

국가전략연구위원회 이슈브리핑 23호 (발간일: 2024.3.18.)

미래 우주경제를 위한 우주안보와 우주사이버보안: 주요 동향 및 시사점¹⁾

김선우 (성균관대학교)

1. 미래 우주 경제

널리 알려진 것처럼 일론 머스크의 궁극적 목표는 인류가 다행성 종족(Multi-Planetary Species)이 되는 것이다. 이를 위해 머스크는 대형 로켓인 스타십을 이용한 화성 식민지 건설을 계획 중이다. 머스크가 다행성 종족을 추구하는 이유는 초지능, 기후 위기 등 실존적 위험(existential risk)을 극복하고 인류의 장기적 생존 및 번영을 보장하기 위함이다.

인류의 장기적 생존 및 번영을 위해서는 인류가 지구를 벗어나 태양계내의 타 행성이거나 태양계 바깥의 타 항성계로의 이주가 필요할 것이다.

작년 말 오픈 AI CEO인 샘 알트만의 갑작스러운 교체 및 복귀 사건은 지난 수년간 실리콘 벨리를 중심으로 세력을 확대해오던 효과적 이타주의(effective altruism)와 효과적 가속주의(effective accelerationism)간의 갈등을 극명하게 보여 주었다.

효과적 이타주의와 효과적 가속주의 둘 다 인공지능을 이용한 인류 문명의 우주적 확장을 추구한다는 공통점이 있지만, 전자는 초지능의 실존적 위험을 경계하여 정부 규제 등 신중한 개발을 주장한다는 점에서 제약 없는 인공지능 발전을 원하는 후자와 구분이 된다.

¹⁾ 이 글은 2024년 3월 13일 제8차 사이버 국가전략 포럼에서 발표된 발표문을 수정보완한 것이다.

2. 우주 지속가능성

위의 사례에서 알 수 있듯이, 인류 문명의 발전에 따라 우주 경제가 확대될 것이고, 언젠가는 지구 경제보다 우주 경제가 더 커질 것이다.

지구상의 경우처럼 우주 경제가 확대됨에 따라 우주 경제의 지속가능한 발전, 즉 우주 지속가능성은 더욱 중요해질 것이다.

영화 '그라비티'에는 국제우주정거장(ISS)이 우주쓰레기와 충돌하여 파괴되는 장면이 등장한다. 영화에서처럼 충돌은 하지 않았지만 실제로 ISS는 우주쓰레기와의 충돌을 피하고자 지금까지 수십 번의 회피 기동을 했다고 한다.

현재 지구궤도에는 수천 개의 위성이 존재하는데, 저궤도 위성인터넷인 스타링크 덕분에 그 수는 급속히 증가하고 있다.

위성 뿐 아니라 우주 쓰레기 문제도 심각해지고 있는데, 현재 기술로 탐지가 불가능한 1cm 이하의 우주 쓰레기 숫자는 1억개 이상으로 추정된다.

우주지속가능성은 지속가능발전의 개념을 우주로 확장시킨 것으로 "미래 세대를 위해 우주 환경을 보존하면서 현 세대의 요구를 충족시키기 위해 우주 활동의 수행을 미래까지 무기한 유지하는 능력"으로 정의된다.

케슬러 신드롬은 우주 쓰레기의 연쇄적 충돌로 인해 지구 궤도 접근이 불가능해지고 인류가 지구를 벗어나지 못하게 되는 최악의 상황을 지칭하는데, 케슬러 신드롬을 생각한다면 우주지속가능성의 핵심이 우주 쓰레기 경감이라는 것을 알 수 있을 것이다.

우주 경제 자체의 지속가능성과 더불어 우주경제가 지구상 지속가능발전에 미치는 긍정적 영향에도 주목할 필요가 있다.

OECD는 2021년 발간된 '인간, 지구, 번영을 위한 우주경제(Space Economy for People, Planet and Prosperity)'보고서에서 우주기술이 기후위기 대응, 디지털 디바이드 극복, 경제 발전 등에 기여할 수 있을 것이라고 강조한 바 있다.

