

## 군 지상무인체계 통신시스템의 현황과 전망

곽재섭(삼성탈레스)

### I. 서론

군 무기체계의 중요한 테마로 부상한 무인체계는 정부의 연구 계획을 통하여, 그리고 각 업체의 활발한 연구 노력의 참여로 가시적인 성과들이 나타나기 시작하였다. 육군은 2025년까지 3단계에 걸쳐 군사용 로봇을 개발하는 계획을 발표했으며 그 1단계로 “네트워크 기반 다목적 견마형 로봇 개발” 과제가 2012년까지 460억, “다축형 견마로봇 플랫폼 개발” 과제가 253억원을 투자<sup>1)</sup> 하여 이미 개발에 착수, 진행 중이며 최근 한 보고서<sup>2)</sup>에서는 국가가 주도해야 할 6대 미래 기술로 군사용 로봇을 선정하기도 하였다. 군 무인체계에 소요되는 핵심 기술을 개발하기 위한 국가 연구기관 및 관련업체의 노력은 산업 전반에 걸친 기술력 향상에도 기여 하였으며 1단계 개발이 완료되면 선진국과의 기술력 차이를 3~4년 이내로 좁혀 세계 3위 수준의 기술력을 확보할 수 있을 것으로 보고 있다. 본고는 이러한 무

인화 체계 중 지상무인체계의 개발 현황을 살펴보고 무인체계내의 핵심 기술 중의 하나인 무인체계용 통신시스템에 대하여 개발 현황과 발전 방향을 살펴보고자 한다.





### II. 군 지상무인체계 동향

무인체계는 해외에서 많은 지상 로봇들에 대한 연구투자로 이미 상당한 수준에 올라있으며 일부는 전력화를 통하여 실전 배치되어 그 성과를 보기도 하였다. 미국은 육군미래전투시스템(FCS : Future Combat System) 개발에 사상 최대 규모인 1450억 달러의 예산을 들여 무인전투시스템을 구축하고 있고 UAV 또는 무인 로봇의 경우 이미 실전에 투입되어 성능을 확인할 수 있는 상태까지 개발이 진척된 상태이다. 프랑스, 독일, 영국, 이스라엘 등 유럽권에서도 무인체계는 많은 진척을 이루어 이제는 전 세계 나라들이 본격적인 무인체계 구축을 위한 뜨거운 경쟁을 하고 있으며 이러한 경쟁은 무인체계가 전장을 대신하는 시기를 보다 앞당기는 결과로 나타날 것이다.

1) 군사용 로봇, 2006, 대덕연구단지

2) 삼성경제연구소, 2008. 3월호(제644호)

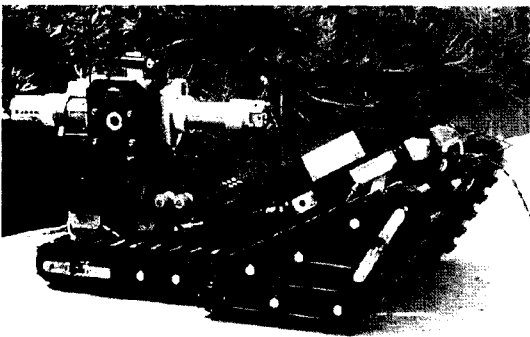
〈표 1〉 해외 지상무인체계 동향

Model	Packbot	Avantguard	Mule	ARV
Configuration				
Nation	미국	이스라엘	미국	미국
Mission	Potable RSTA	RSTA	Combat/RSTA	Combat/RSTA
Control	Teleoperation	Wspoint Nav	Teleoperation	Teleoperation
Status	Afgan/Iraq	Experimental Ops	R&D	R&D

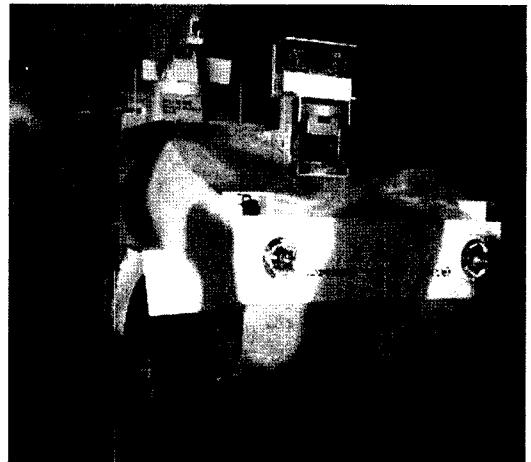
국내에서는 정통부가 2003년, 로봇을 신성장 동력산업으로 선정한 이후 IT기반 지능형 서비스로봇 개발에 255억원을 지원하였고, 국방 분야에서는 한국과학기술연구원(KIST)과 (주)유진로보틱스가 공동으로 개발한 원격제어용 위험작업 로봇인 “롭헤즈”를 과학기술부의 개발사업인 민군 겸용 기술개발 과제의 일환으로 1998년 8월부터 개발을 시작해 2004년 초 상용화에 성공하였다.

