

## 우주물체 제거방식에 대한 분류

Classification of Space Object Removal Methods

---

저자 (Authors)	최준민 Joon-Min Choi
출처 (Source)	<a href="#">한국항공우주학회 학술발표회 초록집</a> , 2017.4, 268-269(2 pages)
발행처 (Publisher)	<a href="#">한국항공우주학회</a> The Korean Society for Aeronautical & Space Sciences
URL	<a href="http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE07188679">http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE07188679</a>
APA Style	최준민 (2017). 우주물체 제거방식에 대한 분류. 한국항공우주학회 학술발표회 초록집, 268-269
이용정보 (Accessed)	이화여자대학교 203.255.***.68 2020/01/27 13:45 (KST)

---

### 저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

### Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

## 우주물체 제거방식에 대한 분류

최준민\*

한국항공우주연구원

## Classification of Space Object Removal Methods

Joon-Min Choi\*

Key Words : Space Debris(우주 폐기물, 우주 쓰레기), Classification(분류), Removal(제거),

Space Object(우주 물체), Active Debris Removal(ADR, 적극적인 우주 쓰레기 제거)

## 서론

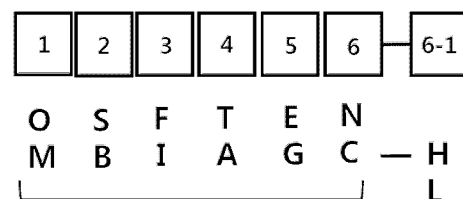
매년 약 54,000톤의 유성체가 우주로부터 지구로 떨어지고 있다. 이들의 크기는 대부분 밀리그램 수준이다. 그러나 0.01Kg 이상 되는 4,800( $\pm 500$ )개의 유성체와 1kg 이상 되는 10-150개의 유성체도 매일 지구로 떨어지고 있다<sup>(1)</sup>. 이외에도 우리 인간에 의해 만들어졌으나 더 이상 우주에서 활용되지 않는 물체인 우주 폐기물(Space Debris) 또는 우주 쓰레기도 6,300톤 정도 우주를 유영하고 있으며 매년 수백 톤씩 지구로 떨어지고 있다. 2009년 2월에 발생한 고장 난 러시아 통신위성 코스모스 2251호와 미국 통신위성 이리듐 33호와의 충돌은 지구 저궤도에서 물체의 밀도가 여는 수준을 넘으면 물체간의 충돌은 도미노 효과를 일으켜 더 이상 인공위성을 발사할 수 없는 환경을 초래할 수 있다는 Kessler Syndrome이 공허하지 않음을 일깨워 주었다.

현재 가장 문제가 되는 우주 폐기물에 대하여 UN 회원국들은 저궤도에서 위성과 로켓 상단이 임무 종료 후 25년 내에 지구 대기권에서 스스로 폐기(Post-Mission Disposal, PMD) 하도록 하는 가이드 라인을 준수하기로 결정하였다. 그러나 스스로 폐기(PMD)하는 설계나 장치 없이 이미 올라간 위성이나 로켓 상단에 대하여서는 다른 주체가 우주 폐기물을 제거하는 ADR(Active Debris Removal) 방식을 사용해야 한다. 이와 관련하여 현재까지 여러 가지 다양한 방식이 제안되고 실현을 앞두고 있다<sup>(2,3)</sup>. 우주 폐기물 제거의 중요성을 많은 사람들과 국가들이 인식함에 따라 향후에도 더 많은 우주 폐기물 제거 방식이 제안될 것으로 예상된다. 이와 같은 상황을 볼 때 우주물체 제거 방식에 대하여 분류 체계를 갖추게 되면 분류표만을 보고 제거방식의 대략적인 성격 및 특성을 쉽게 알게 되어 이 분야의 관심자는 물론 정책 결정권자가 향후 환경과 목적에 따라 적합한 제거 방식을 선택하는데 있어서 많은 도움 줄 수 있을 것으로 예측된다.

## 제안하는 분류체계

분류체계는 우주 폐기물을 제거하는 방식이 가지고

있는 특성에 따라 6가지 항목으로 그리고 마지막 여섯 번째 항목에 대하여 하부(Sub) 항목으로 구성되어 있다. 구체적인 규칙은 Figure 1에서 보듯이 6개의 항목과 1개의 하부 항목에 대하여 선택 가능한 두 가지 알파벳 중에 적합한 것을 채워가는 것이다.



6가지 항목의 선택 가능한 표기

6번째 항목이 C인 경우  
하부 분류의 선택

Y : 두가지 모두 가능한 경우 (Yes)

U : 정해지지 않은 경우 (Undecided)

Fig. 1. Rule for Classification

첫 번째 항목은 재사용 가능성에 관한 것으로 하나의 청소위성 또는 고안품이 오직 하나의 우주 폐기물을 제거하는 방식인 경우 O(One)로 표기하고 여러 개의 우주 폐기물을 제거할 수 있는 경우 M(Many)으로 표기한다. 두 번째 항목은 우주 폐기물의 크기에 관련된 것으로 소형 또는 미세한 크기일 경우 S(Small)로 중대형일 경우 B(Big)로 표기한다. 세 번째 항목은 처리할 수 있는 우주 폐기물의 최대 크기의 확장성에 관련된 항목으로 우주 폐기물의 최대 크기가 청소위성 또는 고안품의 크기에 따라서 확정적인 경우 F(Finite)로 유동적인 경우 I(Infinite)로 표기한다. 네 번째 항목은 비우호적으로 움직이는 우주 폐기물에 포획하는데 적합한 방식일 경우에 T(Tumbling)로, 상대적으로 훨씬 정밀한 센서와 구동기를 이용하는 포획 기술일 경우에는 A(Attitude)로 표기한다. 다섯 번째 항목은 포획물을 지구 대기권으로 진입(Deorbit)시켜 마찰열로 소각 시키는 경우 E(Earth)로 원하는 장소(Graveyard Orbit)로 옮기는 경우 G(Graveyard)로 표기한다. 여섯 번째 항목은 우주 폐기물과 직접적인 접촉 여부로서

