

Real-time DGPS/DGLONASS에 의한 차량의 동적위치결정에 관한 연구

Kinematic Positioning of Vehicle with Real-time DGPS/DGLONASS

박운용* · 이인수** · 신상철*** · 곽재하****

Park, Woon-Yong · Lee, In Su · Shin, Sang Chul · Kwak, Jae Ha

要 旨

최근에 GPS가 차량항법시스템으로 큰 역할을 해왔지만, 가로수와 고층빌딩 등이 산재한 도심지에서는 가시위성의 수의 제한으로 연속적으로 정확하게 차량의 동적위치를 결정할 수 없는 실정이다. 이런 GPS의 단점을 보완하기 위해 1996년 완전히 가동된 러시아의 위성항법시스템인 GLONASS를 도입하여 GPS의 보조항법시스템으로 사용하고자 하는 연구가 활발하다. 그래서 본 연구에서는 Real-time code differential positioning 기법으로 차량의 동적위치를 결정하여, Real-time DGG(DGPS/DGLONASS)가 차분측위해의 획득율과 수평위치 정밀도저하율(HDOP; Horizontal Dilution of Precision)에서 Real-time DGPS보다 훨씬 우수한 값을 얻었으며, 이를 통해 GPS와 GLONASS의 결합이 정확한 차량의 동적위치결정에 기여하고 있음을 알 수 있었다.

ABSTRACT

Nowadays GPS play a important roles in the navigation system of vehicles, but, it doesn't determine the kinematic positions of vehicles accurately because of few satellites in the urban canyon covered with trees and high buildings. So GLONASS (GLObal Navigation Satellites System), the Russian satellites' system, operated in 1996, was introduced to overcome this drawbacks. Therefore, this study deals with the kinematic positioning of vehicles with Real-time code differential positioning methods. As a result, Real-time DGPS/DGLONASS is better than Real-time DGPS in the differential corrected positions and HDOP (Horizontal Dilution of Precision). And it was shown that the combined GPS/GLONASS contributes to the precise kinematic positioning of vehicles.

1. 서 론

항법(navigation)이란 어떤 지점에서 다른 지점으로 이동하는 물체의 위치, 속도, 시간, 자세 등을 결정하는 과정으로 문명사회에서 오랜 역사를 가지고 있다. 항법기술은 지문항법(piloting), 천문항법(celestial navigation)에서 시작하여 관성항법시스템(INS; Inertial Navigation System) 등으로 발전하였으며, 최근에는 전파를 이용하여 위치를 측정하는 무선항법시스템(Radio navigation system)

이 개발되었다. 초기에는 RADAR(Radio Detection and Ranging), OMEGA, LORAN C, DECCA 등의 지상 무선항법시스템이 대부분이었다.

그러나 지상 무선항법시스템들은 서비스영역의 한계나 악천후 시 성능저하 등의 문제점이 단점으로 지적되었다. 이러한 문제점에 대한 해결책으로 위성항법시스템이 등장하게 되었다. 이의 대표적인 예가 1995년 완전 가동한 범세계 위치결정체계(GPS; Global Positioning System)로, 미 국방부에 의해서 계획 제작된 위성을 이용하여 정밀비행과 정확한 3차원 위치결정이 가능할 뿐만 아니라 높은 정확도가 유지되는 국가 기준점 설치, 지적경계 측량, 지각변동의 측정으로부터 도로의 건설, 유지관리 및 교통안전에까지 성공적으로 이용되고 있다. 그리고 다

*동아대학교 토목·해양공학부 교수

**동아대학교 대학원 토목공학과 박사과정

***동아대학교 토목·해양공학부 시간강사

****부산정보대학 지적과 전임강사

른 하나는 1996년 완전히 가동된 GLONASS로서 GPS와 유사한 러시아의 위성항법시스템이다. GLONASS는 현재 예산의 부족과 위성수명의 문제 등으로 완전한 위성의 운영에 다소 문제점이 있지만, GPS의 보조항법시스템으로 큰 역할을 할 수 있을 것이다.¹⁾ 그래서 본 연구에서는 GPS 단독으로 충분한 가시위성을 확보할 수 없는 고층건물, 가로수 등이 산재한 도심지 등에서 Real-time DGPS/DGLONASS 기법에 의해 차량의 동적위치를 결정하고자 한다.

