

碩士學位論文

濟州道 周邊 海域에서의 DGPS 受信實態 및
位置誤差에 관한 研究

指導教授 安長榮

濟州大學校 産業大學院
海洋生產學科

姜承完

2002. 12

濟州道 周邊 海域에서의 DGPS 受信實態 및
位置誤差에 關한 研究

指導教授 安 長 榮

이 論文을 水産學 碩士學位 論文으로 提出함

2002年 12月 日

濟州大學校 産業大學院

海洋生産學科
航海工學專攻

姜 承 完

姜 承 完의 水産學 碩士學位論文을 認准함

2002年 12月 日

審査委員長 서 두 옥 ㉠

委 員 안 영 화 ㉠

委 員 안 장 영 ㉠

A Study on Positioning Error and Receiving Condition of DGPS in the Coast of Jeju Island

Sung-Wan Kang

Department of Marine Production
Graduate School of Industry
Cheju National University

Supervised by professor Jang-Young Ahn

Summary

GPS has already penetrated our life and delivered very useful information and convenience to us even in the lack of understanding it. For fixing the difference in GPS that has been used in the wide scope, DGPS(Differential Global Positioning System) has been developed and used.

In this experiment, we checked the coverage of DGPS, which had used only mathematically, and calculated the maximum distance received in navigating a ship in the coast of Korea. As correction values were received from DGPS transmitting station in short, and long distance errors were occurred and observed.

The result follows.

1. The DGPS of Korea covered the range of 100 miles fully on the sea, and the limit of reception didn't occur within the range of the coverage.

2. Maximum receiving range of DGPS transmitting station which used a auto selection covered about 420miles from a position of $31^{\circ}14' N$, $122^{\circ} 51' E$ to Palmido station, navigating from Shanghai to Jeju.
3. Stable receiving range of a common DGPS on the land and the sea might covered about 150miles and 200miles, respectively.
4. The results received from GPS and DGPS at the fixed position showed large errors. Therefore, DGPS receiver is necessary to find correct positions in navigating within a narrow channel or fairway.
5. A running fix at a fixed position made errors according to the change of distance between reference station and receiver, but the change of distance and the variation of error were not related each other.
6. Positioning of DGPS for long time could make mean position close to actual position. Mean of positions measured for 4 hours contained errors within almost 3m and for 5 minutes was within 5m.

목 차

Summary-----	i
List of Figures-----	v
List of Tables-----	IX
제1장 서론-----	1
제2장 장치 및 방법-----	3
2.1 실험장치-----	3
2.2 실험방법-----	4
2.2.1 제주도를 중심으로 한 주변해역에서의 DGPS국별 수신실태-----	4
2.2.2 우리나라 주변의 DGPS신호의 이용범위에 관한 특이현상-----	6
2.2.3 GPS와 DGPS수신기로 측정한 위치의 정확도 비교-----	8
2.2.4 정점에서의 DGPS국 선택에 따른 위치오차-----	8
2.2.4.1 사라봉 삼각점에서의 위치오차-----	9
2.2.4.2 제주항과 부산항에서의 정점관측에 의한 위치오차-----	10
제 3 장 결 과-----	12
3.1 제주도 주변 및 남해안 관측-----	12
3.2 DGPS신호의 이용범위에 관한 특이현상-----	15
3.2.1 제주와 상해간의 DGPS국 수신-----	15
3.2.2 제주와 천진간의 DGPS국 수신-----	17
3.2.3 제주와 기룡간의 DGPS국 수신-----	19
3.2.4 제주와 토야마간의 DGPS국 수신-----	21
3.2.5 제주와 블라디보스톡간의 DGPS국 수신-----	23
3.2.6 제주와 부산간의 DGPS국 수신-----	25
3.2.7 우리나라 동해 및 남해에서의 DGPS국 수신-----	26
3.3 GPS와 DGPS수신기로 측정한 위치의 정확도 비교-----	27
3.4 정점에서의 DGPS국 선택에 따른 위치오차-----	31
3.4.1 사라봉 삼각점에서의 위치오차-----	31

3.4.2 제주항과 부산항에서의 정점관측에 의한 위치오차-----	33
3.4.2.1 제주항 정점에서의 위치오차-----	33
3.4.2.2 부산항 정점에서의 위치오차(각국별 4시간 관측)-----	35
3.4.2.3 부산항 정점에서의 위치오차(각국별 5분 관측)-----	39
제 4 장 고찰-----	43
제 5 장 요약-----	46
참고문헌-----	47
감사의 글-----	48

List of Figures

Fig. 1. Block diagram of GPS/DGPS system and PC-----	4
Fig. 2. DGPS beacon stations of Korea. (Reference stations and integrity stations)-----	5
Fig. 3. Equipments for positioning at base point of Sarabong-----	10
Fig. 4. ID's DGPS beacon stations obtained by DGPS receiver around Jeju Island and south sea of Korea from July 16 th to 21 st ,2001-----	13
Fig. 5. ID's DGPS beacon stations obtained by DGPS receiver around Jeju Island and south sea of Korea from November 12 th to 17 th , 2001-----	13
Fig. 6. ID's DGPS beacon stations obtained by DGPS receiver on the strait of Jeju from June 12 th to 15 th , 2002-----	14
Fig. 7. ID's DGPS beacon stations obtained by DGPS receiver on Jeju · Shanghai route from October 7 th to 8 th , 2001-----	15
Fig. 8. ID's DGPS beacon stations obtained by DGPS receiver on Shanghai · Jeju route from October 13 th to 14 th , 2001-----	15
Fig. 9. ID's DGPS beacon stations obtained by DGPS receiver on Jeju · Tianjin route from June 22 nd to 24 th , 2002-----	17
Fig. 10. ID's DGPS beacon stations obtained by DGPS receiver on Tianjin · Jeju route from June 29 th to July 1 st , 2002-----	17
Fig. 11. ID's DGPS beacon stations obtained by DGPS receiver on Jeju · Keelung route from September 11 th to 13 th , 2001-----	19
Fig. 12. ID's DGPS beacon stations obtained by DGPS receiver on Keelung · Jeju route from September 18 th to 21 st , 2001-----	19
Fig. 13. ID's DGPS beacon stations obtained by DGPS receiver on Jeju · Toyama route from July 9 th to 11 th , 2002-----	21
Fig. 14. ID's DGPS beacon stations obtained by DGPS receiver on Toyama · Jeju route from July 16 th to 18 th , 2002-----	21
Fig. 15. ID's DGPS beacon stations obtained by DGPS receiver on Jeju · Vladivostok route from July 22 nd to 24 th , 2002-----	23
Fig. 16. ID's DGPS beacon stations obtained by DGPS receiver on Vladivostok · Jeju route from July 29 th to August 1 st , 2002---	24

Fig. 17. ID's DGPS beacon stations obtained by DGPS receiver on Jeju · Busan route from September 25 th to 29 th , 2001-----	25
Fig. 18. ID's DGPS beacon stations obtained by DGPS receiver among Jeju, Busan, Donghae route from October 29 th to November 6 th , 2001-----	26
Fig. 19. The result of positioning obtained by DGPS receiver at the Jeju harbor-----	29
Fig. 20. The result of positioning obtained by GPS receiver at the Jeju harbor-----	29
Fig. 21. The obtained of distance between GPS and DGPS receivers at the Jeju harbor-----	30
Fig. 22. Average of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Geomundo and Marado beacon station at the base point of Sarabong.(Oct. 5 th , 2002)-----	31
Fig. 23. Average of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Geomundo, Youngdo and Marado beacon station at the base point of Sarabong.(Oct. 6 th , 2002)-----	31
Fig. 24. Average of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Geomundo, Echongdo, Youngdo, Osesaki, Wakamiya and Marado beacon station at the mean position of Jeju harbor (May. 30 th , 2002)-----	33
Fig. 25. Average of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Geomundo, Echongdo, Youngdo, Osesaki, Wakamiya and Marado beacon station at the mean position of Jeju harbor (June. 9 th , 2002)-----	33
Fig. 26. Average of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Youngdo, Changgigap, Hamada, Osesaki and Wakamiya beacon stations for 4 hours each at the mean position of Busan harbor from August 12 th to 13 th , 2002-----	35
Fig. 27. Average of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Youngdo, Changgigap, Hamada, Osesaki and Wakamiya beacon stations for 4 hours each at the mean position of Busan harbor from August 13 th to 14 th , 2002-----	35

- Fig. 28. Average of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Youngdo, Changgigap, Hamada, Osesaki and Wakamiya beacon stations for 4 hours each at the mean position of Busan harbor from August 15th to 16th, 2002-----36
- Fig. 29. Average of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Youngdo, Changgigap, Hamada, Osesaki and Wakamiya beacon stations for 4 hours each at the mean position of Busan harbor from August 17th to 18th, 2002-----36
- Fig. 30. Average of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Youngdo, Changgigap, Hamada, Osesaki and Wakamiya beacon stations for 4 hours each at the mean position of Busan harbor from August 18th to 19th, 2002-----37
- Fig. 31. Average of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Youngdo, Changgigap, Hamada, Osesaki and Wakamiya beacon stations for 4 hours each at the mean position of Busan harbor from August 20th to 21st, 2002-----37
- Fig. 32. The result I of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Youngdo, Changgigap, Hamada, Osesaki and Wakamiya beacon stations for 5 minutes each at the mean position of Busan harbor-----39
- Fig. 33. The result II of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Youngdo, Changgigap, Hamada, Osesaki and Wakamiya beacon stations for 5 minutes each at the mean position of Busan harbor-----39
- Fig. 34. The result III of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Youngdo, Changgigap, Hamada, Osesaki and Wakamiya beacon stations for 5 minutes each at the mean position of Busan harbor-----40
- Fig. 35. The result IV of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Youngdo, Changgigap, Hamada, Osesaki and Wakamiya beacon stations for 5 minutes each at the mean position of Busan harbor-----40

- Fig. 36. The result V of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Youngdo, Changgigap, Hamada, Osesaki and Wakamiya beacon stations for 5 minutes each at the mean position of Busan harbor-----41
- Fig. 37. The result VI of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Youngdo, Changgigap, Hamada, Osesaki and Wakamiya beacon stations for 5 minutes each at the mean position of Busan harbor-----41

List of Tables

Table 1. Specifications of DGPS Receiver(JRC, JLR-7700)-----	3
Table 2. Specifications of GPS Receiver(Samyung, SGP-3600N/A)-----	3
Table 3. DGPS beacon stations of Korea-----	6
Table 4. DGPS beacon stations of Japan-----	7
Table 5. DGPS beacon stations of China-----	8
Table 6. Maximum receiving range of Korean DGPS beacon stations selected by DGPS receiver on Jeju Shanghai route-----	16
Table 7. Maximum receiving range of Korean DGPS beacon stations selected by DGPS receiver on Jeju Tianjin route-----	18
Table 8. Maximum receiving range of Korean DGPS beacon stations selected by DGPS receiver on Jeju Keelung route-----	20
Table 9. Maximum receiving range of Korean DGPS beacon stations selected by DGPS receiver on Jeju Toyama route-----	22
Table 10. Accuracy of positions obtained by GPS and DGPS receivers---	28
Table 11. Distribution of each distance from base point measured at a fix position of Sarabong-----	32
Table 12. Distribution of each distance from mean position measured at a fix position of Jeju harbor-----	34
Table 13. Distribution of each distance from mean point measured at a fix position of Busan harbor(Each 4 hours)-----	38
Table 14. Distribution of each distance from mean point measured at a fix position of Busan harbor(Each 5 minutes)-----	42

제 1 장 서 론

GPS(Global Positioning System)는 1972년부터 미국 공군에 의해 군사적 목적으로 개발되기 시작한 이래 1995년에는 21개의 주위성과 3개의 보조위성이 완전가동에 들어가 위치, 속도, 시간정보를 제공하는 등 시스템에 있어서 완성 단계에 이르렀으며, 최근에는 항공기, 선박, 차량의 자동항법이나 통신, 전력시스템의 시각동기, 교통관제, 정밀측량, 지도제작 등 다양한 분야에서 이용되고 있다.(이 등, 1997)

해상의 선박에서는 대양항해를 하는 대형선박은 물론이고 연안 가까이에서만 항해를 하는 소형선박에 이르기까지 거의 모든 선박이 GPS를 이용하고 있으며, 위치의 정확성, 편리성, 경제성 등에서 타 항법시스템에 비하여 월등히 많은 장점을 동시에 가지고 있어서, 기기고장 등을 우려한 예비항법장치로써 다른 항법 수신기가 아닌 이 항법의 수신기를 1~2대 정도 추가로 갖추고 있는 경우가 많다.

GPS에 있어서의 위치오차는, 인위적인 오차인 SA(Selective Availability)가 2000년 5월 1일을 기하여 없어짐에 따라 오차는 상당히 줄어들어 위치에 관한 신뢰도가 향상된 것은 사실이나 아직도 때에 따라서는 오차가 50m에 달하는 경우도 발생한다. 한편, 국제해사기구(IMO)에서는 항만접근시 위치의 정확도를 8~10m로 요구하고 있는데(이, 2000), 이와 같이 항만접근이나 또는 연안항로, 협수로 항해, 저인망작업 등 비교적 정밀한 위치를 요구하는 상황에서 사용하기에는 그 정확도에 관한 신뢰성이 부족한 경우가 있다. 이렇게 한정된 정확도로만 이용이 가능하도록 하여 민간용으로 개방되어진 C/A코드(Coarse Acquisition-Code)의 한계를 극복하고자 고안된 것이 DGPS (Differential Global Positioning System)이다.(김, 1999)

DGPS의 위치보정 방법은 정밀하게 측정되어 위치를 알고 있는 기준국에서 GPS신호를 수신하여 여기에서부터 GPS위성까지의 의사거리를 측정하고 GPS의 항법데이터에 포함된 궤도정보와 기준국의 정밀위치를 이용하여 기준국으로부터 위성까지의 기하학적 거리를 계산한다. 측정된 의사거리와 계산된 기하학적 거리의 차인 의사거리오차를 산출하여 의사거리 보정값을 송신국(이하 DGPS국이라고 함)에서 이동하는 사용자의 수신기로 송신하여 줌으로써 사용자는 이 보정값을 가지고 자신의 GPS위치를 수정하여 보다 정밀한 위치를 계산하게 된다.(이 등, 1995)

우리나라에서도 이미 8개의 송신국을 가동하여 우리나라 연근해를 이용범위로 하여 운용중에 있고, 현재 3개의 송신국을 더 설치하고 시험전파를 발사하

는 단계에 있다. 그런데 이들 송신국의 이용범위는 설계상 송신국으로부터 100 해리로 알려져 있으나, 실측에 의하지 아니하고 단지 송신국의 전계강도를 분석하여 계산하거나 주파수가 비슷한 국간의 상호간섭을 수치적으로 계산하여 이용범위를 예측하고 있는 실정이다. 따라서 이 연구에서는 제주도를 중심으로 하여 우리나라 부근해역에서의 실측에 의한 DGPS 이용범위를 조사하여 이를 설계상의 이용범위와 비교하여 보았으며, 또한 고정점 관측을 통하여 근거리에는 DGPS국과 원거리에는 DGPS국의 신호(이하 DGPS신호라고 함)를 동일한 지점에서 관측하였을 경우 생기는 위치오차의 변화에서 송신국과 수신기간의 거리변화와의 상관관계에 관하여 조사하였다.

제 2 장 장치 및 방법

2.1 실험장치

본 실험에는 제주대학교 해양과학대학 소속의 실습선 아라호에 장착되어 있는 DGPS수신기(JRC, JLR-7700)와 GPS수신기(Samyung, SGP-3600N/A)를 이용하였는데 그 사양은 각각 Table 1, 2 와 같다.

Table 1. Specifications of DGPS Receiver(JRC, JLR-7700).

