

수치영상을 이용한 도로선형정보체계 구축

Construction of Road Alignment Information System Using Digital Imagery

서 동 주¹⁾, 이 종 출²⁾, 박 운 용³⁾, 차 성 렬⁴⁾

Seo, Dong Ju · Lee, Jong Chool · Park, Woon Yong · Cha, Sung Yeoul

¹⁾ 부경대학교 대학원 토목공학과 공학박사 · 051-622-1662 (E-mail:dpsdj@mail1.pknu.ac.kr)

²⁾ 부경대학교 공과대학 건설공학부 교수 · 051-620-1449 (E-mail:jclee@pknu.ac.kr)

³⁾ 동아대학교 공과대학 토목 · 해양학부 교수 · 051-200-6723 (E-mail:uypark@daunet.donga.ac.kr)

⁴⁾ 양산대학 토목과 조교수 · 055-370-8174 (E-mail:sycha@yangsan.ac.kr)

요 약

최근 수치영상은 사진측량의 기본원리를 이용하여, 각종 첨단 산업분야에 그 응용이 증대되고 있으며, 많은 관심과 연구가 진행되고 있다.

특히 가장 중요한 국가시설물인 도로 경우에 기존도로의 설계자료나 수치지도가 없는 지역인 경우가 많아 그 자료들을 획득하는데 많은 비용이 소모된다. 또한 도로자료 획득시 도로에 교통량의 증가로 종래 측량방법으로는 상당한 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 수치사진측량에 의한 도로선형정보체계 구축방법을 제시 하고자한다. 먼저 수치사진측량에서 취득된 자료들을 객체 지향적인 언어인 Delphi를 이용하여 도로평면선형정보와 도로종단선형정보를 구축하는 프로그램을 개발하였다. 개발한 도로평면선형정보는 기발표된 연구보다 IP값은 약 X,Y방향으로 약 2m정도 정확도가 향상되었고, 곡선반경(R)은 약 2.5m정도의 정확도향상이 있었다.

1. 서 론

최근 수치영상은 프로그램에 의한 일반 전산기로 수치지도제작이 가능하기 때문에, 각종 첨단 산업분야에 그 응용이 증대되고 있으며, 많은 관심과 연구가 진행되고 있는 실정이다.

따라서 수치영상을 활용할 수 있는 건설분야에서 중, 도로는 현대생활에서 필수적인 사회간접시설물이며, 국가 지하시설물의 공간적인 기능과 도시거주환경의 형성 및 방재 공간으로 활용하고 있는 다목적 국가시설물이다.¹⁾

현재는 국가에서는 전국의 산재되어 있는 도로를 통합관리하는 관리시스템을 구

축하고 있다. 이런 사업에서 수치지도가 구축되어있는 지역에서는 수치지도를 이용하여 구축이 용이하지만 수치지도가 없거나 오래된 정보를 가진 수치지도가 있는 지역에서는 도로정보를 획득할 필요성이 있다. 이러한 경우 획득하는데 많은 시간과 비용이 소모되므로 수치영상을 이용하여 도로유지관리차원에서 도로정보획득 및 도로정보수집에 관한 연구가 진행되고있다.²⁾³⁾

따라서 본 연구에서는 수치영상을 이용하여, 수치지도가 없는 도로에서 3차원적인 위치정보를 취득하며, 도로 유지관리차원에서의 도로 시각적 효과를 증대시킬 수 있는 도로선형정보체계를 구축하고자

한다.

도로선형정보체계에서는 객체 지향적인 언어인 Delphi를 이용하여 평면선형정보와 종단선형정보를 구축하는 프로그램을 개발하였다.

이런 방법으로 도로선형을 구축 및 개발로 인해 도로정보를 손쉽게 취득하여 자료화하고, 도로선형의 3차원 위치결정을 하여 유지관리와 안전한 운행에 기여하리라 판단된다.

