

## 자동차 항법용 수치도로지도에 관한 연구(I)

### A Study on Digital Road Map for Vehicle Navigation(I)

김 용 일\*  
Kim, Yong Il

편 무 욱\*\*  
Pyeon, Mu Wook

#### 要 旨

자동차항법장치에 있어서 정확한 위치표현기능, 최적경로안내, 목적지검색, 지형지물정보 제공 기능 등을 수행하기 위해서는 수치도로지도가 가장 기본적 요소이다. 그러나, 미국의 TIGER 화일같이 수치도로지도제작에 쉽게 이용될 수 있는 범국가적인 수치지도가 한국에는 마련되어 있지 않으므로, 새로이 제작을 할 수 밖에 없는 현실이다. 본 연구에서는 항법용 수치도로지도 제작함에 있어서 그 호환성과 경제성을 확보하고, 수치도로지도의 질적안정성을 기하기 위한 필요조건을 제시하였으며, 그 결과로 좌표계와 정확도의 기준을 제시하였고, 데이터베이스 항목과 그 구조를 결정하였다.

#### ABSTRACT

Digital road map - which plays an essential role in giving accurate location of the vehicle, optimum route guidance, destination searching, and topographic feature query functions - is the most fundamental element of the vehicle navigation system. Unfortunately, there is not a nation-wide digital map in Korea such as U.S. TIGER file, that is easily applied to digital road database production. Therefore, producing new digital road map is inevitable in Korea.

For establishing digital road map for vehicle navigation, this paper puts forth the necessary condition to stabilize the digital road map quality, and to keep up the compatibility and the economical use. As a result, the standards of coordinate and map accuracy are presented, and the items and the structures of database are decided.

#### 1. 서 론

최근 들어 심각한 도시교통문제 해결 및 운행 편의성 향상을 위한 자동차 항법장치의 개발이 국내에서도 활발해지고 있다. 자동차 항법장치는 기본적으로 현재위치정보제공, 최적경로안내, 목적지검색, 주요 지

형지물정보제공 기능 등을 수행하며, 차세대 교통시스템으로 떠오르고 있는 IVHS (Intelligent Vehicle and Highway System) 을 구성하는 기본요소이다<sup>4)</sup>. 수치도로지도는 자동차항법의 각종 기능을 수행하는 데 필수적이며 일반적인 수치지도와는 달리 많은 항법관련 기능 및 정보를 포함하고 있어야 하나, 우리나라에

\* 서울대학교 도시공학과 전임강사

\*\* 서울대학교 도시공학과 박사과정

서는 미국의 TIGER 화일과 같이 수치도로지도제작에 편리하게 이용할 수 있는 일종의 원료로서의 범국가적인 수치지도가 존재하지 않으므로, 독자적인 항법용 수치도로지도제작이 필요하며 이것의 성격은 미국, 유럽 및 일본의 국가 및 공공기관에서 제공되는 원료 개념의 기본 데이터 성격이 강할 것이다<sup>7)</sup>.

한편, 이러한 수치도로지도의 질적안정유지, 중복투자방지, 호환성 확보를 위하여 미국의 SAE, USGS(SDTS), 유럽의 GDF, 일본의 JDRMA과 같은 표준안이 국내에도 필요하다. 따라서 본 연구에서는 자동차 항법에 적합한 '항법가능한(Navigable) 수준'의<sup>8)</sup> 수치도로지도에 반드시 필요한 제반사항을 만족하는 작성기준을 자동차 항법용 수치도로지도표준안을 중심으로 언급하고자 한다.

## 2. 자동차 항법용 수치도로지도

### 2.1 수치도로지도의 역할

자동차 항법장치에 있어서 수치도로지도의 역할은 다음과 같다.

