

우리나라 기본지리정보 좌표계(UTM-K) 도입에 관한 연구 Establishment of the Plane Coordinate System for Framework Data(UTM-K) in Korea

최윤수¹⁾ · 김건수²⁾ · 박홍기³⁾

Choi, Yun Soo · Kim, Gun Soo · Park, Hong Gi

Abstract

Korean government has officially decided to adopt global geodetic reference system(ITRF and GRS80) from 2007 keeping pace with the spread of GNSS. Industries related with LBS and telematics have called for use of the new coordinate system suitable for GIS/GPS applications. The government also defined the single plane coordinate system that covers entire Korean peninsula as UTM-K considering DB-based framework data and user-friendliness, and its defects were corrected while being applied to the building of road framework data.

The TM projection, and origin scale factor of plane coordinate system, 0.9996 were employed in order to satisfy the single plane coordinate system for the entire Korean peninsula. For the origin of plane coordinate system, longitude of 127° 30' 00" and latitude of 38° 00' 00" were applied and, for the initial value of plane coordinate system, N=2,000,000m and E=1,000,000m were used.

In addition to considerable savings in costs, it is expected that the UTM-K is applicable for correcting errors occurred during acquisition of geographic information and for aggregating map data produced by different sources. However, during the initial stage for introduction, confusion is forecasted due to the use of two different coordinate systems, which may be minimized by continued publicity and education.

Keywords : Framework Data, TM, UTM, Single Plane Coordinate System, UTM-K

요 지

정부에서는 위성측위시스템(GNSS)의 보급에 따라 2007년부터 세계측지계 적용을 결정하였으며, LBS, 텔레매틱스 산업계에서도 GPS/GIS활용에 적합한 좌표계 도입을 요청하고 있다. 또한, 기존의 파일기반이 아닌 단일DB기반인 기본지리정보의 효율적 구축과 유지관리, 사용자의 편의성 제고를 고려하여 한반도 전역을 포괄하는 단일평면좌표계를 기본지리정보좌표계(UTM-K)로 정의하고, 도로분야 기본지리정보구축에 적용하여 문제점을 보완하였다. 기본지리정보좌표계(UTM-K)는 한반도 전역을 포괄하는 단일평면좌표계가 되도록 투영법은 TM투영법, 원점측척계수는 0.9996, 투영원점(경도: 127° 30' 00", 위도: 38° 00' 00"), 원점좌표(N=2,000,000m, E=1,000,000m)를 적용하였다. UTM-K는 기관별 지리정보구축과정에서 발생한 오류수정과 다양하게 제작된 지도데이터를 연계·활용에 적용할 수 있고, 상당한 비용절감이 기대된다. 다만, 도입과정에서 복수 좌표계 사용에 따른 혼란은 지속적인 홍보와 교육으로 해소할 수 있을 것이다.

핵심용어 : 기본지리정보, TM, UTM, 단일평면좌표계, UTM-K

1. 서 론

현재 우리나라에서 사용하고 있는 투영법 및 좌표계는 TM투영과 평면직각좌표계를 사용하고 있다. 이 좌표계는

4개의 투영원점(동부, 중부, 서부, 동해원점)을 기준으로 측량, 수치지도 및 국가기본도제작 등 여러 분야에 사용되고 있으며 이러한 투영법과 좌표계는 종이지도 제작시대부터 사용되어온 것이다.

1) 연결저자 · 서울시립대학교 지적정보학과 교수(E-mail:choiys@uos.ac.kr)

2) 국토지리정보원 지리정보과(E-mail:gsw@moct.go.kr)

3) 경원대학교 토목환경공학과 교수(E-mail:hgpark@mail.kyungwon.ac.kr)

그러나 컴퓨터와 인터넷, IT기술 등의 발달로 더 이상 도곽 단위의 데이터 저장 및 활용방식에 업데이트 필요가 없게 되었고, 교통·통신 기술의 발달은 전국을 하나의 좌표계로 표현하는 단일 좌표계의 필요성을 강력하게 요구되고 있다. 정부에서도 GPS 등 위성측위시스템의 보급과 위치기준의 세계화에 따라 측량법을 개정하여 2007년 세계측지계로 전환을 결정하였다(국립지리원측지과, 2000; 이영진, 1996, 1999; 박홍기, 2001; 윤홍식, 2003; 최윤수, 2004).

특히, 파일기반이 아닌 데이터베이스 기반인 기본지리정보의 효율적 구축과 유지관리에는 좌표계설정이 중요한 고려사항으로 기본지리정보 구축 및 운용의 효율성과 사용자의 편의 등을 고려하여 새로운 좌표계의 검토가 요망되고 있다.

2. 우리나라 좌표계와 기본지리정보 좌표계의 특성

2.1 우리나라의 좌표계

현재 우리나라에서 사용 중인 좌표계에 관한 현행법령(측량법)상 정의를 살펴보면 다음과 같다. 측량법 제5조(측량의기준)에 위치는 지리학적 경위도와 평균해면으로부터의 높이로 표시한다. 다만, 지도제작 등에 필요한 경우에는 직각좌표 및 평균해면으로부터의 높이, 극좌표 및 평균해면으로부터의 높이 또는 지구중심직교좌표로 표시할 수 있다고 정의되어 있다.

또한, 측량법시령에 직각좌표 기준은 다음과 같이 정의되어 있다(국립지리원측지과, 2000; 최윤수, 2004).

가. X축은 좌표계 원점의 자오선에 일치하여야 하고, 진북 방향을 정(+)으로 표시하며, Y축은 X축에 직교하는 축으로서 진동방향을 정(+)으로 한다.

