J. Kor. Soc. Fish. Tech. 41(3), 213 – 221, 2005 韓國漁業技術學會誌, 41(3), 213 – 221, 2005

GPS 수신기의 내부설정과 위치오차의 관계

안장영* · 김흥수
제주대학교 해양과학부

Relationship between position error and the inner configuration of GPS receivers

Jang-young AHN* and Heung-soo KIM
Faculty of Ocean Science, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea

In order to get more accurate GPS position with the changes of the inner configuration setting of GPS receiver, the authors carried out measurements of the position at known it with one antenna and two GPS receivers manufactured by same company. We have investigated the accuracies of positions according to the change of the maskangle and receiving mode of output data in inner configuration of GPS receivers, and analyzed the relationships between numbers of satellites visibility and maskangles, and values of HDOP and maskangles. When the maskangles in inner configuration were set below 20 degree, the accuracies of positions were high. But if they were became bigger than 25 degree, standard deviations of position errors and HDOPs of positions were became bigger. Numbers of satellites visibility(y) and maskangles(x) have relations with a formula, $y = -0.1662x + 9.9225$, and values of HDOP(y) and maskangles(x) have relations with a formula, $y = 0.6035\ e^{0.0517x}$. The results of position accuracies observed by two GPS receivers to the known position at same time were that average errors of position fixs by GPS receiver configured with NMEA0183 mode were 6.7m and standard deviations were 1.5m, and them by GPS receiver configured with binary mode were 5.0m and standard deviations were 1.1m respectively.

Key words : GPS, Position accuracy, Output mode, Maskangle, HDOP

서 론

산업활동에 있어서 임의지점의 위치를 알아내는 것은 대단히 중요한 일이다. 위치를 측정하는 시스템에는 여러 가지가 있으나 정확하고 가장 편리하게 위치를 얻을 수 있는 시스템이 GPS(Global Positioning System)이다. 본래 GPS 수신기는 선박이나 항공기 등이 자기 자신의 위치를 알기위해 탑재된 것이었으나 항법에 인공위성을 이용함으로서 이용범위가 넓고 정확할 뿐 아니라 IT산업의 발달과 더불어 경제성과 편리성까지 가미되면서 군사용에서부터 토목측량용, 카네비게이션용 및 등산용 등에 이르기까지 광범위하게 이용되고 있다. 초기에는 GPS시스템에 SA(Selective Availability)가 내포되어 있어서 이용도 제한적이었으나 2000년5

*Corresponding author : ahn@cheju.ac.kr Tel: 82-64-754-3416 Fax: 82-64-756-3483

월1일부터 미국방성에 의해 SA가 공식적으로 제거됨에 따라 GPS시스템의 정확도도 현저히 향상이 되었고, 따라서 이를 이용하는 산업도 확대되게 되었다. 그런데 GPS 시스템에 의한 위치가 타 항법시스템에 비하여 비교할 수 없을 정도로 정확도가 높고 편리하기는 하나 그 용도에 따라서는 위치오차를 현재보다 더욱 개선될 여지가 있고 이용방법에 따라서는 정확도도 향상될 수도 있다고 본다.

GPS에 의한 측위방법은 두 가지가 있다. 이동국 1대로 지구상의 어느 위치에서도 위치 측정이 가능한 가장 기본적인 형태의 절대측위와, 절대측위에 사용되는 2대의 수신기를 이용하여 각각의 지점에서 얻어진 위치데이터를 서로 비교 계산해서 상대위치를 내는 트랜스로케이션 및 반송파의 위상을 측정하여 위치를 구하는 간섭측위에 의한 상대측위이다. 그런데 일반적으로 GPS의 오차에는 위성시계오차, 위성궤도오차, 전리층 및 대류권 굴절오차 등의 시스템오차가 대부분으로, 이들 오차는 고도각, 온도, 기압 및 습도의 영향을 받는데 상대측위의 경우 이들 오차의 보정이 가능하다. 그리고 상대측위를 통해 보정이 되지 않는 것으로 GPS 수신기의 자체 오차와 위치계산에 영향을 미치는 위성의 배치 등에 의한 결정위치의 상위성 등이 있다. 위성의 배치에 따라 계산위치의 정확도를 가늠케 하는 지수인 DOP(Dilution of Precision) 는 직접적으로 자체의 오차량을 의미하는 것은 아니지만 DOP에 단위관측 정확도를 곱하여 오차를 예측할 수 있는 것으로, 보통 2차원적 오차결정(수평방향)의 HDOP(Horizontal DOP), 3차원적 오차결정의 PDOP(Position DOP)로써 그 위치의 정확도를 많이 표현하고 있다.

