

# UAV를 이용한 무인정찰 센서 네트워크 플랫폼 구현

이 상수<sup>o</sup>, 박 노성, 박 지훈, 민롱 팜, 파티 오즈투르크, 뒤백 뷔, 김 대영  
한국정보통신대학교

{sslee<sup>o</sup>, behack, jihoonpark, longpm, fozturk, bduybach, kimd}@icu.ac.kr

## The Implementation of Sensor Network Platform using UAV(Unmanned Aerial Vehicle)

Sang-Soo Lee<sup>o</sup>, Noseung Park, Jihoon Park, Minh Long Pham, Fatih Ozturk, Duy Bach Bui, Daeyoung Kim  
Real-Time and Embedded Systems Lab., Information and Communications University

### 요 약

센서 네트워크 기술을 군의 무인정찰 응용 시스템에 활용하기 위해서, 무인항공기 (UAV, Unmanned Aerial Vehicle)와 정찰 기지국, 그리고 탐지 센서네트워크와 제어 센서네트워크로 구성된 무인정찰 센서 네트워크 구조를 제안하고, 그 구현 기술에 대하여 기술하였다.

### 1. 서 론

UAV를 이용한 무인 정찰 센서 네트워크는 지형이 험난하거나, 광범위한 지역의 정찰, 사람이 접근하기 힘든 위험지역 등에 활용될 수 있다. 이 중에서 군용은 센서 네트워크의 강력한 활용 분야로써, 이에 대한 연구가 DARPA에 의해 시작되었다 [1]. 센서노드가 군용으로 활용될 때 정찰지역에 센서 노드들을 공중투하 할 수 있는 운송수단으로 자동함법 기능을 갖춘 UAV(Unmanned Aerial Vehicle)를 사용할 수 있다.

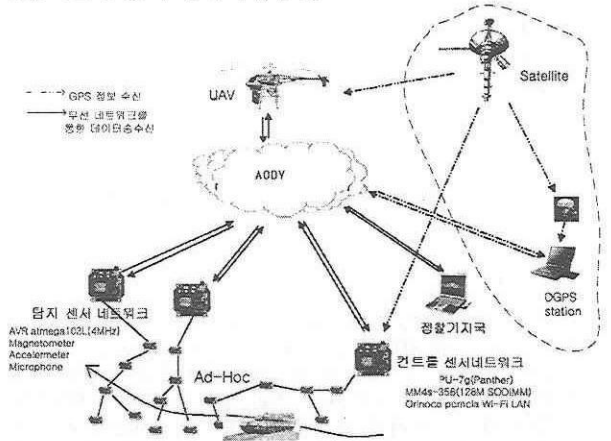
UAV는 센서노드들을 정찰지역에 운반, 투하의 목적으로만이 아니라 UAV를 이용하여 정찰기지국에 수집된 정보를 전송하거나 인공위성 등 장거리 무선 통신망을 이용하여 인터넷 등에 실시간 전송을 위한 게이트웨이로 활용할 수 있다. 이러한 UAV는 여러 가지 복합적인 기능을 구현하기 위한 컴퓨터 시스템과, 무선통신, 자동항법 시스템, DGPS(Differential Global Positioning System), 조음파 센서, 무선 카메라, 센서노드와의 통신장비 등의 다양한 최첨단기기의 조합으로 구성될 수 있으며 본 논문에서는 이런 용도에 맞는 UAV의 프로토타입으로써 RC(radio controlled) 헬리콥터를 이용한 UAV 시스템과 무인정찰 센서 네트워크 플랫폼을 제시하고 플랫폼의 구성요소와 역할들을 살펴본다.

본 논문의 2장에서는 무인정찰 센서 네트워크 플랫폼을 기술하고, 3장에서는 UAV시스템에 대해 상세히 설명을 하며, 4장에서 결론과 향후연구에 대해 설명한다.

