

# ITS용 수치지도의 현황과 개발방향

아주대학교 공과대학 환경도시공학부  
교통공학전공 교수 최기주

## 1. 서론

그간 수치도로지도에 대한 필요성은 도로 관련 시설물의 효율적인 관리를 위해서 주로 논의가 되어져 NGIS (National Geographic Information System)의 출범과 더불어 수치지도의 제작과 몇몇 도시의 도시정보체계구축이 이루어져 왔으나 이는 어디까지나 관리자의 입장에서 정적인 정보체계관점에서 수치지도의 필요가 반영되어진 일면이다. 최근 동적인 정보체계로서의 지능형정보체계 (Intelligent Transport System: ITS)에서는 최종 소비자의 입장에서 보다 더욱 세밀한 정보를 요구하는 제반 수치지도들, 예를들면 항법용에 있어서의 필요등, 제작하여야 하는 필요성이 대두되어졌고, 우리 나라에서도 G7 과제로서 통상산업부의 주관으로 자동차 부품연구원이 주도가 되어져, 1995년초에 항법용 수치지도 표준안이 형성이 되었고, 1995년 초부터 현재에 이르기까지 전국을 대상으로 하는 항법용 수치도로지도가 이미 등장하여 자리를 잡고 있는 실정이다. 필자는 그간의 과정에 직, 간접으로 참여하면서 (엄밀히는 항법용 수치지도상의 최적경로계산) 우리의 제반현실, 즉 NGIS에서의 지도제작 및 항법용지도의 현황, 및 외국의 제반 교환표준 (Transfer Standard)은 물론 수치지도의 요구사항, 사용예, 및 이 부분 해외의 표준동향을 살펴본 후, 정부와 업계의 Consortium으로 공동적으로 개발이 된 항법용 수치지도상에서 지능형 교통체계에서의 적용가능성을 타진해보고 이를 위한 과제를 도출해 보고자 한다. 아울러서 소비자 측면의 항법장치 (Navigation System)을 시장화 해야 하는 자동차 업계는 물론, 관리자 차원의 교통정보 제공용 관련기술의 첨병으로서 수치지도 및 기타장비를 납품하는 정보통신업체를 위해서 필요한 적절한 대응방안에 대해서도 생각해 보고자한다.

## 2. 지능형교통체계 (Intelligent Transport System) 와 수치지도

최근의 세계 모든 대도시에서의 교통문제는 도시의 필요악을 넘어서 가장 골칫거리의 하나가 되었고 이를 위한 해결책으로는 공급측면의 도로건설, 수요관리 등의 대책이 강구되었으나 그 효과는 미비한 정도였다. 한편, 이러한 수급의 원리에 집착하기보다는 전자, 정보, 통신 등의 기술을 응용하여 교통문제를 해결하기 위한 노력이 유럽과 일본에서 먼저 시작되었고 (ATT: Advanced Transport Telematics 또는 RTI: Road Transport Telematics 로 칭하였음) 구 소련의 붕괴 후 방위산업의 전반적인 위축현상이 교통정보제공, 관리 및 제어라는 또 다른 장르로서 기술 이전하는 결과를 초래하였다. 이에 미국도 이러한 움직임에 대단위로 참여하는 계기와 자체의 법률적 근거(육상교통법-ISTEA: Intermodal Surface Transportation Efficiency Act-내의 IVHS)<sup>1)</sup>:

IVHS 라는 용어가 미국 측이 처음 제시한 약어(ATT, RTI에 비해)였던바, 이는 1994년 프랑스

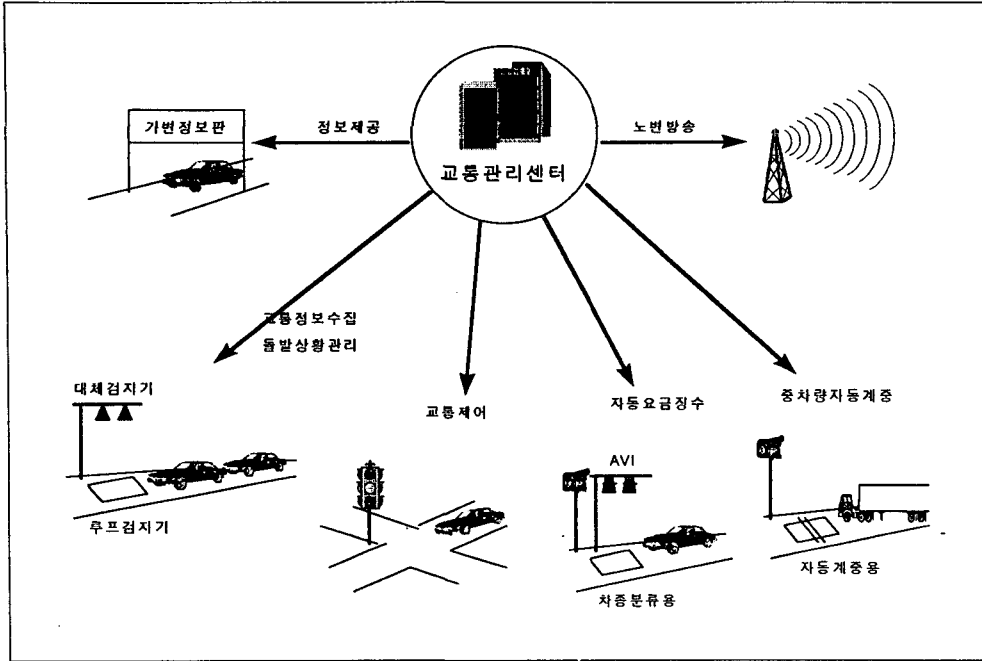
Intelligent Vehicle and Highway System 관련조항)이 마련되었고 몇몇 자체 시험운영 (Field Operational Test)을 거쳐서 형성된 성공과 실패를 거울로 삼아 현재는 국가적 차원의 기본골격 (System Architecture)이 금년에 이미 마련되어졌다 (Rockwell International Corporation 및 Roral Federal Systems을 중심으로).