롭헤즈는 폭발물 처리용 물포총, 야간 투시경, 지뢰탐지장치, 오염도 측정 장비 등을 몸체에 장착하여 다양한 목적으로 운용이 가능하며, 무선 LAN 기반의 통신기술을 사용하여

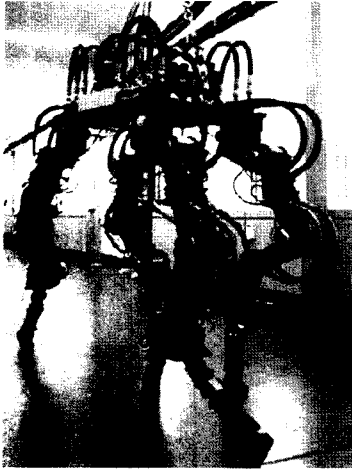
원격에서 임무를 수행할 수 있다. 또한 이라크에 파견된 자이툰 부대에 도입되어 정찰 및 사제 폭발물 처리 등 군사작전용으로 활용됨으로써 성능을 검증 받은 실례가 있다. 이외에도, 국방부 주관의 선행핵심과제로 국방과학연구소(ADD)에서는 군 전력증강과 미래전 대비를 목적으로 자율주행 및 지능기반의 무인자율화 기술개발에 역점을 두고 연구개발 중에 있으며, 기술시범사업으로 경전투로봇 및 보병지원용 로봇을 실험시제 수준으로 개



〈그림 1〉 롭헤즈 형상



〈그림 2〉 국방로봇 형상



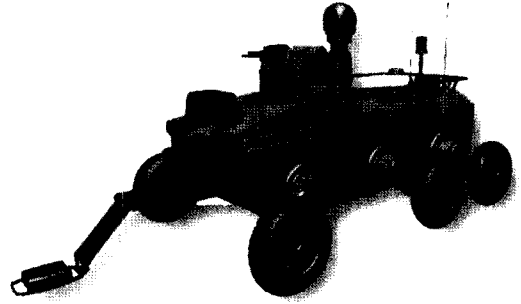
〈그림 3〉 다족형 로봇

발하여 자율주행(반자율)/중속주행/원격제어 기능을 시연하였다.

서론에서 언급한 지상무인로봇의 대표적인 사업으로는 2006년 9월 시작한 다족형 로봇과 네트워크 기반 견마로봇<sup>3)</sup>이 있다. 다족형 로봇은 생산기술연구소 주관으로 개발 중이며 운반 및 감시를 목적으로 야지 장애물 환경에서도 주행이 가능하도록 개발 중인 다족형 로봇으로 평지 5.4Km/h의 속도로 60Kg의 운반 능력을 목표로 하고 있다.

네트워크 기반 견마로봇 시스템은 국방과학연구소와 전자통신연구소(ETRI) 주관으로 개발 진행 중인 민군겸용 과제로 다수의 로봇을 원격 통제하는 다중제어 구조를 기반으로 여러 대의 로봇으로부터 실시간 영상 스트림 및 데이터를 수신하는 기능을 갖고 있다.

