

동체의 순간 위치결정을 위한 수치영상 획득기법 개발

Development of Digital Image Acquisition Technique for Momentary Positioning of Dynamic Object

한 승 희
Han, Seung-Hee*

강 준 목
Kang, Joon-Mook**

要 旨

동체의 3차원 순간위치결정을 위해서는 동일시간에 획득한 2개이상의 영상이 필요하다. 최근 대중화되고 있는 디지털 카메라를 이용할 수도 있겠으나 연속영상은 얻을 수 없으므로 본 연구에서는 이를 위하여 비디오카메라를 이용한 저가의 순간영상획득시스템을 구축하였다. 또한 동일한 시간대의 입체영상을 얻기 위하여 LCD타이머를 동체와 함께 촬영하고 얻어진 연속영상으로부터 비디오 편집기를 이용하여 독립수치영상을 얻었다. 그 결과 동일시간의 수치영상을 788×550픽셀의 해상도로 얻을 수 있었고 1/100sec의 시간정확도로 획득한 동체상의 타겟을 검사 한 결과 양호하였다. 추후 3차원 위치정확도를 비교하기 위해 일반 측정용사진기로 B-shutter를 이용하여 동체를 촬영, 양호한 음화를 획득할 수 있었다.

ABSTRACT

It needs more than two images which are obtained in real time to decide 3D positioning of dynamic object. Though we use digital camera which is became wide utilization, but it can't obtain sequential image. So, in this study, we constructed momentary image acquisition system using video camera. Also, we took a photograph of LCD timer and dynamic object together for real time stereo image, and we obtained independent digital image from sequential image using video editor. As a result of the study, we could obtain the independent image as true color digital image of 788×550 pixels with 1/100sec accuracy in the same time. And it was good when we tested object target. For comparing 3D positioning accuracy, we could obtained negative with metric camera using B-shutter.

1. 서 론

첨단 전자공학과 컴퓨터 산업의 발달은 현대 생활에 많은 변화를 가져왔다. 이에 밀접한 공학분야 역시 이에 발맞춰 발전을 해 왔다 해도 과언이 아니다. 모든 산업분야에서 수치정보 뿐만 아니라 화상데이터까지 DB화되고 있으며 이를 컴퓨터를 통해 분석하지 않으면 않되는 실정이다(1,2,3). 특히 건설분야에서 측

량 및 GIS만큼 이들에 민감한 영향을 받는 분야도 드물 것이다. 과거의 사진측량이 수치사진측량으로 발전해 나가는 것도 이에 부응하는 자연스런 현상이다. 수치사진측량은 여러 번 거론된 것처럼 일단 초기 데이터가 획득되면 부수적인 처리(분석 및 결과물;TXT 또는 도면 및 hardcopy)를 컴퓨터상에서 수행할 수 있으므로 작업의 on-line화가 가능할 뿐만 아니라 자료의 보존 및 갱신 또한 대단히 효율적이다.1)4) 또한

* 천안공업전문대학 토목과 조교수

** 충남대학교 공과대학 교수

관련 첨단 장비와 연계하여 자유롭게 후속 작업이 가능하다는 점이 가장 큰 장점이다. 최근 건설구조물의 거동, 로봇의 제어, 체육과학에서 운동선수의 움직임, 그리고 그밖의 동체에 대한 시간경과 별 3차원 위치해석은 이들을 분석하는데 대단히 유용한 정보이다. 이는 우선 연속적인 영상으로부터 필요한 시간의 독립영상을 얻어야 하므로 본 연구는 상용되고 있는 고화질(Hi-band)디지털 캠코더를 이용, 경제적이며 효율적인 순간 영상획득시스템을 구축하여 양호하게 영상좌표측정을 가능케 하는데 목적이 있다. 또한 기존의 사진 측정방법과 오차분석을 통하여 효용성을 입증하고자 한다.

2. 연구 내용

교량과 같은 구조물위에 일시적인 하중이 이동할 때, 각종 재료강도 실험에서 시편에 하중이 가해지는 경우, 동체가 빠르게 움직이는 경우에는 순간적으로 변위가 발생한다. 변위 또는 움직임을 3차원적으로 정밀측정하기 위해서는 사진측량기법을 사용하여야만 한다. 정지 대상물과 달리 일정 시간 동안 동체의 움직임을 일정 시간간격 별로 영상을 획득하여야 하므로 비디오 캠코더를 이용하여 연속영상을 얻을 수 있다. 특히 3차원 위치결정을 위해서는 두 대이상의 캠코더와 사진기로부터 정확히 동일한 시간에 영상을 얻어야 하는데 쉽지 않은 문제이다. 이는 B-shutter 또는 LCD타이머를 동체와 함께 촬영하여 1/10~1/1,000sec까지 정확한 시간대의 영상을 추출할 수 있다.

