

# GPS/GLONASS의 반송파 위상을 이용한 차량항법

이인수\* · 이용희\*\* · 문두열\*\*\* · 손영동\*\*\*\*

\*(주)한성유아이엔지니어링 부설연구소  
\*\*양산대학 건설교통정보과  
\*\*\*동의대학교 공과대학 토목공학과  
\*\*\*\*한국전력공사 부산전력관리처 토건부

## Vehicle Navigation using Carrier Phase of GPS/GLONASS

In-Su Lee\* · Yong-Hee Lee\*\* · Young-Dong Son\*\*\* · Du-Youl Moon\*\*\*\*

\*Han Sung Urban Information Engineering Co., LTD, Daegu, Korea  
\*\*Dept. of Construction and Transportation Intelligence Engineering, Yangsan College, Yangsan 626-740, Korea  
\*\*\*Dept. of Civil Engineering, Univ. of Dong-Eui, Busan 614-714, Korea  
\*\*\*\*Korea Electric Power Cooperation, Busan Electric Power, Civil Engineering Construction, Busan, Korea

**요 약** : 현재 범세계위치결정체계(GPS)와 추측항법(DR), 기타 장치를 결합한 육상차량항법시스템이 사용되고 있다. 그리고 GPS는 육상항법시스템으로 널리 이용되고 있지만, 도심지 등에서 가시위성의 부족으로 차량의 동적 위치결정에 적절하지 못하다. 따라서 본 연구에서는 GPS의 단점을 보완하기 위해 GPS/GLONASS 결합항법시스템을 이용하여 차량의 동적위치를 결정하였다. 실험결과 도심지에서 많은 장애물과 가시위성에도 불구하고 GLONASS 위성의 부가로 높은 자료획득률을 보여 GPS/GLONASS의 결합항법시스템으로 차량의 동적 위치를 연속적으로 획득할 수 있었다. 그러므로 GPS/GLONASS 결합항법시스템은 도로의 교통흐름의 통제와 효율적 관리에 응용할 수 있을 것으로 사료된다.

**핵심용어** : 범세계위치결정체계, 범세계항법위성시스템, 추측항법, 동적위치결정

**Abstract** : Nowadays, the combined land navigation system using GPS(Global Positioning System) and DR(Deduced Reckoning), etc. has been used. Although GPS is popular with the land navigation system, this is not useful for the kinematic positioning of the vehicles in the urban canyon because of its few satellites. Thus, this study deals with the kinematic positioning of the vehicles with the combined GPS/GLONASS(GLObal NAVigation Satellite System) to compliment the drawbacks of GPS.

So the kinematic positioning of the vehicles can be performed constantly by the combined GPS/GLONASS based on the high acquisition rate of data with the help of GLONASS despite of many obstacles and few satellites tracked in the test sites. Consequently, the combined GPS/GLONASS can be applicable to the control of traffic flow and the effective management of road system.

**Key words** : GPS(Global Positioning System), GLONASS(GLObal NAVigation Satellite System), DR( deduced Reckoning), Kinematic Positioning

## 1. 서 론

현재 우리 나라는 지속적인 도로망 확충에도 불구하고 대도시의 자동차 정체현상은 날로 심화되고 있다. 이에 따라 우리나라의 교통혼잡 비용은 매년 크게 증가하고 있다. 특히 90년대 들어 전 세계적으로 환경보호 운동이 강조되면서 도로와 자동차의 효율적이고 체계적인 관리가 중요해지고 있다.

이에 따라, 위성항법시스템(Satellite Navigation System), 추측항법시스템(DR;Dead Reckoning System), 관성항법시스

템(INS;Inertial Navigation System), 그리고 위성항법시스템과 다른 보조시스템과의 결합 등 여러 가지 항법시스템 기술이 크게 발달하고 있다. 차량항법시스템(CNS;Car Navigation System)이 크게 부각되고 있지만, 도심지 등에서는 많은 문제점을 내포하고 있는 것이 오늘날의 실정이다. 그래서 무료로 전세계에서, 전천후로, 24시간 언제 어디서든 고품질의 위치정보와 시간정보를 얻을 수 있는 위성항법시스템을 차량의 동적위치결정에 이용하고자하는 연구가 진행중이고 있다. 위성항법시스템에는 미국의 GPS(Global Positioning System)와 러시아의 GLONASS (GLObal NAVigation Satellite System)이 크게 이용되고 있다. 현재 GPS는 24기, GLONASS는 예산부족과 수명주기 때문에 9(6)기 위성이 활동하고 있다. GPS 시스템이 3차원 위치결정과 시간정보를 얻을 수 있는 많은 위

\* lis9919@hsuie.co.kr, 053)382-4400  
\*\* 종신회원 : yhlee@mail.yangsan.ac.kr, 055)370-8176  
\*\*\* 정회원 : dymun@dongeui.ac.kr, 051)890-1635  
\*\*\*\* syd0800@kepeco.co.kr, 051)240-3472

성을 확보하고 있고, 무료로 사용할 수 있기 때문에 전세계적으로 널리 이용되고 있다. 또한 해류 흐름의 변동, 위성영상, GPS 자료결합 분석에 의한 선박이동 상황 등의 해양정보체계에도 이용이 가능하다.

