 경위도를 비교한 것이다. DGPS 평균은 측량점을 기준으로 하여 북쪽으로 0.001284" (0.0397 m), 서쪽으로 0.051101" (1.2852 m)의 변화가 있었으며, 측량점을 기준한 표준 편차는 위도 2.901 m, 경도 2.97197 m 이었고, 2 drms는 7.8093 m 이었다. 따라서 측량치를 기준으로 한 DGPS 표준 편차를 구할 시 3 m 미만임을 확인하였다. 이는 측량 기준점에 대한 DGPS 실측 정밀도가 매우 신뢰할 수 있음을 말해준다. 기준국 장기갑과 연구실 옥상과의 거리는 약 72 nm 이었는데, 위의 자료를 비교하여 본다면 72 nm 에서도 DGPS에 의한 위치가 10 m 내로써 미 연방국에서 요구하는 위치의 정확도를 충분히 만족한다할 수 있다. 즉, 연구실 옥상 측량점에서의 정밀도가 약 8 m (2 drms)로서 기준국의 정밀도 약 5 m (2 drms)와 비교할 시 3 m 내외임을 확인하였다.

4. DGPS/Marine Radiobeacon에 의한 측정 실험 및 분석

1997년 5월 21일부터 24일간 부산을 시작으로 속초까지 유인 등대, 9월 9일부터 12일간 울릉도에서의 DGPS/Radiobeacon 자료를 수집하였다. 72NM 떨어진 연구실 옥상에서의 자료로 보아 해상에서 100NM의 서비스 범위를 예측할 수 있었으나, 자료 수집 시간에 대한 불만족 및 현재 사용중인 등대표의 위치 좌표에 대한 신뢰도를 확인하기 위함이었다.

위치 측정은 DGPS 수신기 2대(Garmin사 GPSMAP 220 및 Shipmate사 RS 5900)로 하였다.

현재 사용중인 등대표에 고시된 위치는 분단위 소수점이하 첫째 단위까지 표시되어있을 뿐아니라, 대부분 등대가 세워졌던 1900년 전반부에 측량한 위치를 지금까지 사용하고 있어 다소의 위치 오차가 있었다(최저 수10m에서 최대 수100m).

Table 3은 위치를 측정한 등대의 좌표를 Bessel에서 WGS-84로 전환하여 DGPS 평균과의 등대의 거리차를 나타내었다. 측정시 죽변이북의 묵호와 속초등대에서는 DGPS 수신기에서 Radiobeacon 신호를 접촉하지 못하였다. 이것은 지형에의한 전파의 전달에 관련된 것으로 판단되었다. 각 등대의 DGPS 측정치 평균에 의한 표준편차는 송대말 1.6786m, 울기 5.6204.m, 간절갑 19.9377m, 대변 4.8445m,

축변 1.7342m, 울릉도(도동) 9.777m 였다. 실험결과 거리에 따라 평균 위치에 대한 rms가 점점 커지리라는 예상과는 달랐다. 이것은 각 등대 위치 주변의 지형지물에 의한 DGPS/Radiobeacon의 신호 접촉에 영향을 받는다는 것을 알 수 있고, 각 장비의 특성에 따라 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 DGPS에 기준국을 설치시 전파의 음영구역을 확인하고 이에 대한 대책을 사전 준비하여야 할것으로 판단되었다. 또한 전파의 전계강도 측정을 하여 해상에서의 서비스 범위를 확인하하하여야 할 것이다.

5. 결 론

본 논문은 국내 최초로 시험 발사중인 Marine Radiobeacon 장기갑 DGPS 기준국으로부터 보정치의 실 데이터를 수집, 분석하여 한국에서의 Radiobeacon을 이용한 DGPS 시스템 설계에 앞서 선결해야할 정밀도 및 적용 범위등의 핵심사항에 대하여 연구하였다.

연구 결과, 정밀하게 측량된 기준국 원점 및 기준국으로부터 충분히 떨어진 특정 지점에서의 위치 오차가 10m 이내로써 항구 접근 및 특정 항로 항해 요구를 충족시킬수 있음을 확인하였다. DGPS/Marine Radiobeacon 시스템에 대한 정밀도는 공통오차를 제거하지 않은 단일 수신기 위치 정밀도보다 약 10배 정도 우수함을 알수 있었고, 위의 결과로서 시험운영중인 DGPS/Marine Radiobeacon 기준국 보정 오차 서비스 범위는 해양의 경우 약 100NM 정도를 커버할 수 있음을 확인하였다. 따라서 현재 추진중인 한반도 연안 8개의 DGPS 기준국(주문진, 장기갑, 울릉도, 영도, 거문도, 마라도, 어청도, 팔미도)이 설치 완료될 경우 한반도 주변에서의 해양활동을 하는 민·관·군의 위치 정보 체계에 획기적인 전환점이 되리라 예상된다.