ITS 에 제시된 사용자 서어비스를 살펴보는 것은 과연 어느 부문에 어떠한 수치지도가 필요한지를 알아보는데 필수적이라고 생각되어서 ITS의 기본개념과 우리나라 및 미국의 사용자 서어비스 체계를 한 번 살펴보기로 한다. 1996년 여름에 제시된 지능형 교통시스템 기본계획 수립을 위한 총괄부문연구에서는 다음의 20개에 대한 사용자 서어비스가 제시되어져 있다 (건설교통부, 경찰청, 1996).

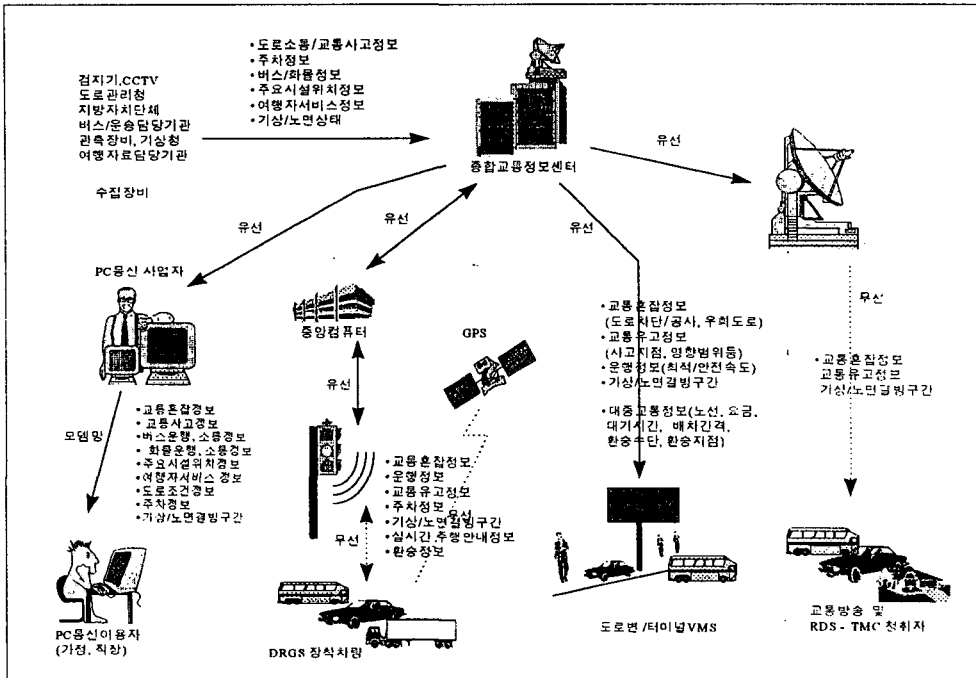
<표 1> 한국 ITS 사용자 서비스

- ▶ **첨단교통관리체계 (ATMS : Advanced Traffic Management Systems)**
  - M-1 교통제어 부체계 (ATCS : Advanced Traffic Control System)
  - M-2 돌발상황관리 부체계 (AIMS : Advanced Incident Management System)
  - M-3 요금 자동징수 부체계 (ETCS : Electronic Toll Collection System)
  - M-4 중차량관리 부체계 (HVMS : Heavy Vehicle Monitoring System)
  - M-5 자동단속 부체계 (AES : Advanced Enforcement System)
- ▶ **여행정보 서비스체계 (ATIS : Advanced Travel Information Systems)**
  - I-1 교통정보 센터 (TRIC : Traffic & Road Information Center)
  - I-1 운전자 정보 부체계 (EDIS : En-route Driver Information System)
  - I-2 최적경로안내 부체계 (RGS : Route Guidance System)
  - I-3 여행자 서비스 정보 부체계 (TSIS : Traveller Service Information System)
  - I-4 출발전 교통안내 부체계 (PTGS : Pre-trip Traveller Guide System)
- ▶ **첨단대중교통체계 (APTS : Advanced Public Transportation Systems)**
  - P-1 대중교통정보 부체계 (PTIS: Public Transportation Information System)
  - P-2 대중교통관리 부체계 (PTMS: Public Transportation Management System)
- ▶ **첨단물류관리체계 (CVO : Commercial Vehicle Operation)**
  - C-1 전자통관부체계 (CECS: Commercial-vehicle Electronic Clearance System)
  - C-2 화물 및 화물차량관리 부체계 (FFMS: Freight and Fleet Management System)
  - C-3 위험물차량 관리 부체계 (HMMS: Hazardous Material Management System)
  - C-4 차내 안전 부체계 (OSMS: On-board Safety Monitoring System)
  - C-5 노변자동검색 부체계 (ARIS: Automatic Roadside Inspection System)
- ▶ **첨단차량 및 도로체계 (AVHS : Advanced Vehicle & Highway Systems)**
  - H-1 첨단차량 부체계 (AVS: Advanced Vehicle System)
  - H-2 첨단도로 부체계 (AHS: Advanced Highway System)
- \* **교통공해 관리체계 (TPMS : Traffic Pollution Management Systems)**