#### 1) 정확한 차량위치표현 기능

자동차 항법의 가장 기본적인 기능은 운전자에게 현재의 위치정보를 제공하는 것으로, 이를 위해 위치정보를 그래픽 화면을 통해 제시하고 모든 지도 대상체가 정확한 좌표값을 바탕으로 입력되어 있는 수치지도가 반드시 필요하다.

#### 2) 신속한 지도변환 기능

고속으로 주행중인 차내의 운전자에게 정보를 제시함에 있어서 수치지도는 위치결정센서로부터 입력된 좌표값을 이용하여 현재위치의 지도 또는 사용자가 요구하는 지역의 지도제공을 가능하게 한다.

#### 3) 경로안내 및 분석기능

최적경로안내 및 대상경로에 대한 각종분석을 위해서는 위상적으로 구조화되어 있는 수치지도가 필수적이다.

#### 4) 요구정보제공기능

운전중 운전자가 필요로하는 각종 정보(예: 주유소 위치, 주차장 위치 등)를 유형별로 제시하기 위해서는 주제별로 계층화가 가능한 수치지도가 필요하다.

## 2.2 수치도로지도의 요구조건

자동차 항법용 수치도로지도 작성에 요구되는 조건은 다음과 같이 크게 5가지로 구분될 수 있다.

### 1) 좌표계의 통일

현재 우리나라는 세계의 기준점을 사용하는 TM 좌표계를 사용하고 있다. 그러나, 자동차 항법장치의 특성상 전체도엽이 하나의 통일된 좌표계를 가져야만 위치검색 등에 편리하다.

### 2) 위치정확도

자동차 항법장치의 가장 기본적인 기능은 현재 차량의 위치가 도로상에 정확하게 표현되어야 하므로 무엇보다도 수치지도의 위치정확도가 적정한 수준을 유지하여야만 한다<sup>9)</sup>. 즉, 정확한 자동차 위치결정이 가능하면서, 입력에 필요이상의 비용이 소요되지 않도록 최적수준의 위치정확도 기준이 마련되어야만 수치도로지도의 질적안정을 유지할 수 있다.

### 3) 데이터의 현재성

우리나라의 경우 도로망이 꾸준히 확산되고 있는 상

태이다. 이 경우 운전자에게 차량운행에 관련된 각종 정보를 신속하고 정확하게 제시하여야만 하므로 가능한 최신의 정보구축을 통해 수치도로지도의 지속적인 갱신작업이 필요하다.

특히, 국립지리원 발행 지형도만을 데이터 취득원으로 할 경우 인접도엽간의 갱신시기불일치로 일어나는 문제는 심각하므로(그림 1. 참조) 항공사진, GPS, 위성사진 등의 다양한 데이터 취득원의 적용에 대해서 고려하여야 할 것이다.

#### 4) 지도입력대상체의 적절한 선정

항법용 수치도로지도에 되도록이면 많은 지형지물정보를 제공할 수 있으면 이상적이지만, 기본적으로 목표하고 있는 데이터는 자동차내에서 활용되므로 많은 하드웨어 및 소프트웨어적인 제약이 따르게 된다. 또한, 자동차 운행중인 운전자에게 필요이상의 정보를 제공할 경우 오히려 혼란을 야기시킬 염려가 있다.

#### 5) 항법장치기능 구현을 위한 입력요소선정

항법기능 구현을 위해서는 단순 지형지물정보뿐만 아니라 경로안내, 맵매칭(map matching) 등의 기능을 위해 통과교통량, 도로의 위상관계(topology), 신호체계 등이 함께 고려되어야 한다.<sup>6)</sup> 이러한 정보의 많은 부분이 기존의 지형도 등에서는 취득하기 어려운 속성정보의 성격을 가지므로 데이터 구축과정에서 많은 노력을 기울여야 한다.

