

국방로봇과 자율화 기술의 발전 전망

이 글에서는 국방과학연구소를 중심으로 한 우리나라 국방로봇의 연구 현황과 목표에 대해서 소개한다.

1980년대 초반 많은 제어 기술 전문가들이 2000년대 초반이면 무인자동차 및 무인로봇의 시대가 올 것이라고 예측했다. 사실은 그런 예측이 실현되지 못하고 있다. 이는 기술적인 한계, 경제성 및 신뢰도의 문제를 해결하지 못한 이유일 것이다. 또 다른 이유가 있다면 그동안 통신을 비롯한 IT 분야의 투자가 집중된 것도 하나의 이유가 될 것이다. 그러나 지금은 통신 분야를 포함한 IT 분야의 인프라가 일반인의 기대 이상으로 마련되었다고 볼 수 있고 또한 지속적인 투자와 개발이 가능한 선순환형 시장구조로 자생적인

발전이 진행되고 있다. 한편 새로운 성장산업의 대안으로 로봇분야가 일본을 비롯한 우리나라에서도 집중적으로 투자하고 있는 상황이다. 로봇기술은 시스템 기술로 그 동안 IT 분야의 기술축적이 이제는 이를 기반으로 하는 로봇의 실제 활용성을 확보하는데 밑거름이 되고 있다. 그러나 산업용 로봇을 제외하고는 타 분야에서 로봇을 활용하는 경우는 기대치를 미치지 못하고 있다. 이는 소비자의 제품수준을 기술자가 적절한 가격 수준에서 해결하지 못하고 있기 때문일 것이다. 그러나 군사용 로봇의 경우 최근 전장에서 위험물 처리나 감시정

찰에 부분적으로 활용되고 있을 뿐 아니라 향후 10년 내에는 병력을 대체하는 개념뿐 아니라 주력전투에 활용될 것이라는 것이 예측되고 있다. 그 이유는 대략 다음과 같을 것이다.

첫째, 인명 존중과 위험한 환경에서의 임무 수행 문제다. 기존의 화력, 방호력 및 기동력이라는 장갑 차량의 3대 요소 측면에서 어떤 방호 차량도 미사일을 포함한 지능탄의 상부 공격을 방호하지 못하는 실정이다. 적극적인 방호를 위해 능동 방호 장치 등의 개발이 일부 진행되고 있지만 아직은 기술적인 난이도나 신뢰성 등이 부족한 상황이다. 따라서 치열

박 용 운 | 국방과학연구소 1-1-2, 팀장
강 태 하 | 국방과학연구소 1-1-2, 연구원

_e-mail : Woon5901@hanafos.com
_e-mail : thkang@add.re.kr

한 접전의 전투 선단에 유인 차량을 보낼 수 없는 것이 현실이라고 할 수 있다.

둘째, 경제적인 문제로 장갑 차량의 가격이 계속적으로 상승하고 있다. 예를 들면 선진국의 전차는 100억 원대에 육박하고 있다. 이는 사람이 내부에서 모든 장비를 작동하고 또한 사람을 방호하기 위해 소요되는 비용이 많은 부분을 차지하기 때문이다. 따라서 고가의 유인 차량보다 저가의 무인 차량을 개발, 전투 선단에 배치하고 비교적 안전한 곳에 배치된 유인 차량은 지휘통제를 위주로 경제적인 전투를 수행할 수 있는 개념이다.

셋째, 전투 개념의 변화다. 직사화기를 탑재한 전차의 경우도 경제성과 방호력 문제로 발전 한계에 봉착해 있다. 동시에 가시선 공격만 가능한 직사화기만으로는 동일한 성능의 차량과 대적할 경우 약 50%의 생존율을 가진다고 할 수밖에 없다. 즉, 먼저 보고 먼저 사격해 적을 파괴하는 차량만 생존하는 이런 전투보다 멀리 보고 먼저 사격해야만 생존하는 생존 원리 측면에서 멀리 보기 위해 공중의 무인 비행 로봇 혹은 무인 정찰 차량을 통해 감시 정찰 기능을 담당하게 하고, 적의 근접거리로 공격이 가능한 무인 차량 로봇을 접근시켜 근접 공격도 가능하게 한다. 동시에 가시선·준가시선·비가시선 사격이 가능한 다목적 화력 차량을 유기

