



비디오 카메라를 이용한 3차원 도로중심선 추출

The Extract of 3D Road Centerline Using Video Camera

서 동 주* 이 종 출**
 Seo, Dong Ju Lee, Jong Chool

Abstract

According to development of computer technology, the utilization of the fourth generation of digital photogrammetry progresses favorably. Especially the method of using digital video camera is very practicable and has an advantage such as a profitability for the amateur. In road field which is central facilities of national industry, this method was utilized to acquire road information for the safety diagnosis or maintenance. In this study, 3-dimensional position information of road centerline was extracted using digital video camera which has practicality and economical efficiency. This data could be a basic source in road information project.

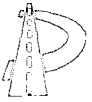
Keywords : *digital photogrammetry, camera calibration, multi-Image orientation, position information of road centerline*

요 지

컴퓨터의 발전에 따라 현재 제4세대 수치사진측량의 활용도가 광범위하게 진행되고 있다. 특히 비디오동영상을 이용하여 실용적이며, 비전문가들도 활용할 수 있는 부분들이 증가하고 있다. 이러한 현시점에서 국가산업의 중추적인 시설물 도로분야에서 도로안전진단과 유지관리목적으로 도로정보획득 및 도로정보수집에 많은 연구를 하고 있다. 따라서, 본 연구에서는 실용성, 경제성이 있는 비전문가용인 디지털비디오 동영상을 이용하여 도로중심선의 3차원 위치정보를 추출하여 도로정보화사업의 기본적인 자료로 제공되리라 판단된다.

핵심용어 : 수치사진측량, 카메라 검증, 다중표정, 광속조정, 도로중심선 위치정보

* 정회원 · 부경대학교 공학연구원 특별연구원 · 공학박사
 ** 정회원 · 부경대학교 공과대학 건설공학부 교수 · 공학박사



1. 서론

최근 제4세대 수치사진측량 기법 활용성이 급전적인 발전으로 각종 첨단 산업분야에 응용이 증대되고 있으며, 비전문가들도 활용할 수 있는 비디오 카메라의 응용에 많은 관심과 연구가 진행되고 있는 실정이다.

따라서 수치영상을 이용하여 토목분야중에서 필수적인 사회간접시설물인 도로를 대상으로 연구하였다.

현재 정부에서는 전국에 산재되어 있는 도로를 통합관리하는 관리시스템을 구축하고 있다. 이런 사업에서 수치지형도가 구축되어있는 지역에서는 수치지형도를 이용하여 구축이 용이하지만, 수치지형도가 없거나 오래된 정보를 가진 수치지형도가 있는 지역에서는 많은 어려움이 발생되고 있다. 이러한 경우에는 정보를 획득하는데 많은 시간과 비용이 소모되므로, 수치영상을 이용하여 도로유지관리차원에서 도로정보획득 및 도로정보수집에 관한 연구가 진행되고 있다(EL Sheimy 등, 1996; Li 등, 1997; Pierre 등, 2001).

특히 mobile mapping system으로부터 추출된 입체연속영상으로 도로중심선을 재현하는 통합 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 도로중심선을 GPS 측위기법을 이용하여 3차원위치결정을 하는 연구도 많이 진행 되었다(Tao 등, 1996; 이종출, 2001).

그러나 위와 같은 연구는 고가의 장비가 필요하고, 고도의 기술력이 필요하므로 일반적인 사용자가 접근하기는 어려운 실정이다.

따라서 본 연구에서는 일반적인 비디오카메라의 영상을 이용하여 도로중심선의 위치정보를 추출하고자 연구를 시작하였다. 일반적인 경우에 사진측량용 카메라에 비해 정확도가 많이 저하되므로 비디오카메라는 카메라의 검증이 필수적이다. 그래서 본 연구에서도 사용된 일반비디오카메라의 검증을 실시하였다. 카메라의 검증은 임의의 영상점과 3차원 대상점의 임의의 점 기하학적관계를 결정하는 과정에서 발

생되는 영상좌표를 측정하여 검증하는 것이다.

그리고, 정확한 3차원 대상물의 임의의 좌표와 2차원 영상의 좌표를 정확히 추정하는 것이 매우 중요한 부분이다(유환희, 2003).

이러한 일련의 연구계획을 통해 본 연구에서는 비디오카메라를 이용하여 수치지형도가 없는 도로에서 3차원도로중심선 위치정보를 취득하고자 한다. 이에 도로선형개량 및 확·포장 공사시 도로정보를 손쉽게 취득하여 자료화하고, 도로선형의 3차원 위치정보를 취득하여 도로유지관리와 안전한 운행에 기여하리라 판단된다.

