

초소형위성 발사를 위한 공중기반 우주발사체 발전방안

The Development of Air-based Space Launch Vehicle for small satellites

조태환¹ · 이성섭^{2*}

¹국방대학교 국방정책연구소

²세종대학교 항공시스템공학과

Taehwan Cho¹ · Soungsub Lee^{2*}

¹Defense Policy Research Center, Korea National Defense University, Seoul, 04353, Korea

²Department of Aerospace System Engineering, Sejong University, Seoul, 05006, Korea

[요 약]

한미 미사일 지침 종료를 계기로 공중, 해상기반의 다양한 플랫폼에 의한 우주발사체 개발 가능성이 열렸다. 특히, 공중기반 우주발사체는 지상기반 우주발사체 대비 다양한 궤도 운용, 적시적인 위성발사 등 한반도의 지리적 위치를 고려할 때 필수적인 우주전력투사 능력이다. 또한, 지상기반 발사체 대비 비용절감 효과가 크고, 항공기의 고도, 속도의 이점으로 발사할 수 있어 에너지 이득의 장점이 있다. 따라서 본 논문에서는 한반도의 전략적 환경하에서 공중기반 우주발사체의 필요성을 명확히 제시하고, 다양한 공중발사체에 대한 기술동향 분석을 통해서 현재의 우리나라 상황에서 가장 효율적으로 공중기반 우주발사체 능력을 확보할 수 있는 3가지 방안을 제시한다.

[Abstract]

The end of the ROK-U.S. missile guidelines opened up the possibility of developing space launch vehicles for various platforms based on air and sea. In particular, the air-based space launch vehicle is an essential space power projection capability compared to the ground-based space launch vehicle in consideration of the geographical location of the Korean Peninsula, such as the deployment of various satellite orbits and the timely launch of satellite. In addition, compared to the ground-based launch vehicle, the cost reduction effect is large, and it has the merit of energy gain because it can be launched with the advantage of the aircraft's altitude and speed. Therefore, in this paper, the necessity of air-based space launch vehicle in the strategic environment of the Korean Peninsula is clearly presented, and through technology trend analysis of various air launch vehicle, the three methods are proposed to have the most efficient air-based space launch vehicle capability in the Korean situation.

Key word : Air-based Space launch vehicle, ALASA, ALSET, Launcher one, Space launch Vehicle, Three-bodied launcher.

<https://doi.org/10.12673/jant.2021.25.4.267>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 15 July 2021; Revised 3 August 2021

Accepted (Publication) 20 August 2021 (30 August 2021)

*Corresponding Author; Soungsub Lee

Tel: +82-2-3408-4403

E-mail: spacein0320@sejong.ac.kr

I. 서론

최근 한미정상회담을 통해 한미 양국은 경제, 백신, 한반도 평화프로세스 등에서 협력을 강화하기로 했고, 그간 우리나라의 미사일 주권을 제약하고 있던 미사일 지침을 폐기하기로 합의하였다. 달 탐사 협력에 관한 세계적 프로젝트인 아르테미스 참여와 더불어 미사일 지침 종료는 우리나라 우주안보와 우주 산업을 획기적으로 발전시키는데 큰 기여를 할 것이다. 이러한 성과가 일회성에 그치지 않으려면 정부 차원의 후속조치가 반드시 필수적인데, 국방부에서는 미사일 지침 종료를 계기로 공중, 해상 등 다양한 플랫폼 기반의 우주발사체를 개발할 것이라고 발표하였다.

한미 미사일 지침은 한국이 개발하는 미사일의 사거리와 탄두중량, 추진방식을 제한하는 내용이 담겨 있었다[1]. 미국은 1979년에 한국이 200 km 사거리의 미사일 개발에 성공하자 한국의 탄도미사일 개발을 제한하기 위해 미사일 지침을 만들었다. 당시 미사일의 사거리는 서울과 평양 간 거리인 180 km로 제한하고 탄두중량도 500 kg로 제한했다. 이러한 미사일 지침은 2001년 1차 개정에서 사거리가 300 km로 늘어났고, 2012년 2차 개정에서는 사거리가 800 km로 늘어났다. 3차 개정에서는 사거리는 그대로 하되 탄두 중량의 제한이 없어졌고, 4차 개정에서는 우주발사체에 대한 고체연료 사용제한을 해제하였다. 그리고, 이번 한미 정상회담을 통해 한미 미사일 지침은 완전히 폐기되었다.