Receiving frequency		1575.42MHz±1MHz(C/A code)
Sensitivity		-130dBm
Dynamic range		25dB
Signal acquisition		Automatic by computer controlled
Maximum No. of tracked satellites		8
Fix update rate		Every 1 second
Accuracy	GPS position fixing	100m 2DRMS(L1, C/A code, HDOP≤4)
	DGPS position fixing	10m 2D RMS(L1, C/A code, HDOP≤4)
Beacon receiving	Receiving frequency	283.5KHz to 325KHz
	Frequency step	500Hz
	Selection of beacon station	Automatic or manual
	Demoduration	Minimum shift keying(MSK)
	RF bit rate	50/100/200bps

Table 2. Specifications of GPS Receiver(Samyung, SGP-3600N/A).

Receiving frequency		1575.42±1MHz
Sensitivity		-143dBm
Signal acquisition		Automatic by computer controlled
Maximum No. of tracked satellites		11
Fix update rate		Every 1 second
Accuracy		10m RMS, HDOP<2.0

2.2 실험방법

수신점에 대한 위치정보, 위치보정을 위한 비이컨 송신국 ID, 시각정보 등은 Fig. 1에서와 같이 GPS 혹은 DGPS수신기에서 나오는 NMEA0183 (National Marine Electronics Association 0183) 신호를 PC의 RS232C로 수신·저장한 후 실험실에서 출력하여 이용·분석하였다.

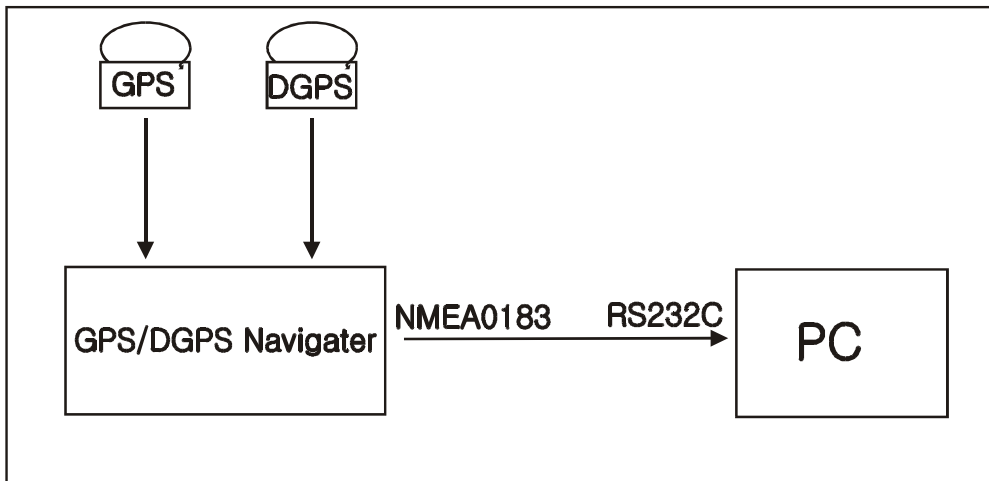


Fig. 1. Block diagram of GPS/DGPS system and PC.

2.2.1 제주도를 중심으로 한 주변해역에서의 DGPS국별 수신실태

우리나라에서 운영되고 있는 DGPS국에 관하여 그 위치와 이용범위는 Fig. 2와 같으며, 송신국의 위치, 송신주파수, 송신국의 ID등은 Table 3과 같다. 현재 총 8개의 DGPS국이 가동중이고 3개의 DGPS국이 증설중에 있을 뿐 아니라 위성항법 중앙사무소를 포함한 6개의 감시국에서 송신상태를 감시하고 있다. 이들 송신국들 중에서 남해안에서 수신 가능한 DGPS신호를 2001년 7월 16일부터 7월 21일까지를 1차로, 2001년 11월 12일부터 11월 17일까지를 2차로 나누어 제주도 연안해역을 중심으로 우리나라 남해안 일대의 동일항로를 관측 하였으며, 2002년 6월 12일부터 6월 15일까지는 다시 제주북부에 해역에 한해서 관측하였다. 이 수신기는 Table 1에서 보듯이 수신감도가 -130dBm 으로 설계되어 있고, 송신국의 선택은 자동 또는 수동으로 설정할 수 있도록 되어 있으나 이 실험에서는 자동으로 선택되도록 설정하여 측정하였다. 따라서 측정해역에서 수신되는 여러 송신국의 신호중 가장 전계강도가 높은 송신국의 신호가 자동으로 선택수신되어 위치보정에 이용되게 되었다. 그런데 우리나라에 설치된 DGPS국의 유효범위는 185km 로, 전계강도는 $40.0\text{dB}(\text{over } \mu\text{W/m})$ 을 만족

하도록 설계되어 있으며, 일본의 경우는 200km의 범위에서 40.0dB(over $\mu V/m$)의 조건을 만족하도록 설계되어 있으나(이, 2000), Fig. 2에서와 같이 수신가능 지역이 중복되어 있는 부분에서는 어느 송신국이 수신되고 있는지 알지 못한다. 따라서 어느 국의 전계강도가 더 높게 나타나고 있는지를 자동으로 선택 수신된 DGPS국의 ID를 조사하여 분석해 보았다.

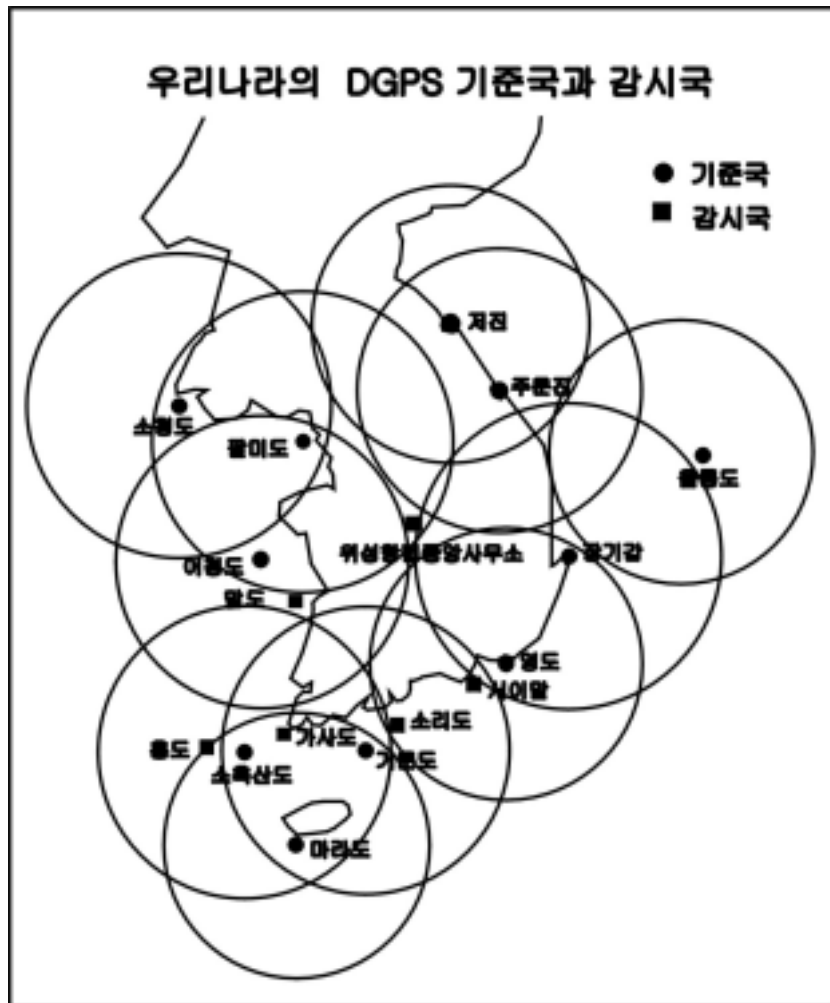


Fig. 2. DGPS beacon stations of Korea.
(Reference stations and integrity stations)

Table 3. DGPS beacon stations of Korea.

Station's Name	Latitude, Longitude	Frequency(kHz) (Bit rate(bps))	Station's ID	Remarks
Youngdo	35°02.9 ' N, 129°05.6 ' E	300(200)	720,721	
Palmido	37°21.3 ' N, 126°30.8 ' E	313(200)	722,723	
Geomundo	34°00.3 ' N, 127°19.5 ' E	287(200)	724,725	
Jumunjin	37°53.7 ' N, 128°50.2 ' E	295(200)	726,727	
Echongdo	36°07.2 ' N, 125°58.1 ' E	295(200)	728,729	
Marado	33°06.8 ' N, 126°16.3 ' E	290(200)	730,731	
Changgigap	36°04.5 ' N, 129°34.3 ' E	310(200)	732,733	
Ulungdo	37°23.3 ' N, 130°55.2 ' E	319(200)	734,735	
Sochongdo	37°45.7 ' N, 124°43.7 ' E	323(200)	736,737	on test
Soheuksando	34°05.7 ' N, 125°05.9 ' E	298(200)	738,739	on test
Jeojin	38°33.1 ' N, 128°23.9 ' E	292(200)	740,741	on test

2.2.2 우리나라 주변의 DGPS신호의 이용범위에 관한 특이현상

우리나라 및 일본, 중국의 DGPS국 배치현황은 Table 3,4,5와 같다. 여기서 우리나라의 DGPS국의 신호를 인접국가에서도 사용가능한지를 알기 위하여 제주도를 출발해서 부산과 동해, 중국의 상해와 천진, 대만의 기륭, 일본의 토야마, 러시아의 블라디보스톡 등으로 항해하면서 특정한 DGPS국의 신호를 연속 추적하여 보았고, 송신국별 이용범위의 한계를 실측하여 보았다.

Table 4. DGPS beacon stations of Japan.

Station's Name	Latitude, Longitude	Frequency(kHz) (Bit rate(bps))	Station's ID	Remarks
Kinkasan	38°17 ' N, 141°35 ' E	316(200)	680,681	
I-ubosaki	35°42 ' N, 140°52 ' E	295(200)	682,683	
Hatizyosima	33°05 ' N, 139°51 ' E	302(200)	688,689	
Trugisaki	35°09 ' N, 139°41 ' E	309(200)	686,687	
Daiosaki	34°17 ' N, 136°54 ' E	288(200)	692,693	
Murotosaki	33°15 ' N, 134°11 ' E	295(200)	694,695	
Toimisaki	31°22 ' N, 131°20 ' E	309(200)	706,707	
Osesaki	32°37 ' N, 128°36 ' E	302(200)	704,705	
Wakamiya	33°52 ' N, 129°41 ' E	295(200)	702,703	
Hamada	34°53 ' N, 132°02 ' E	305(200)	670,671	
Esaki	34°36 ' N, 135°00 ' E	320.5(200)	696,697	
Ohama	34°05 ' N, 132°59 ' E	321(200)	698,699	
Seto	33°26 ' N, 132°13 ' E	320(200)	700,701	
Kusirosaki	42°58 ' N, 144°23 ' E	288(200)	660,661	
Abashiri	44°00 ' N, 144°18 ' E	309(200)	662,663	
Souyamisaki	45°31 ' N, 141°56 ' E	295(200)	664,665	
Shakotan misaki	43°22 ' N, 140°28 ' E	316(200)	666,667	
Matumae	41°25 ' N, 140°05 ' E	309(200)	668,669	
Siriyasaki	41°26 ' N, 141°28 ' E	302(200)	678,679	
Sakata	38°57 ' N, 139°50 ' E	288(200)	676,677	
Hegurasisima	37°51 ' N, 136°55 ' E	295(200)	674,675	
Tango	35°44 ' N, 135°05 ' E	316(200)	672,673	
Urayasu	35°37 ' N, 139°54 ' E	321(200)	684,685	
Nagoya	35°02 ' N, 136°51 ' E	320(200)	690,691	
Tokara nakanosima	29°49 ' N, 129°55 ' E	320.5(200)	708,709	
Gesasi	26°36 ' N, 128°09 ' E	288(200)	710,711	
Miyakosima	24°44 ' N, 125°26 ' E	316(200)	712,713	

Table 5. DGPS beacon stations of China.

Station's Name	Latitude, Longitude	Frequency(kHz) (Bit rate(bps))	Station's ID	Remarks
Dasanshan	38°52 ' N, 121°50 ' E	301.5(200)	602,603	
Laotieshan	38°44 ' N, 121°08 ' E	295(200)	604,605	
Qinhuangdao	39°55 ' N, 119°37 ' E	287.5(200)	606,607	
Beitang	39°06 ' N, 117°43 ' E	310.5(200)	608,609	
Chengshanjiao	37°24 ' N, 122°42 ' E	291(200)	612,613	
Wangjiamai	36°04 ' N, 120°26 ' E	313.5(200)	614,615	
Yanweigang	34°29 ' N, 119°47 ' E	317(200)	620,621	
Haozhigang	32°01 ' N, 121°43 ' E	287(200)	622,623	
Dajishan	30°49 ' N, 122°10 ' E	307.5(200)	624,625	
Dinghai	30°01 ' N, 122°04 ' E	310(200)	626,627	
Shitang	28°16 ' N, 121°37 ' E	295(200)	628,629	
Tiandashan	25°28 ' N, 119°42 ' E	313(200)	630,631	
Zhenhaijiao	24°16 ' N, 118°08 ' E	320(200)	632,633	
Luyu	23°20 ' N, 116°45 ' E	317(200)	640,641	
Sanzao	22°00 ' N, 113°24 ' E	307(200)	642,643	
Naozhoudao	20°54 ' N, 110°36 ' E	301(200)	644,645	
Fangcheng	21°35 ' N, 108°19 ' E	287(200)	646,647	
Baohujiao	20°00 ' N, 110°56 ' E	310.5(200)	652,653	
Sanya	18°17 ' N, 109°22 ' E	295(200)	654,655	
Yangpu	19°44 ' N, 109°12 ' E	313(200)	656,657	

2.2.3 GPS와 DGPS수신기로 측정한 위치의 정확도 비교

2001년 9월 22일 12시 40분부터 동년 9월 24일 10시 25분까지 고정점인 제주항에서 GPS 및 DGPS 수신기를 이용하여 관측된 정점위치의 위치오차에 관하여 정확도를 비교하였다. 여기서 제주항 관측위치의 정확한 위치는 알 수 없어서 DGPS수신기로 장시간 수신된 위치의 평균위치를 수신점의 기준위치로 가정하고, 기준위치를 중심으로 한 수신위치의 정확도를 비교·분석하였다.

2.2.4 정점에서의 DGPS국 선택에 따른 위치오차

GPS는 지상 20,200km 상공에 떠 있는 위성으로부터 신호를 받아 이를 계산하여 자신의 위치를 구하는데, 여기에는 전리층지연, 대류권굴절, 위성궤도오차, 수신기의 성능, 잡음 등에 의한 오차로 인하여 위치측정시 수십미터에 달하는 오차가 있게 마련이다. 그러나 DGPS수신기에서 얻어진 위치는 이들 오차 중

에서 수신기의 고유오차를 제외한 많은 부분이 기준국과 사용자간의 공통오차로 제거되므로 위치오차가 수미터 이내로 줄어들게 된다. 그러나 이러한 위치오차는 기준국과 사용자간의 거리(이하 기저선의 길이라고 함)의 변화에 따라 많은 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 즉 기저선의 길이가 커지면 공통오차로 가정한 오차들이 완전히 제거되지 않고 여분의 오차가 잔류하게 되고 이것이 위치 측정시 오차로 나타나게 되므로 고정점에서 서로 다른 DGPS 비이콘 송신국의 신호를 선택·수신하였을 때 각각의 DGPS국에 따른 오차의 변화를 관측하여 보았다. 이 실험은 여러대의 DGPS를 가지고 동시에 관측하여야만 동일한 위성의 조합으로 계산된 위치의 상대오차를 얻을 수 있는데 이 논문에서는 1대의 DGPS 수신기를 이용하여 서로 다른 DGPS국의 위치보정신호에 의한 위치를 격시관측하여 그 위치오차를 비교하였다.

