

GPS 측량시스템을 이용한 GIS 커버리지 맵 구현 GPS Implementation for GIS Coverage Map

임삼성* · 노현호**

Lim, Samsung · Noh, Hyun-Ho

요 旨

GPS의 이동측량 방법을 사용하여 위치정보와 속성정보를 취득하는 경우, 대상지의 지형학적 위치와 여러 가지 오차요인에 의해 이상점이 발생하게 된다. 본 연구에서는 절사평균 방법과 1차 미분을 이용한 이상점 검출 알고리즘을 작성하고, 선형보간법과 다항식보간법을 사용하여 이상점 보간을 하였다. 또한 정확하게 보간된 데이터를 이용하여 국도 30 km 구간에 대해 수치지도를 제작하였으며 수치지도를 제작하는 과정에서 발생될 수 있는 문제점들을 고찰하고 문제점들의 해결을 통해 정확한 GIS 커버리지 맵을 작성하였다.

ABSTRACT

Depending on geographical features and error sources in the survey field, inaccurate data is inevitable in GPS kinematic survey for positioning with feature codes. In this study, the trimmed mean and the first order differential equation are used to develop an inaccurate positioning data detection algorithm, and a cubic spline curve and a linear polynomial are used to interpolate the inaccurate data. Based on interpolated data, a digital map for 30 km range of rural highway is produced and a corresponding GIS coverage map is obtained by analyzing and solving the problem associated with the map.

1. 서 론

지리정보(Geographic Information)의 획득 및 생성 기술에는 사진측량과 원격탐사, 항공사진, 측지 및 측량기술, GPS(Global Positioning System) 등이 있다. GPS는 언제 어느 곳에서나 쉽게 3차원 좌표를 얻을 수 있다는 장점으로 인하여 1990년경부터 GIS에 적용되었으며, 주로 위치정보와 더불어 실시간 지리정보 취득의 수단으로 활용되고 있다.¹⁾ 또한 응용소프트웨어의 개발과 발전으로 위치데이터와 같은 도형정보와 더불어 지리적 객체와 연계된 다양한 관련정보인 속성데이터를 동시에 취득할 수 있게 됨에 따라 수치지도의 제작이나 분석을 위한 GIS 시스템에 보다 쉽게 활용할 수 있게 되었다.

본 연구에서는 국도 30 km 구간에 대해 GPS 측량을 한 데이터를 이용하여 수치지도를 제작하고 GIS 커버리지 맵을 작성하는 방법을 연구하였다. GIS 커버리지 맵은 객체의 공간좌표와 그에 따른 속성들이 위상구조를

가짐으로써 GIS 틀을 이용하여 각 분야에 쉽게 활용될 수 있다. 사용된 GPS 측량방법은 기준점 측량의 경우 정지측량(Static Surveying) 방식을 사용하여 상대적인 정확도를 높였으며, 도로의 선형좌표와 속성정보를 취득하기 위해서 이동측량(Stop & Go Kinematic Surveying)을 병행하여 이용하였다. 이후 후처리를 통하여 GIS 커버리지 맵을 구현하였으며 3차원 지도제작의 타당성을 검토하였다.

GPS 측량에 사용된 장비는 GPS 위성으로부터 나오는 신호 가운데 C/A 코드와 P 코드 그리고 L1/L2 반송파 위상을 모두 이용하여 위치 해를 구할 수 있는 수신기를 사용하였으며 수신기의 위치 해를 구하는 방법은 OTF (On-The-Fly) 기법을 이용한 후처리 방식을 사용하였다.