우주탐사선, 인공위성 등 우주로 나가는 물체는 일반적으로 지상기반의 우주발사체를 통해 발사된다. 그러나 지상기반의 우주발사체는 몇 가지 제한사항이 있다. 먼저, 우리나라의 경우 우주발사체의 발사장은 나로우주센터 한 곳 뿐이기 때문에 발사장소의 선택이 자유로울 수 없고, 발사 방위각에도 제한을 받게 된다. 우리나라 인근에는 일본과 중국이 있는데, 우주발사체는 국제법상 발사 이후 고도 100km 까지는 다른 국가 영공을 통과할 수 없기 때문에 발사방향이 남쪽으로 제한된다. 또한 나로우주센터를 이용하지 않을 경우 해외 발사장을 이용해야 하는데, 발사준비기간이 1년 이상 걸릴 뿐 아니라, 군사목적인 경우 해외발사 자체가 제한되는 경우가 발생하게 된다. 따라서 지상기반의 우주발사체를 보완하기 위한 공중 및 해상 기반의 우주발사체의 필요성에 제기되고 있으며, 본 논문에서는 공중기반 우주발사체에 대해 설명하고자 한다.

공중기반 우주발사체는 인공위성 등을 싣고, 지상이 아닌 성층권 이상 고도에서 발사된다. 지구 중력을 벗어나는 데 드는 힘이 적게 드는 만큼 발사 비용을 아낄 수 있으며, 지상기반 우주발사체의 단점인 발사준비기간 과다, 발사방향 제한 등을 극복할 수 있다. 공중기반 우주발사체를 활용하면 우리나라에서 개발 중인 초소형위성체계, 소형 지구관측 위성 등을 우리가 원하는 시기에, 원하는 궤도로 발사할 수 있다는 것이다. 따라서 공중기반 우주발사체는 이제 더 이상 선택사항이 아닌 국가 차원의 중요한 우주전략 요소라 할 수 있다. 본 논문에서는 이러

한 공중기반 우주발사체의 필요성 및 기술동향을 분석하고, 한반도 전략환경 하에서 공중기반 우주발사체를 개발할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 공중기반 우주발사체의 필요성에 대해 설명하고, 3장에서는 공중기반 우주발사체의 기술동향을 분석한다. 4장에서는 한반도 전략환경 하에서 가능한 공중기반 우주발사체의 개발방안을 제시한다. 5장에서는 본 논문의 결론 및 향후 연구방향에 대해서 설명한다.

II. 공중기반 우주발사체의 필요성

2-1 비용절감

공중기반 우주발사체의 여러 장점 중 하나는 발사비용을 절감할 수 있다는 것이다. 우주발사체의 페이로드 30 kg을 기준으로 지상기반 우주발사체의 발사비용은 약 100억원 이상으로 알려져 있으며, 공중기반 우주발사체의 경우 약 5.9억원으로 예상된다[2]. 공중기반 우주발사체의 발사비용이 지상기반 우주발사체의 발사비용 대비 5.9% 밖에 되지 않는다. 최근 매체에 따르면 미국 우주기업 ULA의 지상기반 우주발사체인 아틀라스V(Atlas V)의 1회당 발사비용은 평균 약 2,498억원이며, 영국 우주기업인 버진오빗(Virging orbit)의 공중기반 우주발사체인 런처원(Launcher one)의 1회당 발사비용은 평균 약 133억원으로 보도한 바 있다. 앞서 언급한 바와 유사하게 런처원의 발사 비용이 아틀라스V의 발사비용 대비 약 5.3%에 불과할 정도로 저렴한 셈이다. 1회당 발사 비용이 상대적으로 저렴하기 때문에 초소형위성 등 다수의 위성을 수시로 발사해야 하는 경우에 반드시 필요하다.

