

■ 論 文 ■

# GPS와 GIS를 이용한 링크통행시간 예측기법

Link Travel Time Derivation Using GPS & GIS

**최 기 주**

(아주대학교 교통공학과 조교수)

**신 치 현**

(경기대학교 교통공학과 조교수)

목 차

- I. 서론
  - II. GPS의 개요
    - 1. GPS의 개관
    - 2. GPS의 기본원리
    - 3. GPS의 특성 및 정확도
    - 4. GPS데이터 포맷의 예
  - III. GPS를 활용한 링크 통행시간추정
    - 1. 원시정보의 가공
    - 2. 경로, 시간 및 속도의 산정
  - IV. 주행조사 및 검증
    - 1. 개요
    - 2. 조사방법
    - 3. 결과 및 문제점
  - V. 결론 및 향후과제
- 참고문헌

요 약

지능형교통체계(ITS)환경 하에서 요구되는 정보서비스의 기본적인 형태는 통행속도, 지체정도, 통행시간등으로 대별 되어질 수 있다. 그중 통행시간의 기본적 요소로서 링크통행시간을 산출하기 위한 제반 기법을 소개하였고, 특히 GPS를 이용한 링크통행시간 산정기법을 본 고에서는 제시하였다. 현재 GPS를 장착한 차량이 교유의 목적(예를들면, 위치파악 및 배차등의 목적으로)을 위해서 점차 늘어나고 있는 추세인 만큼(개인택시조합등) 이러한 자원을 부수적으로 이용할 수 없는지에 대한 활용방안의 여부가 논문을 작성하는 계기가 되었다. 이를 위해서 본 고에서는 구체적으로 GPS 원시데이터, 수치도로지도(GIS포함) 및 무선데이터망을 이용하여 링크통행시간을 산출하는 기법이 이를 위해서 본 고에서는 구체적으로 제시되었으며, 이들을 통한 교통정보의 수집가능성을 제안하였다. 중간결과로서 실제 가로주행조사를 통해서 얻어진 링크통행시간과 본 연구에서 제시된 GPS를 통해 얻어진 링크통행시간과 비교해 보면 오차의 범위가 10%내외로서 판명되어 그나마 동적교통정보수집조건이 열악한 우리실정에 큰 자원이 될 수 있다는 확신을 얻을 수 가 있었다. 한편, 본 연구에서 수행되지 못하였으나 추가연구로서 반드시 수행되었으면 하는 몇 가지의 항목이 결론부에 함께 제시되었다.

### I. 서론

도로교통정보를 운전자나 여행객에 전달한다는 것을 기술적인 단계별로 구분하자면 다음과 같이 표현될 수 있다. 우선 정확한 교통자료 및 정보를 다양한 정보원(source)을 통해 신속하게 수집하여야 한다. 수집된 자료나 정보들은 원시 자료의 형태를 띠고 있기 때문에 사용이나 활용 목적에 맞게 처리·가공하는 절차가 필요하게 되며, 그 정보는 이후 다양한 전달 매체를 통해 오류나 장애 없이 이용자가 이해하기 쉽고 접근하기 쉬운 방식으로 전달되게 되는 것이 일반적이다.

도로상에서 운전을 하고 있는 운전자나 여행 계획을 설정하는 여행객이 필요한 정보는 여러 가지가 있을 수 있다. 도로망 특정 구간의 속도나 통행시간, 지체 정도, 교통량 그리고 부가적인 위치 정보 및 서비스 정보 등이 바로 그러한 것들이다. 그러나, 정작 운전자나 여행자가 차량을 이용할 때 가장 원하는 정보는 바로 도로망상에서의 소통 정보이다. 소통을 직접·간접적으로 표현함에 있어서 가장 이용자의 필요에 부합하는 것이 바로 구간의 소요 통행 시간이라 할 수가 있다.

즉, 가장 요체가 되는 교통 정보로서 구간(교차로와 같은 노드간의 링크를 의미)에서 소요되는 통행시간(travel time, TT)을 가정할 때 이를 구하기 위한 수집방법으로는 우선 가장 전통적인 방법으로 도로 노면상의 루프(inductive loop) 검지기를 통해 수집되는 교통량 및 속도 자료 등을 이용하여 그 구간에서의 통행시간을 개략 추정하는 방식이다. 이는 기 설치된 노상 검지기를 완전하게 이용할 수만 있다면 추가 투자가 필요 없게 되는 장점이 있으나 일반적으로 도시부에서 신호제어 목적을 위해서 설치된 것들만을 이용하여 신뢰성 있는 통행시간을 추정하기에는 다소 어려운 점이 있다.

다른 하나의 방법은 교차로나 도로 구간 안의 신호기 상단부에 설치하는 노측 비콘(roadside beacon)과 차내의 장치(transponder)간의 교신(방식으로는 infrared나 microwave방식을 사용)을 통해 구간 통행시간을 수집하는 방법이다. 이 방법은 현재 ITS를 구현하고 있는 선진국에서 가장 널리 쓰는 방법으로

서 비록 장비의 시설비(transponder, beacon 및 지역 컴퓨터 및 중앙 컴퓨터)가 추가 소요되는 결점이 있으나 신뢰성 있는 통행시간의 수집에는 가장 적합한 방법이라 평가되고 있다. 한편, Turner(1996)는 몇 명의 통행시간 수집기술을 비교분석하고 수집기술별 적용분야를 나열하였다.(<표 1>과 <표 2>)

