논문 2016-11-04

병렬처리 기법을 이용한 소형 무인비행체용 통합 시현 소프트웨어 플랫폼 개발

(Development of An Integrated Display Software Platform for Small UAV with Parallel Processing Technique)

이 영 민, 황 인 소, 임 배 현, 문 용 호*
(Young-Min Lee, In-So Hwang, Bae-Hyeon Lim, Yong-Ho Moon)

Abstract: An integrated display software platform for small UAV is developed based on parallel processing technique in this paper. When the small UAV with high-performance camera and avionic modules is employed to various surveillance-related missions, it is important to reduce the operator's workload and increase the monitoring efficiency. For this purpose, it is needed to develop an efficient monitoring software enable to manipulate the image and flight data obtained during flight within the given processing time and display them simultaneously. In this paper, we set up requirements and suggest the architecture for the software platform. The integrated software platform is implemented with parallel processing scheme. Based on AR drone, we verified that the various data are concurrently displayed by the suggest software platform.

Keywords : UAV, Surveillance, Software platform, Integrated display, Parallel processing

Ⅰ. 서 론

오늘날 자연재해, 범죄, 사건/사고로부터 안전한 삶을 보장하기 위하여 광범위한 분야에 영상 감시 시스템이 도입되고 있다. 그 가운데에서 CCTV를 이용한 감시시스템 [1]은 폭넓게 활용되고 있으며 사회 안전망 조성에 있어서 중요한 역할을 수행하고 있다. 그러나 기존 감시시스템은 특정 위치에 항상 고정되어 있는 CCTV로 인해 사각지대가 존재하여 모든 감시영역에 대한 정확한 영상 정보를 획득하지 못하는 한계를 지니고 있다. 또한 사전 계획 범죄에 매우 취약하다는 문제점을 지닌다.

최근에 감시, 정찰, 보안 등의 국방 분야뿐만 아니라 항공촬영, 물류, 방송, 통신 중계 등의 민간분야에서 무인비행체의 활용이 국내, 외적으로 활발하게 논의되고 있다 [2]. 고성능 카메라와 다양한 항공전자 모듈들이 장착된 무인비행체는 자유로운 비행이 가능하기 때문에 감시시스템에 활용될 경우 모든 지역에 대한 정찰 및 감시가 가능해질 뿐만 아니라 사고 현장에 대한 능동적인 접근을 통한 정확한 상황 파악 및 효과적인 초동 대처가 손쉽게 이루어질 수 있다. 따라서 무인비행체를 이용한 새로운 영상 감시시스템의 개발은 기존 감시시스템의 한계를 극복할 수 있는 훌륭한 대안으로서 매우 중요한 의미를 지닌다.

일반적으로 자유롭게 이동이 가능한 무인비행체를 이용하여 감시 업무를 수행하기 위해서는 관제 요원이 무인비행체에서 전송되는 다양한 정보를 바탕으로 주어진 임무에 대한 효과적인 의사 결정을 수행하여야 한다. 아울러 관제 요원은 무인비행체의 안전 비행 및 비행 상황 파악을 위해서 무인비행체의 구동을 지속적으로 제어, 관리하는 부가적인 작업을 병행하여야 한다. 이와 같은 관제 요원의 업무 복잡성은 관제 효율의 저하를 초래하여 감시시스템의 실질적인 성능 향상을 저해하는 결과를 가져올

*Corresponding Author(yhmoon5@gnu.ac.kr)
Received: 5 June 2015, Revised: 12 July 2015, Accepted: 3 Aug. 2015.
B.H. Lim, Y.H. Moon: Gyeongsang National University / ERI
Y.M. Lee, I.S. Hwang: Bvtek Cooperation
※ 본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2014년 산학연협력 기술개발사업(No.C0190805)의 연구 수행으로 인한 결과물입니다.
ⓒ IEMEK J. Embed. Sys. Appl. 2016 Feb. 11(1) 21-27
ISSN : 1975-5066
http://dx.doi.org/10.14372/IEMEK.2016.11.1.21

수 있다. 따라서 무인비행체 기반의 영상 감시시스템을 구축하기 위해서는 무엇보다도 무인비행체에서 전송되는 영상 및 각종 비행 데이터를 동시에 통합하여 제공하는 시현 소프트웨어 플랫폼 개발이 필요하다. 한편 무인비행체의 구동 및 비행에 관련된 명령어는 주어진 시간 내에 수행되어야 하며 생성되는 영상 및 비행데이터는 실시간 전송된다. 그런데 통합 시현 소프트웨어 플랫폼에서 다양한 기능을 제공하기 위해서는 데이터의 가공 및 처리에 많은 연산량이 소요된다. 이것은 영상 및 비행데이터의 실시간 시현 및 무인비행체의 안정적 비행에 제약을 가져올 수 있다. 따라서 이를 해결하기 위해서는 통합 시현 소프트웨어 플랫폼의 고속 실행이 수반되어야만 한다.

