

모바일 매핑시스템을 위한 멀티 센서 통합 및 동기화 구현 방안 연구

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

요약 모바일 매핑시스템은 차량에 GPS(Global Positioning System), IMU(Inertial Measurement Unit), CCD 카메라 등을 탑재하고 위치 및 영상 정보를 취득하는 효율적인 방법이다. 모바일 매핑시스템은 도로 시설물 관리, 지도 갱신 등 다양한 분야에 이용되고 있다. 국외에서 개발된 모바일 매핑시스템은 각 센서의 통합 및 동기화 방안을 알 수 없으므로 업그레이드하거나 새로운 센서를 추가하기 어렵다.

본 연구에서는 모바일 매핑시스템의 개선 및 센서추가를 위해서 모바일 매핑시스템에 기본적으로 필요한 GPS, IMU, 그리고 CCD 카메라와 향후 추가될 센서인 레이저, 오도미터(Odometer) 등의 센서가 추가될 경우를 고려하여 멀티 센서 통합 및 동기화 구현 방안을 제시하였다. 또한 동기화에 필요한 각 센서의 요구사항을 파악한 후 동기화 장비를 설계 및 제작하고 실험하였다.

ABSTRACT Mobile Mapping System is an effective way to obtain position and image using vehicle equipped with GPS(Global Positioning System), IMU(Inertial Measurement Unit), and CCD camera. It have been used various fields of road facility management, map upgrade and etc. It is difficult to upgrade Mobile Mapping System which is developed from abroad and add other sensors because we don't know the way to integrate and synchronize multi-sensors.

In this paper, we present the effective way of the integration and synchronization method for multi sensors. we designed and manufactured Synchronization equipment by considering sensors of laser, odometer and etc.

주요어 : 모바일 매핑시스템, 센서, 동기화

Key Word : Mobile Mapping System, sensor, synchronize

1. 서론

3차원 객체로 이루어져 있는 기본적인 공간과 속성 정보의 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 국내에선 GPS, IMU, CCD 카메라 등의 센서 통합 및 동기화 기술이 개발되지 않았다.

모바일 매핑시스템에 이용하는 센서는 서로 다른 시

간대를 가지고 있다. 즉, GPS는 GPS시간대를 사용하고 IMU는 컴퓨터 시간을 사용하므로 두 시간대의 보정에 따라서 정확도의 차이가 생긴다. 그러므로 모바일 매핑시스템은 기존의 동기화된 통합시스템을 이용하거나 동기화를 위해서 각 센서를 통합할 수 있는 모듈을 직접 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 통합하고 동기화 할

* 인하대학교 공과대학 지리정보공학과 석사과정

** 인하대학교 공과대학 지리정보공학과 박사과정

*** 한국건설기술연구원 도로연구부 선임연구원

**** 인하대학교 공과대학 환경토목공학부 교수

g2031287@inhavision.inha.ac.kr

g2021543@inhavision.inha.ac.kr

jsung@kict.re.kr

byungkim@.inha.ac.kr

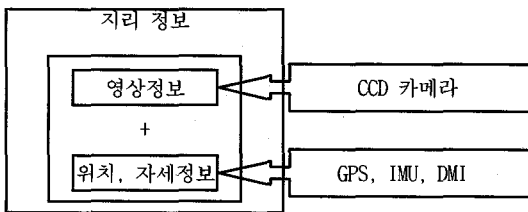
수 있는 기술이 필요하다.

본 연구에서는 모바일 매핑시스템에 적합한 센서 통합 및 동기화 방법을 제안하고 실험을 통하여 모바일 매핑시스템으로의 적용 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

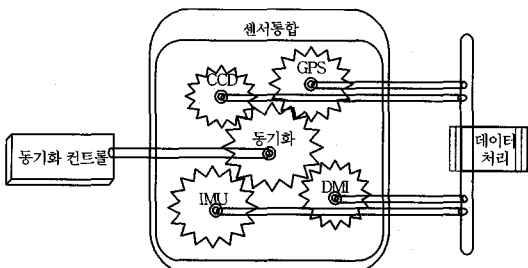
2.1 멀티 센서 통합 및 동기화

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.