적으로 전체 네트워크에 연결하고 감시 정찰에서 획득된 다양한 표적을 공격하는 방식의 새로운 전투 개념이 요구되고 있는 상황이다. 또 국지전, 테러전 등 아주 위험한 특수 상황에서 유인 전투로는 원활한 임무 수행이 불가능한 상황에서 로봇을 활용하는 등 운용 수요가 증가하고 있는 상황이다.

넷째, 로봇 기술이 군사용으로 사용 가능한 수준에 도달해 가고 있다는 것이다. 만일 자율적인 지능에만 의존한다면 아직은 군사용으로 활용하기 힘들 것이다. 실제 전투는 하나의 개체가 임무를 잘 수행하는 것보다 전장의 전체 상황을 잘 판단하고 지휘관이 통제하는 방향으로 시의 적절하게 임무를 수행하는 것이 더욱 중요하므로 사실 군사용 로봇이 사람과 같은 완전한 지능으로 임무를 수행하는 것보다 하나의 노예로서 주어진 임무를 스스로 잘 수행하는 것이 중요하다.

운용 개념

군사용으로 로봇을 활용하기 위해서는 우선 사용군이 전투에서 부대구조에 포함된 하나의 요소로 로봇이 활용되어야 한다. 이를 위해서는 현재의 기술 수준으로 로봇의 자율에 100% 의존한다면 아마 20년이 지나도 활용이 불가능할 것이다. 그러나 기본 임무 수행이나 기동은 자율적인 기

능이 어느 정도 달성돼야 가능하지만 전체 전장 상황을 판단하고 임무를 계획하는 등의 기능은 지휘관이 수행하는 것으로 기존의 전투 개념과 동일한 개념으로 로봇을 활용하는 개념이다. 또한 전적으로 자율에 의존하는 것이 아니고 원격 제어 기능을 백업으로 활용함으로써 원활한 전투가 가능하게 된 것이다. 그러나 원격 제어만으로는 통신 장애나 통달에 문제가 발생할 경우 적이 장비를 쉽게 노획할 수 있게 된다. 따라서 지금까지의 군사용 적용을 위한 로봇의 연구는 자율화를 증대하기 위한 목적으로 많이 진행되어 왔었다. 지금까지 로봇을 적절히 활용하지 못한 이유는 아마 자율화 성능의 부족 때문인 것으로 판단된다. 따라서 기술적인 관점에서 원격 제어 기술은 어느 정도 달성이 가능했지만 자율화 기술의 미비로 전장에서 제한적으로 활용해 왔으며 근래에는 자율화 기술의 성숙과 더불어 본격적으로 로봇의 활용이 가능한 시대가 열릴 것으로 판단된다. 한편 지상전에서 어떤 형태로 무인 차량 혹은 로봇을 활용할 것인가 하는 문제는 네트워크 기술의 발전이 만들어 내는 전반적인 전투 운용의 특성을 분석해 보면 중·장기적 활용에 대한 예측이 가능할 것이다.

우선 지상전의 전투 형태가 단위 부대 레벨에서 감시정찰, 지휘통제, 정밀 타격이라는 기능 분산

을 통한 저가형 장비의 사용과 네트워크를 통한 단위 부대 전투 효율의 극대화 방향으로 나아가게 될 것이다. 또 이와는 다른 방향으로 기능을 통합하는 것도 중요한 추세가 되고 있다. 이는 기술의 발전이나 전투 요구가 만들어내는 것으로 기갑, 포병·보병의 전투 기능을 통합화하는 경향이 있다.

이런 전반적인 전투 양상과 다양한 요소를 고려해 볼 때 단위 로봇의 특성을 상세히 고려하지 않은 상태에서 전투 운용·양상은 분야별로 무인 차량을 활용하는 형태가 될 것이다. 치열한 전투 선단에서 적의 기계화 부대와 대적이 가능한 단위 무인차량을 네트워크로 결합한 단위 소대 혹은 단위전투부대를 기반으로 확장이 가능한 전투부대의 모습이 그림 1과 같은 형태가 될 것이다.