2-2 탈(脫)지리성

지상기반 우주발사체의 경우 우리나라의 지정학적 위치 특성상 인접한 중국·일본의 상공을 지나는 문제를 감안하여 남쪽으로만 발사가 가능하다. 지구관측을 위해 전 세계를 임무영역으로 하는 극궤도 기반의 인공위성은 지상기반 우주발사체 활용이 가능하다. 그러나 특정임무를 수행하기 위해 위성의 재방문주기를 줄여야 하는 일부위성들은 경사궤도를 사용해야 하는데, 이러한 경우에는 지상기반 우주발사체 활용이 제한된다. 한반도의 지리적 위치상 경사궤도로 발사할 경우에는 인접국들에게 피해를 줄 수도 있기 때문이다. 즉, 지상기반 우주발사체만으로는 궤도 선택의 자유도가 떨어진다는 것이다. 공중기반 우주발사체를 활용하면 그림 1과 같이 발사장소와 방향을 비교적 자유롭게 선정할 수 있으므로 우리나라와 같은 지리적 환경에서는 그 활용성이 매우 크다[3].

또한, 지상기반 우주발사체는 악기상으로 발사가 취소되는 사례들이 있다. 그러나 공중기반 우주발사체는 기상이 좋은 지역을 찾아서 임무수행이 가능하다는 추가적인 장점도 있다.

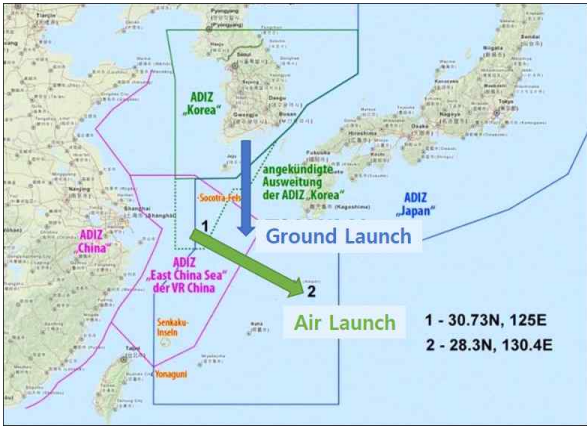


그림 1. 공중기반 우주발사체의 운영개념
Fig. 1. The operation concept of air-based space launch.

2-3 발사 준비시간 단축

2012년, DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency)의 ALASA(Airborne Launch Assist Space Access) 프로그램은 약 45 kg의 소형 위성을 24시간 이내에 발사하는 것을 목표로 하였다[4]. 이러한 설정은 지상기반 우주발사체를 활용한 발사 준비시간에 비해 매우 짧다는 것을 보여주는 좋은 사례다. 일반적으로 지상기반 우주발사체의 경우 위성을 발사하는 준비 시간이 1~2년, 공중기반 우주발사체의 경우는 수일 이내로 알려져 있다. 초소형 위성군, 저궤도 통신위성군 등 수명이 짧은 위성의 수요가 증가할 것을 예상됨에 따라 공중기반 우주발사체의 짧은 발사 준비시간은 매우 큰 장점이라 할 수 있다.

2-4 고도 및 속도의 이득

지상기반이 아닌 공중기반, 즉 항공기에서 발사가 되기 때문에 항공기가 가지고 있는 고도 및 속도를 활용할 수 있다[5]. 기본적으로 항공기의 마하 0.8 ~ 1.2 사이의 속도와 10 km 이상의 고도를 갖게 되어 항공기 자체가 우주발사체의 1단 역할을 하게 된다. 이로 인해 공중기반 우주발사체는 발사체 자체 무게를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 지상발사시 성층권까지 올라가는데 소요되는 추진제 무게도 줄일 수 있다. 더불어 성층권에 올라가면 낮은 대기 밀도로 인해 항력이 감소되고, 추력손실이 줄어든다는 추가적인 장점도 있다. 미국의 버진오빗의 경우, 고도 약 11 km와 속도 약 마하0.8에서 공중기반 우주발사체가 발사된다[6]. 따라서 우주발사체가 목표 궤도에 진입하기 위한 필요 속도와 고도가 감소하게 되어 지상기반 우주발사체 대비, 동일 추진제로 더 큰 무게를 동일 궤도에 올릴 수 있다. 혹은 더 적은 추진제로 동일 궤도에 올릴 수도 있다.