2. 수치 사진 측량 이론

2.1. CCD영상의 표현

영상은 수평 및 수직으로 설정된 2개의 좌표축 x 와 y 에 의해 표현되는 2차원 정보를 가리킨다. 2개의 변수로 나타내는 위치에서의 밝기를 농담값으로 나타내면 다음 식(1)과 같다.

$$f(x, y) = g \tag{1}$$

영상정보를 입력할 경우 그 관측계 및 주위 환경의 영향을 받으므로 입력 검출기의 수광 소자가 받는 빛의 양으로서 농도값 g 의 연속치로 주어지는 영상을 아날로그 영상이라 한다. 아날로그영상의 대표적인 것을 렌즈계에 의해 광학적으로 영상을 취급하는 분야이다. 수치영상은 어떤 주기에서 격자로 구획을 나누고, 각 교점에서 이산적 위치를 이산적 농도값으로 표현하는 영상이다.

즉, 영상의 각 지점 (x, y) 의 광강도를 전류로 바꾸어 화상을 표본화하고, 그것을 디지털 숫자로 바꾸어 정량화 과정을 통하여 수치영상을 얻는다. 연속영상 $f(x, y)$ 을 등간격으로 샘플링하여 $N \times N$ 배열의 형태로 정량화시킨다면 식(2)과 같은 행렬이 된다.

$$f(X, Y) = \begin{bmatrix} f(0, 0) & f(0, 1) & \dots & f(0, N-1) \\ f(1, 0) & f(1, 1) & \dots & f(1, N-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f(N-1, 0) & f(N-1, 1) & \dots & f(N-1, N-1) \end{bmatrix} \quad (2)$$

프레임 한 개의 화상은 $N \times N$ 개의 화소로 구성되고, N 은 대체로 $N=2^n$ (n 은 정수)이 되도록 정한다. g 를 농담값으로 하면 $N=2^m$ 가 되는 자연수를 농담값의 최대값이 되도록 한다. 여기서 m 은 농담값을 나타내는 비트의 수가 되며 보통 8비트이다. 따라서 농담값은 $(0 \sim 2^{m-1})$ 범위의 자연수로서 나타낸다. 8 비트 수치로 나타내면 $0 \sim 255$ 가 농담값으로 나타내는 범위가 된다. 이러한 수치영상의 화소들의 이산적인 표현을 행렬로 나타내면 그림 1과 같다(Pratt, 1991).

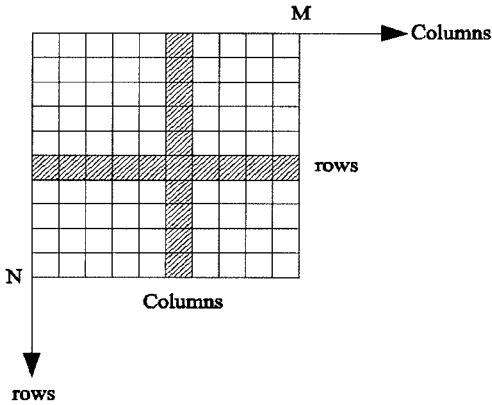


그림 1. CCD영상의 행렬표현

2.2. CCD 영상의 취득원리

대상물에서 반사된 빛은 CCD 사진기의 렌즈에 의해 연속신호로 수집되고 CCD 센서가 강도를 감지함으로써 수집된 빛은 아날로그 전압신호로 전달된다. 이 신호가 A/D변환자에 의해 수치정보로 변환이 이루어지는데, 관측목적에 위하여 이 강도는 전형적으로 $0 \sim 255$ 범위의 밝기값으로 변환된다. 일반적으로

CCD 사진기를 이용하여 수치영상을 얻기 위해서는 컴퓨터 영상보드의 프레임포착기가 그림 2와 같이 A/D변환을 수행하며 모니터에 영상을 출력한다 (Schenk, 1996 ; 서동주, 2003).

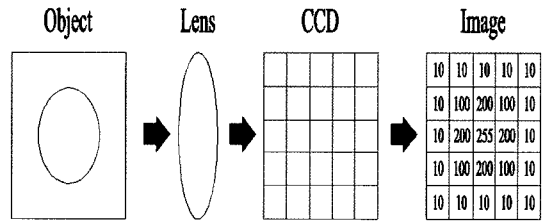


그림 2. CCD영상 취득모습

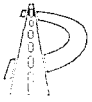
2.3. 다중영상 표정

수치영상의 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(K)를 결정하는 것이고, 외부표정은 카메라 시스템과 대상물 공간 사이의 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 (Pollefeys, 2000).