3. 디지털 우주

넷스케이프 창업자이자 실리콘밸리의 유명 벤처캐피털리스트인 마크 앤드리센은 2011년 월스트리트저널에 기고한 "Why Software Is Eating the World"란 제목의 글에서 소프트웨어가 세상을 집어삼키고 있다고 선언했는데, 소프트웨어가 세상(지구)을 넘어 우주까지 집어삼키는 것이라는 것이 필자의 생각이다.

디지털 우주의 대표 사례는 '디바이스 위성 직접 접속(Direct-to-Device, D2D)'이다.

D2D는 지구상의 스마트폰이나 IoT 기기들이 인공위성 네트워크에 직접 접속하는 것으

로 애플과 스페이스X 등 대기업 뿐 아니라 AST 스페이스 모바일 등 다수의 스타트업들이 해당 분야에 진출하고 있다.

3GPP는 非지상 네트워크(Non-Terrestrial Networks)란 이름으로 5G에서 D2D를 표준화 중이며, 6G에는 D2D가 핵심 요소로 반영되어 지구와 우주를 연결하는 통합 네트워크를 구현할 것으로 예상된다.

디지털과 우주 지속가능성 간의 관계를 생각해보면, 지구상에서 디지털 기술이 효율 개선, 혁신 촉진 등을 통해 지속가능발전에 기여하고 있듯이 디지털 기술은 우주지속가능성의 성패를 좌우할 것이다.

우주지속가능성 제고를 위한 디지털 기술의 예로서 우주상황인식(SSA), 우주교통관리(STM), 우주내서비스, 조립 및 제조(ISAM) 등을 들 수 있다.

우주상황인식은 지구 또는 지구 궤도 상에 위치한 센서를 이용하여 우주 쓰레기 등 우주 환경을 파악하는 것이며 우주교통관리는 우주상황인식을 기반으로 위성 등 우주시스템이 타 우주시스템과 우주 쓰레기 등과의 충돌 위험 없이 임무를 수행할 수 있도록 조정 및 통제를 하는 것이다.

디지털 트윈과 인공지능 등의 ICT 기술은 점점 더 혼잡해지는 지구 궤도에서의 효과적인 우주상황인식과 우주교통관리를 위해서 필수적이다.

ISAM은 수명이 다한 인공위성의 궤도 이탈, 운영 중인 인공위성의 수리/재공급 등의 서비스를 수행하고(서비스, S), 우주 태양광 등 거대 궤도 구조물을 조립하고 제조(AM)하는 등의 활동을 지칭한다. ISAM을 위해서는 대상 우주선과의 랑데부 및 근접 작업이 필요하므로 인공지능과 로봇 기술이 핵심이다.

4. 우주 안보와 우주 사이버보안

신냉전으로 불리는 미중 패권 경쟁이 과거의 냉전과 다른 점은 반도체, 인공지능, 우주 등의 첨단 기술이 경제 뿐 아니라 국방안보에도 필수적 역할을 함에 따라 과학기술이 패권 경쟁의 핵심이라는 점이다.

작년 말 공개된 미중 경제안보검토위원회(U.S.-China Economic And Security Review Commission)의 미 의회 보고서는 "중국이 미국이 오랫동안 우위를 점해 온 수중전과 우주 분야를 따라잡고 인공지능 분야에서 결정적인 우위를 점하게 되면 아시아와 전 세계의 힘의 균형이 극적으로 바뀔 수 있다"라며 미중간의 우주경쟁에 대해 언급하고 있다.

우주 경제가 확대됨에 따라 우주의 지정학적 중요성이 커지면서 우주가 새로운 전쟁 영역으로 등장하고 있다.

미 공군대학교의 에버렛 칼 돌먼 교수는 다가오는 중국과의 전쟁은 우주를 장악하기 위한 전쟁이 될 것이며 지정학적 심장부(heartland)인 우주를 장악하면 전 세계를 지배할 수 있다고 주장한다.