로봇 기반의 지상전은 각 무기체계를 네트워크로 결합하는 모양이 되겠지만 기본적으로 감시정찰 기능을 갖는 공중의 무인기와 지상의 감시정찰 로봇이 전투 선단에서 표적을 획득하고, 후방의 안전한 곳에는 지휘통제 차량이 위치하고, 전투 선단에는 직사탄·미사일 사격이 가능한 전투로봇이 위치하게 될 것이다. 한편 적절한 공간에 위치한 다목적 화력차량이 직사, 곡사, 미사일과 소모성 무인기까지를 포함하여 통합적인 다목적탄을 발사하여 기존의 전차와 같이 직사탄 사격

에 의한 원거리 적 제압의 한계를 극복하는 개념으로 발전하게 될 것이 분명하다. 로봇과 유인 지휘 차량이 하나의 전투 활동단위로 구성돼야만 원활한 전투가 가능하므로 시스템 오브 시스템(system of systems)의 개념으로 무인전투체계는 기존의 기

갑, 보병, 포병 및 미사일부대의 기능을 포함한 다기능 전투수행이 가능할 수 있을 것이다. 한편 보병은 시가전·테러전을 포함한 특수전에서도 로봇을 활용하는 개념으로 발전할 것이다. 개인 혹은 소대에서 감시 정찰로 활용하는 수직 이착륙형 감시정찰무인

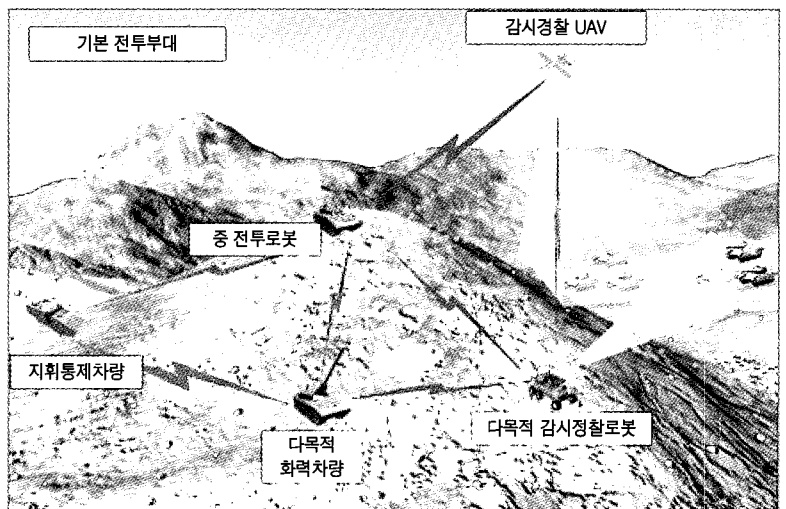


그림 1 군사용 로봇의 기본전투부대 운용 개요



그림 2 지상로봇의 시가전·테러전·특수전 운용 개요

기, 개인 병사가 휴대하면서 특수 지역을 감시·정찰하는 휴대용 감시정찰로봇, 중화기의 발사가 가능한 전투로봇, 건물 내부에 투척해 감시에 사용되는 투척형 감시정찰로봇, 협로 지역을 이동하면서 감시정찰 기능을 수행하는 협로형 감시정찰로봇 등이 생체를 모방한 로봇으로 그림 2와 같이 다양하게 활용될 것으로 판단된다.

