

## 8. 학사논문 지도교수: 박 찬 국

- 8-1. 달탐사선의 안전 착륙지점 결정 연구
- 8-2. 감시정찰 드론을 위한 자동비행 기술연구
- 8-3. 쿼드로터의 호버링 제어를 위한 자세결정 연구
- 8-4. 유도미사일의 정밀타격을 위한 지형정보 기반 비행 연구
- 8-5. 아두이노를 이용한 나노위성의 자세측정 모듈 설계
- 8-6. 심우주 탐사선의 자율항법시스템 동향 조사
- 8-7. 실내 병사 훈련 시뮬레이터를 위한 동작인식 연구

실험실: 항법전자 시스템 연구실 NESL(Navigation & Electronic System Lab.)

연구실 홈페이지: <http://nesl.snu.ac.kr>

지도교수 연락처: (02) 880-1675, E-mail: [chanpark@snu.ac.kr](mailto:chanpark@snu.ac.kr)

대표조교: 강창호(02) 880-1732, E-mail: [kcguri@snu.ac.kr](mailto:kcguri@snu.ac.kr)

## 8-1. 달탐사선의 안전 착륙지점 결정 연구

- 아폴로 계획 이후 우주탐사의 전초기지이자 자원탐사를 목적으로 미국을 비롯한 여러 우주개발 선진국에서 달 탐사 연구가 경쟁적으로 진행되고 있다. 우리나라도 나로호 발사 성공에 이어 2020년 달착륙선 발사계획을 수립하여 선진국의 우주개발 경쟁에서 뒤처지지 않기 위해 노력하고 있다. 그러나 지금까지 우리나라에서 달 탐사 착륙선의 정밀항법기술에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았으며, 한국형 달 탐사 착륙선의 성공적인 임무수행을 위해 달착륙선의 고정밀 복합항법기술에 대한 연구가 반드시 필요하다.

- 고정밀 복합항법기술 중에서 달 표면 착륙 시 착륙선의 안전을 보장하기 위해서는 위험 회피 착륙기법이 필요하다. 달 표면에는 크레이터, 바위, 구덩이, 절벽과 같이 착륙 시 달 착륙선을 손상시킬 수 있는 위험요소가 산재해 있다. 달 탐사선으로부터 얻은 지형데이터는 해상도가 낮기 때문에 고도도에서는 사용가능하지만, 저고도에서는 작은 위험요소에 대한 탐지가 불가능하다. 따라서 착륙 종말단계에서 영상처리 및 3차원 지형맵을 생성을 통해 달 표면의 여러 위험요소들을 탐지하고 회피하는 착륙시스템을 연구한다.

