



초소형 위성을 이용한 우주파편 제거 연구 동향

Research trends on Space Debris Removal using a Cubesat

저자 (Authors)	임성민, 성재동, 김해동
출처 (Source)	한국항공우주학회 학술발표회 초록집 , 2013.4, 781-785(5 pages)
발행처 (Publisher)	한국항공우주학회 The Korean Society for Aeronautical & Space Sciences
URL	http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE02278294
APA Style	임성민, 성재동, 김해동 (2013). 초소형 위성을 이용한 우주파편 제거 연구 동향. 한국항공우주학회 학술발표회 초록집, 781-785
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.

초소형 위성을 이용한 우주파편 제거 연구 동향

Research trends on Space Debris Removal using a Cubesat

임성민^{1*}, 성재동¹, 김해동^{1,2}

과학기술연합대학원대학교¹, 한국항공우주연구원²

초 록

우주쓰레기들로 인한 지구 주위 궤도의 환경악화로 향후 우주개발에 대한 위험성이 증가하고 있다. 이에 세계 각국에서는 우주파편으로 인한 문제들을 해결하기 위해 서비스 위성 및 우주파편 능동제거 방법에 대한 연구를 진행하고 있다. 본 논문에서는 초소형 위성(큐브셋)을 이용한 우주파편 능동제거에 대한 해외 연구사례를 소개하고, 우주파편 캡처를 위한 지상시험장치(Testbed)들의 사례를 살펴보았다. 또한, 현재 국내에서 수행중인 우주파편 능동제거 연구에 대해 소개하였다.

ABSTRACT

The risk on the development of the space is increasing by environmental degradation caused by space debris in near earth orbit. Thus, the researches about the Servicing Satellite and Active Debris Removals(ADR) on how to solve the problem caused by space debris are conducted by around the world. In this paper, abroad research cases of the ADR using Cubesat and testbed to capture the space debris are presented. Also, domestic research of ADR is introduced.

Key Words : Space Debris(우주파편), Active Debris Removals(우주파편 능동제거), Ground Based Testbed(지상기반 테스트베드), 초소형 위성(Cubesat)

1. 서 론

우주파편의 증가는 지구 주위 궤도의 환경을 날로 악화시키고 있다. 실제, 국제우주정거장 ISS(International Space Station)경우, 지난 2012년 10월 31일에 2009년 Iridium 33과 Cosmos 2251의 충돌로 발생된 Iridium 33의 파편을 피하기 위한 회피기동을 포함하여 2012년에만 총 3번의 회피기동을 수행한 바 있다.⁽¹⁾ 이처럼 우주개발 활동이 증가함에 따라 우주파편의 개체수도 증가하여 국제우주정거장뿐만 아니라 세계 각국의 위성과 자국 위성의 충돌 위험도 증가하고 있다.

이와 같은 상황에서 미항공우주국(NASA)을 포함한 여러 기관에서는 운영 중이거나 발사계획인 위성에 대해 자체적인 폐기규정을 마련하여 효율적인 폐기를 계획하고 있다. 하지만, 현재 우주공간에 존재하는 대부분 우주파편의 경우 직접적인

제어가 불가능하므로 서비스 위성 등을 이용한 능동적인 제거가 필요하다.

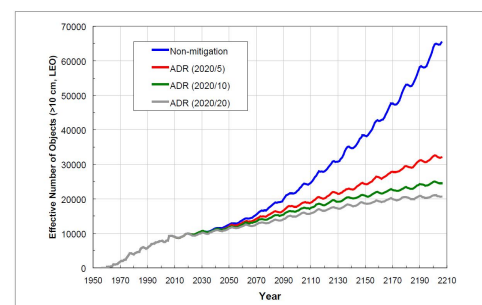


Fig. 1. LEO debris populations simulation⁽²⁾

Fig. 1은 매년 일정 개수의 우주파편을 제거한다는 4가지 시나리오에 따른 차후 200년 동안 증가할 우주파편의 수를 예측한 것이다. 그림에서 보는바와 같이 매년 최소 5개 이상 주요 파편들을 제거하지 않으면, 앞으로 더 이상의 발사가

없더라도 장기적으로 우주파편이 크게 늘어남을 알 수 있다. 반면에 우주파편 제거를 수행한다면 하지 않은 경우보다 그 수가 절반 이상 줄어드는 것으로 예상된다.