자율화 성능 예측 및 발전 방향

국방 로봇이 무인 혹은 반무인(유인 혹은 무인으로 운용)으로 활용가능하게 하는 기반이 되는 기술은 기존에 유인차량에는 포함되어 있지 않았던 자율화(autonomy) 기술일 것이다. 자율화 기술을 제외하고는 기존의 유인차량 플랫폼 기술은 유사하다고 볼 수 있다. 다만 무인시스템을 운용하기 위한 통신 인프라와 경량화된 플랫폼에 탑재 가능한 저가형 혹은 다소간의 소모품 개념이 포함된 초저가형 임무장비의 새로운 도입만이 필요한 상황이라고 볼 수 있다. 따라서 무선통신 기반의 원격제어 분야의 발전은 유인장비의 제어와 동일한 수준으로 원격에서 환경을 제공하고 정보를 전시하는 분야의 발전이 주된 분야가 된다. 그러나 원격제어도 영상의 부호화를 비

롯한 통신분야의 지연이 존재하는 상황에서 효과적으로 장비를 제어하는 충실한 햅틱의 개발은 주요한 연구 분야가 될 것이다. 자율화 성능은 그 수준을 묘사하는 것이 쉬운 것은 아니지만 대략 미국에서 활용되고 있는 일반적인 자율화 레벨을 활용하는 것이 적절할 것으로 판단된다. 그림 3에서와 같이 우선 단계별로 구분하면 원격제어, 반자율, 자율 및 협력.협동 등 단계로 구분이 가능하다. 원격제어는 무선 혹은 유선기반으로 원격의 운용자가 무인로봇을 제어하는 개념으로 로봇을 직접 관측하면서 가시권에서 제어하는 것으로 레벨 1단계로 정의하고 있다. 이는 영상이나 정보의 전송이 비교적 부족해도 사람이 로봇을 관측하고 있으므로 비교적 로봇의 기동이나 타물체와의 충돌 등을 실제 수동으로 제어하는 개념과 많은 차이를 보이지 않는다. 다음은 비가시권의 로봇을 원격제어하는 것으로 레벨 2 수준으로 정의된다. 레벨 2에서는 보이지 않는 곳의 로봇을 원격으로 제어하기 위해서 실시간의 영상이 원격의 운용자에게 전시되어야 하고 전장의 상황을 입체적으로 확인하기 위한 상황전시가 가능해야 한다. 상황전시에는 2차원 지도를 포함하여 3차원 DEM(Digital Elevation Map)/DSM(Digital Surface Map) 등이 활용되고 있을 뿐 아니라 보이지 않은 로봇을 3차원

가상 그래픽으로 전시하고 각종 작동기를 포함한 임무장비의 동작상태를 확인함으로써 보다 원활하게 제어가 가능하게 된다.

다음은 반자율 단계로 원격의 운용자가 항시 모니터링하면서 비상상태나 필요에 따라서 원격 제어가 가능한 상태를 말한다. 반자율 단계의 가장 낮은 수준은 정해진 경로를 주행하는 경로주행으로 레벨 3으로 정의된다. 레벨 3에서는 여러 개의 기동점이 존재하고 기동점간의 거리가 아주 짧으며 직선으로 연결하여 주행해도 되는 수준으로 볼 수 있다. 그러나 긴급장애물이 존재하는 상황에서 스스로 대처하는 충돌회피(collusion avoidance) 등의 낮은 수준의 기본기능은 포함되어 있다. 또한 기 계획된 경로를 기반으로 운용자가 경로주행의 자유로운 계획 및 통제가 가능한 수준이다. 또한 원격제어의 경우도 운용자가 해결하지 못하는 긴급 장애물 회피 등의 기능이 포함될 경우 레벨 3에 포함된다고 볼 수 있다. 레벨 4에서는 인지형 센서류를 탑재하고 단순한 장애물을 조우해서 판단을 수행하며 선두차량 혹은 병사를 견실하게 종속하는 수준으로 일종의 정밀한 Convoy가 가능한 수준으로 비교적 지역경로 범위를 보다 먼 곳의 원거리(30m 이상)의 기동점 기반의 주행으로 볼 수 있다. 레벨 5에서는 위험한 장애물을 회피(hazard avoid-

ance)하고 조우해서 판단을 수행하며, 전체 월드 모델의 데이터를 탑재하고 지역의 실시간 인식 기능을 포함하고 있다. 궁극적으로 위험물체의 추정을 기반으로 지역경로계획을 수행하며, 야지 주행이 가능한 수준으로서 비교적 원거리(100~500m 이상)의 임무 기동점(way point)을 기반으로 정해진 경로가 없는 상태에서 전역 및 지역경로계획을 수행하면서 주행하는 수준으로 일종의 임무 목표점을 기반으로 주행하는 수준으로 볼 수 있다.

