

두대의 GPS 수신기를 이용한 DGPS 정밀측위 Precise DGPS Positioning Using Two GPS Receivers

강 용 균*
Kang, Yong Q.

이 문 진**
Lee, Moonjin

要 旨

GPS 측위는 위성궤도의 오차, 이온층에서의 전파 굴절 등과 같은 자연적인 오차 뿐만 아니라, S/A의 작동으로 인한 인위적 오차도 포함하고 있다. 본 논문에서는 기준국과 관측점의 GPS 수신기가 동시에 동일한 Navstar 위성 자료를 사용하여 결정된 위치를 보정하는 개인용 DGPS 방법의 원리를 제시하고, 이 방법에 의한 측위정밀도 및 활용성에 대한 실험 결과를 제시한다. 육상고정점의 측위에 있어서 GPS 자체의 오차(1 drms)는 수 10m 정도임에 반하여 DGPS 보정시에는 수평위치 오차는 1m 정도이며, 고도 오차는 2m 정도로 줄어든다. 도로상 차량 이동 궤적 및 해양의 부표추적 실험 등에 DGPS 기법을 적용한 결과 만족스러운 결과가 도출되었다.

ABSTRACT

The GPS positioning involves not only 'natural' errors associated with the satellites position errors, refraction of EM wave in the ionosphere, etc., but also 'artificial' errors associated with the operation of S/A (Selective Availability). In this paper, we present the principles, accuracies and applicabilities of our personal DGPS method, which employs the position-correction method on the GPS positionings data collected at the reference and the remote sites. The essential requirement of our DGPS method is that two GPS receivers should utilize the identical Navstar satellites at the same time. The positioning error (1 drms) of the stand-alone GPS is of an order of a few tens meters, while that of horizontal position by our DGPS method is about 1m and that of vertical position is about 2m. We applied our DGPS technique in positioning moving objects, and obtained satisfactory results in tracking the trajectories of a car on the road and the those of drifters in the sea.

1. 서 론

GPS(Global Position System)는 위치측정용 Navstar 위성에서 발신된 신호의 수동적 수신만으로 지상의 위치를 정밀하게 계산하는 시스템이다 (Dixon, 1992; Wells, 1987). 위성을 이용하여 3차원 위치를 측정하기 위해서는 4개 이상 위성까지의 의사거리(pseudo-range) 정보가 동시에 필요하며, 2차원적 위치측정에는 3개 이상 위성까지의 의사거리 정보가 필

요하다. 현재 25개의 위성이 지구주변을 공전하면서 지구상 어디에서나 4개 이상의 위성이 가용하도록 지원되고 있다. GPS 시스템에서는 전파의 손실이 적고 배경잡음이 최소인 극초단파의 신호를 사용하므로써, 수신기만 있다면 기상조건에 관계없이 측위가 가능하다. 이와 같은 편리성과 높은 위치 정밀도를 제공하고 있는 GPS 시스템은 최근 국내에서도 그 수요가 급증하고 있으며, 대부분의 선박에서 표준적인 항해장치로 탑재되고 있다.

* 부산수산대학교 해양학과 교수

** 부산수산대학교 해양학과 박사과정

GPS 제공 정보에는 표준위치정보(SPS, Standard Positioning Service)와 정밀위치정보(PPS, Precise Positioning Service)의 두가지가 있다. 표준위치정보를 제공하는 C/A(Coarse Acquisition) 코드는 일반인 누구나 사용할 수 있는 반면에, 약 100m 정도의 오차를 갖는다. 정밀위치정보를 제공하는 P(Precise 또는 Protected) 코드를 사용할 경우 10m 정도의 비교적 정밀한 오차범위를 갖지만, P코드의 사용은 사전에 허용된 자에게만 사용이 제한되고 있다.

GPS는 위성궤도에 의한 오차, 이온층 및 대류권 통과시 발생하는 전파 굴절에 의한 오차, 수신기의 잡음에 의한 오차 등 여러가지 오차 요인을 가지고 있다. 이러한 오차 이외에, 일반인이 사용하고 있는 C/A 코드에는 미국 국방성에서 위성의 궤도정보와 시간정보에 인위적으로 추가하고 있는 S/A (Selective Availability)에 의한 오차도 포함되어 있다. 따라서 일반인이 사용하고 있는 C/A 코드의 GPS를 이용하여 연안부근에서의 선박운항이나 육상의 측지 등과 같은 정밀 측위를 수행하는데는 한계가 있다.

최근 GPS의 측위 오차를 줄이기 위한 노력으로 DGPS(Differential GPS)를 활용하는 연구가 활발히 진행되고 있는데, 이는 주로 미국의 해안경비대, 교통성 및 연방항공국 등을 중심으로 발전되어 왔다. DGPS 기법으로는 위성과 수신자간의 의사거리를 보정하는 의사거리보정법(pseudo-range correction)과 측정된 위치 자체의 오차를 보정하는 위치보정법(position correction)의 두가지 방법이 있다. 두가지 방법 모두 지상의 기준국에서 전파로 방송하는 보정치를 이용하여야 하는데, 의사거리보정법은 '시야'에 들어오는 위성까지의 의사거리에 대한 보정치를 방송하고, 위치보정법은 수 개 위성의 자료로부터 위치를 결정할 때 생길 수 있는 오차에 대한 보정치를 방송한다. 위치보정법을 범용으로 사용하기 위해서는 위치 결정에 사용될 여러가지 위성 조합의 경우에 대한 보정치를 방송해야하기 때문에 엄청난 양의 정보가 방송되어야 한다. 이러한 어려움 때문에, 현재 범용적으로 사용되는 DGPS는 주로 의사거리보정법을 이용하고 있으며, 위치보정 방법은 범용적으로 거의 활용되지 않고 있다. DGPS를 이용하여 연안역에서 고정점

및 이동체의 위치를 측정된 김 등(1994)에 의하면, DGPS에 의한 고정점 측위 오차는 수 m 정도였다.

본 연구에서는 기존에 개발되어 사용되고 있는 의사거리 보정법 DGPS 시스템 대신에, 두대의 일반 GPS 수신기만을 이용하여 위치를 보정하는 개인용 DGPS (Personal DGPS) 기법을 개발하였다. 본 연구에서 사용된 DGPS 방법은 기본적으로 위치보정법을 응용한 것으로서, 개인이 기준국과 관측지에서 GPS 수신만으로 위치를 결정한 후, 기준국의 위치편차를 이용하여 관측점의 위치를 보정하는 방법이다. 이 방법에서는 기준국과 이동국의 위치결정에 동일한 위성들의 조합을 사용하도록 해야 한다. 본 논문에서는 GPS의 측위오차에 대한 일반적인 고찰에 이어 DGPS의 원리를 소개한 후에, 개인용 DGPS를 활용한 고정점에서의 측위오차, 육상 및 해상에서 이동체 측위 실험의 결과를 소개한다. 본 논문에 제시된 실험 결과는 두 GPS 수신자료의 추후처리(post processing)에 의해 도출된 결과이다. 두대의 GPS 수신국간 무선연결(radio-link)에 의한 보정자료 송수신망이 구성된 경우, 본 논문에 제시된 DGPS 원리를 실시간(real time) 위치보정에 활용할 수 있다.