2.2.4.1 사라봉 삼각점에서의 위치오차

지구의 모양과 크기에 있어서 우리나라가 기준으로 삼고 있는 Bessel 타원체 TM 투영식에 있어서 투영원점은 서부, 중부, 동부 원점 3개이다. 예전에는 투영원점의 경도 좌표로써 경도 125도, 127도, 129도를 사용하였다. 그러나 일본 강점기에 설치된 우리나라 삼각점은 우리나라의 독자적인 경위도 원점을 기준으로 한 것이 아니고 일본의 경위도 원점을 기준으로 한 삼각망에 연결하여 산출하였다. 하지만 관동대지진으로 파괴된 일본 경위도 원점을 복구하는 과정에서 새로운 관측을 실시하였고 이 때 새로운 경도의 기준을 채택함으로써 기존의 경도값과 10.405초의 차이가 발생하게 되었다. 즉, 기존의 경도값에 10.405초를 모두 더해준 값이 새로운 기준에 적합한 경도값이 되도록 한 것이다. 그러므로 투영원점의 값은 125도 10.405초, 127도 10.405초, 129도 10.405초로 바뀌게 되었다. 따라서 TM좌표계를 경위도좌표계로 변환시 그 변환프로그램에 위의 값이 포함되어 있지 않을 경우 계산된 결과 경도값에 10.405초를 더해준 값이 현재 좌표계 기준의 올바른 좌표값이 된다.

사라봉 삼각점의 위치는 TM좌표 $X=52,477.97$ $Y=157,635.42$ 값을 Bessel 타원체 경위도값으로 변환하여 $33^{\circ}30'52.82470''$ N, $126^{\circ}32'38.24814''$ E의 값을 얻었다. 이렇게 얻은 경도값에 10.405"를 더한 후 다시 WGS-84좌표계로 변환하면 위도 $33^{\circ}31'04.55692''$ N, 경도 $126^{\circ}32'41.32784''$ E, 고도 148.3m이 된다. 이 값을 삼각점의 위치로 하고 수신가능한 DGPS국을 선택하여 구한 위치의 정확도를 비교하여 보았다.

Fig. 3은 사라봉 정상 삼각점 관측을 위하여 DGPS 장비 및 노트북 PC를 설치한 모습이다.



Fig. 3. Equipments for positioning at base point of Sarabong.

2.2.4.2 제주항과 부산항에서의 정점관측에 의한 위치오차

제주항에 정박중인 실습선 아라호를 이용하여 수신가능한 DGPS국을 선택하여 고정점에서 구한 위치를 비교하여 보았다. 제주항에서의 고정점 관측은 2001년 5월 30일과 6월 9일 2회에 걸쳐 시행하였으며 그 고정점의 위치는 $33^{\circ} 31' 22'' N$, $126^{\circ} 32' 12'' N$ 이다.

부산항의 고정점에서 각 송신국별로 4시간 관측과 5분 관측을 실시하여, 동일한 위성을 이용하지 않았을 경우의 관측치와 동일한 위성을 이용할 확률이 높은 경우의 관측치를 비교하여 보았다. 여기서 5분 관측은 DGPS수신기를 여러대 설치하여 수신된 위치를 비교하여야 하나, DGPS수신기가 1대밖에 없으므로 시간간격이 적으면 위치오차의 변화량도 적을 것으로 판단하여 가급적 복수의 수신기로 동시관측한 효과를 얻기 위하여 5분으로 정한 것이다.

각 송신국별로 4시간씩 관측한 장소는 부산시 영도구 소재의 코르웰 조선소 안벽으로서 위치는 $35^{\circ} 05' 25'' N$, $129^{\circ} 01' 52'' E$ 이며 관측일시는 2002년 8

월 11일부터 8월 21일까지이고, 각 송신국별로 5분씩 관측한 장소는 부산시 용호동 소재의 구 동국제강 안벽으로서 위치는 $35^{\circ}08'00''\text{N}$, $129^{\circ}06'52''\text{E}$ 이며 일시는 2002년 10월 31일 10시 30분부터 13시 45분까지이다.

제 3 장 결 과

3.1 제주도 주변 및 남해안 관측

Fig. 4는 제주도 부근 해역 및 남해안에서 2001년 7월 16일부터 21일까지 항해중에 자동으로 선택된 DGPS국의 ID를 나타낸 결과이며, Fig. 5는 동일한 항로에서 2001년 11월 12일부터 17일까지의 결과를 나타내고 있다. 그리고 Fig. 6은 제주도 북부해역에 한해서 2002년 6월 12일부터 15일까지 선택수신한 결과이다.

Fig. 4, 5, 6에서 보면 제주 북서부 일부와 일부 남해안 서부에서 어청도국(728)과 팔미도국(722)이 수신되고 있는데, 이는 당시의 기상상태나 혹은 공간상태, 잡음의 영향 등을 감안하면 거문도국(724)이나 마라도국(730)이 선택수신되어야 하며 그렇게 예측되었다. 그리고 설계상의 이용범위도 그렇게 되어있다. 그러나 어청도국이나 팔미도국의 신호가 제주부근에서 선택수신됨으로써 어청도국과 팔미도국의 전계강도가 더 높게 나타날 수도 있음을 보여준다. 또한 제주북동부 일부해역과 남해안 동부의 일부해역에서는 영도국(720)이 관측되고 있다. Fig. 4에서는 영도국이 송신국으로부터 130해리, 어청도국이 155해리 지점에서 수신된 반면 팔미도국은 200해리 지점까지 관측되고 있다. Fig. 5에서도 Fig. 4에서와 같이 송신국으로부터 영도국이 155해리, 어청도국이 155해리, 팔미도국이 210해리 지점까지 관측되고 있다. 그러나 Fig. 6에서는 팔미도국과 영도국이 관측되지 않았으며, 어청도국이 송신국으로부터 130해리 지점까지 관측되고 있다

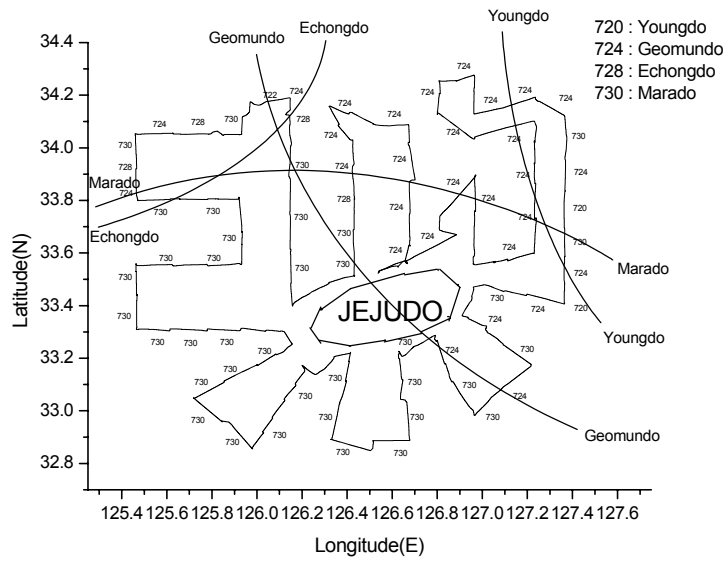


Fig. 4. ID's DGPS beacon stations obtained by DGPS receiver around Jeju Island and south sea of Korea from July 16th to 21st, 2001.

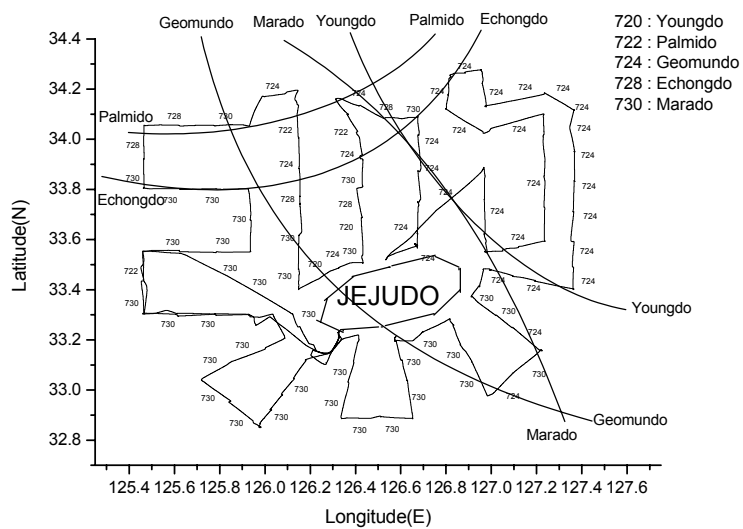


Fig. 5. ID's DGPS beacon stations obtained by DGPS receiver around Jeju Island and south sea of Korea from November 12th to 17th, 2001.

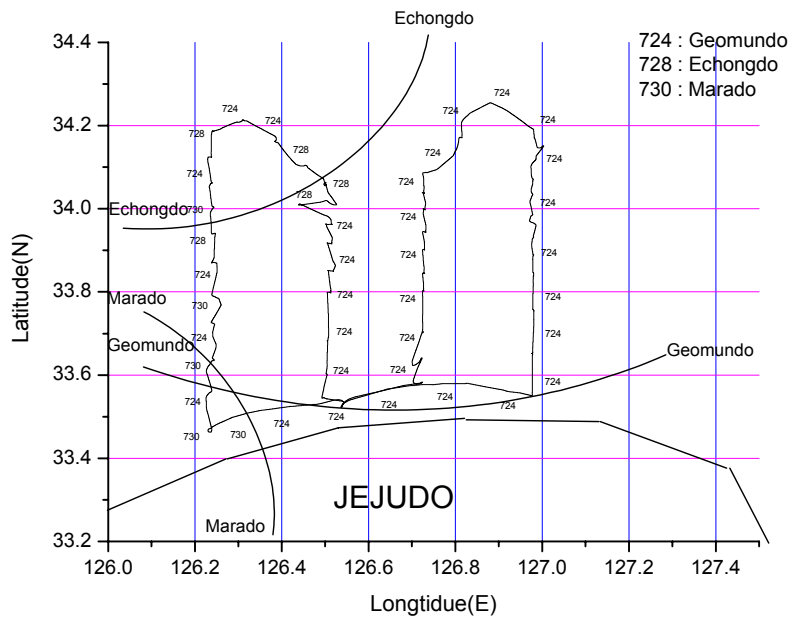


Fig. 6. ID's DGPS beacon stations obtained by DGPS receiver on the strait of Jeju from June 12th to 15th, 2002.

3.2 DGPS신호의 이용범위에 관한 특이현상

3.2.1 제주와 상해간의 DGPS국 수신

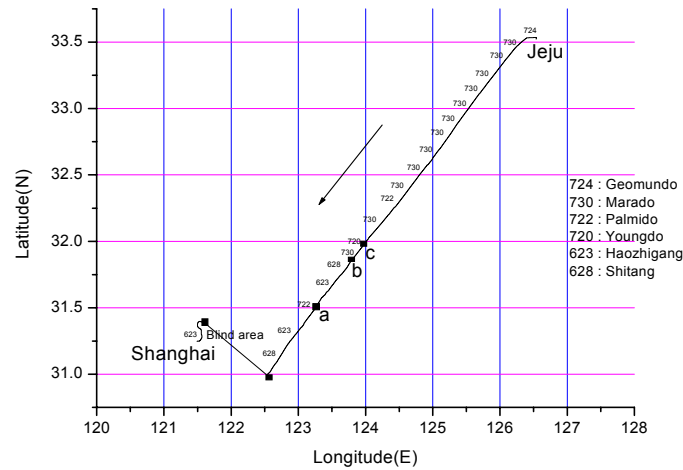


Fig. 7. ID's DGPS beacon stations obtained by DGPS receiver on Jeju · Shanghai route from October 7th to 8th, 2001.

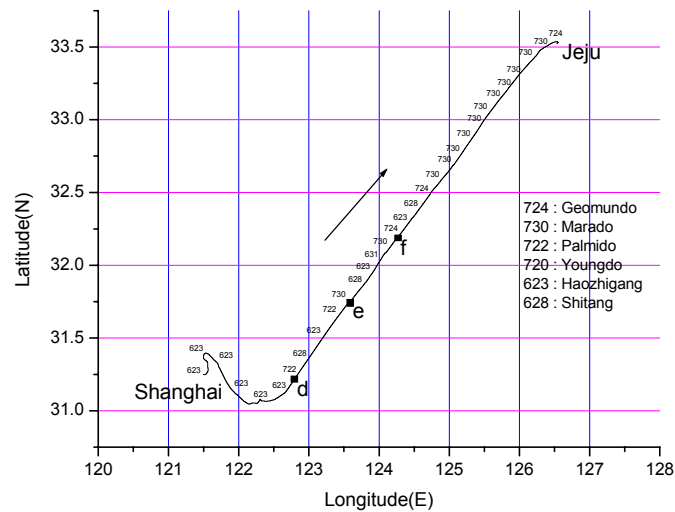


Fig. 8. ID's DGPS beacon stations obtained by DGPS receiver on Shanghai · Jeju route from October 13th to 14th, 2001.

Table 6. Maximum receiving range of Korean DGPS beacon stations selected by DGPS receiver on Jeju Shanghai route.

Name of DGPS beacon Station	Maximum receiving range (NM)	
	from Jeju to Shanghai	from Shanghai to Jeju
Palmido(722)	400	420
Marado(730)	150	165
Geomundo(724)		185
Youngdo(720)	315	

Fig. 7은 2001년 10월 7일부터 10월 8일까지 제주에서 상해간의 항해중에 자동선택된 DGPS국의 수신상태를 나타낸 것이고, Fig. 8은 2001년 10월 13일부터 10월 14일까지 상해에서 제주간의 항해중에 자동선택된 DGPS국의 수신상태를 나타낸 것이다. Fig. 7, 8에서 수신점a(31°28.0' N, 123°08.9' E)와 수신점d(31°14.0' N, 122°51.3' E)에서 팔미도 송신국이 선택수신됨으로써 각각 400해리 및 420해리까지 이용범위가 증가되었음을 보여주고 있으며, 수신점b(31°50.0' N, 123°43.6' E)와 수신점e(31°37.3' N, 123°26.1' E)에서 마라도 송신국이 선택수신되어 송신국의 이용거리가 각각 150해리 및 165해리에 이르고 있음을 보여주고 있다. 수신점f(32°14.7' N, 124°21.0' E)는 거문도국이 185해리까지 선택수신되고 있음을 보여주고 있으며, 수신점c(32°01.9' N, 124°03.3' E)에서는 영도국이 315해리까지 선택수신되고 있음을 볼 수 있다. 그리고 Fig. 7의 제주에서 상해까지의 항로에서는 거문도국이 이용범위 내에 있음에도 거이 선택수신되지 않았고, Fig. 8의 상해에서 제주까지의 항로에서는 영도국이 선택수신되지 않았다. 이와 같이 관측된 자료 중에서 우리나라 DGPS국의 최대 선택수신거리를 항로별로 정리하면 Table 6과 같다. Table 6에서 팔미도국은 설계상의 이용범위인 100해리보다 4배 이상의 거리에서 선택수신이 되었으며, 영도국도 315해리에서 선택수신되어 이용범위가 예상보다 매우 넓었다. 그리고 상해에서 제주로 항해할 때가 제주에서 상해로 항해할 때보다 대체적으로 이용범위가 넓은 것으로 나타났다.