다음은 자율단계로 레벨 6에서는 전방의 물체를 탐지, 인식, 회피 및 판단이 가능한 수준으로 복잡한 지형, 지물이 존재하는 상황에서 스스로 조우하고 판단하여 주행하는 개념이 포함된다. 그러나 유인차량을 운전하는 속도만큼은 달성하지 못하는 야지에서의 제한자율주행수준으로 정의할 수 있다. 이 경우 전역경로(global path)를 기반으로 위험물을 예측하고 판단하여 조우하는 종합적인 지역경로계획이 포함된다. 레벨 7단계에서는 모든 지역센서를 융합하고 기지의 정보를 활용하며 복잡한 지형, 지물 및 환경조건을 극복하고 견실한 경로계획(지역 및 전역)을 수행하고 조우하는 등의 기능을 포함하고 있으며 사람이 운전하는 속도와 대등하게 야지를 주행하는 수준으로 볼 수 있다.

협력 및 협동단계에서는 개개

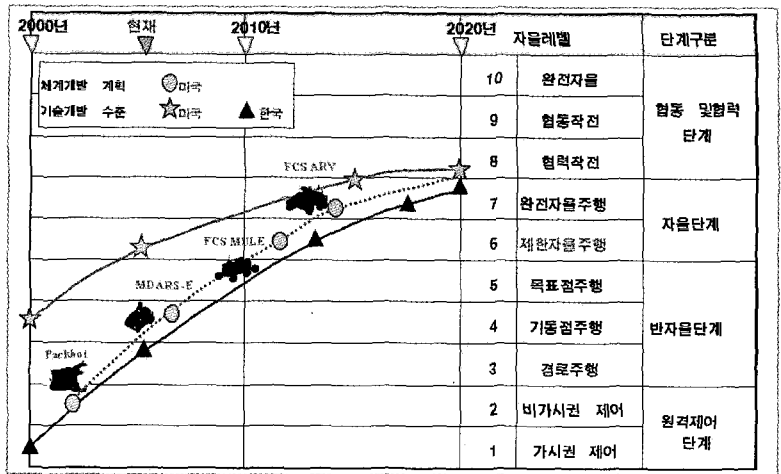


그림 3 자율화 레벨 및 수준 예측

의 로봇이 완전자율 수준을 달성하고 협력하는 하는 수준으로 8레벨에서는 상호협력하는 수준으로 로봇간의 정보를 공유하고 이를 기반으로 판단하며 그룹간의 정보를 활용하여 자율주행을 수행하는 수준이다. 9레벨에서는 로봇간의 정보를 공유할 뿐 아니라 지휘통제망 내에서 획득된 감시정찰 등의 전장정보를 통합적으로 활용하고 부대의 자율임무를 통합적으로 달성하는 개념으로 개개의 목표보다는 통합부대의 목표를 달성 가능한 수준이다. 10레벨은 완전 자율수준으로 운용자의 간섭 없이 완전한 부대의 자율을 달성하는 수준으로 이론적으로 존재하는 수준으로 판단된다.

현재 자율화 기술의 선두주자인 미국은 6레벨의 수준을 기술 데모에서 만족하고 이의 실용화는 미 육군의 핵심사업인 미래전

투체계(Future Combat System) 개발사업에서 달성하고자 한다. FCS 사업에 포함된 대표적인 로봇으로 6레벨을 목표로 하는 MULE(Multifunction, Utilities, Logistics and Equipment) 차량은 보병의 장비를 운반하고, 보병의 근거리 무인전투를 수행하며 지뢰를 탐지하는 등의 기능이 포함되어 있다.

한편 ARV(Armed Robotic Vehicle)은 중전투를 수행하는 목적으로 개발 중에 있으며 7레벨의 자율화 수준달성에 문제가 있어 현재 2년 정도 목표시점을 늦추고 있다.

