

# GIS와 GPS기법을 활용한 실시간 교통정보산출핵심요소

## A Core Issues of Real-Time Traffic Information Acquisition Based on GIS and GPS Techniques

김시곤(金示坤)\*, 배상훈(裴尙勳)\*\*

Sigon Kim and Sanghoon Bae

**요약** 21세기 무한경쟁시대에서 국가경쟁력을 확보하기 위하여서는 원활한 교통의 흐름이 뒷받침되어야 한다. 이를 위하여 물리적인 교통시설확충이 지속적으로 필요하겠지만, 부족한 재원과 제한된 토지공간으로 교통시설확충만으로는 교통문제 해결은 불가능하다. 이의 대안으로 기존교통시설의 효율을 극대화하는 방안으로 논의되고 있으며, 이의 핵심은 실시간 교통정보를 제공함으로써 교통혼잡을 완화하자는 것이다. 본 연구에서는 실시간 교통정보산출을 위하여 국가수치기본도에 GPS를 응용하는 기법을 제시하였다. 구체적으로는 GIS기능 중 하나인 공간결합(Spatial Join)기능을 활용하여 Map Matching, 통행시간추정기법 등을 제시하였다. 최종적으로는 제시된 기법을 서울시 강남구 지역일대에 시범적으로 적용시켜 보았다.

**ABSTRACT** In the 21st century, called as unlimited competition era, the level of transportation service is a key factor to determine the degree of an international competitiveness. In order to get the better transportation service, a various of transportation infrastructures have to be constructed. An efficient transportation operation techniques are to be adopted as well. In this paper, a core factors of real time traffic information acquisition is suggested based on the national basic maps and GPS techniques. In detail, map matching and travel time estimation techniques are developed and applied to Kangnam area for case study.

키워드 : GPS, AVL, 국가수치기본도, GIS-T, 실시간 교통정보

### 1. 서론

21세기 무한경쟁사회에서 인간과 화물을 대상으로 하는 교통의 원활한 흐름은 국가경쟁력의 기본이 된다. 이를 위해서는 각종 교통시설을 확충하고 있으나, 증가하는 교통수요에는 턱없이 부족한 실정이다. 이에 따라 시간과 장소를 막론하고 교통혼잡이 발생하고 있고, 부수적으로 연료소비 및 환경오염 등과 같은 사회간접비용이 점차 폭증하는 추세이다. 설상가상으로 국가경쟁력과 직결되는 물류비용은 우리나라의 경우 타 경쟁국보다 훨씬 높은 것으로 파악되고 있어 국가경쟁력의 큰 걸림

돌이 되고 있다. 전체 제조비용에 대하여 물류비용이 차지하는 비율이 일본이 11%인 반면에 우리나라는 17%에 육박한다고 한다[4]. 이는 교통혼잡이외에도 화물차의 공차(空車) 이동율이 높은 것이 하나의 요인이라는 지적이다.

이러한 부족한 교통시설을 극복하는 방안으로는 물리적인 교통시설확충이 지속적으로 필요하겠지만, 부족한 재원과 제한된 토지공간으로 교통시설확충만을 통한 교통혼잡완화 및 물류비용절감은 불가능하다. 이에 건설교통부를 위시한 중앙정부에서는 2가지 신교통기술에 관한 기본계획을 제시하여 기존 교통시설의 효율을 높이

\* 종신회원, 남서울대학교 지리정보공학과  
sigonkim@nsu.ac.kr

\*\* 정회원, 교통개발연구원 ITS정보센터  
shbae@cis.koti.re.kr

고자 노력중이다. 이는 1995년에 발표한 국가지리정보체계(NGIS : National Geographic Information Systems) 구축기본계획과 1997년에 발표한 지능형교통체계(ITS: Intelligent Transport Systems) 국가기본계획이다.

지리정보체계는 전국의 지형도와 지적도를 수치지도화하여 공통된 지리정보(GIS-DB)를 구축하고, 이를 기초로 각종 분야에 응용하여 업무의 효율성을 제고하는 정보SOC사업이다. 반면, 지능형교통체계는 첨단 통신·제어·전자기술을 각종 교통시설에 접목시켜 기존 교통시설의 효율성을 향상시키고, 교통안전성을 제고하는 차세대 교통체계이다.

