

GPS측위법을 이용한 차량추종모형 연구

A Study on the Car Following Model Using GPS Method

이종달

(영남대학교 토목공학과, 교수)

김성훈

(영남대학교 토목공학과, 석사과정)

김도균

정광수

(대구광역시 북구청 교통전문)

Key Words : GPS, 거리측정장치, 차량추종

목 차

I. 서론

1. 연구배경

2. 기존 연구 고찰 및 연구목적

II. 연구방법

1. 실험방법

2. GPS의 수신자료 해석

III. 자료 분석

1. GPS 데이터의 적합도 분석

2. 차량간 속도 변화

IV. 결론

I. 서론

1. 연구배경

차량추종이론의 개념은 선행차량과 추종차량의 통행행태를 미시적으로 분석하여 교통류의 전체 행태를 추론하기 위한 것이다. 도로상의 교통류를 효율적으로 관리하기 위해서는 통상적으로 사용하는 거시적인 방법뿐만 아니라 교통행태를 미시적으로 분석하여야 하는데 그간 자료수집의 한계로 인해 연구가 제한적으로 진행되어 왔었다.

차량추종행태 연구를 위한 자료수집에 사용된 과거 경험들은 개선된 자료획득기술의 필요성을 요구한다. 복잡한 기계적인 시스템을 갖춘 차량을 사용한 자료 획득은 실제 도로 운전 조건 하에서 수집된 자료로 볼 수 없다. 예로 페이퍼롤, 원형차트 그리고 사진필름에 의해 수집된 차량추종자료는 매우 귀찮은 자료축소 및 분석작업이 요구되고, 레이다나 음파 탐지기는 정확한 측정은 가능하나 고가이고, 거리측정장비는 잦은 눈금 측정이 필요하다.(Hatipkarasulu, 2000)

오늘날 이러한 문제점을 해결할 수 있는 GPS 시스템이 개발되어 연구가 활발히 진행중이다. GPS를 차량추종모형을 위한 자료수집에 이용함으로써 과거 차량추종의 자료수집방법에서의 가장 큰 문제점인 연속적인 차량들의 위치를 실시간으로 측정할 수 있게 되었다. 또한 GPS는 크기가 작고 사용하기가 간편하며 이동성이 좋은 장점을 가지고 있다.

2. 기존 연구 고찰 및 연구목적

추종이론 연구들은 1950년대에 Reuschel과 Pipes에 의해 처음 제기 되었고, 뒤를 이어 Chandler와 Herman은 추종모

델을 개발하기도 하였다. GPS를 이용한 연구로 Forbes(1963)는 추종차량이 선행차량에 대해 안전성을 확보하기 위한 최소차두간격을 산정하는 식을 제안하였고, 도로망의 통행시간에 대한 분석을 위해 GIS(Geographic Information System)나 GPS의 적절한 설계방법에 대한 것으로 Guo와 Poling(1995), Laird(1996), Quiroga(1997)의 연구가 있다. 그리고 차량의 추종특성을 분석하기 위해 GPS를 적용하는 방법에 대해 연구한 Draijer(2000), GPS를 이용해 통행특성의 분석자료를 수집하는 방법에 대해 연구한 Hatipkarasulu등(2000)이 있다.

기존의 GPS를 이용한 연구들은 GPS의 정확성을 다른 정밀측정장치와 비교하지 않고 사용하였다. GPS의 정확성은 벌써 검증이 되어 있지만 GPS가 원래 교통분석을 목적으로 제작된 게 아니기 때문에 우리가 시행할 교통행태 분석과 같은 연구에도 적용이 가능한지는 검증이 되어야 한다고 사료된다.

그러므로 본 연구에서는 GPS 시스템이 교통류의 행태를 분석하는 목적으로 사용하여도 적합함을 결정하고 거기에 사용되는 GPS 측위법도 검토하는데 목적을 둔다. 만약 GPS 시스템이 교통분석에 적합하다고 판정이 되면 향후 GPS를 이용하여 수집된 자료를 통해 더 많은 교통류의 미시적인 특성들을 연구할 수 있으리라 사료된다.

