



# THEME 05

## 무인화체계운용 및 통신망 연구

김기선 | GIST 정보통신공학과, 교수 | e-mail : kskim@gist.ac.kr

무인 로봇의 원격 운영의 기반자원으로 무선 통신 기술은 무인화체계운용을 위해 필요한 중요 기술 중 하나이다. 국방무인화기술 특화연구센터의 무인화 체계 운용 및 통신망 연구실에서 수행하고 있는 연구를 중심으로 관련 기술에 대해 알아본다.

### 무인화 체계 운용 및 통신망 연구실 개요

미래 전쟁의 양상은, 고도화된 과학기술의 적용이 확대됨에 따라, 첨단 군사과학기술과 정보력, 무인화에 의해 결정될 것이다. 이러한 전쟁 양상에 발맞추어 각국은 첨단 군사과학기술과 정보력의 중요성을 인식하여 전투의 효율성 증대와 전투병의 인명손실 최소화를 목적으로, 미래전에 대비한 군사혁신을 시도하고 있다. 예로서, 미국의 경우, 경량의 차량과 센서, 로봇 및 미래전투시스템(FCS: Future Combat System)으로 알려진 유/무인 시스템 네트워크를 갖춘 목적군 창설 등 네트워크화된 통합시스템 구축을 목표로 FCS 개발 사업이 가속화되는 중이다.

이미 오래 전부터 미래전에 대비해온 선진 군사강국과의 기반 기술 격차를 좁혀야 하는 우리군은 우리나라의 여건하에서 무인화 무기체계 개발에 필요한 기초 기술기반 마련을 위하여 국방무인화기술 센터를 운영하고 있다. 센터는, 무인화 체계 개발과 관련된 연구에 있어서, 육해공 무인화 기술 적용 로봇 및 각 개체의 개발로부터, 그 운용 및 관련 망 구

축에 이르는 다양한 연구를 수행한다.

개발된 무인화기술 적용 로봇 및 각 개체들을 효과적으로 운용할 수 있는 체계를 설립하는 것과, 그 개체들로부터 얻어진 다양한 정보들을 잘 전달하고 융합하며 처리할 수 있는 효율적이고도 신뢰성 있는 통신망 구축은 국방무인화기술 연구 및 설계에 있어 가장 중요한 쟁점이 된다. 이 두 분야 중, 본 연구실에서는 개발된 각종 무인화기술들을 효율적이고 신뢰성 있게 운영할 수 있는 기법들의 연구와 개발, 그리고 무인지상 로봇(UGV) 및 무인 항공기(UAV)를 이용한 무인화 체

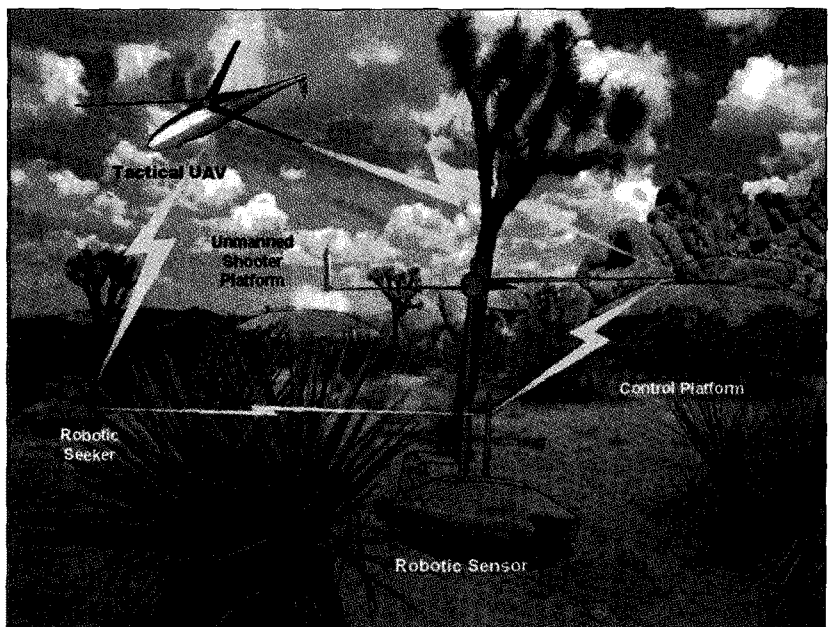


그림 1 미래 전투 양상(See First/ Understand First/ Act First)

