

도로중심선 추출기법에 따른 정확도 분석

Accuracy Analysis by Extract Method of Road Centerline

이 종 출¹⁾, 김 희 규²⁾, 김 진 수³⁾, 김 세 준⁴⁾

Lee, Jong Chool · Kim, Heu kyu · Kim, Jin Soo · Kim, Se Jun

- ¹⁾ 부경대학교 공과대학 건설공학부 교수 · 051-620-1449 (E-mail:jclee@pknu.ac.kr)
²⁾ 경남정보대학 건설정보과 교수 · 051-320-1305 (E-mail:kimhg51@hanmail.net)
³⁾ 부경대학교 대학원 토목공학과 박사과정 · 051-622-1662 (E-mail:pksurveying@mail1.pknu.ac.kr)
⁴⁾ 부경대학교 대학원 토목공학과 석사과정 · 051-622-1662 (E-mail:id324@mail1.pknu.ac.kr)

요 약

최근 통신, 전자, 제어, 기계등의 첨단기술을 적용하여 도로와 차량 그리고 운전자에의 일체화를 통한 교통체계의 효율화, 첨단화, 정보화를 실현하기 위한 ITS(Intelligent Transport System)연구가 많이 진행되고 있다.

그러나 이러한 ITS에서의 기본적인 자료인 도로위치정보의 정확도가 낮은 단계인 자료로서 시스템을 구축하고 있다. 또한 기존도로의 설계자료나 수치지도가 없는 지역인 경우가 많아 그 자료들을 획득하는데 많은 비용이 소모된다. 따라서 본 연구에서는 GPS측위기법과 수치사진측량의 기법으로 도로중심선을 추출하여 보다 정확한 기법을 제시하고자 한다.

에서는 도로정보를 획득할 필요성이 있다. 이러한 경우 획득하는데 많은 시간과 비용이 소모되므로 첨단측량기법을 이용하여 도로유지관리차원에서 도로정보획득에 관한 연구가 진행되고 있다.

먼저 차량에 GPS를 부착하여 도로위치정보를 획득하는 연구는 10여년간 미국의 오하이오 주립대의 매핑센터 및 캐나다의 켈거리대학에서는 GPS Van에 대한 연구가 계속되어왔다. 도로중심선 및 선형, 시설물의 위치를 1m 이하의 정확도로 표현하기 위한 노력을 있었다(Habib, 2000; Ellum, 2001) ; Gillieron, 2001, Tao, 2001).

국내에서는 CCD카메라와 GPS 수신기를 차량에 장착하여 지형지물의 3차원 위치 정보를 취득하는 시스템을 개발하였다. 임의의 20점을 기준으로 측량한 결과 30cm ~ 3m 정도의 오차가 발생한다고 발표하였다(유복모, 1998). RTKGPS기법을 이용

1. 서 론

세계의 선진국가들이 정보화의 강국으로 변환을 모색하고 있는 이런 상황에 정보화에 낙후되어있는 건설분야에서도 정보화의 태동이 일어나고 있다. 특히 건설교통부에서는 이러한 건설정보화를 위해 NGIS, ITS, CALS 및 수자원정보에 대한 정보화에 중점 추진사업을 진행하고 있다. 이러한 건설정보화에 흐름에서 정보화의 가장 중요한 정보자료의 정확성이 문제가 되고 있다.

따라서 현재는 우리나라에서는 전국의 산재되어 있는 도로를 통합관리하는 관리 시스템을 구축하고 있다. 이런 사업에서 수치지도가 구축되어있는 지역에서는 수치지도를 이용하여 구축이 용이하지만 수치지도가 없거나 설계자료가 훼손된 지역

하여 도로 선형 및 편경사를 추출하는 프로그램을 개발하여 0.1m이하의 정확도 향상시켰다(이종출,2001,2002).

따라서 본 연구에서는 GPS 측위기법중 DGPS, RTKGPS기법 및 수치사진측량중 Video Camera를 이용하여 도로정보화에 가장 중요한 도로중심선을 추출하여 기법별 정확도를 분석하고, 보다 합리적이고 경제적인 방법을 제시하고자 한다.

