

# MMSS 시스템 구성 및 활용에 대한 연구

## A Study for Utilization and constitution of MMSS

김광용(金光勇)\*, 윤여상\*\*, 최종현\*\*\*, 김민수\*\*\*\*, 김경옥\*\*\*\*\*

Kwang-Yong Kim, Yeo-Sang Yeun, Jong-Hyun Choi, Min-Soo Kim, Kyoung-Ok Kim

**요약** 본 연구팀은 우리나라의 모바일 매핑 시스템 분야에 있어서의 기반 기술 확보 및 4S 분야로의 응용 분야의 근간이 되는 데이터 구축의 일환으로써 모바일 멀티 센서 시스템(Mobile Multi Sensor System)을 개발하고 있다. 즉, 도심 지역의 도로 및 도로 시설물 DB 구축을 위한 정보 수집은 물론, 도심 지역에 대한 DEM 구축의 보완자료로서 활용하기 위해 모바일 멀티 센서 시스템을 개발하였다. 현재 본 연구팀이 운용하고 있는 MMSS 시스템은 하드웨어 측면으로는 DGPS와 IMU로 구성된 항측 센서를 비롯하여 디지털 CCD 카메라(모바일 레이저 장비 장착 예정)로 구성이 되어 있으며, 소프트웨어 측면으로는 MMSS로부터 얻어지는 데이터를 이용하여 정밀한 3차원 좌표를 추출하기 위한 후처리 컴포넌트 및 클라이언트용 프로그램으로 이루어져 있다. 본 논문에서는 현재 운용중인 MMSS 시스템 구성 및 운영 소프트웨어에 대한 개략적인 소개와 그에 따른 활용 방안을 논하고자 한다.

**ABSTRACT** We have developed the Mobile Multi Sensor System(MMSS) for the data construction of 4S application and for basic technology acquisition of mobile mapping system in Korea. Using this MMSS, we will collect the information of road and road facilities for DB creation and also construct the Digital Elevation Model(DEM) as ancillary data in urban area. The MMSS consist of the integrated navigation sensor, DGPS & IMU, and digital CCD camera set. In the S/W aspect, we developed the post-processing components for extracting the 3D coordinate information(Spatial Information) and the client program for the MMSS user group. In this paper, we will overview the MMSS constitution and post-processing program, and introduce the utilization plan of MMSS.

**키워드** : MMSS, GPS/IMU 통합, 3차원 좌표 추출, 도심 Base DEM 구축

### 1. 서론

지난 여러 해 동안, 많은 연구 기관과 국가에서는 4S(ITS, GIS, GNSS, SIIS) 분야에서의 근간이 되는 기초 데이터구축의 일환으로써 모바일 매핑 시스템에 대한 많은 연구가 진행되어 왔다. 미국의 경우,

1970년대부터 사진기록차량을 이용하여 도로시설물을 조사하는 연구를 시작했고, 1980년대 후반부터 위성콘신주, 뉴욕주, 코네티컷주 등의 교통국에서 고속도로에 대하여 사진 기록 차량을 적용한 사례가 있다. 더욱이 최근에 와서는 3차원 위치 정보뿐만 아니라 활용 분야가 커짐에 따라 다양한 센서를 장착한 모바일

\* 한국전자통신연구원 공간영상정보연구팀 연구원

\*\* 이엔지정보기술(주) 연구원

\*\*\* 이엔지정보기술(주) 대표이사

\*\*\*\* 한국전자통신연구원 4S 통합기술연구팀 팀장

\*\*\*\*\* 한국전자통신연구원 공간영상정보 연구장

매핑 시스템들이 개발되고 있다.

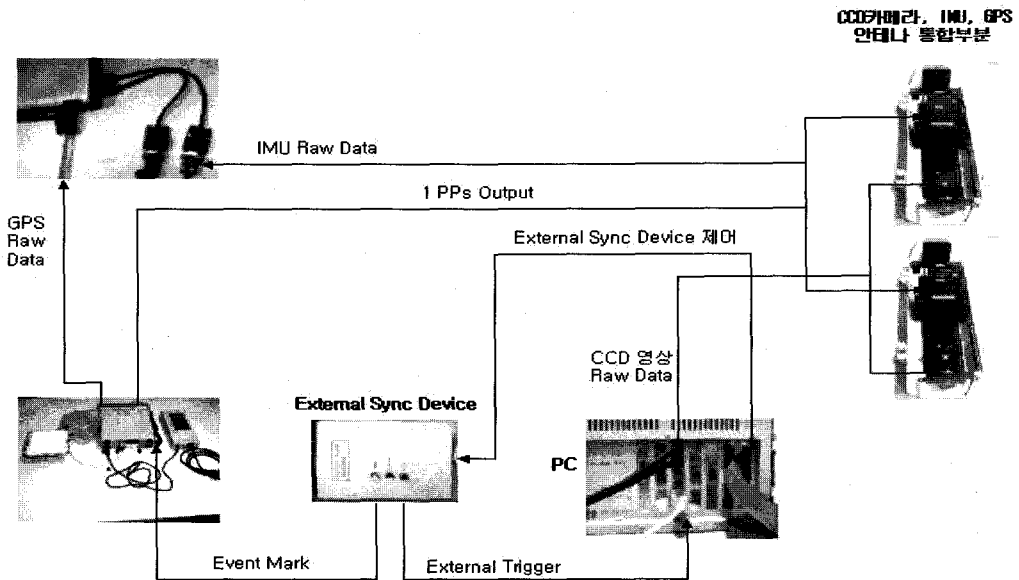
이러한 모바일 매핑 시스템은 크게 항측 센서, 매핑을 위한 센서, 그리고 이러한 센서를 장착한 이동체의 세 부분으로 분류할 수 있다.

