

군 무인 체계 통신기술

변 승 완

삼성탈레스 기술연구소장

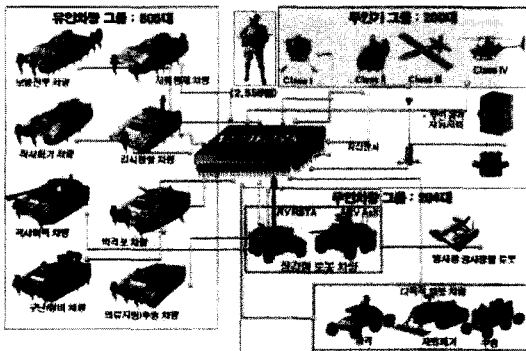
I. 군 무인 체계 동향

현재 국방 기술은 과거의 병력 중심의 전쟁 구조에서 첨단 기술 중심의 전쟁 구조로 전환되고 있다. 이러한 흐름 속에 이제는 인간을 대신하여 전장의 모습까지도 변화시켜 세계 각국은 급격히 부상되고 있는 무인 로봇 체계 분야 개발에 막대한 투자를 아끼지 않고 있다. 군 무인 로봇 체계에 가장 앞서 가는 미국은 미래 전투 시스템(FCS: Future Combat System) 개발을 위해 국가 차원의 전략적 종합 계획을 수립하였으며, 기초/응용 연구와 인프라 구축 등에 사상 최대 규모인 1,450억 달러의 예산을 들여 무인 전투 시스템을 구축하고 있다. FCS 개발의 특징은 소수의 경량 유인 차량으로 무인 로봇 차량(UGV: Unmanned Ground Vehicle)과 무인 정찰기(UAV: Unmanned Aerial Vehicle)를 네트워크에 의해서 지휘 및 운용하고, 군 규모의 집적화에 최대의 효과를 얻으려고 하고 있다.

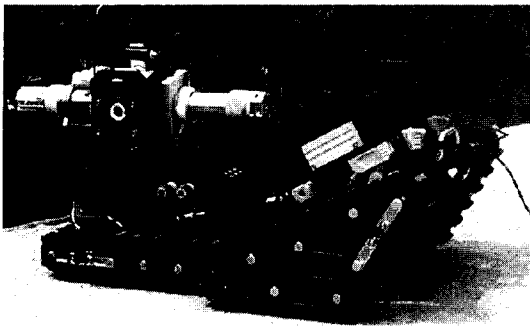
국내에서는 정통부가 2003년 로봇을 신성장 동력

산업으로 선정하고, IT기반 지능형 서비스 로봇 개발을 목표로, 정보 콘텐츠 로봇, 네트워크 기반 휴머노이드 기술 개발 등에 총 255억 원을 지원(2004년)하였으며, 기반 조성을 위해 UR(Ubiquitous Robot Companion) 인프라 사업을 수행 중에 있다. 국방 분야에서는 한국과학기술연구원(KIST)과 로봇 제조업체인 (주)유진로보틱스가 공동으로 개발한 원격 제어용 위협 작업 로봇인 “롬헤즈”를 과학기술부의 개발 사업인 민군 겸용 기술 개발 과제의 일환으로 1998년 8월부터 개발을 시작해 2004년 초 상용화에 성공하였다. 롬헤즈는 폭발물 처리용 물포총, 야간 투시경, 지뢰 탐지 장치, 오염도 측정 장비 등을 몸체에 장착하여 다양한 목적으로 운용이 가능하며, 무선 통신 기술 기반의 영상 및 데이터 송수신이 가능해 수색 작전 및 원격 정찰 등 위험한 임무를 원격에서 수행할 수 있다. 또한, 이라크에 파견된 자이툰 부대에 도입되어 정찰 및 사제 폭발물 처리 등 군사 작전용으로 활용됨으로써 성능을 검증 받은 사례가 있다. 이외에도, 국방부 주관의 선행 핵심 과제로 국방과학연구소(ADD)에서는 국방 로봇 개발을 통해, 군 전력 증강과 미래전 대비를 목적으로 자율 주행 및 지능 기반의 무인 자율화 기술 개발에 역점을 두고 연구 개발 중에 있으며, 기술 시범 사업으로 경전투 로봇 및 보병 지원용 로봇을 실험시제 수준으로 개발하여 자율주행(반자율)/중속주행/원격제어 기능을 시연하였다.

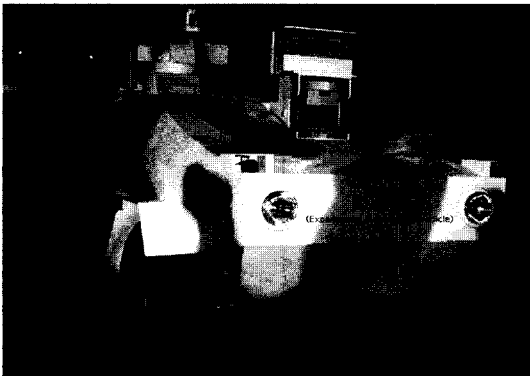
현재 지상군 무인 체계의 대표적인 사업으로는 2006년 9월 국방과학연구소와 한국전자통신연구원(ETRI) 주관으로 개발 진행 중인 민군 겸용 네트워크 기반 전마로봇¹⁾ 시스템이 있다. 전마로봇 시스템은 다수의 로봇을 원격통제하는 다중 제어 구조를



