

# Adaptive vigilance parameter를 이용한 ART2에 기반한 레이더 영상에서의 물체 추출

\*박은경, \*\*김도현, \*최선아, \*\*차의영  
부산대학교 전자계산학과  
e-mail: \*{egpark15, kiddy001}@hotmail.com  
\*\*{uliminer, eycha}@harmony.cs.pusan.ac.kr

## Radar Image Classification based on ART2 Network using Adaptive Vigilance Parameter

\*Eun-Gyeong Park, \*\*Do-Hyeon Kim, \*Sun-Ah Choi, \*\*Eui-Young Cha  
Dept. of Computer Science, Pusan National University

### 요 약

레이더 영상에서의 물체 위치는 극좌표계로 주어지기 때문에 직각좌표계로 표현되는 일반적인 물체 추적에서의 클러스터링을 통한 물체 추출 방법은 비효율적이다. 본 논문에서는 이러한 레이더 영상의 특성을 고려하여 개선된 ART2 클러스터링 기법을 이용하는 방법을 제안하였다. 이진화와 labeling을 통해 추적하고자 하는 물체 외의 물체나 잡영을 제거한 영상에서의 adaptive vigilance parameter를 이용한 ART2 클러스터링 기법의 적용은 추적하고자 하는 물체를 추출함에 있어 우수한 실험 결과를 보였다.

### 1. 서론

레이더 영상에서 물체(object)를 추적하기 위해서는 추적에 앞서 추적하고자 하는 물체가 추출되어야 한다. 비지도 학습으로 이루어지는 ART2 클러스터링 기법은 레이더 영상과 같이 물체의 존재 개수를 선행적으로 알기 어렵고 물체 이동에 의해 물체들이 겹쳐 보이기 쉬운 물체 추적함에 있어 좋은 결과를 보인다. 하지만 대부분의 영상은 직교 좌표계를 기반으로 하나 레이더 영상에서 있어서의 물체 위치는 거리(range)와 방위각(azimuth)의 극좌표계로 표현되는 특수성을 가짐으로 주어진 레이더 영상에 기존의 ART2 신경망의 클러스터링 기법[1]을 그대로 적용하는 것은 비효율적이다.

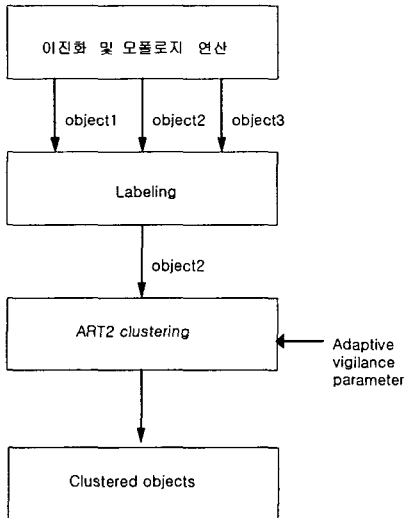
본 논문에서는 레이더 영상만의 특수성을 고려하여 추적하고자 하는 물체를 추출하였다.

획득된 레이더의 원영상에는 배와 같은 추적하고자 하는 물체 외에도 큰 정지 물체와 많은 잡영이 존재함으로 영상의 전처리 과정을 통해 실제적으로 추적하고자 하는 물체 추출에 앞서 큰 정지 영상 및 잡영을 처리할 필요가 있다. 여기서는 이진화와 labeling[2]을 통한 전처리 과정을 거쳐 우선적으로 추적하고자 하는 물체의 평균 크기보다 큰 정지 물체와 잡영을 제거한 후, Adaptive vigilance parameter를 이용한 ART2 신경망을 적용함[1]으로써 물체를 추출하는 방법을 제안한다.

### 2. 물체 추출 과정

레이더 영상에서 배와 같은 움직이는 물체를 추적하기 위해서는 추적에 앞서 우선 추적하고자 하는 물체를 추출하는 단계를 거쳐야 한다.