2. GPS와 GLONASS

2.1 GPS

NAVSTAR GPS(NAVigation System Time and Ranging Global Positioning System)는 미 국방성이 군사적 목적으로 운영하는 위성항법시스템으로, 약 20,183

km의 고도를 운행하는 24개의 위성들을 이용하여 지상, 해상 및 공중의 사용자에게 기상상황이나 사용자의 수에 구애받지 않고 수평에서 100 m(2σ), 수직에서 156 m (2σ), 속도에서 0.3 m/s(2σ), 그리고 시간에서 340 ns(2σ)의 정확도로 위치정보를 제공한다.

2.2 GLONASS

GLONASS는 미국의 GPS와 비슷하며, 민간서비스와 군용서비스 두 가지로 제공하고 있으며, 시스템은 위성부분, 지상부분, 사용자부분으로 나뉜다. 위성부분은 1995년에 완성되었으며, 21개의 위성군과 3개의 예비위성으로 구성된다. 지상부분은 위성을 제어하고 추적하며 위성의 위치정보와 시간정보, 기타 데이터를 위성으로 전송하기 위한 부분이다. 러시아 국방성이 GLONASS의 소유자이며, 최대의 사용자이다. Fig. 1은 GLONASS와 GPS의 위성배치를 보여주고 있으며 GLONASS와 GPS

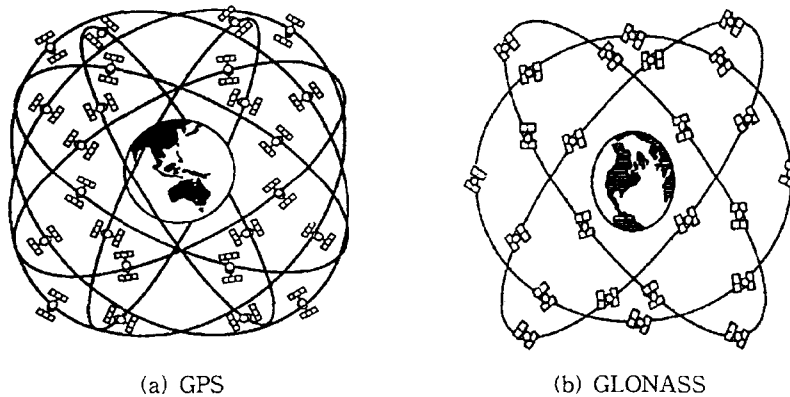


Fig. 1. GPS and GLONASS satellite constellation²⁾

Table 1. Comparison in space segment of GLONASS and GPS

Item	GLONASS	GPS
No. of satellites	24	24
No. of orbital planes	3	6
Orbital inclination	64.8°	55°
Orbit altitude	19,130 km	20,180 km
Period of revolution	11 ^{hr} 15 ^m 40 ^s	11 ^{hr} 58 ^m 00 ^s
Frequency band L1	1.602 - 1.615 MHz	1.575 MHz
Frequency band L2	1.246 - 1.256 MHz	1.228 MHz
Codes	same for all satellites C/A-code on L1 P-code on L1, L2	different for all satellites C/A-code on L1 P-code on L1, L2

의 우주부문에 대한 중요특성은 Table 1에 정리하였다.

3. 차분측위

차분측위(differential positioning)는 두대 이상의 수신기를 사용하는 기술로서, 기지좌표를 가진 기지국 A에 한대의 수신기를 설치하고 이동국 수신기 B는 이동한다. 기준 혹은 기지국에서는 의사거리보정량(PRC; Pseudo-Range Corrections)과 거리율보정량(RRC; Range Rate Corrections)을 생성하여 실시간으로 이동국 수신기에 전송한다. 이동국 수신기는 그 보정량을 측정된 의사거리에 적용해서 보정된 의사거리로 단독측위를 수행한다.

3.1 코드를 이용한 실시간 차분측위

기지국 A의 관측시점(epoch) t_0 에서 측정된 코드 의사거리는 아래와 같은 모형을 가진다.

$$R_A^j(t_0) = \rho_A^j(t_0) + \Delta\rho_A^j(t_0) + c\delta^j(t_0) - c\delta_A(t_0) \quad (3-1)$$

여기서, $R_A^j(t_0)$: 측정점 A와 위성 j사이의 코드 의사거리(m)
 ρ_A^j : 위성 j와 측정점 A사이의 기하학적 거리(m)
 $\Delta\rho_A^j(t_0)$: 위성 j와 측정점 A사이의 방사 궤도오차(m)
 c : 빛의 속도(m/sec)
 δ, δ_A : 위성과 수신기의 시계오차 (sec)

거리 $\rho_A^j(t_0)$ 는 기지값이고 기준시간 t_0 에서 위성 j에 대한 코드 의사거리보정량은 아래와 같이 모형화시킬 수 있다.