2. 연구방법

2.1 연구수행과정

본 연구의 진행방법은 먼저 GPS 측량을 통해 도형자료와 속성자료를 수집하고, 기지점으로부터 상대적으로 위치한 각각의 측량점들의 위치를 구한 다음 GPS로부터

*인하대학교 지리정보공학과 교수

**인하대학교 지리정보공학과 박사과정

얻어진 측량성공에 대한 좌표변환을 통해, 커버리지 맵을 제작하기 위한 각각의 위치와 속성을 TM 좌표계에 기준한 위치로 변환하고 지리원 규정에 의한 fp이어 분류를 거쳐 GIS 커버리지 맵을 생성하였다. 그러나 관측된 데이터에는 상당수의 이상점이 검출되는데, GPS의 이동측량 방법의 경우, 한 지점에서의 관측치가 4~5개 정도이고 관측할 때 위성으로부터 수신기까지의 거리오차를 누적시키는 다중반사파(multipath)에 쉽게 영향을 받으며, 관측점의 지형학적 문제로 인해 위성의 개수가 작아지면 관측된 자료의 처리가 상대적으로 어렵기 때문이다. 따라서 이상점 검출 알고리즘을 통해 부정확한 데이터를 검출해 내고 여분의 정보를 이용해서 점들의 위치를 보정해 주어야 한다. 보정을 위한 방법으로는 다항식 보간법과 선형 보간법을 적용하고, 그 결과를 토대로 결론을 도출하였다. 그림 1은 이상과 같은 연구수행과정을 개념화한 것이다.

2.2 기준점 측량

GPS 표준좌표계(WGS84)로부터 우리나라에서 지도제작을 목적으로 사용하고 있는 평면좌표계(TM 좌표계)로 좌표변환을 하려면, 먼저 두 타원체간의 변환계수를 산출하여야 하고 가우스 2중상사 투영을 통해 평면좌표로 변환을 시켜야 한다. 현재 두 타원체 간의 좌표변환에 사용되는 방법으로는 그간의 연구성과로 그 정밀도가 인정된 변환계수방법의 3가지 모델: 버사-울프(Bursa-Wolf) 모델, 바이스(veis) 모델, 몰로덴스키-바데카스

(Molodensky-Badekas) 모델 등이 사용된다.²⁾ 본 연구에서는 위의 세 가지 모델 가운데 몰로덴스키-바데카스 모델을 사용하여 WGS-84좌표를 우리나라 측지계로 좌표변환을 하였고, 7개의 변환계수를 구하였다. 7개의 변환계수는 타원체의 상대적인 크기, 원점간의 차이와 타원체 축간의 회전각을 고려한다. 이 변환식은 오직 특정지역에 대한 원점변환식으로 모델내의 기지점의 정확도, 밀도, 분포에 따라서 정확도가 다르게 나타난다.

본 연구에서 변환계수의 산출을 위해 사용한 기준점은 대상지 부근의 삼각점이 상대적인 정확도를 확보하기 어렵다고 판단되어, 기존에 국립지리원 상시관측소로부터 10시간 이상의 정밀관측을 통해 WGS84좌표와 TM좌표를 결정된 인하대 기준점과 (주) 한국항공 기준점을 기본으로, 연구대상지의 이동측량데이터의 후처리를 위해 기준점으로 사용한 곤지암 휴게소 기준점과 6개의 보점을 삼각망으로 연결하고 그 결과를 사용해 변환계수를 산출하였다. 그림 2는 기준점 측량을 위해 사용한 망의 형태를 보여주고 있으며, 표 1은 변환계수를 산출하기 위

