

## 비폭발식 소형위성 분리어댑터 기술동향 및 국산화 계획

탁경모\*, 박현주, 남주원, 김수민  
스페이스베이(주)

### Status and Development Plan of Non-Explosive Separation Adapter for small Satellite in Korea

Gyungmo Tahk\*, Hyeonju Park, Juwon Nam, Sumin Kim

**Key Words :** 비폭발식 분리(Non-Explosive Separation), 저충격(Low-Shock), 소형위성(Small Satellite)

#### 서론

인공위성은 무게에 따라 대형위성(1,000kg이상), 중형위성(500kg이상), 소형위성(500kg미만)으로 구분되고 소형위성은 다시 소형위성, 초소형위성, 나노위성, 피코위성으로 구분된다. 2000년대 초까지는 주로 중형급 이상의 위성이 상업적으로 이용되었으나 2010년대에 들어서면서 100kg급 소형위성이 상업적으로 처음 이용되기 시작하였다. 이후 2010년대 중반에 들어서 미국 기업을 중심으로 200kg 이하의 다양한 형태의 소형위성이 상용화되기 시작했으며, 이러한 변화는 위성의 발사체 탑재와 분리 방식에 큰 변화를 가져오게 되었다. 2019년에 처음으로 과거의 끼워타기(Piggy Back) 위성탑재 방식에 비해 주탑재체와 부탑재체를 구분하지 않고 동급의 소형위성을 대량으로 함께 탑재하는 승차공유형(Rideshare) 탑재서비스가 시작되면서 파이로(Pyro)를 사용하는 폭발식 분리어댑터는 비폭발식 어댑터로 빠르게 교체되기 시작했다. 이러한 변화는 미국과 유럽기업을 중심으로 다양한 형태의 비폭발식 동력장치들이 상용화에 성공한 영향이 크다.<sup>(1)</sup> 하지만 아직 우리나라에서는 우주용 비폭발식 동력장치가 상용화된 사례가 없는 한계를 가지고 있으며 일부 해외기업의 경우 폭발식을 유지하면서 폭발 충격을 줄이는 기술을 사용하고 있으나 우주시장에서는 그 가치를 인정받지 못하고 있다.

본 논문에서는 현재 해외에서 상업적 목적으로 사용되고 있거나 준비 중인 비폭발식 위성분리어댑터의 국가별 대표적인 사례와 국내 최초로 스페이스베이(주)에서 개발 중인 비폭발식 위성분리어댑터의 상용화 계획을 소개한다.

#### PSC(Planetary Systems Corp.), 미국

Fig. 1은 피에스씨(PSC)의 대표적인 비폭발식 위성 분리어댑터로 ‘Motorized Lightband’라고 불린다.<sup>(2)</sup> 기존의 폭발식 분리어댑터에서 사용되던 V-클램프(Clamp)의 체결구조를 반대 방향으로 설계하여 위성을 고정하는 링(Ring) 구조물을 어댑터 안에서 해제하고 구동시스템의 동력은 DC모터를 이용하는 것을 특징으로 한다. 피에스씨는 2010년대 초반부터 비폭발식 잠금 및 해제장치에 대한 미국특허권을 확보하



Fig. 1. MARK-II : PSC, USA

고 위성분리어댑터에 적용해 왔으며, MARK-II는 과거 10년 동안 미국 내 대부분의 상업용 발사체에서 100% 임무수행에 성공하여 높은 신뢰도를 인정받고 있다. 피에스씨는 2021년에 미국 소형발사체 기업인 로켓랩(Rocket Lab)에 인수되어 기존의 높은 시장점유율을 차지해온 중·대형 발사체를 이용한 위성발사서비스 시장에서 소형발사체 시장으로 사업영역을 확대하고 있다.