그래서 본 연구는 GPS와 GLONASS의 결합효과를 알아보기 위해 도심지역의 공업지대와 평야지대의 공업지대를 모델로 하여 차량의 동적위치를 결정하고자 한다.

## 2. 위성항법 시스템

### 2.1 NAVSTAR GPS

NAVSTAR GPS(NAVigation System Time And Ranging Global Positioning System)는 미국방성이 군사적 목적으로 운영하는 항법시스템으로, 약 20,183 km의 고도를 운행하는 24개의 위성들을 이용하여 지상, 해상 및 공중의 사용자에게 기상상황이나 사용자의 수에 구애받지 않고 수평에서 100m(2σ), 수직에서 156m(2σ), 속도에서 0.3 ms<sup>-1</sup>(2σ), 그리고 시간에서 340ns(2σ)의 정확도로 위치정보를 제공한다.

### 2.2 GLONASS

GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM or GLOBAL'NAYA NAVIGATSIONNAYA SPUTNIKOVAYA SISTEMA (GLONASS)는 사용자에게 지표면이나 그 상공 어디에서든 3차원 위치, 속도벡터 그리고 시간정보를 제공하는 위성항법시스템이다. GLONASS는 러시아 연방의 MoD(Ministry of Defence, Russian Space Forces)로 통제하고 있다. TRANSIT, DORIS나 PRARE와 같은 범세계위치결정체계가 있지만, 미국방부(DoD; Department of Defense)가 개발한 NAVSTAR(Navigation Satellite Timing And Ranging) GPS와 비교할 때 GLONASS가 가장 우수하다. GLONASS는 군사적 항법과 시간정보 제공을 위해 개발되었다. 그러나 1995년 3월 7일 법령으로, 러시아 연방정부는 그 시스템을 군사적인 목적과 일반사용자가 사용할 수 있도록 개방하였다. GLONASS는 민간 사용자에게 의해 항법과 측지 응용 분야에 사용되고 있다.

### 2.3 동적측위

동적측위(kinematic positioning)는 기지국(A)에 한대의 수신기를 설치하고, 또 다른 수신기를 이용해 미지점들을 순회하며, 필요한 관측시점(epoch)만 관측하는 기법으로 단시간에 많은 측정점들을 결정할 수 있는 경제적인 측량기법이다. 여기서 B를 이동국 수신기, j를 위성이라 하면 동적측위의 단일차분(single difference), 이중차분(double difference), 삼중차분(triple difference) 모형들은 위성파 수신기간의 기하학적인 거리는 다음과 같다.

$$\rho_j^B(t) = \sqrt{(X^j(t) - X_B(t))^2 + (Y^j(t) - Y_B(t))^2 + (Z^j(t) - Z_B(t))^2} \quad (1)$$

정적측위(static positioning)와 달리 미지점의 좌표가 시간에 따라 변하므로 각 관측시점에 대해 미지수로 남는다. 따라서, n<sub>t</sub>개의 관측시점에 대한 총 미지수는 3n<sub>t</sub>가 되며, 단일차분, 이중차분, 삼중차분 모형으로 형성된 동적측위의 관측방정식과 미지수의 관계는 다음과 같다.

$$\text{single} : n_j n_t \geq 3n_t + n_j + n_t$$

$$\text{double} : (n_j - 1)n_t \geq 3n_t + (n_j - 1) \quad (2)$$

$$\text{triple} : (n_j - 1)(n_t - 1) \geq 3n_t$$

일반적인 관측방정식과 미지수의 관계는 n<sub>t</sub> = 1인 경우의 동적측위를 해석할 수 없으므로, 단일차분과 이중차분 모형은 미지정수를 제거하여 전체미지수를 줄이는 방법으로 변형된다.

$$\text{single} : n_j \geq 4$$

$$\text{double} : n_j \geq 4$$

(3)