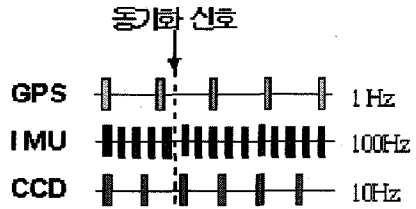
<그림 2> 센서 통합 및 동기화 개념도

2.2 멀티 센서 통합 및 동기화 핵심 기술

CCD 카메라, GPS 및 IMU 등의 멀티 센서를 통합 및 동기화하기 위한 방법은 하드웨어와 소프트웨어 부분으로 나누어 볼 수 있다. 각각의 방법에 대해 설명하면 다음과 같다.

하드웨어 방법은 외부 동기화 장치(External Synchronization Device)에서 일정한 신호를 CCD 카메라와 GPS 수신기로 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 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 그라버(Frame Grabber)를 하나의 프로세스로 놓고 컴퓨터 시간(clock)으로 동기화하는 방법이다(5).

2.3 멀티 센서의 특징

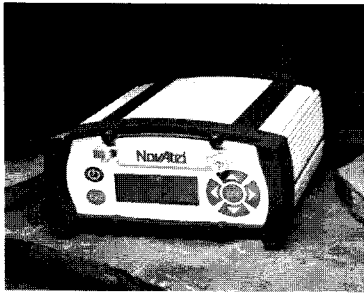
모바일 매핑시스템에 주로 사용하는 센서는 GPS, IMU, CCD 카메라이며 본 연구에 쓰인 각 센서는 다른 센서와의 통합 및 동기화에 필요한 특징을 가지고 있다.

GPS수신기는 NovAtel DL-4이며 항목별 특성을 살펴보면 다음과 같다.

- 1) 정밀한 위치정보를 얻기 위해 L1, L2를 사용한다.
- 2) 실시간 위성정보 및 반송파 정보 등 GPS 위치

계산을 직접 수행할 수 있는 관련된 Raw 데이터를 얻을 수 있다.

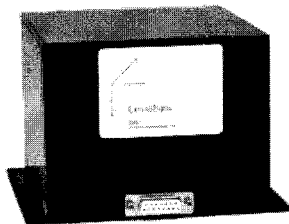
- 3) 차량의 동적 상태를 충분히 기록하기 위해서는 데이터 기록시간(Logging Time)이 최소 1Hz ~ 최대 10Hz까지 가능해야 한다.
- 4) GPS수신기에서 1초마다 신호(1 PPS, 이하 [PPS신호]라 한다.)를 얻을 수 있고 신호가 나오는 Connector Pin No.을 알 수 있다.
- 5) PPS신호는 0.1 ~ 10sec 간격 등으로 조절할 수 있다.
- 6) 외부에서 입력되는 동기화 신호(Event Mark)를 받을 수 있다.



〈그림 4〉 NovAtel DL-4

IMU는 미국 cross-bow사의 DMU-FOG 광섬유 자이로이며 항목별 특성은 다음과 같다.

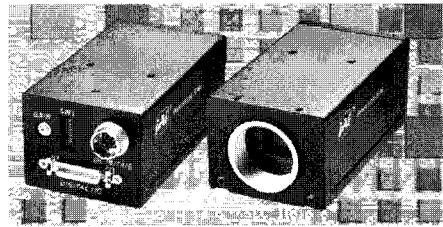
- 1) 3축 자세와 3축 가속도를 가진 관성 측정 장치이다.
- 2) 중급 자이로인 Fiber Optic Gyro이다.
- 3) 오차의 범위는 100deg/hr 이하이다.
- 4) 데이터 기록시간(Logging Time)은 최대 84Hz 이상이다.
- 5) 외부에서 입력되는 동기화 신호(Event Mark)를 받기 위해서는 소프트웨어를 개발해야 한다.
- 6) 컴퓨터에서 명령어(Command)로 제어가 가능해야 한다.



〈그림 5〉 DMU-FOG

마지막으로 CCD 카메라의 기종은 〈그림 6〉과 같이 JAI CV-M7+이며 특징은 다음과 같다.

- 1) 칼라 CCD 카메라
- 2) Progressive Area Scan 카메라
- 3) 이미지 사이즈 : 1392*1040
- 4) 셔터 스피드 1/10,000sec (Normal)
- 5) 저장되는 데이터 형식은 BMP, JPG를 지원한다.
- 6) 외부에서 입력되는 동기화 신호(Event Mark)를 받을 수 있다.
- 7) 컴퓨터에서 명령어(Command)로 제어가 가능해야 한다.



