

레이더 기반 선박충돌사고 데이터를 이용한 물표 추출에 관한 연구

이기석* · 김봉학** · 박헌제** · † 손남선 · 박한솔***

*,**링크나인시스템, ***,† 선박해양플랜트연구소

A Study on Target Extraction Using Radar-based Ship Collision Accident Data

Kee-Seok Lee* · Bong-Hak Kim** · Heon-Jei Park** · † Nam-Sun Son · Han-Sol Park***

*,**Link Nine System, ***,† Korea Research Institute of Ships & Ocean Engineering

요 약 : 선박충돌사고를 재현하고 분석하기 위해서는 레이더 기반 선박충돌사고 데이터에서 물표 정보를 정확하게 확보하는 것이 매우 중요한 역할을 한다. 이 연구에서는 HSV 색공간과 OpenCV 라이브러리를 이용하여 물표 정보를 추출하는 방법을 분석하였고, 실제 상황에 적용한 프로그램도 개발하였다.

핵심용어 : 선박충돌사고, 레이더 영상 데이터, 물표 추출, HSV 색공간, OpenCV

1. 서론

연구 배경

- 선박충돌사고 대부분은 인적 요인과 선박 자체 능력으로 발생
 - 선박 항해시 레이더 정보의 의존도 매우 높음
 - 레이더 미장착 소형 선박(어선)은 기상 악화시 안전 항해 매우 위험
- 선박충돌사고 발생시 신속·정확한 원인 규명으로 사회적 갈등 최소화 필요
- AIS 혹은 V-PASS 고장 또는 미장착된 선박(어선)에 대한 충돌사고에 대한 원인분석 필요

연구 목적


- 선박충돌사고 재현을 통한 충돌 회피 가능성 분석 지원
 - 통항선 레이더 데이터를 이용한 선박충돌사고 재현 시스템 개발 (2019년)
 - 육상 레이더 데이터를 이용한 선박충돌사고 재현 시스템 개발 (2020년)
 - 선박충돌재현 시스템 개발 및 구축 (2021년-2022년)
- 레이더 기반 선박충돌재현 기술 개발을 통한 선진 해양 과학 수사 지원

2. 레이더 영상 데이터 기반 물표 추출 방법 개요


레이더 영상 데이터 분석

- 제공된 레이더 영상 데이터의 해상도 및 색상이 따라 물표 추출에 어려움 발생
 - 물표에 대한 색상이 통일된 형태(단일색)로 화면에 표시 되지 않음
 - 물표 정보가 현재 위치와 이전 위치가 중복되어 화면에 표시
 - 물표 주변 잡음이 혼합되어 화면에 표시되므로 잡음(레이더 반사파 등) 제거 필요
- 물표의 위치를 경위도 좌표 변환시 화면 해상도에 의해 일부 오차 상존

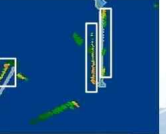
주황색 물표 식별 억제 화면



노란색 물표 누락 억제 화면



레이더 반사파 억제 화면



2. 레이더 영상 데이터 기반 물표 추출 방법 개요

물표추출 방법 연구 (2/2)

물표 추출 방법(계속)

물표 추출 영역 설정 상세 절차

```

            graph TD
            A[미추출 영역 마스크 생성] --> B{프레이밍이 아닌가?}
            B -- 예 --> C[프레이밍 추출]
            C --> D[프레이밍-프레이밍+미추출어스크]
            D --> E[HSV를 이용한 물표 추출]
            
```

물표 추출 상세 절차

```

            graph TD
            A[주황색 HSV 마스크 영역 생성] --> B[노란색 HSV 마스크 영역 생성]
            B --> C[주황색 + 노란색 HSV_오차 마스크 영역]
            C --> D[영상 프레이밍 추출]
            D --> E[HSV_오차 마스크 물표 추출]
            
```

경위도 좌표 변환 상세 절차

```

            graph TD
            A[레이더 거리 및 픽셀 거리 계산] --> B{프레이밍이 아닌가?}
            B -- 예 --> C[대상 물표 선정]
            C --> D[물표 경위도 계산 및 변환]
            D --> E[경위도 좌표 좌표 저장]
            
```

2. 레이더 영상 데이터 기반 물표 추출 방법 개요

물표 추출 방법 연구 (1/2)