본 논문에서는 무인비행체를 이용한 영상 감시시스템의 관제 효율 향상을 위해 병렬처리 기법에 기반한 통합 시현 소프트웨어 플랫폼을 구현한다. 관제 요원의 업무 부하를 감소시키는 데 필요한 각종 시현 요소들을 정의하고 이를 통합적으로 시현할 수 있는 GUI를 제시한다. 그리고 OpenMP기반의 병렬처리 기법을 이용하여 통합 시현 소프트웨어 플랫폼을 구현하고 AR Drone에서 전송되는 실시간 데이터들을 이용하여 플랫폼을 검증한다.

Ⅱ. 통합 시현 소프트웨어 플랫폼 구성

1. 요구조건

감시 영역에 대한 영상만을 시현하는 CCTV 기반 감시시스템과는 달리 무인비행체를 이용한 영상 감시시스템은 관제 요원의 효율적인 업무 수행을 위해 다양한 데이터들의 통합 시현이 필수적이다. 이를 위해서는 다음과 같은 기능들이 요구된다.

기본적으로 무인비행체로부터 전송되는 영상 및 비행 관련 데이터를 수신하고 무인비행체의 구동 및 비행에 대한 명령어가 송신되어야 한다. 그리고 무인비행체로부터 전송되는 HD급 비디오와 무인비행체의 고도, 속도, 자세, 위치, 상태 등과 같은 다양한 유형의 데이터들이 동시에 제공되어야 한다. 이를 위해서는 효과적인 GUI가 구현되어야 하며 각종 데이터들이 고화질의 화면에 통합적으로 시현되어야 한다. 아울러 각종 데이터들의 효율적인 통합 시현을 위해서는 고속처리가 필수적이다. 복수개의 무인비행체를 감시시스템에 활용할 경우에 고속처리의 필요성은 더욱 더 중요해 진다. 이를 해결하기 위해서는 병렬처리 기법에 기초하여 데이터들의 수신 및 처리 과정을 프로그래밍 하는 것이 필요하다.

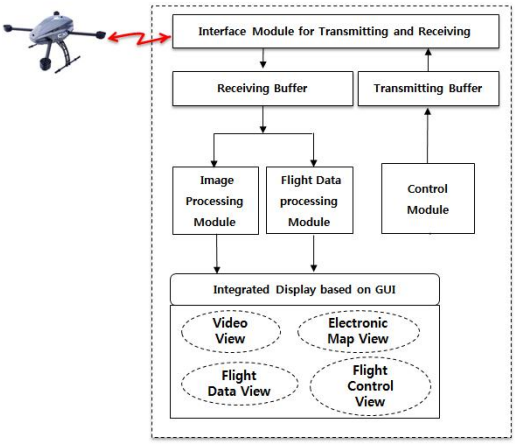

그림 1. 비행데이터의 통합 시현을 위한 S/W 플랫폼 구성도

Fig. 1 S/W platform structure for the integrated display of flight data

이와 같은 사실에 기초하여 본 논문에서 개발되어질 통합 시현 소프트웨어 플랫폼은 그림 1과 같이 구성된다.

2. 소프트웨어 세부 구조

그림 1의 플랫폼은 모듈 단위로 구성되어 있기 때문에 새로운 기능이 추가될 경우 플랫폼의 확장이 용이하다. 그림 1의 각 모듈들에 대한 기능과 역할은 다음과 같다.

■송, 수신 인터페이스 모듈

무인비행체에서 전송되는 영상 및 비행데이터를 실시간으로 수신한다. 그리고 구동 및 제어 모듈에서 전송되는 비행제어 명령어를 무인비행체로 송신한다. 이러한 송, 수신은 무선 통신 환경 하에서 TCP 및 UDP 통신에 의하여 실시간으로 이루어진다.