<표 1> 통행시간 수집기술의 특성 비교분석 (Turner, 1996)

구분	현장검증	주행시간 정확도	비용	단위장비당 운영비용
Electronic DMI	○	좋음	낮음	높음
Computerized Licence Matching	○	좋음	적당	적당
Video Licence Matching	○	매우 좋음	적당	낮음-적당
휴대전화 추적	시험 중	시험 중	적당-높음	낮음-적당
AVI	○	매우 좋음	적당-높음	낮음
AVL	○	좋음-매우 좋음	높음	적당

주) DMI : Distance Measuring Identification  
 AVI : Automatic Vehicle Identification  
 AVL : Automatic Vehicle Location

<표 2> 통행시간 수집기술별 적용분야(Turner, 1996)

구분	혼잡관리	실시간 주행정보	사고감지
Electronic DMI	제한적	×	×
Computerized Licence Matching	제한적	×	×
Video Licence Matching	제한적	가능	가능
휴대전화 추적	○	○	○
AVI	○	○	가능
AVL	○	○	○

또 다른 자료수집방법의 하나는 바로 차량이 자기 위치 확인 장치인 GPS 단말기를 장착하고, 그로부터 받은 위치 정보와 시간 정보를 도로상의 교차로를 통과하면서 공중 통신망을 통해 중앙 관제소로 송신하여, 중앙에서 집계된 수신 정보 D/B를 분석하여 구간 통행시간을 추출하는 방식이다. 이는 단말기와 중앙 센터의 장비 외에 추가적인 시설이 필요 없다

는 장점이 있으나 통신 주파수 확보의 어려움 때문에 통신사업자의 주파수 대역을 높은 비용을 지불하고 사용해야 하는 단점이 있다. 뿐만 아니라 디지털 지도상에서의 표출이나 GPS 엔진과 같이 내재된 지도상에서 교차로 점(노드) 확인의 어려움이 있어 신뢰도 높은 통행시간을 추출하기에는 부족한 점이 있다고 판단된다.

그 밖에도 과거 소통 정보나 통행시간의 실 측정 자료의 축적을 통해 실시간은 아니지만, 소위 “교통량도 관성이 있다.” (“Traffic follows predictable trends.”) 라는 경험에 입각하여 최근의 과거 자료를 제시함으로써 운전자나 여행객의 경로 선택을 간접적으로 지원하는 방식이 있다. 이는 기존 자료나 축적되는 자료의 가공을 통해서 PC 단말기나 Kiosk 또는 ARS 장치를 통해 언제든지 표출할 수는 있으나 현 상황을 대표하지 못하는 점(non-real time information 이라는 단점)이 있다.

본 고에서는 이상과 같은 교통정보 수집 방법 중에서 전술한 GPS단말기를 장착한 차량을 통해 통행시간 정보를 창출하는 알고리즘을 제시하고자 하고, 이를 토대로 산출된 통행시간을 검증하고, 데이터베이스화하여 링크통행시간정보를 산출하는데 활용하는 새로운 방안을 제시하고자 한다. 이를 위해 우선 GPS의 일반사항을 검토한 후 알고리즘개발, 실제검증을 위한 현지조사 및 결론을 차례로 소개하기로 한다.

## II. GPS의 개요

### 1. GPS(Global Positioning System)개관

GPS는 제 1세대 위성 위치 관측 시스템인 NNSS (Navy Navigation Satellite System)에 이어 제 2세대 시스템으로 개발된 범 지구적 위치 관측 시스템으로 불린다. 이는 정확한 위치를 알고 있는 인공위성에서 발사된 전파를 수신하여 위성에서 관측점까지 전파가 도달되는 시간을 측정함으로써 고정 관측점 또는 이동 물체의 위치를 측정할 수 있는 위치 측정 시스템이다.

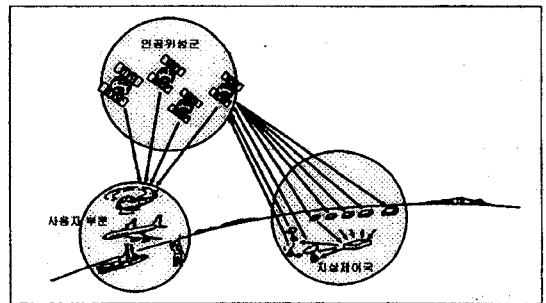
GPS를 이용하는 차량 위치 추적 시스템을 그 구성 요소별로 구분해 보면 크게 우주 부분, 제어 부분, 이용자 부분 등으로 나눌 수 있다.

#### (1) 우주부분(Space Segment)

〈그림 1〉에서 보는 것처럼 우주부분은 GPS의 인공위성과 관련된 부분이다. 21개의 위성과 3개의 예비위성으로 총 24개의 위성으로 이루어져 있으며, 위성 궤도 반경은 약 26,600km, 궤도경사각 55°, 승교점 적경 60°씩 6개 궤도에 운행, 궤도별 3개 또는 4개의 위성을 주회(周回)한다. 공전주기는 실험위성일 경우 약 11시간 58분이며(Block I (실험 위성)-0.5항성일), 실용위성일 경우 약 12시간이다(Block II (실용 위성)-0.5일 (12시간)). 원자 시계가 탑재(실용 위성-Cs 원자시계 3대, Rb 원자시계 1대, 실험 위성-Cs 원자시계 2대, Rb원자시계 2대)되어 있어 이 자료를 이용하여 GPS 단말기의 이동시간을 추정하게 된다.