먼저, 항측 센서로 활용되고 있는 GPS는 위치에 대한 정확한 정보를 획득할 수 있는 장점이 있는 반면, 항상 4개 이상의 GPS 위성신호를 수신하여야 측량이 가능하여 고층 건물, 지하도등과 같이 GPS 수신이 어려운 지역에서는 사용이 어렵다는 단점이 있다. 반면에, 관성항법장치인 INS(Inertial Navigation System)는 이동체에 장착되는 관성센서(IMU : Inertial Measurement Unit) 즉 가속도를 측정하는 가속도계와 회전 각도를 감시하는 자이로스코우프를 내장하고 있으므로 외부 환경에 상관없이 끊임없이 이동하는 이동체의 현재 위치, 속도 및 자세를 자율적으로 계산해 내는 정밀 계측장치이다. 그러나 중저가 IMU를 이용한 INS의 경우는 장기간의 측량이 이루어졌을 경우, 에러가 축적이 되어 많은 오차를 가지게 된다. 따라서 비관성센서인 GPS와 관성센서인 IMU의 장단점을 보완하여 정확한 위치와 자세를 얻는 방법들이 연구되어 왔다.

모바일 매핑을 위한 매핑 센서의 경우는 디지털 CCD 카메라가 많이 이용되었으나, 최근에는 정확한 3차원 좌표 추출뿐만 아니라, 다양한 분야에서 활용도가 커지면서 모바일 비디오 카메라, 모바일 레이저, 모바일 레이더 등 다양한 모바일 센서들이 각 응용 분야에 적절하게 활용되고 있다. 가장 대표적인 모바일 매핑 시스템으로서는 GPS-VanTM, VISAT-Van, TruckMapTM, KiSS, GPS Vision[6], GeoMaster[7] 등을 들 수 있는데, 활용 목적에 따라 다양한 형태의 매핑 센서를 장착한 모바일 매핑 시스템이 개발되고 있다.

하지만, 우리나라의 경우 모바일 매핑 시스템의 활용 측면에서, 도로 시설물 DB 구축을 위해 관측된 CCD 영상과 GIS 데이터와의 단순 연결 차원에 머무르고 있는 것이 현실이며, 기반 기술 수준도 아직은 미비한 상태이다.

이러한 관점에서 본 연구팀은 우리나라의 모바일 매핑 시스템 분야에 있어서의 기반 기술 확보 및 4S 분야와 같은 응용 분야의 근간이 되는 데이터 구축의 일환으로써 모바일 멀티 센서 시스템 및 후처리 컴포넌트 프로그램을 개발하고 있다. 현재, 본 연구팀이 운



<그림 1> 시스템 구성도

용하고 있는 MMSS 시스템은 하드웨어 측면으로는 DGPS와 IMU로 구성된 항측 센서를 비롯하여 디지털 CCD 카메라(향후 모바일 레이저 장비 장착 예정)로 구성이 되어 있으며, 소프트웨어 측면으로는 MMSS로부터 얻어지는 데이터를 이용하여 정밀한 3차원 좌표를 추출하기 위한 후처리 컴포넌트 및 클라이언트용 프로그램을 개발하고 있다. 이러한 시스템을 이용하여 본 연구팀은 도심 지역의 도로 및 도로 시설물 DB 구축을 위한 정보 수집은 물론, 도심 지역에 대한 DEM 구축의 보조 자료로서 활용뿐 아니라 다양한 센서로부터 얻어지는 자료를 융합하여 도심 지역의 특징 추출과 같은 응용 분야를 활용할 계획이다.

본 논문에서는 현재 운용 중인 MMSS 시스템의 구성 및 후처리 소프트웨어에 대한 개략적인 소개와 그에 따른 활용 방안을 논하고자 한다.

본 논문의 2장에서는 MMSS 시스템에 대한 일반적인 구성에 대해서 다루고, 3장에서는 3차원 좌표 추출 방법론에 대해 기술하였다. 그리고 4장은 이러한 좌표추출 방법론을 이용하여 구현된 각 컴포넌트 및 결과를 언급하고, 5장에서는 MMSS 시스템을 이용한 응용 대상 분야를 소개한다. 마지막으로 6장에서는 결론을 맺는다.

## 2. 시스템 개요

MMSS를 구성하고 있는 하드웨어 구성은 크게 세 부분으로 나누어 질 수 있다.

### 2.1 디지털 CCD 카메라

차량 지붕에 고정 설치한 프레임에 부착된 하우징 내부에 디지털 CCD 카메라가 장착이 되었다. CCD 카메라간의 기선거리는 입체영상을 획득하기 위해 약 2m를 유지 할 수 있도록 되어 있으며, 향후 모바일 레이저 센서와의 통합 운용을 위하여 차량 프레임은 차량 전후좌우 방향으로 하우징이 고정될 수 있도록 설계되어 있다.

