

SAR 표적 식별 기술

김 경 태

포항공과대학교

I. 개 요

1-1 표적 식별 기술

공중과 해상 및 지상의 피아 표적을 식별하고자 할 경우, 표적이 자신의 정보를 제공해 주지 않는 것이 일반적이므로 표적에 대한 정보를 스스로 획득해서 이를 기반으로 해당 표적이 어떤 것인지 구분하는 과정이 필수적이다. 표적 식별을 위해서는 식별해야 할 표적의 고유한 물리적 특성을 얻을 수 있어야 하는데, 이 특징을 얻기 위해서 광학, 적외선, 레이더 등이 많이 사용되고 있다. 이러한 센서를 이용한 표적 식별 기술을 NCTR(Non-Cooperative Target Recognition) 또는 ATR(Automatic Target Recognition)이라고 한다. 일반적으로, NCTR과 ATR은 혼용되어 사용되나, 주로 NCTR은 지상의 고정된 센서가 피아 식별 장치(Identification Friend or Foe, IFF)에 반응하지 않는 항공기와 같은 공중 표적물의 기종과 대수를 식별하는 것을 의미하며, ATR은 공중의 움직이는 센서를 이용하여 지상의 표적물을 식별하는 기술을 의미한다.

앞서 언급한 센서들의 특징을 살펴보면 <표 1>과 같다. 광학 및 전자광학 센서는 높은 해상도를 가진다. 하지만 대기상황이 좋지 않거나 야간에 사용할 경우 탐지거리가 현격히 줄어든다. 적외선 센서는 광학 및 전자광학 센서에 비해 해상도는 낮지만 엄폐 표적을 탐지할 수 있다는 장점이 있으나, 대기 상황에 따라 탐지거리가 의존하는 문제점이 있다. 전파를 사용하는 레이더는 대기 상황에 관계없이 야간에도 사용할 수 있으며, 탐지거리가 길지만 해상도가 낮으며, 전자제밍과 같은 전파 방해에 약한 특징이 있다. 그래서

상황에 따라 위의 센서들을 선택적으로 사용하거나 혼용하여 사용한다. 하지만, 군사 작전이 대부분 야간에 날씨가 좋지 않은 상황에서 많이 이루어지기 때문에 앞서 언급한 센서들 중에서 1년 365일 어떠한 조건에서도 원거리에서 탐지 가능한 레이더는 표적 식별 기술 분야에 핵심 센서라고 볼 수 있으며, 정보 전자전, 불규칙적으로 기동하는 비행체의 표적 구분, 전장 상황 분석, 상대방이 레이더로 추적하기 힘든 비행체의 개발과 같은 군사적 응용 분야와 달과 지구의 전파 환경 영상 제작, 공항의 혼잡도 측정 및 기상 상황 분석 등 민간 응용 분야와 같은 여러 분야에 응용되고 있다. 선진국에서는 레이더를 이용한 표적 식별에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

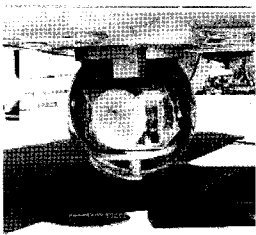
1-2 레이더를 이용한 표적 식별 기술

NCTR/ATR에 사용될 수 있는 레이더 신호로는 HRR(High Range Resolution) profile, SAR(Synthetic Aperture Radar) 및 ISAR(inverse SAR) 영상, 그리고 JEM(Jet Engine Modulation)이 있다. 이러한 레이더 신호들 중에서 지상 표적 식별에 쓰일 수 있는 레이더 신호는 SAR 영상이다. SAR는 1950년대부터 군사적 목적으로 이용되었으며, 감시 및 정찰에 핵심 역할을 하고 있다.

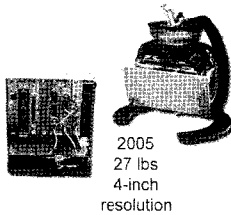
군사적인 목적으로 활용할 때 SAR 시스템은 일반적으로 항공기나 위성에 탑재되어 운용되며, 특히 무인항공기(unmanned aerial vehicle, UAV)를 이용하여 SAR 영상을 제작하고 있다. SAR 영상은 광학영상처럼 빛이 신호원이 아니라 전파를 신호원으로 사용한다. 전파를 사용함으로써 장점은 파장이 빛보다 길어서 구름이나 해무, 연기 등에 영향을 받지 않다. 그래서 SAR 영상은 정보 획득 거리가 광학에 비하