이러한 시점에서 첨단 전자·통신기술을 활용하여 자동적으로 차량의 이동위치를 수치지도를 통하여 파악함으로써 현재 도로교통상황을 추정하고, 화물차의 적재여부, 여객의 유무 등 차량운행상태를 관리할 필요성이 급격히 부각되기 시작하였다. 이를 수행할 수 있는 방안으로 국가수치기본도와 GPS를 활용한 자동차량위치추적(AVL : Automatic Vehicle Location)시스템을 활용할

수 있는 토대를 마련하고자 한다. 세계 각국에서는 이러한 기법을 통하여 교통혼잡을 완화하고 물류비용을 절감하고자 하는 연구가 다양하게 진행되고 있다.

본 연구의 목적은 자동차량위치추적시스템을 활용하기 위한 핵심기술요소인 Map Matching기법, 통행시간 추정기법 및 차량운행관리기법을 제시한 후, 이를 현장시험을 통하여 검증하고자 함에 있다.

## 2. 실시간 통행정보산정을 위한 교통정보 (ITS DB)

교통공간정보(ITS DB)는 수치지도를 의미하는 도형정보와 이와 연계된 각종 교통속성정보와 묶여진 한 세트의 정보이다. 본 연구에서는 도형정보로서 국가수치기본도와 속성정보로 GPS자료를 살펴보았다.

### 2.1. 도형정보

도형정보는 지리적 고유좌표를 갖는 수치지도를 의미



그림 1. 서울시 강남구지역을 나타내는 국가수치기본도의 일례

하는 것으로 현재 국가지리정보체계(NGIS)구축 기본계획하에서 추진하고 있는 국가수치기본도를 활용하도록 하였다. 왜냐하면, 향후 국가수치기본도가 모두 완성되는 2000년도에는 기본적으로 GIS활용분야에서 국가수치기본도에 기초를 두어야 할 필요가 있기 때문이다.

국가수치기본도는 1/1,000, 1/5,000, 1/25,000의 3가지 축척을 지역적 특성을 고려하여 국립지리원에서 제공하는 수치지도이다. 1/1,000축척은 도시지역, 1/25,000은 산악지역, 1/5,000은 산악지역을 제외한 전국지역에 적용된다. 이러한 국가수치기본도는 지형의 대상별로 아래와 같이 9개의 4자리숫자의 레이어코드로 구분하여 지정되어 있다(표 1 참조).

그림 1에는 서울시 강남구지역에서 국가수치기본도 중 도로레이어를 표출해 보았다.

국가수치기본도는 그림 1에서 알 수 있듯이 도로의 방향 및 크기를 나타낼 수가 없다. 여기서 보이는 도로는 실제 교통속성이나 방향성을 제시할 수 있는 링크(Link)의 개념이 아니고 단지 도로의 테두리에 불과하

표 1. 국가수치기본도의 지형코드 대분류

코드	내용	코드	내용	코드	내용
1×××	철도	4×××	건물	7×××	지형 행정,
2×××	하천	5×××	지류	8×××	지역경계
3×××	도로	6×××	시설물	9×××	주기

다. 이러한 수치지도는 단지 차량 등의 위치는 나타낼 수 있어도, 도로의 방향성(Vector의 개념)과 속성에 관계된 제반정보와 연계시킬 수 없다. 즉, 도로의 종류, 노면표시, 도로교통량 등의 정보를 연결시킬 수 없는 것이다. 이것이 소위 말하는 도로의 위상관계가 없다는 것이다.

이러한 도로위상관계는 노드(Node)와 링크(Link)로서 나타낼 수 있다. 이는 위상관계를 정립하는 기존 소프트웨어를 사용하거나 컴퓨터스크린을 통하여 직접 입력하는 방안이 있다. 본 연구에서는 기존 GIS소프트웨어인 ARC/INFO의 CLEAN명령을 활용하였다. 서울시 강남구지역에 도로위상관계를 정립한 예를 그림 2에 나타내 보았다.

