

통행차량에 대한 GPS수신자료의 정확도에 관한 연구

김재석^{1*} · 이승준¹ · 우용한¹

A Study on the Accuracy of GPS Received Data in Travel Vehicle

Jae-Seok KIM^{1*} · Seung Jun LEE¹ · Yong-Han WOO¹

요 약

GPS 기술이 교통에 도입되면서 차량의 위치에 대한 실시간 추적이 가능하게 되었다. X, Y, Z의 3차원으로 측정되는 위치정보는 시간상으로 연속적일 뿐만 아니라, 2대 이상의 연속주행 차량에 대해서도 동시 측정이 가능하다. 따라서 그간 자료수집의 한계로 인해 제한적으로 진행되던 연구에 많은 도움이 되고 있다. 하지만 GPS를 통해 수집한 자료의 정확성을 규명하는 것이 선행되지 않고는 합리적인 결과를 기대하기는 어려울 것이다. 기본적으로 수반되는 오차의 크기에 따라 연구결과에 대한 신뢰성이 달라질 수 있기 때문이다. 따라서 본 연구의 목적은 GPS 수신기로부터 측정되는 자료의 정확도를 분석·보정함으로써 동일 기종의 장비를 이용하여 수행되는 향후 연구에 대한 준거를 제시하고자 함이다. 연구는 2가지 유형의 구간으로 구분하여 진행하였는데, 대상구간 주변의 3, 4등 삼각점을 설정하고, 이로부터 측정된 측량 좌표와 DGPS 수신자료에 의한 좌표를 비교하였다. DGPS 수신 결과는 최대 0.6m 이내의 오차를 수반하는 것으로 나타났다.

주요어: 추종이론, 지능형교통체계, GIS, DGPS

ABSTRACT

The introduction of GPS technique in transportation study make real time tracking of driving vehicle's position possible. Position information data gauged with three dimension(X, Y, Z) can be achieved with time-continuity and from more than two driving vehicles. For this field of study, in past day, there were many difficulties in collecting real time data, but now, it becomes easy thanks to this. But for the reasonable result analysis, fully understanding of GPS data-accuracy must be proceeded. Because accompanied magnitude of error depends on the study's accuracy. For this reason, this study surveyed the GPS data's error and suggest calibrate technique. This study's result will be helpful for following studies using DGPS data. For this, this study takes two types study in road, and set triangulation coordinates, and compare it with GPS data. DGPS data contains less than 0.6m's error.

KEYWORDS: Car Following Theory, ITS(Intelligent Transport System), GIS, DGPS

2002년 11월 4일 접수 Received on November 4, 2002 / 2002년 12월 15일 심사완료 Accepted on December 15, 2002
1 경일대학교 도시정보지적공학과 Department of Urban Information & Cadastral Engineering, Kyungil University
* 연락처자 E-mail: jskim@bear.kyungil.ac.kr

서 론

범지구측위(GPS: global positioning system)분야는 20여년 전부터 미 국방성에서 군사적인 목적으로 사용하기 위해 개발하였다. 그 이후 시스템의 정확도는 상당히 발전하였으나, 민간부문에서 일반인들이 정확도를 유지할 수 없도록 1990년 3월부터 사용자제약(SA: selective availability)이란 이름으로 위치정확도를 낮추는 방법을 취하였다. 이러한 정책이 2000년 5월 1일부로 중지되면서 일반 이용자들이 얻을 수 있는 자료의 정확도도 크게 향상되었다. 따라서 교통부문에서도 GPS 측량 기술에 많은 관심을 가지게 되었는데, 그동안 한계점으로 지적되었던 이동시 차량의 위치와 속도, 차량간 위치변화 등에 관한 자료 수집이 가능해졌기 때문이다. 차량에 GPS 장비를 탑재하고 통행하면 실시간으로 일정 시간간격마다 좌표값을 측정하는 것이 가능한데, 이 자료는 교통부문에서 절실히 요구되어 온 사항이기도 하다. 도로 위를 통행하는 차량을 효율적으로 관리하고, 사고위험을 줄이는 방법을 찾고, 도로용량을 높이기 위해서는 교통류의 흐름을 미시적으로 관찰·분석해야 하는데, DGPS(differential GPS) 측위자료는 아주 유용하게 사용되기 때문이다.

하지만 사용자제약이 중지된 이후부터 GPS수신자료를 이용한 교통부문에서의 연구는 아직 활발하지가 않다. 일부 수행된 것들이 있는데, 차량의 추종특성을 분석하기 위해 GPS를 적용하는 방법에 대해 연구한 Draijer 등(2000)의 연구가 있다. 이 연구는 통행을 행하는 보행자나 차량이용자 모두에 대해 GPS를 이용한 자료수집과 분석에서의 신호도에 관한 내용을 규명한 것이다. 또한, GPS를 이용해 추종차량의 행동특성에 관한 자료를 수집하고 분석하는 방법에 대해 연구한 Hatipkarasulu 등(2000)에 의한 것도 있는데, 이것은 2대의 차량에 GPS 장비를 탑재하고