$$\begin{aligned} PRC^j(t_0) &= -R_A^j(t_0) + \rho_A^j(t_0) \\ &= -\Delta\rho_A^j(t_0) - c\delta^j(t_0) + c\delta_A(t_0) \end{aligned} \quad (3-2)$$

연속적인 거리보정량으로부터 거리율보정량 $RRC^j(t_0)$ 는 미분으로 계산할 수 있다. 따라서 임의 관측시점(epoch)에서 코드 의사거리보정량은 아래와 같이 근사적으로 나타낼 수 있다.

$$PRC^j(t) = PRC^j(t^0) + PRC^j(t^0)(t - t^0) \quad (3-3)$$

여기서 지연 $(t - t_0)$ 는 높은 정확도에는 필수적이다. 관측시점(epoch) t에서 이동국 B에서 측정된 코드거리는 식 (3-1)과 유사한 형태로 아래와 같이 모형화시킬 수 있다.

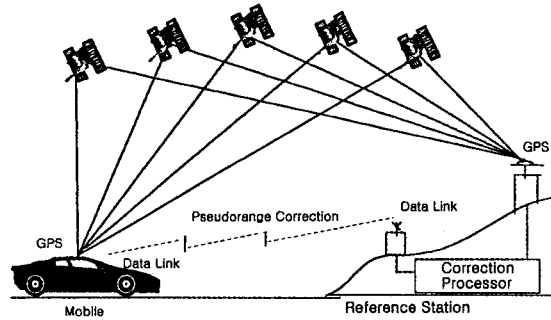


Fig. 2. Real-time code differential positioning⁴⁾

$$R_B^j(t_0) = \rho_B^j(t_0) + \Delta\rho_B^j(t_0) + c\delta^j(t) - c\delta_B(t) \quad (3-4)$$

거리보정량을 측정된 의사거리에 적용하면 측정점 B와 위성사이의 보정된 의사거리는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} R_B^j(t)_{corr} &= R_B^j(t) + PRC^j(t) \\ &= \rho_B^j(t) + (\Delta\rho_B^j(t) - \Delta\rho_A^j(t)) - (c\delta_B(t) - c\delta_A(t)) \end{aligned} \quad (3-5)$$

여기서는 위성시계오차가 제거된다. 적절한 기선길이에 서, 기지국과 이동국에서 방사 궤도오차는 상관성이 매우 크다. 방사 궤도오차를 무시하면 식 (3-5)는 다음과 같이 표기할 수 있다.

$$R_B^j(t)_{corr} = \rho_B^j(t) - c\Delta\delta_{AB}(t) \quad (3-6)$$

여기서 $\Delta\delta_{AB}(t) = \delta_{B(t)} - \delta_{A(t)}$ 는 수신기의 결합 오차이다. SA로 인한 교란효과들은 근본적으로 제거되었다. 이런 효과는 이온층이나 대류권 굴절에도 동일하게 적용된다. 측정점 B에서의 단독측위는 보정된 코드 의사거리로 이루어지며 위치정확도가 향상된다. 그리고 코드 의사거리보정량은 RTCM(Radio Technical Commission for Maritime) 포맷으로 전송되므로 "RTCM Differential GPS"라고도 한다.³⁾ Fig. 2는 실시간 차분측위의 개념도이다.

4. 실험 및 자료분석

4.1 실험지역

GPS와 GLONASS 위성항법시스템을 이용하여 차량의 동적위치를 결정하기 위해 실험지역으로서 부산시 사하구 장림동의 장림공단을 선정하였다. 이 지역은 면적이 약 0.485 km²이고, 승용차를 실험에 이용하였으며, 차량

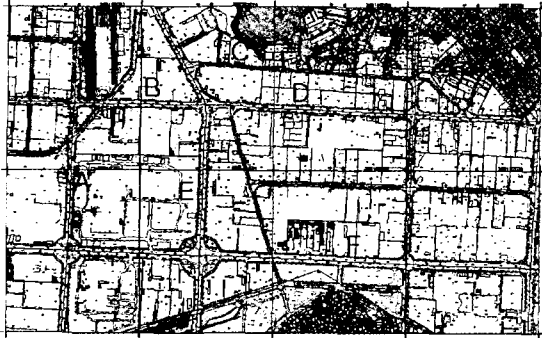


Fig. 3. Digital map of JANGRIM Industrial Area

의 운행속도는 약 20 km/hr였다. 그리고 공단내에는 2차선·4차선·8차선 도로, 고층건물 및 전주 등이 많은 편으로, 차량이 운행되는 지역은 위성신호 수신에 매우 어려우므로, 이곳이 실험지역으로서 매우 좋은 장소로 판단되어 선정하였다. 그리고 수신기는 수신기와 라디오 송신기가 통합된 Javad사의 Legacy이고, 안테나는 외부형으로 Microstrip 타입인 LegAnt를 이용하였다. Fig. 3은 실험지역의 1:1,000 수치지도이다.

