

VTS의 추적 및 융합 알고리즘 시뮬레이터 설계

† 이병길 · 한중욱 · 조현숙

† 한국전자통신연구원

요 약 : 해상교통관제 시스템(VTS)는 선박 통항의 안전과 효율을 증진시키고 해상 환경을 보호하는 매우 중요한 역할을 하는 시스템으로서, 최근 국제적으로 e-Navigation을 지향한 최신 IT기술을 반영한 새로운 패러다임 형태로 활발하게 진행되고 있다. 이러한 국제적 변화와 더불어 국내에서도 차세대 VTS 개발이 진행되고 있으며, 물표 추적 및 융합 알고리즘의 국내 환경을 고려한 기술개발 필요성이 제기되어 왔다. 따라서 국내 환경에서 차세대 VTS를 개발하기 위한 추적 및 융합 알고리즘을 설계하고 이를 적용하기 위한 시뮬레이터를 통하여 국내 VTS 센터로부터 추적 및 융합 요구사항을 검증하고자 한다. 따라서 본 논문에서는 차세대 VTS인 u-VTS의 추적 및 융합 요구사항을 검증하기 위하여 시뮬레이터를 구성하고, 이를 통하여 추적 및 융합 성능을 분석하였다.

핵심용어 : VTS, 차세대 해상교통관제, 추적 및 융합 알고리즘

구조

Smart & Green Technology Innovator ETRI 魂·創·通

□ 추적 및 융합 시뮬레이터 목적

- 1) 추적 및 융합 시뮬레이터는 u-VTS에서 구조적 특성에 대해 성능보수요인이 가장 많은 부분인 다중센서 융합시스템에 대한 요구사항으로부터 추적 및 융합 목적의 1차적 검증
- 2) 추적·융합의 요구사항에 대한 알고리즘 적용 등을 이용, 시뮬레이션을 통하여 실제 시스템의 수행가능성 조정
 - 다양한 해상 환경에서의 융합 목적(알고리즘) 비교 검증
 - 추적 알고리즘 비교 검증

표적(물표) 모의 발생기

Smart & Green Technology Innovator ETRI 魂·創·通

□ 표적 모의 발생기

표적 모의 발생기는 레이더 물표, 클러터 및 AIS 정보를 발생 관리하는 기능과, 연동되는 각각의 레이더 모의 처리기로 각 레이더 위치, 레이더 시스템 분해능에 따른 오차범위내 랜덤한 정보를 제공하는 기능

레이더 모의 처리기

Smart & Green Technology Innovator ETRI 魂·創·通

□ 레이더 모의 처리기

레이더 모의 처리기는 설정된 위치와 기본 레이더 환경을 바탕으로 레이더를 모의 탐색, 추적하는 레이더 운용 기능, 표적 모의 발생기와 표적 추적 및 융합처리기 서버와 연동하는 네트워크 클라이언트 기능

융합처리기

Smart & Green Technology Innovator ETRI 魂·創·通

□ 표적추적 및 융합처리기

레이더 추적표적 통합추적 및 표적융합 감시 및 처리기는 각각의 레이더 모의 처리기로부터 표적 정보를 제공받아 이를 기반으로 표적 융합 및 물표 관리 기능

트랙간 융합 방법

Smart & Green Technology Innovator
ETRI
魂·創·通

□ 트랙간 융합
: 레이더 사이트로부터 수신된 트랙에 대한 융합 목적으로 각 레이더 사이트로부터 트랙 Data Association을 수행하고 융합 용도에 대한 트랙들간의 위치를 융합하기 위하여 위치, 질료, 속력, 신호세기 등을 비교하여 신뢰도 기반 Weighting Factor로서 목표 보정하거나 신뢰도가 높은 트랙을 선택하는 등의 융합 목적을 확인하기 위함임

선택된 트랙들의 신뢰도를 반영한 가중치 확률으로써, 융합 트랙의 위치, 질료, 속력 정보 계산 (CombedByQuality Algorithm)

트랙간 융합 방법

Smart & Green Technology Innovator
ETRI
魂·創·通

다수필터 설계에 의한 추적

Smart & Green Technology Innovator
ETRI
魂·創·通

- 1) 표적의 가능한 운동 상태를 기술하는 N개의 운동가설을 설정하고, 이러한 가설들을 반영한 N개의 운동 모델을 설정하고 이를 만족하는 N개의 하위 필터들을 구성하고 초기화
- 2) 개별적인 각각의 운동 모델을 가진 하위 추적필터들에서 이전 시간에 계산된 각 모드 확률에 대해, 상태전이확률을 가중치로 한 결합을 통해 현재 시간의 예측모드확률(Predicted Mode Probability)을 계산