주행중 수신된 자료를 통해서 속도, 차두거리(spacing), 가·감속도의 특징을 분석한 연구이다. GPS를 이용한 차량의 항법시스템에 관한 연구로서는 조병용(1997), 김형수(1998), 홍성래(1999)에 의한 것이 있기는 하지만 제어계측분야에 가까워, 엄밀한 의미에서 교통공학분야와 직접적인 관련이 있다고 보기는 어렵다. 따라서 교통공학 분야, 특히 교통류의 해석에서는 GPS 관측자료를 이용한 새로운 접근이 있어야 할 것으로 판단된다. 교통류에 대한 해석은 현상자료를 가지고 진행되는 것이 기본인데, 그 동안 이동중인 차량의 운행자료를 실시간으로 정확히 측정·수집하기에는 기술적인 문제가 많았다. 하지만 GPS의 등장으로 이러한 문제점들이 많이 해소된 것이 사실이다. 따라서 본 연구는 본격적인 교통류해석에의 응용에 앞서 관측자료의 정확성이 명확히 규명되어야 하므로 시도하는 것이다. 기본적으로 수반되는 오차의 크기에 따라 연구결과에 대한 신뢰성이 달라질 수도 있기 때문이다.

본 연구는 다음과 같은 내용으로 진행할 계획이다. 도로를 주행하는 차량으로부터 수신되는 관측값이 어느 정도의 정확성을 가지고 있는가는 파악하기 위해서는 먼저 비교의 기준되는 값을 설정해야 하므로 운행 구간위에서 몇 개의 측점을 선정한다. 이 측점들에 대한 측량좌표값은 주변의 삼각점을 이용하여 측량하게 되는데, 안정된 값을 수신하기 위하여 지점당 2시간씩 측정할 예정이다. 그 다음 대상구간 위를 차량이 주행하면서 관측된 DGPS 항법측위값을 가지고 측점들의 측량좌표값과 비교하는 방법을 택하였다. 연구 대상구간으로는 시험구간과 실제의 시가지구간, 두가지 유형을 선정할 계획인데, 주변의 장애물로 인한 수신장애에 대한 유·무를 선택의 기준으로 꼽았다.

이상과 같은 배경하에서 시도되는 본 연구의 목적은 DGPS 관측값의 정확도를 명확히 규정함으로써 동일기종의 장비를 이용하여 수

행되는 향후 연구에 대한 준거를 제시하고자 함이다.

연구방법

1. 연구방법

차량의 순간 위치는 차량에 DGPS장비를 탑재하여 2초 간격으로 차량이동경로에 관한 좌표를 수신하고, 이것을 1차 보정하여('ski' P/G 사용) 이동시간과 경위도 좌표, TM좌표, 고도, 위성의 상태등의 자료를 얻었다. 또한, 수치지형도는 국립지리원에서 만든 1/5000지형도를 사용하였는데, TM좌표로 구성된 것이다. GPS 측량의 기준으로 삼은 6, 8개의 삼각점을 표시한후 좌표를 취득하였는데, 오차보정(기선해석과 삼각망 보정)과정을 거쳐 얻은 좌표와 수치지형도 및 DGPS수신자료(차량의 위치)를 상호 비교하는 방법을 취하였다.

2. GPS 측정장비와 성능

GPS 측량에 사용된 기기는 Leica GPS System 300을 이용하였으며, 장비의 구성은 GPS의 수신장치인 기계부분과 GPS 측량과 관련된 PC용 기본 응용프로그램인 SKI로 이루어져 있다. 기계적인 주요 구성으로는 GPS 센서와 컨트롤러가 있으며, 관측된 자료는 SKI 프로그램을 이용하여 처리한다. 이렇게 처리한 자료는 시험구간과 시가지구간 주변의 삼각점을 이용하여 좌표를 결정한 다음, 임의의 측점에 대한 좌표자료를 DGPS 항법측위 결과와 비교하기 위한 기준점으로 이용하였다.

그림 1은 본 연구에서 사용된 GPS 장비를 현장에 설치한 모습이다. 2초 단위로 수신되는 자료에는 관측시간, 경·위도좌표, TM(transverse mercator)좌표, 고·저차, 위성상태 등의 1차 정보가 포함되어 있고, 이로부터 차량의 속도, 통행거리, 통행시간, 이동방향 등의 2차 정보를 추출할 수 있다. 여기서 사용된 DGPS 장비는 GARMIN사의 Differential-ready Phase

Trac12TM 수신기를 이용하였다. 수신자료의 처리에 사용된 응용프로그램은 제조사의 자체 프로그램과 LISCAD, AutoCAD 프로그램이다. 그림 2는 본 연구에서 사용한 GPS 측정장비이다.