미지정수를 제거한다는 것은 미지정수를 이미 결정했다는 것이다. 삼중차분 모형은 기준이 되는 관측시점에 대한 이동수신기의 좌표를 이미 알고있는 경우에만 사용할 수 있다.

$$\text{triple} : (n_j - 1)(n_t - 1) \geq 3(n_t - 1)$$

$$n_j \geq 4$$

(4)

따라서, 동적측위의 모든 모형들은 기본적으로 4대 이상의 위성관측을 요구하며, 이동수신기는 이동하는 측정점들 중 적어도 한 측정점의 좌표를 알고 있어야만 동적측위의 모든 방정식들이 해결된다. 좌표를 알고있는 측정점은 주로 이동수신기의 출발점이 되며, 이 측정점에 관계된 기선은 기지벡터(baseline vector)가 된다. 기지벡터를 이용해 미지정수가 결정되며, 출발점에서 관측된 4대 이상의 위성신호가 끊어지지 않는 한 이동수신기가 이동하는 모든 측정점에 대해 기지값으로 적용된다.

## 3. 관측실험

### 3.1 실험 대상지역

GPS와 GLONASS의 결합 효과를 알아보기 위해 위성신호 수신에 용이하지 않은 부산시 사하구 장림동의 장림공단과 주위 장애물이 적어 위성신호 수신에 용이한 강서구의 신호공단 두 곳을 선정하였다. Fig. 1은 장림공단을 나타낸 것으로 도로변에 많은 전주가 있고, 2차선·4차선·6차선 그리고 8차선 도로가 있어 차량의 동적 위치결정 실험을 위한 매우 좋은 여건을 가지고 있다. 그리고 신호공단은 장림공단과 비슷한 조건을 가지고 있지만, 고층건물은 거의 없다.

### 3.2 가시위성의 수와 수평위치 정밀도저하율

실험시간 동안 GPS와 GLONASS 결합시스템은 평균 9개의 위성을 추적하였으며, GLONASS 위성은 실험시간에 9대가



Fig. 1 Industry Complex

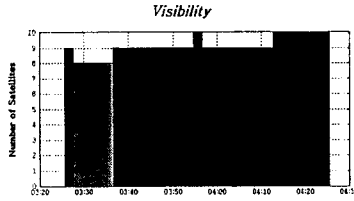


Fig. 2 Visibility of satellites

운행되었고, 실험시간에 최대 3개까지 추적할 수 있었다.

### 3.3 수신기와 안테나

수신기는 JAVAD사의 위성신호수신과 라디오 송수신기를 통합한 Legacy이고, 안테나는 외부형으로, 타입이 Microstrip 인 LegAnt 제품을 이용하였다. 수신기는 L1/L2 C/A 코드와 P 코드 및 반송파 위상을 수신할 수 있고 GPS와 GLONASS 의 L1/L2 신호를 수신할 수 있는 20개 채널을 가지고 있다.

### 3.4 동적측위 실험



Fig. 3 Antennas

차량의 동적 위치를 결정하기 위해 2000년 11월 14일 03:09:16-14:17:42 동안 장림 공장지대와 신호 공장지대에서 24시간 위성을 관측한 측정점을 기준국으로 이용하고, 이동국은 차량에 탑재하여 차량의 이동이나 바람 등에 의해 요동하지 않도록 차대에 고정하였다. Fig. 3은 기지국(A)과 이동국(B)을 나타내고 있다.

## 4. 관측실험 결과 및 분석

### 4.1 위성신호특성에 따른 자료획득률

GLONASS 위성의 부가가 자료획득률에 어떤 영향을 주는지를 평가하기 위해 장림공단(TEST I)과 신호공단(TEST II)에 대해 GPS 단독인 경우와 GPS/GLONASS 결합인 경우의 코드파와 반송파 위상의 자료획득률을 비교하였다. 여기서, 위성신호 수신고도각은 GPS 10°, GLONASS 15° 로 설정하였으며, 코드는 C/A를 이용하였다.

#### 4.1.1 도심지역 공장지대

차량이 고층건물이나 가로수 등이 산재한 도심지를 운행하고 있을 때, 수신기가 수신한 위성신호의 특성에 따른 GPS와 GPS/GLONASS (이하, GG)의 자료획득률을 조사하였다. 그리고 Table 1은 도심지역과 평야지역 공장지대에서 GPS와 GG의 위성신호의 특성에 따른 자료획득률을 정리하였다.