2. GPS 및 수치영상이론

2.1 GPS 이론

GPS에 의한 3차원 관측법은 단독측위법과 상대측위법으로 구분할 수 있으며, 단독측위법은 위성으로부터 수신기까지의 거리를 결정하는 방법에 따라 의사거리관측법(Pseudo-range positioning), 위상관측법(Phase-range positioning), 도플러관측법(Dopler positioning) 등으로 구분하며 주로 실시간 관측에서 사용된다.

그리고 상대측위법은 크게 정적관측방법 및 동적관측방법으로 나누어지고, 정적관측방법에는 정적관측법(Static) 및 급속정적관측법(Rapid static)으로 되어있다. 또, 동적관측방법에는 의사동적관측법(Pseudo kinematic)과 실시간동적관측법(Realtime kinematic)으로 되어 있다. 이들 관측 방법은 반송파의 위상차 측정과 상대측위방법에 근거한 것이다. 이때, 수신기 사이의 거리는 기선이 되며 관측한 결과로는 3차원 직각 좌표의 좌표차인 ΔX , ΔY , ΔZ 가 계산된다.

본 연구에서는 DGPS 및 RTKGPS법으로 관측하였다.

2.2 수치영상이론

수치사진측량의 이론중에서 가장 중요한 다중표정이론은 수치영상의 정합에 필수적이다.

수치영상의 다중영상 표정(orientation)이란 여러 다른 사진들과 대상물에 관련된 각 사진의 카메라 위치(X_c , Y_c , Z_c)와 회전

요소(ω , ϕ , κ)에 대한 계산이며, 표정점에 대한 대상물 좌표를 계산하는 것으로서 내부표정과 외부표정으로 구분할 수 있다(Pollefeys, 2000).

내부표정은 카메라의 내적인 특성을 나타내는 것으로 주점의 위치(X_0 , Y_0)와 주점거리(cK)를 결정하는 것이고, 외부표정은 카메라 시스템과 대상물 공간사이의 관계를 나타내는 것으로 카메라 외부투영 중심으로 절대좌표계 X , Y , Z 에 관계되는 촬영점 좌표 X_c , Y_c , Z_c 에 의해 표현되며, 절대좌표에 관계되는 사진좌표축의 각회전 ω , ϕ , κ 를 알아야 한다. 상-대상물 관계를 정의함에 있어서 기본적으로 외부표정 요소는 좌표변환이며, 표정각 ω , ϕ , κ 는 사진좌표계와 절대좌표계 사이에서의 회전변환을 말한다.

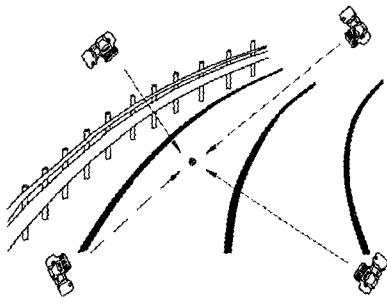
다중영상접합에서는 표정을 위해 공간 전방교회법(space intersection)과 공간 후방교회법(space resection)을 동시에 이용하며, 표정점의 사진지표와 스케치에 의해 입력된 대략의 외부표정요소, 자체검정에 의한 카메라의 내부표정요소와 사진의 정확한 외부표정과 표정점의 대상물 좌표를 계산하기 위한 대상물 좌표체계결정을 이용한다 (Wolf,1999).

공간 전방교회법은 광속이 3차원 공간에서 교차하는 것을 기초로 하는 사진측량학적인 계산방법으로 두 장의 사진에 대한 외부표정과 사진좌표로부터 공통된 대상물의 표정점을 계산하고 이와 관련해서 정확한 외부표정을 결정하는 것이며 그림 1에서 나타낸 것과 같다.