#### RUAG, 미국

루악(RUAG)은 세계적으로 가장 많은 비폭발식 잠금 및 해제장치에 대한 특허를 보유하고 있으며, 과거 30년 동안 축적한 우주용 분리 메커니즘 기술을 바탕으로 높은 신뢰도를 갖는 비폭발식 위성분리어댑터를 상용화하였다. Fig.2는 루악의 대표적인 소형위성용 15인치 비폭발식 분리어댑터로 V-클램프 체결구조를 유지하면서 CBOD(Clamp Band Opening Device)로 불리는 V-클램프를 해제하는 비폭발식 동력장치를 미국

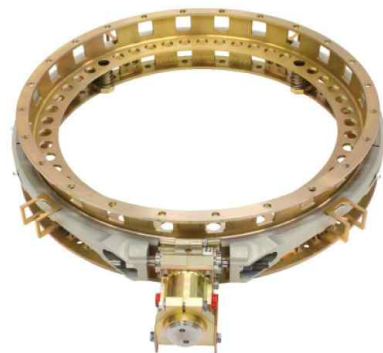


Fig. 2. PAS-381S : RUAG, USA

SNC, 록히드마틴(Lockheed Martin)과 공동으로 상용화하였다. 폭발식 V-클램프 구조의 최적설계를 통해 동급 제품보다 더 큰 체결력을 구현하여 위성탑재 및 분리성능을 향상시키고 충격량을 획기적으로 줄인 것을 특징으로 한다.<sup>(3,4,5)</sup> 2019년 이후 루약은 두 개 이상으로 연결된 소형위성 승차공유어댑터(ESPA) 분리용 비폭발식 어댑터를 포함하여 다양한 종류의 우주용 전개 및 분리장치 신제품을 출시하면서 위성의 대량 탑재와 안전한 분리에 필요한 차별화된 기술을 우주시장에 제공하고 있다.

**ExoLaunch, 독일**

2011년 독일 베를린 공대에서 분사한 엑소런치(ExoLaunch)는 승차공유형 소형위성 발사서비스에 특화된 제품과 기술을 주력사업으로 성장시키고 있으며 최근까지 100여개의 소형위성을 발사한 실적을 보유하고 있다. 특히 과거 러시아 소유즈(Soyuz) 발사체를 이용한 위성발사서비스에 이어 2020년부터 스페이스엑스(SpaceX)의 승차공유형 위성발사서비스인 트랜스포터(Transporter) 프로젝트에 참여하고 독일의 소형발사체 스타트업 기업인 로켓팩토리(Rocket Factory Augsburg)와 사업제휴를 발표하면서 우주시장에서 주목받고 있다.

Fig.3은 엑소런치의 소형위성 분리어댑터인 카보닉스(CarboNIX)를 나타낸다. 카보닉스는 2019년에 상용화된 최신 비폭발식 위성분리어댑터로 전자기(Electromagnetic)방식으로 구동하는 동력장치를 이용하여 비폭발식 분리메커니즘을 구현하였다. 두께 50mm, 분리 초기 각속도 2°/초 이하, 8인치 어댑터의 경우 무게가 2.6kg 이하로 동급의 경쟁사 분리어댑터 보다 가볍고 위성에 부착되는 링과 본체 사이의 링크(Link)구조를 이용하여 위성에 작용하는 힘을 증가시킬 수 있는 기능을 특징으로 한다.<sup>(6)</sup>

**UARX, 스페인**

우약스(UARX)는 2020년에 큐브위성 개발자 출신 2인의 공동 설립자가 창업한 기업으로 큐브위성 발사관과 소형위성 분리어댑터 기술을 이용하여 승차공유형



Fig. 3. CarboNIX : ExoLaunch, Germany



Fig. 4. SAURON : UARX, Spain

소형위성 발사서비스를 준비하고 있다. 최근에는 초소형위성 분야의 리브라 스페이스 재단(Libre Space Foundation), 발사체 분야의 아리안 스페이스(Arianespace)와 기술제휴를 발표하면서 초소형위성 발사서비스 시장진출을 가속화하고 있다.

