

# 모바일 매핑시스템을 위한 멀티 센서 통합 및 동기화 방안 연구

## Development Research of Integration and Synchronization of Multi Sensors for Mobile Mapping System

박영무\*, 이종기\*\*, 성정곤\*\*\*, 김병국\*\*\*\*

Young-Moo Park, Jong-Ki Lee, Jeong-Gon Sung, Byung-Guk Kim

\*인하대학교 지리정보공학과 석사과정 (g22031287@inhavision.inha.ac.kr)

\*\*인하대학교 지리정보공학과 박사과정 (g22021543@inhavision.inha.ac.kr)

\*\*\*한국건설기술연구원 도로연구부 선임연구원 (jgsung@kict.re.kr)

\*\*\*\*인하대학교 공과대학 환경토목공학부 부교수 (byungkim@inha.ac.kr)

**요 약** 모바일 매핑시스템은 차량에 GPS(Global Positioning System), IMU(Inertial Measurement Unit), CCD 카메라 등을 탑재하고 공간 및 속성 정보를 취득하는 효율적인 방법이다. 모바일 매핑시스템은 도로 시설물 관리, 지도 갱신 등 다양한 분야에 이용되고 있다. 국외에서 개발된 모바일 매핑 시스템을 업그레이드하거나 새로운 센서를 추가하고자 할 때 기존 시스템의 센서 통합 및 동기화 방안을 알 수 없으므로 시스템의 개선 및 향상이 어렵다.

본 연구에서는 모바일 매핑시스템의 개선 및 센서추가를 위해서 모바일 매핑시스템에 기본적으로 필요한 GPS, IMU, 그리고 CCD 카메라 등의 효율적인 통합 및 동기화 구현 방안을 제시하고, 동기화에 필요한 각 센서의 요구사항을 파악한 후 동기화 장비를 설계 및 제작하였다. 또한, 향후 추가될 센서인 레이저, 오도미터(Odometer) 등을 센서가 추가될 경우를 고려하여 통합장비를 설계하였다.

---

**키워드** : 모바일 매핑시스템, 센서, 동기화

### 1. 서론

3차원 객체로 이루어져 있는 기본적인

공간과 속성정보의 효율적인 수집을 위하여 현시성, 동시성을 갖춘 정보 취득 방안이 필요하다. 차량에 GPS, IMU, CCD 카메라를 탑재하고 위치, 자세, 영상 등의

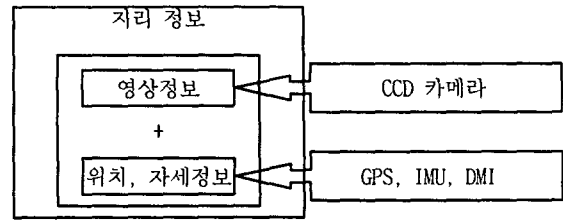
지리 정보를 취득하는 모바일 매핑시스템이 출현하였으나 아직 국내에서 GPS, IMU, CCD 등의 장비 통합 및 동기화 기술이 개발되지 않았다. 특히, GPS는 GPS 시간대를 사용하고 IMU는 컴퓨터 시간을 사용하므로 두 시간대의 보정에 따라서 정확도의 차이가 생긴다. 그러므로 동기화를 위해서 기존의 통합시스템이나 각 센서를 통합할 수 있는 모듈을 개발해야 한다. 국외에서 개발된 통합시스템은 고가이며 통합 방법 및 동기화 방안을 알 수 없으므로 다른 센서를 추가할 경우 시스템의 개선 및 향상이 어렵다. 따라서 우리 시스템에 적합하게 센서(GPS, IMU, CCD카메라 등)를 통합 및 동기화 할 수 있는 기술이 필요하다.

본 연구에서는 모바일 매핑시스템에 적합한 센서 통합 및 동기화 방법을 제안하고 실험을 통하여 모바일 매핑시스템으로의 발전 가능성을 확인하였다. 본 논문의 구성은 먼저 2장에서 멀티 센서 통합 및 동기화 원리에 대해서 알아보고 3장에서 세 가지의 동기화 방안을 제안하였다. 4장에서는 동기화 필요한 센서 요구사항을 알아본 후 동기화 장비를 설계 및 실험을 하였다. 마지막으로 5장에서 향후 연구 계획을 논의하고 결론을 맺는다.

