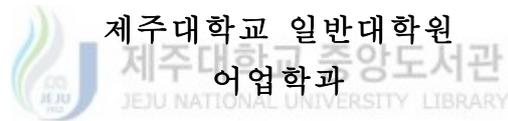


碩士學位論文

GPS 수신기의 내부설정에 따른
위치오차의 변화



김 홍 수

2003년 12월

GPS 수신기의 내부설정에 따른 위치오차의 변화

지도교수 안 장 영

김 홍 수

이 논문을 수산학 석사학위 논문으로 제출함

2003년 12월

 제주대학교 중앙도서관
김홍수의 수산학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장 노 홍 길 인

위 원 안 장 영 인

위 원 최 찬 문 인

제주대학교 대학원

2003 12월

The Change of Location Error of GPS Receiver Based on Internal Configuration

Heung-Soo Kim

(Supervised by professor Jang-Young Ahn)



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF FISHERIES SCIENCE

DEPARTMENT OF FISHERIES SCIENCE
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

2003. 12

목 차

List of Figures	ii
List of Tables	iii
Summary	1
I. 서론	3
II. 장치 및 방법	
2.1 실험장치	5
2.2 실험방법	7
2.2.1 마스크각의 변화에 따른 위치오차	7
2.2.2 경도 및 위도의 분단위의 표시형태에 따른 위치오차	7
2.2.3 측지계 변화에 따른 위치의 변화	8
2.2.4 수신모-드에 따른 측정위치의 상위성과 오차	8
III. 결과	
3.1 마스크각 변화에 따른 위치오차	9
3.2 경도 및 위도의 분단위의 표시형태에 따른 위치오차	16
3.3 측지계 변화에 따른 위치의 변화	21
3.4 수신모-드에 따른 측정위치의 상위성과 오차	23
IV. 고찰	26
V. 요약	29
참고문헌	31
감사의 글	32

List of Figures

Fig. 1. Block diagram of GPS receiving system	6
Fig. 2. The distributions of position observed by GPS receiver at known position fixed according to variation of maskangles	9
Fig. 3. The results of the mean position error of the change according as maskangles was varied between 7° and 50°	13
Fig. 4. Correlation between the number of satellites and maskangles according as maskangles was varied between 7° and 50°	14
Fig. 5. Correlation between the HDOP and maskangle according as maskangles was varied between 7° and 50°	15
Fig. 6. Observation results through simultaneous reception of 3, 4 digits decimal fraction of minutes	16
Fig. 7. Observation results through simultaneous reception of 3, 5 digits decimal fraction of minutes	18
Fig. 8. Observation results through simultaneous reception of 4, 5 digits decimal fraction of minutes	20
Fig. 9. Observation results through simultaneous reception of geodetic system (WGS72, WGS84, Tokyo datum)	22
Fig. 10. Observation results through simultaneous reception of binary-mode and text-mode	24

List of Tables

Table. 1. Specifications of GPS Receiver and Antenna	5
Table. 2. Accuracy of the positions, mean satellite numbers and mean values of HDOP observed by GPS receiver at the known position according as maskangles was varied between 7° and 50°	12
Table. 3. Survey results of average position error, S.D, and the bearing produced by simultaneous reception of 3, 4 digits decimal through GPS reception in the origin of the coordinates	17
Table. 4. Survey results of average position error, S.D, and the bearing produced by simultaneous reception of 3, 5 digits decimal through GPS reception in the origin of the coordinates	19
Table. 5. Survey results of average position error, S.D, and the bearing produced by simultaneous reception of 4, 5 digits decimal through GPS reception in the origin of the coordinates	20
Table. 6. Survey results of average position error, S.D, and the bearing produced by simultaneous reception of geodetic system(WGS72, WGS84, Tokyo datum) through GPS reception in the origin of the coordinates	23
Table. 7. Survey results of average position error, S.D, and the bearing produced by simultaneous reception of binary-mode and text-mode through GPS reception in the origin of the coordinates	24

SUMMARY

This study is designed to provide standard data on the internal configuration of GPS receiver for more accurate and precise positioning in collecting location information. For this purpose, GPS receiver was installed on top of the Ocean Science building. Collecting and analyzing statistical data based on this location was done by receiving GPS location data. To compare the receiving location of GPS receiver based on internal configuration, a series of analysis was done: the number of receiver satellite and the change of HDOP in accordance with mask angle adjustment, difference in location based on the change of geodetic system, change of location circle resulting from the change in digits decimal fraction of minutes produced by longitudinal and latitudinal location, difference circle in location according to receiver mode.

The findings are as follows.

1. When adjusting mask angle in static survey, the mask angle seen as most accurate was 7° and 10° . Also, the range of 95% probable circle (2σ) was narrow. An average of 8 satellites were used in static survey. 95% probable circle began to increase by large margin in 30° , which mask angle was at its peak in 40° . The number of satellites operating were reduced lower than 4, showing an average of 3.3 satellites when mask angle exceeded 40° . Since the average number of satellite was less than 4 in 40° and 45° , 3-dimension positioning was not possible. Even 2-dimension positioning could not be made in 50° because the average number of satellites was below 2. reduced satellite constellation were shown in proportion of increased mask angle. Also, HDOP (an index showing lowered precision in 2-dimension positioning) showed

irregular increase based on the increased mask angle.

2. Location data were collected through simultaneous reception of 3, 4 digit group, 3, 5 digit group, and 4, 5 digit group in digits decimal fraction of minutes(3, 4, and 5 digit). Data analysis did not show particular difference between 3, 5 digit group and 4, 5 digit group except for 3,4 digit group in two dimension coordinate level calculated by 95% probable circle. However, difference can be found through statistical analysis of location data. Order setting in fraction of minutes was determining factor, showing lowered accuracy of location compared with 3,4 digits decimal and 3 digits decimal.
3. Findings of location measuring using WGS72, WGS84, and Tokyo datum geodetic system are as follows. Average error in WGS72 and WGS84 showed 10.2m and 7.7m, respectively. It indicated lower than 10m of location difference, finding no inconvenience in using these geodetic systems. Tokyo datum showed difference of about 400m. When using marine chart of Tokyo datum geodetic system while utilizing GPS receiver of WGS84, careful consideration is needed for safe navigation.
4. Average error based on receiver mode was 5.0m in binary mode and 1.2m in standard deviation. Average error in text mode was 6.7m and 1.5m in standard deviation. It showed lowered accuracy of location in the text mode than the binary mode.

I. 서론

산업 활동에 있어서 임의지점의 위치를 알아내는 것은 대단히 중요한 일이다. 위치를 측정하는 시스템에는 여러 가지가 있으나 최근 가장 편리하고 정확한 위치를 알 수 있는 시스템은 GPS(Global Positioning System)이다. 본래 GPS는 선박이나 항공기 등이 자기 자신의 위치를 알기 위해 인공위성을 이용한 항법 시스템이나, 경제성, 편리성, 정확성, 응용의 용이성 등 때문에 군사적 목적은 물론, 토목측량, 육상의 승용차 및 등산가 등에 이르기까지 광범위하게 이용되고 있다. 이러한 GPS시스템은 2000년 5월 초부터 미 국방성에서 SA (Selective Availability)를 공식적으로 제거함에 따라 정확도가 현저히 향상되고 산업화가 더욱 가속화되었다. 그런데 GPS 시스템에 의한 위치가 타 항법 시스템에 비하여 비교할 수 없을 정도로 정확도가 높기는 하나 그 용도에 따라서는 위치오차를 보다 정확하게 개선할 필요성이 있다고 본다.

GPS에 의한 위치 결정 방법은 이동국 1대로 지구상의 어느 위치에서도 위치 측정이 가능한 가장 기본적인 형태의 절대측위와, 절대측위에 사용되는 수신기 2대를 이용하여 각각의 지점에서 얻어진 위치데이터를 서로 비교 계산해서 상대위치를 내는 트랜스로케이션 및 반송파의 위상을 측정하여 위치를 구하는 간접측위의 상대측위가 있다. 그런데 일반적으로 GPS의 오차는 위성시계 오차, 위성궤도오차, 전리층 굴절오차, 대류권 굴절오차 등의 시스템오차가 대부분으로, 이들 오차는 고도각, 온도, 기압 및 습도의 영향을 받는데 상대측위의 경우 보정이 가능하다. 그리고 상대측위를 통해 보정이 되지 않는 오차로는 GPS수신기의 자체 오차와 위치 결정에 사용되는 위성의 배치 등으로 수신기가 위치를 계산함에 있어 상이한 결과를 가져오게 한다. 위성의 배치에 따라 계산위치의 정확도를 가늠케 하는 지수가 있는데 이를 DOP(Dilution of Precision : 정밀도 저하율) 이라고 한다. 이는 직접적으로 자체의 오차량을 의미하는 것이 아니고 DOP에 단위관측정확도를 곱하여 얻는 것으로서, 보통 2차원

결정(수평방향)의 HDOP(Horizontal DOP), 3차원 위치결정의 PDOP(Position DOP)로서 그 위치의 정확도를 많이 표현하고 있다.