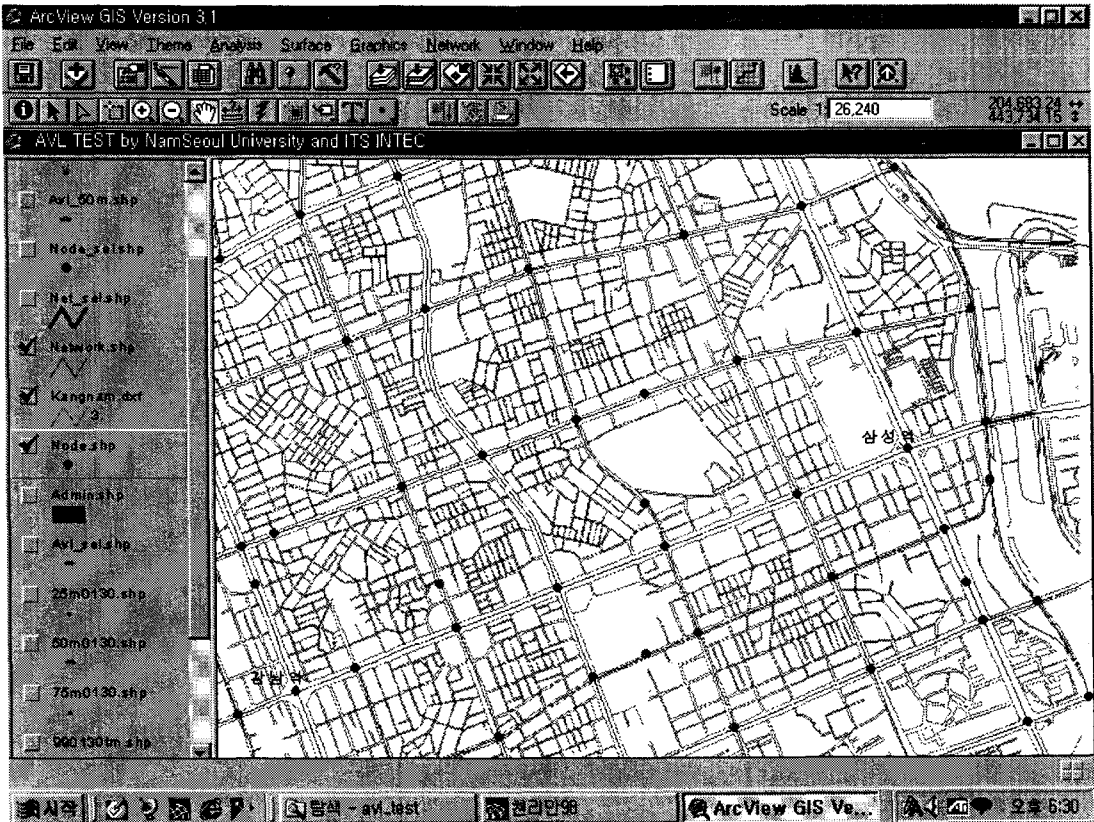


그림 2. 서울시 강남구지역에서 도로위상관계를 맺은 도로망

**2.2. 속성정보**

자동차량위치추적시스템 구축을 위하여 필요한 도형 정보를 분석해보면 점, 선, 면 중 대부분이 점과 선의 형태이다. 점의 경우 노드와 차량의 위치가 될 것이며, 선의 경우 링크가 된다. 나머지 행정구역은 면으로서 표현된다. 노드에 관한 속성정보로서는 진행방향도로와 교차되는 도로, 노드를 기준으로 진입과 진출, 방향별 진입규제에 관한 정보이다. 링크에 대한 속성정보로는 도로의 형태, 차선수, 설계속도 등이다. 차량에 대한 속성정보는 위치별 통과시간, 속도 등 각종 차량이동상황정보 등이다. 본 연구에서는 (주)ITS인텍에서 「부르미」라는 택시 호출서비스에 사용하고 있는 GPS자료를 활용하였는 바, 이에 대한 자료포맷의 예는 표 2와 같다.

표 2. GPS차량으로부터 획득되는 자료 및 포맷의 예제

열번호	설명
01-09	시, 분, 초(센터 clock의 값)
10-18	차량구분을 위한 main id
19-23	차량종류구분 code(일반택시, 법인택시)
24-30	날짜
31-37	GPS에서 인식한 clock의 값
38-45	GPS인식한 위도값
46-53	GPS인식한 경도값
54-58	차량상태 값(주행/민차 여부)
59-64	방위값(0도-360도)
65-67	차량속도 값(km/h)

자료 : (주)ITS인텍, 1999

**3. 실시간 교통정보산출기법의 핵심요소 및 적용**

**3.1 기본방향**

**3.1.1 교통정보산출기법의 핵심요소**

실시간 교통정보산출 및 이의 활용을 위하여 필요한 핵심요소기법은 크게 3가지로 요약된다. 첫째, GPS좌표를 국가수치기본도상에 표시하는 Map Matching, 둘째, 일부차량에 해당하는 프로브차량의 정보로 링크별 통행시간 산정, 셋째는 차량운행관리 및 긴급상황시 대응기법이다. 이를 위하여 본 연구에서는 기존 상업용 GIS tool인 미국 ESRI회사의 Arc/Info와 Arcview를 사용하였다. 구체적으로는 GIS기능 중 하나인 공간결합(Spatial Join)을 활용하였다.