2-5 타 무기체계로 발전 가능성

공중기반 우주발사체 개발 기술을 바탕으로 중장기적으로

는 공중기반 탄도미사일을 개발할 가능성도 적지 않다. 우주발사체와 미사일은 유사한 기술을 활용하기 때문에 페이로드로 위성이 아닌 탄두를 싣는다면 공중기반 우주발사체를 공중기반 탄도미사일로도 활용할 수 있다. 북한이 탄도미사일을 쏘면서도 추가적인 국제 제재를 피하기 위해 우주발사체라고 주장할 수 있었던 것도 탄도미사일과 우주발사체 기술을 구분하기가 쉽지 않았기 때문이다.

III. 공중기반 우주발사체 기술동향 분석

3-1 항공기 상부발사 기술

항공기 상부발사는 우주발사체를 항공기 상부에 탑재하여 발사하는 방식이다. 큰 우주발사체를 장착할 수 있다는 장점이 있지만, 상당한 수준의 항공기 개조로 인해 많은 예산이 투입된다는 단점이 있다. 또한 우주발사체의 안전한 분리를 위해서 발사체의 날개가 충분히 커야 하며, 이로 인해 항공기 상부에 위치한 발사체의 양력 증가로 항공기 동체가 파손될 우려가 있으며, 항공기 선회성능이 감소된다는 단점도 있다. 미국의 DARPA와 NASA(National Aeronautics and Space Administration)에서 포인트디자인(Point Design)이라는 항공기 상부발사에 대한 연구를 수행한 적이 있으나 실용화된 사례는 없다[7]. 그림 2는 항공기 상부발사 개념도를 나타낸다.

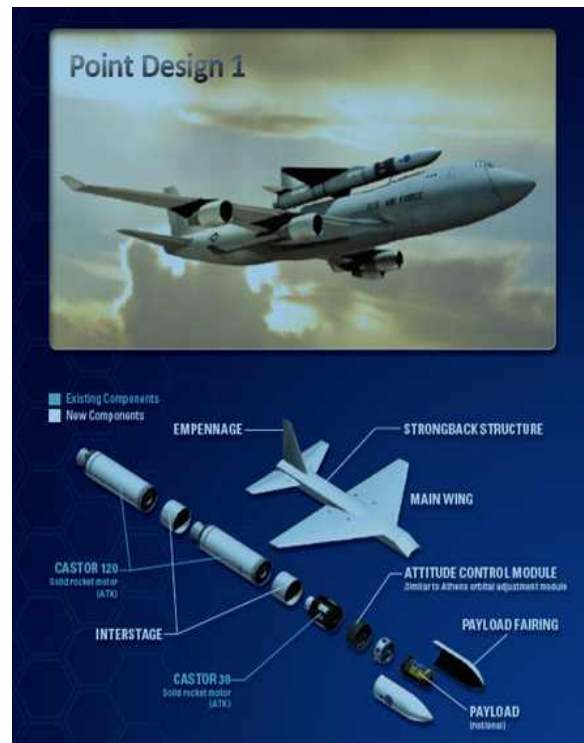


그림 2. 항공기 상부발사 개념도 [7]
Fig. 2. The Concept of top launch.

