

수치지도 좌표체계의 최적화 방안에 관한 연구

A Study on the Optimization of Coordinate System for Digital Mapping

김 용 일*
Kim, Yong-II

이 창 노**
Lee, Chang-No

요 旨

국가기본도 평면직각좌표계는 3계로 나뉘어져 있으므로 이를 자동차 항법용 수치지도의 좌표계로 수정없이 적용하면 좌표계의 경계지역에서 인접도엽간 경계접합시 문제가 발생한다. 따라서, 자동차 항법용 수치지도 좌표계는 분리된 3개의 평면직각좌표계가 갖는 문제를 해결하기 위해 하나의 통일된 새로운 좌표계가 필요하다. 본 연구에서는 투영법에 있어서는 국가기본도 평면직각좌표계와 같은 횡 메르카토르도법을 사용하고 중앙자오선의 위치 및 증대율을 조정하므로써 새로운 자동차 항법용 수치지도좌표계를 설계하였다.

ABSTRACT

Cartesian coordinate systems used in national base map have 3 zones. If these coordinate systems are used at navigable digital maps without modifications, the edge-matching errors will occur near the edge of two zones. Therefore, it's required to eliminate separate zones of national plane coordinates system suitable for navigable digital map, we choose TM projection that is used at national base map but changed the location and the scale distortion of central meridian.

1. 서 론

우리나라는 1910년대 토지조사사업 당시 전국을 3계로 나누어 가우스상사이중투영법에 의해 계산한 결과를 현재에도 기준점성좌표의 평면직각좌표로 사용하고 있으며, 국가기본도에 있어서는 횡 메르카토르투영법(가우스-크뤼거 투영법)을 사용하고 있다. 이러한 가우스 상사이중투영과 횡 메르카토르투영은 계산 절차상의 차이만 있을 뿐 투영원리 및 투영요소들은 동일한 것이다. 이러한 평면직각좌표계는 당초 측지측량 계산을 위하여 도입한 것을 오늘에 이르기까지 그대로

로 사용하고 있는 것으로서 좌표원점에서의 증대율로 1을 사용함에 따른 문제 및 기존 3개의 좌표계 등에 관한 문제점들이 이미 지적된 바 있다.¹⁾

그러나 일본의 경우 1870년대 우리나라와 같이 가우스상사이중투영법에 의해 동부, 중부, 북부, 남부의 4개의 평면직각좌표원점을 사용하다가 사회적·시대적 요청에 따라, 1954년 국토조사를 위해 13개의 평면직각좌표원점으로 변경했으며 투영법도 횡 메르카토르도법을 채택하였다. 현재는 19개의 평면직각좌표원점을 갖고 있다.²⁾ 이러한 19좌표계의 변환식은 기본적으로 UTM과 같으나 좌표원점의 증대율이 0.996에서

* 서울대학교 공과대학 도시공학과 전임강사

** 서울대학교 공과대학 도시공학과 박사과정

0.9999로 되어 있고, 투영원점이 행정계를 고려하여 일본열도부근의 19점에 설치되어 있다. 또한, 미국은 최근 기존의 NAD27에서의 측지좌표에 포함된 왜곡을 줄이기 위해, 북미원점을 NAD27로부터 NAD83으로 변경하여 약 250,000점의 평면기준점(NAD27에서는 약 25,000점)에 대한 동시 조정이 실시되고 있다. 준거타원체에 대해서도 NAD27에서는 북미대륙의 지오이드에 적합하도록 Clarke 1866 타원체를 사용하였으나 NAD83에서는 지구전체의 지오이드에 적합한 GRS80 타원체로 변경하였다.⁶⁾ 이에 따라 각 주 및 군에서는 기존 NAD27에서 NAD83으로의 변경에 따른 기존성과의 재조정이 활발히 논의되고 있다.