## 2. 멀티 센서 통합 및 동기화 원리

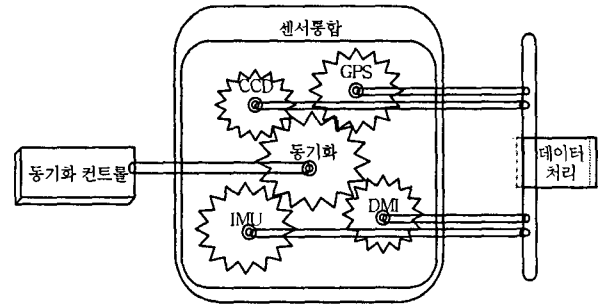
### 2.1 멀티 센서 통합 및 동기화

멀티 센서는 <그림 1>과 같이 영상을 획득하는 CCD(Couple Charged Device) 카메라 시스템, 위치 정보를 제공하는 GPS(Global Positioning System), 자세 정보를 제공하는 IMU(Inertial Measurement Unit), 주행 거리 정보를 주는 DMI(Distance Measurement Instrument) 등으로 나눌 수 있다.



<그림 1> 센서별 취득 정보

센서 통합 및 동기화를 위해서는 각 센서별 특징 및 요구사항을 충분히 고려해야 한다. 또한, 단순히 하드웨어 결합 뿐 만 아니라 향후 소프트웨어 결합을 위해 필요한 사항까지 포함시켜야 한다. <그림 2>는 센서 통합 및 동기화 개념도이다.



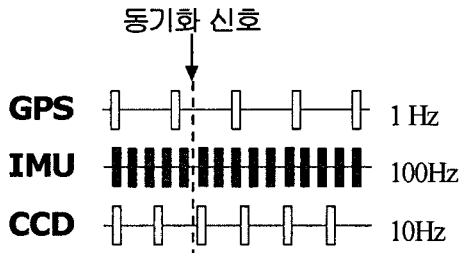
<그림 2> 센서 통합 및 동기화 개념도

### 2.2 멀티 센서 통합 및 동기화 핵심 기술

실시간 CCD 카메라, GPS 및 IMU 등의 통합하기 위한 방법은 하드웨어와 소프트웨어부분으로 나누어볼 수 있다. 각각의 방법에 대해 설명하면 다음과 같다.

하드웨어 통합 방법은 외부 동기화 장치(External Synchronization Device)에서 일정한 신호를 CCD 카메라와 GPS수신기로 보내어 자료의 동기화가 이루어지도록 하는 것이다. 외부 동기화 장치에서 발생하는 동기화 신호는 동기화 장치 자체에서 발생하는 것과 GPS에서 신호를 얻는 방법이 있다.

하드웨어 통합 시 각 센서는 <그림 3>과 같이 독립적인 시간대를 가지므로 센서에 전달되는 동기화 신호는 각 센서가 취득하는 시간대와 정확하게 일치하지 못한다. 그러므로 원하는 시간대의 정확한 자료들을 얻기 위해서는 정확한 통합 및 동기화 방법에 대한 기술 연구가 필요하다.



<그림 3> 각 센서별 동기화 신호

소프트웨어 통합 방법은 외부 동기화 장치 없이 실시간 CCD영상과 GPS자료의 동기화가 이루어지도록 하는 것으로 모든 자료를 컴퓨터 임시 버퍼에 저장한 후 멀티스레드(Multi-thread) 기법을 이용하여 GPS를 하나의 프로세스, IMU를 하나의 프로세스, CCD 카메라에서 얻는 정보를 획득하는 프레임 그래버(Frame Grabber)를 하나의 프로세스로 놓고 컴퓨터 시간(clock)으로 동기화하는 방법이다.