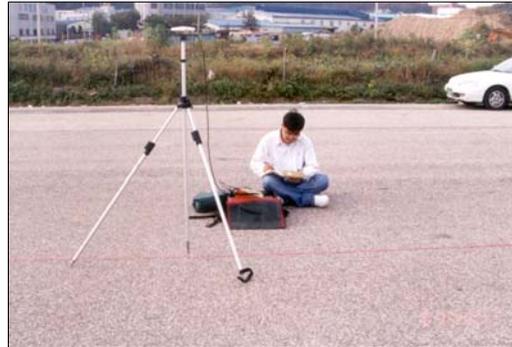


FIGURE 1. Setting of GPS equipment



FIGURE 2. GPS equipment for data collection

3. 측정이론 및 비교방법

1) GPS

GPS는 지구상의 어디에서나 기후에 관계 없이 실시간(real time)으로 위치결정이나 속도, 시간측정을 가능하게 해주는 인공위성을 이용한 첨단항법체계라 할 수 있다. 이러한 GPS는 군사적 목적과 항법을 위해 개발되었지만, 측지기술의 발전에 힘입어 측지·측량분야, 지도제작 및 지구물리분야를 비롯한 제어계측, 도시계획, 교통 등 여러 가지 응용분야

에서 적용될 수 있는 많은 잠재력을 지니고 있는 기술이다.

2) DGPS 측위

GPS수신기를 2개 이상 사용하여 상대적 측위를 하는 방법인데, 좌표를 알고있는 기지점에 베이스스테이션용 GPS수신기를 설치하고, 위성들을 모니터하여 개별위성의 거리오차보정치를 정밀하게 계산한 후, 이를 작업 현장의 로버(rover)용 수신기의 오차보정에 이용하는 방식이다. 측점으로부터 떨어져 있는 수신기는 이동하는 경우가 대부분이다. 기준 측점에서는 의사거리의 보정량과 의사거리의 보정 변화율을 계산하고, 이를 실시간으로 기준측점에서 떨어져 있는 수신기에 전송한다. 이 수신기에서는 관측된 의사거리에 수신 받은 의사거리 보정량을 적용하고 보정된 의사거리를 이용하여 위치계산을 수행한다. 보정된 의사거리의 사용은 위치결정의 정확도를 높여주는 방법이다.

4. 이론적 오차보정을 위한 좌표변환방법

2차원변환(조정방법)에서 2개의 다른 평면 좌표계는 X와 XT로 나타내며, 그림 3과 같이 설명할 수 있는데, 변환은 다음의 식으로부터 정의(이준혁, 2000)할 수 있다.

$$XT = c + \mu RX \quad (1)$$

여기서 c 는 선형이동량, μ 는 축척요소, R 은 회전행렬이다. 선형이동량 c 는 다음과 같다.

$$c = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

그리고 회전행렬 R 은 다음과 같이 정의된다.

$$R = \begin{bmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} \quad (3)$$

회전행렬 R 은 한 방향의 회전각을 포함하고 있으며, 식 (1)은 4변수 변환을 의미한다. 2개의 선형이동량과 축척계수, 회전각 α 를 포

함하고 있다. 식 (1)을 c 와 R 로 다시 쓰면 식 (4)와 같다.

$$\begin{aligned} XT &= c_1 + \mu x \cos \alpha - \mu y \sin \alpha \\ YT &= c_2 + \mu x \sin \alpha - \mu y \cos \alpha \end{aligned} \quad (4)$$

이때, 좌표변환 요소 c , μ , R 을 알면, X좌표계의 좌표는 식 1에 의해 XT좌표계로 변환된다. 변환요소를 모르는 경우에는 3차원 변환과 유사하게 공통점을 결정한 후, 2개의 좌표계에서 각각 공통점에 대하여 2개의 방정식을 산출하고 4개의 변환변수를 최소제곱법에 의하여 얻는다. 미지점에 대한 선형방정식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} XT &= c_1 + px - qy \\ YT &= c_2 + qx + py \end{aligned} \quad (5)$$

여기서, $p = \mu \cos \alpha$, $q = \mu \sin \alpha$ 이고, p 와 q 에서 회전요소(μ)와 회전각(α)은 보조 미지점으로부터 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \mu &= \sqrt{p^2 + q^2} \\ \tan \alpha &= q / p \end{aligned} \quad (6)$$

여분의 공통점이 있는 경우 해는 관측된 XT, YT의 좌표로부터 최소제곱법을 적용하여 얻는다.

한편, 횡원통투영법(TM투영)에 의한 Gauss-Kruger 방법은 우리나라에서 1910년대에 적용되었던 Gauss 등각이중투영법을 개선한 것으로서 원리적으로 이와 동등하다. 현재 국립지리원에서 실시하고 있는 기본측량과 공공측량에서 활용되고 있는 TM투영은 전산프로그램에 의하여 엄밀식을 직접 적용하고 있다. Kruger 이후에도 실용적인 활용을 위하여 많은 개량이 이루어져 왔으며 Redfeam의 식이 보편적으로 사용되고 있다. Meade는 전산처리에 간편한 식을 제시하였고 UTM 등에 적용되고 있다. 평면좌표 변환 식에서 X좌표(northing)는 식 (7)과 같으며, Y좌표(easting), 자오선수차(convergence), 축척계수(scale factor)에 대한 식은 각각 식 (8)~(10)과 같다.