3) 방위사업청/민군겸용 기술센터와 정보통신부/정보통신연구진흥원의 민군겸용기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [06-DU-LC-01, 네트워크 기반 다목적 견마형 로봇 기술 개발]

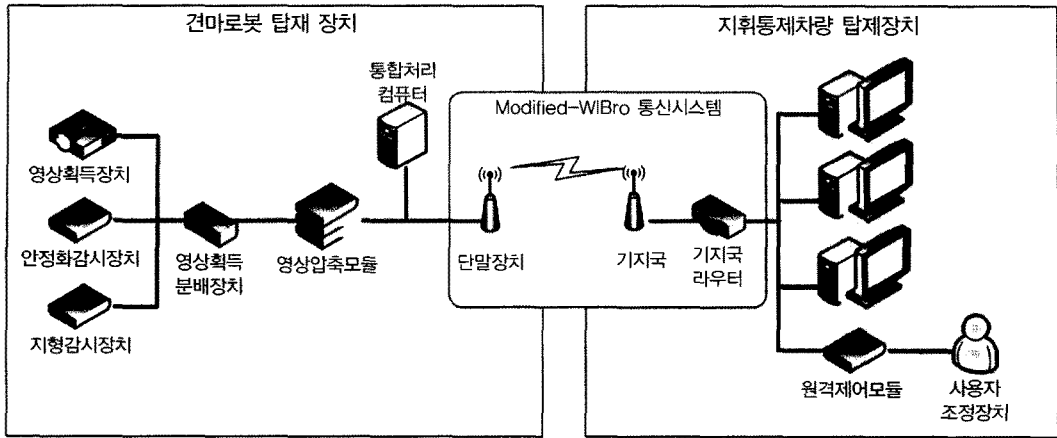


〈그림 4〉 견마로봇 형상

로봇 단말 내에는 전후방 영상 감시카메라가 실장되는 영상획득장치, CCD 및 IR 카메라가 장착되는 안정화 장치 등이 있으며 획득한 영상 정보를 JPEG2000 또는 H.264등의 영상압축모듈을 이용하여 압축, 통신 단말 장치를 통하여 영상 및 제어 데이터를 전송한다. 무선통신장치는 지휘통제차량에 무선 이동 기지국이, 로봇에 무선통신 단말장치가 탑재되어 고성능의 인프라 망을 구축할 수 있다. 이러한 견마로봇의 무선 이동 기지국은 원격통제장치(RCS)를 통해 동시에 3~4대의 견마로봇 제어 및 운용을 할 수 있다. 견마로봇은 2009년까지 1단계 개발 완료로 목표로 연구에 박차를 가하고 있다. 아울러 무인체계 완성에 필수적인 자율기반 프로그램 개발 및 지형 인지, 목표물의 인식 및 분석을 위한 핵심 기술 개발도 연구를 착수해 향후 무인체계의 완성을 위한 핵심 기반을 구축 중에 있다.

### III. 견마로봇 통신시스템 개발 현황

견마로봇은 다수의 로봇을 원격 통제 하는 다중제어 구조로 여러 대의 로봇으로부터 동



〈그림 5〉 건마로봇 시스템 구성

시에 많은 영상 및 데이터를 수신하도록 설계되어 있으며 통신시스템은 로봇에 단말장치가, 지휘통제차량에 기지국이 탑재된다.

지금까지의 무인로봇체계의 통신은 무선랜(WLAN)을 기반으로 영상 및 제어 데이터를 송수신 하는 기술을 일반적으로 사용하였으나 건마로봇 통신시스템은 순수 국내 기술인

WiBro 통신기술(IEEE 802.16e 표준)을 응용하여 무인체계를 위해 최적화 한 “Modified WiBro”의 구조로 설계하였다. 주요 특징을 요약하면 다음과 같다.

무인로봇 통신 시스템에 mobile WiMAX (WiBro) 기반 통신기술을 적용함으로써 다양한 장점을 가질 수 있다. 첫째로 상용망과 상이한 망 구조를 가지고 있는 무인로봇 통신 망 환경처럼 상향 및 하향 링크의 비대칭 구조에서 TDD(Time Division Duplexing)기술을 적용함으로써 링크비율의 가변적 적용을 통해 보다 유연한 통신환경의 구축이 가능하다. 둘째로 무인로봇의 안정적 제어를 위한 하향링크에서는 오류정정 성능이 뛰어난 CTC(Convolutional Turbo Code) 기술을 적용하여 강인한 무선링크 성능을 보장할 수 있다. 또한, mobile WiMAX 표준을 기반으로 다양한 대역폭 규격을 제공하고 있어, 무인로봇의 운용환경 및 용도에 따라 유동성 있는 규격의 적용이 가능하며 차후 무인로봇체계 운용개념에 맞추어 효과적으로 대처할 수 있다.

