

궤도상 서비스 임무를 위한 상대항법 시스템 개념설계

나윤주^{1,†}, 백광열¹

¹한국항공우주연구원 위성연구소 위성기술연구부

Conceptual Design of Relative Navigation for On-Orbit Servicing Mission

Yunju Na^{1,†}, Kwangyul Baek²

¹Satellite Technology Department of Korea Aerospace Research Institute

Abstract : 궤도상 서비스는 기존 위성의 수명 연장을 위한 방법을 제시함으로써 새로운 위성을 개발하기 위한 시간과 비용을 절감할 수 있다. 그 밖에도 우주쓰레기 제거나 우주 탐사, 기존 위성의 임무 확장 등을 위한 목적으로 활용될 수도 있어서 관련 기술이 주목 받고 있다. 특히, 성공적인 임무 수행을 위해서는 타겟 위성에 접근하기 위한 랑데부와 도킹 기술이 필수적이며, 이를 위해 신뢰할 수 있는 상대 항법 시스템의 구성이 매우 중요하다. 본 연구에서는 궤도상 서비스 임무를 위한 상대 항법 시스템의 개념 설계를 정리한다. 근접 운용과 도킹을 위해 두 위성의 상대 거리에 따른 알고리즘과 센서 시스템을 고려하여, 상대 항법 알고리즘과 항법 센서를 선정하였다.

Key Words : On-Orbit Servicing (궤도상 서비스), Relative Navigation System (상대 항법 시스템), Navigation Sensor Configuration (항법 센서 구성)

연료 재공급, 유닛 교체, 수리 및 점검 등과 같은 궤도상 서비스 임무는 기존 위성의 수명을 연장시킴으로써 새로운 위성의 개발에 필요한 비용과 시간을 절감할 수 있다는 이점이 있다. 뿐만 아니라 기존 위성의 운용 범위의 확대를 위한 위성의 배치 변경이나 수명이 다한 위성의 폐기 등과 같은 임무에도 궤도상 서비스 기술의 활용이 가능하다. 이와 같은 우주산업으로의 확장성을 고려하여 궤도상 서비스 임무를 위한 기술이 주목받고 있으며, 관련 연구가 다방면으로 진행되고 있다.

궤도상 서비스 임무 수행을 위해서는 효율적인 임무 설계와 함께 랑데부 및 도킹, 자동화된 유도항법제어 기술, 서비스 제공을 위한 탑재체 인터페이스, 지상 관제 시스템 등의 다양한 기술 연구가 필요하다. 특히, 서비스를 제공하기 위해 타겟 위성에 접근하기 위한 랑데부와 도킹 기술이 필수적이며, 이를 위해 신뢰할 수 있는 상대 항법 시스템의 구성이 매우 중요하다. 두 위성의 거리에 따라 사용할 수 있는 센서에 제약이 있으며, 따라서 서비스 위성에 탑재되는 항법 센서는 임무 시나리오와 사용 가능성, 센서의 목적 등을 고려하여 선정해야 한다.

두 위성은 각각 GNSS 수신기를 이용한 절대 위치 정보는 사용이 가능하며, 서비스 위성은 타겟 위성의 절대 위치 정보를 지상에서 주기적으로 업로드 받아서 상대 위치를 추정할 수 있다. 지상에서는 주기적으로 타겟 위성의 GNSS 기반의 절대 위치 정보와 예측한 상대 위치를 서비스 위성에 업로드 시켜준다. 이 예측 값은 GNSS 오차 및 궤도 오차가 포함되어 있으며, 또한 두 위성이 수 미터 이내에서 근접 운용을 하는 경우에는 GNSS 정보를 활용하기 어렵다. 따라서, 보다 정확한 상대 위치 추정을 위해서는 영상 기반의 항법 시스템을 사용할 수 있다.

서비스 위성의 영상 기반 항법 시스템에 활용할 수 있는 주요 항법 센서는 NFOV/WFOV 카메라와 라이다, 레인지

파인더이다. 각 센서의 가용 범위가 다르기 때문에, 궤적 설계 시에 이를 고려하여야 한다. 랑데부와 원거리의 접근 단계에서는 카메라의 시선벡터 정보를 사용하여 타겟 위성을 탐지하고 추적한다. 라이다의 가용 범위까지 접근이 되면, 카메라의 시선벡터 정보와 라이다의 거리 정보를 활용하여 보다 정확한 상대 거리의 추정이 가능하다. 또한, 라이다의 3차원 데이터를 활용하여, 타겟 위성의 자세를 추정할 수 있다. 라이다의 3차원 데이터를 이용한 자세 및 위치 추정은 도킹 단계 이전까지 적용한다. 타겟 위성의 캡처 이후에 진행되는 도킹 단계에서는 타겟 위성의 전체 형상을 영상으로 확인하기는 어려우며, 타겟 위성의 도킹부에 대한 부분적 상대 항법을 수행해야 한다.

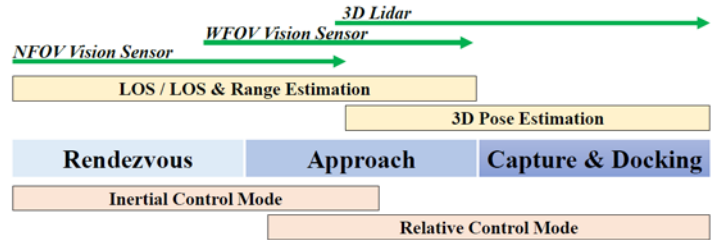


Fig. 1 궤도상 서비싱 임무를 위한 항법시스템 센서 구성

본 연구에서는 궤도상 서비싱의 랑데부 및 도킹 단계에서 활용이 가능한 상대 항법 시스템의 개념 설계를 정리하였다. 위의 항법시스템의 적용을 위해 랑데부 및 근접 운용을 위한 궤도 시나리오는 연료 사용량과 충돌 안전성 등을 고려하여 설계하였고, 서비서 위성의 운용 모드는 임무 순서에 따라 정의하였다. 서비서 위성의 항법시스템은 타겟 위성과의 거리에 따라동 동작하는 센서와 알고리즘이 다르게 적용되어, 안전 영역을 고려한 점차적인 접근을 지향한다.

†교신저자 (Corresponding Author)

E-mail: yjna@kari.re.kr

Copyright © The Society for Aerospace System Engineering