

HAUSAT-2 소형 위성 동물 추적 시스템 탑재체 개발

이정남[†], 이병훈, 문병영, 장영근
한국항공대학교 우주시스템 연구실

DEVELOPMENT OF THE HAUSAT-2 PAYLOAD OF ANIMAL TRACKING SYSTEM

Jeong-Nam Lee, Byung-Hoon Lee, Byung-Young, Moon, and Young-Keun Chang
Space System Research Lab, Hankuk Aviation University, Goyang 412-791, Korea
E-mail: lee1220@hau.ac.kr

(Received April 5, 2006; Accepted April 10, 2006)

요 약

한국항공대학교 우주시스템연구실에서는 나노급 위성인 HAUSAT-2 개발과 더불어 주요 탑재체인 동물 추적 시스템을 직접 연구 개발하고 있다. 동물 추적 시스템은 위성에 탑재되는 동물 추적 시스템 수신기와 동물 추적 송신기, 위성으로부터 수신된 신호를 해석하고 처리하는 지상국으로 구성되어 있다. 본 논문에서는 동물추적시스템의 전반적인 운용개념과 하드웨어 개발에 대하여 기술하며 데이터를 처리하기 위한 소프트웨어 알고리즘 및 도플러 편이(Doppler Shift)를 이용한 동물 위치 추정 알고리즘에 대하여 논한다.

ABSTRACT

Animal Tracking System consists of Animal Tracking System Receiver on the Satellite segment, Animal Tracking Terminal and Ground Station for data analysis on the Ground segment. This paper describes operation concept and hardware design for Animal Tracking System which is the payload of HAUSAT-2 being developed by the Space System Research Laboratory (SSRL). Algorithms for determination of animal position and data processing are also referred to.

Keywords: HAUSAT-2, animal tracking system, Nano/Microsatellite

1. 서 론

인공위성 텔레메트리를 이용한 동물 위치 추적은 1969년 미국 NASA의 기상 위성을 이용하여 처음으로 실시되었으며 1978년 ARGOS(Advanced Research and Global Observation Satellite) 시스템의 도입과 더불어 본격적으로 발전하면서 전 세계 동물생태학자들에게 중요한 연구 결과를 제공해 오고 있다.

GPS(Global Positioning System)가 운용되면서 매우 정밀한 위치 측정이 가능하게 되었지만 동물 추적 분야에 있어서 ARGOS 시스템은 여전히 다방면으로 사용되고 있다. ARGOS 시스템에서 사

[†]corresponding author

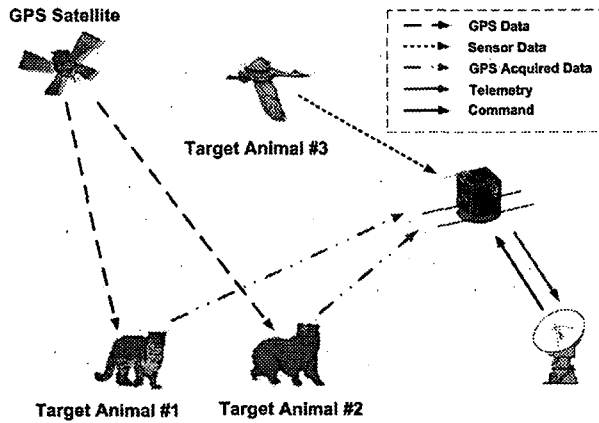


그림 1. ATS 운용 개념도.

용되는 송신기는 GPS 수신기가 부착된 송신기에 비해 정확도는 떨어지지만 송신기 경량화를 통한 소형 동물 추적에 적합하기 때문이다. 우주시스템연구실에서 연구, 개발 중에 있는 동물 위치 추적 시스템은 앞서 소개한 두 가지 경우를 모두 처리할 수 있도록 개발되고 있다. 무게에 큰 제약이 없는 포유동물에 장착되는 단말기는 GPS 수신 가능한 모듈을 포함하고 있으며 무게 제약이 큰 조류와 같은 소형 동물에 장착되는 단말기는 GPS 수신 장치 없이 단말기 센서 정보만을 HAUSAT-2 위성을 향해 송신하게 되며 이렇게 수신 된 정보는 도플러 편이(Doppler Shift)를 이용한 거리 추정 알고리즘을 통해 위치가 결정된다. 본 논문에서는 현재 개발 중인 두 가지 종류의 동물 추적 송신기(ATT: Animal Tracking Terminal) 및 이들로부터 데이터를 수신하고 정보를 처리하기 위해 위성에 탑재되는 동물 추적 시스템 수신기(ATSR: Animal Tracking System Receiver)에 대하여 살펴보고 도플러 편이(Doppler Shift)를 이용한 위치 추정 알고리즘에 대하여 논한다.