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

공간 전방교회법의 모습은 그림 3에서 보는 바와



같이 두 장의 사진에 대한 외부표정과 사진좌표로부터 공통된 대상물의 표정점을 계산하고 이와 관련하여 정확한 외부표정을 결정하는 것이다.

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 4와 같다.

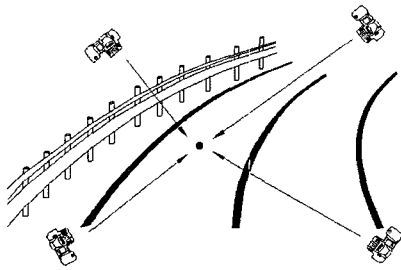


그림 3. 공간전방교회법

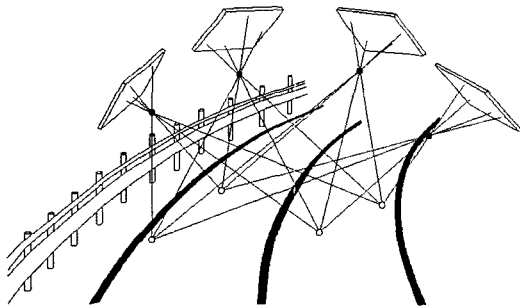


그림 4. 공간후방교회법

3. 실험 및 결과 분석

3.1 실험대상지역 및 관측장비

3.1.1 실험대상지역

비디오카메라를 이용하여 도로중심선 3차원 위치 결정을 하기 위하여 실험대상지역으로 부산광역시 남구 용당동 인근의 도로를 선정하였다. 비교적 교통

량이 많은 지역을 택하였으며, 다양한 선형정보를 얻기 위하여 원곡선과 직선이 조합되어 있는 곳을 정하였다.

이 실험대상지역의 모습은 그림 5에서 보는 것과 같고, 수치지형도 1:1,000의 모습은 그림 6과 같다.



그림 5. 실험대상지역

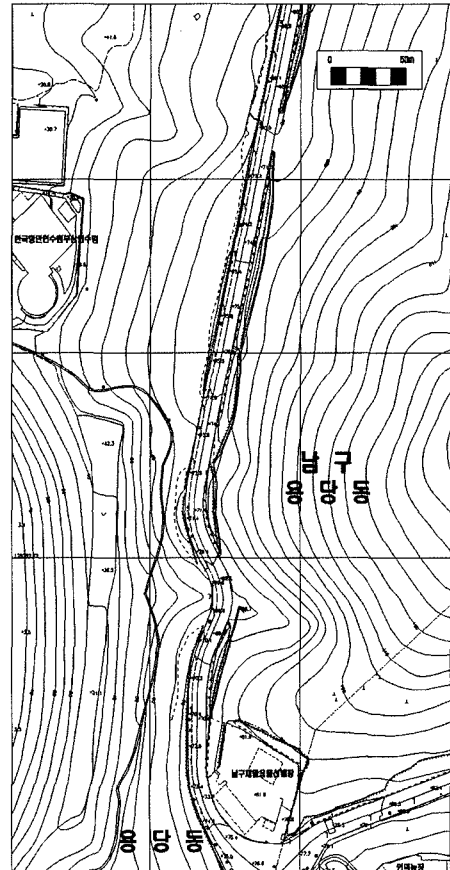


그림 6. 대상지역 수치지형도 모습(1:1,000)

3.1.2 관측장비

본 연구에 사용된 비디오 카메라는 전문가가 아니라 일반인도 사용할 수 있는 일반용 133만 화소를 가진 JVC사의 GR-DV 3000KR Digital Video Camera이며, 지상기준점 측량은 Total Station를 사용하였다. 그 관측장비의 모습은 그림 7과 그림 8에 나타내었고, 그들의 제원은 표 1과 표 2에 나타내었다.

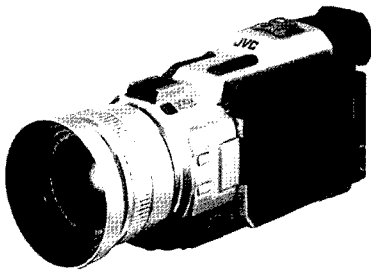


그림 7. 비디오카메라 모습



그림 8. Total Station 모습

표 1. 비디오카메라 제원

Classification		GR-DV3000KR
Recording mode		CCD recode
Total pixels		133 만
Efficient pixels	Video mode	69만
	Memory mode	125 만
Shutter		1/100 sec(자동)
Focal Length		f = 4.5~45
Dimensions		76×90×194mm
Weight		660g (without batteries)