4.2 실시간 동적측위 실험

GPS/GLONASS(이하, GG)에 의한 차량의 동적위치를

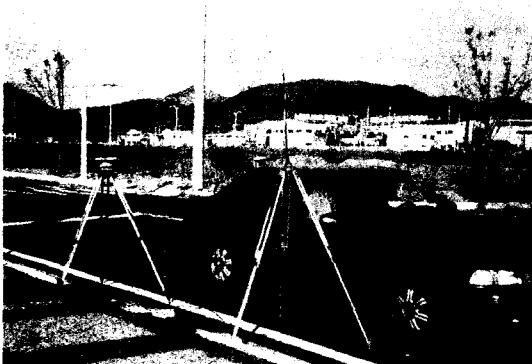


Fig. 4. Base (A) and Rover (B)

결정하기 위해 기지국에 한대의 안테나를 설치하고 또 다른 이동국 안테나는 차량 뒷부분에 설치하였다. 특히 이 실험은 차량이 이동하는 과정에서 이루어지므로, 이동국 안테나가 바람이나 차량자체에 의한 진동으로 인해 요동하여, 위성신호 수신에 영향을 줄 수 있으므로 차량에 단단히 고정하였다. Fig. 4는 실험에 이용한 기지국(A)와 차량에 탑재한 이동국(B)를 나타낸 것이다. 그리고 Table 2는 실험지역에서 시간대별로 추적한 위성을 나타낸 것이다. 여기서, G는 GPS, R은 GLONASS를 나타낸 것이다.

4.3 코드를 이용한 실시간 차분측위

Fig. 5는 코드를 이용한 실시간 DGG(Real-time DGPS/DGLONASS)에 의한 차량의 이동궤적으로서, 원(circle) 부분은 의사거리보정량을 통해 보정이 이루어진 위치를 나타낸 것이며, 사각형(square) 부분은 보정이 이루어지지 않은 의사거리를 이용한 위치(Autonomous positions) 또는 원시자료(raw data)에 의해 구해진 위치를 나타내고 있다. 특히, * 부분은 고층건물이 밀집한 장소이고, 건물의 모서리부분이며, 또한 기지국(진한 사각형)에서 가장 먼 장소로서 무선통신이 잘 되지 않은 장소로서, 의사거리보정량을 받을 수가 없어 차량의 위치

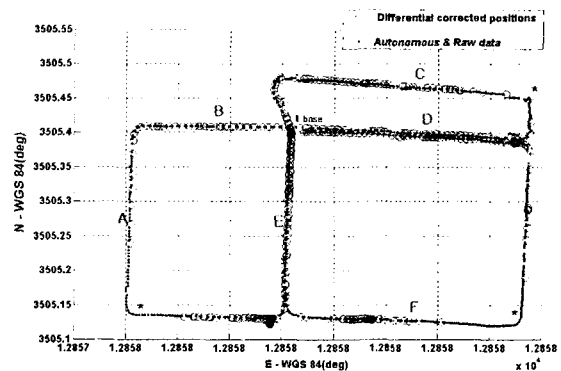


Fig. 5. Moving trajectory of vehicle using Real-Time DGG

Table 2. Schedule of test

Local time	Receiver	Base	Rover	Comment
23:03:09-23:19:16		G : 2, 4, 7, 8, 11, 20, 31 R : 1, 8, 15, 17, 22	G : 2, 4, 7, 8, 11, 20, 31 R : 1, 8, 17, 22	Real-Time DGG
23:51:58-24:07:13		G : 1, 2, 4, 7, 11, 13, 20	G : 1, 2, 4, 7, 8, 11, 13, 20	Real-Time DGPS

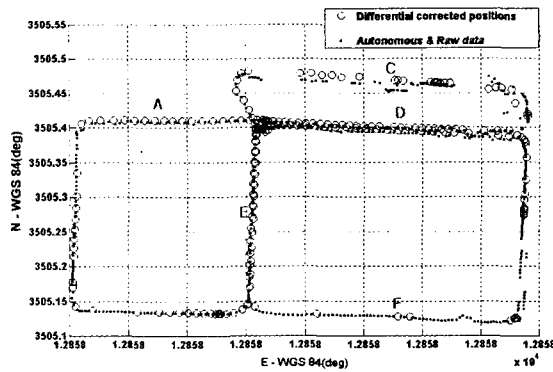


Fig. 6. Moving trajectory of vehicle using Real-Time DGPS

를 결정할 수 없었다.