II. 연구방법

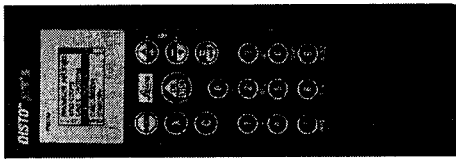
1. 실험방법

1) 측정방법 및 장비

움직이는 차량의 위치정보를 실시간으로 얻기 위해서 GPS를 이용하였고 GPS 데이터의 검증을 위해 정밀 거리측정계

인 Disto meter를 사용하였다. 사용된 기기는 Leica사의 SR9500 GPS와 같은 회사의 Disto Pro4A를 검측용 거리측정기로 사용하였다.

Disto Pro4A의 특징은 연속측정이 가능하고 데이터 인터페이스가 가능하여 실시간으로 측정값을 휴대용 컴퓨터에 저장이 가능하다. 관측율은 0.1초 단위로 실행되며 전방에 유리창과 같은 부분도 투과하여 측정이 가능하고 측정 정확도는 ISO에서 권장하는 ISO/R의 통계신뢰수준 95%에서 $\pm 3\text{mm}$ 이다. 아래 그림은 본 연구에서 사용된 검측용 Disto meter인 Disto Pro4A이다.



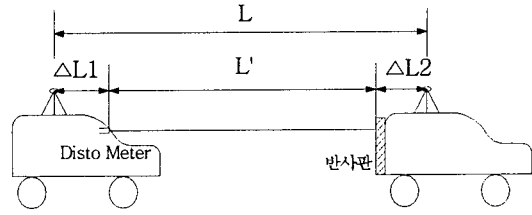
<그림 1> 정밀 거리측정계(Disto meter)

사용된 GPS 기종인 Leica SR9500은 2주파수용으로 12채널 수신기가 가능하며, 허용오차는 정지측량 5mm+1ppm, 자유이동측량 10~20mm+2ppm 정도이다. GPS 장비의 구성은 수신장치인 기계부분과 후처리(post-processing) 프로그램인 SKI로 이루어져 있다. GPS의 관측 방법으로는 정지측량(static survey), 정지·이동측량(stop-and-go survey), 이동측량(kinematic survey), 자유이동측량(kinematic on the fly)등의 방법이 있다. 이러한 방법들 중 본 연구에 가장 적당한 방법이라 사료되는 자유이동측량 방법을 채택하여 실험을 실시하였다.

자유이동측량 방법은 이동 수신기를 이동체에 설치하여 선박항로의 궤적, 자동차등의 움직이는 물체의 측정에 이상적인 방법으로 이동측량 방법과 거의 동일하나 자유이동측량 방법은 초기화하기 위하여 일정 시간동안 정지해 있을 필요가 없으며 5개 이상의 위성 신호를 받으면 즉각적으로 측정을 실시할 수 있는 장점이 있다. 이상의 이유로 GPS 관측법 중 자유이동측량 방법을 채택하여 차량추종 실험에 적용해 보았다.

2) 실험 방법

먼저 GPS를 알고있는 2개의 기지(既知)점(<그림 3>의 Yu1 및 Yu2)에 설치하여 정지측량을 실시하고 같은 시각 선행차량과 추종차량에도 GPS를 장착하고 측정방식을 자유이동으로 설정한 다음 측정을 실시한다. 측정이 시작되면 추종차량의 정밀 거리측정계는 선행차량의 후미 반사판을 정확히 시준하여 GPS와 같은 시각에 선행차량과 추종차량의 거리 정보를 얻는다. GPS 거리데이터와 상호비교 할 때의 정밀 거리측정계의 거리는 Distometer와 반사판까지의 거리를 L' , 추종차량의 GPS와 Distometer까지의 거리를 $\Delta L1$, 선행차량의 GPS와 반사판까지의 거리를 $\Delta L2$ 로 하여 Distometer 실거리는 $L = L' + \Delta L1 + \Delta L2$ 로 계산되어진다. <그림 2>는 Distometer의 거리 L 의 산정방식을 보여준다.