[그림 1] 미군 FCS 체계



[그림 2] 룩헤즈 형상



[그림 3] 국방 로봇 형상

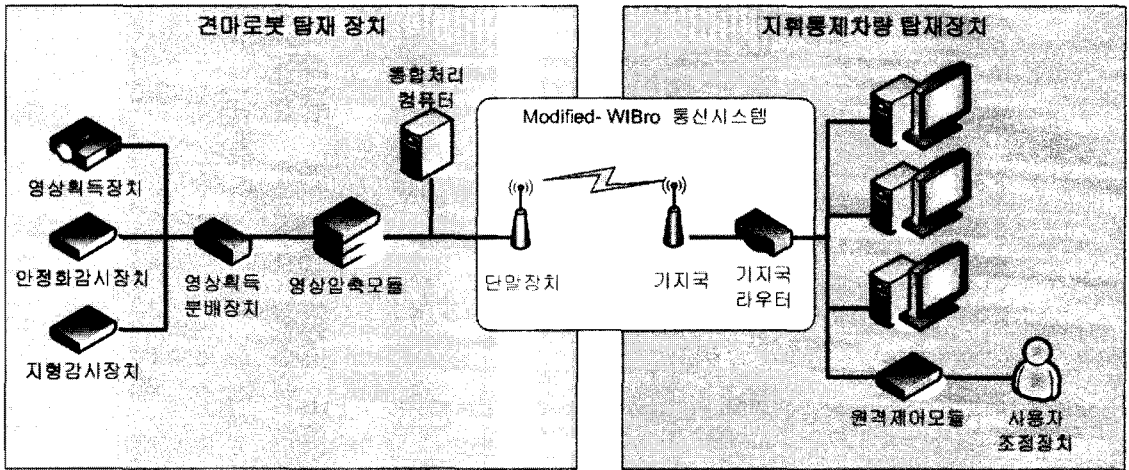
기반으로 여러 대의 로봇으로부터 실시간 영상 스트리밍 및 데이터를 수신하는 기능을 갖고 있다. 로봇 단말 내에는 전후방 영상 감시 카메라가 실장되는 영상 획득 장치, CCD 및 IR 카메라가 장착되는 안정화 장치, 그리고 지형 감지 장치가 있으며 획득한 영상 정보를 JPEG 2000 또는 H.264 등의 영상 압축 모듈을 이용하여 압축 가공처리 한다. 가공처리된 영상 정보는 통합처리 장치의 통제를 받아 통신 단말 장치에 영상 및 제어 데이터를 전송한다. 무선 통신 장치는 지휘 통제 차량에 무선 이동 기지국이, 로봇

에는 무선 통신 단말 장치가 탑재되어 이동성을 보장하며 작전 환경 변화에 민감하게 반응이 가능한 인프라 망을 구축할 수 있다. 이러한 견마로봇의 무선 이동 기지국은 원격 통제 장치를 통해 동시에 3~4대의 견마로봇 제어 및 운용을 할 수 있다.

II. 무인 로봇 체계 통신기술 현황

무인이라는 말에는 “원격”과 “자율”이라는 두 가지 의미가 내포되어 있다고 할 수 있다. 근본적으로 이런 무인 시스템을 이용하는 목적은 야지 및 협지에서 신속하고 정확한 정보를 획득하고 획득한 정보를 기반으로 상황에 적응적으로 대처하기 위함에 있다. 비록, 현재 단계의 지상 로봇 개발은 로봇의 완벽한 자세 제어와 지형 분석 능력 향상, 장애물 회피 등의 로봇 제어에 역점을 두고 수행되어 왔으며, 무인 항공기의 경우에도 감시 정찰의 정확성 향상 및 전투 능력에 기술의 초점이 맞추어져 왔지만, 이러한 무인 전투 체계에도 획득한 정보의 가치 극대화를 위해서는 획득한 정보의 실시간 처리 및 광대역 고속 무선 통신 기술을 이용한 정보의 신속 정확한 전달이 그 핵심이라 할 수 있다. 무인 로봇 체계의 무선 통신 기술은 안정적인 로봇의 원격 제어를 위해 제어 센터에서 송신하는 제어 데이터는 무선 링크의 안정성과 연결성이 중요시 되며, 무인 로봇을 통해 획득된 영상 데이터 및 지형 정보는 고속 처리 및 전송을 위해 대용량 고속 전송 무선 통신 기술이 중요하다. 이러한 링크별 특징으로 인해 무인 전투 체계의 네트워크 운용 개념은 상용 네트워크와 상이한 면을 가지고 있다. 상용망의 경우, 정보의 중심에서 다양한 경로를 통해 정보가 확산되는 정보 확산형 네트워크 운용 개념이 사용되지만, 무인 전투 체계에서

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



[그림 4] 견마로봇 시스템 구성

는 다양한 곳에서 실시간 획득된 정보가 중심으로 모여지는 정보 집중형 네트워크 운용 개념이 사용된다.