### 2. 무인정찰 센서 네트워크 플랫폼

센서 노드는 특별한 Ad-hoc 네트워크의 한 종류로서, 제한된 통신 대역폭을 가지고 있고 각각의 노드들은 호스트나 라우터로서의 두 가지 역할을 동시에 수행할 수 있는 멀티 홉(Multi-hop) 통신의 동적 네트워크 구조를 가지고 있다. 정찰지역에 투하된 센서 노드들은 자체 구성(self-configuration)을 통해 Ad-hoc 네트워크를 형성하고, 여러 개의 다른 노드에서 수집된 데이터를 응용프로그램 단계에서 수집하여 데이터를 전송하는 데이터 수집(Data aggregation)방식의 프로토콜[2]을 이용하여 통신한다. 센서 네트워크 내의 탐지 센서 노드들은 탐지 센서 네트워크(Detection Sensor Network)를 구성하고, 탐지 센서 네트워크와 연결되어있는 게이트웨이와 정찰기지국들은 장거리 통신이 가능한 제어 센서 네트워크(Control Sensor Network)를 형성한다.

UAV를 이용한 무인정찰 센서 네트워크 플랫폼의 프로토타입은 <그림 1>과 같이 구성된다.



<그림 1> 무인정찰 센서네트워크 전체구성도(프로토타입)

### 2.1 탐지 센서 네트워크

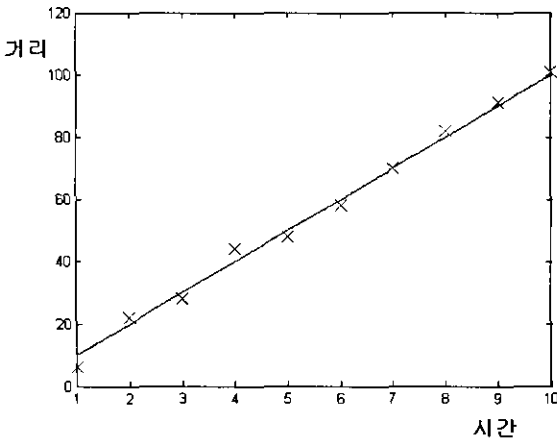
정찰지역에 투하된 탐지 센서노드들은 자체 구성을 거쳐서 탐지 센서 네트워크를 형성한다. 이 중 각각의 탐지 센서 노드들은 저전력 소모형인 MICA보드[3]가 이용되고 이를 위한 운영체제는 TinyOS[4]를 사용하며, 데이터 수집(Data aggregation) 형태의 Ad-hoc 프로토콜이 사용된다. 본 논문에서는 정찰지역 내 차량의 통과 유무나 방향과 속도 등을 측정하기 위해 MICA보드내의 자장측정기(magnetometer)가 사용된다.

탐지 센서 네트워크 내를 통과하고 있는 차량 등의 속도를 측정하기 위해서는 각 탐지 센서노드들의 상대적인 위치와 센서노드사이의 거리를 미리 알고 있어야 한다. 따라서 UAV가 정찰지역에 탐지 센서노드를 투하할 때 정해진 시간간격과 순서에 의해 투하함으로써 센서노드들 간의 상대적인 거리인 위치추정벡터(position estimation vector)를 자체구성 시 미리 주어진 값으로 초기화 할 수 있고 추후 위치 측정 시스템

(Location Finding System)에 의해 대체된다.

차량의 통과 유무를 측정하기 위해서 자장측정기에서 읽어 들인 아날로그값에 고역통과 필터와 저역통과 필터를 혼합사용하여 구한다. 탐지 센서 네트워크내의 개개의 센서노드들은 서로 협력하여 가장 가까운 지역에 통과하고 있는 접근시간 최소점(the closest point of approach time stamps)에 있는 센서노드의 접근시간(time stamps)이 기록되고 그 거리가 측정된다.

접근시간 최소점은 경찰지역 내를 통과하고 있는 사물의 속도를 측정하기 위해서도 이용된다. 따라서 사물이 센서 노드에 접근하면 그 사물과 제일 가까운 센서 노드에 접근시간(time stamps)이 저장되고 그 센서노드가 가지고 있는 위치측정벡터가 기록되어 아래 그림과 같이 일정시간 간격마다 이동한 거리가 기록이 되게 되고, 속도=거리/시간으로 구해진다.[5]