표 1 무인화체계운용 및 통신망연구실 당해 단계 연구 내용

과제명	연구내용 요약
로봇무선통신 환경을 위한 페이딩 채널 전송기술 연구 과제 (UV-51)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 비가시선 운용 상태에서 지상형 무인 로봇의 실내/실외에서의 무선 통신 설계</li> <li>- 무인 로봇의 이동성을 고려한 MANET (Mobile Ad hoc Network) 기반의 무선 접속부 및 로봇 통신망 설계</li> <li>- 광대역 무선 이동 통신에 기술을 중심으로 무인 로봇의 전송적 요구조건을 만족시킬 수 있는 페이딩 특성에 강한무선 접속 및 무선 통신망 설계</li> </ul>
장애물 특성 지도화 기술 개발 과제 (UV-52)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- UAV에 적용 가능한 패턴인식기법 및 최적화이론을 바탕으로 디지털영상처리 기법 및 GIS를 접목하여 효과적인 장애물 특성 지도 작성</li> <li>- 무인 로봇의 효율적인 작전의 수행 및 무인화 장비의 임무 수행 시 활용할 수 있는 시스템을 구축</li> </ul>
이동성 다중링크 센서기반 로봇위치 감지 과제 (UV-53)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 이동성 무선센서 위치 인식기술 및 신호 전달 매커니즘 조사 분석</li> <li>- 신호 전달 매커니즘에 따른 위치감지 기법 성능 및 이동 로봇 위치감지 알고리즘 개발</li> <li>- 다중링크 정보처리를 통한 위치인식 기법 제시 및 검증</li> </ul>
초광대역 레이더 기반 매설물 탐지기법 연구 과제 (UV-54)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 초광대역 레이더에 기반을 둔 매설물 탐지 기법을 연구</li> <li>- 초광대역 레이더의 타깃 영역을 고해상도로 영상화</li> <li>- 다양한 토양 조건에 따른 레이더 운용 파라미터 등을 DB화</li> </ul>

계 운용 시에 필요 되는 센서 네트워크 기반 기술과 그에 적합한 전송 기술들에 관한 연구와 개발에 그 목표가 있다.

이를 위해 실 연구는 당해 단계에 네 가지 연구 내용으로 구성되며, 각 내용들을 세부 과제별로 살펴보면, 'UV-51' 로봇무선통신 환경을 위한 페이딩 전송기술 연구 과제에서는 UGV 이용 환경에서 통신채널의

fading을 극복하기 위한 전송기술의 개발, UGV 무인화 체계 운용을 위한 통신망 설계, 그리고 이를 위한 무선 접속부의 구현을 그 목표로 한다. 'UV-52' 장애물 특성 지도화 기술 개발 과제에서는 UAV를 통한 센서 영상을 이용한 장애물 지도의 제작 기술과 그 운영 알고리즘 개발을, 그리고 'UV-53' 이동성 다중링크 센서기반 로봇위치 감지개발 과제에서는 다양한 환경에서의 다중링크 센서신호처리 기반 위치감지 물리계층(physical layer) 장치 설계 기법 및 다중 센서 신호처리 융합 알고리즘 설계를 획득하는 것을 목표로 한다. 또한, 'UV-54' 초광대역 레이더 기반 매설물 탐지기법 연구 과제에서는 초광대역 주파수 대역, 신호의 파형 등 매설물 탐지를 위한 최적 신호의 설계에 대한 연구와, 시간-주파수 분석 방법을 이용한 신호처리 기법, 반사 신호의 고해상도 영상화 기법에 대해 연구를 수행한다.(표 1)