Table 1의 코드에서는 GG가 L1/L2, Lw, Lc에서 8.1%, 그리고 L1에서는 6.5%로 GPS보다 높은 자료획득률을 보였고,

Table 1 Data acquisition rate vs. Frequency (Test I)

Frequency Positioning systems	L1/L2		L1		Lw		Lc	
	code phase	carrier phase	code phase	carrier phase	code phase	carrier phase	code phase	carrier phase
GPS	85.5%	62.0%	87.7%	0%	85.5%	62.0%	85.5%	62.0%
GG	93.6%	75.6%	94.2%	0%	93.6%	75.6%	93.6%	75.6%

반송파 위상에서는 GG가 L1/L2, Lw, Lc에서 13.6% GPS 보다 높았고, L1에서는 0%로 서로 같았다. 따라서 도심지역 공장지대에서 GG가 GPS보다 높은 자료획득률을 보여주고, L1 반송파 위상만의 자료획득은 불가능함을 알 수 있었다.

#### 4.1.2 평야지역 공장지대

도심지역의 공장지대와 달리 차량이 다니는 도로주변에 큰 가로수나 고층빌딩이 존재하지 않는 평야지역 공장지대에서 GPS와 GG의 자료획득률을 조사하였다. Table 2는 평야지역 공장지대에서의 GPS와 GG의 위성신호의 특성에 따른 자료획득률을 정리하였다.

Table 2에서는 코드와 반송파 위상 모두에서 높은 자료획득률을 보였다. 이것은 평야지역에서는 GPS와 GLONASS 모두 가시위성의 수가 충분하였고, GPS만으로도 충분한 자료획득이 가능했음을 보여 주고 있다.

### 4.2 위성신호 수신고도각에 따른 자료취득률

#### 4.2.1 도심지역 공장지대

수신기의 위성신호 수신고도각에 따라서 자료획득률도 큰 차이를 보이고 있다. 특히 도심지역에서는 고층건물이나 가로수 등이 많이 있으므로 위성신호 수신고도각에 따라 자료획득률도 큰 차이를 보였다. Table 3에서 음영이 설정된 부분은 GPS 단독인 경우의 위성신호 수신고도각에 따른 코드와 반송파 위상의 자료획득률(팔호속)이다. GPS 단독의 경우, 코드는 위성신호 수신고도각이 40°에서 자료획득이 이루어지지 않았고, 반송파 위상의 경우는 20°이상의 경우에 자료획득이 이루어지지 않았다.

그리고 GG의 경우는 GPS와 GLONASS가 5°와 10°인 경우, GPS 단독보다 코드에서 8.1%, 반송파 위상에서 약13.5% 자료획득률이 높았으며, 위성신호 수신고도각 20°에서, 코드는 34.2%, 반송파 위상은 8%로 GG가 GPS보다 높은 자료획득률을 보였다. 특히 GPS의 경우는 수신고도각 20°의 경우에는 반송파 위상은 전혀 자료취득이 이루어지지 않았다. 또한 위성신

Table 2 Data acquisition rate vs. Frequency (Test II)

Frequency Positioning systems	L1/L2		L1		Lw		Lc	
	code phase	carrier phase	code phase	carrier phase	code phase	carrier phase	code phase	carrier phase
GPS	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
GG	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Table 3 Data acquisition rate vs. elevation cutoff(Test I)

Elevation cutoff (GPS) \ Elevation cutoff (GLONASS)	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
Elevation cutoff (GPS)	85.5% (62.2%)	85.5% (62.0%)	82.5% (50.6%)	59.4% (0%)	59.4% (0%)	59.4% (0%)	23.7% (0%)	0%	0%
Elevation cutoff (GLONASS)	93.6% (75.6%)								
5°		93.6% (75.6%)							
10°			93.6% (75.6%)						
15°				94.4% (60.7%)					
20°					93.6% (8.0%)				
25°						93.6% (8.0%)			
30°							90.1% (8.0%)		
35°								30.2% (0%)	
40°									0%
45°									

호 수신고도각 40°에서 GPS 단독의 경우, 코드와 반송파 위상은 전혀 관측되지 않은 반면에, GG의 경우는 코드가 30.2%로 관측되었다. 따라서 GPS에 GLONASS 위성을 추가함으로써 훨씬 높은 자료 획득률이 얻어짐을 알 수 있었다.

4.2.2 평야지역 공장지대

평야지역 공업지대에서 GG에 의한 코드와 반송파 위상의 자료획득률을 조사하여 GLONASS가 장애물이 없는 양호한 실험지역에서 어떤 결과값을 보이는지를 검토하기 위해 도심지역 공장지대에서의 동일하게 실험을 하였다. Table 5는 평야지역 공업지대에서의 GPS와 GG에 의한 코드와 반송파 위상의 자료획득률을 정리한 것이다.

