

## GPS를 이용한 선간거리계의 정확도에 관한 연구

김 광 홍 · 신 형 일\*  
경상대학교 · 부경대학교\*  
(1999년 7월 3일 접수)

### A study on the accuracy of Rangefinder between vessels by use of GPS

**Koang-Hong KIM and Hyeong-Il SHIN\***  
Gyeongsang National University and Pukyong National University\*  
(Received July 3, 1999)

#### Abstract

The experimented rangefinder consist of sets of C/A-Code GPS and sets of L1 C/A-code & carrier phase receivers connected by two spread spectrum radio modems in order to measure relative range and bearing between two ship antennas by real time, comparing and analyzing accuracy of both GPS receivers at the fix point on the land by means of executing zero baseline test by C/A code and by carrier phase as well as measuring distance range 5m, 10m, 15m between each other receivers. The results from the measurement of relative range and bearing are as follows as ;

1. According to the results from zero baseline test, the average error by C/A-code receiver is less than 0.1m, which proves theories from published books but when each GPS receivers track different satellites, the range accuracy error becomes up to 100m by means of S/A. Because of this sudden wide range error, rangefinder is not appropriate at relative range measurement without additional modification of the algorism of the GPS receiver itself.

2. According to relative range measurement by Carrier Phase and zero baseline test at static condition, the range error is less than 3.5cm in case that it passes more than 5 minutes after GPS sets can track simultaneously more than 6 satellites. Its main reason is understood that the phase center of antenna is bigger than geodetic antenna.

3. When range measurement of two receivers from 5m, to 10m to 15m, the each range error is 0.340m, 0.190m, 0.011m and each standard variation is 0.0973m, 0.0884m, 0.0790m. The range error and standard variation are in inverse proportion to distance between two receivers.

4. L1 Carrier Phase GPS generally needs 5 minutes to fix and during this ambiguity search, the relative range and bearing angle is shown to be various.

#### 緒 論

최근 전자공학의 급진적인 발전과 더불어 전파

항법방식도 급속히 발달되어 인공위성을 이용한 전파항법체제로 위치와 시각결정 시스템 NAVSTAR/GPS (NAVigation System with

Time and Ranging/GPS)이 출현하게 되었다. NAVSTAR는 고도 20,200km에서 궤도 경사각 55°인 6개의 궤도상에 총 24개의 위성이 각각 4개씩 11시간58분의 주기로 지구 주위를 회전하고 있다.

각 위성에서는 L1 (1575.42MHz)과 L2 (1227.6MHz)의 반송파에 항법신호인 P코드와 C/A 코드를 실어서 송신하고 있으며, P코드는 정밀측정코드로 10m이내의 정확도로 위치를 결정할 수 있는 신호이므로 군사목적으로 사용되고, C/A코드는 미국방성에서 연방전파항법계획(Federal Radio-navigation Plan)에 의거 SPS(standard positioning service : horizontal 100m/2drms 95% accuracy)를 민간에게 제공하기 위한 코드로써 S/A(선택이용성)의 영향을 받는 신호이다.

L1주파수대 C/A 코드만을 이용한 수신기들이 미국 Magnavox, Trimble, Canadian Marconi, 일본의 Sony, 일본무선 등 수많은 회사에서 개발 제작되어 이용하고 있으며, 이에 관한 연구로서 선박의 항해용에 대해서는 隅川芳雄(1986), Lachapelle(1992), Chen(1993) 등이 있고, 항공기의 항법용으로는 Cannon 등(1993), Lachapele 등(1994)이, 측량용으로는 Remondi(1986), Hstch(1991) 등이 있다. 최근에는 고도의 기술개발에 힘입어 Kao(1991), 김세환 등(1996)이 차량 항법장치, Lachapelle, Leu 등(1994)이 해양관측장치등을 개발하여 폭넓게 이용되고 있으나 선단조업어선의 선간거리 측정에 이용된 예는 없다.

또한, 연방전파항법계획에는 항만내 통항이나 연안 항해시 선박 안전운항을 위하여 오차 범위를 7~20m이내로 규정하고 있으며, 이 규정을 준수하기 위하여 미국해양경비대(USCG)에서 Beacon Sub-carrier를 이용하여 정확히 측량된 지점에 기준국을 세워 보정값을 방송하여 공통오차를 상쇄시킬 수 있는 DGPS 기법이 널리 이용되고 있다.

DGPS를 이용하면 S/A, 전리층, 대류권 지연 및 위성의 궤도오차와 같은 공통오차를 제거할 수 있으므로 P 코드보다 정확한 위치를 구할 수 있다. 그러나, DGPS의 보정신호가 가까운 거리(수백 Km까지)에서는 공통오차가 상쇄되지만, 먼 거리

에서는 전리층 및 대류권의 영향이 다르게 나타나므로 공통오차로 간주하기 어렵다. 현재 DGPS 보정신호 전송은 RTCM(radio technical commission for maritime service)에 의해 표준화되어 있으며, 미국 연안 뿐만 아니라 대부분의 선진국에서 운용되고 있고 국내에서는 국립해양조사원의 해상 측량을 위하여 1996년 3월부터 포항 장기갑 등대에서 방송을 시험적으로 운용하고 있다.

DGPS는 육상 기준국에서 방송되는 전파 및 위성신호를 동시에 수신하여 선박에서 측정된 값을 보정하는 방식이므로 방송이 도달되지 않는 지역에서는 이 DGPS 방식은 선간 거리 측정은 불가능하다.

이러한 문제점을 해소하기 위하여 측지분야에서는 항법장비에서 주로 사용하는 C/A 코드를 이용한 절대위치 측정 대신에, 삼각측량법을 이용하여 이미 정확한 위치가 판별된 지점과 관측점을 동시에 두 대의 GPS로 반송파 위상신호(carrier phase)를 수신한 후 소프트웨어를 사용, 후처리하여 새로운 좌표를 결정하는 상대위치결정방법을 사용하고 있다.

이와 같이 반송파의 위상차를 측정하면 파장의 수100분의 1 정도의 精度를 얻을 수 있으며, GPS 위성에서 송신하는 L1 반송파 파장은 약 19cm로서 C/A코드(300m)나 P코드(30m) 신호에 비하여 뛰어난 분해능력을 가지므로 이 반송파 위상을 사용하면 보다 정확한 위치 결정이 가능하나 측정된 반송파 위상은 위성과 수신기 사이의 거리에 미지정수(integer ambiguity)가 포함되어 있어 이것을 해결할 경우 수 cm 이하의 더욱 정밀한 위치를 구할 수 있다.