<표 1> 각 센서의 장단점 비교

구분	장점	단점
광학 (Optics)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 근거리에서 우수한 해상도</li> <li>• 시각에 가장 가까운 영상/색깔 인지 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 야간 사용 불가</li> <li>• 탐지거리가 기상 조건에 영향을 많이 받음</li> <li>• 데이터양이 많아 영상처리 시간 필요</li> </ul>
전자광학 (EO)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 광학에 가까운 해상도</li> <li>• 야간/어둠에도 빛을 증폭하여 탐지 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 탐지거리가 기상 조건에 영향을 많이 받음</li> <li>• 광학 장비에 비해 복잡/고난도 기술 필요</li> </ul>
적외선 (IR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주야간 사용 가능</li> <li>• 은폐/염폐 표적 식별 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 광학에 비해 해상도 미흡</li> <li>• 탐지거리가 기상 조건에 영향을 많이 받음</li> <li>• 온도차 감지거리 제한으로 탐지거리 제한</li> </ul>
레이더 (RADAR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주야간 사용 가능</li> <li>• 다양한 기상 조건에 사용 가능</li> <li>• 장거리 광범위 지역 정찰에 적합</li> <li>• 이동표적 식별 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전자 재밍이나 방해에 취약</li> <li>• 광학에 비해 낮은 해상도</li> <li>• 고가 및 고출력</li> <li>• 전문 판독 필요</li> </ul>



[그림 1] MIT 링컨연구소의 SAR 센서

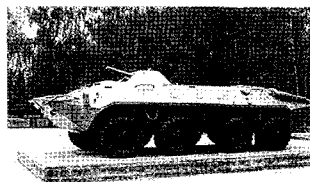


[그림 2] 샌디어 국립연구소의 SAR 센서

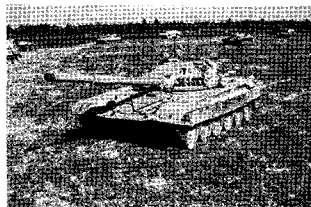
여 길고 날씨에 제약이 없어 전천후 작전 운영이 가능하도록 정보를 제공하는 장점이 있다. 전파를 사용하는 SAR 영상은 인간의 눈에 익숙하도록 정보를 생산하는 광학 영상 또는 전자광학 영상에 비하여 해상도가 낮다. [그림 3](a)는 지상의 군사 표적에 대한 광학 영상이며, [그림 3](b)는 [그림 3](a)에 대한 SAR 영상이다. [그림 3]에서 보듯이 광학 영상은 인간의 눈으로도 표적물에 대한 정보, 즉 탱크인지 항공



BMP2



BTR70

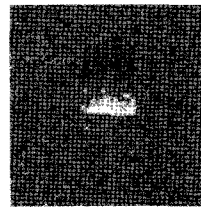


T72

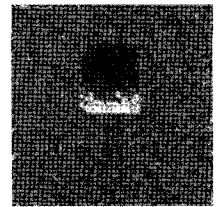


BRDM2

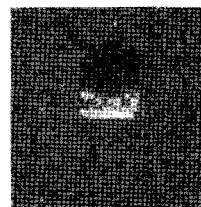
(a) 광학 영상



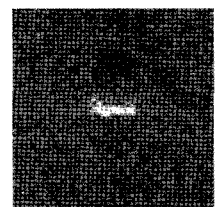
BMP2



BTR70



T72



BRDM2

(b) SAR 영상

[그림 3] 광학 영상과 SAR 영상 비교

기인지 탱크라면 어떤 기종인가까지 판단할 수 있다. 그러나 SAR 영상으로 획득된 정보로는 탱크 또는 항공기와 같은 표적물이 작은 경우 표적물의 정보를 얻기가 어렵다.