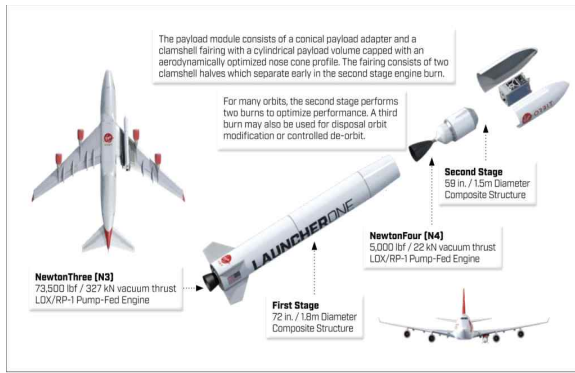


그림 3. 페가수스의 발사 개념도 [8]
Fig. 3. The Concept of pegasus launch.

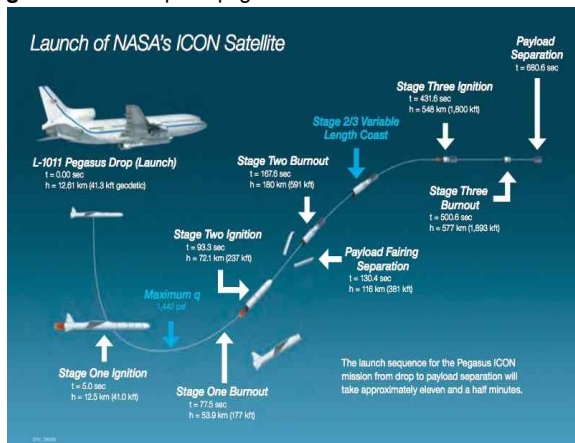


그림 4. 런처원 발사 개념도 [9]
Fig. 4. The concept of launcher one launch.

3-2 항공기 하부발사 기술

항공기 하부발사는 우주발사체를 항공기 하부에 탑재하여 발사하는 방식이다. 하부발사는 우주발사체를 항공기에서 분리하기 용이하며, 검증된 방식이라는 장점이 있는 반면, 항공기의 크기에 따라 발사체의 크기가 제한되며, 발사체 탑재를 위한 항공기 개조도 어느정도 필요하다는 단점이 있다. 현재 노스롭 그루먼(Northrop Grumman)의 페가수스(Pegasus), 버진오빗의 런처원(Launcher one) 등이 상용화되어 운용 중에 있으며, 페가수스는 고체연료를, 런처원은 액체연료를 사용한다[8], [9]. 그림 3은 페가수스, 그림4는 런처원의 운영개념도를 나타낸다.

3-3 항공기 내부발사 기술

항공기 내부발사는 우주발사체를 항공기의 내부에 탑재하여 공중에서 투하하는 방식이다. 내부발사는 우주발사체를 항공기 내부에 탑재하기 때문에 항공기를 개조할 필요가 없으며, 지상기반 우주발사체에서 흔히 나타나는 대기의 대류열에 의한

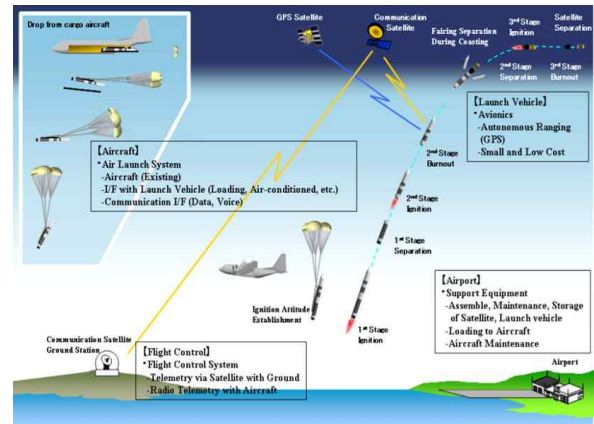


그림 5. ALSET 발사 개념도 [10]
Fig. 5. The concept of ALSET launch.

추진체의 증발문제를 상당부분 해소할 수 있다. 또한 외부장착에 따른 추가적인 감항인증 및 항력증가가 없으며, 비교적 높은 고도에서 투하할 수 있다는 장점도 있다. 그러나 발사체의 크기가 항공기 내부공간에 의해 결정됨에 따라 항공기가 커야 한다는 단점이 있다. 현재 일본의 ALSET(Air Launch System Enabling Technology)이 상용화되어 운용 중에 있으며 그림 5는 ALSET의 운영개념도를 나타낸다[10]-[12].

