

## 스테레오 CCD 카메라를 이용한 이동체의 실시간 3차원 위치추적

권혁중\* · 배상근\*\* · 김병국\*\*\*

### 3D Position Tracking for Moving objects using Stereo CCD Cameras

Kwon, Hyuk Jong\* · Bae, Sang Keun\*\* · Kim, Byung Guk\*\*\*

#### 요 약

본 논문에서는 스테레오 CCD 카메라를 이용하여 이동체의 3차원 위치좌표를 추출하는 알고리즘을 제안하였다. 이 알고리즘을 통해 효율적으로 이동체의 3차원 위치좌표를 추출하는 방법을 도출하고자 하였다. 스테레오 CCD 카메라의 상호표정을 수행하고, 획득된 영상에서 이동체를 배경과 분리한 뒤, 좌·우 영상에서 이동체의 영상좌표를 추출한다. 추출된 좌·우 영상에서의 영상좌표를 이용하여 이동체의 3차원 위치를 결정하게 된다. 스테레오 CCD 카메라간의 상호 위치 및 자세를 결정하기 위한 표정 모듈은 독립적 상호표정(independent relative orientation)을 사용하였고, 획득된 영상에서 이동체 추출 알고리즘은 칼라영상의 RGB(Red, Green, Blue) 화소값을 이용하여 구현하였다. 좌·우 CCD 카메라로부터 들어오는 영상좌표를 이용하여 공간전방교회법을 통해 이동체의 위치를 계산하였다. 그리고 전체 시스템의 실험을 수행하였고, 그 결과의 정확도를 비교하였다.

주요어 : 수치사진측량, 위치추적

**ABSTRACT** : In this paper, a 3D position tracking algorithm for a moving objects using a stereo CCD cameras was proposed. This paper purposed the method to extract the coordinates of the moving objects. That is improve the operating and data processing efficiency. We were applied the relative orientation for the stereo CCD cameras and image coordinates extraction

\*(주)웨이버스 기술본부 대리(E-mail: xg94@korea.com)

\*\*인하대학교 공과대학 지리정보공학과 석사과정(E-mail: sk3938@hanmail.net)

\*\*\*인하대학교 공과대학 지리정보공학과 교수(E-mail: byungkim@inha.ac.kr)

in the left and right images after the moving object segmentation. Also, it is decided on 3D position for moving objects using an acquired image coordinates in the left and right images. We were used independent relative orientation to decide the relative location and attitude of the stereo CCD cameras and RGB pixel values to segment the moving objects. To calculate the coordinates of the moving objects by space intersection. And, We conducted the experiment the system and compared the accuracy of the results.

**Keywords** : Digital photogrammetry, Object tracking

## 1. 서 론

측량이란 길이·각·높이(3차원)와 시(時) 즉, 4차원의 요소를 이용한 정량화(定量化)를 뜻한다. 다시 말하면 두 점간의 거리, 각, 방향 등을 측정하여 다른 한 점의 위치를 결정하고 반대로 사전에 결정된 사항들을 현장에 측설하는 기술인 것이다. 하지만 정지해 있지 않은 물체에 대한 측량은 상당한 어려움이 따른다. 본 논문에서는 3차원공간 상에서 이동하고 있는 이동체의 3차원 위치정보를 추출할 수 있는 사진 측량학적인 방안을 모색하였다.

본 논문에서 제안한 실시간 이동체의 위치정보를 추적하는 방법은 스테레오 CCD 카메라를 이용한 방법이다. 이 방법은 스테레오 CCD 카메라로부터 들어오는 영상을 이용하여 측량하고자 하는 이동체를 선정하여 좌·우 영상에서의 이동체의 영상좌표를 이용하여 이동체의 궤적을 추출하는 것으로 영상기반 처리와 사진측량 알고리즘을 적용하여 구현 하였다.

이동체의 3차원 위치정보를 추출하기 위한 세부 연구목적은 다음과 같다.