〈그림 6〉 JAI CV-M7+

3. 멀티 센서 통합 및 동기화 방안

3.1 GPS의 1PPS 신호를 이용한 동기화 방안

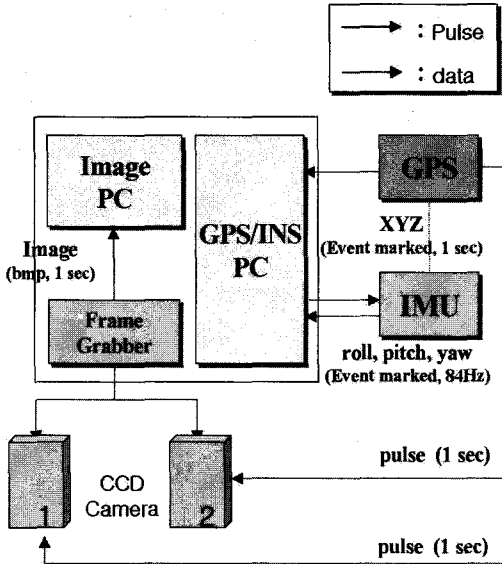
GPS의 1 PPS(Pulse Per Second) 신호를 이용한 동기화 방안은 GPS는 1초마다 위치 데이터를 수신할 수 있고, GPS수신기에서 1 PPS 신호를 내보낼 수 있는 특성을 이용한 방법이다. GPS에서 얻을 수 있는 1 PPS 신호를 CCD 카메라에 입력하여 GPS와 CCD 카메라를 GPS 시간으로 동기화 하는 방법이다.

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 로깅 시 파일에 mark를 생성해야 하며 보간에 의한 후처리가 필요하다.

그러므로 GPS와 CCD는 GPS시간으로 동기화 되지만, IMU는 다시 컴퓨터 시간으로 동기화되므로 시

간의 오차가 생긴다. 이 동기화 방법의 개념은 <그림 7>과 같다.



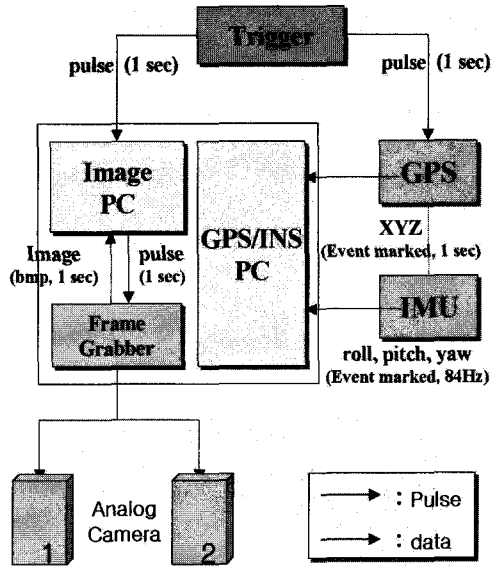
<그림 7> GPS의 1 PPS 신호를 이용한 동기화방안

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, 트리거에서 제공하는 전압신호를 GPS와 CCD 카메라에 동시 전송함으로써 트리거내의 정밀한 시간으로 동기화 하는 방법으로 보간에 의한 후처리가 필요하다.

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

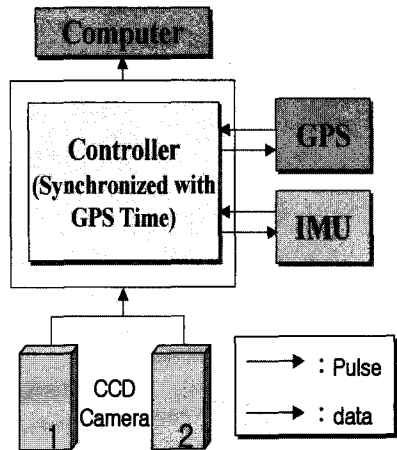
트리거에서 신호가 IMU센서에는 직접 입력되지 않으므로 IMU센서는 트리거에서 나오는 전압신호를 컴퓨터에서 받아들여 다시 IMU센서에 보내어 Mark를 생성해야 한다. 그러므로 GPS와 CCD는 GPS시간으로 동기화 되지만, IMU는 다시 컴퓨터 시간으로 동기화되므로 시간의 오차가 생긴다. 이 동기화 방법은 <그림 8>과 같다[5].