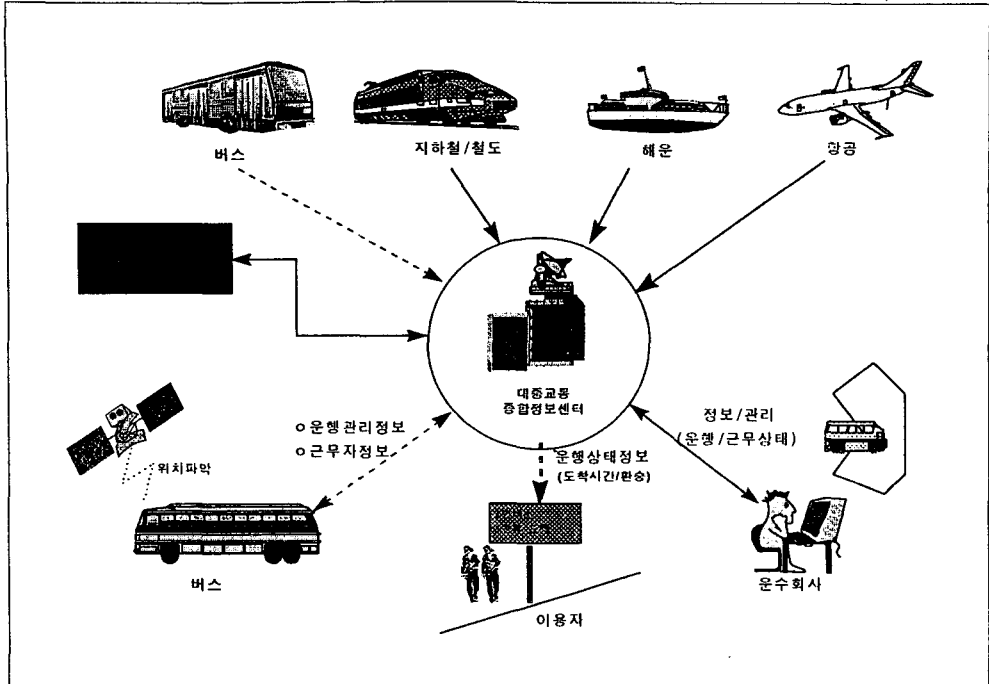
파리에서 제 1차 ITS (Intelligent Transport System) 세계대회가 개최되면서 용어의 통일이 가해져 ITS 라는 용어가 공식적으로 쓰이게 되었다. 참고로 우리나라는 1998년 제5차 ITS대회를 유치하는 나라가 되었다.