3.2.2 제주와 천진간의 DGPS국 수신

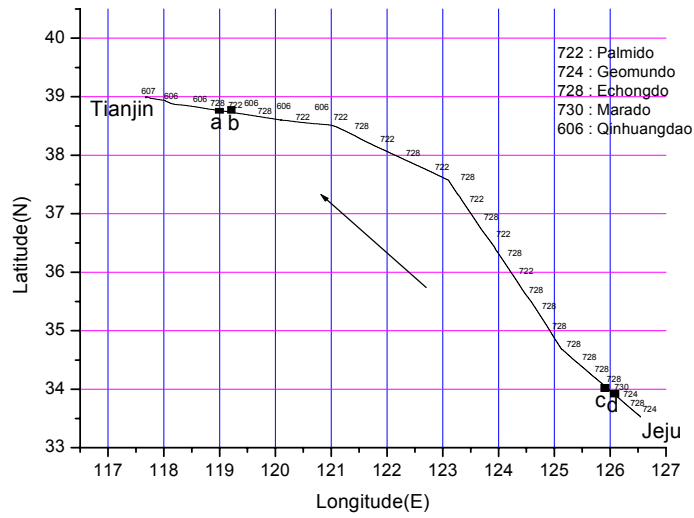


Fig. 9. ID's DGPS beacon stations obtained by DGPS receiver on Jeju · Tianjin route from June 22nd to 24th, 2002.

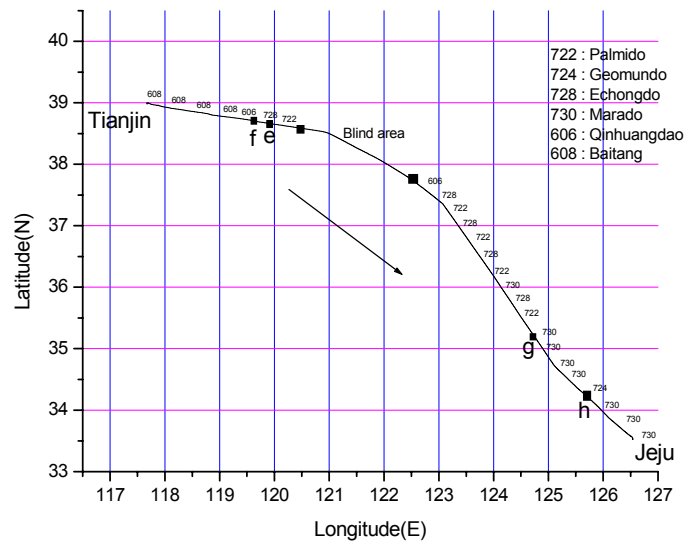


Fig. 10. ID's DGPS beacon stations obtained by DGPS receiver on Tianjin · Jeju route from June 29th to July 1st, 2002.

Table 7. Maximum receiving range of Korean DGPS beacon stations selected by DGPS receiver on Jeju Tianjin route.

Name of DGPS beacon Station	Maximum receiving range (NM)	
	from Jeju to Tianjin	from Tianjin to Jeju
Echongdo(728)	365	325
Palmido(722)	355	340
Geomundo(724)	65	90
Marado(730)	55	145

Fig. 9는 2002년 6월 22일부터 6월 24일까지 제주에서 천진으로 항해중에 자동선택된 DGPS국의 수신상태를 나타내고 있고, Fig. 10은 2002년 6월 29일부터 7월 1일까지 천진에서 제주로 항해중에 자동선택된 DGPS국의 수신상태를 나타낸 것이다. Fig. 9, 10에서 수신점a(38°44.5' N, 119°09.8' E)와 수신점e(38°39.6' N, 119°55.5' E)에서 어청도국이 선택수신됨으로써 각각 365해리와 325해리까지 이용되었음을 보여주고 있으며, 수신점b(38°45.5' N, 119°09.8' E)와 수신점f(38°42.4' N, 119°37.6' E)에서 보면 팔미도국이 각각 355해리와 340해리까지 선택수신되고 있음을 나타내고 있다. 반면에 거문도국은 수신점d(33°57.5' N, 126°01.0' E)와 수신점h(34°10.7' N, 125°45.5' E)까지만 선택수신되어 각각 65해리와 90해리까지만 선택되고 있지 않음을 나타내고 있으며, 마라도국은 수신점c(33°58.9' N, 125°59.3' E)와 수신점g(35°10.5' N, 124°45.7' E)까지인 각각 55해리와 145해리까지만 선택수신되고 있지 않음을 나타내고 있다.

이와 같이 선택수신된 자료 중에서 우리나라 DGPS국의 최대 수신거리를 항로별로 정리하면 Table 7과 같다. 여기에서도 Table 6의 경우와 마찬가지로 관측항로상 해상경로로만 수신된 어청도국과 팔미도국의 경우에는 실제 설계상의 이용범위인 100해리보다 3배 이상이 되는 매우 원거리까지 선택수신되었고, 육상경로를 경유하는 거문도국과 마라도국의 경우에는 아주 근거리에서까지 다른 송신국이 선택되고 있음을 알 수 있다.

3.2.3 제주와基隆간의 DGPS국 수신

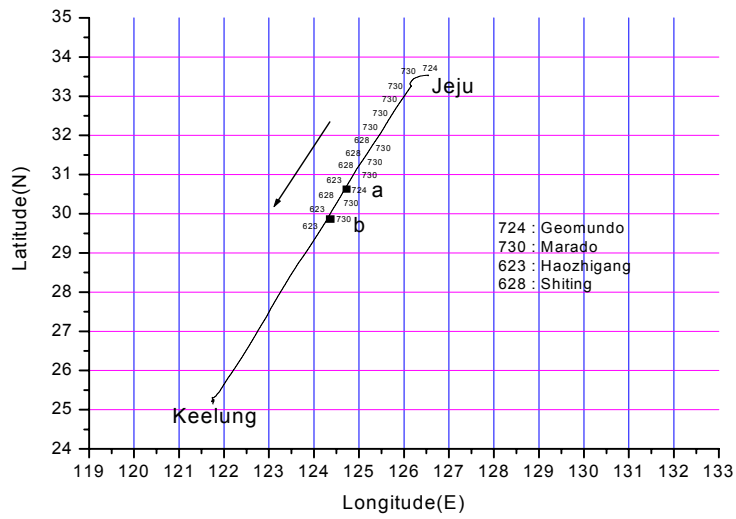


Fig. 11. ID's DGPS beacon stations obtained by DGPS receiver on Jeju · Keelung route from September 11th to 13th, 2001.

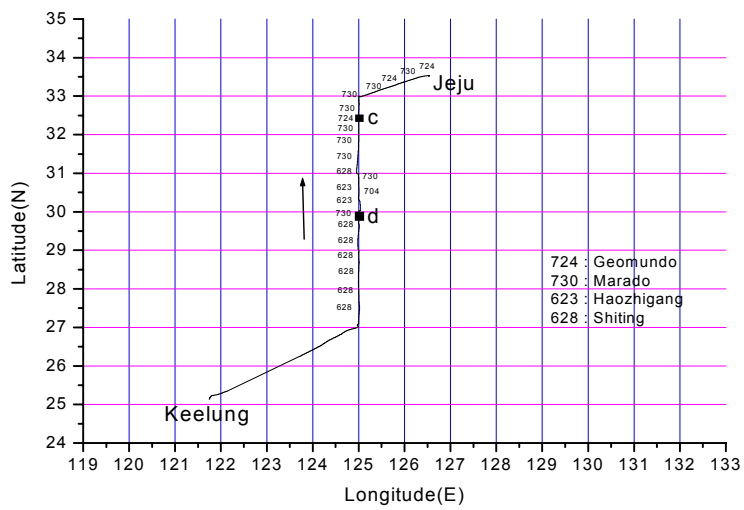


Fig. 12. ID's DGPS beacon stations obtained by DGPS receiver on Keelung · Jeju route from September 18th to 21st, 2001.

Table 8. Maximum receiving range of Korean DGPS beacon stations selected by DGPS receiver on Jeju Keelung route.

Name of DGPS beacon Station	Maximum receiving range (NM)	
	from Jeju to Keelung	from Keelung to Jeju
Geomundo(724)	235	150
Marado(730)	210	200

Fig. 11은 2001년 9월 11일부터 9월 13일까지 제주에서 기룡간 항해중에 자동선택된 DGPS국의 수신상태를 나타내고 있는데, 거문도국은 송신국으로부터 235해리 떨어진 수신점a(30°47.4' N, 124°46.1' E)의 위치에서 마지막으로 선택수신되었고, 마라도국은 송신국으로부터 210해리 지점인 수신점b(29°57.5' N, 124°20.4' E)의 위치에서 마지막으로 선택수신되었다. 또, Fig. 12는 2001년 9월 18일부터 9월 21일까지 기룡에서 제주간 항해중에 자동선택된 DGPS국의 수신상태를 나타내고 있는데, 거문도국은 수신점c(32°27.5' N, 125°00.0' E)에서 처음으로 선택수신되었고, 마라도국은 수신점d(29°57.2' N, 125°01.1' E)에서 처음으로 선택수신됨으로써 선택수신된 최대거리가 각각 150해리와 200해리이었다.

위의 두 항로에서는 마라도국이 다른 국들의 영향을 받지 않고 제주에서 기룡으로 가는 항로에서 우리나라 송신국 중에서는 최후까지 선택수신되고, 기룡에서 제주로 가는 항로에서는 최초로 선택수신되고 있었는데 그 거리가 각각 210해리와 200해리이며, 두 경우 모두 매우 안정적인 수신상태를 보였다.

Fig. 11과 Fig. 12에서 선택수신된 자료 중에서 우리나라 DGPS국의 최대 수신거리를 항로별로 정리하면 Table 8과 같다. Table 8에서는 마라도국의 경우 200해리와 210해리까지 매우 안정적인 수신상태를 보이고 있는데 반해 거문도국의 경우에는 235해리와 150해리까지 선택수신되고 있기는 하나 연속적이지 않고 다른 송신국들의 신호 사이에서 가끔씩 선택수신되고 있다.

3.2.4 제주와 토야마간의 DGPS국 수신

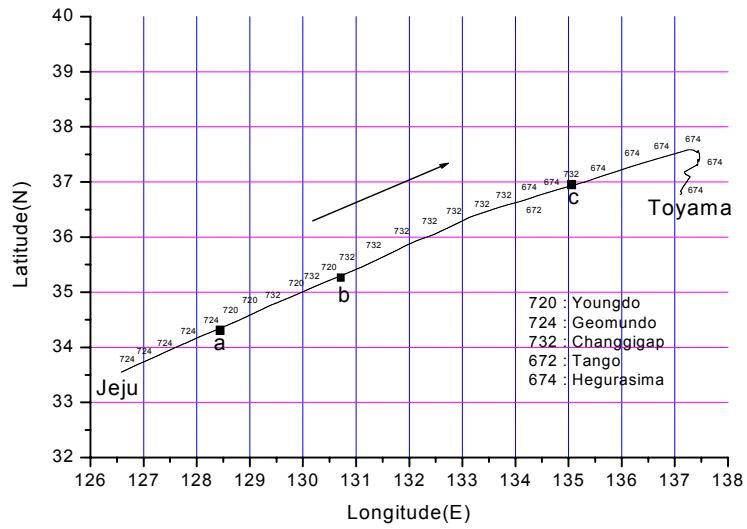


Fig. 13. ID's DGPS beacon stations obtained by DGPS receiver on Jeju · Toyama route from July 9th to 11th, 2002.

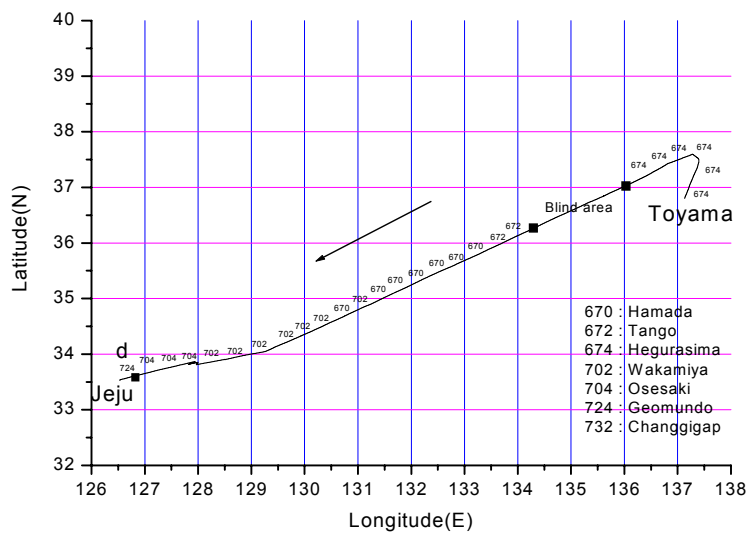


Fig. 14. ID's DGPS beacon stations obtained by DGPS receiver on Toyama · Jeju route from July 16th to 18th, 2002.

Table 9. Maximum receiving range of Korean DGPS beacon stations selected by DGPS receiver on Jeju Toyama route.

Name of DGPS beacon Station	Maximum receiving range(NM)	
	from Jeju to Toyama	from Toyama to Jeju
Geomundo(724)	55	45
Youngdo(720)	85	
Changgigap(732)	270	

Fig. 13은 2002년 7월 9일부터 7월 11일까지 제주에서 토야마간 항해중에 자동선택된 DGPS국의 수신상태를 나타내고 있는데, 여기에서 거문도국은 송신국으로부터 55해리 떨어진 수신점a(34°18.0' N, 128°19.9' E)에서 마지막으로 선택수신되고 있고, 영도국은 송신국으로부터 85해리 떨어진 수신점b(35°18.8' N, 130°45.1' E)에서 마지막으로 선택수신되었다. 장기갑국은 송신국으로부터 270해리 떨어진 수신점c(36°55.9' N, 135°03.5' E)에서 최후로 선택수신되었다. 일본의 Hegurasima국(674)은 36°38.1' N, 134°02.8' E의 위치에서 최초로 선택수신되었는데, 이 지점은 송신국으로부터 160해리 떨어진 지점이다. 그 후 Hegurasima국은 토야마까지 계속하여 선택수신되었다. Fig. 14는 2002년 7월 16일부터 7월 18일까지 토야마에서 제주간 항해중에 자동선택된 DGPS국의 수신상태를 나타내고 있는데, 여기에서 보면 일본의 Hegurasima국은 송신국으로부터 70해리 떨어진 지점인 36°59.8' N, 135°57.2' E에서 마지막으로 선택수신되었고, Tango국(672)은 송신국으로부터 85해리 떨어진 지점인 35°54.7' N, 133°31.0' E에서 마지막으로 선택수신되었다. Hamada국(670)은 송신국으로부터 70해리 떨어진 지점인 34°39.1' N, 130°40.7' E에서 마지막으로 선택수신되었고, Wakamiya국(702)은 송신국으로부터 70해리 떨어진 33°50.3' N, 130°40.7' E지점에서 마지막으로 선택수신되었다. Osesaki국(704)은 송신국에서 115해리 떨어진 33°33.7' N, 126°37.8' E 위치에서 마지막으로 선택수신되었다. 우리나라의 거문도국은 Fig. 14의 수신점d에서 보듯이 송신국으로부터 45해리 떨어진 33°33.7' N, 126°37.8' E 위치에 와서야 선택수신이 되기 시작하였다.

Fig. 13의 제주에서 토야마간 항로에서 보면 우리나라의 장기갑국이 아주 멀리 270해리까지 안정적으로 선택수신되는 것을 알 수 있으며, 반대로 Fig. 14의 토야마에서 제주간 항로에서 보면 Wakamiya국과 Osesaki국이 바로 제주근해에 까지 선택수신되고 있음을 알 수 있는데 우리나라의 거문도국은 제주항 근

처에 와서야 비로소 선택수신되었다. 토야마에서 출발하여 제주항에 도착할 때까지 거의 모든 항로에서 일본의 DGPS송신국이 선택 이용되고 있음을 나타내었다. 이와 같이 선택수신된 자료 중에서 우리나라 DGPS국의 최대 선택수신거리를 항로별로 정리하면 Table 9와 같다. Table 9에서 보면 우리나라의 장기갑국은 270해리까지 관측되고 있으나 거문도국과 영도국의 경우에는 그 선택수신범위가 설계상의 이용범위인 100해리에도 이르지 않을 만큼 매우 줄어들어 있음을 볼 수 있는데 이는 앞의 제주에서 기룡간 항로에서 거문도국과 마라도국이 200해리 이상까지도 안정적으로 선택수신되었던 결과와 비교하여 볼 때 매우 큰 차이를 보이는 것이다. 그리고 경우에 따라서는 일본에서 운영하고 있는 송신국들의 전계강도가 위치상으로 가까이에 위치한 우리나라의 송신국들보다도 더 높게 나타나고 있음을 뜻한다.