우주파편을 제거하는 방법으로는 수동적인 방법과 능동적인 방법으로 나눌 수 있다. 수동적인 방법은 외부요인에 의한 제거로써 지구주위 대기 항력에 의해 대기권 진입을 통한 제거 방법이 한 예이다. 능동 제거는 서비스위성이 해당 우주파편에 근접하여 제거하는 방법으로, 초소형 위성을 이용한 기술검증 계획이 있다.

한편, 우주파편을 직접 제거하기 위해서는 랑데부(Rendezvous), 도킹(Docking), 근접운용(Proximity Operation), 위치유지(Station Keeping) 등 핵심기술에 대한 검증이 필요한데, 우주선진국에서는 이에 대한 기술을 검증하고자 다양한 방식으로 지상기반 테스트베드(Testbed)를 구성하고 있다.⁽³⁾

본 논문에서는 우주파편 제거를 위한 초소형 위성 이용 사례와 핵심기술의 검증에 필요한 해외 지상시험모델에 대해 소개하였고, 국내 선형연구 방향의 계획 및 진행현황에 대하여 다루었다.

2. 본 론

2.1 초소형 위성 이용 사례

국외 우주 연구기관에서는 초소형 위성을 이용하여 우주쓰레기 문제를 해결하기 위한 여러 가지 방법에 대해 연구를 진행하고 있다.

2.1.1 Japan Space Debris Plan

일본 우주항공연구개발기구(JAXA)에서는 로봇 팔이 탑재된 마이크로 위성(Micro Satellite)을 이용하여 우주파편을 캡처하고, 지구자기장을 이용한 로렌츠 힘(Lorentz Force)으로 항력을 발생시키는 EDT(Electrodynamic Tether)에 대한 연구 중이며, 유사한 방식으로 그물망(Net)을 이용하는 방법도 함께 연구하고 있다.⁽⁴⁾

최근 2013년 1월에는 2014년에 발사하는 무인 수송선 HTV를 우주쓰레기에 접근시켜 EDT를 이용하여 제거할 것이며, 2019년에 EDT를 우주파편에 부착하는 청소위성을 발사할 계획을 발표하였다.

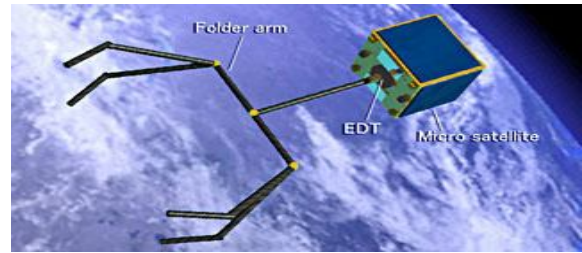


Fig. 2. Electrodynamic Tether⁽⁴⁾

2.1.2 CleanSpace One

2012년 2월, 스위스 로잔 연방공과대학(EPFL)에서 CleanSpace One 프로젝트를 발표하였다. 이는 3U 큐브위성을 이용하여 우주파편을 제거하는 계획으로, 발사된 위성은 630~750 Km 상공에서 7.78Km/sec 속도로 우주파편을 가정한 1U 큐브위성을 2U 청소위성이 잡고, 텀블링을 줄인 안정된 상태에서 대기권으로 재 진입한다. 이 청소위성은 2015~2016년에 발사 예정이다.⁽⁵⁾

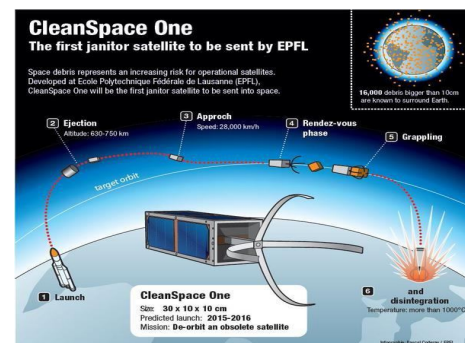
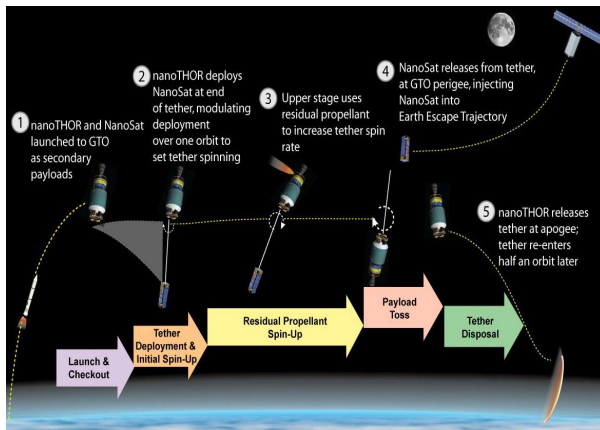