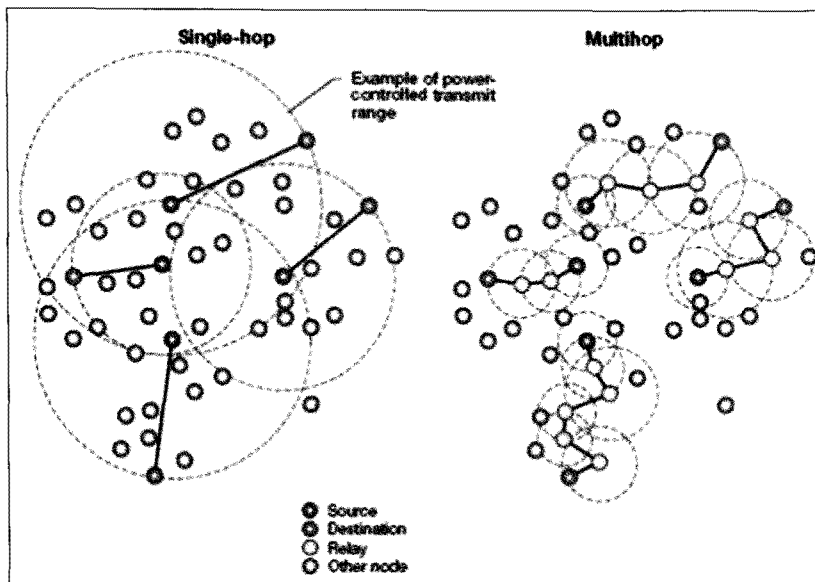


그림 2 Ad hoc 네트워크의 구성 예

## 무인화 체계 운용 및 통신망 연구 소요 핵심기술

로봇무선통신 환경을 위한 페이딩 채널 전송 기술 연구  
Mobile Ad hoc 네트워크(MANET)는 유선망을 구성하기 어렵거나 망을 구성한 후 단기간 사용되는 경우에 적합하며 통신 인프라가 없는 환경에서 무인 로봇 단말들이 서로 통신할 수 있는 네트워크이다. Ad hoc 네트워크에서 각각의 이동 노드는 단지 호스트가 아니라 하나의 라우터로도 동작하고, 동적으로 경로를 설정할 수 있기 때문에, 특별히, UGV 운용에 있어 ad hoc을 기반으로 한 자율 네트워크 구성은 실제 군사적 임의 환경에서 필수적인 기초 기술이 될 것이며, 빌딩 혹은 지형 장애물 등으로 인한 비가시선 통신 환경에서 중계기 로봇을 이용함으로써 심각한 페이딩의 영향을 어느 정도 보완할 수 있는 자율 네트워크 구성이 가능해진다.

그림 II-1는 ad hoc 네트워크의 구성 예이다. Ad hoc 네트워크에서 송신단과 수신단의 전송이 직접 가능할 경우 자율적으로 단일 홉 통신을 구성하게 되며, 그림 2의 왼쪽 그림과 같다. 만약 송신단과 수신단 사이의 직접 전송이 불가능할 경우 자율적으로 중계기가 도입되어 그림 2의 오른쪽 그림과 같은 멀티 홉 통신을 구성하게 된다. 이때, 멀티 홉을 고려하는 ad hoc 네트워크에서 전력 효율성 및 간섭 문제, 전송 지연 문제를 고려한 구현 관련 연구가 필요하다.

MIMO(Multiple Input Multiple Output) 기술은 송신단에 각각 다수의 안테나를 적용하여, 기존 SISO(Single Input Single Output) 기술에선 얻을 수 없었던 공간상의 다중 경로를 이용하여 보다 높은 데이터 처리 속도를 제공하고 전송 범위와 신뢰성을 동시에 높여주면서도 무선 주파수 자원을 추가로 소모하지 않는 기술이다. 이 기술은 오늘날의 모든 무선 기술이 당면하고 있는 속도와 범위라는 가장 어려운 두 가지 문제를 해결해 준다. 하지만 MIMO 시스템은 고속 전송 시 발생하는 심벌간의 간섭, 주파수 선택적 페이딩에 약하다는 단점이 있다. 이런 단점을 극복하기 위해 OFDM 방법을 함께 사용한다. OFDM은 데이터를 병렬