본 연구에 이어 지속해야할 향후 연구과제는 전계강도에 따른 DGPS의 서비스영역, 위치 정보 정밀도 및 신뢰도 뿐 아니라, GNSS (Global Navigation Satellite System) 시스템 선택시의 DGNSS 데이터 전송 Message Type 등이다.

[참고문헌]

[1] Akio Yosuda, Hiromune Nauie, Takahiro Yamada and Takuya Takahashi, "DGPS Correction Data Broadcasting in Japan by MF Marine Radiobeacon and Evaluation of the Positioning Accuracy", Proceedings of ION GPS-96, pp385-392, 1996.

[2] B. W. Parkinson and P. K. Enge, "Differential GPS", pp30-36.

[3] B. Hofman-Wellenhof, H. Lichtengger and J. Collins, "Global Positioning System Theory and Practice", Springe -Verlag Wien New York, pp13-14, 1993.

[4] Elliott D. Kaplan, "Understanding GPS Principles and Application", Artech House Boston · London, pp1-13 pp43-47 pp321-333, 1996.

[5] Kwangsoob Ko, "The Study on Analysis of Error Model of C/A Code for Improvement of GPS Satellite Navigation", Journal of The Korean In stitute of Navigation, 1995

[6] Kwangsoob Ko, J.B Lim, Y.H Sim, "The Study on the Development of Ship's GPS-Compass Using Two GPS Receiver", 96 ION-GPS, pp375-384, 1996

[7] Kwangsoob Ko, Semo Chung, "The Status of DGNSS & Experimental Test of DGPS in Korea", Proceedings of KIN-CIN Joint Symposium, pp71-86, 1997.

[8] R. M. Karafus, "New RTCM SC-104 Standard for Differential GNSS", Journal of the Institute of Navigation, Vol.43, No.4, Winter 1996-1997, pp363-373

[9] Russel A. Paielli, B. David McNally, Ralph E. Bach, David N. Warner, "Carrier Phase Differential GPS for Approach and Landing: Algorithms and Preliminary Results.", Proceeding of the ION GPS-94 Volume II, pp831-840, 1993.

[10] Tom Logsdon, "The Navistar Global Positioning System", Van Nostrand Reinhold, pp17-18, 1992.

[11] W. J. Ecker, "Broadcast Standard for The USCG DGPS Navigation Severce", U.S. Department of Transportation United Status Coast Guard, pp1-1~1-2, 1993.

[12] Yang Bingxi, You Kunling, "Six RB-DGPS Broadcast Stations on Trial Operation in China", Admiralty List of Radio Signals Vol.2, 1997.

[13] 고광섭, 이형욱, 정세모, "한국 동해안에서의 DGPS/Marine Radiobeacon 정밀도 분석에 관한 연구", 한국 항해 학회지, 1998.

[14] 이형욱, "한국의 DGNSS/Marine Radio- beacon에 관한 연구 — DGPS를 중심으로 —", 군사과학대학원 석사학위 논문, 1998.