본 논문은 자동차 항법용 수치지도 표준화 작업의 일환으로 기존의 3계로 분리된 국가기본도의 평면직각좌표계를 그대로 자동차 항법용 수치지도좌표계에 적용할 경우 발생하게 될 인접 지역간의 좌표불일치의 문제를 해결하기 위해 통일된 하나의 평면직각좌표로 바꾸었으며, 이때 UTM도법은 경도 129°에서 투영오차가 0.0004로 현재 국가기본도 평면직각좌표에서의 0.0001에 비해 너무 크므로 고려대상에서 제외시켰다. 또한, 최대투영오차의 증가 폭을 줄이기 위해 좌표원점에서의 증대율을 0.9999로 조정하여 기존의 국가기본도에서 채택하고 있는 평면직각좌표계가 갖고 있는 문제점을 해결함으로써 새로운 자동차 항법용 수치지도의 표준좌표계를 설계하였다.

2. 지도투영

우리나라는 평면위치의 기준이 되는 지구타원체로서 베셀타원체를 사용하고 있으며, 평면의 위치를 지구타원체상의 평행권과 자오선을 이용하여 위도(지리위도)와 경도로써 표현한다. 그러나 평면상의 위치를 이와 같은 경위도로써 나타내는 데에는 몇가지 문제가 있다. 즉, 지상에서 관측된 거리와 각을 이용하여 경위도를 계산하거나, 경위도로부터 거리나 각을 계산하는 것이 그렇게 간단하지 않으며, 경위도를 이용하

면, 점의 위치 관계를 직관적으로 이해하기가 어렵다는 문제가 있다.⁵⁾

또한, 지구타원체면은 곡면이므로 지도와 같이 편평한 종이 위에 나타내고자 할 때에는 단열이 생기는 것을 피할 수 없다. 따라서 지구타원체면을 전개가 가능한 투영면에 투영시킨 후 투영면을 전개하므로써 단열이 없는 평면을 얻을 수 있으며, 이러한 투영면으로 평면, 원추면, 원통면 등이 이용된다. 이와 같이 곡면상의 위치를 평면상의 위치로 변환할 때에는 반드시 왜곡이 나타나게 된다.⁴⁾ 즉, 각, 거리, 면적 등이 투영을 통해 왜곡되며, 하나의 특성상의 왜곡을 최소로 한다면, 다른 특성의 왜곡은 오히려 커지게 된다.

우리나라는 국가기본도의 도법으로 횡 메르카토르도법(TM 도법)을 사용하여 지구타원체에 자오선(중앙자오선)이 접하도록 원통을 씌우고, 지구타원체면을 원통면에 투영한 후, 원통을 전개하여 평면으로 나타낸다. 이와 같은 원통면과 타원체면이 접하는 투영에서는 원통이 지구타원체와 접하는 중앙자오선에서는 왜곡이 나타나지 않고 중앙자오선에서 멀어질수록 동서방향으로 왜곡이 커지게 된다. 따라서, 이 도법은 남북방향으로 길게 위치하고 있는 우리나라에 적합한 도법이지만, 원통이 중앙자오선에 접하고 있기 때문에 중앙자오선을 제외한 지역에서는 왜곡이 일정한 방향으로만 나타나게 된다. 즉, 중앙자오선을 제외한 지역에서는 항상 타원체상의 거리보다 투영면상의 거리가 크게 된다. 이러한 단점을 없애기 위해서 현재 대부분의 지도도법에서는 중앙자오선에서 접하는(좌표원점에서의 증대율이 1) 투영법대신 투영원통이 지구타원체를 통과하는(좌표원점에서의 증대율이 1보다 작은 값) 투영법을 사용한다.⁷⁾ 즉, 중앙자오선에서의 왜곡을 허용하는 대신 전체적인 왜곡을 줄이는 도법으로, UTM도법에서는 좌표원점에서의 증대율이 0.9996, 일본 19좌표계와 과거 미국의 주평면좌표계(SPCS)에서는 0.9999를 좌표원점에서의 증대율로 사용한다.⁸⁾

자동차 항법용 수치지도의 좌표계에 대해서도 투영법에 대해서는 국가기본도와 마찬가지로 횡 메르카토르도법을 사용하며, 좌표원점에서의 증대율은 0.9999를 적용하였다.