2. 동물 추적 시스템 설계

2.1 동물 추적 시스템(ATS: Animal Tracking System) 개요

HAUSAT-2 주요 탑재체인 ATS는 위성에 탑재되는 ATSR과 동물에 장착되는 ATT 및 위성으로 수신된 데이터를 처리하고 그 결과를 사용자에게 제공해 주기 위한 지상국으로 나누어져 있다. ATT는 운용 기간을 극대화하기 위하여 위성 비컨 신호를 인지할 수 있는 수신기를 제거하여 배터리 소모를 최소화 하였으며, 미리 예상된 HAUSAT-2 위성 궤도에 따라 위성과의 접속 확률이 높은 시간대에 ATT를 가동시킴으로써 데이터를 획득하게 된다. ATSR은 145.860MHz의 VHF 대역 FSK 신호를 수신할 수 있도록 설계되었으며, 예비 시스템을 가지고 있어 임무기간인 1년 동안 지속적이면서도 신뢰성 있는 임무 수행이 가능하다. 동물 추적 송신기의 경우, GPS 수신기가 장착된 GPS 수신 가능 송신기(GPS-In ATT)와 GPS 수신기 없이 일정 시간 동안 HAUSAT-2 위성으로 송신기의 센서 데이터만을 송신하는 GPS 수신 불가 송신기(GPS-Ex ATT) 등 크게 두 가지 형태로 개발되고 있다. ATT는 동물에 부착되어야 하는 만큼 송신기 무게에 많은 제약 조건이 부여된다. 비교적 개체 크기

ATSR Electrical Interface Design

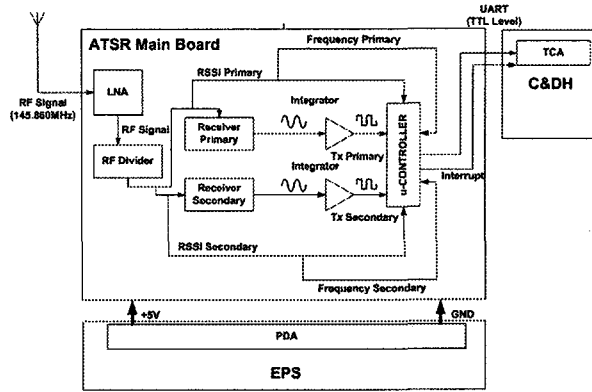


그림 2. ATSR 전기적 인터페이스.

가 큰 포유동물의 경우 개체 무게의 10% 이내의 무게를 가진 단말기를 장착하면 문제가 없기 때문에 상대적으로 단말기 무게에 큰 제약은 받지 않는다. 반면, 조류의 경우에는 개체 무게가 포유동물과 비교하여 가볍기 때문에 단말기 무게에 큰 제약이 따르게 되며 일반적으로 개체 무게의 5% 이내의 송신기를 부착해야 한다. 송신기에 GPS 수신기를 장착하게 되면 GPS 수신기 무게는 물론 GPS 수신기를 운용하기 위해 추가되는 배터리 무게가 전체 송신기 무게의 상당 부분을 차지하기 때문에 조류 추적 임무에는 적합하지 않다. 따라서 GPS 수신기가 제거된 형태의 송신기 개발이 필요하게 된다. ATS 전체 운용 개념도를 그림 1에 나타내었다.

2.2 ATSR 하드웨어 설계

HAUSAT-2에 탑재되는 ATSR은 디지털 회로 부와 RF 회로 부로 구성되어 있다. RF 회로 부는 임무에 대한 운용 신뢰성 향상을 위하여 예비 시스템을 채택하고 있으며 주 시스템과 부 시스템이 동시에 동작하도록 설계되어 있다. ATT로부터 수신된 데이터는 저잡음 증폭기와 수신기, 저대역 통과 필터를 거쳐 디지털 회로 부의 마이크로 컨트롤러로 전송되게 된다. 주 시스템과 부 시스템에서 각각 전송되어 온 신호강도 측정 라인은 마이크로 컨트롤러의 A/D 컨버터에 연결되며 마이크로 컨트롤러는 신호 강도를 측정 한 후 신호 세기가 큰 신호만을 선택하여 데이터를 처리한다. 이렇게 처리된 데이터는 인터럽트 신호와 함께 데이터 및 명령어 처리계로 전송된다. 그림 2에 ATSR의 전기적 인터페이스를 나타내었다.