GPS 수신기에 의한 위치오차의 개선에 대한 연구는 국내외에서 활발히 진행되고 있는데, 절대측위에 관한 연구로는 Kang et al.(2001)의 GPS 절대측위 정확도 분석, Jeong(1997)의 GPS에 의한 측지학적 절대측위 결정에 관한 연구 등이 있으며, 그 외에 Kang and Jang(1999)은 GPS 동적위치결정에 있어서 정확도 향상을 위한 알고리즘의 개발, Kim and Shin(2003)의 정적 후처리방식에 의한 GPS의 측위정도 개선, Hong(1993)의 GPS 위성에 의한 실용측지좌표의 획득에 관한 연구 등이 있다. 그런데 정점에서 GPS에 의해 위치를 측정함에 있어 안테나로부터 수신된 GPS 항법메시지를 분석하여 위치를 계산하기까지의 계산시스템에도 오차가 있고, 또 GPS 수신기의 내부설정에 따라서도 위치의 정확도는 달라질 수 있으나 이에 대한 연구는 미흡하다.

본 연구는 제주대학교 해양과학대학 옥상에 GPS 안테나를 설치하여 GPS 수신기의 위치계산 시스템에 대한 위치오차를 검토하고, 안테나 설치 지점에서의 마스크각의 설정에 따른 수신 위성의 수 및 HDOP의 변화, 수신 모드에 따른 위치의 상위오차를 측정 분석하였는데, 이는 위치정보의 수집시보다 정확하고 정밀한 위치를 구할 수 있도록 GPS 수신기의 내부설정에 관한 기초정보가 될 수 있다.

장치 및 방법

본 실험에는 GPS 수신기(Allstar, Canadian Marconi Company) 2대와 동 회사제의 안테나를 사용하였는데, GPS 수신기는 L1대의 1주파용 12채널 수신기로서 1Hz의 반송파 위상(Carrier Phase)측정이 가능하고, RTCM(Radio Technical Commiss ion for Maritime Services) 매세지의 수신이 가능한 것이었으며, 안테나는 직경 53mm의 원형으로서 안테나 이득은 +12dB이었다.

절대측위의 위치오차를 측정한 장소는 제주대학교 해양과학대학 건물 옥상으로 위도 33° 27.42093′ N, 경도 126° 33.83890′ E 이었다. 이 지점의 정확한 위치는 축척비율이 5000분의 1인 육상용 수치지도를 이용하여 구하였는데, 옥상에 설치된 안테나의 실제위치를 줄자로 측정하고 수치지도상의 대학건물의 상대위치를 계산 표시하여 구하였다.

수신 안테나는 주위가 트인 건물옥상 가장자리에 설치하였고, 각종 수신 데이터는 Fig. 1과 같이 실험실에 설치된 GPS 수신기를 통해 출력되는 NMEA0183 형의 텍스트 모드 데이터 및 CMC 바이너리 모드 데이터로서, RS232C 케이블을 거쳐 퍼스널 컴퓨터에 저장하였으며, 저장된 데이터는 EXCEL 프로그램을 사용하여 분석하였다. 분석 중 수신 데이터가 일부만이거나 부적절하다고 판단

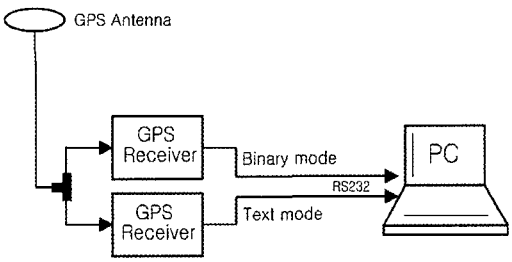

Fig. 1. Block diagram of GPS receiving system.

