## 사진 찍는 레이더 'KOMSAR'

# 전천후 영상수집 레이더 개발 길 열어

글_이석호 국방과학연구소 기술연구본부 SAR팀장 sukkhooleee@hanmail.net

지난 2004년 9월 15일, 레이더로 영상을 수집하는 장비인 SAR(Synthetic Aperture Radar) 영상레이더가 구름을 뚫고 지상의 영상을 획득하였다. 국방과학연구소에서 개발된 KOMSAR(KOrea Miniature SAR)가 그것으로 한국에서는 처음이다.

### 반사된 전자파를 디지털 신호로 전환, 영상 만들어

영상정보장비에는 가시광선을 이용하는 EO(Electro-Optic: 전자광학) 장비, 적외선을 이용하는 IR(Infra Red: 적외선) 장비가 있다. EO나 IR장비는 우리가 갖고 있는 디지털 카메라의 구조와 거의 같다. 다만 먼 거리를 찍기 위해서 더 큰 렌즈(혹은 거울)를 사용하고, 필름대신에 사용되는 감광소자가 용도에 따라 달라지며, 항공기 등에 장착되므로 흔들림 등을 보정해 주는 부수장치들이 복잡하게 덧붙는다. SAR 장비는 영상정보 수집 영역을 EO, IR를 넘어 전자파로 확장시킨 장비이다. 광학장비가 외부의 빛 혹은 적외선을 이용하는 수동적인 센서라면 SAR는 장비 자체가 전자파(빛)를 내보내고 물체에 부딪혀 되돌아오는 전자파(빛)를 수집하여 영상을 만들어 내는 능동영상장비인 것이다. SAR에서는 렌즈와 필름이 하는 역할을 신호처리기가 대신한다. 따라서 SAR 영상을 '전파영상' 이라고도 한다.

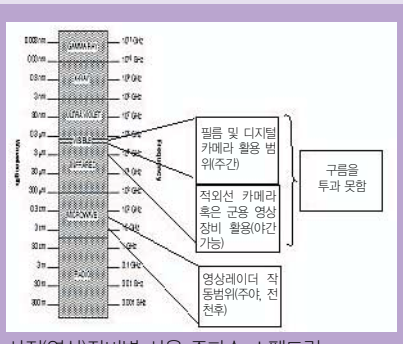
SAR는 반드시 항공기나 위성에 장착돼 운용된다. 항공기에 장착된 레이더가 지상에 전자파를 송신하면 전파는 지상에 부딪힌 후 되돌아온다. 되돌아온 신호는 디지털 신호로 변환되어 메모리에 저장된다. 항공기는 비행을 계속 하면서 1초에 수천 혹은 수만 번 전파를 내보내고 받아서 자료로 저장한다(그림 1).

이렇게 받은 자료는 거리방향(비행방향과 직각방향)으로 신호를 압축한 다음 방위방향(비행방향)간의 신호들을 항공기의 움직임을 보상하여 다시 압축해 고해상도의 영상을 만들어 내는 것이다(그림2). 사진기로는 우리가 '사진을 찍는다(Take picture)' 라는 말을 쓰지만 SAR에서는 '영상을 만든다(Make picture)' 라는 말을 쓰는 이유가 여기에 있다.

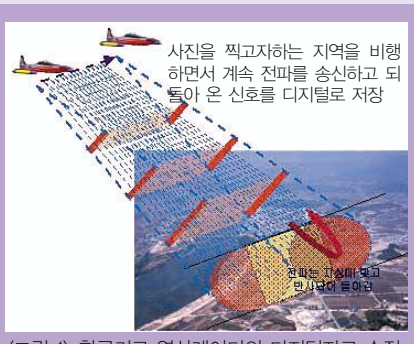
### 구름 아래 영상, 모래 밑 분화구 모습도 선명

빛이나 적외선의 경우 구름이나 비에 흡수되기 때문에 구름이나 짙은 안개 등을 뚫고 볼 수가 없다. 그러나 SAR에서 사용하는 전파는 구름, 안개, 비 등에 거의 영향을 받지 않기 때문에 전천후로 영상을 얻을 수 있는 것이다. 〈그림3〉은 같은 시간에 동일 지역을 찍은 그림이다. 상단 그림은 디지털 카메라로 찍었기 때문에 구름에 덮여 있어 활주로를 볼 수가 없으나 아래의 SAR 영상에서는 구름을 뚫고 지나갔다 온 신호를 처리해서 만들었기 때문에 활주로를 잘 볼 수가 있는 것이다.