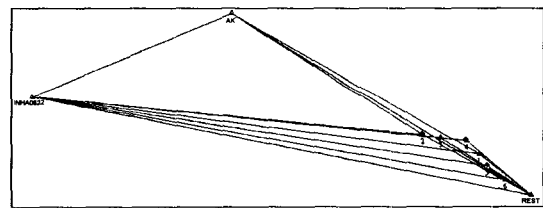


그림 2. 변환계수를 산출하기 위한 측량 망 구성도

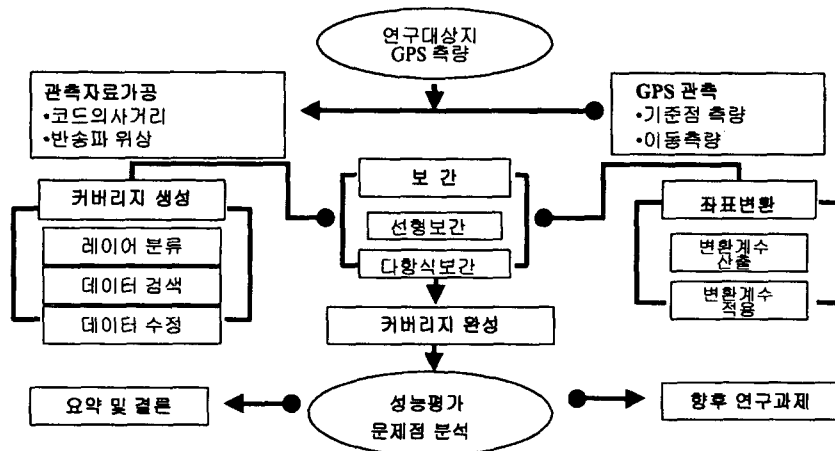


그림 1. 연구수행과정

표 1. 변환계수를 산출하기 위해 사용한 장비의 재원 및 측량방법

사용된 장비의 재원	
기준점 측량용 수신기	Trimble 4800, 측지측량용 2주파 수신기 2대 Trimble 4000Ssi, 측지측량용 2주파 수신기 2대
기선처리 소프트웨어	Trimble GPSurvey ver 2.3
측량방법	정지측량 & 신속정지측량
관측시간	기준점측량 : 3시간 이상 보점측량 : 한 점당 20분 관측
관측점의 개수	기준점 3점 보점 6점

표 2. 계산된 변환 계수의 값

변환 요소	변환계수
Transilation X(meter)	-328.412
Transilation Y(meter)	833.935
Transilation Z(meter)	119.524
Rotation X(second)	-20.153506
Rotation Y(second)	-9.769107
Rotation Z(second)	1.053073
Scale Factor	0.999996757

해 사용한 장비의 재원 및 측량방법을 보여준다. 변환계수 산출방법은 3시간 이상의 동시관측을 통하여 얻어낸 데이터를 상대적인 기선벡터처리 프로그램인 트림블(Trimble)사의 GPSurvey 2.3을 사용하여 후 처리를 통해 산출하였다. 아래의 그림 2에 나타낸 기준점들을 사용하여 변환계수를 산출한 결과는 표 2와 같다.

2.3 GPS 이동측량

이동측량은 1985년에 레몬디(Remondi)가 개발한 것으

로 안테나를 이동시키면서 수 초 안에 센티미터의 상대 정확도를 얻는 측량 방법이다. 이와 같은 GPS 이동측량 기술이 응용되게 된 계기는 GPS를 측량에 적용함에 있어서 가장 어려운 문제로 여겨졌던 이동중의 초기화와 같은 문제가 OTF와 같은 신기술의 개발과 발전으로 해결되었기 때문이다.³⁾ 본 연구에서는 도로의 위치정보와 속성정보를 동시에 취득하기 위해서 GPS를 이용한 이동측량방법을 사용하였다. 일반국도의 최외곽선을 포함하여 도로보호대까지 상세히 측량하였으며 가능한 한 정확한 도로의 선형을 획득하였다. 또한 국도 상에 존재하는 각각의 도로 속성도 국립지리원 규정에 의한 속성코드로 분류하여 측량하였다. 실제 측량할 때 입력하는 식별코드는 측량을 하는 사람이 기억하기 편하고 빠르게 입력하기 위해, 국립지리원 규정에 의한 레이어 분류를 기본으로 측량을 위한 새로운 속성 코드를 만들어 사용하였다. 아래의 표 3은 측량에 사용한 속성 코드표이다.