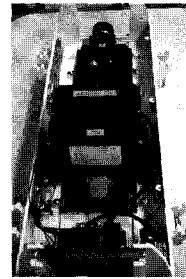


〈그림 2〉 CCD 카메라

### 2.2 항측 센서

항측센서로서 IMU장비는 하우징 내에 CCD카메라와 IMU 장비가 함께 장착이 됨으로서 항상 3차원 좌표축에 대한 정보를 얻을 수 있도록 구성이 되어 있다.

또한, GPS 수신용 안테나는 CCD 카메라가 장착된 하우징 위에 고정 할 수 있도록 되어 있으며, 2대의 GPS 안테나를 이용하여 하나는 하우징 앞쪽에, 나머지 한 대의 GPS 안테나는 하우징 뒤쪽에 설치되었다.



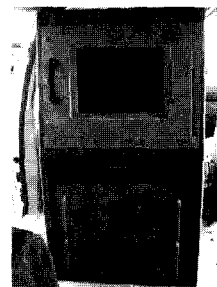
〈그림 3〉 IMU

이러한 방법을 통하여 두 대의 GPS간의 기선벡터로부터 촬영방향에 대한 방위각과 3차원 좌표축에 대한 회전력을 산출 할 수가 있다.

### 2.3 시간 동기화 및 운용 시스템

#### 2.3.1. 운용 시스템

그림 1에서 볼 수 있는 바와 같이 차량 운행 중에 얻어지는 모든 데이터(GPS, IMU, CCD영상)는 차량 내부의 시스템에 의해 수집·운용이 된다.



〈그림 4〉 운용 시스템

즉, 디지털 CCD 카메라 영상은 차량내부에 설치된 PC에 영상을 받을 수 있는 Frame Grabber를 설

치하여 각각의 CCD 영상 데이터를 저장하게 되며, IMU GPS 신호와의 동기화를 위해 외부 동기화 장치(External Sync. Device)를 통해서 각각의 센서 동기화가 이루어지도록 되어 있다.

2.3.2 외부 동기화 장치.

CCD 카메라와 GPS신호의 동기화는 ESD (External Sync Device ; 외부 동기화 장치)를 이용하였다. 즉, CCD 카메라를 제어하는 External Trigger와 GPS의 Event Mark를 이용하여, External Trigger를 통해 CCD 카메라의 셔터를 오픈 하는 순간과 동시에 Event Mark를GPS에 인식시키는 방법으로 CCD카메라의 영상획득 순간과 GPS를 이용하여 획득된 데이터를 동기화 시킨다. 이 장치는 소프트웨어에서 사용자가 원하는 시간(0.001sec ~ 24sec)을 설정하게 되면 일정간격으로 CCD영상을 제어하는 Frame Grabber에 Trigger를 보내는 동시에 GPS수신기에 Event Mark를 보내어 CCD 영상의 획득 순간에 대한 GPS 정보를 취득할 수 있도록 구성되어 있다.

3. 3차원 좌표 추출

MMSS를 활용하여 3차원 좌표를 추출하기 위해서는 먼저 렌즈 및 카메라 자세에 대한 보정을 선행하여 수행해야 하고, 자세보정 결과와 확장 칼만 필터 (Extended kalman filter)를 통하여 GPS/INS 센서를 통합하여 정밀한 위치와 자세정보를 얻어내어야 한다. 이러한 결과들을 바탕으로 각 CCD 영상별 외부 표정요소를 산출하게 되며, 산출된 표정요소를 통해 3차원 좌표 추출할 수 있는 기본 초기 설정이 이루어지게 된다.

3.1 GPS/INS 위치, 속도 정보 추출

GPS위성을 이용하여 위치를 결정하는 방법[1],[2]은 사용되는 정보에 따라 코드를 이용하는 방법과 반송파를 이용하는 방법으로 나눌 수 있으나 일반적으로는 코드정보의 의사거리 측정치를 이용하여 구한다. 의사거리 측정치를 이용한 위치 결정 알고리즘은 최소자승법, Direct method, 칼만 필터 등이 널리 활용되고 있는데, 그 중 최소자승법의 경우 반복적으로 최소자승법을 적용하여 위치 해를 구하는 방식이다. 이러한 의사거리 측정 모델은 식1과 같이 나타내어지며 최소자승법은 이를 선형화하여 반복적으로 최소자승법을 적용하여 해를 구할 수 있다.

$$\rho_i = \sqrt{(x_i - x_u)^2 + (y_i - y_u)^2 + (z_i - z_u)^2} + c b_u + \epsilon_i \quad (1)$$

여기서,

- $\rho_i$  : 위성 i의 의사거리 측정치.
- $p = [x_u, y_u, z_u]$  : 수신기의 3차원 좌표.
- $s = [x_i, y_i, z_i]$  : 위성 i의 위치.
- $\epsilon_i$  : 의사거리 측정오차.

위식을 선형화 기준점에서 테일러급수로 전개하여 2차이상항을 무시하고 정리하면 다음과 같이 나타내어진다.

$$\rho_i = \hat{\rho}_i - \frac{x_i - x_u}{r_i} \Delta x - \frac{y_i - y_u}{r_i} \Delta y - \frac{z_i - z_u}{r_i} \Delta z + c \Delta b_u + \epsilon_i \quad (2)$$

여기서,  $\gamma_i$ 는

$$\gamma_i = \sqrt{(x_i - x_u)^2 + (y_i - y_u)^2 + (z_i - z_u)^2} \quad (3)$$

로 표현가능하다.

