

가중치 허프 변환 기반 트랙 초기화 알고리즘 연구 Weighted Hough Transform based Track Initiation Algorithm

이규정 광노준
Gyue-Jeong Lee No-Jun Kwak
서울대학교
(regultion.lee@snu.ac.kr)

ABSTRACT

허프 변환 기반 트랙 초기화 알고리즘은 다수의 클러터가 분포된 환경에서 정확한 초기화가 가능하다고 알려져 있으나 충분한 scan 수를 확보하지 못한 경우 거짓 트랙 생성확률이 늘어난다는 제한점을 가지고 있다. 본 연구에서는 이러한 제한점을 극복하기 위해 레이더의 SNR 정보를 활용한 가중치 허프 변환 기반 트랙 초기화 알고리즘을 제안한다. 시뮬레이션을 통한 실험결과 제안 알고리즘이 기존 알고리즘과 비교하여 동일한 scan 수에서도 최대 60% 낮은 거짓 트랙 생성 확률을 보여 성능을 검증하였다.

Key Words : Radar tracking, Track initiation, Weighted Hough Transform

1. 서론

허프 변환 기반 트랙 초기화 알고리즘(Hough transform based track initiation algorithm)은 레이더(radar)에서 추적할 표적을 탐지하는 트랙 초기화 알고리즘 중 하나로 허프 변환을 기반으로 한다. 이 알고리즘은 일정 scan의 측정치(measurement)를 모아서 표적을 결정하는 일괄처리 방식(batch method)으로 분류되며 일반적으로 다수의 clutter가 분포되어있는 환경에서 정확한 트랙 초기화가 가능하다고 알려져 있다. 하지만 충분하지 않은 횡수의 scan을 기반으로 처리할 경우 거짓 트랙(false track)이 다량 생산된다는 제한점을 가지고 있다. 또한 추적할 표적을 정확하게 판단하기 위해 scan 수를 늘릴 경우 처리시간이 늘어나게 된다. 이러한 트랙 초기화 과정의 처리시간과 거짓 트랙 생성 억제 능력은 빠른 결심을 통한 즉각적인 대응을 수행해야 하는 항공작전 영역에서 작전의 성패를 결정할 수 있는 주요한 변수이므로 허프 변환 기반의 트랙 초기화 알고리즘이 군사용 레이더에 적용되어 원활한 작전을 수행하기 위해서는 반드시 극복해야 할 제한점이라 할 수 있다.

기존 허프 변환 기반 알고리즘의 성능을 위해 다수의 scan이 필요한 이유는 표적임을 판단하기 위한 정보가 충분하지 않기 때문이다. 즉, 기존 알고리즘이 레이더의 위치 정보(position measurement)만을 사용하기 때문에 다수의 scan으로부터 누적된 측정치 정보가 요구되는 것이다. 따라서 보다 정확하고 빠른 트랙 초기화 기법을 구현하기 위해서는 다른 측면의 접근이 필요하다.

가중치 허프 변환(weighted Hough transform) 이러한 제한점을 해결할 수 있는 가능성을 가진 기법이다. 이는 측정치가 가지는 정보를 바탕으로 측정치의 가중치 산정하고 이 가중치를 바탕으로 허프 변환을 적용하

여 정확도를 높이는 기법이다. 허프 변환 기반 트랙 초기화 알고리즘에 이 기법을 적용할 경우 기존 방식과 달리 클러터와 실제 표적 간 차등을 두어 처리 할 수 있으며 이를 통해 트랙 초기화 과정에서 클러터를 먼저 제거한 후 추적할 표적을 찾는 과정을 진행하여 거짓 트랙 생성의 효율적인 억제가 가능해진다.

따라서 본 연구에서는 가중치 허프 변환의 이러한 장점을 활용하기 위해 레이더 측정치 중 SNR(signal to noise ration) 값을 가중치로 활용한 가중치 허프 변환 기반 트랙 초기화 알고리즘을 제안한다. 시뮬레이션 환경에서의 실험결과 제안 기법은 기존 알고리즘 대비 동일한 scan 수에서 최대 60% 향상된 거짓 트랙 탐지확률을 보여서 기존 알고리즘 대비 거짓 트랙 탐지의 효과적인 억제가 가능하며 처리시간의 단축이 가능함을 확인 할 수 있었다.