### 2.3 수치도로지도 표준화의 필요성

#### 1) 수치도로지도의 질적 안정성 확보

자동차 항법에 필요한 다양한 기능을 만족시키기 위해서는 통일된 기준을 바탕으로 수치지도를 제작하여야만 한다. 즉, 데이터의 논리적, 공간적 정확성을 만

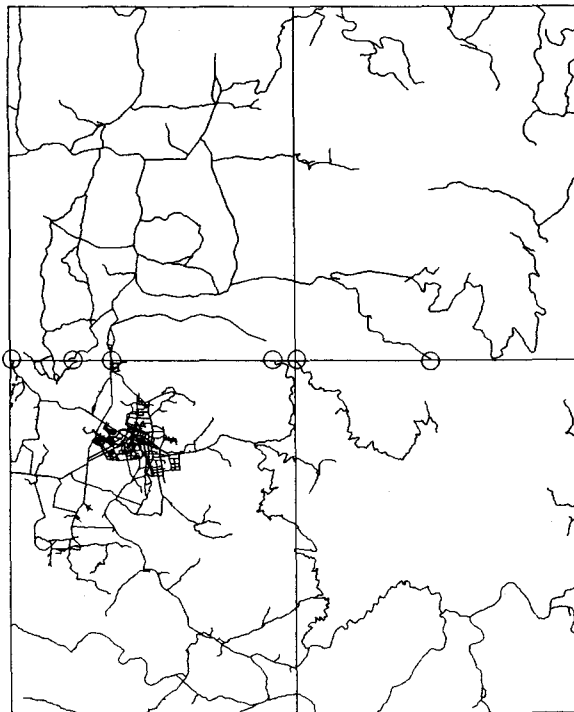


그림 1. 갱신시기의 차이로 인한 인접도엽간의 불일치

족시키고 필요한 데이터 항목에 대해서 규정함으로써 질적 안정성을 기할 수 있다.

2) 중복투자에 따른 경제적 낭비방지

통일된 기준이 부재할 경우 각기 다른 기준으로 각각 수치지도를 제작하므로 필연적으로 경제적 낭비가 수반된다. 더구나 항법용 수치도로지도는 그 성격상 지속적인 갱신 및 유지보수 작업이 필요하므로 통일된 기준이 존재할 경우 많은 비용을 절감할 수 있다.

3) 호환성의 확보

다양한 시스템상에서 가공되기 위한 기초원료가 되는 수치지도에 대한 통일된 기준을 수립함으로써 호환성을 확보할 수 있다.

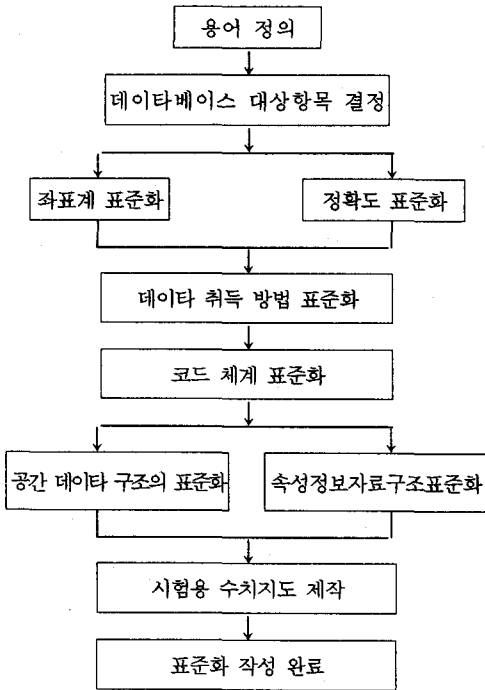


그림 2. 표준안 구축공정 흐름도

3. 자동차 항법용 수치도로지도 표준안 작업

본 표준안의 내용은 크게 세부분으로, 전국을 대상으로 하나의 원점을 채용하여 입력편의성 및 가공편의성을 고려한 자동차 항법용 수치지도 좌표계의 결정, 자동차 항법에 적합한 정도의 정확도를 제공하면서 제작비용 측면을 고려한 수치지도 정확도 기준의 결정, 데이터 관리 및 가공편의성과 아울러 논리적 연결성을 만족하는 수치지도 데이터베이스의 구조 및 레코드 형식의 개발 등으로 구성된다. 그림 2 는 본 표준안의 구축 흐름도이다.