3. 자동차 항법용 수치지도 표준좌표계의 결정

자동차 항법용 수치지도의 좌표계로서 현재 국가기본도에서 사용하는 평면직각좌표를 사용할 경우 3계의 분리된 좌표계로 인해 문제가 발생한다. 즉, 우리나라 국가기본도의 평면직각좌표계는 동부원점(위도 38° 00' 00", 경도 125° 00' 00"), 중부원점(위도 38° 00' 00", 경도 127° 00' 00"), 서부원점(위도 38° 00' 00", 경도 129° 00' 00") 등 3계의 투영원점에 의해 3계로 나뉘어져 있다. 따라서, 기존의 국가기본도 평면직각좌표를 그대로 자동차 항법용 수치 지도에 적용할 경우 두개의 좌표계가 인접하는 경계지역에서는 인접도엽간의 연계성 및 좌표값의 통일성 등의 문제가 발생한다.

이와 같이 국가기본도의 평면직각좌표가 전국을 3계로 나눈 것은 투영오차가 대략적으로 1/10,000를 넘지 않도록 하기 위한 것이며, 실제적으로는 위도 36도 이하에서는 1/10,000을 넘게 된다.

그러나 이러한 0.0001의 투영오차의 제한을 그대로 자동차 항법용 수치지도에 적용시킬 필요는 없다. 즉, 새로운 항법용 수치지도 좌표계를 이용한다는 것은, 기지인 국가기준점 좌표를 새로운 항법용 수치지도 좌표로 변환하여 시작점으로 이용하고, 기준방위각은 시준이 가능한 또 다른 국가기준점 좌표를 새로운 항법용 수치지도좌표로 변환하여 측량을 실시한다는 의미이다. 따라서, 최대투영오차가 0.0001 보다 다소 크더라도 한 변의 거리가 짧으므로 투영에 의한 보정은 무시해도, 실용적으로는 문제가 되지 않는다. 또, 투영에 의한 보정을 정확히 행하면, 타원체상에서 직접 경위도계산을 한 것과 같이 정밀한 좌표계산이 가능하다.⁸⁾ 기존 국가기본도의 투영오차는 중앙자오선에서 동서방향으로 갈수록 증대되어 최대투영오차는 좌표계 간의 경계지역에서 나타나며, 경도 128도를 기준으로 계산한 결과가 표 3.1에 나와 있다.

기존의 분리된 3계의 평면직각좌표계대신 하나의 통일된 좌표계를 사용할 경우 최대투영오차는 크게 증가하게 되지만 좌표원점에서의 증대율을 1보다 작

은 값을 사용하므로써 최대투영오차를 줄일 수 있다.

표 3.1. 국가기본도의 투영오차(경도 128도)

위도(도)	33	34	35	36	37	38	39
투영오차	0.000107	0.000105	0.000102	0.000100	0.000097	0.000094	0.000092

3.1 투영원점의 결정

우리나라는 육지의 대부분이 경도 126° 30' 과 129° 30' 사이에 위치한다. 이러한 위치적 조건을 고려할 때, 중앙자오선은 경도 126° 30' 과 129° 30' 의 중앙에 위치한 128° 상에 위치시키고 투영원점의 위도에 대해서는 투영오차에 영향을 미치지 않으므로 현재 국가기본도의 투영원점에서와 같은 38° 로 한다.

3.2 투영오차

회전타원체인 지구를 평면에 옮기기 위해서는 어느 곳의 일부를 줄이거나 늘여야 한다. 이때 투영면 상에서의 미소거리와 지구 타원체 상에서의 미소거리의 비를 증대율이라고 부른다.⁵⁾

$$m = \frac{ds}{dS} = m_0 \left\{ 1 + \frac{y^2}{2R^2 m_0^2} \right\} \quad (3-1)$$

여기서,

m : 증대율

m_0 : 좌표원점에서의 증대율

dS : 지구 타원체상에서의 미소거리

ds : 투영면상의 미소거리

y : 투영면에서 중앙자오선으로부터의 거리

R : 평균곡률반경

증대율이 1이라는 것은 투영면상에서의 미소거리가 지구 타원체상에서의 미소거리와 일치한다는 것을 의미하고 국가기본도 평면직각좌표계에 있어서는 중앙자오선상에서는 그 증대율이 1이고 임의의 지점에서

모든 방향에 대한 축척계수는 같다.