나. 좌표계 X축상에서의 축척계수는 1.0000으로 한다

투영법은 각 좌표계에서의 직각좌표는 다음의 조건에 따라 TM(횡단 머케이터)방법에 의하여 표시한다고 정의되어 있으며, 건설교통부장관은 지리정보의 위치측정을 위하여 필요하다고 인정하는 때에는 직각좌표의 기준을 따로 정할 수 있다. 이 경우 건설교통부장관은 그 내용을 고시해야한다(표 1 참조).

2.2 우리나라 투영법

투영이란 곡면인 지구 표면을 평면상에 표현하는 방법을 말하며, 측지학적으로는 지구상의 경위도선을 평면인 지도상에 투영하는 것이다. 구형인 지구 표면은 평면으로 전개되면서 왜곡을 수반하게 된다. 투영의 방법은 이러한 왜곡현상의 형태 및 투영목적에 따라서 등거리(equidistance), 상사(conformality), 등적(equivalency) 투영으로 나뉘며, 이들 세 가지 투영방법은 가장 기본적인면서도 상호 배타적인 특성을 가지고 있다(표 2 참조).

2.2.1 TM투영

TM 투영은 표준형 메르카토르 투영에서 원기둥을 90° 회전시켜 중앙자오선이 원기둥면에 접하도록 하여 지구타원체를 원기둥면에 투영시킨다. TM 투영은 측량의 표준투영이라 불릴 정도로 가장 많이 사용되고 있는 투영법이다. TM 투영은 등각투영이며, 다음과 같은 조건을 충족하여야 한다.

- 서로 교차하는 두 선분이 이루는 각은 항상 일정하다.
- 중앙자오선에 대하여 서로 대칭이다.
- 중앙자오선에서의 축척은 실 축척과 같다.

표 2. 투영법의 분류

구분	항목	구분요소		
투영면의 관계	투영면	평면구분요소(plane)	원 추(conic)	원 통(cylinder)
	일치점	정점(tangent)	정할(secant)	다면체(polyhedron)
	투영면 위치	정규(normal)	횡방향(transverse)	사면(oblique)
투영대상물	특성	등거리(equidistant)	등적(equivalent)	등각(conformal)
	제작방식	기하학적(geometric)	반기하학적(semi-geometric)	범용적(convention)

표 1. 직각좌표계 원점의 경위도

명칭	원점의 경위도	적용구역
서부좌표계	경도:동경125°00'00".0000	동경124°~126° 구역내
	위도:북위 38°00'00".0000	
중부좌표계	경도:동경127°00'00".0000	동경126°~128° 구역내
	위도:북위 38°00'00".0000	
동부좌표계	경도:동경129°00'00".0000	동경128°~130° 구역내
	위도:북위 38°00'00".0000	
동해좌표계	경도:동경131°00'00".0000	동경130°~132° 구역내
	위도:북위 38°00'00".0000	

TM투영은 중앙자오선이 투영면에 접하므로 중앙 자오선에서의 축척계수가 1.0000이 된다. 그 외 지역은 1.0000보다 크게 된다(그림 1 참조).

우리나라는 좌표 지역대가 2°이고, 중앙 자오선에서의 축척계수가 1.0인 TM 투영에 의한 평면직각좌표를 사용하고 있으며, 4개 원점을 가지는 평면직각좌표계로 구분하여 사용하고 있다.

각 좌표계의 경계는 경도를 기준으로 하여 구분되며 경도 124°~126°구간을 서부원점좌표계, 경도 126°~128°구간을 중부원점좌표계, 경도 128°~130°를 동부원점좌표계, 130°~132°구간을 동해좌표계로 하고 있다. 각 좌표계에서는 위도 38°선과 각 좌표계의 중앙 자오선을 각각 종좌표와 횡좌표의 기준으로 한다. 투영원점의 좌표(ϕ_0, λ_0)는 다음과 같다.

- 서부원점(위도 38°N, 경도 125°E)
- 중부원점(위도 38°N, 경도 127°E)
- 동부원점(위도 38°N, 경도 129°E)
- 동해원점(위도 38°N, 경도 131°E)

이와 같이, 좌표계의 경계는 원점으로부터 각각 경도 1°간격이며, 중앙 자오선으로부터의 직선거리는 북쪽 지방에서는 약 80km, 중부 지방에서는 약 89km, 제주 지방에서는 약 90km가 된다.

축척계수는 원점에서는 1.0000이지만 동서로 멀어짐에 따라 축척계수는 점차 증가하여 약 90km지점에서는 1.0001이 되어 1/10,000정도 증가한다. 이것은 구면거리와 평면거리의 보정오차를 1/10,000까지 무시할 때 우리나라 전역을 평면으로 간주할 수 있다.

2.2.2 UTM 투영

UTM 투영은 TM 투영과 같이 세계에서 많이 사용되는 투영법 중 하나다. 하지만, 동일한 UTM 투영이라 해도 각

국의 특성에 맞게 수정하여 사용하고 있다. 일반적으로 UTM은 세계를 하나의 통일된 좌표계로 표시하기 위한 목적으로 1947년에 미 육군 측지부에 의하여 고안된 것을 말한다. 이 좌표계는 위도 80°S부터 84°N까지의 지역을 경도 6°간격으로 총 60개, 남반구, 북반구를 각각 10등분하여 60×20의 격자망을 형성하여 격자마다 평면직각좌표인 UTM 좌표로 표시한다. 우리나라의 UTM좌표는 경도123°, 129°와 적도를 좌표원점으로 하는 51S와 52S 지역대에 속한다. 좌표의 음수(-)표기를 피하기 위하여 횡좌표(E)에 +500,000을 가산하고 남반구에서는 종좌표(S)에도 10,000,000를 더해서 사용하고 있다.

