

수치영상을 이용한 도로 3차원 시각화 기법(Poster)

The 3D Visualization Method of Roads Using Digital Imagery

이종출¹⁾, Jong-Chool Lee · 이영도²⁾, Young-Do Lee · 김남식³⁾, Nam-Sik Kim · 서동주⁴⁾, Dong-Ju Seo

¹⁾ 부경대학교 공과대학 건설공학부 교수, Professor, Division of Construction Eng., Pukyong National University

²⁾ 부산동의공업고등학교 교사, Teacher, Department. of Civil Information, Donggeui Technical High School

³⁾ 창원전문대학 지적정보과 교수, Professor, Department. of Cadastral Information, Changwon College, Kyungnam

⁴⁾ 부경대학교 대학원 토목공학과 박사과정, Ph. D. Candidate, Dept. of Civil Eng., Pukyong National University

SYNOPSIS : In this study, we get a digital imagery about the objective road and visualize it as three dimensional so called 3D. That is to say that we manage the road trough computerized data or 3D and we can expect to get efficiency of the human resources and economical, timely efficiency which is needed to maintain and manage the road.

Key words : Digital Imagery, 3D Visualization, Maintain and Manage

1. 서 론

산업사회의 발전과 더불어 건설 분야에서의 기술 발전은 빠른 속도로 진전되고 있으나 각종 토목 구조물의 축조 후의 변형, 파손 등의 문제점으로 인해 사회적으로 큰 불안을 야기시키고 있다. 이러한 문제점들을 개선하기 위해 규격의 품질 관리는 새로운 고성능 측량기계의 등장과 전산응용기술의 발달로 많이 향상되고 있으며, 건설분야, 고고학분야, 교통사고분석 등 여러 분야에서 수치영상의 활용도 확대되고 있는 실정이다. 또한, 수치사진측량기법과 위성항법시스템(GPS) 및 관성측정장치(IMU)의 조합에 의한 도로의 기하학적인 형상 및 도로 시설물의 3차원 위치자료 취득을 위한 기술이 발전되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 도로의 위치자료를 취득하기 위한 수치사진측량 시스템의 실용성을 평가하고, 유지관리의 편의를 도모하기 위한 3차원 시각화 기법을 제시하고자 한다. 이는 도로의 이용, 유지, 보수 및 연계 개발 등에 있어서 경제적, 시간적, 인적 자원의 효율성에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 수치사진측량 이론

2.1 다중영상표정

다중영상표정의 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.

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 관계되

는 사진좌표축의 각회전 ω , φ , κ 를 알아야 한다. 상-대상물 관계를 정의함에 있어서 기본적으로 외부 표정요소는 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 사진좌표와 스케치에 의해 입력된 대략의 외부표정요소, 자체 검정에 의한 카메라의 내부표정요소와 사진의 정확한 외부표정과 표정점의 대상물 좌표를 계산하기 위한 대상물 좌표체계결정을 이용한다.

공선조건에 만족하기 위하여 대상물 좌표체계 결정에 이용된 표정점은 표정 순서에서 최소 3장의 사진에 나타나야 하며, 맨 처음 두 장의 사진은 공간 전방교회법으로 모델 좌표를 계산하게 되고 공간 후방교회법의 계산을 위하여 각 표정 순서에서 이미 알고 있는 3개의 표정점이 적어도 3장의 사진에 나타나야 한다.

2.2 카메라 검정

카메라 검정은 카메라의 초점거리와 주점의 결정, 정오차를 보정하기 위한 부가매개변수의 취득에 이용된다. 이론적으로 이상적인 카메라는 그림 1에서 나타난 바와 같이, 대상물 공간 속에서 카메라에 입사하는 빛이 렌즈 중심을 통하여 입사각과 같은 각으로 내부에서 직진하지만, 실제 카메라는 이와 같이 작용하지 않고 두 개의 투영중심이 생기는데 이 점들을 내부 및 외부의 투영중심이라 한다. 그러나 그 차이는 무시할 정도로 매우 미소하므로 기하학적 모델에서는 하나의 투영 중심만을 사용한다.

