

클러터 환경에서 다중 물체 추종에 관한 연구. A Study on the Multi-target Tracking Algorithm with Clutter.

*김은석¹, #박장현², 김제석², 지용관²

*E. S. Kim¹, #J. H. Park(jpark@hanyang.ac.kr)², J. S. Kim², Y. K. Ji²

¹한양대학교 지능형 로봇공학, ²한양대학교 미래자동차공학과

Key words : IMM, PDAF, IMM-PDAF, Multi-Target Tracking, Sensor Fusion

1. 서론

지난 수년간 센서 퓨전에서 다중 센서를 기반으로 다중물체 추적에 관한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 이러한 추적 시스템 개발은 지능형 로봇의 핵심 기술이라 할 수 있다.

기존의 추적 기법들 중 1984년에 Blom 과 BarShalom 에 의해 개발된 다중 모델간의 'soft' 전환 기술인 Interacting Multiple Model(IMM) 기술과 데이터 결합처리 기법인 Probability Data Association Filtering(PDAF) 기술을 결합한 IMM-PDAF 기법을 제안하고자 한다.

본 논문에서는 차량이 레이저센서 1 개, 인프라 1 개와 단일 영상센서 1 개를 이용하여 주변의 물체들을 효과적으로 추적하는 연구를 수행하였다.

2. IMM

다중 모델간 상호 작용 기법인 IMM 기법은 어떠한 물체가 움직일법한 모델링 몇 가지를 세우고 이러한 모델에 대해서 실제 물체가 어떠한 확률적 가능성을 가지고 운동할지를 계산 하여서 추적해 가는 기법이다. 먼저 로봇의 운동모델과 측정모델은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \mathbf{x} &= [\mathbf{x} \ \mathbf{y} \ \dot{\mathbf{x}} \ \dot{\mathbf{y}}]^\top \\ \mathbf{x}_k &= \Phi \cdot \mathbf{x}_{k-1} + \mathbf{B} \cdot \omega_{k-1} \\ \mathbf{z}_k &= \mathbf{C} \cdot \mathbf{x}_k + \mathbf{v}_k \end{aligned}$$

이때, IMM 은 총 4 단계로 구분 되어 진다.

1 단계. Filter Re-Initialization.

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{x}}_{k-1}^j &= \sum_{i=1}^r \hat{\mathbf{x}}_{k-1}^i \cdot \mu_{k-1}^{ij} \\ \hat{\Sigma}_{k-1}^j &= \sum_{i=1}^r \left(\hat{\Sigma}_{k-1}^i + (\hat{\mathbf{x}}_{k-1}^i - \hat{\mathbf{x}}_{k-1}^j) \right. \\ &\quad \left. \times (\hat{\mathbf{x}}_{k-1}^i - \hat{\mathbf{x}}_{k-1}^j)^\top \right) \cdot \mu_{k-1}^{ij} \end{aligned}$$

2 단계. Filter Bank. (Kalman Filter)

- Prediction :

$$\begin{aligned} \bar{\mathbf{x}}_k^j &= \Phi_{k-1}^j \cdot \bar{\mathbf{x}}_{k-1}^j \\ \bar{\Sigma}_k^j &= \Phi_{k-1}^j \cdot \bar{\Sigma}_{k-1}^j \cdot (\Phi_{k-1}^j)^\top + \mathbf{B}_{k-1}^j \cdot \mathbf{Q}_{k-1}^j \cdot (\mathbf{B}_{k-1}^j)^\top \end{aligned}$$

- Update :

$$\begin{aligned} \bar{\mathbf{S}}_k^j &= \mathbf{C}_k^j \cdot \bar{\Sigma}_k^j \cdot (\mathbf{C}_k^j)^\top + \mathbf{R}_k^j \\ \mathbf{L}_k^j &= \bar{\Sigma}_k^j \cdot (\mathbf{C}_k^j)^\top \cdot (\bar{\mathbf{S}}_k^j)^{-1} \\ \hat{\mathbf{x}}_k^j &= \bar{\mathbf{x}}_k^j + \mathbf{L}_k^j \cdot (\mathbf{z}_k - \mathbf{C}_k^j \cdot \bar{\mathbf{x}}_k^j) \\ \hat{\Sigma}_k^j &= (\mathbf{I} - \mathbf{L}_k^j \cdot \mathbf{C}_k^j) \cdot \bar{\Sigma}_k^j \end{aligned}$$

3 단계. Mode Update.

- Prediction :

$$\mu_{k-1}^{ij} = \frac{\pi_{ij} \cdot \mu_{k-1}^i}{\sum_{i=1}^r \pi_{ij} \cdot \mu_{k-1}^i}$$

- Update :

$$\begin{aligned} \bar{\mathbf{S}}_k^j &= \mathbf{C}_k^j \cdot \bar{\Sigma}_k^j \cdot \mathbf{C}_k^\top + \mathbf{R}_k^j \\ \Lambda_k^j(\mathbf{z}_k) &= N(\mathbf{z}_k; \mathbf{C}_k^j \cdot \bar{\mathbf{x}}_k^j, \bar{\mathbf{S}}_k^j) \\ \mu_k^j &= \frac{\Lambda_k^j(\mathbf{z}_k) \cdot \sum_{i=1}^r \pi_{ij} \mu_{k-1}^i}{\sum_{i=1}^r \left(\Lambda_k^i(\mathbf{z}_k) \cdot \sum_{n=1}^r \pi_{ni} \mu_{k-1}^n \right)} \end{aligned}$$

4 단계. Estimate Fusion.