그리고 Fig. 6은 코드를 이용한 실시간 DGPS(Real-time DGPS)에 의한 차량의 이동궤적으로서, Fig. 6의 원(circle) 부분은 의사거리보정량을 통해 보정이 이루어진 위치를 나타낸 것이며, 사각형(square)부분은 보정이 이루어지지 않은 의사거리를 이용한 위치 또는 원시자료에 의해 구해진 위치를 나타내고 있다. 특히 여기서는 C 구간에서 실시간 DGG와 실시간 DGPS 기법이 뚜렷한 차이를 보이고 있다. 특히 Fig. 5의 C구간에서는 보정이 이루어진 부분과 그렇지 않은 부분이 큰 차이를 보이지 않은 반면에, Fig. 6의 C구간에서는 큰 차이를 보이고 있다. 이것은 C구간은 2차선 도로로서 옆에 고층건물이 있어 GPS 단독으로는 가시위성의 확보가 어려워, 위성자료의 획득이 불가능함을 보여주는 것이다. 그리고 Table 3은 실시간 DGPS와 실시간 DGG에서 얻은 자료 획득분포를 나타내었다. 실시간 DGG는 자료획득이 불가능한 부분이 1.20%, 그리고 실시간 DGPS는 4.8%로서 실시간 DGG가 많은 자료를 획득하였고, 차분보정해의 비율도 실시간 DGPS 보다 약 10% 이상 높았다.

그리고 실시간 DGG와 실시간 DGPS의 수평성분(위도, 경도) 계산치의 정확도를 나타내기 위해 차량이 이동한 구간별로 측정된 수평위치 정밀도저하율(HDOP;

Table 4. Summary of HDOP of Real-time DGG and Real-time DGPS according to courses

Positioning system	Courses		
	C	D	E
Real-time DGG			
Mean	1.484	1.340	1.322
RMS	0.370	0.259	0.354
Number of satellites	6.184	6.906	7.187
Real-time DGPS			
Mean	4.836	1.904	0.916
RMS	3.094	2.019	0.276
Number of satellites	3.469	6.604	9.586

Horizontal Dilution of Precision)를 이용하였다. 실험 구간을 4차선(A), 2차선(C), 6차선(E)으로 나누고 실시간 DGG와 실시간 DGPS에 대한 HDOP을 Table 4에 정리하였다. Fig. 5와 Fig. 6의 실시간 DGG와 실시간 DGPS는 2차선 도로인 C에서 HDOP의 값의 평균이 각각 1.484와 4.836이었고, 표준편차가 0.370과 3.094로 큰 대조를 보여 GLONASS 위성의 부가가 HDOP에 크게 영향을 주고 있음을 알 수 있다. 하지만 6차선인 E에서는 실시간 DGG와 실시간 DGPS 실험이 1시간 정도 간격을 두고 관측이 이루어져, GPS의 위성의 수가 증가하여 실시간 DGPS가 실시간 DGG보다 우수한 HDOP을 보였다. 그리고 Fig. 7는 각 구간별의

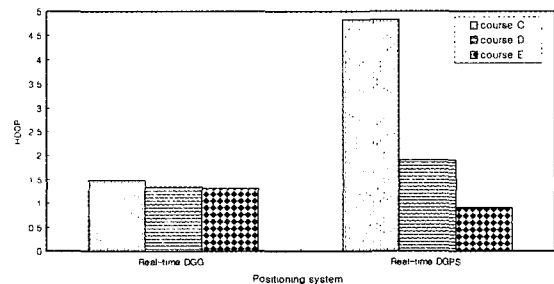


Fig. 7. HDOP of Real-time DGG and Real-time DGPS according to courses

Table 3. Data acquisition rate comparison of Real-time DGG and Real-time DGPS

Positioning system	Real-time DGG	Real-time DGPS
Positions/epochs		
No data	17/1415 (1.20%)	50/1042 (4.8%)
Autonomous positions	908/1415 (64%)	787/1042 (70.73%)
Differential corrected positions	490/1415 (34.6%)	787/1042 (24.47%)

HDOP을 실시간 DGG와 실시간 DGPS로 나누어 도시하였다.