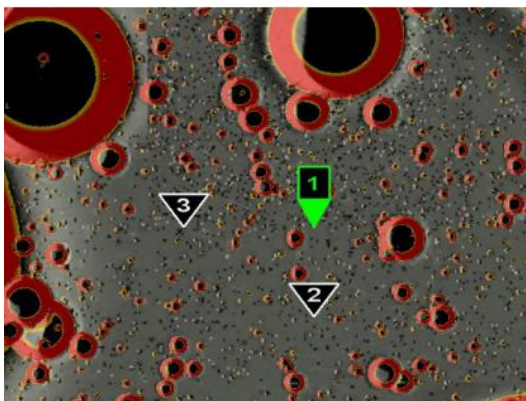


Fig. 1 영상기반 위험탐지

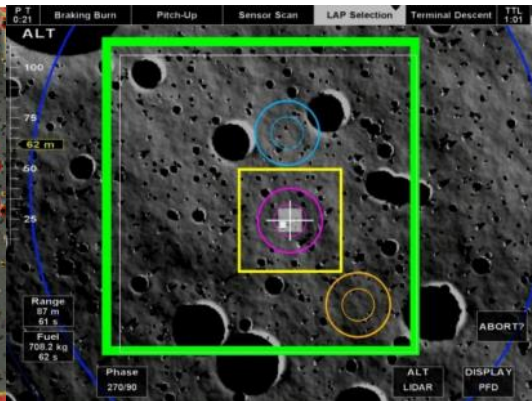


Fig. 2 영상기반 착륙

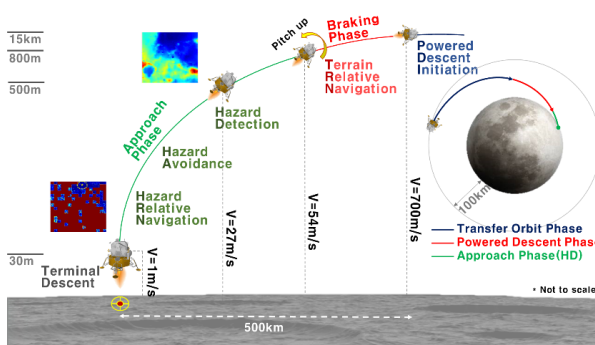


Fig. 3 위험탐지 프로세스



Fig. 4 미국의 달 착륙선

담당교표: 이충민 ([choong@snu.ac.kr](mailto:choong@snu.ac.kr))

## 8-2. 감시정찰 드론을 위한 자동비행 기술연구

- 최근 아마존이 소형 무인 멀티 로터를 이용한 상품 배송 계획을 밝혀 주목을 끌었다. 멀티 로터는 영화나 드라마 예능 프로그램에서도 등장하고 있다. 보통 헬기는 커다란 로터를 회전시켜 비행하지만 멀티 로터는 작은 프로펠러 여러 개를 사용하는 점이 다르다. 개수에 따라 트라이, 쿼드, 헥사 등으로 나눌 수 있다. 복잡한 헬리콥터와는 다르게 멀티 로터의 구조는 간단하다. 각각 모터에는 프로펠러가 연결되어 있고 각 모터의 회전수에 따라 전진하거나 회전이 가능하다.

- 공중 촬영이나 정찰용으로는 이미 실용화되어 많은 영역에서 쓰이고 있는 멀티 로터, 충격 방지 기능이 더해진 고해상도 디지털 카메라가 탑재된 멀티 로터는 다수 시판되고 있으며, 멀티 로터에서 촬영한 건물이나 풍경은 쉽게 접할 수 있다. 아마존이 추진하는 멀티로터를 이용한 무인 배송은 물론 멀티 로터의 활용성은 점차 다양화 될 것이라는 전망이다. 이러한 수요에 의해 사용자가 지정한 비행 경로를 따라 항체가 비행하도록 하는 기술에 관한 연구가 활발하게 연구되고 있다.

-본 연구에서는 항체에 탑재된 관성센서와 GPS 등을 이용해 항체의 위치, 속도 그리고 자세를 추정하는 항법을 수행하며 지정된 경로를 따라 임무를 수행하고 되돌아 오는 것이 가능한 자동비행 기술에 대한 시스템의 이해를 통해 연구 및 성능분석을 하는 것을 목표로 한다.



Fig. 5 무인항공기의 자동비행 플랫폼

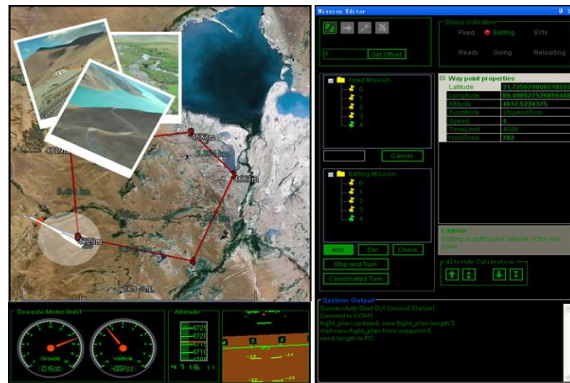


Fig. 6 무인항공기의 자동비행 플랫폼

(DJI 사의 ACE Waypoint)

담당조교: 최성혁([shchoi224@snu.ac.kr](mailto:shchoi224@snu.ac.kr))

### 8-3. 쿼드로터의 호버링 제어를 위한 자세결정 연구

- 최근 들어 구글과 아마존 등 글로벌 IT기업들이 무인항공기를 상업적 용도로 활용하기 위해 연구개발을 진행하면서 무인항공기 시스템 관련 연구가 활발하게 진행되고 있다. 많은 무인항공기 종류 중에서도 특히 쿼드로터 형상의 무인항공기 개발이 주를 이루고 있다. 쿼드로터는 로터(회전날개)가 네 개를 이용해 뜨고 추진하는 멀티콥터를 의미하고 각 로터는 연직 아래를 향해 있으며, 두 개는 시계 방향으로, 나머지 두 개는 반시계 방향으로 회전한다. 이들 로터의 회전 속도를 조절함으로써 쿼드콥터의 자세를 제어할 수 있고 원하는 위치로 유도할 수 있다.