또한, 반송파 위상측정에서 두 안테나 사이에 공통적으로 영향을 주는 오차를 제거하기 위해 차등기법을 이용하고 있다. 차등된 한 epoch의 측정치를 이용하여 위치를 구하는 문제는 위치와 미지정수로 구성된 미지수가 측정치의 수보다 많으며, 미지수가 정수라는 제약조건을 갖는다. 따라서, 먼저 실수영역에서의 위치와 미지정수를 구하고 이 값 주위의 특정 영역내에 존재하는 모든 미지정수의 조합을 대입하여 잔류(residual)의 제곱의 합을 최소화하는 정수영역에서의 미지정수를 찾

는다.

본 연구에서는 주·종선이 한쌍이 되어 선단조업을 하는 기선권현망과 쌍끝이기선저인망 등의 선박간의 거리의 변화가 어획에 미치는 영향을 효과적으로 규명하기 위하여 2대의 GPS와 무선 모뎀(radio modem)을 이용하여 위치정보를 컴퓨터로 수신하여 실시간으로 계산할 수 있는 선간거리계를 試作하여 그 성능에 대해 검토, 분석하였다.

## 裝置 및 方法

### 1. 實驗裝置

#### 1) 船間距離計의 構成

실험에 사용한 선간거리계는 Fig.1과 같이 동일한 회사(Canndian Marconi)의 제품인 C/A 코드용 12채널 표준위치측정용 수신기(CTM-1200 ALLSTAR) 두 대에 C/A코드 신호뿐만 아니라 GPS 반송파 위상의 不確定性(ambiguity) 해석을 위한 FASF(fast ambiguity search filtering)용 radio modem(GINA, 2.4GHz)을 각각 설치하고,

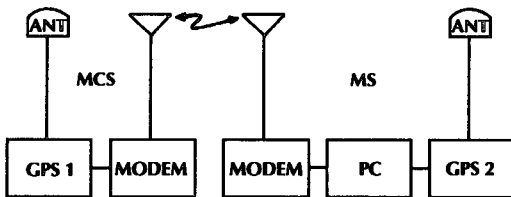


Fig. 1. Schematic of set-up for rangefinder.

그 중 하나에는 기준국(MCS)으로하여 실시간으로 위치정보를 전송케 하였으며, 또 다른 하나에는 두 선간의 거리와 상대방위를 지시할 수 있도록 노트북 컴퓨터를 부착하여 이동국(MS)으로 하였다.

#### 2) 實驗用 GPS受信機의 主要機能

본 실험에 이용한 GPS수신기(CTM-1200 ALLSTAR)는 표준위치측정용(SPS) 일반 GPS에 추가보정신호 입력가능 기능을 추가시킨 단순기판 12채널 코드 차동수신기로서 GPS위성 무선주파수(RF)신호를 해독하고 관측자의 3차원 위치, 속도, 시간, 여러 가지 상태정보를 초고속으로 제공할 수 있으며 측지계는 WGS-84를 사용하고 그 제원은 Table 1과 같다.

본 GPS수신기는 Fig.2와 같이 안테나에 유기된 GPS위성신호는 RF AMP·FILTER에서 증폭·검파되고, RF전처리 chip에서 TXCO(온도보정수

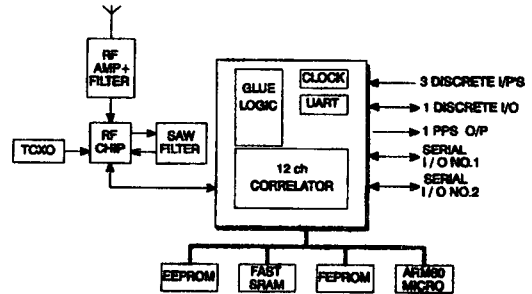


Fig. 2. GPS receiver(CTM-1200 ALLSTAR) block diagram.

Table 1. Specification of GPS used in the experimental

Items	Specification
Channels	12 channel parallel
Tracking	C/A code and Carrier Phase Tracking < 1m CEP, DGPS mode
Accuracy of Position	< 16m CEP, SA INACTIVE < 40m CEP, SA ACTIVE
Series	Two RS-232(TTL level) Data ports of asynchronous
Correspondence	TX1-RX1, TX2-RX2 : 19,200 baud RX1 : NMEA/CMC-Binary : Set altitude, position, data & selectable output message & rates
Input	RX2 : RTCM SC-104 message types : 1, 2, 5, 7, 9, 16
Output	TX1 : CMC Binary or NMEA : GGA, GSA, GSV, RMC, VTG, ZDA, GLL Ephemeris, Almanac Receiver Condition

정발전기)와 SAW filter(탄성표면파 필터)를 통해 컴퓨터 인터럽트를 최소화하여 연산처리로 보내어 진다.

연산처리부에서는 12채널로 통하여 수신된 전 시야내의 위성신호를 12ch correlator(12채널상관기)에서 잡음 중에서 약한 정보신호를 분리시켜 3개의 개별 입출력처리장치(3 discrete I/P S), 1개의 개별 입출력장치(1 discrete I/O), 직렬식 입출력장치(serial I/O)를 통해, PPS로 연산처리한다. 한편, EEPROM, FAST SRAM, FEPRM, ARM 60 MICRO 등을 통해 원활한 연산과 자료 수집, 기록, 제거 등의 제어를 행한다.

## 2. 實驗方法

### 1) Zero baseline test

실험에 사용한 표준위치측정용 GPS수신기와 선간거리계 구성용 GPS의 정도를 파악하기 위하여 1999년 3월 16일 13시부터 23시까지 육상고정점(위도 35° 12' 42.120"N, 경도 129° 01' 54.120"E)에서 Fig.3과 같이 하나의 안테나에 분배기(splitter)를 사용하여 표준위치측정용 GPS수신기 및 선간거리계 수신용 수신기 2대를 각각 설치하고, 각각에 퍼스널컴퓨터를 연결시켜 매 1초마다 GPS의 출력데이터를 컴퓨터에 저장하고, 관측 가능한 위성수와 각 위성에 따른 방위각, 양각, 신호대 잡음비 등은 5분 간격으로 저장시켜 후처리하여 분석하였다.