〈표 2〉 건마로봇 시스템 특징

주요 항목	설계 특징
OFDMA 전송방식	대용량 데이터전송/다중접속
TDD 적용	상용 WiBro 시스템과는 반대로 상향 링크에 데이터 집중
통신지연 최소화	실시간 제어를 위하여 FPGA에 의한 HW 구현
이동성 (mobility)	최대 120Km/h 의 고속이동성 지원 QoS 설계
QoS 설계	영상/제어 데이터의 QoS 지원을 위한 스케줄링 최적화

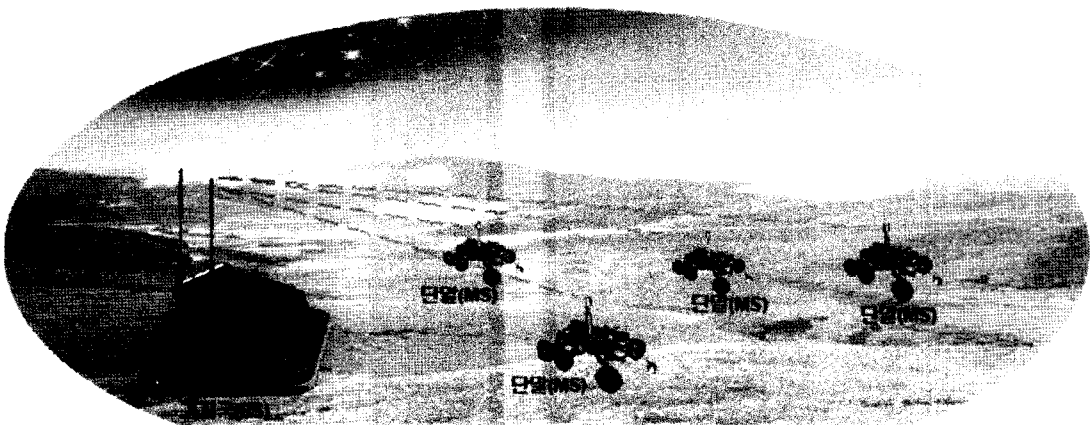
〈표 1〉 CES 핵심서비스

구분	TTA WiBro	건마로봇 통신시스템
사용 주파수	2.3GHz	미 정
대역폭	8.75MHz	8.75MHz
FFT 크기	1024	1024
DL/UL 비율	27:15	9:33
하향링크 변조방식	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM
상향링크 변조방식	QPSK, 16QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM
Coverage	~1km	~6km
단말 출력	~200mW	~10W

건마로봇 통신시스템은 기지국과 다수의 단말을 통하여 로봇으로부터 전송되는 영상을 포함한 많은 센서 데이터들을 기지국과의 통신으로 형성된 링크를 통하여 보내는 인프라 구조 (Infra-structure) 기반의 통신시스템이다. 인프라 구조의 가장 큰 특징은 각 단말에 할당된 자원을 통하여 기지국으로 직접 전송을 통한 안정적인 정보 수집이 가능하며 기지국과 단말의 직접 링크를 통하여 로봇에 대한 실시간 제어가 이루어질 수 있다는 것이다. 그러나

통신 링크가 기지국과 단말 간에만 의존하게 됨으로써 음영 지역 등 전파 장애에 대비한 별도의 보강 방안이 검토될 필요가 있다.

지상 무인체계 통신 시스템과 상용 통신 시스템과의 가장 큰 개념상의 차이를 보이는 부분이 통신시스템을 위한 인프라의 사전 구축의 가능 여부라 할 수 있다. 즉, 상용서비스는 사전 계획된 기지국의 위치선정과 음영지역의 파악을 통한 중계기 설치 등 셀 영역 내의 서비스 조건을 충족하기 위한 사전 무선 망 구



〈그림 6〉 인프라(infra) 구조의 통신시스템

축 활동이 가능한 반면, 군 시스템은 작전에 따른 예지되지 않은 지역으로의 이동에서도 안정된 통신환경을 보장하여야 하며 Non-LOS의 환경 하에서도 무선링크의 장애를 최소화하기 위한 다양한 방법을 고려하여야 한다. 이러한 인프라 기반의 통신시스템에서는 다수의 단말을 제어하기 위하여 고정된 기지국 위치에서 각각의 단말과 동시에 안정된 통신을 유지한다는 것은 야전 환경에서는 상당히 어려운 요소가 아닐 수 없다. 따라서 폭넓은 작전 환경을 확보하기 위한 다양한 기술이 검토될 필요가 있으며 이를 군 환경에 응용하기 위한 기술적 고려사항 및 운용 개념은 점진적으로 발전시켜 나가야 할 것이다.