무인 로봇의 안정적 원격 무선 제어를 위한 하향 링크는 데이터양은 작지만 무선 링크의 안정성 및 긴밀한 연결성이 강조되기 때문에 유선 제어 형태의 직접 제어 기술 및 무선 원격 제어 기술이 동시에 사용하며, 무인 로봇으로부터 획득한 영상 데이터 및 지형 정보의 고속 전송을 위한 상향 링크는 최신 무선 통신 기술을 기반으로 하여 개발되고 있다. 이러한 무인 체계에 적합한 통신 기술은 계속 진화하고 있으며, 다양한 연구 개발이 진행되고 있다.

종래의 무인 로봇 체계의 통신 장비는 전용으로 개발된 경우는 많지 않으며, 주파수 자원의 활용도 한정되어 있어 국내/외에서는 주로 ISM 대역의 무선랜 또는 FM장비를 많이 사용해 왔다. 상대적으로 데이터양이 적은 하향 링크 전송 기술로는 900 MHz 대역, 영상 데이터 전송 등의 대용량 전송의 상향 링크는 2.4 GHz 대역의 장비를 주로 사용하며, 외국의 일부 장비의 경우 400 MHz 대역의 전용 RF 장비를 개발하여 적용한 경우도 있다.

지금까지의 무인 로봇 체계의 통신은 무선 랜(WLAN)을 기반으로 영상 및 제어 데이터를 송수신하는 기

<표 1> 지상 무인 체계 원격 제어 통신의 종류

구분	2.4G 대역	900M 대역	400M 대역
주파수	2.40~2.48 GHz	902~928 MHz	459.7M
변조기법	CCK, DBPSK, OFDM, FSK	FSK	DGMSK(FM)
RF출력	~50 mW	~1 W	100 mW
데이터율	10~54 Mbps	9.6~115 kbps	9.6 kbps
인터페이스	Ethernet, RS-232	Ethernet, RS-232	RS-232
표준	802.11b/g	802.11b/g	Rover

술을 일반적으로 사용하였다. 그러나 이러한 무선 랜 기반의 무인 로봇 체계 통신 기술은 점대점 무선 링크(P2P: point to point)로 사용하는 경우 건물 등 장애물의 방해가 생길 경우 안정적인 통신 성능을 보장하기 어려운 지형적 제약 사항과 무인 로봇이 고속으로 주행하는 경우 통신 성능의 급격한 저하를 야기하는 운용적 제약 사항을 가지고 있다. 또한, 건물 내 무인 감시 용도의 자율 주행 로봇의 경우 건물 내부의 다수의 무선 랜 장비를 사용한 네트워크 통신 개념을 적용하는 수준으로 한정된 지역에만 종속적으로 운용되는 단점을 가지고 있다. 이러한 제약 사항으로 인해 군사용 또는 재난용 등 고속의 무인 로봇의 기동 및 2~3 km 이상의 장거리 원격 운용이 필요한 무인 로봇용 통신 장비는 상용화 된 것이 없었다.

이에 국방과학연구소에서 개발한 자율 주행 로봇의 경우 원격 제어 시스템과 주행 무인 로봇간에 최초로 휴대 인터넷 기술을 적용하였고, 최근 민군 겸용 과제인 All-IP 네트워크 기반 견마로봇 시스템은 순수 국내 기술인 WiBro 통신기술(IEEE 802.16e 표준)을 응용하여 Modified WiBro의 구조로 설계되었다. 이러한 견마로봇 시스템은 대용량의 데이터 전송

및 다중 접속을 지원하기 위하여 OFDMA 전송 방식을 채택하였으며, 고속의 이동성(mobility)을 지원하기 위한 구조로 설계되어 운용성 및 안정성을 크게 향상시켰다.

무인 로봇 통신 시스템에 mobile WiMAX 기반 통신 기술을 적용시킬 경우, 다른 통신 기술을 적용한 경우에 비해 다양한 장점을 가질 수 있다. 첫째로 상용 네트워크와 상이한 구조를 가지고 있는 무인 로봇 통신 네트워크 환경의 경우 상향 및 하향 링크의 비대칭 구조에서 발생하는 다양한 설계의 문제점을 TDD(Time Division Duplexing) 기술을 적용함으로써 효과적으로 해결할 수 있고, 상황에 따라 링크 비율의 가변적 운용을 통해 보다 유연한 통신 환경의 구축이 가능하다. 둘째로 무인 로봇의 안정적 제어를 위한 하향 링크에서는 오류 정정 성능이 뛰어난 CTC(Convolutional Turbo Code)의 적용 및 H-ARQ(Hybrid ARQ) 기술을 이용한 패킷 오류에 적응적 재전송 기술을 이용하여 강인한 무선 링크 성능을 보장할 수 있다²⁾. 또한, mobile WiMAX 표준에는 다양한 대역폭 규격을 제공하고 있어, 무인 로봇의 운용 환경 및 용도에 따라 유동성 있는 규격의 적용이 가능하며, 차후 무

〈표 2〉 표준 WiBro와 견마로봇용 WiBro 비교

구분	TTA WiBro	DH-Robot WiBro
사용 주파수	2.3 GHz	미정
대역폭	8.75 MHz	8.75 MHz
FFT 크기	1024	1024
DL/UL 비율	27:15	9:33
하향 링크 변조 방식	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM
상향 링크 변조 방식	QPSK, 16QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM
Coverage	~1 km	~6 km
단말 출력	~200 mW	~10 W

2) M-WiMAX 표준은 TDD, FDD를 지원하며, CTC 터보코드, 최대 6회까지 반복되는 Repetition 기법, 적응적 재전송 기술인 Hybrid ARQ기술이 표준으로 정의되어 있다.