처리함으로써 고속의 데이터 스트림을 저속으로 분할하여, 반송파를 사용하여 동시에 전송한다. 저속의 병렬 반송파를 사용함으로써 심볼구간이 증가하게 되므로 심볼간 간섭(ISI: Inter Symbol Interference)이 줄어들게 되고 또한 보호 구간(guard interval)의 사용으로 거의 완벽히 ISI가 제거된다. 또한 OFDM은 여러 개의 반송파를 이용함으로써 주파수 선택적 페이딩에 강한 장점이 있다. 결국 이 두 시스템을 결합함으로써 MIMO 시스템의 장점은 그대로 이용하고 단점은 OFDM 시스템을 이용해 상쇄시킬 수 있다.

Ad hoc 통신망에서 여러 노드들을 하나의 그룹으로 생각할 때 한 그룹은 분산된 여러 안테나를 가진 것으로 고려할 수 있으며, MIMO 기술의 이득을 그대로 취할 수 있다. 이러한 협력 통신은 가상 MIMO(Virtual MIMO: V-MIMO) 혹은 중계기(relay) 기술을 통하여 구현된다.

## 장애물 특성 지도화 기술

무인 체계의 성공적 운용을 위해서, 장애물의 위치 및 속성에 대한 결과물을 적절한 방식으로 GIS에 연동시키기 위한 연구가 병행되어야 한다. 이들 장애물은 위치 및 속성에 의한 분류를 위해서 장애물들을 분류하고 집단으로 묶을 필요가 있게 된다. 이러한 결과물을 얻기 위해서 Neural network, Decision Tree, SVM, HMM 등의 알고리즘에 대한 연구가 이용된다.

무인체계가 저고도 비행체인 경우, 촬영 시 바람, 기체 떨림 등의 영향으로 주 촬영경로 방향에서 3차원 방향으로 흔들리며 촬영되므로 불안정한 기하학적 조건에서 촬영된다. 이렇게 취득된 영상들은 수치지도와 GPS 측량으로 얻어진 지상기준점과 기하학적 위치관계를 정립하여 기하보정을 수행하여야 한다. 또한 영상자료 취득과정에서 여러 가지 원인(구름에 의한 그림자, 폐색영역 등)에 의하여 지표의 밝기 값 변화나 잡음이 발생하며, 이는 다중 영상을 모자이크할 때 접합 오류나 전체 영상에 시각적인 이질감을 발생시킴으로 밝기 값 조정이나 잡음 제거와 같은 영상처리방법을 적용해야 한다.

군 디지털지도의 경우에는 작전의 수행에 장애물이 미치는 영향에 대한 정보를 함께 제공하는 것이 작전결정에 큰 도움을 줄 수 있다. 때문에 작전 수행 환경에 적절하게 참