위식을 다시 N개의 위성에 대하여 정리하면 다음과 같이 되며

$$\Delta \rho = H \Delta X + \epsilon \quad (4)$$

$$\Delta \rho = \begin{bmatrix} \Delta \rho_1 \\ \Delta \rho_2 \\ \vdots \\ \rho_N \end{bmatrix}, \quad H = \begin{bmatrix} a_{x1} & a_{y1} & a_{z1} & 1 \\ a_{x2} & a_{y2} & a_{z2} & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{xN} & a_{yN} & a_{zN} & 1 \end{bmatrix}$$

$$\Delta X = \begin{bmatrix} \Delta X_u \\ \Delta Y_u \\ \Delta Z_u \\ -c \Delta b_u \end{bmatrix}$$

$$a_x = \frac{x_i - x_u}{r_i}, \quad a_y = \frac{y_i - y_u}{r_i},$$

$$a_z = \frac{z_i - z_u}{r_i} \quad (5)$$

여기서 각각의 항은

- $\Delta \rho$  : 의사거리 변위량
- $H$  : 시선각 벡터 Matrix
- $\Delta X$  : 위치 변위량
- $a_x, a_y, a_z$  : unit vector

이다.

이에 대해 최소자승법을 적용하면 다음과 같다

$$\Delta X = (H^T H)^{-1} H^T \Delta \rho \quad (6)$$

위 식에서 공분산오차는 의사거리 측정오차와 위

성배열에 관련이 있음을 알 수 있다.

항측센서로 사용되는 관성항법장치는 적분 연산과정에 의하여 시간이 경과함에 따라 오차가 누적되게 된다. 따라서 IMU의 위치 및 자세오차를 보정하기 위하여 GPS의 위치, 속도정보와 자세 정보와 통합하여 칼만필터를 구성한다. 이때 오차 보정은 간접 되먹임(indirect feedback)방식을 활용하며 필터구성을 위한 모델구성은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \dot{x} &= F_{INS} x + w, \quad w \sim N(0, Q) \\ z &= Hx + v, \quad v \sim N(0, R) \end{aligned} \quad (7)$$

$$H = [I7 \times 7 : 07 \times 5]$$

$$x = [\delta L \ \delta l \ \delta V_N \ \delta V_E \ \phi_N \ \phi_E \ \phi_D \ \nabla x \ \nabla y \ \varepsilon_x \ \varepsilon_y \ \varepsilon_z]$$

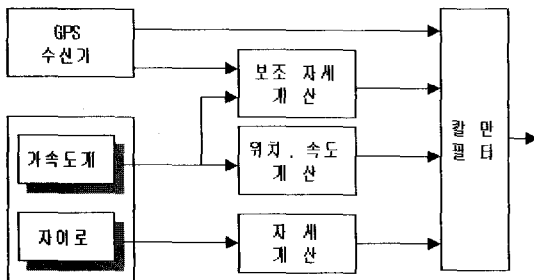
여기서,

- $F_{INS}$  : 시스템 행렬,  $w$  : 공정잡음
- $Q$  : 공정잡음의 공분산행렬
- $H$  : 측정행렬  $x$  : 상태 변수
- $\delta L, \delta l$  : 위치오차  $\delta V_N, \delta V_E$  : 속도오차
- $\phi_N, \phi_E, \phi_D$  : 자세오차
- $\nabla x, \nabla y$  : 가속도계 바이어스
- $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$  : 자이로 바이어스

이다.

시스템 행렬  $F_{INS}$ 는 INS 오차 모델을 사용하여 구성 하며, 상태변수는 위치오차 및 속도오차, 자세오차, 가속도계 바이어스, 자이로바이어스로 구성한다. 칼만 필터의 측정치는 다음의 식과 같이 구성하여 INS의 위치 속도, 자세, 가속도계 바이어스 및 자이로 바이어스 오차를 추정, 보정한다.

$$z = [L_{INS} \ l_{INS} \ V_{N(INS)} \ V_{E(INS)} \ \phi_x \ \theta_x \ \phi_y] - [L_{GPS} \ l_{GPS} \ V_{N(GPS)} \ V_{E(GPS)} \ \phi_a \ \theta_a \ \phi_{GPS}] \quad (8)$$



〈그림 5〉 오차 보정 구성도

### 3.2 CCD Calibration

#### 3.2.1 렌즈 보정

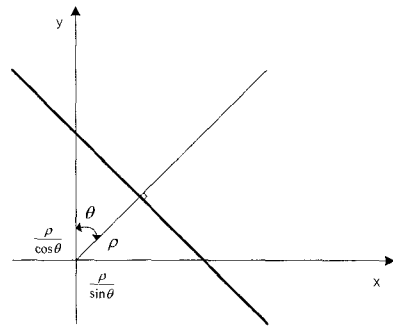
CCD 카메라의 렌즈 왜곡요소를 보정하기 위한 방법으로 본 연구에서는 연직선 기법을 이용하였다. 연직선(Plumb-Line)방법은 직선의 투시투영은 그 자체가 왜곡이 없는 하나의 직선이라는 점을 이용하여 지상 사진기의 사진 검정을 위해 개발된 것이다.[3]

이러한 방법은 연직선의 편차(방사왜곡 및 접선왜곡 계수)는 사진의 왜곡 보정식을 유도하는데 이용될 수 있다

$$x \sin(\theta) + y \sin(\theta) = \rho \quad (9)$$

여기서,

- $\rho$  : 원점으로부터 선분까지의 거리
- $y$  : y축 및 선분에 수직인 선 사이의 각이다.