현재 강대국 간의 우주 경쟁은 지구궤도에 집중되어 있지만, 아르테미스 등 유인 달 탐사 프로그램이 진행됨에 따라 지구달사이공간(cislunar)이 향후 우주 경쟁의 중심이 될 것으로 예상된다.

일부에서는 지구달사이공간의 경제 규모가 연간 10조달러 규모가 될 것이고 지구달사이공간이 '남중국해의 우주버전'이 될 수 있다고 우려하기도 한다.

우주 안보와 관련되어 미국은 우주군을 창설하고 민간과 동맹국들의 역량을 적극 활용하는 등 우주우위(space superiority) 확보를 위해 노력 중이다.

미국은 우주우위 및 현재와 미래에 우주에서 국가의 중요한 이익을 확보하기 위한 내용을 담은 국방우주전략(Defense Space Strategy)을 2020년에 발표했다.

국방우주전략은 "우주에 대한 자유로운 접근과 우주에서의 자유로운 작전은 미국의 안보, 번영, 과학적 성취에 필수적이며 우주기반 능력의 가용성을 보장하는 것은 모든영역에서 군사적 우위를 확립하고 유지하는데 필수적"이라며 우주안보의 중요성을 강조하고 있다.

또한 국방우주전략은 "최근 몇 년 동안 우주에서의 동맹국, 파트너, 상업적 활동의 급속한 확대는 우주작전 환경에 복잡성을 더하는 동시에 전례없는 협업기회를 창출"한다고 명시함으로써, 민간 및 동맹국과의 협력을 중요시한다.

미 우주군과 스페이스X 등 산업계와의 긴밀한 협력, 아르테미스 협정 서명 국가의 확대 등은 국방우주전략에 포함된 민간 및 동맹국 협력 원칙을 반영한다고 볼 수 있다.

최근에 미 우주군이 제시한 '동적우주작전(Dynamic Space Operation)'은 우주 안보 관련하여 주목해야할 개념이다.

미 우주사령부의 정의에 따르면 동적우주작전은 "준비 태세 캠페인과 방어를 포함한 임무 작전의 일부로 플랫폼이 빈번하고 신속하게 동작해야 하는 작전"이다.

동적우주작전이 대두된 배경은 스타링크 등의 거대 위성군집으로 인해 지구 궤도가 혼잡해지고 우주의 군사화가 진행됨에 따라 위성이 우주 쓰레기 등의 충돌 위협으로부터 벗어나거나 더 자세히 관찰하고자 하는 우주 물체를 향해 이동해야할 필요성이 증가하기 때문이다.

기존의 '정적'우주작전에서 우주 자산의 기동성(maneuverability)을 강조하는 동적우주작전으로 전환하려면 궤도상 연료 재급유 등 우주내 서비스(ISAM) 역량 확보가 필수적이다.

동적우주작전은 우주로의 이동과 우주내에서의 이동 등을 포함하는 우주 모빌리티(space mobility)와 관련이 있으며, 동적우주작전을 위해서는 위성의 자율성(autonomy)이 강화되어야 하므로 인공지능, 로봇 등의 디지털 기술 확보가 핵심이다.

미 백악관은 동적우주작전의 기반인 ISAM 분야에서 글로벌 리더십을 확립하는 것을 목표로 NASA 주도의 '우주 모빌리티 및 ISAM 역량 컨소시엄(COSMIC)'을 출범했는데, COSMIC의 목표는 ISAM 기술의 보편적 채택을 가속화하여 ISAM을 우주 작전의 일상적이고 효율적이며 부분으로 만드는 것이다.

동적우주작전과 더불어 주목해야할 우주안보 분야 개념은 '저비용 자율 플랫폼 기반의 복원력 확보'이다.

미 국방부는 중국의 군사력 증강에 대응하기 위한 새로운 전략에 따라 육상, 해상, 공중, 우주 등에서 대량 배치할 수 있는 저비용 자율 플랫폼의 도입을 추진 중이다.