3.2.5 제주와 블라디보스톡간의 DGPS국 수신

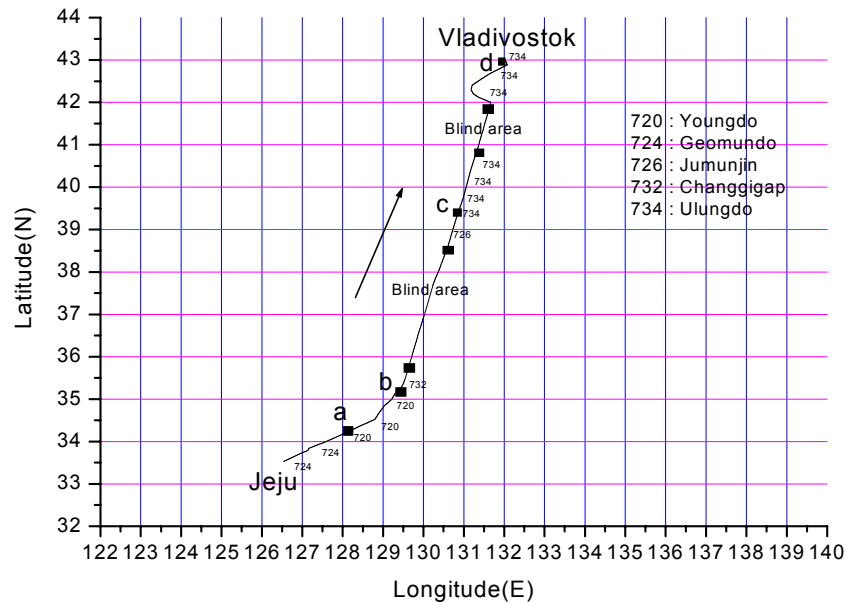


Fig. 15. ID's DGPS beacon stations obtained by DGPS receiver on Jeju · Vladivostok route from July 22nd to 24th, 2002.

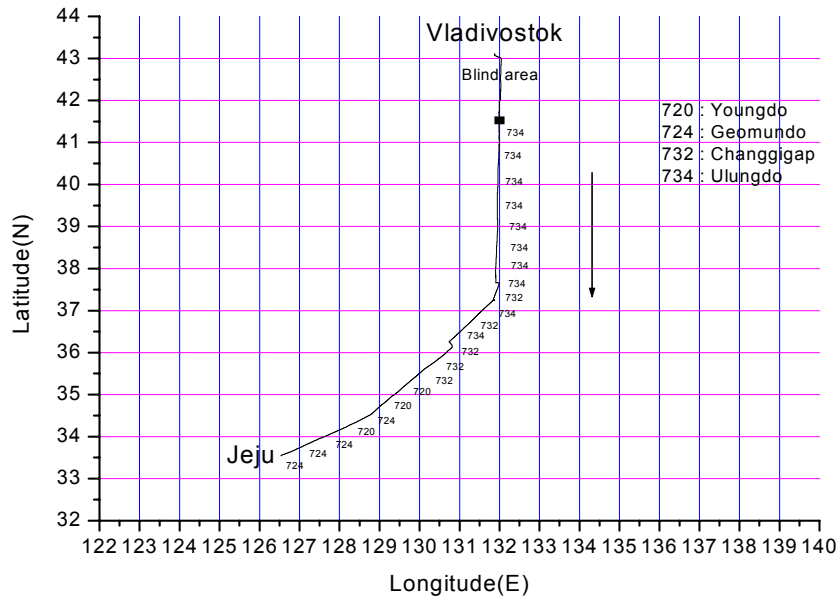


Fig. 16. ID's DGPS beacon stations obtained by DGPS receiver on Vladivostok · Jeju route from July 29th to August 1st, 2002.

Fig. 15는 2002년 7월 22일부터 7월 24일까지 제주에서 블라디보스톡간 항해 중에, Fig. 16은 2002년 7월 29일부터 8월 1일까지 블라디보스톡에서 제주간 항로에서 자동선택된 DGPS국의 수신상태를 나타내고 있다. Fig. 15에서 거문도국은 수신점a(34°13.3' N, 128°06.7' E)의 위치에서 마지막으로 선택수신되었는데 이 지점은 송신국으로부터 45해리 떨어진 지점이다. 영도국은 수신점 b(35°23.8' N, 129°30.9' E)의 위치에서 최후 선택수신되었는데 이 지점은 송신국으로부터 30해리밖에 떨어지지 않은 위치이다. 장기갑국은 송신국으로부터 40해리 떨어진 35°27.4' N, 129°32.2' E 지점에서 처음으로 선택수신되기 시작하였으나 35°27.4' N, 129°32.2' E 지점에서 수신이 중지되었다. 주문진국은 수신점c(39°20.8' N, 130°50.3' E)의 위치에서 마지막으로 선택수신되었는데 이 지점은 송신국으로부터 110해리 떨어진 위치이다. 울릉도국은 수신점 d(42°53.3' N, 132°04.5' E)의 위치에서 마지막으로 선택수신되었는데 이 위치는 송신국으로부터 330해리 떨어진 곳이다. Fig. 15의 상단부 자동 선택수신 불가지점에서 보면 울릉도국이 선택수신되다가 중간에 선택수신되지 않는 구역이 약 85해리에 걸쳐서 발생하고 있었는데 이는 울릉도국의 설계상의 이용범위

인 100해리를 많이 벗어나는 구역이다. 그러나 자동 선택수신 불가구간을 지나 위도 42°이북에서 보면 블라디보스톡 근해에까지 울릉도국이 다시 안정적인 선택수신상태를 나타내고 있다. Fig. 16의 블라디보스톡에서 제주로 향하는 항로에서 보면 울릉도국, 장기갑국, 영도국, 거문도국 순으로 우리나라의 DGPS국들이 매우 안정적인 수신상태를 보였는데 주문진국이 전혀 선택수신되지 않는 현상은 특이하다.

3.2.6 제주와 부산간의 DGPS국 수신

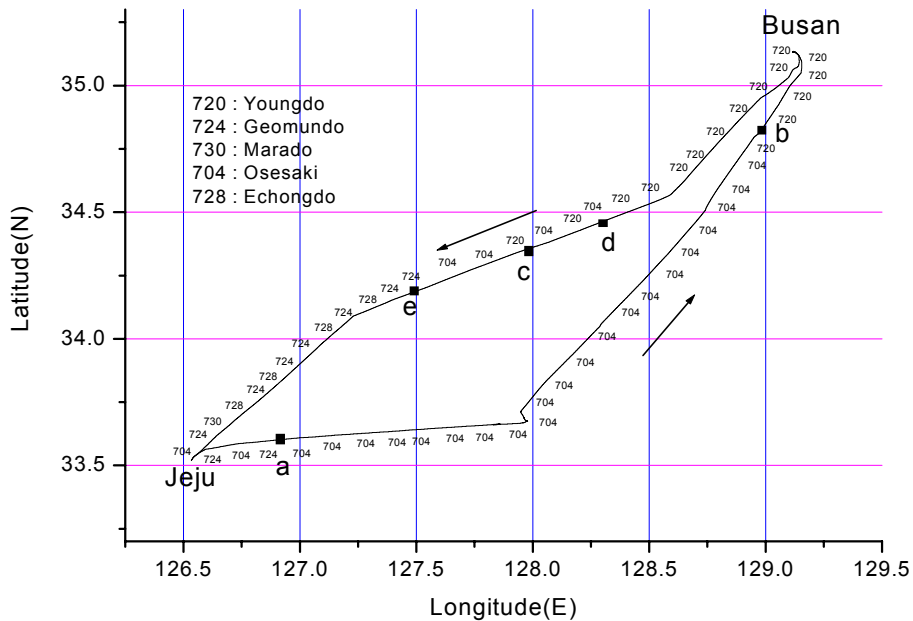


Fig. 17. ID's DGPS beacon stations obtained by DGPS receiver on Jeju · Busan route from September 25th to 29th, 2001.

Fig. 17은 2002년 9월 25일부터 9월 29일까지 제주에서 부산간의 항해중에 자동선택된 DGPS국의 수신상태를 나타내고 있는데, 우선 제주에서 부산으로 향하는 항로에서 보면 제주항에서부터 Osesaki국과 거문도국이 혼재되어 교대로 선택수신되다가 거문도국은 제주항을 출항하여 곧바로 송신국으로부터 38해리 떨어진 수신점a(33°35.3' N, 126°45.9' E)에서 선택수신이 안되고 Osesaki국만이 선택수신되는 형태를 보였다. Osesaki국은 이후 계속 안정적으로 선택

수신되어 송신국에서 125해리 떨어진 지점인 b(34°41.3' N, 128°52.0' E) 위치에서 영도국이 선택수신될 때까지 안정적인 선택수신상태를 보였다.

부산에서 제주로 향하는 항적에서 보면 영도국이 수신점c(34°21.2' N, 127°58.4' E)의 위치인 송신국으로부터 70해리 지점까지 선택수신되었고, 그 다음 Osesaki국이 115해리 떨어진 수신점d(34°29.0' N, 128°21.6' E)의 위치에서 선택수신되기 시작하여 제주항까지 단속적으로 선택수신되고 있었다. 거문도국 역시 송신국까지 13해리 떨어진 수신점e(34°10.9' N, 127°28.8' E)의 위치에서 선택수신되기 시작하여 제주항까지 선택수신되고 있었다.

제주항을 기점으로 볼 때 마라도국은 28해리, 거문도국은 49해리에 불과하다. 그런데도 Fig. 17의 제주에서 부산으로 향하는 항로에서 보면 제주항으로부터 117해리나 떨어져 있음에도 제주항 부근에서 Osesaki국이 마라도국이나 거문도국보다 훨씬 더 안정적으로 선택수신되고 있음을 볼 수 있었다. 또한 어청도국은 제주항으로부터 160해리나 떨어져 있으므로 전계강도 면에서 가까이 있는 다른 국에 비해 전계강도가 훨씬 떨어질 것으로 예상됨에도 가끔씩 선택수신되는 현상을 보였다.

3.2.7 우리나라 동해 및 남해에서의 DGPS국 수신

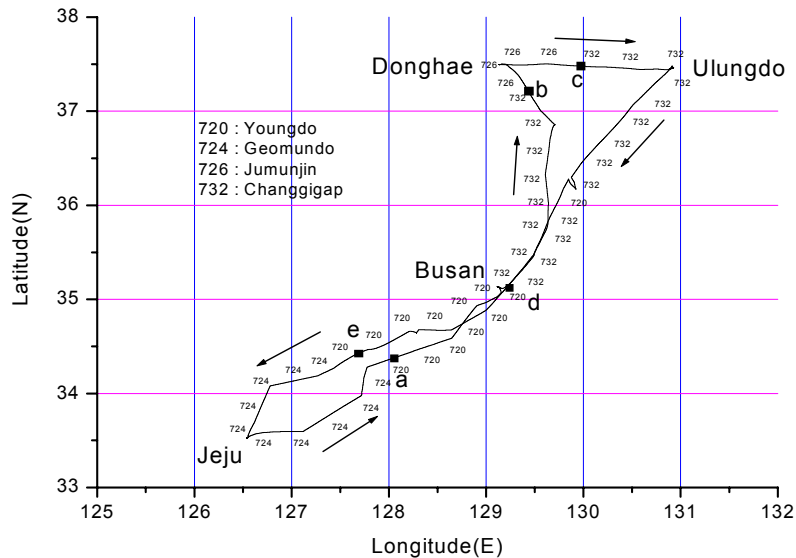


Fig. 18. ID's DGPS beacon stations obtained by DGPS receiver among Jeju, Busan, Donghae route from October 29th to November 6th, 2001.

Fig. 18은 2002년 10월 29일부터 11월 6일까지 우리나라 남해 및 동해연안을 항해중에 자동으로 선택된 DGPS국의 수신상태를 나타내고 있는데, 이 자료는 제주에서 부산(2001. 9. 25 ~ 26), 부산에서 동해(2001. 11. 1 ~ 2), 동해에서 울릉도를 거쳐 제주까지(2001. 11. 4 ~ 6)의 세 부분으로 나누어 관측한 자료들을 합하여 작성한 것이다.

우선 제주에서 부산간의 선택수신상태를 보면, 수신점a(34°23.0' N, 128°04.1' E)에서 거문도국이 영도국으로 바뀌어 선택수신되고 있는데, 이 위치는 각각 거문도국으로부터 42해리, 영도국으로부터 67해리 떨어진 지점이다. 부산에서 동해간의 선택수신상태를 보면, 처음에 부산항에서 일본의 Osesaki국이 155해리, Wakamiya국이 80해리 떨어져 있음에도 잠깐동안 선택수신되었다. 이후 바로 장기갑국이 선택수신되기 시작하여 송신국으로부터 80해리 떨어진 수신점b(37°23.0' N, 129°19.6' E)까지 선택수신되었고, 동일지점에서부터 37해리 떨어져 있는 주문진국이 선택수신되기 시작하였다.

마지막으로 동해에서 울릉도, 제주간의 선택수신상태를 보면 주문진국이 송신국으로부터 60해리 떨어진 수신점c(37°28.7' N, 129°58.7' E)까지 관측되었고, 이 지점에서 87해리 떨어져 있는 장기갑국이 관측되기 시작하여 송신국으로부터 60해리 떨어진 수신점d(35°07.4' N, 129°12.6' E)까지 관측되었다. 영도국은 송신국으로부터 75해리 떨어진 36°09.9' N, 129°47.4' E 지점부터 송신국으로부터 80해리 떨어진 수신점 e(34°25.2' N, 127°40.0' E)까지 관측되었으며, 수신점e에서부터 30해리 떨어져 있는 거문도국이 관측되기 시작하여 제주까지 선택수신되었다.

Fig. 18에서 보면 제주에서 동해연안까지 우리나라의 DGPS국(거문도국, 영도국, 장기갑국, 주문진국)만을 가지고도 안정적인 수신실태를 나타내고 있다.

3.3 GPS와 DGPS수신기로 측정한 위치의 정확도 비교

제주항에서 DGPS수신기로 수신된 위치의 평균위치를 수신점의 위치로 가정하여 GPS수신 위치의 정확도를 분석하기 위하여 정점인 제주항에서 DGPS수신기로 측정한 관측위치의 결과는 Fig.19와 같으며, 동일한 지점에서 동시에 GPS수신기로 관측한 위치는 Fig. 20과 같다.

Fig. 19, 20에서 GPS수신기로 측정한 위치의 결과가 DGPS수신기로 측정한 결과에 비해서 매우 넓게 분포되어 있는 것을 볼 수 있으며, 상대적으로 DGPS수신기로 측정한 위치보다 오차가 큰 것을 알 수 있다. Fig 19에서의 DGPS수신기로 측정한 위치에 대한 오차의 범위는 0.91~22.5m이고, 표준편차는

4.63m 정도이었다. 그리고 Fig. 20에서 DGPS수신기에 의한 평균위치를 기준으로 하여 GPS수신기로 측정한 제주항의 위치에 대한 오차의 범위는 0.92~64.4m이고, 표준편차는 8.42m 정도이었으며, Fig. 19, 20에서의 고정점위치에 대한 통계치는 Table 10에 나타내었다. 두 수신기사이의 위치오차에 대한 평균값의 차이는 7.79m 이었다. 또한 동시에 측정한 두 기기간 위치오차의 거리는 평균 16.4m이었고 이에 대한 표준편차는 10.58m를 보였다.

