



THEME 01

국방무인화기술의 소개 및 발전 방향

김수현 | KAIST 기계공학과, 교수(국방무인화기술 특화연구센터, 소장) | e-mail : soohyun@kaist.ac.kr

국방무인화기술이란 인명손실을 최소화하고, 무인전투능력을 확보하기 위한 무인화 로봇시스템과 이를 응용하는 통신시스템으로 구성되는 통합시스템의 핵심기술을 의미하며, 이 글에서는 현재까지의 기술 현황에 대해 알아보고, 세부 기술의 발전방향에 대해 소개하고자 한다.

첨단과학 및 정보통신 기술의 비약적인 발전으로 미래전은 사람의 개입이 최소화된 무인화기술(Unmanned Technology)에 기반한 무기 및 장비에 의한 전투로 양상이 급속히 변화하고 있다. 무인화기술이 국방기술에 적용되면, 무인화기술은 사람을 대체하는 가장 큰 역할을 수행하게 된다. 따라서 '국방 무인화기술'이란 미래전의 핵심이라 할 수 있는 무인전투능력을 확보하여 인명손실을 최소화하기 위한 무인지상차량, 무인잠수정, 무인항공기 등의 무인로봇시스템과 이를 운용하는 통신시스템으로 구성되는 통합시스템의 핵심기술을 의미한다.

미국을 비롯한 강대국은 자국의 첨단과학기술을 군사기술의 응용에 박차를 가하고 있으며 군사 전력의



그림 1 The U.S. Army's FCS(U.S. Army)

무인화를 위한 연구개발에 막대한 예산과 연구 인력을 투입하고 있다. 우리나라에서도 향후 2020년까지 국방기술의 상당부분을 무인화하기 위해 2007년부터 한국형 미래 무인화 무기체계 개발을 위한 기초연구를 수행하고, 지능형로봇기술의 군사응용을 위한 기반 구축과 국방무인화기술 분야의 전문 인력을 양성하는 기관으로 KAIST의 '국방무인화기술 특화연구센터(UTRC)'를 지정하였다.

그림 1은 첨단군사과학기술, 정보기술 및 무인화기술에 의해 결정되는 향후 미래전쟁의 양상을 잘 표현하고 있다. 세계적인 군사강국인 미국은 FCS(Future Combat System)의 개념을 확립하고 시스템을 구성하는 핵심 기술개발을 추진해왔으며 일부는 이미 실전 배치되어 활용에 이르고 있다. 그림 1에도 나타나듯이 육·해·공을 망라하는 무인 로봇의 개발과 각각을 통합 운용하여 협업을 이끌어낼 수 있는 종합 통신시스템의 개발이 병행되어야 한다. 해당 기술을 구체적으로 열거하여 소개하면 다음과 같다.

육상주행기술

현재 무인 차량에 대한 연구는 국내외를 통해 활발하게 진행되고 있다. 특히 군사용 무인 차량의 경우, 무기 탑재, 수송, 정찰, 감시, 포획 등의 역할을 수행하는 플랫폼으로서 그 활용가치가 크다고 할 수 있다. 군사용 무인차량은 무선통신을 통해 제어가 이루어지지만, 무선통신의 경우 전시에 그 신뢰성을 항상 보장



그림 2 PercepOR_UGV(미국, CMU)

할 수 없다. 따라서 이러한 제한된 환경에서 주어진 임무를 수행하기 위해서는 자율 주행이 필수적이며 이러한 자율주행은 기본적으로 경로 계획에 의해 구현된다. 군사용 무인차량에 필요한 경로 계획으로는 기본적으로 임무계획, 전역경로계획, 지역경로계획, 긴급 장애물 회피 기능이 있어야 한다. 미국의 경우, 군사용 무인차량에 대한 연구에 있어서 독보적이라고 할 수 있다. DARPA와 US army의 지원하에, 무인차량의 자율주행에 관한 문제 대부분을 다루는 연구를 진행하고 있다.

미래전투 개념에서 중요시 되는 UGV/UAV 협업제어는 감시정찰 공중로봇과 지상로봇이 연계하여 다양한 임무를 수행하는 데 필수적이다. 이에 서로 다른 독자적인 특성을 갖는 UGV/UAV 등이 여러 가지 임무를 동시에 수행할 수 있도록 통합운용을 위한 협업 제어 아키텍처를 설계하고, 각 로봇에 임무를 적절하게 할당하며 자율적으로 제어하는 알고리즘이 개발 중에 있다.