된 것은 제외하였으며, 경도와 위도 그리고 기타 필요한 부분의 데이터만을 선택 출력하여 분석에 사용하였다. 약 1일간 20초 간격으로 수신측정한 후 분석에 사용된 데이터의 수는 동시측정이 되지 않은 것을 제외하고 각각 3000개로 통일하였으며, 나머지는 분석에서 제외하였다.

먼저 GPS 수신기의 항법메시지 수신 후 위치계산과정의 위치계산 시스템 오차를 구하기 위하여 Fig. 1에서와 같이 하나의 안테나에 같은 회사의 동일규격의 GPS 수신기를 병렬로 연결하여 기준점의 위치를 수신하였다.

실험에 사용한 GPS 수신기는 그 기본적인 내부설정으로 마스크각은 7°로, 수신위치의 경도 및 위도의 분단위 표시형태는 소수점이하 5자리였으며, 측지계는 WGS－84, 그리고 데이터 형태는 바이너리 모드(Binary mode)로 구성되어 있었다. 이 값들 중 마스크각과 데이터 형태만 인위적으로 수정하면서 기준점의 위치오차의 변화를 확인하였다. 마스크각은 인공위성으로부터 송신되어 오는 항법메시지를 GPS 수신기에서 수신함에 있어 주위의 환경에 따라 제한을 받을 수 있다. 따라서 인공위성의 고도각이 낮을 경우 인공위성과 수신기 사이에 장애물로 인해 수신이 차단되는 각도에 해당되는 마스크각은 수신차단이 거의 이루어지지 않는다고 보는 7°에서부터 시작하였고, 10°부터 50°까지는 5°의 변화를 주면서 고정점에서의 수신위치와 함께 위성수 및 HDOP를 동시에 기록하여 분석하였다. 이 실험은 수신된 인공위성의 개수를 인위적으로 줄여 위성수의 감소에 따른 관측값의 2차원 평면 좌표에서의 분산정도와 HDOP의 변화를 확인하였으며 마스크각의 증가에 따른 위성수와 HDOP의 상관성을 조사하였다.

수신기의 종류에 따라서는 측정위치의 데이터는 일반적으로 NMEA0183 이라는 형식의 텍스트 모드로 출력되는데, 바이너리 모드와 동시에 선택 출력할 수 있도록 되어있는 수신기도 있다. 이 경우 수신위치는 모드에 따라 정확도가 같은지 아니면 단순히 출력 모드만 차이가 있는지 알 수 없다. 따라서 수신기의 내부 설정으로서 수신 모드를 바이너리 모드와 택스트 모드로 바꾸면서 위치를 수신하여 그 정확도를 비교 검토하였다.

결 과

마스크각 변화에 따른 위치오차

인공위성과 수신기 사이에 장애물로 인하여 전파가 차단될 수 있는 위성의 예상 고도각을 마스크각으로 보아 마스크각을 7°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 35°, 40°, 45°, 50°로 설정하여 고정점에서 측정한 각각의 위치 3000개에 대한 분포와 그 위치들에 대한 95% 확률원(2σ)을 나타내면 Fig. 2와 같다.

Fig. 2에서 대부분의 측정위치들이 기준점을 중심으로 서쪽으로 치우쳐 있었고, 그 수신위치의 평균위치도 모든 그림에서 대체적으로 비슷한 편위량을 나타내고 있다. 마스크각의 변화에 따른 관측위치들에 대한 2차원 평면 좌표에서의 분산정도는 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.

고정점의 위치를 측정하면서 측정위치의 평균오차, 표준편차를 분석한 것과 위치 계산에 사용된 평균 인공위성의 개수와 그때의 HDOP의 평균값 등을 정리한 것을 Table 1 에 나타내었다.

Table 1에서 GPS 수신기에 의해 수신된 위치의 평균값은 마스크각이 7－50°까지 변함에 따라 기준위치와 1.9－8.2 m까지 차이를 보였으며, 이에 따른 표준편차의 범위는 1.3－18.3 m 이었다.