인 로봇 체계 주파수 정책 변화에 효과적으로 대처할 수 있다.

그러나 mobile WiMAX 기술을 적용한 통신 시스템도 무인 로봇 체계에 효과적 운용을 위해서는 계속적인 연구를 통해 보완되어야 할 사항이 있다. 견마로봇과 같은 LOS 환경 5~6 km의 장거리 운용이 요구되는 무인 로봇 시스템은 상용 WiBro 시스템의 1 km Coverage와 비교하면 상당히 큰 작전 반경을 요구하므로 무인 로봇에 장착되는 무선 통신 단말에 고출력 RF Power Amp의 장착, 높은 이득의 안테나 개발, 고출력 RF단 구성으로 인한 대용량 전력 소모 및 로봇 차체의 크기 증대의 문제점을 안고 있다. 또한, 광대역 통신 기술의 적용으로 인해 무선 주파수 자원의 소요가 많아지고 견마로봇 시스템의 중첩적 다중 운용(multi cell environment)의 상황에서 발생하는 셀간 간섭(inter-cell interference) 문제를 해결하기 위해 다수의 FA(Frequency Assignment)가 요구된다.

지상 무인 체계 통신 시스템과 상용 통신 시스템과의 가장 큰 개념상의 차이를 보이는 부분이 통신 시스템을 위한 인프라의 사전 구축의 가능 여부라 할 수 있다. 즉, 상용 서비스는 사전 계획된 기지국의 위치 선정과 음영 지역의 파악을 통한 중계기 설치 등 셀 영역 내의 서비스 조건을 충족하기 위한 사전 무선 네트워크 구축 활동이 가능한 반면, 군 시스템은 작전에 따른 예지되지 않은 지역으로의 이동에서도 항상 안정된 통신 환경을 보장해야 한다.

이러한 요건을 만족하기 위해 견마로봇의 무선 통신 시스템은 견마로봇이 적진의 감시 정찰을 위해 적진 깊숙이 투입되는 상황 하에서도 통달거리 범위 내에서 기지국과의 안정된 링크를 보장하여야 하며, 긴밀한 제어 신호의 전송을 통해 무인 로봇의 정확하고 안정적인 운용을 보장하도록 설계되어야 한다. 또한, 전파 환경이 열악한 Non-LOS의 환경 하에서도 끊김없는(Seamless) 무선 링크의 유지가 가능하여야 하며, 가시권의 돌출 장애물, 건물 및 나무, 전파 음영

지역군 내에 위치하는 등 전파의 직진 경로 확보가 여의치 않은 상황에서도 무선 링크가 장애를 받지 않도록 다양한 기술을 적용할 필요가 있다.

이렇게 다양한 환경에서 안정성을 보장하기 위한 지상 무인 체계 통신 시스템의 설계 중 가장 큰 영향을 미치는 요인은 무선 통신 시스템의 주파수 선정이다. 무선 통신 시스템에서는 주파수 대역별 전파의 전파 환경의 변화가 시스템 성능을 크게 좌우하기 때문에 견마로봇과 같은 장거리 무인 로봇의 경우 최대 작전 반경에 큰 영향을 미치게 되며, 견마로봇 시스템의 다중 중첩 운용 환경에서 셀간 간섭에 의한 성능 저하에도 큰 변화를 가져오게 된다. 합리적이고 효과적인 주파수 선정을 통해 다양한 환경에서의 전파환경 분석, 셀간 간섭을 극복하기 위한 FFR(Fractional Frequency Reuse) 등의 셀간 간섭 회피 기술 적용이 필요하다. 또한, 주파수 선정 시 무인 로봇의 운용 개념을 적용하여 작전 환경 및 작전 반경 등의 요소를 고려하여 선정하여야 한다. 장거리 운용이 요구되는 무인 로봇 시스템의 경우 낮은 대역의 주파수를 선정함으로써 장거리 작전 반경의 확보를 설계 초기부터 고려해야 한다.

Ⅲ. 무인 체계 통신 발전 방향

향후 지상뿐만 아니라 무인 항공기와 같이 전체적인 무인 체계 시스템을 구축하는데 있어 가장 중요한 설계 방향은 군 작전 운용 개념에 달려 있다. 여기에 최신 통신 기술이 뒷받침되어 최상의 무인 체계를 운용할 수 있도록 통신 기술을 서비스하여야 한다. 본 고에서는 무인 체계 운용 개념에 영향을 미칠 만한 기술적 발전 방향을 살펴보고자 한다.