투영오차란 지구타원체상의 미소거리에 대한 투영면상과 지구 타원체상의 거리차로서

$$\text{투영오차} = \frac{ds - dS}{dS} = m - 1 \quad (3.2)$$

이다.

이미 앞에서도 말했듯이 기존 3계의 국가기본도 평면직각좌표계를 하나의 통일된 좌표계로 만들게 되면 투영오차는 자연적으로 증가하게 된다. 좌표원점에서의 증대율을 1보다 작은 값을 적용하기 위해 앞에서 결정한 투영원점(위도 38°, 경도 128°)에 대해서 표 2와 같은 투영오차를 계산할 수 있다. 표 3.2에서 알 수 있듯이 위도 36도에서 투영오차가 0.000225로 TM 좌표계에서의 0.0001에 비해 크게 증가하였다.

표 3.2 새로운 투영원점에서의 투영오차
(좌표원점에서의 증대율 1)
경도 126° 30'

위도(도)	33	34	35	36	37	38	39
투영오차	0.000242	0.000237	0.000231	0.000225	0.000220	0.000214	0.000208

좌표원점에서의 투영오차와 최대투영오차(경도 126° 30' 또는 129° 30')의 크기가 같도록 좌표원점에서의 증대율을 구하면

$$m_0 = m_0 m_{\max} - 1 \quad (3.3)$$

$$\therefore m_0 = \frac{2}{1 + m_{\max}}$$

여기서 최대증대율은 1.000242

$$m_0 \cong 0.9999$$

좌표원점에서의 증대율이 0.9999일 때의 경도 126° 30' (또는 129° 30')에서의 투영오차는 표 3.3과 같다.

표 3.3 새로운 투영원점에서의 투영오차
(좌표원점에서의 증대율 0.9999)
경도 126° 30'

위도(도)	33	34	35	36	37	38	39
투영오차	0.000142	0.000137	0.000131	0.000125	0.000120	0.000114	0.000108

표 3.1과 표 3.3에서 알 수 있듯이 국가기본도 평면직각좌표계와 새로운 평면좌표계가 위도 36도를 기준으로 할 때 투영오차는 0.0001에서 0.000125로 증가하였으나 좌표원점에서의 증대율 1일 때의 0.000225에 비해 크게 줄었다.

3.3 6대 도시지역에서의 평균 투영 오차

도로망이 고밀도로 발달된 도시지역에 있어서는 도로위치 정보에 관한 보다 정밀한 수치지도가 필요하고, 따라서 타 지역에 비해 더 작은 투영오차를 갖는 것이 바람직하다.

표 3.4 6대도시의 위치중심 및 평균투영오차

	위도	경도	투영오차
서울	37° 33'	127° 00'	-0.000004
부산	35° 10'	129° 05'	0.000020
인천	37° 28'	126° 40'	0.000071
대전	36° 20'	127° 25'	-0.000066
광주	35° 07'	126° 55'	0.000020
대구	35° 52'	128° 38'	-0.000060

6대 도시에 대한 새로운 항법용 수치지도 좌표계에서의 투영오차를 계산하기 위해 1/500,000 행정도로망도부터 대략적인 중심위치의 경위도좌표를 구하였으며, 그 결과가 표 3.4에 나와 있다. 이 계산결과는 전체 시 지역에 대해 계산한 것이 아니므로 시전체에 대한 투영오차의 범위를 알 수는 없으나, 평균적인 투영오차가 어떤 값을 갖는 지는 알 수 있을 것이다. 표 3.4에서 알 수 있듯이 6대 도시지역에 있어서 평균오차는 매우 작은 값으로, 그중 최대값을 갖는 인천의

평균투영오차가 0.000071이다. 현재 이 투영오차의 크기는 국가기본도 평면직각좌표계가 기준으로 하고 있는 투영오차 0.0001에 비해 작은 값이므로, 새로운 좌표계를 이용하면 투영에 따른 보정없이도 보다 정밀한 좌표계산이 가능하다.