3.1 좌표계

현재 우리나라 국가기본도에서 채택하고 있는 평면

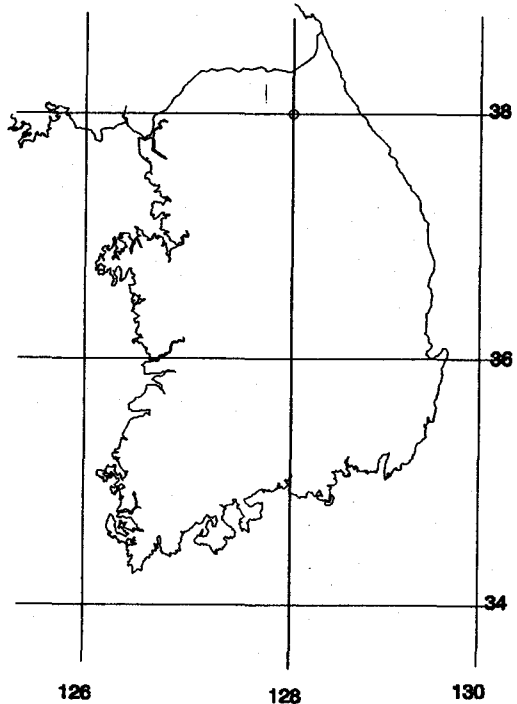


그림 3. 항법용 표준좌표계의 좌표원점

직각좌표계는 3계(위도 38도상에 경도 125도, 127도, 129도)의 좌표원점을 사용하고 있다.1) 이러한 현행 좌표계를 전국적 규모의 수치지도로 입력할 경우에 다음과 같은 몇가지 문제발생이 예상된다.

- 상이한 좌표원점을 채용하고 있는 인접도엽간의 좌표값의 불연속 발생.
- 3계의 좌표평면상에 동일한 좌표값이 존재하므로 검색시 문제 발생.
- 대도시등의 지역적 특성과는 상관없이 원점과 축척계수(1.0000)가 설정되어 있으므로 원점에서 떨어져 있는 대도시지역에서 약간의 왜곡발생<sup>2)</sup>.

이러한 문제의 해결을 위해서는 하나의 원점을 갖는 통일된 평면직각좌표계가 필요하다. 따라서 본 표준안에서는 하나의 원점(위도 38도 경도 128도)으로 전국을 포괄하는 새로운 평면직각좌표계를 결정하였다. (그림 3. 참조)

또한 자동차 교통발생이 집중되어 있는 6대 도시에서의 수치지도 정확도를 보다 향상시키기 위해서 원점에서의 축척계수를 0.9999로 설정하였다. 표1 및 표2는 본 표준안에서 제시한 좌표계와 UTM좌표계를 6대도시를 대상으로 그 투영오차를 비교한 것으로 새로운 좌표계가 6대도시에 있어서 투영오차가 상대적으로 작게 나타남을 알 수 있다.

표 1. UTM 좌표계의 투영오차

도시명	축척 계수	투영 오차
서울	0.999983	-0.000017
부산	0.999601	-0.000399
인천	1.000122	0.000122
대전	0.999848	-0.000152
광주	1.000042	0.000042
대구	0.999613	-0.000387

표 2. 새로운 표준 좌표계의 투영오차

도시명	축척 계수	투영 오차
서울	0.999996	-0.000004
부산	1.000019	0.000019
인천	1.000071	0.000017
대전	0.999934	-0.000066
광주	1.000020	0.000020
대구	0.999940	-0.000060

이상으로부터 새로운 표준좌표계의 특징을 정리하면 다음과 같다.