Fig. 3은 마스크각에 따른 GPS의 평균위치오차를 좌표평면에 나타내었는데, 평균위치의 편위방

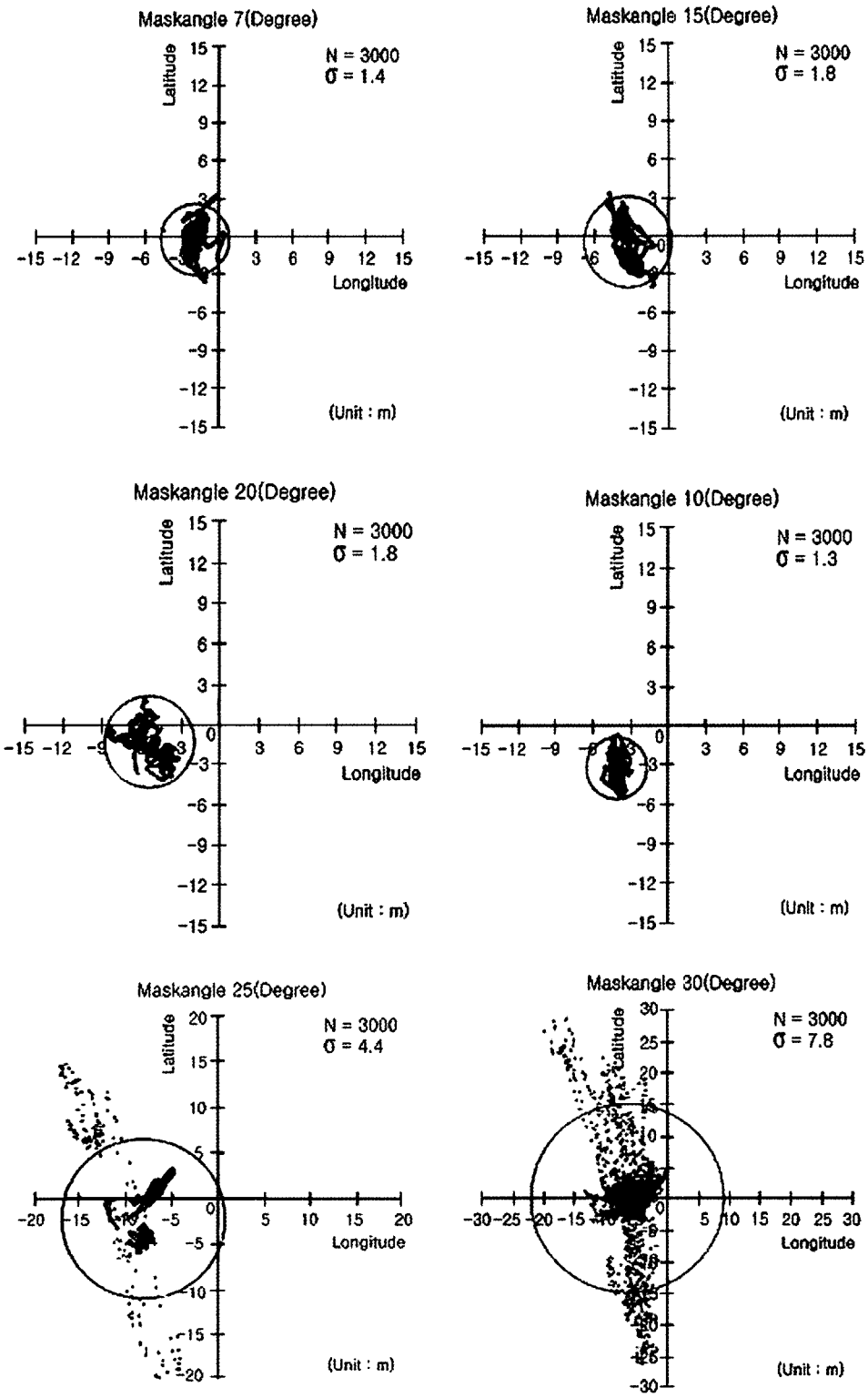

Fig. 2. The distributions of position observed by GPS receiver at known position fixed according to variation of maskangles.

