실시간 공중 모니터링을 위한 다중센서 데이터 처리 컴퓨터의 설계

조현우°, 이종혁, 김형신
충남대학교 컴퓨터공학과
jhwzero@cnu.ac.kr jonghyuk@cnu.ac.kr, hyungshin@cnu.ac.kr

Design of Multi-Sensor Data Processing System for Real-Time Aerial Monitoring

Hyunwoo Joe, Jonghyuk Lee, Hyungshin Kim
Department of Computer Science and Engineering, Chungnam National University

요 약

무인항공기를 이용한 실시간 공중 모니터링은 재난·재해, 테러 등의 위기상황을 사전에 대비하고, 사고 발생 시 피해상황을 신속하게 파악할 수 있는 효율적인 관리 시스템이다. 실시간 공중 모니터링을 위해 무인항공부문에서는 고성능의 카메라, 관성항법장치, 레이저 스캐너, GPS 수신기 등의 다중 센서들을 장착하고, 제어하며 각 센서들로부터 입력 받은 데이터 처리 및 지상국으로 데이터 전송이 실시간으로 가능해야 한다. 기존 무인 모니터링 시스템들은 카메라와 같이 단일 센서의 운용을 목적으로 설계되었으나, 본 연구에서는 레이져스캐너, 적외선 카메라를 포함하는 다중센서를 위한 컴퓨터를 설계하였다. 최근 다중센서를 장착한 관측시스템에 관한 연구가 미국 및 유럽에서 수행되고 있으나, 아직 개발이 완료되지 않은 상태이다. 본 논문에서는 고성능 다중 센서 데이터 처리를 위해 실시간 소프트웨어, 고속 대용량 데이터 처리 기술, 고속 압축 기술, 이기종 다중 센서들 간의 시각 동기화 기능을 제공하는 탑재컴퓨터의 설계결과를 소개하였다.

1. 서 론

국토개발 및 도시의 성장으로 인하여 재난·재해로 인한 국토의 변화는 점점 더 급격하게 발생하고 있다. 실제 재난·재해에 따른 위기상황 발생 시, 피해지역이 어느 정도의 넓이로 어떻게 분포되어 있는지 피해현황에 대한 파악이 필수적이나, 현재는 사람 육안에 의한 단순 현황 파악에만 그치고 있는 실정이다. 때문에 재난·재해, 테러 등의 위기상황을 사전에 대비하고, 발생 시에는 피해상황을 신속하고 정확하게 파악할 수 있는 효율적인 관리시스템을 위한 실시간 공중 모니터링 기술에 대한 관심이 증가하고 있다.

실시간 공중 모니터링 시스템은 재난 재해와 같은 긴급한 상황에서 실시간으로 공중에서 취득된 자료를 이용하여 대상지역에 대한 모니터링 임무를 수행할 수 있는 항공 및 지상시스템을 말한다. 항공부문은 실시간 자료취득 및 전송을 위한 다중센서(Multi-Sensor)를 탑재한 소형 무인항공기 기반 시스템을 말하며, 지상부문은 실시간 데이터 수신과 처리 및 부가정보추출을 위한 시스템을 말한다.

무인 항공부문에서 다중센서를 제어하고 센싱 데이터들을 유기적으로 실시간 융합, 가공 처리하여 보다 정확한 정보를 추출하는 기술은 실시간 공중 모니터링 시스템을 위한 기초가 되는 것으로 기존에는 카메라와 같은 단일 센서를 이용하여 이루어져 왔으나 근래에는 고성능의 다중센서를 이용하여 좀 더 정확한 관측을 위해 연구 개발되고 있다. 하지만 현재까지 개발되거나 상용화된 다중센서 데이터 처리시스템들은