GPS 수신기에 의한 위치오차의 개선에 대한 연구는 국내외에서 활발히 진행되고 있는데, 절대측위에 관한 연구로는 강 등(2001)의 GPS 절대측위 정확도 분석, 정(1997)의 GPS에 의한 측지학적 절대측위 결정에 관한 연구 등이 있으며, 단일 GPS에 관한 연구로는 김(1996)의 단일 GPS 수신기 데이터의 정확도 개선에 관한 연구 등이 있으며, 그 외에 박 등(1992)의 GPS 기준점 설정에 관한 연구 등이 있다. 그런데 정점에서 GPS에 의해 위치를 측정함에 있어 GPS 수신기의 내부설정에 따른 오차의 변화에 관한 연구는 드물다.

본 연구는 제주대학교 해양과학대학 옥상에 GPS 수신기를 설치하여 이 지점에 있어서의 마스크각의 설정에 따른 수신 위성의 수 및 HDOP의 변화, 측지계의 변화에 따른 위치의 상위차, 위치에 대한 경위도의 분단위의 소수점 이하 자리수 변화에 따른 위치오차의 변화, 수신모드에 따른 위치의 상위오차를 측정 분석하였으며, 이는 위치정보의 수집시에 보다 정확하고 정밀한 위치를 구할 수 있도록 GPS 수신기의 내부설정에 관한 기준자료를 제공하는데 목적이 있다.

II. 장치 및 방법

2.1 실험장치

본 실험에 사용한 GPS 수신기는 Canadian Marconi Company제(ALLSTAR) 2대와 동 회사제의 안테나를 사용하였으며, GPS 수신기와 안테나의 자세한 규격은 Table 1과 같다.

Table 1에서 GPS 수신기는 L1대의 1주파용 12채널 수신기로서 1Hz의 반송파 위상(Carrier Phase) 측정이 가능하며, RTCM(Radio Technical Commission for Maritime Services) Message의 수신과 Encoding후 출력이 가능한 것이었다. 안테나는 직경 0.053m의 원형으로서 안테나 이득은 +12dB이었다.

Table. 1. Specifications of GPS Receiver and Antenna

GPS Receiver	
Model	Canadian marconi company, ALLSTAR
Frequency	1575MHz \pm 2 MHz
Channel	12 channel correlator for all-in-view satellite tracking
Data Port	Two serial input/output data port
Message Format	Decodes differential corrections encoded in the RTCM message format
Antenna	
Model	AT575
Gain and Size	+ 12 dB and 0.053m diameter
Max. Length/ Min. Length	20 meter (12dB)/0 feet
Polarization	Right Hand Circular

절대측위의 위치오차를 측정 한 장소는 제주대학교 해양과학대학 B동 건물 옥상으로 위치는 33° 27.42093' N, 126° 33.83890' E 이었다. 이 지점의 정확한 위치는 축척비율이 5000분의 1인 수치지도를 이용하여 구하였는데, 옥상에 설치된 안테나의 실제위치를 줄자로 측정하고 수치지도상의 대학건물의 상대 위치를 계산·표시하여 구하였다.

안테나를 설치한 옥상에는 안테나가 부착될 수 있도록 옥상 가장자리에 약 0.45m의 철 구조물을 못으로 고정시키고 그 위에 고정자석과 함께 안테나를 고정시켰다. 이렇게 해서 위성으로부터 수신 계산된 각종 데이터는, Fig 1 과 같이 실험실에 설치된 GPS 수신기를 통해 출력되는 NMEA0183 및 CMC Binary Format 형 데이터로서 RS232C 케이블을 거쳐 퍼스널 컴퓨터에 저장하였으며, 이 데이터는 EXCEL 프로그램을 사용하여 분석하였다. 분석 중 수신 데이터가 일부만이거나 부적절하다고 판단되는 것은 제외하였으며, 경도와 위도 그리고 기타 필요한 부분의 데이터만을 선택 출력하여 분석에 사용하였다. 수신측정 후 분석에 사용된 데이터의 수는 약 3시간에 걸쳐 측정한 3000개로 통일하였다.

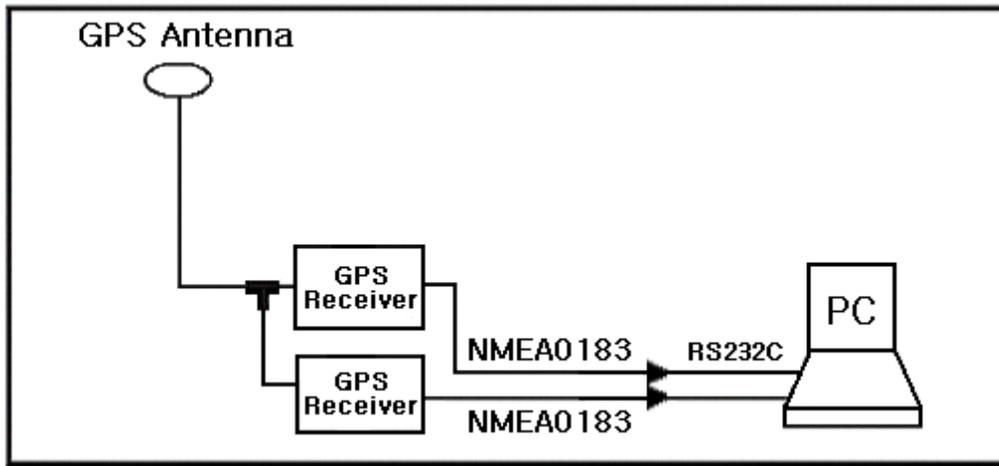


Fig. 1. Block diagram of GPS receiving system.

2.2 실험방법

실험에 사용한 GPS 수신기는 그 기본적인 내부설정이 마스크각은 7°로, 수신위치의 경도 및 위도의 분단위 표시형태는 소수점이하 5자리로, 측지계는 WGS84, 그리고 데이터 형태는 바이너리모드(Binary-mode)로 구성되어 있었다. 이 값들을 인위적으로 수정하여 수신기의 내부설정 값에 따른 위치오차의 변화를 확인하였다.

2.2.1 마스크각의 변화에 따른 위치오차

인공위성으로부터 송신되어 오는 항법 메시지를 GPS 수신기에서 수신함에 있어 주위의 환경에 따라 제한을 받을 수 있는데, 인공위성의 고도각이 낮을 경우 인공위성과 수신기 사이에 장애물로 인해 수신이 차단되는 각도에 해당되는 마스크각은 수신차단이 거의 이루어지지 않는 7°에서 시작하였고, 10°부터는 50°까지 5°의 변화를 주면서 고정점에서의 수신위치와 함께 위성수 및 HDOP를 동시에 기록하여 분석하였다. 이 실험은 인공위성의 개수를 인위적으로 줄여 위성수의 감소에 따른 관측값의 2차원 평면 좌표에서의 분산정도와 인공위성의 2차원 위치결정(수평방향)의 정확도를 나타내는 HDOP의 변화를 확인하였으며, 마스크각의 증가에 따른 위성수(SVs)와 HDOP의 상관성을 수치와 그림으로 나타내었다.

2.2.2 경도 및 위도의 분단위 표시형태에 따른 위치오차

수신기에서 출력되는 측정위치의 표시는 도, 분, 초 혹은 도, 분 형태이나 어느 것이나 도, 분 형태로 변환이 가능하고, 분 단위 표시정도는 수신기의 종류에 따라서 소수점이하 3자리, 4자리, 5자리까지 표시되는 각양각색의 기기가

시판되고 있다. 이들 기기의 표시형태는 위치계산 후 단순히 반올림 혹은 절삭의 형태를 띄고 있으나 이것이 경도와 위도에 동시에 적용된다 보면 상당한 위치오차에 이를 수도 있다. 따라서 본 논문에서는 경도 및 위도의 분 단위를 소수점이하 3자리, 4자리, 5자리의 세 가지를 2대의 수신기로 각각 두 가지를 동시에 수신하였을 경우 위치의 편위오차를 계산하고 분석하였다.

2.2.3 측지계 변화에 따른 위치의 변화

지구의 모양과 크기를 나타내는 측지계는 현재 대부분 WGS84를 사용하고 있으나 아직도 WGS72 및 Tokyo datum을 사용하는 GPS 수신기가 있어 이들 측지계를 내부설정에 의하여 선택 사용하였을 때의 위치변화를 조사하여 보았다.

2.2.4 수신모드에 따른 측정위치의 상위성과 오차



수신기의 종류에 따라서는 측정위치의 수신모드는 일반적으로 NMEA0183이라는 형식의 텍스트 모드(Text-mode)로 출력되는데, 바이너리 모드와 동시에 선택 출력할 수 있도록 되어있는 수신기도 있다. 이 경우 수신위치는 그 정확도가 같은지 아니면 두 모드 중 어느 경우가 정확한지를 알 수 없다. 따라서 수신기의 내부 설정으로서 수신모드를 바이너리 모드와 텍스트 모드로 바꾸면서 위치를 수신하여 그 정확도를 검토하였다.