4.4 차량의 이동궤적

4.4.1 3차원측량기에 의한 차량의 실제 이동궤적

Fig. 8은 3차원측량기(TS; Total Station)에 의한 궤적으로서 이것을 본 연구에서 차량의 실제 이동궤적이라 하였다. 그리고 TS로 구한 궤적은 도로의 중앙선을 관측하였고, 실제로 차량이 이동한 궤적은 실험여건상 도로의 중앙선과 약 3 m~9 m의 차이가 있다.

4.4.2 코드를 이용한 실시간 차분측위에 의한 차량의 이동궤적

Fig. 9는 코드를 이용한 실시간 차분측위로 구한 차량의 이동궤적과 TS로 구한 궤적을 중첩하여 나타내었다. 여기서 3가지의 차량의 이동궤적을 시각적으로 그 차이를 구별할 수 없어서 실시간 차분측위로 구한 이동궤적의 WGS84 측지좌표를 평면직각좌표로 변환하여 각 기

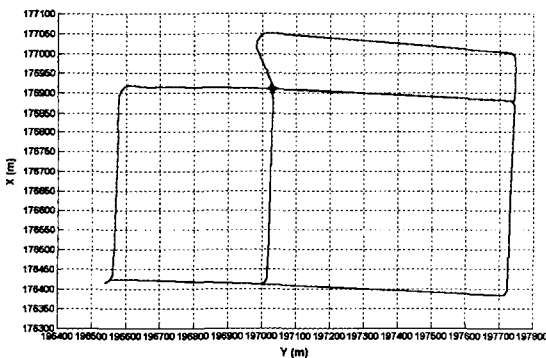


Fig. 8. Trajectory of vehicle using TS

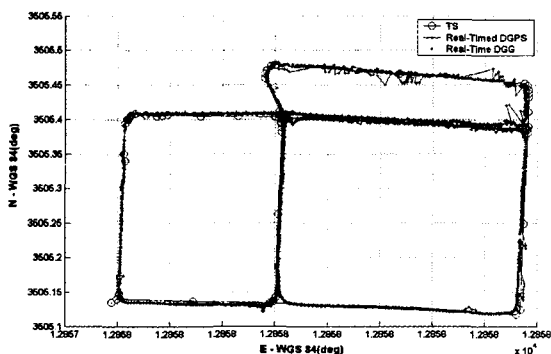


Fig. 9. Moving trajectory of vehicle using Real-Time DGG, Real-Time DGPS, and TS

Table 5. Comparison of Mean and RMS of differences of grid coordinates between Real-time DGPS, Real-time DGG and TS

Difference of grid coordinates	Positioning system	Real-time DGPS	Real-time DGG
Mean (m)		13.6843	3.9096
RMS (m)		8.3679	2.2986

법별로 차량의 이동궤적의 차이를 구하였다. 그리고 Table 5는 실험지역의 전구간에 대한 실시간 DGG, 실시간 DGPS와 TS에 의한 차량의 궤적의 차이의 평균(Mean)과 표준편차(RMS)를 나타낸 것으로, 실시간 DGG가 실시간 DGPS보다 차량의 이동궤적의 차이의 평균이나 표준편차가 적게 나타났다. 이것은 실시간 DGG가 항상 4대 이상의 위성을 추적할 수 있어서 차량의 동적측위가 가능한 반면에, 실시간 DGPS에서는 위성의 신호차단이 많이 일어나 검사점으로 선정된 점에서의 TS와 궤적의 차이가 컸기 때문이다.

4.4.3. 실시간 차분측위에 의한 차량의 이동궤적의 정확도 평가

현재 모든 작업이 현장에서 실시간으로 이루어지므로 차량의 동적위치도 실시간 처리가 필수적이므로 본 연구에서도 실시간 차분측위로 차량의 이동궤적의 정확도를 평가하였다. 여기에서는 차량의 이동궤적을 A(4차선), C(2차선), E(6차선), 그리고 F(8차선)으로 나누어서 정확도를 평가하였다. Table 6은 각 경로별로 TS와 실시간 DGG와 실시간 DGPS에 의한 차량의 궤적차이의 평균과 표준편차를 기록하였으며, Table 7, 8에 실시간 DGPS와 실시간 DGG에 의한 구간별 궤적의 차이를 기록하였다.

A구간에서는 실시간 DGG가 0.995 m, 실시간 DGPS가 5.287 m, C구간에서는 실시간 DGG가 4.373 m, 실시간 DGPS는 16.711 m로 TS에 의한 궤적과 큰 차이를 보였다. 이것은 실시간 DGPS에서는 가시위성의 부족에 의해 차량의 동적위치결정이 불가능하였기 때문이다.