기계적인 힘이 가해지는 접촉이 있는 경우 C(Contact)로 비접촉식 경우 N(Non-contact)으로 표기한다. 여기에서 접촉식 방식(C)의 경우에는 하부 분류가 더 가능하다. 하부 항목은 포획한 이후에 포획물을 밀어서 이동할 경우 H(push)로 견인하는 방식일 경우에는 L(pull)로 표기한다. 만일 각 항목과 하부 항목에서 두 가지 경우를 모두 만족 시킬 경우에는 Y(Yes)로 그리고 명확한 구분이 어려울 경우에는 U(Undecided)로 표기할 수 있다.

### 분류의 예시

첫 번째 예시로 참고 문헌 2에서 소개한 ‘그물(Net)’ 방식을 분류해 보면, 청소위성이 여러 개의 그물을 싣고 하나의 우주 폐기물을 포획한 후 원하는 장소로 견인(Pull)한 후에 밧줄(Tether)을 끊게 되면 여러 번 사용할 수 있다. 그물의 크기가 확장 가능하고 그물을 펼쳐서 대상물을 포획하므로 고도로 정밀한 센서나 구동기 없이 비우호적으로 회전(Tumbling)하는 중대형 우주 폐기물을 포획하는데 효과적이다. 오히려 그물 간격보다 작은 우주 폐기물은 포획할 수 없다. 우주 폐기물은 주로 Graveyard Orbit로 옮겨지겠지만 원하는 경우 지구로 내려오면서 소각되어질 수도 있다. 이러한 경우 Figure 1에서 표현된 그물 방식에 대한 분류 결과는 MBITYC-L이 된다.

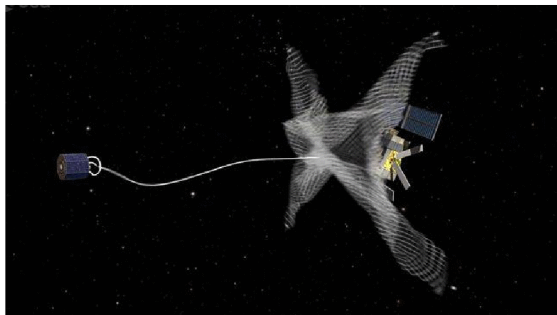


Fig. 2. Space Object Capture by Net

두 번째 예시는 참고 문헌 2에서 소개한 ‘구속장치(Clamping Mechanism)’ 방식으로 청소위성이 우주 쓰레기를 포획하는 순간에는 매우 정교한 기술이 필요하다. 즉, 청소위성과 우주 쓰레기간의 상대 위치 및 속도를 측정하는 정밀한 센서와 위성의 자세를 정교하게 조절하는 구동기가 필요하다. 구속장치 형태는 우주 쓰레기의 형태에 따라 달라질 수 있지만 포획되는 우주 쓰레기는 구속장치 보다 작아야 한다. 하나의 청소위성은 하나의 우주 쓰레기 포획한 이후에는 밀어서(Push) 주로 지구로 Deorbiting 하여 소각하는데 원한다면 쓰지 않는 궤도(Graveyard Orbit)로 보낼 수도 있다. 이러한 사실로 바탕으로 Figure 2에서 표현된 구속장치 방식의 분류 결과는 OBFAYC-H가 된다. 이 밖에도 참고 문헌 2에서 소개된 여러 가지 방식에 대한 분류는 Table 1에 정리하였다.

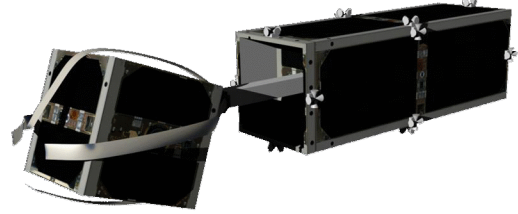


Fig. 3. Clamping Mechanism

Table 1. Classification of Space Object Removal Methods

방식	분류	비고
그물(Net)	MBITYC-L	
작살(Harpoon)	MBITYC-L	
구속장치 (Clamping Mechanism)	OBFAYC-H	5번 항, 대부분의 경우 E
팔매질(Sling)	MBFTEC-H	6-1번 항, 실제로는 Throwing
레이저(Laser)	MSITEN	
지구자기력 (Electromagnetic Deflection)	MSITEN	
거품(Foam)	MBITEN	
인공대기 (Artificial Atmosphere)	MSITEN	
끈끈이 (Flypaper)	MSFTEC-H	
자기장 그물	MSFTEC-H	

우주 폐기물을 제거하는 방식에 대한 분류 체계를 제안하였다. 이로서 분류표만을 보고 제거방식의 대략적인 성격 및 특성을 쉽게 이해할 수 있게 된다.

### 참고문헌

- 1) Anselmo, L. and Pardini, C., "Computational Methods for Reentry Trajectories and Risk Assessment", *Advances in Space Research*, Vol. 35, 2005, pp. 1343~1352.
- 2) Choi, J. M., "Study on Methods for Space Debris Removal", *Current Industrial and Technological Trends in Aerospace*, Vol. 14, No. 2, 2016, pp. 43~54.
- 3) Kim, H. D. and Kim, M. K., "Recent Status on Active Space Debris Removal Technologies", *Journal of the Korean Society for Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 43, No. 9, 2015, pp. 845~857.