<그림 2> 정밀 거리측정계의 거리 산정

GPS 관측의 데이터 저장방식은 압축과 샘플 두 가지 방법이 있는데 여기서는 정도가 더 높은 압축방법을 사용하였고 데이터 관측율은 차량의 통행행태를 미시적으로 분석해야 하므로 가장 짧은 시간인 1초로 설정하였다.

GPS 데이터의 정확도를 알아보기 위하여 정밀도가 높은 거리계를 사용하는데 이 장치는 앞차와의 거리를 측정하는 것으로 선행차량과 추종차량 사이에 다른 차량이 끼어들면 측정이 불가능하므로 실제 도로에서는 많은 어려움이 따르기 때문에 운동장에서 GPS의 정확성을 규명한 후 실제 가로에서의 연구는 차후에 실시하기로 한다. 원활한 실험을 위하여 다음과 같이 4가지 조건을 가정한다.

- ① 정밀도의 분석을 위해 다른 차량의 방해가 없는 운동장에서 실시
- ② 따라서 실제 도로주행과는 다른 가·감속으로 주행
- ③ 기선 고정점을 설치하고 후처리방식으로 계산하며, 결과 정도는 RTK(실시간)과 같다고 본다.
- ④ 순 차간 거리를 계산하기 위한 수신기의 위치는 무시한다.

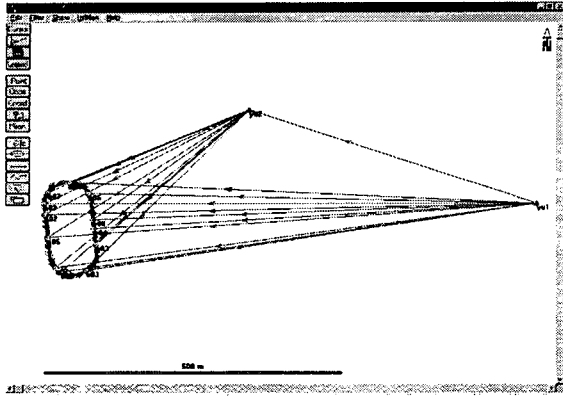
이렇게 측정된 GPS 데이터는 후처리를 거쳐 오차보정을 한 후 거리측정장치의 자료와 상호 비교하여 적합성을 판단한다.

2. GPS의 수신자료 해석

GPS는 지상 어디에서나 최소 4개 이상의 위성으로부터 위치정보를 수신 받을 수 있다. 정보는 지상의 위치, 속도 및 시간 자료를 수신 받게 되는데 이를 통해 X, Y, Z의 3차원 위치정보를 알 수 있다. 수신된 GPS 데이터는 WGS84 좌표계이다. 이를 GPS 소프트웨어인 SKI를 사용하여 좌표계 변환을 통해 우리나라에서 사용하는 TM(Transverse Mercator) 좌표계로 변환하여 분석에 사용하였다. 이상의 방법을 DGPS의 후처리 방식이라 하는데 본 연구에서도 후처리 방식을 사용하였다.

DGPS는 이미 좌표를 알고있는 점에 고정용 수신기를 설치하여 보정자료를 생성하고 이와 동시에 미지(未知)점에 또 다른 수신기를 설치하여 고정점에서 생성된 보정자료를 이용해 미지점의 관측자료를 보정함으로써 높은 정확도를 확보하는 GPS 측위기법을 말한다. 구현방법으로는 차분방법, 오차보정

법, 후처리(post-processing), 실시간(Real-Time)이 있다.
 <그림 3>은 DGPS의 기선을 기준으로 각 세션별 오차보정 네트워크의 구성형태를 보여주고 있다.



<그림 3> DGPS의 오차보정법

<그림 3>의 Yu1과 Yu2는 기지(既知)점으로서 측정 중 보정자료를 생성하여 후처리 과정에서 이동국의 오차를 보정해 준다. 이러한 방법으로 <표 1>과 <표 2>의 좌표들이 생성되었다.