$$x/m_0 = (B - B_0) + N \{ (\Delta\lambda/2) \sin\psi \cos\psi + (\Delta\lambda/24) \sin\psi \cos^3\psi (5 - t^2 + 9\eta^2 + 4\eta^2) + (\Delta\lambda/720) \sin\psi \cos^5\psi (61 - 58t^2 + t^4) \} \quad (7)$$

$$y/m_0 = N \{ (\Delta\lambda) \cos\psi + (\Delta\lambda/6) \cos^3\psi (1 - t^2 + \eta^2) + (\Delta\lambda/120) \cos^5\psi (5 - 18t^2 + t^4) \} \quad (8)$$

$$\gamma = (\Delta\lambda) \sin\psi + (\Delta\lambda/3) \sin\psi \cos^2\psi (1 + 3\eta^2 + 2\eta^4) + (\Delta\lambda/15) \sin\psi \cos^4\psi (2 - t^2) \quad (9)$$

$$m/m_0 = 1 + (\Delta\lambda/2) \cos^2\psi (1 + \eta^2) + (\Delta\lambda/24) \cos^4\psi (5 - 4t^2) \quad (10)$$

계산을 통해 결정된 x , y 는 투영정점을 (0,0)으로 하는 좌표이므로 지도좌표의 경우에는 원점의 가산값 x_0 , y_0 를 사용하여 다음과 같은 식이 나온다.

$$N = x + x_0, E = y + y_0 \quad (11)$$

여기서, $-t = \tan\psi$, $\eta^2 = e'^2 \cos^2\psi$, $m_0 =$ 원점축척계수, $N =$ 지구반경, $B =$ 원점으로 부터의 자오선호장, $\Delta\lambda =$ 경위도차 ($\lambda - \lambda_0$), $\gamma =$ 자오선수차각, $\psi_0 =$ 원점경위도, $x, y =$ 평면좌표를 의미한다.

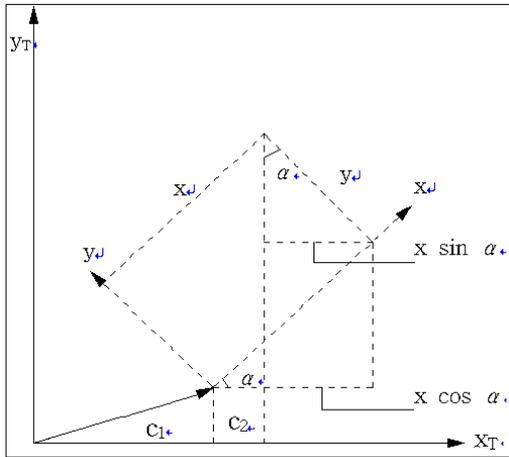


FIGURE 3. Basic concept of 2 dimension transformation

3등 삼각점과 대상구간 측점의 측량 성과

1. 시험구간

자료수집은 먼저 수신전파가 미치는 영향에 따라 오차의 범위가 커지거나 작아질 수 있음을 고려하여 장애물이 없는 시험구간과 실제의 시가지구간으로 구분하여 행하였다. 시험구간은 남대구 IC 부근 T-37지역(비상활주로)과 경주시 황성동아파트 밀집지역을 선정, 결과를 상호 비교할 수 있도록 하였다. 먼저 주변 삼각점을 기준으로 남대구 IC 부근 T-37 지점을 선정한 이유는 주변에 GPS측량시 주변장애 요소가 거의 없기 때문이다. 비상활주로에서는 30m 간격으로 8개 지점의 측량 좌표를 측정하였다. 사전답사를 통해 주변의 지리적인 여건과 수신 받을 때의 장애요소들이 있는지 없는지를 조사하였고, 직선거리를 측정하여 임의의 8개 지점을 30m 간격으로 표시하였다. 또한, 설정된 8개 점들을 중심으로 차량의 폭 만큼 보조라인을 표시하여 차량의 중점을 쉽게 지나갈 수 있도록 설치하였다. 이때 30m 간격으로 내린 직선 구간의 8개 지점위로 차량이 운행할 때, DGPS 차량항법용 장비를 탑재하여 운행자료를 수집하였다. 이 자료는 비상활주로에 내린 8개 지점의 측량 좌표값과 비교하여 오차범위를 파악하고 보정하기 위해 이용된다.

그림 4는 시험구간을 표시한 것이며, 지도의 중앙에 표시된 8개 지점의 좌표를 취득하기 위하여 주변의 삼각점(333, 335, 336점)을 이용하여 각 지점들의 측량 좌표값을 구하였다. 자료의 취득 방법으로는 GPS장비를 5개조로 나누어 3개조는 주변삼각점에 설치하고 2개조는 비상활주로상 임의의 8개 지점 위에 설치하여 측정하였다. 좌표값 측정시 1개 측점당 수신받은 시간은 약 45분씩이며, 각 삼각점에서는 총 6시간의 측정자료를 수신받았다. 시험구간 주변지역에 3등 삼각점을 가지고 GPS



FIGURE 4. Test section on the digital map

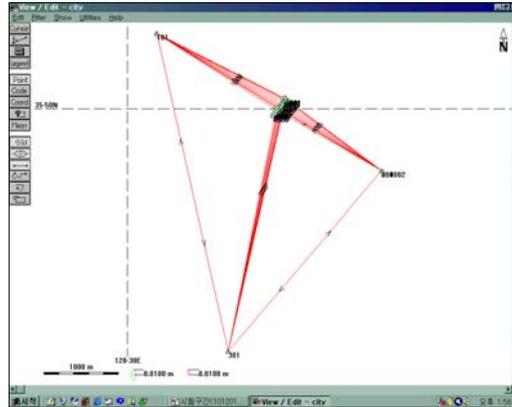


FIGURE 5. The survey results of the test site using 3rd trigonometric point

TABLE 1. The results of GPS survey of the test site using 3rd trigonometric point