#### (2) 제어부분(Control System Segment)

제어부분은 GPS 위성을 지상에서 추적, 관제하는 시스템으로 신호의 품질점검, 궤도추적, 위성상의 각 기기의 동작상태 점검, 방송 궤도 요소 등의 갱신, 위성 궤도의 수정 등의 기능을 수행한다. 주 추적관제국은 텍사스주 콜로라도 스프링스 무인 추적관제국이며, 대부분의 관제국은 적도 부분에 배치되어 있다. 그리고, 궤도 정보는 8시간마다 갱신된다.



〈그림 1〉 GPS의 구성요소

#### (3) 이용자 부분(User's Segment)

이용자 부분은 이용자가 측위를 하기 위한 GPS수신기의 사용목적에 따라 컴퓨터와 관련 S/W가 포함되며, 이용분야는 매우 다양하며 최근에 이용범위는

민간인으로서 발전하여 많은 수요가 발생하고 있다. 한편, 위성시스템으로서 NNSS(Navy Navigation

Satellite System)와 GPS(Global Positioning System)의 비교 및 개략적 역사를 살펴보면 다음과 같다.

<표 3> NNSS와 GPS의 특성 비교

구분	NNSS	GPS
개발년대	1950년대 말	1970년대 초
실용시작년대	1967년 일반 개방	1991년 말경
궤도고도	약 1,000km	약 20,000km
주기	약 100분	0.5항성일, 12시간
위성 수	5~6개	21개 + 예비 위성 3개
이용 좌표계	WGS-72	WGS-84
이용 목적	선박의 항법 지원, 측지기준점	선박, 항공기, 우주선들의 항법 지원, 시각 비교, 지각변동 측정
이용 지역	지구상 전역	우주공간 전역
이용 시간대	NNSS위성이 상공에 있는 때 1회 10~20분, 1일 수회	상시
절대위치오차	≤100m	≤100m(C/A코드), ≤16m(P코드)
상대위치오차	≤수 m	≤수 cm
측정 방법	인공위성 전파의 도플러효과 측정	전파의 전달 소요시간 측정
전파의 주파수	150Mhz, 400Mhz	1575.42Mhz(L1), 1227.60Mhz(L2)

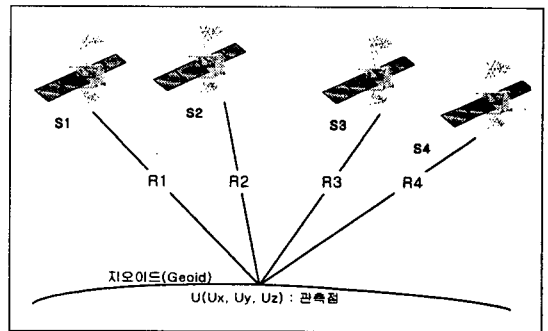
NNSS는 1959년 미 해군에서 Transit 계획에 의해 시작되었다. NNSS는 항해시 선박의 위치를 파악하는 것이 목적이며, 항법 장치 외에도 위치 측정이 가능하여 측량에서 이용 인공위성의 도플러 관측에 의한 항법 시스템으로 선박 항법 시스템 외에 낙도의 위치 결정과 개발도상국의 지도 작성을 위한 기준점 측량에 유효하다.

그러나 위성은 상공을 통과하는 곳에만 관측이 가능하여 수 시간씩을 기다려야 하고 절대 위치 오차가 100m 정도인 단점이 있다. 따라서 이러한 문제점을 보완하고 저속의 선박 외에 고속의 항공기 등의 위치 결정을 위해 1960년대 중반부터 연구 개발이 착수되어 NAVSTAR(Navigation Satellite Time And Ranging)라고 하는 군사위성에 탑재되어 운용되는 GPS가 개발되게 되었다.

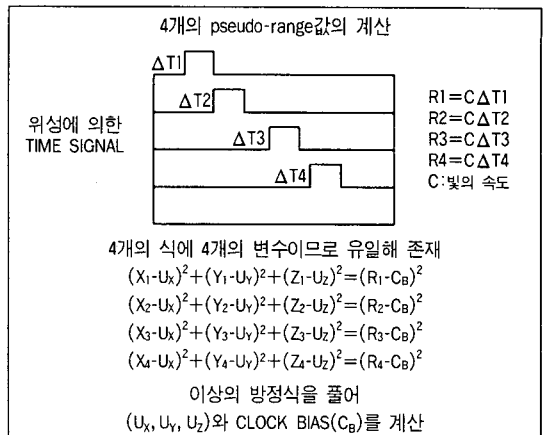
한편, <표 3>은 NNSS와 GPS의 특성을 비교한 내용을 나타낸다. GPS는 NNSS에 비해서 고도가 높고 따라서 공전주기가 길며 좌표계도 WGS-84를 사용하고 있는 점이 다르다고 할 수 있다.

## 2. GPS의 기본원리

GPS의 기본 원리는 <그림 2>와 같이 궤도를 이동



<그림 2> 관측점과 위성들간의 관계



<그림 3> GPS 위치결정 방정식

중인 21개 위성 중 3개이상의 인공위성에서 수신된 전파를 이용하여 미지점(관측점)의 위치좌표( $U_x, U_y, U_z$ )를 구하는 것이다. 이때 위성의 시계와 관측점의 시계는 일치하여야 하는 조건에 따라서 4개의 위성을 동시에 관측함으로써 시간도 미지수로 취급하여 해석한다.