- 스테레오 CCD 카메라 영상 획득 및 디스플레이 모듈 개발
- 스테레오 CCD 카메라의 상호표정 모듈 개발
- 이동체 추적 및 중심좌표 추출 모듈 개발
- 3차원 위치결정 모듈 개발

## 2. 시스템 개요

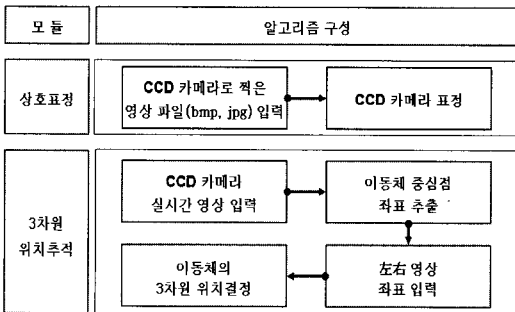
본 연구를 위한 주요 장비는 영상을 획득하는 CCD 카메라와 CCD 카메라를 통해 들어온 영상을 저장하는 프레임 그라버가 있다. 이를 이용하여 전체 시스템을 구성하였다.

### 2.1 시스템 구성 알고리즘

전체 프로그램은 스테레오 CCD 카메라 영상 디스플레이 모듈, CCD 카메라 상호표정 모듈, 위치추적 모듈, 3차원 위치결정 모듈로 구성되어있고, 크게 두 부분으로 나누면 스테레오 CCD 카메라의 상호표정 모듈과 3차원 위치추적 모듈로 나눌 수 있다.

상호표정 모듈은 스테레오 CCD 카메라 영상 디스플레이 모듈을 이용하여 상호표정에서 사용할 좌·우 영상을 동시에 저장한다. 저장된 좌·우 영상과 CCD 카메라의 내부표정 요소를 이용하여 CCD 카메라의 상호표정을 실시한다. 상호표정 모듈을 통해 나온 결과 파일은 3차원 위치추적 모듈에 사용된다.

CCD 카메라의 상호표정이 완료되면 3차원 위치추적 모듈을 통해 이동체를 추적하게 된다. 먼저 실시간으로 디스플레이되는 모니터의 화면에서 이동체를 선정한다. 선정된 이동체는 영상좌표계에서의 이동체 중심점 좌표가 추출된다. 이때 추출된 영상좌표를 사진좌표로 변환하여 이동체의 3차원 위치를 결정하게 된다.



[그림 1] 3차원 위치추적 알고리즘

## 2.2 시스템 구성 장비

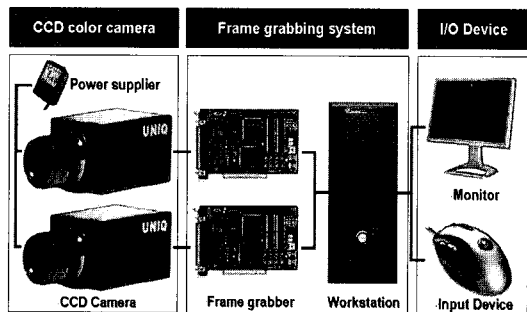
시스템의 구성은 CCD 칼라 카메라 장치, 영상획득 및 처리 시스템 장치, 외부 입·출력 장치로 크게 구분할 수 있다.

CCD 칼라 카메라 장치에는 두 대의 카메라와 영상을 프레임 그래버로 전송하는 데이터 케이블, 그리고 CCD 카메라에 전

원을 연결해주는 전원 어댑터로 구성된다.

영상 획득 및 처리 시스템 장치에는 카메라의 영상 데이터를 처리하는 프레임 그래버와 프레임 그래버 장치를 장착시킬 수 있는 워크스테이션으로 구성된다. 워크스테이션은 프레임 그래버로 들어오는 대용량의 영상을 처리할 수 있는 고속의 중앙처리장치와 신속한 데이터의 저장이 가능한 데이터 저장장치(SCSI HDD)로 구성된다. 데이터 전송시 발생하는 기록속도의 저하를 최대한 줄이기 위해서 데이터 저장장치는 운영체제(OS)부분과 영상 데이터 저장부분으로 2개의 SCSI HDD를 따로 구분하여 사용하였다.