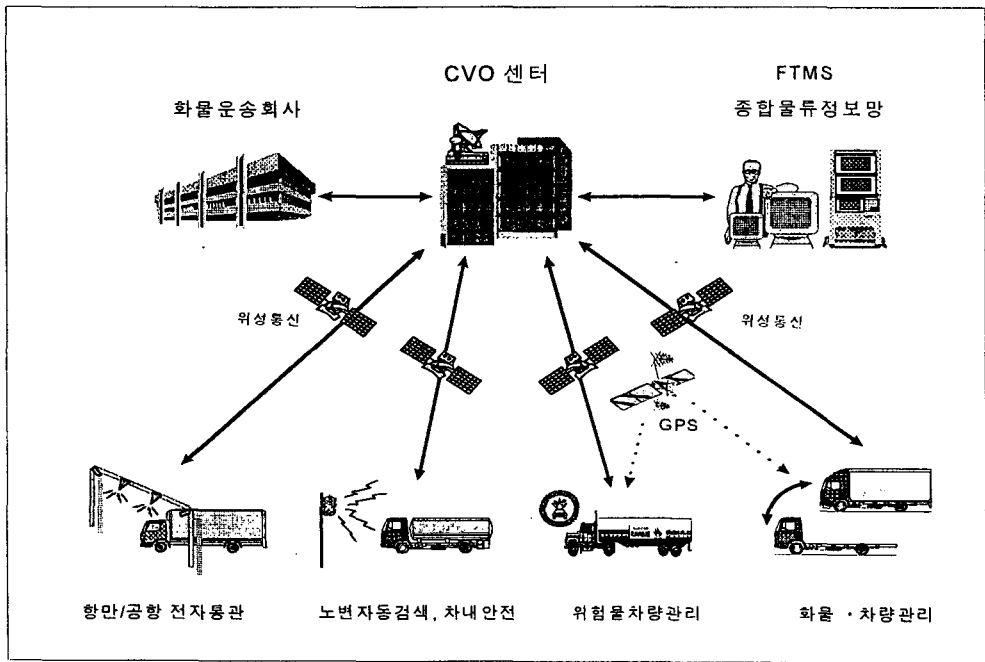
< 첨단교통관리시스템 개념도 >



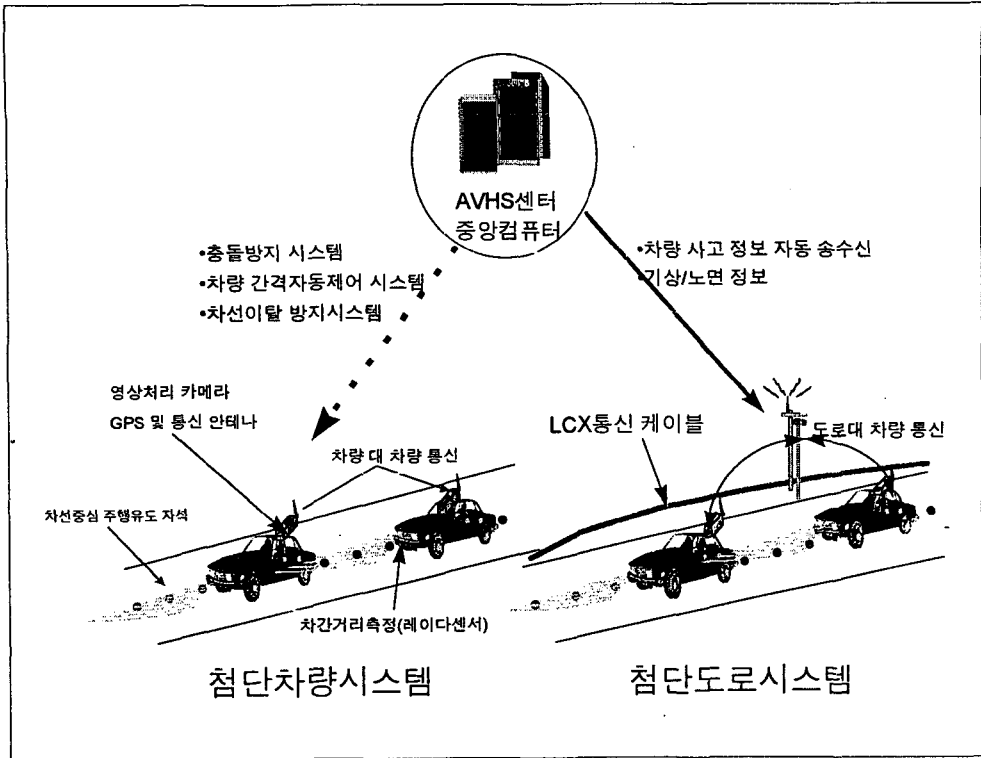
< 첨단교통정보시스템 개념도 >



< 첨단대중교통시스템 개념도 >



< 첨단물류관리시스템 개념도 >



< 첨단차량 및 도로시스템 개념도 >

<그림 1> ITS 부체계별 시스템 개념도

한편, 미국의 ITS 서어비스 체계는 크게 7개의 대분류 서어비스에 총 29개의 부체계별 서어비스가 존재한다. 이를 도표로서 정리한 것이 <표 2> 에 나타나 있다.

<표 1> 및 <표 2> 에서 나타나는 바와 같이 주행중 운전자 안내, 경로안내, 여행자 서어비스 정보체계가 Travel 및 Transportation Management 분류상에서 지도가 필요하며, 주행전 교통정보, 주행중 대중교통정보, 상용차량관리, 비상차량관리 등도 각각의 대분류 서어비스체계상에서 지도 정보가 요구되어지는 서어비스체계이다. (이 부분 서어비스체계에 대한 상세한 설명은 US DOT 및 ITS America, 1994를 참조할 것.) 즉, 축척 및 Object의 설계측면에서 지도의 구성 및 제작 상에 차이가 있겠으나 기본적으로 ITS 는 수치지도를 제외시키고는 생각할 수 없는 Service를 포함하고 있다고 할 수 있다.

<표 2> 미국의 ITS 사용자 서비스 (# 는 수치지도가 요구되는 서비스)