축척계수는 중앙자오선에서 0.9996으로 최소값을 나타내며, 중앙자오선에서 횡방향으로 멀어짐에 따라 점점 증가하는데 중앙자오선으로부터 동서 180km되는 지점에서는 1.0000이 되고, 250km 지점에서 약 1.0004가 된다(그림 2 참조).

2.3 기본지리정보 좌표계의 특성

기본지리정보는 다른 지리정보에 공통적으로 포함되어 있거나, 여러 지리정보를 통합하기 위해 위치적 혹은 내용적 참조체계를 제공하는 지리정보이다. 이때 기본지리정보에 포함되는 지리정보의 종류는 국가지리정보체계의구축 및활용등에관한법률 및 시행령에 명시된 8가지 항목 즉, 측량기준점, 교통, 시설물, 해양 및 수자원, 행정구역, 지적, 지형, 위성영상으로 구성된다(최윤수, 2003; 최윤수, 2004).

따라서 국가공간정보의 기반 확충과 디지털국토 실현을 위해 범정부 차원에서 다양한 기본지리정보를 구축하고 있으며 구축된 기본지리정보를 광범위하고 다양하게 활용할 수 있도록 시범사업과 연구가 추진되어 왔다. 기본지리정보구축에 관한 범정부적인 중심기관인 국토지리정보원에서는 2003년에는 전국단위의 교통(도로)기본지리정보구축을 완료하였으며 2004년에 수자원분야 기본지리정보사업이 추진되고 있다.

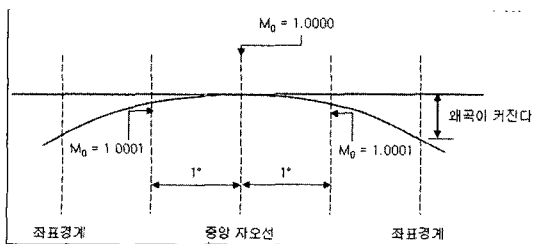


그림 1. TM투영과 축척계수

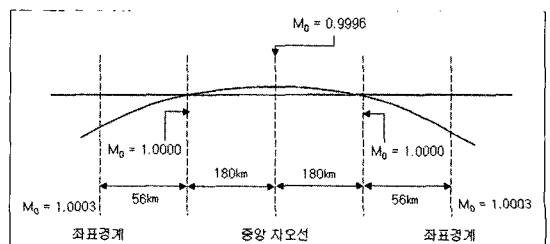


그림 2. UTM투영과 축척계수

현재 우리나라에서 사용하고 있는 투영법 및 좌표계는 수치지도 및 국가기본도제작 등 여러 분야에 사용되고 있다. 이러한 투영법 및 좌표계는 종이지도 제작시대부터 사용되어온 것으로 컴퓨터와 인터넷, IT기술의 발달에 따라 디지털지도의 필요성이 극대화 되고 있는 현재의 관점에서 많은 문제점이 있다.

또한, 국내 GIS분야에서는 측량좌표계에 대한 전문지식이 없는 S/W 개발자들이 임의로 투영법(TM, UTM)과 원점(ICM: 27° 30', m0:0.9996, 교통DB : 128°, m0:0.9999)을 설정하여 사용하여 많은 문제점을 야기하고 있다. 측량법 시행령 제2조에는 건교부장관의 승인을 얻은 경우에 한하여 별도의 좌표계와 좌표를 사용할 수 있다고 정의되어 있다.

특히, 파일기반이 아닌 데이터베이스기반인 기본지리정보의 효율적 구축과 유지관리에는 좌표계설정이 중요한 고려사항으로 기본지리정보구축 및 운용 효율성과 사용자의 편의 등을 고려하여 새로운 좌표계의 검토도 필요하다. 경위도좌표계를 이용하면 단일DB 구축·운용측면에서 효율적이나 데이터편집과정에서 좌표축에 따라서 축척이 일정하지 않고 변하는 문제점이 있으며 운영자가 측량에 대한 전문지식이 있어야 한다. 평면직각좌표계를 이용하면 수학적으로 이해가 쉽고 응용이 용이하나, 4개의 DB를 구축·운용하는 비효율성과 동해에서 서해로 이동하는 운전자들의 경우에 좌표계를 변경하는 데에 따른 문제점도 있을 수 있다.

따라서 LBS, 텔레메틱스 등 GIS를 기반으로 하는 첨단산업 활성화에 따라 GPS, GIS, LBS, 텔레메틱스 등의 활용에 적합한 전국단위의 이음매 없이 연속된(seamless) 단일 데이터베이스를 구축하기 위한 좌표계 도입이 필요하다.

3. GPS/GIS활용과 선진외국의 좌표계

3.1 GPS/GIS활용과 선진외국의 좌표계 현황

3.1.1 영국

영국의 OS(Ordnance Survey)에서는 1935년에 분과위원회인 Davidson 위원회를 구성하여 장래의 평면좌표계를 연구하기 시작하였고, 종전까지 중대축척지도에서 채택하고 있던 39개의 Cassini투영좌표계를 국가 단일평면좌표계인 National Grid로 바꿀 것을 제안하였다. 이에 따라 OS에서는 1939년부터 이 좌표계를 채택하고 있다(박흥기, 2001; 최윤수, 2004).

National Grid의 내용을 살펴보면 다음과 같다.

- 1) 원점은 49°N, 2°W로서 단일좌표계이며 (x, y)대신 (E, N)좌표를 사용한다.

- 2) 원점의 가산값으로 횡선좌표 400,000m 종선좌표 100,000m로 한다.
- 3) 전국 England, Scotland, Wales를 포함한다.
- 4) 투영식은 TM투영법으로 Gauss-Krüger식을 사용하고 원점축척계수는 0.9996으로 한다.
- 5) 거의 ±3° zone을 사용한다.