즉, GPS는 관측점의 좌표와 시각의 4차원 좌표의 위치 결정 방식이다. 따라서 <그림 3>같이 4개의 미지수에 4개의 방정식을 연립하여 풀면  $U_x, U_y, U_z$  및 시각( $t$ )이 얻어진다.

### 3. GPS의 특성 및 정확도

#### (1) GPS의 특성

GPS의 특성 중 가장 두드러 지는 것은 고정밀도 측량이 가능하다는 것이다. 즉, Differential GPS (DGPS)를 사용시에 최대허용오차를 통상 10m 이내 까지 줄일 수 있다(Logdon (1992)). 이외에도 위성의 고도가 약 20,000km로서 장거리 측량이 가능하고, 기상, 기후의 영향을 거의 받지 않는 장점이 있다. 또한, 관측점간의 시계의 확보가 불필요하고, 실시간으로 위치를 측정할 수 있으므로 비행기 및 자동차와 같이 고속 운동하는 물체의 위치 관측 및 속도 관측에 유용하게 적용된다. 마지막으로 GPS는 시간과 장소의 구애 없이 위도, 경도, 고도의 3차원 위치의 결정이 가능하다는 특징이 있다.

#### (2) GPS의 정확도

GPS에 의한 위치 결정의 오차 원인에는 위성의 원자시계의 안정도, 위성 궤도 예측치의 정확도, 전리층의 전파 지연, 수신장치의 잡음 수신장치의 Channel 수 등이 있다. 일반적으로 널리 알려져 있는 정확도는 1대의 수신기로 측정되는 절대위치의 경우에 C/A(Coarse/acquisition) code사용 시 100m, P(precise) code사용 시 10m정도이다. 반면에 2대 이상의 수신기로 측정되는 상대 위치의 경우에는 수십Km이상의 거리에서 cm단위의 오차가 발생되므로  $10^{-6}$ 의 높은 정확도를 가지고 있다.

GPS를 이용한 위치 결정에 있어서 정확도 향상을 위하여 많은 연구가 진행되고 있다. 특히 두개의 반

송파를 동시에 수신하여 도플러 관측법을 이용함으로써 전리층과 대류층에 의한 영향을 제거시키고 VLBI (Very Long Baseline Interferometry)와 GPS를 결합함으로써 정확도를 향상시킬 수 있다. 이러한 관련연구로서 지각변동, 지질변동, 지질 구조 등을 연구하는 지구물리학 및 측지학 분야에서 많은 발전이 GPS 정확도 향상을 위해 기대되고 있다. (기타 자세한 GPS 정보수집원으로서 Logsdon(1992)와 Wells(1987)을 참조하기 바란다.)

### 4. GPS 데이터의 포맷의 예

GPS의 원시 데이터는 기본적으로 좌표, 시간, 속도 등으로 대별되어질 수 있으나, 기타의 정보도 존재한다. 본고에서는 현재 필자가 입수한 2가지의 형식을 소개하고자 한다.

#### (1) CASE 1 : (주)한국GPS

(주)한국GPS의 GPS단말장치로부터 전송받는 데이터 포맷은 기본적으로 한 개의 레코드가 "01:45:38, 04, 04, 000, 298, 312157.89, 542633.07"와 같고, 이를 정리한 것은 <표 4>와 같다.

<표 4> 한국 GPS의 장치에서 사용하는 데이터 형식

데이터의 예	설 명
01:45:38	(시:분:초)
04	?
04	GPS위성의 숫자
000	차량의 속도(m/s)
298	360도 방향 표시
312157.89	Katech X좌표
542633.07	Katech Y좌표

#### (2) CASE 2 : (주)신화

한편, 종합물류정보전산망구축에서 시범업체로서 선정되어 운행중인 (주)한국배송의 차량에 장착된 GPS 장비인 (주)신화의 GPS 데이터는 "3210337, 500500, 1997-1-10, 13:44, 134550, 0761, -053890, 0003876, 000, 003, 002, 9701101009, 010, 970110114, KK, 449161, 37.51714540, 127.04171875, 63.148, 9, 1, 25, 30, 6, 22, 21, 14, 29, 5, 0, 0, 0, EE"와 같고, 이를 정리한 것이 <표 5>에 나타나 있다.

<표 5> (주)신화의 GPS장비에서 사용되는 데이터 형식

데이터	설 명
3210337	송신자 모델 ID
500500	수신자 모델 ID
1997-1-10	데이터 수신 날짜
13:44	데이터 수신 시각
134550	GPS 시간(HHMMSS)
0761	사용 안함(중요 의미 없음)
-053890	TM_X 좌표
0003876	TM_Y 좌표
000	속도
003	차량 상태(공차, 상차, 주행, 휴식)
002	출발 장소(Code)
9701101009	출발 시각(YMMDDHHMM)
010	도착 장소(Code)
970110114	도착 시각(YMMDDHHMM)
KK	DGPS 데이터의 시작
449161	?
37.51714540	위도
127.04171875	경도
63.148	고도
이하 ~ EE	DGPS 데이터 ~ 정상적인 데이터의 종료(1회)

### III. GPS를 활용한 링크 통행시간의 산정

#### 1. 원시정보의 가공

본 연구를 위해서는 우선 전술한 2가지의 GPS데이터 중 (주)신화의 GPS자료를 활용하였음을 밝혀둔다. 우선 GPS차량에서 보내오는 데이터는 노드나 링크의 정보와 관계없이 단순히 좌표값과 시간만을 제공하기 때문에 이를 통행시간 추정에 이용하기 위해서는 일차적으로 원시점들을 인접 노드와 연관시켜 주는 작업이 필요하다. 이 때 원시점이란, GPS 차량의 좌표값을 말한다. 즉 <그림 4>에서 R1, R2, R3 ... 등을 말한다. 이 원시점을 중심점으로 하여 일정한 크기의 반지름으로 원을 그릴 때, 원 내에 노드가 있을 경우 그 노드에 GPS 차량이 존재하던지 지나간 것으로 가정한다.