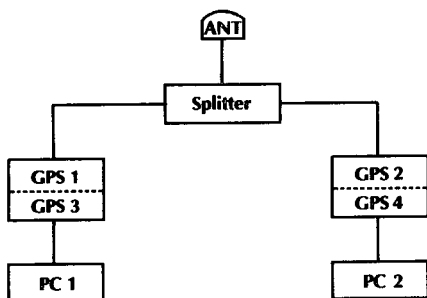


Fig. 3. The experimented set-up for zero baseline test of rangefinder(GPS 1 & 2) and SPS (standard positioning service) GPS(GPS 3 & 4), respectively.

### 2) 船間距離計의 測距精度測定

선간거리계의 측거정도는 1999년 4월 28~30일 경상대학교 해양과학대학 항해학실험실 옥상의 고정점(위도 34° 49' 57.984"N, 경도 128° 24' 06.562"E)에서 Fig.1과 같이 장치하고, 이동국(MS)을 기준국(MSC)로부터 각각 5m, 10m, 15m 간격으로 떨어지게 하면서 그때의 거리와 상대방 위를 측정하여 분석하였다.

또한, 측정 당시의 위성의 시각대별 관측가능 위성수, 방위와 양각변화 등은 측정지의 측정 당시의 위성 천측력을 이용하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 標準測定用 GPS와 船間距離計의 測距精度 比較

#### 1) 標準測定用 GPS에 의한 測距精度

표준위치측정용 GPS수신기로서 동시에 동일한 위성을 추적할 경우 이론상으로는 두 GPS간의 상대거리오차는 0이 되어야 하나 전파의 傳播상의 여러 가지 원인 때문에 0이 되지 않는다. 이러한 원인중 다중경로(multi path)에 의한 오차를 비롯한 공통오차를 제거하기 위하여 zero baseline test를 행하였다. 측정 당시의 관측시간은 GPS week 1,001, GPS time 220,144~257,940 sec로 총 37,796 epoch 였으며, Fig.4는 GPS의 관측위성수, 두 GPS간의 관측 위성수간의 차, X, Y, Z측 방향의 거리오차를 나타낸 것이며, Fig.5는 측정된 위성별 의사거리의 변화를 나타낸 것이다.

Fig.4(a), (b)에서 GPS3와 GPS4에서 관측가능한 위성수는 GPS time(위성시간) 0~10,550 sec 사이에는 7~8개의 위성이 관측되었고, 10,550~19,550 sec 사이에는 5~7개가, 19,550~31,550 sec 사이에는 8~9개로 가장 많이 관측되었으며, 두 GPS 간에는 전관측시간대에 있어서 Fig.4(c)에서와 같이 1,500~2,500 sec 시간간격을 두고 1개의 위성이 많이 관측되는 경향을 나타내었다.

이와같은 원인은 방위와 양각의 직각좌표도로 나타낸 Fig.6(a)에서 위성시간 2,220 sec(UTC 13 : 50)에 관측가능위성은 4, 6, 10, 13, 19, 26, 27번의

GPS를 이용한 선간거리계의 정확도에 관한 연구

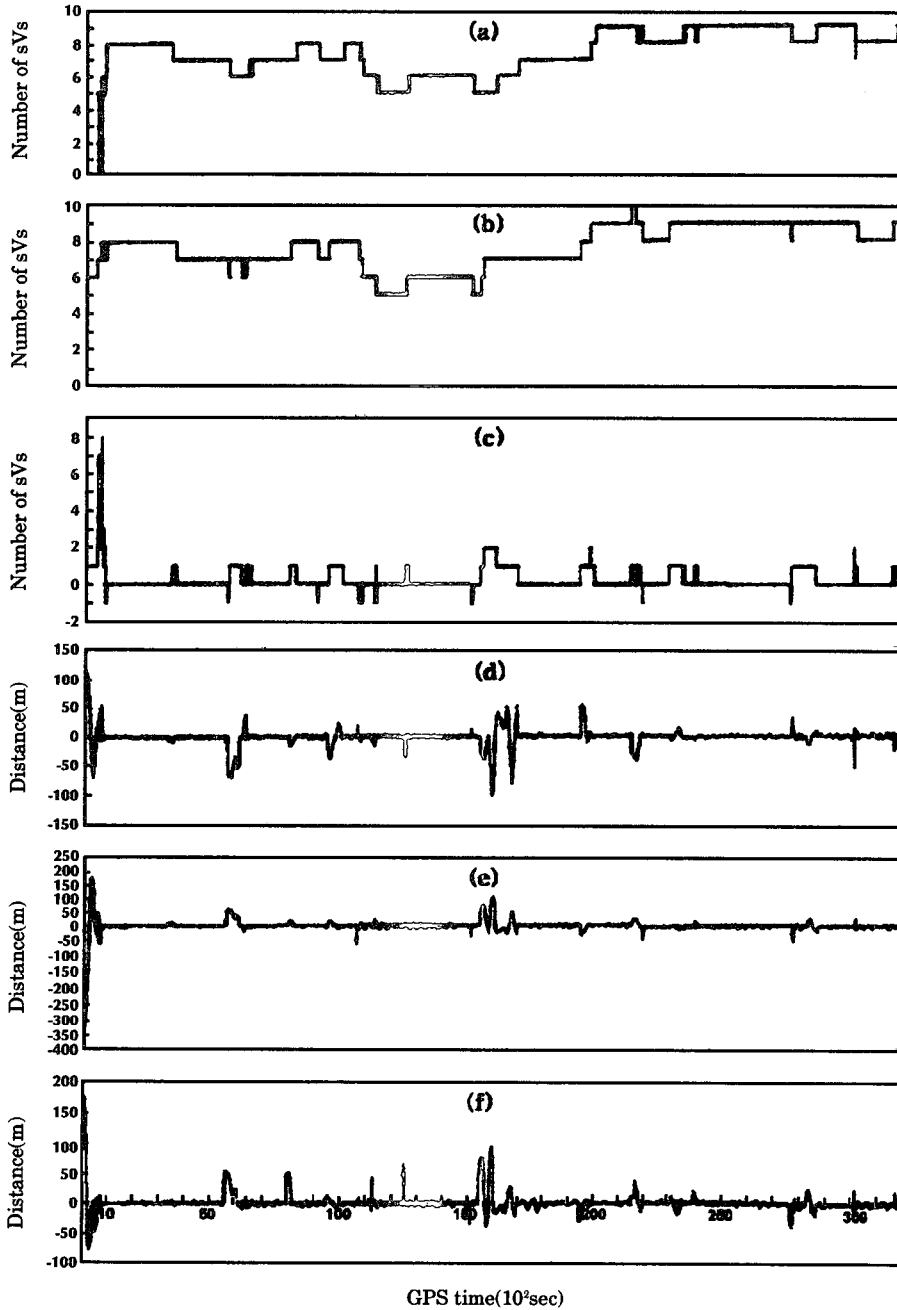


Fig. 4. The analyzed data for the zero baseline test of SPS GPS(GPS 3 & 4).  
 (a) Number of satellites observed with GPS 3 by the elapsed GPS time.  
 (b) Number of satellites observed with GPS 4 by the elapsed GPS time.  
 (c) Difference of number of satellite between GPS 3 and GPS 4.  
 (d) Distance error of x axis by ECEF(earth center earth fix).  
 (e) Distance error of y axis by ECEF.  
 (f) Distance error of z axis by ECEF.