우리나라는 국방과학연구소가 긴급으로 제작하여 2005년 11월에 시연한 XAV(eXperimental Autonomous Vehicle)를 기반으로 자율레벨 3단계를 달성하였고, 2006년 5월 야지데모에서 3~4단계 및 초보레벨의 5단계

가능성을 선보일 예정이다. 그러나 기술 데모를 기반으로 실용화 로봇차량을 군용으로 제작하는 데는 각종 센서를 포함하여 내환경성을 만족하고 기본 기동성능 및 상세 운용성능을 확보하기 위한 실용화 개발에는 시간이 추가로 소요될 것으로 판단된다. 휴대용 감시정찰로봇은 자율화 2레벨 수준을 만족하는 정도가 필요할 것이나 향후 MEMS 기술이나 저가형 경량센서가 개발되면 3~4 단계의 요구조건을 만족할 수 있을 것이다. 보병이 활용하는 감시정찰 혹은 경전투로봇은 5단계 수준이 요구되고 있다. 지뢰탐지는 경전투로봇보다는 높은 자율화 레벨이 요구되고 있지만 지뢰탐지 모듈의 개발 일정이나 기술의 난이도를 고려하면 자율화 기술의 개발수준이 6단계 수준에 도달할 것으로 판단된다. 궁극적으로 중전투를 위해서는 7레벨 수준이 요구되고 있으며 이는 유인형 기갑전의 기동속도와 중전투에서 요구되는 기동속도가 동등한 수준으로 요구되는 것을 의미하게 된다. 우리의 수준은 현재를 기준으로 자율화 기술의 선두주자인 미국보다는 8~10년 정도 뒤져 있지만 기술개발이 원활히 추진될 경우 2015년경에는 미국과 비교하여 3~4년 정도로 기술 격차를 좁혀 갈 것으로 판단된다. 많은 시간이 소요될 수도 있을 것으로 판단된다.

맺 음 말

결론적으로 미래 전장에는 로봇 기술의 발전을 기반으로 고가의 유인 전투 차량이 무인 전투 로봇으로 대체될 것이며, 위험 지역의 전투를 위해 휴대용 감시정찰 로봇 등은 필히 사용될 것으로 판단된다. 그러나 일본을 비롯한 선진국에서 활발히 연구 중인 인간 로봇은 이동에 대한 가능성 측면에서 빠른 발전 속도를 보이고는 있지만 안정성과 복잡한 임무를 스스로 수행하는 측면에서는 인식과 판단 기술의 발전 속도와 같은 속도로 발전해 가고 있으므로 아직은 기술적으로 많은 제한 사항이 있고 실제 전장에서 활용하는 데는 많은 시간이 걸릴 것이다.

이제는 자율화 기술을 선두로 미래 로봇 기술의 획득을 적극적으로 준비해야 하는 시점일 뿐만 아니라 로봇의 새로운 운용 개념을 기존의 전투 임무와 병행 발전시켜 최종 활용 가능한 방향으로 미래를 준비해야 할 것으로 판단된다. 따라서 기존의 유인 차량과 비교해 정확한 운용 개념과 형상이 예측되지 않는다고 해서 기술자가 미래를 준비하지 않을 수 없으며 한편으로 미래 불확실성에 대한 대처는 어느 정도 기술을 준비하는 과정에서 해소될 것으로 판단된다. 또한 미래에 군사용으로 로봇이 필요하다고 해

서 모든 것이 기술자만의 몫이 아니고 실제 전투 운용을 창출하는 사람들의 꾸준한 노력도 동시에 요청된다고 할 수 있다. 특히 저변 인력이 부족하고 다양한 기술이 복합적으로 결합되어 최종 성능을 발휘하는 자율화 기술은 학계의 장기 기초연구에 대한 투자와 함께 단기에 모든 기술의 개발이 되지 않는 속성을 고려하여 장기적인 기술지도를 기반으로 무인화 달성을 위한 개방형 아키텍처 및 공동 소프트웨어 기반의 모듈화 기술 개발이 가능한 진화적 발전을 위한 기초장을 마련하는 것도 시급하다고 할 수 있다.