물체는 [그림 1]과 같이 이진화와 모폴로지 연산을 거친 영상에서 labeling을 통해서 큰 정지 물체와 잡영을 제거한 후, Adaptive vigilance parameter를 이용한 ART2 신경망을 적용하여 클러스터링하는 단계를 거쳐 추출된다. [그림 1]에서 object1은 큰 정지 영상, object2는 추적하고자 하는 물체, object3은 잡영을 나타낸다.



[ 그림 1 ] 제안된 방법의 블록도

### 3. Labeling을 이용한 물체 추출 전처리 과정

이진화를 거친 레이더 영상은 물체 내부에 빈 공간이 생길 수도 있으므로 팽창과 침식을 적절히 조합한 형태학적 필터를 사용하여 영상을 개선한다.

이진화와 형태학적 필터링을 거친 레이더 영상에는 [그림 1]과 같이 추적하고자 하는 물체 외에도 큰 정지 물체나 많은 잡영이 존재한다. 효과적인 클러스터링을 위해서는 이러한 추적하고자 하는 물체 외의 큰 정지 물체나 잡영을 제거해 줄 필요가 있다. 대체로 섬, 육지와 같은 큰 정지 물체나 잡영은 추적하고자 하는 물체보다 몇 배로 크거나 작다. 따라서 labeling을 이용[2]하여 추적하고자 하는 물체의 평균 크기와 많은 차이를 보이는 영역은 제거가 가능하다.

[그림 3]은 이런 영상 개선 과정과 labeling을 통하여 1차적으로 필터링된 물체를 보여주고 있다. 제거된 잡영과 큰 정지 물체는 회색으로 표시하였다.



[ 그림 2 ] 레이더 원영상



[ 그림 3 ] 전처리된 레이더 영상

## 4. ART2 Neural Networks

### 4.1 ART2 특성 및 알고리즘[1]

ART(Adaptive Resonance Theory) 신경망은 기존의 경쟁학습(competition learning)의 약점인 안정성을 보장하여 제안한 비지도 학습의 네트워크로 기존에 학습되었던 것이 새로운 학습에 의해 지워지지 않도록 새로운 지식을 자동적으로 전체 지식 베이스에 일관성 있는 방법으로 통합한다.[1] 이 신경망은 첫 번째 입력을 첫 번째 클러스터의 대표패턴으로 선택하고 다음 입력이 들어오면 기존의 클러스터들의 중심간의 거리가 임계값(vigilance parameter)보다 작으면 같은 클러스터로 분류되고 그렇지 않으면 새로운 클러스터를 생성하는 과정을 거친다. ART2 신경망은 이진 패턴뿐만 아니라 아날로그나 gray-level의 vector component와 같은 입력 패턴에 대해서도 적용 가능한 확장 모델이다. ART2 신경망의 학습 알고리즘은 다음과 같다.

[ ART2 신경망의 학습 알고리즘 ]

k번째 입력패턴을  $x_k$ , 신경망의 i번째 클러스터의 중심값을  $w_i$ 라 하자.

[단계 1] 패턴 입력

입력패턴 집합  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$

클러스터 집합  $C = \{w_1, w_2, \dots, w_c\}$

$N$  : 입력패턴 수,  $C$  : 클러스터 수 ( $c=0$ )

[단계 2] 승자 클러스터 선정

새로운 입력 패턴  $x_k$ 에 대해 최소 거리(minimum distance)를 가지는 클러스터  $j^*$ 을 승자 클러스터로 선택한다. 일반적으로 입력 패턴과 클러스터 중심점과의 거리는 euclidean distance로 계산한다.