2. DGPS 기법

2.1 GPS 측위오차

GPS는 4개 이상 위성까지의 의사거리로부터 사용자의 3차원적 위치 및 시간을 결정한다. GPS 측위의 기본자료인 의사거리는 위성궤도에 대한 오차, 이온층 및 대류권 통과시 발생하는 전파경로 굴절에 의한 오차, 수신기의 잡음에 의한 오차 등의 영향을 받는다. GPS 위치결정에 있어서는 시야에 들어오는 여러 개의 위성 중에서 위치오차가 최소화될 수 있는, 즉 위치에매도(DOP, Dilution of Position)가 가장 작은 4개 이상의 위성을 선택하여야 한다. 최적의 위성 선택은 위성의 궤도정보를 포함하는 알마낙(Almanac) 자료에 근거한다. 시야에 들어오는 위성들 중 위치결정에 사용되는 위성은 시간에 따라 바뀐다. 위성까지의 거리

측정에 있어서 위성의 궤도정보는 필수적인데, 미국방성에서는 S/A (Selective Availability)를 작동하여 궤도정보에 '인위적인' 오차를 의도적으로 포함시키고 있어서 GPS 표준위치정보인 C/A코드에 의한 위치결정 오차는 더욱 증가되어 있는 실정이다.

그림 2.1은 1994년 10월 24일~26일의 약 3일간 부산수산대학교 고정점 측위시 사용된 GPS 위성의 변동 양상을 나타낸 것이다. 이 기간 동안 25개 GPS 위성

중 4~6개의 위성이 측위에 교호적으로 선택되었으며,

그림 2.2는 부산수산대학교의 고정점에서 1994년 11월 9일 약 2시간 동안 연속적으로 측위한 GPS 측위 한번 선택된 위성이 연속적으로 측위에 사용된 기간은 수분 내지 수시간 정도였다. 위치(x, y, z)의 시간적 변동을 나타내고 있다. 약 2시간 동안 고정점 GPS 측위 수평위치(x, y)는 $\pm 100\text{m}$ 정도 변동하였으며, 고도(z)는 $\pm 150\text{m}$ 정도의 변동폭을 보였다.

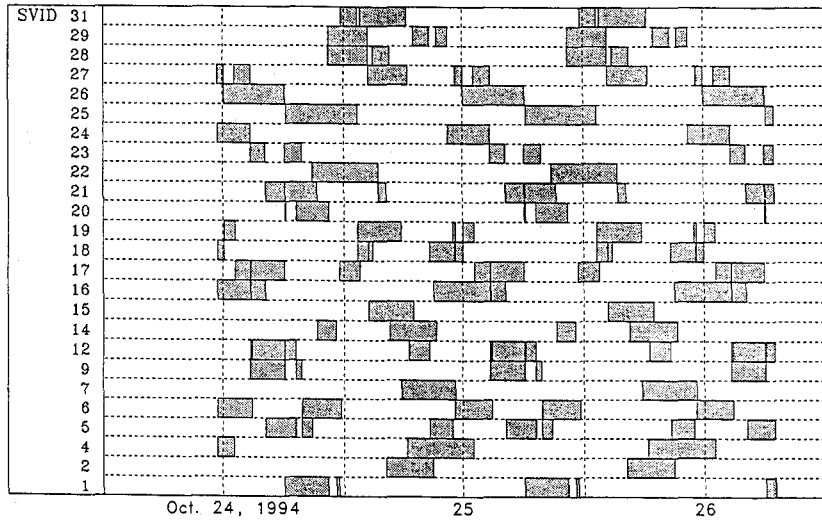


그림 2.1 ID's of Navstar Satellites (SVID) used in GPS fix at Pusan (Oct. 24-26, 1994).

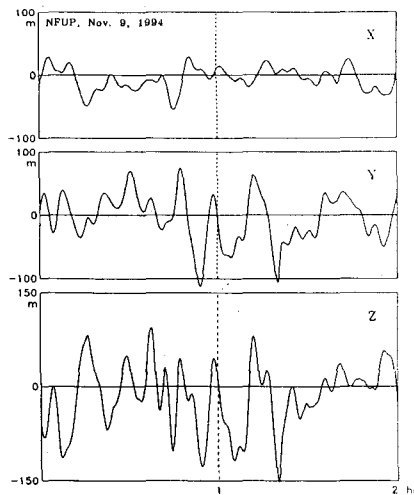


그림 2.2 Changes in position (x, y, z) fixed by GPS for 2 hours at Pusan.

2.2 DGPS의 두가지 방법

GPS 측위오차를 최소화하여 정밀한 위치를 결정하는 방법에 DGPS가 있다. DGPS는 근접거리에 위치한 육상의 기준국에서 '계산'한 GPS 위치오차를 이용하여 이동국 GPS의 위치를 보정하는 방법이다. DGPS에 대해 현재까지 미국방성에서 어떠한 규제도 가하지 않기 때문에, DGPS에 대한 연구는 최근 점차 활성화되고 있다. DGPS에서는 각 위성까지의 의사거리 보정치를 이용하는 방법과 GPS 측위위치 보정치를 이용하는 두가지 방법이 있다.

의사거리보정 DGPS는 기준국에서 각 위성까지의 의사거리 보정치를 산정하여 사용자에게 전파로 방송해 주는 방법이다. 사용자는 인접한 기준국에서 방송하는 각 위성까지의 의사거리 보정치를 가감함으로써 위치 계산의 정밀성을 높게 된다. 현재 사용되고 있는 DGPS 방송 항목 및 신호체계는 1983년 미국 RTCM (Radio Technical Commission for Maritimes Service) 특별위원회가 마련한 표준규격을 따르고 있다. 의사거리 보정 DGPS는 이동국 GPS 측위에 사용된 GPS 위성이 어떤 것이어도 무방하므로 범용적인 활용이 가능하며, 미국 해안경비대를 중심으로 하여 실용화되어 있으나, 국내에는 범용화된 DGPS 시스템이 가동되지 않고 있다. 국내에서 해상관측용으로 사용되는 의사거리보정 DGPS 시스템에서는 사용자가 설치한 육상기준국의 보정치를 활용하여 한시적으로 운용되고 있다. 의사거리보정 DGPS의 원리와 응용은 이(1994)에 의해 소개된 바 있다.

위치보정 DGPS는 기준국의 위치보정치를 이용하여 이동국의 측정된 위치를 보정하는 방법이다. 이동국의 GPS 측위에 사용되는 위성의 조합은 여러가지가 있을 수 있으므로, 위치보정법 DGPS가 범용으로 활용되기 위해서는 기준국에서 엄청난 양의 정보를 송신해 주어야만 한다. 이와 같은 기술적인 어려움 때문에 위치보정법의 DGPS는 범용적으로 거의 활용되지 않고 있다. 그러나 기준국과 이동국의 위치 결정에 동일한 위성이 이용된다면, 기준국의 위치 편차만을 이용하여 간단하게 사용자의 위치를 보정할 수 있다.