지점 번호	경위도 좌표				TM 좌표		비고
	X	dX(m)	Y	dY(m)	x	y	
1	4001 35'50'4.054273"	0.00250	128'31'22.259343"	0.00250	3224315.3082	4049990.5682	
2	5001 35'50'3.802002"	0.00249	128'31'22.009730"	0.00251	3224309.0450	4049982.7913	
3	5003 35'50'3.297268"	0.00339	128'31'21.510699"	0.00211	3224296.5225	4049967.2249	
4	4003 35'50'2.539571"	0.00373	128'31'20.761453"	0.00226	3224277.7234	4049943.8765	
5	4004 35'50'1.782622"	0.00321	128'31'20.013463"	0.00241	3224258.9543	4049920.5434	
6	5004 35'50'1.025117"	0.00292	128'31'19.265651"	0.00221	3224240.1902	4049897.1928	
7	4005 35'50'0.268956"	0.00275	128'31'18.513943"	0.00188	3224221.3276	4049873.8830	
8	5005 35'49'59.51304"	0.00265	128'31'17.766073"	0.00181	3224202.5618	4049850.5811	

측량한 자료를 그림 5에 제시하였고, 이를 바탕으로 시험구간의 8개 측점에 대한 수신자료를 표 1에 정리하여 나타내었다.

2. 시가지 구간

시가지구간은 주변의 고층건물(아파트)로 인한 전파장애요소가 많은 지역이라 판단되어, 조사 차량에 DGPS 장비를 탑재한 후, 이 구간을 운행하면서 오차가 어느 정도 수반되고 있는지를 알아보기 위해 선택하였다. 측정방법은 앞에서 시험구간 측정시와 동일한 방법을 적용하였는데, 먼저 구간에 대해 주변 4등 삼

각점(433, 436, 437점)을 이용한 GPS 측량을 행하여 임의의 5개 측점에 대한 좌표값을 측정하였다. 좌표값 측정시 1개 측점당 수신받은 시간은 1시간씩이며, 각 삼각점에서는 지점당 2시간씩 총 6시간을 수신 받았다. 그림 6은 삼각점과 시가지구간의 실제 측점을 표시한 것이며, 그림 7은 측량성과이다. 표 2는 측점별 측량성과를 나타낸 것인데, 조사차량에 DGPS 장비를 탑재한 후, 5개 측점 위를 운행하면서 수신된 좌표값과 측량성과에 의한 좌표값을 비교·분석하는데 사용되며, 좌표값과 1/5,000 수치지형도와 비교하여 오차분석 및 보정에도 이용할 예정이다.

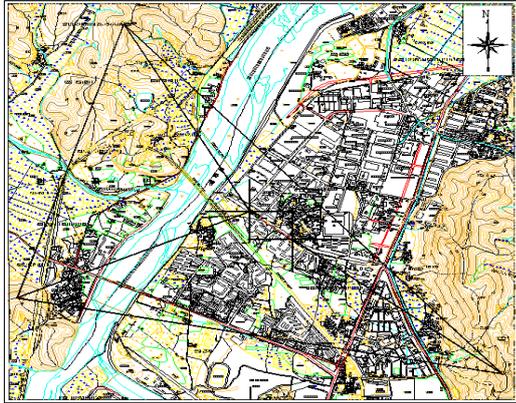


FIGURE 6. Downtown section on the digital map

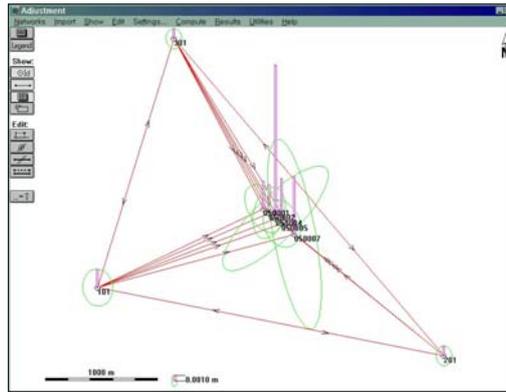


FIGURE 7. The survey results of the urban area using 4rd trigonometric point

TABLE 2. The results of GPS survey using 4rd trigonometric point in urban area

지점 번호	지점	경위도 좌표				TM좌표		비고
		X	dX(m)	Y	dY(m)	x	y	
1	5001	35'52'17.653730"	0.00282	129'12'52.186644"	0.00229	3271393.8441	4009054.2679	
2	5002	35'52'16.463750"	0.00299	129'12'53.984897"	0.00196	3271438.9552	4009017.5913	
3	5004	35'52'14.944653"	0.00616	129'12'56.285236"	0.00639	3271496.6623	4008970.7713	
4	5005	35'52'13.467617"	0.00274	129'12'58.513485"	0.00228	3271552.5616	4008925.2480	
5	5007	35'52'10.555592"	0.01119	129'13'2.912079"	0.00324	3271662.9091	4008835.4983	