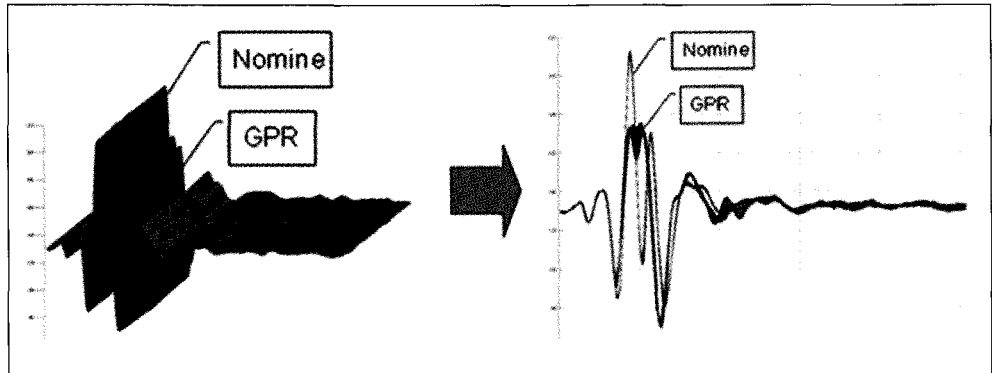


그림 3 GPR 기반 매설물 탐지 예

고할 수 있는 위험도 분석 및 분류 결과물이 필요하게 된다. 시간적인 여유가 충분한 상황이라면 정로 처리에 걸리는 시간의 제약이 비교적 작지만, 작전 수행하는 중간에 필요한 정보의 처리 및 장애물특성지도 갱신을 위해서는 연산에 걸리는 시간을 최소화 하는 동시에 사용자가 요구하는 결과물을 얻을 수 있도록 하는 최적화 기술이 필요하다.

UAV로부터 취득된 영상으로부터 사진측량 및 패턴 인식 기법을 통하여 장애물을 식별 추출하고 GPS 및 INS로부터 취득된 외부표정요소를 통하여 장애물의 3차원 위치정보를 직접 근 실시간으로 취득하며 패턴인식 기법을 통하여 장애물의 여러 속성정보를 취득한다. 프로그램 제작 시 속성 클래스(Attribute Class)로 설계를 할 수 있으며 표준 심벌을 사용하여 최종적으로 수치지도로서 필요한 정보를 포함하게 된다. UAV를 이용해서 수집된 스트립 영상들의 경우에 다시 하나로 모으는 작업이 필요하다.

이동성 다중링크 센서기반 로봇위치 감지

이동성 다중링크 시스템은 배열된 다수의 센서에 의해 물리적 현상(속도, 거리, 각도 등)을 감지하고 이를 계산/판단 기능을 갖는 처리기에 전달하여 대상에 대한 정보를 추출하는 시스템이라고 정의할 수 있다. 대부분의 경우 대상의 위치와 속도를 얻는 목적을 가지고 있으며(항법) 이 밖에도 대상의 식별, 감시, 추적, 표적 등에 응용할 수 있어 군사적으로 그 파급효과가 무궁무진한 분야이다. 이동성 다중링크 기반의 위치 추

정 기법들은 미래항법기술 분야 중 하나이다. 예를 들어, 아군의 경우 식별 가능한 초고주파/초음파/인공표식 등의 비콘(beacon) 신호를 송출함으로써 RF/ID(Radio Frequency/IDentification), 초음파 수신기 및 인공표식 영상 등을 인지하고 위치인식/추적하여 C4I 등 통신상에서 아군의 위치를 공유하며 반대로 비콘 신호 송신이 없는 적군의 경우에 영상/음성 등을 통하여 위치인식/추적하는 방법으로 미래전장을 실시간 통제 기반의 환경으로 바꾸어 놓는 획기적인 핵심 기술이다.

또한, 이동성 다중링크 센서기반의 위치 감지는 다중링크 정보처리 기술 분야로서 표적탐지, 식별, 위치 추적 기술발전에 활용 가능하고 다양한 위치 추적 기법은 협동/비협동 및 능동/수동형 복합 항법 기술개발로 이어져 이동 로봇의 항법과 같은 지능화 기술개발 능력을 향상시킨다.

초광대역 레이더 개발 매설물 탐지기법 연구

Ground penetrating radar(GPR)는 땅속에 묻혀 있는 타깃을 고해상도로 관찰하는 목적으로 사용하는데, 이미징을 할 때 ground와 air 사이의 유전율이 서로 다르기 때문에 지표면에서의 전자파 굴절현상으로 인한 영상 왜곡이 일어난다. Rx 데이터로부터 타깃의 영상을 얻기 위해서는 SAR 영상화 알고리즘을 이용해서 이미징을 해야 하는데, 그 알고리즘의 하나가 delay-sum back projection(DSBP) 알고리즘이다. DSBP 알고리즘은 space-time domain에서 이미징을 수행하기 때문에

시간이 많이 걸리는데 비해서 정확한 영상을 얻을 수 있기 때문에 짧은 range를 갖는 ROI(region of interest)에 대해서 타깃 영상을 얻을 때 유용하게 사용할 수 있다. GPR에서 SAR 영상화 알고리즘을 이용해서 타깃의 영상을 정확히 얻기 위해서는 refraction을 고려해서 시뮬레이션을 수행해야 하는데, 그에 대한 방법으로는 4차 방정식을 이용하는 방법, 최단거리를 계산해서 구하는 방법, geometry 상에서 삼각함수를 이용하여 계산하는 방법 등이 있다. 그런데 이 방법들은 복잡하고 multi-layer일 경우에 refraction을 보정하기 힘들기 때문에, interpolation 방법을 이용해서 refraction을 보정한다.

