

## 위성 SAR 탐재체 기술 현황

이 글에서는 다목적실용위성 5호(KOMPSAT-5) 개발과 발맞추어 차세대 탐재체로 각광받고 있는 합성개구면레이더(SAR : Synthetic Aperture Radar)의 기술발전과 기술적 개요를 소개하고자 한다.

신재민 / 한국항공우주연구원, 아리랑위성 5호 사업단, 연구원      e-mail : jmshin@kari.re.kr

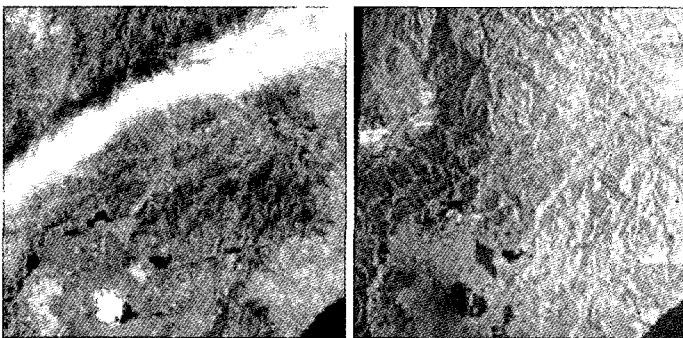
합성개구면레이더(SAR : Synthetic Aperture Radar)는 일반적인 레이더(Radar) 기술로 획득 가능한 저해상도 레이더영상에 비해 광학영상 수준의 고해상도 레이더영상을 구현할 수 있는 차세대 기술로 관심을 모으고 있다.

H. R. Hertz가 마이크로파가 다양한 물체에 반사되어 특정정보를 전달한다는 사실을 기초로 하여 초창기 레이더가 개발되었다. 레이더(RADAR)란 RAdio Detection And Range의 약어로 전자기파 중 마이크로파나 라디오파 등의 대역을 이용하여 물체를 탐지하고 거리를 측정하는 능동형 시스템이다. 그래서 능동시스템인 레이더는 사용자가 원하는 시간과 공간에서 특정 또는 불특정 대상물에 대한 위치, 움직임, 상태 등의 정보를 임의로 획득할 수 있다. 이런 레이더의 개발이 세계 2차 대전을 기점으로 전자기파에 대한 연구가 활발히 진행되면서 기반기술들의 비약적인 발전을 거듭하였다. 그 후 1951년 Goodyear Aircraft Corporation의 Carl

Wiley에 의해 기본적인 레이더 개념을 확장한 차세대 기술로 최초 합성개구면레이더 개념이 개발되었으며, 1953년 일리노이드 대학에서 최초로 과학적인 실험이 수행되었고 이후에 U.S. Army의 지원 아래에서 Michigan 대학의 주도로 합성개구면레이더 기술에 대한 연구가 수행되었다. 최초의 합성개구면레이더 시스템은 X-band 시스템으로 미국방성 지원하에 개발이 되었으며 1960년대 이후 NASA 지원하에 민간 부문에 적용을 위한 합성개구면레이더 시스템 개발이 이루어졌다. 1970년대에서 1990년대 초반까지 CCRS Convair 580, JPL AirSAR 등의 실험적인 항공용 레이더의 개발을 기초로 최초의 합성개구면레이더 탐재 위성인 SEASAT이 1978년 발사되어 극지방의 얼음 및 지질 관련된 자료를 제공하였다. 그리고 SIR-A, SIR-B, SIR-C, ERS-1, ERS-2, ALMAZ, JERS-1, RADARSAT 등으로 기술 발전을 이루었고 지금에 이용되고 있는 현대적 개념의 고해상도 영

상레이더(high resolution imaging radar)가 나타나게 되었다.

20세기에 들어서면서 위성영상자료 분석기술의 발전과 첨단인공위성 개발기술 또한 위성수요의 증가에 맞추어 지속적인 진보를 하였고 영상정보 사용자의 요구에 부합하는 탐재체의 개발을 가속화시키는 계기가 되어 현재에 이르고 있다.