준거타원체 : 베셀타원체

좌표원점의 경위도 : 동경 128도 북위 38도

좌표원점에서의 축척계수 : 0.9999

원점의 좌표값 : X=400,000m Y=600,000m

### 3.2 수치도로지도 정확도

자동차 항법용 수치지도에 있어서 그 정확도는 매우 중요하다. 즉, 자동차 항법시스템의 가장 기본적인 기능은 각종 위치확인 센서로부터 입력된 좌표값을 수치지도상에 표시하여 현재 차량의 위치를 파악하게 하는 데 있다. 이 경우 수치지도가 정확하게 입력되어 있지 못하면 운전자에게 잘못된 정보를 제공하게 된다. 이러한 문제발생을 방지하기 위하여 지도원도로부터 수치지도를 취득함에 있어서 그 결과에 대한 질적기준을 정하는 것이 필요하다.

수치지도에 대한 위치오차는 각각 한계표준오차 및 허용표준오차로 구분된다. 이들 중에서 한계표준오차는 지형지물을 지도상에 정위치로 나타낼 때 피할 수 없이 발생하는 오차로서 국립지리원의 항공사진측량 작업내규에 명시된 세부도화 묘사오차의 평면위치 표

준편차인 0.2 mm를 기준으로 하며, 허용표준오차는 자동차 항법용 수치지도가 갖는 위치오차의 96% 오차 반경으로한다. 또한 허용오차와 한계오차의 비를 표준승수(k)로 나타내며, 이를 수치지도의 질적수준 척도로 정하였다.

본 표준안에서는 지도원도안에 내재해 있는 오차, 입력과정에서 발생가능한 오차, 자동차항법에 있어서 허용가능한 오차, 정확도에 따른 입력비용 등을 고려하여 표준승수 k 값을 7로 하여 위치 정확도의 기준을 결정하였다.(표 3. 참조)

표 3. 위치정확도 기준

축 척	한계표준오차 (0.2 mm)	허용표준오차 (96%오차반경)	표준승수
1:5,000	1 m	7 m	k = 7
1:10,000	2 m	14 m	
1:25,000	5 m	35 m	

### 3.3. 데이터베이스

본 표준안에서는 항법기능에 필요한 데이터 항목, 데이터의 입력, 관리 및 가공 편의성과 아울러 논리적 연결성을 만족하는 수치도로지도 데이터베이스의 구조 및 레코드 형식을 개발하였다.

#### 3.3.1 데이터베이스의 구성

본 데이터베이스는 크게 관리데이터, 도로관련 데이터, 행정구역 데이터, 지형지물 데이터, 수계 데이터, 래스터 배경 데이터, 부가정보 데이터의 다음과 같이 큰 범주로 나뉘며 빈번히 사용되는 속성 등의 표현을 위하여 코드를 설정하였다. (그림 4. 참조)

##### 1) 관리 데이터

관리데이터는 입력된 각종 정보를 관리하기 위해

도엽번호, 작성관련사항, 갱신관련사항 및 1:5,000 작성현황등을 1:25,000 도엽단위로 관리할 수 있도록 관련사항을 기록한 것이다.

##### 2) 도로관련데이터

도로관련데이터는 도로의 형상, 도로와 교차점의 위상관계, 도로 및 교차점속성, 구획 등에 관련된 정보를 말한다.

##### 3) 교통 데이터

교통데이터는 신호체계 및 속성에 따른 교차점의 회전및 진행제한에 관한정보를 수록함으로써 경로안내기능을 수행할 수 있도록 하는 회전제한 데이터화일과 최적경로제시를 위한 도로링크상의 각종 속성(교통량, 중량제한 등)을 기록할 수 있는 교통정보 데이터화일로 구성된다.

##### 4) 행정구역 데이터

행정구역 데이터는 광역에서 목적지검색 및 현재위치파악을 위하여 행정구역을 검색할 수 있도록 하는 데이터 이다.