한편, 측지기준계는 Herstonceux 원점을 기준으로 Airy 타원체를 채용하였는데 이 기준계가 OSGB36(Ordnance Survey Great Britain 1936)이다. 이후 측지좌표계는 OSGB70으로서 1등 삼각망을 재조정하였으나, GPS 등 위성측지의 발전에 따라 1989년도에 60대의 수신기로 93점을 서유럽에 배치하여 관측된 유럽지구기준좌표계 ETRF89(European Terrestrial Reference Frame 1989)를 측지기준계로 채택하고 기존의 체계와 병용하고 있다.

ETRF89와 OSGB36과의 차이가 지역적으로 불규칙하고 수 100m에 이르기 때문에 국가지도제작에서는 문제가 되고 있으므로 이를 위하여 지도제작에 충분한 정확도로 변환될 수 있도록 국가변환요소를 제공하고 있다. 최근에 OS에서 GRS80타원체 기준의 지구중심계에 의한 지도제작이 진행되고 있으며, 평면좌표체계는 그대로 유지하고 있다. 즉, 기준계는 바꾸되 National Grid는 바꾸지 않은 형태로 변환되고 있다.

3.1.2 미국

국가그리드에 대한 개념과 필요성을 제시한 공공XY매핑프로젝트(Public XY Mapping Project)는 그 중요성 때문에 1999년 FGDC에 제안되었고, FGDC 표준화 분과는 공공기관과 민간업체가 참여한 실무위원회를 구성하여 2000년 11월에 초안을 작성하고 USNG(United States National Grid)에 대한 표준(안)을 공개하여 의견을 수렴하고 FGDC 운영위원회의 최종승인단계(Step 12)에 있다. USNG는 LBS 분야의 활용을 목적으로 하고 SPCS(State Plane Coordinate Systems) 나 PLSS(Public Land Survey System)와 같은 측량분야 적용은 제한된다. 이 표준(안)의 목적은 다음과 같다(박흥기, 2001; 최윤수, 2004; FGDC, 2001).

- 1) 위치서비스 분야에서 GPS와 함께 대축척 종이지도와 수치지도를 사용할 수 있도록 하는 표현 기준 : 다른 상업용 지도나 정부 간행 지도를 사용하는 사람이 동일한 그리드 기준계를 사용함으로써 서로 공유할 수 있게

된다. 또한 USNG를 따르는 종이지도는 GPS 수신기와 연결해서 쉽게 사용할 수 있게 될 것이다.

- 2) 2차원적 위치를 나타내기 위한 측지학 및 수학적 기준에 준거한 시스템 : 종래의 도로 주소를 보충하는데 사용될 수 있으며, 도로망으로부터 떨어진 위치를 나타내기 위한 수단을 제공할 것이다.
- 3) 교육계에서 모든 시민들에게 가르칠 수 있으며, 온 나라의 어떤 사회에서도 사용될 수 있는 단일 체계.
- 4) 행정경계에서 끊김이 없고(seamless), 정밀도의 다양한 단계에서 균일하게 끝이 잘릴(truncate) 수 있는 체계.
- 5) 사회의 어떤 구성원이든 접근하여 사용할 수 있고, 표준 그리드를 사용하는 어떤 지도제작물 또는 도구와도 같이 사용될 수 있는 가로(street)와 지형지물의 색인 데이터베이스를 구축하기 위한 기반 : USNG는 1:1,000,000 정도의 지도제작을 위한 국가단일 그리드 체계로 제공될 것이다. 기술적으로는 군사그리드 기준계(MGRS : Military Grid Reference System)와 비슷하며 UTM 그리드 시스템을 적용한 것이다.

한편 SPCS는 주 단위로 주의 크기(면적)와 형태(기하학적인 형태)에 따라서 일부 주에서는 TM 또는 Lambert 투영법을 적용한 단순 또는 복수좌표계, 일부 주에서는 TM과 Lambert 투영법을 모두 채택하고 복수좌표계를 사용하고 있다. SPCS는 지적측량, 대축척지도제작 또는 측량분야에서는 계속 사용될 것이다.

3.1.3 일본

일본의 경우에는 명치시대의 근대측량 시작으로부터 1951년경까지 1~4등 삼각점의 구성이 완료되었으며, 1등 삼각점, 2등삼각점, 3등삼각점의 조정계산에는 Gauss 등각투영 평면상에서의 계산법이 적용되었다. 이를 위하여 구 좌표계에는 4개의 원점(동부, 서부, 북부, 남부)을 사용하였다(박흥기, 2001; 최윤수, 2004).

1951년 국토조사법의 시행과 병행하여 측량법에 의한 건설성 고시, 국토조사법 시행령에 새로운 평면좌표계 13개가 설정되었으며, 이 좌표계는 기본측량, 국토조사법에 의한 측량, 모든 공공측량에 적용되고 있다. 사용되고 있는 공공좌표계는 다음과 같다.

- 1) 19개의 좌표계이다(최초에는 13개 좌표계였으나 6개 좌표계를 추가).

- 2) Gauss-Krüger 투영식을 사용하고 원점좌표를 (0, 0)으로 한다(지도와 지적도 모두 적용된다).
- 3) 원점축척계수는 0.9999이며 $\pm 1.5^\circ$ 지역의 자치단체 중심좌표계이다. 한다.
- 4) 대축척지도는 TM투영법을, 소축척지도는 그 외의 지도 투영법을 채택하고 있다
- 5) 투영법은, 중축척지도는 UTM투영법을 채택, 원점은 중앙자오선과 적도교점, 적용범위는 6° , 축척계수는 0.9996을 사용한다.