또한 실외 자율주행의 가장 핵심인 지형지물의 월드모델링은 단일 센서로는 성능의 한계가 있으므로 다중센서를 활용하는 기술이 연구되고 있다. 다중센서의 융합을 통하여 상호보완적인 부분의 월드모델링과 모델 융합 및 지도 매칭을 통한 성능 증대뿐 아니라 궁극적으로 실외 지형의 Traversability를 고려한 실시간 통합월드모델링 기술을 개발하여 자율성능을 증대하는 데 활용되고 있다.

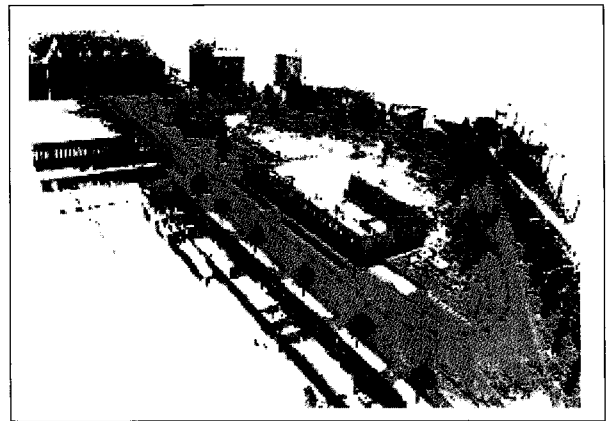


그림 3 Multi-level surface map(독일, Univ. of Freiburg)

마지막으로 자율주행 로봇의 실전 활용을 위해서는 지면과 접촉을 하면서 운행될 차량의 동특성을 분석하는 것이 이루어져야 한다. 차량이 실시간 입력되는 노면상황을 인식하여 통과할 수 있는지, 우회해야 하는지 등을 결정하여 자율주행능력을 극대화하는 기술이 개발되고 있다.

수중운항기술

자율무인잠수정(UUV: Unmanned Underwater Vehicle)은 미국을 중심으로 1960년대부터 다양한 수중관련 기술의 발전과, 민군의 사용분야가 증가되면서 급속한 기술의 진전을 보였다. 냉전시대 후 미 해군의 전략이 '대양에서 연안으로'로 변화되면서 무인잠수정은 해군의 수중 무기체계로 자리를 잡고 있으며 미래에는 핵심적인 무기체계가 될 것으로 기대되고 있다. 특히 2004년도에는 무인잠수정 개발을 위한 'UUV Master Plan'을 작성하여 다양한 임무를 수행할 수 있는 무인잠수정을 휴대용 무인잠수정(Man Portable), 경무인잠수정(LWV), 중무인잠수정(HWV), 대형무인잠수정(Large) 등의 형태로 구분하였다. UUV가 미지의 3차원 수중 공간에서 주어진 임무를 수행하기 위해서는 임무에 대한 계획 및 집행, 작업 공간의 환경 정보를 이용한 장애물 회피와 같은 지역 경로 계획, 획득 정보 및 임무의 송수신, 안전한 진수 및 귀환 등의 일련의 과정이 스스로 이루어져야 하며, 이