■구동 및 제어 모듈

무인비행체의 구동 및 제어에 관련된 것으로 조이스틱, 키보드 등의 외부 장치로부터 입력된 신호를 바탕으로 하여 무인비행체에 대한 비행 및 제어 명령어를 생성한다.

■영상데이터 처리 모듈

주어진 디스플레이 환경에서 요구하는 프레임율 및 해상도에 맞도록 무인비행체의 카메라로부터 전송되는 30Hz의 HD급 비디오 데이터를 필터링 처리한다.

■ 비행데이터 처리 모듈
수신된 비행 데이터들의 효과적인 디스플레이를 위해 각종 비행 데이터를 계기판 및 시현용 판넬에서 요구되는 데이터 유형으로 변환한다.

■ GUI기반 통합 시현 모듈
영상데이터 처리 모듈과 비행데이터 처리 모듈에서 전송된 데이터들을 GUI를 기반으로 동시에 시현함으로써 관제 요원에게 다양한 정보를 통합적으로 제공한다.

- 비디오영역: 무인비행체가 비행 중 획득한 관심 영역의 영상 정보를 실시간으로 제공하기 위하여 영상데이터 처리 모듈에서 입력되는 비디오를 디스플레이.
- GPS기반 전자지도영역: 무인비행체의 위치 및 비행경로를 실시간으로 확인할 수 있도록 구글 맵, 다음 맵과 같은 기존 지도 정보 API를 이용하여 GPS 데이터를 가상의 지도에 디스플레이.
- 비행계기 영역: 무인비행체의 제어 및 관리에 필요한 무인비행체의 자세, 속도, 고도, 방향 및 비행시간, 배터리 량 등의 정보를 계기판 및 판넬 등에 디스플레이.
- 로그(Log) 정보 영역: 무인비행체의 비행 시 발생할 수 있는 다양한 상황을 기록 및 분석하기 위해 비행 중 수집되는 각종 데이터를 시간에 따라 저장 및 디스플레이.
- 비행 구동 영역: 원활한 임무수행에 필요한 무인비행체의 구동 관련 기능들을 아이콘화하여 손쉽게 선택할 수 있도록 지원.

Ⅲ. 통합 시현 소프트웨어 플랫폼 구현

1. OpenMP기반의 병렬처리 기법

멀티코어 환경에서 최대의 성능을 얻기 위하여 병렬처리 기법의 활용에 관한 연구가 많은 관심을 받고 있다. 지금까지 하나의 명령어로 여러 개의 데이터를 동시에 처리할 수 있는 SIMD [3], 공유메모리 기반의 병렬처리 기법인 OpenMP [4, 5], GPU등 이기종 장치를 이용한 병렬화 기법인 CUDA [6] 기법들이 활발하게 개발되어 왔다. 본 논문에서는 이 가운데에서 OpenMP를 이용하여 통합 시현 소프트웨어 플랫폼을 구현한다.

OpenMP는 공유메모리를 기반으로 다중 스레드를 이용하여 병렬프로그램을 작성하기 위한 표준 API로서 지시어, 보조지시어, 실시간 라이브러리, 환경변수의 3부분으로 구성된다. DEC, IBM, Intel 등으로 이루어진 OpenMP ARB에 의해 1997년 최초 Fortran용 1.0 버전이 배포된 이후 2013년 4.0 버전까지 배포되어 사용되고 있으며 현재 C/C++도 지원되고 있다. OpenMP는 그림 2와 같이 Fork-Join 모델로 구동된다. OpenMP 지시어가 수행되는 순간 마스터 스레드는 미리 설정되어 있는 스레드 수에 따라 슬레이브 스레드를 Fork하여 스레드 팀을 구성한다. 생성된 스레드팀은 병렬처리를 수행한 후 Join에 의하여 동기화되는 시점에 소멸되고 마스터 스레드만 남게 된다.