Ⅲ. 결 과

3.1 마스크각 변화에 따른 위치오차

인공위성과 수신기 사이에 장애물로 인해 차단되는 고도각을 7°에서 시작하여, 10°, 15°, 20°로 예상하여 마스크각을 7°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 35°, 40°, 45°, 50°로 설정하여 고정점에서 측정한 각 3000개의 위치에 대한 분포와 그 위치들에 대한 95% 확률원(2σ)을 나타내면 Fig. 2의 (a) ~ (j)와 같다.

Fig. 2에서 대부분의 수신위치들이 기준점을 중심으로 서쪽으로 치우쳐 있었고, 그 수신위치의 평균위치도 모든 그림에서 대체적으로 비슷한 편위량을 나타내고 있다.

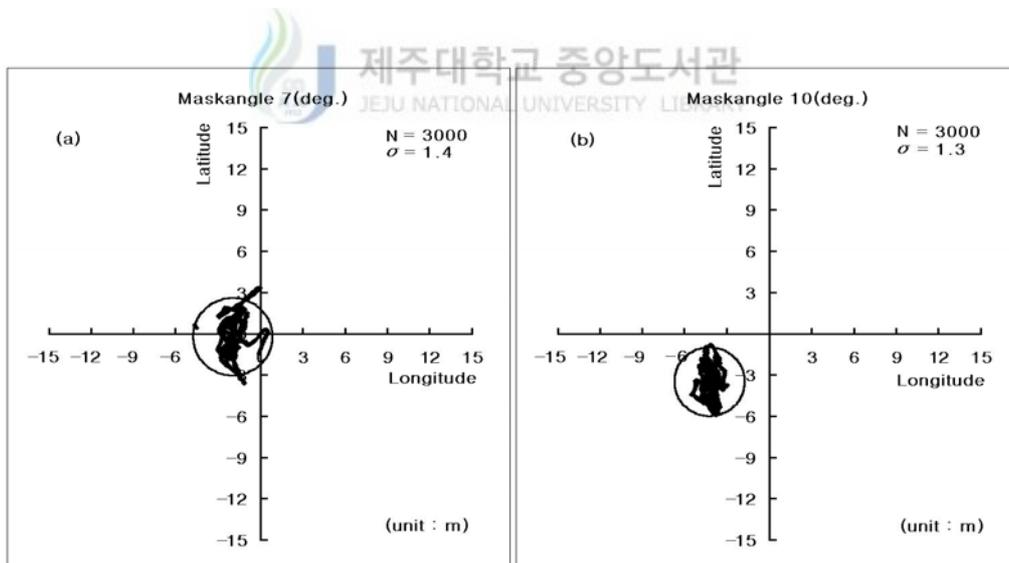


Fig. 2. The distributions of position observed by GPS receiver at known position fixed according to variation of maskangles.

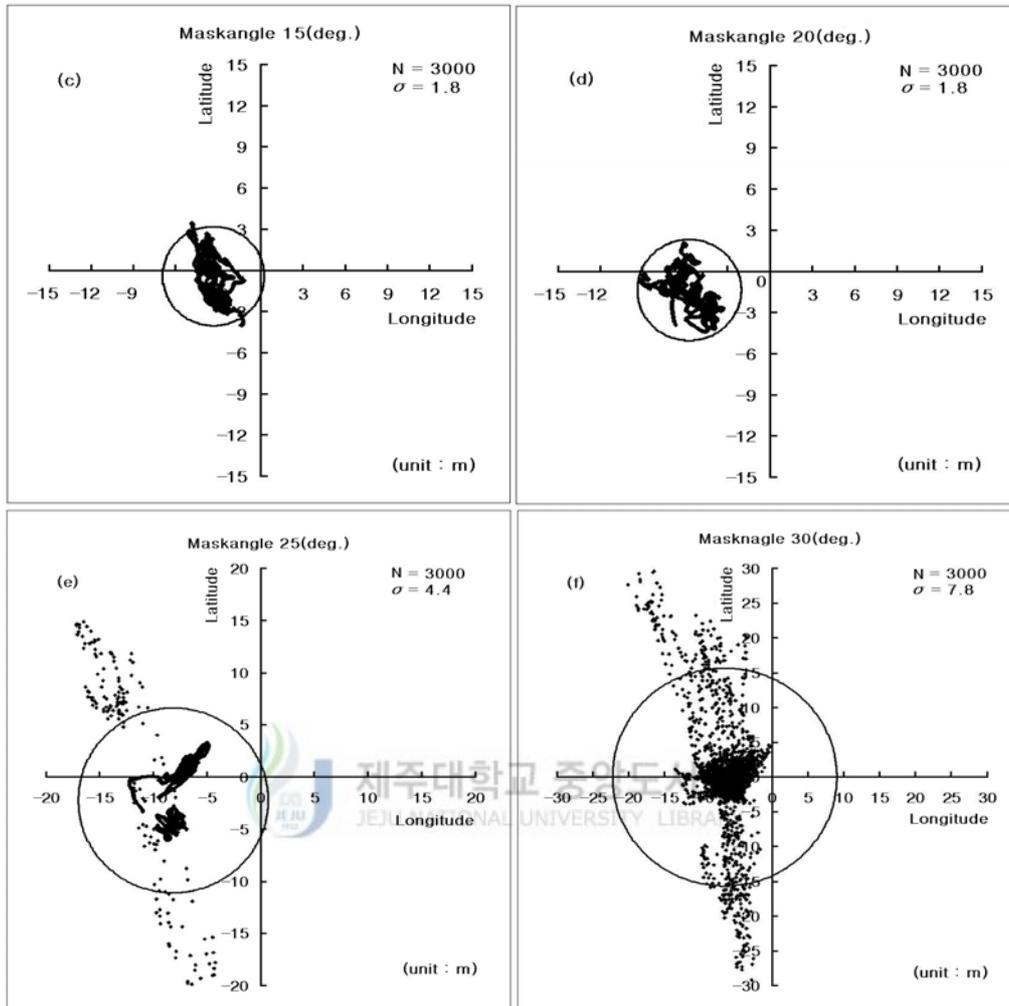


Fig. 2. Continued

마스크각의 변화에 따른 관측위치들에 대한 2차원 평면 좌표에서의 분산 정도는 95% 확률원의 크기로 표현할 수 있는데, 마스크각이 10° 일 때가 95% 확률원이 가장 작았고, 마스크각이 커질수록 95% 확률원도 점점 커지는 경향을 보였으며, 30° 가 넘으면서 급격하게 커지기 시작하여 40° 이었을 때 가장 크게 나타났는데, 그때의 표준편차는 최소인 마스크각 10° 의 경우에 비해 거의 18배에 달하였다.

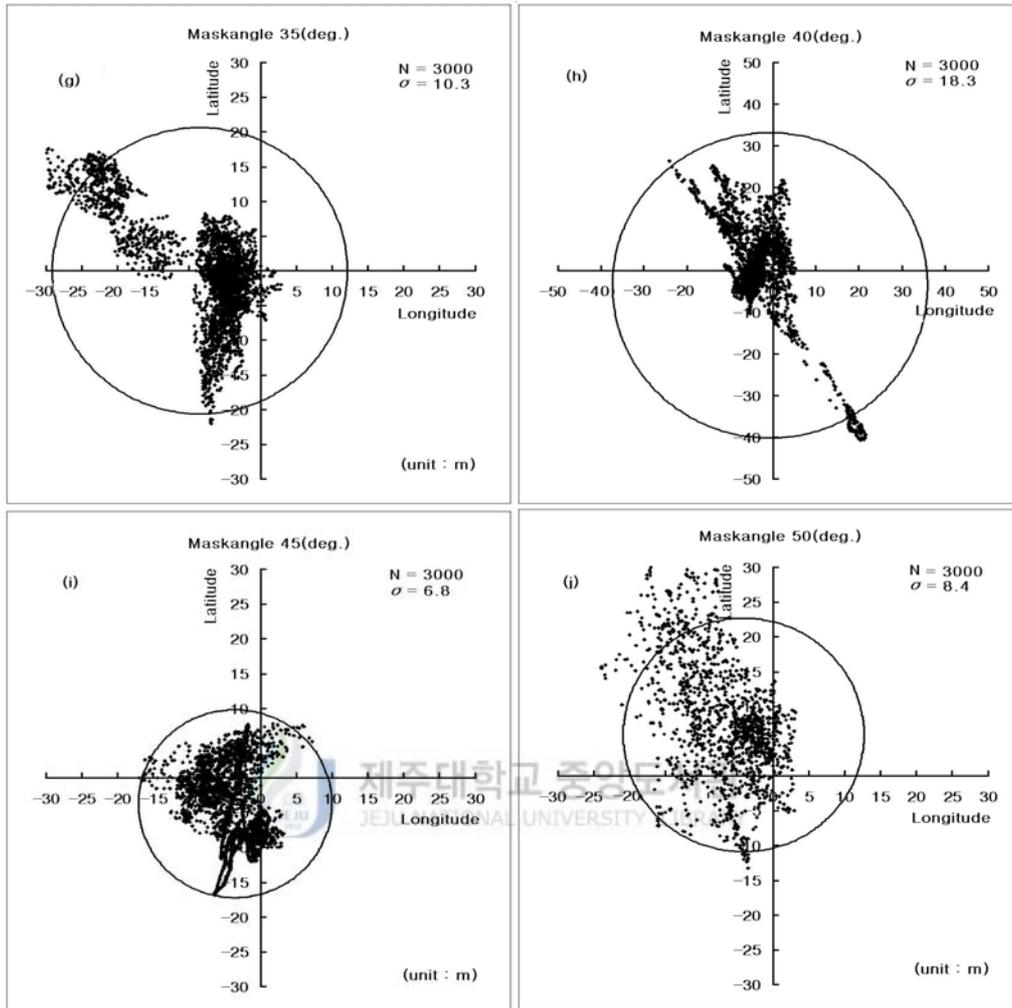


Fig. 2. Continued

고정점의 위치를 측정하면서 측정위치의 평균오차, 표준편차를 분석한 것과 위치 측정시에 함께 수신한 그때의 인공위성의 평균개수와 HDOP의 평균값 등을 정리한 것을 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Accuracy of the positions, mean satellite numbers and mean values of HDOP observed by GPS receiver at the known position according as maskangles was varied between 7° and 50°