외부 입·출력 장치는 영상내의 대상 이동체를 선택하는 마우스와 카메라 영상을 디스플레이하는 모니터로 구성된다.



[그림 2] 3차원 위치추적 시스템 장비구성

## 3. 상호표정

상호표정(Relative Orientation)이란 촬영 당시 카메라들 간의 상대적인 자세와 위치이동을 결정하는 작업이다. 각각의 카메라를 통해 얻어진 영상은 세 개의 위치오

소( $X_0, Y_0, Z_0$ )와 세 개의 회전요소( $\omega, \phi, \kappa$ )를 갖는다. 스테레오 카메라를 통해 획득된 영상을 이용하여 촬영 당시의 상황으로 재현하기 위해서는 12개의 표정요소를 결정해야 한다.

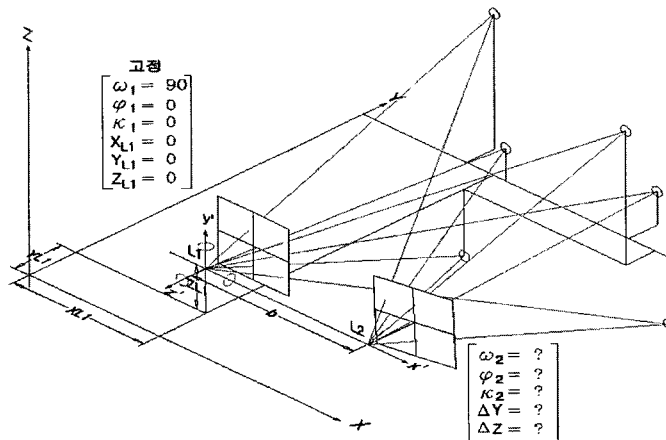
상호표정은 독립적 상호표정(Independent Relative Orientation)과 종속적 상호표정(Dependent Relative Orientation)의 두 가지 방법으로 구분된다. 상호표정은 두 카메라간의 상대적인 자세와 위치를 구현하는 과정이므로 외부표정요소 중 몇몇 요소를 상수로 놓고 나머지 요소들을 계산한다. 계산된 외부표정변수들은 촬영 시에 존재했던 실제 값이 아니라 사진들 간의 상대적인 관계를 규명하는 값이라고 할 수 있다.

종속적 상호표정에서는 일반적으로 왼쪽 사진의 외부표정요소  $\omega, \phi, \kappa, X_L, Y_L, Z_L$  등을 '0'으로 고정하고 오른쪽 사진의  $X_L(X_{L2})$ 은 사진기선  $b$ 와 같이 설정하는데, 지상사진의 경우에는 카메라가 지면과 평행을 이루므로  $\omega$ 를  $90^\circ$ 로 고정하여야 한다. 이와 같은 설정은 미지수의

초기치를 보다 쉽게 계산할 수 있게 하며 미지수의 수를 오른쪽 사진의 5 요소로 줄이는 효과가 있다. 본 논문에서는 왼쪽 카메라의 외부표정 요소를 0으로 고정한 종속적 상호표정을 사용하였다.

상호표정요소를 결정하기 위해 공면조건식과 공선조건식을 사용할 수 있다. 공면조건식은 최소제곱법에서 조건방정식을 적용하고, 공선조건식은 최소제곱법에서 관측방정식을 적용하는 차이를 가지고 있다.