3.4 좌표원점의 가상좌표값의 결정

제주도를 포함한 전지역이 양의 좌표값을 갖도록 좌표원점에 대해 $E=400,000m$, $N=600,000m$ 로 한다. 이때 E축(국가기본도 평면직각좌표계에서의 y축)과 N축(국가기본도 평면직각좌표계에서의 x축)의 방향은 각각 원점에서의 동서방향과 남북방향으로 한다.

이상으로부터 새로운 표준좌표계의 특징을 정리하면, 다음과 같다.

- 투영법 : 횡 메르카토르 도법
- 좌표원점의 경위도 : E 128° N 38°
- 좌표원점에서의 축척계수 : 0.9999
- 원점의 좌표값 : E=400,000m, N=600,000m

4. 좌표변환

기존의 국가기본도를 입력원으로 하여 자동차 항법용 수치지도를 제작한다거나, 자동차 항법용 수치지도를 기존 국가기본도와 비교하고자 할 때에는 국가기본도의 평면직각좌표를 자동차 항법용 수치지도의 표준좌표로 변환하거나 그 역의 좌표변환이 필요하다. 이러한 변환을 정확히 행하고자 할 때에는 한번에 직접 원하는 평면좌표로 변환하는 것은 불가능하고 먼저 경위도좌표로 변환한 후 원하는 평면직각좌표로 변환하여야 한다.

4.1 경위도좌표(φ, λ)로부터 평면직각좌표(E,N)의 계산

경위도좌표로부터 평면직각좌표를 계산할 경우에는 다음 식 (4.1), (4.2)에 직접 경위도좌표를 대입하여 평

면직각좌표를 계산할 수 있다.

$$E = m_0 \left\{ \Delta \lambda \cos \varphi + \frac{\Delta \lambda^3}{6} n \cos^3 \varphi (1 - t^2 + \eta^2) + \left(\frac{\Delta \lambda^5}{120} n \cos^5 \varphi (5 - 18t^2 + t^4) \right) \right\} + E_0 \quad (4.1)$$

$$N = m_0 \left\{ b + \frac{\Delta \lambda^2}{2} n \sin \varphi \cos \varphi + \left(\frac{\Delta \lambda^4}{24} n \sin \varphi \cos^3 \varphi (5 - t^2 + 9\eta^2) \right) \right\} + N_0 \quad (4.2)$$

$$b = a (1 - e^2) \left\{ A(\varphi - \varphi_0) - \frac{1}{2} B(\sin 2\varphi - \sin 2\varphi_0) + \frac{1}{4} C(\sin 4\varphi - \sin 4\varphi_0) - \frac{1}{6} D(\sin 6\varphi - \sin 6\varphi_0) \right\} \quad (4.3)$$

φ : 평면직각좌표를 구하고자 하는 점의 위도

λ : 평면직각좌표를 구하고자 하는 점의 경도

φ_0 : 평면직각좌표 원점의 위도

λ_0 : 평면직각좌표 원점의 경도

m_0 : 좌표원점에서의 증대율

n : 묘유선 곡률반경 ($n = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}}$)

여기서 a는 타원체의 장반경, e는 이심률

t : $\tan \varphi$

η : $\frac{e \cos \varphi}{\sqrt{1 - e^2}}$

b : $\varphi - \varphi_0$ 에 해당하는 자오선장

E_0, N_0 : 좌표원점에서의 가상좌표값

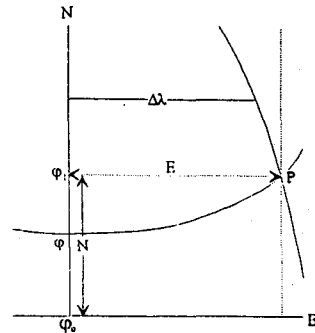


그림 4.1 횡 메르카토르 도법

베셀타원체에서 A, B, C, D 의 값은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} A &= 1.005037306048555 \\ B &= 0.005047849240300 \\ C &= 0.000010563786831 \\ D &= 0.000000020633322 \end{aligned}$$

단계3 : 적도로부터 원점의 위도(38°)에 대응하는 자오선장(N_m)의 계산.