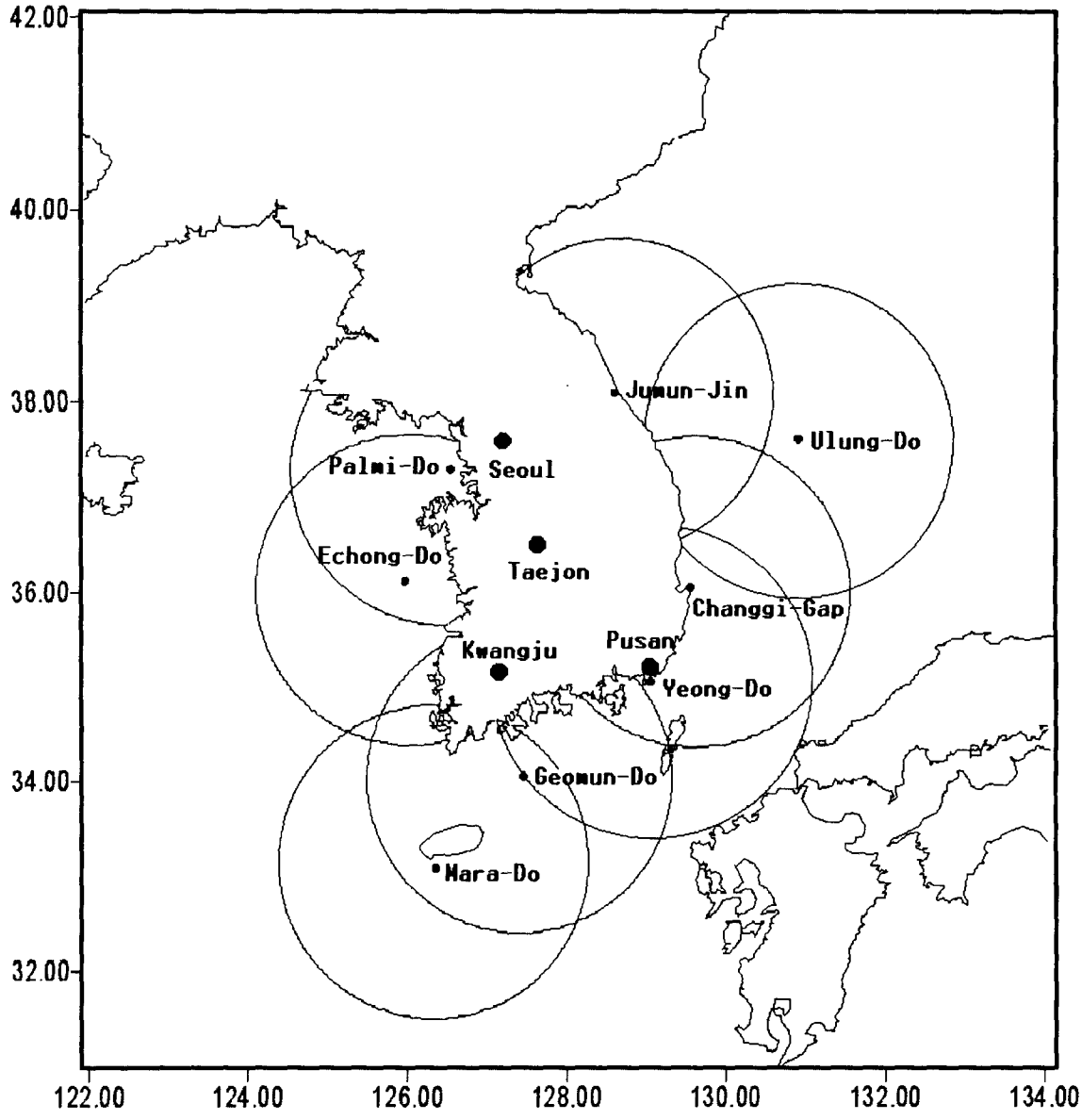

Figure 1. The Predicted DGPS Station of Korea.