<그림 2> 일정시간동안 물체가 움직인 거리

## 2.2 제어 센서 네트워크

<그림1>의 탐지 센서 네트워크는 저전력의 단거리 통신 기능만을 가지는 916MHz 통신 모듈을 사용하는 MICA 보드들로 구성되며, Ad-hoc 네트워크를 형성하여 통신한다. 수집된 정보들을 UAV나 경찰 기지국 또는 멀리 떨어진 탐지 센서노드들간의 협동 작업을 위해서 원거리로 보내기 위해서는 장거리 통신 방법이 필요로 하게 된다. 제어 센서 네트워크는 이러한 장거리 게이트웨이 통신 기능을 가지는 고성능의 제어 센서 노드들로 구성되며, Ad-hoc 프로토콜인 AODV를 이용한다. 제어 센서 노드들은 네트워크 게이트웨이 기능뿐만 아니라, 소형의 탐지 센서노드에서 지원하기 힘든 고성능의 센싱 기능 (예, 비디오)과 이들을 처리하기 위한 프로세싱 기능들을 포함한다. 무인 경찰 센서 네트워크에서의 제어 센서 네트워크는 제어 센서 노드뿐만 아니라 UAV와 경찰 기지국도 포함한다.

경찰지역에 배치되어있는 탐지 센서노드와 제어 센서노드는 실제적으로 경찰기지국과는 멀리 떨어져 있어 통신 채널을 형성할 수 없는 경우가 대부분이다. 따라서 탐지노드의 경찰기지국으로의 데이터 전송형태는 아래와 같이 나누어 질 수 있다.

- 수집된 데이터를 탐지노드나 제어노드에 저장하고 근접한 UAV의 쿼리에 따라 데이터를 전송하는 비 실시간(non real-time)적 처리
  - 인공위성이나 UAV를 통하여 장거리 통신망에 직접 연결하여 실시간(real-time)적 처리
- 제어노드는 탐지노드에 비해 중앙처리장치의 처리속도, 저장 장치의 용량, 통신 대역폭등이 월등하게 우수하므로 UAV나 인공위성을 통하여 경찰 기지국과의 통신시 게이트웨이의 역할을

수행 할 수 있고, 기존에 사용되는 인터넷 기술 등을 활용하여 통신을 할 수 있으므로, 비교적 안정적이고 원활하게 데이터를 송수신할 수 있는 이점을 가지게 된다. 프로토타입 시스템에서 경찰 기지국과의 통신 방법의 한예로, 제어노드가 탐지노드에서 수집한 정보를 UAV를 이용하여 실시간적으로 처리하는 방법에 대해 기술하면 아래와 같다.

- UAV는 탐지 센서노드와 제어 센서노드를 경찰 지역에 투하 하며, 이들 센서노드들은 클러스터 군을 형성하며, 각 클러스터는 내부적으로 Ad-hoc 네트워크를 형성한다. 각 클러스터의 헤더인 제어 센서 노드들은 무선랜을 이용하여, UAV와 경찰 기지국을 포함하여, 제어 센서 네트워크를 구축한다.
- 경찰기지국에서 무선랜을 통해 UAV에 경찰 명령 또는 정보수집 명령을 내리게 된다.
- UAV는 센서 네트워크가 설치된 경찰지역 상공을 비행하며, 제어 센서 네트워크를 통해 적절한 쿼리를 전송한다. 이때 경찰기지국에서 센서 네트워크에 보내는 쿼리는 두 가지로 분류할 수 있다. 첫째, 일정 기간동안 수집한 정보를 요구하는 쿼리로서, 탐지/제어노드의 기능을 활용해 수집한 데이터를 요구한다. 둘째는 실시간 경찰/감시 명령으로 경찰 기지국으로부터 수신된 쿼리를 제어 센서네트워크와 탐지 센서 네트워크를 통하여 요구된 탐지 센서노드들에게 전송을 하게된다. 쿼리의 결과는 다시 제어 네트워크를 통하여 경찰 기지국으로 전송된다.

탐지/제어 네트워크로 구성된 무인경찰 센서 네트워크는 저속의 저성능 탐지 노드만으로 구성된 일반 단일 구조 센서 네트워크에 비해 대용량, 고속처리, 장거리/광역 통신등의 장점을 가지고 있다. 비디오 스트림의 전송등으로 경찰지역의 영상을 전송하는 등 다양한 센싱 기능을 통하여 탐지 센서노드의 한계를 극복할 수 있다.