**3.1.2 시범지역 선정 및 현장실측조사**

본 연구의 시범지역으로서는 (주)ITS인텍가 소재하고 있는 서울시 강남지역을 택하였다. 실제 GPS차량정보의 정확도를 분석하기 위하여 현장 실측조사를 수행하여 GPS자료를 검증하였다. 조사는 1999년 1월 30일 강남구지역의 주요도로를 위시하여 서울시 지역을 실측하였다. 조사방법은 GPS수신기가 장착된 자동차를 타고 조사원이 자동차가 도로의 진입시부터 빠져나갈 때까지 차량속도 변화를 차량의 속도계를 보고 기록하는 방법을 택하였다.

**3.2 Map Matching기법 및 적용**

실시간 교통상황정보를 산출하기 위해서는 GPS단말기를 부착한 차량으로부터 받는 실시간 위치정보를 국가수치기본도에 정확하게 표출하는 것이 가장 중요한 것이다. 이를 기초로 교통상황을 추정, 예측하고 각종 돌발상황에 대한 긴급대응방안을 마련할 수 있기 때문이다.

하지만 여러가지 이유로 차량의 실제위치와 수치지도상의 그 위치를 정확하게 표출하기가 힘들다. 크게 2가지 이유가 있다. 첫째는 국가수치기본도를 생성할시 축척으로 인한 내부적오차로 인하여 발생하는 오차이다. 둘째는, GPS단말기를 부착한 Probe차량의 위치를 GPS 자체가 가지는 오차일 것이다.

첫 번째 오차인 국가수치기본도의 축척에 따른 내부적인 오차는 축척의 크기에 0.5mm를 곱한 것으로 대략 제시되고 있다[1]. 예를 들면, 1/1,000의 경우 500mm, 즉 50cm의 오차를 지닌다는 것이다. 국가수치기본도가 도시지역에서는 1/1,000과 1/5,000으로 국가수치기본도가 작성되고 있기 때문에 도시지역에서의 국가수치기본도의 축척에 따른 최대오차는 2.5m정도라고 볼 수 있다. 따라서, 교통상황을 파악하거나 차량관리를 위한 위치추적의 정도(Precision)측면에서 볼 때 무시할 수 있는 수치라 할 수 있겠다.

둘째로 GPS자체가 가지는 오차문제이다. GPS로부터 받는 좌표는 경위도 좌표체계이다. 하지만, 우리나라 국가수치기본도는 횡메르카도르좌표(TM : Transverse Mercator)체계이다. 따라서, 차량위치를 수치지도상에 나타내기 위해서는 우선 좌표계를 일치시키는 좌표변환과 차량이 도로상에 나타나도록 위치를 수정하는 Map Matching이 이루어져야 할 것이다.