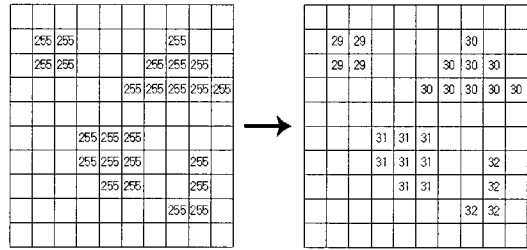
Stereo-model 내의 각 객체 점들에 공선조건식을 적용하면, 왼쪽 사진에서 각 객체의 상마다  $x, y$ 에 대한 식이 한 쌍, 오른쪽 사진 상에서도 각 객체의 상마다  $x, y$ 에 대한 식이 한 쌍이 성립하므로 모두 4개의 방정식이 만들어진다. 미지수는, 오른쪽 사진의 5 표정요소에 각 측정마다 stereo-model 내에서 가지는 모델좌표  $X, Y, Z$  3개를 더한 수만큼이 된다. 따라서 상호표정에 5개의 측점이 사용된다면 관측방정식이 20개이고 미지수도 20개가



[그림 3] 지상사진의 상호표정

만들어지므로 단일해가 나오게 된다. 6개 이상의 점을 사용한다면 잉여관측치가 있어 최소제곱법을 통해 보다 정확한 값을 계산할 수 있다. 즉, 상호표정에 6개의 측점을 사용한다면 관측방정식은 24개이고 미지수는 23개가 될 것이다. 또, 12개의 측점을 사용한다면 관측방정식은 48개이고 미지수는 41개가 될 것이다. 공선조건식을 풀기 전에 모든 미지수에 대한 초기를 추정하여야 하는데 연직사진에 대해서는 일반적으로  $w_2, \phi_2, \kappa_2, Y_{L2}$ 의 초기치를 '0'으로 설정하고 지상사진에서는  $w_2$ 를 90°로 설정한다. 형식이 같은 카메라인 경우  $Z_{L2}$ 의 초기치는  $Z_{L1}$ 과 같은 값으로 설정한다.

분에는 또 다른 번호를 붙이는 영상처리 기법이다. 인접하여 연결되어있는 영역들은 서로 다른 번호가 붙여져서 영역을 구별할 수 있도록 재구성하게 된다. labeling한 영상을 임의의 번호를 가진 영역만 추출하면 영역분리가 이루어지게 되고, 특별한 영역에 대해서만 크기, 중심좌표, 원주길이 등을 추출해 내는 것이 가능하다.



[그림 4] 2진영상의 labeling

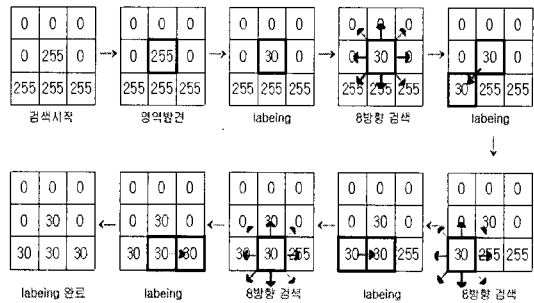
### 4. 이동체 중심점 계산

CCD 카메라로 들어오는 좌·우 영상에서 이동체의 좌표를 추적하기 위해서는 먼저 영상에서 이동체를 추출(segmentation)해야 한다. 추출이란 배경(background)에서 물체(object)를 추출하는 것을 말한다. 영상에서 관심 있는 영역(semantic region)은 물체가 되고 나머지는 배경으로 취급되게 된다. 본 논문에서 사용한 추출 알고리즘은 칼라영상의 RGB(Red, Green, Blue) 화소값을 이용하여 labeling 처리를 통해 구현하였다.

#### 4.1 labeling 알고리즘

Labeling은 인접하여 연결되어 있는 모든 화소에 동일한 번호를 붙이고 다른 연결성

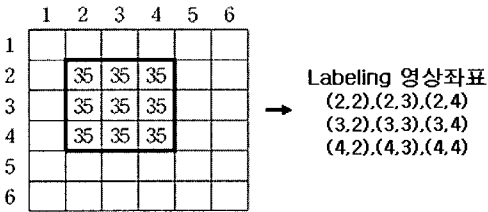
본 논문에서 사용된 알고리즘은 Grassfire 알고리즘이다. Grassfire 알고리즘은 마른 잔디(grass)에서 불(fire)이 번져나가는 모양과 비슷하게 화소를 labeling하기 때문에 붙여진 이름이다. 이 방법은 재귀호출(recursive call)을 이용하여 모든 인접요소가 labeling될 때까지 현재 대상화소의 주변 인접화소를 차례로 검사하면서 labeling하는 방법이다.