IV. 공중기반 우주발사체의 3가지 개발방안

우리나라에서는 민간항공기, 수송기, 전투기 등을 활용하여 공중기반 우주발사체를 개발하는 방안이 있다[13],[14]. 각각의 방안에 대해 세부적으로 살펴보고자 한다.

4-1 보잉 747-400 기반 우주발사체

우리나라에서 운영 중인 민간 항공기를 활용하여 공중기반 우주발사체를 개발할 수 있다. 우리나라에서 활용 가능한 민간 항공기는 보잉의 777-300ER, 747-400, 에어버스의 A380-400 등이 있으며, 이외에도 다양한 항공기의 활용이 가능하다. 그러나, 우주선진국의 개발사례, 운영비용, 개발의 용이성 등을 고려할 때 버진오빗에서 활용한 747-400이 가장 적합하다고 판단 된다.

먼저 대표적인 개발사례로 버진오빗의 코스믹걸(Cosmic girl)이 있다. 코스믹걸 항공기는 최대 38톤의 공중기반 우주발사체의 탑재가 가능하고, 위성중량 500 kg까지 발사가 가능하다. 따라서 우리나라가 국가 차원에서 계획 중인 소형위성은 모두 발사가 가능하다. 운영비용 측면에서는 747-400은 구형 기종으로 항공기의 감가상각이 끝났기 때문에 A380-400과 같은 신형 기종 대비 운영비용이 매우 저렴하다. 또한, 왼쪽 날개 하단에 예비엔진 수송을 위한 여분의 포드(pod)가 설치되어 있어, 별도의 큰 개량 없이 공중기반 우주발사체를 탑재할 수 있다.

그러나, 군 수송기나 전투기 대비 운영비용은 높은 편에 속하며, 공중발사에 활용할 수 있는 항공기의 댓수가 제한적이라는 단점이 있다.

4-2 C-130J 기반 우주발사체

군 수송기를 활용하여 내부발사 방식으로 공중기반 우주발사체를 개발할 수 있다. 내부발사 방식은 현재 군에서 운영 중인 수송기의 탑재공간을 활용하기 때문에 항공기를 많이 개조할 필요가 없다. 따라서 개발을 위한 소요기간 및 비용을 줄일 수 있고, 개발에 따른 위험도가 낮다. 현재 우리 군에서 운영 중인 수송기는 C-130J와 CN-235가 있는데, CN-235 항공기의 경우, 발사체 크기가 제한되어 운영에 어려움이 있을 것으로 예상된다. 따라서 C-130J 항공기를 활용하는 방안이 적합하다고 판단된다.

C-130J 항공기는 최대 15톤의 공중기반 우주발사체의 탑재가 가능하고 위성 중량 60 kg 까지 발사가 가능하다. 그리고, C-130J 항공기는 우리나라 공군에서 많이 보유하고 있고, 현재도 임무를 수행 중인 항공기로, 국방 차원에서는 활용도가 높을 것이다.

이 방식은 수송기의 추가적인 개조 소요가 없고 감항인증 문제를 최소화할 수 있는 장점이 있는 반면, 공중기반 우주발사체의 투하 후 자세 안정을 위한 낙하산 기술이나 전투기 대비 속도의 단점, 조종사들의 임무 경험에 부족하다는 단점이 있다.

4-3 F-15K 기반 우주발사체

우리나라에서 운영 중인 전투기를 활용하여 개발하는 방안도 가능하다. KF-16, F-15K 등의 전투기가 활용될 수 있으며, 무장탑재능력을 고려했을 때 F-15K가 가장 적합하다고 판단된다. 전투기의 경우 탑재할 수 있는 발사체 및 위성의 중량이 제한되고, 발사체를 탑재할 만한 공간이 없다는 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해 공중기반 우주발사체를 외부연료탱크 외형과 유사한 크기와 모양으로 개발하여 외부연료탱크 하드포인트에 탑재하는 방안을 제시한다. 특히, 공중기반 우주발사체를 전투기의 주연료탱크와 보조연료탱크에 장착할 수 있도록 삼체 발사체(Three-bodied launcher) 형태로 개발한다면 탑재중량을 170 kg까지 증가시킬 수 있다. 그림 6은 삼체발사체의 형상을 나타낸다.