실시간 차분측위로 구한 차량의 이동궤적과 TS에 의한 궤적의 차이의 평균을 국립지리원 수치도화 작업내규(지도상 위치오차 : 0.2 mm)의 표준편차와 비교해 본 결과, 구간 A, C, F에서는 실시간 DGG의 경우, 0.995 m ~ 4.373 m의 정확도를 보여 축척 1:25,000의 허용오차(5.0 m)한계이내였고, 특히 구간 E의 6.624 m도 지도상 위치오차가 0.4 mm인 경우에 1:25,000의 허용오차이내

Table 6. Mean and rms of trajectory difference between Real-time DGG, Real-time DGPS and TS

Positioning system	Course	A		C		E		F	
		Mean (m)	RMS (m)	Mean (m)	RMS (m)	Mean (m)	RMS (m)	Mean (m)	RMS (m)
	Real-time DGPS	5.287	1.471	16.711	9.494	7.470	0.537	19.893	5.520
	Real-time DGG	0.995	0.5471	4.373	2.421	6.624	0.609	3.501	0.711

Table 7. Comparison of grid coordinates between Real-time DGPS and TS

Course	TS (X)	TS (Y)	Real-time DGPS (X)	Real-time DGPS (Y)	dx	dy	TS-Real-time DGPS
A	196677.8358	176923.118	196677.8358	176915.8834	0.0000	7.2346	7.2346
	196777.8269	176921.8061	196777.8269	176916.7988	0.0000	5.0073	5.0073
	196877.8506	176920.4820	196877.8506	176915.2414	0.0000	5.2406	5.2406
	196977.815	176919.1391	196977.815	176915.4700	0.0000	3.6691	3.6691
C	197028.6989	177050.8765	197028.6989	177047.8648	0.0000	3.0117	3.0117
	197130.1357	177043.2971	197130.1357	177048.6372	0.0000	5.3401	5.3401
	197230.2808	177036.5222	197230.2808	177049.8253	0.0000	13.3031	13.3031
	197331.2217	177029.6455	197331.2217	177050.8079	0.0000	21.1624	21.1624
	197432.7160	177022.5330	197432.7160	177047.2386	0.0000	24.7056	24.7056
	197533.3845	177015.6609	197533.3845	177040.3559	0.0000	24.6950	24.6950
	197635.7030	177008.5981	197635.7030	177033.3605	0.0000	24.7624	24.7624
E	197032.0366	176857.7235	197024.0536	176857.7235	7.9830	0.0000	7.9830
	197028.3758	176756.8309	197020.3932	176756.8309	7.9826	0.0000	7.9826
	197023.5163	176655.7568	197016.7101	176655.7568	6.8062	0.0000	6.8062
	197021.0267	176554.893	197013.4898	176554.893	7.5369	0.0000	7.5369
	197017.3351	176453.7567	197010.2920	176453.7567	7.0431	0.0000	7.0431
F	197045.1099	176410.7997	197045.1099	176423.0532	0.0000	12.2535	12.2535
	197144.2903	176406.6992	197144.2903	176421.4593	0.0000	14.7601	14.7601
	197245.0265	176402.6031	197245.0265	176419.8526	0.0000	17.2495	17.2495
	197345.8493	176398.2576	197345.8493	176418.2585	0.0000	20.0009	20.0009
	197446.3932	176394.0675	197446.3932	176416.6588	0.0000	22.5913	22.5913
	197547.7764	176390.3142	197547.7764	176415.0458	0.0000	24.7316	24.7316
	197649.5484	176385.7643	197649.5484	176413.4329	0.0000	27.6686	27.6686
Mean(m)							13.6843
RMS(m)							8.3679

(10.0 m)에 포함되었다. 이 값은 좌표변환 오차, TS에 의한 궤적과 실제 차량궤적과의 정확한 차이 등을 고려하면 차량항법에 충분히 사용 가능하리라 사료된다.

5. 결 론

GPS와 GLONASS를 결합하여 코드를 이용한 실시간 차분측위로 차량의 동적위치를 구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 실시간 DGG가 차분측위해의 획득율이 약 10.13%

정도 실시간 DGPS보다 높았으며, 실시간 DGG는 자료 취득이 불가능한 관측시점(epoch)의 비율이 1.20%인 반면에 실시간 DGPS는 약 4.8%로 높게 나타나 실시간 DGG에 의해 차량의 궤적을 일정하게 결정할 수 있었다.

2. HDOP 분석결과, 실시간 DGG는 2차선 도로에서 평균 1.484와 4.836, 표준편차는 0.370과 3.094으로 큰 대조를 보여 GLONASS 위성의 부가가 HDOP에 크게 영향을 주고 있음을 알 수 있다.