Fig.4는 우약스에서 개발 중인 15인치 비폭발식 소형위성 분리어댑터로 DC모터를 이용하여 100g 이하의 저충격 위성분리기능을 구현하였다. 무게 2.5kg로 가볍고 최대 450kg 무게의 위성까지 탑재 가능하며 0.5m/s 이하의 매우 낮은 위성분리속도를 구현한 것을 특징으로 한다.<sup>(7)</sup> 우약스는 2021년말에 SAURON의 인증모델 개발을 완료했으며 2022년 내에 비행모델을 출시할 계획이다.

**JAXA / Kawasaki, 일본**

2013년 일본 우주항공연구개발기구(JAXA)와 카와사키 중공업은 H-IIA 발사체 성능개량사업에서 Fig.5와 같은 비폭발식 위성분리어댑터를 공동으로 개발하였다.<sup>(8)</sup> PAF-937M은 과거의 V-클램프 체결구조를 그대로 사용하면서 파이로 시스템을 대체하는 비폭발식 메커니즘을 사용하며, 이러한 비폭발식 해제 메커니즘은 미국 엔이에이(NEA Electronics Inc.)의 비폭발식 핀풀러(Pin Puller) 동력장치를 이용하고 네 개의 바(Bar)로 구성된 링크(Link)구조를 이용하여 V-클램프 밴드(Band)가 해제되는 시간을 증가시켜 파이로 해제 방식의 문제점인 클램프 밴드의 변형에너지(Strain Energy)의 급격한 발산으로 인한 충격을 감소시킨다.<sup>(8,9)</sup> 그러나 고가의 비폭발식 동력장치를 정부 허가를 받아 조달해야 한다는 점과 기존의 파이로 방식에 비해 분리 충격은 크게 줄였으나 충격응답스펙트럼(Shock Response Spectrum)을 기준으로 최대 1,000g의 충격이 발생한다는 점은 상업적 목적으로서의 가치와 저충격 분리성능에 있어서 근본적인 한계성을 시사한다.

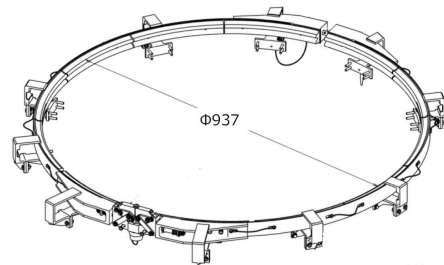


Fig. 5. PAF-937M : JAXA / Kawasaki, Japan

## SpaceBey, 한국

스페이스베이(주)는 2017년 KAIST 인공위성연구소의 100kg급 소형위성 개발자가 창업한 기업으로 큐브 위성 발사관과 한국항공우주연구원 소형발사체연구단과 공동으로 개발한 초소형위성 승차공유어댑터 기술을 이용하여 국내에서는 처음으로 승차공유형 소형 위성 발사서비스를 준비하고 있다. Fig.6은 스페이스베이에서 개발 중인 비폭발식 분리어댑터의 개념설계 모델로 주요 특징은 아래와 같다.

- ① 비폭발식 동력장치 사용
- ② 100g 이하의 저충격 분리메커니즘
- ③ 무회전 위성분리 메커니즘
- ④ 재사용 가능한 동력 및 구동시스템
- ⑤ 부품 및 소재 국산화
- ⑥ 저비용 적층제조 가능한 구조

스페이스베이는 앞 절에 소개한 미국과 유럽의 비폭발식 분리어댑터와 관련된 모든 선행특허를 회피하고, 기술적으로 가장 앞서있는 미국의 분리어댑터와 동등한 수준의 성능과 차별화된 기능을 구현하였다. 특히 부품과 소재의 국산화로 미국과 유럽의 수출제한 조치에 영향을 받지 않으며, 핵심기술의 미국특허권을 확보하여 해외 선진기업과 경쟁할 계획이다. 더 나아가 세계 우주시장에서 이미 그 기술력을 인정받고 있는 국내 기업의 소형위성 기술과 더불어 소형위성에 최적화된 경쟁력있는 대량탑재 및 분리기술을 제공하여 전 세계 우주시장에서 가장 큰 성장률을 나타내고 있는 소형 및 초소형위성 시장에 진출하는 것을 목표로 한다.