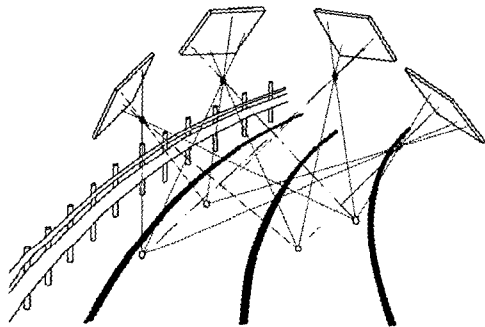
공간 후방교회법은 이미 알고 있는 위치와 일치하는 지점에서 적어도 3개의 지지방향으로 교차시키므로써 공간 위치를 결정하는 것이며, 기지의 대상물 좌표와 적어도 3개의 표정점의 사진 좌표로부터 어떤 사진의 외부표정을 결정하는 방법으로써 이는 그림 2와 같다.

공선조건에 만족하기 위하여 대상물 좌표 체계 결정에 이용된 표정점은 표정 순서

에서 최소 3장의 사진에 나타나야 하며, 맨 처음 두 장의 사진은 공간 전방교회법으로 모델 좌표를 계산하게 된다.



<그림 1> 공간전방교회법



<그림 2> 공간후방교회법

두 장의 사진방향은 3차원 공간에서 60~90°의 각도가 이루어지도록 하고 대상물 전역에 골고루 분포되어 있는 최소 7개의 표정점을 갖고 있어야 하며, 공간 후방교회법의 계산을 위하여 각 표정 순서에서 이미 알고 있는 3개의 표정점이 적어도 3장의 사진에 나타나야 한다. 그리고 결과값에 대한 정확도를 미리 고려하여 사진의 표정 순서를 결정하여 그에 대한 영향을 최소화해야 한다.

3. 실험 및 결과

3.1 실험대상지역 및 관측장비

도로중심선 추출기법에 따른 정확도분석을 위하여 실험대상지역은 부산광역시 남구 용당동 인근에 도로를 선정하였다.

비교적 교통량이 많은 지역을 택하였으며, 선형정보의 원활함을 위하여 원곡선과 직선이 분포되어 있는 곳을 정하였다. 그 모습은 그림 3.에서 보는 것과 같다.

비디오카메라와 GPS의 장비제원은 표1과 표2에서 보는 바와 같다.

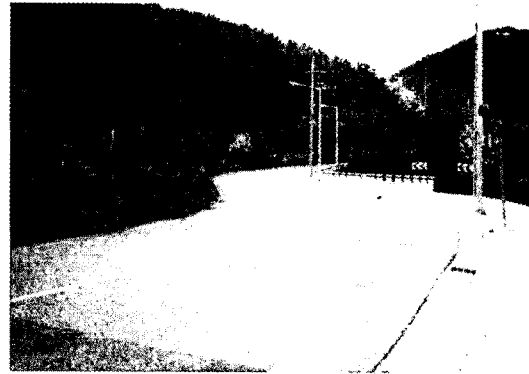


그림 3. 실험대상지역

표 1. Rollei d7 metric⁵ Camera 의 제원

Classification	Rollei d7 metric ⁵
Recording mode	CCD recode
Shutter	1/8,000 sec
Focal Length	7mm
Dimensions	151×102×106 mm
Weight	650g (without batteries)
Pixel in X	2,552
Pixel in Y	1,920

표 2. GPS 수신기의 제원

Receiver Type	Legacy-H
Channel	20 Channel GPS L1, GPS L1/L2
Signal	GPS L1/L2 (L1-C/A와 L1/L2-Full Cycle Carrier Phase, P1/P2)
Accuracy	Vertical 3mm + 1ppm
	Horizontal 5mm + 1ppm

3.2 실험결과 및 분석

3.2.1 DGPS 실험결과 분석

도로 중심선 추출을 위해 본 연구를 위해 자체개발된 차대를 이용하여 도로의 중심선에 따라 대상지역을 측정하였다. DGPS 관측을 위해 삼각점에서 정적측위 한 대상지역의 기준점에 한 대의 GPS수신기를 고정시키고 한 대는 이동차대에 거치하여 측정하였다. 그 모습은 그림 4와 같다.