2.3 개인용 DGPS

개인용 DGPS는 위치보정법의 DGPS를 활용한 것으로 사용자가 두대의 GPS 수신기만을 사용하여 측위보정을 하는 방법이다. 즉, 육상 고정점에 설치된 기준국에서 수신된 GPS 위치편차를 이용하여 관측하고자 하는 곳의 GPS 측위를 보정하는 방법이다. 개인용 DGPS에서는 기준국과 이동국의 GPS 수신기가 동일한 조합의 위성을 위치결정에 사용하는 것이 필수적이다. GPS 위치결정에 사용된 위성들이 일치할 경우, 비록 각각의 GPS 측위는 불가피한 여러가지 요인에 의한 오차를 포함하더라도 기준점과 관측점의 GPS 위치의 오차는 거의 동일하므로, 기준점의 GPS 측위 변위정보를 이용하여 관측점 GPS 측위를 보정할 수 있다.

두 곳의 GPS 위치결정에 있어서 동일한 위성이 활용되기 위해서는 우선 '시야'에 들어오는 위성들이 같아야 하므로, 개인용 DGPS에서는 기준점과 관측점이 인접한 곳에 위치하여야 한다 (수십 km 이내). 효율적인 개인용 DGPS 구현을 위해서는 두 곳에서 사용하는 GPS 수신기가 동일한 모델인 것이 바람직하다. '시야'에 들어오는 여러 개의 GPS 위성 중에서 두 곳의 위치결정에 사용되는 위성들이 일치하기 위해서는 ① 두 GPS 수신기에 있어서 시야각(mask angle)이 일치해야 하고, ② 동일한 위성궤도정보(Almanac)를 사용해야 하며, ③ 시야에 들어오는 위성들 중에서 위치결정에 활용되는 위성들의 변경이 동시에 이루어져야 한다. 본 연구에서 사용한 모토롤라의 6채널 GPS 수신기에서는 컴퓨터를 이용하여 위의 조건을 만족하도록 수신기의 파라메타를 조정할 수 있었다 (Motorola, 1993).

3. 개인용 DGPS 측위실험

두대의 GPS 수신기 위치보정법에 의한 DGPS 실험을 ① 고정점 측위, ② 도로상 차량 이동경로 추적, 그리고 ③ 해상에서의 부표 이동추적의 경우에 대해

수행하였다. 실험장소의 위치는 그림 3.1에 보인 바와 같다. 육상 고정점 측위는 부산수산대학과 낙동강 하구의 울속도에서 각각 이루어졌으며, 도로상의 이동경로 측위는 부산 인근 기장읍 사랑리와 낙동강 하구의 울속도에서 수행되었다. 해상에서의 부표이동 측위는 진해만 및 삼천포 수로에서 수행하였다. 각각의 DGPS 실험에서 측위의 기간, 기준국과의 거리, 동일 위성 이용율은 기준국과 관측점위성 이용율 등은 표

3.1과 같다. 개인용 DGPS의 핵심적 요구조건인 동일 위성 이용율은 기준국과 관측점간의 거리가 15km 이하일 때 95% 이상이었다. 그러나 기준국(부산)과 관측점(경상북도 상주) 간 거리가 160km 경우 동일위성 이용율은 83.7%로서 다소 낮게 나타났다.여러가지 실험결과를 종합할 때, 두대의 GPS 수신기를 이용한 개인용 DGPS가 성공적으로 적용되기 위해서는 기준국과 관측점의 거리가 수십 km 이내로 제한됨을 알 수 있다.

표 3.1 Summary of our DGPS experiments

Remote Site	Refer site	Date of Experiment	Duration	Remote Distance	% of match	Type of Experiment
Pusan	Pusan	Nov. 9,1994	19 hrs	0 km	99.6 %	Fixed point
Ulsukdo	Pusan	Jan.22,1995	1 hr	15 km	98.4 %	Fixed point
sangju	Pusan	Jan.28,1995	17 hrs	160 km	83.7 %	Fixed point
sarangri	Pusan	Nov.19,1994	1 hr	13 km	98.5 %	Car tracks
Ulsukdo	Pusan	Jan.22,1995	1 hr	15 km	95.6 %	Car tracks
jinhee-Bay	coast	Mar.27,1995	2 hrs	3 km	99.6 %	Drifter tracks
Samchonpo	coast	Apr.29,1995	2 hrs	5 km	98.4 %	Drifter tracks

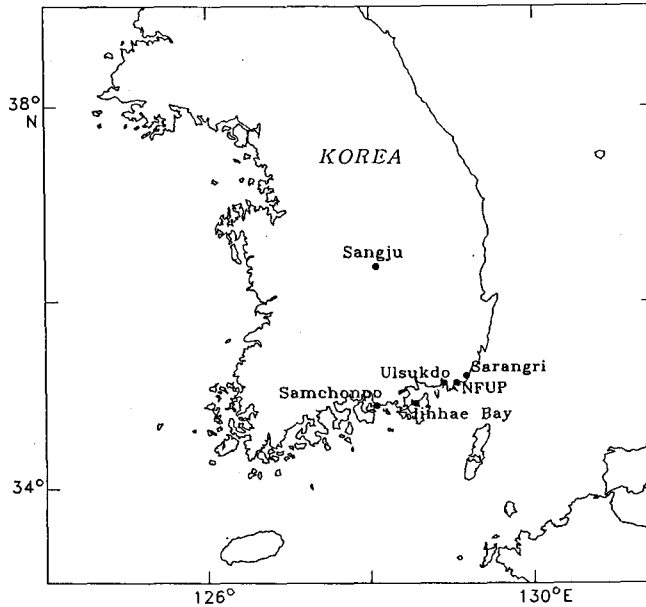


그림 3.1 Locations of DGPS experiments.

3.1 육상고정점 측위

1994년 11월 9일 05:55~06:55의 약 1시간 동안 부산수산대학 내의 고정점에서 연속측위한 결과는 그림 3.2와 같다. 이 실험에서 기준국은 측위점과 거의 동일위치였으며 (거리 1 m), 실험기간 중 동일위성 이용율은 99.6% 였다. GPS 연속측위 결과, 고정점의 수평 위치 (x, y)는 약 160m 범위 내에서 변동하였으나, DGPS에 의한 보정 후에는 약 5m 이내에서 변동하였다. 고정점 위치변동의 표준편차 (1 drms, distance root mean square)는 GPS 자체의 경우 16.9m인 반면에, DGPS의 경우 0.9m였다 (그림 3.3). 한편 측위고도 (z) 변동의 표준편차는 GPS 자체의 경우 54.2m인 반면에, DGPS의 경우 1.7m였다 (그림 3.4). 통상 GPS 측위에서 고도의 편차는 수평위치의 편차보다 큰 경우가 대부분인데, 이는 위치결정에 사용된 위성까지의 기하학적 배열에 기인한다.