측량 데이터의 기선처리는 OTF방법을 사용한 후처리 방식을 사용하였다. 기선해를 얻기 위해서는 수신기가 저장한 반송파의 모호정수해를 해결하여야 한다. 모호정수해는 수신기와 위성간의 정확한 거리로 환산되며 기선의 정밀도를 높여준다. 아래의 표 4는 위치해 계산결과와 한 부분을 나타낸 것이다. 위치해의 정확도를 판단할 수 있는 기준으로는 분산변화율과 기준 분산값을 이용하였다. 분산변화율은 프로세서가 모호정수치를 찾으면서 생성되는 두 개 분산의 비율이며 변화율이 높을수록 프로세서에서 계산한 결과가 좋다는 것을 의미한다. 기준 분산값은 특정한 기선에서의 관측 데이터가 얼마나 계산결과에 잘 부합하는지를 나타내 주는 특별한 단위가 없는 통계적 숫자이다. 이를 토대로 표 4에서는 4110점과 4111점이 상대적으로 부정확한 결과를 나타내고 있음을 볼 수

표 3. 측량에 사용한 속성코드표

인하대 측량 목록	F Code	속성	NGIS 지형지물분류	NGIS 속성자료분류	비고
가드레일-방호책(벽)*	Guide	G	Line(sp, mp, ep)	AE221	
가로등	Guide	L	point(sp, ep)	AE131(측량안했음)	측량안했음
가스선알림표시판	Indicator	GI	point	AE214(기타표시)	도로시설표시판 중에 기타표시입
갈매기표시판*	Indicator	SI	point(cp, ep)	AE211	
낙석방지시설*	Equipment	RK	Line(sp, ep)	AE220	
공동구	Road	CH	point→Line	AE990, AZ999(기타)	
과적단속지점(고정식)	Equipment	O	poly	AE450	AE1001(고정식)
관거(암거)*	Equipment	UP	point→poly	AE340(암거)	
교량*	Bridge	BR	Line(sp, mp, ep)	AE010	

표 4. 위치해 계산 결과

From Station	To Station	Solution Type	Slope Dist	Ratio	Reference Variance
곤지암 휴게소	4110	Iono free float	8251.380		16.828
곤지암 휴게소	4111	Iono free float	8239.471		39.566
곤지암 휴게소	4116	Iono free fixed	7754.071	54.0	0.228
곤지암 휴게소	4117	Iono free fixed	7742.680	54.0	0.077
곤지암 휴게소	4118	Iono free fixed	7725.840	54.0	0.269
곤지암 휴게소	4119	Iono free fixed	7710.628	21.0	0.885
곤지암 휴게소	4120	Iono free fixed	7695.263	32.4	0.475
곤지암 휴게소	4121	Iono free fixed	7680.938	54.0	0.124
곤지암 휴게소	4122	Iono free fixed	7667.745	87.3	0.293

있다. 이와 같은 부정확한 결과의 원인으로는 관측시 위성으로부터 수신기까지의 거리오차를 누적시키는 다중반사파와 대기영향 및 전리층효과 등을 들 수 있다. 본 연구 대상지의 경우 측량지역의 지형학적 위치 상 숲이나 큰 나무가 높은 분포로 위치해 있고 대형 차량의 운행이 많은 지역이므로 오차요인 중에 크게 작용한 오차는 다중반사파의 영향으로 볼 수 있다. 다중 반사파의 경우는 실제 데이터를 취득할 때 신중한 고려가 이루어지지 않는다면 후처리를 통한 보정이 상당히 어렵다.

3. GPS 데이터 편집

3.1 이상점 검출

본 연구에서는 GPS 시스템의 특성과 측량 시 발생할 수 있는 상황을 고려하여 이상점을 검출하는 알고리즘을 사용하였다. 이상점들을 검출하기 위한 알고리즘의 기준은 아래와 같다.

가. 전체적인 데이터 검사를 통하여 거리와 높이값 변화에 대한 최대값과 최소값을 찾아내고 이 값을 한계치로 설정하여 전체적으로 부정확한 데이터를 검출하고 세 부적인 작업을 통해 이를 검증해 나간다.

나. 연구대상지의 특성상 연속되는 두 점간의 높이차가 크지 않으므로 높이값의 변화량(Z diff)을 검사하여 특정 경계값이 넘는 높이 변화값을 검출한다.

다. 평면위치값(X, Y)의 경우에는 측량의 특성상 임의의 측량점과 측량점 사이의 거리가 임계거리를 넘을 수 없으므로 측량 거리들로부터 계산된 경계값을 기준으로 두 점의 거리차가 경계값을 넘는 점들을 검출한다.