**3.2.1 좌표변환**

좌표변환은 GPS로부터 받는 좌표인 경위도좌표를 국가수치기본도인 TM좌표로 전환하는 것이 바람직할 것

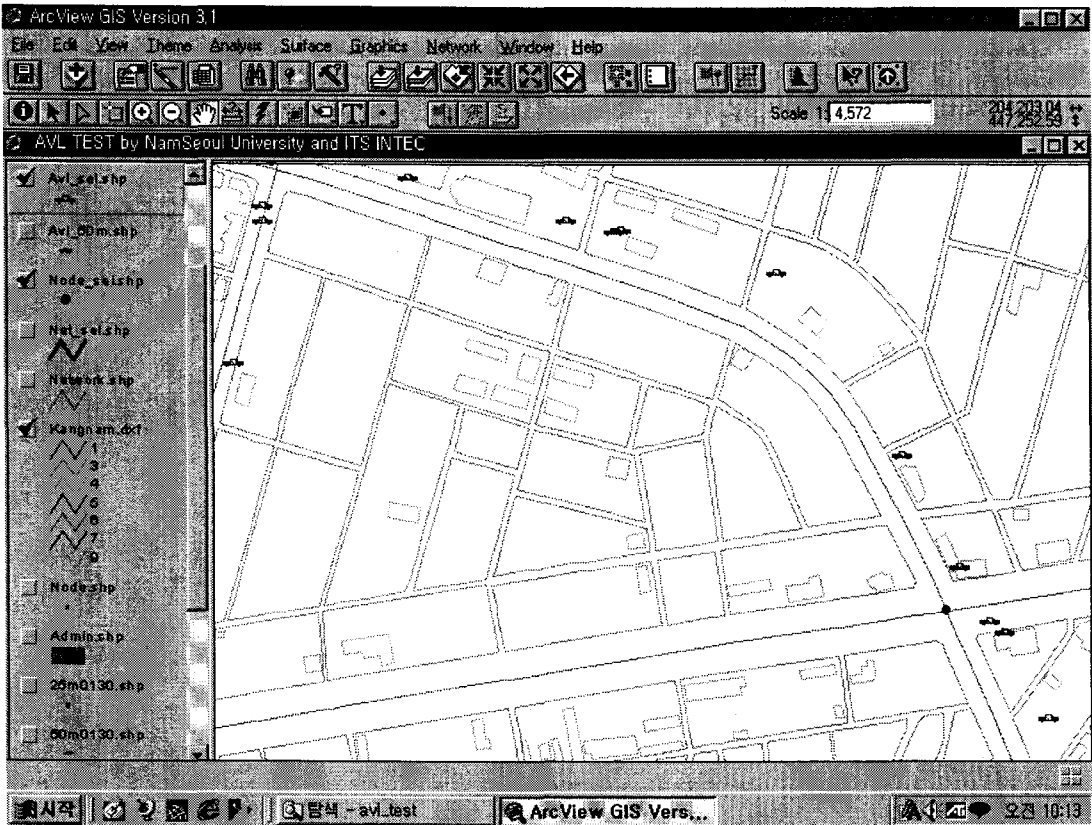


그림 3. 서울시 강남지역에서의 국가수치기본도상에 표출한 실제 GPS차량위치에

으로 판단된다. 왜냐하면 GPS차량좌표는 점(Point)개체로서 좌표변환이 한번으로 끝나지만 국가수치기본도에서는 여러 가지의 Layer가 존재하기 때문에 좌표변환이 Layer별로 반복적으로 이루어져야하기 때문이다.

좌표변환은 GPS 차량위치정보인 경위도좌표를 국가수치기본도의 좌표체계인 TM좌표로 변환하였다. Arcview에 내재되어 있는 Projection명령문을 사용하였다.

### 3.2.2 Map Matching

국가수치기본도는 1/5,000의 축척을 사용하였다. 국가수치기본도가 축척에 따른 내부적오차는 50cm~2.5m정도로 교통운영측면에서 무시할 수 있는 오차이다. 그러므로, 여기서 다루고자 하는 Map Matching은 GPS차량좌표의 오차를 수정하여 실제차량의 위치가 되는 도로상으로 이동시키는 작업이라고 할 수 있겠다. GPS차량좌표로 국가수치지도상에 표출한 예를 그림 3에 나타내었다.

Map Matching하는 방법으로는 휴리스틱한 접근방법을 택하였다. 본 연구는 교통정보산출 및 차량관리를 위한 정보를 다루기 때문에 실제 GPS차량위치와 국가수치기본도에서 도로중심선과의 이격거리가 일정거리내에서는 가장 근접거리로 도로상으로 이동시키는 방법을 취하였다. 일정거리는 정확성과 경제성을 동시에 고려하였다. 우선 정확성의 경우, GPS차량위치가 교차로부근을 제외하고 다른 Link와 중복되지 않는 거리로 정하였다. 둘째는 교통센터에서 GPS차량위치정보를 받아 도로중심선에서 일정거리내에 있는 정보만을 채택하였다. 이 경우 실제 GPS차량위치정보를 도로중심선에서 일정거리를 벗어나는 정보는 모두 버린다는 것이다. 일정거리의 크기를 줄일수록 사용가능한 자료는 줄어드는 것이다. 도로구조상 정확성을 부과하기 위한 최소일정거리는 도로와 인접도로의 도로중심선간의 거리의 1/2보다는 짧아야만 일정거리내 위치 이동할 수 있는 도로는 하나로 선택될 수 있다. 서울시 도로구조를 볼 때 최소한의

도로간의 거리는 약 100m정도로 파악되고 있으며 이 값을 기준으로 할 때 최소거리는 50m정도라 할 수 있겠다 (그림 4참조).