Table 4에서 알 수 있듯이 평야지역의 공업지대에서는 GPS 단독인 경우와 GG의 경우의 자료획득률은 위성신호 수신고도각 30°까지는 코드와 반송파 위상에서 동일한 자료획득률을 보였으며, 위성신호 수신고도각 40°에서 GPS 단독인 경우 코드 자료획득률이 9.9%로 GG의 96.5%에 비해 훨씬 낮은 것을 알 수 있었으며, GPS와 GG 모두 위성신호 수신고도각 45°에서는 자료획득이 이루어지지 않았다. 여기에서 평야지역 공업지대와 같이 위성신호에 나쁜 영향을 미치는 고층빌딩이나 가로수 등이 없는 곳에서는 GPS 단독만으로도 높은 자료획득률을 보여 줌을 알 수 있었다. 따라서 GG는 도심지역의 공업지대와 같은 많은 장애물이 존재하는 곳에서 큰 역할을 할 수 있을 것이다.

4.3. 차량의 궤적 비교

위성항법시스템으로 구한 차량 궤적의 정밀도를 평가하기 위해 3차원측량기(TS; Total Station)를 이용해서 TEST I 과 TEST II에 대해 도로의 중앙차선을 관측하였다. 관측시에는 실험조건에 따라 실제 차량이 이동한 궤적과 3차원측량기가 관측한 지점과는 약 1m~4m의 차이가 발생하였다.

Table 4 Data acquisition rate vs. elevation cutoff(Test II)

Elevation cutoff (GPS) \ Elevation cutoff (GLONASS)	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
Elevation cutoff (GPS)	100% (100%)	100% (100%)	100% (100%)	100% (100%)	100% (100%)	100% (0%)	9.9% (0%)	0%	0%
Elevation cutoff (GLONASS)	100% (100%)								
5°		100% (100%)							
10°			100% (100%)						
15°				100% (100%)					
20°					100% (100%)				
25°						100% (100%)			
30°							100% (0%)		
35°								100% (0%)	
40°									96.5% (0%)
45°									0%

Fig. 4와 Fig. 5는 각각 TEST I 과 TEST II의 3차원측량기에 의한 성과를 도시한 것이다. 실험지역을 TEST I, TEST II로 나누고 다시 각 지역에 대해 GPS L1/L2, GPS L1, GG L1/L2, 그리고 GG L1으로 나누어, 3차원측량기에 의한 궤적과 위성항법시스템의 반송파 위상을 이용한 차량궤적을 구하였다.

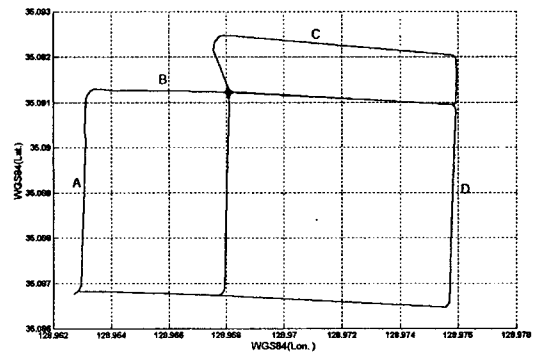


Fig. 4 Trajectory(TS , TEST I)

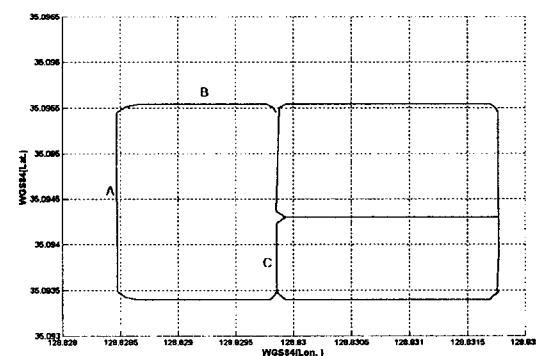


Fig. 5 Tarjectory(TS , TEST II)