대상지역에서 도로의 중심선을 DGPS방법 관측하여 총 5,233개의 Data를 수신하였으며, 이때 고정국에서의 위성수는 평균 5.88개가 나타났고, 이동국에서의 위성수는 평균 5.72개로 관측되어 만족 할 만 한 가시위성개수라고 판단하였다. 그리고 PDOP은 고정국에서 평균 3.08개의 위성수가 나타났고, 이동국에서 평균 2.82개로 관측되어 아주 정도가 좋은 기하학적 위치상태라고 판단된다. 이런 가시위성수와 PDOP의 값을 그림 5., 그림 6.에 나타내었다.



그림 4. DGPS 기지국 모습

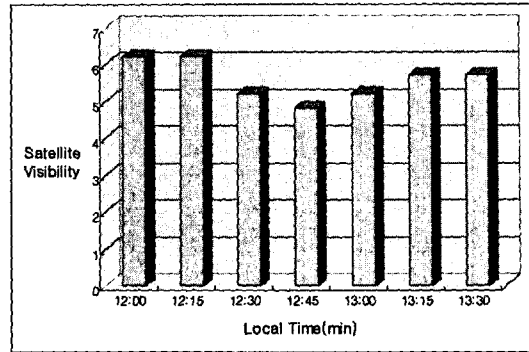


그림 5. 가시위성수

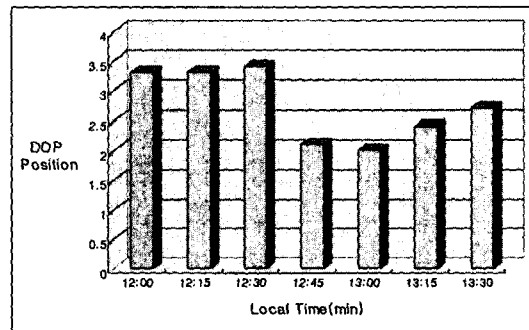


그림 6. PDOP 상태

도로의 중심선을 DGPS방법으로 관측하여 총 5,233개의 Data를 수신한 것 중에서 측정값을 분석하기 위하여 53개의 측정점을 나누어 설계제원값과 비교 분석하여 그 결과를 나타내었다. 그리고 이 결과에서 각각의 방향별 오차를 분석하여 나타내었다. 53개의 촬영점의 오차 평균값은 X방향은 0.0201m, Y방향은 0.0357m, Z방향은 0.0167m으로 분석되었고, 그 오차가 발생하는 양상은 그림7.과 같다.

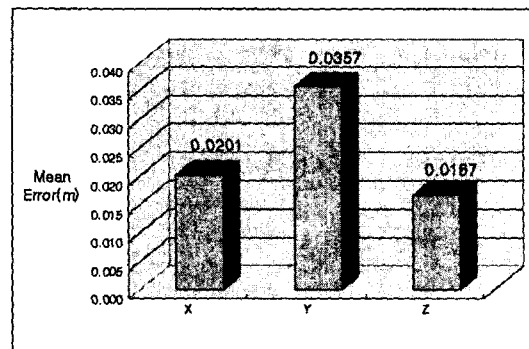


그림 7. 방향별 DGPS 평균오차

3.2.2 RTKGPS 실험결과 분석

도로의 중심선 위치정보를 추출하기 위해 도로의 중심선에 따라 대상지역을 측정하였다. RTKGPS 관측을 위해 삼각점에서 정적 측위한 대상지역의 기준점에 한 대의 GPS수신기를 고정시키고 한 대는 이동을 하여 측정하였다.

대상지역에서 도로의 중심선을 RTKGPS 관측하여 총 5,128개의 Data를 수신하였고, 이때 고정국에서의 위성수는 평균 6.13개가 나타났고, 이동국에서의 위성수는 평균 7.21개로 관측되어 만족 할 만 한 가시위성개수라고 판단된다. 그리고 PDOP은 고정국에서 평균 2.56개의 위성수가 나타났고, 이동국에서 평균 2.94개로 관측되었고 아주 정도가 좋은 기하학적 위치상태라고 판단된다. 측정모습은 <Fig 3.19>에 나타내었다.