ITS User Services	내 용	비 고
Travel and Transportation Management	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ En-Route Driver Information #</li> <li>▶ Route Guidance #</li> <li>▶ Traveler Services Information #</li> <li>▶ Traffic Control</li> <li>▶ Incident Management</li> <li>▶ Emissions Testing and Mitigations*</li> </ul>	항법용 수치지도가 제일 많이 요구되는 서비스군
Travel Demand Management	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Pre-Trip Travel Information #</li> <li>▶ Ride Matching and Reservation</li> <li>▶ Demand Management and Operations**</li> </ul>	
Public Transportation Operations	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Public Transportation Management #</li> <li>▶ En-Route Transit Information #</li> <li>▶ Personalized Public Transit</li> <li>▶ Public Travel Security</li> </ul>	
Electronic Pavement	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Electronic Payment Services</li> </ul>	전산지불
Commercial Vehicle Operations	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Commercial Vehicle Electronic Clearance</li> <li>▶ Automated Roadside Safety Inspection</li> <li>▶ On-Board Safety Monitoring</li> <li>▶ Commercial Vehicle Administrative Processes</li> <li>▶ Hazardous Materials Incident Response</li> <li>▶ Commercial Fleet Management #</li> </ul>	상용차량 운행관리
Emergency Management	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Emergency Notification and Personal Security</li> <li>▶ Emergency Vehicle Management #</li> </ul>	위기상황 관리
Advanced Vehicle Control and Safety Systems	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Longitudinal Collision Avoidance</li> <li>▶ Lateral Collision Avoidance</li> <li>▶ Intersection Collision Avoidance</li> <li>▶ Vision Enhancement for Crash Avoidance</li> <li>▶ Safety Readiness</li> <li>▶ Pre-Crash Restraint Deployment</li> <li>▶ Automated Highway Systems</li> </ul>	수치지도와 제일 무관한 서비스군

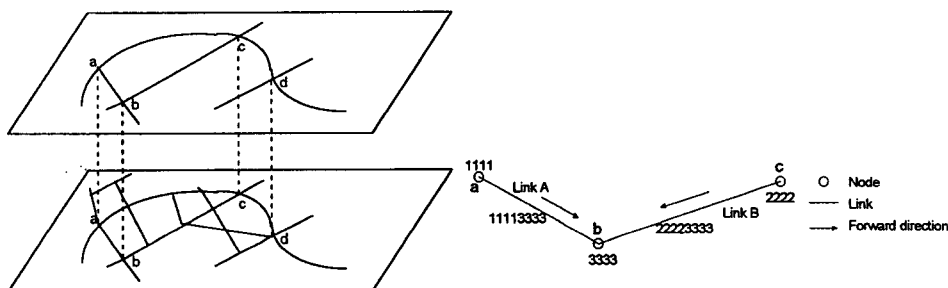
\* 1994 년 7월 추가된 서비스

\*\* 원래 Travel Demand Management 란 이름에서 변경되었음.

### 3. ITS 서비스 구현을 위한 수치지도 데이터베이스의 요구사항

전술한 바와 같이, ITS서비스의 구현은 크게 관리자측면과 이용자 측면으로 대별될 수 있다. 관리자측면의 서비스 구현은 ATMS나 CVO처럼 서비스의 관리 센터에서 서비스를 제공함에 있어서 수치지도가 다루어 질 수 있으며, 이용자 측면의 수치지도는 ATIS나 APTS에서 통행의 전단계 (Pre-trip) 및 통행중 (en-route)에 교통정보를 Object별로 나누어서 제공하는 양식의 형태로서 지도는 마찬가지로 필수 불가결의 요소이다.

ITS서비스의 구현을 위한 요구사항을 간단히 정리하면 지도부문의 기준원점설정, 좌표계의 변환 (WGS 84와 TM좌표간의), 위치참조체계 (Location Referencing Scheme), link 및 node체계의 정립(아래의 <그림 2>참조; 이는 일본의 JDRMA-Japan Digital Road Map Association-에서 위계별 node-link표현을 예로서 보여주는 것임.) 및 topology구성등이 중요한 요구사항일 것이며 속성부문의 자료로서 요구조건은 속성을 표시할 수 있는 여건, 예를들면 Dynamic Segmentation과 같은 기능과, 다음에서 논의될 각종속성을 들 수 있을 것이다.



<그림 2> JDRMA의 위계별 지도 구성양식 및 node-link 체계 (JDRMA, 1994)