로 관측위성수는 적으나 각도가 7° 이상으로 측위에 이용가능하고, Fig.4(b)에서 위성시간 17,820 sec(UTC 18 : 10)에는 5, 8, 9, 17, 21, 23, 26, 29, 30번으로 관측위성수는 많으나 각도가 7° 이상으로 측위에 이용가능한 위성은 적기 때문이다.

또한, Fig.4(d), (e), (f)에서 관측 시간동안 GPS 3, 4간의 지심지각 좌표계(ECEF ; earth center earth fix)에 의한 X, Y, Z의 평균 오차는 0.1m이하로 매우 미미하나, 두 GPS간의 관측 위성이 Fig.4(c)와 같이 다를 경우는 최대 100m 정도의 오차가 나타내어 두 GPS간의 관측 위성이 다를 경우 오차는 더욱 증가함을 알 수 있다. 이와같이 두 GPS간에 관측위성이 다른 것은 Fig.5의 관측시간에 따른 의사거리의 변화와 밀접한 관계가 있다.

Fig.5에서 실험시 관측된 총 위성수는 20개였으며, 포물선은 위성 궤적의 변화를 나타낸 것으로 최고점은 위성궤도가 가장 높은 상태이며, 최저점은 궤도가 가장 낮은 상태이고, GPS 수신기가 신호를 놓친 위성은 포물선이 중단된다.

위성의 고도가 너무 높거나 낮아지거나, 신호대 잡음이 나빠지는 경우, 또는, DOP값이 높아질 경우에는 일반적으로 GPS수신기는 자체 알고리즘에 의해 자동적으로 다른 최적의 위성을 이용하여 위치를 계산하게 된다. 따라서, GPS가 포착 가능한 위성은 항상 변하게 되며 실험에 사용되는 두 GPS수신기가 포착하는 위성수는 Fig.4(a), (b)에서와 같이 각각 시간에 따라 달라짐을 알 수 있다.

Fig.4(c)에서 위성시간 15,000~17,000 sec 사이에 두 수신기가 포착한 위성수가 달라지거나 Fig.5에서와 같이 수신기가 관측하던 위성이 관측

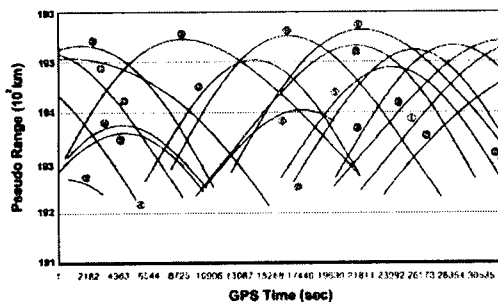


Fig. 5. Variations of pseudo range of the observed satellites by the elapsed GPS time.

범위를 벗어나 다른 위성이 관측대상이 되는 순간 Fig.4(d), (e), (f)와 같이 상대거리의 오차가 심하게 나타난다.

따라서, 특성이 같은 두 대의 GPS가 동시에 동일한 위성들을 추적할 경우 절대위치오차는 발생하여도 두 점간의 상대거리오차가 극히 작다는 것이 확인되었다. 그러나 두 GPS 중 어느 한 대라도 다른 위성을 추적할 경우 상대 거리오차는 증가한다.

일반적으로 GPS는 S/A에 의한 위치오차를 최소화하기 위해 수신 가능한 모든 위성을 추적하도록 설계되어 있다. 본 실험에서 사용된 CTM-1200 ALLSTAR GPS는 사용자가 위성추적 알고리즘을 임의로 변경할 수 없어 추가 실험이 불가하나 GPS 제작자와 연계하여 알고리즘 및 프로그램을 변형할 경우, C/A코드 수신기를 이용한 저렴한 선간거리계 제작의 가능성이 있다고 사료된다.

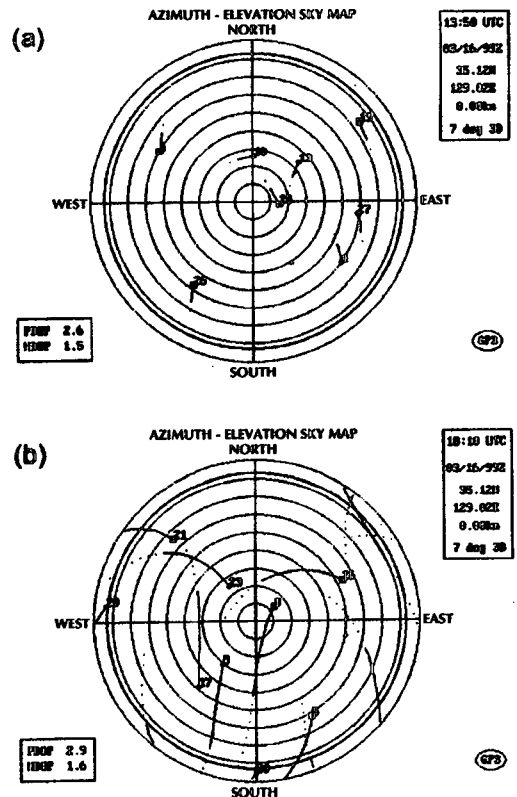


Fig. 6. Azimuth and elevation sky map during the zero baseline test. (a) UTC 13 : 50 (b) UTC 18 : 10

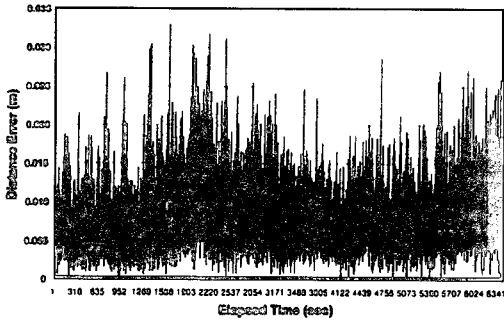


Fig. 7. Distance error of the zero baseline test for the rangefinder(GPS 1 & 2).