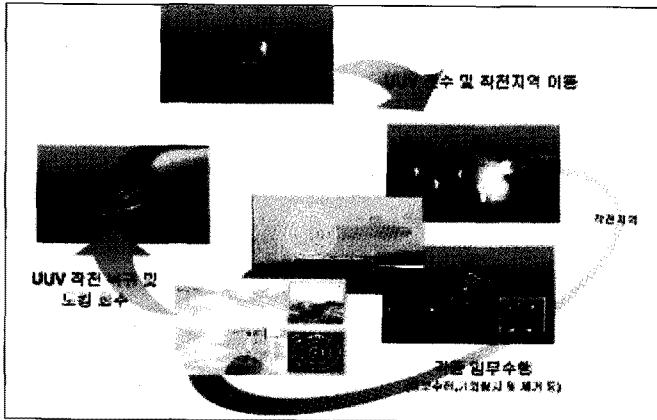


그림 4 UUV의 운용 개념도

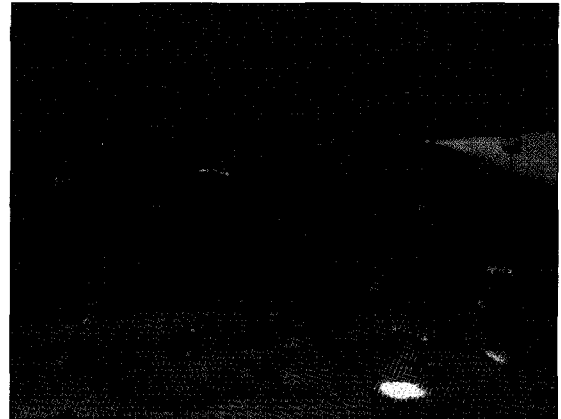


그림 5 UUV가 수행할 다양한 작업들

를 위해 자율제어(Autonomy) 기술, 에너지(Energy) 기술, 센서 및 센서 데이터 처리(Sensors and sensor processing) 기술, 통신 및 네트워킹(Communication and Networking) 기술, 항법(Navigation) 기술 등이 연구되고 있다.

현재 개발되고 있는 기술들을 통해 불확실한 해저 환경에서 다양한 임무를 독자적으로 수행할 수 있는 UUV 운용 기술들이 확보될 것으로 기대되며, 이를 활용하여 UUV는 임무 수행 중 다양한 해저 환경에 대한 각종 정보를 수집할 수 있고, 수집된 정보를 바탕으로 임무 수행의 위험도를 낮추고 임무 수행 시간을 단축시키는 등 운용 효율성을 증대시킬 수 있을 것으로 기대된다.



그림 6 미래 시가전에서의 초소형 자율 비행 무인기의 활용 예

자율비행기술

자율비행기술은 소대급 전술 운용에 적합한 소형 수직 이착륙 무인기 설계에 소요되는 형상설계 및 공력설계기술을 확보하고 대상 비행체 모델에 대한 전산해석기술과 비행제어설계기술에 대한 연구를 기반으로 실제 소형무인기시스템의 운용을 가능케 하는 기술이다.

자율비행기술은 미국에서도 활발히 적용되고 있는데 그중 좋은 예로서 DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency)에서 개발되고 있는 다양한 형태의 초소형 비행체(MAV: Micro Air Vehicle) 가운데 Multi-Rotor 방식, Ring-Wing 방식, Tail Sitter 방식의 비행체 및 생체모방 비행체 등이 손꼽히고 있다. 자율비행기술에 초소형 비행체의 연구가 필수적으로

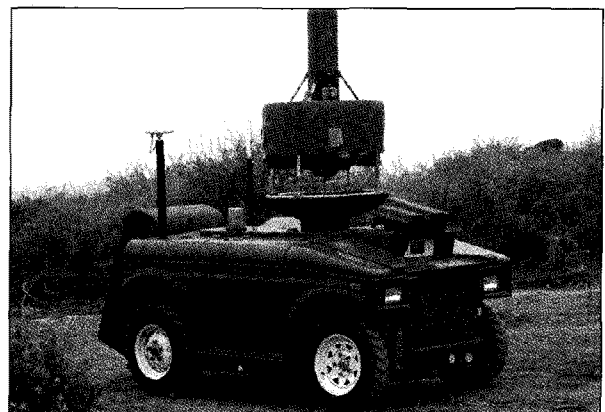


그림 7 Ring-Wing Type UAV System

들어가는 이유는 다양한 군사 작전에 유용하게 쓰이는 무인초소형 비행체의 소형화기술이 자율비행 연구의 핵심이라 할 수 있기 때문이다. 미국이나 일본 등 항공 선진국을 중심으로 국지 정찰 및 감시 등의 목적으로 초소형 비행체에 대한 활발한 연구 개발을 통해 몇 가지 형태의 비행체에 대한 시험비행에 성공함으로써 비행 가능성을 검증한 상태이다. 초소형 비행체가 실용화되면 교통 및 환경 감시, 대기오염 측정, 재해지역의 생존자 확인 등과 같은 분야에서 그 활용 범위가 매우 광범위 하다. 특히 주목되고 있는 분야는 군사적 용도로서 미래의 전투 환경에서 빈번히 발행하게 될 시가전이나 교외 전에서의 정찰 임무에 있다. 그림 6은 미래의 시가전에서 초소형 무인기의 전형적인 활용 예를 도시한 것으로서 군인 개개인이 초소형 비행체와 컴퓨터를 간단하게 휴대하며 필요에 따라 제한된 지역을 정찰한 후 화학, 생물학 및 방사능 오염도 등을 측정하여 이에 대한 영상 및 탐지 정보를 실시간으로 수신함으로써 적진의 상황 파악을 용이하게 함과 동시에 더욱 효과적인 공격이 가능하게 된다.