[그림 5] Grassfire labeling

### 4.2 이동체의 중심좌표 계산

이동체의 추출이 이루어진 labeling 영상을 이용하여 이동체의 중심좌표를 구하기 위해서는 먼저 labeling된 영상의 면적을 구해야 한다. 면적은 영역을 이루는 화소의 수를 계산하여 구할 수 있다. 면적은 선정된 labeling(i) 영상의 화소의 수(n)와 같다.



[그림 6] labeling 영상과 영상좌표

이동체의 중심좌표는 labeling 영상의 무게중심(center of mass)이라고 할 수 있다. 이동체의 중심좌표( $x_c, y_c$ )는 식 (1)을 통해서 구할 수 있다. 이 식에서  $x_i$ 와  $y_i$ 는 labeling된 영상의 구성픽셀의 세로와 가로 영상 좌표를 나타낸다.

$$x_c = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{N-1} x_i, \quad y_c = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{N-1} y_i \quad (1)$$

### 5. 공간전방교회법

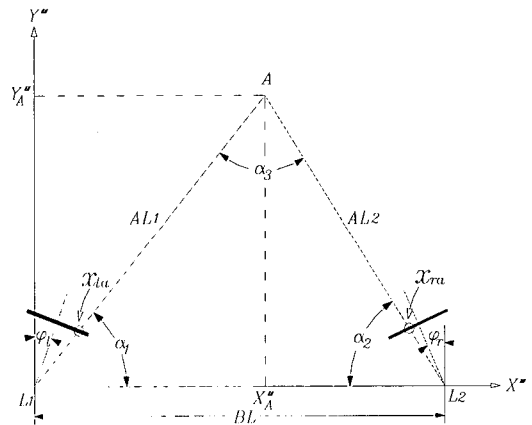
좌·우 카메라의 영상좌표를 이용하여 대상물의 3차원 위치를 추출하는 방법을 공간전방교회법(space intersection)이라고 한다. 공간전방교회법에는 공선조건식을 이용하는 방법과 해석적 공간전방교회법이

있다. 공선조건식을 이용하는 방법은 “노출점, 대상점, 대상점의 영상점이 한 직선을 이룬다”는 식 (2)를 이용하여 대상물 A의 3차원 위치를 구한다.

$$x_a = -f \left( \frac{m_{11}(X_A - X_L) + m_{12}(Y_A - Y_L) + m_{13}(Z_A - Z_L)}{m_{31}(X_A - X_L) + m_{32}(Y_A - Y_L) + m_{33}(Z_A - Z_L)} \right) \quad (2)$$

$$y_a = -f \left( \frac{m_{21}(X_A - X_L) + m_{22}(Y_A - Y_L) + m_{23}(Z_A - Z_L)}{m_{31}(X_A - X_L) + m_{32}(Y_A - Y_L) + m_{33}(Z_A - Z_L)} \right)$$

해석적 공간전방교회법은 대상물과 좌우 카메라가 이루는 시거선 거리 계산하여 대상물의 3차원 위치를 구한다.



[그림 7]. 해석적 전방공간전방교회법

(P. Wolf, 2000)

[그림 7]은 영상좌표를 이용한 해석적 공간전방교회법을 나타내고 있다. 좌측사진의 각  $\phi_l$ 과 우측사진의 각  $\phi_r$ 은 Y축 방향일 때  $0^\circ$ 이고 X축 방향일 때  $-90^\circ$ 이다. 먼저 각 삼각형의 사이각을 각각 구한 후 각 카메라로부터 미지점까지의 수평거리를 계산한다. 좌측 카메라를 기준으로 하는 좌표계에서 객체공간 상의 좌표  $X_A'', Y_A''$ 는 두 카메라와 미지점으로 이