GPS의 특성상 오차가 포함된 좌표의 경우, 다른 측정

들과 비교하여 각각의 방향성분(X, Y, Z)에 따라 최대값 또는 최소값(이상 : 한계값)으로 나타내게 된다. 따라서 2)번 과정에서 사용하기 위한 경계값을 구하기 위해서 단순한 변화량의 평균을 취하게 되면 이런 한계값에 대한 오차의 영향을 크게 받게 된다. 따라서 경계값의 설정은 한계값을 제거한 절사평균(Trimmed Mean) 방법을 사용하여 구했다. 절사평균방법은 데이터에 한계값이 포함된 경우 한계값이 포함된 방향으로 전체 평균이 치우치는 문제가 발생하게 되는데 이러한 문제점을 해결하기 위해 자료의 상하 x% 안에 위치한 한계값을 제거하고 평균을 구하는 방법이다. 일반적으로 상하 5%, 10%, 25%를 제거한 평균이 많이 사용되며 제거하는 정도는 자료의 특성에 따라서 적절하게 사용하여야 한다. GPS 측량 데이터의 경우에는 상하 5% 이하의 자료를 제거하고 구해진 높이 변화율의 평균값을 경계값으로 활용하였다. 3)번 과정의 경우에는 직선 구간을 측량 할 때와 곡선 구간을

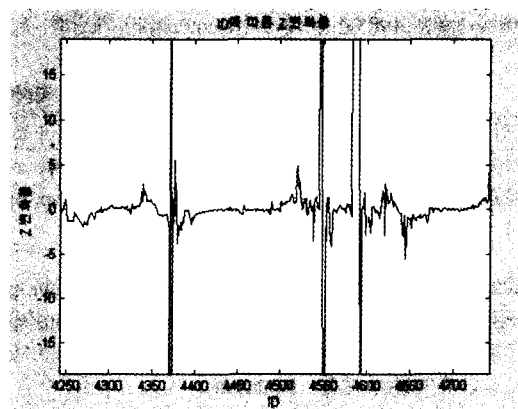


그림 3. 높이값의 변화율

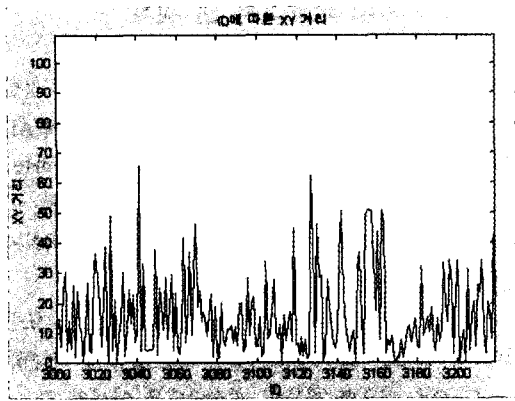


그림 4. X, Y 값의 변화율

표 5. 이상점 추출을 위한 경계값 결정

	점 속성	선 속성(Line B)
전체 데이터 수	1691	1564
Z 값이 0보다 작은점	0.414%	0%
평균Z값	38.57(m)	43.01(m)
Diff z의 평균	3.87(m)	0.75(m)
Trim diff z, 0.5%	-	0.6881(m)
Trim diff z, 1%	-	0.6532(m)
Trim diff z, 2.5%	1.8647(m)	0.6102(m)
Trim diff z, 5%	1.3340(m)	0.4180(m)
Limit x y	30.2235(m)	23.027(m)

측량할 때의 임계값(임의로 정한 경계값)이 다르므로 측량 구간을 구간별로 나누어서 임계값을 결정하는 것이 더 효율적이었다.