그런데, 여기서 일정한 크기의 반지름을 찾아내기 위해서 50m, 75m, 100m의 다양한 반경을 대상으로 실험하였으나, 75m의 경우가 비교적 우수한 것으로 나타났다. 여기서, 우수하다함은 각각의 원시점을 최대한 버리지 않고(‘버린다’는 의미는 <표 6>에도 나오나 <그림 4>에서의 R3같이 아무런 노드와의 연계를 발견하지 못하거나, R4와 같이 2개 이상의 노드가 포함되는 경우임) 이들을 활용할 수 있는 기회가 증

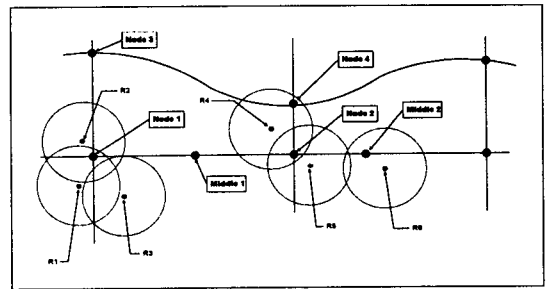
진됨을 의미한다.

또한, 수집된 데이터들과 이를 이용하여 분석/가공된 데이터들을 데이터베이스의 테이블 형태로 저장하는 과정을 통해 보다 정확한 통행시간추정에 사용하도록 하였다.

이러한 가공을 보다 섬세히 설명을 하자면 <그림 4>와 같이 원시점을 6개(원으로 그려진)를 설정하였고, 노드를 4개, 중간(middle) 노드를 2개를 포함시키는 상황을 설정하였다.

아울러 <그림 4>에서 제시된 가로망은 6개의 물리적 노드로 구성된 것으로서 이것을 또한 수치도로지도(1:25,000 정도)상에서 표출된 것이 <그림 4>라고 간주한다

한편, 센터로 송신되는 GPS데이터 자체에 오차가 있기 때문에 원시 데이터들을 선별하는 작업도 동시에 필요하다. 이를 위해 아래와 같은 데이터 선별과정을 거쳐 통과 노드들에 대한 정보를 GPS데이터를 담고있는 테이블에 입력하는 과정으로부터 시작을 하는데, 이를 보다 상세히 서술하면 다음과 같다.



<그림 4> GPS 원시점과 수치도로지도 노드 매칭을 통한 원시 GPS 데이터의 가공 개념도

- Step.1** 원시 데이터를 한 레코드 읽어 들인다.
- Step.2** Step.1에서 얻어진 노드들에 대해 차량 ID와 그 시간을 GPS수행테이블에 기록한다. 이때, 한 원시점에 의해 찾아진 노드들은 같은 순서 값(sequence)을 부여하여 기록한다.
- Step.3** 원시 데이터의 좌표값을 기준으로 반경 75m 안에 있는 노드들을 노드 테이블에서에서 찾는다. 이때 반경내에 선택되는 노드가 없을 경우, 이 원시점에 대한 정보는 사용하지 않는다.(R3의 경우)

- Step.4** 선택된 노드들에 대해 차량ID와 그 시각을 GPS수행 테이블에 저장한다. 이때 한 원시점에 의해 찾아진 노드들은 같은 순서값(sequence)를 부여(원시점 R1의 반경내에 처음으로 노드가 포함되므로 1을, 두 번째로 노드가 포함되는 원시점에 대해서는 2를 순차적으로 순서값으로 부여)하여 GPS수행테이블에 입력한다.
- Step.5** 만약 바로 전 순서값에 같은 노드가 있다면 그 노드는 시간만 갱신(update)시키고 그렇지 않으면 GPS 수행테이블에 새로 입력한다.
- Step.6** GPS차량으로부터 원시 파일의 모든 레코드를 전부 읽어들이기 때까지 Step.1~Step.6을 반복한다.

상기의 R1~R6까지의 원시점을 선별과정을 거쳐서 가공테이블에 입력시키는 과정을 정리하면 <표 6>과 같다.