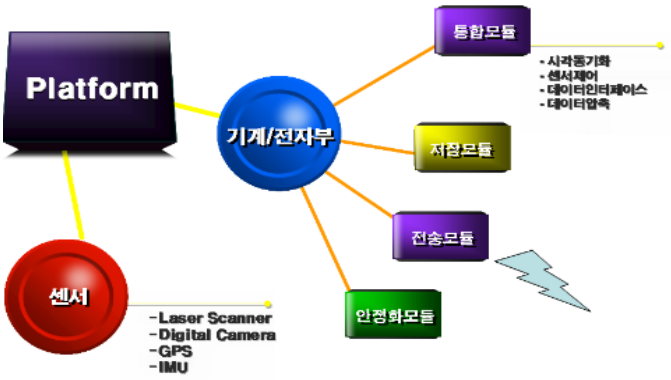

그림 1. 실시간 공중 모니터링 시스템 개념도

정밀한 시스템의 개발보다는 오차가 존재하는 영상을 취득 후에 지상에서 보정하는 방법이 주로 사용되고 있다.

최근 무인항공기를 이용한 국내의 연구로는 다중센서를 직접 컨트롤하여 실행하는 것이 아닌 센서네트워크를 이용하여 각종 센서가 부착된 센서노드들을 피해가 발생될 수 있는 지역에 미리 설치하고, 피해 발생 시 무인항공기에 연결된 베이스 노드(Base node)를 통하여 정보를 수집하거나[1], 무인항공기에서 대상지역에 센서노드들을 투하하여 해당지역의 정보를 파악하는 연구[2]가 있다. 하지만 위의 연구에서 사용한 센서들은 단순 현황파악만이 가능한 센서들이며 센서가 설치된 지역에 직접적인 피해가 발생한 경우에는 설치되어 있는 센서들은 더 이상 사용할 수 없게 된다. 또한 센서노드의 특성상 피해지역으로부터 전송되는 데이터를 수신 받기 위해 무인항공기는 저 고도로 비행해야 하며 산불과 같은 피해가 발생할 경우, 비행중인 무인항공기 추락 등의 2차 문제를 야기 할 수 있으므로, 실제 재난·재해 시 이용하기에는 현실적으로 문제가 있다. 이와는 달리 국외에서는 마이크로소프트사가 추진하는 Sensor Web[3]과, 상용 시스템인 ARIES[4], HALE [5] 등 본 연구와 유사한 시스템이 개발되거나 상용화되고 있다. 이들 시스템에서는 디지털 카메라, 레이져 스캐너, 관성항법장치 (IMU:Inertial Measurement Unit), GPS 수신기 등을 이용한 이기종 다중 센서 융합형태로 연구가 진행되고 있다. 각 연구에서 사용된 무인항공기는 고성능의 카메라 나 레이저 스캐너를 이용한 피해 지역 촬영이 가능하고, 관성항법장치와 GPS 수신기로부터 정확한 위치정보를 얻어낼 수 있다. 지상국에서는 이렇게 얻은 영상정보와 위치정보를 이용하여 피해지역의 정보 추출을 통해 보다 정확한 피해현황 파악이 가능하다. 특히 [3]의 데이터 처리 컴퓨터는 압축기능을 포함하며, [5]의 데이터처리 컴퓨터는 시각동기, 기본영상보정, 영상압축의 기능을 제공한다. 이는 실시간 공중 모니터링을 위한 양질의 센싱 데이터를 지상국으로 전달해주며, 지상국에서 영상을 보정하고 가공하는 시간을 단축시켜 줄 수 있으므로 보다 나은 실시간 공중 모니터링 구현이 가능하다.

본 연구에서는 실시간 공중 모니터링의 무인항공부문에서 사용하는 다중 센서 데이터 처리 컴퓨터를 설계하였다. 이 컴퓨터는 실제 운영되는 실시간 공중 모니터링을 위하여 다양한 임무를 수행하고 고속의 데이터를 융합하고 가공하는 저가의 고성능의 시스템을 개발하는 것을 목적으로 한다. 데이터 처리 컴퓨터는 다중 센서 제어, 데이터처리 가공된 데이터 전송을 위한 컴퓨터 설계가 기본이 된다. 특히 고속 대용량 데이터처리, 고속 압축 등의 영상처리, 이기종 다중 센서들 간의 실시간 시각 동기화가 주요 설계 요구조건이다.