Fig. 21은 제주항의 정점에서 GPS 및 DGPS 수신기로 측정한 위치에 관하여 두 기기간 상호오차의 분포를 나타낸 것으로, 위치의 상호오차가 30m미만인 경우가 88%로써 대부분을 차지하고 있으나, 30m이상에 달하는 경우도 11%에 이를 정도로 오차가 크게 나타났다.

Table 10. Accuracy of positions obtained by GPS and DGPS receivers.

Position Error(m)			
Receiver	Range	Average	Standard deviation
GPS	0.92~64.4	14.56	8.42
DGPS	0.91~22.5	6.76	4.63

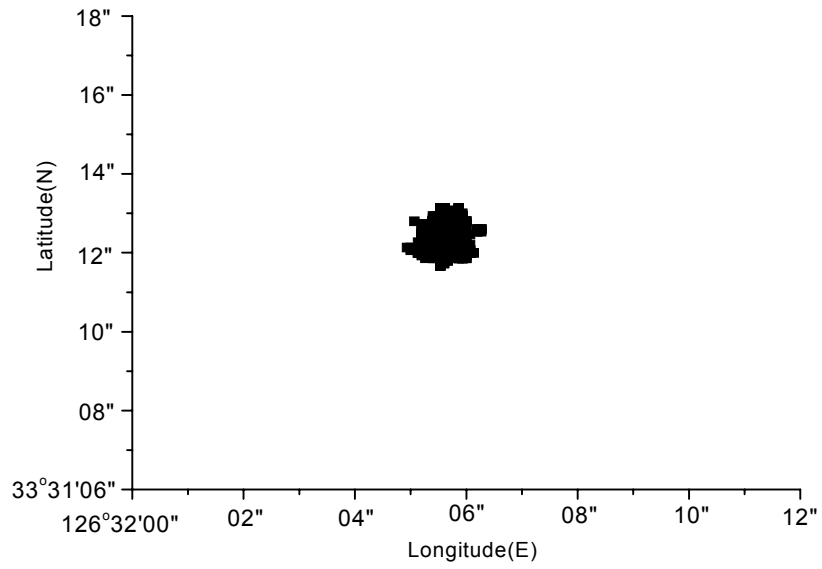


Fig. 19. The result of positioning obtained by DGPS receiver at the Jeju harbor.

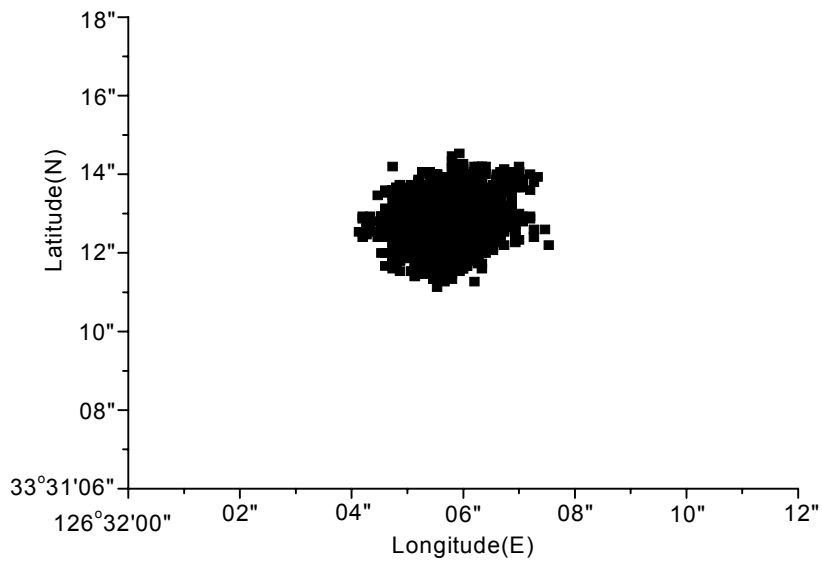


Fig. 20. The result of positioning obtained by GPS receiver at the Jeju harbor.

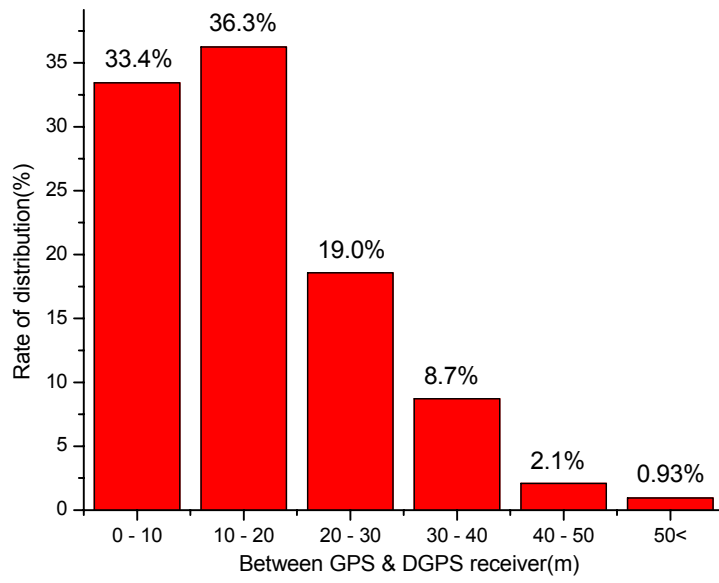


Fig. 21. The obtained of distance between GPS and DGPS receivers at the Jeju harbor.

3.4 정점에서의 DGPS국 선택에 따른 위치오차

3.4.1 사라봉 삼각점에서 위치오차

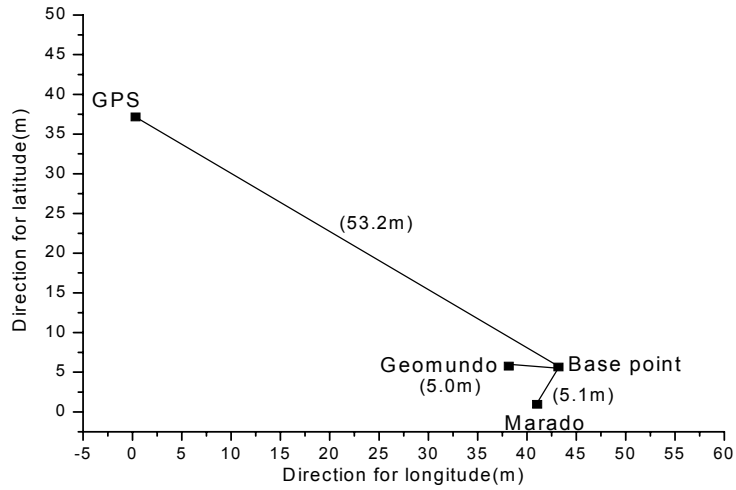


Fig. 22. Average of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Geomundo and Marado beacon station at the base point of Sarabong.(Oct. 5th, 2002)

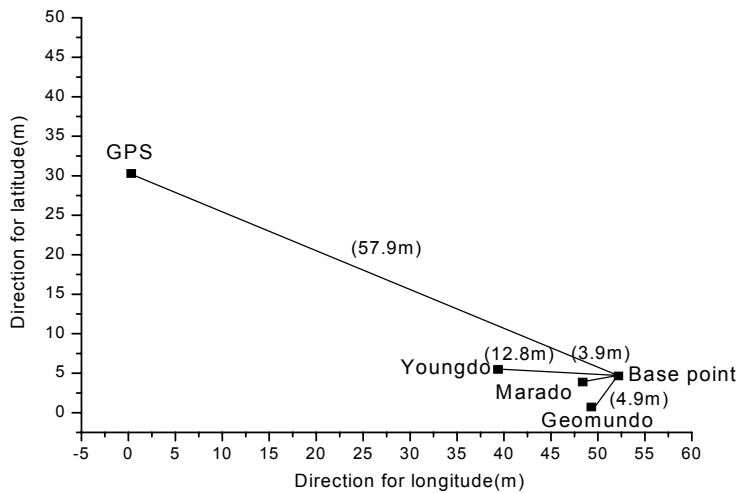


Fig. 23. Average of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Geomundo, Youngdo and Marado beacon station at the base point of Sarabong.(Oct. 6th, 2002)

Table 11. Distribution of each distance from base point measured at a fix position of Sarabong.

Receiver	Name of beacon station	DBB*	Position error		Average of position error
			Oct. 5 th	Oct. 6 th	
DGPS	Marado	28	5.16	3.89	4.52
	Geomundo	48	5.03	4.87	4.95
	Youngdo	157		12.85	12.85
GPS			53.20	57.87	55.53

* DBB : Distance between base point and beacon stations

Fig. 22와 Fig. 23은 사라봉 정상에 설치된 삼각점에서 수신가능한 DGPS국을 선택하여 구한 DGPS 관측위치와 GPS 관측위치를 평균하여 삼각점의 위치와 비교한 결과이다.

DGPS수신기로 관측한 위치는 삼각점을 중심으로 5m전후의 오차가 발생하였으나, GPS수신기에 의해 관측된 위치는 50m이상의 오차가 발생함을 나타내고 있다. Table 11은 사라봉에서의 관측결과를 각 송신국별로 기저선의 길이와 오차와의 상관관계를 비교하고자 평균하여 나타낸 값이다. 기저선의 길이에 따라 관측위치의 오차 평균이 증가하는 현상을 보이는 경향이기는 하나 1회 또는 2회의 관측결과만을 가지고 기저선의 길이에 기인한 결과라고 단정하기는 어렵다. 측정된 위치가 모두 삼각점에서 서쪽 또는 서남쪽 방향으로 생성되는 현상을 보이고 있는데 이는 삼각점의 정확한 위치와 관련하여 추후 정밀한 관측이 필요하다고 보여진다.

3.4.2 제주항과 부산항에서의 정점관측에 의한 위치오차

3.4.2.1 제주항 정점에서의 위치오차

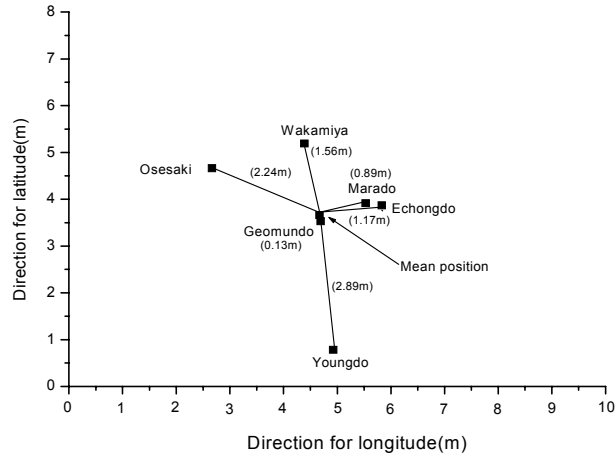


Fig. 24. Average of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Geomundo, Echongdo, Youngdo, Osesaki, Wakamiya and Marado beacon station at the mean position of Jeju harbor.(May. 30th, 2002)

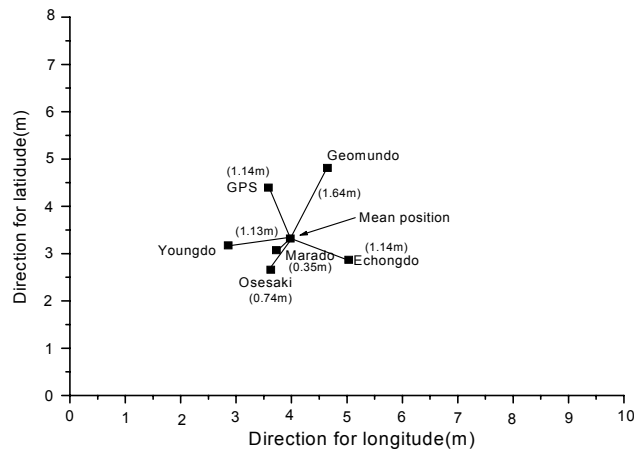


Fig. 25. Average of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Geomundo, Echongdo, Youngdo, Osesaki, Wakamiya and Marado beacon station at the mean position of Jeju harbor.(June. 9th, 2002)

Table 12. Distribution of each distance from mean position measured at a fix position of Jeju harbor.

Receiver	Name of beacon station	DBB*	Position error		Average of position error
			May. 30 th	June. 9 th	
DGPS	Marado	28	0.89	0.35	0.62
	Geomundo	48	0.13	1.64	0.88
	Osesaki	117	2.24	0.74	1.49
	Youngdo	157	2.89	1.13	2.01
	Echongdo	158	1.17	1.14	1.15
	Wakamiya	168	1.56		1.56
GPS	GPS			1.14	1.14

※ DBB : Distance between mean position and beacon stations

Fig. 24는 2002년 5월 30일에, Fig. 25는 2002년 6월 9일에 제주항 고정점에서 GPS수신기에 의해 관측된 고정점의 위치의 평균치와 동일한 장소에서 수신가능한 DGPS국 중에서 마라도국, 거문도국, 영도국, 어청도국, Osesaki국, Wakamiya국을 각 국당 4시간씩 관측하여 평균한 결과를 나타낸 것이다.

관측결과에서 GPS수신기에 의한 관측위치를 제외하고 DGPS수신기에 의해 관측된 위치의 평균값을 기준으로 하여 각각의 DGPS 송신국에서 수신한 보정치를 가지고 계산한 DGPS 수신위치의 평균값의 거리를 산출하여 나타낸 것을 보면 송신국과 수신점간의 거리와 경로에 따라 다르다.

마라도국, 영도국, 어청도국, Osesaki국은 중간에 육상경로를 거쳐서 수신되고 있으며 나머지 거문도국과 Wakamiya국은 해상경로로만 전파되고 있다. 수신상태는 마라도국, 거문도국, Osesaki국은 계속적으로 안정적인 수신상태를 보였고 영도국, 어청도국, Wakamiya국은 중간에 수신이 불가능한 시간이 발생하였다.

전체 DGPS 관측결과치를 평균한 값을 가장 신뢰할 수 있는 값으로 가정하고 나머지 국들의 관측결과에서 위치오차를 구하고 여기에서 어떤 일정한 패턴이 나타나는지를 알기 위하여 그 결과를 정리하면 Table 12와 같다. Table 12에서 보면 마라도국부터 영도국까지는 기저선의 길이와 오차의 증가가 비례하여 나타나고 있으나 어청도국과 Wakamiya국에 있어서는 오히려 그 반대의 현상을 보임으로써 여기에서의 관측결과 또한 기저선의 길이와 비례하여 오차가 증가하고 있다고 판단하기는 어려운 결과로 보아진다.

3.4.2.2 부산항 정점에서 위치오차(각국별 4시간 관측)

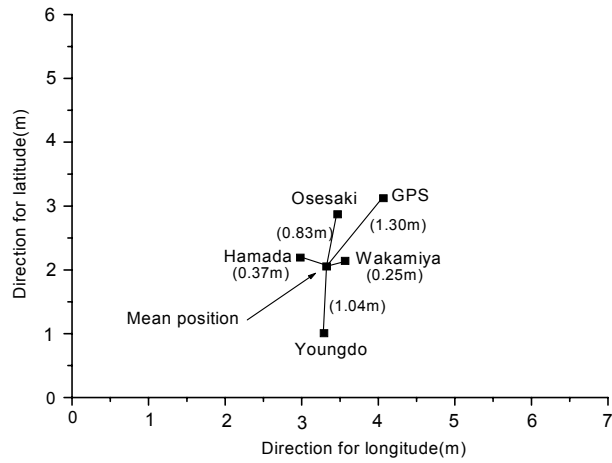


Fig. 26. Average of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Youngdo, Changgigap, Hamada, Osesaki and Wakamiya beacon stations for 4 hours each at the mean position of Busan harbor from August 12th to 13th, 2002.