2.3 ATT로부터 수신된 데이터의 처리

GPS-In ATT로부터 수신된 데이터는 GPS 수신기가 획득한 시간, 위도, 경도 정보를 포함하고 있다. 이 정보들은 명령 및 데이터 처리계로 전송된 후 텔레메트리 정보 형태로 지상국으로 보내진다. 한편, GPS-Ex ATT로부터 수신된 데이터는 송신기의 각종 센서 데이터 및 측정 주파수 값을 포함하고 있으며 명령 및 데이터 처리계를 거쳐서 역시 지상국으로 전송된다. ATS의 전체 운용 개념을 그림 2에 나타내었다.

지상국에서 도플러 편이를 이용하여 동물 위치를 추정하기 위해서는 정확한 주파수 측정값이 필

수적이기 때문에 ATSR에는 주파수 카운터 기능이 구현되어 있다. 주파수 카운터는 ATSR의 마이크로 컨트롤러인 PIC16F876 칩의 T1CKI 핀을 이용하여 소프트웨어적으로 구현되어 있다. 1초라는 시간을 정확히 만드는 것이 중요하며 PIC 마이크로 컨트롤러용 C언어인 CCSC의 delay_cycles() 라이브러리 함수를 활용하여 1초 시간을 구현하였다. 소프트웨어적으로 카운트 되는 1초 동안 T1CKI 핀으로 입력되는 수신 정보의 주파수를 측정한다. 주파수 측정값의 정확도를 높이기 위하여 마이크로 컨트롤러의 오실레이터 입력 단에 가변 캐패시터(capacitor)를 사용하여 가장 정밀한 주파수 측정값이 나올 때까지 시험을 반복하면서 캐패시터 용량을 보정해 줄 필요가 있다. ATSR 주파수 카운터는 VHF 대역 주파수에 대하여 10Hz의 비교적 높은 주파수 카운터 해상도를 얻고 있다.

3. 도플러 편이를 이용한 위치 추정

GPS-Ex ATT로부터 송신된 신호는 ATSR에서 주파수를 측정하게 되며 측정된 주파수를 이용하여 동물 위치를 추정하게 된다. 위성이 궤도를 지나가는 동안 주파수가 측정된 각 위치에서 위성의 속도(ν)를 구할 수 있다. 위성의 속도를 알 수 있으면 식 (1)에 의해 위성 궤적과 상대속도 벡터가 이루는 각을 알 수 있으며, 이각을 반각으로 하는 원뿔과 고도 면이 접하는 두 점을 송신기 위치로 추정할 수 있다(유문희와 이수인 1998).

$$\cos A = \frac{c}{\nu} \times \frac{f_D}{f_T} \quad (1)$$

이 두 점 중 한 점만이 실제 위치(Actual Location)이고 다른 한 점은 허상 위치(Image Location)가 된다. 실제 위치를 결정하기 위해서는 두 개 이상의 궤도를 지날 때 얻어진 위치 데이터를 바탕으로 허상 위치를 제거해 주면 된다. 이렇게 결정된 실제 위치는 위치 정밀도를 높이기 위한 과정을 거친 후 최종적으로 송신기의 위치로 결정된다(Ali & Bonanni 2002).

4. 결론

HAUSAT-2 주요 임무인 동물추적시스템은 동물생태 연구자들이 다양한 동물을 선정할 수 있도록 두 가지 형태의 송신기를 제공하고 있다. 그 중 도플러 편이를 이용한 동물 추적은 GPS 수신기를 이용한 추적 방법과 비교해 송신기의 무게 저감 효과가 크기 때문에 조류 등 소형 동물을 연구하기에 적합하다. 하지만 GPS 수신기를 사용하지 않기 때문에 위치 정확도가 떨어지게 되며 이를 극복하기 위한 후처리 작업이 필요하다. 또한 위성의 신호 수신율을 높이기 위해서는 HAUSAT-2 임무 기간 동안의 궤도를 고려한 ATT 송신 주기 컨트롤이 요구된다. 향후 위치 정확도를 높이기 위한 후처리 알고리즘 개발 및 송신 데이터 수신율을 높이기 위한 위성 궤도 시뮬레이션을 실시할 예정이다.

감사의 글: 본 연구개발은 과학기술부의 국가지정연구실(National Research Lab.) 사업지원에 의해 수행된 결과의 일부이며, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- 유문희, 이수인 1998, 대한전자공학회 하계종합학술대회 논문집, 21, 26
 Ali, I. & Bonanni, G. 2002, Doppler applications in LEO satellite communication systems (Massachusetts: Kluwer Academic Publishers), p.28