Fig. 3. CleanSpace One⁽⁵⁾

2.1.3 NanoTHOR

NASA에서는 나노위성에 Tether 기술을 적용시켜 저비용으로 정지궤도, 달, 그리고 태양계 행성 등을 탐사 시 적용될 수 있는 NanoTHOR (Nanosatellite Tethered High-Orbit Release) 연구를 진행 중이다. 내용은 NanoSat과 결합한 NanoTHOR 모듈이 발사체와 분리된 후 Tether를 전개하고, NanoTHOR 모듈의 주력기로 회전 시킴으로써 모멘텀을 증가시켜 발생하는 추력을 이용, NanoSat을 지구 탈출 궤도로 진입시킨다. 무게중심이 NanoTHOR 모듈에 더 가깝기 때문에 회전발생시 NanoSat에 큰 ΔV 를 제공할 수 있다.⁽⁶⁾

Fig. 4. NanoThor CONOPS ⁽⁶⁾

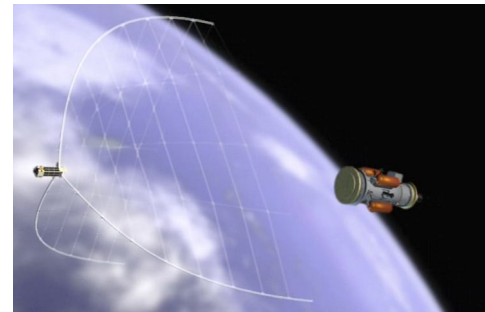
2.1.4 Terminator Tape

Tethers Unlimited Inc.(TUI)에서는 고도 1000km 미만에서 운용되는 마이크로 위성체에 탑재할 Terminator Tape deorbit module에 대한 연구를 진행하고 있다. 피자박스 형태인 이 모듈은 마이크로 위성의 한 면에 부착되어 위성의 임무종료 후 약 250m의 전도 테이프를 펼쳐 위성의 단면적을 넓혀 공기역학적 저항을 발생시키고, 전도 테이프에 의해 유도된 전기적 저항도 발생한다. 두 저항을 이용하여 궤도를 벗어난다.⁽⁷⁾

Fig. 5. Terminator Tape Module⁽⁷⁾

2.1.5 GRASP(Grapple, Retrieve, And Secure Payload)

마이크로 위성을 이용하여 우주파편이나 작은 소행성, 고장 난 우주비행체를 잡거나 다루기 위한 기술 개발에 대한 연구로 현재 TUI에서 연구를 수행하고 있다. 그물형태의 캡처시스템을 이용하기 때문에 타겟(Target)이 텀블링을 하거나 캡처시스템이 없어도 캡처가 가능하며, 캡처 이후 궤도이탈을 하기위해 2.1.4에서 제시한 Terminator Tape를 마이크로 위성체에 적용할 계획이다.⁽⁸⁾

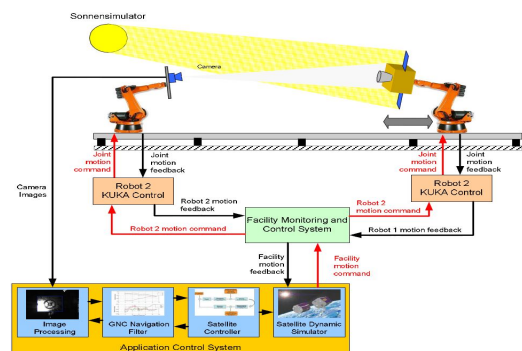
Fig. 6. GRASP technology ⁽⁸⁾

2.2 국외 지상시험모델 사례

지상시험모델은 2차원 공간에서 무마찰 상태(Frictionless State)의 바닥을 만들어 그 위에서 플랫폼(Platform)이 떠다닐 수 있도록 가스를 분출하는 방식과 수중에서 수영하는 방식 등이 있다. 또한 로봇팔(Robot Arm)형식을 이용하여 플랫폼이 3차원을 움직이는 방식도 있는데, 각 기관의 목적에 따라 다양한 방식으로 구성하게 된다.