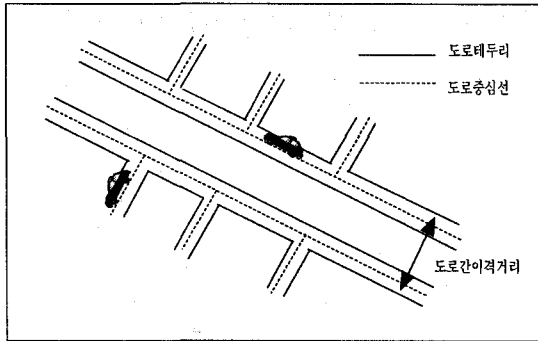


그림 4. 국가수치기본도에서 도로 Layer (도로의 테두리에 해당)와 도로중심선

경제적인 관점에서는 도로중심선과 이격거리별로 사용할 수 있는 유효정보비율을 살펴보았다. 서울시 전역 도로에서 1999년 1월 30일 남서울대와 (주)ITS인텍에서 실제 주행시험을 한 결과 총2074번의 차량위치정보를 도로중심선과 이격거리별로 분석하면 다음과 같다.

표 3. 도로중심선과 이격거리별 유효정보를 지나는 차량대수

구 분	0-25m 이내	25-50m 이내	50-75m 이내	75m 이상	계
유효정보차량 (대수)	768	569	347	390	2074
비율(%)	37	27.5	16.7	18.8	100
누계비율 (%)	37	64.5	81.2	100	100

이 결과를 볼 때 25m이내를 일정거리로 정하기에는 약 60%정보를 버려야 하며, 50m 이내로 할 경우 약



그림 5. 강남동쪽지역에서의 도로중심선과 이격거리 50m이내의 차량정보수



- ③차량 : 일정링크 내에서는 정보확보가 불가능  
 들쭉는 Polling Time시에 맞추어 출발노드와 끝노드를 통과하지는 않지만 링크내부에 있을 때 수집해 놓은 속도정보를 평균하여 구해 보았다. 다음 그림에서 차량 ①은 링크간 통행시간을 구할 수 있으나 차량②,③은 링크간 통행시간을 구할 수 없다는 것이다. 그 중에서도 차량②는 한 지점에서의 속도정보를 구할 수 있다. 하지만 차량③은 링크내 통행시간과 속도 모두를 구할 수 없다(그림 7참조).

3.3.1 노드통과시점의 차이에 의한 방법

링크별 통행시간은 진입·진출노드를 지날 때의 GPS 차량진입시간의 차이로 구하였다. 강남동쪽지역에서의 진입·진출하는 통행시간을 그림 8에 나타내었다. 단위는 00시00분00초이다.

실측한 결과와 동시시스템으로 통행시간을 산정한 결과를 비교해본 결과 11군데 교차로에서 삼성역교차로와 오천주유소 교차로에서는 센타에서 차량정보수집순간