- 본 연구에서는 쿼드로터를 원하는 위치에 이동시키는데 필요한 중요한 정보 중의 하나인 쿼드로터의 자세를 측정하기 위하여 관성센서와 GPS를 이용한 알고리즘 구현을 목표로 한다. 관성센서는 가속도계와 자이로스코프와 같은 관성력을 측정하는 센서를 의미하며 가속도계는 쿼드로터의 가속도를 측정하고 자이로스코프는 쿼드로터의 각속도를 측정하는데 쓰인다. GPS는 지상, 해양, 항공분야의 항법과 이동통신망, 전력망, 금융기관 등의 시각동기에 쓰이는 위치, 속도, 시각 정보를 제공하며 두 개 이상의 GPS 안테나를 이용하여 쿼드로터의 자세를 계산할 수 있다.

- GPS를 이용하여 쿼드로터의 자세를 구하는 원리는 두개 이상의 GPS 안테나를 쿼드로터에 부착하고 상대위치 결정기법을 이용하여 안테나 사이의 기저선 벡터를 구하는 것으로 시작한다. 그런 다음 구한 기저선 벡터와 초기의 기저선 벡터를 비교함으로써 쿼드로터의 자세를 계산할 수 있다. 즉, 두 벡터의 관계로 도출된 자세는 좌표변환행렬을 구함으로써 결정되며, 좌표변환행렬은 직접구하는 방법, 최소자승법을 이용하는 방법 및 최적화 기법을 통해서 계산할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 기법들의 성능분석을 진행하며 효과적인 쿼드로터 자세 계산 방식을 도출한다.



Fig. 7 쿼드로터 (Parrot 사의 AR drone2.0)

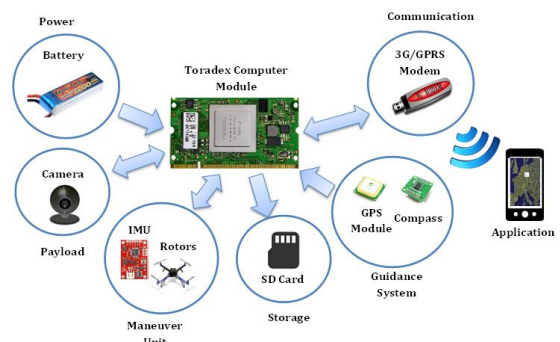


Fig. 8 쿼드로터의 다양한 탑재장비

담당조교: 강창호([kcguri@snu.ac.kr](mailto:kcguri@snu.ac.kr))