운행자료의 수집과 분석

1. GPS 측량성과

GPS 측량한 시험구간 주변의 삼각점(3등)을 기준으로 삼아 지상에 GPS 측량을 시행한 시험구간의 8개 측점 값과 그 점들 위로 시험 운행한 DGPS수신 좌표값을 측정하였다. 그 이유는 DGPS사용시 장비오차의 범위를 알고 이것을 기존 삼각점을 이용하여 취득한 각각의 좌표data 값을 비교분석을 할 수 있었다. 이때 사용한 프로그램은 ski300을 사용하여 보정 처리 하였다. 이것을 토대로 실제 시험구간과 시가지에 적용 운행하였을 때의 오차가 어느 정도가 나는지를 알아보기 위함이다. 또

한 시가지구간의 data 취득에 있어 시험구간과 동일하게 주변의 삼각점(4등)을 기준으로 5개 측점에 대한 GPS 측량을 시도하였고, 동일 구간에 대해 실제 차량을 운행하면서 실시간으로 수집된 좌표값을 비교·분석함으로써 정확도의 정도를 파악할 수 있다.

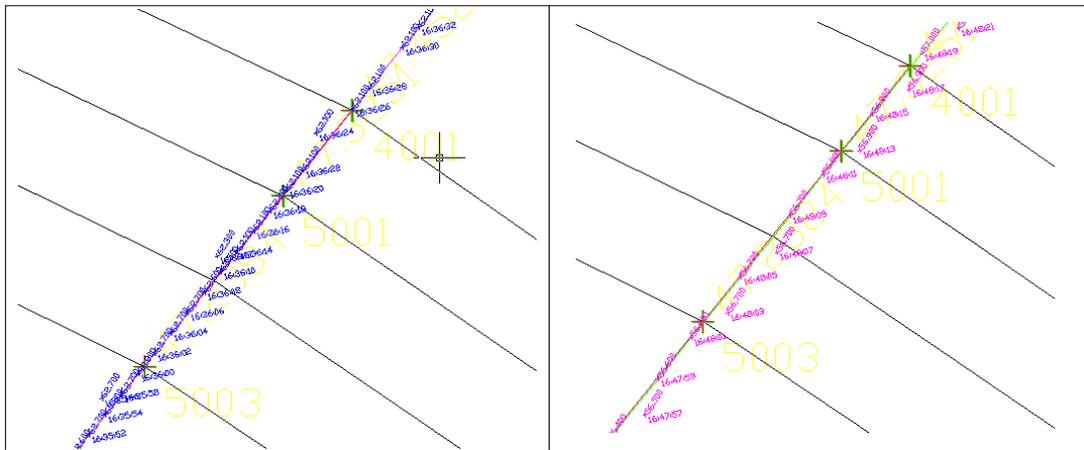
2. 수신자료의 정확도 분석

1) 시험구간

시험구간 GPS측량 성과와 운행차량의 DGPS 측정결과를 TM 좌표로 분석·비교한 것을 표 3에 나타내었다. 그림 8은 시험구간 GPS 측량 지점의 좌표값을 기준으로 두고, 운행차량의 편도와 왕복에 대한 운행체적의 일

TABLE 3. The comparison of GPS TM coordinates and DGPS TM coordinates in the test site

지점 번호	지점	GPS 측량 TM좌표		DGPS 시험구간(편도)		DGPS 시험구간(왕복)		비고
		X	Y	X	Y	X	Y	
1	4001	3224315.3082	4049990.5682	3224315.2664	4049990.6019	3224315.3895	4049990.5028	
2	5001	3224309.0450	4049982.7913	3224309.0090	4049982.8204	3224309.1307	4049982.7226	
3	5003	3224296.5225	4049967.2249	3224296.4853	4049967.2548	3224296.6063	4049967.1575	
4	4003	3224277.7234	4049943.8765	3224277.6928	4049943.9011	3224277.8164	4049943.8016	
5	4004	3224258.9543	4049920.5434	3224258.9262	4049920.5659	3224259.0427	4049920.4722	
6	5004	3224240.1902	4049897.1928	3224240.1480	4049897.2266	3224240.2627	4049897.1344	
7	4005	3224221.3276	4049873.8830	3224221.3459	4049873.8685	3224221.4714	4049873.7679	
8	5005	3224202.5618	4049850.5811	3224202.5948	4049850.5537	3224202.7086	4049850.4586	

**FIGURE 8.** The results of GPS survey and the real-time TM coordinates from a moving car in the test area

부를 DGPS 수신자료로부터 분석하여 나타낸 것이다. 또한, 시험구간의 3개의 3등 삼각점 모두 기준국으로 처리하였고, 그 이유는 삼각망 보정방법으로 각각의 지상점의 좌표data 값을 취득하였다. 취득한 GPS 측량 성과와 시험차량에 의한 운행자료에 있어 대한 오차의 크기를 비교한 것이 표 4이다. TM좌표의 오차를 비교한 결과, 8개 지점의 오차는 편도의 TM좌표의 경우 dx의 오차범위가 $-0.033 \sim 0.042$ 까지이며, dy는 $-0.033 \sim 0.028$ 까지로 분석되었다. 왕복의 TM 좌표에 대한 경우는 dx의

오차범위가 $-0.147 \sim -0.072$ 까지이며, dy는 $0.058 \sim 0.123$ 까지 분석되었다. 이를 가지고 거리오차에 대한 분석을 시행한 결과, 편도의 오차범위는 $0.0232 \sim 0.0540$ m로 나타났고, 왕복의 오차범위는 $0.0932 \sim 0.1609$ m로 분석되었다. 이상의 결과로 볼 때, 시험구간에서의 DGPS 수신자료에 대한 오차는 크지 않은 것으로 나타나, 측정결과를 그대로 교통분석에 이용해도 큰 문제는 없을 것으로 판단된다.