본 논문에서는 무인항공기를 이용한 실시간 공중 모니터링을 위한 다중 센서 데이터 처리 컴퓨터 설계에 대하여 논한다. 2장에서는 다중 센서 데이터 컴퓨터의 설계 요구 조건을 제시하고, 이를 만족하기 위해 실제 개발될 플랫폼의 구성요소들과 동작과정을 3장에서 살펴보고, 4장에서 결론을 맺는다.

2. 데이터 처리 시스템 설계 요구조건

실시간 공중 모니터링은 다중 센서를 장착한 무인항공기를 이용하여 실시간으로 센싱 데이터를 전송받는 시스템으로 다른 시스템에 비해 높은 실시간성을 갖고 있다. 따라서 데이터 처리 컴퓨터는 실시간 데이터 처리를 위하여 다음을 고려해야 한다.

데이터 처리 컴퓨터는 고속 실시간 데이터처리가 가능한 프로세싱 모듈로 원격탐사 관련 이기종 다수의 고성능 센서들을 결합하고 실시간 영상처리 기능을 탑재한 것으로 기존의 다른 관련연구들에 비해 우수한 성능을 지녀야 한다. 따라서 실시간 공중 모니터링 시스템에서 사용되는 센서들은 고성능 카메라, 레이저 스캐너, 관성항법장치, GPS 수신기 등이며 이때 동기되어 입력되는 데이터에 대한 작업이 동시에 수행되어야 한다. 이를 위한 데이터 처리 컴퓨터의 핵심기술은 고속 입출력 처리, 실시간 시각동기, 고속압축, 실시간 소프트웨어를 필수로 요구하게 된다. 이러한 임무의 다양성을 지원하기 위하여 펜티엄 PC기반의 고정형 고성능컴퓨터와 FPGA 프로세서 기반의 가변형 컴퓨터의 두 개의 플랫폼을 개발하도록 한다. 펜티엄PC기반 플랫폼은 현재 다중 센서용 데이터 처리 컴퓨터에 주로 사용되고 있는 플랫폼으로 펜티엄 프로세서를 채용한 Single Board Computer(SBC)가 주로 이용된다. 가변 형 컴퓨터는 프로세서 코어를 탑재한 FPGA를 이용하여, 본 연구에서 요구하는 고속 입출력, 고속 압축, 시각동기 등을 하드웨어로 구현이 가능하며 임무에 따라 하드웨어를 재구성할 수 있도록 설계되어야 한다.

또한 데이터 처리 컴퓨터는 센서를 제어하고 데이터를 융합가공 처리하는 일반적인 임무 외에, 지상국으로부터 명령(command) 수행, 지상국으로 실시간 데이터 전송, 센싱 데이터 저장이 요구된다.

지상국에서는 센싱 시작요청, 센싱 정지요청, 센서제어 및 저장데이터 요청 등을 할 수 있다. 실제 무인항공기에는 지상국으로부터의 명령과 센싱데이터를 송수신하기 위한 별도의 모듈이 설치되어 있다. 따라서 데이터 처리 컴퓨터는 이 송수신 모듈과 지상국으로부터의 명령수신을 위한 인터페이스가 존재해야 하며, 해당 명령을 실시간 처리 할 수 있도록 명령 수신 대기상태를 유지하고 명령을 전달 받을 경우 이를 처리 할 수 있어야 한다.

또한 데이터 처리 컴퓨터는 가공된 데이터를 실시간으로 지상국으로 전송하기 위하여 지상국과의 중계역할을 하는 송수신 모듈과 고속의 데이터 송신용 인터페이스로 연결되어야 한다.