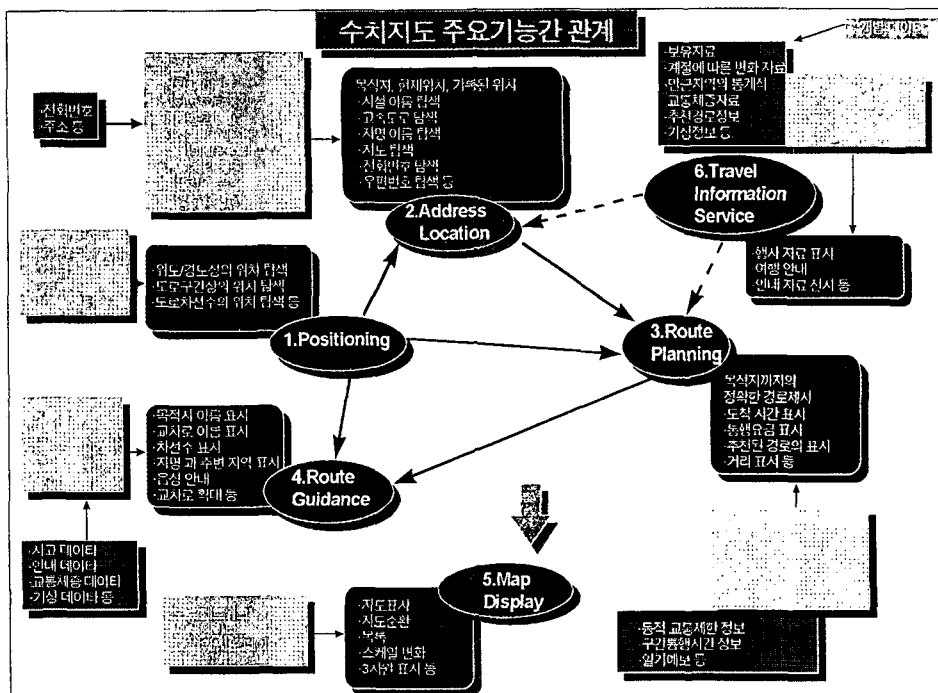
ITS의 각 분야에서 특별히 요구되는 다양한 공간지리적 데이터베이스의 속성을 표로 정리하면 <표 3>과 같다. 표에서 보는 것처럼 각 분야는 상호 독립적일 필요는 없다. 대개의 기능들은 상호 연관되어 있는 것이다. 예를들면, 길찾기 (Pathfinding) 과 경로안내 (Route Guidance)는 거의 모든 요건을 동시에 요구하고 있다. 도로의 구분 (Road Classification) 역시 지도의 표출에 있어서 확대와 축소, 경로 탐색 등에서 중요한 역할을 담당한다. 네비게이션과 경로안내, 위기관리 등과 같은 응용분야에서도 지도의 위치적 정확성과 디렉토리의 구조는 차량의 위치와 목적지를 정확히 알기 위해 매우 유용하다. 한편, 정확한 주소와 사업관련 정보는 목적지의 선택과 관련 있는 모든 ITS 응용분야에서 중요한 역할을 수행한다. 연결성, 방향성, 회전금지과 같은 속성정보는 경로안내와 목적지 검색, 위기관리에 있어서 중요한 역할을 하며, 교통신호정보 역시 경로안내 등에 유용하게 이용된다.

<표 3> ITS 응용을 위한 수치지도 데이터베이스 속성의 요건

Database 속성정보	ITS 기능						
	Vector Navigation	Nav. with Map Display	Traveler Information	Real-time Information	Pathfinding & guidance	Fleet Management	Mayday
Basic Road Map		●	●	●	●	●	●
Road Classification		●	●	●	●	●	●
Positional Accuracy	●	●	○	▲	●	●	●
Addresses	●	●	●		●	●	○
Landmarks	●	▲	●	○	▲	▲	○
Direction	●	●	●	○	●	●	○
Connectivity					●	▲	○
Directionality		○			●	▲	○
Turn restrictions					●	▲	○
Signage					○	○	
Compactness	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Data access speed	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲

(범례: ○ = Useful; ▲ = Important; ● = Very Important)

한편 이러한 수치지도의 주요 요구사항을 위한 제반조건 및 기본기능과 상호 관련성은 아래의 그림에서 보는 바와 같다.



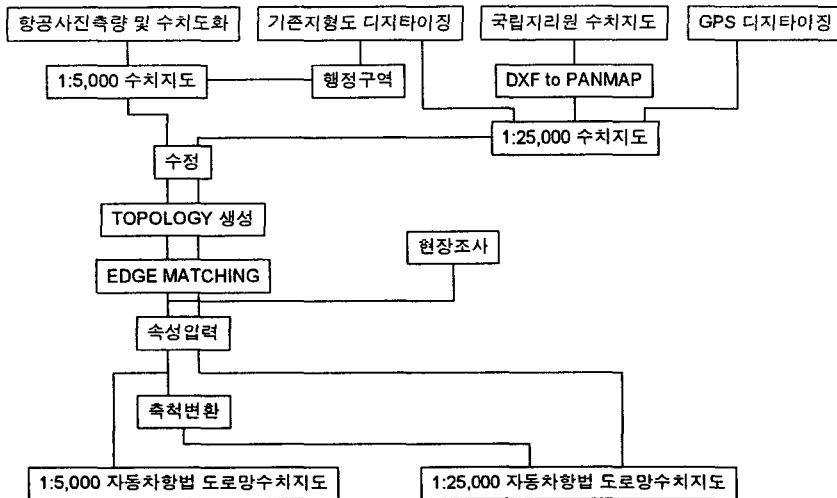


#### 4. 항법용 수치지도 국내동향 및 외국의 표준동향

항법이란 참조지형지물이 부재 하는 가운데 움직이는 물체의 위치와 속도를 알아내는 방법을 일컬으며 (또다른 형태의 정의는 다음과 같을 수 있음. "the means by which a craft is given guidance to travel from on known location to another", Logsdon, 1995), 최근, 항법용 수치지도는 대개 자동차가 항법을 원활히 수행하기 위해 제공되는 기본자료로서 도로의 기하학적 선형과 주요 지형지물의 위치 및 속성정보를 데이터로서 포함하는 수치데이터 Set 을 말한다

한편, 항법용 수치지도와 일반 수치지도와의 차이는 전자가 '항법'이란 특수목적을 달성하기 위해서 제작되어지는 만큼 좌표기준점, 데이터 모형 (Topology를 포함하는), 및 속성정보의 취득과 변경방식에 따라서 차이가 난다고 볼 수 있다. (이러한 것을 여기서 일일이 열거하기는 어려운바 좌표기준점을 포함하는 일반적 항법용 수치지도의 차이는 자동차 부품연구원 (1994)을 참조하기 바라며, 나머지 데이터모형 및 데이터의 취득, 갱신방식은 최기주 (1995)를 참조하기 바란다.)