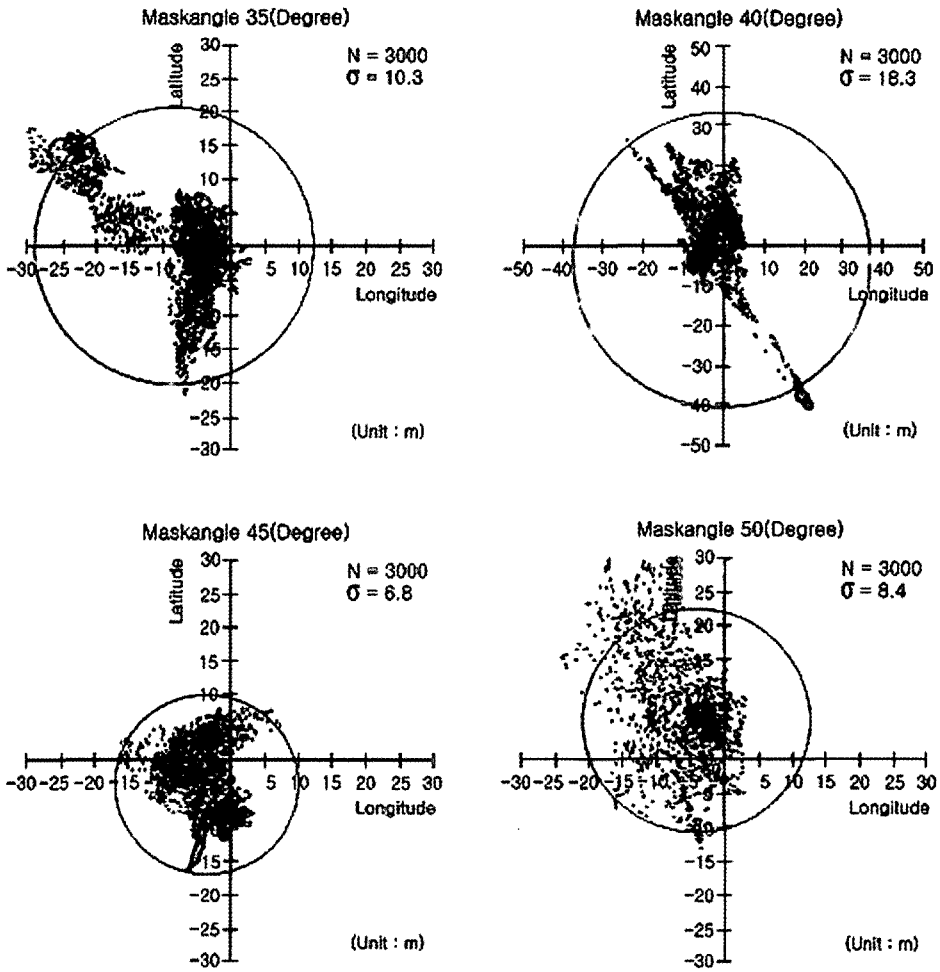

Fig. 2. Continued

Table 1. Accuracy of the positions and averages of satellite numbers and HDOP observed by GPS receiver at the known position(33° 33.83890′N, 126° 27.42093′E) as maskangles varied

Maskangle	Mean Position		Position Error			SVs	HDOP
	Longitude (126° xxx' E)	Latitude (33° xxx' N)	Average (m)	S.D (m)	Bearing		
7°	33.83763′	27.42081′	1.9	1.4	264°	8.9	0.9
10°	33.83674′	22.41905′	5.3	1.3	231°	8.8	1.1
15°	33.83674′	27.41905′	3.3	1.8	263°	6.9	1.2
20°	33.83500′	27.42019′	5.7	1.8	257°	7.3	1.3
25°	33.83362′	27.41971′	8.2	4.4	255°	5.0	2.1
30°	33.83463′	27.42092′	6.4	7.8	270°	4.1	5.1
35°	33.83341′	27.42092′	8.2	10.3	270°	4.3	2.5
40°	33.83617′	27.41872′	3.5	18.3	191°	3.3	7.2
45°	33.83659′	27.41893′	5.0	6.8	224°	3.0	3.6
50°	33.83157′	27.42638′	7.0	8.4	325°	1.6	9.9