##### 5) 지형지물 데이터

지형지물 데이터는 지상에 존재하는 각종 지형지물을 점,선,면으로 분류하여 위치파악보조 및 목적지설정 이 가능토록 형상 및 속성을 기록한 것으로 국립지리원 수치지도 도식규정에서 정한 지형지물 및 그의 부가적으로 필요하다고 생각되는 지형지물 약 110여 개를 코드로서 규정하였었다. 한편, 현재의 데이터 항목수가 일차적으로 자가용차량을 대상으로 하는 현재의 항법장치 개발전략에 비해 과다한 듯하나, 향후 보다 많은 지형지물정보에의 요구에 대비하여(예, 상용차량) 확장성을 고려하여 되도록이면 많은 지형지물 코드를 설정하였다.

- 6) 수계 데이터
- 7) 부가정보 데이터
- 8) 래스터배경 데이터

이를 바탕으로 작성된 데이터베이스의 구조를 바탕으로 향후 전개될 도로 데이터베이스 구축에 있어서는 시간, 비용 등을 감안하여 입력대상 항목을 적절히 조정할 것이다.

### 3.3.2 데이터베이스 구조의 특징

본 데이터베이스는 다음과 같은 특징을 갖고 있다.

#### 1) 경로안내기능

경로안내기능은 자동차항법장치의 효용성을 위해서 반드시 필요한 기능 중의 하나이다. 이를 위해서 본 데이터베이스의 도로링크데이터에 링크길이, 도로등급 등을 포함하였으며 특히 교차로의 시간별, 차종별, 요일별 회전제한(예 : 좌회전 금지) 정보를 입력할 수 있도록 하여 보다 실제 상황에 맞는 경로 유도가 가능하도록 하였다.

#### 2) 지형지물 코드의 다양성

지형지물의 표현을 위해서 본 데이터베이스에서는 국립지리원에서 규정한 지형지물 항목과 함께 자동차 항법 및 운전자 요구에 부합되는 각종 지형지물 항목을 추가하여 다양한 지형지물 속성을 점, 선, 면의 형태로 입력이 가능하도록 하였으며, 특히 아파트, 단지, 공장 등의 면형 지형지물에서는 그 입·출구까지도 손쉬운 방법으로 표현이 가능하도록 하였다.

#### 3) 검색의 편리성

지형지물의 검색 및 목적지 설정시 인근 접근로의

빠른 검색을 위해 도로로 구성되는 구획 데이터를 설정하여 구획번호와 링크 및 지형지물을 연결, 대상 지형지물 및 목적지를 빠른 속도로 검색할 수 있도록 하였다.

#### 4) IVHS와의 연계성

회전정보, 교통정보 데이터 화일을 별도로 설정하여 향후 전개될 IVHS에 원활한 적용이 가능하도록 하였다.

#### 5) 부가정보 데이터

일반적으로 자동차항법시스템의 부가가치 창출을 위해서는 단순 위치뿐만 아니라 대상 지형지물 등에 대한 상세정보(예 : 호텔의 전화번호, 숙박비 등)를 운전자에게 제공하는 것이 바람직하다. 본 데이터베이스에서는 초기 단계부터 이 부가정보를 입력하여 시간 및 비용을 줄일 수 있도록 부가정보 화일을 설정하였다.

#### 6) 래스터 배경 데이터

본 데이터베이스에서는 위성사진, 항공사진 등을 배경 데이터로 제공하여 운전자에게 보다 정확하고 인식이 쉬운 정보를 제공함과 아울러 벡터화 되어 있지 않은 각종 지형지물에 대한 파악이 가능하도록 래스터 배경 데이터 화일을 두었다.

## 4. 수치도로지도 작성작업

앞에서 제시된 표준안을 바탕으로 현재 전국 수치도로지도 입력 작업이 시작되었으며, 1994년 12월 현재 대전지역에 대한 수치도로지도가 작성되고 있다. 다음은 자동차 항법용 수치도로지도 작성작업의 주요내용이다.