지원로봇 시스템 및 제어 기술

무인화 로봇 시스템의 효과적인 운용을 위해서는 지원하는 로봇시스템과 제어기술이 필수적이다. 효과적인 이동성을 가지는 생체모사형 로봇과 폭발물 탐지 및 제거 등의 작업을 위한 정밀 원격 매니플레이션, 작

용자의 인체능력 확대를 위한 착용형 로봇을 무인화 로봇 플랫폼의 구축을 위한 핵심 기술로 꼽을 수 있다.

생체모방 로봇 시스템은 국내외적으로 아직도 탐색 연구단계에 있는 분야로서 새로운 아이디어의 발굴과 연구 개발을 통해 무한히 발전시킬 수 있는 분야이다. 또한 병사를 대신하여 주·야간 정찰, 탐지, 추적을 수행할 수 있고 유·무인 전투체계에 접목하여 전투효과를 극대화 할 수 있는 중요한 요인으로 입증되고 있다. 현재 개발되고 상품화된 무인로봇의 경우 기존의 바퀴형과 트랙형이 주류를 이루고 있으며, 생체모방형 군사로봇의 경우 미국 Boston Dynamics 사에서 개발한 Big Dog이 대표적인 사례로 다양한 험지를 극복하며 화물이동의 기능을 수행할 수 있다.

최근 들어서 미국의 DARPA와 같은 기관에서는 FCS(Future Combat System) 계획과 같이 전장, 지뢰 매설지역, 폭발물 설치 지역 등 운용자의 안전이 특히 중요한 환경에서의 인명 피해를 최소화하면서 작업의 효율성을 증대시키기 위해 정밀 핸드 매니플레이터 시스템과 양방향 원격제어기술을 연구하고 있다. 이러한 기술을 개발하기 위해 로봇 핸드의 경우에는 정밀작업이 가능하도록 메커니즘과 파지 알고리즘을 개발 중에 있으며, 정교한 작업을 위해 촉감이나 힘 정보 또는 움직임 정보 등을 전달할 수 있도록 다양한 센서 기술을 접목한 다기능 장갑 메커니즘 연구도 동시에 진행 중에 있다.

또한 인간의 능력과 로봇의 능력이 결합되어 높은

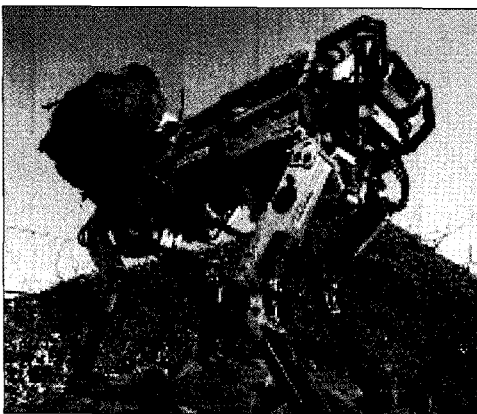


그림 8 Big Dog(미국)

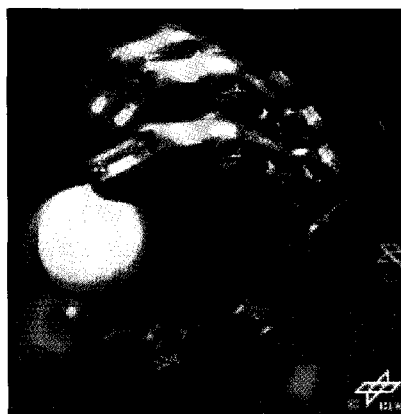


그림 9 DLR Hand III(독일)



그림 10 BLEEX(미국)

힘과 속도를 발휘할 수 있는 인간 착용형 복합 임무형 로봇을 개발하기 위한 기초연구로 인간 보행 분석 기술, 운동의지 추출 기술, 생체신호 인식 기술, 신호처리 기술, 기구설계 기술, 제어기술, 인간과 로봇의 시스템 통합(Integration) 기술 및 전원시스템(Power system) 설계 기술 등의 첨단 핵심기술이 요구된다.