기준국인 부산수산대학으로부터 약 15km 떨어진 을숙도의 고정점에서 1995년 1월 22일 15:12~15:53의 약 40분 동안 측위한 GPS 위치 결과는 그림 3.5와 같다. 을숙도의 고정점 측위기간 동안 기준국과 을숙도 간의 동일위성 이용율은 98.4%였다. 약 40분간의 고정점 측위에서 GPS에 의한 위치는 120m 범위 내에서 변동하였다. 약 15km 떨어진 기준국의 위치편차를 이용하여 보정한 DGPS에 의한 위치는 약 30m 내에서 변동하였으며, 대부분 5m 내의 오차범위 안에 있었다. DGPS 보정후에도 위치변동이 큰 경우는 기준국과 관측점에서 동일한 위성자료를 사용하지 못한 경우였다. 관측기간 동안 GPS 측위 오차의 표준편차는 15.9m였으며, DGPS 측위 오차의 표준편차는 2.2m였다. 기준국과 관측점의 GPS 측위에서 동일한 위성이 사용되지 못한 경우 DGPS에 의한 위치보정의 편차가 심하게 나타났다.

NFUP (Nov. 9, 1994), GPS

DGPS, Sep=1 m

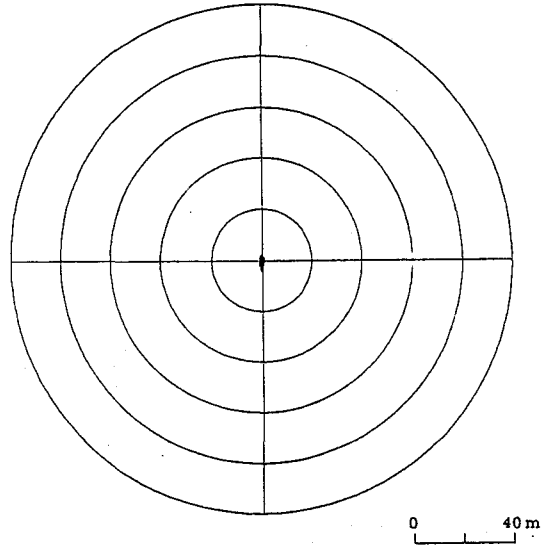
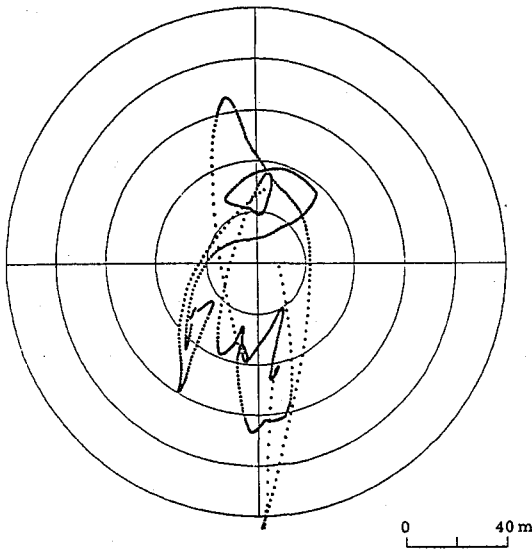


그림 3.2 Horizontal positions(x, y) by GPS(left) and by DGPS(right) of a point at Pusan for 1 hour.

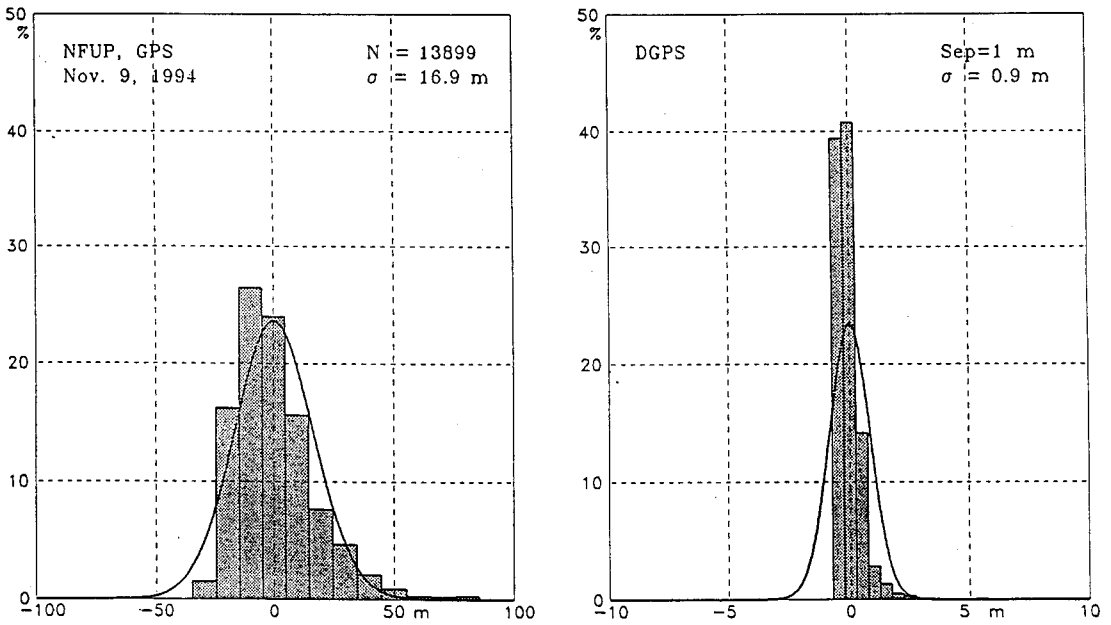


그림 3.3 Offsets in horizontal position of GPS fix(left) and of DGPS fix(right) of a point at Pusan for 19 hours.

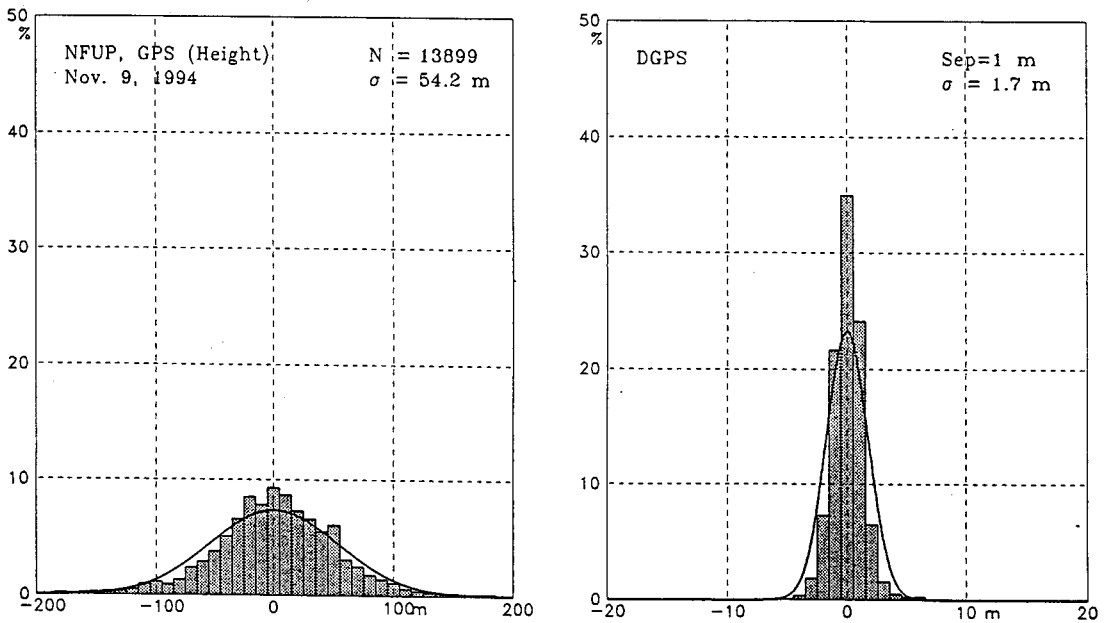


그림 3.4 Offsets in vertical height of GPS fix (left) and of DGPS fix (right) of a point at Pusan for 19 hours.