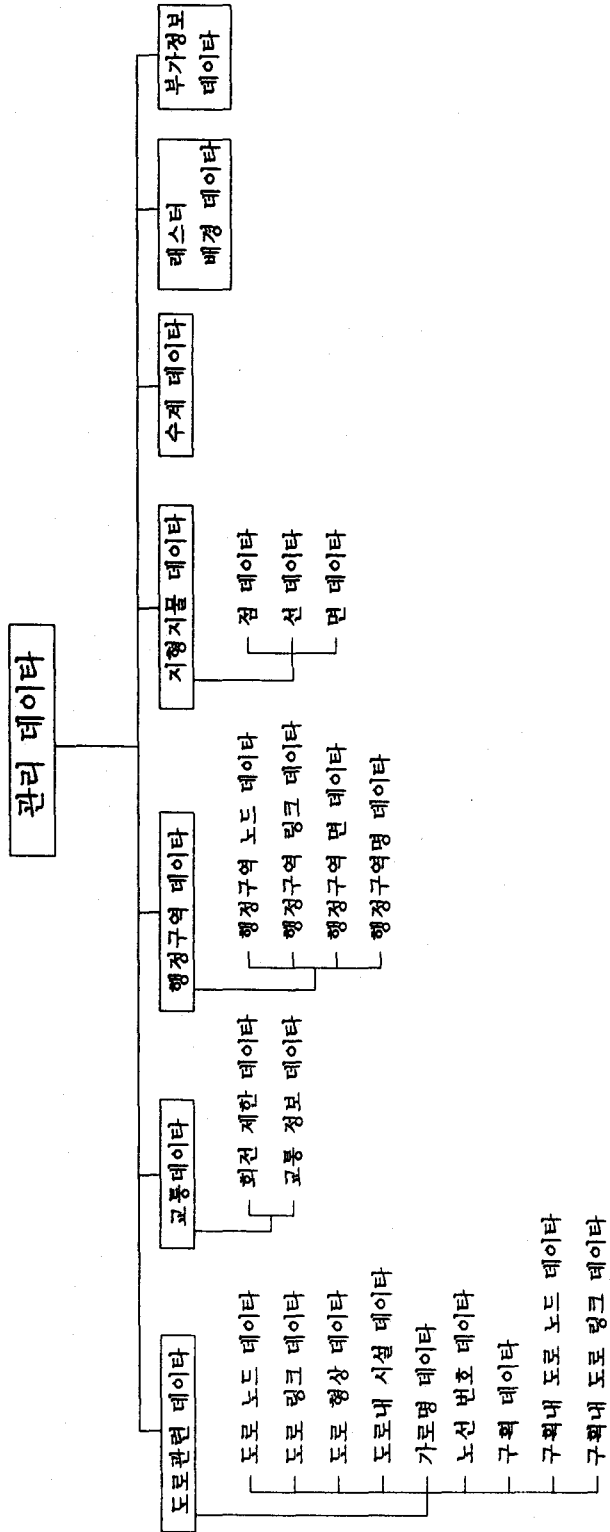


그림 4. 데이터베이스의 구성



1) 형상데이터 입력

입력원은 주로 국립지리원 발행의 1:25,000 지형도 원판으로 이를 전국에 대해 디지털화 입력할 계획이다. 그러나, 앞에서 언급한 바와 같이 자동차 항법용 수치도로지도에서 현재성은 매우 중요한 요소이다. 더구나 도시지역 같이 변화가 많고, 차량의 교통이 많으며, 도로밀도가 높은 지역에서는 보다 높은 위치정확도와 현재성이 요구된다. 따라서, 서울을 포함한 수도권, 인천, 부산, 대전, 대구, 광주를 1:5,000축척으로 항공사진측량 및 수치도화기법을 통해 별도로 입력되고 있으며, 1:25,000 축척도엽의 갱신 및 보완은 GPS를 이용하여 지형도에서 누락된 도로를 입력할 예정이다.