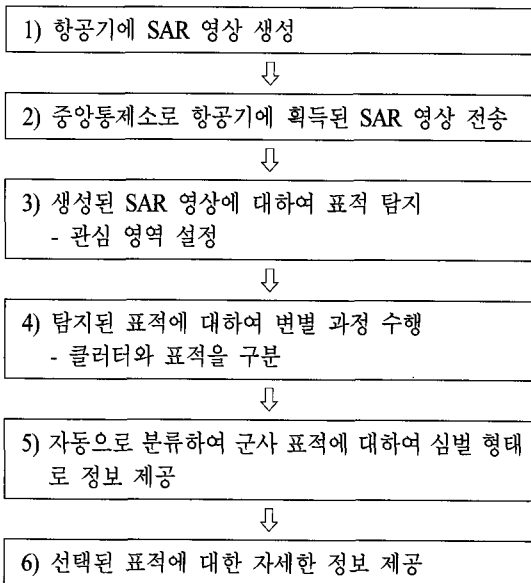
### 1-3 SAR ATR 기술의 필요성

일반적으로, SAR 영상은 수 km<sup>2</sup>에서 수십 km<sup>2</sup>에 이르는 지역에 대한 영상을 보여주기 때문에 탐지하고자 하는 군사 표적뿐만 아니라 수많은 자연적인 클러터(natural clutter)와 인공적인 클러터(man-made clutter)가 함께 영상에 나타나게 된다. 그래서 SAR 영상에서 관독관의 육안으로는 표적의 탐지 및 식별은 쉽지 않으며, 정확한 관독을 위하여 다년간의 경험이 필요하다. 또한, 넓은 지역에 포함된 군사 표적을 찾아내어 식별하기 위해서는 많은 시간이 필요한 단점이 있다. 만약 광학, 전자광학 그리고 SAR로 획득한 영상을 인간이 분석한다면 많은 오경보(false alarm)가 발생하며, 넓은 지역을 분석하기 위해 필수적으로 동반되는 시간으로 인하여 실시간 작전이 불가능하

다. 이러한 이유로 인하여 SAR 영상을 이용할 때는 자동화된 표적 식별 기술이 필수적으로 요구되어진다.

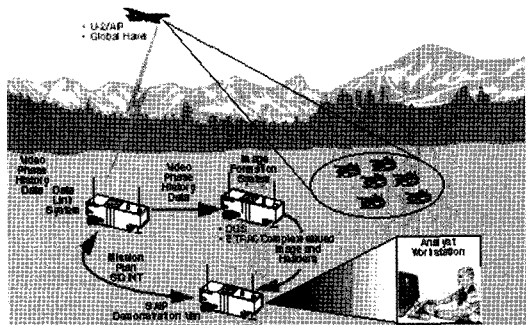
미국은 지난 걸프전에서 표적 식별 장비를 위성 및 항공기에 탑재되어 작전 지역의 SAR 영상 정보를 획득함으로써 성공적인 작전 수행을 가능하게 하였다. 이는 결국 전쟁의 승패를 가르는 중요한 기술로 자리 매김하는 계기가 되었다. 실시간 작전 능력을 확보하기 위해서는 탐지와 타격, 그리고 전송 능력을 확보하는 것만 중요한 것이 아니라, 획득된 정보 역시 빠른 시간 내에 정확히 분석해 내는 능력 또한 중요하다. 탐지와 타격(sensor to shooter)까지 많은 시간이 소요되는 것을 실시간 작전으로 전환하기 위하여 많은 노력이 필요하다. 특히 911 테러 이후, 실시간 작전의 중요성은 더욱더 대두되고 있으며, 한반도 전략 안보상 독도 분쟁 발생 및 북한의 군사 활동 시 군사력 투사를 보다 효율적으로 하기 위하여 실시간 작전 능력을 확보하는 것은 매우 중요하다. 실시간 작전 능력을 확보하기 위한 가장 중요한 기술이 SAR ATR 기술이다.

<표 2> SAR 영상 분석 장비 운영개념도



## II. 선진국의 SAR ATR 기술 현황

SAR ATR 장비의 운영 개념은 운영 개념도에서 개략적으로 파악할 수 있다. SAR 장비의 운영 개념은 항공기나 위성에 SAR 장비를 탑재하여 관측하고



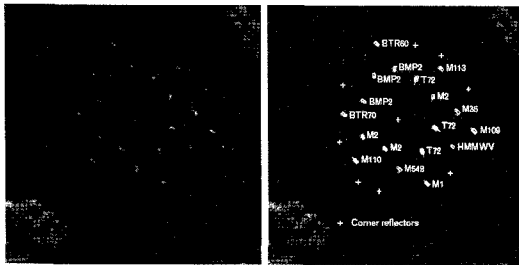
[그림 4] MIT 링컨연구소의 SAR ATR 시스템

자하는 적 환경을 영상으로 찍어서 아군의 중앙통제소로 자료를 보낸다. 중앙통제소에서 받아진 데이터를 영상으로 재생산하여 재생산된 영상을 토대로 분석관이 SAR 영상을 통하여 분석하고 판단하여 공격 지시를 내리는 체계이다. 획득된 영상에 대하여 인간이 분석하는 것이 아니라 영상 정보 분석 장비를 통하여 적의 기종과 대수를 정확히 판단하여 [그림 5]와 같이 그 기종을 심별로 표시한다. 이렇게 영상에 심별로 표시한 표적을 보다 자세한 정보를 얻을

수 있다.