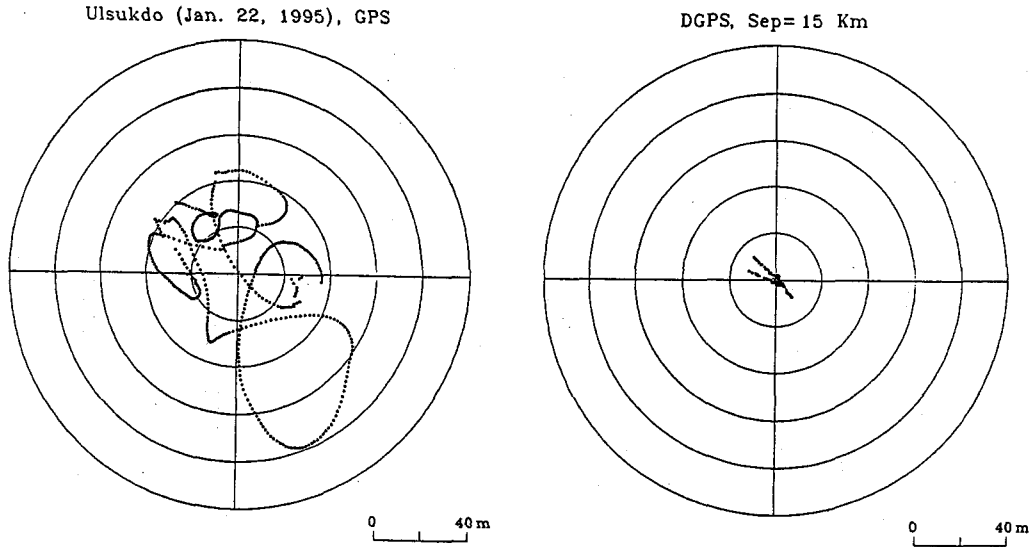


그림 3.5 Horizontal positions (x, y) by GPS (left) and by DGPS (right) of a point at Ulsukdo for 1 hour. Distance between the reference and remote is 16 km.

3.2 도로상의 측위

이동하는 물체의 DGPS 측위 정밀성을 조사하기 위하여, 자동차에 GPS를 장착하고 일정한 도로를 여러 번 반복 운행하면서 자동차의 궤적을 측정하였다. 같은 도로상을 수차례에 걸쳐 왕복운행할 경우, 경로 궤적은 동일선상에 위치하여야만 한다. 본 연구에서는 자동차로 경남 기장읍 사랑리의 남북방향 1km 길이 도로를 왕복하는 실험과 낙동강 하구의 울속도에 있는 사각형 모양의 헬기착륙장 주변도로를 선회하면서 차량 이동궤적을 조사하는 실험을 수행하였다. 사랑리와 울속도 도로상 차량의 이동궤적추적 실험에서 기준국인 부산수산대까지의 거리는 각각 13km와 15km였으며, 동일위성 이용율은 각각 98.5%와 95.6%였다.

사랑리에서 1994년 11월 19일 14:31~15:28의 약 1시간 동안 GPS 및 DGPS에 의해 측정된 자동차의 궤적은 그림 3.6과 같다. 남북방향의 왕복 2차선 도로상을 수차례 왕복하면서 자동차의 궤적을 측정한 결과, GPS만을 이용한 측위에서는 자동차의 궤적이 200m 정도 범위로 퍼져서 나타난 반면에, DGPS 측위에서

는 도로 폭 정도인 4m 이내에 정렬되어서 나타났다. DGPS를 이용한 오차보정 효과는 그림 3.8에 제시한 도로상의 고도 분포에서도 잘 나타났다. GPS 자체에 의해 측정된 도로의 고도는 왕복한 경로마다 다르게 나타난 반면에, DGPS에 의해 보정된 도로의 고도는 거의 동일선상에 나타났으며 남쪽이 북쪽보다 고도가 낮았다.

울속도에 있는 길이 50m, 폭 25m 정도의 헬기착륙장 주변도로를 자동차로 선회하면서 도로상 GPS 측위와 DGPS 측위실험을 수행하였다. 헬기장 주변도로를 선회하면서 GPS 및 DGPS로 측위한 궤적은 그림 3.7과 같다. 반복적으로 헬기장을 선회하면서 GPS를 이용하여 측정된 궤적에서는 사각형 모양의 헬기장 주변도로가 산발적으로 흩어져서 나타났다. 반면에, DGPS 보정 후의 궤적은 매회의 선회경로가 거의 일치하였으며 사각형 모양의 도로가 잘 나타났다. 헬기장 주변도로의 고도 분포는 그림 3.9와 같은데, GPS에 의한 측정에서는 고도 역시 선회시마다 크게 변동하는 것으로 나타났으나, DGPS에 의한 보정 후에는 헬기장 주변도로 모양을 따라 거의 일정한 고도분포를 보였다.

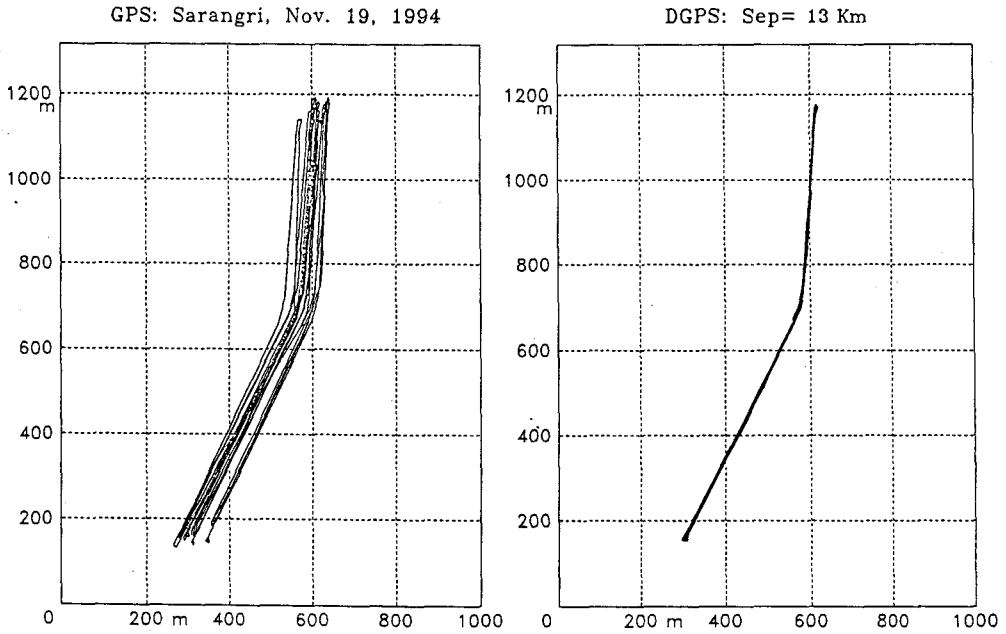


그림 3.6 Two-dimensional trajectories of a car on the road in Sarangri fixed by GPS (left) and by DGPS (right). (Distance = 13 km).