단계4 : 오차의 계산.

$$error = (N_m + N/m_0 - BN) \times \frac{(1 - e^2 \sin^2 \varphi_1)^{3/2}}{a \times (1 - e^2)}$$

4.2 평면직각좌표(E,N)로부터 경위도좌표(φ, λ)의 계산

평면직각좌표로부터 타원체면상의 경위도를 계산하는 데는, 근사계산을 반복하여 행할 필요가 있다.

단계1 : φ_1 의 초기값 지정(예를 들면 원점위도 38°). φ_1 은 그림 41에서 P로부터 N축에 내린 수선의 발의 위도.

단계2 : 적도로부터 φ_1 에 대응하는 자오선장(BN)의 계산.

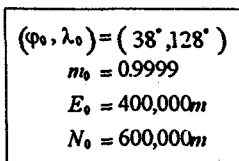
단계5 : $\varphi_1 = \varphi_1 + error$

반복계산은 error가 만족할 만한 수준에 이를 때까지 단계 2에서 단계 5까지 행하며, 적도로부터의 위도 φ 에 대응하는 자오선장의 계산식은 식(4.4)와 같다.

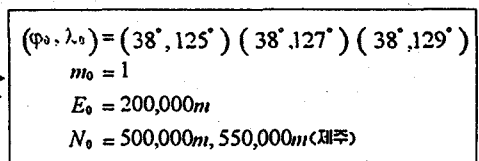
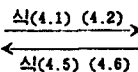
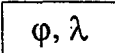
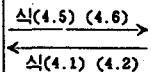
$$b = a(1 - e^2) \left\{ A \varphi - \frac{1}{2} B \sin 2\varphi + \frac{1}{4} C \sin 4\varphi - \frac{1}{6} D \sin 6\varphi \right\} \quad (4.4)$$

이와 같은 방법에 의해 φ_1 을 계산한 후 다음 식에 대입하여 경위도를 구한다.

$$\varphi = \varphi_1 - \frac{(E - E_0)^2}{2M_1 n_1 m_0^2} t_1 + \frac{(E - E_0)^4}{24M_1 n_1^3 m_0^4} t_1 (5 + 3t_1^2 + \eta_1^2 - 9t_1^2 \eta_1^2) \quad (4.5)$$



자동차 항법용
수치지도 표준좌표계



국가기본도
평면직각좌표계

그림 4.2 좌표 변환

$$\lambda = \lambda_0 + \frac{E-E_0}{n_1 \cos \varphi_1 m_0} - \frac{(E-E_0)^3}{6n_1^3 \cos^3 \varphi_1 m_0^3} (1+2t_1^2 + \eta^2) + \frac{(E-E_0)^5}{120n_1^5 \cos^5 \varphi_1 m_0^5} (5+28t_1^2+24A^2) \quad (4.6)$$

단,

$$M_1 = \frac{a(1-e^2)}{(1-e^2 \sin^2 \varphi_1)^{\frac{3}{2}}}, n_1 = \frac{a}{\sqrt{1-e^2 \sin^2 \varphi_1}}$$

4.3 좌표 변환

자동차 항법용 수치지도 표준좌표계 및 국가기본도 평면직각좌표계간의 좌표변환은 그림 4.2에서와 같이 투영요소들을 고려하여 먼저 경위도좌표로 변환한 후에 원하는 평면직각좌표로 변환하여야 하며, 이때 주의하여야 할 것은 국가기본도 평면직각좌표계에서 3개의 투영원점의 경도에 대해 10.405초를 더해 주어야 한다는 것이다.²⁾ 따라서, 그림 4.2에서 국가기본도 평면직각좌표의 좌표원점의 실제 위도 및 경도에 각각 (38° 125' 00" 10.405"), (38° 127' 00" 10.405"), (38° 129' 00" 10.405")를 대입하여야 하며, 또한, 국가기본도 평면직각좌표에 대한 E₀, N₀는 각각 원점의 y, x가상좌표값에 해당한다.