위의 그림 3과 그림 4는 높이 값의 변화량과 측정점의 X, Y 좌표값 사이의 거리를 측정점의 ID별로 나타낸 것이다. 그림을 보면 높이의 변화 값이 순간적으로 높아지거나 낮아지는 점이 존재하는 것을 알 수 있으며, X, Y 좌표값을 이용한 측정점간의 거리도 순간적으로증가하는 측정점이 존재하는 것을 알 수 있다. 이와 같은 데이터 특성을 이용하여 이상점을 찾아내기 위한 경계값은 위의 표 5에서와 같이 데이터의 한계값을 제거한 평균으로 구하였고, 이 값을 이용하여 이상점들을 찾아내었다. 또한 높이의 변화량인 Diff Z의 평균을 보면 선 속성이 점 속성에 비해 작음을 알 수 있다. 이것은 선 속성에 대한 측량이 점 속성에 비해 더 잘되었음을 나타낸다. 이러한 알고리즘에 의해 검출된 데이터는 이상점으로 간주되어

GIS 커버리지 맵을 제작할 때 편집하거나 또는 재 측량 데이터로 분류하였다.

3.2 데이터 보간

보간법은 주변의 알고 있는 값들을 이용하여 만들어진 선형식에 의하여 만들어지는 경우가 있고 다항식의 회귀 분석이나 푸리에 급수, 삼차 다항식, 이동평균, 크리징 기법 등에 의하여 만들어질 수도 있다. 오차를 포함한 데이터는 이상점 검출 알고리즘에 의해 대부분 확인이 가능하며 이러한 데이터는 도로의 선형에 따라 적절한 보간법을 이용하여 수정하게 된다. 보간을 수행한 데이터는 도로의 선형 데이터인 최외곽선(Line A)과 길어깨(Line B) 등 주로 선 속성을 중심으로 하였다. 점 속성의 경우에는 측정점간의 연관성이 없으므로 도로의 선형데이터와 같은 보간법을 이용해서 데이터 편집을 하기가 곤란하다. 따라서 점 속성의 경우에는 GPS 기선벡터 프로그램을 사용하여 관측할 때 발생한 오차를 제거하는 편집과 수정과정을 거쳐 다시 해석하였다. 데이터의 보간 절차는 다음과 같다.

가. GPS 관측 데이터에 이상점 알고리즘을 적용하여 이상점에 대한 목록을 작성한다.

나. 작성된 목록을 기준으로 GIS 프로그램인 ArcView 상에서 보간이 필요한 부분의 도로 선형을 체크한다.

다. 측량자의 자문과 현장에서 기록한 야장, 반대편 차선을 참조하여 실제 측량구간의 모형 확인한다.

라. 보간의 형태 결정

곡선인 경우 삼차 다항식 보간을 사용하였으며, 직선인 경우 선형보간법을 사용하였다.

마. ArcView, CAD 상에서 보간한 데이터를 검증한다.

보간할 때 주의해야 할 것은 너무 많은 점들을 사용해 보간을 하게 되면 고차다항식이 되어 계산시간과 오차가 증대된다는 점이다. 또한 보간점간의 거리가 늘어나면 다항식 특유의 진동 특성에 의해 오차가 증가된다. 실제 GPS 측량 데이터의 경우, 전체적으로 데이터의 질이 떨어지는 것이 아니라 일부 구간에서 약간의 오차를 포함하는 경우가 대부분이므로 부분 보간법을 사용하여 데이터를 차례로 이어나가는 것이 바람직하다.

위의 그림 5에서 우측 곡선 차선의 실선 부분이 잘못된 데이터이다. 먼저 잘못된 실선의 앞 차선을 정확한 값으로 설정하고, 잘못된 실선 부분이 곡선이라는 점을

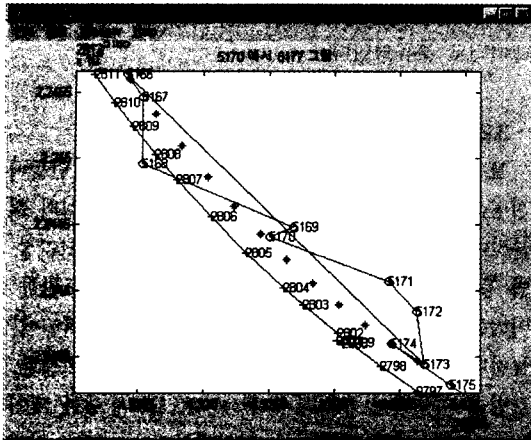


그림 5. Cubic Spline을 이용하여 데이터를 보간
(우측 실선은 원시 데이터, *로 표시된 것이 보간한 데이터)