2. 가중치 허프 변환 기반 트랙 초기화 알고리즘 및 실험

가중치 허프 변환기법을 트랙 초기화 알고리즘에 적용하기 위해 이진 가중치(binary weight)기법과 가중치 합(weighted sum) 기법 등 두 가지 처리기법을 제안한다. 두 방식은 가중치에 따라 측정치를 처리하는 방식에 차이를 가지고 있으며 자세한 설명은 2.1절에 기술하였다. 실험은 $4km^2$ 의 관측영역에 총 5개의 실제 표적이 -50° 방향에 $350m/s$ 로 직선운동을 하고 있는 시뮬레이션 환경을 구성하고 4 scan의 측정치들을 초기화 과정에 활용하였다. 총 1,000번의 Monte Carlo trial을 진행하였으며 각 알고리즘의 성능은 거짓 트랙 탐지 확률(false track probability, P_F)과 트랙 초기화 처리시간으로 각각 측정하였다. 관측영역의 클러터 환경은 전 영역에서 균등분포(uniform distribution)를 갖도록 모사했으며 SNR은 실제 표적이 [8, 10dB], 클러

터가 [3, 10dB] 범위에서 균등분포를 갖는 무작위 값을 갖도록 설정하였다.

2.1 가중치 허프 변환 기반 트랙 초기화 알고리즘

측정치의 SNR을 허프 변환 기반 트랙초기화 알고리즘에 적용하기 위해 본 연구에서 제안한 두 가지 처리 기법은 다음과 같다. 먼저 이진 가중치(binary weight) 방식은 매 scan 마다 수신되는 측정치 중 SNR이 임계치보다 낮은 측정치를 제거하여 허프 변환이 처리하는 측정치의 수를 자체를 낮추는 방식이다. 다른 하나인 가중치 합(weighted sum) 방식은 일반적인 허프 변환 기반 트랙 초기화 과정을 거쳐 생성된 표적 후보 중 각 표적 후보의 트랙을 구성하는 측정치들의 SNR 합이 임계치보다 높은 트랙만 최종 트랙으로 결정하는 방식이다. 그림 1은 두 가지 접근방식을 도식화 한 것으로 각 원의 지름은 SNR, 색은 측정치가 수신된 scan 시간을 의미한다.

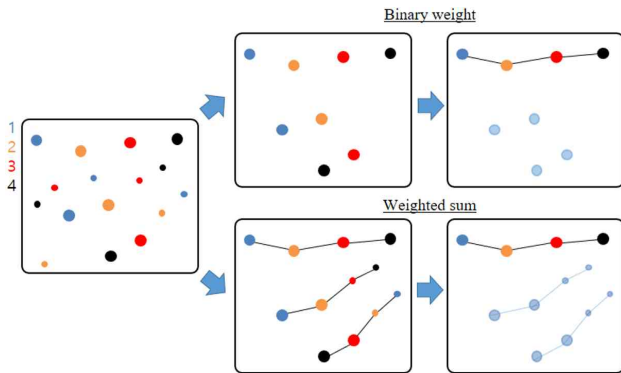


그림 1. 가중치 허프 변환 기반 트랙 초기화 알고리즘의 접근방식

2.2 실험

다양한 클러터 환경에서 제안 알고리즘의 P_F 와 처리 시간을 측정하여 성능을 확인하였다. 이진 가중치 기법과 가중치 합 기법의 임계치는 최대 SNR의 80%로 각각 적용하였다. 제안 알고리즘의 성능 비교를 위해 기존 허프 변환 기반 트랙 초기화 알고리즘과 일반적으로 많이 사용되는 것으로 알려진 로직 기반 트랙 초기화 알고리즘의 성능을 동시에 측정하였다. P_F 는 관측영역에서 측정된 scan별 평균 클러터 수와 초기화 된 표적 개수의 비율로 측정하였다.