그림 8. RTK 측정모습

도로의 중심선을 RTKGPS방법으로 관측하여 총 5,128개의 Data를 수신한 것 중에서 측정값을 분석하기 위하여 58개의 측정점을 나누어 설계제원값과 비교 분석하여 나타내었다. 그리고 이 결과에서 각각의 방향별 오차를 분석하여 나타내었다. 58개의 촬영점의 오차 평균값은 X방향은 0.0239m, Y방향은 0.0101m, Z방향은 0.0086m으로 분석되었고, 그 오차가 발생하는 양상은 그림9와 같다.

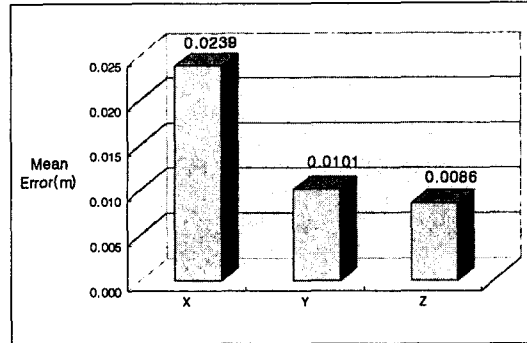


그림 9. 방향별 RTKGPS 평균오차

3.2.3 RTKGPS 실험결과 분석

디지털 비디오 영상을 이용하여 도로를 촬영하고 수치사진시스템을 이용하여 분석한 후 도로 중심선의 3차원 좌표를 추출하고, 실험대상도로의 설계제원과 비교 분석하였다. 그리고 각각의 방향별 오차를 분석하여 표로 나타내었다. 설계제원에서 추출한 각 측정점의 도로중심선과 비교한 오차의 평균값은 X방향은 0.201m, Y방향은 0.353m, Z방향은 0.209m으로 분석되었고, 그 오차가 발생하는 양상은 그림 10과 같다. 이와 같이 동영상으로 도로중심선을 추출해 본 결과 DGPS와 RTKGPS방법보다 정확도가 저하되는 것을 확인하였고, 그 원인은 동영상 획득 시 차량의 흔들림 또는 사진측량용 정밀 카메라가 아닌 일반 비디오 카메라를 사용하였기 때문에 나타난 현상이라고 판단된다.

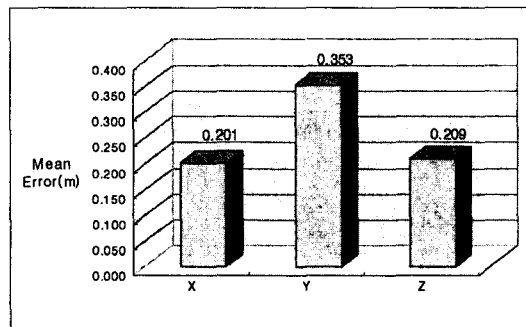


그림 10. 방향별 RTKGPS 평균오차

3.3 실험 결과 및 분석에 대한 종합적 고찰

도로 중심선의 3차원 위치정보를 추출하기 위해 위성측량부분에서 DGPS측위 법과 RTKGPS 측위법 그리고 실용성을 증대시키기 위한 디지털 비디오 카메라를 이용하여 대상도로의 중심선을 측량하여 분석하였으며, 분석값은 그림 11. 나타내었다.

먼저 위성측량 방법 중 DGPS측위방법은 양호한 위성상태에서 정밀측지용 상대측위방법 이므로 대상도로의 중심선에 대한 오차의 평균이 X방향으로 0.0201m, Y방향으로 0.0357m, Z방향으로 0.0167m로 나타났다. 여기서 도로의 형상이 남북방향으로 놓여져 있는 상태이며, RTKGPS는 실시간으로 오차의 양을 체크할 수 있으나, DGPS방법은 후처리방법으로만 오차의 양을 점검할 수 있기 때문에 도로의 곡선부분에서 Y방향의 오차가 많이 발생되었다고 판단된다. 그리고 RTKGPS는 대상도로의 중심선에 대한 오차의 평균이 X방향으로 0.0239m, Y방향으로 0.0101m, Z방향으로 0.0086m로 나타났다. 매우 양호한 값이 나타났으며, X방향의 오차가 많이 발생하였는데 상대적으로 보아 오차가 큰 것으로 보이나 본 연구의 소요정확도이내에 허용된다.