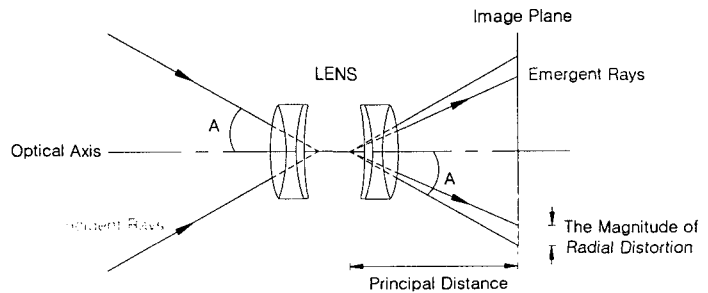


그림 1. 렌즈의 왜곡

본 연구에서는 촬영에 사용될 Rollei d7 metric5 카메라의 렌즈를 검정하기 위해 그림 2와 같이 약 8m×5m 되는 벽면에 40개의 원형타겟을 부착하고, 중복촬영 및 Swing값을 변환시키면서 12장의 수치영상을 획득하였으며, 실험을 되풀이하면서 식(1)과 같은 최소제곱법에 의해 구해진 1차 왜곡상수와 2차 왜곡상수를 적용하여 방사방향 왜곡 수차만을 보정해 주었다. 검정된 카메라 자료는 표 1과 같다.

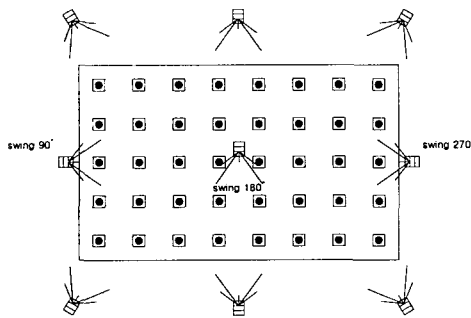


그림 2. 방사왜곡 보정 실험

$$DR = A_1R(R^2 - R_0^2) + A_2R(R^4 - R_0^4) \quad (1)$$

여기서,

DR : Radial Distortion

A_1 : 1차 왜곡상수

A_2 : 2차 왜곡상수

R : 반지름

R_0 : 왜곡수차가 0이되는 주점으로부터 반경

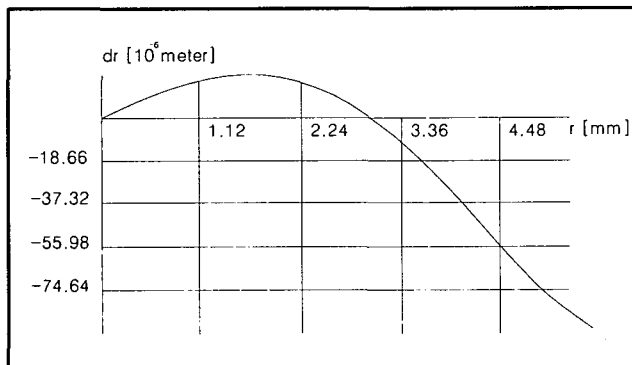


그림 3. The Calibration Chart

표 1. 카메라 검정 자료

Calibration [Rollei d7 metric ⁵ Camera]		
Interior Orientation	cK^1	-7.422 mm
	xH^2	0.6875 mm
	yH^2	0.0998 mm
	$A1^3$	-2.1884e-003
	$A2^3$	3.5727e-005
	$R0^4$	3.00 mm

1. Calibrated Focal Length
2. Coordinates of Principal Image Point
3. Parameters of Radial-Symmetric Distortion
4. Radius from Principal Point when Radial Distortion is zero

3. 현장관측 및 결과분석

본 연구에서는 남해안 ○○도로 일부구간을 대상구간으로 선정하였으며 사진촬영에 앞서 사진좌표의 대상물좌표로의 변환 시 기준이 되는 3점과 다중영상표정과 광속조정법에 의한 대상물 3차원 좌표의 정확도를 비교·분석하기 위한 10개의 검사점을 현장의 보점을 이용하여 Total Station으로 관측하고, 18매의 사진을 중복 촬영하였다. 관측에 사용된 Total Station 및 카메라의 제원은 표 2와 표 3과 같고, 현장의 전경은 그림 4에서 나타낸 것과 같다.