- 제공된 레이더 영상 데이터 분석 결과에 따라 HSV 색공간 적용
- 제공된 레이더 영상 데이터 처리를 OpenCV 라이브러리 활용하여 프로그램 구현
- 4개 지역에서 제공된 영상 특성에 따라 해당 영상만 처리되도록 전용 프로그램 구현
- 물표 추출 방법

물표 추출 영역 설정

→

물표 추출

→

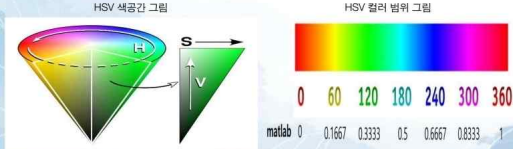
추출 물표 경위도 좌표 변환

† Corresponding Author : nsson@kriso.re.kr, 042-866-3646
* ocs89lks@lnsystem.co.kr, 042-716-3041

2. 레이더 영상 데이터 기반 물표 추출 방법 개요

HSV 색공간 분석 (1/3)

- > H(Hue : 색상), S(Saturation : 채도), V(Value : 명도)로 이미지 표현
 - H(Hue : 색상) : 색의 종류로 빨강, 파랑, 초록 등 단순한 인덱스를 의미함
 - S(Saturation : 채도) : 색의 선명도로 0이면 무채색, 255면 선명한 색을 의미함
 - V(Value : 명도) : 색의 밝기로 0에 가까울수록 어둡고 255에 가까울수록 밝은 색을 의미함
- > HSV 색 공간은 색들의 조합이 아닌 색깔 그 자체를 알려주므로 직관성이 좋아 색상 식별이 용이



2. 레이더 영상 데이터 기반 물표 추출 방법 개요

OpenCV 라이브러리 분석

- > OpenCV 란?
 - 컴퓨터 비전 : Open Source Computer Vision (OpenCV)
 - 기계의 시각에 해당하는 부분을 연구하는 컴퓨터 과학의 연구 분야 중 하나임
- > OpenCV 특징
 - 오픈 소스 라이브러리로 라이선스에 자유로움
 - 다양한 영상과 동영상의 처리에 사용 할 수 있도록 제공된 오픈 소스 라이브러리임
 - 실시간 동작을 목적으로 한 네이티브 언어(C, C++)로 작성된 라이브러리임
 - 실시간 영상 이미지 처리에 중점을 둔 라이브러리임
- > 개발환경 구성
 - Visual Studio에 OpenCV 라이브러리 환경 설정
 - OpenCV 라이브러리 다운로드 : <https://github.com/opencv/opencv/releases>



2. 레이더 영상 데이터 기반 물표 추출 방법 개요

HSV 색공간 분석 (2/3)

- > HSV ⇒ RGB 색공간 변환
 - $0 \leq H < 360, 0 \leq S \leq 1$ 및 $0 \leq V \leq 1$ 인 경우
 - $C = V \times S$
 - $X = C \times (1 - (H / 60) \% 2 - 1)$
 - $m = V - C$
 - $(R, G, B) = (R' + m) \times 255, (G' + m) \times 255, (B' + m) \times 255$

$$(R', G', B') = \begin{cases} (C, X, 0) & , 0^\circ \leq H < 60^\circ \\ (X, C, 0) & , 60^\circ \leq H < 120^\circ \\ (0, C, X) & , 120^\circ \leq H < 180^\circ \\ (0, X, C) & , 180^\circ \leq H < 240^\circ \\ (X, 0, C) & , 240^\circ \leq H < 300^\circ \\ (C, 0, X) & , 300^\circ \leq H < 360^\circ \end{cases}$$

색깔	색값이름	(R, S, V)	육각	(R, G, B)
검정	# 000000	(0, 0, 0)	# 000000	(0, 0, 0)
화양	# FFFF00	(255, 255, 255)	# FFFF00	(255, 255, 255)
빨강	# FF0000	(255, 0, 0)	# FF0000	(255, 0, 0)
라임	# 00FF00	(0, 255, 0)	# 00FF00	(0, 255, 0)
주황	# FF8C00	(255, 139, 0)	# FF8C00	(255, 139, 0)
노랑	# FFFF00	(255, 255, 0)	# FFFF00	(255, 255, 0)
청록색	# 00FF00	(0, 255, 255)	# 00FF00	(0, 255, 255)
마저라	# FF00FF	(255, 0, 255)	# FF00FF	(255, 0, 255)
은	# 808080	(128, 128, 128)	# 808080	(128, 128, 128)
회색	# 808080	(128, 128, 128)	# 808080	(128, 128, 128)
적갈색	# 800000	(128, 0, 0)	# 800000	(128, 0, 0)
올리브	# 808000	(128, 128, 0)	# 808000	(128, 128, 0)
초록	# 008000	(0, 128, 0)	# 008000	(0, 128, 0)
보라색	# 800080	(128, 0, 128)	# 800080	(128, 0, 128)
물오리	# 000080	(0, 0, 128)	# 000080	(0, 0, 128)
네이비	# 000080	(0, 0, 128)	# 000080	(0, 0, 128)