#### 8-4. 유도미사일의 정밀타격을 위한 지형정보 기반 비행 연구

- 항법은 비행체(유도미사일)의 위치를 파악하는 기술로써, 현재의 위치를 파악할 수 있어야 원하는 목표지점으로의 제어입력이 가능하기 때문에 정밀한 비행(목표 타격)을 위해 매우 중요한 기술이라 할 수 있다. 전통적으로 항법은 관성항법시스템(INS: Inertial Navigation System)을 이용하여 수행되어 왔다. INS는 가속도계와 자이로로 이루어진 관성 센서(IMU: Inertial Measurement Unit)를 이용하여 비행체(유도미사일)의 위치, 속도, 자세를 추정하는 방법이다. 그러나 센서가 포함하고 있는 오차요소에 의해 항법정보가 발산하는 특징이 있기 때문에, 다른 센서와 결합하여 이러한 단점을 보완하는 보정항법에 대한 연구가 진행되어 왔다. 이러한 보정항법 중 가장 대표적이고 널리 사용되는 방법은 GPS 기술과 INS를 결합한 GPS/INS 결합항법이 있다. 그러나 최근 GPS의 구조가 잘 알려지고 이로 인해 GPS jamming, spoofing 등에 대한 연구가 진행되면서 GPS 정보를 믿을 수 없는 상황을 고려하기 시작하였다.
- 이에 따라 외부 시스템의 도움 없이 비행체가 장시간, 정밀항법을 수행할 수 있는 항법시스템에 대한 요구가 대두되기 시작하였다. 이 중 한 가지 방법으로 지형고도를 활용하는 지형참조항법이 있다. 지형참조항법은 비행 중 측정된 지형고도와 비행체에 미리 저장되어 있는 지형고도 데이터베이스를 비교함으로써 현재 비행체의 위치를 추정하는 방식이다. 지형참조항법은 측정된 데이터의 처리 방식에 따라 순차처리 방식과 일괄처리 방식으로 나눌 수 있다. 순차처리 방식은 데이터를 획득하는 매 순간마다 필터 알고리즘을 활용하여 현재 위치를 추정하는 방법이고, 일괄처리 방식은 획득된 데이터를 일정 시간 동안 축적하여 프로파일을 구성한 다음 이 프로파일을 데이터베이스와 비교하여 현재의 위치를 추정하는 방식이다.
- 본 학부논문 주제에서는 구현이 비교적 쉬운 일괄처리 방식 지형참조항법을 수행하도록 한다. 기초 항법 방정식의 습득을 통해 순수항법을 수행하고 이를 바탕으로 측정치 프로파일과 데이터베이스를 매칭시키는 일괄처리 방식 지형참조항법 시뮬레이션을 수행하여 지형참조항법에 대한 대략적인 이해를 목표로 한다.

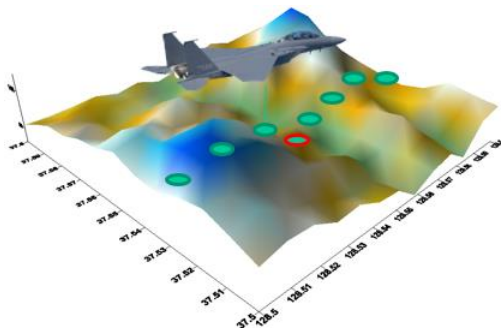


Fig. 9 지형정보기반 비행 개념도

담당교표: 전현철 ([smartjhc@snu.ac.kr](mailto:smartjhc@snu.ac.kr))

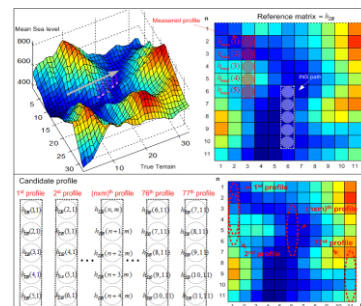


Fig.10 일괄처리 방식 지형정보기반 비행



## 8-5. 아두이노를 이용한 나노위성의 자세측정 모듈 설계

- 관성센서는 특별한 외부 기준점 없이 자체적으로 가속도와 각속도를 측정함으로써 물체의 위치와 자세를 추정하기 위한 센서이다. 전통적인 관성센서의 경우 구성이 복잡하고 크기가 클 뿐만 아니라 가격이 매우 비싸서 항공기나 유도미사일 같은 특수한 경우에만 사용되어 왔기 때문에 보다 저렴하면서도 간편한 센서의 개발이 요구되어 왔다.
- MEMS 기술이 발달하면서 단일칩 형태의 관성센서를 매우 저렴한 가격으로 생산하는 것이 가능해졌고 이를 활용한 다양한 제품과 어플리케이션이 개발되고 있다. 현재까지 개발된 관성센서는 기존 고가의 센서에 비해 성능이 떨어지기 때문에 일반적으로 자세추정에 주로 사용된다. 자세추정에 사용되는 관성센서는 가속도센서와 자이로가 있으며 각각 가속도와 각속도를 측정한다. 이 때 자이로 측정치는 적분된 결과가 사용되기 때문에 그 값이 시간이 지남에 따라 발산하는 특성이 있다. 따라서 가속도 센서 측정치와의 융합을 통해 이를 보정할 필요가 있다. 또한 Yaw축 자세는 가속도 센서로 보정이 어렵기 때문에 지구 자기장을 사용하는 지자기 센서와 같은 보조 센서를 사용한다.
- 본 연구에서는 위에서 언급한 MEMS 센서들을 사용하여 일반 사용자에게도 제공이 가능한 저가형 자세측정 모듈을 개발한다. 데이터 처리를 위한 프로세서로는 오픈소스 하드웨어인 아두이노를 사용하고 자세추정을 위한 알고리즘으로는 상보필터와 칼만필터를 사용하여 각각의 성능과 특성을 확인한다. 또한 현재 시판중인 다른 저가형 자세측정 모듈과의 성능을 비교하고 모듈 제품의 응용 방안에 대한 조사를 진행한다.