루어진 삼각형의 변과 그 사이각으로 계산할 수 있다. 또, 왼쪽 사진의  $y_{la}$  좌표를 오른쪽 사진에서  $y_{ra}$  좌표를 취하여 그 평균값에 초점거리 대비 미지점까지의 전방 거리를 적용하면  $Z_A''$ 를 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 90^\circ + \phi_l - \tan^{-1}\left(\frac{x_{la}}{f}\right) \\ \alpha_2 &= 90^\circ - \phi_r + \tan^{-1}\left(\frac{x_{ra}}{f}\right) \\ \alpha_3 &= 180^\circ - \alpha_1 - \alpha_2 \\ AL_1 &= BL \cdot \frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_3} \\ AL_2 &= BL \cdot \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_3} \\ X_A'' &= \frac{AL_1 \cdot \cos \alpha_1 + BL - AL_2 \cdot \cos \alpha_2}{2} \\ Y_A'' &= \frac{AL_1 \cdot \sin \alpha_1 + AL_2 \cdot \sin \alpha_2}{2} \\ Z_A'' &= \frac{y_{la} + y_{ra}}{2} \cdot \frac{Y_A''}{f} \end{aligned} \quad (3)$$

공선조건식을 이용한 공간전방교회법은 보편적으로 사용되고 있지만 이 방법은 행렬의 곱셈과 역행렬 연산을 사용하기 때문에 계산이 다소 복잡하고 시간이 비교적 많이 소요되는 단점이 있다.

<표 1> 공간전방교회법의 정확도(RMSE) 비교

방법	위치결정 정확도(m)				소요시간 (초/측점)
	X축	Y축	Z축	3D 거리	
A	0.0183	0.0407	0.0180	0.0481	0.000042
B	0.0183	0.0407	0.0180	0.0482	0.000015

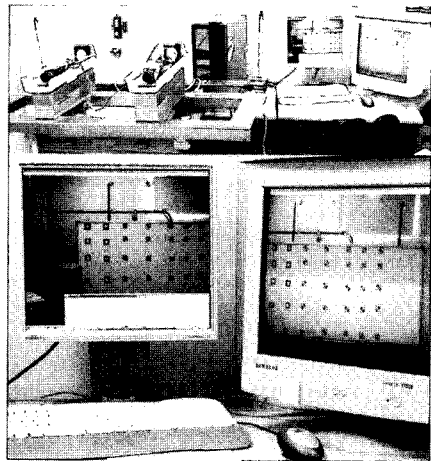
<표 1>은 정면에서 촬영된 두 영상을 이용하여 '(A)공선조건식을 이용한 공간

전방교회법'과 '(B)해석적 공간전방교회법'의 3차원 위치결정 정확도를 비교한 것이다.(정동훈, 2004)

약 12m 거리에서 두 방법에 mm단위 이하의 아주 미세한 차이만이 나타났다. 29개의 측점을 1,000회 반복 계산하는 시간을 0.001초 정밀도로 측정된 뒤 29,000점으로 나누어 측점당 소요되는 시간으로 환산하였고, 그 결과는 해석적 공간전방교회법이 35%의 계산시간의 이득이 있었다. 따라서 신속하게 이동체의 위치를 결정해야 하기 때문에 해석적 공간전방교회법을 본 논문에서 사용하였다.

## 6. 테스트 및 결과 분석

영상의 취득은 [그림 8]에 나와있는 물체추적 시스템을 이용하여 획득하였다. 이 시스템은 실시간으로 들어오는 영상을 프레임 그래버를 통해 jpg, bmp, png 등의 포맷으로 저장할 수 있다.



[그림 8] 물체추적 시스템

### 6.1 상호표정 테스트

상호표정에 사용할 영상은 좌·우 카메라로 동시에 촬영한 영상을 이용하였다. 이 좌·우 영상을 이용하여 상호표정 프로그램에서 카메라의 상호표정을 실시하였다.