<그림 8> 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.



<그림 9> 외부 컨트롤러를 이용한 동기화 방안

외부 컨트롤러는 컨트롤러에 연결된 각종 센서에서 주는 신호를 이용하여 다른 센서를 동기화할 수 있고, 컨트롤러 내부에서 신호를 발생시켜 동기화할 수도 있다. 동

기화 신호를 주고받을 때 외부 컨트롤러는 항상 GPS시간 정보를 가지고 있으므로 각각의 센서에서 주고받는 시간을 GPS 시간으로 로깅(logging)할 수 있다.

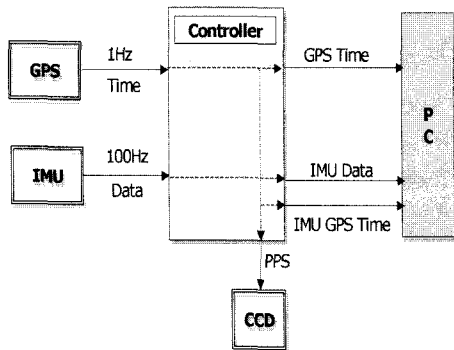
이 동기화 방법은 <그림 9>와 같으며 컨트롤러에서 모든 것을 조정할 수 있고, DMI나 레이저 스캐너 등의 다른 센서를 추가하기 쉬운 장점이 있으나 자체 제작을 해야 한다.

4. 동기화 장비 제작 및 실험

본 연구에서 제안한 세 가지의 방안 중 세 번째 외부 컨트롤러를 이용한 동기화 방안을 이용하여 동기화 장비 설계 및 실험을 수행하였다. 컨트롤러를 이용한 동기화 방안은 다른 방안에 비하여 후처리가 필요 없고 0.001sec까지의 GPS시간정보를 이용하여 정확한 동기화가 가능하다. 또한 GPS의 1 PPS신호 및 트리거 신호 모두를 이용할 수 있으며 센서 추가가 용이하다.

4.1 외부 컨트롤러 동기화를 위한 센서 설계

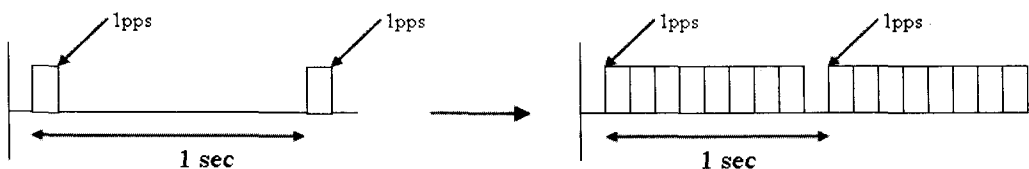
외부 컨트롤러를 이용하여 동기화 실험을 수행한 센서는 GPS(Novatel-DL4), IMU(DMU-FOG), CCD 카메라이며 설계 흐름도는 <그림 10>과 같다.



<그림 10> 컨트롤러 설계 흐름도

GPS수신기의 요구사항은 다음과 같다.

1. GPS는 수신기에서 외부로 1 PPS 신호를 발생



<그림 11> GPS 1 PPS 신호를 이용한 컨트롤러 동기 시간 발진 실험

시켜야 한다.

2. GPS에서 출력되는 정밀시간 정보를 컨트롤러의 처리 속도에 알맞은 자료 형식으로 변환하는 Protocol Converter가 필요하다.(2-3 byte로 압축)
3. GPS를 컨트롤러하기 위해 GPS 수신기로 명령어 전송이 가능해야 한다.

IMU는 다음과 같은 요구사항을 가지고 있다.

1. IMU 프로그램 수행 시 motion 정보출력 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.

CCD 카메라는 GPS 1PPS를 이용한 컨트롤러 발진 신호를 받을 때마다 영상을 그래픽하고 저장이 가능하다.

4.2 외부 컨트롤러의 중앙처리장치 설계

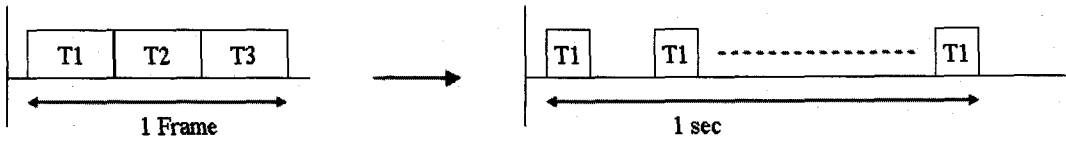
GPS는 <그림 11>과 같이 1 PPS신호와 GPS시간 정보를 컨트롤러로 발진하고 컨트롤러는 다시 1 PPS 신호 또는 GPS시간 정보를 다른 센서로 보내준다.