마지막으로 실시간 데이터 전송 이외에 따로 대용량의 저장장치를 두어, 센싱 된 정보를 추후 활용할 수 있어야 한다. 그러므로 가공된 센싱 데이터 저장을 위한 대용량 저장장치가 존재해야 하며, 무인항공기가 비행을 마친 후에도 이곳에 저장된 데이터를 이용할 수 있어야 한다. 또한 경우에 따라서는 비행 중이라도 지상국으로부터 저장된 자료 요청 시 언제든지 저장 데이터 송신이 가능하도록 설계해야 한다.

3. 시스템 설계

3.1 시스템 구조

실시간 공중 모니터링 시스템을 위한 다중 센서 데이터 처리 시스템은 다음의 그림 2와 같이 크게 송수신 모듈과 데이터 처리 컴퓨터로 구분된다. 송수신 모듈은 지상국과 무선 통신링크를 통하여 연결되어 데이터 처리 컴퓨터가 지상국과 센싱 데이터 및 명령을 주고 받을 수 있도록 중계하는 역할을 수행하며, 데이터 처리 컴퓨터는 지상국의 명령을 받아 설치된 각

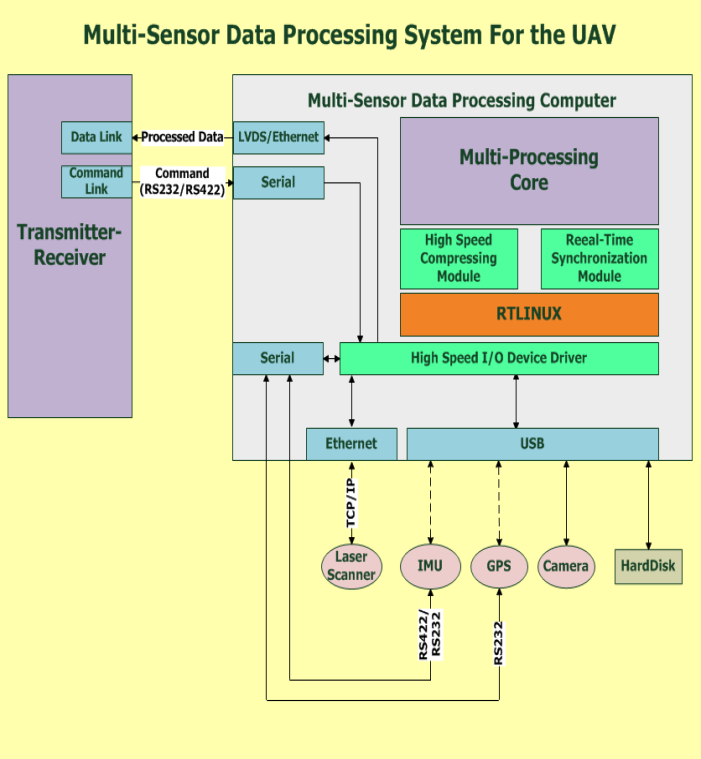

그림 2. 다중 센서 데이터 처리 시스템의 구조

센서들을 이용하여 데이터를 수집 및 처리하여 이를 지상국이 전송 받을 수 있도록 송수신 모듈에 전달하는 역할을 수행한다.

본 연구에서는 임무의 다양성에 대한 요구사항을 만족 시키기 위하여 다중 센서 데이터 처리 컴퓨터를 펜티엄 기반의 고정형 고성능 컴퓨터와 FPGA프로세서 기반의 가변형 컴퓨터의 두 개의 플랫폼으로 개발한다. 두 플랫폼 기본적으로 동일한 구조이며, 그림 2와 같이 내부에 센서들이 전송하는 센싱 데이터를 고속으로 처리하기 위한 고속 입출력 모듈, 센싱데이터를 고속 압축 처리하는 고속 압축 모듈, 센서들간에 실시간 시각 동기를 위한 실시간 동기화 모듈을 포함하고 있다.