<표 1> GPS로 측정된 WGS84 좌표값(예)

시간	경도	위도	타원체고
15:14:41	35 49 50.745177 N	128 45 3.804947 E	81.115
15:14:42	35 49 50.784497 N	128 45 3.770009 E	81.109
15:14:43	35 49 50.823660 N	128 45 3.732969 E	81.104
15:14:44	35 49 50.862642 N	128 45 3.692233 E	81.098
15:14:45	35 49 50.900539 N	128 45 3.648789 E	81.087
15:14:46	35 49 50.936671 N	128 45 3.603359 E	81.087
15:14:47	35 49 50.972094 N	128 45 3.554770 E	81.075
15:14:48	35 49 51.004681 N	128 45 3.505376 E	81.067
15:14:49	35 49 51.035727 N	128 45 3.454624 E	81.061
15:14:50	35 49 51.064199 N	128 45 3.403778 E	81.050
15:14:51	35 49 51.090983 N	128 45 3.351965 E	81.045
15:14:52	35 49 51.116470 N	128 45 3.299765 E	81.039
15:14:53	35 49 51.139891 N	128 45 3.246060 E	81.026
15:14:54	35 49 51.161913 N	128 45 3.190509 E	81.025
15:14:55	35 49 51.181723 N	128 45 3.133542 E	81.022

위<표 1>은 GPS 원 데이터의 WGS84 경위도 좌표이다. 이것을 TM(동부원점)좌표로 변환하면 <표 2>와 같다. 실제로 분석에 사용되는 좌표는 TM좌표계이다.

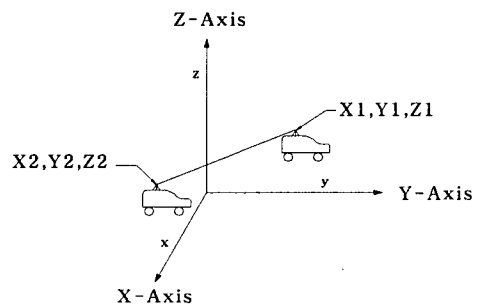
<표 2> TM 좌표(예)

시간	X	Y	Height
15:14:41	177452.076	258978.808	49.247
15:14:42	177451.199	258980.020	49.242
15:14:43	177450.269	258981.227	49.237
15:14:44	177449.247	258982.429	49.231
15:14:45	177448.157	258983.597	49.220
15:14:46	177447.017	258984.711	49.220
15:14:47	177445.797	258985.803	49.209
15:14:48	177444.557	258986.807	49.200
15:14:49	177443.284	258987.764	49.195
15:14:50	177442.007	258988.642	49.183
15:14:51	177440.707	258989.468	49.179
15:14:52	177439.397	258990.253	49.172
15:14:53	177438.049	258990.975	49.160
15:14:54	177436.655	258991.654	49.159
15:14:55	177435.225	258992.265	49.156

III. 자료 분석

1. GPS 데이터의 적합도 분석

GPS 데이터를 차량추종행태 분석에 사용하기 위해서 먼저 선행되어야 할 과제는 GPS의 정확성을 규명하는 것이다. 특히 미시적인 교통행태 분석을 위해서는 더욱 필요할 것이라 사료된다. 앞선 실험에서 GPS와 정밀 거리측정계는 같은 시간대에 관측을 실시하였다. GPS는 한 점의 좌표로 성과가 도출되고 정밀 거리측정계는 차량간의 거리가 성과로 나타난다. 그래서 GPS의 TM좌표 값을 X, Y라 하고, 고도를 Z로 하는 현재 점을 X1, Y1, Z1, 다음 점을 X2, Y2, Z2라 두고 계산하면 거리 계산 값이 나온다. <그림 4>는 이러한 산정방법에 대한 개념도를 표시한 것이다.