<표 6> 원시 데이터가공 테이블

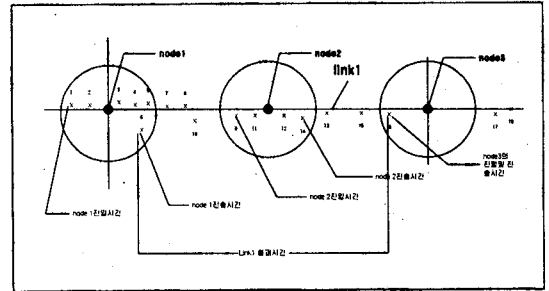
원시점(Ri)	해당노드	Sequence	Insert/Update	비고
R1	노드1	1	Insert	
R2	노드1		Update	노드1,Seq1에 Update
R3				비워둠
R4	노드2 노드4	2 2	Insert Insert	
R5	노드2		Update	노드2,Seq2에 Update
R6	Middle2	3	Insert	

주) Insert는 DB에 삽입, Update는 DB수정을 의미함

## 2. 경로, 시간 및 속도의 산정

결과적으로 원시 데이터를 가공하여 얻어진 GPS 수행 테이블에는 GPS차량이 통과한 노드들과 각 노드에 대한 최종 통과 시각이 기록되게 된다. 그런데 궁극적으로 구하려는 것은 노드 단위의 정보가 아니라 링크단위의 통행시간 정보이다. 따라서, GPS수행 테이블에 들어 있는 노드들에 대한 정보를 가지고 경로를 추적하여 링크를 구성하고 링크의 각각의 노드(시작, 중간, 끝)에 대한 통과 시각과 링크의 통과 속도를 얻어 새로운 테이블(조정된 테이블)에 입력해 주어야 한다. 이러한 과정을 아래와 같이 처리하

였다. 그림으로 표시한 것이 <그림 5>이며 데이터베이스상에서 처리되는(Oracle이용) 상세과정은 다음과 같다.



<그림 5> GPS원시점과 수치지도 노드 매칭을 통한 통행 속도 추정의 개념도

### 1) 불필요한 노드삭제.

GPS수행테이블에서 순서(sequence)간의 시간을 비교하여 순서값이 크에도 불구하고 시간이 먼저인 노드와 같은 순서값 사이에서 시간이 먼저인 노드들에 대해서 정보를 삭제한다.

### 2) GPS 차량의 이전 운행정보를 구한다.

이전 노드 테이블(last\_node\_table)을 참조하여 해당 차량이 이전 작업에서 마지막으로 처리한 노드와 순서(sequence)를 구하여 이 노드를 시작점으로 한다. 만약 이전노드테이블에 해당 GPS 차량에 관한 정보가 없을 경우 GPS수행테이블에서의 과정을 통해 최적의 시작점을 구한다.

### 3) GPS수행테이블 가져오기

GPS수행테이블에서 이전 작업에서 처리되지 않은 데이터(열:ROW)를 배열하여 가져온다. 이때 2)에서 구한 이전노드의 정보를 배열지표(Index) 0에 넣어 주고 순서값 순서대로 해당 차량의 정보를 넣어준다. 그리고 배열 지표(Index) 0의 노드를 시작 노드로 한다.

### 4) 시작 노드로부터 다음 통과 노드를 구한다.

① 배열(Array)에서 시작노드에 대한 다음 순서(시작노드의 순서값+1)의 시작 지표(index)와 끝 지표(index)를 구한다.

- ② 시작노드로부터 다음 순서(시작노드의 순서값+1)의 모든 노드들 간에 대하여 링크가 존재하는지를 GPS링크테이블로부터 확인하고 링크가 존재한다면 그 노드에 대해서 일정한 점수(예를 들면 2점)를 부여한다.
- ③ 만약 다음 순서값의 노드가 중간노드(middle node)이면 시작 노드와 중간 노드로 끝 노드를 찾는다.
- ④ 여기서 찾은 끝 노드간에 경로가 존재하는지 확인(GPS노드테이블에 중간 노드에 대한 양끝 노드가 잘못된 경우가 있어서 확인)하여 링크가 존재하면 그 다음 순서(시작노드의 seq +2)에 이 끝 노드가 있는지를 확인한다.
- ⑤ 만약 존재한다면 매우 높은 점수를 부여하여 사실상 경로를 확정 짓는다.
- ⑥ 그렇지 않다면 이 중간 노드 에 1점만 부여하고 위에서 찾은 끝 노드로 노드의 ID를 바꿔준다. 이때 이 중간노드에 대한 정보를 별도로 기록해 놓는다.
- ⑦ 위에서 찾은 끝노드를 시작 노드로 하여 부터 의 과정을 2번 더 반복하여 점수를 합산하고 가장 많은 점수를 얻은 노드를 (4)에서 구하는 다음 통과 노드로 결정한다.

#### 5) 링크정보를 수정된GPS테이블에 삽입한다.

위의 과정에서 하나의 링크가 완성되면 그 유형에 따라 통과 시간과 속도를 구하고 이를 조절GPS테이블에 기록한다. 유형에 따른 시간과 속도를 구하는 과정은 다음과 같다.

#### Case 1 : 시작, 중간, 끝 노드 가 모두 검출된 경우

- ① 각각의 노드에 대한 노드 진출 시각을 그대로 사용한다.
- ② 끝 노드의 진출 시각과 시작 노드의 진출시각의 차로 통과 시간을 구한다.
- ③ 링크ID로 이 링크의 길이를 구한 다음 길이와 시간으로 통과 속도를 구한다.

#### Case 2 : 시작, 끝 노드만 검출된 경우

- ① 시작, 끝 노드의 통과 시각은 그대로 사용한다.

- ② 끝 노드의 진출 시각과 시작 노드의 진출시각의 차로 통과 시간을 구한다.
- ③ 링크ID로 이 링크의 길이를 구한 다음 길이와 시간으로 통과 속도를 구한다.
- ④ 시작 노드 와 끝 노드를 이용하여 GPS노드테이블에서 중간 노드를 구한다.
- ⑤ 시작 노드와 중간 노드의 직선 거리를 양 노드간의 거리로 한다.
- ⑥ ③에서 구한 속도와 마)의 거리로 중간점 통과 시각을 계산에 의해 구한다.