표 2. Total Station의 제원

Equipment Name		GTS 701
Distance	1 prism	2,400m
	2 prism	3,100m
	3 prism	3,700m
	Accuracy	±(2mm+2ppm)
Angle	Min reading Angle	0.5" ~1.0"
	Accuracy	2"

3.2 비디오카메라 검증 및 관측

3.2.1 비디오카메라 검증

비디오카메라 렌즈의 정확한 파라메타를 검증하기 위하여 본 연구에서는 그림 9에서 보는 것과 같이 35mm 슬라이드를 이용하여 어두운 벽면에 그리드 무늬를 약 1.2m×1m 크기로 투영시켜 Swing을 변화시키면서 8장의 사진을 획득하였다. 여기서 그리드는 가로 세로의 비가 1.5인 흰색과 검은색 삼각형으로 된 직사각형 모자이크로 이루어져 있다.

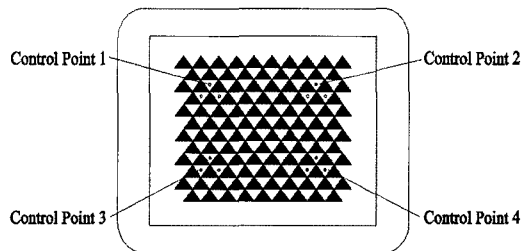


그림 9. 35mm 검증 슬라이드 모습

그림 10은 카메라 검증영상으로써, 2지점에서 찍은 총 8장의 사진이다. 찍은 방향의 이미지는 왼쪽과 오른쪽에서 각각 위에서, 중간에서, 아래 방향에서 향한 6장의 사진을 찍고, 다시 왼쪽과 오른쪽 중간지점의 높이에서 카메라를 Swing을 변화시켜 찍어진 사진이고, 측정 모습은 그림 11과 같다. 그리고 벽에 비춰진 이미지의 왼쪽 상단 코너 부분인 기준점 1에서 오른쪽 하단 부분인 기준점 4까지의 길이를 삼각



수준측량을 측정하였다.

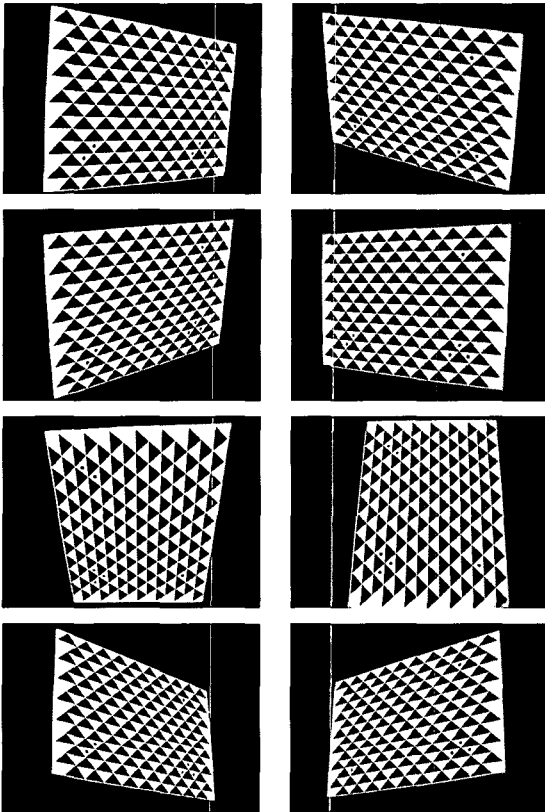


그림 10. 카메라 검증 영상

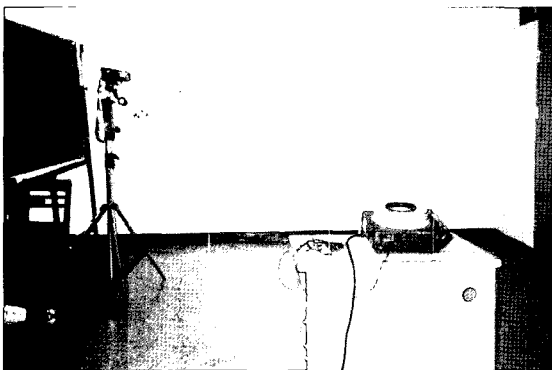


그림 11. 카메라 검증 측정 모습

카메라를 Calibration하여 그 값을 요약하면 표 3과 같으며 표 3에 나타난 바와 같이 카메라의 초점거리는 4.4626mm이며, 주점의 좌표는 X방향으로 1.3535mm,

Y방향으로 1.0808mm이다. 그리고 방사왜곡의 매개변수는 $A1=-0.003895$, $A2=-0.0009427$ 이며, 편심왜곡의 매개변수는 $P1=0.001147$, $P2=0.001082$ 로 나타났다.