$$L = \sqrt{(X1 - X2)^2 + (Y1 - Y2)^2 + (Z1 - Z2)^2}$$

<그림 4> GPS 데이터의 거리산정방법의 개념도

거리 산정방식을 이용하여 GPS 데이터를 거리 데이터로 변환하여 초당 거리로 나타내어 정밀 거리측정계의 데이터와 상호비교·분석하였다. 먼저 정밀 거리측정계의 데이터를 참값이라 가정하고 GPS 데이터를 비교하면 paired t-test에서 유의확률이 0.6, t값이 -0.524, 상관분석의 Pearson상관계수가 0.999로 계산되어졌다. 위의 통계분석으로 미루어 볼 때 GPS 데이터가 정밀 거리측정계 데이터와 일치한다고 볼 수 있다. 따라서 차량추종분석에 GPS 데이터를 사용해도 무방하다고 사료된다. 상관분석과 t-검증 결과 값은 <표 3>과 <표 4>에 나타내었고 <표 5>은 GPS 데이터와 정밀 거리측정계의 측정 결과의 일부분을 비교한 것이다. <그림 5>는 <표 5>의 두 측정치의 비교를 그래프로 나타낸 것이다.

<표 3> 상관분석 값

	변수1(Distometer)	변수2(GPS)
변수1 Pearson 상관계수	1.000	0.999**
유의확률(양쪽)	.	0.000
N	1784	1784
변수2 Pearson 상관계수	0.999**	1.000
유의확률(양쪽)	0.000	.
N	1784	1784

** . 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의합니다.

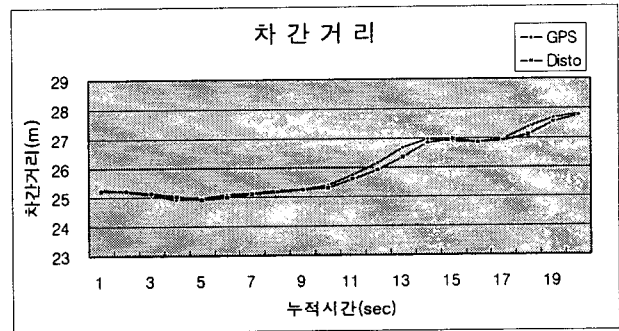
<표 4> t-검증 값

	대 응 차				
	평균	표준편차	평균의 표준편차	차이의95%신뢰구간	
				하한	상한
Distometer GPS	-2.6E-03	0.2100	4.973E-03	-1.2E-02	7.147E-03
	t	자유도	유의확률		
Distometer GPS	-0.524	1783	0.600		

<표 5> GPS와 정밀 거리측정계의 차간거리 값

시 간	차간거리(GPS)	누적시간	차간거리(Disto)
15:01:29	25.278	1	25.242
15:01:30	25.205	2	25.246
15:01:31	25.079	3	25.140
15:01:32	24.935	4	25.024
15:01:33	24.995	5	24.938
15:01:34	25.082	6	25.014
15:01:35	25.158	7	25.128
15:01:36	25.239	8	25.187
15:01:37	25.250	9	25.250
15:01:38	25.411	10	25.304
15:01:39	25.728	11	25.585
15:01:40	26.161	12	25.899

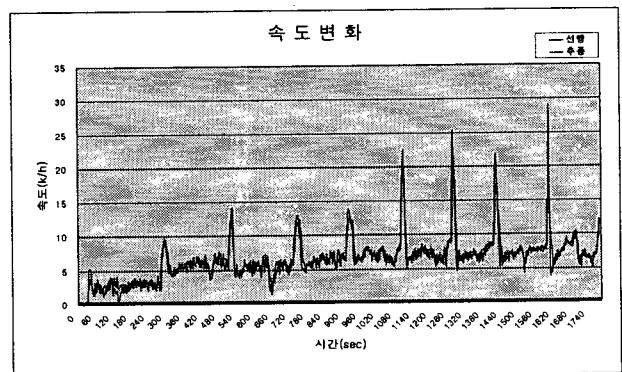
15:01:41	26.669	13	26.347
15:01:42	26.952	14	26.825
15:01:43	26.890	15	26.960
15:01:44	26.846	16	26.856
15:01:45	26.971	17	26.902
15:01:46	27.362	18	27.114
15:01:47	27.657	19	27.534
15:01:48	27.810	20	27.736



<그림 5> GPS와 정밀 거리측정계의 차간거리

2. 차량간 속도 변화

실험 가정조건에 따라 실시한 실험으로 다른 차량의 방해가 없는 운동장에서 실시하였고 실제 도로 주행과는 다른 가·감속으로만 차량을 주행했으므로 교통행태를 정확하게 나타내지는 못했다. 하지만 추종차량이 선행차량을 따라서 통행한 것은 틀림없기 때문에 차량추종의 근본적인 면은 크게 벗어나지 않는다고 생각된다. 다음의 <그림 6>은 선행차량과 추종차량의 속도변화에 대한 값이다. 그림에서 보듯이 선행차량의 통행특성이 추종차량에 영향을 미치고 있음을 개괄적으로 알 수 있다.