감안하여 거리에 따른 삼차 다항식 보간을 적용하였다. 삼차 다항식 보간의 미지수를 결정하기 위하여 사용한 데이터는 곡선의 모양을 잘 나타낼 수 있는 데이터 중에서 택하였으며 보간점에 대한 보간 전의 데이터와 보간 후의 데이터 값의 차이는 표 6에 나타내었다. 보간이 끝난 데이터는 표 7과 같이 앞 차선과의 거리차를 측정하여 검증하였으며, 다른 측량 속성과의 상관 관계를 이용하여 검증하였다.

마지막으로 높이값의 경우에는 보간점의 특성을 파악하여 그 편차가 크지 않다고 판단된 경우에는 선형 보간을 하였다.

4. 커버리지 맵 제작

본 연구에서 커버리지 맵 제작을 위해 사용한 방법은 두 가지로 나눌 수 있다. 첫 번째 방법은 AutoCAD를 이용하여 그림 파일을 생성하고, Arc/Info로 변환하는 것이고, 두 번째 방법은 ArcView 상에서 Avenue를 이용하여 Shape파일을 작성하고 Arc/Info상에서 커버리지를 생성하는 방법이다.

첫 번째 방법은 AutoCAD를 사용하기 때문에 도면편집이 용이하고 다른 지도저장형태로 활용이 가능하다. AutoCAD를 이용한 지도의 제작방법은 아래와 같은 작업과정과 문제점 분석 및 보정을 통하여 레이어별로 제작하였다. 먼저 각각의 레이어를 지리원 속성 분류표에 따라 재분류를 하고 AutoLisp를 사용하여 위의 과정에서 분류하고 보간된 좌표를 선 속성과 점 속성으로 구분하여 표현하였다. 도로 중앙선 레이어의 경우에는 직접 측량을 하지 않았으며, GPS로 연구대상지의 도로 최외곽선을 측량할 때 중앙선의 시작점과 끝점의 속성을 외곽선 속성과 함께 입력하였다. 즉, 최외곽선의 경우에는 GPS 위치결과를 사용하여 연속적인 좌표에 의해 선형이 연결되었지만 중앙선은 도로 최외곽선의 좌측과 우측 좌표를 임의의 선으로 연결하여 이 선의 중앙점들을 연결하는 방법으로 레이어를 작성하였다.

커버리지 맵 제작을 위한 도로시설물의 속성은 선형이 아닌 것들이 많다. 예를 들면 횡단보도, 암거, 미끄럼 방지시설, 횡단보도예고표시, 이동식 교통량 조사 시설 등

표 6. 보간 데이터의 결과 (단위: m)

ID	X	Y	보간 X	보간 Y	선형이동량
5168	432553.062	224495.477	432563.473	224533.895	39.804
5169	432668.661	224447.967	432603.473	224485.745	75.344
5170	432650.463	224440.324	432643.473	224443.009	7.488
5171	432741.289	224407.388	432683.473	224405.685	57.841
5172	432762.845	224384.121	432723.473	224373.775	40.709
5173	432768.688	224344.222	432763.473	224347.278	6.044

표 7. 보간한 좌표의 검증(단위: m)

ID	X좌표	Y좌	보간 X좌표	보간 Y좌표	도로폭
2809	432545.926	224524.169	432563.473	224533.895	20.062
2808	432563.287	224502.930	432583.473	224509.143	21.121
2806	432606.255	224455.381	432623.473	224463.700	19.122

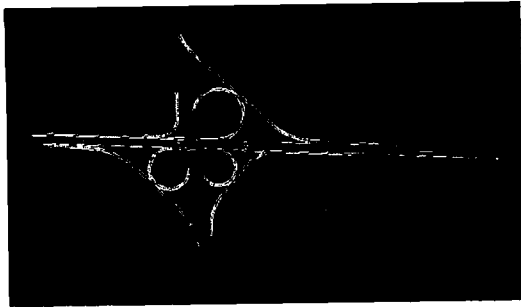


그림 6. GPS를 활용한 GIS Coverage Map

이 그것이다. 이런 점 속성의 경우에는 측량할 때 각각의 속성에 대한 정확한 메모를 해야만 나중에 도면처리 작업에서 정확한 표현이 가능하게 된다.