일본의 경우에는 우리나라와 유사한 투영원점의 zone 간격, 원점축척계수, 투영방법 등을 사용하고 있으며 측량 및 대축척 지도제작에는 19개의 평면직각좌표계를 사용하고 있다. 이 것은 공공측량 오차와 투영오차를 1/10,000으로 규정하고 있기 때문에 원점이 증가하였으며, 적용구역은 행정구역을 고려하였다. 1:25,000 이상의 국가기본도와 1:10,000 이하의 중축척 지도제작에는 UTM투영법을 사용하고 있다.

2003년 일본국토지리원에서는 NTIS(신지형도시시스템)를 구축, 경위도 좌표계를 이용하여 전국 단위의 Seamless한 단일통합DB를 구축·운영하고 있으며, 공간데이터기반과 DRM(일본디지털도로지도협회)의 도로지도는 NTIS를 기반으로 하고 있다.

3.1.4 독일

독일의 기준점측량에서 Gauss-Schreiber방식에 의한 투영법이 사용되고, 19세기말까지 전 독일에 걸쳐 다면체도법 등에 의해 대축척 지도제작을 완성하였다.

이를 대체하기 위하여 국가기준좌표계로서 Gauss-Krüger 투영법이 적용된 것은 1927년이었으며 Bessel타원체 기준의 3° zone 4개가 채택되었다. 좌표계의 내용을 요약하면 4개의 좌표계로서 $\pm 1.5^\circ$ zone을 사용하며, Gauss-Krüger 투영식을 사용하고, 원점의 위치는 적도상의 $6^\circ E$, $9^\circ E$, $12^\circ E$, $15^\circ E$ 로 하며, 원점축척계수는 1.0000이다. 그리고 (-)부호를 방지하기 위하여 횡선좌표(x)를 +500,000m로 하였다.

1995년 AdV(연방측량위원회)는 에서는 유럽전역에 걸친 지형공간정보에 대한 수요와 GPS측량의 활용 증가에 따라 새로운 기준계와 투영방법인 ETRS 89와 UTM의 도입을 결정하였다. 1997년 AdV는 ETRS 89에 의한 UTM grid로 지형도를 제작하기로 결정하였으며, 지적분야는 늦

어도 수치지적도(ALK)와 수치지형도(ATKIS)가 완전히 완료된 후에 도입하기로 결정하였다(최윤수, 2004).

3.1.5 호주

호주에서는 1996년까지 4개의 다른 타원체를 사용한 20개의 측지기준계가 사용되어 왔었다. 1961년까지 일반적으로 사용된 타원체는 Clarke 1858 타원체이었다. 이 타원체를 사용한 직각좌표계를 ANG(Australian National Grid)라고 불렀다. AGD(Australian Geodetic Datum)는 1966년 10월에 선포되었다. AGD에서 경위도 원점과 호주 국가 타원체(ANS)가 새롭게 채택되었다. AGD는 AGD66과 AGD84로 구분되어고 있다. AGD66의 UTM 투영으로 얻어지는 그리드 좌표를 AMG66(Australian Map Grid 1966 coordinate set)이라 하며, 1982년 측지망 조정에 의한 AGD84의 UTM 그리드 좌표를 AMG84라고 부른다.

호주는 2000년까지 새로운 지구중심 기준계 GDA94(Geocentric Datum of Australia, 1994)를 채택하는 것으로 ICSM(Inter-Governmental Committee on Survey and Mapping)에 의해 결정되었다. GDA94 기준계는 기존의 AGD66과 AGD84를 2000년부터 대체하게 된다.

GDA94와 연계된 지도 투영은 MGA94(Map Grid of Australia, 1994)로서 국제적으로 채택되고 있는 UTM 그리드 체계를 따르는 TM 투영 방법이다. GDA94를 위한 기술 매뉴얼은 정밀한 측지학적 계산을 위한 엄밀 공식과 정의들을 제공하고자 준비되었다. 그러나 정밀한 계산을 요구하지 않는 작은 지역에서의 활용을 위한 간단한 공식도 제공하여 사용상의 편리를 제공하고 있으며 MGA94의 일반 사항은 다음과 같다(박흥기, 2001; 최윤수, 2004; AUSLIG, 2000).

1) (x, y)대신 (E, N)좌표를 사용한다.

- 2) 좌표계는 UTM좌표계를 사용한다
- 3) 원점의 가산값으로 횡선좌표 500,000m 종선좌표 10,000,000m 로 한다.
- 4) 원점축척계수는 0.9996으로 한다.
- 5) $\pm 6^\circ$ zone을 사용한다.

3.2 선진외국의 사례분석과 시사점

국가별 직각좌표계의 현황과, 위치기준으로 사용하고 좌표계의 현황을 비교·분석한 결과 시사점은 다음과 같다(표 3 참조).

대축척지도제작이나 건설공사 등에서 단일직각좌표계를 사용하거나 사용예정인 국가는 영국과 독일이며, 복수좌표계를 사용하고 있는 국가는 일본 등이다. 미국의 경우에는 USGS 등 연방정부의 지도제작은 UTM을 채택하고 있으나 지방도사에서 실시하고 있는 공공사업, 지형도제작 및 지적측량에는 SPCS를 사용하고 있다.

각국에서는 GPS/GIS의 확산에 따라 국가차원에서 지도좌표계를 변경하였거나 변경을 신중하게 검토하고 있다. LBS의 실용화에 따라서 좌표계변경에 대한 압력이 높아지고 있으며 데이터를 변환하는데 기술적인 어려움은 크지 않으나, 사용자 혼란과 기존 지도성과의 변환에 따르는 막대한 비용 때문이다.