다중 센서 데이터 처리 컴퓨터는 송수신 모듈 및 센서들과 다양한 인터페이스를 가지고 있다. 송수신기와 다중 센서 데이터 처리 컴퓨터 사이에는 센싱 데이터과 명령의 송수신을 위한 데이터 링크와 커맨드 링크가 존재한다. 데이터링크는 다중 센서 데이터 처리 컴퓨터에 의하여 실시간으로 처리된 센싱 데이터가 고속으로 전송될 수 있도록 LVDS 혹은 Ethernet 인터페이스를 이용하여 연결되며 커맨드 링크는 RS232 혹은 RS422 를 이용한 시리얼(Serial) 인터페이스를 이용하여 연결된다. 또한 무인항공기에는 데이터 수집을 위하여 다양한 센서들이 탑재되며, 최근의 센서들은 다양한 기능과 함께 다양한 인터페이스를 가지고 있으므로 멀티센서 데이터 처리 컴퓨터는 설치될 다양한 센서들을 위하여 시리얼, USB, Ethernet 등의 다양한 인터페이스를 제공하여야 한다. 본 연구의 실제 무인항공기에 탑재될 센서들은 레이저스캐너에는 Ethernet 인터페이스를 이용하여 TCP/IP 기반으로 연결되는 Riegl LMS-Q240i[6], 고성능의 카메라로는 USB 인터페이스를 가진 Lumenera 사의 Lw235[7], 관성항공장치(IMU)와 GPS 에는 Xsens Mti-G[8] 또는 Honeywell HG1700[9] 가 있다. Xsens Mti-G 는 관성항공장치와 GPS 의 기능이 통합된 모델이며, 인터페이스로는 RS232 기반의 시리얼 인터페이스와 USB 인터페이스를 사용한다. Honeywell HG1700 는 관성항공장치의 기능만을 가지고 있으며 인터페이스로는 RS422 기반의 시리얼 인터페이스를 사용 한다.

다중 센서 데이터 처리 컴퓨터는 처리한 센싱 데이터를 저장하여 추후 센싱 데이터가 활용될 수 있도록 해야 한다. 따라서 센싱 데이터 저장을 위한 대용량 저장장치가 존재해야 하며, 다중 센서 데이터 처리 컴퓨터와 USB 인터페이스를 이용하여 대용량의 저장장치를 연결하였다.

3.2 시스템 소프트웨어

다중 센서 데이터 처리 컴퓨터는 센서들을 동기화 하고 고용량의 센싱 데이터를 실시간으로 전송 받아

처리한다. 따라서 다중 데이터 처리 컴퓨터의 운영체제에는 실시간 운영체제가 선택되어야 하며, 저가의 고성능의 시스템을 개발하기 위하여, 우리는 RTLINUX[10]를 다중 센서 데이터 처리 컴퓨터의 운영체제로 사용한다.

RTLINUX 는 기존의 리눅스에 하드리얼타임(Hard Real-Time)기능이 추가된 것으로 기존 리눅스의 소스의 변경을 최소화 하는 형태로 설계된 운영체제이다. 따라서 기존 리눅스에 익숙한 프로그래머 들이 쉽게 접근할 수 있다. 그리고 리얼 타임(Real-Time)기능이 필요한 부분만 리얼타임 태스크로 구현하고 나머지는 이미 어느정도 검증되어 있는 안정된 리눅스상에서 동작하므로 안정적이고, 디버깅이 용이하다[11]. 또한 RTLINUX 는 GPL 라이센스로 제공되므로 별도의 비용을 사용하지 않고 운영체제로 사용 가능하다는 장점도 지닌다.