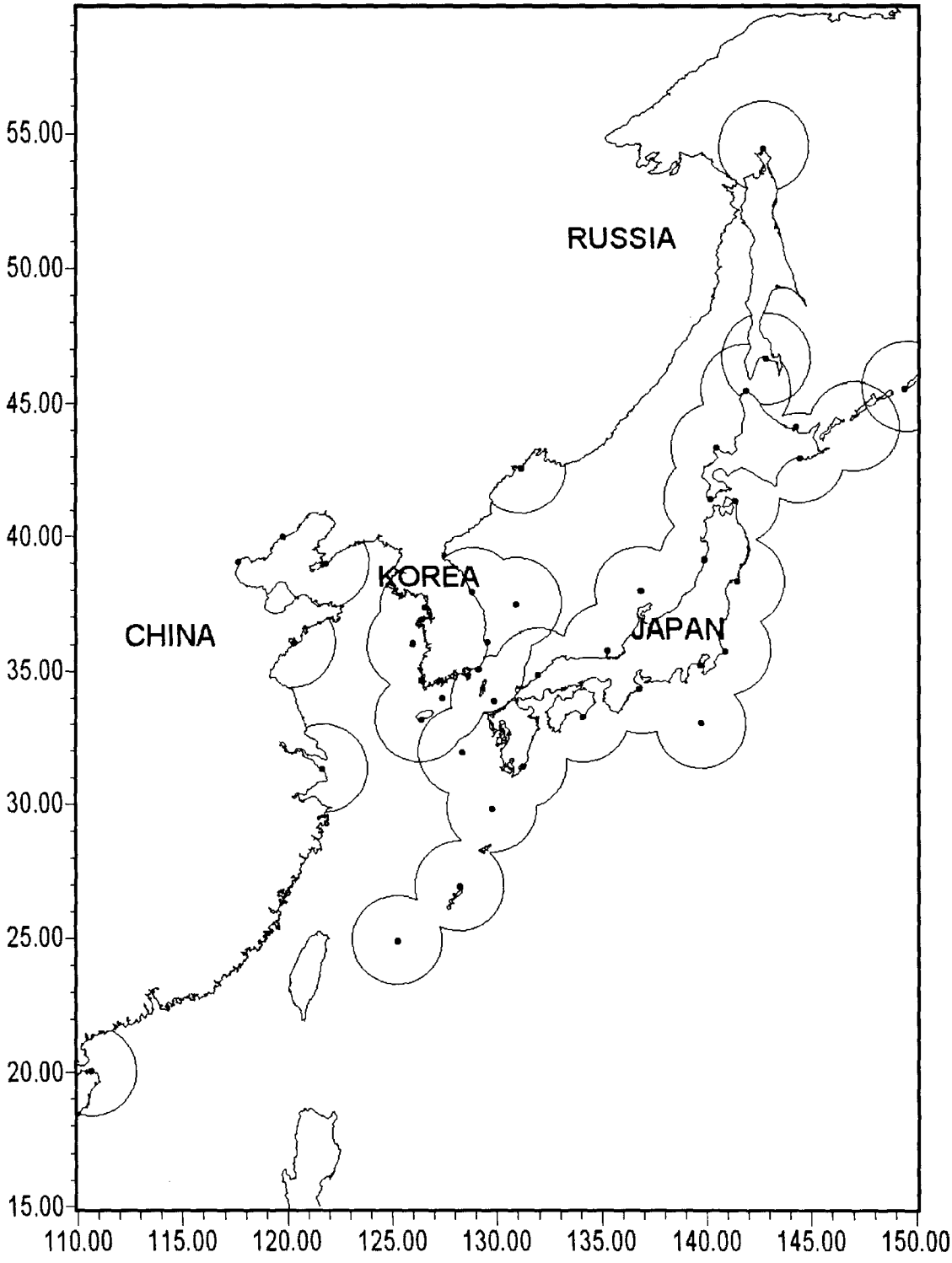

Figure 2. The Predicted Coverage of DGNSS Network in Northeast Asia.