단일좌표계를 사용하고 있는 영국은 전국토를 포괄할 수 있도록 UTM 기반의 평면직각좌표를 사용하고 있으며, 각국에서는 국토의 규모와 형태, 측량 정확도 등을 고려하여 각 국가 고유의 투영원점을 설정하고 있다. 이는 경위도 좌표를 평면직각좌표로 투영할 시에 발생하는 오차를 최소화하기 위한 방안이다. 또한, 좌표계 적용지역(zone)의 관점에서 보면 정보화 사회에서 적용범위를 가능한 한 넓게 활용하려는 경향을 보이고 있는데 이는 컴퓨터 등의 이

표 3. 외국의 직각좌표계 현황

국가	좌표계	비 고
영국	UTM/ 단일원점	- 대축척지도에 UTM을 사용 - 건설공사, 시공측량시 거리보정
호주	UTM/ 단일원점	- 1:50,000 이하의 지도에 UTM사용
미국	SPCS/ PLSS	- 1:24,500 이하의 중축척지도 : UTM - 지자체의 대축척지도는 SPCS를 사용
일본	MTM/ UTM	- 1/25,000 이하의 중축척지도에 UTM사용 - 대축척지도에는 MTM(19개 좌표계)을 사용
독일	MTM/ UTM	- 현재는 대축척 지도제작에 MTM 사용 - 측량/ 지적분야에 UTM사용 결정(1:5,000 제작 중)

용으로 과거보다 축척계수 보정이 쉽기 때문이다.

따라서 우리나라 경우에도 기존의 지도성과를 유지하면서 효율적인 기본지리정보 구축 및 활용, 사용자의 편의성을 제고하기 위한 좌표계(단일원점)를 적극 검토해야 한다.

4. 기본지리정보좌표계(UTM-K) 정의와 활용

전국적인 수치지도 데이터를 하나의 좌표계로 표현하여 기본지리정보라는 개념을 사용자에게 쉽게 인식시키고, 실제 데이터의 제작, 저장, 유통, 활용, 갱신 등에 필요한 위치관련 작업을 최소화하기 위한 기본지리정보용 좌표계를 제안하고 이를 도로부분 기본지리정보 구축에 적용하여 문제점을 보완하고 활용상 고려사항을 제시하였다

4.1 UTM-K의 정의

본 연구에서는 DB구축 및 운용의 효율성과 사용자의 편의 등을 고려하여 기본지리정보구축을 위한 새로운 단일 평면좌표계(UTM-K)를 제안하였으며 기본지리정보의 구축 및 운용에 활용될 좌표계는 다음 사항을 충족해야 한다.

- 측지기준좌표계와 연속성 유지
- 수치지도의 데이터베이스관리에 적합
- LBS 등 측위기술의 활용에 효율적

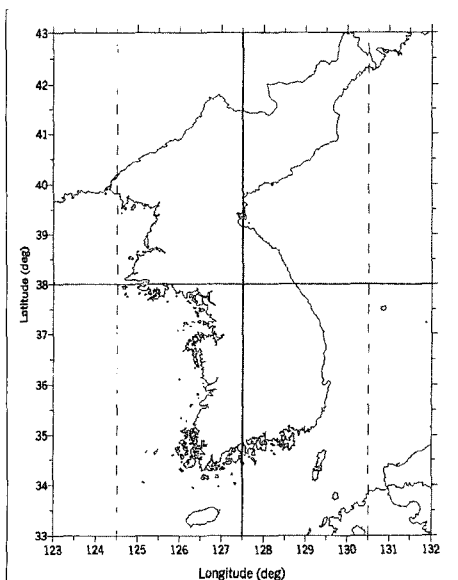


그림 3. 제안된 도로지리정보좌표계

- 측량 및 지도좌표계에 적합한 TM투영법 계열

최근 외국에서도 이러한 문제를 국가차원에서 하나의 통일되고 일관성 있는 좌표체계 도입을 검토하고 있다. 따라서 우리나라도 IT/GPS시대에 상응하는 하나의 통합된 좌표계가 필요하며 이는 전문지식이 없는 사용자가 곧바로 활용할 수 있으며, 임의로 좌표계를 사용하여 발생하는 혼란과 중복투자를 방지할 수 있는 방안이다(그림 3 참조).

새로운 평면단일좌표계는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- (1) 투영법 : TM투영법을 채택하고 원점축척계수는 0.9996으로 하여 한반도 전역이 포괄될 수 있도록 한다. 다만 중앙자오선으로부터 경도 $\pm 3^\circ$ 를 벗어나는 신의주, 선봉, 울릉도의 일부지역도 모두 포함하도록 한다.
- (2) 투영원점 : 경도 $127^\circ 30' 00''$ 을 중앙자오선으로 하고 위도 $38^\circ 00' 00''$ 와 만나는 점을 투영정점(N=2,000,000m, E=1,000,000m)으로 하는 단일 투영좌표계로 한다. 이는 변형된 UTM이나 다른 제반사항들은 UTM과 동일하므로 이를 UTM-K이라 한다.

UTM-K는 많은 국가에서 지도제작 분야에서 표준적 투영법으로 사용해 왔고, 국제화에 조류에 부응하기 위하여 UTM을 기본으로 하면서 혼란을 방지하고 기존의 평면직각좌표와 구별하기 위하여 투영정점의 X(N)를 2,000,000m, Y(E)를 1,000,000m로 하였다.