3.3 시스템 동작 과정

그림 3 과 그림 4 는 다중 처리 시스템의 일반적인 동작을 나타낸 순서도이다. 다중 처리 시스템에는 지상국, 송수신 모듈, 데이터 처리 컴퓨터, 센서, 저장장치의 시스템 객체가 있으며, 지상국에는 다중 센서 데이터 처리 시스템에 명령을 내리는 관리자가 존재한다.

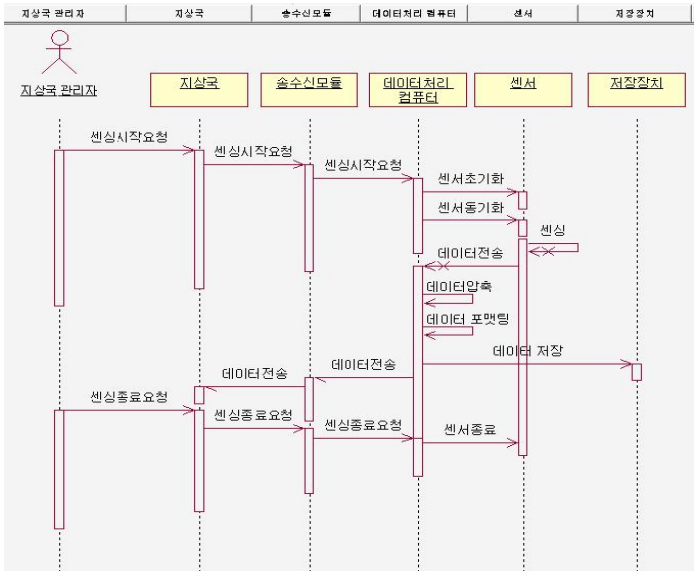

그림 3. 다중 센서 데이터 처리 시스템의 일반적인 동작 과정

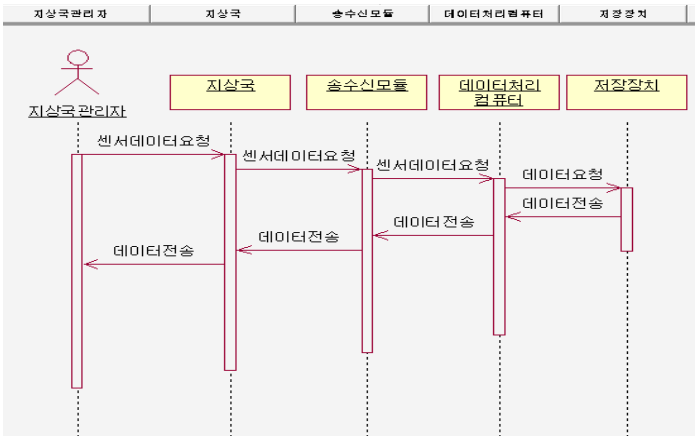

그림 4. 저장 데이터 요청 시 시스템의 동작 과정

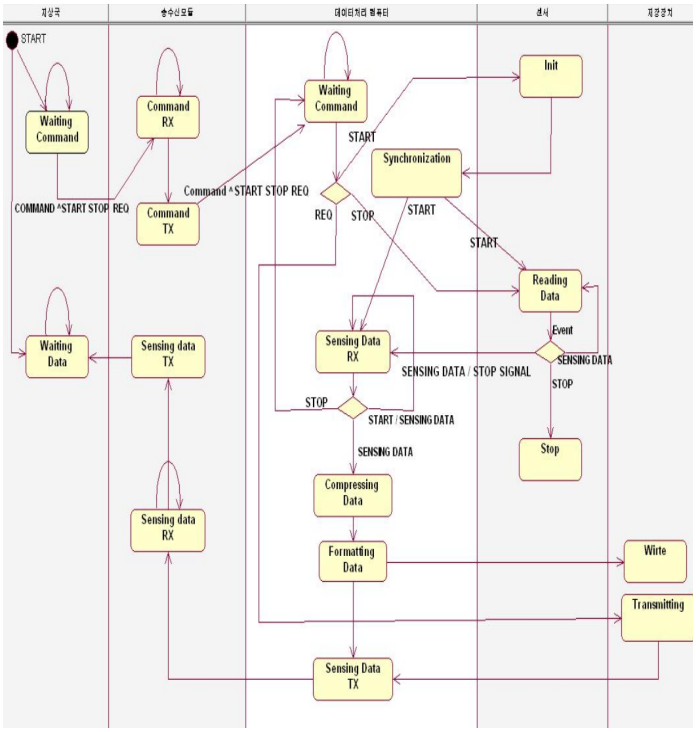

그림 5. 다중 센서 데이터 처리 시스템의 상태 변화도

그림 5 는 그림 3 과 그림 4 의 다중 센서 터이터 처리 시스템의 동작 과정에 따른 다중 센서 데이터 처리 시스템의 상태 변화와 발생하는 각각의 이벤트를 나타낸다.

지상국은 지상국 관리자가 입력할 명령을 기다리거나 송수신 모듈로부터 센싱 데이터의 수신을 기다리는 대기상태로 대기 한다. 지상국 관리자는 센서들이 데이터를 수집을 시작•종료하도록 하는 센싱 시작•센싱 종료 명령과 다중 센서 데이터 처리 컴퓨터의 저장장치에 저장된 센싱 데이터의 전송을 요청하는 명령을 입력 할 수 있다. 대기 상태의 지상국은 관리자의 명령이 입력되면 이를 송수신모듈에 전송한 뒤 대기상태로 다시 돌아가며, 송수신 모듈로부터 센싱 데이터를 수신한 경우에도 이를 처리하고 다시 대기

상태로 돌아간다. 지상국과 무선 통신링크를 통하여 연결된 송수신 모듈은 지상국으로부터 명령들과 센싱 데이터를 위한 송수신 대기상태에서 대기 하였다가 지상의 관리자의 명령을 수신한 경우 다중 센서 데이터 처리 컴퓨터에 명령을 전달하고, 센싱 데이터를 전달 받은 경우, 지상국으로 센싱 데이터를 전송한 후 다시 대기상태로 돌아가게 된다.