#### Case 3 : 시작, 중간 노드만 검출된 경우

- ① 시작, 중간 노드의 통과 시각은 그대로 사용한다.
  - ② 중간 노드의 진출 시각과 시작 노드의 진출시각의 차로 통과 시간을 구한다.
  - ③ 시작 노드와 중간 노드의 직선 거리를 계산에 의해 구하고 이 거리로 시작 노드에서 중간 노드의 통과 속도를 구한다.
  - ④ ②와 ③로 중간 노드에서 끝 노드간의 예상 통과 시간을 구한다.
- 6) 링크가 확정된 노드 에 대해 처리가 완료되었음을 GPS수행테이블에 기록하고 그 노드ID와 순서를 이전노드테이블(last\_node\_table)를 갱신한다.
- 7) 4)부터 6)사이의 과정을 3)에서 가져온 해당 차량의 최고 순서값-3의 순서값까지 반복한다.

## IV. 주행조사 및 검증

### 1. 조사방법

주행조사의 목적은 우선 실제로 링크통행시간을 얻어내어 본 연구에서 생성된 결과와 비교 검토를 해서 결과를 검증하는데 있다. 조사를 수행하기 위해서 (주)신화에서 제조된 단말기를 기아 프라이드 승용차에 탑재하고 조사하였다. 조사일시는 1997년 4월 26일이며 조사구간은 <표 7>에서 보듯이 강남대로(한남대교~강남역 구간) 상이다.



〈표 7〉 전자지도를 사용하여 수작업으로 통행시간을 산출한 결과

(단위 : 초)

링크명	GPS 데이터를 통한 추정 통행시간						실제 조사된 통행시간
	허용반경 50m		허용반경 75m		허용반경 100m		
	중간값	최후값	중간값	최후값	중간값	최후값	
신사 ~ 한남대교	NA	NA	117	113	116	113	120
실제 통행시간과의 오차			3	7	4	7	
한남대교 ~ 신사	NA	NA	NA	NA	46	92	94
실제 통행시간과의 오차					48	2	
강남역 ~ 제일생명	NA	NA	101	97	101	97	114
실제 통행시간과의 오차			13	17	13	17	
제일생명 ~ 강남역	NA	NA	107	86	103	86	89
실제 통행시간과의 오차			-18	3	-14	3	
강남역 ~ 뱅뱅4거리	NA	NA	NA	NA	NA	NA	104
실제 통행시간과의 오차							
뱅뱅4거리 ~ 강남역	NA	NA	NA	NA	177	181	175
실제 통행시간과의 오차					2	6	

2. 자료의 분석 방법

자료의 분석을 위해서는 우선 차량의 단말기로 부터 올라오는 GPS 경위도 데이터를 GIS범용 패키지 인 ARC/INFO로 투영하여(즉, GPS의 WGS84좌표계에 의한 경위도 좌표를 본연구에서 사용된 수치지도 기준으로서의 TM좌표계로 변환) 데이터를 표출하고 (<그림 6>참조) 이를 ASCII파일로 변환하여 Oracle 데이터베이스 시스템에 넘겨준다. 이를 토대로 IV장에서 언급한 알고리즘으로 계산한 추정통행시간을 허용반경 각각에 대해서 산출하였다. 단 산출에 있어서 사용된 자료는 차량 1대의 자료임을 밝혀두며 검증을 위한 자료는 <그림 5>에서 제시된 개념과 동일한 링크통행시간을 스톱워치로 측정하여 이를 알고리즘에 의해 산출된 실측통행 시간과 차이성을 비교하는 방식으로 검증하였다. 한편, 이러한 실제주행시간과 알고리즘에 의해서 도출된 수치와의 차이를 정리한 것이 <표 7>이다.



〈그림 6〉 수치도로상에 표출된 GPS데이터

3. 결과 및 문제점

분석 결과 및 문제점으로 다음과 같은 사항을 연구의 성과로 얻게 되었다.

- ① GPS 데이터처리를 통한 통행시간 산정 결과를 보면 대개 실제 주행시간 보다 링크당 10초 내외의 오차를 보이는 것으로 나타났다.
- ② 통행시간을 구하기 위해 오라클 데이터베이스 시스템 상에서는 허용반경을 75m로 설정하여 최후값으로 통행시간을 산출하였는데, 링크별로 U-turn을 하면서 주행 조사를 하였기 때문에 경로 추적 알고리즘상의 문제로 올바른 주행경로를 추적하는데 실패하여 가치있는 결과를 얻을 수 없었다.
- ③ 일부 구간(논현~제일생명)에서는 GPS 데이터의 획득이 매우 불량하였는데 수화의 걸친 반복 측정에도 불구하고 이러한 구간이 생겼다는 것은 크게 두 가지로 생각해 볼 수 있다. 그것은 본 연구에서 통신망으로 사용된 TRS망의 특성에 따른 통신망의 암영대 문제 혹은 센터와의 통신이 두절시 장비자체에 저장하였다가 통신 재개될 경우의 데이터 저장 장치의 용량 부족을 생각해 볼 수 있다.
- ④ 몇몇 GPS 데이터의 경우 위치 오차가 커서 정확한 통행시간을 산출하기는 어렵다. 특히 이러한 경우 GPS 데이터의 위치 오차는 데이터베이스 계산상에서는 주행 경로를 잘못 파악하게 하거나 불가능하게 하는 경우를 발생시킬 수도 있다고 본다.