2.2.1 German Aerospace Center(DLR)

독일우주항공연구소(DLR)에서는 25m급의 6-자유도 동적 도킹 시뮬레이터(European Proximity Operations Simulator, EPOS)를 Fig. 7와 같이 구성하였다. 두 대의 로봇은 각각 25m 레일시스템(rail system) 위에 구성되어 있으며, 그 내용은 가상의 태양빛으로 Chaser(Fig. 7, 좌)의 카메라가 Target(Fig. 7, 우)을 인식하고, 이때 생성되는 영상정보를 처리하여 위성의 움직임을 제어해 도킹을 한다.⁽⁹⁾ 이 테스트베드는 우주환경을 모사하지는 않았지만 궤도상에서 위성의 3차원 움직임을 구현할 수 있다.

Fig. 7. EPOS HIL simulation scenario⁽⁹⁾

2.2.2 SRL at Naval Graduate School

2차원 평면상에서 우주환경을 모사하기 위한 방법 중 무마찰 평면을 이용한 방식으로 DARPA, NASA 및 MIT 등 많은 대학과 연구기관에서 실험실 환경을 구축한 상태이다. Fig. 8는 미해군 대학원(NPS)의 SRL(Spacecraft Robotics Laboratory)의 무마찰 테스트베드이다. 바닥의 재질은 에폭시이며, 무인 플랫폼 AUDASS II(Autonomous Docking and Servicing Simulator II)에 장착된 에어베어링(Air Bearing)을 통해 가스를 분출시켜 무마찰 상태를 만들었다.⁽¹⁰⁾ 실내 벽에 장착된 GPS를 토대로 무인플랫폼의 위치를 확인하고, 플랫폼 상단에 위치한 카메라를 이용하여 영상정보를 획득한다. 들어온 영상을 실시간으로 처리 후 추력기를 작동시켜 다른 무인플랫폼과 도킹 할 수 있도록 구성되어있다.

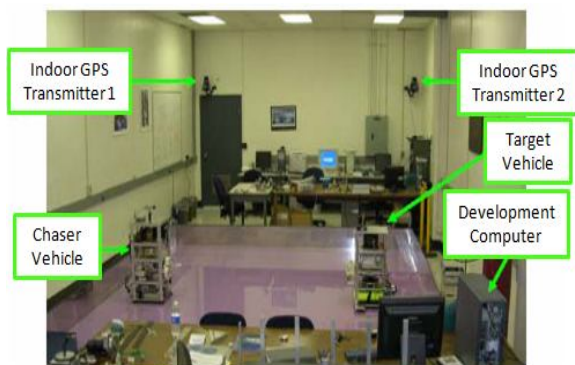


Fig. 8. Spacecraft Robotics Laboratory at NPS ⁽¹⁰⁾

2.3 국내 연구계획 및 진행상황

한국항공우주연구원에서는 2011년부터 ‘NAP 우주파편 충돌위험 종합관리시스템 개발 및 우주파편 제거 시스템 연구’를 수행 중이며, 2014~16년에 우주파편 능동제거를 위한 연구를 계획하고 있다. 현재는 본 연구를 진행하기 전 단계로써 우주환경은 고려하지 않은 상태에서 무인 플랫폼과 영상 센서를 이용하여 해당 물체를 추적하기 위한 선행연구를 진행 중이다. 현재, 무인 플랫폼은 로버형태인 Ntrex社의 NT-Commander-1, 영상센서는 스테레오 카메라인 Point Grey社의 Bumblebee 2를 이용할 계획이다. 이를 이용하여 운영자(Operator)가 선택한 물체(Target) 또는 영상을 통해 인지된 물체와의 거리를 측정하는 동시에 지속적인 추적을

통해 다가간다. 두 물체가 근접한 상황에서는 도킹이나 로봇팔을 이용한 캡처 등 근접운용에 대한 연구를 진행할 계획이다.

Fig. 9는 우주환경을 고려한 지상기반 테스트베드 구성 계획이며, Table 1은 테스트베드 구성시 소요 예상 품목을 정리하였으며, 추후 요구사항에 따라 결정할 예정이다.