#### IV. 통신 시스템의 발전 방향

견마로봇 통신시스템과 같은 인프라 구조의 시스템에서 기지국과 단말간의 안정된 통신 링크를 확보하기 위해서는 작전 반경 내 음영지역에 대한 해결방안이 가장 중요한 항목이라고 하겠다. 기지국의 위치가 수시로 이동하기 어려운 상황에서는 이를 해결할 대안이 이동 중계기술의 적용이며 야전 환경을 고려한 무선 중계 및 이동성 확보가 용이한 방안이 필요하며 아울러 인프라 구조와는 별개로 각 로봇의 단말간 통신을 이용한 Ad-hoc 네트워크에 대한 심도있는 연구도 중요한 발전 방향 중의 하나이다.

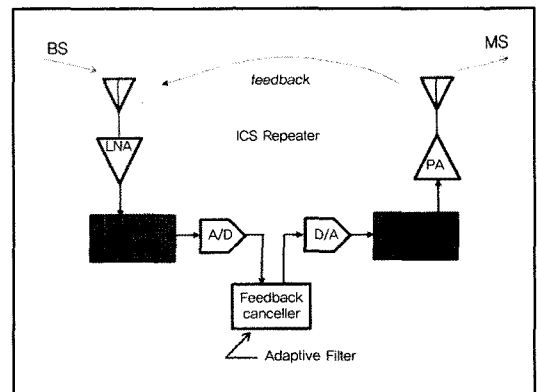
##### 1. 중계방안 적용

중계 방안을 사용하는 것은 두가지 이유에서 이다. 첫째는 음영지역의 해소이며 두 번째

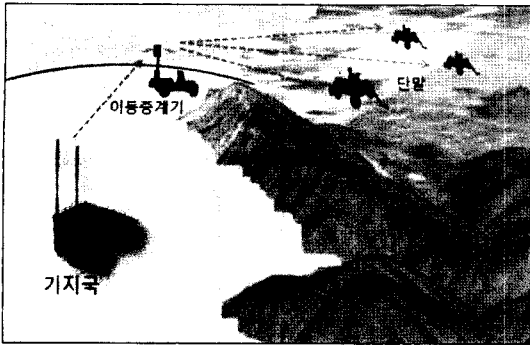
는 셀 반경의 증대이다. 한국과 같은 산악 또는 건물이 많은 지형에서는 5~6Km의 통달거리에서 원활한 통신 링크를 구축하기가 쉽지 않아 무인차량의 원활한 통제 및 정보의 수신을 위해서 작전 반경 내 통신 링크의 가시성을 예상하여 적절한 지역에 이동이 용이한 중계 차량을 배치하는 방안이 필요하다. 어떤 형태의 중계기를 어떤 방법으로 운용할 것인가에 대한 기술적, 전술적 운용 방법은 계속적으로 검토되어야 할 것이며 중계용으로 적용될 수 있는 몇가지 방안에 대하여 살펴본다.

##### 가. 간섭제거 중계기

근거리 통신 링크의 안정성 및 음영 지역 보장을 위하여 군 작전 환경처럼 Open 된 환경에서 운용할 수 있는 가장 적절한 방법으로 간섭제거(ICS : Interference Cancellation System) 중계기가 있다. 간섭제거 중계기는 하나의 안테나를 통하여 수신된 기지국으로부터의 무선신호를 또 하나의 안테나를 통하여 같은 주파수로 무선으로 증폭, 재송신하는 방안을 사용한다. 두 안테나는 같은 주파수를 사용하기 때문에 송신된 신호는 또 하나의 안테나를 통



〈그림 7〉 간섭제거 중계기 구조



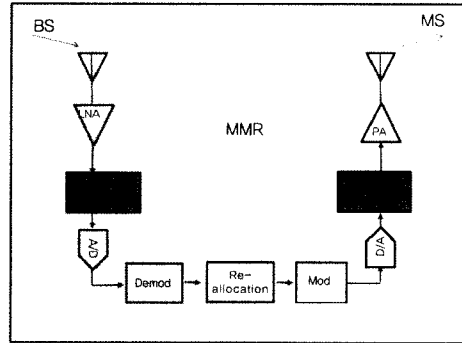
〈그림 8〉 간섭제거 중계기 운용

하여 되돌아올 수 있고 이때 재 유입되는 간섭 (Interference) 신호를 제거하는 신호처리 (Digital Signal Processor) 기술이 핵심 구현 기술이다.