서론에서 잠시 언급한 바와 같이 우리 나라의 경우는 천안에 소개 하는 자동차 부품연구원에서 현재 우리 나라 전역을 대상으로 하는 항법용 수치지도를 제작하였다. 기존의 수치지도, 항공사진측량 및 GPS디지털타이징이 동원된 지도제작 과정은 주로 아래의 공정으로 이루어졌었다.



이보다 앞서서 선진외국에서는 이미 표준포맷을 작성하여 수치지도를 만든 후에 시제품이 출시되고 있는 상태이다. 현재 일본의 경우는 JDRMA (Japan Digital Road Map Association)의 데이터 베이스를 가장 많이 사용하고 있는 실정이며(이외에도 Navigation Research Association Format 은 물리적 저장방식으로 CD-ROM을 채택하고 Audio, Video image 는 물론 장래는 Map Matching, route 계산 및 경로안내 등이 포함될 것이며, 또 다른 포맷으로서는 CD-CRAFT 가 있는데, 이는 자동차 및 전기업계에서 나온 포맷으로 소위 Yellow Page 정보가 제공된다.), 이는

주기적으로 갱신되는바 갱신의 시점은 10월 1일, 발행시점은 다음해 3월 31일을 기준으로 삼고 있다. JDRMA 의 데이터베이스에서 표준으로 정의하고 있는 사항은 도로망, 위치표시 (UTM기준), 데이터베이스구조 (관리데이터, 기본 및 상세 도로 데이터, 및 배경데이터), 주요갱신데이터, 및 데이터의 정확도이다. (자세한 것은 최기주, 1995를 참조할 것)

한편, 미국의 경우 항법용 수치지도는 System Architecture 이전의 ITS Pilot Studies (ADVANCE 또는 Travtek등) 에서는 주로 ETAK 및 NavTech 사 등의 사기업체가 TIGER 또는 다른 Map Source 등을 이용한 항법용 수치지도를 사용하였고, 최근에 들어서 내용표준보다는 교환표준에 심혈을 기울이면서 공간데이터의 교환표준이 된 SDTS (Spatial Data Transfer Standard)를 ITS America 가 주축이 되어 ITS 에 도입하는 것을 논의한바 있고, SDTS를 도입한다고 해도 기본이 되는 ITS Profile (기본 및 절차를 포함하는 Base Standard를 실현시키기 위한 부분집합으로서 SDTS 에서 profile로서 포함하는 것은 Topological Vector Profile, Raster Profile, 및 draft Transportation Profile 이며, 이에 대한 상세한 내용은 Pearlman 및 Scott, 1995 를 참조할 것)은 이어서 서술할 유럽의 표준 항법용 수치지도인 GDF (Geographic Data File) 포맷에 기반을 두어야 한다고 1994년 ITS America Workshop 인 "Requirements for an IVHS Profile to SDTS" 에서 합의한바 있는 바 이는 GDF 가 현재로서는 항법용으로서 가장 적합한 수치지도라는 것을 미국에서 수증한 사례라고 볼 수 있을 것이다.

전술한 바와 같이 유럽의 경우는 Bosch 및 Philips 사를 주축으로 하여 1988년에 EUREKA Project중의 하나인 DEMETER (Digital Electronic Mapping of European Territory) 에서 제안된 GDF 1989년에 이르러는 RTI 및 ATT 에서 사용되어질 수 있는 활로를 개척하였다. 이후 유럽의 표준기관중 이 부분 기술위원회인 CEN/TC278 (Road Traffic and Transport Telematics) 에서는 Working Group 7 (WG7) 에서 "Geographic Road Databases" 를 계속하여 전담하게 하였다. 1988년 GDF 1.0 이 출시되었고, 1994년에 2.2 version 이 ISO/TC 204 Working Group 3 의 input 으로 쓰이게 되었는데 이는 기본적으로 planar 및 non-planar database를 포함하는 데이터 모델에 교환표준을 간소화하였고, 국제적 사용을 목적으로 표출방식과 cataloging 기능을 포함하였으며, quality의 정의 및 metadata를 확장시켰다 (ISO TC/211, 1995).

GDF 는 기본적으로 지리정보를 담고 있는 ASCII file 형태이며, Vector 형의 자료로서 ITS를 염두에 두고 탄생한 파일포맷 이지만 실제 운용 가능한-예를들면 CD 형태의--포맷은 아니라는 점이다. GDF는 현실세계를 개개의 Object들로 나누는 소위 Object-oriented 접근방식을 취하고 있으며, 하위 최저의 Level 에서는 기하학적 정보가 형성되고 이를 구성하는 요소로서 node, edge, 및 face 가 topology 의 기본을 형성하며 (이상 co-ordinate level 또는 level 0), 이를 바탕으로 semantic level 이라 불리는 level 1 에서는 이에 상응하는 feature 가 생성되게되며, 보다 복잡한 feature 역시 이를 토대로 형성되게 된다.