〈그림 6〉 상좌표계 내에서의 직선의 점의

#### 3.2.2 카메라 자세보정

CCD 카메라 영상을 이용하여 3차원 좌표를 추출하기 위해서는 촬영 당시 환경의 영향으로 인해, 엄밀한 수직 영상을 취득할 수 없으므로 촬영점의 위치나 경사, 축척 등을 고려해 주어야 한다. 이러한 방법으로 단사진표정(orientation of single photography)과 입체사진 표정(orientation of stereo photography)을 들 수 있다.[4][5]

이러한 방법들은 주로 공선조건을 이용하여 계산하게 되며, 공선 조건식을 6개의 외부 표정요소에 관한 함수로 나타내면 다음과 같다.

$$F(X_o, Y_o, Z_o, x, \phi, \omega) = -f \frac{r_{11}(X-X_o) + r_{12}(Y-Y_o) + r_{13}(Z-Z_o)}{r_{31}(X-X_o) + r_{32}(Y-Y_o) + r_{33}(Z-Z_o)} - x = 0 \quad (10)$$

$$G(X_o, Y_o, Z_o, x, \phi, \omega) = -f \frac{r_{21}(X-X_o) + r_{22}(Y-Y_o) + r_{23}(Z-Z_o)}{r_{31}(X-X_o) + r_{32}(Y-Y_o) + r_{33}(Z-Z_o)} - y = 0 \quad (11)$$

여기서,

- f : 카메라 초점거리
- $r_{i,j}$  : 회전행렬의 i,j번째 항
- X, Y, Z : 모델좌표
- $X_o, Y_o, Z_o$  : 투영중심좌표
- $x, \phi, \omega$  : 회전요소     $x, y$  : 사진 좌표

이다.

위 수식을 테일러 기법을 이용하여 선형화시키면 다음과 같이 나타낼 수 있다(단, 2차항 이상 무시)

$$F(X_o, Y_o, Z_o, x, \phi, \omega) = F(X_{00}, Y_{00}, Z_{00}, x_0, \phi_0, \omega_0) - \frac{\partial F}{\partial X_o} \Delta X_o - \frac{\partial F}{\partial Y_o} \Delta Y_o - \frac{\partial F}{\partial Z_o} \Delta Z_o - \frac{\partial F}{\partial x_0} \Delta x_0 - \frac{\partial F}{\partial \phi_0} \Delta \phi_0 - \frac{\partial F}{\partial \omega_0} \Delta \omega_0 = 0 \quad (12)$$

$$G(X_o, Y_o, Z_o, x, \phi, \omega) = G(X_{00}, Y_{00}, Z_{00}, x_0, \phi_0, \omega_0) - \frac{\partial G}{\partial X_o} \Delta X_o - \frac{\partial G}{\partial Y_o} \Delta Y_o - \frac{\partial G}{\partial Z_o} \Delta Z_o - \frac{\partial G}{\partial x_0} \Delta x_0 - \frac{\partial G}{\partial \phi_0} \Delta \phi_0 - \frac{\partial G}{\partial \omega_0} \Delta \omega_0 = 0 \quad (13)$$

#### 4. 3차원 좌표 추출 컴포넌트 개발 및 실험 결과

MMSS는 관측하고자 하는 실세계영역에 대해서 형상의 3차원 좌표를 추출하기 위해 고안된 시스템이다. 즉, 관측 대상영역에서 데이터를 획득한 후, GPS/IMU 장비의 데이터를 통합한 위치 및 자세정보와 결합함으로써 영상쌍내에서 형상의 3차원 좌표를 추출하고자 하는 시스템이다. 이러한 MMSS에서 얻어진 데이터를 처리하기 위한 후처리 프로그램에 대한 다이어그램을 그림 7에 나타내었다.

본 후처리 프로그램은 Windows 2000/NT 환경에서 작동하도록 개발되었으며, 사용의 편의성을 위해 워저드 방식의 컴포넌트로 제작되었다.

본 논문에서 개발된 MMSS 시스템의 성능 검증을 위해 대전 한국과학기술대학교 내에서 MMSS를 시험 운용하였다.

이 실험의 주 목적은 MMSS를 운용하여 영상쌍으로 이루어진 데이터를 수집한 후, 수집된 영상쌍내에서의 임의의 측정점에 대해 후처리 과정을 수행한 후

의 결과치를 검증하는데 그 목적이 있다. 따라서 추출된 3차원 좌표의 정확도를 검증할 만한 기준점들이 필요하다. 이를 위하여 본 연구팀은 MMSS 운용후 기 설치된 타깃을 재 관측함으로써 후처리된 3차원 좌표 측정 점과 정밀 측위된 타깃의 좌표 값을 비교 분석하였다.