표 3. 비디오카메라 내부표정요소

Calibration [JVC GR-DV3000KR Digital Video Camera]			
Interior Orientation	Focal Length	4.4625mm	
	Format Size	W	2.8454mm
		H	2.1605mm
	Principal Point	X	1.3535mm
		Y	1.0808mm
	Lens Distortion	A1	-0.003895
		A2	-0.0009427
		P1	0.001147
		P2	0.001082
	Image Size	720×480	

3.2.2 관측

대상지역에서 도로를 관측할 때 교통의 흐름에 지장이 없는 방법인 차량에 비디오카메라를 탑재하였다. 특히 영상에서 3차원 위치정보를 획득하기 위하여 차량 앞 뒤에 앞뒤를 바라보게 하여 촬영을 하였다. 차량에 탑재하여 촬영하는 모습은 그림 12에 나타내었다.

그리고 기존의 영상처리기법은 촬영된 사진을 스캐너를 이용하여 디지털 영상으로 변환하였으나 디지털 비디오 카메라로 촬영된 영상은 그러한 과정이 필요하지 않는다. 디지털 비디오 영상의 가장 큰 장점 중의 하나는 편집이 용이하다는 것이다. 디지털 비디오 영상은 비선형편집(non-linear editing)이므로 디지털 포맷의 비디오 영상이 Link Interface를 통하여 작업을 수행할 컴퓨터로 바로 전송될 수 있으며, 디지털 비디오 편집 전용 소프트웨어에 로딩(loading)시켜 편집할 수 있다. 이 작업을 화면 캡처(capture)라고 하며, 이 때 필요한 기본장치가 편집보드(edit board)이다. 이 비디오 영상을 편집하기

위하여 비디오 정보를 디지털로 변환하는 과정에서 상당한 디스크 용량이 요구되는데, 초당 약 3.67MB를 차지함으로 10분당 약 3~4GB 정도의 디스크 용량이 필요하다.

본 논문에서는 촬영된 디지털 비디오 동영상을 정지영상으로 캡처하기 위해 비디오 편집 보드로 시스템 안정성과 고화질을 제공하는 Pinnacle System사의 mirovideo DV200-Karte를 이용하였으며, 편집 소프트웨어는 adobe premiere 6.0에서 720×480의 크기의 영상소를 갖는 정지 영상으로 획득하였다. 획득된 정지영상모습은 그림 13에서 나타내었다.



그림 12. 차량에 탑재하여 촬영하는 모습

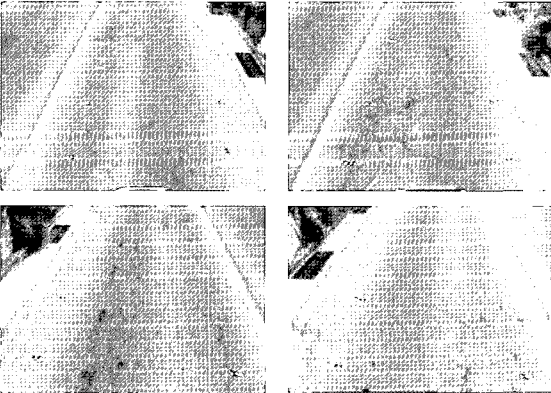


그림 13. 정지영상획득 모습

3.3 관측결과 및 분석

3.3.1 관측결과

본 연구에서 이용한 수치사진측량 프로그램은 가

격이 저렴하고 일반인들도 손쉽게 사용가능한 EOS System사의 digital photogram metric close-range program인 PhotoModeler를 사용하여 지상 사진측량의 새로운 접근을 시도했던 프로그램으로써 대상물의 사진에 대한 3차원 좌표를 설정하고, 사진으로부터 영상자료를 처리하는 방식이다.

또한 기존에 다중영상을 입력할 때 레조마크를 수동으로 입력하였던 과정을 자동으로 실시하고, 디지털과 아날로그 카메라의 영상을 처리할 수 있으며, 표정점의 상좌표 취득과정을 자동으로 신속히 수행할 수 있다.

그리고 사진측량 S/W 중 다양한 카메라 및 렌즈의 선택과 설치의 편리성이 있고, 특히 교통사고분석, 문화재 보존 측량, 의학, 기타 정밀기계 등과 같은 산업분야에서 많이 활용되고 있다.