무인화 체계 운용 및 통신망 기술

무인로봇의 실질적 목표는 인력을 투입하지 않고 무인 군사작전을 펼치는 데 있으나 열악한 전투 환경과 짧은 배터리 수명으로 인해 높은 고장률을 가지고 있다. 또한 도시 및 삼림 지역에서는 통신에도 문제가 있다. 따라서 로봇의 원격 운영의 기반지원 체계로 건설한 무선통신 능력은 로봇의 구성 기능 중 그 어떤 것보다도 중요하다. 비가시선 운영 상태에서 UGV 로봇의 무선통신 신호는 신호 전달 과정에서 빌딩 혹은 지형 장애물 등으로 인한 커다란 신호 손실과 왜곡을 피할 수 없고, 도시 환경이나 건물 내부 환경 등은 결과적으로 심한 페이딩으로 작용하여 신호 성능에 커다란 악영향으로 작용한다. 따라서 비가시선 환경에서 로봇의 각종 제어/측정 정보, 센서정보, 영상정보 또한 통신 중계를 위한 페이딩 특성에 강한 모든 가용한 무선정보 전송기술과 계속 발전, 구체화될 로봇 운영 개념의 총체적 지원을 위한 확장성과 융통성 높은 이동 무선 통신망 체계 및 구조에 대한 연구가 진행되고 있다.

또한 이동 로봇의 위치감지기술은 무인화 통신망 체계의 근간을 이루는 핵심기술이다. 이동성 무선 다중링크 기술은 21세기에 가장 중요하고 파급효과가 클 것으로 예상되는 기술 중 하나로 사용하는 센서, 감지대상, 운용환경 등에 따라 매우 다양한 형태를 가질 수 있어 군수와 민수 모든 분야에서 그 사용이 실로 무궁무진하다 할 수 있다. 이에 전 세계적으로 활발한 연구가 이루어지고 있으며 최근 MEMS, 무선통신, 디지털 전자회로 등의 마이크로 시스템 기술(MST: Micro System Technology)의 비약적인 발전은 소형,

저가, 저전력의 다중 센서를 기반으로 하는 위치 감지 기술을 실현할 수 있는 원동력으로 대두되고 있다. 선진국에서는 이미 1980년대부터 현대적인 이동성 무선 다중링크 및 군사응용에 대한 연구에 착수하였고 이후 마이크로 시스템 기술의 발전에 힘입어 현재 미국 DARPA를 중심으로 이동성 무선 다중링크의 핵심 구성요소들의 실용화를 목전에 두고 있으며 이들을 통합시킨 무기체계의 개발에도 박차를 가하고 있다. 특히 무인화된 감시/정찰과 국소 지역에서의 작전운용이 중요한 국내의 군사적 환경에 비추어 이 분야에 대한 연구개발이 성공할 경우 조기에 저가로 전력화가 가능한 분야로 예상된다.

국방무인화기술의 발전 방향

국방무인화기술은 단순히 사람의 편의를 대체하는 것만을 의미하지 않는다. 전장에서 무인화기술은 사람의 귀중한 생명을 대체하는 것이기 때문에 국방무인화기술이 가지는 필요성과 가치는 무엇보다도 비교할 수 없다. 과거의 전쟁은 생명이 경시되는 비효율적인 전투였다면 미래전은 무인화기술로 집약되는 새로운 전투양상으로 변모할 것으로 예상된다. 이를 위해서는 무인화 요소 기술과 이를 융합하여 통합시스템을 이루는 시각에서의 연구가 필요하다. 언급했듯이 국방무인화기술은 육·해·공의 무인로봇이 유기적으로 연결되어 일련의 임무를 수행하는 체계이기 때문에 세부기술의 개발과 더불어 이를 통합하는 운영 기술에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

산업자동화 기술과 같이 국방 분야의 무인화기술을 당장의 산업적 수요와 직결하여 파급효과를 기대하기는 힘들지만, 국방 기술의 무인화라는 분명한 목표를 가지고 연구개발에 힘쓴다면 기존에는 국방기술이 군사적인 부분의 산업에만 한정되었지만, 무인화기술은 새로운 산업기술의 창출에도 파급되는 잠재력이 대단히 큰 것으로 많은 전문가들이 예상하고 있기 때문에 이에 대한 지속적인 관심과 지원이 필요하다.