2. 수치영상의 다중영상표정 이론

수치영상의 다중영상 표정(orientation)이란 여러 다른 사진들과 대상물에 관련된 각 사진의 카메라 위치(X_c, Y_c, Z_c)와 회전요소(ω, ϕ, κ)에 대한 계산이며, 표정점에 대한 대상물 좌표를 계산하는 것으로서 내부표정과 외부표정으로 구분할 수 있다.⁴⁾

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 공간전방교회법(space intersection)과 공간후방교회법(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.⁵⁾

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 기지방향으로 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 순서에서 최소 3장의 사진에 나타나야 하며, 맨 처음 두 장의 사진은 공간 전방교회법으로 모델 좌표를 계산하게 된다. 두 장의 사진방향은 3차원 공간에서 $60\sim 90^\circ$ 의 각도가 이루어지도록 하고 대상물 전역에

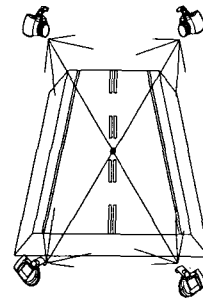


그림 1. 공간전방 교회법

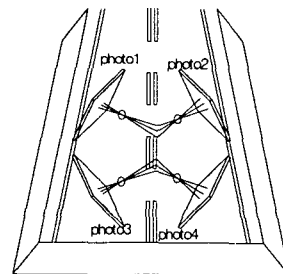


그림 2. 공간후방 교회법

끌고루 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

수치영상을 이용한 도로선형정보 체계 개발을 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.

디지털 카메라와 GPS의 장비제원은 표1과 표2에서 보는 바와 같고, 도로의 노면을 촬영하기 위하여 3m 까지 높이 세울 수 있는 삼각대를 사용하였고, 카메라를 3m지점에서 촬영하기 때문에 카메라셔터를 대신할 수 있는 릴리즈를 첨가하여 사용하였다. 그리고 도로 중심선을 따라 촬영을 해야 하므로 이동이 간편하게 하기 위하여 자체 제작한 이동용 차대를 사용하였다. 이러한 관측장비를 조합한 모습은 그림 4.와 같다.

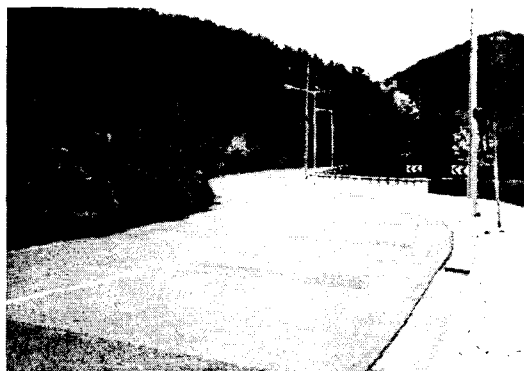


그림 3. 실험대상지역

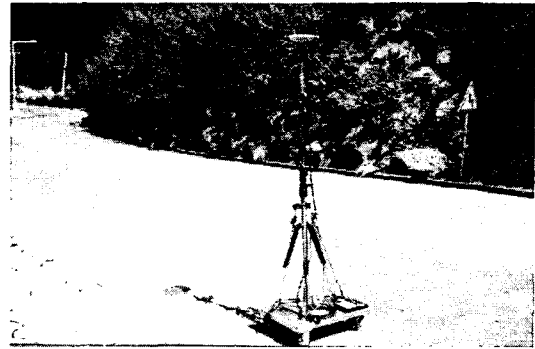


그림 4. 조합된 장비 모습

표 1. Rollei d7 metric⁵ Camera 의 제원

Classification	Rollei d7 metric ⁹
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 분석

수치영상을 이용하여 도로의 선형정보를 획득하기 위하여 촬영을 하였다. 일반적인 도로는 종방향으로 긴 형태이므로, 본 연구에서는 그림 5.와 같이 15m의 간격으로 14개의 Zone을 나누어 네 모퉁이

에서 촬영하는 방법을 채택하여 실시하였으며, 도로의 연속성을 유지하기 위하여 각각의 Zone을 약간 중복하여 촬영하였다. 그리고 도로에서 타켓을 부착하지 않고 139개의 자연점을 표정점으로 사용하였다. 카메라 보정에 의해 결정된 내부표정요소와 DGPS 기법에 의해 결정된 촬영 당시의 카메라 노출위치를 입력하고 획득된 56장의 영상에 있어서 표정점 139개의 상좌표를 측정하였다