이러한 EOS System사의 PhotoModeler는 복잡한 수치영상에서 상좌표 취득이 용이할 뿐만 아니라 자료처리의 모든 공정이 자동으로 수행되며, 높은 정확도의 해석이 가능하다.

본 연구에서의 수치영상처리과정은 8단계로 구성되어 있으며, 그 과정의 흐름도는 그림 14와 같으며, 프로그램상에서 표정하는 모습은 그림 15에 보여 주고 있다. 이런 과정에서 결과도 도출된 도로중선의 3차원 위치정보와 실제 제원값과 비교한 결과를 표 4에 나타내었다.

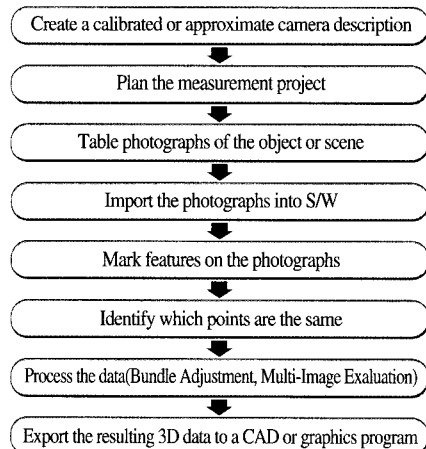


그림 14. 카메라 검증 측정 모습



표 4. 측정결과

(단위 : m)

No	Design Data			Digital Video Camera			ΔX	ΔY	ΔZ
	X	Y	Z	X	Y	Z			
1	178676.228	209432.626	74.823	178676.225	209432.621	75.000	0.003	0.005	-0.177
2	178680.676	209432.544	75.023	178680.691	209432.691	75.274	-0.015	-0.147	-0.251
3	178685.722	209432.451	75.213	178685.710	209432.770	75.579	0.012	-0.319	-0.366
4	178690.673	209432.359	75.363	178690.698	209432.809	75.863	-0.025	-0.450	-0.500
5	178695.721	209432.266	75.493	178695.710	209432.866	76.111	0.011	-0.600	-0.618
6	178700.720	209432.191	75.616	178700.722	209433.013	76.283	-0.002	-0.822	-0.667
7	178705.706	209432.337	75.417	178705.705	209433.261	75.410	0.001	-0.924	0.007
8	178710.669	209432.767	75.780	178710.664	209432.821	75.547	0.005	-0.054	0.233
9	178715.634	209433.511	75.816	178715.635	209433.537	75.618	-0.001	-0.026	0.198
10	178720.564	209434.572	75.840	178720.558	209435.029	75.630	0.006	-0.458	0.210
11	178726.328	209436.225	75.851	178726.313	209436.142	75.711	0.015	0.083	0.140
12	178731.932	209438.284	75.838	178731.917	209438.247	75.818	0.015	0.037	0.020
13	178737.301	209440.748	75.772	178737.286	209441.898	75.879	0.015	-1.150	-0.107
14	178742.540	209443.538	75.703	178742.484	209443.931	75.001	0.056	-0.393	0.702
15	178748.006	209446.140	75.636	178747.995	209446.339	75.121	0.011	-0.199	0.515
16	178753.846	209447.814	75.545	178753.844	209448.278	75.158	0.001	-0.464	0.387
17	178759.733	209448.307	75.418	178759.698	209449.259	75.231	0.035	-0.952	0.187
18	178765.650	209447.550	75.248	178765.631	209447.678	75.143	0.019	-0.128	0.105
19	178771.313	209445.602	75.077	178771.342	209445.011	75.196	-0.029	0.591	-0.119
20	178776.626	209442.751	74.884	178776.645	209443.260	75.169	-0.019	-0.509	-0.285
21	178781.803	209439.629	74.663	178781.807	209440.266	75.009	-0.004	-0.636	-0.346
22	178786.946	209436.527	74.419	178786.986	209437.062	75.348	-0.040	-0.535	-0.929
23	178792.215	209433.795	74.159	178792.207	209434.359	75.085	0.008	-0.564	-0.926
24	178796.206	209432.166	73.890	178796.236	209431.746	73.936	-0.030	0.419	-0.046
25	178800.999	209430.748	73.633	178800.923	209431.422	73.665	0.076	-0.674	-0.032
26	178805.909	209429.815	73.361	178805.811	209430.040	73.383	0.098	-0.225	-0.022
27	178810.760	209429.389	73.103	178810.746	209430.328	73.062	0.014	-0.939	0.041
28	178815.760	209429.438	72.823	178815.730	209430.307	73.811	0.003	-0.869	-0.988
29	178820.682	209429.981	72.590	178820.667	209430.029	73.559	0.015	-0.048	-0.969
30	178825.587	209430.993	72.352	178825.572	209431.142	73.321	0.015	-0.149	-0.969
31	178830.463	209432.143	72.100	178830.446	209432.923	72.088	0.017	-0.781	0.012
32	178835.304	209433.283	71.849	178835.296	209434.008	71.808	0.008	-0.725	0.041
33	178840.178	209434.432	71.528	178840.173	209435.117	71.550	0.005	-0.685	-0.022
34	178845.035	209435.577	71.230	178845.058	209436.202	71.278	-0.023	-0.625	-0.048
35	178849.936	209436.732	70.975	178849.936	209437.330	71.021	0.000	-0.598	-0.046
36	178854.802	209437.879	70.826	178854.802	209438.132	70.752	0.000	-0.253	0.074
37	178859.648	209439.021	70.563	178859.657	209439.033	70.492	-0.009	-0.012	0.071
38	178864.544	209440.175	70.243	178864.533	209440.660	70.248	0.011	-0.486	-0.005
39	178869.421	209441.324	70.042	178869.413	209441.781	70.027	0.008	-0.457	0.015
40	178874.282	209442.470	69.915	178874.281	209442.901	69.834	0.001	-0.432	0.081
41	178879.145	209443.616	69.768	178879.142	209444.041	69.663	0.003	-0.425	0.105
42	178884.029	209444.767	69.680	178884.048	209445.166	69.493	-0.019	-0.399	0.187
43	178888.879	209445.910	69.753	178888.912	209446.284	69.366	-0.033	-0.374	0.387
44	178893.877	209447.088	69.790	178893.787	209447.421	70.275	0.090	-0.333	-0.485
45	178898.743	209448.235	69.910	178898.661	209448.538	70.208	0.082	-0.304	-0.298
46	178903.610	209449.382	70.032	178903.551	209449.634	70.139	0.059	-0.253	-0.107
47	178908.477	209450.528	70.093	178908.375	209450.790	70.073	0.102	-0.262	0.020
48	178913.343	209451.675	70.200	178913.236	209451.930	71.060	0.107	-0.255	-0.860
49	178918.210	209452.822	70.281	178918.130	209453.060	71.071	0.080	-0.238	-0.790
50	178923.077	209453.969	70.293	178922.994	209454.175	71.095	0.083	-0.206	-0.802
51	178927.943	209455.116	70.364	178927.879	209455.290	71.131	0.064	-0.174	-0.767
52	178932.810	209456.263	70.501	178932.738	209456.431	71.197	0.072	-0.168	-0.696
53	178937.677	209457.410	70.628	178937.608	209457.539	71.292	0.069	-0.129	-0.664
54	178942.543	209458.557	70.800	178942.485	209458.712	71.418	0.058	-0.155	-0.618
55	178947.410	209459.704	71.048	178947.382	209459.834	71.548	0.028	-0.130	-0.500
56	178952.277	209461.063	71.332	178952.270	209460.957	71.698	0.007	-0.106	-0.366
57	178957.143	209461.998	71.637	178957.131	209462.058	71.888	0.012	-0.060	-0.251
Mean Error							0.201	0.353	0.209