Mask-angle	Original Position		Mean Position		Position Error			SVs	HDOP
	Longitude (126° xx')	Latitude (33° xx')	Longitude (126° xx')	Latitude (33° xx')	Average (m)	S.D (m)	Bearing		
7°	33.83890'	27.42093'	33.83763'	27.42081'	1.9	1.4	264°	8.9	0.9
10°	33.83890'	27.42093'	33.83674'	27.41905'	5.3	1.3	231°	8.8	1.1
15°	33.83890'	27.42093'	33.83674'	27.41905'	3.3	1.8	263°	6.9	1.2
20°	33.83890'	27.42093'	33.8350'	27.42019'	5.7	1.8	257°	7.3	1.3
25°	33.83890'	27.42093'	33.83362'	27.41971'	8.2	4.4	255°	5.0	2.1
30°	33.83890'	27.42093'	33.83463'	27.42092'	6.4	7.8	270°	4.1	5.1
35°	33.83890'	27.42093'	33.83341'	27.42092'	8.2	10.3	270°	4.3	2.5
40°	33.83890'	27.42093'	33.83617'	27.41872'	3.5	18.3	191°	3.3	7.2
45°	33.83890'	27.42093'	33.83659'	27.41893'	5.0	6.8	224°	3.0	3.6
50°	33.83890'	27.42093'	33.83157'	27.42638'	7.0	8.4	325°	1.6	9.9

Table 2에서 GPS 수신기에 의해 수신된 위치의 평균값은 마스크각이 7° ~ 50°까지 변함에 따라 기준위치와 1.9m ~ 8.2m까지 차이를 보였으며, 이에 따른 표준편차의 범위는 1.3m ~ 18.3m 이었다.

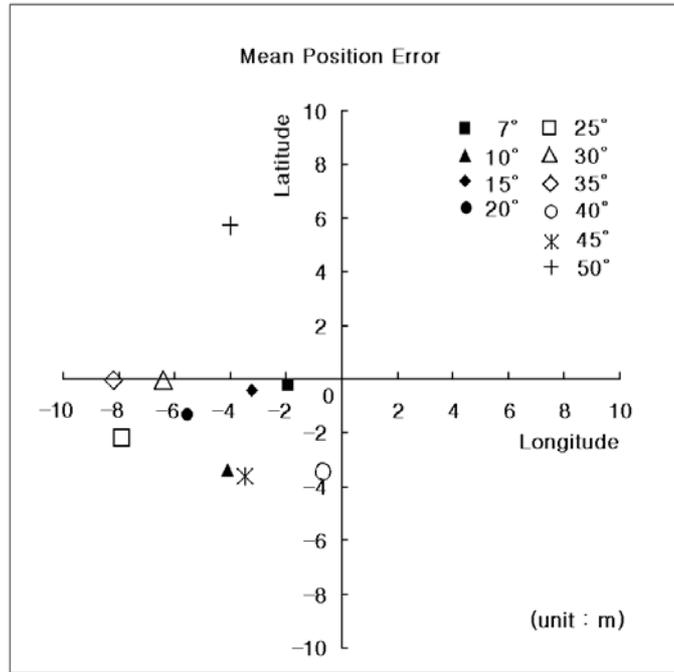


Fig. 3. The results of the mean position error of the change according as maskangles was varied between 7° and 50°

Fig. 3에서는 평균위치오차를 좌표평면에 나타내었는데 평균위치의 편위방향은 기준위치에서 191° ~ 325°의 방향이었다. 그리고 마스크각 전체값들에 평균위치에 대한 편위량의 평균값은 약 5.5m이었고, 최대값은 8.2m, 최소값은 1.9m로 모두 10m 이내 이었다. 마스크각이 25°와 35°에서 평균위치의 오차가 최대를 보였으며 40°일 때 감소하였다가 마스크각이 증가함에 따라 오차도 다시 증가하였다. 그런데 Maskagnle이 40°에서는 평균오차가 3.5m로 비교적 적은 값이었는데 표준편차는 전체 값들에 비해 최대치를 기록하고 있었다. 마스크각 25°일 때와 40°일 때 평균 오차와 표준편차를 비교하면 평균오차는 마스크각 25°에서는 8.2m, 40°에서는 3.5m로 감소하였는데, 표준편차는 마스크각 25°일 때 4.4m, 40°일 때 18.3m로 약 4배 이상 증가하였다. 이것은 평균위치와 표준편차와의 관계가 비례하지 않음을 나타내고 있다. 위치계산에 사용되는

인공위성의 수는 많으면 많을수록 미지수 계산이 빨라지고 위치의 오차도 적어지게 되는데, 마스크각이 증가하면 당연히 인공위성의 고도각이 마스크각보다 낮은 것은 이용할 수가 없게 되므로 추적·수신되는 위성의 수가 줄어들게 마련이다. Table 2에서 보면, 마스크각이 증가할 수록 수신되는 평균 위성수는 7°에서 8.9개인데 점점 줄어들어 45°에서 3.0개, 50°에서는 평균 1.6개밖에 되지 않는다. 마스크각과 수신위성의 수와의 상관관계는 일반적으로 계수적으로 표현하기 어려우나 수신위치의 환경에 따라 추적·수신되는 인공위성의 수를 예상할 수 있으므로 어느 정도 정확한 위치를 얻을 수 있는가가 예상가능하다. 마스크각의 변화에 따른 평균위성수의 변화폭도 최소 0.1개에서 최대 6.3개로 변화폭이 큰 부분에서의 표준편차도 차이가 많이 난다. Fig. 4은 마스크각의 변화에 따라 수신된 인공위성의 수의 변화를 나타낸 그림이다.

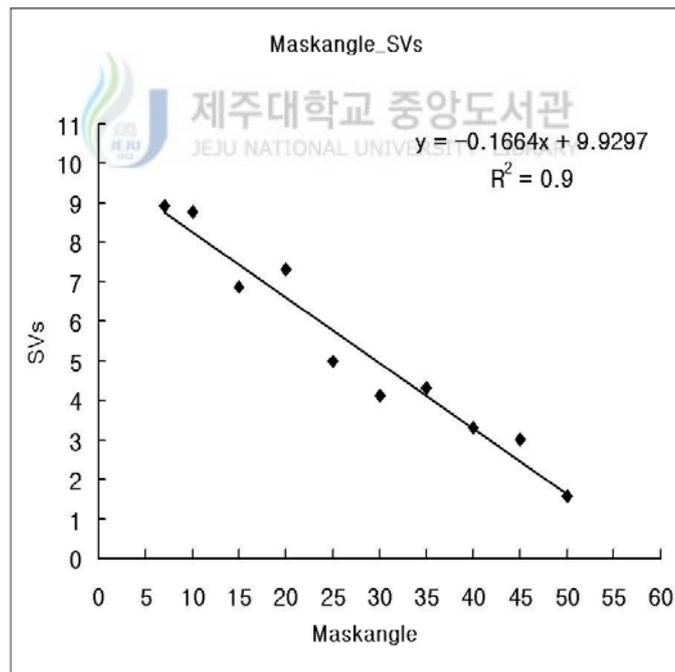


Fig. 4. Correlation between the number of satellites and maskangles according as maskangles was varied between 7° and 50°.

Fig. 4에서 수신된 인공위성의 수는 마스크각의 변화와 역의 상관관계를 나타내고 있으며 상관계수 또한 높게 나타났다. 인공위성의 수(y)와 마스크각(x)과의 관계식은 식(1)과 같다.

$$y = - 0.1664x + 9.9297 \quad (1)$$

Table 2에서 측정된 위치의 수신시 동시에 수신한 HDOP의 값을 보면, 마스크각의 변화에 따라 평균 0.9 ~ 9.9에 이른다. 마스크각과 HDOP의 값과의 상관관계도 단순한 관계가 아니나 수신위치의 환경변화에 따라 HDOP의 값을 예상해보는 차원에서 상관관계를 나타내보면 Fig. 5와 같다.