2) 船間距離計의 測距精度

Fig.3에서와 같이 선간거리계에 대한 두 대의 GPS에 GeoNav System에서 제작된 Glog-12 Software를 이용하여 동시에 data logging 후 PRTK software로 처리하여 경과시간에 따른 거리오차를 나타낸 결과는 Fig.7과 같다. Fig.7에서 GPS간의 정적인 상태의 평균 거리오차는 0.006m 이하로 아주 적게 나타났다. 그러므로 두 선간의 거리 측정에는 반송파위상을 이용한 선간거리계의 정도가 더욱 높은 것을 알 수 있었다.

2. 船間距離計에 의한 相對距離 및 相對方位의 精度

선간 거리계용 GPS 수신기 자체의 성능과 거리 및 상대 방위의 정도를 검토하기 위하여 측정 당시의 관측가능 위성과 시간범위, 측위가능 위성수, PDOP의 일변화를 분석하고, 측정거리별 측위에 이용된 위성(SVs)의 방위와 양각에 대해 검토하고, 기준국으로부터 5m, 10m, 15m 간격으로 멀어지게 하면서 측정하여 측거정도를 분석한 결과는 다음과 같다.

1) 測距可能 衛星의 配置와 衛星別 測定可能 時刻帶

측정당시 기준국에서의 예보된 관측가능 위성의 시각대, UTC별 관측가능 위성수 및 PDOP는 Fig. 8, 9, 10과 같고, 이동국이 고정국으로부터 5m, 10m, 15m 떨어졌을 때의 관측가능 위성의 배치도는 각각 Fig. 11 (a), (b), (c)와 같다. Fig. 8

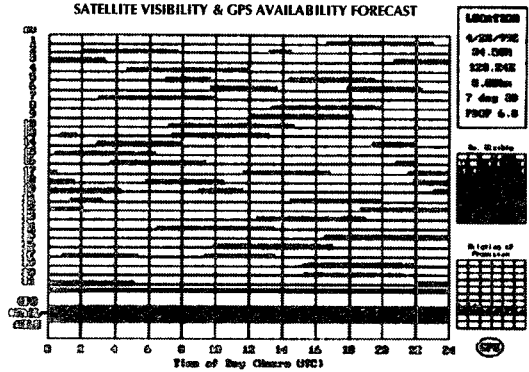


Fig. 8. Satellite visibility and GPS availability in April 28<sup>th</sup>, 1999 at Gyeongsang national university.

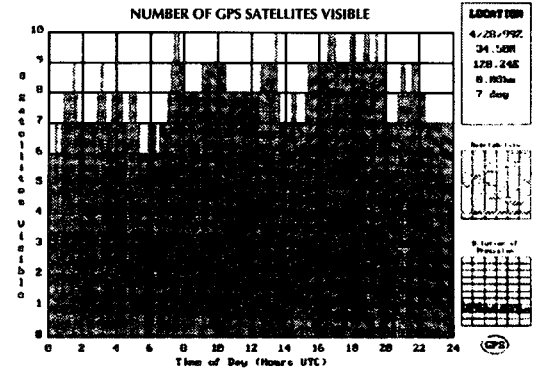


Fig. 9. Number of GPS satellites visible in April 28<sup>th</sup>, 1999 at Gyeongsang national university.

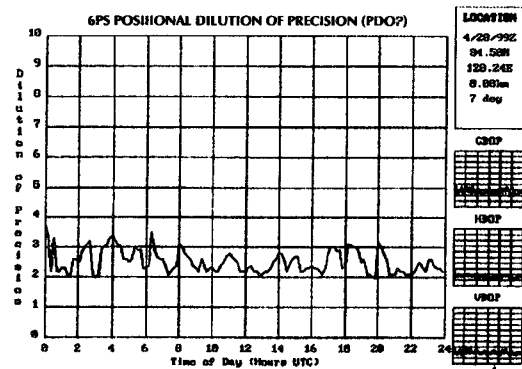


Fig. 10. GPS positional dilution of precision in April 28<sup>th</sup>, 1999 at Gyeongsang national university.

에서 측정시간대인 UTC 08~14시 사이의 관측가능 위성(SVs)은 2, 4~10, 13, 16~19, 23, 24, 26, 27번 등 17개였으며, 이 중 3시간 이상 관측가능

한 위성은 4, 6, 10, 13, 19, 24, 26, 27번 등이었고, Fig. 9에서도 알 수 있는 바와 같이 7개 이상을 관측할 수 있으므로 실험한 측정지에서는 정도가 높은 측거를 할 수 있음을 알 수 있었다. 또한, 이들 위성들에 의한 PDOP는 일변화는 Fig.10과 같으며, 여기서 PDOP는 2~3.5 범위였으나 평균적으로는 2.5 정도를 나타내어 측거의 정도를 높일 수 있는 위성 배치라고 생각된다.

또한, Fig. 11 (a)에서 이동국이 5m 떨어졌을 때 관측위성은 4, 5, 7, 10, 13, 16, 18, 24, 30번이었으며, 측거정도를 높일 수 있는 양각을 지닌 위성은 4, 7, 10, 13, 18, 24번이었고, 방위변화가 남쪽에서 북쪽으로 변하는 7번 위성을 제외하고는 모두 북쪽에서 떠서 남쪽으로 하강하는 경향을 나타내었다. Fig. 11 (b)에서 10m 떨어진 경우 관측위성은 4, 5, 10, 13, 18, 19, 24, 26, 27번이었으며, 18번 위성을 제외하고는 양각면에서는 비교적 양