IMU는 <그림 12>와 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 Clock 폭에 따른 정밀시간을 조합하여 데이터로 출력

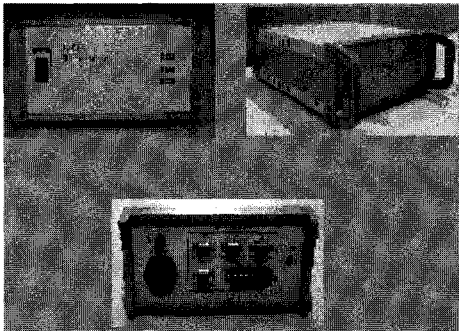


〈그림 12〉 IMU start bit 감지 실험

4.3 외부 컨트롤러 제작

〈그림 13〉에서 보여주는 컨트롤러는 설계를 통하여 제작한 장비이다. 컨트롤러 전면부에는 전원 스위치와 표시등이 있고 후면부에는 전원 연결부와 센서 연결 포트가 있다.

센서 연결 포트는 GPS time 포트, CCD time 포트, IMU 포트, IMU GPS time 포트, 동기 전압 신호부로 구성된다.



〈그림 13〉 컨트롤러 장비

GPS time 포트는 GPS 수신기로부터 GPS 시간 정보를 받으며 컨트롤러가 외부 발진 주파수를 결정한다. CCD time 포트는 CCD 카메라 동기 시간 정보를 전송할 수 있는 포트이다. IMU 포트는 IMU에서 IMU 데이터 신호로부터 시작 시간을 감지하기 위한 포트이다. 이 시간에 맞추어 IMU GPS time 포트에서 IMU데이터에 동기화 된 GPS시간을 로깅 한다. 동기 전압 신호부는 CCD 카메라에 동기 전압 신호를 보내어 GPS time에 맞추어 영상을 획득한다.

4.4 컨트롤러를 이용한 동기화 실험

외부컨트롤러에 GPS수신기와 IMU를 연결하여 두 가지 실험을 수행하였다.

실험 1은 IMU 자료 출력자료에 GPS 시간(1sec) 기록되는 것을 볼 수 있다. 즉 GPS시간(1sec)으로 동기화 된 것을 확인할 수 있다.

```

GYRO-VIEW DMU Data Log
GYRO-VIEW version 2.2
DMU Serial Number 110617
DMU Firmware DMU FOG REV.C.00
Date 01/26/2004

GPS Time    Time (s)    Roll (deg)    Pitch (deg)
40810       20.008699   -0.022        -0.011
            20.009879   -0.027        -0.005
            20.010752   -0.027        -0.005
            20.022409   -0.033        -0.005
            ⋮          ⋮            ⋮
            20.984602   -0.027        -0.011
            20.996254   -0.027        -0.011
40811       21.008204   -0.027        -0.011
            21.010016   -0.033        -0.016
            21.021666   -0.033        -0.011
            ⋮          ⋮            ⋮
            21.965193   -0.033        -0.027
    
```

〈그림 14〉 동기화 실험 1

실험 2는 〈그림 15〉와 같이 GPS 시간을 10msec까지 카운트하여 약 100hz의 IMU 데이터를 GPS 시간으로 동기화 하였다.