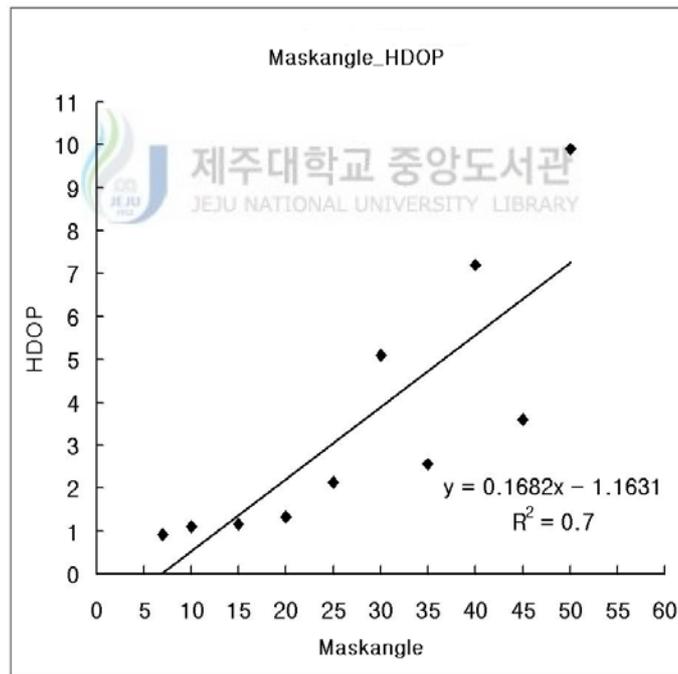


Fig. 5. Correlation between the HDOP and maskangles according as maskangles was varied between 7° and 50°.

Fig. 5에서 수신된 HDOP의 값은 마스크각과 정의 상관관계를 나타내고 있으며 상관계수가 유의하여야 할 정도로 낮았다. HDOP의 값(y)와 마스크각(x)와의 관계식은 식(2)와 같다.

$$y = 0.1682x - 1.1631 \quad (2)$$

3.2. 경도 및 위도의 분단위 표시형태에 따른 위치오차

수신기에서 출력되는 측정위치의 표시 중 경도 및 위도의 분단위 소수점이 하(이하 소수점이하라 함) 3자리와 4자리, 3자리와 5자리, 4자리와 5자리의 세 가지 방법으로 2대의 수신기로써 각각의 방법을 내부 설정한 후 동시에 수신하였을 경우, 위치의 편위오차를 계산하고 분석한 결과는 Fig. 6, 7, 8과 같다.

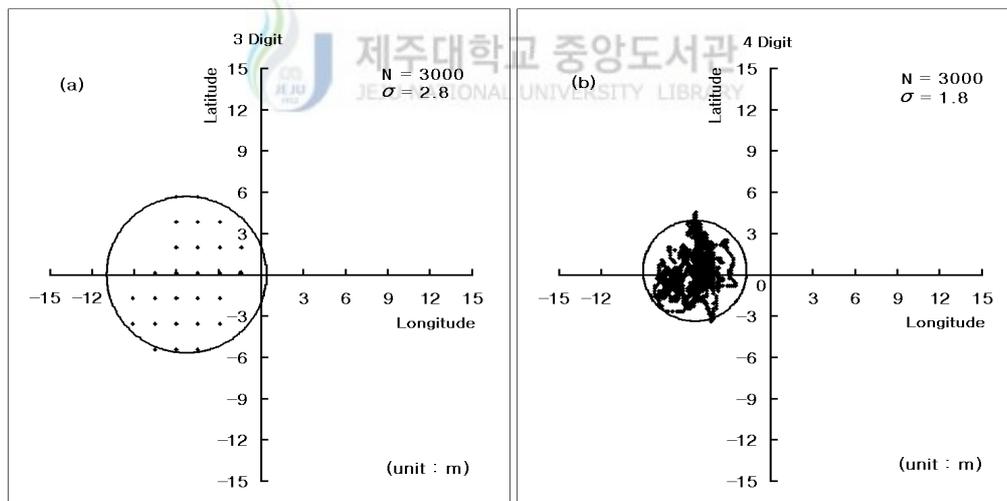


Fig. 6. Observation results through simultaneous reception of 3, 4 digits decimal fraction of minutes.

Fig. 6에서 두 그림을 비교하여 보면, 우선 Fig. 6(a)의 소수점이하 3자리로 수신된 위치의 분포를 보면 표시된 위치가 일정한 간격으로 떨어져 나타나 있는 반면에 Fig. 6(b)의 소수점이하 4자리로 수신된 위치의 분포는 위치가 서로 연결되어 있는 것처럼 나타나 있다. 이것은 소수점 이하 3자리로 수신할 경우 경위도의 최소단위의 분해지수인 0.001' 을 거리로 환산했을 경우 경도는 약 1.5m, 위도는 약 1.8m가 되고, 소수점 이하 4자리로 수신할 경우는 분해지수가 0.0001' 이어서 거리로 환산했을 경우 0.2m이하가 되기 때문이다. 즉 수신 데이터의 자리수를 소수점이하 3자리로 고정 시켜주면 그 사이에는 자리수의 한계로 인해 위치를 나타낼 수 없는데 비해 소수점 4자리 이상으로 위치를 수신하면 이 그림과 같은 축척도에서는 위치표시에 제한을 받지 않는 것을 나타낸다. 그리고 Fig. 6(a)의 수신 위치의 수는 3000개임에도 불구하고, 수신위치의 자리수 제한에 의해 인위적으로 같은 위치가 되어 중첩되어 나타나므로 수신 위치의 수가 적은 것처럼 보인다. 또한, 95% 확률원을 비교하여 보면 소수점 3자리수로 수신된 위치들의 분포가 4자리수로 수신된 위치보다 넓게 분포하고 있는 것을 알 수 있다. 따라서 이 두 경우의 수신위치를 통계적으로 처리하여 세부적으로 나타낸 결과는 Table 3과 같다.

Table 3. Survey results of average position error, S.D(standard deviation), and the bearing produced by simultaneous reception of 3, 4 digits decimal through GPS reception in the origin of the coordinates

Digit	Original Position		Mean Position		Position Error		
	Longitude (126° xx')	Latitude (33° xx')	Longitude (126° xx')	Latitude (33° xx')	Average (m)	S.D (m)	Bearing
3digit	33.83890'	27.42093'	33.835'	24.421'	5.3	2.8	270°
4digit	33.83890'	27.42093'	33.8354'	27.4211'	5.4	1.8	273°

Table 3에서 소수점이하 3자리로 수신한 위치들의 평균위치는 기준위치에서 5.3m 떨어져 나타났고, 소수점이하 4자리로 수신한 위치들의 평균위치는 기준 위치에서 5.4m 떨어져 나타나 자리수의 설정변화에 따라서는 오차의 변화를 알 수가 없다. 그러나, 표준편차는 소수점이하 3자리로 수신할 경우 2.8m, 소수 점이하 4자리로 수신할 경우는 1.8m로 오차의 크기에 비하여 상대적으로 차이가 있어 보였으며, 4자리수로 수신할 경우가 정확하다고 볼 수 있었다. 좌표 상에서 평균위치의 방향은 기준위치를 중심으로 소수점이하 3자리에서는 270°, 소수점이하 4자리에서는 273°의 방향으로 분포되어 있어 차이가 없는 것으로 나타났다.

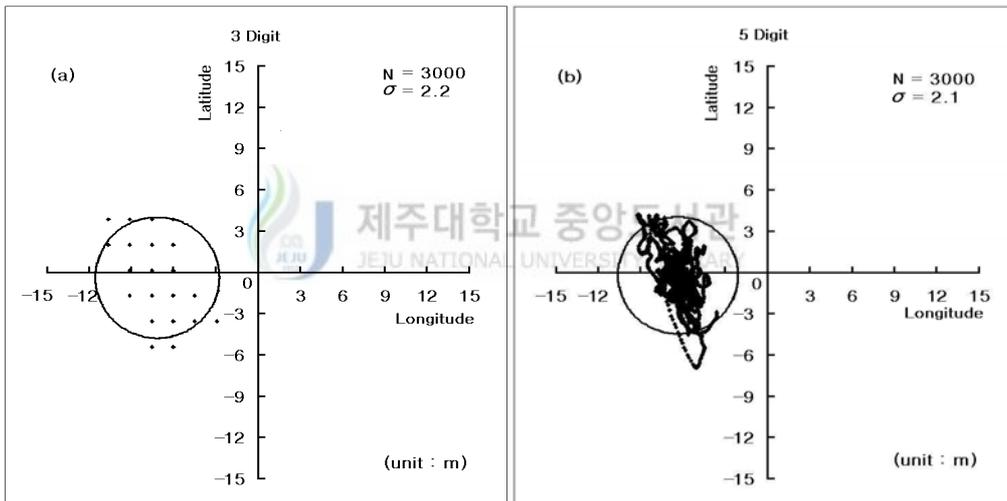


Fig. 7. Observation results through simultaneous reception of 3, 5 digits decimal fraction of minutes.