본 연구에서는 동체의 순간위치결정을 위한 동일한 시간의 독립영상을 획득하기 위해 캠코더 및 측정용 사진기, LCD타이머 및 비디오편집기에 의한 저가의 순간 영상획득 시스템을 구축하고 기초실험을 통해 획득한 영상의 시간 정확도를 점검한다. 얻어진 영상을 처리하여 기준점 및 동체에 설치된 타겟들에 대한 영상좌표측정의 가능성 여부를 평가하고자 한다. 이는 산업분야 뿐만 아니라 운동선수의 움직임 교정, 차량

의 충돌시험, 근육의 움직임 측정 등에도 활용이 가능하다.

3. 캠코더의 CCD array

CCD는 전자적인 전송과 광센서 및 구동회로, 외부 편과의 연결선 등이 필요하므로 실제 영역과 유효감 광영역과는 차이가 있다.5) 그림1과 같이 CCD칩의 구조는 유효픽셀외에 구조상 여러 회로로 구성되어 있다. 그러므로 개개의 픽셀크기와 전체 CCD칩 크기의 관계는 항상 간격(gab)을 고려하여야 한다. 결국 투영기하학에서는 픽셀간의 간격을 고려하여 화상의 축척계수를 정해야 하고 실제 컴퓨터를 통하여 얻어지는 영상은 이러한 간격이 없이 연속되는 픽셀로 이루어진다. 그러므로 정확한 위치관계를 산출하기 위해서 픽셀간의 간격은 필히 염두에 두어야 한다.

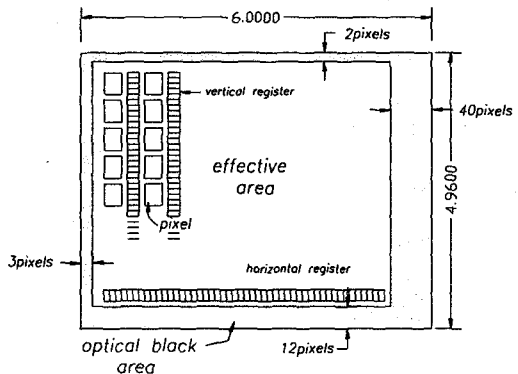


그림1 SV-H38의 CCD의 간격

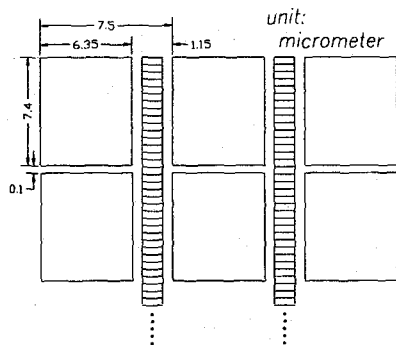


그림2 CCD의 구조

4. 동체의 순간 영상획득 시스템

캠코더 자체가 연속동작을 기록할 수 있다는 장점이 있으나 두대의 캠코더에서 정확한 시간대의 영상을 추출한다는 것은 쉽지 않다. 촬영한 후 필요한 시간대의 영상을 동체와 동시에 촬영되어 있는 영상내의 타이머를 이용해 추출하는 방법과 촬영도중에 일정간격으로 동조(ex: flash/sec)되는 스트로보를 조명하여 영상을 얻는 방법이 있다. 효율성 및 가능성을