향은 기준점에서 191° - 325°로서 서방향이 대부분이었다. 그리고 위치 편위량의 평균값은 약 5.5m이었고 최대값은 8.2m, 최소값은 1.9m로 모두 10m 이내이었다. 마스크각이 25°와 35°에서 평균위치의 오차가 최대를 보였으며 40°일 때 감소하였다가 마스크각이 증가함에 따라 오차도 다시 증가하였다. 그런데 마스크각이 40°에서는 평균오차가 3.5m로 비교적 적은 값이었는데 반해 표준편차는 전체 값들에 비해 최대치를 기록하고 있었다. 마스크각 25°일 때와 40°일 때 평균 오차와 표준편차를 비교하면 평균오차는 마스크각 25°에서는 8.3m, 40°에서는 3.5m로 감소하였는데, 표준편차는 마스크각 25°일 때 4.4m, 40°일 때 18.3m로 약 4배 이상 증가하였다. 이것은 평균위치의 오차와 표준편차와의 관계가 비례하지 않고 오히려 마스크각과 표준편차가 상관성이 있어 보였다. 위치계산에 사용되는 인공위성의 수는 많으면 많을수록 미지수 계산이 빨라지고 위치의 오차도 적어지게 되는데, 마스크각이 증가하면 당연히 인공위성의 고도각이 마스크각보다 낮은 것은 이용될 수가 없게 되므로 추적 · 수신되는 위성의 수가 당연히 줄게 마련이다. Table 1에서 보면, 마스크각이 증가할수록 수신되는 평균 위성수는 7°에서 8.9개이었다가 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 나타났다.

Fig. 4는 마스크각의 변화에 따라 수신된 인공위성의 수의 변화를 나타낸 그림이다. Fig. 4에서 수신된 인공위성의 수는 마스크각의 변화와 역상관관계를 나타내고 있으며 상관계수 또한 높게 나타났다. 인공위성의 수(y)와 마스크각(x)과의 관계식은 식 (1)과 같다.

$$y = -0.1662\,x + 9.9225 \qquad (1)$$

일반적으로 GPS 위치측정 장소가 정해지면 그 장소의 환경에 따른 마스크각이 설정되고, 위치측정 시기가 정해지면 위성의 Almanac 데이터를 받아, 예상측정시기에의 위치계산에 이용되는 위성수를 추정할 수 있다.

Table 1에서 측정된 위치의 수신시에 동시 수신한 HDOP의 값은 마스크각의 변화에 따라 평균 0.9 - 9.9에 이른다. 마스크각과 HDOP의 값과의 상관관계도 단순한 관계가 아니므로 정의하기 어려우나 수신위치의 환경변화에 따라 HDOP의 값을 예상해 보기 위한 차원에서 상관관계를 나타내 보면 Fig. 5와 같다.

Fig. 5에서 수신된 GPS 위치의 HDOP 값은 마스크각이 증가함에 따라 서서히 증가하다가 마스크각이 25° 이상이 되면 HDOP가 급격하게 증가할

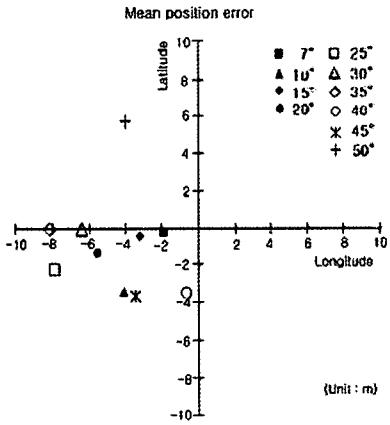

Fig. 3. Average of GPS positions according to maskangles at fixed position.

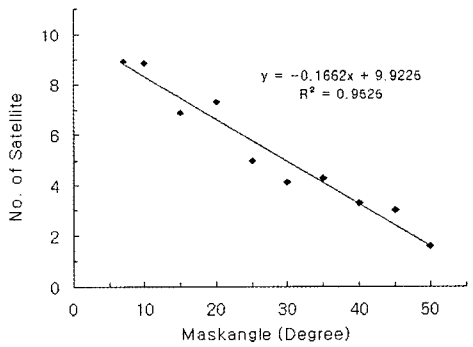

Fig. 4. Relationship between maskangle and satellite numbers in view.