간섭제거 중계기는 케이블 설치가 필요없기 때문에 충분한 작전 지역을 지원하는 위치에 쉽게 이동 배치가 가능하여 군사용으로의 적용 가능성이 상당히 높으며 전력소모의 최소화로 작전 운용시간이 충분히 보장된다면 전술용으로 적용 가능할 것이다.

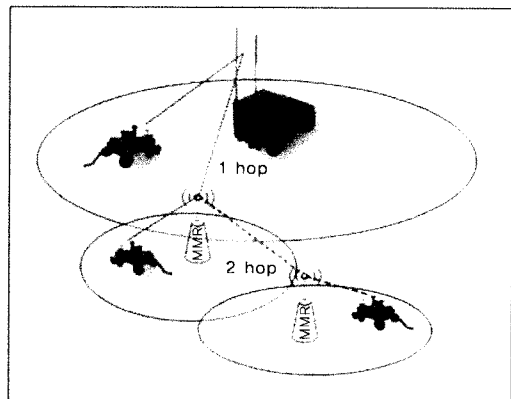
#### 나. MMR(Multi-hop Mobile Relay)

통신 링크에 적용 가능한 통달거리 확보를 위한 방법으로 IEEE802.16j의 MMR 기술의 중계 방안 적용도 검토될 수 있다. 이 기술은 현재 표준화 작업 중인 mobile WiMAX의 확대 서비스 기능으로 일반 중계기와 달리 무선 수신된 신호를 변복조 단계까지 처리하여 신호 품질을 높여서 단말에 서비스 할 수 있다. 변복조 단계의 신호처리 단계를 거침으로써 전송 품질은 향상할 수 있으나 전송 지연을 최소화 하는 것이 구현에 대한 중요한 설계 방안 이 될 것이다.



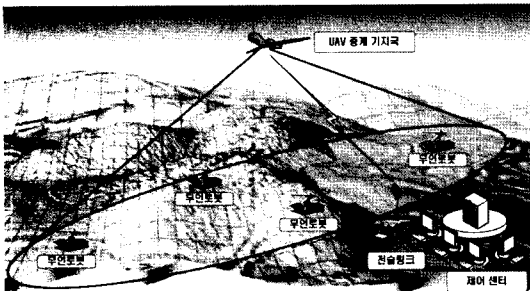
〈그림 9〉 멀티홉 릴레이 구조

멀티홉 릴레이의 적용 형태는 세가지로 구분 될 수 있다. 즉, 인프라 구조의 고정 시설용 인 고정(Fixed)형, 이동 교통수단에 장착하여 가입자에게 서비스하는 이동(Mobile)형, 그리고 건물(In-Building)형이 있다. 멀티홉 릴레이의 전술적 적용 가능성 중 무인로봇을 위한 링크 확보의 관점에서는 이동(Mobile)형의 군 적용 방안이 운용 개념상 효과적인 방법이 될 수 있을 것이다. 따라서 전파 음영지역에서의 무선링크 품질보장 및 무인로봇 작전반경의 증대효과를 얻을 수 있는 방법 중 하나로 멀티홉 릴레이는 기술적 구현 방안에 대한 적극적인 검토가 필요한 부분이라 하겠다.



〈그림 10〉 멀티홉 릴레이 운용

다. 무인 항공기(UAV)를 이용한 통달거리 확장 산지가 많은 한국 지형 특성상, Non-LOS 지역이 많은 까닭에 전파환경 열화는 무인로봇의 제어 및 운용에 큰 제약을 주게 된다. 이러한 제약을 극복하기 위해서는 제어국의 안테나가 고지에 위치되어 단말과의 상대적으로 높은 고도차를 확보하는 방법이 있지만 작전 환경의 변화에 따라 제어국의 위치가 변화하는 무인체계의 환경에서는 적용에 많은 어려움이 있다. 이러한 고도차 확보에 어려움을 극복하기 위한 대안으로 무인 항공기를 이용한 공중 중계국을 적용할 수 있다. 기동성 및 운용성이 뛰어난 무인 항공기를 이용하여 중계국의 기능을 수행하게 된다면 광역의 작전반경의 확보가 가능하며 지형적 제약사항으로 발생하는 통신 음영지역의 해소와 군 통합네트워크와의 유연한 연동이 가능하게 된다. 또한 신속한 중계 수행으로 작전 효율성을 증대할 수 있을 것이다. 단, 무인 항공기 중계를 고려할 경우 채공 시간 확보를 위한 기술적 한계를 극복해야 하며 중계 링크 단절시 로봇에 대한 최소한의 제어, 또는 복귀가 가능한 운용 개념은 별도로 검토되어야 할 것이다.