## 3. UAV 시스템

무인 경찰을 위한 UAV로는 고정익 과 회전익의 다양한 기체를 사용할 수 있다. 실제 군용을 위한 무인 경찰로는 고정익 무인 항공기가 더 유용하나 본 연구에서는 구현 및 시험의 용이성 등의 이유로 RC(Radio Controlled) 헬리콥터를 이용하였다.

### 3.1 UAV 헬리콥터

UAV에 장착할 컴퓨터 시스템, GPS 장비, 무선랜 통신장비, 배터리, 안테나 등, 5Kg 정도의 무게를 수용할 수 있을 정도의 RC 헬리콥터가 요구된다. 본 연구에서 사용한 프로토타입은 90급 글루 엔진을 사용하는 히로보 EX모델로써, Co-Pilot과 Governor 장착에 의해 공중정지 안정성이 높고 상공에서의 조타성이 좋으며, 컴퓨터 시스템과 GPS 장비등을 장착하고도 최대부하 중량에 여유가 있는 RC 헬리콥터이다.

### 3.2 UAV 컴퓨터 시스템

UAV 헬리콥터에 사용될 컴퓨터 시스템은 진동, 배기연기등의 악조건에서도 잘 견뎌낼 수 있는 신뢰성이 높은 제품을 사용해야 한다. 프로토타입에서 사용한 컴퓨터 시스템은 산업용 컴퓨터 표준인 PC-104[6]형의 인텔 펜티엄 기반 컴퓨터이다. PC-104형 컴퓨터는 3.6X3.8 인치의 표준 소형기판을 사용하며, 여러장의 기능 모듈로 구성되어있으며, 수직으로 기판을 쌓아서 편리하게 시스템을 꾸밀 수 있기 때문에, 자동차 나 항공기등에 많이 사용된다. 또한 인텔 펜티엄 기반의 시스템이기 때문에, 기존의 다양한 OS나 네트워크 프로토콜, 그리고 소프트웨어를 사용할 수 있는 것이 장점이다. 본 연구에서 사용한

UAV 컴퓨터 시스템의 프로세서 보드인 VersaLogic의 Panther 사양은 다음과 같다.

- PC-104 호환
- 소켓7 지원 Pentium MMX 400MHz
- 512KB level 2 cache
- 8 to 256MB system RAM
- 10/100 Mbps Lan
- DiskOnChip 저장장치
- 시리얼, USB, LPT 포트
- 키보드,마우스용 PS/2 포트
- 온도 감지 센서 외

UAV의 컴퓨터 시스템은 상기 프로세서 보드 외에 DC-DC 파워 컨버터, 배터리, PCMCIA 랜 장착용 애드온 카드, DGPS 수신기, 디스크 온칩(Disk On Chip) 저장장치, GPS 안테나, 무선랜 안테나등이 필요하다.

또한 PC-104형태의 프로세서 보드는 PC호환 이므로, Windows, Linux, Unix, Embedded Linx, RT Linux, QNX VxWorks 같은 범용 운영체제 뿐만 아니라 실시간 운영체제를 지원한다. 본 프로토타입에서는 Embedded Linux를 사용하는데, 추후 실시간 리눅스를 사용할 예정이다.

UAV의 하부에 장착되어 운용되는 컴퓨터 시스템은 RC헬리콥터라는 특성상 진동, 전기적 잡음신호 등에 많은 영향을 받을 수 있으며 90급 글루 엔진에서 나오는 배기가스가 PC-104 시스템 보드에 영향을 줄 수 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여, 알루미늄으로 만들어진 방진/방수가 되는 PC-104용 외부 케이스를 사용한다.

### 3.3 GPS 시스템

<그림 4>에서 보는 바와 같이 UAV의 컴퓨터 시스템에는 UAV의 위치를 알려줄 수 있는 DGPS 수신기가 장착된다. 자신의 위치를 찾기 위한 항법방식은 크게 추측항법(dead reckoning)과 고정위치항법(position fixing) 방식이 있다. 추측항법인 관성항법 시스템(Inertial Navigation System : INS)과 고정 항법 시스템인 GPS(Global Positioning System) 위성항법 시스템의 결합인 INS/GPS 항법시스템이 널리 사용되는 추세이다[7].