2) 속성데이터 입력

항법기능을 위해서는 교차로 회전정보 등의 교통정보, 목적지 설정을 위한 주요지형지물 정보 등의 속성 정보가 필요하다. 이를 위해 각종 대장, 문서 및 현지조사 등을 통해 입력될 계획이다.

3) 위상관계 수립

경로안내 기능을 위해서는 도로망의 위상관계 구조화가 필수적이다. 즉 도로교차점과 도로링크간의 위상관계를 자료구조안에 구현하는 작업이 필요하다.

4) 검증공정

작성된 수치도로지도의 질적 안정성을 위해 반드시 위치정확도, 속성정확도, 데이터간의 논리적 연결성 등에 대한 검증공정이 필요하다.

도로지도의 구축에 필요한 조건 및 기준을 표준안 수립을 중심으로 수행하였다. 이는 수치지도의 표준이 미비한 국내실정에서 전국규모를 대상으로 우리나라 환경에 맞는 실용적인 수치도로지도의 제반표준을 제시하였다는 점에서 그 의미가 크며, 국내 자동차 항법장치 및 IVHS 개발에 많은 영향을 미칠뿐만 아니라 향후 전개될 다양한 용도의 수치지도 제작사업에 조금이나마 기여할 것으로 예상된다. 그러나, 개발기간이 단기이고, 국내 자동차 항법장치의 개발단계가 초기인 관계로 충분한 현장검토 및 사용자 요구사항 조사가 미비한 것이 사실이므로 앞으로 보다 많은 검토 및 보완이 진행될 것으로 사료된다. 다음은 본 연구의 향후과제이다.

첫째, 현재 자동차항법장치를 개발중인 각 자동차제조사와 연계하여 자동차항법장치에 대한 전반적인 검토와 실제 주행실험을 통해 운전자에게 적절히 정보가 전달되는지를 검토하여 필요하면 표준안을 보완한다.

둘째, 본 표준안 바탕으로 행해지고 있는 수치지도작성 작업공정상에서 드러난 문제점을 표준안에 반영한다.

셋째, 위치정확도 및 논리정확도 등에 대한 검정기법을 개발한다.

이 연구는 자동차부품연구원이 주관한 “자동차 항법용 전국도로망 수치지도 제작”사업의 위탁과제로 서울대학교에서 수행한 “자동차 항법용 수치지도 표준안 연구”의 결과의 일부임.

참고문헌

5. 결론 및 향후과제

1. 안철호, 최재화, “일반측량학”, 문운당, 서울, 1987, pp. 50-51.
2. 최재화, “우리나라의 대축척지도제작을 위한 최적화

본 연구에서는 자동차항법에 필수적인 요소인 수치

- 도투영법의 선택에 관한 연구”, 한국측지학회지, 제 5권 제1호, 1987, pp.26-27.
3. 서울대학교, “자동차 항법용 수치지도 표준화 연구”, 자동차부품연구원, 1994.
  4. Ronald, J., “Smart Cars and Highways Go Global”, IEEE Spectrum May, 1991, p.26.
  5. H. Claussen, “Status and Direction of Digital Map Database in Europe”, IEEE-IEE Vehicle Navigation & Information Systems Conference, Ottawa-VNIS '93. 1993, p.26
  6. H.Claussen, W. Lichtner, “GDF, A Proposed Standard for Digital Road Maps to be Used in Car Navigation Systems”, IEEE, 1989, p. 325.
  7. Masao Shibata, Yasuomi Fujita, “ Current Status Future Plans for Digital Map Database in Japan”, IEEE-IEE Vehicle Navigation & Information Systems Conference, Ottawa-VNIS '93. 1993, pp.29-30.
  8. Waters Information Services, Inc., “Digital Road Mapping : 『4. Map Database Standardization Issues』 ”, 1993, pp. 127-128.