3-1 All-IP 기반의 통합 네트워크 구축을 통한 통합 작전 환경 구축

인터넷 및 무선 전송 기술이 발전함에 따라 세계 통신 네트워크의 진화 방향은 통합 네트워크의 구축

으로 큰 가닥이 잡혀가고 있다. 우리나라에서도 3단계에 걸친 BcN(Broadband convergence Network) 사업을 추진하고 있으며, u-Korea를 목표로 하여 18.2조원의 자본 투자를 유치하여 진행하고 있다. 이러한 통합 네트워크 구축은 상용에서 뿐만 아니라 군 통신 환경도 진행되고 있다. 군 통신망 개발의 방향으로 다양한 이종 통신망들의 기반 네트워크들의 통합을 통해 상호 연동(interpretable)이 가능하고 유연한 정보 교환을 통해 정보의 수집, 분석, 지휘 체계의 효율성을 극대화 하는 통합 네트워크 구축의 방향으로 발전하고 있다. 이러한 흐름에 발맞추어 지상 무인 체계 통신 시스템 또한 All-IP 기반의 통신 기술을 적용함으로써 향후 군 통합 네트워크에 효과적인 상호 연동이 지원되어야 하며, 이종의 무선 전송 기술을 사용하는 통신 체계 및 상용 네트워크와도 IP 기반의 연동을 통해 통합 작전 환경의 구축이 용이한 방향으로 개발이 진행되어야 한다.

3-2 다중 안테나 기술(MIMO)을 이용한 링크 성능 향상

다중 안테나 기술의 적용을 통해 무인 로봇 체계 통신 시스템은 큰 성능 향상을 기대할 수 있으며, 다양한 무선 환경에서도 안정적 무선 링크를 유지할 수 있다.

무인 로봇의 작전 환경 증대를 위해 빔 형성 기술 (beamforming) 기술을 적용, 수신단 신호 대 잡음비 (SNR) 향상을 통해 커버리지를 증대할 수 있다. 또한, NLOS 환경 등과 같이 데이터의 안정적 전송이 어려운 환경에서 Diversity 및 Multiplexing 기술을 적용하여 무선 링크의 안정성 및 용량 증대를 기대할 수 있다. 이러한 다중 안테나 기술은 무인 로봇 통신 시스템 환경에 적용이 적합하다.

무인 로봇의 안정적 제어 통제를 위한 하향 링크에서는 STBC(Space-Time Block Code), SFBC(Space-Frequency Block Code), STTC(Space Time Trellis Code)

등의 시공간 부호화 기술을 적용하여 무선 하향 링크의 안정성을 높을 수 있다. 또한, 다수의 무인 로봇에서 획득되는 대용량 영상 정보를 전송하기 위해 V-BLAST, collaborative SM 등의 SM(Spatial Multiplexing)기술의 적용이 가능하다.

현재 견마로봇에 적용된 mobile WiMAX 통신 기술은 SISO(Single-Input Single-Output)기술인 wave1 규격에서, MIMO(Multiple-Input Multiple-Output)가 적용된 wave2 기술로 진화하고 있다. MIMO 기술은 기존의 단일 안테나 시스템에 비해서 채널 용량을 높일 수 있어서, 동일한 주파수 자원으로 더 많은 데이터를 주고받을 수 있는 기술로 4G 등 OFDMA와 함께 차세대 광대역 무선 이동통신 시스템의 핵심 기술로 자리 잡고 있다.

3-3 LDPC 부호화 기술을 이용한 제어 채널 안정성 확보

무인 로봇 제어 데이터와 같은 저용량 데이터를 강인하게 유지할 수 있는 방법은 운용 개념으로 접근할 경우, 제어국과 무인 로봇의 무선 채널을 LOS 환경으로 유지해 주는 것이 가장 좋지만, 전시 작전 상황은 항시 유동적이기 때문에 오류정정 성능이 뛰어난 채널 부호화 기술을 적용해 안정적인 무선 링크 유지를 보장해야 한다. 현재 견마로봇 통신 시스템에서는 CC, CTC와 Repetition을 적용하고 있다. 향후, 최근까지 여러 정정 성능이 가장 우수하다고 알려져 있는 LDPC(Low Density Parity Code) 부호화기를 무인 체계 통신에 적용하면 몇 가지 이점을 취할 수 있다. LDPC 부호기의 경우, 기지국의 부호화 블록의 복잡도 및 연산 알고리즘이 복잡한 대신 단말에서의 복호화 블록의 복잡도 및 연산 알고리즘이 간단하여 단말의 연산량을 크게 감소시킬 수 있으며, 이로 인해 단말의 소모 전력을 감소하고 단말 통신 장비의 경량화 또한 가능하게 되어 운용성이 크게 향상될 것으로 예상된다.