3. 물표 추출 영역 설정

물표 추출 영역 분석

- > 주변 환경에 의한 물표 추출에 어려움 발생
 - 사고지점 주변의 시설물, 방파제 또는 정박중인 선박 등 너무 많은 정보가 있음
- > 사고 지점의 핵심 정보만 추출하면 정확도와 처리 속도를 높일 수 있음



2. 레이더 영상 데이터 기반 물표 추출 방법 개요

HSV 색공간 분석 (3/3)

- > RGB ⇒ HSV 색공간 변환
 - $R' = R / 255, G' = G / 255, B' = B / 255$
 - $C_{max} = \max(R', G', B')$
 - $C_{min} = \min(R', G', B')$
 - $\Delta = C_{max} - C_{min}$

$$H = \begin{cases} 0^\circ & \Delta = 0 \\ 60^\circ \times \left(\frac{C_{max} - B'}{\Delta} \right) \text{ mod } 60 & C_{max} = R' \\ 60^\circ \times \left(\frac{C_{max} - R'}{\Delta} + 2 \right) & C_{max} = G' \\ 60^\circ \times \left(\frac{C_{max} - G'}{\Delta} + 4 \right) & C_{max} = B' \end{cases}$$

$$S = \begin{cases} 0 & C_{max} = 0 \\ \frac{\Delta}{C_{max}} & C_{max} \neq 0 \end{cases}$$

$$V = C_{max}$$

색깔	색값이름	육각	(R, G, B)	(H, S, V)
검정	# 000000	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)
화양	# FFFF00	(255, 255, 255)	(255, 255, 255)	(0, 1, 1)
빨강	# FF0000	(255, 0, 0)	(255, 0, 0)	(0, 1, 1)
라임	# 00FF00	(0, 255, 0)	(0, 255, 0)	(120, 1, 1)
주황	# FF8C00	(255, 139, 0)	(255, 139, 0)	(30, 1, 1)
노랑	# FFFF00	(255, 255, 0)	(255, 255, 0)	(60, 1, 1)
청록색	# 00FF00	(0, 255, 255)	(0, 255, 255)	(180, 1, 1)
마저라	# FF00FF	(255, 0, 255)	(255, 0, 255)	(300, 1, 1)
은	# 808080	(128, 128, 128)	(128, 128, 128)	(0, 0, 0.75)
회색	# 808080	(128, 128, 128)	(128, 128, 128)	(0, 0, 0.5)
적갈색	# 800000	(128, 0, 0)	(128, 0, 0)	(0, 0, 0.5)
올리브	# 808000	(128, 128, 0)	(128, 128, 0)	(0, 0, 0.5)
초록	# 008000	(0, 128, 0)	(0, 128, 0)	(120, 0, 0.5)
보라색	# 800080	(128, 0, 128)	(128, 0, 128)	(300, 0, 0.5)
물오리	# 000080	(0, 0, 128)	(0, 0, 128)	(180, 0, 0.5)
네이비	# 000080	(0, 0, 128)	(0, 0, 128)	(240, 0, 0.5)

3. 물표 추출 영역 설정

물표 추출 방안 1

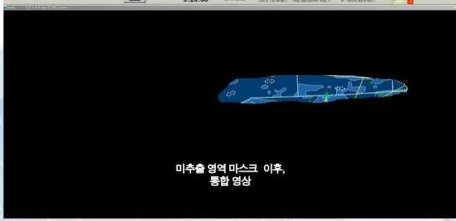
- > 사고 지점의 일부 영역을 지정한 이후 물표 추출
 - 물표 추출 영역을 설정한 후, 물표를 추출하고 해당 물표가 지정된 영역내에 위치 하는지 검사