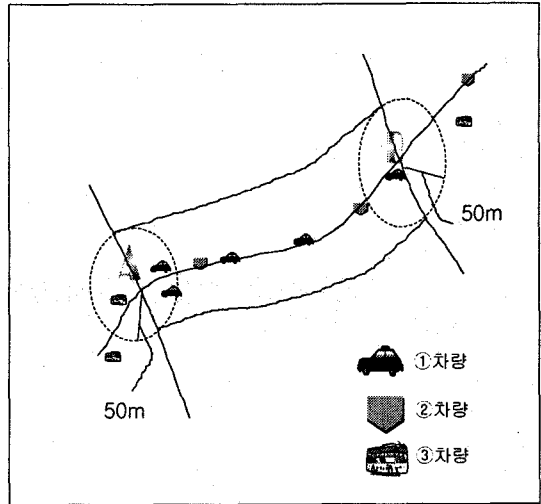


그림 7. 도로중심선에서 유효거리내에 위치한 GPS차량의 분포도

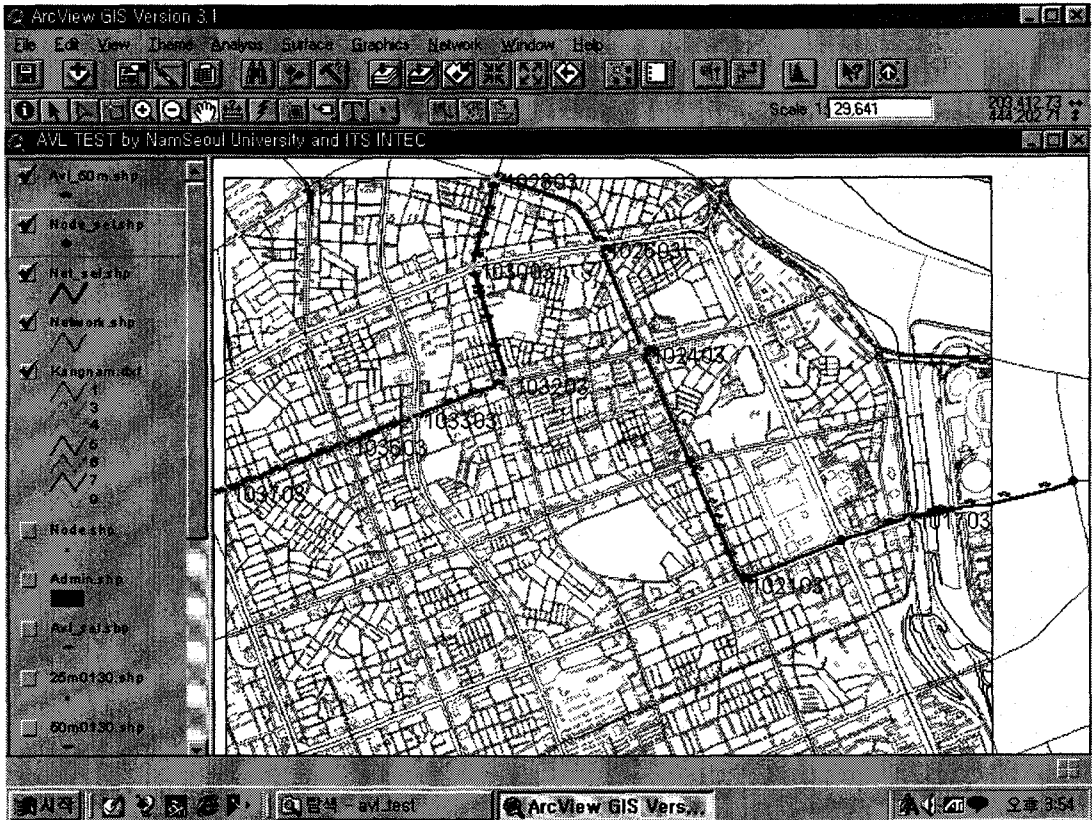




표 4. 노드별 진입시간의 실측값과 통행시간산정에 의한 결과비교

지점	통행실측시간	통행시간산정결과	비고
삼성역	10:17	-	동 노드에서 50m내에 차량정보가 없음
동아사거리 (포스코빌딩)	10:21	10:21	
오천주유소	10:22	-	
청담공원	10:24	10:24	
청담사거리	10:25	10:26	
갤러리아백화점	10:27	10:28	
학동사거리	10:29	10:30	
강남구청	10:31	10:32	
관세청사거리	10:33	10:33	
천주사거리	10:35	10:36	
영동사거리	10:37	10:37	

표 5. 링크시간, GPS 차량속도, 실측에 의한 링크별 속도비교

(단위:km/h)

링크구간		통행시간에 의한 속도	GPS속도의 평균	실측값의 평균
출발노드	도착노드			
삼성역	동아사거리	-	12	31
동아사거리	오천주유소	-	40	23
오천주유소	청담공원	-	16.5	19
청담공원	청담사거리	20	-	30
청담사거리	갤러리아백화점	23	25	30
갤러리아백화점	학동사거리	16	18.1	-
학동사거리	강남구청	21	21	30
강남구청	관세청사거리	34	37.4	24
관세청사거리	천주사거리	9	31	28
천주사거리	영동사거리	45	24.1	15

교차로에서 50m이내에 probe차량이 존재하지 않았다. 나머지 교차로에서는 4군데를 제외하고 모두 정확하게



그림 9. 링크내 GPS차량속도의 산술평균속도

맞았다. 4군데도 실측시 초단위로 측정하지 못해 생긴 오차라고 판단된다. 그 결과, 관세청사거리~천주사거리~영동사거리구간을 제외하고는 상당히 유사한 결과를 나타내었다(그림 9, 표 5참조).