광학영상(optic image)과 SAR영상(SAR image)

초기위성에 탑재한 광학탐재체는 수동형센서로 태양광이 없는 야간이나 구름이 많거나 악천후 기상상황에서는 원하는 영상정보의 획득이 불가능하였다. 이런 상황에서 광학영상의 한계성을 극복하기 위하여 수동형 센서가 아닌 능동형 센서에 대한 관심이 증폭되었으며, 레이더 기술을 기반으로 진보된 영상 레이더 기술이 한 분야로 자리잡게 되었다.

마이크로파 대역 분류

마이크로파 대역	주파수
P-band	0.3~1.0GHz
L-band	1.0~2.0GHz
S-band	2.0~4.0GHz
C-band	4.0~8.0GHz
X-band	8.0~12.5GHz
Ku-band	12.5~18.0GHz
K-band	18.0~26.5GHz
Ka-band	26.5~40.0GHz

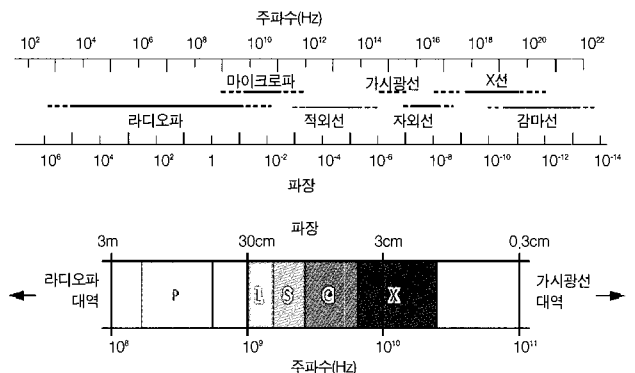
일반적으로 잘 알려진 광학센서는 수동센서로 대상물 자체가 방사하거나 대상물이 반사한 태양빛의 세기를 센서가 감지하여 정보를 획득하기 때문에 태양빛이 없는 야간에는 정보를 획득할 수 없다. 또한 대상물 자체가 방사하는 신호 역시 가시광선 주변대역으로 기상상황이 좋지 못하거나 구름이 많으면 정보획득이 용이하지 않다. 그러나 능동센서인 레이더는 센서 자체에서 대상으로 전자기파(보통 마이크로파로 수십GHz)를 방사하여 반사된 신호를 수집하므로 야간이나 기상상황이 좋지 못한 상황에서도 영상정보를 획득할 수 있는 장점이 있다. 물론 능동센서 역시 방사하는 마이크로파의 주파수 대역에 따른 매질의 투과특성이 상이하여 각 대역마다 획득되는 정보의 특성이 달라질 수 있다.

능동형 센서인 합성개구면레이더는 1~30GHz 범위의 전자기파를 사용하고 있으며 각 주파수의 특성에 따라 대상물이 다양하게 반응하는 양상을 레이더영상으로 획득할 수 있는 장점을 가지고 있다. 합성개구면레이더에 사용되는

1~30GHz의 주파수 범위를 마이크로파(microwaves) 대역이라 부른다. 이 대역은 주파수가 증가함에 따라 P-band, L-band, S-band, C-band, X-band, Ku-band, K-band, Ka-band로 분류되며 역시 주파수가 증가할수록 마이크로파에 의한 물리적인 분해능도 향상된다. 물체의 분해능이 향상된다는 뜻은 모든 조건이 동일할 때 주파수가 높은 마이크로파를 사용하면 레이더영상의 해상력이 증가한다는 의미가 된다.

그러나 마이크로파의 주파수가 높아짐에 따라 자유공간 손실과 강우감쇠가 증가되어 영상정보의 품질이 저하될 수 있는 우려도 있다. 상기의 문제들이 존재한다 할지라도 광학영상정보의 획득성보다는 레이더영상정보의 획득성에서 시간과 공간에 대한 제약이 적다는 것은 사실이며, 시/공간에 대한 지속적인 획득성의 유지는 차세대 위성탐재체로서의 큰 의미를 가진다. 또한 향후의 위성영상정보 활용은 한 종류의 탐재체로부터 획득되는 독립적인 정보에 의존하지 않을 것이며 다양한 탐재체 특성을 종합한 상호보완적인 관계에서 총체적인 위성영상정보로의 이용을 의미할 것이기 때문이다.