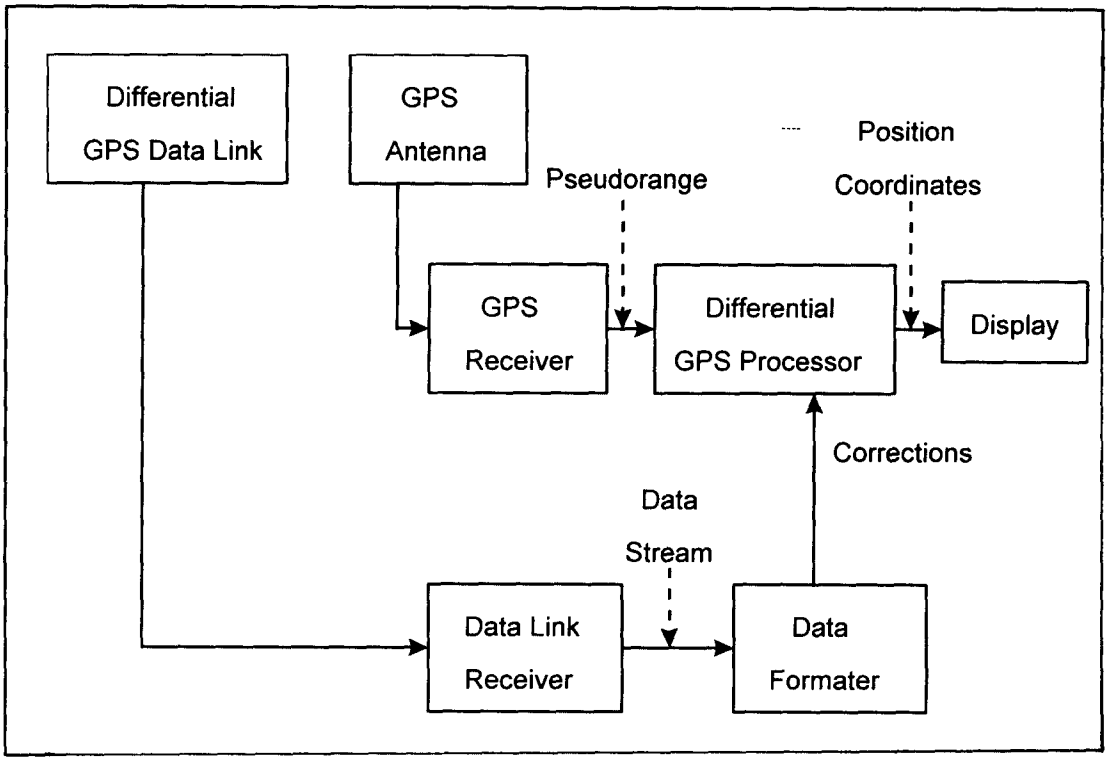

Figure 3. Test Block Diagram.