### 4.3.1 도심지역 공장지대

가. GPS L1/L2, GGL1/L2 반송파 위상을 이용한 경우

Fig. 6과 Fig. 7은 TEST I에서 GPS와 GG에 의한 2주파 수신기를 이용해서 구한 차량궤적을 도시한 것이다. 여기서, L1/L2와 L1에 의한 성과는 조금 상이하지만 일반적으로 Fig. 6과 Fig. 8에서 볼 수 있듯이 Fig. 5의 A 구간(4차선), C 구간(2차선), D 구간(4차선)에 해당하는 곳에서 GPS의 경우는 거의 자료획득이 이루어지지 않아서 차량의 위치를 결정할 수 없었고, 반면에 Fig. 7과 Fig. 9의 GG에 의한 경우에서도 전 구간에서 높은 자료획득은 이루어지지 않았지만 특히, A 구간에서는 거의 완벽하게 자료획득이 이루어져 차량궤적을 구할 수 있었다. 여기서 파선으로 이루어진 부분은 실제 자료획득이 이루어지지 않은 곳이며, 원(circle)부분이 실제 자료획득이 이루어진 부분으로서, GPS와 GG의 성과가 이 부분에서 명확하게 구별된다. Fig. 6~Fig. 9의 차량 이동궤적을 통해서 A 구간 등은 GLONASS의 추가로 높은 자료획득이 가능하여 차량의 위치를 결정할 수 있었지만, C 구간에서는 GLONASS 추가로 GPS 보다 조금 자료 획득률이 높았다. 이 구간은 도로양쪽에 고층건물이 있어 위성관측에 매우 열악한 조건이기에 지속적인 차량궤적을 구하기에는 어려움이 있었다.

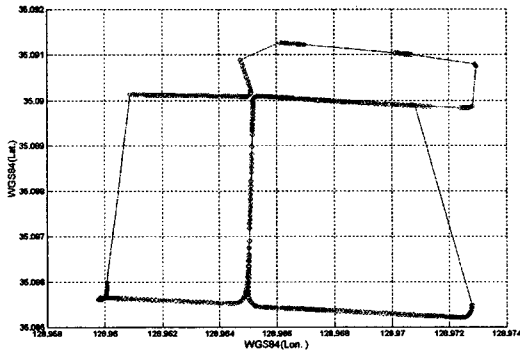


Fig. 6 Trajectory(GPS L1/L2, TEST I)

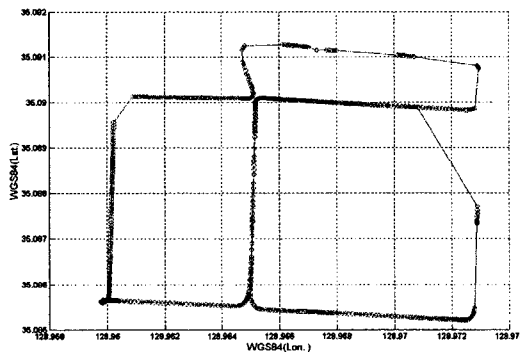


Fig. 7 Trajectory(GG L1/L2, TEST I)

나. GPS L1, GG L1 반송파 위상을 이용한 경우

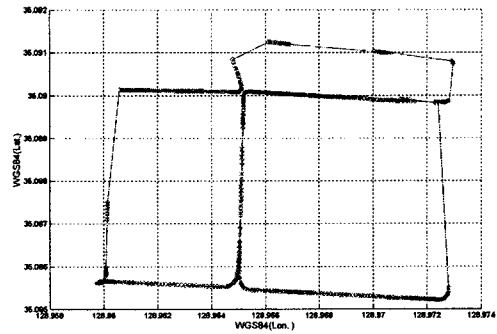


Fig. 8 Trajectory(GPS L1, TEST I)

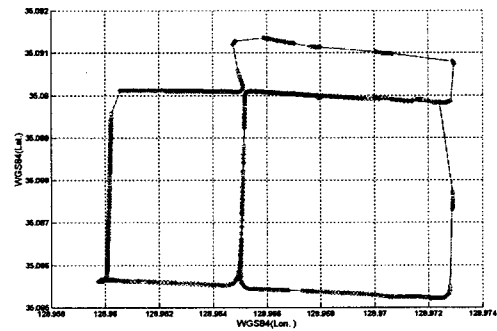


Fig. 9 Trajectory(GG L1, TEST I)

### 4.3.2 평야지역 공장지대

가. GPS L1/L2, GGL1/L2 반송파 위상을 이용한 경우

Fig. 10~Fig. 13은 평야지역의 공업지대에서 위성항법시스템으로 구한 차량의 이동궤적이다. 그림에서 볼 수 있듯이, 4개의 차량 이동궤적이 거의 유사한 형태를 보여주고 있으며, Fig. 5의 3차원측량기에 의한 궤적과 큰 차이를 발견할 수 없을 정도로 매우 유사하다. 특히 GPS에 의한 궤적인 Fig. 10과 12, 그리고 GG에 의한 궤적인 Fig. 11와 13은 매우 유사한 궤적을 보이고 있다. 따라서 충분한 가시위성을 확보할 수 있는 지역인 평야지역의 공업지대에서는 GPS만으로도 충분히 높은 위치자료를 수 있어 차량의 이동궤적을 계속 구할 수 있었다.