→ 이 예측모드확률을 이용한 혼합가중치로 다시 각 필터의 이전 추정치들을 혼합한 '혼합 추정치'와 '혼합 오차 공분산' 계산

다수필터 설계에 의한 추적

Smart & Green Technology Innovator
ETRI
魂·創·通

- 3) 혼합 단계에서 구한 혼합 추정치와 혼합 오차 공분산을 각각의 모드에 해당하는 하위 필터에 적용하여, 예측갱신과정 수행
- 4) 추정치와 공분산에 의해 정의된 확률밀도함수들에 대해, 해당 시간에 입수된 측정치들 중 자료결합에 의해 실제로 선택된 최종 측정치가 해당 확률밀도함수를 만족할 우도확률을 계산하고, 이를 이용하여 최종 모드확률계산
- 5) 결합 과정(Combination),으로, 최종 갱신된 모드확률을 가중치로 각 모드별 추정치 및 오차공분산을 결합하여 최종 결합 추정치 및 오차 공분산 산출하여 최종 위치 추정

$$\begin{aligned}
 & \text{1. 예측(Prediction)} \\
 & \hat{x}_k = F_k \hat{x}_{k-1} \\
 & P_k = F_k P_{k-1} F_k^T + Q_k \\
 & \text{2. 자료결합(Data Association)} \\
 & M_k = P_k H_k^T H_k P_k + R_k \\
 & \hat{z}_k = z_k - H_k \hat{x}_k \\
 & P_k = (I - H_k H_k^T) P_k
 \end{aligned}$$

\hat{x}_k : 모드 k의 상태추정치
 P_k : 모드 k의 공분산
 M_k : 모드 k의 측정치와 예측치의 오차 공분산
 \hat{z}_k : 모드 k의 측정치와 예측치의 오차

융합방식 시뮬레이션

Smart & Green Technology Innovator
ETRI
魂·創·通

융합방식 설계 (Weight, ChoBW, ComBM)

가중치 결합 방식 (Combed By Weight, ComBW)

가중치 선택 방식 (Choked By Weight, ChoBW)

평균치 결합 방식 (Combed By Means, ComBM)

핸드오버 시뮬레이션

Smart & Green Technology Innovator
ETRI
魂·創·通

□ 다중센서에서 핸드오버 : 정보 융합시, 표적이 한 레이더의 영역에서 레이더간 정보 중류 장역을 지나 다른 레이더의 영역으로 넘어갈 때, 표적 데이터를 주고받는 과정을 '핸드오버'.

핸드오버 결과

- <레이더 공유영역에 들어가기 이전 레이더 3개 의해 목표가 탐지 될 경우>
- <물표 R3에서 공유영역에 들어갈 때 레이더1에 의해 처음 관측되어 등록>
- <레이더2의 물표 2번과 레이더3의 물표 1번의 정보에 레이더1의 1번 물표가 융합되었을 때 표시되고 정보 결합됨>
- <레이더3에서 이 이상 물표 정보가 관측되지 않는 경우, 레이더3에서 2번 물표가 삭제됨. 레이더1의 물표2번이 삭제되어 독립적으로 관리됨>

유효측정영역설정 시뮬레이션

Smart & Green Technology Innovator ETRI 魂·創·通

유효측정 영역의 변경이후 성능 변화 시뮬레이션

□ VS 변경에 따른 용량 성능 비교
: VS를 적용했을 때 2%로 줄어서 처리한 결과 : 2개 표적으로 인식 VS 적용했을 때 200%로 처리한 결과 : 3개 표적으로 인식하나 계산량이 증가

유효측정영역설정 시뮬레이션

Smart & Green Technology Innovator ETRI 魂·創·通

최대 용량 처리 시뮬레이션

[용합처리가 처리할 수 있는 최대 용합관리 물표 및 레이더와 AIS 물표의 개수 확인하기 위하여 시뮬레이션 수행]

결과 : 레이더당 최대 물표 300개 처리하고 레이더 3개이므로 용합 시스템에서는 물표 900개 처리 시약 0.3초 걸림

추적 성능 시뮬레이션

Smart & Green Technology Innovator ETRI 魂·創·通

레이더 추적 알고리즘 성능 시뮬레이션

□ 추적 알고리즘에 따른 성능 비교
: 두가지 다른 필터의 성능을 비교하기 위해, 모의발생기를 통해 2개 물표에 대한 시나리오를 구성

추적 성능 시뮬레이션

Smart & Green Technology Innovator ETRI 魂·創·通

레이더 추적 알고리즘 성능 시뮬레이션

< 추적 지연발상 > < 추적 추적 이탈 > < 정상추적 > < 정상추적 >
< 다수 필터 모의로 추적 : 새로운 운동 모델 추가 >

< 추적 실패 추적 식재 > < 급력기동-정상 > < 급제동-정상 > < 매우급가속-정상 >
< 단일 필터 모의로 추적 : 기존의 VTS 시스템 대부분 적용됨 > < 다수 필터 모의로 성능 시뮬레이션 >

결론

Smart & Green Technology Innovator ETRI 魂·創·通

- 차세대 VTS에서 추적 및 용합 알고리즘은 매우 중요
- 고속선 및 중소 어선 등 관제대상으로 시스템은 모두 가능해야 할 것임
- 실제 시스템에 연동하여 성능 검증과정이 필요함