불특정 또는 특정 대상물의 단순한 탐지를 목적으로 이용되었던 과거의 군사적인 레이더에서 발전하여 영상정보를 획득하기 위한 영상레이더 개발의 최대목표는 대상물에 대한 해상력(resolution) 향상이었다. 일반적으로 레이더에서 방사되는 빔은 영상레이더의 최대 이점은 태양광이 없는 야간시간대나 구름이 많거나 악천후 기상상황에서도 지속적인 영



마이크로파(Microwaves)

상정보의 획득이 가능하다는 것이다.

탐지 대상물에 반사되어 돌아오는 신호(echo)를 획득하여 물체의 존재를 알려주게 된다. 상기의 과정에서 물체의 해상력은 단순히 '있다 또는 없다'의 존재의 유무를 확인시켜 주는 것이 전부였다. 그러나 레이더의 활용이 커져감에 따라 영상획득으로 관심이 이동되었고, 그러기 위해서는 해상력의 향상은 필수불가결한 것이었다. 레이더의 대상물 탐지는 물체가 레이더로부터 어느 정도 거리에 어떤 방향에 위치하고 있는지를 구분하는 정도였으며, 여기서 어느 정도 거리에 존재하는지를 구분하기 위한 것이 거리해상도(range resolution)가 된다. 거리를 측정하기 위해서는 폭이 펄스신호를 보내어 반사되어 돌아오는 신호시간차(time

영상레이더의 최대 아점은 태양광이 없는 야간시간대나 구름이 많거나 약전후 기상 상황에서도 지속적인 영상정보의 획득이 가능하다는 것이다.

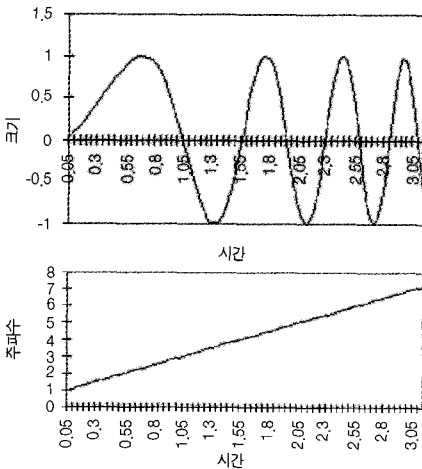
delay)를 이용해 측정한다. 그런데 여러 대상물이 서로 인접하여 있을 경우에는 반사된 신호가 서로 혼재되어 구별할 수 상황이 발생한다. 그러므로 레이더에서 방사하는 펄스를 점점 좁게 생성함으로써 거리해상도를 증가시킬 수 있게 된다. 그러나 물리적으로 많은 양의

좁은 펄스신호를 보내기 위해서는 전력사용이 증가하는 문제와 하드웨어적 구현의 문제가 발생하므로 좁은 펄스 대신 반사된 신호를 구별할 수 있는 변별 가능한 신호를 생성하는 방법이 고안되었다.

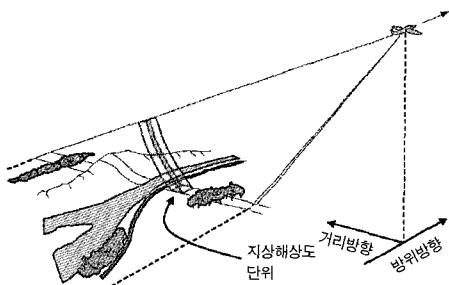
Chirp Signaling Scheme이란 주파수를 선형적으로 증가시킨 신호를 펄스신호에 실어 보내는 것이다. 이런 방식을 사용함으로써 좁은 펄스신호를 보내지 않고도 인접한 대상물 사이에 반사되어 돌아오는 신호를 변별하여 거리를 측정할 수 있게 된다. 물론 이런 방식에 추가하여 마이크로파의 주파수를 높게 함으로써 더욱 고해상력의 레이더영상을 획득할 수 있게 되는 것이다. 그러나 신호의 주파수를 계속적으로 높이면 고주파대역에서의 강우감쇠에 민감한 산란특성에 의해 능동센서인 레이더의 이점인 전천후 관측의 기능이 저하되는 문제가 야기된다.

영상레이더는 실개구면레이더(RAR : Real Aperture Radar)와 합성개구면레이더(SAR : Synthetic Aperture Radar)로 분류될 수 있다.