마지막으로 디지털 비디오 카메라를 이용한 도로중심선 측량 결과에서 비교적 큰 오차들이 분포되어 X방향으로 0.201m, Y방향으로 0.353m, Z방향으로 0.209m크기로 나타났다. 수치사진측량에서 측량용 카메라를 사용하여 정지된 영상을 취득하여 광속조정을 한 후의 값들은 위성측량의 값보다 양호하게 나타나지만, 동영상에서의 처리값들은 많은 오차가 발생되고 있다. 기 발표된 연구사례를 보더라도 20m 이격거리에서 동영상을 정지하여 촬영한 후의 결과 값은 0.25m로 알려지고 있다, 그러나 본 연구에서는 이동하는 차량에서 촬영하여 취득된 영상이므로 정확도면

서는 약간은 미비하나 실용적인 면과 경제적인 면에서 많은 효용성이 있다고 판단되며, 향후 이동시 동영상의 정확도 향상에 대한 연구는 계속 필요하다고 생각된다.

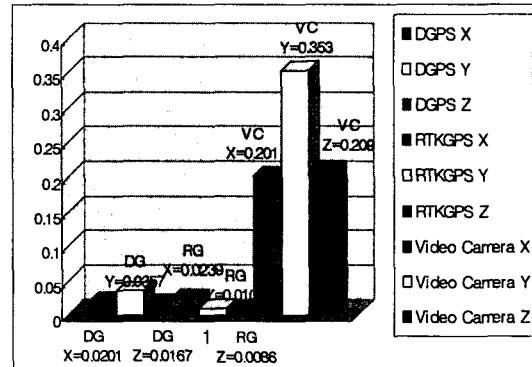


그림 11. 추출기법 정확도 분석값

5. 결론

도로중심선 추출기법에 따른 정확도를 분석하여 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 도로중심선을 첨단측량기법별로 추출하여 도로선형정보의 기초적인 자료로 활용할 수 있었고, 건설정보화의 자료 정확도를 향상시켰다.

둘째, DGPS, RTKGPS, Video Camera를 이용하여 도로중심선을 추출한 후 설계자료와 비교하여 정확도를 확인한 결과, DGPS와 RTKGPS는 1~4cm 정도의 오차를 가지는 양호한 결과를 나타내었고, Video Camera를 이용한 방법도 4~10cm 정도의 오차를 나타내어 실용성이 높다고 판단된다.

셋째, 비디오 카메라를 이용한 도로중심선 추출하고 분석한 결과 X,Z방향값 보다 Y방향의 오차가 큰 것으로 나타났으며, 이는 카메라 렌즈의 광심방향 때문이라 판단된다.

참 고 문 헌

이종출, "동적 GPS 관측에 의한 도로의 평면선형 분석", 한국측량학회지, 제19

- 권, 제1호, pp.39~45, 2001.
- 이종출, "GPS 실시간 동적측위법을 이용한 도로편경사 추출", 한국측량학회지, 제20권, 제2호, pp.183~190, 2002.
- Pierre Gillieron, Jan Skaloud, David Brugger, Bertrand Merminod, "Development of a low cost mobile mapping system for road data base management", 3rd International symposium on Mobile Technology, session 6, 2001. CDROM.
- Hobib, A.(2000), Matching road edges in stereo-image sequences using data association techniques, photogramm. Eng. Remote sens. ISPRS Journal of photogrammetry and Remote sensing vol 56(1), pp.91~98.
- C. Vincent Tao, "An integrated approach to road centerline reconstruction using stereo image sequences from a mobile mapping system", Int Archives Photogrammetry Remote Sensing, 31, part B3, pp.857~862, 1996.
- CM. Ellum, N. El-sheimy,(2001), A Mobile Mapping System for the survey community, The 3rd international Symposium on Mobile Mapping Technology, session 4, 2001. unpaginated CD-ROM.
- M. Pollefeys, R. Koch, M.Vergauwen, L. Van Gool (2000), Automated reconstruction of 3D scenes from sequences of images", ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 55 pp.251~267.
- Paul R. Wolf, Bon A. Dewitt,(1999), Elements of Photogrammetry with application in GIS, 3rd edition, pp237~246.