Fig. 7은 수신위치의 경위도 분단위를 소수점 3자리와 5자리로 수신한 경우의 위치분포를 나타내고 있는 것으로, Fig. 7(a)는 Fig.6(a)와 같이 표시된 위치가 일정한 간격으로 떨어져 나타나 있고, 수신위치의 자리수 제한에 의해 같은 위치에 중첩되어 나타나 있다. 그런데, 95% 확률원을 보면 소수점 3자리수로

수신된 위치들의 분포에 대한 확률원과 5자리수로 수신된 위치의 분포에 대한 확률원은 그 크기가 거의 같다. 이 두 경우의 수신위치들에 대한 통계적 분석 결과는 Table 4와 같다.

Table 4. Survey results of average position error, S.D(standard deviation), and the bearing produced by simultaneous reception of 3, 5 digits decimal through GPS reception in the origin of the coordinates

Digit	Original Position		Mean Position		Position Error		
	Longitude (126° xx')	Latitude (33° xx')	Longitude (126° xx')	Latitude (33° xx')	Average (m)	S.D (m)	Bearing
3digit	33.83890'	27.42093'	33.8343'	27.421'	7.2	2.2	267°
5digit	33.83890'	27.42093'	33.83479'	27.42082'	6.4	2.1	263°

Table 4에서 소수점이하 3자리로 수신한 위치들의 평균위치는 기준위치에서 7.2m 떨어져 나타났고, 소수점이하 5자리로 수신한 위치들의 평균위치는 기준위치에서 6.4m 떨어져 나타나, 자리수의 설정변화에 따라 나타나는 수신 위치의 평균오차는 소수점이하 5자리로 수신할 경우가 적게 나타났다. 이 두 경우의 표준편차는 소수점이하 3자리로 수신할 경우 2.2m, 소수점이하 5자리로 수신할 경우는 2.1m로 거의 같다고 보아진다. 즉, 기준위치에 대한 평균위치의 오차는 5자리수로 수신할 경우가 3자리수로 수신할 경우 보다 상대적으로 정확하다고 볼 수 있었다. 좌표 상에서 평균위치의 방향은 기준위치를 중심으로 소수점이하 3자리에서는 267°, 소수점이하 5자리에서는 263°의 방향으로 분포되어 있어 차이가 없었다.

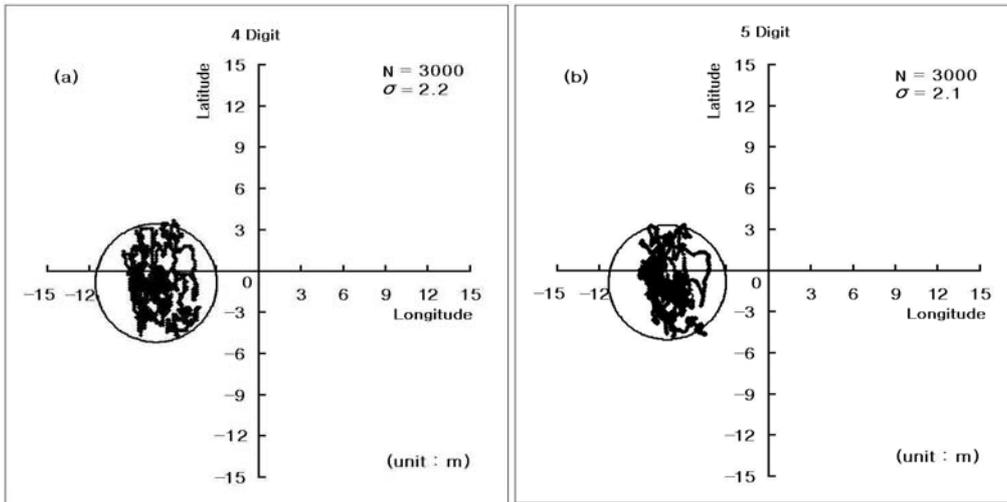


Fig. 8. Observation results through simultaneous reception of 4, 5 digits decimal fraction of minutes.

Fig. 8은 수신위치의 경위도 분단위를 소수점 4자리와 5자리로 수신한 경우의 위치분포를 나타내고 있는 것으로, 이 두 경우는 외견상 크게 차이가 나타나지 않고 있으며, 95% 확률원 또한 거의 같았다. 각각의 수신위치들에 대한 세밀한 분석을 위하여 통계적 처리 결과를 나타내면 Table 5와 같다.

Table 5. Survey results of average position error, S.D(standard deviation), and the bearing produced by simultaneous reception of 4, 5 digits decimal through GPS reception in the origin of the coordinates

Digit	Original Position		Mean Position		Position Error		
	Longitude (126° xx')	Latitude (33° xx')	Longitude (126° xx')	Latitude (33° xx')	Average (m)	S.D (m)	Bearing
4digit	33.83890'	27.42093'	33.8342'	27.4205'	7.4	2.2	263°
5digit	33.83890'	27.42093'	33.83425'	27.42046'	7.3	2.1	263°

Table 5에서도 수신위치의 경위도 분단위의 소수점이하자리가 4자리와 5자리일 때 그 위치들의 평균위치의 기준위치에 대한 편위량이 각각 7.4m, 7.3m로 거의 같았으며, 표준편차 또한 각각 2.2m 및 2.1m로 거의 같았고 편위 방향도 같았다.

이상의 결과에서, GPS 수신기로써 절대측위를 할 경우 수신위치인 경위도의 분단위의 소수점이하 자리수를 4자리 이상으로 하여 수신할 경우는 위치의 오차에 인위적 오차가 개입될 염려가 없으나 3자리 이하로 설정 수신하거나 3자리 이하로 설정된 수신기를 선택 구입하여 수신할 경우는 예상외의 오차가 개입될 염려가 있다.

3.3. 측지계 변화에 따른 위치의 변화

지구의 모양과 크기를 달리하는 측지계를 Fig. 1과 같이 하나의 GPS 수신기는 WGS72와 Tokyo Datum로 설정하고 다른 하나의 GPS 수신기는 WGS84로 고정하여 설정한 후 각각의 GPS 수신위치를 비교한 결과는 Fig. 9의 (a), (b), (c)와 같다.

Fig. 8에서 두 수신기의 위치측정에 있어서의 오차가 상호 다르기는 하다고 보나 WGS72와 WGS84로 각각 설정하여 동시 측정한 위치오차의 분포는, 측정위치의 평균위치가 WGS84로 설정하여 측정한 것이 WGS72로 설정하여 측정한 것보다 기준위치에서부터 더 멀리 나타난 반면에 표준편차는 WGS72로 설정하여 얻은 위치가 WGS84로 설정하여 구한 위치들보다 적어 분산도는 WGS84의 쪽이 더 컸다. Tokyo Datum으로 설정하여 구하여진 위치들은 Fig. 9에서 그 분산도는 알 수 없고, 기준위치를 중심으로 한 평균위치의 편위량만 알 수 있어서 경도가 동쪽으로 약 176m 벗어나 있고 위도는 남쪽방향으로 약 354m의 벗어나 있음을 알 수 있다. 세 가지의 측지계를 각각 설정하여 측정한 정점위치의 평균위치의 오차와 표준편차를 정리하여 나타내면 Table 6과 같다.

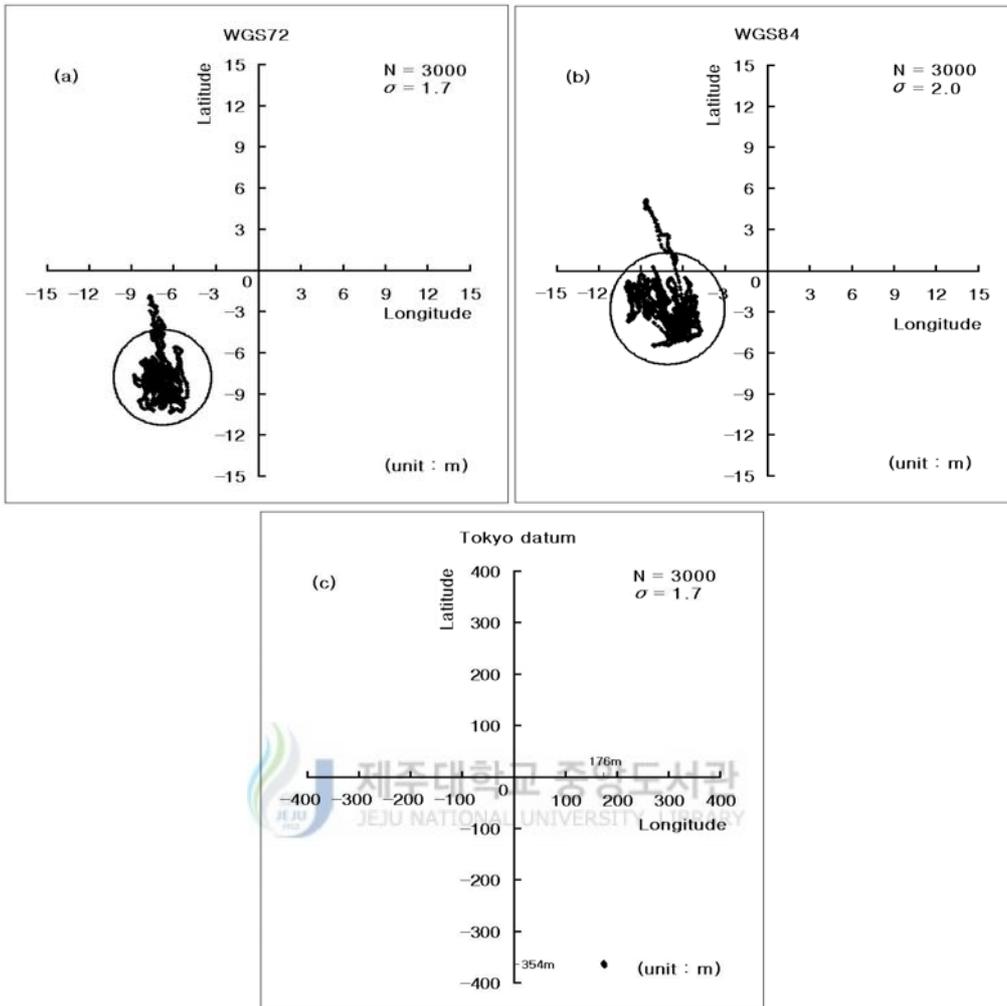


Fig. 9. Observation results through simultaneous reception of 3 geodetic system (WGS72, WGS84, Tokyo datum).