광학 영상과 달리 SAR 영상은 해상도가 낮다. 이는 표적 식별에 걸림돌로 작용한다. 전차 및 장갑차와 같은 지상의 군사 표적의 대략적인 크기는 길이 약 7 m, 너비 3 m 정도이다. 이와 같은 표적을 식별하기 위해서는 SAR 영상의 해상도가 대략 0.3 m 가량 되어야 하며, 운용 주파수 대역폭은 500 MHz가 되어야 한다. 현재 우리군은 0.3 m급의 고해상도 SAR를 도입하는 과정 중이며, 영상 생성 기술 연구를 위해 해외에서 SAR 측정 데이터를 수입해서 영상 생성 연구만 수행하고 있다. 하지만 SAR ATR 관련 연구는 아직 미흡한 상황이다.

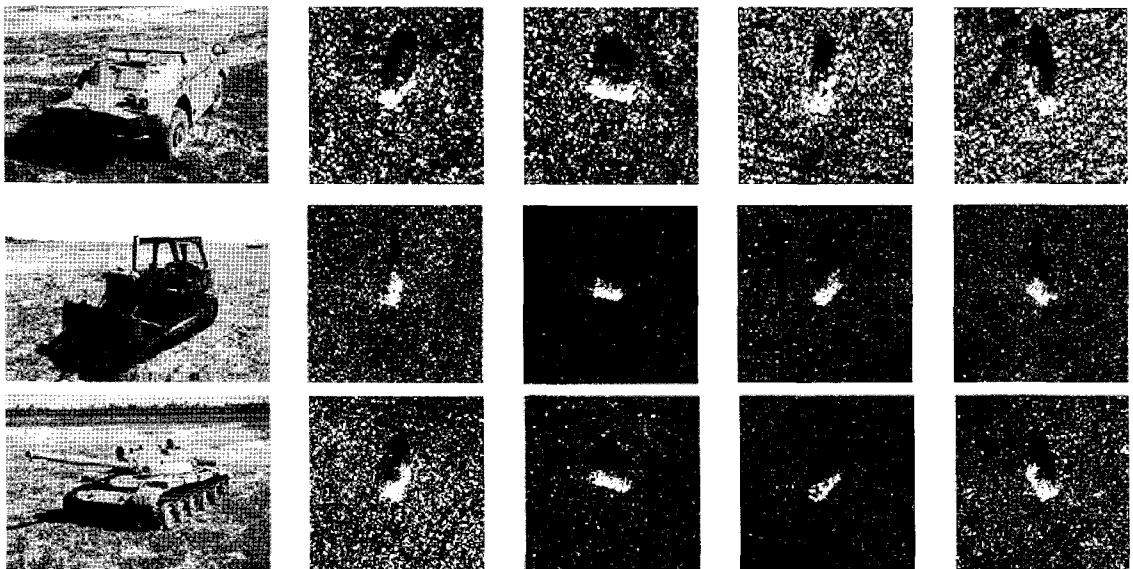
1990년대 초부터 미국에서는 MSTAR(Moving and Stationary Target Acquisition and Recognition) 데이터를 이용하여 SAR 영상을 이용한 군사 표적의 탐지 및 식별에 대한 활발한 연구를 수행하고 있다. 과거 MSTAR 데이터는 공개 자료로 연구소 및 대학 등에서 연구 자료로서 미 공군연구소 홈페이지에서 쉽게 구할 수 있었다. 하지만, 현재는 보안 문제로 MSTAR 자료를