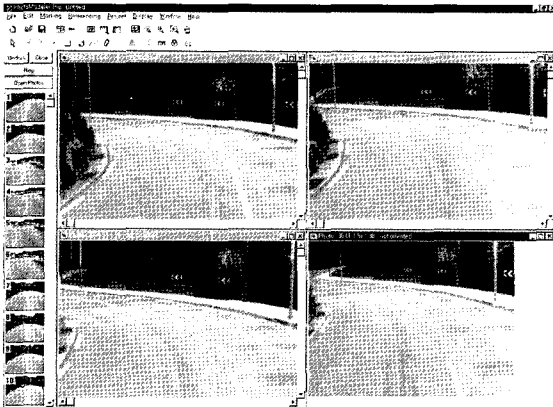


그림 15. 영상처리하는 모습

3.3.2 관측결과 분석

본 연구에서는 다중영상표정과 광속조정법에 의해 결정된 대상물 3차원 좌표의 정확도를 분석하기 위해 지상기준점 258개 중에서 20개의 검사점들을 이

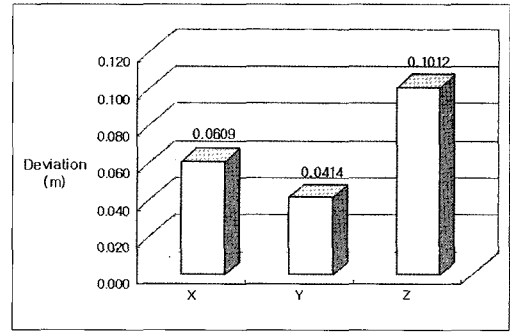


그림 16. 검사점의 축별 편차

용하여 비교·분석하였다.