수치사진측량으로 취득된 56개의 영상과 139개의 표정점을 이용하여 광속조정법으로 조정한 결과값을 대상물 3차원 좌표의 RMSE를 Zone별로 구분하여 나타내면 표 3.과 같으며, 이를 도식화하면 그림 6에 나타낸 것과 같다. 특히 Zone11과 Zone 12의 Y방향의 오차가 많은데 이유는 도로의 곡선부분에서 촬영을 하여 생기는 오차라고 판단된다.

본 연구에서는 다중영상표정과 광속조정법에 의해 결정된 대상물 3차원 좌표의 정확도를 분석하기 위해 20개의 검사점들을 이용하여 비교·분석하였다. 그 결과는 표4.와 같다.

또한, 20개 검사점들의 평균오차는 X방향으로 0.0203m, Y방향으로 0.0208m, Z방향으로 0.0513m로 나타났으며, 이를 도식적으로 나타내면 그림 7.과 같다.

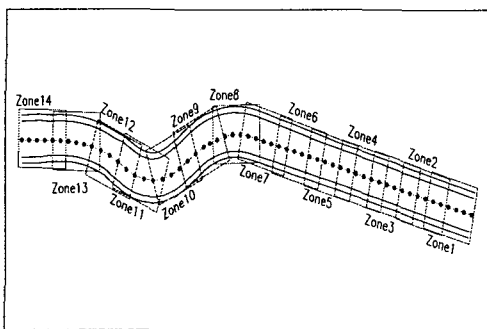


그림 5. 대상도로의 Zone 모습

표 3. 번들조정후 RMSE (unit:m)

Zone	RMSE		
	X	Y	Z
1	0.0815	0.0790	0.1348
2	0.0162	0.0165	0.0408
3	0.0104	0.0092	0.0355
4	0.0183	0.0191	0.0738
5	0.0105	0.0067	0.0305
6	0.0244	0.0133	0.1324
7	0.0132	0.0134	0.0377
8	0.0091	0.0083	0.0629
9	0.0685	0.0440	0.0888
10	0.0072	0.0065	0.0172
11	0.0304	0.1613	0.0357
12	0.2141	0.5190	0.0507
13	0.0388	0.0421	0.1084
14	0.0177	0.0136	0.0449
Average	0.0400	0.0680	0.0639

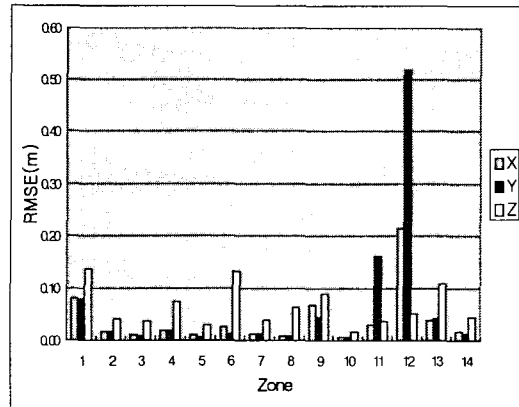


그림 6. 번들조정후 RMSE 모습

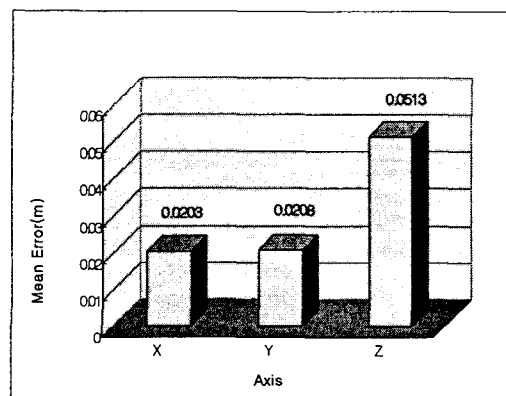


그림 7. 검사점의 평균오차

표4. 검사점의 잔차

(unit : m)