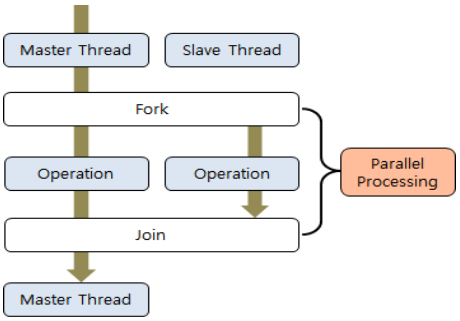

그림 2. OpenMP에서의 Fork-Join 과정
Fig. 2 Fork-Join procedure in OpenMP

OpenMP는 기존의 순차 프로그램 코드에 간단한 OpenMP지시어를 삽입함으로써 매우 간편하고 손쉽게 프로그램을 병렬화 할 수 있는 장점을 지니고 있다. 그런데 이것은 데이터 의존성이 없는 데이터간의 연산처리에 효과적인 반면에 데이터 의존성이 있는 데이터의 연산에는 데이터 경합 현상을 유발하여 도리어 프로그램 수행 시 오류를 발생시킬 수 있다. 따라서 OpenMP를 효과적으로 적용하기 위해서는 데이터간의 의존 관계를 명확하게 확인하여 적절한 지시어를 사용하는 것이 중요하다.

2. 플랫폼 구현

본 논문에서 제시하는 통합 시현 소프트웨어 플랫폼은 Windows7 (64bit), 3.4GHz i5 3570, 4GB DDR2 환경 하에서 VisualStudio2010, OpenCV Library [7], FFmpeg Library [8]를 활용하여 구현되었다. 그리고 Parrot사의 AR.Drone 2.0모델 [9]을 대상 무인비행체로 하였다. AR.Drone은 4개의 소형 모터와 프로펠러를 장착한 동력추진체로서 영상 및 비행데이터를 실시간으로 획득, 전송하며 다양한 유형의 비행 기능을 제공하기 때문에 통합 시현 소프트웨어 플랫폼을 개발하고 검증하는 데

효과적인 무인비행체이다.

무인비행체와 플랫폼간의 실시간 연동에 필수적인 역할을 수행하는 송, 수신인터페이스 모듈은 AR.Drone 2.0 SDK에서 정의된 네트워크 프로토콜의 분석에 기초하여 WIFI 무선 통신을 기반으로 한 Socket 통신에 의하여 데이터 및 명령어가 실시간으로 송, 수신되도록 구현되었다. 영상데이터 처리 모듈은 FFmpeg과 OpenCV 라이브러리를 이용하여 1280x720P 형식의 HD급 비디오 데이터를 복원한 후 이를 주어진 해상도 및 프레임 율에 맞게 필터링하도록 구현되었다. OpenCV 라이브러리에 기초한 비행데이터 처리 모듈은 수신된 비행데이터를 파싱하고 기울기, 속도, 방향, 고도 등의 데이터 값들을 그래프나 계기판으로 시현하는 데 필요한 유형들로 변환되게 프로그램 되었다. 외부 장치로부터 입력되는 이륙, 착륙, 상승, 하강 등의 기능에 대응하는 비행체의 방향, 속도, 고도 등의 제어 신호 값들을 사전 분석을 통하여 설정하고 이들 간의 매핑 관계를 프로그래밍 함으로써 구동 및 제어 모듈을 구현하였다. 비디오영역, 비행 정보 영역, GPS기반 전자지도정보 영역, 로그 정보 영역, 비행 구동 영역으로 구성되는 GUI 기반 통합 시현 모듈은 영상데이터 처리 모듈과 비행데이터 처리모듈로부터 HD급 비디오, GPS, 고도, 속도, 자세, 비행시간 등의 데이터들을 입력받고 이들을 미리 설정된 비디오 창, Daum Map 창, Basic-T 유형의 계기판 창, 로그 정보 창 등에 통합 시현되게 구현하였다.

그림 3은 제안하는 통합 시현 소프트웨어 플랫폼의 동작 흐름도를 개념적으로 나타낸 것이다. 그림 1과 그림 3에서 알 수 있듯이 영상데이터 관련 처리 과정과 비행데이터 관련 처리 과정은 서로 독립적이기 때문에 데이터 간 의존성이 존재하지 않는다. 따라서 이러한 사실은 OpenMP 기반의 병렬처리 기법의 적용을 가능하게 한다. 본 논문에서는 #pragma omp section 지시어로 각각의 처리 과정들을 쓰레드화하여 쓰레드별로 코어가 할당되게 함으로써 영상데이터 처리과정과 비행데이터 처리 과정이 동시에 실행되도록 프로그램 하였다. 그림 3에서 점선으로 표시된 2개의 사각 영역은 듀얼 코어에 의하여 동시에 처리됨을 표시한 것이다.