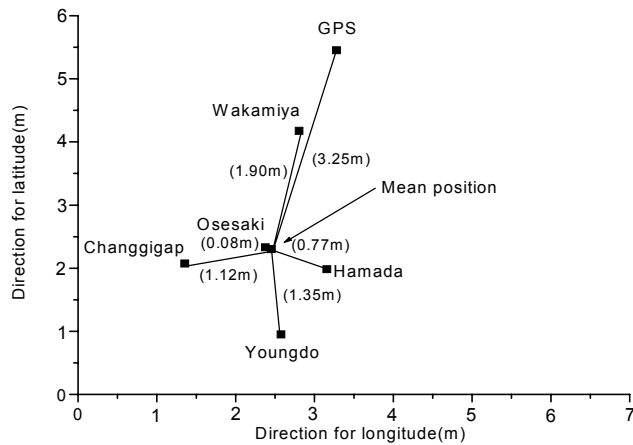


Fig. 27. Average of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Youngdo, Changgigap, Hamada, Osesaki and Wakamiya beacon stations for 4 hours each at the mean position of Busan harbor from August 13th to 14th, 2002.

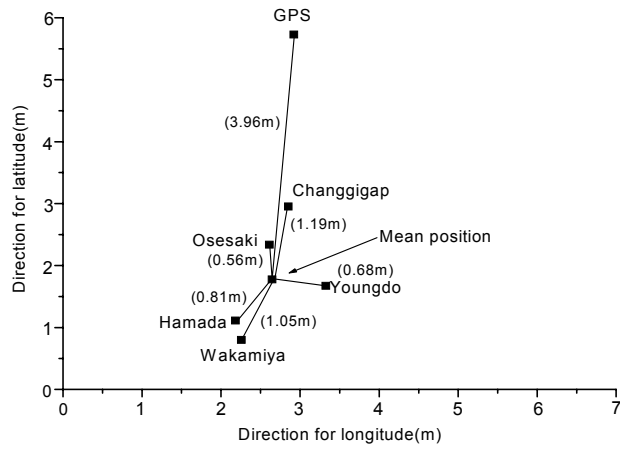


Fig. 28. Average of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Youngdo, Changgigap, Hamada, Osesaki and Wakamiya beacon stations for 4 hours each at the mean position of Busan harbor from August 15th to 16th, 2002.

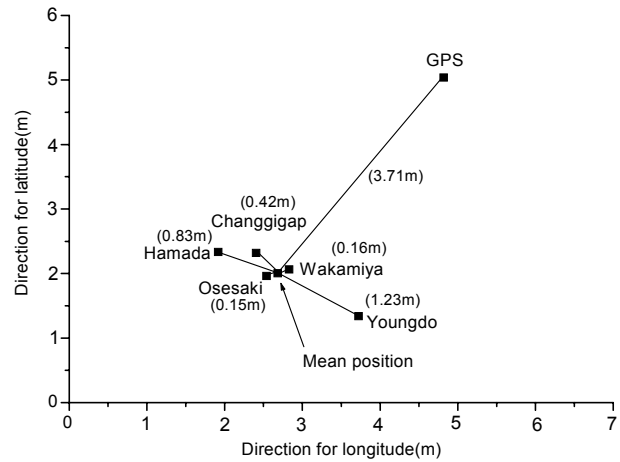


Fig. 29. Average of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Youngdo, Changgigap, Hamada, Osesaki and Wakamiya beacon stations for 4 hours each at the mean position of Busan harbor from August 17th to 18th, 2002.

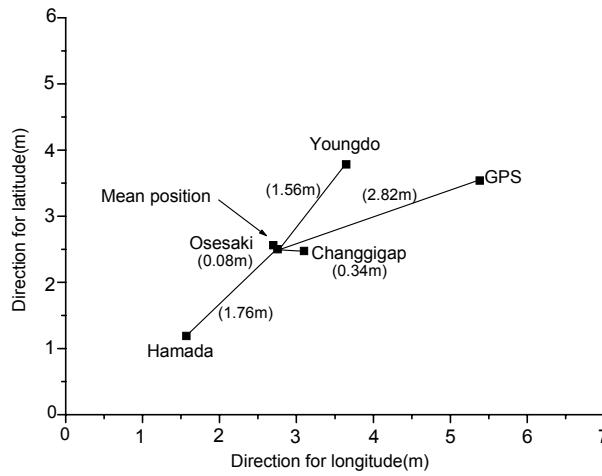


Fig. 30. Average of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Youngdo, Changgigap, Hamada, Osesaki and Wakamiya beacon stations for 4 hours each at the mean position of Busan harbor from August 18th to 19th, 2002.

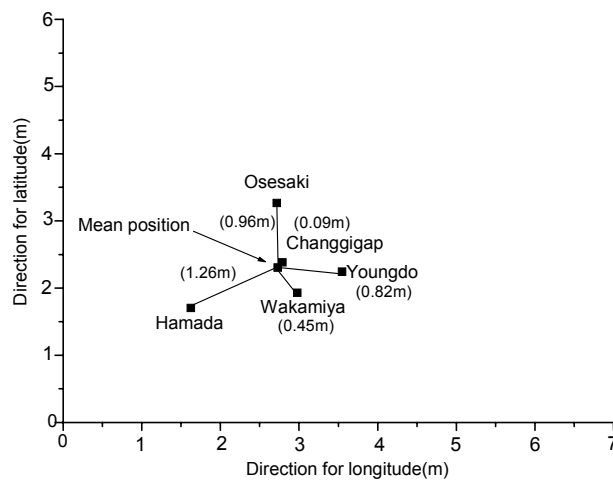


Fig. 31. Average of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Youngdo, Changgigap, Hamada, Osesaki and Wakamiya beacon stations for 4 hours each at the mean position of Busan harbor from August 20th to 21st, 2002.

Table 13. Distribution of each distance from mean point measured at a fix position of Busan harbor(Each 4 hours).

Receiver	Name of beacon station	DBB*	Position error(m)						Average of position error
			I	II	III	IV	V	VI	
DGPS	Youngdo	4	1.045	1.357	0.687	1.233	1.562	0.819	1.11
	Changgigap	66		1.123	1.195	0.422	0.346	0.095	0.63
	Wakamiya	80	0.254	1.906	1.048	0.159		0.448	0.76
	Hamada	148	0.372	0.772	0.810	0.832	1.766	1.261	0.96
	Osesaki	158	0.829	0.081	0.562	0.149	0.080	0.961	0.44
GPS	GPS		1.299	3.257	3.963	3.711	2.825		3.01

* DBB : Distance between mean position and beacon stations

Fig. 26부터 Fig. 31까지는 2002년 8월 12일부터 8월 21일까지 부산항의 정점에서 수신가능한 DGPS국들을 각국별로 4시간씩 수신한 결과이다. 여기에서의 관측 또한 제주항 및 사라봉 고정점에서의 관측 방법과 마찬가지로 각국별로 4시간씩 수신한 결과를 평균하여 나타내었다. Hamada국과 Osesaki국은 가끔씩 수신이 안되는 현상을 보였으나 나머지 국들은 아주 안정적인 수신상태를 보였고, Wakamiya국과 장기갑국만이 육상경로를 경유하여 수신되었다.

Table 13은 앞의 각국별 4시간씩 6회에 걸친 관측결과를 각 송신국별로 기저선의 길이와 오차와의 상관관계를 비교하고자 평균하여 나타낸 값이다. Table 13의 결과는 비교적 장시간에 걸쳐서 관측한 결과이나 여기에서도 역시 격시관측의 결과이므로 Table 11, 12에서와 마찬가지로 기저선의 길이에 따라 오차가 비례하여 증가하는 현상은 관찰할 수 없다. 그러나 GPS를 제외한 DGPS 송신국으로부터 수신하여 계산한 평균위치가 대부분 2미터 이내의 오차를 나타내고 있어 비교적 정확한 위치를 보이고 있다.

3.4.2.3 부산항 정점에서 위치오차(각국별 5분 관측)

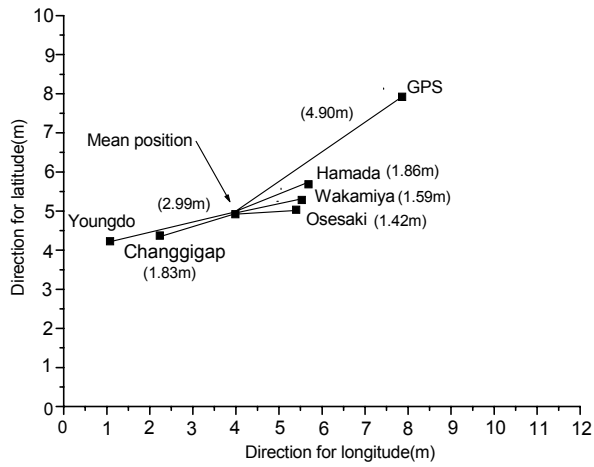


Fig. 32. The result I of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Youngdo, Changgigap, Hamada, Osesaki and Wakamiya beacon stations for 5 minutes each at the mean position of Busan harbor.

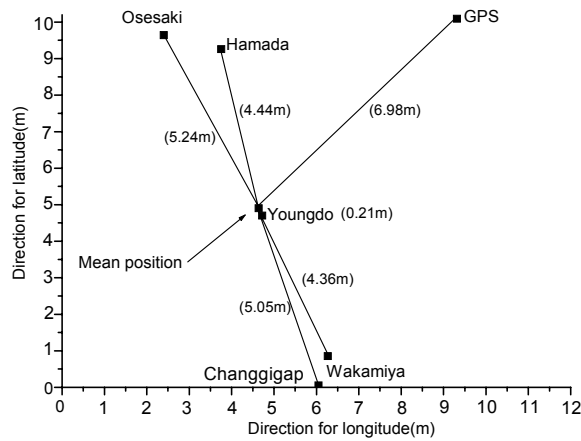


Fig. 33. The result II of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Youngdo, Changgigap, Hamada, Osesaki and Wakamiya beacon stations for 5 minutes each at the mean position of Busan harbor.

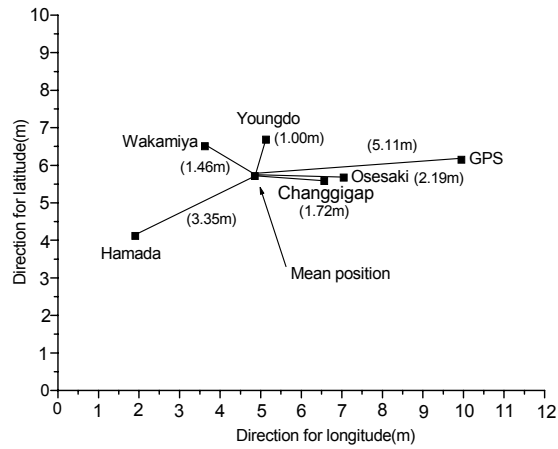


Fig. 34. The result III of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Youngdo, Changgigap, Hamada, Osesaki and Wakamiya beacon stations for 5 minutes each at the mean position of Busan harbor.

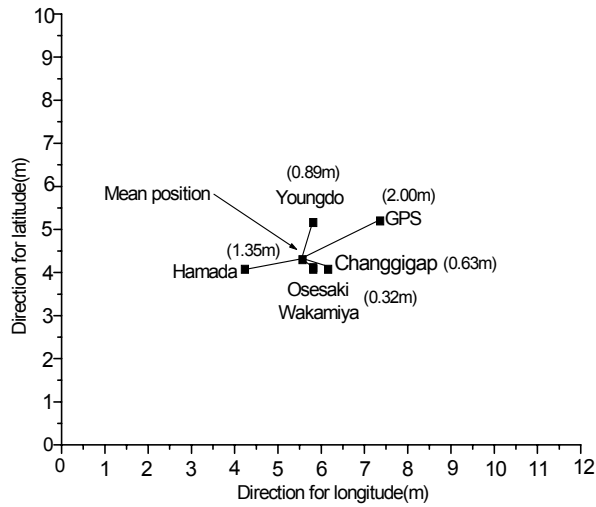


Fig. 35. The result IV of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Youngdo, Changgigap, Hamada, Osesaki and Wakamiya beacon stations for 5 minutes each at the mean position of Busan harbor.

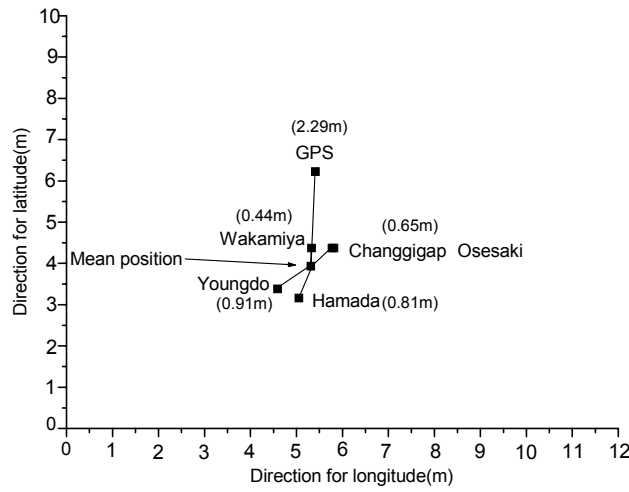


Fig. 36. The result V of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Youngdo, Changgigap, Hamada, Osesaki and Wakamiya beacon stations for 5 minutes each at the mean position of Busan harbor.

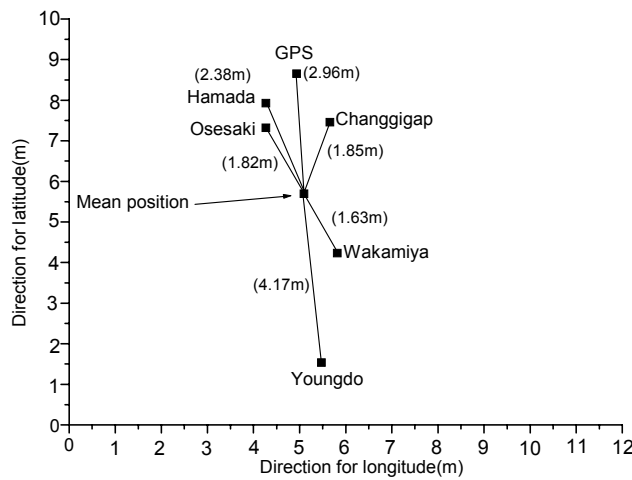


Fig. 37. The result VI of position error obtained by DGPS and GPS receivers with Youngdo, Changgigap, Hamada, Osesaki and Wakamiya beacon stations for 5 minutes each at the mean position of Busan harbor.

Table 14. Distribution of each distance from mean point measured at a fix position of Busan harbor(Each 5 minutes).

Receiver	Name of beacon station	DBB*	Position error(m)						Average of position error
			I	II	III	IV	V	VI	
DGPS	Youngdo	4	2.993	0.214	1.009	0.897	0.909	4.174	1.69
	Changgigap	66	1.834	5.052	1.717	0.632	0.638	1.850	1.95
	Wakamiya	80	1.586	4.361	1.464	0.333	0.440	1.629	1.63
	Hamada	148	1.864	4.444	3.352	1.350	0.810	2.378	2.36
	Osesaki	158	1.421	5.242	2.192	0.310	0.667	1.823	1.94
GPS	GPS		4.904	6.984	5.110	2.006	2.294	2.958	4.04

* DBB : Distance between mean position and beacon stations

Table 13의 4시간씩 관측한 결과에서는 각각의 DGPS국을 이용하여 얻은 위치가 서로 다른 위성의 정보를 이용한 결과치이기 때문에 여기에서는 각국당 5분씩 관측하여 동일한 위성을 사용할 확률을 높여서 관측하여 보았다.