4.2 UTM-K의 적용

투영평면상의 선분은 타원체상의 선분과 정확히 일치시킬 수가 없기 때문에 축척량을 보정하는 방법을 사용하게 된다. 투영보정의 방향보정과 선축척계수보정(거리보정) 중에서 실용적으로 중요한 것은 거리보정이며, 이는 $6^\circ, 3^\circ, 2^\circ$ zone을 선택함에 따라 크게 변화한다.

TM투영에서 원점축척계수가 1.0000인 경우에 중앙자오선으로부터의 거리가 멀어짐에 따라 축척계수의 변화는 표4와 같다. 또한 UTM투영에서 원점축척계수가 0.9996인

표 4. TM투영의 보정량 ($m_0 = 1.0000$)

중앙자오선으로부터의 거리	거리보정량 (1km거리)	방향보정량 (남북방향측선 1km거리)
10 km	1 mm	0.03"
50 km	3 cm	0.1"
100 km	10 cm	0.3"
200 km	30 cm	0.5"

표 5. UTM투영의 거리보정량 ($m_0 = 0.9996$)

중앙자오선으로부터의 거리	거리보정량(1km 거리)
10 km	-0.4 m
100 km	-0.3 m
180 km	0.0 m
200 km	+0.1 m
250 km	+0.4 m
270 km	+0.5 m

경우에 6°zone에 따른 변화는 표 5와 같다. 단일좌표계(UTM-K)의 투영원점인 경도 127° 30', 위도 38°를 기준으로

< TM과 KUTM비교 >

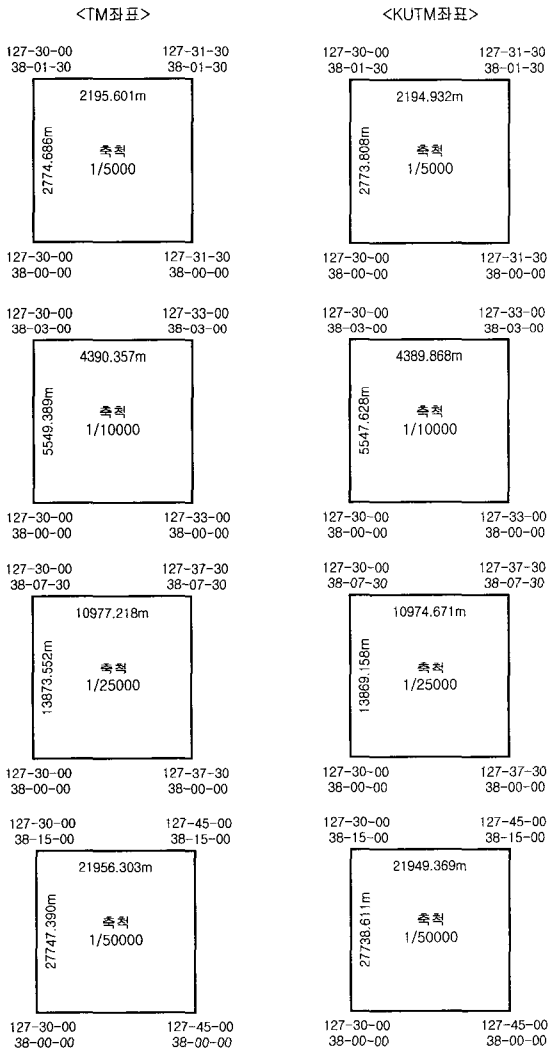


그림 4. TM과 KUTM도곽거리 비교

때, 경도변화를 거리로 계산하여 변화를 나타낸 것이다. 거리차는 원점부근 경도 30' 의 거리 43,898.958m를 기준으로 점간의 거리를 빼준 것이고 투영원점(127° 30', 38°) 부근에서의 각 축척별 기준 TM과 KUTM의 도곽거리는 그림 4와 같다.

이상을 고려해 본다면 한반도 전역을 포괄하고자하는 경우에는 6° zone이 적합하며 원점축척계수를 0.9996으로 해야 함을 알 수 있다. 또한 수치지도 등과 같이 종래의 종이지도와 다른 형태의 좌표 또는 수치(거리 등)를 사용하면 적절한 보정식 또는 계산식에 의해 처리될 수 있다. 기본지리정보 구축에 적용될 좌표변환 S/W의 알고리즘은 그림 5와 같다.

4.3 UTM-K 활용과 고려사항

UTM-K좌표를 사용했을 때의 장점으로서는 수치지도 제작시 동일한 도곽으로 활용이 가능하다는 것이다. 현재 사용되고 있는 좌표계는 투영원점이 4개로 동일한 도곽으로 활용이 불가능하기 때문에 단일좌표계(UTM-K)를 사용하면 전국이 하나로 연결된 자료를 활용 할 수 있다. 축척별 수치지도가 단일좌표계로 통일이 되면 정사영상, 수치지도 갱신이 용이하고, 국가기본지리정보구축에 있어서 데이터베이스 유지관리 및 편집이 편리하며, 다른 좌표로의 상호변환이 가능하기 때문에 좌표변환 프로그램에 대한 교육을 실시하고 기술교육을 강화하면 기존의 측지기준좌표계와의 연속성을 가질 수 있으며 측량법령에 근거한 자료의 생산, 관리, 유통의 일관성을 유지할 수가 있다.