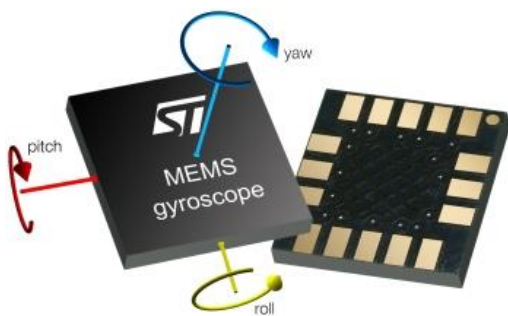


Fig. 11 MEMS 자이로스코프

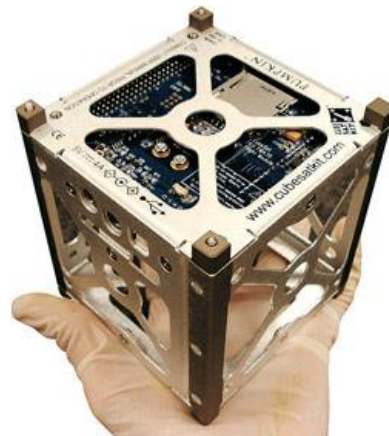


Fig. 12 응용분야 : 나노위성 자세제어

담당조교: 김현진 ([mae09@snu.ac.kr](mailto:mae09@snu.ac.kr))

## 8-6. 심우주 탐사선의 자율항법시스템 동향 조사

- 심우주 정밀 비행 기술은 미국 NASA 에서 주도적으로 연구 개발되고 있는데 심우주 네트워크(Deep Space Network, DSN)를 이용한 탐사선 궤도추정 기술과 영상장비 등 탐사선 탑재장비를 이용한 자율항법 기술을 융합한 형태로 발전되고 있으며, 탐사선의 신뢰도 향상을 위한 고장검출 및 복구 기술 개발이 활발히 이루어지고 있다. 국외에서 수행된 대표적인 연구사례로 Deep Space1, Deep Impact, Stardust, Hayabusa 등이 있다.

- 우주개발 선진국을 중심으로 심우주 탐사 개발이 경쟁적으로 진행됨에 따라 심우주 탐사와 관련된 기술개발이 가속화 될 것으로 전망되며, 심우주 항행 및 행성 접근/착륙 등 우주에서 다양하고 복잡한 탐사임무를 수행하기 위해 심우주 비행시스템의 정확도와 신뢰도 향상을 위한 비행 기술 연구는 필수적이다. 또한 저비용 고효율의 탐사임무 수행을 위해 탐사선의 위치와 자세를 정확하게 추정해야 하며 이를 위해 심우주 네트워크와 영상, 관성항법 등 다양한 항법정보를 융합한 정밀 항법기술의 연구가 필요하다. 심우주 항법기술은 우주탐사를 위한 소요기술 중에서 국내 미확보 핵심기술로서 향후 독자적인 한국형 우주탐사를 대비하여 시급히 확보하여야 할 기술이며, 우주탐사 기술의 국가 경쟁력 강화를 위한 우주항법 기술 전문인력 양성을 위해 심우주 정밀 항법기술에 대한 연구가 필요하다.

- 본 연구에서는 탐사선의 일반 천이궤도 및 근접 통과 궤도 등 임무에 따른 정밀비행항법 성능 요구사항을 분석하고 위치결정의 오차요소를 분석한다. 이를 바탕으로 라이다 기반으로 측정잡음에 강인한 특징점 추출 기법과 패턴인식 알고리즘을 연구하고 추출된 정보를 이용하여 심우주 탐사 정밀비행시스템 분석을 위한 항법오차를 분석한다.