(a) SAR 영상

(b) 표적 식별 과정 이후의 SAR 영상

[그림 5] SAR 영상 비교<sup>[5]</sup>



[그림 6] MSTAR 데이터에 포함된 표적의 광학 영상과 0.3 m 해상도의 SAR 영상

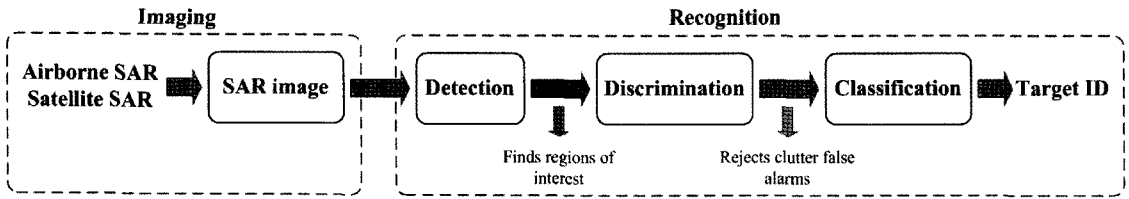
구하기 쉽지 않다. MSTAR 데이터는 미 국방고등연구기획청(the Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA)과 미 공군에서 지원한 사업으로 1990년대 이후로 세 차례에 걸쳐 실제 T62, T72, BTR60, BTR70, BMP2 등과 같은 여러 군사 표적을 다양한 방위각과 내림각에 대한 수천 장의 SAR 영상과 숲, 평야, 도시와 같은 다양한 지역을 측정한 SAR 영상 데이터가 포함 구성되어 있다. MSTAR 데이터의 SAR 영상은 0.3 m의 해상도를 가지며, 이를 이용하여 세계의 많은 대학 및 연구소에서 SAR ATR에 대한 연구가 수행되었다. 특히, MIT 링컨연구소의 경우에는 미 국방성의 지원 하에 MSTAR 데이터뿐만 아니라 자체 SAR 영상 장비를 이용하여 SAR 영상 데이터를 생성하여 SAR ATR에 대한 연구를 활발히 수행하고 있다. 뿐만 아니라 미국의 샌디아 국립연구소(Sandia National Laboratory)에서는 현재 4 인치(약 0.1 m) 해상도의 [그림 7]과 같은 spotlight SAR 영상을 제작하고 있

다. 이는 광학 영상의 해상도에 근접하는 수준이다. 이와 같이 SAR ATR 분야에 막대한 투자를 아끼지 않고 있다.

현재 우리 군에서는 가까운 시기에 전략 정보 SAR와 적외선 탐지 장비를 탑재한 무인정찰기를 도입 중에 있다. 도입 예정 SAR 영상 장비의 해상도는 약 0.3 cm이다. SAR 장비들이 도입되어 전력화되면 SAR 표적 식별 기술 역시 필요성이 요구되어지게 될 것이다. 하지만 영상 정보 분석 기술은 SAR나 광학 센서, 전자광학 센서와 같이 외국에서 도입될 수 있는 기술이 아니다. 미국을 제외한 다른 나라에서는 개발하는 것 자체도 기밀로 분류되어 공개하는 것을 꺼리는 입장이라서 더욱 수입을 한다는 것은 불가능한 것으로 판단된다. 특히 미국에서는 수출금지 품목으로 외국에 판매 자체가 금지되어 있다. 그러나 이 기술은 국내 연구 개발 외에는 특별히 대안이 없다. 그럼에도 불구하고 SAR ATR 기술을 개발해야 하는 이



[그림 7] 샌디아 국립연구소에서 제작한 0.1 m 해상도의 SAR 영상



[그림 8] SAR 표적 식별 기술의 흐름도

유는 현대전에서 가장 많이 요구되는 실시간 작전을 가능하게 하며, 정보 분석의 오차를 줄임으로서 그 정확도를 높이는 측면으로 볼 때 그 중요성은 단순하게 표현하기 어렵기 때문이다.

### III. SAR ATR 기술

일반적으로 SAR ATR 기술은 [그림 2]와 같이 SAR 영상 생성 과정과 식별 과정으로 나눌 수 있다. SAR 영상 생성 과정에서 영상의 해상도는 주파수 대역폭과 관찰 각도폭이 넓어질수록 좋아진다. 즉, SAR 영상의 해상도는 레이더의 운용주파수 대역폭과 관찰 각도폭에 의해 결정되기 때문에 레이더의 하드웨어에 의존한다. 영상의 해상도가 좋아지면 식별 성능 향상이 용이해진다. 하지만, 해상도의 증가는 식별 과정에서 계산량을 증가시킨다. 이는 결국 실시간 작전 수행을 방해하는 요인으로 작용하게 된다. SAR ATR 기술의 특성상 해상도에 의한 계산량과 식별 성능 사이에 적절한 해상도 선택이 필요하다.