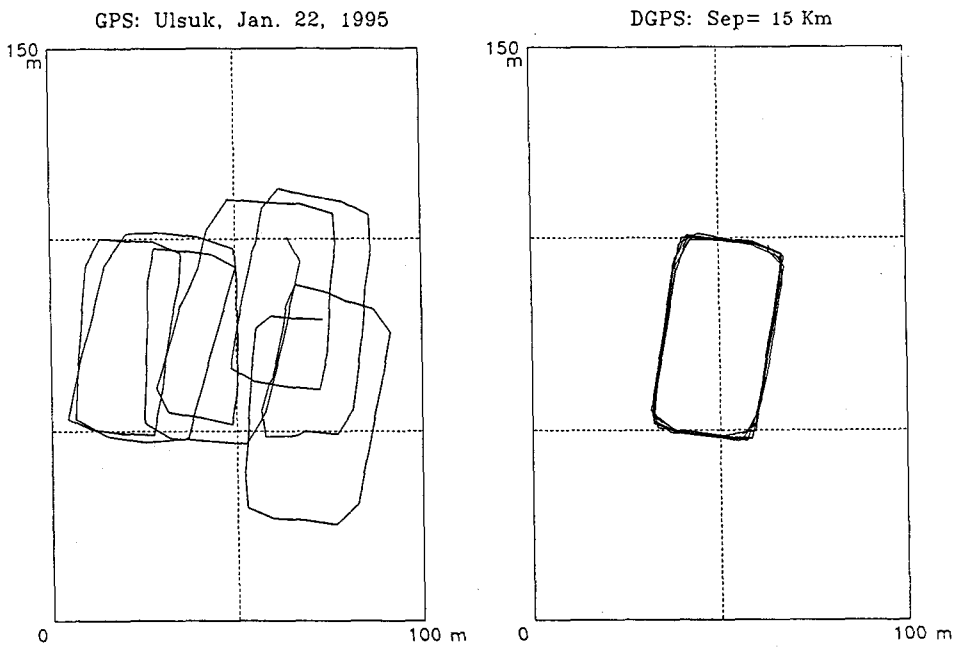


그림 3.7 Two-dimensional trajectories of a car along a rectangular road in Ulsukdo fixed by GPS (left) and by DGPS (right). (Distance = 15 km).

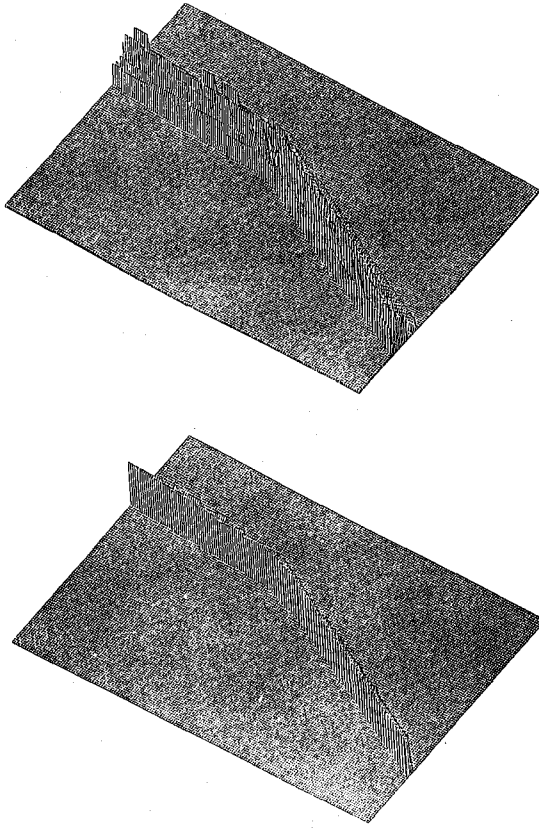


그림 3.8 Three-dimensional trajectories (x, y, z) of a car on the road in Sarangri fixed by GPS (upper) and by DGPS (lower).

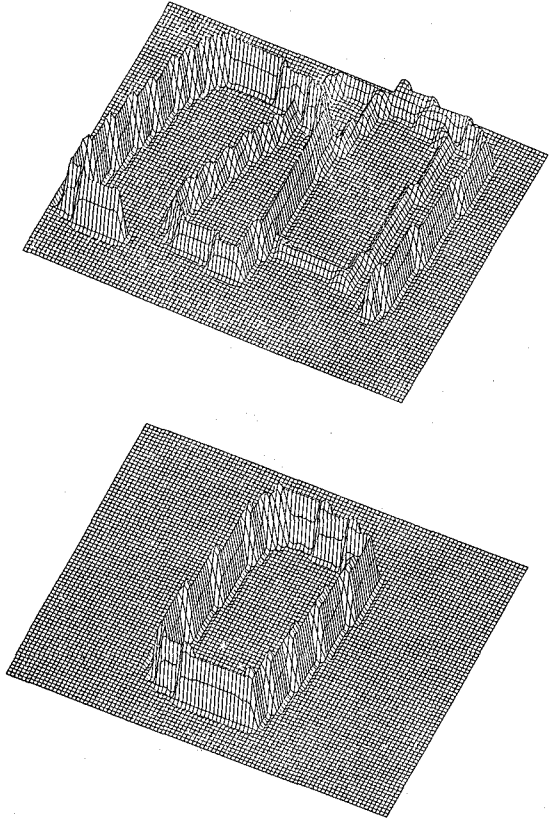


그림 3.9 Three-dimensional trajectories (x, y, z) of a car along a rectangular road in Ulsukdo fixed by GPS (upper) and by DGPS (lower).

3.3 해상 부표추적

해상에서 개인용 DGPS 기법을 활용하여 동일점에 투하한 3개 부표의 이동경로 및 분산을 추정하였다. 해상 실험의 장소는 진해만과 삼천포 수로였으며, DGPS 보정을 위한 기준국은 실험지역 5km 내의 육상에 설치하였다.

진해만에서 13:02~15:02의 2시간 동안 GPS 및 DGPS를 이용하여 추적한 부표 이동경로는 그림 3.10과 같다. 동일점에 투하된 3개 부표는 2시간 동안 약 2km정도 이동하였으며, 3개 부표간 거리는 200m 정도 벌어졌다. GPS만을 사용하여 측정한 부표의 경로

는 공간적으로 매우 심하게 변동한 것으로 나타났다. 그러나 DGPS를 이용하여 이를 보정하였을 경우 실제 흐름을 나타내는 깨끗한 곡선 형태를 보였다. 해상에서 부표간의 분산거리는 프랙탈(fractal) 브라운운동의 특징을 보이는데 (Kang and Lee, 1994), 3개 부표의 이동경로로부터 계산한 시간에 따른 부표간 분산거리의 증가는 그림 3.11과 같다. GPS 자체에 의한 부표간 분산은 시간의 3.22승에 비례하여 증가하는 것으로 나타났다. DGPS에 의한 결과는 시간의 3.1승에 비례하였다. 회귀관계에 대한 오차 역시 DGPS 보정 후에는 보정 전의 GPS 자료에 의한 것보다 줄어 들었다.