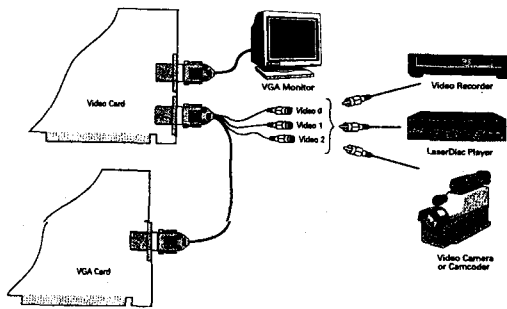


그림 3 오버레이 보드의 연결

보기 위해 두 가지 방법을 모두 시도하였다. 촬영된 영상으로부터 필요한 정지영상을 얻기 위해서는 동영상 캡처보드 또는 오버레이보드(overlay board)를 필요로 한다. 오버레이보드는 일반 VGA카드와 피쳐넥터(feature connector)로 이미지를 다루게 되므로(그림3) 동영상 캡처시에는 영상 손실률이 있다. 반면 일반적인 동영상 획득보드의 경우에는 VGA 카드와는 독립적이므로 보통 30 frame/sec로 전혀 손실률이 없이 획득이 가능하며 고급의 비디오보드는 높은 해상도로 영상획득이 가능하겠지만 低價보드의 경우에는 보통 320×240(true color)픽셀이상은 불가능하다. 그러나 오버레이 보드의 경우에는 VGA카드의 성능에 따라 다르지만 최대 800×600픽셀까지의 영상을 정지영상으로 획득하는 데는 별 어려움이 없다.

저속의 동체는 모니터 상에서 마우스로 특정시간의 영상을 획득할 수 있으나 고속의 경우에는 비디오 편집기를 이용하여 영상을 정지시킨 후 이를 오버레이보드로 수치화하여 저장해야 한다. 이 정지영상의

시간간격은 촬영시의 셔터스피드에 따라 다르나 보통 60프레임/sec정도이다. 5)

따라서 본 연구에서는 비디오 편집기와 상용되고 있는 오버레이보드에 의한 영상획득방법을 이용하고자 한다. 사용한 캠코더의 CCD array는 1/3 inch(8.467mm)로 총 화소수는 41만화소이며 유효화소수는 38만화소이다. 크기는 768(H)×494(V)이며 CCD의 구조는 그림1과 같고 그림 2는 CCD배열의 간격이다.

일반사진의 경우에는 일정시간 동안의 피사체의 움직이는 영상을 일정시간간격 별로 얻기 위해서는 모터드라이브를 이용하는 방법과 스트로보 동조에 의한 방법이 있다. 모터드라이브를 이용하는 방법은 시간대 별로 각각의 사진을 독립적으로 촬영해야 하나 두개의 사진기를 똑같이 동조시키기가 어렵고 별도의 장치가 고려된다하더라도 기계적인 오차가 포함된다. 그러므로 동일한 순간에 두 대의 사진기로 영상을 얻기 위해서는 스트로보 동조를 이용하는 것이 바람직하다. 이는 동체가 움직이는 동안 일정간격 별로 발광하는 스트로보로 조명하여 B-shutter로 촬영하는 방법으로 시간이 정확하다는 장점이 있다. 결국 한장의 필름에 여러 시간대의 피사체가 중복되어 나타난다. 이 기법은 피사체의 배경을 어둡게 해야하는 제약 조건이 있다.

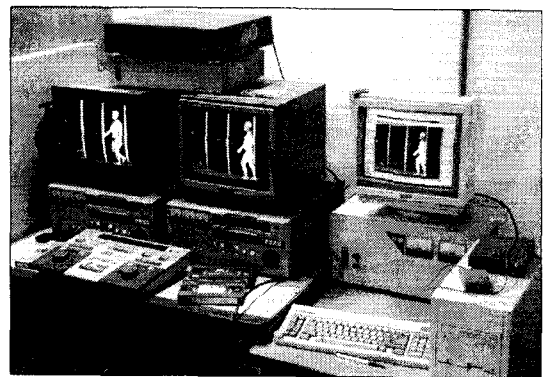


그림 4 순간영상획득 시스템

5. 캠코더의 검정

얻어진 영상은 렌즈왜곡 및 CCD array의 오차를 포함하고 있으므로 이를 보정하기 위해 이미지축의 비직교성과 축척, 렌즈의 방사방향,비대칭성 왜곡, 주점위치의 오차를 알아야만 한다. 이는 다음과 같은 왜곡량을 포함한 공선조건식을 이용하여 구할 수 있다.1) (S.F. EL-Hakim & N.J. Pizzi 1993)

$$x - x_0 + dx = -f \cdot \frac{(X - X_0)m_{11} + (Y - Y_0)m_{12} + (Z - Z_0)m_{13}}{(X - X_0)m_{31} + (Y - Y_0)m_{32} + (Z - Z_0)m_{33}}$$

$$y - y_0 + dy = -f \cdot \frac{(X - X_0)m_{21} + (Y - Y_0)m_{22} + (Z - Z_0)m_{23}}{(X - X_0)m_{31} + (Y - Y_0)m_{32} + (Z - Z_0)m_{33}}$$