$$\|x_k - w_{j^*}\| = \min \|x_k - w_i\| \quad (1)$$

[단계 3] Vigilance test

입력 패턴에 대한 vigilance test를 수행한다. 만약 입력 패턴이 승자 클러스터의  $\sigma$ (vigilance parameter) 이내에 들어오면 이 입력 패턴은 승자 클러스터와 유사한 패턴임을 의미하여 이 입력 패턴을 승자 클러스터에 포함시켜 승자 클러스터의 중심값을 수정하고 그렇지 않으면 이 입력 패턴으로 새로운 클러스터를 생성한다.

if  $\|x_k - w_{j^*}\| < \sigma$ ,

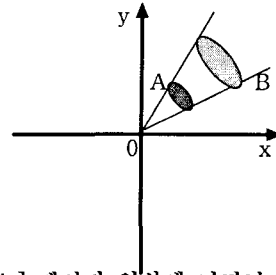
$$Cluster_{j^*}^{new} = \frac{x_k + w_{j^*}^{old} \cdot \|Cluster_{j^*}^{old}\|}{\|Cluster_{j^*}^{old}\| + 1} \quad (2)$$

[단계 4] 모든 입력값이 처리될 때까지 단계 1에서 단계 3을 반복 수행한다. 지정된 회수(T) 학습을 반복 수행하거나 신경망의 클러스터 중심값이 변함이 없으면 학습을 종료한다.

4.2 Adaptive vigilance parameter를 이용한 vigilance test

레이더 시스템에서의 물체의 위치는 거리(range)와 방위각(azimuth) 값으로 나타내어진다. 따라서, 같은 물체라도 레이더로부터 얼마나 떨어져 있는가에 따라 물체의 크기가 달라지는데 [그림 4]와 같이 중심으로부터 멀어질수록 물체가 옆으로 퍼져 타원 모양으로 나타나는 경향이 있다.

이러한 경우에 일반적인 ART2 기법에서의 vigilance test에서처럼 vigilance parameter 값을 임의의 상수 값으로 정해버리면 효율적인 클러스터링을 수행하지 못하게 된다.



[그림 4] 레이더 영상에 나타난 물체의 형태

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하고자 레이더에서부터 물체까지의 거리에 비례하는 Adaptive vigilance parameter를 이용한 ART2 클러스터링 기법을 이용하였다.

Labeling을 거친 영상에서 물체라고 여겨지는 것들 중 주어진 영상의 최외곽에서 가장 큰 타원 모양의 물체 영역을 통해 최대 장축의 길이, 단축의 길이를 얻고, 중심에서 가장 가까운 물체를 통해서 최소 장축의 길이와 단축의 길이를 얻는다.

얻어진 4개의 값을 가지고 승자 클러스터와 레이더 중심간의 떨어진 거리에 비례하는 타원의 장축과 단축의 값을 가지는 타원의 방정식을 세운 후, 주어진 임의의 점이 타원에 속하면 승자 클러스터에 포함시켜 승자 클러스터의 중심값(range)과 방위각(azimuth)을 수정하고 그렇지 않으면 주어진 점의 중심값(range)과 방위각(azimuth)을 가지는 새로운 클러스터를 생성한다.

5. 실험 환경 및 결과 분석

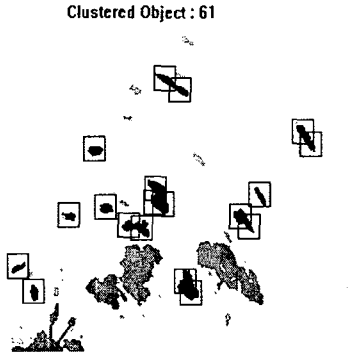
5.1 실험 환경

본 실험은 Pentium 1.7GHz, 256MB 사양의 PC의 Window XP 환경에서 visual C++ 6.0을 사용하여 개발 및 연구되었으며 실험에 사용된 레이더 영상은 레이더 신호 데이터를 원점을 중심으로 반지름 300 pixel로 구성되는 600×600 이미지로 변환하여 사용하였다.