3. 플랫폼 검증

본 논문에서는 Parrot사의 “AR.Drone 2.0”을 대상으로 구현된 통합 시현 플랫폼의 실시간 동작 및 성능을 검증하였다.

먼저 본 논문에서는 항공분야에서 항공기 설계,

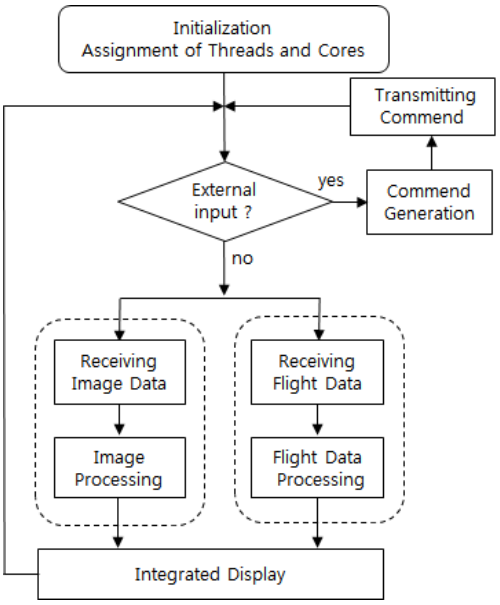

그림 3. 듀얼코어 기반 통합 시현 소프트웨어의 동작 흐름도

Fig. 3 Flow chart of the integrated display software with dual-core processor

해석, 시뮬레이션, 모의 검증 등에 널리 사용되고 있는 X-plane 시뮬레이터 [10]를 이용하여 비행계기창과 전자 지도창에서의 데이터 시현을 시험하였다. X-plane 시뮬레이터의 환경 설정을 통하여 고도, 속도, 방향, GPS, 자세 등과 같은 비행데이터가 실시간으로 생성되도록 하고 이를 구현된 소프트웨어 플랫폼으로 전송하였다. 그리고 X-plane 시뮬레이터의 시현 화면과 통합 시현 소프트웨어 플랫폼에서의 시현 화면이 동일한 지 비교하였다. 그림 4는 이 같은 비교 과정을 나타낸 것이다. 그림 4에서 우측 상단의 텍스트 파일은 X-plane 시뮬레이터에 서 생성되는 비행데이터, 우측 중간은 구현된 통합 시현 소프트웨어 플랫폼의 비행계기 및 판넬, 좌측 상단은 X-plane 시뮬레이터에서 제공하는 비행계기 및 판넬, 그리고 좌측 하단은 통합 시현 소프트웨어 플랫폼에서의 전자 지도 창을 각각 나타낸다. 텍스트 파일을 각각의 시현 화면들과 비교한 결과, 대응하는 비행계기 및 판넬들 간의 데이터 시현이 서로 일치함을 확인할 수 있었다. 이것은 본 논문에서 구현한 통합 시현 소프트웨어 플랫폼에서 비행데이터 시현이 올바르게 수행됨을 의미한다.