$m_{ij}(i, j = 1, 2, 3)$: elements of the camera rotation matrix

X, Y, Z : the object coordinate of the point

x, y : image coordinate

X_0, Y_0, Z_0 : camera projection center coordinate

x_0, y_0 : principal point coordinate

f : focal length

여기서 d_x, d_y 는 다음과 같은 왜곡계수의 함수이다.

$$d_x = a_1y' + x'(a_2r^2 + a_3r^4) + a_4(r^2 + 2x'^2) + 2a_5x'y'$$

$$d_y = a_6y' + x'(a_2r^2 + a_3r^4) + a_5(r^2 + 2y'^2) + 2a_4x'y'$$

r : radial distance

x', y' : the component of this distance

a_1, a_6 : correct for affine scale

a_2, a_3 : radially symmetrical lens distortion

a_4, a_5 : decentering lens distortion

영상이 얻어지면 영상처리를 통해 타겟을 디지털이징하여 서브픽셀좌표를 얻고 affine 변환하여 왜곡보정된 영상좌표를 얻는다.

6. 실험 및 결과 분석

실험을 위한 피사체로는 보행인을 대상으로 하였으며 캠코더와 측정용사진기(P31), 준 측정용사진기(Nikon F801)를 이용하여 영상을 획득하였다. 다음은 캠코더의 사양이다.

Samsung High-band SV-H38

- CCD array : 1/3"(8.467mm)
- CCD크기 : 6.00mm×4.96mm
- 화소의 크기 : 6.35 μm(H)×7.4 μm(V)
- 줌렌즈의 초점거리 : 6~48mm.

동체 상에 15점의 타겟을 주로 관절부위를 중심으로 배치하였다(그림5).

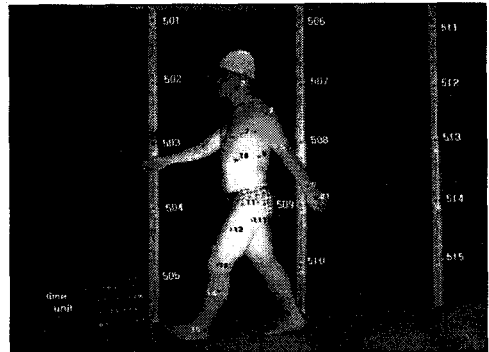


그림 5 동적피사체와 기준점 및 타겟의 배치

타겟의 크기와 밝기는 기초실험에 의해 결정하였다. 특히 일반 사진촬영시 두 사진기의 축척을 고려하여 이중으로 제작하였다. 기준점은 처음에 일단 캠코더에 촬영이 되면 제거해도 상관없으나 본 실험에서는 피사체 후면에 3개의 스타프를 세워 캠코더와 사진기에 모두 양호하게 확인되도록 설치하였다. B-shutter로 촬영하기 때문에 단기간 동안 동체에 의해 기준점이 가려지는 문제를 해결할 수 있었다. 실내 인공조명과 스트로보로 촬영하였으며 실험광경은 그림 6과 같다. 촬영된 비디오테이프를 편집기에 의해 영상을 정지시켰으며 두 대의 캠코더에 동시에 촬영되어 있는 LCD발광타이머를 확인함으로써 동일한 시간대의 왼쪽영상

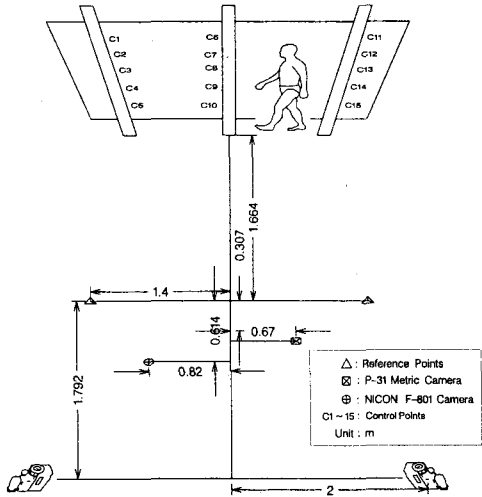


그림 6. 캠코더 및 동조를 위한 일반 사진기를 이용한 촬영도

과 오른쪽영상을 얻을 수 있었다. 정지영상은 S-video 커넥터를 통해 Video Blaster오버레이보드 SE100으로 windows상에서 0.2초 간격으로 각각 9프레임을 저장하였다(그림8).