본 연구에서는 자동항법시스템의 구현보다 통신 게이트웨이로서의 UAV의 기능을 구현하는 것을 목표로 삼는다. 그래서 UAV의 위치정보를 경찰까지국에 정확하게 알려주기 위한 용도로 DGPS(Differential GPS) 위성 항법시스템을 사용한다. <그림 1>의 플러플플 전체구성도의 점선부분은 DGPS 위성 항법 시스템의 구성을 나타낸다. 일반적인 GPS의 수신으로 발생하는 오차를 줄이기 위하여, 지상에 DGPS 기준국을 두며, 이는 UAV에서 위성으로 받은 위치정보의 오차를 보정하여 정확한 위치를 산정할 수 있게 도와준다. DGPS 위성 항법시스템의 구성 및 동작원리는 아래와 같다.

- UAV는 PC-104 프로세서 보드와, 무선랜, DGPS 수신기 및 수신 안테나가 장착되어있고 DGPS 기준국에는 DGPS Reference 시스템과 안테나, 시리얼 포트로 연결된 노트북과 무선랜으로 구성되어 있다.
- DGPS 기준국에서 생성된 오차 보정 정보는 노트북의 직렬 포트에 입력된 후, 다시 무선 인터넷 연결을 통해서 UAV로 주기적으로 전송 된다. UAV 컴퓨터는 무선랜을 통하여 수신된 보정 정보를 DGPS 수신기에 재 입력하며, 최종 보정된 위치 값을 DGPS 수신기의 직렬 포트로부터 받아서 자신의 위치 정보로 사용한다. 이는 제어 센서 노드의 경우에도 동일하게 적용된다.



<그림 4> UAV 컴퓨터 시스템 및 컴포넌트

### 4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 현재 구현중인 RC 헬리콥터 기반의 UAV를 활용한 무인정찰 센서 네트워크를 소개하였고, UAV의 역할과 시스템의 구성요소를 살펴보았다. 본 연구 결과물은 사람이 접근하기 어려운 지역의 군 정찰임무나 민간의 무인 감시 기능 등의 응용에 도움을 줄 것으로 예상된다. 향후 연구 목표로는 DGPS와 저가의 정밀 위치 측정 시스템을 이용하여, 모든 센서 노드들의 위치 정보를 정확히 파악할 수 있도록 하며, 비디오 / 목표물 추적등 다양한 고급 탐지 기능 추가와 UAV의 자동항법을 실현함으로써, 전 무인 정찰 과정을 자동화 할 수 있도록 할 것이다.

### 5. 참고문헌

- [1]Tracking vehicles with a UAV-delivered sensor network, [http://www-bsac.eecs.berkeley.edu/~pister/29Palms\\_0103/](http://www-bsac.eecs.berkeley.edu/~pister/29Palms_0103/)
- [2]Yuh-Shyan Chen; Yau-Wen Nian; Jang-Ping Sheu; "An energy-efficient diagonal-based directed diffusion for wireless sensor networks," International Conference on Parallel and Distributed Systems, pp. 445-450, 2002.
- [3]Sam Madden, Robert Szewczyk, Michael Franklin, and David Culler, "Supporting aggregate queues over Ad-Hoc Wireless Sensor Networks," WMCSA, 2002.
- [4]Volgyesi, P.; Ledeczi, "Component-based development of networked embedded applications," Euromicro Conference, pp. 68-73, 2002.
- [5]UAV dropped Sensor Network Demo, [tinvos.millennium.berkeley.edu/29Palms.htm](http://tinvos.millennium.berkeley.edu/29Palms.htm)
- [6]Basilio Simoes, J. Cardoso, J. M. Cruz, N. Correia, "A Windows CE stand-alone digital spectrometer," IEEE Nuclear Science Symposium, Volume: 1, pp. 260-262, 1999
- [7]Barnes, G. Lee, S. Perez, "INS/GPS space application for all flight dynamics - boost through landing," Position Location and Navigation Symposium, pp. 457-463, IEEE 1996.