뿐만 아니라 식으로 산출하기 어려울 정도로 변화가 크게 나타났다. HDOP의 값(y)과 마스크각(x)과의 관계식을 대략 나타내면 식 (2)와 같다.

$$y = 0.6035\, e^{0.0517x} \quad (2)$$

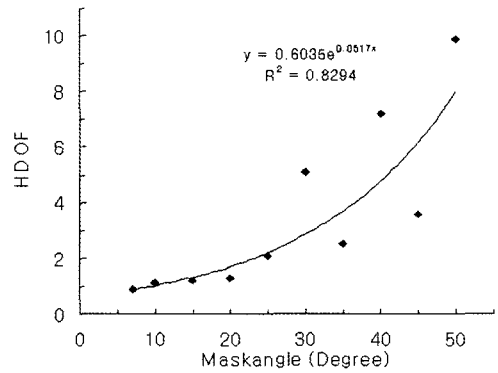

Fig. 5. Relationship between maskangle and HDOP of position.

수신 모드에 따른 측정위치의 정확도

동종인 두개의 GPS 수신기에서 출력되는 측정위치의 데이터를 한 수신기는 NMEA0183 형식의 텍스트 모드로, 그리고 다른 하나의 수신기는 바이너리 모드로 동시에 수신하여 기준위치를 중심으로 각 수신 위치의 정확도를 비교하기 위하여 분산도를 나타내면 Fig. 6과 같다.

Fig. 6 에서 수신위치의 평균위치는 바이너리 모드로 수신한 것이 텍스트 모드로 수신한 것보다 기준위치에서 가깝고 95%의 확률원도 작았다. 두 모드로 수신된 측정위치의 정확도를 통계처리한 결과는 Table 2와 같다.

Table 2에서, 수신한 GPS위치를 평균한 위치는 기준위치를 중심으로 그 편위량이 바이너리 모드로 수신한 것은 244° 방향으로 5.0m, 그리고 텍스트 모드에서는 228° 방향으로 6.7m이었으며, 표준편차는 바이너리 모드에서 1.2m 이었고 텍스트 모드에서는 1.5m이었다. 즉, 측위결과에서는 바이너리 모

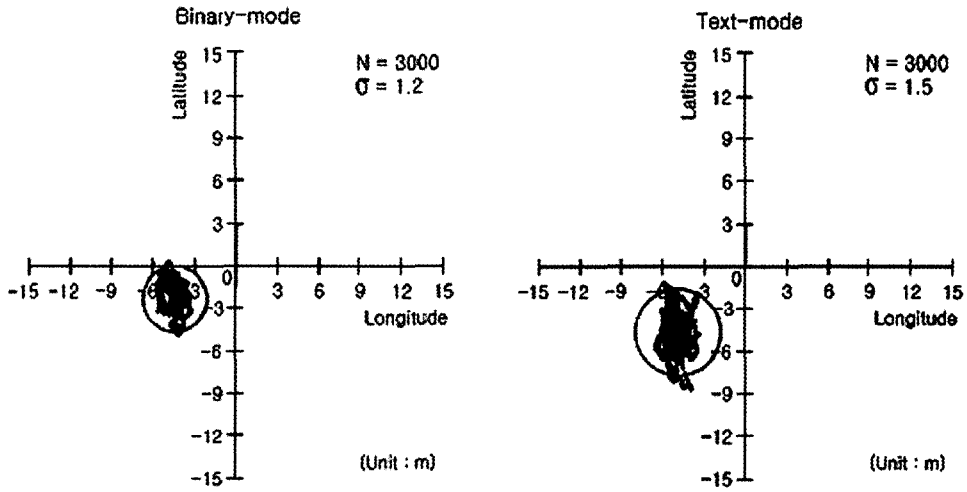

Fig. 6. The results of distributed position by two GPS receivers configured with NMEA0183(text) mode and binary mode respectively at the known position.

Table 2. The results analyzed of position accuracies observed by two GPS receivers configured with NMEA0183 mode and binary mode respectively at the known position

Mode	Original Position		Average Position			Position Error	
	Longitude (126° xx′E)	Latitude (33° xx′N)	Longitude (126° xx′E)	Latitude (33° xx′N)	Average (m)	S.D (m)	Bearing
Binary	33.83890	27.42093	33.83601	27.41970	5.0	1.2	244°
NMEA 0183	33.83890	27.42093	33.83571	27.41841	6.7	1.5	228°

드로 수신하는 GPS 위치가 텍스트 모드로 수신하는 경우보다 위치가 더 정확함을 알 수 있었다.