그림 8은 본 연구에서 활용된 타깃에 대한 그림이다. 그림에서 표시된 각 점들은 토달스테이션을 이용하여 정밀측위를 행하였으며, 한국과학기술대학교 내를 운행하면서 2초 간격으로 데이터를 획득하였다. 마지막으로, 다시 처음 출발한 지점으로 돌아와 3차원 좌표 추출에 대한 검증을 위해 기 설치된 타깃을 재 촬영한후 실험을 마쳤다.

그림 9는 초기 카메라 자세 보정을 위해 얻어진 데이터를 처리한 결과를 정밀측위한 점과 비교 표시하였다. 이 과정은 초기 설정 과정으로서 MMSS 운용시에 한번만 이루어지게 된다.

마지막으로, 그림 11은 최종 검증자료로서 타깃 점들을 재 촬영한 결과를 보였는데, 운용결과를 분석하기 위한 척도로는 각 측정점에 대한 절대 좌표 오차와 상대좌표 오차값을 활용하였다.

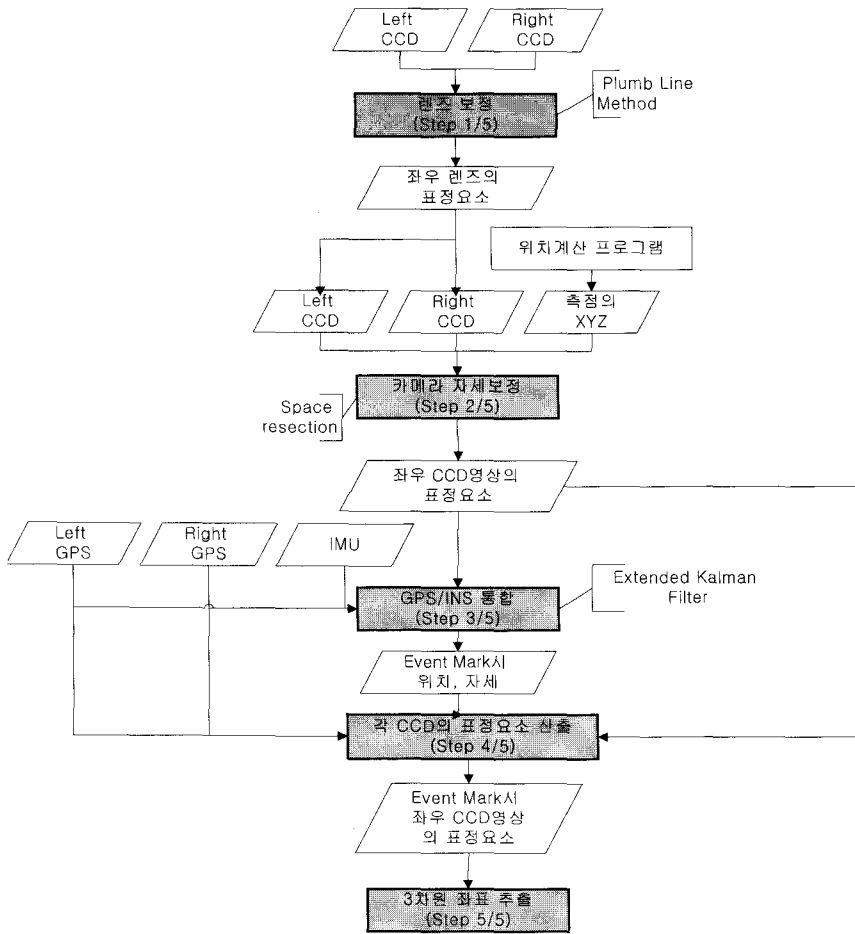
여기서, 상대오차는 정밀 측위한 각 측정점간 거리와 MMSS를 운용하여 얻어진 영상에서 얻어지는 측정점간의 거리에 대한 오차로 정의를 하였으며, 그 식은 다음과 같다.

$$\rho = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} \|P_o(x, y, z) - P_i(x, y, z)\| - \|P_o(x, y, z) - \bar{P}_i(x, y, z)\| \quad (14)$$

여기서,  $\rho$  : 상대오차    N : 측정점 수  
 $P_o, P_i$  : 정밀측위점     $\bar{P}_o, \bar{P}_i$  : 측정점이다.

상대오차의 기준( $P_o, \bar{P}_o$ )으로는 1번 타깃 점을 기준으로 다른 타깃 점과의 상대 거리를 측정하여 오차를 산정하였다.

각각의 분석 결과는 그림 11과 그림 12 및 표 1에서 볼 수 있는데, 표에서 볼 수 있는 바와 같이 각 측정점에 대한 절대좌표 오차는 대략 75cm 정도의 오차를 보이고 있으며, 상대오차는 약 23cm 정도의 오차를 가짐을 확인할 수 있었다.