3. 물표 추출 영역 설정

물표 추출 방안 2

- > 사고 지점 이외의 영역을 마스크한 이후 물표 추출
 - 추출 제외 영역의 마스크를 생성하고 추출한 프레임 위에 마스크를 합성한 이후, 물표 추출



11

4. 물표 추출 및 경위도 좌표 변환

추출 물표 경위도 좌표 변환

- > 기준점이 되는 레이더 위치의 두 지점을 화면상 좌표로 설정
- > 추출된 이미지 프레임에서 각각의 물표 경계 계산 및 중심 값 계산
- > 2개의 기준점과 실제 픽셀 길이를 계산
- > 해당 비율로 표적의 실제 좌표(경, 위도)값을 계산
 - 저장 파일 Data Format : 시간정보/객체 수/위치정보(경도 위도)



14

3. 물표 추출 영역 설정

물표 추출 방안 선정

- > 물표 추출 방안 비교 분석 : 방안 2 선정

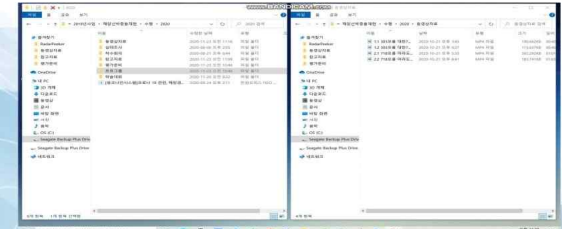
구분	물표 추출 방안 1	물표 추출 방안 2
장점	<ul style="list-style-type: none"> 추출 영역 설정이 직관적임 추출 영역이 적을 경우 설정하기 편함 	<ul style="list-style-type: none"> 추출 프레임에 필요없는 영역을 지우는 형태이므로 연산하기 편함 미추출 영역이 명확한 경우 지정하기 편함 미추출 영역이 미리 삭제 되어 있으므로 물표 추출 후 영역내 체크 연산이 불필요함
단점	<ul style="list-style-type: none"> 추출 물표마다 영역 체크 연산으로 처리 시간 발생함 추출 영역이 크거나 많을 경우, 영역 추출이 불편함 	<ul style="list-style-type: none"> 미추출 영역이 많을 경우, 미추출 영역을 지정하는게 불편함
비교		<ul style="list-style-type: none"> 본 과제 적용

12

5. 추출 방법 적용 및 시험

구현 및 시험 결과

- > 지역별 전용 프로그램 구현 및 시험 : 완료
- > 구현 프로그램 시연 화면



15

4. 물표 추출 및 경위도 좌표 변환

물표 색상 설정 및 추출

- > 대상 지역별 추출 물표 색상 설정
 - 태안, 군산, 목포, 포항 지역 물표의 입력 이미지 색상 설정 : 주황색, 노란색
 - 추출 물표의 출력 이미지 색상 설정 : 녹색
- > 대상 지역별 영상 처리를 위한 프레임 주기 설정
 - 입력 영상에 대한 화면 추출 프레임 주기 설정 : 선박 속도 및 사고 특성에 따라 개별적으로 지정
 - 출력 영상에 대한 화면 저장 프레임 주기 설정 : 선박 속도 및 사고 특성에 따라 개별적으로 지정



13

6. 결론

맺음말

- > 잡음이 포함된 레이더 영상 데이터로부터 물표 정보를 정성적으로 추출
 - 물표 추출의 정확도와 처리 속도(성능)를 높이는 방법으로 처리함
 - 물표 추출 정확도를 높이기 위해 두가지 색상을 적용함
 - ※ 물표 색상의 개수를 늘리면 정확도는 증가하나 처리 속도는 느려짐
- > 레이더 영상 데이터 제공(출력) 양식에 대해 공통적인 포맷 지정 필요
 - 각각의 사고지점 운용 시스템에서 영상 자료 제공 시, 공통 양식에 준하도록 협조 필요
 - 필요시 개별 양식을 공통 양식으로 개선 필요
 - ※ 각 지역별 전용 추출 프로그램에 대해 필요시 통합에 대한 연구가 필요

❖ Acknowledgements : 이번 연구는 해양경찰청이 지원하는 '해양 선박충돌사고 재현 및 과학적인 원인분석 기술개발 (20190462, PMS4630)' 사업의 일환입니다.

16

Acknowledgements

본 연구는 해양경찰청이 지원하는 “해양 선박충돌사고재현 및 과학적인 원인분석 기술개발 (20190462, PMS5100)” 사업의 일환입니다.