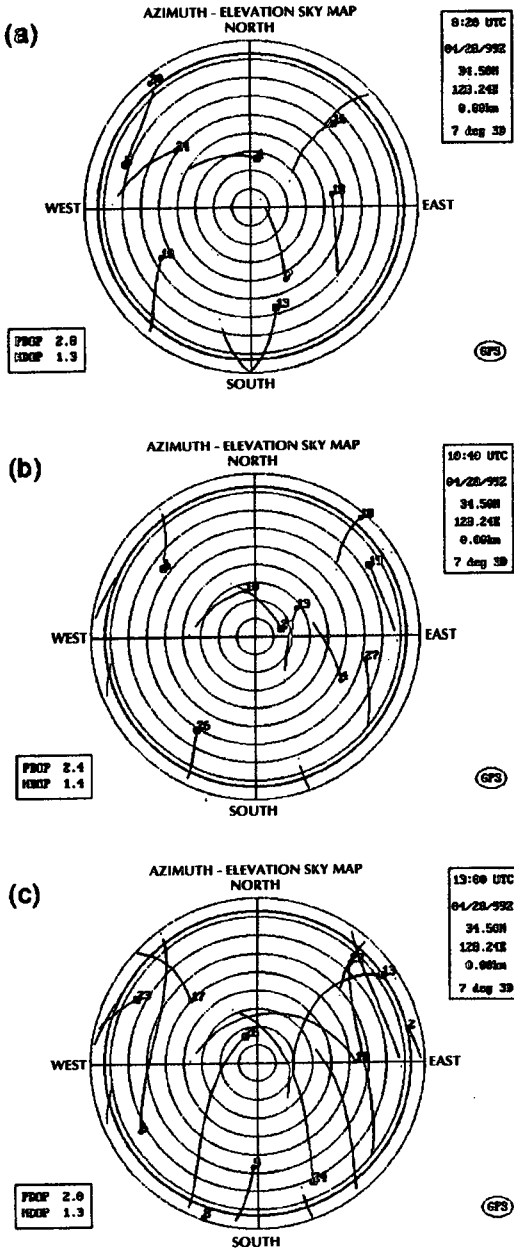


Fig. 11. Azimuth and elevation sky map during observing rangefinder  
 (a) UTC 08 : 20  
 (b) UTC 10 : 40  
 (c) UTC 13 : 00

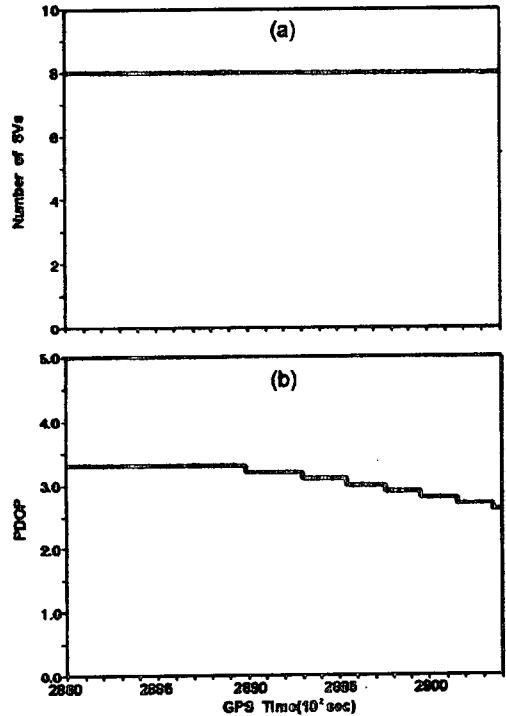


Fig. 12. Variation of number of satellites(a) and PDOP(b) far 5m apart from MCS(master control station) to MS(monitor station).



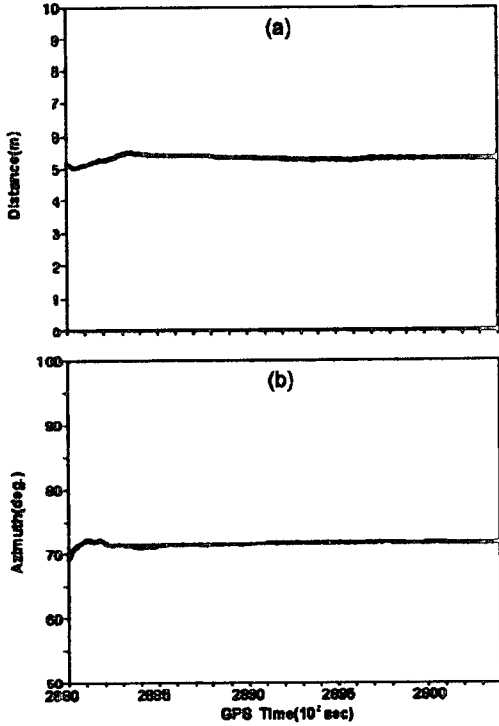


Fig. 13. Variation of distance(a) and azimuth(b) far 5m apart from MCS to MS.

호하였으며, 4, 5, 24번 위성은 남쪽에서 떠서 북쪽으로 상승하였으며 그의 위성은 북에서 남으로 하강하는 경향을 나타내었다. Fig. 11 (c)에서 15m 떨어진 경우 관측위성은 2, 6, 8, 9, 10, 13, 17, 24, 26, 27번 등 11개였으나 9, 10, 17, 23, 26, 27번 위성만이 측정정도를 높일 수 있으며 이들 중 9, 23, 27번 위성은 남에서 북으로 상승하고 그의 위성은 북에서 남으로 하강하였다.

2) MSC로부터 5m 떨어진 경우

항해 실험실 옥상의 기준국으로부터 5m 떨어져서 1초 간격으로 총 2400회에 걸쳐 측정된 위성의 수 및 PDOP와 거리 및 상대방위의 변화를 GPS time에 따라 나타낸 결과는 Fig. 12, Fig. 13과 같다. Fig. 12 (a)에서 관측된 위성의 수는 8개였으며, Fig. 12(b)에서 PDOP값은 최저 2.6, 최고 3.3, 평균 3.0으로 다소 크게 나타났다.

또한, Fig. 13 (a)에서 거리의 변화는 최저 5.12m, 최고 5.47m 범위로 다소 큰 폭으로 나타났

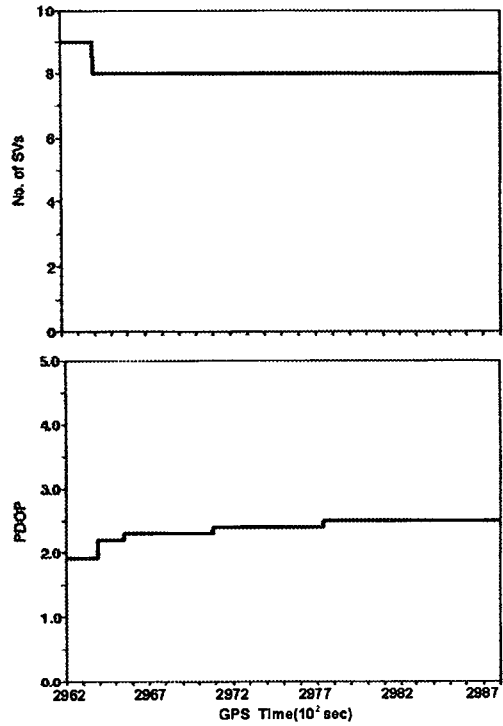


Fig. 14. Variation of number of satellites(a) and PDOP(b) far 10m apart from MCS to MS.