SAR 영상은 [그림 9]와 같이 센서와 표적 사이의 내림각과 방위각에 의해 표적의 일부가 그림자에 의해 가려지는 현상이 발생하며, 광학 영상에서는 표적이 다른 물체에 가려지지 않더라도 SAR 영상에서는 표적이 다른 물체에 가려지기도 하며, 그 반대의 현상도 발생한다. 또한, 표적과 SAR 센서사이의 거리 변화는 광학 영상에서는 화소의 밝기 변화로 작용한다. 센서가 탑재된 플랫폼의 고도를 조절함으로써 일정수준의 원하는 내림각(depression angle)으로 측정

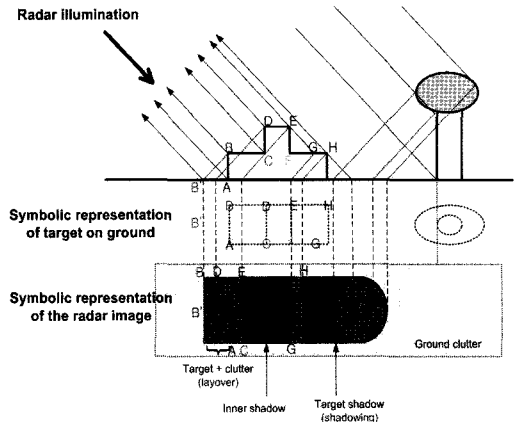
이 가능하지만, 표적이 가지는 roll, pitch, yaw와 같은 자유도에 의해 데이터베이스의 데이터와 일치하는 내림각으로 측정이 불가능하며, 표적의 방위각(azimuth angle)은 제어가 거의 불가능하다. 이러한 점을 고려하여 표적 식별 기법을 개발해야 한다.

[그림 8]과 같이 식별 과정의 신호처리 부분은 탐지(detection), 변별(discrimination), 구분(classification)의 3단계로 나누어진다<sup>[1]-[7]</sup>.

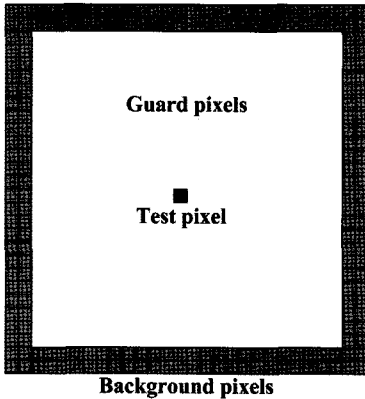
#### 3-1 탐지 단계

탐지 단계에서는 비행기나 위성에서 찍은 SAR 영상을 입력으로 들어오면 잠재적인 표적(potential target)의 화소를 탐지한다. 이때 화소를 탐지하는 방법은 [그림 10]과 같은 마스크를 이용하여 주위의 화

#### SAR phenomenology : geometrical effects in SAR imaging



[그림 9] SAR 영상의 기하학적 구조

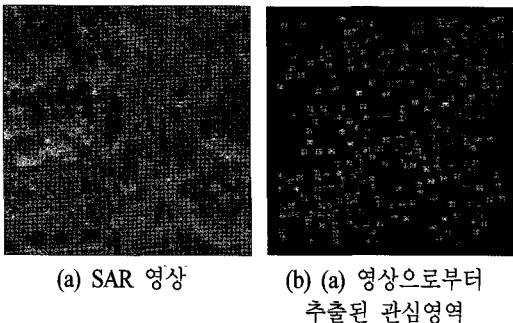


[그림 10] SAR 표적 식별 기술의 흐름도<sup>[4]</sup>

소에 비해 상대적으로 밝은 화소를 탐지하며, 마스크를 이동시키면서 전체 화소에 대해 테스트한다. 레이더의 해상도에 따라 하나의 표적은 여러 개의 화소로 구성되기 때문에 탐지하고자 하는 표적의 크기내의 다수의 화소들을 하나의 표적으로 군집화하여 일정한 크기의 관심 영역(region of interest)을 생성되며, 관심 영역의 크기는 SAR 영상의 해상도에 의해 결정된다.

### 3-2 변별 단계

[그림 11]의 SAR 영상에서 미국에서 직접 촬영한 SAR 영상이며, [그림 11](a) 영상을 탐지 과정을 수행하여 관심 영역을 추출하였다. [그림 11](b)에서 보는