이는 중국의 강점인 '숫자'에 대응하기 위해 "작고, 스마트하고, 저렴하고, 많은 수의 플랫폼을 활용하는 것"으로서 우주의 경우에는 저비용의 소형 인공위성으로 구성된 위성군집 구축을 목표로 한다.

관련하여 미 우주군 산하 우주개발청(SDA)의 데릭 투니어 국장은 "우리는 수백 개의 위성을 갖게 될 것이며 하나의 위성을 만드는 비용보다 하나의 위성을 격추하는 비용이 더 많이 들 것이다"라며 새로운 우주 아키텍처에 대해 소개했다.

SDA는 극초음속 무기 등 새로운 위협에 대응하기 위해 지구저궤도에 수백개의 위성으로 구성된 '확산형 전투 우주 아키텍처(PWSA)'라는 위성군집을 구축 중이다.

SDA는 고가의 맞춤형 대형 위성으로 구성된 기존의 우주 아키텍처를 저렴하고 많은 수의 위성으로 구성된 우주 아키텍처로 전환함으로써, 적으로 하여금 위성 공격 무기의 경제성이 없는 것을 알도록 하여 적의 공격을 억지하는 것을 목표로 한다.

하지만 투니어 국장은 SDA의 계획이 향후 미국 위성에 대한 물리적 공격을 억지할 것이라고 확신하지만, 전체 위성에 영향을 미칠 수 있는 문제나 위협인 '공통 모드 실패(common mode failures)'에 대해서는 우려하고 있다.

공통 모드 실패의 대표적인 사례는 사이버 보안과 공급망 침해이다. 즉 수백개의 위성으로 구성된 위성군집은 레이저 통신 등의 위성간 링크로 메시 네트워크를 구성하고 있으므로 하나의 위성이 사이버 위협에 노출된다면, 순식간에 전체 위성군집이 위협에 빠질 수 있다.

위성군집에 대한 이러한 사이버 공격은 위성 대상의 물리적 공격에 비해 훨씬 더 적은 비용으로 광범위한 피해를 줄 수 있다는 점에서 국가 뿐 아니라 비국가 행위자의 공격 유인을 제공한다.

우주지속가능성과 우주안보 분야의 대표적 연구 단체인 Secure World Foundation은 2023년 글로벌 카운터스페이스 역량 보고서에서 "많은 국가가 우주를 미래 분쟁의 영역으로 간주하고 있으며, 비국가 행위자가 국가의 지원 없이도 대우주 사이버 작전을 수행 가능"하다고 경고한 바 있다.

개방화, 탈중앙화, 민간 협력 등을 특징으로 하는 뉴스페이스는 오픈소스 SW와 상용 부품(COTS)을 많이 사용하고, 서비스로서의 우주(space as a service) 등 비즈니스모델 혁신을 적극적으로 채택하고 있다.

이러한 혁신들은 더 빠르고(agile) 유연한 우주를 가능하게 하지만, 사이버 공격 표면을 증대시켜 해킹 위험을 높일 수 있다.

미래 우주는 SW 중심의 디지털 우주가 될 것이다. 안전하고 지속가능한 디지털 우주

를 위해서는 보안 내재화(security by design) 차원에서 우주사이버보안을 준비해야한다.

미국은 2020년 트럼프 행정부에서 우주정책지침(SPD)-5를 통해 우주사이버보안에 대한 원칙과 가이드라인을 제시하였고, 위성 등 우주 시스템의 사회경제적 중요성을 고려하여 우주를 17번째 기반 시설로 지정해야한다는 논의를 수년 째 해오고 있다.

우리나라는 과학기술정보통신부가 작년에 우주항공을 신규 융합보안 분야로 추가하여 기술개발 등을 추진 중이다.

우주사이버보안에 대한 국가적 투자를 통해 미래 우주경제와 우주안보라는 두 마리 토끼를 잡기를 희망해본다.

<참고자료>

※ 이슈브리핑에 수록된 내용은 필자 개인의 의견이며, 한국사이버안보학회의 공식적인 입장이 아님을 알려드립니다.