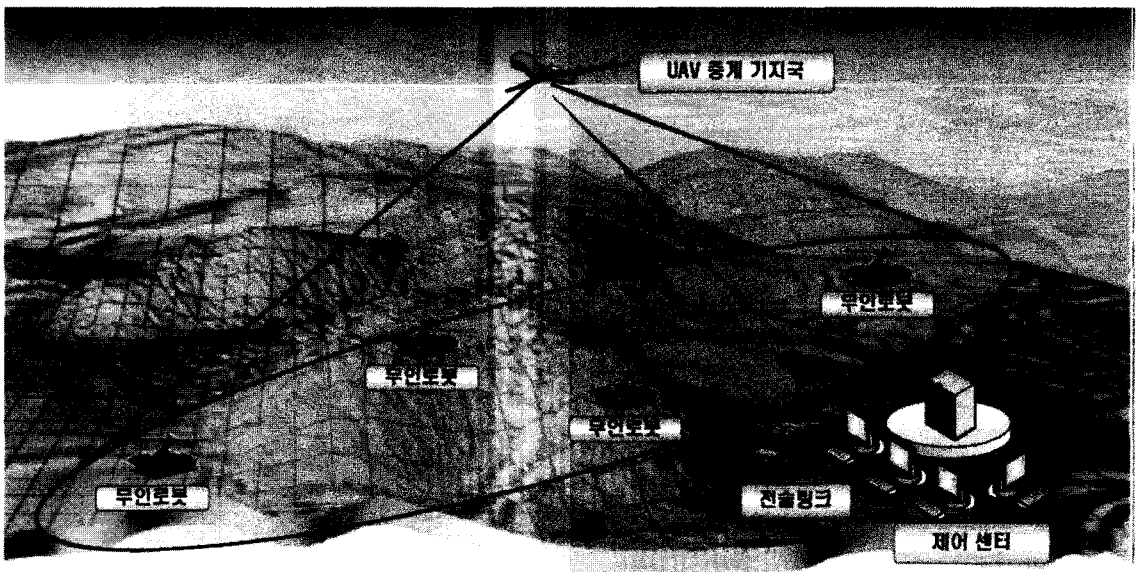
3-4 무선 인지(Cognitive Radio) 기술을 이용한 대 전자전 기술 연구

무인 로봇 제어 데이터는 운용 개념상 로봇 제어의 지속이라는 측면에서 크게 강조되기 때문에 제어 채널을 별도로 분리 운용하는 방안이 일반적으로 적용되어 왔다. 그러나 군사용의 목적으로 개발되어 운용되는 무인 로봇의 경우 적의 전자전 상황에 의한 jamming 신호에 의해 무선 링크의 성능이 저하되고, 결국 무인 로봇의 제어권을 상실하거나 운용의 제약을 받는 상황을 고려하여 설계되어야 한다. 종래에는 이러한 전자전 상황에서의 통신 시스템의 안정성 보장을 위해 주파수 도약(frequency hopping) 및 빔 형성 기술을 이용한 jamming 신호의 배제(null-steering beamforming) 기술이 활발히 연구 개발되어 왔다. 그러나 최근 등장한 상용 시스템 표준 기술 중 무선 인지 기술(IEEE 802.22)은 종래의 기술과는 달리 SDR (Software Defined Radio)기반의 가용 주파수 sensing 및 확보를 통해 무선 채널을 적응적으로 확보하

여 통신하는 기술이다. 전자전 상황에서 무인 로봇의 제어 채널에 강한 jamming 신호가 들어올 경우 무선 인지 기술을 이용하여 jamming 신호가 없는 가용 주파수 대역을 무인 로봇이 스스로 탐지, 확보하여 새로운 제어 채널을 통해 안정적 운용을 보장함으로써 무인 로봇 제어의 높은 신뢰성을 확보할 수 있다. 그러나 이러한 무선 인지 기술은 다양한 대역의 통신 시스템을 SDR 기반으로 구현해야 하는 어려움과 대역별 RF단을 추가적으로 구성해야 하는 등 풀어야 하는 숙제가 아직 산재해 있다.

3-5 중고도 무인 항공기(UAV)를 이용한 제어국/중계국 운용

산지가 많은 한국 지형 특성상, NLOS 지역이 많은 전파 환경 열화는 무인 로봇의 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 무인



[그림 5] 중고도 무인 항공기(UAV)를 이용한 지상 무인 체계 통신 서비스 예

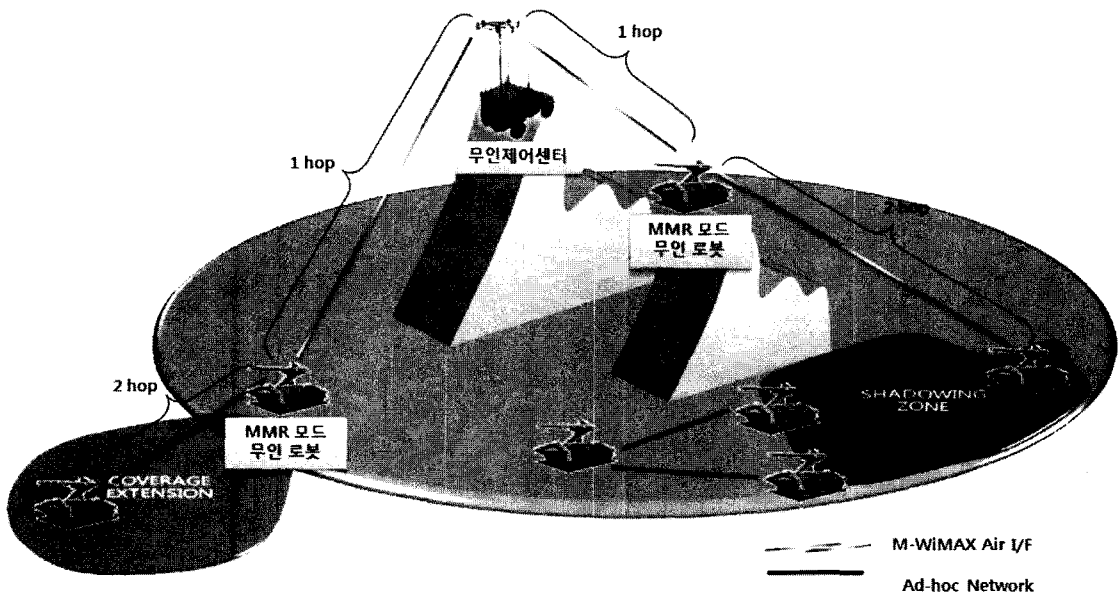
체계의 환경에서는 적용에 많은 어려움이 있다. 이러한 고도차 확보에 어려움을 극복하기 위한 대안으로 중고도 무인 항공기를 이용한 공중 제어국/중계국의 운용이다. 기동성 및 운용성이 뛰어난 중고도 무인 항공기를 이용하여 제어국 및 중계국의 기능을 수행하게 된다면 광역의 작전 반경의 확보가 가능하며, 지형적 제약 사항으로 발생하는 통신 음영 지역의 해소와 군 통합 네트워크와의 유연한 연동이 가능하게 된다.