(a) SAR 영상

(b) (a) 영상으로부터 추출된 관심영역

[그림 11] 탐지 단계

바와 같이 관심 영역 중에는 탐지하고자 하는 표적뿐만 아니라, 나무, 숲, 건물, 가로등, 담장 등과 같은 다양한 자연 클러스터나 인공 클러스터도 포함된다. 변별 단계의 목적은 탐지된 관심영역 중에서 다양한 종류의 클러스터를 제거함으로써 최종적인 표적 구분 단계에서 계산시간을 줄이고 구분 성능의 향상시키는 것이다. 다양한 종류의 클러스터를 제거하기 위해서는 탐지하고자 하는 표적의 물리적인 특징과 제거하고자 하는 클러스터의 물리적인 특징을 잘 표현하여야 한다. 그러한 물리적인 특성에는 길이와 같은 크기에 관련된 특성, 모양(shape)과 관련된 특성, SAR 영상에서의 밝기와 관련된 특성 등이 있으며 탐지 단계에서 추출된 관심영역으로부터 특성을 추출하여 두 종류 구분기를 이용하여 표적과 클러스터를 변별한다. 추가적으로 수직/수평 편광 영상을 이용하여 변별 과정을 수행하기도 하며, 유전 알고리즘(genetic algorithm)을 이용한 특성을 선택하는 기법도 연구되고 있다<sup>[3]</sup>.

### 3-3 구분 단계

이 단계는 표적 식별 기술의 최종 목적이다. 표적 구분을 위해 화소간 비교를 통한 템플릿 매칭이나 다양한 특성을 이용한 패턴 인식 기법, 표적을 모델링하여 비교하는 모델 기반 기법, 신경망을 이용한 기법 등을 이용한다<sup>[4]~[9]</sup>.

<표 3> 및 <표 4>는 MIT 링컨연구소와 포항공대 전파기술연구실의 SAR 표적 구분 성능을 보여주며, 각각 96.4 %와 98.5 %이다. 그리고 [그림 12]는 SAR ATR의 ROC(receiver characteristic curve)를 보여준다. 탐지단계에서는  $\text{km}^2$ 당 약 200개의 오경보를 보이고, 변별단계에서는 약 20개, 구분 단계에서는 약 2개의 오경보가 나타남을 볼 수 있다.

## IV. 결 론

우리나라는 세계 유일의 분단 국가이며 현재 북핵

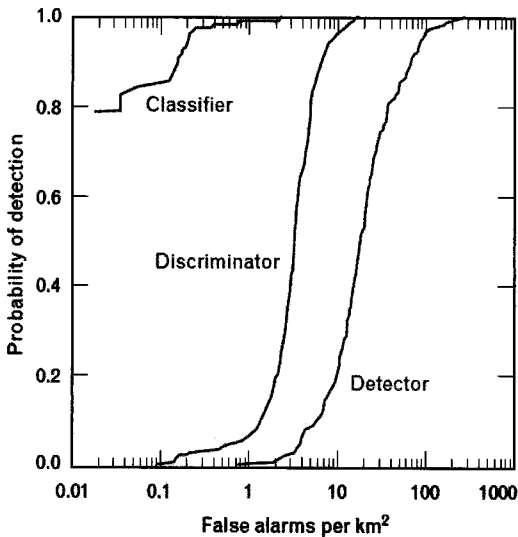
〈표 3〉 MIT 링컨연구소의 0.3 m 해상도의 SAR 영상에 대한 표적 식별 수행 결과<sup>6)</sup>

Vehicle	NUMBER OF TARGETS CLASSIFIED AS										
	BMP2	BTR60	BTR70	M109	M110	M113	M1	M2	M548	T72	UNKNOWN
BMP2#1	256										
BMP2#2	252										3
BMP2#3	255							1			
BTR60		256									
BTR70			256								
M109				256							
M110					256						
M113						256					
M1							255				
M2#1								256			
M2#2								251	2		2
M2#3								248	3		3
M548									256		
T72#1										256	
T72#2										232	23
T72#3										245	6
HMMWV	4	1				13		3			223
M35								1	6		248

〈표 4〉 포항공대 전파기술연구실의 0.3 m 해상도의 SAR 영상에 대한 표적 식별 수행 결과

Vehicle	NUMBER OF TARGETS CLASSIFIED AS									
	BTR70	BMP2	T72	BRDM2	2S1	BTR60	D7	T62	ZIL131	ZSU234
BTR70	188	1			3	3		1		
BMP2#1		195								
BMP2#2		195				1				
BMP2#3		196								
T72#1			196							
T72#2			195							
T72#3			191							
BRDM2		1		270	1		1		1	
2S1					258			8	8	
BTR60		1		1	2	184	1	1		5
D7							273	1		
T62					3		1	266	2	1
ZIL131							1		273	
ZSU234										274