Fig. 32부터 Fig. 37까지는 이러한 관측결과를 나타낸 것이며 Table 14는 각국별 5분씩 6회에 걸친 관측결과를 각 송신국별로 기저선의 길이와 오차와의 관계를 비교하고자 평균하여 나타낸 값이다. 여기에서도 역시 Table 13의 4시간 관측결과와 마찬가지로 기저선의 길이에 따라 오차가 비례하여 증가하는 현상은 관찰할 수 없다. 그러나 GPS를 제외한 DGPS 송신국으로부터 수신하여 계산한 평균위치가 대부분 5미터 이내의 범위에 위치함으로써 Table 13의 4시간 관측에서 2미터 이내의 범위에 들었던 것에 비하면 아주 넓은 오차분포를 보이고 있다. 따라서 위치의 평균화에 있어서는 장시간의 관측치를 평균한 값이 실제 위치와 가깝게 형성되는 것으로 보인다.

제 4 장 고 찰

제주도 주변 및 한국 남해안에서 DGPS 수신기에 의한 수신점의 위치관측 결과, 위치결정시에 자동선택된 DGPS 비이콘 송신국의 ID를 분석해 보면, Fig. 4에서는 영도국이 130해리, 어청도국이 155해리, 팔미도국이 200해리까지 선택수신되었고, Fig. 5에서는 영도국이 155해리, 어청도국이 155해리, 팔미도국이 210해리까지 선택수신 되었으며 Fig. 6에서는 팔미도국과 영도국이 관측되지 않고 단지 어청도국이 수신점까지 130해리의 거리에서 선택수신되고 있다. 이러한 선택수신 결과로 볼 때 우리나라의 DGPS송신국의 이용범위는 100해리로 설계되어 있으나 실질적으로는 150해리 정도의 거리에서도 충분히 안정적인 수신이 가능한 것으로 보여진다. 그리고, 장거리 선택수신을 통하여 DGPS신호의 이용범위에 관한 특이현상을 관찰해 보면 육상경로를 거치지 않는 Fig. 11과 Fig. 12의 제주 기룡간 항로에서 마라도국의 수신상태에서 보듯이 해상경로만을 통하여 수신되는 지역의 경우 약 200해리까지도 그 수신상태가 매우 양호하게 나타나고 있으므로 일반적인 상용의 DGPS기기를 이용할 경우에도 이러한 지역에서는 200해리까지도 DGPS국의 이용이 가능하다고 판단된다.

제주도를 중심으로 한 주변 해역에서의 선택수신 결과와 상해, 블라디보스톡, 천진 등의 항로에서 장거리 관측을 통해 얻어진 결과에서 보면, 주문진국이 동해북부해역에서 울릉도국보다 약하게 수신되는 특이한 점이 있고, 팔미도국의 신호가 중국의 상해 근처에까지 수신이 되는가 하면, 울릉도국은 러시아의 블라디보스톡 연안까지 수신이 되고, 마라도국은 북위 23°선까지 안정적으로 수신되었으며, 어청도국은 중국의 천진으로 향해하면서 관측한 결과 송신국으로부터 365해리 떨어진 지점까지 수신되고 있음을 알았다. 이것은 DGPS송신국으로부터 수신점이 약 210해리에서 약420 해리에서 떨어진 위치라는 사실에서 설계상 이용범위의 2배~4배에 이르는 거리인데 만약 DGPS송신국이 자동선택국의 형태가 아닌 수동으로 동일국만을 선택하여 이용범위를 관측하였다면 수신한계거리는 이보다 더 멀어질 수도 있었다고 사료된다. 그리고, 여기에서 언급되지 아니한 거문도국, 영도국, 장기갑국의 송신국들은 이용범위가 상호 중첩되어 있어 관측항로상의 해역은 자동선택국으로 인한 국변경이 빈번히 일어날 수 있는 해역이다. 따라서 이러한 송신국들은 자동적으로 다른 국으로 수신기의 수신주파수가 변경되어지기 때문에 각각의 국에 대한 최대수신거리의 측정이 불가하였다. 그러나 거문도국의 경우에는 235해리 지점에서, 장기갑국은 270해리 지점에서, 영도국은 155해리 지점에서도 양호하게 관측되는 것으로 보아 다른 송신국들과 그 수신상태가 그다지 다르지 않다는 것을 알 수 있었다.

Fig. 14의 토야마에서 제주간의 항로에서 선택수신한 결과에서는 36°59.8' N, 135°57.2' E 지점부터 36°12.9' N, 134°11.6' E 지점까지 약 100해리 구간에서 DGPS가 수신되지 않는 자동 선택수신 불가구간이 발생하였는데, 이는 가까운 거리에 DGPS국이 존재하고 있고 또한 제주에서 토야마간 수신결과에서 볼 때 동일구간에서 양호하게 수신된 것으로 미루어 보아 기기의 일시적인 수신불가 상태로 보아진다. Fig. 15의 상단부 자동 선택수신 불가지점에서 보면 울릉도국이 관측되다가 중간에 관측되지 않는 구역이 약 85해리에 걸쳐서 발생하고 있는데 이는 울릉도국의 커버리지를 많이 벗어나는 구역이다. 그러나 상단부에 블라디보스톡 근해에 까지 울릉도국이 다시 안정적인 수신상태를 보이고 있다. 이러한 현상은 당시의 기상상태나 공간상태가 양호하게 형성되고 또 주변 잡음의 감소 등으로 인하여 발생한 결과로 생각되며 이러한 현상들의 작용에 대한 연구도 필요할 것이다. 또한 가까운 거리에 DGPS국이 존재하고 있고 그 이용범위 내에 위치해 있으면서도 수신이 안되는 경우가 가끔 발생하고 있는데, 이때에는 수신기 자체에서 명확하게 그 원인을 표시해 줄 수 있는 시스템상의 보완이 필요하다고 여겨진다.

이용범위는 수신기의 성능, 전파경로, 주파수 등에 따라 다소 차이가 있을 수 있어서, 이(2000)는 주파수가 같은 송신국들은 지표파나 공간파에 의한 상호 간섭을 일어킬 수 있어 실제 이용범위가 설계상의 이용범위보다 매우 줄어들 것으로 예측한 바 있다. 그러나 이 실험에서 관측한 바에 의하면 팔미도국, 주문진국, 여청도국, 거문도국 등은 일본이나 중국의 DGPS국 또는 우리나라의 송신국 상호간에 같은 주파수를 사용하고 있는데도 설계상의 이용범위 내에서 수신에 제한을 받는 경우는 거의 없었다. 따라서 우리나라 DGPS국의 설계상의 이용범위 100해리는 현재 사용되고 있는 수신기들의 성능과 동일 주파수를 사용하는 다른 송신국들과의 지표파나 공간파에 의한 간섭 또는 우리나라 주변의 잡음에 의한 감쇄 등을 고려한다고 하더라도 이보다 훨씬 먼 거리까지 수신되는 것은 명확하다. 그러나 제주도 주변 해역의 관측을 통해서 볼 때 마라도국이 제주북부 연안에서도 잘 수신되지 않는 것으로 보아 육상경로를 통과한 경우의 전파의 감쇄는 비교적 많은 것으로 사료된다.

Fig. 17의 제주 부산간 왕복항로의 DGPS 수신결과에서, 제주에서 부산으로 향하는 항로에서는 제주를 출발해서부터 계속 부산 근처에까지 일본의 Osesaki국이 선택수신되었는데, 이 항로상에는 우리나라의 거문도국이 중앙부의 매우 가까운 거리에 위치해 있을 뿐 아니라 송신국과 수신점 사이의 경로가 해상임에도 Osesaki국만이 수신되는 현상을 보인 반면, 부산에서 제주로 향하는 항로에서는 영도국과 거문도국이 순서대로 수신되고 있었다. 이것은 송신국의 출력, 송신국으로부터의 수신점의 거리, 전파경로 이외의 요인이 작용하고

있음을 나타내고 있다.

고정점에서 GPS수신기와 DGPS수신기로 측정한 위치오차를 비교한 결과, GPS수신기의 위치오차가 30m미만인 경우가 88%로써 대부분을 차지하고 있는데 비하여, 30m이상에 달하는 경우도 11%에 이른다. 따라서 항만접근, 협수로 향해나 연안항해, 저인망 등의 어로작업, 해양관측 등 비교적 정밀한 위치를 요구하는 작업에서는 GPS만으로 관측된 결과를 완전히 신뢰하여 사용하기에는 무리가 있다고 생각되므로 비교적 정밀도가 요구되는 작업에서의 위치결정은 DGPS의 이용이 바람직하다고 하겠다.

DGPS시스템의 정확도는 기준국과 사용자간의 거리에 크게 영향을 받아 기저선의 길이가 100km를 넘을 경우 항법용으로 사용하는데 문제가 있을 수 있다. 즉 위성 관련 오차중에서 위성 시계오차는 기저선의 거리에 관계없이 거의 제거되지만 위성 궤도오차는 기저선의 길이가 커짐에 따라 점점 커지기 때문이다. 오 등(1998)에 의하면 대기에 의한 오차는 기저선의 길이에 영향을 많이 받는 편인데, 특히 대류권에 의한 오차보다 전리층에 의한 오차가 모든 오차중 가장 지배적이며 기저선의 길이에 따라 가장 민감하게 변한다고 보고한 바 있다. 이 문제는 복수의 수신기로 동시관측에 의하여 오차의 양을 가름할 수 있으나 격시관측시에도 나타날 가능성을 배제할 수 없어, 사라봉 삼각점에서의 관측, 제주항 및 부산항 고정점에서의 각국별 격시관측 결과, 고정점과 송신국 간의 거리인 기저선의 거리의 변화에 따른 위치오차에 일정한 방향성이나 거리차의 비례성 등 일관성있는 특이점을 발견하기 어려웠다. 단지 가까운 거리의 송신국을 관측할수록 그 수신기 단속됨이 없이 안정적으로 나타났다. 따라서 일부러 멀리 있는 국을 수동으로 선택하지 않는 한 수신기 자체에서 자동적으로 선택되어지는 송신국이 비록 가장 가까운 국이 아니라 하더라도 항해용으로 사용하는데 우려할 만한 거리오차는 발생되지 않는 것으로 보이며 또한 GPS의 관측치보다 훨씬 작은 약 5미터 이내의 오차범위내에 위치하고 있으므로 저인망작업, 항만접근, 협수로 향해 등의 목적으로 이용하는데는 아무런 문제가 없다고 보여진다. 그러나 이러한 관측의 결과치가 일반적인 항해용으로 사용되는 DGPS를 이용한 결과이기 때문에 좀더 정밀한 측량용 DGPS기기 등을 이용한 정확한 관측과 분석이 필요하다고 여겨진다.

제 5 장 요약

GPS는 이미 우리 생활 속에 깊숙이 자리잡고 있으며 우리가 인식하지 못하는 사이에도 우리에게 매우 편리한 정보와 편의를 제공하고 있다. 이렇게 광범위하게 이용되어지고 있는 GPS에서의 오차를 개선하기 위한 방법이 DGPS 시스템이다.

이 연구는 수학적 계산을 바탕으로 운용되고 있는 한국 연안 DGPS 송신국의 이용범위에 관하여, 선박의 운항을 통하여 최대수신거리를 실측하여 보았고, 고정점에서의 격시관측을 통하여 DGPS 송신국과 수신점의 거리와 수신점의 위치오차와의 상관성에 관하여 분석하여 보았다.

요약한 결과는 다음과 같다.

1. 한국의 DGPS의 이용범위 100해리는 현재 해상에서 매우 충분히 커버되고 있으며 이용범위 내에서 수신에 제한을 받는 경우는 없었다.
2. 자동선국에 의한 DGPS 송신국의 최대 원거리 수신은 상해에서 제주로 향해서 $31^{\circ}14' N$, $122^{\circ}51' E$ 지점에서 팔미도국이 수신됨으로써 420해리이었다.
3. 상용 DGPS수신기로 안정적인 수신이 가능한 거리는 약 150해리 정도로 생각되며, 전파경로가 해상인 경우 200해리 이상의 거리에서도 안정적으로 수신이 가능하다고 판단된다.
4. 정점에서 관측한 GPS와 DGPS의 수신결과는 상당한 오차를 보이고 있어서 GPS수신기만으로 관측된 위치는 그 사용용도에 따라서 신중이 요구된다. 항만접근이나 협수로 항해등 비교적 정밀한 위치가 요구되는 상황에서는 DGPS 수신기의 이용이 바람직하다.
5. 고정점에서 격시관측을 통한 송신국과 관측자의 거리의 변화에 따른 오차의 증감에 관하여는 그 상관성을 발견하기 어려웠다.
6. 위치의 평균화에 있어서는 장시간의 DGPS 수신을 통해서 평균한 위치를 얻을수록 수신위치가 실제의 위치와 가깝게 형성되었다. 4시간 동안의 평균위치는 대부분 3m이내의 오차를 보였고 5분 동안의 평균위치는 5m이내의 오차범위를 보였다.

참고문헌

- 이회재(2000), 극동 아시아 DGPS 기준국들의 커버리지 예측에 관한 고찰, 韓國海洋大學校 大學院
- 이영재, 지규인, 박찬식, 김일선, 이장규, 김춘식(1995), DGPS와 그 응용, 韓國航空宇宙學會誌 第23卷 第1號, p.148~159
- 이영재 · 오병주 · 지규인 · 박찬식 · 김일선 · 이장규 · 김춘식(1996), 한국 지역에서 DGPS를 이용한 위치측정 실험, 韓國航空宇宙學會誌 第24卷 第2號, p.136~145
- 이영재 · 이은성 · 정지웅(1997), DGPS 오차 보정 갱신주기 및 시간지연에 따른 위치 오차 분석, 建國大學校 學術誌 第41集, p.155~160
- 한길준(2000), 저가의 GPS 수신기로 구성된 DGPS 시스템의 효과적인 구현에 관한 연구, 全南大學校 大學院
- 강용균 · 이문진(1995), 두 대의 GPS 수신기를 이용한 DGPS정밀측위, 韓國地形空間情報學會 論文集 第3卷 第2號, p.15~28
- 김광홍(1999), GPS 船間距離計測시스템의 구성과 그 應用에 관한 研究, 釜慶大學校 大學院
- 김경호(1996), 단일 GPS 수신기 데이터의 정확도 개선에 관한 연구, 서강대학교 대학원
- 오병주 외(1998), 다중 기준국 DGPS를 이용한 위치측정, 韓國航空宇宙學會誌 第26卷 第6號, p.115~123
- 박운용, 홍형헌(1992), GPS 기준점 설정에 관한 연구, 東亞大學校 海洋資源研究所 研究論文 第5卷 第2號, p.39~46

감사의 글

이 조그만 열매를 맺기까지 성심을 다하여 지도해 주신 안장영 교수님께 지면을 빌어 깊은 감사를 드립니다. 그리고 바쁘신 가운데도 저의 미흡한 글을 다듬어 주신 서두옥 교수님과 안영화 교수님께 고마운 말씀을 전하고자 합니다. 또한 항상 가르침과 격려를 아끼지 않으셨던 노홍길 교수님과 김석중 교수님께도 감사를 드립니다.

실험을 하는 동안 여러 가지 도움을 준 김홍수 후배에게도 고마움을 전하며, 향해중에도 여러 데이터를 모을 수 있도록 배려해 주신 아라호의 최찬문 선장님과 자료분석과 정리에 많은 도움을 준 이창현 선생님 그리고 끝까지 후원해 주신 아라호의 모든 직원 여러분께도 감사를 드립니다.

자료처리에 많은 도움을 주신 인혜 아빠에게도 멀리서 고마움을 전하며, 또한 가까이에서 언제나 음으로 양으로 도움을 준 우리 가족들 모두에게도 깊은 고마움을 드립니다.

항상 나를 따뜻이 지원해준 아내와 우리 아이들 민선, 민아, 원철에게 끝없는 사랑을 보냅니다.

마지막으로 평생을 감사 드리며 살아도 모자랄 나의 어머님과 아버님께 이 조그만 열매를 드리고자 합니다.

감사합니다.