Table 1. 소요 예상 품목

Hardware		
Platform	Vision Sensor	Compressed Tank
	IR Sensor	Air Bearing
	Radar (Lidar)	CMG
	GPS Sensor	IMU
	Wireless Communication	Onboard Computer
	Thruster	Batteries, etc.
Testbed	Flat Floor(Epoxy Floor)	
	Light Source	
	GPS Transmitter	
	Control Computer	
Software		
Labview	LabVIEW developer suit	
	Real-Time Deployment	
	FPGA Deployment	
Matlab	Control System Toolbox	
	Image Processing Toolbox	
	Computer Vision Toolbox	
Visual Studio (C++ / C#)	OpenCV library	
	Microsoft Robotics Developer Studio (MRDS)	

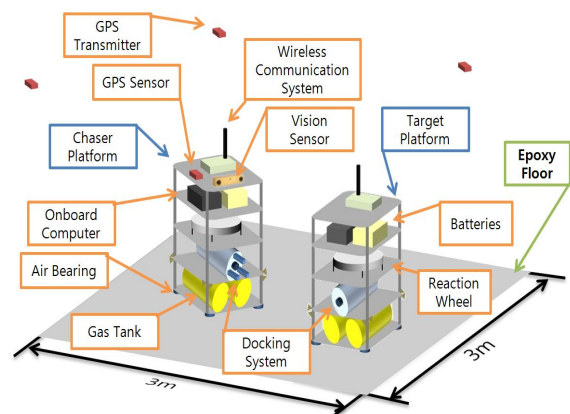


Fig. 9. Testbed 구성 계획

3. 결 론

앞으로 지속적인 우주개발을 하기위해서 우주환경악화를 막는 것은 필수가 되었다. 이에 우주선진국에서는 우주파편을 제거하고자 노력하고 있으며, 초기연구를 위한 지상기반 테스트베드를

구성하여 연구 중이다.

한국항공우주연구원에서는 지구 주위 우주 환경을 고려한 테스트베드를 구성하여 물체에 접근하는 방법에 대한 연구를 진행할 계획이며, 이를 위해 무마찰 환경의 2D 테스트베드를 계획하고 있다. 추후 연구목적과 방향에 맞추어 구체적인 테스트 베드 설계가 이루어질 예정이다.

후 기

본 연구는 기초기술연구회 ‘NAP 우주물체 전자광학 감시체계’의 협동연구과제(우주 파편 충돌위험 종합관리시스템 개발 및 우주파편 제거시스템 연구)의 일부로 수행되었으며, 이에 기초기술연구회와 한국항공우주연구원의 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- (1) NASA Orbital Debris Program Office, 2013, "Another Debris Avoidance Maneuver for the ISS", *Orbital Debris Quarterly News*, Vol. 17, Issue. 1, pp. 3.
- (2) NASA Orbital Debris Program Office, 2007, "A Preliminary Active Debris Removal Study", *Orbital Debris Quarterly News*, Vol. 11, Issue. 4, pp. 6~7.
- (3) Andrew M. Long, Matthew G. Richards and Daniel E. Hastings, 2007, "On-Orbit Servicing: A New Value Proposition for Satellite Design and Operation", *Proceeding of Journal of Spacecraft and Rockets*, Vol. 44, No. 4, July-Aug, 2007 pp. 964~976.
- (4)http://www.jaxa.jp/article/interview/vol67/p2_e.html
- (5)<http://actu.epfl.ch/news/cleaning-up-earth-s-orbit-a-swiss-satellite-to-tac/>
- (6)http://www.nasa.gov/directorates/spacetechniac/2012_phase_I_fellows_hoyt.html#backtoTop
- (7)<http://www.tethers.com>
- (8) Rob Hoyt, "Space Debris Mitigation Technologies", Tethers Unlimited, Inc. pp.4~5
- (9) T. Boge, H. Benninghoff, M. Zebenay, F. Rems, 2012, "Using Robots For Advanced Rendezvous and Docking Simulation", SESP 2012: Simulation and EGSE facilities for

Space Programmes

- (10) David A. Friedman, 2005, "Laboratory experimentation of autonomous spacecraft docking using cooperative vision navigation", Naval Postgraduate School, Monterey, California