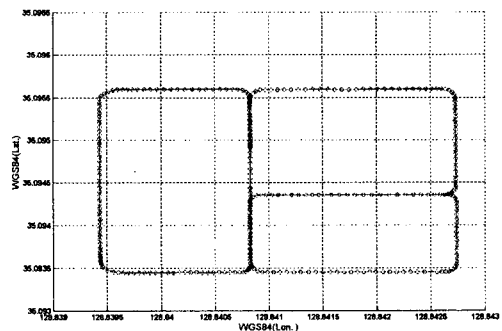


Fig. 10 Trajectory(GPS L1/L2, TEST II)

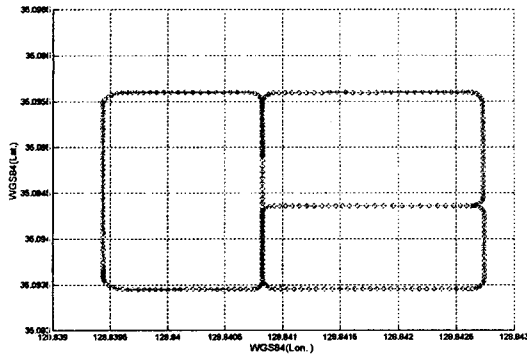


Fig. 11 Trajectory(GG L1/L2, TEST II)

나. GPS L1, GG L1 반송파 위상을 이용한 경우

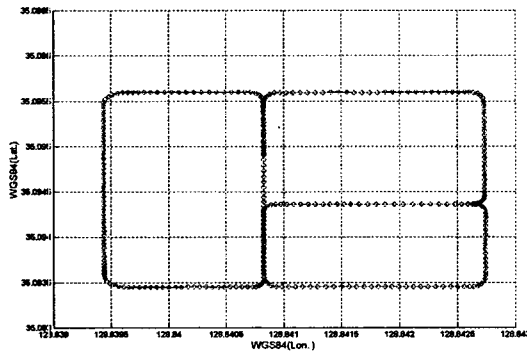


Fig. 12 Trajectory(GPS L1, TEST II)

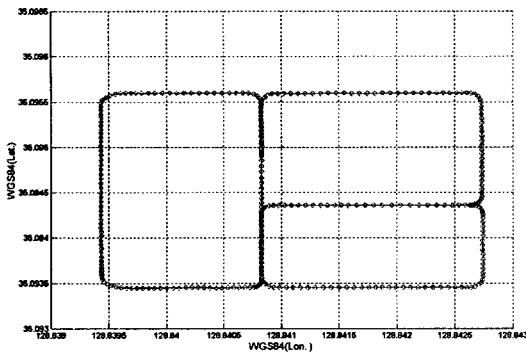


Fig. 13 Trajectory(GG L1, TEST II)

4.4 차량의 이동궤적의 정확도 평가

차량의 동적위치를 구하기 위해 3차원측량기에 의한 차량의 이동궤적과 위성항법시스템으로 구한 차량의 이동궤적의 차이를 국립지리원 수치지도 작성 작업내규의 표준편차와 비교하여 그 정확도를 평가하였다.

그리고 Table 7은 위 표들의 성과를 전체적으로 정리한 것이다. 표에서 알 수 있듯이 도심지역의 공장지대(TEST I)의 경우 위성항법시스템과 3차원측량기에 의한 궤적의 차이는 평균

Table 5 Digital restitution standard variation of job regulation of digital map composition by NGI (position error on map : 0.2 mm)

Scale	Horizontal (m)	Contour (m)	Elevation (m)
1 : 1,000	± 0.20	± 0.30	± 0.15
1 : 5,000	± 1.00	± 1.00	± 0.50
1 : 25,000	± 5.00	± 3.00	± 1.50

Table 6 Digital restitution standard variation of job regulation of digital map composition by NGI (position error on map : 0.4 mm)

Scale	Horizontal (m)	Contour (m)	Elevation (m)
1 : 1,000	± 0.40	± 0.60	± 0.30
1 : 5,000	± 2.00	± 2.00	± 1.00
1 : 25,000	± 10.00	± 6.00	± 3.00

2.5219m이고, 표준편차는 0.3025m이다. 그리고 평야지역의 공장지대(TEST II)의 경우는 평균이 0.2105m, 표준편차는 0.0778m로서 평야지역의 공장지대는 도심지역의 공장지대보다 평균과 표준편차에서 각각 2.3114m, 0.2247m 우수한 성과를 보여주었다.