〈그림 11〉 무인 항공기(UAV)를 이용한 중계

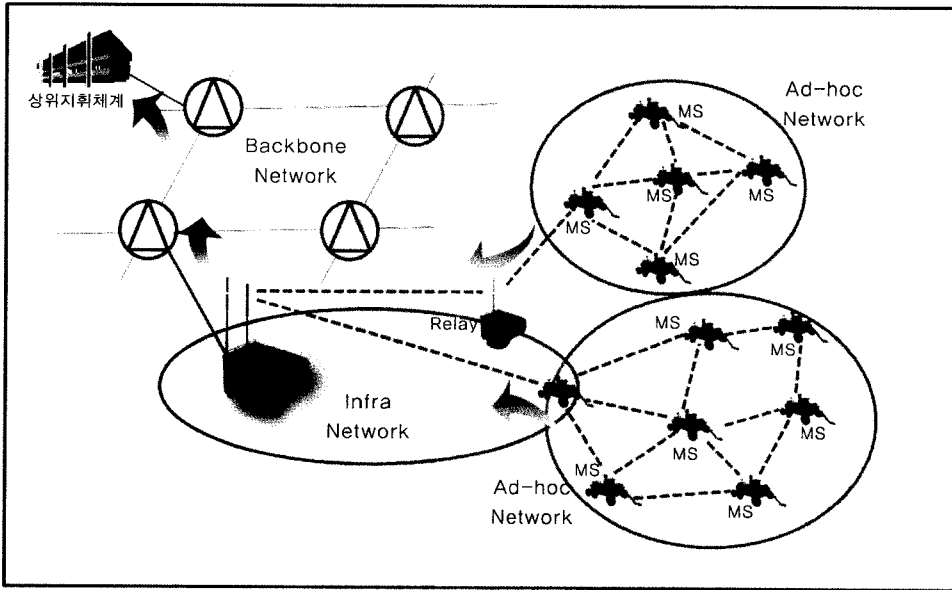
## 2. Ad-hoc 통신 네트워크 기술

Ad-hoc 네트워크는 다수의 네트워크 노드들이 추가 및 소멸하며 무선링크를 적응적으로 구성해 감으로써 네트워크의 생존성을 높이는 기술이다. 기본적인 개념은 인프라 구조의 IP 라우팅이 아닌 유동적인 IP기반 네트워크 구성에 있으며 무인로봇 시스템의 적용시, 무인로봇간의 네트워크 구성을 통해 다양한 운용개념의 추가가 가능하며 무인로봇의 안정성의 향상을 기대할 수 있다. Ad-hoc은 군사용으로 연구가 시작된 것으로 1997년에 구성된 IETF MANET(Mobile Ad hoc NETwork) 작업 그룹을 중심으로 표준화 작업이 진행되었으며 이동 Ad-Hoc 네트워크는 다음과 같은 특징을 갖는다.

- 단말 간 통신에 의한 링크 분산 구조
- 네트워크 토폴로지의 지속적 변화
- 자원 사용의 제약점(대역폭)
- 이동 통신장애 환경에 대한 유연한 대응

이러한 특징으로 이동 Ad-hoc네트워크는 군사용과 같은 작전 이동 지역 또는 기반망이 구축하기 어려운 산악 지역, 또는 기반망이 파괴된 재난 지역 등에 우선적으로 구축하기 용이한 네트워크로 인식하여 왔다. 그러나 기존 인프라 망에서 제공하는 많은 서비스와는 달리 Ad-hoc 네트워크는 망의 트래픽을 효과적으로 제어할 알고리즘의 기술적인 난이도로 인하여 아직은 적용성에 어려움이 있으며, 망이 확장되면 네트워크 토폴로지의 변화에 대한 정보를 공유하기 위하여 네트워크 트래픽 용량이 급격히 증가한다는 어려움을 안고 있다. 따라서 Ad-hoc 네트워크가 무인체계에 적