두 번째 Arc/View를 사용한 커버리지 맵의 제작과정은 대부분 AutoCAD를 사용하여 커버리지 맵을 제작하는 과정과 비슷하나 단지 Shape 파일을 만들기 위해 Arc/View상의 Avenue를 사용한다는 것만 다르다. 그러나 이러한 커버리지 맵은 직접 측량하지 않은 중앙선과 식수대의 레이어 작성이 불가능하여, AutoCAD에서 작업한 중앙선과 식수대의 레이어만을 분류하여 커버리지로 만든 후에 Avenue로 작성된 커버리지와 합하여야 한다.

5. 결 론

본 연구에서는 정확한 분석과 데이터 베이스를 통한 정보의 공유 및 활용을 목적으로 GPS의 이동측량 기법을 이용하여 경기도 근지암 20 km구간과 강원도 평창 지역 10 km 구간에 대해 3차원 수치지도를 제작하였다. 수치지도를 제작하며 발생한 문제점 분석을 토대로 얻은 결론은 다음과 같다.

가. 이상점 검출 알고리즘을 수행하기 위한 경계값 설정을 위해 단순한 변화량의 평균을 취하게 되면 한계값(최대값 또는 최소값)이 포함된 방향으로 전체 평균이 치우치는 문제가 발생하게 된다. 따라서 자료의 상하 x% 안에 위치한 한계값을 제거하고 평균을 구하는 방법을 사용하는 것이 대안이 될 수 있다.

나. 보간의 정밀도는 수cm에서 최대 1 m 정도로 나타났다. 보간 정확도의 차이는 보간을 위해 사용되는 기지점들이 얼마나 그 특성을 잘 나타낼 수 있는지에 따라 결과가 다르게 나타났다. 커버리지 맵 제작을 위한 도로 시설물의 속성은 선형이 아닌 것들이 많다. 이런 점 속성의 경우에는 측량할 때 각각의 속성에 대한 정확한 메모를 해야만 나중에 도면처리작업에서 정확한 표현이 가능하게 된다.

다. 본 연구결과를 토대로 생성된 GIS 커버리지 맵은 도로시설물에 대한 각종 위치정보와 속성정보를 포함하고 있으므로 각종 도로 관련 시스템의 자료교환 및 도로의 유지보수에 사용될 수 있을 것이며 나아가 도로종합관리체계의 일부로서 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 김계현, "GIS 개론", 대영사.
2. 조규전, 전재홍, 차득기, 어수창, "소지역에서 GPS 좌표 변환에 관한 연구", 한국측지학회지, 제15권, 제2호, 1997, 253-261.
3. 임삼성, 김충평, 노현호, "GPS 항공삼각측량의 정확도 분석", 한국측지학회지, 제16권, 제2호, 1998, 195-202, 1998.
4. 박재년, "개정판 수치해석", 정익사.
5. Rapp, R. H., "Geometric Geodesy", Department of Geodetic Science and Surveying, The Ohio State University, Columbus, 1989.
6. GPS Surveying General Reference, Trimble, 1994.
7. Gilbert Strang, Kai Borre, "Linear Algebra, Geodesy, and GPS".
8. Matlab Users Guide Statistics Toolbox.
9. 1996년 GPS Wrokdshop Proceedings, 국립 지리원에서 의 GPS 측량.
10. 지적측량을 위한 GPS 측위 특성해석, 김홍진, 1996, 10, pg3.
11. 우리나라 측지계와 WGS-84의 좌표변환, 성균관 대학교 토목공학과 측지학전공, 1995. 10.
12. 최윤수, 김경진, "GPS 측량기를 이용한 고속스테틱법에 의한 공공기준법 측량 및 응용", 한국측지학회지, 제15 권, 제2호, 1997, 195-206.