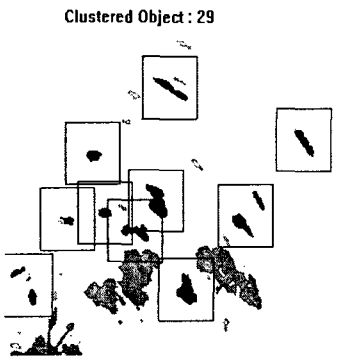
5.2 실험 결과 및 분석

[그림 5]는 ART2 신경망의 vigilance parameter를 10으로 고정한 경우이다. 이 경우, 레이더 중심 가까이 있는 경우에는 클러스터링의 결과가 제대로 나오나 중심에서 멀어질수록 레이더 영상의 특성상 물체가 옆으로 퍼져 나타나 한 물체라도 두 부분 이상으로 나뉘어 지는 볼 수 있다. [그림 6]은 ART2 신경망의 vigilance parameter를 25로 고정한

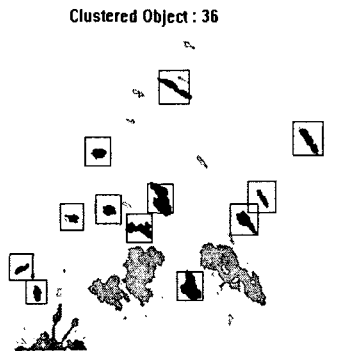
경우이다. 이 경우에는 멀리 있는 물체는 클러스터링이 제대로 되나 레이더 중심 가까이 있는 물체가 인접해 있을 경우, 한 클러스터에 두 개 이상의 물체가 속하는 경우가 생김을 알 수 있다.



[ 그림 5 ] VigilanceParameter=10



[ 그림 6 ] Vigilance Parameter=25일 때



[ 그림 7 ] Adaptive vigilance Parameter를 적용했을 때

[그림 7]은 이 논문에서 제안한 Adaptive vigilance Parameter를 이용한 ART2 클러스터링의 결과를 보이고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 레이더의 중심과 물체가 떨어져 있는 거리와 상관없이 물체의 크기에 적응적으로 추출됨을 알 수 있다.

## 6. 결과 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 물체의 위치가 거리와 방위각의 극좌표계에 의해 표현되어지는 레이더 영상에서의 물체 추적의 특성을 고려하여 전처리 과정을 거친 영상에서의 Adaptive vigilance Parameter를 적용한 ART2 클러스터링 기법을 통한 물체 추적을 제안하였다. 실험 결과, 기존의 vigilance parameter를 임의의 상수로 고정하는 방법보다 더 나은 결과를 보였다.

하지만 이와 같은 물체 추출은 정지 영상에서 구해진 것이므로 큰 정지 영상 주위에 생기는 추적 물체 크기의 잡영을 제거하거나 일시적으로 영상에 나타나지 않는 추적 물체는 추출해 내는 것이 어렵다. 따라서, 물체 추적 과정에서는 연속 영상을 이용하여 이러한 잡영이나 일시적으로 보이지 않는 추적 물체를 처리하는 방법에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

## 참고문헌

- [1] G. A. Carpenter and S. Grossberg. "ART2: self-organization of stable category recognition codes for analog input patterns," *Applied Optics* 26, 1987, pp.4919-4930.
- [2] 김도현, 강동구, 차의영, "비재귀 Flood-Fill 알고리즘을 이용한 적응적 이미지 Labeling 알고리즘," 한국정보처리학회 논문지 제 9-B권 제 3호, pp.337-342, 2002년 6월
- [3] 김도현, 김춘림, 차의영, "불완전한 레이더 신호로부터 양질의 이미지 획득 방법," 한국멀티미디어학회 춘계학술발표논문집, 제5권 1호, pp.249-253, 2002년 5월
- [4] 최선아, 김도현, 강동구, 차의영, "모폴로지 기법과 DSP를 이용한 레이더 영상에서의 물체추출," 한국정보과학회, 가을학술발표논문집, 제28권 2호, pp.463-465, 2001년 10월