표1 획득한 영상 및 획득시간

Left Image				Right Image			
Img. No.	timer(sec)	Img. time	○&×	Img. No.	timer(sec)	Img. time	○&×
L-2709	3.571	0.000	×	R-1006	3.386	-0.185	×
L-2715	3.771	0.200	○	R-1012	3.586	0.015	×
L-2721	3.971	0.400	○	R-1018	3.796	0.225	○
L-2727	4.170	0.599	○	R-1024	3.996	0.425	○
L-2803	4.370	0.799	○	R-1030	4.196	0.625	○
L-2809	4.570	0.999	○	R-1036	4.396	0.825	○
L-2815	4.770	1.199	○	R-1042	4.595	0.924	○
L-2821	4.970	1.399	○	R-1048	4.795	1.224	○
L-2827	5.170	1.599	○	R-1054	4.995	1.424	○
L-2703	5.370	1.799	○	R-1060	5.195	1.624	○
L-2909	5.589	2.018	×	R-1066	5.395	1.824	○

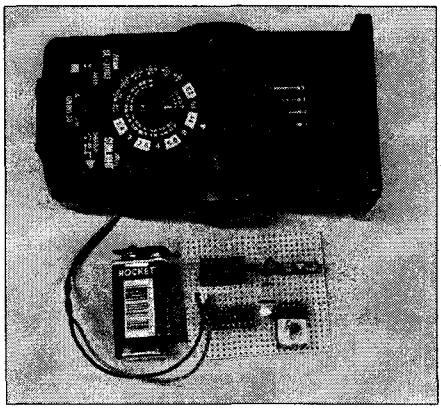


그림 7 스트로보 릴레이 회로

해상도를 비교하기 위해 Sony CCD-TR75 일반캠코더로도 촬영하였으며 일반사진측량을 동시에 실시하였다. 일반사진측량은 B-shutter상태에서 초당 3회 발광하는 스트로보 동조로 한 장의 네가티브상에 3개의 이미지/sec를 얻을 수 있도록 그림 7과 같이 발광시스템을 제작하여 사용하였다.

표 1은 왼쪽과 오른쪽의 캠코더로부터 획득한 그림 6 캠코더 및 동조를 위한 일반사진기를 영상과 각각의 시간을 나타낸 것이다.