전투기를 활용하여 공중기반 우주발사체를 활용한다면 고도 및 속도에 대한 이점을 극대화할 수 있다. 단점으로 지목되는 탑재중량은 삼체 발사체를 통해 어느정도 해결이 가능하고, 향후 수요가 증가하는 초소형위성의 발사에 큰 도움이 될 것으로 판단된다.

그러나, 삼체 발사체는 현재 연구단계에 있으며, 실용화까지는 시간이 걸릴 것으로 판단된다. 현재 유럽에서 활발한 연구가 진행 중이며, 라팔(Rafale) 항공기를 활용하여 다양한 성능분석을 진행 중에 있다.

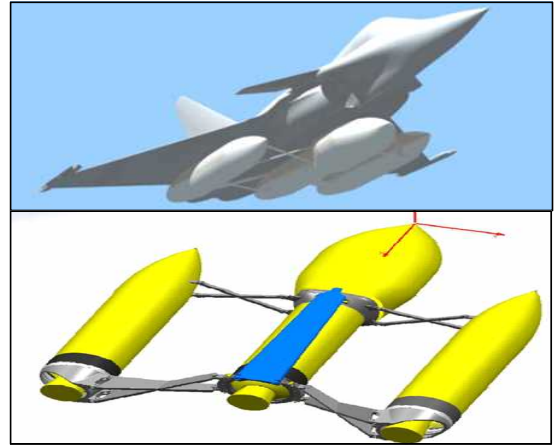


그림 6. 삼체 발사체의 형상 [15]
Fig. 6. The shape of three-bodied launcher.

V. 결 론

전세계적인 위성개발의 기술동향은 다양한 임무수행을 위해 다수의 초소형위성이나 소형위성을 활용하여 군집으로 위성을 운용하는 추세이다. 우리나라도 많은 우주 벤처기업들이 초소형위성군 운용을 위한 위성개발에 박차를 가하고 있다. 하지만, 우리나라는 다양한 임무의 위성발사를 위한 불리한 지리 적환경으로 이러한 증가하는 위성수요에 대해 적시적인 발사가 제한되며, 이를 위해서는 공중기반의 우주 발사체 능력 확보가 필요하고 시급하다. 따라서 본 논문에서는 우리나라의 현상 황에서 가장 효율적으로 공중발사체를 개발할 수 있는 방안을 제시한다.

본 논문에서는 공중기반 우주발사체의 개발을 위한 방안으로 747-400, C-130J, F-15K를 활용하는 방안을 제시한다. 우리나라는 다양한 공중 플랫폼들을 보유하고 운용하고 있다. 하지만, 급증하는 위성수요 대비 적시성 있는 발사능력 확보 차원에서 볼 때, 개조 소요 최소화를 통해 경제적 효과를 극대화하는 공중발사 능력확보가 가장 우선적으로 고려가 되어야 한다고 판단된다.

먼저 민간항공기인 보잉 747-400은 왼쪽 날개 하단에 예비 엔진 테스트를 위한 여분의 포드를 활용하면 별도의 큰 개량 없이 공중발사체 운용이 가능하다. 특히 이는 발사능력 차원에서 큰 중량의 위성을 발사하기에 유리하다. 군 수송기인 C-130J는 추가적인 개조 소요가 없어 감항인증 문제를 최소화할 수 있다. 하지만 낙하산 기술, 항공기 안정성에 대한 보장 등 고려해야 할 사항들이 있다. 마지막으로 F-15K 항공기의 외부 연료탱크 하드포인트 및 삼체발사체 개발 방안은 개조소요 최소화뿐만 아니라 운용적 측면에서도 상당한 이점을 가지고 있다.