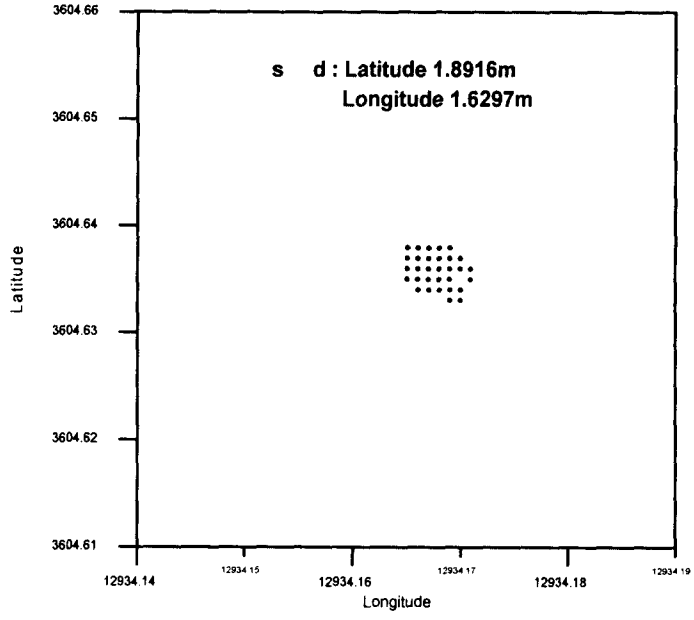

Figure 4. The Result of Reference Station Test

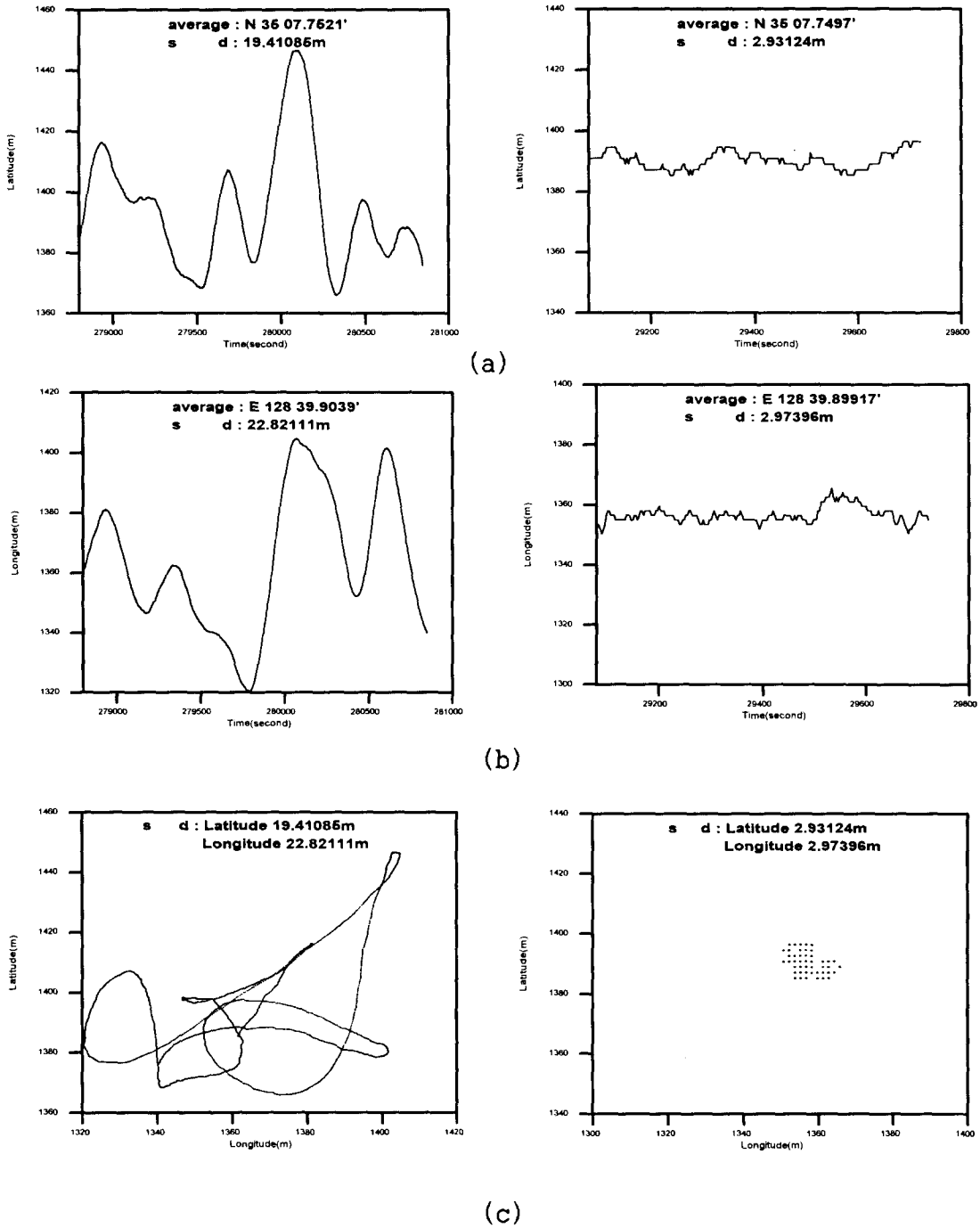

Figure 5. The Result of Static Test(a:Latitude,b:Longitude,c:Latitude/longitude)

Table 1. 기준국과 DGPS 경위도 비교

구 분	기 준 국	DGPS 평균	DGPS 표준편차
위 도	36° 04' 38.14998"	36° 04' 38.1642"	0.0612"
경 도	129° 34' 10.00332"	129° 34' 10.0254"	0.0648"

Table 2. 정점 측량 경위도와 DGPS 경위도 비교

구 분	측량 정점	DGPS 평균	DGPS 표준편차	측량치와의 표준편차
위 도	35°07'44.980716"	35°07'44.982"	2.93124 m	2.901 m
경 도	128°39'54.001101"	128°39'53.95"	2.97398 m	2.97179 m

Table 3. 등대 좌표 비교.

등 대	기준국 거 리	등대 좌표		Shipmate 평균		Garmin 평균	
		Bessel	WGS-84(A)	좌 표(B)	차 (A-B)	좌 표(C)	차 (A-C)
송대말	11nm	35° 48.2′ N 129° 30.8′ E	35° 48.382′ N 129° 30.661′ E	35° 48.41745′ N 129° 30.67940′ E	71.176m	35° 48.41771′ N 129° 30.67839′ E	70.385m
울기	36nm	35° 29.4′ N 129° 26.7′ E	35° 29.584′ N 129° 26.562′ E	35° 29.56633′ N 129° 26.57892′ E	42.012m	35° 29.56787′ N 129° 26.57971′ E	41.037m
후포	38nm	36° 40.7′ N 129° 27.9′ E	36° 40.876′ N 129° 27.759′ E	36° 40.84236′ N 129° 27.73092′ E	74.330m	36° 40.84433′ N 129° 27.73012′ E	73.007m
간절갑	44nm	35° 21.4′ N 129° 21.8′ E	35° 21.585′ N 129° 21.662′ E	35° 21.53739′ N 129° 21.63091′ E	99.767m	35° 21.54276′ N 129° 21.63054′ E	91.066m
대변	55nm	35° 13.0′ N 129° 13.9′ E	35° 13.186′ N 129° 13.763′ E	35° 13.28797′ N 129° 13.76562′ E	189.042m	35° 13.28142′ N 129° 13.76581′ E	176.045m
죽변	60nm	37° 03.3′ N 129° 25.9′ E	37° 03.473′ N 129° 25.759′ E	37° 03.49274′ N 129° 25.76943′ E	39.000m	37° 03.49148′ N 129° 25.76856′ E	36.770m
도동	107nm	37° 29.3′ N 130° 55.28′ E	37° 29.472′ N 130° 55.050′ E			37° 29.22337′ N 130° 55.16806′ E	491.350m