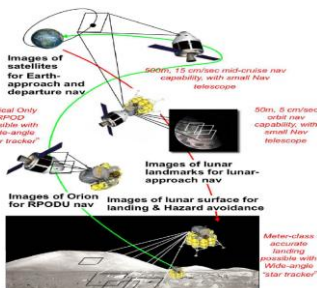


Fig.13 심우주 정밀항법 개념도

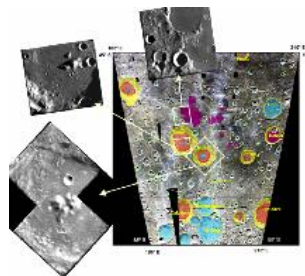


Fig.14 라이다 기반 심우주 정밀 자율항법 기술

담당조교: 구평모 ([pyungmoku@snu.ac.kr](mailto:pyungmoku@snu.ac.kr))

## 8-7. 실내 병사 훈련 시뮬레이터를 위한 동작인식 연구

- 가상현실에 관한 기술이 발전함에 따라 군 훈련 및 상용게임에 있어서도 가상 현실 시뮬레이터에 관한 연구가 진행되고 있다. 이와 같은 연구를 통하여 사용자에게 실전과 같은 가상훈련 효과와 재미를 동시에 주는 실내 병사 훈련을 제공할 수 있다. 실내 소규모 군 전술 시뮬레이터 및 상용게임 SW를 개발하기 위해서는 좁은 공간 안에서 이용자가 훈련을 수행할 수 있어야 하며 따라서 이용자가 어느 위치로 이동하더라도 좁은 공간 내에 위치할 수 있는 전 방향 이동장치 및 장치 제어가 필요하다. 이용자가 좁은 공간 안에 위치할 수 있도록 전 방향 이동 장치의 제어를 할 경우 이용자의 체감 안정도를 고려하여 제어하여야 한다. 체감 안정도를 고려한 전 방향 이동 장치 제어를 위해서는 이용자의 정확한 위치 및 속도 제공을 필요로 한다.
- 좁은 공간 내에서의 정확한 위치 및 속도 추정을 수행하기 위해서는 영상을 통한 이용자 위치 추정 방법과 이용자의 신체에 장착한 관성 센서 기반의 추측항법시스템을 통한 위치 추정 방법이 가능하다. 실내에 장착된 카메라에서 제공하는 영상 정보를 바탕으로 이용자의 위치를 추정할 경우 조명이나 실내 환경에 영향을 많이 받으며 짧은 주기로 정확한 위치 정보를 제공하기는 힘들다. 관성 센서 기반의 추측 항법 시스템으로 위치를 추정하는 경우 짧은 시간 동안에는 정확한 위치 추정이 가능하지만 시간이 지남에 따라 오차가 점점 누적되어 큰 오차를 보이게 된다. 따라서 전 방향 이동 장치의 정밀 제어를 위해서는 영상과 관성 센서 정보를 통하여 짧은 주기로 이용자의 정확한 위치 정보를 제공하는 시스템 구현을 필요로 한다.
- 본 연구에서는 이용자의 관성센서 기반 추측항법시스템 구현의 용이성을 고려하여 보행 중 움직임이 가장 많은 발에 장착한 관성센서 신호를 이용한다. 실내에서의 이용자가 움직임에 따라 필터를 통한 신발의 위치 및 속도를 추정하며 진동이 발생하는 전 방향 이동 장치 위에서 여러 동작에서도 정확한 위치를 추정하기 위한 걸음 검출 알고리즘을 연구한다.

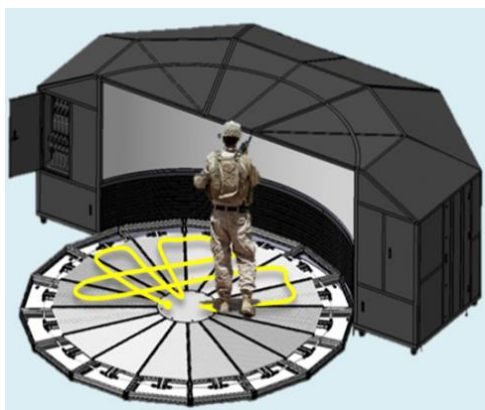


Fig.15 실내 병사 훈련 시뮬레이터



Fig.16 훈련 시뮬레이터 테스트

담당조교: 주호진 ([hojin419@snu.ac.kr](mailto:hojin419@snu.ac.kr))