〈그림 12〉 인프라 구조와 Ad-hoc 네트워크의 복합 구조

용되기 위해서는 첫째, 무인체계에 적합한 알고리즘 개발이 필요하며 둘째, 무인체계 Ad-hoc 망의 최적 규모에 대한 연구가 필요하고 셋째, 정보 데이터 량의 최소화를 위한 압축전송 방안이 강구되어야 할 것이다. 무인체계만의 독특한 특징인 정보전송의 편중성, 실시간 대용량 정보의 연속성 측면에서 다른 Ad-hoc 네트워크와는 다른 무인체계만의 접근 방안이 필요할 것이며 이러한 특징을 충분히 고려하여야 실시간 정보가 최우선시 되는 무인체계에서 Ad-hoc 네트워크가 그 힘을 발휘할 것이다. 지상 무인체계에서 무인로봇이 개별적으로 하나의 기지국과 연동하기 보다는, 지상 무인체계가 별도의 독립 네트워크로 상호 연동되고, 무인로봇간 통신 방식은 소수의 Ad-hoc 네트워크를 구성하는 것이 바람직하다고 볼 수 있다. 독립적인 망을 갖는 무인체계 망을 예상해보면, 기지국은 일시적으로 고정 망의 라우터에 접속하고 또한 인프라 네트워크

로써 광역 Cell Coverage를 수용하며, 각각의 로봇들은 단말간 Ad-hoc 네트워크를 구성하며 이중 Master로 정의된 로봇을 통하여 인프라 네트워크를 거쳐 상위 지휘체계로 정보를 전송하는 구조를 구성할 수 있다. 이러한 인프라 구조와 Ad-hoc 네트워크가 결합된 형태의 복합형(Hybrid) 구조는 Ad-hoc 네트워크의 기술적 혁신과 적용성이 뒷받침 되더라도 군 전술망의 별도 체계간 효율적인 운용을 위한 적절한 구조로 연구될 수 있을 것이다.

## V. 결론

무인체계 통신망은 타 체계와는 달리 무인체계만에서 요구하는 독특한 네트워크의 특징이 있기 때문에 그 특징을 충분히 고려하여야 현실적인 통신시스템으로서의 역할을 다할 수 있을 것이다. 상용 무선통신기술을 기반

으로 독자적인 무인체계용 통신시스템을 건마로봇을 통하여 구축, 시험하고 있지만 다양한 무인체계를 수용하기 위해서는 좀 더 효율적이고 성능을 높일 수 있는 통신 기술이 연구되어야 할 것이다. 이제 무인체계에 대한 연구개발이 본격적으로 진행될 예정이고 그에 따라 통신시스템의 발전의 양상도 앞서 언급한 것과 같은 다양한 시도가 이어질 것으로 본다. 인프라 구조에서의 중계 방안에 대한 연구도, Ad-hoc 네트워크를 위한 적용 방안도 이제는 현실로 옮겨져 구체화 될 것이며 무인체계를 위한 가장 최적화된 통신 네트워크의 모습이 완성될 때까지 그 노력은 계속될 것이다.

## 저자소개



곽재섭

1990년 2월 광운대학교 전자통신공학과 학사  
 1990년 2월-2000년 1월 (주)삼성전자 방산개발실  
 책임연구원  
 2000년 2월-현재 (주)삼성탈레스 기술연구소 수석연구원  
 주관심 분야 : 네트워크 중심의 컴퓨팅, Future  
 Internet 및 Carrier Ethernet 분야 등

## 참고문헌

- [1] 이동 Ad-hoc네트워크 기반의 유비쿼터스 네트워크 기술동향 및 적용 방안, 전자부품연구원, 박영충,정광모
- [2] 미국의 국방로봇 최신동향, 주간기술동향 1304호, 2007, 진태석
- [3] WiBro기반 Mobile Multi-hop Relay 표준 기술 동향, 전자통신동향분석 제23권, 2008, 김영일 외 공저
- [4] 무인차량의 연구개발 전망, KUVSA 심포지엄 발표자료집, 2006, 최창곤
- [5] 과학동아 2006년 10월호 특집, 2020미래전쟁백서2, 58-65p, 박용운
- [6] MANET(Mobile Ad-Hoc NETwork)의 연구 동향, 정희영외 공저 한국전자통신연구소