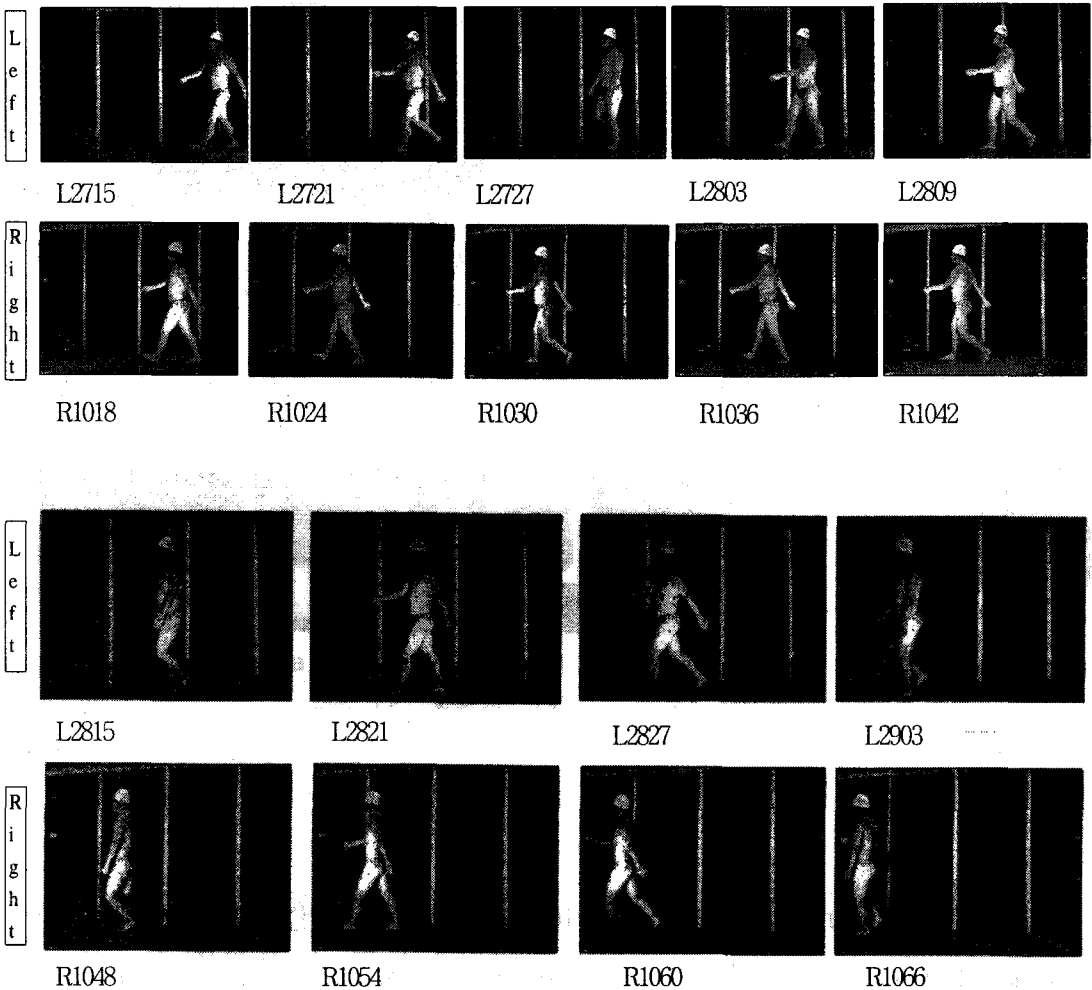


그림 8 디지털 캠코더에 의해 획득된 연속 영상

25/1000~ 이용한 촬영도 26/1000sec의 시간적오차가 발생하였으나 보행자의 동적움직임의 파악에는 충분할 것으로 사료된다. 상태가 불량한 영상을 삭제하고 최종적으로 9쌍의 영상을 선택하였다.

그림 8은 디지털 캠코더에 의해 획득된 영상이다. 실내조명(100W×2)으로 광량은 충분하였으며 일정시간 간격 별 영상의 획득은 영상의 좌측하단부에 촬영되어 있는 타이머를 이용하였다. 1/1000 sec까지 인식이 가능하지만 본 실험에서는 1/100 sec까지 똑같은 시간대에 왼쪽과 오른쪽의 영상을 일치시켰다. 일반캠

코더는 524×393까지 획득이 가능하나 고화질 캠코더를 이용하여 788×550(true color)의 수치영상을 얻을 수 있었으며 확인한 결과 타겟 및 기준점 모두 양호하게 인식되었다. 그림 9는 타겟을 확대한 그림으로 grey level로 볼 때 threshold처리에 어려움이 없을 것으로 판단된다. 일반사진촬영에서 한 장의 네가티브상에 동체를 중복 촬영하기 위해 동체의 배경은 검은색으로 처리하였으며 측정용 P-31과 준 측정용 Nikon F-801사진기로 동시에 촬영(B-shutter)하여 두 장의 필름을 얻었다. 각각의 촬영에 대한 외부표정요소는

표 2와 같다. 스트로보 동조는 릴레이 전자회로에 스트로보 접점을 연결하여 원하는 속도로 발광할 수 있게 하기위해 자동으로 발광시켰다. 그림 10은 Nikon F-801과 Wild P-31 두 대의 사진기로 2초동안 획득한 피사체이다. 기준점 및 타겟의 선명도가 양호하게 얻어졌다. 특히 35mm필름과 4"×5"필름을 위한 이중 타겟 역시 양호하였다. 좌표측정시 한 장의 필름에 나타난 6개의 피사체는 독립적으로 측정해야 하나 양쪽 사진이 동일하므로 총 15점의 기준점과 90점의 타겟에 대해 일시에 측정해도 무관하므로 지표와 기준점의 중복된 측정으로 인한 시간을 절약할 수 있다. 결국 잉여관측수가 많아지게 되므로 높은 해석정확도로 해석이 가능하다.