No.	Total Station			Rollei d7metric ³			V _x (m)	V _y (m)	V _z (m)
	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)			
1	178943.403	209463.129	75.366	178943.403	209463.130	75.487	0.000	0.001	0.121
2	178940.523	209462.546	75.448	178940.548	209462.642	75.556	0.025	0.096	0.108
3	178937.515	209461.947	75.522	178937.545	209462.014	75.582	0.030	0.067	0.060
4	178896.318	209454.182	75.604	178896.473	209454.204	75.682	0.155	0.022	0.078
5	178893.487	209453.612	75.554	178893.641	209453.642	75.693	0.154	0.030	0.139
6	178881.827	209451.349	75.274	178881.743	209451.333	75.352	-0.084	-0.016	0.078
7	178822.556	209440.311	72.435	178822.630	209440.267	72.625	0.074	-0.044	0.190
8	178947.988	209456.084	75.322	178947.8504	209456.1929	75.317	-0.138	0.109	-0.005
9	178944.815	209455.412	75.416	178944.8207	209455.5418	75.487	0.006	0.130	0.071
10	178938.915	209454.383	75.563	178938.8207	209454.4087	75.488	-0.094	0.026	-0.075
11	178930.302	209452.675	75.655	178930.3075	209452.676	75.735	0.005	0.001	0.080
12	178924.314	209451.578	75.815	178924.3347	209451.561	75.721	0.021	-0.017	-0.094
13	178912.461	209449.251	75.816	178912.6045	209449.2794	75.824	0.143	0.028	0.008
14	178897.470	209446.318	75.624	178897.4698	209446.318	75.682	0.000	0.000	0.058
15	178894.628	209445.757	75.557	178894.7396	209445.6318	75.707	0.112	-0.125	0.150
16	178782.780	209439.946	70.400	178782.6096	209440.0484	70.551	-0.170	0.102	0.151
17	178766.098	209448.535	69.726	178766.0932	209448.5366	69.788	-0.005	0.002	0.062
18	178763.163	209449.223	69.617	178763.1594	209449.2177	69.788	-0.004	-0.005	0.171
19	178695.049	209431.026	70.831	178695.0859	209431.0279	70.695	0.037	0.002	-0.136
20	178676.992	209430.263	71.795	178677.1307	209430.2688	71.606	0.139	0.006	-0.189
Average							0.0203	0.0208	0.0513

4. 도로정보체계 개발

4.1 도로 평면선형정보체계 개발

도로선형정보체계는 도로의 평면선형과 종단선형으로 구성되어있으며, 먼저 평면선형정보체계를 추출하였다. 평면선형정보 자료는 수치사진측량에서 나온 수치를 이용하였다. 개발된 평면선형정보체계의 초기화 모습을 보면 그림 8.과 같다. 관측된 자료로 계산된 BC, EC, IP, R값들의 결과를 그림 9.에 나타내었다. 이러한 프로그램 시행후의 결과는 그림 10.과 같으며, 화면에 나타난 바와 같이 좌측 상단의 화면에 찾아낸 IP좌표의 위치를 쉽게 알 수 있게 점등형식으로 표현하였다.