지뢰 신호 추출은 가장 중요한 과정 중 하나이다. 깨끗한 지뢰신호를 추출할수록 해석 결과는 그 만큼 좋아진다. 지표면과 섞여있는 신호에서 방법 중, 주변 신호 이용법은 지뢰가 포함된 GPR 신호를 직접 이용한다. 지뢰가 포함된 Raw 신호에 3 X 1 평균필터를 적용하여 노이즈를 줄이고 지뢰신호로부터 벗어난 양쪽면의 두 행의 신호를 평균값을 전제 행 신호로부터 감하

여 지뢰 신호를 구한다. 이는 한 개의 GPR 신호로부터 지뢰 신호를 구하는 것이므로 앞서 언급한 두 방법에 대한 단점(반향신호의 샘플링 시각 일치와 동일한 특성의 토질)을 보완할 수 있다.

### 맺음말

본 실과 관련된 연구에서는 개발된 각종 무인화기술들을 효율적이고 신뢰성 있게 운영할 수 있는 기법들의 연구와 개발, 그리고 무인지상로봇(UGV) 및 무인항공기(UAV)를 이용한 무인화 체계 운용 시에 필요한 센서 네트워크 기반 기술과 그에 적합한 전송 기술들에 관한 연구와 개발을 통해서 다양한 분야, 즉, 재난/재해 감시, 교통 모니터링, 국경 모니터링, 환경오염 감시, 무단 폐수 감시, 작물피해 모니터링, 적조 현상 모니터링 등에 사용될 수 있을 것으로 기대되며 원천 기술의 확보를 통해 선진국과 대등한 경쟁력 확보, 관련 분야의 일자리 창출, 그리고 관련 기술의 수출 등을 통한 수익성 증대의 효과를 거둘 것으로 사료된다.



### 기계 용어에설

**확산가열(Homogenizing)**

오스테나이트 범위의 온도에서 장시간 가열하여 원자의 확산으로 성분이 고르게 되었을 때에 냉각시키는 방법.

**가이거-물러 계수관(Geiger-Müller's Counter Tube)**

방사선입자가 관내에 입사하여 발생시키는 방전 전류 펄스를 증폭, 계수하는 방사선 검출장치의 일종.

**양은(백)(German Silver)**

아연 18~23%, 구리 60~65%, 니켈 12~22% 정도로 단단하고 부식에도 잘 견디는 은백색의 합금. = new silver

**글로 스위치(Glow Switch; 점등관)**

네온 또는 아르곤을 봉입한 유리관 속에 고정 전극과 바이메탈로 만든 전극을 봉입한 방전관의 일종.

**진(Gin; 3각기중기)**

3개의 기둥을 3각뿔모양으로 꾸미고, 꼭지부위에 활차를 매달아 중량물을 달아올리는 데 쓰는 것.

**유리섬유로 강화한 플라스틱(Glass Fiber Reinforced Plastic)**

GFRP로 약기. 가볍고 강하지만 값이 비싸지만 설계가 공기술의 진보가 그 수요를 확대시키고 있는 물질.

**글레이징(Glazing)**

숫돌차의 숫돌립 절삭날이 마모되어 숫돌면이 번쩍번쩍 빛을 내고 진동을 일으켜 금속성을 발하며 발열이 심해져서 절삭성을 거의 잃은 상태.

**글로 방전(Glow Discharge)**

음극에서 열전자 방출에 비해 2차 전자방출이 훨씬 많고 전류밀도가 작으며 음극 강하가 큰 지속적인 방전.