고 찰

현재 GPS수신기에 의한 절대측위는 그 수신위치의 환경에 따라 위치의 정확도가 달라질 수 있다. 즉, 최대한의 정확한 위치를 얻기 위한 방법으로 GPS위성을 가장 많이 확보할 수 있는 장소를 찾아 GPS수신 안테나를 설치해야 한다. 본 논문에 있어서의 위치측정을 위한 GPS안테나의 위치는 남쪽 방향으로는 약 1,950m 고도의 한라산이 자리잡고 있고 동쪽으로는 안테나에서 20m 떨어져서 안테나 위의 고도 3m 옥상이 있어 위성의 배치상황에 따라서는 위성수의 제한을 받을 수도 있었을 것으로 본다.

GPS수신기의 내부설정에 따른 절대측위의 위치오차를 비교하기 위해, 동일회사, 동일모델의 수신기를 2대 사용하고 안테나는 하나로 병열 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 상대위치를 계산하여 33° 27.42093′ N, 126° 33.83890′ E 로 정하였다. 그러나 마스크각이 20°이하로 적은 경우인 Fig. 2 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 실제는 전 방위가 차단되지 않은 경우가 많다. Table 2에서 기준점을 중심으로 한 수신위치의 평균오차의 범위가 1.9 – 8.2m로 비교적 적었다. 그런데 표준편차는 1.3 – 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 평균적으로도 3차원의 위치를 낼 수 없으며 2차원의 위치밖에 낼 수 없었다. 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.

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.

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 심도있는 비교실험이 이루어졌으면 하는 아쉬움이 있다.

결 론

본 연구는 위치정보의 수집시 보다 정확하고 정밀한 위치를 구할 수 있도록 GPS 수신기의 내부설정에 관한 기준자료를 제공할 목적으로, 기준점을 중심으로 한 GPS의 위치를 수신하여 오차를 통계적으로 분석하였다. GPS수신기의 내부설정에 따른 수신위치의 비교는, 마스크각의 설정에 따른 수신 위성의 수 및 HDOP의 변화, 수신 모드에 따른 위치의 상위오차 등을 분석하였다.

마스크각 20° 이상에서 위치를 측정하면 측정위

치의 정확도가 확연히 떨어지고 HDOP도 동시에 떨어질 뿐 아니라, 오차에 대한 표준편차도 급격히 증가하였다. HDOP의 값으로 2.0이상되는 마스크각 25° 이상에서의 위치측정은 피하는 것이 좋다고 판단된다.

인공위성의 수(y)와 마스크각(x)과의 상관관계식은 $y = -0.1662x + 9.9225$ 이었으며, HDOP값(y)과 마스크각(x)과의 관계식을 대략적으로 나타내면 $y = 0.6035e^{0.0517x}$ 이었다.

두 대의 GPS 수신기에 대하여 측정위치의 수신모드를 바이너리 모드와 NMEA0183 형태의 택스트 모드로 동시에 수신한 결과, 기준점에 대한 평균오차가 바이너리 모드에서는 평균 5.0m, 표준편차 1.1m, 그리고 택스트 모드에서는 평균 6.7m, 표준편차 1.5m로 각각 나타났다. 기준점의 위치에 대한 오차를 감안하더라도 바이너리 모드로 수신한 평균위치가 택스트 모드로 수신한 것 보다 오차가 적었다.

참고문헌

Kang, I.J. and Y.K. Jang, 1999. Development of algorithm for progressing the positional accuracy in dynamic positioning of GPS. Journal of Korean Society of Civil Engineers, 19(3), 1113 - 1122.

Kang, J.M. , W.N. Kim, J.H. Park and E.S. Lee, 2001. Accuracy analysis of GPS absolute positioning. Journal of Korean Society of Surveying, 19(1), 1 - 8.

Kim, M.S. and H.O. Shin, 2003. Improvement of GPS positioning accuracy by static post-processing method. Bulletin of the Korean Society of Fisheries Technology, 39(4), 251 - 261.

Hong, S.H., 1993. A Study on Obtaining Geodetic Coordinates by Using GPS Satellites. Ph.D. Thesis, Dong-A University, Korea, pp. 172.

Jeong, Y.S., 1997. A study on the determination of geodetic point position using the GPS. Ph.D. Thesis, Chungnam National University, Korea, pp. 131.

2005년 4월 15일 접수
2005년 5월 17일 수리