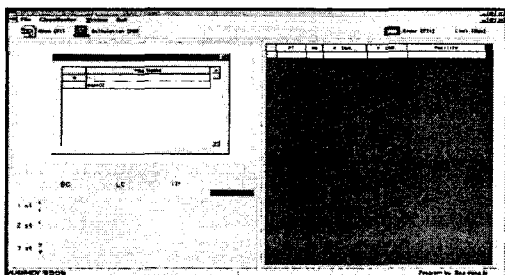


그림 8. 개발된 평면선형정보체계의 초기화 모습

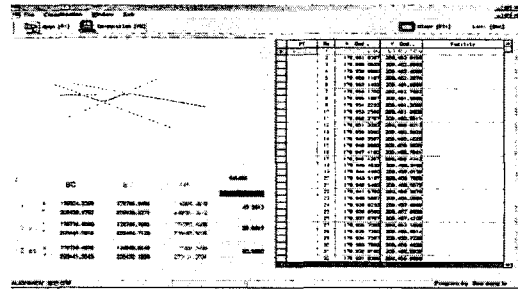


그림 10. 개발된 평면선형정보체계 모습

4.2 도로 종단선형정보체계 개발

도로종단선형정보체계 개발은 수치사진측량에서 나온 3차원인 값들을 이용하였다. 개발된 프로그램의 화면구성을 보면 좌측에는 선택할 자료를 표현하고 상좌은 선형도를 나타내고 상우는 종단자료를 나타내었다. 계산 버튼을 누르면 DB화된 좌표로 CANVAS 를 이용하여 선형도를 표현하고 Grid의 특정 측정점의 지반고를 마우스로 선택하면 선택한 측정점 이후 18점의 데이터 및 선형을 볼 수 있도록 구성하였고, 그림 11.에 출력화면을 나타내었다.

ID	X	Y	Z	...
1	176.871200	176.871200	176.871200	...
2	176.871200	176.871200	176.871200	...
3	176.871200	176.871200	176.871200	...
4	176.871200	176.871200	176.871200	...
5	176.871200	176.871200	176.871200	...
6	176.871200	176.871200	176.871200	...
7	176.871200	176.871200	176.871200	...
8	176.871200	176.871200	176.871200	...
9	176.871200	176.871200	176.871200	...
10	176.871200	176.871200	176.871200	...
11	176.871200	176.871200	176.871200	...
12	176.871200	176.871200	176.871200	...
13	176.871200	176.871200	176.871200	...
14	176.871200	176.871200	176.871200	...
15	176.871200	176.871200	176.871200	...
16	176.871200	176.871200	176.871200	...
17	176.871200	176.871200	176.871200	...
18	176.871200	176.871200	176.871200	...
19	176.871200	176.871200	176.871200	...
20	176.871200	176.871200	176.871200	...
21	176.871200	176.871200	176.871200	...
22	176.871200	176.871200	176.871200	...
23	176.871200	176.871200	176.871200	...
24	176.871200	176.871200	176.871200	...
25	176.871200	176.871200	176.871200	...
26	176.871200	176.871200	176.871200	...
27	176.871200	176.871200	176.871200	...
28	176.871200	176.871200	176.871200	...

그림 11. 개발된 종단선형정보체계 모습

5. 결론

수치영상을 이용하여 좀더 정확하고 경제적으로 도로선형정보체계를 개발하기 위해 현장 실험을 통하여 연구한 결과, 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

첫째, 수치영상으로 도로정보를 획득하기 위하여 도로연장을 따라 Zone당 네 모서리에서 촬영하여 번들 조정 후의 RMSE는 4~7cm 정도로 나타나서 일반적인 축척(1:1,200)의 제도 허용오차내에 충분히 만족함을 알 수 있었다.

둘째, 수치영상을 이용하여 취득된 자료들을 객체 지향적인 언어인 Delphi를 이용하여 도로선형정보구축하는 프로그램을 개발하였고, 개발된 프로그램은 영상자료도 이용자에게 제공하므로써 기존의 방법보다 시각적 효과를 나타낼 수 있었다.

셋째, 도로평면선형 정보체계를 이용하여

분석된 I.P점의 위치와 곡선반경(R) 크기를 기존의 방법과 비교할 때, 위치오차는 X,Y방향으로 약 2m 정도, 곡선반경(R) 크기는 약 2.5m 정도 정확도가 향상되었다.

참고 문헌

1. 이종출, "동적 GPS 관측에 의한 도로의 평면선형 분석", 한국측량학회지, 제 19권, 제1호, pp.39~45, 2001.
2. Pierre-Yves 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
3. EL-Sheimy,N., "The Development of VISAT-A mobile survey system for GIS application", UCGE Reprt # 20101, Department of Geomatics Engineering, The University of Calgary, Canada, 1996.
4. M. Pollefeys, R. Koch, M.Vergauwen, L. Van Gool, "Automated reconstruction of 3D scenes from sequences of images", ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 55 pp.251~267, 2000.
5. Paul R. Wolf, Bon A. Dewitt, "Elements of Photogrammetry with application in GIS", 3rd edition, 1999, pp237~246.