Table 6. Survey results of average position error, S.D, and the bearing produced by simultaneous reception of geodetic system(WGS72, WGS84, Tokyo datum) through GPS reception in the origin of the coordinates

Datum	Original Position		Mean Position		Position Error		
	Longitude (126° xx')	Latitude (33° xx')	Longitude (126° xx')	Latitude (33° xx')	Average (m)	S.D (m)	Bearing
WGS72	33.83890'	27.42093'	33.83449'	27.41672'	10.2	1.7	222°
WGS84	33.83890'	27.42093'	33.83428'	27.41943'	7.7	2.0	249°
TOKYO	33.83890'	27.42093'	33.95232'	27.22412'	396.0	1.7	206°

Table 6에서 WGS84의 측지계를 이용한 기준위치에서 각각 측정한 평균위치의 편위량은 WGS84를 측정한 것이 7.7m로 가장 작았으나 표준편차는 2.0m로 가장 컸으며, WGS72로 측정한 것은 10.2m로 WGS84로 측정한 것보다 약 2.5m 컸다. Tokyo Datum으로 측정한 위치들의 평균값은 기준위치에서 206°방향으로 약 396.0m 떨어져 있었고, 표준편차는 약 1.7m로 WGS72 및 WGS84로 측정할 때와 비슷하였다.

3.4. 수신모드에 따른 측정위치의 편위오차

GPS 수신기에서 출력되는 위치 데이터의 모드를 NMEA0183 형식의 텍스트 모드와 바이너리 모드를 두 수신기를 이용하여 동시에 출력하여 기준위치를 중심으로 정확도를 비교하기 위하여 분산도를 나타낸 것은 Fig. 10과 같다.

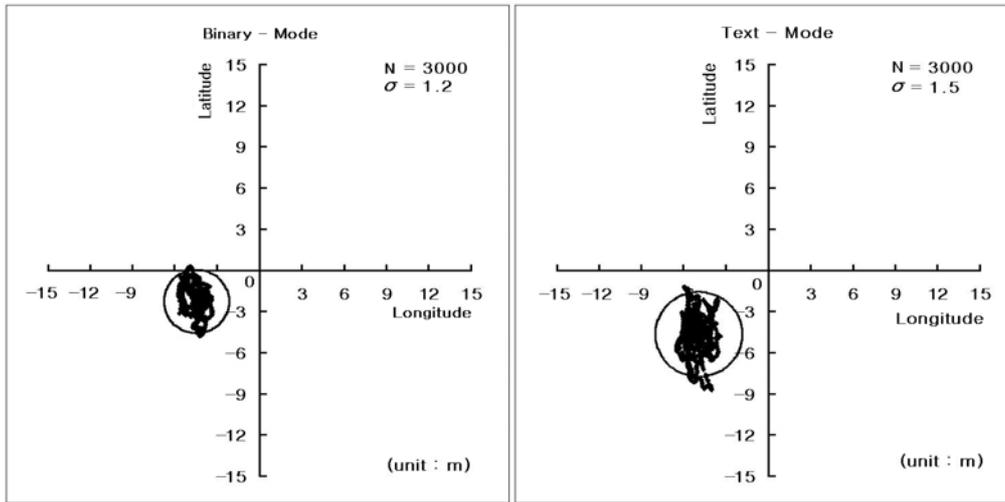


Fig. 10. Observation results through simultaneous reception of binary-mode and text-mode.

Fig. 10에서 수신위치의 평균위치도 바이너리 모드로 수신한 것이 텍스트 모드로 수신한 것보다 기준위치에서 가깝고 95%의 확률원도 작았다. 이 두 모드로 측정한 수신위치의 정확도 비교는 Table 7과 같다.

Table 7. Survey results of average position error, S.D, and the bearing produced by simultaneous reception of binary-mode and text-mode through GPS reception in the origin of the coordinates

Mode	Original Position		Mean Position		Position Error		
	Longitude (126° xx')	Latitude (33° xx')	Longitude (126° xx')	Latitude (33° xx')	Average (m)	S.D (m)	Bearing
Binary-mode	33.83890'	27.42093'	33.83601'	27.41970'	5.0	1.2	244°
Text-mode	33.83890'	27.42093'	33.83571'	27.41841'	6.7	1.5	228°

기준위치를 중심으로 평균위치의 편위량은 바이너리 모드에서는 244°방향으

로 5.0m, 텍스트 모드에서는 228°방향으로 6.7m이었으며, 표준편차는 바이너리 모드에서 1.2m 이었으며 텍스트 모드에서는 1.5m로 측위 결과는 텍스트 모드로 수신하는 경우가 바이너리 모드로 수신하는 경우보다 위치의 정밀도면에서 저하되었음을 알 수 있었다.



IV. 고찰

현재 GPS수신기에 의한 절대측위는 그 수신위치의 환경에 따라 위치의 정확도가 달라질 수 있다. 즉, 최대한의 정확한 위치를 얻기 위한 방법으로 GPS 위성을 가장 많이 확보할 수 있는 장소를 찾아 GPS수신 안테나를 설치해야 한다. 본 논문에 있어서의 위치측정을 위한 GPS안테나의 위치는 남쪽 방향으로 약 1950m 고도의 한라산이 자리 잡고 있고 동쪽으로는 안테나에서 20m 떨어져서 안테나 위의 고도 3m 옥상이 있어 위성의 배치상황에 따라서는 위성 수의 제한을 받을 수도 있었을 것이다.

GPS 수신기의 내부설정에 따른 절대측위의 위치오차를 비교하기 위해, 동일 회사, 동일모델의 수신기를 2대 사용하고 안테나는 하나를 병렬 연결하여 사용해서 동시에 측정하였음에도 수신기 내부의 계산 시스템 상 상위한 위치가 출력됨으로써 정확한 비교분석이 어려웠다.

절대측위에 대한 오차를 알아보기 위하여 설정한 기준위치는 축척비율이 5000분의 1인 수치지도를 이용하여 옥상에 설치된 안테나의 실제위치의 상대 위치를 계산하여 $33^{\circ} 27.42093' N$, $126^{\circ} 33.83890' E$ 로 정하였다. 그러나 마스크각이 20° 이하로 적은 경우인 Fig. 2(a-d) 및 Fig. 6, 7, 8에서 보는 바와 같이 정상적으로 수신된 위치들의 평균위치가 거의 같은 방향 및 거의 같은 편위량으로 치우쳐 있는 것으로 미루어 기준위치의 설정에 절대적 오차가 개입된 것으로 판단되며, 이 오차를 줄여 보다 정확한 기준위치에서 위치를 수신 처리하였으면 현재보다 정확한 위치를 낼 수 있었을 것이라 사료된다.

마스크각을 인위적으로 설정하는 것은 인공 건조물이나 주위 환경에 따라 인공위성의 수신이 차단되는 경우보다는 열악한 환경이 될 수 있는데, 이것은 마스크각에 의해 차단되는 것은 일정각의 전 방위가 되기 때문이며 실제로 전 방위가 차단되지 않은 경우가 많다. Table 2에서 기준점을 중심으로 한 수신위치의 평균오차의 범위가 1.9m ~ 8.2m로 비교적 적었다. 그런데 표준편차는

1.3m ~ 18.3m로 그 범위가 대단히 차이가 커서 마스크각이 40° 일 때 최고값을 나타내었다. 또한 표준편차의 절대량은 마스크각이 25° 이상이 되면서 급격하게 증가하고 있음을 알 수 있다. 따라서 이들을 종합하여 보면 마스크각 25° 이상에서 위치를 측정하면 측정위치의 정확도가 확연히 떨어짐을 간접적으로 알 수 있었다. 그리고 Table 2에서 보면, 수신되는 평균 위성수가 마스크각 7°에서 8.9개이었는데 마스크각이 증가 하면서 점점 줄어들어 45°에서 3.0개, 50°에서는 평균 1.6개밖에 되지 않았다. 여기서 수신위성의 평균개수를 보면 마스크각 45°에서는 3.0개로 평균적으로 3차원의 위치를 낼 수 없는 상태이고 2차원의 위치밖에 낼 수 없으며, 마스크각 50°에서는 2차원의 위치도 낼 수가 없는 상태가 되었다. 따라서 마스크각을 45°이상 설정하는 것은 인위적으로 위치를 낼 수 없도록 상황을 만드는 결과를 초래한다는 것을 알 수 있다.