TABLE 4. The comparison of TM coordinates and the distance error in the test site

지점 번호	지점	편도 TM좌표오차		왕복 TM좌표오차		상대적 거리오차		비고
		dx	dy	dx	dy	$\Delta b(m)$	$\Delta b(m)$	
1	4001	0.042	-0.033	-0.081	0.066	0.0538	0.1043	
2	5001	0.036	-0.029	-0.085	0.069	0.0460	0.1100	
3	5003	0.037	-0.030	-0.084	0.067	0.0478	0.1076	
4	4003	0.031	-0.025	-0.093	0.075	0.0392	0.1194	
5	4004	0.028	-0.022	-0.088	0.071	0.0361	0.1134	
6	5004	0.042	-0.034	-0.072	0.058	0.0540	0.0932	
7	4005	-0.018	0.018	-0.144	0.116	0.0232	0.1609	
8	5005	-0.033	0.028	-0.147	0.123	0.0432	0.1482	

TABLE 5. The comparison of GPS TM coordinates and DGPS TM coordinates in the urban area

지점 번호	지점	GPS 측량 TM좌표		DGPS 시가지구간(편도)		DGPS 시가지구간(왕복)		비고
		X	Y	X	Y	X	Y	
1	5001	3271393.8441	4009054.2679	3271394.2148	4009054.7428	3271394.1032	4009054.5998	
2	5002	3271438.9552	4009017.5913	3271439.1875	4009017.8586	3271439.5690	4009018.2979	
3	5004	3271496.6623	4008970.7713	3271496.9008	4008971.0460	3271496.6321	4008970.7365	
4	5005	3271552.5616	4008925.2480	3271552.6018	4008925.2943	3271552.5722	4008925.2602	
5	5007	3271662.9091	4008835.4983	3271662.7517	4008835.3049	3271662.9286	4008835.5223	

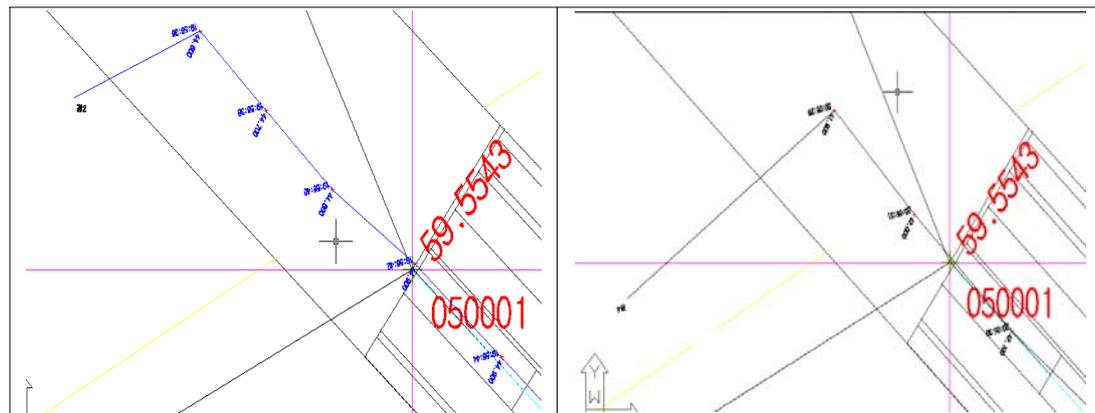


FIGURE 9. The results of GPS survey and the real-time TM coordinates from a moving car in the urban area

2) 시가지 구간

시가지구간 주변의 4등 삼각점을 기준으로 지상의 5개 측점에 대한 측량성과와 그 점들 위로 운행한 시험차량의 실시간 좌표에 관한 DGPS 수신자료를 TM 좌표값으로 비교하여

나타낸 것이 표 5이며, 그림 9는 이들 좌표값을 수치지형도상에 동시에 표시하여 측점 및 구간사이에서 나타나는 운행차량의 이동궤적을 표시한 것이다. 표에서 제시한 DGPS 수신자료의 좌표값은 1시간 경·위도 좌표, TM

TABLE 6. The comparison of TM coordinates and the distance error in the urban area

지점	지점 번호	편도 TM좌표오차		왕복 TM좌표오차		상대적 거리오차		비고
		dx	dy	dx	dy	$\Delta b(m)$	$\Delta b(m)$	
1	5001	-0.370	-0.475	-0.259	-0.331	0.6000	0.4211	
2	5002	-0.232	-0.267	-0.148	-0.706	0.3541	0.5000	
3	5004	-0.238	-0.275	0.030	0.035	0.3638	0.0461	
4	5005	-0.040	-0.046	-0.011	-0.012	0.0614	0.0162	
5	5007	0.158	-0.024	-0.019	-0.024	0.2490	0.0300	

좌표, 고저차, 위성의 상태를 수신하여 GPS로 측량한 5개의 측점 좌표와 비교 분석하였다. 이때 운행차량은 구간내의 2차로(편도)중에서 1개 차로를 선택하여 통행하였는데, 평균통행 속도는 25~40km/h로 관측되었다.