다중 센서 데이터 처리 컴퓨터는 기본적으로 기지국에서 전송될 명령을 대기하는 상태로 대기하였다가 송수신 모듈로부터 전달되는 명령에 따라 명령을 수행하기 위한 상태로 이동하여 명령을 수행한다. 다중 센서 데이터 처리 컴퓨터가 송수신 모듈이 중계하여 주는 센싱 시작 요청 신호를 받게 되면, 다중 센서 데이터 처리 컴퓨터는 데이터 수집을 위하여 설치된 각 센서를 초기화 한다. 그리고 각 센서들을 그림 2 의 실시간 동기화 모듈의 통하여 동기화 하는 작업을 수행하고 센싱 데이터를 받을 수 있는 상태로 대기 한다. 센서들의 초기화 및 동기화 작업이 끝난 후 각 센서들은 센싱 데이터를 고속 입출력 처리 모듈이 구현된 인터페이스를 통하여 다중 센서 데이터 처리 컴퓨터에 전송하게 된다. 센서들은 이와 같은 데이터 수집, 전송 과정을 센싱 종료 명령을 받을 때까지 반복적으로 수행하게 된다. 다중 센서 데이터 처리 컴퓨터에 전송되는 센싱 데이터는 고성능의 센서들에서 전달된 고용량의 센싱 데이터이다. 따라서 다중 센서 데이터 처리 컴퓨터는 고속 압축 모듈을 이용하여 센서들이 전송한 센싱 데이터를 압축하는 작업을 수행할 필요가 있다. 또한 압축된 센싱 데이터를 지상국에 전송 하기 위해서 전송 포맷에 적합하게 포맷팅을 수행한다. 이렇게 포맷팅까지 완료된 센싱 데이터는 실시간으로 송수신 모듈을 통하여 실시간으로 지상국으로 전송 되거나 다중 센서 데이터 처리 컴퓨터의 고용량의 저장 장치에 저장된다. 이렇게 저장 장치에 저장된 센싱 데이터는 그림 4 처럼 별도의 명령에 따라 송수신 모듈에 전달되어 지상국에 전송되거나 무인항공기의 착륙 후 별도로 이용 될 수 있다.