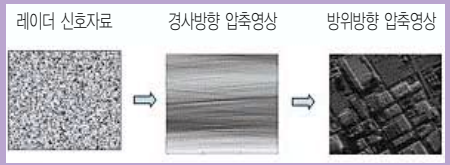
SAR에서는 주로 L-band(1-2GHz), C-band(4-8GHz) 및




사진(영상)장비별 사용 주파수 스펙트럼



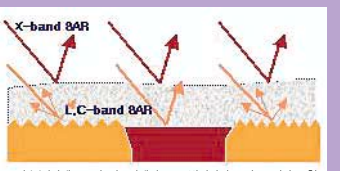

〈그림 1〉 항공기로 영상레이더의 디지털자료 수집




〈그림 2〉 수집된 레이더신호자료를 영상으로 만드는 과정

가시광선과 전자파의 은폐물 투과 특성 비교 : 위장막, 숲에 등에 숨어 있는 구조물 및 장비 탐지 및 식별 가능

가시광선과 전자파의 특성 1



주파수/편파에 따라 지표면에서 주로 반사하기도 하고, 지하로 침투(수cm - 수m)한 다음에 반사하는 특성을 이용하여 지하구조물, 지층에 대한 영상제작

〈그림 4〉 주파수, 편파에 따라 다양한 지하침투 특성

〈그림 5〉 아프리카 북부의 사하라 사막에 묻혀 있는 수억년 전의 운석충돌 흔적

X-band(8-12.5GHz)의 주파수를 사용하며 수직,수평 혹은 원형 편파를 선택적으로 사용할 수가 있다. 전파는 주파수 및 편파에 따라 지상에서 얼마나 잘 반사하느냐가 달라진다. 즉 파장이 짧을 수록(여기서는 X-band) 주로 지표면에서 반사되고 파장이 길수록(L-band, C-band) 지하 수십cm 혹은 수m까지 들어갔다가 나오는 특성이 있다(그림 4). 물론 지질(수분의 포함정도)에 따라 침투하는 깊이의 정도는 달라진다. 따라서 SAR 장비에서 사용하는 주파수와 편파의 선택은 어떠한 목적으로 장비를 운용하는가에 따라 달라진다.

〈그림5〉는 1994년 미국의 SIR-C/X(Shuttle Imaging Radar-C/X) 프로젝트를 통해서 얻은 지하영상 중 하나이다. SIR-C/X는 우주왕복선에 L, C, X-band SAR 장비를 싣고 올라가서 약 보름 동안 지구관측(혹은 원격탐사)을 하는 임무였다. 같은 지역을 다양한 주파수/편파로 SAR로 영상을 만든 다음에 비교, 합성함으로써 EO 영상으로는 찾을 수 없는 새로운 사실들을 알아내는 것으로 심지어 땅 속까지도 탐사를 할 수가 있는 것이다. 보이는 그림은 북부 아프리카의 차드 공화국 북부의 사하라 사막 모래 밑에 숨어있는 수억 년 전에 떨어진 운석으로 인한 분화구의 모습이다. 가운데의 원은 오롱가 분화구로서 직경이 약 17㎞에 이른다. 분화구는 퇴적물로 묻혔으나 침식작용에 의해 도넛 모양의 링 형상을 보여주고 있다. 이런 자료는 지구과학자들과 우주물리학자 등에게는 아주 소중한 연구자료가 되는 것이다. 그림의 빨간색은 L-band의 수평편파를 송·수신한 자료이며, 녹색은 C-band 수평편파, 그리고 파랑색은 C-band 수평편파로 보내고 수직편파로 받은 영상을 합성한 것이다. SAR 장비의 특성은 다양한 분야에서의 활용되고 있다. 위성에서 운용되는 SAR 장비는 대체로 약 100㎞ 이상의 넓은 지역의 영상을 만들므로써 극지방 빙하의 침식정도와 이에 따른 해안선의 변화 탐지, 기름 등에 의한 해양의 오염을 감시하는 등 지구 환경감시 분야와 대규모 홍수, 산불 등에 따른

〈그림 3〉 SAR 영상의 전천후 능력

침수 및 피해 지역 등을 파악하는 재해감시 분야에 활용되고 있으며, 또한 농작물 작황이나 산림벌목 현황 등을 항상 감시할 수 있어 국가의 자원관리와 국토개발에도 활용되고 있다.

## 고도 500㎞ 우주에서 1m 고해상도 영상도 가능

SAR 장비는 최근 무인항공기에 장착되어 군용으로 운용되고 있으며, 최근에는 선진국에서 10㎝ 이하의 초고해상도 영상을 만들 수 있는 기술이 개발되었다. 또한 위성에 탑재되어 고도 약 500㎞의 우주에서 기상에 관계없이 1m의 고해상도 영상을 만드는 수준에 이르렀다. 우리 나라에서도 국가우주개발 중장기개발계획에 따라 아리랑 5호에 SAR를 탑재할 계획이다. 앞으로 국방과학연구소에서 개발한 KOMSAR 기술을 바탕으로 민수분야에 환경, 자원감시 및 지도제작용 등과 군수용으로는 무인정찰기, 항공기 SAR 개발이 활발히 진행될 것으로 기대된다. ST

글쓴이는 공군사관학교 기계과를 졸업 후, 미국 해군대학원에서 전자공학석사학위를, 미국 펜실베이니아 주립대학에서 전자공학박사학위를 받았다. 현재 국방과학연구소 기술연구본부의 SAR 팀장으로 KOMSAR 개발 책임자이다.