〈그림 7〉 후처리 컴포넌트 프로그램 흐름도

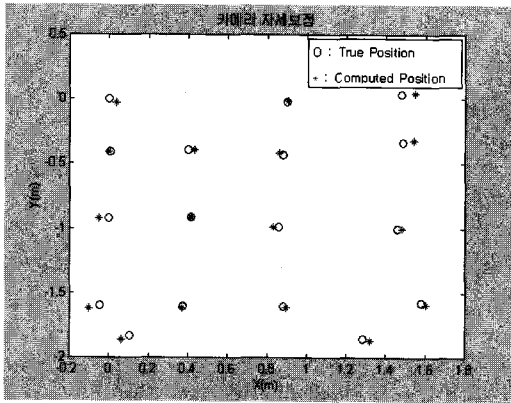


〈그림 8〉 타깃 설치 화면

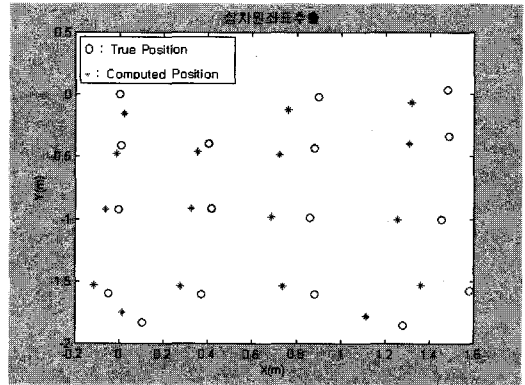
〈표 1〉 측정 결과치

T.M 좌표 기준, 단위 : m

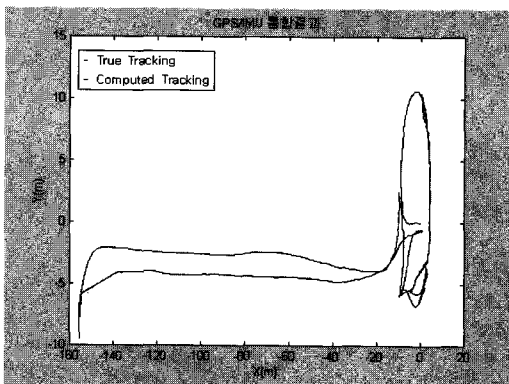
	정밀측위			측정치			절대오차	상대오차
	X	Y	Z	$\bar{X}$	$\bar{Y}$	$\bar{Z}$		
1	232206.84	66.39	318837.64	232206.86	66.24	318838.28	0.660	-
2	232207.74	66.37	318837.14	232207.60	66.27	318837.93	0.805	0.208
3	232208.32	66.43	318836.84	232208.16	66.33	318837.73	0.911	0.270
4	232206.85	65.99	318837.39	232206.83	65.92	318838.20	0.814	0.140
5	232207.24	67.00	318837.25	232207.19	65.93	318838.11	0.866	0.200
6	232207.73	65.96	318837.15	232207.57	65.91	318837.85	0.718	0.201
7	232208.33	66.06	318836.85	232208.15	66.00	318837.66	0.833	0.268
8	232204.84	65.47	318837.41	232206.78	65.47	318838.12	0.714	0.152
9	232207.26	65.48	318837.25	232207.17	65.47	318838.00	0.755	0.205
10	232207.70	65.40	318837.14	232207.53	65.41	318837.78	0.663	0.227
11	232208.30	65.39	318836.86	232208.10	65.39	318837.56	0.723	0.268
12	232206.80	64.80	318837.39	232206.73	64.86	318838.07	0.690	0.209
13	232207.21	64.79	318837.24	232207.15	64.85	318837.96	0.728	0.246
14	232207.72	64.79	318837.06	232207.58	64.85	318837.77	0.735	0.277
15	232208.42	64.82	318836.81	232208.20	64.86	318837.45	0.665	0.278
16	232206.95	64.56	318837.34	232206.85	64.64	318837.99	0.668	0.235
17	232208.12	64.54	318836.88	232207.96	64.61	318837.61	0.754	0.304
평균							0.747	0.231



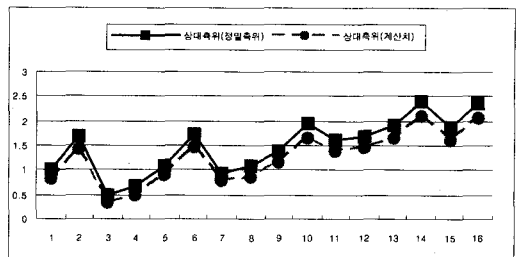
〈그림 9〉 자세 보정 결과



〈그림 11〉 3차원 좌표 추출 결과



〈그림 10〉 GPS/IMU 통합 결과



〈그림 12〉 상대 오차



## 5. 응용분야

### 5.1 MMSS를 이용한 도심 지역 DEM 구축

IKONOS영상과 같은 1m정도의 고해상도 영상에서 DEM을 구축하는 방법은 기 구축된 수치지도나 기준점을 이용하거나, 스테레오 영상 매칭을 통하여 구축을 하는 등 여러 가지 방법이 있으나, 직접적으로 적용하는데 많은 어려움이 따르고 있다. 즉, 고해상도 영상의 경우, 저해상도 위성영상에 비해 많은 잡음이 존재할 뿐만 아니라, 도로 역시 선(line)이 아닌 면(region)으로 표시가 되는 등 저해상도 위성영상을 해석하는데 적용되었던 일반적인 알고리즘을 그대로 적용하기엔 부적당한 면이 있기 때문이다. 더구나, 폐색영역에 대한 해석이 큰 관건이 되고 있는데, 특히, 센서 모델링의 경우, 도시지역에 대한 DEM 생성에 있어서 많은 연구가 필요한 실정이다.