표 2 캠코더 및 카메라의 표정요소

	Nikon F-801	Wild P-31	Video I	Samsung SV-H38
X_L	-0.82	0.67	-0.93	0.93
Y_L	0.9	0.5	0.9	0.9
Z_L	4.16	3.24	4.63	4.63
ω	0	0	0	0
φ	-10 °	+10 °	-10 °	+10 °
κ	0	0	0	0
f	35mm	103.32mm	8mm	8mm

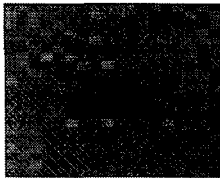
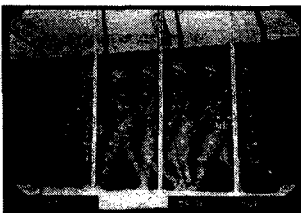
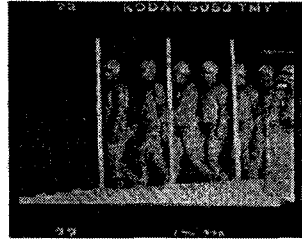


그림9. 타겟의 확대영상



(a)Metric Wild P-31



(b) Semi-metric Nikon F-801

그림 10. 측정용 사진기와 준측정용사진기에 의해 획득된 영상(Right)

7. 결론

- 1) 동체의 일정시간에 따른 정지수치영상을 PC와 비디오보드,타이머를 이용하여 1/100sec의 정확도로 획득할 수 있었다.
- 2) 일반 캠코더는 524×393까지 획득이 가능하나 고화질 캠코더를 이용하여 788×550(true color)의 수치영상을 얻을 수 있었으며 타겟의 인식이 양호하였다.
- 3) 릴레이 전자회로를 스트로보에 연결시켜 2초동안 여섯 번의 동체를 동일필름상에 양호하게 얻을 수 있었다.
- 4) 독립적으로 영상을 획득하여 번들 조정하는 것보다 한 필름 상에 피사체가 여러번 중복되어 얻어지므로 잉여관측수가 많아 높은 정확도로 해석이 가능하다.

보다 더 고해상도의 영상을 정확한 시간대에 획득하기 위해서는 전문 고화질 비디오 편집기와 고용량의 WRAM(window RAM)을 갖춘 비디오보드가 필요하며 양호한 정확도로 해석이 가능할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 1996년도 한국학술진흥재단 자유공모과제(06E-0027) 연구비 지원에 의하여 수행된 연구의 일부로써 한국학술진흥재단에 깊이 감사드립니다.

참고문헌

1. Sabry F. EL-Hakim, Nicolino J. Pizzi, "Multicamera Vision-based Approach to Flexible Feature Measurement for Inspection and reverse Engineering", OPTICAL ENGINEERING, Vol.32, No.9, pp.2201-2215, September 1993.
2. Raad A. Saleh, "Photogrammetry and the Quest Digitalization", special issue on softcopy photogrammetry, PE & RS,1996.
3. Horst A. Beyer,"Advances in Characterisation and Calibration of Digital Imaging Systems", ISPRS commission V, pp.545-555, 1992.
4. Guoping Zhou,"Accurate Determination of Ellipses Centeres in Digital Imagery",ASCM/ASPRS, Vol.4, pp.256, 1986.
5. Samsung Electronic Technical Report, Camcorder development, 1996.
6. C. Heipke,"State-of-the-Art of Digital photogrammetric Workstation for Topographic Applications",PE & RS,Vol.61,No.1, pp.49-56, 1995.
7. A. Cox, Photographic Optics, Focal Press, 1971.
8. S.B. Campana, "Techniques for evaluating charge coupled imagers", Optical Engineering, 16(3), pp.267-274, 1977.
9. R.K. Hopwood, "Design considerations for a solid-state image sensing system", SPIE Vol.230, Mini-computers and Microprocessors in Optical Systems, pp. 72-82, 1980.
10. S.E. Reichenbach, S.K. Park and R. Narayan - swamy, "Characterizing digital image acquisition devices", Optical Engineering, 30(2), pp. 170-177. 1991.
11. Benjamin M. Dawson, "Introduction to Image Processing Algorithms", BYTE, pp.169-186, 1987.
12. A.W. Gruen, "Digital photogrammetric processing systems: current status and prospects", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 55(5), pp. 581-586, 1989.
13. J. Dahler, "Problems in digital image acquisition with CCD cameras," ISPRS Intercommission conference on fast processing of photogrammetric data, pp. 48-59 ,1987.
14. D.T. Havelock, "The analysis of precision in digital image metrology", International Symposium on Optical Engineering and Industrial Sensing for Advanced Manufacturing Technologies, Optical Testing and Metrology II, SIE/ESD, Dearborn, MI, 1988.