5.거리 및 방향의 보정

평면직각좌표를 이용하여, 좌표계산을 행하기 위해서는, 지상(지구타원체상)에서 관측된 거리와 각을 평면상의 값으로 바꾸어 주지 않으면 안된다. 우리나라의 경우에 3등 삼각점(평균 변장 약 5km)은 약 20km²에 한 점의 비율로, 그리고 4등 삼각점(평균 변장 약 2.5km)은 약 5km²에 한 점의 비율로 설치되어 있다. 이미 앞에서 설명했듯이 새로운 자동차 항법용 수치지도 좌표계상에서 측량을 실시하고 좌표계산을 행할 때에는 이미 정확한 좌표를 알고 있는 국가기준점을 좌표 변환한 후 기지점으로 이용하므로 측점간의 거

리를 짧게 할 수 있고 각보정량이 2km이하에서는 1초도 되지 않는 작은 값이므로 타원체 상에서 관측된 각을 보정없이 평면각으로 사용할 수 있다.³⁾

지상에서 관측된 거리에 대해서도 측점간의 거리가 짧으므로 투영에 따른 보정을 하지 않아도 실용적으로는 문제가 되지 않지만 필요한 경우 다음 식을 이용하여 평면거리로 환산할 수 있다.

$$\frac{S}{s} = \frac{1}{m_0} \left\{ 1 - \frac{(E_1^2 + E_1 E_2 + E_2^2)}{6R^2 m_0^2} \right\} \quad (5.1)$$

$$\cong \frac{1}{m_0} \left\{ 1 - \frac{(E_1 + E_2)^2}{8R^2 m_0^2} \right\}$$

단, E₁, E₂은 투영면에서의 각각의 두 지점으로부터 중앙자오선까지의 거리

즉, 타원체상에서의 거리를 S라 하고, 투영면상에서의 거리를 s라 하면 식(5.1)에 의해 S/s를 구할 수 있으며 그 역수를 지상에서 관측한 거리(S)와 곱하므로써 투영면상의 거리(s)를 구할 수 있다.

6. 결 론

본 연구에서 설계한 자동차 항법용 수치지도 표준좌표계는 투영법에 있어서는 국가기본도의 투영법과 비교할 때 기본원리에 있어서는 동일한 횡 메르카토 르도법이며, 투영요소에 해당하는 투영원점, 중앙자오선에서의 축척계수, 가상원점의 좌표값을 자동차 항법용 수치지도에 적합하도록 새로 정한 것이다. 따라서, 자동차 항법용 수치지도 좌표계와 국가기본도 평면직각좌표계간의 좌표변환이 용이하며, 기존 국가기본도 평면직각좌표계에서 좌표원점에서의 증대를 1을 취하므로써 발생하는 투영의 비효율성 및 경도보정량 10.405초에 따른 평면직각좌표계산상의 번거로움 등이 제거되었으며, 타 지역에 비해 보다 정밀한 측량이 요구되는 6대 도시지역에 대해선 최대의 평균투영오

차가 나타나는 인천지역이 0.000071로 현재의 국가기
본도 평면직각좌표계에서의 최대투영오차 0.0001에 비
해 매우 작은 값을 가지므로 투영에 따른 보정을 행
하지 않더라도 정밀한 계산이 가능하다.

감사의 글

이 연구는 94학년도 서울대학교 대학발전기금 포함
제철 학술연구비 지원에 의한 연구의 일부로서 연구
비를 지원하여 주신 것을 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 최재화, "우리나라 평면직각좌표에 관한 연구", 한
국측지학회 제1권 제2호, 1983, pp.42-59.
2. 유환희, "우리나라 측량좌표계의 현황 및 개선책",
한국지형공간 정보학회 '94 학술강연회 개요집,
1994, pp.6-7.
3. 안철호, 최재화, "일반측량학", 문운당, 1990, pp. 50
-51.
4. 유복모, "측지학", 동명사, 1992, pp. 96-102
5. 佐藤 裕, "測地學의 基礎", 山海堂, 1984, pp.41-58
6. Elizabeth B. Wade, "Impact of North American
Datum of 1983", the journal of Surveying
Engineering, Vol.112, No.1, 1986, pp.49-62.
7. Peter Richardus, Ron K. Adler, "Map Projections",
North-Holland Publishing Company, 1972, pp.3-8.
8. Earl F. Burkholder, "Design of a Local Coordinate
System for Surveying, Engineering, and
LIS/GIS", Surveying and Land Information
Systems, Vol.53, No.1, 1993, pp.29-40.