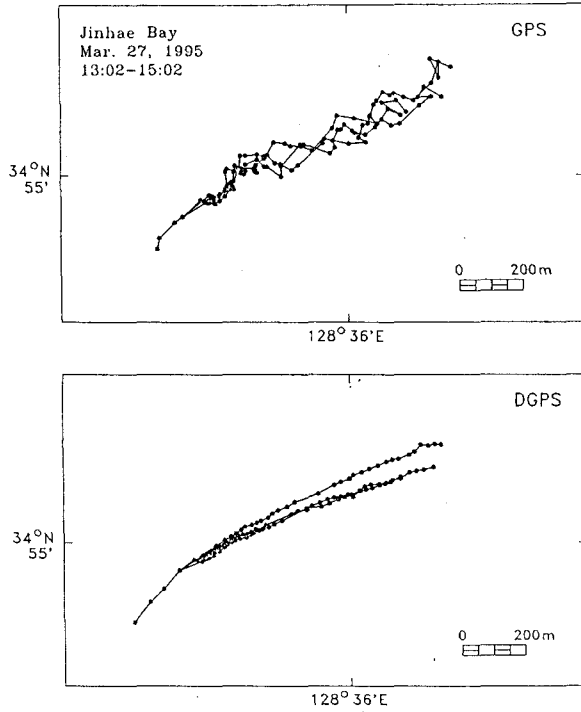


그림 3.10 Trajectories of 3 drifters in the Jinhae Bay fixed by GPS (upper) and by DGPS (lower).

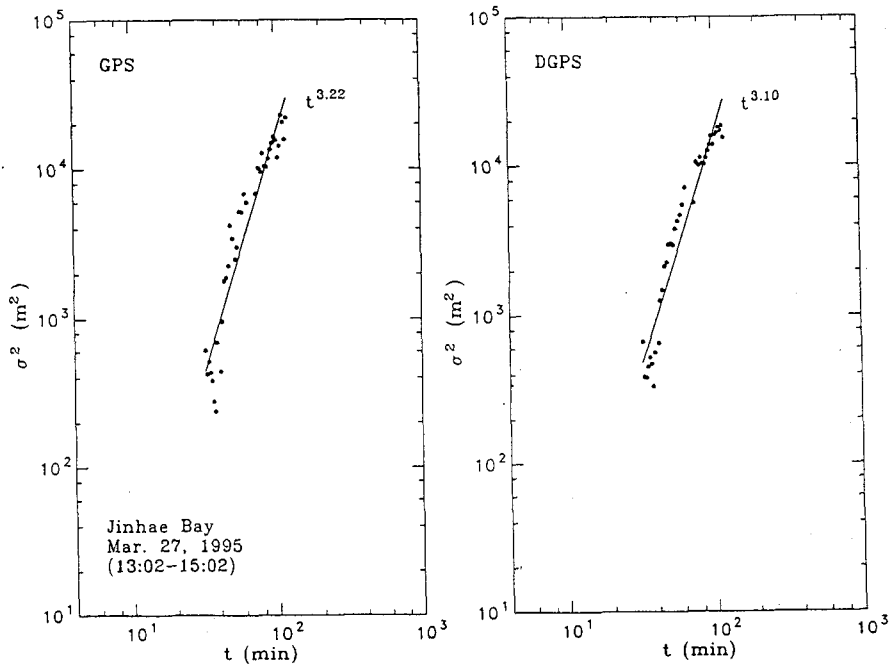


그림 3.11 Variance of separation among 3 drifters in the Jinhae Bay as a function of time based on positions of drifters fixed by GPS (left) and by DGPS (right).

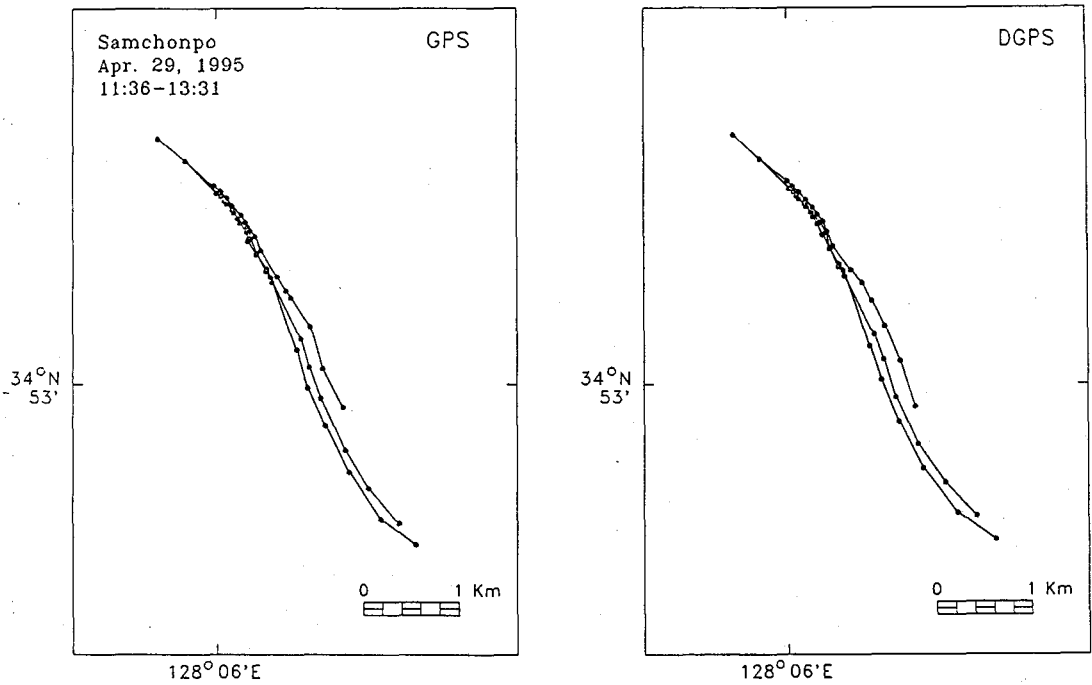


그림 3.12 Trajectories of 3 drifters in the Samchonpo Bay fixed by GPS (left) and by DGPS (right).