또한 20개 검사점(check points)들의 편차는 X방향으로 0.0609m, Y방향으로 0.0414m, Z방향으로 0.1012로 나타났으며, 이를 도식적으로 나타내면 그림 16과 같다.

여기서 Z방향의 평균오차가 많은 것은 참값으로

표 5. 검사점의 결과값

No.	Total Station			Digital Video Camera			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	-	-	-	-	-	-	0.0609	0.0414	0.1012



간주한 total station 측정값의 측정오차라고 판단된다.

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 0.209m로 분석되었고, 그 오차가 발생하는 양상은 그림 17과 같다. 이와 같이 동영상으로 도로중심선을 추출해 본 결과 재래식 측량방법보다 정확도가 저하되는 것을 확인하였고, 그 원인은 동영상 획득 시 차량의 흔들림 또는 사진측량용 정밀 카메라가 아닌 일반 비디오 카메라를 사용하였기 때문에 나타난 현상이라고 판단된다.

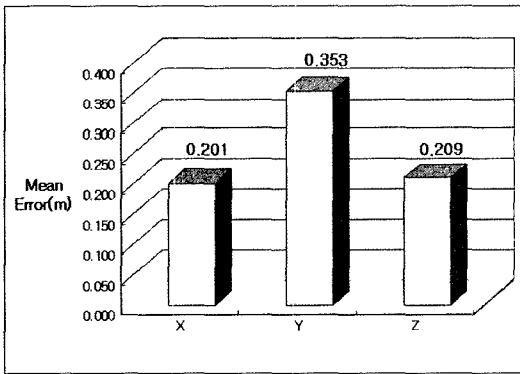


그림 17. 비디오카메라의 평균오차

4. 결론

비디오카메라를 이용한 3차원 도로중심선 추출을 연구하여 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

첫째, 비디오 카메라를 이용하여 도로중심선의 3차원위치결정을 하는 방법은 기존의 도로중심선측량의 방법보다 합리적이고 경제적인 방법이었다.

둘째, 20개 검사점(check points)들의 편차는 X

방향으로 0.0609m, Y방향으로 0.0414m, Z방향으로 0.1012로 나타났으며, 이 값들은 도로정보화에 필요한 허용정도에 만족되었다.

셋째, 비디오카메라를 이용하여 도로의 중심선 3차원위치를 추출한후 설계자료와 비교분석한 결과 X방향은 0.201m, Y방향은 0.353m, Z방향은 0.209m으로 평균오차가 발생하였으며, 이 값은 도로정보관리 시스템의 DB자료로 충분한 정도라고 판단된다.

넷째, 향후 GPS와 IMU등에 의한 자료와 결합시키는 연구가 연계될 경우 도로정보화의 중요한 자료로 활용되리라 예상된다.

참고문헌

1. 서동주, 이종출, 2003, 수치사진측량을 이용한 도로 평면선형정보체계 개발, 한국측량학회지, 제21권, 제4호, pp.347~354.
2. 유환희, 정상용, 김성삼, 2003, 줌렌즈 CCD카메라의 기하학적 검정 정확도 평가, 한국측량학회지, 제21권, 제3호, pp.245~254.
3. 이종출, 2001, 동적 GPS 관측에 의한 도로의 평면선형 분석, 한국측량학회지, 제19권, 제1호, pp.39~45.
4. C. Vincent Tao, 1996, 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.
5. EL-Sheimy, 1996, "The Development of VISAT-A mobile survey system for GIS application", UCGE Reprt # 20101, *Department of Geomatics Engine*.
6. 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.



7. Li, R.1997, Mobile Mapping : An Emerging Technology for spatial Data Aquisition, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 53, No. 9, pp. 1085~1092.
8. Pierre Gillieron, Jan Skaloud, David Brugger, Bertrand Merminod, 2001, Development of a low cost mobile mapping system for road data base management, *3rd International symposium on Mobile Technology, session 6*, CDROM.
9. Pratt, W.K.,1991,Digital Image Processing, 2nd ed, *Wiley Interscience*, pp. 447~662.
10. T. Schenk,1996, *Concept in Digital Photogrammetry*.
- 11.Wolf, P. R., Bon A. Dewitt(1999), *Elements of Photogramitry with Application in GIS*,3rd edition, pp.237~246.

〈접수:2005. 10. 31〉