그러나 이러한 중고도 무인 항공기를 이용한 공중 제어국/중계국은 무인 항공기에 실장되어야 하는 제어국/중계국의 통신 장비 무게, 고속으로 비행하는 무인 항공기와 지상 무인 로봇간 무선 링크 구현 및 장기간 작전 수행이 가능하기 위한 제어국/중계국의 저전력 설계 등 지속적인 연구가 필요하다.

3-6 Ad-hoc 네트워크 기술을 이용한 네트워크 생존성 향상

Ad-hoc 네트워크는 다수의 네트워크 노드들이 추

가 및 소멸에 따라 무선 링크를 적응적으로 구성해 감으로 네트워크의 생존성을 높이는 기술로 기본적인 개념은 인프라 구조의 IP 라우팅이 아닌 유동적인 IP기반 네트워크 구성에 있으며, 무인 로봇 시스템의 적용시, 제어국과 무인 로봇간의 무선 네트워크와는 별도로 무인 로봇간의 이중 네트워크 구성을 통해 다양한 운용 개념의 추가가 가능하며, 무인 로봇의 안정성의 향상을 기대할 수 있다. Ad-hoc은 군사용으로 연구가 시작된 것으로 1997년에 구성된 IETF MANET(Mobile Ad hoc NETWORK) 작업 그룹을 중심으로 표준화 작업이 진행되었다. MANET 작업 그룹에서 권고하는 이동 Ad-Hoc 네트워크에서 동작하는 라우팅 프로토콜은 기존의 고정된 네트워크에서 동작하는 라우팅 프로토콜과 구분되는 몇 가지의 추가된 요구사항이 있다. 요구사항의 핵심 사항으로는 분산 기반 환경에서의 동작 체계를 갖춰야 함과 임의의 노드에 대해 자주 발생하는 링크의 설정이나 해제 시에도 네트워크의 동작에 민감한 영향을 주어서는



[그림 6] 지상 무인 체계 MMR, Ad-hoc 적용의 예

안 된다는 점이다. 따라서, 지상 무인 체계에 MANET의 Ad-hoc 라우팅 프로토콜을 직접 적용하기 위해서는 TICN(Tactical Information Communication Network)과 같은 대규모 이동 호스트를 갖는 네트워크에 무인 로봇 개별적으로 하나의 호스트 연동하기 보다는, 지상 무인 체계가 별도의 독립 네트워크로 상호 연동되고, 무인 로봇간 통신 방식은 소수의 Ad-hoc 네트워크를 구성하는 것이 바람직하다고 볼 수 있다. 궁극적으론 군 통신 체계가 하나의 통합 네트워크로 연동을 이루는 것이 이상적이지만 이와 같은 통합 네트워크 구성 개념은 면밀한 검토를 통해 점진적으로 적용되어야 한다. 독립적인 망을 갖는 무인 체계 Ad-hoc 망을 예상해 보면, 제어국은 일시적으로 고정 망의 라우터 또는 고정 라우터에 접속하는 호스트로 이루어지며, 이러한 호스트들은 논리적으로 고정된 라우터와 하나의 전달 거리(hop)에 있고, 그들의 연결은 무선이 될 것이다. 이동 호스트는 무인 체계 로봇에 해당하며, 이동 호스트간 통신 방식은 견마로봇 통신 시스템과 같이 mobile WiMAX 기반이 될 수도 있고, 근거리 통신으로는 무선 랜도 가능하다.

3-7 MMR(Mobile Multi-hop Relay)를 적용한 작전 환경 증대

무인 체계 통신 시스템은 향후에는 멀티 셀로의 확장을 통하여 지역적인 배치를 고려한 보다 많은 시스템의 운용이 필요하다. 확장된 통달거리로 인하여 단말의 출력은 높아졌으며, 멀티 셀을 고려한 주파수 운용 방안은 그만큼 많은 자원과 간섭 방지에 대한 설계 요소가 필요해진다. 현재 상용화된 WiBro 서비스와 같이 mobile WiMAX 기반 서비스는 특별히 셀간 간섭에 영향을 많이 받기 때문에, 간섭 최소화를 위한 주파수 선정 및 간섭 회피 기술 개발이 더욱 필요하다. mobile WiMAX 기반 통신 기술을 적용할 때 한정된 주파수 자원에서 통달 거리 확보를 위

해선 IEEE802.16j의 MMR 기술의 적용도 검토될 수 있다. 이 기술은 현재 표준화 작업 중인 mobile WiMAX의 확대 서비스 기능으로 일반 중계기와 달리 변복조 과정을 거치기 때문에 신호 품질을 높여서 단말에 서비스 할 수 있다. 비록, Hop 수가 늘어남에 따라 종단에 서비스되는 무인 로봇의 데이터 전송률은 저하될 수 있지만 Ad-hoc 네트워크 라우팅 프로토콜을 결합하면, 인프라 구조에서는 서비스 될 수 없는 전파 음영 지역에서의 무선 링크 품질 보장 및 무인 로봇 작전 반경의 증대 효과를 얻을 수 있다.