[그림 12] SAR 표적 식별 수행에 대한 ROC<sup>[4]</sup>

문제가 사회적 이슈가 되고 있다. 국가 안보의 중요성을 고려하면 가장 시급한 과제가 정보 전력의 확충이라고 볼 수 있다. 현재 도입 예정인 무인 정찰기에 장착될 SAR 장비는 원 거리에서도 고해상도의 SAR 영상을 얻을 수 있다. 만약, 이러한 기술을 현재 보유하고 있다면 북한의 군사 활동을 보다 쉽게 추적 가능하며 이는 국가 안보에 큰 보탬이 될 것이다. 더욱이 고도화·첨단화하고 있는 현대 전장에서 적의 일거수일투족을 감시하고 정보를 획득하는 정보·첩보전 능력이 강조되고 있는 상황에서 SAR ATR 기술은 급변하는 대내외 안보 환경에서 미래전에 대비한 첨단 정보화기술이다. 앞서 언급한 것처럼, SAR ATR 기술은 미국의 수출 금지 품목으로 분류되어 있어 기술 도입이 불가능하여 국내 자체 기술을 개발할 수밖에 없다. SAR 체계는 현재 우리나라의 국방 분야 전략 및 전술적인 측면에서 정보 전력의 핵심으로 떠오르고 있다. 육, 해, 공군 각 군은 SAR 체계를 정보 전력의 핵심으로 도입 사업을 추진하고 있으며, 연구 개발 측면에서는 군, 국가연구소, 대학, 업체들이 협력해서 개발 사업을 진행하고 있다. 차후

SAR 영상 기술을 보유하게 되면 SAR ATR 기술이 국방 정보 전력의 핵심 기술이 될 것이다. 또한, SAR ATR 기술은 민간 분야에도 이용될 수 있다. 악천후에서 비행기가 추락하거나 자연재해로 인해 차량이 고립되었을 때, 광학 영상 장비로는 영상을 획득 불가능하지만 SAR 영상 장비를 이용하여 영상을 획득 가능하며 획득한 SAR 영상을 분석하는데 사용될 수 있다.

### 참 고 문 헌

- [1] D. E. Dugeon, R. T. Lacoss, "An overview of automatic target recognition", *Lincoln Laboratory Journal*, vol. 6, no. 1, pp. 3-9, 1993.
- [2] D. E. Kreithen, S. D. Halversen, and G. J. Owirka, "Discriminating targets from clutter", *Lincoln Laboratory Journal*, vol. 6, no. 1, pp. 25-52, 1993.
- [3] B. Bhanu, Y. Lin, "Genetic algorithm based feature selection for target detection in SAR images", *Image and Vision Computing*, vol. 21, no. 7, pp. 591-608, Jul. 2003.
- [4] L. M. Novak, S. D. Halverson, G. J. Owirka, and M. Hiett, "Effects of polarization and resolution on the performance of a SAR automatic target recognition system", *Lincoln Laboratory Journal*, vol. 8, no. 1, pp. 49-68, 1995.
- [5] L. M. Novak, G. J. Owirka, W. S. Brower, and A. L. Weaver, "The automatic target recognition system in SAIP", *Lincoln Laboratory Journal*, vol. 10, no. 2, pp. 187-202, 1997.
- [6] L. M. Novak, G. J. Owirka, and A. L. Weaver, "Automatic target recognition using enhanced resolution SAR data", *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, vol. 35, no. 1, pp. 157-175, Jan. 1999.

- [7] W. W. Irving, L. M. Novak, "A multiresolution on approach to discrimination in SAR imagery", *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, vol. 37, no. 1, pp. 91-108, Jan. 2001.
- [8] J. A. O' Sullivan, M. D. DeVore, V. Kedia, and M. L. Miller, "SAR ATR performance using a conditionally Gaussian model", *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, vol. 37, no. 1, pp. 91-108, Jan. 2001.
- [9] Y. O' Sun, Z. Liu, and J. Li, "Adaptive boosting for SAR automatic target recognition", *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, vol. 43, no. 1, pp. 112-125, Jan. 2007.

≡ 필자소개 ≡

김 경 태



1994년 2월: 포항공과대학교 전자전기공학과 (공학사)

1996년 2월: 포항공과대학교 전자전기공학과 (공학석사)

1999년 2월: 포항공과대학교 전자 전기공학과 (공학박사)

2002년 3월~2011년 2월: 영남대학교 전

자공학과 교수

2011년 3월~현재: 포항공과대학교 전자전기공학과 교수

[주 관심분야] 레이더 표적인식, 레이더 영상, 레이더 신호 처리, 패턴인식, 전자기수치해석 및 RCS 측정 등