무인비행체에서 전송되는 영상 및 비행데이터의 통합 시현을 검증하기 위하여 외부 장치를 이용하여

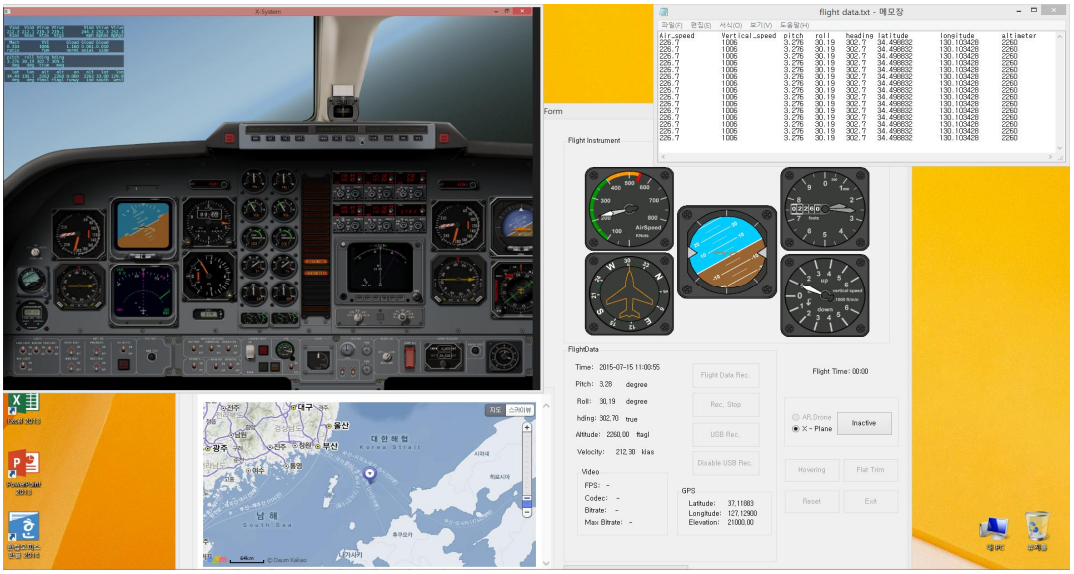

그림 4. X-plane 시뮬레이터와 제안하는 S/W 플랫폼간의 시현 화면 비교

Fig. 4 Display comparison between the suggested S/W platform and X-plane simulator

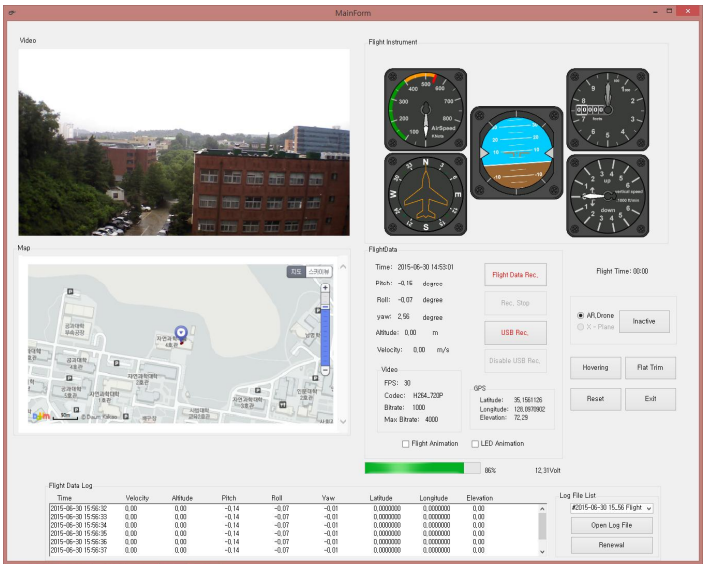

그림 5. 제안하는 GUI 기반의 통합 시현 화면

Fig. 5 An integrated display with GUI suggested in this paper

무인비행체를 실제로 장시간 비행시켰다. 그리고 구현된 통합 시현 소프트웨어 플랫폼의 영상데이터 처리 모듈과 비행데이터 처리 모듈에서 제공되는 각종 데이터들이 제시된 GUI를 기반으로 실제로 통합 시현되는지 확인하였다. 그림 5는 무인비행체가 실제로 비행하는 가운데 구현된 플랫폼에서 통합 시현되는 화면을 캡처한 것이다. 그림 5는 비디오, 전자지도, 고도, 속도, 자세, 방향, 비행시간, 배터리량, 로그 데이터 등이 동시에 통합적으로 시현되어짐을 보여준다. 이 같은 실제 비행 실험에 기초한

표 1. 통합 시현 소프트웨어 플랫폼의 실행속도 비교
Table 1. Comparison of execution time of the integrated display software platform

Core \ Iteration	1	2	3	4	5	Average
Single(sec)	229.3	231.9	230.0	229.1	228.2	229.7
Dual(sec)	159.4	163.4	159.4	163.2	163.3	161.8
Improvement (%)	30.46	29.55	30.67	28.77	28.41	29.57

검증은 제안하는 플랫폼이 왜곡이나 끊김 없이 그림 5의 통합 화면을 지속적으로 실시간 제공함을 확인시켜 주었다.

그리고 표 1은 병렬처리 기법에 의하여 구현된 통합 시현 소프트웨어 플랫폼의 실행 속도를 비교한 것이다. 표 1에서 단일코어는 그림 3에서 점선으로 표시된 2개의 사각 영역들이 단일코어에 의하여 순차적으로 실행되는 경우를 의미한다. 각 5회의 반복 실험을 통해서 듀얼 코어를 이용한 병렬처리 실행이 약 30%의 실행 속도 개선이 이루어짐을 알 수 있다. 이 같은 속도 개선은 다양한 실제 상황 속에서 플랫폼의 실시간 통합 시현이 더욱 더 안정적으로 수행될 수 있음을 의미한다. 또한 표 1의 결과는 복수개의 무인비행체를 활용한 감시시스템의 경우 병렬처리 기법의 적용이 실시간 통합 시현에 필수적임을 암시한다.