<표 2> 상호표정에 필요한 카메라의 내부표정 요소정보

좌측 카메라	
Interior Parameters(mm)	
L_f:	12.270029335
L_xp:	0.002488023
L_yp:	0.001366383
Lens distortion correction coefficients	
A1:	-0.001426730
B1:	0.000018934
C1:	-0.000007480
우측 카메라	
Interior Parameters(mm)	
L_f:	12.270641762
L_xp:	0.002488023
L_yp:	0.001366383
Lens distortion correction coefficients	
A1:	-0.002165609
B1:	0.000133446
C1:	-0.000012944

이 정보를 상호표정 전에 입력 시킨 후 상호표정을 실시하였다. 상호표정에 사용한 전체 타겟의 수는 42개이다. CCD 카메라로 얻은 영상의 크기는 1312×1028 pixel 이고, CCD 셀의 크기는 0.00465mm 이다. 이 정보를 이용하여 디지털이징을 통해 기록된 영상좌표를 사진좌표로 변환

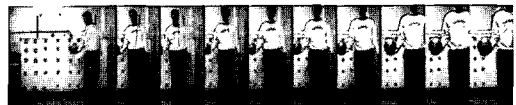
하여 상호표정을 수행하였다.

<표 3> 상호표정 결과

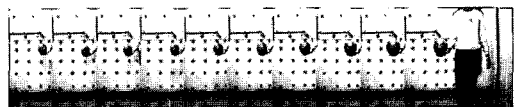
Stopped By Convergence Condition			
Adjusted values			
변수	결과값(deg, min, sec)	표준편차(min)	
Right omega	359 52 55.1	2.903	
Right phi	359 20 53.5	17.6753	
Right kappa	359 30 30.9	1.121	
변수	결과값(m)	표준편차(min)	
Right Y	-0.00068	0.00317	
Right Z	0.01785	0.00297	
Iterations = 8			
Redundancies = 37			
Reference Variance = 0.000003			
Reference So = 0.001865			

### 6.2 실시간 위치추적 테스트

상호표정을 통해 얻은 정보를 이용하여 실시간 위치추적 프로그램에 입력을 한 뒤, 공을 대상으로하여 공의 위치를 추적하였다. 축구공을 추적한 결과는 <표 4>와 같다.



[그림 9] 좌측 카메라 프레임 영상



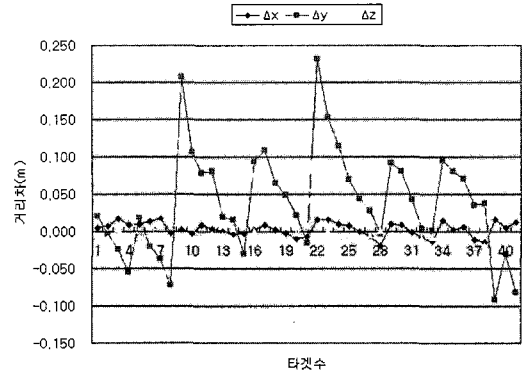
[그림 10] 우측 카메라 프레임 영상



<표 4> 축구공의 3차원 위치추적 결과

측점	좌측영상 좌 표		우측영상 좌 표		측 정 된 상대좌표		
	x_l	y_l	x_r	y_r	x	y	z
1	791	423	418	420	0.261	5.015	-0.030
2	783	423	407	415	0.242	4.953	-0.023
3	770	439	391	436	0.225	4.901	-0.065
4	757	441	390	431	0.197	4.765	-0.062
5	796	425	410	423	0.266	4.770	-0.037
6	801	425	399	418	0.254	4.516	-0.034
7	825	431	399	423	0.276	4.161	-0.038
:	:	:	:	:	:	:	:

용하였다. 위의 실험 결과를 이용하여 x, y, z 각각의 거리차이를 구하였다. <표 5>는 토탈 스테이션과 위치추적 시스템의 관측결과와 거리차(m)를 나타내고 있다.



[그림 11] 토탈 스테이션과 위치추적 시스템과의 거리차

### 6.3 위치추적 결과 비교

위의 측정 결과를 확인하기 위해 정지된 타겟을 물체 추적 시스템과 토탈 스테이션으로 각각 측정하였다. 타겟의 중심에 스티커를 붙인 후 토탈 스테이션으로 관측하였다. 전체 타겟의 수는 41개를 사

[그림 11]을 보면 x축과 z축의 거리차는 대부분 3cm 이하가 나오고 있고, y축(카메라와 타겟의 거리)은 최고 25cm 정도의 차이를 보이고 있다.