<그림 6> 선행차량과 추종차량의 속도 변화

IV. 결 론

차량추종과 같은 미시적인 분석을 위해 GPS 시스템을 사

용하였고 GPS 시스템의 정확성을 판단하기 위하여 정밀 거리측정장치인 Disto meter와 상호비교 하였다. 두 측정장치의 측정값을 비교하면 Pearson상관계수가 0.99, t값이 -0.524로 95%신뢰구간에 속하므로 두 측정 데이터가 매우 유사성이 있다고 할 수 있고 GPS 데이터를 교통분석에 사용해도 적합하다고 사료된다.

본 실험에서는 GPS의 정확성 판정에 중점을 두어 가정 조건하에서 실험을 실시하여 교통행태에 대한 어떤 성과를 바라기는 조금 미흡하지만 근본적인 교통 특성은 GPS 자료에 의해 정확하게 나타났다. 향후 GPS를 이용한 차량추종모형 개발이나 교통의 전반적인 특성을 규명하는데 GPS의 활용도가 높을 것이라 사료된다. 나아가 교통행태분석을 하는데 있어 가장 적합한 GPS 측위법을 고안해 내는 연구도 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 김재석, 이승준, 우용한(2002), 통행차량에 대한 GPS수신자료의 정확도에 관한 연구. 한국지리정보학회지, 한국지리정보학회, 제5권 제4호, pp.75-85
2. 우용한(2000), 차량의 추종행태 분석을 위한 GPS 자료의 수집과 적용. 한국지리정보학회지, 제 3권 4호
3. Draijer, G., Kalfs, N. and Perdok. J.(2000), GPS as Data Collection Method for Travel Research, TRB Papers 00-1176
4. Hatipkarasulu, Y., Wolshon, B. and Quiroga, C. (2000), A GPS Approach for the Analysis of Car Following Behavior, TBR.
5. Dana, P.H. (1997), Global Positioning System Overview. The Geographer's Craft Project, Department of Geography, The University of Texas at Austin
6. Forbes, T.W. (1963), Human Factor Consideration in Traffic Flow Theory, Highway Research Board, Record 15, HRB, Washington, D.C., pp.60-66
7. Gerlough, D.L. and M.J. Huber (1975), Traffic Flow Theory, TRB Special Report165, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., pp.87-90
8. Herman, R., E.W. Montroll, R. Potts and R.W. Rothery. (1959), Traffic Dynamics : Analysis of Stability in Car Following, Operations Research 1(7), pp.86-106
9. Laird, D. (1996), Emerging Issues in the Use of GPS for Travel Time Data Collection, Proceedings of the National Traffic Data Acquisition Conference, Albuquerque, N.M., pp.117-123
10. May, A.D. (1999), Traffic Flow Fundamentals, Prentice-Hall, Inc., pp.167-173
11. Pipes, L.A. (1953), An Operational Analysis of Traffic Dynamics, Journal of Applied Physics, 24(3), pp.274-287.
12. Quiroga, C.A. (1997), An Integrated GPS-GIS Methodology for Performing Travel Time Studies, Doctoral Dissertation, Louisiana State University, Baton Rouge, LA.
13. Quo, P. and A.D. Poling. (1995), GIS/GPS Design for Network Travel Time Study, Transportation Research Record 1497, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., pp.135-139.
14. Reuschel, A. (1950) Vehicle Movements in a Platoon with Uniform Acceleration or Deceleration of the Lead vehicle. Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur-und Architekten-Vereines, 95:59-62.