Ⅳ. 결론

본 논문에서는 무인비행체기반의 영상 감시시스템 개발에 있어서 관제 효율의 향상을 위하여 무인비행체로부터 전송되는 영상 및 비행 정보를 통합 시현하는 소프트웨어 플랫폼을 개발하였다. 효과적인 관제를 위해 요구되는 시현 항목들을 선정하고 통합 시현을 위한 GUI를 구성하였다. 또한 관제 요원에게 통합적인 정보를 실시간으로 제공하기 위하여 통합 시현 소프트웨어 플랫폼을 OpenMP를 이용한 병렬처리 기법에 기반하여 구현하였으며 실제 비행 실험을 통하여 동작 여부를 검증하였다. 본 논문에서 개발된 플랫폼은 복수개의 무인비행체를 이용한 차세대 영상 감시시스템에서 요구되는 고성능의 관제 소프트웨어 플랫폼 개발에 중요한 토대가 될 것으로 예상된다.

References

[1] I.S. Kim, J.D. Yoo, B.H. Kim, “A monitoring way and installation of monitoring system using intelligent CCTV under the u-city environment,” Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Science, Vol. 3, No. 4, pp. 295-303, 2008 (in Korean).

[2] W.I. Hyen, J.B. Kim, J.Y. Hwang, “Domestic policy ready for a coming of age for civil UAV,” Proceedings of Conference on the Korean Society for Aeronautical and Space Sciences, pp. 948-951, 2014 (in Korean).

[3] Y.H. Jung, SIMD parallel programming, FREELEC, 2012 (in Korean).

[4] I.S. Hwang, I.K. Eom, Y.H. Moon, S.W. Ha, “A fast interest point detection method in SURF algorithm,” IEMEK J. Embed Sys. Appl., Vol. 10, No. 1, pp. 49-55, 2015 (in Korean).

[5] Y.H. Jung, OpenMP parallel programming, FREELEC, 2011 (in Korean).

[6] D.B. Kirk, W.W. Hwu, Programming massively parallel processors: a hand-on-approach, NVIDIA, 2010.

[7] OpenCV library, http://www. opencv.org

[8] FFmpeg library, http://www. ffmpeg.org

[9] AR drone Spec, http://ardrone2. parrot.com

[10] A. Meyers, X-plane operation manual, Laminar research, http://www. x-plane.com/files/manuals/X-Plane_Desktop_manual.pdf

Young-Min Lee (이 영 민)

He received the M.S. degree in Convergence Information Technology Engineering from Gyeongsang National University, Jinju, Korea, in 2014. He is currently a Ph.D. candidate in informatics engineering, Gyeongsang National University. His research interest includes object tracking, aerospace embedded system, and Avionic S/W

Email: jslee3201@gnu.ac.kr

In-So Hwang (황 인 소)

He received the M.S. degree in Convergence Information Technology Engineering from Gyeongsang National University, Jinju, Korea, in 2015. He is currently a Ph.D. candidate in informatics engineering, Gyeongsang National University. His research interest includes image processing, aerospace embedded system, and parallel computing.

Email: inso77@gnu.ac.kr

Bae-Hyeon Lim (임 배 현)

He received the B.S. degree in Department of Information Science, Gyeongsang National University, jinju, Korea, 2015. He is currently a M.S. student in Department of Aerospace Engineering at Gyeong- sang National University, Jinju, Korea. His research interest includes image processing, aerospace embedded system, Avionic S/W, and autonomous flight computing.

Email: limbae89@gnu.ac.kr

Yong-Ho Moon (문 용 호)

He received the Ph.D. degree in Electronics Engineering from Busan National University, Busan, Korea, in 1998. He was a senior researcher in DM Institute of Samsung Electronics Co. from 1998 to 2001 and he was a visiting researcher in University of California, Santa Barbara in 2012. He is currently an associate professor in Department of Aerospace and Software Engineering at Gyeongsang National University, Jinju, Korea. His research interest includes image processing, SoC, Avionics, and parallel computing.

Email: yhmoon5@gnu.ac.kr