<표 5> 토탈 스테이션과 위치추적 시스템의 관측결과

측점	토탈스테이션			위치추적 시스템			거리차		
	X_t	Y_t	Z_t	X_b	Y_b	Z_b	X_t-X_b	Y_t-Y_b	Z_t-Z_b
1	-0.404	4.931	0.117	-0.409	4.910	0.127	0.005	0.021	-0.010
2	-0.404	4.927	-0.073	-0.411	4.931	-0.065	0.007	-0.004	-0.008
3	-0.407	4.918	-0.287	-0.424	4.943	-0.291	0.017	-0.025	0.004
4	-0.420	4.903	-0.583	-0.428	4.958	-0.602	0.008	-0.055	0.019
5	-0.163	4.944	0.117	-0.173	4.926	0.124	0.010	0.018	-0.007
6	-0.159	4.940	-0.083	-0.172	4.961	-0.078	0.013	-0.021	-0.005
7	-0.157	4.935	-0.304	-0.174	4.971	-0.315	0.017	-0.036	0.011
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

## 7. 결 론

본 연구에서는 이동체의 좌표를 실시간으로 추출할 수 있는 새로운 알고리즘을 구현하고 실험하였다. 각각의 알고리즘의 적용을 통해 구현한 CCD 카메라의 영상 디스플레이 모듈, 상호표정 모듈, 중심좌표 계산 모듈, 3차원 위치결정 모듈 등을 이용하여 위치추적 시스템을 구성하였다. 전체 연구의 결과인 정확도를 비교해 본 결과 실시간 이동체의 추적은 x축과 z축은 토달 스테이션으로 관측한 좌표와 비교하였을 때 일정한 거리차를 유지하고 있었다. 하지만 이동체와 카메라와의 거리(y축)의 오차는 x축과 z축의 결과와는 상대적으로 크게 나왔다. 이는 상호표정 시에 타겟들의 위치가 모두 같은 평면에 있었기 때문에 나오는 오차라 생각된다. y축 방향의 거리차를 줄이기 위해서는 상호표정을 수행할 때 입체타겟을 제작하여 표정을 실시하면 거리차를 줄일 수 있을 것이다. 그리고 labeling을 통해 이동체의 중심좌표를 계산하는 부분의 정확도를 높이면 그 정확도는 더욱 높아질 것이다.

본 연구를 더욱 발전시킨다면 여러 응용이 가능할 것이라 생각되고, GPS/INS 시스템을 이용하면 실시간 절대좌표를 구할 수 있을 것이다. 본 논문에서 제시한 알고리즘과 알고리즘의 구현 결과는 실시간 이동체의 위치추적의 적용 가능성을 판단하기에는 충분하다고 생각된다.

## 8. 감사의 글

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 육성·지원사업의 연구결과로 수행되었음

## 참고문헌

- 정동훈, 2004, "차량측량시스템을 위한 카메라 교정 및 3차원 위치결정에 관한 연구 (A Study on Camera Calibration and 3D Positioning for Land-Based Mobile Mapping Systems)"
- Imagenation, 1999, PXD1000-Digital Frame Grabber User's Guide Version 2.
- I. Pitas, 2000, "Digital Image Processing Algorithms and Applications", WILEY INTER-SCIENCE
- Paul R. Wolf and Bon A. Dewitt, 2000, "Elements of Photogrammetry with Application in GIS, 3rd edition", McGraw-Hill.
- Paul R. Wolf, Charles D. Ghilani, 1997, "ADJUSTMENT COMPUTATIONS, Statistics and Least Squares in Surveying and GIS", WILEY INTER-SCIENCE
- Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, 2002, "Digital Image Processing, Second Edition", Prentice Hall.
- Toni Schenk, 1999, "Digital Photogrammetry, Volume I", TerraScience.