### 3. 멀티 센서 통합 및 동기화 방안

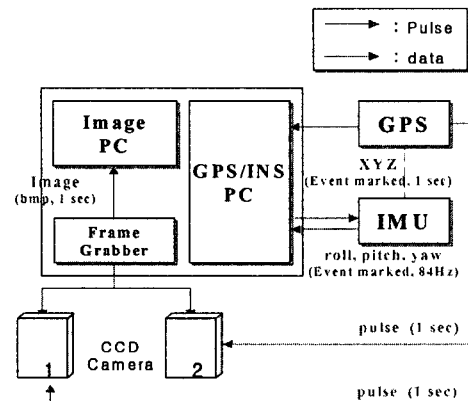
#### 3.1 GPS의 1PPS신호를 이용한 동기화 방안

GPS의 1 PPS(Pulse Per Second) 신호를 이용한 동기화 방안은 GPS는 1초마다 위치 데이터를 수신할 수 있고, 1 PPS 신호를 내보낼 수 있는 특성을 이용한 방법이다. GPS에서 얻을 수 있는 1 PPS 신호를 CCD 카메라에 입력하여 GPS와 CCD 카메라를 GPS 시간으로 동기화 하는 방법이다.

GPS에서 나오는 1 PPS신호는 약 5V정도의 Pulse를 가지며 이 신호를 직접 CCD카메라에 입력하면 카메라 셔터(Shutter)가 작동하여 영상을 획득하므로 1초마다 정확한 GPS 시간에 영상을 취득할 수 있다.

GPS의 1 PPS신호가 IMU센서에는 직접 입력되지 않으므로 IMU센서는 GPS에서 나오는 1 PPS신호를 컴퓨터에서 받아들여 다시 IMU센서에 보내어 IMU 데이터 로깅시 로깅파일내에 mark를 생성해야 한다.

그러므로 GPS와 CCD는 GPS시간으로 동기화 되지만, IMU는 다시 컴퓨터 시간으로 동기화되므로 시간의 오차가 생긴다. 이 동기화 방법의 개념도는 그림과 같다.



<그림 4> GPS의 1 PPS 신호를 이용한 동기화방안

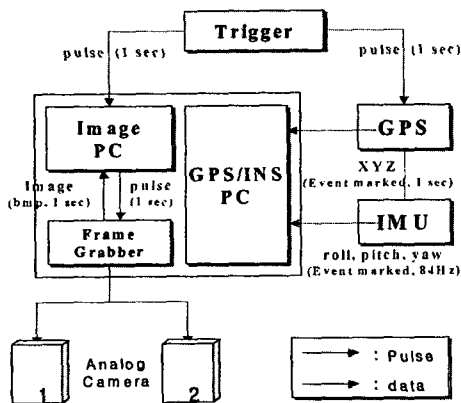
#### 3.2 외부 신호 발생장치를 이용한 동기화 방안

외부 신호 발생장치(이하 트리거(Trigger)라 한다.)를 이용한 동기화 방안은 GPS의 1 PPS신호를 이용하지 않고, 외부 신호 발생장치에서 제공하는 전압신호를 GPS와 CCD에 동시에 전송함으로써 GPS와 CCD카메라를 외부 신호 발생장치내의 정밀한 시간으로 동기화 하는 방법이다.

트리거에서 나오는 전압신호(약 5V)를 CCD 카메라에 입력하기 위해서는 전압신

호를 CCD 카메라 신호로 변환하는 컨버터 (Converter)가 필요하다. 이 컨버터를 통하여 전압신호를 CCD 카메라에 입력하면 트리거에서 신호가 발생할 때마다 영상을 취득할 수 있다. GPS는 트리거에서 나오는 전압신호를 입력하면 수신 데이터에 Mark가 동시에 생성된다.

트리거에서 신호가 IMU센서에는 직접 입력되지 않으므로 IMU센서는 트리거에서 나오는 전압신호를 컴퓨터에서 받아들여 다시 IMU센서에 보내어 Mark를 생성해야 한다. 그러므로 GPS와 CCD는 GPS시간으로 동기화 되지만, IMU는 다시 컴퓨터 시간으로 동기화되므로 시간의 오차가 생긴다. 이 동기화 방법은 <그림 5>와 같다.



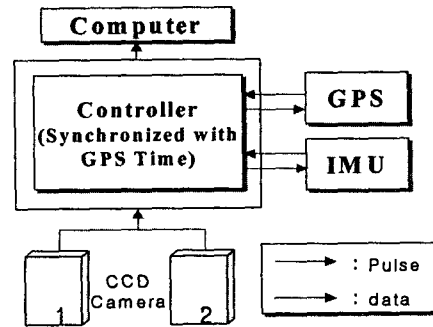
<그림 5> 외부 신호 발생장치를 이용한 동기화 방안

### 3.3 외부 컨트롤러를 이용한 동기화 방안

외부 컨트롤러를 이용한 통합 방안은 GPS의 1 PPS신호 및 트리거 신호 모두를 이용하기 위한 방법이다. 또한, 기존 GPS, IMU, CCD 등의 센서 이외에 거리 측정장치인 DMI와 레이저 스캐너 등을 추가할 경우 유용한 방법이다.