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{x}}_k &= \sum_{i=1}^r \hat{\mathbf{x}}_k^i \cdot \mu_k^i \\ \hat{\Sigma}_k &= \sum_{i=1}^r \left\{ \hat{\Sigma}_k^i + (\hat{\mathbf{x}}_k^i - \hat{\mathbf{x}}_k) \right. \\ &\quad \left. \times (\hat{\mathbf{x}}_k^i - \hat{\mathbf{x}}_k)^\top \right\} \cdot \mu_k^i \end{aligned}$$

3. IMM-PDAF

IMM-PDAF 는 앞 절에서 설명한 IMM 의 FilterBank 로써 PDAF 를 사용한 기법이다. IMM-PDAF 의 전체 구성도는 Fig. 1 와 같다.

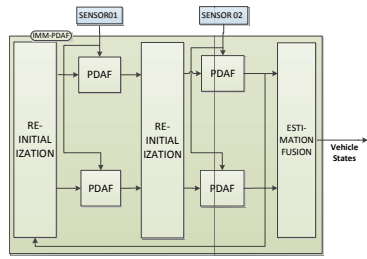


Fig. 1 IMM-PDAF Algorithm scheme.

여기서 PDAF 는 클러터를 포함한 여러 측정 데이터들 중에 어느 데이터가 현재 추적하고자 하는 물체의 측정값인지 찾아내기 위한 기능으로서 그 내부 구성은 Fig. 2 와 같다.

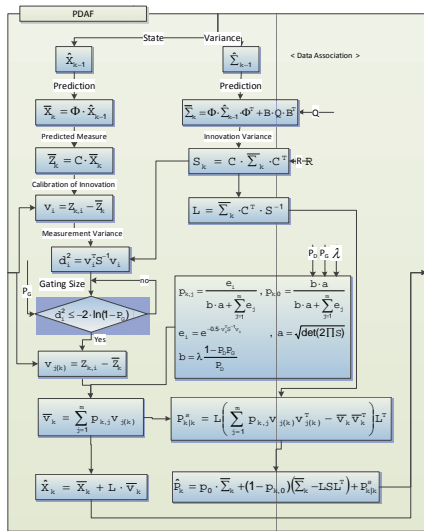


Fig. 2 PDAF Algorithm scheme.

4. 실험

클러터 밀도 0.0001 개/m², 물체 감지확률 90%, 각 운동모델 노이즈의 표준편차 [1 1]^T 일때 시뮬레이터에 대한 실험 결과 이다.

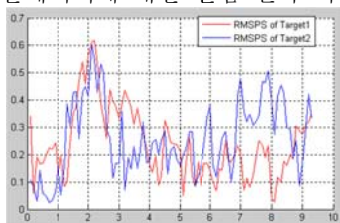


Fig. 3 RMSPS of Target estimation.

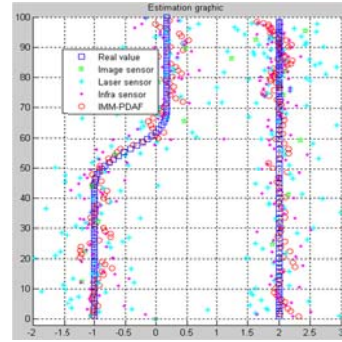


Fig. 4 Simulator Tracking result.

5. 결론

IMM 의 모델들 각각이 서로 상이한 동역학적 특성을 가질수록 물체에 대한 추적 성능이 향상된다. 클러터가 존재하며, 또한 물체가 측정되지 않을 수 있는 환경에서도 다중 물체의 경로와 거의 일치함을 볼 수 있다. PDAF 를 Filter Bank 로 사용할 경우 연산량이 센서 개수, 모델 개수, 추적할 물체 개수의 곱에 비례하여 많아지므로 실시간 추적에 문제가 된다. 따라서 실시간 추적 기법을 위해서는 IMM-PDAF 개선에 대한 필요성이 요구 된다.

후기

본 논문은 지식경제부 우수제조기술연구센터(ATC)사업(과제번호 201000000002171 - 차세대 협업 생산 로봇을 위한 다자유도 Robot ARM 및 응용기술 개발)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. Mazor, E., Averbuch, A., Bar-Shalom, Y., and Dayan, J., "Interacting Multiple Model Methods in Target Tracking" IEEE transactions on aerospace and electronic systems, 34, 1 January 1998.
2. Caveney, D. S., "Multiple Target Tracking in the Adaptive Cruise Control Environment Using Multiple Models and Probabilistic Data Association", M. S. Thesis, University of California, Berkeley, U.S.A., 1999