측정위치의 경위도에 대한 분단위의 소수점이하 자리수 설정에 따른 위치의 분포도는 여러 대의 GPS수신기로 동시에 수신된 것이어야 하나 수신기의 대수가 한정되어서 정확한 비교가 될 수 없었으나, 평소 느껴왔던 정확도내의 자리수인 4자리와 결과가 같게 나타났다. 따라서 현재 일반 휴대용 GPS 수신기는 소수점이하 3자리로 고정된 소형수신기들이 많은데 이들 수신기를 이용하여 정확한 위치를 얻기 위해서는 시계가 확보된 곳에서 장시간 수신할 필요가 있다고 보아진다.

HDOP 값은 위치의 정확도를 알 수 있는 척도가 되는 것으로 일반적으로 2.0이하이면 비교적 정확한 위치를 얻는 것으로 알고 있다. 그런데 HDOP의 값이 2.0 이하의 값은 마스크각 20°이하일 경우에 나타나므로 HDOP 값이 높고 정도가 높은 위치를 얻으려면 마스크각을 가능하면 20° 이하로 설정하여야 함을 알 수 있다.

WGS84, WGS72, Tokyo datum의 측지계를 이용하여 위치를 측정한 결과 WGS84 와 WGS72는 위치의 상위차가 약 10m 내외로 측정오차와 거의 같은 양이어서 상위차로 볼 수 없을 정도 이었고 상위차라고 하여도 사용에 지장을 느낄 수 없을 정도이었다. 그러나 Tokyo datum을 이용하였을 경우는 약 400m

정도의 상위차를 나타내었다. 따라서 현재 대부분의 소형선박에서는 GPS수신기는 WGS84의 측지계를 이용한 위치를 수신하면서 해도는 오래전부터 사용하던 Tokyo datum 측지계의 해도를 사용하고 있어 이러한 위치의 상위차를 오차로 오인하는 우려가 있다.

이번 실험으로 GPS절대측위 정확도 분석을 함에 있어 좀 더 다양한 설정으로 더 많은 양질의 데이터 요소들을 비교하여 보아야 할 필요가 있다고 보고 아울러 DGPS에 대하여도 보다 심도 있는 비교실험이 이루어졌으면 하는 아쉬움이 있다.



V. 요약

본 연구는 위치정보의 수집시에 보다 정확하고 정밀한 위치를 구할 수 있도록 GPS 수신기의 내부설정에 관한 기준자료를 제공할 목적으로, 제주대학교 해양과학대학 옥상에 GPS 수신기의 안테나를 설치하고 이 지점을 기준점으로 한 GPS의 위치를 수신하여 통계 분석하였다. GPS수신기의 내부설정에 따른 수신위치의 비교는, 마스크각의 설정에 따른 수신 위성의 수 및 HDOP의 변화, 측지계의 변화에 따른 위치의 상위차, 위치에 대한 경위도의 분단위의 소수점이하 자리수 변화에 따른 위치오차의 변화, 수신모드에 따른 위치의 상위오차 등을 분석하였다. 분석 결과는 아래와 같다.

1. 정점측위에서 마스크각의 변화를 주었을 때 가장 정확하게 나타났다고 볼 수 있는 마스크각은 7°와 10° 이었다. 또한 95% 확률원의 범위도 가장 작게 나타났으며 측위에 사용된 위성의 수는 평균 8개 이상이었다. 30°에서 95% 확률원은 큰 폭으로 증가하기 시작해서 마스크각이 40°에서 최대가 되었고 위성수는 마스크각이 40°를 넘자 위성수는 4개 이하로 감소하여 평균 위성수는 3.3개로 나타났다. 40°와 45°에서 평균 위성수가 4개 이하로 되어 3차원 위치를 낼 수 없었고, 50°에서는 평균위성수가 2개 이하로 2차원 위치 측정도 낼 수가 없었다. 마스크각의 증가로 위성수의 감소는 비례하여 나타났다. 또한 2차원 위치결정의 정밀도 저하를 나타내는 HDOP는 마스크각의 증가에 따라 약간의 불규칙적인 증가를 보였다.
2. 분단위의 소수점이하 자리수(3자리, 4자리, 5자리)에서 3자리와 4자리, 3자리와 5자리, 4자리와 5자리를 동시에 수신하여 얻은 위치 데이터의 분석결과 정확도의 차이는 95% 확률원으로 나타낸 2차원 좌표 평면상에서는 3자리와 4자리의 수신 결과를 제외한 나머지 두 개의 95% 확률원의 차이는

쉽게 구별 할 수는 없었고 위치 데이터의 통계 분석을 통해 그 차이를 알 수 있었다. 분단위의 자리수의 설정으로 소수점이하 3자리의 위치분포가 4자리와 5자리와의 비교에서 위치정밀도는 조금 저하되어 나타났다.

3. WGS72, WGS84, Tokyo datum의 측지계를 이용한 위치 측정결과는 WGS72와 WGS84 측지계에서는 평균오차가 10.2m, 7.7m로서 위치의 상위차가 약 10m 내외이며 이 측지계를 사용하는데 지장을 느낄 수 없을 정도이었다. Tokyo datum은 약 400m 정도의 상위차를 보였다. 현재 WGS84의 GPS 수신기를 사용하면서 Tokyo datum 측지계의 해도를 사용하는 경우에는 이를 고려한 운항이 필요하다.
4. 수신모드에 따른 편위오차는 바이너리 모드에서 5.0m, 표준편차는 1.2m였고, 텍스트 모드에서 편위오차는 6.7m, 표준편차는 1.5m로 텍스트 모드로 수신하는 경우는 바이너리 모드로 수신하는 경우보다 위치의 정밀도는 저하되어 나타났다.



참 고 문 헌

- 김민선, 신현옥, 2003, 정적 후처리방식에 의한 GPS의 측위정도 개선, 韓國漁業技術學會 誌, 39(4), p.251~261
- 강준목, 김육남, 박정현, 이은수, 2001, GPS 절대측위 정확도 분석, 韓國測量學會誌, 제 19(1), P. 1~8
- 朴雲龍, 洪淳憲, 1992, G.P.S의 精密度에 關한 研究, 海洋資源研究所 研究報告, 第 4 卷, 第 1 號, P. 41 ~ 48
- 정용식, 1997, GPS에 의한 측지학적 절대위치 결정에 관한 연구, 충남대학교 대학원, p. 1~7
- 정연수, 고정점에서 GPS 측위정도에 관한 연구, 水産海洋教育研究, 第 10권 第 1 號, p. 53~56



감사의 글

부족함이 많은 저에게 항상 깊이 있는 가르침을 주시고, 이 논문이 완성되기까지 아낌없는 지도와 편달을 아끼지 않으신 안장영 교수님께 이 자리를 빌어 깊은 감사의 마음을 드립니다.

아울러 바쁘신 와중에도 미흡한 논문을 세심하고 자상하게 다듬어 주신 노홍길 교수님과 최찬문 교수님께 진심으로 감사를 드리며, 항상 깊은 관심과 따뜻한 조언을 아끼지 않으셨던 서두옥 교수님, 안영화 교수님, 김석중 교수님께도 감사를 드립니다.

그리고, 언제나 관심과 배려로 조언을 아끼지 않으셨던 김승필 선배님과 먼 곳에서 후배와의 우정을 잊지 않고 실험실 후배들을 챙기시는 오성우 선배님께도 감사의 마음을 전합니다. 그리고, 지금은 졸업하고 사회인으로서 열심히 자기 삶을 살아가고 있고 한동안 실험실에서 동거동락하던 윤상필, 고운일, 신성태 학우들과 고영식, 임충환 후배에게도 고마움을 전합니다.

그리고, 항상 선배로서의 호트러짐이 없는 말고 행동으로 후배들에게 모범이 되는 이창현 선배님과 김병엽 선배님, 모든 일을 항상 앞장서서 도맡아 하시는 고준철 선배님 그리고 조교업무와 논문작성을 같이하면서도 저에게 여러 가지 도움을 주었던 김성호 학우에게도 고마움을 전합니다.

또한, 바쁜 조교업무에도 기꺼이 시간을 내어 도와준 구명성 후배와 항상 자신보다 선후배를 먼저 챙기는 양정훈 후배와 안젼마 후배에게도 감사의 마음을 잊을 수가 없습니다.

끝으로 자식을 위한 변함없는 사랑과 희생으로 뒷바라지 해주신 부모님을 비롯해서 사랑하는 가족들에게 저의 작은 결실이 보답이 되었으면 합니다.