외부 컨트롤러는 컨트롤러에 연결된 각종 센서에서 주는 신호를 이용하여 동기

화 신호를 줄 수도 있고, 컨트롤러 내부에서 신호를 발생시켜 동기화 신호를 발생시킬 수 있다. 동기화 신호를 주고받을 때 외부 컨트롤러는 항상 GPS시간 정보를 가지고 있으므로 각각의 센서에서 주고받는 시간을 GPS 시간으로 로깅(logging)할 수 있다.



<그림 6> 외부 컨트롤러를 이용한 동기화 방안

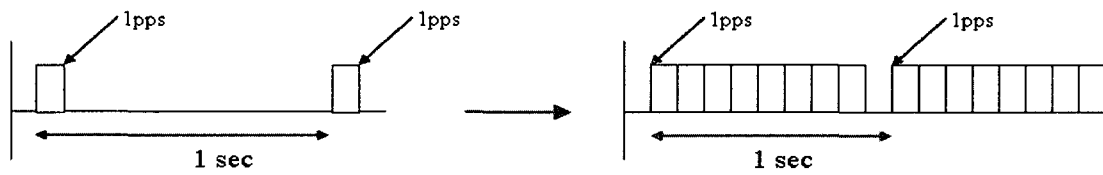
이 동기화 방법은 컨트롤러에서 모든 것을 조정할 수 있고, DMI나 레이저 스캐너 등의 다른 센서를 추가하기 쉬운 장점이 있으나 자체제작을 해야 한다.

## 4. 동기화 장비 설계 및 실험

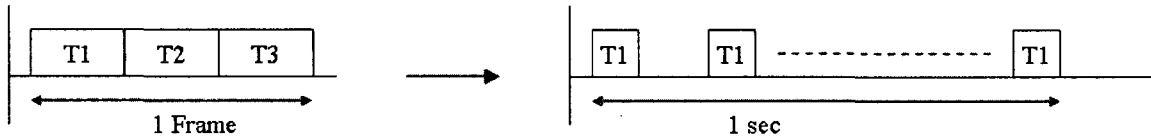
본 연구에서 제안한 세 가지의 방안 중 세 번째 외부 컨트롤러를 이용한 동기화 방안을 이용하여 동기화 장비 설계 및 실험을 수행하였다. 컨트롤러에서 GPS의 1 PPS신호 및 트리거 신호 모두를 이용할 수 있고 센서 추가가 용이하므로 가장 효율적이고 이상적이다.

### 4.1 외부 컨트롤러 동기화를 위한 센서 요구사항

컨트롤러를 이용하여 센서를 동기화할 때 필요한 각 센서의 요구사항은 다음과 같다.



<그림 8> GPS 1 PPS 신호를 이용한 컨트롤러 동기 시간 발진 실험



<그림 9> IMU start bit 감지 실험

먼저 GPS 요구사항을 살펴보면,

1. GPS는 수신기에서 외부로 1 PPS 신호를 발생시켜야 한다.
2. GPS에서 출력되는 정밀시간 정보를 컨트롤러의 처리 속도에 알맞은 자료 형식으로 변환하는 Protocol Converter가 필요하다.(2-3 byte로 압축)
3. GPS를 컨트롤하기 위해 GPS 수신기로 명령어 전송이 가능해야 한다.

다음으로 IMU 요구사항은,

1. IMU 프로그램 수행 시 motion 정보 출력 모드의 자동설정이 필요하다. (Scaled Mode/Voltage Mode/VG Mode)
2. 컴퓨터에서 IMU 장치로 명령어(Command)를 전송하기 위해 RS-232 Serial Port의 RX pin을 제어(-12V)해야 한다.
3. 시스템 적용에 있어서 불규칙한 정보량(motion 정보량:1초당 약 108회), 장치의 온도 상승에 따른 에러, 정밀한 지연값 등을 고려해야 한다.