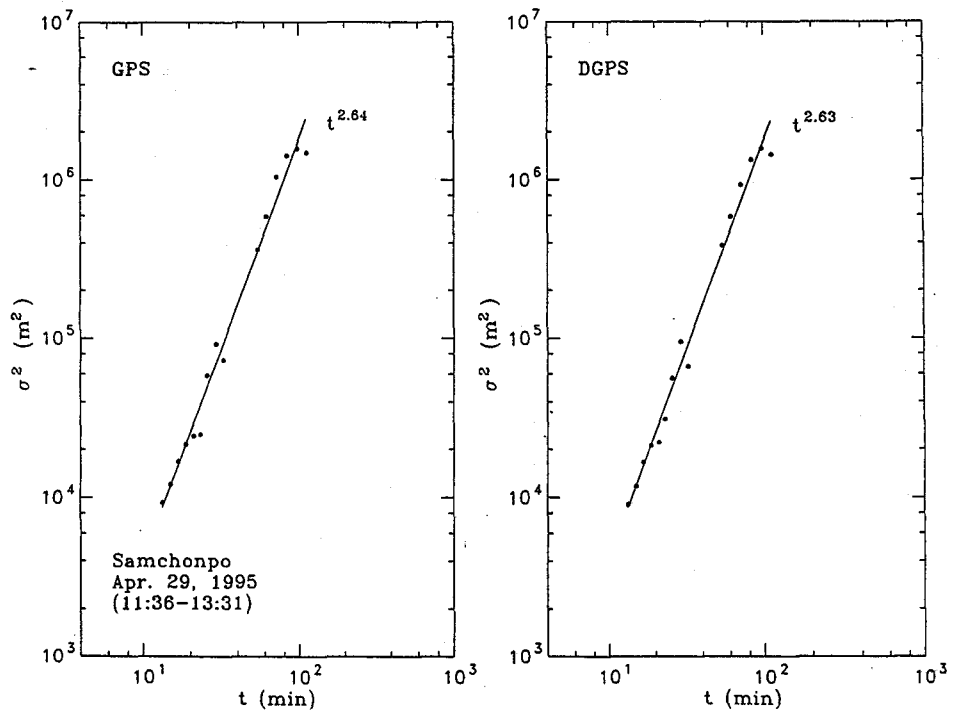


그림 3.13 Variance of separation among 3 drifters in the Samchonpo Bay as a function of time based on positions of drifters fixed by GPS (left) and by DGPS (right).

삼천포만에서 1995년 4월 29일 11:36~13:31의 약 2시간 동안 수행한 부표추적 실험에서 GPS 및 DGPS에 의한 부표의 이동경로는 그림 3.12와 같다. 약 2시간 동안 3개의 부표는 약 5km 정도 이동하였으며, 3개 부표간의 거리는 1km이상 벌어졌다. 삼천포만 실험에서는 진해만의 실험결과와는 달리 부표의 이동경로에 대한 GPS 측위와 DGPS 보정측위 사이에 가시적인 큰 차이는 보이지 않았다. 삼천포만 실험에서의 부표 이동경로 5km에 비하여 GPS에 의한 100m 정도의 위치오차 영향은 상대적으로 적게 나타났다. 부표간 분산과 시간과의 관계식도 그림 3.13에 나타난 바와 같이 거의 유사하게 나타났다.

4. 논의 및 결론

GPS 측위의 오차를 보정하는 방안으로 두대의 GPS 수신기를 이용한 개인용 DGPS에 의한 정밀측위를 조사하였다. 두대의 GPS 수신기로 기준점과 관측점에서 위치를 측정하여 관측점의 위치를 보정하는 이 개인용 DGPS는 장비가 저렴하고, 기기의 설치 및 실험이 쉽다는 장점이 있다. 하지만 개인용 DGPS에서 두 GPS가 동일한 위성의 자료를 활용하기 위해서는 기준점과 관측점이 수 10km 이내에 인접해 있어야 한다는 제한점이 따른다.

육상고정점에서의 측위결과 수평적 위치 오차의 표준편차는 GPS 자체의 경우 16.9m였으며, DGPS의 경우 0.9m로 줄어 들었다. 한편 고도측위 오차의 표준편차는 GPS 자체의 경우 54.2m였으며, DGPS의 경우 1.7m였다. 같은 도로를 차량으로 여러번 반복운행한 이동궤적 측위에서 DGPS를 이용한 경우에는 도로폭 정도에 거의 집중된 궤적이 나타난 반면에, GPS 측위에서는 200m 범위 내에 분산되어 나타났다. 해상부표 실험에서, 부표 이동거리가 1km 이내인 경우 GPS 측위와 DGPS 측위의 결과는 현격한 차이를 보였음에 비하여, 공간적 규모가 수 km 이상되는 실험에서는 DGPS에 의한 위치보정의 효과가 두드러지지 않았다.

GPS 정밀도가 기존의 어떤 항법장치보다 정밀하기

는 하나, 수 미터 이내의 정밀도를 요하는 측위에서는 미흡하다. 본 연구에서 사용된 개인용 DGPS는 개인이 기준국을 설치하고, 기준국과 관측점에서 동일위성이 사용되도록 조절해야 하는 불편은 있지만, 표준편차 1m 정도의 정밀측위가 가능하다. 이 논문에 제시된 개인용 DGPS 기법은 보정치에 대한 무선통신을 통해서 실시간 위치보정에도 활용할 수 있다.

육상에 비하여 위치측정이 상대적으로 어려운 해양에서 개인용 DGPS의 활용성은 대단히 높다. 해류의 이동을 추적하기 위해 GPS를 장착한 부표가 자기의 위치정보를 무선으로 송신하는 TGPS(Transmitting GPS) 장치가 최근 한국해양연구소에서 개발되었다(전 등, 1994). 본 논문에 제시된 개인용 DGPS 기법을 TGPS 실험에 추가하면 부표 이동경로에 대한 보다 정밀한 실시간 추적이 가능하다(이 등, 1995).

본 논문에서 제시된, 두대의 GPS 수신 자료만을 이용한, 개인용 DGPS는 저렴한 장비로서 정밀한 위치측정이 가능하다는 장점이 있다. 개인용 DGPS에 의한 수평위치(x, y) 측위오차는 1m 정도이며, 고도(z) 측위오차는 2m 정도이다. 개인용 DGPS는 산악지대 기상관측소의 위치와 고도의 정밀측정, 조석에 따른 조건대 해안선의 변동 조사, 연안역 수로측량 등과 같은 정밀측위에 효과적으로 사용될 수 있다. 그리고 항공기나 선박을 이용한 해양오염 모니터링에서도 개인용 DGPS 방법은 유용하게 사용될 수 있다.

참 고 문 헌

1. 김용범, 최성린, 이성호, 이상훈, "Differential GPS의 정확도 실험기법 및 결과고찰", 제1차 GPS Workshop Proceedings, 부산, 1994. 11. 24-25, pp. 187-193.
2. 이문진, 강용균, 강신영, 유홍선, "라그랑주 측위에 의한 동해 연안역 유동특성 관측", 해양안전학회지 제1권 제2호, 1995, pp. 53-60.
3. 이영재, "DGPS 원리와 응용", 제1차 GPS Workshop Proceedings, 부산, 1994. 11. 24-25, pp. 22-32.
4. 전호경, 함석현, 석문식, 박동원, "표층해류 관측을 위한 TGPS Buoy 개발 연구", 한국해양학회지 제30

- 권 제1호, 1995, pp. 27-38,
5. Dixon, R. C., "Global Positioning System", Encyclopedia of Earth System Science (Edited by W. A. Nierenberg), Vol. 2, 1992, pp. 395-407.
 6. Wells, D., "Guide to GPS Positioning", Canadian GPS Associates, 1987.
 7. Kang, Y. Q. and M.-J. Lee, "Fractals in the spreading of drifters: Observation and simulation", J. Oceanogr. Soc. Korea, Vol. 29, No. 4, 1994, pp. 392-401.
 8. Motorola, "Motorola GPS Receiver Technical Reference Manual", 1993.