으며 평균 거리는 5.30m, 표준편차는 0.0973m였으며, Fig. 13 (b)에서 상대 방위의 변화는 최저 71°.12, 최고 71°.60의 다소 큰 폭으로 나타났으며 상대 방위의 평균은 71°.36이며 표준 편차는 0°.2986이었다.

3) MCS로부터 10m 떨어진 경우

기준국으로부터 10m 떨어져서 1초 간격으로 총 3,800회에 걸쳐 측정된 위성의 수 및 PDOP와 거리 및 상대 방위의 변화를 측정된 결과는 Fig. 14, Fig. 15와 같다.

Fig. 14 (a)에서 관측된 위성의 수는 처음 시작하여 약 5분 정도까지는 9개로 나타났으며, 그 이후로는 8개의 동일한 개수로 관측되었으며, Fig. 14 (b)에서 PDOP값은 최저 2.0, 최대 2.7, 평균 2.4로 다소 적게 나타났다.

또한, 측정된 거리의 변화는 Fig. 15 (a)에서 최저 10.09m, 최고 10.24m 범위로 다소 적게 나타났으며, 평균 거리는 10.17m, 표준 편차는

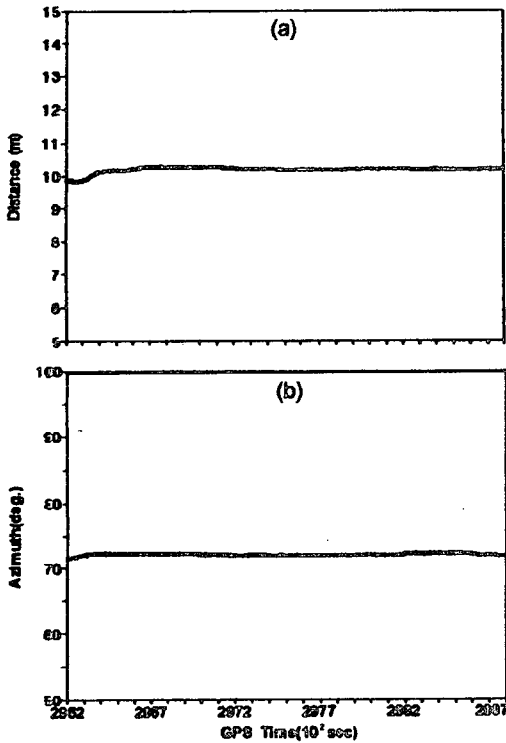


Fig. 15. Variation of distance(a) and azimuth(b) for 10m apart from MCS to MS.

0.0884m였고, Fig. 15 (b)에서 상대 방위의 변화는 최저 71°.19, 표준 편차는 0°.1321이었다.

4) MCS로부터 15m 떨어진 경우

이동국의 거리를 15m 떨어져 1초 간격으로 총 2,600회에 걸쳐 측정한 위성의 수 및 PDOP와 거리 및 상대방위의 변화를 측정한 결과는 Fig. 16, Fig. 17과 같다. Fig. 16 (a) 위성의 수는 처음 5분간은 7개였다가 이후에는 8개로 증가했다가 마지막 7분간은 다시 7개로 감소하는 상태로 나타났으며, Fig. 16 (b)에서 PDOP값은 최소 2.2, 최고 2.8, 평균 2.5로 세 경우 중 두번째로 큰 상태로 나타났다. 또한, 거리의 변화는 Fig. 17 (a)에서 최저 15.03m, 최고 15.17m, 평균 15.10m, 표준 편차는 0.0790m로 세 경우 중 변화의 폭이 최소였으며, 상대방위의 변화는 Fig. 17 (b)에서 최저 71°.89, 최고 71°.97, 평균은 71°.93, 표준 편차는 0°.1017로 작게 나타났다.

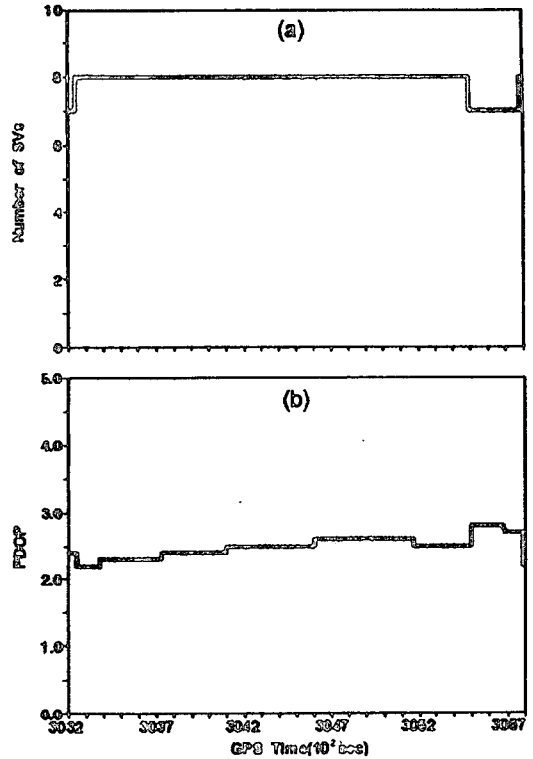


Fig. 16. Variation of number of satellite(a) and PDOP(b) far 15m apart from MCS to MS.

이상의 결과를 종합해보면 기준국으로부터 이동국의 거리를 각각 5m, 10m, 15m 떨어지게 했을 때 측정 평균거리는 각각 5.30m, 10.17m, 15.10m였으며, 그때의 표준편차는 0.0973m, 0.0884m, 0.0790m로 나타나 멀리 떨어질수록 오차가 작은 현상을 나타내었다. 또한, 상대방위의 변화는 상대거리가 5m, 10m, 15m일 때 각각 평균 71°.36, 71°.19, 71°.93를 나타내었고 표준편차는 각각 0°.2986, 0°.1321, 0°.1017를 나타내어 거리가 멀수록 상대방위의 정도도 높은 경향을 나타내었다. 특이한 현상은 세 경우 공히 처음 관측을 시작하여 약 5분간에는 거리 및 방위각의 변화의 폭이 크게 나타났는데 이것은 수신기 자체가 충분한 동작 상태가 되지 않는 상태라고 볼 수 있으며 실제 해상에서의 두 선간거리 측정시 수신기 전원을 켜 5분 후 측정값을 취하는 것이 정도가 높을 것으로 사료된다.