#### 4.2 외부 컨트롤러를 이용한 동기화 실험

외부 컨트롤러를 통한 동기화 실험에 이

용한 GPS수신기는 NovAtel DL-4이며 IMU는 Crossbow사의 DMU-FOG로서 광섬유 자이로이다.

GPS는 <그림 8>와 같이 1 PPS신호와 GPS 시간 정보를 컨트롤러로 발진하고 컨트롤러는 다시 1 PPS 신호 또는 GPS시간 정보를 다른 센서로 보내준다.

IMU는 <그림 9>과 같이 한 프레임에 Conversion time(T1), Processing time(T2), Transfer time(T3)을 가지고 있다. 컨트롤러에서 IMU Start bit인 T1을 감지하고 동시에 GPS시간 정보가 IMU 출력자료에 기록된다.

실험을 통해 확인한 컨트롤러의 처리과정은 다음과 같다.

1. GPS 시간 정보 수신 후 Buffer에 저장
2. IMU Start Bit 감지(인터럽트 처리)
3. 1pps Oscillator에서 입력한 Clock폭을 감지한 후
4. Buffer에 저장한 시간 정보와 Clock폭에 따른 정밀시간을 조합하여 데이터로 출력

### 4.3 실험 결과

실험은 외부 컨트롤러에 GPS수신기와 IMU를 연결하여 수행하였다. IMU 자료 출력시 <그림 10>과 같이 IMU 출력자료에 GPS 시간이 기록되는 것을 확인할 수 있다.

| GPS Time | Time (s)   | Roll (deg) | Pitch (deg) |
|----------|------------|------------|-------------|
| 40810    | 20.0086992 | -0.022     | -0.011      |
|          | 20.0098793 | -0.027     | -0.005      |
|          | 20.010752  | -0.027     | -0.005      |
|          | 20.022409  | -0.033     | -0.005      |
|          | ⋮          | ⋮          | ⋮           |
|          | 20.984602  | -0.027     | -0.011      |
| 40811    | 20.996254  | -0.027     | -0.011      |
|          | 21.008204  | -0.027     | -0.011      |
|          | 21.010016  | -0.033     | -0.016      |
|          | 21.021666  | -0.033     | -0.011      |
|          | ⋮          | ⋮          | ⋮           |
|          | 21.985193  | -0.033     | -0.027      |

<그림 10> IMU 출력 자료

### 감사의 글

본 연구는 대학 IT연구센터 육성지원사업의 연구결과로 수행되었음.

### 5. 결론

본 연구에서는 효율적인 모바일 매핑시스템 설계와 매핑 정확도 향상에 기여할 수 있는 멀티 센서 통합 및 동기화 방안을 제안하고 실험을 통해 확인하였다.

제안한 방안은 센서마다 서로 다른 시간대의 특성으로 인해 자료획득 시 발생할 수 있는 문제를 컨트롤러를 이용한 동기화로 해결하였으며 IMU, GPS 동기화 실험을 통하여 시스템에 적용 가능성을 확인하였다.

멀티센서 통합 및 동기화 시스템은 실제 차량에서 구현되어 센서마다 동일 시간대의 공간 및 속성 정보를 획득해야 한다. 향후 연구에서 통합 및 동기화 시킨 멀티

센서를 모바일 매핑시스템으로 구현하였을 경우 얼마나 효율적인가에 대한 연구를 진행할 계획이다.

### 참고문헌

- [1] Jong-Ki Lee, Jay-Hyoun Kwon and Byung-Guk Kim, "Accuracy Improvement of Low Cost GPS/INS Integration System for Digital Photologging System", Korean Journal of Geomatics, pp.99-105, December 2002
- [2] Jong-ki Lee, Jay-Hyoun Kwon and Byung-Guk Kim, "Kinematic Alignment of the Low Cost IMU for a Digital Photologging System", ASPRS, 2003
- [3] Ying Ming and Fuling Bian, "An Integrated System of Digital Video Capturing System, GPS and GIS for Radar Clutter Analysis", Symposium on Geospatial Theory, Processing and Application, pp.339-346, 2002
- [4] Dinesh MANADHAR and Ryosuke SHIBASAKI, "Vehicle-borne Laser Mapping System(VLMS)-A New Observation System for 3-D Mapping of Urban Areas", pp.928-931, The 21st Asian Conference on Remote Sensing