Table 7 Comparison of Mean and RMS of coordinates differences between GG, GPS and TS(TEST I, TEST II)

Positioning system Difference of grid coordinates	TEST I				TEST II			
	GPS L1/L2	GPS L1	GG L1/L2	GG L1	GPS L1/L2	GPS L1	GG L1/L2	GG L1
Mean (m)	2.6726	2.4585	2.1289	2.8274	0.2268	0.3140	0.1508	0.1505
RMS (m)	1.4429	1.7261	1.7688	3.1847	0.2072	0.2263	0.1817	0.1819

Table 7.의 평균에서 TEST I은 2.1289m~2.8274m이고, TEST II는 0.1505m~0.3140m로서 TEST I의 값들은 Table 6의 1:5,000의 수평 허용오차인 2.0m에 근접하며, TEST II의 값들은 Table 5의 1:1,000의 수평허용오차인 0.20m에 근접한다.

따라서 도심지역에서의 값들이 상대적으로 크게 나타난 것은 3차원측량기는 도로의 중앙선을 측정된 반면에 위성항법시스템에 의한 궤적은 중앙선과 1~2차선 정도의 간격을 두고 이루어졌기 때문이다. 이런 부분을 고려하여 수정하면 더욱 더 정밀한 성과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

5. 결론

1. 자료획득률 면에서는 도심지역에서 코드는 GG가 GPS보다 L1/L2, Lw, Lc에서 8.1%, 그리고 L1에서 6.5% 높은 자료획득률을 보였고, 반송파 위상에서는 GG가 L1/L2, Lw, Lc

에서 13.6% GPS 보다 높았고, L1에서는 0%로 서로 같았다. 평야지역에서는 코드와 반송파 위상에서 GPS, GG는 100%의 자료획득율을 보여, 가시위성이 부족한 도심지역의 공업지대에서 GLONASS가 차량의 동적위치결정에 크게 기여하였다.

2. 위성항법시스템으로 구한 차량 궤적의 정밀도를 수치지도 제작 허용오차와 비교한 결과, 도심지역의 경우 궤적의 차이는 평균 2.5219m이고, 평야지역의 경우는 평균이 0.2105m로서 충분한 가시위성이 확보된 평야지역에서 우수한 성과를 보여주었으며 도심지역의 성과는 1:5,000의 수평 허용오차인 2.0m에 근접하며, 평야지역의 성과는 1:1,000의 수평 허용오차인 0.20m에 근접하여 실용적으로 충분히 사용가능 하리라 사료된다.

지금까지는 미국이 통제하는 GPS 로 모든 위치를 결정하고 있으나 실시간 관측값의 정확도를 고의적으로 격하시키는 시스템이 설계되어 있으므로 이에 대한 방안으로서 GLONASS나 기타 항법시스템 개발과 활용에 대한 연구가 선행되어야 하고, GPS 자료분석에 의한 해류이동이나 해양관측, 선박 이동 경로 등 해양정보체계(Disaster Information System, MIS)의 연구에 도움이 될 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

[1] 박운용, 이기부, 홍순현, 이인수(2000) RTK와 DR 결합에 의한 정확한 동적위치결정에 관한 연구. 대한토목학회 학술발표회집, pp. 577-580.

[2] 강준목, 김홍진, 박정현, 선재현(2000) GPS/GLONASS 측위정확도 분석. 대한토목학회 학술발표회집, pp.609-612.

[3] 표현명, 최홍석(1998) 차세대 위성 항법시스템 기술에 대한 고찰. 정보통신연구 제 12권 제 3 호.

[4] Ashtech Office Suite for Survey : User's Manual (1997), pp 231.

[5] Ashtech Inc(1997) GPS+GLONASS Technology and the GG24TM Receiver - Technical papers. Kifer Road, Sunnyvale, CA 94086 USA.

[6] B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger, and J. Collins(1997) GPS : Theory and Practice, pp.181-200.

[7] Frank van Diggelen(1997) GPS and GPS+GLONASS RTK, ION-GPS 97, Kansas City, Missouri.

[8] Günter Seeber(1993) Satellite Geodesy Foundations, Method, and Applications, pp. 350-355.

[9] Jim Stephen(2000) Department of a Multi-Sensor GNSS Based Vehicle Navigation system. MSc Thesis, University of Calgary.

[10] T.Hall, B.Burke, M.Pratt, and P.Misra(1997) Comparison of GPS and GPS+GLO-NASS Positioning Performance, Proceedings of ION GPS-97, pp.1543-1550.

---

원고접수일 : 2002년 07월 26일

원고채택일 : 2002년 08월 09일