따라서, 우리는 도시 지역 DEM구축의 대안으로서 항공 라이다(Airborne LIDAR)+모바일 레이저(Mobile Laser)+모바일 CCD 센서를 이용한 도시 지역 DEM을 구축의 또 다른 대안으로 계획 중이다. 다시 말해서, 항공 라이다를 통해 얻어지는 정보 중 손실되는 정보(대형 건물에 의한 폐색영역, 건물의 기하학적인 형태에 따른 폐색영역 등)에 대해 이번 개발될 MMSS 시스템은 보완자료 수집으로서 큰 역할을 할 것이다. 결국, MMSS 시스템은 도시지역의 지형지물 추출 및 폐색영역을 관측하는데 있어서 관측 platform 역할을 수행할 계획이다.

### 5.2 도심 지역 특징 추출

항공 LIDAR의 경우 대형 건물에 대한 건물 추출 및 도로 추출에 대한 많은 연구가 이루어지고 있으나, 낮은 건물이나 도로 등에 대한 정보를 추출해 내기엔 많은 기술적 문제점을 안고 있다.

반면에, 모바일 레이저의 경우, 도심 지역의 건물, 도로 등을 추출해 내는데 탁월한 성능을 보이곤 있으나, 모바일 레이저 레인지 특성상 스캔할 수 있는 거리가 제한되어 있으며, 모바일 레이저 단독의 데이터를 이용하여 우리가 원하는 정보를 추출하는 데는 한계가 있다. 더구나, 상대적으로 대형건물을 추출하는데 있어서는 한계를 보인다.

따라서, 우리는 항공 LIDAR와 모바일 레이저, 모바일 CCD 센서를 통합 운영하여 각각의 센서가 추출해 낸 데이터를 융합함으로써 도심 지역에 대한 자세하면서도 광대한 정보를 수집하고자 한다.

## 6. 결론

본 논문은 현재 개발된 MMSS 시스템 및 후처리 컴포넌트 프로그램을 소개하면서, 그에 따른 활용 방안에 대해서 논하였다. 본 연구를 통해 이루어진 결과는 현재 본 연구팀이 개발하고 있는 고정밀 위성영상 처리 기술 개발 과제의 일부분으로 통합될 예정이며, 이러한 연구를 통해서 고해상도 위성 영상에서 얻어지는 정보의 한계성을 극복하고 다양한 센서를 통한 보다 폭 넓은 도시 지역의 3D GIS 정보를 구축할 수 있으리라 본다. 또한, 4S 분야로의 응용 분야 확대를 위한 데이터 구축이라는 측면에서 큰 공헌을 할 것이다.

## 참고문헌

- [1] 김진원, . "GPS 반송파 위상과 INS를 상호 보완적으로 이용한 자세추정", 서울대학교 공학박사학위논문, 1998
- [2] Farrel, F., and Barth, M., *The Global Positioning System and Inertial Navigation*, McGraw-Hill, 1999
- [3] Fryer, J.G., and Brown, D.C., "Lens Distortion for Close-Range Photogrammetry", PE&RS Vol.52 No.1, 1986, pp. 51-58,
- [4] Wolf, P., and Dewitt, B.A., "Elements of Photogrammetry", McGraw-Hill, 3rd Ed., 2000
- [5] El-Hakim, S. F., "Real-Time Image Metrology with CCD Cameras", PE&RS, Vol.52No.11, 1986, pp.1757-1776
- [6] He, G. , "Design of a mobile system for GIS data collection," IAPRS, Vol31, part B2, 1996, pp.154-159.
- [7] Tamura, T., Kitagawa, T., Tsuji, K. Uchida O., Shimogaki, Y., "The GPS/IMS integration and kinematic photogrammetry for mobile mapping system," IAPRS, Vol. 32, part 5, 1998, pp 824-829.



김 광 응

1999년 경북대학교 전자공학과 졸업(학사)

2001년 경북대학교 전자공학과 졸업(학사)

2001.2~ 현재 한국전자통신연구원 공간영상정보  
연구팀 연구원

관심 분야 : RS, GIS, 영상처리 등



**윤 여 상**

1999년 인하대학교 지리정보공학과 졸업

2001년 인하대학교 지리정보공학과 대학원 졸업

현 이엔지정보기술(주) 연구원

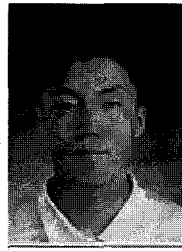


**최 종 현**

1993년 충남대학교 토목공학과 졸업

1995년~ 충남대학교 토목공학과 대학원 박사수료

현 이엔지정보기술(주) 대표이사



**김 민 수**

1994년 부산대학교 졸업(학사)

1996년 부산대학교 전자계산학과 졸업(석사)

1996년 시스템공학연구소

1998년~현재 한국전자통신연구원 4S통합기술연구팀 팀장

관심분야: 공간데이터베이스, GIS, Mobile GIS, LBS 등



**김 경 옥**

1976년 서울대학교 의류학 학사

1987년 오하이오 주립대학 전산학 석사

1988년 오하이오 주립대학 전산학 박사과정 수료

1988년~1997년 시스템 공학연구소

1998년 충남대학교 컴퓨터공학 박사

1998년~현재 한국전자통신연구원 공간영상정보연구팀장