표 6은 TM좌표값을 가지고 오차를 비교한 내용이다. 5개 지점에서 비교·분석한 TM좌표의 오차는 편도의 경우, dx의 범위는 -0.370~0.158까지이며, dy는 -0.475~-0.024까지로 분석되었다. 왕복의 경우, dx의 범위는 -0.259~0.030까지이며, dy는 -0.706~0.035까지로 분석되었다. 또한 GPS 측량자료를 기준으로 두고, 편도와 왕복의 DGPS 수신자료에서 나타난 거리오차를 분석하였는데, 편도의 오차범위는 0.0614~0.600m인 것으로 나타났고, 왕복의 오차범위는 0.0162~0.4211m로 분석되었다. 분석 결과, 도로변에 고층건물 등이 위치하여 송·수신 장애가 발생하는 구간에서는 그렇지 않은 구간(본 연구에서는 시험구간)보다 오차가 더 크게 발생하는 것으로 나타났다. 분석대상 구간을 기준으로 할 때, 시험구간에 비해 시가지구간의 최대 오차값이 0.5m 더 큰 것으로 나타났다. 하지만 이 경우도 최대오차가 0.6m 정도이므로 차량의 운행궤적에 대한 교통공학적 분석이나 교통류 분석을 위해 수신자료를 사용하는 데는 큰 문제가 없을 것으로 판단된다.

결 론

본 연구에서는 DGPS 수신자료를 교통공학 분야에 접목하기 위해 정확도를 검증하였는데,

송·수신에 전혀 문제가 없을 것으로 판단되는 시험구간과 실제의 시가지구간으로 구분하여 진행하였다. 먼저 시험구간의 8개 측점에 대한 GPS측량성과를 기준으로 하여 운행차량의 DGPS 수신자료를 비교·분석하였는데, 편도의 오차범위는 0.0232~0.0540m로 나타났고, 왕복의 오차범위는 0.0932~0.1609m로 분석되었다. 시가지구간에서는 편도의 경우 0.0614~0.6000로 나타났고, 왕복의 경우는 0.0162~0.4211m로 분석되었다.

이상의 결과로 볼 때 실제차량이 통행한 형태와 GPS 측량성과에 의해 수신된 자료간에는 최대 0.6m 이내의 비교적 높은 정확성이 인정되며, 차량의 통행시 이동하는 거리와 속도변화에 대한 DGPS수신 자료의 사용상 문제는 없을 것으로 판단된다.

DGPS 측정 결과에 따라 정확도에는 다소 차이가 있겠지만, 본 연구에서 사용한 기기에 의한 정확도는 어느 정도 확보된 것으로 나타났다. 따라서 측정된 자료를 교통분야에서 사용할 때는 이를 감안한 적용이 필요할 것으로 판단되며, 향후에는 이러한 자료수집방법을 이용하여 보다 다양한 기종과 기하구조적으로 여러 가지 특징을 지닌 구간들에 대해서도 연구의 범위를 확대할 필요가 있다고 본다. 또한 DGPS를 사용함에 있어 교통분야에서는 많이 적용할 수 있는 응용분야로서 선박이나, 항공기, 차량 등 각종 교통수단의 정확한 운행을 위한 측위는 물론, 교통시설물관리를 위한 정확한 측량, 지도제작 등에 응용될 수 있으며, 재해발생시 조난자의 정확한 위치를 파악할

수 있게 함으로서 수색, 구조 활동 등에도 결정적인 역할을 하게 되는 것이다. **KAGIS**

참고문헌

김형수. 1998. GPS와 지도매칭법을 이용한 차량방향시스템의 구성 및 VRML을 이용한 GUI 설계. 강원대학교 석사학위논문.

이준혁. 2000. GPS 기준점 측량의 조정계산체계에 관한 연구. 경일대학교 석사학위논문.

조병용. 1997. GPS와 추측항법을 이용한 혼합차량항법에 관한 연구. 한국과학기술원 석사학위논문.

홍성래. 1999. Differential GPS 구축과 성능특성에 관한 연구. 군사과학대학원 석사학위논문.

Draijer, G., N. Kalfs and J. Perdok. 2000. GPS as a Data Collection Method for Travel Research(The Use of GPS for Data Collection for All Modes of Travel). TRB Papers 00-1176.

Guo, P. and A.D. Poling. 1995. Geographic information systems/global positioning systems design for network travel time study. TRR 1497:135-139.

Hatipkarasulu, Y., B. Wolshon and C. Quiroga. 2000. A GPS Approach for the Analysis of Car Following Behavior. TRB, pp.34-42.

Parkinsn, B. W. 1996. Global Positioning System : Theory and Applications. Vol. I. II. AIAA. pp.3-112. **KAGIS**