그러나 만약 UTM-K를 기본지리정보가 아닌 측량분야 및 1:5,000 이상의 대축척지도제작에 적용하면 원점축척계수가 0.9996이기 때문에 기존의 측량방식과는 달리 현장에서 측정한 거리와 지도상의 거리를 직접비교 할 수 없다. 이것은 기존에 사용되던 평면좌표계에서는 평면거리와 구면거리의 차이를 무시할 수 있었지만 UTM-K에서는

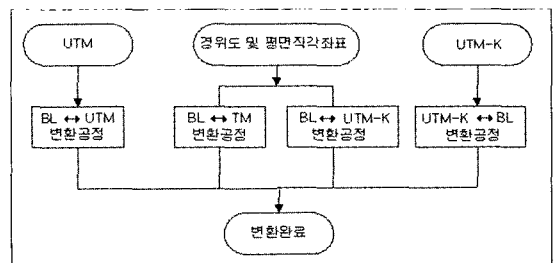


그림 5. 좌표변환 알고리즘

평면거리와 구면거리를 같다고 볼 수 없기 때문에 기존의 건설현장 및 공공사업 분야에서 많은 혼란을 가져올 수 있다. 특히, 이중체계에 따른 사용자의 혼란이 예상되며, 기존의 건설 분야에서 활용되었던 관측데이터 변환과 관련 규정 및 시방서 등의 개정과 같은 후속조치가 요구된다. 즉, 일반적으로 평면거리를 기반으로 제작된 설계도를 사용하고 있는 건설현장에서 관측한 구면거리에 축척계수 보정을 해야 하므로 측량에 대한 전문적인 지식과 경험을 가진 측량기술자가 건설측량(설계, 시공, 준공, 유지관리 측량 등)을 해야 한다.

따라서 다른 지리정보에 공통적으로 포함되어 있거나, 여러 지리정보를 통합하기 위해 위치적 혹은 내용적 참조 체계를 제공하는 기본지리정보의 속성상 경위도, 평면직각좌표, UTM-K를 기반으로 자료를 구축하여 제공하고 변환S/W를 제공하여 사용자에게 선택의 폭을 넓혀주어야 한다. 즉 UTM-K의 도입은 GIS데이터 구축과정에서 임의좌표계의 무단사용에 따른 혼란방지와 활용촉진을 위한 보완책이다.

5. 결 론

정부에서는 GPS 등 위성측위시스템의 보급과 위치기준의 세계화에 따라 측량법을 개정하여 2007년 세계측지계로 전환을 결정하였으며, GIS산업을 기반으로 하는 LBS, 텔레메틱스 등의 활용에 적합한 좌표계의 도입 및 검토가 요망되고 있다.

특히, 파일기반이 아닌 데이터베이스기반인 기본지리정보의 효율적 구축과 유지관리에는 좌표계설정이 중요한 고려사항으로 기본지리정보구축 및 운용 효율성과 사용자의 편의 등을 고려하여 다음과 같이 새로운 좌표계를 정의하고, 응용S/W를 개발하여 검증하고 도로기본지리정보구축에 적용하고 검증하였다. 단일평면좌표계(UTM-K)의 개요는 다음과 같으며 측량 및 대축척지도제작 분야에 대한 적용은 추가적인 연구검토가 필요하다.

1. 투영법 : TM투영법을 채택하고 원점축척계수는 0.9996으로 하여 한반도 전역을 포괄한다. 다만 중앙자오선으로부터 경도 $\pm 3^\circ$ 를 벗어나는 신의주, 선봉, 울릉도의 일부지역도 모두 포함한다.
2. 투영원점 : 경도 $127^\circ 30' 00''$ 을 중앙자오선으로 하고 위

도 $38^\circ 00' 00''$ 와 만나는 점을 투영원점($N=2,000,000m$, $E=1,000,000m$)으로 하는 단일평면좌표계(UTM-K)로 한다. 그러나 다른 지리정보에 공통적으로 포함되어 있거나, 위치적 혹은 내용적 참조체계를 제공하는 기본지리정보는 경위도, 평면직각좌표, UTM-K를 기반으로 자료를 구축하여 제공하고 변환 S/W도 제공하여 사용자에게 선택의 폭을 넓혀주어야 한다.

기본지리정보 구축을 위한 새로운 좌표계의 도입은 기관별 지리정보구축과정에서 발생한 오류수정과 다양하게 제작된 지도데이터를 연계·활용하는데 기여할 수 있고, 활용 측면에서 많은 비용절감을 기대할 수 있다. 다만, 도입 과정에서 이중의 체계 사용에 따른 사용자 측면에서의 일부 혼란이 예상되지만, 체계적이고 지속적인 홍보와 교육으로 해소할 수 있을 것이다.

감사의 글

이 연구는 2003년도 서울시립대학교 학술연구용 첨단장비 지원으로 수행된 연구로 학교당국에 감사드리며, 또한 연구비와 많은 자료를 제공하여 주신 국토지리정보원에 감사드립니다.

참고문헌

- 국립지리원 측지과, 21세기를 대비한 새로운 국가기준점체계 확립, 측량(7월), 2000.
- 이영진, 한국측지좌표계와 지구중심좌표계의 재정립에 관한 연구(I), 건설교통부 국립지리원, 1996.
- 이영진, 수치지도 좌표계에 관한 연구, 건설교통부 국립지리원, 1999.
- 박흥기, 수치지도 좌표계 전환에 관한 연구(I), 건설교통부 국립지리원, 2001.
- 윤홍식 외, 수치지도 좌표계 전환에 관한 연구(III), 건설교통부 국토지리정보원, 2003.
- 최윤수, 교통분야(도로)기본지리정보 구축, 건설교통부 국토지리정보원, 2003.
- 최윤수, 기본지리정보 좌표계 선정방안에 관한 연구, 제6차 GIS2004 대회, 2004.
- AUSLIG, Australia Geodetic Datum-AGD, AUSLIG, Jan 2000.
- BKG, ETRS 89 and UTM in Official Map, BKG, 2000.
- FGDC, United States National Grid, Standard Working Group, Federal Geographic Data Committee, December 2001.

(접수일 2004. 12. 10, 심사일 2004. 12. 21, 심사완료일 2004. 12. 21)