**3.3.2 링크내 속성정보의 산술평균에 의한 방법**

링크내에 존재했던 차량의 통행속도를 단순산술평균한 값도 구하였다. 이 값들을 실측한 값과 비교하였다. 순간속도들의 평균값임을 감안할 때 값들의 오차가 다소 있으나, 차량소통상태 분류는 가능하리라 판단된다.

**4. 결론 및 향후과제**

**4.1 결론**

- ① 교통정보산출 및 제공을 위한 국가수치기본도와 GPS기법의 활용  
범부처적으로 국가적인 사업차원에서 생성되고 있는 국가수치기본도를 교통정보산출 및 정보제공용으로 충분히 활용할 수 있었다. 또한, GPS 차량을 프로브 차량으로 하는 교통수집원으로서 충분히 활용가능한 교통정보, 특히 통행시간산정이 가능하다는 것을 파악하였다.
- ② GPS와 GIS를 연계하기위한 오차의 범위  
도시내교통상황을 파악하기 위하여 허용되는 오차, 즉 도로중심선과 GPS차량위치정보의 이격거리로 50m 이내로 선택하는 것이 바람직하다고 판단된다.
- ③ 링크통행시간 산정의 정확성  
GPS 차량을 Map Matching한 기존자료를 활용하여 링크별 진입시간을 측정하여 산출한 링크간 통행시간을 상당히 정확한 것으로 판단된다.

**4.2 향후과제**

- ① DGPS를 통한 오차범위를 축소  
도로중심선과 GPS차량위치정보간의 허용이격거리로 50m 이내로 보고 해석한 결과 약 35%의 정보자료가 무용지물이었다. 자료의 정확성과 경제성을 고려하여 DGPS를 차량위치를 파악하는 기술로 채택할 지 여부를 검토해 볼 필요가 있다.
- ② 링크별 통행시간 추정 및 예측  
본 연구에서는 링크별 통행시간을 산정하였다. 이를 수행하기 위해 현재 링크의 시작노드와 끝노드를 지나는 차량이 정보로 선택된 링크에 한하여 가능하였

다. 물론 Probe차량 대수가 늘어감에 따라 거의 모든 링크에 대한 링크통행시간정보를 구할 수 있을 것이라 생각한다. 이 값들을 기초로 현재 교통상황을 추정(Estimation)하는 기법과 더 나아가 향후 통행시간을 예측(Forecasting)하는 기법이 연구되어야 할 것이며 최종적으로는 실시간 최적경로 기법도 제시되어야 할 것이다.

**참 고 문 헌**

- [1] 유복모, "지형공간정보론", 동명사, 서울, 1995. pp. 449~450.
- [2] ITS인텍크, 현장조사자료, 1999.
- [3] 김시곤, *지능형 교통체계(ITS)의 상용화를 위한 교통정보산출 및 정보제공기술개발*, 건설기술연구원, 1998.
- [4] 김시곤, *지리정보시스템(GIS)의 교통부문 도입방안*, 교통개발연구원, 1995.



**김시곤**

1986년 부산대학교 토목공학과 졸업 (공학사)  
1987년 미 버지니아텍 주립대 토목공학과 졸업(공학석사)  
1990년 미 버지니아텍 주립대 토목공학과 졸업(공학박사)  
1990년~1991년 미 버지니아텍 주립대 교통연구소 부소장

1992년~1997년 교통개발연구원 GIS 및 ITS실장  
1998년~현재 남서울대학교 지리정보공학과 조교수  
관심분야: GIS-T, ITS, 교통공학, 인터넷GIS



**배상훈**

1990년 부산대학교 토목공학과 졸업 (공학사)  
1991년 미 버지니아텍 주립대 토목공학과 졸업(공학석사)  
1994년 미 버지니아텍 주립대 토목공학과 졸업(공학박사)  
1995년~현재 교통개발연구원 ITS정보센터 책임연구원

관심분야: ITS, 교통공학, GIS-T