표 2. Total Station 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
Sensor in X	8.932
Sensor in Y	6.720

표 3. 카메라 제원

Model		GTS-701	
Telescope	Objective Lens	45mm (EDM : 50mm)	
	Magnification	30 x	
	Resolving Power	2.5"	
	Minimum Focus	1.3m	
Distance Measurement	Measurement Range	1 Prism	2,400m
		3 Prism	3,100m
		9 Prism	3,700m
	Accuracy	±(2mm + 2ppm) m.s.e	
Angle Measurement	Angle Display	0.5" / 1"	
	Accuracy	1"	

획득된 영상자료는 사진측량 S/W 중 다양한 카메라 및 렌즈의 선택과 설치의 편의성이 있고, 특히 자동차, 항공기, 선박 등과 같은 산업분야에서 많이 활용되고 있는 RolleiMetric CDW(Close-Range Digital Workstation)를 이용하여 대상물의 표정점의 3차원 좌표를 결정하였으며, 자료처리 흐름도 및 연속된 영상에 대한 상좌표 측정모습은 그림 4 및 그림 5와 같다.

표정작업시 연속된 영상에서의 특정점 추출에서는 도로의 Lane Marking, 가드레일, 측구의 신축이음부, 도로 표지판과 같은 부대 시설 등을 특정점으로 하였다.

자료처리단계에서의 다중영상표정과 광속조정법에 의해 결정된 대상물 3차원 좌표의 정확도를 분석하기 위해 Total Station으로 관측한 10개의 검사점과 비교하였으며, 그 결과는 표 4와 같다.