| GPS Time | Roll(deg) | Pitch(deg) |
|---------------------|-----------|------------|
| 04.04.29.4.33.30.00 | 0.363 | -4.46 |
| 04.04.29.4.33.30.01 | 0.363 | -4.46 |
| 04.04.29.4.33.30.02 | 0.363 | -4.46 |
| 04.04.29.4.33.30.03 | 0.357 | -4.46 |
| 04.04.29.4.33.30.04 | 0.352 | -4.46 |
| 04.04.29.4.33.30.05 | 0.352 | -4.455 |
| 04.04.29.4.33.30.06 | 0.352 | -4.449 |
| 04.04.29.4.33.30.07 | 0.352 | -4.444 |
| 04.04.29.4.33.30.08 | 0.363 | -4.449 |
| 04.04.29.4.33.30.09 | 0.357 | -4.449 |
| 04.04.29.4.33.30.10 | 0.357 | -4.444 |
| 04.04.29.4.33.30.11 | 0.352 | -4.438 |
| 04.04.29.4.33.30.12 | 0.346 | -4.438 |
| 04.04.29.4.33.30.13 | 0.352 | -4.438 |
| 04.04.29.4.33.30.14 | 0.357 | -4.433 |
| 04.04.29.4.33.30.15 | 0.363 | -4.438 |
| 04.04.29.4.33.30.16 | 0.357 | -4.438 |
| 04.04.29.4.33.30.17 | 0.346 | -4.444 |
| 04.04.29.4.33.30.18 | 0.346 | -4.438 |
| 04.04.29.4.33.30.19 | 0.341 | -4.433 |
| 04.04.29.4.33.30.20 | 0.341 | -4.433 |
| 04.04.29.4.33.30.21 | 0.346 | -4.433 |

〈그림 15〉 동기화 실험 2

5. 결론

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

센서마다 서로 다른 시간대의 특성으로 인해 자료 획득 시 발생할 수 있는 문제를 최소화하기 위해 외부 컨트롤러를 이용한 동기화 구현 실험을 수행하였다. 현재까지 실험에서 10msec GPS 시간으로 IMU, CCD 카메라 동기화가 가능하다.

향후 연구에서는 컨트롤러를 보완하여 GPS 동기 시간을 1msec로 동기화가 가능하게 할 것이다. 또한 동기화 평가 방안을 마련하고 모바일 매핑시스템 적용 시 문제점을 확인할 것이다.

외부 컨트롤러를 이용한 멀티 센서 통합은 동기화로 인한 모바일 매핑시스템의 오차를 줄일 것으로 기대된다. 또한 전체 시스템의 지속적인 개선이 가능할 것이다.

감사의 글

본 연구는 대학 IT연구센터 육성지원사업의 연구결과로 수행되었음.

참고문헌

[1] Jong-Ki Lee, Jay-Hyoun Kwon and Byung-Guk Kim, "Accuracy Improvement of Low Cost GPS/INS Integration System for Digital Photologing System", Korean Journal of Geomatics, Vol 2. NO 1, 2002, pp.99-105.

[2] Jong-ki Lee, Jay-Hyoun Kwon and Byung-Guk Kim, "Kinematic Alignment of the Low Cost IMU for a Digital Photologing 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, 2002, pp.339-346.

[4] Dinesh MANADHAR and Ryosuke SHIBASAKI, "Vehicle-borne Laser Mapping System(VLMS)-A New Observation System for 3-D Mapping of Urban Areas", 2002, pp.928-931. The 21st Asian Conference on Remote Sensing

[5] 김병국, 이종기, 박영무, "다중센서통합 및 동기화 방안 연구", 한국건설기술연구원, 2003



박영무

2002년 건국대학교 환경공학과 졸업(학사)
 2004년 인하대학교 대학원 지리정보공학과 석사과정
 관심분야 : 모바일 매핑시스템, GPS, 환경GIS



이종기

2000년 인하대학교 산업공학과 졸업(학사)
 2002년 인하대학교 지리정보공학과 졸업(석사)
 2002년~현재 인하대학교 지리정보공학과 박사과정
 관심분야: 실시간 3D WEB GIS, GPS/INS, Multi-Sensor Fusion



성정곤

1986년 경희대학교 공과대학 토목공학과
 1988년 경희대학교 일반대학원 토목공학과 공학석사
 1992년 5월 미국 위스콘신 대학교 토목환경공학과 공학석사
 1997년 5월 미국 위스콘신 대학교 토목환경공학과 공학박사
 1997년~현재 한국건설기술연구원 도로연구부 근무
 관심분야 : 교통공학, 도로안전, 지리정보시스템 교통 분야 응용



김병국

1978년 서울대학교 토목공학과
졸업(학사)

1986년 University of Wisconsin-
Madison 졸업(석사)

1989년 University of Wisconsin-
Madison 졸업(박사)

1993년~1996년 아주대학교 토목공학과 조교수

1996년~현재 인하대학교 환경토목공학부 교수

관심분야 : GIS, 사진측량, 실시간 위치결정,

측량정보공학