## 결론

35년 전통의 위성전문 매체인 비아 세틀라이트(Via Satellite)에서 발표한 2022년 가장 유망한 우주기업에 국내 기업을 포함한 소형위성 전문기업들과 우주시장 역사상 처음으로 승차공유형 소형위성 발사서비스기업 두 곳의 이름을 올렸다.<sup>(10)</sup> 우리나라도 아직은 시장의 규모가 제한적이지만 특수목적용 초소형 군집위성 사업이 시작되어 2024년부터 발사를 앞두고 있고, 민간 우주발사체 분야에서도 소형발사체 상용화 사업이 진행되는 등의 가시적인 변화가 일어나고 있다. 이러한 새로운 우주시장에서 요구하는 다양한 제품을 제때에

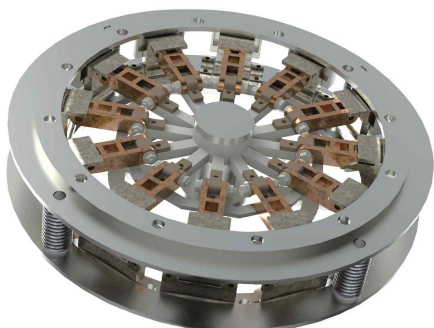


Fig. 6. Conceptual Model of Non-Explosive Separation Adapter : SpaceBey, Korea

공급하기 위해서는 자국 기술을 기반으로 한 선제적 투자와 도전적인 핵심기술 개발이 중요하다. 비폭발식 위성분리어댑터의 국산화는 소형위성이 주도하고 있는 우주시장 진입을 위해서도 필수적이지만 최근 세계적으로 그 중요도가 높아지고 있는 군사적 국가방위와 같은 특수목적의 위성활용 분야에 있어서 해외기술의 도움 없이 독자적으로 위성을 운용할 수 있는 능력을 확보하는데 있어서도 그 가치를 인정받을 수 있다.

스페이스베이는 2022년 초에 비폭발식 분리어댑터에 대한 개념설계를 완료하였으며 2022년 말까지 예비설계를 수행할 계획이다. 국내에서 상업용 군집위성이 발사되는 2024년까지 비행모델 개발을 완료하여 국내 수요에 대비할 예정이며, 이미 우주시장에서 상업용으로는 그 수명을 다한 폭발식 위성분리어댑터를 대체하고 초소형위성 발사관과 승차공유어댑터 기술이 통합된 소형위성 대량 탑재 및 분리시스템 판매와 발사서비스 분야로 국내외 우주시장에 도전할 계획이다.

## 참고문헌

- 1) M.H.Lucy, R.C.Hardy, E.H.Kist. Jr., J.J.Watson, S.A.Wise, "Report on Alternative Devices to Pyrotechnics on Spacecraft," 10th Annual AIAA/USU Conference on Small Satellites, 1996.
- 2) "Motorized Lightband MK-II Users Manual," RocketLab / Planetary Systems Corporation, 2022.
- 3) "PAS 381S(15") Separation System Data Sheet," RUAG Space, 2020.
- 4) Chuck Lazansky, "Refinement of a Low-Shock Separation System," Proceedings of the 41st Aerospace Mechanisms Symposium, Jet Propulsion Laboratory, 2012, pp.329-343.
- 5) David Downen, Scott Christiansen, "Development of a Reusable, Low-Shock Clamp Band Separation System for Small Spacecraft Release Applications," 15th Annual/USU Conference on Small Satellites, 2001.
- 6) "CarbonIX Users Guide," ExoLaunch GmbH, 2020.
- 7) "SAURON Separation Adapter Data Sheet," UARX Space, 2022.
- 8) Keita Terashima, Toru Kamita, Youichi Horie, Masakazu Kobayashi, Hiroki Onikura, "Development Sattus of Low-Shock Payload Separation Mechanism for H-IIA Launch Vehicle," 15th European Space Mechanisms and Tribology Symposium-ESMATS, 2013.
- 9) "Epsilon Launch Vehicle Users Manual," JAXA, 2018.
- 10) <https://www.satellitetoday.com/>