3-8 Cross-Layer 최적화를 통한 무인 로봇 통신 기술 향상

지상 무인체계의 경우, 감시, 정찰 로봇이 제어 센터로 보내는 데이터가 주를 이루는 정보 집중형 네트워크 구조를 갖기 때문에, 무인 로봇에서 획득한 영상 및 지형 정보를 신속히 처리하는 고성능의 연산 능력과 고용량 데이터를 전송할 수 있는 광대역 전송 기술이 요구된다. 현재 무인 로봇 시스템에서는 영상 처리부와 통신 시스템이 별도의 IP 네트워크 개념으로 연동하기 때문에 Layer3 계층 이상의 상위 계층에서 획득한 영상 및 지형 정보를 Application 서비스로 인식하고 처리하는 실정이다. 즉, 영상 정보 처리를 위한 영상 압축 알고리즘과 무선 통신 구간의 채널 환경이 반영된 광대역 전송 기술이 종합 제어가 되지 않고 있다. 향후, 영상 정보 처리와 광대역 무선 전송을 동시에 고려한 Cross-Layer 최적화를 통해 영상 및 지형 정보 획득, 획득한 정보의 고속 처리 및 광대역 전송 기술을 이용한 전송까지 통합 제어하는 효율적 구조를 설계하여 적용할 경우, 무인 체계 시스템의 전체적인 성능 향상이 가능할 것이다.

IV. 결 언

무인 체계의 통신 기술은 상용 통신 기술을 그대

로 접목하기에 군 운용 개념상 환경적 요건으로 인해 많은 제약이 따른다. 해외에서도 무인 체계 로봇의 경우 무선 랜과 같은 근거리 무선 통신이 주를 이루고 있고, 오히려 국내에서 해외보다 앞서서, 견마 로봇 통신 시스템과 같이 최신 이동 통신 기술을 적용하여 원거리, 대용량 데이터 서비스가 가능하게 되었다. 앞으로는 장기적 개발 로드맵을 갖고 제어국과 무인 로봇간 통신 기술, 로봇과 로봇간 통신 기술, 제어국과 군 전술 통합 네트워크와의 통신 기술을 구분하여 개발 계획을 세울 필요가 있다. 제어국과 로봇간 통신 분야와 같이 상용 이동 통신 기술이 적용되는 분야에 대해 장기적인 개발 노력이 더해지면, 로봇에 적용되는 단말 통신 기술을 표준화하여 다양한 무인 로봇에 적용할 수 있고, 저전력 설계로 무인 로봇 자체의 운용성을 높이는데 기여할 수 있다. 나아가 로봇간의 통신 기술은 Ad-hoc 네트워크 및 Mobile IP, IPv6 등 진정한 Ubiquitous를 추구하는 상용 통신 기술과 함께 개발, 적용될 수 있을 것이다. 지상 무인 체계 제어 센터와 중고도 무인 항공기와 같은 타 무인체계, 또는 군 통합 네트워크와의 연동 등, 군의 타 통신 체계 분야의 연동 문제는 군 작

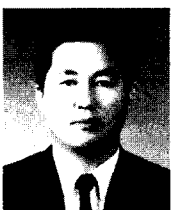
전 운용 개념과 함께 고려되어 라우팅 정책, 보안, 암호 체계와 함께 개발되어져야 할 것이다. 향후, 최신 통신 기술을 어느 분야보다 먼저 적용 될 수 있는 군 무인 체계 통신 분야에 대한 기대가 큰 점은 산업용 무인 체계, 재난/구조 무인 체계 등 그 활용 분야가 무궁무진하기 때문이다.

참 고 문 헌

- [1] 진태석, "미국의 국방로봇 최신 동향", 국방프로젝트연구모임.
- [2] 지경용 외 공저, "휴대인터넷의 이해", 전자신문사, pp. 65-72, 2004년.
- [3] 국창호, "무인자동차의 원격제어시스템 설계", 국민대학교 석사논문, 2005년.
- [4] 최창곤, "무인차량의 연구개발 전망", KUVSA 심포지엄 발표자료집, 2006년.
- [5] 박용운, "과학동아 2006년 10월호 특집", 2020미래전쟁백서2, pp. 58-65.
- [6] 정희영 외 공저, "MANET(Mobile Ad-Hoc NETwork)의 연구 동향", 한국전자통신연구원.

≡ 필자소개 ≡

변 승 완



1979년: 서울대학교 공과대학 (공학사)
 1988년: KAIST (공학박사)
 1991년~1999년: 삼성전자 특수사업부 연구실장
 2000년~현재: 삼성탈레스 연구소장