## 5. 향후의 과제, 대응전략 및 결론

일본의, 미국의, 그리고 유럽의 항법용 수치지도가 작게는 5년 많게는 10여년이 경과한 사실을 보면 이제 막 시작한 우리 나라의 경우는 그들이 겪었던 실수를 최소화하는 방향으로 작업을 전개해 나가야 할 것이다. 우리의 경우 10여개 업체가 consortium으로 공동 출자하여 표준안을 만들고 이제 지도가 생성되어 검수가 아직도 진행중인 셈이다. 그러나 일부업체는 전혀 새로운 투자를 다시 시작하려는 의중도 가지고 있는 것으로 전해지고 있으며, 이는 consortium의 약점 (예를 들면, 업체간 기술수준노출방지)이 어느 정도 반영된 결과로 볼 수 있을 것이다. 다행히, 일본과 유사한 형태의 Navigation 연구회와 같은 협의체도 출범이 되고, 지도의 지속적인 보완이 이루어진다면 현재의 지도가 전혀 무용지물은 아닐 것이다. 어쨌건, 업계의 (자동차 업계) 항법용 수치지도는 이제 차내의 사치를 벗어나 자동차를 팔기 위한 하나의 필요조건으로서의 구비항목이 된 만큼, 표준안을 기본으로 발전을 시키든, 자체적으로 새로이 개발을 하든 (이는 엄청난 국가적 낭비인 만큼, 기존의 자원--KATECH 또는 NGIS--을 최대한 활용하는 방안이 바람직할 것으로 보인다.) 이는 국제적 표준동향에 걸맞은 형태이어야 하며, 효율적인 면에서나 신뢰성 면에서나 또 가격 면에서나 비교우위가 존재하여야 할 것이다. 그러하지 않으면, 우수한 외국의 지도 업체가 시장을 선점할지도 모를 일이다. 물론 형식상의 우리나라의 지도보완체계는 있지만! (이는 지도제작업체 역시 주의를 기울여야 하는 점일 것이다.)

ITS의 요구조건을 위해서 전술한 바와 같이 지도부문과 속성정보부문의 필요사항을 점검하여 보완하려는 노력이 필요할 것이며, 끊임없이 변화하는 환경에서 새로운 변화를 (지도부문이건 속성부문이건) 즉시에 갱신할 수 있는 보완체제또한 시급하다고 하겠다.

또한 전술한 바와 같이 어느 정도 완성된 형태의 ITS (full-blown ITS) 가 현실적으로 구축되어서 서비스가 실시되려면, 상당한 기간이 소요될 것이다. 현재 우리 나라의 경우는 국가ITS 기본계획구축의 제 2단계로서 큰 그림을 그리는 마지막 획을 긋고 있다고 볼 수 있다. 이는 1996년 6월에 과업이 종료되고, 이어서 시범사업이 과천에서 시행되고 수도권지역의 기본설계가 시작되었다.

어쨌건, 이러한 상황을 고려하면 우선적으로 정적정보 (주로 Yellow Page 정보)가 중심이 된 부가가치 수치지도가 항법용으로 제시될 것으로 보이며, 이러한 ITS 관련 infrastructure (통신, 정보, 교통관련 체계등) 가 완성된 후에야 보다 적극적 의미에서의 Map 의 부가가치 증진이 기대된다고 볼 수 있다. 즉 중간단계에서의 부가가치증진 전략에 관해서도 관심이 기울여져야 할 것으로 보인다. 이러한 전략의 예로서는 도로교통상황을 예측하는데 있어서 macro 한 자료를 기반으로 하여 어느 정도 신뢰성 있는 소통 및 통행정보를 제시할 필요가 있다고 본다. 예를들면, 서울에서 경상도 어느 지점을 가는데 고속도로와 국도를 혼합하여 갈 필요가 있을 때 (중간기착지에 화물배달 신속한 배달요구 또는 추석과 같은 명절에 있어서의 부분정체구간을 피해서 가고

싶을 때 등) 이에 대한 경로안내 등은 완전 ITS 이전상태에서의 의미 있는 동적통행정보를 DB가 포함할 것을 간접적으로 시사하는 형태로 볼 수 있다. 업계의 vision 과 투자전략이 비용과 효과 면 에서 재고되어야 할 시점이다.

## **참고문헌**

JDRMA, Descriptions of Digital Road Map Database Standards, 1994.

ISO TC/211 (Geographic Information/Geomatics), Document Number N083, 1995.

Logsdon, Understanding the Navstar, Van Nostrand Reinhold, 1995.

R. Pearlman and S. Scott, IVHS Map Database Transfer Standards: Current Status, Proceeding of 1995 Vehicle Navigation and Information System, pp 368-378, Seattle, WA, 1995.

US DOT 및 ITS America, ITS Architecture Development Program, Phase I Summary Report, November, 1994.

건설부/경찰청, 지능형 교통시스템 기본계획(안) 수립을 위한 총괄부문연구, 1996.

자동차부품연구원, 자동차 항법용 수치지도 표준화 연구, 1994.

최기주, 항법용 수치지도의 국내의 현황 및 연구과제, 한국지형공간정보학회 '95 학술발표회 개요집, 1995.