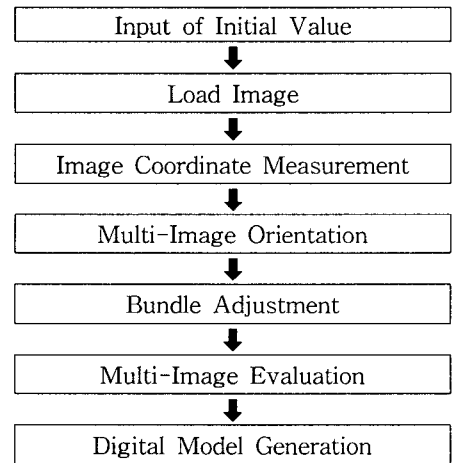


그림 4. 자료처리 흐름도

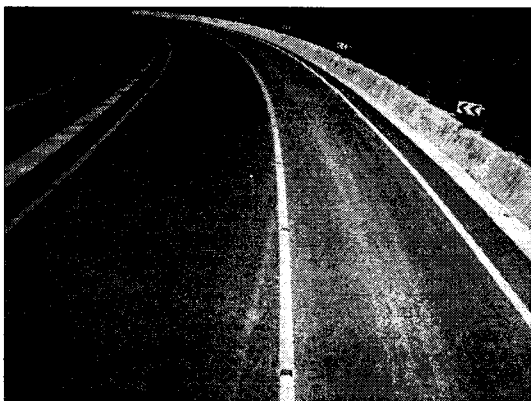


그림 5. 관측대상도로 전경

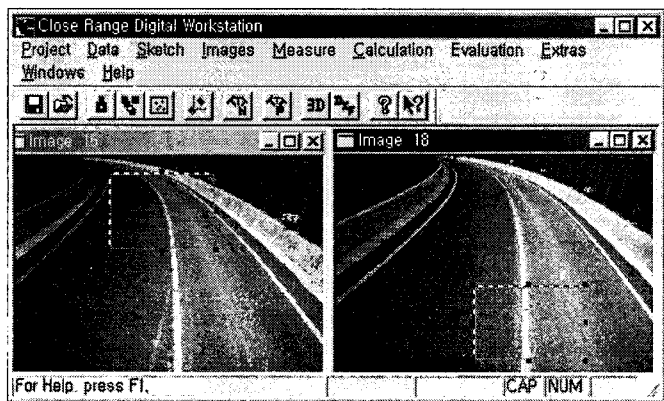


그림 6. 연속된 영상의 상좌표 측정모습

표 4. 관측결과

측점	Total Station			Camera			Error		
	X	Y	Z	X	Y	Z	dx	dy	dz
1	170842.648	152318.744	24.916	170842.677	152318.843	24.968	0.029	0.099	0.052
2	170849.740	152317.196	25.042	170849.792	152317.374	25.111	0.052	0.178	0.069
3	170865.560	152314.303	25.140	170865.54	152314.236	25.203	-0.020	-0.067	0.063
4	170874.545	152312.777	24.982	170874.551	152312.797	25.077	0.006	0.020	0.095
5	170882.545	152311.418	24.822	170882.574	152311.518	24.909	0.029	0.100	0.087
6	170888.788	152310.358	24.596	170888.835	152310.520	24.687	0.047	0.162	0.091
7	170903.312	152307.475	24.261	170903.248	152307.255	24.350	-0.064	-0.220	0.089
8	170912.548	152304.711	24.102	170912.523	152304.627	24.180	-0.025	-0.084	0.078
9	170918.085	152302.656	23.947	170918.041	152302.506	24.014	-0.044	-0.150	0.067
10	170929.469	152297.440	23.820	170929.421	152297.275	23.891	-0.048	-0.165	0.071

4. 결 론

수치사진측량을 이용하여 도로의 3차원 좌표를 취득하고, 이를 이용하여 도로를 3차원 시각화 한 결과, 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. 수치사진측량기법을 이용하여 도로의 Lane Marking, 가드레일, 측구 신축이음부 등의 특정점으로부터 도로 중심선 및 부대시설의 3차원 좌표를 취득할 수 있었으며, Total Station에 의한 점조점 성과와 비교해 본 결과 X방향으로 평균 3.64cm, Y방향으로 평균 12.45cm, Z방향으로 평균 7.62cm의 표준오차를 나타내었다.
2. 정합된 영상을 토대로 도로 구조물 및 부대시설을 도화함으로써, 대상점의 3차원 좌표를 취득할 수 있었으며, 이를 이용하여 대상도로를 입체적으로 나타낼 수 있었다.
3. 도로를 대상으로 취득된 양질의 영상자료를 GPS 및 IMU 등에 의한 자료와 결합하는 연구가 지속될 경우 MMS(Mobile Mapping System) 분야에서 응용할 수 있다고 판단된다.

참고문헌

1. 박경식(1997), "CCD 카메라에 의한 동적 대상물의 상좌표 실시간 취득", 석사학위논문, 충북대학교 대학원
2. Armin Gruen and Simon Bar(2001), "Aerial Mobile Mapping-Georeferencing without GPS/INS", *The 3rd International Symposium on Mobile Mapping Technology*, Cairo, Egypt, January 3-5.
3. C. Vincent Tao, Michael A. Chapman, Bruce A. Chaplin(2001), "Automated processing of mobile mapping image sequences", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol 55, pp. 330-346.
4. Mohamed M. R. Mostafa and Klaus-Peter Schwarz, "The Development and Testing of an Integrated GPS/SINS/Multi-Camera System for Airborne Mapping", *The 3rd International Symposium on Mobile Mapping Technology*, Cairo, Egypt, January 3-5.
5. M. Pollefeys, R. Koch, M. Vergauwen and L. Van Gool(2000), "Automated reconstruction of 3D scenes from sequences of images", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol 55, pp.251-267.
6. Paul R. Wolf and Bon A. Dewitt(1999), **Element of Photogrammetry with Application in GIS**, 3rd edition.