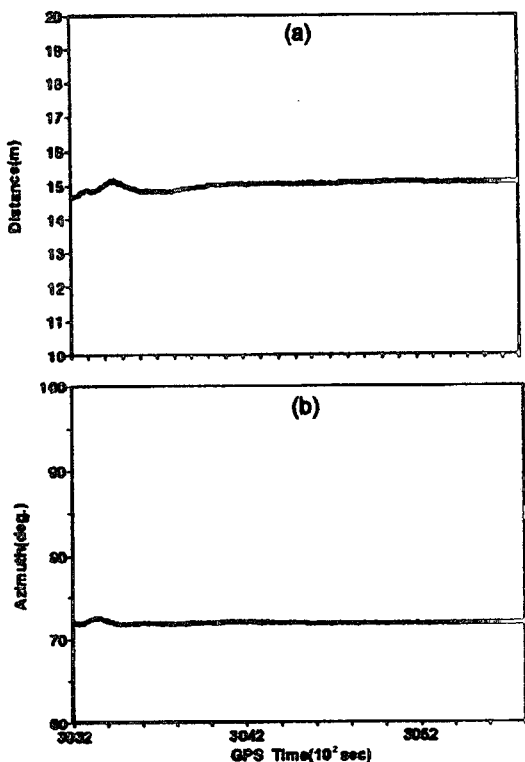


Fig. 17. Variation of distance (a) and azimuth (b) far 15m apart from MCS to MS.

要 約

표준위치측정용(SPS) GPS수신기 2대와 표준 위치측정용 GPS수신기 2대에 FASF용 radio modem을 각각 부착하여 실시간에 있어서 두 선간의 상대거리와 상대방위를 측정할 수 있는 선간거리계를 고안하여 육상의 고정점에서 SPS GPS수신기와 선각거리계용 GPS수신기에 대한 zero baseline test를 행하고, 선간거리계의 기준국(MCS)과 이동국(BS)의 간격을 5m, 10m, 15m로 하여 상대거리 및 상대방위에 대한 실험을 행한 결과는 다음과 같다.

1. Zero baseline test 결과, 표준위치측정용 GPS수신기에 의한 평균 오차는 0.1m 이하로 일반 문헌에 공개된 이론치와 거의 일치하나, GPS수신기에 각각 다른 위성이 표착된 시간에는 S/A에 의한 오차때문에 거리 오차가 100m까지 증가

함으로 수신기 자체 알고리즘을 변경하지 않고는 상대거리측정에는 부적합하다.

2. 정지 상태에서 반송파 위상을 처리할 수 있는 선간거리계는 zero baseline test시는 6개 이상의 위성이 동시에 관측될 경우 약 5분 경과 후 3.5cm의 이내의 오차를 확인했다. 이는 사용된 안테나의 phase center가 일반 측지용 안테나보다 큰 때 문으로 판단된다.

3. 선간거리계에 있어서 기선의 길이가 5m, 10m, 15m인 경우의 평균거리의 오차는 각각 0.340m, 0.190m, 0.011m로, 표준편차는 0.0973m, 0.0884m, 0.0790m로 나타나 기선의 길이에 역비례하는 현상을 보였다.

4. 선간거리계에서 반송파 위상을 처리하는 경우, 일반적으로 L1수신기는 ambiguity가 fix되는 최초 약 5분간에는 거리 및 방위각의 변화폭이 크게 나타나는 것을 볼 수 있었다.

謝 辭

본 연구를 수행함에 있어 시스템 구성과 실험에 많은 협력을 하여 주신 마린전자 주식회사 김광식 사장님과 FASF용 모뎀 구성에 적극 지원하여 주신 D.S. Chen 박사께 진심으로 감사를 드리는 바입니다.

參考文獻

- 1) 隅川芳雄 他(1986) : GPS 航法裝置の定点における測位精度について. 日本航海學會誌, 第90號, 58~63.
- 2) Remondi, B.W.(1986) : Performing Centimeter Accuracy Relative Surveys in Second using GPS Carrier phase Journal of the Institute of Navigation, Vol.32, No.4, 386~400.
- 3) Hatah, R.(1991) : Instantaneous Ambiguity Resolution. Kinematic Systems in geodesy, Surveying and Remote Sensing. International Association of geodesy SYMPOSIA 107, Springer verlag, New york, 299~308.
- 4) W.W.Kao(1991) : Intagration of GPS and Pead-Reknoning Navigation and systems, 91 vehicle

- Navigation and Information systems Conference  
Vol.2, 635~643.
- 5) Lachapelle, G, M.E Cannon and G. Lu(1992) :  
High Precision GPS Navigation with Emphasis  
on Carrier phase Ambiguity Resolution, Marine  
Geodesy, Vol.15, 253~269.
- 6) Chen, D. (1993) : FAST Ambiguity Search Filter  
(FAST) : A Novel Concept for GPS Ambiguity  
Resolution, Proc. of ION GPS-93, The Institute  
of Navigation, Alexandric VA, 781~787.
- 7) Cannon. M.E. and M. Haverand(1993) :  
Eeperience of GPS Attitude Determination  
within a Helicopter, Proc. of ION GPS-93, The  
Institute of Navigation Alexandric VA, 633~640.
- 8) Lachapelle, G., H.sun, M.E Cannon and G. Lu  
(1994) : Pricise Aircraft Positing Using a  
Multiple Receiver Configuration, Canadion  
Aeronautics and Space Journal, Canedion  
Alronautics and Space Institutu, Vol.40, No2, 74  
~78.
- 9) Lachpelle, G., C. Lju, Q. Weigen and R.  
Hare(1994) : Water Borne Leveling with GPS,  
Marine Geodesy, Vol.17, No.4, 271~278.
- 10) 김세환, 박상환(1996) : 차량항법 시스템을 위한  
GPS/DR 통합 칼만필터, 96.WGS workshop 논문  
집, 393~400.