지상국 관리자는 원하는 센싱 데이터의 수집을 모두 마쳤다면 센싱 종료 요청을 전송하게 된다. 다중 센서 데이터 처리 컴퓨터는 이를 전달 받아 각 센서의 동작을 멈추도록 각 센서에 종료 이벤트를 발생시키게 된다. 센서들은 발생한 이벤트에 따라 센싱을 종료하고 생싱 중지 상태임을 다중 센서 데이터 처리 컴퓨터에 알린다. 다중 센서 데이터 처리 컴퓨터는 모든 센서들이 종료 상태라면 센싱 종료 요청 이전까지 수집된 데이터를 처리하여 지상국에 전송 또는 저장 한 후 다시 지상국의 명령을 대기하는 대기상태로 돌아가게 된다.

4. 결 론

이 논문에서는 무인항공기를 이용한 실시간 공중 모니터링 시스템에서의 다중 센서 데이터 처리 시스템의 설계를 제안하였다. 다중 센서 데이터 처리 시스템은 고속 입출력 처리, 실시간 시각동기, 고속압축, 실시간 소프트웨어 등의 요구 조건과, 지상국을 위한 요구조건들을 만족하도록 설계되었다.

본 연구의 최종 결과물인 탑재컴퓨터와 멀티센서들을 이용하여 실제 무인항공기로 실시간 재난관측이 가능해지면, 시공간적 재해, 환경, 자원 평가 및 관리 비용의 절감효과를 기대할 수 있다. 또한 다중 센서 응용분야의 탑재시스템으로도 활용이 가능함으로 선진국에서 장악하고 있는 고성능 다중 센서시스템과 같은 다양한 관측응용시장에도 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

이 연구는 건설교통부 지능형 국토정보 기술혁신사업단 공중모니터링 기술개발 과제의 지원으로 수행되었습니다.

5. 참 고 문 헌

[1] 윤동열, 김성호, “무인헬기 및 센서네트워크 기반 화재감시 시스템 설계” 퍼지 및 지능시스템학회 논문지 17 권, 제 2 호, pp173-178, 2007

[2] 이상수, 박노성, 박지훈, 민룽 팜, 파티 오즈투르크, 뒤백 뷔, 김대영, “UAV 를 이용한 무인정찰 센서 네트워크 플랫폼 구현” 한국정보과학회 봄 학술 발표지, 30 권 제 1 호, 2003

[3] SE Dunagan, D.S., RE Slye, BM Lobitz, A Multi-Sensor Imaging Payload for Mission-Adaptive Remote Sensing Applications Infotech@Aerospace, 2005.

[4] Karen Schuckman, G.R.H., “ARIES: Technology Fusion for Emergency Response” PE&RS, 2005. 71.

[5] T. Van Achteren, B.D., J. Everaerts, “INSTRUMENT DESIGN FOR THE PEGASUS HALE UAV PAYLOAD. Workshop "The Future of Remote Sensing", 2006.

[6]http://www.riegl.com/airborne_scannerss/lms_q240i/datasheet_lmsq240i.pdf

[7] http://www.lumenera.com/industrial/lw235.php

[8] http://xsens.com/download/MTi-G_leaflet.pdf

[9]http://www51.honeywell.com/aero/common/documents/myaerospacecatalog-documents/Missiles-Munitions/HG1700_Inertial_Measurement_Unit.pdf

[10] http://www.rtlinuxfree.com/

[11] http://linuxkernel.net/