3. 실시간 DGG, 실시간 DGPS와 TS에 의한 차량의 이동궤적의 차이는 각 구간별로 서로 상이하게 나타났으

Table 8. Comparison of grid coordinates between Real-time DGG and TS

Course	TS (X)	TS (Y)	Real-time DGG (X)	Real-time DGG (Y)	dx	dy	TS -Real-time DGG
B	196677.8358	176923.118	196677.8358	176921.4943	0.0000	1.6237	1.6237
	196777.8269	176921.8061	196777.8269	176920.5920	0.0000	1.2141	1.2141
	196877.8506	176920.4820	196877.8506	176919.6896	0.0000	0.7924	0.7924
	196977.815	176919.1391	196977.815	176918.7873	0.0000	0.3580	0.3580
C	197028.6989	177050.8765	197028.6989	177053.9173	0.0000	3.0408	3.0408
	197130.1357	177043.2971	197130.1357	177049.6209	0.0000	6.3238	6.3238
	197230.2808	177036.5222	197230.2808	177043.2046	0.0000	6.6824	6.6824
	197331.2217	177029.6455	197331.2217	177029.1175	0.0000	0.5280	0.5280
	197432.7160	177022.5330	197432.7160	177020.0057	0.0000	2.5273	2.5273
	197533.3845	177015.6609	197533.3845	177010.9681	0.0000	4.6928	4.6928
E	197635.7030	177008.5981	197635.7030	177001.7824	0.0000	6.8157	6.8157
	197032.0366	176857.7235	197039.0146	176857.7235	6.9780	0.0000	6.9780
	197028.3758	176756.8309	197034.6004	176756.8309	6.2246	0.0000	6.2246
	197023.5163	176655.7568	197030.8073	176655.7568	7.2910	0.0000	7.2910
F	197021.0267	176554.893	197027.0315	176554.893	6.0048	0.0000	6.0048
	197017.3351	176453.7567					
	197045.1099	176410.7997					
	197144.2903	176406.6992	197144.2903	176411.1873	0	4.4881	4.4881
	197245.0265	176402.6031	197245.0265	176406.3968	0	3.7937	3.7937
	197345.8493	176398.2576	197345.8493	176402.1136	0	3.8560	3.8560
	197446.3932	176394.0675	197446.3932	176397.5786	0	3.5111	3.5111
	197547.7764	176390.3142	197547.7764	176393.0060	0	2.6918	2.6918
197649.5484	176385.7643	197649.5484	176388.4335	0	2.6692	2.6692	
Mean(m)							3.9096
RMS(m)							2.2986

며, 실시간 DGG와 실시간 DGPS는 TS와 평균 3.9096 m, 13.6843 m의 차이를 보였다. 그리고 실시간 DGPS와 TS의 차이의 평균값들은 매우 크게 나타난 반면에, 실시간 DGG와 TS의 차이의 평균값들은 국립지리원의 수치지도화 작업내규의 표준편차와 비교한 결과, 1:25,000의 허용오차내에 포함되어 실용적으로도 사용 가능하리라 사료된다.

참고문헌

1. 박운용, 홍순현, 이재원, 이인수, "GPS와 GLONASS 결합에 의한 동적 위치결정에 관한 연구", 대한토목학회지, 제21권, 제3-D호, 2001, pp. 375-382.
2. Günter Seeber, Satellite Geodesy, 1993, pp. 209, pp. 353.
3. B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger, and J. Collins, GPS : Theory and Practice, 1997, pp. 181-200.
4. Ramjattan. A. N., Ph.D, 1996, pp. 40.
5. Jim Stephen, Department of a Multi-Sensor GNSS Based Vehicle Navigation system. MSc Thesis, 2000, University of Calgary.
6. 박운용, 이기부, 홍순현, 이인수, "RTK와 DR 결합에 의한 정확한 동적위치결정에 관한 연구", 대한토목학회 학술발표회집, 2000, pp. 577-580.
7. 강준목, 김홍진, 박정현, 선재현, "GPS/GLONASS 측위 정확도 분석", 대한토목학회 학술발표회집, 2000, pp. 609-612.
8. 최병길, "이동차량에 탑재된 GPS의 동적 위치측정에 관한 연구", 한국측량학회지, 제17권, 제4호, 1999, pp. 373-382.
9. Allison N. Kealy, "Land Vehicle Navigation in the Urban Canyon-A Kalman Filter Solution using Integrated GPS, GLONASS and Dead Reckoning", University of Melbourne, Proceedings of ION GPS-99, September 14-17, 1999, pp. 509-518.

(2001년 8월 16일 원고접수)