본 논문에서 제시한 3가지 공중발사체 개발방안은 우리나라 현상황에서 공중발사체 개발을 위한 기술수준이나 여건 등을 종합적으로 고려해 볼 때, 최소의 비용으로 실효성있게 개발

이 가능한 방안으로, 향후 정량적 분석을 위한 추가적인 연구가 필요가 있다.

Acknowledgments

본 연구는 세종대학교 미래전략연구의 일환으로 산학협력단의 연구회지원사업으로 수행된 연구입니다.

References

[1] J. I. Kim, "South Korea's missile deterrence strategy after Moon Jae-in administration's missile guideline amendment," *Strategic Studies*, Vol. 26, No. 1, pp. 163-198, 2019.

[2] S. Y. Park, "Microsatellite System: A study on operation options for air-launch vehicles," Yonsei University, Seoul: Korea, 2019.

[3] S. S. Lee and S. W. Choi, "A plan to establish a Korean microsatellite system focusing on the defense reform task to equip rapid response capabilities," *Aerospace Research*, Vol. 6, pp. 139-165, 2019.

[4] The introduction of ALASA [Internet]. Available: <https://www.darpa.mil/program/airborne-launch-assist-space-access>

[5] J. W. Lee and B. K. Park, "Development and prospect of air launch vehicle," *Journal of the Korean Society for Aeronautical & Space Sciences*, Vol. 32, No. 3, pp. 124-130,

2004.

[6] The introduction of Virgin Orbit Launch One [Internet]. Available: <https://virginorbit.com/launch/>

[7] DARPA and NASA, "Report of the horizontal launch study," 2011.

[8] Orbital ATK, "Pegasus user's guide, release 8.0," 2015.

[9] Virgin Orbit, "Launcher One service guide, Version 1.1," 2018.

[10] K. Okamura, Y. Noguchi, S. Matsuda, T. Fuji, H. Kanayama, and J. Wallace, "ALSET-Japanese Air Launch System Ground Tests and Applications," *29th Annual AIAA/USU Conference on Small Satellites*, pp. 20. 2015.

[11] M. Sarigul-Klijn, N. Sarigul-Klijn, G. Hudson, B. McKinney, B. Menzel, and E. Grabow, "Trade studies for air launching a small launch vehicle from a cargo aircraft." in *43rd AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit* pp. 621. 2005.

[12] T. Arime, "An overview of air launch system and baseline sequence based on flight analysis," *Space Works Enterprises Inc.* 2015.

[13] J. W. Lee and J. Y. Hwang, "Concept plan of micro air-launch space vehicle mirinae-1," *Korea Aerospace Academic Journal*, Vol. 29, No. 2, pp.117-124, 2001.

[14] C. Park, "Prospectors for launch system development in Korea," *The First International Aerospace Technomart*, pp.79-104, 1996.

[15] S. S. Lee and T. H. Cho, "A Study on the Development of Air Launch Vehicle using Combat Aircraft," in *2021 Proceeding of the Journal of the Korean Society for Aeronautical & Space Sciences*, pp. 378-379, 2021. 7.



조 태 환 (Taehwan Cho)

2001년 2월 : 인하대학교 항공우주공학과 (공학사)
 2014년 2월 : 인하대학교 전자공학과 (공학박사)
 2014년 12월 ~ 2017년 7월 : 공군사관학교 전자통신공학과 조교수
 2021년 1월 ~ 현재 : 국방대학교 국방정책연구센터 연구원
 ※ 관심분야 : Avionics, Space Electronic Systems, Space Policy



이 성 섭 (Soungsub Lee)

1990년 2월 : 공군사관학교 항공우주공학과 (공학사)
 2003년 3월 : 연세대학교 천문우주학과 (이학석사)
 2009년 3월 : 버지니아공대 항공우주공학과 (공학박사)
 2021년 3월 ~ 현재 : 세종대학교 항공시스템공학과 부교수
 ※ 관심분야 : Dynamics and Control of Satellite Relative Motions