그럼에도 불구하고 성과로서는 다음과 같은 것을 얻을 수 있었다.

- ① 50m, 75m, 100m별로 허용반경을 설정하여 평균 값, 중간값, 최후값을 가지고 수치도로 지도상에서 수작업을 통해 통행시간을 구한 결과를 보면 100m의 허용반경으로 최후값으로 통행시간을 산정한 경우에 가장 근사한 값을 산출할 수 있었다. 이는 전술한 75m최적에 다소 상반되는 것이지만 강남지역의 경우 비교적 도로가 격자형이어서 100m라 하더라도 별반 무리가 없다는 것이 이 것이 꼭 다른지역에 일반적으로 적용된다는 것은 아니다. 복잡한 지역을 고려한 네트워크 전반적으로 최적인 값이 75m란 뜻이다.
- ② 허용반경이 클수록 비교적 정확한 통행시간을 산출할 수 있는 이유는 GPS 데이터의 위치 오차가 40~50m정도로 비교적 큰 편이며 GPS 데이터의 송신주기(polling rate)가 7초로 고속으로 주행시 노드주위에 나타나는 GPS점의 수가 적어 작은 허용반경으로 설정했을 경우에는 가치있는 데이터의 수가 적어지기 때문인데, 이는 작은 허용반경을 사용했을 때 좀더 정확한 값을 도출할 수 있을 것이라는 당초의 기대와는 상반된 것으로 장차 송신주기를 작게 가져갈 수 있다면 반전될 수 있는 결과치이다.
- ③ 평균값과 중간값을 선택한 경우 보다 최후값을 선택한 경우에 보다 우수한 결과가 나오는 것은 평균값이나 중간값이 노드를 미쳐 빠져나가지 못하고 신호대기에 걸려 있는 상태의 데이터까지 포함하기 때문에 실제 노드를 통과한 시간보다 과소평가하는 경향이 있기 때문이다. 따라서 앞으로의 주행 조사에서는 시간 최후값을 활용하되 허용 반경을 변화해 가면서 좀더 정확한 통행시간을 산출하는 방안을 모색하여야 할 것이다.

## V. 결론 및 향후과제

본고는 ITS환경 하에서 요구되는 정보서비스의

기본으로서 링크통행시간을 제공하기 위해서 GPS를 이용한 통행시간 산정기법을 제시하였다. 현재 GPS를 장착한 차량이 서울시의 경우만 하더라도 점차 늘어나고 있는 추세인 만큼 (도로교통안전협회 약 100여대, 개인택시조합 3000여대 등..) 이러한 자원을 부수적으로 이용할 수 없는지에 대한 궁극증이 결국은 본 연구 및 논문을 작성하게 하는 직접적인 동기가 되었다. 본 연구를 통해서 얻어진 결론으로서 GPS 및 무선데이터망을 이용하여 링크통행시간을 산출하는 기법은 매우 의미가 있는 작업임을 확인하였다. 구체적으로 실제조사를 통해서 얻어진 수치와 GPS를 통해 얻어진 링크통행시간과 비교해 보면 오차의 범위가 10%내외로서 미미하여 그나마 동적교통정보 수집조건이 열악한 우리실정에 큰 자원이 될 수 있다는 확신을 얻을 수가 있었다. 기법의 핵심으로서 수치도로지도를 GPS데이터와 함께 이용하여 통행시간을 산정하는 절차를 GIS와 데이터베이스기법을 통하여 개발하였다.

한편, 향후 극복하여야 할 과제로서 다음과 같은 추가사항이 보다 연구되어야 선행연구가 보다 의미 있을 것으로 판단된다. 첫째, GPS자체의 오류를 극복하는 방안으로서 DGPS등을 통한 정확도 개선(물론, 수치지도의 정확도 향상 역시 동시에 해결되어야겠지만), 그리고 GPS 트랙킹(tracking)이 안될 때(터널을 지날 때 등)의 복구 방안 등도 강구되어야 할 것이다. 둘째, GPS장착차량이 증가하게 되면 두 가지의 문제가 발생할 수 있다. 하나는 GPS무선데이터의 지속적인 송출을 위한(센터에서의) 비용이 하나이고, 다른 하나는 센터에서의 계산량의 증대에 따른 부담의 증가이다. 이를 동시에 해결하는 방안으로서 GPS차량에서 통행시간을 계산하여 필요한 정보만으로서의 링크통행시간을 송출하는 방식을 강구하여야 할 것이다. (locally computed and centrally collected) 끝으로 본 연구에서는 직진 구간만을 선별하여 GPS응용에 대한 링크통행시간 산정의 가능성을 타진해 보았지만 도시부의 경우 좌회전, 우회전, 유턴, 피턴 등의 다양한 회전양태가 존재함으로 이를 알고리즘적으로 수용할 수 있는 적절한 대응방안이 아울러 강구되어야 할 것이다.

## 참고문헌

1. Shawn Turner, Advanced Techniques for Travel Time Data Collection, TRR No.1551, TRB, 1996, p.57.
2. 한국도로공사, 고속도로주행정보시스템 구축 기본 설계 제2부 : FTMS와의 연계방안, 1997.
3. Tom Logsdon(1995), Understanding The NAVSTAR GPS, GIS, and IVHS, VNR, pp.13~14.
4. David Wells, Guide to GPS Positioning, Canada GPS Associates, 1987.