실개구면레이더(RAR : Real Aperture Radar)는 Chirp signaling 기법으로 거리해상도를 향상시킨 영상레이더이다. 레이더영상을 얻기 위해 안테나의 물리적인 길이를 방위해상도로 하여 거리해상도를 획득하는 시스템이 실개구면레이더로 레이더 안테나를 장착한 비행체의 위치변화에 따른 위상보상이 없이 합성하며 일반적으로 항공기 측면에 부착되어 운용되므로 측면관측 항공레이더(SLAR : Side-Looking Airborne Radar)라고 불렸다. 그러나 여전히 방위해상도(azimuth resolution)는 레이더 안테나 길이에 의존해야 했으므로 물리적으로 긴 안테나를 비행체에 탑재할 수 없었기에 현재의 합성개구면레이더의 개발요구가 증폭되었다.



Chirp Signal



측면관측항공레이더(SLAR: Side-Looking Airborne Radar)

영상레이더의 해상도는 거리해상도와 방위해상도로 구성되며 이는 광학영상의 2차원적 해상력과 동일한 의미를 가진다. 해상력 결정요인인 레이더 신호의 빔폭(beamwidth)은 안테나의 길이에 반비례하므로 물체를 식별하기 위한 해상력 증대는 곧 안테나 길이의 증가를 의미한다. 그러나 안테나 길이의 증대는 사실상 물리적으로 제작하여 운용하는 데 한계가 있어서 해상력을 높이기 위해 다른 방법을 강구할 수밖에 없었다. 왜냐하면 실 개구면 레이더의 경우 높은 방위 해상도를 얻기 위해서는 항공기 밖으로 비현실적으로 긴 안테나를 부착하여야만 한다. 여기에서 제기된 것이 합성개구면레이더이다.

합성개구면레이더는 물리적 안테나 크기에 의존하던 방위해상도를 레이더 안테나가 탑재되어 이동하는 비행체가 획득하는 여러 개의 신호를 합성함으로써 물리적으로 길어진 안테나와 동등한 효과를 얻어 방위해상도를 향상시킨 시스템이다. 방위해상도의 향상은 레이더를 탑재한 비행체가 이동하면서 신호

를 방사하면 돌아오는 반사신호를 획득할 시점에 비행체의 위치변화가 생기게 되고 이는 도플러편이(doppler shift)로 나타난다. 합성개구면을 형성할 수 있는 것은 측정기준이 되는 레이더안테나의 이동에 의한 도플러 주파수의 상대적인 편이특성을 이용하여 후처리과정에서 대상물과 레이더 안테나 사이의 거리에 대한 위상보상방법을 쓰거나, 비행체의 위상오차 허용범위 내에 있는 신호를 더 하여 획득한다. 이것이 물리적으로 작은 길이의 레이더 안테나를 이용해 측정 위치마다의 신호를 분석하여 안테나를 이론적으로 합성함으로써 합성개구면 레이더를 가능하게 하는 핵심원리이다. 상기의 원리에 의해서 레이더영상이 광학영상 수준의 해상력을 가지게 된다.

영상레이더의 방위방향, 거리방향의 해상도 향상은 위성에 의한 지구원격탐사 분야에 주로 사용되었던 광학영상정보만의 편중현상과 위성영상정보처리와 가공 및 융합을 통한 복합적인 정보의 활용이 미약한 부분을 대폭 향상시켰다. 그로 인해 차세대 탑재체로 이용하기에 충분한 잠재력을 가지고 있는 것이다. 특히 NASA(National Aeronautics and Space Administration)는 최근 향후 10년 동안의 지구관측을 위한 수동형 또는 능동형 마이크로웨이브 원격탐사 기술계획을 수립하였다. 이는 미래의 위성을 통한 지구 원격탐사 또는 먼 우주로의 탐험에서 레이더 정보의 중요성을 언급하고 있는 것이다. 물론 국내의 위성개발도 드디어 합성개구면레이더를 탑재할 다목적실용위성 5호(KOMPSAT-5) 개발사업이 추진되고 있는바 차세대 위성 기술로 거론되고 있는 영상레이더 탑재체에 대한 깊이 있고 지속적인 연구가 향후 진행되어야 할 것이다.