그림 2는 클러터 수에 따른 P_F 를 나타낸다. 파란색과 빨간색으로 각각 표현된 제안 알고리즘이 다른 알고리즘에 대비해 동일한 스캔 수 조건에서 최대 60% 낮은 P_F 를 보이는 것을 확인 할 수 있다. 특히, 이진 가중치 기법은 클러터 수가 증가함에도 일정수준의 P_F 를 유지하여 클러터가 많은 환경에 적용이 가능한 것으로 판단할 수 있으며 가중치 합 기법의 경우에도 기존 알고리즘에 대비해 낮은 P_F 를 보였다.

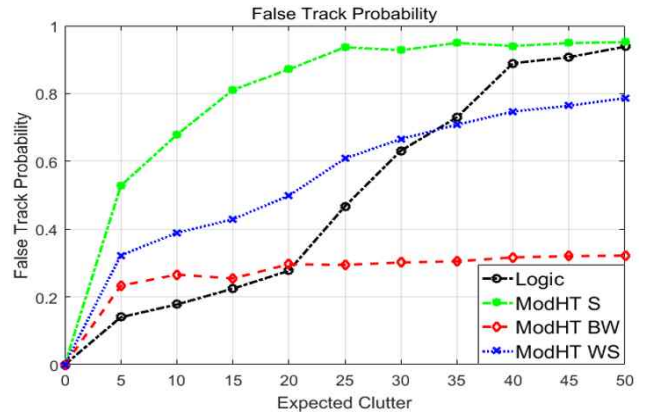


그림 2. 클러터 수 변화에 따른 거짓 트랙 탐지확률의 변화

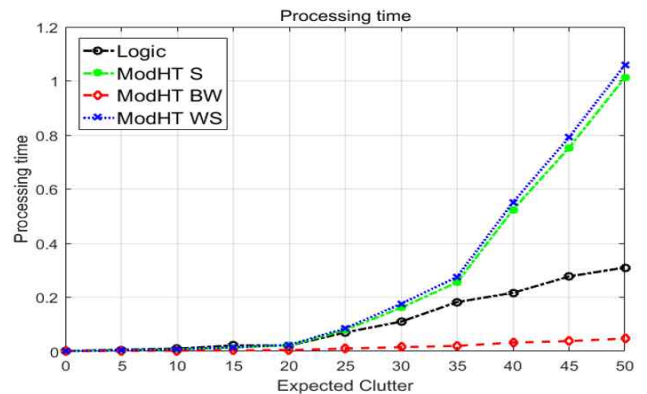


그림 3. 클러터 수 변화에 따른 트랙 초기화 처리시간의 변화

그림 3은 클러터 수에 따른 초기화 처리시간을 나타낸다. 이진 가중치 기법(파란색)이 허프 변환 적용 전 측정치의 수를 줄임에 따라 처리시간을 감소시킨 반면 가중치 합 기법(빨간색)은 모든 측정치에 대해 허프 변환을 그대로 적용함에 따라 처리시간에 이점은 없는 것을 확인 할 수 있다.

3. 결론

본 연구에서는 가중치 허프 변환 기반의 트랙 초기화 알고리즘을 제안하고 시뮬레이션 환경에서 실험을 진행하여 성능을 확인하였다. 실험결과 제안 알고리즘은 기존 알고리즘 대비 최대 60% 낮은 P_F 를 보였으며 처리 시간도 단축되어 제안 알고리즘의 성능을 확인 할 수 있었다. 특히 클러터가 증가함에도 일정 수준의 P_F 를 유지하여 클러터 수가 많은 환경에서 운용되는 군사용 레이더에 적용할 수 있는 가능성을 확인할 수 있었다.

참고문헌

[1] M.K. Ibrahim, E. Ngau and M.F. Daemi, "Weighted Hough transform," Intelligent Robots and Computer Vision X: Algorithms and Techniques, International Society for Optics and Photonics pp. 237-241, 1992.